Bios 1 – Biologi 1 – Bokmål (s. 6–401) – Marianne Sletbakk, Arnodd Håpnes, Dag O. Hessen, Inger Gjærevoll, Ragnhild Eskeland, Anne Spurkland – 861705

Cappelen Damm AS 2019 – 4. utgave, 2. opplag –   
ISBN: 978-82-02-56923-5

Innhold:

[xxx1 Merknad](#_Toc55301652)

[xxx1 Forord](#_Toc55301653)

[xxx1 Kapittel 1: Naturen rundt oss](#_Toc55301654)

[xxx2 1.1 Biologi](#_Toc55301655)

[xxx2 1.2 Økologi](#_Toc55301656)

[xxx2 1.3 Feltarbeid i biologi 1](#_Toc55301657)

[xxx2 1.4 Laboratoriearbeid](#_Toc55301658)

[xxx2 1.5 Biologi i mediesamfunnet](#_Toc55301659)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301660)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301661)

[xxx1 Kapittel 2: Taksonomi: mangfold satt i system](#_Toc55301662)

[xxx2 2.1 Navnsetting av arter](#_Toc55301663)

[xxx2 2.2 Hva er en art?](#_Toc55301664)

[xxx2 2.3 Bestemmelse av arter](#_Toc55301665)

[xxx2 2.4 Klassifikasjonssystemet og klassifikasjonsnivåer](#_Toc55301666)

[xxx2 2.5 De seks rikene](#_Toc55301667)

[xxx2 2.6 Livets tre – systematikk og evolusjon henger sammen](#_Toc55301668)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301669)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301670)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301671)

[xxx1 Kapittel 3: Biologisk mangfold](#_Toc55301672)

[xxx2 3.1 Myldrende mangfold](#_Toc55301673)

[xxx2 3.2 Tre nivåer av biologisk mangfold](#_Toc55301674)

[xxx2 3.3 Mønstre i mangfold](#_Toc55301675)

[xxx2 3.4 Habitater, nisjer og mangfold](#_Toc55301676)

[xxx2 3.5 Hva påvirker det biologiske mangfoldet i dag?](#_Toc55301677)

[xxx2 3.6 Ansvar for å bevare biologisk mangfold globalt](#_Toc55301678)

[xxx2 3.7 Ansvaret for å ta vare på biologisk mangfold i Norge](#_Toc55301679)

[xxx2 3.8 Hvilken verdi har det biologiske mangfoldet?](#_Toc55301680)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301681)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301682)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301683)

[xxx1 Kapittel 4: Tilpasning og atferd](#_Toc55301684)

[xxx2 4.1 Atferd: en tilpasning til omgivelsene](#_Toc55301685)

[xxx2 4.2 Stimulering, motivering og pregning](#_Toc55301686)

[xxx2 4.3 Orientering](#_Toc55301687)

[xxx2 4.4 Kommunikasjon](#_Toc55301688)

[xxx2 4.5 Paringsatferd](#_Toc55301689)

[xxx2 4.6 Læring](#_Toc55301690)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301691)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301692)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301693)

[xxx1 Kapittel 5: Celler](#_Toc55301694)

[xxx2 5.1 Prokaryote og eukaryote organismer](#_Toc55301695)

[xxx2 5.2 Prokaryote celler](#_Toc55301696)

[xxx2 5.3 Bakterier](#_Toc55301697)

[xxx2 5.4 Arker](#_Toc55301698)

[xxx2 5.5 Eukaryote celler](#_Toc55301699)

[xxx2 5.6 Fra prokaryot til eukaryot organisme](#_Toc55301700)

[xxx2 5.7 Virus](#_Toc55301701)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301702)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301703)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301704)

[xxx1 Kapittel 6: Transport gjennom cellemembranen](#_Toc55301705)

[xxx2 6.1 Cellemembranen kontrollerer transport inn i og ut av celler](#_Toc55301706)

[xxx2 6.2 Hvordan cellemembranen er bygd opp](#_Toc55301707)

[xxx2 6.3 Transport gjennom cellemembraner](#_Toc55301708)

[xxx2 6.4 Passiv transport](#_Toc55301709)

[xxx2 6.5 Aktiv transport](#_Toc55301710)

[xxx2 6.6 Kanaltransport mellom celler](#_Toc55301711)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301712)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301713)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301714)

[xxx1 Kapittel 7: Transport, vekst og utvikling hos planter](#_Toc55301715)

[xxx2 7.1 Planteriket](#_Toc55301716)

[xxx2 7.2 Bygningstrekk](#_Toc55301717)

[xxx2 7.3 Roten](#_Toc55301718)

[xxx2 7.4 Stengelen](#_Toc55301719)

[xxx2 7.5 Bladet](#_Toc55301720)

[xxx2 7.6 Transport av vann](#_Toc55301721)

[xxx2 7.7 Transport av fotosynteseprodukter](#_Toc55301722)

[xxx2 7.8 Vekst hos planter](#_Toc55301723)

[xxx2 7.9 Plantehormoner påvirker vekst og utvikling](#_Toc55301724)

[xxx2 7.10 Plantenes reaksjon på ytre påvirkning](#_Toc55301725)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301726)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301727)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301728)

[xxx1 Kapittel 8: Formering hos planter](#_Toc55301729)

[xxx2 8.1 Kjønnet og ukjønnet formering hos planter](#_Toc55301730)

[xxx2 8.2 Generasjonsveksling hos planter](#_Toc55301731)

[xxx2 8.3 Alger](#_Toc55301732)

[xxx2 8.4 Moser](#_Toc55301733)

[xxx2 8.5 Karsporeplanter](#_Toc55301734)

[xxx2 8.6 Frøplanter](#_Toc55301735)

[xxx2 8.7 Sporeplanten dominerer hos landplantene](#_Toc55301736)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301737)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301738)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301739)

[xxx1 Kapittel 9: Hormonsystemet og nervesystemet hos mennesket](#_Toc55301740)

[xxx2 9.1 Vev, organer og organsystemer](#_Toc55301741)

[xxx2 9.2 Kommunikasjonen i kroppen skjer gjennom hormoner og/eller nerver](#_Toc55301742)

[xxx2 9.3 Hormonsystemet](#_Toc55301743)

[xxx2 9.4 Stoffer som påvirker hormonsystemet](#_Toc55301744)

[xxx2 9.5 Nerveceller](#_Toc55301745)

[xxx2 9.6 Nerveimpulsen](#_Toc55301746)

[xxx2 9.7 Stoffer som påvirker nervesystemet](#_Toc55301747)

[xxx2 9.8 Det sentrale og det perifere nervesystemet](#_Toc55301748)

[xxx2 9.9 Sentralnervesystemet (SNS)](#_Toc55301749)

[xxx2 9.10 Det perifere nervesystemet](#_Toc55301750)

[xxx2 9.11 Sansene](#_Toc55301751)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301752)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301753)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301754)

[xxx1 Kapittel 10: Transport og bevegelse hos mennesket](#_Toc55301755)

[xxx2 10.1 Sirkulasjonssystemet](#_Toc55301756)

[xxx2 10.2 Sirkulasjonssystem og livsstil](#_Toc55301757)

[xxx2 10.3 Gassutvekslingssystemet](#_Toc55301758)

[xxx2 10.4 Luftveier og livsstil](#_Toc55301759)

[xxx2 10.5 Fordøyelsessystemet](#_Toc55301760)

[xxx2 10.6 Fordøyelsessystemet og livsstil](#_Toc55301761)

[xxx2 10.7 Ekskresjonssystemet](#_Toc55301762)

[xxx2 10.8 Bevegelsessystemet: skjelettet og muskulaturen](#_Toc55301763)

[xxx2 10.9 Bevegelsessystemet og livsstil](#_Toc55301764)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301765)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301766)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301767)

[xxx1 Kapittel 11: Menneskets immunforsvar](#_Toc55301768)

[xxx2 11.1 Immunforsvaret](#_Toc55301769)

[xxx2 11.2 Det medfødte immunforsvaret](#_Toc55301770)

[xxx2 11.3 Det tilpassede immunforsvaret](#_Toc55301771)

[xxx2 11.4 Bekjempelse av bakterier og virus](#_Toc55301772)

[xxx2 11.5 Lymfesystemet](#_Toc55301773)

[xxx2 11.6 Vaksiner: aktiv og passiv immunitet](#_Toc55301774)

[xxx2 11.7 Organdonasjon og medisinske kriterier for død](#_Toc55301775)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301776)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301777)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301778)

[xxx1 Kapittel 12: Organsystemer hos dyr](#_Toc55301779)

[xxx2 12.1 Dyr i protistriket og dyreriket](#_Toc55301780)

[xxx2 12.2 Sirkulasjonssystemet](#_Toc55301781)

[xxx2 12.3 Gassutvekslingssystemet](#_Toc55301782)

[xxx2 12.4 Utskilling – ekskresjon og osmoregulering](#_Toc55301783)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301784)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301785)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301786)

[xxx1 Kapittel 13: Formering hos dyr](#_Toc55301787)

[xxx2 13.1 Utviklingen av formeringsmetoder hos dyr](#_Toc55301788)

[xxx2 13.2 Ukjønnet formering og generasjonsveksling](#_Toc55301789)

[xxx2 13.3 Kjønnet formering](#_Toc55301790)

[xxx2 13.4 Eksempler på dyr med ulike formeringsmåter](#_Toc55301791)

[xxx2 13.5 Eksempler på dyr med bare kjønnet formering](#_Toc55301792)

[xxx2 13.6 Formering hos mennesket](#_Toc55301793)

[xxx2 Sammendrag](#_Toc55301794)

[xxx2 Oppgaver](#_Toc55301795)

[xxx2 Øvelser](#_Toc55301796)

[xxx1 Informasjon fra originalboka](#_Toc55301797)

[xxx2 Baksidetekst](#_Toc55301798)

[xxx2 Kolofon (utdrag)](#_Toc55301799)

# xxx1 Merknad

-- Tekst og bilder kan være flyttet til en annen side for å unngå å dele opp teksten.

-- Blåtekst: Denne teksten står foran bokas korte oppsummeringer på blå bakgrunn.

-- xxx innleder overskrifter. Det er fem rangerte overskriftsnivåer: xxx1 til xxx5. Den klikkbare innholdsfortegnelsen ovenfor viser de to første nivåene.

-- --- innleder sidetallet.

-- Uthevingstegnet er slik: \_. Eksempel: \_Denne setningen er uthevet.\_

-- Tabeller: Noen tabeller er gjort om til lister. Word-tabeller innledes med Tabell:.

-- Informasjon fra bokas bakside, samt utdrag fra kolofonen finner du bakerst i denne filen.

-- Stikkordsregister, bildekilder og den systematiske oversikten bakerst i boka er utelatt.

--- 6 til 401

# xxx1 Forord

De siste hundre årene har det vært en rivende utvikling innenfor vitenskapen biologi. I dag står verden overfor store utfordringer knyttet til blant annet klimaendringer, forurensning og epidemiske sykdommer, og vi er helt avhengige av biologisk kunnskap for å løse disse problemene.

Biologi 1 er et programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram. Faget er på fem uketimer og kan avsluttes med en muntlig-praktisk eksamen som er lokalgitt, det vil si at eksamenen er laget på skolen din. Du har valgt et programfag som vil gjøre deg i stand til å forstå mer om naturens mangfold og se hvordan vi påvirker naturen på svært mange måter, både positivt og negativt. Vi mennesker tar ofte lite hensyn til alle de andre hundretusener av artene som vi lever sammen med.

Alt på jorda henger sammen. Når vi påvirker naturen, fjerner vi levesteder og arter som har en plass i økosystemene. Mange av disse artenes levested og levesett kjenner vi til, mens andre ennå er ukjente. Biologisk kunnskap må settes i en større samfunnsmessig og etisk sammenheng, og mange av emnene i denne boka kan drøftes også i andre fag, for eksempel samfunnsfag, geografi, kjemi, matematikk og fysikk. Ett av kompetansemålene sier at du skal kunne trekke ut informasjon fra tekster og vurdere hvordan informasjonen er underbygd. Vi har laget et læreverk som kan gi deg biologikunnskap, innsikt og forståelse. Boka er fylt med ny og dagsaktuell informasjon som gjør deg i stand til selv å ta stilling til informasjonen du får i mediene.

\_Bios biologi 1\_ er en alt-i-ett-bok med teori, oppgaver og øvelser. Hvert kapittel starter med kompetansemålene fra læreplanen. Når du begynner med et nytt kapittel, bør du lese gjennom målene for å sjekke om du kan noe om dette fra før, og hva du bør kunne når kapittelgjennomgangen er ferdig.

Etter hvert delkapittel finner du enkle repetisjonsoppgaver. De kan du løse på egen hånd eller sammen med de andre i gruppen. Sist i hvert kapittel er det en studiedel med mer utfordrende oppgaver. Når du skal løse disse oppgavene, vil du ofte trenge kunnskap fra andre kilder enn læreboka i tillegg.

Fordypningsstoffet inneholder tekst som kan gå ut over kravene i læreplanen. Der finner du interessant og utdypende informasjon som kanskje vil inspirere deg til å finne ut mer om et tema.

Når du arbeider med øvelsene i studiedelene, dekkes læreplanmålene som krever at du skal gjennomføre undersøkelser i laboratorium fra alle hovedområdene, rapportere fra arbeidet og peke på feilkilder.

Du skal også gjennomføre et større feltarbeid der dere skal observere og navngi arter og sammenlikne dem med hensyn til likheter og ulikheter som gjør dem tilpasset det spesielle levestedet. Noen velger å ta utgangspunkt i feltarbeidet og lage en objektssamling. Beskrivelser av ulike økosystemer og arbeidsmetoder for feltarbeid finner du på nettstedet til \_Bios\_.

Bakerst i boka finner du en stor og omfattende systematisk oversikt som kan brukes i det praktiske arbeidet sammen med oppslagsbøker og andre kilder. Alle arter som er nevnt i boka, står i denne oversikten.

Bios-nettstedet [www.bios.cdu.no](http://www.bios.cdu.no) inneholder mange nyttige ressurser som du kan bruke i arbeidet med faget.

Revisjonen av boka er basert på en stor og omfattende brukerundersøkelse. Vi er takknemlige for alle råd fra brukerne, både elever og lærere.

Lykke til med biologifaget!

Oslo, februar 2018

Marianne Sletbakk, Inger Gjærevoll,

Dag O. Hessen, Arnodd Håpnes,

Ragnhild Eskeland og Anne Spurkland

--- 7 til 401

# xxx1 Kapittel 1: Naturen rundt oss

\_Du skal kunne:\_

-- planlegge og gjennomføre undersøkelser i et laboratorium fra alle hovedområdene, rapportere fra arbeidet med og uten digitale verktøy og peke på feilkilder i undersøkelsene

-- gjennomføre et større feltarbeid og bruke biologiske metoder til å samle inn, kartlegge og utforske ulike typer organismer og legge fram resultatene fra undersøkelsene

-- trekke ut informasjon fra biologiske tekster, brosjyrer, aviser, bøker og Internett og vurdere hvordan informasjonen er underbygd

-- observere og navngi noen vanlige arter fra ulike biotoper og sammenlikne dem med tanke på fellestrekk og variasjon ved å bruke kunnskaper fra systematikk

Biologi er læren om alle levende organismer på jorda. Når du nå skal lære om livet på jorda, de ulike artene, hvordan artene fungerer, og hvilke områder de forskjellige artene lever i, må du både tilegne deg biologiske teorikunnskaper og gjøre aktive observasjoner ute i naturen og i laboratoriet. Gjennom feltarbeid kan du studere og lære om hvordan du kan samle inn, kartlegge og utforske ulike typer organismer, og sammenlikne de ulike organismene med hensyn til levested, tilpasninger, fellestrekk og variasjon. Hvordan klarer hestehoven å blomstre veldig tidlig om våren, lenge før de fleste andre blomsterplantene våre? Hva er forskjellen på fugleartene svartbak og sildemåke? Når du har god biologisk kunnskap, skal du kunne forklare, vurdere og gjøre rede for slike spørsmål.

Det å studere biologi gir deg et godt grunnlag for å forstå og ta stilling til en rekke ulike temaer. Du kan for eksempel bidra i diskusjoner om miljøspørsmål, du lærer hvordan kroppen vår fungerer, og hvordan planter og dyr lever, og du kan for eksempel ta stilling til mediesaker der det trengs biologisk kunnskap.

Bilde: foto av vannlilje.

--- 8 til 401

## xxx2 1.1 Biologi

Hva er biologi? Det korte svaret er at biologi er læren om alt levende, eller – litt mer presist – at biologi er studiet av levende organismer og hvordan de forholder seg til hverandre og miljøet sitt. Det lange svaret finner du i resten av denne boka, selv om også den må sies å være en kortversjon.

Læren om livet omfatter svært mye, og biologi overlapper mange andre fagområder. Tidligere bestod biologi mest av å beskrive naturen og artene. Dette er viktig i dag også, men de siste tiårenes teknologiske utvikling har medført et betydelig løft for biologisk forskning. Nå finnes det metoder og muligheter som var ukjente for noen få tiår siden. Vitenskaper som matematikk, statistikk, fysikk, kjemi og medisin har sammen med biologien gitt oss detaljert kunnskap om naturen og om prosesser i levende organismer.

### xxx3 Levende eller ikke-levende

Det er faktisk ikke helt enkelt å trekke et skarpt skille mellom liv og ikke-liv. Alle organismer er satt sammen av forskjellige byggesteiner som hver for seg ikke er levende, men hvor summen er levende.

Her er noen felles kjennetegn for det vi definerer som levende organismer:

-- De er bygd opp av celler.

-- De reproduserer seg selv ved hjelp av arvestoffet DNA.

-- De vokser og utvikler seg.

-- De tar til seg energi fra omgivelsene.

-- De sanser omgivelsene og reagerer på forandringer i omgivelsene.

-- De har en høy grad av organisering inni celler og vev.

--- 9 til 401

Hvis vi skal peke på ett karaktertrekk som forener alt levende, er det nettopp det at arvestoff er bygd opp på samme måte. Dersom vi hadde funnet rester av DNA på Mars, ville vi med stor sannsynlighet kunnet fastslå at det er eller har vært liv der. De felles kjennetegnene på liv forteller også noe om slektskapet mellom alt levende. Vi kan «vekke» gamle DNA-biter til live, slik at de blir aktive igjen. Likevel vil vi ikke kalle DNA-biter levende. Hva da med virus? Virus består bare av korte DNA-biter med noen få gener i et proteinskall, og de er helt avhengige av andre organismers celler for å formere seg. Per definisjon er derfor ikke virus levende organismer, men \_parasittiske\_ DNA-biter.

Blåtekst: Biologi er studiet av levende organismer og hvordan de forholder seg til hverandre og miljøet sitt.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Virus (ebolavirus).

2. Bildetekst: Bakterie (Heliobacter pylori)

Hva er levende?

Margtekster:

-- DNA = deoksyribonukleinsyre

-- En parasitt er en organisme som lever på eller i en vertsorganisme. Verten taper på at den har en parasitt, for eksempel et virus, inni seg.

### xxx3 Fordypning: Fagfelter innenfor biologien

Biologi omfatter alt fra molekyler i celler til de store økosystemene på jorda. \_Cellebiologen\_ og \_molekylærbiologen\_ studerer cellenes innhold og funksjoner og de komplekse kjemiske og molekylære prosessene som foregår der. \_Mikrobiologen\_ studerer celler fra bakterier, encellede protister og virus. \_Genetikeren\_ studerer artenes DNA, og kunnskapen kan brukes for å definere arter, avgrense arter eller se på slektskap mellom individer innenfor samme art. Ved hjelp av avanserte metoder kan man i dag analysere DNA-et og forklare evolusjonen.

\_Botanikeren\_, \_mykologen\_ og \_zoologen\_ studerer henholdsvis planter, sopp og dyr. For å forstå hvordan en art forholder seg til miljøet både på utsiden og på innsiden, er det nødvendig å vite hvordan den er bygd og fungerer – altså artens anatomi og fysiologi.

Økologen studerer \_samspillet\_ innenfor arter, mellom arter og mellom artene og deres livsmiljø. \_Evolusjonsbiologen\_ studerer hvordan individer kan tilpasse seg nye miljøer og tåle forandringer bedre enn andre, slik at nye arter kan oppstå. Artsdannelse tar som regel svært lang tid, gjerne flere hundre tusen år.

Noen biologer studerer spesielle prosesser, andre studerer spesielle arter, noen studerer samspillet mellom artene, og i noen tilfeller får fagfeltet navn etter hvor man studerer dette. En \_marinbiolog\_ studerer livet i havet, alt fra encellede mikroorganismer til kjempestore hvaler. De fleste biologer bruker kunnskap fra flere ulike felter innenfor biologien.

### xxx3 Biologiske arbeidsmetoder

I læreplanen står det: «For å utvikle kunnskap om metoder og tenkemåter i biologi er det nødvendig å arbeide både praktisk og teoretisk med programfaget. Vekselvirkningen mellom teoretiske kunnskaper og praktiske ferdigheter og opplevelser fra laboratoriet og feltarbeid er grunnleggende for biologisk forståelse.» Det vil si at du lærer biologi både ved å lese teori og ved å observere og undersøke selv.

--- 10 til 401

For å finne ut hvordan levende organismer oppstår, hvordan de fungerer og har utviklet seg, og hvordan de forholder seg til hverandre og miljøene omkring, bruker biologer enten \_den naturvitenskapelige arbeidsmetoden\_ eller \_den induktive metoden\_.

\_Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden\_ begynner ofte med en observasjon. Ut fra observasjonen forsøker biologen å finne én eller flere mulige forklaringer, \_hypoteser\_. For å teste gyldigheten av en hypotese gjør vi forskjellige systematiske forsøk for å bekrefte eller avkrefte den. Dersom hypotesen \_ikke\_ stemmer, kan vi begynne på nytt med en ny hypotese eller nye forsøk. Det å arbeide med logiske slutninger steg for steg kalles \_deduksjon\_, og metoden kalles \_hypotetisk-deduktiv\_. Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden tar utgangspunkt i den hypotetisk-deduktive metoden og kjennetegnes ved systematisk testing av én eller flere hypoteser.

\_Den induktive metoden\_ er basert på studier som kartlegging og observasjoner, for eksempel undersøkelser av biologisk mangfold i et økosystem eller genetiske studier for å påvise graden av slektskap mellom arter. Ofte er det slik at man på grunnlag av et visst antall forsøk eller observasjoner trekker generelle slutninger. Det kalles induksjon. Grunnlaget for den viktigste biologiske teorien, Darwins evolusjonsteori, ble for eksempel lagt gjennom induksjon, altså langvarig observasjon av mangfold og av variasjon innenfor og mellom arter, studium av økologiske tilpasninger og andre studier, som til sammen utgjorde brikker i et puslespill.

Naturforskeren Charles Darwins studerte og beskrev 14 fuglearter på Galapagosøyene. De hadde en opprinnelig, felles stamform som spredte seg til forskjellige øyer. Etter lang tids isolasjon utviklet de forskjellig form og størrelse på nebbet fordi de hadde tilpasset seg tilgangen på føde der de nå levde.

--- 11 til 401

Noen hadde korte, kraftige nebb, andre hadde utviklet smale og lengre nebb. Ut fra observasjonene formulerte deretter Darwin evolusjonsteorien sin.

Moderne biologiske metoder har bekreftet at isolasjon og tilpasning til ny føde var grunnlaget for at mange forskjellige finkearter utviklet seg fra en felles stamform, det vil si fra én art.

Det er likevel slik at forskning først og fremst er motivert av ønsket om å vite mer, uten at det ligger noen bestemt hypotese bak. Mange biologiske spørsmål har ikke noe entydige svar, og det er mye biologisk forskning som ikke gir endelige svar med to streker under. Biologiske problemstillinger er gjerne sammensatte, og det er mange faktorer som spiller inn. Ofte må vi akseptere usikkerhet i større eller mindre grad, selv om vi vet stadig mer.

Biologiske arbeidsmetoder bygger som regel på forskjellige former for analyser – alt fra telling, måling og veiing til avanserte instrumentanalyser og matematiske analyser og modeller.

Blåtekst: Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden er sentral innenfor biologien. Den går ut på at en hypotese blir testet, og ut fra resultatene blir den så bekreftet eller avkreftet. Den induktive arbeidsmåten går ut på å observere fenomener og trekke en logisk slutning på grunnlag av observasjonene.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser leddene i den naturvitenskapelige arbeidsmetoden.

Forklaring: Flytdiagram. Går fra «Observasjon, ideer , eksisterende teorier» til «Hypoteser», derfra til «Forsøk», og så to mulige veier videre:

1. Fra «Forsøk» til «Bekreftet». Kan gå videre derfra til «Endrede teorier» og så tilbake til «Observasjon, ideer, eksisterende teorier».

2. Fra «Forsøk» til «Ikke bekreftet» og derfra tilbake til «Hypoteser» eller «Forsøk».

Bilder: to foto

Bildetekst: Biologen arbeider ofte både i felt og i laboratoriet.

Forklaringer:

1. Dykker måler koraller.

2. Laboratoriearbeid med plante i prøverør.

Bilder: to foto

Bildetekst: Charles Darwin (1809–1882) grunnla den moderne evolusjonsteorien blant annet basert på observasjoner og innsamling av ulike arter av finker. Variasjonen i nebbform og nebbstørrelse mellom disse finkeartene skyldes økologiske tilpasninger knyttet til fødetilgang.

Forklaringer:  
1. Fink med smalt, spisst nebb.

2. Fink med kraftig, butt nebb.

Margtekster:

-- Deduksjon (latin): logisk slutning fra det allmenne til det spesielle

-- Induksjon (latin): logisk slutning fra enkelttilfeller til det allmenne

### xxx3 Biologisk modellering – datasimuleringer som kan beskrive naturen

Noen ganger kan det være vanskelig å beskrive naturen ved hjelp av enkle undersøkelser. Da kan \_biologisk modellering\_, som \_datasimuleringer\_, være nyttige. Ut fra feltstudier i naturen og undersøkelser i laboratorium kan man samle inn data. Disse kan vi så bruke til å prøve å forutsi en videre utvikling av for eksempel klima, artsutbredelse eller endringer i økosystemer framover i tid.

--- 12 til 401

Dette gjøres gjennom å benytte avanserte matematiske og statistiske modeller basert på faktiske registreringer av data. I disse modellene kan vi endre én eller flere faktorer og beregne (simulere) for eksempel miljørisikoen og konsekvensene ved inngrep eller endringer i et område basert på hvilke faktorer som påvirker eller kommer til å påvirke området. Biologisk modellering brukes i dag mye for å forsøke å forutsi hvilke miljøbelastninger ulike naturinngrep kan få for naturen og artsmangfoldet i et område. Slik kan miljøforvaltningen bli bedre i stand til å bestemme hvilke tiltak som må gjøres, eller om et inngrep er akseptabelt eller ikke.

Også innenfor klimaforskning er biologisk modellering sentralt. Tusenvis av forskere fra hele verden har uavhengig av hverandre studert utviklingen av klimaet på jorda. De siste hundre årene har temperaturen steget nesten én grad i gjennomsnitt. Alle naturlige faktorer, som færre skyer, endret solinnstråling eller forandringer i havstrømmer, er undersøkt. Forskerne er enige om at alle disse faktorene kan påvirke klimaet, men de er også enige om at det bare er en menneskeskapt drivhuseffekt som kan øke temperaturen på hele jordkloden så mye på så kort tid. Ut fra alle de dataene som tusenvis av klimaforskere samler inn, lages det avanserte klimamodeller. De kan hjelpe oss med å forutsi utviklingen. Avanserte dataprogrammer bruker mange forskjellige målinger av for eksempel temperatur, trykk, fuktighet og vind i beregningene. Dataene er samlet inn over hele jorda, og ved hjelp av dette enorme datamaterialet kan forskerne forutsi hvordan klimaendringene vil kunne slå ut.

Blåtekst: Noen ganger kan det være vanskelig å beskrive naturen ved hjelp av enkle undersøkelser. Da kan biologisk modellering, som datasimuleringer, være nyttige. Det kan vi bruke til å prøve å forutsi blant annet konsekvenser og risiko ved inngrep i naturen.

Bilde: foto

Forklaring: Mann padler kano på en oversvømt vei.

Bildetekst: Forskere prøver å forklare endringer i klima, blant annet ekstremvær, ved hjelp av avanserte klimamodeller.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke felles kjennetegn har alle levende organismer?
2. Hva er DNA?
3. Hvorfor sier vi at virus er ikke-levende?
4. Forklar hva som kjennetegner de to arbeidsmetodene hypotetiskdeduktiv metode og induktiv metode.
5. Hvem var Charles Darwin, og hva er han kjent for?
6. Hva kan vi bruke biologisk modellering til?

--- 13 til 401

## xxx2 1.2 Økologi

Økologi kan enkelt beskrives som læren om samspillet mellom organismer i naturen og mellom organismene og det miljøet de lever i. For å forstå bedre hvordan naturen virker, må vi tilegne oss kunnskaper om artenes tilpasninger og utbredelse og hvilke \_miljøfaktorer\_ og prosesser som styrer dette. Miljøfaktorer påvirker en arts leveområde og ressurstilgang. Eksempler på miljøfaktorer er sykdom, klima, næringstilgang, trekkruter, lyd, rovdyr og konkurranse fra andre individer av samme eller en annen art. Dette lærer vi mye om når vi gjør feltarbeid. Det finnes også mange bra fagbøker som beskriver artene, deres levesteder og levemåter og hvilke miljøfaktorer som bidrar til å skape de store variasjonene som vi ser ute i naturen. Mange viktige prosesser virker på flere nivåer. Det er for eksempel konkurranse om mat både mellom individer av samme art og mellom individer av forskjellige arter. Det viktigste for en organisme er å formere seg og føre genene sine videre. Miljøforholdene på jorda endrer seg hele tiden, og organismene må klare å tilpasse seg disse endringene.

Blåtekst: Økologi er læren om organismene, deres tilpasninger og samspillet mellom dem og forholdet til miljøet der de lever.

Bilde: foto

Forklaring: Sola speiler seg i et vann.

Margtekst: Oikos = hus, hjem, Logos = lære

### xxx3 Fra individ til økosystem

For å forstå den komplekse naturen bedre skal vi kort repetere noen sentrale begreper fra naturfag for å forstå hvordan et økosystem er bygd opp: \_individ, art, populasjon, samfunn\_ og økosystem.

-- Et \_individ\_ er en levende og selvstendig organisme.

-- Generelt kan vi si at en \_art\_ defineres som:

1. individer som er svært lik hverandre av utseende i karaktertrekk som form og farge
2. individer som kan formere seg og få forplantningsdyktig avkom
3. individer som vi kan bestemme og definere med \_genetiske\_ metoder (DNA-undersøkelser), og som etter DNA-undersøkelsene viser seg å ha det samme DNA-et

-- En \_populasjon\_ er en samling individer av samme art som lever innenfor et avgrenset geografisk område.

-- Et \_samfunn\_ består av alt levende (alle populasjoner av alle de forskjellige organismene) innenfor et naturlig avgrenset område, for eksempel alle de levende organismene som finnes i en skog eller en innsjø.

-- Et \_økosystem\_ er et geografisk avgrenset område med alle de \_biotiske\_ og \_abiotiske\_ faktorene som finnes der, for eksempel en skog eller en innsjø.

--- 14 til 401

Ett eller flere samfunn utgjør til sammen den \_biotiske\_ (levende) delen av det vi kaller et økosystem. Alle de forskjellige artene i disse samfunnene, fra de minste encellede organismene til de største plantene og dyrene, utgjør \_biotiske faktorer\_ i økosystemet. Et økosystem inneholder også \_abiotiske\_ (ikke-levende)/aktorer. Eksempler på abiotiske faktorer er jord, vann, næringsstoffer og klima. I et økosystem kan det være flere tusen forskjellige plante- og dyrearter som samvirker med de abiotiske faktorene. Vi kan avgrense et økosystem ut fra hva som skal studeres. For eksempel kan vi snakke om den nordlige barskogen (taigaen) som ett økosystem som strekker seg fra Stillehavskysten gjennom hele Sibir og ut til kysten i Norge. Vi kan også definere en granskog, et gammelt grantre eller en bjørk, som har et helt særegent artsmangfold og miljø, som et eget økosystem.

Blåtekst: Et økosystem er et geografisk avgrenset område der alle biotiske (levende) og abiotiske (ikke-levende) faktorer påvirker hverandre.

Bilde: foto

Bildetekst: Furuskog. Disse individene av furu utgjør en liten del av skogen. Populasjonen består også av individer som vi ikke ser, og som befinner seg andre steder i det samme økosystemet.

Bilde: figur

Forklaring: Fire tegninger.

1. Økosystem: Dyr og planter i, ved og på et vann. Solskinn, regn og en elv som renner ut i vannet.

2. Samfunn: Dyrene og plantene i, ved og på vannet, blant annet en del fisk.

3. Populasjon (individer av samme art): Fiskene som er av samme slag.

4. Individ: En av fiskene.

--- 15 til 401

### xxx3 Næringskjeder og næringsnett

Plantene, algene og de andre organismene som driver med fotosyntese i en \_næringskjede\_, kaller vi \_produsenter\_. Over produsentene er det flere ledd med \_konsumenter\_ (forbrukere). Vi kaller dem   
primær-, sekundær- og tertiærkonsumenter etter det konsumentleddet de befinner seg på. Primærkonsumentene spiser produsentene, sekundærkonsumentene spiser primærkonsumentene osv. Det finnes også et annet og svært viktig ledd: \_nedbryterne\_. Som regel er mange næringskjeder viklet inn i hverandre og danner store \_næringsnett\_. Noen næringsnett er kompliserte fordi mange arter påvirker hverandre. Arter kan også opptre på forskjellige steder i det samme næringsnettet. Et næringsnett kan forandre seg gjennom året, og en arts plass kan forandre seg med individets alder. For eksempel spiser rypekyllinger insekter og er sekundærkonsumenter de første leveukene. Så går de over til vegetarisk kosthold og blir primærkonsumenter resten av livet.

Blåtekst: En næringskjede viser hvem som spiser hvem. Alle ender i et nedbryterledd. Et næringsnett er sammensatt av mange næringskjeder.

Bilde: figur

Bildetekst: Et næringsnett er svært komplisert og består av svært mange arter som påvirker hverandre. Et forenklet næringsnett på fjellet kan se slik ut.

Forklaring: Planter og dyr i fire nivåer. I tillegg: nedbrytere.

1. Produsenter: Harerug, fjellrapp, stivstarr

2. Primærkonsumenter: Gresshoppe, hare, lemen, rype, rein

3. Sekundærkonsumenter: Snøspurv, steinskvett

4. Tertiærkonsumenter: Fjellrev, jerv, kongeørn

Nedbrytere: Sopp, bakterier, maggot, nedbrytersopp

Piler for hvem som blir spist av hvem peker gjerne til nærmeste nivå over, men kan også gå høyere opp. Noen eksempler: Harerug (produsent) spises av hare og gresshoppe (primærkonsumenter) og snøspurv (sekundærkonsument). Gresshoppe spises av snøspurv. Hare spises av jerv (tertiærkonsument). Konsumenter kan også spise nedbrytere, for eksempel steinskvett som spiser maggot.

Stivstarr (produsent) brytes ned av sopp. En død rein, «åtsel», brytes ned av bakterier, maggot og nedbrytersopp.

--- 16 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva betyr ordet \_økologi\_?
2. Hva er en miljøfaktor? Gi eksempler.
3. Definer ordene \_individ, art, populasjon\_ og \_samfunn\_.
4. Forklar hvilke faktorer i et økosystem som er biotiske, og hvilke som er abiotiske. Gi eksempler.
5. Hva er en næringskjede, og hva er et næringsnett? Tegn et eksempel fra et økosystem.

## xxx2 1.3 Feltarbeid i biologi 1

I biologi er det nødvendig å kombinere teoretisk kunnskap og hypoteser med praktiske studier i felt eller laboratorium. I biologi 1 skal du drive med feltarbeid, og du skal samle inn, kartlegge og utforske ulike organismer. I feltarbeidet er det interessant å undersøke både biotiske og abiotiske faktorer for å kunne studere artenes tilpasninger og levevis i økosystemet. Resultatene og konklusjonene skal presenteres på en faglig tilfredsstillende måte.

Feltarbeid er praktisk arbeid ute i naturen. Da lærer du navnet på mange forskjellige arter og beskriver hvor og hvordan de lever. Gjennom feltundersøkelser vil du øve opp evnen til å undersøke og registrere det du observerer. Du får også øvd deg på å bruke utstyr og metoder for å hente inn de opplysningene du er ute etter.

Bilde: foto

Forklaring: Insektfangst med håv.

### xxx3 Plan for feltarbeidet

Det er mye du kan undersøke i felt. Forberedelser er en viktig del av et feltarbeid. Husk at tilstedeværelsen av arter og de økologiske faktorene varierer gjennom året.

I et praktisk feltarbeid kan biologigruppen deles inn i smågrupper, der hver av gruppene får tildelt eller velger et område som skal undersøkes. Her kan man gjerne legge opp til en halv eller en hel dags arbeid, slik at man rekker å gå gjennom og registrere arter og måle forskjellige abiotiske faktorer. Det kan være lurt å velge et avgrenset område på stedet der du har feltarbeid. Det forenkler arbeidet.

Hvis du undersøker planter, sopper og dyr, kan du se hvor mange forskjellige arter det er, og hvordan de er tilpasset miljøet de lever i. Dere kan undersøke et økosystem eller sammenlikne flere \_biotoper\_. En biotop er levestedet til dyr og/eller planter som naturlig lever sammen. Det er en glidende overgang mellom begrepene \_biotop\_ og økosystem, men som regel vil et økosystem være arealmessig større og inneholde flere biotoper.

--- 17 til 401

Barskogen på Østlandet kan sies å være et større økosystem. Vi ville ikke kalle det en biotop.

Hvis det er vanskelig å artsbestemme grupper av planter som gress og mose, kan du gjerne avgrense undersøkelsen til for eksempel blomsterplanter. Hvis du har litt kunnskap om smådyr som skolopendere, insekter, edderkoppdyr og krepsdyr, kan du også undersøke dette. Når vi gjør feltarbeid, er det viktig å kunne finne navnet på arter som lever i området som vi undersøker. Artsbestemmelse kan du lese mer om på side 31.

Blåtekst: Feltarbeid er praktisk arbeid ute i naturen. Gjennom feltundersøkelser får du øve opp evnen til å undersøke og registrere det du observerer.

Bilde: foto

Bildetekst: Dompap (\_Pyrrhula pyrrhula\_) har flere ulike typer granskog som biotop.

Margtekst: En biotop er levestedet til dyr og planter som lever sammen i et område. Biotop kommer fra gresk \_bios\_, som betyr «liv», og \_topos\_,som betyr «sted».

### xxx3 Feltarbeid og metoder

En viktig del av planleggingen av feltarbeidet er å velge ut hvilke metoder du vil bruke. Det vil avhenge av hvilken type område du skal undersøke, og om feltarbeidet ditt er på land eller i vann. Det er også viktig å være nøye med å dokumentere hva som gjøres, og hvordan undersøkelsene blir gjort. Læreplanen sier at du skal klare å gjøre greie for egne observasjoner og legge fram resultater fra observasjonene. Du skal kunne navngi noen vanlige arter og sammenlikne dem med tanke på fellestrekk og variasjon.

Noen sentrale arbeidsmetoder:

-- Observere og kartlegge arter

-- Beskrive området og naturtypen

-- Fotografere og/eller tegne området, artene dere finner, osv.

-- Registrere lyder, dyrespor og sportegn etter dyr, for eksempel ekskrementer og gnagemerker

-- Måle abiotiske faktorer som lys, jorddybde, jordsmonn, fuktighet og temperatur forskjellige steder i områder på land

-- Ta vannprøver og måle abiotiske faktorer som pH og temperatur i vann

-- Bruke feller og håver til å samle inn dyr

-- Samle inn planter fra området

Samler dere inn planter, skal dere aldri ta med røttene, bare knekk stengelen nede ved bakken. Legg plantene pent i en litt fuktig plastpose, slik at de ikke skades før videre undersøkelse på laboratoriet. Dyr skal behandles skånsomt og slippes levende ut igjen. Hvis dyr skal avlives, skal dette gjøres med godkjente metoder. Husk for eksempel at amfibier og krypdyr er fredet, så det er ikke lov å drepe dem.

--- 18 til 401

Dere kan også:

-- identifisere innsamlede objekter

-- bruke Internett eller andre kilder for å finne mer informasjon om enkelte arter

-- komme med forslag til næringskjeder og næringsnett

-- undersøke menneskelig påvirkning

-- skrive rapporter og planlegge presentasjoner digitalt, muntlig, skriftlig

På nettstedet til \_Bios\_ kan du lese hvordan feltarbeid kan utføres både på land og i og ved vann eller sjø. Her finner du beskrivelser både av de vanligste økosystemene og feltmetodene som er aktuelle.

Blåtekst: Både forberedelser og etterarbeid er en viktig del av et feltarbeidet.

Bilde: foto

Bildetekst: Sportegn etter ekorn kan du se mange steder i biotopen granskog.

Forklaring: Kongle som er gnagd i stykker.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er hensikten med feltarbeid i biologi?
2. Hva er en biotop, og hva er et økosystem?
3. Finn noen oppslagsbøker som kan brukes ved feltarbeid. Bruk biblioteket eller sjekk hjemme. Hvilken nytte kan du ha av slike bøker under feltarbeidet?

## xxx2 1.4 Laboratoriearbeid

Mye biologisk forskning foregår på laboratoriet. Små organismer, celler eller detaljer kan vi undersøke ved hjelp av stereolupe eller mikroskop. Større organismer kan undersøkes ved for eksempel \_disseksjon\_. Det betyr at du skjærer i det du skal undersøke. Vi kan også dyrke planter, sopp og bakteriekulturer og studere dyr og gjøre forskjellige forsøk. Det er strenge etiske regler for hva man kan gjøre av forsøk på levende organismer, særlig på dyr. Samtidig er det svært mye viktig kunnskap som framskaffes gjennom forskjellige laboratorieforsøk. Du får lære mer om metoder og forskjellige typer laboratoriearbeid i denne boka.

I alle forsøk må man vurdere eventuelle feilkilder. Det er viktig å prøve å begrense feilkildene i størst mulig grad og vurdere usikre faktorer som påvirker resultatet. Skal du for eksempel gjennomføre et forsøk med frøspiring, er det viktig å ha kontroll på abiotiske faktorer som fuktighet, temperatur og lystilgang. I tillegg kan frø ha ulik spiringsevne, pottene kan ha ulik mengde jord, jorda kan inneholde forskjellige typer næringsstoffer, vannmengden kan variere litt fra potte til potte, osv. Hvordan vi tolker det vi observerer, kan også variere fra person til person. Forsøket bør derfor helst gjøres flere ganger, eller av flere grupper. Da kan man for eksempel se bort fra resultater der avviket er stort, og beregne gjennomsnittet av de andre resultatene.

--- 19 til 401

Prøv å vurdere grundig hvorfor det ble ulike resultater. I et enkelt og lite frøspiringsforsøk bør du være forsiktig med å trekke konklusjoner. Sjekk gjerne faglitteratur eller spør eksperter om råd.

Selv om den naturvitenskapelige arbeidsmetoden ikke kan gjennomføres på samme måte på en skole som i et stort laboratorium med profesjonelle forskere, er det likevel framgangsmåten i denne arbeidsmetoden som skal ligge til grunn i en del av de forsøkene vi gjør. Noen forsøk kjenner vi ikke resultatet av på forhånd, i andre vet vi mer om hva resultatet antakelig blir. Du bør uansett sette opp hypoteser sammen med de andre i gruppen og observere, måle og notere deg resultater og mulige feilkilder. Ved andre forsøk kan dere bruke den induktive metoden. Etter forsøket kan arbeidet oppsummeres i en rapport. Tabellen gir en oversikt over hva rapporten din bør inneholde:

Tabell:

|  |  |
| --- | --- |
| Innhold | Beskrivelse |
| Tittel på forsøk (øvelse), navn og dato | Bruk gjerne samme tittel som på øvingen i boka og eventuelt nummer. |
| Hensikt | Hva vil du finne ut gjennom forsøket, hva kan du lære? Sett opp hypoteser som skal testes. |
| Utstyrsliste | Lag en liste over alt utstyr du brukte. Ta gjerne et bilde av utstyret og legg det inn i rapporten, da er det lettere å huske i ettertid hva du gjorde. |
| Framgangsmåte | Beskriv hvordan dere brukte utstyret og gjennomførte forsøket. |
| Figurer/bilder | Lag en figur eller ta bilde av oppsettet av utstyr og hva dere så. Det kan hjelpe deg til å beskrive forsøket. Sett gjerne navn på det du ser på figuren/bildet. |
| Resultat | Forklar hva dere observerte under forsøket, og noter resultatene. |
| Konklusjon og feilkilder | Drøft resultatene og skriv de konklusjonene dere kom fram til. Bekrefter eller avkrefter resultatene den hypotesen du testet? Vurder om det er feilkilder i forsøket, og beskriv hvordan de eventuelt kan ha påvirket resultatet ditt. |

Blåtekst: Mye biologisk forskning foregår på laboratoriet. Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden ligger til grunn i forsøkene vi gjør. I alle forsøk er det viktig å vurdere eventuelle feilkilder.

Bilder: to foto

Forklaringer:

1. Kvinne ved mikroskop.

2. Spirende frø.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en feilkilde?
2. Gi eksempler på hvordan du kan begrense feilkildene i et forsøk.

--- 20 til 401

## xxx2 1.5 Biologi i mediesamfunnet

Det er en selvfølge at det er en jurist og ikke en pilot som uttaler seg om juridiske problemstillinger for eksempel knyttet til nedlasting av musikk fra Internett. Like selvfølgelig er det at det er biologer som bør få uttale seg når biologiske problemstillinger tas opp i mediene.

Hver dag kommer du borti biologirelaterte saker. Klimaendringer, fiskekvoter, biologisk mangfold, forurensning, store sykdomsutbrudd (epidemier) og kosthold – alt dette er temaer som er knyttet til biologifaget. I alle presentasjoner og diskusjoner av viktige samfunnsspørsmål trenger vi kunnskapen til objektive fagpersoner.

Det finnes mange gode fagtidsskrifter og nettsteder med faglig solid og spennende biologisk fagstoff i Norge. Eksempler på slike kan du se på Bios-nettsidene. Samtidig hender det ikke så sjelden at biologiske fenomener blir framstilt på en sensasjonspreget og upresis måte i aviser og andre ikke-faglige medier. Dette kan både føre til en forvrenging av fakta i viktige miljøspørsmål og til en feilaktig framstilling av biologisk interessante fakta.

### xxx3 Rovdyrforvaltning

I saker som lett skaper stor debatt, kan framstillingen av fakta være svært forskjellig fra journalist til journalist. Det kan skyldes at journalisten har sympatier i én spesiell retning, eller at den som intervjues og kommenterer, ønsker å få brukt sin innfallsvinkel mest mulig politisk til sin fordel. Rovdyrforvaltningen i Norge er en slik betent sak der fakta kan framstilles svært ulikt i forskjellige medier. De offisielle tallene som viser hvor mange sauer som ble tatt av rovdyr, ble framstilt på følgende måte av to forskjellige aviser: «Kraftig nedgang i sauetap til rovdyr» og «Nok en blodig rovdyrsommer».

Faktagrunnlaget som forelå for de ulike oppslagene, var fra den offentlige etaten Statens naturoppsyn (SNO), som presenterte tall for hvor mange sauer og lam som ble tatt av forskjellige rovdyr, og hvor mye staten betalte i erstatning til bønder som hadde mistet dyr.

--- 21 til 401

Faktum er at langt færre sauer tas av rovdyr i dag enn for noen år siden, men denne nyheten ble slått opp negativt med tanke på rovdyrene. Det lønner seg alltid å være kritisk og dobbeltsjekke statistiske tall bak en mediesak. I de fleste avisoppslagene om rovdyr er det ulven det dreier seg om, selv om den dreper atskillig færre sauer og lam enn flere av de andre rovdyrene. Omkring 125.000 sauer og lam dør på utmarksbeite hvert år, og rundt 15 prosent av disse blir drept av rovdyr. Ulven dreper mellom 1.500 og 2.000 sauer og lam årlig, altså rundt 1,5 prosent av dyrene som går tapt.

Bilde: foto av ulv

Bilde: figur

Forklaring: Linjediagram med årstall på førsteaksen og antall sau og lam på andreaksen.

Bildetekst: Tallene viser at det i perioden fra 2010 til 2017 har vært en kraftig nedgang i antall sauer og lam som ble tatt av rovdyr. 16.580 sauer og lam ble erstattet som tapt til rovdyr i 2017, mot 32.500 i 2010. Av de tapte dyrene er bare 10 prosent dokumentert tatt av rovdyr, mens 90 prosent er skjønnsmessig erstattet som tapt til rovdyr. Det vil si at man antar at de er tatt av rovdyr, men at man ikke vet det sikkert.

Bilde: figur, kakediagram

Bildetekst: Staten betaler erstatning for sauer og lam som er tatt av rovdyr. Figuren viser andeler av sauer og lam det er betalt ut erstatning for utfra hvilket rovdyr de er antatt drept av. Jerv er den av de fire store rovpattedyrene som tar flest sauer og lam.

Forklaring: Jerv 34%, gaupe 21%, bjørn 15%, ukjent rovdyr 13%, ulv 9%, kongeørn 8%.

### xxx3 Menneskeskapte klimaendringer

Et annet eksempel på saker som har fått mye og til dels selvmotsigende oppslag i mediene, er knyttet til temaet menneskeskapte klimaendringer. I dag er de aller fleste forskerne enige om at den temperaturøkningen som registreres, både i havet og på land, skyldes menneskeskapte klimagassutslipp. De som fester lit til dette og frykter raske og omfattende forandringer for livet på jorda, krever politiske tiltak som snarest mulig begrenser utslippene av klimagasser. Men noen få forskere, kanskje 3-5 prosent av dem som driver med klimarelatert forskning, konkluderer med at det meste skyldes naturlige svingninger. Det er altså et lite mindretall som hevder at det ikke er bevis for at klimaendringene skyldes menneskeskapte klimagassutslipp. Disse uenighetene skaper dermed stor usikkerhet hos mange, særlig siden begrepet \_klimaendringer\_ i seg selv er svært komplekst. Mer enn 95 prosent av forskerne er enige om at de klimaendringene vi nå opplever, er menneskeskapte, og FNs klimapanel har slått fast at vi med svært stor sikkerhet kan si dette.

Noen saker framstilles svært ulikt, noe som kan skyldes at sentrale aktører kan ha tungtveiende økonomiske argumenter for å argumentere mot den biologiske kunnskapen. I klimaspørsmål er fossile utslipp den største kilden til klimaendringer. Det er dokumentert at klimaendringer vil få store negative konsekvenser for mange av verdens økosystemer. Derfor mener ekspertene at klimagassutslipp fra fossile kilder som olje- og gass \_må\_ reduseres betydelig. Arbeidet med å redusere klimagassutslippene er også grunnlaget for \_Parisavtalen\_, som er en juridisk forpliktende del av FNs klimakonvensjon.

--- 22 til 401

Den ble vedtatt av 195 land på klimatoppmøtet i Paris i 2015. Et hovedmål i avtalen er å begrense global oppvarming til «godt under» 2 °C, helst til 1,5 °C.

Men et oljeselskap vil tjene mer penger hvis de unngår politiske tiltak som begrenser oljeproduksjonen. Derfor vil de tjene på å trekke fram de forskerne som hevder at klimaforandringene \_ikke\_ skyldes menneskeskapte utslipp – på tross av at de aller fleste av verdens klimaeksperter dokumenterer at fossile utslipp må reduseres betydelig de neste 50 årene. Dette er det viktig å være klar over i mediedebatten.

Det er mange økologiske faktorer som gjør seg gjeldende i naturen, og det kan være mange årsaker til at det skjer endringer i miljøet, eller til at det gjøres spesielle observasjoner som omtales i mediene. Gjennom biologifaget skal du opparbeide gode kunnskaper så du kan diskutere biologisk fagstoff med andre, og du skal på et kritisk og selvstendig grunnlag vurdere den biologiske informasjonen som presenteres. Du skal lære å skille mellom presise og mindre presise framstillinger av biologiske forhold. Gjennom biologifaget skal du få en basiskunnskap som gjør deg i stand til selv å kunne bidra med gode og saklige faginnspill i samfunnsdebatten.

Blåtekst: Når du har gode biologikunnskaper, kan du selv og vurdere innholdet i biologiske tekster.

Bilde: foto

Bildetekst: Mange dyr som lever i polare områder, er avhengige av at isen ikke smelter.

Forklaring: Sel i et hull i isen.

Bilde: figur

Forklaring: Linjediagram med årstall på førsteaksen og mengde CO\2 i gigatonn på andreaksen.

Bildetekst: Det menneskeskapte bidraget av CO\2 i atmosfæren har økt med 40 prosent siden 1850. Kilde: Cicero

Bilde: foto

Bildetekst: Oljeselskapene vil tjene på at det ikke kommer tiltak som begrenser deres produksjon. For dem er det gunstig for økonomien å vise til forskere som mener at klimaforandringene ikke er menneskeskapte, selv om disse forskerne bare utgjør et lite mindretall.

Forklaring: Noen fyller bensin på en bil.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke uenigheter skaper debatt innenfor rovdyrforvaltningen i Norge?
2. Hvor mange sauer og lam dør på utmarksbeite hvert år, og hvor stor mange av disse blir tatt av ulv?
3. Hvilke tre rovdyrarter tar flest sauer og lam på utmarksbeite?
4. Hvor stor prosentandel av klimaforskerne mener at klimaendringene er menneskeskapte, og hvor stor prosentandel mener at de ikke er det?
5. Hva er Parisavtalen?

--- 23 til 401

## xxx2 Sammendrag

Biologi er studiet av levende organismer og hvordan de forholder seg til hverandre og miljøet sitt.

Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden er sentral innenfor biologien. Den går ut på at en hypotese blir testet, og ut fra resultatene blir den så bekreftet eller avkreftet. Den induktive arbeidsmåten går ut på å observere fenomener og trekke en logisk slutning på grunnlag av observasjonene.

Noen ganger kan det være vanskelig å beskrive naturen ved hjelp av enkle undersøkelser. Da kan biologisk modellering, datasimuleringer, være nyttige. Det kan vi bruke til å prøve å forutsi blant annet konsekvenser og risiko ved inngrep i naturen.

Økologi er læren om organismene, deres tilpasninger og samspill med hverandre og forholdet til miljøet der de lever.

Et økosystem er et geografisk avgrenset område der alle biotiske (levende) og abiotiske (ikke-levende) faktorer påvirker hverandre.

En næringskjede viser hvem som spiser hvem. Alle ender i et nedbryterledd. Et næringsnett er sammensatt av mange næringskjeder.

Feltarbeid er praktisk arbeid ute i naturen. Gjennom feltundersøkelser får du øve opp evnen til å undersøke og registrere det du observerer.

Både forberedelser og etterarbeid er en viktig del av et feltarbeidet.

Mye biologisk forskning foregår på laboratoriet. Den naturvitenskapelige arbeidsmetoden ligger til grunn i forsøkene vi gjør. I alle forsøk er det viktig å vurdere eventuelle feilkilder.

Når du har gode biologikunnskaper, kan du selv vurdere innholdet i biologiske tekster.

--- 24 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 1.1

Ta kontakt med en person som arbeider med biologi, enten på en skole, et universitet eller på fritiden. Du kan for eksempel kontakte en som jobber innenfor utdanning (lærer, forsker), helse (sykepleier, lege, forsker) eller miljøvern (fylke/kommune, miljøorganisasjon). Intervju denne personen og legg fram en muntlig eller skriftlig rapport om det du lærte om dette yrket.

### xxx3 Oppgave 1.2

1. Forklar den naturvitenskapelige arbeidsmetoden.
2. Hva er forskjellen på en hypotese og en teori?
3. Hva er forskjellen på deduksjon og induksjon?

### xxx3 Oppgave 1.3

Gi et eksempel på en undersøkelse der det passer å bruke den naturvitenskapelige arbeidsmetoden, og et eksempel på en undersøkelse der det passer å bruke den induktive metoden.

### xxx3 Oppgave 1.4

Skriv et essay om Charles Darwin.

### xxx3 Oppgave 1.5

Bruk nettsidene til Bios og eventuelt andre kilder og planlegg et feltarbeid. Finn et egnet økosystem/naturområde, lag oppgaver og lag en oversikt over nødvendig utstyr og oppslagsverk. Diskuter med medelever i gruppe om oppgavene lar seg gjennomføre.

### xxx3 Oppgave 1.6

Kikk gjennom én eller flere papir- eller nettaviser i løpet av en uke. Finn innlegg og artikler som handler om biologi.

Har forfatteren en biologifaglig bakgrunn? Fremstår vedkommende som faglig sterk? Hva slags kilder har vedkommende brukt?

### xxx3 Oppgave 1.7

Lag en plan for biologigruppen: Hver uke skal noen av elevene i gruppen holde foredrag om en nyhetssak knyttet til biologifaget. Sett opp en ansvarsliste med alle elevene i gruppen. Hver elev skal ha ansvar for å kunne holde et 2–3 minutters foredrag om en sak som har vært aktuell den siste uken.

### xxx3 Oppgave 1.8

Finn ut hvilke områder i Norge som har flest av de store rovdyrene. Sett opp en liste med argumenter for å ha rovdyr i et område og en annen liste med argumenter mot å ha rovdyr i samme område. Velg et konkret geografisk område når dere jobber med denne oppgaven.

### xxx3 Oppgave 1.9

Nevn noen eksempler på at økonomiske interesser kan påvirke hva som kommer fram i mediene av biologisk informasjon.

### xxx3 Oppgave 1.10

Bør vi si at klimaendringene i vår tid er menneskeskapte eller ikke? Finn argumenter for begge syn.

### xxx3 Oppgave 1.11

Finn ut hvilke miljøsaker de ulike politiske partiene har i partiprogrammet. Dersom det er valgår (kommune- eller stortingsvalg), kan dere gruppevis undersøke hvilke miljøsaker de ulike politiske partiene i Norge legger mest vekt på.

--- 25 til 401

# xxx1 Kapittel 2: Taksonomi: mangfold satt i system

\_Du skal kunne:\_

-- forklare hvordan en art blir definert, og hvordan det biologiske mangfoldet blir organisert i taksonomiske systemer

-- observere og navngi noen vanlige arter fra ulike biotoper og sammenlikne dem med hensyn til fellestrekk og variasjon ved å bruke kunnskaper fra systematikk

-- gi eksempler på variasjon innenfor og mellom populasjoner av samme art, og forklare hva denne forskjellen har å si

En av de første og største oppgavene innenfor biologi har vært å finne et system som kan beskrive både mangfoldet av arter og slektskapet mellom dem. Den svenske naturforskeren Carl von Linné var den som virkelig gjorde en innsats for å lage et system for navnsetting på artsnivå og for å sette artene i en sammenheng basert på slektskap. Linné observerte det vi alle kan legge merke til: Det finnes mønster av likhet på ulike nivåer. For eksempel har pattedyr mer likheter med hverandre enn de har med fugler og fisker, selv om en mus og en løve også er svært forskjellige. På et lavere nivå er mus, rotter og ekorn like hverandre (de er alle gnagere), mens løver, tigrer og huskatter også har åpenbare likhetstrekk (de er alle kattedyr). Grunnenheten i dette systemet er \_arten\_.

Det er beskrevet omtrent 1,6 millioner arter på jorda, men hvor mange det faktisk er, vil vi aldri kunne si helt sikkert – dels fordi vi ennå ikke kjenner alle økosystemene til bunns, dels fordi det slett ikke alltid er enkelt å si hva som er en art, og hvor grensen mellom to arter går. Det beste anslaget i dag er at det er omtrent 9 millioner arter, men noe nøyaktig tall finnes ikke.

Bilde: foto av blomstereng.

--- 26 til 401

## xxx2 2.1 Navnsetting av arter

Naturen består av et stort mangfold av arter. For forskerne er det nødvendig å systematisere artene og ha et enhetlig og logisk system for å sette navn på dem. I tillegg er det viktig å ha et navn som er det samme overalt – enten vi snakker om arten i Norge, Kina eller USA.

Bilde: portrett

Bildetekst: Carl von Linné

### xxx3 Latinske slekts- og artsnavn

Et felles navnsettingssystem er nødvendig, slik at vi vet at vi snakker om de samme artene og har et felles språk. Måten vi setter navn på arter på, er internasjonal og blir dermed brukt over hele verden. Det vitenskapelige navnet på en organisme er bygd opp slik: «\_Slekt art\_». Navnet kursiveres, og slektsnavnet skrives alltid med stor bokstav.

Den som fant opp dette systemet, var den svenske biologen Carl von Linné (1707–1778). Før Linnés tid ble artene beskrevet med et utall forskjellige navn på forskjellige språk, og trolig også på forskjellige dialekter, og det var i praksis ofte umulig å avgjøre om man snakket om samme art. Den toleddede navnsettingen (også kalt den binære nomenklaturen) som Linné innførte, bidro til å få orden på vår beskrivelse av artene.

De latinske slekts- og artsnavnene skrives i kursiv. Hvis Ida Hansen var en blomst, ville den vitenskapelige skrivemåten ha vært \_Hansen ida\_. Latin er et «dødt» språk. Det vil si at det ikke er i bruk som et vanlig skrift- eller talespråk, og dermed forandrer det seg heller ikke. Latin passer derfor godt til entydig navnsetting. Det er en stor fordel at alle arter har et felles internasjonalt vitenskapelig navn.

--- 27 til 401

Latinske navn betyr ofte noe som er ganske greit å forstå. I flora- og faunabøker kan latinske ord stå forklart i en ordliste. Blåveis heter på latin \_Hepatica nobilis\_. \_Hepatica\_ kommer fra det greske ordet \_hepar\_, som betyr «lever», og det sikter til formen og fargen på bladene, som kan minne om en lever. Ordet \_nobilis\_ er latin og betyr «flott» og «staselig», og det er jo blåveisen! Andre ord du kan finne i latinske navn er for eksempel \_montana, maritima, arctica, nigra, millefolium\_ og \_aquatica\_. Du kan selv finne ut hva ordene betyr, og om de stemmer med voksestedet og utseendet til planten.

Blåtekst: Alle navnsatte arter har et latinsk slekts- og artsnavn, som skrives etter dette mønsteret: \_Slekt art\_.

Bilder: to foto

Bildetekst: Til venstre ser vi blåveis. Til høyre ser vi løvetann. Den har mange dialektnavn på norsk, som saueblomst, gullbørste og kaffekopp. På svensk heter den maskros, på dansk fandens melkebøtte og på engelsk dandelion. Det er derfor en fordel med et latinsk navn som alle forstår. Løvetann heter Taraxacum officinale på latin.

Bilde: foto

Bildetekst: Ryllik (\_Achillea millefolium\_) er en av våre vanligste planter.

## xxx2 2.2 Hva er en art?

Det finnes flere måter å klassifisere arter på. \_Det biologiske artsbegrepet\_ tar utgangspunkt i at individer innenfor en art skal kunne pare seg og gi reproduktivt, det vil si fruktbart, avkom. Dette artsbegrepet fungerer for alle arter som formerer seg kjønnet, men ikke for arter som formerer seg ukjønnet.

\_Det morfologiske artsbegrepet\_ beskriver synlige karaktertrekk som form og farge. Denne klassifiseringsmetoden er mye brukt og fungerer som regel bra for større, flercellede organismer.

\_Det fylogenetiske artsbegrepet\_ blir også kalt det evolusjonistiske artsbegrepet. Dette artsbegrepet tar utgangspunkt i slektskaps- og utviklingslinjen til arten vi studerer, og nærbeslektede arter. Plasseringen av artene ut fra slektskap er vanligvis basert på genetiske analyser. Siden mange arter kan likne på hverandre, er det i dag stadig vanligere å bruke genetiske analyser i tillegg til morfologiske karaktertrekk.

Blåtekst: Arter kan defineres på tre måter: biologisk, morfologisk og fylogenetisk. Det er ofte nødvendig å bruke genetiske analyser i tillegg for å avgjøre om det er snakk om én eller flere arter.

Margtekster:

-- \_Morfe\_ (fra gresk) betyr «form». Innenfor biologi er morfologi læren om kroppsbygningen til en organisme.

-- Fylogenetisk: som dreier seg om rekonstruksjon av en arts plassering i et slektskapstre. Av gresk \_fylon\_, som betyr «stamme», og \_genesis\_, som betyr «dannelse».

### xxx3 Det biologiske artsbegrepet

\_Det biologiske artsbegrepet\_ er den vanligste (og enkleste) definisjon av en art, og det sier ganske enkelt at det er snakk om en art når individer av motsatt kjønn kan gi fruktbart avkom. For eksempel kan to populasjoner med reinsdyr som har vært geografisk isolert i lang tid, fremdeles få forplantningsdyktig avkom når de blir plassert sammen. De er med andre ord én art. Hest og esel kan få avkom, men avkommet, som blir kalt muldyr (mor er hest, far er esel) eller mulesel (mor er esel, far er hest), er sterilt. Hest og esel er derfor to arter.

--- 28 til 401

I praksis er det vanskelig å teste det biologiske artsbegrepet. Populasjoner, eller bestander av en art, vil i større eller mindre grad være geografisk atskilt, og dermed er det ikke så enkelt å utføre krysningsforsøk. Individene i de atskilte populasjonene kan ofte være litt forskjellige. Men hvor forskjellige må de være for at de skal regnes som egne arter? Ofte er det her snakk om et grenseland, siden nye arter som regel oppstår på nettopp denne måten, ved at populasjonene lever atskilt og gradvis utvikler seg i forskjellig retning. Dette er som regel ikke noe som kan testes. Her er et eksempel: Reinsdyr lever i fjellområdene på den nordlige halvkule. Vi kan ikke uten videre bringe kanadisk rein (caribou) eller rein fra Svalbard til et fjellområde i Sør-Norge for å se om de får levedyktig og fruktbart avkom.

Vi regner reinsdyr som én art med flere \_underarter\_. En underart skiller seg utseendemessig fra hovedarten, men de kan fortsatt krysses. Som regel får underartene et tilleggsnavn etter artsnavnet, for eksempel heter vårt vanlige reinsdyr \_Rangifer tarandus\_, mens den småvokste svalbardreinen kalles \_Rangifer tarandus platyrhynchus\_, og den store nordamerikanske skogsreinen kalles \_Rangifer tarandus caribou\_. Det er imidlertid ikke noe skarpt skille mellom variantene innenfor en art og det vi kaller underarter, for utvikling, endring og artsdannelse er en kontinuerlig og gradvis prosess. Hvis de ulike underartene av reinsdyr fortsetter å leve atskilt i tusener av år, er det sannsynlig at de etter hvert vil utvikle seg i såpass forskjellig retning at de må regnes som egne arter.

--- 29 til 401

Blåtekst: Det biologiske artsbegrepet, som er den vanligste (og enkleste) definisjon av en art, sier at det er snakk om en art når individer av motsatt kjønn kan gi fruktbart avkom.

Bilde: tre foto

Bildetekst: Når du krysser en eselhann med en hunnhest (en hoppe), kalles avkommet muldyr.

Forklaringer:

1. Esel.

2. Hest.

3. Muldyr.

Bilde: foto av svalbardrein

Bildetekst: Svalbardreinen er mindre enn den norske fastlandsreinen og regnes som en underart.

### xxx3 Det morfologiske artsbegrepet

Fordi det biologiske artsbegrepet som regel ikke kan testes der og da, og dermed egner seg best som en teoretisk (begrepsmessig) forklaring på hva en art er, bruker vi i praksis ofte synlige karaktertrekk til artsbestemmelse. Det vil si at vi går ut fra at individer som har de samme synlige karaktertrekkene, tilhører samme art. Det morfologiske artsbegrepet tar utgangspunkt i ideen om at arten er en uforanderlig enhet, og er fortsatt den vanligste måten å klassifisere arter på, selv om vi nå vet at arter utvikler seg over tid. Innenfor mange arter kan det være store morfologiske forskjeller avhengig av alder, kjønn, årstid og voksested, noe som kan gjøre klassifiseringen vanskeligere. I takt med at man får stadig billigere, raskere og enklere analysemetoder for DNA, blir det mer og mer vanlig å bruke genetiske analyser sammen med morfologisk artsbestemmelse, i alle fall der man er i tvil. Likevel vil det alltid være behov for en morfologisk artsbestemmelse, for vi trenger jo kunnskap om hvordan arten faktisk ser ut – det er ikke nok å vite sammensetningen av DNA-et.

Om du har funnet en svær bille, en underlig fugl eller en vakker blomst og lurer på hva dette er, kan du bruke en \_bestemmelsesnøkkel\_. Det kan du lese mer om på side 32.

Blåtekst: Det morfologiske artsbegrepet tar utgangspunkt i at individer som har ganske like synlige karaktertrekk, tilhører samme art.

Bilder: to foto

Bildetekst: Larven og den voksne sommerfuglen av arten dagpåfugløye (\_Aglais io\_) har svært ulikt utseende. Allikevel er det samme art.

--- 30 til 401

### xxx3 Det fylogenetiske artsbegrepet

Ofte er det mulig å komme fram til art ved å se på synlige bygningstrekk, men ikke alltid. Noen arter varierer mye i både form og farge, så hvordan skal vi vite om det er snakk om varianter innenfor en art og ikke ulike arter? Ofte kan ikke dette bestemmes helt nøyaktig. Vi kaller slike gradvise overganger for \_underart, rase, sort\_ eller \_variant\_. Alle disse begrepene betegner en gruppe individer innenfor en art som har flere felles arvelige egenskaper som gjør at de kan skilles fra andre grupper av individer innenfor arten. Begrepet \_underart\_ brukes vanligvis når det er snakk om ville arter, slik du kunne lese om tidligere i kapittelet om reinsdyr. \_Rase\_ brukes stort sett om husdyr, og her er alle hunderasene et godt eksempel. \_Sort\_ eller \_variant\_ brukes om planter vi dyrker, som ulike potet- eller eplesorter. Grunnen til at det kan være vanskelig å avgjøre hva som er samme art og ikke, er som nevnt at nye variasjoner innenfor arten og nye arter dannes ved evolusjon, og dette er en kontinuerlig prosess.

Et annet problem er at mange arter i verden ikke har kjønnet formering. Hvordan skal vi teste ut hva som kan kalles arter hos disse? Og hva med bakterier og andre encellede organismer som formerer seg ved todeling? Noen av disse kan man også skille klart ved å se på form og levesett, men ofte er det umulig å trekke klare artsgrenser.

Dette løser man i dag stort sett ved å holde seg til \_det fylogenetiske artsbegrepet\_, som dreier seg om å sette arten inn i en utviklingssammenheng, i et \_slektskapstre\_. Det fylogenetiske artsbegrepet – eller det \_evolusjonistiske\_ artsbegrepet, som det også kalles – tar utgangspunkt i at artsdannelse er en evolusjonær prosess. Arten plasseres inn i en evolusjonær linje som går helt fra opprinnelsen til den populasjonen vi studerer, og da får vi en struktur som ser ut som et tre med mange greiner. Der arten har sin egen slektskapslinje eller sin egen grein, skilles den fra de nærbeslektede artene (se figuren ovenfor). Plassering av arter i slike fylogenetiske eller evolusjonære trær er vanligvis basert på genetiske analyser.

Bilde: figur

Bildetekst: Slektskapstre som viser utviklingen av åtte nålevende arter. Det fylogenetiske artsbegrepet definerer art H fra «opprinnelsen» i greinkløften mellom G og H. De artene som står nærmest hverandre, er mest i slekt. For eksempel er B og C nærmere beslektet enn A og C. Treet viser også at den siste felles stamformen for alle artene levde for 6 millioner år siden, og at den siste felles stamformen for G og H levde for 1 million år siden.

Forklaring: En linje med forgreininger skrår oppover fra fortid til nåtid. Greinene når også opp til nåtid, der de er merket A-H i rekkefølge etter alder. Den eldste greinen, som fører til A, skilte seg ut fra den opprinnelige linjen for 6 millioner år siden. De yngste greinene, til G og H, oppstod for 1 million år siden da linjen delte seg for siste gang.

Blåtekst: Det fylogenetiske (evolusjonistiske) artsbegrepet dreier seg om å sette arten inn i en utviklingssammenheng, i et slektskapstre, og tar utgangspunkt i at artsdannelse er en evolusjonær prosess.

Det er vanlig å kombinere de ulike definisjonsmåtene og legge all kunnskap om evolusjon, økologi, genetikk og morfologi til grunn når man definerer en art. Mens én metode kan passe godt for én organismegruppe, kan en annen metode passe bedre for andre grupper. Den ene metoden er derfor ikke mer riktig enn den andre, og selv om man kombinerer metodene, er det ikke alltid entydig hvordan arter skal klassifiseres og plasseres i «livets tre».

--- 31 til 401

Derfor benyttes \_genetiske kriterier\_ (undersøkelse av DNA) i stadig større grad for å definere artsgrenser. Det gir samtidig informasjon om genetisk variasjon innenfor arten, noe som er svært viktig, for eksempel ved fredning eller jakt. For mikroskopiske arter er det ofte den eneste muligheten for bestemmelse. Livet på jorda endrer seg kontinuerlig, derfor er det ofte vanskelig å trekke klare grenser mellom arter.

Blåtekst: Det er vanlig å legge all kunnskap om evolusjon, økologi, genetikk og morfologi til grunn for definisjonen av en art.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvordan lages et vitenskapelig artsnavn?
2. Hva er \_Hepatica nobilis\_?
3. Hvilke tre artsbegreper brukes til vanlig?
4. Hvorfor fungerer ikke det biologiske artsbegrepet for arter som formerer seg ukjønnet?
5. Hvorfor regnes esel og hest som to arter?
6. Hvordan kan en genetisk analyse av DNA brukes for å bestemme om to individer er av samme art?

## xxx2 2.3 Bestemmelse av arter

Dersom du står med en bille i hånden, har tatt et godt bilde av en fugl eller ser en spesiell blomst ute i naturen, har du sikkert lyst å vite hvilken art det er snakk om. Den tradisjonelle måten å bestemme arten på er ved hjelp av en \_bestemmelsesnøkkel\_. Det finnes mange felthåndbøker og bestemmelsesnøkler for alle typer flercellede organismer, og med litt øvelse kan vi finne navnet og andre interessante opplysninger om billen, fuglen eller planten vi har funnet. Det finnes bøker med bilder eller tegninger av de fleste levende arter, men det kan ta lang tid å bla igjennom alle disse for å finne ut hva det er vi ser. Dersom vi har en plante, ser vi i en flora. Er det en sopp vi ønsker å vite navnet på, bruker vi en soppbok. Blant dyr må vi skille litt mer før vi tar riktig faunabok, for eksempel en fuglebok, en insekt – bok eller en pattedyrbok. Det finnes også spesialbøker om livet i fjæra eller livet i skogen. Her finner du informasjon om ulike arter. Noen arter er så spesielle at det er lett å kjenne dem igjen fra et bilde. En skjære er det ikke mulig å ta feil av, men ofte er det mange arter som likner på hverandre. Da må vi bruke en bestemmelsesnøkkel for å finne navnet på arten.

--- 32 til 401

En bestemmelsesnøkkel er bygd opp etter prinsippet om et enten–eller. Hos en plante kan nøkkelen for eksempel inneholde spørsmål om blomstene er gule eller blå, om bladene er hårete eller ikke, om bladene er 3 cm eller 6 cm lange, eller om bladene er runde eller avlange. Hos fugler kan en slik nøkkel inneholde spørsmål om halefjærene er grå eller svarte, om beina er røde eller gule, eller om nebbet er spisst eller krumt. Det er ofte mange spørsmål i en nøkkel, og du må svare rett på alle før nøkkelen gir deg riktig navn på arten.

Det er ikke alltid så lett å bruke en bestemmelsesnøkkel. Noen arter er ganske like, og innenfor en art er det variasjoner både i farge og form. Kanskje du må begynne forfra igjen, men med litt trening er det lettere å se etter de riktige kjennetegnene. Noen ganger kan det være lurt å bruke en lupe, så ser du detaljene bedre.

La oss si at du går i fjæra og ser en fugl som du tror er en måke. Da kan du for eksempel bruke følgende bestemmelsesnøkkel:

Tabell omgjort til liste:

1. Grå rygg:

a) Svarte og hvite vingespisser

1. Gulgrønne bein: Fiskemåke (\_Larus canus\_)

2. Gråaktige bein med svakt rødskjær: Gråmåke (\_Larus argentatus\_)

b) Svarte vingespisser, svarte bein: Krykkje (\_Rissa tridactyla\_)

2. Svart rygg:

a) Gule bein: Sildemåke (\_Larus fuscus\_)

b) Gråaktige, kjøttfargede bein: Svartbak (\_Larus marinus\_)

Bilder: to foto

Bildetekst: Klarer du å artsbestemme disse måkene?

Forklaring:

1. Grå rygg, svarte vingespisser, svarte bein.

2. Svart rygg, gule bein.

--- 33 til 401

I eksempelet på forrige side regner du med at fuglen er en måke. Da har du allerede avgrenset antallet arter i stor grad. Noen ganger vet vi ikke så mye om arten vi skal finne navn på, og du må begynne på et mer overordnet nivå som orden eller familie. Disse nivåene kan du lese mer om på side 36. For eksempel har alle måker svømmehud mellom tærne, og det vil gjøre at du kan nærme deg riktig del av fugleboka.

Blåtekst: En tradisjonell måte å bestemme arten på når du er ute i naturen, er ved hjelp av en bestemmelsesnøkkel. Det finnes mange felthåndbøker og bestemmelsesnøkler for alle typer flercellede organismer.

### xxx3 Fordypning: DNA-strekkoding som verktøy for artsbestemmelse

Det å bestemme arter er som regel en møysommelig og tidkrevende jobb for spesialister, og det er ingen enkel oppgave å bestemme for eksempel hvor mange og hva slags arter man har i et økosystem. Samtidig vet vi at hver art har en unik genetisk kode, og dette kan utnyttes til artsbestemmelse. Innenfor forskning og kartlegging av mangfold brukes \_sekvensering\_ eller andre genetiske metoder i stadig større grad for å bestemme arter, underarter eller lokale varianter. Her vil rekkefølgen av baser i DNA være verktøyet. Betegnelsen \_barcoding\_ eller \_strekkoding\_ er hentet fra varehandelen, der varens identitet er kodet ved hjelp av en strekkode som er unik for hver enkelt vare. Prinsippet bak DNA-strekkoding for å bestemme arter er enkelt sagt at rekkefølgen av baser i en fast og avgrenset del av DNA-et kan brukes som en unik strekkode for hver enkelt art. Før var det å bestemme rekkefølgen av baser i DNA et tidkrevende arbeid, men nå gjøres det ved hjelp av sekvenseringsmaskiner som kan gi eksakt informasjon om sammensetningen av hele, eller deler av, DNA-et. Denne metoden brukes også for å avgjøre slektskap mellom mennesker og for å undersøke DNA fra mistenkte som har etterlatt biologiske spor på åstedet. Fordi det fortsatt er ganske dyrt og tidkrevende å undersøke hele DNA-et, sammenlikner man ofte bare utvalgte områder der vi vet det er forskjeller, for å fastslå slektskap mellom arter. For dyr har det vist seg at det er nok å undersøke genet for et enzym (cytokrom C-oksidase) som finnes i mitokondriene. Det er artsspesifikke forskjeller i dette genet, og denne metoden har vist seg å være en rask, billig og temmelig sikker måte å skille arter og undersøke slektskap på. En arts strekkode vil da vise sammensetningen av DNA-et i dette genet. Ved strekkoding kan man for eksempel finne ut hva slags kjøtt eller fisk som selges i matvarebutikker, om det er de artene som oppgis i varedeklarasjonen, og om det er brukt fredede eller ulovlige arter.

En slik artsbestemmelse er både lettere og raskere enn tradisjonell artsbestemmelse etter morfologiske kriterier, men vi må fortsatt vite hva arten heter, og hvordan den ser ut – helst også litt om hva den gjør. Det holder jo strengt tatt ikke å karakterisere en art bare ved dens strekkode. Akkurat som når vi går i butikken, der en vare gjenkjennes av kassaapparatet ved sin strekkode, må vi også ha et navn på varen for å vite hva det er. Bare strekkoden gir deg svært lite informasjon om hva slags vare det er.

### xxx3 Hvor går artsgrensene?

Vi kan se på artene som fjelltopper i et sammenhengende, genetisk landskap. Og som for nærliggende fjelltopper kan det bli et spørsmål om når to nabotopper er selvstendige. Hvor stor avstand må det være mellom dem? Hvor mange høydemeter kreves? Det finnes etter hvert ganske gode definisjoner på hvor man setter artsgrensene, men vi er i stadig større grad interesserte i genetiske likheter, forskjeller eller endringer i seg selv, uavhengig av om vi ser på dette innenfor en art eller mellom arter.

--- 34 til 401

Reinsdyrene du leste om på side 28, regnes for eksempel ikke som egne arter. Ofte er det vanskelig å finne helt klare skillelinjer mellom arter og underarter.

Vi vet at sjimpanse og menneske har om lag 98 prosent felles arvemateriale. Det er likevel mer enn nok som skiller til at dette er to selvstendige arter. Men hvor stor genetisk forskjell skal til for å skille arter? Nå finnes det bare én art av menneske, \_Homo sapiens\_, men inntil for 20.000–30.000 år siden fantes i tillegg både de grovbygde og kraftige neandertalerne, \_Homo neanderthalensis\_, og \_Homo florensiensis\_, en småvokst mennesketype som levde isolert på øya Flores i Indonesia. Før dette igjen har det levd andre arter av mennesket. Vi regner oss selv og neandertalerne som egne arter. Nå har sammenlikninger av neandertal-DNA (utvunnet fra et 25.000 år gammelt kjevebein) vist at det etter all sannsynlighet har forekommet krysninger mellom neandertalere og våre egne forfedre, slik at de fleste av oss i dag bærer omtrent 4 prosent neandertalgener. På samme måte viser genetiske analyser av en mammut som har ligget godt bevart i permafrost i Sibir i 40.000 år, at mammuten og den afrikanske elefanten hadde 99 prosent felles DNA. Vi kan altså sjekke artsgrenser mellom utdødde og nålevende arter dersom vi kan skaffe nok DNA fra de utdødde artene. Noen mener også at det er mulig å gjenskape utdødde arter som mammut, der man har funnet mye intakt DNA, ved å bruke en elefant som «surrogatmor» og sette mammut-DNA inn i en tom eggcelle.

Et interessant spørsmål som det ikke finnes noe klart svar på, er hvorfor noen grupper har mange arter, mens andre har få. Hvorfor er insektene så dominerende (de utgjør omtrent 80 prosent av verdens dyrearter), og av disse igjen utgjør biller nærmere halvparten. Hvorfor finnes det noe sånt som 400.000 billearter? Hva har gjort billene så vellykket? Om vi derimot ser på antall individer, er det maur som dominerer blant insektene.

Vi har nå sett på hvordan man definerer og beskriver arten, og vi har sett at det kan være vanskelig å trekke klare artsgrenser. Det å finne slektskap mellom arter er en viktig del av arbeidet med å sette artene inn i et system med over- og underordnede nivåer. Vi vil da til slutt ende opp med et fullstendig slektskapstre. De ytterste greinspissene representerer alle nålevende arter, og så kan vi følge systematikken tilbake til livets opprinnelse. Vi regner med at over 99 prosent av alle arter som har eksistert, nå er utdødd. I biologi 2 får du lære mer om artsdannelse og analyser for å bestemme slektskap.

Blåtekst: Livet på jorda er i kontinuerlig utvikling. Antallet arter og hvor skillet mellom dem går, endrer seg etter hvert som vi får økt kunnskap.

Bilde: foto av sjimpanse

Bildetekst: Sjimpanse og menneske har 98 prosent felles arvemateriale, likevel ser vi raskt at dette er to ulike arter.

--- 35 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en bestemmelsesnøkkel?
2. Slå opp i en flora og se på likheter og forskjeller mellom noen av plantene i kurvplantefamilien. Lag en enkel bestemmelsesnøkkel til 6-8 arter.
3. Hvordan kan du skille en fiskemåke fra en krykkje?
4. Hvorfor er genetiske metoder for artsbestemmelser mer og mer brukt?
5. Hvor stor andel av verdens dyrearter utgjør insektene?

## xxx2 2.4 Klassifikasjonssystemet og klassifikasjonsnivåer

Naturen består av et stort mangfold av arter. For forskerne er det nødvendig å systematisere artene og ha et enhetlig og logisk system for å sortere og sette navn på dem, det vi kaller et taksonomisk system eller et \_klassifikasjonssystem\_.

I tillegg til å gi artene et navn, slik du leste om i starten av kapittelet, må biologene finne den mest hensiktsmessige inndelingen for å plassere alle artene i grupper, der det høyeste klassifikasjonsnivået er \_domenet\_, og det nest høyeste er \_riket\_. Opp gjennom tidene har det vært ulike måter å gruppere arter på. Den opprinnelige måten var den kjente todelingen planter og dyr. Senere kom også bakterier, encellede organismer og sopper til, slik at man snakket om fem hovedgrupper. I dag er de fleste biologer enige om at vi skal plassere alle organismer innenfor tre domener og seks riker:

Tabell omgjort til liste:

\_Domener: Riker\_

Bakterier: Bakterier

Arker: Arker

Eukaryoter: Protister, Planter, Sopper, Dyr

Organismene er plassert i de tre domenene bakterier, arker og eukaryoter. Domenet bakterier inneholder ett rike: bakterier (eller \_Bacteria\_). Organismene i dette riket oppstod først. Domenet arker har også bare ett rike: arker (\_Archaea\_). Arker ble tidligere kalt arkebakterier eller urbakterier. De er mikroskopiske og uten cellekjerne som bakteriene, men de regnes som et helt eget domene, fjernt fra bakteriene.

Bakterier og arker er \_prokaryoter\_. Prokaryoter har ingen cellekjerne, altså ingen membran som omgir DNA-et (arvestoffet). Domenet \_eukaryoter\_ har fire riker. De oppstod i denne rekkefølgen: protister (\_Protista\_),planter (\_Plantae\_), sopper (\_Funghi\_) og dyr (\_Animalia\_). Alle eukaryote organismer har en kjernemembran som beskytter DNA-et i alle celler. Det kan virke underlig at bakterier og arker får hvert sitt domene, mens alt fra encellede alger til blåhval grupperes i det tredje, men det skyldes at man anser forskjellene mellom de to første gruppene for å være like grunnleggende som forskjellene mellom dem med og dem uten cellekjerne.

--- 36 til 401

Legg merke til at virus ikke er med her. Det er fordi virus ikke blir regnet som eget liv siden de bare kan reprodusere seg i en annen organismes DNA. Likevel har virus også latinske navn.

I tillegg til domenene og rikene er det seks andre nivåer: rekke, klasse, orden, familie, slekt og art. Jo høyere vi beveger oss i systematikken, jo færre kategorier er det. Av verdens 1,6 millioner beskrevne dyrearter er det for eksempel over 5.000 familier, rundt 500 ordener, 100 klasser og 35 rekker. Også disse antallene er i stadig endring i takt med nye oppdagelser og nye metoder.

For mennesket ser klassifikasjonsnivåene slik ut:

1. Domene: eukaryoter
2. Rike: dyr (Animalia)
3. Rekke: ryggstrengdyr (Chordata)
4. Klasse: pattedyr (Mammalia)
5. Orden: primater (Primates)
6. Familie: mennesker (Hominidae)
7. Slekt: homo (Homo)
8. Art: menneske (Homo sapiens)

Alle levende organismer tilhører ett av tre domener og ett av seks riker. Alle levende organismer er inndelt i åtte klassifikasjonsnivåer der domene er det høyeste nivået. For enkelte arter er det imidlertid vanlig å bare benytte noen av de åtte nivåene. Andre har mellomnivåer i tillegg til de åtte som er beskrevet her, som underrekke eller overklasse. Vi skal her beskrive noen hovedtrekk ved de seks rikene.

Blåtekst: Alle organismer er plassert innenfor tre domener og seks riker. Det er åtte nivåer i klassifikasjonssystemet: domene, rike, rekke, klasse, orden, familie, slekt og art.

Bilde: foto

Bildetekst: Menneske med katt. Begge tilhører dyreriket.

Margtekst: \_Eu\_ betyr «ekte», og \_karyon\_ betyr «kjerne».

### xxx3 Fordypning: Hvor mange riker er det?

Grunnenheten i biologiske klassifiseringssystemer er arten, men som vi har sett, er det ikke alltid enkelt å si hva som er varianter, og hva som er egne arter. Det skyldes blant annet at det foregår en kontinuerlig evolusjon. Etter art kommer de systematiske kategoriene slekt, familie, orden, klasse, rekke, rike og domene. Det er ikke alltid enighet om hvor mange riker vi har, for dette er jo en menneskeskapt inndeling som i noen grad er subjektiv. Opprinnelig delte man inn i planteriket og dyreriket. Senere kom bakteriene til, og fra slutten av 1960-årene ble sopp skilt ut som eget rike.

Ti år senere skilte man ut arkene i et eget rike. Noen har også foreslått å dele inn protistene i flere riker, og det er enorme forskjeller innenfor protistene som kan tale for dette. I noen systematiske oversikter vil du derfor finne flere riker enn vi har med i denne boka. På den annen side kan det være en fordel å ikke ha for mange riker, derfor skjer en videre oppdeling gjerne i kategorien under, altså rekke. Det viktigste her er ikke klassifiseringen i seg selv, men at vi bruker den som hjelpemiddel for å forstå evolusjon og hovedfunksjonen til de ulike livsformene.

--- 37 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er et klassifikasjonssystem?
2. Hvorfor er de levende organismenes klassifikasjonssystem internasjonalt?
3. Hvor mange domener og riker finnes det i klassifikasjonssystemet?
4. Hvilke nivåer finnes det i klassifikasjonssystemet?
5. Se på oversikten bak i boka og velg tre arter som du setter opp klassifikasjon for.

## xxx2 2.5 De seks rikene

Vi deler altså alle prokaryote og eukaryote organismer inn i seks riker. Det er to riker av prokaryote organismer: bakterier og arker. Systematisk står disse langt fra hverandre, selv om begge er blant de første livsformene som oppstod på jorda. De eukaryote organismene er delt inn i fire riker: protister, sopp, dyr og planter. Noen av disse skal du lære mer om senere i boka.

I kapittel 5 ser vi nærmere på bakterier og arker. I kapittel 7 og 8 får du en beskrivelse av planter og planteliknende protister. I kapittel 12 ser vi nærmere på dyr og dyreliknende protister. Det siste riket, sopper, vil du derfor få en litt grundigere beskrivelse av her.

Bakerst i boka finner du en systematisk oversikt med eksempelarter fra alle rikene.

Bilde: figur

Forklaring: Et tre med grener merket bakterier, arker, protister, planter, sopper og dyr.

Bildetekst: De seks rikene

### xxx3 Fordypning: Er virus liv?

Virus er ikke plassert noe sted i klassifikasjonssystemet, noe som kan virke rart siden de både har artsnavn og er svært viktige for prosesser i naturen. De kan infisere de fleste planter og dyr, også bakterier. Virus er også årsak til mange sykdommer hos oss. Arvestoffet vårt inneholder mange biter av DNA som antakelig er overført til oss fra virus. Hvorfor disse bitene er der, vet vi ikke, men de gjør oss ikke syke. Virus infiserer og reduserer mengden av for eksempel bakterier og alger i økosystemer, og det er først nylig vi er blitt oppmerksomme på hvor stor rolle de spiller i økosystemene. Når de likevel ikke hører hjemme i klassifikasjonssystemet, er det fordi de ikke er selvstendig liv; de kan bare mangfoldiggjøre seg selv i en vertsorganismes celler. Vi vet ikke sikkert om virus er forløpere for liv eller bakterier som har mistet mange av delene sine og blitt reduserte til virus, men de viser at forskjellen mellom liv og ikke-liv ikke alltid er så enkel å fastslå.

--- 38 til 401

### xxx3 Bakterier

\_Bakterier\_ er en ekstremt variabel gruppe av encellede organismer som fyller mange nisjer og er sentrale for de store stoffkretsløpene på jorda. For eksempel kan binding (fiksering) av atmosfærisk nitrogen (N\2) i naturen bare skje hos visse typer bakterier. Omtrent 17.000 arter er beskrevet, men som sagt fungerer ikke artsbegrepet så godt her. Bakterier finnes overalt – på fjelltopper, i de største havdyp, langt nede i jorda og i varme kilder – og har tilpasset seg så å si enhver livsform. Blågrønnbakterier var blant de første organismene som oppstod på jorda for mer enn 3 milliarder år siden, og de var de første til å drive fotosyntese. Bakteriene er uten tvil den mest tallrike gruppen av organismer, om vi holder virus utenfor. I et gram med jord er det noe sånt som 40 millioner bakterieceller, og selv i en milliliter rent vann er det flere millioner bakterier. En vanlig menneskekropp inneholder minst like mange bakterieceller som menneskeceller, mange av dem på huden, men de fleste i fordøyelsessystemet. Til sammen har vi 2–3 kilo bakterier i kroppen. Selv om noen av disse bakteriene kan forårsake sykdom, er de fleste enten uskyldige eller til og med helt nødvendige for oss. Noen bakterier kan både være nødvendig og forårsake sykdom. Et eksempel på det er tarmbakterien \_Escherichia coli\_ som er viktig i fordøyelsessystemet vårt. Men om den er på feil sted eller tilhører en annen underart enn vår, som \_E. coli\_ fra drøvtyggere, kan den forårsake alvorlig diaré.

Det er flere måter å dele inn bakterier på. Vi kan dele dem inn etter form (for eksempel i kokker, staver eller spiriller, se side 108) eller etter levevis, hvor vi grovt kan dele dem inn i tre hovedgrupper: \_fotoautotrofe\_ bakterier, som skaffer seg energi ved fotosyntese, \_kjemoautotrofe\_ bakterier, som utnytter uorganiske forbindelser, og \_heterotrofe\_ bakterier, som bruker organisk materiale som energikilde.

Bilde: figur

Bildetekst: Bakterieriket kan deles inn på forskjellige måter. En av de enkleste måten er å dele det inn i heterotrofe, fotoautotrofe og kjemoautotrofe bakterier.

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Flått er et lite, blodsugende edderkoppdyr som kan ha en bakterie inni kroppen, Borrelia burgdorferi. Det kan gi en svært alvorlig infeksjon i nervesystemet hos oss mennesker.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: bakterier

Rekke: Spirochaetes

Orden: Spirochatales

Familie: Serpulinaceae

Slekt: \_Borrelia\_

Art: flåttbakterie, \_Borrelia burgdorferi\_

--- 39 til 401

### xxx3 Arker

Arker har ikke noe annet til felles med bakteriene enn at de mangler cellekjerne og er mikroskopisk små. På flere områder har de fellestrekk med eukaryote organismer, blant annet når det gjelder hvordan proteinsyntesen og DNA-kopieringen foregår. Arkenes cellemembraner har helt særegne bygningstrekk og likner ikke cellemembranen hos bakterier eller eukaryoter. Mange av arkene finnes i ekstremmiljøer som varme svovelkilder med svært surt vann og temperaturer på over 100 °C, saltsjøer, dypt nede i fjell eller jord, i oksygenfritt bunnvann eller i tarmsystemer. Men arkene er også blant de mest tallrike organismene i havet, der de spiller en viktig rolle både i karbon- og nitrogensyklusen. Vi kjenner ikke til noen sykdomsframkallende arker. En viktig gruppe arker finnes i tarmsystemet vårt (og i mange andre oksygenfrie miljøer), nemlig metanproduserende arker. Opprinnelig levde arkene i alle miljøer på jorda, men de er blitt utkonkurrert av bakterier og eukaryoter i miljøer som ikke er ekstreme nok.

Arkene er gjerne inndelt etter funksjon eller levesett, for eksempel \_metanproduserende\_ arker, \_varme- og syreelskende\_ (thermoacidofile) arker, som lever i varme, svovelholdige kilder, og \_saltelskende\_(halofile) arker, som finnes ved ekstremt saltinnhold. Innenfor disse er det mange arter igjen som nå beskrives etter hvert som arker fra ulike miljøer oppdages og undersøkes genetisk.

Et eksempel på en art er arken \_Desulfurococcus kamchatkensis\_, som er funnet i en varm kilde på Kamtsjatka-halvøya nord i Russland. Som mange arker lever den anaerobt (uten oksygen), bryter ned og lever av proteiner fra døde organismer og trives best ved temperaturer på ca. 85 °C.

Bilde: figur

Bildetekst: Riket arker deler vi inn i tre grupper som lever i svært forskjellige miljøer.

Forklaring: Gruppene er metanproduserende, saltelskende og varme- og syreelskende.

### xxx3 Protister

\_Protistene\_ rommer den mest variable samlingen av organismer og inneholder både encellede og enkelte flercellede eukaryoter. Det er først og fremst protistene som skaper uenighet rundt hvor mange riker vi skal dele levende organismer inn i. I dette riket finner vi alle former for encellede planktonalger, de encellede formene av dyreplankton og alle encellede dyr som amøber og tøffeldyr, og vi finner store alger som blæretang og sukkertare. De store algene (tang og tare) ble tidligere plassert i planteriket, men regnes nå som protister fordi de har et nærmere slektskap med mange av de encellede organismene enn med landplanter. Protistene som gruppe skilte lag langt nede ved rota i det evolusjonære treet. Noen encellede protister kan bevege seg ved hjelp av bevegelige, hårliknende strukturer (flageller og cilier, se side 109).

--- 40 til 401

Noen lever som planter, andre som dyr, andre viser slektskap med sopp, og noen veksler mellom ulike livsformer. Dette er, sammen med bakteriene, trolig jordas mest tallrike og artsrike rike, og trolig er bare en brøkdel av de artene som faktisk finnes, beskrevet.

Bilde: figur

Bildetekst: Protistriket er stort, og det er en enorm variasjon blant organismene i dette riket. Protistriket er på mange måter riket for alle organismer som ikke passer inn i noen av de andre fem rikene. Her har vi bare tatt med noen av rekkene av protister.

Forklaring: Slektskapstre. Tre hovedgreiner med undergreiner.

Egen grein: trypanosoma (sovesykedyr)

Grein med to undergreiner: 1) slimsopper. 2) flagellater og amøbedyr (eksempel: amøbe).

Grein med fire undergreiner: 1) todelt grein: ciliater (eksempel: tøffeldyr) og sporedyr. 2) grønnalger (eksempel: sjøsalat). 3) rødalger. 4) brunalger (eksempel: sukkertare).

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: En amøbe er en encellet, dyreliknende protist.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: protister

Rekke: flagellater og amøbedyr

Klasse: amøber

Familie: Amobidae

Slekt: \_Amoeba\_

Art: \_Amoeba proteus\_ (har ikke norsk navn)

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Sukkertare er en av de store tangartene. Bladplaten kan bli inntil fire meter lang.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: protister

Rekke: brunalger

Klasse: Fucohyceae

Orden: Laminaries (tare)

Familie: Laminaries

Slekt: \_Laminaria\_

Art: sukkertare, \_Laminaria saccharina\_

--- 41 til 401

### xxx3 Sopper

\_Sopper\_ finnes i alle former og fasonger og på ulike levesteder: på treverk og planter, i jord, på vår egen hud, på maten vi har i kjøleskapet, i mørke og fuktige kroker på badet – kort sagt overalt.

Bilde: foto

Forklaring: Jordbær med mugg.

Bildetekst: Et ikke helt uvanlig syn hvis du glemmer igjen maten i kjøleskapet.

Når vi hører ordet \_sopp\_, tenker vi ofte på de store hattsoppene vi finner i skogen om høsten, men soppriket omfatter mye mer enn hattsopper. Det er beskrevet nærmere 100.000 sopparter til sammen – 8.500 av dem her i Norge, men det er svært usikkert hvor mange arter som egentlig finnes. De fleste sopper er flercellede, men det finnes også mange encellede sopper. Alle sopper er eukaryote. Et særtrekk er at de har cellevegger som består av kitin, mens bakterier, arker og planter har andre forbindelser i celleveggen. Sopper kan være store og flercellede, som kantarell og rød fluesopp, men mange arter er encellede og mikroskopiske, som gjærsopp. Soppriket er det nest største riket i Norge, etter dyr.

Alle sopper er også heterotrofe, det vil si at de mangler klorofyll, og i likhet med flertallet av bakterier og alle dyr ernærer de seg av organisk materiale. Mange sopparter danner store nettverk av trådformede \_hyfer\_, sopptråder, i jord eller treverk. Sopper formerer seg med sporer, og dersom næringsforholdene er gode, spirer en soppspore til hyfer som så kan vokse og forgreine seg til et \_mycel\_, et nettverk av hyfer. Hyfene kan vokse svært raskt.

Svært mange sopper lever i en symbioseform som kalles \_mutualisme\_, det vil si et samliv der begge partene har utbytte av samlivet. Et eksempel på det finner vi på trerøtter, der trerøttene og sopphyfene utveksler næringsstoffer til begges beste. Dette kaller vi \_mykorizza\_. Mange sopparter er viktige nedbrytere i næringskjedene. Noen sopper gir sykdommer på planter eller dyr. Hudsykdommer og infeksjoner kan skyldes sopp, og soppsporer kan være både giftige og allergiframkallende.

Sopper har imidlertid også gitt oss noen av våre viktigste medisiner, som penicillin og cyclosporin. Penicillin er en type antibiotika som kommer fra soppene \_Penicillium chrysogenum\_ og \_Penicillium notatum\_. Det er soppens evne til å bekjempe bakterier ved å ødelegge bakterienes cellevegg vi utnytter til å bekjempe infeksjoner. Cyclosporin ble først utvunnet fra en muggsopp, \_Tolypocladium inflatum\_, som ble funnet i jordprøver fra Hardangervidda i 1969. Det viste seg at denne soppen dempet immunforsvaret, noe som gjorde det mye lettere å transplantere organer mellom personer fordi organene ikke ble avstøtt av mottakerens immunsystem. I dag lages cyclosporin kunstig og er et av de viktigste medikamentene i behandling av personer som har hatt en organtransplantasjon. Disse soppene er gode eksempler på hvilke verdier som kan finnes blant arter, og er dermed et viktig argument for å bevare mangfoldet i naturen.

--- 42 til 401

Det finnes ulike systemer også for å klassifisere sopper. Her skal vi bare nevne tre viktige rekker. Én rekke er \_stilksporesopper\_, hvor vi finner rustsopper og sotsopper, som er parasitter på planter. Her finner vi også de store skivesoppene som fluesopp og sjampinjong samt røyksopper og kjuker på trær. En annen rekke er \_sekksporesopper\_. Her finner vi blant annet gjærsopper og mange muggsopper (for eksempel de artene som produserer penicillin) samt mange parasitter på planter og dyr. I denne rekken finner vi også store sopper som morkler og trøfler. En tredje stor rekke er \_koplingssopper\_, hvor vi også finner en del muggsopper.

Bilde: figur

Bildetekst: Soppriket deles inn i flere rekker, denne figuren viser bare tre av dem. I rekken stilksporesopper finner vi de fleste hattsoppene. Blant sekksporesoppene hører gjærsopper, mange muggsopper, morkler og trøfler hjemme. Blant koplingssoppene finner vi en del av muggsoppene.

Forklaring: Eksempler: Stilksporesopper: rød fluesopp. Sekksporesopper: brødgjær. Koplingssopper: svart kulemugg.

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Rød fluesopp er en vanlig sopp i Norge. Selv om den ikke er blant de giftigste, er den farlig nok.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut\_

Rike: sopper

Rekke: stilksporesopper

Klasse: køllesopper

Orden: skivesopper

Familie: fluesopper

Slekt: \_Amanita\_

Art: rød fluesopp, \_Amanita muscari\_

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Svart kulemugg er en koplingssopp som vokser på blant annet syltetøy og gammelt brød. Mycelet er lett å se, og fra hyfene vokser det opp greiner med kuleformede sporehus.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: sopper

Rekke: koplingssopper

Klasse: kulemuggsopper

Orden: mugg

Familie: kulemugg

Slekt: \_Rhizopus\_

Art: svart kulemugg, \_Rhizopus stolonifer\_

--- 43 til 401

\_Lav\_ er ikke plassert i et eget rike siden det er en symbiose mellom organismer fra to ulike riker, nemlig sopp og grønnalge (og i noen tilfeller en blågrønnbakterie). Soppen er som regel en sekksporesopp, og det er beskrevet over 25.000 arter av lav i verden, de fleste fra nordlige strøk. Siden sopper ikke har fotosyntese, får de karbohydrater fra sin partner, som bedriver fotosyntese. Til gjengjeld frigir soppene vann og mineraler til algene. Forholdet mellom de to organismene er imidlertid ikke helt gjensidig. Soppen er helt avhengig av at algene eller bakteriene skaffer nødvendige organiske forbindelser. Både algene og bakteriene kan leve uten soppen, selv om den skaffer ekstra mineraler fra jord, stein og trær.

Bilde: foto

Bildetekst: Kartlav (Rhizocarpon geograficum) er en vanlig lavart i Norge. Den vokser på stein.

Margtekster:

-- \_Symbiose\_ betyr «samliv» (av gresk \_sym\_,som betyr «sammen», og \_bios\_, som betyr «liv»).

-- \_Mutual\_ betyr «gjensidig».

### xxx3 Planter

\_Planter\_ er fellesbetegnelsen for flercellede organismer som (med noen få unntak) skaffer seg energi ved fotosyntese, det vil si at de er autotrofe. Hovedinndelingen av planter er moser, karsporeplanter og frøplanter. Det er i denne siste gruppen de fleste artene vi forbinder med planter, befinner seg, for eksempel alle gressartene, markblomstene og de aller fleste busker og trær. Du finner en grundig beskrivelse av rekkene i planteriket i kapittel 7.

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Røsslyng er en av våre vanligste planter. Den finnes over hele landet.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: planter

Rekke: frøplanter

Underrekke: dekkfrøede

Klasse: tofrøbladede

Orden: lyng

Familie: lyng

Slekt: \_Calluna\_

Art: røsslyng, \_Calluna vulgaris\_

### xxx3 Dyr

\_Dyr\_ er en fellesbetegnelse for alle flercellede organismer som er heterotrofe (unntatt sopper). De aller fleste dyr er insekter, men det er en enorm variasjon i størrelse, levevis og kompleksitet. Det finnes rundt 35 ulike dyrerekker. Leddyrene (der vi finner blant annet krepsdyr og insekter) er artsmessig dominerende. Andre store rekker er svamper (de eldste og mest opprinnelige av de flercellede dyrene), nesledyr (som maneter og sjøanemoner), pigghuder (som sjøstjerner og kråkeboller), bløtdyr (som snegler og muslinger) og virveldyr (som fisker, fugler og pattedyr). Du kan lese mer om dyr i kapitlene 12 og 13.

--- 44 til 401

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Svampene var blant de første flercellede dyrene som oppstod. De er plassert i en egen rekke. Arten på bildet heter Polymastia robusta.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: dyr

Rekke: svamper

Klasse: horn- og kiselsvamper

Orden: hadromedia

Familie: chondrillidae

Slekt: \_Polymastia\_

Art: \_Polymastia robusta\_(har ikke norsk navn)

Et eksempel som kanskje er mer kjent for de fleste, er lemen, en av de få artene som har sin hovedutbredelse i Norge:

Ramme:

Bilde: foto

Bildetekst: Lemen er mest vanlig på fjellet, og kan ha store svingninger i bestandene.

\_Klassifikasjonsnivåene ser slik ut:\_

Rike: dyr

Rekke: ryggstrengdyr

Klasse: pattedyr

Orden: gnagere

Familie: hamsterfamilien

Slekt: \_Lemmus\_

Art: lemen, \_Lemmus lemmus\_

### xxx3 Repetisjon

1. Nevn noen forskjeller på prokaryoter og eukaryoter.
2. Hvilke riker består av prokaryote organismer?
3. Hva er penicillin, og hva bruker vi det til?
4. Gi noen eksempler på kjennetegn ved sopp.

## xxx2 2.6 Livets tre – systematikk og evolusjon henger sammen

Allerede da Aristoteles gav ut \_Historia animalum\_ (ca. 350 f. Kr.), grupperte han dyr etter et åpenbart mønster der noen hørte mer sammen enn andre. Linné bygde direkte på Aristoteles' klassifikasjon, men utvidet denne betraktelig i de ti utgavene av \_Systema naturae\_ på 1700-tallet. Selv om Linné bruker et begrep som \_slekt\_, regnet han likevel ikke arter for å være i slekt i evolusjonær betydning. Som alle før ham regnet han med at alle arter var skapt samtidig og var uforanderlige.

--- 45 til 401

Dette statiske bildet endret seg fullstendig etter at Charles Darwin i 1859 skrev sin berømte bok om artenes opprinnelse. Han så for seg at det måtte ha skjedd stadige forgreininger fra de mest primitive og opprinnelige organismene. Det ble naturlig å tenke seg livet og livets utvikling som et tre. I notisboken sin laget han en skisse som liknet en liten busk, og noterte i margen: «I think ...». Siden har det vært vanlig å framstille systematiske oversikter i form av trær. Du finner en lenke til slike oversikter på Bios-nettstedet.

Blåtekst: Aristoteles, Linné og Darwin er tre sentrale vitenskapsmenn som har bidratt til et klassifikasjonssystem og forståelse av utviklingen av livet på jorda.

Bilde: foto

Bildetekst: Charles Robert Darwin (1809-1882)

Bilde: tegning

Bildetekst: Livets tre. Slik forestilte Darwin seg at livets utvikling hadde skjedd. Utgangspunktet var en stamform eller «urcelle» (markert med et ett-tall) som Darwin gjettet hadde blitt dannet i en varm, liten dam. Fra denne urcellen utviklet liv seg så videre, symbolisert ved et «tre» der ulike grupper av organismer er angitt med bokstaver. Et komplett livets tre måtte vi i dag ha tegnet med 1,6 millioner greinspisser om vi skulle få med alle navnsatte arter.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvor lenge er det siden Aristoteles levde?
2. Hva er han kjent for?
3. Hva vil det si at Linné mente at alle arter var skapt?
4. Hva betyr Darwins tanker om evolusjon sammenliknet med hva Linné mente?

--- 46 til 401

## xxx2 Sammendrag

Alle navnsatte arter har et latinsk slekts- og artsnavn, som skrives etter dette mønsteret: \_Slekt art\_.

Arter kan defineres på tre måter: biologisk, morfologisk og fylogenetisk. Det er ofte nødvendig å bruke genetiske analyser i tillegg for å avgjøre om det er snakk om én eller flere arter.

Det biologiske artsbegrepet, som er den vanligste (og enkleste) definisjon av en art, sier at det er snakk om en art når individer av motsatt kjønn kan gi fruktbart avkom.

Det morfologiske artsbegrepet tar utgangspunkt i at individer som har ganske like synlige karaktertrekk, tilhører samme art.

Det fylogenetiske (evolusjonistiske) artsbegrepet dreier seg om å sette arten inn i en utviklingssammenheng, i et slektskapstre, og tar utgangspunkt i at artsdannelse er en evolusjonær prosess.

Det er vanlig å legge all kunnskap om evolusjon, økologi, genetikk og morfologi til grunn for definisjonen av en art.

En tradisjonell måte å bestemme arten på er ved hjelp av en bestemmelsesnøkkel. Det finnes mange felthåndbøker og bestemmelsesnøkler for alle typer flercellede organismer.

Livet på jorda er i kontinuerlig utvikling. Antallet arter og hvor skillet mellom dem går, endrer seg etter hvert som vi får økt kunnskap.

Alle organismer er plassert innenfor tre domener og seks riker. Det er åtte nivåer i klassifikasjonssystemet: domene, rike, rekke, klasse, orden, familie, slekt og art.

Aristoteles, Linné og Darwin er tre sentrale vitenskapsmenn som har bidratt til et klassifikasjonssystem og forståelse av utviklingen av livet på jorda.

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 2.1

Bruk en flora og finn 3–4 ulike slektsnavn innenfor en familie. Se etter særtrekk som skiller artene i én slekt fra artene i en annen slekt.

### xxx3 Oppgave 2.2

1. Hva er en art?
2. Hest og esel blir ifølge de tre artsbegrepene regnet som to ulike arter. Hvorfor? Besvar spørsmålet tredelt, slik at du tar for deg oppgaven ut fra hvert av de tre artsbegrepene.

### xxx3 Oppgave 2.3

1. Ulv (\_Canis lupus\_) og hund (\_Canis familiaris\_) er nært beslektet. Hvordan kan du se det av det latinske artsnavnet?
2. Velg deg to hunderaser som er mest mulig ulike i utseende og væremåte. Tilhører disse to samme art? Kan de få fruktbart avkom?

### xxx3 Oppgave 2.4

En del arter har ukjønnet formering. Hvorfor er den biologiske artsdefinisjonen umulig å bruke på disse artene? (Bla litt i kapittel 8 og 13 hvis du trenger hjelp.)

### xxx3 Oppgave 2.5

1. Hvordan bruker vi begrepene \_underart\_, \_rase\_ og \_sort/variant\_ i systematikken?
2. Tilhører europeisk og amerikansk elg samme art?

### xxx3 Oppgave 2.6

Når vi skal avgjøre hvilken art vi ser (på et bilde i klasserommet, ute i naturen etc.), kan vi bruke en bestemmelsesnøkkel, en tradisjonell metode basert på ytre karaktertrekk og et enten–eller-prinsipp.

1. Forklar hvordan vi bruker en bestemmelsesnøkkel.
2. Bruk en fuglebok og utvid bestemmelsesnøkkelen for måker på side 32.
3. Hva er forskjellen på en bestemmelsesnøkkel og et slektskapstre?

### xxx3 Oppgave 2.7

1. Hvilket forskningsområde i biologi er plassering i slektskapstre basert på?
2. Se på figuren side 30. Er E og F mer beslektet enn G og H? Begrunn svaret ditt.

--- 47 til 401

### xxx3 Oppgave 2.8

1. DNA-strekkoding vil si at hver art har sin unike genetiske kode. Hva betyr det?
2. Finn ut mer om DNA-strekkoding og gi et eksempel på hvordan det brukes i praksis.

### xxx3 Oppgave 2.9

1. Hvorfor regnes våre egne forfedre og neandertalerne som to ulike arter? Hvorfor er det ut fra den biologiske artsdefinisjonen feil å si at det er to ulike arter?
2. Hvor ble det første funnet av neandertalerne gjort? Vi har neandertaler-DNA fra et kjevebein. Tror du vi kan bruke det til å gjenskape en neandertaler?

### xxx3 Oppgave 2.10

1. Hvor mange domene og riker plasserer vi alle arter inn i?
2. Hva skiller de prokaryote organismene fra de eukaryote?
3. Se på klassifikasjonen av arten menneske på side 36. Lag en tilsvarende klassifikasjon for sjimpansen, en art som vi har 98 prosent felles DNA med.

### xxx3 Oppgave 2.11

1. Lag en kort oversikt med stikkord som viser fellestrekk for organismene innenfor hvert av de seks rikene.
2. Velg en art fra hvert rike og les om den i forskjellige kilder. Beskriv artene.

### xxx3 Oppgave 2.12

1. Finnes det flått der du bor?
2. En del flått inneholder en bakterie som kan gi borreliose. Finn ut mer om denne sykdommen.
3. Hvis du blir bitt av en flått, kan det hende at flåtten overfører bakterien \_Borrelia burgdorferi\_ til deg. Når bør du oppsøke lege om du har fått flåttbitt?

### xxx3 Oppgave 2.13

Velg ut to encellede protister og to større protister og beskriv disse.

### xxx3 Oppgave 2.14

\_Candida albicans\_ er en soppart som kan være svært plagsom for dem som blir smittet av den. Undersøk hvilke plager den kan forårsake hos en del mennesker.

### xxx3 Oppgave 2.15

Penicillin og sjampinjong er to svært forskjellige slekter av sopp. Hva kan vi bruke hver av disse til?

### xxx3 Oppgave 2.16

1. Hvilke matplanter er mest brukt i kost holdet her i Norge?
2. Hva annet enn mat bruker vi planter til?
3. Hva er en veganer, og hva er en vegetarianer?

### xxx3 Oppgave 2.17

1. Aristoteles, Linné og Darwin har alle hatt stor betydning for biologifaget. På hvilken måte?
2. James Watson og Francis Crick har også vært viktige for biologifaget. Finn ut mer om hva disse to har bidratt med.

### xxx3 Oppgave 2.18

Artsdatabanken i Norge holder til i Trondheim.

1. Sjekk nettsiden deres og finn ut hva artsdatabanken arbeider med.
2. Artsdatabanken publiserer rødlista og fremmedartlista (svartelista). Hva inneholder disse listene?

--- 48 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 2.1 Bestemmelsesnøkkel

\_Utstyr:\_

Blader fra forskjellige løvtrær (rogn, ask, lønn, eik, bøk, selje, osp, svartor, lind, hassel, bjørk, gråor eller hegg) eller tegninger/bilder av blader fra disse trærne.

#### xxx4 Teori og framgangsmåte

En bestemmelsesnøkkel er et hjelpemiddel du kan bruke for å finne ut hvilken art eller gruppe en organisme tilhører.

Når du bruker en bestemmelsesnøkkel, får du spørsmål som du skal besvare med ja eller nei. Ut fra svaret går du videre til et nytt nummer i nøkkelen eller til ett eller flere forslag til arter.

Ta deg en tur ut og finn blader fra forskjellige trær. Bruk nøkkelen nedenfor til å finne ut hvilken art bladene tilhører. NB! Nøkkelen gjelder bare for opprinnelig norske trær, ikke for innførte arter og hagearter. Vær også oppmerksom på at ikke alle blader hos samme art eller på samme tre er helt like. Hos noen arter kan bladene ha store individuelle forskjeller, så prøv å finne de bladene som ser ut til å være de vanligste på treet.

#### xxx4 Oppgaver

-- Sjekk om du har fått samme svar som de andre elevene.

-- Dersom ikke, finn ut hva du har gjort feil.

-- Å bruke en bestemmelsesnøkkel er én måte å bestemme en art på. Kjenner du til andre måter?

-- Hvilke feilkilder kan det være når vi bestemmer arter ved hjelp av en bestemmelsesnøkkel?

Tabell:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Beskrivelse | Gå til |
| 1 | Blader oppdelt i finner | 2 |
|  | Hele blader | 3 |
| 2 | Små blader, ca. 10 cm med ca. 15 finner som står vinkelrett på stilken | Rogn |
|  | Store blader, ca. 30 cm med 9-13 finner som står skjevt på stilken | Ask |
| 3 | Håndnervet. Store blader med 5 fingrer og spisse tupper | Lønn |
|  | Fjærnervet | 4 |
| 4 | Bølgetannede eller jevne bladkanter | 5 |
|  | Sagtannede bladkanter | 7 |
| 5 | Sterkt bølgetannede bladkanter, innskjæringer halvveis til midtnerven | Eik |
|  | Jevnt eller svakt bølgekantede blader | 6 |
| 6 | Omvendt eggeformede, læraktige blader med rette sidenerver | Bøk |
|  | Ovale blader, ikke læraktige, med buede sidenerver | Selje |
|  | Nesten runde blader med butte uregelmessige tenner | Osp |
| 7 | Rund eller innovervendt tupp | Svartor |
|  | Spiss tupp | 8 |
| 8 | Hjerteformede blader | 9 |
|  | Ikke-hjerteformede blader | 10 |
| 9 | Tydelig hjerteformet. Glatte og fint sagtannede blader. Markert spiss | Lind |
|  | Hjerteformet basis. Håret, ujevnt tannet og noe bølget | Hassel |
| 10 | Ikke-symmetrisk bladbasis. Uregelmessig tannet |  |
|  | Symmetrisk bladbasis | 11 |
| 11 | Små blader, vanligvis under 5 cm. Ca. 10 sidenerver | Bjørk |
|  | Større blader med over 15 sidenerver | 12 |
| 12 | Ovale til nesten runde blader med grågrønn underside | Gråor |
|  | Ovale til lansettformede, litt læraktige blader med inntrykte nerver | Hegg |

Bilde: figur

Forklaring: Seks tegninger av blader.

\_Helt blad\_: Et blad på en stilk.

\_Finnet blad\_: Småblader parvis mot hverandre langs en lang stilk.

\_Sagtannet blad\_: Blad med taggete kant. Taggene er korte og spisse.

\_Bølgetannet blad\_: Blad med store, avrundede tagger.

\_Håndnervet blad\_: Nervene forgreiner seg ut fra punktet der bladet er festet i stilken.

\_Fjærnervet blad\_: En hovednerve langsetter midten av bladet, med mindre nerver som forgreiner seg fra hovednerven og ut til sidene.

--- 49 til 401

### xxx3 Ø 2.2 Lysmikroskopet

\_Utstyr:\_

Lysmikroskop

Millimeterpapir

Pipette med vann

Objektglass

Dekkglass

Noe å se på

#### xxx4 Teori og hensikt

Når du skal arbeide med faget biologi, er det viktig at du er godt kjent med hvordan lysmikroskopet fungerer. Lysmikroskopet består av linser. Noen av linsene finnes i et \_okular\_ nærmest øyet ditt, og noen i \_objektivene\_. Linsene i okularet forstørrer kanskje ti ganger, mens objektivene forstørrer fem, ti og førti ganger. Den totale forstørrelsen blir da på 5 x 10 = 50, 10 x 10 = 100 og 40 x 10 = 400 ganger. Vi regner ut den totale forstørrelsen ved å multiplisere okularforstørrelsen med objektivforstørrelsen. Når du lager skisser av eller fotograferer det du ser i et mikroskop, er det viktig å skrive på hvilken forstørrelse du bruker. Begynn alltid med å se i mikroskopet ved minste forstørrelse. Bruk først grovskruen og deretter finskruen for å kunne se tydelig. Du kan regulere lysmengden ved å åpne eller lukke \_blenderen\_.

Bilde: figur

Forklaring: Mikroskop, med følgende merket av (ovenfra og nedover): okular, objektiver, objektbord, lysblender, lampe og en lysbryter på foten. På siden av mikroskopet: grovskrue og finskrue.

#### xxx4 Framgangsmåte og resultat

-- Se først på en liten bit av et millimeterpapir, slik at du finner ut hvor mye mikroskopet viser ved hver forstørrelse. Mellom linjene på millimeterpapiret er det én millimeter. Hvordan ser det ut med de forskjellige objektivene? Tegn.

-- \_Et preparat\_ lager du ved å legge det du skal se på, på et \_objektglass\_, dekke det med en dråpe vann og et \_dekkglass\_ og deretter plassere det hele på \_objektbordet\_. Preparatet kan for eksempel være et tynt blad fra en plante, løkceller fra utsiden av et løkskjell, et hårstrå eller hudceller som du har skrapt løs med en tannpirker fra innsiden av kinnet ditt. Tegn eller fotografer.

-- Prøv å regulere lysinngangen med \_lysblenderen\_. Se hvordan lyset framhever forskjellige strukturer.

-- Hvis preparatet holder på å tørke ut, behøver du ikke å fjerne det fra objektbordet eller å løfte dekkglasset. Bruk pipetten og legg en dråpe vann i overgangen mellom dekkglasset og objektglasset. Kohesjon gjør at vannet suges inn mellom dekkglasset og objektglasset. Du kan eventuelt holde et sugende papir på motsatt side av dekkglasset, så blir vannet lettere sugd inn mot preparatet.

-- Hva har du lært?

--- 50 til 401

### xxx3 Ø 2.3 Stereolupen

\_Utstyr:\_

Stereolupe

Petriskål eller et urglass

Noe å se på

#### xxx4 Teori og hensikt

Når vi arbeider med små, hele organismer eller deler av organismer, kan vi benytte en stereolupe. I dette forsøket lærer du hvordan stereolupen skal brukes. De fleste stereoluper gir bare total forstørrelse fra 10 til 60 ganger, men da trenger vi ikke å ha et tynt og flatt objekt, slik som vi må når vi bruker et mikroskop.

Stereolupene har to okularer og gir derfor et dybdebilde av objektet. Stereoluper kan brukes med overlys, underlys eller begge deler. Overlyset brukes når vi vil se på overflater, mens underlyset er best når vi vil undersøke de indre delene av et objekt. Vær oppmerksom på at lampelyset etter en tid varmer opp objektene såpass mye at plantedeler visner og levende dyr dør fordi vannet fordamper. Undersøkelser av levende dyr bør derfor bare foregå i korte perioder.

Bilde: figur

Forklaring: Stereolupe, med følgende merket av (ovenfra og nedover): okular, objektiv, overlys og underlys. På siden av stereolupen er det en stillskrue.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Lag en skisse av stereolupen og sett navn på de forskjellige delene.

-- Velg et preparat. Bruk først overlys.

-- Studer og tegn eller fotografer det du ser.

-- Gjør så det samme med underlys.

#### xxx4 Oppgaver

-- Hva er fordelen med å bruke overlys?

-- Hva er fordelen med å bruke underlys?

-- Hvordan regner vi ut samlet forstørrelse?

-- Skriv en konklusjon, hva du har lært?

--- 51 til 401

# xxx1 Kapittel 3: Biologisk mangfold

\_Du skal kunne:\_

-- forklare hva begrepet biologisk mangfold omfatter, og drøfte spørsmål om ansvar for å ta vare på biologisk mangfold lokalt og globalt

-- forklare hvordan biologisk mangfold henger sammen med variasjon i nisjer og habitater i økosystemene

Overalt på jorda finnes det livsformer som er tilpasset nettopp sitt levested – fra de høyeste fjell til de største havdyp, fra de tørreste ørkener til de våteste regnskoger. Biologisk mangfold er et samlebegrep for all denne variasjonen i liv på jorda. Det er et enormt biologisk mangfold i jordas forskjellige økosystemer, og skal vi kunne ta vare på dette mangfoldet, er det viktig at vi forstår de naturlige variasjonene og hvordan menneskelig påvirkning kommer i tillegg til disse.

Naturen er i kontinuerlig endring, noe som i stor grad skyldes naturlige prosesser. Men forskning og overvåking viser imidlertid at mange av disse forandringene nå skjer raskere enn det som er naturlig, og at årsakene til det er menneskelig påvirkning. De kommende tiårene regner vi også med at globale klimaforandringer i stadig sterkere grad vil påvirke økosystemene og mangfoldet på jorda. Skal vi greie å bevare det biologiske mangfoldet, må vi sørge for at variasjonene av gener, arter og levesteder blir tatt vare på og videreført på en forsvarlig måte.

Bilde: foto av sopp

--- 52 til 401

## xxx2 3.1 Myldrende mangfold

Om lag 1,6 millioner av artene i verden er beskrevet. Hvert år beskrives og navnsettes omtrent 15 000 nye arter. Totalt finnes det kanskje nær 9 millioner arter, men noe sikkert tall her er umulig å gi. Det skyldes både at det er forskjellige måter å definere en art på (se side 27), og at det er usikkert hvor mange arter som ikke er oppdaget ennå. I ett enkelt norsk grantre kan det leve titusenvis av forskjellige individer. I individantall dominerer ofte noen få arter midd og bladlus, men det er også mange sommerfugler og biller. I tillegg vil det i grantreet være et stort antall arter av alger, lav, bakterier og andre encellede organismer. I Norge finnes det naturlig bare omkring 70 forskjellige arter av trær og busker, men vi kjenner langt fra alle artene som lever oppe i trekronene. Forskerne finner stadig nye og ukjente arter. Beveger vi oss sørover mot varmere strøk, øker mangfoldet, og det største biologiske mangfoldet på land finner vi i de tropiske regnskogene. Der finnes nær halvparten av verdens landlevende plante- og dyrearter, og det på tross av at regnskogene bare utgjør omtrent 6 prosent av landarealet på jorda. Det er derfor svært urovekkende at verdens regnskoger forsvinner i raskt tempo på grunn av hogst og brann.

For organismegrupper med veldig små individer, for eksempel bakterier, kan det være nesten umulig å bestemme arter ut fra utseendet slik man ofte kan med planter og dyr. Her er DNA-analyse nødvendig. Sargassohavet ligger i den vestlige delen av Atlanterhavet og er så næringsfattig at det regnes som en «ørken i havet». I en studie i dette havområdet fant forskerne likevel anslagsvis 1800 forskjellige arter av bakterier basert på en DNA-analyse. Mange av disse var tidligere ukjente arter.

Biologisk mangfold kan kort forklares som variasjonen av liv på tre forskjellige nivåer: genetisk mangfold (variasjon på genetisk nivå, altså i DNA-et), mangfold av arter (variasjon på artsnivå) og mangfold av levesteder (variasjon av økosystemer) Mangfoldet omfatter altså først og fremst det som er levende, men det omfatter også samspillet mellom levende organismer og ikke-levende faktorer i økosystemet. Skal vi ta vare på artene, må vi også ta vare på økosystemene de lever i.

Blåtekst: Biologisk mangfold er variasjonen av liv på tre forskjellige nivåer: genetisk nivå, artsnivå og økosystemnivå.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: I ett enkelt grantre (\_Picea abies\_) kan det leve titusenvis av forskjellige små organismer.

2. Bildetekst: Gransnutebillen (\_Hylobius abietis\_) er en bille som er vanlig i barskogen.

Margtekst: Ordet \_biodiversitet\_ brukes synonymt med biologisk mangfold.

### xxx3 En rød tråd av gener forbinder alle artene

Selv om det er en imponerende variasjon i jordas mange livsformer, går det likevel en slags rød tråd gjennom alt liv i form av mye felles arvemateriale og flere felles gener. Mange gener er like og har de samme funksjonene i alt levende – hos planter og dyr, hos bakterier og mennesker. Vi kan si at alle nålevende arter er de ytterste greinspissene på et kontinuerlig voksende tre, hvor nye skudd kommer til og andre greiner visner bort.

--- 53 til 401

Hver greinspiss kan følges tilbake til sitt nærmeste forgreiningspunkt. For oss mennesker kan vi følge linjen tilbake til den tiden da vi skilte lag med våre nærmeste nålevende slektninger, sjimpansene, en gang for mellom fem og sju millioner år siden. I dag har genetikken bidratt til å avdekke slektskap og utviklingslinjer med et presisjonsnivå som var utenkelig for bare noen få år siden.

Alt liv henger sammen, og de ytterste greinspissene er altså de nålevende artene. Husk at hver eneste art representerer en unik kombinasjon av gener som gjør den i stand til å utnytte en bit av jordas ressurser på en måte som ingen andre arter kan. Når en art dør ut, forsvinner et enestående genetisk program som det har tatt millioner av år å utvikle.

Blåtekst: Hver art representerer en enestående kombinasjon av gener som gjør den i stand til å utnytte en bit av jordas ressurser på en måte som ingen andre arter kan.

Bilde: foto

Bildetekst: Sjimpansen (\_Pan troglodytes\_) er vår nærmeste slektning.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvor mange arter i verden er beskrevet og navngitt?
2. Hvorfor er det ofte vanskelig å artsbestemme mikroorganismer som bakterier ut fra utseendet?
3. Hvilke tre nivåer bruker vi for å forklare biologisk mangfold?
4. Hva mener vi med at «en rød tråd av gener forbinder alle artene»?

--- 54 til 401

## xxx2 3.2 Tre nivåer av biologisk mangfold

Vi snakker altså om biologisk mangfold på tre ulike nivåer: gennivå, artsnivå og økosystem nivå. For å forstå begrepet \_biologisk mangfold\_ må vi derfor både ha genetisk kunnskap, artskunnskap og kunnskap om hvordan økosystemene fungerer. Det er naturlig å begynne med artene.

Bilde: foto

Forklaring: En mengde forskjellige skjell.

### xxx3 Biologisk mangfold på artsnivå

Hva som regnes som en art, lærte du om i kapittel 2. Mangfoldet på artsnivå kommer til uttrykk gjennom antall arter og variasjonen mellom individene innenfor en art. Anslagene på uoppdagede arter varierer kraftig. Trolig utgjør encellete organismer det største ubeskrevne mangfoldet, men fortsatt oppdages og beskrives det nye pattedyr- og plantearter regelmessig.

I Norge har vi registrert ca. 44.000 arter, men forskerne tror at det finnes bortimot 60.000 arter her. Da er ikke bakterier og virus regnet med, men det marine miljøet er inkludert. Det blir stadig oppdaget nye arter i Norge, ikke minst nye insekter. Siden 2010 er det funnet over 1100 nye arter bare i Norge, og en fjerdedel av dem var helt nye for vitenskapen. Det viser at det fremdeles er mange uoppdagede arter både i Norge og andre steder i verden.

Når det er snakk om biologisk mangfold, og bevaring av dette, dreier det seg gjerne om arter. Det er viktig å huske på at artene bare er en del av det store mangfoldbildet på jorda. Bestandene av artene og artenes leveområder må også være tilstrekkelig store og intakte.

### xxx3 Biologisk mangfold på gennivå

Med mangfold på gennivå mener vi den genetiske variasjonen som finnes innenfor hver art. Innenfor en art vil det være en del genetisk variasjon fordi atskilte populasjoner ofte har klare genetiske ulikheter. Alle arter består av mer eller mindre atskilte populasjoner.

Jo lenger populasjoner har vært skilt fra hverandre, desto større blir de genetiske forskjellene mellom populasjonene. Disse genetiske forskjellene er utviklet som en tilpasning til det lokale miljøet, og de kan være utgangspunktet for at det oppstår nye arter på lang sikt. Laks (\_Salmo salar\_) er et eksempel på det. Når vi studerer de forskjellige bestandene, finner vi at det er klare genetiske forskjeller mellom laksestammer. Det er et resultat av isolasjon og lokal tilpasning. Fra oppvekstområdene i havet finner laksen tilbake til den elva der den ble født. For at en laks skal orientere seg tilbake til riktig elv, er det derfor ikke likegyldig om den har sin opprinnelse i Tana i Finnmark eller i Drammenselva i Buskerud. Drammenslaksen er genetisk tilpasset sitt lokale levested, derfor kan den ikke uten videre erstattes av laks fra Tana. Dette er også en av årsakene til at man er bekymret over at det er en stadig større andel av rømt oppdrettslaks i elvene.

--- 55 til 401

Når de blander seg med den lokale villaksen, kan det «tynne ut» den spesielle, lokale genetiske tilpasningen.

Det er altså viktig å bevare det genetiske mangfoldet av flere grunner: både fordi genetisk variasjon mellom populasjonene representerer lokale tilpasninger, og fordi variasjonen gjør at arten bedre kan takle miljøendringer. Dessuten – og ikke minst – er genetisk variasjon viktig for den videre utviklingen av livet på jorda. Det øker sjansen for at noen individer vil kunne tilpasse seg miljøendringer og overleve.

--- 56 til 401

Gjennom jordas evolusjonære historie har det alltid forsvunnet arter gjennom naturlige evolusjonsprosesser. Naturlig utryddelse går som regel så sakte at det meste av det genetiske materialet blir videreført til andre organismer. Den menneskeskapte artsutryddelsen går nå så raskt at den minner om en katastrofe. Genene videreføres ikke i evolusjonsprosessen, dermed mister vi gener mye raskere.

Blåtekst: Biologisk mangfold på gennivå er den genetiske variasjonen som finnes innenfor hver art.

Bilder: to foto

Bildetekst: Genetisk variasjon innenfor arten bjørk (\_Betula pubescens\_), der det finnes to underarter: dunbjørk (\_Betula pubescens ssp pubescens\_) [t.v.], som hovedsakelig lever i lavlandet, og fjellbjørk (\_Betula pubescens ssp tortuosa\_) [t.h.], som er mer tilpasset miljøet i fjellskogen. Hos disse to underartene er den genetiske variasjonen blitt så stor at vi kan se at de er morfologisk forskjellige. De er blitt så ulike at vi kaller dem underarter. Forkortelsen ssp står for subspecies = underart.

Bilde: figur, diagram

Bildetekst: Det er genetiske forskjeller mellom laksestammene. Teoretisk kan dette illustreres som på denne figuren.

Forklaring: Fargede felter viser genetisk variasjon hos laks i Tana, i Drammen og i hele Norge. Laksepopulasjonene i Tana og i Drammen er genetisk forskjellige, men med et visst overlapp. Begge populasjonene ligger innenfor den genetiske variasjonen for Norge.

Bilder: to foto

Bildetekst: Genetisk mangfold. Det er lett for oss å se at ingen av barna på bildet er like. Det er forskjell på kjønn, hårfarge, ansiktsform, hudfarge, kroppsform, øyenfarge, ørestørrelse, neseform osv., og alt dette skyldes genetisk variasjon hos arten menneske. I flokken med flamingoer finner vi de samme forskjellene og like stor genetisk variasjon, men det er vanskeligere for oss å se detaljerte forskjeller på individer hos andre arter. Denne genetiske variasjonen er svært viktig, for individer med forskjellige gener vil kunne fungere ulikt og tåle miljøforandringer på forskjellige måter når de utsettes for nye miljøpåvirkninger.

### xxx3 Biologisk mangfold på økosystemnivå

Et økosystem er et geografisk avgrenset og naturmessig relativt ensartet område, der de levende organismene og de abiotiske faktorene påvirker hverandre. I norsk natur er skog, myr, bekk og korallrev eksempler på økosystemer, og det er ofte helt forskjellige arter som lever i de ulike økosystemene. Derfor snakker vi også om et mangfold på økosystemnivå, som altså betyr mangfoldet av ulike livsmiljøer.

Det hjelper lite å beskytte eller frede artene hvis de ikke har store nok leveområder der de kan eksistere i et naturlig samspill med miljøet. Det biologiske mangfoldet varierer fra ett økosystem til et annet. Et eksempel: Om et treslag vokser naturlig på et sted, avhenger av abiotiske og biotiske faktorer som klimaet, bergartene, jordbunnsforholdene, nedbøren og beitingen.

--- 57 til 401

Det er store variasjoner i økosystemenes artssammensetning, næringskjeder og produktivitet. En del arter er særlig godt tilpasset økosystemet sitt, men er ikke tilpasset noen andre økosystemer i det hele tatt. Andre arter kan leve i ganske forskjellige økosystemer. Arter som er spesielt viktige i et økosystem, kalles for \_nøkkelarter\_, og det betyr at svært mange andre arter er avhengige av disse. Eksempler på slike arter er lemen i fjellet, lodde i havet og barkbiller i skogen.

Blåtekst: Det finnes mange ulike økosystemer, og artsmangfoldet varierer fra ett økosystem til et annet. Biologisk mangfold på økosystemnivå er det totale mangfoldet av forskjellige økosystemer.

### xxx3 Fordypning: Svalbard globale frøhvelv

Dypt inni fjellet på Svalbard, i et klima med lav luftfuktighet og 18 minusgrader hele året, ligger sikkerhetslageret av frø for mange av verdens viktigste matproduserende planter. Frøhvelvet, eller frøbanken som den også kalles, ble opprettet i 2008, og her kan alle land i verden oppbevare frø. Dermed sikrer man at det finnes et lager av frø fra de viktigste mat- og nytteplantene. Her ligger det frø av mer enn 4.000 plantearter, blant annet ris, hvete og andre kornsorter, bønner og mange andre matplanter. Det ligger nå nærmere 900.000 frøprøver her, men det er plass til mer enn 3 millioner prøver i lagerhallene i fjellet. En frøprøve består av en lufttett pose med frø i. Frøhvelvet på Svalbard er veldig gunstig for frølagring, for temperaturen og luftfuktigheten dypt nede i permafrosten er stabil selv uten strømtilførsel. Temperaturen vil derfor ikke påvirkes for eksempel ved strømbrudd. Dessuten er Svalbard et fredelig område. Noen steder i verden er frøbanker truet av krig, terrorisme eller naturkatastrofer.

Frø blir også lagret i nasjonale og regionale genbanker. I 2015 ble det første uttaket fra frøhvelvet på Svalbard gjort fordi frølageret i Aleppo var ødelagt som en følge av krigen i Syria. Frø ble da sendt til Marokko og Libanon for dyrking og produksjon. Etter dyrking og mangfoldiggjøring ble et stort antall frø sendt tilbake til frøhvelvet, slik at de igjen kan bevares i Svalbards permafrost.

Bilde: foto

Forklaring: Inngangen til frøhvelvet.

Bildetekst: Frøhvelvet på Svalbard ligger dypt inni fjellet.

### xxx3 Rødlister for arter og naturtyper og svarteliste over fremmede arter

\_Norsk rødliste for arter\_ er en oversikt over arter som står i fare for å dø ut fra norsk natur. Rødlista er utarbeidet av Artsdatabanken i samarbeid med forskere og andre med spesialkunnskaper om arter, og den fornyes jevnlig (siste versjon er fra 2015). Omtrent halvparten av de ca. 44.000 flercellede artene som er registrert i Norge, er vurdert, og 4.438 av disse står på rødlista.

--- 58 til 401

Rødlista er hovedsakelig laget for å bidra til bedre forvaltning av det biologiske mangfoldet. Det er også et mål å spre kunnskap om arter og trusler mot artsmangfoldet til samfunnet. Storsalamander, dverggås, myrflangre, fjellrev og ulv er eksempler på truede arter. I den siste rødlista er flere sjø- og fjellfugler kommet inn på grunn av betydelig bestandsnedgang. Det gjelder blant annet jaktbare arter som fjellrype og lirype, og sjøfugler som lunde og lomvi.

Artsdatabanken har også laget en rødliste for naturtyper i Norge. Også denne rødlista er utarbeidet av forskere og fagfolk med spesialkunnskaper om naturtyper og økologi. 80 forskjellige naturtyper er vurdert i rødlista, og 40 av disse er klassifisert som truet. Sukkertareskog, slåtteeng, kystgranskog og fuglefjell er alle eksempler på naturtyper som er truet.

Fremmedartlista (tidligere kalt svartelista) er en oversikt fra Artsdatabanken over fremmede arter som kan utgjøre en betydelig risiko for naturlige arter og økosystemer i Norge. En fremmed art vil si en art som ikke finnes her naturlig, men som er innført av mennesker. Det er påvist over 3000 fremmede arter i norske områder. Noen av disse artene er relativt harmløse og er derfor ikke vurdert som aktuelle for lista. Andre fremmede arter utgjør en stor trussel mot det biologiske mangfoldet. Høyrisikoarter er arter på lista som utgjør en høy eller svært høy økologisk risiko, ved at de sprer seg raskt og utkonkurrerer andre arter. Eksempler er kjempebjørnkjeks, kongekrabbe og mink. Enkelte arter utgjør en så stor risiko at de er forbudt å innføre og sette ut i naturen, deriblant amerikansk hummer, tre lupinarter og kjempebjørnkjeks. I den nyeste fremmedartlista fra 2018 ble det innført en ny kategori: regionalt fremmede arter. Det er arter som lever en del steder i Norge, men som er satt ut i områder de ikke ville spredt seg til naturlig. Eksempler på det er blant annet fiskearter som gjedde og mort, som er spredt av mennesker til områder der disse fiskene ikke naturlig hører hjemme.

--- 59 til 401

Blåtekst: Artsdatabanken utarbeider en rødliste og en fremmedartliste. Rødlista er en oversikt over truede arter og naturtyper i Norge. Fremmedartlista er en oversikt over fremmede arter i Norge og en risikovurdering av dem.

Bilde: foto

Bildetekst: Lunde (\_Fratercula arctica\_) er en karakteristisk sjøfugl som er regnet som sårbar.

Bilde: figur, søylediagram

Bildetekst: 4.438 arter står på Norsk rødliste for arter 2015. Av disse er 2.355 plassert i de tre alvorligste kategoriene: kritisk truet, sterkt truet og sårbar. De er disse tre gruppene som utgjør gruppen som vi kaller truet. For 734 arter er ikke datagrunnlaget godt nok til at artene kan plasseres i en kategori. Kilde: Artsdatabanken (2015)

Forklaring: Utryddet: 114 arter. Kritisk truet: 241 arter. Sterkt truet: 879 arter. Sårbare: 1235 arter. Nær truet: 1235 arter. Mangler datagrunnlag: 734 arter.

Bilde: foto

Bildetekst: Myrflangre (\_Epipactispalustris\_) er en orkidé som vokser på kalkrik myr, og som er sterkt truet.

Bilde: foto

Bildetekst: Kjempebjørnekjeks (\_Heracleum mantegazzianum\_) er en fremmed art som det er ulovlig å innføre, selge eller plante i Norge. Den vokser tett og utkonkurrerer naturlig tilhørende arter der den vokser. Plantesaften er giftig, og får man den på huden, blir huden mer ømfintlig for sollys, og det kan utvikles store solforbrenningsskader og åpne sår. I alvorlige tilfeller fører det til sykehusinnleggelse. Flere kommuner bruker store ressurser på å fjerne arten.

Margtekst: En naturtype er definert som en ensartet type natur som inkluderer alt plante- og dyreliv og de miljøfaktorene som virker der.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar de tre nivåene vi bruker for å beskrive biologisk mangfold.
2. Hvor mange arter er registrert i Norge totalt?
3. Hvordan kan ulike populasjoner av en art utvikle genetiske forskjeller?
4. Hva er en nøkkelart? Gi noen eksempler på nøkkelarter.
5. Hvem utarbeider \_Norsk rødliste for arter i Norge\_, og hva er hensikten med en slik liste?
6. Hva er fremmedartlista?

## xxx2 3.3 Mønstre i mangfold

For å bevare mangfoldet er det naturligvis viktig å vite hvilke arter som faktisk finnes, hvordan arter fungerer sammen i næringskjeder og næringsnett, og ikke minst hva som påvirker mangfoldet. Noen områder er svært artsrike, andre er artsfattige, og vi har god grunn til å være ekstra påpasselige med å beskytte viktige naturområder som er under press for hogst, utbygging, drenering eller annet. En sentral arbeidsoppgave for økologer er å forklare mønstrene i mangfoldet og hva som kan påvirke forholdene. Det meste av kunnskapen om mangfold er knyttet til artsmangfold, men sannsynligvis følger genetisk mangfold stort sett de samme mønstrene som artsmangfold.

--- 60 til 401

### xxx3 Mangfold på landjorda

Skal vi kunne bevare det biologiske mangfoldet på gennivå og artsnivå, må vi også sikre det på økosystemnivå. Den eneste måten å sikre både det kjente og det uoppdagede mangfoldet på er å ta vare på leveområdene. Det gjør vi normalt ved å verne større naturområder mot inngrep. Samtidig må vi sikre at det er \_spredningskorridorer\_ mellom områdene. Spredningskorridorer hindrer \_fragmentering\_, det vil si oppsplitting, av populasjonene og gjør at en art kan bevege seg mellom forskjellige leveområder. Det klart største mangfoldet på land finner vi i de tropiske regnskogene. På grunn av hogst og arealendringer er regnskogene dessverre også blant de mest truede økosystemene i verden.

Det finnes noen hovedmønstre av mangfold innenfor og mellom økosystemer. Disse mønstrene har med geografi og klima å gjøre, hva økosystemet produserer, og hvor gammelt det er. Artsmangfoldet på landjorda er høyest rundt ekvator, og avtar fra ekvator og nord- og sørover mot polområdene. Det kan skyldes at det er høyere temperatur og større produksjon i tropiske områder enn i områdene nærmere polene, men områdene nær ekvator er også eldre enn områdene lenger nord og sør, der store arealer var ubeboelige i de store istidene. Derfor har ekvatorområdene hatt lengre tid til å tilpasse seg og utvikle biologisk mangfold enn for eksempel norske økosystemer, som stort sett er yngre enn 10 000 år. Vi finner også et større artsmangfold i lavlandet enn i fjellområdene.

Bilde: foto

Bildetekst: Det biologiske mangfoldet er størst rundt ekvator. Bildet viser en tocotukan (\_Ramphastos toco\_), som vi blant annet kan finne i regnskogsområder.

### xxx3 Regnskogen – et truet biologisk eldorado

De tropiske regnskogene dekker ikke mer enn omkring 6 prosent av landoverflaten, men er likevel levested for svært mange planter og dyr. Flere hundre forskjellige trearter kan leve på et areal som tilsvarer to fotballbaner.

--- 61 til 401

Her er det planter i alle farger og fasonger, insekter, apekatter, fugler, lav, sopp og moser. Det er registrert minst 50.000 forskjellige trearter knyttet til regnskog, og bare i Amazonas lever det mer enn 3.000 fiskearter i tillegg til store mengder amfibier og krypdyr. Vi kjenner minst 170.000 plantearter, og regnskogene utviser et mangfold av arter og tilpasninger og variasjon uten sidestykke.

Fram til rundt 1945 dekket regnskogen 13 prosent av jorda, men siden den gangen er over halvparten av arealet ødelagt av hogst. Selv om avskogingen har avtatt noe, forsvinner det fremdeles 46.000 kvadratkilometer regnskog hvert år, et areal som tilsvarer størrelsen av Danmark. Hogst, veier og industri ødelegger regnskogene, og store artsrike områder gjøres om til jordbruksområder blant annet for palmeoljeproduksjon.

Mellom 10 og 15 prosent av klimagassutslippene i verden skyldes brenning av store områder med regnskog. Hadde disse skogene vært bevart, ville det medført raske og billige utslippskutt i tillegg til at det enorme biologiske mangfoldet bevares. De årlige utslippene fra regnskog som blir nedbrent, er nå like store som utslippene fra alle biler i verden til sammen.

Blåtekst: Artsmangfoldet på landjorda er størst rundt ekvator og minker nord- og sørover mot polområdene. Vi finner også et større artsmangfold i lavlandet enn i fjellområdene. Det største biologiske mangfoldet på land finner vi i regnskogene.

Bilde: foto

Bildetekst: I mange regnskogsområder blir skogen hugget og erstattet med palmeoljetrær. Etter press fra forbrukere selges det nå stadig mer produkter uten palmeolje i Norge.

Forklaring: Nærbilde av teksten «Helt uten palmeolje» på en lasagnepakke.

### xxx3 Mangfold i hav og ferskvann

Mønstrene i mangfoldet er annerledes i vann enn på land. I havet er det ofte slik at områder med høy temperatur er mindre produktive enn områder med lav temperatur. Mange av de varme, åpne havområdene har så lav produksjon og lite mangfold at de nærmest er en slags marine ørkener, mens kystområder med kjølig vann kan være svært produktive og artsrike fordi det her ofte er strømmer som bringer næringsrikt vann opp fra dypet. Slike forhold gjør for eksempel kystområdene i Norge og Peru til områder med høy produksjon og stort mangfold. De rikeste områdene til havs er likevel korallrevene. I dag er korallrevene truet av turisme, forurensning, oppvarming og havforsuring.

Også i Norge finner vi klare mønstre i mangfoldet. De fleste artene både på land og i ferskvann finner vi i sørøstlige strøk. Det kan skyldes at innvandring av nye arter skjer fra sørøst, og at det er størst produksjon og gunstigst klima i disse områdene.

Blåtekst: Det største biologiske mangfoldet i havet finner vi i kystnære områder med kjølig vann og på korallrevene.

Bilde: foto av korallrev

--- 62 til 401

### xxx3 Fordypning: Endemiske arter

En stor andet av jordas arter finnes i relativt begrensede og isolerte områder. De er det vi kaller \_endemiske\_ for dette spesielle området. Man har identifisert 34 slike hovedområder, stort sett på øyer, i tropiske områder og i våtmarker. Mange innsjøer og ferskvann har også et spesielt biologisk mangfold med mange endemiske arter. Flere av de store og gamle innsjøene i verden har et unikt mangfold som bare finnes der. Bajkalsjøen i Russland, som er verdens største innsjø i volum, har trolig eksistert i 25 millioner år og har et stort antall endemiske arter. Hele 75 prosent av plante- og dyreartene i Bajkalsjøen er endemiske. Noen få steder i Norge, i Jotunheimen, på Dovre og i Trollheimen, vokser den endemiske arten dovreløvetann (\_Taraxacum dovrense\_). Den står på rødlista over truede arter, og forskere antar at tilbakegangen skyldes at voksestedene til dovreløvetannen påvirkes negativt av temperaturøkningen på jorda.

Bilde: foto

Bildetekst: Bajkalselen (\_Phoca sibirica\_) er en endemisk art som kun fins ved Bajkalsjøen. Den er en av svært få selarter som lever i ferskvann.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvorfor er spredningskorridorer viktige for å bevare biologisk mangfold?
2. Hvilke mønster er det i det biologiske mangfoldet på land?
3. Hvordan varierer jordas biologiske mangfold i vann?
4. Hvorfor er regnskogene så viktige når det gjelder biologisk mangfold?

## xxx2 3.4 Habitater, nisjer og mangfold

Når vi går på tur i et barskogområde, vil vi kunne se arter som gran, dompap, blåbær, kantarell og storfugl. Disse artene har barskogen som leveområde, \_habitat\_, og finner de optimale ressursene sine her. De ressursene som en art utnytter i et økosystem, og de miljøfaktorene som påvirker individet, kaller vi artens \_nisje\_. Storfuglkyllingene spiser for eksempel insekter de første leveukene, siden spiser de blåbær, furunåler og andre plantedeler. Det betyr at artens nisje endrer seg fra fuglen er liten og til den blir voksen, selv om habitatet er det samme. Et habitat er levestedet (adressen) individet har i økosystemet, med andre ord det området der det er best tilpasset til å leve.

--- 63 til 401

Blåtekst: Et habitat er levestedet til en organisme, altså det stedet der den er best tilpasset til å leve. En nisje er alle ressursene en organisme utnytter og miljøfaktorene som påvirker individet.

Bilde: foto

Bildetekst: Den voksne storfuglen (\_Tetrao urogallus\_), her hannen som vi kaller tiur, lever av plantekost.

### xxx3 Variasjon i habitater og nisjer gir stort mangfold

Det er mange miljøfaktorer som påvirker habitatet og nisjen til en art, for eksempel sykdom, klima, næringstilgang og habitatendringer. Konkurranse fra individer av andre arter og samme art eller \_predasjon\_ av andre arter vil også påvirke nisjen til en art. Miljøfaktorene, som forandres over tid, er med og definerer nye nisjer og habitater i økosystemene. Slike forandringer kan føre til at noen arter forsvinner, mens andre arter flytter inn, noe som endrer sammensetningen av det biologiske mangfoldet. Når forandringer skjer naturlig, går slike prosesser over lang tid, ofte mange tusen eller millioner år. Dermed rekker artene å tilpasse seg nye nisjer og habitater.

En forutsetning for et stort biologisk mangfold er at økosystemene er varierte og har mange nisjer. For eksempel vil det store antallet trær og blomster i en skog skape grunnlag for et stort mangfold av mikroorganismer, sopper og dyr som har de ulike trærne eller blomstene som en viktig del av sin nisje. Økosystemer med høy biologisk produksjon gir som regel grunnlag for flere arter, men det kan ofte være vanskelig å vite hvilken faktor som er viktigst. For eksempel har en innsjø eller et landområde i Sør-Norge som regel langt flere arter enn en innsjø eller et landområde i høyfjellet eller i Finnmark.

--- 64 til 401

Men om det er temperatur eller produksjon som er viktigst, er ikke godt å si, siden lav temperatur ofte også gir lav produksjon.

To arter som lever sammen, vil aldri ha helt like nisjer, for konkurransen mellom artene forer oftest til at én art vinner, mens den andre forsvinner. Hvis de konkurrerer om nøyaktig den samme begrensende ressursen, vil den ene arten kunne utkonkurrere den andre. Dette kaller vi \_Gauses prinsipp\_ etter den russiske forskeren Gause, som studerte konkurranse mellom to arter tøffeldyr (\_Paramecium\_) i laboratoriet sitt. Han fant ut at de ikke kunne leve sammen når de hadde helt lik nisje og måtte bruke de samme begrensende ressursene, og dette førte til at den ene utkonkurrerte den andre.

Blåtekst: I økosystemer med stor variasjon og høy biologisk produksjon er det mange nisjer. Jo flere tilgjengelige nisjer det er, desto flere arter er det plass til. To arter i samme leveområde har aldri helt like nisjer, for da ville den ene arten utkonkurrere den andre.

Bilde: figur

Forklaring: En snøspurv omringet av miljøfaktorer: insekter, temperatur, planter/frø, predatorer, trekkrute vår/høst, andre snøspurver, tarmparasitter, tyngdekraft, sykdommer, et sted å være, vann, lyd, luft, lys, vind.

Bildetekst: Det er mange miljøfaktorer som påvirker livet til en snøspurv. Enkelte faktorer er livsnødvendige, noen er mindre viktige, mens andre er negative. Snøspurvene i Jotunheimen kan bli utsatt for andre dominerende miljøfaktorer enn det snøspurvene på Svalbard utsettes for. Og graden av påvirkning kan også variere over tid.

Margtekst: Predasjon kommer fra det latinske ordet \_praedatio\_, som betyr «røving, plyndring». Predasjon vil si at noen dyr dreper og spiser andre dyr.

### xxx3 Generalister og spesialister

Noen arter har lettere enn andre for å tilpasse seg mange ulike miljøtyper. Ta kråka, for eksempel. Den finner vi så å si overalt i hele landet. Den lever i bymiljøer og i kulturlandskapet på landsbygda, den lever i skogen, og vi finner den også langt oppe på fjellet og ute på øyene. Vi sier at kråka er en \_generalist\_ fordi den kan utnytte mange forskjellige ressurser, og vi finner den på forskjellige nivåer i forskjellige næringskjeder. Den har en bred økologisk nisje. Koalaen i Australia spiser derimot bare eukalyptusblader.

--- 65 til 401

Arter som er knyttet til smale nisjer med helt spesielle krav til miljøet, kaller vi \_spesialister\_. Det sære kostvalget gjør at koalaen er sterkt utryddingstruet.

Blåtekst: En generalist kan tilpasse seg mange forskjellige miljøer og utnytte mange forskjellige ressurser. En generalist har en bred nisje. En spesialist er knyttet til en smal nisje og har dermed svært spesielle ressurskrav og er svært sårbar. Et stort biologisk mangfold krever stor variasjon i nisjer og habitater.

Bilde: to foto

1. Bildetekst: Kråka (\_Corvus cornix\_) er en generalist fordi den kan leve i mange forskjellige miljøer.

2. Bildetekst: Koala (\_Phascolarctos cinereus\_) er en spesialist fordi den bare spiser eukalyptusblader.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar ordene \_habitat\_ og \_nisje\_.
2. Hvordan kan endrede miljøfaktorer påvirke en arts habitat og nisje? Gi eksempler.
3. Hvorfor kan ikke to arter i samme økosystem ha like nisjer?
4. Forklar forskjellene på en generalist og en spesialist. Gi eksempler.

## xxx2 3.5 Hva påvirker det biologiske mangfoldet i dag?

Undersøkelser viser at antallet individer i verdens dyrebestander (de man har tall for) i gjennomsnitt er redusert med 50 prosent de siste 40 årene. Ferskvannsarter er blant de mest utsatte. Det er også beregnet at så mye som 15–37 prosent av verdens pattedyr kan stå i fare for å bli utryddet som en følge av global oppvarming og endringer av leveområdene. Selv om tallene er svært usikre, er artstapet som foregår nå, trolig om lag 100–1000 ganger høyere enn det som er naturlig.

Forskning og overvåking over hele verden viser at det globalt skjer store og raske forandringer i naturen. Rødlista for planter og dyr i Norge viser at det er fem store trusler mot det biologiske mangfoldet:

-- arealendringer og oppsplitting av natur

-- forurensning/miljøgifter

-- overbeskatning

-- globale klimaforandringer

-- fremmede arter

I dag er det arealendringer som er hovedtrusselen mot nærmere 90 prosent av de mest truede artene. Forurensning og miljøgifter utgjør hovedtrusselen for ca. 10 prosent av artene.

--- 66 til 401

Historisk har overbeskatning, det vil si overdreven fangst av enkeltarter, vært en sterkt bestandsreduserende faktor, for eksempel gjelder det mange hvalarter, sild og rovdyr. Bedre forvaltning har ført til en endring i Norge. Overbeskatning er ikke lenger noe stort problem her, men fremdeles er det mange arter i verden som presses svært hardt av overbeskatning innenfor fiske og jakt. Fiskeartene pigghå og ål samt østers og hummer er fremdeles truet på grunn av overbeskatning, mens fugler som alke og lomvi trues indirekte fordi vi har fisket for hardt på fisk som sild og tobis, som er mat for disse fuglene.

Klimaendringer og fremmede arter utgjør foreløpig en relativt liten, direkte trussel, men forventes å øke betydelig de neste tiårene.

De fem faktorene som er nevnt på forrige side, fører til artstap, økosystemforandringer og uforutsigbarhet. Og når flere årsaker virker sammen, blir presset mot naturen enda større. Hva vil skje med torsken når havet blir varmere og torsken må flytte gyteområdene lenger mot nord? Er gyteforholdene like gode der? Blir det mindre torsk? Blir torsken lettere rammet av nye sykdommer? Får den sterkere konkurranse fra andre arter? Dette er det vanskelig å svare på i dag, men havet er blitt varmere de siste 50 årene, og at det vil få økologiske konsekvenser, er opplagt.

Her til lands vil tallet på arter trolig øke når klimaet blir stadig varmere, fordi varmekjære arter vil vandre inn og etablere seg. Antallet slike «nye» arter vil etter alt å dømme overstige det antallet som blir borte. Noen av disse nye artene vil være harmløse, andre kan være skadeorganismer, eller de vil fortrenge naturlig tilhørende arter.

Blåtekst: De fem store truslene mot det biologiske mangfoldet er arealendringer og oppsplitting av natur, forurensning/miljøgifter, overbeskatning, globale klimaendringer og fremmede arter.

Bilde: foto

Forklaring: Et stort område med dyrket mark.

Bildetekst: Arealendring er den største trusselen mot biologisk mangfold.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke fem trusler mot det biologiske mangfoldet regner vi som de viktigste?
2. Hvilken av disse fem truslene har størst påvirkning på mangfoldet? Hvorfor?
3. Hvis klimaendringene gjør at gjennomsnittstemperaturen i Norge stiger, regner vi med at vi får et økt artsmangfold. Hva kan være årsakene til det?

--- 67 til 401

### xxx3 Fordypning: Økologiske barrierer og spredning av arter

Arealendringer som følge av menneskelig påvirkning er den klart største trusselen mot det biologiske mangfoldet. Du har sikkert sett store kornåkrer eller skogområder med like trær i rette rader. Slike menneskeskapte områder, der én art dominerer totalt, kaller vi \_monokulturer\_. Når menneskene omgjør variert natur til monokultur, fører dette blant annet til to viktige økologiske forandringer: Den ene er at området mister mange økologiske nisjer, og dermed er det plass til langt færre arter her. Lokalt blir altså artsmangfoldet redusert. Den andre forandringen er at et stort, sammenhengende naturområde splittes opp (fragmenteres) til mange mindre, og til dels usammenhengende, deler. Et eksempel er når et areal blir fysisk oppdelt av veier, kornåkrer, hyttefelt og industriområder. Det kan raskt bli et problem for formering, spredning og genetisk variasjon for en del arter siden nedbygde områder virker som fysiske spredningshinder. Dette fører igjen til at store, velfungerende populasjoner blir delt opp i mange små og langt mer sårbare delpopulasjoner. Vi får mindre \_naturlig spredning\_ av artene.

Vi kaller slike hinder for \_økologiske barrierer\_. Økologiske barrierer er stengsler som arter ikke greier å passere på naturlig vis, og som påvirker hvor artene kan leve. Tenk på når en motorvei bygges gjennom et leveområde for storsalamander. Den ødelegger deler av leveområdet fysisk og skaper dessuten en uoverstigelig økologisk barriere som omgjør én stor populasjon til to mindre, isolerte og mer sårbare populasjoner.

I dag er det lett å reise og frakte varer over hele jordkloden, og det fører til at tilfeldig spredning av arter skjer langt oftere enn før. \_Kunstig spredning\_ av arter over økologiske barrierer kan få store konsekvenser for det biologiske mangfoldet. Slik spredning kan skje direkte og bevisst, eller den kan være tilfeldig og utilsiktet. Når vi flytter arter til områder som de selv ikke ville ha klart å komme til, er det en slags biologisk forurensning, og vi kaller slike arter for \_fremmede arter\_. Du leste om noen av dem i avsnittet om fremmedartlista på side 58. Det å flytte arter til nye områder kan innebære en stor økologisk risiko. Enkelte fremmede arter har påført betydelig skade på økosystemer og naturlig tilhørende artsmangfold i Norge. Noen av disse artene er aktivt innført med tanke på økonomisk gevinst. I mange områder, særlig på Vestlandet og i Nord-Norge, er det plantet mange fremmede treslag. Mange økologer frykter at flere av disse artene, blant annet sitkagran, blir dominerende og presser vekk naturlig tilhørende arter i enkelte områder, blant annet i den truede naturtypen kystlynghei. Sitkagran formerer seg lett og sprer seg langt, og det er i praksis umulig å luke vekk arten i skogområder der den er uønsket.

Bilde: foto av en kornåker

Bildetekst: Monokultur

## xxx2 3.6 Ansvar for å bevare biologisk mangfold globalt

Verden prøver å løse stadig flere miljøproblemer gjennom internasjonale avtaler som skal forplikte landene til felles anstrengelser for et bedre miljø, bevaring av biologisk mangfold, og faktorer som påvirker dette mangfoldet.

Verdens første store miljøkonferanse ble arrangert allerede i 1992. Da vedtok FN-landene planer for å løse miljøproblemene, men etterpå har oppfølgingen i mange land vært dårlig. Ingen land har nådd målene som ble vedtatt i 1992. Utviklingen har derimot fortsatt å gå i feil retning med et stadig større tap av arter og antall individer av mange arter, også i Norge.

--- 68 til 401

Den siste verdenskonferansen for biologisk mangfold var i Japan i 2010, og der ble landene enige om å stanse tapet av biologisk mangfold innen 2020 gjennom 20 hovedtiltak. Flere av disse tiltakene vil også være viktige bidrag i arbeidet med å redusere klimatrusselen. Enn så lenge er man langt unna å nå målet, og tapet av biologisk mangfold øker fremdeles framfor å flate ut eller avta.

I tillegg har verdenssamfunnet blitt enige om flere andre viktige konvensjoner og regelverk for å bevare biologisk mangfold: \_Bernkonvensjonen\_ (1986) skal sikre bevaring av europeiske planter og dyr og deres naturlige levesteder, \_Ramsarkonvensjonen\_ (1971) skal sikre bevaring og bærekraftig bruk av våtmarker, og \_Washingtonkonvensjonen\_ (1975) skal kontrollere handel med ville dyr og planter og sikre at det ikke foregår handel med truede arter. Alle disse avtalene skal bidra til å bevare det biologiske mangfoldet på jorda, men det er opp til hver enkelt nasjon å gjøre gode tiltak slik at avtalene etterleves.

Nesten alle land i verden har skrevet under avtalen om å stanse tap av biologisk mangfold og natur. EU-landene har i tillegg laget sitt eget regelverk for å sikre at landene følger opp de viktigste naturavtalene på en samstemt måte. EUs regler for å følge opp avtalene er på en del områder mye mer konkrete og ambisiøse enn det Norge har gjort, blant annet når det gjelder vern av naturområder, men det er også eksempler på at økonomiske interesser overstyrer naturbevaring også i EU.

Stortinget vedtok Norges plan for oppfølging av avtalen om biologisk mangfold gjennom stortingsmeldingen «Natur for livet» i 2016. Mange mener at denne planen faglig sett har for få konkrete tiltak, og at den er for lite ambisiøs til å stanse tapet av arter og natur. Dessuten kom den svært seint, bare fire år før mangfoldmålene skal være nådd.

--- 69 til 401

Blåtekst: Verden prøver å løse stadig flere miljøproblemer ved hjelp av internasjonale avtaler som skal forplikte landene til å arbeide sammen for å skape et bedre miljø og bevare det biologiske mangfoldet.

Bilde: foto

Bildetekst: I dag er det store mengder plast i havet, og mengden er økende. Hvordan plastavfallet vil påvirke artene på sikt, vet vi foreløpig lite om. Denne selen har viklet seg inn i et gammelt fiskegarn.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvorfor bør avtaler om bevaring av biologisk mangfold være verdensomspennende?
2. Gi noen eksempler på slike avtaler og hva disse avtalene går ut på.
3. Gi noen eksempler på regelverk og planer innenfor EU og i Norge.

## xxx2 3.7 Ansvaret for å ta vare på biologisk mangfold i Norge

Det er politikerne og myndighetene som til sist bestemmer hva som er en økologisk forsvarlig forvaltning av det biologiske mangfoldet. De har laget lover som skal verne naturen og dermed også verne det biologiske mangfoldet på alle de tre nivåene. Skal vi kunne ta vare på det biologiske mangfoldet både her i Norge og i resten av verden, må vi ha mye biologisk kunnskap, og vi må bruke denne kunnskapen når vi tar avgjørelser. Kartlegging, kunnskap og forskning er viktig, slik at vi kan beregne hvor mye vi kan høste av de enkelte artene. I Norge har vi dårlig oversikt over hvor de forskjellige artene og naturtypene finnes. Det pågår et kontinuerlig og forsterket arbeid med å kartlegge norsk natur for å få oversikt over hvor de forskjellige artene finnes. Overdreven fangst, altså overbeskatning, av enkeltarter vil kunne true både bestanden selv og andre arter i økosystemet.

Bilde: foto

Bildetekst: Lomvi (\_Uria aalge\_) er en sjøfugl som er sterkt truet og står i fare for å forsvinne fra norske fuglefjell.

### xxx3 Klima- og miljødepartementet har det overordnede ansvaret

Hver dag diskuteres en rekke små og store utbyggingssaker i Norge. Det bygges hyttefelter, alpinanlegg, anlegg for energiproduksjon, veier, flyplasser og industriområder. Til sammen krever alle disse inngrepene bruk av naturområder, noe som igjen kan øke trusselen mot det biologiske mangfoldet.

Det er Klima- og miljødepartementet (KLD) som har det overordnede ansvaret for all miljøforvaltning i Norge. De forvalter mange lover, blant annet naturmangfoldloven og forurensningsloven. Klima- og miljødepartementet har seks underliggende faginstitusjoner med forskere som skal gi råd i ulike saker, deriblant Miljødirektoratet. Men alle departementene skal ta ansvar for bevaring av biologisk mangfold innenfor sine ansvarsområder. Fylkesmannens miljøvernavdeling skal bidra til å gjennomføre nasjonalt bestemt miljøvernpolitikk og har blant annet ansvar for skjøtsel og oppsyn i naturreservater innenfor sitt fylke.

--- 70 til 401

Stadig flere oppgaver blir delegert til kommunene, mens fylkesmennene har mistet en del av sine ansvarsområder de siste årene.

Før alle større naturinngrep må de som ønsker å foreta inngrepene, gjøre miljøvurderinger. Dette kaller vi \_konsekvensanalyser\_. Hvis en utbygging får for store negative konsekvenser for miljøet og dermed det biologiske mangfoldet, kan utbyggingen stanses, eller den må justeres, slik at den tar mer hensyn til miljøet og artene som lever der. Da blir skadene så små som mulig. Tvilen skal komme naturen til gode. Dette kaller vi \_føre-var-prinsippet\_. Føre-var-prinsippet er en sentral paragraf i naturmangfoldloven, som kom i 2009. Det betyr at vi ikke gjør inngrep før vi er sikre på følgene. Prinsippet skal brukes og vurderes på et biologisk faglig grunnlag hvis man for eksempel planlegger inngrep i områder med sjeldne og truede arter.

Blåtekst: Klima- og miljødepartementet (KLD) har det overordnede ansvaret for all miljøforvaltning i Norge. KLD forvalter mange lover, blant annet naturmangfoldloven og forurensningsloven.

### xxx3 Vern av naturen for å bevare mangfoldet

Vern av naturen og artene er den mest effektive og faglig beste metoden for å bevare biologisk mangfold. Vern av naturen vil ofte omfatte bare noen få prosent av naturen. Når tilstrekkelig med representative arealer er vernet, er det samtidig viktig at de resterende arealene blir forvaltet på en økologisk god måte. Det biologiske mangfoldet kan bevares samtidig som vi utnytter naturressursene. Dette kaller vi \_bærekraftig bruk\_. Da får vi til en balanse mellom det å sørge for økonomiske resultater og dekke menneskenes behov og det å ta vare på det biologiske mangfoldet.

Vern av gammel skog er svært viktig for bevaringen av biologisk mangfold. I Norge er for eksempel bare omkring 3 prosent av den produktive skogen vernet, mens forskerne anbefaler at minst 10 prosent bør vernes. Stortinget har vedtatt at målet er 10 prosent skogvern, men det praktiske vernearbeidet går sakte. Betydningen av skogvern er understreket i rødlista, som viser at halvparten av de truede artene er knyttet til skog.

Bilde: foto

Bildetekst: Halvparten av de truede artene i Norge har skogen som leveområde, men vi har vernet mye mindre enn det forskerne anbefaler. Norge har internasjonalt ansvar for flere skogtyper som ikke finnes andre steder i Europa, slik som kystregnskogen i Midt-Norge, som dette bildet viser.

--- 71 til 401

### xxx3 Verneformer

Et viktig tiltak for å bevare det biologiske mangfoldet er å øke vernet av naturområder, og sørge for at verneområdene dekker alle viktige naturtyper i Norge. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har evaluert hvordan vernet i Norge fordeler seg. Det er vernet mye fjell, men lite skog. Mer enn halvparten av de 65 naturtypene som er vurdert, regnes å ha et stort, udekket behov for vern. Hvordan denne utfordringen skal møtes, blir et politisk spørsmål.

Oversikt over vernet areal i Norge fordelt på ulike verneformer (2015):

Tabell:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Verneform | Antall | Areal (km^2) | Prosent av Norges landareal |
| Nasjonalparker | 37 | 31.339 | 9,7 % |
| Naturreservater | 2166 | 6217 | 1,9 % |
| Landskapsvernområder | 198 | 17.282 | 5,4 % |
| Andre (bl.a. artsfredning) | 465 | 445 | 0,1 % |
| Totalt | 2866 | 55.283 | 17,1 % |

    Kilde: Miljødirektoratet (2015)

Vi har forskjellige former for vern av biologisk mangfold i Norge. De viktigste er \_nasjonalpark, naturreservat, landskapsvern og artsfredning\_. De legger ulike begrensninger på hva som kan tillates av aktivitet. Hovedhensikten er å bevare biologisk mangfold og naturlige økologiske prosesser i verneområdene.

\_Nasjonalparker\_ og \_naturreservater\_ er strenge former for områdevern. I slike områder er det vanligvis ikke lov å bygge veier, hytter eller alpinanlegg eller gjøre andre store inngrep. Når staten verner områder som privatpersoner eier, og dette forer til begrensninger på arealbruken, får grunneieren erstatning.

Nasjonalparker er gjerne store områder på opptil flere tusen kvadratkilometer. Naturreservatene er mindre, vanligvis mellom 1 og 10 kvadratkilometer. I noen naturreservater kan \_aktiv skjøtsel\_ være tillatt, men da bare hvis det ivaretar eller bedrer de økologiske forholdene. Aktiv skjøtsel betyr at det gjøres konkrete tiltak, for eksempel at man slår en blomstereng for å hindre gjengroing eller brenner lynghei for å bevare artsmangfoldet i denne naturtypen.

\_Landskapsvern\_ er den svakeste formen for områdevern. I slike områder gjelder forbud mot inngrep som kan forandre landskapets karakter vesentlig. Både skogbruk og annen næringsvirksomhet kan tillates, alt etter begrunnelsen for vernet. Landskapsvern brukes ofte mellom spredte områder som har strengere vern, eller som er buffersoner rundt verneområder.

\_Artsfredning\_ betyr fredning av arter som er sjeldne eller spesielt truet. I Norge er 48 arter av frøplanter, åtte mosearter og ti dyrearter fredet etter den gamle naturvernloven av 1970. Denne ordningen fredet arten, men det var ingen tiltak for å bevare artenes leveområder knyttet til fredningen.

--- 72 til 401

Gjennom naturmangfoldloven er artsvernet nå endret til et sterkere vern som kalles «prioriterte arter». Et liknende vern finnes også for spesielt sjeldne naturtyper. Dette kalles «vern av utvalgte naturtyper». I dag (2018) er 13 arter vedtatt som prioriterte arter og seks naturtyper er vedtatt som utvalgte naturtyper.

Blåtekst: Vern av større, sammenhengende naturområder er et grunnleggende og viktig forvaltningstiltak for å bevare norsk natur. Nasjonalparker og naturreservater er strenge former for områdevern. Landskapsvern er den svakeste formen for områdevern. Artsfredning betyr fredning av arter som er sjeldne eller spesielt truet.

Bilde: foto

Bildetekst: Skilt i Årdalen naturreservat i Aust-Agder

Forklaring: Riksvåpenet over ordet Naturreservat.

### xxx3 Fordypning: Prioriterte arter – dragehode

Dragehodeglansbille (\_Meligethes norvegicus\_) er en liten, svart bille som er svært sjelden. Den er funnet noen få steder i Oslo, Akershus og Buskerud samt kanskje ett funn ved Kaliningrad i Russland. Arten har den sjeldne planten dragehode (\_Dracocephalum ruyschiana\_) som sitt levested. Denne planten har også spesielle krav til voksestedet og trives best på varme, kalkrike, tørre og solrike enger. Dragehodeglansbillen legger eggene sine inni knoppene på planten tidlig på sommeren. Larvene klekkes inni blomsten og lever der den første tiden. Billen er helt avhengig av akkurat denne plantearten for å kunne formere seg, men hvorfor det er slik, vet vi ikke sikkert. Men leveområdene til dragehode er nesten forsvunnet, enten fordi de bygges ned, eller fordi fremmede plantearter som rynkerose og syrin har blitt plantet og utkonkurrerer dragehode. Dermed forsvinner også livsmiljøet for dragehodeglansbillens larver, og arten får ikke reprodusert seg.

I 2011 ble dragehode utpekt som en prioritert art. Dette er et virkemiddel som tas i bruk for å sikre at de mest truede artene ikke forsvinner. Hver av de prioriterte artene får en egen handlingsplan, som gir svært høy beskyttelse av arten og dens leveområder. I 2017 hadde 13 arter i Norge fått status som prioriterte arter.

Bilde: foto

Bildetekst: Dragehode

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilket av våre departementer har det overordnede ansvaret for miljøforvaltningen i Norge?
2. Hva er en konsekvensanalyse? Hva er hensikten med en slik analyse?
3. Forklar hva føre-var-prinsippet og bærekraftig bruk er.

Gi noen eksempler på hver av dem.

1. Vi har flere former for vern av biologisk mangfold i Norge.

Hvilke er de fire viktigste?

Hva er forskjellene mellom de fire mest brukte verneformene?

--- 73 til 401

## xxx2 3.8 Hvilken verdi har det biologiske mangfoldet?

Bevaring av biologisk mangfold bygger på økologiske, økonomiske, etiske og estetiske verdier. Velfungerende økosystemer danner grunnlaget for det biologiske mangfoldet på jorda. Hvis vi klarer å ta vare på store nok leveområder og ikke utsetter dem for menneskelige inngrep som påvirker artene og de abiotiske faktorene negativt, vil mangfoldet opprettholdes.

### xxx3 Økonomiske verdier og økosystemtjenester

Økologiske og økonomiske verdier henger tett sammen. Når miljøhensyn og bevaring diskuteres, blir det ofte framhevet hvor mye det koster. I dag pågår det et omfattende arbeid i Norge med å utrede den økonomiske verdien av naturen og dens tjenester, slik at vi blir bedre i stand til å se verdien av en velfungerende natur. \_Økosystemtjenester\_ er et begrep som definerer den økonomiske verdien av det naturen gir oss av for eksempel brensel og mat, og av andre fellesgoder, som vannrensing og pollinering av viktige matplanter. Ødeleggelse av natur kan få store økonomiske konsekvenser, men kostnadene blir ofte først synlige etter at naturutnyttelsen er foretatt. Det er nyttig med en oversikt over økosystemtjenester og hvilken betydning disse kan ha, både økonomisk og med tanke på konsekvenser som ødeleggelse av økosystemer kan gi.

Genteknologien er en av verdens raskest økende industrier. Vi kan i dag hente ut økonomiske gevinster fra organismer på måter som for bare få år siden var utenkelige. Leting etter gener, enzymer og andre biokjemiske stoffer fra planter og dyr som kan brukes i for eksempel legemiddelindustrien, kalles \_bioprospektering\_. I Norge er det spesiell interesse knyttet til bioprospektering i nordlige havområder. 70 prosent av alle legemidler har utgangspunkt i stoffer som er funnet i naturen. Marine enzymer, som virker godt også ved lave temperaturer, er for eksempel svært interessante for næringsmiddelindustrien og er en av grunnene til at mange selskaper jakter på slike enzymer i nordlige havområder.

Bilde: foto

Forklaring: Bie på blomst.

Bildetekst: Pollinering er en viktig økosystemtjeneste.

### xxx3 Bevaring av mangfold ut fra etiske og estetiske verdier

Det er knyttet mange forskjellige etiske verdier til bevaring av biologisk mangfold. Biologisk mangfold har en egenverdi, for de livsformene vi ser i dag, har faktisk utviklet seg gjennom millioner av år. Det gir både oss og framtidige generasjoner naturopplevelser og verdifulle rekreasjonsmuligheter.

--- 74 til 401

Vi er selv en del av mangfoldet, og vi har et ansvar for å la kommende generasjoner få de samme ressursene og mulighetene som vi selv har hatt. Naturvern er også kulturvern, og på samme måte som vi tar vare på verdifulle kunstverk, har vi plikt til å verne om naturen. Et variert kulturlandskap har ofte et stort biologisk mangfold. Friluftsliv er dessuten en viktig del av norsk kultur.

Bevaring av mangfold har også en estetisk side. En rekke undersøkelser viser at naturopplevelser og tilgang til grøntområder betyr mye for den fysiske og psykiske helsen vår. Vi kan hente inspirasjon og styrke både i bynære grøntområder og i vakker eller vill natur.

Det er verdt å minne om at også vi mennesker er avhengige av naturen, og at det er i vår egen interesse å opprettholde velfungerende økosystemer med et intakt biologisk mangfold og en levende natur.

Spørsmålet vi må stille oss, er om det først og fremst er viktig å ta vare på det biologiske mangfoldet fordi det er viktig for menneskene som mat, medisin eller for fritidsbruk, eller om bør vi legge større vekt på at natur og mangfold har en egenverdi, uavhengig av nytteverdien for mennesket.

Blåtekst: Mangfoldet på jorda har både en økologisk, økonomisk, etisk og estetisk verdi.

Bilde: foto

Forklaring: Kvinne i hengekøye ved et vann.

--- 75 til 401

### xxx3 Fordypning: Naturen gir oss mange gratis økosystemtjenester

Det kan være vanskelig å måle naturen i penger. Men vi kan vise hvor viktig naturens gratistjenester er for oss mennesker gjennom noen eksempler.

Myr er en form for våtmark. Den er levested for en rekke planter og dyr, og mange fugler bruker den som rasteplass. Myra renser vann og lagrer store mengder karbon. Men myras viktigste funksjon for oss mennesker er evnen den har som naturens egen svamp. Myra kan lagre store mengder vann og er derfor viktig som flomdemper ved ekstra store nedbørsmengder.

Pollinerende insekter gir oss også mye gratis. Humler og bier er ikke bare økologisk verdifulle, de er også økonomisk viktige. Både bier, humler, sommerfugler, blomsterfluer og mange andre insekter bidrar til å pollinere planter. De gjør at vi kan dyrke og høste epler, tomater, frukt, bær og andre nytteplanter. Uten insektene hadde vi ikke hatt nok frukt og grønsaker i verden, verken som mat for mennesker eller dyr. Ifølge det internasjonale naturpanelet (IPBES) sørger insekter og dyr for pollinering av 5–8 prosent av den globale matproduksjonen. Det tilsvarer en årlig verdi på mellom 235 og 577 milliarder amerikanske dollar. I Norge har vi registrert 34 humlearter og 208 arter av villbier. Opp mot 80 humle- og biearter er utryddet de siste årene eller står på rødlista. Hovedårsaken er at mange av levestedene deres forsvinner, for eksempel fordi moderne landbruk omgjør artsrike blomsterenger og andre verdifulle kulturlandskaper til monokulturer. Slåtteenger og kystlyngheier gror igjen, og landbruksarealene endres ved bruk av intensive metoder som inkluderer sprøyting med gift og gjødsling. Vi må gjenskape artsrike kulturlandskaper hvis vi skal kunne redde bestandene av bier og humler.

Bilde: foto av myr

Bildetekst: Myra har en rekke funksjoner vi har stor nytte av.

### xxx3 Hva kan du gjøre?

Både nasjonalt og internasjonalt er det anerkjent at det er viktig å benytte kompetansen til de frivillige miljøorganisasjonene i det globale, nasjonale og lokale miljøarbeidet. Miljøorganisasjonene bidrar til å synliggjøre problemene og dermed sette dem på den politiske dagsordenen. Mange miljøorganisasjoner har stor økologisk kompetanse og er flinke til å bruke mediene. I tillegg deltar de i viktige politiske forumer, for eksempel i FN-sammenheng. I Norge har vi flere miljøorganisasjoner som arbeider med viktige natur- og miljøvernsaker. Som enkeltperson kan du melde deg inn og bidra både passivt og aktivt til naturvernarbeidet.

Som du skjønner, står vi overfor mange utfordringer. Samtidig er det viktig å være klar over at det nytter å gjøre noe. Du kan også selv bidra gjennom egen bevisstgjøring og miljøengasjement. \_Miljømerking\_ av produkter gjør for eksempel at vi som forbrukere kan velge de mest miljøvennlige produktene og velge bort de miljøfiendtlige produktene. For eksempel kan merking av tropisk tømmer fortelle om det kommer fra hogst i regnskog eller fra plantasjer som driver mer bærekraftig.

--- 76 til 401

Forbrukerne – altså vi – etterspør i stadig større grad informasjon om hvordan produktene er behandlet, og om de er produsert på en miljøvennlig måte. Derfor øker andelen av slike produkter i butikkene, selv om Norge ligger bak mange andre europeiske land når det gjelder for eksempel økologiske produkter. Du kan også gå aktivt inn i bevaringsarbeidet for å stanse aktiviteter som kan være ødeleggende for verdifull natur, og for å påvirke og hjelpe politikerne til å ta de biologisk beste beslutningene.

Blåtekst: Du kan selv ta miljøansvar ved å engasjere deg i aktivt miljøarbeid og ved å velge bort miljøfiendtlige produkter og dårlige miljøløsninger.

Bilde: logo

Forklaring: Fairtrade

Bildetekst: Fairtrade er en organisasjon som arbeider for bærekraftig produksjon og rettferdig handel med varer. Når du kjøper en vare merket med Fairtradelogoen, er du med på å sikre at produsenter i fattige land får en rettferdig del av det du betaler.

### xxx3 Fordypning: Naturvern nytter – fjellrevbestanden øker!

Fjellreven er et av Norges mest utryddingstruede pattedyr. Den har vært fredet i 80 år, men likevel har bestanden i Norge gått tilbake, delbestander har dødd ut, og ynglende fjellrev er borte fra viktige høyfjellsområder. I starten av 2000-tallet gikk flere miljøorganisasjoner derfor sammen om «Prosjekt fjellrev» for å synliggjøre behovet for en redningsplan for fjellreven, og siden 2005 har miljømyndighetene gjort flere tiltak for å øke bestanden. Nå avles fjellrev opp i fangenskap og settes ut i fjellområder der arten tidligere fantes, blant annet på Saltfjellet/Junkeren, Dovrefjell, Sylane, Finse og sør på Hardangervidda. I områdene der fjellrevene settes ut, bygges det foringsautomater og kunstige hi for å øke sjansene for overlevelse. Noen steder er det innført en omfattende jakt på rødrev, som er en farlig konkurrent for fjellreven. De siste årene har derfor bestanden av voksne fjellrev økt betydelig. I perioden 2011-2015 var det gode fjellrevår, med 40–50 valpekull og over 300 valper hvert år. Fjellreven er tilpasset varierende mattilgang og yngler stort sett bare når det er godt med smågnagere som mus og lemen. I 2016 var det imidlertid svært lite smågnagere, og da ble det funnet bare 16 valpekull og 60 valper.

For noen år siden var det ingen levende fjellrever igjen i Sør-Norge. Etter utsettingene og reproduksjonen de siste årene har fjellreven igjen etablert seg i Sør-Norge. Reetableringer, flere delbestander og kortere avstand mellom delbestandene øker sannsynligheten for at fjellreven skal kunne overleve i norsk natur. Et systematisk og langsiktig samarbeid mellom myndigheter, forskere og miljøorganisasjoner har bidratt til en svært vellykket utvikling for fjellreven i Norge. Samtidig synes noen at det er kontroversielt at man avler fram dyr i fangenskap for å sette dem ut i naturen, og at man forer ville dyr og dreper rødrev for å bevare en art.

Bilde: foto

Bildetekst: Fjellrev (\_Vulpes lagopus\_)

### xxx3 Repetisjon

1. Gi noen eksempler på hvordan vi kan utnytte naturen økonomisk, såkalte økosystemtjenester.
2. Hvilke etiske og estetiske verdier har naturen?
3. Hva kan du selv gjøre for å bidra i miljøarbeidet?

--- 77 til 401

## xxx2 Sammendrag

Biologisk mangfold er variasjonen av liv på tre forskjellige nivåer: genetisk nivå, artsnivå og økosystemnivå.

Hver art representerer en enestående kombinasjon av gener som gjør den i stand til å utnytte en bit av jordas ressurser på en måte som ingen andre arter kan.

Biologisk mangfold på gennivå er den genetiske variasjonen som finnes innenfor hver art.

Det finnes mange ulike økosystemer, og artsmangfoldet varierer fra ett økosystem til et annet. Biologisk mangfold på økosystemnivå er det totale mangfoldet av forskjellige økosystemer.

Artsdatabanken utarbeider en rødliste og en svarteliste. Rødlista er en oversikt over truede arter og naturtyper i Norge. Fremmedartlista er en oversikt over fremmede arter i Norge og en risikovurdering av dem.

Artsmangfoldet på landjorda er størst rundt ekvator og minker nord- og sørover mot polområdene. Vi finner også et større artsmangfold i lavlandet enn i fjellområdene. Det største biologiske mangfoldet på land finner vi i regnskogene.

Det største biologiske mangfoldet i havet finner vi i kystnære områder med kjølig vann og på korallrevene.

Et habitat er levestedet til en organisme, altså det stedet der den er best tilpasset til å leve. En nisje er alle ressursene en organisme utnytter og miljøfaktorene som påvirker individet.

I økosystemer med stor variasjon og høy biologisk produksjon er det mange nisjer. Jo flere tilgjengelige nisjer det er, desto flere arter er det plass til. To arter i samme leveområde har aldri helt like nisjer, for da ville den ene arten utkonkurrere den andre.

En generalist kan tilpasse seg mange forskjellige miljøer og utnytte mange forskjellige ressurser. En generalist har en bred nisje. En spesialist er knyttet til en smal nisje og har dermed svært spesielle ressurskrav og er svært sårbar. Et stort biologisk mangfold krever stor variasjon i nisjer og habitater.

De fem store truslene mot det biologiske mangfoldet er arealendringer og oppsplitting av natur, forurensning/miljøgifter, overbeskatning, globale klimaforandringer og fremmede arter.

Verden prøver å løse stadig flere miljøproblemer ved hjelp av internasjonale avtaler som skal forplikte landene til å arbeide sammen for å skape et bedre miljø og bevare det biologiske mangfoldet.

Klima- og miljødepartementet (KLD) har det overordnede ansvaret for all miljøforvaltning i Norge. KLD forvalter mange lover, blant annet naturmangfoldloven og forurensningsloven.

Vern av større, sammenhengende naturområder er et grunnleggende og viktig forvaltningstiltak for å bevare norsk natur. Nasjonalparker og naturreservater er strenge former for områdevern. Landskapsvern er den svakeste formen for områdevern. Artsfredning betyr fredning av arter som er sjeldne eller spesielt truet.

Mangfoldet på jorda har både en økologisk, økonomisk, etisk og estetisk verdi.

Du kan selv ta miljøansvar ved å engasjere deg i aktivt miljøarbeid og ved å velge bort miljøfiendtlige produkter og dårlige miljøløsninger.

--- 78 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 3.1

Lagkonkurranse i biologigruppen: Skriv ned artsnavn på så mange norske arter av busker og trær som mulig.

### xxx3 Oppgave 3.2

Finn ut hvordan frøene oppbevares i Svalbard frøhvelv for at de skal beholde spiringsevnen selv etter langvarig lagring.

### xxx3 Oppgave 3.3

Gi noen eksempler på økosystemer i lokalområdet ditt. Beskriv hva som er spesielt for disse økosystemene.

### xxx3 Oppgave 3.4

1. Finn ut mer om naturtyper i Norge og gi noen eksempler på naturtyper i lokalområdet ditt.
2. Er noen av disse naturtypene på lista over de som er truet?

### xxx3 Oppgave 3.5

Bruk Artsdatabankens nettside:

1. Hva er Artsdatabanken, og hva er dens hovedoppgave?
2. Hvor mange landlevende rovpattedyr har vi i Norge?
3. Finn navn på noen rødlistede og fremmedartlistede arter som lever i nærmiljøet ditt.
4. Når du søker på artsdatakart, kan du velge en art og et område og få svar på hvor mange funn som er gjort i området. Velg noen arter i fylket ditt og finn ut i hvor mange lokaliteter (områder) de er funnet.

### xxx3 Oppgave 3.6

Kjempebjørnekjeks kalles også tromsøpalme. Finn ut mer om denne arten.

### xxx3 Oppgave 3.7

1. Bruk et verdenskart og merk av de områdene som har regnskog.
2. Velg to regnskogsområder på to ulike kontinenter og finn ut mer om hvordan situasjonen er der i dag.

### xxx3 Oppgave 3.8

1. Hva er en endemisk art?
2. Gi noen eksempler på endemiske arter i Norge.
3. Er noen av disse endemiske artene truede?
4. Hva går overvintringsteorien ut på?

### xxx3 Oppgave 3.9

Gjør en undersøkelse i nærområdet: Finner du områder med monokulturer?

### xxx3 Oppgave 3.10

Sitkagran er en fremmed art som ble innført til Norge og plantet ut i stor skala. Nå pågår flere prosjekter for å utrydde denne arten.

1. Finn ut mer om sitkagran og hvorfor den ble innført til Norge.
2. Hvordan foregår utryddingen av sitkagran?
3. Velg en kommune på Vestlandet eller i Trøndelag og finn ut hvordan utryddingsprosjekter blir utført, og om utryddingen er en suksess.

### xxx3 Oppgave 3.11

1. I 2010 ble det arrangert en verdens konferanse i Japan for bevaring av biologisk mangfold. Der ble det vedtatt 20 internasjonale mål for bevaring av biologisk mangfold. Finn ut mer om disse målene og hva de innebærer.
2. Hva er Nagoya-protokollen?

### xxx3 Oppgave 3.12

Naturmangfoldloven (lov om forvaltning av naturens mangfold) er en lov om forvaltning av naturens mangfold.

1. Sett deg inn i hva de ti kapitlene i loven tar for seg, med spesiell vekt på kapittel III og kapittel IV.
2. Kapittel III, paragraf 17, kan brukes dersom et dyr gjør skade, for eksempel dersom en ulv tar sau. Hva sier denne paragrafen om hva en sauebonde kan gjøre i en slik sak?

### xxx3 Oppgave 3.13

På side 71 er de fire vanligste verneformene i Norge beskrevet.

1. Forklar hva disse fire verneformene innebærer.
2. Finn noen områder og arter i fylket ditt som er vernet med en av disse verneformene. Hvorfor er dette vernet vedtatt?

### xxx3 Oppgave 3.14

Diskuter i gruppen: Hvem bør ha, og hvem har, ansvaret for å ta vare på biologisk mangfold lokalt?

--- 79 til 401

### xxx3 Oppgave 3.15

1. Fjellrevprosjektet går ut på å avle fram fjellrev i fangenskap og så sette dem ut. Samtidig blir rødrev i området ofte avlivet for å beskytte fjellreven. Diskuter dette tiltaket.
2. Les hva det står om artsforvaltning i naturmangfoldlovens kapittel III og diskuter ut fra lovteksten beskyttelse av fjellrev vs. avliving av rødrev.
3. I 2017 ble antallet fjellrev på Varangerhalvøya nasjonalpark i Finnmark betegnet som kritisk. Det var ikke registrert nye kull siden 2014. I 2011, som var et toppår for lemen, ble det registrert 20 fjellrev, mens det i 2017 kun ble registrert to dyr. Miljødirektoratet har i 2018 satt ut 27 valper for å øke bestanden i tillegg til ekstra foring og fangst av rødrev. Les mer om dette prosjektet på Internett og diskuter om dette er en god løsning. Bør en slik måte brukes videre innenfor et område for å unngå at en art dør ut?

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 3.1 Ekskursjon til en lokal bedrift

#### xxx4 Teori

I alle virksomheter der det foregår produksjon, blir det også laget forskjellige typer avfallsstoffer og søppel. For å fjerne eller redusere skadelige utslipp brukes forskjellige renseprosesser i tillegg til sorteringssystemer for gjenvinning av ressurser fra søppel. Hensikten med denne ekskursjonen er:

-- å få innblikk i renseprosessene og sortering og gjenvinning fra søppel

-- å finne ut hvilke stoffer som blir renset eller gjenvunnet, og mengdene av dem

-- å forstå hvordan stoffene kunne ha påvirket naturens kretsløp

-- å finne ut hvilke skader disse stoffene kunne ha påført mennesker, dyr og planter

-- å finne ut hva som gjøres med de stoffene som samles opp

#### xxx4 Framgangsmåte

Be om å få en omvisning i en lokal bedrift som renser avfallet sitt og har returordninger for avfallet. Dere kan besøke det lokale kloakkrenseanlegget, vannrenseanlegget eller søppelforbrenningsanlegget, eller dere kan undersøke hvordan skolen sorterer søppel, sørger for gjenvinning, blir kvitt kjemikalier som er brukt i naturfag- og kjemiundervisningen osv.

#### xxx4 Resultater og konklusjon

Ta utgangspunkt i punktene ovenfor. Hvis bedriften har oversikt, kan det være ekstra spennende å finne ut hvilke stoffer og hvor store mengder som renses per år nå, sammenliknet med for ett, tre, fem, ti og tjue år siden. Lag en grafisk framstilling som viser utviklingen i bedriften. Velg ut to av de skadelige stoffene som fordypningstema.

#### xxx4 Feilkilder

Finner dere nyere oversikter som viser hvor skadelige stoffene kan være? Stoffer som vi trodde var ufarlige for noen år siden, kan i dag bli betegnet som helsefarlige – eller motsatt.

--- 80 til 401

### xxx3 Ø 3.2 Skog eller boliger?

Lag et rollespill og velg roller som representerer ulike interesser. Finn ut hvordan dere må regne med at de forskjellige aktørene kommer til å opptre ut fra liknende saker som er omtalt i mediene, ut fra partipolitiske programmer eller ut fra interesseorganisasjonenes formålsparagrafer og mål for arbeidet (bruk Internett). Her er noen eksempler på aktører:

-- representant fra en entreprenør som bygger boliger

-- miljøverner

-- hobbyornitolog (fuglekikker)

-- sportsfisker

-- grunneier som dyrker korn (nabo til skogen)

-- skogeier

-- representant fra kommunen som har kunnskap om områdets infrastruktur (veier, butikker, skoler)

-- en person fra Fylkesmannens miljøvernavdeling

-- personer fra forskjellige politiske partier

Det er flere problemstillinger knyttet til denne saken, og mange interesser og interessepartnere er involvert:

1. Området som skal bygges ut, er et skogområde som Klima- og miljødepartementet har foreslått å verne som naturreservat. Miljøverneren støtter vern. Hva tror dere skogeieren ønsker: skogbruk, skogvern eller salg av tomter til boliger? Hva mener lokalbefolkningen om skogvern i området? Hva mener kommunepolitikerne?
2. Det finnes en del dyrket mark her, og grunneieren vil fortsatt dyrke korn her. Hva mener de ulike aktørene om jordbruk kontra boliger?
3. Det finnes også våtmarksområder her med et yrende fugleliv. Det renner flere bekker gjennom området, og det er et fiskerikt vann. Hvordan påvirkes disse områdene av drenering og andre inngrep?

#### xxx4 Framgangsmåte

Finn ut hvilke lover som gjelder for jordbruk, naturvern og utbygging.

Finn fordelingen av ansvar mellom staten, Klima- og miljødepartementet, fylket (Fylkesmannens miljøvernavdeling) og kommunen.

Lag et rollespill i klassen der de forskjellige interessepartene er representert. Andre muligheter:

-- Lag et «kommunestyre» som skal gjøre vedtak i saken

-- Lag en avisreportasje om konflikten

-- Skriv leserinnlegg for de ulike synene

-- Lag et rollespill basert på en konkret sak i din egen kommune

#### xxx4 Resultater og konklusjon

Oppsummer de viktigste argumentene fra de forskjellige interessepartene. Lag tre forskjellige utganger på saken. Hva har du lært?

--- 81 til 401

# xxx1 Kapittel 4: Tilpasning og atferd

\_Du skal kunne:\_

-- gi eksempler på og forklare hvordan atferd som kommer av evolusjon, er en del av tilpasningene til omgivelsene

I naturen lever organismene sammen i ulike livsmiljøer. Økologi er læren om samspillet mellom organismer i naturen og mellom organismene og det miljøet de lever i. I dette kapittelet skal vi se på hvordan artene har tilpasset seg hverandre og sine omgivelser. Vi skal se at det igjen påvirker artens utbredelse og det biologiske mangfoldet.

Miljøforholdene på jorda endrer seg hele tiden. De individene som best klarer å tilpasse seg endringer, vil ha størst sjanse til å overleve. Det er en nær sammenheng mellom økologi og evolusjon: Utviklingen hos artene er et resultat av deres leveforhold, samtidig som de økologiske tilpasningene og atferden er et resultat av evolusjon. Atferden til mange arter er ofte en blanding av nedarvede og tillærte måter å reagere på. De som best mestrer atferdsmessige utfordringer, er de som får føre genene sine videre.

Bilde: foto

Forklaring: En gruppe surikater står på bakbena og ser seg om.

--- 82 til 401

## xxx2 4.1 Atferd: en tilpasning til omgivelsene

Arter blir ofte karakterisert ved sine ytre bygningstrekk, og bygningstrekk er i stor grad en tilpasning til artens nisje – enten det er miljøet arten lever i (for eksempel klima), eller påvirkning fra egen eller andre arter. Atferd er også en viktig del av organismers karaktertrekk. Atferden til mange arter er ofte en blanding av nedarvede, altså genetiske, og tillærte måter å reagere på. Med atferd mener vi både umiddelbare reaksjoner, sinnsstemninger (angst, sinne, opphisselse) og komplisert atferd som vandringer, paringsritualer og andre former for sosialt samspill. Enten atferden er arvet eller tillært, kan den øke individers muligheter for overlevelse og reproduksjon.

Vanligvis tenker vi på atferd som noe som bare gjelder mennesker og andre dyr, men også planter har atferd som en tilpasning til omgivelsene. Planter som utsettes for insektangrep eller beitende dyr, kan «svare» ved å produsere stoffer som smaker vondt eller er giftige. De kan også sende ut signaler i form av plantehormoner for å advare andre planter eller trær av samme art i området. Planter kan også i noen grad ha en hukommelse og reagerer derfor raskere og sterkere dersom de på ny utsettes for dyr som beiter på dem.

Charles Darwin var blant de første som klart framhevet hvor viktig \_instinkter\_ er også hos vår egen art. Et instinkt er et fast, nedarvet reaksjonsmønster. Synet av slanger utløser for eksempel fryktreaksjoner hos mange mennesker. Det er en reaksjonsmåte vi har felles med aper, som også kan skrike av redsel og kan vise panikkreaksjoner ved synet av slanger. Darwin registrerte at selv om han stod bak en tykk glassvegg, og selv om han stålsatte seg aldri så mye, så var det umulig å ikke rygge unna idet en giftslange hogg etter ham.

Blåtekst: Atferden til mange arter er ofte en blanding av nedarvede og tillærte måter å reagere på. Med atferd mener vi både umiddelbare reaksjoner (reflekser), faste reaksjonsmønster (instinkter), sinnsstemninger og komplisert atferd som vandringer, paringsritualer og andre former for sosialt samspill.

Bilde: foto

Bildetekst: Grønnspett (\_Picus viridis\_) som hakker ut et reir

### xxx3 Instinktiv og tillært atferd

Enkle atferdsresponser, som det å trekke hånden raskt til seg når man brenner seg, eller å blunke hvis noe brått dukker opp foran øynene dine, er raske reaksjoner som kalles \_reflekser\_. Reflekser kan du lese mer om i kapittelet om nervesystemet hos mennesker. Vi skvetter alle av brå og uventede lyder og bevegelser, spesielt når det er mørkt rundt oss. Dette er ikke tillært eller noe vi kan styre, men reflekser, som er instinktive reaksjoner. Atferden som gir disse instinktive reaksjonene, ligger i genene våre.

--- 83 til 401

Mye av atferden hos dyr, og i noe mindre grad hos mennesker, er ubevisst. Noe skjer raskt og umiddelbart, som reflekser, mens andre instinktive handlemåter skjer over lengre tid, for eksempel reirbygging hos mange fugler. Reirbygging er likevel «innebygd» atferd, for den skjer instinktivt, uten at dyret tenker seg om eller vurderer situasjonen. Andre typer atferd er mer sammensatte. Der ser vi tydelig at det er et samspill mellom nedarvede, faste reaksjonsmønster (reflekser og instinkter) og \_læring\_. Mer avanserte dyr lærer ofte ved å observere andre.

Dyr har utviklet ulike strategier, overlevingsmåter, for å kunne møte økologiske utfordringer i omgivelsene, alt fra øyeblikkelige reaksjoner til mer langsiktige måter å opptre på. Det er stor variasjon i atferden hos de forskjellige artene.

Blåtekst: Det vi kaller reflekser og instinkter, er nedarvet atferd som gir faste reaksjonsmønster. Evnen til å lære er også nedarvet, men læring gir organismen mulighet til å tilpasse atferden etter erfaringer.

Bilde: foto

Forklaring: Søye med to lam.

Bildetekst: Et nyfødt lam vil nesten umiddelbart prøve å reise seg opp og finne fram til morens jur for å spise. Slik instinktiv atferd utvikles ved at de som raskt klarer dette, har bedre mulighet for å overleve og bringe genene sine videre, enn dem som ikke gjør det.

### xxx3 Fordypning: Gener, miljø og epigenetikk

Det er ikke alltid mulig å trekke en skarp grense mellom atferd som er styrt direkte av gener, og atferd som skyldes indirekte genetisk påvirkning. Atferd som skyldes instinkter, for eksempel at du blunker hvis noe brått dukker opp foran øynene dine, er styrt direkte av gener. Nysgjerrighet, fleksibilitet og evnen til å lære og prøve ut nye ting har også i stor grad en genetisk bakgrunn, men påvirkningen fra disse genene skjer mer indirekte ved at de er mer avhengige av miljøet og mulighetene miljøet gir. Et barn som har stor evne til å lære, men som ikke får gå på skole fordi det må jobbe, har ikke mulighet til å utvikle evnene sine på samme måte som de fleste norske barn kan. Det er også slik at miljøet kan påvirke gener gjennom \_epigenetiske endringer\_, der gener kan skrus av og på, eller dempes, som følge av påvirkninger fra miljøet. \_Epigenetikk\_ er et fagområde der man studerer endringer i genaktivitet som skyldes miljø, og ikke endringer i DNA-oppbygningen, såkalte mutasjoner. Det er vist at musunger som blir tatt fra moren som nyfødte, produserer mer stresshormoner og blir mer rastløse enn musunger som vokser opp sammen med moren. Dette skyldes at genene som produserer stresshormoner, blir aktivert. I noen grad overfører musene denne stressreaksjonen videre til avkommet sitt, slik at også disse musungene er mer stresset enn normalt – selv om moren er til stede. Epigenetiske endringer forsvinner som regel etter noen få generasjoner.

--- 84 til 401

### xxx3 Instinkter er nedarvede, faste reaksjonsmønster

Hos enklere organismer skjer som nevnt mye av atferden automatisk eller instinktivt. Om du løfter på en steinhelle som ligger på bakken, vil du kunne se meitemark og skrukketroll som skynder seg mot mørke gjemmesteder. Dette skjer helt instinktivt og skyldes arv. De «vet» at de er mer utsatt for å bli spist av fugler på åpne, lyse steder, og en meitemark «vet» også instinktivt at den raskt tar skade av direkte sollys. Dersom vi fører en mørk silhuett med haukefasong over et område med kyllinger, stopper all aktivitet blant kyllingene plutselig opp. Men hvis vi fører silhuetten den andre veien, får den mer gåsefasong, og da reagerer ikke kyllingene.

Grunnen til disse reaksjonene er at det «lønner seg» for dyrene å reagere på denne måten. Det ligger ikke noe bevisst valg bak dette. Atferden har kommet gradvis ved evolusjon siden instinktive reaksjoner og reflekser i stor grad er arvelige. Atferden er en tilpasning til omgivelsene som øker sjansen for å overleve og formere seg. Vi tenker oss at det gjennom utviklingen skjer en utvelgelse av dyr med gener som fremmer «riktig» atferd. Meitemarker med manglende eller svak trang til å søke mot mørke steder risikerer i større grad å bli spist av fugler eller å bli skadet av sollys. De som derimot har en atferd som er gunstig for å kunne overleve, i dette tilfellet søke mot mørke steder, vil få avkom, som igjen kan bringe denne gunstige atferden videre.

Blåtekst: Over tid er det gener for den typen atferd som sikrer høyest overlevelse og flest avkom, som vil bli dominerende.

Noen kjente forsøk med strandkrabber viste at når krabbene skulle velge mat, stort sett muslinger, foretrakk de en spesiell størrelse: ikke for store og ikke for små. Uten å nøle valgte krabbene «riktig» skjellstørrelse. En strandkrabbe gjør ingen bevisst vurdering av hvilke skjell den bør plukke ut. Likevel velger den nettopp den skjellstørrelsen som gir best mulig matutbytte. Små skjell er lettere å åpne, men gir mindre mat. Store skjell gir mer mat, men er mye vanskeligere å åpne. Krabbene foretok med andre ord en automatisk kost-nytte-analyse. Eksperimenter med en rekke arter har gitt tilsvarende resultater. Evolusjonen resulterer i en atferd som er best mulig ut fra miljøfaktorene i omgivelsene.

Også hos mennesker finner vi mange eksempler på reflekser og instinktiv atferd, altså en atferd du ikke har \_lært\_, men som du gjør automatisk. Tenk bare på din egen reaksjon hvis det knekker en kvist bak deg i skogen, hvis en stor hund plutselig hopper mot deg, eller hvis en edderkopp kryper nedover armen din.

--- 85 til 401

Dersom du plutselig så en hoggorm foran føttene dine, ville du instinktivt «fryse» eller hoppe tilbake. Dette er en handling som ikke krever noen vurdering. Når du så er på trygg avstand, kan du tenke igjennom situasjonen og vurdere hva du skal gjøre. Gjennom hele vår forhistorie har det vært slik at de som reagerte «riktig» i sånne situasjoner, har hatt større sannsynlighet for å overleve og på den måten føre de «riktige» arveanleggene videre. Det betyr ikke at den samme atferden er like riktig i dag. Når mange fortsatt har en hysterisk redsel for små og aldeles ufarlige edderkopper, så er det sannsynlig at dette er en arv fra den tiden da risikoen for å støte på giftige edderkopper faktisk var ganske stor.

Mange atferdsmønster hos dyr vet vi lite om. For eksempel sier vi gjerne at atferden hos enklere dyr er mer instinktiv, altså uten vurdering av typen «skal – skal ikke ...». Likevel er det helt tydelig at til og med små og enkle dyr kan lære av erfaringer. Læring er en viktig del av atferden hos nesten alle organismer, og selv encellede dyr har vist seg å kunne lære ved at de «husker» positive eller negative opplevelser og tilpasser atferden sin etter dette. Hos høyerestående dyr ser vi i tillegg en klar evne til å vurdere hvert enkelt tilfelle og tilpasse atferden ut fra situasjonen. Dette krever som regel større hjernekapasitet enn den vi finner hos insekter og strandkrabber. Vi kommer tilbake til atferd som et resultat av læring senere i kapittelet.

Blåtekst: Evolusjonen resulterer i en atferd som er mest mulig optimal ut fra miljøfaktorene i omgivelsene. Atferden hos enklere dyr er som regel instinktiv, men læring er en viktig del av atferden hos nesten alle organismer.

Bilde: figur

Bildetekst: Kyllingen trykker seg mot bakken når den ser en silhuett med haukefasong, men den reagerer ikke på en silhuett med gåsefasong.

Bilde: foto

Bildetekst: Strandkrabbe

Bilde: foto av hoggorm

Bildetekst: De fleste mennesker skvetter helt instinktivt hvis de møter på en hoggorm i skogen.

Margtekst: Innenfor samfunnsøkonomien blir \_kost-nytte-analyse\_ definert som en «lønnsomhetsanalyse».

### xxx3 Fordypning: Atferd kan endres ved seleksjon

Atferd er i høy grad arvelig, det vil si at den ligger i genene. Men for de fleste typer atferd er det tale om et svært komplisert samspill mellom mange forskjellige gener og miljøet. Det finnes også en del eksempler på hvordan endringer i enkeltgener kan gi seg utslag i atferd. Musemødre tar vanligvis godt vare på avkommet sitt. Men hos mus som har en defekt utgave av «omsorgsgenet», forsvinner omsorgsatferden, og de nyfødte ungene blir overlatt til seg selv. I naturen vil naturlig seleksjon raskt fjerne slike mutasjoner.

Atferd kan også endres ved \_kunstig seleksjon\_ (utvelging), I et forsøk ble en rekke rotter testet for sine evner til å finne veien gjennom en labyrint. Det viste seg å være store individuelle forskjeller på hvor lang tid rottene brukte på å finne fram. Ved å plukke ut de raskeste og de tregeste rottene og la hver gruppe pare seg innbyrdes, fikk forskerne etter sju generasjoner fram to grupper av rotter med vidt forskjellig evne til å finne fram i labyrinten. Forsøket viser klart at denne egenskapen er arvelig, og at den kan forbedres (eller svekkes) ved seleksjon.

Et annet eksempel på kunstig seleksjon der ulike former for atferd blir favorisert, er alle hunderasene våre. I løpet av 10 000 år har vi mennesker valgt ut ulike hunder til avl, og i dag har vi en mengde hunderaser med svært ulik atferd. Noen hunderaser regnes som mer aggressive enn andre og egner seg som vakthunder, andre har en atferd som gjør dem egnet til jakt, mens en border collie har en atferd med tydelige signaler som viser sauene hvordan de skal opptre i flokk.

Bilde: foto av rotte

Bildetekst: Forsøk viser at rotter raskt lærer av egne erfaringer, at det er store individuelle forskjeller i evnen til ulike typer læring, og at dette er arvelige trekk.

### xxx3 Repetisjon

1. Gi en kort forklaring på hva atferd er.
2. Hvorfor er det viktig for dyr og mennesker å ha både genetisk nedarvet atferd og tillært atferd?
3. Hvordan kan en plante reagere på et insektangrep?
4. Gi et eksempel på et nedarvet instinkt hos mennesket.
5. Hva er en refleks?
6. Hvorfor har vi drevet med avl og dermed kunstig seleksjon av atferd på hunderaser?

--- 86 til 401

## xxx2 4.2 Stimulering, motivering og pregning

Det er tre faktorer som vanligvis virker sammen og gir en viss atferd: \_stimulering, motivering og pregning\_. Stimulering går ut på å sende et signal som skal sette i gang en handling. Hvis signalet blir oppfattet, gir det en motivering, en handling blir utført. Atferden blir formet, og individet blir preget. Istedenfor pregning kan vi bruke ordet \_læring\_. Læringen er enten bevisst eller ubevisst.

### xxx3 Stimulering

Ytre stimulering fra lyd, lukt og ikke minst syn er vanligvis det som setter i gang en viss handling. En av dem som gjorde studiet av atferd hos dyr til et eget forskningsfelt – atferdsbiologi, etologi – var den sveitsiske zoologen Konrad Lorenz (1903–1989). Han viste blant annet hvordan mange dyreunger blir påvirket av hvem de hadde kontakt med de første timene etter at de var født. Et kjent bilde viser Konrad Lorenz med en flokk gåsunger på rekke bak seg.

--- 87 til 401

Gåsungene følger Lorenz fordi han spilte morsrollen i det korte, men avgjørende tidsrommet det første døgnet etter klekkingen. Siden Lorenz var den første gåsungene så, betraktet de ham som moren. En ytre stimulering i form av synsinntrykk var altså avgjørende for gåsungenes atferd.

Konrad Lorenz gjorde også et forsøk med kalkuner som viste at omsorgen for eget avkom stimuleres av hørsel: En kalkunhøne på redet er i en ekstremt sårbar posisjon, og hun er innstilt på å angripe de som kommer for nær redet. Når kyllingene klekkes, er hun en kjærlig mor – om ikke hørselen blokkeres. Hvis øregangene hennes tettes, angriper hun kyllingene. Hvordan kan dette skje? Kjenner hun ikke sitt eget avkom? Jo, men bare på lyden. Når hun ikke lenger kan høre pipingen fra kyllingene, overtar angrepsinstinktet: Hun beskytter redet mot «inntrengerne». Hvis man trekker en utstoppet kylling i en snor foran en hørende kalkunmor, vil denne kyllingen også møtes med rasende hakk siden den ikke piper. Normalt utgjør en røyskatt en stor trussel, for den spiser både egg og fugleunger. Men spiller man av et bånd med kyllingpip inni en utstoppet røyskatt foran redet, vil ikke fuglemoren angripe. Det betyr ikke at hun ikke bryr seg om kyllingene sine, men hun er ikke i stand til å vurdere situasjonen slik vi ville gjort. Så lenge røyskatten lager kyllingpipelyder, vil ikke kalkunmoren anse den som farlig.

Blåtekst: Stimulering er spesifikke signaler som kan utløse en handling.

Bilde: foto

Forklaring: En mann krysser et jorde med en rad gåsunger etter seg.

Bildetekst: Atferdsforskeren Konrad Lorenz og gåsungene. De er preget og oppfatter ham som «mor».

### xxx3 Motivering

Det som skjer når et signal blir oppfattet, er at forskjellige områder i hjernen blir aktivisert, avhengig av hva slags stimulering det er snakk om. Ofte blir det frigjort signalstoffer, hormoner, i hjernen som gjør at organismen opplever for eksempel glede, frykt, sinne, metthet eller sult. Dette kaller vi \_motivering\_, og motiveringen utløser en handling. I eksempelet med kalkunhøna og kyllingene stimulerer pipingen fra kyllinger omsorgsatferd og blokkerer aggressiv atferd, mens bevegelser av objekter av en viss størrelse innenfor en viss avstand til redet, altså et synsinntrykk, vil stimulere angrep. Uten signalet får vi ingen handling. Det gjør at dyret vil vise «riktig» atferd i en gitt situasjon, slik at sjansen for å overleve øker. Dette er en viktig tilpasning til omgivelsene, men den er tilpasset en «normalsituasjon». Kalkunhøna vil kun motiveres til å gi omsorg for kyllingene hvis hun hører pipene deres, fordi normalsituasjonen er at kyllinger piper. Alle andre levende organismer som ikke piper (også egne kyllinger som hun ikke hører fordi en forsker har tettet igjen øregangene hennes), vil hun betrakte som en trussel som motiverer til angrep.

--- 88 til 401

Blåtekst: Alle typer atferd blir satt i gang av en eller annen form for stimulering som blir registrert i hjernen, der det foregår en motivering som utløser en handling.

Bilde: foto

Bildetekst: En kalkunhøne vil jage vekk alle som kan true kyllingene hennes, i dette tilfellet en hane.

### xxx3 Pregning

Atferden til gåsungene på forrige side er et eksempel på \_pregning\_. Det innebærer at dyr i en kort periode, oftest tidlig i livet, er mottakelige for spesielle inntrykk som bestemmer atferden deres. Hos gåsunger skjer denne pregningen i løpet av det første døgnet etter klekking. Gåsungene som så Konrad Lorenz i pregningsperioden, fulgte etter ham. I slike tilfeller lokker siden gåsemor forgjeves på ungene sine når ungene blir eldre. Når den korte pregningsperioden er over, spiller det ingen rolle hva hun gjør. Gåsungene følger heller en tobeint «mor» i strikkejakke og gummistøvler. Pregningen er genetisk styrt, men hvem ungene blir preget av, er miljøavhengig.

Denne typen forsøk kan tyde på at dyr generelt ikke er veldig rasjonelle, og at de lett kan få «feil» atferd i en gitt situasjon. Det er imidlertid ikke riktig, for forsøkene vi beskrev ovenfor, illustrerer bare mekanismene og signalene som styrer atferden. I praktisk talt alle situasjoner vil hønemor høre kyllingene samtidig som hun ser dem, og dermed vil hun også handle «riktig». På samme måte vil det praktisk talt alltid være slik at det første gåsungene ser, er moren, og dermed er det også fornuftig å knytte seg til den første de ser etter klekking. Dette er atferd basert på at den enkleste løsningen oftest er den riktige, i stedet for å involvere en komplisert vurdering av situasjonen. All atferd er sånn sett et «riktig» svar på miljøet, men den kan bli feil dersom miljøbetingelsene endrer seg. For eksempel har vi mennesker et naturlig sug etter fet, søt og salt mat, noe som har vært riktig og smart i det meste av vår historie fordi disse stoffene har vært mangelvare i kostholdet.

--- 89 til 401

I dag, derimot, er det en overflod av fet, søt og salt mat i mange land, så nå er det ikke lenger smart atferd å spise mye av slik mat.

Blåtekst: Atferdsforming, pregning, betyr at en organisme er mottakelig for en bestemt type inntrykk i en viss periode av oppveksten.

### xxx3 Repetisjon

1. Definer ordene \_stimulering, motivasjon\_ og \_pregning\_.
2. Forklar gåseforsøket til Lorenz med dine egne ord.
3. I forsøket med kalkunhøna og kalkunkyllingene var én sans sentral hos kalkunhøna. Hvilken?
4. Hvordan ble kalkunhøna motivert til å vise omsorg for kyllingene sine?
5. Hvorfor ble gåsekyllingene preget av Lorenz, og ikke av gåsemoren?

## xxx2 4.3 Orientering

De aller fleste organismer, fra bakterier til mennesker, har evnen til å \_orientere\_ seg mot gunstige miljøvilkår som mat, varme og partnere, og bort fra ugunstige forhold som for sterk varme, skadelig stråling, giftige stoffer og mulige rovdyr. Orientering er derfor en svært viktig tilpasning til miljøet som øker sjansene for å overleve og få flest mulig avkom. Det gir dessuten organismene mulighet til å forholde seg til endrede miljøforhold.

### xxx3 Orientering i nærmiljøet

Planter har en tydelig evne til å oppfatte lys. Det kan vi se hos potteplanter i vinduskarmen som strekker seg mot lyset. Selv encellede alger med flageller kan ha lysoppfattende organer. Dermed kan de bevege seg mot lyset dersom de har behov for mer lys for å kunne drive maksimal fotosyntese, eller de kan bevege seg bort fra det dersom det er overskudd av lys. Særlig den skadelige, kortbølgede delen av lysspekteret (det ultrafiolette lyset) holder de seg unna. Encellede grønnalger i slekten \_Euglena\_ har et rødt «øye» ved festet for flagellen som gir disse algene en spesiell evne til å oppfatte hvilken retning det er gunstig å svømme i.

Bilde: figur

Bildetekst: Også enkle arter kan ha variert atferd. De encellede algene Euglena orienterer seg etter lyset ved hjelp av en lysoppfattende øyeflekk ved festet for flagellen.

--- 90 til 401

### xxx3 Orientering over store avstander – vandringer

Mange dyr har kompliserte vandringsmønster. Rødnebbterner som hekker på Svalbard, trekker hver høst hele veien ned mot drivisbeltene i Antarktis. I juli er de igjen tilbake på Svalbard for å fullføre en hektisk hekkesesong på halvannen måned. Laksen vandrer fra oppvekstelva og ut i havet når den er to-tre år gammel. Her vandrer den hundrevis av mil, ofte i flere år og sammen med laks fra andre oppvekstelver, før den som kjønnsmoden begynner på hjemvandringen og finner nøyaktig tilbake til sin barndoms elv for å gyte.

Dette er farefulle og energikrevende vandringer, og ingen vet helt hvordan de har oppstått og utviklet seg, men de er med på å sikre overlevelse, bedre vekst og dermed mer avkom hos de individene som har det «riktige» vandringsmønsteret. Vandringene er et resultat av seleksjon og evolusjon, og de som ikke vandrer, overlever vanligvis ikke.

For rødnebbterna er det ganske enkelt umulig å finne mat i arktiske områder som Svalbard utenom den korte sommersesongen, og trolig er det drivisbeltene i sør som byr på best mattilgang når det er sommer der og vinter i nord.

For laksen er det svært mye bedre næringstilgang i havet, og de individene som vandrer ut fra elva der de ble født, blir mange ganger større enn dem som velger å forbli i fødeelva. Det faktum at noen individer ikke vandrer, viser at det kan være en viss fleksibilitet i atferd innenfor en populasjon, noe vi også ser ved at milde vintre ofte kan lokke enkelte trekkfugler (som svarttrosten) til å overvintre. Det kan være store forskjeller i atferd fra individ til individ. Det kan være en gunstig «forsikring» mot varierende miljøbetingelser sett fra artens eller populasjonens synspunkt: De fleste vandrer, men noen blir igjen. Mange av dem som blir igjen, overlever ikke, men noen klarer seg.

Det har vært spekulert mye på hvordan arter kan orientere seg og finne fram over slike enorme avstander. Fugler orienterer seg mest sannsynlig etter stjernene og landformene og ved hjelp av magnetiske strukturer i hjernen. Når laksen orienterer seg, er det også en kombinasjon av faktorer, som evnen til å kjenne igjen luktstoffer, eller feromoner, fra sine slektninger og fra oppvekstelva. Også insekter kan vandre over store avstander. Enkelte sommerfuglarter legger hvert år ut på lange trekk. Mest kjent er monarksommerfuglene, som trekker til varmere områder om vinteren. Fra de midtre delene av Nord-Amerika søker de enten til kysten av California eller til Mexico, der de overvintrer. Det mest imponerende trekket står populasjoner fra de sørøstre delene av Canada for. De vandrer over 3000 kilometer til Mexico, en vandring som det tar fra to til fem generasjoner å gjennomføre. Det er altså ikke de samme individene som begynner vandringen, som til slutt når fram for å overvintre. Og hvordan klarer de det? Vi vet ikke svaret.

--- 91 til 401

Orienteringsevnen er et resultat av en lang evolusjon, og de med «riktig» atferd, for eksempel ved vandring, har overlevd og fått avkom i langt større grad enn dem som har hatt en annen type atferd. Siden atferd i stor grad er genetisk betinget, foregår evolusjon av atferd etter de samme prinsipper som all annen evolusjon.

Blåtekst: De aller fleste organismer har evne til å orientere seg mot gunstige miljøvilkår og bort fra de ugunstige. Eksempler er planter som strekker seg mot lyset, og dyr som vandrer.

Bilde: foto

Bildetekst: Rødnebbterna (\_Sterna paradi saea\_) har en trekkrute som går fra Arktis til Antarktis.

Bilde: foto

Bildetekst: Laks på vei oppover i fødeelva

Bilde: foto

Bildetekst: Monarksommerfugler (\_Danaus plexippus\_)

Margtekst: \_Seleksjon\_ betyr «utvelgelse».

### xxx3 Repetisjon

1. Hvorfor må organismer klare å orientere seg mot et gunstig miljø?
2. Planter vokser og strekker seg mot lyset. Hvorfor gjør de det?
3. Gi noen eksempler på dyr med spesielle vandringsmønster. Hvorfor vandrer de?
4. Noen enkeltindivider av en dyreart lar kanskje være å vandre. Hva kan da komme til å skje med disse enkeltindividene?

## xxx2 4.4 Kommunikasjon

Mye av dyrs atferd er signaler til andre individer. Denne kommunikasjonen er en del av dyrenes språk og er viktig for å markere tilhørighet til flokken, markere posisjon i flokken, utveksle observasjoner osv. Forskjellige dyr har utviklet ulike former for kommunikasjon. Dyr kommuniserer både ved hjelp av lyd, visuelt (synsinntrykk) og ved å sende ut luktstoffer. Når et dyr kan kommunisere, sparer det energi og kan lettere unngå konflikter. Evnen til kommunikasjon har også betydning for plasseringen på rangstigen.

Fuglesang er kjent for de fleste av oss, men visste du at det er forskjell på varsellyder og sang? Sangen er nemlig også en form for varsel, nemlig fra én hann til andre hanner: Her er mitt territorium, ligg unna! Hannen synger også for å fortelle hunnene hvor fortreffelig han er. De fleste dyr har en eller annen form for lydkommunikasjon, og blant annet hvaler har trolig en ganske avansert form. De sender ut lavfrekvente lydsignaler som kan oppfattes på opptil 120 kilometers avstand, og de kan formidle mye informasjon om seg selv: «Singel spekkhoggerhann ønsker seg en fruktbar dame ...».

--- 92 til 401

Mange pattedyr kommuniserer med en blanding av signaler, men ofte med lyd. Vi kan bare gjette hva dyrene forteller hverandre, men det er ingen tvil om at de kan ha et ganske avansert språk for å signalisere kjønn, status og hensikter. Den mest avanserte lydkommunikasjonen finner vi utvilsomt hos vår art. Vi har utviklet et språk som vi bruker til alt fra å gi hverandre beskjeder og praktiske opplysninger til å utveksle tanker og formidle abstrakte fenomener.

Visuell kommunikasjon har mye med farger og størrelse å gjøre – det vi kan se. Men det handler også om å herske over den andre, altså dominere, eller å underkaste seg den andre. Denne typen kommunikasjon er viktig hos dyr som lever i et fellesskap med andre dyr. Kroppsspråket viser posisjonen i en rangorden, et hierarki, og gjør at det blir mindre sammenstøt og konflikter. Hos mange fugler og fisker er det en kombinasjon av farger og bevegelser (og lyder hos fugler) som signaliserer rang og status. Hos pattedyr er minespill og grimaser vanlige signaler som forteller hva slags hensikter man har overfor andre. Dette er også utbredt hos mennesket. Vi uttrykker ubevisst angst, sorg, glede og sinne med ansiktsuttrykk som er lette å kjenne igjen.

Utskilling av luktstoffer, feromoner, er utbredt i hele dyreriket – først og fremst for å markere kjønn og status og gjerne knyttet til seksuell atferd og markering av revir. Mange organismer kan orientere seg over store avstander ved hjelp av luktstoffer. Noen få molekyler kan være nok til å utløse søk etter en partner, og organismene søker da etter økende konsentrasjoner av dette luktstoffet. \_Sosiale dyr\_ er dyr som lever i flokk, og hvert enkelt individ har sin plass på rangstigen. Sosiale dyr med rangordning og dyr med territorium markerer ofte status og revir med luktstoffer.

--- 93 til 401

Også hos mennesket har det vist seg at lukt spiller en større rolle enn vi aner. Vi reagerer ubevisst på luktsignaler fra motsatt kjønn. Disse luktsignalene er blant annet knyttet til hormoner som for eksempel signaliserer eggløsning, og dermed perioden for maksimal fruktbarhet. Slike reaksjoner er altså tilpasset atferd for å øke sjansen for å få avkom.

Blåtekst: Kommunikasjon er en viktig del av atferden til alle organismer. Kommunikasjon kan skje i form av lyd, lukt eller med synlige signaler som bevegelser og ansiktsuttrykk.

Bilde: foto

Bildetekst: Spekkhogger (\_Orcinus orca\_)

Bilde: foto

Bildetekst: En sint hund krøller leppene bakover og viser tennene, og pelsen stritter. En redd hund har leppene lukket og ørene bakover, og pelsen ligger flatt inntil kroppen.

Margtekst: Vi skiller mellom \_sosiale dyr\_, som lever i flokk, for eksempel ulv, og \_solitære dyr\_, som lever alene, for eksempel gaupe.

### xxx3 Fordypning: Kommunikasjon hos sosiale dyr

Dyr som lever i flokk, det vi kaller sosiale dyr, har ofte en mer komplisert sosial atferd enn dyr som lever alene. Rangordningen i en ulveflokk er et eksempel på avansert sosial atferd og kommunikasjon. Flokken kommuniserer med lyd og lukt. De avsetter lukt og ekskrementer for å markere reviret sitt. Ulven er på toppen av næringskjeden, en topp-predator, og det er lettere å holde et revir og fange mat når man er i flokk. I en ulveflokk er det streng rangordning. Lederparet kalles alfaparet, og de går i spissen når byttedyret skal angripes, og når fremmede ulver skal jages. Alfaparet får tilgang til den beste maten og er ofte det eneste paret som får unger.

Hvis det er matmangel, er det individene nederst på rangstigen som dør først. Det kan synes merkelig at det er bedre å dø i flokken enn å bryte ut, men for ulver er det lettest å overleve i en flokk. Lederhannen styrer mye av flokkens atferd. Han er sterk, og erfaringene hans er viktige. Derfor får han blant annet mest mat. Flokkens øverste beskytter må ha fordeler for å kunne sikre flokkens interesser best mulig. Under seg har han en betahann, ofte en sønn eller en bror.

Bilde: foto

Bildetekst: Rangordningen og den interne kommunikasjonen foregår både gjennom ansiktsuttrykk, kroppspositur og lyd. Dette kan være signaler som viser trussel, underkastelse, lek, angrepslyst eller ønsket om å imponere.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva betyr det at dyr og mennesker kommuniserer, og hvorfor gjør vi det?
2. Forklar hvorfor en fugl synger fint og har flotte farger. Hvilke fordeler kan det gi?
3. Hva er visuell kommunikasjon? Hvorfor er denne formen for kommunikasjon viktig?
4. Hva er feromoner?
5. Forklar forskjellene på og gi eksempler på sosiale dyr og solitære dyr.

--- 94 til 401

## xxx2 4.5 Paringsatferd

Hos mange dyr er det konkurranse om attraktive partnere, og det er ofte konkurranse om å få paret seg. Det å overleve er ikke nok for å ha suksess i biologisk eller evolusjonær forstand. Vi kan si at rent biologisk er målet å få avkom og dermed føre egne gener videre. Gunstig eller riktig paringsatferd vil øke sjansene for å få avkom og er dermed et helt avgjørende atferdstrekk for dyr.

Mange dyr har kompliserte paringsritualer. Ritualene har dels til hensikt å sikre at bare individer av samme art parer seg, dels viser hannen gjennom disse ritualene at han er sterk og sunn (med gode gener). Ofte innebærer paringsritualene også en kamp mellom hannene. Hannene hos hjortedyr som reinsdyr, elg og rådyr slåss for eksempel om rangen og om tilgangen til hunner i paringstiden.

Paringsatferd dreier seg også mye om kommunikasjon og signaler. Svært mange fugler har et iøynefallende spill i paringssesongen der både lyd, dans og kamp følger innfløkte mønster. Orrfuglen kjemper rituelle kamper på myrer og islagte tjern om våren, og tranene danser en grasiøs ballett mens de utstøter høye trompetstøt utover øde skogsmyrer.

Fuglesangen om våren er en del av paringsatferden, og selv den vakreste sang hos nattergalen er blodig alvor for sangeren. Den gir hunnen viktig informasjon: Her er jeg, jeg har kraftfull sang og kan bli en god far for barna dine. Og den forteller andre hanner noe viktig: Ligg unna, dette er mitt område!

--- 95 til 401

De hannene eller hunnene som ikke makter å markere seg tilstrekkelig gjennom paringsatferden, får ikke brakt genene sine videre, og dermed er det også lett å forstå at det blir en sterk seleksjon.

Blåtekst: De fleste dyr har en eller annen form for spesiell atferd i tilknytning til paring. Gunstig eller riktig paringsatferd øker sjansene for å få avkom. Hos noen arter har det gjennom seleksjon på atferd oppstått kompliserte spill med sang, dans og slåsskamper.

Bilde: foto

Bildetekst: Elgokser som slåss. Elg heter \_Alces alces\_ på latin.

Bilde: tre foto

1. Bildetekst: Orrfuglen (\_Tetrao tetrix\_) har en karakteristisk paringsatferd. Hannen får en sterkt oppsvulmet rød øyekam om våren.

2. Bildetekst: Nattergal (\_Luscinia luscinia\_)

3. Bildetekst: Traner (\_Grus grus\_) som danser

### xxx3 Repetisjon

1. Hvorfor har dyr paringsritualer?
2. Hva kan dyr oppnå med å ha riktig paringsatferd?
3. Gi to eksempler på paringsatferd hos dyr.

## xxx2 4.6 Læring

Mye av det du nå har lest om stimulering, motivering og pregning, er helt sikkert kjent for deg. Du vet selv at når du i et skolefag eller en konkurranse føler at du blir stimulert og motivert, vil dette prege deg til å fortsette å øve og å lære mer. Alt fra enkle organismer til høyerestående dyr har evne til å lære av erfaringene sine. Som vi har sett, er mye av atferden hos dyr nedarvede, faste reaksjonsmønster (instinkter), men dyr har også stor evne til å lære noe nytt. Sosiale dyr lever i flokker der de lærer av hverandre. Et dyr som lever i flokk, kan dessuten vurdere situasjonen og tilpasse atferden sin etter flokken. Oftest er atferden et samspill mellom miljø og evnen til læring, og atferden kan dermed best mulig tilpasses situasjonen. De får \_innsikt\_ i situasjonen og har en atferd som \_lønner seg\_.

--- 96 til 401

### xxx3 Fuglesang – et samspill av miljø og gener

Lydsignaler er svært viktige for kommunikasjonen hos fugler, og mange arter har utviklet en avansert og melodiøs tonekunst. Eksperimenter med fuglesang kan på en fin måte illustrere samspillet mellom miljø og muligheten for læring. La oss ta bokfinken som et eksempel. Som så mange andre fugler har den et utpreget dialektinnslag i sangen sin. En bokfinkunge lærer sangen ved å lytte til de voksne og vil aldri lære å synge uten denne påvirkningen. En bokfinkunge kan fint lære seg andre bokfinkdialekter som den får avspilt på bånd, også om sangen blir spilt baklengs, men den er ute av stand til å lære seg sang fra andre fuglearter med liknende sang.

Som de fleste andre organismer er bokfinken født med et sett av genetisk nedarvede grunntrekk i atferden. Disse grunntrekkene blir så tatt i bruk og utviklet i praksis i større eller mindre grad, alt etter hvor innviklede de er, hvor lang levetid det er snakk om, og hvor lett organismen har for å omstille seg. De genene insektet døgnflue kommer til verden med, har av naturlige grunner ikke fått lagt inn noe stort potensial for læring – døgnflua skal jo bare leve en svært kort tid. For en elefant vil både læring og hukommelse være avgjørende for hvor godt den klarer seg, med andre ord fleksibilitet i praksis.

Blåtekst: Alle dyr er født med et sett av genetisk nedarvede grunntrekk i atferden. Disse grunntrekkene blir så – i større eller mindre grad – tatt i bruk og utviklet videre gjennom læring.

Bilde: to foto

1. Bildetekst: Bokfinkens (\_Fringilla coelebs\_) sang er både nedarvet og tillært.

2. Bildetekst: Den voksne døgnflua (\_Ephemeroptera sp.\_) lever svært kort og er avhengig av nedarvet atferd. Sp. står for species og brukes når man ikke vet artsnavnet, men kun slekt.

--- 97 til 401

### xxx3 Innsikt – vurdering før handling

Bruk av redskaper er ikke vanlig i dyreriket, men det finnes noen eksempler. Sjimpanser kan bruke redskaper på forskjellige måter, blant annet kan de bruke strå for å pirke insekter ut fra sprekker og hulrom eller steiner til å knuse nøtter. Fuglearter på Galápagosøyene har lært seg å bruke pinner og strå de holder i nebbet blant annet til å spidde larver, på steder der de ellers ikke ville ha kommet til. Bruk av redskaper er eksempler på \_innsikt\_: Det foregår en bevisst vurdering av situasjonen forut for handlingen.

Mange dyr har også evnen til å lære ved å imitere. La oss se på et eksempel fra to sjimpansesamfunn i Elfenbeinskysten. Den ene gruppen hadde lært seg å knekke næringsrike nøtter ved å legge dem på en stein og slå på dem med en stokk. Disse steinharde nøttene ble så lagt ut til den andre gruppen. De prøvde forgjeves å bite hull på nøttene, og etter en stund gav de opp – alle unntatt Yo. (Apeforskere har tradisjon for å gi navn til studieobjektene sine.) Yo hadde levd i nabostammen de første årene av livet og var altså vant med denne typen nøtter. Hun la nøttene på en flat stein og knuste dem så med en mindre stein. En gruppe apeungdommer fattet interesse for fenomenet og samlet seg rundt Yo. Allerede neste dag hadde seks år gamle Vui skjønt poenget, og snart fulgte flere andre aper etter.

Blåtekst: Innsikt vil si at det foregår en bevisst vurdering av situasjonen forut for handlingen. Mange dyr har også evnen til å lære ved å imitere.

Bilde: to foto

1. Bildetekst: Denne spettspurven (\_Camarhynchus pallidus\_) på Galápagos bruker pinner som redskaper for å finne mat.

2. Bildetekst: Sjimpansen kan bruke flere typer redskaper, blant annet strå, til å fiske ut termitter.

--- 98 til 401

### xxx3 Atferd hos mennesket

Sjimpanser, som er sosiale dyr og lever i samfunn, viser en lang rekke atferdsmessige karaktertrekk som vi kjenner igjen hos mennesker, alt fra omsorg for barna til slåsskamper mellom rivaliserende gjenger. Selv om vi mennesker er karakterisert ved at vi lever i kompliserte samfunn, er det ikke vanskelig å få øye på nedarvede, faste atferdsmønster også – ofte kombinert med tillært eller kulturell atferd. Ubevisst gjør vi grimaser som uttrykker glede, sorg, angst, overraskelse eller sinne. Det er ikke vanskelig å lese et annet menneskes sinnsstemning ut fra ansiktsuttrykket, og det er en fordel å kunne gjøre det.

Vi har også en atferd som gjør at vi unngår ubehagelige lyder, vonde lukter og for høye eller lave temperaturer. Vi behøver ikke tenke oss om for å trekke hånden tilbake dersom vi berører en varm kokeplate, og vi skvetter når vi hører «skumle» lyder, ser en slange osv. Når vi sier at hårene reiser seg på hodet og vi ser at hårene reiser seg på armen, så er dette rester av en type ubevisst atferd som vi ofte ser hos dyr som «reiser bust» i truende eller farlige situasjoner. Vi har også atferd utløst av sult, tørst, kjønnsdrift osv. som langt på vei er ubevisst eller instinktiv. Dette er atferdstyper som historisk har vært viktige for at mennesket skulle overleve, for eksempel at en fryktreaksjon ved synet av en slange reduserte faren for å bli bitt. Ikke alle angstreaksjoner er like velbegrunnede. Som nevnt tidlig i dette kapittelet har mange i dag angst når de ser edderkopper. Det kan komme av at vi i vår forhistorie har vært utsatt for giftige edderkopper. Denne atferden skyldes altså at det i tidligere tider gjorde det lettere å overleve når man reagerte på den måten.

--- 99 til 401

Typisk for mennesket er at atferden vår i høy grad blir styrt av sosiale og kulturelle verdier. Dermed kan for eksempel moralske vurderinger overstyre umiddelbare lyster. Selv om vi kjenner en sterk sultfølelse, går vi normalt ikke inn i et bakeri og tar et brød. Atferd hos mennesket er styrt av kulturelle verdier som moter og allment aksepterte regler og normer. Noen av disse er ganske like i alle samfunn, andre avhenger av ulike kulturer, religioner og tidsepoker. Mye ved for eksempel seksuell atferd er instinktivt, men den er også underlagt sosiale og moralske regler, og de kan variere mellom ulike kulturer og generasjoner. Denne evnen til å tilpasse atferden vår slik at vi fungerer i samfunnet, både som selvstendige enkeltmennesker og sammen med andre, er en viktig del av den prosessen vi kaller \_sosialisering\_. Alle sosiale dyr har en form for sosialisering, altså «kjøreregler» som skal styrke samholdet og øke gruppens suksess (ofte i konkurranse med andre grupper). Det unike hos oss er imidlertid at sosialisering og atferd er underlagt en del skrevne og uskrevne etiske regler som gjør at vi kan vurdere om en handling er etisk riktig – og eventuelt unnlate å gjennomføre den selv om den på kort sikt kanskje ville være lønnsom for oss selv.

Blåtekst: Også mennesket har en atferd som i høy grad er styrt av nedarvede, faste reaksjonsmønster. I tillegg er atferden vår sosialt og kulturelt betinget.

Bilde: tre foto av ansiktsuttrykk

Bildetekst: Vi har mange ansiktsuttrykk som klart uttrykker følelser.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er læring?
2. Forklar hvordan atferd er en blanding av noe genetisk og noe tillært.
3. Hvordan påvirker hukommelsen atferd, tror du?
4. Hva er innsikt?
5. Hvorfor bruker et menneske visuell kommunikasjon og gjør grimaser?
6. Sosialisering kan overstyre en genetisk eller tillært atferd. Gi et eksempel på det.

--- 100 til 401

## xxx2 Sammendrag

Atferden til mange arter er ofte en blanding av nedarvede og tillærte måter å reagere på. Med atferd mener vi både umiddelbare reaksjoner (reflekser), faste reaksjonsmønster (instinkter), sinnsstemninger og komplisert atferd som vandringer, paringsritualer og andre former for sosialt samspill.

Det vi kaller reflekser og instinkter, er nedarvet atferd som gir faste reaksjonsmønster. Evnen til å lære er også nedarvet, men læring gir organismen mulighet til å tilpasse atferden etter erfaringer.

Over tid er det gener for den typen atferd som sikrer høyest overlevelse og flest avkom, som vil bli dominerende.

Evolusjonen resulterer i en atferd som er mest mulig optimal ut fra miljøfaktorene i omgivelsene. Atferden hos enklere dyr er som regel instinktiv, men læring er en viktig del av atferden hos nesten alle organismer.

Stimulering er spesifikke signaler som kan utløse en handling.

Alle typer atferd blir satt i gang av en eller annen form for stimulering som blir registrert i hjernen, der det foregår en motivering som utløser en handling.

Atferdsforming, pregning, betyr at en organisme er mottakelig for en bestemt type inntrykk i en viss periode av oppveksten.

De aller fleste organismer har evne til å orientere seg mot gunstige miljøvilkår og bort fra de ugunstige. Eksempler er planter som strekker seg mot lyset, og dyr som vandrer.

Kommunikasjon er en viktig del av atferden til alle organismer. Kommunikasjon kan skje i form av lyd, lukt eller med synlige signaler som bevegelser og ansiktsuttrykk.

De fleste dyr har en eller annen form for spesiell atferd i tilknytning til paring. Gunstig eller riktig paringsatferd øker sjansene for å få avkom. Hos noen arter har det gjennom seleksjon på atferd oppstått kompliserte spill med sang, dans og slåsskamper.

Alle dyr er født med et sett av genetisk nedarvede grunntrekk i atferden. Disse grunntrekkene blir så – i større eller mindre grad – tatt i bruk og utviklet videre gjennom læring.

Innsikt vil si at det foregår en bevisst vurdering av situasjonen forut for handlingen. Mange dyr har også evnen til å lære ved å imitere.

Også mennesket har en atferd som i høy grad er styrt av nedarvede, faste reaksjonsmønster. I tillegg er atferden vår sosialt og kulturelt betinget.

--- 101 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 4.1

Når du løfter opp en stein, vil alle smådyrene som lever under den, skynde seg vekk.

1. Hvordan kan vi forklare hvordan denne atferden har oppstått?
2. Hvilken nytte har dyrene av denne atferden?

### xxx3 Oppgave 4.2

Forklar med dine egne ord hvordan strandkrabbene velger ut muslinger til mat, og hvilken nytte krabbene har av denne atferden.

### xxx3 Oppgave 4.3

Mange mennesker har en fobi, for eksempel \_araknofobi\_ (angst for edderkopper).

1. Hvordan kan vi forklare at vi mennesker er redde for ufarlige edderkopper?
2. Diskuter og lag en liste over diverse andre former for fobier dere kjenner til.
3. Hva kan være årsakene til disse fobiene?

### xxx3 Oppgave 4.4

Hva er forskjellen på instinktiv atferd og tillært atferd? Gi noen eksempler.

### xxx3 Oppgave 4.5

Vi mennesker driver med kunstig seleksjon av husdyr.

1. Finn ut mer om hvilke arter av husdyr vi avler på for å velge ut bestemte egenskaper.
2. Forklar hvordan atferd kan endres når man avler på en hunderase.

### xxx3 Oppgave 4.6

En løvehann slåss mot og vinner over en annen hann. Så overtar han den tapende hannens hunn og dreper ungene hennes. Hva kan hensikten være med en slik atferd?

### xxx3 Oppgave 4.7

Hos fugler har hannene vanligvis mange flere farger på fjærene enn hunnene. Hva signaliserer fargene og mangelen på farger?

### xxx3 Oppgave 4.8

Bilde: tegning

Forklaring: To fugler. Den ene har rødt bryst og flyr mot en rød bomullsdott festet til en pinne. Den andre sitter på pinnen ved siden av bomullsdotten.

Forklar med dine egne ord hva tegningen ovenfor viser. Hvorfor angriper rødstrupehannen den røde bomullsdotten, ikke den andre hannen? Begrunn svaret ditt blant annet med utgangspunkt i det du har lært om stimulering.

### xxx3 Oppgave 4.9

Diskuter dere fram til mulige forklaringer på at laksen klarer å svømme over store avstander og finne tilbake til elva der den ble født. Søk gjerne på Internett etter mer informasjon.

### xxx3 Oppgave 4.10

Finn ut mer om hvordan og hvorfor monarksommerfuglene i Canada kan vandre ca. 3.000 kilometer – og gjennomgår flere generasjoner – før de når fram til målet i Mexico.

### xxx3 Oppgave 4.11

Gi noen eksempler på at dyr kommuniserer.

### xxx3 Oppgave 4.12

Gi noen eksempler på at dyrs kommunikasjon påvirker menneskenes atferd.

### xxx3 Oppgave 4.13

Finn informasjon om bienes dans som en visuell kommunikasjonsform.

### xxx3 Oppgave 4.14

Ta utgangspunkt i en dyreart du selv velger, og bruk denne arten til å vise at du forstår og har kunnskaper om atferd hos dyr.

### xxx3 Oppgave 4.15

Hvorfor er det så mange hanner som slåss i forbindelse med paring?

### xxx3 Oppgave 4.16

Kan noe av gutters og jenters oppførsel i tenårene forklares ut fra det du har lest om i avsnittet om paringsatferd? Diskuter i grupper.

### xxx3 Oppgave 4.17

«Fuglesang er et samspill mellom gener og læring.» Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 4.18

Gi noen eksempler på dyr som bruker redskaper.

### xxx3 Oppgave 4.19

Vi mennesker er i stand til å la være å gjøre noe vi har lyst til. Hva kan være årsakene til det?

--- 102 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 4.1 Meitemarkens atferd

\_Utstyr:\_

Levende meitemark

Glassrør, minst 1-2 cm i

diameter

Svart papir

Teip

Lampe

Korker etler bomull

Is

Boks

#### xxx4 Teori og hensikt

I Norge har vi mange arter fra familien meitemark. Hvis du løfter på steiner eller graver i god jord eller en kompostbinge, så finner du meitemark.

I dette forsøket skal vi undersøke hvordan meitemark reagerer på stimuli som lys og temperatur.

Du kan utvide forsøket hvis du har andre ideer. Når du er ferdig med forsøket, slipper du markene ut i jorda igjen.

#### xxx4 Del A – reaksjon på lys

##### xxx5 Framgangsmåte

-- La en meitemark krype inn i et glassrør. Dekk deretter hver ende av glassrøret med et rør av svart papir, slik at lyset ikke kommer inn. Midten av røret skal ikke dekkes til.

-- Monter en lampe slik at den lyser på den delen av glassrøret som ikke er dekket med papir (se tegningen ovenfor). Registrer om og hvordan meitemarken reagerer.

-- Flytt papirrøret slik at lampen lyser på ulike deler av marken. Registrer hvordan de forskjellige kroppsdelene til marken reagerer på lyset.

Sammenlikn konklusjonen din med konklusjonene til medelevene dine.

#### xxx4 Del B – reaksjon på temperatur

##### xxx5 Framgangsmåte

-- Slipp en meitemark inn i et glassrør som har ligget til avkjøling i kjøleskapet. Sett i en kork i hver ende av glassrøret. Legg røret på isbiter oppi en boks.

-- Observer markens reaksjon. Bruk gjerne en lupe for å se bedre.

-- Gjør det samme etter at røret med marken har fått romtemperatur.

-- Sammenlikn resultatene fra de kalde og de tempererte omgivelsene.

Formuler en konklusjon ut fra dette forsøket.

Bilde: tegning

Forklaring: Et glassrør som er litt lenger enn en meitemark er pakket inn i papir, bortsett fra et lite stykke midt på. En lampe henger over midten av røret.

### xxx3 Ø 4.2 Atferden til et dyr

Åpent forsøk

#### xxx4 Teori og hensikt

Dyr kommuniserer med hverandre og med andre arter, for eksempel med oss mennesker. Hvis du har hund, har du kanskje observert at den kan ha ulike «ansiktsuttrykk» og lage ulike lyder. Lag en oversikt over hundens ulike uttrykk for sinne, tilfredshet, sult, tørst osv.

Du kan eventuelt observere andre dyr, som katt og større husdyr. Mindre dyr, som kaniner og hamstere, er dårligere egnet.

Lag en plan for hvordan du vil gå fram.

Etter endt arbeid skriver du en konklusjon.

#### xxx4 Oppgaver og spørsmål til drøfting

-- Er det sikkert at alle mennesker tolker dyrenes atferd likt? Hvis ikke, hvilke problemer kan det eventuelt føre til?

-- Har hunder og katter rangatferd og flokkatferd?

--- 103 til 401

# xxx1 Kapittel 5: Celler

\_Du skal kunne:\_

-- gjøre greie for oppbygning og formering hos bakterier og virus, og relatere det til prosesser i natur, industri og helsefaglig sammenheng

-- gjøre greie for oppbygning av eukaryote celler og forklare hvilke funksjoner ulike deler i cellene har

Mens atomet er den minste byggesteinen for kjemiske stoffer, er cellen livets minste byggestein. Liv kan ikke forekomme utenom celler, og i hver celle er det strukturer og celledeler som er nødvendige for å opprettholde liv i cellen.

Alle levende organismer består av én eller flere celler. Bakterier består av en enkelt celle, mens mennesker er bygd av mange celler. Bakterier og mennesker er bygd opp av hver sin celletype, men de to celletypene har flere likhetstrekk enn ulikheter. Begge celletypene har arvestoffet DNA. De kan ta inn næringsstoffer og forbrenne dem til energi og skaffe byggesteiner til nye celler. De er omgitt av og beskyttet av en cellemembran. Menneskeceller har en cellekjerne der arvestoffet er beskyttet av en kjernemembran. Bakterier, derimot, har ingen slik membran som beskytter arvestoffet. Vi kan studere celler i mikroskop og lære mye om hvordan de er bygd, og hvordan de fungerer.

Bilde: foto

Bildetekst: Bildet viser encellede protister i slekten Euglena. De består av én eukaryot celle.

--- 104 til 401

## xxx2 5.1 Prokaryote og eukaryote organismer

Vi deler organismene på jorda inn i seks riker: bakterier, arker, protister, planter, sopper og dyr (se kapittel 2). Bakterier og arker er encellede \_prokaryote\_ organismer. De prokaryote cellene oppstod først i evolusjonen. Disse cellene har ingen membran rundt arvestoffet DNA. Prokaryote celler har altså ingen cellekjerne, og DNA-et flyter fritt inni cellen. Organismene i de fire andre rikene – protister, sopper, planter og dyr – er encellede eller flercellede \_eukaryote\_ organismer. De har eukaryote celler, det vil si celler med kjernemembran rundt DNA-et. Eukaryote celler har altså en cellekjerne.

Det er også andre forskjeller mellom disse to celletypene. For eksempel er de eukaryote cellene mye større enn de prokaryote cellene. De eukaryote cellene har også flere indre strukturer og organeller inni cellene enn de prokaryote cellene.

Cellen regnes som den minste byggesteinen for alt som er levende. \_Atomet\_ er den minste partikkelen vi regner som byggestein for både alt levende og alt ikke-levende. Atomene danner små og store molekyler og ioner, og de kan settes sammen og bygge opp ulike celledeler, \_organeller\_, med forskjellige oppgaver. Figuren ved siden av viser nivåene fra atom til organisme. Når vi måler \_organeller\_, atomer og molekyler, bruker vi enhetene \_mikrometer\_, `m (my), eller \_nanometer\_ (1 `mm = 10^-6 meter, 1 nm = 10^-9 meter).

Blåtekst: Prokaryote organismer har celler uten cellekjerne. Eukaryote organismer har celler med cellekjerne. Alle levende organismer er enten encellede prokaryote organismer eller encellede eller flercellede eukaryote organismer.

Bilde: figur

Bildetekst: Størrelsen på atomer, molekyler, organeller, celler og organismer. Skalaen er logaritmisk. Det betyr at det er like stor avstand langs aksen hver gang vi ganger med 10, slik at avstanden mellom for eksempel 1 og 10 er like stor som avstanden mellom 10 og 100. En slik skala gjør det mulig å lese av verdier langs hele aksen når tallene øker kraftig.

Forklaring: Synlig med elektronmikroskop: ca. 0,1 nm til ca. 100 `mm. Eksempler: atomer, vannmolekyler, lipider, proteiner, ribosom, virus, bakterie, mitokondrie, cellekjerne, dyre- og planteceller.

Synlig med lysmikroskop: ca. 1 nm til noen mm. Eksempler: bakterie, mitokondrie, cellekjerne, dyre- og planteceller, froskeegg.

Synlig med øyet: noen hundre `mm til over 100 m. Eksempler: froskeegg, hønseegg, lengden til noen nerveceller, høyden på et menneske, spekkhogger, blåhval, redwoodtre.

Nedenfor figuren står det:

1 cm =1/100 m =10^-2 m

1 mm =1/10 cm =10^-3 m

1 `mm =10^-3 mm =10^-6 m

1 nm =10^-3 `mm =10^-9 m

Bilde: figur

Bildetekst: Prokaryot og eukaryot celle. Ikke alle organeller er med.

Forklaring: Prokaryot celle: cellevegg, cellemembran, cytoplasma med DNA.

Eukaryot celle: cellemembran, cytoplasma, kjernemembran rundt cellekjerne med DNA.

--- 105 til 401

Bilde: foto

Bildetekst: Bildet viser E. coli-bakterier som sitter utenpå en eukaryot celle, i dette tilfellet en hvit blodcelle. Det er stor forskjell i størrelse på prokaryote og eukaryote celler. Bildet er farget.

Margtekst: \_Pro\_ betyr «før», \_karyon\_ betyr «kjerne».

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke riker består av henholdsvis prokaryote og eukaryote organismer?
2. Hva er forskjellene på prokaryote og eukaryote celler?
3. Hvor mange mikrometer (`mm) og hvor mange nanometer (nm) er det i en millimeter?

## xxx2 5.2 Prokaryote celler

Bakterier og arker er encellede prokaryote organismer. De prokaryote organismene har ingen kjerne med membran som beskytter arvestoffet, eller andre organeller med membran. De fleste prokaryoter har en cellevegg utenpå cellemembranen. De finnes overalt på jorda og kan leve i nesten alle slags miljøer med fuktighet eller vann. De er små, typisk noen få mikrometer lange, men svært tallrike. På grunn av det store antallet utgjør prokaryoter samlet en minst like stor \_biomasse\_ på jorda som eukaryotene.

--- 106 til 401

De fleste arter er ennå ikke beskrevet. Prokaryoter spiller viktige roller for alle kretsløp i naturen, og det er bare noen få bakterier som forårsaker sykdommer.

Prokaryoter består av to hovedtyper av organismer som er så grunnleggende forskjellige at de er plassert i hvert sitt rike: bakterier og arker. Disse to gruppene har i stor grad uavhengig evolusjonshistorie og mange forskjeller i biokjemi. Med uavhengig evolusjonshistorie mener vi at de har utviklet seg uavhengig av hverandre.

Blåtekst: Bakterier og arker er encellede prokaryote organismer. De prokaryote organismene har ingen kjerne med en membran som beskytter arvestoffet, eller andre organeller med membran. De fleste prokaryoter har en cellevegg.

Bilde: foto

Bildetekst: Bakterier. Bildet er farget.

Margtekst: Biomasse er den totale vekten av alle organismer i et økosystem eller et område.

### xxx3 Cellestrukturer

Selv om prokaryote celler ikke har noen organeller med membran rundt, har de noen «deler» som vi gjerne kaller \_cellestrukturer\_. Tabellen på neste side gir en oversikt. Nesten alle prokaryoter som er undersøkt, har en cellemembran med en cellevegg utenpå. Cellemembranen regulerer transporten inn i og ut av cellen. Noen prokaryote organismer har innfoldinger i cellemembranen. Her kan det dannes strukturer som fungerer som primitive organeller, der fotosyntese og andre metabolske prosesser kan foregå. Celleveggen stiver opp og beskytter cellen.

Området innenfor cellemembranen er væskefylt og kalles \_cytoplasma\_. Prokaryotenes DNA flyter enten fritt i cytoplasmaet eller er delvis festet til cellemembranen. I cytoplasmaet hos prokaryote organismer er det bare én type organeller: ribosomer. Ribosomene produserer proteiner. Prokaryote celler inneholder ikke egne organeller for prosesser som fotosyntese, celleånding og produksjon og transport av stoffer. Derfor må en rekke proteiner, for eksempel alle enzymene som deltar i stoffskiftet, enten flyte fritt i cytoplasmaet eller være festet til innsiden av cellemembranen. Enzymer er viktige i alle levende organismer. De er helt nødvendige for at kjemiske reaksjoner i cellen skal foregå raskere og ved relativt lav temperatur.

Noen prokaryoter har klorofyll og kan dermed drive fotosyntese. Klorofyllet kan også være festet til cellemembranen.

--- 107 til 401

Cellestrukturer hos prokaryote organismer – en oversikt:

Tabell:

|  |  |
| --- | --- |
| Struktur | Funksjon |
| DNA | -- Cellens arvestoff  -- Oppskrift for RNA-produksjon (proteinsyntese) |
| Plasmid (bare hos bakterier) | -- Ringformede små DNA-biter med ekstra egenskaper, f.eks. antibiotikaresistens-gener |
| Ribosomer | -- Produksjonssted for polypeptider (proteinsyntese) |
| Cytoplasma | -- Hele området innenfor cellemembranen. Inneholder en væske kalt cytosol, ribosomer, DNA og ulike ioner og molekyler |
| Klorofyll (bare hos blågrønnbakterier) | -- Lysenergi blir bundet til kjemisk energi |
| Cellemembran | -- Omgir hele cellen og gir beskyttelse  -- Kontrollerer transport inn og ut av cellen |
| Cellevegg | -- Gir støtte og beskyttelse  -- Hindrer at vannopptaket blir så stort at cellen sprekker |
| Flageller eller cilier | -- Lange eller kortere utbuktninger i cellens overflate  -- Bevegelse |

### xxx3 Repetisjon

1. Hvor finnes de prokaryote organismene?
2. Hvorfor er bakterier og arker plassert i to ulike riker?
3. Tegn en enkel skisse av en prokaryot organisme og skriv navn på de ulike cellestrukturene. Hvilke oppgaver har de ulike delene av cellen?

## xxx2 5.3 Bakterier

I økosystemene kan bakteriene være produsenter, konsumenter (forbrukere) og nedbrytere, men felles for mange arter er at de er viktige for kretsløpene i naturen.

Bakteriene har en stor og avgjørende betydning ved at de bryter ned døde organismer og bidrar til at de livsviktige grunnstoffene blir resirkulert. Enkelte arter kan fiksere nitrogen fra luften og gjøre det tilgjengelig for planter. Andre arter driver fotosyntese. Bakteriene finnes overalt, og noen av dem kan overleve under ekstreme betingelser som høy temperatur, høy saltholdighet, radioaktiv stråling eller ekstrem pH. De er tallrike, og det kan finnes hele 40 millioner bakterier i ett gram jord. I en menneskekropp er det like mange bakterieceller som menneskeceller.

--- 108 til 401

Mange av bakteriene spiller en stor økonomisk rolle for oss mennesker. Noen bakterier forårsaker sykdom og skader andre organismer. Noen er svært nyttige for oss, både helsemessig og industrielt. Noen produserer antibiotika, noen bryter ned oljesøl, andre får melkeprodukter til å gjære. Vi bruker bakterier til å lage medisin, og vi kan sette nye gener inn i bakterienes opprinnelige arvestoff. For eksempel kan vi sette inn gener som koder for insulin, og etterpå kan vi dyrke bakteriene fordi de kan lage insulin som kan renses og bli til medisin til mennesker med diabetes.

Mange bakterier lever i \_symbiose\_ med andre arter. I mennesketarmen finnes det 100.000.000.000 (100 milliarder) bakterier per gram avføring. Tarmen er det organet i menneskekroppen som inneholder mest bakterier. Disse bakteriene lever sammen med oss til felles beste både for oss og dem selv, en symbioseform som vi kaller \_mutualisme\_.

Blåtekst: Bakterier kan være produsenter, konsumenter og nedbrytere, og de er viktige i mange kretsløp i naturen.

Bilde: foto

Forklaring: Yoghurt, rømme, brie og cottage cheese.

Bildetekst: Bakterier spiller en viktig rolle i matproduksjon, blant annet i mange oste- og melkeprodukter.

### xxx3 Bygningen til en bakterie

Bakteriene består av bare én celle og er normalt så små at vi bare kan se dem i mikroskop, typisk 0,5-5 `mm. Men enkelte arter er opptil 0,5 mm, altså 500 `mm, store, og de kan vi se med det blotte øye. Noen arter danner flercellede kjeder eller mer kompliserte strukturer, som hos \_Myxobacteria\_, der cellene har ulike oppgaver og fungerer som en primitiv flercellet organisme. Bakterier har tre hovedformer: spiralformede spiriller, kuleformede kokker og avlange staver (basiller). På tegningene nedenfor ser du de forskjellige formene.

Celleveggen hos bakterier er bygd opp av peptidoglykan, som består av karbohydrater og aminosyrer, og er forskjellig fra den vi finner i planteceller (se side 129). Fordi konsentrasjonen av proteiner og andre molekyler normalt er høyere innenfor enn utenfor cellene, vil \_diffusjon\_ (se side 149) av vann inn i cellen få den til å svulme opp. Den sterke celleveggen hindrer bakteriecellen i å sprekke.

--- 109 til 401

Mange bakterier har en \_flagell\_, en hale som gjør at de kan svømme. Antallet \_flageller\_ varierer for ulike typer bakterier. En bakterie som er 1 `mm lang, kan svømme med en fart på 30 `mm per sekund, altså 30 ganger sin egen lengde. Et menneske på 1,70 m ville ha svømt med en fart på 50 m per sekund hvis det hadde vært samme forhold mellom kroppslengde og svømmefart. Andre bakterier kan ha kortere, hårliknende strukturer, \_cilier\_, som dekker mer eller mindre hele overflaten av cellen. Ciliene gir også bakterien mulighet til å bevege seg.

Bakterier har ett sirkulært DNA-molekyl som ligger løst i cytoplasmaet. I tillegg har de \_plasmider\_, altså små, ringformede DNA-molekyler som ligger spredt i cytoplasmaet. Dersom en bakterie er motstandsdyktig mot én eller flere typer antibiotika, ligger slike antibiotikaresistensgener ofte på plasmidene. Gener for antibiotikaresistens kan også ligge på det sirkulære DNA-et. Plasmidene er ikke nødvendige for at bakteriene skal kunne leve, men plasmidgenene gjør dem mer motstandsdyktige og kan også inneholde gener som gjør at bakteriene forårsaker sykdom.

Bakteriene kan deles inn etter fasong i de tre formene du leste om på forrige side, så vi kan kjenne dem på utseendet. Men vi kan også gruppere bakterier på mange andre måter. En vanlig inndelingsmåte er å gruppere dem i \_autotrofe\_ og \_heterotrofe\_ bakterier. Autotrofe organismer er produsenter; de produserer organiske forbindelser av uorganiske forbindelser. Én gruppe autotrofe bakterier driver fotosyntese, såkalte \_fotoautotrofe\_ bakterier, blant annet blågrønnbakterier (cyanobakterier). En annen gruppe er \_kjemoautotrofe\_ bakterier, som bruker forskjellige uorganiske forbindelser som energikilde, for eksempel nitrogenfikserende bakterier og bakterier som utnytter svovelforbindelser til å lage organiske forbindelser. \_Heterotrofe\_ organismer er konsumenter eller nedbrytere: De må ta opp organiske molekyler som kan dekke behovet for byggesteiner og energi. Vår vanlige tarmbakterie, \_Escherichia coli\_, vanligvis forkortet \_E. coli\_, er en heterotrof organisme. Sykdomsframkallende bakterier er også heterotrofe.

--- 110 til 401

Blåtekst: Bakterier er encellede prokaryote organismer med ribosomer, et sirkulært DNA-molekyl og plasmider i cytoplasmaet. De har tre hovedformer: spiriller, kokker og staver. Bakterier er autotrofe (produsenter) eller heterotrofe (konsumenter eller nedbrytere).

Bilde: figur

Bildetekst: Forskjellige bakterieformer. Bakterier kan være spiralformede, kuleformede eller stavformede.

Bilde: figur

Bildetekst: Bakterie med cilier og flageller. Bakterier har et sirkulært DNA og plasmider som flyter fritt i cytoplasmaet.

Forklaring: Et snitt gjennom bakterien viser cellevegg med cilier og flageller, cellemembran på innsiden av celleveggen og DNA, ribosomer og plasmid i cytoplasmaet inni bakterien.

Margtekster:

-- \_Myxobacteria\_ kalles slimbakterier. De lever i jord og utveksler informasjon via kjemiske signaler, blant annet for å fortelle hverandre hvor det finnes næring.

-- Med sirkulært DNA-molekyl mener vi at DNA-molekylet utgjør en sammenhengende tråd uten begynnelse og slutt.

-- Å fiksere nitrogen vil si å omdanne N\2-gass fra luft til nitrogenforbindelser som organismen kan ta opp.

### xxx3 Formering hos bakterier

Bakterier formerer seg bare ukjønnet – ved todeling. En bakterie kopierer DNA-et sitt, og deretter skjer det en todeling av hele cytoplasmaet. Dette er en kloning, og dattercellene blir nøyaktig lik morcellen. Så vokser begge cellene til den opprinnelige størrelsen.

Bakterier kan formere seg skremmende fort. For noen bakteriearter kan delinger skje hvert tjuende minutt. Hvis en bakterie deler seg i to hvert tjuende minutt, vil en bakterie som blir med på leverposteibrødskiva i en matpakke du pakker om morgenen og spiser på skolen fem timer etterpå, ha gjennomført 15 delinger. I teorien kan den ene bakterien ha blitt til mer enn 32.000 individer etter fem timer. Grafen nedenfor viser hvor raskt delingen kan foregå. Veksten er heldigvis begrenset av næringstilgang, temperatur og avfallsstoffer.

Blåtekst: Bakterier formerer seg bare ukjønnet – ved todeling (kloning).

Den genetiske variasjonen hos bakteriene blir sørget for på andre måter enn ved kjønnet formering. Stadige \_mutasjoner\_ i DNA-et øker den genetiske variasjonen. Mutasjoner som gir bedre tilpasning til miljøet, vil raskt bli vanligere på grunn av seleksjon. Dette ser vi tydelig når bakteriestammer blir \_resistente\_, motstandsdyktige, mot antibiotika. Arvestoff blir hele tiden overført mellom bakterier i naturen. Det blir overført mellom individer av samme art og mellom individer av ulike arter. Arvestoffet kan bli overført på tre forskjellige måter: ved \_konjugasjon\_, ved \_transformasjon\_ og ved \_transduksjon\_.

Bilde: figur

Bildetekst: Bakterier formerer seg ved todeling.

Bilde: figur

Bildetekst: Bakterier formerer seg raskt, og veksten er eksponentiell. Tallet på bakterier kan øke fra 1 til 32.000 på fem timer.

Forklaring: Linjediagram som viser økning i antall bakterier. Kurven stiger langsomt til å begynne med, men etterhvert raskere og raskere.

Margtekst: Mutasjon er en varig forandring i baserekkefølgen i DNA-et. \_Seleksjon\_ betyr «utvelgelse».

--- 111 til 401

### xxx3 Konjugasjon

Når to bakterier ligger ved siden av hverandre, lager den ene bakterien en tråd som vokser mot den andre bakterien, fester seg i den og trekker den mot seg. Deretter kan den tråddannende bakterien overføre arvemateriale, både deler av det trådformede kromosomet og plasmider, til den andre. Overføring av gener, blant annet gener for antibiotikaresistens, er derfor både mulig og vanlig mellom bakterieindivider og mellom bakteriearter.

### xxx3 Transformasjon

Dersom en bakterie ligger i en løsning med DNA fra andre bakterier, vil det løse DNA-et kunne passere gjennom cellemembranen og inn i bakterien. I bioteknologi benyttes transformasjon som en teknikk for å overføre fremmede gener til \_E. coli\_ for å studere genene eller for å produsere verdifulle proteiner, som menneskeinsulin og veksthormoner. Transformasjon foregår også i naturen.

Bilde: figur

Bildetekst: Transformasjon. Bakterier kan ta opp fremmede DNA-biter og overføre dem til sitt eget DNA.

Forklaring: Transformasjon tegnet som tre steg:

1. DNA-biter ved siden av en bakterie.

2. Bakterien tar opp en DNA-bit med et gen.

3. Genet overføres til bakteriens DNA. Bakterien er nå transformert.

### xxx3 Transduksjon

Bakteriofager er virus som angriper bakterier. Bakteriofager kan overføre DNA fra én bakterie til en annen. Dersom en bakteriofag først går inn i og oppholder seg i en bakterie, kan den formere seg inn i bakterien. Når bakteriofagen formerer seg i en bakterie, bruker den bakteriens enzymer til å kopiere sitt eget arvestoff for å formere seg selv. Samtidig kan noen av bakteriens gener bli kopiert. De nydannede virusene tar noen av bakteriegenene med seg når de går ut av den første bakterien og inn i en annen bakterie. Dermed kan bakteriofager overføre arvestoff fra den første bakterien til den andre. Bakteriofagen kan overføre arvestoffet sitt til bakteriens arvestoff. Da lever bakterien videre. Dette kalles \_lysogen vekst\_. Alternativt kan bakteriofagen overta kontrollen over bakterien, produsere et høyt antall nye bakteriofager (100–300 stykk) og sprenge bakteriecellen, slik at de nye bakteriofagene slipper ut. Da dør bakterien. Dette kalles \_lytisk vekst\_.

Bilde: figur

Forklaring: proteinkappe, bakteriecelle, virus-DNA.

Bildetekst: Transduksjon. Bakteriofagen overfører arvestoffet sitt til bakteriens arvestoff.

Blåtekst: Overføring av DNA skjer ved konjugasjon, transformasjon og transduksjon og kan føre til at bakterier får nytt DNA. Dermed sikres den genetiske variasjonen.

### xxx3 Bakterier i mat

Mikroorganismer kan ødelegge maten vi skal spise. Mennesker har til alle tider hatt teknikker for å konservere maten: gjæring, tørking, røyking, sylting, salting, frysing, krydring og oppbevaring ved lav temperatur. I dag blir mat konservert industrielt. Ved mange av konserveringsmetodene blir de fleste bakteriene drept, slik at vi unngår at maten blir infisert. Melk blir tilsatt sunne bakterier og gjærer til surmelksprodukter og oster. Vi tørker matvarer som korn, bønner og kjøtt for å unngå at de blir ødelagt av forråtnelsesbakterier. Frysing av ferske matvarer dreper ikke bakteriene – men vi hemmer celledelingen deres.

--- 112 til 401

I land med høy lufttemperatur tilsettes større mengder krydder enn vi er vant til, for det hemmer bakterieveksten.

Hermetisering ved 100 °C dreper mange mikroorganismer, men noen overlever temperaturer opptil omtrent 120 °C. Oppvarmingen steriliserer ikke alltid maten, men bakteriene går inn i en hviletilstand. Det vil si at de blir inaktive og ikke kan dele seg. Hvis de senere kommer til et mer gjestmildt miljø, kan de begynne å dele seg igjen. Noen mikroorganismer ødelegger maten ved å skille ut gifter eller illeluktende stoffer. Da kan vi lukte når maten er bedervet og derfor ikke bør spises. Muligens skyldes vår evne til å smake bitre stoffer at de ofte er giftige, og at det derfor er viktig at vi kan kjenne dem.

Gjennom mediene får vi informasjon om mange bakteriearter. Mediene omtaler ofte bakterier som er sykdomsframkallende og svært farlige for oss. Disse bakteriene skiller ut gifter som kan drepe celler og ødelegge tarmene og de indre organene våre. Noen bakteriearter som vanligvis er harmløse, for eksempel den vanlige tarmbakterien \_E. coli\_, kan endre arvestoffet sitt, \_mutere\_, og dermed bli sykdomsframkallende. Både i Norge og i andre land kjenner vi til at urenslighet og manglende oppvarming i forbindelse med kjøttproduksjon har gjort at mutanter av \_E. coli\_ er blitt overført fra dyr til mennesker.

--- 113 til 401

\_E. coli\_-smitte forårsaker sykdom og i noen tilfeller også dødsfall. Bakterien gir blodig diaré og er spesielt farlig for barn og svekkede eldre mennesker. Krydder, som svart pepper, kan være bakteriedrepende, men i noen tilfeller av matforgiftning har det vært krydderet som har inneholdt bakteriene. I mange land blir krydderet bestrålt med radioaktive gammastråler for å sterilisere det.

Blåtekst: Bakterier kan ødelegge maten vi spiser. Det finnes mange teknikker for å konservere maten. Da hemmes bakterieveksten, eller bakteriene blir drept.

Bilde: foto

Forklaring: Noen skjærer rå kylling i strimler.

Bildetekst: Kylling kan inneholde Salmonella-bakterier. Det er bakterier som kan gi matforgiftning dersom kjøttet ikke er gjennomstekt eller kjøkkenredskapene du bruker, ikke blir rengjort godt nok etter bruk.

Margtekst: Bakterier omtales som \_bakterieflora\_ selv om de verken er planter eller dyr.

### xxx3 Bakterier og sykdom

De fleste bakterier lever i en symbiose med mennesker og andre organismer. Bakterier har mange livsviktige oppgaver i og på kroppen vår. Likevel er det mange som forbinder bakterier først og fremst med sykdom. En del arter av bakterier fører til sykdom hos oss mennesker. En \_infeksjonssykdom\_ skyldes bakterier, virus eller andre mikroorganismer. En infeksjon vil si at sykdomsframkallende organismer trenger inn i kroppen og formerer seg der. Her i den vestlige verden er luftveisinfeksjoner, som halsbetennelse og lungebetennelse, og sykdommer som ørebetennelse og øyebetennelse blant de mest kjente infeksjonssykdommene som vanligvis er forårsaket av bakterier. En infeksjon som de fleste av oss har hatt, er betennelse i sår. Slike sårinfeksjoner kommer ofte av bakteriene \_streptokokker\_ eller \_stafylokokker\_.

Blåtekst: Ved en bakterieinfeksjon vil bakterier formere seg i kroppen vår. Stafylokokker og streptokokker fører til mange av de vanlige infeksjonssykdommene.

Bilde: foto

Bildetekst: Kokker er bakterier med kuleform. Bildet viser streptokokker, som danner perlekjedeformede kolonier. Stafylokokker har drueklaseformede kolonier. Bildet er kunstig farget.

### xxx3 Bakteriesmitte

For å kunne beskytte seg best mulig mot sykdommer som kommer av bakterier, er det viktig å vite hvordan bakteriene sprer seg. Mange av de sykdommene som rammer luftveiene våre – svelg, hals og lunger – smitter gjennom luften. Når vi hoster eller nyser, spruter vi millioner av små vanndråper ut i luften. I disse vanndråpene og på støvpartikler i luften er det bakterier og/eller sporer fra bakterier. Slike sporer kan holde seg lenge i hviletilstand, og de kan være inaktive i opptil flere tiår. Mange bakterier kan leve svært lenge på denne måten, og slik kan vi bli smittet eller smitte andre. Disse smittemåtene kalles \_dråpesmitte\_ og \_støvsmitte\_.

--- 114 til 401

En annen smittemåte er \_kontaktsmitte\_. Kontaktsmitten kan skje direkte, ved kroppskontakt med den som er smittebærer, eller indirekte, ved at vi tar på klær, brusflasker eller andre gjenstander som smittebæreren har brukt. For å redusere faren for kontaktsmitte er det viktig med god personlig hygiene, blant annet håndvask og klesvask. Som regel er det bare noen få av de mange som blir infisert, som blir synlig syke av infeksjonssykdommer, men også de friske smittebærerne kan overføre sykdommer. Derfor kan det være vanskelig å finne kilden til smitte.

Smitte kan også komme gjennom vann og matvarer. Mage- og tarmsykdommer smitter ofte på den måten. I Norge har vi stort sett god kontroll både med den offentlige vannforsyningen og med matvarer som selges i forretninger og på spisesteder. Men når vi er turister i andre land, kan faren for slik smitte være atskillig større. Dette kommer ikke bare av dårligere hygieniske forhold, men like gjerne av at vi der blir utsatt for nye bakteriearter som kroppen vår ikke har erfaring med, og som vi dermed ikke har utviklet beskyttelse (immunitet) mot.

I mediene hører vi med jevne mellomrom om sykehusinfeksjoner. Som navnet forteller, er dette sykdommer som mange blir smittet av når de er innlagt på sykehus. Blant de vanligste sykehusinfeksjonene har vi urinveisinfeksjon, luftveisinfeksjoner som bronkitt og lungebetennelse og sårinfeksjoner etter operasjoner. Stafylokokkene hører til de vanligste bakterietypene på sykehus. Vi kjenner til omkring 30 ulike arter av stafylokokker. Mange av dem er normalt ufarlige. De finnes på hud og slimhinner hos mennesker og dyr. Enkelte arter kan forårsake sykdom, for eksempel sårinfeksjon, brennkopper, verkebyller og blodforgiftning.

Blåtekst: Bakterier smitter på forskjellige måter: gjennom luft (dråpe- og støvsmitte), gjennom kontakt med smittebærere (mennesker eller dyr) og gjennom vann og mat.

Bilde: foto

Bildetekst: Når du nyser, spruter du ut væske som inneholder mikroorganismer som kan smitte andre.

Bilder: to foto

1. Forklaring: Hender med såpeskum under en kran.

Bildetekst: God håndhygiene beskytter effektivt mot smitte.

2. Forklaring: En hund slikker et barn i fjeset.

Bildetekst: Her er det en viss fare for kontaktsmitte.

--- 115 til 401

### xxx3 Antibiotika

Både på slimhinnene våre, på huden og i deler av kroppsvevet kan vi finne sykdomsframkallende bakterier. Noen av de alvorlige infeksjonene bør behandles med antibiotika. Antibiotika er navnet på en gruppe organiske forbindelser som opprinnelig ble produsert av for eksempel sopparter. Sopparten \_Penicillium chrysogenum\_, som blir brukt til å lage penicillin, ble oppdaget i 1928 av den skotske vitenskapsmannen Alexander Fleming. Fra slutten av 1940-årene ble antibiotika alminnelig brukt som medisin. I 1950 ble antibiotika til og med tilsatt i leppestift, og i reklamen stod det at antibiotika garanterte «sikker og smittefri kyssing»!

Antibiotika påvirker prokaryote celler på ulike måter. Noen sorter antibiotika gjør at bakterien ikke klarer å kopiere DNA-et sitt når den skal formere seg, eller de blokkerer bakterienes ribosomer og forhindrer dermed produksjon av nye proteiner. Andre sorter, for eksempel penicillin, gjør at bakterien ikke klarer å lage cellevegg når de skal dele seg i to. Noen sorter antibiotika dreper noen få bakteriearter, andre dreper mange arter. Den første typen sier vi er \_smalspektret\_, den andre er \_bredspektret\_. Hvis du blir syk og trenger antibiotika, vil legen som regel gi deg en resept på smalspektret antibiotika. Kun hvis dette ikke virker på de bakteriene som gjør deg syk, setter man i gang behandling med mer bredspektret antibiotika. Dette gjøres fordi smalspektret behandling er mindre skadelig for nyttige eller ufarlige bakterier, for eksempel i tarmfloraen. Bredspektret behandling virker mot flere bakteriearter og brukes når legen er usikker på hvilken bakterie som har forårsaket sykdommen. For mye bruk av bredspektret antibiotika kan øke faren for at bakteriearter utvikler resistens.

I 1950-årene trodde legene at alle infeksjonssykdommer ville være utryddet i løpet av noen tiår. Optimismen skyldtes utviklingen av ulike typer antibiotika. Tenk så feil de tok! Selv om vi nå kan lage store mengder kunstig framstilte antibiotika som virker på svært mange bakteriearter, er infeksjonssykdommer som skyldes bakterier, mer utbredt nå enn for 50 år siden. En av årsakene er at enkelte motstandsdyktige bakterier kan overleve antibiotika som er gitt som medisin til et sykt menneske. Jo flere bakterier som overlever en antibiotikabehandling, desto vanskeligere blir det å utrydde selve sykdommen, fordi det etter hvert finnes stadig færre typer antibiotika som virker på de forskjellige sykdommene. Hittil har løsningen vært å bruke mer bredspektret antibiotika, men hva gjør vi når heller ikke det virker? I dag finnes det flere bakteriestammer som er resistente (motstandsdyktige) mot flere ulike typer antibiotika.

--- 116 til 401

Vi sier at de er \_multiresistente\_. Særlig på sykehus, hvor det brukes mye antibiotika, er multiresistente bakterier et problem. Årsakene til sykehusinfeksjoner er sammensatte. Høyt forbruk av antibiotika er en av årsakene. På sykehusene kommer mange mennesker i kontakt med hverandre, og smitte kan lett bli overført. Medvirkende årsaker til sykehusinfeksjoner kan være at folk ikke vasker hendene ordentlig, og at mange pasienter har et svekket immunforsvar fra før. Du kan lese mer om immunforsvaret i kapittel 11.

Det er et stort problem i dag at det blir tilsatt antibiotika i fôret til kjøttproduserende dyr. 80 prosent av all antibiotika i verden brukes i dag i dyrefor. Dette gjøres for å hindre sykdom hos dyrene og øke kjøttproduksjonen, men det øker også risikoen for at dyrene får antibiotikaresistente bakterier, som igjen kan spre seg til oss gjennom maten vi spiser (for eksempel ost, kjøtt, sjømat og egg). De antibiotikaresistente bakteriene er ofte resistente mot flere typer antibiotika og kan bli en del av bakteriefloraen i tarmen. De gjør oss ikke nødvendigvis syke, men øker faren for at slike bakterier skal spre seg, eller for at de skal dele antibiotikaresistensgenene med bakterier som fører til sykdom. God kjøkkenhygiene, som å skille rått kjøtt fra andre matvarer og vaske kjøkkenredskaper og hender godt, forhindrer også bakteriesmitte.

Blåtekst: En gruppe organiske forbindelser, antibiotika, blir brukt til å drepe bakterier. Bakterier kan utvikle resistens, motstandsdyktighet. Da virker ikke antibiotika.

Bilde: foto

Bildetekst: Skål med bakterier. De hvite, runde lappene inneholder ulike typer antibiotika. Jo tettere opptil den hvite lappen bakterien gror, desto mer resistent er den. Antibiotikumet på lappen oppe til venstre er mest effektivt mot bakteriene. Antibiotikumet på lappen nede til venstre har minst effekt på denne arten bakterier.

Bilde: foto

Forklaring: Griser som spiser.

Bildetekst: Dyrefôr blir tilsatt store mengder antibiotika, for at dyrene skal holde seg friske. Friske dyr utnytter dyrefôret bedre, og vokser ca. 2–3 prosent raskere. Forbruket er størst i Kina, USA og Brasil.

### xxx3 Bakterieinfeksjon eller virusinfeksjon?

Er du syk, men vet ikke om det kommer av en bakterieinfeksjon eller et virus? Hvis du har vært syk en stund, er det nok tryggest å gå til legen for å få tatt en blodprøve. Uten en blodprøve er det ofte vanskelig å skille virusinfeksjoner fra bakterieinfeksjoner. Legen tar da en såkalt CRP-test av blodet. Testen går under det folkelige navnet «hurtigsenkning». Etter et lite stikk i fingeren blir det tatt ut en bloddråpe, og hvis du har en bakterieinfeksjon, vil bloddråpen inneholde en stor mengde av et spesielt protein. Proteinet kalles C-reaktivt protein (CRP), og testen har altså navnet sitt fra dette proteinet. C-reaktivt protein lages i leveren, og produksjonen øker ved en bakterieinfeksjon. Proteinet brukes derfor til diagnostikk ved infeksjoner. CRP-mengden øker mer ved bakterieinfeksjoner enn ved virusinfeksjoner og kan brukes til å skille mellom disse to typene av infeksjoner.

--- 117 til 401

Skyldes infeksjonen bakterier, kan CRP-mengden øke til over 100 mg/1, mens den oftest er under 50 mg/1 ved virusinfeksjoner. Bakterieinfeksjoner som immunforsvaret ikke selv klarer å ta knekken på, bør behandles med antibiotika. Antibiotika dreper ikke virus.

Bilde: foto

Bildetekst: Ved hjelp av en liten blodprøve fra fingeren kan legen ofte avgjøre om du har en bakterie- eller virusinfeksjon.

### xxx3 Fordypning: Bakteriofagterapi

Fordi stadig flere sykdomsframkallende bakterier blir resistente mot antibiotika, har vi behov for å kunne bekjempe bakterier med andre metoder. Bakteriofager er virus som kan benyttes til å behandle bakterieinfeksjoner. Behandlingen kalles \_bakteriofagterapi\_. Virus som angriper bakterier, kan være svært spesifikke og målrettet angripe bestemte problembakterier. Virusene er harmløse for mennesker, og også for bakterier som er nyttige i kroppen vår. I tillegg sparer de pasientene for vanlige bivirkninger ved antibiotikabehandling, som magesmerter og løs mage, som skyldes at antibiotika dreper bakteriefloraen i magen og tarmene. Fordi virus kan mutere raskere enn bakterier, er det mindre sannsynlig at bakterier utvikler resistens mot bakteriofager. Det som skjer når viruset angriper den sykdomsframkallende bakterien, er at viruset overtar kontrollen over bakterien og produserer svært mange (100–300) nye bakteriofager. Deretter sprenges bakteriecellen, slik at den dør, og nye bakteriofager slippes ut. Denne formeringsmåten hos virus kaller vi lytisk vekst. De nye virusene vil deretter infisere nye bakterier helt til det ikke er flere sykdomsframkallende bakterier igjen. Det kan imidlertid være utfordrende å finne et virus som passer til den spesifikke sykdomsframkallende bakterien, og som er i stand til å angripe den. Derfor benyttes gjerne blandinger av virus.

Fordi russiske forskere ikke fikk vite om Vestens framgang innenfor antibiotikaproduksjon i 1940-årene, utviklet de i stedet en vellykket bakteriofagterapi. På grunn av den kalde krigen fikk ikke Vesten kjennskap til dette. I dag er fagterapisenteret i Tbilisi i Georgia verdensledende på området. Bakteriofager brukes i dag til å behandle bakterieinfeksjoner i Øst-Europa og Georgia. På grunn av den økende antibiotikaresistensen i verden er bakteriofagterapi mer aktuelt enn noen gang. Vestlige land som Frankrike og USA har nå begynt å bruke bakteriofagterapi. Bakteriofager benyttes blant annet for å ta livet av enkelte bakterier som gir matforgiftning (blant annet \_E. coli\_ og Listeria-bakterien) og i den senere tid mot multiresistente bakterier. Ulempen med bakteriofagterapi er at det kreves en sikker bestemmelse av den sykdomsframkallende bakterien for å kunne velge rett virus. Ved alvorlige infeksjoner har man gjerne liten tid til å undersøke nøyaktig hvilken bakterieart det dreier seg om.

### xxx3 Repetisjon

1. Gi fire eksempler på at bakterier påvirker oss mennesker.
2. Forklar forskjellene på autotrofe og heterotrofe bakterier.
3. En bakterie deler seg i to hvert tjuende minutt. Hvor mange har den blitt til etter seks timer?
4. Forklar konjugasjon, transformasjon og transduksjon.
5. Hva slags forholdsregler bør du ta for å unngå bakteriesmitte?
6. Hva er smalspektret og bredspektret antibiotika?
7. Hva betyr det at noen bakterier blir resistente? Hva kan være årsakene til at bakterier blir resistente?

--- 118 til 401

## xxx2 5.4 Arker

Arkene er også prokaryote organismer (se kapittel 2). De har mange likhetstrekk med eukaryote celler, men mangler cellekjerne. Celleveggen inneholder andre kjemiske forbindelser enn bakterienes cellevegg. Også ribosomene hos arker er annerledes enn hos bakteriene – de ligner mer på eukaryotenes ribosomer. Arker inneholder små proteiner som pakker DNA-et tett sammen, slik at det beskyttes bedre. Disse proteinene har mange likhetstrekk med proteinene som pakker DNA-et til eukaryote celler.

Bakterier blir ofte drept av forskjellige typer antibiotika, men arker tåler antibiotika. Det er ikke noe problem, for ingen av de kjente arkene er sykdomsframkallende eller giftige.

Arker ble først funnet i ekstreme miljøer, det vil si i miljøer med helt uvanlige levevilkår, og de ble av noen kalt urbakterier. Navnet er misvisende, for arker er ikke bakterier. Arker er funnet i varme kilder med temperaturer over 100 °C, der de omdanner hydrogensulfid til svovelsyre. De finnes også i Dødehavet i en saltkonsentrasjon på 25 prosent. Arker må derfor ha en mekanisme som hindrer at vann går ut av dem ved osmose (se side 150).

Arker er blitt funnet mange steder. En art arker er for eksempel funnet på tørket og salt klippfisk. Det er fordi de finnes i små mengder i havsaltet som brukes til å salte fisken. Før tok det lang tid å transportere klippfisk fra Norge til Spania og Portugal, så da vokste arkene og delte seg. Klippfisken fikk dermed et rødt og ufyselig utseende, og mye av den ble kastet. Da mikrobiologer fant ut at det røde belegget skyldtes saltelskende arker som vokser ved varmere temperaturer, ble fisken eksportert kaldt, og svinnet ble ikke så stort.

Blåtekst: Arker finnes overalt. Ingen av dem er sykdomsframkallende eller giftige.

Bilde: foto

Bildetekst: Et av de første stedene arker ble funnet, var i varme kilder i Yellowstone nasjonalpark i USA.

### xxx3 Fordypning: Hvor oppstod livet på jorda?

Det har lenge vært et mysterium hvordan livet på jorda oppstod. Charles Darwin, naturforsker og grunnlegger av evolusjonsteorien, foreslo allerede på 1800-tallet at livet trolig oppstod i varme kilder. For å prøve å løse denne gåten har forskere studert millioner av gener fra arker og bakterier. De sammenlignet DNA-et for å finne gener med felles opphav og plasserte så mikroorganismene i et \_fylogenetisk tre\_ (livets tre, se også kapittel 2) basert på funnene sine. Ved å sammenligne genene har de kommet fram til at det må ha eksistert en liten organisme som levde for 3,8–3,5 milliarder år siden, da jorda bare var drøyt 500 millioner år gammel. Denne organismen har fått navnet Luca: Last Universal Common Ancestor, den siste universelle stamfar. Denne organismen levde på havbunnen nær åpninger i undersjøiske vulkaner der 1.200 grader varm magma fra jordens indre siver ut og møter iskaldt sjøvann. Luca har genetiske fellestrekk med arker som lever ved ekstremt høye temperaturer og bruker hydrogen som energikilde. Det er vanskelig å bevise at Luca er livets stamfar, og det finnes også andre teorier om livets opphav. Livet er svært komplekst, og det må ha tatt mange millioner år å danne liv på jorda fra kjemiske stoffer i vann. Vann og varme var altså viktig for at livet skulle oppstå. Når man leter etter liv på andre planeter, så er noen av de viktigste kriteriene at det må være vann og varme der.

--- 119 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Er arker prokaryote eller eukaryote organismer?
2. Tidligere ble arkene kalt urbakterier. Hvorfor er dette misvisende?
3. Hvor lever arker?

## xxx2 5.5 Eukaryote celler

Alle eukaryote organismer har eukaryote celler med en cellekjerne. Eukaryote organismer kan være ganske forskjellige. Tenk bare på det enorme mangfoldet vi har av planter og dyr på jorda. Likevel har alle disse organismene noe felles: DNA-et er innpakket i en membran. Dermed er DNA-et bedre beskyttet enn om det lå fritt i cellen, slik det gjør hos de prokaryote organismene. Alle organismer i de fire rikene protister, sopper, planter og dyr er bygd opp av eukaryote celler. Disse fire rikene omfatter alle flercellede organismer og noen encellede.

I grove trekk består eukaryote celler av tre hoveddeler: cellemembranen, cellekjernen og cytoplasmaet, som er området mellom cellemembranen og cellekjernen.

Cellemembranen omgir hele cellen, og membranens egenskaper gjør det mulig for cellen å opprettholde betingelsene som kreves for at liv skal eksistere. Cellemembranen er \_selektivt permeabel\_. Det vil si at den er en delvis gjennomtrengelig hinne som slipper noen molekyler og ioner gjennom, men stopper andre. Cellemembranens egenskaper er så viktige at hele kapittel 6 handler om hvordan den er bygd opp og fungerer. Cellekjernen inneholder arvematerialet, DNA, og er omringet av en \_kjernemembran\_. Cellekjernen regulerer innholdet av proteiner i cellen og kontrollerer cellens aktiviteter.

--- 120 til 401

Cytoplasmaet er området mellom cellekjernen og cellemembranen. Cytoplasmaet består av \_cytosol\_, cellevæske, og alle organellene som utfører oppgaver i cellens \_metabolisme\_, stoffskiftet. Cytosol fyller ut cellen og kan bestå av opptil 90 prosent vann. Organellene er små celledeler med en spesiell funksjon, tilsvarende kroppens organer. De blir holdt på plass av et indre nettverk, \_cytoskjelettet\_, som også gjør at cellen kan holde på fasongen. Metabolismen er summen av alle de biokjemiske prosessene der energi og byggesteiner blir bundet eller frigjort.

Tabellen på neste side gir en oversikt over organeller i eukaryote celler. Tabellen viser også hvilke organeller som finnes inni en typisk plantecelle og en typisk dyrecelle, og organellenes funksjon.

Hver av organellene har sitt eget sett av karakteristiske enzymer og andre spesialiserte molekyler. Enzymer er \_katalysatorer\_. Det betyr at de får reaksjoner til å gå raskere uten at det trengs mye energi. Enzymene styrer biokjemiske reaksjoner i cellene.

I de ulike organellene og på membranoverflatene foregår det forskjellige biokjemiske reaksjoner som er knyttet til oppbygning og nedbrytning av stoffer. Siden alle organellene, med unntak av ribosomene, er omgitt av en membran, vil ikke reaksjonene i én organell bli forstyrret av de reaksjonene som foregår i andre organeller. I en menneskecelle er det tusenvis av forskjellige enzymer, og hvert enzym katalyserer én bestemt reaksjon.

--- 121 til 401

Organeller hos eukaryote seler – en oversikt:

Tabell:

|  |  |
| --- | --- |
| Organell | Funksjon |
| Cellemembranen | -- omgir hele cellen  -- kontrollerer transport inn i og ut av cellen |
| Cellekjernen | -- er kontrollsenter  -- beskytter DNA-et  -- sørger for DNA-kopiering (celledeling)  -- sørger for RNA-produksjon |
| Ribosomer | -- er produksjonssted for polypeptider (proteinsyntese) |
| Mitokondrier | -- er kraftverket i cellen  -- spalter næringsstoffer til byggesteiner og energi, bl.a. ATP (celleånding) |
| Cytoskjelettet | -- stiver opp cellen  -- holder organellene på plass  -- er viktig i forbindelse med celledelingen |
| Endomembransystemet | -- er et transportsystem |
| Endoplasmatisk nettverk eller endoplasmatisk retikulum (ER) | -- produserer proteiner, enzymer, fett  -- danner transportblærer  -- bryter ned giftstoffer |
| Golgiapparatet | -- sorterer og videresender proteiner  -- omdanner organiske forbindelser |
| Peroksisomer | -- bryter ned organiske forbindelser, f.eks. fettsyrer |
| Lysosomer (hovedsakelig i dyreceller, hos noen planter og protister) | -- bryter ned næringsstoffer, bakterier og ødelagte organeller  -- bryter ned bestemte celler i fosterutviklingen  -- sørger for celledød |
| Vakuoler (bare i planteceller) | -- lagrer forskjellige kjemiske forbindelser  -- regulerer cellevolumet  -- regulerer vannbalansen i cellen |
| Kloroplaster (bare i planteceller) | -- binder lysenergi til kjemisk energi (fotosyntese) |
| Celleveggen (hos planter, sopper og noen protister) | -- gir støtte  -- gir beskyttelse  -- hindrer stort vannopptak |

I faget biologi 2 lærer du mer om de biokjemiske prosessene som foregår i kjernen (DNA-kopiering og transkripsjon), cytoplasmaet (proteinsyntesen), mitokondriene (celleåndingen) og kloroplastene (fotosyntesen).

Blåtekst: Eukaryote celler har cellekjerne og en rekke membrandekkede organeller der det foregår biokjemiske prosesser.

Bilde: to foto

Bildetekst: Hvitveis og elefant har det til felles at de består av eukaryote celler, men er ellers svært ulike av utseende. Det viser noe av det enorme mangfoldet av eukaryote organismer på jorda.

Bilde: figur

Bildetekst: Dyreceller og planteceller har mange organeller felles. Kun noen ganske få organeller finnes i bare én av celletypene.

Forklaring: \_Felles\_: cellemembran, cellekjerne og cytoplasma.

I cellekjernen: kjernemembran, transportprotein og DNA.

I cytoplasma: ER, ribosom, cytosol, cytoskjelett, golgiapparat, og mitokondrie.

\_Forskjeller\_: Plantecellen har cellevegg utenpå cellemembranen.

I cytoplasma: Lysosom i dyrecellen, kloroplast og vakuole i plantecellen.

Margtekst: \_Selektiv\_ betyr «utvelgende», \_permeabel\_ betyr «gjennomtrengelig».

--- 122 til 401

### xxx3 Fordypning: Hvor mange celletyper er det i kroppen vår?

Det oppdages stadig flere nye planeter i verdensrommet, og det oppdages også stadig nye celletyper i kroppen vår. Robert Hooke var en engelsk naturfilosof som levde på 1600-tallet. Det var han som fant opp mikroskopet. Han studerte barken fra trær i mikroskopet han hadde utviklet, og var den første som så celler. Han kalte dem celler fordi de lignet på cellene som munkene i klosteret bodde i. Vi har fortsatt ganske liten kunnskap om alle cellene i kroppen vår og hvordan de varierer fra ett menneske til et annet og gjennom oppveksten. Det er fordi det er svært vanskelig å få oversikt over alle celletypene i kroppen vår bortsett fra at de alle er eukaryote. Alle celler i menneskekroppen, bortsett fra kjønnscellene, har samme DNA. Forskjellen på celletypene, hva som skiller for eksempel en levercelle fra en muskelcelle, er hvilke gener som er skrudd på eller av, og hvilke proteiner som lages i den bestemte celletypen. Forskere jobber i dag på det store og verdensomspennende prosjektet Human Cell Atlas for å klassifisere alle celletypene i menneskekroppen. For å finne nye typer celler brukes sekvenseringsteknologi som kan gi oss detaljert kunnskap om oppbygningen av og sekvensene (baserekkefølgen) til RNA og DNA. Man leter etter endringer i DNA-sekvensene, \_mutasjoner\_, ser på hvilke gener som er i bruk, og hvor i arvematerialet DNA-et er åpent og tilgjengelig. Ved å bruke denne informasjonen sammen med identifisering av hvilke proteiner som er til stede i enkeltceller, kan man identifisere ulike celletyper. De siste årene har forskerne i Human Cell Atlas-prosjektet oppdaget nye celletyper blant annet i hjernen, i tarmen, på netthinnen i øyet og i immunsystemet vårt.

### xxx3 Cellekjernen – cellens kontrollsenter

Cellekjernen er kontrollsenteret i cellen. Kjernen inneholder arvestoffet DNA, og DNA-et ligger beskyttet innenfor \_kjernemembranen\_. Et DNA-molekyl som er pakket rundt proteiner, utgjør et \_kromosom\_. Eukaryote arter har et bestemt antall lange og lineære kromosomer. De kan inneholde hundrevis av \_gener\_. De fleste cellene i en organisme har det samme, identiske arvestoffet og like mange kromosomer. Cellene i kroppen vår har parvise kromosomer, og vi sier at de er \_diploide\_. Kjønnsceller har kun enkeltkromosomer og dermed bare halvparten så mange kromosomer. Vi sier at kjønnscellene er \_haploide\_.

Når cellen trenger informasjonen som ligger i DNA-et, blir det laget kopier av deler av DNA-et, gener, i form av RNA-molekyler. Kopieringen kaller vi \_transkripsjon\_. Hvert RNA-molekyl er en kopi av bare ett gen. Det er derfor mye kortere enn hele DNA-molekylet. RNA finnes i tre hovedformer: rRNA, tRNA og mRNA. rRNA, ribosom-RNA, utgjør en del av ribosomet, tRNA, er transport-RNA, og mRNA, budbærer-RNA (m er forkortelse for \_messenger\_), er kopien av ett gen i DNA-et. Alle tre deltar i produksjonen av proteiner, \_proteinsyntesen\_: rRNA, tRNA og mRNA.

Kjernemembranen er dobbelt og har en indre og en ytre membran. Kjernemembranen har mange \_transportproteiner\_ (se side 150) der stoffer som skal inn i og ut av kjernen, blir kontrollert. Verken den ytre eller den indre membranen er foldet, og de to membranene ligger tett inntil hverandre. DNA-molekylene er for store til at de kan slippe ut gjennom kjernemembranen, men RNA-et er lite nok, så det slipper ut av kjernen. Ute i cytoplasmaet blir RNA-oppskriften brukt til å produsere proteiner.

--- 123 til 401

Selve informasjonen kommer altså ut i cytoplasmaet, mens «originalen» – altså DNA-et – ligger trygt lagret inni cellekjernen.

Blåtekst: Cellekjernen inneholder arvestoffet DNA, og den har en dobbelt membran som kontrollerer hva som slipper inn i og ut av kjernen.

Bilde: figur

Bildetekst: Cellekjernen

Bilde: figur

Bildetekst: Hvert DNA-molekyl består av mange gener. Et gen er den delen av DNA-et som inneholder informasjon om en egenskap.

### xxx3 Fordypning: Kjernemembranprotein med livsviktige funksjoner

Kjernemembranen beskytter DNA-et i celten fra cytoplasmaet. På innsiden av kjernemembranen er det et nettverk av proteiner. Dette nettverket består først og fremst av en gruppe proteiner som blir kalt \_laminer\_. Disse proteinene er blant annet viktige for å holde kjernemembranen og DNA-et stabilt. LMNA-genet inneholder oppskriften på proteinet lamin A, som er ett av proteinene i denne gruppen. Mutasjoner i LMNA-genet har vist seg å ha sammenheng med en rekke genetiske sykdommer med fellesnavnet \_laminopatier\_. Det er funnet flere ulike mutasjoner i dette genet og mer enn 15 alvorlige sykdommer som inkluderer muskel-, metabolisme- og nervesykdommer. En slik sykdom er \_Hutchinson-Gilford progeriasyndromet\_ (HGPS), ofte bare kalt progeria. Mutasjonen fører til at det lages lamin A-proteiner som mangler en bit, og vi får en variant av lamin A som kalles \_progerin\_. Progerin hoper seg opp i cellekjernen og gjør at kjernemembranen ikke får den nødvendige stabiliteten og derfor faller delvis sammen. Progeria er en barnesykdom. Barn med denne sykdommen eldes ti ganger fortere enn et friskt menneske, og de lever derfor ikke lenge. De fleste lever til midten av tenårene, og noen få til de er rundt 20 år. Barna får diagnosen rundt toårsalderen, og har da begynnende aldringssymptomer som hårtap, hudendringer og endringer i skjelettet. Dette er en svært sjelden sykdom, og det er i dag rundt 100 barn i verden som har progeria. Det finnes i dag ingen behandling som kurerer sykdommen.

Bilde: foto

Bildetekst: Bildet viser en 13 år gammel jente med progeria.

### xxx3 Ribosomene – cellens proteinfabrikker

\_Ribosomene\_ er små organeller som består av RNA og proteiner. Et ribosom består av 2/3 RNA og 1/3 proteiner. Ribosomet er satt sammen av to kuleformede proteinmolekyler som er festet til hverandre. Inni hver av kulene ligger det rRNA (ribosomalt RNA). De to kulene har ulik størrelse – én er liten, den andre er noe større. Ribosomene flyter enten fritt i cytosol, eller de er festet til det \_endoplasmatiske nettverket\_, ER (se side 126). Ribosomene er ganske like hos alle eukaryote organismer, og evolusjonsbiologene mener det er fordi de har en felles opprinnelse.

Når kopien av DNA, mRNA-et, kommer ut av cellekjernen, kopler det seg til et ribosom. Noen av disse ribosomene beveger seg sammen med mRNA-et til det endoplasmatiske nettverket, ER, og setter seg fast på det. I proteinsyntesen oversettes informasjonen i mRNA-et når aminosyrer blir koplet sammen til polypeptider ved hjelp av tRNA.

--- 124 til 401

Polypeptidene foldes og blir til proteiner. Når ett eller flere polypeptider blir foldet til et protein, får proteinet en tredimensjonal fasong og struktur som er avgjørende for egenskapene. De fleste proteiner som lages på frie ribosomer, fungerer i cytosol og har oppgaver blant annet i metabolismen. Et eksempel på det er nedbrytning av sukker til mindre molekyler, som så kan fraktes inn i mitokondrien (se nedenfor). De proteinene som lages av ribosomer som er festet til ER, fungerer i membraner og bestemte organeller eller eksporteres ut av cellen. Her har proteinene mange ulike oppgaver knyttet til blant annet hormonsystemet (se kapittel 9), transportsystemene (se kapittel 10) og immunsystemet (se kapittel 11).

Blåtekst: Ribosomene er små organeller som enten flyter fritt i cytoplasmaet eller er festet til det endoplasmatiske nettverket (ER). Ribosomene deltar i proteinsyntesen.

Bilde: figur

Bildetekst: Ribosomet består av en stor og en liten del. Når nye proteiner skal lages, fester ribosomet seg til mRNA og leser av oppskriften.

### xxx3 Mitokondriene – cellens energiverk

Mitokondriene er cellenes energiverk. Her blir organiske molekyler fra maten, det vil si karbohydrater, fett og proteiner, spaltet i den prosessen som kalles \_celleånding\_. I dagligtale kaller vi det som regel ikke \_celleånding\_, men forbrenning. Når organiske molekyler brytes ned, blir energien i disse forbindelsene lagret i form av ATP, \_adenosintrifosfat\_. ATP er et molekyl med tre fosfatgrupper som kan fange opp energi, og er den viktigste bæreren av energi i cellen. Deretter kan energien fraktes til det stedet der den skal utnyttes. Når en fosfatgruppe (P) blir overført fra ATP til et annet molekyl, får dette molekylet økt kjemisk energi. Denne energien kan cellen utnytte i en rekke kjemiske reaksjoner. Når ATP gir fra seg en fosfatgruppe, får vi ADP, \_adenosindifosfat\_. ATP er hovedenergikilden når cellen skal dele seg, bevege seg, produsere kjemiske stoffer og transportere ioner og molekyler mellom organeller og mellom celler. Celleånding kan være uten oksygen (\_anaerob\_) eller med oksygen (\_aerob\_), men i mitokondriene er det bare celleånding med oksygen. Her blir det brukt oksygen, og det blir produsert karbondioksid.

Mitokondriene har en dobbelt membran: en ytre og en indre. Den ytre membranen er glatt og jevn. Den indre membranen er foldet og har mange innbuktninger, så den har en svært stor overflate. På den foldede, indre mitokondriemembranen blir ADP koplet til P og ATP dannet. Foldingene gir en stor overflate og rom for å produsere mye ATP.

Aerob celleånding:

glukose + oksygen -> karbondioksid + vann + energi

C\6H\12O\6 +6O\2 -> 6CO\2 +6H2O +32 ATP

--- 125 til 401

Jo høyere energibehov en celle har, jo flere eller større mitokondrier har den. Muskelceller kan ha opptil 10.000 mitokondrier per celle, mens leverceller med mer beskjedne energibehov kan ha 2.500. Mitokondriene inneholder eget DNA som koder for noen av proteinene i organellen. Disse proteinene er viktige blant annet i celleåndingen.

Blåtekst: Mitokondriene er cellenes energiverk. Organiske molekyler fra maten, det vil si karbohydrater, fett og proteiner, blir spaltet i den prosessen som kalles \_celleånding\_. Energien i disse molekylene blir lagret i form av ATP.

Bilde: figur

Forklaring: Mitokondriene er i cellenes cytoplasma.

Bilde: figur

Bildetekst: Mitokondriene er energiverket i cellene. De er dekket av en dobbelt membran. Den indre membranen er foldet.

Forklaring: Glukose og oksygen går inn i mitokondriene og vann, CO\2 og ATP kommer ut.

Bilde: figur

Bildetekst: ATP er et energibærermolekyl som kan ta opp og frigi energi.

Margtekst: \_tri\_ = tre, \_di\_ = to

### xxx3 Cytoskjelettet – støtte og bevegelse

Inni cellene hos eukaryote organismer er det et nettverk av proteinfibrer, et \_cytoskjelett\_. Cytoskjelettet består av flere hovedtyper av proteinfibrer som går på kryss og tvers i cellen. Mellom disse fibrene og delvis festet til dem ligger de forskjellige organellene, som ved hjelp av fibrene holdes på plass. Fibrene er blant annet viktige for å holde cellekjernen stabilt og godt fast. Cytoskjelettet stiver opp cellen, slik at den holder fasongen og ikke faller sammen. Dette er særlig viktig for dyreceller, som ikke har cellevegg. Cytoskjelettet har betydning for den biokjemiske aktiviteten i cellen, for det deltar når det blir overført signaler fra omgivelsene utenfor cellen og inn til bestemte organeller.

Cytoskjelettet er også involvert i sorteringen av kromosomer under celledelingen, og det bygger opp strukturer som flageller og cilier. Dette er utbuktninger som er festet i cellens overflate, og de gjør encellede organismer i stand til å bevege seg. Også «frie» celler i flercellede organismer kan bevege seg på denne måten. Sædceller har én lang flagell, som utgjør halen. En samling mitokondrier ved halerota til sædcellen skaffer energi til flagellens kraftfulle bevegelser og fører den mot eggcellen. Andre celler har cilier som sitter fast på utsiden av celleveggen og beveger væske over celleoverflaten.

--- 126 til 401

Det skjer blant annet i luftrørene våre. Slimhinner dekker luftrørene innvendig, og cellene her har cilier som forhindrer fremmedlegemer fra å trenge ned i lungene. Ciliene skiller ut klebrig slim og beveger fremmedlegemene opp mot svelget og ut gjennom munnen.

Blåtekst: Cytoskjelettet er et nettverk av proteinfibrer som går på kryss og tvers i cellen og holder organellene på plass. Cytoskjelettet stiver opp cellen, slik at den holder fasongen og ikke faller sammen, og gjør at mange celler kan bevege seg.

Bilde: figur

Bildetekst: Cytoskjelettet stiver opp cellen og holder organellene på plass, slik at de ikke flyter rundt.

Bilde: foto

Bildetekst: To hudceller (epitelceller) der de ulike hovedtypene av proteinfibrene i cytoskjelettet er farget i gult, blått og grønt. DNA-et i kjernen er farget oransje.

### xxx3 Endomembransystemet – cellens transportsystem

Membranen rundt kjernen henger sammen med mange av de andre membranene som omgir organellene. Disse organellene danner et system av membraner og blærer som er pakket inn i membraner, \_endomembransystemet\_. Dette er cellens transportsystem, og det består av kjernemembranen, det endoplasmatiske nettverket, golgiapparatet, vakuoler, lysosomer og cellemembranen. De samarbeider om biokjemiske prosesser, og blærer blir overført fra én organell til en annen.

#### xxx4 Endoplasmatisk nettverk (ER)

Fra membranen rundt kjernen går det ut et nettverk av membraner som slipper fra seg blærer. Membranene utgjør det endoplasmatiske nettverket. Det blir ofte kalt ER (\_endoplasmatisk retikulum\_).

Noen av membranene er dekket av ribosomer, og dem kaller vi \_ru\_ ER. Innenfor disse membranene blir det laget proteiner av de polypeptidene som ribosomene lager.

--- 127 til 401

Resten av membranene er ikke dekket med ribosomer, og dem kaller vi \_glatt\_ ER. Her blir det blant annet produsert organiske molekyler som fettsyrer, fosfolipider og hormoner. Glatt ER er viktig i forbindelse med nedbrytning av legemidler og giftstoffer, særlig i leverceller.

Blærer avsnøres fra ER og blir transportert til andre organeller som trenger de organiske molekylene som er dannet i membranene. Slike blærer kaller vi transportblærer. Andre blærer blir til golgiapparatet og lysosomer. ER er altså både et produksjonssted og et transportsystem.

Blåtekst: Det endoplasmatiske nettverket (ER) er et membransystem der stoffer blir laget, fraktet videre eller lagret.

Bilde: figur

Bildetekst: ER er et nettverk av membraner.

Forklaring: Kjernemembran med ribosomer og en blære.

Margtekst: \_Retikulum\_ (latin) betyr «nettverk».

#### xxx4 Golgiapparatet

Golgiapparatet er en del av transportsystemet i cellene, endomembransystemet. Golgiapparatet endrer, pakker, sorterer og transporterer store organiske molekyler, særlig proteiner og lipider, for bruk inni eller utenfor cellen. En viktig oppgave er å feste adresselapper på proteiner i form av ulike karbohydrater (polysakkarider), slik at de blir transportert til rett sted. Mange av karbohydratene som brukes til å merke proteiner, bygges opp i golgiapparatet. Golgiapparatet fungerer også som et lager for forbindelser som ligger «på vent».

Golgiapparatet ser ut som en bunke med blærer og avlange, tallerkenformede sekker som er lagt oppå hverandre. Membranblærer som er avsnørt fra ER, smelter sammen med den øvre delen av golgiapparatet. Her tømmer de innholdet. I golgiapparatet blir organiske molekyler fra ER endret eller ombygd til andre molekyler ved hjelp av enzymer. Molekylene blir så transportert gjennom golgiapparatet ved at blærer fra høyere lag slippes ned til laget under. Dette skjer i flere omganger, helt til det nederste laget. Det nederste laget slipper løs nye blærer. De blir enten transportert ut av cellen, tømt i cytoplasmaet eller omdannet til nye organeller.

Blåtekst: Golgiapparatet er stabler med væskefylte sekker. Sekkene er dannet av blærer som er avsnørt fra ER. Organiske molekyler, særlig proteiner og lipider, sorteres, omdannes og transporteres i golgiapparatet.

Bilde: figur

Bildetekst: Golgiapparatet er dannet av blærer som er avsnørt fra ER.

Margtekst: Golgiapparatet er oppkalt etter italieneren Camillo Golgi, som ved hjelp av mikroskop oppdaget denne organellen i 1898. Fridtjof Nansen var student hos Golgi.

### xxx3 Peroksisomer og lysosomer – cellens «renholdsverk»

Cellen inneholder ulike blærer som er viktige i nedbrytningen av store molekyler, bakterier og cellens egne organeller når disse ikke fungerer lenger. De ulike blærene inneholder egne enzymer som bryter ned bestemte kjemiske forbindelser, som deretter inngår i cellens metabolisme. Vi skal her se nærmere på to av disse typene blærer: peroksisomer og lysosomer. Lysosomene regnes som en del av det endoplasmatiske nettverket.

--- 128 til 401

\_Peroksisomer\_ er blærer som inneholder enzymer som i celleåndingen bryter ned fettsyrer til mindre molekyler. Samtidig blir det dannet giftig hydrogenperoksid (H\2O\2). Det er hydrogenperoksidet disse organellene har fått navnet fra. Hydrogenperoksid blir fort omdannet til vann og oksygen av enzymet \_katalase\_. Peroksisomer er omgitt av en enkeltmembran (se side 144). De finnes i både plante- og dyreceller.

\_Lysosomer\_ er blærer som inneholder omtrent 50 ulike enzymer, blant annet \_lysozym\_, som kan bryte ned alle slags store organiske molekyler i cellene. Enzymene fungerer best i det sure miljøet i lysosomene, hvor pH-verdien er rundt 5. Disse enzymene blir inaktive dersom de lekker ut i cytosol med en pH-verdi på rundt 7,2. Lysosomene er også omgitt av en enkeltmembran og bryter ned utslitte organeller, næringspartikler, virus og bakterier og andre celler som blir «spist» ved endocytose (se side 155). De hvite blodcellene våre har mange lysosomer som kan delta når de hvite blodcellene spiser bakterier. Lysosomene resirkulerer cellens egne bestanddeler ved å bryte dem ned til mindre molekyler som kan benyttes til oppbygning av cellen. Lysosomer er også involvert i programmert celledød (apoptose), der cellen tar sitt eget liv, blant annet når den er gammel og må erstattes. Under fosterutviklingen er lysosomer involvert i programmert død hos celler som ikke er til stede i voksne individer, for eksempel halen på rumpetroll og hud mellom fingrene hos mennesker. Det finnes lysosomer i alle dyreceller, hos protister og i noen planteceller. For eksempel skiller celler i tårekjertelen i øyet ut proteinet lysozym i tårevæsken. Det hindrer infeksjoner fordi enzymet bryter ned bakterier som kommer inn på øyet.

Lysosomenes enzymer og membran lages av ru ER og bearbeides i golgiapparatet. De kan smelte sammen med vakuoler eller andre blærer med store organiske molekyler, slik at innholdet blir brutt ned.

Blåtekst: Peroksisomer er blærer som inneholder enzymer som bryter ned fettsyrer til mindre molekyler. Samtidig blir det dannet giftig hydrogenperoksid. Lysosomer er blærer som inneholder omtrent 50 ulike enzymer som kan bryte ned alle slags store organiske molekyler i cellene.

Bilde: figur

Bildetekst: Lysosomer inneholder enzymer som bryter ned store organiske molekyler til mindre deler.

--- 129 til 401

### xxx3 Celleveggen – cellens panser

Planter, sopper, arker, bakterier og noen protister har en beskyttende cellevegg utenpå cellemembranen. Celleveggen beskytter cellen, gir den støtte og holder cellestrukturen fast. I tillegg vil celleveggen hindre cellen i å ta opp så mye vann at den sprekker. Sterke cellevegger i spesialiserte celletyper sørger for at planten kan stå oppreist. Trær kan reise seg mer enn 100 meter over bakken fordi spesialiserte celler i stammen, \_vedrør\_ (se side 172), har forsterkede cellevegger og ikke noe cytoplasma. Disse cellene, som utgjør det meste av stammen, er døde, men transporterer vann fra jorda og sørger for støtte.

Celleveggen kan bestå av forskjellige organiske molekyler. Hos planter består celleveggen av mye cellulose. Cellulose er et karbohydrat som er bygd av glukosemolekyler i lange kjeder. Andre karbohydrater samt en del proteiner inngår også i celleveggen.

\_Lignin\_ er en forutsetning for plantenes liv på land. Lignin er en kompleks kjemisk forbindelse som forsterker celleveggen og gjør at den motstår trykk bedre. Lignin finnes i alle planter, unntatt i moser. Hvis vi sammenlikner celleveggen med en mur, så er ligninet betongen og cellulosen armeringen. For å lage papir av trær må man fjerne ligninet fra cellulosen.

Celleveggen er porøs, slik at vann og små molekyler slipper gjennom. Mellom naboceller er det kanaler som forbinder cytosol og gjør det mulig for cellene å kommunisere. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 6.

Blåtekst: Planter, sopper, bakterier og noen protister har en beskyttende cellevegg utenpå cellemembranen. Celleveggen beskytter cellen, gir den støtte og holder cellestrukturen fast.

Bilde: figur

Bildetekst: Cellulose består av glukosemolekyler som er satt sammen i lange kjeder.

Bilde: foto

Bildetekst: Celler hos løk har en tydelig cellevegg. Vi kan også se cellekjernen i hver celle.

### xxx3 Vakuoler – cellesaftrom

Planteceller har én eller flere \_vakuoler\_. Vakuoler er store, væskefylte rom i cytoplasmaet og er omgitt av en membran. Vakuoler blir også kalt cellesaftrom. Cellesaften bidrar til å opprettholde trykket inni plantecellen og stive opp hele planten. Trykket i vakuolen kan være opptil åtte ganger høyere enn i et bildekk! I planter som utsettes for tørke, vil trykket avta, og dermed blir plantene slappe.

--- 130 til 401

Sammensetningen av cellesaften varierer mye. Vakuoler kan være lagringsplass for utskilte stoffer som planten ikke trenger, blant annet biprodukter fra cellens stoffskifte som ville kunne skade cellen dersom de var løst i cytosol. I blomstens kronbladceller er for eksempel fargestoffer samlet i vakuolene, og i bladceller kan vakuolene inneholde gift som beskytter mot planteetende insekter og andre dyr fordi den smaker vondt. Fargestoffer og giftstoffer kan være skadelige for plantecellen og kan derfor ikke flyte fritt rundt i cytosol.

Når celler er unge, er vakuolene som regel ganske små, men de vokser hos eldre celler og bidrar til at cellene kan bli mye større. I noen modne frukter kan vakuolene være store og fylt med søt saft, for eksempel hos pærer. Det kan være en tilpasning som gjør at frukten lettere blir spist av dyr og frøene blir spredd. I frø er vakuolene ofte fylt med proteiner som blir brukt som næring når frøet spirer.

Blåtekst: Vakuoler er store, væskefylte rom i cytoplasmaet til planteceller. Vakuoler blir også kalt cellesaftrom. Cellesaften er viktig for å opprettholde trykket inni plantecellen og stive opp hele planten.

Bilde: figur

Forklaring: Vakuole og kloroplast i en plantecelle.

### xxx3 Kloroplaster – cellenes solcellepanel

\_Kloroplastenes\_ funksjon er å fange lysenergien fra sola og omdanne den til kjemisk energi. Lysenergien lagres blant annet som ATP, og plantene bruker energien i reaksjonene der karbondioksid og vann blir til glukose og oksygen.

Kloroplasten har dobbelte ytre membraner som omgir det væskefylte rommet \_stroma\_. Et indre membransystem, \_tylakoidene\_, ligger i stroma. Tylakoidene er blæreformede sekker som er organisert i en stabel. En slik stabel kalles \_granum\_(flertall: \_grana\_). Hver sekk består av væske som er pakket inn i en membran vi kaller \_tylakoidmembran\_. Det er her klorofyllet og andre viktige forbindelser finnes, og det er her den viktigste delen av fotosyntesen foregår. Fotosyntesen er den biokjemiske prosessen der solenergi blir bygd om til kjemisk energi. Klorofyll er et pigment som kan fange opp energi fra fiolett, blått og rødt lys og bruke lysenergien til å lage energirike forbindelser. I en kjemisk reaksjon i stroma og tylakoidmembranen blir vann og karbondioksid brukt, og glukose og oksygen produsert:

vann + karbondioksid + solenergi -> glukose + oksygen

6H\2O +6CO\2 + solenergi -> C\6H\12O\6 +6O\2

Plantenes grønne farge skyldes at grønt lys ikke kan absorberes, men reflekteres.

--- 131 til 401

Grønne planteceller kan ha flere hundre kloroplaster per celle, men det vanlige er mellom ti og hundre. I et lysmikroskop kan du se kloroplastene som grønne organeller med oval fasong. Kloroplastene har flere likheter med mitokondriene: dobbeltmembran (se side 144), ribosomer og eget DNA. Blågrønnbakterier og noen protister har også klorofyll.

Blåtekst: I planteceller finnes det kloroplaster. I kloroplastene er klorofyllet, og der blir lysenergi omdannet til kjemisk energi i en prosess som kalles fotosyntesen.

Bilde: figur

Bildetekst: Kloroplast i en plantecelle

Bilde: foto

Bildetekst: I disse høstbladene er klorofyllet i ferd med å brytes ned, slik at andre pigmenter viser farge. Klorofyllet er så verdifullt at det resirkuleres. Hver høst brytes det ned og lagres i treet. Da kommer andre pigmenter til syne. Disse finnes både i kloroplaster og vakuoler, men skjules om sommeren når fargen til klorofyllet dominerer.

Margtekst: Kloroplast: fra gresk \_chloros\_, som betyr «grønn, gulgrønn», og \_plastos\_, som betyr «dannet, formet».

### xxx3 Repetisjon

1. Tegn en enkel skisse av en dyrecelle og en plantecelle med organeller. Hvilke organeller er felles, og hvilke er det ikke?
2. Hva er forskjellene på cytoplasma og cytosol?
3. Hva er et enzym?
4. Hvilke av organellene er omgitt av en dobbeltmembran?
5. Hva foregår i mitokondriene? Og i kloroplastene?
6. Forklar hvilke organeller og prosesser som blir bundet sammen i endomembransystemet.
7. Hva er en vakuole?

## xxx2 5.6 Fra prokaryot til eukaryot organisme

Fossilfunn tyder på at eukaryote organismer oppstod fra prokaryoter for mer enn to milliarder år siden. Denne utviklingen kan ha skjedd ved at noe av cellemembranen i en prokaryot celle foldet seg innover, la seg rundt det frie DNA-et og dannet en dobbelt kjernemembran. Andre deler av cellemembranen dannet blærer. Blærene omsluttet områder som ble til spesialiserte organeller, for eksempel golgiapparatet og lysosomer.

### xxx3 Endosymbioseteorien

På begynnelsen av 1900-tallet la den russiske biologen Konstantin Merezjkovskij fram en teori om at kloroplaster i planter og alger stammer fra blågrønnbakterier (cyanobakterier), en gruppe bakterier som inneholder klorofyll. I 1967 introduserte den norske forskeren Jostein Goksøyr og den amerikanske forskeren Lynn Margulis en \_endosymbioseteori\_, helt uavhengig av hverandre. \_Endosymbiose\_ betyr at en organisme lever inni en annen organisme i et symbioseforhold. Endosymbioseteorien er en teori om hvordan noen organeller i eukaryote celler stammer fra prokaryote celler.

--- 132 til 401

Det var teorien til Jostein Goksøyr som til slutt vant fram, og i dag er den blitt allemannseie. Eukaryote encellede organismer tok opp en levende blågrønnbakterie ved endocytose (se side 155). Men i stedet for å bli brutt ned fikk blågrønnbakterien leve videre i symbiose med den eukaryote cellen. Blågrønnbakterien ble en \_endosymbiont\_. I denne sameksistensen var blågrønnbakterien til nytte fordi den kunne utføre fotosyntese.

Andre energiproduserende prokaryote organismer ble også pakket inn. De ble til mitokondriene. Dette kan forklare at både kloroplaster og mitokondrier er pakket inn i to lag membraner – dobbelte membraner. Den indre membranen stammer fra den prokaryote organismen, den ytterste fra den eukaryote cellen som tok den opp. Både kloroplaster og mitokondrier har sitt eget DNA og styrer til en viss grad seg selv når det gjelder mangfoldiggjøring av seg selv inni cellen og sin egen biokjemi. De kan ikke lage alle proteinene de trenger til fotosyntese og celleånding, og er derfor avhengige av at resten av cellen lager noen av disse.

Blåtekst: Fossilfunn tyder på at eukaryote organismer oppstod fra prokaryoter for mer enn to milliarder år siden. Endosymbioseteorien forklarer hvordan kloroplaster og mitokondrier ble dannet ved at eukaryote celler tok opp bakterier.

Bilde: figur

Bildetekst: Eukaryote organismer kan ha oppstått fra prokaryote organismer ved at cellemembranen foldet seg inn og dannet cellekjerne og andre organeller.

Bilde: figur

Bildetekst: Organeller som kloroplaster og mitokondrier kan ha oppstått ved endosymbiose.

Margtekst: \_Endo-\_ stammer fra gresk og betyr «inni».

--- 133 til 401

### xxx3 Fordypning: Urdyret fra Ås

Utviklingen av metoder for å analysere DNA-strukturen har gjort det mulig å stille nye spørsmål ved opphavet vårt, altså hva som var den første eukaryote organismen. I 2012 fant forskere ved Universitetet i Oslo en sjelden mikroorganisme i en innsjø i Ås kommune i Akershus, en liten amøbeliknende organisme som heter \_Collodictyon\_. Den ble første gang beskrevet på slutten av 1800-tallet. Ved hjelp av genetiske analyser har forskerne funnet ut at dette er en av verdens eldste nålevende eukaryote organismer – rett og slett et slags urdyr. Dette urdyret er ikke en prokaryot bakterie, men passer heller ikke helt inn i beskrivelsene av eukaryote organismer som planter, alger, sopp og dyr. \_Collodictyon\_ ligner på de tidligste eukaryote cellene vi har funnet spor av. Den har alle de vanlige celledelene vi finner hos eukaryote celler, for eksempel cellekjerne og mitokondrier. Den har også fire fire flageller. Dersom eukaryote celler har flageller, har de vanligvis én eller to. Sædcellene til mennesket har for eksempel kun én flagell. Celler med én flagell er et bygningstrekk menneskeceller har felles med alle andre dyr, sopp og en rekke encellede eukaryoter.

Bilde: foto

Bildetekst: Collodictyon

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke organeller i eukaryote organismer stammer fra symbiose med prokaryoter?
2. Hvordan forklarer endosymbioseteorien at kloroplaster og mitokondrier har dobbeltmembran?
3. Forklar endosymbioseteorien med dine egne ord.

## xxx2 5.7 Virus

Hvordan kan utviklingsteorien, evolusjonsteorien, forklare at virus oppstod? Her finnes det flere forslag til hypoteser, men ingen entydig teori. Virus er celleparasitter og forårsaker sykdommer som influensa, forkjølelse, aids og herpes (munnsår).

### xxx3 Hvordan virus er bygd opp

Virus er ikke laget av celler. De er partikler som har en proteinkappe med arvestoff inni. Mellom proteinkappen og arvestoffet er det bare væske eller luft. Arvestoffet er enten DNA eller RNA og består av alt fra 3 til 200 gener.

--- 134 til 401

Disse genenes eneste hensikt er å gi viruset egenskaper som gjør at det kan komme inn i en celle og kopiere arvestoffet sitt. Proteinkappen har ofte krystallform med en svært fin og symmetrisk fasong. Viruset alene har ingen organeller, ikke noe cytoplasma, ingen enzymer og ikke noe selvstendig stoffskifte.

Selv om virus ikke regnes som levende, har vi gitt dem latinske slektsnavn, slik at forskere kan ha et felles språk. Ved å studere virusets ytre kan vi avgjøre hva slags art det er. De fleste virus angriper bare bestemte celler hos bestemte organismer, enten dyr, planter eller bakterier, og de angriper vanligvis bare én art eller noen få arter. Hivviruset vil for eksempel kun angripe spesielle hvite blodceller, ikke andre celletyper i mennesket. \_Hiv\_ er en forkortelse for engelsk Human Immune Deficiency Virus, som betyr «humant immunsviktvirus».

Blåtekst: Virus er ikke laget av celler. De er partikler som har en proteinkappe med arvestoff inni. Arvestoffet er enten DNA eller RNA.

Bilde: figur

Bildetekst: Virus kan ha ulike fasonger avhengig av vertscellen. I eukaryote celler har virus en annen grunnstruktur enn i prokaryote celler. Virus kan ha DNA eller RNA som arvemateriale.

Forklaring: Eksempler på virus. Influensavirus med DNA, hivvirus med RNA, bakteriofag med DNA og plantevirus med RNA.

### xxx3 Formering hos virus

Virus formerer seg ved at virusets arvestoff tar kontroll over en vertscelle og bruker materialet i vertscellen til å lage et enormt antall kopier av seg selv. Arvestoffet i virus kan bestå av DNA eller RNA.

Viruset fester seg til cellen og sender arvestoffet sitt inn i cellen. Virusarvestoffet går helt inn i vertens kjerne og fester seg til DNA-et. Virus-DNA bruker vertens celleinnhold til å lage kopier av sitt eget arvestoff. Videre blir byggemateriale inni verten brukt til å lage nye proteinkapper, og slik blir det dannet mange kopier av viruset. Virus forårsaker på denne måten sykdom fordi de ødelegger celler ved å ta kontroll over dem.

--- 135 til 401

\_Herpesviruset\_ er et eksempel på virus som formerer seg på denne måten, og som angriper slimhinneceller i og ved munnen eller kjønnsorganene.

Virus med RNA som arvestoff kalles \_retrovirus\_. Et virus som har RNA som arvestoff, må først lage en slags kopi av arvestoffet sitt, en DNA-tråd som kan settes inn i vertens DNA. For å klare å kopiere RNA til DNA har retrovirus et enzym som kalles \_revers transkriptase\_. Dette enzymet gir en omvendt transkripsjon. Hivviruset er et retrovirus. Retro betyr baklengs. Figuren ovenfor viser hvordan hivviruset formerer seg.

Et virus kan også danne partikler. Viruset kan da tåle tørke i mange år og blir aktivert når det kommer i nærheten av levende celler. Oppskriftene i genene er bare oppskrifter på å lage virusarvestoff og proteinkapper til nye virus. Virusets arvestoff får altså vertscellen til å bli omdannet til en kopieringsmaskin. Vi kaller det vertscelle, men det er ikke akkurat snakk om en vert som med glede inviterer et virus på besøk. En vert kan være en enkelt celle eller en organisme. For at et virus skal spre seg i befolkningen, er den avhengig av at en infisert vert skal spre det effektivt videre. De mest suksessfulle virusene dreper altså ikke verten for fort, for da har de gode muligheter til å lage kopier av seg selv og spre seg.

Blåtekst: Virus formerer seg inni andre celler ved å ta byggesteiner til nye virus fra vertscellen.

Bilde: figur

Bildetekst: Formering hos et virus som angriper en bakterie (bakteriofag). Viruset sender DNA-et sitt inn i bakterien og bruker vertscellens maskineri til å lage kopier av viruset. En slik formeringsmåte kalles lytisk vekst. Alternativt kan virus-DNA-et bygges inn i bakteriens arvestoff uten at bakterien drepes.

Bilde:

Bildetekst: Formering hos retroviruset hiv:

a) Hiv fester seg på en hvit blodcelle. RNA går inn i cellen.

b) RNA kopieres til DNA.

c) DNA går inn i cellekjernen, der det lages kopier av DNA-et. DNA kopieres så til RNA.

d) Det dannes virusdeler til nye virus.

e) De nye virusene går ut av cellen.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvordan er et virus bygd opp?
2. Hvorfor regner vi ikke virus som levende?
3. Tegn og forklar hvordan virus formerer seg.
4. Gi noen eksempler på virus og virussykdommer som vi mennesker kan få.

--- 136 til 401

## xxx2 Sammendrag

Prokaryote organismer har celler uten cellekjerne. Eukaryote organismer har celler med cellekjerne. Alle levende organismer er enten encellede prokaryote organismer eller encellede eller flercellede eukaryote organismer.

Bakterier og arker er encellede prokaryote organismer. De prokaryote organismene har ingen kjerne med en membran som beskytter arvestoffet, eller andre organeller med membran. De fleste prokaryoter har en cellevegg.

Bakterier kan være produsenter, konsumenter og nedbrytere, og de er viktige i mange kretsløp i naturen.

Bakterier er encellede prokaryote organismer med ribosomer, et sirkulært DNA-molekyl og plasmider i cytoplasmaet. De har tre hovedformer: spiriller, kokker og staver. Bakterier er autotrofe (produsenter) eller heterotrofe (konsumenter eller nedbrytere).

Bakterier formerer seg bare ukjønnet – ved todeling (kloning).

Overføring av DNA skjer ved konjugasjon, transformasjon og transduksjon og kan føre til at bakterier får nytt DNA. Dermed sikres den genetiske variasjonen.

Bakterier kan ødelegge maten vi spiser.

Det finnes mange teknikker for å konservere maten. Da hemmes bakterieveksten, eller bakteriene blir drept.

Ved en bakterieinfeksjon vil bakterier formere seg i kroppen vår. Stafylokokker og streptokokker fører til mange av de vanlige infeksjonssykdommene.

Bakterier smitter på forskjellige måter: gjennom luft (dråpe- og støvsmitte), gjennom kontakt med smittebærere (mennesker eller dyr) og gjennom vann og mat.

En gruppe organiske forbindelser, antibiotika, blir brukt til å drepe bakterier. Bakterier kan utvikle resistens, motstandsdyktighet. Da virker ikke antibiotika.

Arker finnes overalt. Ingen av dem er sykdomsframkallende eller giftige.

Eukaryote celler har cellekjerne og en rekke membrandekkede organeller der det foregår biokjemiske prosesser.

Cellekjernen inneholder arvestoffet DNA, og den har en dobbelt membran som kontrollerer hva som slipper inn i og ut av kjernen.

Ribosomene er små organeller som enten flyter fritt i cytoplasmaet eller er festet til det endoplasmatiske nettverket (ER). Ribosomene deltar i proteinsyntesen.

Mitokondriene er cellenes energiverk. Organiske molekyler fra maten, det vil si karbohydrater, fett og proteiner, blir spaltet i den prosessen som kalles \_celleånding\_. Energien i disse molekylene blir lagret i form av ATP.

Cytoskjelettet er et nettverk av proteinfibrer som går på kryss og tvers i cellen og holder organellene på plass. Cytoskjelettet stiver opp cellen, slik at den holder fasongen og ikke faller sammen, og gjør at mange celler kan bevege seg.

Det endoplasmatiske nettverket (ER) er et membransystem der stoffer blir laget, fraktet videre eller lagret.

--- 137 til 401

Golgiapparatet er stabler med væskefylte sekker. Sekkene er dannet av blærer som er avsnørt fra ER. Organiske molekyler, særlig proteiner og lipider, sorteres, omdannes og transporteres i golgiapparatet.

Peroksisomer er blærer som inneholder enzymer som bryter ned fettsyrer til mindre molekyler. Samtidig blir det dannet giftig hydrogenperoksid. Lysosomer er blærer som inneholder omtrent 50 ulike enzymer som kan bryte ned alle slags store organiske molekyler i cellene.

Planter, sopper, bakterier og noen protister har en beskyttende cellevegg utenpå cellemembranen. Celleveggen beskytter cellen, gir den støtte og holder cellestrukturen fast.

Vakuoler er store, væskefylte rom i cytoplasmaet til planteceller. Vakuoler blir også kalt cellesaftrom. Cellesaften er viktig for å opprettholde trykket inni plantecellen og stive opp hele planten.

I planteceller finnes det kloroplaster. I kloroplastene er klorofyllet, og der blir lysenergi omdannet til kjemisk energi i en prosess som kalles fotosyntesen.

Fossilfunn tyder på at eukaryote organismer oppstod fra prokaryoter for mer enn to milliarder år siden. Endosymbioseteorien forklarer hvordan kloroplaster og mitokondrier ble dannet ved at eukaryote celler tok opp bakterier.

Virus er ikke laget av celler. De er partikler som har en proteinkappe med arvestoff inni. Arvestoffet er enten DNA eller RNA.

Virus formerer seg inni andre celler ved å ta byggesteiner til nye virus fra vertscellen.

--- 138 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 5.1

Forklar forskjellene og likhetene i bygningstrekk for de eukaryote og de prokaryote organismene.

### xxx3 Oppgave 5.2

Beskriv prokaryotenes arvestoff.

### xxx3 Oppgave 5.3

Hvilke cellestrukturer (organeller) har prokaryotene i cytoplasmaet?

### xxx3 Oppgave 5.4

1. Hvorfor er bakteriene svært viktige organismer i naturen?
2. Hvordan er bakterier til nytte og til skade for oss mennesker?

### xxx3 Oppgave 5.5

1. Lag en tegning av en bakterie og sett navn på delene.
2. Hva er et plasmid?
3. Hva skiller en bakteriecelle fra en dyrecelle?
4. Hvordan er celleveggen hos bakterier bygd opp?

### xxx3 Oppgave 5.6

Finn ut hvordan man setter inn nye gener i arvestoffet hos en bakterie, for eksempel for produksjon av veksthormoner. Beskriv denne prosessen.

### xxx3 Oppgave 5.7

Hvordan beveger mange bakterier seg? Hvorfor har de utviklet denne evnen til å kunne bevege seg, tror du?

### xxx3 Oppgave 5.8

En gruppe av bakterier, blågrønnbakterier (cyanobakterier), er fotoautotrofe og har fotosyntese. Hvordan er det mulig når de ikke har kloroplaster?

### xxx3 Oppgave 5.9

Velg deg en bakterieart og finn ut mest mulig om den. Lag en presentasjon.

### xxx3 Oppgave 5.10

1. Hvordan foregår formeringen hos bakterier?
2. Bruk begrepene \_konjugasjon\_, \_transformasjon\_ og \_transduksjon\_ og forklar hvordan bakterier kan overføre arvestoff, og hvorfor dette er hensiktsmessig.

### xxx3 Oppgave 5.11

Hvilke metoder benytter vi for å hindre at maten blir ødelagt av bakterier?

### xxx3 Oppgave 5.12

1. Hva betyr ordet \_antibiotika\_? Hva er antibiotika?
2. Hvordan virker antibiotika på bakterier?
3. Vi bruker mye mer antibiotika nå enn tidligere. Likevel øker utbredelsen av infeksjonssykdommer. Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 5.13

Hva er prebiotika og probiotika?

### xxx3 Oppgave 5.14

Snakk med noen som jobber på et apotek, og spør hva som er de tre mest brukte antibiotikatypene. Er de smalspektrede eller bredspektrede? Nevn noen sykdommer som disse tre typene antibiotika kan kurere.

### xxx3 Oppgave 5.15

Bakteriofagterapi er et relativt gammelt forskningsfelt i Russland, men ganske nytt i den vestlige verden.

1. Hva er bakteriofagterapi?
2. Hvordan kan man bruke bakterievirus, \_bakteriofager\_, til å bli kvitt bakteriesykdommer?

### xxx3 Oppgave 5.16

Hva er en CRP-test? Hvordan kan den vise oss om vi er smittet av en bakterieinfeksjon eller en virusinfeksjon?

### xxx3 Oppgave 5.17

\_E. coli\_ er en normal tarmbakterie som vi alle har i tarmene, og som er ufarlig for oss der. Hva kan være årsakene til at denne bakterien de siste årene har gjort så mange syke – og til og med tatt livet av mange mennesker?

### xxx3 Oppgave 5.18

Mange kyllingprodukter ødelegges av \_Salmonella-bakterier\_, særlig i andre land. Finn ut mer om denne bakterieslekten.

### xxx3 Oppgave 5.19

MRSA er en forkortelse for en bakterie som kan finnes i mat. Bruk ulike kilder og finn ut i hvilken grad MRSA er et problem i Norge.

### xxx3 Oppgave 5.20

1. Forklar ordene \_infeksjon\_ og \_infeksjonssykdom\_.
2. Diskuter i grupper: Hvilke infeksjonssykdommer kjenner dere til?

### xxx3 Oppgave 5.21

Hva er sykehusinfeksjoner? Hva kan årsakene være til at mange får sykehusinfeksjoner?

--- 139 til 401

### xxx3 Oppgave 5.22

Mat blir ikke ødelagt av å bli bestrålt med gammastråler, men bakterier på og i maten blir drept av den radioaktive strålingen.

1. Hvordan er reglene i Norge for bruk av gammastråling på mat?
2. Synes du vi bør begynne å bestråle mest mulig av den maten vi spiser? Begrunn svaret ditt.

### xxx3 Oppgave 5.23

Hvilke likhetstrekk er det mellom arker og eukaryote organismer? Bruk kilder.

### xxx3 Oppgave 5.24

Finn ut mer om Luca (Last Universal Common Ancestor).

### xxx3 Oppgave 5.25

Human Cell Atlas er et verdensomspennende prosjekt. Hva går det ut på?

### xxx3 Oppgave 5.26

1. Hvilke fordeler har eukaryote organismer av at kjernen er omgitt av en kjernemembran?
2. Hvordan kan mangel på kjernemembran hos prokaryote organismer og eksistensen av kjernemembran hos eukaryote organismer forklare at det har skjedd en evolusjon?
3. Hvordan blir den informasjonen som ligger lagret i DNA-et, overført til cytoplasmaet?
4. Hvilke tre former for RNA finnes det?

### xxx3 Oppgave 5.27

\_Progeria\_ er en svært alvorlig sykdom. Bruk kilder og finn ut mer om denne sykdommen.

### xxx3 Oppgave 5.28

I de cellene som fester fluevingene til kroppen, er det opptil 10.000 mitokondrier. Hvorfor er det behov for så mange mitokondrier der?

### xxx3 Oppgave 5.29

1. Hvordan er et cytoskjelett bygd opp, og hvilke tre hovedfunksjoner har det?
2. Hva er flageller og cilier?
3. Gi noen eksempler på celler som har cilier eller flageller.

### xxx3 Oppgave 5.30

1. Hvilke organeller består endomembransystemet av?
2. Hva foregår i endomembransystemet? Tegn og forklar.

### xxx3 Oppgave 5.31

Hvilke bevis har vi for at kloroplaster og mitokondrier en gang var egne celler? Finn mer informasjon om forskerne Mereschowski, Goksøyr og Margulis.

### xxx3 Oppgave 5.32

Hvorfor blir virus omtalt som \_parasitter\_ selv om vi kaller cellene de lever i, for vertsceller?

### xxx3 Oppgave 5.33

De siste årene er det blitt publisert flere vitenskapelige artikler der forskere spør seg om det er riktig å kalle virus ikke-levende. Finn ut mer om denne forskningen.

### xxx3 Oppgave 5.34

1. Hiv er et retrovirus. Hva er et retrovirus?
2. En medisin mot hiv sørger for at viruset ikke klarer å tvinge vertscellen til å bygge proteinkapper. Finn ut mer om medisin mot hiv.

### xxx3 Oppgave 5.35

Finn noen eksempler på barnesykdommer som skyldes virus, og på barnesykdommer som skyldes bakterier.

### xxx3 Oppgave 5.36

Av og til oppdager forskere nye sykdommer hos dyr. Skrantesyken (\_CWD\_: Chronic Wasting Disease) er en prionsykdom som i flere tiår har vært kjent hos hjortedyr i Nord-Amerika. Sykdommen er 100 prosent dødelig. De siste årene er en smittsom variant av CWD påvist hos et lite antall villrein i Nordfjella-området, hos elg i Trøndelag og hos hjort i Møre og Romsdal. For å hindre smitte satte Mattilsynet blant annet i gang tiltak for å skyte rundt 1.500 villrein i Nordfjella, for deretter å sette ut nye reinsdyr.

1. Hva er prioner og prionsykdommer?
2. Finn ut mer om CWD, og om hva som ble gjort med reinsdyrene i Nordfjella.
3. Kugalskap og Creutzfeldt-Jakobs sykdom er også prionsykdommer. Finn ut mer om disse to sykdommene.

--- 140 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 5.1 Encellede og flercellede organismer

\_Utstyr:\_

Begerglass

Tørt gress og/eller bladrester

Vann fra naturen

Mikroskop

Objektglass

Dekkglass

Pipette

#### xxx4 Teori og hensikt

I vanndammer i naturen finnes det alltid mange arter av encellede prokaryote organismer og encellede og flercellede eukaryoter. Dersom dammen tørker inn, kan mange av disse organismene overleve ved å danne en beskyttende kappe eller et skall rundt seg. Slike organismer lever også på gress og blader som ligger på bakken om høsten.

Når vi legger fuktige eller tørre gress- eller bladrester i vann, vil småorganismene bli vekket til live og formere seg mens de spiser av plantedelene. I en slik kultur kan vi finne mange forskjellige arter, og vi kan se på de eukaryote organismene i et mikroskop. De prokaryote organismene er så små at vi trenger et elektronmikroskop for å kunne se dem tydelig. Det er det nok ingen skoler som har.

I vannoverflaten i en blomstervase som har stått noen dager, kan du også finne noen av de samme organismene.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Lag en blanding av tørre gress- og bladrester og vann. Du kan bruke vann fra springen hvis det ikke er tilsatt svært mye klor, men bruk aller helst vann fra en bekk eller et tjern.

-- La vannet stå i et begerglass ved vanlig romtemperatur i én til to uker. Det lønner seg å legge på et lokk, for det skal foregå en forråtnelse i vannet, og den lukter ikke akkurat godt!

-- Når det er dannet en synlig hinne på vannet, betyr det at vannet har stått lenge nok. Hinnen inneholder levende organismer.

-- Ta ut litt av hinnen fra begerglasset med en pipette og se på den i et mikroskop.

Bilde: figur

Forklaring: Noen småorganismer: Amøbe, S tylonychia, klokkedyr, tøffeldyr, hjuldyr, trompetdyr, rundmark og høyciliat.

#### xxx4 Oppgaver

-- Tegn de forskjellige artene du ser.

-- Er det noen arter som er mer tallrike enn de andre?

-- Dersom du finner tøffeldyr, \_Paramecium\_, kan du bruke oppslagsverk eller Internett for å finne ut mer om denne organismen.

Undersøk kulturen noen uker senere. Finner du de samme organismene og de samme mengdene av hver art?

Kan du finne ut om det skjer en suksesjon i mikroorganismesamfunnet?

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket? Hvilken konklusjon trekker du av forsøket? (Altså: Hva har du lært?)

--- 141 til 401

# xxx1 Kapittel 6: Transport gjennom cellemembranen

\_Du skal kunne:\_

-- forklare transport gjennom cellemembranen ved å bruke kunnskaper om passive og aktive transportmekanismer

Alle celler er omgitt av en beskyttende cellemembran. Cellemembranen avgrenser cellen fra omgivelsene. Miljøet utenfor cellen er forskjellig fra miljøet inni den. Både encellede og flercellede organismer må ha celler som er omgitt av en cellemembran. Ut og inn gjennom cellemembranen foregår det en velorganisert transport.

Noen få stoffer kan passere direkte gjennom cellemembranen, men de fleste må fraktes gjennom via egne transportproteiner (porter) i cellemembranen. Noen stoffer blir stoppet og slipper ikke gjennom i det hele tatt. Dette er ofte stoffer som det allerede er nok av i cellen, eller som kan være skadelige for cellen. Cellemembranens egenskaper er viktige for at cellen skal fungere.

Bilde: figur

Forklaring: Cellemembran

--- 142 til 401

## xxx2 6.1 Cellemembranen kontrollerer transport inn i og ut av celler

Alle celler er omgitt av en cellemembran som beskytter innholdet i cellen mot omgivelsene. Cellemembranen fører kontroll med hva som slipper inn i og ut av cellen. Vi sier at cellemembranen har en \_selektiv permeabilitet\_. Det betyr at noen stoffer slipper gjennom, mens andre blir stoppet. Et annet og eldre fagord for selektiv permeabilitet er \_semipermeabel\_. Det betyr «halvt gjennomtrengelig» og er dermed et mindre dekkende ord.

Selv om hver celle er omgitt av en cellemembran, står cellene i kontakt med hverandre, og de samarbeider med hverandre. Samarbeidet foregår på den måten at cellene transporterer stoffer til og fra hverandre via cellemembranen. Cellemembranen og egenskapene den har, er derfor helt avgjørende for alle de livsviktige prosessene som skjer i cellene.

Blåtekst: Cellemembranen omgir cellen og avgrenser den mot omgivelsene. Cellemembranen er selektivt permeabel. Den kontrollerer hva som transporteres inn i og ut av cellen.

Bilde: foto

Bildetekst: De fleste overflater utenpå og inni kroppen er dekket av epitelvev. Epitelvevet består av epitelceller. Epitelceller uten cellekjerne er døde celler. Cellene du ser på bildet, er kunstig farget.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar begrepet \_selektiv permeabilitet\_.
2. Hvorfor må alle celler være omgitt av en cellemembran?
3. Hvorfor er det viktig at cellemembranen er selektiv permeabel?

--- 143 til 401

## xxx2 6.2 Hvordan cellemembranen er bygd opp

Cellemembranen er svært tynn, bare mellom 5 og 10 nm (nanometer). Den er så tynn at det på én millimeter er plass til mellom 100.000 og 200.000 cellemembraner lagt oppå hverandre! Selv om cellemembranen er ekstremt tynn, tåler den mye.

Margtekst:

1 nanometer = 10^-9 meter = 10^-6 millimeter

1.000 nm = 1 `mm (mikrometer) = 10^-6 m

### xxx3 Fosfolipider

\_Lipider\_ er et fellesnavn på alle fettaktige stoffer som ikke kan løses i vann. Både fett, voks, talg og steroider, for eksempel kjønnshormoner, er lipider (av gresk \_lipos\_, som betyr «fett»). Cellemembraner inneholder en spesiell type lipider som er helt avgjørende for egenskapene og funksjonene deres: \_fosfolipider\_. Fosfolipidene utgjør det meste av byggesteinene i cellemembranene.

Vanlig fett er av typen \_triglyserider\_. Et triglyseridmolekyl er satt sammen av fire molekyler: ett glyserolmolekyl og tre fettsyremolekyler. Et fosfolipidmolekyl likner i struktur på et triglyseridmolekyl, men i et fosfolipid er et av de tre fettsyremolekylene erstattet av et fosfatmolekyl. Til fosfatet er det som regel bundet et lite eller et stort organisk molekyl (merket R på figuren). Molekylet kan for eksempel være aminosyren serin eller alkoholen glyserol. Det finnes også fosfolipider der R står for bare et hydrogenatom. Cellemembranene i forskjellige celletyper har ulike fosfolipider. For eksempel består cellemembranene hos røde blodceller av andre fosfolipider enn cellemembranene hos hudceller (epitelceller). Både R og fettsyresammensetningen i fosfolipidet kan variere.

--- 144 til 401

Fosfolipidmolekylet har en kuleformet side, et hode, som består av glyserol, fosfat og R. Fra dette hodet stikker de to fettsyrene ut som to haler. I cellemembranen ligger fosfolipidene i to lag med fettsyrene mot hverandre, slik figuren ved siden av viser. Vi sier at cellemembranen er en \_enkeltmembran\_. 1 denne enkeltmembranen ligger det to lag med fosfolipider. Cellekjernen, kloroplastene og mitokondriene derimot er omgitt av en \_dobbeltmembran\_, altså fire lag med fosfolipider. Endosymbioseteorien, som du leste om på side 131, forklarer den sannsynlige årsaken til at det oppstod en slik dobbelt membran rundt noen organeller.

De to fettsyrene i fosfolipidmolekylet er uten ladning, det vil si at de er \_upolare\_. Hodet, som består av glyserol, fosfat og R, er derimot ladet, det vil si at det er \_polart\_. Fettsyrene utgjør den \_hydrofobe\_ delen i et fosfolipid, mens hodet utgjør den \_hydrofile\_ delen.

Blåtekst: Fosfolipider utgjør det meste av byggesteinene i cellemembranen. Et fosfolipid har en hydrofil og en hydrofob side. Den hydrofile siden er polar, den hydrofobe siden er upolar. Cellemembranen har to lag med fosfolipider der fettsyrene i de to lagene vender mot hverandre.

Bilde: figur

Bildetekst: Et triglyserid består av ett glyserolmolekyl og tre fettsyremolekyler. Fettsyrene kan ha enkeltbindinger og være mettede, de kan ha en dobbeltbinding og være umettede, eller de kan ha flere dobbeltbindinger og være flerumettede.

Forklaring: Strukturformel for et triglyserid.

Bilde: figur

Bildetekst: I et fosfolipid er en av fettsyrene erstattet av fosfat. Det organiske molekylet (symbol: R) er som regel polart.

Forklaring: Strukturformel for et fosfolipid.

Bilde: figur

Bildetekst: Cellemembranen har to lag fosfolipider. Tykkelsen er 5–10 nm. Fettsyrene, som vender innover, er upolare, mens hodene, som vender utover, er polare.

Margtekst: \_Hydrofob\_ betyr «redd for vann» eller «vannfrastøtende», og \_hydrofil\_ betyr «vannelskende» eller «vanntiltrekkende».

### xxx3 Fordypning: Sammensetningen av fosfolipider påvirker membranens egenskaper

Sammensetningen av ulike fosfolipider i en cellemembran avgjør hvor myk eller hard membranen er. Når fettsyrene har dobbeltbindinger, det vil si at de er umettede, får fettsyrehalene en bøyd fasong som gjør at de ikke kan pakkes like tett som om de hadde enkeltbindinger og derfor en rettere fasong.

I triglyserider fra de fleste typer dyrefett (animalsk fett), for eksempel smør, er det bare mettet fett, altså ingen dobbeltbindinger i fettsyrene. Triglyseridene er pakket tett sammen, og mettet fett er derfor hardt ved romtemperatur.

I fett fra planter, for eksempel olivenolje, har fettsyrene dobbeltbindinger, og dermed tar triglyseridene mer plass. De pakkes ikke like tett som i mettet mett, og fettet er derfor flytende ved romtemperatur. Tran fra torskelever har også umettede bindinger i fettsyrene og er myk både ved romtemperatur og i kjøleskapstemperatur. Tran har mer umettet fett enn olivenolje, altså flere dobbeltbindinger, og er derfor myk også ved oppbevaring i kjøleskapet. Det samme prinsippet som vi har beskrevet her for triglyserider, gjelder for fosfolipidene i cellemembranen. Det er avgjørende for at cellemembranen skal fungere både hos organismer som lever i svært varme strøk og i svært kalde strøk.

### xxx3 Noen stoffer slipper lett gjennom cellemembranen, andre stoppes

Molekyler som skal passere cellemembranen, kan være upolare eller polare. De upolare har ikke ladning. De polare har i større eller mindre grad en ladning. Ladningen kan være positiv eller negativ. Hvorvidt et molekyl eller et ion får passere cellemembranen eller ikke, er avhengig av molekylets eller ionets størrelse, hvor polart det er og hvilke fosfolipider membranen inneholder.

--- 145 til 401

Upolare molekyler er hydrofobe, altså fettløselige, og dersom de er små, kan de passere lipidlaget i cellemembranen. Noen av de polare molekylene som er små nok, klarer også å passere innimellom atomene i de polare hodene. Upolare stoffer stoppes ikke noe sted i membranen med mindre de er for store til å passere fritt.

Polare molekyler og ioner er hydrofile. De er ikke fettløselige og blir derfor stoppet av den hydrofobe delen av fosfolipidet, det vil si fettsyrene. Dette kan vi illustrere med et mer dagligdags eksempel: Når vi tømmer litt olje i vann, blander ikke oljen seg i vannet. Det er fordi vannet er polart og dermed hydrofilt, mens oljen er upolar og hydrofob. To typer olje kan derimot blandes sammen, for begge er hydrofobe. Den hydrofobe delen av cellemembranen gjør derfor blant annet at vann (som er hydrofilt) ikke kan trenge gjennom i særlig grad, men må fraktes gjennom på andre måter. Det kan du lese mer om senere i kapittelet. Også mange andre polare stoffer, som hydrogenioner, stoppes av den hydrofobe delen av cellemembranen. Dermed er cellemembranen avgjørende for kontrollen av hva som slipper gjennom membranen. Hvorvidt polare molekyler og ioner får passere eller ikke, avhenger av om spesielle proteiner i cellemembranen lar dem slippe gjennom.

Blåtekst: Upolare molekyler er hydrofobe og kan lett passere fosfolipidlaget i cellemembranen. Polare molekyler og ioner er hydrofile. De fleste blir stoppet av cellemembranen. Små molekyler og svakt polare ioner slipper gjennom.

Margtekst: Upolare molekyler har verken negativ eller positiv ladning. Polare molekyler har et overskudd eller et underskudd av elektroner og er negativt eller positivt ladet.

### xxx3 Andre forbindelser i cellemembranen

I tillegg til to lag fosfolipider inneholder cellemembranen en rekke andre stoffer som er avgjørende for egenskapene og funksjonen. Den inneholder blant annet store mengder proteiner og en del karbohydrater og andre lipider, for eksempel \_kolesterol\_. Noen typer kolesterol er viktige når kolesterolet er bundet i cellemembranen, fordi det holder membranen myk. Andre typer kolesterol kan bindes i membranen, omtrent som armeringsjern i betong, og gjør dermed membranen stivere. Noen proteiner går tvers gjennom fosfolipidlaget. De er i kontakt med både utsiden og innsiden av cellen og er viktige når stoffer skal transporteres gjennom membranen. Vi kaller disse proteinene for \_transportproteiner\_. Både stoffer som kan passere fritt, og stoffer som ikke kan passere fritt gjennom cellemembranen, fraktes inn i eller ut av cellen gjennom disse transportproteinene. Transporten går raskere gjennom transportproteinene enn direkte gjennom fosfolipidene, selv om stoffene kunne passert via fosfolipidene.

--- 146 til 401

Transportproteinene er \_selektive\_. Det betyr at de frakter kun ett bestemt stoff eller noe få ulike stoffer.

Karbohydrater kan være bundet til proteiner, \_glykoproteiner\_, eller til lipider, \_glykolipider\_. Disse molekylene er blant annet med og bygger opp cellemembranen. Den kjemiske sammensetningen og mengden av lipider, proteiner og karbohydrater varierer i cellemembranene rundt ulike celletyper og hos forskjellige individer, og det er forskjeller mellom artene. Karbohydratdelen av glykoproteinet og glykolipidet sitter på utsiden av cellemembranen og er viktig for at kroppen skal kunne gjenkjenne sine egne celler. Karbohydratdelene er også sentrale når \_hormoner\_ fra hormonproduserende kjertler skal treffe og sette seg fast i \_reseptorer\_(mottakere) på målceller (se kapittel 9), og når forskjellige signalmolekyler fra sykdomsframkallende organismer skal gjenkjennes av reseptorer på hvite blodceller i immunforsvaret (se kapittel 11).

Cellemembranen har en flytende struktur, det vil si at de forskjellige molekylene flytter på seg slik at cellemembranen hele tiden endrer struktur. Vi kan sammenlikne cellemembranen med en såpeboble. Hvis du blåser såpebobler, kan du se fargespillet i boblen når den svever av gårde. Fargespillet skyldes at boblemembranen er flytende – akkurat som cellemembranen.

Blåtekst: I tillegg til fosfolipider inneholder cellemembranen proteiner, karbohydrater og andre lipider. Cellemembranen er flytende, og molekylene den består av, flytter på seg.

Bilde: figur

Bildetekst: Cellemembranen består av to lag fosfolipider. og innimellom fosfolipidene ligger det proteiner og andre lipider, for eksempel kolesterol. På overflaten sitter det karbohydrater som kan være bundet til proteiner (glykoproteiner) eller lipider (glykolipider).

Bilde: foto av såpeboble

Margtekst: Kolesterol er et steroid. For mye kolesterol løst i blodet kan forårsake hjerte- og karsykdommer. Det finnes flere typer kolesterol.

--- 147 til 401

### xxx3 Fordypning: Fettsyresammensetningen i cellemembranen kan endres ved behov

For at cellemembranen skal være myk og smidig og også gi rom for bevegelse når portene åpner og lukker seg, må den inneholde fosfolipider som lar seg bevege. Som du leste på side 143, er fosfolipider med mest mettede fettsyrer relativt mye stivere enn fosfolipider med enumettede eller flerumettede fettsyrer.

Celler hos mange enkle organismer, for eksempel en del encellede protister som tøffeldyr og amøber, kan bytte ut fettsyrer i fosfolipidene ved temperaturendringer. Når temperaturen synker, byttes mettede fettsyrer med umettede. Dermed holder membranen i dyrecellen seg myk dersom temperaturen avtar. Hvis temperaturen stiger, byttes umettede fettsyrer ut med mettede. Dyrecellen holder seg dermed fastere når temperaturen stiger.

Noen av de mer avanserte dyrene har ulike fettsyrer i cellemembranen hos forskjellige celler i forskjellige deler av kroppen for å tilpasse seg varierende temperatur. Reinsdyr har en kroppstemperatur på 38 °C, mens temperaturen i beina, som står på den iskalde bakken, bare er litt over 0 °C. Cellene nede i beina har mye mer umettede fettsyrer i fosfolipidene enn cellene i resten av kroppen, som for en stor del består av fosfolipider med mettet fett. Derfor holder cellemembranene nær bakken seg også myke.

Bilde: foto

Bildetekst: Reinsdyr er tilpasset et kaldt klima. Bildet viser en svalbardrein.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er lipider? Gi eksempler på noen lipider.
2. Tegn en enkel skisse og forklar forskjellene på et triglyserid og et fosfolipid.
3. Forklar ordene \_polar, upolar, hydrofob og hydrofil\_.
4. Hva skiller cellemembranene i ulike celletyper fra hverandre?

## xxx2 6.3 Transport gjennom cellemembraner

Det er stor trafikk av molekyler og ioner gjennom cellemembranen og gjennom membranene som omgir de forskjellige organellene du leste om i kapittel 5. Karbohydrater, aminosyrer, andre næringsstoffer og ioner skal inn i cellen og organellene, mens avfallsstoffer skal ut. Cellene tar opp oksygengass til celleånding og skiller ut karbondioksidgass. Cellemembranen regulerer også konsentrasjonen av ioner inni og utenfor cellen, for eksempel Na^+ (natriumion), Ca^2+ (kalsiumion), K^+ (kaliumion) og Cl^- (klorion). Et eksempel: Når en nervecelle er aktiv og skal sende en nerveimpuls, transporteres Na^+´-ioner inn i og K^+´-ioner ut av cellen. Når nervecellen hviler, skjer det motsatte. Da transporteres Na^+´-ioner ut av og K^+´-ioner inn i cellen. Dette kan du lese mer om i kapittel 9.

--- 148 til 401

De kjemiske forholdene er svært ulike på utsiden og innsiden av cellemembranen. Derfor er det helt nødvendig at de stoffene som skal passere gjennom den, blir kontrollert, slik at cellene kan kontrollere det indre miljøet sitt.

Det er ulike måter å transportere stoffer gjennom cellemembranen på. Når stoffer transporteres gjennom membranen uten at det kreves energi, kaller vi det \_passiv\_ transport, og dersom det kreves energi, kaller vi det \_aktiv\_ transport.

For små og upolare og dermed fettløselige molekyler samt små og svakt polare molekyler og ioner er det lett å passere gjennom lipidlaget og mellom de polare hodene. De store polare molekylene og ionene blir stoppet. De stoffene som blir stoppet, men som skal inn eller ut gjennom membranen, blir transportert gjennom membranen ved hjelp av ulike transportproteiner (se side 150).

Tabellen gir en oversikt over ulike typer transport gjennom cellemembranen:

Tabell omgjort til lister:

Passiv transport, Krever ikke energi:

-- \_Enkel diffusjon\_ er transport av små, upolare molekyler eller større fettløselige molekyler som enkelte hormoner og vitaminer mellom fosfolipidmolekylene.

-- \_Fasilitert diffusjon\_ er transport av relativt små, polare molekyler og ioner eller større molekyler som aminosyrer eller glukose gjennom transportproteiner.

-- \_Osmose\_ er transport av vann både ved diffusjon mellom molekylene i membranen og gjennom spesielle transportproteiner, akvaporiner.

Aktiv transport, Krever energi:

-- \_Transportproteiner\_ frakter mindre og større molekyler og ioner mot en konsentrasjonsgradient.

-- \_Partikkeltransport\_: Ved eksocytose fraktes partikler ut av cellen. Ved endocytose fraktes partikler inn i cellen.

Kanaltransport mellom cellene, Krever ikke energi:

-- Hos planter er kanalene alltid åpne, hos dyr åpnes de ved behov. Små molekyler og ioner kan lett passere gjennom.

Blåtekst: Stoffer kan transporteres gjennom cellemembranen passivt, altså uten bruk av energi, eller aktivt dersom det kreves energi. Transporten foregår enten mellom molekylene i cellemembranen eller gjennom ulike typer transportproteiner.

Bilde: figur

Bildetekst: Vannmolekylet er et polart molekyl. Det har en overvekt av positiv ladning ved H-atomene og en overvekt av negativ ladning ved O-atomet.

Forklaring: Vannmolekylet har form som en spiss vinkel, med oksygenatomet i spissen og de to hydrogenatomene som vinkelbein.

### xxx3 Repetisjon

1. Gi eksempler på stoffer som skal inn i en celle.
2. Gi eksempler på stoffer som må transporteres ut av en celle.
3. Hva er forskjellen på passiv og aktiv transport?
4. Hvilke stoffer kan passere gjennom lipidlaget, og hvilke passerer gjennom transportproteiner?

--- 149 til 401

## xxx2 6.4 Passiv transport

Passiv transport gjennom cellemembranen skjer altså uten bruk av energi. Denne transporten av stoffer går alltid fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon. Dette kaller vi \_diffusjon\_. Forskjeller i konsentrasjon, eller \_konsentrasjonsgradienten\_, er det som gjør diffusjon mulig. Molekyler i væsker og gasser beveger seg fritt, og de vil alltid bevege seg slik at konsentrasjonsforskjeller blir mer utliknet. Tenk på hva som skjer hvis en i klassen skreller en appelsin. Etter en stund har lukten spredd seg i hele klasserommet. Dette er et eksempel på diffusjon. Jo høyere temperaturen er, desto mer beveger molekylene seg, og transporten, det vil si diffusjonen, skjer raskere. Dette er grunnen til at sukker løser seg raskere i varmt vann enn i kaldt.

Vi skiller vanligvis mellom tre former for passiv transport: \_enkel diffusjon\_, \_fasilitert diffusjon\_ og \_osmose\_.

### xxx3 Enkel diffusjon

Enkel diffusjon er når små, upolare molekyler som N\2-, O\2- og CO\2-gass kan passere direkte gjennom cellemembranen mellom fosfolipidmolekylene. Det kan også noen av de større upolare og fettløselige molekylene, blant annet enkelte hormoner og vitamin A og E. Grunnen er at upolare molekyler kan passere den hydrofobe delen av cellemembranen uten å bli frastøtt. Transporthastigheten ved diffusjon avhenger av forskjellen i konsentrasjon mellom utsiden og innsiden (konsentrasjonsgradienten) og størrelsen og fettløseligheten til molekylene. Store konsentrasjonsforskjeller, små molekyler og stor fettløselighet øker diffusjonshastigheten. Transporten går alltid fra høyere til lavere konsentrasjon. Når konsentrasjonen av stoffer er lik på begge sider av cellemembranen, vil transporten av stoffer være lik begge veier.

I lungene våre skjer en passiv transport av oksygengass og karbondioksidgass på grunn av konsentrasjonsgradienten. Denne passive transporten er livsviktig for å bringe oksygengass fra lungene og over i blodårene, slik at oksygenet kan fraktes til alle cellene i kroppen og brukes til \_aerob\_ celleånding. Blodet kvitter seg samtidig med karbondioksidgassen, et produkt fra celleåndingen. Karbondioksid fraktes fra blodårene og over i lungene. Encellede organismer med aerob celleånding har samme form for passiv transport av O\2 og CO\2 over cellemembranen.

Blåtekst: Enkel diffusjon er passiv transport av små og noen større upolare molekyler direkte gjennom fosfolipidlagene i cellemembranen fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser enkel diffusjon direkte gjennom cellemembranen.

Margtekst: \_Aerob\_ = med oksygen

--- 150 til 401

### xxx3 Fasilitert diffusjon

Fasilitert diffusjon er når polare molekyler, som vann, aminosyrer og monosakkarider, og ioner, som Na^+, K^+ og Ca^2+, må passere cellemembranen gjennom spesielle \_transportproteiner\_ som er tilpasset disse molekylene og ionene.

Det er flere typer av slike transportproteiner. Den enkleste typen har en port som står åpen hele tiden. Her slippes mange små organiske molekyler og ioner raskt gjennom. En del vann slipper også gjennom på denne måten. Andre transportproteiner har porter som kan åpnes, lukkes og også forandre form. Her slippes både små ioner og litt større molekyler, som glukose eller aminosyrer, gjennom ett og ett. En slik transport spiller derfor en stor rolle i reguleringen av hvilke stoffer som slipper ut og inn gjennom cellemembranen. Transporten er alltid fra en høyere konsentrasjon til en lavere.

Felles for transportproteinene er at transporten foregår uten at det kreves energi, fordi transporten skjer ved diffusjon fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon av stoffet. Et stoff kan av og til bli transportert inn mens et annet blir transportert ut gjennom det samme transportproteinet, men bare der portene står åpne hele tiden.

Blåtekst: Fasilitert diffusjon er passiv transport av ioner og en del andre upolare og polare stoffer gjennom ulike typer transportproteiner fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser fasilitert diffusjon gjennom et transportprotein med en åpen port.

Bilde: figur

Bildetekst: Fasilitert diffusjon gjennom et transportprotein med en port som kan åpnes og lukkes. Proteinet må forandre form før stoffer kan slippe gjennom.

Margtekst: \_Cystisk fibrose\_ (CF) er en arvelig sykdom som gir økt slimproduksjon i lungene og skyldes en feil i transportproteinene som frakter CF-ioner gjennom cellemembranen.

### xxx3 Osmose

Transport av vann er så viktig at det har fått sitt eget navn. \_Osmose\_ er diffusjon av vann gjennom en selektivt permeabel membran fra et sted med høy konsentrasjon av vann til et sted med lavere konsentrasjon av vann.

Vannmolekyler er polare, men de er små og kan derfor til en viss grad diffundere mellom fosfolipidene i cellemembranen. Litt vann følger også med når ioner og molekyler transporteres gjennom de åpne transportproteinene.

--- 151 til 401

Disse transportmåtene er ikke så effektive at de klarer å gi cellen nok vann til at de biokjemiske reaksjonene som fotosyntese og celleånding kan fungere. Det finnes derfor en mye raskere transportmåte for vann. Denne vanntransporten foregår gjennom egne transportproteiner: \_akvaporiner\_. Det finnes mange ulike typer akvaporiner, med litt ulik oppbygning avhengig av hvilket organ de sitter i. Hos pattedyr er det funnet mer enn ti ulike typer akvaporiner, og flere andre typer er funnet både hos insekter, bakterier og planter. Planter har mange akvaporiner som blant annet blir brukt til å suge opp vann gjennom røttene. Mer enn én milliard vannmolekyler kan gå gjennom ett enkelt akvaporin per sekund. Selv om vannmolekylene er små, blir dette mye vann til sammen. Denne transporten er også avhengig av forskjellen i vannkonsentrasjon på utsiden og innsiden av cellemembranen, altså konsentrasjonsgradienten.

Akvaporinene har form som et timeglass, det vil si at de er smalest på midten. Her er det bare plass til at ett og ett vannmolekyl kan passere. Akvaporinene blir brutt ned og bygd opp igjen avhengig av hvor mange det er behov for. Cellen kan på denne måten regulere antallet akvaporiner i membranen.

Akvaporinene er avgjørende for kroppens væskebalanse. Dersom det blir for mange akvaporiner, kan man få for mye væske i kroppen. Det skjer av og til hos gravide kvinner. Hormonet ADH, som produseres i hjernen, regulerer normalt antallet akvaporiner i spesielle områder i nyrene, og dermed også mengden urin som kroppen skal skille ut

Ved slag eller andre hodeskader kan det bli vann i hjernen, såkalt hjerneødem. Akvaporiner som blir ødelagt, fører til at vannet ikke kan strømme ut igjen av cellene, og da svulmer hjernen opp. Det rammer blodtilførselen til hjernen, og deler av hjernen blir ødelagt. Dette krever rask behandling. Forskerne mener at akvaporiner muligens kan spille en rolle ved den endrete hjerneaktiviteten i forbindelse med for eksempel epilepsi og migrene. Dette er forholdsvis ny kunnskap, og det forskes på mange av disse områdene.

--- 152 til 401

Blåtekst: Osmose er diffusjon av vann gjennom en selektivt permeabel membran fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon. Litt vann passerer gjennom cellemembranen ved enkel og fasilitert diffusjon, men det meste av vanntransporten foregår gjennom spesielle transportproteiner kalt akvaporiner.

Bilde: foto

Bildetekst: Ved Dødehavet står det plakater som oppfordrer de badende til ikke å være ute i vannet i mer enn 15 minutter. Kan du tenke deg hvorfor?

Bilde: figur

Bildetekst: Akvaporinene gjør at store mengder vann kan passere inn og ut av cellen.

Margtekst: Ordet \_akvaporin\_ kommer fra \_aqua\_, som betyr «vann», og \_porin\_, som er en gruppe av proteiner som danner kanaler. \_Akvaporiner kan\_ direkte oversettes til «vannkanaler».

### xxx3 Fordypning: Flere typer akvaporiner

De ulike typene av akvaporiner hos pattedyr finnes i forskjellige organer, og hovedstrukturen er den samme hos alle. Det som skiller dem fra hverandre, er at kanalen som går gjennom et akvaporin, består av ulike proteiner i de ulike typene. For å skille dem fra hverandre har man nummerert dem fra AQP0 til AQP9. AQP0 finnes bare i øyet og har sammenheng med væskebalansen i øyet. I nyrene finnes det flere typer akvaporiner. De samarbeider om vannopptak, konsentrasjon av forurin (se side 280) og utskilling av urin.

AQP5 finnes i spyttkjertler, i øyet og i lungene. De deltar i produksjon av spytt og væske i lungene. I tillegg deltar de i væskebalansen i øyet.

Den amerikanske kjemikeren Peter Agre fikk i 2003 nobelprisen i kjemi for oppdagelsen av akvaporiner i cellemembraner. Siden den tid har forskere verden over hvert år gjort nye oppdagelser som viser at svikt eller feil funksjon i akvaporiner kan knyttes til en rekke sykdommer, spesielt sykdommer i hjernen og resten av nervesystemet.

### xxx3 Osmotisk trykk

Når vi legger druer til tørk, vil vann trenge ut av druene og fordampe, og vi får tørre rosiner. Årsaken er at det er mer vann inni enn utenfor druene. Vannet går ut av druene, som skrumper inn. Dette kaller vi osmose. Når vi legger rosiner i vann, trenger vannet inn i rosinene fordi det er mer vann utenfor enn inni rosinene. Da sveller rosinene. Dette er også osmose. Når vannet trenger inn i cellene, blir det skapt et trykk mot cellemembranen både innenfra og utenfra. Forskjellen i trykket på utsiden og innsiden kaller vi \_det osmotiske trykket\_ i løsningen. Jo større forskjell mellom vannkonsentrasjonen på utsiden og på innsiden, desto større osmotisk trykk. En enklere måte å si det på er at vannet går fra et sted med høyere osmotisk trykk til et sted med lavere osmotisk trykk.

--- 153 til 401

Planeller og de fleste prokaryoter har en fast cellevegg utenfor cellemembranen som gjør at de tåler et høyt osmotisk trykk inni cellene, mens cellemembranene i dyreceller er mer ømfintlige. Dyreceller har ingen cellevegg som kan hindre cellen i å sprekke dersom mye vann trenger inn ved osmose. Røde blodceller som blir lagt i reint vann, vil sprekke. Dersom blodceller blir lagt i en sterk sukker- eller saltløsning, vil de derimot skrumpe inn. Når konsentrasjonen av vann er større inni cellene enn utenfor, vil vannet trekke ut. Hos planteceller som blir lagt i sterk sukker- eller saltløsning, vil den stive celleveggen gjøre at formen på cellen stort sett er den samme, mens cytoplasmaet og cellemembranen vil skrumpe inn.

Blåtekst: Når vannet trenger inn i eller ut av cellene, blir det etter en tid skapt et trykk mot cellemembranen. Forskjellen i trykket på utsiden og trykket på innsiden kaller vi det osmotiske trykket. Vannet går fra et sted med høyere osmotisk trykk til et sted med lavere osmotisk trykk.

Bilde: figur

Bildetekst:

a) Blodceller i en løsning der vann- og saltkonsentrasjonen er den samme i løsningen som i cellene. Det osmotiske trykket er lik null.

b) Blodceller i en saltløsning. Det osmotiske trykket er høyere inni blodcellene enn utenfor. Det gjør at vann går ut, og cellene skrumper inn.

c) Blodceller i rent vann. Det osmotiske trykker er høyere utenfor blodcellen enn inni. Vann trenger derfor inn i cellene så de svulmer opp, trykket inni dem øker, og til slutt sprekker de.

Bilder: to foto

Bildetekst: Bildet til venstre viser rødløkceller der vannkonsentrasjonen er den samme på innsiden som på utsiden av cellen. Bildet til høyre viser rødløkcellene i en sterk saltløsning. Det osmotiske trykket er høyest inni cellene. Her har vann diffundert ut av cellen, og celleinnholdet skrumper derfor inn.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar kort hva slags typer stoffer som transporteres ved de tre typene passiv transport.
2. Forklar med ord og tegninger hva enkel diffusjon, fasilitert diffusjon og osmose er.
3. Hvilken funksjon har akvaporinene?
4. Hva skjer hvis du lar druer bli stående på kjøkkenbenken noen uker? Og hva skjer dersom du putter rosiner i vann?

--- 154 til 401

## xxx2 6.5 Aktiv transport

Stoffer som fraktes ved hjelp av passiv transport, flytter seg alltid \_med\_ en konsentrasjonsgradient, altså fra et sted med høyere konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon. Disse stoffene kan være både molekyler og ioner og er forholdsvis små.

I cellene er det også behov for å frakte stoffer \_mot\_ en konsentrasjonsgradient, altså fra et sted med lavere konsentrasjon til et sted med høyere konsentrasjon. Transport mot en konsentrasjonsgradient er aktiv transport og krever alltid energi. Det er spesielle transportproteiner som pumper stoffer som aminosyrer, ioner og større molekyler gjennom cellemembranen på denne måten. Energien kommer fra spaltingen av ATP (se side 125).

Et eksempel: Når nervecellene våre skal sende nerveimpulser, strømmer Na^+´-ioner passivt inn i cellene siden konsentrasjonen er høyere utenfor cellene enn inni. Når nervecellene hviler, pumper egne transportproteiner aktivt Na^+´-ioner ut og K^+´-ioner inn gjennom membranen. Pumpingen er energikrevende fordi transporten går fra en lav konsentrasjon til en høyere. Dette kan du lese mer om i kapittel 9.

Også gjennom membranene i organeller pumpes ioner inn og ut ved aktiv transport. I mitokondriene og kloroplastene er membranenes evne til å pumpe protoner (H^+) fra lav til høy konsentrasjon en forutsetning for at cellene kan drive med celleånding og fotosyntese.

Når det er behov for det, forandrer transportproteinene form når de pumper molekylene til den andre siden, eller de binder til seg stoffet som skal transporteres. Etterpå får proteinene tilbake sin opprinnelige form og kan pumpe nye molekyler. Et transportprotein kan bare pumpe ett bestemt molekyl.

Noen stoffer som skal transporteres fra høy til lav konsentrasjon, krever likevel energi fordi de ikke kan passere passivt gjennom fosfolipidlaget på grunn av ladningen sin, eller fordi de er så store at de må pumpes aktivt gjennom transportproteiner.

--- 155 til 401

Blåtekst: Aktiv transport er all transport av stoffer gjennom en cellemembran som krever energi. Det gjelder både stoffer som blir pumpet aktivt gjennom spesielle transportproteiner i cellemembranen mot en konsentrasjonsgradient, og stoffer som ikke kan passere passivt gjennom cellemembranen, uansett konsentrasjonsgradient.

Bilde: figur

Bildetekst: Transportproteiner pumper ioner, aminosyrer og større molekyler gjennom cellemembranen mot en konsentrasjonsgradient, det vil si fra lav til høy konsentrasjon. For å kunne tilføre energi må ATP binde seg til transportproteinene. ATP blir da brutt ned til ADP og fosfat (P), og energi blir frigitt. Transportproteinene kan forandre form. Etter at stoffet er pumpet gjennom, får de tilbake sin opprinnelige form.

Margtekst: Aktiv transport gjør det mulig for cellene å leve i et miljø der konsentrasjonen av stoffer de trenger, er lavere utenfor enn inni cellen.

### xxx3 Transport av større partikler – endocytose og eksocytose

Noen partikler er for store til at de kan passere gjennom cellemembranen ved passiv eller aktiv transport, uansett konsentrasjonsgradient og type transportproteiner. Slike partikler kan være mikroorganismer, næringsstoffer eller avfallsstoffer fra kjemiske prosesser som skal inn i eller ut av en celle. Celler har derfor også andre metoder til å flytte partikler til og fra celler, såkalt \_partikkeltransport\_. Partikkeltransport krever alltid energi. Eksempler på slike metoder er \_eksocytose\_ og \_endocytose\_.

Eksocytose er når stoffer som skal transporteres ut av en celle, midlertidig blir lagret i blærer i cytoplasmaet. Det kan være avfallsstoffer eller stoffer som cellen lager, og som skal brukes i en annen celle. Hos eukaryote organismer stammer blærene fra endomembransystemet (se side 126). Når blærene er fylt opp, beveger de seg mot cellemembranen og smelter sammen med den, slik at blæren åpner seg og innholdet tømmes på utsiden.

Hos encellede organismer, som ikke har noe eget fordøyelsessystem, for eksempel hos bakterier og protister, blir avfallsstoffer og ufordøyde partikler skilt ut på denne måten. Ved eksocytose blir hormoner sluppet ut fra hormonproduserende celler og fraktet via blodet til målcellene. Insulin blir for eksempel produsert i celler i bukspyttkjertelen og fraktet med blodet.

Endocytose er når store partikler som proteiner eller mikroorganismer skal fraktes inn i en celle. Da vil cellemembranen folde seg innover. Innbuktningen omslutter partikkelen som skal inn.

--- 156 til 401

Membranfolden snøres av, slik at stoffene eller mikroorganismene havner på innsiden. Hos flercellede dyr finnes det noen celletyper som kan ta opp i seg og bryte ned ødelagte celler og bakterier på denne måten. De er en slags renovasjonsceller og er svært viktige i kampen mot infeksjoner. Noen hvite blodceller, fagocytter, har denne evnen. De blir kalt spiseceller (se kapittel 11). Et annet eksempel er den encellede protisten amøbe, som tar til seg næring ved hjelp av endocytose og kvitter seg med avfallsstoffer ved hjelp av eksocytose.

Blåtekst: Eksocytose er en prosess der partikler som skal transporteres ut av cellen, blir samlet i blærer inni cellen før innholdet blir tømt på utsiden. Endocytose er en prosess der partikler blir fraktet inn i cellen ved at cellemembranen bukter seg innover og en blære snøres av på innsiden av cellen og tømmer innholdet der. Både endocytose og eksocytose er energikrevende.

Bilde: figur

Bildetekst: Eksocytose: Stoffer samles i blærer i cytoplasmaet. Blærene smelter så sammen med cellemembranen og tømmer innholdet på utsiden.

Bilde: figur

Bildetekst: Endocytose: Cellemembranen folder seg innover, og membranfolden snøres av, slik at stoffet havner inni cellen.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva betyr det at stoffer flytter seg \_mot\_ en konsentrasjonsgradient ved aktiv transport?
2. Blir energi brukt eller produsert ved aktiv transport?
3. Gi to eksempler på stoffer som transporteres ved aktiv transport.
4. Hva er endocytose og eksocytose?
5. Forklar hvordan endocytose og eksocytose foregår. Lag noen enkle tegninger som viser dette.

## xxx2 6.6 Kanaltransport mellom celler

Hos flercellede organismer er celler bundet sammen i cellevev. De enkelte cellene i et vev må ha mulighet til å samarbeide og ha kontakt med hverandre. Mye av dette samarbeidet avhenger av egenskapene til cellemembranen, men cellene har også kontakt via egne kanaler som går tvers gjennom cellemembranen i to naboceller. Disse kanalene er væskefylte, og stoffer kan passere dem ved hjelp av passiv transport. Kanalene er også med på å holde cellene sammen og gjøre cellevevet sterkere.

Hos planteceller er det flere små, åpne kanaler fra en celle, gjennom cellemembranen og celleveggen og inn i neste celle. Dermed står cytoplasmaet i en celle i kontakt med cytoplasmaet i andre celler, og stoffer kan lett bli transportert gjennom flere celler. På den måten kan alle cellene i planten stå i forbindelse med hverandre. Kanalene er åpne hele tiden, og i en plantecelle kan det være tusenvis av slike kanaler.

--- 157 til 401

Hos dyreceller er kanalene annerledes. Mellom dyrecellene er det også kanaler som går gjennom cellemembranene hos to naboceller og inn til cytoplasmaet, men disse kan åpne og lukke seg, og de er bare åpne når det trengs. Hormoner, næringsstoffer og ioner kan passere gjennom disse kanalene ved behov. De fungerer ikke på samme måte som transportproteinene, som frakter stoffer enten passivt eller aktivt gjennom cellemembranen, men de er med på å koordinere aktiviteten i indre organer, for eksempel i lever, nyrer og muskler. Muskelcellene i hjertet har kanaler som er viktige for samordningen av den elektriske aktiviteten i cellene. Det er viktig for at hjertet skal slå regelmessig og i riktig tempo. Dette kan du lese mer om i kapittel 10.

Blåtekst: Mellom cellene hos planter og hos dyr er det kanaler, og dermed står cytoplasmaet i én celle i kontakt med cytoplasmaet i andre celler. Disse kanalene er viktige for at cellene skal kunne samarbeide. Hos planter er kanalene åpne hele tiden, mens hos dyreceller er de åpne når det trengs.

Bilde:

Bildetekst: Figuren viser kanalene som forbinder to planteceller.

Bilde:

Bildetekst: I leverceller er det kanaler som forbinder cytoplasmaet i to naboceller. Kanalene åpner seg ved behov. Kanalene i dyreceller kan ha forskjellig utforming avhengig av hva slags celler de binder sammen.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvorfor må cellene i et cellevev samarbeide?
2. Hvordan foregår kanaltransport mellom cellene hos planter?
3. Hvordan foregår kanaltransport hos dyr?

--- 158 til 401

## xxx2 Sammendrag

Cellemembranen omgir cellen og avgrenser den mot omgivelsene. Cellemembranen er selektivt permeabel. Den kontrollerer hva som transporteres inn i og ut av cellen.

Fosfolipider utgjør det meste av byggesteinene i cellemembranen. Et fosfolipid har en hydrofil og en hydrofob side. Den hydrofile siden er polar, den hydrofobe siden er upolar. Cellemembranen har to lag med fosfolipider der fettsyrene i de to lagene vender mot hverandre.

Upolare molekyler er hydrofobe og kan lett passere fosfolipidlaget i cellemembranen. Polare molekyler og ioner er hydrofile. De fleste blir stoppet av cellemembranen. Små molekyler og svakt polare ioner slipper igjennom.

I tillegg til fosfolipider inneholder cellemembranen proteiner, karbohydrater og andre lipider. Cellemembranen er flytende, og molekylene den består av, flytter på seg.

Stoffer kan transporteres gjennom cellemembranen passivt, altså uten bruk av energi, eller aktivt dersom det kreves energi. Transporten foregår enten mellom molekylene i cellemembranen eller gjennom ulike typer transportproteiner.

Enkel diffusjon er passiv transport av små og noen større upolare molekyler direkte gjennom fosfolipidlagene i cellemembranen fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon.

Fasilitert diffusjon er passiv transport av ioner og en del andre upolare og polare stoffer gjennom ulike typer transportproteiner fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon.

Osmose er diffusjon av vann gjennom en selektivt permeabel membran fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon. Litt vann passerer gjennom cellemembranen ved enkel og fasilitert diffusjon, men det meste av vanntransporten foregår gjennom spesielle transportproteiner kalt akvaporiner.

Når vannet trenger inn i eller ut av cellene, blir det etter en tid skapt et trykk mot cellemembranen. Forskjellen i trykket på utsiden og trykket på innsiden kaller vi det osmotiske trykket. Vannet går fra stedet med høyere osmotisk trykk til et sted med lavere osmotisk trykk.

Aktiv transport er all transport av stoffer gjennom en cellemembran som krever energi. Det gjelder både stoffer som blir pumpet aktivt gjennom spesielle transportproteiner i cellemembranen mot en konsentrasjonsgradient, og stoffer som ikke kan passere passivt gjennom cellemembranen, uansett konsentrasjonsgradient.

Eksocytose er en prosess der partikler som skal transporteres ut av cellen, blir samlet i blærer inni cellen før innholdet blir tømt på utsiden. Endocytose er en prosess der partikler blir fraktet inn i cellen ved at cellemembranen bukter seg innover og en blære snøres av på innsiden av cellen og tømmer innholdet der. Både endocytose og eksocytose er energikrevende.

Mellom cellene hos planter og hos dyr er det kanaler, og dermed står cytoplasmaet i én celle i kontakt med cytoplasmaet i andre celler. Disse kanalene er viktige for at cellene skal kunne samarbeide. Hos planter er kanalene åpne hele tiden, mens hos dyreceller er de åpne når det trengs.

--- 159 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 6.1

1. Hva er hovedoppgavene til cellemembranen?
2. Forklar hvorfor cellemembranen er livsviktig.

### xxx3 Oppgave 6.2

Sammenlikn strukturen av et triglyseridmolekyl med strukturen av et fosfolipidmolekyl. Lag en enkel tegning. Marker hvilke deler av molekylene som er hydrofobe, og hvilke som er hydrofile.

### xxx3 Oppgave 6.3

1. Finn noen eksempler på polare og upolare molekyler.
2. Hvorfor er upolare molekyler hydrofobe, mens polare molekyler er hydrofile?

### xxx3 Oppgave 6.4

1. Hvilke organeller er omgitt av en dobbeltmembran?
2. Hvilken fordel kan det ha for en organell å være omgitt av en dobbeltmembran?
3. Bruk det du vet om evolusjon, supplert med informasjon fra ulike kilder og forklar hvorfor kloroplaster og mitokondrier er omgitt av dobbeltmembraner.

### xxx3 Oppgave 6.5

Tegn en modell av en cellemembran med ulike glykoproteiner, glykolipider og transportproteiner. Skriv på eksempler på ulike ioner og molekyler som passerer membranen.

### xxx3 Oppgave 6.6

Det finnes flere typer kolesterol. Noen av dem er usunne, mens andre er sunne. Bruk kilder og undersøk hva som skiller de usunne fra de sunne.

### xxx3 Oppgave 6.7

Ulike celletyper har forskjellige typer og forskjellig innhold av fosfolipider, kolesterol, glykolipider, glykoproteiner og transportproteiner.

1. Hvorfor må det være slik at mengden og typen av stoffer i cellemembranen varierer?
2. Hvordan dannes proteinene i membranene? Tips: Les kapittelet om endomembransystemet.

### xxx3 Oppgave 6.8

Vi skiller mellom enkel diffusjon og fasilitert diffusjon. Hva er likhetene og forskjellene mellom disse to transportmetodene?

### xxx3 Oppgave 6.9

Tegn og forklar hva som skjer når blodceller legges i ferskvann og i saltvannsoppløsning. Kan du tenke deg hvorfor blodet må ha en tilnærmet konstant mengde blodsukker?

### xxx3 Oppgave 6.10

1. Hva er et akvaporin?
2. Hvilken betydning har akvaporiner for osmose?
3. Forklar med egne ord hva figuren viser.

Bilde: figur

Forklaring: Figuren må beskrives av lærer eller assistent.

1. Hvorfor trenger noen celletyper mange akvaporiner som kan flytte mange vannmolekyler raskt, mens andre celletyper klarer seg med færre?
2. Det dukker stadig opp ny kunnskap om akvaporiner og deres betydning i cellemembraner. Prøv å finne så ny informasjon som mulig om dette fagfeltet.

### xxx3 Oppgave 6.11

Tegn skisser som forklarer hva det vil si at stoffer flytter seg gjennom en cellemembran med og mot en konsentrasjonsgradient.

### xxx3 Oppgave 6.12

Forklar hvordan ATP deltar ved aktiv transport, men ikke ved passiv transport.

--- 160 til 401

### xxx3 Oppgave 6.13

Hva viser figurene nedenfor?

a) Bilde: figur

Forklaring: Figuren må beskrives av lærer eller assistent.

b) Bilde: figur

Forklaring: Figuren må beskrives av lærer eller assistent.

### xxx3 Oppgave 6.14

Når en encellet organisme vokser, øker volumet. Kan veksten forklares ved endocytose eller eksocytose? Begrunn svaret ditt.

### xxx3 Oppgave 6.15

Kanaltransporten foregår ikke likt gjennom cellemembranene hos planteceller og dyreceller. Tegn og forklar.

### xxx3 Oppgave 6.16

En encellet amøbe beveger seg fra sitt naturlige miljø i en bekk i ferskvann og ut i saltvann. Hva skjer med amøben, tror du?

### xxx3 Oppgave 6.17

Over grønnsakdisken i en del butikker er det dyser som sprayer vann over grønnsakene med jevne mellomrom. Hva er hensikten med det? Forklar ut fra teorien du har lært i dette kapittelet.

### xxx3 Oppgave 6.18

Her er en oppgave som har vært gitt til muntlig eksamen i biologi 1:

«Transport gjennom cellemembraner i planteceller og dyreceller. Både planteceller og dyreceller er omgitt av en cellemembran, og de fleste organellene er også omgitt av membraner. Forklar hvordan transport gjennom membraner foregår.»

Løs oppgaven i stikkordform. Diskuter i smågrupper eller samlet i biologigruppen. Dere kan svare på oppgaven ut fra kunnskapene dere har etter å ha lest kapittel 1–6, men besvarelsen kan utvides etter som dere leser flere av kapitlene i denne boken. Derfor bør dere ta vare på den foreløpige løsningen og fortsette med å løse oppgaven når dere har lest hele boka.

--- 161 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 6.1 Osmose i rødløk

\_Utstyr:\_

Rødløk

Skalpell

Mikroskop

Objektglass og dekkglass

Pipette med rent vann

Pipette med mettet NaCl-løsning (35 g NaCl i 1 dl vann ved romtemperatur)

Porøst papir

#### xxx4 Teori og hensikt

Osmose er definert som diffusjon av vann gjennom en delvis gjennomtrengelig (selektivt permeabel) hinne. Osmose er altså en passiv transport. Cellemembranene er gjennomtrengelige for vann. Vann passerer membranen og går fra et sted med høy konsentrasjon av vann til et sted med lavere konsentrasjon av vann. Årsaken er den tilfeldige egenbevegelsen hos vannmolekylene. I dette forsøket skal vi se på osmose i levende celler fra rødløk.

Rødløken er fin å bruke, for cellene er svært tydelige på grunn av den røde fargen på cellesaften inni vakuolene.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Flå av en liten bit av hinnen på utsiden eller innsiden av et løkskjell. Cellene på utsiden inneholder mest rød farge og egner seg derfor best. (Se figuren.)

-- Lag et mikroskopipreparat. Finn og tegn celler med rød cellesaft.

-- Tilsett et par dråper mettet NaCl-løsning ved kanten av dekkglasset. Trekk saltvannet ut på den ene siden av dekkglasset med et porøst papir. Se på cellene i utkanten av preparatet og tegn det du ser.

#### xxx4 Oppgaver

-- Bruk kunnskapene dine om osmose og forklar hva som skjer med cellenes volum og farge når vi tilsetter sterk saltløsning. Hvilken betydning har det at planteceller har cellevegg?

-- Hvorfor har cellene forandret volum?

-- Forklar også hva som skjer hvis vi istedenfor saltvann tilsetter rent vann til objektet. Hvorfor tar det en god stund før cellene sprekker da?

-- Forklar hva som skjer når vi lager spekekjøtt, og når vi vanner ut klippfisk.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket? Hva har du lært om osmose i levende planteceller?

Bilde: figur

Forklaring: Et løkskjell, det vil si et lag løsnet fra en oppdelt løk, har en tynn hinne ytterst. På tegningen tas hinnen løs med pinsett.

--- 162 til 401

### xxx3 Ø 6.2 Transport gjennom en selektivt permeabel membran

\_Utstyr:\_

Dialyseslange, 2 biter

2 store begerglass, ca. 1 l

Saltløsning. ca. 10 % (100 g salt i 11vann)

Vekt

#### xxx4 Teori og hensikt

Dialyseslanger er laget av et plaststoff som er delvis gjennomtrengelig, altså selektivt permeabelt. De er derfor fine å bruke til osmoseforsøk.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Når dialyseslangen skal brukes slik som i dette forsøket, klipper du av to biter, ca. 25 cm. Knytt en knute i den ene enden og la slangene ligge i vann noen minutter, slik at de blir mykere. Fyll saltvann i den ene slangen og ferskvann i den andre slangen. Knytt igjen slik at slangene er lukket i begge ender. Tørk av væske på utsiden av slangene og vei dem. Merk slangene.

-- Lag en forsøksoppstilling som vist på figuren. Du skal altså ha forskjellig innhold i de to begerglassene og i de to slangene. Det ene begerglasset fyller du med saltvann. Legg dialyseslangen med ferskvann i oppi saltvannet. I begerglasset som er fylt med ferskvann, legger du dialyseslangen som inneholder saltvann.

-- Ta opp slangen med saltløsning og slangen med vann med fem minutters mellomrom, tørk dem, vei dem og legg dem tilbake i begerglasset.

-- Lag en graf der du setter tiden som målestokk på førsteaksen og vekten av dialyseslangene på andreaksen. Vurder resultatet og kom fram til en konklusjon for forsøket.

-- Tegn noen enkle skisser for å forklare hva som har skjedd med innholdet i begge dialyseslangene. Bruk symboler for å illustrere vannmolekylene, saltet og den selektivt permeable membranen.

-- Bruk oppslagsverk og finn ut hvorfor og hvordan vi benytter dialyseslanger ved rensing av blodet hos en pasient med nyresvikt.

Bilde: figur

Forklaring: To tegninger: dialyseslange med saltløsning i et begerglass med ferskvann, og dialyseslange med ferskvann i et begerglass med saltløsning.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Hvilke feilkilder kan gi unøyaktig resultat?

--- 163 til 401

# xxx1 Kapittel 7: Transport, vekst og utvikling hos planter

\_Du skal kunne:\_

-- forklare hvordan opptak og transport av vann og oppløste stoffer skjer hos planter, og diskutere hva slags tilpasning planter kan ha til ulike levevilkår

-- drøfte hvordan ytre faktorer påvirker vekst og utvikling hos planter

Hva er en plante? Egentlig er det et noe upresist begrep. Innenfor økologien bruker vi gjerne ordet \_plante\_ om autotrofe organismer, også kalt produsenter. I dag kan vi undersøke slektskap mellom ulike grupper av planter basert på analyser av likheter og forskjeller i DNA (arvestoffet). Slektskap er altså blitt viktig for hvordan vi klassifiserer en organisme. Du er faktisk mer i slekt med et bjørketre enn bjørketreet er i slekt med en brunalge.

Det finnes planter som ikke har klorofyll og dermed ikke er autotrofe, men likevel er de plassert i planteriket. Det finnes alger som har klorofyll, men som ikke regnes som planter, men protister. De fleste biologer er enige om at planteriket bare omfatter landplanter. Det finnes selvsagt planter som lever i vann, for eksempel nøkkeroser, men disse blir i denne sammenhengen definert som landplanter.

Bilde: foto av blomster

--- 164 til 401

## xxx2 7.1 Planteriket

Jorda er beregnet til å være ca. 4,5 milliarder år gammel. Når de første levende organismene oppstod, vet ingen sikkert. De tidligste sikre funn på liv kommer fra fossile blågrønnbakterier (cyanobakterier), såkalte \_stromatolitter\_, som vi antar er ca. 3,7 milliarder år gamle. Stromatolitter er lagvise strukturer som er bygget opp av blågrønnbakterier og kalk som bakteriene har skilt ut. Cellene hos stromatolittene er hule og omsluttet av en membranaktig struktur som likner celleveggen hos dagens bakterier. Siden stromatolittene allerede hadde utviklet en cellevegg som beskytter DNA-et, mener forskere at enda enklere livsformer må ha oppstått før dette. Det finnes spor av liv i svært gamle bergarter, for eksempel i mineralet zirkon. Zirkon inneholder rester av organisk materiale som man har kunnet datere tilbake ca. 4 milliarder år.

Dersom vi ser på landskapet rundt oss, er det vanskelig å tenke seg at det en gang har vært uten liv: ingen trær, busker, markblomster, fugler, insekter eller pattedyr. Funn av fossiler har gjort at man har kunnet datere både planter og dyr. Det er bare de siste ca. 500 millioner årene det har eksistert planter, sopper og etter hvert også dyr. Spranget mellom flere milliarder år og 500 millioner år er så stort at det er vanskelig å tenke seg.

--- 165 til 401

Evolusjonen har tatt lang tid, men så er det også blitt helt utrolig mange organismer med like mange ulike tilpasninger.

Etter mer enn 3 milliarder år i vann begynte planteliknende organismer å invadere landjorda. I dag finnes det mer enn 300.000 beskrevne plantearter på jorda. Rundt 19.000 av dem er \_moser\_, 13.000 er \_karsporeplanter\_, og resten er \_frøplanter\_. De aller fleste har fotosyntese.

Sammen med alger og bakterier med fotosyntese spiller plantene en avgjørende rolle som produsenter av organiske forbindelser, og de er grunnleggende for alle økosystemene våre. I dag er det planter nesten overalt, fra de kaldeste strøk på høye fjelltopper til de varmeste og tørreste ørkener.

Blåtekst: Plantene er delt inn i moser, karsporeplanter og frøplanter. De aller fleste planter har fotosyntese og er nødvendige ledd i alle økosystemene våre.

Bilde: foto

Bildetekst: Stromatolitter

Bilde: figur

Bildetekst: Planteriket. Dette riket er inndelt i rekker. En vanlig inndeling er moser, karsporeplanter og frøplanter. Punktene 1–5 representerer viktige kapitler i plantenes historie. 1. De flercellede protistene utviklet seg for over 650 millioner år siden. 2. Moser utviklet seg fra protister for 500 millioner år siden. 3. Karsporeplanter med spesialisert ledningsvev utviklet seg for 400 millioner år siden. 4. Nakenfrøede planter oppstod for 375 millioner år siden. 5. Dekkfrøede planter oppstod for 130 millioner år siden.

Forklaring: Slektsskapstre, med eksempler på arter (i parentes i forklaringen). Hovedgreinene er protister (sjøsalat), moser (bjørnemose), karsporeplanter og frøplanter. Karsporeplanter har tre greiner: bregner (sisselrot), sneller (åkersnelle) og kråkefotplanter (lusegras). Frøplanter har to greiner: nakenfrøede (einer) og dekkfrøede. Dekkfrøede har to greiner: enfrøbladede (flueblomst) og tofrøbladede (røsslyng).

Bilde: foto

Bildetekst: Botnegras (\_Lobelia dortmanna\_) er en frøplante som lever på grunt vann. Den har blader i en rosett på bunnen under vann, og en lang stengel med blomster over vann.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en stromatolitt?
2. Hvor lenge regner forskerne med at det har vært liv på jorda?
3. Hvilke grupper av organismer regner vi som planter?
4. Finnes det organismer som har fotosyntese, men som vi i dag ikke regner for planter?

## xxx2 7.2 Bygningstrekk

Mange av de store algene, som grønn- og brunalger, lever i grunt vann eller langs strender der det ofte kan tørke ut. I slike omgivelser vil den naturlige seleksjonen favorisere de individene som kan overleve tørke. Etter hvert klarte etterkommerne av grønnalger å bosette seg permanent på land. De er dermed opphavet til de første landplantene.

Grønnalger har cellevegger, cellemembraner, kloroplaster og andre celleorganeller som likner de som landplanter har, men de har ikke ledningsvev. Gassutvekslingen foregår gjennom hele overflaten. Noen er encellede, og noen danner kolonier, men de fleste er fastsittende med rotliknende tråder.

For omtrent 500 millioner år siden hadde forløperne til plantene utviklet bygningstrekk som gjorde at de var mer tilpasset et liv på land. De som hadde et enkelt rot- og ledningsvev, hadde en fordel. Det hadde også planter med et voksbelagt hudlag som gjorde at de ikke mistet for mye vann, og de som hadde celler med en fast cellevegg og dermed kunne stå oppreist.

Landplantene gjorde at også andre former for liv kunne overleve på land. Plantene produserte oksygen og mat for landlevende dyr. Røttene laget levesteder for organismer i jorda.

--- 166 til 401

Å leve på land framfor i vann gav store fordeler: Sola kunne skinne direkte på plantene uten at strålene først ble filtrert gjennom vann og plankton, det var større CO\2-tilgang på land enn i vannet, og jorda nær vannkanten var rik på næringsstoffer. Men en slik overgang krevde også flere tilpasninger. Grønnalgene i vann trengte ikke ta hensyn til vanntap eller tyngdekraft slik planter på land må. Landplantene utviklet et voksaktig ytre lag, \_kutikula\_, som hindret fordampning, og den første tilpasningen til tyngdekraften var å være liten. Etter hvert utviklet det seg et \_skuddsystem\_ over jorda og \_røtter\_ under jorda.

Skuddsystemet består av stengel, blad og blomst. I stengelen er det et \_ledningsvev\_ som transporterer forskjellige stoffer, og som dessuten holder stengel, blad og blomst oppe. Roten gir planten feste og sikrer opptak av næringsstoffer og vann.

Blåtekst: Landplanter har utviklet mange tilpasninger for å overleve på land, blant annet rot- og ledningsvev og kutikula.

Bilde: figur

Forklaring: En plante. Over jorden: skuddsystem, som er blomst, blad og stengel. Under jorden: Rot.

### xxx3 Moser og karsporeplanter

\_Mosene\_ oppstod for ca. 500 millioner år siden. De har verken røtter eller noe spesialisert ledningsvev som transporterer vann med næringsstoffer. De er festet til bakken kun med rotliknende hår uten ledningsvev. Alle delene av mosen er absorberende, det vil si at de er mer eller mindre svampaktige, og vannet blir trukket passivt inn i plantene ved diffusjon. De er lave, sjelden over 20 cm høye, og blir regnet som de mest opprinnelige av landplantene.

\_Karsporeplantene\_ (bregner, sneller og kråkefotplanter) oppstod for omtrent 400 millioner år siden. De har \_ledningsvev\_, men ikke blomster. Ledningsvevet er enklere bygd enn hos frøplantene, men de består av de samme to typene vev: vedrør og silrør. \_Vedrørene\_ frakter vann med oppløste næringsstoffer fra jorda opp til resten av planten, og \_silrørene\_ frakter sukker fra steder med fotosyntese, mest fra bladene. Karsporeplanter har røtter med ledningsvev som frakter vann og mineraler inn til ledningsvevet i stengelen. De kan derfor bli mye større enn en mose. Det finnes trebregner i tropene som kan bli over 20 meter høye. Karsporeplanter er avhengige av å leve og formere seg i fuktige områder på land eller i vann.

Blåtekst: Moser er små og har verken rot- eller ledningsvev. Karsporeplanter kan bli store og har både rot- og ledningsvev. Begge disse plantegruppene er avhengige av vann i formeringen.

Bilder: to foto

Bildetekster:

1. I fuktig skog er skogbunnen ofte dekket av moser.

2. Skogsnelle (\_Equisetum sylvaticum\_)

--- 167 til 401

### xxx3 Frøplanter

Ulike typer bregner gav opphavet til enkle frøplanter for ca. 375 millioner år siden. Frøplantene skiller seg fra alle andre planter ved at de utvikler frø. Det kan du lese mer om i neste kapittel.

Vi deler frøplantene inn i to undergrupper: \_nakenfrøede\_ og \_dekkfrøede\_ planter. Hos de nakenfrøede plantene, som omfatter ca. 700 av alle frøplanter, sitter frøene åpent eller nakent uten noen beskyttelse. I Norge er det fire viltvoksende nakenfrøede plantearter: gran, furu, einer og barlind. Hos de dekkfrøede plantene er frøene godt beskyttet. De deles inn i to grupper: \_enfrøbladede\_ planter og \_tofrøbladede\_ planter.

Enfrøbladede planter spirer med ett frøblad. De har parallelle bladnerver (altså ledningsvev), de har blomster med tre eller seks kronblader, og de har \_knipperøtter\_, det vil si mange like lange røtter. I stengelen ligger ledningsvevet spredt. Til de enfrøbladede plantene hører blant annet liljer, orkideer og gress.

Tofrøbladede planter spirer med to frøblader. Bladnervene går ut fra ett punkt ved bladstilken og forgreiner seg ut i bladet. Blomstene har som oftest fire eller fem kronblader, men kan ha mange flere, som hos nøkkeroser og løvetann. I stengelen ligger ledningsvevet samlet i en sirkel med silrørene ytterst og vedrørene innerst. Roten består av en hovedrot, en \_pælerot\_, og flere små siderøtter. De fleste plantearter er tofrøbladede, for eksempel erteplanter, roser og soleier.

Røttene hos både de enfrøbladede og de tofrøbladede plantene fester dem til underlaget og sørger for opptak av vann og næringssalter.

Alle levende organismer er bygd opp av én eller flere celler. Celler med like oppgaver danner \_cellevev\_. Frøplanter har fire typer cellevev:

-- \_Hudvevet\_: Består av ytterhud og innerhud. Ytterhuden dekker alle ytre overflater. Innerhuden finner vi for eksempel i roten.

-- \_Ledningsvevet\_: Består av vedrør og silrør. Vedrør transporterer vann og mineraler fra jorda og oppover i planten. Silrør transporterer karbohydrater fra fotosyntesen både ned i roten for lagring og oppover i planten for bruk i skudd, blomst, frø og frukt.

-- \_Vekstvevet\_: Består ofte av små celler som sørger for dannelse av nye celler. Vi finner det blant annet i rot og skudd og mellom ledningsvevet hos tofrøbladede planter.

-- \_Grunnvevet\_: Dette er resten av cellene i planten og består av celler med varierende utseende. Det er grunnvev mellom innerhuden og ledningsvevet i roten, og grunnvevet utgjør det meste av bladet.

Blåtekst: Frøplanter har både rot, stengel og blomst, og de danner frø. Vi deler dem inn i nakenfrøede og dekkfrøede. Frøplanter har fire typer cellevev: hudvev, ledningsvev, vekstvev og grunnvev.

Bilde: figur

Bildetekst: Det er flere karakteristiske forskjeller mellom enfrøbladede og tofrøbladede planter.

Margtekst: Frøblad er det eller de første bladene som viser seg når et frø spirer.

--- 168 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hvordan skaffer mosene vann?
2. Hvorfor kan bregner bli så mye høyere enn moser?
3. Hva skiller grønnalgene fra frøplantene?
4. Hvilke undergrupper deler vi frøplantene inn i?
5. Hvilke hovedtyper av cellevev består frøplantene av?

## xxx2 7.3 Roten

Vi skal se nærmere på roten hos frøplanter. Roten fester planten til underlaget, tar opp vann og mineraler fra jorda og transporterer dette inn i stengelen. Hos mange planter, blant annet poteter, gulrøtter og rødbeter, er roten også et viktig lagringsorgan.

Blåtekst: Roten fester planten til underlaget, tar opp vann og mineraler fra jorda og transporterer dette inn i stengelen.

Bilde: figur

Bildetekst: Rotens viktigste oppgaver

Forklaring: Fester planter til jorda. Leder vann, mineraler og sukker. Lagring. Rothår absorberer vann og mineraler.

### xxx3 Rotens bygning

Den første roten spirer direkte fra frøet. Den forgreiner seg raskt og får siderøtter som gjør at festet blir bedre og overflaten blir større. Nederst på rotspissen er roten dekket av en \_rothette\_. Rothetten beskytter roten etter hvert som den vokser nedover i jorda. Den skiller også ut et slimaktig stoff som smører jorda rundt spissen. Like bak rothetten er det tre områder der cellene deler seg, strekker seg og \_differensierer\_ seg. At cellene differensierer seg, betyr at de blir til ulike celletyper.

Hvis vi ser på snittet av en rot, ser vi en \_ytterhud\_ ytterst. Den kan ha et tynt, beskyttende vokslag (kutikula). Dette vokslaget hindrer ikke vannopptaket, for det skjer gjennom \_rothårene\_ nederst, som ikke er dekket med kutikula. Rothårene, som sitter et lite stykke fra rotspissen, er utposninger av celler i ytterhuden. De øker rotens overflate flere tusen ganger og gjør vannopptaket effektivt. Sidegreinene er også med på å øke overflaten.

Innenfor ytterhuden er \_barken\_. Den består av løstsittende celler med luftrom mellom. Her kan vann, mineraler og oksygen lett diffundere mellom cellene. Barken er en del av grunnvevet og er ofte det tykkeste laget av roten. Stivelse blir lagret i denne barken. Innenfor barken er \_innerhuden\_. Der ligger cellene tett. Cellene i innerhuden har seks flater – omtrent som en kube. Fire av de seks flatene har cellevegger som skiller ut \_suberin\_,et voksaktig og vannavstøtende stoff som sammen med lignin (se side 129), danner sammenhengende bånd. Disse båndene blir kalt \_casparyske\_ bånd.

--- 169 til 401

De to siste flatene har normale vegger og cellemembraner, og de regulerer transporten av vann og mineraler inn til \_sentralsylinderen\_, som ligger midt i roten, innenfor innerhuden.

Det ytterste cellelaget i sentralsylinderen er \_pericykelen\_. Pericykelen er viktig fordi den produserer siderøtter. Innerst er ledningsvevet. Det består av \_vedrør\_ og \_silrør\_. Resten av sentralsylinderen er fylt med grunnvev og vekstvev. Fordi roten må være bøyelig når den vokser ned gjennom jorda, og fordi slitasjen er stor ytterst, ligger ledningsvevet i midten. Stengelen, derimot, skal stå oppreist og har derfor ledningsvevet spredt eller ordnet langs ytterkanten. Ledningsvevet er med på å stive opp stengelen.

Blåtekst: Roten er bygd opp av ytterhud, bark, innerhud med casparyske bånd og en sentralsylinder med pericykel, ledningsvev, grunnvev og vekstvev.

Bilde: figur

Bildetekst: Løvetann med rot

Bilde: figur

Bildetekst: Lengdesnitt og tverrsnitt av en rot. Den forstørrede detaljen viser celler i innerhuden med casparyske bånd som hindrer vannet i å passere mellom cellene.

Margtekst: Suberin finnes bare i frøplanter. Ordet kommer fra det latinske navnet på korkeik: \_Quercus suber\_.

### xxx3 Transport i roten

Den nederste delen av roten tar opp vann og mineraler gjennom hele overflaten, men mest gjennom rothårene. Mineralene, først og fremst forskjellige ioner, blir fraktet inn gjennom ytterhuden ved aktiv transport, men vannet følger med ved osmose. Noen stoffer, som karbon, hydrogen, oksygen, nitrogen og fosfor, trengs i relativt store mengder, mens andre stoffer, som jern, klor og sink, bare trengs i veldig små mengder. Nitrogen trengs for eksempel til nukleinsyrer (DNA og RNA) og proteiner, mens fosfor trengs til nukleinsyrer og cellemembraner. Røttene skiller ut noen ioner samtidig med at de absorberer andre.

--- 170 til 401

Ulike planter trenger ulike mineraler. Hvis ikke de mineralene som plantene trenger, er til stede, dør planten. Geologi og jordsmonn henger nært sammen med hvilke planter som vokser hvor. Planter som trenger mye kalsium, vokser for eksempel i områder med kalkrik berggrunn.

Bilde: foto

Bildetekst: Reinrose (\_Dryas octopetala\_) er en kalkkrevende art som vokser i fjellet.

Margtekst: Kalk = kalsiumkarbonat, CaCO\3

### xxx3 Vann har to transportveier i roten

Vannet kan ta to veier inn til ledningsvevet. Den ene veien går gjennom cytoplasmaet i cellene i barken. Vann og mineraler kan også passere via kanaler mellom cellene i barken. Kanalene forbinder alle levende celler i planter (se side 156). I begge tilfeller går vannet fra ytterhuden gjennom barken og inn til innerhuden, der veiene møtes.

De casparyske båndene i innerhuden hindrer vannet i å passere mellom cellene. Vann og næringssalter kan bare passere gjennom cellemembranen i de to sidene som ikke er dekket av casparyske bånd, og inn til cytoplasmaet i cellene. På denne måten kan innerhuden lettere kontrollere og regulere de stoffene som skal fraktes videre inn til vedrørene. Transporten av ioner fra de innerste barkcellene til innerhuden og videre inn til vedrørene krever energi og må derfor foregå ved aktiv transport. Vannet følger passivt med ved osmose. Innerhuden kan også hindre tap av fotosyntese – produkter som blir fraktet nedover fra bladene til roten med silrørene.

--- 171 til 401

Når røttene blir eldre, øker mengden av suberin i de casparyske båndene i innerhuden, og det blokkerer helt for vanntransport. Det er derfor bare de yngste delene av røttene som er i stand til å absorbere vann. De eldste delene lagrer fotosynteseprodukter og fester planten til jorda. Når mineralene er tatt opp av rotcellene, kan de enten brukes med en gang eller transporteres til andre deler av planten.

Blåtekst: Transport av vann og mineraler i roten går enten gjennom cytoplasmaet i cellene eller mellom celleveggene og cellemembranene.

Bilde: figur

Bildetekst: Tverrsnittet av roten viser de to transportveiene for vann og mineraler inn i vedrørene. Pil merket 1 viser transport mellom cellene og pil merket 2 viser transport gjennom cellene i barken.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke oppgaver har roten hos planter?
2. Lag en tegning av roten som viser bygningen. Beskriv de forskjellige cellevevene i roten.
3. Hvilken funksjon har de casparyske båndene? Hvor i roten finner vi dem?
4. Hvordan kommer vannet inn i ledningsvevet i roten?
5. Hvorfor ligger ledningsvevet i midten i roten, mens det er spredt eller ligger ytterst i stengelen?

## xxx2 7.4 Stengelen

Stengelen holder blader og blomster oppe. Det er viktig for at bladene skal få så mye lys som mulig til fotosyntesen, og for at blomstene skal sitte slik at pollen og frø lett blir spredt. I grønne stengler foregår det også fotosyntese. Stengelen kan være rund eller kantet, tynn eller tykk, hul eller tett, sprø eller seig, grønn og urteaktig eller brun og vedaktig. Alle stengler er tilpasset sine omgivelser, men de inneholder likevel de samme vevstypene.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Stengelen hos bjørk (\_Betula pubescens\_) er vedaktig og kalles stamme.

2. Bildetekst: Stengel hos rødkløver (\_Trifolium pratense\_)

### xxx3 Stengelens bygning

Ledningsvevet er ordnet forskjellig hos enfrøbladede og tofrøbladede planter, men hos begge består ledningsvevet både av silrør og vedrør. Hos enfrøbladede, for eksempel tulipan, er ledningsvevet spredt tilfeldig i hele stengelen.

Hos tofrøbladede planter, for eksempel hos rødkløveren og solsikken, er ledningsvevet ordnet i et fast mønster like innenfor ytterhuden. Hos flerårige planter finnes det mellom vedrørene og silrørene et vekstlag som lager nye vedrør innover og nye silrør utover. Når nye vedrør blir laget innover, skyves samtidig både vekstvevet og silrørene utover.

--- 172 til 401

Blåtekst: Hos enfrøbladede planter er ledningsvevet spredt i stengelen. Hos tofrøbladede planter er ledningsvevet rett innenfor ytterhuden.

Bilde: figur

Bildetekst: Tverrsnitt av en enfrøbladet og en tofrøbladet stengel. Ledningsvevet er plassert forskjellig hos enfrøbladede og tofrøbladede planter.

### xxx3 Transport i stengelen

Ledningsvevet er bygd for å transportere vann, mineraler og fotosynteseprodukter. Det går gjennom hele planten – fra roten og helt ut i bladene. I bladene kaller vi ofte ledningsvevet for nerver. Disse nervene har ingen likhetstrekk med nerver hos dyr.

Vedrørene transporterer vann og mineraler fra roten til alle deler av planten. De består av døde celler uten organeller, der bare celleveggene er igjen. Når nye vedrør dannes, lever de bare til de er ferdig modnet. Siden de bare skal frakte vann og mineraler ved passiv transport, er det ikke nødvendig at planten bruker energi på å holde dem levende.

Vedrørene har forsterkningslister med \_lignin\_ på innsiden av celleveggen. Listene stiver opp cellene og støtter opp planten. De fleste cellene er tønneformet, det vil si relativt korte og vide, og cellene står oppå hverandre. Relativt store vedrør blir dannet om våren, små om sensommeren og høsten. Det er derfor lett å se hvor mye et tre har vokst i diameter hvert år. En stor og lys ring med store vedrør og en liten og mørk ring med små vedrør utgjør til sammen ett års vekst, en årring.

Silrørene er langstrakte og levende celler, men de har verken cellekjerne, ribosomer eller vakuoler. Såkalte følgeceller ligger tett inntil silrørene. Disse cellene har alle de celleorganellene som mangler hos silrørene. Følgecellene kan derfor forsyne silrørene med organiske forbindelser som silrørene ikke kan lage selv.

--- 173 til 401

Silrørene står også oppå hverandre, akkurat som vedrørene. I endeveggene er det porer eller små åpninger, slik at de ser ut som en sil. De blir derfor kalt \_silplatene\_. Transporten gjennom silrørene er passiv.

I fotosyntesen blir det dannet \_glukose\_, men en del av glukosen blir raskt omdannet til \_sukrose\_, som blir transportert gjennom silrørene. Transporten av dette sukkeret går i begge retninger. Fra de nederste bladene blir sukkeret fraktet nedover til roten, og fra de øverste går transporten til blomster, frukt og frø.

Blåtekst: Vedrør frakter vann og mineraler fra jorda til bladene. Silrør frakter sukker som lages i fotosyntesen, fra bladene til roten eller til blomster, frukt og frø.

Bilde: figur

Bildetekst: Vedrør er døde celler som har delvis eller helt gjennombrutte endevegger. Ofte har cellene forsterkningslister langs veggene som stiver opp cellen.

Bilde: figur

Bildetekst: Ved å telle årringer kan vi finne ut hvor gammelt et tre er.

Bilde: figur

Bildetekst: Silrør er levende celler uten cellekjerne, men med følgeceller. Endeveggene ser ut som en sil. Følgecellene forsyner silrørene med organiske forbindelser.

Margtekst: Ordet \_lignin\_ er latin og betyr «ved». Cellevegger inneholder ca. 50 prosent lignin, resten er cellulose. Lignin har en komplisert oppbygning. Lignin gir ekstra styrke til veggen og har egenskaper som minner om stiv plast.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke oppgaver har stengelen?
2. Hvordan kan vi bruke stengelen til å se forskjell på en enfrøbladet og en tofrøbladet plante?
3. Hvordan er vedrørene bygd opp? Hva frakter de, og hvor frakter de dette?
4. Hvordan er silrørene bygd opp? Hva frakter de, og hvor frakter de dette?

--- 174 til 401

## xxx2 7.5 Bladet

På forsiden av denne boka ser du et bilde av oversiden på et blad. Her kan du se bladnerver og celler med kloroplaster. Tettheten av kloroplaster med klorofyll gjør at hele bladet ser grønt ut.

Det meste av fotosyntesen foregår i bladene, som er perfekt tilpasset dette både i ytre og indre bygning. Karbondioksid og vann må fraktes til cellene, og det må komme nok lys til klorofyllet. Til celleåndingen må bladene ha oksygen. Til andre kjemiske prosesser i bladene må det også fraktes forskjellige mineraler. Fotosynteseproduktene må fraktes fra bladene til andre deler av planten.

De fleste blader har en bladflate og en bladstilk, men størrelse og form varierer mye. Variasjonene forteller mye om tilpasninger til voksested og klima.

Blåtekst: Cellene i bladet sørger for det meste av fotosyntesen.

Bilde: to foto

Bildetekst: 1) Enfrøbladede planter, som denne bananplanten (\_Musa sp.\_), har blader med parallelle bladnerver. 2) Tofrøbladede planter, som osp (\_Populus tremula\_), har blader som er håndnervet.

### xxx3 Bladets bygning

\_Ytterhud\_ finnes både på oversiden og på undersiden av bladet og er som oftest dekket av kutikula. Grunnvevet i bladet er grønt av klorofyll. Klorofyllet finnes i egne organeller som heter \_kloroplaster\_. Kloroplaster finnes i to typer celler som driver fotosyntese: \_palisadeceller\_ og \_svampceller\_. Palisadecellene finnes på oversiden av bladet, rett under ytterhuden, og sitter tett inntil hverandre. Svampcellene finnes på undersiden av bladet og har store luftrom imellom. Cellene i ytterhuden har ikke kloroplaster.

I ytterhuden, særlig på undersiden av bladet, er det spesielle porer, \_spalteåpninger\_, der karbondioksid og oksygen diffunderer ut og inn mens vann fordamper ut. Spalteåpningene kan åpne og lukkes.

--- 175 til 401

Blåtekst: Bladet har ytterhud både på over- og undersiden. I tillegg består det av grunnvev og ledningsvev. Grunnvevet består som regel av to ulike typer celler, palisadeceller og svampceller, som begge har kloroplaster. Her foregår det meste av fotosyntesen.

Bilde: figur

Bildetekst: Undersiden av et blad med spalteåpninger

Bilde: figur

Bildetekst: Åpning og lukking av spalteåpninger. To lukkeceller omgir spalteåpningen. De inneholder kloroplaster og har fotosyntese. Når det blir produsert glukose, blir vann fraktet inn i lukkecellene ved osmose. Det gjør at cellene svulmer opp og buer utover og spalten åpnes. Når fotosynteseaktiviteten er lav, er det liten produksjon av glukose, og lite vann siver inn. Cellene blir flate, og åpningen lukkes.

### xxx3 Fordypning: Planters forsvar mot bakterier

Når fotosynteseaktiviteten er høy, åpnes spalteåpningene. Spalteåpningene skal slippe CO\2 inn og O\2 og vann ut, men en åpen spalteåpning kan også være en inngangsport for sykdomsframkallende mikroorganismer som sopp, bakterier og virus. Plantene har ikke noe immunforsvar slik som dyr har, men mange har andre metoder for å hindre mikroorganismene i å kommer inn i planten. I tillegg til at vokslaget, kutikula, gir beskyttelse, kan planten ved hjelp av sinnrike kontrollmekanismer kontrollere at spalteåpningene ikke er åpne mer enn nødvendig. Forskere har funnet flere proteiner som plantene selv produserer, og som spiller en sentral rolle i planters forsvar. De er et slags vaktkorps som lukker døren for mikroorganismer som ellers ville infisere planten. Noen mikroorganismer har utviklet et kjemisk stoff, \_coronatin\_, som kan tvinge spaltene til å åpne seg igjen. Plantene merker nærværet av de sykdomsframkallende mikroorganismene og svarer med å gi beskjed til lukkecellene, via flere ulike proteiner og enzymer, om å lukke spalteåpningene. Planten kan ikke drepe mikroorganismene, bare holde dem ute. Kommer de likevel inn, dør bladcellene i det infiserte området for å hindre mikroorganismene i å spre seg. Det kan ofte ses som brune eller svarte flekker på bladene. Da dør noen av mikroorganismene og deler av bladet.

### xxx3 Transport i bladet

For å erstatte vann som fordamper gjennom spalteåpningen, må røttene stadig ta opp vann og frakte det til bladene, der fotosyntesen foregår. Ledningsvevet med silrør og vedrør forgreiner seg tynnere og tynnere utover i bladet.

--- 176 til 401

Vannet blir fraktet fra vedrørene inn i palisadeceller og svampceller og videre inn i kloroplastene ved osmose. Til fotosyntesen kreves det også CO\2, som kommer inn gjennom spalteåpningene og diffunderer videre inn i cellene. I fotosyntesen produseres glukose. Den blir fraktet videre gjennom silrørene, mens O\2 skilles ut gjennom spalteåpningene. Under celleåndingene er det motsatt. Da trenger plantene O\2 for å forbrenne glukosen, og det blir frigjort CO\2 og vann.

Blåtekst: Vann transporteres fra vedrørene inn i palisade- og svampvevet, der fotosyntesen foregår. CO\2, O\2 og vann diffunderer gjennom spalteåpningene.

Bilde: figur

Bildetekst: Tverrsnitt av et blad. Palisadevevet ligger på oversiden av bladet under ytterhuden. Det består av langstrakte celler som ligger tett i tett. Under palisadevevet er svampvevet. Mellom cellene i svampvevet er det luftrom. Luftrommene er transportveier for CO\2, O\2 og vann.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvor i bladet foregår fotosyntesen? Er det noe sted i bladet det ikke foregår fotosyntese?
2. Tegn og sett navn på de ulike delene av bladet.
3. Hvorfor tror du det er en fordel at det er mye luft mellom svampcellene i bladet?
4. Hva er spalteåpninger? Hvor i bladet finner vi som regel spalteåpninger?

## xxx2 7.6 Transport av vann

Vannet kommer inn i roten i hovedsak gjennom rothårene og følger vedrørene oppover i stengelen og ut i bladene. Det er bare en liten del av vannet som blir brukt til fotosyntesen. Det meste av vannet som blir tatt opp av roten, går rett gjennom planten og ut gjennom spalteåpningene. Når vannet fordamper, blir det erstattet av nytt vann fra roten. Store mengder vann kan transporteres slik i løpet av en dag. Det går ganske raskt også, farten er fra 15 til 45 meter per time. Fra et middels stort tre kan det fordampe mellom 200 og 400 liter vann på et døgn.

Men hvordan kan vann fraktes opp i over 100 meter høye trær, og hvorfor transporterer planter så store mengder vann? Hvis vi skulle pumpe opp vannmengder som tilsvarer transporten i et slikt høyt tre, måtte vi bruke en kraftig pumpe, og det har ikke plantene. De har bare døde vedrør! En av grunnene er at de trenger CO\2 til fotosyntesen. CO\2 diffunderer inn gjennom spalteåpningene, som må være åpne slik at gassen kan komme inn i bladet, men samtidig mister plantene mye vann fordi vannet fordamper ut gjennom spalteåpningene. Opptak av CO\2 til fotosyntesen og tap av vann ved fordampning er uløselig knyttet til hverandre.

Bilde: foto

Bildetekst: Hvordan kommer vannet helt opp i toppen av dette redwoodtreet (\_Sequoia sempervirens\_)?

--- 177 til 401

### xxx3 Vannet kan nå toppen av over 100 meter høye trær

Hvordan klarer plantene å transportere vannet inn i rottene, opp gjennom planten og ut av bladene? Det som samlet sett best forklarer hvordan vannet blir fraktet i planter, er \_transpirasjons- og kohesjonsteorien\_. Den forklarer hvordan vann kommer opp i plantene ved en kombinasjon av flere faktorer som virker sammen:

-- fordampning (transpirasjon)

-- kohesjon og adhesjon

-- rottrykk

Vi skal se nærmere på hver av disse faktorene. La oss starte med å se på fordampning av vann i bladene, for det er den viktigste faktoren i dette transportsystemet.

Margtekst: Kohesjon og adhesjon kalles til sammen \_kapillærkrefter\_.

#### xxx4 Fordampning

Vanligvis er luften rundt planten tørrere enn luften inni bladet, derfor vil vannet fordampe ut. Når vannet fordamper fra bladene, skapes det et undertrykk i vedrørene som forplanter seg nedover i stengelen og trekker vannet oppover gjennom stengelen. Teoretisk er dette nok til å trekke vann over 300 meter oppover, nesten tre ganger så høyt som det høyeste treet. En viktig forutsetning for at vannsøylene kan bli så høye, er at de er sammenhengende, og krefter mellom vannmolekylene bidrar til å holde vannsøylen ubrutt.

#### xxx4 Kohesjon og adhesjon

Vannmolekyler er bundet sammen med hydrogenbindinger. Det er bindinger mellom den negative siden, der oksygenatomet er, og den positive delen på et annet molekyl, der hydrogenet er. Selv om bindingene ikke er så sterke, holdes vannmolekylene likevel sammen. Dette kalles \_kohesjonskrefter\_.

Hydrogenbindingene gjør også at vannmolekylene klistrer seg fast til cellulosen i vedrørene. Dette kalles \_adhesjonskrefter\_. Når vann fordamper fra bladene, trekkes det oppover. Jo flere vannmolekyler som kommer i forbindelse med veggen i vedrørene, desto høyere kan vannsøylen bli. Derfor er vedrørene veldig tynne. Det kan bli brudd i vannsøylene i enkelte vedrør. Da stopper vannet i disse rørene, men plantene har så mange vedrør at det vanligvis ikke er kritisk for dem.

På varme og solrike dager kan fordampningen fra bladene bli spesielt stor – faktisk større enn opptaket av vann. Det dannes da et undertrykk i vedrørene som kan bli så stort at man kan måle at trærne blir tynnere! Dette er den sammen virkningen som du får hvis du suger i et sugerør samtidig med at du tetter for åpningen i den andre enden.

Blåtekst: Fordampning fra bladene trekker vannet oppover i stengelen i en sammenhengende vannsøyle. Kohesjon er tiltrekning mellom de polare vannmolekylene. Adhesjon er tiltrekning mellom vannet og veggene i vedrørene.

Bilde: figur

Bildetekst: Kohesjon mellom polare vannmolekyler

Bilde: figur

Bildetekst: Adhesjon mellom vannmolekylene og veggene i rørene. Jo tynnere røret er, jo høyere blir vannsøylen.

--- 178 til 401

#### xxx4 Fordypning: Guttasjon

Om natten, når fordampningen er svært liten, vil rotcellene fortsatt aktivt ta opp ioner. Derfor vil vann diffundere inn i roten ved osmose. Noe av dette vannet presses oppover i planten og ut i bladene. Der kan vannet skilles ut gjennom små porer ytterst på bladene. På fagspråket kalles dette guttasjon. Vi kan tydelig se det om morgenen som små dråper i bladkantene på for eksempel jordbærplanten og marikåpe. Vannet inneholder nesten alltid små mengder oppløste stoffer som sukker og ulike salter. Det har vært knyttet mye overtro til disse vanndråpene. De gamle alkymistene mente at de hadde en magisk kraft, og at de kunne være utgangsstoff for gullproduksjon. Andre mente at vanndråpene var en kilde til å gjenvinne ungdommen.

Bilde: foto

Bildetekst: Guttasjon hos jordbær

#### xxx4 Rottrykk

Rottrykk er et fenomen som forkommer i vedrørene når røttene tar opp vann om natten eller når luftfuktigheten er veldig høy. Da er det lite eller ingen fordampning, og om natten er det heller ingen fotosyntese. Plantene fortsetter likevel aktivt å ta opp ioner, slik at cellene i rothårene fremdeles inneholder mer oppløste stoffer enn jorda rundt plantene. Derfor diffunderer vann fortsatt inn i roten ved osmose. Dette skaper et overtrykk i vedrørene, og vannet presses dermed oppover i planten. Rottrykket er bare stort nok til å frakte vann ca. 2 meter oppover. Hos trær som er høyere enn dette, er de andre faktorene som er nevnt på forrige side viktigere.

Blåtekst: Planter tar aktivt opp ioner fra jorda. Dette gjør at vann diffunderer inn i roten og det dannes et rottrykk som presser vannet oppover.

#### xxx4 Transpirasjons- og kohesjonsteorien

Mens rottrykket har relativt liten innvirkning på vanntransporten i plantene, er fordampning gjennom bladene det som driver hele transporten, og som løfter vannet opp. Kohesjonen mellom vannmolekylene forhindrer at vannsøylene faller fra hverandre, og adhesjonen forhindrer at tyngdekraften trekker vannet nedover. Ingen av faktorene alene kan forklare vanntransporten i plantene.

--- 179 til 401

Blåtekst: Vanntransporten i plantene kan forklares ut fra en sum av flere faktorer: fordampning, kohesjon, adhesjon og rottrykk. Dette kalles transpirasjons- og kohesjonsteorien.

Bilde: figur

Bildetekst: Transpirasjons- og kohesjonsteorien

Forklaring: Vanntransport i et tre. Nederst: rottrykk. Oppover gjennom treet: adhesjons- og kohesjonskrefter. Øverst: fordampning fra bladene

### xxx3 Repetisjon

1. Hva trenger plantene vann til?
2. Hvorfor fordamper vann fra bladene?
3. Hva er kohesjon og adhesjon?
4. Hvordan oppstår et rottrykk i noen planter?
5. Hva går transpirasjons- og kohesjonsteorien ut på?

## xxx2 7.7 Transport av fotosynteseprodukter

Det er først og fremst cellene i grunnvevet i bladet, det vil si palisade- og svampcellene, som har fotosyntese og danner glukose. Noe av glukosen brukes med en gang i celleåndingen, mens resten blir omdannet til sukker (sukrose) og fraktet til andre deler av planter.

Det har vært lansert flere hypoteser om hvordan transporten av sukker foregår. Den meste anerkjente forklaringen kalles \_trykkstrømshypotesen\_. Forskerne mener at sukker transporteres fra celle til celle i bladet gjennom åpne kanaler og inn i silrørene ved aktiv transport. Det gir en økt konsentrasjonsgradient (se side 149). Vannet følger passivt med ved osmose fra nærliggende celler. Dette øker trykket i silrørene, og selve transporten videre foregår passivt drevet av en trykkgradient, det vil si fra steder med høyt trykk (høy konsentrasjon av sukker) til steder med lavt trykk (lav konsentrasjon av sukker). Det maksimale trykket kan være ti ganger så høyt som i et bildekk, og sukkeret beveger seg i silrørene med en hastighet på mellom 50 og 200 cm i timen. Når sukkeret er kommet til bruksstedet eller lagringsstedet, blir det fraktet ut av silrørene ved aktiv transport. Vannet følger også her passivt med ved osmose og strømmer deretter inn i vedrørene for på nytt å bli transportert tilbake til bladet. Til en viss grad er det altså snakk om gjenbruk av vann.

--- 180 til 401

Sukkeret blir først og fremst transportert til de delene av planten som er i vekst, til blomster eller frukt, men også til de stedene der overskudd skal lagres. Overskuddet av sukker kan omdannes til lagringsprodukter i roten eller stengelen, for eksempel som sukrose i sukkerroer, som stivelse i poteter eller som fett i peanøtter. Transporten fra bladene oppover mot blomstene og nedover mot roten går i forskjellige silrør.

Blåtekst: Sukkeret blir transportert aktivt fra cellene i bladet til silrørene, passivt i silrørene og aktivt fra silrørene til lagringsstedene.

Bilde: figur

Bildetekst: Sukker blir transportert fra celle til celle gjennom åpne kanaler. Vann følger passivt med.

Bilde: figur

Bildetekst: Trykkstrømshypotesen

Margtekst: Glukose (druesukker) er et monosakkarid. Sukrose (rørsukker eller bare sukker) er et disakkarid og består av to monosakkarider. Stivelse er et polysakkarid og består av mange monosakkarider.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva blir dannet i fotosyntesen?
2. Gi en enkel forklaring på trykkstrømshypotesen.
3. Hva skal fotosynteseproduktene brukes til?
4. Gi to eksempler på hvordan fotosynteseproduktene blir lagret.

## xxx2 7.8 Vekst hos planter

Det grunnleggende i all plantevekst er celledeling og cellevekst. Etter celledeling er cellene små, derfor må cytoplasmaet øke, nye celleorganeller dannes og enzymer produseres. Da er det viktig at alle de nødvendige byggestoffene er til stede. Cellene kan ikke bare fylle på med ny innmat uten at cellemembranene og celleveggene også bli større. Ofte definerer vi plantevekst som en økning i biomassen til hele eller deler av planten. Dette er prosesser som krever energi.

Alle celler har de samme genene og kan teoretisk utvikle seg til en hvilken som helst celletype ved differensiering. Cellene blir organisert i vev og videreutviklet til de oppgavene de skal ha. Blant annet blir celleveggen tykkere med mer lignin, cellen får sin faste form avhengig av hvilken type celle den er, og cytoplasmaet utvikles. Resultatet er for eksempel at bladceller får klorofyll, ytterhud får kutikula og vedrørcellene dør.

Blåtekst: Vekst er et resultat av celledeling, økning av cellevolum og differensiering av celler og vev.

Bilde: foto

Bildetekst: Denne lille plantespiren skal vokse og utvikle seg til et stort grantre (\_Picea abies\_).

### xxx3 Hvilke stoffer trenger plantene for å vokse?

Faktorer som plantene trenger for å vokse, kalles abiotiske (ikke-levende) faktorer. De viktigste abiotiske faktorene er gassene O\2 og CO\2, vann, mineraler, temperatur og lys. Til fotosyntesen trenger plantene CO\2 fra luften og vann fra jorda. I jorda finnes det også oppløste stoffer som plantene trenger når de skal lage andre kjemiske forbindelser enn glukose.

--- 181 til 401

I DNA er nitrogen et viktig grunnstoff, og i ATP trengs det fosfor. Tabellen nedenfor viser hva plantene bruker noen av disse stoffene til. Disse stoffene er en forutsetning for normal vekst.

Alle typer jordsmonn inneholder humus, mineraler, luft og vann, men innholdet varierer mye og påvirker derfor hvilke planter som lever hvor. Ulike planter har ulike krav til omgivelsene. Plantene påvirker også hverandre.

Temperatur og lys spiller også en viktig rolle. Det er ikke like varmt alle steder. Vi finner følgelig ikke de samme plantene ved Middelhavet som på Svalbard, eller de samme plantene i tropiske regnskoger som i ørkenen. Noen planter tåler lite lys, andre må ha mye lys. For å blomstre må noen planter ha en bestemt daglengde, for andre er ikke det vesentlig.

Blåtekst: Faktorer som plantene trenger for å vokse, kaller vi abiotiske (ikke-levende). De viktigste abiotiske faktorene er gassene O\2 og CO\2, vann, mineraler, mineraler, temperatur og lys.

Bilde: foto

Bildetekst: Gaukesyre (\_Oxalis acetocella\_) trives best på skyggefull og litt fuktig skogbunn.

Margtekst: Humus er delvis nedbrutte plante- og dyrerester.

### xxx3 Viktige grunnstoffer for plantene

Planter trenger omtrent 16 grunnstoffer for å kunne overleve og vokse – først og fremst hydrogen, karbon og oksygen. Stoffene blir transportert inn i plantene som ioner sammen med vannet. Også grunnstoffer som ikke er helt nødvendige, blir fraktet inn i plantene, og hos enkelte planter er det funnet over 60 grunnstoffer i plantevevet! Det er selvsagt mest av de vanligste stoffene som hydrogen, karbon og oksygen, men det er også funnet sjeldnere stoffer som platina og gull.

Mange planter, som erteplanter og or, har symbiose med jordbakterier fra slekten \_Rhizobium\_. Disse bakteriene kan binde nitrogen direkte fra luften og på den måten forsyne planten med organiske nitrogenforbindelser. Som gjenytelse mottar bakteriene sukker og andre nødvendige stoffer fra planten.

Tabellen viser et lite utvalg av viktige grunnstoffer, hvor de finnes, og hva som skjer dersom planten ikke får nok av dem.

Tabell:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Grunnstoff | Bruk i planten | Mangelsymptomer |
| Nitrogen (N) | I nukleinsyrer, klorofyll, aminosyrer, proteiner og enzymer | Gule flekker på bladene, nedsatt vekst |
| Svovel(S) | I enzymer og aminosyrer | Gule flekker, spesielt på unge blader |
| Fosfor (P) | I DNA, RNA, ATP, cellemembraner og enzymer | Nedsatt vekst, mørkegrønne flekker på hele planten, forsinket modning |
| Magnesium (Mg) | I klorofyll og enzymer, viktig i proteinsyntesen | Gule og røde flekker på eldre blader og nedsatt vekst |
| Kalsium (Ca) | I proteiner som aktiverer enzymer, viktig for plantevekst | Unge røtter og skuddspisser dør |
| Kalium (K) | Regulerer det osmotiske trykket i lukkecellene, nødvendig for å aktivere enzymer | Gule og døde flekker, spesielt på eldre blader, svak stengel og svake røtter |

--- 182 til 401

Blåtekst: Abiotiske faktorer som plantene trenger for å ha normal vekst, er O2, CO2 og vann, mineraler, temperatur og lys. Mange av grunnstoffene er helt nødvendige for normal plantevekst.

### xxx3 Vekst som tilpasning til voksested

Tilpasning til abiotiske faktorer som temperatur, lys, fuktighet og jordsmonn har ført til at ulike planter vokser i ulike miljøer, og at planter har ulike tilpasninger av både rot, stengel, blad og blomst. Veksten til en plante vil alltid påvirkes av de abiotiske faktorene, slik at én og samme planteart for eksempel kan ha ulik størrelse og blomstringstidspunkt avhengig av hvor den vokser.

Røttene som fester planten til jorda og sørger for opptak av vann og næringsstoffer, har ulik utforming. Hvor dypt ned i jorda røttene går, avhenger av jordtype, temperatur og vann – og selvsagt hvilken planteart det er. Hos store planter, for eksempel eik, går røttene flere meter ned og kan dekke et areal på flere hundre kvadratmeter. Men hos de fleste planter går ikke røttene mer enn ca. en halv meter ned. Dybden er et kompromiss mellom det å skaffe vann og næringsstoffer og samtidig få nok O\2. Planter som vokser i ørkenstrøk, kan ha røtter som går ekstremt dypt, mens planter som bergknapp har veldig korte røtter. Det er de nye unge røttene som er viktigst for vann- og næringsopptaket. Noen planter mangler røtter, for eksempel blærerot, som vokser i vann.

Bladene har fotosyntese. Tilpasning til lysmengde og vanntilgang henger nøye sammen. Stor overflate på bladene gir mye sollys og mye fotosyntese, men også stor fordampning. I tørre områder med liten tilgang på vann må planten kunne redusere forbruket eller vanntapet. Bladene kan ha en ekstra tykk kutikula (for eksempel tyttebær), de kan være tykke og væskefylte (for eksempel bergknapp), eller de kan være innrullete (for eksempel krekling). Alt dette er tilpasninger for å begrense fordampningen.

Er områdene ekstremt tørre, slik som i ørkenen, kan bladene være omdannet til torner, og stengelen har overtatt fotosyntesen (for eksempel kaktus). Hvitveis trenger mye lys og blomstrer derfor tidlig om våren, før bladene kommer på trærne, mens gaukesyre er tilpasset lite lys og kan vokse i tett skog.

Vanligvis har plantene spalteåpninger på undersiden av bladet. Vannplanter som har flyteblader, har ikke det. De har spalteåpningene på oversiden. Hos furu er nålene (altså bladene), innrullete, og spalteåpningene er innerst. Dette hindrer fordampning og gjør at planten tåler tørke.

--- 183 til 401

Opp mot fjellet er det en markert grense, en skoggrense. Ovenfor denne grensen er fjellet, og der vokser det ikke trær. For at planter skal kunne rekke å utvikle blader, blomster og frø, kreves det en viss lengde på vekstsesongen og en viss temperatur. Noen trær trenger lengre og varmere vekstsesong enn andre. Bjørk er det treet som vokser lengst opp mot fjellet og lengst nord i Norge. Bøk og lind krever høyere gjennomsnittstemperatur enn bjørk for å vokse. De kalles derfor varmekjære løvtrær og vokser verken særlig høyt eller særlig langt nord. Palmer tåler ikke frost og vokser derfor ikke i Norge. Der gjennomsnittstemperaturen for de fire varmeste månedene er under 7,5 °C, er det ikke skog i Norge.

Alle planter er tilpasset det miljøet de lever i, og variasjonen er enorm. Noen har snevre grenser for hva de tåler, og hvor de kan vokse, andre har stor utbredelse. Blåbær vokser nesten overalt – på tørre og fuktige områder, langs kysten og høyt oppe på fjellet.

Blåtekst: Hos alle planter er vekst og utvikling tilpasset levestedet og de abiotiske faktorene der.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Tyttebær (\_Vaccinium vitisidaea\_) har blader med ekstra tykk kutikula. 2. Bildetekst: Arter i bergknappfamilien er såkalte sukkulenter. Dvs. at de har tykke, væskefylte blader.

Bilde: foto

Bildetekst: Fjellbjørka er en vanlig art rundt tregrensen i Norge.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvordan definerer vi vekst hos planter?
2. Hva er en abiotisk faktor? Gi noen eksempler på abiotiske faktorer som påvirker veksten hos planter.
3. Gi tre eksempler på stoffer plantene trenger for å vokse.
4. Gi to eksempler på at en plantes vekst er tilpasset levestedet.

--- 184 til 401

## xxx2 7.9 Plantehormoner påvirker vekst og utvikling

Organiske forbindelser som påvirker og regulerer vekst og utvikling hos planter, kaller vi \_plantehormoner\_. De fører til mange reaksjoner, men stort sett fører de til at veksten blir stimulert eller hemmet. Mekanismene er innviklede og vanskelige, og mange detaljer er fremdeles ukjente.

Plantehormonene blir fraktet passivt fra celle til celle ved diffusjon eller aktivt ved hjelp av transportproteiner. De kan også virke i de cellene der de blir laget. Plantehormonene dannes ikke i kjertler slik som hormonene hos dyr. Hormoner hos planter og hormoner hos dyr har det til felles at de fungerer som signalstoffer som setter i gang en reaksjon, men hos planter blir hormonet oftest produsert i cellene og vevet der det skal virke.

Hvert hormon kan framkalle flere forskjellige reaksjoner. Det er avhengig av flere faktorer:

-- Hvilken del av planten som blir påvirket

-- Hvor langt planten er kommet i sin utvikling

-- Konsentrasjonen av hormonet

-- Hvor mye det er av andre hormoner

Et hormon kan også virke ulikt på forskjellige planter eller på ulike deler av en plante. To plantehormoner kan ha motsatt effekt, eller de kan forsterke virkningen av hverandre. De er virksomme i svært små konsentrasjoner, og så lite som en milliondels (10−6) gram per plante kan være nok. De vanligste plantehormonene deler vi inn i fem grupper: auxiner, gibberelliner, cytokininer, etylen (eten) og abscisinsyre.

At plantehormoner påvirker vekst og utvikling hos planter, blir i stor grad utnyttet industrielt. Derfor kan plantehormoner også være en ytre påvirkning som vi bruker for å styre vekst og modning av planter som vi bruker til mat.

--- 185 til 401

Tabellen gir en oversikt over virkemåten til de vanligste plantehormonene:

Tabell:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Hormoner | Virkning | Eksempler på bruk |
| Auxiner | Fremmer blant annet lengdevekst, frukt- og bladfelling. | Sprøyting av frukttrær hindrer for tidlig fruktfall. Framkaller røtter på stiklinger og hindrer groing av poteter. |
| Gibberelliner | Fremmer frøspireevne, vekst og fruktutvikling. Opphever frø- og knopphvile. | Kan brukes til å danne frukter uten frø (for eksempel druer). Øker maltningsprosessen ved ølbrygging med spalting av stivelse. Sprøyting av sukkerrør gir større vekst og høyere sukkerinnhold. |
| Cytokininer | Fremmer celledeling og vekst. Hemmer bladfelling og aldring. | Kan brukes til å pensle blader med for at bladverket skal holde seg grønt lengre. |
| Etylen | Fremmer blomstring, fruktmodning og bladfelling. Hemmer rotvekst og lengdevekst. | Framskynder modning av epler, bananer og tomater. Ved transport og lagring av frukt kan man forsinke modningshastigheten. |
| Abscisinsyre | Fremmer fruktmodning, rotvekst og aldring. Hemmer utvikling av knopper og frø. | Kan brukes til å forlenge knopp- og frøhvile. Kan også forbedre rotdannelse i stiklinger. |

Blåtekst: Plantehormoner er forbindelser som påvirker vekst, utvikling, differensiering og stoffomsetning i plantene.

Bilde: foto

Bildetekst: Plantespirer som er tilsatt mye auxin (til venstre), litt auxin (midten) eller ikke noe auxin (til høyre), utvikler seg ganske forskjellig.

Forklaring: Mye auxin gir mange, lange røtter. Litt auxin gir færre, kortere røtter. Ikke noe auxin gir ingen røtter.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva mener vi med plantehormoner?
2. Hvilke grupper deler vi plantehormonene inn i?
3. Gi noen eksempler på hvordan plantehormoner påvirker og kontrollerer veksten hos planter.

## xxx2 7.10 Plantenes reaksjon på ytre påvirkning

Planter blir påvirket av omgivelsene hele livet, og de har et raffinert sett av ulike måter å reagere på ytre påvirkning på. Dyr vokser til de har nådd en bestemt form, mens planter forandrer både form og størrelse gjennom hele livsløpet. Blader og blomster kan forandre stilling i løpet av en dag. Mange planter innstiller seg slik at bladflaten står vinkelrett mot sola for å utnytte lyset mest mulig. En slyngplante som vokser ved et tre, slynger seg rundt det og får på den måten feste, slik at den holder seg oppreist.

Mange av de ytre påvirkningene som styrer plantens vekst og utvikling, virker i én retning. Tyngdekraften virker for eksempel bare nedover. Sollyset, derimot, har en døgnsyklus som varierer. Det er derfor ikke så rart at skudd og røtter er forskjellige både i måten å vokse på og i utseende. Berøring og temperatur er andre eksempler på påvirkning som planter utsettes for, og som de kan reagere på.

--- 186 til 401

Alle slike reaksjoner hos plantene fører til at de oppnår en gunstigere posisjon i forhold til miljøet de lever i, enten det skyldes en fysisk eller en kjemisk påvirkning. Plantene fanger opp påvirkningen, som fører til en eller annen vekst eller bevegelse. For at det skal bli en reaksjon, må påvirkningen være over en viss størrelse. Botanikere har i lang tid vært opptatt av å forstå hva det er som styrer plantevekst og bevegelse. I dag vet vi at dette er svært sammensatt.

Blåtekst: Ytre påvirkning som temperatur, tyngdekraft, berøring og lys påvirker veksten hos plantene.

Bilde: foto

Forklaring: Slyngplanter på en trestamme.

Bildetekst: Slyngplanter trenger noe å feste seg til for å holde seg oppreist og vokse.

### xxx3 Tropismer og nastier

Planter kan til en viss grad bevege seg som en reaksjon på ytre påvirkning. Vi skiller mellom to typer bevegelser eller reaksjoner: \_tropismer og nastier\_. Hvis veksten eller bevegelsen er retningsbestemt mot eller fra en ytre påvirkning, kaller vi det en tropisme. Dersom den ikke er retningsbestemt, kaller vi det en nasti. Tropismene er regulert av plantehormoner, mens nastiene skyldes mekaniske forandringer eller ioneforandringer i cellene.

Tabellen viser forskjellige former for tropismer og nastier:

Tabell:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bevegelse | Beskrivelse | Eksempler |
| Fototropisme | Positiv fototropisme: vekst mot lyset Negativ fototropisme: vekst fra lyset | Blader og blomster som vender mot lyset Røtter som vokser bort fra lyset |
| Gravitropisme | Positiv gravitropisme: vekst nedover (med tyngdekraften) Negativ gravitropisme: vekst oppover (mot tyngdekraften) | Røtter som vokser nedover i jorda  Skudd som ligger flatt, og som vil begynne å bøye seg oppover |
| Heliotropisme | Retningsbestemt vekst av blomster og blader mot eller vekk fra sola i løpet av en dag | Planter som skal danne pollen og frø i kalde strøk eller tidlig på våren, kan snu blomstene mot sola. Da vil temperaturen i blomsten øke. Det gir raskere utvikling av pollen og frø. |
| Hydrotropisme | Retningsbestemt vekst, spesielt i røtter, ut fra en fuktighetsgradient | En plante som står i tørr jord med vann nærheten, vil danne flere røtter i retning mot vannet. |
| Kjemotropisme | Retningsbestemt vekst, spesielt i røtter, på grunn av spesielt vannløselige kjemiske stoffer og gasser. | Bladene hos planten soldogg har tett med klebrige kjertelhår som insekter setter seg fast i. Hårene bøyer seg mot byttet, de myke delene løses opp av et enzym i kjertelhårene. Når insektet er fordøyd, retter bladplaten og hårene seg ut igjen. |
| Tigmotropisme | Retningsbestemt vekst av stengel, blader og slyngtråder på grunn av trykk eller berøring. | Slyngplanter vokser rundt en stamme eller oppover langs et gjerde, røtter som treffer en stein, vil vokse rundt den. |
| Tigmonasti | Ikke retningsbestemt vekst eller bevegelse på grunn av trykk eller berøring. | Bladene hos mimosa klapper sammen ved berøring. |
| Fotonasti | Ikke retningsbestemt vekst eller bevegelse på grunn av lys. | Snøsøte og løvetann åpner seg når det er sol, og lukker seg om kvelden. |

--- 187 til 401

Blåtekst: En tropisme er retningsbestemt vekst eller bevegelse mot eller fra en ytre påvirkning. Dersom veksten ikke er retningsbestemt, kaller vi det en nasti.

Bilde: figur

Forklaring: Tre tegninger av en plante.

1. Planten står den i jord, med roten nedover i jorden og stengelen oppover, over jorden.

2. Planten er revet opp med rot og ligger vannrett oppå jorden.

3. Planten ligger fortsatt, men roten vokser nedover i jorden og stengelen er bøyd så øverste del av planten vokser oppover.

Bildetekst: Positivt gravitropisk rot, negativt gravitropisk skudd. Gravitropisme er vekst med eller mot tyngdekraften.

### xxx3 Andre former for tilpasning til ytre påvirkning

Selv om planter mangler nervesystem, kan de likevel reagere på omgivelsene, blant annet slik du leste om på de forrige sidene. Plantenes vekst og utvikling er sterkt påvirket av årstidene og variasjoner i klima, daglengde, lysmengde og temperatur.

Når bør plantene avslutte vekstsesongen og forberede seg til en vinter- eller tørkesesong? Når er det gunstig å produsere frø? Når bør de blomstre? Mange av disse tilpasningene styres av lys og temperatur, som igjen påvirker produksjonen av forskjellige plantehormoner.

På sensommeren kommer det knopper som inneholder blad- og blomsteranlegg for neste år. Det er lengden på dagen som gir signal om at veksten skal stoppes og vinterknopper lages. Knoppene er godt beskyttet av knoppskjell, og ikke før de får riktig temperatur, fuktighet og lys, blir hvilen brutt. Når nettene blir kjøligere og dagene kortere, avtar veksten eller opphører helt, og mange trær får vakre høstfarger. Da trekker trærne klorofyllet tilbake i stammen og andre fargestoffer kommer til syne. Planten forbereder seg på en hvileperiode.

Dersom du tar inn bjørkekvister til jul, får du ikke grønt løv på dem, men hvis du venter til et par måneder etter jul, går det fint. Knoppene trenger en viss tid på å bryte hvilen.

Selv om frøene er ferdig modnet, spirer de ikke alltid med en gang. Hvis lys- og vannforholdene ikke er gunstige, hindrer det frøene i å spire på en ugunstig årstid. Frøene kan også inneholde kjemiske stoffer som virker hemmende på spiringen.

--- 188 til 401

\_Fotoperiodisme\_ er plantenes tilpasning til antall timer med lys og mørke i løpet av et døgn. Det er vanlig å dele plantene inn i grupper ut fra den daglengden de trenger for å blomstre.

-- Hos \_dagnøytrale\_ planter spiller ikke antall timer med lys noen rolle for blomstringen (for eksempel løvetann, tunrapp og vassarve).

-- \_Kortdagsplanter\_ blomstrer bare når daglengden er kortere enn et visst antall timer (for eksempel prestekrage, mais og julestjerne).

-- \_Langdagsplanter\_ blomstrer normalt om våren når dagene er lange, vanligvis over ni til tolv timer (for eksempel reddik, sverdlilje og flere kornsorter).

Egentlig er det tallet på timer uten lys som styrer blomstringen, så kortdagsplanter burde hete langnattsplanter, og langdagsplanter burde hete kortnattsplanter, men de gamle navnene er fremdeles i bruk.

For at planter, for eksempel julestjerne og julekaktus, skal blomstre til spesielle tider på året, blir de behandlet med kunstig lys og temperatur. Julestjerne er en langdagsplante ved lav temperatur og en kortdagsplante ved høy temperatur.

Blåtekst: Plantenes vekst og utvikling er sterkt påvirket av årstidene. Fotoperiodisme er plantenes tilpasning til antall timer med lys og mørke i løpet av et døgn.

Bilde: foto

Bildetekst: Hestehov (\_Tussilago farfara\_) lager blomsterknopper om høsten, og de spirer tidlig om våren. Blomsterknoppene er synlige som små kuler på rota.

Bilde: foto

Bildetekst: Julestjerne (\_Euphorbia pulcherrina\_) i veksthus. Julestjerne er en kortdagsplante ved høy temperatur.

### xxx3 Kappløpet mellom planter og planteetere

En svært langvarig evolusjon mellom plantene og dyrene som lever av dem, har ført til at plantene har utviklet en rekke merkelige og spennende måter å forsvare seg på. Disse forsvarsmåtene gjenspeiler seg både i de ytre bygningstrekkene og i de ulike stoffene plantene produserer. Vi deler forsvarsmåtene inn i ytre og indre forsvar. Tabellen på neste side viser noen av disse forsvarsmåtene.

--- 189 til 401

Tabell: 2 tabeller

\_Ytre forsvar:\_

|  |  |
| --- | --- |
| Forsvarsmåte | Eksempel |
| \_Torner og pigger:\_ Torner og pigger er ofte omdannede blader som hindrer dyr i å spise planten. | Kaktusarter og mange erteplanter har torner og pigger. Det er få dyr som beiter på dem. Sjiraffen er et av de få dyrene som er tilpasset til å beite på de langtornede akasietrærne. |
| \_Ru blader:\_ Bladene hos flere gressarter er ru og stive og dermed lite egnet til å beite på. | Gresset sølvbunke vokser i tuer. Bladene er ru på oversiden. Beitedyr unngår denne gressarten, og tuene blir derfor ofte stående igjen i beiteområder. |
| \_Slim eller lukt:\_ Noen planter skiller ut klebrige stoffer eller lukter som gjør at beitende dyr unngå dem. | Soldogg har blader som skiller ut slim som insektene blir sittende fast i. Beitende dyr vil heller ikke spise bladene. |

\_Indre forsvar:\_

|  |  |
| --- | --- |
| \_Beitestoffer:\_ Planter som beites eller angripes av insekter, skiller ut ulike stoffer for å hindre beiting eller angrep. | Kornsorter kan produsere gasser som hindrer insektlarver i å spise planten. Vi regner med at det er kjemikalier hos larvene som setter i gang produksjonen av gassen. |
| \_Nabovarsel:\_ Planter kan ved angrep fra insekter og andre planteetere også skille ut gasser som planter i nærheten kan reagere på. Dette vil utløse en produksjon av liknende stoffer hos naboplantene. | Bjørk og or kan på denne måten sette i gang produksjon av kjemikalier hos andre bjørke- og oretrær som ennå ikke er angrepet, ved at gasser blir spredt med vinden. Også andre arter i nærheten kan respondere på de samme gassene, som igjen kan produsere giftstoffer. |
| \_Mor-barn:\_ Bitterstoffer som blir produsert ved angrep, kan overføres til frø. | Reddikplanter som blir angrepet av sommerfugllarver, øker produksjonen av et stoff som smaker bittert. Når reddikplanten produserer frø, har også frøene til de angrepne plantene mer av de samme bitterstoffene. Det betyr at plantene ikke bare forsvarer seg selv, men at de også er i stand til å overføre egenskapen til neste generasjon. |
| \_Medisiner:\_ Planter kan produsere stoffer som forsvarer dem mot sykdommer, for eksempel salisylsyre. | Salisylsyre finnes i mange medisiner. Hos planter kan den sette i gang et forsvar mot virusangrep. |

### xxx3 Repetisjon

1. Nevn noen eksempler på hvordan planters vekst tilpasser seg lys.
2. Forklar hva tropismer og nastier er, og gi et eksempel på hver av dem.
3. Hva er fotoperiodisme?
4. Hvordan er det vanlig å dele inn planter ut fra den daglengden de trenger for å blomstre?
5. Gi noen eksempler på hvordan kan planter forsvare seg mot å bli spist.

--- 190 til 401

## xxx2 Sammendrag

Plantene er delt inn i moser, karsporeplanter og frøplanter. De aller fleste planter har fotosyntese og er nødvendige ledd i alle økosystemene våre.

Landplanter har utviklet mange tilpasninger for å overleve på land, blant annet rot- og ledningsvev og kutikula.

Moser er små og har verken rot- eller ledningsvev. Karsporeplanter kan bli store, og de har både rot- og ledningsvev. Begge disse plantegruppene er avhengige av vann i formeringen.

Frøplanter har både rot, stengel og blomst, og de danner frø. Vi deler dem inn i nakenfrøede og dekkfrøede planter. Frøplanter består av fire typer cellevev: hudvev, ledningsvev, vekstvev og grunnvev.

Roten fester planten til underlaget, tar opp vann og mineraler fra jorda og transporterer dette inn i stengelen.

Roten er bygd opp av ytterhud, bark, innerhud med casparyske bånd og en sentralsylinder med pericykel, ledningsvev, grunnvev og vekstvev.

Transport av vann og mineraler i roten går enten gjennom cytoplasmaet i cellene eller mellom celleveggene og cellemembranene.

Hos enfrøbladede planter er ledningsvevet spredt i stengelen. Hos tofrøbladede planter er ledningsvevet rett innenfor ytterhuden.

Vedrør frakter vann og mineraler fra jorda til bladene. Silrør frakter sukker som lages i fotosyntesen, fra bladene til roten eller til blomster, frukt og frø.

Cellene i bladet sørger for det meste av fotosyntesen.

Bladet har ytterhud både på over- og undersiden. I tillegg består det av grunnvev og ledningsvev. Grunnvevet består som regel av to ulike typer celler, palisadeceller og svampceller, som begge har kloroplaster. Her foregår det meste av fotosyntesen.

Vann transporteres fra vedrørene inn i palisade- og svampvevet, der fotosyntesen foregår. CO\2, O\2 og vann diffunderer gjennom spalteåpningene.

Fordampning fra bladene trekker vannet oppover i stengelen i en sammenhengende vannsøyle. Kohesjon er tiltrekning mellom de polare vannmolekylene. Adhesjon er tiltrekning mellom vannet og veggene i vedrørene.

Planter tar aktivt opp ioner fra jorda. Dette gjør at vann diffunderer inn i roten, og det dannes et rottrykk som presser vannet oppover.

Vanntransporten i plantene kan forklares ut fra en sum av flere faktorer: fordampning, kohesjon, adhesjon og rottrykk. Dette kalles transpirasjons- og kohesjonsteorien.

Sukkeret blir transportert aktivt fra cellene i bladet til silrørene, passivt i silrørene og aktivt fra silrørene til lagringsstedene.

Vekst er et resultat av celledeling, økning av cellevolum og differensiering av celler og vev.

Faktorer som plantene trenger for å vokse, kaller vi abiotiske (ikke-levende). De viktigste abiotiske faktorene er gassene O\2 og CO\2, vann, mineraler, temperatur og lys.

Abiotiske faktorer som plantene trenger for å ha normal vekst, er O\2, CO\2 og vann, mineraler, temperatur og lys. Mange av grunnstoffene er helt nødvendige for normal plantevekst.

--- 191 til 401

Hos alle planter er vekst og utvikling tilpasset levestedet og de abiotiske faktorene der.

Plantehormoner er forbindelser som påvirker vekst, utvikling, differensiering og stoffomsetning i plantene.

Ytre påvirkning som temperatur, tyngdekraft, berøring og lys påvirker veksten hos plantene.

En tropisme er retningsbestemt vekst eller bevegelse mot eller fra en ytre påvirkning. Dersom veksten ikke er retningsbestemt, kaller vi det en nasti.

Plantenes vekst og utvikling er sterkt påvirket av årstidene. Fotoperiodisme er plantenes tilpasning til antall timer med lys og mørke i løpet av et døgn.

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 7.1

Søk på Internett og finn ut mer om hva stromatolitter er. Hvor finner vi stromatolitter i dag?

### xxx3 Oppgave 7.2

Hvilke hovedforskjeller er det på et liv i vann og et liv på land for en plante?

### xxx3 Oppgave 7.3

Hvilke bygningstrekk kjennetegner en grønnalge (flercellet protist) og en frøplante? Hva er likt, og hva er ulikt?

### xxx3 Oppgave 7.4

1. Sammenlikn bygningstrekkene hos en mose og en karsporeplante. Hva er likt, og hva er ulikt?
2. Sammenlikn bygningstrekkene hos en mose og en frøplante. Hva er likt, og hva er ulikt?

### xxx3 Oppgave 7.5

Planter som vokser i ørkenen, er ofte gress, urter, busker og små trær.

Gress og urter har som regel mange og trådformede røtter, mens større busker og trær har dyptgående pælerøtter. Hva er fordelene og ulempene med hver av disse rottypene?

### xxx3 Oppgave 7.6

Lag en oversikt over forskjellene på enfrøbladede og tofrøbladede planter.

### xxx3 Oppgave 7.7

1. Hvilke celletyper finnes i roten, men ikke i stengelen?
2. Hvilke oppgaver har disse cellene, og hvorfor er de ikke nødvendige i stengelen?

### xxx3 Oppgave 7.8

Dersom et tre blir ringbarket, dør det. Kan du tenke deg hvorfor? Finn ut om det dør svært raskt, eller om det tar lang tid.

### xxx3 Oppgave 7.9

En furu er ca. 10 meter høy. Du spikrer fast et skilt omtrent to meter over bakken på dette treet. Hvor vil du finne igjen skiltet etter ti år? Hvorfor?

### xxx3 Oppgave 7.10

Vil du forvente å finne tydelige årringer hos trær som vokser i tropene? Forklar.

### xxx3 Oppgave 7.11

1. Hvorfor er det en fordel at vedrørene er døde celler?
2. Når du kjøper blomster, blir du anbefalt å holde stilkene under vann når du kutter dem, og la dem forbli under vann i vasen. Hva tror du er grunnen til det?

--- 192 til 401

### xxx3 Oppgave 7.12

1. Beskriv hvordan plantene åpner og lukker spalteåpningene.
2. Opptak av karbondioksid gjennom spalteåpningene gir stort vanntap. Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 7.13

Hvilke egenskaper hos vann er viktige i forbindelse med vann- og mineraltransporten gjennom planter?

### xxx3 Oppgave 7.14

Sett navn på de ulike delene av figuren.

Bilde: figur

Forklaring: Figuren må beskrives av lærer eller assistent.

### xxx3 Oppgave 7.15

Tenk at du er et vannmolekyl i en løsning i jorda i en skog. Skriv en liten fortelling på 100–150 ord og forklar hvor og hvordan vannet blir fraktet fra jorda, opp gjennom planten og ut gjennom bladet.

### xxx3 Oppgave 7.16

Forklar hvordan både passive og aktive transportmåter er viktige for transporten av sukker i planten.

### xxx3 Oppgave 7.17

Sammenlikn transporten av vann og mineraler i vedrørene med transporten av sukker i silrørene. Du skal ta med transportveiene, de prosessene som driver strømmen, og de faktorene som påvirker transportretningen. Hvilke forskjeller og likheter finner du?

### xxx3 Oppgave 7.18

1. Hvordan forbinder ledningsvevet i planten bladene og røttene?
2. Hvilken betydning har denne forbindelsen mellom rot og blad for planten?

### xxx3 Oppgave 7.19

1. Velg tre forskjellige plantearter som vokser i skogen. Finn informasjon om dem og om hvordan de er tilpasset voksestedet sitt.
2. Velg tre forskjellige plantearter som vokser ved sjøen. Finn informasjon om dem og om hvordan de er tilpasset voksestedet sitt.

### xxx3 Oppgave 7.20

Finn informasjon om plantehormonet etylen.

1. Hvilke prosesser i planten blir påvirket av etylen?
2. Finn ut mer om bruken av etylen i ulike produkter vi kan kjøpe i butikken, både med tanke på produksjon, lagring og holdbarhet.

### xxx3 Oppgave 7.21

Hvorfor snur plantene seg ofte mot lyset?

### xxx3 Oppgave 7.22

Prøv å finne ut hvordan plantehormoner og tropismer virker sammen.

### xxx3 Oppgave 7.23

1. Hva er fotonasti? Søk på Internett og finn ut mer om hvordan disse bevegelsene skjer i planten.
2. Planten \_Mimosa pudica\_ er et eksempel på en art der vi kan observere tigmonasti. Finn ut mer om dette og beskriv bevegelsene vi kan se hos mimosa.

### xxx3 Oppgave 7.24

Hvordan kan planter forsvare seg mot å bli spist? Gi noen eksempler.

--- 193 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 7.1 Bygningen til en plante

\_Utstyr:\_

Mikroskop og lupe

Pinsett

En liten busk eller en urt med blader og røtter, for eksempel bringebær eller rødkløver

#### xxx4 Teori og hensikt

En plante består av rot, stengel, blad og blomst. Oppbygningen av planten varierer fra art til art, men hoveddelene finnes hos alle og har de samme oppgavene. I dette forsøket skal du bli kjent med bygningen til en blomsterplante. Hvis dere vil utvide forsøket, kan dere også se på en mose og en karsporeplante og sammenlikne bygningstrekkene hos dem.

#### xxx4 Fremgangsmåte

-- Gå ut og finn en plante som ikke er altfor stor. Grav opp hele planten med røtter.

-- Legg den i en plastpose og ta den med inn på laben.

-- Skyll røttene forsiktig og rist av vannet.

-- Legg planten på bordet, gjerne på et lyst papir.

-- Tegn planten og sett navn på delene.

-- Studer delene nærmere med lupe.

-- Lag eventuelt et mikroskoppreparat av overhud og underhud i bladet, og av pollen hvis dere finner det.

#### xxx4 Oppgaver

Finn skudd, blomster/blomsterknopper, blader, spalteåpninger, bladstilk, stengel, hovedrot, siderøtter, rothår og eventuelt knoller på røttene.

Skriv litt om hvilke oppgaver de ulike plantedelene har. Bruk en flora og finn ut hvilken familie planten tilhører, og hvilke andre planter i samme familie du kjenner. Hvis du har plukket en kløver, kan du også finne ut hva knollene på røttene er.

### xxx3 Ø 7.2 Ytre påvirkning hos planter – tropismer

\_Utstyr:\_

Åpent forsøk

Petriskåler

Bomull

Frø, f.eks. erter, bønner eller karse

Lampe

Pappeske eller tett plastboks

Saks eller kniv

Tape

Eventuelt plastposer for å holde spirene fuktige

#### xxx4 Teori og hensikt

Tropisme er bevegelser og vekst hos fastsittende planter i en bestemt retning som følge av forskjellige ytre påvirkninger. Tropismen kan være positiv, det vil si at det er bevegelse mot påvirkningskilden, eller negativ, det vil si at det er bevegelse fra påvirkningskilden. Her skal du undersøke noe av dette i praksis.

--- 194 til 401

### xxx3 Ø 7.3 Bygningen til bladet

\_Utstyr:\_

Mikroskop

Objektglass og dekkglass

Dråpeteller

Skalpell

Pinsett

Blader fra forskjellige planter – enten planter som du finner ute, eller stueplanter. Forslag: grønnrenne, saintpaulia eller tulipan

#### xxx4 Teori og hensikt

Som andre deler av planten består også bladet av hudvev, ledningsvev og grunnvev. Bladet kan ha ulik oppbygning fra art til art, avhengig av vekstforholdene: lys eller skygge, fuktig eller tørt osv. På undersiden av de aller fleste blader sitter det spalteåpninger som er viktige for utvekslingen av karbondioksid og oksygen.

I dette forsøket skal vi studere spalteåpningene i bladet og se på de forskjellige celletypene bladet består av.

#### xxx4 Framgangsmåte

Det er ganske enkelt å lage preparat av ytterhud med spalteåpninger. Du må gjøre et lite snitt i oversiden av et blad. Deretter knekker du bladet i to og trekker de to halvdelene forsiktig fra hverandre. Da løsner som regel noe av ytterhuden på undersiden av bladet. Du ser det som en tynn, gjennomsiktig hinne. Skjær av en bit av denne hinnen og lag et mikroskopipreparat. Tegn det du ser. Bruk gjerne blader fra forskjellige planter.

Når du skal lage et mikroskopipreparat av et tverrsnitt av bladet, må du skjære et veldig tynt snitt med en skalpell. Mikroskoper deretter ett eller flere bladtverrsnitt med en passende forstørrelse. Tegn det du ser, og sett navn på delene.

Sammenlikn med figuren på side 175.

Bilde: figur

Bildetekst: Slik lager du et mikroskopipreparat av hudceller fra et blad.

#### xxx4 Resultater og oppgaver

-- Prøv å beregne hvor mange spalteåpninger det er på undersiden av bladet. Hvordan vil du forklare at de fleste spalteåpningene er på undersiden?

-- Hvis du undersøker ulike arter, vil du se at de ikke har like mange spalteåpninger. Kan du tenke deg noen årsaker til det?

-- Hvilken funksjon har spalteåpningene?

-- Hvilke typer celle vev fant du i bladet?

-- Når du ser på ulike blader, hvordan er hvert av dem tilpasset omgivelsene?

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i disse forsøkene? Hvilken konklusjon trekker du av forsøkene? (Altså: Hva har du lært?)

#### xxx4 Framgangsmåte og forslag til oppgaver

Hvis du skal undersøke erter, er det fornuftig å legge dem i vann cirka ett døgn før du setter dem til spiring. Når du skal undersøke hvordan lyset påvirker spiringen, kan du la forskjellige frø av samme art få ulik belysning mens de spirer, for eksempel ved å bruke esker med varierende åpninger i. Etter en tid kan du snu frøene opp ned. Da ser du hvordan tyngdekraften virker.

--- 195 til 401

# xxx1 Kapittel 8: Formering hos planter

\_Du skal kunne:\_

-- gjøre greie for hovedtrekk i formeringen av planter sett i sammenheng med utviklingen på jorda

Plantelivet på jorda har utviklet seg fra et liv i vann til et liv på land. Mange av trekkene hos dagens landplanter finner vi også hos en del alger, spesielt hos grønnalgene. Grønnalgene er flercellede og eukaryoter, de har fotosyntese med samme type klorofyll som landplantene, og de har cellevegger med cellulose. De lever hele livet i vann, og også formeringen er helt avhengig av vann.

Planter på land har bedre tilgang til lys og næringsstoffer, og for å dra nytte av et liv på land har mange planter tilpasset både formering og bygningstrekk. Mange frøplanter har utviklet store, iøynefallende og velluktende blomster for å tiltrekke seg insekter og frø som tåler å bli fraktet over lange avstander.

Bilde: foto av en blomst

--- 196 til 401

## xxx2 8.1 Kjønnet og ukjønnet formering hos planter

Mange organismer har både kjønnet og ukjønnet formering. Det forekommer både hos dyr og planter. Begge typene formering har sine fordeler, og de utfyller hverandre. Kjønnet formering gir en genetisk variasjon siden avkommet får gener fra begge foreldrene. Det kan være svært viktig for artens tilpasning til endringer i miljøet, men det kan også ødelegge en allerede eksisterende god tilpasning. Planter bruker mye energi for å produsere de delene som danner kjønnsceller. Noen planter kan bruke inntil 20 prosent av energien fra fotosyntesen til å lage blomster og frø.

Ukjønnet formering hos planter som allerede er godt tilpasset miljøet, betyr at de kan fortsette å produsere avkom som er like godt tilpasset. Den ukjønnete formeringen gir kopier av morplanten, kopier som inneholder identiske gener, det vil si med de samme egenskapene. Mange planter kloner seg selv for eksempel ved å danne \_avleggere\_, som hos jordbærplanten. Noen planter, for eksempel løvetann, kan lage frø uten befruktning.

Ukjønnet formering er vanligvis enklere og mindre energikrevende enn kjønnet formering. Begge formeringsmåtene har bidratt til det mangfoldet vi har av planter på landjorda.

Blåtekst: I ukjønnet formering hos planter vil arvestoffet hos avkommet bli likt morplantens. I kjønnet formering vil det nye individet arve halvparten av genene fra hver av foreldrene.

Bilde: foto

Bildetekst: Jordbærplanten kan formere seg ukjønnet ved å danne lange utløpere der det vokser opp avleggere som er kloner av morplanten.

### xxx3 Repetisjon

1. Nevn noen fordeler og ulemper med kjønnet formering.
2. Nevn noen fordeler og ulemper med ukjønnet formering.
3. Hva er en avlegger hos en plante? Hvilken type formering er det et eksempel på?

--- 197 til 401

## xxx2 8.2 Generasjonsveksling hos planter

\_Generasjonsveksling\_ er når en organisme veksler mellom en kjønnet formering der det dannes kjønnsceller, og en ukjønnet formering der det dannes sporer.

Alle planter har formering med generasjonsveksling. Det er en veksling mellom en flercellet haploid (n) \_kjønnsplante\_ og en flercellet diploid (2n) \_sporeplante\_, som utgjør hver sin generasjon. Kjønnsplanten produserer haploide \_kjønnsceller\_ ved \_mitose\_. Kjønnscellene smelter sammen til en \_zygote\_, et befruktet egg, som utvikler seg til en diploid sporeplante. I sporeplanten foregår det \_meiose\_, som gir opphav til haploide sporer. De vokser opp og blir en ny generasjon med kjønnsplanter.

Sammenlikning av kjønnsplanten og sporeplanten:

Tabell:

|  |  |
| --- | --- |
| Kjønnsplanten | Sporeplanten |
| Haploid (enkeltvise kromosomer, n) | Diploid (parvise kromosomer, n) |
| Kjønnsgenerasjon (gametofytt) | Sporegenerasjon (sporofytt) |
| Danner kjønnsceller (n) ved mitose | Danner sporer (n) ved meiose |

Vi skal se på formeringen hos grønnalger, moser, karsporeplanter og frøplanter. Disse organismegruppene har oppstått og utviklet seg i ulike tidsepoker. Deres tilpasninger til formering viser godt hvordan utviklingen av plantelivet har gått fra et opprinnelig liv i vann til et liv på land.

Blåtekst: Generasjonsveksling hos en plante vil si at planten veksler mellom en haploid kjønnsplante og en diploid sporeplante.

Bilde: figur

Bildetekst: Generasjonene veksler mellom et haploid (n) og et diploid (2n) stadium.

Margtekster:

-- Begrepet \_generasjonsveksling\_ blir brukt ulikt om planter og dyr.

-- Mitose: kroppscelledeling. En morcelle deler seg i datterceller med like mange kromosomer. Meiose: reduksjonsdeling (kjønnscelledeling). En morcelle deler seg i datterceller med halvparten så mange kromosomer.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvordan definerer vi en generasjonsveksling hos planter?
2. Hva betyr haploid og diploid?
3. Hva kjennetegner sporeplanten?
4. Hva kjennetegner kjønnsplanten?

--- 198 til 401

## xxx2 8.3 Alger

Det finnes mange typer alger – alt fra encellede mikroskopiske planktonalger som bare er en tusendels millimeter, til 30 meter lange tangarter. De store algene deler vi vanligvis inn i grupper etter fargen: rødalger, brunalger og grønnalger.

Bilde: foto

Bildetekst: Sjøsalat (\_Ulva lactuca\_)

### xxx3 Formering hos grønnalger

Livsløpet til de røde, de brune og de grønne algene er svært forskjellig, men de fleste har kjønnet formering ved at de produserer kjønnsceller som smelter sammen ved befruktningen. Selv om algene er protister, beskriver vi formering hos grønnalger sammen med plantene. Det gir en bedre og mer fullstendig oversikt over utviklingen fra vann til land. Her skal vi se nærmere på formeringen hos grønnalgen sjøsalat.

\_Sjøsalat\_ har generasjonsveksling der kjønnsplanten og sporeplanten ser helt like ut. Dette kalles \_isomorf\_ generasjonsveksling. Hos noen arter er ikke kjønnsplanten og sporeplanten like. Det kalles \_heteromorf\_ generasjonsveksling.

Hos sjøsalat skiller de to generasjonene seg fra hverandre ved at den ene er haploid og danner kjønnsceller, mens den andre er diploid og danner sporer. Ettersom algene lever i vann, er det viktig at både sporer og kjønnsceller kan bevege seg i vannet. Derfor er begge utstyrt med svingtråder, eller flageller. Kjønnsplanten danner kjønnsceller med to flageller.

--- 199 til 401

Alle kjønnscellene ser like ut, og de omtales ikke som hunn- og hannkjønn, men som pluss og minus. Det må være én celle av hver type og fra to forskjellige algeindivider som smelter sammen for at det skal bli en zygote. Zygoten utvikler seg etter hvert til en sporeplante, som fester seg til bunnen. Sporeplanten danner sporer med fire flageller. En sporeplante danner to ulike typer sporer. Også disse kaller vi pluss og minus, men sporer smelter ikke sammen. Enkeltsporene slippes ut i vannet, og der fester de seg til bunnen og utvikler seg til kjønnsplanter.

Blåtekst: Algen sjøsalat har generasjonsveksling der kjønnsplanten og sporeplanten ser helt like ut. Dette kalles isomorf generasjonsveksling. Hos noen arter er ikke kjønnsplanten og sporeplanten like. Det kalles heteromorf generasjonsveksling.

Bilde: figur

Bildetekst: Generasjonssyklus hos sjøsalat

Margtekster:

-- Begrepene \_isomorf\_ og \_heteromorf\_ kommer fra gresk. \_Iso\_ betyr «lik», mens \_hetero\_ betyr «forskjellig». \_Morfe\_ betyr «form».

-- Noen kjønnsceller mangler kjønnskromosomer og kalles ikke egg- eller sædceller. De er likevel ulike, og kalles heller pluss og minus.

### xxx3 Repetisjon

1. Sjøsalaten har en isomorf generasjonsveksling. Hva vil det si?
2. Hva kjennetegner sporeplanten hos sjøsalat?
3. Hva kjennetegner kjønnsplanten hos sjøsalat?
4. Nevn noen forskjeller på en spore og en kjønnscelle.
5. Beskriv generasjonsvekslingen hos sjøsalat med dine egne ord.

## xxx2 8.4 Moser

Moser finnes omtrent overalt og kan vokse på et hvilket som helst underlag – på myr, i skog, på stein, på trestammer, ja, til og med på takpapp. Vi legger kanskje mest merke til mosene når de vokser i tette matter i skogen.

### xxx3 Formering hos moser

Moser har et livsløp der sporeplanten og kjønnsplanten ser helt forskjellig ut. De har med andre ord en heteromorf generasjonsveksling.

Sporene blir spredt med vinden og spirer til kjønnsplanter. Kjønnsplantene er den grønne delen av mosen. Noen mosearter er enkjønnede, og da er kjønnsplanten enten hunn eller hann. Andre arter er tokjønnede og har både hunn- og hanndeler på samme plante. Bjørnemose, som vi skal se nærmere på her, er enkjønnet. Kjønnsplantene er haploide og danner sædceller eller eggceller ved mitose.

Sædcellene har flageller, og ved hjelp av dem svømmer de fra kjønnsplanten til eggcellene, som sitter fast øverst på en annen kjønnsplante. Selv om moser lever på land, er de avhengige av vann for å kunne formere seg. De må derfor stå på et fuktig sted. Sædcellene kan ikke svømme så langt, så plantene må stå tett i tett for at sædcellene skal kunne nå eggcellene og befrukte dem.

--- 200 til 401

Etter befruktningen blir zygoten sittende fast på hunnplanten. Der spirer den umiddelbart til en sporeplante som sitter fast på kjønnsplanten. Sporeplanten har ikke klorofyll og følgelig heller ikke fotosyntese. Den er derfor avhengig av at kjønnsplanten skaffer den vann og næring. Sporeplanten er diploid.

Sporeplanten er ofte bare en tynn stilk med et sporehus på toppen, øverst på den grønne kjønnsplanten. I sporehuset blir det dannet sporer ved meiose. Dersom sporene havner på tørre steder, kan de gå inn i en hviletilstand fram til omgivelsene blir fuktige nok. Denne hviletilstanden kan vare i flere tiår. Enkjønnede moser har to typer sporer. De vokser opp til enten hann- eller hunnplanter. Tokjønnede moser, derimot, har bare én type sporer.

Blåtekst: Moser har et livsløp der sporeplanten og kjønnsplanten ser helt forskjellige ut. Kjønnsplanten er den grønne delen av mosen. Sporeplanten sitter fast på kjønnsplanten og er avhengig av at kjønnsplanten skaffer den vann og næring.

Bilde: foto

Bildetekst: Bjørnemose (\_Polytrichum sp.\_)

Bilde: figur

Bildetekst: Formering hos moser

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilken del av moseplanten utgjør henholdsvis kjønnsplanten og sporeplanten?
2. Forklar ordene \_sporehus\_ og \_spore\_.
3. Hva betyr heteromorf generasjonsveksling?
4. Beskriv generasjonsvekslingen og formeringen hos bjørnemose med dine egne ord.

--- 201 til 401

## xxx2 8.5 Karsporeplanter

Karsporeplantene har mange felles trekk med mosene, men fordi de har utviklet røtter med et effektivt ledningssystem som frakter vann med oppløste mineraler, kan de vokse på tørrere steder. De har en vanntett kutikula ytterst som hindrer uttørking, og bladene har spalteåpninger der gassutvekslingen foregår. Karsporeplantene dominerte vegetasjonen på jorda for over 375 millioner år siden, før det kom frøplanter. Fremdeles har karsporeplantene stor utbredelse, og den største variasjonen finner vi i tropiske regnskoger.

### xxx3 Formering hos karsporeplanter

Blant karsporeplantene finner vi bregner, sneller og kråkefotplanter. De er – i likhet med mosene – planter som ikke har blomster. De fleste artene har en heteromorf generasjonsveksling med to generasjoner med svært ulikt utseende: en stor diploid og lett synlig sporeplante og en bitte liten, kortlivet haploid kjønnsplante som vokser helt nede ved bakken. Vi skal se et eksempel på formering hos karsporeplantene.

På undersiden av bladene hos bregnen \_sisselrot\_ er det små, grønne og etter hvert brune flekker. Med en lupe kan du se at flekkene er samlinger av små, stilkete sporehus. Inni sporehusene dannes det sporer ved meiose. I tørt vær sprekker sporehusene, og sporene kastes ut og blåser av gårde. Også varmen fra lampen i en stereolupe kan få sporehusene til å sprekke.

I tørre omgivelser kan sporene leve i flere år. Hvis en spore finner et gunstig voksested, spirer den og utvikler seg til en bitte liten, hjerteformet grønn kjønnsplante. På undersiden danner det seg små deler som kalles \_sædgjemmer\_ og \_egg-gjemmer\_. De danner henholdsvis sædceller og eggceller.

--- 202 til 401

Ved hjelp av flageller svømmer sædcellene bort til eggceller på kjønnsplanter i nærheten. Karsporeplanter unngår selvbefruktning vet at eggceller og sædceller på samme kjønnsplante blir modne til ulik tid. De kan også skille ut stoffer som hemmer selvbefruktning. Karsporeplantene er, akkurat som mosene, avhengige av vann for å kunne formere seg. Vannet på oversiden av planten fordamper lettere enn vannet på undersiden, derfor sitter kjønnscellene på undersiden av kjønnsplanten.

Eggcellen blir værende i egg-gjemmet etter befruktningen, så når zygoten spirer til en ny sporeplante, er den nye spiren godt beskyttet. Sporeplanten vokser og utvikler seg videre i noen uker mens den sitter fast på kjønnsplanten. Deretter dør kjønnsplanten.

Blåtekst: De fleste karsporeplantene har en heteromorf generasjonsveksling med to generasjoner med svært ulikt utseende: en stor diploid og lett synlig sporeplante og en bitte liten, kortlivet haploid kjønnsplante.

Bilder: tre foto

Bildetekst: Bildet til venstre er av bregnen sisselrot. Bildet i midten viser åkersnelle, og bildet til høyre viser lusegras, som er en kråkefotplante.

Bilde: figur

Bildetekst: Formering hos sisselrot (\_Polypodium vulgare\_)

### xxx3 Repetisjon

1. Har karsporeplantene isomorf eller heteromorf generasjonsveksling?
2. Beskriv generasjonsvekslingen og formeringen hos sisselrot.
3. Hvilke deler av sisselroten utgjør henholdsvis kjønnsplanten og sporeplanten?

--- 203 til 401

## xxx2 8.6 Frøplanter

En viktig utvikling hos plantene var da de begynte å danne frø for omtrent 375 millioner år siden. Denne utviklingen skjedde fordi klimaet endret seg og gikk fra å være varmt og fuktig med tropiske sumpområder til å bli kjøligere og tørrere. Det var planter med for eksempel innsunkne spalteåpninger og tykkere kutikula som tålte denne endringen best.

I dag dominerer frøplantene på landjorda, ikke minst på grunn av to svært viktige utviklingstrekk: pollen og frø. Pollen gjør at frøplantene ikke trenger vann ved befruktning, og frø kan overleve lenge uten vann.

De dekkfrøede plantene er de mest mangfoldige og geografisk mest utbredte av alle plantegrupper. I dag kjenner vi til over 280 000 arter, og stadig nye blir beskrevet. I Norge har vi omtrent 2800 arter. Tallet varierer i de ulike kildene, for noen deler artene opp i underarter.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Et blåbær inneholder mange frø fra blåbærplanten.

2. Bildetekst: En hasselnøtt inneholder et frø fra hasseltreet.

### xxx3 Formering hos planter

Frøplantene skiller seg fra de andre plantene ved at de utvikler frø. For at det skal kunne utvikle seg frø, må det først foregå en pollinering og deretter en befruktning. Både pollen og frø kan spres på mange forskjellige måter.

Formeringen hos nakenfrøede og dekkfrøede planter er i hovedtrekk nokså lik. På samme måte som hos karsporeplantene er det sporeplanten vi ser som selve \_planten\_ også hos frøplantene. Kjønnsplantene er godt gjemt inni blomstene både hos de dekkfrøede og de nakenfrøede plantene. Når vi skal se nærmere på hvordan formeringen hos frøplanter foregår, bruker vi de dekkfrøede plantene som eksempel.

--- 204 til 401

Blomstene består av ulike cellevev og kan se svært forskjellige ut, men alle har det samme formålet: å produsere en ny generasjon. En fullstendig blomst hos dekkfrøede planter har begerblad ytterst. Begerbladene er som oftest grønne. Innenfor begerbladene sitter kronbladene. De kan ha hele spekteret av farger og former. Innenfor kronbladene sitter de delene som har med befruktningen å gjøre.

De hannlige delene av blomsten er \_pollenbærerne\_. De består av en \_pollentråd\_ med en \_pollenknapp\_ øverst. Her dannes det pollen ved meiose. De hunnlige delene av blomsten er fruktemnet. Det består av en fruktknute, en griffel og et arr. Fruktknuten er krukkeformet og inneholder \_frøemnene\_. Eggcellene blir dannet ved meiose inni frøemnene. Etter befruktningen utvikler fruktknuten seg til en frukt med frø. Fruktene kan være svært ulike, og vi skiller blant annet mellom bær (for eksempel blåbær), steinfrukter (for eksempel plommer), belgfrukter (for eksempel sukkererter) og nøtter (for eksempel hasselnøtter).

En plante behøver ikke å ha en fullstendig blomst med alle delene. Blomsten hos forskjellige plantearter kan mangle én eller flere deler. Blomstene er tokjønnede dersom de inneholder både pollenbærere og fruktemner, slik som geitrams. Noen arter er enkjønnede og har enten bare pollenbærere eller bare fruktemner, slik som molteblomsten. Når en blomst har bare pollenbærere, sier vi at det er en hannblomst. Har den bare fruktemner, er det en hunnblomst.

Blåtekst: I dag dominerer frøplantene på landjorda, ikke minst på grunn av to svært viktige utviklingstrekk: pollen og frø. Pollen gjør at frøplantene ikke trenger vann ved befruktning, og frø kan overleve lenge uten vann.

Bilde: foto

Bildetekst: Geitrams danner frø som spres med vinden.

Bilde: foto

Bildetekst: Blomsten hos geitrams er tokjønnet.

Bilde: figur

Bildetekst: En fullstendig, tokjønnet blomst

--- 205 til 401

### xxx3 Pollinering og befruktning

I pollenknappene blir det ved meiose produsert haploide sporer som kalles pollen eller blomsterstøv. Arret i hunnblomsten er landingsplass for pollenet, som begynner å spire etter at det har festet seg. Spiringen innebærer at det vokser ut et langt rør fra pollenet som trenger inn i arret. Røret kalles en pollenslange, og inni pollenslangen dannes det to sædceller. Pollenslangen med sædcellene er den hannlige kjønnsplanten. Pollenslangen vokser fra arret, ned gjennom griffelen og inn i fruktknuten.

Fruktknuten består av ett eller flere frøemner. En diploid celle i frøemnet deler seg ved meiose, og det blir dannet haploide celler. En av disse cellene vokser og utvikler seg til den hunnlige kjønnsplanten. Etter flere mitoser inni kjønnsplanten blir det dannet åtte celler: Én celle blir til en haploid eggcelle, to celler går sammen til en diploid sentralkjerne, og de resterende fem cellene dør. Den hunnlige kjønnsplanten sitter altså godt gjemt inni frøemnet.

Pollenslangen vokser helt ned til frøemnet og inn i den hunnlige kjønnsplanten. De to sædcellene blir frigjort, og det skjer en \_dobbeltbefruktning\_. Dette skiller de dekkfrøede plantene fra alle andre organismer. Den ene sædcellen befrukter eggcellen og danner en zygote. Zygoten utvikler seg til en \_kime\_, et plantefoster. Den andre sædcellen smelter sammen med den diploide sentralkjernen og utvikler seg til en næringsrik triploid (3n) frøhvite, som blir opplagsnæring for kimen. Frøet består av kime (2n) og opplagsnæring (3n). Det utvikler seg et frøskall utenpå frøet. Hele denne prosessen forgår helt uavhengig av vann.

Bilde: figur

Bildetekst: Tverrsnitt av et frø

Forklaring: Frøskall rundt blad, skudd, rotanlegg og opplagsnæring.

Bilde: figur

Bildetekst: Generasjonsveksling hos frøplanter

--- 206 til 401

Noen planter har én fruktknute, andre kan ha mange. Det kan være ett eller flere frøemner i en fruktknute. Antall frøemner bestemmer antall frø som dannes. Bær, for eksempel blåbær, har nesten alltid mange frø, mens steinfrukter, for eksempel plomme, vanligvis bare har ett frø. Hos valmuene dannes det tusenvis av frø. Blomsten hos en valmue har en fruktknute med mange tusen frøemner. Tusenvis av pollen vil derfor spire omtrent samtidig på arret og vokse inn i hvert sitt frøemne.

Rundt et frø dannes det en \_fruktvegg\_ som skal beskytte frøet. Fruktveggen kan være saftig og kjøttfull (for eksempel moreller og kirsebær) og kan dessuten ha utvekster som mothaker eller kroker (for eksempel borre) eller vinger (for eksempel lønn) som hjelper til når frukten skal spres fra morplanten.

Hos de nakenfrøede plantene ligger eggcellene fritt inni et frøemne, men ikke inni en fruktknute. Blomstene mangler arr og griffel. Pollenet spirer direkte på frøemnet. Frøene som dannes etter befruktningen blir liggende nakne, uten fruktvegg rundt.

Blåtekst: Pollinering er når pollen blir overført fra pollenknappene til arret. Befruktning skjer dobbelt ved at én sædcelle (n) smelter sammen med eggcellen og en annen sædcelle (n) smelter sammen med sentralkjernen (2n) i kimsekken. Etter befruktningen dannes det frø.

Bilde: foto

Bildetekst: Kirsebæret har en kjøttfull fruktvegg og en steinfrukt med et frø inni.

### xxx3 Tilpasninger til pollinering

Det er helt avgjørende at blomstene får spredt pollenet sitt, og at arrene tar imot pollen fra riktig plante. Blomsterfarge, form og lukt er tilpasset måten pollenet blir transportert på – om det er med vind, vann eller insekter. For blomster med insektpollinering er det absolutt nødvendig at de riktige insektene besøker blomstene til riktig tid. De må kunne ta med seg pollen fra én blomst til arret i en annen blomst, ellers blir det ingen befruktning og heller ingen frø. Som takk for hjelpen får insektene litt pollen eller litt \_nektar\_. Det finnes mange eksempler på at blomst og insekt er så avhengige av hverandre at begge dør dersom de blir atskilt. Om lag en tredjedel av verdens frukt- og grønnsaksavlinger er avhengig av insekter for å pollineres.

Bilde: foto

Bildetekst: Når et insekt lander på en blomst for å samle nektar, får det samtidig med seg litt pollen på kroppen.

Margtekst: Nektar er en sukkerholdig væske som skilles ut av blomster eller andre plantedeler. Bier lager honning av nektar.

### xxx3 Tilpasninger til spredning

Det er en fordel for plantene at frøene blir spredt så langt vekk fra morplanten som mulig, slik at de ikke konkurrerer om næringsstoffer og lys. Derfor har planter utviklet mange forskjellige typer frø som hver har sin måte å bli spredt på. Løvetann og geitrams har frø med fallskjermer som lett blir tatt med vinden. De kan lande flere kilometer fra morplanten. Lønn og gran har frø med vinger. De likner mer på et helikopter.

--- 207 til 401

Noen planter har belger (for eksempel erteplanter) som åpner seg med et smell når de er ferdig modne, slik at frøene slynges ut. Andre kan ha kapsler (for eksempel valmuer) som står åpne og svaier i vinden, slik at frøene kastes ut litt etter litt. Noen har frø med mothaker som fester seg i pelsen på dyr eller på klærne dine når du går forbi. Kokosnøtter flyter på vannet og kan fraktes langt av gårde uten å synke eller bli skadet av vannet. Frukter kan bli spist av dyr, og frøene kommer dermed uskadet ut langt fra det stedet der fruktene ble spist.

Blåtekst: Frøplantene har utviklet en rekke tilpasninger til pollinering og spredning av frø.

Bilde: foto

Bildetekst: Frø hos lønn spres med vinden.

### xxx3 Fordypning: Blomster kan endre utseende etter befruktning

Det er ofte mulig å se om de dekkfrøete plantene er blitt pollinert. På den måten forteller plantene insektene at her er det ikke mer å hente, verken av nektar eller pollen. Da bruker ikke insektene tid og energi på besøke planten unødig, og planten bidrar til at insektene kan besøke og pollinere enda flere blomster.

Hos noen planter vil blomstene få en annen farge etter pollinering. Hvite kaprifolblomster blir for eksempel gule, og hos en art lupin vil gule eller hvite flekker midt i blomsten bli røde etter pollinering. Det samme skjer hos hestekastanjetreet. Der har blomster som er klare til pollinering gule flekker, som endrer farge til rød etter at blomsten er pollinert. Hos andre planter vil lukten forsvinne eller nektaren tørke inn.

Bilde: foto

Bildetekst: Hestekastanje har hvite blomster med flekker som først er gule og så røde.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke deler av frøplanten er haploide, og hvilke deler er diploide?
2. Hvilke deler av frøplanten er hannkjønn, og hvilke deler er hunnkjønn?
3. Hva er et fruktemne, en fruktknute og et frøemne?
4. Hvor finner vi kjønnsplantene hos frøplantene?
5. Hva mener vi med at dekkfrøede planter har dobbeltbefruktning?
6. Forklar det som skjer fra pollenet lander på arret, til befruktningen har funnet sted.

--- 208 til 401

## xxx2 8.7 Sporeplanten dominerer hos landplantene

Når vi ser på generasjonsvekslingen og utviklingen av plantelivet på jorda, kan vi slå fast at plantene er blitt mindre og mindre avhengige av vann. Algene vokser under vann, og både næringsopptak, gassopptak og befruktning foregår under vann. Kjønnscellene må svømme for å finne hverandre. Slik levde de første plantene på jorda også, men gradvis ble flere og flere planter mindre avhengige av vann. Hos både moser og karsporeplanter må sædcellene ha vann for å svømme over til eggcellen. Men hos de sist utviklede plantene, frøplantene, skjer befruktningen helt uavhengig av vann.

Et annet utviklingstrekk er at kjønnsplantene blir mer og mer redusert i forhold til sporeplantene. De aller første landplantene liknet trolig på dagens moser, som har en liten sporeplante som er festet på kjønnsplanten. Planter som oppstod noe senere, slik som bregnene, har en generasjonsveksling der sporeplanten er dominerende, mens kjønnsplanten er en mye mindre, men selvstendig plante.

Hos frøplantene, derimot, er kjønnsplantene svært små, og vi kan verken se den hunnlige eller den hannlige kjønnsplanten uten å plukke blomsten fra hverandre. Det er sporeplanten vi ser, og den kan være en liten plante, som hvitveis, eller en stor plante, som et grantre. Det er mange fordeler med å ha kjønnsplantene inni sporeplanten. Her er kjønnsplanten godt beskyttet, og den får næring direkte fra sporeplanten.

--- 209 til 401

Tabell omgjort til liste:

a) Hos sjøsalat ser sporeplanten og kjønnsplanten like ut. Begge har fotosyntese.

b) Hos moser sitter sporeplanten fast på kjønnsplanten. Sporeplanten er uten klorofyll og henter næringen fra kjønnsplanten.

c) Sporeplanten hos bregner er den dominerende generasjonen. Kjønnsplanten er liten og uavhengig av sporeplanten. Begge generasjoner har fotosyntese.

d) Kjønnsplanten sitter inni sporeplanten. Den hunnlige kjønnsplanten utvikles inni fruktknuten og den hannlige kjønnsplanten utvikles inni pollenet. Det dannes frø etter befruktning som spirer til en ny sporeplante.

Bilde: figur

Forklaring: Diploid sporeplante (2n) og haploid kjønnsplante (n) hos sjøsalat, mose, bregne og frøplante.

Forskerne mener at de dekkfrøede plantene – blomsterplantene – utviklet seg fra en gruppe planter som liknet de nålevende nakenfrøede plantene, altså at de nakenfrøede utviklet seg før de dekkfrøede. I dag utgjør blomsterplantene 95 prosent av alle plantene på landjorda. I de nordlige områdene har de nakenfrøede plantene fremdeles den største biomassen.

Blåtekst: Hos plantene er det en gradvis overgang til mindre avhengighet av vann når det gjelder vekst og formering. I tillegg er kjønnsplanten gradvis blitt mer og mer redusert i forhold til sporeplanten.

Bilder: to foto

Forklaring: Planter i havet og planter i ørkenen.

Bildetekst: Planteliv på jorda har utviklet seg fra et liv i vann til et liv på land.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar hva som menes med at sporeplanten er dominerende hos frøplanter.
2. På hvilken måte er moser og karsporeplanter avhengige av vann i formeringen?
3. Hvor finner du kjønnsplanten hos moser og karsporeplanten?
4. Hvor finner du kjønnsplanten hos frøplantene?
5. Hvordan får kjønnsplanten hos frøplantene næring?

--- 210 til 401

## xxx2 Sammendrag

I ukjønnet formering hos planter vil arvestoffet hos avkommet bli likt morplantens. I kjønnet formering vil det nye individet arve halvparten av genene fra hver av foreldrene.

Generasjonsveksling hos en plante vil si at planten veksler mellom en haploid kjønnsplante og en diploid sporeplante.

Isomorf generasjonsveksling vil si at kjønnsplanten og sporeplanten ser helt like ut. Når de er ulike, kaller vi det heteromorf generasjonsveksling.

Moser har et livsløp der sporeplanten og kjønnsplanten ser helt forskjellige ut. Kjønnsplanten er den grønne delen av mosen. Sporeplanten sitter fast på kjønnsplanten og er avhengig av at kjønnsplanten skaffer den vann og næring.

De fleste karsporeplantene har en heteromorf generasjonsveksling med to generasjoner med svært ulikt utseende: en stor diploid og lett synlig sporeplante og en bitte liten, kortlivet haploid kjønnsplante.

I dag dominerer frøplantene på landjorda, ikke minst på grunn av to svært viktige utviklingstrekk: pollen og frø.

Pollinering er når pollen blir overført fra pollenknappene til arret, og det skjer en befruktning. Etter befruktningen dannes det frø. Frøplantene har utviklet en rekke tilpasninger til pollinering og spredning av frø.

Hos plantene er det en gradvis overgang til mindre avhengighet av vann når det gjelder vekst og formering. I tillegg er kjønnsplanten gradvis blitt mer og mer redusert i forhold til sporeplanten.

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 8.1

Lag en oversikt over forskjellen mellom sjøsalat (alge), bjørnemose (mose) og sisselrot (karsporeplante) når det gjelder:

1. isomorf eller heteromorf generasjonsveksling
2. plasseringen av eventuelle sporehus
3. størrelsen på kjønnsplanten
4. avhengigheten av vann

### xxx3 Oppgave 8.2

Hva skiller moser fra andre planter?

### xxx3 Oppgave 8.3

I denne boka har vi brukt bregnen sisselrot som et eksempel på generasjonsveksling hos karsporeplanter. Søk på Internett og finn ut om de to andre klassene av karsporeplanter, sneller og kråkefotplanter, har tilsvarende generasjonsveksling.

### xxx3 Oppgave 8.4

Hvorfor har karsporeplantene vært viktige i utviklingen av plantelivet på land?

### xxx3 Oppgave 8.5

Hvordan dannes kjønnscellene hos karsporeplantene, ved meiose eller mitose?

### xxx3 Oppgave 8.6

Hvilken del av karsporeplanten lever lengst, kjønnsplanten eller sporeplanten? Sammenlikn med mosene.

### xxx3 Oppgave 8.7

Hvordan skaffer kjønnsplantene hos alger, moser, karsporeplanter og frøplanter seg næring?

### xxx3 Oppgave 8.8

1. Hva er en frøplante, også kalt en blomsterplante?
2. Hvilke bygningstrekk og tilpasninger som ikke finnes hos mosene og karsporeplantene, har bidratt til at frøplantene har fått så stor utbredelse?

### xxx3 Oppgave 8.9

Sædceller hos alger, moser og karsporeplanter svømmer til eggcellen.

1. Hvordan når sædcellen hos frøplanter fram til eggcellen?
2. Hvilke fordeler har sædcellene hos frøplanter sammenliknet med sædcellene hos alger og karsporeplanter?

### xxx3 Oppgave 8.10

Hvilke likheter og forskjeller er det mellom en spore og et frø?

### xxx3 Oppgave 8.11

Det er flere arter av frøplanter enn blant moser og karsporeplanter til sammen. Hvilke tilpasninger hos frøplantene henger denne artsrikdommen sammen med?

--- 211 til 401

### xxx3 Oppgave 8.12

De dekkfrøede plantene har tilpasset seg et liv på land. Noen av dem vokser likevel i vann. Hvilke tilpasninger må disse vannlevende plantene ha som de landlevende ikke har? Finn noen eksempler på vannlevende planter, og tilpasningene de har.

### xxx3 Oppgave 8.13

Bruk en flora og finn ut hvilke hovedtyper av frø som er beskrevet. Prøv også å finne ut hvilke forskjeller det er mellom de ulike typene frø.

### xxx3 Oppgave 8.14

«Årsaken til at dekkfrøede planter har oppstått og er blitt så utbredt, er at dyr ofte er involvert i formeringen og spredningen.» Drøft denne påstanden og finn eksempler på dyr som er viktige for spredning av planter.

### xxx3 Oppgave 8.15

Hvorfor trenger verden humler og bier? Søk på Internett og les om hvorfor disse insektene er så viktige for oss. Lag et sammendrag av det du finner.

### xxx3 Oppgave 8.16

Søk på Internett og finn ut hvordan frøene hos løvetann, rogn, blåveis og borre ser ut, og hvordan de spres.

### xxx3 Oppgave 8.17

Hva er forskjellen mellom selvpollinering og krysspollinering? Hvilken av disse to pollineringsmetodene bidrar til større mangfold?

### xxx3 Oppgave 8.18

Gå tilbake til svaret i oppgave 8.1 og sett også frøplantene inn i oversikten din. Kan du trekke noen konklusjoner om utviklingen fra vann til land?

### xxx3 Oppgave 8.19

Forklar med dine egne ord hva figuren nedenfor viser.

Bilde: figur

Forklaring: Figuren må beskrives av lærer eller assistent.

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 8.1 Frøplanter

\_Utstyr:\_

Forskjellige blomster

Mikroskop og stereolupe

Objektglass og dekkglass

Skalpell

Pinsett

#### xxx4 Teori og hensikt

Blomstene hos frøplanter har som hovedoppgave å sikre den kjønnede formeringen. De skiller seg fra de andre plantene ved at de utvikler frø, og de er ikke avhengige av vann ved befruktningen. En fullstendig blomst har både begerblader, kronblader, fruktemne og pollenbærere (se figuren på side 204). Én eller flere av delene kan mangle.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Du skal undersøke bygningen hos de blomstene du har fått, og finne ut hvilke deler dine blomster består av. Tegn de enkelte delene.

-- Bruk en skalpell og snitt en pollenknapp. Legg noen pollen på objektglasset. Undersøk litt pollenkorn i mikroskopet. Tegn.

-- Legg fruktemnet under stereolupen og undersøk om det er pollen på arret.

-- Del fruktemnet på langs, legg det under stereolupen og undersøk. Tegn.

#### xxx4 Oppgaver

-- Hva er forskjellen på nakenfrøede og dekkfrøede planter?

-- Finn ut hva det betyr at blomster er sambo eller særbo.

-- Formuler en konklusjon og vurder om det finnes noen feilkilder.

--- 212 til 401

### xxx3 Ø 8.2 Bregner og sneller

\_Utstyr:\_

Blad av en bregne med sporehus

Sporebærende skudd hos f.eks. åkersnelle

Stereolupe og mikroskop

Objektglass og dekkglass

Pinsett

#### xxx4 Teori og hensikt

I dette forsøket skal vi se på sporer, sporehus og sporehushoper hos bregner og sporehus og sporer hos sneller. Sporehushoper kaller vi de brune prikkene du ser på undersiden av sisselrotbladet. De er samlinger av sporehus. Hos sneller sitter sporehusene øverst på egne sporebærende skudd. Forsøket kan gjøres med forskjellige bregner og sneller.

Bilde: figur

Bildetekst: Sisselrot med sporehushoper og sporehus

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Se på bladet eller skuddet og tegn det slik du ser det – ikke bruk stereolupe eller mikroskop.

-- Bruk pinsetten og legg en sporehushop fra bregnen på et objektglass. Undersøk den med stereolupe.

-- Tegn hele sporehushopen og et sporehus og forklar hvordan sporehusene er samlet i sporehushopen.

-- Se om du finner både åpnede og uåpnede sporehus. Tegn dem. Hvis du følger med på et uåpnet sporehus, kan du være heldig og se at det åpner seg.

-- Bruk mikroskopet og lag et preparat av sporer. Mikroskoper og tegn dem.

-- Når sporehusene åpner seg hos snellene, kan sporene drysses ut på et papir. Ytterveggene brister i to lange, spiralsnodde bånd som er lette å se.

-- Legg noen sporer på et tørt objektglass uten dekkglass. Pust forsiktig på sporene. Da kan du se at båndene ruller seg rundt sporene. Når de tørker, retter de seg ut igjen.

#### xxx4 Oppgaver

-- Lag en «tegneserie» som viser hva som skjer når et sporehus hos bregnen åpner seg og slynger ut sporene.

-- Hva tror du det er som gjør at sporehuset åpner seg i varmen fra lampen?

-- Hvor stor er en spore, et sporehus og en sporehushop?

-- Hvorfor tror du båndene på sporene hos sneller ruller seg sammen når det er fuktig, og retter seg ut i tørt vær?

-- Sammenlikn de to typene karsporeplanter. Finn likheter og ulikheter.

-- Formuler en konklusjon og vurder om det finnes noen feilkilder.

--- 213 til 401

# xxx1 Kapittel 9: Hormonsystemet og nervesystemet hos mennesket

\_Du skal kunne:\_

-- sammenlikne hormonsystemet og nervesystemet og forklare hvordan disse systemene blir påvirket av ulike stoffer

For de aller fleste av oss er mobiltelefonen og datamaskinen en naturlig og nødvendig del av hverdagen og kommunikasjonen med andre mennesker. Med mobilen kan du lettvint og effektivt kontakte folk over hele verden. Hormonsystemet og nervesystemet er kroppens kommunikasjonssystemer. Cellene kommuniserer med hverandre for å samarbeide om oppgaver. Sansene oppfatter inntrykk fra omgivelsene og sender signaler videre til hjernen, som tolker disse beskjedene. Noen beskjeder blir slettet med det samme eller etter en liten stund. Andre blir lagret i hjernen eller sendt videre til de forskjellige organene via nerveceller. Hvis hormonsystemet får beskjed fra nerveceller i hjernen, produseres riktig mengde hormoner i en kjertel på rett sted. Når den hormonproduserende kjertelen har produsert nok hormoner, sørger nervesystemet for å sende en tilbakemelding til kjertelen: Stopp produksjonen! Denne kommunikasjonen er helt avgjørende for at kroppen skal fungere.

Bilde: foto av nerveceller

--- 214 til 401

## xxx2 9.1 Vev, organer og organsystemer

Som du sikkert vet, ligger celler med samme oppgave samlet og danner det vi kaller \_vev\_. Ulike typer vev danner til sammen et \_organ\_. Et organ er altså en samling av flere typer vev som samarbeider om bestemte oppgaver slik at de kan ta seg av spesifikke funksjoner. Hjertet er et eksempel på et organ, magesekken også.

Kroppen består av fire hovedtyper av vev: \_epitelvev, muskelvev, bindevev og nervevev\_. Mange av organene våre inneholder alle vevstypene, mens andre bare inneholder noen av dem. Leveren og hjernen har for eksempel ikke muskelvev. Tabellen nedenfor viser en oversikt over de ulike vevstypene.

Tabell:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vevstype | Hvor i kroppen? | Hovedoppgaver |
| Epitelvev (overflatevev) består av epitelceller (overflateceller) som ligger sammen som brostein og danner et tynt lag (epitelvev). | På innsiden av blodårene, på de indre og ytre overflatene av mange organer, på hud og slimhinner. | Beskyttelse: Gir tett overflate der kroppen er i kontakt med omgivelsene. Gir glatt og friksjonsfri overflate. |
| Muskelvev består av muskelceller og inneholder mange proteinfibrer. | I muskulaturen, i blodårer og i indre organer. | Muskelcellene kan trekke seg sammen og bli strukket ut. |
| Bindevev består av celler og proteintråder. Bindevev varierer mye, fra hardt bein til løst og væskefylt vev. | I brusk, bein, sener og fett. Blod regnes også som bindevev. | Binder sammen, støtter, stiver av og beskytter andre typer vev. |
| Nervevevet består av to typer celler: nervecellene, som sender ut beskjeder, og gliacellene, som støtter og isolerer nervecellene. | Fra hjernen og ryggmargen til hele kroppen. | Sender raske beskjeder. Tar imot informasjon fra kroppen. |

Bilde: figur

Bildetekst: Menneskekroppen består av fire vevstyper: epitelvev, muskelvev, bindevev og nervevev.

Forklaring: Eksempler: lunge (epitelvev), blod (bindevev), bein (bindevev), hud (epitelvev), muskel (muskelvev), nervecelle (nervevev), gliacelle (nervevev).

--- 215 til 401

Et \_organsystem\_ er en gruppe organer som samarbeider om noen grunnleggende funksjoner i kroppen. I det organsystemet som vi kaller nervesystemet, er hjernen ett av organene. Hjernen arbeider i samspill med andre organer i nervesystemet, som ryggmargen, øynene og ørene. Hormonsystemet er et annet organsystem. Det består av \_endokrine kjertler\_, kjertler som produserer hormoner. Bukspyttkjertelen og binyrene er hormonproduserende kjertler.

I dette kapittelet skal vi se på hormonsystemet og nervesystemet. I kapittel 10 ser vi på organsystemene for sirkulasjon, gassutveksling, fordøyelse, ekskresjon og bevegelse. Kapittel 11 tar for seg immunforsvaret, mens formeringen er beskrevet i kapittel 12.

I læreplanen står det at du skal kunne gjøre greie for oppbygningen av \_sentrale\_ organsystemer i kroppen. Men ingen av kroppens organsystemer er usentrale. Læreplanen nevner spesielt hormonsystemet, nervesystemet og immunforsvaret. På neste side får du en oversikt over alle organsystemene i kroppen, som vi i denne boka har delt i ni ulike organsystemer. Du \_må\_ jobbe med de tre som læreplanen nevner spesifikt, de resterende seks kan klassen vektlegge slik dere ønsker. Læreplanen nevner ikke sanseorganene spesielt, selv om de er en del av nervesystemet. Du bør likevel arbeide med noen av sanseorganene. Du kan lese om øyet og synssansen senere i kapittelet.

Du lærte om fordøyelsessystemet i naturfag i vgl, derfor gir vi bare en kort presentasjon av dette organsystemet her. Du kan lese mer om både andre sanseorganer og om fordøyelsessystemet på nettstedet til \_Bios\_.

Felles for alle organsystemene er at det er nødvendig med en styring mellom celler, mellom vevstyper, mellom organer og mellom organsystemer for å holde kroppens indre miljø tilnærmet konstant til enhver tid. Det å holde tilstanden i kroppen mest mulig konstant – i en slags balansetilstand – kalles \_homøostase\_. Kroppstemperatur, pH-verdi, salter, vann og hormonkonsentrasjon er noen tilstander som det er viktig å holde i balanse.

Likevel skal vi se at mye av det indre miljøet vårt varierer gjennom døgnet: Ulike deler av nervesystemet er i aksjon i forskjellige situasjoner. Mengden blod som går til for eksempel hjernen og magesekken, varierer avhengig av om du spiser eller løser matematikkoppgaver.

Blåtekst: Celler med samme oppgave danner vev. Ulike typer vev danner et organ som har spesifikke funksjoner. Et organsystem er en gruppe organer som samarbeider.

Margtekst: Begrepet \_homøostase\_ er satt sammen av de greske ordene \_homos\_, som betyr «lik», og \_stasis\_, som betyr «tilstand».

--- 216 til 401

### xxx3 Fordypning: Oversikt over kroppens organsystemer

Tabellen viser en oversikt over sentrale organsystemer i kroppen, hvilke organer de består av, og hva som er hovedoppgavene til de ulike organene og organsystemene.

Tabell omgjort til tekst:

Hormonsystemet består av alle endokrine kjertler.

Hovedoppgaver:

-- styrer aktiviteten i mange indre organer

-- stimulerer, hemmer og kontrollerer utvikling i kroppen

-- sørger for langsiktig regulering av veksten

Sirkulasjonssystemet består av blod, blodårer og hjerte.

Hovedoppgaver:

-- transporterer oksygen, næring, hormoner, karbondioksid og avfall

-- fordeler varme

Nervesystemet består av hjerne, ryggmarg, nerveceller og sanseorganer.

Hovedoppgaver:

-- koordinerer og regulerer raske beskjeder

-- sanser

-- styrer muskler og dermed bevegelse

Gassutvekslingssystemet består av luftrør, bronkier og lunger.

Hovedoppgave:

-- tilfører kroppen oksygen og fjerner karbondioksid

Fordøyelsessystemet består av munn, spiserør, magesekk, tarmer, bukspyttkjertel, galleblære og lever.

Hovedoppgaver:

-- spalter næringsstoffer slik at energi og byggesteiner blir frigitt

-- fjerner mange giftstoffer (leveren) tar opp spaltede næringsstoffer

Ekskresjonssystemet består av nyrer, urinleder, urinblære og urinrør.

Hovedoppgaver:

-- renser blodet for nitrogenholdige avfallsstoffer

-- skiller ut urin

Bevegelsessystemet består av skjelett, sener og muskler.

Hovedoppgave:

-- gir kroppen støtte og muligheter til å bevege seg

Immunforsvaret består av hud, slimhinner, magesyre, hvite blodceller og lymfesystem.

Hovedoppgaver:

-- forsvarer kroppen mot infeksjoner

-- fjerner kreftceller

Formeringssystemet hos kvinner består av eggstokker, eggleder, livmor og vagina. Hos menn består det av testikler, sædleder, sædblære, prostata og penis.

Hovedoppgaver:

-- produksjon av kjønnshormoner og kjønnsceller

-- formering

-- fosterutvikling

--- 217 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar ordene \_celle, vev og organ\_.
2. Hvor i kroppen har vi de fire ulike vevstypene epitelvev, muskelvev, bindevev og nervevev? Gi noen eksempler på hver av dem.
3. Hva er et organsystem?
4. Forklar ordet \_homøostase\_.

## xxx2 9.2 Kommunikasjonen i kroppen skjer gjennom hormoner og/eller nerver

Det meste av kommunikasjonen mellom celler og organer skjer ved hjelp av hormonsystemet og nervesystemet. Disse to organsystemene sørger for at beskjeder sendes rundt i kroppen vår, og de er viktige for at cellene i kroppen skal kunne samarbeide. Hormonsystemet er et langsomt system, og beskjedene sendes som hormoner som fraktes med blodet. Nervesystemet er raskt og sender beskjeder ved hjelp av \_nerveceller\_.

### xxx3 Hormonsystemet – et langsomt system

Hormonene er kjemiske forbindelser som blir produsert i mange forskjellige \_endokrine kjertler\_ i kroppen og sendt til \_målceller\_ andre steder i kroppen. En målcelle er en celle som skal ta imot den kjemiske beskjeden og bringe den videre. Hormonene er \_signalmolekyler\_ og fungerer som kjemiske beskjeder. Hormonene binder seg til \_reseptorer\_, som er spesielle proteiner som enten finnes på overflaten av målcellen eller inne i målcellen. Hormonene fester seg til reseptorene og påvirker cellens indre miljø. Noen hormoner kan passere cellemembranen i målcellen og setter i gang reaksjoner inni den, andre fester seg på utsiden av målcellen og påvirker cellen fra utsiden. En svært liten mengde av et hormon gjør at målcellen reagerer. Det er nok med bare noen få molekyler. Hormonet påvirker målcellens DNA, slik at den produserer bestemte proteiner og enzymer.

Én type hormon kan ha flere typer målceller og føre til forskjellige reaksjoner i dem. For eksempel vil hormonet \_adrenalin\_, som blir frigjort fra binyrene, påvirke celler i bukspyttkjertelen slik at de produserer hormonet \_glukagon\_, som er nødvendig for å spalte glykogen til glukose. Dette skjer med oss når vi blir redde, stresset eller opphisset på andre måter. Kroppen må gjøre seg klar til større aktivitet og trenger å forbrenne mye glukose for å få energi. I hjertet og luftveiene gjør adrenalinet at blodtrykket og pulsen øker, luftpassasjen til lungene åpnes, og vi får mer oksygen ned i lungene.

Adrenalin gis ofte som medisin til personer med astma. Under et astmaanfall snevres de nedre delene av luftveiene inn fordi musklene strammes og får kramper, slimhinnene hovner opp, og slim blokkerer luftrørene.

--- 218 til 401

Adrenalinet gjør at krampene i muskulaturen rundt luftrørene slapper av. Adrenalin brukes ikke for å behandle selve sykdommen, det bare demper symptomene. Du kan lese mer om astma på side 273.

Avstanden fra den hormonproduserende cellen til målcellen kan være stor. Blodåresystemet er transportsystemet for hormonene, og hormonet transporteres så raskt som blodstrømmen beveger seg. Transporten fra en hormonproduserende celle til en målcelle kan ta alt fra noen få sekunder til flere timer. Derfor virker hormonene ofte på prosesser som går relativt langsomt. De fleste hormonene er bygd slik at de ikke kan brytes ned under transporten i blodårene.

De tynneste blodårene i sirkulasjonssystemet ligger nært de fleste cellene, men mellom en del celler og disse blodårene er det et mellomrom som er fylt med væske – såkalt vevsvæske. Når hormoner som er transportert med blodet, skal treffe målcellene, må de derfor fraktes via vevsvæsken den aller siste delen av veien til målcellen.

Blåtekst: Hormonsystemet er relativt langsomt, og beskjedene sendes kjemisk. Signalmolekylene i hormonsystemet er hormonene. Hormonene fraktes via blodet og fester seg til reseptorene på målcellen. Beskjeden blir omsatt til en respons i målcellen.

Bilde: figur

Forklaring: Hormoner fra en hormonproduserende celle går gjennom en blodåre til målceller med reseptorer.

Margtekst: \_Hormaein\_ er gresk og betyr «sette i gang».

### xxx3 Nervesystemet – et raskt system

Nervesystemet er raskt og kommuniserer med omgivelsene ved å sende beskjeder langs nerveceller. Nervecellene er ofte lange celler, opptil en meter lange. Nervecellene kommuniserer på to måter, og beskjeden blir dermed vekselvis sendt som en \_nerveimpuls\_, som er en elektrisk ladning, og som en \_transmitter\_, som er en kjemisk forbindelse.

Nerveceller reagerer på påvirkninger, \_stimuli\_, fra utsiden av kroppen og fra organer inni kroppen. En påvirkning fører til en ladningsforskjell mellom utsiden og innsiden av cellen som forflytter seg langs nervecellen. Det er en slik forflytning av elektrisk ladning vi kaller en nerveimpuls. Den går svært raskt, ofte på millisekunder.

--- 219 til 401

Transmittere er signalmolekyler som virker når en nerveimpuls skal overføres videre fra én nervecelle til en annen eller fra en nervecelle til målcellen. Transmitterstoffet blir overført fra en nervecelle via et mellomrom, en kløft, til den neste nervecellen. Det gjør at impulsen går videre. Transmitterne binder seg til reseptorer på den neste cellen. Dette kan du lese mer om på side 235.

Nervecellene kontrollerer blant annet sanseinntrykk og raske muskelsammentrekninger i hjertet, derfor må nervesystemet virke raskt. Hormoner kan også påvirke muskelsammentrekninger, men ikke så raskt som nervesystemet. I motsetning til hormoner brytes transmittere raskt ned etter at nerveimpulsen er overført. Transmitteren må brytes raskt ned, slik at nervecellene er klar til å ta imot nye beskjeder.

Transmittere regnes av en del forskere også som hormoner fordi de er signalmolekyler som produseres i en celle og fraktes videre til en målcelle, der de gir en reaksjon. Todelingen av kommunikasjonen i kroppen i et nervesystem og et hormonsystem er derfor ikke helt enkel eller opplagt. Et eksempel er stoffet adrenalin. Det blir regnet som et hormon når det i forbindelse med stress eller redsel produseres i binyrene og deretter blir fraktet med blodet til målcellene. Men adrenalin blir også frigjort fra nerveceller, og da regnes det som en transmitter. I begge disse tilfellene er virkningen av adrenalinet en alarmberedskap i kroppen: Pulsen øker, og luftveiene åpnes, slik at kroppen får mer oksygen og mer blod pumpes ut i musklene.

Eksempelet med adrenalin viser hvordan nervesystemet og hormonsystemet kan være koplet sammen. Nå skal vi ta for oss de to organsystemene hver for seg før vi viser flere eksempler på måter de koples sammen på.

Blåtekst: Nervesystemet er raskt og sender beskjeder både kjemisk og via elektriske ladninger. Signalmolekylene i nervesystemet er transmitterne. Signalmolekylene fester seg på en annen nervecelle eller på målcellen, og dermed blir beskjeden overført videre.

Bilde: figur

Forklaring: Nervecelle med transmittere og målcelle med reseptorer.

Margtekster:

-- En nerveimpuls blir ofte også kalt et \_nervesignal\_.

-- \_Transmittere\_ er latin og betyr «føre over» eller «bringe videre».

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke to organsystemer er kommunikasjonssystemene i kroppen?
2. Sammenlikn de to kommunikasjonssystemene i kroppen. Hva er likt, og hva er forskjellig?
3. Hva mener vi med målcelle og reseptor?
4. Hvordan fungerer hormonet adrenalin?
5. Forklar kort hva som skjer når en nervecelle reagerer på stimuli.

--- 220 til 401

## xxx2 9.3 Hormonsystemet

### xxx3 Hormonproduksjon

Hormoner blir produsert i egne kjertler: endokrine kjertler. Figuren viser noen av de endokrine kjertlene. \_Hypotalamus\_ er en del av hjernen med spesialiserte nerveceller som regulerer hormonutskillelsen til en annen viktig del av hjernen, \_hypofysen\_. Hypofysen er en liten endokrin kjertel – faktisk er den ikke større enn en ert. Den ligger like under storhjernen, i en liten grop i skallebeinet. Hypofysen veier mindre enn et gram, men er likevel kroppens viktigste hormonproduserende kjertel. I hypofysen produseres hormoner som regulerer mange aktiviteter i kroppen og sørger for et tilnærmet konstant indre miljø, det vi kaller homøostase.

Noen av hormonene hypotalamus produserer, virker direkte på flere prosesser i kroppen. Hvis det for eksempel er for høy saltkonsentrasjon og for lite vann i blodet, produserer hypotalamus \_ADH, antidiuretisk hormon\_. ADH påvirker nyrenes utskillelse av vann og fører til at mer vann blir sugd tilbake til blodet. Dermed produserer vi mindre, og mer konsentrert, urin. Da går vannmengden i blodet opp, og saltkonsentrasjonen går ned.

Hormoner fra hypofysen kan også påvirke andre endokrine kjertler slik at de produserer hormoner. Et eksempel er testiklene, som produserer det mannlige kjønnshormonet testosteron. Testiklene er endokrine kjertler. Hypotalamus påvirker hypofysen, som i sin tur lager et hormon som får celler i testiklene til å produsere testosteron. Vi har tidligere skrevet at et hormon kan ha flere typer målceller og føre til forskjellige reaksjoner i dem. Testosteron er et godt eksempel. Det er testosteron som sørger for at et guttefoster utvikler penis og pung, og i puberteten virker testosteron på mange ulike celler: Cellene i stemmebåndene påvirkes, og dermed kommer guttene i stemmeskiftet, muskelcellene blir større og flere, noe som fører til at muskelmassen øker, og hårsekkene over hele kroppen stimuleres og gir økt vekst av skjegg, kjønnshår og andre kroppshår. Gjennom hele livet virker testosteronet på målceller i hjernen og påvirker atferden. I kapittel 13, om formeringen hos dyr, kan du lese mer om både mannlige og kvinnelige kjønnshormoner. Kjønnshormonene er viktige under fosterutviklingen og styrer om fosteret blir en gutt eller en jente. Produksjonen av kjønnshormoner er i sin tur styrt av gener på kjønnskromosomene.

Blåtekst: Hormoner blir produsert i hormonproduserende kjertler som vi kaller endokrine kjertler.

Bilde: figur

Bildetekst: Hormonsystemet. De mest sentrale av kroppens endokrine kjertler er vist.

Forklaring: Fra hodet og nedover: hypotalamus, hypofyse, epifyse, skjoldbruskkjertel, binyre, bukspyttkjertel, eggstokk, testikkel.

Bilde: foto

Bildetekst: Ultralydbilde av et foster

--- 221 til 401

Noen viktige hormoner og virkningen de har i kroppen.

I noen av organene blir det produsert mange flere typer hormoner enn det tabellen viser.

Tabell:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Produksjonssted / endokrin kjertel | Hormon | Påvirker | Regulert av |
| hypotalamus | oksytocin | muskler i livmor og vev i bryst under og etter fødsel | nervesystemet |
| hypotalamus | antidiuretisk hormon, ADH | utskilling av vann i nyrene | vann- og saltbalansen i blodet |
| hypofyse | veksthormon, GH | celledeling, vekst i skjelett og muskulatur | nervesystemet |
| hypofyse | folikkel-stimulerende hormon, FSH | produksjon av sædceller og eggceller | nervesystemet |
| hypofyse | luteiniserende hormon, LH | utvikling av testikler og eggstokker | nervesystemet |
| epifyse | melatonin | søvn, døgnregulering | lys/mørke-syklus |
| skjoldbruskkjertel | tyroksin | metabolisme (stoffskiftet) | nervesystemet |
| binyrer | adrenalin | bukspyttkjertel, hjerte (puls øker), luftveier (åpnes – gir større aktivitet). Transmitter i enkelte deler av nerve-systemet | nervesystemet |
| bukspyttkjertel | insulin | lever- og muskelceller: åpner porter i cellene så glukose kan slippe inn og bli lagret som glykogen – blodsukkeret går ned | glukose i blodet |
| bukspyttkjertel | glukagon | lever- og muskelceller: spalter glykogen til glukose i lever og muskler – blodsukkeret går opp | glukose i blodet |
| eggstokker | østrogen progesteron (kvinnelige kjønnshormoner) | utvikling og funksjon av primære og sekundære kjønnstrekk | FSH og LH |
| testikler | testosteron (mannlig kjønnshormon) | utvikling og funksjon av primære og sekundære kjønnstrekk | FSH og LH |
| hormonproduserende celler i nyrene | erytropoietin, EPO | produksjon av røde blodceller fra stamceller i beinmargen | nervesystemet |

--- 222 til 401

### xxx3 Fordypning: Epifysen

Epifysen er en bitteliten kjertel, på størrelse med en halv ert. Den likner på en liten kongle og blir derfor også kalt konglekjertelen. Epifysen er plassert dypt inni hjernen og skiller ut hormonet melatonin. Melatonin har betydning for døgnrytmen og kalles også natthormonet. Melatoninproduksjonen hos mennesket varierer gjennom døgnet, i en syklus på omtrent 24 timer. Produksjonen blir påvirket av lys. Vi produserer lite melatonin når det er lyst, og mye når det er mørkt. Blodprøver kan vise mengden av melatonin i blodet. B-mennesker er trøtte om morgenen og kvikkere om kvelden, mens A-mennesker har det omvendt.

Undersøkelser viser at B-mennesker begynner å skille ut melatonin senere på kvelden enn A-mennesker, dermed har de høyere nivå også neste morgen, noe som kan forklare hvorfor B-mennesker er mer opplagte senere om kvelden og trøttere om morgenen enn A-mennesker. Jo høyere melatoninnivå, jo trøttere er vi.

Dette med å være A- eller B-menneske endrer seg med alderen. Unge er vanligvis B-mennesker, mens eldre oftere er A-mennesker. Melatonin kan tas som medisin ved søvnforstyrrelser, men har også blitt brukt for eksempel mot depresjon, schizofreni og migrene. Når man reiser på tvers av tidssoner, kan man få jetlag, en forstyrrelse i den indre klokken vi alle har. Melatonin kan brukes for å redusere jetlag.

I 2017 fikk tre amerikanske forskere nobelprisen i medisin eller fysiologi for oppdagelsen av gener og mekanismer som styrer døgnrytmen – vår biologiske klokke. De studerte bananfluenes døgnrytme, som har en syklus på 24 timer. Denne døgnrytmen finner vi også hos mange sopper, planter og mennesker og andre dyr. Alle levende organismer er utsatt for en syklisk variasjon av lys og mørke, dag og natt. I bananfluenes DNA fant de et gen som er nødvendig for å produsere et protein som igjen aktiverer og styrer gener som påvirker blant annet søvn, atferd, hormonnivåer, kroppstemperatur og stoffskifte. Produksjonen av dette proteinet økte om natta, og en liten mengde finnes også om dagen. Dersom et individ befinner seg i konstant mørke, avtar produksjonen av proteinet. Genet, og dermed proteinproduksjonen, samvirker med melatonin fra epifysen. Rot med den biologiske klokken på grunn av for eksempel skiftarbeid, reiser mellom tidssoner og lange perioder uten søvn, forstyrrer produksjonen av både proteinet, og av melatonin. Dermed kommer vi ut av døgnrytmen vår. Det har betydning for hvordan kroppen virker de neste dagene.

Lenge trodde vitenskapsfolk at mennesket var den eneste arten som hadde epifyse, og den franske filosofen og matematikeren Descartes (1596–1650) mente at epifysen var stedet der sjelen fantes. Nå vet vi at nesten alle virveldyr har epifyse, og at den har betydning for døgnrytme og sesongvariasjoner som vinterdvale og farge på pels eller fjær og paring og formering i bestemte perioder av året.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viseren 24-timers syklus, vår biologiske klokke, og hvordan døgnvariasjoner for kroppen endrer blant annet kroppstemperatur, blodtrykk og melatoninmengde.

Forklaring: Døgnet vist som en sirkel. Rundt sirkelen står det:

6 Morgen - raskest økning i blodtrykk - høyest oppmerksomhet - 12 Formiddag - best koordinasjon - raskest reaksjonstid - høyest kroppstemperatur - 18 Ettermiddag/Kveld - høyest blodtrykk - størst utskilling av melatonin - 24 Kveld/natt - dypest søvn - lavest kroppstemperatur - 6 Morgen.

--- 223 til 401

### xxx3 Tilbakekoplingsmekanismer regulerer hormonproduksjonen

I noen situasjoner trenger vi mye av et hormon, mens vi i andre situasjoner trenger lite eller ingenting. Det er derfor svært viktig at hormonproduksjonen kan reguleres. Reguleringen skjer ved hjelp av en komplisert \_tilbakekoplingsmekanisme\_. La oss se på et eksempel: Hormonet \_oksytocin\_ blir produsert i hypotalamus og skilt ut fra hypofysen. Oksytocin får melkekjertlene i brystene til å tømme seg, og det får muskulaturen i livmoren til å trekke seg sammen og gi veer (rier) under fødselen og også etter fødselen når barnet blir ammet. Påvirkningen av livmoren etter fødselen er viktig for at muskulaturen der skal trekke seg sammen igjen. Et samspill mellom nerveceller og hormoner fører til at når barnet begynner å suge melk fra brystet, blir nerveceller rundt brystvorten stimulert og sender beskjed til hypotalamus. Hypotalamus produserer da oksytocin og frakter det over i hypofysen. Samtidig sender hypotalamus beskjed til hypofysen via nerveceller om at oksytocinet skal skilles ut i blodet. Oksytocinet blir transportert med blodet til målceller i brystene og livmoren. I brystene trekker muskulaturen i melkekjertlene seg sammen, og melk presses ut så lenge barnet suger. Når barnet slutter å suge, går det en ny beskjed til hypotalamus, og produksjonen av oksytocin stopper opp. Da slutter melkekjertlene å presse ut melk.

Tilbakekoplingen skjer ved at hormon- og nervesystemet samarbeider. Gjennom denne reguleringen blir aktiviteten i nervecellene og de hormonproduserende cellene tilpasset behovet i kroppen.

Et annet eksempel på tilbakekopling er når kroppens produksjon av hormoner sørger for å regulere blodsukkernivået. Når du spiser om morgenen, kan ikke kroppen forbrenne alt med en gang. I så fall ville aktivitetsnivået og kroppstemperaturen øke for mye, og deretter ville du bli veldig slapp og få lav kroppstemperatur noen timer etter et måltid.

--- 224 til 401

Fordi du ikke kan forbrenne all maten med det samme du har spist, må kroppen din kunne lagre glukose og så hente den fram igjen når glukosenivået i blodet synker. Glukose lagres som glykogen i leveren og musklene. Det er viktig at blodsukkernivået er høyt nok. For lite glukose i blodet kan føre til hjerneskader. Hjernen bruker bare glukose som energikilde, den bruker verken fett eller proteiner. Men både fett og proteiner kan omdannes til karbohydrater ved behov. Derfor vil et nokså fettholdig kosthold, slik som kostholdet hos inuitter og en del andre urfolk, også tilføre hjernen glukose som den kan forbrenne.

Til å regulere glukosenivået i blodet har vi hormonene insulin og glukagon. I bukspyttkjertelen finnes det celler som produserer insulin (`b-celler, les: betaceller), og celler som produserer glukagon (`a-celler, les: alfaceller). Disse to hormonene produseres etter at cellene i bukspyttkjertelen enten direkte eller via nervesystemet har registrert hvilket hormon den skal produsere. Sammenhengene mellom glukosenivået i blodet, de insulinproduserende cellene (`b-celler) og de glukagonproduserende cellene (`a-celler) i bukspyttkjertelen er styrt av nøye kontrollerte tilbakekoplingsmekanismer.

Når vi fordøyer karbohydrater, brytes de ned til glukose og andre monosakkarider. Via blodet blir en del av glukosen transportert til cellen. Der blir den brutt ned til vann og karbondioksid i den aerobe celleåndingen samtidig som energien i glukosen blir frigitt. Etter et måltid inneholder blodet mer glukose enn ellers. Det blir registrert av de insulinproduserende p-cellene i bukspyttkjertelen, p-cellene frigjør insulin. Insulinet virker på reseptorproteiner i målceller i leveren og musklene. Det åpner porter i cellemembranen, og dermed slippes glukoseoverskuddet inn i lever- og muskelcellene. Der blir glukosen bygd om og lagret som glykogen.

--- 225 til 401

Dersom lageret i lever og muskler blir fullt, omdanner kroppen overskuddsglukosen til fett og lagrer det under huden eller rundt organer. Insulin senker altså glukosekonsentrasjonen i blodet.

Når glukosenivået avtar, for eksempel hvis vi har spist lite eller trent hardt, kan vi føle oss slappe. Når glukosenivået blir lavt, får `a-cellene beskjed om dette og begynner å produsere hormonet glukagon. Glukagon sørger for at glykogen blir spaltet til glukose. Glukosen fraktes så over i blodet, og dermed stiger glukosenivået i blodet. Samspillet mellom insulin og glukagon baserer seg på en tilbakekoplingsmekanisme der de hormonproduserende cellene registrerer mengden glukose i blodet og sørger for at tilstrekkelig med insulin eller glukagon skilles ut. Hjernen må ha en omtrent konstant tilførsel av glukose til forbrenningen. Rundt 25 prosent av all glukosen vi forbrenner etter matinntak, forbrennes i hjernecellene.

Glukosenivået i blodet virker hele tiden tilbake på de hormonproduserende cellene i bukspyttkjertelen, slik at de får beskjed om hvilket av de to hormonene kjertelen skal lage. Høyt glukosenivå stimulerer de insulinproduserende cellene og hemmer de glukagonproduserende, mens lavt glukosenivå har omvendt virkning. Denne viktige tilbakekoplingsmekanismen bidrar til at blodsukkernivået ikke blir for høyt eller for lavt, men holder seg stabilt.

Blåtekst: Hormonproduksjonen reguleres etter behov gjennom en komplisert tilbakekoplingsmekanisme. Hormonene insulin og glukagon blir produsert i bukspyttkjertelen og regulerer mengden glukose i blodet. Insulin sørger for at glukose lagres som glykogen i lever og muskler. Glukagon sørger for at glykogen blir spaltet til glukose.

Bilde: figur

Forklaring: Barnet suger. En nerveimpuls blir sendt til morens hjerne.

Hypotalamus produserer oksytocin, som sendes med blodet.

Oksytocin påvirker celler rundt melkekjertlene i brystet, og melken blir presset ut.

Bildetekst: Når barnet suger melk, øker produksjonen av hormonet oksytocin. Det gjør at melkekjertlene tømmer seg.

Bilde: foto

Forklaring: Jente spiser eple.

Bildetekst: Når du spiser, vil nervesystemet registrere blant annet mengden av glukose i blodet.

Bilde: figur

Bildetekst: Når det er lenge siden et måltid, har vi lite glukose i blodet. Det får `a-cellene i bukspyttkjertelen til å produsere hormonet glukagon. Glukagon får lagringscellene i leveren til å bryte ned glykogen til glukose, og glukosen frigjøres til blodet. Når vi nettopp har spist, stiger glukosenivået i blodet. Det får `b-cellene i bukspyttkjertelen til å produsere hormonet insulin. Insulin åpner lagringscellene i leveren og musklene, slik at glukose kan bli lagret som glykogen.

Margtekst: Aerob = med oksygen

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en endokrin kjertel?
2. Velg et hormon og forklar hvordan det påvirker kroppen, og hva som regulerer produksjonen.
3. Hvordan fungerer tilbakekoplingsmekanismene i hormonsystemet?
4. Hvordan kan nervesystemet og hormonsystemet samarbeide? Gi et eksempel.
5. To ulike typer celler i bukspyttkjertelen produserer hormoner som bygger opp og bryter ned glykogen. Forklar hvordan de to celletypene fungerer.

--- 226 til 401

## xxx2 9.4 Stoffer som påvirker hormonsystemet

Forstyrrelser i hormonsystemet kan føre til at hormoner ikke blir produsert, eller at de blir produsert i feil mengde. Dette endrer hormonbalansen i kroppen. Fremmede stoffer som likner på hormoner, kan også påvirke hormonbalansen. I en del sykdomstilfeller der kroppens hormonproduksjon ikke fungerer tilfredsstillende, kan kunstig framstilte hormoner brukes som medisin.

### xxx3 Diabetes, type 1 og type 2

Sykdommen \_diabetes mellitus\_ er et resultat av at de insulinproduserende cellene i bukspyttkjertelen ikke produserer insulin, at de produserer for lite insulin, eller at insulinmolekylet ikke lenger klarer å binde seg til og aktivere reseptorproteinene i målcellene i leveren eller musklene så glukose kan slippe inn. Dette gjør at glukosen ikke blir overført til lagringscellene, og da blir glukosenivået i blodet for høyt.

Det finnes to former for diabetes: type 1-diabetes og type 2-diabetes. Type 1 utvikles ofte før 20-årsalderen, mens type 2 vanligvis opptrer etter fylte 40. Type 1-diabetes krever behandling i form av insulintilskudd, mens personer med type 2-diabetes som regel kan holde sykdommen i sjakk ved hjelp av et karbohydratfattig kosthold og mosjon. Utviklingen av type 2-diabetes henger i stor grad sammen med livsstil. Overvekt og et usunt kosthold er to faktorer som i særlig grad øker faren for å utvikle type 2-diabetes.

Diabetes kan gi langtidsskader. For mye glukose i blodet over lang tid kan skade kapillærårene og gi problemer med sirkulasjonen i forskjellige deler av kroppen. Dersom blodårer i øyet blir skadet, kan det gi problemer med synet, og i verste fall kan pasienten bli blind. Personer som har diabetes, kan måle glukosenivået sitt og regulere det ved hjelp av insulin eller matinntak, alt etter om nivået er for høyt eller for lavt. Insulin ble tidligere tatt fra bukspyttkjertelen hos griser, for menneskeinsulin og griseinsulin er ganske likt, men enkelte pasienter reagerte allergisk på griseinsulinet. I dag brukes bare menneskeinsulin i behandlingen av diabetes. Insulinet blir produsert av bakterier som har fått satt inn genet for insulinproduksjon. Denne genteknologiske metoden har vært i bruk helt siden 1978.

Blåtekst: Diabetes er et resultat av at insulinreguleringen ikke virker som den skal. Det finnes to former for diabetes: type 1 og type 2.

Bilde: foto

Forklaring: En som stikker seg i magen med en sprøyte.

Bildetekst: Personer med diabetes kan regulere blodsukkernivået ved å ta insulin.

Margtekst: Diabetes kalles ofte sukkersyke.

### xxx3 Hormonforstyrrende stoffer

\_Hormonforstyrrende stoffer\_ er kjemiske forbindelser som likner på hormoner, og som kroppen derfor oppfatter som hormoner. En del av disse stoffene blir også kalt hormonhermerne fordi de kan påvirke hormonbalansen ved å etterlikne, øke eller hemme effekten av hormonene vi har i kroppen.

--- 227 til 401

Vi har disse stoffene rundt oss hver dag. Noen av dem blir tilsatt i plast, tekstiler, maling, kosmetikk og medisiner fordi de gir en ønsket virkning, andre blir produsert og brukt fordi de skal virke som hormoner. Mange hormonforstyrrende stoffer er lite nedbrytbare i næringskjedene og kan hope seg opp i levende organismer. Vi får en \_bioakkumulering\_ – det vil si at stoffene hoper seg opp i den enkelte organismen, og at mengden derfor øker ettersom tiden går. Det gir ofte også en \_biomagnifisering\_ – det vil si at stoffene hoper seg opp og øker oppover i næringskjeden. Mange av disse hormonforstyrrende stoffene blir funnet igjen i mat og drikkevann, og de sprer seg i naturen. Eksempler på slike stoffer er flammehemmere, som tilsettes blant annet møbeltekstiler og plast, ftalater, som brukes som mykner i plastprodukter, og alkylfenoler, som brukes i blant annet kosmetikk og rengjøringsmidler for å forbedre egenskapene mot andre overflater. Disse stoffene kan blant annet påvirke kjønnsutvikling og fruktbarhet og gi uønskede celledelinger og dermed økt kreftfare. Du kan lese mer om disse stoffene på nettstedet til \_Bios\_.

Blant stoffene som er hormonforstyrrende, har vi også de syntetisk framstilte kjønnshormonene østrogen og progesteron som finnes i p-piller. I den kjemiske strukturen er de svært like de kvinnelige kjønnshormonene, og de kan derfor brukes i prevensjonsmidler. Når en kvinne tar p-piller, vil kroppen ta opp en del av disse hormonene, men en del vil passere gjennom tarmen og ut i kloakkavløp uten å bli brutt ned. Dermed vil andre organismer kunne få i seg disse restene.

Andre syntetisk framstilte hormoner er veksthormoner (GH), som brukes for å behandle kortvokste, og erytropoietin (EPO), som gis til mennesker med alvorlig blodmangel (anemi).

Anabole steroider er syntetisk framstilte hormoner som likner det mannlige kjønnshormonet, testosteron, og kan bli brukt medisinsk for å hjelpe de svært få som har svak utvikling av muskulatur. Vanligvis hører vi om anabole steroider i forbindelse med misbruk hos personer som ønsker å bygge en større muskulatur.

Blåtekst: Hormonforstyrrende stoffer er kjemiske forbindelser som likner hormoner, og som har tilsvarende virkning på kroppen.

Bilde: foto

Bildetekst: Datamaskiner blir behandlet med flammehemmere. Vi bør levere inn alt elektronisk utstyr til gjenvinning for å unngå at disse stoffene spres i naturen.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er forskjellene på diabetes type 1 og diabetes type 2?
2. Hvordan må mennesker med diabetes ta hensyn til sykdommen sin?
3. Hvordan virker hormonforstyrrende stoffer?
4. Forklar forskjellen på bioakkumulering og biomagnifisering.
5. Gi noen eksempler på syntetisk framstilte hormoner.

--- 228 til 401

## xxx2 9.5 Nerveceller

Grunnenheten i nervesystemet er nervecellen. En nervecelle har fire spesialiserte funksjoner:

-- motta informasjon fra miljøet eller kroppen (stimulus) og fra andre nerveceller (nerveimpuls)

-- tolke informasjonen og eventuelt produsere en nerveimpuls

-- lede nerveimpulsen fra den ene til den andre enden av nervecellen

-- overføre nerveimpulsen til en annen nervecelle eller en målcelle, det vil si en muskel eller en kjertel

Nettverket av nerveceller består av tre typer celler:

-- \_Sensoriske nerveceller\_: Disse kaller vi gjerne sanseceller, og de mottar informasjon fra miljøet eller kroppen. De reagerer på påvirkning i form av lys, varme, smak osv. og bringer informasjonen videre til internevroner eller motoriske nerveceller i form av en nerveimpuls.

-- \_Internevroner\_: Dette er forbindelsesceller mellom sensoriske nerveceller og motoriske nerveceller. De kan danne et nettverk mellom de sensoriske og motoriske nervecellene.

-- \_Motoriske nerveceller\_: De motoriske nervecellene sender nerveimpulser til muskler eller kjertler.

Fra de motoriske nervecellene går nerveimpulsen videre til målceller, der virkningen skal komme til uttrykk, for eksempel celler i muskler eller kjertler. Virkningen i en muskel er at den trekker seg sammen eller slapper av, en endokrin kjertel skiller ut et hormon, og andre kjertler skiller ut væske. Eksempler på kjertler som skiller ut væske, er bukspyttkjertelen (bukspytt) og galleblæren (galle). Overgangen mellom én nervecelle og en annen nervecelle eller mellom en nervecelle og en målcelle kaller vi en \_synapse\_. Det kommer vi tilbake til på side 235.

Blåtekst: Vi skiller mellom tre hovedtyper nerveceller: sensoriske nerveceller, internevroner og motoriske nerveceller.

Bilde: figur

Forklaring: Sensorisk påvirkning på sensoriske nerveceller i et øye formidles til hjerne og ryggmarg, som sender impuls til motorisk nervecelle, som sender videre til målceller i muskler i beina.

Margtekst: Et annet ord for nerveceller er \_nevroner\_.

--- 229 til 401

### xxx3 Hvordan en nervecelle er bygd opp

Bygningstrekkene hos nerveceller kan variere, men alle har \_dendritter, cellekropp, akson og aksonende\_. Antallet dendritter, plasseringen av cellekroppen og antallet aksonender varierer, men nerveceller har bare ett akson.

Dendritten er startenden på nervecellen. Det er der cellen får informasjon fra andre nerveceller eller fra omverdenen. Nervecellen får informasjon både om å sende impulser videre og om å stoppe impulsene. En enkelt nervecelle kan ha opp til 1000 dendritter. Dendrittene og cellekroppen kan være i kontakt med mange andre nerveceller, og summen av denne informasjonen avgjør om en nerveimpuls skal sendes videre.

Cellekjernen befinner seg inni den forholdsvis store og kuleformede cellekroppen. I cellekroppen finnes også de fleste av organellene. Når nervecellen har summert beskjedene den mottar, avgjør den om nerveimpulsen skal sendes videre via cellekroppen og utover i aksonet, eller ikke.

Aksoner kan være over en meter lange, for eksempel i de lange nervecellene som går helt fra tåspissen til ryggmargen. Enden av aksonet kalles \_aksonende\_. Der skal impulsen føres videre. Mange av nervecellene har isolasjon rundt aksonet. Isolasjonen består av \_gliaceller\_, som produserer et fettaktig stoff, \_myelin\_. Vi sier at disse cellene er \_myeliniserte\_. Gliacellene gjør at nerveimpulsene går raskere. Mellomrommet mellom gliacellene kalles \_ranvierske innsnevringer\_.

Blåtekst: Nerveceller består av dendritter, cellekropp, akson og aksonende. Isolasjon i form av myelin rundt nervecellene sørger for at impulsene går svært raskt. Impulsen går alltid bare én vei: fra dendrittene, via cellekroppen, til aksonenden.

Bilde: figur

Forklaring: Nervecelle.

Bildetekst: Nerveceller må kunne sende raske nerveimpulser til andre nerveceller, muskler og kjertler.

Margtekster:

-- I dagligtale bruker vi ordet \_nerve\_. Det vi egentlig snakker om da, er en bunt aksoner fra nerveceller, for eksempel nerveceller som forbinder sanseceller i fingertuppen med senteret for berøring i hjernen.

-- Nerveimpulsen går med en fart på 100 m/s i myeliniserte nerveceller. I umyeliniserte nerveceller er farten bare et par meter i sekundet.

--- 230 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke fire funksjoner har nervecellene?
2. Hvilke tre typer nerveceller består nervesystemet av?
3. Tegn en nervecelle og sett navn på de forskjellige delene.

## xxx2 9.6 Nerveimpulsen

### xxx3 Membranpotensialet

Hvis vi stikker en tynn elektrode koplet til et voltmeter inn i en hvilken som helst celle, kan vi måle en forskjell i spenningen, en \_ladningsforskjell\_, mellom utsiden og innsiden av cellemembranen. Denne ladningsforskjellen kaller vi et \_membranpotensial\_. Det oppstår en ladningsforskjell fordi fordelingen av positive og negative ioner er ulik inni og utenfor cellen. Membranpotensialet er helt nødvendig for transporten av polare og upolare stoffer gjennom cellemembranen i alle celler. I de fleste celler er membranpotensialet tilnærmet konstant, men for nerveceller er det slik at membranpotensialet i en celle som \_hviler\_, er forskjellig fra membranpotensialet i en celle som sender nerveimpulser, en celle i \_aksjon\_. I hvilende tilstand kaller vi membranpotensialet et \_hvilepotensial\_, og i en celle som er i aksjon, kaller vi membranpotensialet et \_aksjonspotensial\_.

Blåtekst: Det er en ladningsforskjell mellom utsiden og innsiden av cellemembranen. Denne ladningsforskjellen kaller vi et membranpotensial. Vi skiller mellom hvilepotensial og aksjonspotensial i nervecellen.

### xxx3 Hvilepotensialet

Når nervecellen \_hviler\_, sender den ikke noen nerveimpuls. Da er omgivelsene utenfor nervecellen positivt ladet, mens innsiden er negativt ladet. Ladningsforskjellen kan vi måle med et voltmeter, og vi får da en spenning på ca. 70 mV (millivolt). Vi sier at ladningsforskjellen er -70 mV. Verdien er \_negativ\_ fordi vi måler \_fra innside til utside\_, ikke omvendt. Innsidens spenning er negativ i forhold til utsidens. I kapittel 6 leste du at alle cellemembraner har proteiner innimellom fosfolipidene. Noen av disse proteinene fungerer som transportproteiner som kan slippe ioner og molekyler inn eller ut ved aktiv eller passiv transport. I nervecellens membraner finnes det flere typer proteiner. Et av disse proteinene utgjør det vi kaller \_natrium-kalium-pumpen\_.

Natrium-kalium-pumpen er et relativt stort transportprotein som har to porter som pumper ioner aktivt når nervecellene hviler: en port som pumper natriumioner (Na^+) ut, og en annen port som pumper kaliumioner (K^+) inn.

--- 231 til 401

Det lekker hele tiden passivt positive ioner gjennom cellemembranen ved diffusjon når nervecellen hviler. Disse ionene må pumpes aktivt tilbake igjen for å opprettholde hvilepotensialet. Natrium-kalium-pumpen pumper flere Na^+´-ioner ut enn K^+´-ioner inn. Det gjør at utsiden av cellemembranen er mer positiv enn innsiden, og dermed opprettholdes hvilepotensialet. Energi til å pumpe ioner får natrium-kalium-pumpen fra ATP, og spalting av ett ATP frigir nok energi til å pumpe tre Na^+´-ioner ut og to K^+´-ioner inn. Hvile er altså energikrevende. Fordi det blir flere K+´-ioner inni cellen enn utenfor, vil noen K^+´-ioner diffundere, altså slippe passivt ut. Denne diffusjonen skjer gjennom et annet protein enn det som utgjør natrium-kalium-pumpen. Selv om det er flere Na^+´-ioner utenfor enn inni cellen, vil de – fordi de er for store – stort sett ikke kunne diffundere inn. Årsaken til at Na^+´-ionene er for store til å kunne diffundere inn i særlig grad, er at Na^+´-ionene danner relativt store komplekser med vann.

Inni cellen finnes også negativt ladede proteiner som er for store til å kunne passere gjennom cellemembranen. De vil derfor stort sett holde seg inni cellens cytoplasma og bidrar til å opprettholde hvilepotensialet. Figuren ovenfor viser ulike transportproteiner: proteinene som danner natrium-kalium-pumpen, og proteinene som danner porter for K^+´-ioner som diffunderer ut.

Blåtekst: Ved hvilepotensial er ladningsforskjellen mellom innsiden og utsiden av cellemembranen ca. -70 mV. Denne ladningsforskjellen opprettholdes av natrium-kalium-pumpen, som aktivt pumper ioner når cellen hviler.

Bilde: figur

Bildetekst: Proteiner i cellemembranen frakter ioner ut av eller inn i cellen. Dette er helt avgjørende for å opprettholde en ladningsforskjell ved hvilepotensial. Transportproteinet til venstre viser natriumkalium-pumpen, som ved aktiv transport pumper Na^+ ut og K^+ inn. Transportproteinet til høyre slipper K^+ passivt ut.

--- 232 til 401

### xxx3 Aksjonspotensialet

Ved påvirkning vil nervecellen \_aksjonere\_, det vil si at Na+´-ioner slipper inn i cytoplasmaet. Mengden av Na^+´-ioner som slipper inn, gjør at innsiden et lite øyeblikk blir positiv i forhold til utsiden. Dette kaller vi et \_aksjonspotensial\_. For eksempel oppstår slike lekkasjer av Na+´-ioner når en sensorisk nervecelle på fingertuppen merker varme fra en brennende fyrstikk. Na^+´-ionene slipper gjennom spesielle transportproteiner som åpner seg i nervecellens membran. Transportproteinene er åpne bare i 1–2 millisekunder. Det er kun Na^+´-ioner som slipper gjennom, og transporten skjer bare fra utsiden til innsiden, ikke motsatt vei. Transporten skjer passivt og er altså ikke energikrevende. Disse transportproteinene er ikke de samme som i natrium-kalium-pumpen.

Mengden av positive ladninger på innsiden påvirker området ved siden av, nærmere cellekroppen (se figuren nedenfor). Der vil nye transportproteiner åpne seg, og Na^+´-ioner vil strømme inn. Ladningsforskjellene påvirker videre nye transportproteiner, slik at området med positiv innside og negativ utside forflytter seg. Det er denne forflytningen av elektrisk ladning som er en \_nerveimpuls\_.

--- 233 til 401

Det korte øyeblikket transportproteinene for Na^+ er åpne, følges umiddelbart av at egne transportproteiner for K^+ åpnes og K^+´-ioner slippes passivt ut gjennom cellemembranen. K^+´-ionene slipper imidlertid ikke gjennom like raskt som Na^+´-ionene, og derfor forblir innsiden positiv et lite øyeblikk. Ladningsforskjellen mellom innsiden og utsiden gjenopprettes deretter, og transportproteinene lukker seg. Selv om innsiden igjen er negativ og utsiden er positiv, er det nå mye Na^+´-ioner på innsiden og K^+´-ioner på utsiden. Natrium-kalium-pumpen begynner derfor å transportere ioner aktivt gjennom cellemembranen og gjenoppretter slik ionebalansen ved hvilepotensialet.

Blåtekst: En nerveimpuls starter ved påvirkning av nervecellen. Da slippes positive ioner inn i cytoplasmaet. Innsiden blir et kort øyeblikk positiv i forhold til utsiden. Det kaller vi et aksjonspotensial. Denne ladningsforskjellen forflytter seg langs nervecellen.

Bilde: figur

Forklaring: 6 tegninger:

1. Hvile: Ladningen inni en nervecelle er negativ i forhold til ladningen utenfor, som er positiv. Na^+ blir pumpet ut.

2. Aksjon: Nervecellen stimuleres og Na^+´-ioner diffunderer inn i cellen i område a. Da blir cellemembranen positiv på innsiden i dette området.

3. Ladningsforskjell mellom det positive området a og det negative området b fører til at transportproteiner i cellemembranen i område b åpner seg.

4. Det strømmer Na^+´-ioner inn gjennom cellemembranen i område b samtidig som det passivt pumpes positive K^+´-ioner ut fra område a.

5. Område a blir negativt, mens område b blir positivt.

6. Ladningsforskjellen mellom utsiden og innsiden forflytter seg. Denne forflytningen er en nerveimpuls.

Bilde: figur

Bildetekst: Grafen viser hva som skjer i enden av dendritten ved hvile, og hva som skjer når enden av dendritten påvirkes av en stimulus som gir en nerveimpuls – og som fører til at et aksjonspotensial utløses.

1. Hvile: Na^+ pumpes ut.

2. Na^+´-ioner diffunderer inn.

3. Ingen flere Na^+ diffunderer inn i cellen.

4. K^+ pumpes ut av cellen.

5. Nerveimpulsen forflytter seg mot aksonet/aksonenden.

6. Hvile: Na^+ pumpes ut (aktiv transport).

Forklaring: Linjediagram med tid på førsteaksen og ladningsforskjell på andreaksen. Grafen ligger for det meste under en terskelverdi på -55 mV, men midt på stiger den bratt til en toppverdi på ca. +50 mV og faller deretter like bratt ned igjen. Toppunktet er ved punkt 3 i bildeteksten. Den delen av grafen som ligger over terskelverdien er merket aksjonspotensial, resten er merket hvile.

### xxx3 Gliaceller gjør at nerveimpulsen beveger seg raskere

Nerveimpulsen startet med at enden av nervecellen, dendritten, ble påvirket. Så forflyttet nerveimpulsen seg fra enden av dendritten mot cellekroppen, og deretter ut fra cellekroppen og videre langs aksonet. Aksonet er isolert med gliaceller. Gliacellene med fettstoffet myelin ligger etter hverandre rundt det lange, runde aksonet som lomper rundt en pølse, og mellom dem er det mellomrom, ranvierske innsnevringer. Myelinets isolasjonsevne gjør at området med positiv innside og negativ utside, det vil si nerveimpulsen, ikke beveger seg glidende langs aksonet, men hopper fra innsnevring til innsnevring langs aksonet. Kun i de ranvierske innsnevringene, der myelinet mangler, kan transportproteinene åpnes for transport av Na^+´-ioner og K^+´-ioner inn og ut. Dermed hopper nerveimpulsen fra innsnevring til innsnevring og beveger seg mye raskere enn om den skulle bevege seg jevnt langs hele dendritten. Nerveimpulsen brer seg gjennom nettverket av nerveceller og havner hos en målcelle.

--- 234 til 401

Nerveimpulsen kan bare gå i én retning: fra dendritten via cellekroppen og til aksonet. Dermed unngås impulskollisjoner.

Blåtekst: Aksoner er isolert med gliaceller. Det gjør at nerveimpulsen beveger seg mye raskere.

Bilde: figur

Bildetekst: Aksjonspotensialet hopper mellom gliacellene, og nerveimpulsen går raskere enn om aksonet var uten gliaceller (venstre). Gliaceller virker som isolasjon rundt aksonet (høyre).

### xxx3 Terskelverdi

For at en påvirkning skal resultere i at cellemembranen slipper inn Na^+´-ioner, det vil si at cellens hviletilstand opphører, og at et aksjonspotensial utløses, må påvirkningen ha en viss styrke, en \_terskelverdi\_ (se figuren på forrige side). Ved svak påvirkning utløses ikke aksjonspotensialet, og ingen nerveimpuls starter. Ladningsforskjellen må passere en terskelverdi på -55 mV. Ved svak påvirkning kan noen få Na^+´-ioner slippe inn, men så lenge ladningsforskjellen er mer negativ enn terskelverdien på -55 mV, utløses ikke noe aksjonspotensial.

En nervecelle er i kontakt med opptil ti tusen andre nerveceller som påvirker den. Siden nervecellen mottar informasjon i form av nerveimpulser om både å sende videre (stimulere) og stoppe (hemme) et signal, er det summen av denne informasjonen som avgjør om aksjonspotensialet passerer terskelverdien og dermed blir sendt videre. Jo flere stimulerende nerveimpulser, desto flere Na^+-transportproteiner blir åpnet i cellemembranen, og Na^+ lekker inn i celler. Hemmende nerveimpulser gjør at det kan lekke flere K^+´-ioner ut av cellen, og dermed blir det vanskeligere å nå terskelverdien. Slik er nervesystemet tilpasset til ikke å reagere på alle typer stimuli – uansett styrken på dem. Det er for eksempel en grense for hvor svak en lyd kan være hvis vi skal registrere den.

Ved gjentatte stimuli skjer det en tilvenning, \_adaptasjon\_. Selv om det sendes nerveimpulser til målceller, merker vi dem ikke. Dette skjer for eksempel hver morgen når vi har kledd på oss. Reseptorer i huden vil til å begynne med registrere at vi har klær på kroppen, men etter en stund føler vi dem ikke lenger. Denne tilvenningen til klær inntil huden er en tilpasning for å kunne skille mellom viktig og uviktig informasjon.

Blåtekst: For at en påvirkning skal resultere i en nerveimpuls, må ladningsforskjellen nå en terskelverdi som er større enn -55 mV. Nervecellen mottar hemmende og stimulerende nerveimpulser, og summen av disse avgjør om nerveimpulsen blir sendt videre.

--- 235 til 401

### xxx3 Nerveimpulsene overføres i synapsene

Når nerveimpulsen kommer til en aksonende, må den «hoppe over» en kløft, en \_synapse\_, fra aksonenden i den ene nervecellen til dendritten i den neste nervecellen eller en annen målcelle. I aksonenden blir de kjemiske signalmolekylene, transmitterne, oppbevart i blærer i cytoplasmaet. Impulsoverføringen skjer ved at ladningsendringene får disse blærene til å tømme transmitterne ut av cellen ved eksocytose og over i synapsen. Reaksjonen er energikrevende, og i aksonenden er det derfor mange mitokondrier som sørger for energiproduksjon i form av ATP. Transmittermolekylene fester seg et kort øyeblikk til reseptorene på den neste nervecellen og får denne cellen til å slippe natriumioner gjennom transportproteiner og inn i cellen. Dermed blir det skapt et nytt aksjonspotensial som transporteres videre. Dersom den neste cellen i koplingen ikke er en nervecelle, men for eksempel en muskelcelle, kan reaksjonen på at transmitteren fester seg til reseptoren på muskelcellen være at muskelen begynner å trekke seg sammen.

Ulike nerveceller i kroppen produserer ulike transmittere. Transmittere kan også ha ulik virkning avhengig av hva slags målcelle de fester seg til. Et eksempel er \_acetylkolin\_, en transmitter som er viktig i hjernen og mellom motoriske nerveceller og muskler. Avhengig av hva slags målceller acetylkolin fester seg til, er virkningen svært forskjellig. Acetylkolin får skjelettmuskler til å trekke seg kraftig sammen, mens den får musklene i hjertet og rundt blodårer til å slappe av.

--- 236 til 401

Én bestemt transmitter kan bare feste seg til én bestemt reseptor. De passer sammen som en nøkkel i en lås. Slik styres veiene for overføring av nerveimpulser i nervesystemet. Etter impulsoverføringen må transmitteren brytes raskt ned eller transporteres tilbake til nervecellen den kom fra. Enzymer i synapsen kan bryte ned transmitteren når beskjeden er overført.

All påvirkning av nerveceller skjer altså slik som beskrevet her. Påvirkning, forflytning av et aksjonspotensial og overføring mellom akson og målcelle skjer som en kombinasjon av ionebevegelse og transmitteroverføring. Hvordan vi opplever påvirkningen, avhenger av hvor mange nerveceller som reagerer, og hvor mange nerveimpulser som blir sendt. For eksempel vil et lite kuttsår påvirke færre nerveceller og sende færre nerveimpulser per sekund enn en større skade. Tallet på nerveimpulser per sekund, \_frekvensen\_, kan variere og dermed avgjøre om smerten er sterk eller svak. Hver nerveimpuls har samme styrke. Svak smerte skyldes få nerveimpulser per sekund, det vil si lav frekvens. Sterk smerte skyldes flere nerveimpulser per sekund, det vil si høyere frekvens.

Blåtekst: En nerveimpuls overføres i synapsen ved hjelp av aksjonspotensialet og transmitterne. Ulike transmittere passer til reseptorer på bestemte nerveceller som en nøkkel i en lås. Hver nerveimpuls har samme styrke, mens antall impulser per sekund, frekvensen, avgjør hvordan vi opplever påvirkningen.

Bilde: figur

Bildetekst: Impulsoverføringen mellom to nerveceller skjer i synapsen, der nerveimpulsen sørger for å tømme transmitterblærene.

Margtekst: Noen av transmitterne blir ikke brutt ned, men blir sendt tilbake inn i aksonenden, der de blir resirkulert.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er et membranpotensial?
2. Forklar hvordan natrium-kalium-pumpen virker.
3. Forklar forskjellene på et hvilepotensial og et aksjonspotensial.
4. Hvordan påvirker gliacellene nerveimpulsen?
5. Hva er terskelverdi og adaptasjon?
6. Hvordan skjer impulsoverføringen i synapsene? Lag en enkel tegning.

## xxx2 9.7 Stoffer som påvirker nervesystemet

Noen ganger blir det feil på overføringen av nerveimpulser. Det kan komme av at vi får i oss stoffer som fester seg til reseptorene slik at transmitteren ikke får festet seg der, eller av at det oppstår feil i produksjonen av transmittere. Det kan føre til sykdom. En del av disse stoffene påvirker nervesystemet og kan samtidig være hormonforstyrrende (se side 226).

--- 237 til 401

### xxx3 Serotonin og dopamin

Stoffene \_serotonin\_ og \_dopamin\_ virker både som transmittere og hormoner. For mye eller for lite av disse stoffene kan føre til sykdommer. Ved nervesykdommen Parkinsons sykdom blir cellene som produserer dopamin, borte. For mye dopamin er et kjennetegn ved den psykiske lidelsen schizofreni. Serotonin virker til en viss grad sammen med hormonene adrenalin og noradrenalin, som binyrene skiller ut. For lite produsert serotonin og noradrenalin kan gi depresjoner eller bipolare (manisk-depressive) lidelser. Noen av dem som lider av alvorlig depresjon, får tilbud om anti-depressiver, som er medisiner som inneholder serotonin. Hos noen pasienter kan disse medikamentene dempe depresjonen.

Bilde: foto

Bildetekst: Mange unge føler seg triste eller nedstemte i perioder, og det er helt naturlig. Alvorlig depresjon kan behandles med serotonin.

### xxx3 Virkningen av rusmidler

Mange medisiner og rusmidler virker på nervesystemet. Noen medisiner påvirker impulsoverføringen i nervesystemet. Beroligende midler virker på synapsene mellom nerveceller som kontrollerer hvilke sanseinntrykk som skal sendes til hjernen. Smertestillende midler, for eksempel morfin, binder seg til reseptorer som skal sende impulser videre til smertesenteret i hjernen.

Mange rusmidler gir spesielle sanseopplevelser i form av lyd og lys fordi overføringen mellom sansecellene i øret eller øyet og nervecellene i hjernen blir forandret. For de rusmidlene som har vært i bruk lenge, har forskerne funnet ut hvilke typer sanse- og nerveceller som påvirkes, og hva slags virkning rusmiddelet har på nerveimpulsene. Mange av disse rusmidlene virker en bestemt tid, og vi vet omtrent hvor fort de brytes ned.

Marihuana er tørkede blader fra cannabisplanten, mens hasj er plantevæske fra den samme planten. Den ingrediensen i cannabis som gir rusen, virker ved at den binder seg til reseptorer som regulerer blant annet smertefølelse og appetitt. Cannabis gjør at brukeren får økt matlyst og reduserte smerter – og i tillegg gir den en rusfølelse. Bivirkningene er kartlagt: Hos marihuana- og hasjrøykere finner man opptil fem ganger mer tjære i lungene og høyere forekomst av unormal celledeling, \_lungekreft\_, enn hos tobakksrøykere. Mange av cellene med flimmerhår blir omdannet til celler uten flimmerhår, og marihuana- og hasjrøykere får en opphopning av betente celler og unormale cellekjerner – de typiske forstadiene til lungekreft. Også narkotiske stoffer som heroin og morfin binder seg til reseptorer som skal gi smertelindring, og gir derfor en sterk følelse av velvære. Samtidig reduserer kroppen sin egen produksjon av stoffer som gir naturlig smertelindring og velvære, som endorfiner. Da øker følelsen av smerte og ubehag når man ikke ruser seg. Heroin og morfin er derfor sterkt avhengighetsskapende.

Bilde: foto

Bildetekst: Cannabisplante

Margtekst: Endorfiner er transmittere som nedsetter smertefølelse og øker følelsen av velvære.

--- 238 til 401

### xxx3 Miljøgifter

Mange av produktene vi bruker i hverdagen, blir tilsatt kjemiske stoffer for at de skal få bedre egenskaper og bidra til å øke levestandarden vår. Noen av de stoffene vi omgir oss med til vanlig, kan være skadelige for oss, derfor kaller vi dem miljøgifter. Mange av miljøgiftene har så langt blitt undersøkt hver for seg. Vi vet imidlertid lite om hvordan de virker sammen med alle andre miljøgifter vi utsettes for. Mange forskere er i dag bekymret for en såkalt coctaileffekt, som handler om hvordan disse stoffene virker sammen over tid. Vi skal se nærmere på noen grupper av miljøgifter.

\_Perfluorerte stoffer\_ finnes blant annet i impregnering, maling, vannavstøtende mat- og bakepapir, lyspærer og batterier. I Norge har vi restriksjoner på bruk av perfluorerte stoffer, men stoffene er likevel funnet i importerte produkter og i vann på grunn av langveistransportert forurensning. De perfluorerte stoffene gir leverskader, skader på nervesystemet og nedsatt fertilitet. Perfluorerte stoffer er vannavstøtende og blir også brukt i skismøring. Derfor bør skismørere jobbe under avtrekk og med gassmaske for å unngå å puste inn perfluorerte stoffer.

\_Silikosaner\_ består av grunnstoffene silisium og oksygen. Stoffene anvendes i for eksempel kosmetikk, maling og vaskemidler. Forskere har gjort eksperimenter med dyr som viser at silikosaner kan gi fosterskader hos pattedyr som mus. Foreløpig er det ikke påvist fosterskader som skyldes silikosaner, hos mennesker. Som du sikkert skjønner, kan man av etiske årsaker ikke gjøre slike forsøk med mennesker.

Noen \_tungmetaller\_, som kadmium, bly og kvikksølv, regnes også som miljøgifter. Tungmetaller gir alvorlige helseskader selv i små mengder. Utslippene av tungmetaller har gått mye ned de siste tiårene, men det er fremdeles mye forurensning igjen i jord og planter og i bunnslam i hav og ferskvann. Du kan lese mer om miljøgifter på Bios-nettstedet.

Blåtekst: Medisiner, rusmidler og miljøgifter kan påvirke overføringen av nerveimpulser og kan derfor føre til skader på nervesystemet og økt fare for kreft.

Bilde: foto

Bildetekst: Lyspærer og batterier inneholder miljøgifter og må derfor kildesorteres.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva betyr det når vi sier at serotonin og dopamin virker både som hormoner og transmittere?
2. På hvilke måter kan serotonin og dopamin påvirke kroppen?
3. Hva er cannabis, og hvordan påvirker det kroppen?
4. På hvilke måter kan perfluorerte stoffer og tungmetaller være skadelige?

--- 239 til 401

## xxx2 9.8 Det sentrale og det perifere nervesystemet

Det finnes nerveceller i hele kroppen: spredt rundt omkring i alt vevet, samlet i store mengder i sanseorganene, samlet som et helt organ innenfor kraniet (hjernen) og samlet som en bunt (ryggmargen) som ligger inni den knoklete ryggraden. Nervene er trådliknende, hvite bunter av nerveceller som kan være opptil 1 cm i diameter. Til sammen utgjør alle nervecellene nervesystemet.

Nervesystemet er delt i to: \_sentralnervesystemet\_ (SNS) og \_det perifere nervesystemet\_ (PNS). Sentralnervesystemet består av \_hjernen\_ og \_ryggmargen\_. Det perifere nervesystemet består av nerveceller som går til og fra sentralnervesystemet. Det perifere nervesystemet deler vi inn i \_det sensoriske nervesystemet\_ og \_det motoriske nervesystemet\_. Det motoriske nervesystemet deles inn i det \_autonome\_ og det \_somatiske\_ nervesystemet. Det autonome nervesystemet deles igjen inn i det \_sympatiske\_ og det \_parasympatiske\_ nervesystemet.

Inndelingen av nervesystemet:

Tabell omgjort til liste:

Sentralnervesystemet (SNS):

-- Hjernen

-- Ryggmargen

Det perifere nervesystemet (PNS):

-- Sensorisk: nerver fra sanser inn til sentralnervesystemet

-- Motorisk: nerver fra sentralnervesystemet til muskler og kjertler

-- Autonomt: ikke viljestyrt

-- Sympatisk

-- Parasympatisk

-- Somatisk: viljestyrt

Bilde: figur

Bildetekst: Nervesystemet i kroppen

Forklaring: Hjerne, sanseorgan (her: øyet), ryggmarg, nerver.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvor i kroppen finnes nervecellene?
2. Hva er en nerve?
3. Hvor tykke er de tykkeste nervene?
4. Hva er SNS og PNS?
5. Hvordan deler vi inn det perifere nervesystemet?

--- 240 til 401

## xxx2 9.9 Sentralnervesystemet (SNS)

Sentralnervesystemet (SNS) består av hjernen og ryggmargen, til sammen tusen millioner nerveceller. Hjernen har konsistens som smøreost og veier litt mindre enn 1,5 kg. Hjernen inneholder verken sanseceller eller sanseorganer. Det sitter imidlertid sanseceller i huden utenpå og rett under kraniet, og disse registrerer smerte ved slag, sår, væskeansamlinger osv.

Aktiviteten i hjernen krever mye energi. Av kroppens totale energiforbruk går omtrent 25 prosent til hjernen. Hjernen er delt i fem deler som kontrollerer ulike funksjoner: \_storhjernen, mellomhjernen, midthjernen, lillehjernen og den forlengede marg\_. Mellomhjernen, midthjernen og den forlengede marg blir til sammen også kalt \_hjernestammen\_.

Blåtekst: Sentralnervesystemet (SNS) består av hjernen og ryggmargen. Hjernen består av storhjernen, mellomhjernen, midthjernen, lillehjernen og den forlengede marg. Det perifere nervesystemet består av nerveceller som går til og fra sentralnervesystemet.

Bilde: figur

Bildetekst: Menneskets hjerne

Forklaring: Storhjerne, mellomhjerne, midthjerne, lillehjerne, den forlengede marg, hypotalamus og hypofyse.

### xxx3 Kraniet, hjernehinnene og storhjernen

Hodet vårt er dekket med hud og hår. Innenfor huden ligger et tynt lag med muskler, og innenfor disse igjen har vi den relativt tykke og sterke hodeskallen, \_kraniet\_. Innenfor kraniet har vi tre beskyttende hjernehinner som dekker hjernen. Disse hinnene fortsetter nedover i ryggmargen og beskytter denne også. Mellom de to innerste hinnene er det væske, \_cerebrospinalvæske\_, som demper støt mot hjernen. Inni storhjernen er det fire hulrom. De er også fylt av væske. Det er også væske i forlengelsen av hjernen – i den forlengede marg og nedover i ryggmargen.

Den ytterste delen av storhjernen er hjernebarken. Den er 5–10 mm tykk og sterkt foldet. Utbrettet ville arealet av hjernebarken vært ca. 2 m^2. Hjernebarken har klart avgrensede senter for ulike sanseinntrykk.

--- 241 til 401

Hjernebarken består av \_den grå substans\_, som er nerveceller med korte aksoner. Alt innenfor hjernebarken kaller vi \_den hvite substans\_. Den består av lange aksoner dekket med gliaceller med myelin. Internevroner som knytter sammen de sensoriske og de motoriske nervecellene, går i dybden i storhjernen innenfor barken. Navnet «den hvite substans» kommer fra den gulhvite fargen som skyldes det fettholdige myelinet. I den hvite substansen forbindes de ulike delene av hjernen med hverandre.

Hos mennesket og andre pattedyr er storhjernen forholdsvis mye større enn hos andre dyregrupper. Det skyldes et mye større antall internevroner. Internevroner er nerveceller som knytter sensoriske og motoriske nerveceller sammen. Storhjernen er hovedstedet for intellektuell funksjon, hukommelse, sanser, koordinering av bevegelse, læring, snakking, følelser og kompleks atferd. Storhjernen er delt i to halvdeler, to \_hemisfærer\_. De to hjernehalvdelene er forbundet med hverandre gjennom \_hjernebjelken\_, som ligger omtrent midt inni hodet. Hjernebjelken binder sammen venstre og høyre hjernehalvdel og består av bunter av aksoner. Hos de aller fleste mennesker er venstre hjernehalvdel dominerende i forhold til høyre. Venstre hjernehalvdel har områder for blant annet bevegelse, sanser, følelser, aggresjon og språk. Høyre hjernehalvdel har senter for skapende evner.

--- 242 til 401

Blåtekst: Den ytterste delen av storhjernen er hjernebarken (den grå substans). Alt innenfor hjernebarken kaller vi den hvite substans. Storhjernen er delt i to halvdeler, hemisfærer, som er forbundet med hverandre gjennom hjernebjelken. Storhjernen er hovedstedet for blant annet intellektuell funksjon, hukommelse, sanser, læring, følelser og kompleks atferd.

Bilde: figur

Forklaring: Snitt gjennom et hode: Hud og muskler, kraniet, tre hjernehinner, cerebrospinalvæske, storhjernen og den forlengede marg.

Bilde: figur

Forklaring: Snitt gjennom hjernen som viser grå substans, hvit substans, venstre hjernehalvdel, høyre hjernehalvdel, hjernebjelken og væskefylt hulrom.

### xxx3 Fordypning: Hjernehinnebetennelse

Hjernehinnebetennelse skyldes at hinnene mellom hjernen og kraniet er betente av virus, bakterier eller andre mikroorganismer. Den vanligste årsaken til hjernehinnebetennelse er virus, og ingen spesiell behandling utover eventuell smertelindring kreves, kun hvile. Betennelsen som skyldes virus, er mer smittsom enn varianten som skyldes bakterier. Når sykdommen skyldes bakterier, er det oftest bakterier av typen meningokokker eller pneumokokker. På landsbasis har rundt 10 prosent av befolkningen meningokokkbakterier i kroppen uten å bli syke. Ved sykdomsutbrudd, særlig hos personer som i utgangspunktet har dårlig allmenntilstand, kan sykdommen utvikle seg svært raskt. Symptomene likner i starten på influensasymptomer, men i tillegg får man små røde prikker i huden. Disse skyldes indre blødninger. Sykdommen må behandles med intravenøst antibiotikum, og den krever sykehusinnleggelse. Den kan være dødelig eller gi livslange skader. Forskere har utviklet vaksine som beskytter mot flere typer bakteriell hjernehinnebetennelse, men ikke mot alle. I Norge får russen hvert år tilbud om en vaksine som beskytter mot meningokokkutløst hjernehinnebetennelse. Antallet ungdommer som får hjernehinnebetennelse grunnet meningokokkinfeksjon, har gått sterkt tilbake de senere årene, men det er viktig å være klar over symptomene på sykdommen. På verdensbasis har WHO beregnet at det årlig er rundt en halv million tilfeller av hjernehinnebetennelse som skyldes meningokokker. Omkring én av ti som rammes, dør av sykdommen, og de som overlever, kan få alvorlige skader.

Bilde: foto

Bildetekst: Meningokokker (bildet er kunstig farget)

### xxx3 Mellomhjernen

Mellomhjernen har senter for å regulere homøostase, sult- og metthetsfølelse og seksuelle følelser. Vanninnholdet, blodsukkerkonsentrasjonen, blodtrykket, temperaturen og forbrenningen må være mest mulig konstant. En del av mellomhjernen er hypotalamus, som er sentrum for regulering av temperatur og stoffskifte. Hypofysen utgjør en bitte liten del av mellomhjernen. Den ser ut som en ert som er festet med en liten stilk. I hypofysen produseres livsviktige hormoner, blant annet oksytocin, som du har lest om tidligere i kapittelet, og hormonet ADH, som du kan lese om blant annet i kapittel 10.

### xxx3 Midthjernen

Midthjernen ligger under storhjernen og mellomhjernen, over den forlengede marg og foran lillehjernen. Midthjernen er den minste delen av hjernen. Midthjernen filtrerer alle sanseinntrykk på vei fra det perifere nervesystemet til områdene i storhjernen. Det er aktivitet i midthjernen som gjør deg i stand til å lese dette, mens mange andre sanseinntrykk blir filtrert bort og ikke når bevisstheten. Men filteret er ikke sterkere enn at hvis du hører et skarpt smell, så skvetter du og løfter hodet.

### xxx3 Lillehjernen

Lillehjernens nerveceller er involvert i motorisk aktivitet, bevegelse og balanse. Da du lærte å gå, sykle, skrive, kaste og svømme, ble den nylærte informasjonen lagret i lillehjernen. Først var bevegelsene klønete, deretter ble lillehjernens balansesenter flinkere til å sende riktig informasjon til storhjernens senter for hukommelse og så fra storhjernen til musklene. Lillehjernen er også koplet til likevektsorganet i det indre øret ved hjelp av en tykk nerve, balansenerven. Informasjonen i likevektsorganet blir i hjernen tolket slik at vi vet hva som er opp og ned, og hvordan vi kan bevege oss uten å miste balansen og falle.

Blåtekst: Mellomhjernen, midthjernen og lillehjernen er delt i mange senter for bevisst og ubevisst aktivitet.

Bilde: foto av syklende barn

--- 243 til 401

### xxx3 Fordypning: Hjerneforskning gir stadig ny kunnskap

Selv om vi kjenner mange områder i hjernen og vet hvilke funksjoner de har, blir det stadig oppdaget nye funksjoner i ulike områder av hjernen.

\_Hippocampus\_ ligger like under hjernebarken og hjelper oss med den romlige orienteringen – som en slags innebygd GPS. Hippocampus er oppkalt etter det latinske navnet for sjøhest på grunn av fasongen sin. Hippocampus spiller en vesentlig rolle for hukommelsen. I 2005 oppdaget de norske forskerne May-Britt Moser og Edvard Moser sammen med amerikaneren John O'Keefe en type nerveceller som ble kalt gitterceller. Disse nervecellene befinner seg inntil hippocampus og hjernebarken. Gittercellene og hippocampus samarbeider, slik at vi kopler hukommelsen mot steder og dermed har evnen til å orientere oss. De tre forskerne jobbet videre med å finne ut hva som foregår i gittercellene og hippocampus, og i 2014 fikk de nobelprisen i fysiologi og medisin for oppdagelsene sine. Kunnskap om evnen til å orientere seg kan muligens øke forståelsen for hvordan demens og Alzheimer påvirker nervecellene, og i framtiden kan man forhåpentligvis hjelpe personer som er i ferd med å utvikle disse sykdommene. Etter 2015 har May-Britt Moser og Edvard Moser gjennomført banebrytende forskning på hvordan hjernen utvikler seg. De har fulgt hjerneutviklingen hos mus og rotter og sett at utviklingen av hjernen må skje trinnvis og i en bestemt rekkefølge. Svikter ett ledd, blir den videre utviklingen skadelidende. Forskerne mener at dersom vi forstår disse mekanismene godt, kan vi hindre at nerveceller brytes ned og dør, noe som skjer ved blant annet Alzheimers sykdom. Den aller nyeste forskningen handler om hvordan gener blir slått av når celler holder på å dø, og hvordan de kan manipuleres til å slå seg på igjen.

Bilde: foto av rotte

### xxx3 Den forlengede marg

Den forlengede marg forbinder ryggmargen med hjernen. Den inneholder blant annet åndedrettssenteret, som regulerer pustingen. Skader på den forlengede marg kan derfor medføre øyeblikkelig død. I den forlengede marg finnes også områder som kontrollerer fordøyelsen og blodomløpet.

Nerver fra høyre og venstre hjernehalvdel krysser hverandre i den forlengede marg. Det betyr at høyre hjernehalvdel styrer venstre del av kroppen, mens venstre hjernehalvdel styrer høyre del av kroppen. En skade eller svulst i venstre hjernehalvdel kan derfor føre til nedsatt bevegelse på høyre side av kroppen.

Virvlene i ryggraden danner et hulrom, og inni dette hulrommet ligger ryggmargen. Ryggmargen er en rørformet bunt av nerveceller. Bunten er omtrent så tykk som en lillefinger. Mellom ryggradsvirvlene går det relativt tykke ryggmargsnerver ut til resten av kroppen, det perifere nervesystemet (PNS).

Ryggmargen binder sammen hjernen og det perifere nervesystemet. Mellom ryggvirvlene ligger det puter som gjør at ryggraden og ryggmargen kan bøyes og strekkes. Beskjeder går fra hjernen via ryggmargen ut i det perifere nervesystemet og tilbake igjen.

Blåtekst: Den forlengede marg forbinder nervene i ryggmargen med hjernen og inneholder blant annet åndedrettssenteret. Ryggmargen forbinder det perifere nervesystemet og hjernen.

--- 244 til 401

### xxx3 Refleksbuer

Noen nerveimpulser går fra sensoriske nerveceller, eventuelt via internevroner i ryggmargen, til motoriske nerveceller og gir en respons uten at nerveimpulsen går opp til hjernen først. Det kalles en \_refleksbue\_. En slik refleksbue består av bare to eller tre nerveceller der den første er en sensorisk nervecelle. Et eksempel er knerefleksen. Der går den sensoriske nervecellen fra et område under kneskålen til ryggmargen. Fra den sensoriske nervecellen blir nerveimpulsen overført direkte til en motorisk nervecelle, som i dette tilfellet er koplet til målceller i en muskel på framsiden av låret. Et annet eksempel er hvordan en refleksbue sørger for at du trekker til deg hånden dersom du stikker en finger borti et brennende stearinlys (se figuren). I noen refleksbuer kan det være et kort internevron, en forbindelsescelle (se side 228), i ryggmargen mellom den sensoriske og den motoriske nervecellen. Fordelen med refleksbuer er at informasjonen går raskt.

Blåtekst: Refleksbuer går fra sensoriske nerveceller til målceller uten å gå via hjernen først.

Bilde: figur

Bildetekst: Refleks i en arm. I ryggmargen er sensoriske nerveceller koplet til motoriske nerveceller.

Forklaring: Som reaksjon på en smertefull påvirkning (flamme) går det nerveimpulser fra fingertuppen til ryggmargen. Motoriske nerveceller leder impulsen til målceller i musklene i overarmen. Muskelen trekker seg sammen. Armen løfter fingertuppen fra flammen.

### xxx3 Repetisjon

1. Lag en tegning av hjernen og skriv inn hvor de fem hoveddelene finnes.
2. Hvorfor har vi hjernehinner?
3. Hva er hjernebjelken?
4. Hvilke oppgaver i kroppen styrer mellomhjernen, midthjernen, lillehjernen og den forlengede marg?
5. Hva er en refleks, og hvorfor er reflekser nyttige?

--- 245 til 401

## xxx2 9.10 Det perifere nervesystemet

Det perifere nervesystemet (PNS) overfører nerveimpulsene mellom sentralnervesystemet og kroppen. Det perifere nervesystemet består av et \_sensorisk\_ og et \_motorisk\_ nervesystem. Det sensoriske nervesystemet leder beskjeder fra sanseceller og sanseorganer til sentralnervesystemet (SNS).

Det motoriske nervesystemet er også delt i to – i det \_somatiske\_ og det \_autonome\_ nervesystemet. Det somatiske nervesystemet kontrollerer viljestyrte, frivillige bevegelser ved at vi kan bestemme hvordan vi vil bruke muskler som er koplet til skjelettet. Det autonome nervesystemet kontrollerer ubevisste reaksjoner i kjertler og muskulatur i indre organer, som i fordøyelseskanalen, urinblæren, hjertet, blodårene, luftveiene og livmoren. Alt som skjer i det autonome nervesystemet, skjer uavhengig av viljen.

Det autonome nervesystemet er igjen delt i to – i det \_sympatiske\_ og det \_parasympatiske\_ nervesystemet. Disse to nervesystemene kontrollerer kroppens indre på to motsatte måter. Det sympatiske nervesystemet forbereder kroppen til aksjon/beredskap ved at blodtilførselen til hjertet økes, luftveiene åpnes for økt oksygenopptak, og pupillene blir videre, slik at mer lys trenger inn i øynene. Kanskje du kan kjenne litt av dette når du kommer uforberedt til timen og får høre at det blir uvarslet lekseprøve?

--- 246 til 401

I det parasympatiske nervesystemet går det nerver til de samme organene, men de parasympatiske nervene sørger for hvile og avslapning: Pulsen går ned, og blod blir transportert fra muskler og hud til fordøyelsesorganene. Det kan for eksempel skje hvis du plutselig forstår at du slipper lekseprøven fordi du må gå på et elevrådsmøte isteden.

Når sansecellene i øyet registrerer at en fare nærmer seg, blir bildet overført gjennom synsnerven til sentralnervesystemet, der informasjonen blir tolket. Så sender sentralnervesystemet nerveimpulser gjennom det motoriske systemet (i det perifere nervesystemet), som kontrollerer muskler og kjertler. Adrenalin blir produsert i binyrene, og en beskjed blir overført til det autonome nervesystemet. Det sympatiske nervesystemet setter kroppen i beredskap, og vi blir i stand til å slåss, hoppe til siden eller flykte. Etter at vi har kommet oss unna, får det parasympatiske nervesystemet kroppen til å slappe av.

Blåtekst: Det perifere nervesystemet (PNS) består av et motorisk og et sensorisk nervesystem. Det motoriske nervesystemet er delt i det autonome nervesystemet, som ikke er viljestyrt, og det somatiske nervesystemet, som er viljestyrt.

Bilde: figur

Forklaring: \_Det parasympatiske nervesystemet\_ (hvile og fordøyelse): trekker sammen pupillen, mer spytt, roer hjertet, avslappet pusting, stimulerer fordøyelsen, stimulerer gallen, urinblæren trekker seg sammen, økt blodmengde til de ytre kjønnsorganene.

\_Det sympatiske nervesystemet\_ (sloss eller flykte): utvider pupillen, mindre spytt, øker pustingen, øker pulsen, hemmer fordøyelsen, stimulerer frigjøring av glukose, produserer adrenalin, avslappet urinblære, reduserer blodtilstrømming til de ytre kjønnsorganene.

Bildetekst: Nerver fra ryggmargen går til de forskjellige delene av det parasympatiske og det sympatiske nervesystemet.

Bilde: foto

Forklaring: En som ligger på ryggen i gresset.

Bildetekst: Det parasympatiske nervesystemet får kroppen til å slappe av.

Margtekst: \_Autonom\_ betyr «selvstyrt».

### xxx3 Hjernen kopler nervesystemet og hormonsystemet sammen

Ved første blikk virker det kanskje som om hormonsystemet og nervesystemet ikke har noe med hverandre å gjøre. Det ene systemet er langsomt, det andre raskt; det ene er kjemisk, det andre både kjemisk og med elektriske ladninger. Vi er avhengige av begge systemene. De har mange likheter, og de virker sammen i mange tilfeller. Hjernedelene hypotalamus og hypofysen kopler hormonsystemet og nervesystemet sammen. Hypotalamus er det overordnede senteret for hormonsystemet.

--- 247 til 401

Hypotalamus har nerveceller som kontrollerer transport og frigjøring av hormoner i tillegg til hormonproduserende celler. I hypofysen finnes nerveceller og hormonproduserende celler, og den er dessuten lagerplass for flere hormoner som blir produsert i hypotalamus. Dermed er hypotalamus og hypofysen både en del av nervesystemet og de er endokrine kjertler. Hormoner kan også påvirke nervesystemet. Kjønnshormoner kan for eksempel påvirke hjerneaktiviteten og produksjonen av transmittere og kan også påvirke humøret.

Hypotalamus produserer selv hormoner og kontrollerer også hormonproduksjonen i hypofysen.

Det finnes forbindelser som både blir produsert av nerveceller og i endokrine kjertler, og som derfor er både en transmitter og et hormon. Eksempler er adrenalin, serotonin og dopamin.

Blåtekst: Nerveceller kan kontrollere hormonproduksjonen, og hormoner kan påvirke nervesystemet. De to organsystemene er koplet sammen.

Bilde: figur

Forklaring: Hypotalamus, nervecelle som sender beskjed til hypofysen, hypofyse.

Bildetekst: Hypotalamus kontrollerer hormonproduksjonen i hypofysen.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar inndelingen av det perifere nervesystemet.
2. Hva er hypotalamus?
3. Gi noen eksempler på hvordan hypotalamus virker.
4. Gi noen eksempler på hvordan nervesystemet og hormonsystemet er koplet sammen.

## xxx2 9.11 Sansene

Sansene er ikke et eget organsystem, men en del av nervesystemet og en spesialisering av deler av det – de delene som har med å \_lukte, smake, føle, høre og se\_ å gjøre. Utenpå og inni kroppen har vi sensoriske nerveceller, sanseceller, med sansereseptorer på overflaten. Sansereseptorene reagerer når de blir påvirket, for eksempel av varme, og informasjonen sendes videre i nervesystemet. Vi mennesker har fem sanser. Det vil si at vi har fem ulike typer sansereseptorer som reagerer på de forskjellige formene for påvirkning. De fleste sansecellene er plassert i sanseorganene, men de finnes også andre steder i kroppen.

--- 248 til 401

Tabell:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Sansereseptor | Sanseorgan | Sanser | Stimuli |
| mekanoreseptor | indre øre, hud, muskler, store blodårer, hjertet | hørsel, berøring, balanse | mekanisk (bevegelse, trykk, berøring, tyngde, lydbølger) |
| kjemoreseptor | munn, nese, store blodårer, hjernen | lukt, smak | kjemiske forbindelser (matmolekyler, gasser) |
| termoreseptor | hud, hjerne | berøring | temperatur (varme, kulde) |
| fotoreseptor | øye | syn | lys |
| smertereseptor | i hele kroppen | berøring | ulike typer, ofte skadelige |

Forskjellige sansereseptorer reagerer på ulike stimuli, og hver enkelt sansecelle kan bare reagere på én type stimuli. En påvirkning av sansereseptoren setter i gang en nerveimpuls, som ledes fra den sensoriske nervecellen via andre nerveceller til storhjernebarken. Synssenteret ligger i bakhodet, i storhjernebarken rett ovenfor lillehjernen. Synsinntrykkene blir bearbeidet der. Nye synsinntrykk blir i hukommelsessenteret blandet med gamle inntrykk og bearbeidet i storhjernebarken. Når du ser en hund, er det flere sanseceller i øyet som blir påvirket, og den samlede informasjonen blir tolket som «hund» når den kommer til hjernens synssenter og videre til hukommelsessenteret. Vilkåret for det er at du har sett en hund før, og at informasjonen om dette er lagret. I prinsippet virker sansecellene likt i alle sanseorganer. Vi skal se nærmere på sansereseptorene i øynene og hvordan synssansen er koplet til hjernens synssenter. Beskrivelser av de andre sansene finner du på nettsidene til denne boka.

Blåtekst: Mennesket har fem sanser (syn, hørsel, lukt, smak og berøring) og fem ulike typer sansereseptorer.

Bilde: foto

Bildetekst: Hund

### xxx3 Syn

De to kuleformede øynene sitter festet i hulrom i hodeskallen. Hvert øye er festet med seks muskler som vekselvis kan strammes og slappes. Det er derfor vi klarer å bevege øynene i alle retninger. Musklene som fester de to øynene, er samordnet, slik at de beveger seg i samme retning.

Omgivelsene rundt selve øyet er også viktige for synet. Øyebrynene hindrer vann og svette i å renne ned i øyet. Øyelokkene og tårene gjør at øyet holder seg fuktig, mens blunking holder det rent. Tårene inneholder enzymet \_lysozym\_, som dreper bakterier.

Øyet er omgitt tre hinner: \_senehinnen, årehinnen og netthinnen\_ (se figuren på neste side). Ytterst finner vi senehinnen, som er en hvit, tykk bindevevshinne. Foran går senehinnen over i den gjennomsiktige \_hornhinnen\_. Innenfor senehinnen ligger årehinnen. Fremst i øyet går årehinnen over i regnbuehinnen. Årehinnen består av mange kapillærårer som forsyner cellene i øyet med oksygenrikt blod og næring, og som transporterer bort karbondioksid og avfallsstoffer.

--- 249 til 401

\_Pupillen\_ er en åpning i regnbuehinnen som slipper lys inn til sansecellene. Innenfor regnbuehinnen ligger \_linsen\_. Den er festet i fine fibrer som går til en ringformet fortykkelse, \_ciliarlegemet\_. Ciliarlegemet kan trekke seg sammen fordi det består av glatt muskulatur (se side 287), og det gjør at linsen kan forandre fasong.

Øyekammeret er fylt av en geléaktig væske, \_glasslegemet\_. Mellom hornhinnen og linsen er det en flytende væske. Glasslegemet og væsken gjør at øyet holder fasongen.

Innvendig er veggene i øyekammeret dekket av netthinnen. Netthinnen består av to typer sanseceller: staver og tapper. Bakerst i øyet har vi to flekker. \_Den gule flekken\_ er et bitte lite område av netthinnen der sansecellene ligger åpne uten å være dekket av andre nerveceller og blodårer. Når bilder treffer dette området, ser vi spesielt skarpt. \_Den blinde flekken\_ er området der bunten av nerveceller, synsnerven, går fra øyet til hjernen, og der blodårer kommer til øyet. Der er det ingen lysoppfattende celler.

Blåtekst: Innvendig er veggene i øyet dekket av netthinnen. Netthinnen består av to typer sanseceller: staver og tapper.

Bilde: foto

Forklaring: Et øye som ser til siden.

Bildetekst: Vi kan bevege øynene i flere retninger.

Bilde: figur

Bildetekst: Snitt av et øye sett ovenfra

Forklaring: Ytterst, rundt øyet: netthinne, pigment bak netthinnen, årehinne og senehinne.

Foran på øyet: hornhinne, regnbuehinne, linse og ciliarlegeme.

Inni øyet: glasslegemet.

Bakerst i øyet: den gule flekken og den blinde flekken der synsnerve og blodårer kommer inn i øyet.

### xxx3 Linsen

Når lys treffer en gjenstand, blir det reflektert fra gjenstanden og dermed sendt ut igjen fra den. Øynene oppfatter det reflekterte lyset ved at lyset først blir brutt i hornhinnen og så i linsen. Deretter går det gjennom glasslegemet og inn til sansecellene i netthinnen.

Størrelsen på pupillen regulerer hvor mye lys som slipper inn i øyet. Ringmusklene i ciliarlegemet kan være slappe. Da trekker de i fibrene som er festet til linsen, og linsen blir flatere. Når ringmusklene trekker seg sammen, slapper fibrene av. Da trekker de ikke i linsen, og da blir linsen tykkere og mer krummet.

--- 250 til 401

Når vi fester blikket på noe, vil krumningene i hornhinnen og linsen gjøre at bildet treffer netthinnen. Bildet blir opp ned på netthinnen, men så blir det sendt til hjernen og snudd ved hjelp av tolkningen i synssenteret.

Blåtekst: Når vi fester blikket på noe, vil krumningene i hornhinnen og linsen gjøre at bildet treffer netthinnen. Bildet blir så sendt til hjernen, som tolker det.

Bilde: figur

Bildetekst:

a) Når ringmusklene i ciliarlegemet er slappe, blir linsen flatere.

b) Når ringmusklene i ciliarlegemet trekker seg sammen, slapper fibrene av, og linsen blir krummere.

Bilde: figur

Bildetekst: Bildet som treffer netthinnen, blir opp ned. Når lys treffer en blomst, blir det reflektert fra hele blomsten i alle retninger. Figuren viser en stråle som blir reflektert fra toppen av blomsten.

### xxx3 Staver og tapper i netthinnen

Mennesket har to typer sanseceller i netthinnen: \_staver\_ og \_tapper\_. Stavene fanger opp lys av alle bølgelengder i det synlige lyset. De er svært lysfølsomme og registrerer derfor også veldig svakt lys. Tappene registrerer detaljer og farger, men er ikke like lysfølsomme som stavene. Derfor kan vi ikke se farger når det blir mørkt. I dempet lys ser vi bare gråtoner. Stavene ser ut som avlange rektangler, mens tappene likner kjegler. Stavene og tappene er ikke likt fordelt i netthinnen. Vi har 6 millioner tapper og 125 millioner staver. Tappene ligger stort sett i den gule flekken, mens stavene er spredt over hele netthinnen. Både stavene og tappene inneholder membrandekkede blærer med \_fotopigmenter\_ i blæremembranen. Fotopigmentet i stavene er \_rodopsin\_, og i tappene er det \_fotopsin\_. Et fotopigment er et stoff som tar opp energi fra lyset, og da skjer det en kjemisk reaksjon.

I sansecellene skjer lysabsorpsjonen i dendritten ved at fotopigmentet tar opp energi fra lyset og endrer struktur. Fra dendritten går nerveimpulser gjennom sansecellen til aksonenden. Der vil denne sansecellen slippe ut transmittere. Dendrittene hos de nervecellene som sansecellen står i forbindelse med, binder transmitteren til sine reseptorer og sender nerveimpulsen videre gjennom et nettverk av nerveceller. Slik går nerveimpulser til synssenteret i hjernen. Hjernen får beskjed om at sansecellen er blitt stimulert, og tolker bildet slik at vi får en synsopplevelse. Mennesket har to øyne, og vi ser i ulike vinkler med de to øynene. De to bildene blir tolket av hjernen, og vi får tredimensjonalt syn.

Innenfor stavene og tappene i netthinnen ligger mørkfargede pigmentceller som absorberer lys som ikke er absorbert av sansecellene. Da unngår vi at lys blir reflektert fram og tilbake flere ganger.

--- 251 til 401

Fordypning er flyttet til neste side

--- 252 til 401

I et menneskeøye er det tre slags tapper med hver sin type rodopsin, og de absorberer lys i henholdsvis den grønne, den blå og den røde delen av fargespekteret. Dersom både rødt og grønt lys absorberes i de to typene tapper som kan absorbere disse fargene, vil synssenteret i hjernen tolke dette som gult eller oransje lys. Vi kan skille mellom svært mange ulike farger fordi samspillet mellom de tre typene tapper og tolkningen i hjernen virker slik at vi kan tolke hele det synlige spekteret.

Blåtekst: Vi har to typer sanseceller i netthinnen: staver og tapper. Stavene er svært lysfølsomme og oppfatter gråtoner, mens de tre typene tapper er mindre lysfølsomme og oppfatter farger og detaljer.

Bilde: foto

Bildetekst: Elektronmikroskopisk foto av staver og tapper. Stavene er lange og tynne, mens tappene er kortere og tykkere. Preparatet er kunstig farget.

Bilde: figur

Bildetekst: Stavene og tappene utgjør sansecellene i netthinnen. Nerveimpulsen blir overført til nerveceller, som sender informasjonen videre til hjernen gjennom synsnerven.

### xxx3 Fordypning: Dårlig syn

Hvis du går til en optiker for å teste synet ditt, ber hun deg om å lese bokstaver på en plakat 6 meter fra deg. Hun vil sjekke hvor godt du klarer å lese bokstaver med ulik størrelse. Hvis du har normalt syn, er det ventet at du skal kunne lese de fleste. De tre vanligste synsproblemene er \_nærsynthet, langsynthet og astigmatisme\_.

Hos en nærsynt person blir ikke linsen flat nok til å kompensere for lysbrytningen i øyet. Øyet er for dypt, og lysstrålene samles foran netthinnen når du ser på noe som er langt unna. Dermed blir bildet uklart.

Langsynte har for kort avstand fra hornhinnen til senteret for lysbrytning, slik at lysstrålene samler seg i et punkt bak netthinnen. Derfor ser de dårlig på nært hold. Briller kan korrigere både for nærsynthet og langsynthet. En type langsynthet kommer med alderen og begynner ofte når man er rundt 40 år, \_presbyopia\_. Da blir linsen mindre elastisk og mister evnen til å fokusere på objekter som er nær.

Astigmatisme er når linsen ikke er jevnt rund og tykk over det hele, eller når hornhinnen er skjev. Skjev hornhinne er ganske vanlig. Briller korrigerer også for dette synsproblemet.

\_Fargeblindhet\_

Evnen til å skjelne farger er basert på de tre typene fotopigmenter i tappene i netthinnen. Hos personer med normalt fargesyn virker fotopigmentet i alle de tre typene tapper, og de er følsomme for henholdsvis rødt, grønt og blått lys. De fleste personer med svekket fargesans har imidlertid alle de tre typene tapper, men én eller flere av de tre typene har en mangelfull funksjon og et ikke-virksomt fotopigment. Vanligvis er det de tappene som skal registrere det røde lyset, som ikke fungerer. Denne mangelen kalles \_rødgrønn fargeblindhet\_ og finnes hos omtrent 2 prosent av alle menn. Ordet \_fargeblindhet\_ er misvisende, for en person som er fargeblind, ser farger, men kan ha problemer med å skjelne rødt fra grønt når de to fargene er inntil hverandre. Nesten ingen kvinner er rødgrønn fargeblinde. Genet for rødgrønn fargeblindhet ligger på X-kromosomet.

Genet for produksjon av fargepigmentet som skal registrere blått lys, ligger ikke på kjønnskromosomene, derfor er det like mange menn som kvinner som kan ha denne typen fargeblindhet. Noen svært få mennesker mangler helt evnen til å se farger. Det vil si at de kun ser en verden i nyanser fra svart via grått til hvitt.

Bilde: figur

Forklaring: En flate dekket av små og store prikker i forskjellige rød- og grønntoner. De røde prikkene danner et 5-tall, resten av flaten er i grønt.

Bildetekst: Personer med normalt fargesyn ser tallet 5. Rødgrønnfargeblinde eller delvis fargeblinde kan se tallet 9. Totalt fargeblinde ser ikke noe tall. Vet du hvorfor rødgrønn fargeblindhet stort sett bare rammer menn?

Bilde: figur

Bildetekst: a) En nærsynt person har senteret for lysbrytningen for langt framme. Nærsyntbriller korrigerer for problemet. b) En langsynt person har senteret for lysbrytningen for langt bak øyet. Langsyntbriller korrigerer for problemet.

### xxx3 Sansenes samspill med hjernen, tidligere erfaringer og hormoner

Når nervecellene i netthinnen har fått stimuli fra stavene og tappene, skal nerveimpulsene sendes videre til synssenteret i hjernen. Det skjer ved at flere nerveceller i netthinnen slår sammen informasjonen og sender en samlet informasjon ved hjelp av synsnerven. Når informasjonen kommer til hjernens synssenter, blir den tolket for at vi skal få en forståelse av hva vi ser.

Det viser seg at vi mennesker kan oppleve de samme sanseinntrykkene på helt ulike måter. Hvordan hjernen tolker sanseinntrykk, avhenger mye av tidligere erfaringer og situasjonen vi er i der og da. I tillegg får hjernen informasjon om sanseinntrykk som vi har mottatt både bevisst og ubevisst. \_Persepsjon\_ er et begrep som blir brukt om denne tolkningen og bearbeidingen som hjernen gjør av sanseinntrykk.

--- 253 til 401

Et annet begrep for dette er \_sanseoppfatning\_. Etter hvert som du bygger deg opp et lager av erfaringer, vil det påvirke persepsjonen.

Persepsjonen er med andre ord en konstruksjon som er dannet i hjernen, og eksisterer bare der. Den er basert på erfaringer, forventninger og hva vi liker eller ikke liker. Det vi sanser, er bare et lite utvalg av alle sanseinntrykkene vi utsettes for. Vi slipper bare inn sanseinntrykk som gir mening for oss, og som er viktige for oss. Dermed er det helt personavhengig hvordan en situasjon faktisk oppfattes og oppleves. Persepsjon er ett av de eldste feltene innenfor vitenskapelig psykologi.

Sansene henger også sammen med hormonproduksjonen i kroppen. Dersom du ser noe skummelt, eller dersom du ser den personen du er veldig forelsket i, skjer et samspill som starter i stavene og tappene. De sender stimuli via synsnerven til synssenteret, som tolker situasjonen og gir beskjed til andre deler i hjernen, som sørger for at du produserer de riktige hormonene. I alle situasjoner der kroppen utsettes for en form for stress, vil oppfatningen av situasjonen medføre at synssenteret sender informasjon videre til hypotalamus. Deretter går informasjonen fra hypotalamus til hypofysen, som sender hormoner ut i blodet. Disse hormonene påvirker adrenalinproduksjonen fra binyrene, som igjen mobiliserer leverceller, slik at mer glukagon brytes ned til glukose. Glukosen forbrennes i celleåndingen i kroppens celler og gir deg mer energi. Når adrenalin frigjøres fra binyrene i en stressituasjon, vil ofte det sympatiske nervesystemet sørge for at de små blodårene (kapillærene) åpner seg mer og får tilført mer blod: Vi rødmer, får økt puls, puster raskere og blir klamme og varme i huden. Du kjenner deg kanskje igjen i denne reaksjonen?

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke sanser har du?
2. Hvorfor har vi forskjellige sansereseptorer?
3. Lag en skisse av et øye og sett navn på de ulike delene.
4. Hvordan reguleres fasongen på linsen? Hva er den gule flekken og den blinde flekken?
5. Hvordan fungerer stavene og tappene?
6. Hvorfor har du tre slags tapper i øyet, men bare én type staver?
7. Hva er persepsjon?

--- 254 til 401

## xxx2 Sammendrag

Celler med samme oppgave danner vev. Ulike typer vev danner et organ som har spesifikke funksjoner. Et organsystem er en gruppe organer som samarbeider.

Hormonsystemet er relativt langsomt, og beskjedene sendes kjemisk. Signalmolekylene i hormonsystemet er hormonene. Hormonene fraktes via blodet og fester seg til reseptorene på målcellen. Beskjeden blir omsatt til en respons i målcellen.

Nervesystemet er raskt og sender beskjeder både kjemisk og via elektriske ladninger. Signalmolekylene i nervesystemet er transmitterne. Signalmolekylene fester seg på en annen nervecelle eller på målcellen, og dermed blir beskjeden overført videre.

Hormoner blir produsert i hormonproduserende kjertler som vi kaller endokrine kjertler.

Hormonproduksjonen reguleres etter behov gjennom en komplisert tilbakekoplingsmekanisme.

Diabetes er et resultat av at insulinreguleringen ikke virker som den skal. Det finnes to former for diabetes: type 1 og type 2.

Hormonforstyrrende stoffer er kjemiske forbindelser som likner hormoner, og som har tilsvarende virkning på kroppen.

Vi skiller mellom tre hovedtyper nerveceller: sensoriske nerveceller, internevroner og motoriske nerveceller.

Nerveceller består av dendritter, cellekropp, akson og aksonende. Isolasjon i form av myelin rundt nervecellene sørger for at impulsene går svært raskt. Impulsen går alltid bare én vei: fra dendrittene, via cellekroppen, til aksonenden.

Det er en ladningsforskjell mellom utsiden og innsiden av cellemembranen. Denne ladningsforskjellen kaller vi et membranpotensial. Vi skiller mellom hvilepotensial og aksjonspotensial i nervecellen.

Ved hvilepotensial er ladningsforskjellen mellom innsiden og utsiden av cellemembranen ca. -70 mV. Denne ladningsforskjellen opprettholdes av natrium-kalium-pumpen, som aktivt pumper ioner når cellen hviler.

En nerveimpuls starter ved påvirkning av nervecellen. Da slippes positive ioner inn i cytoplasmaet. Innsiden blir et kort øyeblikk positiv i forhold til utsiden. Det kaller vi et aksjonspotensial. Denne ladningsforskjellen forflytter seg langs nervecellen.

For at en påvirkning skal resultere i en nerveimpuls, må ladningsforskjellen nå en terskelverdi som er større enn -55 mV. Nervecellen mottar hemmende og stimulerende nerveimpulser, og summen av disse avgjør om nerveimpulsen blir sendt videre.

En nerveimpuls overføres i synapsen ved hjelp av aksjonspotensialet og transmittere. Hver nerveimpuls har samme styrke, mens antall impulser per sekund, frekvensen, avgjør hvordan vi opplever påvirkningen.

Medisiner, rusmidler og miljøgifter kan påvirke overføringen av nerveimpulser.

Sentralnervesystemet (SNS) består av hjernen og ryggmargen. Hjernen består av storhjernen, mellomhjernen, midthjernen, lillehjernen og den forlengede marg. Det perifere nervesystemet består av nerveceller som går til og fra sentralnervesystemet.

--- 255 til 401

Den ytterste delen av storhjernen er hjernebarken (den grå substans). Alt innenfor hjernebarken kaller vi den hvite substans. Storhjernen er delt i to halvdeler, hemisfærer, som er forbundet med hverandre gjennom hjernebjelken.

Mellomhjernen, midthjernen og lillehjernen er delt i mange senter for bevisst og ubevisst aktivitet.

Den forlengede marg forbinder nervene i ryggmargen med hjernen og inneholder blant annet åndedrettssenteret. Ryggmargen forbinder det perifere nervesystemet og hjernen.

Refleksbuer går fra sensoriske nerveceller til målceller uten å gå via hjernen først.

Det perifere nervesystemet (PNS) består av et motorisk og et sensorisk nervesystem. Det motoriske nervesystemet er delt i det autonome nervesystemet, som ikke er viljestyrt, og det somatiske nervesystemet, som er viljestyrt.

Nerveceller kan kontrollere hormonproduksjonen, og hormoner kan påvirke nervesystemet.

Mennesket har fem sanser (syn, hørsel, lukt, smak og berøring) og fem ulike typer sansereseptorer.

Når vi fester blikket på noe, vil krumningene i hornhinnen og linsen gjøre at bildet treffer netthinnen. Bildet blir så sendt til hjernen, som tolker det.

Vi har to typer sanseceller i netthinnen: staver og tapper. Stavene er svært lysfølsomme og oppfatter gråtoner, mens de tre typene tapper er mindre lysfølsomme og oppfatter farger og detaljer.

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 9.1

Gi noen eksempler på celler, vev, organer og organsystemer i kroppen.

### xxx3 Oppgave 9.2

Del dere i grupper og velg et organsystem som dere skal snakke sammen om. Skriv ned det dere kan om dette organsystemet fra før. Til slutt legger hver gruppe fram resultatene sine for de andre.

### xxx3 Oppgave 9.3

1. Forklar hva som skjer fra et hormon blir produsert, til det fører til en reaksjon i kroppen.
2. Forklar hva som skjer fra en nervecelle mottar en stimulus, til nerveimpulsen er overført til neste celle.
3. Forklar ordene \_nerveimpuls, transmitter\_ og \_stimuli\_.
4. Hvordan kan et stoff være både et hormon og en transmitter? Gi et eksempel.

### xxx3 Oppgave 9.4

1. Hva er kjønnshormoner?
2. Gi noen eksempler på utvikling i kroppen som styres av kjønnshormoner.

### xxx3 Oppgave 9.5

1. Velg et av hormonene i tabellen på side 221. Finn ut mer om dette hormonet. Finn ut hvilke sykdommer som kan gi en forstyrrelse i produksjonen av dette hormonet.
2. Søk etter informasjon om hypofysen og finn ut mer om sykdommer og skader som kan ramme den.

### xxx3 Oppgave 9.6

Nobelprisen i medisin eller fysiologi i 2017 ble gitt til forskere som har arbeidet med epifysen og begrepet \_biologisk klokke\_. Les teksten på side 222 og finn ut mer om disse forskerne og forskningen deres.

### xxx3 Oppgave 9.7

1. Hvor i kroppen blir insulin produsert?
2. Hvilken funksjon har dette hormonet?
3. Hvor i kroppen blir glukagon produsert?
4. Hvilken funksjon har dette hormonet?
5. Beskriv hvordan produksjonen av insulin og glukagon foregår, ved hjelp av tilbakekopling. Hvordan blir produksjonen av disse hormonene påvirket av om det er kort eller lang tid siden et måltid?

--- 256 til 401

### xxx3 Oppgave 9.8

1. Hormondoping i idrett er noe vi hører 9.15 om i mediene med jevne mellomrom. Finn ut mer om en spesiell dopingsak. 9.16 Hvilket dopingpreparat var det snakk om? Hvordan påvirker dette preparatet kroppen?
2. Hvorfor er hormondoping forbudt for 9.17 idrettsutøvere?

### xxx3 Oppgave 9.9

1. Beskriv hva som skjer i de forskjellige delene av en nervecelle.
2. Nerveimpulsen går mye raskere i en nervecelle med myelin rundt enn i en celle uten myelin rundt. Hvorfor er det slik?

### xxx3 Oppgave 9.10

Søk etter informasjon om MS, eller multippel sklerose (engelsk: multiple sclerosis), og finn ut hvordan denne sykdommen påvirker nervecellenes funksjon.

### xxx3 Oppgave 9.11

1. Forklar hva et hvilepotensial er, og hvordan nervecellen opprettholder hvilepotensialet.
2. Hva skjer i nervecellen når et aksjonspotensial oppstår? Lag en tegning som 9.19 viser dette.
3. Hvorfor er det hensiktsmessig at en påvirkning må overstige en terskelverdi for å utløse et aksjonspotensial?

### xxx3 Oppgave 9.12

1. Transmittere passer til en reseptor som en nøkkel i en lås. Hvilken betydning har dette for impulsoverføringen?
2. Bruk kilder og finn ut mer om forskjellige transmittere i nervesystemet. Samarbeid i grupper og finn ut mer om hvordan forskjellige former for rusmidler virker på kroppen.

### xxx3 Oppgave 9.13

Søk på nettstedet miljostatus.no og finn flere eksempler på miljøgifter enn de som er nevnt i boka. Beskriv en av disse miljøgiftene nærmere.

### xxx3 Oppgave 9.14

1. Hvordan er delene i sentralnervesystemet beskyttet i kroppen?
2. Tegn et snitt av ryggraden og ryggmargen. Hva består ryggmargen av?

### xxx3 Oppgave 9.15

Forklar inndelingen av nervesystemet. Hvilke oppgaver utfører de ulike delene?

### xxx3 Oppgave 9.16

Finn informasjon om oppbygningen av hjernen. Tegn et tverrsnitt av hjernen og sett navn på flest mulig av delene. Forklar hvilke funksjoner de ulike delene har.

### xxx3 Oppgave 9.17

1. Finn ut hva området i hjernen som blir kalt hippocampus, styrer.
2. Finn ut mer de norske forskerne May Britt og Edvard Moser og deres forskning på hippocampus og Alzheimers sykdom.

### xxx3 Oppgave 9.18

Hjernehinnebetennelse kan skyldes bakterieinfeksjon og kan forårsakes av flere bakteriearter. Når du går i vg3, vil du få tilbud om en vaksine som beskytter mot en av disse bakterieartene. Finn ut mer om denne vaksinen og hvordan den påvirker immunsystemet ditt. Intervju noen medelever i vg3 for å finne ut hva de vet om vaksinen, og om det er vanlig på din skole å takke ja til vaksinen.

### xxx3 Oppgave 9.19

1. Hva innebærer det for en person å være albino?
2. Finn ut hvorfor øynene hos en person som er albino, er så følsomme for lys.

### xxx3 Oppgave 9.20

Hvilke funksjoner har senehinnen, årehinnen, netthinnen, hornhinnen og regnbuehinnen i et øye?

### xxx3 Oppgave 9.21

1. Hva vil det si at en person er nærsynt?
2. Hva vil det si at en person er langsynt?
3. Hvordan kan vi korrigere for dette?
4. Hvor mange i biologigruppen har dårlig syn? Hvordan korrigerer de for sin nærsynthet eller langsynthet?

### xxx3 Oppgave 9.22

Hormonet adrenalin er nevnt flere steder både i dette kapittelet og i andre kapitler i boka. Lag en oversikt som viser hvordan adrenalin virker.

### xxx3 Oppgave 9.23

Sammenlikn hormonsystemet og nervesystemet: Hva er likt, og hva er forskjellig for disse to systemene? Gi noen eksempler på hvordan hormonsystemet og nervesystemet er koplet sammen.

--- 257 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 9.1 Reaksjonstid

\_Utstyr:\_

Linjal

Lommeregner

#### xxx4 Teori og framgangsmåte

Forskjellige deler av nervesystemet samarbeider om å få kroppen til å reagere hensiktsmessig på forskjellige inntrykk. Dersom noen snakker til deg, svarer du. Men hvor lang tid går det fra sansene registrerer et inntrykk, til kroppen reagerer?

I dette forsøket skal vi se på ulike måter å registrere reaksjonstid på.

To elever arbeider sammen og bytter på å gjøre de forskjellige oppgavene. Den ene eleven holder en linjal som vist på figuren, mens den andre holder hånden rundt tallet 0 nederst på linjalen. Når den ene slipper linjalen, skal den andre gripe den så raskt han eller hun klarer. Pass på at hånden til den som griper ikke flytter seg oppover eller nedover. Da blir resultatet feil.

Fallengden kan omregnes til reaksjonstid i sekunder ved hjelp av denne formelen:

t = ¨(2s/g)

t = reaksjonstiden i sekunder

s = fallengden i meter

g = tyngdeakselerasjonen = 9,81 m/s^2

For å få et mest mulig riktig resultat bør dere gjøre forsøket mange ganger og regne ut gjennomsnittet. Dere bør stryke den korteste og den lengste reaksjonstiden og bruke resten av registreringene til å regne ut gjennomsnittstiden.

Bilde: figur

Forklaring: En linjal henger loddrett fra hånden til elev A, som holder øverst i linjalen. Hånden til elev B er åpen rundt nedre ende av linjalen, med tommel og pekefinger på høyde med 0 på linjalen.

#### xxx4 Oppgaver

-- Ta utgangspunkt i den reaksjonstiden du har. Hvor langt kjører en bil i løpet av den tiden når farten er 60 km/t?

-- Er det mulig å trene seg opp til å få kortere reaksjonstid?

-- Er det forskjell på reaksjonstiden på ulike tider av døgnet

-- Sammenlikn resultatene i klassen. Be også noen lærere om å delta i forsøket. Er det forskjell på reaksjonstiden hos mennesker i ulik alder?

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket? Hva har du lært?

--- 258 til 401

### xxx3 Ø 9.2 Øyet og synssansen

\_Utstyr:\_ Papirbiter med forskjellige farger (rød, oransje, gul, blå og grønn)

Del A: Legg de fargede papirbitene utover på pulten. Slukk deretter lyset, trekk for gardinene og vent ca. 1 minutt. Slipp deretter gradvis inn lys. Hvilken farge ser du først? Hvordan stemmer resultatet ditt med resultatet til de andre i klassen?

Del B: Arbeid to og to sammen og undersøk hverandres øyne. Bruk figuren nedenfor til å finne de ytre, synlige delene av øyet.

Se på øyevippene. Hvilken retning har hårene? Kan du tenke deg noen grunn til dette?

Finn senehinnen, regnbuehinnen og pupillen.

Se på hornhinnen. (Tips: Se fra siden.)

Finn tårepunktet. Det sitter nesten innerst i øyekroken mot nesen. Trekk huden under øyet forsiktig nedover for å se tårepunktet.

La rommet være halvmørkt og vent ca. et halvt minutt. Legg merke til størrelsen på pupillen. Lys på øyet med en lommelykt. Hva skjer med pupillen nå? Hvorfor?

Bilde: figur

Forklaring: De ytre, synlige delene av øyet: øyebryn, øyevippe, tårepunktet, senehinnen, ytterkant av hornhinnen, regnbuehinnen, pupillen.

### xxx3 Ø 9.3 Disseksjon av øye

\_Utstyr:\_

Øye fra ku, sau, elg, reinsdyr, hjort, gris eller et annet pattedyr av litt størrelse

Skalpell og spiss saks

Engangshansker

#### xxx4 Teori og hensikt

Øynene hos pattedyr er ganske likt bygd. Den største forskjellen du kan observere, er fasongen: Storfe har horisontale, rektangulære pupiller, kattedyr har avlange, vertikale pupiller, mens vi mennesker og mange andre pattedyr har trillrunde pupiller.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Hold øyet inni hånden mens du undersøker de ytre trekkene: pupillen, fargen på regnbuehinnen, senehinnen, synsnerven og musklene som fester øyet i øyehulen. Tegn øyet. Kan du tenke deg hvorfor fasongen på pupillen varierer hos forskjellige pattedyr?

-- Tenk deg at pupillen og synsnerven utgjør polene: Bruk en spiss saks, klipp et lite hull, og klipp opp øyet langs ekvator. Virker senehinnen sterk?

-- Inni øyet kan du se det gjennomsiktige glasslegemet. Løsne det forsiktig og ta det ut. Betrakt årehinnen.

-- Klipp opp den halvdelen av øyet som inneholder pupillen. Klipp fra ekvator og gjennom pupillen, slik at du får to kvarte øyedeler. Undersøk rommet mellom regnbuehinnen og hornhinnen.

-- I den andre halvdelen av øyet finner du netthinnen. Den faller ofte sammen når vi tar ut glasslegemet, og likner da en gråaktig masse. Kan du se området der nervene fra sansecellene samles og går gjennom årehinnen og senehinnen og munner ut i synsnerven? Klarer du å finne den gule flekken? Lag en tegning av øyet innvendig.

--- 259 til 401

# xxx1 Kapittel 10: Transport og bevegelse hos mennesket

\_Du skal kunne:\_

-- gjøre greie for oppbygningen av og funksjonen til sentrale organsystemer i kroppen og drøfte årsaker til sykdommer som har sammenheng med livsstil

Organsystemene i kroppen din samarbeider med hverandre. I fordøyelsen spaltes maten til små molekyler som kan tas opp gjennom veggene i tarmene ved aktiv eller passiv transport. Blod med oksygen og næring bringes til alle deler av kroppen, og karbondioksid og avfall skilles ut ved hjelp av lungene, leveren, nyrene og tarmene. Uten å tenke over det puster du inn og ut, inn og ut, og ved diffusjon tas oksygen opp i blodet, og blodet kvitter seg med karbondioksid.

Musklene er festet til skjelettet, og kroppen din kan bevege seg fordi samspillet mellom muskulatur og knokler gjør det mulig. Hjertet ditt slår 60-80 slag hvert minutt. Det vil si at hvis du blir 90 år gammel, har hjertet ditt slått omtrent 3 milliarder slag. Hver dag gjennom hele livet er du avhengig av de grunnleggende livsfunksjonene.

I dette kapittelet skal vi se nærmere på fem av organsystemene i kroppen: sirkulasjonssystemet, gassutvekslingssystemet, fordøyelsessystemet, ekskresjonssystemet og bevegelsessystemet.

Bilde: foto

Forklaring: Et menneske på en fjelltopp.

--- 260 til 401

## xxx2 10.1 Sirkulasjonssystemet

Sirkulasjonssystemet sørger blant annet for at næring og gasser sirkulerer i kroppen. Forbrenningen i cellene produserer varme, som blir sendt rundt og fordelt. Sirkulasjonssystemet består av \_blodet, blodårene og hjertet\_. Hjertet slår 60–80 ganger i minuttet og pumper 250–300 liter blod rundt i kroppen per time. Blodet sørger også for beskyttelse mot infeksjoner (se kapittel 11) og transport av hormoner (se kapittel 9).

Bilde: figur

Bildetekst: Sirkulasjonssystemet

Forklaring: Hjerte, vene, arterie, kapillæråre

### xxx3 Blodet

Blodet består av \_blodplasma\_ og tre typer blodceller: \_blodplater, røde blodceller og hvite blodceller\_. Blodplasmaet består av \_serum og fibrinogen\_. I serumet finnes vann og oppløste stoffer, for eksempel hormoner, glukose og ioner. Fibrinogen er et protein. Det blir produsert i leveren og er oppløst i blodplasmaet. Når en blodåre blir skadet og det går hull på åreveggen, omdannes fibrinogen til uløselige, trådaktige molekyler, \_fibrin\_. Også blodplatene er viktige for å stoppe blødninger i kroppen. Sammen med blodplatene danner fibrin et nett, slik at hullet i blodåren tettes igjen.

Tabell omgjort til lister:

Blodplasma

-- Serum: vann, hormoner, oppløste gasser, næringsstoffer, avfallsstoffer og ioner

-- Fibrinogen: protein – kan omdannes til fibrin, som gjør at blodet kan størkne

Blodceller

-- Røde blodceller: transporterer oksygen og litt karbondioksid

-- Hvite blodceller: beskytter kroppen mot mikroorganismer, blant annet bakterier og virus

-- Blodplater: er med på å tette sår og stoppe blødninger

De røde blodcellene inneholder det jernholdige proteinet \_hemoglobin\_. Det er hemoglobinet som gir blodet den røde fargen. Hvert hemoglobinmolekyl består av fire polypeptidkjeder som foldes til proteiner, og hver av disse kjedene inneholder et jernion (Fe^2+). Jernionene er nødvendige for at hemoglobinmolekylet skal kunne binde til seg oksygen. De røde blodcellene transporterer også litt karbondioksid. De røde blodcellene har ingen kjerne og kan derfor ikke dele seg. Nye røde blodceller dannes i den røde beinmargen inni knoklene. De røde blodcellene lever i rundt 120 dager, og de er utsatt for stor slitasje inni de minste og trangeste blodårene. Når røde blodceller går til grunne, blir jernet gjenbrukt mange ganger. De hvite blodcellene er en viktig del av immunforsvaret og beskytter kroppen mot blant annet mikroorganismer som sopp, bakterier og virus.

--- 261 til 401

Bilde: figur

Bildetekst: Hemoglobin er et kuleformet molekyl som kan binde til seg fire oksygenmolekyler. Hemoglobinet er satt sammen av fire polypeptidkjeder, og hver av dem inneholder et jernion.

Nedenfor finner du en oversikt over hva som blir transportert via blodet, hva slags funksjoner det er snakk om, og hvor i kroppen det skjer.

Andre større dyr kan også ha sirkulasjonssystem, men hvordan systemet er bygd opp, varierer mye, alt etter om dyret lever i vann eller på land, og om dyret er vekselvarmt eller likevarmt. Det kan du lese om i kapittel 12.

Tabell omgjort til liste:

Hormoner:

-- regulerer blant annet vekst og utvikling

-- fraktes fra produksjonssted til målceller

Gasser:

-- oksygen fra lungene fraktes rundt i hele kroppen

-- karbondioksid fra hele kroppen fraktes til lungene

Næringsstoffer:

-- brukes til forbrenning og til byggesteiner

-- fraktes fra tarmen til alle cellene i kroppen

Avfallsstoffer:

-- kommer fra forbrenning i cellene og fraktes fra cellene til nyrene og leveren

Antistoffer:

-- utgjør et forsvar mot mikroorganismer

-- dannes av hvite blodceller og spres i kroppen

Temperaturregulering:

-- fordeler forbrenningsvarme til kalde områder

-- avkjøler varme områder

Diverse forbindelser:

-- transporterer for eksempel melkesyre, medisiner og alkohol til leveren

Blåtekst: Sirkulasjonssystemet består av blodet, blodårene og hjertet. Blodet består av blodplasma med tre typer blodceller: røde blodceller, hvite blodceller og blodplater. De røde blodcellene inneholder hemoglobin, som binder oksygen, de hvite blodcellene deltar i immunforsvaret, mens blodplatene stopper blødninger.

Margtekst: En polypeptidkjede er satt sammen av aminosyrer og kveiles sammen med bindinger til et protein.

--- 262 til 401

### xxx3 Fordypning: Koagulasjon

Når fibrinogen omdannes til fibrin, klumper blodet seg. Det kaller vi koagulasjon. Hensikten er å stoppe blødninger. Når en blodåre blir skadet, vil blodplatene klumpe seg sammen og delvis tette hullet. Blodplatenes cellemembran endrer seg, noe som utløser en kjedereaksjon. Denne kjedereaksjonen er imidlertid avhengig av at en rekke stoffer i blodet er til stede, blant annet kalsiumioner (Ca^2+) og K-vitamin. De bidrar til at koagulasjonsfaktorer som enzymet trombin fungerer normalt. Trombin påvirker fibrinogen. Fibrinogenmolekylene binder seg til hverandre og danner tråder av fibrin. Flere blodplater, og også en del røde blodceller, fester seg i nettverket av tråder, og hullet i blodåren tettes. Om hullet blir helt tettet eller ikke, er avhengig av hvor stort det er. Dersom hullet er for stort, må det kanskje teipes eller syes. Noen ganger kan koagulasjonsreaksjonen skje inni en blodåre og føre til en blodpropp som kan tette blodåren. Da vil blodstrømmen stoppe opp, noe som kan være livstruende.

K-vitamin er et fettløselig vitamin. K-vitaminer finnes i grønne bladgrønnsaker som brokkoli og spinat og dessuten i korn, meieriprodukter og kjøtt. K-en i navnet kommer fra ordet \_koagulasjon\_, og ved mangel på K-vitaminer kan man få økt blødningstendens. Flere former for arvelige blødersykdommen \_hemofili\_, skyldes manglende koagulasjonsfaktorer. Hos de som har en blødersykdom, vil ikke blødninger stoppe av seg selv.

### xxx3 Blodet går i arterier, vener og kapillærårer

Vi har tre typer blodårer: \_arterier, vener og kapillærårer\_. Arteriene fører blodet ut fra hjertet. De har tykke og sterke vegger med mye muskler og tåler derfor trykket som dannes når hjertemuskelen trekker seg sammen og presser blod fra hjertet og ut i kroppen. Arteriene forgreiner seg i stadig mindre arterier før de går over i et nettverk av tynnveggede kapillærårer.

Det er de tynne, forgreinede kapillærårene vi har ute i alt vevet i kroppen. Kapillærårene har tynne vegger uten muskler. Derfor kan det lett foregå transport gjennom åreveggene ved diffusjon. Mellom blodet og de nærliggende cellene blir det utvekslet oksygen og næringsstoffer, karbondioksid og avfall. Veggene inni kapillærårene i kroppen har et totalt areal på 600 m^2.

Alle cellene i kroppen har kort avstand til kapillærårer. Kapillærårene samler seg i små vener, som igjen samler seg til større vener. De store venene fører blodet tilbake til hjertet. Venene har mye tynnere vegger enn arteriene. Venene har \_veneklaffer\_ som hindrer blodet i å gå feil vei. Musklene i veneveggene er ikke like kraftige som musklene i arterieveggene, derfor må musklene som ligger rundt venene, hjelpe til med å presse blodet fra kroppen og tilbake til hjertet. Hvis disse musklene er avslappet, kan blodet bli stående nokså stille i venene. Hvis du vekselvis strammer og slapper av i musklene i beina og rumpa mens du sitter eller står, vil musklene rundt venene sørge for å transportere blodet.

--- 263 til 401

Blåtekst: Arteriene fører blodet ut fra hjertet. De har tykke vegger, så de tåler det høye trykket. Kapillærårene danner et nettverk i hele kroppen. De har tynne vegger, og her utveksles stoffer mellom cellene og blodet. Venene fører blodet tilbake til hjertet. De har klaffer som hindrer blodet i å gå feil vei.

Bilde: figur

Bildetekst: Venen har tynnere årevegger enn arterien. Arterien har tykke muskler og kraftige vegger, derfor tåler den det høye trykket i blodet som kommer fra hjertet.

Bilde: figur

Bildetekst: Musklene rundt venene presser blodet tilbake til hjertet. Klaffene hindrer at blodet renner feil vei.

### xxx3 Hjertet

Hjertet er en stor muskel – på størrelse med en knyttneve – og pumper mer enn 7.000 liter blod hvert døgn. Når vi hviler, pumper hjertet cirka 5 liter per minutt, og ved trening pumper det opp til 25 liter per minutt. 15 prosent av blodvolumet befinner seg til enhver tid i hjernen, og 20 prosent er i nyrene, der det blir renset. Mengden som går til fordøyelsessystemet, varierer med hvor mye du har spist, og mengden til huden varierer med hvor kaldt det er. I blodårene har et menneske mellom 5 og 5,5 liter blod. Menn har litt mer blod enn kvinner fordi de har større kroppsvolum. Mengden blod er større i en stor kropp enn i en liten kropp.

Hjertet har fire kammer: høyre og venstre \_forkammer\_ og høyre og venstre \_hjertekammer\_. I hjertet og mellom hjertet og arteriene har vi klaffer som hindrer tilbakestrømming. Det er klaffer mellom forkamrene og hjertekamrene, mellom høyre hjertekammer og \_lungearterien\_ og mellom venstre hjertekammer og \_hovedpulsåren, aorta\_. Klaffene mellom forkamrene og hjertekamrene kalles \_seilklaffer\_, for de likner på seil.

--- 264 til 401

\_Øvre og nedre hulvene\_ fører karbondioksidrikt, oksygenfattig blod fra kroppen til høyre forkammer samtidig med at \_lungevenen\_ leder oksygenrikt blod fra lungene til venstre forkammer. De to forkamrene utvider seg når de blir fylt med blod, men trekker seg umiddelbart sammen igjen, slik at det oksygenfattige blodet – som kom fra kroppen – blir presset gjennom de åpne klaffene og ned i høyre hjertekammer, mens det oksygenrike blodet – som kom fra lungene – blir presset ned i venstre hjertekammer. Det oksygenrike blodet holdes atskilt fra det oksygenfattige. Aorta går ut fra det venstre hjertekammeret og leder det oksygenrike blodet ut i kroppen. Dette hjertekammeret har tykkest vegger og mest muskulatur. Det er nødvendig for at hjertet skal klare å pumpe blodet rundt i kroppen. Lungearterien går ut fra det høyre hjertekammeret og deles i to årer, én til hver lunge. Lungearteriene leder karbondioksidrikt, oksygenfattig blod til lungene. Egne blodårer, \_kransarteriene\_, forsyner hjertemuskelen med blod som er rikt på næring og oksygen.

Blåtekst: Hjertet er en stor og kraftig muskel som pumper blodet rundt i kroppen. Hjertet har to forkammer og to hjertekammer. Klaffer i hjertet gjør at blodet blir pumpet riktig vei.

Bilde: figur

Bildetekst: Detaljtegning av hjertet med kammer, klaffer og årer. Aorta går ut fra venstre hjertekammer og blir liggende bak hjertet. Tegningen viser hvordan lungearterien kommer ut fra høyre hjertekammer og deles i to, én arterie til hver lunge.

Bilde: foto

Bildetekst: Hjertet hos gris er veldig likt menneskehjertet i oppbygning og størrelse.

### xxx3 Fordypning: Hjertets klaffer kan bli skadet

De fire kamrene i hjertet er atskilt med klaffer slik at blodet strømmer riktig vei i hjertet. Blodet som skal pumpes ut i kroppen, har høyt trykk, mens blod som skal til lungene, må ha lavere trykk, slik at lungevevet ikke ødelegges. Dersom klaffene har skader som gjør at de ikke kan lukkes helt, blir pumpesystemet mindre effektivt. Det kan være mange årsaker til at klaffene har skader. Skadene kan være medfødte, eller de kan skyldes en infeksjon eller medisinbruk. En skadet klaff kan repareres ved operasjon eller erstattes av en ny klaff. I dag bruker vi både kunstige og naturlige klaffer. Kunstige klaffer kan være laget av metall. Naturlige klaffer kan komme fra mennesker eller andre dyr, og klaffer fra gris er mest vanlig å bruke. Også klaffer fra kalver kan brukes. Noen vil kanskje reservere seg mot å få organer fra dyr, og bruk av dyr til medisinsk forskning og til behandling av mennesker skaper noen etiske dilemmaer. Samtidig vet vi at for få mennesker sier ja til å være organdonorer, og at mange pasienter dør mens de venter på nytt organ. Du kan lese mer om organdonasjon i kapittel 11.

Bilde: foto

Bildetekst: Hjerteoperasjon der klaffer fra gris erstatter hjerteklaffene i overgangen mellom venstre hjertekammer og aorta.

--- 265 til 401

### xxx3 Hjernen styrer hjerteaktiviteten

Sammentrekningene i hjertet er nøye samordnet. Hvor raskt hjertet slår, blir vanligvis regulert av \_sinusknuten\_, en samling spesialiserte nerveceller og muskelceller som ligger i det høyre forkammeret. Fra sinusknuten går det nerveimpulser til det venstre forkammeret og til hjertekamrene. Dersom sinusknuten fungerer dårlig, kan legene sette inn en batteristyrt hjertestimulator (\_pacemaker\_). I den forlengede marg har vi et hjertesenter. Hjerteaktiviteten styres ved et samarbeid mellom hjertesenteret i den forlengede marg og binyrenes adrenalinproduksjon, som jo igjen styres av nerveimpulser fra hypotalamus. I tillegg er det andre hormoner og transmittere som påvirker hjerteaktiviteten. Mekanoreseptorer (se side 248) i blodårene registrerer blodtrykket og sender beskjed om tilstanden til den forlengede marg. Hjertesenteret registrerer hvor mye oksygen og karbondioksid det er i blodet, og nervesystemet sender impulser til sinusknuten, slik at den får hjertet til å slå raskere eller langsommere.

### xxx3 To kretsløp

Blodet går i blodårer gjennom hele kroppen. Vi har altså et \_lukket\_ sirkulasjonssystem. Sirkulasjonssystemet vårt er et \_dobbelt\_ kretsløp: ett fra hjertet gjennom lungene og tilbake til hjertet, \_det lille kretsløpet\_, og ett fra hjertet ut i kroppen og tilbake til hjertet, \_det store kretsløpet\_. I det lille kretsløpet tar hemoglobinet i de røde blodcellene opp oksygen i lungene, og samtidig kvitter blodet seg med karbondioksid (CO\2). Det meste av karbondioksidet er ikke bundet til blodceller, men er løst i blodplasmaet. Cirka 25 prosent av karbondioksidet i blodet er bundet til hemoglobin. I det store kretsløpet går det oksygenrike blodet ut i kroppen og gir oksygen til cellene, slik at de kan drive med celleånding. Samtidig som det tar med seg karbondioksid fra cellene.

Dette dobbelte kretsløpet er nødvendig, for vi mennesker har konstant kroppstemperatur. Det vil si at vi er \_likevarme\_. For å kunne holde kroppstemperaturen konstant må vi ha mye oksygen til forbrenningen. Det er slik vi får energi nok til alle organer og alt vev.

--- 266 til 401

Blåtekst: Vi har et lukket sirkulasjonssystem med dobbelt kretsløp. I det lille kretsløpet går blodet fra hjertet gjennom lungene og tilbake til hjertet, og i det store kretsløpet går blodet fra hjertet ut i kroppen og tilbake til hjertet.

Bilde: figur

Bildetekst: Her ser du hjertet og blodsirkulasjonen i kroppen. Blodet går i to kretsløp, det lille og det store. Det oksygenrike blodet (rødt) går fra lungene til hjertet, via hjertets venstre side til kroppen, hvor det gir fra seg oksygen og tar opp karbondioksid. Det oksygenfattige blodet (blått) går så til hjertets høyre side og til lungene og gir fra seg karbondioksid og tar opp oksygen.

Margtekst: Vi har hele tiden varmetap fra kroppen. 25 prosent av varmen vi taper når det er kaldt, taper vi fra hodet.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva består blodet av?
2. Nevn de tre hovedtypene av blodårer og hvilke oppgaver de har i kroppen.
3. Tegn et hjerte og sett navn på delene.
4. Forklar begrepene \_aorta, hulvene, kransarterie\_ og \_hjerteklaff\_.
5. Alle fugler og pattedyr har et dobbelt, lukket kretsløp. Hva betyr det?
6. Tegn et dobbelt, lukket kretsløp.

## xxx2 10.2 Sirkulasjonssystem og livsstil

### xxx3 Pulsen varierer

Etter at du har vært fysisk aktiv, har du kanskje målt \_pulsen\_ din. Hvis du plasserer pekefingeren og langfingeren forsiktig på siden av halsen, der halspulsåren går, kjenner du pulsen. Pulsen er et mål på hvor mange ganger hjertet trekker seg sammen per minutt, altså antall hjerteslag.

\_Hvilepulsen\_ er det laveste antallet slag hjertet slår per minutt. Hvilepulsen er normalt mellom 60 og 80 slag per minutt. Hvis du har lav hvilepuls, kan det tyde på at du er i god fysisk form. \_Slagvolumet\_ er den blodmengden som blir presset ut av hjertet ved hver sammentrekning. Hjertet til en godt utholdenhetstrent person har så stort slagvolum at det ikke trenger å slå like mange ganger per minutt som hjertet til en utrent eller dårligere trent person. Hvilepulsen øker med stigende alder, men trening får hvilepulsen til å synke. De som trener utholdenhet, kan ha en hvilepuls som ligger rundt 50.

En person med lav puls kan føle seg svimmel og ha lettere for å besvime. Lav puls er ofte et tegn på god kondisjon, men kan også være et tegn på sykdom. Akutt lav puls og lavt blodtrykk i forbindelse med en ulykke, for eksempel en trafikkulykke, kan tyde på indre blødninger. Målt over lengre tid kan lav puls være et symptom på for lavt stoffskifte. Svært lavt matinntak over tid kan også påvirke pulsen. Personer med spiseforstyrrelser kan derfor ha lav hvilepuls.

Blåtekst: Pulsen varierer i takt med aktivitetsnivået. Lav hvilepuls kan være et tegn på god fysisk form.

Bilde: foto

Bildetekst: Du kan måle pulsen ved å plassere to fingrer på siden av halsen, der halspulsåren går.

--- 267 til 401

### xxx3 Blodtrykk

Når vi er hos legen, er det ganske vanlig å måle \_blodtrykket\_. Blodtrykket kan for eksempel være 120/80. Tallene forteller hvor høyt trykket i blodet kan presse en kvikksølvsøyle, målt i millimeter kvikksølv (mm Hg). Den første verdien (120 i eksempelet) kalles \_systolisk\_ trykk og er trykket i arterien når hjertet slår, altså når hjertemuskelen trekker seg sammen. Den andre verdien kalles \_diastolisk\_ trykk (80 i eksempelet) og er trykket i arterien i hvilefasen mellom to slag. Høye verdier av det systoliske trykket behøver ikke skape bekymring. Høye verdier av det diastoliske trykket betyr at blodåreveggene er utsatt for stort trykk også når hjertet ikke pumper, og det bør undersøkes nærmere. Slikt forhøyet blodtrykk gir ofte ingen symptomer, kanskje med unntak av hodepine. Medisiner kan regulere blodtrykket. Nyrene bidrar i stor grad til å holde blodtrykket tilnærmet konstant. Nyrene regulerer væskemengden i blodårene og påvirker dermed trykket i blodårene. Du kan lese mer om nyrenes funksjon på side 279.

Det er normalt at blodtrykket øker med alderen, for da blir blodårene stivere og utvider seg ikke så lett. De senere årene har det imidlertid vært en økning i antallet tilfeller av høyt blodtrykk hos yngre mennesker. Årsaker til det kan være livsstilsfaktorer som overvekt og mangel på mosjon. Ved svært høyt blodtrykk kan blodårer – særlig små kapillærårer – sprekke, noe som kan gi indre blødninger. Trening og andre livsstilsendringer kan gjøre årene smidigere, og da går blodtrykket ned.

Hvis blodtrykket er for lavt, kan det gjøre oss svimle, særlig når vi reiser oss brått opp fra sittende eller liggende stilling. Det er ganske vanlig. Årsaken er at det lave trykket hindrer blod i å komme raskt opp til hjernen.

Blåtekst: Blodtrykksverdiene blir oppgitt som to tall: det systoliske trykket og det diastoliske trykket. Høye blodtrykksverdier kan skyldes usunn livsstil eller hjerte- og karsykdommer.

Bilde: foto

Bildetekst: Blodtrykksmåling

### xxx3 Jernmangel

\_Jernmangel\_ er den mest utbredte mangelsykdommen i verden nest etter proteinmangel. Jernmangel fører til at røde blodceller inneholder lite hemoglobin, og gjør at det transporteres mindre mengder oksygen, noe som igjen gir dårligere aerob celleånding (forbrenning). Den som mangler jern, føler seg fort trøtt og uopplagt. I Norge har rundt 15 prosent av kvinnene i menstruerende alder for lite jern. Grunnen til det kan være stort blodtap ved menstruasjon og for lavt inntak av jernholdig mat.

--- 268 til 401

Langt færre voksne menn enn voksne kvinner har jernmangel. 10-20 prosent av barn mellom ett og to år har jernmangel, mens hele 30 prosent av ungdomsskoleelevene – både gutter og jenter – har for lite jern til å produsere det hemoglobinet de trenger. Hos legen kan du få målt jerninnholdet i blodet, og dersom du har jernmangel, vil legen mest sannsynlig foreslå at du tar jerntilskudd i en periode, og at du gjør noen endringer i kostholdet ditt.

Jernopptaket fra tarmen blir påvirket av hva slags mat vi spiser. Jernet i kjøtt er lett å ta opp. C-vitamin letter opptaket av jern, mens te, kaffe, melk og egg hemmer opptaket. Et godt råd er derfor å drikke et glass appelsinjuice – som inneholder mye C-vitamin – når du spiser jernrik mat, eller hvis du tar ekstra jerntilskudd. Korn og grønne grønnsaker som brokkoli og grønnkål inneholder mye jern. Jern finnes også i leverpostei.

Margtekst: Symptomene på for lite jern og for mye jern er svært like: trøtthet. Jerntabletter selges reseptfritt på apoteket, men du må alltid snakke med en lege før du begynner å ta jern.

### xxx3 Hjerte- og karsykdommer

Mange sykdommer har med hjertet og blodårene å gjøre, og de kalles ofte \_hjerte- og karsykdommer\_. Hjerte- og karsykdommer er et av de største helseproblemene i dagens samfunn. \_Åreforkalkning (aterosklerose)\_ er avleiringer av fett og kalk inni arteriene. Det er ikke uvanlig at eldre mennesker får \_hjertekrampe (angina pectoris)\_. Kransarteriene, som leder blod til hjertemuskelen, er da delvis tilstoppet. Hjertet får for lite oksygen ved anstrengelser, og det pumper dårligere. Dersom en kransarterie blir helt tilstoppet, kaller vi det \_hjerteinfarkt\_. Trange blodårer kan åpnes opp ved at det føres inn et lite metallnett (\_stent\_) på innsiden av blodåren. Dette nettet holder åren åpen. Hvis en arterie i hjernen blir tilstoppet, kaller vi det \_hjerneslag\_ eller \_hjerneinfarkt\_. Tilstopping hindrer blodtilførselen og dreper deler av hjertet eller hjernen. Tilstopping et sted kan også hindre blodet i å komme til viktige organer andre steder.

Omega-3-fettsyrer er flerumettede fettsyrer som har en dobbeltbinding på karbonatom nummer tre på minst ett av fettsyremolekylene (se side 143). Omega-3-fettsyrer finnes i rapsolje, i fet fisk og i olje fra sjøpattedyr som sel og hval. Inntak av omega-3 har en gunstig effekt blant annet på avleiring av fett og kalk i blodårene. Det er blitt færre tilfeller av hjerteinfarkt i Norge de siste tiårene, og en viktig årsak til det er redusert inntak av mettet fett og høyere inntak av enumettet eller flerumettet fett. I mettet fett er det bare enkeltbindinger mellom fettsyremolekylene i triglyseridet, og disse fettstoffene er harde ved romtemperatur.

Hva er sunnest, mettet eller umettet fett? Opp gjennom årene har spesialister på hjerte- og karsykdommer kommet med varierende informasjon, noe som kan gjøre oss forbrukere usikre. I 2017 kom resultater fra omfattende forskning utført av \_American Heart Association\_ (AHA). Resultatene fra denne forskningen og kostholdsrådene fra AHA er helt i tråd med rådene som den norske ekspertgruppen \_Nasjonalt råd for ernæring\_ har kommet med.

--- 269 til 401

Det er anbefalt å bytte ut matvarer med mettet fett med matvarer som inneholder enumettet og flerumettet fett. Mettet fett fra meieriprodukter og dyrekjøtt bør erstattes med sunnere fett fra planteoljer, fet fisk og nøtter. Det sunne fettet gir oss smidige blodårer og mindre av den skadelige kolesteroltypen i blodet.

Blåtekst: Hjerte- og karsykdommer er sykdommer i hjertet og blodårene. Økt inntak av flerumettet fett, for eksempel omega-3, har redusert antallet hjerte- og karsykdommer.

Bilde: foto

Bildetekst: Laks inneholder mye omega-3-fettsyrer.

Bilde: foto

Bildetekst: Olivenoljen og rapsoljen inneholder mye umettet fett, som er gunstig for hjertehelsen. Smøret og baconet inneholder mettet fett.

Margtekst: Mettede fettsyrer har bare enkeltbindinger mellom C-atomene. Enumettet fett har én dobbeltbinding, og flerumettet fett har to eller flere dobbeltbindinger.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er puls?
2. Hva er blodtrykk?
3. Hvorfor kan høyt diastolisk blodtrykk være farlig?
4. Nevn noen årsaker til jernmangel. Hvilken virkning har jernmangel på kroppen?
5. Hvilke tiltak knyttet til kosthold kan redusere faren for hjerte- og karsykdommer?

## xxx2 10.3 Gassutvekslingssystemet

\_Gassutvekslingssystemet\_ – eller \_luftveiene\_ som det også kalles – er nødvendig for at kroppen skal få oksygen til den aerobe celleåndingen, og for at den skal kunne kvitte seg med avfallsstoffet karbondioksid. Luftveiene består av \_luftrøret, bronkiene og lungene\_ og er transportveiene for oksygen og karbondioksid. Lungene kan utvide seg og trekke seg sammen slik at gass kan trekkes inn i luftveiene.

### xxx3 Luftrøret, bronkiene og lungene

Vi trekker luft inn gjennom nesen og munnen. I nesen blir luften fuktet og varmet litt opp før den trekkes nedover i luftveiene. I nesen blir også en del støv filtrert fra luften; støvet samler seg på neseslimhinnen og transporteres så ut av nesen. Vi kan også puste gjennom munnen, men da blir ikke luften filtrert eller varmet opp på samme måte. Luften går videre forbi svelget og strupehodet og ned i luftrøret.

I luftrøret har vi celler med flimmerhår og slim som beskytter bronkiene og lungene mot infeksjon ved at bakterier og støv kan feste seg i hårene og slimet. Når luften er støvete, kan vi føle behov for å hoste for å få opp partiklene. Luftrøret er stivet opp av bruskringer som holder røret åpent og hindrer at det kleber seg sammen når vi puster ut. Luftrøret forgreiner seg i to bronkier, én til hver lunge.

--- 270 til 401

Bronkiene deler seg opp i tynnere og tynnere greiner, og hver av disse greinene ender i en samling \_lungeblærer (alveoler)\_. Lungene er svampaktige og inneholder rundt 300 millioner lungeblærer. Samlet har lungeblærene en overflate på 100 m^2. Hver lungeblære har nær kontakt med kapillærårer.

Mellom innholdet i en lungeblære og innholdet i en kapillæråre er det bare to tynne cellelag. Gassutvekslingen skjer ved diffusjon mellom innholdet i lungeblæren og innholdet i kapillæråren. Oksygen diffunderer fra lungeblæren til blodet og fester seg til hemoglobinet i de røde blodcellene. Karbondioksid diffunderer fra blodet til lungeblærene. Det som gjør diffusjonen mellom kapillærårene og alveolene mulig, er den fuktige overflaten på lungeblærene. Det lange luftrøret og forgreiningen til bronkier og lungeblærer gjør at lungeblærene bevarer en fuktig overflate og ikke tørker ut.

Gassutvekslingen i kroppen skjer bare ved diffusjon og blir styrt av tre viktige faktorer:

-- Forskjellen mellom konsentrasjonen av gass i blodet og konsentrasjonen av gass i lungene

-- Lungenes overflateareal

-- Hvor langt gassen skal diffundere

--- 271 til 401

Blåtekst: Gassutvekslingssystemet består av luftrøret, bronkiene og lungene. Gassutveksling vil si opptak av O\2 og utskilling av CO\2. Skjer ved diffusjon i lungeblærene.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser gassutvekslingsorganene. Luften går fra munnhulen, forbi svelget og strupehodet, ned i luftrøret og til bronkiene. Bronkiene forgreiner seg til lungeblærene, som er dekket av kapillærårer.

Bilde: figur

Bildetekst: Kapillærårene som dekker lungeblærene, er bare atskilt fra lungeblærene av to cellelag. Det gjør utvekslingen av oksygen og karbondioksid svært effektiv.

### xxx3 Pusting

Overkroppen består av to kroppshuler som er atskilt av en stor, flat muskel: \_mellomgulvet\_. I \_bukhulen\_, den nederste kroppshulen, har vi organsystemer for fordøyelse og formering. I \_brysthulen\_, den øverste av kroppshulene, ligger hjertet og lungene. Utenpå de to kroppshulene har vi muskler, fett og hud. I tillegg er brysthulen beskyttet av ribbeina. Innvendig er kroppshulene og organene dekket av hinner av epitelvev og bindevev. En kraftig hinne som beskytter mot støt, dekker brysthulen, og innenfor denne har vi en annen hinne som dekker lungene. De to hinnene ligger tett sammen, bare med litt fuktig væske imellom. Lungene blir festet til ribbeina og muskulaturen fordi det er vakuum mellom de to hinnene. Mellomgulvet danner bunnen i brysthulen og er en relativt stor, flat muskel som er viktig for pustebevegelsene. Når vi puster med magen, trekkes mellomgulvet nedover, og lungene utvider seg. Samtidig blir ribbeina løftet oppover og utover ved hjelp av muskler mellom dem, brystkassen blir utvidet og luft trekkes inn i lungene. Lungene er svært elastiske. Når mellomgulvet slapper av, presses luft passivt ut av lungene.

Blåtekst: De to lungene ligger i brysthulen. Lungene utvider seg og blir fylt med luft når mellomgulvet blir trukket ned og brystkassen blir utvider.

Bilde: figur

Bildetekst: Når vi puster, slapper mellomgulvet og musklene mellom ribbeina av og trekker seg sammen vekselvis. Da blir volumet i brystkassen vekselvis mindre og større.

Forklaring: Innånding: Mellomgulvet trekker seg sammen og lungene, brystkassen og brysthulen utvides. Luft trekkes inn.

Utånding: Mellomgulvet slapper av og trekkes oppover, og brysthulen blir mindre. Luft presses ut.

--- 272 til 401

### xxx3 Pusten kontrolleres av hjernen

Pustingen din blir kontrollert av den forlengede marg i hjernen. Den forlengede marg inneholder et eget pustekontrollsenter, \_respirasjonssenteret\_, som registrerer forholdet mellom oksygen og karbondioksid i blodet. Hvis oksygennivået i blodet blir for lavt i forhold til kroppens behov, sendes det nerveimpulser til musklene mellom ribbeina og til mellomgulvet om at de skal trekke seg sammen. Da dras ribbeina oppover slik at brystkassen utvides og mellomgulvet trekker seg nedover. Lungene utvider seg, og vi trekker pusten. For mye karbondioksid i blodet gjør at blodet blir surere, fordi karbondioksid sammen med vann danner hydrokarbonat (HCO\3^-), som gir lavere pH. Ved store anstrengelser produserer cellene mye karbondioksid. Da vil du automatisk puste raskere på samme måte som når oksygennivået er lavt, slik at kroppen får kvittet seg med karbondioksid. Respirasjonssenteret styrer både hvor ofte og hvor dypt vi puster.

Hjertet registrerer også innholdet av karbondioksid og oksygen i blodet. Et lite område i aorta har kjemoreseptorer (se side 248) som registrerer innholdet av disse to gassene i blodet. Derfra går det nerveimpulser til den forlengede marg, som bruker den samlede informasjonen til å styre pustingen vår. I tillegg vil ofte hjertet få beskjed om å slå raskere.

Hvis du prøver å holde pusten lenge, kjenner du plutselig at du \_må\_ puste. Hvis du holder pusten for lenge, besvimer du, og kroppen overtar pustekontrollen.

Bilde: figur

Bildetekst: Nerveceller i hjertet og respirasjonssenteret i den forlengede marg kontrollerer og regulerer pustingen.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er gassutveksling?
2. Hva bruker vi oksygenet i luften vi puster inn, til?
3. Hvilke organer består luftveiene av, og hva skjer med luften i de ulike delene?
4. Hva er en lungeblære? Hva foregår i en lungeblære?
5. Når du puster, blir det bevegelse i musklene i mellomgulvet og mellom ribbeina. Forklar hvordan disse bevegelsene blir styrt av nerveimpulser fra hjernen.

--- 273 til 401

## xxx2 10.4 Luftveier og livsstil

Sykdommer som kan ramme gassutvekslingssystemet, er blant annet \_kols, lungekreft og astma\_. Kols er en samlebetegnelse for sykdommer der luftstrømmen i lungene blir hindret. Kols skyldes som oftest en kronisk betennelse i luftveiene. Ofte er flimmerhårene ødelagt, og slim hoper seg opp i luftveiene i stedet for å bli fraktet ut gjennom munnen og nesen. Dermed får bakterier anledning til å formere seg i slimet, noe som gir en kronisk betennelse. Betennelsen gir varige innsnevringer i luftveiene og trange bronkier, og det fører blant annet til tung pust og dårligere utveksling av O\2 og CO\2 i lungeblærene. Kols er først og fremst et resultat av at luftveiene gjennom mange år er blitt utsatt for irriterende stoffer. De aller fleste som har kols er eller har vært daglige røykere.

\_Kreftregisteret\_ har oversikt over hvor mange mennesker som får kreft, hvilken type kreft de får, og om de overlever behandlingen eller dør. I 2015 fikk 32.500 mennesker i Norge kreft. 9 prosent av disse fikk lungekreft. Vi vet en del om hvordan normale celler i lungene utvikler seg til kreftceller, og når vi dyrker celler på et laboratorium, kan stoffer fra tobakksrøyken få cellene til å begynne å dele seg ukontrollert. Vi vet også at flere overlever lungekreft i dag enn for ti år siden på grunn av nye og forbedrede behandlingsformer.

Astma er en obstruktiv luftveissykdom som kan ramme mennesker i alle aldre. At astma er obstruktiv, betyr at luftstrømmen ned i lungene blir hindret fordi bronkiene er trangere enn hos en frisk person. Astma gir en kronisk betennelse i slimhinnene i luftveiene. Slimhinnene hovner opp og skiller ut slim, og musklene rundt luftrøret, spesielt rundt bronkiene, trekker seg sammen. Halvparten av nye astmatilfeller hvert år er barn under ti år, og flertallet av disse er gutter. Om lag halvparten av barna som får astma, vokser av seg astmaen etter noen få år. Blant voksne som får astma, er det flest kvinner. Vi vet ikke årsakene til disse kjønnsforskjellene. Symptomene og plagene kan variere over tid og gjennom året.

Ved astma varierer det hvor trange bronkiene er, blant annet avhengig av om luften inneholder støv, pollen eller andre stoffer som kan påvirke luftveiene, og om luften er kald. Ingen vet sikkert hva som forårsaker astma. Sykdommen har også en arvelig faktor. De senere årene har det vært mye fokus på luftkvalitet i byene, spesielt på kalde dager. Astma forverres når luften inneholder støvpartikler, blant annet fra biltrafikk og dårlig forbrenning av ved i gamle vedovner. I større byer telles mengden støvpartikler i luften om vinteren, og personer med astma anbefales å holde seg inne på dager med mye støvpartikler.

Blåtekst: Sykdommer som kan ramme luftveiene, er blant annet kols, lungekreft og astma.

Bilde: foto

Bildetekst: Astma kan behandles med medisiner.

Margtekster:

-- \_Kols\_ står for kronisk obstruktiv lungesykdom. \_Kronisk\_ betyr «varig». \_Obstruktiv\_ betyr «tilstoppet».

-- I 2017 hadde 13 prosent av Norges voksne befolkning kols i mindre eller større grad.

--- 274 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er kols?
2. Hva er den viktigste årsaken til kols?
3. Hvorfor regnes astma som en obstruktiv lungesykdom?
4. Hva slags plager får en person med astma?

## xxx2 10.5 Fordøyelsessystemet

I naturfag lærte du om fordøyelsessystemet og omsetningen av næringsstoffer i kroppen. Derfor har vi bare tatt med en kort oppsummering av fordøyelsessystemet i denne boka. Du kan imidlertid lese mer om dette organsystemet på Bios-nettstedet.

\_I fordøyelsessystemet\_ blir de store molekylene i maten vi spiser, spaltet til mindre molekyler. Dette frigir energi og gir byggesteiner til kroppen. Fordøyelsessystemet hos mennesket består av en 5-6 meter lang fordøyelseskanal som samarbeider med flere forskjellige kjertler. Fordøyelseskanalen består av \_spiserøret, magesekken, tynntarmen, tykktarmen og endetarmen\_. Dette gir en sammenhengende kanal fra munnen til endetarmsåpningen, \_anus\_. Innvendig er hele kanalen kledd med en slimhinne, og innenfor slimhinnen i magesekken og tarmene er det glatt muskulatur (se side 287). Slimhinnen har rikelig med mikroskopiske kjertler, særlig i veggene i magesekken og tynntarmen. Kjertlene produserer og skiller ut enzymer, hormoner og syre som kroppen trenger.

Bilde: figur

Bildetekst: Menneskekroppens fordøyelsessystem. Blindtarmen regnes ikke som en del av fordøyelsessystemet hos mennesket, men er tegnet inn for å vise plasseringen av den.

Forklaring: Vist på figuren, ovenfra og nedover: munn, spiserør, lever, magesekk, bukspyttkjertel, galleblære, tynntarm, tykktarm, blindtarm, endetarm.

### xxx3 Fordøyelsen

Vi har et fordøyelsessystem med en magesekk, derfor trenger vi ikke å spise hele tiden. Vi kan spise et måltid og så vente på at maten vi har spist, blir behandlet mekanisk og kjemisk i magen og tarmsystemet. Sansecellene i munnhulen har kjemoreseptorer som reagerer på maten i munnen og sender beskjeder til hypotalamus, som igjen sender nerveimpulser til spyttkjertlene, kjertler i magesekken og andre organer i fordøyelsessystemet, slik at de produserer enzymer, hormoner og syre. Hjernen sender også beskjeder til den glatte muskulaturen, som deltar i fordøyelsen, både i spiserøret, magesekken og tarmkanalen. Når magesekken begynner å bli tom igjen, registrerer vi dette i form av sult.

--- 275 til 401

Fordøyelsen går ut på at:

-- Hjernen registrerer hva som skjer i munnhulen, og sender nerveimpulser til kjertler og muskulatur.

-- Maten deles mekanisk opp i mindre deler ved hjelp av tennene og elting i magesekk og tarmer.

-- Næringsstoffene i maten spaltes kjemisk til enklere forbindelser ved hjelp av enzymer og syre.

-- De spaltede næringsstoffene fraktes over i blodet ved passiv eller aktiv transport.

-- Stoffer som kroppen ikke har bruk for, tømmes ut av kroppen som avføring.

Fordøyelsen skjer både \_mekanisk\_ og \_kjemisk\_. Mekanisk fordøyelse har vi i munnen, der tenner og tunge deler opp, flytter på og vender maten, og i magesekken og tarmene, der muskulaturen elter, knar og blander maten. Kjemisk fordøyelse vil si at maten og næringsstoffene i den blir spaltet ved hjelp av enzymer. Kjemisk fordøyelse skjer i de fleste delene av fordøyelseskanalen.

Blåtekst: Fordøyelseskanalen består av spiserøret, magesekken, tynntarmen, tykktarmen og endetarmen. Fordøyelse vil si at de ulike næringsstoffene i maten spaltes til enklere forbindelser. Disse forbindelsene fraktes over i blodet. Restene skilles ut som avføring.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser spalting av næringsstoffene i maten. I fordøyelsessystemet spaltes næringsstoffene til enklere forbindelser. Proteiner spaltes til aminosyrer, karbohydrater spaltes til monosakkarider, og fett spaltes til glyserol og fettsyrer.

Forklaring: \_Proteiner\_ i maten spaltes til aminosyrer og polypeptider i magesekken. Polypeptidene spaltes videre til aminosyrer i tynntarmen.

\_Karbohydrater\_ i maten spaltes til di- og polysakkarider i munnen. I magesekken spaltes de videre til mono-, di- og polysakkarider. I tynntarmen blir alt spaltet til monosakkarider.

\_Fett\_ i maten spaltes til glyserol og fettsyrer i tynntarmen.

Margtekst: Impulser kan også sendes til hjernen fra øyet når vi ser god mat. Da vil også hjernen sende beskjeder til spyttkjertlene og andre kjertler som om vi skal begynne å fordøye mat.

--- 276 til 401

### xxx3 Fordypning: Blindtarmsbetennelse

Blindtarmen er den delen av tykktarmen som ligger nedenfor det stedet der tynntarmen går over i tykktarmen. Fra tykktarmen går det ut en tynn utposning. Den er 6–7 cm lang og kalles blindtarmsvedhenget (appendiks). Det er i dette vedhenget blindtarmsbetennelse vanligvis oppstår. Rundt 15 prosent av oss vil få blindtarmsbetennelse i løpet av livet. Vi vet ikke sikkert hva som forårsaker blindtarmsbetennelse. En teori er at det blir en betennelse fordi åpningen til blindtarmen blir tettet igjen av matrester. Ved blindtarmsbetennelse kan blindtarmsvedhenget sprekke, og da kan betennelsen spre seg i bukhulen og føre til en alvorlig infeksjon. Behandlingen for blindtarmsbetennelse er derfor som oftest å operere bort blindtarmen.

I kulturer der kostholdet har et mye høyere innhold av kostfiber enn hos oss, er blindtarmsbetennelse uvanlig. Det kan tyde på at blindtarmsbetennelse kan unngås ved å bruke mer kostfiber. Kostfiber er det mye av i grønnsaker, frukt og grovt bakverk som er bakt av hele kornet.

Hos planteetende dyr inneholder blindtarmen bakterier som hjelper til med fordøyelsen av kostfiber, særlig cellulose. Hos oss mennesker er det uklart hvilken funksjon blindtarmen har, men vi tror nå at den kan være et lager for de bakteriene som normalt lever i tarmen. I forbindelse med en diarésykdom vil bakteriene som lever i tykktarmen, bli skylt ut sammen med de sykdomsframkallende bakteriene, mens bakteriene i blindtarmen forblir upåvirket. Når diarésykdommen er over, vil bakteriene fra blindtarmen spre seg til hele resten av tykktarmen, og da får tarmen tilbake den vanlige bakteriefloraen.

De som har fjernet blindtarmen på grunn av blindtarmsbetennelse, har senere litt økt risiko for å få betennelsessykdom i tykktarmen (\_ulcerøs kolitt\_). Hvorfor det er slik, vet vi foreløpig ikke, men igjen kan det ha sammenheng med at blindtarmen er et lager for de vanlige bakteriene i tarmen. Pasienter med ulcerøs kolitt har en endret sammensetning av bakteriene i tykktarmen, som kanskje kan forklare hvorfor de har betennelse i tarmen.

Bilde: figur

Bildetekst: Blindtarmsbetennelse oppstår vanligvis i blindtarmsvedhenget.

### xxx3 Repetisjon

1. Lag en enkel skisse av fordøyelsessystemet og sett navn på de ulike delene.
2. Forklar kort hva som skjer med maten når vi fordøyer den.
3. I fordøyelsessystemet behandles maten både mekanisk og kjemisk. Forklar hva det betyr.

## xxx2 10.6 Fordøyelsessystemet og livsstil

De fleste gleder seg til måltidene, og maten er viktig når vi skal hygge oss sammen. Men kosten skal også gi kroppen energi og de næringsstoffene den trenger. Et balansert og sunt kosthold gir dessuten en velfungerende fordøyelse og bakterieflora i tarmene, noe er som avgjørende for at vi skal holde oss friske og opplagte.

--- 277 til 401

Helsemyndighetene kommer med anbefalinger for kosthold og fysisk aktivitet. Mest mulig av fettet bør bestå av flerumettede fettsyrer fra planteoljer, fet fisk og fugl, nøtter og ulike typer frø. Kroppen trenger svært lite mettet fett. Mettet fett finner vi blant annet i smør, ost, helmelk, fløte, bacon, pølser og kjøtt med synlige fettstriper. Størstedelen av karbohydratene bør være stivelse og kostfiber, ikke sukker. Stivelse og kostfiber får vi gjennom grove kornprodukter som grovt brød, fullkornspasta, brun ris, bønner, linser, grønnsaker og poteter. De fleste av oss bruker for mye sukker, salt og mettet fett og for lite flerumettet fett og kostfiber i forhold til det som blir anbefalt. I tillegg til de energigivende næringsstoffene trenger vi mange andre stoffer i mindre mengder, blant annet forskjellige salter, mineraler og vitaminer. Et variert kosthold vil normalt gi oss det vi trenger av alle stoffer.

Gjennom mediene får vi stadig ny informasjon om ulike dietter. Noen av diettene kan gi et sunnere kosthold, mens andre baserer seg på et svært ensidig matinntak, for eksempel dietter med lavt inntak av karbohydrater, dietter med høyt inntak av proteiner og dietter med høyt inntak av mettet fett i form av mye egg, bacon og smør. Dersom vi får i oss for mye mat, det vil si mer enn vi trenger til forbrenning og byggestoffer, lagrer kroppen overskuddet som glykogen og fett.

Blåtekst: Kostholdet er grunnlaget for kroppens mange funksjoner. Vi bør derfor prøve å ha et variert kosthold, slik at vi får i oss alle de stoffene vi trenger.

Bilde: foto

Forklaring: Korn, nøtter, pasta, frukt, bær og grønsaker.

--- 278 til 401

### xxx3 Fordypning: Tarmflora

I tarmene våre har vi mange ulike bakteriearter, anslagene varierer fra noen hundre til flere tusen. Disse bakteriene utgjør det vi kaller \_tarmfloraen\_. De fleste av disse bakteriene er «snille» og lever i en nødvendig symbiose med oss, blant annet fordi de hjelper oss å spalte maten. Tarmfloraen utgjør et eget og variert økosystem som må være mest mulig komplett for at det skal fungere godt. Her lever det både bakterier som samarbeider, som konkurrerer og som spiser andre bakterier. En velfungerende tarmflora er viktig både for å fordøye maten og for å holde seg frisk.

Noen bakterier er uønsket i tarmfloraen og kan påvirke eller drepe de snille bakteriene. Dersom det blir for få av de snille bakteriene, kan tarmslimhinnene bli irritert. En irritabel tarm vil si at slimhinnene ikke fungerer skikkelig. Det kan gi smerter og gassdannelse og i verste fall redusert næringsopptak.

Økt bruk av antibiotika og konserveringsmidler påvirker tarmfloraen og dreper mange av de snille bakteriene som er nødvendige for en normal fordøyelse. Da kan skadelige bakterier overta deres plass (nisje) i tarmene, noe som øker faren for diaré, fordi vannopptaket fra tykktarmen blir påvirket. Diarésykdommer dreper mange tusen mennesker hvert år, 30 000 bare i USA. I fattige land er diaré den største enkeltårsaken til barnedødelighet. Diarésykdom som skyldes bakteriearten \_Clostridium difficile (C. difficile)\_, er en av de farligste.

De senere årene er det forsket mye på behandling av diaré ved å transplantere avføring fra en frisk person inn i tarmen til en som er syk. Dette er imidlertid ingen ny behandlingsmetode. I Kina behandlet man allerede for 2000 år siden diaré ved å ta avføring fra en frisk person, løse den i vann og la den syke drikke løsningen. I dag kan sykdom som skyldes \_C. difficile\_, behandles ved at avføring fra en frisk person løses i vann og overføres til tynntarmen hos den syke gjennom en tynn slange som føres inn gjennom nesen og ned i tarmen. Denne metoden har virket veldig bra på forsøksmus og er også brukt på mennesker med svært godt resultat. Sammensetningen av bakterier i tarmfloraen varierer, og antallet arter i en frisk tarmflora er mye høyere i tynntarmen enn i tykktarmen. Det har derfor stor betydning hvor i tarmen man tilfører nye bakterier.

Nyere forskningsresultater tyder på at bakterieartene i tarmfloraen har betydning for blant annet overvekt, depresjon og stress. Forskergrupper leter også etter sammenhenger mellom tarmfloraen og kronisk utmattelsessyndrom, ME. Forskningen som forsøker å kople tarmfloraen mot psykiske lidelser, er på begynnerstadiet, og det gjenstår mye forskning før vi har konkret kunnskap. Også her er overføring av avføring med tarmflora fra en frisk person til den syke en aktuell behandlingsmåte.

I det daglige er det mye du selv kan gjøre for å ha en sunn tarmflora. Kostholdet ditt påvirker i stor grad bakteriesammensetningen i tarmene. Noen typer matvarer, såkalt \_prebiotisk mat\_, gir næring til og stimulerer dermed veksten av de snille bakteriene vi allerede har i tarmen, og som gir en sunn tarmflora. Eksempler på prebiotisk mat er asparges, banan, hvete, løk, kikerter og tørket frukt. \_Probiotisk mat\_ inneholder og tilfører kroppen bakterier, først og fremst noen typer melkesyrebakterier, som skal fremme en sunn tarmflora og bedre helsen. Eksempler på probiotisk mat er surmelk, jogurt, ostene brie og camembert og gjærede grønsaker. Noen matvarer, for eksempel Biola og Cultura, er tilsatt melkesyrebakterier.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke anbefalinger gir helsemyndighetene for et variert kosthold?
2. Hva slags typer fett regner vi som de sunneste?
3. Hvor mange i biologigruppen tar regelmessig tran eller tilsvarende?

--- 279 til 401

## xxx2 10.7 Ekskresjonssystemet

\_Ekskresjonssystemet\_ består av \_nyrene, urinlederne, urinblæren og urinrøret\_. Ekskresjonssystemet fjerner avfallsstoffer, slik at blodet blant annet kan kvitte seg med nitrogenholdig avfall fra forbrenningen, for det meste etter forbrenning av proteiner. Hvert døgn blir 1200–1800 liter blod filtrert. Vi skiller ut \_urin\_, som består av vann, \_urinstoff (karbamid)\_ og salter. Utskillingen av nitrogenholdig avfall kaller vi \_ekskresjon\_, som betyr «utskilling».

Samtidig med ekskresjonen må mengden vann og salter reguleres. Det skjer gjennom en \_osmoregulering\_, som vil si at forholdet mellom vann og salter i blodet blir regulert, slik at konsentrasjonen holder seg mest mulig konstant. Osmoreguleringen blir styrt av nyrene og hjernen.

Bilde: figur

Bildetekst: Ekskresjonssystemet består av nyrene, urinlederne, urinrøret og urinblæren.

### xxx3 Nyrene

Blodet blir hele tiden renset. Mye av rensingen skjer i nyrene, men det skjer også rensing i leveren. Vi har to nyrer. De ligger i bukhulen, på ryggsiden. En nyre er omtrent like stor som en liten knyttneve. De to bønneformede nyrene har vanligvis forskjellig størrelse, og ofte står den ene for mer av rensingen enn den andre. En fordeling mellom aktiviteten i de to nyrene på 75 prosent og 25 prosent er ikke uvanlig.

En nyre består av omtrent en million kapsler vi kaller \_Bowmans kapsel\_, og mer enn 30 kilometer forgreinede \_nyrekanaler\_. Nyrekanalene samler seg i \_samlerør\_ og leder så urinen ned i \_nyrebekkenet\_. Fra nyrebekkenet går urinen gjennom \_urinlederen\_ og ned i \_urinblæren\_, der den blir samlet opp.

Relativt tykke \_nyrearterier\_ og \_nyrevener\_ går inn i hver nyre ved siden av nyrebekkenet. Arteriene forgreiner seg og danner runde nøster av små kapillærårer (\_glomeruli\_). Rundt hvert slikt årenøste ligger en Bowmans kapsel, slik at årenøstet fyller opp det indre av kapselen.

--- 280 til 401

Tallene i parentes henviser til tall på tegningen nedenfor. Blodvæske med nitrogenholdig avfall filtreres ut fra årenøstene og over i en Bowmans kapsel (område 1). Væsken i kapselen kalles forurin, og til sammen blir det laget ca. 180 liter forurin per døgn hos en person. Forurinen består av mye vann, en del salter, glukose og aminosyrer, og det meste \_må\_ tilbakeføres til blodet. Forurinen hos friske mennesker inneholder normalt ikke blodceller. Blodceller i forurinen kan tyde på sykdom. Forurin skal ikke inneholde proteiner hos friske personer, men den kan inneholde litt aminosyrer og glukose.

Forurinen går fra kapselen over til nyrekanalen. Hver nyrekanal er kveilet ned fra kapselen og opp igjen og danner en sløyfe (\_Henles sløyfe\_). Den store mengden forurin blir mer konsentrert etter hvert som den beveger seg fra kapselen og gjennom sløyfen. Transport fra nyrekanalen og ut i vevet rundt foregår ved hjelp av både passiv transport (diffusjon og osmose) og aktiv transport. Vann går stort sett gjennom akvaporiner og ut til vevsvæsken hele veien langs nyrekanalen. Vannet i vevsvæsken blir tatt opp av venene som kveiler seg rundt nyrekanalen.

I den delen av nyrekanalen som er nærmest kapselen (område 2), skjer mye av reabsorpsjonen fra forurinen og tilbake til blodet. Natriumioner (Na^+), glukose og aminosyrer blir reabsorbert (tatt opp igjen) i blodet ved aktiv transport, en del vann blir tatt opp ved osmose, og flere typer ioner går ut ved diffusjon, blant annet klorioner (Cl^-). Nede i sløyfen (område 3) går mye vann ut fra forurinen ved osmose. Den delen av nyrekanalen som er lenger borte fra kapselen (områdene 4 og 5), skiller ut Na^+- og Cl^-´-ioner, først ved diffusjon og deretter ved aktiv transport.

--- 281 til 401

Konsentrasjonen av Na^+ og Cl^- utenfor nyrekanalen blir større enn inni, og vann følger etter Na^+ og Cl^-) ved osmose (områdene 6, 7 og 8). Den totale urinmengden som skilles ut gjennom samlerøret, blir relativt liten. I nyrekanalene tas det meste av væsken over i blodet igjen, og etter hvert som forurinen passerer gjennom nyrekanalen, blir den mer og mer konsentrert. I samlerøret får vi en konsentrert løsning som vi kaller urin, og som samles opp i urinblæren. Tegningen på forrige side viser detaljer av en Bowmans kapsel og en nyrekanal og hvordan reabsorpsjonen foregår.

Blåtekst: Ekskresjonssystemet består av nyrene, urinlederne, urinblæren og urinrøret. Ekskresjon vil si å skille ut nitrogenholdige avfallsstoffer. De skilles ut som urin.

Bilde: figur

Bildetekst: Nyrene renser blodet og skiller ut avfallsstoffer via urinen. Detaljene viser Bowmans kapsel, nyrekanal og samlerør. Blodårer kveiler seg rundt nyrekanalen.

Bilde: figur

Bildetekst: I årenøstet blir blodvæske filtrert over i kapselen. I nyrekanalen foregår en reabsorpsjon fra forurinen. Vann, salter og næringsstoffer reabsorberes tilbake til blod og vev ved passiv og aktiv transport.

### xxx3 Osmoregulering

Ekskresjonen av urinstoff i nyrene skjer uavhengig av vannmengden i kroppen. Utskillingen av vann som skal tas ut sammen med urinstoffet, vil variere alt etter hvor mye vi drikker, hvor mye vi svetter, og saltinnholdet i det vi spiser. Denne reguleringen og utskillingen av vann og salter kalles osmoregulering. Reguleringen blir styrt av:

-- nerveceller i hypotalamus

-- mekanoreseptorer på sanseceller i sirkulasjonssystemet

Nerveceller i hypotalamus registrerer om vi er tørste og trenger vann, eller ikke. Dersom vi tar til oss lite væske, eller dersom vi svetter mye, vil mengden av væske i blodet bli registrert, og urinen vil bli mer konsentrert og inneholde mye urinstoff. Dersom vi drikker mye, produserer vi mye og fortynnet urin. Om nyrene skiller ut konsentrert eller tynn urin, styres ved at hypotalamus produserer hormonet ADH, \_antidiuretisk hormon\_.

Hypotalamus har altså nerveceller som til enhver tid kan registrere vannkonsentrasjonen i kroppen. Disse cellene produserer hormonet ADH. ADH skilles ikke direkte ut fra hypotalamus, men transporteres til hypofysen, som skiller det ut i blodet. Hormonet blir bundet til reseptorer i cellemembranen hos cellene i veggene i nyrekanaler og samlerør. ADH øker antall akvaporiner i nyrekanalene og samlerørene så de blir mer gjennomtrengelige for vann. Målcellene for hormonet ADH ligger altså i nyrene. Dersom blodet inneholder mye vann, lager hjernen mindre ADH. Da vil lite vann bli reabsorbert fra nyrekanalen til blodet, og vi produserer mye og fortynnet urin. Dersom blodet inneholder lite vann, skjer det motsatte: Hjernen skiller ut mer ADH.

--- 282 til 401

I nyrekanalene blir det flere akvaporiner, og mer vann blir reabsorbert til blodet. Da produserer vi mindre og mer konsentrert urin.

Hvert døgn skilles det ut omtrent 1,8 liter urin. Mengden varierer med temperaturen i omgivelsene og hva vi spiser og drikker. Hvis du spiser mye salt mat en dag, samler det seg mer vann i kroppen. Hvis du oppholder deg et varmt sted og svetter mye, mister du mye vann fra kroppen, og da bør du få i deg mye væske. Da kan du med fordel også spise mer salt mat enn du vanligvis gjør, for svetten inneholder salt. Alkohol hemmer produksjonen av ADH og virker vanndrivende. Urinmengden øker derfor ved inntak av alkohol.

Blåtekst: Osmoregulering vil si regulering av vann- og saltinnholdet i kroppen. Urinkonsentrasjonen og urinmengden blir regulert av hormonet ADH, som produseres i hypotalamus.

Bilde: foto

Forklaring: Jente med hendene i en vannstråle.

Bildetekst: Kroppen trenger vann. Derfor er tilgang på rent drikkevann ekstremt viktig for helsen.

Margtekst: Urinmengden og urinkonsentrasjonen blir også styrt av andre hormoner og enzymer gjennom kompliserte tilbakekoplingsmekanismer.

### xxx3 Fordypning: Urinprøver

Ved mistanke om visse typer sykdommer ber legen om urinprøve. Prøven bør være av morgenurin, for i løpet av natten har mye urin samlet seg i blæren. En urinprøve kan undersøkes raskt med enkle teststrimler. Strimlene dyppes i urinen, og så kan man lese av blant annet pH-verdien, proteininnholdet, glukosenivået og bakteriemengden.

En urinveisinfeksjon kan påvises ved å måle bakterieinnholdet i en urinprøve. Ved en nyrebetennelse inneholder urinen proteiner som har lekket fra blodet og inn i betente kapillærårenøster. Diabetikere har mer glukose enn normalt i blodet. Nyrene har en grense for hvor mye glukose som kan suges tilbake til blodet fra forurinen, og dersom den mengden overskrides, kommer det glukose i urinen. Blod i urinen tyder på en infeksjon i nyrene, nyrestein eller nyresvulst.

Spesielle teststrimler brukes også for å finne ut om en kvinne har eggløsning, eller om hun er gravid.

Bilde: foto

Forklaring: Selvtest urinveisinfeksjon

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke deler består ekskresjonssystemet av?
2. Hva er hensikten med ekskresjon og osmoregulering?
3. Hvordan er ekskresjonssystemet og sirkulasjonssystemet koplet sammen?
4. Tegn en Bowmans kapsel med Henles sløyfe. Forklar hva som foregår i de ulike delene av sløyfen.
5. Forklar hvordan hormonet ADH virker ved urinutskilling.

--- 283 til 401

## xxx2 10.8 Bevegelsessystemet: skjelettet og muskulaturen

Skjelettet og musklene som er festet til skjelettet, styrer bevegelsene våre. Derfor kalles dette organsystemet for \_bevegelsessystemet\_. I motsetning til de andre musklene i kroppen er alle skjelettmusklene \_tverrstripete\_, og de styres av viljen via det somatiske nervesystemet. Ingen annen muskulatur i kroppen kan styres av viljen.

Bilde: figur

Forklaring: Skjelettmuskler over det meste av kroppen. Skjelettet er av brusk og bein.

Bildetekst: Bevegelsessystemet består av muskler og skjelett som samarbeider om kroppens bevegelser.

### xxx3 Skjelett og ledd

Bevegelsessystemet består av \_skjelettet, senene\_ og de musklene som er festet til skjelettet ved hjelp av senene. Tilsammen gjør det oss i stand til å styre skjelettbevegelsene. Bevegelser av kroppen kan ikke skje uten at musklene kan trekke seg sammen og bevege skjelettet.

Skjelettet vårt har flere funksjoner: Musklene er festet til det, det beskytter indre organer som hjernen, ryggmargen, lungene og hjertet, og det fungerer som produksjonssted for de ulike blodcellene. Skjelettet er også et viktig lager for kalsium (Ca), som inngår i en rekke livsviktige funksjoner i kroppen, blant annet overføring av nerveimpulser i synapsene, for at hjertet skal slå, og for at blodet skal koagulere ved kuttskader. Skjelettet vårt består av i alt 206 enkeltknokler.

--- 284 til 401

Noen av knoklene våre, for eksempel knoklene i armer, bein, fingrer og tær, har \_rørform\_. Andre knokler er mer eller mindre \_flate\_, som knoklene i hodeskallen, hoftene og skuldrene. Andre igjen er \_uregelmessige\_, som knoklene mellom hånd og arm, mellom bein og fot og i ryggraden. I noen deler av kroppen har enkeltknokler vokst sammen. Hodeskallen hos ufødte og nyfødte barn består av i alt åtte flate knokler. Når barnet er ca. ett år, er disse knoklene ferdig sammenvokst, og hodeskallen fungerer da som én knokkel – selv om den fortsatt består av mange knokler. Skjelettet vokser helt fram til en stund etter at pubertetsutviklingen er ferdig.

Mange knokler er porøse inni, med mange små hulrom er fylt med \_rød beinmarg\_. I beinmargen er det stamceller som produserer de tre forskjellige typene blodceller du leste om på side 260: røde blodceller, hvite blodceller og blodplater.

Forbindelsene mellom knoklene kaller vi \_ledd\_. De største leddene i kroppen er skulder-, albue-, hånd-, hofte-, kne- og ankelledd. Mellom ryggvirvlene er det ledd som gjør at vi kan bøye og dreie ryggen, og i kjevene er det ledd som gir oss mulighet for å tygge. I de fleste ledd i kroppen er endene av knoklene som vender mot leddet, dekket med et lag av brusk. Fordelen med dette bruskvevet er at brusk har en glatt overflate som gjør at endene av knoklene kan gli friksjonsfritt mot hverandre.

Kneleddet er et av leddene som oftest blir skadet, spesielt i forbindelse med idrett. Både menisk, korsbånd, leddbånd og muskulatur er utsatt for skader. Korsbånd og leddbånd er sener. Korsbåndene er de leddbåndene som finnes \_inni\_ kneet. Figuren viser kneleddet sett forfra.

Blåtekst: Skjelettet vårt består av 206 knokler. Knoklene har ulike former: rør, flate og uregelmessige. I beinmargen inni knoklene produseres blodcellene. Knoklene i skjelettet er forbundet med hverandre i ledd.

Bilde: figur

Bildetekst: Skjelettet med navn på de viktigste knoklene og leddene.

Forklaring: Knokler og ledd, lest av ovenfra og nedover: hodeskalle, kragebein, skulderblad, brystbein, ribbein, virvelsøyle, hoftebein og korsbein.

I armene: skulderledd, overarmsbein, albueledd, albuebein, spolebein, håndledd, håndrotsbein, mellomhåndsbein og fingerbein.

I beina: hofteledd, lårbein, kneledd, kneskjell, leggbein, skinnebein, ankelledd, fotrotsbein, mellomfotsbein og tåbein.

Bilde: figur

Bildetekst: Kneleddet er et komplisert ledd. Det vet de som har hatt skader i kneet.

Forklaring: Kneleddet forbinder lårbeinet med skinnebeinet og leggbeinet, med leddbånd på sidene og korsbånd midt inni. Kneskjellet er foran på kneet, meniskene mellom lårbeinet og skinnebeinet.

Margtekst: Visste du at vi har 27 knokler i hver hånd og 26 i hver fot?

### xxx3 Fordypning: Man kan bestemme alderen ved å undersøke knoklene

Barn er i vekst, og da skjer det store forandringer i knoklene, som vokser både i lengde og bredde. I rørknoklene i hånden er det hos unge mennesker et område i knokkelendene med bruskvev, en vekstskive (epifyseskive). Denne brusken blir stadig nydannet, og slik forlenges knokkelen. Når barnet blir ungdom og etter hvert voksen, blir denne brusken omdannet til bein, og når all brusken i vekstskivene er borte, må lengdeveksten stoppe opp. Ved å røntgenundersøke vekstskivene er det mulig å anslå hvor mange år et menneske er. Når myndighetene er usikre på alderen til unge mennesker som kommer til Norge som asylsøkere, kan det gjøres røntgenundersøkelser av tennene og skjelettet, som regel i håndrotsbeina. Aldersbestemmelse utfra røntgen av skjelettet er omdiskutert, og mange leger har kritisert denne metoden fordi de mener den gir for usikkert svar.

Bilde: figur

Bildetekst: Så lenge det er brusk i knokkelendene, kan knoklene vokse i lengden eller bredden.

--- 285 til 401

### xxx3 Muskler

All muskulatur består av muskelceller, som har noen fellestrekk ved at de kan strekke seg og trekke seg sammen. Til sammen har vi rundt 650 ulike muskler i kroppen. En muskel består av muskelceller, bindevev, blodårer og nerver. Den tverrstripete skjelettmuskulaturen blir dannet på fosterstadiet ved at mange små muskelceller, opptil 1000, vokser sammen til en trådformet langstrakt celle. I løpet av oppveksten utvikler disse muskelcellene seg, og hos en voksen person kan de være opptil 20 cm lange. Muskelcellen kan ha mange cellekjerner. De enkelte muskelcellene kalles også \_muskelfibrer\_. Hundrevis av muskelceller samles i muskelfiberbunter, og mange muskelfiberbunter utgjør en tverrstripete muskel, som er festet til skjelettet med elastiske sener. Både muskelfiberbunten og hele muskelen er omgitt av et tynt, beskyttende lag med bindevev. Når vi går, løper, spiser eller utfører andre bevegelser, bruker vi skjelettmuskulaturen. Den tverrstripete muskulaturen har nerver som er viljestyrte.

Musklene virker ved at muskelcellene trekker seg sammen, en \_kontraksjon\_. En skjelettmuskel er alltid festet i knokler med sener, på hver side av et ledd. Et eksempel er \_knebøyeren\_, muskelgruppen på baksiden av låret, som i den øvre enden er festet med sener til hoftebeinet og i den nedre enden er festet i leggbeinet. Knebøyeren er i stand til å bøye kneleddet når muskelcellene trekker seg sammen og blir kortere. Du kjenner godt senene som er koplet til denne muskelgruppen dersom du holder hånden bak kneet når du bøyer leddet fram og tilbake. Når musklene på framsiden av låret trekker seg sammen (\_kne-/lårstrekkerne\_), skjer det motsatte: Da retter kneleddet seg ut.

Til sammen arbeider \_strekkemuskler og bøyemuskler\_ med å bevege leddene fram og tilbake, og dermed får vi komplette bevegelser, slik at vi blir i stand til å gå, løpe, hoppe, gå i trapper osv.

Alt muskelvev er bygd opp av to proteiner: \_aktin\_ og \_myosin\_. Ved muskelsammentrekning vil de to proteintypene bevege seg mot hverandre og på den måten gjøre muskelen kortere. I tverrstripete muskulatur er aktin og myosin ordnet i et regelmessig mønster, slik at den enkelte muskelcellen ser tverrstripete ut med vekselvis lyse og mørkere striper på tvers. Det er derfor denne muskulaturen kalles tverrstripete.

--- 286 til 401

Muskelsammentrekningen i lårmusklene utløses av nerveimpulser fra det somatiske nervesystemet. Figuren nedenfor illustrerer hvordan myosinet fester seg på aktinet og drar disse to proteinene mot hverandre. Sammentrekningen er energikrevende. Den krever ATP, som blir produsert ved aerob celleånding (forbrenning). Ved hard fysisk aktivitet kan tilgangen på oksygen bli for liten, du klarer ikke å puste inn og ta opp nok oksygen, og muskelcellene må gå over til anaerob celleånding (uten oksygen). Da produserer mitokondriene mye mindre ATP, og det dannes melkesyre, som hoper seg opp i kroppen. Det er derfor begrenset hvor lenge vi klarer å bevege oss uten tilgang på oksygen. Energien frigjøres etter sammentrekningen som varme. Derfor blir du varm når du trener. Utstrekking av muskelen skjer passivt og er ikke energikrevende.

Blåtekst: Skjelettet, senene og den tverrstripete muskulaturen samarbeider slik at vi klarer å bøye og rette ut leddene våre. Muskelcellene inneholder proteinene aktin og myosin. Når de to proteinene beveger seg mot hverandre, blir muskelen kortere. Denne sammentrekningen er energikrevende.

Bilde: figur

Bildetekst: Både kne-/lårstrekkeren og knebøyeren har et utspring og et feste. Disse strekke- og bøyemusklene samarbeider om å bevege kneleddet.

Bilde: figur

Bildetekst: Figuren viser hvordan tverrstripete muskulatur er bygd opp av proteinene aktin og myosin.

Bilde: figur

Bildetekst: Muskelsammentrekning skjer ved at myosinet fester seg på aktinet og drar de to proteinfibrene mot hverandre. Cellene trenger mye energi i form av ATP for å få til sammentrekningene. Utstrekningen av musklene skjer passivt og krever ikke energi. Muskelceller har mange mitokondrier og produserer mye ATP.

Margtekst: I noen muskelceller finnes flere tusen mitokondrier per celle.

### xxx3 Langsomme og raske muskelfibrer

Vi har to ulike typer tverrstripete muskelceller: langsomme og raske. Langsomme muskelceller er ikke så sterke, men de er utholdende. Raske muskelceller er mye sterkere, men de kan ikke belastes så lenge før de blir trøtte. De raske cellene er spesielt tilpasset raske og kortvarige anstrengelser, mens de langsomme gir utholdenhet. Langsomme muskelceller kalles også røde muskelceller fordi de inneholder mye av det røde proteinet \_myoglobin\_. Myoglobin kan lagre oksygen fra blodet, cellene inneholder mange mitokondrier og kan drive langvarig aerob forbrenning.

--- 287 til 401

Raske celler kalles hvite muskelceller. De inneholder lite myoglobin og har dermed en lysere farge. De får oksygen som diffunderer fra blodet. Kjøtt fra for eksempel kylling og kalkun er hvitt og inneholder mest hvite muskelceller, mens kjøtt fra for eksempel sau og okse er rødt, for det inneholder mest røde muskelceller.

Hver eneste muskel i kroppen vår har både langsomme og raske muskelceller, men ikke alle muskler har like mange av hver celletype. Det betyr at vi har noen muskler i kroppen som er best tilpasset raske bevegelser, og andre som er bedre tilpasset langvarige bevegelser.

Det er også forskjell på mennesker. De aller fleste av de beste langdistanseløperne i verden kommer fra noen få land i Øst-Afrika, blant annet Etiopia og Kenya. Mange av menneskene i disse landene har en spesielt stor andel av de utholdende muskelcellene, det er derfor så mange østafrikanere vinner i lange løp som 10.000 meter og maraton.

Mange europeere og amerikanere gjør det bra i boksing og sprintøvelser som 100 meter, men de fleste av dem stammer fra vest-afrikanske land som Kongo, Kamerun og Sierra Leone. Menneskene fra disse landene har ofte en større andel av de raske muskelcellene. Det er store genetiske forskjeller mellom vest- og østafrikanere.

Bilder: to foto

Bildetekst: Langdistanseløpere (til venstre) og kortdistanseløpere (til høyre) har ulik sammensetning av langsomme og raske muskelceller.

### xxx3 Fordypning: Glatt muskulatur og hjertemuskulatur

Vi har to typer muskler i kroppen i tillegg til skjelettmusklene: \_glatt muskulatur\_ og \_hjertemuskulatur\_. Sammentrekninger i disse to typene muskler blir styrt av det autonome nervesystemet og hormoner og er altså ikke viljestyrt. I de glatte muskelcellene danner aktin og myosin et mer uregelmessig nettverk enn i den tverrstripete muskulaturen, og glatt muskulatur har derfor ikke det tydelige stripete mønsteret. Hjertemuskulaturen er tverrstripete, men ikke viljestyrt, og er dermed en slags mellomting mellom tverrstripete muskulatur og glatt muskulatur.

Veggene i organer som urinblæren, magesekken, tarmene, livmoren og kjertler består av glatt muskulatur. Pupillen inneholder også glatt muskulatur. Hjertemuskulatur finner vi, som navnet tilsier, i hjertet. Glatt muskulatur består av små, ovale celler som er forbundet med hverandre i et tett nettverk.

Hjertemuskelcellene er små og forgreinede og henger sammen i endene av cellene. I disse endene er det små kanaler som forbinder cytoplasmaet i mange celler. Disse kanalene er viktige for at nerveimpulser skal bevege seg videre fra celle til celle. Glatte muskelceller er ca. 0,025 mm lange, mens hjertemuskelceller er mellom 0,1 og 0,5 mm lange.

Bilde: figur

Bildetekst: Glatt muskulatur finnes i for eksempel tarmene våre og kan ikke styres av viljen.

Bilde: figur

Bildetekst: Hjertemuskulaturen er tverrstripet, men den er ikke viljestyrt.

--- 288 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke hoveddeler består bevegelsessystemet vårt av?
2. Forklar hvordan muskler og skjelett samarbeider om bevegelsene i kroppen.
3. Hvilke hovedtyper av knokler har vi i kroppen? Gi noen eksempler på hver av disse typene.
4. Hva er rød beinmarg?
5. Hva er aktin og myosin?
6. Forklar hva vi mener med langsomme og raske muskelfibrer.

## xxx2 10.9 Bevegelsessystemet og livsstil

Trening er nesten alltid positivt for kroppen. Når musklene blir sterkere, minker faren for belastningsskader på for eksempel rygg og knær. Trening er også helsefremmende. Med det mener vi at regelmessig trening gir bedre immunforsvar og mer overskudd til å takle stress eller problemer som påvirker den psykiske helsen, og det reduserer faren for overvekt, belastningsskader og andre helseproblemer gjennom hele livet.

Da du ble født, hadde du like mange muskelceller som du har nå. Men muskelcellene kan bli større og sterkere ved at de fylles med mer protein og produserer flere mitokondrier. Trening gir sterkere muskler, og de enkelte cellene får flere mitokondrier, slik at forbrenningen av glukose øker. Det er bra for utviklingen av muskulaturen og bidrar i tillegg til å hindre overvekt. Treningen virker også inn på kapillærårene i musklene fordi de utvider seg og blir flere.

--- 289 til 401

Et større kapillærårenett gir bedre blodsirkulasjon, slik at musklene får mer næring og oksygen, og avfall og karbondioksid fraktes bort.

Beinmassen blir mer porøs med årene, derfor er eldre mennesker mer utsatt for beinskjørhet enn unge. Kvinner får oftere beinskjørhet enn menn fordi de etter at menstruasjonen opphører, produserer mindre av kjønnshormonet østrogen. Mindre østrogen kan føre til tap av beinmasse. Regelmessig styrketrening øker skjelettstyrken fordi beinmassen blir tettere. En tettere beinmasse minsker sjansen for belastnings- og bruddskader. Beinskjørhet kan forebygges med trening der knoklene blir utsatt for belastning.

Trening påvirker ikke bare bevegelsessystemet, det fører også til at sirkulasjons- og respirasjonssystemene blir mer effektive. Noen, kanskje spesielt de som trener styrke, bruker proteinpulver i tillegg til det vanlige kostholdet. Dersom du får i deg nok proteiner med alle nødvendige aminosyrer gjennom den maten du spiser til daglig, har du ikke behov for noe ekstra. Mer protein gjør deg ikke sterkere. Det er bare trening som øker styrken. Dersom du får i deg mer proteiner enn du trenger, vil overskuddsproteiner bli omdannet og lagret som fett.

Blåtekst: Trening gir bedre helse og sterkere muskler og skjelett.

Bilde: foto

Bildetekst: Et av de beste treningstipsene er kanskje å trene sammen med noen. Da kan dere oppmuntre hverandre og drive hverandre framover. Det er heller ikke så lett å droppe en treningsøkt hvis vennene dine venter på deg.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilken effekt har regelmessig trening på musklene i kroppen?
2. Får man store muskler av å spise mye proteiner? Begrunn svaret ditt.
3. Hvilken effekt har regelmessig trening på beinmassen i skjelettet?

--- 290 til 401

## xxx2 Sammendrag

Sirkulasjonssystemet består av blodet, blodårene og hjertet. Blodet består av blodplasma med tre typer blodceller: røde blodceller, hvite blodceller og blodplater. De røde blodcellene inneholder hemoglobin, som binder oksygen, de hvite blodcellene deltar i immunforsvaret, mens blodplatene stopper blødninger.

Arteriene fører blodet ut fra hjertet. De har tykke vegger, så de tåler det høye trykket. Kapillærårene danner et nettverk i hele kroppen. De har tynne vegger, og her utveksles stoffer mellom cellene og blodet. Venene fører blodet tilbake til hjertet. De har klaffer som hindrer blodet i å gå feil vei.

Hjertet er en stor og kraftig muskel som pumper blodet rundt i kroppen. Hjertet har to forkammer og to hjertekammer. Klaffer i hjertet gjør at blodet blir pumpet riktig vei.

Vi har et lukket sirkulasjonssystem med dobbelt kretsløp. I det lille kretsløpet går blodet fra hjertet gjennom lungene og tilbake til hjertet, og i det store kretsløpet går blodet fra hjertet ut i kroppen og tilbake til hjertet.

Pulsen varierer i takt med aktivitetsnivået. Lav hvilepuls kan være et tegn på god fysisk form.

Blodtrykksverdiene blir oppgitt som to tall: det systoliske trykket og det diastoliske trykket. Høye blodtrykksverdier kan skyldes usunn livsstil eller hjerte- og karsykdommer.

Hjerte- og karsykdommer er sykdommer i hjertet og blodårene. Økt inntak av flerumettet fett, for eksempel omega-3, har redusert antallet hjerte- og karsykdommer.

Gassutvekslingssystemet består av luftrøret, bronkiene og lungene. Gassutveksling vil si opptak av O\2 og utskilling av CO\2 Det skjer ved diffusjon i lungeblærene.

De to lungene ligger i brysthulen. Lungene våre utvider seg og blir fylt med luft når mellomgulvet blir trukket ned og brystkassen blir utvidet.

Sykdommer som kan ramme luftveiene, er blant annet kols, lungekreft og astma.

Fordøyelseskanalen består av spiserøret, magesekken, tynntarmen, tykktarmen og endetarmen. Fordøyelse vil si at de ulike næringsstoffene i maten spaltes til enklere forbindelser.

Kostholdet er grunnlaget for kroppens mange funksjoner. Vi bør derfor prøve å ha et variert kosthold, slik at vi får i oss alle de stoffene vi trenger.

Ekskresjonssystemet består av nyrene, urinlederne, urinblæren og urinrøret. Ekskresjon vil si å fjerne nitrogenholdige avfallsstoffer. De skilles ut som urin.

Osmoregulering vil si regulering av vann- og saltinnholdet i kroppen. Urinkonsentrasjonen og urinmengden blir regulert av hormonet ADH, som produseres i hypotalamus.

Skjelettet vårt består av 206 knokler. Knoklene har ulike former: rør, flate og uregelmessige. I beinmargen inni knoklene produseres blodcellene. Knoklene i skjelettet er forbundet med hverandre i ledd.

Skjelettet, senene og den tverrstripete muskulaturen samarbeider slik at vi klarer å bøye og rette ut leddene våre. Muskelcellene inneholder proteinene aktin og myosin. Når de to proteinene beveger seg mot hverandre, blir muskelen kortere. Denne sammentrekningen er energikrevende.

Trening gir bedre helse og sterkere muskler og skjelett.

--- 291 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 10.1

Lag en oversikt over hva blodet består av.

### xxx3 Oppgave 10.2

1. Forklar hvordan hemoglobin er bygd opp.
2. Finn ut mer om anemi og beskriv denne tilstanden.

### xxx3 Oppgave 10.3

Hva blir transportert i blodet?

### xxx3 Oppgave 10.4

Tegn og forklar koagulasjon av blod.

### xxx3 Oppgave 10.5

Gi en beskrivelse av hvor blodet beveger seg fra det forlater venstre hjertekammer, til det kommer tilbake til høyre forkammer.

### xxx3 Oppgave 10.6

Hva kalles tilstanden der kransarteriene blir tette? Hvordan kan denne tilstanden behandles?

### xxx3 Oppgave 10.7

Diskuter etiske dilemmaer ved å bruke organer som hjerteklaffer fra dyr til behandling av mennesker.

### xxx3 Oppgave 10.8

Forklar disse ordene: \_hvilepuls, slagvolum og blodtrykk\_.

### xxx3 Oppgave 10.9

Mål din egen hvilepuls, og mål så pulsen etter at du har gått opp noen trapper eller løpt et stykke. Sammenlikn med medelevene dine.

### xxx3 Oppgave 10.10

1. Finn ut hva det vil si å ha arytmi.
2. Pacemaker og hjertestarter kan brukes i behandlingen av hjertesyke. Hvordan virker disse to hjelpemidlene?

### xxx3 Oppgave 10.11

1. Hva er forskjellen på systolisk blodtrykk og diastolisk blodtrykk? Hva er normalt for disse to trykkene?
2. De fleste får økende blodtrykk med alderen. Hva kan det komme av?

### xxx3 Oppgave 10.12

For mye jern i kroppen kalles hemokromatose. Finn ut mer om denne sykdommen.

### xxx3 Oppgave 10.13

Slik skriver vi reaksjonen ved aerob celleånding, altså forbrenning:

glukose + oksygen -> karbondioksid + energi

Forklar hvordan du får i deg stoffene på venstre side i reaksjonen, og hvordan du blir kvitt stoffene på høyre side.

### xxx3 Oppgave 10.14

Hvorfor har vi hår i nesen og luftveiene?

### xxx3 Oppgave 10.15

Finn ut hva det vil si at en lunge blir punktert. Hva skal du gjøre dersom du kommer til et ulykkessted der noen har punktert en lunge?

### xxx3 Oppgave 10.16

Forklar hvordan respirasjonssenteret i den forlengede marg regulerer pustingen vår.

### xxx3 Oppgave 10.17

1. Hvilke oppgaver har bukspyttkjertelen i fordøyelsessystemet?
2. Bukspyttkjertelen er også en endokrin kjertel. Hva betyr det?

### xxx3 Oppgave 10.18

Hvorfor er det viktig å ha «snille» bakterier i tarmsystemet?

### xxx3 Oppgave 10.19

Vurder og diskuter ulike dietter dere finner informasjon om på Internett.

### xxx3 Oppgave 10.20

1. Hva er forurin?
2. Nyrene skiller hvert døgn ut nesten 200 liter forurin. Likevel tisser vi ikke så mye. Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 10.21

1. Finn ut hva slags sykdommer som kan påvises ved hjelp av en urinprøve. Du kan eventuelt gå til et apotek og få informasjon der.
2. Hvorfor kan graviditet fastslås ut fra en urinprøve?

### xxx3 Oppgave 10.22

Noen personer har behov for en beinmargstransplantasjon. Bruk kilder og finn ut hvorfor.

### xxx3 Oppgave 10.23

1. Bøyemusklene og strekkemusklene samarbeider. Forklar dette med et eksempel.
2. Forklar i detalj hvordan en muskel kan bevege et ledd.

### xxx3 Oppgave 10.24

Tegn og forklar hva som skjer med aktin og myosin i en tverrstripet muskelcelle når cellen trekker seg sammen, og når den strekker seg. Kreves ATP til disse reaksjonene?

### xxx3 Oppgave 10.25

1. Hva er den anbefalte mengden daglig fysisk aktivitet for ungdom, ifølge Helsedirektoratet?
2. Gjennomfør en undersøkelse blant noen av elevene på skolen. Hvor fysisk aktive er de i forhold til anbefalingene som er gitt?

--- 292 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 10.1 Disseksjon av nyrer

\_Utstyr:\_

Nyre fra gris, sau eller annet pattedyr

Skarp kniv

Nytt barberblad

Stereolupe

Objektglass

Dekkglass

(Mikroskop)

Metylenblått

Petriskål

#### xxx4 Teori og hensikt

Nyrene er godt utviklede ekskresjonsorganer hos mennesker og dyr. Pattedyr har to nyrer. De ligger i bukhulen, på ryggsiden. Nyrer fra gris, sau eller andre pattedyr er enkle å studere, og de er ganske lik nyrene hos mennesker.

Bilde: figur

Forklaring: Tre tegninger:

1. En nyre skjæres på langs med kniv.

2. En halv nyre, med nyrebark ytterst og samlerør innenfor.

3. Snitt en tynn skive: Bruk barberbladet som høvel ved å legge det så flatt som mulig på snittflaten.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Få tak i nyrer fra et slakteri, en gård eller en matbutikk.

-- Del en nyre på langs i to halvdeler. Tegn det du ser, og sett navn på de forskjellige delene. Du får hjelp ved å studere figurene ovenfor.

-- Bruk et skarpt barberblad og snitt en så tynn skive som du klarer, fra en del av nyren (se figuren).

-- La snittet ligge i en petriskål med metylenblåttløsning i ca. 15 minutter. Skyll det så i vann og studer det i en stereolupe. Metylenblått farger blodårenøstene, slik at de blir lettere å se.

-- Tegn det du ser, og sett på navn på delene.

#### xxx4 Oppgaver

-- Lag en tabell over de forskjellige delene av en nyre. Lag din egen tegning. Skriv hvilke funksjoner hver del har.

-- Hvorfor er det så farlig å få skadet nyrene? Hvilke nyreskader finnes?

-- Finn ut hva slags organer som kan transplanteres fra én person til en annen.

Rydding og rengjøring er spesielt viktig etter en slik øving. Alle i gruppen har et felles ansvar for at avfallet blir pakket godt sammen i tette bæreposer og lagt i søppelsekker.

Bord og utstyr vaskes grundig. Vask også opp blodsøl på gulvet.

--- 293 til 401

### xxx3 Ø 10.2 Disseksjon av hjerte og lunger

\_Utstyr:\_

Laboratoriefrakk, engangshansker

Hjerte/lunger med strupehode og tunge (mange slakterier kan skaffe)

Kniv

Saks

Pirkenål

Pinsett

Gummislange

Avis/plast til underlag

Linjal, vekt

Bilde: figur

Forklaring: Tegning av hjerte som viser aorta, lungearteriene, lungevener, venstre forkammer, venstre hjertekammer, høyre hjertekammer, høyre forkammer, klaffer og øvre hulvene.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Finn hjertet, lungene, mellomgulvet (hvis det er med), strupehodet, luftrøret og tungen.

-- Ta tak rundt strupehodet (hard klump rett under tungen) og løft hjerte-/lungeslaget, slik at tunga peker fra deg. Nå blir lungene og hjertet hengende slik det var inni dyret, med baksiden mot deg. Plasser hjerte-/lungeslaget på bordet med framsiden opp. Finn høyre og venstre side av hjertet.

-- Slik lungene er nå, er det forholdsvis lite luft i dem, og volumet av de to lungene er relativt lite. Dere skal blåse opp lungene. Stikk en slange ned i luftrøret. Tett godt rundt med hånden. Blås i slangen og hold for åpningen. Vær forsiktig, slik at fukt eller væske i bronkiene ikke spruter ut når du slutter å blåse. Tett godt igjen. Hvor mange ganger øker volumet når lungene er blåst opp?

-- Ved å stikke gummislangen inn i luftrøret nedenfra skal dere kunne lage saue- eller griselyder. Klem rundt røret, slik at det blir tett. En person blåser mens en annen klemmer rundt strupehodet, slik at spalten blir trang. Varier trykket til dere er fornøyde med lyden.

-- Ligger hjertet midt i kroppen? Er hjerte- / lungeslaget symmetrisk? Undersøk hjertet. Finn blodårer som leder til hjertet, og blodårer som leder fra hjertet. Stikk en blyant eller en finger inn i åpningen på de forskjellige blodårene. Hvor leder de ulike blodårene?

-- Se på tegningen av pattedyrhjertet. Bruk tegningen og hjertet til å repetere navnene på de forskjellige årene og hvor de leder blodet. Finn kransarteriene. De er lett synlige som mørke streker på overflaten av hjertet. Repeter også navnene på de ulike delene av hjertet.

-- Løsne hjertet fra resten av organene. Få med så lange årer som mulig. Vei hjertet og noter vekten i gram.

-- Lag en skisse av hjertet og sett på målene: høyde, bredde og tykkelse.

-- Undersøk arteriene som fører blod ut fra hjertet. Stikk en finger gjennom arteriene og helt ned i hjertet. Vær forsiktig så du ikke ødelegger klaffene. Hvilke kammer kommer de to arteriene fra? Hvor tykke er veggene? Kjenn på dem. De er elastiske.

-- Undersøk venene som leder blod tilbake fra kroppen og til hjertet. De har tynne vegger. Hvilke kammer leder årene inn i?

--- 294 til 401

-- Åpne hjertet. Snitt det i to vertikalt, slik at du ser de to forkamrene og de to hjertekamrene. Legg merke til hvor små forkamrene er.

-- Du kan se klaffene som stenger åpningen mellom for- og hjertekamrene. Studer klaffene mellom hjertekamrene. Hvorfor kalles de seilklaffer? Lag en enkel tegning.

-- Hvor tykke er veggene i hjertekamrene? Er de like tykke overalt?

-- Luftrøret leder luften ned i lungen. Deretter fordeles luften til hver lungeblære. Repeter navnene på de ulike delene av lungen og luftrøret.

-- Bruk en saks og klipp av noen ringer av luftrøret. Hvordan er luftrøret bygd opp?

-- Klipp opp luftrøret på langs og klipp nedover langs forgreiningene mot lungen. Studer hvordan luftrøret forgreiner seg.

-- Lag en skisse som viser hvordan luftrøret og luftrørsgreinene ser ut og deler seg opp.

-- Mennesker og dyr lager lyder ved å presse luft gjennom den trange spalten som danner stemmebåndene. Hvor sitter stemmebåndene?

-- Spiserøret er ganske mykt, ikke stivt som luftrøret. Det er rødt utvendig og lysere innvendig. Det ligger på baksiden av luftrøret. Finn spiserøret.

-- Hvordan får dyret sortert luften til luftrøret og maten til spiserøret? Hvilke typer vev finner vi i spiserøret?

-- Undersøk tunga. Hvordan er overflaten?

-- Mellomgulvet er en flat muskel som er dekket av bindevev. Finn denne muskelen og undersøk hvordan muskelfibrene ligger i mellomgulvet.

Rydding og rengjøring er spesielt viktig etter en slik øving. Alle i gruppen har et felles ansvar for at avfallet blir pakket godt sammen i tette bæreposer og lagt i søppelsekker.

Bord og utstyr vaskes grundig. Vask også opp blodsøl på gulvet.

#### xxx4 Oppgaver

-- Hvilken type vev består hjertet av?

-- Hvorfor er veggene i forkammeret tynnere enn veggene i hjertekammeret?

-- Hvorfor er høyre og venstre hjertekammer ulike?

-- Hvor store ble lungene sammenliknet med før?

-- Forklar det som skjer i lungeblærene.

-- Hvilken oppgave har kransarteriene?

-- Hvilke sykdommer forbinder vi med disse blodårene? Hva slags kosthold og livsstil framskynder slike sykdommer?

-- Dere har sett at det er stor forskjell på arterier og vener. Diskuter hvorfor de er forskjellige. Hvilken betydning har det at arteriene er elastiske?

-- Hvordan virker klaffene i og rundt hjertet?

#### xxx4 Konklusjon

Skriv en konklusjon: Hva har du lært?

--- 295 til 401

# xxx1 Kapittel 11: Menneskets immunforsvar

\_Du skal kunne:\_

-- gjøre greie for hvordan immunforsvaret og andre deler av infeksjonsforsvaret virker

-- diskutere problemstillinger som gjelder organdonasjoner og medisinske kriterier for død

Har du noen gang stått ved siden av en person som hoster og nyser? «God bedring», sier du kanskje – og håper at du ikke blir smittet. I luften rundt ham vil det være ørsmå dråper av snørr og spytt, fulle av de virusene og bakteriene som finnes i slimet i nesen og spyttet i munnen. Når disse dråpene treffer slimhinnene dine, kan virus og bakterier trenge gjennom slimhinnene og inn i kroppen din. Kroppen har flere måter å stanse disse inntrengerne på for å hindre at du blir syk.

Hvis et organ svikter, kan man i noen tilfeller transplantere inn et friskt organ for å erstatte det ødelagte organet. I begynnelsen vil kroppen oppfatte det transplanterte organet som en inntrenger. Da må immunforsvaret dempes med medisiner.

Bilde: foto

Bildetekst: Bildet viser H1N1-virus, som er et influensavirus.

--- 296 til 401

## xxx2 11.1 Immunforsvaret

For at en kropp skal kunne holde seg i live, er den avhengig av å beskytte seg mot mikroorganismer. Mennesker med svekket infeksjonsforsvar, for eksempel mange kreftpasienter, blir syke av mikroorganismer de fleste av oss ikke merker. Vi mennesker omgir oss med et stort antall mikroorganismer som bakterier, virus, sopp og parasitter. Noen av mikroorganismene har fast tilhold på kroppen vår, på huden, på slimhinnene i tarmen, i øvre deler av luftveiene og i skjeden. At mikroorganismene har tilhold på kroppen vår kalles \_kolonisering\_. Det er normalt å være kolonisert med mikroorganismer. Det skjer først i forbindelse med fødselen. Da blir barnet kolonisert med de samme mikroorganismene som moren har i skjeden og ved endetarmen. Mikroorganismene som naturlig lever på kroppen vår, har mange viktige oppgaver, inkludert å beskytte oss mot andre og sykdomsframkallende mikroorganismer. Vi får også daglig kontakt med mikroorganismer gjennom maten vi spiser, gjennom luften og via andre mennesker. Hvis mikroorganismer trenger inn i kroppen vår, inn i vevet, kalles det en \_infeksjon\_. Da kan vi bli syke. Evnen til å kunne stå imot en infeksjon av en mikroorganisme uten å bli syk kalles \_immunitet\_.

Det finnes veldig mange ulike mikroorganismer, men som oftest er det bare én bestemt type som er ansvarlig for én bestemt infeksjonssykdom. Det er derfor vanlig å snakke om at én mikroorganisme har infisert kroppen og må fjernes av kroppens forsvar, selv om det ved en infeksjon vanligvis er veldig mange kopier av den samme mikroorganismen som må fjernes.

Bilde: foto

Forklaring: Kvinne med nesen i et papirlommetørkle.

Bildetekst: Hvis mikroorganismer kommer inn i vevet og cellene i kroppen, kan vi bli syke.

Margtekster:

-- Immunforsvaret kalles også immunsystemet.

-- Mikroorganismer er organismer som er så små at vi bare kan se dem i mikroskop.

-- Immun (latin), av \_in\_ (ikke) og \_munis\_ (plikt eller byrde), betyr «fri for byrder, unntatt skatt, uimottakelig for sykdom».

### xxx3 Immunforsvarets oppgaver

\_Immunforsvaret\_ er en viktig del av kroppens beskyttelse og tiltak mot infeksjoner. Immunforsvarets celler er særlig knyttet til blodet, beinmargen og lymfesystemet (se side 315). Spredt rundt i kroppen finnes lymfevev. Der møtes spesialiserte celler, utveksler informasjon og forbereder seg på å forsvare kroppen. Mange andre av kroppens organer bidrar også i infeksjonsforsvaret: Leveren lager mange viktige immunforsvarsmolekyler, blodåreveggen er viktig ved betennelse, og nervesystemet er viktig for å regulere blant annet feber.

Immunforsvaret har tre viktige oppgaver. Den ene er å \_gjenkjenne\_ mikroorganismer. Den andre er å \_fjerne\_ mikroorganismer som har trengt inn i vevet. Og den tredje oppgaven er å \_huske\_ det første møtet med en mikroorganisme, slik at det går raskere å fjerne den neste gang den kommer. Immunforsvaret er derfor utstyrt med spesialiserte celler og molekyler som gjenkjenner fremmede mikroorganismer og stoffer.

Det høres kanskje rart ut å gjenkjenne fremmede, men det er nødvendig fordi immunforsvarets virkemidler også kan skade kroppen selv. Immunforsvaret må klare å skille det som er eget, fra det som er fremmed.

--- 297 til 401

Infeksjonsforsvaret omfatter både immunforsvaret og andre organer som bidrar til kroppens forsvar. Det lærer seg at det ikke skal reagere på det som er eget, altså egne celler, men bare reagere på det som er fremmed.

Blåtekst: Immunforsvaret er en viktig del av kroppens beskyttelse og tiltak mot infeksjoner. Immunforsvaret skal gjenkjenne og fjerne en fremmed mikroorganisme, men det skal også huske den, slik at det går raskere å fjerne den neste gang den kommer inn i kroppen.

Margtekst: Infeksjonsforsvaret omfatter både immunforsvaret og andre organer som bidrar til kroppens forsvar.

### xxx3 Medfødt og tilpasset immunforsvar

Alle levende organismer trenger å forsvare seg mot andre organismer. Selv mikroorganismer har et infeksjonsforsvar. Deler av vårt immunforsvar er derfor evolusjonsmessig svært gammelt og finnes igjen også hos mer primitive dyr. Denne delen av immunforsvaret kalles det \_medfødte\_ immunforsvaret. (Tidligere ble dette kalt det \_uspesifikke\_ immunforsvaret.) Det medfødte immunforsvaret kan gjenkjenne mikroorganismer og fjerne dem, men har liten eller ingen evne til å huske tidligere møter med en bestemt mikroorganisme.

Mennesker og alle andre virveldyr har også et \_tilpasset\_ immunforsvar\_. (Tidligere ble dette kalt det \_spesifikke\_ immunforsvaret.) Dette immunforsvaret utvikler seg fra fødselen av og gjennom hele livet. Det tilpassede immunforsvaret kan gjenkjenne mikroorganismer og fjerne dem i samarbeid med det medfødte immunforsvaret. Men i tillegg har det tilpassede immunforsvaret evne til å huske tidligere møter med mikroorganismer, slik at neste gang de kommer inn i kroppen, fjernes de mye raskere. Det vil si at vi får en ekstra god beskyttelse mot infeksjon. Beskyttelsen kan vare en kortere periode eller resten av livet. Det er det tilpassede immunforsvaret som er årsaken til at vaksiner (se side 317) virker.

Ved en infeksjon, altså når en mikroorganisme har trengt inn i kroppens vev, vil immunforsvaret reagere på mikroorganismen. Immunforsvaret bruker både spesialiserte \_immunceller\_, mange av dem er hvite blodceller, og spesialiserte stoffer (blant annet \_antistoffer\_) for å stanse mikroorganismene, og deretter bryte dem ned og fjerne dem.

Immunforsvaret har også som oppgave å beskytte kroppen mot kreft. Normalt skal cellene i kroppen vokse, dele seg og dø etter et fastlagt mønster. Celler som deler seg for ofte eller dør for sjelden, kalles kreftceller. Slike celler vil inneholde mutasjoner i enkelte gener. Det vil gi enkelte endrede proteiner inni cellene, og slike endringer kan i noen tilfeller immunforsvaret oppdage som fremmede proteiner.

Blåtekst: Immunforsvaret deles i medfødt og tilpasset immunforsvar. Immunforsvaret bruker både spesialiserte immunceller og spesialiserte stoffer for å stanse, bryte ned og fjerne mikroorganismene. Immunforsvaret har også som oppgave å beskytte kroppen mot kreft.

--- 298 til 401

En oversikt over immunforsvaret og viktige celletyper

Tabell omgjort til lister:

\_Immunforsvaret\_

Medfødt immunforsvar:

-- Ytre forsvar: Hindrer mikroorganismer i å trenge inn i kroppen

-- Indre forsvar: Tar seg av mikroorganismer som allerede er kommet inn i kroppen. Reagerer på molekyler som er felles for en rekke mikroorganismer.

Tilpasset immunforsvar:

-- Reagerer på alle fremmede molekyler (proteiner) som er forskjellige fra proteinene som kroppen lager selv. De fremmede proteinene, som kalles antigener, kan sitte festet på overflaten av mikroorganismer eller flyte fritt i blodet. Spesialiserte reseptorer på lymfocytter gjenkjenner antigenene.

Virkemidler:

-- Hud

-- Slimhinner

-- Flimmerhår (cilier)

-- Stoffer som talg, slim og magesyre

-- Fagocytter. To viktige typer er makrofager og dendrittiske celler

-- Stoffer i blodet som lager hull i cellemembraner

-- Stoffer (bl.a. interferoner) som skilles ut fra virusinfiserte celler og som hindrer virus i å formere seg

Lymfocytter:

B-celler: Gjenkjenner et fremmed antigen direkte ved hjelp av antigenreseptor/antistoff som passer til antigenet.

Flere typer B-celler, de viktigste er:

-- Hvilende, nye B-celler med antigenreseptorer festet i overflaten

-- B-hukommelsesceller med antigenreseptorer festet til overflaten

-- Plasmaceller som produserer store mengder antistoffer som slippes ut i blodet eller vevet. Har ikke antigenreseptorer i overflaten

T-celler: Gjenkjenner kun antigener bundet til MHC-molekyler i overflaten på kroppens egne celler. Har antigenreseptorer festet til overflaten.

Flere typer T-celler, de viktigste er:

-- T-hjelpeceller, som påvirker andre lymfocytter i immunforsvaret slik at antigenet fjernes

-- T-drepeceller, som dreper celler med fremmede antigener som passer til antigenreseptoren

-- Både T-hjelpeceller og T-drepeceller danner T-hukommelsesceller

### xxx3 Immunceller dannes i beinmargen

Alle de hvite blodcellene er immunceller. Både hvite blodceller, røde blodceller og blodplater blir hele tiden fornyet ved at \_stamceller\_ i beinmargen deler seg (se figuren på neste side). Stamcellene i beinmargen kan få datterceller, som utvikler seg til de blodcelletypene kroppen har behov for. I kroppen blir behovet for de forskjellige celletypene registrert. Dette behovet bestemmer hva stamcellene skal produsere. I en frisk, voksen person produseres det 100 milliarder nye blodceller hver dag.

Av immuncellene er \_fagocytter\_ og \_lymfocytter\_ de viktigste. Noen fagocytter modnes ferdig i beinmargen før de slippes ut i kroppen. Andre fagocytter modnes ferdig først når de er ute i vevet. Der kan de også dele seg og bli flere. Det fins to hovedtyper lymfocytter: B-celler og T-celler. B-cellene modnes i beinmargen, og T-cellene modnes i brisselen (thymus).

Blåtekst: Hvite blodceller blir hele tiden fornyet ved at stamceller i beinmargen deler seg. Alle hvite blodceller er immunceller. De viktigste er fagocytter og lymfocytter (B- og T-celler).

Bilde: figur

Bildetekst: Blodceller utvikler seg fra stamceller i beinmargen.

Forklaring: Blodstamcelle i beinmargen blir til lymfocyttstamcelle eller stamcelle for alle blodceller unntatt lymfocytter. Lymfocyttstamcelle blir til T-celle eller B-celle. Den andre typen stamcelle blir til røde blodceller, blodplater, dendrittisk celle eller makrofag.

Margtekster:

-- Brisselen er et lite lymfeorgan som ligger rett over hjertet.

-- B-celler har fått navnet etter beinmargen, der de dannes og modnes, mens T-celler har fått navnet etter thymus (brisselen på norsk), der de utvikler seg og modnes.

--- 299 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en mikroorganisme?
2. Forklar begrepet \_kolonisering\_. Når skjedde den første koloniseringen av kroppen din?
3. Forklar begrepene \_infeksjon\_ og \_immunitet\_.
4. Hvilke tre viktige oppgaver har immunforsvaret?
5. Klarer immunforsvaret ditt å skille fremmede celler fra dine egne celler? Forklar.
6. Bruk tabellen på forrige side til å lage en oversikt over det medfødte og det tillærte immunforsvaret og forklar forskjellene på dem.

## xxx2 11.2 Det medfødte immunforsvaret

Det medfødte immunforsvaret reagerer på alle mikroorganismer eller molekyler som det oppfatter som fremmede eller farlige. Oppgaven er å hindre mikroorganismene i å trenge inn i vevet og eventuelt cellene i kroppen. Vi kan dele det medfødte immunforsvaret inn i en ytre og en indre del.

### xxx3 Det medfødte ytre forsvaret

Forsvaret begynner allerede ved kroppens ytterste grenser, ved \_huden\_ og \_slimhinnene\_. Det er her kroppen møter mikroorganismene først. Vi kaller dette for \_det ytre forsvaret\_. Yttergrensene hindrer mikroorganismene i å trenge inn i kroppsvevet. Menneskekroppen er dekket av tørr, tett hud. Når den er uten rifter, sår og skader, gir den god beskyttelse. I den ytterste delen av huden ligger cellene tett sammen og hindrer mikroorganismer og stoffer i å slippe inn i kroppen. I huden har vi kjertler som skiller ut talg som hindrer mange mikroorganismer i å vokse og trives på huden.

--- 300 til 401

Huden er dessuten kolonisert med våre egne mikroorganismer, som også hindrer fremmede i å slå seg ned der.

Alle hulrom i kroppen som har åpning mot omverdenen, er dekket av slimhinner. Dette gjelder luftveiene, fordøyelseskanalen, de indre kjønnsorganene og urinveiene. Slimhinnene er dekket av slim som fanger opp mikroorganismer og hindrer dem i å trenge inn i vevet. Slimet inneholder stoffer som kan ødelegge cellemembranen hos mange mikroorganismer.

I nesen og de øverste delene av luftveiene fanger slimet opp støv og mikroorganismer som vi puster inn. Her har cellene i slimhinnen i tillegg flimmerhår (cilier) som frakter slimet mot svelget, slik at vi kan få blant annet bakterier vekk fra luftveiene og over i magen og tarmen. Det bidrar til å holde lungene frie for bakterier, slik at vi ikke får lungebetennelse.

I magesekken skiller slimhinnen ut både slim og magesyre. Magesyre er vanlig saltsyre, HCl. Den har en pH på 1,5, noe som gjør at de fleste mikroorganismene blir drept. Miljøet i urinveiene og vagina er også tilstrekkelig surt til å begrense vekst av mikroorganismer. Av og til svikter slimhinnens forsvarsmekanismer. For eksempel kan bakterier feste seg på overflatecellene i luftveiene og på den måten trenge inn i vevet og gi infeksjon. Det kan føre til lungebetennelse. Hvis ikke alle bakteriene blir drept av magesyren, kommer de videre til tynntarmen. Da kan vi få diaré.

Blåtekst: Det medfødte ytre forsvaret består av tett, tørr hud som skiller ut talg, og slimhinner som skiller ut slim, magesyre og andre stoffer som virker på mikroorganismene.

Bilde: foto

Bildetekst: En tett hud uten skader gir oss god beskyttelse.

Bilde: foto

Bildetekst: Flimmerhårene i luftrøret frakter opp slim som har fanget inn støv og bakterier som vi puster inn.

### xxx3 Det medfødte indre forsvaret

Det indre forsvaret slår til hvis mikroorganismene kommer inn i kroppen, for eksempel gjennom rifter og sår i huden, gjennom luftveiene eller andre slimhinner. Det indre forsvaret omfatter både bestemte typer hvite blodceller og proteiner som angriper inntrengere.

Den medfødte delen av det indre forsvaret reagerer raskt sammenliknet med det tilpassede forsvaret. I blodet og i alle typer cellevev finnes fagocyttene, \_spisecellene\_. De er hvite blodceller som går til angrep på mange ulike mikroorganismer. Ved behov kan fagocyttene flytte seg fra kapillærårene til vevet rundt.

Fagocyttene skiller mikroorganismer fra kroppens egne celler gjennom å binde seg til molekyler i overflaten av mikroorganismen. Slike molekyler er felles for en rekke mikroorganismer, men finnes ikke på overflaten av menneskeceller. Hos bakterier består molekylene gjerne av glykoproteiner og glykolipider (se side 146) som finnes i bakterienes cellevegg, utenpå cellemembranen.

--- 301 til 401

Når fagocyttene oppdager fremmede mikroorganismer, forsøker de å uskadeliggjøre dem ved å la cellemembranen omslutte bakterien. Det kalles \_fagocytose\_, cellespising. En fagocytt kan spise opptil 20 bakterier om gangen. Fagocyttene spiser også døde kroppsceller, gamle røde blodceller, virusinfiserte celler og noen kreftceller. Disse cellene har endret overflaten sin og blir derfor oppfattet som fremmede.

Fagocyttene består av flere ulike celletyper. \_Makrofagene\_ er store celler som finnes i de fleste typer vev i kroppen. Her ligger de i årevis, klare til å bekjempe infeksjoner. En annen viktig type fagocytter er \_dendrittiske celler\_. Det er celler med utløpere. De finnes særlig i vevet under alle kroppens overflater. De registrerer fremmede mikroorganismer og er helt avgjørende for å sette i gang en \_immunrespons\_, det vil si en reaksjon på den fremmede mikroorganismen. Både makrofager og dendrittiske celler er viktige for å stimulere det tilpassede immunforsvaret.

Det medfødte indre immunforsvaret omfatter også spesielle proteiner som enten skader eller merker mikroorganismer direkte. Disse proteinene finnes i blodet og binder seg til molekyler på overflaten av mikroorganismen som har kommet inn i kroppen. Det setter i gang en serie reaksjoner som kan ende med at cellemembranen til inntrengeren blir ødelagt. Mikroorganismer som har slike proteiner festet til seg, vil tiltrekke seg fagocytter, som spiser inntrengerne.

Alle celler i kroppen bidrar til det medfødte immunforsvaret og har evne til å reagere på en virusinfeksjon. Når en celle blir virusinfisert, kan den skille ut proteiner, \_interferoner\_, som varsler nabocellene om at det er en virusinfeksjon på gang. Interferonene påvirker de friske nabocellene og får dem til å endre seg, slik at viruset blir hindret i å formere seg. For eksempel vil interferoner få celler til å lage «lurebyggesteiner», slik at virusets arvestoff ikke blir produsert på riktig måte lenger. Denne reaksjonsmåten er ikke knyttet til et bestemt virus, derfor bidrar den til å bekjempe mange ulike virusinfeksjoner, for eksempel forkjølelse og influensa.

Blåtekst: Det medfødte indre forsvaret virker raskt og angriper mikroorganismene som kommer inn i kroppen. Dette forsvaret omfatter både bestemte hvite blodceller (fagocytter) og proteiner. Fagocyttene fjerner mikroorganismer ved fagocytose, cellespising.

Bilde: figur

Bildetekst: Fagocytose

Margtekster:

-- Fagocytose er en form for endocytose. Det kan du lese om på side 155.

-- \_Makrofag\_ betyr egentlig «storspiser».

-- Dendritt, av \_dendron\_ (gresk) = tre

--- 302 til 401

### xxx3 Betennelse – en viktig del av det medfødte forsvaret

Når et område i kroppen blir skadet, vil celler i vevet slippe ut stoffer som gjør at blodårene utvider seg. Da strømmer det mer blod til skadestedet. I tillegg åpner porer i veggen i kapillærårene seg. Da lekker noe blodplasma ut i vevet rundt blodårene. Vi kan se og kjenne det som rødme, hevelse, smerte og varme. Dette er \_betennelse\_.

Betennelse er kroppens reaksjon på skade. Målet er å reparere skaden best mulig. Signalstoffer fra skadestedet får fagocytter til å vandre ut fra blodårene og inn i vevet. Hvis skadestedet er blitt infisert med mikroorganismer, vil fagocyttene spise mikroorganismene ved fagocytose.

Hvis mange mikroorganismer har kommet inn i vevet, klarer ikke alltid fagocyttene å fjerne alle. Da må det tilpassede immunforsvaret overta. Det er fagocyttene selv som aktiverer det tilpassede forsvaret. Dendrittiske celler er særlig viktige her. De frakter med seg biter av mikroorganismene til nærmeste lymfeknute. Der gir de beskjed til immunceller i det tilpassede forsvaret. De dendrittiske cellene er spesialisert til å være budbringer mellom det medfødte og det tilpassede forsvaret.

Blåtekst: Betennelse er kroppens reaksjon på skade og en viktig del av det medfødte indre forsvaret. Når et område i kroppen blir skadet eller infisert av mikroorganismer, vil stoffer fra cellene i det skadede vevet sette i gang en betennelsesreaksjon, som blant annet inkluderer at fagocytter strømmer til skadestedet. Det begrenser skaden og hindrer mikroorganismer i å spre seg.

Bilde: foto

Bildetekst: I et åpent sår blir det gulaktig puss. Det består av døde og levende fagocytter, døde og levende mikroorganismer og dødt vev.

Bilde: figur

Bildetekst: Huden blir skadet, og mikroorganismer kommer inn i kroppen. Mange fagocytter beveger seg da fra kapillærårene og ut i vevet, der de spiser mikroorganismene.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva består det medfødte ytre forsvaret av?
2. Hvor i kroppen har vi slimhinner, og hvilken funksjon har de?
3. Hva består det medfødte indre forsvaret av?
4. Hva er fagocytter, og hvordan virker de?
5. Hva er interferoner, og når skiller celler ut dette?
6. Forklar hva som skjer når vi får en betennelse.

--- 303 til 401

## xxx2 11.3 Det tilpassede immunforsvaret

Hvis en mikroorganisme kommer inn i vevet og starter å dele seg der, kan livet være truet. Dersom mikroorganismen ikke fjernes av det medfødte immunforsvaret, er vi avhengige av at det tilpassede immunforsvaret stanser inntrengen. Da trenger vi de hvite blodcellene som kalles lymfocytter. De heter lymfocytter fordi det finnes rikelig av dem i \_lymfeårene\_, det vil si årene som frakter overskuddsvæske (lymfe) fra vevet tilbake til blodet.

De to hovedtypene av lymfocytter, B-celler og T-celler, har ulik virkemåte og forskjellige oppgaver. Når en bestemt mikroorganisme kommer inn i kroppen første gang, vil det ta flere døgn før det tilpassede immunforsvaret har rukket å reagere og kan virke for fullt. Så hvis det medfødte immunforsvaret ikke klarer å begrense infeksjonen, tar det som regel minst en uke å fjerne mikroorganismen fra kroppen.

Ved alvorlige infeksjoner kan tiden det tar før det tilpassede forsvaret er maksimalt virksomt, være kritisk for den syke. I slike tilfeller vil medisiner som stanser mikroorganismene, slik som antibiotika mot en bakterieinfeksjon, være avgjørende for å bekjempe mikroorganismen i tide.

Hvis man allerede har gjennomgått en infeksjon med den bestemte mikroorganismen, eller hvis man er blitt vaksinert mot mikroorganismen, vil det tilpassede immunforsvaret allerede være forberedt og klart til aksjon. Ved en ny infeksjon med den samme typen mikroorganisme vil den raskt bli oppdaget og fjernet, som oftest uten at man merker noe som helst.

Det er bare virveldyrene som har et tilpasset immunforsvar. Virveldyrene spiser variert og beveger seg ofte over store områder. Det gjør dem mer utsatt for forskjellige typer mikroorganismer. De trenger derfor et bedre immunforsvar enn det medfødte immunforsvaret som arves direkte fra foreldrene. Forutsetningen for at virveldyrene kunne oppstå, var derfor at de utviklet et effektivt immunforsvar som ble påvirket av omgivelsene. Resultatet ble det tilpassede immunforsvaret.

Blåtekst: Det tilpassede immunforsvaret består av B-celler og T-celler. De kan reagere på mikroorganismer og virusinfiserte celler. Hvis mikroorganismen er ny for kroppen, vil det ta flere døgn før det tilpassede forsvaret virker for fullt. Hvis vi har vært infisert av mikroorganismen tidligere, eller hvis vi er vaksinerte mot mikroorganismen, vil det tilpassede immunforsvaret være forberedt og fjerne mikroorganismen raskt, som oftest uten at vi merker noe som helst.

Bilde: foto

Bildetekst: Virveldyr har et tilpasset immunforsvar. Bildet viser en steinbit (\_Anarhicas sp.\_).

--- 304 til 401

### xxx3 Antistoff, antigen og antigenreseptor

Lymfocyttenes oppgave er å oppdage og gjenkjenne mikroorganismer, fremmede stoffer og virusinfiserte celler og sette i gang en immunrespons. Før vi fortsetter, må vi se nærmere på tre viktige begreper knyttet til det tilpassede immunforsvaret: \_antistoff, antigen og antigenreseptor\_.

\_Antistoffer\_ er Y-formede proteiner som lages av B-celler. Antistoffene skilles ut av B-cellene og flyter fritt rundt i vevet og blodet. De er det tilpassede immunforsvarets viktigste våpen. På samme måte som du har to like hender festet til kroppen, har et antistoff to like bindingssteder festet til en felles stamme. Bindingsstedene kan feste seg til molekylene (antigenene) som mikroorganismene har på overflaten. Et antistoff kan utnytte de to bindingsstedene sine på to måter. Det kan enten binde seg ett eller to steder på overflaten av den \_samme\_ mikroorganismen. Eller det kan binde seg til \_to atskilte\_ mikroorganismer samtidig. Når et antistoff har bundet seg til én mikroorganisme, fungerer antistoffet som en merkelapp som gir det medfødte immunforsvaret beskjed om å ødelegge mikroorganismen. Når antistoffer i tillegg binder seg til flere mikroorganismer på en gang, dannes det klumper som uskadeliggjør mikroorganismene.

\_Antigener\_ er molekyler som får B-celler til å danne antistoffer. Antigener har fått navnet sitt fra at dette er stoffer som får B-celler til å \_generere antistoffer\_, men antigener omfatter også molekyler som T-celler reagerer på. En mikroorganisme inneholder mange ulike antigener.

\_Antigenreseptor\_ er proteiner som er festet i cellemembranen hos noen typer B-celler og hos alle T-celler. Hver B-celle og T-celle har sin unike antigenreseptor. Hver celle har omkring 100.000 identiske kopier av antigenreseptoren sin festet til celleoverflaten. B-celler kan også skille ut frie antigenreseptorer til vevet og blodet. Da kaller vi dem ikke lenger antigenreseptorer, men antistoffer. Det leste du om ovenfor.

Lymfocyttene bruker antigenreseptoren sin for å binde seg til eller \_gjenkjenne\_ et bestemt antigen. Vi kan sammenlikne dette med et velkjent fenomen: Antigenet passer til antigenreseptoren som en nøkkel i en lås eller som en hånd i en hanske. Når antigenreseptoren binder seg til antigenet, blir cellen stimulert til å dele seg. I motsetning til antistoffer og antigenreseptoren til B-celler, har antigenreseptoren hos T-celler bare ett bindested for antigen (se figuren på neste side). Dessuten har T-celler helt spesielle krav til hvordan antigenet skal vises fram, presenteres, for at de skal reagere på det. Det skal vi snart komme tilbake til.

--- 305 til 401

Blåtekst: Antigener er molekyler som får B-celler til å skille ut antistoffer, og som T-celler også reagerer på. Antistoffer skilles ut av en bestemt type B-celler og flyter fritt i vevet og blodet. Andre B-celler har antigenreseptorer i overflaten. En B-celles antigenreseptor er identisk med det tilsvarende frie antistoffet. T-cellers antigenreseptor sitter alltid fast i cellemembranen.

Bilde: figur

Bildetekst: En mikroorganisme kan ha mange ulike antigener festet til overflaten. Det er bare antistoffer med bindingssted som har en fasong som passer til antigenet, som binder seg til antigenet.

Bilde: figur

Bildetekst: T-celler har antigenreseptorer med ett bindingssted. B-celler har antigenreseptorer og fritt antistoff med to bindingssteder. Et antistoff kan binde seg til én eller to mikroorganismer.

Margtekst: Generere = danne.

### xxx3 B-celler

B-cellenes viktigste funksjon er å produsere antistoffer som binder seg til antigener. B-celler utvikles i beinmargen gjennom hele livet.

Nye og hvilende B-celler vandrer fra beinmargen via blodet til lymfe – vevet (se side 315). Vi kaller dem hvilende fordi de ennå ikke har møtt antigenet sitt, så de er ikke blitt stimulert til å skille ut antistoffer. B-cellene holder til i lymfeknutene, milten og i lymfevevet under slimhinnene, blant annet i tarmveggen. I lymfevevet fanges fremmede antigener opp og registreres av både B-celler og T-celler. Når B-cellen har bundet seg til et antigen og samtidig får godkjent-signal fra en T-celle, vil den begynne å dele seg. Den opprinnelige B-cellen kan gi opphav til nærmere 1000 datterceller.

Etter flere runder med celledeling vil B-cellene utvikle seg videre til én av to typer B-celler: \_plasmaceller\_ eller \_B-hukommelsesceller\_ (se figuren på neste side). Plasmaceller har ikke antigenreseptorene festet i overflaten, men skiller dem isteden ut som fritt antistoff. De to typene molekyler er identiske, bortsett fra at antistoffet mangler den delen av molekylet som anti-genreseptoren har for å kunne feste seg til cellemembranen.

Plasmacellene har som oppgave å produsere store mengder antistoff som skilles ut til blodet og vevet. Som tidligere nevnt kan antistoffer binde seg til antigener som sitter på overflaten til en mikroorganisme. Men antistoffer kan også binde seg til frie antigener, for eksempel bakteriegifter, og biter av virus eller bakterier, blant annet i vaksiner. Fordi antistoffer har to armer, blir det store klumper som hemmer mikroorganismene eller bakteriegiften.

--- 306 til 401

Slike klumper av antigen og antistoff blir fjernet ved at fagocytter spiser dem og bryter dem ned.

Noen av B-cellene blir til B-hukommelsesceller. Både B-hukommelsesceller og plasmaceller kan leve i kroppen i lang tid. Plasmacellene sørger for at det stadig produseres litt antistoff som passer godt med mikroorganismene vi tidligere har reagert på etter infeksjon eller vaksine. Det gjør at neste gang mikroorganismen kommer inn i kroppen, er det allerede antistoffer der, klar til å reagere. Siden de ferdig utviklede plasmacellene ikke har antigenreseptor i celleoverflaten, vil de ikke bli stimulert på nytt til å dele seg. Mange av dem vil etter hvert dø. B-hukommelsescellene derimot har antigenreseptor i overflaten og er klare til aksjon neste gang det samme antigenet (for eksempel fra en sykdomsframkallende mikroorganisme) kommer inn i kroppen. De begynner da raskt å dele seg og utvikle seg til nye plasmaceller. Dette fører til rask respons, med stor produksjon av antistoffer allerede etter noen timer. Antistoffer og hukommelsesceller er grunnlaget for immunitet, det vil si at vi ikke får symptomer på infeksjon. Det er også grunnen til at vaksiner kan beskytte mot infeksjon av mikroorganismer vi aldri tidligere har møtt.

--- 307 til 401

Blåtekst: Hvilende, nye B-celler som stimuleres av antigenet som passer til antigenreseptoren deres, kan dele seg og utvikle seg videre til enten plasmaceller eller hukommelsesceller. Plasmaceller skiller ut store mengder antistoffer, men kan ikke stimuleres på nytt. Hukommelsescellene har antigenreseptorene festet i overflaten og kan stimuleres til å dele seg og utvikle seg på nytt. Begge celletypene er viktige for immuniteten.

Bilde: figur

Bildetekst: Hver enkelt B-celle har en unik antigenreseptor som det finnes mange kopier av i celleoverflaten. Dermed passer hver B-celle kun til én type antigen.

Bilde: figur

Bildetekst: Når en B-celle binder seg til et antigen som passer til antigenreseptoren i celleoverflaten, begynner den å dele seg og danne flere B-celler samt antistoff.

### xxx3 Fordypning: Antistoffmodning gjør at immunforsvaret lager antistoffer som passer perfekt til antigenet

Når de umodne B-cellene begynner å dele seg, skjer det samtidig endringer i genene for antigenreseptoren. De to nye B-cellene vil derfor ha antigenreseptorer som er litt forskjellige fra morcellen og også litt forskjellige fra hverandre. Kanskje passer den ene «nye» antigenreseptoren litt bedre til antigenet enn den andre «nye» antigenreseptoren? I så fall vil den ene B-cellen i større grad stimuleres. Den vil dele seg og utvikle seg raskere enn den andre B-cellen, som kanskje ikke stimuleres til å dele seg videre. Dette kalles \_antistoffmodning\_. I løpet av en immunrespons vil vi dermed få antistoffer som passer bedre og bedre til mikroorganismen (eller vaksinen) som startet immunresponsen.

På grunn av antistoffmodning vil mange av de første «dattercellene» til en B-celle som har bundet seg til en mikroorganisme, og som har begynt å dele seg, ha antigenreseptorer som er litt forskjellige både fra den første B-cellen og fra hverandre. Slik vil én enkelt B-celle som reagerer med ett enkelt antistoff, kunne gi flere hundre ulike, men nært beslektede, antistoffmolekyler som kan binde seg til antigenet.

Mikroorganismer endrer seg også ganske ofte på grunn av tilfeldige mutasjoner. Det kan skje i løpet av en infeksjon, eller mikroorganismen kan ha blitt endret siden sist vi ble infisert med den. Hvis antigenet blir endret på grunn av en tilfeldig mutasjon, vil det kanskje ikke binde like godt til den antigenreseptoren som tidligere bandt seg best til antigenet. Likevel er det sannsynlig at ett eller flere av antistoffene som er dannet mot antigenet, fortsatt vil kunne binde seg til det. Antistoffmodning som gir litt ulike varianter av det samme antistoffet, er én av de gode egenskapene ved det tilpassede immunforsvaret. Når vi først har fått dannet antistoffer mot en mikroorganisme gjennom en immunrespons, er det ikke så lett for en mikroorganisme å slippe unna immunforsvaret bare ved hjelp av tilfeldige mutasjoner.

### xxx3 T-celler

Kroppen har flere typer T-celler med ulike funksjoner. To av de viktigste er \_T-hjelpeceller\_ og \_T-drepeceller\_. T-hjelpeceller påvirker og stimulerer andre immunceller, slik at fremmede antigener fjernes. T-hjelpeceller er helt nødvendige for at det tilpassede immunforsvaret skal fungere normalt. T-drepeceller kan ødelegge celler som er infisert av virus, og de kan ødelegge kreftceller. De er også en av årsakene til avstøting av transplanterte organer. Etter at de er aktivert til å dele seg, vil både T-hjelpeceller og T-drepeceller danne \_T-hukommelsesceller\_. T-hukommelsescellene er viktige i forbindelse med immunitet.

T-cellene er avhengige av å gjenkjenne et fremmed antigen på kroppens egne celler for å reagere. I motsetning til B-cellene kan ikke T-celler gjenkjenne et antigen direkte. De kan heller ikke binde seg til frie antigener (for eksempel bakteriegifter) slik B-cellenes antistoffer kan. T-cellene er avhengige av at antigenet er bundet til spesialiserte molekyler, \_MHC-molekyler\_, på celleoverflaten.

--- 308 til 401

Disse molekylene fungerer som et slags serveringsfat eller utstillingsvindu for antigenet.

Blåtekst: T-hjelpeceller og T-drepeceller er to viktige typer T-celler. For at andre immunceller skal reagere, må de få signaler fra T-hjelpecellene. T-drepecellene ødelegger syke eller fremmede celler, slik som kreftceller og celler som er infiserte av virus. Både T-hjelpeceller og T-drepeceller utvikler seg til T-hukommelsesceller etter en immunrespons.

Margtekst: MHC er en forkortelse for Major Histocompatibility Complex. På norsk kaller vi det \_vevstypeantigen\_. MHC er en type overflatemolekyler som finnes hos alle virveldyr, og som definerer vevstypen til individet.

### xxx3 MHC I- og MHC II-molekyler

MHC-molekylenes funksjon er å binde seg til antigenbiter inne i cellene, og frakte disse bitene til overflaten og vise dem fram til T-cellene.

Det finnes to typer av MHC-molekyler: type I og type II. De likner hverandre, men har ulik funksjon. T-drepecellene reagerer på antigener som er bundet til \_MHC I-molekyler\_. Alle celler i kroppen, bortsett fra røde blodceller, har MHC I-molekyler i celleoverflaten. T-hjelpecellene reagerer på antigener som er bundet til \_MHC II-molekyler\_. Det er bare noen få typer celler, hovedsakelig fagocytter (dendrittiske celler og makrofager) og B-celler, som har MHC II-molekyler på celleoverflaten i tillegg til MHC I. De er spesialisert til å vise fram, \_presentere\_, antigener til T-hjelpecellene og dermed sette i gang en immunrespons. Celler med MHC-molekyler på overflaten kalles \_antigenpresenterende celler\_.

MHC I-molekyler inneholder alltid biter av proteiner som cellen de er festet til, har produsert selv. De fungerer derfor som et kikkhull inn i cellen, der T-drepecellene kan sjekke hva som finnes inne i cellene i kroppen. Hvis en celle er virusinfisert, kan T-drepecellene se det ved at det finnes biter av virus i MHC I-molekylene.

--- 309 til 401

På samme måte kan T-drepecellene oppdage kreftceller. Slike celler inneholder muterte gener og dermed endrede proteiner. Hvis de endrede proteinene kan binde seg til MHC-molekylene, kan T-drepecellene også oppdage kreftceller.

T-hjelpecellene er det tilpassede immunforsvarets øverste ledere. Det er de som gir de andre lymfocyttene beskjed om at det er nødvendig å reagere. Når T-hjelpecellens reseptor har bundet seg til antigenet pluss MHC II-molekylet på overflaten av den antigenpresenterende cellen, kan T-hjelpecellen bli aktivert til å skille ut stoffer som er helt nødvendige for at immunresponsen skal starte. De aller fleste B-cellene som har bundet seg til et antigen, er avhengige av denne T-cellehjelpen for å dele seg og danne plasma- og hukommelsesceller (se figur side 312). Stoffene som T-hjelpecellene skiller ut, påvirker også T-drepeceller, slik at de blir aktivert til å drepe virusinfiserte celler. Også makrofagene i det medfødte forsvaret blir aktivert av stoffer fra T-hjelpecellene, slik at de mer effektivt dreper bakterier, eller til og med kreftceller.

Som for B-celler vil både T-hjelpeceller og T-drepeceller aktiveres og modnes når antigenreseptoren har bundet seg til det rette antigenet på et MHC-molekyl. Dette fører til at T-cellen deler seg flere ganger, slik at vi får mange T-celler som kan reagere på det samme antigenet og bidra til å fjerne det fra kroppen. Når antigenet er borte, vil de fleste av disse T-cellene dø i en programmert celledød, \_apoptose\_, men noen blir værende i kroppen som T-hukommelsesceller. Hukommelsescellene lever lenge og er klare neste gang kroppen møter det aktuelle antigenet. Så både B-celler og T-celler bidrar altså til å gjøre oss immune når vi har gjennomgått en infeksjon med en mikroorganisme eller tatt en vaksine.

Blåtekst: T-celler kan ikke gjenkjenne et antigen direkte. De kan heller ikke binde seg til frie antigener. Det fremmede antigenet må først brytes ned til biter inni cellene. Bitene fraktes ut til celleoverflaten bundet til MHC, en spesiell type molekyler som viser fram antigener på celleoverflaten. Vi skiller mellom MHC I og MHC II.

Bilde: figur

Bildetekst: En virusinfisert celle presenterer det fremmede antigenet i et MHC I-molekyl til en T-drepecelle.

Bilde: figur

Bildetekst: En fagocytt, her en makrofag, presenterer det fremmede antigenet i et MHC II-molekyl for en T-hjelpecelle.

Bilde: foto

Bildetekst: Dendrittisk celle. De lange utløperne brukes til å fange opp fremmede antigener som så kan presenteres for T-hjelpeceller. Utløperne er formet som brede flak.

Margtekst: Celler som har MHC II-molekyler på overflaten i tillegg til MHC I, kalles ofte profesjonelle antigenpresenterende celler.

### xxx3 Lymfocyttene må kontrolleres

Det er viktig at immunforsvaret ikke angriper de friske cellene i kroppen. Lymfocytter som ved en feil har dannet antigenreseptorer som gjenkjenner og dermed angriper kroppens egne molekyler, blir derfor fjernet eller holdt under streng kontroll av andre celler. Dette skjer gjennom hele livet og gjør at immunforsvaret normalt ikke angriper kroppens egne celler.

T-celler modnes i brisselen. Produksjonen av modne T-celler er størst i barneårene fram til etter puberteten. I brisselen får hver T-celle sin unike antigenreseptor. Noen T-celler får antigenreseptorer som vil reagere på antigener på kroppens egne celler. Slike T-celler må fjernes, hvis ikke kan de angripe friske celler i kroppen og gjøre oss syke.

--- 310 til 401

Så mye som 98 prosent av de umodne T-cellene dør i brisselen. Bare T-celler som har en antigenreseptor som \_ikke\_ reagerer på kroppens eget vev, får slippe ut av brisselen til blodet. Også ute i kroppen er lymfocyttene under nøye kontroll, blant annet av dendrittiske celler. Slike kontrollmekanismer er utviklet for å hindre at kroppens eget vev angripes av immunforsvaret.

### xxx3 Få må bli mange

Antigenreseptorene til alle lymfocytter sett under ett i et menneske kan gjenkjenne nærmest alle mulige fremmede antigener. Hver enkelt B- og T-celle kan imidlertid bare lage én bestemt antigenreseptor.

Ved en infeksjon vil det medfødte immunforsvaret både forsøke å bekjempe mikroorganismen og gi beskjed til det tilpassede immunforsvaret om at det skal reagere. Mikroorganismer har gjerne mange ulike antigener. De T-cellene og B-cellene som har antigenreseptorer som binder seg til mikroorganismens antigener, vil bli stimulert til å dele seg.

Først når det er produsert mange nok T- og B-celler, vil den aktuelle mikroorganismen bli fjernet. Etter det avsluttes også immunresponsen. Det at noen få lymfocytter må stimuleres til å dele seg og bli mange, gjør at immunresponsen blir tilpasset behovet, men det gjør også at det tar lengre tid før det tilpassede immunforsvaret reagerer mot mikroorganismen. Til gjengjeld er det tilpassede immunforsvaret svært effektivt når det først er aktivert.

Blåtekst: Lymfocytter, det vil si B- og T-celler, kan danne antigenreseptorer mot alle tenkelige antigener, inkludert de som lages av kroppens egne celler. Lymfocytter som kan reagere på kroppens egne antigener, vil derfor bli fjernet eller holdt under nøye kontroll. Lymfocytter vil kun dele seg og bli stimulert til å bekjempe en mikroorganisme etter at de har bundet seg til et antigen som passer til deres antigenreseptor.

### xxx3 Fordypning: Hvordan kan immunforsvaret lage så mange ulike antigenreseptorer?

Hver av oss produserer utrolig mange (flere hundre milliarder) ulike B-celler og T-celler i løpet av livet. Vi har ikke like mange gener med informasjon for å bygge alle disse lymfocyttene med ulike antigenreseptorer. Hvordan klarer da kroppen og immunforsvaret å danne alle disse ulike cellene med ulike antigenreseptorer? I de fleste cellene i kroppen er den genetiske informasjonen den samme. I lymfocyttene derimot blir genene som danner antigenreseptorene, omorganisert, klippet fra hverandre og limt sammen igjen, mens lymfocyttene modnes. Dermed blir sammensetningen av antigenreseptorene forskjellig i de forskjellige lymfocyttene.

Genene for antigenreseptorene som brukes av B- og T-cellene, inkluderer mange korte DNA-biter som likner på hverandre. Disse er oppskrifter på ulike proteindeler som settes tilfeldig sammen til ferdige antigenreseptorer, omtrent slik en bingo- eller lotto-rekke settes tilfeldig sammen. Kombinasjonen av genbitene bestemmer hvordan antigenreseptoren blir. Dermed er bare noen få genbiter nok til å lage det utrolige mangfoldet vi har av lymfocytter med ulike antigenreseptorer.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar begrepene \_antistoff, antigen\_ og \_antigenreseptor\_.
2. Hvilke forskjeller er det på en plasmacelle og en B-hukommelsescelle?
3. Hvilke fordeler gir det oss at vi utvikler hukommelsesceller?
4. T-hjelpeceller og T-drepeceller har forskjellige oppgaver. Beskriv oppgavene hver av dem har.
5. Hva er MHC-molekyler? Hvordan virker de?
6. Hvordan kontrolleres T-cellene slik at de ikke angriper kroppens egne celler?

--- 311 til 401

## xxx2 11.4 Bekjempelse av bakterier og virus

### xxx3 Hvordan kan immunforsvaret bekjempe bakterier?

Bakterier som trenger inn i kroppen, vil først møte fagocytter, først og fremst makrofager og dendrittiske celler, som spiser bakterier ved fagocytose. Det skjer fordi fagocyttene har molekyler i overflaten som gjenkjenner og binder seg til strukturer som er felles for de fleste bakterier, og som våre egne celler ikke har. Denne responsen skjer raskt.

Både antigener fra en bakterie og dendrittiske celler som har spist bakterien, vil gå inn i lymfeårene og fraktes til nærmeste lymfeknute. Her møter de dendrittiske cellene T-hjelpeceller som sjekker om de kjenner igjen antigenet som er bundet til MHC-molekylene på overflaten av den dendrittiske cellen. De T-cellene som gjenkjenner antigenet «sitt», vil bli stimulert til å dele seg og produsere signalstoffer som aktiverer andre immunceller.

--- 312 til 401

I lymfeknuten vil antigenreseptorene i B-cellenes cellemembran binde seg til antigener fra bakterien. Det er bare noen få B-celler som har antigenreseptorer som gjenkjenner antigener som finnes på akkurat denne bakterietypen. Disse B-cellene vil ta opp antigenet ved endocytose og presentere det for T-hjelpeceller på samme måte som de dendrittiske cellene. T-hjelpeceller som allerede er blitt aktivert av de dendrittiske cellene, vil gjenkjenne det samme antigenet på nytt på disse B-cellene. Hver T-hjelpecelle skiller deretter ut signalstoffer som så virker på de antigenpresenterende B-cellene. Signalstoffene får B-cellene til å dele seg flere ganger. En del av disse B-cellene blir til plasmaceller, som lager mye antistoff mot bakterien. Det tar noen dager før denne responsen kommer ordentlig i gang.

Antistoffene som blir laget, binder seg til bakteriene og klumper mange bakterier sammen. Det hindrer bakteriene i å skade kroppens egne celler. Antistoffer fungerer også som en merkelapp som får fagocyttene til å spise bakteriene. Antistoffene kan også sette i gang en serie med kjemiske reaksjoner som gjør at bakterienes cellemembran blir ødelagt. Da dør bakteriene.

Blåtekst: Bakterier som trenger inn i kroppen, blir raskt spist ved fagocytose. Både fagocytter og B-celler med riktig antigenreseptor kan presentere det fremmede antigenet bundet til MHC-molekyler på celleoverflaten. Det vil først gjøre at T-hjelpeceller blir aktivert. De skiller ut signalstoffer som igjen aktiverer andre immunceller og immunresponsen starter for fullt.

Bilde: figur

Bildetekst: Forsvar mot bakterier: En dendrittisk celle tar opp en bakterie ved fagocytose, bryter ned antigenene i bakterien i biter og presenterer antigenet for T-hjelpecellen. T-hjelpecellen skiller ut stoffer som aktiverer B- og T-celler som har antigenreseptorer mot det samme antigenet. Det vil gi antistoff produksjon, og det vil bli utviklet immunceller som alle vil reagere på det fremmede antigenet.

Bilde: figur

Bildetekst: Både makrofager, dendrittiske celler og B-celler kan presentere antigener i MHC II-molekyler på overflaten. Figuren viser et eksempel med en B-celle. Den første gangen bakterien kommer inn i kroppen, har vi bare noen få B-celler med riktig antistoff som binder seg til et antigen på bakterien og tar det opp ved endocytose. Signalstoffer fra T-hjelpeceller gjør at vi får dannet plasmaceller, fritt antistoff og B-hukommelsesceller som raskt kan fjerne det fremmede antigenet neste gang det kommer inn i kroppen.

--- 313 til 401

### xxx3 Hvordan kan immunforsvaret bekjempe virus?

Når et virus kommer inn i kroppen, er det avhengig av å gå inn i cellene for å kunne formere seg. B-cellenes antistoffer kan gjenkjenne frie virus i blod og vevsvæsker. Antistoffene kan binde seg til viruset og hindre det i å infisere celler.

Men straks et virus har gått inn i og infisert en celle i kroppen, er det utilgjengelig for antistoffene. Virusinfiserte celler produserer flere virus. Det gjelder derfor å stoppe dette så fort som mulig. Den eneste sikre måten er å ofre de virusinfiserte cellene – drepe dem rett og slett. Virusinfiserte celler sender ut signalstoffer, interferoner, som gir beskjed til omgivelsene om at de er infisert. Da går makrofager og dendrittiske celler til aksjon. De fjerner infiserte celler og varsler det tilpassede immunforsvaret.

Makrofager og dendrittiske celler kan spise døde celler med virus eller virus som er festet sammen med antistoff i store klumper. Deretter vandrer de via lymfeårene til nærmeste lymfeknute. Her vil makrofagene og de dendrittiske cellene presentere virus-antigener som er bundet til både MHC I- og MHC II-molekyler på celleoverflaten. På den måten får de varslet både T-hjelpecellene og T-drepecellene. I tillegg er det helt avgjørende at T-hjelpecellene skiller ut stoffer som stimulerer de T-drepecellene som reagerer på viruset, og får dem til å dele seg og bli mange. Slike aktiverte T-drepeceller vandrer så ut i kroppen på leting etter virusinfiserte celler.

Virusinfiserte celler lager virus-antigen ut fra informasjon i virusets eget arvestoff. Biter av disse antigenene bindes til MHC I-molekyler på celleoverflaten og gjenkjennes av T-drepecellene med riktig antigenreseptor. Når T-drepecellen på denne måten har bundet seg til den virusinfiserte cellen, skiller den ut stoffer som lager hull i cellemembranen til den virusinfiserte cellen. Det tvinger den virusinfiserte cellen til programmert celledød. Figuren på neste side viser dette.

--- 314 til 401

B-celler med antigenreseptor som passer til antigener fra viruset, kan ta opp antigener ved endocytose og presentere dem i MHC II-molekyler. T-hjelpecellene med den rette antigenreseptoren vil kjenne igjen antigenet og gi B-cellene signal om å dele seg og utvikle plasmaceller som produserer antistoff mot det aktuelle viruset. Dermed settes enda en forsvarsmekanisme mot viruset i gang.

Blåtekst: Virus som har infisert en celle, kan ikke lenger oppdages og uskadeliggjøres av B-cellenes antistoffer. Immunresponsen kommer i gang fordi makrofager og dendrittiske celler presenterer virus-antigenet til T-hjelpeceller, som sender ut signalstoffer som aktiverer T-drepecellene. B-celler med riktig antigenreseptor blir også aktivert av T-hjelpecellene og lager så antistoffer mot viruset.

Bilde: figur

Bildetekst: Forsvar mot virus: Fagocytter, her en dendrittisk celle, tar opp virus og døde virusinfiserte celler ved fagocytose og presenterer virus-antigener sammen med MHC I og II-molekyler i overflaten. T-hjelpecellen binder seg til et MHC II-molekyl, og skiller ut signalstoffer. T-drepecellen binder seg til et MHC I-molekyl, og blir stimulert til å dele seg av signalstoffene fra T-hjelpecellen.

Bilde: figur

Bildetekst: En kroppscelle blir infisert av et virus, og presenterer det for en T-drepecelle. T-drepecellen fester seg til MHC I-molekylet med virus-antigen på overflaten av den infiserte cellen. T-cellen skiller så ut stoffer som utløser celledød hos den infiserte cellen.

### xxx3 Fordypning: Immunforsvaret kan brukes som behandling mot kreft

Genene våre er laget av DNA. Et gen inneholder en oppskrift på et protein gjennom å kode for en bestemt rekkefølge av aminosyrer. Kreftceller har mutasjoner [forandringer] i arvestoffet. Disse mutasjonene gir opphav til endrede proteiner. Disse kan bli presentert som antigener som er bundet til MHC I-molekyler på overflaten av kreftcellene. Slik kan T-drepeceller gjenkjenne kreftceller som fremmede. T-drepecellene kan angripe kreftcellene og tvinge dem til programmert celledød. Når en kreftsvulst er blitt så stor at den gir symptomer og blir oppdaget, har den ofte unnsluppet angrepene fra immunforsvaret.

Tradisjonell kreftbehandling består av operasjoner, cellegift og stråling. Det er ofte effektivt, men har dessverre store bivirkninger og dreper også mange friske celler i kroppen. Når kreftcellene har spredd seg i kroppen, er det ofte svært vanskelig å få til behandling som dreper alle kreftcellene. I slike tilfeller kan kreftimmunterapi være et alternativ.

Kreftimmunterapi er en behandlingsmåte som får immunforsvaret til å gjenkjenne kreftceller som ellers ville ha unnsluppet. Immunterapi mot kreft kan gå ut på å stimulere immunforsvaret med antigener som kun finnes i kreftcellene. Mutasjonene i kreftcellene kan variere mye fra person til person, også innenfor den samme krefttypen. En forutsetning for effektiv behandling er at pasientens immunforsvar blir stimulert med antigener som er spesifikke for pasientens egne kreftceller. For å få til dette kan man bruke genmateriale (DNA eller RNA) eller proteiner fra pasientens egne kreftceller. Hvis man kjenner mutasjonene i kreftcellene, kan man også produsere biter av muterte proteiner og bruke som vaksine mot kreften. Dette bruker forskerne blant annet til å aktivere T-drepeceller som kan drepe kreftcellene.

De siste årene er en ny form for kreftimmunterapi tatt i bruk. Denne behandlingen går ut på å gjenoppfriske en påbegynt T-cellereaksjon mot kreftcellene. For å hindre at immunforsvaret skader kroppen unødig, må man prøve å begrense aktiviteten til T-drepecellene og T-hjelpecellene. Det kan kreftsvulsten av og til utnytte, slik at T-cellene skrur på bremsen og ikke lenger angriper kreftcellene. Den nye immunterapien består av antistoffer som binder seg til T-cellene eller kreftcellene, slik at denne bremsen oppheves. Noen pasienter har blitt helt friske av denne behandlingen. Forutsetningen for at det virker, er at T-drepecellene allerede har oppdaget kreftsvulsten. Forskerne jobber nå med å kombinere kreftvaksine med antistoffer som hindrer T-drepecellene i å bremse opp. Håpet er å gi enda flere pasienter effektiv kreftbehandling.

### xxx3 Repetisjon

1. Bakterier som kommer inn i kroppen, kan være livstruende. Hvordan blir de møtt av det medfødte immunforsvaret?
2. Forklar hvordan de dendrittiske cellene får varslet det tilpassede immunforsvaret om fremmede antigener.
3. Hvordan bekjemper B-celler og T-celler bakterier?
4. Hvordan reagerer immuncellene når en virusinfisert celle skiller ut interferoner?
5. Forklar hvordan makrofager, dendrittiske celler, B-celler og T-celler samarbeider for å fjerne virusinfiserte celler.

--- 315 til 401

## xxx2 11.5 Lymfesystemet

\_Lymfesystemet\_ er viktig for det tilpassede forsvaret vårt mot mikroorganismer. Lymfesystemet består av \_lymfeårer\_ og organer med \_lymfevev\_, altså \_brissel, lymfeknuter og milt\_. I tillegg er det lymfevev under alle slimhinnene i kroppen.

Brisselen ligger under brystbeinet, ved halsgropen. Lymfeknutene finnes blant annet på halsen, i nakken, under armene og i lysken. Lymfeknutene fungerer som filter i lymfeårene og kontrollerer innholdet i lymfen, mens milten, som ligger på venstre side under ribbeina, fungerer som et filter i blodbanen og fjerner mikroorganismer, klumper av antistoffer, fremmede mikroorganismer og gamle røde blodceller.

Rundt alle celler i vevet er det vevsvæske. Vevsvæsken dannes hovedsakelig ved at væske fra blodårene presses gjennom blodåreveggen og ut i vevet rundt. Noe av væsken suges tilbake i blodårene før blodet forlater vevet og returnerer til hjertet. Resten av væsken fraktes tilbake til blodbanen ved hjelp av lymfeårene. Det er denne væsken vi kaller lymfe.

--- 316 til 401

Veggene i lymfeårene er tynne og har klaffer som hindrer lymfevæsken i å renne feil vei. Når lymfeårene ikke fungerer, enten fordi klaffene ikke fungerer, eller fordi lymfeårene mangler eller er blitt ødelagt, vil det hope seg opp væske i vevet, og den kroppsdelen som er rammet, vil svulme opp. Det kalles \_lymfeødem\_.

Lymfevæske inneholder også lymfocytter. Lymfocytter kan passere fra blodet gjennom veggen i kapillærårene og ut i vevet, og deretter gjennom veggen i lymfeårene og inn i lymfen. Også fagocytter i vevet kan passere over lymfeåreveggen og inn i lymfen.

I lymfevevet er det store mengder immunceller, både fagocytter og lymfocytter. Alle immunresponser starter i lymfevevet, enten i lymfeknutene, i milten eller i lymfevevet under slimhinnene i tarmen eller lungene. Det er her B-celler, T-celler og antigenpresenterende celler kan finne hverandre og sette i gang en reaksjon.

Når lymfevæsken når lymfeknutene, vil mikroorganismer og frie antigener bli plukket opp av dendrittiske celler som vil vise fram antigener. Det vil aktivere lymfocyttene i det tilpassede immunforsvaret.

--- 317 til 401

Blåtekst: Lymfesystemet er et eget åresystem i hele kroppen. Lymfesystemet består av lymfeårer og organer med lymfevev, altså brissel, lymfeknuter og milt. I tillegg er det lymfevev under alle slimhinnene i kroppen. Lymfeårene samler opp lymfe fra vevet og frakter den tilbake til blodet. Det er i lymfevevet immuncellene finner hverandre, og alle immunresponser starter her.

Bilde: tre figurer

Bildetekst:

a) Lymfesystemet består av lymfeårer, lymfeknuter, lymfevev under slimhinnene og milt. I tillegg regnes brisselen med til lymfesystemet.

b) Hvite blodceller (hovedsakelig lymfocytter) beveger seg mellom sirkulasjonssystemet, kroppsvevet og lymfesystemet. Lymfeårene starter i vevet og tømmer seg i store vener ved hjertet.

c) I lymfeknutene møter antigenpresenterende celler, B- og T-celler hverandre. Lymfeårene har klaffer slik at lymfen bare kan gå i én retning.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva består lymfesystemet av?
2. Hvilken funksjon har lymfeknutene og milten?
3. Hva er lymfe?
4. Beskriv hva som skjer når en immunrespons starter. Hvorfor er lymfevevet så viktig her?

## xxx2 11.6 Vaksiner: aktiv og passiv immunitet

Immunforsvarets hukommelse for sykdom kan brukes til å forebygge sykdom ved hjelp av vaksiner. Når du får en vaksine, blir immunforsvaret stimulert til å danne antistoffer og hukommelsesceller, og du blir immun mot mikroorganismen. Dette kalles \_aktiv immunitet\_. Antistoffene finnes blant annet i blodet, nærmere bestemt i den delen av blodet som kalles serum (se side 320). Ved hjelp av serum er det mulig å overføre antistoffer fra en person med aktiv immunitet til en person som ikke er immun. Dermed blir denne personen beskyttet mot sykdommen så lenge de overførte antistoffene finnes i kroppen. Dette kalles \_passiv immunitet\_.

Blåtekst: Aktiv immunitet vil si at du får en vaksine som stimulerer immunforsvaret til å danne antistoffer og hukommelsesceller, slik at du blir immun. Passiv immunitet vil si at en person som ikke er immun, får overført antistoffer fra en annen person med aktiv immunitet.

### xxx3 Hvordan virker en vaksine?

Mange husker nok vaksinesprøytene som en helsesøster eller lege stakk i armen. Men hva er egentlig en vaksine? Og hvorfor hjelper den mot sykdom? En vaksine inneholder en svekket mikroorganisme eller antigener fra en mikroorganisme. Hensikten med vaksinen er å få immunforsvaret til å lage B- og T-hukommelsesceller mot en sykdom kroppen ikke har hatt, men kan komme til å få. Når vaksinen kommer inn i kroppen, vil den bli behandlet på samme måte som når kroppen er infisert med den tilsvarende mikroorganismen. Antigenene blir tatt opp av fagocytter og fraktet til nærmeste lymfeknute.

--- 318 til 401

Her blir T-hjelpeceller og B-celler stimulert til å lage antistoffer og hukommelsesceller som kan gjenkjenne mikroorganismen. På den måten vil kroppen være forberedt, slik at vi ikke blir syke av bakterien eller viruset senere i livet. Vi sier at vi er blitt \_immune\_ mot sykdommen.

Hvis du blir smittet av en mikroorganisme som du er immun mot, enten på grunn av vaksine eller fordi du har vært smittet av den tidligere, vil immunforsvaret bekjempe mikroorganismen så raskt at du sannsynligvis ikke merker noe. Det skjer fordi B- og T-hukommelsescellene raskt blir aktivert på nytt av mikroorganismen. B- og T-hukommelsescellene deler seg videre og bekjemper infeksjonen både ved å produsere mer og bedre antistoffer og ved å skille ut stoffer som aktiverer andre deler av immunforsvaret. Noen av B-hukommelsescellene deler seg og blir til plasmaceller som produserer store mengder antistoffer. Både B- og T-hukommelsescellene lever lenge i kroppen. I noen tilfeller kan beskyttelsen vaksinen gir, vare livet ut. I andre tilfeller må vaksinasjonen gjentas for at beskyttelsen skal opprettholdes.

Når man skal lage en vaksine, bruker man mikroorganismen som gir sykdommen, som utgangspunkt. Men mikroorganismen i vaksinen er svekket, død eller delt opp. Vaksinen inneholder antigener som bare finnes i den aktuelle bakteriearten eller virustypen. Dersom vaksinen inneholder en svekket mikroorganisme, vil den normalt ikke gi sykdom.

--- 319 til 401

Immunforsvaret vil likevel reagere på vaksinen, og stimulere til dannelse av antistoffer og T- og B-hukommelsesceller som beskytter mot infeksjon med den tilsvarende mikroorganismen.

Vaksinering er likevel ikke fullstendig risikofritt. I noen sjeldne tilfeller oppstår uønskede bivirkninger, som allergiske reaksjoner. Allergi skyldes en overreaksjon fra immunforsvaret på stoffer vi normalt bør tåle. Dette bør ikke hindre oss i å bruke vaksiner, for uansett er risikoen ved vaksinering ekstremt mye lavere enn den risikoen vi tar om vi skulle få selve sykdommen uten å være vaksinert. Alle mikroorganismene vi har vaksiner mot, kan gi svært alvorlig sykdom.

Bilde: figur

Bildetekst: Første gang du utsettes for et ukjent antigen, tar det tid før kroppen har laget tilstrekkelig med antistoff som passer til antigenet. Men neste gang kroppen møter dette antigenet, reagerer immunforsvaret raskt, for da kjenner hukommelsescellene igjen antigenet med en gang og begynner å produsere mer antistoff mot det.

Bilde: figur

Bildetekst: a) sykdomsbakterie med antigener på overflaten, b) svekket versjon av samme bakterie, c) vaksine som lages av en svekket sykdomsbakterie eller av deler av sykdomsbakterien

Forklaring: Den svekkede versjonen av bakterien har de samme antigenene på overflaten. Vaksine med antigen settes i armen og antigenet fraktes til nærmeste lymfeknute. Produksjon av antistoff og B- og T-hukommelsesceller gir immunitet.

### xxx3 Barnevaksinasjonsprogrammet

Når de fleste i en befolkning er vaksinert mot en sykdom, blir det få personer igjen som smitten kan spre seg til. Dette beskytter også dem som ikke er vaksinert, blant annet barn som er for unge til å bli vaksinert, eller personer med sykdommer som gjør at de ikke kan få vaksine. Hver vaksine blir laget og gitt som beskyttelse mot en bestemt infeksjonssykdom, for eksempel stivkrampevaksine mot stivkrampe. I praksis kombineres ofte flere vaksiner i én enkelt sprøyte, for eksempel vaksinen mot difteri, kikhoste og stivkrampe.

Nesten alle land i verden har et barnevaksinasjonsprogram. I Norge omfatter programmet elleve vaksiner mot mikroorganismer som gir alvorlig sykdom hos barn: rotavirus (diarésykdom), difteri, stivkrampe, kikhoste, poliomyelitt, hjernehinnebetennelse (Hib-infeksjon og pneumokokksykdom), leverbetennelse (HBV), kusma, røde hunder og meslinger. I tillegg får elever i 7. klasse tilbud om vaksine mot HPV (papillomavirus), et virus som gir stor risiko for enkelte kreftformer.

Vi har også vaksiner mot sykdommer som tuberkulose, leverbetennelse (hepatitt), tyfus, gul feber og hundegalskap (rabies). Det finnes dessuten vaksine mot enkelte influensatyper og mot noen av de bakteriene som gir smittsom hjernehinnebetennelse. Vaksine mot smittsom hjernehinnebetennelse blir tilbudt alle ungdommer i alderen 16-19 år i forkant av russefeiringen og andre aktiviteter der mange ungdom samles. Når du skal reise til områder med spesiell fare for smittsom sykdom, kan det være obligatorisk med bestemte vaksiner.

Blåtekst: En vaksine består av hele eller deler av en svekket bakterie eller et virus. Når vaksinen blir tilført kroppen, lager immunforsvaret antistoffer og hukommelsesceller mot en sykdom som kroppen ikke har hatt. Da unngår man å bli syk hvis kroppen blir infisert med den samme mikroorganismen senere i livet.

Bilde: foto

Bildetekst: Vaksinering

Forklaring: Et spedbarn får sprøyte.

--- 320 til 401

### xxx3 Fordypning: Serum

Serum er den klare, gulaktige væsken som flyter på toppen av koagulert (størknet) blod.

Serum inneholder blant annet antistoffene som B-celler produserer der de befinner seg, enten i beinmargen, i milten eller i lymfeknutene. I forbindelse med en immunreaksjon vil serumet inneholde nye antistoffer mot antigener fra mikroorganismen som immunreaksjonen var rettet mot. Serum fra et immunt individ kalles \_antiserum\_. Antiserum med antistoffer fra individer som har vært syke av eller er vaksinert mot den samme mikroorganismen, kan brukes for å beskytte andre mot infeksjon med en bestemt mikroorganisme. På den måten kan man få passiv immunitet.

Serumbehandling vil si at man sprøyter antiserum med antistoffer mot en konkret mikroorganisme fra ett individ direkte inn i vevet eller blodet til et annet individ. Passiv immunitet etter overføring av antiserum varer i to-tre måneder eller kortere, det vil si like lang tid som det tar før antistoffene er brutt ned eller brukt opp i kroppen. Behandling med antiserum gir altså en rask, men kortvarig beskyttelse mot den sykdommen det gjelder, i motsetning til den aktive og mer langvarige immuniteten som kroppens egen produksjon av antistoffer gir.

Den aller første moderne behandlingen av en infeksjonssykdom fant sted i 1894. Da ble det brukt antiserum mot den dødelige barnesykdommen difteri. Antiserumet ble laget ved at man først sprøytet litt difterigift inn i hester, som en vaksine. Når hestene hadde begynt å produsere antistoffer, kunne serumet fra blodet deres brukes for å behandle barn som allerede var blitt syke med difteri. Hester ble valgt fordi de er så store at det var mulig å tappe mye blod og få mye antiserum fra dem på en gang. Først etter første verdenskrig begynte legene å forebygge difteri ved å vaksinere barn med difterigift som først var gjort inaktiv. Difteri-antiserum var den eneste virksomme behandlingen mot difteri før antibiotikaen kom, etter andre verdenskrig.

Antiserum er fortsatt en aktuell behandling for alvorlige infeksjoner der vi mangler vaksiner, og der antibiotika ikke virker. Det skjedde for eksempel under Ebolaepidemien i Vest-Afrika i 2014/2015. Da ble antiserum fra personer som hadde overlevd den dødelige virusinfeksjonen, brukt for å behandle pasienter som nettopp var blitt smittet eller syke.

Antiserum kan også brukes mot giftstoffer, for eksempel slange- eller insektgift. Da lages antiserum ved at giften sprøytes inn i et dyr, som begynner å produsere antistoffer mot den. Gift-antiserum kan brukes til å behandle personer som har blitt bitt eller stukket.

Bilde: figur

Forklaring: To prøverør. Ett med blod, og ett med serum øverst og koagulert blod nederst.

Bildetekst: Serum er det som er igjen når blodet har koagulert.

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar hva vi mener med aktiv og passiv immunitet.
2. Hvordan virker en vaksine?
3. Hvordan lages som regel vaksiner?
4. De fleste i Norge har vært gjennom et barnevaksinasjonsprogram. Hva går det ut på, og hvorfor har vi et slikt program?

--- 321 til 401

## xxx2 11.7 Organdonasjon og medisinske kriterier for død

### xxx3 Transplantasjon av organer

Mange syke dør som følge av organsvikt. Ved organsvikt kan den eneste muligheten være å få et nytt organ fra et annet menneske. Den personen som organet kommer fra, kaller vi en \_giver\_ eller en \_donor\_. De sju indre organene som er mest aktuelle for å bli transplantert fra én person til en annen, er hjertet, lungene, leveren, nyrene og bukspyttkjertelen. Andre organer eller vev som er aktuelle for transplantasjon er blant annet hornhinner, beinvev, beinmarg og blod. For noen av organene eller vevene som skal transplanteres til en pasient, kan man bruke en frisk, levende giver, mens man i andre tilfeller bruker organer fra personer som nettopp har dødd.

I 1956 ble den første organtransplantasjonen utført i Norge: en nyretransplantasjon. I 2016 ble det utført rundt 400 transplantasjoner her i landet, og over halvparten av dem var nyretransplantasjoner. Fra å være en behandling som det var nesten umulig å lykkes med, særlig på grunn av immunforsvarets kraftige reaksjon på fremmed vev, har organtransplantasjon nå nærmest blitt rutine. Medisiner som demper immunforsvaret, gjør at pasientene kan få et godt liv og leve lenge med det transplanterte organet.

Blåtekst: Mange ulike organer eller vev kan bli transplantert fra én person til en annen. Mest vanlig av de indre organene er nyrer, deretter lever, lunge, bukspyttkjertel og hjerte. Også annet vev som hornhinne og beinvev kan transplanteres. I tillegg er overføring av blod eller beinmarg en vanlig del av behandlingen ved mange sykdommer.

Bilde: figur, søylediagram

Bildetekst: Utførte transplantasjoner på Rikshospitalet i 2017.

Kilde: [www.organdonasjon.no](http://www.organdonasjon.no) (2017).

Forklaring: Nyrer 274, lever 102, lunger 33, hjerte 32, bukspyttkjertel 24.

Bilde: foto

Bildetekst: Nyretransplantasjon

--- 322 til 401

### xxx3 Organdonasjon

Det er stor mangel på organer til donasjon. Mange må stå lenge i kø for å få organet, og noen venter forgjeves og dør. Lovverket som er knyttet til organdonasjon, er svært strengt. Det er forbudt å betale for organer. Organer fra døde personer kan kun tas fra personer som dør av hodeskader forårsaket av hjerneblødning, blodpropp eller ulykker. De som blir organdonorer, er som regel personer som dør mens de er på et godkjent donorsykehus. Vi har i dag 26 godkjente donorsykehus her i landet. Alle organer som skal doneres, blir tatt ut av spesialister fra Rikshospitalet i Oslo. Organene blir deretter fraktet til Rikshospitalet, der alle transplantasjoner nå blir utført.

Her i Norge er det slik at hvis en person ikke har uttrykt ønske om å gi bort organene sine etter sin død, blir de etterlatte spurt. Sier de etterlatte nei til donasjon, blir ikke organene donert. I enkelte andre land, blant annet Spania, gjelder det motsatte: Dersom en person ikke har motsatt seg donasjon, kan organene brukes. Derfor er transplantasjoner vanligere i Spania enn i Norge.

De fleste organer doneres fra døde givere. Enkelte organer, som nyre, lever og beinmarg, kan transplanteres fra levende personer. Rundt 20 prosent av nyretransplantasjonene i Norge er fra en levende giver. Som regel er giveren i familie med, eller en nær venn av, mottakeren. Giveren og mottakeren må ha en viss «vevsforlikelighet», slik at immuncellene hos mottakeren i minst mulig grad skal angripe cellene fra giveren. Men det viktigste er at de har forlikelig blodtype. Det vil si at mottakeren og donoren må ha blodtyper som passer sammen. I tillegg spiller MHC-molekyler inn. Både MHC I- og MHC II-molekylene finnes i mange ulike varianter. Hvilke varianter av MHC-molekyler du har, bestemmes av genene du har arvet fra foreldrene dine. Kombinasjonen av MHC-varianter er forskjellig fra person til person og gjør at cellene og organene fra hvert enkelt menneske er unike. Det skaper problemer ved organtransplantasjon, for T-cellene kan oppdage disse forskjellene, noe som øker faren for frastøtning. Derfor er det ønskelig at giveren og mottakeren har så mange like MHC-molekyler som mulig, og sannsynligheten for det er større hos personer som er i nær familie.

Bilde: foto

Forklaring: En brosjyre med overskriften «Organdonasjon redder liv».

Bildetekst: Bildet er fra en kampanje for å få flere til å si ja til å bli organdonorer.

### xxx3 Transplantasjoner og immunforsvaret

B- og T-celler som gjenkjenner kroppens egne antigener, blir fjernet tidlig i utviklingen. De modne lymfocyttene reagerer derfor ikke på våre egne celler. T-cellene kan imidlertid oppfatte cellene i transplanterte organer som fremmede. Det har med MHC-molekylene å gjøre (jf. forrige avsnitt).

Under utviklingen i brisselen lærer T-cellene seg hvilke MHC-molekyler som finnes i kroppen. Med mindre organet kommer fra et søsken som har arvet nøyaktig de samme MHC-genene fra begge foreldrene som mottakeren av organet, vil et transplantert organ nesten alltid ha ett eller flere MHC-molekyler som er forskjellige fra det T-cellene har møtt tidligere.

--- 323 til 401

Mottakeren av det transplanterte organet vil derfor ha mange T-celler med antigenreseptor som kan binde seg til MHC-molekylene i organet og reagere som om organet består av virusinfiserte celler og ikke friske, normale celler. T-drepecellene aktiveres og dreper celler i det transplanterte organet på samme måte som om cellene skulle ha vært virusinfisert. Dette kalles \_avstøtning\_.

Ved organtransplantasjon må mottakerens immunforsvar derfor dempes med medisiner, slik at T-cellene hos mottakeren ikke skal angripe det donerte organet på en måte som ødelegger det. Denne behandlingen kalles \_immunsuppresjon\_ (immunundertrykking), og mottakeren må fortsette med den resten av livet. Ett av stoffene som brukes ved organtransplantasjon, er cyklosporin A. Dette stoffet nedsetter T-cellenes evne til å reagere. Cyklosporin A stammer fra soppen \_Tolypocladium inflatum\_, som ble funnet på Hardangervidda i Norge!

Det er mindre risiko for avstøtning ved transplantasjon av organer mellom nære slektninger, siden de ofte har flere av de samme MHC-molekylene. Dermed oppfatter ikke T-cellene like ofte disse organene som fremmede. Å benytte slektninger som donorer er mest aktuelt ved nyre- og beinmargstransplantasjoner.

Blåtekst: T-cellene hos mottakeren kan oppfatte MHC-molekylene som finnes på cellene i det transplanterte organet, som fremmede. T-drepecellene angriper da celler i det transplanterte organet, slik at det slutter å fungere normalt. Dette kalles avstøtning. Ved organtransplantasjon må mottakerens immunforsvar derfor dempes med medisiner.

Bilde: foto

Forklaring: To barn som ligner litt på hverandre.

Bildetekst: Det er mindre risiko for avstøtning ved transplantasjon av organer mellom nære slektninger.

### xxx3 Medisinsk kriterium for død

Det finnes ingen felles internasjonal definisjon av hva død er. Når organer doneres fra døde personer, må donoren være erklært død og uten hjerneaktivitet. I Norge er det transplantasjonsloven som regulerer dette. Det er ikke lov å hente ut organer fra en død donor før en lege har erklært personen død. Det er et krav at legen som erklærer dødsfallet, ikke skal være involvert i verken organuttaket eller selve transplantasjonen. En person regnes som død når hjernen er død.

At hjernen er død, vil si at det ikke foregår noen form for hjerneaktivitet. For å utelukke hjerneaktivitet benyttes EEG, \_elektroencefalografi\_. EEG er en metode som brukes for å registrere den elektriske aktiviteten i nervecellene i hjernen.

--- 324 til 401

Her i Norge er det en forutsetning for organdonasjon at pasienten dør på et donorsykehus. Uttak, oppbevaring og fordeling av organer som er beregnet til donasjon, kan kun finne sted på et donorsykehus. Sykehuset opprettholder funksjonene i organene til giveren ved hjelp av blant annet respirator, som sørger for at pasienten «puster» og blodet pumpes rundt i kroppen. Slik kan nødvendige livsprosesser i kroppen holdes i gang inntil man kan hente ut organene.

Fra man er 16 år gammel, kan man velge om man vil være organdonor. Hvis du ønsker å være donor, bør du fortelle det til foreldrene dine, slik at de vet om det. Du kan også fylle ut et donorkort som du har med deg på telefonen eller i lommeboken, og du kan be om å få registrert at du vil være donor, i helsejournalen din.

Det er enklere for de pårørende når de vet at man vil være donor, for hvis man havner i en situasjon der det er aktuelt å være donor, kan man jo ikke lenger si ifra selv. På sykehuset blir kroppens livsprosesser holdt ved like ved hjelp av respirator, og da får de pårørende tid til å snakke sammen dersom den døde ikke har gitt uttrykk for om han eller hun ønsker å donere organer.

Det er få som dør på sykehus, og som oppfyller de ordinære kriteriene for organdonasjon. Pasienter på sykehus dør som regel av hjertestans, uten at hjernen er totalt ødelagt og uten aktivitet på forhånd. Derfor er det mangel på donorer. For å dekke behovet for organer må vi ha 120–130 donorer hvert år. Fordi det er mangel på organer til transplantasjon, blir det forsket mye på hvordan man kan benytte stamceller til å behandle syke og skadde organer. Det kan du lese mer om på Bios-nettstedet.

--- 325 til 401

I Norge har det inntil nylig ikke vært utført organdonasjoner fra pasienter etter \_hjertedød\_. Hos hjertedøde er det ikke bekreftet at hjernen er død. Pasienten kan ha så alvorlige og uhelbredelige hjerneskader at den livsforlengende behandlingen avsluttes. Da dør pasienten av varig hjerte- og åndedrettstans, og det er dette som kalles hjertedød. Pasienten oppfyller ikke kriteriene for hjernedød og heller ikke forutsetningen for organdonasjon.

Blåtekst: I Norge regnes en person som død når all hjerneaktivitet har opphørt. Organdonasjon kan kun skje etter hjernedød og når dødsfallet har skjedd på et donorsykehus. Det er mangel på donorer i Norge.

Bilde: foto

Bildetekst: Med et EEG-apparat kan man måle elektriske impulser i hjernen.

### xxx3 Organdonasjon gir etiske problemstillinger

Når en frisk, levende person skal gi fra seg en del av kroppen sin i forbindelse med transplantasjon, er det en forutsetning at det skjer frivillig, og at personen er informert om konsekvensene av inngrepet. Det kalles «informert samtykke». Det er først og fremst en nyre, en bit av leveren eller beinmarg det er aktuelt å donere som frisk, levende giver. Selv om det vanligvis ikke får negative konsekvenser for egen helse å bidra som levende organgiver, er det alltid en liten risiko forbundet med et inngrep.

Mange friske, levende organdonorer kjenner godt personen de gir organ til, og synes det er meningsfylt og viktig å bidra til at personen blir frisk. Men det hender at friske familiemedlemmer opplever at forventningen om at de skal bidra er så stor at det føles vanskelig å si nei. Et alternativ til en levende giver fra egen familie eller vennekrets er en levende giver man ikke kjenner. I Norge er det bare aktuelt for blod og beinmarg.

Kjøp og salg av organer er menneskehandel. Det er forbudt i alle land som driver med transplantasjoner. Likevel vet vi at det hvert år foregår flere tusen ulovlige transplantasjoner i verden. Handelen går fra fattige givere i fattige land til velstående mottakere i rike land. I de rike landene lever folk stadig lenger, og omfanget av livsstilssykdommer som høyt blodtrykk og diabetes blir stadig større. Det fører til økende etterspørsel etter organer i rike land, og derfor vokser trolig det ulovlige markedet sterkt. Vi vet ikke om at det har forekommet menneskehandel med organer i Norge. Her i landet er vi opptatt av å redusere ventelistene til transplantasjoner. Det vil også forebygge at pasienter kjøper organer fra et ulovlig marked.

I Norge er det ikke noe krav om at de pårørende skal gi tillatelse til at organer fra en død person blir donert, men det er likevel etablert praksis at de alltid blir spurt. Det kan være en belastning å skulle ta stilling til spørsmålet om organdonasjon når man står midt oppi en følelsesmessig vanskelig situasjon, derfor får helsepersonell ved Rikshospitalet retningslinjer for og veiledning i hvordan de kan kommunisere med de pårørende på en best mulig måte.

--- 326 til 401

På grunn av mangel på organdonorer startet Oslo Universitetssykehus Ullevål i 2016 et prøveprosjekt med en ny metode for å legge til rette for organdonasjon etter hjertedød. Forutsetningen er at hjernen er så skadet at pasienten ikke vil overleve uansett behandling og dermed i prinsippet er hjernedød. I tillegg må pårørende samtykke til organdonasjonen. Dette kriteriet for død forutsetter at legene er helt sikre på at organdonoren ikke kan overleve, uansett hvilken behandling som blir gitt. Dersom denne utvidede definisjonen av død blir allment innført, vil man ha tilgang på donorer som ikke er bekreftet hjernedøde. Fordi fravær av hjerneaktivitet ikke bekreftes, er vurderingen av hjerneskadens alvorlighetsgrad et skjønnsspørsmål. Donasjon fra hjertedøde er derfor etisk vanskelig.

Blåtekst: Organdonasjon reiser etiske problemstillinger som forventninger fra andre om at levende donorer skal gi samtykke, kjøp og salg av organer og merbelastning for pårørende i en krisesituasjon.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke organer er det mest vanlig å overføre fra en donor til en mottaker?
2. Hvilke regler gjelder i forbindelse med en organdonasjon?
3. Hvorfor er det større sannsynlighet for at organtransplantasjonen blir vellykket når donoren og mottakeren er nære slektninger?
4. Forklar hvordan MHC-molekyler bidrar til at transplanterte organer avstøtes.
5. Hva er den norske definisjonen på død?
6. Hvilke etiske problemstillinger kan man møte på i forbindelse med en organdonasjon?

--- 327 til 401

## xxx2 Sammendrag

Immunforsvaret er en viktig del av kroppens beskyttelse og tiltak mot infeksjoner. Immunforsvaret skal gjenkjenne og fjerne en fremmed mikroorganisme, men det skal også huske den, slik at det går raskere å fjerne den neste gang den kommer inn i kroppen.

Immunforsvaret deles i medfødt og tilpasset immunforsvar.

Hvite blodceller blir hele tiden fornyet ved at stamceller i beinmargen deler seg. Alle hvite blodceller er immunceller. De viktigste er fagocytter og lymfocytter (B- og T-celler).

Det medfødte ytre forsvaret består av tett, tørr hud som skiller ut talg, og slimhinner som skiller ut slim, magesyre og andre stoffer som virker på mikroorganismene.

Det medfødte indre forsvaret virker raskt og angriper mikroorganismene som kommer inn i kroppen. Dette forsvaret omfatter både bestemte hvite blodceller (fagocytter) og proteiner. Fagocyttene fjerner mikroorganismer ved fagocytose, cellespising.

Betennelse er kroppens reaksjon på skade og en viktig del av det medfødte indre forsvaret. Når et område i kroppen blir skadet eller infisert av mikroorganismer, vil stoffer fra cellene i det skadede vevet sette i gang en betennelsesreaksjon, som blant annet inkluderer at fagocytter strømmer til skadestedet. Det begrenser skaden og hindrer mikroorganismer i å spre seg.

Betennelse er kroppens reaksjon på skade og en viktig del av det medfødte indre forsvaret. Det tilpassede immunforsvaret består av B-celler og T-celler. De kan reagere på mikroorganismer og virusinfiserte celler. Hvis mikroorganismen er ny for kroppen, vil det ta flere døgn før det tilpassede forsvaret virker for fullt.

Antigener er molekyler som får B-celler til å skille ut antistoffer, og som T-celler også reagerer på. Antistoffer skilles ut av en bestemt type B-celler og flyter fritt i vevet og blodet. Andre B-celler har antigenreseptorer i overflaten. En B-celles antigenreseptor er identisk med det tilsvarende frie antistoffet. T-cellers antigenreseptor sitter alltid fast i cellemembranen.

Hvilende, nye B-celler som stimuleres av antigenet som passer til antigenreseptoren deres, kan dele seg og utvikle seg videre til enten plasmaceller eller hukommelsesceller. Begge celletypene er viktige for immuniteten.

T-hjelpeceller og T-drepeceller er to viktige typer T-celler. For at andre immunceller skal reagere, må de få signaler fra T-hjelpecellene. T-drepecellene ødelegger syke eller fremmede celler, slik som kreftceller og celler som er infiserte av virus. Både T-hjelpeceller og T-drepeceller utvikler seg til T-hukommelsesceller etter en immunrespons.

T-celler kan ikke gjenkjenne et antigen direkte. De kan heller ikke binde seg til frie antigener. Det fremmede antigenet må være bundet til en spesiell type molekyler som vi kaller MHC I og MHC II.

--- 328 til 401

Bakterier som trenger inn i kroppen, blir raskt spist ved fagocytose. Både fagocytter og B-celler med riktig antigenreseptor kan presentere det fremmede antigenet bundet til MHC-molekyler på celleoverflaten. Det vil først gjøre at T-hjelpeceller blir aktivert. De skiller ut signalstoffer som igjen aktiverer andre immunceller, og immunresponsen starter for fullt.

Virus som har infisert en celle, kan ikke lenger oppdages og uskadeliggjøres av B-cellenes antistoffer. Immunresponsen kommer i gang fordi makrofager og dendrittiske celler presenterer virus-antigenet til T-hjelpeceller, som sender ut signalstoffer som aktiverer de andre lymfocyttene.

Lymfesystemet er et eget åresystem i hele kroppen. Lymfesystemet består av lymfeårer og organer med lymfevev, altså brissel, lymfeknuter og milt. I tillegg er det lymfevev under alle slimhinnene i kroppen. Lymfeårene samler opp lymfe fra vevet og frakter den tilbake til blodet. Det er i lymfevevet immuncellene finner hverandre, og alle immunresponser starter her.

Aktiv immunitet vil si at du får en vaksine som stimulerer immunforsvaret til å danne antistoffer og hukommelsesceller mot en sykdom du ikke har hatt, slik at du blir immun. Passiv immunitet vil si at en person som ikke er immun, får overført antistoffer fra en annen person med aktiv immunitet.

En vaksine består av hele eller deler av en svekket bakterie eller et virus.

Mange ulike organer eller vev kan bli transplantert fra én person til en annen.

T-cellene hos mottakeren kan oppfatte MHC-molekylene som finnes på cellene i det transplanterte organet, som fremmede og angriper da celler i det transplanterte organet. Dette kalles avstøtning. Ved organtransplantasjon må mottakerens immunforsvar derfor dempes med medisiner.

I Norge regnes en person som død når all hjerneaktivitet har opphørt. Organdonasjon kan kun skje etter hjernedød og når dødsfallet har skjedd på et donorsykehus. Det er mangel på donorer i Norge.

Organdonasjon reiser en rekke etiske problemstillinger som forventninger fra andre om at levende donorer skal gi samtykke, kjøp og salg av organer og merbelastning for pårørende i en krisesituasjon.

--- 329 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 11.1

Kroppen vår er dekket av mikroorganismer, både utenpå og inni. Finn ut hvorfor denne bakteriefloraen er nødvendig, og hvordan den kan beskytte oss mot skadelige mikroorganismer.

### xxx3 Oppgave 11.2

Det medfødte immunforsvaret er ganske likt hos alle mennesker, mens det tilpassede immunforsvaret er formet av livet vårt og miljøet rundt oss. Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 11.3

Les om cellemembranen i kapittel 6 og forklar hvordan fagocyttene finner fremmede mikroorganismer. Gå sammen i grupper på tre-fire elever og lag en oversikt over infeksjonssykdommene dere kjenner til. Finn ut mer om smittevei, behandling, sykdomsforløp og sannsynligheten for å bli frisk av disse sykdommene.

### xxx3 Oppgave 11.4

I mange land blir det tilsatt klor i drikkevannet. Mengden varierer, og i Sør-Europa blir det tilsatt mer klor enn i Norge.

1. Hvorfor tilsetter man klor i drikkevannet?
2. Kan vi drikke vannet når det er tilsatt klor? Finn ut hvilke følger lite eller mye klor i drikkevannet kan gi for tarmfloraen.

### xxx3 Oppgave 11.5

1. Finn ut mer om hva kreft er.
2. Hvordan kan kreft behandles?
3. Finn ut mer om kreftimmunterapi og hvordan denne behandlingen virker.

### xxx3 Oppgave 11.6

1. Hvilke hovedtyper av fagocytter og lymfocytter finner vi i immunforsvaret?
2. Hvilke ulike oppgaver har hver av disse celletypene?

### xxx3 Oppgave 11.7

Bruk Internett og finn ut hva \_mononukleose\_ er. Gjør en undersøkelse blant elevene i klassen/gruppen og finn ut hvor mange som har hatt mononukleose, hvilke symptomer mononukleose gir, og hvilken behandling som blir gitt ved denne sykdommen. Hvorfor heter sykdommen mononukleose?

### xxx3 Oppgave 11.8

En person som røyker, har færre flimmerhår (cilier) i slimhinnene i luftveiene. Har det noe å si med tanke på luftveisinfeksjoner, tror du?

### xxx3 Oppgave 11.9

Bruk informasjon fra dette kapittelet og fra kapitlene 5 og 6 til å forklare hvordan fagocyttene spiser gamle og døde kroppsceller, virusinfiserte celler og mikroorganismer ved endocytose, og hvilke organeller som hjelper til å fordøye fremmede mikroorganismer. Lag gjerne en enkel tegning også.

### xxx3 Oppgave 11.10

1. Forklar hvordan det medfødte og det tillærte immunsystemet bidrar ved betennelse.
2. Hvis du får en betennelse, kan du få feber. Finn ut hvorfor febernedsettende medisiner kan ha både en positiv og en negativ effekt.
3. En betennelse kan skyldes ulike mikroorganismer. Hvilken type mikroorganismer kan gjøre at det blir nødvendig å gi antibiotika?

### xxx3 Oppgave 11.11

Lag en oversikt der du sammenlikner B-celler og T-celler. Oppsummer i gruppen.

### xxx3 Oppgave 11.12

T-hjelpeceller kan kalles det tilpassede immunforsvarets øverste ledere. Forklar dette.

### xxx3 Oppgave 11.13

1. Hva er en antigenpresenterende celle?
2. Forklar hvordan MHC I- og MHC II-molekyler inngår i cellenes kommunikasjon med hverandre.

### xxx3 Oppgave 11.14

1. Forklar hva som skjer fra en bakterie har kommet inn i kroppen, til den er fjernet igjen.
2. Forklar hva som skjer neste gang vi smittes av den samme bakterien.

--- 330 til 401

### xxx3 Oppgave 11.15

1. Hvordan klarer immunforsvaret å bli kvitt virus?
2. Klarer kroppen alltid å kvitte seg med virus, eller finnes det virus som blir værende i kroppen resten av livet? Søk på Internett og finn ut mer om dette.

### xxx3 Oppgave 11.16

Lag en oversikt over kommunikasjonen og forbindelsene mellom det medfødte og det tilpassede immunforsvaret.

### xxx3 Oppgave 11.17

1. Hvordan er lymfesystemet og sirkulasjonssystemet knyttet sammen?
2. Hvilken rolle har lymfesystemet når en immunrespons skal starte?

### xxx3 Oppgave 11.18

Aktiv og passiv immunitet fungerer forskjellig. Forklar hvordan vi kan oppnå aktiv og passiv immunitet.

### xxx3 Oppgave 11.19

I forbindelse med bistand til fattige land regnes vaksinering som et svært viktig og forebyggende tiltak mot sykdom og død. Finn ut hvilke vaksiner som er mest aktuelle.

### xxx3 Oppgave 11.20

1. De siste årene har det vært flere utbrudd av meslinger i verden. Finn ut mer om denne sykdommen og hvorfor den nå dukker opp igjen.
2. Søk på begrepet \_flokkimmunitet\_ og forklar hvordan vaksinering virker forebyggende, spesielt i store og tette populasjoner av mennesker. Diskuter i gruppen hvilken betydning det kan ha for deg selv og andre om du er vaksinert ikke.

### xxx3 Oppgave 11.21

Ved organtransplantasjon er det alltid fare for avstøtning. Hvorfor er sjansen for avstøtning større mellom toeggede tvillinger enn mellom eneggede?

### xxx3 Oppgave 11.22

MHC I og II finnes i ulike varianter. Hvilke varianter du har bestemmes av genene dine.

1. Finn ut mer om hva som skiller de ulike variantene av MHC I og II. På hvilke måter er de forskjellige, og hvorfor har dette betydning ved organtransplantasjon?
2. Hva betyr disse forskjellene i MHC-molekylene for utviklingen av en vaksine tror du?

### xxx3 Oppgave 11.23

Stamcelleterapi er en behandlingsform som er på forskningsstadiet. Målet er å erstatte skadde eller syke celler i utvalgte organer framfor å transplantere et nytt organ. Finn ut mer om stamcelleterapi og for hvilke organer denne behandlingsformen er mest aktuell.

### xxx3 Oppgave 11.24

Stiftelsen Organdonasjon har en informativ nettside. Bruk den og diskuter hvilke holdninger dere har til organtransplantasjon fra nær slekt, fra ukjente mennesker og fra dyr, for eksempel gris.

--- 331 til 401

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 11.1 Bakterier finnes overalt

\_Utstyr:\_

Petriskåler med næringsagar (ev. kan man bruke buljonggelé, aspik)

Teip

#### xxx4 Teori og hensikt

Det finnes bakterier overalt, og dersom de får næring, vil de formere seg ved celledeling og etter kort tid danne en synlig bakteriekoloni. Ulike bakterier trives på ulike typer næring. Derfor kan vi dyrke bakterier av forskjellige slag ved å gi dem den næringen de trenger. I dette forsøket skal vi undersøke forskjellige overflater og se om vi kan finne og formere opp bakterier fra disse overflatene. De forskjellige bakterieartene danner kolonier som er ulike i farge og fasong, og det gjør at vi kan holde dem fra hverandre.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Agar er en gelé som inneholder næring. Derfor egner den seg godt til å la bakterier formere seg på den. Agarskåler med næring for bakterier kan du lage selv, læreren kan lage dem, eller de kan kjøpes ferdige hos læremiddelforhandlere, hos næringsmiddelkontrollen eller gjennom et sykehus.

-- Det er viktig at lokket ligger godt på agarskålene før de skal brukes. Hvis ikke, kan det komme til bakterier før forsøket begynner.

-- Velg selv hvilke overflater du vil undersøke. Dersom du samler bakterier fra gjenstander, lar du gjenstanden være i kontakt med agaren, eller du kan bruke teip til å samle opp bakterier med fra de forskjellige overflatene og så presse teipen forsiktig mot agaren. Husk å sette lokkene raskt på igjen. Lukk skålene med en liten teipbit og la dem stå opp ned mens bakteriene blir dyrket, for da tørker ikke agaren ut. Husk også å merke skålene. Det lønner seg å skrive på sidekanten, for hvis du har skrevet mye på over- eller undersiden av skålen, kan det være vanskelig å se bakteriekoloniene.

-- Når du etter noen dager skal se på skålene, bør du ikke åpne dem. Husk at dere dyrker store mengder bakterier, og de bør ikke spres. Det skal heller ikke komme til nye bakterier, for det vil ødelegge forsøket.

-- Se nøye på bakteriene og tell hvor mange kolonier det er. Ulike arter varierer i størrelse, fasong og farge. Når gruppen skal vise fram resultatet til de andre, kan dere ta bilder av skålene og vise fram.

-- Etter forsøket kan bakteriene drepes ved å tilsette en liten mengde 15 % klorin eller 70 % sprit i hver skål.

Noen forslag til prøver du kan ta:

-- vaskede og uvaskede fingrer

-- lepper hos en frisk og en forkjølet person

-- dørhåndtak til forskjellige rom

-- penger

-- luften i forskjellige rom eller på forskjellige steder

Bilde: figur

Bildetekst: Bakterier kan du samle ved å klemme en teipbit mot en overflate. Teipen på rullen er steril.

Forklaring: En teipbit på et dørhåndtak.

### xxx3 Konklusjon og feilkilder

Husk å formulere en konklusjon til slutt, og tenk etter om det kan finnes feilkilder.

--- 332 til 401

### xxx3 Ø 11.2 Bakteriedyrking og antibiotika

\_Utstyr:\_

Antibiotika

Petriskåler med næringsagar

Podenål eller glasstav

#### xxx4 Teori og hensikt

Hos læremiddelforhandlere kan vi få kjøpt papirtabletter som er innsatt med forskjellige typer antibiotika. I dette forsøket skal du ta bakterieprøver fra forskjellige steder, rendyrke enkeltartene og så undersøke hvordan de reagerer på ulike typer antibiotika. Penicillin er et mye brukt antibiotikum. Det har vært brukt i så mange år at mange bakterier er blitt resistente overfor penicillin. Det er derfor utviklet stadig nye varianter av penicillin som ikke så lett brytes ned av bakteriene. Statistisk sett vet vi at de fleste halsinfeksjoner kan kureres med penicillin, og at de fleste urinveisinfeksjoner kan kureres med et middel som heter trimetoprim. Slik statistisk kunnskap bruker legene ofte når de velger medisin. Hvis infeksjonen er nærmere undersøkt ved hjelp av bakteriedyrking, kan man velge den mest effektive typen antibiotika – det vil si den typen som dreper akkurat den bakterien best. Når legene ikke vet hvilken bakterie som skaper infeksjonen, vil de ofte velge behandle med et bredspektret antibiotikum. Ved akutt hjernehinnebetennelse har ikke legene tid til å vente på resultatet av bakteriedyrkingen, for pasientens liv står i fare. Derfor settes det snarest mulig i gang behandling med medisiner som man vet dreper de vanligste bakteriene som forårsaker hjernehinnebetennelse, og ofte flere medikamenter for å få et bredt spekter.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Ta bakterieprøver fra forskjellige steder i rommet eller på skolen, for eksempel fra menneskehender, toalettvasken, doskålene, kantinehyllen eller et dørhåndtak. Bruk teip. (Se øving 11.1.) Er det forskjell på håndtakene på guttedoen og jentedoen?

-- Dyrk prøvene på næringsagar.

-- Når du ser at bakteriekoloniene er vokst fram (det tar noen få dager), åpner du skålen forsiktig. Ikke ta på koloniene med fingrene! Bruk en podenål eller en glasstav til å overføre bakterieartene til hver sine nye skåler. På denne måten rendyrker du de forskjellige bakterietypene. Stryk bakteriene ut på agaren slik figuren ovenfor viser, og legg på de ulike typene antibiotika. Dyrk så bakteriene videre i ca. en uke.

-- Observer skålene noen dager og noter hva som skjer.

-- Klassen bør diskutere resultatet samlet. Fantes det bakteriearter som var resistente mot noen av antibiotikatypene? Hvilken antibiotikatype ser ut til å være den som flest bakterier er resistente overfor? Hvor kom de mest resistente bakteriene fra?

Bilde: figur

Forklaring: 2 tegninger.

1. Utstrykning av bakterier: Glasstaven føres systematisk frem og tilbake på overflaten av agaren, først fra side til side, deretter oppover og nedover, i rette linjer fordelt over hele flaten. Staven løftes ikke mellom linjene.

2. Tre ulike antibiotikatabletter, A, B og C, ligger på agaren i god avstand fra hverandre. Innenfor en liten ring rundt B og en stor ring rundt C er det ingen bakterievekst.

Bildetekst: Bakteriereaksjon på tre forskjellige typer antibiotika. Bakteriene viser ingen reaksjon på type A, altså er de resistente. Bakteriene er følsomme for type B, og de blir drept av type C.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Hvilken konklusjon trekker du av forsøket? Kan du tenke deg noen feilkilder?

--- 333 til 401

# xxx1 Kapittel 12: Organsystemer hos dyr

\_Du skal kunne:\_

-- sammenlikne bygning og funksjon av organsystemer hos ulike dyregrupper, med vekt på sirkulasjon, gassutveksling og utskilling, sett i sammenheng med tilpasning til ulike levevilkår

Det er stor variasjon i bygningen og funksjonen til de forskjellige organsystemene hos dyr. Flercellede dyr har utviklet seg fra encellede, kolonidannende protister. Hos de encellede protistene står cellemembranen i direkte kontakt med omgivelsene, og gassutveksling, sirkulasjon og utskilling foregår i hele cellen. Flercellede dyr har egne organer som samarbeider med andre organer og organsystemer. I dette kapittelet skal vi se nærmere på organsystemene for sirkulasjon, gassutveksling og utskilling (ekskresjon og osmoregulering), og vi skal sammenlikne bygning og funksjon hos ulike dyregrupper. Bygningen og funksjonen til organene hos en dyregruppe er tilpasset levested og andre levevilkår.

Bilde: foto av nakensnegl

Bildetekst: Nakensnegler lever i havet og har skall kun på larvestadiet.

--- 334 til 401

## xxx2 12.1 Dyr i protistriket og dyreriket

### xxx3 Fra protister til dyr

Prokaryote organismer oppstod i havet, trolig for mer enn 3,5 milliarder år siden. Etter de prokaryote organismene kom protistene, som består av eukaryote celler. De første dyreliknende organismene var encellede, vannlevende protister.

Protistene består av mange ulike encellede og flercellede organismer. Dem leste du om i kapittel 2. Encellede protister hadde eksistert i minst en milliard år før flercellede dyr oppstod i havet. Tidligere var alle dyr, både en- og flercellede, plassert i dyreriket, men nå er encellede, dyreliknende organismer plassert i protistriket. De encellede, dyreliknende protistene består av én enkelt eukaryot dyrecelle. Disse organismene regner vi for å være \_primitive\_, det vil si at de er enkelt bygd. Dyrene i dyreriket består også av eukaryote dyreceller. Her finner vi alt fra relativt primitivt bygde dyr med få celler, som svamper og maneter, til mer \_avanserte\_ dyr som består av mange celler, vev, organer og organsystemer. Med \_avansert\_ mener vi «kompleks bygning». Likevel er det viktig å presisere at vi i biologi ikke bruker ordene \_avansert\_ og \_primitiv\_ i betydningen mer eller mindre vellykket. Mange primitive dyr er utbredt over store deler av verden og har eksistert i millioner av år. Av de kjente dyreartene som lever i dag, er 95 prosent \_virvelløse\_ dyr. Det vil si at de ikke har noen virvelsøyle, altså en ryggrad, slik vi ser hos \_virveldyrene\_. Virveldyr hører til rekken ryggstrengdyr og har en virvelsøyle som beskytter ryggmargen. Virvelsøylen består av knokler av bein og/eller brusk.

Felles trekk for alle dyr:

-- Dyr er flercellede og har eukaryote celler.

-- Dyreceller mangler cellevegg.

-- Dyr får energi ved å spise andre organismer. Det vil si at de er heterotrofe.

-- Dyr formerer seg vanligvis kjønnet, av og til ukjønnet. Noen dyr kan formere seg både kjønnet og ukjønnet.

-- Dyr kan reagere på omgivelsene og bevege seg fordi de har nerveceller og muskelceller.

Protistene og mange enkelt bygde dyr lever i vann eller i et fuktig miljø. De er så små at all sirkulasjon, gassutveksling og utskilling kan skje direkte gjennom cellemembranen i hver celle fra omgivelsene, og de har ikke behov for egne organer til dette. De første flercellede dyrene utviklet seg fra encellede organismer som dannet kolonier. Etter hvert som de flercellede dyrene ble større, utviklet de egne organsystemer for sirkulasjon, gassutveksling og utskilling. Organsystemenes bygning og funksjon er tilpasset ulike levevilkår.

--- 335 til 401

Blåtekst: De første dyrene utviklet seg fra encellede organismer i havet. Alle dyr er flercellede. De er heterotrofe, og de kan reagere på omgivelsene og bevege seg. Dyr formerer seg vanligvis kjønnet, men av og til formerer de seg ukjønnet.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Blæretang (\_Fucus vesiculosus\_) er, som de andre tangartene, en protist.

2. Bildetekst: Hummer (\_Hommarus gammarus\_) er et virvelløst dyr i rekken krepsdyr.

Bilde: figur

Bildetekst: Dyr utviklet seg fra encellede protister. Dyreriket er inndelt i mange rekker, figuren viser kun noen av dem. Virvelløse dyr er blant annet rekkene svamper, nesledyr, flatmark, rundmark, bløtdyr, leddmark, leddyr og pigghuder. Virveldyrene hører til rekken ryggstrengdyr, med klassene fisker, amfibier, krypdyr, fugler og pattedyr. Punktene 1 og 2 representerer to viktige kapitler i dyrenes historie.

1. Flercellede, virvelløse dyr utviklet seg i havet fra kolonier av encellede dyr for ca. 600 millioner år siden.

2. Ryggstrengdyr oppstod for ca. 500 millioner år siden. De først utviklede ryggstrengdyrene hadde kun en ryggstreng og en nervestrengs langs ryggen på larvestadiet. Virveldyrene har en ryggstreng og nervestreng omgitt av en virvelsøyle av bein og brusk. De første virveldyrene, fiskene, oppstod for rundt 400 millioner år siden. Pattedyrene oppstod for rundt 200 millioner år siden.

Forklaring: Eksemplene gitt i figuren er vaskesvamp (svamper), brennmanet (nesledyr), flimmermark (flatmark), spolmark (rundmark), blåskjell (bløtdyr), meitemark (leddmark), mygg (leddyr), sjøstjerne (pigghuder), frosk (ryggstrengdyr).

Margtekst: Virvelløse dyr er for eksempel insekter, krepsdyr, muslinger og sjøstjerner. Virveldyr er fisker, amfibier, krypdyr, fugler og pattedyr.

### xxx3 Evolusjonen: utviklingen av dyrene fra vann til land

For omtrent 3 milliarder år siden oppstod de første organismene som drev fotosyntese og dermed produserte oksygengass. For rundt 500 millioner år siden hadde oksygennivået trolig nådd dagens nivå, 21 prosent i atmosfæren og 1 prosent i vann. Oksygeninnholdet la grunnlaget for utviklingen av enormt mange arter virvelløse dyr og virveldyr med aerob celleånding. På samme tid oppstod noen alger som var forløperne for de første landplantene. Det var et vesentlig vilkår for at dyr kunne flytte fra vann til land. Plantene var en viktig matkilde, og de produserte oksygen.

--- 336 til 401

De dyrene som oppstod først, var svært enkelt bygd, de var virvelløse, og de levde i havet. Utviklingen av dyrene har vært en gradvis overgang fra bare vannlevende livsformer til både vannlevende og landlevende livsformer. Mens nye arter har utviklet seg, har andre arter gått til grunne. I løpet av evolusjonen har det eksistert mange flere arter enn de nålevende. Vi regner med at mer enn 99 prosent av artene som har eksistert, er forsvunnet. Det er det som er evolusjon: Nye arter utvikles, og andre arter dør ut.

Blant de første dyrene som krøp opp på land for rundt 400 millioner år siden, var virvelløse dyr som leddyr, blant annet flere former for krepsdyr. De hadde allerede et ytre skjelett som passet til et liv på land, skjelettet var vanntett, og det tålte tørke. Leddyrene var dominerende i mange millioner år, og fra de første leddyrene utviklet insektene seg. De første insektene var store. For eksempel fantes det øyenstikkere med et vingespenn på 70 cm. De første virveldyrene, små fisker, inntok også landjorda omtrent samtidig. Disse fiskene utviklet seg til å kunne overleve i ferskvannspytter på land. De hadde finner som gjorde at de kunne kravle fra pytt til pytt, og enkle, sekkeliknende lunger.

--- 337 til 401

Noen av de både vann- og landlevende fiskene utviklet seg videre til amfibier (frosker, padder og salamandere) i løpet av nesten hundre millioner år. Klimaet var varmt og fuktig, og noen av dyrene var mye større enn de tilsvarende artene er i dag. Den største salamanderen på den tiden var tre meter lang. Den hadde primitive lunger og måtte derfor også puste direkte gjennom huden for å få nok oksygen. Dette oksygenopptaket krever at huden er fuktig og ikke tørker ut. Nålevende amfibier tar også opp oksygen og skiller ut karbondioksid gjennom huden. Amfibiene er avhengige av vann for å gjennomføre befruktningen. Sædcellene må svømme gjennom vann for å nå fram til eggene. Utviklingen av de befruktede eggene må skje i vann fordi eggene ikke er dekket av skall og dermed ikke tåler tørke.

Noen amfibier kunne leve i tørrere omgivelser. De utviklet seg til krypdyr med flere viktige tilpasninger til å leve på land: De hadde vanntett hud, mer forgreinede og bedre utviklede lunger enn amfibiene, og de hadde egg med skall som tålte uttørking. Siden eggene ble lagt på land, var de beskyttet mot å bli spist av fisk. I løpet av en periode med tørrere klima ble krypdyrene de dominerende dyrene på jorda. For ca. 200 millioner år siden oppstod dinosaurene, og de dominerte blant krypdyrene i over 100 millioner år, fram til for 65 millioner år siden, da de brått døde ut. Ingen vet helt sikkert hva som var årsaken til denne massedøden, men trolig var det et meteorittnedslag som endret klimaet dramatisk ved at det ble kaldere. Siden krypdyr er \_vekselvarme\_, er det vanskelig for dem å holde på varmen. Vekselvarme dyr har samme kroppstemperatur som omgivelsene. De har lav forbrenning som er tilpasset relativt høy temperatur på levestedet, og de mister mye kroppsvarme og får langsommere bevegelser når temperaturen synker.

--- 338 til 401

Antakelig ble temperaturen på jorda endret, enten ved at det ble kaldere, eller ved at temperaturforskjellene mellom dag og natt ble større. Det åpnet for at de dyrene som hadde isolasjon mot kulde, kunne overta landjorda. Disse dyrene hadde fjær eller hår og var forløperne for nålevende fugler og pattedyr. Isolasjonen gjorde det mulig å oppholde seg på kaldere steder og å være kvelds- og nattaktive. De tidligste pattedyrene oppstod for 200 millioner år siden, og de levde side om side med dinosaurene. Fuglene oppstod omtrent samtidig. Fugler og pattedyr har høy forbrenning og er de eneste dyrene som har konstant høy kroppstemperatur, de er \_likevarme\_. Både fugler og pattedyr har isolasjon utenpå huden: fjær og hår. Pattedyrene utviklet en livmor, der fosteret kunne leve beskyttet inni moren, og melkeproduserende brystkjertler, slik at hunnene kunne fore sine nyfødte avkom. Dette kommer vi tilbake til i neste kapittel, om formering hos dyr.

Tabellen på neste side gir en oversikt over hovedtrekkene i sirkulasjon, gassutveksling og utskilling hos dyr. Det er gitt noen eksempler innenfor hver rekke. Mange av de samme eksemplene finner du i den store systematiske tabellen bakerst i boka. Systematikken og rekkefølgen er også den samme.

--- 339 til 401

Tabellen viser en samlet oversikt over protister og dyr som er omtalt i teksten i dette kapittelet. Vi har ikke tatt med alle rekkene i de to rikene. Flatmark og leddmark het tidligere flatorm og leddorm. De eneste artene som nå har endelsen -orm, er en del arter i klassen krypdyr.

Tabell omgjort til lister:

Rike: protister

\_Rekke: Eksempeldyr; Levested; Sirkulasjon; Gassutveksling; Utskilling, ekskresjon\_

-- flagellater og amøbedyr: amøbe; hovedsakelig ferskvann; direkte gjennom cellemembranen; direkte gjennom cellemembranen; direkte gjennom cellemembranen

Rike: dyr

\_Rekke: Eksempeldyr; Levested; Sirkulasjon; Gassutveksling; Utskilling, ekskresjon\_

nesledyr: glassmanet; saltvann; gjennom hele overflaten; gjennom hele overflaten; gjennom hele overflaten

flatmarker: flimmermarker (f.eks. \_Gyrodactylus salaris\_); saltvann, ferskvann eller fuktige steder; gjennom hele overflaten; gjennom hele overflaten; gjennom hele overflaten og protonefridier

leddmarker: meitemark; i fuktig jord; lukket, mange hjerter, ett kammer i hvert hjerte; gjennom hele overflaten; metanefridier

leddyr:

-- krepsdyr (f.eks. reke); saltvann; åpen, ingen eller ett hjerte, ett kammer i hjertet; små leddyr: gjennom hele overflaten, store leddyr: gjeller; avfallskjertel, omdannede nefridier

-- insekter (f.eks. mygg); luft; åpen, mange hjerter, ett kammer i hvert hjerte; trakeer; malpighiske rør

ryggstrengdyr:

-- fisker (f.eks. ørret og torsk); ferskvann, saltvann; lukket, enkelt, ett hjerte, to kammer; gjeller; nyrer (blodranden)

-- amfibier (f.eks. frosk); fuktig, i luft; lukket, dobbelt, ett hjerte, tre kammer; gjeller/lunger; nyrer

-- krypdyr (f.eks. hoggorm); tørt, i luft; lukket, dobbelt, ett hjerte, tre og et halvt kammer; lunger; nyrer

-- fugler; tørt, i luft; lukket, dobbelt, ett hjerte, fire kammer; lunger; nyrer

-- pattedyr (f.eks. bever og menneske); luft eller vann; lukket, dobbelt, ett hjerte, fire kammer; lunger; nyrer

Blåtekst: De dyrene som oppstod først, for rundt 600 millioner år siden, var virvelløse. De levde i havet. Utviklingen av dyrene har vært en gradvis overgang fra bare vannlevende livsformer til både vannlevende og landlevende livsformer. Fugler og pattedyr er likevarme, alle andre dyr er vekselvarme.

Bilde: figur

Bildetekst: Utviklingen av livet på jorda

Forklaring: Tidslinje. Tallene er tid i millioner av år før nåtid.

Mer enn 1500: celler med kjerne

Rundt 600: alger, virvelløse dyr

500 - 400: ryggstrengdyr, fisker i havet

400: kolonisering av land

400 - 300: insekter, amfibier, reptiler

200: pattedyr og dinosaurer

200 - 100: fugler, blomsterplanter

100 - nå: dinosaurene dør ut, de første menneskene

Bilde: foto

Bildetekst: Amfibier som salamandere utviklet seg fra vann- og landlevende fisker. Bildet viser stor salamander (\_Triturus cristatus\_).

Bilde: foto

Bildetekst: Pattedyr, som ekornet (\_Sciurus vulgaris\_), er likevarme og har isolasjon i form av hår.

Margtekster:

-- I rekken leddyr finner vi blant annet krepsdyr, edderkopper og insekter.

-- I klassen krypdyr finner vi blant annet skilpadder, øgler, krokodiller, firfisler og slanger.

### xxx3 Fordypning: Midd

Midd finnes overalt på jorda: i vann, på land, i jord, på planter og på dyr. De er sannsynligvis blant de mest suksessrike organismene som finnes. Midd er en edderkopp og tilhører rekken leddyr. Forskere har funnet 45.000 arter, 810 arter bare i Norge, men mener at det kan finnes så mye som 1 million ulike arter.

Den minste midden finnes i gassutvekslingsorganet hos bier og er 0,1 mm lang. Den største midden er flåtten, som er rundt 3 mm. Forskerne antar at midd oppstod for rundt 400 millioner år siden. En av artene som vi har rundt oss hver eneste dag, er støvmidden, \_Dermatophagoides pteronyssinus\_. Den er en mikroskopisk edderkopp som lever av hud fra mennesket. Støvmidden lever i sengetøy og på huden. Støvmidden kan gi et rødt utslett som mange har trodd skyldes at den biter. Det gjør den ikke. De som får utslett, får det på grunn av allergi mot proteiner i støvmiddens avføring. I motsetning til pollen har vi støvmidd rundt oss året rundt, og de som er allergiske mot støvmidd har derfor også allergisymptomer året rundt. Støvmidd kan også være en årsak til at noen utvikler astma.

Bilde: foto

Bildetekst: Støvmidd (\_Dermatophagoides pteronyssinus\_)

### xxx3 Fordypning: Kameleoner

Kameleoner tilhører klassen krypdyr, ordenen øgler. Øgler er en svært mangfoldig gruppe: små og store, vannlevende og landlevende, planteetere og kjøttetere. Kameleonen på bildet heter \_Chamaeleo chamaeleon\_ på latin. Den finnes blant annet i landene rundt Middelhavet og kan være opptil 40 cm lang. Den greske filosofen og naturforskeren Aristoteles (384–322 f. Kr) beskrev denne kameleonen, som han observerte på flere av de greske øyene. Han mente – som mange etter ham – at kameleonen skifter farge for å gå i ett med omgivelsene. Denne egenskapen hos kameleoner ga opphavet til ordet \_kamuflasje\_. Men de tok feil. Kameleonen skifter farge etter sinnsstemningen. Fargen signaliserer blant annet stress, redsel og lyst til å pare seg. Når kameleonen er grønn eller gråbrun, fungerer fargen som kamuflasje. Dyret er vanligvis ganske mørkt i fargen om morgenen. Det er en fordel siden den er vekselvarm, og mørk hud absorberer solvarmen bedre, slik at kroppstemperaturen øker. Først da kan kameleonen begynne å bevege seg raskt og smidig. Kameleonen har celler med forskjellige pigmenter i skarpe farger, og pigmentcellene kan utvide seg eller trekke seg sammen. Følgen er at huden bytter farge. Dette styres av nerver og hormoner. Når for eksempel et hanndyr finner et hunndyr, sørger han for å få fram skarpe farger for å være tiltrekkende.

Bilde: foto av kameleon

Bildetekst: \_Chamaeleo chamaeleon\_

--- 340 til 401

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er en protist? Gi noen eksempler på protister.
2. Hvor levde de første dyrene?
3. Hvilke er de mest primitive nålevende dyrene?
4. Hvilke fellestrekk har alle dyrene i dyreriket?
5. Hva er evolusjon?
6. Hvilke klasser av dyr oppstod sist?

## xxx2 12.2 Sirkulasjonssystemet

Funksjonen til sirkulasjonssystemet er å bringe næring og oksygen til cellene og karbondioksid og andre avfallsstoffer bort fra cellene. Encellede og fåcellede organismer som amøber og maneter trenger ikke noe eget organsystem som sørger for sirkulasjon og transport rundt i kroppen. Transporten foregår gjennom cellemembranen i enkeltcellene. Disse dyrene lever jo i vann, og hver celle står i nær kontakt med vannet de lever i. All transport inn i og ut av cellene foregår passivt eller aktivt.

Hos større dyr må det være et sirkulasjonssystem som kan frakte stoffer rundt i kroppen. De fleste sirkulasjonssystemer består av blod, blodårer og hjerte. Måten sirkulasjonssystemet er bygd opp på, varierer hos forskjellige dyr, men mye er felles. Forbrenning av næringsstoffer (aerob celleånding) i kroppen krever oksygen. Oksygen og næringsstoffer må derfor komme inn til enkeltcellene der forbrenningen foregår, og hver celle må få fjernet forbrenningsproduktene, som karbondioksid og annet avfall. Blodårene er derfor knyttet nært sammen med de organene som sørger for gassutveksling. I tillegg må blodårene ligge nær fordøyelsessystemet, som tar opp næring fra maten, og ekskresjonssystemet, som skiller ut avfall.

I sirkulasjonssystemet hos dyr ser vi en utvikling fra dyr med lite kroppsvolum til dyr med større kroppsvolum. Dyr med større avstand fra overflaten til de indre organene trenger et godt utviklet organsystem for sirkulasjon, slik at alle celler har nærings- og oksygentilgang. Ser vi på ulike dyr og deres evne til å transportere inn og sirkulere næring, avfall, oksygen og karbondioksid, kan vi fra den fåcellede maneten til et pattedyr som beveren se at det har skjedd en utvikling gjennom flere hundre millioner år.

Blåtekst: Encellede og fåcellede organismer har direkte transport inn i og ut av hver celle, mens større dyr har et eget organsystem for sirkulasjon.

Bilde: foto

Bildetekst: Glassmaneten (\_Aurelia aurita\_) har ikke noe eget sirkulasjonssystem. Det er fordi avstanden fra overflaten til de innerste cellene er så kort at transporten kan skje direkte til hver celle.

Margtekst: Sirkulasjonssystemet kalles også blodomløpet eller blodkretsløpet.

--- 341 til 401

### xxx3 Dyr uten sirkulasjonssystem

Amøben er ikke et dyr, men en encellet protist. Vi beskriver den likevel her for bedre å illustrere den utviklingen av funksjoner og organsystemer vi kan se i dyreriket. Amøben har ikke et eget sirkulasjonssystem. Sirkulasjonen av næring, avfall og gasser inni cellen skjer ved diffusjon. All transport ut av og inn i cellen skjer direkte gjennom cellemembranen, og transporten kan være passiv eller aktiv. Opptak av næring hos en amøbe skjer aktivt ved endocytose. Cellemembranen omslutter en næringspartikkel og danner en blære, en næringsvakuole, som tas inn i cytoplasmaet. Enzymer fra cytoplasmaet går inn i næringsvakuolen, slik at maten blir fordøyd. Utskilling av avfall skjer ved eksocytose, og avfallet blir tømt ut gjennom cellemembranen.

Nesledyr som maneter er flercellede dyr som er svært enkelt bygd. De kan ha en diameter på mellom én centimeter og to meter. Maneter, for eksempel glassmaneten, beveger seg grasiøst i vannet. Over hele overflaten utveksler hver enkelt celle næring, avfall og gasser ved diffusjon. Inni maneten er det ingen celler, kun et gelélag. På undersiden av kroppen har maneten en åpning til et hulrom. Inni hulrommet på undersiden av maneten foregår det en litt mer avansert nedbrytning av næring. Der inne finnes celler som skiller ut enzymer og sørger for fordøyelsen. Dermed kan maneten også fordøye større dyr, som fisk: Næringen tas opp, mens avfallet skilles ut gjennom åpningen.

Flatmarker er – som navnet sier – flate. Denne rekken består av relativt enkelt bygde dyr som lever i saltvann, ferskvann og andre fuktige miljøer. De har en sugeskål i framenden eller på undersiden. Noen er parasitter. Eksempler på arter er melkehvit flimmermark, menneskets bendelmark og lakseparasitten \_Gyrodactylus salaris\_. De fleste flatmarker er fra 2 mm til 2 cm lange. Flatmarker er rovdyr og lever i vandige miljøer, i saltvann, ferskvann eller på fuktige steder på land. De fleste er frittlevende. Et unntak er bendelmarker, som har deler av livssyklusen sin inni en annen organisme som den snylter på. Flatmarkene har ikke et eget sirkulasjonssystem, men tar opp oksygen og kvitter seg med karbondioksid gjennom hele overflaten. De fleste har en enkel, sekkeformet tarm med én åpning, og næring tas direkte opp og avfall skilles ut både gjennom hele overflaten og inni sekken.

Blåtekst: Enkelt bygde organismer har ikke et eget sirkulasjonssystem. All transport skjer ved aktiv og passiv transport og ved endocytose og eksocytose gjennom cellemembranen i hver enkelt celle. Sirkulasjon inni cellen skjer ved diffusjon.

Bilde: foto

Bildetekst: Flimmermark er en flatmark, og har ikke eget sirkulasjonssystem.

--- 342 til 401

### xxx3 Dyr med sirkulasjonssystem

Større dyr har et sirkulasjonssystem som består av hjerte, blodårer og blod, og som enten er åpent eller lukket. I et \_åpent sirkulasjonssystem\_ pumpes blodet ut fra hjertet gjennom en \_arterie\_ og flyter deretter fritt sammen med \_vevsvæsken\_ innimellom cellene ute i vevet. Vevsvæske er væske som finnes i rom mellom cellene. Fra vevet blir blodet samlet i nye blodårer, \_vener\_, og så transportert til hjertet igjen. Et slikt sirkulasjonssystem krever at blodet presses tilbake gjennom venene og til hjertet ved hjelp av muskler i kroppen. Musklene fungerer altså som en pumpe. Dyret må spenne musklene slik at blodet presses til venene og deretter til hjertet.

I et \_lukket sirkulasjonssystem\_ går blodet i blodårer i hele kroppen. Disse dyrene behøver ikke å bevege musklene konstant, slik dyr med et åpent system må. Hos dyr med et lukket sirkulasjonssystem pumpes blodet ut fra hjertet via arterier som forgreiner seg til kapillærårer og samles i venene før det går tilbake til hjertet igjen. Kapillærårer er de minste og tynneste blodårene. Et lukket sirkulasjonssystem har også den fordelen at det kan sende mer blod til det organet eller organsystemet som trenger det, akkurat når det trengs.

Et lukket sirkulasjonssystem kan være \_enkelt\_ eller \_dobbelt\_. I et \_enkelt sirkulasjonssystem\_ passerer blodet hjertet én gang på sin tur rundt i kroppen. I dette ene kretsløpet passerer blodet både gassutvekslingsorganet og resten av kroppen. I et \_dobbelt sirkulasjonssystem\_ passerer blodet hjertet to ganger i løpet av en runde i kroppen, og det finnes to atskilte kretsløp. Blodet tar først en runde gjennom gassutvekslingsorganet for å ta opp oksygen og skille ut karbondioksid før det går tilbake til hjertet. Deretter tar blodet en runde rundt i resten av kroppen med transport til og fra cellene. Der passerer blodet tarmene og tar opp næringsstoffer, og det tar veien om leveren og nyrene, der avfall blir skilt ut.

--- 343 til 401

Blåtekst: I et åpent sirkulasjonssystem går blodet bare delvis i blodårer. I et lukket sirkulasjonssystem går blodet i blodårer i hele kroppen. Et lukket sirkulasjonssystem kan være enkelt eller dobbelt.

Hjertet er delt inn i rom, eller \_kammer\_. Dyr kan ha ett, to, tre, tre og et halvt eller fire kammer i hjertet. Det kommer vi tilbake til når vi skal se på hvordan hjertet hos dyregruppene i oversikten nedenfor er bygd. Hos dyr som har mer enn ett kammer, kommer blodet fra kroppen alltid gjennom vener inn i et forkammer (F) i hjertet. Fra forkammeret renner blodet over i et hjertekammer (H). Hjertekamrene har velutviklede muskler. Fra hjertekamrene blir blodet presset ut gjennom arterier til kroppen eller til gassutvekslingsorganer. Det er klaffer mellom forkammer og hjertekammer og mellom kamrene og arteriene, slik at blodet ikke kan strømme tilbake samme vei som det ble presset ut.

Tabellen viser en oversikt over bygningen til hjerter med ett til fire kammer samt eksempler på dyregrupper.

Tabell:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Insekt | Fisk | Amfibium | Krypdyr | Fugl, pattedyr |
| Ett eller flere hjerter | Ett hjerte | Ett hjerte | Ett hjerte | Ett hjerte |
| Ett kammer | To kammer | Tre kammer | Tre og et halvt kammer | Fire kammer |
| Bilde: figur | Bilde: figur | Bilde: figur | Bilde: figur | Bilde: figur |

Noen dyr har \_blodpigmenter\_, blodfargestoffer, i blodet. Disse er mer eller mindre oksygenbærende. Blodpigmenter er særlig vanlig hos dyr som lever i miljøer med relativt lite oksygen. Det er også nødvendig hos likevarme dyr (fugler og pattedyr), for det kreves mye oksygen for å holde en jevnt varm kroppstemperatur. Hemoglobin (se side 261) er et eksempel på et blodpigment som frakter oksygen.

Blåtekst: Hjertet hos dyr kan ha fra ett til fire kammer. Mellom kamrene er det klaffer som hindrer at blodet strømmer tilbake igjen.

Bilde: foto av katt

Bildetekst: Katten har et dobbelt, lukket sirkulasjonssystem.

Bilde: figur

Bildetekst: Større dyr har et sirkulasjonssystem som består av hjerte, blodårer og blod. Sirkulasjonssystemet kan være åpent eller lukket. Et lukket sirkulasjonssystem kan være enkelt eller dobbelt.

Margtekster:

-- Vevsvæske består av vann med oppløste stoffer: hormoner, gasser, næringsstoffer, avfallsstoffer og ioner.

-- Krepsdyr kan ha de oksygenbærende blodpigmentene \_hemocyanin\_ eller \_hemoglobin\_, som inneholder kobber eller jern. Hemocyanin er grønt, og hemoglobin er rødt.

#### xxx4 Leddyr som insekter og krepsdyr har et åpent sirkulasjonssystem

Insekter har et åpent sirkulasjonssystem der blodet forlater hjertet fra en arterie og spres innimellom muskler og annet vev i hele kroppen. Fra kroppsvevet blir blodet så presset inn i vener og tilbake til hjertet. Dyret må være mye i bevegelse, og det må spenne og slappe av i musklene, slik at blodet blir presset ut av kroppsvevet og over i venene.

--- 344 til 401

Enkelte insekter, for eksempel mygg, har flere hjerter som ligger rett etter hverandre på ryggsiden. Hvert hjerte består av én enkelt muskel som ligger rundt en blodåre. Andre insekter har bare ett hjerte. Insekter har blod, men det er ikke noe særlig viktig for transporten av oksygen og karbondioksid. Derfor har ikke insekter oksygenbærende blodpigmenter. Sirkulasjonssystemet er bare et transportsystem for næring og avfall. Insektene har et system for gassutveksling som sørger for transport av oksygen og karbondioksid direkte til og fra cellene. Det kan du lese mer om under beskrivelsen av gassutveksling på side 348.

Krepsdyr som reker har et åpent sirkulasjonssystem. Hjertet har ett kammer og er en muskel som kan trekke seg sammen. Blodet forlater hjertet via arterier og strømmer ut i vevet og videre til gjellene. Hos reker er ikke blod og vevsvæske to atskilte væsker. Når en reke beveger kroppen, blir blodet presset ut av vevet og inn i hjertet. Hjertet har hull på siden, slik at blodet kan strømme inn. Fordi krepsdyr ikke har vener, kommer blodet direkte inn i hjertet. Når hjertet trekker seg sammen, stenges disse hullene, slik at blodet presses ut igjen gjennom arteriene.

Mange krepsdyr har blod som er farget av oksygenbærende blodpigmenter. Det er en fordel, for krepsdyr lever i vann, og siden oksygennivået der er mye lavere enn i luft, må krepsdyrene ha blodpigmenter som gir et mer effektivt oksygenopptak og bedre utskilling av karbondioksid via sirkulasjonssystemet enn for eksempel hos de landlevende insektene.

Bilde: foto

Bildetekst: Mygg

Bilde: figur

Bildetekst: Alle insekter har et åpent sirkulasjonssystem. Myggen har mange hjerter på ryggsiden.

Margtekst: Alle dyr med lukket sirkulasjonssystem har oksygenbærende blodpigmenter.

#### xxx4 Leddmarker har et lukket, enkelt sirkulasjonssystem

Meitemarken er en leddmark. Alle leddmarker er oppdelt i mange ledd. Meitemarken har blant annet magesekk, en gjennomgående tarm og mange andre indre organer som behøver transport av gasser, næring og avfall. Dyret er for stort i tverrsnitt til at transport kun ved diffusjon fra de ytterste til de innerste cellene er mulig. Meitemarken har derfor et lukket sirkulasjonssystem med blodårer på ryggsiden og på buksiden. Blodet pumpes framover på ryggsiden i en ryggåre. Muskelvev ligger rundt ryggåren og presser blodet framover.

--- 345 til 401

Bukåren har ikke muskler, så der blir blodet presset bakover på grunn av trykket fra ryggåren.

Meitemarken har noen hjerteliknende utposninger på ringårene som forbinder ryggåren med bukåren. I resten av kroppen går blodet fra ryggåren og forgreiner seg i kapillærårer til de forskjellige organene i hvert ledd. Deretter samles blodet i bukåren og renner bakover.

Bilde: figur

Bildetekst: Meitemarken har et lukket, enkelt sirkulasjonssystem.

#### xxx4 Fisker har et lukket, enkelt sirkulasjonssystem

Alle fiskearter har et lukket, enkelt sirkulasjonssystem. Hjertet har to kammer – ett hjertekammer og ett forkammer – og hjertet ligger nær gjellene. Fra hjertekammeret hos fisker går blodet til gjellene. Der skilles karbondioksid ut og oksygen tas opp. Det oksygenrike blodet ledes så ut i kroppen, der cellene tar opp oksygen og gir fra seg karbondioksid. Blodet transporteres fra vener i kroppen tilbake til hjertets forkammer. Mellom de to kamrene i hjertet er det klaffer. Selv om fisker har et hjerte med bare to kammer, er det tilstrekkelig til å kunne transportere nok oksygen og karbondioksid rundt i kroppen.

Fisker er vekselvarme, og vekselvarme dyr har ikke så stor forbrenning som likevarme dyr. De trenger derfor ikke så mye oksygen til forbrenningen i cellene.

Bilde: foto

Bildetekst: Ørret (\_Salmo trutta\_) og gjedde (\_Esox lucius\_)

Bilde: figur

Bildetekst: Tegningen viser sirkulasjonssystemet hos fisker. Hjertet har to kammer. Blodet går slik: hjertekammer – gjeller – kropp – forkammer – hjertekammer. Rød farge viser oksygenrikt blod, blå farge viser oksygenfattig blod.

--- 346 til 401

xxx4 Amfibier og krypdyr har et lukket, dobbelt sirkulasjonssystem

Amfibier som frosker og salamandere har et tredelt hjerte med to forkammer og ett hjertekammer. Sirkulasjonssystemet er dobbelt. I den første runden presses blodet fra hjertekammeret ut mot lungene før det relativt oksygenrike blodet blir ført til venstre forkammer og tilbake ned i det samme hjertekammeret. I den andre runden går blodet fra hjertekammeret ut i kroppen, der cellene tar opp oksygen og gir fra seg karbondioksid, før det går tilbake til hjertet gjennom vener og føres inn i det høyre forkammeret. Derfra går det oksygenfattige blodet til hjertekammeret. Ulempen ved å ha bare ett hjertekammer er at frosken får en blanding av oksygenrikt og oksygenfattig blod i hjertekammeret, og at blodet som går ut i kroppen, inneholder lite oksygen. Men amfibier er vekselvarme og klarer seg med den oksygenmengden de får. Amfibier utveksler også mye oksygen og karbondioksid direkte gjennom huden. Amfibiene utviklet seg etter fisker og før krypdyr, og hjertet hos amfibiene er et mellomstadium mellom hjertet hos fisker og hjertet hos krypdyr.

--- 347 til 401

Krypdyr som hoggormer og krokodiller har også et lukket, dobbelt sirkulasjonssystem, men de har et hjerte med to forkammer og en vegg som \_nesten\_ deler hjertekammeret i en venstre og en høyre del. Et slikt hjerte sier vi har tre og et halvt kammer. Blod fra kroppen og blod fra lungene holdes delvis atskilt i hjertekammeret. I utviklingsmessig sammenheng ser vi på hjertet hos krypdyr som et mellomstadium – et utviklingssteg mellom amfibiene, som har tre kammer i hjertet, og fugler og pattedyr, som har fire. Hos krokodiller er åpningen mellom venstre og høyre hjertekammer bare et lite hull.

Bilde: foto

Bildetekst: Vanlig frosk (\_Rana temporaria\_)

Bilde: figur

Bildetekst: Tegningen viser sirkulasjonssystemet hos en voksen frosk. Rumpetroll har gjeller. Hjertet har tre kammer. I hjertekammeret blir oksygenrikt og oksygenfattig blod blandet. HF = høyre forkammer, VF = venstre forkammer, H = hjertekammer

Bilde: figur

Bildetekst: Hoggormer og andre krypdyr har et nesten firedelt hjerte, men det er en åpning mellom de to hjertekamrene. Åpningen gjør at oksygenrikt og oksygenfattig blod til en viss grad kan blandes. HF = høyre forkammer, VF = venstre forkammer, HH = høyre hjertekammer, VH = venstre hjertekammer

#### xxx4 Fugler og pattedyr har et lukket, dobbelt sirkulasjonssystem

Fugler og pattedyr har et lukket, dobbelt sirkulasjonssystem med et hjerte som inneholder fire kammer. Dette systemet gir kroppen nok oksygenrikt blod til at dyrene kan ha en høy aerob celleånding (forbrenning). Fugler og pattedyr er de eneste dyrene som er likevarme.

Sirkulasjonssystemet hos fugler og pattedyr fungerer på samme måten som menneskets sirkulasjonssystem (se kapittel 10).

Bilde: figur

Bildetekst: Fugler og pattedyr har et dobbelt sirkulasjonssystem, og hjertet har fire kammer.

Blåtekst: Hos dyr med sirkulasjonssystem ser vi denne utviklingen:

-- fra åpent til lukket sirkulasjonssystem

-- fra enkelt til dobbelt kretsløp

-- fra ett til fire kammer i hjertet

--- 348 til 401

### xxx3 Fordypning: Blodmengden til hjernen må være ganske konstant

For å sikre at cellene i hjernen får rikelig med oksygen og næring, må sirkulasjonssystemet sørge for at transporten til hjernen er god. Hoggormer beveger seg mest horisontalt, og blodårene er tilpasset transport i vannrett stilling. Hvis man løfter en slange opp etter hodet, kan den besvime fordi den får for lite blod til hjernen. Ikke prøv hvis du finner en hoggorm, for den har giftkjertler i munnen!

Sjiraffen har svært elastiske arterier nær hjernen, og den har det høyeste blodtrykket som er målt hos pattedyr. Det må den ha for å kunne pumpe blodet helt opp til hodet. De elastiske arteriene hindrer at blodårene i hjernen blir sprengt av blodtrykket, særlig når sjiraffen bøyer seg ned for å spise eller drikke. Venene hos sjiraffen er tilpasset den lange kroppen. De har mange flere klaffer enn våre vener har. Da kan ikke blodet renne tilbake til hjernen når sjiraffen står med hodet bøyd nedover.

Bilde: foto

Bildetekst: Sjiraffen har elastiske arterier som hindrer blodårene i hjernen i å bli sprengt når den bøyer seg for å drikke.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva transporteres i sirkulasjonssystemet?
2. Hvordan foregår transport hos dyr uten sirkulasjonssystem?

Gi eksempler på dyr uten sirkulasjonssystem.

1. Hvordan foregår transporten hos dyr med sirkulasjonssystem?

Gi eksempler på dyr med sirkulasjonssystem.

1. Forklar hva vi mener med åpent, lukket, enkelt og dobbelt sirkulasjonssystem. Hva slags sirkulasjonssystem har vi mennesker?
2. Beskriv bygning og funksjon hos arterier, kapillærårer og vener.
3. Hvilke fordeler har et dyr med flere kammer i hjertet sammenliknet med et dyr med kun ett kammer?

## xxx2 12.3 Gassutvekslingssystemet

Gassutveksling vil si opptak av oksygen og utskilling av karbondioksid. Alle dyr trenger oksygen til forbrenningen av næringsstoffer. I tillegg må kroppen kvitte seg med karbondioksidet som blir produsert ved denne forbrenningen. Gassutvekslingen skjer ved diffusjon både hos enkelt bygde dyr uten spesielle organsystemer og hos dyr som har mer avansert bygde gassutvekslingsorganer. Vekselvarme dyr kan klare seg med mindre oksygen og derfor et enklere gassutvekslingsorgan, mens likevarme dyr trenger mer oksygen og må derfor ha et avansert bygd gassutvekslingsorgan med stor overflate.

--- 349 til 401

Dyr som lever i vann, og dyr på land har ulikt bygde gassutvekslingsorganer som er tilpasset til levestedet. Oksygenkonsentrasjonen er bare ca. 1 prosent i vann og 21 prosent i luft. Diffusjonen går mye senere i vann enn i luft, derfor må mange av de vannlevende dyrene få mye vann til å passere forbi gassutvekslingsorganene sine for å sikre seg et stort nok oksygenopptak.

### xxx3 Dyr uten gassutvekslingsorganer

Alle encellede og enkle flercellede organismer må leve i vann eller i et annet fuktig miljø, for i luft vil de tørke ut. Disse protistene og dyrene har direkte gassutveksling med omgivelsene gjennom hele overflaten. Inni cellen hos encellede protister som amøber foregår forbrenningen der oksygen blir brukt og karbondioksid blir produsert. Siden det er mer oksygen i vannet utenfor enn inni cellen, går oksygen inn i cellen ved diffusjon, altså passiv transport. Inni cellen er det etter forbrenningen mer karbondioksid enn i vannet utenfor, og karbondioksid blir også transportert ut ved diffusjon på grunn av konsentrasjonsforskjellene. Også enkle flercellede dyr som nesledyr, flatmarker og leddmarker tar opp oksygen og skiller ut karbondioksid uten å ha spesielle gassutvekslingsorganer. De enkle flercellede dyrene består av få cellelag slik at diffusjonen skjer over kortest mulig avstand.

Blåtekst: Encellede protister og enkle flercellede dyr har ikke gassutvekslingsorganer. De har gassutveksling gjennom overflaten. All gassutveksling skjer ved diffusjon.

Bilde: figur

Bildetekst: Hos amøber foregår gassutvekslingen gjennom hele overflaten.

### xxx3 Krepsdyr har gjeller

Nesten alle krepsdyr lever i vann. Små krepsdyr utveksler oksygen og karbondioksid gjennom hele overflaten, mens større krepsdyr, for eksempel reker, har \_gjeller\_. Gjeller er sterkt forgreinede utposninger av tynn hud. Alle dyr som har gjeller, må leve i vann, enten ferskvann eller saltvann. I luft vil gjellene tørke ut fordi det ytterste hudlaget i gjellene ikke er beskyttet av fettstoffer slik annen hud er. Oksygenopptaket og karbondioksidutskillingen tar slutt hvis hudlaget tørker ut. Gjellene er dekket av bare ett cellelag som avgrenser dyrets blodårer fra de vandige omgivelsene, og avstanden mellom blod og vann er så liten at utveksling av oksygen og karbondioksid går lett ved diffusjon. På samme måte som hos fisker skjer diffusjonen ved hjelp av motstrømsprinsippet. Det kommer vi tilbake til på side 351.

Gjellene hos reker sitter utenpå forkroppen og er dekket og beskyttet av et ytre skjelett, et ryggskjold, som også dekker ryggen og sidene på dyret. I tillegg til å gi beskyttelse bidrar dette skjoldet til å gjøre gjellene mindre utsatt for å tørke ut.

--- 350 til 401

Skjoldet danner en hule rundt selve kroppen. Denne hulen kalles gjellehulen og er åpen foran rundt hodet og nede ved beina. Rekene har munnføtter som skyver mat inn i munnen og vann inn i gjellehulen. Nytt vann med oksygen blir skjøvet inn i gjellehulen, og «gammelt», karbondioksidrikt vann blir skjøvet ut. Gjellene hos rekene har forbindelse med blodet. Oksygen diffunderer fra gjellene til blodet og direkte over i cellene, mens karbondioksid diffunderer motsatt vei.

Bilde: foto

Bildetekst: Dypvannsreke (\_Pandalus borealis\_). Rekekroppen er dekket av et ytre skjelett. Det beskytter kroppen og bidrar til å hindre uttørking.

### xxx3 Insekter har trakeer

Selv om både insekter og krepsdyr er leddyr, har de svært ulike gassutvekslingsorganer. Det skyldes først og fremst levestedet. De fleste krepsdyr puster i vann, mens insekter puster i luft. Noen insekter lever i vann i deler av utviklingen mot et voksent individ, og de har som regel gjeller en periode.

Insekter har \_trakeer\_. Trakeer er indre, forgreinede kanaler som ender i \_luftsekker\_. Innvendig er trakeene dekket av tynn, fuktig hud. Trakéåpningene har en spalte som kan åpnes og lukkes. Luft kommer inn i trakeene når spalten står åpen. Musklene i kroppen trekker seg sammen og presser luft ut av trakeene. Trakeene er sterkt forgreinet, og mange forgreininger gir stor overflate. Forgreiningene kan til og med være foldet inn i muskelceller, men atskilt fra cytoplasmaet i dem. Da sikres transport av gass til og fra alle cellene i kroppen. Fordi disse forgreiningene når alle kroppscellene, er ikke blodet viktig for transporten av oksygen og karbondioksid. Selv om trakeer er effektive organer, mener mange insektforskere at insektenes størrelse sannsynligvis begrenses av denne typen gassutvekslingsorgan. Trakeer kan ikke forsyne et stort insekt med nok oksygen selv om oksygeninnholdet i luften er 21 prosent.

Bilde: figur

Bildetekst: Trakeene greiner seg ut i hele insektkroppen, også inn i kroppsceller. Trakeene ender i luftsekker. Luftsekkene er plassert nær organer som trenger mye oksygen.

Margtekst: Ordet \_traké\_ kommer fra gresk \_trakheia\_, som betyr «luftrør».

--- 351 til 401

### xxx3 Fisker har gjeller

Fisker har beskyttede \_gjeller\_, som regel fire på hver side av hodet hos beinfisker. De ligger under gjellelokk av bein. Gjellelokkene er festet til muskulatur, så de kan bevege seg.

Gjellene er forgreinet i \_gjelleblad\_. Det gir stor overflate. Gjellebladene er festet til \_gjellebuer\_. Innenfor det tynne hudlaget som dekker gjellebladene, er det mengder av kapillærårer. Blodet i disse kapillærårene går motsatt vei av vannstrømmen utenfor gjellene. Det eneste som skiller vannstrømmen og blodstrømmen, er to tynne membraner. Siden blodet i kapillærårene som tar opp oksygen og gir fra seg karbondioksid, går motsatt vei av vannet utenfor gjellebladene, vil opptil 80 prosent av oksygenet i vannet passere inn i blodet. Oksygenopptaket blir mye bedre når vann og blod går motsatt vei av hverandre. Vi kaller dette \_motstrømsprinsippet\_.

Blod med lite oksygen møter vann med mer oksygen, og blod med mye karbondioksid møter vann med mindre karbondioksid. Oksygen og karbondioksid diffunderer lett mellom det oksygenrike vannet og det karbondioksidrike blodet. Denne utvekslingen er basert på diffusjon, og den fungerer svært effektivt.

Fisken tar vann inn i munnen og pumper det ut mellom gjellene ved å bevege munnen og gjellelokkene. Mange fiskearter, for eksempel makrell, svømmer så raskt at de får mye vann til å flyte forbi gjellene, og slik får de nok oksygen uten å bruke muskler til å pumpe vannet med. De fleste bruskfisker, som hai, har ikke gjellelokk. De må derfor svømme hele tiden for å få vann til å passere over gjellene slik at de får nok oksygen.

Bilde: foto

Bildetekst: Gjeller

Bilde: figur

Bildetekst: Gjellene ligger under gjellelokk. Gjellene er forgreinet i gjelleblad, som gir stor overflate.

--- 352 til 401

Bilde: figur

Bildetekst: Motstrømsprinsippet. I gjellene møter oksygenfattig blod mer oksygenrikt vann. Oksygen blir overført fra vannet til blodet ved diffusjon. Karbondioksid transporteres fra blodet til vannet. Dersom vannstrømmen og blodstrømmen hadde gått i samme retning, ville mindre oksygen og karbondioksid ha blitt overført.

Forklaring: Ved at blodet og vannet i gjellene strømmer motsatt vei, er oksygenkonsentrasjonen alltid høyere i vannet enn i blodet slik at diffusjonen ikke stopper opp.

Margtekst: Bruskfisker, for eksempel haier og skater, har skjelett av brusk. De fleste andre fisker har skjelett av bein.

### xxx3 Fordypning: Motstrømsprinsippet som temperaturregulering

Reinsdyr lever i fjellet og i arktiske områder på den nordlige halvkule. De har tykk og tett pels som gjør at de kan tåle temperaturer ned mot 40–50 kuldegrader uten å fryse i hjel. Men nederst på beina er ikke pelsen like tykk som på resten av kroppen. Så når et reinsdyr er ute i mange kuldegrader, er temperaturen i selve kroppen høy, mens temperaturen i klovene, altså den nederste delen av beina, er lav. Dersom temperaturen i klovene hadde vært høy, ville is og snø under beina kunnet smelte, og reinsdyret kunne kommet til å synke dypere ned i snøen. Vinterstid er temperaturen i beina til reinsdyret rundt null grader. Varmetapet når varmt blod fra kroppen strømmer ned i blodårene i beina er likevel minimalt. Grunnen til det er at arteriene som går ned i beina, og venene som går opp fra klovene, ligger tett inntil hverandre. Ved motstrømsprinsippet blir det meste av kroppsvarmen overført fra arteriene til venene mens blodet fraktes nedover i beina. Blodet som er på vei oppover i venene, blir dermed varmet opp før det når selve kroppen. Slik reduseres varmetapet, og reinsdyret holder varmen gjennom kalde vinterdager.

Bilde: foto av reinsdyr

### xxx3 Dyr med lunger

Utviklingen fra fisk med gjeller til pattedyrenes forgreinede lunger har tatt flere hundre millioner år. Lunger er store utposninger som ligger inni brysthulen. Utvekslingen av oksygen og karbondioksid i lungene er avhengig av en relativt stor og fuktig overflate. Jo mer oksygen organismen behøver, desto større overflate må lungene ha.

--- 353 til 401

Vekselvarme dyr som amfibier og krypdyr har lunger som er mindre forgreinet enn lungene hos de likevarme dyrene fugler og pattedyr. De vekselvarme dyrene har lavere oksygenopptak og lavere celleånding (forbrenning).

Amfibier har to enkle lunger uten forgreininger. Lungene ser ut som sekker. Inntil veggene i lungene ligger blodårer som tar opp oksygen og kvitter seg med karbondioksid ved diffusjon. Lungene er ikke effektive nok til at amfibiene får dekket oksygenbehovet sitt. Men de har det meste av gassutvekslingen gjennom huden på kroppen, så de får tatt opp nok oksygen selv om den indre overflaten i lungene ikke er så stor. En forutsetning for å kunne ta opp oksygen gjennom huden er at huden holdes fuktig, derfor er amfibier avhengige av å leve i eller nær vann.

Fugler har et gassutvekslingsorgan som består av to forgreinede lunger og i tillegg flere \_lungesekker\_ for både «ny» og «gammel» luft. Fugler har ikke så forgreinede lunger som pattedyr. Lungesekkene inneholder enten oksygenrik luft som er på vei inn i kroppen, eller oksygenfattig luft som skal ut av kroppen. Det vil si at den oksygenrike og den oksygenfattige luften ikke blir blandet, noe som gjør oksygenopptaket svært effektivt.

--- 354 til 401

Alle pattedyr har et likt bygd gassutvekslingssystem: luftrør, bronkier og to svært forgreinede lunger med stadig tynnere luftrør som ender i lungeblærer, alveoler. Du kan lese om dette organsystemet i kapittel 10, der gassutvekslingen hos mennesket er forklart.

Gjennom evolusjonen har lunger hos forskjellige arter utviklet seg fra enkle sekker til forgreinede lunger med mange lungeblærer. Amfibier, fugler og pattedyr har deler av eller hele fosterstadiet i vandige omgivelser. Da har de gjelleliknende utposninger på kroppen. Hos fugler og pattedyr fungerer ikke disse utposningene som gassutvekslingsorganer. De er bare rester som har overlevd gjennom evolusjonen.

Blåtekst: Gassutvekslingsorganene har utviklet seg fra enkle organer, som gjeller hos krepsdyr og fisker, til svært forgreinede organer, som lunger hos fugler og pattedyr. Insekter har rørformede gassutvekslingsorganer kalt trakeer.

Bilde: foto

Bildetekst: Gråspurv (\_Passer domesticus\_)

Bilde: figur

Bildetekst: Lungesekkene trekker seg sammen og utvider seg. Når de bakre sekkene utvider seg, blir luft trukket inn i systemet. Når de bakre sekkene trekker seg sammen, blir luften presset forover til lungene og videre til de fremre sekkene.

Bilde: figur

Bildetekst: Frosker har enkle lunger uten forgreininger, fugler har lunger med noen forgreininger og i tillegg luftsekker, og pattedyr har sterkt forgreinede lunger.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er gassutveksling?
2. Hva bruker dyrene oksygen til?
3. Gi noen eksempler på dyr uten gassutvekslingssystem. Hvordan tar de opp oksygen?
4. Sammenlikn likheter og forskjeller mellom trakeer, gjeller og lunger.
5. Forklar motstrømsprinsippet.
6. Sammenlikn bygning av lungene hos frosk, fugl og menneske. Hvilke sammenheng er det mellom bygning og levested?

--- 355 til 401

## xxx2 12.4 Utskilling – ekskresjon og osmoregulering

Når næring blir brutt ned, blir det dannet avfallsstoffer som må fjernes fra kroppen. Nedbrytningen av proteiner gir nitrogenholdige avfallsstoffer som er giftige for dyret hvis de blir værende i kroppen. Disse nitrogenholdige avfallsstoffene kaller vi \_ekskresjonsprodukter\_, og hos større dyr blir de skilt ut gjennom \_ekskresjonsorganer\_ i ekskresjonssystemet (se side 279). Mange dyr har spesielle ekskresjonsorganer som bare har til oppgave å skille ut nitrogenholdig avfall, mer eller mindre løst i vann. Noen dyr som lever i vandig miljø, skiller også ut dette avfallet gjennom hud og gjeller. Ulike nitrogenforbindelser og forskjellen i bygningen av ekskresjonsorganene er avhengig av hvor og hvordan dyrene lever. Nitrogenforbindelsene som blir skilt ut, er enten \_ammoniakk, urinsyre\_ eller \_urinstoff\_.

Ammoniakk er svært giftig og skilles ut av dyr som lever i vann, for eksempel fisker og rumpetroll. I vann blir ammoniakken fortynnet og dermed mindre giftig. Hos dyr på land blir proteinene brutt ned til mindre giftige forbindelser som ikke behøver å fortynnes i mye vann. Dyr på land skiller vanligvis ut enten \_urinsyre\_ eller urinstoff(karbamid). De kan skilles ut i mer konsentrert form uten at dyret tar skade av det. Fugler, krypdyr og insekter danner urinsyre som er tungt løselig i vann, og som blir skift ut som en hvit eller gul, tyktflytende krem, ofte sammen med avføring. Hos pattedyrene er urinstoff ekskresjonsprodukt, og det blir skift ut i en mer fortynnet form oppløst i urinen fra nyrene. Dyr med sirkulasjonssystem har en nær kopling mellom ekskresjonsorganene og sirkulasjonssystemet. Avfallsstoffene etter forbrenningen i cellene blir først overført til blodet, og deretter blir blodet renset gjennom ekskresjonsorganene.

Det er store variasjoner i hvordan ekskresjonsorganene hos dyr er bygd. Organene og ekskresjonsproduktet er tilpasset dyrets levested. Oversikten i starten av kapittelet viser forskjellige typer ekskresjonsorganer.

Ekskresjonsorganene er også viktige for osmoreguleringen, som er en del av homøostasen. Osmoreguleringen vil si reguleringen av vann og salter i blod og vevsvæske, slik at konsentrasjonen er mest mulig konstant. Blant annet ved aktiv transport kan enkle dyr regulere saltinnholdet i cellene og samtidig mengden vann som kommer inn i og går ut av kroppen. Hos avansert bygde dyr med nyrer er det hormonsystemet og nervesystemet som regulerer salt- og vannbalansen i kroppen.

Blåtekst: Ekskresjon er utskilling av nitrogenholdig avfall. Hva slags nitrogenforbindelse det er tale om, avhenger av hvor dyret lever. Osmoregulering vil si å regulere vann- og saltbalansen i kroppen.

Bilde: foto

Bildetekst: Pattedyr skiller ut nitrogenholdig avfall som urinstoff oppløst i urinen som dannes.

Bilde: figur

Bildetekst: Når proteiner brytes ned i kroppen, dannes nitrogenholdig avfall. Nitrogenforbindelsene som skilles ut, er enten ammoniakk, urinsyre eller urinstoff (karbamid).

--- 356 til 401

### xxx3 Ekskresjon og osmoregulering gjennom cellemembranen eller overflaten

Protister lever alltid i fuktig miljø for ikke å tørke ut. Amøber som lever i \_ferskvann\_, har blærer inni cellen. Inn i disse blærene går det vann ved osmose og ekskresjonsprodukter ved aktiv transport. Blærene fylles og blir transportert til cellemembranen og tømmes ut gjennom den ved eksocytose. På den måten kvitter amøben seg med både vann og nitrogenholdig avfall. Uten disse blærene ville amøben bli fylt med vann og sprekke. Passiv transport, osmose, gjør at ferskvannet går inn hele tiden, fordi ionekonsentrasjonen er høyere inni amøben enn utenfor.

Protister som lever i saltvann, har ikke dette problemet med at vann hele tiden går inn i cellen. De har en konsentrasjon av salter inni cellen som er omtrent lik konsentrasjonen av salter i vannet utenfor. Derfor har de vanligvis ikke slike blærer. De har imidlertid aktiv transport av ekskresjonsprodukter direkte gjennom cellemembranen.

Nesledyr som glassmaneter har ekskresjon gjennom hele overflaten. Når de skal spise, lammer de byttet sitt, for eksempel en fisk, og fører det inn i kroppshulen. Maneten skiller ut enzymer ved eksocytose, og enzymene løser opp fisken. Cellene i maneten kan så ta oppløst næring inn ved endocytose. Etter celleåndingen i hver av cellene skilles de nitrogenholdige avfallsproduktene direkte ut i vannet ved eksocytose, slik som hos en protist i saltvann.

Blåtekst: Alle dyr regulerer vann- og saltkonsentrasjon, osmoregulering. Protister har forskjellige måter å regulere vann- og saltbalansen på avhengig av om de lever i ferskvann eller saltvann. Enkle flercellede dyr skiller ut avfall direkte fra cellene ved eksocytose.

Bilde: figur

Bildetekst: Vannopptak og osmoregulering hos en amøbe i ferskvann.

### xxx3 Flatmarker har protonefridier

Hos flatmarker er avstanden fra undersiden til oversiden kort. De fleste av avfallsstoffene, også mange av de nitrogenholdige, fjernes direkte gjennom huden ved diffusjon. I tillegg har flatmarker primitive nyrer, \_protonefridier\_. Flatmarker har to langsgående ekskresjonskanaler, én på hver side av kroppen. Kanalene er sterkt forgreinet. Noen sidegreiner har åpning mot utsiden.

--- 357 til 401

Andre sidegreiner går inn i vevet og ender i en utposning med en spesiell celle, \_flammecelle\_, som har en samling av cilier (se side 109). Bevegelsene til ciliene minner om flammen på et stearinlys. Flammecellen tar opp vann og noe avfall fra vevet. Ciliene beveger seg slik at væsken transporteres fra flammecellen, ut i ekskresjonskanalen og videre ut av dyret gjennom åpningene mot utsiden. Protonefridiene har først og fremst betydning for osmoreguleringen. Det meste av ekskresjonen foregår direkte gjennom huden.

Bilde: figur

Forklaring: Flatmark med flammeceller og ekskresjonsporer.

Margtekst: Nefridier: primitive, rørformede nyrer, ekskresjonsorganer, hos mange av de virvelløse dyrene. Protonefridier: også kalt «de første nyrene».

### xxx3 Leddmarker har metanefridier

I den spisse framenden har leddmarker som meitemark en munn, et svelg, et spiserør og en mage. Tarmen går gjennom hele dyret og munner ut i bakenden. Utviklingsmessig var leddmarkene de første dyrene som hadde en magesekk. Det har gjort meitemarken i stand til å spise i perioder og fordøye etter hvert. Vann går direkte inn i kroppen gjennom huden. Avfallsstoffene fra forbrenningen skilles ut i ekskresjonsorganer som vi kaller \_metanefridier\_. Det er små utposninger som går fra innsiden av dyret gjennom et samlerør og ut til overflaten. De ligger nær tarmen og sirkulasjonssystemet og tar opp ekskresjonsprodukter direkte fra vevsvæsken. Slike ekskresjonsorganer finnes det to av i hvert ledd. En metanefridie tømmes direkte ut gjennom dyrets overflate, og dyret har ingen urinblære eller noe annet samleorgan for urin.

Bilde: figur

Bildetekst: Hvert ledd hos en meitemark har ekskresjonsorganer i form av et par primitive nyrer, eller metanefridier. En metanefridie består av en trakt som ekskresjonsprodukter fra blodet kommer inn i. Trakten fører til et samlerør som blir tømt ut gjennom en pore i huden. På figuren ser vi bare porene på den ene siden av kroppen.

### xxx3 Krepsdyr har avfallskjertler

Reker har \_avfallskjertler\_, en form for omdannede nefridier, som tømmer avfallet ut av en åpning på hodet, enten ved antennene foran munnen eller ved føttene bak munnen. Avfallskjertlene kalles også de grønne kjertlene, og vi kan se dem i rekehodet når vi rensker reker. Nitrogenholdig avfall diffunderer fra blodet og vevsvæsken til avfallskjertlene og samles opp der. Avfallet føres så gjennom et utførselsrør til en blære som har en liten åpning mot utsiden. Hos krepsdyr som lever i ferskvann, spiller disse kjertlene en viktig rolle ved osmoreguleringen fordi store mengder vann kan skilles ut gjennom dem.

--- 358 til 401

Gjellene hos krepsdyr har også betydning for ekskresjon og osmoregulering. Mye ammoniakk (NH3) skilles ut gjennom gjellene. Gjellene er også viktige for ionebalansen.

### xxx3 Insekter har malpighiske rør

Insekter har rørformede, forgreinede ekskresjonsorganer som vi kaller \_malpighiske rør\_. Rørene ligger nær mange blodårer. De nitrogenholdige avfallsstoffene diffunderer fra blodårene og ut i rørene. Deretter blir disse rørene tømt i større samlerør som fører avfallet ut i tarmen og ut av kroppen. Disse ekskresjonsorganene er helt spesielle for insekter. I tarmen blir det reabsorbert vann og organiske stoffer fra urinsyren, som dermed går tilbake til kroppen.

Bilde: figur

Bildetekst: Hos insekter siver salter, vann og nitrogenholdige avfallsstoffer inn gjennom veggen i de malpighiske rørene. Rørene blir tømt i tarmen, og avfallet følger avføringen ut.

### xxx3 Dyr med nyrer

Alle virveldyr har to nyrer. Nyrene ligger på ryggsiden, hos de fleste på hver sin side av ryggraden. Fisker har ekskresjon gjennom nyrene, som ligger som to mørke bånd på undersiden av ryggraden, ofte kalt blodranden. Fra nyrene ledes urinen gjennom to korte urinledere og ut i en åpning bak tarmåpningen. Fisker har ikke urinblære. I tillegg har de ekskresjon gjennom gjeller og hud.

--- 359 til 401

Ferskvannsfisker og saltvannsfisker styrer ekskresjon og osmoregulering på to forskjellige måter. Hos ferskvannsfisker er konsentrasjonen av salter større inni kroppen enn i vannet omkring. Vann går derfor inn i kroppen gjennom den tynne huden i gjellene ved osmose. Fisken får da altfor mye vann i kroppen, og den produserer derfor store menger fortynnet urin. Ferskvannsfisken drikker lite eller ingenting. Siden det er mer vandig miljø rundt fisken enn inni den, lekker det hele tiden salter ut av fisken ved diffusjon. Salter tas opp gjennom gjellene ved aktiv transport og erstatter det som går tapt. Ferskvannsfisker har godt utviklede nyrer, noe som har stor betydning for osmoreguleringen. Nyrene skiller ut nitrogenholdig avfall i form av ammoniakk.

Hos saltvannsfisker er konsentrasjonen av salter mye større i vannet rundt fisken enn inni kroppen. Derfor går vann hele tiden ut gjennom gjeller og hud ved osmose. Det gjør at fisken kan tørke ut. For å erstatte vanntapet drikker fisken mye saltvann, men da får den samtidig i seg store mengder salt som må fjernes. I magen til fisken blir mye av saltet tatt opp i blodet og fraktet til gjellene, der det skilles ut ved aktiv transport gjennom spesialiserte celler, og noe salt skilles ut gjennom avføringen. Nyrene har liten betydning for osmoreguleringen hos saltvannsfisker. Saltvannsfisker har heller ikke behov for nyrer for å skille ut nitrogenholdig avfall. Nitrogenholdig avfall blir skilt ut gjennom avføringen, og fiskene har dårlig utviklede nyrer.

--- 360 til 401

Ekskresjonssystemene hos virveldyr som amfibier og pattedyr er ganske likt bygde: to nyrer, to urinledere og én urinblære. Et bygningsmessig unntak blant virveldyrene er krypdyr, for eksempel hoggorm, som ikke har urinblære, men en urinleder som tømmes rett i kloakken (tarmen). Nyrene hos virveldyr består av nyrekapsler og nyrekanaler. I nyrekapslene blir blodvæske med nitrogenholdig avfall under høyt trykk presset ut av blodårene og over i nyrekapselen. I nyrekanalene blir salter og vann reabsorbert. Du kan lese mer om dette organsystemet i kapittel 10, der ekskresjon hos mennesket er forklart.

Nyrene har lik funksjon hos virveldyrene, men oppsugingen av væskemengde kan variere. Oppsugingen varierer avhengig av om dyret har et tørt eller vått levested, og om det våte levestedet er ferskvann eller saltvann. Derfor blir urinkonsistensen forskjellig. Urin er tyktflytende og kremliknende hos krypdyr og fugler som ikke drikker mye, og som derfor ikke trenger å skille ut så mye vann. Huden til krypdyr og fugler har ikke svette – kjertler, og det fordamper derfor lite vann fra huden deres. Mange som tar på slanger, blir overrasket over hvor tørre de er.

Pattedyr tilpasser seg også til ulike levesteder. Ørkenrotter er en gruppe smågnagere som opprinnelig lever i ekstremt tørre ørkenområder. De har en svært lang nyrekanal, slik at mye vann blir reabsorbert. Det er en tilpasning til et tørt leveområde. Ørkenrotter som blir brukt som kjæledyr, behøver ikke å drikke vann dersom de får fuktig mat. Hos pattedyr som har stor tilgang på ferskvann, er urinen en mer fortynnet væske. Beveren er en art som lever i og ved ferskvann. Siden den har nærmest ubegrenset vanntilgang, er nyrekanalene svært korte, og lite vann tas opp igjen i kroppen. Beveren skiller derfor alltid ut store mengder fortynnet urin.

Blåtekst: Mange dyr har nyrer eller nyreliknende utskillingsorganer for ekskresjon og osmoregulering.

Bilde: figur

Bildetekst: Ekskresjon og osmoregulering hos ferskvannsfisk og saltvannsfisk

Forklaring: Ferskvannsfisk: Tar opp vann og noen ioner gjennom munnen, drikker lite. Vann går inn gjennom gjellene og kroppen ved osmose. Tar opp saltioner aktivt gjennom gjellene. Skiller ut store mengder vann og tynn urin passivt fra nyrene.

Saltvannsfisk: Vann og salt inn fordi fisken drikker mye. Vann går ut fra gjellene og kroppen ved osmose. Skiller ut saltioner aktivt fra gjellene. Svært lite urin.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Bever (\_Castor fiber\_)

2. Bildetekst: Ørkenrotte (\_Gerbitlinae sp.\_)

### xxx3 Repetisjon

1. Hva er ekskresjon og osmoregulering?
2. Hvilke tre nitrogenforbindelser kan de ulike dyrene skille ut?
3. Hva er protonefridier og metanefridier, og hvilke dyr har slike organer?
4. Forklar forskjellen på ekskresjonen og osmoreguleringen hos ferskvannsfisk og saltvannsfisk.
5. Repeter det du har lest om nyrene hos pattedyr. Tegn en enkel skisse av en Bowmans kapsel og en nyrekanal og forklar funksjonen med dine egne ord.

--- 361 til 401

## xxx2 Sammendrag

De første dyrene utviklet seg fra encellede organismer i havet. Alle dyr er flercellede. De er heterotrofe, og de kan reagere på omgivelsene og bevege seg. Dyr formerer seg vanligvis kjønnet, men av og til formerer de seg ukjønnet.

De dyrene som oppstod først, for rundt 600 millioner år siden, var virvelløse. De levde i havet. Utviklingen av dyrene har vært en gradvis overgang fra bare vannlevende livsformer til både vannlevende og landlevende livsformer. Fugler og pattedyr er likevarme, alle andre dyr er vekselvarme.

Encellede og fåcellede organismer har direkte transport inn i og ut av hver celle, mens større dyr har et eget organsystem for sirkulasjon.

Enkelt bygde organismer har ikke et eget sirkulasjonssystem. All transport skjer ved aktiv og passiv transport og ved endocytose og eksocytose gjennom cellemembranen i hver enkelt celle. Sirkulasjon inni cellen skjer ved diffusjon.

I et åpent sirkulasjonssystem går blodet bare delvis i blodårer. I et lukket sirkulasjonssystem går blodet i blodårer i hele kroppen. Et lukket sirkulasjonssystem kan være enkelt eller dobbelt.

Hjertet hos dyr kan ha fra ett til fire kammer. Mellom kamrene er det klaffer som hindrer at blodet strømmer tilbake igjen.

Hos dyr med sirkulasjonssystem ser vi denne utviklingen:

-- fra åpent til lukket sirkulasjonssystem

-- fra enkelt til dobbelt kretsløp

-- fra ett til fire kammer i hjertet

Encellede protister og enkle flercellede dyr har ikke gassutvekslingsorganer. De har gassutveksling gjennom overflaten. All gassutveksling skjer ved diffusjon.

Gassutvekslingsorganene har utviklet seg fra enkle organer, som gjeller hos krepsdyr og fisker, til svært forgreinede organer, som lunger hos fugler og pattedyr. Insekter har rørformede gassutvekslingsorganer kalt trakeer.

Ekskresjon er utskilling av nitrogenholdig avfall. Hva slags nitrogenforbindelse det er tale om, avhenger av hvor dyret lever. Osmoregulering vil si å regulere vann- og saltbalansen i kroppen.

Alle dyr regulerer vann- og saltkonsentrasjon, osmoregulering. Protister har forskjellige måter å regulere vann- og saltbalansen på avhengig av om de lever i ferskvann eller saltvann. Enkle flercellede dyr skiller ut avfall direkte fra cellene ved eksocytose.

Mange dyr har nyrer eller nyreliknende utskillingsorganer for ekskresjon og osmoregulering.

--- 362 til 401

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 12.1

Dette kapittelet handler om \_komparativ anatomi\_ og \_fysiologi\_ hos dyr. Forklar de kursiverte ordene.

### xxx3 Oppgave 12.2

Hvilke dyr er plassert i protistriket, og hvilke er plassert i dyreriket?

Tips: Bruk den systematiske oversikten bakerst i boka.

### xxx3 Oppgave 12.3

Bruk den systematiske oversikten bakerst i boka og svar på disse oppgavene:

1. Hvilke klasser av dyr er virvelløse, og hvilke er virveldyr (ryggstrengdyr)?
2. Velg én klasse fra de virvelløse dyrene og én klasse virveldyr. Søk i ulike kilder etter mer informasjon om anatomi og fysiologi hos disse klassene av dyr.

### xxx3 Oppgave 12.4

Fisker utviklet seg til amfibier, som etterpå utviklet seg videre til krypdyr, for eksempel dinosaurer.

1. Forklar kort hvordan dette skjedde.
2. Hva er en mulig forklaring på at dinosaurene døde ut?

### xxx3 Oppgave 12.5

Hvorfor er det naturlig at større dyr vanligvis har mer avanserte organsystemer enn små dyr? Velg to eksempler når du forklarer.

### xxx3 Oppgave 12.6

Hva er forskjellen på et ytre skjelett og et indre skjelett hos dyr? Gi noen eksempler på arter når du forklarer.

### xxx3 Oppgave 12.7

1. Hva slags mekanismer er det som gjør at et hjerte slår?
2. Sammenlikn hjertets bygning hos insekter, fisker, amfibier, krypdyr og pattedyr.

### xxx3 Oppgave 12.8

Sammenlikn sirkulasjonssystemet hos fisker, amfibier og fugler. Er det noen sammenheng mellom sirkulasjonssystem, levested og levemåte hos dyrene i disse klassene?

### xxx3 Oppgave 12.9

Lamaen er et pattedyr som lever i fjellområder i Sør-Amerika. Dyret går mye og bærer tungt. Finn ut hvordan lamaslekten har tilpasset seg for å kunne klare så stor aktivitet såpass høyt over havet.

### xxx3 Oppgave 12.10

Noen idrettsutøvere trener i stor høyde en eller flere perioder av året.

1. Hva oppnår de med det?
2. Søk i ulike kilder og finn ut hva EPO (erytropoietin) er.
3. Antidoping Norge publiserer hvert år en dopingliste. Søk opp denne listen og finn ut hva slags informasjon den gir.

### xxx3 Oppgave 12.11

Finn ut mer om trakémidden \_Acarapis woodi\_, som lever i gassutvekslingsorganet hos bier, altså i bienes trakeer.

### xxx3 Oppgave 12.12

1. Gassutvekslingsorganene må være forskjellige hos rumpetroll og frosk. Hvorfor?
2. Forklar hvordan organene hos rumpetroll og frosk er bygd.

### xxx3 Oppgave 12.13

Alle dyr trenger oksygen.

1. Hva bruker dyr oksygen til?
2. Hvorfor må en fisk la svært mye vann passere over gjellene?
3. Hvorfor er det hensiktsmessig at fisker er vekselvarme?

### xxx3 Oppgave 12.14

Et av verdens største insekter kalles The Giant Dobsonfly og finnes i Kina. Det kan ha et vingespenn på opptil 21 cm, like mye som bredden på denne læreboka. Er det mulig å se for seg en evolusjon der insekter blir større og større? (Hvis du lider av entomofobi, frykt for insekter, bør du ikke lete opp bilder av dette insektet!)

1. Hvilke ulike gassutvekslingsorganer kan dyr ha?
2. Gi noen eksempler på at gassutvekslingsorganets bygning og funksjon er tilpasset dyrets størrelse og levested.

### xxx3 Oppgave 12.15

Alle dyr skiller ut nitrogenholdige ekskresjonsprodukter.

1. Pattedyr skiller ut urinstoff (karbamid) løst i vann, mens fugler skiller ut en tyktflytende kremaktig urinsyre. Hvorfor skiller pattedyr og fugler ut ulike ekskresjonsprodukter?
2. Hva er guano? Hvorfor blir det brukt som gjødsel?
3. Finn ut mer om årsakene til at karbamid blir tilsatt i fuktighetskremer og kremer mot eksem.

--- 363 til 401

### xxx3 Oppgave 12.16

Denne oppgaven ble gitt til en muntlig eksamen i biologi. Elevene fikk 1 time forberedelsestid med alle hjelpemidler tillatt. Hver setning inneholder tips til emner du kan fortelle om i svaret ditt. Tenk gjennom innholdet i faget biologi 1 og lag en stikkordliste for hva besvarelsen kan inneholde. Eksamineringen starter med at du får snakke i 10 minutter om det du har lagt vekt på ut fra oppgaveteksten, og deretter blir du eksaminert i 20-30 minutter. Oppgave:

Bildet viser en ulv, som er et sjeldent dyr i Norge. Det latinske navnet er \_Canis lupus\_. Ulven er i slekt med hunden, \_Canis familiaris\_. Hund og ulv har felles avstamning, og begge tilhører klassen pattedyr. Hunden lever tett knyttet til mennesker, mens ulven er veldig sky. I en del områder i Norge er ulven uønsket, og noen mener at ulven er en trussel mot det biologiske mangfoldet og bør utryddes. Ulvebestanden i Norge er i dag svært liten, og ulven står på rødlista til Artsdatabanken. Ulver lever i flokk, og mye av atferden deres er styrt av feromoner. Ulven har godt utviklede sanser, spesielt syn og hørsel.

Både på land og i vann finner vi mange pattedyr. Alle pattedyr har sirkulasjonssystem, gassutvekslingssystem og ekskresjonssystem.

Bilde: foto av ulv

## xxx2 Øvelser

### xxx3 Ø 12.1 Disseksjon av meitemark

\_Utstyr:\_

Levende og død meitemark (levende kan ofte kjøpes i sportsbutikker, beregnet som agn)

Disseksjonsskål (skål med voks i bunnen) eller noe du kan stikke nåler i, for eksempel en fjøl eller en bit tykk kartong

Nåler

Pinsett

Skalpell

Disseksjonssaks

Stereolupe

#### xxx4 Teori og hensikt

Meitemarker finnes over hele verden. Den største, som lever i Australia, kan bli mer enn to meter lang og ha en diameter på flere centimeter. Meitemarkene hører til klassen børstemarker, og de er i rekken leddmarker. Tarmen, nervesystemet og blodsystemet hos meitemarken går gjennom hele kroppen, mens kjønnsorganene finnes i spesielle ledd. 1 paringstiden har meitemarken et tydelig belte som skiller ut slim.

Hensikten med forsøket er å bli kjent med markens anatomi og hvordan den bruker børster og ledd til å bevege seg.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Bruk helst meitemark med litt tykkelse, gjerne 4–5 mm. La en levende mark krype på et papir. Hva ser du? Hva hører du?

-- Hva er forskjellen på oversiden og undersiden av marken?

-- Studer inndelingen i ledd. Se om den marken du studerer, har belte.

-- Mark som på forhånd er drept med ca. 70 prosent sprit, kan brukes til videre disseksjon. Bruk en saks eller en skalpell og åpne marken forsiktig langs ryggsiden. Brett ut kroppsveggene og fest dem i bunnen av skålen med nåler. Fyll vann i skålen, slik at det minst står over de indre organene. Legg merke til leddelingen inni marken.

-- Tegn det du ser, og sett navn på delene.

-- Meitemarkens formering er beskrevet i kapittel 13. Les det. Finn kjønnsorganene. Fremst finner du de store sædblærene, og rett bak dem er de mye mindre eggstokkene. Egglederne munner ut i ledd nummer 14, sædlederne i ledd nummer 9 og 11.

-- Meitemarken har ekskresjonsorganer i hvert ledd. De består av små nøster av tykke kanaler og kan være vanskelige å se.

-- Finn tarmkanalen. Den går gjennom hele marken, fra munnen framme til analåpningen bak.

-- Oppå og under tarmen går hovedblodårene. De er forbundet med hverandre med tynne ringårer som går i dyrets muskellag/hudlag. Se figuren nedenfor.

-- Like bak kjønnsorganene finner du den todelte magen.

-- Ta forsiktig vekk kjønnsorganene og tarmkanalen. Da kan du se nervestrengen som ligger ned mot buksiden.

-- Hvis du følger nervestrengen framover, kan du kanskje klare å se at den deler seg i to helt foran og så går sammen igjen til en primitiv hjerne.

Bilde: figur

Bildetekst: Slik er meitemarken bygd.

Forklaring: Munn, hjerne, svelg, hjerter, blodåre, åpning for sædledere i ledd 9 og 10, testikler, sædblærer, åpning for eggledere i ledd 14 og 15, eggstokker, nerve, 1. mage, 2. mage, tarm, belte som skiller ut slim i paringstiden.

--- 364 til 401

#### xxx4 Oppgaver

-- Hvilken nytte gjør meitemarken?

-- Hvilken nytte har marken av børstene?

-- Hvorfor kan marken strekke seg ut og trekke seg sammen?

-- Finn ut hvordan marken driver gassutveksling.

-- Hvilken farge har blodet til meitemarken?

-- Finn ut hvordan marken parer seg.

-- Finn ut hva som skjer med beltet etter paring.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket?

--- 365 til 401

### xxx3 Ø 12.2 Disseksjon av fisk

\_Utstyr:\_

Laboratoriefrakk, engangshansker

Fersk eller frossen (tint) hel fisk, alle slags arter går

greit

Saks

Skalpell

Pinsett

Stereolupe

Tørkepapir

Avis/plast til underlag

#### xxx4 Teori og hensikt

Fisk er vekselvarme dyr med et lukket sirkulasjonssystem. Fiskehjertet består av to kammer. Gassutvekslingsorganene er svært forgreinede gjeller. Nyrene kaller vi blodranden. I dette forsøket skal du bli kjent med flest mulig av fiskens organer.

#### xxx4 Framgangsmåte

-- Undersøk først fisken utvendig. Hvilken art har du? (Oppgi både norsk og latinsk navn.) Tegn den og få med de forskjellige finnene og de utvendige organene.

-- Åpne fisken forsiktig ved å snitte langs buken. Finn, studer og tegn de innvendige organene (jf. figuren på neste side).

-- Finn hjertet, som ligger langt framme i fisken. Finn også pulsåren, som går framover mot gjellene. Del hjertet i to og studer det innvendig. Tegn hjertet utvendig og innvendig.

-- Finn tarmsystemet. Tegn det du ser. Pass på at du får med både svelget, spiserøret, magesekken, blindtarmen, tynntarmen og endetarmen. Finn også leveren, galleblæren og eventuelt rogn eller melke. Åpne magesekken og se om du finner noe inni den.

-- Fjern forsiktig hud og muskler fra hodet på fisken, slik at du kommer ned til hodeskallen. Klipp forsiktig opp skallebeinet. Tegn og beskriv hjernen. Få med delene: forhjernen, midthjernen, lillehjernen og den forlengede marg.

-- Ta ut en ryggvirvel. Del den. Finn og beskriv ryggmargen.

-- Fra forhjernen går det nerver ut til øynene og luktegropene. Finn øynene og luktegropene og beskriv dem.

-- Ta ut et øye. Disseker det, tegn det og forklar oppbygning og funksjon.

-- Finn likevektsorganet og ta ut øresteinene. Brekk en av dem og se om du ser «årringer».

-- De fleste fisker danner også årringer i skjellene. Dersom du dissekerer en fisk med store og tydelige skjell, kan du sikkert finne årringene. Hvis skjellene er små, kan det være svært vanskelig – noen ganger helt umulig – å se årringene. Tegn skjellet og vis hvordan du ser alderen på fisken.

-- Øresteinene finnes i hodeskallen, ved ørene, hos alle virveldyr. Øresteinene er små kalkbiter som får ringer omtrent som en trestamme. De kan fortelle fiskens alder og er viktige for balansen.

Bilde: foto

Bildetekst: Slik åpner du fisken.

--- 366 til 401

Bilde: figur

Bildetekst: Slik er en fisk bygd.

Forklaring: Utvendig, forfra og bakover: luktegrop, øye, gjellelokk, sidelinjeorgan. Finnene: ryggfinner, halefinne, bukfinne (på undersiden, foran) og gattfinner (på undersiden av halen).

Innvendig, forfra og bakover: gjeller, hjerte, magesekk, blindtarmer, galleblære, lever, tarm, endetarmsåpning (gatt). Parallelt med ryggen: nyre (øverst mot ryggen), svømmeblære og kjønnskjertel. Nyre og svømmeblære strekker seg omtrent fra gjelle til gatt, kjønnskjertelen omtrent fra magesekk til gatt.

#### xxx4 Oppgaver

-- Hva tror du fisken bruker tennene til?

-- Finn ut hvilken nytte fisken har av sidelinjeorganet.

-- Har fisken øyelokk?

-- Forklar hva som skjer i de to hjertekamrene hos fisken.

-- Beskriv kort oppgavene til de enkelte delene av fordøyelsessystemet.

-- Hvilken rolle spiller øresteinene for fisken? Hva kan havforskerne bruke øresteinene til?

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket? Hvilken konklusjon trekker du av forsøket? (Altså: Hva har du lært?)

--- 367 til 401

### xxx3 Ø 12.3 Disseksjon av kråke, due, høne eller annen fugl

\_Utstyr:\_

Laboratoriefrakk, engangshansker

Fugl

Saks

Skalpell

Pinsett

Stereolupe

Tørkepapir

Avis/plast til underlag

Dette er en åpen øvelse. Du får utlevert en fugl og utstyr til disseksjon. De fleste hønseslakterier kan levere høns. Kråker og duer kan skytes utenfor tettbebygde strøk. De fleste kommuner har skuddpremie på kråker. I spalten til høyre får du noen tips om hva du kan lete etter, og hvordan du kan jobbe. Før øvelsen kan du selv finne egnede bilder og tegninger på Internett. Bruk også tegningene i læreboka.

#### xxx4 Stikkord

-- systematikk, latinsk navn, klassifikasjon

#### xxx4 Anatomi og fysiologi:

-- fjær, bein, nebb, munn, farger, øre og kraftig tunge, festet bak ørene

-- bygningstrekk og evne til å fly

-- velutviklet brystmuskulatur

-- hult skjelett

-- stort, kraftig brystbein

-- to mager (kjertelmagen, som er en fortykning av spiserøret, og kråsen, altså muskelmagen)

-- effektiv kjemisk og mekanisk spalting av maten, lang tarm som ender i endetarmen = kloakken

-- stort behov for oksygen, godt utviklede lunger og luftsekker (virker som blåsebelger)

-- ikke mellomgulv

-- stor aktivitet, effektivt blodomløp, firekamret hjerte, høy puls og høy, konstant kroppstemperatur (40–50 °C)

-- to forholdsvis store nyrer ved siden av ryggraden, to urinledere

-- kan være vanskelig å finne indre kjønnsorganer

-- ingen ytre kjønnsorganer, befruktningen foregår i kloakken

-- en annen hjerne enn pattedyr, ikke så sterkt foldet

Bilde: figur

Bildetekst: Gassutvekslingssystemet hos fugl

Forklaring: Luftrør i halsen til midtbronkie i lunge. Fem lungesekker knyttet til lungen. Luftrør mellom lunge og lungesekk.

Bilde: figur

Bildetekst: Skjematisk tegning av organer hos fugl

Forklaring: Luftrør til lunger med lungesekker. Hjerte med blodårer til luftrør og spiserør. Kro, kjertelmage, krås, bukspyttkjertel, lever, tarm, nyre, kloakk.

--- 368 til 401

### xxx3 Ø 12.4 Disseksjon av pattedyr

\_Utstyr:\_

Laboratoriefrakk, engangshansker

Pattedyr

Saks

Skalpell

Pinsett

Stereolupe

Tørkepapir

Avis/plast til underlag

Dette er en åpen øvelse. Du får utlevert et pattedyr og utstyr til disseksjon. Fra dyrestaller på sykehus kan dere få kjøpt avlivede mus eller rotter som allerede har vært brukt til forsøk. I spalten til høyre får du noen tips om hva du kan lete etter, og hvordan du kan jobbe. Før øvelsen kan du selv finne egnede bilder og tegninger på Internett. Bruk også tegningen nedenfor.

Bilde: figur

Forklaring: Organer, fra hode til hale: luftrør, spiserør, aorta, hjerte, lunge, mellomgulv, lever, magesekk, milt, tolvfingertarm, gallegang fra lever til tolvfingertarm, bukspyttkjertel, tynntarm, tykktarm, endetarm, anus.

#### xxx4 Stikkord

-- Klassen pattedyr (Mammalia) har 90 nålevende arter i Norge. I hele verden finnes det ca. 5.000 arter av pattedyr.

-- Europa har få pattedyrarter sammenliknet med andre verdensdeler (årsaker: siste istid, vekslende klima, vekselvarme).

-- Nevne noen typiske pattedyrtrekk (fra blåhval på 150.000 kg til dvergspissmus på 1,5 g), anatomi og fysiologi. Produserer melk fra melke – kjertler (patter) som er omdannede svettekjertler, 2–24 brystvorter (artsavhengig).

-- Alt fra lite hår (hval) til helt dekket av hår. Hårdekket har med temperaturregulering å gjøre, og hårene er festet til muskler, slik at de kan reise seg ved frost eller frykt.

-- Likevarme, homøostase

-- Spesielle tilpasninger i skjelettet: ett underkjevebein, sju halsvirvelbein, tre mellomøreknokler

-- Bevegelsessystem: muskler med sener festet til bein

-- Føder levende unger og har yngelpleie, eggceller (eggstokk) og sædceller (testikler), livmor

-- Mat kraftig bearbeidet i munnhulen: mekanisk (tenner) og kjemisk (spytt), store forskjeller på tanngard hos planteetere (maler maten) og kjøttetere (river fra hverandre fibrer)

-- Bevegelige øyelokk, sammenlikn med øyet hos menneske (kuleformet med gelé inni, pupill, hornhinne, netthinne)

-- Ytre øre med øreganger som fanger lyd

-- Svelg, spiserør, magesekk (sur pH), enzymer

-- Tynn- og tykktarm, lang hos planteetere, kortere hos kjøttetere

-- Luftrør, lunger, mellomgulv

-- Nyrer (ekskresjon) med binyrer (adrenalin)

-- Lever (renseorgan)

-- Fire kammer i hjertet (typisk for likevarme dyr)

-- Store forskjeller i ulike hjerneområder, men storhjernen er stor

-- Mange skiller ut feromoner (duftstoffer)

--- 369 til 401

# xxx1 Kapittel 13: Formering hos dyr

\_Du skal kunne:\_

-- gjøre greie for hovedtrekkene i formeringen hos dyr, sett i sammenheng med utviklingen av livet på jorda

Dyrelivet på jorda har utviklet seg fra liv i vann til liv på land. Både formeringsorganer og fosterutvikling gjenspeiler denne utviklingen. De første dyreliknende organismene levde i vann. Mange dyr på land har tilpasset formeringen til landlivet. De har for eksempel fosterutvikling i et væskefylt egg med hardt skall, slik at fosteret skal overleve livet på land, eller de har utviklet indre befruktning for at eggceller og sædceller ikke skal tørke ut. Noen dyr beskytter fosteret ved at de har indre fosterutvikling, men de fleste dyr har ikke det.

Alle dyr har en begrenset levetid. Levetiden for dyr varierer mye, fra voksne døgnfluer, som lever noen få dager, til skilpadder, som kan leve i over hundre år. I løpet av levetiden må de formere seg hvis arten skal overleve. Noen formerer seg alene ved ukjønnet formering. Andre parer seg med et annet individ av samme art. Det kalles kjønnet formering. Noen formerer seg bare noen få ganger, mens andre formerer seg nærmest kontinuerlig. Noen etterlater seg få avkom, mens andre etterlater seg tusenvis av avkom. Noen overlater de nyfødte fullstendig til sin egen skjebne, mens andre passer på ungene en periode etter at de er født.

Bilde: foto av blåmeis

--- 370 til 401

## xxx2 13.1 Utviklingen av formeringsmetoder hos dyr

### xxx3 Formeringsmetodene blir mer og mer uavhengige av vann

De prokaryote organismene (se side 104) som oppstod først, formerte seg sannsynligvis bare \_ukjønnet\_ uten at det ble dannet kjønnsceller. De formerte seg på den enkleste ukjønnede måten: ved \_todeling\_. Mens livet utviklet seg videre i havet og stadig flere arter av dyr ble dannet, ble det utviklet andre \_ukjønnede\_ formeringsmetoder enn todeling, som \_fragmentering, knoppskyting og partenogenese\_. Det kan du lese mer om senere i kapittelet.

Etter hvert utviklet det seg organismer med både ukjønnede og \_kjønnede\_ formeringsmetoder. Dyr ble i stand til å produsere kjønnsceller, slik at to kjønnsceller kunne smelte sammen til en zygote, et befruktet egg. Når en art veksler mellom en ukjønnet og en kjønnet formeringsmetode gjennom generasjonene, sier vi at arten har generasjonsveksling. Det behøver ikke bety at de bruker disse formeringsmetodene annenhver gang. Noen av artene som har \_generasjonsveksling\_, veksler mellom kjønnet og ukjønnet formering avhengig av hvordan de abiotiske faktorene i omgivelsene rundt dem endres. Begrepet \_generasjonsveksling\_ har ulik betydning hos planter og dyr. I kapittel 8 leste du om hvordan begrepet blir brukt om planter.

Noen organismer utviklet evnen til å produsere eggceller og sædceller fra det samme individet. \_Tokjønnede\_ eller \_hermafroditter\_ kaller vi dem. Hos andre organismer er det to ulike slags individer med hvert sitt kjønn, en hunn som lager eggceller, og en hann som lager sædceller. De blir kalt \_enkjønnede\_. Vi mennesker er et eksempel på en enkjønnet art.

Eggceller og sædceller er avhengige av et fuktig miljø for å overleve. Kjønnet formering kan foregå ved ytre \_befruktning\_. Ytre befruktning er avhengig av at organismene lever i vann eller i et fuktig miljø. Eggcellene legges i vannet, og sædcellene sprøytes over dem. De befruktede eggene blir oftest liggende ubeskyttet i vannet. Ved \_indre befruktning\_ skjer befruktningen inni hunnen. Sædcellene svømmer gjennom en fuktig kanal hos hunnen for å komme til eggcellen. Indre befruktning muliggjorde et liv på land fordi eggceller og sædceller ikke tørker ut.

Dyr som lar befruktede egg ligge ubeskyttet i vannet, må lage mange flere eggceller enn dyr som legger befruktede egg på et beskyttet sted, eller dyr som har indre befruktning. Dyr som passer på de befruktede eggene eller tar seg av avkommet sitt etter fødselen, får ofte få avkom. Det er ressurskrevende å drive med slik \_yngelpleie\_, men overlevelsesraten blant ungene er til gjengjeld betydelig høyere.

Utviklingen har beveget seg fra ukjønnet til kjønnet formering, men ukjønnet formering er likevel biologisk vellykket i og med at mange arter fortsatt formerer seg ukjønnet. Nesten alle dyr som lever i dag, formerer seg ved kjønnet formering. Vi kan si at de tidligste kjønnede formeringsmetodene er relativt enkle.

--- 371 til 401

Da har dyrene mange kjønnsceller, ytre befruktning og ingen yngelpleie. De mer avanserte dyrene kom senere. De har indre befruktning, få egg og yngelpleie.

Videre i kapittelet skal vi først beskrive ulike ukjønnede og kjønnede formeringsmåter. Deretter får du eksempler på dyregrupper og arter og deres formeringsmåter.

Formeringsmåter hos dyr:

Tabell omgjort til lister:

\_Ukjønnet formering:\_

-- Todeling

-- Knoppskyting

-- Fragmentering

-- Partenogenese

\_Kjønnet formering:\_

-- Tokjønnede hermafroditter: Selvbefruktning, Kryssbefruktning

-- Enkjønnede individer: Ytre befruktning, Indre befruktning

Blåtekst: De prokaryote organismene som oppstod først, formerer seg sannsynligvis bare ukjønnet ved todeling. Hos dyr har det vært en utvikling av formeringsmetoder fra ukjønnet til kjønnet formering.

Tabellen på neste side gir en oversikt over formeringsmåter for noen utvalgte rekker i protistriket og dyreriket. Vi har tatt med noen protister fordi noen av dem regnes som dyreliknende selv om de ikke systematisk er plassert i dyreriket. Dyr som har både ukjønnet og kjønnet formering, har generasjonsveksling. Dyr med bare kjønnet formering har ikke generasjonsveksling. Du kan lese mer om disse eksemplene senere i kapittelet.

--- 372 til 401

Tabell omgjort til liste:

\_Dyr; Ukjønnet formering; Kjønnet formering; Kommentar\_

Protister (for eksempel amøbe, tøffeldyr og alger); Todeling (encellede protister, for eksempel amøbe): Encellede protister kopierer DNA, deretter deler cellen seg i to. Knoppskyting (encellede protister, for eksempel sporedyr): Det vokser ut en liten utgave, en knopp, på morindividet. Denne knoppen løsner og utvikler seg så til et nytt og selvstendig individ.; Utveksling av genmateriale ved konjugasjon (for eksempel tøffeldyr), haploide kjønnsceller/sporer (+ eller -) hos noen encellede protister (for eksempel sporedyr) og flercellede protister (for eksempel alger); Noen en- og flercellede protister kan ha både ukjønnet og kjønnet formering, det vil si at de har generasjonsveksling.

Nesledyr (for eksempel glassmanet); Knoppskyting; Enkjønnede, indre formering. To individer (hann og hunn) utveksler genmateriale ved indre befruktning. Sædcellen svømmer gjennom vannet og inn i hunnen. Det dannes en larve som fester seg til havbunnen og formerer seg videre ved knoppskyting.; Alle nesledyr har generasjonsveksling.

Flatmark (for eksempel flimmermark); Fragmentering: En del av kroppen hos et flercellet individ blir snørt av, og hver del (\_fragment\_) utvikler seg til et nytt individ.; Tokjønnede hermafroditter med kryssbefruktning. To individer befrukter hverandre ved indre kjønnet formering. Det dannes en larve som vokser til et nytt individ. Dette individet kan snøre av en del av kroppen, og hver del blir til et nytt individ.; Alle flatmarker har generasjonsveksling.

Leddmark (for eksempel meitemark); --; Tokjønnede hermafroditter med kryssbefruktning. To individer befrukter hverandre ved ytre kjønnet formering gjennom å utveksle sædceller. Det dannes små egg som legges i jorda.; Det er stor variasjon i formeringsmåter hos leddmark, mange har kjønnet formering.

Leddyr, krepsdyr (for eksempel reke); --; Enkjønnede med ytre befruktning. Kjønnet formering der sædceller svømmer til hunnens egg. Hunnen går med de befruktede eggene under kroppen inntil larvene klekkes. Reker skifter kjønn i løpet av livet. De er først hann, så hunn.; De fleste leddyr har kjønnet formering. Ukjønnet formering kan forekomme.

Leddyr, insekt (for eksempel bie); Partenogenese. Når bidronningen legger egg ved ukjønnet formering blir eggene til droner (hanner).; Enkjønnede med indre befruktning. Når bidronningen legger egg ved kjønnet formering, parer hun seg med dronene, og eggene blir til arbeidere (hunner).; Bier har generasjonsveksling. De fleste andre insekter har kun kjønnet formering.

Ryggstrengdyr, fisk (for eksempel torsk og ørret); --; Enkjønnede med ytre befruktning. Hunnen lager enorme mengder med egg som slippes fri, og hannen sprøyter sædcellene over. De befruktede eggene utvikles til larver. Larvene går ganske raskt over til å bli kalt yngel.; De aller fleste ryggstrengdyr har kun kjønnet formering.

Ryggstrengdyr, amfibier (for eksempel frosk); --; Enkjønnede med ytre befruktning. Hunnen legger eggene i vann, og hannen sitter på ryggen hennes og sprøyter sædceller over. De befruktede eggene utvikler seg til rumpetroll og så til små frosker.; --

--- 373 til 401

Ryggstrengdyr, krypdyr (for eksempel hoggorm); --; Enkjønnede med indre befruktning. Flere egg med en tynn hinne rundt utvikler seg inni hunnen. Hinnen sprekker og hunnen føder levende unger.; --

Ryggstrengdyr, fugl (for eksempel gråtrost); --; Enkjønnede med indre befruktning. Hannen sprøyter ut sædceller ved hunnens kloakkåpning, og sædcellene svømmer inn til eggcellene. Hunnen utvikler noen få egg med tykt skall som legges i et reir der de ruges ut.; Har yngelpleie.

Ryggstrengdyr, pattedyr (for eksempel bever og menneske); --; Enkjønnede med indre befruktning. Hannen overfører sædceller til hunnens vagina gjennom en penis. Ved indre kjønnet formering dannes et foster som utvikler seg over relativt lang tid i livmoren.; Har yngelpleie.

Bilde: foto

Bildetekst: Om våren klekkes alle bladlusegg som hunner. De formerer seg ukjønnet ved partenogenese og føder levende unger. Om høsten utvikles det også hanner, og bladlusene formerer seg kjønnet.

Bilder: to foto

1. Bildetekst: Frosker legger store mengder egg ubeskyttet i vannet.

2. Bildetekst: Skilpadder legger egg som de beskytter ved å grave dem ned i sanden.

Margtekster:

-- \_Partenogenese\_ betyr «jomfrufødsel». Ordet kommer fra gresk \_parthenos\_, som betyr «jomfru», og genesis, som betyr «fødsel».

-- \_Hermafroditos\_ (gresk) betyr «med begge kjønn».

### xxx3 Repetisjon

1. Gi noen eksempler på hvordan vannlevende og landlevende dyr har tilpasset formeringen sin til levestedet.
2. Forklar forskjellene på ukjønnet og kjønnet formering.
3. Det finnes fire ukjønnede formeringsmetoder. Kan du nevne dem?
4. Forklar kort hva vi mener med enkjønnede dyr, tokjønnede dyr, ytre befruktning og indre befruktning.
5. Hva innebærer generasjonsveksling hos dyr? Gi noen eksempler på dyr som har generasjonsveksling.
6. Nevn noen dyr som har yngelpleie. Hva er fordelene med yngelpleie?

## xxx2 13.2 Ukjønnet formering og generasjonsveksling

### xxx3 Ukjønnede formeringsmetoder

Ukjønnet formering vil si formering uten at en sædcelle og en eggcelle smelter sammen. Ukjønnet formering kan skje ved en enkel todeling, ved fragmentering, ved knoppskyting eller ved partenogenese. Encellede individer kan formere seg ved todeling. Da blir arvematerialet i kjernen kopiert, og deretter deler cellen seg. Den ene cellen er blitt til to. Ukjønnet formering ved fragmentering vil si at et flercellet individ blir delt i biter, \_fragmentert\_, og at hver bit utvikler seg til en ny, fullstendig og selvstendig organisme. Knoppskyting vil si at det vokser ut en liten utgave, en knopp, på morindividet. Denne knoppen løsner og utvikler seg så til et nytt og selvstendig individ.

--- 374 til 401

Ukjønnet formering kan også skje ved partenogenese, såkalt jomfrufødsel. Da legger et individ egg uten at det har skjedd en befruktning først. Partenogenese er mer komplisert enn de andre formene for ukjønnet formering. Den kan skje på tre ulike måter. Den første måten er en variant der diploide egg fra det diploide mordyret utvikler seg til diploide individer uten befruktning, det vil si at en mor føder døtre. Da skjer bare mitose og ingen meiose. Den andre varianten av partenogenese er at et diploid mordyr etter meiose legger haploide egg som ikke blir befruktet, og de haploide eggene utvikler seg til haploide individer. Et tredje alternativ er at disse haploide individene lager nye haploide egg ved mitose, og at eggene blir til haploide dyr. Vanligvis er alle disse ungene hunner, og nesten ingen hanner blir født. På side 382 kan du lese om partenogenese hos bier.

Dersom den ukjønnede formeringen gir et nytt individ med gener som er nøyaktig like genene til morindividet, er det en form for \_kloning\_.

Fordelen med ukjønnet formering er at den gir grunnlag for en rask populasjonsvekst, for det blir jo ikke brukt energi og ressurser på å finne en partner. På lengre sikt kan det være en ulempe, for slik formering gir liten genetisk variasjon i populasjonen. En populasjon med liten genetisk variasjon tåler gjerne ikke endringer i miljøet så godt og har dårligere motstandsevne mot sykdommer og parasitter.

Blåtekst: Ukjønnede formeringsmetoder er todeling, fragmentering, knoppskyting og partenogenese. Fordelen med ukjønnet formering er at den gir grunnlag for rask populasjonsvekst. Ulempen er at den gir liten genetisk variasjon i populasjonen, som kan få redusert evne til å tåle miljøendringer.

Bilde: foto

Bildetekst: Tøffeldyret er en encellet protist som kan formere seg ukjønnet ved todeling. Bildet viser et tøffeldyr som er i ferd med å dele seg i to.

Margtekster:

-- En diploid celle har parvise kromosomer. En haploid celle har enkeltkromosomer og halvert kromosomtall.

-- Mitose: kroppscelledeling. Meiose: reduksjonsdeling (kjønnscelledeling).

--- 375 til 401

### xxx3 Generasjonsveksling

Noen av de encellede, dyreliknende protistene, som amøben, formerer seg bare ved ukjønnet formering. Andre protister formerer seg både ukjønnet og kjønnet. Et eksempel er det encellede tøffeldyret (\_Paramecium\_), som formerer seg både ukjønnet og kjønnet. De fleste dyr med en ukjønnet formeringsmåte kan også ha en kjønnet formering – altså en generasjonsveksling. Hvilken formeringsmetode de bruker, kan variere gjennom året eller hvis miljøfaktorene endres. Det er også vanligere med ukjønnede formeringsmetoder i polare områder. Dette ser vi for eksempel hos små krepsdyr som dafnier.

Noen populasjoner av dyr med generasjonsveksling består bare av diploide individer, mens andre hovedsakelig har haploide individer. Noen populasjoner består av både haploide og diploide individer samtidig. Utseendet hos de haploide og de diploide individene kan være forskjellig hos noen arter, mens hos andre arter er individene helt like. Hos dafniene er haploide og diploide individer helt like, men hos biene ser vi tydelig forskjell på dronningen (2n), dronene (n) og arbeiderne (2n). Dronningen er mye større enn arbeiderne og dronene, mens dronene har tykkere kropp og større øyne enn arbeiderne.

Blåtekst: Generasjonsveksling hos et dyr vil si at dyret har både en ukjønnet og en kjønnet formeringsmåte.

Bilde: foto

Bildetekst: Dafnien er et krepsdyr som lever i ferskvann. Når det er gunstige forhold på levestedet om våren, kan hunnene formere seg ukjønnet ved partenogenese. Hunnene lager da diploide (2n) egg og føder levende unger. Alle ungene er hunner og genetisk like moren. På bildet ser vi en dafniehunn med to ufødte unger inne i kroppen. Formeringsmåten er hensiktsmessig, for det blir fort mange individer. Om høsten, når leveforholdene blir dårligere, lager dafniehunnene både hanner og hunner. De parer seg med hverandre, og hunnene legger egg som overvintrer.

### xxx3 Fordypning: Ukjønnet formering hos virveldyr

Ukjønnet formering er sjelden hos virveldyr, men kan skje hos noen arter. Verdens største nålevende krypdyr, komodovaranen (\_Varanus komodoensis\_), lever på noen få indonesiske øyer. Den kan bli opptil tre meter lang og 165 kilo tung. Forskere antar at arten oppstod i Asia for ca. 40 millioner år siden. Det finnes både hanner og hunner, og hunnens eggceller kan befruktes med hannens sædceller. Men hunndyret produserer vanligvis også avkom uten befruktning. Da fødes bare hanner. Naturlig seleksjon har skapt et dyr som har hatt fordeler av denne ukjønnede formeringen, antageligvis fordi dyrene en stor del av livet lever helt alene, de er sjeldne og ikke spesielt sosiale, og fordi ett enkelt hunnindivid kan skape en ny bestand. Komodovaranen tar ikke vare på ungene sine, tvert imot! De nyfødte ungene klatrer opp i et tre for å unngå å bli spist av moren, og der blir de i omtrent åtte måneder mens de spiser alt levende de kan få tak i, og vokser seg større. I dag er det bare noen få tusen individer igjen av komodovaranen.

Et annet krypdyr som har ukjønnet formering, er firfislen \_Aspidoscelis uniparens\_. Den lever i Arizona. Alle nye individer dannes ved partenogenese, og de er hunner. For å produsere nye individer slår to hunner seg sammen. Den av dem som har minst av det kvinnelige kjønnshormonet østrogen, legger seg oppå ryggen til den andre. Dyret som ligger oppå den andre, gjør ristebevegelser, og ristingen får den underste hunnen til å produsere egg uten meiose, altså kloner av seg selv. Hunnen som ligger oppå, bidrar ikke med noe genetisk materiale, men er likevel viktig for formeringen selv om den altså er ukjønnet.

Bilde: foto

Bildetekst: Komodovaran

### xxx3 Repetisjon

1. Forklar hva todeling, knoppskyting, fragmentering og partenogenese er. Bruk tabellen på side 372 og gi noen eksempler på dyr som har disse formeringsmåtene.
2. Nevn noen fordeler og noen ulemper med ukjønnet formering.
3. Hvorfor tror vi at ukjønnet formering oppstod før kjønnet formering?
4. Forklar dafnienes generasjonsveksling. Lag en enkel tegning som viser livssyklusen deres.

--- 376 til 401

## xxx2 13.3 Kjønnet formering

Kjønnet formering er når avkommet blir dannet ved at to haploide kjønnsceller smelter sammen og blir til en diploid zygote. Alle dyr har \_oogami\_. Det betyr at egget er stort og ubevegelig, mens sædcellen er liten, har en flagell og kan svømme. Zygoten deler seg mange ganger og blir så til et \_foster\_.

Margtekster:

-- \_Oon\_ (gresk) betyr «egg».

-- Et foster er navnet på et dyr fra det er dannet en zygote etter befruktningen, og fram til fødselen.

### xxx3 Tokjønnede og enkjønnede dyr

Tokjønnede dyr (hermafroditter) er faktisk ikke uvanlig i naturen. Vi finner dem både i vann og på land. Noen av de tokjønnede dyrene lever asosialt uten å være nær individer av samme art, og da er to kjønn hos ett individ praktisk.

Noen tokjønnede har begge kjønn samtidig, som meitemark. Andre dyr er i en periode først det ene kjønnet, så det andre, for eksempel reker. Hos noen kan sædcellene befrukte dyrets egne egg, såkalt selvbefruktning, men det er bare noen svært få dyrearter som har en slik formeringsmåte. Eksempler på dyr som er selvbefruktende hermafroditter, er elvemusling, sitrusskjoldlus, bendelmark og noen arter snegler og rundmarker. Flere av disse dyrene kan begynne med selvbefruktning dersom bestanden er liten.

--- 377 til 401

Den vanligste formeringsmåten blant tokjønnede er at de produserer sædceller som bare kan befrukte andre individers egg, såkalt kryssbefruktning. Et eksempel på det kan du lese om på side 384, der meitemarken er beskrevet.

Blant de virvelløse dyrene finner vi både tokjønnede og enkjønnede individer. Enkjønnede er vanligst. Virveldyrene (fisker, amfibier, krypdyr, fugler og pattedyr) er de dyrene vi regner som de sist utviklede. De har bare ett kjønn per individ, de er enkjønnede, og det trengs vanligvis to individer – ett av hvert kjønn – for å gjennomføre formeringen. Hanndyret produserer sædceller, og hunndyret danner eggceller. Sædcellene blir overført fra hannen til hunnens egg.

Kjønnet formering har både fordeler og ulemper. For arter som ikke lever i flokk eller nær andre individer av samme art, kan det være en fordel å være tokjønnet med selvbefruktning. Tokjønnede dyr med selvbefruktning er jo ikke avhengige av å finne en partner for å kunne formere seg. De kan befrukte sine egne eggceller med sine egne sædceller. Men selv om dannelsen av kjønnsceller ved meiose gir nye kombinasjoner av arvemateriale, blir den genetiske variasjonen liten når individer befrukter seg selv. Dyr som er enkjønnede eller tokjønnede med kryssbefruktning, må finne seg en partner å pare seg med før de kan formere seg. Siden zygoten da inneholder arvemateriale fra to individer, blir den genetiske variasjonen større enn hos de tokjønnede som befrukter seg selv. En populasjon med størst mulig genetisk variasjon har størst sjanse for å overleve, for eksempel ved miljøforandringer.

Blåtekst: Ved kjønnet formering smelter en sædcelle og en eggcelle sammen til en zygote, som utvikler seg til et foster. Tokjønnede dyr har alltid to kjønn per individ. Enkjønnede dyr har ett kjønn per individ. Den genetiske variasjonen blir større når to individer får avkom, enn når ett individ får avkom ved selvbefruktning.

Bilder: to foto

Bildetekst: Alle virveldyr er enkjønnede, og det trengs to individer – ett av hvert kjønn – for å få en befruktning. Bildene viser hettemåke og vanlig frosk.

Margtekst: Selvbefruktning er når et dyr med både eggceller og sædceller befrukter seg selv.

--- 378 til 401

### xxx3 Ytre eller indre befruktning og fosterutvikling

Både de tokjønnede og de enkjønnede dyrene kan ha ytre eller indre befruktning. Befruktningen kalles ytre befruktning når sædcellene smelter sammen med eggcellene utenfor hunnens kropp. Dette skjer kun hos arter som lever i et vandig miljø. Sjøstjerner, fisker og amfibier er eksempler på dyr som vanligvis har ytre befruktning. Hunnen sprer mange eggceller, og hannen legger sædcellene sine oppå. Fosteret er omgitt av et mykt skall. De fuktige omgivelsene hindrer at eggene tørker ut. Likevel er tapsprosenten høy. Mange av de virvelløse dyrene som lever i vann, har også ytre befruktning.

Vi kaller det indre befruktning når sædcellene befrukter eggcellene inni hunnens kropp. Insekter, krypdyr, fugler og pattedyr er eksempler på dyr som vanligvis har indre befruktning. Indre befruktning er en tilpasning til et liv på land og gjør at sædcellene og eggcellene ikke tørker ut før befruktningen. Dyr med indre befruktning kan ha ytre eller indre fosterutvikling. Hos fugler svømmer sædcellene inn gjennom en fuktig kanal hos hunnfuglen. Fugler \_har ytre fosterutvikling\_, det vil si at fosteret utvikler seg utenfor morens kropp. Men fosteret beskyttes mot uttørking ved at det ligger inni et eggeskall, et kalkskall med en beskyttende hinne innenfor som holder på fuktigheten. Fugler legger de befruktede eggene tørt på land.

Også hos pattedyr er sædcellene avhengige av væske for å kunne svømme til eggcellen. Selv om indre befruktning er en sikrere metode enn ytre befruktning, produserer en pattedyrhann mellom 100 og 700 millioner sædceller per sæduttømming. Det store antallet sædceller er nødvendig for at minst én av dem skal overleve den lange svømmeturen opp gjennom egglederen og helt fram til eggcellen. Vanligvis produseres det bare én eller noen få eggceller om gangen. Hos mange pattedyrarter utvikler fosteret seg i en væskefylt sekk i livmoren hos hunnen. Det kaller vi \_indre fosterutvikling\_.

Blåtekst: Dyr som har kjønnet formering, er tokjønnede eller enkjønnede. De har ytre eller indre befruktning. Indre befruktning sikrer høyere overlevelsesprosent for ungene enn ytre befruktning. Vi skiller mellom ytre fosterutvikling (fosteret utvikler seg utenfor morens kropp) og indre fosterutvikling (fosteret utvikler seg inni morens kropp).

Bilde: foto

Bildetekst: Fuglefosteret er beskyttet av et skall inntil det klekkes ut. Bildet viser nokså nyklekkede stokkandunger.

### xxx3 Yngelpleie

Yngelpleie vil si at én av eller begge foreldrene tar vare på avkommet en periode etter fødselen. Noen fugler og pattedyr lever i par, og de samarbeider om å ta vare på ungene. Hos de fleste dyr er det kun moren som tar vare på ungene, mens for eksempel hannen hos keiserpingvinen omtrent er å betrakte som alenefar.

--- 379 til 401

Etter fødselen gjennomgår ungene en opplæringsperiode mens foreldrene lærer dem å finne mat, fly, svømme eller løpe, beskytte seg mot fiender og markere revir. Denne yngelpleien varer fra noen få måneder opptil flere år. Når ungene forlater foreldrene, er de godt forberedt på et liv alene, og evnen til å gi omsorg fører de videre til sine egne avkom i neste generasjon. Både edderkopper og enkelte insekter har yngelpleie. Evolusjonen har utviklet dyr med god beskyttelsesevne. De får færre avkom og behøver heller ikke å få avkom så ofte. Fisk og amfibier har vanligvis ikke yngelpleie. De beskytter verken de befruktede eggene eller de nyfødte ungene. Mange av ungene blir spist av fiender. I noen tilfeller kan ungene bli spist av andre individer av samme art, eventuelt også av foreldrene!

Blåtekst: Vi kan gruppere dyr med kjønnet formering etter formeringsmetoden, fosterutviklingen og hvordan ungene klarer seg rett etter fødselen:

-- tokjønnet eller enkjønnet

-- ytre eller indre befruktning

-- fosterutvikling utenfor eller i mordyrets kropp

-- med eller uten yngelpleie

Bilde: foto

Bildetekst: Keiserpingvinhannen tar godt vare på ungen sin.

### xxx3 Repetisjon

1. Nevn noen fordeler og ulemper med selvbefruktning og med kryssbefruktning hos tokjønnede dyr.
2. Hvorfor er indre befruktning en sikrere formeringsmåte enn ytre befruktning?
3. Hva mener vi med yngelpleie?
4. Gi noen eksempler på arter med yngelpleie.

## xxx2 13.4 Eksempler på dyr med ulike formeringsmåter

### xxx3 Protister har todeling eller kjønnet formering

Todeling skjer kun hos de encellede dyreliknende protistene. Hos disse encellede organismene er ukjønnet formering det vanligste. DNA-et i kjernen kopieres ved mitose, og deretter blir cytoplasmaet delt i to, såkalt cytokinese. Amøber har alltid bare ukjønnet formering.

Andre encellede protister formerer seg oftest ved ukjønnet todeling, men de kan også ha kjønnet formering med jevne mellomrom. Da kan to individer legge seg inntil hverandre og utveksle genetisk materiale. Denne metoden kalles konjugasjon (se side 111). Det er regnet som en form for kjønnet formering selv om det fortsatt er to celler rett etter konjugasjonen og en vanlig todeling skjer etterpå.

--- 380 til 401

Det finnes svært få dyr i dyreriket som kun har ukjønnet formering, nesten alle har en kombinasjon med kjønnet formering eller bare kjønnet formering.

Bilde: figur

Bildetekst: Amøber formerer seg ved at de kopierer arvematerialet og så blir cytoplasmaet delt i to.

Forklaring: Kjernen i en amøbe deles i to ved mitose. Så deler amøben seg i to nye individer med hver sin kjerne.

### xxx3 Nesledyr har knoppskyting eller kjønnet formering

Mange nesledyr har knoppskyting som en del av generasjonsvekslingen. I havet finner vi flere arter av maneter. Blant de store artene har vi glassmanet og brennmanet, som er vanlige utenfor kysten av Norge. Maneter har en frittsvømmende generasjon – selve maneten – og en fastsittende generasjon, en \_polypp\_. De voksne individene har fasong som en omvendt suppetallerken, i biologi kalt en \_meduse\_. Den maneten som du kan se i sjøen når du bader, er altså en meduse.

Glassmaneter veksler mellom knoppskyting og en indre kjønnet formering: Polyppene har ukjønnet formering ved knoppskyting, og medusene har kjønnet formering. De gjennomsiktige glassmanetene ser like ut, men det er hanner og hunner. Begge kjønn har fire fiolette ringer som er \_kjønnskjertler\_, en fellesbetegnelse for \_testikler\_, der det produseres sædceller, og \_ovarier\_, der det dannes eggceller. På undersiden av glassmaneten finner vi åpningen inn til hulrommet som både er mage og stedet der sædcellene befrukter eggcellene. Befruktede egg utvikler seg til larver. Larvene er først festet til mordyret. Så løsner de fra henne og flyter fritt i vannet en stund, før de fester seg på bunnen. Der vokser larven opp til en polypp, som tidlig om våren danner skiver ved at det foregår en knoppskyting fra polyppen. Hver skive løsner fra polyppen og kan bli et nytt individ, altså en ny meduse.

Bilde: figur

Bildetekst: Generasjonsveksling hos glassmanet: Den ene medusen er en hunnmanet med eggceller. Den andre medusen produserer sædceller. Sædcellene befrukter eggcellene. Larvene flyter ut av hulrommet i medusen og fester seg til bunnen. Larven vokser opp til en polypp. Ved hjelp av knoppskyting danner polyppen skiver, som blir til nye meduser.

--- 381 til 401

### xxx3 Flatmarker har fragmentering eller kjønnet formering

I dyreriket kan vi observere større dyr som har ukjønnet formering ved fragmentering som en del av generasjonsvekslingen. Fragmentering som formeringsmetode er avhengig av fuktige omgivelser, slik at kroppen ikke tørker ut gjennom de relativt store sårflatene. Noen flatmarker kan dele seg ved at en del av kroppen snøres av, og hver del nydanner (regenererer) kroppsdeler og blir til et nytt individ. Flatmarker kan også formere seg kjønnet. De er tokjønnede, og den kjønnede formeringen foregår vanligvis ved kryssbefruktning. To individer legger seg ved siden av hverandre og utveksler sædceller fra penis og inn gjennom kjønnsåpningen for eggstokken. Befruktede egg slipper ut av dyret og blir først utviklet til en larve, så til en voksen flatmark.

Bilder: to figurer

Bildetekst: Flimmermark kan formere seg ved fragmentering eller kjønnet formering.

a) En flimmermark deles i to deler, og hver del blir til nye flimmermarker.

b) To flimmermarker kan utveksle sædceller. Befruktede egg blir sluppet ut av dyrene.

Margtekst: Rekken flatmarker inneholder blant annet klassene ikter, bendelmarker og flimmermarker.

### xxx3 Fordypning: Formeringsmåter hos insekter

Alle insekter er enkjønnede, og de har indre befruktning. De aller fleste insekter har kjønnet formering, men noen kan også formere seg ukjønnet ved partenogenese. Eksempler på det er bier, maur og bladlus. Insekter har svært stor formeringsevne. Det er mye variasjon i formering og utvikling blant insektene.

Noen insekter har kjønnskromosomer, andre ikke. En bidronning kan legge 2000 egg per dag i inntil fem år, og en vanlig husflue kan bli til 3,25 \*10^14 individer i løpet av en sommer.

Utvikling fra egg til voksent individ hos insekter skjer på tre ulike måter. Noen utvikler seg direkte fra egg til en «miniutgave» av et voksent individ. Et eksempel på det er sølvkre, et lite, vingeløst insekt du kanskje har sett på badet? Andre insekter, som gresshopper og øyenstikkere, har det vi kaller ufullstendig forvandling. Det betyr at de utvikler seg fra egg til voksen via en \_nymfe\_ som likner litt på et voksent individ, men som har reduserte vinger, bein og antenner. Den tredje måten er når insektene gjennomgår en fullstendig forvandling. Det betyr at de har utviklingsstadier fra egg via et antall larvestadier, der de ser helt annerledes ut enn de voksne insektene, til puppe til voksen. Eksempler på det er husflue, sommerfugler og biller. Husflua har tre vingeløse larvestadier før den blir en puppe som klekkes til en ny husflue.

Bilde: foto

Bildetekst: Øyenstikkere på nymfestadiet (øverst) likner på voksne øyenstikkere, mens sommerfugllarver (nederst) har et helt annet utseende enn den voksne sommerfuglen.

--- 382 til 401

### xxx3 Bier har partenogenese eller kjønnet formering

Bier er et eksempel på dyr som like ofte formerer seg ukjønnet ved partenogenese som kjønnet med indre befruktning. Generasjonsvekslingen er styrt av behovet for nye individer, det vil si om bisamfunnet har behov for flere \_droner\_ eller \_arbeidere\_. Produksjonen blir antakelig styrt av \_feromoner\_. Dronningen er diploid og lever fra to til fem år. På disse årene kan hun gjennom sommeren legge opptil 2.000 egg per dag. Eggene utvikler seg til larver og videre til voksne bier. Bidronningen formerer seg på to ulike måter. Hun kan legge ubefruktede, haploide egg ved partenogenese. Disse utvikler seg til haploide droner. Dronene er hanner, og de kan produsere haploide sædceller. Den andre måten er at bidronningen lager haploide eggceller og parer seg med droner. Eggcellene befruktes av dronenes sædceller, og de befruktede eggene utvikler seg til diploide arbeidere. Arbeiderne er alltid hunner, og vi sier at de er dronningens døtre. Men de er sterile og har ingen funksjon i formeringen, så vi kunne like gjerne sagt at de er kjønnsløse. Dersom dronningen dør eller tar med seg en sverm av bier og forlater samfunnet, må bisamfunnet få en ny dronning. Dronene og arbeiderne fôrer da en av larvene med dronninggelé, en spesiell nektar som arbeiderne og dronene produserer i en kjertel i halsen. En sannsynligvis tilfeldig arbeiderlarve blir valgt ut og plassert i et eget kammer, og der blir den dekket av dronninggelé. Denne larven utvikler seg til samfunnets nye dronning.

Bier har ikke kjønnskromosomer. Et ubefruktet (haploid) egg utvikler seg til en hann, en drone, mens et befruktet (diploid) egg utvikler seg til en hunn, en arbeider. Dronene blir ikke genetiske kloner av dronningen, for dronene er haploide, mens dronningen er diploid. Når dronningen er noen få dager gammel, parer hun seg med flere droner. Paringen skjer i luften, ved indre befruktning. Dronningen legger så egg, som blir til arbeidere.

--- 383 til 401

Et bisamfunn av honningbier består av én dronning, mange droner og enda flere arbeidere, til sammen mer enn 50 000 individer! Hver eneste bie tar seg av bestemte oppgaver. Selv om det for oss kan se ut som om biene beveger seg rotete og kaotisk, foregår alt samarbeidet mellom dem ryddig og planmessig, og dronning, droner og arbeidere har klart definerte arbeidsoppgaver.

Blåtekst: Ukjønnede formeringsmetoder er todeling, fragmentering, knoppskyting og partenogenese. Mange dyr veksler mellom en av disse formene for ukjønnet formering og kjønnet formering.

Bilde: figur

Bildetekst: Dronningen (2n) formerer seg ved partenogenese, og ubefruktede eggceller (n) klekkes til droner (n). Hvis dronningen parer seg med en drone, blir eggcellene befruktet, og det dannes diploide egg som klekkes til arbeidere (2n).

Forklaring: Ukjønnet formering (partenogenese): det dannes haploide egg ved meiose. Kjønnet formering: det dannes eggceller (n) fra dronningen ved meiose og sædceller (n) fra haploide droner ved mitose.

Bilde: foto

Bildetekst: Arbeiderbier som mater larver i bikuben.

Margtekst: Feromoner er kjemiske stoffer som en organisme skiller ut i luft eller vann, og som andre individer av samme art oppfatter.

### xxx3 Fordypning: Feromoner

Hvordan finner hunnen og hannen hverandre? Hvordan finner en drone og en bidronning hverandre, og hvordan kan en hannhund finne en tispe som har løpetid, selv om hun bor flere kilometer unna? Stikkordet er duftstoffer, eller feromoner. Produksjonen av feromoner er en fordel ved kjønnet formering. Kommunikasjonen mellom kjønnene foregår ved at hunnen setter igjen luktspor som hannen finner. Til og med hos enkle organismer i vann, for eksempel små krepsdyr og reker, skiller hunnen ut duftstoffer fra kjertler på bakkroppen, og hvis en hann krysser sporet hennes, skifter han retning og svømmer etter henne for å befrukte eggcellene hennes. Det trengs bare noen få feromonmolekyler for at hannen skal kunne lukte hunnen på svært lang avstand. Virvelløse dyr som insekter har noen få feromoner som de først og fremst bruker for å finne hverandre i forbindelse med paringen. Hos pattedyr er det registrert mange ulike feromoner hos en og samme art, og feromonene brukes som en viktig informasjonskilde. Feromoner av ulike typer kan brukes til å identifisere enkeltindivider, markere territorier og gi informasjon om status og helsetilstand. Feromoner finnes både løst i væsker og som flyktige molekyler i lufta. Også vi mennesker reagerer ubevisst på luktstoffer fra andre. Men hos mennesket har forskerne foreløpig ikke klart å påvise og identifisere noen feromoner som vi reagerer spesielt på.

### xxx3 Repetisjon

1. Hva kaller vi manetenes frittsvømmende generasjon og fastsittende generasjon?
2. Hvilke to formeringsmetoder kan en flatmark ha?
3. Tegn og forklar hvordan bier formerer seg.
4. Forklar hvorfor dronene ikke er kloner av bidronningen.
5. Er arbeiderne hos bier kloner av dronningen? Begrunn svaret ditt.

--- 384 til 401

## xxx2 13.5 Eksempler på dyr med bare kjønnet formering

### xxx3 Meitemarker er tokjønnede med kryssbefruktning

Det finnes flere arter av meitemark i Norge. Meitemarken er tokjønnet, men den befrukter ikke seg selv. Den har kryssbefruktning. Forplantningen skjer ved ytre befruktning når det er høy fuktighet og ganske varmt.

Meitemarken er en leddmark. Leddene er nummerert forfra og bakover. Hodet med munnen er ledd nummer 1. Det er åpning for kjønnsceller i flere av leddene. 1 ledd nummer 9 og 10 har meitemarken åpning for sædceller, og i ledd nummer 14 har den åpning for eggceller. En del av kroppen, ledd nummer 32 til 37, er et glatt område, et belte, med mange kjertler som kan skille ut slim.

Under paringen legger to meitemarker seg med buken mot hverandre og hodet i hver sin retning. Så foregår det et bytte av sædceller. Beltet hos det ene individet ligger inntil sædcelleåpningen hos det andre individet og omvendt. Beltet skiller ut slim som holder de to dyrene sammen under paringen, slik at sædcellene unngår uttørking og kan bevege seg i slimet. Begge meitemarkene slipper ut sædceller i slimet som omgir beltet hos den andre. Etterpå skiller meitemarkene lag. Sædcellene svømmer gjennom slimet og befrukter eggcellene, som har kommet ut av åpningen i ledd nummer 14. Slimet rundt de befruktede eggene omdannes til en hard kokong som er 1–2 mm lang. Inni kokongen, som meitemarken graver litt ned i jorda, kan det være mellom 1 og 20 egg. Ut av kokongen kommer det så bitte små meitemarker som klarer seg selv. Etter fire måneder er de like store som de voksne meitemarkene. En meitemark kan legge flere kokonger gjennom sommeren.

Bilde: foto

Bildetekst: Paring hos meitemark

Bilde: figur

Bildetekst: De to meitemarkene ligger slik at den enes ende ligger mot den andres hode. Sædceller (fra ledd nummer 9–10) fra den ene kan svømme gjennom slimet fra beltet (ledd nummer 32–37) og over til eggcellene (ledd nummer 14) hos den andre – og omvendt. De har ytre befruktning og ytre utvikling av det befruktede egget.

--- 385 til 401

### xxx3 Reker er enkjønnede: først hann, så hunn

Rekene parer seg kjønnet om høsten, og hunnen bærer de befruktede eggene under bakkroppen gjennom hele vinteren. Om våren legger hun fra seg de befruktede eggene (rognen) på bunnen, og de blir klekket til små larver. Rekelarvene lever på bunnen, og utover sommeren utvikler de seg til hannreker. Etter 1–3 år er de kjønnsmodne. Da parer de seg med hunnene om høsten. Etter paringen forvandles hannene til hunner i løpet av vinteren. Disse hunnene parer seg med de unge hannene høsten etter, og slik fortsetter syklusen. De fleste hunnene parer seg bare én gang; noen få gjør det to ganger. Denne syklusen gjør at alle de små rekene er hanner, mens alle de store er hunner.

Bilde: figur

Bildetekst: Hunnrekene bærer de befruktede eggene (rognen) under kroppen hele vinteren, og om våren legger hun dem på bunnen. Eggene utvikler seg til hannreker. Etter 1–3 år er hannrekene kjønnsmodne og danner sædceller som befrukter en hunns eggceller om høsten. Deretter forvandler hannene seg til hunner.

### xxx3 Fisker er enkjønnede med ytre befruktning

De fleste fisker har ett kjønn og ytre befruktning. Det finnes enkelte unntak, der fisker har indre befruktning og fiskeyngelen utvikler seg inni en rugehule i mordyret. Og noen fiskearter er enkjønnede, men bytter kjønn i løpet av livet.

Befruktningen hos fisk foregår ved at hunnen legger eggceller (\_rogn\_) i vannet, og så legger hannen sædceller (\_melke\_) oppå. Det befruktede egget klekkes til en larve med en \_plommesekk\_ som henger på utsiden av kroppen. Når næringen i plommesekken er brukt opp, kaller vi ungen for \_yngel\_. Yngelen må selv finne seg noe å spise.

Antallet egg som de forskjellige fiskeartene gyter, varierer sterkt. Torsk gyter egg som svever fritt i vannmassene og derfor lett blir spist. Torskehunnen må dermed gyte enormt mange egg. Ørret og andre laksefisker graver gytegroper på bunnen.

--- 386 til 401

Eggene er tyngre enn vann og synker ned på bunnen. Hunnen dekker de befruktede eggene med sand og stein, så de ligger mer beskyttet. Ørreten gyter få egg, og eggene har større sjanse for å overleve. Andre arter har egg som fester seg i bunnen. De lager vanligvis få egg. Noen få arter har yngelpleie. Rognkjeks er et eksempel på det. Den gyter færre egg enn arter som lar egg ligge ubeskyttet.

Bilde: foto

Bildetekst: Lakselarver med plommesekk

Margtekst: De fleste haiarter har indre befruktning og føder levende unger.

### xxx3 Frosker er enkjønnede med ytre befruktning

Vanlig frosk har brunstvorter på forbeina. Fra brunstvortene skilles det ut luktstoffer (feromoner) som tiltrekker seg det motsatte kjønn. I tillegg har hannen karakteristiske lokkerop i paringstiden. De to individene parer seg i vann. Hannen klamrer seg til hunnens rygg mens hunnen skiller ut mange eggceller samtidig som hannen sprøyter store mengder sædceller over eggene. Eggene er klumper dekket av en geléaktig masse som holder eggene fuktige mens de befruktede eggene utvikles. Etter en tid dannes rumpetroll. De har gjeller, men ingen armer og bein. Mellom to og tre måneder etter at eggene ble lagt, er rumpetrollene forvandlet til små frosker som kommer seg opp på land. De kan lage unger når de er tre år gamle, og de lever da vanligvis bare ett år til.

Bilde: foto

Bildetekst: Rumpetroll

Bilde: figur

Bildetekst: Hunnen og hannen parer seg i vann. Hunnen skiller ut eggceller, og hannen sprøyter sædceller over eggene. Eggene utvikler seg til rumpetroll, som igjen utvikler seg til frosker. Utviklingen fra befruktning til frosk tar to–tre måneder.

--- 387 til 401

### xxx3 Hoggormen er enkjønnet med indre befruktning

Hoggormen er et krypdyr, og alle krypdyr har indre befruktning. Hannene har utviklet et paringsorgan. Opptil 50 individer av hoggorm kan leve i ett bol sammen om vinteren. Når våren kommer, kryper hannene ut, legger seg i sola og spiser sammenhengende i noen uker. Så gjennomfører hannene et kraftig slagsmål, før vinneren kryper tilbake til bolet og parer seg med én eller flere hunner, en paring som varer i flere timer. Den indre befruktningen skjer i mai-juni. Inntil tjue egg utvikler seg inni mordyret. Hvert foster ligger inni en hinne med næring, men er ikke dekket av skall. Rett før fødselen, i juli-september, sprekker hinnen. Hoggormmoren føder levende unger. De 15–20 cm lange ungene kryper av gårde hver for seg for å lete etter mat: insekter og små frosker.

Bilde: foto

Bildetekst: Hoggorm

### xxx3 Gråtrosten er enkjønnet, har indre befruktning og yngelpleie

Fugler legger vanligvis mellom fem og ti egg. Mange fugler og egg er kamuflasjefargede for å være mest mulig skjult på rugeplassen. Gråtrosten er en vanlig art i hele Norge. Den er en trekkfugl som kommer til Norge tidlig om våren for å hekke.

Hannfugler har ikke noe ytre hannlig kjønnsorgan, \_penis\_, og heller ikke noen egen kanal for sædceller. Sædcellene tømmes derfor fra testiklene ut i \_kloakken\_. Hannen hopper opp på ryggen til hunnen, og i løpet av noen sekunder sprøyter han ut sædceller ved hunnens kloakkåpning, som er en felles åpning for avføring, formering og egglegging. Sædcellene svømmer opp gjennom hunnens kloakk til eggstokkene (ovariene), der eggcellene blir befruktet. Eggene sklir ned gjennom egglederne mens de dekkes av eggehvite, skallhinner og skall. De nedre delene av egglederen blir kalt \_uterus\_ (eggbeholder, tilsvarer livmoren hos pattedyr) og \_vagina\_ (skjede), som hos pattedyr.

--- 388 til 401

Eggene beveger seg videre nedover og ut gjennom kloakkåpningen, og hunnen legger eggene i reiret. Når de skalldekkede eggene har kommet ut, ruger fuglene ut eggene. Rugetiden kan variere fra 10 til 14 dager. Hos noen arter av fugler ruger både hannen og hunnen. Hos gråtrosten ruger bare hunnen. Fugleungene får næring fra en plommesekk så lenge de ligger i egget. Etter klekking blir ungene matet. Fugler har altså yngelpleie. De fleste fugleunger er blinde og nakne når de blir klekket, og er derfor helt avhengige av at foreldrene varmer og fôrer dem i begynnelsen. Etter hvert lærer de seg å fly og finne mat selv.

Bilde: foto

Bildetekst: Gråtrosthunnen ruger på eggene i ca. to uker før de klekkes. Etter ytterligere to uker er ungene flygedyktige.

Margtekst: Omtrent halvparten av alle de overvintrende småfuglene i Norge dør i løpet av vinteren.

### xxx3 Beveren er enkjønnet, har indre befruktning og yngelpleie

Beveren er et pattedyr. Alle pattedyr har indre befruktning, og fosteret ligger beskyttet inni morens livmor en periode før fødselen. Den første tiden etter fødselen får ungen mat fra morens patter – derav betegnelsen pattedyr. Beverfamilien har én art i Europa, vanlig bever, som vi finner mange av i Norge, helt nord til Troms. Beveren bygger beskyttede hytter nær vann, vanligvis med innganger under vannflaten. Slik beskyttes hele familien mot rovdyr. En hann og en hunn lever i monogami.

Hannen har et \_penisbein\_. Det gjør at penis kan trekkes inn i bukhulen når hannen for eksempel kravler seg fram gjennom gangene inn til hytta. Hos de fleste viltlevende pattedyr i Norge foregår paringen på vinteren eller tidlig om våren. Beveren parer seg i januar-februar, og hunnen går drektig i 105 døgn. I mai-juni føder hunnen mellom én og fem blinde unger. Ungene får melk fra moren i to måneder, og de fortsetter å leve sammen med familien også etter at de har sluttet å die. Beveren er et sosialt dyr som lever i familiegrupper på opp mot ti individer: foreldrene, de årsgamle ungene og de toårsgamle ungene. Moren er sjefen i familien. Når ungene er mellom ett og to år gamle, forlater de familien og stifter sin egen familie. Slik unngår de innavl.

Bilde: foto

Bildetekst: Beverfamilie

\_Margtekst:\_

Det latinske navnet på klassen pattedyr er \_Mammalia\_. Ordet kommer fra det latinske ordet \_mamma\_, som betyr «bryst».

--- 389 til 401

Blåtekst: Dyr med bare kjønnet formering kan være enkjønnede eller tokjønnede. Tokjønnede dyr kan ha selvbefruktning eller kryssbefruktning. Kjønnet formering kan skje ved ytre eller indre befruktning. De fleste fugler og pattedyr har yngelpleie.

### xxx3 Repetisjon

1. Meitemarken befrukter seg ikke selv. Hva er fordelene med det?
2. Forklar rekenes livssyklus og formering. Lag en tegning.
3. Hvorfor må fiskenes og froskenes befruktning foregå i vann?
4. Forklar fuglers befruktning og fosterutvikling.
5. Beveren er et pattedyr. Hvordan foregår formeringen og fosterutviklingen hos beveren?

## xxx2 13.6 Formering hos mennesket

Som alle andre pattedyr har mennesket bare kjønnet formering, og den foregår ved indre befruktning. Kjønnscellene (eggceller og sædceller) er haploide og har 23 kromosomer. Etter befruktningen dannes det en diploid zygote med 46 kromosomer. Zygoten deler seg flere ganger og gir opphav til alle kroppscellene våre. Etter befruktningen ligger fosteret beskyttet i en livmor i ni måneder.

Bilde: foto av spedbarn

### xxx3 Formeringsorganene

Vi deler formeringsorganene i \_indre og ytre kjønnsorganer\_. De indre kjønnsorganene har kanaler som fører til utsiden av kroppen. De ytre kjønnsorganene er de som er synlige utenpå kroppen.

Hos menn er de indre kjønnsorganene to \_testikler\_, to \_bitestikler\_, to \_sædledere\_, to \_sædblærer\_ og \_prostata\_. Det sitter en bitestikkel på baksiden av hver testikkel. Fra hver bitestikkel går det en sædleder til en sædblære. Fra hver av de to sædblærene går det en egen kanal til urinrøret. Prostata ligger rett under urinblæren, der sædblærene munner ut i urinrøret (se figuren på neste side). Hos mannen er urinrøret en felles kanal til utsiden av kroppen for både urin og sædceller. De ytre kjønnsorganene er \_pung\_ og \_penis\_. Pungen er en sekk som ligger rundt testiklene. Penis inneholder mange nerveceller og mye svampaktig vev. Vevet kan fylles med blod og svulme opp ved seksuell stimulering.

--- 390 til 401

Hos kvinner er de indre kjønnsorganene to \_eggstokker\_, to \_eggledere, livmor og vagina\_. Fra hver eggstokk går det en eggleder. Egglederne er 20–25 cm lange og omtrent så tykke som et sugerør. Egglederne forbinder eggstokkene med livmoren. Nederst i livmoren er det en trang åpning, \_livmorhalsen\_. Vagina er en kanal som går fra livmorhalsen til utsiden av kroppen.

De ytre kjønnsorganene er \_indre og ytre kjønnslepper\_ og \_klitoris\_. De indre og ytre kjønnsleppene beskytter vaginaåpningen. Helt fremst mellom de indre kjønnsleppene sitter klitoris, som er et lite område med mye nerveceller. Klitoris kan fylles med blod og svulme opp ved seksuell stimulering. Mellom klitoris og vagina munner urinrøret ut.

--- 391 til 401

Blåtekst: Formeringsorganene hos mennesket deles i indre og ytre kjønnsorganer. Hos menn er de indre kjønnsorganene testikler, bitestikler, sædledere, sædblærer og prostata, mens de ytre er pung og penis. Hos kvinner er de indre kjønnsorganene eggstokker, eggledere, livmor og vagina. De ytre er kjønnslepper og klitoris.

Bilde: figur

Bildetekst: Formeringssystemet hos mannen

Bilde: figur

Bildetekst: Formeringssystemet hos kvinnen

Margtekst: Ordet \_testikkel\_ kommer fra latinsk \_testis\_, som betyr «vite». Når en mann i oldtidens Roma skulle avlegge en ed, holdt han samtidig den ene hånden over testiklene.

### xxx3 Kjønnshormoner og puberteten

Både eggstokkene hos kvinnen og testiklene hos mannen er endokrine kjertler. De sørger for produksjon av kjønnshormoner. Allerede for fødselen produserer fosteret kjønnshormoner. De bestemmer hvilket kjønn fosteret får. De kvinnelige kjønnshormonene er \_østrogen\_ og \_progesteron\_, det mannlige er \_testosteron\_. Etter fødselen fortsetter alle småbarn å produsere en \_liten\_ mengde kjønnshormoner fram til \_puberteten\_. Da øker produksjonen av kjønnshormoner.

Økningen i mengden kjønnshormoner skyldes at hypofysen ved starten av puberteten produserer to nye hormoner, \_det follikkelstimulerende hormonet\_ (FSH) og \_det luteiniserende hormonet\_ (LH). Det er hypotalamus som påvirker hypofysen, slik at produksjonen av FSH og LH starter opp. Både hos gutter og jenter påvirker FSH og LH produksjonen av kjønnshormoner gjennom tilbakekoplingsmekanismer.

Figuren viser hvordan produksjonen av de tre hormonene foregår hos en gutt/mann:

Bilde: figur

Bildetekst: FSH og LH påvirker testiklene så de produserer kjønnshormonet testosteron og sædceller. En tilbakekoplingsmekanisme mellom hypotalamus og hypofysen i hjernen og testiklene gjør at testosteronnivået reguleres. Slik er nervesystemet og hormonsystemet koplet sammen.

Kjønnshormonene styrer mange forskjellige prosesser i kroppen:

-- De påvirker utviklingen fra barn til voksen.

-- De styrer kjønnscelleproduksjonen.

-- De regulerer seksualitet, graviditet, svangerskap og fødsel.

--- 392 til 401

Blåtekst: Kjønnshormoner produseres i eggstokkene hos kvinnen og i testiklene hos mannen. Kvinnelige kjønnshormoner er østrogen og progesteron, det mannlige kjønnshormonet er testosteron. Kjønnshormonene påvirker utviklingen i puberteten.

### xxx3 Mannen produserer sædceller

En sædcelle er haploid og består av et hode og en hale. I hodet finner vi en cellekjerne med DNA. På toppen av hodet er det en blære, et lysosom (se side 127), med enzymet \_lysozym\_. Ved befruktningen løser enzymene i denne blæren opp litt av den ytterste membranen hos eggcellen, slik at DNA-et fra sædcellen kan komme inn i eggcellen.

I overgangen mellom hode og hale er det et mellomstykke med enormt mange mitokondrier. Etter sæduttømmingen skal sædcellene svømme raskt til egget, og svømmingen krever mye energi – derfor finnes det mange mitokondrier i sædceller. I løpet av svømmeturen går mitokondriene til grunne. Inni sædceller finnes ingen flere organeller.

Testiklene ligger beskyttet inni pungen og består stort sett av mange lange, kveilede rør. Mellom rørene er det kapillærårer med blod og testosteron – produserende celler. Stamceller danner veggene i de lange rørene. Stamcellene er diploide. Hormonene som kroppen begynner å produsere i puberteten, fører til at det dannes flere stamceller og haploide sædceller. Testiklene produserer sædceller kontinuerlig hele livet. Når mannen blir eldre, går produksjonen noe ned, men den opphører ikke.

Etter at sædcellene er dannet i testiklene, begynner transporten gjennom de lange rørene og over i bitestikkelen. Sædcellene modnes både under transporten og mens de senere lagres i bitestikkelen. Sædcellene utvikler hale, slik at de kan svømme. Fra den første celledelingen av de diploide stamcellene til sædcellene er ferdig modnet, går det ca. 75 dager. Det produseres ca. 200 millioner sædceller per dag.

--- 393 til 401

Fra bitestiklene går sædledere til sædblærene. I sædblæren blir det laget en næringsrik væske som inneholder mye \_fruktose\_, og i prostata blir det laget en tynn basisk væske. Sammen utgjør disse væskene det vi kaller \_sædvæske\_.

\_Sæd\_ er en blanding av 5 prosent sædceller og 95 prosent sædvæske. Under sæduttømmingen presser glatt muskulatur i sædlederen sædcellene over i urinrøret. Sædcellene blandes med væsken i sædblærene og prostata og presses videre ut gjennom urinrøret i en serie raske muskelsammentrekninger. Én sæduttømming kan inneholde flere hundre millioner sædceller.

Blåtekst: Sædcellen består av et hode med kjerne og lysosomer, et mellomstykke med mitokondrier og en hale. Sæd er en blanding av sædceller og sædvæske. Sædcellene dannes i testiklene.

Bilde: figur

Bildetekst: Bygningen til en sædcelle

Bilde: figur

Bildetekst: Sædceller blir produsert ved at en stamcelle (2n) blir til to haploide celler (n) ved meiose. Disse to deler seg igjen og blir til fire sædceller (n).

Bilde: figur

Forklaring: Testikkel og bitestikkel med kveilede rør. Sædleder fra bitestikkelen

til sædblæren.

### xxx3 Kvinnen produserer eggceller

Eggstokkene hos kvinnen er ovale og ca. 2–4 cm lange. Allerede på fosterstadiet inneholder hver av eggstokkene mellom en og to millioner diploide \_egganlegg\_. Hvert egganlegg er omgitt av en liten blære med celler som det får næring fra. Egganlegget og blæren rundt kaller vi en \_follikkel\_. Rundt eggcellene er det celler som kan skille ut kjønnshormoner.

I puberteten begynner modningen der egganleggene utvikler seg til haploide eggceller. Hver måned vil et egganlegg dele seg ved meiose, slik at det dannes fire haploide celler. Én av cellene blir til eggcellen, mens de tre andre cellene ligger tett inntil cellen som skal bli eggcelle, og fungerer som næring for den ene. Denne ene cellen utvikler seg videre til en eggcelle som kan frigis fra eggstokken under \_eggløsningen\_. Hver måned vil noen egganlegg begynne på denne modningsprosessen.

--- 394 til 401

Eggcellen er den største cellen i menneskekroppen. Sammenliknet med mange andre dyr har menneskets eggceller et relativt lite lager av næring, og det tar bare noen få dager fra eggcellen blir befruktet, til embryoet har festet seg i \_livmorveggen\_ og selv begynner å skaffe seg næring. Selv om det tar relativt lang tid fra unnfangelsen til fødselen hos mennesket (ni måneder), er det nyfødte barnet fullstendig avhengig av langvarig yngelpleie.

Blåtekst: Diploide egganlegg dannes på fosterstadiet hos kvinner. Haploide eggceller dannes i forbindelse med eggløsningen, som skjer en gang i måneden.

Bilde: figur

Bildetekst: Eggceller blir produsert ved at ett egganlegg (2n) blir til én eggcelle og tre andre celler. De tre andre cellene fungerer som næring for den ene.

### xxx3 Fordypning: Menstruasjonssyklusen

Menstruasjonssyklusen er forandringene som skjer hver måned i noen av folliklene i eggstokkene og i livmorveggen. Hos kjønnsmodne jenter vil hormoninnholdet i kroppen variere regelmessig. I hele den delen av livet da kvinnen er reproduktiv, vil hun ha en månedlig syklus med veksling som innebærer at menstruasjon og eggløsning gjentar seg. En syklus tar i gjennomsnitt 28 dager, det vil si at kvinner vanligvis har en syklus på mellom 25 og 30 dager. Syklusen er styrt av nervesystemet sammen med de fire hormonene FSH, østrogen, LH og progesteron.

Kvinnen har eggløsning ca. hver fjerde uke fra 11–15-årsalderen og fram til hun er omtrent 50 år gammel. Da slutter hun å produsere eggceller. Både nervesystemet og hormonsystemet påvirker eggløsningen. Nervecellene i hypotalamus påvirker nerveceller i hypofysen, slik at hypofysen skiller ut hormonet FSH (follikkelstimulerende hormon).

Etter puberteten vil FSH påvirke follikkelen i eggstokkene. Egganlegget i follikkelen deler seg ved meiose. Da blir det dannet en eggcelle, og i tillegg vokser follikkelen. Follikkelcellene begynner å produsere østrogen, og østrogenet får cellene i livmorens slimhinne til å dele seg og vokse. Livmorslimhinnen blir rik på blodårer og slimproduserende kjertler og forbereder seg på denne måten til å ta imot en befruktet eggcelle. Østrogen påvirker samtidig hypofysen, slik at FSH-produksjonen blir hemmet. Da modnes ikke flere eggceller.

Østrogen gjør også at hypofysen begynner å frigjøre LH. LH får follikkelen til å sprekke. Den modne eggcellen løsner fra follikkelen og beveger seg ut av eggstokken og over i egglederen. Enden på egglederne har fingerliknende utvekster som er tett knyttet til eggstokken med bindevev. Det sikrer at eggcellen som kommer ut av eggstokken under eggløsningen, føres inn i egglederen og ikke forsvinner ut i bukhulen. Når eggcellen er i egglederen, er det klart for befruktning. Dette skjer ca. 10–14 dager etter første dag i siste menstruasjon.

Follikkelcellene som lå rundt eggcellen, blir igjen i eggstokken. Der blir follikkelcellene omdannet til det gule legemet. Det gule legemet påvirkes av LH og begynner å lage progesteron i tillegg til at cellene fortsatt produserer østrogen. Progesteronet påvirker livmorslimhinnen til ytterligere produksjon av slim og utvikling av blodårer, slik at slimhinnen kan ta imot en befruktet eggcelle.

Nå finnes det to muligheter: Den ene muligheten er at eggcellen ikke blir befruktet. Da dør den og forsvinner ut gjennom skjeden. I så fall vil livmorslimhinnen løsne etter ca. 14 dager, og kvinnen får en menstruasjon som varer i tre til åtte dager. Menstruasjonsblødningen består av blodfylt vev fra livmorslimhinnen. Den andre muligheten er at eggcellen blir befruktet mens den beveger seg ned gjennom egglederen til livmoren. En eggcelle kan bare befruktes i 12-24 timer etter eggløsningen. Underveis mellom egglederen og livmoren vil den befruktede eggcellen, zygoten, begynne å dele seg og utvikle seg til et embryo, som fester seg i slimhinnene i livmoren. Eggcellen bruker ca. to dager på sin vei ned gjennom egglederen og til livmoren.

--- 395 til 401

Bilde: figur

Bildetekst: Gjennom en menstruasjonssyklus på ca. 28 dager skjer det endringer i hormonnivåene. Dette styrer eggløsningen og livmorslimhinnene. Syklusen gjentar seg så sant det ikke oppstår en graviditet. Da får kvinnen helt endrede hormonnivåer.

### xxx3 Repetisjon

1. Hvilke ytre og indre kjønnsorganer har menn? Og hvilke har kvinner?
2. Hvilke kjønnshormoner har kvinner? Og menn?
3. Gi noen eksempler på prosesser som blir styrt av kjønnshormonene.
4. Forklar produksjonen av eggceller hos kvinner.
5. Forklar produksjonen av sædceller hos menn.

--- 396 til 401

## xxx2 Sammendrag

De prokaryote organismene som oppstod først, formerer seg sannsynligvis bare ukjønnet ved todeling. Hos dyr har det vært en utvikling av formeringsmetoder fra ukjønnet til kjønnet formering.

Ukjønnede formeringsmetoder er todeling, fragmentering, knoppskyting og partenogenese. Fordelen med ukjønnet formering er at den gir grunnlag for rask populasjonsvekst. Ulempen er at den gir liten genetisk variasjon i populasjonen, som kan få redusert evne til å tåle miljøendringer.

Generasjonsveksling hos et dyr vil si at dyret har både en ukjønnet og en kjønnet formeringsmåte.

Ved kjønnet formering smelter en sædcelle og en eggcelle sammen til en zygote, som utvikler seg til et foster. Tokjønnede dyr har alltid to kjønn per individ. Enkjønnede dyr har ett kjønn per individ. Den genetiske variasjonen blir større når to individer får avkom, enn når ett individ får avkom ved selvbefruktning.

Dyr som har kjønnet formering, er tokjønnede eller enkjønnede. De har ytre eller indre befruktning. Indre befruktning sikrer høyere overlevelsesprosent for ungene enn ytre befruktning. Vi skiller mellom ytre fosterutvikling (fosteret utvikler seg utenfor morens kropp) og indre fosterutvikling (fosteret utvikler seg inni morens kropp).

Vi kan gruppere dyr med kjønnet formering etter formeringsmetoden, fosterutviklingen og hvordan ungene klarer seg rett etter fødselen:

-- tokjønnet eller enkjønnet

-- ytre eller indre befruktning

-- fosterutvikling utenfor eller i mordyrets kropp

-- med eller uten yngelpleie

--- 397 til 401

Ukjønnede formeringsmetoder er todeling, fragmentering, knoppskyting og partenogenese. Mange dyr veksler mellom en av disse formene for ukjønnet formering, og kjønnet formering.

Dyr med bare kjønnet formering kan være enkjønnede eller tokjønnede. Tokjønnede dyr kan ha selvbefruktning eller kryssbefruktning. Kjønnet formering kan skje ved ytre eller indre befruktning. De fleste fugler og pattedyr har yngelpleie.

Formeringsorganene hos mennesket deles i indre og ytre kjønnsorganer. Hos menn er de indre kjønnsorganene testikler, bitestikler, sædledere, sædblærer og prostata, mens de ytre er pung og penis. Hos kvinner er de indre kjønnsorganene eggstokker, eggledere, livmor og vagina. De ytre er kjønnslepper og klitoris.

Kjønnshormoner produseres i eggstokkene hos kvinnen og i testiklene hos mannen. Kvinnelige kjønnshormoner er østrogen og progesteron, det mannlige kjønnshormonet er testosteron. Kjønnshormonene påvirker utviklingen i puberteten.

Sædcellen består av et hode med kjerne og lysosomer, et mellomstykke med mitokondrier og en hale. Sæd er en blanding av sædceller og sædvæske. Sædcellene dannes i testiklene.

Diploide egganlegg dannes på fosterstadiet hos kvinner. Haploide eggceller dannes i forbindelse med eggløsningen, som skjer en gang i måneden.

## xxx2 Oppgaver

### xxx3 Oppgave 13.1

1. Det er flere hundre millioner år siden de flercellede dyrene oppstod, og fortsatt finnes det både ukjønnet og kjønnet formering. Regner vi kjønnet formering som en mer avansert form for formering enn ukjønnet formering? Begrunn svaret ditt.
2. Kan vi si at både ukjønnet og kjønnet formering er evolusjonære suksesser?
3. Beskriv med dine egne ord hvordan formeringsmåtene hos dyr har utviklet seg.

### xxx3 Oppgave 13.2

Gi noen eksempler på faktorer som du tror kan styre om en art med generasjonsveksling formerer seg kjønnet eller ukjønnet.

### xxx3 Oppgave 13.3

1. Om formeringsmåten er kjønnet eller ukjønnet, har betydning for artens muligheter for å tilpasse seg endringer i miljøet. Forklar dette.
2. Hvordan kan organismer med bare ukjønnet formering få nye egenskaper (altså nye gener)?

### xxx3 Oppgave 13.4

Forklar generasjonsvekslingen hos dafnier.

### xxx3 Oppgave 13.5

Bruk Internett og finn eksempler på flatmark som lever parasittisk, og som har livssyklus og formering gjennom stadier i forskjellige vertsorganismer.

### xxx3 Oppgave 13.6

1. Dyr med ytre befruktning befrukter som regel mange flere eggceller enn dyr som har indre befruktning. Hvorfor er det slik?
2. Dyr med yngelpleie får som regel færre avkom enn dyr som ikke har yngelpleie. Hvorfor er det slik?

### xxx3 Oppgave 13.7

1. Finn eksempler på dyr som er hermafroditter.
2. Hvilke fordeler har meitemarken av kryssbefruktning?
3. Tenk deg et dyr som er hermafroditt og har selvbefruktning. Blir avkommene helt like forelderen? Begrunn svaret ditt.

### xxx3 Oppgave 13.8

Klassen snegler tilhører rekken bløtdyr. Blant sneglene finnes det mange formeringsmåter, og det er stor variasjon, blant annet avhengig av om de lever i vann eller på land. Finn ut mer om formeringsmåten til snegler og beskriv denne for noen utvalgte arter.

--- 398 til 401

### xxx3 Oppgave 13.9

1. Søk på Internett og finn ut hvordan formeringen hos myggen foregår. Tegn en figur som viser hva som skjer.
2. Hvilke forskjeller og likheter er det i formeringen hos mygg og bier?

### xxx3 Oppgave 13.10

Hos en art leppefisk, \_Labrus bimaculatus\_, ser hannen og hunnen så forskjellig ut at mange tror de er to ulike arter. Hannen og hunnen har fått to ulike artsnavn på norsk: blåstål og rødnebb. Finn ut mer om levesettet og formeringen hos denne fiskearten.

### xxx3 Oppgave 13.11

1. Noen krypdyr, som hoggormen, har indre fosterutvikling, mens andre krypdyrarter legger egg. Finn eksempler på krypdyr som legger egg, og forklar fosterutviklingen hos disse artene.
2. Hva skiller krypdyregg fra fugleegg?

### xxx3 Oppgave 13.12

Hvilke fordeler har det at beverunger etter en tid forlater familien?

### xxx3 Oppgave 13.13

Forklar virkningen av hormonene FSH og LH hos menn.

### xxx3 Oppgave 13.14

1. Hvordan påvirker p-piller menstruasjonssyklusen?
2. I flere år har forskere forsøkt å lage p-piller for menn. Finn ut mer om denne forskningen.

### xxx3 Oppgave 13.15

Finn ut hvilke lover som gjelder for sæd- og eggdonasjon i forskjellige europeiske land. I noen land, for eksempel i Spania, er både sæd- og eggdonasjon tillatt, og der diskuterer man nå om også \_surrogati\_ skal bli lovlig. Hva er surrogati? Diskuter i gruppen: Bør eggdonasjon tillates på lik linje med sæddonasjon? Bør surrogati bli tillatt i Norge?

## xxx2 Øvelser

Bilde: tre foto

Bildetekst: 1) Øyenstikkernymfe, 2) Sommerfugllarve, 3) Fluelarve

--- 399 til 401

### xxx3 Ø 13.1 Livssyklusen hos insekter

Åpent forsøk

#### xxx4 Teori og hensikt

Så vidt vi vet, er det ingen andre klasser av organismer som har flere arter enn insektene, og enkelte insektarter kan i perioder opptre i enormt store mengder. Noen insekter har det vi kaller en \_fullstendig forvandling\_. Det vil si at de går gjennom flere stadier før de blir voksne, vanligvis egg, larve og puppe. Hvis du finner egg, larver eller pupper, vil det være svært vanskelig å gjenkjenne arten og si hva slags insekt det er snakk om.

Andre insekter har \_ufullstendig forvandling\_. Det vil si at de går gjennom mange faser, og at de gradvis forandrer seg fra egg via \_nymfer\_ fram mot et voksent stadium. Umodne insekter kalles nymfer, og de har flere likhetstrekk med de voksne insektene. De unge insektene likner på de ferdig utviklede. For eksempel har sommerfugler og biller fullstendig forvandling, mens øyenstikkere har ufullstendig forvandling.

#### xxx4 Framgangsmåte

Dere kan se på egg eller larver/nymfer som læreren har samlet inn, eller som klassen har samlet inn sammen.

--- 400 til 401

Det er viktig at dere ikke samler inn egg eller larver/nymfer fra truede arter. Dere kan også se på fluelarver (\_maggot\_). De kan kjøpes i butikker som selger sportsfiskeutstyr. Les om insektene du skal studere, slik at du oppbevarer larvene i riktig miljø. Følg med fra uke til uke og beskriv utviklingen underveis.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Kan du tenke deg noen feilkilder i dette forsøket? Hvilke konklusjoner trekker du av forsøket? (Altså: Hva har du lært?)

### xxx3 Ø 13.2 Dafniekultur

\_Utstyr:\_

Store begerglass eller sylteglass

Jord

Vann fra stedet dere hentet dafnier

Vannhåv

Dafnier

Tørrgjær

Hvis du vil studere dem nærmere:

Stereolupe eller mikroskop

Pipette

Urglass eller petriskål

Objektglass og dekkglass

Eventuelt vann med CO\2

Bilde: figur

Bildetekst: Slik er en dafnie bygd.

Forklaring: På den ene siden har den 5 par føtter og, bakerst, en klo. Ellers er det vist, forfra og bakover: antenner, øye, hjerne, tarm, hjerte, eggstokk og rugehule.

Bilde: foto av dafnie

#### xxx4 Teori og hensikt

Slekten \_Daphnia\_ hører til krepsdyrene vannlopper. Fra våren til tidlig på høsten er det mye alger i vannet, og da kan vi finne rikelig av disse dyrene. Dafnier veksler mellom kjønnet og ukjønnet formering. I dette forsøket skal vi se at det er enkelt å holde en kultur med dafnier i live. Større dafnier, \_Daphnia magna\_ eller \_Daphnia pulex\_, egner seg best.

Forsøket kan utvides ved at vi gir forskjellige kulturer ulike forhold. Vi kan også studere dafnienes indre organer.

#### xxx4 Framgangsmåte

Før dafniene skal hentes inn, må du ha klar akvarier til dem. Du kan bruke store begerglass eller sylteglass som du fyller med vann, helst fra det stedet der du hentet dafniene. Ha oppi litt jord og la det stå tre-fire dager. Dekk glassene til, slik at du unngår for mye fordampning.

-- Bruk en vannhåv til å samle dafnier fra ferskvann. Dersom du ikke finner dafnier, kan det være at du må vente noen uker før du prøver igjen.

-- Plasser dafniene i akvariene og fôr dem med et lite dryss tørrgjær én gang per uke. Dersom du fôrer for mye, vil dafniene dø på grunn av O\2-mangel forårsaket av oppblomstring av mikroorganismer og forråtnelse i vannet. Siden dafnier har evne til å danne hemoglobin og bli røde, kan røde dafnier i akvariet tyde på overfôring. Glassene bør stå lyst, men ikke i direkte sollys.

--- 401 til 401

#### xxx4 Andre muligheter

Akvarieforsøk med dafnier kan varieres i nær sagt det uendelige og passer ypperlig som utgangspunkt for åpne forsøk og prosjekter. Du kan holde kulturen gående så lenge du vil, opptil flere år! Til og med gjennom sommerferien kan dafniene overleve dersom de står i et vindu med rikelig lys (men ikke direkte sol). Her er noen konkrete tips:

-- Fôr dyrene i de forskjellige akvariene på forskjellige måter.

-- Dafnier er gjennomsiktige, så dersom du bruker en god stereolupe eller et mikroskop, kan du se detaljer både på og inni dyret. Legg litt vann med dafnier i på et urglass eller en petriskål. Dersom dyrene er urolige, kan du roe dem ned ved å tilføre CO\2 (for eksempel litt kullsyreholdig vann eller et par pulverkorn med bakepulver) til vanndråpen med dafnier. Dette vil ikke skade dyrene, og de kan settes ut i akvariet eller dammen igjen etter undersøkelsen.

-- Du kan også mikroskopere bunngrumset. Der finnes det ofte mange andre typer organismer.

-- Dersom du får tak i vann som det har vært levende fisk i, kan du gjøre en interessant observasjon av dafnienes reaksjon ved at du heller litt slikt vann oppi akvariet. Kan du tenke deg hvordan dafniene vil reagere, og hva som er hensikten med reaksjonen?

-- Tell hvor mange dafnier det er – sånn cirka – i kulturen eller kulturene fra uke til uke. Prøv å forklare eventuelle populasjonsforandringer.

#### xxx4 Oppgaver

-- Tegn en dafnie slik du ser den, utvendig og innvendig. NB! Tegningen må være stor, slik at du får med mest mulig av bygningstrekkene.

-- Sammenlikn dafnien fra forsøket med dafnien på figuren på forrige side.

-- Sammenlikn dafniens anatomi (oppbygning) med anatomien til andre dyr, for eksempel reker, insekter, meitemark og pattedyr.

-- Finn ut mer om formering hos dafnier. Dafnier har kjønnet formering bare når de skal lage hvileegg. Hva er forklaringen på det?

-- Dafnier blir mye brukt som forsøksdyr når vi skal finne ut om noe er giftig. Lag et forslag til hvordan et slikt forsøk kan gjøres.

-- Se etter om det skjer algevekst i akvariene. Forklar svaret.

#### xxx4 Konklusjon og feilkilder

Hva har du lært? Skriv en konklusjon.

# xxx1 Informasjon fra originalboka

## xxx2 Baksidetekst

Bios 1

\_Biologi 1\_ dekker læreplanen i biologi for studiespesialiserende utdanningsprogram på Vg2.

Læreverket består av:

-- Bok som inneholder både grunndel og studiedel

-- Fagnettsted [www.bios.cappelendamm.no](http://www.bios.cappelendamm.no)

## xxx2 Kolofon (utdrag)

© Cappelen Damm AS, 2018

ISBN 978-82-02-56923-5

4. utgave, 2. opplag 2019

Bios biologi 1 følger læreplan for kunnskapsløftet i faget biologi og er laget til bruk på studiespesialiserende utdanningsprogram i videregående skole.

Kapittel 5 og 11 er basert på tekster av Øystein Røsok. Studiedeler i kapittel 1–4 er basert på tekster av Per Audun Heskestad.

Forlagsredaktør: Anne Muniz

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med Cappelen Damm AS er enhver eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Denne boka er tilrettelagt for synshemmede. Ifølge lov om opphavsrett kan den ikke brukes av andre. Kopiering er kun tillatt til eget bruk. Brudd på disse avtalevilkårene, som ulovlig kopiering eller medvirkning til ulovlig kopiering, kan medføre ansvar etter åndsverkloven.

Statped 2020

:::xxx:::