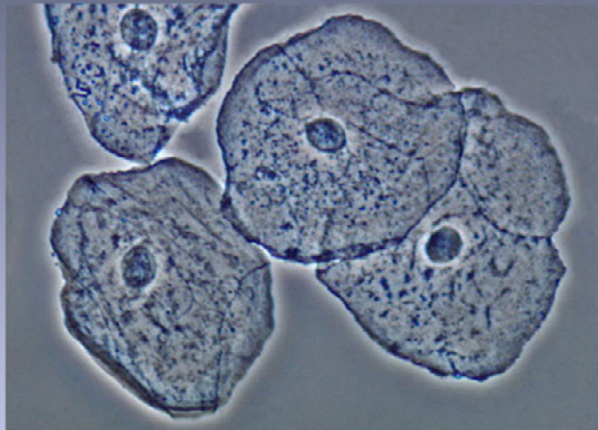
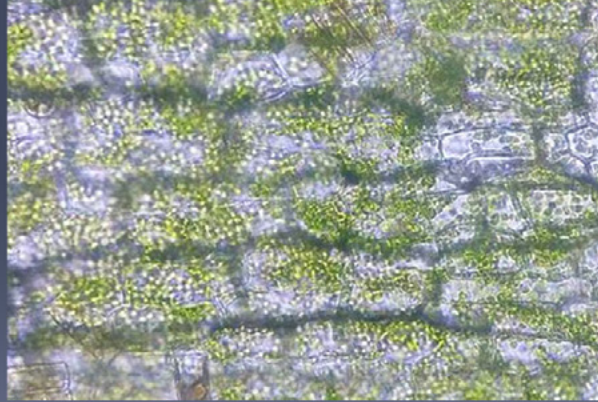


Interaktiv ebog til biologi **B**

2016



**Figur 1.14** Øverst ses planteceller fra vandpest. De små grønne prikker er grønkorner. Nederst ses celler fra et menneskes mundhule (cellekernen i midten). Det øverste billede er udlånt af Steen Jensen, mens det nederste er udlånt af Nikon Instruments Inc.

mer er opbygget af eukaryote celler, der i modsætning til prokaryoterne har en cellekerne, der indeholder arveegenskaberne. Nogle eukaryoter har yderst en cellevæg, ligesom prokaryoterne har - det gælder for planteceller og svampeceller. Deres cellevægge er dog opbygget lidt anderledes end prokaryoternes, og de varierer også lidt fra hinanden. Alle eukaryoter har en cellemembran, og den nærmere opbygning af både membran og væg vender vi tilbage til i [kapitel 1.3.1](#).

Eukaryote celler kan have mange forskellige former. Hos planter er cellerne ofte firkantede og ligner små mursten, mens dyreceller oftest er mere eller mindre runde i deres form. På figur 1.14 ses eksempler på begge typer.

Nogle eukaryote celler kan blive meget aflange. Det gælder fx muskelceller, der hos mennesker kan blive 40-50 cm lange i den forreste lårmuskel. Nerveceller, der strækker sig fra rygmærven og helt ned i benene, kan blive endnu

længere. Fælles for alle de eukaryote celler er, at de har andre membraner end blot cellemembranen - fx membraner omkring cellekernen.

### 1.3.1 Den eukaryote celle

Cellevæggen hos plante- og svampeceller har samme funktion som hos prokaryoterne - nemlig at give cellerne styrke og robusthed. Man kan lidt populært sagt sige, at cellevæggen er plantens skelet, da den giver planten mulighed for at stå oprejst.

Planteceller har også et stort safttrum i cellerne, der indeholder vand. Dette safttrum, der egentlig er en *vakuole*, er med til at regulere cellens tryk og kan sammen med cellevæggen holde cellen oprejst og udspændt.

Plantecellen har endnu en speciel struktur - nemlig *grønkorn* (kloroplaster). Det er inde i dem, fotosyntesen finder sted. Her danner planten kulhydrat (glukose) ud fra kuldioxid, vand og



komme igennem. Det er vigtigt i reguleringen af, hvor blodet skal løbe hen (se [kapitel 2.4.2](#)).

Arterioleer ender til sidst i små kapillærer

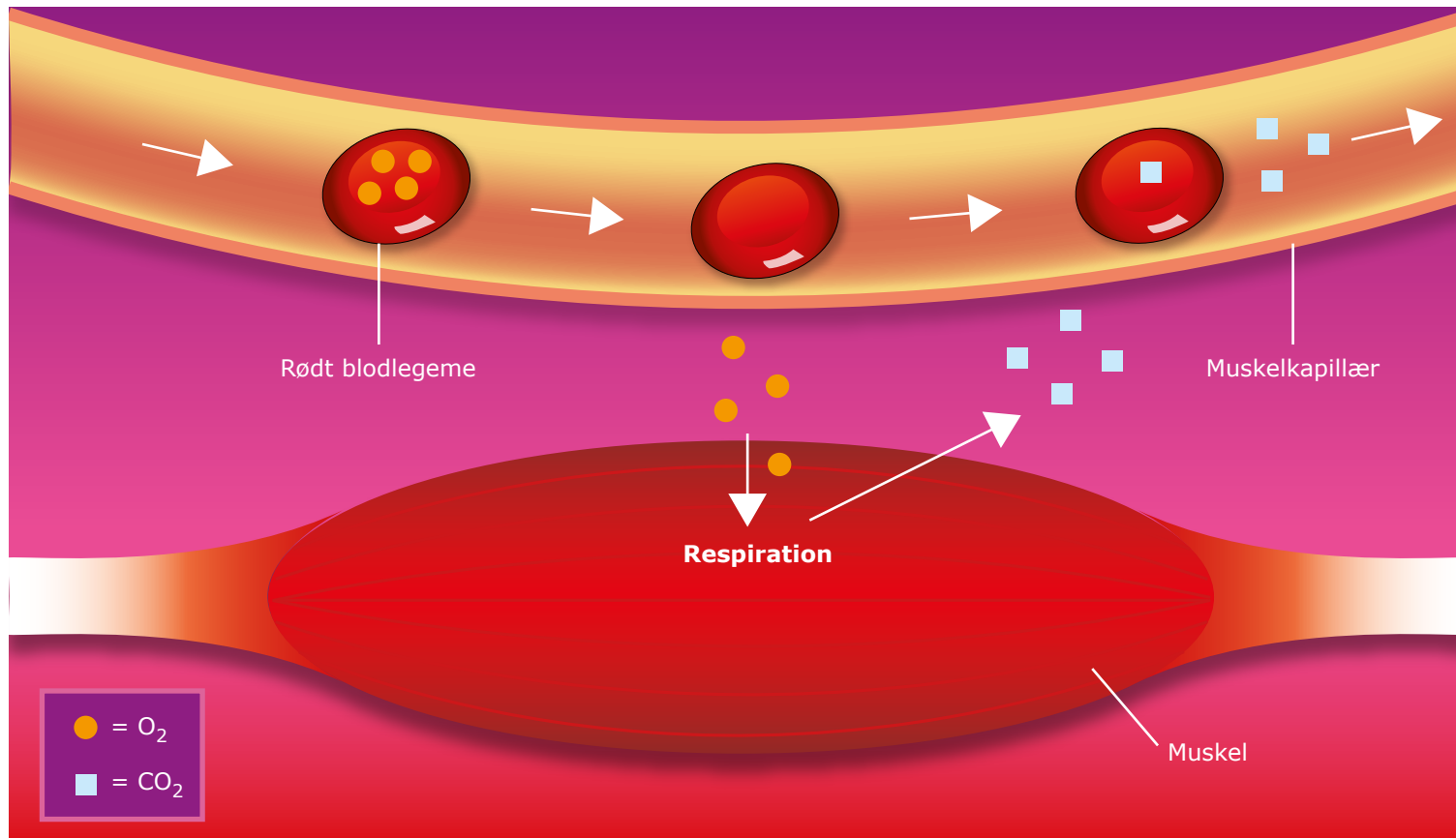
som fx kunne være muskelkapillærer, der omkranser en muskel. Muskler har brug for blodets indhold af  $O_2$  og næringsstoffer for at kunne ar-

bejde. Ilt "falder" så at sige af hæmoglobinet i de røde blodlegemer og diffunderer fra blodet og ud i muskelcellerne. Her bruges ilten i cellernes respiration, hvorved der dannes ATP til brug for musklens arbejde.

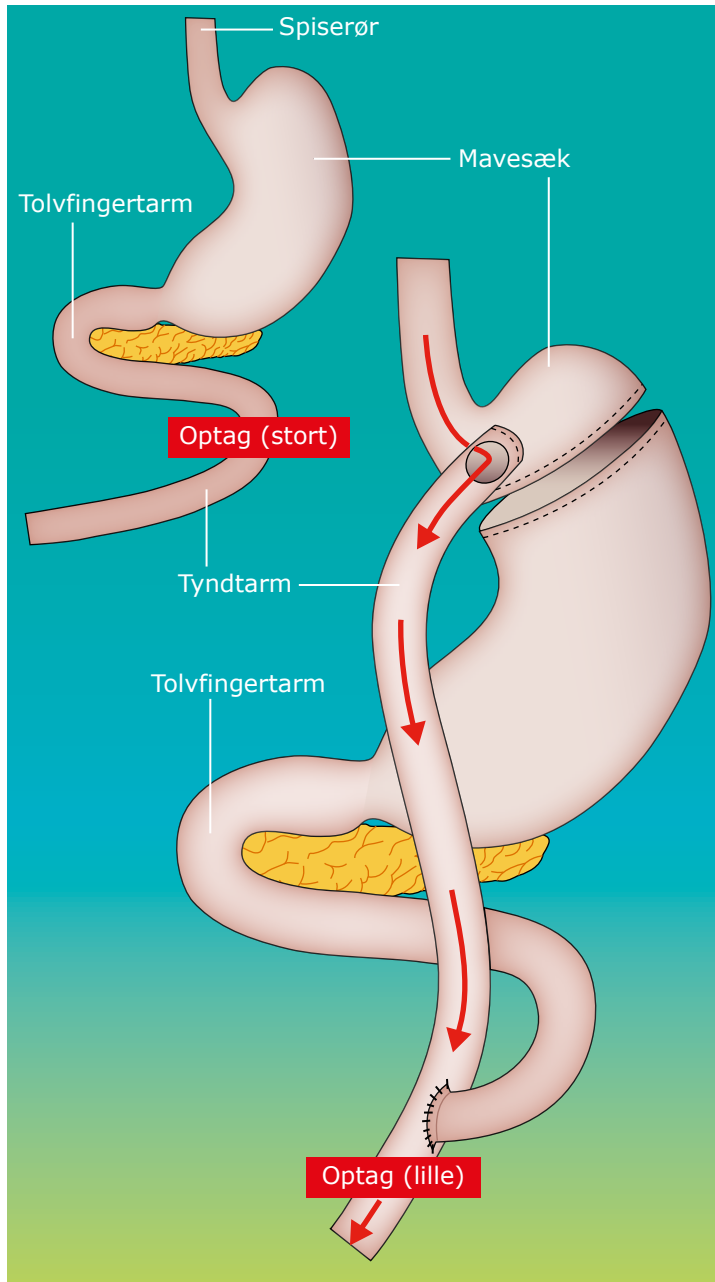
Samtidig danner musklen  $CO_2$  som affaldsprodukt fra respirationen, og det diffunderer den modsatte vej af ilt, nemlig fra musklen og ud i blodet. En mindre del af  $CO_2$  binder sig til hæmoglobinet, mens størstedelen af det opløses i blodet. Det er alt sammen vist på figur 2.8.

Nu ledes det iltfattige, men kuldioxidrige blod tilbage mod hjertet. Det sker først via muskelkapillærene, der bliver til lidt større venoler, der igen løber sammen i endnu større vener, der til sidst samles i to store vener ("hulvener"), som ender i hjertets *højre forkammer* (se figur 2.9 på næste side).

Fra højre forkammer ledes blodet ned i *højre hjertekammer*. Det er ikke så muskuløst, som



**Figur 2.8** Tilførsel af ilt til en muskel via en muskelkapillær. Kapillærets størrelse er her stærkt overdrevet for at lette forståelsen. Røde blodlegemer ankommer fuldt lastet med ilt (hver hæmoglobin har bundet 4 stk.), og ilt afgives ved diffusion til muskelcellerne. De bruger den til respiration, og der dannes kuldioxid. Den afgives til blodet igen via diffusion, hvor den dels bindes til de røde blodlegemer (lidt) og dels opløses i blodet (det meste).



**Figur 3.44** Gastric bypass-operation. Her reduceres mavesækkens volumen, hvorved man ganske enkelt ikke kan indtage ret meget føde ad gangen. Det er i sig selv slankende. Desuden ledes føden uden om tolvfingertarmen, hvorved nedbrydningen af næringsstofferne bliver væsentligt dårligere. Det betyder igen, at der kun sker en mindre optagelse fra tarmen til blodet, og derved er kroppens energioptag reduceret. Operationen er meget effektiv og kan kurere diabetes type II øjeblikkeligt. Desværre ses af og til alvorlige bivirkninger.

Er man ekstremt overvægtig, kan en sidste udvej være en *fedmeoperation*, der også kaldes en *gastric bypass*. Her reduceres mavesækkens volumen samtidig med, at man leder føden forbi (bypass) tolvfingertarmen. Den mindre mavesæk begrænser fødeindtagelsen, og når føden ikke passerer tolvfingertarmen, tilsættes ikke enzymer fra bugspytkirtlen. Herved nedbrydes maden ikke så godt som ellers. Det betyder igen, at der ikke optages så meget til blodet. På figur 3.44 ses en illustration af en gastric bypass.

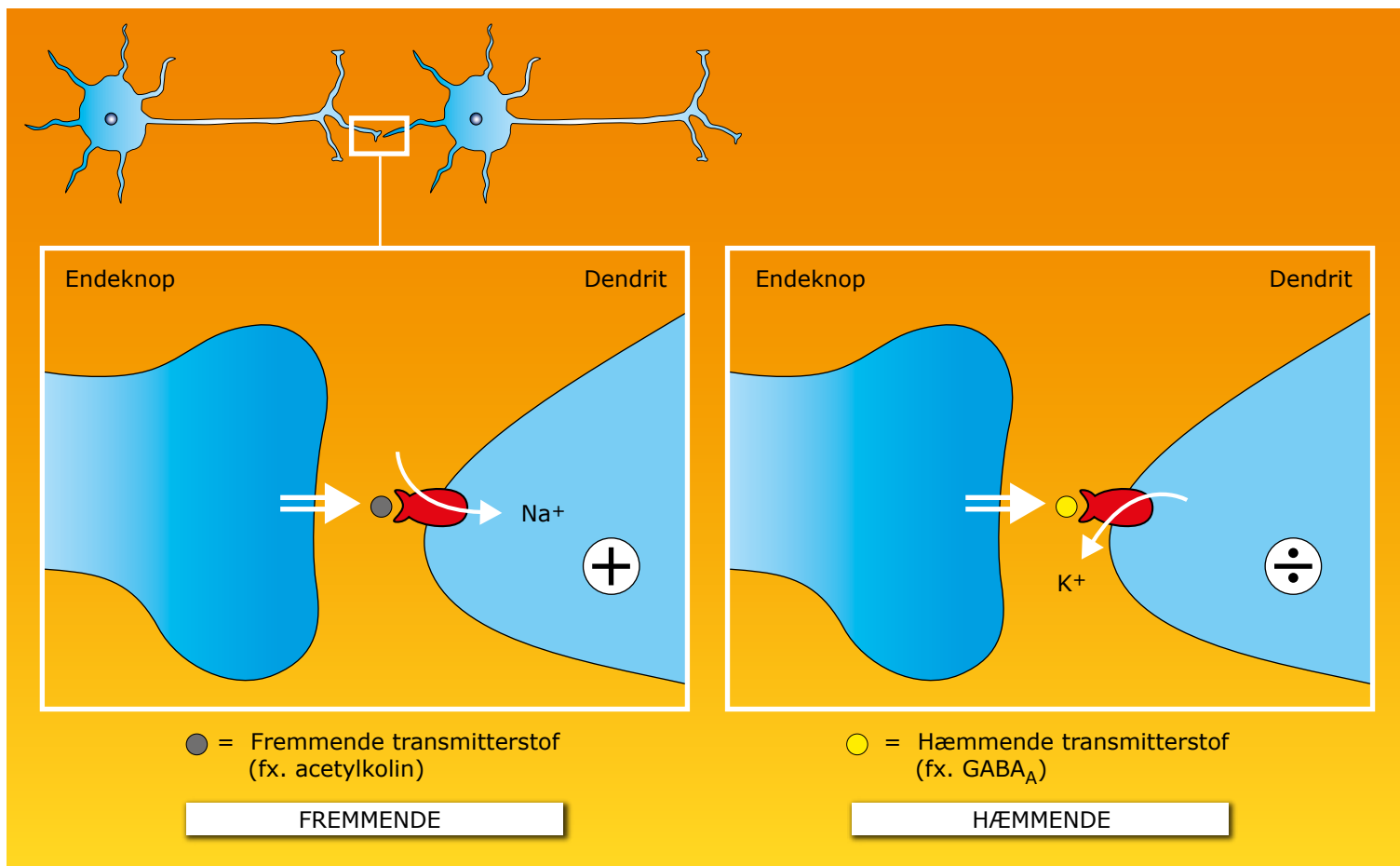
En positiv sideeffekt ved operationen er, at ens diabetes type II også forsvinder. For at få operationen betalt af det offentlige skal en række krav være opfyldt. Bl.a. skal ens BMI være over 35,

man skal lide af følgesygdomme, og man skal vise, at man kan tabe sig 8 % inden indgrebet. Operationen er ikke uden bivirkninger, og der er sågar forekommet flere dødsfald – også herhjemme.

Der findes også en anden fedmeoperation, der fjerner overfladisk fedt – typisk på maven. Det kaldes en *fedtsugning* og har kun kosmetiske betydning. Sådan en skal man selv betale.

### 3.4.5 Spiseforstyrrelser

Man mener, at op mod 30 % af unge piger i den vestlige verden lider af en spiseforstyrrelse i en eller anden form. 3-6 % lider af en alvorlig spiseforstyrrelse enten *anoreksi*, hvor der indta-



**Figur 4.12** Virkningen af fremmende og hæmmende transmitterstoffer. Til venstre ses effekten af fremmende transmitterstoffer. Når de bindes til receptoren på den postsynaptiske membran (dendrit) åbnes for Na-kanaler. Herved strømmer  $\text{Na}^+$  ind, og der sker en depolarisering. Hvis den er stor nok, overskrider tærskelværdien i axonet, og et nyt aktionspotentialt dannes. Til højre ses effekten af hæmmende transmitterstoffer. Når transmitterstoffet bindes til receptoren på den postsynaptiske membran (dendrit) åbnes for K-kanaler. Nu strømmer  $\text{K}^+$  ud af cellen, hvorved den bliver mere negativ, end den var før. Der er dermed længere op til tærskelværdien, og det bliver mindre sandsynligt, at der kan dannes et aktionspotentialt i axonet.

ler til de neuroner, som ellers bliver ved med at registrere den dårlige lugt. Det er unødvendigt og uhensigtsmæssigt, hvis man skulle blive ved med at kunne lugte det. Et andet eksempel er, når man tager et par solbriller på. Først føles de tydeligt mod næseryggen, men efter kort tid mærker man ikke solbrillerne mere. Det skyldes igen hæmmende signaler.

#### 4.3.5 Reflekser

Hvis man lægger hånden på en varm kogeplade, opfattes det af sanseceller, der omgående sender en høj frekvens af aktionspotentialer af sted via de tilførende neuroner (mod CNS). Til overarmens forside sendes nu fremmende signaler, da den tohovedede armbøjler skal trække sig sammen.

Omvendt sendes hæmmende signaler til overarmens bagside, da den trehovedede armstrækker skal være afslappet. Den skulle jo nødt

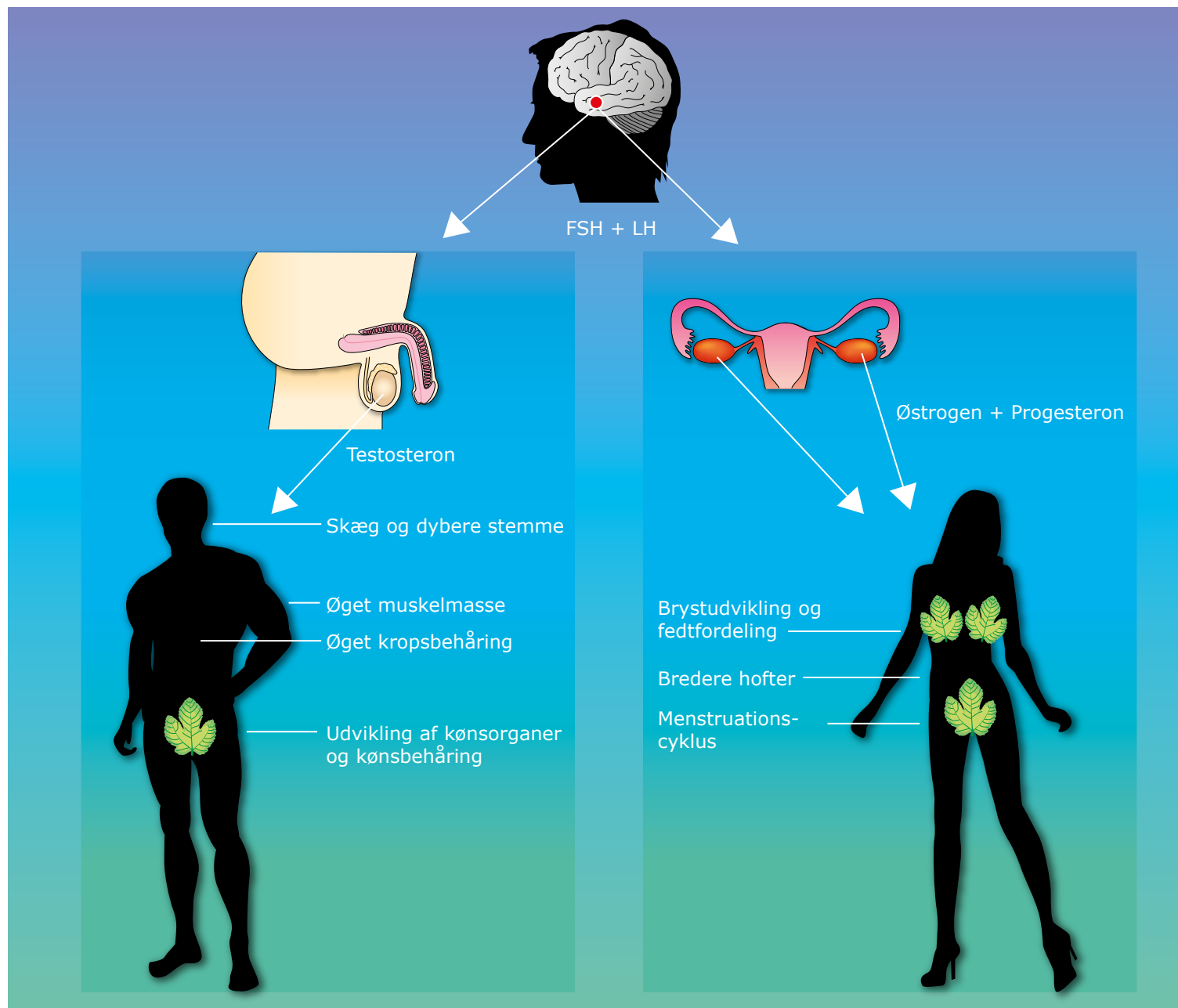


i fedtvæv, så hos begge køn gælder det, at kroppen skal have dannet fedtvæv nok til at kunne danne leptin, før man kan indtræde i puberteten.

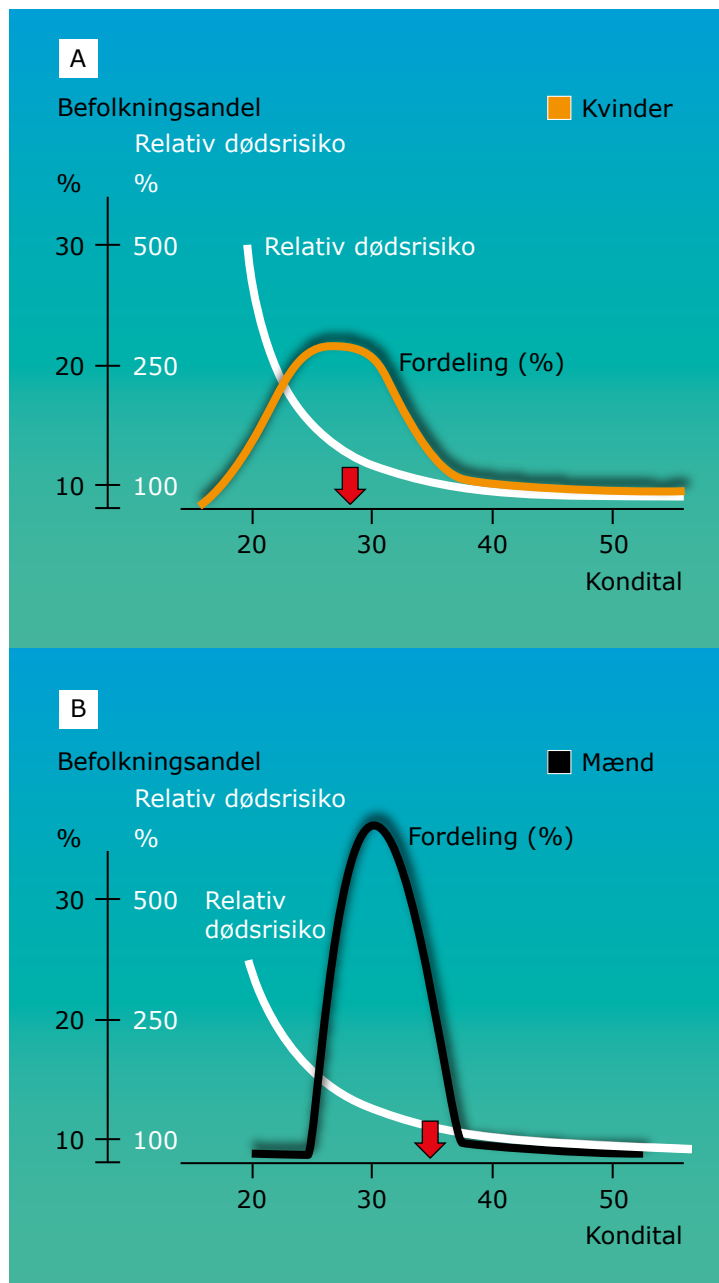
Leptin fra fedtvævet får et område i hjernen (hypothalamus) til at begynde produktionen af hormonet GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone). Hormonet stimulerer hypofysen, som er en anden kirtel i hjernen, til at producere de overordnede kønshormoner FSH (Follikel Stimulerende Hormon) og LH (Luteiniserende Hormon).

Disse hormoner frigives til blodet og transporteres til hhv. testikler og æggestokke. De overordnede hormoner er ens for begge køn, men påvirker testikler og æggestokke til at danne forskellige hormoner og udvikle det, man kalder *sekundære køns karakterer*. Puberteten er hermed gået i gang (se figur 5.13).

**Figur 5.13** Udvikling af sekundære køns karakterer hos drenge og piger.







**Figur 6.20** Det kritiske kondital hos kvinder (øverst) og mænd (nederst). I en stor undersøgelse viste det sig, at både hos kvinder (orange kurve) og mænd (sort kurve) var der en meget stor andel, der havde et kondital under den kritiske værdi, som hos kvinder er 29 og hos mænd 35. Med så lave kondital øges dødsrisikoen markant (hvide kurver). Det er således en særdeles god ide at holde sig i form livet igennem. Både konditionstræning og styrketræning virker i den forbindelse.

dital til langt op i alderen. Der skal ikke så meget til. Faktisk kan blot 30 minutters sved på panden dagligt gøre det, men jo mere fysisk aktivitet jo bedre.

#### 6.4.2 Styrketræning

Ved styrketræning handler det grundlæggende om, at musklerne skal blive stærkere. Energien til muskelarbejdet kommer ikke fra respirationen, som det jo var tilfældet med konditionstræningen, men derimod primært fra kreatinfosfat-systemet og i mindre grad fra mælkesyregæringen.

Man skelner ofte mellem *styrke* og *power*. Styrken angiver det antal kg, man kan løfte,

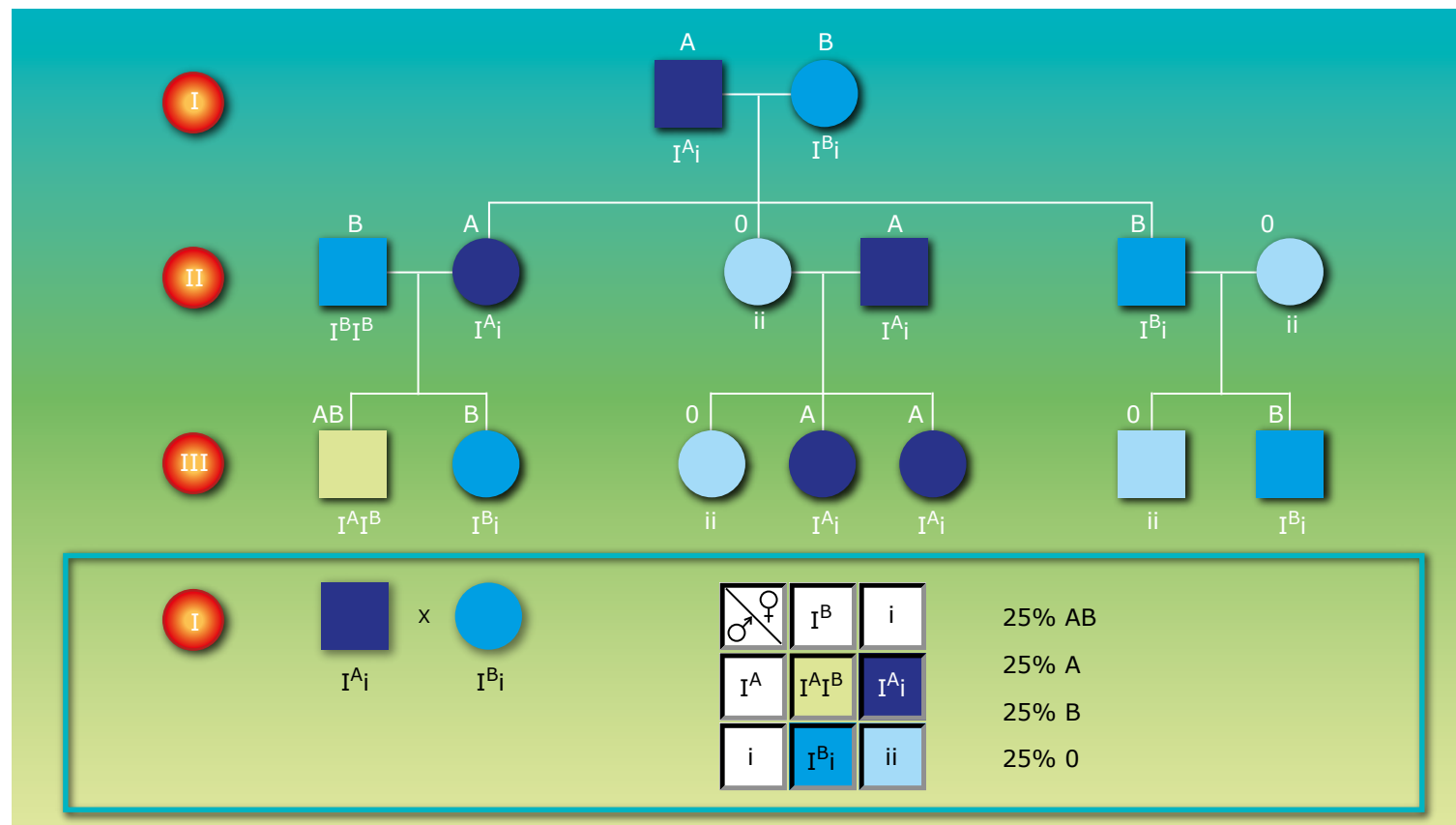
mens power angiver, hvor hurtigt man kan løfte dem. Hvis to personer begge kan løfte 100 kg i bænkpres, men den ene kan gøre det på den halve tid, så har sidstnævnte dobbelt så stor power som den anden - men altså samme styrke. Hvis man har meget power, er man meget *eksplosiv*. Det gælder fx mange vægtløftere og selvfølgelig også sprintere som Usain Bolts.

Der er groft sagt to måder at blive stærkere på. Man kan øge volumen af sine muskler - en proces der kaldes *hypertrofi* - og man kan forbedre nerveforbindelsen til muskulaturen. Begge metoder gør en stærkere, men de trænes på forskellig vis.



teiner på de røde blodlegemer ud fra generne. Genet  $I^A$  medfører dannelse af glykoprotein A, mens genet  $I^B$  medfører dannelse af glykoprotein B. Hvis man ikke har et af de dominante gener, har man i stedet genotypen  $ii$ . Her er generne defekte, så der ikke dannes glykoproteiner på de røde blodlegemer. Man har derfor blodtype O. Forkortelsen "O" har tysk oprindelse og står for "Ohne". Det henviser til, at blodtypen er uden (ohne) glykoprotein. Man kan også kalde blodtypen for "nul", da der jo er nul glykoproteiner på de røde blodlegemer.

Et særligt forhold gør sig gældende, hvis man har begge de to dominante alleler i sin genotype. De bestemmer nemlig populært sagt lige meget. Begge koder for dannelsen af et glykoprotein, så man får i det tilfælde både produceret glykoprotein A og glykoprotein B på de røde blodlegemer. Derved har man blodtype AB. De to alleler,  $I^A$  og  $I^B$ , siges at være *codominante*. På figur 7.48



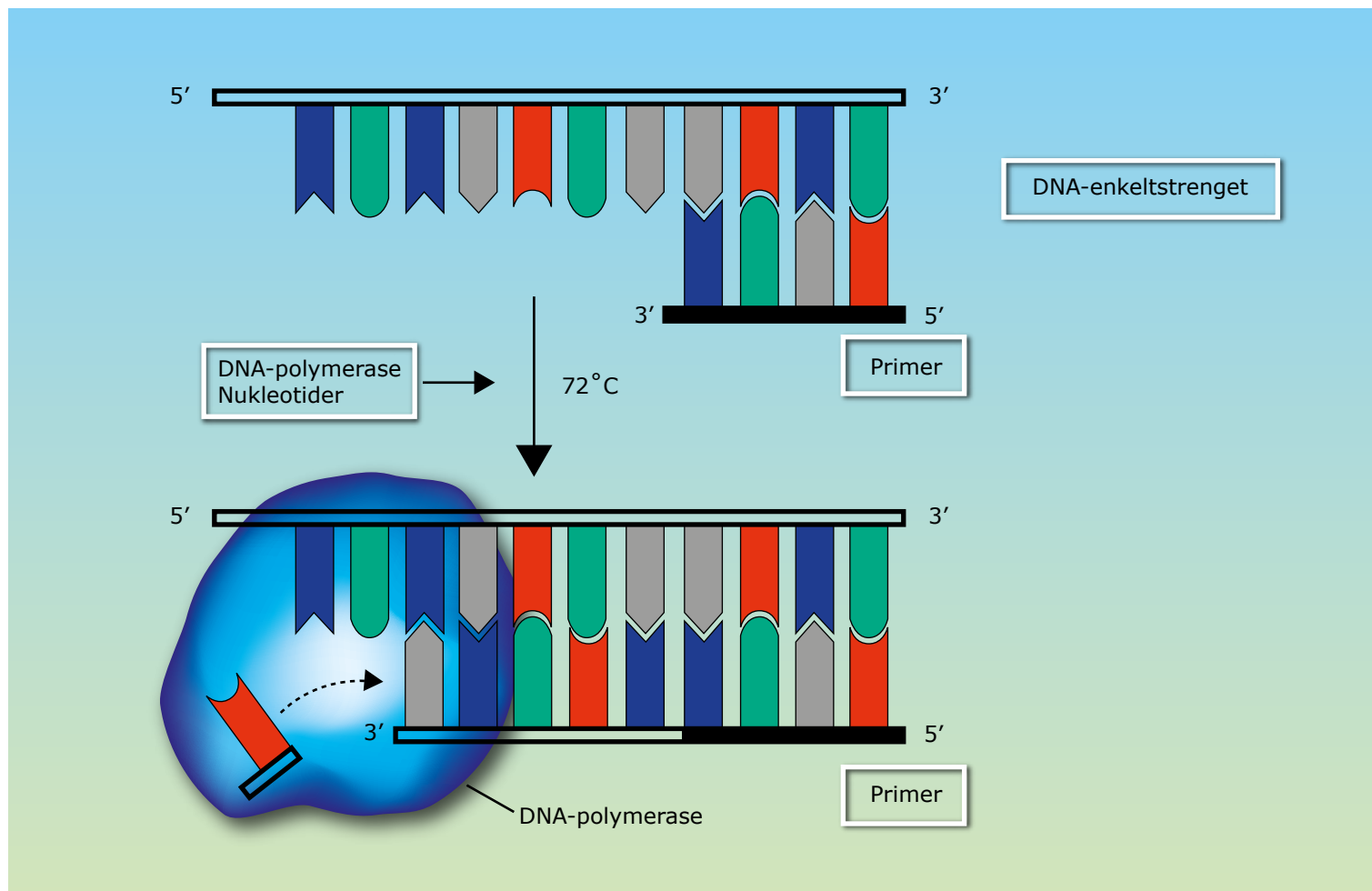
**Figur 7.48** Øverst ses nedarvningen af blodtyper i en familie i tre generationer. De enkelte blodtyper er markeret med hver sin farve for at lette forståelsen. Nederst ses et krydsningsskema mellem person I-1 og I-2 (bedsteforældrene). Det ses her, at fordi de er heterozygote, kan de godt få et barn med fx blodtype 0 (25 %).

ses et eksempel på en stamtavle over en familie med ABO-systemet.

### 7.8.3 Autosomal 2-gensnedarvning

Når det kræver to genpar for at give en bestemt fænotype, kaldes det en 2-gensned-





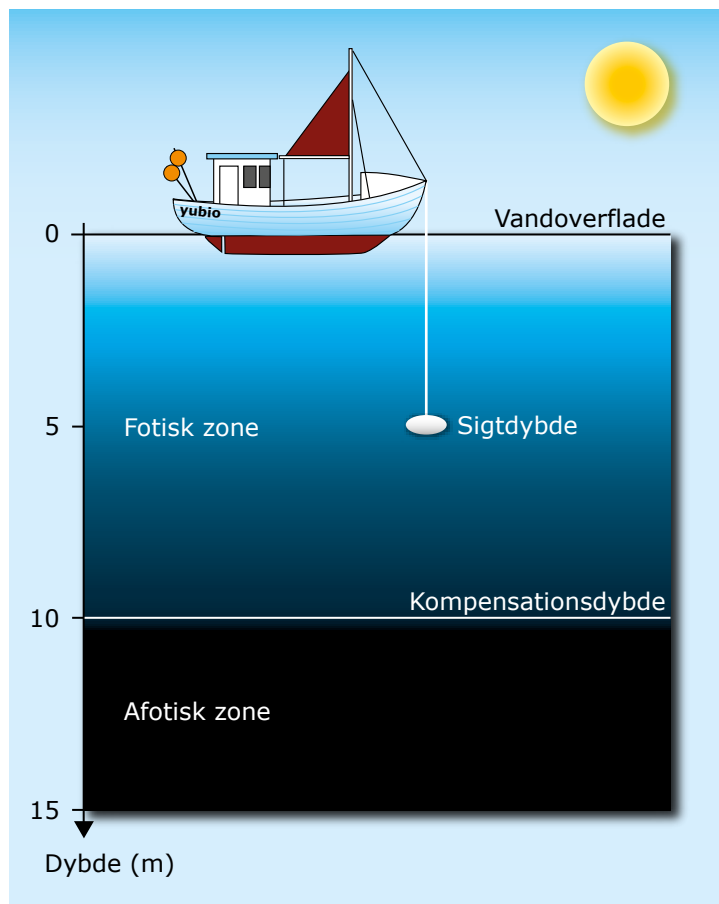
**Figur 8.3** Primerens rolle i PCR. En primer er et kort enkeltstrengt DNA-stykke, der er komplementært til den yderste del af det DNA-stykke, man ønsker at opformere i en PCR. Der er således en primer til hver af de to oprindelige DNA-streng. På figuren ovenfor er kun vist primeren til den ene DNA-streng. Når primeren har bundet sig, kan DNA-polymerasen komme i gang med at lave baseparringer med resten af DNA-strengen. Primeren er så at sige "startskuddet" for DNA-polymerasen. Nederst på figuren ses, at DNA-polymerasen er kommet godt i gang og næsten er færdig med at danne den komplementære DNA-streng. Samme proces foregår på den anden af de oprindelige DNA-streng.

### 8.2.2 Gel-elektroforese

Efter PCR kan man stå med mange forskellige DNA-stykker - hver i mange millioner eksemplarer. Dem vil man gerne have adskilt fra hinanden. DNA-stykkerne er alle negativt ladede pga. fosfatgrupperne, og samtidig har de forskellig længde. Det udnyttes ved en *gel-elektroforese*, hvor man sender DNA'et gennem en gelémasse ved at sætte strøm til.

Det overordnede princip er, at små DNA-stykker nemmere kan bevæge sig gennem geléen (gelen), end store stykker kan. Derfor vil man i løbet af kort tid få adskilt DNA-stykkerne efter størrelse, hvor de små har bevæget sig længst. Fremgangsmåden er vist på figur 8.4 på næste side.

I den ene ende af gelen, laver man små huller, som kaldes *brønde*. Med en mikropipette tilsætter man nu sine DNA-stykker til disse brønde. Man siger, at gelen "loades". Gelen overhældes



**Figur 9.27** Måling af sigtdybde med en Secchi-skive, der hejses ned fra en båd. I dette tilfælde er sigtdybden ca. 5 meter. Det er altså hertil, man kan se skiven fra båden. Kompensationsdybden er den dybde, hvor ca. 1 % af sollyset når ned. Her er fotosyntesen og respirationen lige store. Zonen under kompensationsdybden kaldes for den afotiske zone, mens zonen over kaldes for den fotiske zone. Alger og andre planter kan kun leve i den fotiske zone.

i en sø. I nogle oligotrofe søer i Danmark (de rene søer) når lyset 14-16 meter ned. I flere eutrofe søer når lyset mindre end en halv meter ned i vandsøjlen.

Den del af vandsøjlen, hvor der når så meget lys ned, at planter og planktonalger kan leve der, kalder man den *fotiske zone*. For at planter kan overleve, skal deres fotosyntese være større end eller minimum lige så stor som deres respiration. Hvis respirationen er større end fotosyntesen, er det umuligt at opbygge plantemateriale, for nu bruges alt glukosen fra fotosyntesen (og mere til) i respirationen. Planten "taber sig" derfor og vil ikke overleve (se [kapitel 9.2.3](#)).

Den dybde, hvor lysintensiteten er så lav, at fotosyntesen er lig med respirationen, kaldes for *kompensationsdybden*. Det er den dybde, hvor ca. 1 % af lyset når ned. Under kompensationsdybden, hvor der altså (stort set) er mørkt, lever der ingen planter. Zonen kaldes for den *afotiske*

*zone*. På figur 9.27 er zonerne illustreret.

Klarheden i en sø kan måles med en såkaldt Secchi-skive (se figur 9.26). Det er en skive på typisk 20 cm i diameter, der sænkes ned i vandet, indtil den netop ikke længere kan ses. Herved fås et mål for søens *sigtdybde* eller *Secchi-dybden*. Den er ofte ca. det halve af kompensationsdybden (se figur 9.27) og rene danske, oligotrofe søer kan have sigtdybder på op mod 8 meter, mens næringsrige, eutrofe søer kan have sigtdybder så lave som blot 20-30 cm. På figur 9.28 på næste side ses en Secchi-skive.

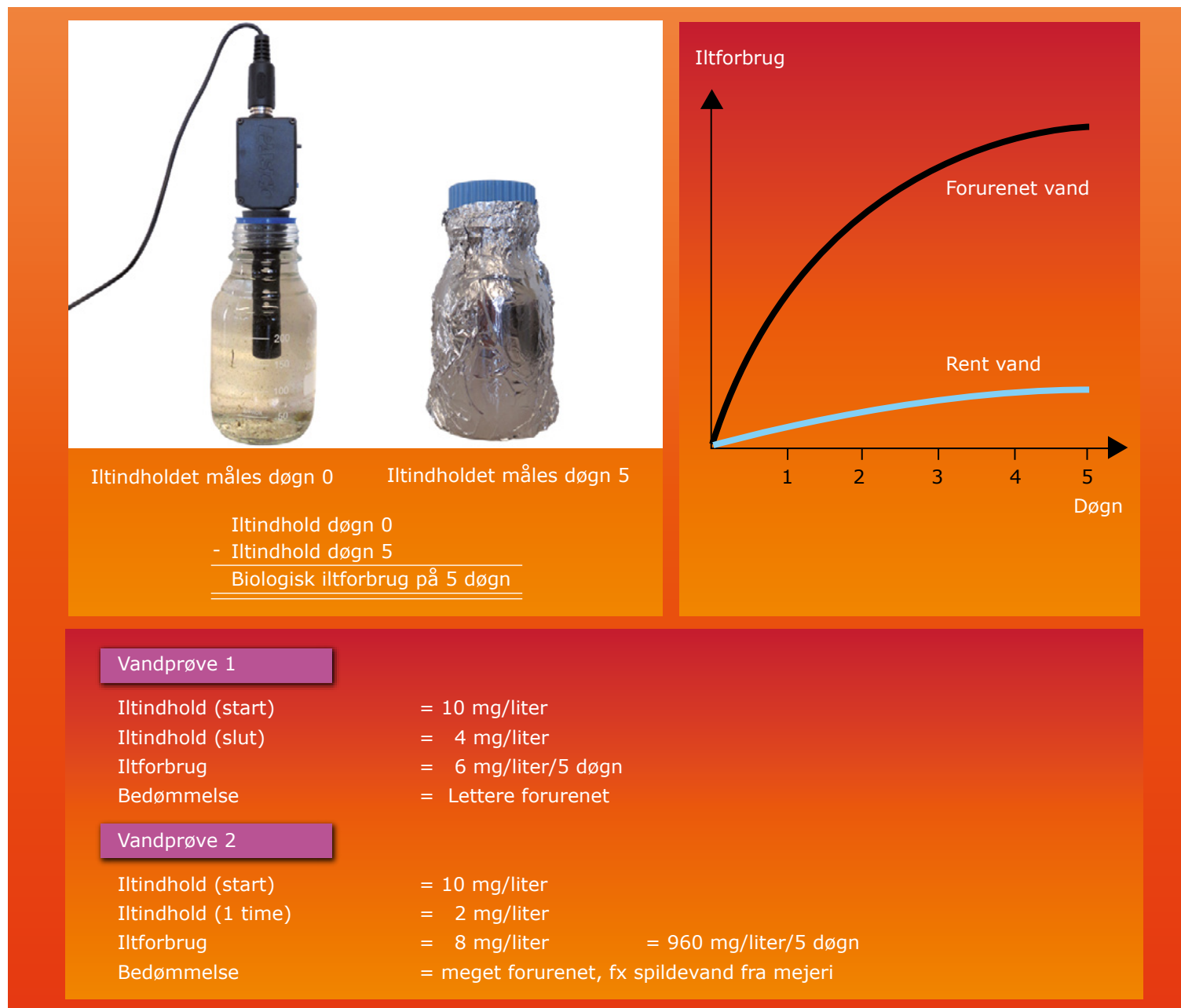
Pga. Solens opvarmning af søens vandmasser i sommerhalvåret opstår der i dybe søer en lagdeling af vandet. Overfladevandet opvarmes af Solens stråler, men bundvandet forbliver koldt. Vands massefylde er størst ved 4° C, og det er altså her, det er tungest. Det varme, lettere overfladevand lægger sig derfor ovenpå det kolde, tunge bundvand. Der kan faktisk nærmest blive

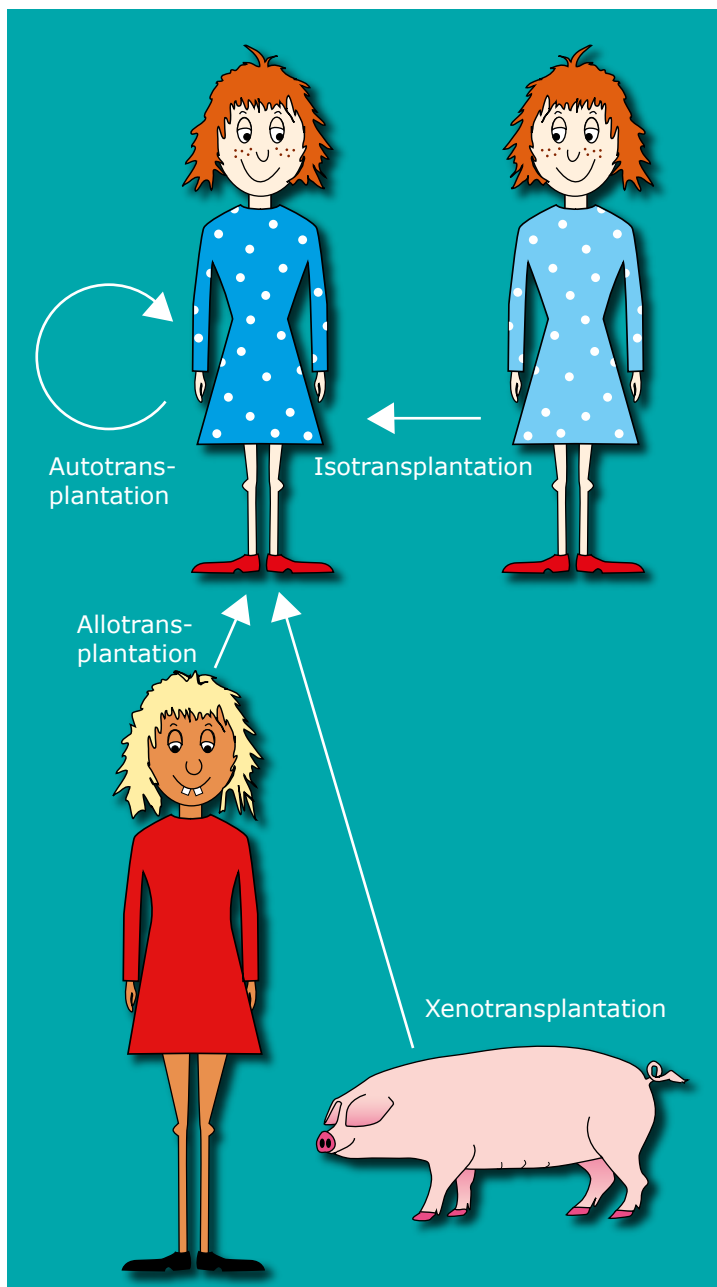


stof der oprindeligt var i vandprøven. Jo mere ilt, der er forbrugt, desto mere organisk materiale var der i vandet. Metoden er uddybet på figur 10.6.

Hvis vandet er meget forurenet med organisk materiale, vil der kun gå kort tid, før vandets ilt er brugt op i nedbrydningsprocessen. Herved får man en meget høj  $BI_5$ -måling på mange tusinde mg ilt pr. liter, idet man omregner til iltforbruget på 5 døgn. I disse tilfælde vil det være nødvendigt at fortynde vandprøven inden målingen for at få en præcis bestemmelse af iltforbruget. Omvendt - hvis vandet er meget rent – her forbruges måske kun 1-2 mg ilt pr. liter i løbet af 5 døgn. På figur 10.7 ses  $BI_5$ -målinger for forskelli-

**Figur 10.6** Øverst  $BI_5$ -måling i vandprøver fra en sø. Iltindholdet måles omgående og igen 5 døgn efter, at vandprøven har stået i mørke (kun respiration). Iltforbruget er et udtryk for den mængde organisk materiale, der er blevet nedbrudt. Nederst ses et beregningseksempel på  $BI_5$ -målingen.





**Figur 11.21** De fire typer transplantationer - autotransplantation, isotransplantation, allotransplantation og xenotransplantation. Allotransplantationer er de hyppigste. Se yderligere forklaring i teksten.

plantatet fra samme individ. Fx når hudceller fra låret flyttes op på et brandsår i ansigtet. Ved en isotransplantation kommer transplantatet fra en enægget tvilling, der har nøjagtigt samme gener og dermed overfladeproteiner (antigener) som modtageren. Ved en allotransplantation kommer transplantatet fra samme art – altså når et menneske fx donerer en nyre til et andet menneske.

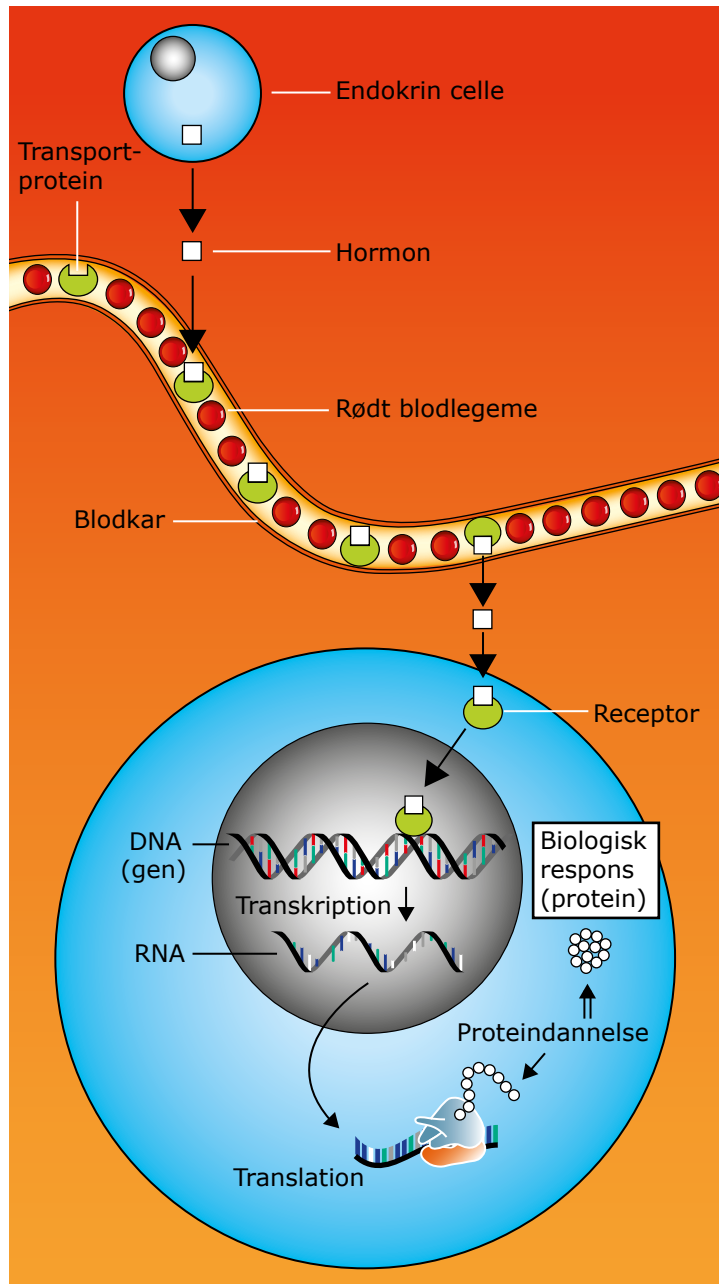
Ved en xenotransplantation kommer transplantatet fra en helt anden art. Man har i de senere år forsøgt at genmanipulere grise således, at deres overfladeproteiner kommer til at ligne menneskers. Herved kan man muligvis løse problematikken med manglende menneskelige donorer, men der er dog et stykke vej endnu.

Jo tættere beslægtet donor og modtager er, desto større vil forlideligheden være, og desto

mindre risiko vil der være for en afstødningsreaktion. For at en transplantation skal lykkes, skal donor og modtager nemlig helst have samme vævstype. Med vævstype menes overfladeproteinerne på cellerne (fx MHC-I). Det er derfor, at allotransplantationer oftest er med nært beslægtede familiemedlemmer.

Der er ingen problemer, når det drejer sig om auto- og iso-transplantationer. Her er der fuld forlidelighed, da donor og modtager har samme vævstype. Hvis det ikke er tilfældet, vil transplantatet som oftest blive afstødt af modtagerens immunforsvar, der ganske enkelt vil bekæmpe de transplanterede celler, som var de indtrængende mikroorganismer.

På figur 11.22 på næste side ses et eksempel på en afstødningsreaktion.



**Figur 12.4** Fedtopløselige hormoner såsom steroiderne transporteres i blodet med transportproteiner, da hormonerne ikke uden videre kan opløses i blodet. Hormonerne trænger let gennem den fedtholdige cellemembran på målcellen og bindes til receptorer i målcellens cytoplasma eller cellekerne. Hormon og receptor sætter herefter gang i proteinsyntesen hos målcellen. Med andre ord medfører hormonet, at målcellen udfører en biologisk respons.

bindes derfor i blodet til transportproteiner. De fedtopløselige hormoner og deres transportproteiner følger nu med blodstrømmen rundt i kroppen, hvor hormonerne afgives til de målceller, som har en receptor, der passer til det pågældende hormon. Hormon og receptor skal nemlig passe som "hånd i handske", for at målcellen aktiveres. Transporten af fedtopløselige hormoner og deres binding til målcellen er vist på figur 12.4.

Det ses på figuren, at de fedtopløselige hormoner uden videre trænger gennem målcellens cellemembran. Det skyldes, at cellemembranen er opbygget af fosfolipider (fedt) og derfor er hy-

drofob, og et hydrofobt hormon kan derfor uden videre passere. Steroidhormonerne og thyroninerne bindes til en receptor enten inde i målcellens cytoplasma eller inde i dens cellekerne. Dette hormon-receptorkompleks aktiverer nu et gen på DNA-strengen i cellekernen.

Man siger, at disse hormoner er *transkriptionsfaktorer*, fordi de sætter gang i transkriptionen af et gen. Transkriptionen er første del af proteinsyntesen, og for mere om den henvises til [kapitel 7.5](#).

Testosteron aktiverer fx bestemte gener, der producerer muskelprotein. Det betyder, at testosteron har en muskelopbyggende effekt. Derfor





Langt de fleste proteiner indeholder begge typer i varierende grad. Der findes dog også proteiner, der hovedsageligt kun har den ene eller den anden type. I hud, hår og negle dominerer fx  $\alpha$ -helix struktur, mens  $\beta$ -foldebladsstruktur dominerer i silke.

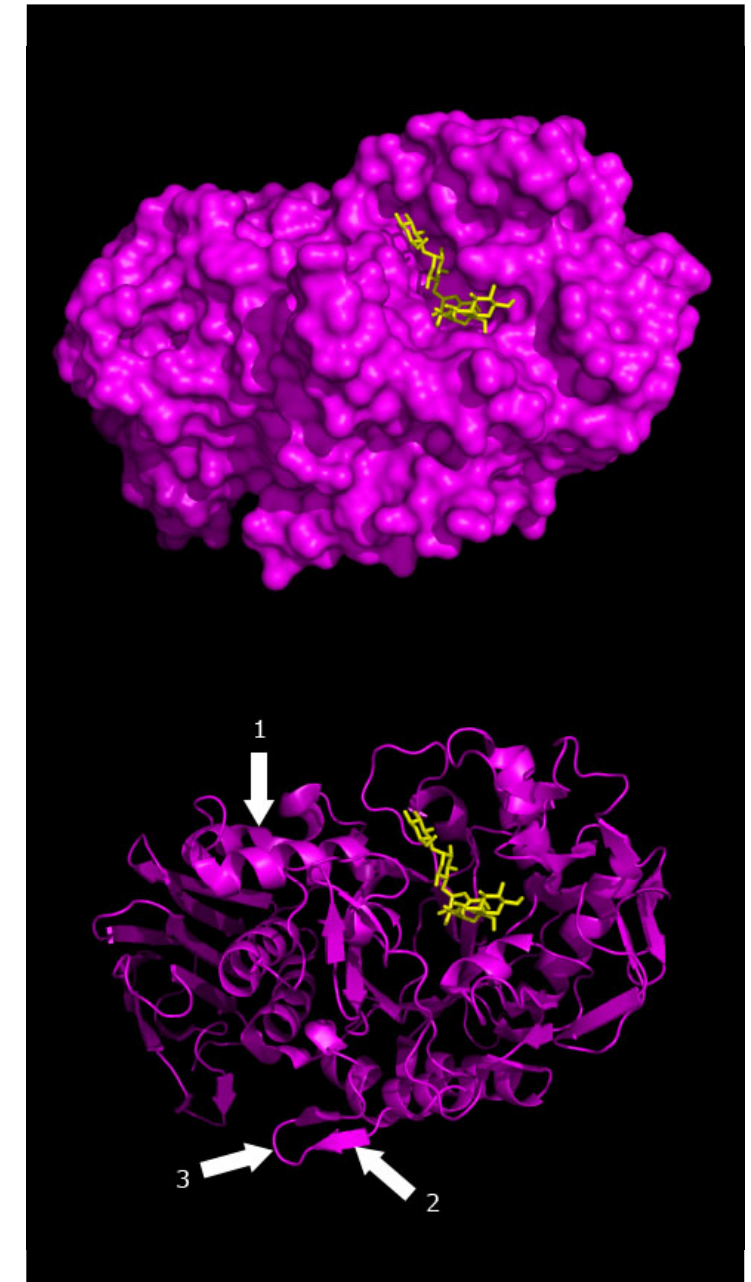
En stor del af et proteins sekundære struktur består dog hverken af  $\alpha$ -helix'er eller  $\beta$ -foldeblade. Den består derimod af mange ikke-gentagende strukturer, der kaldes *loops*. Der findes mange typer loops, men  $\beta$ -vendinger er en af de vigtigste. De udgør som regel mindst 25 % af det færdige protein. Deres funktion er at bøje  $\beta$ -foldebladene, så de kan fortsætte i en ny retning. Der findes proteiner, som udelukkende består af loops. Disse proteiner kaldes for ustruk-

turerede proteiner og udgør op imod 20 % af alle proteiner i vores krop.

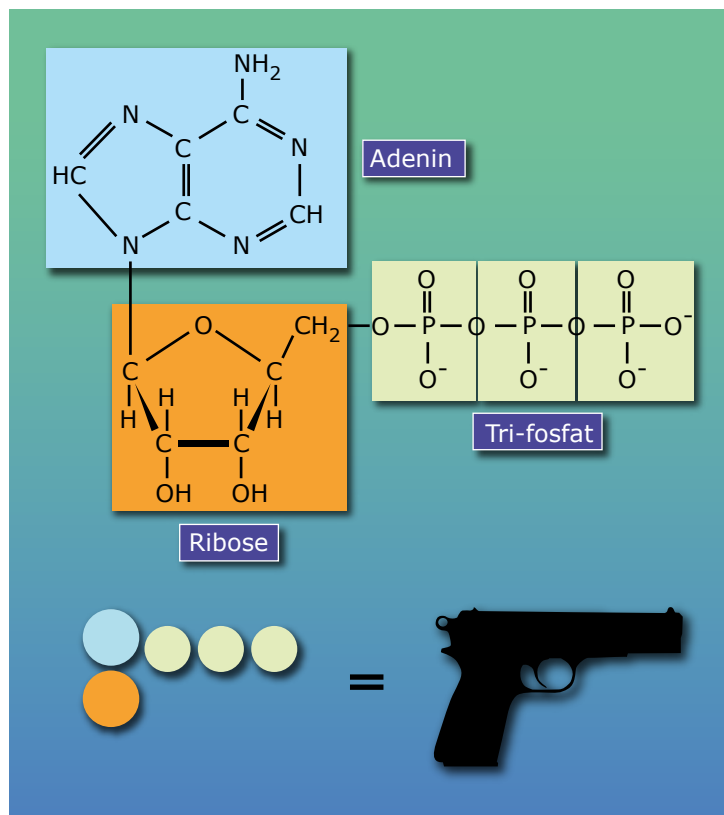
Proteinernes sekundære struktur kan også have en mere overordnet foldning. Dette niveau kaldes proteinets *tertiære struktur*. Her foldes fx flere  $\alpha$ -helix'er og  $\beta$ -foldeblade sammen via loops til en mere kompakt kuglestruktur. Et sådant eksempel er vist på figur 13.32.

Det viste protein er amylase, der er et kulhydratspaltende enzym i fordøjelsessystemet (se [kapitel 3.3](#)). Amylase indeholder alle de gennemgåede strukturer, og de er også angivet på figuren. Amylases tertiærstruktur holdes sammen af hydrogenbindinger, men også af de meget vigtige *disulfidbindinger* mellem aminosyrer, der indeholder svovl. Disse bindinger kaldes også for

**Figur 13.32** Øverst ses overfladen af enzymet amylase, der spalter stivelse til mindre sakkarider i vores mund. Det gule molekyle er stivelse, der passer ind i enzymets aktive sted. Bemærk, at der skal mange hundrede aminosyrer til for at opbygge enzymet, så det får sin nøjagtige struktur. Nederst ses et kig indenfor i strukturen, hvor pilene peger på henholdsvis en  $\alpha$ -helix (1), et loop (2) og et  $\beta$ -foldeblad (3).



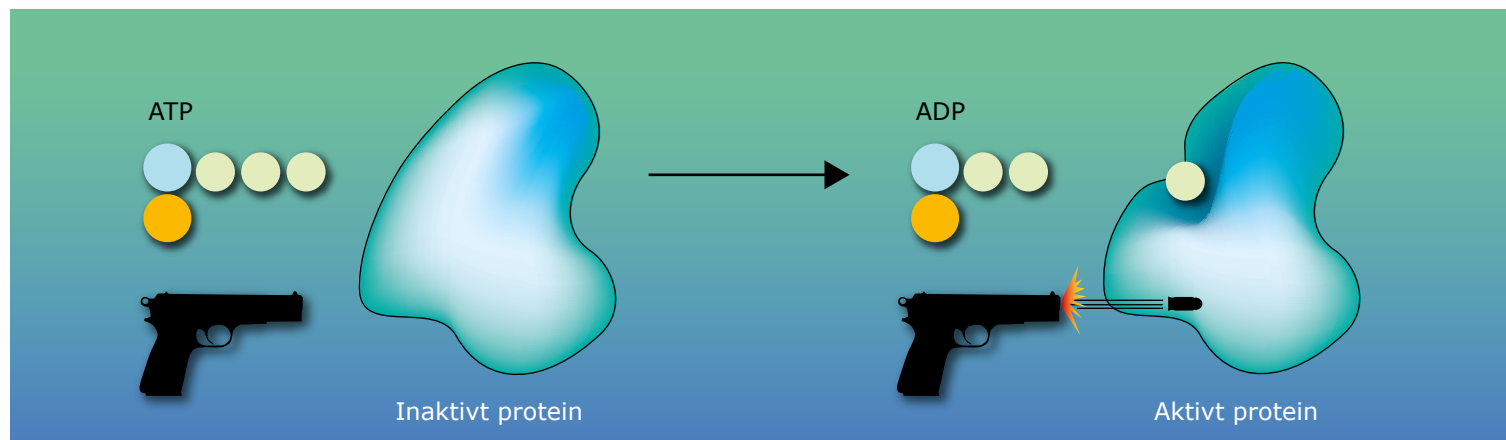




**Figur 14.14** Opbygningen af ATP. Molekylet kan opfattes som en ladt pistol, der er klar til at affyre den yderste fosfatgruppe (se senere).

sikrer vores overlevelse. Selve ATP-molekylets kemiske opbygning er vist på figur 14.14.

ATP-molekylet er energirigt pga. bindingen mellem de to yderste fosfatgrupper. Hvis denne



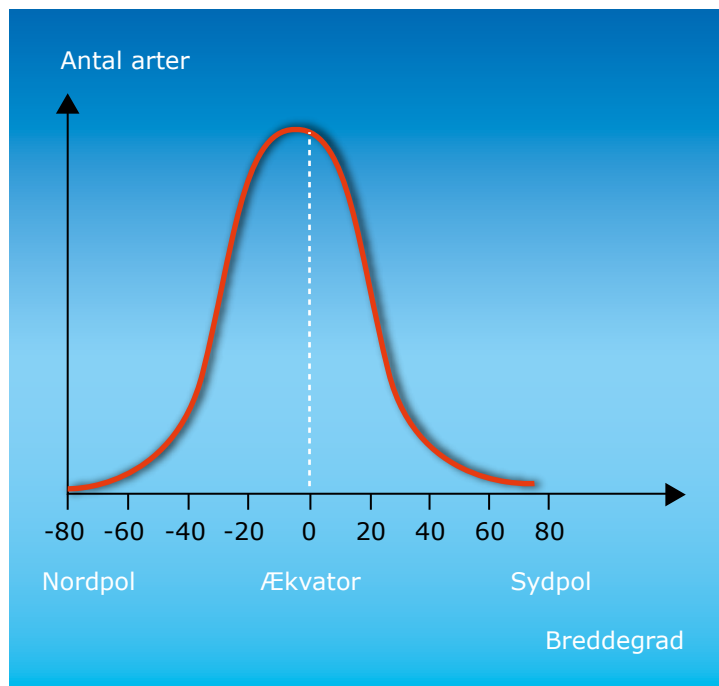
**Figur 14.15** ATP er energirigt, pga. bindingen til den yderste fosfatgruppe. Når bindingen brydes, farer fosfatgruppen af sted som en patron afskudt fra en pistol. Patronen kan fx ramme et muskelprotein, så der sker en muskelbevægelse. Når ATP er brugt, er der ADP tilbage. Nu skal pistolen lades igen via energi fra fx kulhydrat.

binding brydes, vil den yderste fosfat-ion drøne af sted, da den pga. sin negative ladning vil blive frastødt af den tilbageværende fosfatgruppe, der også er negativ ladet. Den frie fosfat-ion kan nu ramme et protein, som derved ændrer struktur. Det er illustreret på figur 14.15.

Man kan faktisk tænke på ATP-molekylet som en pistol, hvor den yderste fosfat-ion er patronen, mens resten af molekylet (ADP) er selve pistolen. Katabolismen handler populært sagt om

at få ladt pistolen, som så bagefter kan skydes af, så der udføres et arbejde, når patronen rammer noget. Arbejdet kunne fx være muskelproteiner, der bevæger sig i forhold til hinanden, så musklen trækker sig sammen (se [kapitel 6.2.1](#)). Det kunne også være en ionkanal i cellemembranen, der ændrer form under aktiv transport, så et bestemt stof optages i cellen (se [kapitel 1.3.2](#)).

Energien til at lade pistolen – altså danne ATP-molekylet – kommer fra nedbrydning af kul-



**Figur 15.18** Artsrigdommen fordelt på breddegrader. Det ses, at rigdommen er størst omkring ækvator og mindst ved polerne. Der ses desuden en svag forskydning mod den nordlige halvkugle. Det skyldes, at der her er mest landmasse. Omtegnet efter Krebs (2008).

**Figur 15.19** Udbredelsen af søpapegøjer og søløver i forhold til breddegrader. Det ses, at søpapegøjer findes mest omkring den 60. breddegrad på den nordlige halvkugle og faktisk slet ikke på den sydlige. Søløver findes derimod både syd og nord for ækvator - og faktisk også ved ækvator. Der er således stor individuel variation fra art til art. Omtegnet efter Krebs (2008).

Der er også stor forskel på, hvor en enkelt art befinder sig på jordkloden. På figur 15.19 ses fx, at søpapegøjer kun findes på den nordlige halvkugle og hyppigst omkring den 60. breddegrad. Søløver derimod findes på alle breddegrader, dog hyppigst i de koldere egne på Jorden.

For at få et mål for biodiversiteten af planter i et område kan man lave en *vegetationsanalyse*. Et eksempel på en sådan er cirkelmetoden, der blev udført første gang i 1909 af Christen Raunkiær, der var professor i botanik ved Københavns Universitet.

Metoden er ret enkel, idet man benytter såkaldte Raunkiær-cirkler, der er cirkulære ringe med et areal på 0,1 m<sup>2</sup>. Disse kastes tilfældigt

