



HØGSKOLEN
PÅ
VESTLANDET,
BERGEN

KOMPENDIUM I SYSTEMATISK BOTANIKK

Jan Egil Bjørndal

Forord

Biologidisiplinen systematikk omfatter basiskunnskaper som er helt nødvendige for å kunne forstå og anvende kunnskaper fra de øvrige biologidisiplinene. Systematikk-kunnskap er særlig viktig i arbeidet med bevaring av biologisk mangfold.

Det foreliggende kompendiet behandler de organismegruppene som tradisjonelt har vært tatt med i den terrestriske botanikken. Det vil si at sopp (inkludert lav) er tatt med selv om soppene nå regnes som et eget rike, og algene er utelatt siden de vesentlig er knyttet til akvatisk miljø. Kompendiet har som siktemål å gi en oversikt over de viktigste gruppene innen botanikken, og gir ikke noen fullstendig systematisk oversikt.

Kompendiet ble opprinnelig skrevet som botanikkpensum til et biologiemne ved daværende Høgskolen i Bergen i 1994. Dette var på en tid da det var dårlig med norske lærebøker om botanisk systematikk tilpasset lærerutdanningen. Kompendiet ble revidert i 2010. Da ble mange figurer erstattet med egne fotografier. Den foreliggende utgaven er i det alt vesentlige identisk med 2010-utgaven, men noen få figurer er byttet ut, og det er lagt til tre vedlegg.

En stor takk rettes til tidligere kollega, 1. amanuensis Theis Braanaas, for å ha laget flere illustrasjoner til kompendiet. Der annet ikke er oppgitt, er fotografiene tatt av undertegnede.

Juli 2018
Jan Egil Bjørndal

Innhold

Biologisk mangfold.....	5
Innledning	5
Arten	7
Navn på arter	8
Systematikk og klassifikasjon	10
Inndeling av organismene	13
Livssyklus	17
Sopp (Rike Fungi)	19
Innledning	19
Bygningstrekk	19
Soppøkologi	21
Soppsystematikk	23
Lav	31
Planter (Rike Plantae) - introduksjon.....	37
Innledning	37
Utvikling av landplanter	38
Moser.....	41
Innledning	41
Formering og livssyklus	41
Systematikk	44
Moser som nyttevekster	47
Karsporeplanter.....	48
Innledning	48
Urbregner	50
Kråkefotplanter (Phylum Lycopodophyta)	50
Snelleplanter (Phylum Equisetophyta)	53
Bregneplanter (Phylum Pteridophyta)	55
Anvendelse av bregner	58
Frøplanter (Phylum Spermatophyta)	59
Innledning	59
Nakenfrøete planter (subphylum Pinophytina = Gymnospermae)	60
Dekkfrøete planter (subphylum Magnoliophytina = Angiospermae)	67
Pollinering (bestøvning)	74
Spredning av frukter og frø	79
Litteratur.....	84
Vedlegg 1. Liste over faguttrykk.....	85

Vedlegg 2. Feltmetoder i botanikk.....	88
Vedlegg 3. Noen arbeidsmåter i botanikk.....	103
Vedlegg 4. Laboratorie- og feltoppgaver.....	109

Biologisk mangfold



Innledning

Alle kan observere at naturen består av et stort antall levende organismer. Men dersom vi skal gi en mer presis beskrivelse av denne observasjonen, oppstår det straks problemer som vi må avklare. Vi må for det første avgjøre hva vi skal forstå med begrepet *levende*.

Selv om alle har en intuitiv forståelse av hva det vil si å være levende, er det problematisk å gi en kortfattet definisjon. Isteden må man se på den samling av egenskaper som karakteriserer liv. De følgende egenskapene gir en nærmere avgrensning av hva vi forstår med en levende organisme:

- den er bygd opp av kjemiske stoffer
- den har en definert ytre og indre bygning (morfologi og anatomi).
- den må utføre livsprosesser (næringsopptak, celleånding, stoffutskillelse, vekst, reproduksjon, bevegelse, sansing) for å opprettholde livet.

Hva liv er og hvordan liv har oppstått, har gjennom historien vært gjenstand for heftig debatt. Det fins fortsatt grupperinger som ikke aksepterer den eksisterende vitenskapelige forståelsen av disse spørsmålene.

Gjennom biologiens utvikling som vitenskapsfag er det blitt utviklet et sett av grunnleggende prinsipper som all moderne biologi bygger på.

Disse prinsippene kan oppsummeres i følgende punkter:

- Alle organismer er et produkt av evolusjon.
- Alle organismer er bygget opp av celler.
- Alle organismer kan forstås ved fysikkens og kjemiens lover.
- Alle organismer trenger energi.

For eksempel betyr dette at evolusjon som årsak til utvikling av biologisk mangfold ikke er gjenstand for debatt i biologisk forskning. Alle data tyder på at evolusjon faktisk har foregått (og foregår kontinuerlig). Det å føre bevis for evolusjonen er således ikke lenger noen prioritert oppgave. Men *hvordan* evolusjon har foregått og *hvilke mekanismer* som virker, er fortsatt et viktig forskningsfelt i biologien.

Biosfæren, den levende del av naturen, kan deles opp i mange organisasjonsnivåer. Dette er hensiktsmessig fordi mange prosesser er knyttet til bestemte nivåer (f. eks. cellenivå). Biologien har derfor blitt delt opp i mange deldisipliner der den kunnskapen som fremkommer innen en disiplin har betydning for forståelse av forhold innen andre deler av biologien.

Det biologiske mangfoldet omfatter den variasjon av levende materiale som fins på jorden. Biologisk mangfold beskrives på tre nivåer:

- Genetisk mangfold beskriver variasjon mellom individene (variasjon innen og mellom populasjoner).
- Artsmangfold beskriver hvilke arter som fins i et område (variasjon innen samfunn).
- Økosystemmangfold beskriver ulike levesteder (summen av organismer og fysiske omgivelser) i et område.

Det fins utallige individer av ulike organismer på Jorden. Svært mange av disse har en genetisk unik sammensetning, men det vil være en fullstendig umulig oppgave å kartlegge denne uendelige variasjonen. Å kartlegge mangfoldet av arter er en mer overkommelig oppgave, men også her gjenstår et stort arbeid. Mye av denne kartleggingen vil ikke kunne bli utført fordi artene dør ut før de blir beskrevet vitenskapelig. Det er derfor svært viktig å ta vare på mangfoldet av økosystemer som representerer levestedene til de ulike artene.

I følge *FN's miljøprogram (UNEP), Convention on Biological Diversity (CBD)*, er det i 2002 beskrevet ca. 1,75 millioner arter på Jorden. Men Jordens totale artsantall er betydelig høyere. Estimer for jordens totale artsantall ligger mellom 3 og 100 millioner. *CBD* antyder 14 millioner som et sannsynlig anslag. En antar at de fleste nye arter som vil bli beskrevet vil tilhøre gruppen insekter og en svært stor del av disse vil ventelig finnes i de tropiske regnskogene. En annen gruppe som er svært tallrik er bløtdyrene. De naturtypene vi finner i Norge er relativt artsfattige, men vi har likevel både naturtyper og arter som vi har et internasjonalt ansvar for å bevare.

Det biologiske mangfoldet på Jorden er utviklet over mer enn 3.6 milliarder år. Gjennom denne perioden har livsmiljøet endret seg og det har hele tiden vært konkurranse om

økologiske nisjer mellom organismene. Dette er forhold som har ført til utvikling av nye arter mens andre har dødd ut. Noen perioder i Jordens historie kan i ettertid se ut til å ha hatt en katastrofeaktig utdøen av arter. En slik drastisk reduksjon av artstallet på jorden fant sted for 65 millioner år siden da dinosaurene døde ut. I dag opplever vi et storstilt tap av arter på grunn av menneskenes aktiviteter. Tallene er imidlertid svært usikre i og med at storparten av Jordens artsantall foreløpig ikke er beskrevet av forskerne. *CBD* anslår at arter i dag utrykkes i et tempo som er 50-100 ganger høyere enn den naturlige raten for artsutdøen.

Tap av biologisk mangfold er ett av vår tids mest alvorlige miljøproblem. Dette faktum er bl.a. erkjent av "Verdenskommisjonen for miljø og utvikling" (Brundtlandkommisjonen) og FN's miljøkonferanse i Rio 1992 (UNCED). Bevaring av biologisk mangfold beskrives der som en av de 6 felles utfordringene som verdenssamfunnet står overfor. På FN's miljøkonferanse i Rio ble det vedtatt en internasjonal konvensjon som skal fremme bevaring av det biologiske mangfoldet. Denne konvensjonen trådte i kraft i 1993. Også andre internasjonale avtaler har stor betydning for bevaring av det biologiske mangfoldet. De viktigste globalt er Washingtonkonvensjonen (Convention on International Trade in Endangered Species – CITES), Bonnkonvensjonen (Convention on Migratory Species – CMS) og for Europa: Bernkonvensjonen (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats).

Av dette framgår det at biologene har et stort arbeid foran seg med hensyn til beskrivelse av arter. Den disiplinen innen biologien som driver med dette er systematikken. Tradisjonelt har en skilt mellom botanisk og zoologisk systematikk. I nyere systematiske oversikter opererer en ofte med en inndeling i flere riker enn 2. Systemet er under fortløpende revisjon, og det vil bli forandret i framtiden etter hvert som ny kunnskap kommer til.

Arten

Ute i naturen ser vi at mange av organismene ser like ut, og de fleste vil gjenkjenne dette som ulike arter, f. eks. bjørk, furu, kråke, rev, etc. Bruken av artsbegrepet i dagligtale gir en brukbar overensstemmelse med den vitenskapelige bruken. Det er likevel nødvendig med mer presise definisjoner til bruk i vitenskapelig sammenheng.

Det er vanlig å definere en *art som en gruppe individer som kan krysses innbyrdes med hverandre og få fertilt (forplantningsdyktig) avkom*. Det er imidlertid oftest slik at ikke alle individer innen en art står i så nær kontakt med hverandre at krysning er praktisk mulig. På denne bakgrunn kan artene deles inn i mindre funksjonelle enheter, *populasjoner*, som bare omfatter de individene innen en art som i praksis kan utveksle genmateriale (dvs. krysses med hverandre). Populasjoner innen en art kan over tid utvikle avvikende karakterer i forhold til andre populasjoner innen arten. Dette kan gi opphav til dannelse av nye arter.

Denne artsdefinisjonen kalles gjerne *det biologiske artsbegrepet*. Det biologiske artsbegrepet er basert på at grupper av individer er reproduktivt isolert fra hverandre. For at begrepet skal ha mening forutsetter det at organismene har kjønnet formering. Dette mangler imidlertid hos en rekke organismer. Innen gruppene bakterier, encellede eukaryoter, planter

og flere forekommer reproduksjonsformer som gjør at denne definisjonen ikke alltid fungerer. Bakteriene har mange former for utveksling av genetisk materiale. Encellede eukaryoter formerer seg ofte ved vanlig celledeling som gir identiske kopier av morcellen. Noen planter formerer seg utelukkende aseksuelt, mens andre kan danne fertile hybrider med andre arter. Det biologiske artsbegrepet er heller ikke mulig å undersøke f. eks. ved studier av fossile organismer. I mange sammenhenger må en derfor bruke andre kriterier enn kjønnet formering for å atskille organismegrupper som det er praktisk å betrakte som atskilte arter.

Arter ble i utgangspunktet skilt fra hverandre på grunnlag av deres bygningstrekk. Dette kalles *det morfologiske artsbegrepet*. Dette virker intuitivt fornuftig siden det er slik vi observerer ulike arter ute i naturen. Men det er ikke alltid at lik morfologi betyr nært slektskap. Noen arter kan være vanskelig å skille fra hverandre fordi utseendet er blitt svært likt pga. konvergent utvikling. Men i tilfeller der det ikke er mulig å undersøke om artene er reproduktivt isolerte, eller der to organismegrupper er tydelig atskilte bygningsmessig er det praktisk å bruke det morfologiske artsbegrepet. Innen botanikken og mikrobiologien, og deler av zoologien er det derfor vanlig å bruke det morfologiske artsbegrepet. To plantepopulasjoner føres f. eks. til forskjellig art hvis de kan skilles på grunn av klare ulikheter i morfologiske karakterer og er effektivt isolerte fra hverandre.

Begrepet art kan oppfattes som en konstruksjon laget av mennesker. Begrepet er hensiktsmessig å bruke, men i sin strengeste definisjon kan det ikke anvendes universelt i naturen. Det biologiske artsbegrepet bygger riktignok på reelle slektskapsforhold i naturen, men i en rekke tilfeller er det ikke mulig å undersøke dette. Det morfologiske artsbegrepet er basert på forskjeller som ikke behøver å reflektere slektskapsforhold. Hvor artsgrensene skal trekkes vil således være gjenstand for forskernes vurdering. Det kan variere hvor vidt eller snevert ulike forskere vil tolke artsgrensene. Dette kommer bl. a. til uttrykk ved forskjellig oppfatning om hva som skal oppfattes som arter og underarter.

Det at vi har enheter med visse karakteristika gjør det mulig å foreta en klassifikasjon. Arten danner basis i dette klassifikasjonssystemet. Artsgrensene opprettholdes av ulike typer barrierer mellom artene. Dette er oftest genetiske sterilitetsbarrierer som gjør det umulig å danne reproduksjonsdyktig avkom på tvers av artsgrensene. Innen botanikken er det også slik at geografiske og økologiske barrierer kan opprettholde grenser mellom populasjoner som oppfattes som atskilte arter.

Navn på arter

Alle arter som folk i et område har hatt et forhold til, har fått lokale navn. Dette har resultert i et mangfold av navn på samme art. Det kan nevnes at en art som einer navngis med mange variasjoner over de følgende 4 hovednavn avhengig av hvor i Norge en befinner seg: Einer, brakje, bruse, brisk. Oftest fins et "offisielt" navn innen samme nasjon, men også her kan flere navn eksistere side om side f. eks. forglemmegei og minneblom. Dernest kommer naturligvis ulike navn på ulike språk. Eksempler er furu (norsk), fyr (dansk), tall (svensk), pine (engelsk), etc.

Vitenskapen har flere millioner arter å holde oversikt over. Med et slikt mangfold er det nødvendig med entydige referanser til hver art. Dette er løst ved at hver art tildeles et vitenskapelig navn som er universelt. Det systemet for navnesetting som brukes i dag er den binomiale nomenklaturen som ble innført av Linnè på 1700-tallet (i verket *Species Plantarum* fra 1753). Navnet består av to latinske ord der det første angir slektstilhørighet, og det andre er artsnavnet (artsepetet). Linnès system erstattet et system der en brukte en kort latinsk beskrivelse av arten brukt som identifikasjon. Dette var upraktisk som navn og utilstrekkelig som beskrivelse.

Et eksempel på vitenskapelig navn kan være *Betula pendula* (hengebjørk), som altså tilhører bjørkeslekten (*Betula*). Av norske arter i slekten *Betula* inngår i tillegg til hengebjørk (*Betula pendula*) også vanlig bjørk (*B. pubescens*) og dvergbjørk (*B. nana*). Ordene som det vitenskapelige navnet er bygget opp av gir i noen tilfeller en karakteristikk av artens utseende, økologi eller andre karakteristika. I eksemplene over betyr *pendula* hengende, *pubescens* dunhåret (jfr. pubertet) og *nana* lavvokst. I andre tilfeller refererer navnet til det første kjente navn på et *taxon*. *Betula* er det latinske navnet som ble brukt av romeren Plinius som døde i år 79. Vitenskapelige navn avledes ofte av navn på forskere eller andre som den som beskriver arten, mener bør æres. Et eksempel på dette kan være plantearten linnèa (*Linnaea borealis*) som er oppkalt etter Linnè. Artsepetet betyr her nordlig.



Figur 1.1: Linnèa (*Linnaea borealis*)

For at dette systemet skal fungere eksisterer det et omfattende sett av regler for beskrivelse og navnssetting (i botanikken: [International Code of Botanical Nomenclature](#)). Arten må være så presist beskrevet at beskrivelsen gir en entydig identifikasjon av arten. I tillegg blir det oppbevart spesielle typeeksemplar (de eksemplarene som arten er beskrevet på grunnlag av) for å sikre at navn og art er entydig knyttet sammen. Til tross for dette forekommer det at samme art er beskrevet flere ganger og dermed har blitt tildelt flere navn. Regelen er da at den første beskrivelsen har prioritet. Dette kan medføre at innarbeidete vitenskapelige navn kan bli endret, noe som gjør at en heller ikke i den vitenskapelige nomenklaturen kommer utenom problemet med synonymer. For å vite hvilken beskrivelse artsnavnet refererer til tas det med et forkortet navn på beskriveren (*autornavn*). Et eksempel er *Betula pendula* Roth, (*B. verrucosa* Ehrh.). Førstnevnte og gjeldende navn er beskrevet av Roth, mens navnet i parentes er et navn som tidligere var innarbeidet, men viser til en seinere beskrivelse utført av Ehrhart.

Systematikk og klassifikasjon

Vi kan definere systematikk som: *En inndeling av organismene i enheter av ulik rang og beskrivelser av forholdet mellom disse.* En slik enhet (uavhengig av rang) kalles et *taxon*. Begrepet *taxonomi* brukes derfor ofte som synonym med systematikk.

I hverdagslivet er behovet for klassifikasjon av organismer (eller andre objekter) knyttet til det enkelte menneskes spesielle interesser eller formål. Som eksempel kan det nevnes at de argentinske utgavene av *cowboyer, gauchoene*, har ca. 200 forskjellige navn for farger på hester, mens de deler plantene inn i fire grupper; 1) de som egner seg til fôr, 2) de som egner seg til underlag, 3) trær og 4) alle de andre (Curtis & Barnes 1989).

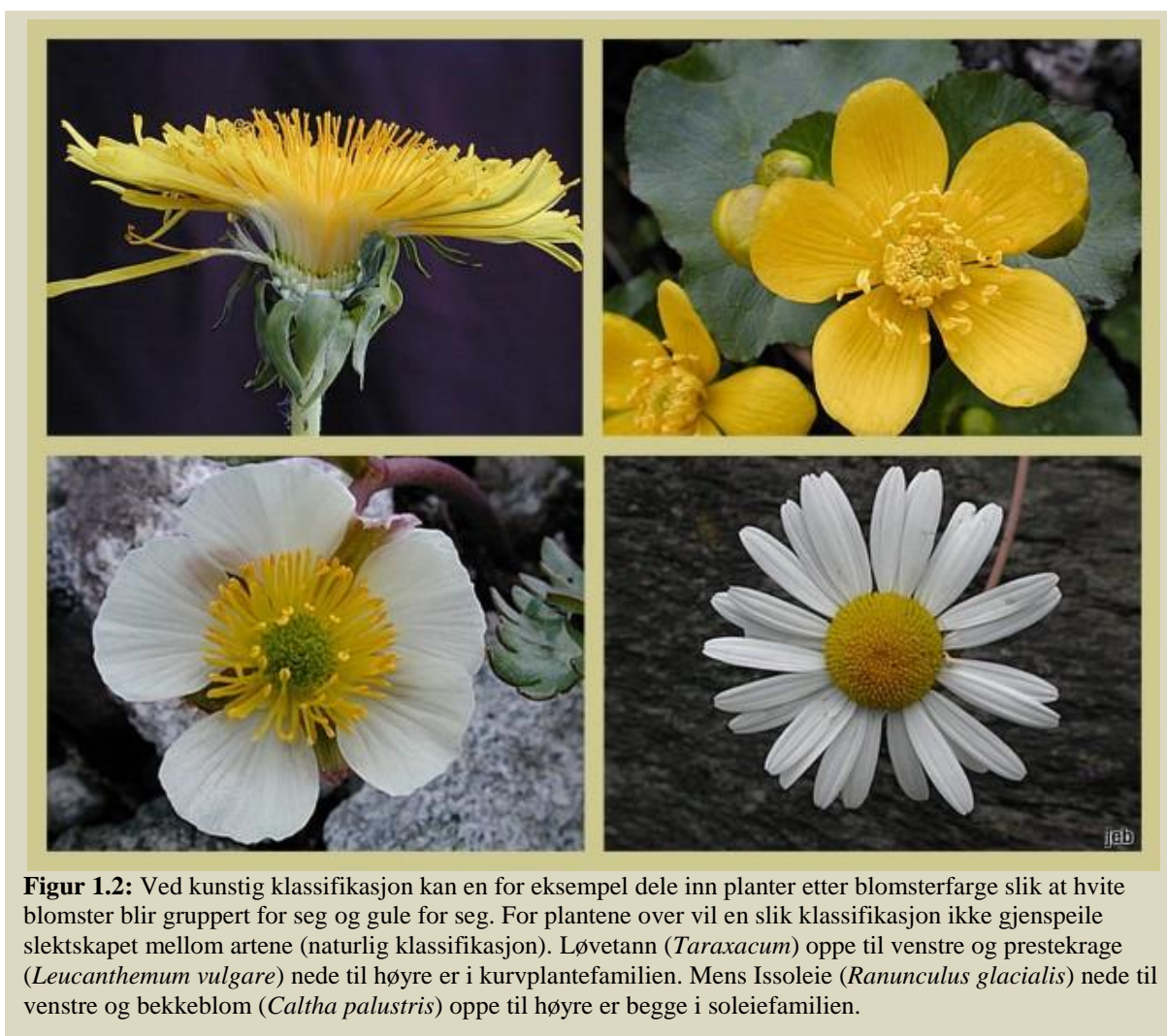
Vi har behov for å ha kunnskaper om det mangfoldet som angår oss direkte. I tidligere tider hadde mange flere mennesker sin daglige aktivitet knyttet til naturen og dermed en direkte kontakt med det biologiske mangfoldet. I dag er den direkte kontakten med det biologiske mangfoldet brutt for en stor del av befolkningen. Dette gir grunn til bekymring med hensyn til bevaring av det biologiske mangfoldet som vi fortsatt er like avhengige av som noen gang.

Biologisk vitenskap har som en målsetning å skaffe kunnskap om alle organismene og får derfor en enorm mengde med detaljer å holde styr på. Systematikken er derfor et nødvendig og helt uunnværlig redskap for resten av de biologiske vitenskapsdisiplinene.

Klassifikasjon kan baseres på mange typer kriterier, men to hovedtyper av klassifikasjonssystemer kan skilles ut; *kunstige* og *naturlige*.

Et *kunstig klassifikasjonssystem* tjener et bestemt formål uten at det gjøres noe forsøk på å gjenspeile en eksisterende orden blant objektene som klassifiseres. Kriteriene som det klassifiseres etter er definert på forhånd. Et eksempel her er klassifikasjon basert på blomsterfarge. På denne måten kan arter uten slektskap bli gruppert sammen. Formålet i dette tilfellet er identifikasjon av planter. Denne typen klassifikasjon finner en ofte i betemmelleslitteratur der det er ønskelig å identifisere organismer ved hjelp av et fåtall kriterier.

I *naturlige klassifikasjonssystemer* ønsker en først og fremst å gjenspeile en eksisterende orden. Det er altså om å gjøre å gruppere sammen organismer som er beslektet, og plassere grupper relativt til hverandre avhengig av hvor nært slektskapet er mellom dem. I biologien prøver en å klassifisere organismene utifra evolusjonære forhold. Taxa som klassifiseres sammen må dele et sett av homologe egenskaper og ha en felles stamform. Det å lage et naturlig klassifikasjonssystem for alle organismer på jorden, er en svært omfattende oppgave. Det ligger i sakens natur at et slikt system aldri vil bli endelig fastlagt fordi det alltid vil kunne komme ny informasjon som kan endre den eksisterende forståelsen av slektskapsforhold mellom organismer. Det kan da bli nødvendig å revidere systemet.



Et annet forhold av betydning, er hvilken vekt en skal gi de ulike kriteriene som inndelingen er basert på. Det er nemlig slik at noen karakterer ser ut til å være mer konservative med hensyn til endring over tid (evolusjon) enn andre. Disse bør følgelig tillegges større vekt ved inndelingen siden målsetningen er å vise slektskap mellom organismene. Men å komme fram til en enhetlig framgangsmåte som kan aksepteres av alle, er svært vanskelig. Det har da også oppstått flere skoler med ulike syn på hvordan klassifikasjon skal foretas, og det foregår en fortløpende diskusjon om disse spørsmålene i de vitenskapelige miljøene.

Den eksisterende klassifikasjonen er i hovedsak basert på fellestrekk mellom organismene slik at de kan plasseres i hierarkisk ordnede grupper. En slik klassifikasjon er praktisk og tilfredsstillende vårt behov for å gruppere sammen organismene i større enheter for å få oversikt. Slike enheter gir ikke alltid et riktig bilde av de evolusjonære forholdene og må betraktes som menneskeskapt konstruksjoner. En klassifikasjon basert utelukkende på evolusjonsforhold (*kladisme*) er logisk riktig, men det kan være mer upraktisk i bruk. Bl. a. fordi kladismen gir opphav til et stort antall systematiske grupper, og ny forskning vil føre til endringer av klassifikasjonen.

Systematikken i lærebøker presenterer ofte et kompromiss mellom kladismen og en hierarkisk ordnet systematikk basert på fellestrekk mellom organismene. Dette kalles for evolusjonær taksonomi.

Følgende kriterier er viktige som grunnlag for klassifikasjon i botanikken:

Morfologi: Tradisjonelt har det vært organismenes ytre bygning som har vært brukt ved klassifikasjon. Fortsatt er dette et viktig kriterium. Ytre bygning er i stor grad en manifestasjon av den genetiske sammensetningen til organismen. Morfologi vil derfor være et viktig redskap til sammenlikning av egenskaper mellom ulike taxa. Dette må imidlertid brukes med forsiktighet i og med at tilpasning til spesielle miljøer kan ha gitt morfologisk likhet mellom taxa som slektskapsmessig står fjernt fra hverandre (konvergens). Det er derfor viktig å sammenligne organer som forandrer seg langsomt gjennom evolusjon, og som er utviklet fra samme opprinnelse (*homologe organ*). I botanikken er blomsten et eksempel på et slikt organ. Selv om det er problemer knyttet til å bruke morfologi som grunnlag for klassifikasjon, gjenstår at morfologien er direkte observerbar og er dermed det enklest tilgjengelige kriteriet å basere seg på.

Paleontologi: Studier av fossile planter er et uvurderlig hjelpemiddel når en skal si noe om plantenes evolusjon. Ved hjelp av de geologiske lagenes kronologi og ulike dateringsteknikker, får en informasjon om ulike grupperes utvikling. Paleontologien gir således god informasjon om slektskapet mellom artene. Men fordi det bare er en liten del av organismene som blir fossilisert, kan det mangle viktige ledd i evolusjonskjeden. Det må derfor hele tiden gjøres tolkninger når avstammingsforhold skal utredes. Den ubrutte rekken av fossile former som ender opp i dagens organismer, kan altså ikke finnes på denne måten. Et annet problem er at et taxon kan inneholde arter som stammer fra forskjellige grupper (polyfyletiske taxa). Soppene er et eksempel på et slikt taxon. De organismene som klassifiseres som sopp ser ut til å ha utviklet seg fra ulike deler av algesystemet og fra blågrønnbakteriene. Det en ønsker å oppnå i et naturlig klassifikasjonssystem er monofyletiske taxa, dvs. taxa som inneholder organismer utviklet fra samme gruppe.

Kjemi og cytologi: Biokjemiske prosesser og cellestrukturer i levende organismer er ofte så kompliserte at det er usannsynlig med utvikling av samme system i atskilte organismegrupper. Innhold av samme grupper av stoffer og samme celleorganisering regnes derfor som gode indikatorer på felles avstamning. Den moderne utviklingen av biologien som vitenskapsfag og teknologiutviklingen, har gitt mange nye metoder innen dette feltet. Her kan særlig utviklingen av elektronmikroskopet og molekylærgenetikken nevnes. Hos plantene er det særlig innhold av såkalte sekundære stoffskifteprodukter som brukes i klassifikasjonen. Mange av disse er utviklet i plantene som beskyttelse mot beiting. Et eksempel kan være alkaloidene som særlig fins i valmuefamilien og soleiefamilien. Av alkaloider kan opiumsderivatene nevnes som eksempler.

Molekylær genetikk: Undersøkelser av arvestoffet (DNA / RNA) gir mulighet for å undersøke slektskapsmessig likhet mellom ulike taxa. En av fordelene med disse teknikkene er at de måler reelle slektskapsforhold. En av ulempene er at det ikke er mulig å bruke metoden på fossilt materiale. Arvestoff i forskjellige celleorganeller har ulik mutasjonsrate, noe som gjør det mulig å undersøke nært og fjernere slektskap ved å studere det arvestoffet som passer i

det enkelte tilfellet. Arvestoff fra mitokondrier, cellekjerne, kloroplaster og ribosomer brukes. DNA-hybridisering er en annen teknikk som brukes.

Formering: Kjønnen formering sørger for stadige nykombinasjoner av genetisk materiale. Miljøforholdene sørger for at det er de egenskapene som gir størst overlevelse, som mest effektivt bli ført videre til neste generasjon. Dette kan på lang sikt føre til utvikling av nye arter. De formeringsystemene som er utviklet, endres langsamt gjennom evolusjonen. De er derfor viktige kriterier å basere en systematisk inndeling på. Hos plantene finner vi en livssyklus som er delt i to faser. Den ene fasen produserer spredningsenheter (*sporer*) som ikke er et direkte resultat av en kjønnsprosess. Spredningsenhetene kan spire og utvikle seg til en *gametofytt* (kjønnsplante). Denne andre fasen produserer kjønnsceller (*gameter*) der en hannlig- og en hunnlig kjønns celle må smelte sammen for at det skal utvikles et nytt individ. Dette kalles *generasjonsveksling*, og det innebærer et skifte mellom en *sporofyttgenerasjon* og en *gametofyttgenerasjon*. Hvor godt utviklet disse generasjonene er, og hvordan selve formeringen foregår, har stor betydning for den systematiske inndelingen. Likeledes har det betydning hvordan kjønnscellene er utformet. Kjønnscellene kan ha flageller som gjør dem bevegelige i vann, de kan være ubevegelige og det kan være klar forskjell på hannlige og hunnlige kjønns celler. Ukjønnete formeringsystemer kan også være karakteristiske for de ulike organismegruppene. Vanlig celledeling er den eneste formeringsmåten hos bakteriene (inkludert blågrønnbakteriene). Fragmentering eller oppdeling av en organisme i spesielle spredningsenheter faller i prinsippet inn under vanlig celledeling. En annen type ukjønnen formering har en ved sporedannelse i organ som er spesielt utviklet for dette formålet og som kalles sporangier (sporehus). Sporer er encellede spredningsenheter som kan være utformet på ulikt vis hos ulike grupper.

Energi- og næringsomsetning: Hovedskillet her går mellom de auto- og de heterotrofe organismene. Dette har blant annet vært et viktig kriterium ved inndelingen i 5 riker istedenfor i 2. For eksempel er det ikke naturlig å gruppere soppene som er heterotrofe sammen med planter som er autotrofe. Det må understrekes at det også er andre kriterier som er blitt tillagt vekt ved denne inndelingen. Både riket Monera og Protista inneholder heterotrofe og autotrofe organismer.

Inndeling av organismene

Den klassiske systematikken har delt organismene i 2 riker; plante- og dyreriket. Moderne systematisk forskning har vist at disse to gruppene er innbyrdes svært heterogene. Det er derfor behov for en annen inndeling. Det har vært og er fortsatt uenighet om hvordan denne inndelingen skal foretas. Nedenfor presenteres en inndeling der organismene er delt inn i 5 riker. Dette er en inndeling som går igjen i mange av dagens lærebøker, men det er enighet om at også denne inndelingen må revideres. Tabell 1.1 angir hva som er de ulike rikenes viktigste karakteristika. Som nevnt tidligere, må denne inndelingen betraktes som et resultat av dagens kunnskap og behovet for å systematisere organismene. Ny kunnskap kan gjøre det nødvendig å endre på systemet i framtiden.

Gjennom evolusjonen er det utviklet organismer som er blitt gradvis mer komplekse. I denne utviklingen kan en skille ut noen organisasjonsmessige hovednivåer.

Det største skillet blant organismene går mellom de *prokaryote* organismene (bakterier og arkebakterier) og de *eukaryote* organismene (alle de andre). Disse to celletypene er fundamentalt forskjellige fra hverandre. Som navnene antyder (karyon = kjerne) mangler de prokaryote organismene kjerne og kjernemembran. Arvestoffet hos disse ligger dermed ikke i en cellekjerne, men er likevel lokalisert til en bestemt del av cellen. Prokaryote celler er svært små sammenliknet med de eukaryote, og de mangler egentlige celleorganeller med unntak av ribosomer. Eukaryote celler har arvestoffet atskilt fra resten av cellen ved en kjernemembran. Disse cellene har en mye mer kompleks oppbygning med innhold av celleorganeller som f.eks. mitokondrier og kloroplaster (bare hos eukaryote organismer med fotosyntese). Den såkalte endosymbioseteorien, der eukaryote cellers evolusjon er forklart som et resultat av symbiose mellom flere prokaryote celler slik at disse med tiden har mistet sin opprinnelige funksjon og etterhvert er blitt utviklet til celleorganeller.



Figur 1.3: Fjærehinne (*Porphyra* sp.) tilhører Rike Protista.



Figur 1.4: Rød fluesopp (*Amanita muscaria*) tilhører soppriket (*Fungi*).

De enkleste eukaryote organismene er encellede og en regner med at de er utviklet fra ulike grupper av prokaryote organismer. Encellede eukaryote organismer har i en periode vært gruppert sammen i rike *Protista* (inneholder også noen flercellede). Dette er imidlertid en svært heterogen gruppe, og det har lenge vært klart at protistene må deles i flere riker. Denne inndelingen er imidlertid ikke klar, og den blir ikke diskutert nærmere her. Fra encellede organismer går utviklingen videre til flercellede organismer som er et enda mer avansert utviklingsnivå. Her er det ikke bare arbeidsdeling innenfor cellen men også mellom ulike deler av organismen. De høyere organiserte organismene som vi finner i dag antas å være utviklet fra ulike grupper av encellede organismer.

To store grupper av flercellede heterotrofe organismer forekommer; soppriket (*Fungi*) og dyreriket (*Animalia*). Disse ses på som søstergrupper og antas å være utviklet fra et felles opphav. Planteriket (*Plantae*) omfatter encellede organismer (fleste



Figur 1.5: Tarmgrønske (*Ulva intestinalis*) er en thallofytt og tilhører planteriket (*Plantae*).

grønnalger) og flercellede organismer (landplantene) som i all hovedsak er autotrofe, og med klart evolusjonært slektskap innen gruppen.

Landplantene har mange fellestrekk med grønnalgene og antas å stamme fra dem. Utviklingen av planteriket henger nært sammen med at levende organismer begynte å kolonisere landjorden. Grønnalgene inneholder flercellede organismer, men disse er lite differensierte og danner det

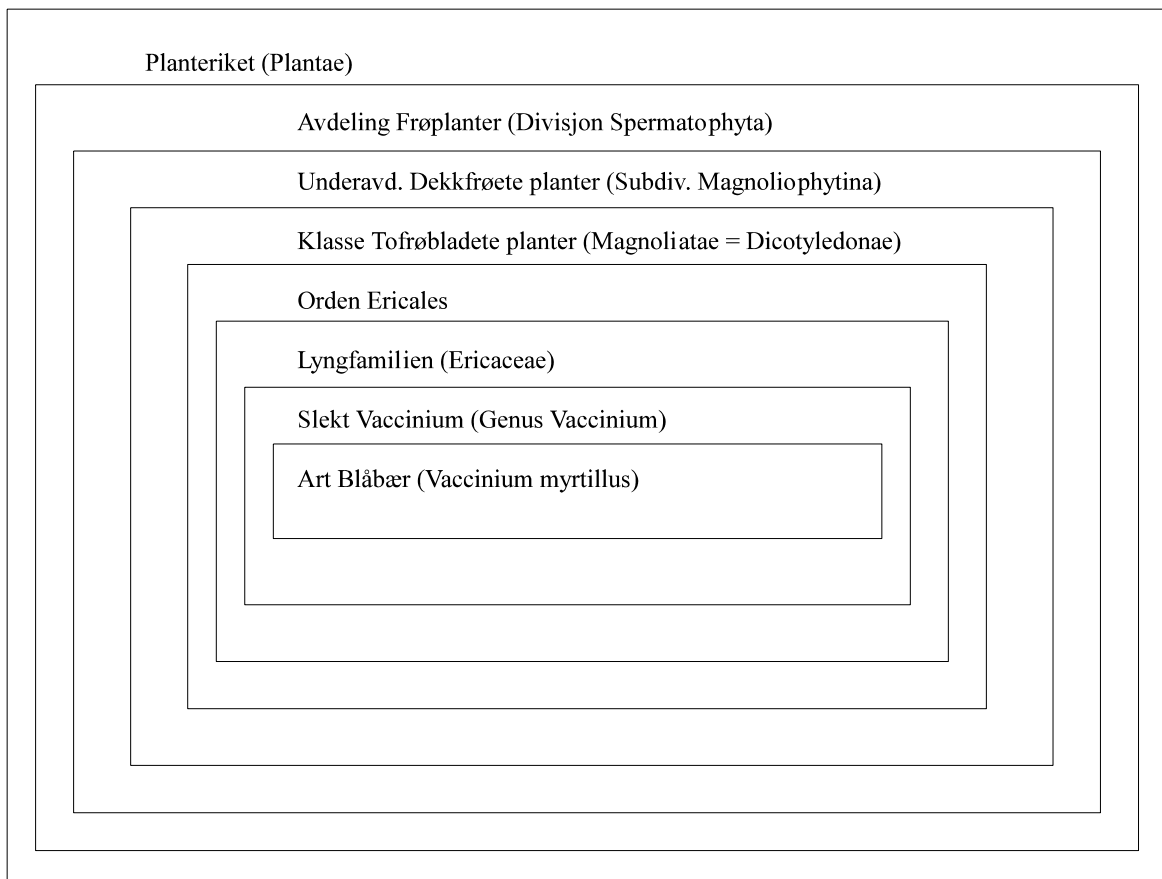
vi kaller *thallus*.

Tabell 1.1: Karakteristika for de 5 rikene (oversatt fra Curtis & Barnes 1989)

	MONERA	PROTISTA	FUNGI	PLANTAE	ANIMALIA
Celletype	Prokaryot	Eukaryot	Eukaryot	Eukaryot	Eukaryot
Kjernemembran	Mangler	Til stede	Til stede	Til stede	Til stede
Mitokondrier	Mangler	Til stede	Til stede	Til stede	Til stede
Kloroplaster	Mangler (Fotosyntetiske membraner hos noen former)	Finnes hos noen former	Mangler	Til stede	Mangler
Cellevegg	Ikke cellulose (polysakkarid og peptidoglykan)	Finnes hos noen former, ulike typer	Kitin og andre ikke cellulose polysakkarider	Cellulose og polysakkarider	Mangler
Genetisk rekombinasjonssystem	Konjugasjon, transduksjon, transformasjon, eller ingen	Befruktning og meiose, konjugasjon eller ingen	Befruktning og meiose, dikaryose, eller ingen	Befruktning og meiose	Befruktning og meiose
Ernæringstype	Autotrofe (kjemo- eller fotosyntetiske) eller heterotrofe	Fotosyntetiske eller heterotrofe eller kombinasjon	Heterotrofe, ved absorpsjon	Fotosyntetiske	Heterotrofe, ved inntak
Bevegelse	Bakterie flageller, gliding, eller ubevegelig	9 + 2 cilier og flageller, amøboide, sammentrekkende fibriller	Ubevegelige	9 + 2 cilier og flageller hos gameter hos noen former, mangler hos fleste	9 + 2 cilier og flageller, sammentrekkende fibriller
Flercellethet	Mangler	Mangler hos de fleste formene	Til stede	Til stede	Til stede
Nervesystem	Mangler	Primitive mekanismer for ledning av stimuli hos noen former	Mangler	Mangler	Til stede, ofte kompleks

En *thallofytt* er en plante som ser noenlunde ens ut over det hele. Det er liten grad av arbeidsdeling mellom de ulike delene. Flercellete alger, sopp, lav og noen moser er thallusdannende. Denne organisasjonsformen er utviklet i vannmiljø. På landjorden førte de endrete livsbetingelsene til utvikling av en helt ny organisasjonsform i tillegg til thallusorganiseringen. De grønne plantene utviklet former som var differensiert i rot, stengel og blad. Denne organiseringen kalles *cormos* og organismer med slik organisering kalles *kormofytter*. De oppnådde på denne måten en effektiv arbeidsdeling mellom de ulike delene av planten. Denne arbeidsdelingen har vært avgjørende for den dominerende stilling som plantene (kormofyttene) har inntatt i naturmiljøet på landjorden.

Klassifikasjonssystemet som brukes er hierarkisk ordnet slik at en tar utgangspunkt i arten som grunnenhet og grupperer til stadig videre taxa. Taxonet *rike* er den videste enheten. Relasjoner mellom nivåene kan fremstilles i et såkalt Venn-diagram.

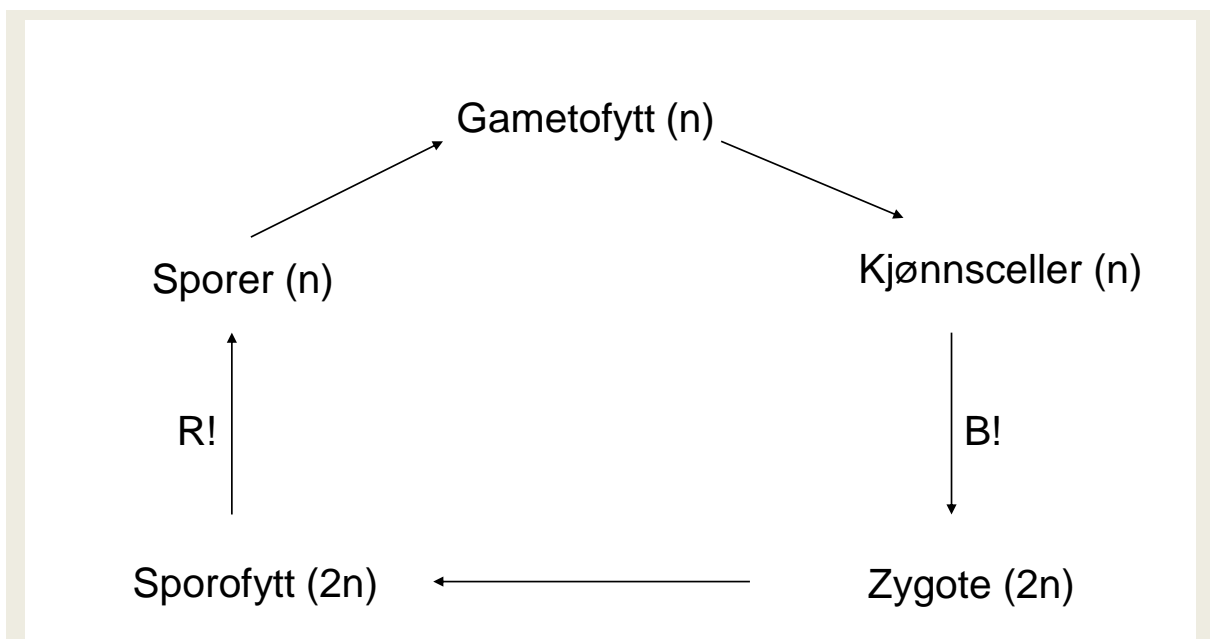


Figur 1.6: Venn-diagram som viser hvilke overordnede taxa arten blåbær (*Vaccinium myrtillus*) tilhører.

Livssyklus

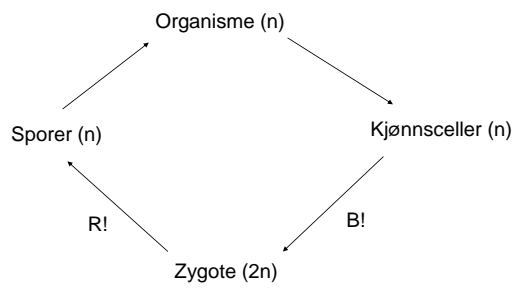
Enhver organisme gjennomgår en bestemt utvikling gjennom sitt livsløp. Denne utviklingen kan beskrives ved en arts livssyklus. Med begrepet *livssyklus* forstår vi den utviklingen en art gjennomgår fra det dannes kjønnsceller i en generasjon og til samme stadium i neste generasjon. Livssyklusene kan forøpe på ulikt vis hos ulike organismegrupper. Stor grad av likhet når det gjelder livssyklus, er en indikasjon på at arter står slektskapsmessig nær hverandre.

For at kjønnet formering skal kunne foregå, må *meiose* (reduksjonsdeling) inngå på et eller annet stadium i livssyklusen. På denne måten dannes haploide celler som direkte eller via et mellomstadium kan «smelte sammen» til en diploid zygote. Hvilken fase *meiosen* inntreffer i, gjør at vi kan skille mellom tre hovedtyper av livssykluser. I denne fremstillingen legges hovedvekten på den livssyklusen vi finner hos plantene: Generasjonsveksling (haplodiplontisk livssyklus).

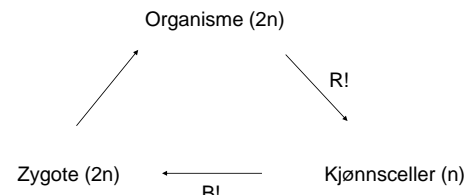


Figur 1.7: Generasjonsveksling (haplodiplontisk livssyklus)

En diploid generasjon (sporofytt) produserer haploide sporer ved meiose. Sporene utvikles til en haploid generasjon (gametofytt). Gametofytten produserer kjønnsceller. To kjønnsceller «smelter sammen» og danner en diploid zygote. Zygoten utvikles slik at det dannes en diploid generasjon (sporofytt). Taxa som inngår i planteriket (Plantae), har generasjonsveksling. Hvor godt utviklet sporofytt- og gametofyttgenerasjonene er hos de ulike taxa, varierer avhengig av slektskapsforhold og følgelig av evolusjonær stilling. R! = Reduksjonsdeling (meiose), B! = Befruktning, n = kromosomtall.



Figur 1.8: *Haplontisk livssyklus:* Meiosen skjer direkte fra zygoten. Alle stadier utenom zygoten er haploide.



Figur 1.9: *Diplontisk livssyklus:* Meiosen skjer ved dannelse av kjønnsceller. Alle andre stadier enn kjønnscellene er diploide.

Sopp (Rike Fungi)

Innledning

Soppene er en stor gruppe av organismer der det er beskrevet ca. 70000 arter. Soppene omfatter et mangfold av kjente organismer som hattsoffene, muggsopper, gjærsopp, rustsopp og et utall andre. Forskerne regner med at mange sopparter foreløpig ikke er blitt beskrevet. Kanskje fins det over en million sopparter totalt.

Sopp er eukaryote organismer og har altså celler med kjerne og celleorganeller. De fleste sopp er flercellede og disse er organisert som et thallus. Hos noen sopper er deler av thallus organisert som karakteristiske og iøynefallende fruktlegemer. Hos lavene kan soppkomponentens thallus ha en stor grad av differensiering.

Alle soppene er *heterotrofe*. Det vil si at de må skaffe seg energi ved å utnytte energirike stoffer som er produsert av andre organismer. Dette kan de oppnå ved å utnytte slike stoffer direkte fra produsenten. Sopper som lever på denne måten opptrer som *parasitter* eller *mutualister*. De fleste soppene ernærer seg imidlertid ved å bryte ned dødt organisk materiale (*saprophytter*). Dette foregår ved at soppene skiller ut enzymer som spalter de energirike stoffene til enklere forbindelser som kan absorberes av soppens hyfer. Dette tilsvarer næringsopptaket hos dyr, men i motsetning til hos dyrene foregår enzymnedbrytningen utenfor organismen hos sopp.

Det at soppene mangler klorofyll er felles med dyreriket. Men en del andre karakterer er felles med planteriket. Som hos plantene er cellene omgitt av cellevegg. I motsetning til hos plantene er celleveggen hos soppene hovedsakelig bygget opp av polysakkaridet *kitin*. Dette stoffet finnes ikke i planteriket, men forekommer i rikt monn som hovedbestanddel i det ytre skjelettet hos insekter og andre leddyr. Soppene har glykogen og / eller fett som opplagsnæring. Dette er forskjellig fra planteriket hvor det oftest er stivelse som er lagerstoff. Fellestrekk med planteriket forøvrig er at soppene er ubevegelige og de formerer seg ved sporer. Dette er en grov karakteristikk der det fins noen unntak.

Bygningstrekk

Soppene kan være encellede, men de fleste taxa er flercellede. De encellede soppene har runde celler. Felles for de flercellede soppene er at de er bygget opp av et nettverk av tynne sopptråder som kalles *hyfer*. Sopphyfene består av avlange celler som ligger etter hverandre.

Hyfene kan være *septerte* eller *usepterte*, dvs. med eller uten tverrvegger. Hyfene gjennomvever substratet de vokser i og har en stadig tilvekst i spissen, mens den bakre delen dør etter hvert som den eldes. En sopp er bygget opp av et stort antall hyfer som kan være mer eller mindre løst sammenvevd. Samlingen av disse hyfene kalles et *mycel*. Hattsoffene består f. eks. av et relativt løst og vidt forgreinet mycel som gjennomvever substratet rundt sopp hatten, mens selve sopp hatten er et tettere sammenvevd mycel som

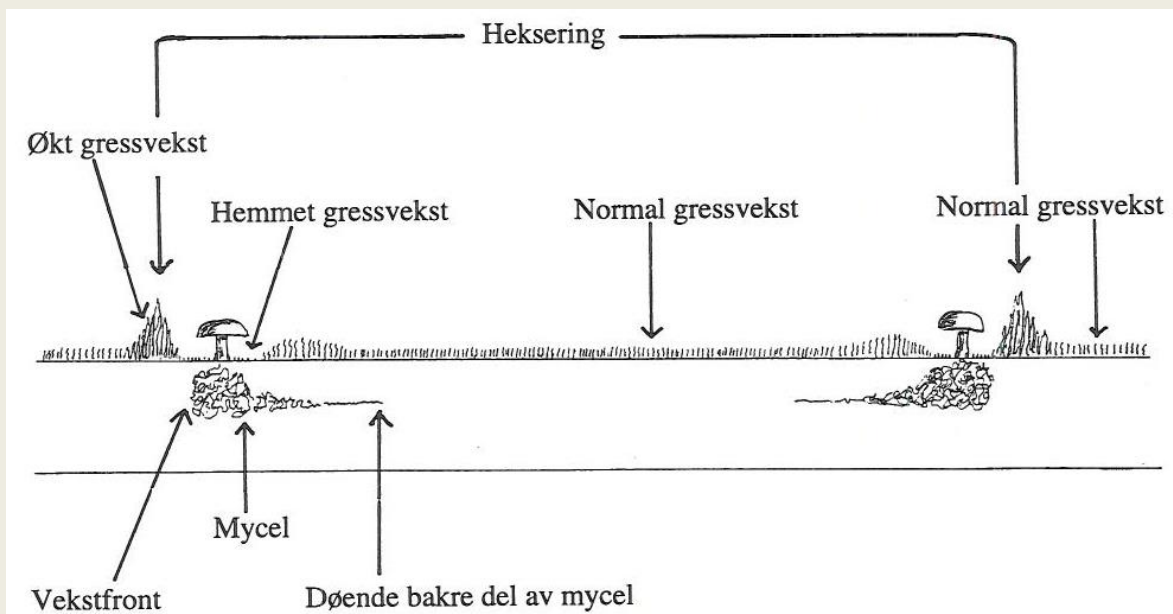
bygger opp soppens *fruktlegeme*. Mycelet nede i bakken har vann og næringsopptak som primæroppgave, mens fruktlegemet står i formerings og spredningens tjeneste.

Soppene danner sporer som fungerer som spredningsenheter. Sporene kan dannes ved vanlig celledeling (*mitose*) i *sporangier* (sporehus) eller *konidier* (avsnørte hyfeender). Slik ukjønnert formering gir en rask spredning og formering av soppen under gunstige forhold.

Ved kjønnert formering dannes det sporer i sporangier etter reduksjonsdeling (*meiose*). Hos sekk- og stilksporesoppene er sporangiene samlet i fruktlegemer. Hos mange sopparter er fruktlegemene den eneste delen av soppen som stikker opp over bakken og er synlig. De krever fuktighet og varme for å utvikles. Derfor er soppene mest iøynefallende på seinsommer og tidlig høst på våre breddegrader.



Figur 2.1: Hyfer og sporesamlinger (konidier) hos kulemugg (*Mucor*).



Figur 2.2: Soppfyfene danner mycel i soppens vekstsubstrat og fruktlegemer som stikker opp over bakken. Figuren viser et tverrsnitt av et eldre soppindivider der sentrale deler av soppen er døde og den levende delen danner en ring (heksering) (etter Ingold: The biology of fungi).

Soppøkologi

Soppene løser sitt behov for energirike stoffer på ulike måter. Soppene inntar derfor ulike roller i økosystemet avhengig av hvilken type næringsopptak de har utviklet. Dette gjør at soppene kan deles inn i tre hovedgrupper avhengig av deres økologiske funksjon. Soppene kan opptre som henholdsvis *saprofytter*, *parasitter* og *mutualister* (tidligere kalt *symbionter*).

Saprofytterne utgjør den største gruppen. En saprofytt er en organisme som bryter ned dødt organisk materiale. Stoffer som blir nedbrutt er cellulose, lignin, proteiner, etc. Soppen vokser inn i næringssubstratet og skiller ut enzymer som bryter ned næringsstoffene til enklere enheter som kan suges opp i sopphyfene (monosakkarider, aminosyrer, etc.). Ulike sopper har spesialisert seg på å bryte ned ulike stoffer. F. eks. bryter noen ned cellulose, noen lignin og noen begge deler. Dette er med på å bestemme hvilket substrat de ulike soppartene kan vokse i. Etter hvert som næringen brukes opp vokser sopphyfene inn i nytt næringsrikt materiale. Gjennom nedbrytningen blir det også frigjort uorganiske næringsstoffer. Saprofyttske sopper fyller dermed en særdeles viktig rolle i naturen i og med at de sørger for en resirkulering av de plantenæringsstoffene som er bundet i organisk materiale gjennom plantenes vekst. Uten slik kontinuerlig resirkulering av næringsstoffer ville næringstilgangen i økosystemene utelukkende vært avhengig av det som ble løst opp fra mineraler på stedet eller tilført utenfra.

Nedbrytningen av organisk materiale er en tidkrevende prosess. De delvis nedbrutte plante- og dyredelene går inn som komponenter i jordsmonnet og bidrar til å gi det bestemte egenskaper, som f. eks. evne til å lagre vann. I podsoljordsmonn, som er den vanligste jordsmonntypen i Norge, er det soppene som er dominerende gruppe av nedbrytere.



Figur 2.3: Kjuke. De fleste kjukene er saprofytter som skaffer seg næring ved å bryte ned død ved.

Det at sopper lever saprofyttisk kan skape problemer for menneskene. Matvarene våre inneholder lett nedbrytbare energirike stoffer. Dersom der er tilgjengelige soppsporer, vil soppene raskt kunne etablere seg og starte nedbrytning av matvarer. Muggsoppene er eksempler på slike saprofytter som konkurrerer med oss om de energirike stoffene i f. eks. brødmatt og frukt. Noen sopparter bryter ned cellulose og lignin i treverk. Dette kan skape problemer for bygningsindustrien ved at tømmerets bæreevne blir ødelagt. Det er flere sopparter som er årsak til slik nedbrytning. De samles grovt under betegnelsene *hvit- og brunråte*.

Noen saprofyttiske sopper er nyttige for menneskene og står for gammel og velprøvd bioteknologi. Her kan sopper som brukes i osteproduksjon nevnes som eksempel. Soppen utskiller enzymer som gir den ønskede begynnende

nedbrytning av ostestoffet.

Parasitter tar opp næring direkte fra levende celler. Dette vil naturligvis alltid være negativt for vertsorganismen. Det kan skilles ut to grupper av parasitter. *Obligate parasitter* kan bare leve parasittisk. De er normalt spesialiserte slik at de er knyttet til en bestemt vertsorganisme. Det har normalt vært en tilpasning over lang tid slik at parasitten ikke tar knekken på verten. Dette vil naturlig nok også føre til at parasitten dør. *Fakultative parasitter* kan leve både parasittisk og saprofyttisk. Disse er mindre spesialiserte og tar ofte knekken på verten. Etter at verten er død kan soppen leve videre ved å ernære seg saprofyttisk. *Honningsopp* er et eksempel på dette. Den kan etablere seg på friske trær og fortsette å bryte ned treet etter at det er dødt. Parasittiske sopparter kan skape store økonomiske problemer for menneskene. Særlig er parasitter som angriper ulike typer av avlinger et stort problem. Disse kan angripe planten gjennom sår, spalteåpninger eller epidermis og forbruke av plantens næringsstoffer slik at avlingsmengden reduseres kraftig. Ved høy temperatur og fuktighet er forholdene gode for mange parasittiske sopp, noe som kan gi store soppskader ved slike værforhold. Epidemiske soppangrep får vi bare ved dyrkning i monokulturer. Ved slike dyrkningssystemer tilfører en ofte soppmidler som kan gi uheldige forhold for nyttige sopp og andre organismer i området.



Figur 2.4: Lavarten blomsterlav (*Cladonia bellidiflora*). Soppens fruktlegeme er kraftig rødfarget.

Mutualister er en betegnelse som brukes om to organismer som inngår i et intimt samvirke om næringsopptak og energiproduksjon. Her skal det nevnes to viktige typer mutualisme der en av partene er en sopp. *Mykorrhiza* er et samliv mellom en plante og en sopp. Mange av de vanlige hattsoppene i vår natur danner mykorrhiza med f. eks. trær eller lyngarter. Ofte er bestemte sopparter knyttet til en bestemt planteart (eks. *furumatriske*, *lerkesopp*). Soppens hyfer trenger inn i plantens rot slik at denne svulmer opp og danner en koralliknende utvekst. Det er denne som kalles mykorrhiza. Soppen nyter godt av dette samlivet ved at den får direkte tilgang på fotosynteseprodukter fra planten. Planten derimot kan dra nytte av soppens hyfenett til å få et mer effektivt opptak av vann og uorganisk næring. Mykorrhiza har stor betydning for planteproduksjonen i næringsfattige områder på podsoljordsmonn. Eksempel på slike områder er de lyngdominerte barskogene som forekommer i rikt monn i Norge. Mykorrhizadannelsen er altså en viktig

årsak til at disse næringsfattige områdene er såpass produktive. Lav er gjerne det mest brukte eksempelet på mutualisme. Soppkomponenten i laven får tilført organisk næring fra algekomponentens fotosyntese. Soppens hyfer vever et beskyttende "skall" rundt algene. Dette samlivet tåler ekstreme påkjenninger og lavene er blant de organismene som fins ut mot grensene for der levende organismer kan eksistere på Jorden (se eget kapittel).



Figur 2.5: Mykorrhiza, rotspisser med mycel fra en fluesoppart. (Bilde fra Wikimedia commons: Av Ellen Larsson - R. Henrik Nilsson, Erik Kristiansson, Martin Ryberg, Karl-Henrik Larsson (2005). "Approaching the taxonomic affiliation of unidentified sequences in public databases – an example from the mycorrhizal fungi". BMC Bioinformatics 6: 178. DOI:10.1186/1471-2105-6-178., CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=459872>).

Soppsystematikk

Tidligere ble soppene klassifisert som planter siden de har cellevegg, spres med sporer og er ubevegelige. Men på tross av disse fellestrekkene med planter, viser det seg at soppene er nærmere beslektet med dyreriket. Som dyrene er de heterotrofe, inneholder kitin (hos sopp i cellevegg) og bruker glykogen som opplagsnæring. I tillegg viser ulike molekylærbiologiske teknikker at det er slektskap mellom sopp og dyr.

Hvilke grupper av organismer som skal inkluderes i soppriket er ikke endelig avklart. Tidligere ble flere grupper tatt med, blant annet *slimsoppene* (*Myxomycota*). Her nevnes noen av gruppene som i dag føres til soppriket: *Chytridiomycota* (*algessopper*) *Zygomycota* (*koplingsopper*), *Ascomycota* (*sekksporesopp*) og *Basidiomycota* (*stilksporesopp*). Men fortsatt er det langt fram før sopprikets inndeling er endelig klarlagt (se f. eks. Blackwell, Vilgalys, James & Taylor 2008).

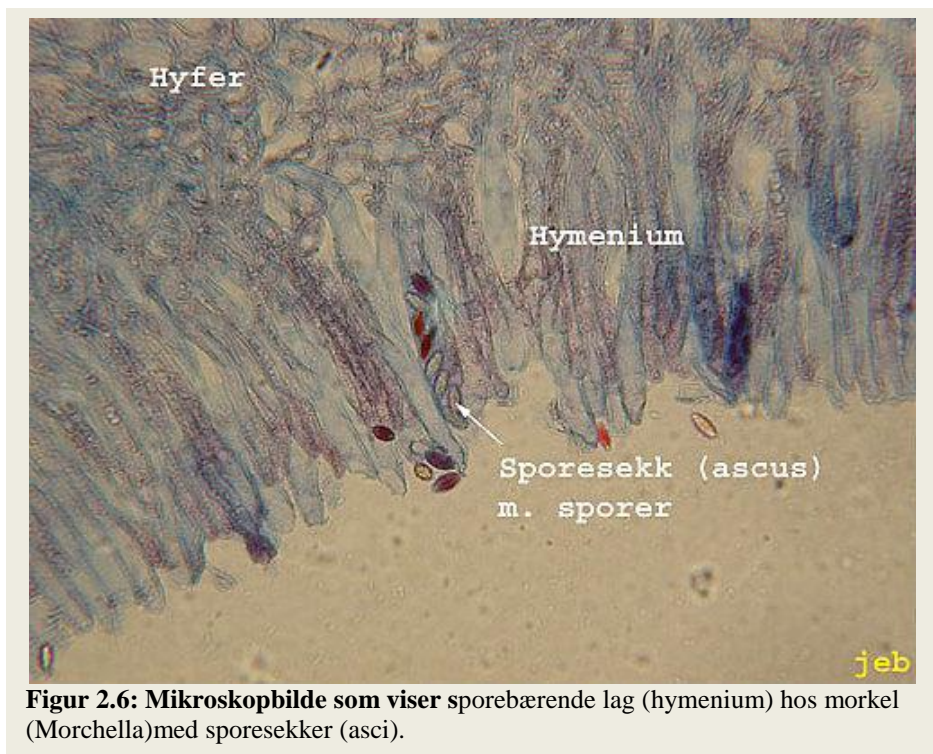
I denne framstillingen blir hovedvekten lagt på de såkalte "ekte soppene", *sekksporesopp* og *stilksporesopp*. Soppenes fruktlegemer har tradisjonelt dannet basis for klassifikasjon av soppene. Hos mange sopper kjenner man ikke til kjønnete stadier, og disse har derfor vært vanskelige å plassere systematisk. De har vært slått sammen i samlegruppen *Fungi*

imperfectii. Moderne molekylærbiologiske teknikker, har hjulpet til med å fastslå slektskapet til slike sopper.

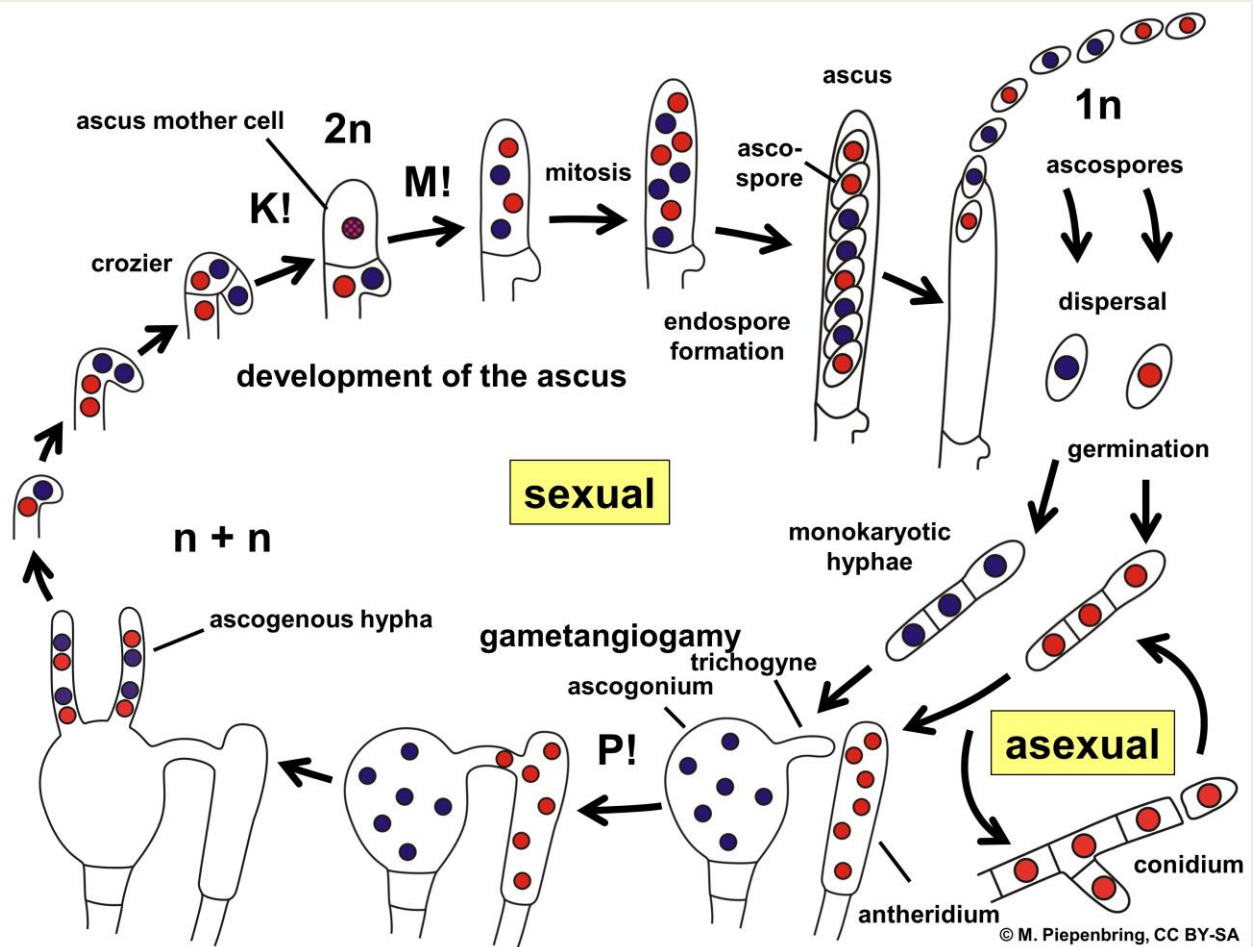
Algesopp (Chytridiomycota) er sannsynligvis beslektet med de mest opprinnelige soppene. Innen gruppen finner vi de eneste eksemplene på sopparter som har sporer med flageller. *Koplingsopper (Zygomycota)* har tykkveggede sporer uten flageller. Systematikken innen begge disse gruppene er ikke endelig avklart. Noen av artene som inngår er parasitter som kan gjøre stor skade. Et eksempel er *tørråte på potet (Phytophthora infestans)*. Muggsopper i slektene *Mucor (kulemugg)* og *Rhizopus (svart brødmugg)* kan angripe matvarer.

Sekksporesopp (Phylum Ascomycota)

Sekksporesoppene er den gruppen innen sopp som inneholder flest arter (ca. 75 % av soppartene). Sekksporesoppene har fått sitt navn fordi de danner sporer i en sekkliknende beholder. Denne kalles en *ascus* og inneholder normalt 8 sporer, men antallet kan være annerledes hos noen grupper innen klassen. Det forekommer encellede arter innen klassen. Disse har runde celler. Flertallet av sekksporesoppene har likevel hyfer. Hyfene hos sekksporesoppene er septerte, dvs. har tverrvegger. De fleste sekksporesoppene danner fruktleger som inneholder sporer. Fruktlegerne hos sekksporesoppene er oftest små og har normalt en diameter på under 1,5 cm (fins større). Sekksporesoppene inneholder mange parasitter, men også mange arter som er nyttige for menneskene. Her må særlig arter innen slekten *penselmugg (Penicillium)* nevnes. Innen denne slekten finner vi arter som anvendes til framstilling av antibiotika og andre som anvendes til osteproduksjon. Sporene som dannes i sporesekken (*ascus*) er et resultat av reduksjonsdeling (*meiose*). Det dannes normalt 8 *haploide (n)* ascosporer. Ascus åpnes når sporene er modne og sporene vil kunne spres og spire til et nytt mycel under egnete forhold. For nærmere forklaring se figur 2.6



Figur 2.6: Mikroskopbilde som viser sporebærende lag (hymenium) hos morkel (Morchella) med sporesekker (asci).



Figur 2.7: Livssyklus hos sekksporesopp (Ascomycetes). I sporesekkene (Asci) dannes det normalt 8 *haploide* (n) sporer. Sporene spres og vil kunne spire under egnede forhold, og utvikle seg til hyfer som danner et haploid mycel. Ved gunstige forhold vil det utvikles hunnlige og hannlige kjønnsorganer på hyfene. De hunnlige kalles *ascogon* og de hannlige kalles *antheridier*. På ascogonet vokser det ut en utvekst som danner forbindelse med antheridiet. Veksten styres av feromoner som skiller ut av ascogonet, noe som resulterer i en kopulasjon (P! på figuren) mellom de to kjønnsorganene (gametangiene). Befruktning på denne måten kalles *gametangiogami*. De hannlige kjønnscellene vandrer fra antheridiet til ascogonet og plasserer seg parvis sammen med de hunnlige kjønnscellene. Fra ascogonet vokser det så ut hyfer med to kjerner pr. celle ($n+n$). Dette kalles et *parkjernerstadium* (dikaryon) og hver celle har altså genetisk materiale fra begge foreldreindividene uten at vi har fått en kjernesammensmeltning. Omkring disse hyfene vokser det opp enkjernete hyfer (haploide) fra det omkringliggende mycelet. På denne måten blir det dannet et fruktlegeme. I parkjernerhyfene vil vi få en kjernesammensmeltning (K! på figuren). Og det dannes en diploid celle ($2n$) i enden av hver parkjernerhyfe. Den diploide cellen vil gjennomgå reduksjonsdeling (meiose – M! på figuren) og det dannes (8) ascosporer. (Figur fra Wikimedia commons:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:04_01_02_life_cycle_Ascomycota_ascus_\(M._Piepenbring\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:04_01_02_life_cycle_Ascomycota_ascus_(M._Piepenbring).png)).

I det vegetative stadiet kan det også dannes sporesamlinger ved vanlig celledeling (mitose). Slike sporesamlinger kalles *konidier* etter det greske ordet for støv. Slik ukjønnnet formering gir en effektiv spredning, og soppsporer fins svevende i luften i de fleste miljøer på jorden, noe som blant annet er et problem når man skal ha sterile forhold i et laboratorium.

Sekksporesoppene deles videre inn avhengig av hvordan fruktlegemene er utformet. Det skiller mellom *kjernesopper (Pyrenomyceter)* og *begersopper (Discomyceter)*. Kjernesoppene har sporesekkene plassert i flaskeformete beholdere (*perithecier*). Begersoppenes sporesekker sitter i fordypninger som er mye åpnere og har en form som minner mer om et beger (*apothecier*).

Eksempler

De ekte muggsoppene *strålemugg (Aspergillus)* og *penselmugg (Penicillium)* danner mugg på matvarer. Strålemuggene kan utvikle giftstoffer som kan være kreftfremkallende (aflatoksiner). Penselmuggene har som nevnt medisinsk anvendelse. I tillegg anvendes de til framstilling av oster som camembert og diverse blåmuggoster.

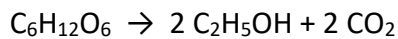
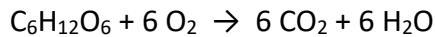
Tolypocladium inflatum er en sopp som ble funnet i en jordprøve fra Hardangervidda av to sveitsiske forskere. Denne arten produserer stoffet *cyclosporin* som har fått stor økonomisk betydning fordi stoffet hindrer at transplanterte organer støtes ut av den nye organismen de er overført til.

Mjølldrøye (Claviceps purpurea) er en parasitt på fruktene på gressarter. I tidligere tider var den en vanlig parasitt på korn, og fordi renseteknikkene var dårlige ble den ofte blandet inn i matkornet. Mjølldrøye inneholder giftige alkaloider, bl. a. lysergsyre. Det var eksperimenter med mjølldrøye som i sin tid førte til framstilling av LSD for første gang. Korn infisert med mjølldrøye skapte i tidligere tider omfattende forgiftninger der svært mange mennesker døde. Forgiftningsforløpet var også svært ubehagelig med hallusinasjoner, krampe og koldbrann før døden intrådte i alvorlige tilfeller. *Mjølldogg (Sphaerotheca mors-uvae)* er en parasitt som blant annet gjør skade på bærbusker (eks. *stikkelsbær*) og skogstrær. Soppen utvikler mycel på grønne plantedeler og sender oppsugingsorganer inn i plantecellene. De formerer seg effektivt ved dannelse av ukjønnete sporer. Sporene kan observeres som et hvitt melaktig overtrekk på bladene.

Trøfler (Tuber) utvikler underjordiske fruktlegemer som regnes som en delikatesse. De har vært nyttet som afrodisiakum. Dette har sammenheng med at fruktlegemenes form minner om testikler, og at de ifølge signaturlæren derfor skulle ha en gunstig innvirkning på kjærlighetslivet. Tilsvarende finner vi for mange underjordiske plantedeler med liknende form. Det at trøflene ligger nede i jorden representerer et problem når de skal finnes. Man har til dette formål nyttet griser (såkalte trøffelsvin) som leiter dem opp vha. luktesansen.

Gjær (*Saccharomyces*)

Gjærsoppene tilhører en gruppe av enklere oppbygde sekksporesopper som avviker fra det generelle. Gjærsoppene er saprofytter som skaffer seg energi ved å bryte ned sukker. Dette kan foregå både aerobt (+ O₂) og anaerobt (- O₂). Reaksjonsproduktene blir som likningene nedenfor viser:



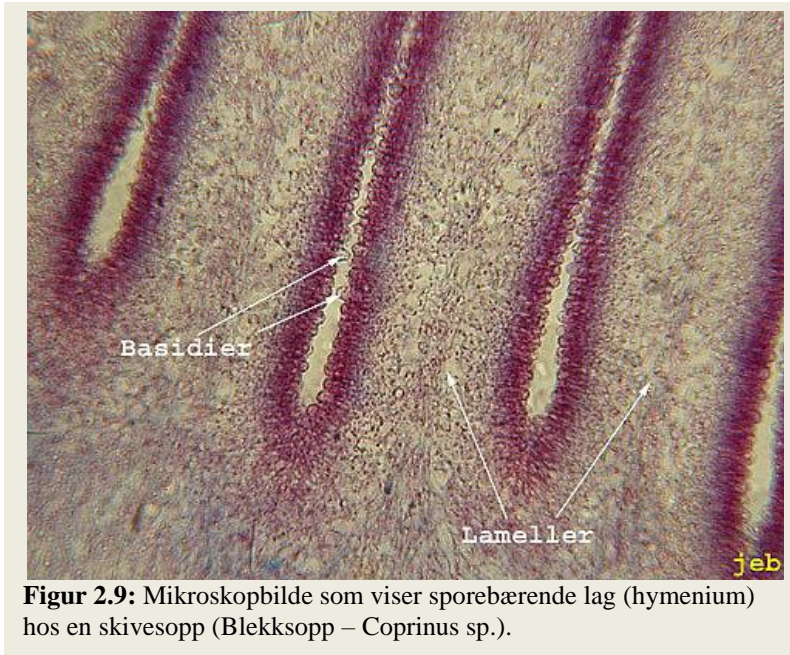
Gjærcellene danner sporesekker med 4 sporer i. Sporene dannes ved reduksjonsdeling (meiose) og er altså haploide når de frigjøres. De haploide sporene kan dele seg ved vanlig celledeling (mitose) under gunstige forhold slik at celletallet stiger raskt. Denne delingen kan sees i et vanlig lysmikroskop som en knoppkyting på gjærcellene. To haploide gjærceller av ulik formeringstype kan smelte sammen til en diploid celle slik at det foregår en befruktning, og vi får en nykombinasjon av genetisk materiale. Cellen på det diploide stadiet kan enten dele seg ved mitose (knoppkyting), eller den kan gjennomgå meiose og utvikle seg til en sporesekk (ascus).

Stilksporesopp (*Phylum Basidiomycota*)

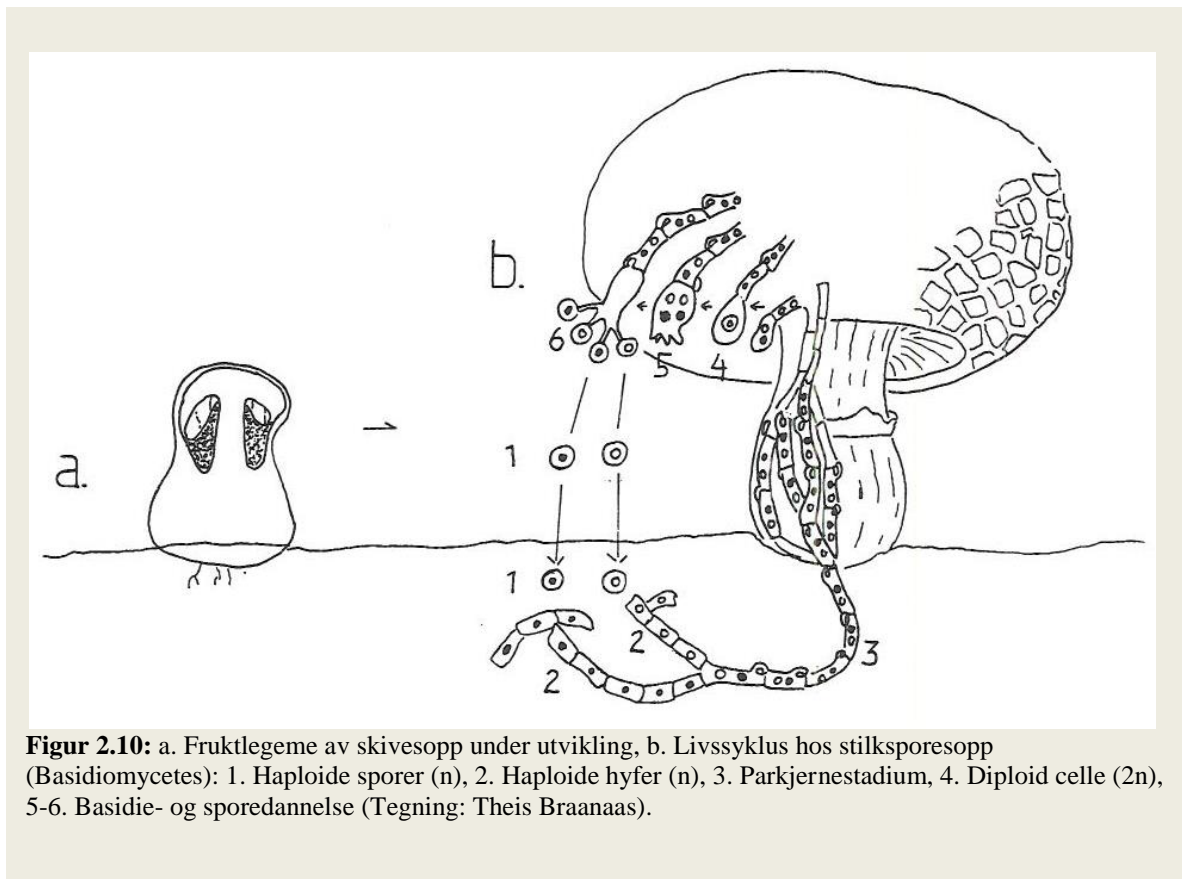


Figur 2.8: Spiss giftslørsopp (*Cortinarius rubellus*) tilhører stilksporesoppene. Sporene produseres på tallrike basidier på skivene (lamellene) på undersiden av hatten.

Av stilksporesopp er det beskrevet ca. 23 000 arter. Det er i denne gruppen vi finner de fleste av de større soppene som svarer til det folk forbinder med begrepet sopp. Hattsoppene, kjukene og røksoppene er alle eksempler på stilksporesopp. Felles for gruppen er at alle artene danner sporer som sitter festet til små utvekster på et sporangium som kalles et *basidium*. Basidiet kan være èn- eller flercellet. Hvordan dette forholder seg danner grunnlag for videre systematisk inndeling. Det dannes oftest 4 sporer pr. basidium. Hos stilksporesoppene finner vi også septerte hyfer og et stadium med parkjernemycel. I motsetning til hos sekksporesoppene er det parkjernestadiet som dominerer hos stilksporesoppene. Fra parkjernemycelet utvikles det fruktlegemer som oftest er store og kjøttfulle. De fleste artene er saprofytter og ernærer seg altså ved å bryte ned dødt organisk materiale. Det forekommer også parasitter, og mange av disse utvikler små fruktlegemer.



Figur 2.9: Mikroskopbilde som viser sporebærende lag (hymenium) hos en skivesopp (Blekkisopp – Coprinus sp.).



Figur 2.10: a. Fruktleger av skivesopp under utvikling, b. Livssyklus hos stilksporesopp (Basidiomycetes): 1. Haploide sporer (n), 2. Haploide hyfer (n), 3. Parkjernetadium, 4. Diploid celle ($2n$), 5-6. Basidie- og sporedannelse (Tegning: Theis Braanaas).

Livssyklus:

I fruktlegemenes sporangier (basidiene) dannes det sporer ved meiose. De haploide sporene frigjøres fra basidiene ved en slags "knipse"-mekanisme. Under gunstige forhold vil de begynne å utvikle et haploid hyfesystem som må ta til seg næring for videre vekst. Etter en kort vekstperiode vil haploide hyfesystemer av ulik formeringstype tiltrekkes av hverandre på grunn av utskillelse av feromoner, og hyfeendene vokser sammen. Denne typen kopulasjon kalles for *somatogami*. Sammenvoksningsen resulterer i at det dannes en hyfe fra de to opprinnelige. Denne hyfen inneholder en kjerne fra hver av de haploide hyfene. Det dannes en *parkjernehyfe* som utvikles til et *parkjernemycel*. Parkjernemycelet vil vokse og ta opp næring. I jord vil det spre seg ut i alle retninger fra dannelsespunktet, noe som resulterer i en sirkulær vekstform (jfr. hekseringer). Ved gunstige forhold vil det utvikles fruktlegemer fra parkjernemycelet. Fruktlegemene er kompakte, kjøttfulle dannelser av tett sammenvevde hyfer. I fruktlegemet vil det utvikles et sporebærende lag (*hymenium*). I dette laget vil et stort antall hyfeender samles. I hver hyfeende vil de to haploide kjernene smelte sammen slik at vi får en nykombinasjon av genetisk materiale. Den cellen som dannes er diploid, men den vil dele seg ved meiose til 4 haploide celler. På basidiet utvikles det utvekster (*sterigmer*) som sporene vandrer ut i.

Avhengig av hvordan sporene er plassert i fruktlegemet, kan vi dele soppene inn i grupper.



Figur 2.11: Underside av skivesopphatter (Kremle – *Russula* sp.) med sporeavtrykk under.

Skivesoppene har et fruktlegeme bestående av hatt og stilk. På undersiden av hatten er det sporebærende laget (*hymeniet*) utformet som *skiver* (*lameller*). På hver av skivene sitter et stort antall basidier med sporene eksponert ut i rommet mellom skivene. Fruktlegemene utvikles i et hylster der deler av hylsteret kan bli hengende igjen på den fullt utviklede soppen. Av arter som inngår her kan nevnes: *Fluesoppene* (*Amanita* spp.), der *hvit og grønn fluesopp* er de farligste giftsoppene vi har i Norge; *slørsoppene* (*Cortinarius* spp.),

der spiss giftslørsopp er særlig farlig fordi små doser kan gi varige nyreskader, noe som først registreres etter en tid (2-14 dager); blant *kremlene* (*Russula* spp.) og *riskene* (*Lactarius* spp.) inngår både giftige sopper og gode matsopper; de fleste *sjampinjongene* (*Agaricus* spp.) er gode matsopper.

Rørsoppene har også fruktlegeme med hatt og stilk. Men hos denne gruppen er hymeniet utformet som mange rør på hattens underside. Basidienes sporer er eksponert ut i røret som har åpning mot hattens underside. Hymeniet løsner lett fra fruktkjøttet og dette er en fordel ved høsting av matsopp tilhørende denne gruppen fordi hymeniet ofte angripes av ulike smådyr. *Steinsopp* og flere av *skrubbene* er gode matsopper i denne gruppen. De er dessuten enkle å kjenne igjen. Rødskrubbe var tidligere regnet som en god og sikker matsopp, men det advares nå mot at den kan gi kraftig magebesvær hvis den ikke er godt nok varmebehandlet.

Kjukene har fruktleger med et stort antall fine porer på undersiden. Basidienes sporer er eksponert på samme måte som hos rørsoppene. Noen arter har flerårige fruktleger. Et eksempel her er *knuskkjuka* som har en brun fibret masse inni. Denne massen (knusk) ble tørket og brukt til opptenning i gamle dager. Kjukene er svært viktige ved nedbrytning av død ved som de ernærer seg saprofyttisk på. Det fins også parasitter som kan angripe levende trær. Særlig kan *rotkjuka* gjøre skade på gran.

Buksoppene har kuleformete fruktleger med stilk som kan være vanskelig å se på fullt utviklede individer. *Røyksoppene* inngår her. De danner sporer inne i kulen. Først er kulen seig og hard, men blir etterhvert fylt av et støvfint sporepulver som ryker gradvis ut av et hull i toppen. *Stanksopp* inngår også i denne gruppen. Den har sporene i et slimet, illeluktende lag i spissen av stilken. Det latinske navnet på soppen, *Phallus impudicus*, kan antyde utseende. Det illeluktende sporelaget tiltrekker fluer som sprer sporene.



Figur 2.12: Kantarell med ribber på undersiden av hatten.

Kantarellene er ikke egentlige skivesopp, men har sporene eksponert på samme måte. Ribber på undersiden av hatten gir økt overflate til sporeproduksjon.

Piggsoppene har en annen tilpasning til å øke overflaten på det sporebærende laget. Sporene er her eksponert på mange piggformede utvekster på hattens underside.

Stilksporesopper uten fruktleger inneholder bl. a. obligate planteparasitter som

rustsoppene (eks. *Puccinia graminis*) og *sotsoppene* (*Ustilago spp.*).

Rustsoppene har en komplisert livssyklus. Gjennom sin livssyklus kan den danne 5 ulike sporetyper. Rustsoppen *Puccinia graminis* har vertsveksling mellom busken *Berberis vulgaris* og gressarter. Dette gjør den til en farlig skadegjører på kornavlinger. *B. vulgaris* forekommer spredt i Norge nord til trøndelag. Den regnes som innført til Norge. I hager plantes det nå bare berberrisarter som er resistente mot rustsopp. I varmere land regnes rustsoppene for å være vår tids mest alvorlige planteparasitt. Den økonomiske skaden som denne arten kan påføre, har ført til mye forskning på rustsopp. Rustsoppene er dermed blitt blant de best undersøkte soppene.

Sotsoppene angriper blomsterplanter, i de fleste tilfellene urter. Mycelet gjennomvever hele, eller mesteparten av planten og infeksjonen ses når sotsporene dannes. I tidligere tider kunne hele kornavlinger bli ødelagt av sotsoppangrep. Ved tresking og annen behandling av kornet kunne sotsporene stå som en svart sky over området, og kunne i noen tilfeller være årsak til støvekspløsjoner. I dag beises såkorn med giftstoffer som dreper soppsporene og dermed hindres spredning. Likevel kan sotsoppangrep gi skader på kornavlinger i u-land.

Lav

Innledning

Lav er en viktig del av det biologiske mangfoldet i Norge. Det er registrert ca. 1800 ulike lav i Norge. Av disse er de fleste skorpelav (ca. 1360) og resten (ca. 440) er blad- og busklav. Lav har evne til å vokse ved lave temperaturer og rett på berg. De har derfor en tendens til å dominere på levesteder der planter ikke kan klare seg. Eksempler på levesteder som er dominert av lav er mineralmateriale i fjellet og i arktis samt strandberg og barken på trær.

Lav består av en soppkomponent og en eller flere algekomponenter. Algens fotosyntese produserer organisk stoff som soppen kan nyttiggjøre seg. Soppen beskytter algen mot uttørring og forsyner den med vann og mineralnæring. Det tette samlivet, mutualismen, har ført til at soppen har utviklet et relativt differensiert thallus (i motsetning til de øvrige soppenes løse mycel). Algen som inngår i lav kan leve selvstendig, mens soppen bare kan leve i samliv med algen. Soppen kan således sies å parasittere svakt på algen.

Systematikk

Lavene klassifiseres etter soppkomponenten. Det blir ikke helt riktig å bruke begrepet art om de ulike lavene siden det dreier seg om et samliv der det inngår minst to forskjellige arter. En "lavart" kan betraktes som en soppart som danner et mutualistisk samliv med en alge.

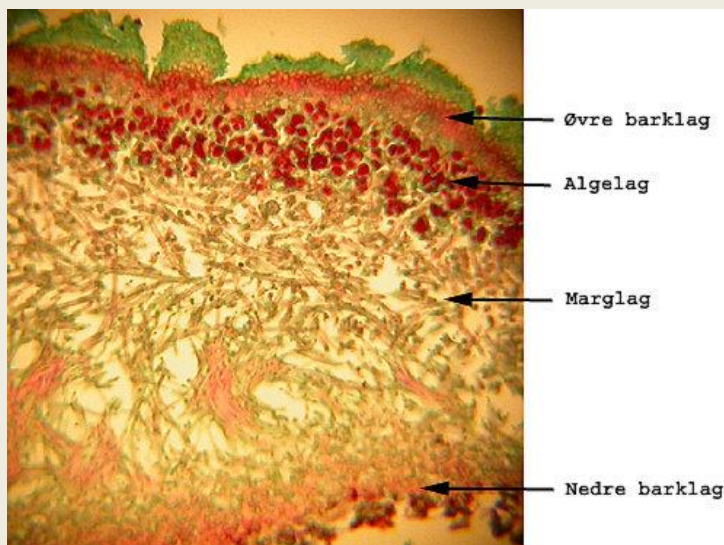
De ulike soppgruppene er ulikt representert blant lavene:

<i>Sekksporesopp (Ascomycota):</i>	90 %	av lavene
<i>Stilksporesopp (Basidiomycota):</i>	5 %	"
<i>Fungi imperfectii:</i>	5 %	"

Samme algeart kan forekomme i ulike lavararter. Algene som inngår er vesentlig encellede *grønnalger (Chlorophyta)* og den dominerende slekten er *Trebouxia*. Mange lav inneholder *blågrønnbakterier (Cyanobacteria)*. Disse kan ha evne til å fikse nitrogen fra luften, bl. a. slekten *Nostoc*. Lav som inneholder nitrogenfikserende alger forekommer vanligst i kalde, fuktige områder på nitrogenfattig substrat. Normalt inneholder en lavart en algeart, men noen lav kan inneholde to ulike alger.

Oppbygning

Vanligst er et thallus delt i tydelige sjikt (*heteromer oppbygning*). Her fins ytterst et beskyttende barklag (over- og underbark) av tett sammenvevde hyfer (nesten celleliknende). Mellom barklagene fins et marglag som består av løsere sammenvevde hyfer. Dette er ofte inndelt i to sjikt, der algecellene utgjør et eget lag umiddelbart under overbarken. Hos noen lavararter er ikke thallus tydelig sjiktet. Sopphyfer og alger fins da blandet gjennom hele lavthallus (*homeomer oppbygning*).



Figur 3.1: Mikroskopbilde som viser snitt gjennom heteromert lavthallus.

Soppen får tilført organisk næring ved å omslutte algecellene med hyfer eller ved å sende hyfer (*haustorier*) inn i algecellene.

Den ytre formen på lavthallus gjør at lavene kan deles inn i tre hovedgrupper:

Busklav: Thallus er kraftig og gjentatt forgreinet. Vokser enten hengende på trær eller som små opprette "busker" på bakken. Enten festet i ett punkt til underlaget, eller som tuer på bakken der nedre del av "greinene" dør etterhvert. Eks. *Reinlav*.



Figur 3.2: Kvitkrull (*Cladonia stellaris*) er et eksempel på en busklav.



Figur 3.3: Papirlav (*Platismatia glauca*) er et eksempel på en bladlav.

Bladlav: Avflatet vekstform med tydelig forskjell på over- og underside, oftest ulik farge. Aldri helt sammenvokst med underlaget, hos mange arter festet med rhiziner. Thallus er oftest oppdelt i fliker (lober) av varierende bredde. Eks. *Navlelav*.

Skorpelav: Helt sammenvokst med eller innsenket i underlaget de vokser på. Overflaten er ofte oppsprukket på en måte som kan minne om gammel maling. Ofte med runde frukter som er innsenket i lavthallus. Vanskelig å samle inn uten å ta med underlaget. Eks. *Kartlav*.



Figur 3.4: Kartlav (*Rhizocarpon geographicum*) er et eksempel på en skorpelav.

Disse morfologiske gruppene sier lite om slektskap mellom artene, men det er en praktisk måte å dele inn på for å lette bestemmelsesarbeidet. De tre gruppene er imidlertid ikke klart atskilt fra hverandre, og overgangstyper mellom dem vil forekomme. Det fins mer omfattende systemer for inndeling av lavene basert på morfologi.

Formering

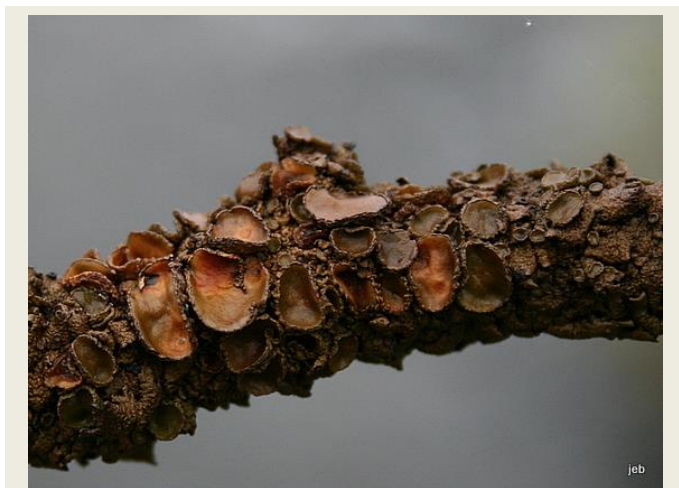
Siden lav består av to organismer er det en fordel å spre både sopp- og algeceller samtidig. Dette kan bare oppnås ved ukjønnnet formering.

Det er vanlig å skille mellom tre typer *ukjønnnet formering*:

Fragmentering: Biter av thallus løsner, spres og danner ny lav (eks. *strylav* - *Usnea*, *brunskjegg* - *Bryoria*)

Soredier: Dannes ved oppsprekking av øvre bark slik at nøster av sopphyfer som omslutter algeceller slippes ut. Dette ses som et grynet belegg på lavens overflate. Slike sorediesamlinger kalles *soral* og kan grupperes på grunnlag av utseende. Sorediene kan spres med vind, vann el. smådyr og danne ny lav under gunstige forhold.

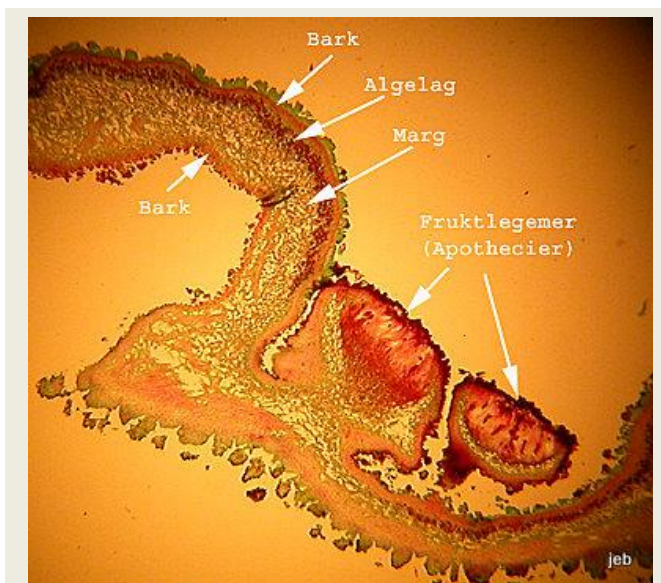
Isidier: Små barkkledde utvekster på thallus. Isidiene inneholder både sopp og alger og kan gi opphav til nye lav dersom de brekkes av og spres til nye voksesteder. Isidiene bidrar også til å øke lavoverflaten slik at vannopptaket blir mer effektivt.



Figur 3.5: Snømållav (*Melanelia olivacea*) med begerformede fruktlegemer (apothecier).

Ved *kjønnnet formering* spres bare soppsporer. Det betyr at en ny lav bare kan dannes dersom en spore treffer en passende algecelle. Dvs. at sjansen for etablering er relativt liten. Noen arter klarer seg likevel bra med bare kjønnnet formering.

Kjønnnet formering hos lav (soppene) foregår på samme måte som hos de ulike soppgruppene, dvs. ved at det utvikles fruktlegemer hvor sporer utvikles som resultat av kjønnnet formering. Det utvikles fruktlegemer av ulike typer avhengig av hvilken soppgruppe laven tilhører:



Figur 3.6: Mikroskopbilde som viser tverrsnitt av lavthallus med apothecier. Soppsporer dannes i sporesekker (asci) i apotheciene.

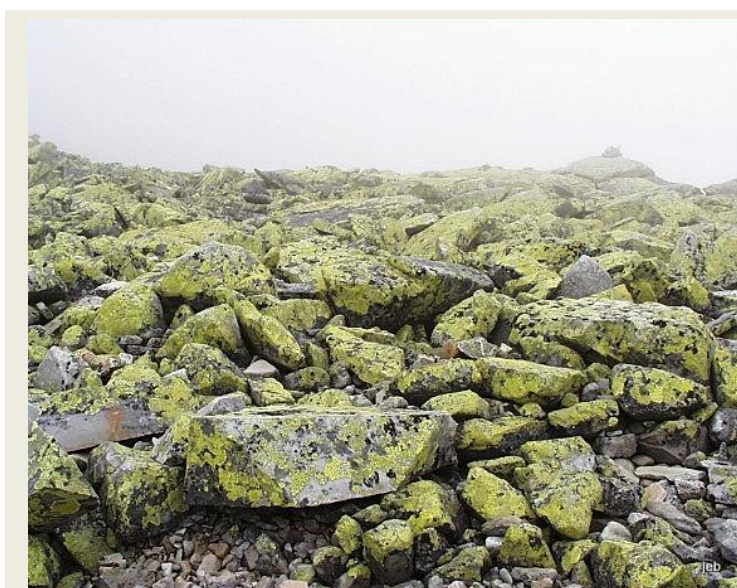
Beggersopp (Discomyceter) danner fruktlegemer som kalles *apothecier*. Apothecier hos lav kan enten være av *lecodeoid* type, og er da uten algeceller i kanten. Eller de kan være av *lecanoroid* type, og har da algeceller i kanten.

Kjernesoppene (Pyrenomycetes) danner fruktlegemer som kalles *perithecier*. De forekommer innsenket i thallus eller på vorter innsenket i thallus.

Økologi

Lav tar opp vann og næring direkte gjennom overflaten av thallus. De er derfor avhengig av vann og næring som tilføres gjennom nedbør eller overflateavrenning. Lavene har stor evne til å tåle uttørkning og tåler dessuten svært sterk innstråling av sollys. Disse forholdene gjør dem i stand til å vokse på utsatte voksesteder uten jord. Lav er ofte de første organismene som etablerer seg på nye voksesteder f. eks. etter vulkanutbrudd eller tilbaketrekking av isbreer. De skiller ut stoffer som kan øke den kjemiske nedbrytningen av mineraler i bergartene og de bidrar med tilførsel av organisk materiale som er nødvendig for å få

jordsmonndannelse. Lavarter er blant de organismene som går lengst mot polene og høyest til fjells.



Figur 3.7: Blokkhav dekket av kartlav (*Rhizocarpon geographicum*) ved Gaustatoppen.

Generelt for lav er at de vokser langsomt. Tilveksten varierer fra art til art og ligger i intervallet noen tiendels mm til et par cm pr. år. I ekstremområdene er tilveksten særlig langsom, og skorpelav som kartlav med slik langsom, konsentrisk tilvekst, kan da brukes til å datere f. eks. tilbaketrekningen av brearmer (*lichenometri*).

En lavart er normalt knyttet til én type voksested og danner da samfunn sammen med andre lavarter. Det skilles mellom tre hovedtyper av voksesteder:

Lav på bark: Lav kan fullstendig dekke barken på trær i våre områder. Det skilles mellom lavsamfunn på rikbark; porøs bark med høy pH, og fattigbark; hard bark med lav pH. Rikbark har mer artsrik lavvegetasjon enn fattigbark.

Lav på stein: Steinens pH-verdi (kalkinnhold), saltpåleiring, tilgang på andre næringsstoffer (eks. fuglemøkk) er eksempler på faktorer som kan påvirke lavforekomst på stein.

Lav på jord: Omfatter alt fra rein mineraljord til råtne stubber og trestammer (som har samme egenskaper som humusrik jord). Lavforekomst påvirkes av pH og andre forhold som nevnt over.

Lav er følsomme for luftforurensning (jfr. vann- og næringsopptak). Særlig har utslipp av SO₂ fra fossile brensler påvirket forekomsten av lav. Magnesium som inngår i klorofyllmolekylet, fanges opp av svovelsyre som dannes ved sur nedbør. Dette hindrer fotosyntesen hos algen. Ulike lavarter har ulik følsomhet for luftforurensning og på denne bakgrunn kan lav brukes som indikator for å angi luftens forurensningsnivå i et område. Mange europeiske storbyer og industriområder var tidligere "lavørkener" der det bare var de mest SO₂-tålende artene som overlevde. Utslipet av svoveldioksid er redusert kraftig i Europa de seinere årene. Dette vil ventelig gi økt forekomst av lav i byene igjen.

Lav har også evne til å akkumulere radioaktive stoffer (eks. Sr⁹⁰) og tungmetaller. I forbindelse med Tsjernobyl-ulykken i 1986 ble store deler av reinens lavbeiter i Midt-Norge forurenset av den radioaktive Cs¹³⁵-isotopen. Dette skyldtes at de radioaktive forurensningene i atmosfæren ble vasket ned på bakken med nedbør, og denne fuktigheten ble effektivt absorbert i lavvegetasjonen.

Lavene inneholder mange organiske forbindelser som er spesifikke for denne plantegruppen (lavsyrer). Mange av disse syrene gir fargereaksjon med spesielle reagenser. Dette er en egenskap som brukes ved bestemmelse av lavarter. Lakmus utvinnes av en lavart fra Middelhavsområdet. Dette stoffet anvendes som indikator på grunn av den pH-avhengige fargereaksjonen.

Anvendelse

Islandslav har i nødsår i tidligere tider vært brukt som menneskeføde. Den inneholder et stivelsesliknende stoff (lichenin) som sveller ved koking og har fungert som "vomfyll". Nyere undersøkelser viser at det er lite trolig at lavens næringsstoffer kan utnyttes av den menneskelige organisme.

Lavarten *mannalav* (*Lecanora esculenta*) vokser i ørkenområder og løsner lett fra underlaget slik at den fraktes lett avgårde med vinden. Den kan således gi inntrykk av å komme fra oven. Laven er spiselig og antas å være bibelens manna.

Lav har indirekte stor betydning for mennesket fordi lavartene utgjør vinterbeite for rein.

Annen anvendelse av lav er som dekorasjoner (*kvitkrull* - *Cladonia stellaris*). Bakteriedrepende stoffer (usninsyre) i lav er brukt til å produsere en bakteriedrepende salve.

Planter (Rike Plantae) - introduksjon



Figur 4.1: Grønnalger er thallofytter, moser er kormofytter (og noen thallofytter) uten ledningsvev, karsporeplanter og frøplanter er kormofytter med ledningsvev (karplanter).

Innledning

Den endelige definisjonen av planteriket er ennå ikke klar. En plante i denne sammenhengen er en organisme som inneholder klorofyll a og b, har cellevegg av cellulose og stivelse som opplagsnæring. Det er nå vanlig å føre både *grønnalger* (*Chlorophyta*) og *landplanter* (*Embryophyta*) til planteriket. Landplantene er antatt å ha utviklet seg fra en stamform innen grønnalgene, noe det er mange forhold som taler for.

Avhengig av utviklingsstadium og levested forekommer ulike organisasjonsformer innen planteriket. Det er vanlig å skille mellom kormofytter og thallofytter. *Kormofytter* er planter som er differensiert i rot, stengel og blad (har *cormos*), og som har ledningsvev og spalteåpninger. Med denne definisjonen faller mosene utenom, men det er likevel vanlig å ta denne gruppen med blant kormofyttene. Kormofytter omtales også som planter differensiert i stengel og blad. Med denne definisjonen faller mosene (utenom de thalloide) også innenfor kormofyttene.

Kormofyttene består først og fremst av landlevende planter, og utviklingen av gruppen er nært knyttet til overgangen fra liv i vann til liv på land.

Utvikling av landplanter

Ved overgang fra liv i vann til liv på land stod plantene overfor en rekke eksistensøkologiske problemer. Samtidig er det store gevinster å hente ved landliv for organismer som baserer sin energiproduksjon på fotosyntese. Dette skyldes det faktum at lyset transporteres mye mer effektivt gjennom luft enn gjennom vann. I tillegg vil vannflaten ofte reflektere mye av lyset og partikler i vannet vil reflektere og absorbere lys.

Problemer som måtte løses gjennom evolusjon for at plantene skulle kunne invadere landjorden er i hovedsak knyttet til følgende faktorer: Opptak og transport av vann og næring, uttørking, oppstiving av planten, formering.

Opptak og transport av vann og næring

Alger og andre thalloide planter som lever i vann, er på alle kanter omgitt av den næringsoppløsningen de er avhengige av. Slike organismer har ikke behov for et spesialisert system for opptak av vann og næring. Næringsopptaket skjer gjennom hele overflaten til organismen. Landplanter har bare deler av overflaten i kontakt med vann og oppløste næringsstoffer. I tillegg varierer tilgangen både på vann og næring mye mer enn i vann. Disse problemene er løst på ulike måter hos de ulike plantegruppene og vil bli beskrevet i detalj i forbindelse med presentasjonen av gruppene. Felles er at det har vært nødvendig med en *differensiering* (arbeidsdeling) mellom de ulike plantedelene. En del som tar opp vann og næring fra det området rundt planten som er omgitt av disse stoffene (rot). Dette betyr at det er behov for transport av vann og næring fra en del til andre deler av planten (i motsetning til hos thalloide vannplanter). Dette problemet er løst ved utvikling av ledningsstrenger, som inneholder vedvev (transporterer vann og uorganisk næring) og silvev (transporterer organisk næring).

Uttørking

Uttørking er åpenbart ikke noe problem for arter som lever konstant neddykket i vann. De har følgelig heller ikke noen morfologiske tilpasninger for å takle dette problemet ved overgang til landliv. Slike tilpasninger ble gradvis utviklet gjennom evolusjon. For å hindre uttørking har landplantene utviklet et beskyttende hudlag (*epidermis*) som er ett celledag tykt. Utenpå epidermis dannes et beskyttende vokslag (*kutikula*) som ytterligere hemmer vanntapet fra de grønne plantedelene. Plantens vann- og gassutskifting med atmosfæren kan styres ved hjelp av spesielle lukkeceller i epidermis som kan åpne og lukke spalteåpninger i bladflaten. Flerårige plantedeler beskyttes av bark.

Oppstiving

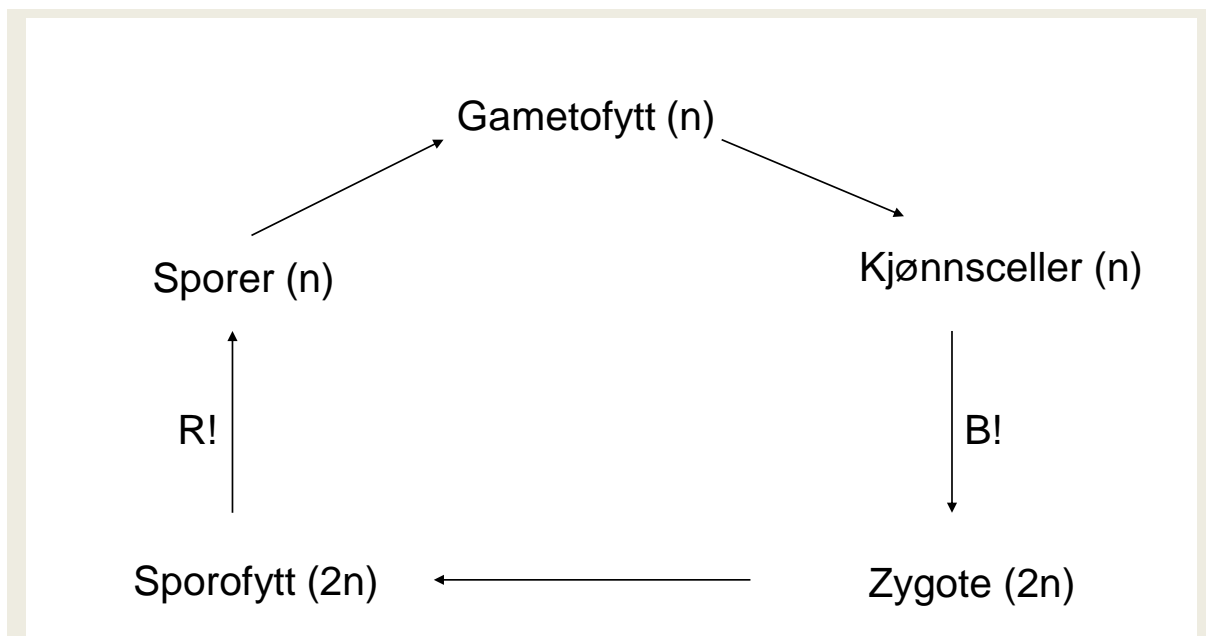
Organismer i vann lever i et medium som gir betydelig bedre oppdrift enn luft. Vannplanter har derfor ikke utviklet vev som gir stivhet. Dersom planter på land effektivt skal utnytte sollyset til fotosyntese er det nødvendig med opprett vekstform. For å oppnå dette har det vært nødvendig å utvikle spesielt styrkevev.

Formering

Plantenes livssyklus består av en veksling mellom en haploid gametofyttgenerasjon og en diploid sporofyttgenerasjon (generasjonsveksling). Organismer i vann lever i et medium der det alltid er mulighet for en eller begge kjønnscellene til å svømme vha. flageller for å oppnå kontakt og befruktning. En slik type befruktning er mer problematisk for landlevende planter. Landplanter med slik formering vil oftest være knyttet til et liv på bakken eller det kjønnete stadiet i livssyklusen (gametofytten) må være knyttet til bakken. De landplantene som har utviklet befruktningssystemer som er uavhengige av vann, har vist seg å være de mest suksessrike. Dette innebærer at landplantene har gjennomgått en utvikling der gametofyttgenerasjonen, som er dårlig tilpasset til landliv, er blitt gradvis redusert for til slutt å bli innelukket og ernært av sporofytten hos de høyest utviklede landplantene (dekkfrøete planter).

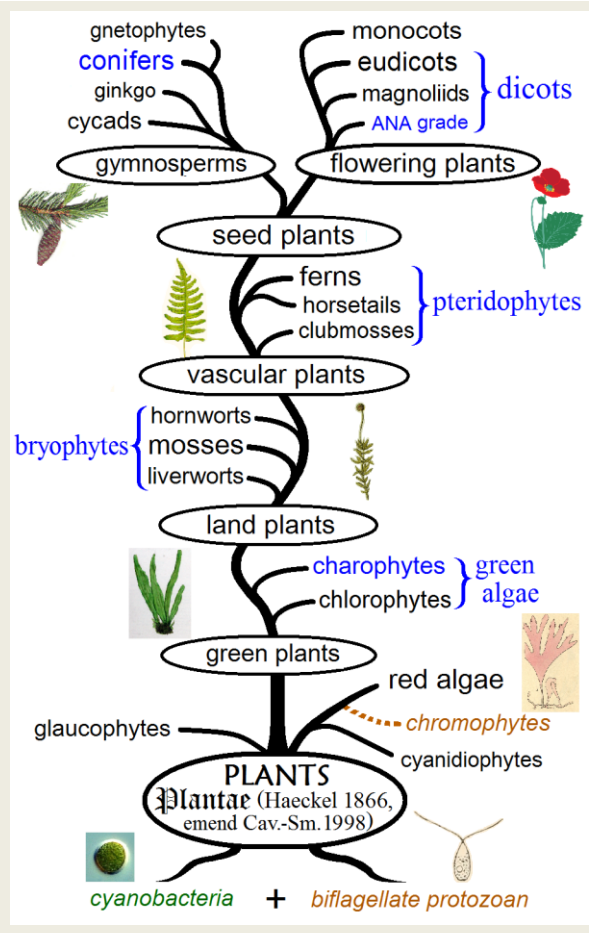
Alle organismer på jorden fungerer på grunn av (bio)kjemiske reaksjoner i vandig løsning i cellene. Landplantene har gjennom evolusjon fra thalloide stamformer blitt gradvis differensiert slik at vann kan tas opp og transporteres til hele planten. På denne måten har plantene "tatt med seg" sitt livsmiljø fra vann til land, og sørget for å beskytte seg mot og tilpasse seg et liv i luft og de sterkt vekslende vekstforhold dette innebærer.

Tilpasningen til å dominere landområdene henger nøye sammen med den spesialiseringen som har foregått fra thallofytter til kormofytter. Også innen kormofyttene har det foregått en økende spesialisering. De plantegruppene som til enhver tid har vært de best tilpassete har dominert gjennom jordens ulike historiske epoker. I dag er det frøplantene som er de mest avanserte og dominerer de fleste livsmiljøene på Jorden.



Figur 4.2: Generasjonsveksling (haplodiplontisk livssyklus)

En diploid generasjon (sporofytt) produserer haploide sporer ved meiose. Sporene utvikles til en haploid generasjon (gametofytt). Gametofytten produserer kjønnsceller. To kjønnsceller «smelter sammen» og danner en diploid zygote. Zygoten utvikles slik at det dannes en diploid generasjon (sporofytt). Taxa som inngår i planteriket (Plantae), har generasjonsveksling. Hvor godt utviklet sporofytt- og gametofyttgenerasjonene er hos de ulike taxa, varierer avhengig av slektskapsforhold og følgelig av evolusjonær stilling. R! = Reduksjonsdeling (meiose), B! = Befruktning, n = kromosomtall.



Figur 4.3: Evolusjon av planteriket.

Figuren viser et fylogenetisk tre med hovedforgreininger og de hovedgruppene planteriket tradisjonelt har vært delt inn i. Monofyletiske grupper i svart og parafyletiske grupper i blått. I dette kompendiet avgrenses Planteriket til gruppene som i figuren er kalt *land plants*.

(Kilde: Maulucioni (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons. Hentet 02.02.2018 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3APlant_phylogenv.png)

Moser



Figur 5.1:Vårmose (*Pellia epiphylla*) er en thallusdannende levermose. Her med sporofytt.



Figur 5.2:Furumose (*Pleurozium schreberi*) har stengel og blad, og hører til bladmosene.

Innledning

Mosene inneholder arter som har thallus (enkelte levermoser) og arter differensiert i stengel og blad. Egentlige røtter mangler hos mosene, men de kan ha rotliknende festeorganer (*rhizoider*). Mosene representerer slik sett et overgangsstadium mellom de to organisasjonsnivåene thallofyter og kormofyter.

Mosene mangler mange av de tilpasningene som er utviklet hos de høyerestående kormofytene. Manglende røtter og manglende eller svakt utviklede ledningsstrenger gjør at mesteparten av vann og næring må tas opp direkte gjennom mosens overflate. Dette sammen med at befruktningen er knyttet til vann, gjør at mosene alltid er lavvokste. Mosenes lengde kan variere fra mindre enn 1 cm til ca. 70 cm. Mosene er nesten alltid mindre enn 20 cm.

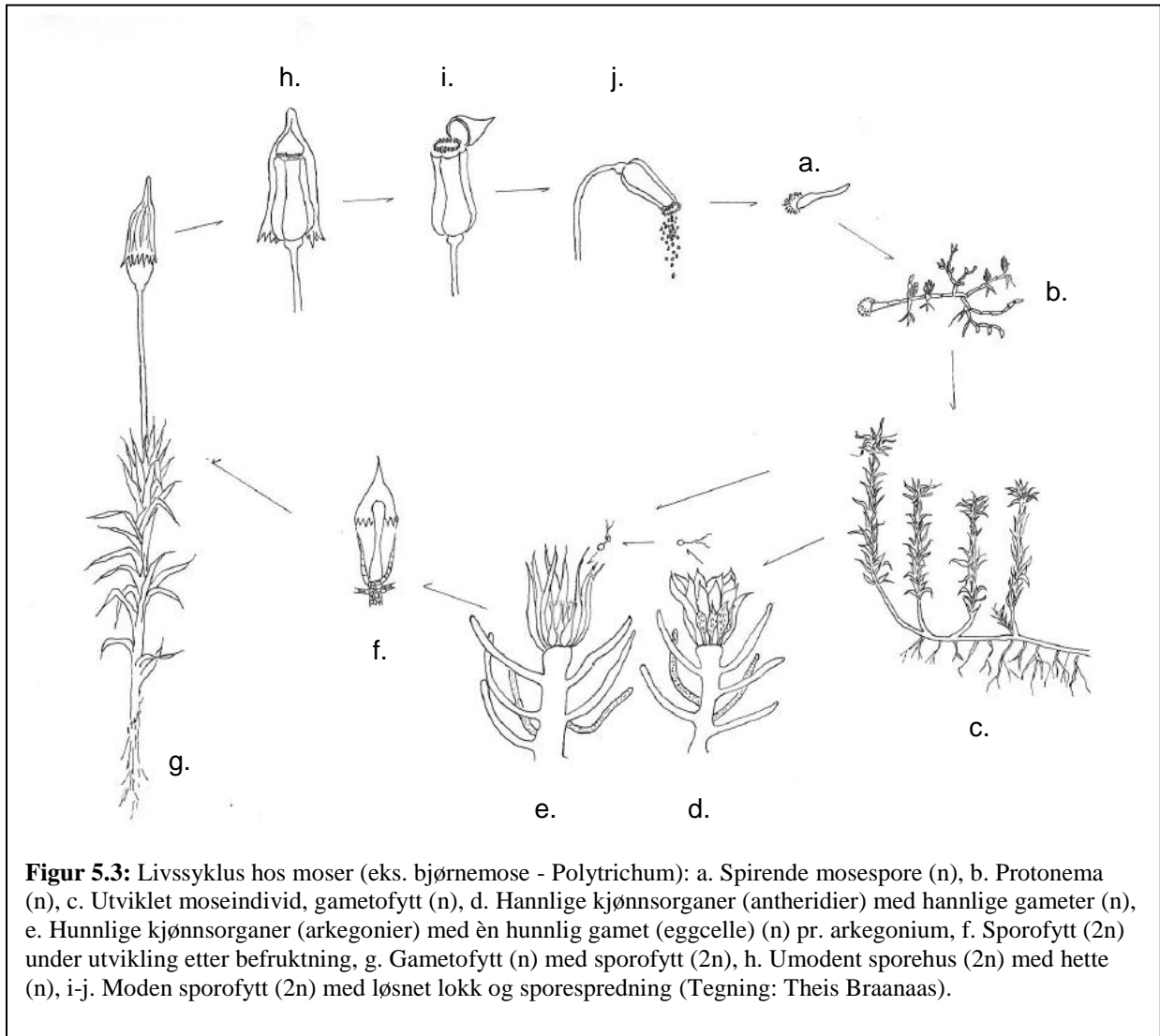
Formering og livssyklus

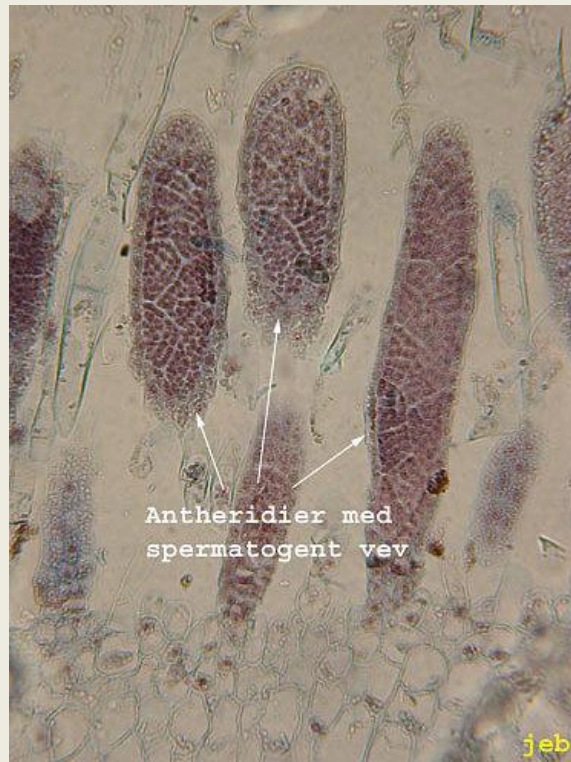
Kjønnnet formering

I mosenes livssyklus er det den haploide gametofytten (n) som utgjør den dominerende generasjonen. Det er altså den kjønnselleproduserende generasjonen som utfører fotosyntese og som er det vi observerer som moseplanter ute i naturen.

I forbindelse med den kjønnete formeringen utvikles det kjønnsorganer. De hannlige (*antheridiene*) og de hunnlige (*arkegoniene*) kjønnsorganene kan sitte henholdsvis på samme eller på forskjellige moseindivider, men det vanligste er særkjønnete individer. Når været er fuktig, slippes hannlige kjønnsceller (*spermatozoider*) ut av antheridiene og svømmer til arkegoniene hvor eggcellen blir befruktet. Fra zygoten ($2n$) som dannes utvikles det så en

diploid sporofytt ($2n$) som vokser opp fra arkegoniet på moseplanten. Sporofytten består av en stilk med et sporehus i toppen. Den inneholder lite klorofyll og får tilført næring fra gametofytten. I sporehuset produseres haploide sporer (n) ved meiose. Disse kan spres med vinden etter modning og spire til et *protonema*. Protonema er et trådformet forstadium til den egentlige moseplanten (gametofytten). Fra protonemaet utvikles normalt en ny moseplante. Protonemaet dør normalt etter at en ny moseplante er begynt å utvikles.





a.



b.

Figur 5.4: Mikroskopbilder som viser del av hannlig og hunnlig kjønnsorgan hos mose (*Mnium* sp.). a. Antheridier hvor de hannlige kjønnscellene dannes. b. Arkegonium med hunnlig kjønnselle.



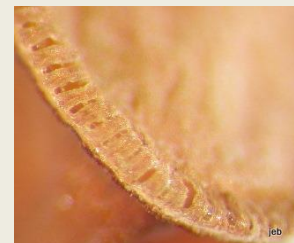
a.



b.



c.



d.

Figur 5.5: Sporehus hos bjørnemose (*Polytrichum* sp.). a. Med hette, b. Med lokk (hette har falt av), c. Åpnet sporehus (lokk har falt av), d. Sporer spres gjennom porer i kanten av sporehuset.

Ukjønnet formering

Fragmentering: Mosene har stor regenerasjonsevne og har derfor stor evne til å danne nye moseindivider fra avbrukne plantedeler. Slik fragmentering forekommer særlig når mosene tørker ut og blir sprø. Ved nydanning av moseindivider fra avbrukne deler skjer det ofte via et sekundært utviklet protonema.

Systematikk

Nålkapselmoser (Phylum Anthocerophyta)

Nålkapselmosene har thallusformede gametofytter. Sporofytten er tilspisset og driver fotosyntese. I Norge er det funnet 2 arter.

Levermoser (Phylum Marchantiophyta)



Figur 5.6: Thallusdannende levermose (uten stengel og blad): Krokodillemose (*Conocephalum conicum*).



Figur 5.7: Levermose med stengel og blad: Storstylte (*Bazzania trilobata*).

Levermosene inneholder både thallusdannende arter og arter som er differensiert i stengel og blad. De thallusdannende artene er flate, normalt breie og relativt lite forgreinet. De vokser tett ned mot bakken og kan dominere i bunnsjiktet på fuktige og skyggefulle steder der få andre arter har gode vekstvilkår. Eksempler er *tvare*mose (*Marchantia polymorpha*) og *vår*mose (*Pellia epiphylla*). De levermosene som har stamme og blad er enkle å skille fra øvrige moser ved at de har avflatete skudd som normalt har to rader med store blad (sideblader) og i

tillegg kan ha en rad med mindre blader (bukblad). Sidebladene kan være delt i en ryggflik og en bukflik. Bladene er alltid tynne, har runde celler og mangler nerve.

I Norge er det funnet 277 levermosearter. Eksempler kan være *gåsefotskjegg*mose (*Plagiochila asplenioides*) som er vanlig på lyngdominert mark, også i fjellet, *Storstylte* (*Bazzania trilobata*) som er typisk for fuktig skog og hei langs kysten og snøleiemosene i slekten *Anthelia* som kan være helt dominerende i ekstremsnøleier i fjellet.

Bladmoser (Phylum Bryophyta)

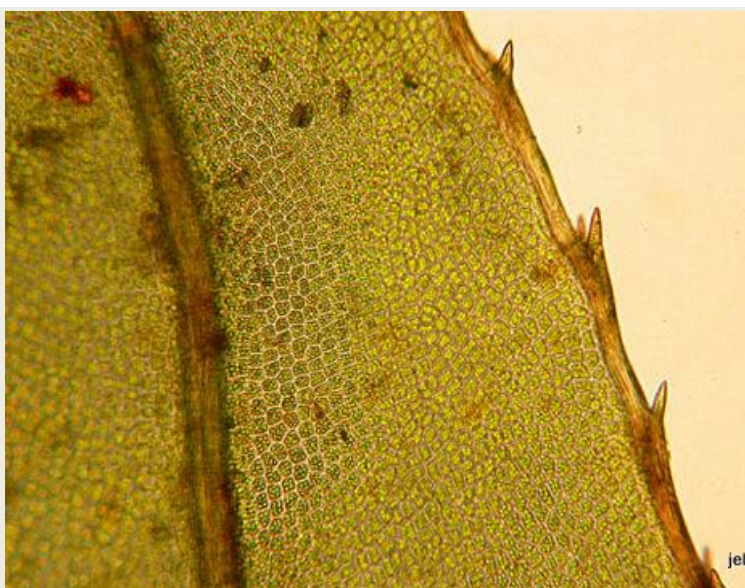


Figur 5.8: Tuedannende bladmose: Bjørnemose (*Polytrichum sp.*).



Figur 5.9: Mattedannende bladmose: Matteflette (*Hypnum cupressiforme*).

Bladmosene er den største gruppen av moser. I Norge er det funnet 789 arter av bladmoser. I motsetning til de bladformete levermosene har bladmosene blader som sitter spiralstilt på stammen. Bladene er uskafte og det er vanlig med midtnerve. Mosenes kjønnsorganer (gametangiene) sitter i skuddspissene. Gametangiene kan enten sitte i spissen av planten eller de kan sitte på små sideskudd. I det første tilfellet sier vi at mosen er toppfruktet (akrokarpe). Toppfruktete moser er opprette og tuedannende. *Sigdmosene* (*Dicranum spp.*) og *fagermosene* (*Mniaceae*) er eksempler. De artene som har sidestilte gametangier kalles for *sidefruktete* (pleurokarpe). Sidefruktete moser er krypende og mattedannende. Eksempler er *matteflette* (*Hypnum cupressiforme*) og *furumose* (*Pleurozium schreberi*). Sporofytten som dannes i toppen av mosen dekkes av en beskyttende hette før sporene er modne. Denne hetten er en del av arkegoniet og er således haploid i motsetning til den diploide sporofytten. Selve sporehuset er forsynt med et lokk som faller av når sporene er



Figur 5.10: Mikroskopbilde som viser del av blad fra bladmosen kyststornemose (*Mnium hornum*). Bildet viser bladceller, midtnerve og kantlist med tenner.



Figur 5.11: I større forstørrelse ses celler med kloroplaster tydelig.

modne. Sporene blir da strødd ut gjennom en krans av tannformete utvekster. Formen på disse varierer fra art til art. Sporene dannes på en sentralt plassert søyleliknende utforming i sporehuset. Denne kalles kolumella. Når en skal bestemme moser er det særlig forgreining, bladstilling og utforming av celler i bladet som er viktige karakterer.

Økologisk har bladmosene stor betydning i vår natur i og med at de kan dominere bunnsjiktet i mange vegetasjonstyper. Barskoger og andre områder på podsoljordsmonn er oftest dominert av noen få mosearter i bunnsjiktet. Særlig er *Etasjehusmose (Hylocomium splendens)* og *furumose (Pleurozium schreberi)* viktige her. I fjellet kan bestemte typer av snøleier være dominert av *fjellbjørnemose (Polytrichum norvegicum)* og *snøfrostmose (Kiaeria starkei)*.

Slekten torvmoser (*Sphagnum*) spiller en særlig viktig rolle i norsk natur. Denne har tyngden av sin utbredelse i kjølige og fuktige områder. Arter innen slekten er lette å kjenne igjen ved å ha et greinet skudd med en dusk av greiner i toppen. Bladene har en svært karakteristisk cellestruktur der klorofyllbærende celler er atskilt av celler som lagrer vann (hyalinceller). Dette gjør at bladcellene danner en nettlignende struktur når de studeres i mikroskop. De vannlagrende cellene er tomme skall med ribbeliknende forsterkninger og porer som kan slippe inn vann. Denne vannreserven kan mosen seinere tære på. På grunn av dette har mosene evne til å lagre en vannmengde som tilsvarer inntil 20 ganger sin egen tørrvekt. Torvmoser har derfor vært anvendt som kompresser på sår. De inneholder også noen svakt antiseptiske stoffer. Torvmoser har rik forekomst i Norge og bygger opp store deler av våre tallrike myrområder. Dette foregår ved at nedre del av stengelen dør etterhvert som mosen vokser. På fuktige steder bidrar dette kraftig til myrdannelse. I norsk flora forekommer ca. 40 arter av torvmoser.

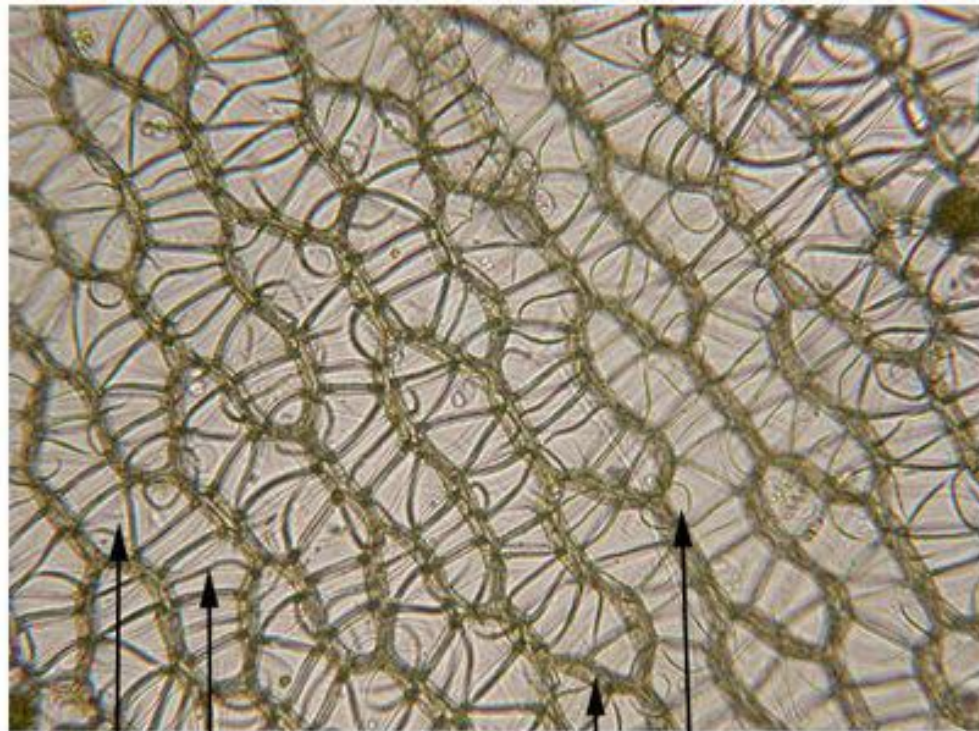


Figur 5.12: Torvmose (*Sphagnum sp.*).



Figur 5.13: Mikroskopbilde av tormoseblad med vannlagrende celler (hyalinceller) og klorofyllbærende celler. Se detaljer under (figur 5.14).

Bladceller hos torvmose (Sphagnum)



Hyalincelle

Klorofyllcelle

List som forsterker
hyalincellens vegg

Pore

jeb

Figur 5.14: Bladceller hos torvmose.

Moser som nyttevekster

Bruken av *torvmoser* som kompresser er nevnt. I tillegg må det nevnes at (delvis nedbrutte) torvmoser utnyttes i stor grad ved produksjon av torvstrø som jordforbedringsmiddel. Torvmosene var svært viktige i tidligere tider da det ble stukket torv til brensel. Enkelte moser var tidligere viktige som isolasjonsmiddel i hus. De ble med et samlenavn kalt for husmoser. *Etasjehusmose* er et eksempel på dette. På Bryggen i Bergen er det i arkeologiske utgravninger funnet tauverk som var flettet av *bjørnemose*. Den *vanlige bjørnemosen* (*Polytrichum commune*) er den største mosen vi har, og den kan bli inntil 40 cm lang. Mange moser er svært dekorative, noe som har vært utnyttet i japansk hagekunst. De fleste hageeiere i Norge betrakter mosene som fiender og bekjemper dem med gift og mekanisk bearbeiding.

Karsporeplanter

Innledning

Av navnet karsporeplanter framgår det at disse plantene har kar, dvs. ledningsvev for transport av vann og næring, samt sporer som spredningsenhet. De mangler altså frø. Det er funnet fossile karsporeplanter som kan føres tilbake til kambriumperioden.

Karsporeplantene har utviklet rot og ledningsvev (*trakeider*), noe som har gjort dem bedre tilpasset til landliv enn mosene. Karsporeplantene kom derfor til å dominere vegetasjonen, særlig i karbonperioden. Fra denne perioden har de utbredte skogene av *snelle- og kråkefottrær* gitt opphavet til store kullag.

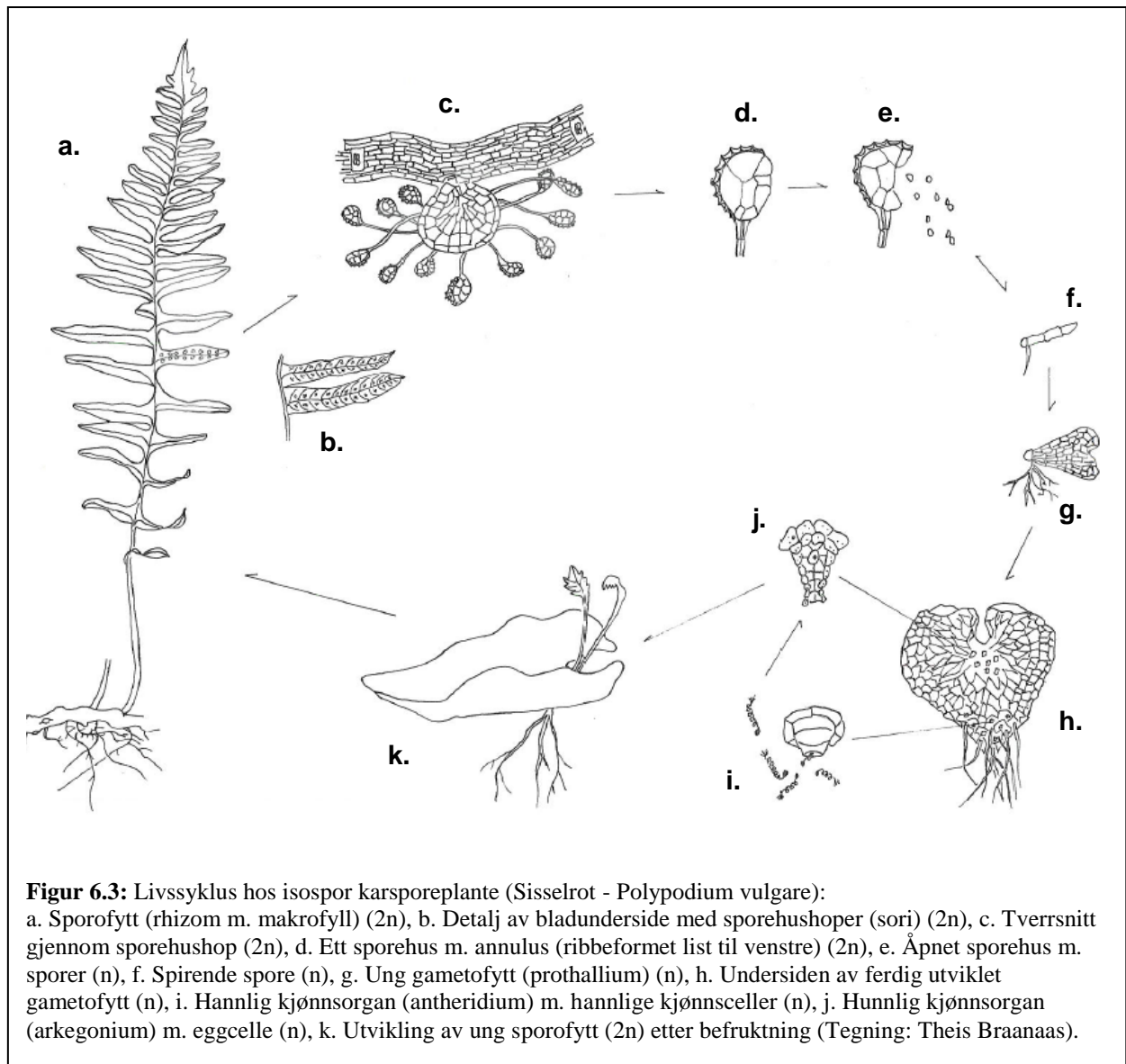
Karsporeplantenes livssyklus gir også større mulighet for høyreiste vekstformer enn det som er tilfelle for mosene. Hos karsporeplantene er det nemlig *sporofytten* som er den dominerende generasjonen. Sporene spres med vind og vil derfor ha fordel av å bli høyest mulig eksponert. Gametofyttgenerasjonen er i de fleste tilfeller små og unnselige og finnes på eller i markoverflaten. Befruktningen er fortsatt knyttet til vann, men behovet for at dette skal skje i vannmettet miljø, begrenser ikke artens høydevekst som hos mosene hvor det er gametofytten som er den dominerende generasjonen.



Figur 6.1: Stri kråkefot (*Lycopodium annotinum*). Kråkefotplantene har småblader (mikrofyll). På bildet ses sterile småblad nederst og fertile (sporebærende) blad øverst. De fertile småbladene hos kråkefotplantene kalles sporofyll og er samlet i strobilli.



Figur 6.2: Smørtelg (*Oreopteris limbosperma*). Bregneplantene har storblader (makrofyll). De fleste bregner har samlinger av sporehusoper (sori) på undersiden av bladet. Hos smørtelg fins disse langs bladranden.



Karsporeplantene har med unntak av urbregnene utviklet blader. Det forekommer to hovedtyper av blad; *småblad (mikrofyll)* og *storblad (makrofyll)*. Småbladene er små, uskaftede, ikke oppdelt og utstyrt med en enkel ledningsstreng. Storbladene er større, ofte sammensatte og med forgreinete ledningsstrenger (bladnerver).

Innenfor karsporeplantene fins to ulike systemer for kjønnnet formering. Dette har sin bakgrunn i at ulike taxa utvikler enten bare *isosporer* (alle sporene er like) eller de utvikler to typer sporer; *heterospore*.

Isospore taxa utvikler én type gametofytt som normalt danner både hannlige- og hunnlige kjønnsorganer. Disse gametofyttene er frittlevende og normalt autotrofe med fotosyntese (noen lever saprofyttisk under jorden). De dannes ved at sporen deler seg til et enkelt bygd, mangecellet vev (thallus). I og med at gametofytten dannes etter deling av hele sporen, er gametofytten *exospor*, dvs. dannet utenfor sporen.

Heterospore taxa utvikler både *små(mikro)sporer* og *stor(makro)sporer*. Småsporene utvikles til hanngametofytter som produserer hannlige kjønnsceller, mens storsporene utvikles til hunnlige gametofytter som produserer hunnlige kjønnsceller. Utviklingen av gametofytten foregår innenfor sporens vegger. Gametofytten er derfor *endospor*. Det er dette systemet som er videreført hos frøplantene der gametofyttgenerasjonen er ytterligere redusert.

Karsporeplantene utvikler antheridier og arkegonier som er bygget etter samme prinsipp som hos mosene. Både hos moser og karsporeplantene er det nødvendig med vann for at de hannlige kjønnscellene skal kunne svømme fra antheridiet til arkegoniet og befrukte eggcellen.

Urbregner

Urbregnene omfatter bare fossile taxa. De eldste oppstod ved overgangen mellom silur og devon for ca. 400 millioner år siden. Plantene som inngikk her var ikke differensiert i rot, stengel og blad og var slik sett til forveksling lik algene. Men de hadde utviklet viktige tilpasninger til landliv; kutikula, spalteåpninger og ledningsvev.

Slekten *Rhynia* er en av representantene for urbregnene. Økologisk hadde den samme tilpasning som våre dagers sumpplanter. Den ble inntil ca. 50 cm høy, og man mener den forekom i belter på grunt vann langs land. Fra et horisontalt rhizom vokste det opp opprette greiner med sporangier i endene. Planten hadde *dikotom forgreining* (todeling) og var uten blad.

Rhynialiknende planter er sannsynligvis opphav til de 3 øvrige gruppene innen karsporeplantene. Disse skilles fra hverandre på bladutvikling og sporangienes plassering og bygning.

Kråkefotplanter (*Phylum Lycopodophyta*)

Kråkefotplantene omfatter ca. 950 nålevende arter. Alle de nålevende artene er differensiert i rot stengel og blad. Bladene er spiralstilte småblader (mikrofyll).

Fra fossilt materiale vet vi at gruppen hadde betydelig større utbredelse tidligere i jordens historie, særlig i karbontiden. Fra denne perioden kjenner vi treformede arter av kråkefotplanter. Representanter for slektene *Lepidodendron* og *Sigillaria* var viktige i dannelse av kullagene som stammer fra denne perioden. En av årsakene til at planter med såpass primitivt rot- og ledningsvev kunne danne trær, var at de i tillegg hadde et vannsamlende organ (*ligula*). Dette organet finner vi (i redusert utgave) hos noen resente arter også i vår flora. I permperioden inntrådte en global tørkeperiode som førte til at de treformede karsporeplantene ble utkonkurrert av *nakenfrøete arter (gymnospermer)* med mer effektivt vannledningssystem og bedre beskyttelse mot uttørking.

Det fins både iso- og heterospore kråkefotplanter.

Orden Lycopodiales



Figur 6.4: Lusegras (*Huperzia selago*).

Ordenen har totalt ca. 500 nålevende arter. Representanter for ordenen er utbredt over det meste av jorden. I Norge forekommer 8 arter der *lusegras* (*Huperzia selago*) og *stri kråkefot* (*Lycopodium annotinum*) er eksempler.

Sporofytten har et svakt utviklet rotsystem og er isospor. Sporhusene sitter på spesielle blad som kalles *sporofyll*. Sporofyllene fins samlet i sporofyllstander eller *strobili* (ent. strobilus). I strobilus kan det hos noen arter forekomme vegetative blad (eks. lusegras). Strid kråkefot er eksempel på en art med bare sporofyll i strobilus. Sporepulver fra kråkefot kalles heksemel. Det ble tidligere brukt ved "pilletrilling" fordi det hindret klebing. Heksemel brukes også i fysikkundervisning til å demonstrere støveksplisjon.

Gametofytten er eksospor og utvikler både antheridier og arkegonier. Gametofyttene er ulikt utformet fra art til art, men felles er at de er små, langlivete (opptil 25 år) og autotrofe (, men det er nødvendig med mykorrhiza for å utvikle seg).



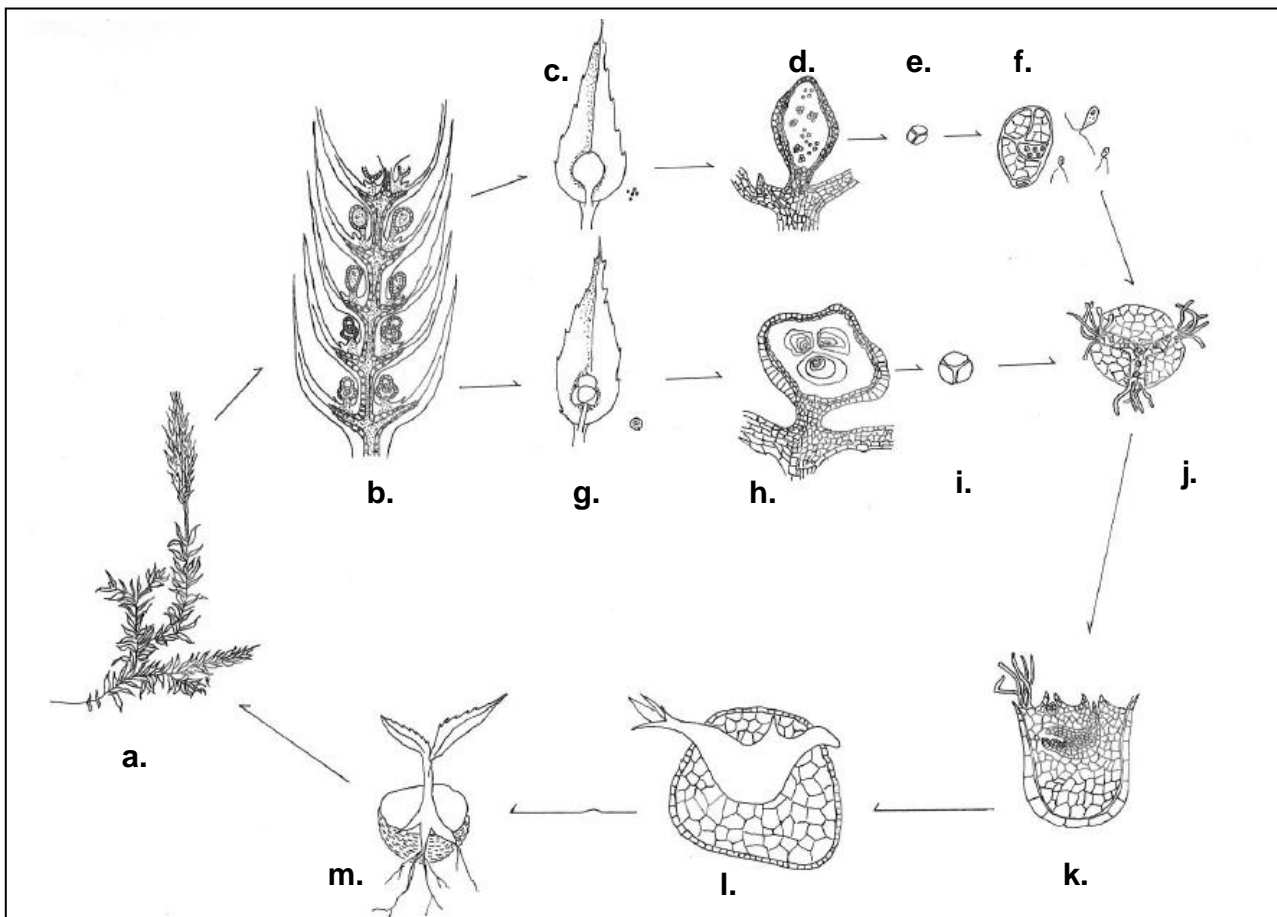
Figur 6.5: Stri kråkefot (*Lycopodium annotinum*). Til venstre ses øvre sterile blad og del av strobilus med sporofyll. Til høyre separate sporofyll med sporehus sett fra innsiden og utsiden.



Orden Selaginellales

Ordenen inneholder mange tropiske arter. I Norge fins bare en art *dvergjamne* (*Selaginella selaginoides*). Denne arten forekommer på fuktige steder med tilsig av kalkholdig vann. Den forekommer hyppig på slike voksesteder i sub- og lavalpin sone. Dvergjamne er heterospor med endospor gametofytt. Ved bladbasis fins en skjellaktig bladdannelse som kalles ligula og har vannlagringsfunksjon.

Figur 6.6: Øvre del av skudd hos dvergjamne (*Selaginella selaginoides*). Sporofyll med småsporer øverst og storsporer nederst.



Figur 6.7: Livssyklus hos heterospor karsporeplante (Dvergjamne - *Selaginella selaginoides*):
a. Sporofytt ($2n$) m. mikrofyll og stobilus i toppen, b. Lengdesnitt gjennom stobilus ($2n$), c. Sporofyll med mikrosporangium (-sporehus) ($2n$) sitter øverst i stobilus, d. Snitt gjennom mikrosporangium ($2n$) m. mikrosporer (n), e. mikrospore (n), f. Hannlig gametofytt m. hannlige kjønnseller (n), g. Sporofyll m. makrosporangium (-sporehus) ($2n$) sitter nederst i stobilus, h. Snitt gjennom makrosporangium ($2n$) m. makrosporer (n), i. Makrospore (n), j. Hunnlig gametofytt (n), k. Snitt gjennom hunnlig gametofytt m. arkegonier, utvikling av sporofytt ($2n$) har startet etter befruktning, l-m. Stadier i den unge sporofyttens ($2n$) utvikling (Tegning: Theis Braanaas).

Orden Isoetales

I Norge forekommer to arter, *stivt brasmegras* (*Isoetes lacustris*) og *mykt brasmegras* (*I. setacea*). Planten vokser på bunnen av innsjøer (ned til 10-12 m dyp) og har rosettstilte blad (egentlig mikrofyll). Planten er heterospor med endospor gametofytt.

Snelleplanter (Phylum Equisetophyta)

Snelleplantene utgjorde et dominerende innslag i vegetasjonen i karbon og perm.

Sporofytten er differensiert i rot stengel og blad. De nålevende artene har mikrofyll, men det er kjent fossile arter med makrofyll. De nålevende artene er isospore, men det har forekommet heterospori hos flere av de fossile artene. Sporene fins i såkalte *sporangioforer* som er sporebærende greiner. Sporangioforene er oftest samlet i strobili.

Av det store mangfold av taxa som er kjent fra fossilt materiale er det bare tilbake en nålevende slekt, *Equisetum* (sneller).

Orden Equisetales



Figur 6.8: Skogsnelle (*Equisetum sylvaticum*). Til venstre vårstengel med strobilus i toppen. Til høyre ung sommerstengel.

Slekten *Equisetum* (sneller) omfatter 9 arter i vår flora. De nålevende artene har alle sporofytter som har urteaktige, hule og leddete stengler over jorden. Disse stenglene skyter opp fra et horisontalt rhizom. Det er overjordsstengler med forgreininger som er assimilrende. Greinene sitter i krans som går ut fra stengelen ved basis av bladene. Bladene er mikrofyll som er sammenvokst nederst og danner en tannet skjede rundt stengelen. Bladene er festet ved basis av hvert stengellegg.

Sporangioforene er skjoldformede med 5-10 sporesekker på undersiden og de er samlet i endestilte strobili. Sporene har vedheng som ligger rullet rundt sporen når denne er fuktig, men som rettes ut når sporen tørker. Dette er en tilpasning som letter sporespredningen.

Gametofytten vokser oppå jorden. Den er assimilrende, har fliker på oversiden og rhizoider på undersiden. Både hannlige og tvekjønnete gametofytter kan forekomme.

Eksempler på norske arter er *skogsnelle* (*Equisetum sylvaticum*), *åkersnelle* (*E. arvense*), *myrsnelle* (*E. palustre*) og *elvesnelle* (*E. fluviatile*). Åkersnelle har vært mye brukt i folkemedisin og selges fremdeles på apotekene tørket til bruk som "kjerringrokkte". Arten inneholder saponiner og flavonoider og skulle hjelpe mot leddsmerter og urinveisinfeksjoner. Myrsnelle som likner litt på åkersnelle, er giftig pga. innhold av alkaloidet palustrin. En annen art, *skavgras* (*E. hyemale*), inneholder mye silikat og har vært brukt som gryteskrubb.



Figur 6.9: Vårstengel hos skogsnelle (*Equisetum sylvaticum*). a. Kransstilte greiner ved basis av stengelledd. Øverst ses modent strobilus med grønt sporepulver. b. Detalj av stengelledd med sammenvokste småblad (mikrofyll). c. Lengdesnitt av strobilus. Sporesekker ses innenfor de skjoldformete sporangioforene. d. Strobilus der sporene er spreidd. Sporangioforene ses med tomme sporesekker på innsiden.

Bregneplanter (Phylum Pteridophyta)

Med ca. 9000 nålevende arter, er dette den viktigste gruppen av karsporeplanter i dag. I Norge har vi ca. 45 arter. Bregnene skiller seg fra de andre karsporeplantene ved å ha utviklet storblader (makrofyll). Storbladene er mer komplisert bygget og har et forgreinet og bedre utviklet ledningssystem. Bregnesporofyten er differensiert i rot, stengel og blad. Den har oftest rhizomer (jordstengler). Rhizomene kan være korte og loddrette eller lengre og vannrette. Dette gir opphav til to ulike vekstformer hos bregnene. Førstnevnte gir den karakteristiske storbregnefasongen med en rosett av store blad som stråler ut fra det klumpformete rhizomet i markoverflaten. *Ormetelg (Dryopteris filix-mas)* er et typisk eksempel. De vannrette rhizomene gir en vekstform der ett og ett blad vokser opp fra bakken etter hverandre. *Sisselrot (Polypodium vulgare)* er eksempel på slik vekstform. I tropiske områder kan en også finne treformete bregner.

Alle bregneartene i vår flora er isospore. Heterospori forekommer og en regner med at frøplantene er utviklet fra heterospore bregner. Gametofyttens utseende kan variere.

Bregnene hadde størst utbredelse i Karbon perioden. Av karsporeplantene har bregnene hatt best overlevelse i konkurranse med frøplantene.



Figur 6.10: Strutseving (*Matteuccia struthiopteris*) har klumpformet rhizom og danner derfor bladrosetter.



Figur 6.11: Hengeving (*Oreopteris limbosperma*) har vannrett rhizom og bladene vokser derfor enkeltvis opp fra bakken.

Orden Polypodiales

I denne ordenen fins ca. 7000 arter, de fleste i tropene. Av vekstformer er urteaktige, relativt lavvokste bregner vanligst, men også treformete arter forekommer. I tropiske områder finner vi også bregner som lever epifyttisk.

Sporofyten kan ha bare fertile blad der alle bærer sporer på bladets underside. Dette er det vanlige i vår flora, og et eksempel kan være *skogburkne (Athyrium filix-femina)*. Hos noen arter fins det både *fertile* og *sterile* blad. Disse er da forskjellig utformet. De fertile bladene



Figur 6.12: Til venstre del av bregneblad fra sisselrot (*Polypodium vulgare*). Til høyre del av bregneblad fra Ormetelg (*Dryopteris filix-mas*). På begge bladene ses modne sporehushoper (sori). Ormetelg har slør (indusium).

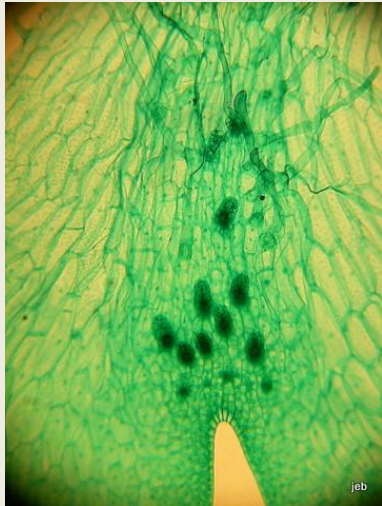


Figur 6.13: Sisselrot (*Polypodium vulgare*). Underside av blad med sporehushoper (sori). Eksempel på 1. ordens forgreining av blad.

har redusert bladplate, og har som hovedfunksjon å eksponere sporene for spredning. De sterile bladene er alltid grønnere og har større bladplate, noe som er hensiktsmessig for å effektivisere fotosyntesen. Eksempler på dette er *bjønnekam* (*Blechnum spicant*) og *strutseving* (*Matteucia struthiopteris*). En viktig karakter ved bestemmelse av bregner er hvor mange ganger bladplaten er oppdelt. Eksempler på dette er: 1. ordens forgreining; *Sisselrot* (*Polypodium vulgare*), 2. ordens forgreining; *hengeving* (*Thelypteris phegopteris*), 3. ordens forgreining; *fugletelg* (*Gymnocarpium dryopteris*). Sporangiene sitter i *sporehushoper* (sori). Hos noen arter kan sori være dekket av *slør* (indusium) før sporene er modne. I hver sorus sitter mange sporangier. Sporangiene er forsynt med annulus som er en ribbeformet forsterket del av sporangiet. Når sporene er modne strekkes *annulus* brått ut slik at den fungerer som en aktiv



Figur 6.14: Nærbilder av sporehushop (til venstre) og sporehus til høyre



Figur 6.15: Mikroskopbilde som viser del av gametofytten til en bregne. Hunnlige kjønnsorganer (arkegonier) ses som mørke felt midt på bildet.

utskytningsmekanisme og således fremmer sporespredningen.

Gametofytten er tynn, hjerteformet og autotrof. Den utvikler både antheridier og arkegonier. Normalt utvikles det én sporofytt fra hver gametofytt. De lever på fuktige steder i markoverflaten. Gametofytten hos bregnene kalles ofte for et *prothallium*.

Bregnene er viktige innslag i vår flora og kan dominere feltsjiktet i flere skogstyper. Storbregnene *ormetelg* (*Dryopteris filix-mas*), *skogburkne* (*Athyrium filix-femina*) og *strutseving* (*Matteuccia struthiopteris*) har stor betydning i fuktige og næringsrike skoger. Den sistnevnte er særlig vanlig i gråorskoger. I mer næringsfattige skoger kan *småbregnene hengeving* (*Thelypteris phegopteris*) og *fugletelg* (*Gymnocarpium dryopteris*) dominere ved gode fuktighetsforhold.

Orden Ophioglossales

Artene som inngår her har en sporofytt som består av ett blad som er delt i en sporebærende og en assimilerende del.

I Norge har vi to slekter som inngår her: *Ormetunge* (*Ophioglossum*) og flere arter i slekten *marinøkkel* (*Botrychium*).



Figur 6.16: Marinøkkel (*Botrychium lunaria*).

Orden Osmundales

Bladet er delt i en nedre steril og en øvre fertil del. Vi har én art i Norge, *Kongsbregne* (*Osmunda regalis*), som i dag forekommer på et fåtall lokaliteter. Det er registrert en større fossil utbredelse av arten i perioder etter siste istid. I og med at planten er termisk kravfull kan dette brukes som indisium på at perioder etter siste istid har vært varmere enn i dag.

Anvendelse av bregner

Bregnene har hatt relativt begrensede bruksområder for menneskene. Jordstengelen hos *sisselrot* skal smake lakris og har i tidligere tider vært brukt som sukkertøy av barn. *Ormetelg* inneholder fenoler som er virksomme mot innvollsorm, noe som har vært anvendt i folkemedisin. Denne bregnen har også vært brukt som dyrefor. Det var da viktig å kunne skille den fra *skogburkne* som likner noe, men er giftigere. Einstape (*Pteridium aquilinum*) har vid utbredelse på Jorden. På Vestlandskysten er denne bregnen vanlig i lynghei, og den ble tidligere brukt som strø under husdyrene i fjøs om vinteren. I våre dager har denne bruken opphørt. Einstapen blir heller ikke beitet på grunn av at den inneholder giftige stoffer, og den er derfor i kraftig spredning. I Japan har unge einstapeskudd vært brukt som menneskeføde. Det har vist seg at stoffer i einstapen kan være årsak til magekreft i områder hvor denne bruken har vært vanlig.

Frøplanter (Phylum Spermatophyta)



Figur 7.1: Eksempler på frøplanter. Til venstre Redwoodtrær (*Sequoia sempervirens*) som tilhører de nakenfrøete plantene. Til høyre blodstorkenebb (*Geranium sanguineum*) som tilhører de dekkfrøete plantene.

Innledning

I løpet av Permperioden foregikk det en storstilt forandring i Jordens klima fra varme og fuktige forhold til et betydelig tørrere klima. Det medførte en omfattende endring av vegetasjonsbildet fra et landskap preget av skoger av karsporeplanter, til et landskap dominert av de første frøplantene, *nakenfrøete planter*. Denne overgangen inntrådte mot slutten av jordens oldtid og var med på å danne grunnlaget for overgangen til jordens mellomtid. Flertallet av karsporeplanter som dominerte vegetasjonsbildet i karbon og perm



Figur 7.2: Frukter av platanlønn (*Acer pseudoplatanus*) Frukten er en spaltefrukt der hver av delfruktene har en vinge som bidrar til effektiv vindspredning.

periodene, hadde relativt svakt utviklete vannopptaks- og transportsystemer. Deres livssyklus var også knyttet til vann i og med at de hannlige kjønnscellene måtte svømme til eggcellen for at befruktning skulle kunne foregå. De var dermed sårbare i konkurranse med arter som hadde utviklet mer effektive tilpasninger til disse forholdene.

Frøplantene skiller seg fra karsporeplantene ved å ha utviklet *frø* som sprednings- og overlevingsenhet. Et frø består av en embryonal sporofytt med næringsvev som er omgitt av et beskyttende frøskall. Dette gir evne til å tåle ytre påkjenninger som f. eks. kulde og tørke, noe som sikrer overlevelse under forhold som en fullt utviklet plante ikke vil kunne tåle. Næringsvevet gir samtidig planten en bedre mulighet til etablering før den er selvforsynt med egenprodusert næring. Frøet eller kombinasjonen frø/frukt har ofte bygningstrekk som gir en mer effektiv spredning.

Rotsystem og ledningsvev er bedre utviklet hos frøplantene enn hos karsporeplantene. Dette gjør frøplantene i stand til å tåle tørre forhold bedre.

Hos frøplantene er formeringen løsrevet fra vann i motsetning til hos karsporeplantene som har gametofytter som ikke fullt er tilpasset landliv. Frøplantenes formering er tilpasset de transportmulighetene som fins på landjorden. Dette innebærer at *pollenkornene* (*mikrosporene*) blir transportert ved hjelp av vind eller levende organismer til *frøemnet* (som inneholder *makrosporen*). Istedenfor at de hannlige kjønnscellene må forflytte seg i friluft/-vann som hos karsporeplantene, utvikler mikrosporene hos frøplantene den hannlige gametofytten på/i den hunnlige (som utvikles fra makrosporen).

Frøplantene antas å være utviklet fra heterospore bregner. Det må understrekes at sporer også inngår i frøplantenes livssyklus og at det vi observerer som frøplanter i naturen er sporofytten. Alle frøplanter er heterospore. En viktig forskjell i forhold til karsporeplantene er at utviklingen av frøet har overtatt sporenes funksjon som spredningsenheter. Gametofyttgenerasjonen er kraftig redusert i forhold til karsporeplantene og det har foregått en ytterligere reduksjon fra de tidligst utviklete til de mest avanserte frøplantene.

Hos frøplantene dannes mikrosporer i *pollensekker* (*mikrosporangier*). Mikrosporen (pollenkorn) er utviklet til et egnet redskap for å transportere genetisk materiale fra en plante til en annen (pollinering). Mikrosporen utvikler en hannlig gametofytt som vokser inn til eggcellen vha. en pollenslange. Slik blir befruktningen hos frøplantene uavhengig av transport i fritt vann.

Hos frøplantene dannes makrosporer i et *makrosporangium* som er omgitt av *frøhinner* (*integumenter*). Denne dannelsen kalles samlet for et *frøemne*. I makrosporangiet utvikles 4 makrosporer der én utvikles videre til en hunnlig gametofytt. Den hunnlige gametofytten er ulikt utviklet hos de tidligst utviklete og de mest avanserte frøplantene. Felles for alle er at den hunnlige gametofytten er utviklet i og ernært av sporofytten. Dette gir mye større sikkerhet for utvikling av avkom enn det som er tilfelle for de frittlevende gametofyttene hos karsporeplantene.

Frøplantene deles i to hovedgrupper: *Nakenfrøete- og dekkfrøete planter*. Som navnet antyder er det hvor frøet finnes / utvikles som er et av de viktigste kriteriene som skiller dem.

Nakenfrøete planter (subphylum Pinophytina = Gymnospermae)

Denne gruppen av planter hadde sin største utbredelse i de geologiske periodene perm - kritt. I dag forekommer ca. 600 arter. De nakenfrøete plantene er forvedete og omfatter både trær og busker. Frøene er ikke omsluttet av fruktvegg, men de kan likevel være godt beskyttet. Ofte anlegges frøene i kongler og er da beskyttet av frø- eller dekkskjell. Alle de nakenfrøete plantene er vindbestøvede.

Det kan skilles ut tre klasser under de nakenfrøete plantene.

Frøbregner (Klasse Lyginopteridatae)

Denne gruppen har ingen nålevende representanter. Største utbredelsen var i karbon - perm. Utseendemessig var det lite som skilte denne gruppen fra treformete bregner. Men en viktig forskjell var at de hadde utviklet frø. Fra denne gruppen kan en tenke seg utviklingslinjer som fører fram til *klassen konglepalmer*, men også til den mest suksessrike plantegruppen på jorden i dag; de *dekkfrøete plantene*.

Konglepalmer (Klasse Cycadatae)

Av konglepalmer fins det ca. 100 nålevende arter som alle har tropisk utbredelse. Klassen hadde størst utbredelse i jura - kritt. Konglepalmene er treaktige planter med store finnete blader i rosett i toppen. De får dermed et palmeliknende utseende som forklarer navnet på klassen. En art som har økonomisk betydning er *Cycas revoluta* fra subtropisk Øst-Asia. Det blir utvunnet stivelse fra stammens marg hos denne arten.





Figur 7.4: Buskfuru (*Pinus mugo*). Bildet viser pollensamlinger (mikrosporofyllstander).



Figur 7.5: Buskfuru (*Pinus mugo*). Årets kongler ses i skuddspissen. Ett år gamle kongler ved basis av årsskuddet.



Figur 7.6: Redwood (*Sequoia sempervirens*) i Muir Woods National Monument, California, USA.



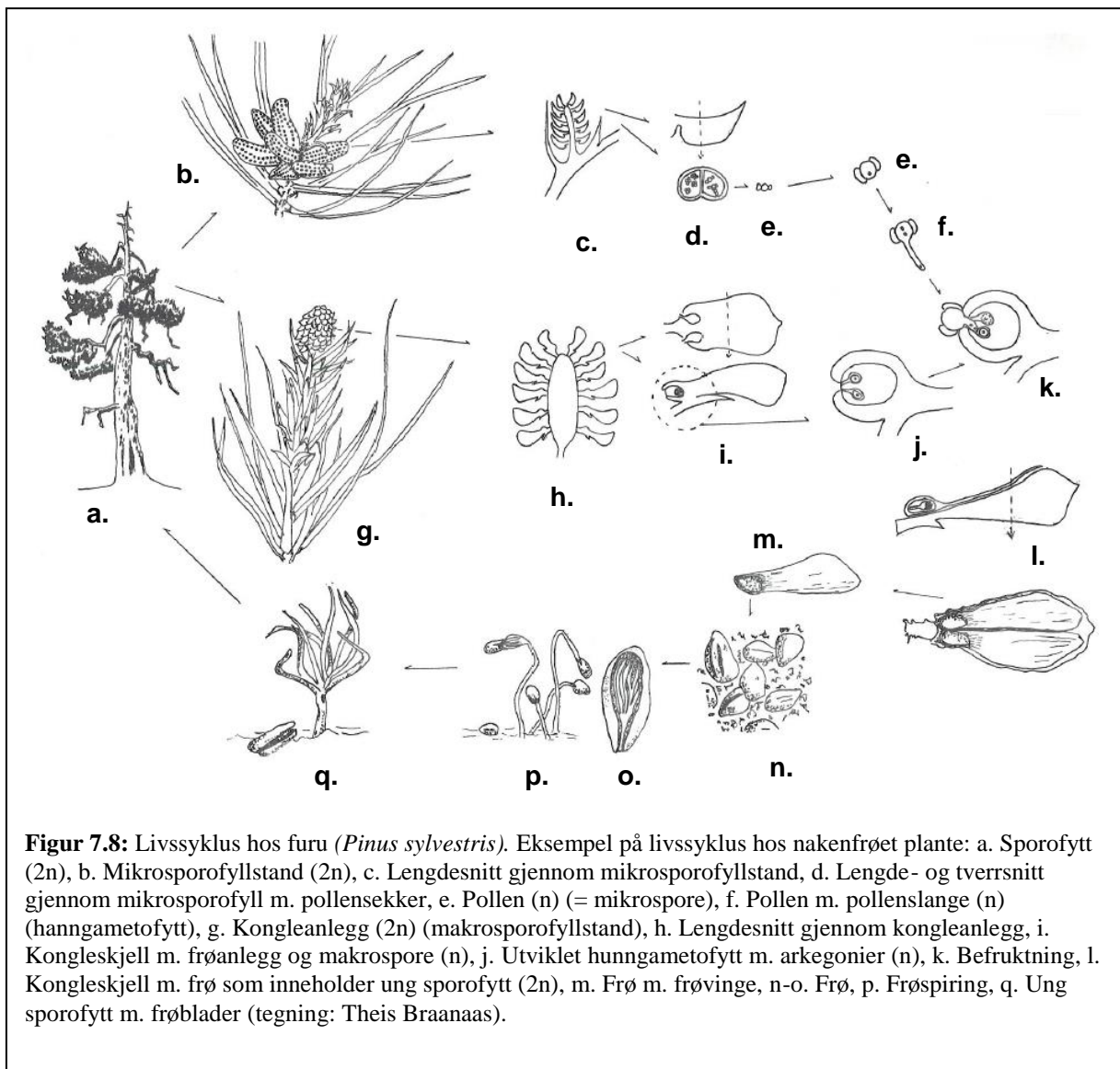
Figur 7.7: Mammuttre (*Sequoiadendron giganteum*) i Giant Sequoia National Monument, California, USA.

Bartrær (Klasse Pinatae)

I klassen bartrær inngår ca. 500 arter. Til tross for at artsantallet ikke er så stort har de stor betydning både økologisk og økonomisk. Dette har sammenheng med at bartrærne danner *taigaen* som strekker seg som et bredt skogsbelte gjennom hele Eurasia og Nord-Amerika. Et fåtall arter av bartrær preger således noen av de største økosystemene vi har på landjorden. Arter av bartrær danner også de største og eldste organismene vi har på jorden.

Artene som inngår i klassen bartrær er oftest eviggrønne med nåleformete blader. Stammene inneholder harpiks. Pollen produseres i rakleliknende mikrosporofyllstander. Makrosporofyllene utgjør samlet en konge.

I vår flora har vi fire arter som tilhører klassen: *Furu* (*Pinus sylvestris*) og *gran* (*Picea abies*) i furufamilien, *einer* (*Juniperus communis*) i syypressfamilien og *barlind* (*Taxus baccata*) i barlindfamilien.



Furu er lett å kjenne igjen med de lange nålene som sitter samlet to og to. Den fins i hele landet med unntak av de arktisk og alpine delene. Det er en nøysom art med vid økologisk amplitude og den kan således vokse både på svært fuktig og på svært tørr mark. Men fordi furuen er lyskrevende vil den fort tape i konkurransen med andre arter på de gunstigere lokalitetene som ligger mellom de ekstremene som er nevnt. *Furu* fremstår derfor som en pionerart som på gunstige lokaliteter blir erstattet av andre arter. I våre områder gjelder dette særlig gran. De store furuskogene vi finner i deler av Skandinavia har gjort trevirke fra *furu* til en økonomisk viktig ressurs. Dette resulterer og i en ofte unødig kraftig påvirkning av furuskogsøkosystemene med miljøproblemer knyttet til flatehogst og tap av urskogsområder som resultat. Fra *furu* er det også framstilt andre produkter. Tjære framstilt ved tørredestillasjon av bark og ved, var tidligere et viktig middel til behandling av treverk. Tjære har også hatt medisinsk anvendelse sammen med terpentinolje som framstilles fra harpiksen. De eteriske oljene fra *furu* anvendes også i kosmetikkindustrien.

Livssyklusen til *furu* får stå som eksempel på livssyklus hos et bartre. Befruktning og frødannelse hos *furu* foregår i kongler. Konglene dannes i spissen av et årsskudd og kan observeres 1. år i månedsskiftet mai-juni. Frøemnene hos *furu* anlegges på innsiden av *frøskjellene*. Disse er vokst sammen med et *dekkskjell* og danner samlet det vi kan kalle et *kongleskjell*. Mange kongleskjell bygger samlet opp en konge. På innsiden av hvert kongleskjell ligger det to frøemner. Hvert frøemne inneholder et makrosporangium som utvikler en *makrosporemorcelle*. Alt dette er deler av sporofytten og er således diploid. Makrosporemorcellen deler seg ved meiose og det dannes 4 haploide makrosporer. 3 av disse tilbakedannes mens den siste utvikles til den *hunnlige gametofytten*. I denne utvikles det *arkegonier med eggceller*. Pollenkornene dannes i rakleliknende *mikrosporofyllstander*. Hvert mikrosporofyll inneholder 2 *mikrosporangier (pollensekker)*. I mikrosporangiene foregår det deling ved meiose som resulterer i et stort antall haploide pollenkorn. Pollenkornet hos *furu* har to luftsekker som gjør at det fraktes lett med vind. Pollenkornet vil kunne fanges på en klebrig dråpe som utskilles fra *frømunnen (mikropyle)* på den hunnlige konglen. Pollenkornet begynner å utvikle en *pollenslange* som vokser ned mot arkegoniene med eggcelle. Den ferdig utviklete pollenslangen utgjør den hannlige gametofytten. Pollenslangens vekst stopper opp og gjenopptas neste vår. Den overfører da en hannlig kjønnscelle (*spermatide*) til arkegoniet slik at eggcellen blir befruktet og det dannes en diploid celle med en ny genetisk kombinasjon. Befruktningen foregår altså året etter bestøvningen. Den diploide cellen utvikles nå til en kimplante. Kimplanten omgis av næringsvev som er produsert av den haploide gametofytten. Frømunnen lukkes igjen og frøhinnene blir til *frøskall*. Etter nok et år er frøene modne. Konglene sprekker da opp og frøet spres. Frøet er forsynt med en hinneaktig del, frøvingen, som letter spredning med vind. Det tar altså to år fra hunnkonglen begynner sin utvikling til den sprer modne frø.

Gran er et relativt nytt treslag i vår flora etter siste istid. Granen er innvandret fra øst, og den nådde Osloområdet ca. 500 e. Kr. Til Vestlandet har den ennå ikke spredd seg naturlig med unntak av få lokaliteter (bl. a. Voss). Likevel er store deler av våre skoger granskoger. Dette har sammenheng med granens betydning i produksjon av trevirke. Det omfattende treslagskiftet på Vestlandet har ført til mange protester fra naturvernhold. Granplantingene har flere steder erstattet skogstyper med verneverdi, samtidig med at tett planting har gjort områdene uegnet som levested for de fleste andre organismer enn gran. Gran er et skyggetålende treslag som tåler å vokse tett sammen og vil derfor ha stor evne til å



Figur 7.9: Plantet granskog i Isdalen, Bergen kommune. I mange plantete granskoger slipper lite lys ned til skogbunnen. Dette sammen med strø av barnåler, medfører dårlige forhold for utvikling av biologisk mangfold



Figur 7.10: Barlind (*Taxus baccata*). På bildet ses kvister med barnåler, og frø omgitt av en saftig, rød frøkappe (arillus).



Figur 7.11: Einer (*Juniperus communis*) med modne bærkongler (blå) utviklet over to vekstsesonger og årets grønne bærkongler.



Figur 7.12: Modne bærkongler hos einer. Det tredelte arret i spissen viser hvor de saftige kongleskjellene har vokst sammen.

utkonkurrere andre arter. Døde barnåler som faller ned på bakken produserer et strø som brytes langsomt ned og fører til forsuring av jordsmonnet. Granen unngår de tørreste voksestedene og stiller noe større krav til næring enn furuen.

Einer er utbredt i hele Norge og det er den arten innen bartrærne som har videst utbredelse i global målestokk. *Einer* opptrer i ulike vekstformer. På vindblåste steder danner den krypende, matteformete individer. Normalt opptrer den som en busk av ca. et par meters høyde. Treformete individer kan også observeres. Disse kan ofte ha en elegant søylepreget form. Bladene hos *einer* er nåleformete og sitter sammen 3 og 3. Planten er særkjønnet slik at det utvikles makro- og mikrosporer på atskilte individer. Frøene er samlet i bærlignende kongler som består av 3 kjøttfulle frøskjell som etter bestøvningen vokser sammen. Dette kan observeres som et trearmet kors i spissen av "bæret". Bærkonglene blir spist av dyr som slik bidrar til frøspredningen. Bærkonglene modnes over to år. Første året er de grønne, det neste blir de blå.

Einer har hatt en viktig stilling i folkemedisin. Den inneholder mange eteriske oljer og har vært brukt nærmest som universalmiddel. *Einerbærene* har en aromatisk smak som gjør dem egnet som krydder. Brukt i store mengder kan de være skadelige, særlig for nyrene.

Barlind er et varmekjært treslag som forekommer spredt langs kysten av Sør-Norge, og den har omtrent samme utbredelse som edelløvtrærne våre. *Barlind* har flate, ganske breie nåler som er blankt mørkgrønne på oversiden og lysere på undersiden. Den er særkjønnet og på hunnlige individer utvikles det et frø som er omgitt av en rød frøkappe (arillus). Hele planten er giftig med unntak av den røde frøkappen. Den er en tilpasning til spredning med fugl. Det giftige stoffet taxin som fins i *barlind* kan være dødelig i relativt små doser. Stoffer i *barlind* har vist seg effektive ved behandling av visse kreftformer. Det eksporteres derfor noe *barlind* til dette formål fra de *barlind*rikeste områdene i Norge i Sunnhordland.

I tillegg er flere bartrær innført til Norge. Noen av disse er plantet ut i ganske stort omfang og preger noen skogsområder. Av slike kan *sitkagran* (*Picea sitchensis*), *edelgran* (*Abies spp.*), *lerk* (*Larix sp.*), *hemlock* (*Tsuga heterophylla*) og *buskfuru* (*Pinus mugo*) nevnes. Flere av disse er naturalisert og sprer seg i naturlig vegetasjon.

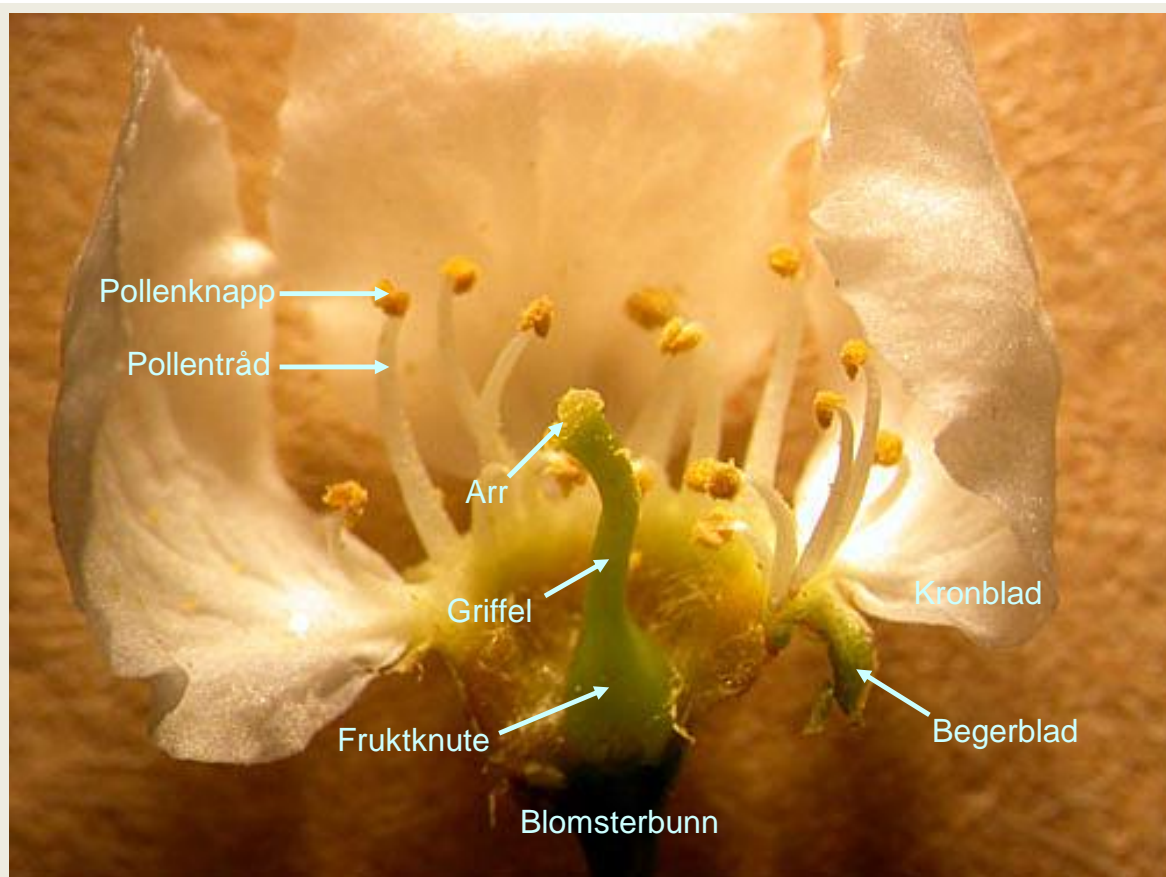
Innen bartrærne finner vi de største og eldste organismene på Jorden. Disse vokser på litt ulike steder i det vestlige Nord-Amerika. Verdens høyeste tre er en "*redwood*" (*Sequoia sempervirens*) som er ca. 115m høy. Bare enkelte *Eucalyptustrær* i Australia blir tilnærmet like høye. *Mammuttrær* (*Sequoiadendron giganteum*) er de tyngste organismene vi kjenner. Det største av disse trærne har en stammeomkrets på 31,3m og et stammevolum på ca. 1500m³. Individer av furuarten "*bristlecone pine*" (*Pinus longaeva*), kan bli ca. 5000 år gamle og er således de eldste kjente levende organismene på Jorden.

Dekkrøete planter (subphylum Magnoliophytina = Angiospermae)

De dekkfrøete plantene skiller seg fra de nakenfrøete ved at frøet er lukket inne i *fruktblader (carpeller)*. Dette har vært en evolusjonistisk fordel på flere måter. Det gir for det første en bedre beskyttelse av frøet, særlig mot uttørring. Dernest er frukten ofte utformet på en måte som gir tilpasning til en bestemt type spredning. Saftige frukter virker f. eks. tiltrekkende på dyr som spiser dem, frøene passerer tarmkanalen uskadd og blir sådd med gjødsel på et nytt sted. Tørre frukter kan f. eks. ha utviklet ulike typer sveveapparater slik at vinden kan frakte dem til et nytt voksested.

Hos de dekkfrøete plantene er gametofyttgenerasjonen ytterligere redusert i forhold til det som er tilfelle hos de nakenfrøete. Særlig gjelder dette den hunnlige gametofyten som er redusert til en embryosekk med bare 8 celler. I tillegg utvikles *dobbeltbefruktning* som gir bedre økonomisering med energi enn det som er tilfelle hos de nakenfrøete plantene. Dobbeltbefruktning sørger for at det bare dannes opplagsnæring til frøet i de tilfeller der befruktning faktisk foregår.

De tidligste dekkfrøete plantene har sannsynligvis vært insektbestøvede. Insektbestøvning er typisk for de dekkfrøete plantene og er en ytterligere tilpasning til landliv i forhold til de nakenfrøete plantene hvor vi bare finner vindbestøvning. Vår tids dekkfrøete planter har utviklet et mangfold av tilpasninger til ulike bestøvningsmekanismer der vind, vann og



Figur 7.13: Snitt gjennom blomst hos hegg (*Prunus padus*). Eksempel på oppbygning hos en blomst. Kronblad + begerblad (blomsterdekkblader), arr + griffel + fruktknote (fruktemne = hunnlige deler av blomst), pollentråd + pollenknapp (pollenbærer = hannlige deler av blomst).

flere dyregrupper fungerer som transportagens for pollen. Insektene er fortsatt den viktigste gruppen av bestøvere, og det er først og fremst samutviklingen (*coevolusjonen*) mellom plante og insekt som har resultert i det store mangfold av dekkfrøete planter som vi har i dag.

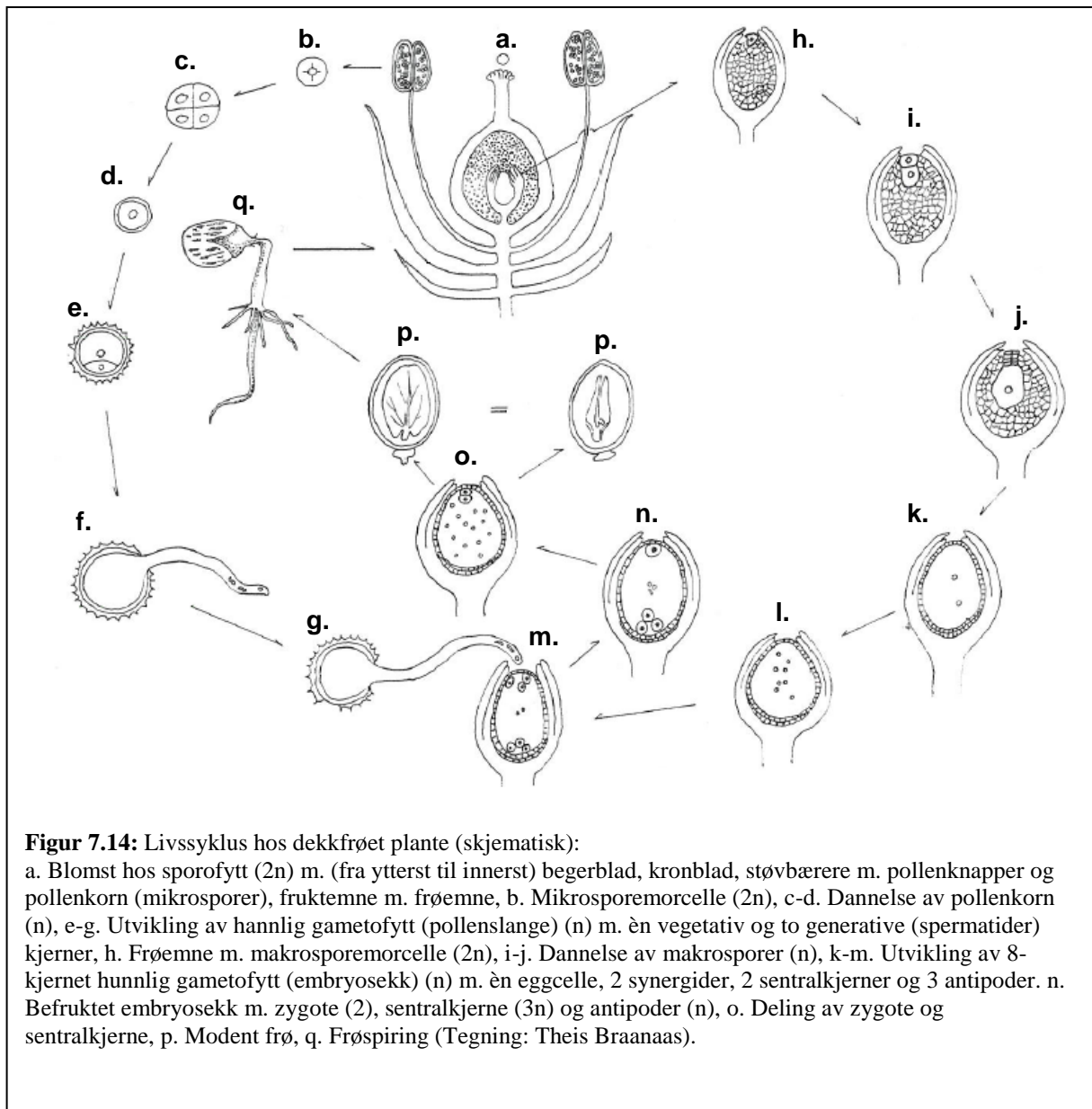
De dekkfrøete plantene ekspanderte for ca. 100 millioner år siden i løpet av krittperioden. Den seinere utviklingen har resultert i at det i dag er denne gruppen som preger det terrestre miljø på jorden. Bare innen denne gruppen er det beskrevet ca. 250 000 arter.

Livssyklus:

Blomstens *støvbærere* inneholder *mikrosporangier* (*pollensekker*). I mikrosporangiene dannes det haploide mikrosporer fra diploide *mikrosporemorceller* ved meiose. Disse kan på ulike vis bli overført til den hannlige del av blomsten på et annet individ. Pollenkornene begynner ofte utviklingen av den hannlige gametofytten før de spres slik at spredningen gjerne foregår når pollenkornet er i et to eller trecellet stadium.

Den hannlige delen av blomsten er dannet ved at *fruktblader* omslutter frøemnet. Fruktbladene er differensiert i en oppsvulmet del (*fruktknuten*) og en utvekst (*griffelen*) som ender i *arret*. Arret er spesielt utformet til å fange opp pollenkorn. Det kan ha stor overflate ved f. eks. fjærformete forgreininger eller det kan være klebrig. Inne i frøemnet dannes det en diploid *makrosporemorcelle*. Denne deles ved meiose til 4 makrosporer. 3 av disse degenererer, mens én videreutvikles til den hannlige gametofytten (*embryosekken*). Makrosporen deles slik at den kommer til å bestå av 8 celler. Disse cellene har lite cytoplasma slik at de nesten bare består av kjernemateriale. 3 kjerner samles innenfor frømunnen, og én av disse utvikles til *eggcelle*. De to andre av disse kalles *synergider*. I motsatt ende av embryosekken samler det seg 3 kjerner. De kalles *antipoder*. Sentralt i kjernen samler det seg to kjerner som smelter sammen og danner en *diploid sentralkjerne*. Den hannlige gametofytten er nå ferdig utviklet og klar til å bli befruktet.

Pollenkornet som er festet på arret vil begynne å spire og utvikle en pollenslange. Dette skjer ved at det indre elastiske laget av cellulose (*intinen*) vil bule ut gjennom en av *aperturene* i det ytre harde laget av sporopollenin (*exinen*) i pollenkornet. Pollenkornet med pollenslange er den hannlige gametofytten og inneholder fullt utviklet 3 kjerner. En av kjernene er vegetativ og styrer pollenslangens vekst. De to andre er generative og utgjør de hannlige kjønnscellene. Pollenslangen vokser ned griffelens innside mot frøemnet. Den vokser inn gjennom frømunnen og tømmer inn de hannlige kjønnscellene. Den ene befrukter eggcellen og den andre befrukter sentralkjernen (dobbelbefruktning). Resultatet blir en *diploid zygote* som utvikles til et *plantefoster* (*embryo*), og en *triploid celle* som kommer til å danne *frøhvite* (*endosperm*). Frøhviten fungerer som opplagsnæring. Etter befruktningen foregår celledelinger slik at opplagsnæring og plantefoster fyller embryosekken. Frømunnen lukkes og frøhinnene utvikles til frøskall. Vanninnholdet i frøet reduseres, og frøet går inn i en hvileperiode. Avhengig av hvilken art det er og hvordan de ytre oppbevaringsforholdene er, kan frøet være spiredyktig i alt fra ett par uker til over 1000 år.



Tradisjonell klassifikasjon av dekkfrøete planter tar særlig utgangspunkt i hvordan *blomsten* er organisert. Blomsten er et organ som er spesielt for denne gruppen. En blomst kan defineres som et forkortet stengelskudd med sterkt omdannede blad (begerblad, kronblad, støvbærere, fruktemne) som står i formeringens tjeneste. Det hersker enighet om at støvbærerne er homologe med mikrosporofyll og at fruktemnet er homolog med makrosporofyll. Blomsterdekkbladene er homologe med stengelblader. Det eksisterer flere teorier om hvordan utviklingen av blomsten har forløpt.

Nyere systematisk forskning har tatt i bruk ulike studier av plantenes DNA for å fastslå slektskap. Dette har ført til mye ny kunnskap om inndelingen av de dekkfrøete plantene. Gruppen har tradisjonelt vært delt i to klasser: *Ènfrøbladete-* og *tofrøbladete planter*. Den videre / nyere inndelingen blir ikke behandlet nærmere her. Det skal likevel pekes på noen hovedutviklingstrender som går fra de opprinnelige blomstertypene til de mest avanserte utformingene vi finner i dag. Generelt gjelder det at de blomstene som anses som mest



Figur 7.15: Mikroskopbilder som viser snitt gjennom fruktemne hos gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*). Til venstre del av fruktemne (skulpe) med mange frøanlegg. Til høyre ett frø(anlegg) med plantefoster (embryo).

Opprinnelige karakterer	Avledete (avanserte) karakterer
Tokjønnete blomster	Enkjønnete blomster
Mange kronblader	Få kronblader
Mange støvbærere	Få støvbærere
Frikronet	Samkronet
Regelmessig blomst	Uregelmessig blomst
Mange fruktblad	Få fruktblad
Flere fruktknuter	Èn fruktknute
Frie frukter	Sammenvokste fruktblader
Frukt med flere frø	Frukt med få frø

avanserte har utviklet ulike typer av spesialiseringer mot en bestemt bestøvningstype. Dette har resultert i en stadig større funksjonalitet i forhold til denne bestøvningstypen.

Det kan utskilles flere hovedutviklingslinjer fra de mest primitive blomstertypene. En av disse fører mot de enfrøbladete plantene. De øvrige fører mot ulike grupper innen de tofrøbladete plantene. Innen denne gruppen har noen av plantene fått redusert bort blomsterdekkbladene og har utviklet vindbestøvning. Her inngår *rakletrærne* og f. eks. *slireknefamilien*. Andre har beholdt frikronete blomster som f. eks. *nellikfamilien* og *rosefamilien*. Langs ulike utviklingslinjer er det utviklet samkronete blomster som den mest avanserte blomsterorganiseringen.

På grunnlag av karakterene ovenfor og flere morfologiske karakterer samt f. eks. innhold av kjemiske stoffer i plantene, er det foretatt en klassifisering av de dekkfrøete plantene. Anvendelse av nyere teknikker med DNA-analyse, har også gitt mye ny informasjon om slektskapsforhold hos de dekkfrøete plantene. Det er nå klart at de tofrøbladete plantene ikke utgjør en monofyletisk gruppe (dvs. har ett felles opphav). Det er derfor nødvendig å dele denne gruppen opp på nytt. Noen av gruppene innen de tofrøbladete plantene omtales

nå som *basale dekkfrøete planter (Angiospermer)*. Flertallet av grupper innen de tofrøbladete plantene utgjør en monofyletisk gruppe som kalles *ekte tofrøbladete planter (eudicots)*. En nærmere redegjørelse for dette faller utenfor rammene til denne presentasjonen.



Figur 7.16: Blomst av hvitveis (*Anemone nemorosa*). Eksempel på blomst med flere opprinnelige karakterer: Regelmessig, frikronet, tokjønnnet, mange støvbærere og fruktblad, flere fruktknuter.



Figur 7.17: Blomster av øyentrøst (*Euphrasia* sp.). Eksempel på blomst med avledete karakterer: Uregelmessig (her ènsymmetrisk), samkronet, få støvbærere, èn fruktknute.



Figur 7.18: Selje (*Salix caprea*) har atskilte hann og hunnplanter. Til venstre ses en rakle med hunnblomster. Til høyre rakler med hannblomster.

Følgende karakterer er egnet til å skille mellom èn- og tofrøbladete planter:

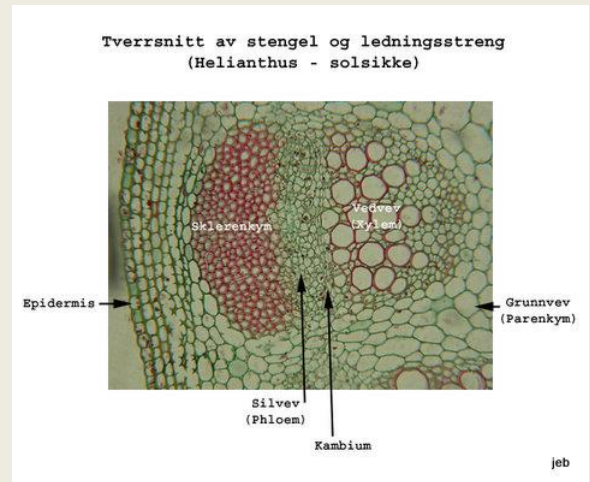
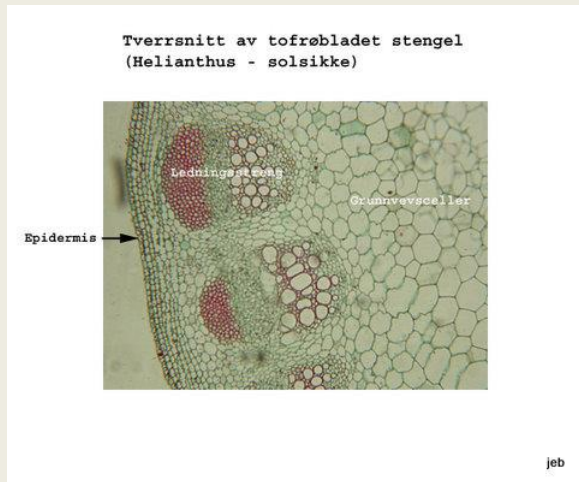
Tofrøbladete	Enfrøbladete
To frøblader	Ett frøblad
Hovedrot	Knipperot
Oftest fjærnervete blader	Oftest parallelnervete blader
Blad med fot og stilk	Blad oftest uten stilk, med bladslire
Blomster oftest 4- eller 5-tallige	Blomster 3-tallige
Pollenkorn med 3 eller flere aperturer	Pollenkorn uten aperturer
Åpent ledningsnett i sentralsylinder, Kambium med sekundær tykkelsesvekst	Ledningsvev i lukkede strenger, ikke sekundær tykkelsesvekst



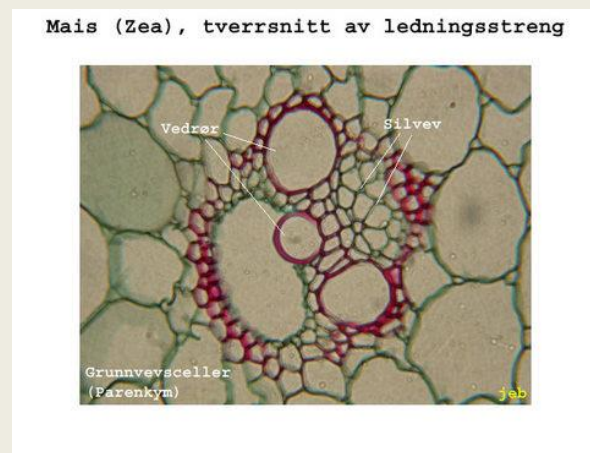
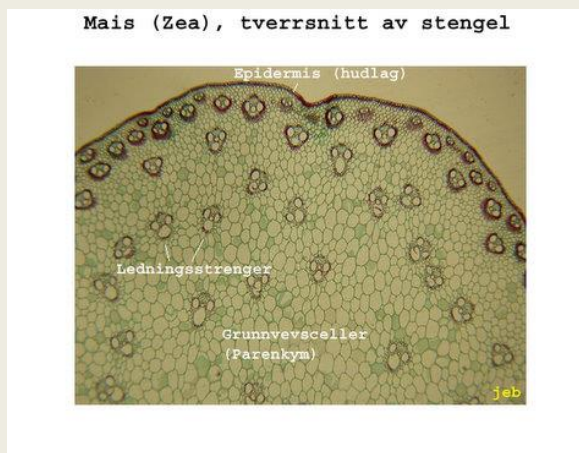
Figur 7.19: Eksempler på enfrøbladete planter. Til venstre fjelltimotei (*Phleum commutatum*) i gressfamilien. Til høyre engmarihand (*Dactylorhiza incarnata*) i orkidefamilien.



Figur 7.20: Eksempler på tofrøbladete planter. Til venstre issoleie (Soleiefamilien). Til høyre Svartopp (Maskeblomstfamilien)



Figur 7.21: Mikroskopbilder som viser oppbygning av stengel hos tofrøbladete plante. Ledningsstrengene er plassert ut mot periferien i stengeltverrsnittet. Til høyre ses en enkelt ledningsstreng.



Figur 7.22: Mikroskopbilder som viser oppbygning av stengel hos enfrøbladete plante. Ledningsstrengene forekommer spredt i hele stengeltverrsnittet. Til høyre ses en enkelt ledningsstreng.

Pollinering (bestøvning)

Begrepet pollinering brukes om den prosessen som overfører pollen fra pollenknapp i en blomst, og avsetter det på arret i en annen blomst. Pollinering er i de fleste tilfeller krysspollinering. Det vil si at pollen overføres til en blomst på en annen plante av samme art.

Pollinering er en forutsetning for befruktning (beskrevet tidligere), og sikrer slik nye genetiske kombinasjoner hos avkommet. Genetiske nykombinasjoner er svært viktige for alle levende organismer på lang sikt. Uten evne til å danne nye genetiske kombinasjoner, vil ikke individer innen en art kunne tilpasse seg endringer i miljøforholdene. Dette kan føre til at artens utbredelse går tilbake, og i det lange løp vil arten kunne dø ut. Krysspollinering er slik sett en nødvendig forutsetning for frøplantenes evolusjon, og mange arter er utviklet som følge av tilpasning til en bestemt pollineringstype.

De fleste arter med krysspollinering sikrer seg mot selvpollinering på ulike måter. Mange er selvsterile. Hvis pollen havner på arret i samme blomst / individ som det ble produsert, vil pollenslangen ikke utvikles, noe som hindrer befruktning. Selvpollinering kan også hindres ved å atskille hannlig og hunnlig blomst i rom eller tid. Noen blomster er særkjønnete. De har altså hann- og hunnblomster atskilt fra hverandre, enten i atskilte blomster på samme plante (monoik = sambu), eller i atskilte blomster på atskilte individer (dioik = særbu). Dette er særlig utbredt hos vindbestøvede arter. Bjørk og hassel er eksempler på sambu. Selje og osp er eksempler på særbu. Mange tokjønnete blomster utvikler hannlige og hunnlige deler til ulik tid. Noen arter utvikler først de hannlige (pollenbærere), og noen utvikler først de hunnlige (fruktemne).



Figur 7.23: Hassel (*Corylus avellana*) har atskilte hann- og hunnblomster på samme individ (sambu). På bildet til venstre ses en knopp der hunnblomstenes grifler stikker ut. Til høyre ses hannrakler med mange hannblomster (pollenbærere).

På lang sikt er det en fordel med kjønnnet formering. Men på kort sikt kan det være vel så effektivt å satse på ukjønnnet formering. Individuer som er godt tilpasset det eksisterende miljøet, vil ha fordel av å formere seg ukjønnnet så lenge miljøet ikke endres. Arten kan da spre seg mer effektivt enn ved den mer energikrevende og mer usikre kjønnete formeringen.

Frøplantene kan formere seg ukjønnnet på flere måter. Vegetativ formering kan foregå ved dannelse av utløpere, yngleknopper, eller andre plantedeler som kan avsnøres fra morplanten og starte å vokse som et eget individ. Partenogenese innebærer at frø kan utvikles uten pollinering og befruktning.

Selvpollinering forekommer i noen tilfeller. Dette kan være en fordel i miljøer der pollineringen er usikker. For eksempel er det flere fjellplanter som har selvpollinering som en reserveløsning. Selvpollinering inntreffer da dersom krysspollinering uteblir. Dette sikrer at planten danner frø, men det tilføres ikke nytt genetisk materiale selv om genotypen blir ulik morplantens.

Pollinering kan foregå på to hovedmåter. Pollen kan enten fraktes av ikke-levende faktorer (abiotisk), eller ved hjelp av levende faktorer (biotisk). Den viktigste abiotiske pollineringen foregår ved hjelp av vind, men noen arter har vannpollinering. Sistnevnte har liten betydning, men gjelder hos planter som blomstrer under vann, eller i vannoverflaten.

Vindpollinering



Figur 7.24: Gressfamilien har vindbestøvede blomster. Bildene viser blomsterstand hos Gulaks (*Anthoxanthum odoratum*). Til venstre ses de lyse, todelte arrene som stikker ut av de øvre småaksene. Til høyre ses fortsatt arrene, men i tillegg ses fiolette pollenknapper festet til lyse pollentråder som stikker ut fra de øvre småaksene.

Hos planter som vokser på steder der biotisk pollinering er usikker, kan det være en konkurransemessig fordel med vindpollinering. Vind kan besørge transport av pollen i åpent lende både i områder og til tider på året der det er liten tilgang på dyr til å frakte pollen. Vindpollinering er følgelig en viktig strategi i fjellområder og mot polene og hos arter som blomstrer tidlig på våren.

Vindpollinering er en usikker strategi i den forstand at den er tilfeldig. Det er svært liten sjansje for at et pollenkorn skal treffe et lite arr i blomsten på en annen plante. Vindpollinerte blomster har utviklet bestemte tilpasninger for at strategien skal være vellykket. I motsetning til blomster som pollineres av dyr, har de ikke behov for tiltrekkende og iøynefallende blomster. Tvert i mot ser vi en reduksjon i blomsterdekkblader som her bare ville vært i veien for vinden. Det er om å gjøre at de funksjonelle delene av blomsten; pollen og arr blir mest mulig eksponert slik at de kommer i kontakt med luftmassene som strømmer forbi blomsten. På denne måten vil pollen bli effektiv sluppet ut i luften samtidig som arret vil kunne fange opp pollen som blåser forbi. I tillegg har arret stor overflate (ofte fjærformet) for å øke sjansen for å fange opp pollen. Mange av løvtrærne våre som har vindpollinering blomstrer på bar kvist. Etter at bladene utvikles vil vindgjennomstrømningen i trekronen reduseres dramatisk. Hvis blomstringen hadde foregått da, ville sjansen for en vellykket vindpollinering vært betydelig dårligere. Hos vindpollinerte arter er det stort sett ett frø per frukt. Dette skyldes at det er liten sannsynlighet for at flere pollenkorn skal treffe samme arr.

Vindpollinerte arter produserer enorme mengder med pollen. Dette er også en viktig strategi for at pollineringen skal lykkes. På dager med gunstige forhold for pollenspredning (tørt, varmt) kan pollenkonsentrasjonen i luften bli svært høy. Dette er en fordel for vindpollineringen til plantene, men har den uheldige bieffekten at det gir store plager for pollenallergikerne.

Biotisk pollinering

Ved biotisk pollinering eksisterer det et gjensidig nytteforhold mellom en plante og et dyr. Planten har noe å tilby som dyret er interessert i, og til gjengjeld frakter dyret pollen fra en blomst til en annen, oftest på en annen plante. I Norden er det nesten utelukkende insekter som pollinerer. I andre deler av verden kan mange ulike dyregrupper hjelpe til med pollinering, men også her er insektene den dominerende gruppen.

For at dyrene skal ville oppsøke blomsten, må den ha tiltrekningsmidler. Det skilles mellom primære og sekundære tiltrekningsmidler. De primære er de varene dyret er interessert i å skaffe seg. De viktigste er pollen og nektar. De sekundære er det som viser at disse varene finnes i blomsten (reklame). De viktigste her er ulike typer visuell attraksjon og duft.

Pollen har høy næringsverdi, og samles særlig av insekter med yngelpleie som f. eks. bier og humler. Det er særlig innhold av proteiner, fett og vitaminer som er viktig føde for insektlarver. Det er ofte lett å observere klumper av pollen som samles på de bakre beinparene til humler. Planter som bruker pollen som attraksjonsmiddel, har stor pollenproduksjon.

Nektar er sukker oppløst i vann, av og til med noen næringsstoffer i tillegg. Sukkerkonsentrasjonen kan variere mellom ca. 25 – 75%. Mange dyr er interessert i tilgang på nektar på grunn av det høye energiinnholdet. Plassering i blomsten og konsentrasjon bestemmer hvilke dyr som kan samle nektaren. Nektaren fins oftest ved basis av kronbladene, i mange tilfeller lett tilgjengelig for alle typer pollinatorer. Men noen blomster har utviklet intrikate strukturer, ofte i form av nektarsporer. Dette gjør at det bare er bestemt tilpassete arter som er i stand til å få tak i nektaren.

Oljer samles av pollinatorer som føde, og fordi de kan være velduftende. Noen insekter bruker slike velduftende oljer for å tiltrekke seg en make.

Seksuell tiltrekning finner vi særlig i orkideslekten *Ophrys* (flueblomst). Her lager orkideen en så troverdig etterlikning av en hunnveps at hannvepsen av samme art prøver å parre seg med orkideen i den tro at det er en hunnveps.

Pollen, nektar, oljer og seksuell attraksjon hos blomster lokker til seg pollinatorer som får på seg pollen og frakter dette videre til en blomst av samme art. Jo mer spesialisert tiltrekningsmekanismen er, jo større sjanse er det for at pollinatoren vil oppsøke en blomst av samme art neste gang. Det er en fordel for planten siden det sikrer en målrettet overføring fra plante til plante innen samme art. Hvis pollinatoren er innom andre arter i mellomtiden, minsker sjansen for en vellykket pollinering.

En annen faktor som er viktig er de sekundære tiltrekningsmidlene. For en plante hjelper det ikke å ha varer å tilby hvis ikke pollinatoren vet om dem. Blomstene har derfor utviklet tilpasninger som driver reklame for særlig pollen og nektar. Dette dreier seg om morfologiske tilpasninger og duft.



Figur 7.25: Blomst av skogfiol (*Viola riviniana*) med nektarguide som leder mot åpningen til nektarsporen.

Visuell attraksjon innebærer utvikling av iøynefallende trekk ved blomsten. Store kronblader, tette samlinger av blomster, farger og kontraster gjør blomsten godt synlig på avstand. Farger oppfattes ulikt av forskjellige dyregrupper, og blomstene har her utviklet tilpasninger som passer til sin pollinator. Kontraster og tegninger i blomsten hjelper pollinatoren med finmanøvrering i blomsten. Ofte er der bestemte striper og mønstre som leder insektet til der hvor nektaren fins (nektarguide).



Figur 7.26: Blomstene hos orkidèer i slekten flueblomst (*Ophrys*) etterlikner utseendet til en hunnveps for å "lure" hannveps til å pollinere blomsten.

Duft er viktig som tiltrekningsmiddel særlig om natt og i skumring, og da ofte i kombinasjon med visuell tiltrekning. De fleste dufter fra blomster skal gi pollinatoren informasjon om at her er det nektar eller pollen å hente. Slike dufter oppfattes som behagelige av oss mennesker også. Men noen blomster satser på såkalt imiterende duft. Slike dufter skal etterlikne lukten av gjødsel, åtsler, etc. Slike dufter tiltrekker andre typer pollinatorer enn de som er på jakt etter nektar og pollen.

I Norge er det nesten utelukkende insekter som står for biotisk pollinering. Som nevnt har coevolusjonen mellom insekt og blomst hatt stor betydning for utvikling av mangfold innen begge gruppene. Det kan pekes på noen fellestrekk med hensyn til pollineringstype innen de ulike insektordenene, men det er likevel betydelig variasjon.

Biller (Coleoptera) er utviklingsmessig en gammel gruppe som har eksistert i flere hundre millioner år. De har vært blant de første organismene som har fungert som pollinatorer. Billene har generelt korte kraftige munddeler og kan spise blomsterdeler, pollen og nektar som ligger åpent og lett tilgjengelig. Blomster som besøkes av biller er typisk utformet slik de første blomstene var. De er generelt tallerken- eller bolleformete og kraftig bygget. Fargene er ofte lyse, grønn- eller skittenhvite med kraftig blomsterduft. Noen blomster tiltrekker åtselbiller. Slike blomster er gjerne purpurfargete med sterk aminoid duft. Eksempler på billebestøvede planter fins bl. a. i familiene: Soleier, skjermplanter, maskeblomster.



Figur 7.27: Blomsterflue på ryllik (*Achillea millefolium*)

Tovingene (Diptera) omfatter et stort mangfold av bestøvere. Mange fluer har korte munddeler som gjør dem avhengige av åpne blomster med lett tilgjengelig nektar, mens enkelte blomsterfluer har utviklet lange sugesnabler som gjør dem mer spesialiserte. Tovingene samler kun nektar til eget bruk. De er viktige bestøvere i kjølige områder og seint på året. Blomster som besøkes er typisk små, flate og ofte i tette blomsterstander. Blomstene har lys farge og gjerne nektarguide. Hvite og gule blomster som tiltrekker fluer, har gjerne svake og søtlige dufter, mens

brune og fiolette blomster har mer ubehagelige dufter. Eksempler på fluebestøvede planter: Arter av veronika, trollurt, kvann, rogn, eføy.

Årevinger (Hymenoptera) omfatter viktige bestøvere som humler, bier og veps. Veps tar lett tilgjengelig nektar og oppsøker enkelt bygde blomster. Humler og bier har stort energibudsjett og oppsøker derfor blomster med mye nektar, eller mange blomster tett samlet. De samler også nektar og pollen til yngelpleie. Humler og bier har lengre sugesnabel, og kan derfor oppsøke mer komplisert bygde blomster. Dette gir en sikrere og mer målrettet bestøvning. Blomster som besøkes har dybde og er ofte usymmetriske eller ensymmetriske. De er mekanisk sterke med landingsplass til bestøver og halvt eller helt lukket. Blomstene er gjerne gule- eller blåfarget med frisk, men relativt svak blomsterduft. Pollenknapper og arr er skjult og plassert slik at pollen overføres ganske presist ved besøk på en ny blomst. Det er oftest få pollenknapper og mange frøemner. Eksempler: Erteplanter, leppeblomster.

Sommerfugler (Lepidoptera) har lange sugesnabler, og oppsøker blomster der nektaren er for dypt gjemt for humler og bier. Dagsommerfugler tiltrekkes av blomster som har liknende visuell utforming som humle- og biebestøvede blomster. Et eksempel er brudespore som er en orkide med lang nektarspore. Nattsommerfugler tiltrekkes av blomster som er synlige i dårlig lys. Slike blomster er lyse, gjerne skittenhvite eller gule med opprevet kontur, og de dufter kraftig. Blomstene har ikke landingsplass, og kan derfor ikke benyttes av humler. Eksempler: Vivendel, nattfiol.

I varmere strøk kan også en rekke andre dyregrupper være aktuelle som bestøvere. Blant virveldyrene spiller særlig fugler og flaggermus en viktig rolle.

Av fugler er det særlig kolibri i Amerika og solfugl i Afrika som oppsøker blomster for å drikke nektar. Ofte er fuglebestøvede blomster røde, en farge som ses godt av fugl, men ikke av insekter. Fugler har svakt utviklet luktesans, noe som kan forklare at fuglebestøvede blomster har lite duft.

Spredning av frukter og frø

Alle levende organismer er avhengige av å produsere avkom for å sikre at arten overlever. Plantene er avhengige av at avkommet spres vekk fra morplanten slik at de ikke konkurrerer med hverandre om lys og næring. En annen effekt av spredning er at individer innen en art kan etablere seg på et nytt sted og slik sett øke artens utbredelse. Formering og spredning er så grunnleggende viktig for levende organismer at de bruker mye energi på dette.

Dersom plantene skal sikre sin fremtid må de produsere spredningsenheter (diasporer) som kan spre avkommet til nye voksesteder. Diasporene kan være enten vegetative eller generative. De vegetative er i prinsippet kloner av morplanten, dvs. genetisk identiske med denne. Det kan dreie seg om yngleknopper, løker eller andre løsrevne plantedeler som kan etablere seg på egen hånd. De generative diasporene er frø dannet som et resultat av pollinering og befruktning slik at det er dannet et plantefoster som er genetisk forskjellig fra morplanten. Frøet kan spres separat eller pakket inn i en frukt eller andre plantedeler fra morplanten.

Spredningsmekanismene er upresise og ødslende. Dette har sammenheng med at sjansen for at en datterplante skal vokse opp og etablere seg som en fullt utviklet plante er svært liten. For å bøte på dette produserer plantene enorme mengder med frø i forhold til mengden livskraftig avkom. Frøproduksjonen følger to hovedstrategier. Noen planter produserer et stort antall frø med lite opplagsnæring. Sjansen for at hvert enkelt frø skal etablere seg er liten, men det store antallet sikrer at noen klarer seg. Andre planter produserer færre frø med mye opplagsnæring. Dette øker sannsynligheten for at hvert enkelt frø skal kunne etablere seg. Plantenes investering i avkommet har åpenbart stor betydning for plantens overlevelse og suksess. Men det at det produseres energirike frø og frukter i store mengder, lager også et viktig matfat for en rekke dyr. Mange dyr er helt avhengige av den føden som frukter og frø utgjør. Dette gjelder ikke minst mennesket som i stor grad ernærer seg av korn. Enten ved at vi utnytter det direkte som brød eller andre kornprodukter, eller ved at vi utnytter det indirekte etter at vi har foret opp dyr som gir oss egg, melk og kjøtt.

Diasporenes tilpasning til spredning bestemmer hvor langt de kan spres fra morplanten. Normalt foregår spredning innen samme område som morplantens populasjon tilhører. Men noen planter har tilpasninger som gjør at diasporene kan spres over lange distanser og innta nye voksesteder. Dette representerer imidlertid et problem med hensyn til etablering. Selv om et individ kan utvikle seg til en fullt utviklet plante med blomstring, vil den få problemer med pollinering dersom det ikke er etablert andre individer av samme art i nærheten. En vellykket kolonisering av nye levesteder vil derfor sjelden foregå før flere individer av samme art er etablert på et nytt levested.

Diasporene har utviklet tilpasninger som sikrer artens spredning. Mange har utforminger og eksponering som er skreddersydd for en bestemt spredningstype. De fleste diasporene er frø eller kombinasjonen frukt / frø. Tilpasning til spredning har ført til utvikling av ulike frukttyper. Noen frukter åpnes ved modning, og så spres frøene ut av frukten. I andre tilfeller spres hele frukten med frø inni. Noen frukter tørker ut ved modning, mens andre svulmer opp og blir saftige. Alle disse tilpasningene har betydning for spredningen, og det kan derfor være hensiktsmessig å se nærmere på hovedtypene av frukter. Som nevnt tidligere er frukten den fullt utviklete fruktknuten som modnes parallelt med frøet. I noen tilfeller svulmer også andre deler av planten opp og får fruktfunksjon. Dette gjelder oftest blomsterbunnen (f. eks. hos eple og jordbær), men det kan også være andre plantedeler. Hos fiken og ananas er det hele fruktstanden som svulmer opp og blir saftig.

Diasporene kan spres ved selvspredning, vindspredning, vannspredning og dyrespredning.

Selvspredning

Ved *selvspredning* hjelper morplanten til med spredningen. Det skilles mellom aktiv og passiv selvspredning. Ved *aktiv selvspredning* leverer morplanten all energi til spredningen, og det kan dreie seg om spredning av vegetative eller generative diasporer. Utløpere fra morplanten som avsnøres som avleggere etter at de er etablert, er eksempler på aktiv selvspredning av vegetative diasporer. Dette fins f. eks. hos jordbær, teiebær og osp. Hos

andre arter er det fruktskafte som vokser på en slik måte at frøene blir sådd. Dette skjer f. eks. hos murtorskemunn der fruktskafte vokser inn i mørke sprekker i berg og murer slik at frøene får utviklingsmulighet. Hos peanøtt vokser fruktskafte ned i jorden etter blomstring slik at frøene blir sådd. En annen type aktiv selvspredding er eksplosiv spredding. I slike tilfeller eksploderer frukten og frøene kastes ut. Hos springfrø skjer dette ved at turgortrykk i fruktveggen øker etter hvert som frukten modnes. Til slutt vil den sprenges. Hos mange erteplanter (eks. tiriltunge, gyvel) eksploderer frukten når den tørker ut. Dette skjer fordi det er bygget inn spenninger i fruktveggen som medfører at den krøller seg hurtig sammen når den er blitt tørr nok slik at frøene kastes ut.

Ved *passiv selvspredding* leveres energien utenfra, men morplanten dirigerer hvordan den utnyttes. Dette er en tilpasning som forekommer hos svært mange planter med kapselfrukt. Når kapselen er moden sprekker den opp i toppen. Det betyr at frøene fortsatt blir liggende i kapselen med mindre det tilføres krefter utenfra. Hos planter med kapselfrukt vil også fruktskafte tørke ut og bli stivt. Dette gjør at kombinasjonen fruktskaft og kapsel vil fungere som en katapult. Når den bøyes tilbake av vind eller andre krefter, vil frøene bli kastet ut når kraften opphører. Spreddingstypen kalles også gjerne for ballistisk spredding.

Vindspredding

Ved vindspredding kan diasporen transporteres i luften eller den kan rulle langs bakken pga. vind. Det kan dreie seg om frø, frukter, andre plantedeler og i noen tilfeller det at hele planten løsner og ruller langs bakken. Det siste er tilfelle med de såkalte *tumbleweeds* som ruller langs bakken og sprer frøene gradvis over et stort område. Transportlengde er avhengig av diasporens fallhastighet (i luft), fallhøyde og vindhastighet kombinert med vindeffekter som turbulens, konveksjon, etc. Diasporens fallhastighet er avhengig av vekt i forhold til overflaten. Vindspreddede arter har derfor følgende hovedtilpasninger: Enten veldig små og lette frø, eller frø med økt overflate. Et eksempel på det første er frø hos orkideer. Disse er små som støvpartikler. I det andre tilfellet blir det relativt tunge frøet forsynt med en lett bæreflate. Det kan være i form av en vinge eller en fallskjermliknende innretning. Gran og furu har frøvinger. Hos bjørk, alm, ask og lønn utvikler en del av frukten seg til en vingeformet dannelse. Hos løvetann, svever, geitrams og selje blir frukten / frøet utstyrt med et sveveapparat av hår som gjør at frøet kan holde seg svevende i lang tid.

Vannspredding

Vann har betydelig bedre oppdrift enn luft. Potensialet for vannspredding er derfor stort. Men siden selve frøet normalt flyter dårlig, er det avhengig av at diasporen utvikler tilpasninger som gjør at den flyter, eller at frøet har evne til å feste seg på flytende gjenstander. Diasporer som spres med vann har ofte luftfylte rom eller ulike typer flottører. Vann- og strandplanter har ofte vannspredding. Eksempler er skjørbuksurt og nøkkerose. Begge har diasporer med luftfylte rom. Det er videre en forutsetning at diasporen tåler å bli våt uten å starte spiring. Det ville vært ødeleggende hvis enzymaktiviteten i frøet startet før spreddingsfasen var avsluttet.

Dyrespredning

Diasporer festes utenpå dyr

Ved spredning utenpå dyr må diasporene ha tilpasninger som gjør at de fester seg på dyret. Dette kan skje ved utvikling av mothaker, kroker eller pigger som gjør at frukt eller frø kan hekte seg fast i pels eller fjærdrakt. Eksempler: Kratthumleblom, klengemaure. En annen tilpasning er utskilling av slimaktige stoffer som kleber frukt eller frø til særlig føttene på dyr (eks. groblad).

Dyr samler diasporer

Maurspredning: Dette gjelder særlig frø som har oljelegeme (elaiosom). Maurene samler frøet og spiser oljelegemet. Det er bare oljelegemet mauren er interessert i, og når dette er spist, blir det uskadde frøet liggende klart til spiring på et nytt sted. Planter med maurspredning eksponerer frøene på bakken ved at fruktskaftene blir slakke når frøene er modne. Da blir de lette å få tak i for maurene.

Spredning ved dyr som lager vinterforråd: Mange frukter og frø inneholder mye opplagsnæring i form av fett, karbohydrater og proteiner. Flere slike frukter og frø tåler oppbevaring godt, og egner seg derfor som matlager for dyr som skal overleve vinteren. Blant smågnagerne og fuglene finner vi mange eksempler på arter som samler vinterforråd. For plantenes spredning er dette i utgangspunktet ugunstig siden dyret ønsker å spise frøet som skal utvikle seg til en ny plante. Men spredningsmetoden er likevel vellykket siden det alltid er tilstrekkelig mange frø som ikke blir spist. Det kan skyldes at lagre kan bli glemt, dyret kan dø før lageret blir brukt, eller dyret kan samle mer enn det trenger. Det er for eksempel vist at nøtteskriker i gjennomsnitt samler 4-5000 eikenøtter pr. år.

Dyr spiser diasporer

Mange dyr spiser frukter. Frøene vil da passere fordøyelsessystemet og bli avsatt sammen med gjødsel på et nytt sted. Noen frø kan bli ødelagt gjennom dyrets fordøyelse, men mange vil være uskadd og til og med spire lettere etter å ha passert dyrets fordøyelsessystem. Det fins til og med eksempler på arter som bare kan spire dersom de har passert fordøyelsessystemet til en bestemt dyreart. Felles for frø som blir spredd på denne måten er at de fins i bløte og saftige frukter som er fristende for dyrene å spise. Fugler er den viktigste dyregruppen som sprer frø på denne måten. Fuglene har rask fordøyelse og liten mekanisk bearbeiding av maten, noe som bidrar til at frøene ikke skades. Mange planter har frukter som er spesielt tilpasset fuglespredning. Frukten må da ha tilpasninger som gjør dem attraktive for fugler. Derfor er mange frukter røde eller mørke og eksponert slik at fugler lett får tak i dem, gjerne oppe i tretoppene (jfr. dette utsagnet om rognebærene: "Høyt henger de og sure er de"). Det er særlig frukttypene bær, steinfrukter og hjelpefrukter som spres på denne måten. Fuglespredning er viktig for plantene siden fugl kan spre frøene over store områder. Også mange andre dyr bidrar til spredning på denne måten. Det fins mange eksempler innen pattedyrene, mennesket er ikke minst viktig.

Tilfeldig spredning

Dette skjer ved at beitedyr får i seg frø når de spiser plantemateriale. Her er det altså ikke frukten som tiltrekker dyret, men frø følger med tilfeldig sammen med resten av planten som blir spist. Mange slike frø vil bli ødelagt når de passerer dyrets fordøyelse. Men noen kan overleve og spire opp på nytt sted. Mange ugress blir spredd på denne måten.

Spredning ved menneskets aktiviteter

Mange av menneskets aktiviteter innebærer utilsiktet spredning av planter (og mange andre organismer). Siden mennesket har stor transportevne (bil, båt, tog, fly), gir det mulighet for transport av arter over store avstander. Det transporteres også så store mengder materiale at det kan være vanskelig å hindre uønskede arter å følge med på lasset. Hvilke arter som spres og hvordan, har endret seg mye gjennom menneskets historie. I tidligere tiders skipsfart ble det brukt jord og stein som ballastmateriale. Ballasten ble lempet på land på et nytt sted når skipet skulle fylles med nyttelast. Dette ga opphav til en egen flora av *ballastplanter*. Jordbruksaktiviteten har på ulike vis bidratt til spredning av diasporer. Menneskets husdyr kan spre frø og frukter på flere av måtene nevnt ovenfor. Med åkerbruket fulgte tidligere en egen ugrasflora som ble spredt med såkornet. Typiske eksempler er kornblomst og kornvalmue der voksestedet fremgår av navnet. Et annet eksempel er planten klinte i nellikfamilien (jfr. uttrykket ”skille klinten fra hveten”). I det moderne jordbruket sørger effektiv rensing av såkornet og kjemisk ugrasbekjemping for at kornugrasene på det nærmeste er utryddet.

Mange av menneskets aktiviteter innebærer også bevisst spredning av diasporer. I noen tilfeller flyttes også hele planter til nye levesteder. Slik transport kan være over korte avstander, men også fra andre kontinenter. Effektene er vanskelige å forutse på forhånd. I noen tilfeller har dette medført store økosystemendringer. Noen eksempler er beplantning med sitkagran og platanlønn. Dette er to arter som har klart seg godt på sine nye levesteder. De produserer mye spiredyktige frø, og plantene konkurrerer effektivt ut lokale arter etter hvert som de utvikler seg.

Litteratur

- Blackwell, M., Vilgalys, R., Taylor, J. W. (2005). Fungi. Eumycota: Mushrooms, sac fungi, yeast, molds, rusts, smuts, etc. Version 14. February 2005 (under construction). Retrieved from <http://tolweb.org/Fungi/2377/2005.02.14>
- Campbell, N. A. (1990). *Biology* (2nd ed.). Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings Pub. Co.
- Curtis, H., & Barnes, N. S. (1989). *Biology*. New York: Worth Publ.
- Dahlgren, G. (1983). *Systematisk botanik*. Malmö: LiberLäromedel.
- Dahlgren, R. (1979). *Angiosperme(r)nes taxonomi*. København: Akademisk forlag.
- Eckblad, F.-E. (1978). *Soppøkologi*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Frisvoll, A. A. (1984). *Norske navn på moser: spesialhefte* (Vol. 1984:1). Tromsø: Avdelingen.
- Fægri, K., & Pijl, L. v. d. (1979). *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press.
- Gjærevoll, O. (1992). *Plantegeografi*. [Trondheim]: Tapir.
- Hallingbäck, T., & Holmåsen, I. (1985). *Mossor: en fälthandbok*. Stockholm: Interpublishing.
- Holien, H., & Tønsberg, T. (2008). *Norsk lavflora*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Høiland, K., & Nordal, I. (1983). *Kinabark og kjerringrokk: systematisk botanikk med vekt på medisinplanter*. Oslo: Univ.forl.
- Kenrick, P., & Crane, P. R. (1997). The origin and early evolution of plants on land. (Cover story). [Article]. *Nature*, 389(6646), 33.
- Kålås, J. A. (2010). *Norsk rødliste for arter 2010*. Trondheim: Artsdatabanken.
- Larsen, K. (1982). *Kormofyternes taxonomi: en kortfattet oversigt*. [København]: Akademisk forlag.
- Lid, J., Lid, D. T., & Alm, T. (2005). *Norsk flora*. Oslo: Samlaget.
- Lye, K. A., & Watson, E. V. (1968). *Moseflora*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Moberg, R., & Holmåsen, I. (1982). *Lavar: en fälthandbok*. Stockholm: Interpublishing.
- Olesen, J. M. (1982). *Blomster og bier - en bestøvningsbiologi*. Holte, Danmark: Skarv - Naturforlag.
- Sadava, D. E. (2009). *Life: the science of biology*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates.
- Strasburger, E., Denffer, D. v., Bell, P. R., & Coombe, D. (1976). *Strasburger's Textbook of botany*. London: Longman.

Vedlegg 1. Liste over faguttrykk

Akrokarp: Toppfruktet (om moser). De reproduktive organene sitter i enden av hovedaksen. Mosen får tueformet vekst.

Annulus: Ring av fortykkede celler i sporehusveggen hos mange bregner. Bidrar til sporespredning.

Antheridium: Hannlig kjønnsorgan hos «lavere» planter (dvs. planter utenom frøplanter). Produserer hannlige kjønnsceller.

Antipode celler: Haploide, normalt 3 celler som fins i embryosekk i motsatt ende av mikropyle og eggcelle.

Apertur: Åpning, eller tynnvegget del av et pollenkorns ytre lag (exine).

Apothecium: Åpent begerformet fruktlegeme hos Discomycetene, en gruppe innen sekksporesopp (Ascomycetes). (Omfatter også lav der soppen er en Discomycet.)

Arkegonium: Hunnlig kjønnsorgan hos moser, karsporeplanter og de fleste nakenfrøete planter. Inneholder èn eggcelle.

Ascogonium: Hunnlig kjønnsorgan hos sekksporesopp. Inneholder mange hunnlige kjønnsceller.

Ascus: (flertall asci) Sporehus hos sekksporesopp. Dannet av èn celle. Inneholder normalt 8 sporer.

Autotrof: Organisme som bare trenger enkle uorganiske forbindelser for å vokse. Energirike stoffer produseres av organismen selv (foto-/kjemosyntese).

Basidium: Sporebærende organ hos stilksporesopp (Basidiomycetes). Hvert basidium bærer normalt 4 sporer på utvekster kalt sterigmer.

Diploid: Celle el. organisme med dobbelt sett kromosomer (2n).

Embryosekk: Hunnlig gametofytt hos dekkfrøete planter. Utviklet fra èn av makrosporene som dannes i frøemnet. Ferdig utviklet består embryosekken normalt av 8 celler. Èn av disse er eggcellen.

Endosperm: Frøhvite. Kompakt, triploid, næringslagrende vev dannet ved sammensmelting av èn hannlig kjønns-celle og de to sentralkjernene i embryosekken.

Endospor gametofytt: Gametofytt utvikles inne i sporen. Gir bedre beskyttelse mot uttørring.

Epidermis: Hudlag. Ytre cellelag hos planter, oftest ett cellelag tykt.

Eukaryot: Celle med kjerne, el. organisme bestående av celler med kjerne.

Exine: Ytre del av veggen i et pollenkornt Utenfor intine. Bygget opp av karotenoid polymeren sporopollenin som er svært motstandsdyktig mot nedbrytning.

Exospor gametofytt: Gametofytten dannes ved deling av hele sporen.

Fertil: Forplantningsdyktig. Plante el. plantedel med sporer el. kjønnsorganer.

Fruktblad: (Karpell.) Dannelse som bærer og lukker inne frøemnet hos dekkfrøete planter. Omfatter fruktknute, griffel og arr. Antatt utviklet fra makrosporebærende blad.

Fruktlegeme: Sporebærende del av sopp. Dannet av tett sammenvevd mycel.

Frøemne: Dannelse bygget opp av frøhinner som omgir et vev kalt nucellus hvor den hunnlige gametofytten hos frøplanter dannes fra makrospore, og hvor eggcellen befruktes. Frøemnet utvikles til frø etter befruktning.

Frøhinne: (Integument.) Hinner som omgir frøemnet og som lukkes og utvikles til frøskall etter befruktning.

Frømunn: (Mikropyle.) Åpning mellom frøhinnene hvor pollenslangen vokser ned til embryosekken slik at eggcellen kan befruktes.

Gamet: Kjønns-celle. Celle eller kjerne som kan «smelte» sammen seksuelt med en annen celle slik at det dannes en zygote.

Gametangiogami: Kopulasjon ved sammenvoksning av to kjønnsorganer.

Gametangium: Celle eller organ hvor kjønns-celler dannes (kjønnsorgan).

Gametofytt: «Kjønnsplante». Kjønns-celleproduserende haploid generasjon i plantenes livssyklus. Utvikles fra haploide sporer dannet av sporofyttgenerasjonen.

Generasjonsveksling: Veksling mellom en kjønnet, haploid generasjon (gametofytt) og en ukjønnet (sporeproduserende) diploid generasjon (sporofytt).

Haploid: Celle eller organisme som bare inneholder ett sett kromosomer.

Heterospor: Organisme som produserer mer enn én type sporer (mikrosporer og makrosporer).

Heterotrof: Organisme som er avhengig av å ernære seg av organisk stoff som allerede er produsert av en annen organisme. (Kan ikke produsere egne energirike stoffer).

Hyfe: Sopptråd. Forgreinet, trådliknende dannelse som samlet danner soppenes mycel. Hos høyere sopp er hyfene septerte (delt inn i rom - septa) med én eller flere kjerner.

Hymenium: Sporebærende lag i fruktlegemet hos høyere sopp. Inneholder asci eller basidier avhengig av sopptype.

Indusium: Slør. Hinnetynt dannelse som beskytter sporehushopene hos noen bregner før sporene er modne. Faller av eller åpnes når sporene er modne

Integument: Se frøhinne.

Intine: Indre del av pollenkornets vegg (innenfor exine). Vesentlig bygget opp av cellulose.

Isidium: Utvekst på lavthallus. Inneholder både sopp og algekomponenten. kan gi opphav til ny lav ved fragmentering.

Isospor: Organisme som produserer én type sporer.

Karpell: Se fruktblad.

Kolumella: Sterilt vev i sentrum av mosenes sporehus.

Konidium: Spore dannet ved mitose hos mange sopp. Dannet på spesialiserte opprette hyfer der sporene avsnøres.

Kormofytt: Plante differensiert i rot, stengel og blad.

Kutikula: Sammenhengende voksaktig lag av cutin som utskilles av epidermis. Fins på plantedeler over jord, og beskytter mot uttørking.

Livssyklus: Utviklingen fra produksjon av kjønnsceller i én generasjon til samme stadium i neste generasjon.

Makrofyll: Oftest relativt store blad med forgreinet nervesystem. Typiske for frøplanter og bregner.

Makrospore: Haploid. Den største av de to sporetypene som produseres av heterosporer arter. Utvikler seg til hannlig gametofytt.

Makrosporemorcelle: Diploid celle som deles ved meiose og danner makrosporer.

Meiose: Reduksjonsdeling. Deling av én diploid celle slik at det dannes 4 haploide celler. Reduksjonsdelingens resultat er celler med variasjon i genetisk sammensetning.

Mikrofyll: Oftest relativt lite blad med én ledningsstreng. Vanlig hos «lavere» planter.

Mikropyle: Se frømunn.

Mikrospore: Haploid. Den minste av de to sporetypene som produseres av heterosporer arter. Utvikler seg til hannlig gametofytt.

Mikrosporemorcelle: Diploid celle som deles ved meiose og danner mikrosporer.

Mitose: Vanlig celledeling. Deling av en celle slik at det dannes to datterceller som hver har en kjerne med samme kromosomtall og samme genetiske sammensetning som morcellen.

Mutualist: Organisme som inngår i et intimt samliv med en eller flere andre organismer slik at partene har gjensidig nytte av samlivet.

Mycel: Samling av hyfer som danner et mer eller mindre løst sammenvevd soppindivid.

Mykorrhiza: Sopprot. Mutualisme mellom en sopp og røttene hos en plante. Ses som koralliknende fortykkelser av planterøttene.

Parasitt: En organisme som skaffer seg næring eller beskyttelse ved hjelp av en annen levende organisme (vert) slik at denne blir skadelidende. Parasitter kan være obligate; kan bare leve parasittisk, eller fakultative; kan i tillegg ernære seg på annen måte (f. eks. saprofyttisk etter vertens død).

Parkjernestadium: (Dikaryon.) Stadium i en sops livssyklus der hyfene (mycelet) inneholder to kjerner i hvert hyfeselement. Kjernene er genetisk forskjellige. Parkjernestadium forekommer hos sekksporesopp og stilksporesopp. Hos stilksporesoppene dannes det ved at to haploide hyfer av forskjellig paringstype vokser sammen.

Perithecium: Lukket, flaskeformet fruktlegeme hos Pyrenomycetene, en gruppe innen sekksporesoppene. (Omfatter også lav der soppen tilhører Pyrenomycetene.)

Plasmodium: Bevegelig, flerkjernet, amøbeliknende protoplasmamasse som danner sopphallus hos en slimsopp (Myxomycetes).

Pleurokarp: Sidefruktet (om moser). Reproduserende organer sitter i spissen av små sideskudd. Mattedannende moser.

Pollen: Blomsterstøv. Mikrosporer hos frøplantene. Utvikles til hannlig gametofytt (pollenslange). Se forøvrig exine og intine.

Pollenslange: Hannlig gametofytt hos frøplanter. Består av tre kjerner; én vegetativ og to generative (spermatider - hannlige kjønnsceller. Pollenslangen vokser inn gjennom frømunnen slik at befruktning kan foregå.

Prokaryot: Celle som mangler kjerne (kjernemembran), eller organismer bygget opp av slike celler; bakterier (og blågrønnalger/-bakterier).

Prothallium: Frittlevende gametofytt hos noen karsporeplanter (eks. bregner). Oftest lite differensiert (thalloid).

Protonema: Forgreinet, trådformet dannelse som utvikles etter at en mosespore har spirt. Selve mosen utvikles fra knopper på protonema.

Rhiziner: Hyfestreng på thallusundersiden av lav. Som regel med festefunksjon.

Rhizoide: Trådliknende festeorganer hos f.eks. moser og gametofytter hos bregner. I tillegg til festefunksjon kan de også ta opp noe vann og næring.

Saprofytt: Plante som ernærer seg ved å utnytte energirike stoffer i dødt organisk materiale.

Somatogami: Kopulasjon mellom to haploide hyfer av forskjellig paringstype slik at det dannes et parkjernemycel med en kjerne fra hver av disse hyfene i hvert hyfeselement.

Soral: Avgrenset thallusdel hos lav hvor soredier blir produsert.

Soredium: (Flertall soredier.) Ukjønnnet spredningsenhet som består av algeceller omspunnet av sopphyfer (bark mangler). Ser ut som et fint pulver.

Sorus: (Flertall sori.) Sporehus. Samling av sporehus hos bregner.

Spermatide: Hannlig kjønnselle som mangler evne til egenbevegelse.

Spermatozoide: Hannlig kjønnselle som har flageller og dermed mulighet til egenbevegelse.

Sporangiofor: Dannelse som bærer én eller flere sporangier. Brukes spesielt om de sporangiebærende greinene hos snelleplantene.

Sporangium: Sporehus. Dannelse der sporer blir produsert. Kan være enkelt, encellet (alger, sopp) eller flercellet (moser, karplanter).

Spore: En enkel, encellet, ukjønnnet formeringsenhet. Produsert ved meiose av sporofyttgenerasjonen i plantenes livssyklus. Sporen spirer og utvikles til en gametofytt. Suffikset spore kan brukes om diploide formeringsenheter også (eks. carpospore, zygosporer).

Sporofyll: Et omdannet blad som bærer sporangier.

Sporofytt: Et individ i diploid generasjon i plantenes livssyklus. Sporofytten oppstår etter «sammensmelting» av to haploide kjønnsceller.

Sterigme: Èn av normalt 4 sporebærende utvekster på et basidium.

Steril: Ikke forplantningsdyktig. Plante eller plantedel uten sporer eller kjønnsorganer.

Strobilus: En veldefinert samling av tett sammenpakkete sporofyll som bærer sporangier arrangert rundt en sentral akse. (Eks. sporesamlinger hos kråkefot- og snelleplanter.)

Synergide: En av to haploide kjerner som ligger inntil eggcellen i den enden av embryosekken som vender mot frømunnen. Deltar ikke i befruktning og tilbakedannes etter befruktning av eggcellen.

Taxon: (Flertall taxa.) En navngitt systematisk enhet uavhengig av nivå i organismenes klassifikasjonssystem. (Eks. Rosefamilien - Rosaceae, roseslekten - Rosa.)

Thallus: Plantelegeme som ikke er differensiert i blad, stengel og rot.

Zygote: Produktet av «sammensmeltingen» mellom to kjønnsceller, før ny deling inntreffer. Zygoten mangler oftest egenbevegelse, men kan ha dette hos noen alger og sopp. Hos «høyere» planter deler zygoten seg straks etter befruktning, mens det kan dannes tykkveggede overlevelsesdyktige zygosporer hos noen sopp og algegrupper.

Vedlegg 2. Feltmetoder i botanikk



Jan Egil Bjørndal

1 OMRÅDEBESKRIVELSE

1.1 Forundersøkelser

Når en skal utføre en feltbiologisk undersøkelse er det fornuftig å starte med å skaffe seg en oversikt over det aktuelle området. En del opplysninger er det mulig å skaffe seg på forhånd.

Viktige kilder ved forhåndsundersøkelse av et område er:

Topografiske kart:

Mest aktuelt er kart i ”Topografisk hovedkartserie”, N50 (tidligere M-711 serien). Dette er et landsdekkende kartverk i målestokk 1:50000. I tillegg fins de eldre gradteigskartene i målestokk 1:100000. I forbindelse med feltarbeid er det sjelden aktuelt å bruke topografiske kart som har mindre målestokk enn dette.

De topografiske kartene gir informasjon om terrengformer, helling og hellingsretning, h. o. h., myr, vann, skog og en rekke andre ting. Det er videre mulig å bruke dem til å angi nøyaktig posisjon for det stedet der feltarbeidet er utført. I M-711 serien gjøres dette ved å angi UTM- (Universal Transverse Mercator) koordinater. Posisjonen kan angis til nærmeste 100 meter rute. Framgangsmåte er beskrevet på hvert enkelt kartblad med eksempel.

Økonomiske kart:

Dette kartverket er i målestokk 1:5000. I noen tilfeller er det laget planggingskart basert på disse i større målestokker (1:1000). Økonomiske kartverk er detaljerte og gir blant annet informasjon om eiendomsgrenser og dyrkningsgrad.

Temakart:

Det er utviklet kart i ulike målestokker over landets naturfaglige forhold. Eksempler på tema som behandles er berggrunn og løsmasser, jordsmonn, klima og vegetasjon. Landsdekkende kart fins i *Nasjonalatlas for Norge*. Disse er i ganske små målestokker. Kart i større målestokker er utviklet for noen områder.

Digitale kart/satelittbilder

Det finnes etter hvert et stort utvalg av digitale kart/satelittbilder som gir mulighet til å skaffe informasjon om en rekke forhold med betydning for et områdes økologi og biologi. Noen eksempler: [Google maps](#), [Norgeskart.no](#), [Kartiskolen](#), [Skog og landskap](#).

Flybilder:

Flybilder er aktuelle ved kartlegging/undersøkelse av et område. Bildene er tatt slik at de delvis overlapper og gir mulighet for stereoskopisk betraktning av et område. Ofte fins det bilder tatt fra ulike tidspunkter slik at vegetasjonsutviklingen i et område kan studeres. Ved en nøyaktig kartlegging av et område, må flybilder brukes slik at grenser kan registreres nøyaktig.

Skriftlige kilder:

I mange av landets områder er det utført mer detaljerte undersøkelser innen geologi, klimatologi, botanikk og zoologi. Opplysninger om disse skaffes ved å søke på aktuelle emner og områder på biblioteket. Ofte er disse publisert i rapporter fra forskningsinstitutter eller offentlige etater. Opplysninger om klimatiske forhold er publisert i oversikten over normalperioden 1961-1990 fra *Det norske meteorologiske institutt*.

Offentlige etater:

Kommunene har alltid opplysninger av betydning for naturfaglige feltundersøkelser. Fylkesmennesenes miljøvern avdelinger bør alltid kontaktes i forbindelse med besøk til verneområder. Fra dem kan en få kart over områdene og ikke minst opplysninger om vernebestemmelsene, som selvfølgelig skal overholdes strengt. Ulike institutter ved universitene har ofte god detaljkunnskap om mange områder.

Muntlige kilder:

Det er fornuftig å kontakte lokalkjente folk i det området som skal undersøkes. Særlig aktuelle her er gårdbrukere eller andre grunneiere. Dette er viktig for å forklare årsaken til at området plutselig blir invadert av en gjeng med ukjente mennesker, og ikke minst for å spørre om lov til å ferdes i et område hvis det er snakk om innmark. Kontakt med lokalbefolkningen gir også mulighet for å få vite noe om særlig interessante naturforhold på stedet, og for å få vite noe om økologiske endringer over tid.

1.2 Områdebeskrivelse i felt

Når man er kommet til det stedet der undersøkelsen skal utføres, er det viktig å fastslå nøyaktig posisjon og h. o. h. ved hjelp av kartet. Deretter må en sammenholde den informasjon en har fått med seg på forhånd, med forholdene slik de observeres på stedet. Dette er helt nødvendig i og med at det ofte kan være stor lokal variasjon i naturen. Denne variasjonen vil det aldri være fullt ut mulig å fange opp i en beskrivelse. Hensikten med en beskrivelse er dessuten ofte å fange opp de generelle trekkene i naturen, dvs. forenkle slik at det blir lettere å få oversikt.

Beskrivelsen som utføres på stedet har flere siktemål. Det viktigste er å klargjøre hvilke økologiske faktorer som har størst betydning for organismene i området. Dernest er det viktig å beskrive området slik at en selv har tilstrekkelig oversikt til å diskutere og forstå det datasett som blir resultat av den videre undersøkelsen. Til slutt må området beskrives så grundig at en er i stand til å rapportere til andre hvordan det så ut og hvilke livsbetingelser som preget området.

Ved å gjøre enkle observasjoner kan vi få god informasjon om livsbetingelsene for organismene på et voksested. I de fleste tilfeller vil det være tilstrekkelig å besvare spørsmålene nedenfor for å oppnå dette, men en bør prøve å få med alle påvirkninger som kan observeres direkte og som kan tenkes å ha betydning for områdets levende organismer. Påvirkningene vil grovt ha sammenheng med kategoriene topografi, geologi, klima og biologi.

1. Hvordan er områdets hellingsgrad?
2. Hvilken hellingsretning (eksposisjon) har området?
3. Hvordan er innstrålingen til området (sol/skygge)?
4. Hvilket substrat er det i området (berg, ur, jord, etc)?
5. Hvordan er fuktighetsforholdene i området? (sml. m. klimadata)
6. Hvordan er vindforholdene i området? (sml. m. klimadata)
7. Er området vegetasjonskledd (viktigste vegetasjonstype)?
8. Er området kulturpåvirket (type; beiting, ferdsel, etc.)? (sml. m. kart / muntlige opplysninger)
9. Er området ensartet mht. de ovennevnte faktorene?

På bakgrunn av forundersøkelsene og feltobservasjonene kan en nå lage en skriftlig beskrivelse av området. Denne bør inneholde et kart der undersøkelsesområdet er merket av. Teksten skal angi geografisk plassering, opplysninger om klima, topografi, geologi, kulturpåvirkning og viktigste vegetasjonstyper. Det kan også være ønskelig å ha med et nøyaktig kart med målestokk eller skisse av selve undersøkelsesområdet.

2 KLIMAMÅLINGER

2.1 Innledning

Dersom en skal gi et representativt bilde av et områdes klima, foretar en målinger i 2 m høyde. I biologien er det imidlertid ofte interessant å foreta mikroklimatiske målinger. På den måten kan en få et bilde av klimaforholdene akkurat på det stedet organismene lever. Forholdene her kan avvike en god del fra det en finner i 2 m høyde. Dette kan greit dokumenteres med enkelt måleutstyr.

2.2 Temperatur

Temperaturen har generelt svært stor betydning for levende organismer. Den påvirker de biokjemiske reaksjonenes hastighet, noe som betyr mye for livsprosesser som vekst, utvikling og formering. Fjellet er karakterisert ved at temperaturen er jevnt over lavere enn i lavlandet. For hver 100 m en stiger opp fra havnivå senkes temperaturen generelt med 0.6°C . Værtypen påvirker dette generelle bildet, og i tillegg kommer en betydelig temperaturvariasjon i både tid og rom.

Temperaturvariasjoner har sammenheng med forskjeller i inn og utstråling og transport av luftmasser. Vintrene med liten innstråling og høy refleksjon pga. snødekket, gir lave vintertemperaturer. Høy innstråling om sommeren kan gi høye dagtemperaturer. På klare netter kan utstråling fra bakken gi kraftig nedkjøling slik at det kan være svært stor forskjell på maksimums og minimumstemperatur gjennom et døgn. Denne effekten kan forsterkes av terrengets utforming. I soleksponerte forsenkninger i terrenget vil absorbert solstråling gi en kraftig oppvarming av bakken. Dette gir samtidig en oppvarming av luftlagene som ligger nærmest bakken. Dersom området ligger beskyttet mot vind er det et relativt begrenset luftvolum som varmes opp, noe som gir høy lufttemperatur. På koller og forhøyninger i terrenget vil bevegelse av luftmassene sørge for at en unngår kraftig oppvarming på solrike dager. Dette skyldes to forhold. Vindens omrøring av luftmassene vil hele tiden bringe "ny" og uoppvarmet luft i kontakt med bakken. Den absorberte solstrålingen vil gå med til å varme opp bakken og et relativt stort luftvolum. I tillegg kommer vindens uttørrende virkning. Vannmettet luft som fordamper fra planter og jord transporteres effektivt vekk slik at fordampningen går raskere. Energi til å fordampe vann må tas fra underlaget slik at dette blir nedkjølt. Om nettene vil varmeutstrålingen fra bakken føre til nedkjøling. I forsenkninger i terrenget vil nedkjølingen bli forsterket ved at kaldluft siger mot de laveste punktene i terrenget. På koller vil kaldluften sige vekk samtidig som der er en mer effektiv blanding med omliggende luftmasser. Nedkjølingen blir derfor mindre på slike steder om nettene. Nedkjøling om nettene motvirkes av overskyet vær som gir mindre tap av langbølget stråling,

og av vind som gir en mer effektiv blanding av luftmassene (forutsatt at området ikke blir tilført kaldluft utenfra).

Lufttemperaturen måles vha. vanlige felttermometre. Maks.- og min. temp. måles vha. spesielle maks. og min. termometre. Disse må "ristes" ned etter hver måling. Jordtemperatur måles vha. spesielle jordtermometre.

2.3 Relativ luftfuktighet

Luftens evne til å holde på vann varierer med temperaturen. Dette kan en uttrykke som vanndampens trykk ved en bestemt temperatur (eks. vanndampens trykk ved 100°C = atmosfæretrykket), eller det kan uttrykkes som mengden vanndamp pr. volum ved en bestemt temperatur. I det siste tilfellet får vi den absolutte luftfuktigheten ved en gitt temperatur. Når luften inneholder så mye vanndamp som den maksimalt kan inneholde ved en gitt temperatur, sier vi at luften er mettet med vanndamp. Den relative luftfuktigheten vil da være 100 %. Den relative luftfuktigheten er forholdet mellom absolutt luftfuktighet ved en gitt temperatur, og luftfuktigheten i vanndampmettet luft ved samme temperatur gitt i %. Dersom en luftmasse er umettet og temperaturen synker uten noen endring av vanninnholdet i luften (absolutt luftfuktighet er konstant), vil den relative luftfuktigheten øke inntil metning (100 % relativ luftfuktighet). Den temperaturen hvor dette skjer vil være doggpunktet for den aktuelle luftmassen.

Forskjellen mellom aktuell (målt) relativ luftfuktighet og 100 % relativ luftfuktighet kalles metningsdefisit. Hvor stor denne er sier mye om luftens evne til å ta opp vann fra omgivelsene. Følgelig er dette et viktig mål på hvilket tørkestress plantene utsettes for.

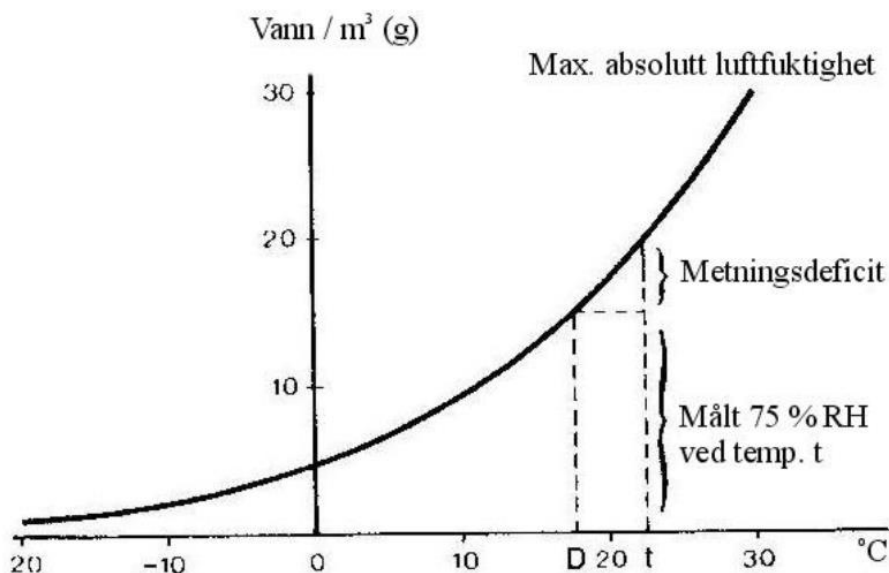


Fig. 2.1: Metningskurve for vanndamp ved noen temperaturer.

Relativ luftfuktighet måles enklest ved å bruke et hårhygrometer. Relativ luftfuktighet kan da leses direkte av på en skala. Hårhygrometre må justeres dersom de viser lavere rel. luftfukt.

enn 95-100 % etter å ha vært pakket inn i et fuktig klede i en halv time. De justeres da til 98 %. En mer nøyaktig måling fås ved å bruke et psykrometer. Disse fins i ulike utførelser. Felles for dem er at de har to termometre, ett som måler den aktuelle lufttemperaturen og ett som er påført en "strømpe" som kan fuktes. Sistnevnte termometer måler doggpunktstemperaturen. Det psykrometeret vi bruker inneholder en vifte som kan trekkes opp slik at det trekkes en luftstrøm forbi termometrene. Dersom luften har relativ luftfuktighet mindre enn 100 %, vil luften ta opp vann etterhvert som den passerer det fuktige termometeret. Fordampningen er energikrevende og energien tas fra termometeret. Dette resulterer i lavere temperatur på det fuktige enn på det tørre termometeret. Ved å gå inn i en tabell kan den relative luftfuktigheten bestemmes.

3 JORDUNDERSØKELSER

3.1 Innledning

Et områdes jordsmonn har svært stor betydning for hvilke planter som kan vokse på et sted og hvor stor planteproduksjonen blir på det aktuelle voksestedet. Dette er i sin tur bestemmende for hele økosystemets struktur og funksjon. Jordsmonnet består av hovedkomponentene mineralmateriale, organisk materiale, vann og gasser. Mengde og type av disse komponentene påvirker fysiske og kjemiske vekstforhold på mange måter. Viktige faktorer som påvirkes / bestemmes av jorden er drenering, vannkapasitet, innhold av plantenæringsstoffer (ioner), levende organismer. De levende organismene påvirker jorden særlig gjennom nedbrytning og omrøring av jordsmonnet. Jordens egenskaper som vekstmedium for planter er et produkt av en serie kompliserte interaksjoner mellom komponentene som inngår i jorden.

3.2 Jordprofiler

Relativt enkle observasjoner og målinger gir grunnlag for å trekke slutninger om jordens egenskaper. Observasjon av hellingsgrad, og substrat gir informasjon om fuktighetsforhold og næringsstatus. Utgraving og beskrivelse av jordprofiler gir informasjon om næringsstatus.

Et jordsmonn er dannet ved at klima og levende organismer har påvirket en jordart. Organisk materiale tilføres i hovedsak ovenfra, brytes ned og innkorporeres gradvis i jordarten som ligger under. På grunn av dette blir et jordsmonn mer eller mindre horisontalt lagdelt. Jordsmonnet ligger oppå en uforandret berggrunn (R). Det kan deles i tre lag som gis signaturene A, B, C. A-laget kan deles i et øvre reint organisk lag som betegnes A_o (der o står for organisk). A_o-laget består øverst av et strølag av døde plantedeler og nederst kan det være utviklet et lag av organisk materiale under nedbrytning som betegnes humus (råhumus hvis det er lite nedbrutt). Resten av A-laget består av humusblandet (i varierende grad) mineraljord hvor det foregår utvasking, dvs. ioner som blir oppløst i jordvæsken transporteres vekk med vannet i jorden. Humusstoffene er mørke på farge. Generelt er det derfor slik at et mørk farget A-lag inneholder mye humusstoffer. B-laget som ligger under er et utfellingslag der bl. a. mineralsalter og humusstoffer avsettes. I dette laget akkumuleres gjerne tungtløselige jern- og aluminiumforbindelser. B-sjiktet er følgelig ofte rustbrunt på farge. C-laget er det opphavsmaterialet som jordsmonnet er dannet fra. Dette kan være dannet ved forvitring av den underliggende berggrunnen (R) eller det kan være transportert til stedet f. eks. som morene eller elveavsetning.

Et jordprofil graves enklest ut vha. en vanlig spade. En bør grave dypt nok til at alle sjikt som er påvirket av røttene kan observeres. Når profilet er gravd ut bør det renses ved å føre spadekanten fram og tilbake langs profilet parallelt med markoverflaten. Det bør deretter tegnes en skisse av profilet der en får fram eventuelle sjikt med farge og tykkelse, innhold av grus/stein og hvor hovedmengden av røtter er lokalisert. (Les om de viktigste jordprofiltypene i Norge i Bjerketvedt & Pedersen s. 101-103).

Når profilet er beskrevet kan det tas ut jordprøver for nærmere analyse i laboratorium. Det er da gunstig å ha med ca. 0.5 kg jord. Jordprøven tas ut vha. planteskje eller spesialredskap (jordprøvetaker), og overføres til plastpose som tettes igjen og merkes godt med vannfast tusj. Det bør samtidig gjøres notater om prøvestedet i feltnotatboken.

3.3 Jordbeskrivelse

Jordens pH kan måles enkelt, og denne faktoren er normalt en god indikator både på innhold av plantenæringsstoffer og biologisk aktivitet i jorden. Områder med høy pH (5.5 - 7) og jevnt god fuktighetstilgang har oftest høy biologisk produksjon. Ved en enkel måling til feltbruk fungerer det bra å bruke 100 ml plastflasker fylt 1/3 full med jord. Flasken fylles deretter opp med destillert vann. La flasken stå i 4 timer og rist kraftig med jevne mellomrom. pH måles vha. pH-meter.

	Ao	Strø
	Ao	Humus
	A	Utvaskingslag
	B	Utfellingslag
	C	Opphavmateriale
	R	Berggrunn

Fig. 4.1: Generelt jordprofil som viser inndelingen i hovedsjikt.

4 BOTANISK FELTARBEID

4.1 Innsamling av planter

Ved botanisk feltarbeid er det viktig å være istand til å bestemme flest mulig av plantene en finner ute i felt. Men av ulike årsaker er det ofte aktuelt å samle inn planter for videre bearbeiding i laboratoriet. Det kan være fordi det er nødvendig med en mer nøyaktig bestemmelse som krever annen litteratur enn det en har med i felt, det kan være fordi en skal gjøre videre undersøkelser som involverer plantematerialet, eller det kan være fordi en skal dokumentere en planteforekomst fra en bestemt lokalitet.

I slike tilfeller må en passe på å foreta innsamlingen på en måte som sikrer at en har med de plantedeler som trengs. En må også oppbevare planten på en måte som gjør den egnet for videre behandling. Dette kan gjøres ved å samle plantene i plastposer, og holde dem friske ved å ha litt vann eller fuktig mose i posen. Ved innsamling skal plantens basis tas med, men ikke roten. Det må noteres opplysninger om plantens voksested i feltnotatboken. Her skal det først angis lokalitet med nøyaktig kartreferanse. Videre må det noteres korte og presise notater om de økologiske forholdene på stedet og hvilken vegetasjonstype arten er funnet i.

Saml aldri inn planter som det bare fins få eksemplarer av på stedet, og pass på at planter eller plantedeler ikke samles inn på en måte som virker skjemmende eller på andre måter skader miljøet.

4.2 Konservering og oppbevaring av planter

Karplanter oppbevares best ved pressing. Konserveringsmåten er prinsipielt tørking, men kombinert med pressing gir det mulighet for å ta vare på tørkede planter uten at de blir ødelagt.

Ved pressing må planten legges til rette slik at de delene som er viktig for bestemmelse er lett synlige. Planten plasseres så i et porøst omslagspapir, f. eks. et blad fra en avis. Dette plasseres så mellom to lag av absorberende materiale, f. eks. to hele aviser. Deretter kan det plasseres i en plantepresse. Her er det mulig å kjøpe ferdige presser eller lage til en provisorisk ved å skjære til finerplater. Til bruk i felt bør en passe på å bruke tynne finerplater som holdes sammen av en reim. Til bruk på laboratoriet kan en bruke tykkere plater, med større vekt på slik at presset blir jevnere. Det er viktig å være klar over at det ikke er vekten som er det sentrale ved plantepressing. Det som er om å gjøre er å få tørket planten så fort som mulig. Derfor må en passe på å skifte det absorberende laget ofte i starten (helst allerede første dagen). En må videre huske på å ikke åpne omslagspapiret som planten ligger i. Da vil den lett kunne bli ødelagt. Hvis en skifter papiret slik noen ganger (hvor mange avhenger av plantens vanninnhold) er en sikret et bra resultat ved pressing av de fleste planter. Hvis en derimot slurver med skifting av absorberende papir, vil ikke planten tørke skikkelig, og den vil bli angrepet av sopp og begynne å råtne.

Når planten er ferdig presset kan den videre oppbevares ved å monteres på herbariepapir. Her bør en bruke tynne strimler av tape for å feste planten. Det er også mulig å montere den under kontaktpapir, men dette kan være vanskelig å få lagt på uten å skade planten. Det kan også gjøre det vanskelig å studere planten skikkelig seinere.

På herbariearket skal planten ledsages av en herbarieetikett som gir systematiske, geografiske og økologiske opplysninger om planten. Opplysninger som skal være med kan leses ut av oppstillingen nedenfor.

<u>Opplysninger:</u>	<u>Eksempel:</u>
Familie:	Erteplantefamilien (Fabaceae)
Vitenskapelig navn:	Trifolium pratense
Norsk navn:	Rødkløver
Funnsted (Fylke, kommune, sted, UTM- koord.):	Sogn og Fjordane, Aurland, Berekvam (32V)LN966409
Økologi:	SØ-vendt vegkant
Dato:	02.09.1996
Finner:	B1-feltkurs
Bestemt av:	Ola Nordmann

Moser og lav er enkle å konservere ved at de kun trenger å tørkes. Ved tørking vil de i noen grad endre farge, og de vil bli sprø og lett kunne ødelegges. Det kan derfor være hensiktsmessig å legge dem i svakt press slik at de lettere kan oppbevares uten å bli skadet. Mosebladene vil krølle seg sammen og endre form i forhold til i frisk tilstand. Men de får relativt raskt tilbake sin opprinnelige form ved påny å tilsette vann. Det er også her viktig å få tørket dem raskt slik at en unngår råtning. Tørkete moser og lav oppbevares oftest i konvolutter som brettes av papirark. På utsiden av konvolutten festes en herbarieetikett med samme type opplysninger som for karplanter.

4.3 Vegetasjonsanalyser

4.3.1 Innledning

I botanisk økologi er vi interessert i å forstå hvordan det abiotiske miljø påvirker plantene, hvordan plantene påvirker hverandre innbyrdes, og hvordan øvrige biotiske faktorer virker inn på plantene. For å kunne forstå dette er det nødvendig å registrere hvilke planter vi finner på et sted, hvilke mengdeforhold de forekommer i og hvordan de abiotiske og biotiske forholdene er på stedet. Hvilken registreringsmetode en bruker er avhengig av hva som er målsetningen med undersøkelsen.

4.3.2 Krysslister / artslister

Dette er en relativt hurtig arbeidsmåte som innebærer at en går inn i et område og noterer ned / krysser ut på en liste de artene en finner. Listen følges at av notater om økologiske forhold og grove anslag over det mengdeforhold artene forekommer i. Et større område deles gjerne opp i delområder. Dette er en metode som anvendes der en raskt vil skaffe seg en oversikt over et områdes botaniske mangfold. Metoden har vært mye brukt i forbindelse med undersøkelse av et område før et planlagt naturinngrep. Dette har særlig vært aktuelt i forbindelse med vassdragsutbygginger, men også ved store veiprosjekter (trekantsambandet i Sunnhordland) og store industriutbygginger som f. eks. utbygging av olje- og gassbehandlingsanlegg. Metoden gir først og fremst kvalitative opplysninger om området. En får gode indikasjoner på om området inneholder spesielle eller sjeldne artsforekomster, eller om det har andre trekk som kan gjøre det verneverdig. Metoden brukes derfor ofte for å skaffe

seg en grov oversikt over et område slik at en seinere kan avgjøre om eller hvor det er nødvendig med grundigere undersøkelser.

4.3.3 Undersøkelse av plantesamfunn

Plantesamfunnsbegrepet har sitt utgangspunkt i at den enkelte plantart bare kan vokse der miljøforholdene er gunstige for den. Så selv om artenes etablering på et sted kan romme mange tilfeldigheter, er artssammensetningen på et sted i stor grad bestemt av de økologiske forholdene på stedet. Dette betyr at planter med liknende miljøkrav opptrer sammen i bestemte plantesamfunn. Et modent plantesamfunn har en slik sammensetning at artenes økologiske nisjer til sammen utnytter voksestedets ressurser på best mulig måte, og slik at alle artene får en tilstrekkelig nisje. Likevel er der en kontinuerlig konkurranse mellom de arter og individer som inngår i samfunnet, slik at det aldri vil se helt likt ut fra år til år. Men så lenge samfunnet varierer innen gitte rammer (fluktuerer) sier vi at det er i *dynamisk likevekt*. En slik likevekt kan være et resultat av lang tids utvikling der arter har erstattet hverandre etterhvert som de har innvandret, eller forholdene på stedet er endret slik at det er gitt rom for nye arter. Når en slik likevektstilstand er nådd har vi fått et *klimakssamfunn*. Dette kan være et endelig klimakssamfunn eller et subklimaks som er oppnådd på grunn av en bestemt type påvirkning, f. eks. beiting. Hvis denne påvirkningen opphører eller en annen forandring inntreer, vil artssammensetning og mengdeforhold begynne å endre seg igjen inntil en ny likevekt inntreer. Denne prosessen kalles en *suksesjon*, og innebærer en retningsbestemt forandring av vegetasjonen på et sted over tid.

Den vitenskapen som undersøker plantesamfunn kalles for *plantesosiologi*. Plantesosiologien beskriver vegetasjonens sammensetning, funksjon og dynamikk, samt forholdet mellom ulike plantesamfunn. Det er de økologiske forholdene som bestemmer et plantesamfunns utstrekning. Det betyr at områder som er økologisk heterogene vil ha stor variasjon i plantesamfunn på et begrenset område, mens i økologisk ensartete områder vil samme plantesamfunn dekke et stort område. Topografien påvirker andre økologiske faktorer. På Vestlandet som har en svært variert topografi innebærer dette en stor variasjon i plantesamfunn på relativt begrensede områder. Slik sett framstår naturen som en mosaikk av ulike plantesamfunn. Grensene mellom de ulike samfunnene er sjelden skarpe. Det oppstår derfor overgangssoner der det fins arter fra begge de to tilgrensende samfunnene. Slike overgangssoner kalles for *økotoner*.

4.3.3.1 Plantesosiologisk analyse

Framgangsmåten ved en plantesosiologisk analyse kan punktvist settes opp slik:

1. Valg og avgrensning av analyseareal
2. Utvalg av analyseruter innen arealet (form, størrelse, antall)
3. Vurdering av økologiske forhold
4. Vurdering av vegetasjonens sjiktning
5. Undersøkelse av hvilke arter som inngår - kvalitativ sammensetning
6. Vurdering av artenes dekning - kvantitativ sammensetning

1) Når en skal studere et samfunn, må en først avgjøre om det en studerer har *homogent vegetasjonsdekke*. Det vil si at en må avgjøre om en studerer et samfunn eller en økoton. Plantesosiologiske studier skal arbeide med samfunn Det er derfor alltid en forutsetning å

studere homogen vegetasjon. En slik homogen vegetasjonssammenslutning ute i naturen kalles et *bestand*, eller en *sosiasjon*. For at et bestand skal være homogent, må de samme artene inngå i noenlunde samme mengdeforhold over hele arealet. Hvis en art eller en gruppe av arter bare forekommer i en avgrenset del av arealet, er det inhomogent og altså ikke et bestand. Dvs. der må ikke være over- / underrepresentasjon av arter i noen deler av arealet.

2) Den plantesosiologiske analysen baseres på analyse av prøveflater. Ideelt sett hadde det vært ønskelig å analysere hele bestandet. Men det ville vært altfor arbeidskrevende. Analysemetoden må derfor bli et kompromiss mellom det at bestandets arter er tilstrekkelig representert, og at analyseflaten har et areal som er praktisk mulig å studere. Dette løses ved å legge ut representative analyseruter i bestandet. I og med at bestandet er homogent skal det være tilfeldig hvor analyseruten legges. En bør likevel legge den i trygg avstand til den omgivende økoton. Størrelsen på analyseruten bør bestemmes ved å finne bestandets minimumsareal.

Minimumsarealet finnes ved å først telle opp artene som inngår i et lite prøvekvadrat (50cm x 50cm). Deretter fordobles arealet, og artene telles opp på ny. Dette gjentas til det ikke lenger er noen vesentlig økning for hver arealfordobling. Det gir god oversikt å sette opp en arts - arealkurve. Der kurven flater ut er minimumsarealet nådd.

3) De økologiske forholdene som karakteriserer prøveflaten vurderes vha. spørsmålene i kapitlet om områdebeskrivelse. Opplysninger noteres i feltnotatbok eller føres inn i vedlagt analyseskjema.

4) I et plantesamfunn er det stor forskjell på artenes romlige utbredelse. For å gjøre bestandsanalysen mer oversiktlig er det derfor vanlig å dele vegetasjonen inn i ulike sjikt:

- A) Tresjikt: Trær og høyvokste busker, høyere enn 2 m.
- B) Busksjikt: Busker og ungtrær mellom 0,8 og 2m.
- C) Feltsjikt: Urteaktige planter og dvergbusker, oftest mellom 0,1 og 0,8m.
- D) Bunnsjikt: Moser og lav, oftest lavere enn 0,1m.

Gjennomsnittlig sjikthøyde anslås, og sjiktens dekning angis i prosent.

5) Den kvalitative undersøkelsen forutsetter artskunnskap. Alle arter som inngår i analyseruten skal i utgangspunktet bestemmes. Dette krever nøyaktig arbeid for å leite fram alle artene. Dersom det er noen arter som ikke blir bestemt i felt, må disse tas med til laboratoriet for bestemmelse der. Innsamlingsmetodikken som er omtalt over må da anvendes. Det er svært viktig at det gjøres notater om disse artene i felt, slik at det er mulig å innarbeide dem i analysene i ettertid.

Den kvalitative analysen utføres og plantenavnene skrives inn i analyseskjemaet.

6) For å forstå et plantesamfunns funksjon er det viktig å vite noe om hvilket mengdeforhold artene forekommer i. En kan tenke seg mange måter å gjøre dette på, men det som er viktig er å bruke en metode som er tilstrekkelig nøyaktig samtidig som den ikke er altfor arbeidskrevende. Den metoden som brukes kalles dekningsgradsanalyse og baserer seg på en (subjektiv) vurdering av hvor stor andel av ruten hver enkelt art vil dekke dersom en projiserer alle plantedeler som tilhører individer av arten og som inngår i ruten, ned i et plan.

Det er utviklet flere skalaer til hjelp i dette arbeidet. Vi skal bruke den 5- delte skalaen til Hult - Sernander:

Dekningsgrad:	Dekning:
5	mellom 1/2 og 1/1 av rutens areal
4	mellom 1/4 og 1/2 av rutens areal
3	mellom 1/8 og 1/4 av rutens areal
2	mellom 1/16 og 1/8 av rutens areal
1	mindre enn 1/16 av rutens areal
(+)	enkeltindivider)

Det er viktig å være klar over at den totale dekningsgraden for alle artene i ruten oftest vil overstige 100 %. Dette skyldes at et samfunn inneholder arter som sprer sine plantedeler utover i rommet, mens vi ved dekningsgradsanalysen behandler hver enkelt art som om den hadde sine plantedeler i ett plan. Metoden er basert på subjektiv vurdering, og kan derfor synes unøyaktig. Men med litt trening viser det seg at der er svært liten variasjon i bedømming av dekningsgrad. Dette sammen med at den arbeidsmessig er overkommelig gjør den til et egnet redskap ved plantesosiologisk analyse.

Den kvantitative analysen utføres ved at artene i analyseskjemaet tildeles dekningsgrader.

4.3.3.2 Behandling av analysedata

Siden en ruteanalyse aldri kan gi et riktig bilde av et plantesamfunn, må en beskrivelse alltid baseres på flere analyser. Disse kan være tatt i samme bestand (hvis bestanden er stort), eller de kan være tatt fra et annet bestand med samme vegetasjonstype. Hvis det siste er tilfelle, er det en grundig vurdering av materialet i ettertid som vil avgjøre om bestandene tilhører samme plantesamfunn.

Til hjelp i arbeidet med å beskrive et plantesamfunn, blir ruteanalysene stilt opp i en tabell. Da kan en regne ut frekvensprosent (F) og midlere dekningsgrad (D) for å se hvilke arter som har størst betydning i den undersøkte vegetasjonen. F finnes ved å summere antall ruter arten forekommer i, dividere på totalt antall ruter og multiplisere med 100. F forteller oss hvor hyppig arten forekommer. En annen viktig opplysning er hvilket mengdeforhold arten opptrer i. Dette kan vi finne ved å regne ut midlere dekningsgrad (D). Denne finnes ved å omgjøre dekningsgraden til en prosentverdi (f. eks. dekningsgrad 5 = 75%, dekningsgrad 4 = 37,5%, osv.). Prosentverdiene summeres og divideres på det antall analyseruter arten forekommer i. Prosentverdien omgjøres til nærmeste hele dekningsgrad. D gir opplysning om hvilket mengdeforhold arten forekommer i når den forekommer. (Se vedlagte tabell). Når en har satt opp tabeller som viser vegetasjonssammensetningen i flere plantesamfunn, er det mulig å foreta en enkel beregning av hvor like de er med hensyn til artssammensetning. En kan da regne ut fellekapskoeffisienten.

Felleskapskoeffisienten har formelen:
$$K_f = \frac{C}{A + B - C}$$

Der A = Arter i samfunn A, B = Arter i samfunn B og C = fellesarter.

Koeffisienten har verdier mellom 0 og 1: Høy verdi indikerer stor likhet og lav verdi, indikerer at samfunnene er lite beslektet.

Sammenlikning mellom to eller flere samfunn basert på fellesskapskoeffisienten, betrakter alle arter som like viktige ved klassifisering. Dette er ikke tilfelle. Noen arter har en smal økologisk amplitude og er derfor mye bedre egnet som indikatorer ved inndeling av vegetasjon enn arter med vid amplitude og som derfor kan vokse i mange forskjellige plantesamfunn. Arter som vi kan bruke på denne måten kaller vi med et samlebegrep for diagnostisk viktige arter.

Vi skiller mellom:

Ledeart (eller karakterart) forekommer bare i ett plantesamfunn (snever amplitude).
Skilleart forekommer i noen, men mangler i andre samfunn (mindre snever amplitude).
Preferanseart forekommer i flere samfunn men er vanligst i ett bestemt samfunn.

Eksempel:

Art	Samfunn			
	A	B	C	D
Ledeart for A	+	-	-	-
Ledeart for B	-	+	-	-
Ledeart for C	-	-	+	-
Ledeart for D	-	-	-	+
Skilleart for AB mot CD	+	+	-	-
skilleart for CD mot AB	-	-	+	+
Skilleart for ABC mot D	+	+	+	-

4.3.3.2 Vegetasjonsprofil (transektanalyse)

Ofte er vi interessert i å beskrive endringer i vegetasjonen langs en økologisk gradient. Dvs. vi vil se på hvordan vegetasjonens sammensetning og dominansforhold endres når de økologiske forholdene endres. Den mest hensiktsmessige måten å gjøre dette på er måle ut gradienten i naturen vha. målebånd. En lager deretter en skisse av profilet, aller helst i riktig målestokk og med riktig høydeangivelser. Økologiske forhold beskrives som ved ruteanalyse. Når vegetasjonen skal undersøkes kan en velge å bare se på endring i artssammensetning langs profilet, eller en beskrive endringen vha. ruteanalyse. Det siste er det vanligste siden en da også får med endringer i dominansforhold. Ideelt sett skal en analysere fortløpende langs hele profilet. Det er vanlig å bruke rutestørrelse 1m x 1m. Ofte vil det være slik at lengre deler av profilet kan ha homogen vegetasjon. Det blir da unødvendig arbeidskrevende å foreta fortløpende analyser. I slike tilfeller er det vanlig å øke avstanden mellom analyserutene f. eks. til hver 3. meter. Når en skal framstille et vegetasjonsprofil er det vanlig å lage en skisse over profilet og gruppere artene i forhold til hvilken preferanse de har for ulike deler av profilet. Se fig.

5 DISPOSISJON FOR FELTJOURNAL

1. **Overskrift:** Undersøkt biotop, lokalitet (eks. Myr ved Liseth).
2. **Lokalitetsangivelse, dato:** Presis angivelse, h.o.h. og avstand til nærmeste sted (evt. med UTM-koordinater).

3. Kort lokalitetsbeskrivelse:

Beskrivelsen skal inneholde opplysninger om området som helhet. Følgende bør være med:

- a. Topografi og geologi
- b. Vegetasjonstyper som preger området

4. **Beskrivelse av undersøkte forhold:**

Beskrivelsen skal inneholde presise og detaljerte beskrivelser av det som ble undersøkt på stedet. Punktene nedenfor.

- a. Økologiske faktorer:
 - Beskrivelse og vurdering av de viktigste faktorene som preger levestedet (eks. vanntilgang, helling, substrat, næringsforhold etc.)
 - Resultater fra eventuelle målinger av økologiske parametre.
- b. Biologiske forhold:
 - Viktigste arter i samfunnet
 - Beskrivelse av dominansforhold i ulike sjikt
 - Arter med indikatorverdi
 - Artenes tilpasning til miljøet
 - Analyser (ruteanalyse, transektanalyse, el. andre metoder)
 - Liste over registrerte arter

5. **Tolkning av feltobservasjoner:**

Diskusjon av egne observasjoner. Sammenlikning med andre kilder.

Journalføringen har to hovedhensikter. Det ene er å trene seg i å rapportere presist fra undersøkelser som gjøres i felt. Journalen bør derfor skrives så kort som mulig, men samtidig slik at den inneholder opplysninger om alle viktige forhold som ble gjennomgått eller observert i felt. En annen viktig hensikt med journalføringen er bearbeiding av fagstoffet og å

lage et produkt som en kan ha glede av seinere. Det kan derfor være hensiktsmessig å legge litt arbeid i presentasjonen samt å innarbeide noe av teoristoffet.

Vedlegg 3. Noen arbeidsmåter i botanikk

1 Innsamling av planter

Ved innsamlingen må en passe på å få med de plantedeler som trengs for å kunne bestemme planten. En må også oppbevare planten på en måte som gjør den egnet for videre behandling. Dette kan gjøres ved å samle plantene i plastposer, og holde dem friske ved å ha litt vann eller fuktig mose i posen. Ved innsamling skal plantens basis tas med, men ikke roten. Det kan være lurt å ha med en feltnotatbok hvor en noterer opplysninger om plantens voksested. Eksempler på opplysninger kan være: Lokaltet med kartreferanse, notater om de økologiske forholdene på stedet og hvilken vegetasjonstype arten er funnet i.

Saml aldri inn planter som det bare fins få eksemplarer av på stedet, og pass på at planter eller plantedeler ikke samles inn på en måte som virker skjemmende eller på andre måter skader miljøet.

2 Konservering og oppbevaring av planter

Karplanter oppbevares best ved pressing. Konserveringsmåten er prinsipielt tørking, men kombinert med pressing gir det mulighet for å ta vare på tørkede planter uten at de blir ødelagt.

Ved pressing må planten legges til rette slik at de delene som er viktig for bestemmelse er lett synlige. Planten plasseres så i et porøst omslagspapir, f. eks. et blad fra en avis. Dette plasseres så mellom to lag av absorberende materiale, f. eks. to hele aviser. Deretter kan det plasseres i en plantepresse. Det er mulig å kjøpe ferdige presser eller lage selv av finerplater. Til bruk i felt er det mest hensiktsmessig med tynne finerplater som holdes sammen av en reim. Til bruk på laboratoriet kan en bruke tykkere plater, med større vekt på slik at presset blir jevnere. Det er viktig å være klar over at det ikke er vekten som er det sentrale ved plantepressing. Det som er om å gjøre, er å få tørket planten så fort som mulig. Derfor må en passe på å skifte det absorberende laget ofte i starten (helst allerede første dagen). En må videre huske på å ikke åpne omslagspapiret som planten ligger i. Da vil den lett kunne bli ødelagt. Hvis en skifter papiret slik noen ganger (hvor mange avhenger av plantens vanninnhold) er en sikret et bra resultat ved pressing av de fleste planter. Hvis en derimot slurver med skifting av absorberende papir, vil ikke planten tørke skikkelig, og den vil bli angrepet av sopp og begynne å råtne.

Når planten er ferdig presset, kan den oppbevares videre ved å montere den på herbariepapir. Her bør en bruke tynne strimler av tape for å feste planten. Det er også mulig å montere den under kontaktpapir, men dette kan være vanskelig å få lagt på uten å skade planten. Det kan også gjøre det vanskelig å studere planten skikkelig seinere.

På herbariearket kan planten ledsages av en herbarieetikett som gir systematiske, geografiske og økologiske opplysninger om planten. Opplysninger som skal være med kan leses ut av oppstillingen nedenfor.

<u>Opplysninger:</u>	<u>Eksempel:</u>
Familie:	Erteplantefamilien (Fabaceae)
Vitenskapelig navn:	Trifolium pratense
Norsk navn:	Rødkløver
Funnsted (Fylke, kommune, sted, UTM- koord.):	Sogn og Fjordane, Aurland, Berekvam (32V)LN966409
Økologi:	SØ-vendt vegkant
Dato:	02.08.2007
Finner:	Klasse 7a
Bestemt av:	Ole Olsen

Moser og lav er enkle å konservere ved at de kun trenger å tørkes. Ved tørking vil de i noen grad endre farge, og de vil bli sprø og lett kunne ødelegges. Det kan derfor være hensiktsmessig å legge dem i svakt press slik at de lettere kan oppbevares uten å bli skadet. Mosebladene vil krølle seg sammen og endre form i forhold til i frisk tilstand. Men de får relativt raskt tilbake sin opprinnelige form ved påny å tilsette vann. Det er også her viktig å få tørket dem raskt slik at en unngår råtning. Tørkete moser og lav oppbevares oftest i konvolutter som brettes av papirark. På utsiden av konvolutten kan en feste en herbarieetikett med samme type opplysninger som for karplanter.

Fint konserverte planter kan bli svært dekorative. Ved montering i rammer, eller annen type oppbevaring kan de brukes til å lage flotte utstillinger med ulike tema. Eksempler: Spiselige planter, planter brukt i folkemedisin, planter på skoleplassen, systematiske samlinger (moser, lav, bregner, etc.).

3 Fotografering

Digitale fotoapparater er gode hjelpemidler ved arbeid med planter både i felt og i laboratorium. De er relativt rimelige i innkjøp og tilnærmet gratis i bruk. En kan oppnå mye ved bruk av rimelige kameraer, men det er en fordel at kameraet har makroinnstilling (mulighet for nærfotografering).

Bruk av digitalt kamera har flere pedagogiske fordeler. Bildebehandling og presentasjon kan inngå som en viktig del av arbeid med digital kompetanse. Bruk av kamera har også den fordelen at elevene blir nødt til å fokusere på og konsentrere seg om bestemte deler av naturen om gangen. Dette er nødvendig for å skaffe seg oversikt over det store biologiske mangfoldet.

Ved plantefotografering gjelder det samme som for planteinnsamling. Det er viktig å få med så mye som mulig av planten på bildet. For å oppnå dette kan det være hensiktsmessig å ta flere bilder av samme plante.

- a. Oversiktsbilde:** Bør tas fra siden for at mest mulig av planten skal fremstå skarpt på bildet.
- b. Detaljbilde(r):** Bør alltid vise blomst eller frukt og evt. andre karakteristiske plantedeler.

Der fins mange programmer for behandling av digitale bilder. Enkle redigeringer kan f. eks. utføres med gratisprogrammet Picasa som kan lastes ned her: <http://picasa.google.com/>.

4 Ruteanalyse

Metoden brukes i vitenskapelig sammenheng for å beskrive artssammensetning og mengdeforhold av de ulike artene i et økosystem. Men avhengig av hvor detaljert man jobber, kan ruteanalyse tilpasses alle nivåer i utdanningssystemet fra barnehage og oppover. Den pedagogiske fordelen med metoden er at man får fokusert elevenes oppmerksomhet mot et lite, avgrenset område i naturen. Dette området blir nøye undersøkt (tilpasset det aktuelle klassetrinn), noe som gir kunnskap som kan brukes til å forstå økosystemet som helhet.

Gjennomføring:

- Mål opp et kvadrat på 1m^2 i homogen vegetasjon
- Registrer alle arter som inngår i ruten
- Angi mengde av hver art (D = dominerende, V = vanlig, S = sjelden)
- Sett opp i tabell, artene ordnes sjiktvis (dvs. først arter i tresjikt, så busksjikt, feltsjikt, bunnsjikt)

Tresjikt: Trær og høyvokste busker, høyere enn 2 m.

Busksjikt: Busker og ungrær mellom 0,8 og 2m.

Feltsjikt: Urteaktige planter og dvergbusker, oftest mellom 0,1 og 0,8m.

Bunnsjikt: Moser og lav, oftest lavere enn 0,1m.

I tilknytning til ruteanalysen kan det også være aktuelt å beskrive økologiske forhold hvis formålet med undersøkelsen er å studere et økosystem. Da kan det være til hjelp å besvare spørsmålene nedenfor:

- Hvordan er områdets hellingsgrad?
- Hvilken hellingsretning (eksposisjon) har området?
- Hvordan er innstrålingen til området (sol/skygge)?
- Hvilket substrat er det i området (berg, ur, jord, etc)?
- Hvordan er fuktighetsforholdene i området? (sml. m. klimadata)
- Hvordan er vindforholdene i området? (sml. m. klimadata)
- Er området vegetasjonskledd (viktigste vegetasjonstype)?
- Er området kulturpåvirket (type; beiting, ferdsel, etc.)? (sml. m. kart / muntlige opplysninger)

5 Lære planter / begreper – ”Skattejakt”

Metoden kan tilpasses alle alderstrinn i skolen. Den kan anvendes for å støtte innlæring av bestemte plantearter, grupper av planter og faglige eller mer allmenne begreper (hos de yngste). Metoden forutsetter at eleven har kunnskap som kan anvendes på naturen, eller at læreren gir en beskrivelse / figur som skal bidra til at eleven får kunnskap om et bestemt naturobjekt / -fenomen.

Eksempler på oppgaver kan være:

- Finn en sopp
- Finn 3 lavarter
- Finn 3 mosearter
- Finn en snelleplante
- Finn en kråkefotplante
- Finn en bregneplante
- Finn en nakenfrøet plante
- Finn en plante i skjermplantefamilien
- Finn en plante i gressfamilien
- Finn en spiselig plante
- Finn en giftig plante
- Finn en insektbestøvet plante
- Finn en vindbestøvet plante
- Finn en plante med bær
- Finn en plante som har vindspredning
- Finn en plante som spres med dyr
- Finn en plante med finnete blad
- Finn en plante med taggete blad
- Finn en plante som er myk å ta på
- Finn en plante som stikker
- Finn en plante som lukter godt
- Finn engsyre
- Finn geitrams
- Finn hegg
- Finn svartor
- Finn marikåpe

Vedlegg 4. Laboratorie- og feltoppgaver

Sopp (s. 18-35)

1 Soppdyr, mycel, mykorrhiza

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål

Materiale: Råtnende lauv med fine røtter av bøk.

Framgangsmåte:

Undersøk fuktig råtnende lauv vha. lupe. Studer soppdyr/mycel som ses som hvitaktige tråder eller overtrekk på bladene. Undersøk de fine røttene av bøk, og leit etter mykorrhiza. Mykorrhiza kan ses som koralliknende, fortykkede rotdele som er litt lysere enn resten av røttene. Fotografer eller tegn en rot med mykorrhiza, og beskriv forøvrig det som observeres. Forklar kort hvilken funksjon mykorrhiza har.

2 Gjærceller

Utstyr: Mikroskop, objekt-/dekkglass, pipette, vann

Materiale: Gjær

Framgangsmåte:

Rør ut en liten bit med gjær i vann. Legg en dråpe av løsningen på objektglass med dekkglass oppå. Pass på at løsningen blir tilstrekkelig uttynnet. Observer gjærcellene. Se etter gjærceller som deler seg ved knoppkyting. Fotografer eller tegn, og beskriv det som observeres.

3 Muggsopp

Utstyr: Lupe, pirkenåler, petriskål, (mikroskop, objekt-/dekkglass)

Materiale: Gammelt brød

Framgangsmåte:

Muggsopp kan dyrkes ved f. eks. å oppbevare brøddvarer fuktig og tett (i plastpose) ved romtemperatur i noen dager. Det kan utvikles muggsopp tilhørende forskjellige soppgrupper:

Klasse Zygomycetes (kulemuggsopper): Har hyfer uten tverrvegger

Mucor (kulemugg)

Rhizopus (svart brødmugg)

Klasse Ascomycetes (sekksporesopp): Har hyfer med tverrvegger

Aspergillus (strålemugg): Har kuleformede sporesamlinger

Penicillium (penselmugg): Har penselformede sporesamlinger

Studer muggsopp i lupe. Prøv å finne sporesamlinger og studer formen på disse. Lag mikroskoppreparat av noe av mycelet. Undersøk om hyfene har tverrvegger. Prøv på bakgrunn av dette å finne ut hvilken gruppe muggsoppen tilhører. Tegn eller fotografer, og beskriv det som

observeres.

4 Morkel, Ascus med sporer

Utstyr: Mikroskop

Materiale: Ferdig mikroskoppreparat av Morkel (*Morchella edulis*), ascus med sporer

Framgangsmåte:

Studér det ferdige mikroskopsnittet som er framlagt. Fotografer eller tegn, og beskriv sporesekker (asci) med sporer og deres plassering. Notér ned forstørrelse.

5 Snitt gjennom lavthallus

Utstyr: Mikroskop

Materiale: Ferdig mikroskoppreparat (Lichen sec. thallus)

Framgangsmåte:

Studér det ferdige mikroskopsnittet som er framlagt. Observer barklag, marglag og hvor algecellene er plassert. Fotografer eller tegn et utsnitt av en liten del av snittet. Beskriv og forklar funksjonen til de ulike delene. Noter ned forstørrelse. Observer også fruktlegemer med sporesekker hos laven.

6 Busklav, bladlav, skorpelav

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål

Materiale: Pensumartene av lav

Framgangsmåte:

Studér lavpensumartene og sortér dem til de tre gruppene busklav, bladlav og skorpelav. Noter ned øvrige karakteristiske trekk ved de ulike lavene. (Karakterer dere kan se etter: Fruktlegemer, isidier, soredier (soral), rhiziner)

Moser (s. 40-46)

1. Levermose med stengel og blad

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, mikroskop, objektglass, dekkglass

Materiale: Levermose

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av en levermose med stamme og blad. Observer hvordan bladene er organisert langs stammen. Observer sideblad (eventuelt med rygg og bukflik) og eventuelt bukblad. Tegn eller

beskriv hvordan det ser ut. Riv løs noen av bladene ved å dra pinsetten langs mosens stamme mot basis. Lag mikroskoppreparat ved å legge mosebladene i en vandrdåpe med dekkglass på. Studer bladfasong og cellestruktur. Beskriv, fotografer eller tegn.

2. Torvmose, cellestruktur i blad

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål, mikroskop, objektglass, dekkglass
Materiale: Torvmose

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av en torvmose. Observer forgreining og bladstilling. Tegn eller beskriv. Lag mikroskoppreparat av torvmoseblad ved å rive av blader med pinsett og legge dem i vandrdåpe på objektglass med dekkglass over. Studer bladet i mikroskop. Observer de klorofyllbærende cellene (assimilasjonscellene) som omgir de døde, vannlagrende cellene (hyalinceller). Hyalincellene har ribbeliknede forsterkninger og har porer som kan slippe vann inn. Dette gjør torvmosene særlig egnet til å lagre vann (kan lagre inntil 20 ganger sin egen tørrvekt). Fotografer eller tegn, og beskriv det som observeres.

3. Bladmose med sporofytt

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål
Materiale: Bladmose med utviklet sporofytt

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av en bladmose med sporofytt. Observer forgreining, bladstilling og -form. Studer sporehuset spesielt. Undersøk om det er åpnet. Observer åpninger som sporene spres ut gjennom, og lokk og hette hvis det er uåpnet. Fotografer eller tegn, og beskriv det som observeres.

4. Antheridium og arkegonium hos mose

Utstyr: Mikroskop
Materiale: Ferdige mikroskoppreparater; antheridium og arkegonium

Framgangsmåte:

Studer preparatene og observer hvor antheridier og arkegonier forekommer. Observer formen til antheridier og arkegonier. Fotografer eller tegn, og beskriv og forklar hvilken funksjon de har.

Karsporeplanter (s. 47-57)

1. Kråkefotplanter

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål
Materiale: Kråkefot (stri-/ myk kråkefot eller lusegras)

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av kråkefot. Observer sterile blad (mikrofyll) og strobilus. Pirk løs sporofyll med sporangier fra strobilus og studer disse i lupe. Stikk hull på sporangiet og observer det fine sporepulveret. Fotografer eller tegn, og beskriv det som observeres. Kommenter funksjonen til de ulike delene.

2. Snelleplanter

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål
Materiale: Snelle

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av en snelle. Observer stengelens bygning, stengelledd, kranstilte blad (mikrofyll) og greiner. Fotografer eller tegn, og beskriv det som observeres. Kommenter funksjonen til de ulike delene.

3. Bregneplanter

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål, mikroskop
Materiale: Sisselrot, ferdig mikroskoppreparat av bregneprothallium

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen av sisselrot. Observer rhizom (jordstengel), blader (makrofyll) og sporehushoper. Studer sporehushopene under lupe og observer sporehus med annulus. Lag tegning eller fotografer, og beskriv det som observeres. Kommenter funksjonen til de ulike delene.

Studer bregneprothallium i mikroskop. Kommenter kort funksjonen til prothalliet.

4. Heterospor karsporeplante

Utstyr: Lupe, pirkenåler, pinsett, petriskål
Materiale: Brasmegras (eller dvergjamne)

Framgangsmåte:

Studer oppbygningen til brasmegras. Observer at bladene er festet til en kort stengel og derfor blir sittende i rosett (kortsquddsplante i ferskvann). Pirk bladene løs fra stengelen. Forsøk å unngå å skade den nedre delen av bladet. På innsiden av bladbasis sitter sporangiene. Studer dem i lupe og pirk hull på dem. Observer at der fins noen som inneholder storsporer (makrosporer) og noen som inneholder mange småsporer (mikrosporer). Det er ikke sikkert at begge sporetyper er utviklet på alle eksemplarene. Tegn eller fotografer, og beskriv det som observeres. Kommenter funksjonen til de ulike delene.

Frøplanter (s. 58-82)

1. Blomstens bygning og funksjon

Utstyr: Lupe, pinsett, pirkenåler, petriskål

Materiale: Blomster (eks. gressblomster (raigras, englodnegras, hundegras, etc.) geitrams, rødkløver, vikker, vivendel, etc.)

Framgangsmåte:

Studer blomstene. Fotografer eller lag skisse, og sett navn på delene (jfr. figur i kompendiet). Vurder utifra bygningsmåten til blomstene hvordan pollineringen foregår.

Tilpasninger som hindrer selvpollinering:

- Atskilte hann- og hunnplanter (særbu)
- Atskilte hann- og hunnblomster
- Hannlige og hunnlige blomsterdeler utviklet til ulik tid

Pollineringsmåter:

- Blomster med vindpollinering
 - Mangler tiltrekningsmidler
 - Stor pollenproduksjon
 - Reduksjon av blomsterdekkblader
 - Eksponert arr/pollenknapper
 - Stor arrflate
- (Vannpollinerte blomster)
- Blomster pollinert av dyr (insekter)
 - Har tiltrekningsmidler
 - Primære tiltrekningsmidler: Pollen, nektar, (oljer, sex)
 - Sekundære tiltrekningsmidler: Visuell (form, farge, kontrast), lukt

2. Fruktemne med frøanlegg

Utstyr: Mikroskop

Materiale: Ferdig preparat (Capsella embryo)

Framgangsmåte:

Studer det ferdige mikroskoppreparatet. Observer fruktemne, frøanlegg og plantefoster med 2 frøblader. Fotografer eller lag tegning, og sett navn på det som er observert.

3. Frø

Utstyr: Lupe, skalpell, pirkenåler

Materiale: Frø (bønne), tørt frø og frø som har ligget i vann over natten.

Framgangsmåte:

Sammenlikn tørt og fuktet frø. Beskriv forskjeller og forklar hva som har skjedd. Undersøk bønnefrøets ytre og indre bygning. Fotografer eller lag skisse, og sett navn på de ulike delene av frøet. Følgende karakterer skal være med: Frøskall, arr etter frøstreng (hilum), arr etter frømunn (mikropyle), frøblad, plantefoster med rot-, stengel- og bladanlegg. Bruk lupe.

4. Innsamling av frukter og frø

Framgangsmåte:

Gå en kort tur i området rundt skolen, og saml inn det dere finner av frukter/frø. Hvilke planter bærer fortsatt frukter? Prøv å vurdere om dette har noen betydning for disse plantenes spredning. (Jfr. også pkt. 4).

5. Vurdering av spredningsmåten til frukter og frø

Utstyr: Lupe, petriskål, pirkenål, pinsett

Materiale: Innsamlet materiale, utdelte frukter og frø

Framgangsmåte:

Studer fruktene og avgjør hvilke frukttyper det er vha. figuren i kompendiet. Studer fruktene nærmere og se etter bygningstrekk som kan si noe om hvordan fruktene/frøene spres. Følgende trekk bør observeres: Bygning (hekte- el. klebemekanismer, sveveapparat), tørr eller saftig, åpnet eller uåpnet, mye eller lite opplagsnæring, farge, etc. Beskriv, tegn eller fotografer de bygningstrekkene du tror har betydning for spredningen. Prøv på bakgrunn av observasjonene å trekke en slutning om de enkelte fruktene/frøenes spredningstype. Gi en kort begrunnelse.

Frøene spres i hovedsak på to måter:

- Frukten åpnes ved modning og frøene spres
- Hele frukten spres og spiring foregår etter at frukten er ødelagt

Spredningstyper:

- Selvspredning (morplante hjelper til)
 - Aktiv selvspredning (eksplosiv el. ved vekstbevegelse)
 - Passiv selvspredning (morplantens utforming i kombinasjon med ytre krefter)
- Spredning vha. ytre krefter:
 - Vindspredning
 - Vannspredning
 - Dyrespredning
 - Utenpå dyr
 - Gjennom dyrs fordøyelse
 - Maurspredning
 - Dyr samler frø/frukter

6. Forsøk med vindspredning

Utstyr: Målebånd, stoppeklokke.

Materiale: Frukter fra punkt 3.

Framgangsmåte:

Bruk to av de antatt vindspredte artene fra punkt 3 til forsøket. Prøv å gjennomføre et kontrollert forsøk der dere prøver å avgjøre hvilke arter som har mest effektiv vindspredning. Dette kan gjøres ved å undersøke fallhastigheten (m/s) til de ulike artene. Sett opp hypotese, og beskriv hvordan dere gjennomfører forsøket. Regn ut gjennomsnittsverdier. Diskuter resultatene og legg særlig vekt på feilkilder ved målingene.

Plantefysiologi

1. Bestemmelse av treslag om vinteren, driving av kvister

Materiale: Innsamlete kvister

Utstyr: Kniv, erlenmeyerkolber, lupe, bestemmelsesnøkkel (app treslag i Norge:

http://www.skogkurs.no/artikkel.cfm?id_art=155)

Saml inn kvister fra de treslag som fins i lærerskolens nærområder. Ikke ta kvister fra ungtrær. Få med anlegg til rakler etc. Vis varsomhet ved avkutting av kvistene og unngå trær og busker som er plantet.

Når kvistene er brakt inn på laboratoriet, bestemmes treslaget ved hjelp av bestemmelsesnøkkelen. (Kvistene kan settes til driving ved å skjære det nederste stykket av kvisten vekk før den settes i vann i en vase el. erlenmeyerkolbe. Det kan være lurt å sette en plastpose over kvisten slik at knoppene ikke tørker ut når de spirer).

Observasjon og rapportering av observasjoner er sentrale ferdigheter i naturvitenskapene. Studier av planters utvikling gir lett tilgjengelige og velegnede studieobjekter til dette formålet.

Velg et av treslagene for nærmere observasjon. Observer utviklingsstadium på innsamlingsdag.

Lag et opplegg for observasjon av kvistens utvikling tilpasset en skoleklasse.

Hvilke instruksjoner vil du gi elevene for at de skal få trening i å foreta nøyaktige observasjoner og registreringer av observasjonene?

Ta stilling til hvor stor frihetsgrad elevene skal få ved gjennomføring av observasjonen.

Noen stikkord til hva som kan observeres: Knoppens, skuddets, bladets og blomstens utvikling (f.eks. lengde, form, farge og eventuelle andre karakteristika).

2. Kvist med knopper

Materiale: Innsamlete kvister

Utstyr: Kniv, lupe

Velg ett av treslagene. Det er mest hensiktsmessig å bruke et treslag med store knopper.

Hestekastanje er velegnet, men andre treslag som f. eks. lønn fungerer også bra. Observer følgende karakterer: Knoppens ytre og indre bygning, knoppspor, bladarr, arr etter ledningsstrenger, bark med korklag og assimilasjonsvev, korkporer, ved med åring(er), marg. Lag skisse eller fotografer, og sett på navn.

Lag en grafisk framstilling av greinens vekst de siste årene ved å måle avstanden mellom knoppsporene.

3. Frøspiring

Utstyr: Begerglass, petriskåler, glassplater, filterpapir, gummistrikk

Materiale: Frø av karse, solsikke, bygg, erter

Velg en av de beskrevne metodene for å studere frøspiring. Sett frø til spiring og observer utviklingen hver dag i løpet av en uke. Fotografer hver dag, og legg ved målestokk for å dokumentere vekst. Rapportert utviklingen fra dag til dag.

4. Eksperimentering med frø/planter

I skolens Naturfag skal elevene bl. a. få øvelse i naturvitenskapelig tenke- og arbeidsmåte. De skal stille spørsmål og finne mulige forklaringer bl. a. gjennom eksperiment og observasjon (jfr. Læreplan). Plantefysiologiske øvelser egner seg godt til dette.

Ta utgangspunkt i de fremlagte frøene / plantene. Formuler en hypotese (som kan testes) og lag et enkelt eksperiment som kan brukes til å teste hypotesen. Gjennomfør eksperimentet og trekk konklusjon. Bruk eventuelt de fremlagte forsøksbeskrivelsene som støtte.

Eksempler på ting som kan testes:

Hvilke faktorer må være til stede for at frø skal spire?

Blir plantevekst påvirket av lys?

Blir plantevekst påvirket av tyngdekraften?

Hvordan foregår vanntransport i planten?

Gjør kort rede for forsøket og hvordan du ville tilrettelagt et tilsvarende forsøk for elever i skolen. Dette skal presenteres for resten av klassen.

6. Epidermis med spalteåpninger hos sisselrot

Utstyr: Mikroskop, objekt-/dekkglass, skalpell

Materiale: Sisselrot (*Polypodium vulgare*)

Skjær et snitt i bladets overside og brett langs snittet. Riv delene fra hverandre slik at epidermis fra bladsidens underside løsner fra resten av bladvevet. Epidermis legges i en vanddråpe på objektglass og studeres under mikroskop. Observer de ulike cellenes form og tegn et utsnitt av epidermis med spalteåpninger.

7. Botanikk i grunnskolen

Studer læreplan for grunnskolen, Naturfag, Mangfoldet i naturen (<https://www.udir.no/kl06/NAT1-03>). Hvilke tema innen fagområdet botanikk er aktuelle for læreplanens kompetansemål, og på hvilke klassetrinn skal de behandles?

Gå gjennom lærebøkene i naturfag for grunnskolen og undersøk hvordan emnet *botanikk* er behandlet. Følgende bør kommenteres:

- Hvilke tema er med?
- Når (skoleår) presenteres de ulike temaene?
- Hvilket omfang (faglig dybde/vanskelighetsgrad) har presentasjonen?
- Hvilke typer konkretiseringer er brukt (billedmateriale, eksempler)?
- Er det beskrevet laboratorie-, felt-, eller andre aktiviteter? Hvilke?
- Hvordan vurderer du den samlede framstillingen (faglig/pedagogisk)?

Økologi

Værobservasjon

1. Værobservasjon - Temperatur, lufttrykk, relativ luftfuktighet, vindstyrke, vindretning, skydekke, skytyper, nedbør, nedbørstype

Utstyr: Datalogger, termometer, nedbørmåler, kompass

Framgangsmåte: Vi rigger i fellesskap opp en målestasjon for å foreta representative målinger (2m høyde, gressmark, skygge). Mål lufttemperatur, lufttrykk og relativ luftfuktighet. Mål også temperatur på bakken. Hvis mulig i sol og skygge. Observer vindretning og -styrke. Bruk denne tabellen fra Meteorologisk leksikon: <https://snl.no/vind>. Observer skydekket (8/8 = helt overskyet). Prøv å fastslå skytype vha. skyatlas: <http://www.naturfag.no/binfil/download.php?did=3191> Mål nedbør og observer nedbørstype. Vi monterer også datalogger med sensor for å registrere temperatur i 0m og 2m høyde. I tillegg måles relativ luftfuktighet i 2m høyde. Datalogger settes opp til å registrere kontinuerlig gjennom måleperioden, f. eks. hvert minutt. Data lastes ned og presenteres i rapport.

Målingene foretas gruppevis hver dag på følgende tidspunkt: 1) kl. 08.00, 2) kl. 16.00, 3) kl. 20.00

Hvordan vil dere presentere resultatene for en skoleklasse?

Jordprøver

1. Uttak av jordprøver og beskrivelse i felt

Grav ut jordprofil vha. spade. Rens profilet. Beskriv profilet og lag skisse. Beskrivelsen bør inneholde opplysninger om sjiktning, farge, partikkelstørrelse, rotmengde, organisk materiale og dets nedbrytningsgrad. Marker eventuelle ulikheter mellom nivåene i profilet.

Ta ut jordprøven ved å grave horisontalt inn i profilet med planteskje. Jorden overføres til plastpose som merkes godt (prøvenr., dato, sjikt, dybde, etc.). Marker på skissen hvor jordprøven er tatt.

2. Beskrivelse av jord på laboratoriet

Beskriv farge etc. hvis dette ikke er utført i felt. Vurder strukturen og bestem leirinnhold ved å foreta rulleprøve.

3. Sikting av jordprøve

Jordprøven presses gjennom sikt med maskevidde 2 mm. Den siktede jordprøven (frisk finjord) oppbevares i plastpose for videre analyser. Pass på at plastposen er merket.

4. pH- og ledningsevne måling

Det veies inn jord til pH- og ledningsevne måling. Ha 20 g frisk finjord i 100 ml plastflasker (2 paralleller). Tilsett 50 ml destillert vann. Ryst prøvene kraftig med jevne mellomrom. Mål ledningsevne (μS) og pH tidligst etter 2 timer. Ledningsevne måles før pH.

5. Jordprøvens vanninnhold

Jordprøvens vannprosent måles ved å følge beskrivelsen i vedlegg 3. Jorden tørkes i "skåler" som brettes av aluminiumsfolie. Pass på at "skålene" er godt merket. De tørkes i varmeskap ved 60°C i ett døgn. Vei før og etter tørking for å fastslå vanninnhold. NB! Vanninnhold angis i prosent av tørr jord.

6. Jordprøvens innhold av organisk materiale

Innhold av organisk materiale (humusprosent) måles i ferdig tørkede jordprøver ved gløding av tørr jord i avtrekk. Humusmengde angis i prosent av innveid tørr jord.

7. Kornfordeling i en jordart

Undersøk kornfordelingen i den utleverte jordarten. Følg framgangsmåten som er beskrevet i vedlegg 6. Tegn histogram som viser fordelingen av de ulike fraksjonene. Hvilken jordart er dette?

8. Journalføring

Presenter resultatene for hver av analysene. Kommenter kort hvilken betydning de ulike jordbunnsfaktorene som er målt kan ha i økosystemene.

Feltarbeid fjell

1. Planteinnsamling

Felt:

Saml inn planter i området ved fjellstuen. Legg vekt på å finne godt utviklede planter (jfr. *innsamling av planter* i feltmetodeheftet). Prøv å finne arter fra disse hovedgruppene: Sopp, lav, moser, bregner, sneller, kråkefotplanter, nakenfrøete planter og dekkfrøete planter.

Lab:

Bestem plantene ved hjelp av flora. Lag utstilling av de bestemte plantene. Før journal som skal inneholde en systematisk ordnet liste over de artene som er bestemt.

2. Sonering fra rabb til snøleie og plantesamling

Felt:

Observer skog- og tregrenser.

Velg et egnet område hvor rabb-, leside- og snøleievegetasjon er representert og godt utviklet (se Bjerkely kap. 4). Beskriv hovedtrekk i området (se *områdebeskrivelse* i feltmetodeheftet). Legg særlig vekt på topografien og andre økologiske faktorer som du tror er viktige for plantelivet. Strekk ut

målebåndet langs profilet og lag en skisse der du markerer inn grensene mellom sonene, eventuelt med overgangstyper. Utfør en vegetasjonsanalyse i ruter på 1m² i hver av de tre sonene. Plasser rutene slik at de representerer den mest typiske vegetasjonen innenfor hver sone (se *vegetasjonsanalyse* i feltmetodeheftet). Merk av rutene på profilskissen. Noter ned arter og dekning. Saml inn de artene dere finner i området. Studer særlig vegetasjon knyttet til snøleier. Her vil vi fortsatt kunne finne en del blomstring.

Lab:

Klassens analyser fra henholdsvis rabb, leside og snøleie samles i egne tabeller. Før journal som skal inneholde beskrivelse av området som helhet. Kommenter forekomst av skog- og tregrenser. Beskriv vegetasjonsprofilet. Pass på at likheter og forskjeller langs profilet blir skikkelig presentert. Arter som er typiske for de ulike sonene må spesielt omtales. Diskuter årsaker til forskjellene langs profilet. Bestem plantene ved hjelp av flora. Lag utstilling av de bestemte artene som er samlet inn i løpet av dagen. I journalen skal det presenteres en systematisk ordnet liste over artene som er registrert denne dagen.

3. Myr

Felt:

Beskriv området. Beskriv hvilke myrstrukturer som dominerer og foreta en ruteanalyse (1m²) i fastmattevegetasjon. Lag en fullstendig artsliste for myren. Saml inn arter. Ta vannprøve fra myren.

Lab:

Mål pH i vannprøven. Før journal med beskrivelse av området som helhet og den delen av myren som undersøkes i detalj. Klassens vegetasjonsanalyser samles og presenteres i en felles tabell. Arter som indikerer spesielle forhold, og pH i vannprøven skal brukes til å fastslå hvilken myrtype som er undersøkt.

4. Subalpin bjørkeskog

Felt:

Beskriv området som helhet. Legg vekt på å beskrive forholdet mellom topografi og skogstype. Det skal legges ruteanalyser (1m²) og foretas beskrivelser i blåbærskog, småbregneskog, storbregneskog og høgstaudeskog. Det skal i tillegg graves jordprofil som beskrives i blåbærskog og høgstaudeskog, og det skal lages fullstendig artsliste fra området.

Lab:

Før journal med beskrivelser av området som helhet og hver av skogstypene. Det skal lages felles tabeller over ruteanalyser fra de ulike skogstypene. Legg vekt på forekomst av karakteristiske arter for de ulike vegetasjonstypene. Klassens analyser fra hver av skogstypene samles i felles tabeller. Bestem og still ut innsamlede arter, og sett opp en systematisk ordnet artsliste for dagen. Artsliste skal være med i journalen.