



Tema

Planter i Arktis



Tema

Planter i Arktis

Planter i Arktis

Af Marie Frost Arndal¹, Katrine Raundrup²,
Celine Madsen¹, Svend Erik Nielsen³,
og Torben Røjle Christensen¹

¹ Aarhus Universitet, Department of Ecoscience.

² Grønlands Naturinstitut, Nuuk.

³ Frederiksborg Gymnasium og HF.

© Forfatterne. Aarhus Universitet.

Layout: Trine Sejthen

Omslagsfoto: Svend Erik Nielsen

Illustrationer: Kirsten Hjørne

Alle rettigheder forbeholdes.

www.g-e-m.dk

Bogen er udviklet med støtte fra:

Novo Nordisk Fonden, NNF20OC0062439.



Læs mere om Planter i Arktis her



Indhold

Tilpasninger til livet i Arktis	4
I Arktis bestemmer sne og frost	10
Fotosyntese og respiration	13
Blomstring og reproduktion	15
Planternes vandoptag	16
Biodiversitet	18
Beregning af artsdiversitet	18
Klimaforandringernes betydning for planterne	19

Planter i Arktis

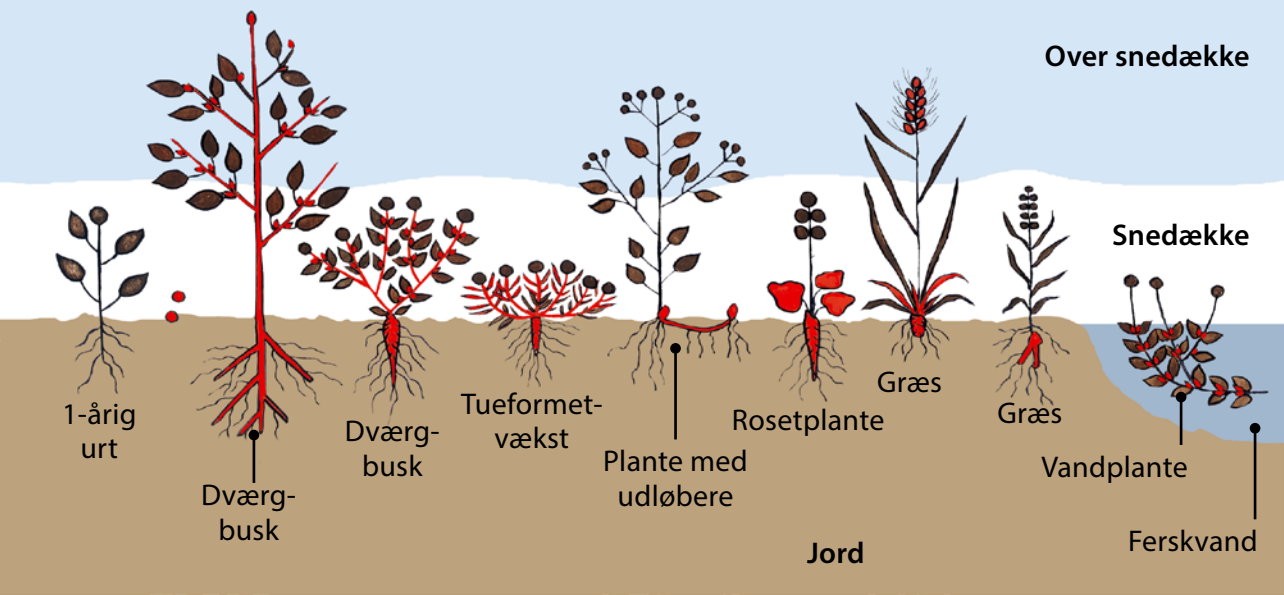
Tilpasninger til livet i Arktis

Arktis er et område, hvor kulde, korte vækstsæsoner og ekstreme vejrforhold stiller store krav til de organismer, der lever her. De abiotiske forhold[?] er ofte uforudsigelige, og længden af vækstsæsonen, antallet af solskinstimer og mængden af nedbør varierer fra år til år. Derudover er der kun få dyr, der kan hjælpe med bestøvning af de arktiske blomster og efterfølgende spredning af frø. Den naturlige variation i såvel abiotiske som biotiske faktorer spiller en stor rolle i Arktis og afgør, om planternes livscyklus lykkes eller ej.

Planterne i Arktis har formået at tilpasse sig de skiftende klimatiske forhold. Gennem årtusinder har planterne udviklet strategier til at overleve den lange, mørke vinter og udnytte den korte, intense vækstsæson[?] om sommeren.

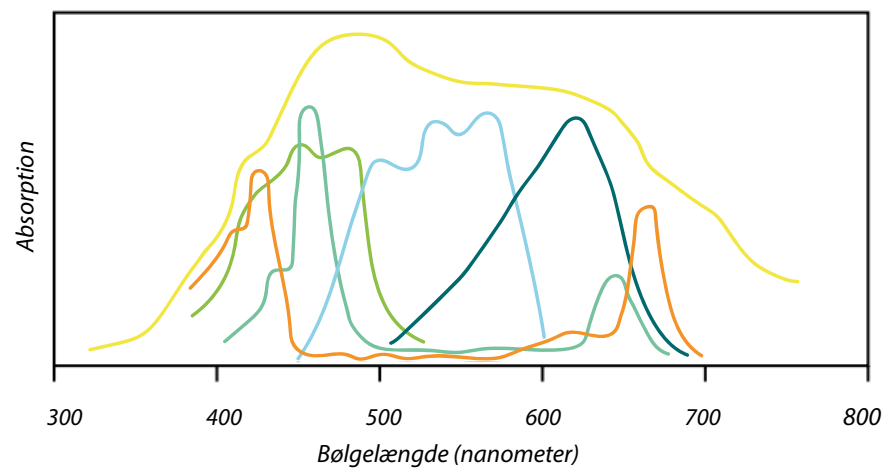
I Arktis skal planter kunne tåle lave temperaturer og frost. For at overleve vinteren opbevarer mange arktiske planter næringsstoffer i deres rødder og underjordiske organer.[?]

↓ Figur 1. De skud og knopper som overlever vinteren, er vist med rødt på tegningen, mens de dele, der dør bort om vinteren, er brune. Illustration: Kirsten Hjørne.



Planter i Arktis har ofte en lav og kompakt vækstform fx tueform. På billedet ses en kryblyng, som er et eksempel på en art med tueform. Foto: Katrine Raundrup.

- Sollys på jorden
- Beta-caroten
- Klorofyl a
- Klorofyl b
- Phycoerythrina
- Phycocyanin



En vigtig tilpasning er evnen til at lave fotosyntese ved lave temperaturer. Flere planter begynder deres fotosynteseaktivitet, mens sneen stadig dækker landskabet. På trods af den begrænsede mængde lys, der trænger gennem sneen, udnyttes det effektivt, fordi lyset har de rette bølgelængder² til fotosyntese. Sneen beskytter samtidig vegetationen mod udtørring og vandmangel. Når sneen smelter, er planterne allerede i gang med at danne blade og skud, og det betyder, at den korte vækstsæson kan udnyttes bedst muligt. For at undgå frostskaader har arktiske planter udviklet anti-fryseproteiner. Disse proteiner hjælper planterne med at overleve kulden ved at binde sig til iskrystaller og forhindre deres vækst, så planterne ikke tager skade i frostvejr, og sørger for at cellestrukturen ikke bliver ødelagt.

Der findes forskellige arter af pil i Grønland. På billedet ses en tundrapil. Fælles for pilearterne er, at de blomstrer med han- og hunrakler på hver sin plante. Foto: Katrine Raundrup.

Nogle arktiske planter har hår på stængler og blade (th). Hårene fungerer som et isolerende lag, der bl.a. reducerer varme- og vandtab fra planten. Andre planter har blomster, hvor kronblade- ne fungerer som bevægelige paraboler, der drejer sig efter solen (herunder). Det giver en højere temperatur i blomsternes midte, og det er noget de bestøvende insekter nyder godt af. Fotos: Henning Thing.



Mange arktiske planter udnytter den korte vækstsæson fuldt ud ved at have en hurtig fænologisk udvikling² inden det bliver efterår og vinter. Desuden skal planterne kunne udnytte solenergien effektivt i den korte vækstsæson. For at planter kan lave fotosyntese skal der være lys, men også temperaturer over 5 °C. Nogle arter har tilpassede klorofylmolekyler, der kan absorbere lys ved lav solintensitet, mens andre har tilpasset deres fotosyntesesystem til at fungere ved lave temperaturer.

Planterne kan også have andre tilpasninger for at sikre deres overlevelse. Det kan fx være en kompakt



vækstform (fx tueform) og vokslignende belægninger eller hår, der beskytter mod intenst sollys i områder med midnatssol. Hårene hjælper med at reducere mængden af lys, der når plantens overflade, og de kan også mindske vandtab gennem transpiration.

Det er ofte varmest tæt ved jordoverfladen eller nær sten og klipper, og mange grønlandske blomsterplanter danner derfor rosetter eller tuer, som kan isolere sig selv, så temperaturen ved plantens overflade bliver betydeligt højere end i luften. Tueformede planter skaber et isolerende lag som

Tilpasninger

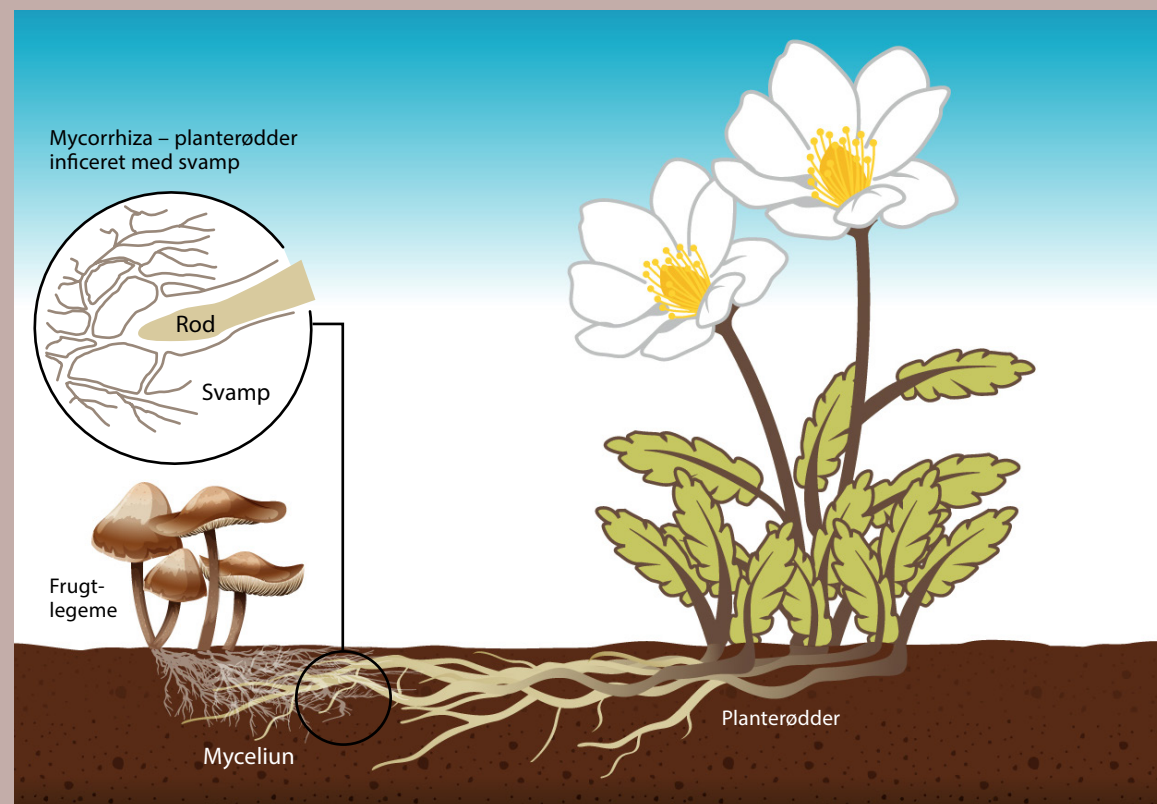
En måde, hvorpå planter kan tilpasse sig de ekstreme livsbetingelser i Arktis, er gennem et tæt samarbejde med svampe, kaldet mykorrhiza.

I denne mutualistiske symbiose² forsyner planten svampen med glukose fra fotosyntese, mens svampen til gengæld giver planten uorganiske næringsstoffer som fosfat og nitrat.

Dette samarbejde bliver mere udbredt, jo længere nordpå man kommer. I Grønland danner alle arter af pil, birk og fjeldsimmer mykorrhiza, og det hjælper planterne med at overleve i de næringsfattige arktiske jorde.



På billedet ses svampens overjordiske del, som kaldes frugtleget. Det er den del af svampen, der svarer til frugten på en plante – for eksempel bærene på en blåbærbusk. Foto: Svend Erik Nielsen.



Mange svampe inficerer planterødder vha. mycorrhiza. Den del af svampen, vi ofte ser over jorden, er svampens frugtleget. Resten af svampen, myceliet, befinder sig under jorden eller inde i det materiale, den vokser i, og er normalt usynligt for det blotte øje.

også hjælper med at reducere effekten af vind. Den del af planten, der er i midten af en tue, er ofte bedre beskyttet mod vind og dermed mod varmetab.

En anden tilpasning ses hos heliotrope² planter, hvor selve blomsten drejer sig efter solen. Det betyder, at når solen skinner, hæves temperaturen en smule i selve blomsten, og det tiltrækker insekter, der "som betaling" for den ekstra varme, sørger for bestøvning af planten. Dette fænomen kendes fra fx fjeldvalmue, grønlandsk fjeldsimmer og sne-ranunkel, og resulterer i, at planterne er i stand til at lave tidligere frøsætning end planter, der ikke er heliotrope.

Nogle grønlandske planter har periodisk vækst, som betyder at de udelukkende vokser én periode i løbet af vækstsæsonen; når først planten har indstillet væksten fx som følge af frost, kan den ikke genoptage den. Andre planter har aperiodisk² vækst, hvilket gør dem i stand til at udnytte enhver gunstig periode til at praktisere fotosyntese og vækst. Andre planter derimod kan skifte mellem at være i vækst og holde pause alt efter om der er gode forhold for fotosyntesen eller ej. Dette

praktiseres af fx fjeldsyre og polar-potentil, der kan starte og stoppe væksten flere gange i løbet af vækstsæsonen.

Planterne i Arktis flytter om efteråret næringsstoffer fra bladene til andre dele af planten. På den måde er der et stort genbrug af næringsstoffer fra de visne blade som stadig indeholder farvepigmenter som kan bruges som næring det kommende år. På den måde er der et stort genbrug af næringsstoffer fra de visne blade som stadig indeholder farvepigmenter som kan bruges som næring det kommende år. Flere plantearter vokser også i såkaldte snelejer. Det er områder som typisk er i små lavninger, hvor sneen ligger væsentlig længere end i det omkringliggende landskab. Sneen beskytter derfor planterne i det tidlige forår, og det tynde snelag kan fungere som et slags drivhus. Nogle af snelejeplanterne kan starte deres vækst i hulrum under det tynde lag sne, hvor temperaturforholdene er mildere. Andre arter i snelejer starter først deres vækst senere på sæsonen, når sneen er smeltet helt, og hvor temperaturen generelt er højere.

Alle de ovenfor nævnte tilpasninger hjælper arktiske planter med at vokse og overleve under de svære forhold, de møder i Arktis, hvor vintrene ofte er kolde, mørke og lange, mens somrene er korte og intensive.



Tue-limurt.

I Arktis bestemmer sne og frost

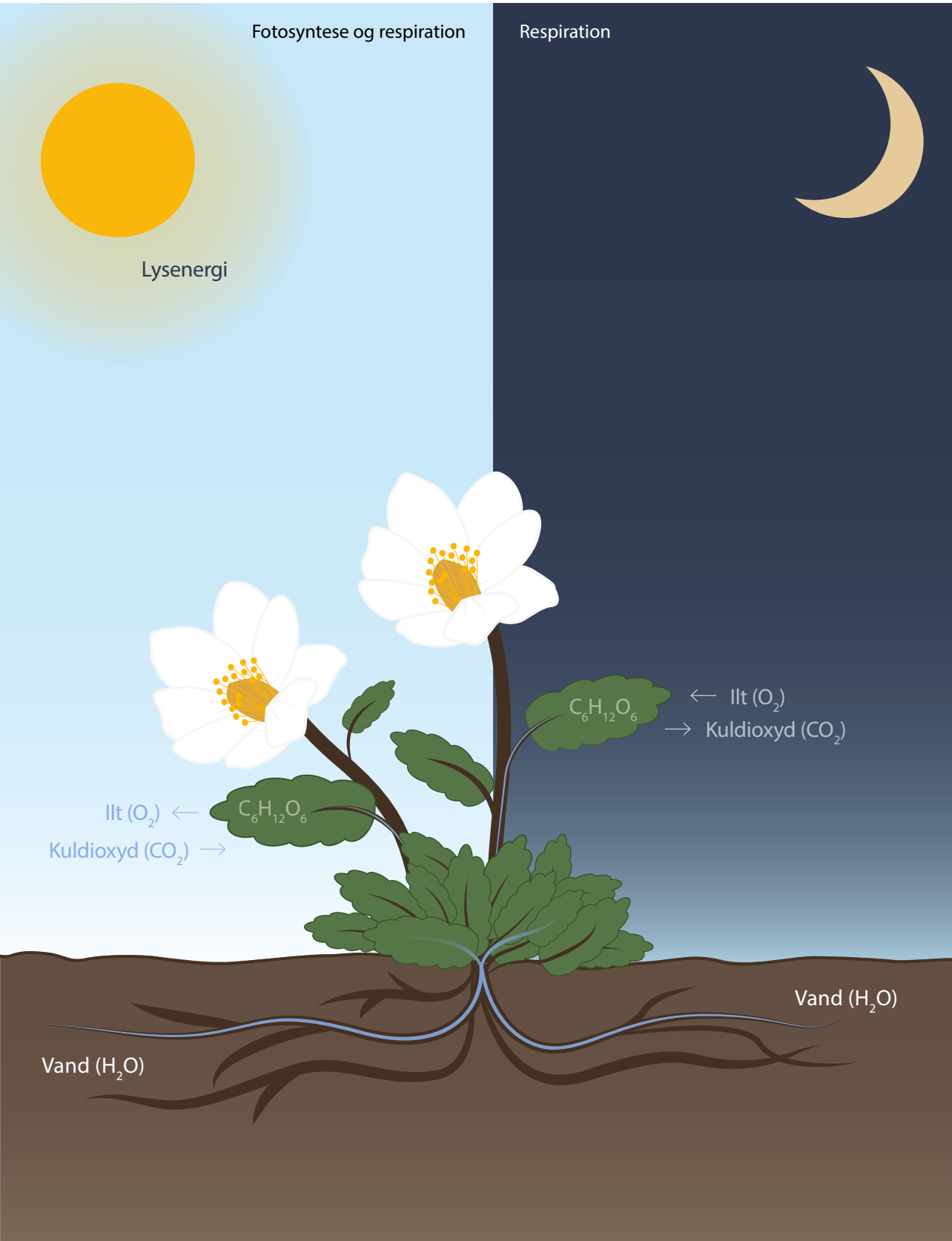
Vækstsæsonens start varierer fra år til år og er afhængig af, hvor længe sneen ligger. Starten for væksten afhænger af snemængden og bestemmes af, hvor varmt der er i snesmeltningssperioden. GEM-programmet følger både snetykkelse og temperatur nøje år for år. Til trods for at udbredelsen af de forskellige vegetationstyper og deres artsammensætning kun ændrer sig langsomt, så er der stor forskel på de enkelte plantearters vækst og reproduktion fra det ene år til det andet.

En vigtig abiotisk faktor for planterne og deres formering er den indkommende stråling fra solen. Denne indstråling er størst frem mod midsummer, hvor nogle planter særligt langt mod nord stadig er dækket af sne. Det betyder, at en del af den

indkomne solenergi går til snesmeltningen og ikke til plantevækst og formering. Udviklingen af bladskud og blomsterknopper sker derfor under forhold, som ikke er optimale. Selvom visse planter særlig i den lavarktiske zone kan starte blomstringen under sneen, er tidspunktet for, hvornår blomstringen sker især afhængig af, hvornår sneen smelter. Mange planter danner knopper året før de springer ud. Det betyder, at deres udvikling afhænger af både vejret det år, de blomstrer, og vejret året før.

Mange arktiske planter anlægger deres blomsterknopper sommeren før selve blomstringen. På den måde kan blomstringen starte hurtigt, mens der stadig er lidt sne i landskabet. Foto: Marie Arndal



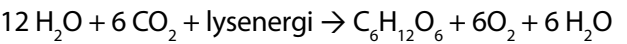


Figur 3. Planter laver fotosyntese, når der er lys. Her bruger planten sollys, vand og kuldioxid fra luften til at lave sukker og ilt, som slippes ud i luften. Planter respirerer hele tiden, både i lys og i mørke. Under respiration dannes kuldioxid og vand.

Fotosyntese og respiration

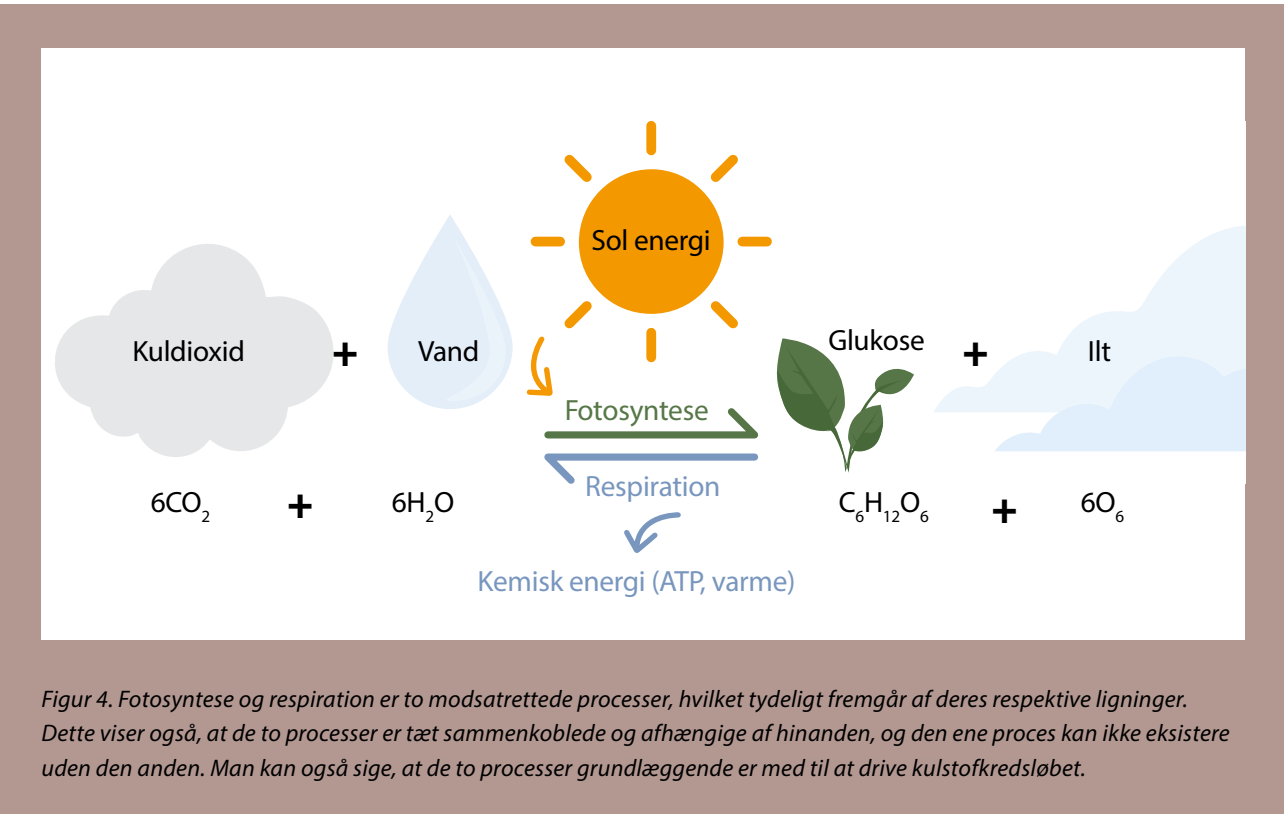
Planter kan ved hjælp af solens energi omdanne kuldioxid (CO₂) og vand (H₂O) til glukose (C₆H₁₂O₆) og ilt (O₂), når de laver fotosyntese. Denne proces foregår i plantecellernes grønkorn, hvor solens lysenergi bindes i klorofylmolekylerne. Når planter selv kan danne glukose ved fotosyntese, kaldes de autotrofe, dvs. at de er selvforsynende. De stoffer, som planter opbygger på denne måde, kaldes for organiske stoffer. De indeholder alle grundstofferne C (kulstof), O (ilt) og H (hydrogen).

Man kan forsimpelt skrive processen for fotosyntese sådan her:



Reaktionen dækker i virkeligheden over to uafhængige processer, en lysafhængig lysproces og en mørkeproces (Calvins cyklus). I den lysafhængige proces omdanner planterne lysenergien fra solen til kemisk energi i form af ATP og og co-enzymet NADPH. I Calvins cyklus udnytter planterne den kemiske energi (ATP og NADPH) fra lysprocessen til den energikrævende syntese af glukose ud fra kuldioxid og vand. Calvins cyklus foregår uden direkte brug af lysenergi og er meget energikrævende.

I dagslys laver planter fotosyntese men de laver også den modsatte proces, respiration, hvor glukose spaltes til kuldioxid, vand og energi. I mørke laver



Figur 4. Fotosyntese og respiration er to modsatte processer, hvilket tydeligt fremgår af deres respektive ligninger. Dette viser også, at de to processer er tæt sammenkoblede og afhængige af hinanden, og den ene proces kan ikke eksistere uden den anden. Man kan også sige, at de to processer grundlæggende er med til at drive kulstofkredsløbet.



I felten bruges lys- og mørkekamre til at måle planter gasudveksling og forstå balancen mellem fotosyntese og respiration. Planter optager kuldioxid (CO₂) under fotosyntese i dagslys. I mørke kan fotosyntese ikke foregå, så planterne respirerer kun og afgiver CO₂ til atmosfæren. Ved at måle gasudvekslingen i både lys og mørke kan forskere undersøge, om vegetationen i et område optager mere CO₂, end den frigiver, og dermed bidrager til at reducere atmosfærens CO₂-indhold.

planterne udelukkende respiration. Respiration foregår i nogle cellestrukturer, der hedder mitokondrier. Som det fremgår af respirationsligningen nedenfor, kræver processen ilt for at kunne køre dvs. processen er aerob.



Glukose bliver omdannet til kuldioxid og vand under forbrug af ilt, og samtidig frigøres energi i form af varme.

Den mængde glukose som planterne ikke selv forbrænder ved respiration, bruger de som råma-

teriale for syntese af nyt plantevæv. Plantecellerne opbygger sammensatte komplekse kulhydrater som cellulose, lignin og stivelse fra glukosen dannet ved fotosyntesen. Cellulose og lignin udgør plantecellernes cellevægge og stivelse er oplagsnæring i rødder og rodknolde (fx kartofler og gulerødder).

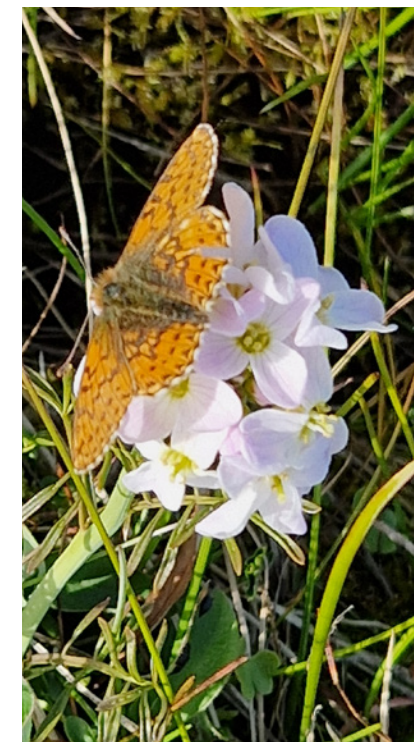
Arktiske planter er i stand til at udføre maksimal fotosyntese ved lave temperaturer. Allerede mens sneen stadig dækker landskabet starter fotosynteseaktiviteten hos flere urter. Selvom den lysmængde der trænger gennem sneen er lille, kan den udnyttes maksimalt, fordi lyset har de rigtige bølgelængder som muliggør fotosyntese.

Blomstring og reproduktion

Med de korte somre som ofte forekommer i Arktis, er det en fordel af være flerårig, altså at kunne blomstre flere gange gennem sit liv. Det er nemlig ikke sikkert, at formeringen lykkes hvert år. At være flerårig er altså en slags sikring for overlevelse i et meget varieret miljø. Klimaet skal nemlig ikke ændre sig meget før blomstring, bestøvning og frøsætning bliver svært og vanskeligt. Så for at sikre succesfuld formering over en længere årrække, skal planterne i flere vækstsæsoner have mulighed for at sætte blomster, bestøves og sprede frø.

Der er flere forskellige måder planter kan formere sig på: selvbestøvning, fremmedbestøvning og

Til venstre ses en arktisk perlemorfugl bestøve engkarseblomster. Foto: Marie Arndal. Til højre: Arktisk valmue med tydelige støvknapper med pollen (de gule knapper) og et stort støvfang (i midten af blomsten). Foto: Henning Thing.



vegetativt. Fælles for de to først er, at det kræver, at der flyttes pollen fra blomstens hanlige dele (støvknapper) til de hunlige dele (støvfang). Hvis pollen flyttes til støvfanget indenfor blomsten (dvs. uden hjælp fra fx insekter eller vind) er der tale om selvbestøvning. Hvis der flyttes pollen fra én plante til støvfanget på en anden plante kaldes det fremmedbestøvning. Fremmedbestøvning kræver hjælp i form af fx insekter eller vind.

Nogle planter formerer sig vegetativt. Det kan fx være ved at lave rodudløbere, ynglelegemer hos fx topspriende pileurt eller sporer hos bregner. Disse eksempler på vegetativ formering kaldes også asekuel formering, og skal ses som modsat den seksuelle formering, der sker ved selv- og fremmedbestøvning.

For mere info om blomsters reproduktion, se link

Planternes vandoptag

Vand spiller en vigtig rolle i fotosyntesen, hvor planter omdanner CO_2 og H_2O til glukose. Blomsterplanterne optager vand og næringsstoffer gennem deres rødder. I plantens stængler findes to typer væv (ved-kar og si-kar), som transporterer vand og næringsstoffer samt sukkerstoffer. Ved-kar er døde, sammehængende celler, der transporterer vand og næringsstoffer fra rødderne og ud i bladene. Si-kar, derimod, er levende celler, som transporterer de sukkerholdige stoffer, der er produceret ved fotosyntesen i plantens grønne blade og ned til rødderne. På bladenes underside findes såkaldte spalteåbningen eller læbeceller som kan åbnes og lukkes og ved åbning skabe det undertryk som trækker vandet op i planten.

I områder med permafrost er planterne ekstra udfordrede. Den permanent frosne jord skaber udfordringer for planternes vandoptagelse, fordi laget fungerer som en naturlig barriere for at lede vand væk. Vandet har svært ved at sive ned i det frosne jordlag, og det kan skabe vandmætning i det øvre jordlag. Det påvirker røddernes evne til at

optage ilt. Samtidig kan permafrost også begrænse røddernes adgang til vand (boksen på næste side).

Mosser og laver

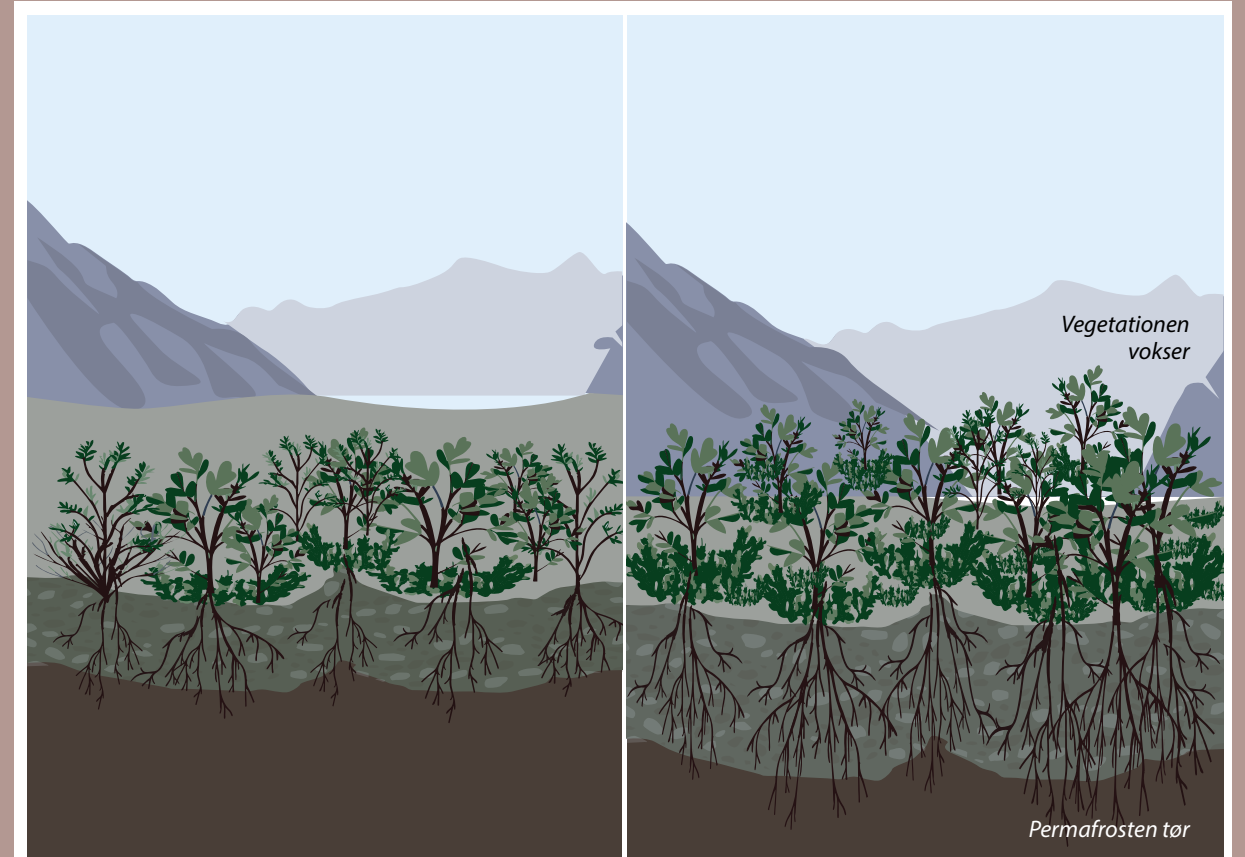
I dette kapitel har fokus været på de såkaldte højere planter – og primært blomsterplanter. Der findes også andre former for vegetation i Arktis, og nogle steder er lav og mos dominerende grupper i forhold til blomsterplanterne.

Laver er svampe, der lever i mutualistisk [?] symbiose med alger. Algerne kan lave fotosyntese og svampene kan udnytte de dannede sukkerstoffer. Omvendt modtager algerne vand og næringsstoffer fra svampene. Denne symbiose gør, at laver og mosser kan leve, hvor stort set intet andet kan klare sig fx på bare klipper og gamle knogler. Laver er ofte de første organismer, der etablerer sig på ny jord.

Mosser er små planter uden ledningsvæv (altså i modsætning til de højere planter, som også kaldes karplanter, eller planter med ledningsvæv). Mosser har ingen rødder og formerer sig med sporer. [?]



Forskellige laver på en klippe (venstre) og en mos med sporehuse i en revlinghede (herunder). Foto: Katrine Raundrup.



Stigende temperaturer

Planter der vokser i jorde med permafrost

Visse steder i Arktis spiller permafrost en afgørende rolle og har direkte indflydelse på planternes vand- og næringsoptagelse gennem rødderne. Permafrost er jord, der forbliver frosset i mindst to år. Det betyder, at der er en betydelig mængde is i jorden.

Den frosne jord fungerer som en fysisk barriere for rodvækst. Planter, der vokser i permafrostområder, skal tilpasse sig disse forhold, og det gør de ved at udvikle korte og overfladiske rødder. Planter i permafrostområder er ofte mest aktive i det øverste lag af jorden, hvor permafrosten tør i den korte vækstsæson. Dette lag kaldes aktivlaget, og er afgørende for rodvækst og planternes evne til at udvikle deres rødder og optage næringsstoffer.

I takt med at permafrosten tør om sommeren, får planterne adgang til vand og næringsstoffer længere nede i jorden. I den frosne jord findes næringsstoffer, som ellers er utilgængelige for planter, fordi de er bundet i organisk frossent materiale. Når jorden tør om sommeren, øges den mikrobielle nedbrydning [?] og frigiver nogle af disse næringsstoffer, som planter kan udnytte. Det gælder fx nitrat og fosfat.

Biodiversitet

Biodiversitet refererer til den samlede mangfoldighed af livsformer på jorden, herunder både flora (planter) og fauna (dyr). Biodiversitet omfatter alle livsformer, fra de største hvaler til mikroskopisk liv i havet, jorden, sneen og isen. Det omfatter variation på flere niveauer: genetisk mangfoldighed inden for en art, artsrigdom i et økosystem og forskelligheden mellem økosystemer og naturtyper. Denne biologiske mangfoldighed er afgørende for arternes tilpasningsevne og overlevelse i en verden i forandring, hvor samspillet mellem organismerne understøtter økosystemernes stabilitet.

I Arktis spiller planter en vigtig rolle for biodiversiteten. Planterne er ikke kun afgørende for økosystemets stabilitet, men de understøtter også et væld af andre organismer, herunder insekter, fugle og pattedyr, der er tilpasset til det arktiske miljø.



Dværgpil.

Desværre er den arktiske biodiversitet, ligesom resten af verdens økosystemer, under pres. Arter uddør i et tempo, der overstiger det naturlige, og det truer stabiliteten i økosystemerne. Klimaforandringer, invasive arter, luftforurening og menneskelige forstyrrelser truer biodiversiteten. Især invasive arter [🔗](#) kan have alvorlige konsekvenser for lokale arter, fordi de ofte ikke har naturlige fjender i deres nye miljø.

Beregning af artsdiversitet

Man kan bruge Shannon-indekset som en måde at beregne artsdiversitet i et område. Shannon-indekset giver et mål for, hvor mange forskellige arter der er i et område, samt hvor jævnt arterne er fordelt. For at beregne Shannon-indekset skal man først tælle, hvor mange individer der er af hver art inden for et bestemt område. Derefter bruger man formelen:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

hvor **s** er antallet af **arter**, og **p_i** er hyppigheden i procent af arten **i**. Den samlede hyppighed for alle arterne i procent skal altid være 100.

Forestil dig, at du er ude i et område, hvor der er 80% fjeldrevling, 10% blågrå pil, 5% mosepost og 5% tuelimurt. En beregning af Shannon-indekset (H) derfor være:

$$H = -((0,8 \times \ln(0,8)) + (0,1 \times \ln(0,1)) + (0,05 \times \ln(0,05)) + (0,05 \times \ln(0,05))) = 0,708.$$

Ved beregning af Shannon-indekset vægtes sjældne (og ofte truede) arter højt. Det kan umiddelbart ses af beregningerne, for jo mindre en procentdel af det totale antal individer en art udgør, desto mere betydning tillægges den. Shannon-indekset giver dermed et mere nuanceret billede af biodiversiteten end blot at tælle antallet af arter, fordi det

også tager højde for, hvor dominerende hver art er.

Når man arbejder med Shannon-indekset i praksis udføres optællingen typisk i små prøvefelter. Herefter beregner man indekset for hvert prøvefelt, og dernæst sammenlignes resultaterne for at forstå forskelle i biodiversitet mellem forskellige områder.

Klimaforandringernes betydning for planterne

Grønland oplever lokalt betydelige temperaturstigninger som følge af klimaforandringer. Mange planter er tilpasset til et køligt arktisk klima og kan derfor blive udfordret, når temperaturen stiger. Nogle planter trives måske bedre under de ændrede klimaforhold, mens andre kan have svært ved at tilpasse sig. Dette kan føre til ændringer i artsammensætningen, hvor nogle planter bliver mere dominerende, mens andres udbredelsesområde svækkes eller forsvinder.

I Grønland findes ca. 500 arter af naturligt hjemmehørende plantearter. Antallet af arter falder, jo længere mod nord man bevæger sig. Foto: Marie Arndal.





Vegetationstypen kær er meget karakteristisk i både Grønland og i Arktis generelt. Den findes på fugtig jord, og den er oftest let genkendelig fordi der vokser forskellige arter af kæruld, som i løbet af sommeren står med store hvide vat-lignende hoveder. På billedet ses smalbladet kæruld i Kobbefjord. Foto: Katrine Raundrup.



TAG MED I RYGSÆKKEN:

1. Arktiske planter har udviklet en række tilpasninger for at overleve de kolde, korte vækstsæsoner, fx evnen til at begynde fotosyntese ved lav lysmængde.
2. Mange arktiske planter vokser lavt og kompakt, fx i tuer, for at beskytte sig mod vind og kulde, og for at holde på varmen.
3. Fotosyntesen er den proces, hvor økosystemets primærproducenter (planter) opbygger organisk materiale (glukose) ved hjælp af sollys, vand og CO_2 .
4. Respiration er den proces, hvor organisk materiale (glukose) nedbrydes til CO_2 , H_2O og energi, som organismene bruger til vækst og andre livsprocesser.
5. Fotosyntese og respiration er to modsatrettede processer, der er tæt forbundne og driver kulstofkredsløbet i naturen.
6. Planter i Arktis vokser hurtigt og blomstrer tidligt for at udnytte den korte sommerperiode.
7. Planter i områder med permafrost skal tilpasse sig ved at udvikle korte rødder, som kun kan vokse i det øvre jordlag, der tør i løbet af den korte sommer.
8. Den arktiske biodiversitet er truet af klimaforandringer, invasive arter og menneskelig aktivitet, hvilket kan forstyrre økosystemernes stabilitet.