

**Figur 1.5** Eksempler på bakteriers forskellige udseender. Venstre: *Clostridium difficile*. Midterst: *Staphylococcus aureus*. Højre: *Treponema pertenue*. Billederne er venligst udlånt af AJC1 ([www.flickr.com](http://www.flickr.com)).

især bakterierne, der nedbryder dødt organisk materiale i naturen, så der dannes uorganiske stoffer, der kan optages og udnyttes af planterne (se [kapitel 1.2.4](#)). Faktisk er hovedparten af al biomasse bakterier, og naturen ville ikke kunne fungere uden dem.

Bakterier varierer meget i størrelse, men er

typisk 1-5  $\mu\text{m}$  ( $1-5 \cdot 10^{-6}$  meter) i diameter. De mindste kan dog blive helt ned til 200 nm i diameter ( $2 \cdot 10^{-7}$  meter), mens de største kan blive 750  $\mu\text{m}$  i diameter, hvilket altså næsten er en hel millimeter!

Formen varierer også – nogle er kugleformede, andre stavformede, og andre igen er skrue-

formede eller spiralfornede (se figur 1.5).

Det er svært at klassificere de mange bakterier på en overskuelig måde, idet der er et svimlende antal varianter. Hidtil er det kun lykkedes at beskrive ca. 6.000 af disse grundigt, hvilket svarer til en meget lille brøkdel af det samlede antal, der findes i naturen. Man skønner, at der



Interstitialvæsken plus blodplasmaet kaldes under et for *ekstracellulærvæsken* modsat den væske, der er i cellerne, der kaldes for *intracellulærvæsken*.

## 2.6 Sammenfatning på blodkredsløbet

Blodkredsløbet består af det store kredsløb og det lille kredsløb. *Det store kredsløb (det systemiske kredsløb)* løber fra venstre hjertekammer via arterier (først aorta) og arterioler ud til de forskellige organers kapillærnet, hvor ilt afleveres til cellernes respiration. Herefter løber det med affaldsstoffer såsom kuldioxid tilbage via venoler og vener til hjertets højre forkammer.

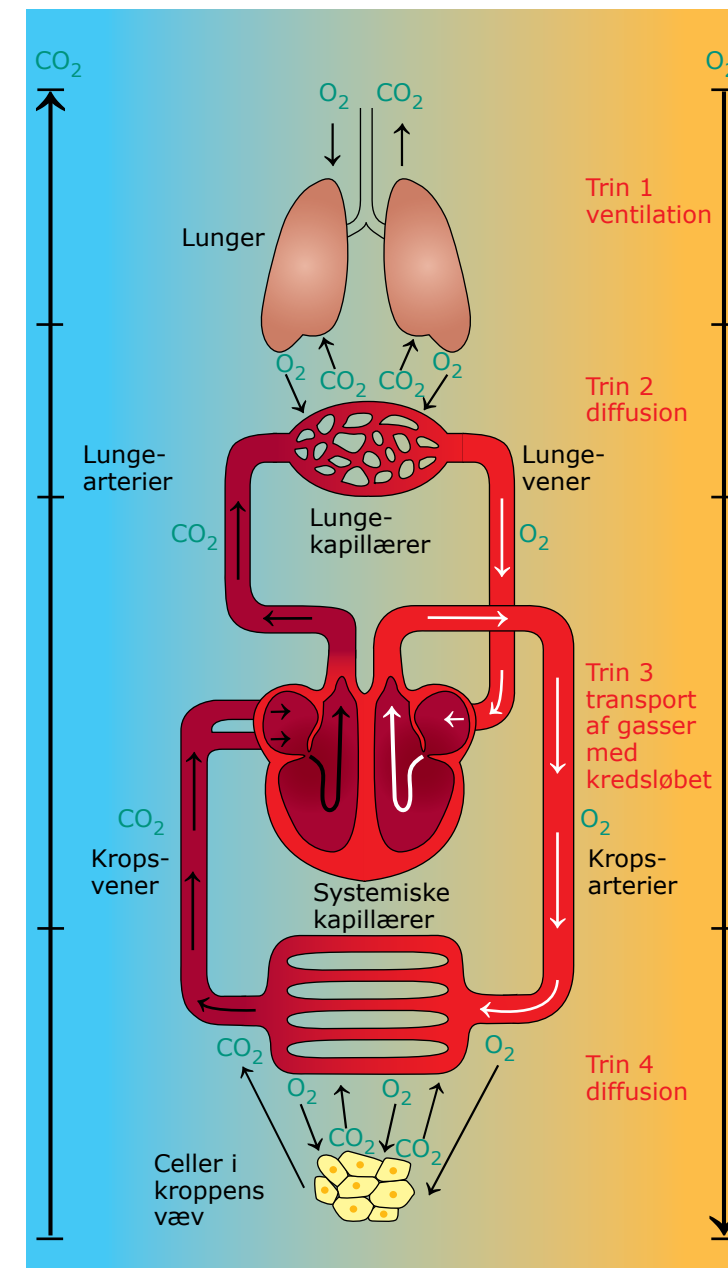
Venstre hjertekammer er meget muskuløst, hvilket er hensigtsmæssigt, da det skal kunne pumpe med stor kraft og skabe et stort tryk, idet modstanden i det store kredsløb er meget større end i det lille.

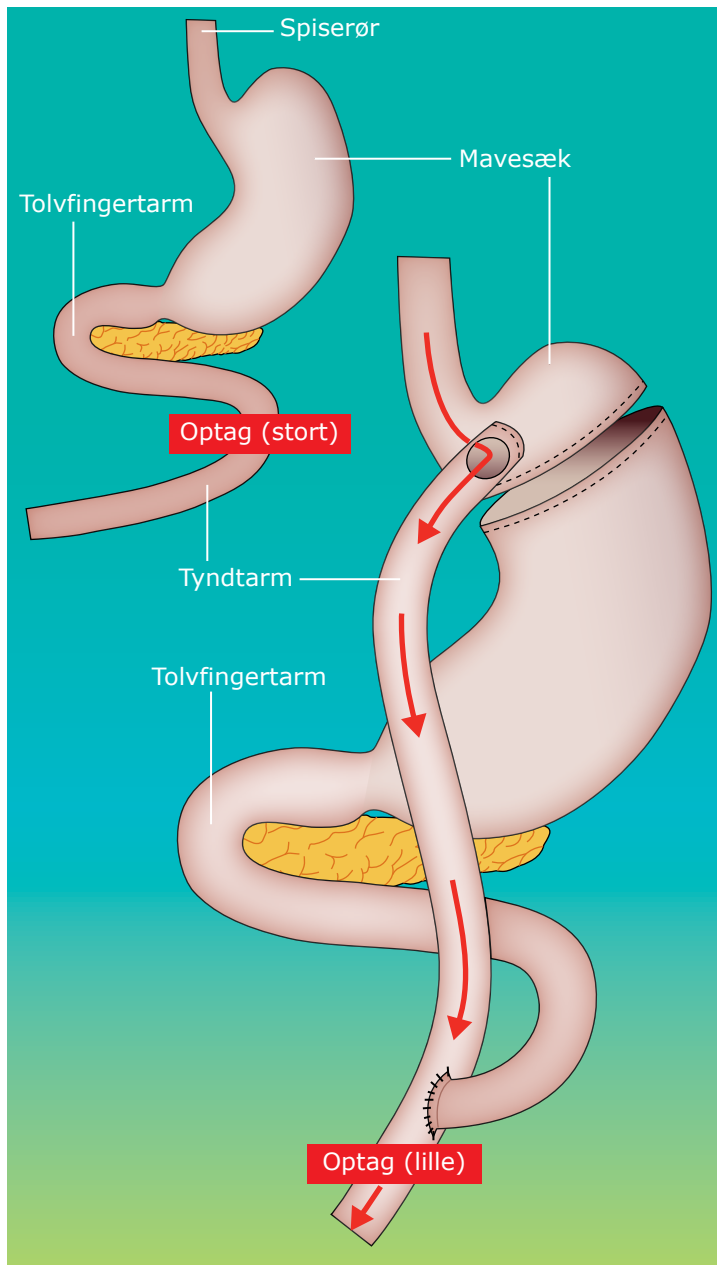
*Det lille kredsløb (lungekredsløbet)* løber fra

højre hjertekammer via lungearterier og lungearterioler ud til lungekapillærerne, der omkranser alveolerne. Her iltes blodet, og kuldioxid afgives, hvorefter blodet via lungevenoler og lungevener ender i hjertets venstre forkammer. Afstanden er ret kort, og modstanden er beskeden, hvorfor muskulaturen i højre hjertekammer ikke er så veludviklet som i det venstre.

På figur 2.11 ses en samlet oversigt over blodkredsløbet, og desuden er lungerne og nogle kropsceller medtaget for at give et samlet overblik. Den samlede længde af blodkarrene i et enkelt menneske er omkring 100.000 km!

**Figur 2.11** Oversigt over blodkredsløbet. Overordnet set optages ilt i cellerne, mens kuldioxid afgives. Arterier løber væk fra hjertet, mens vener løber mod hjertet. Det har således ikke noget at gøre med iltningen af blodet. Omtegnet efter Fasting og Hougaard (2007).





**Figur 3.36** Princippet ved en gastric bypass-operation. Mavesækken afsnøres og gøres mindre, og desuden ledes maden forbi tolvfingertarmen, hvorved fordøjelsen af næringsstofferne nedsættes. Det giver et mindre energioptag og desuden forsvinder eventuel diabetes type 2.

ses) den øverste del af tyndtarmen, tolvfingertarmen, hvorved føden ikke nedbrydes og optages lige så effektivt som før. Herved mindskes energioptaget generelt efter et måltid.

En meget væsentlig sideeffekt af en gastric bypass er, at de svært overvægtige samtidig kureres for type II diabetes, hvilket bl.a. hænger sammen med øget udskillelse af hormonet GLP1. For uddybning herom henvises til [kapitel 6.6.2](#).

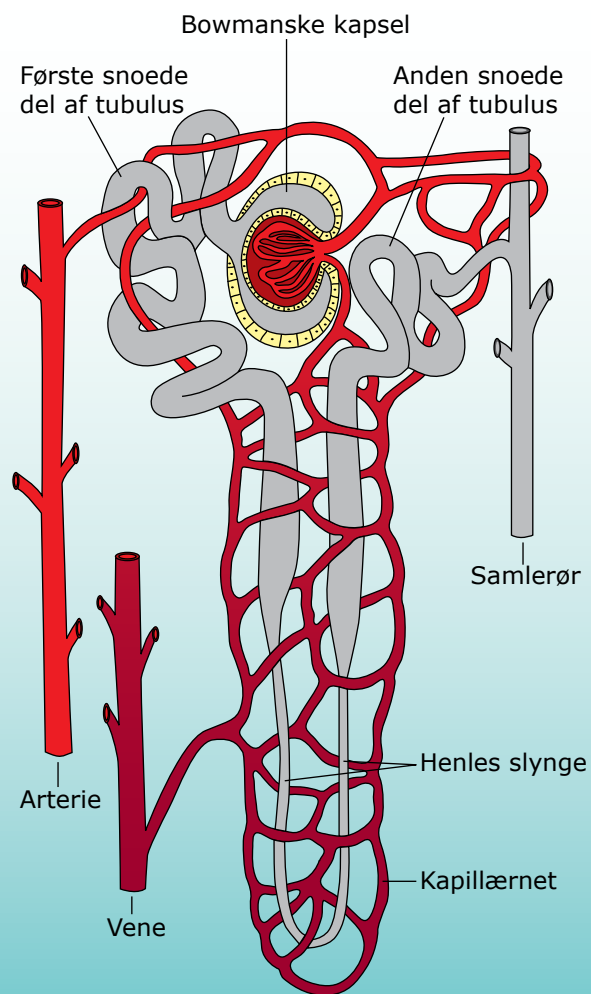
For at få en fedmeoperation betalt af det offentlige skal en række kriterier være opfyldt. Bl.a. skal man være fyldt 25 år, have en BMI over 35, lide af følgesygdomme, og desuden være villig til at tabe sig 8 % inden indgrebet og efterfølgende omlægge sin livsstil og herunder følge en særlig kostplan. For egen regning koster en operation

på et privathospital typisk over 60.000 kroner. Operationen er ikke uden risiko, og der er forekommet flere dødsfald – også herhjemme.

Man kan også operationelt få foretaget en *fedtsugning*, hvor der fjernes overfladisk fedt (subcutant fedt). Der kan være tale om fedtdepoter, der er svære at fjerne gennem kostomlægninger og motion, idet de er genetisk betingede (fx "topmaven"). Fedtsugninger kan ikke erstatte slankekure, og de er næsten altid i forbindelse med kosmetiske operationer og skal derfor betales af egen lomme.

#### 3.5.4 Spiseforstyrrelser

Man mener, at op mod 30 % af unge piger i den vestlige verden lider af en spiseforstyrrelse



**Figur 4.10** Opbygningen af tubulus med de omgivende blodkar.

Den fraførende arteriole deler sig til det andet kapillærnet, der ligger rundt om nefronets rør, altså tubulus. Dette andet kapillærnet samler sig til venoler, som samles i nyrevenen, som er den vene, der fører fra nyrerne. Den anden del af tubulus udmunder i et *samlør*. Mange nefroner udmunder i samme samlør, og samlørerne udmunder i papilspidserne, hvis huller leder urinen til nyrebækkenet, hvorfra urinlederen til blæren udgår.

Den samlede opbygning af tubulus med tilhørende blodkar er vist på figur 4.10.

#### 4.3.2 Nyrernes funktion

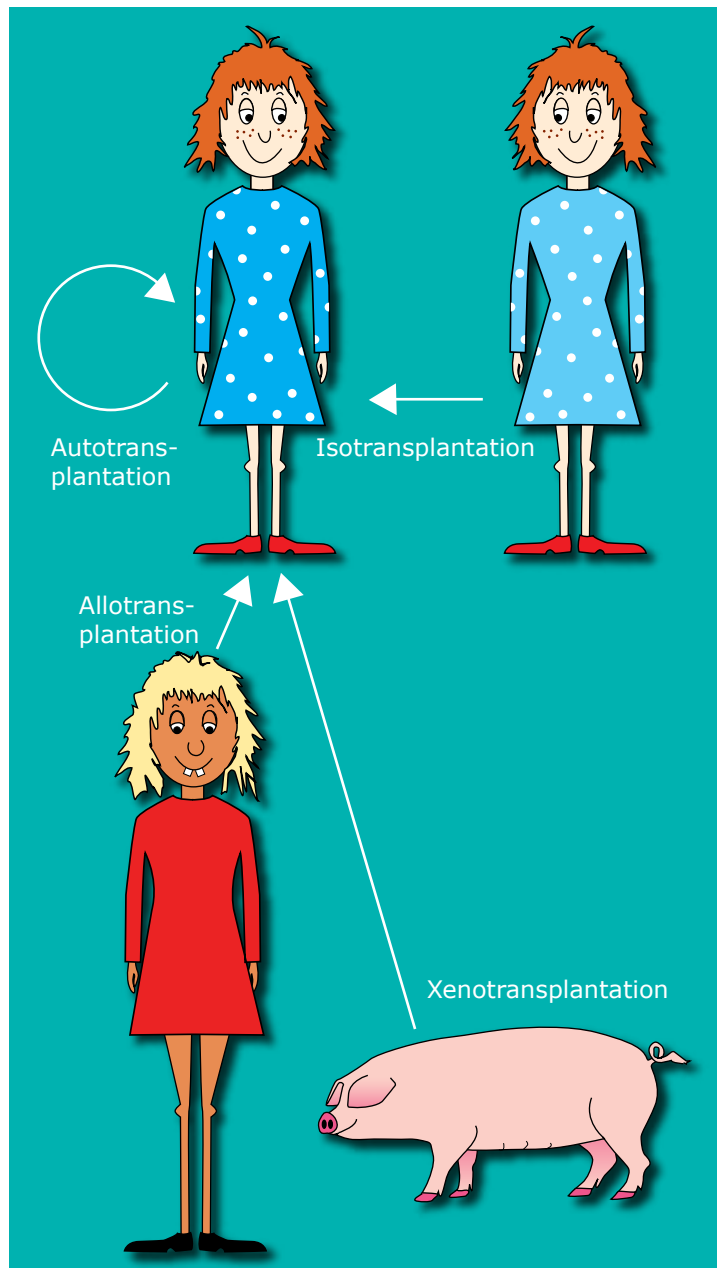
Nyrerne har som nævnt mange forskellige funktioner, som udføres forskellige steder i nefronerne. Disse funktioner uddybes kort i det følgende.

I nyrelegemet i den Bowmanske kapsel sker der en filtrering af blodet. På grund af en tryk-

forskel på 20 mm Hg, som især opstår, fordi den fraførende arteriole har en mindre diameter end den tilførende, presses vand, affaldsstoffer, salte, glukose, aminosyrer og vitaminer osv. ud gennem kapillærene og ind i hulrummet i den Bowmanske kapsel. Raten, hvormed dette foregår, kaldes for den *glomerulære filtrationsrate* (GFR) og er normalt ca. 100-140 mL/min, hvilket på døgnbasis svarer til 150-200 L væske. Denne væske kaldes *præurin* (eller *præurin*) og indeholder de samme stoffer som blodplasmaet, bortset fra blodlegemer og proteiner.

Præurins volumen reduceres under passagen gennem nefronerne til de ca. 1,5 liter færdig urin, som et voksent menneske udskiller i døgnet. Den store reabsorption af vand skyldes, at der aktivt pumpes salt ud af tubulus. Herved opstår der en høj koncentration af salt uden for tubulus, hvilket medfører, at vand diffunderer ud af tubulus på grund af osmose og tilbage til blod-





foregår inden for samme individ, fx når hud fra låret flyttes op på et brandsår i ansigtet. *Iso-transplantation* er, når transplantatet kommer fra en enægget tvilling, der har samme gener og derfor samme overfladeproteiner på cellerne. *Allotransplantation* er, når transplantatet kommer fra samme art – fx når et menneske donerer en nyre til et andet menneske. Også selvom man er i familie.

*Xenotransplantation* er transplantation fra en anden art. Man har fx i de senere år forsøgt at genmanipulere grise således, at deres overfladeproteiner (MHC) på cellerne ligner menneskets mest muligt. Herved åbnes for at løse problematikken med manglende menneskelige donorer.

**Figur 5.19** De fire forskellige former for transplantationer: autotransplantation, isotransplantation, allotransplantation og xenotransplantation. Se yderligere forklaring i teksten.

Ved en transplantation er det nødvendigt, at donor og modtager har samme vævstype (MHC-I), ellers vil transplantatet afstødes af modtagerens T-lymfocytter (se figur 5.22 to sider fremme). Der vil altid være fuld forlidelighed ved en auto- og en iso-transplantation.

Ved allotransplantationer, hvor vævstypen aldrig vil være den helt korrekte, er det nødvendigt at behandle de transplanterede med immunhæmmende stoffer resten af livet. Det kan fx være stoffet *cyklosporin*, som hæmmer T-lymfocytterne som vist på figur 5.20 på næste side.

Steroidet kortisol virker også hæmmende på immunforsvaret, idet det er antiinflammatorisk og undertrykker makrofagerne. Konsekvensen af en sådan behandling er desværre, at man er mere modtagelig over for diverse sygdomme.

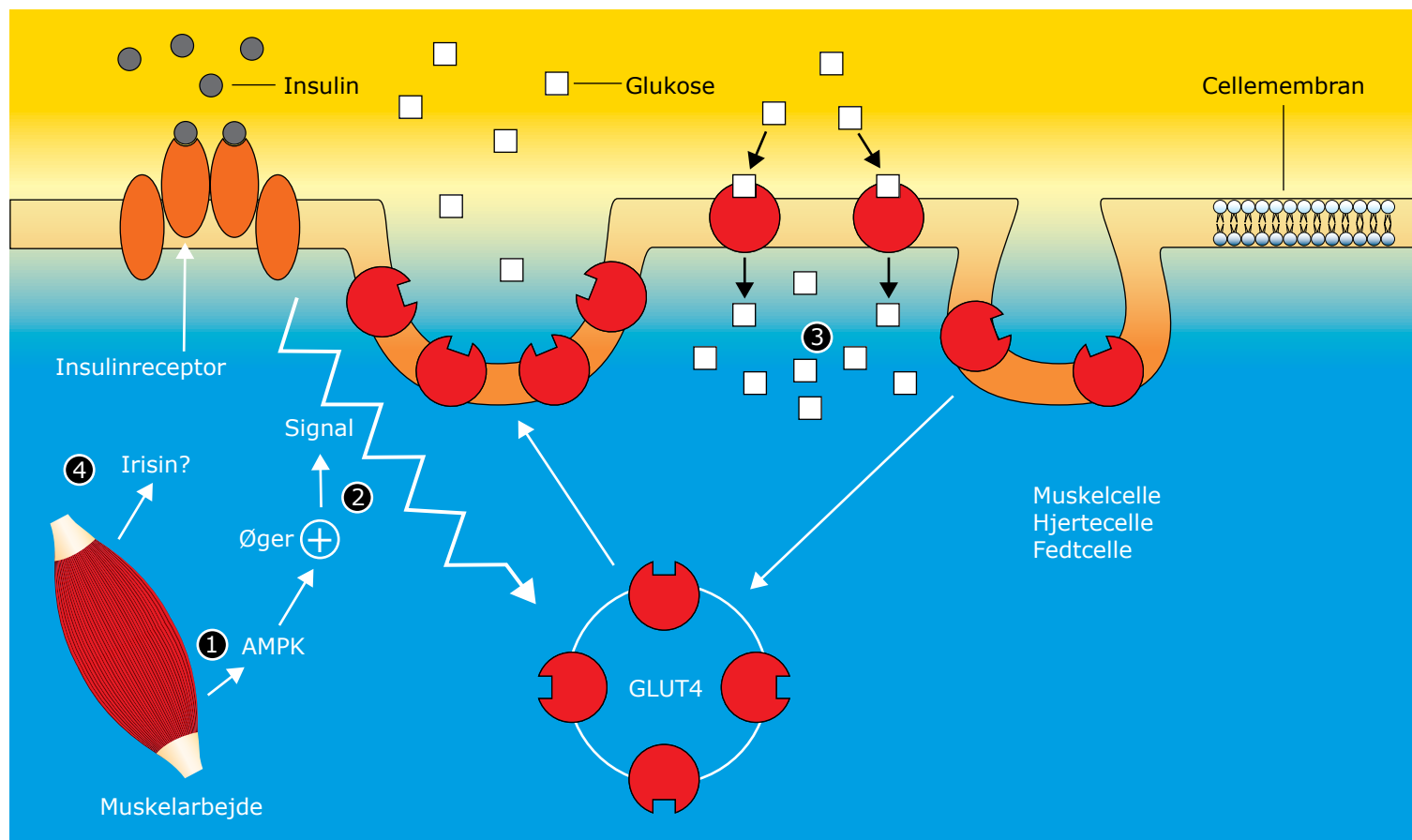
Der findes et *donorregister* over mennesker med forskellige vævstyper, og disse mennesker er i levende live villige til at afgive knoglemarv



kondrierne i vores muskelceller har også betydning for udviklingen af diabetes. Hvis der er for få fungerende mitokondrier i muskelcellerne, vil der ophobes fedt i disse celler, og nogle undersøgelser har vist, at for meget fedt i cellerne hæmmer både antallet og funktionen af insulinreceptorerne. Desuden medfører flere mitokondrier en øget udskillelse af insulin (jf. figur 6.9).

Da det ser ud til, at motion og vægttab kan øge mitokondriernes antal og funktion, har man måske her en af forklaringerne på motionens gavnlige virkning i forebyggelsen eller behandlingen af diabetes type II.

Den fysiske aktivitet får også blodsukkeret til at falde, da den øger antallet af glukosetransportører (GLUT4) på muskelcellerne (se figur 6.18), og samtidig øges følsomheden over for insulin. Glukoseoptagelsen pr. insulinmolekyle bliver altså bedre, og dermed bliver ens blodsukkerregulering generelt forbedret.

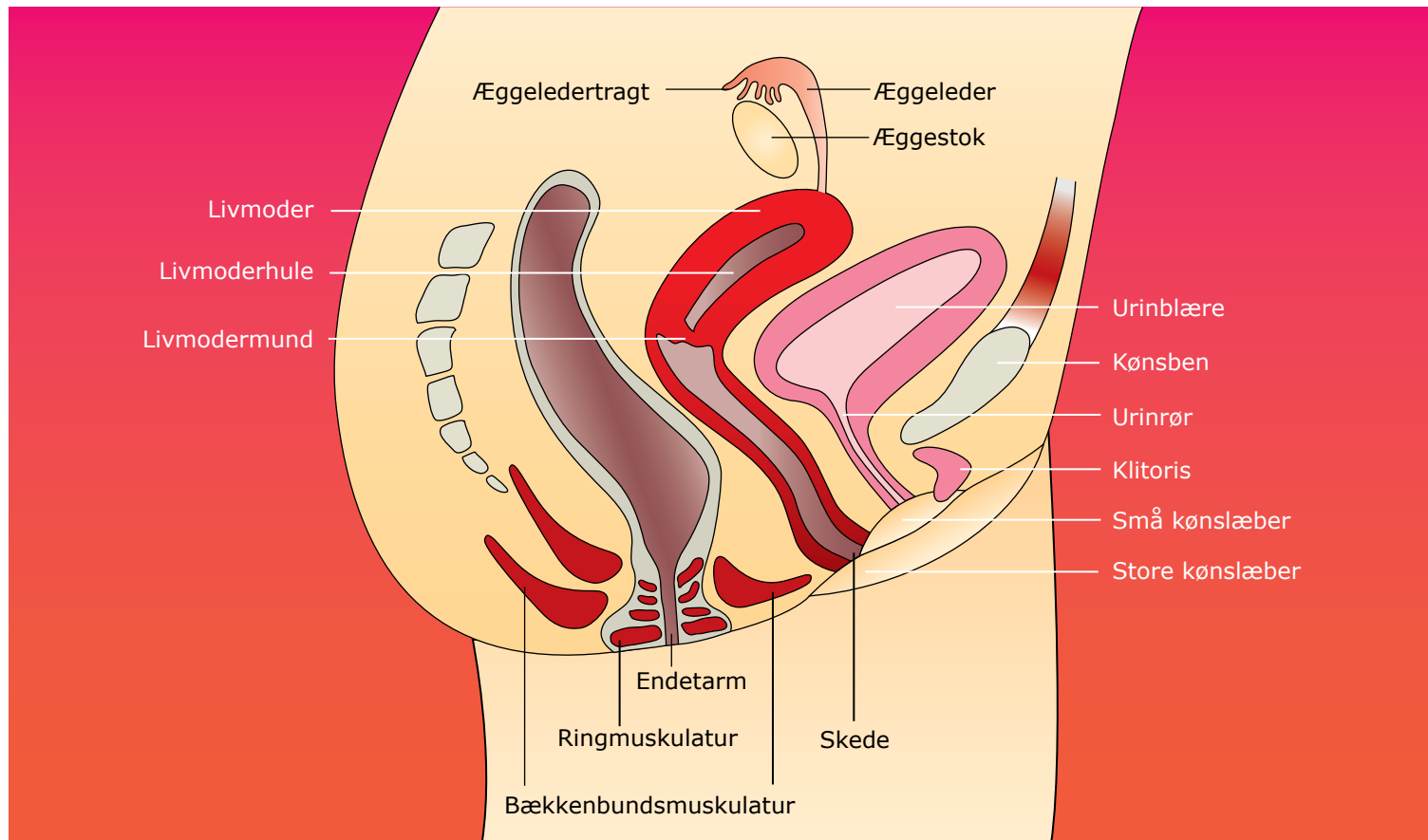


**Figur 6.18** Fysisk aktivitet får musklerne til at udskille AMPK (kinaseenzym) (1), der forstærker signalet fra insulinreceptorerne til GLUT4-transportørerne (2). Hermed forstærkes insulins effekt, og glukoseoptaget til muskelcellen øges (3). Musklerne frigiver også hormonet irisin (4), som formentlig også øger insulinfølsomheden. Omtegnet efter informationshæfte om diabetes fra Novo Nordisk.

Den øgede følsomhed for insulin hænger formentlig sammen med frigivelsen af hormonet iri-

sin, der produceres under muskelaktivitet.

Motionen behøver ikke at være hård konditi-



**Figur 7.9** Kvindens kønsorganer vist ved et tværsnit.

*oocytter*, udvikles tidligt i fosterstadiet (i 4.-5. uge). Ved fødslen har en lille pige ca. en million forstadier, men når puberteten begynder, er

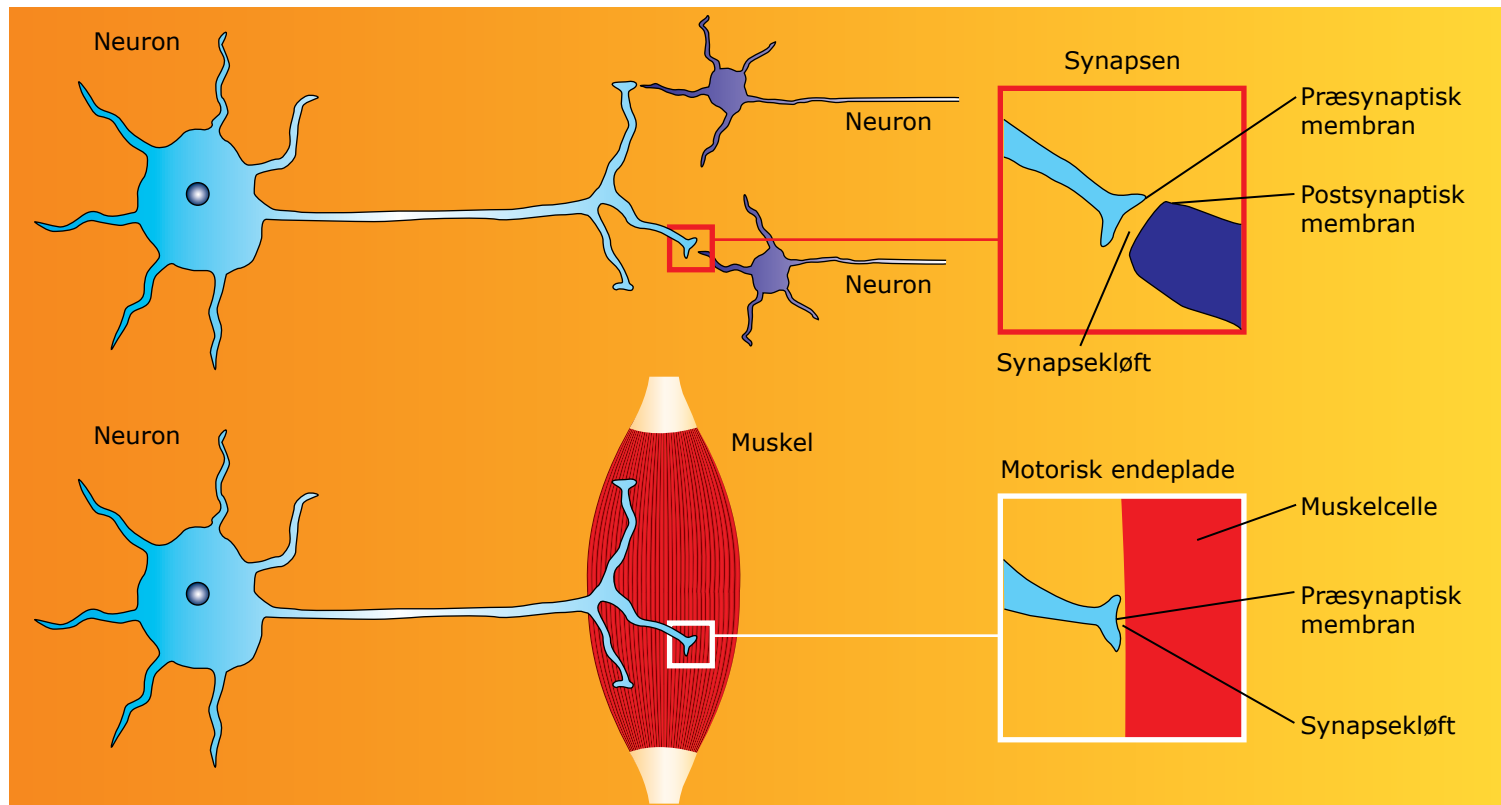
der kun ca. 40.000 tilbage. I løbet af en kvindes frugtbare periode ender 400-500 af forstadierne som egentlige ægceller, der frigøres ved ægløs-

ning. Når kvinden når menopausen, er der ikke flere oocytter tilbage.

I puberteten, når pigen begynder at danne kønshormoner, udvikles forstadierne til modne ægceller. Ved meiosen dannes der kun en egentlig ægcelle ud fra hvert forstadie, da de tre øvrige udvikler sig til de såkaldte polceller. Dette kan ses på figur 7.10 på næste side. Hos mænd dannes der fire funktionsdygtige sædceller ud fra hvert sædcelleforstadie.

*Livmoderen* ligger lige over toppen af skeden. Den nederste del af livmoderen, *livmoderhalsen*, stikker som en tap ned i skeden. Livmoderen har form som en lille pære og vejer i ikke-gravid tilstand ca. 60 gram. Livmoderens væg består af glat muskulatur, og inderst i livmoderhulen er den beklædt med slimhinde. Det er i livmoderen, at fostret udvikles efter befrugtningen, og en gravid livmoder med foster kan veje 5-6 kg.

Fra livmoderens hjørner udgår de to 10-12



**Figur 8.3** Et neuron kan enten stå i forbindelse med andre neuroner (øverst) eller med en muskel (nederst). Det ene neurons endeknoppe danner en synapse med det modtagende neurons dendritter. Synapsen mellem et neuron og en muskel kaldes for en motorisk endeplade. Synapsekløften er faktisk kun ca. 20 nm bred ( $2 \cdot 10^{-8}$  m), så den er noget fortegnet i dette tilfælde.

mittere eller transmitterstoffer. Hvis der kommer et AP gennem axonet til endeknoppe, vil disse transmitterstoffer blive afgivet fra de præsynap-

tiske terminaler. Transmitterstofferne kan herefter diffundere mellem de to celler og binde sig til receptorer på det næste neurons dendritter og

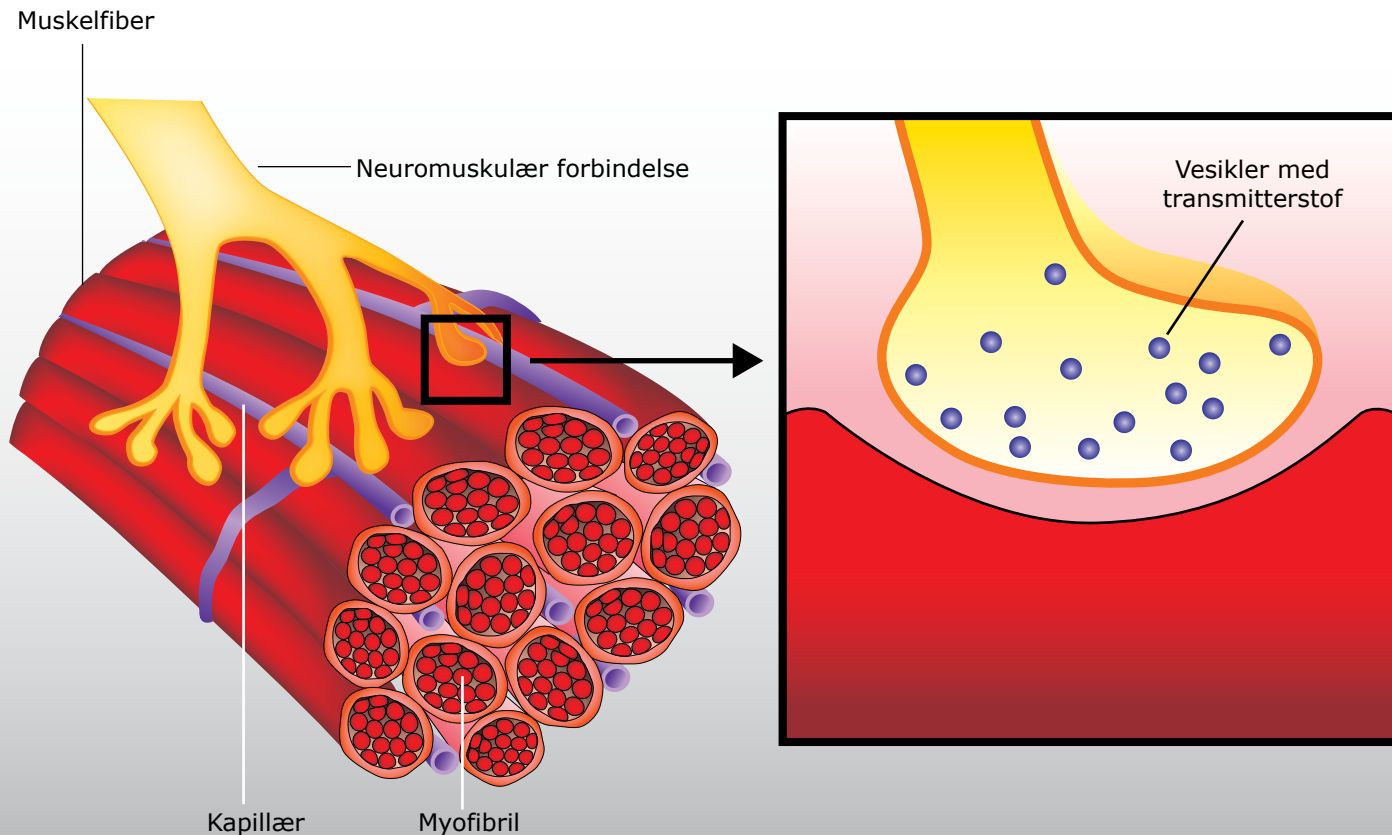
dermed sende signalet videre. De kan også binde sig til fx en muskel og dermed aktivere den. Figur 8.3 illustrerer dette.

Mellemrummet mellem to neuroner eller mellemrummet mellem en sansecelle og et neuron eller mellemrummet mellem et neuron og en muskelceller kaldes i alle tilfælde for *synapsekløften*. Det område, hvor en endeknop fra et axon møder en dendrit fra et andet neuron, kaldes for *synapsen*. Det er derfor, at endeknoppe også kaldes for præsynaptiske terminaler. Præsynaptisk betyder "før synapsen". Tilsvarende kaldes den modtagende neurons dendrit for den *postsynaptiske membran*. Postsynaptisk betyder "efter synapsen". Vi vender tilbage til synapsernes opbygning og funktion i [kapitel 8.3.5](#).

### 8.2.2 Glaceller

Der findes forskellige typer *glaceller* med hver deres vigtige funktion. Nogle af dem støtter



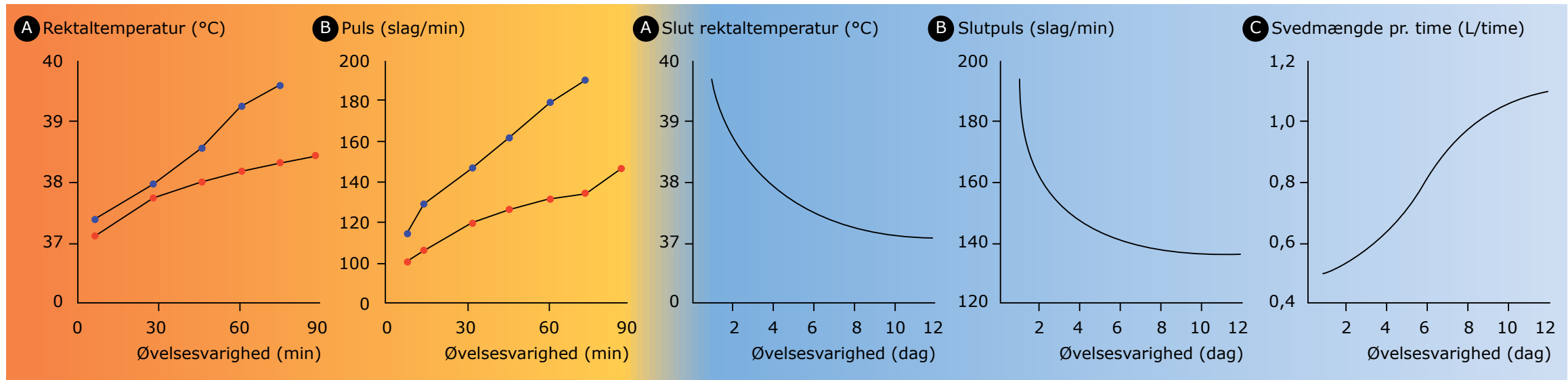


**Figur 9.6** Motorisk endeplade. Et neuron forgrener sig ud over en muskel, hvorved flere fibre kan aktiveres på samme tid. Aktiveringen foregår ved den motoriske endeplade (til højre), hvor der er tæt forbindelse mellem neuronets endeknop og muskelcellemembranen. AP i neuronet medfører frigivelse af transmitterstoffer, der bevirker dannelsen af nyt AP i muskelfiberen. AP løber nu langs membranen i alle retninger og ned i T-rørene.

teiner på aktinfilamenterne, nemlig troponin og tropomyosin. Troponin har et bindingssted for netop det  $\text{Ca}^{2+}$ , som udskilles fra SR.

Når calcium bindes til troponin, ændres dens proteinstruktur, hvorved der så at sige skubbes til det andet proteinmolekyle, tropomyosin. Det har indtil nu spærret for bindingsstedet mellem aktin og myosin, men nu, hvor det skubbes væk, kan myosinhovederne binde sig til aktin, og tværbrocyklus kan påbegyndes, og musklen forkortes. Dette er illustreret på figur 9.7 på næste side.

For at en tværstribet muskel skal kontrahere sig, skal den altså modtage et aktionspotentiale, som løber gennem T-rørene og får SR til at frigive  $\text{Ca}^{2+}$  til cellens indre, som bindes til troponin, hvorved der skubbes til tropomyosin, hvorefter myosinhovedet kan binde sig til aktin og udføre en nikkebevægelse, således at musklen kontraheres – forudsat, at der er ATP til stede. Alle disse processer sker naturligvis meget hurtigt og



**Figur 10.21** Akklimatisering for udvalgte parametre. A og B til venstre viser (gul baggrund), at for personer, der ikke er akklimatiserede (blå), stiger rektaltemperaturen og pulsen meget i forhold til de akklimatiserede (røde) som funktion af øvelsesvarighed. A, B og C til højre (blå baggrund) viser, at rektaltemperaturen og pulsen aftager, mens svedmængden stiger som funktion af det antal dage, man udfører arbejde ved høj omgivelsestemperatur. Omtegnet efter Wilmore, Costill og Kenney (2008).

det forøges, hvorved vand trækkes ud i blodet fra vævet via osmose. Herved sikres, at slagvolumen kan opretholdes, hvorved pulsen ikke behøver stige mærkbart. Herved undgås, at man alt for hurtigt når sin maksimalpuls under en aktivitet.

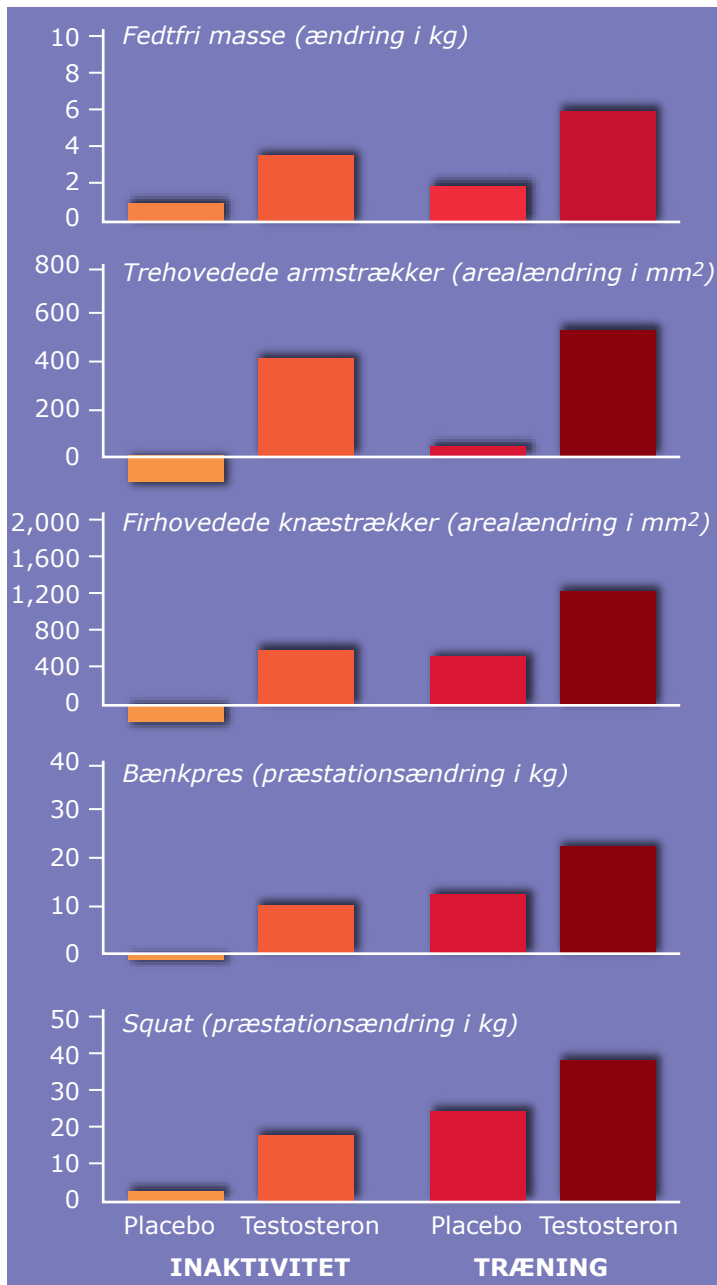
Man bliver også bedre til generelt at afgive

sved, når man er akklimatiseret. Svedproduktionen begynder hurtigere, og sveden afgives primært fra arme og ben, der er mest eksponeret til omgivelserne og dermed mest effektive til at afgive varmen.

På figur 10.21 ses resultatet af akklimatisationsprocessen for udvalgte parametre.

### 10.5.2 Kolde omgivelser

Når mennesker udsættes for kolde omgivelser, registreres det i vores temperaturcenter, der herefter via forskellige strategier forsøger at holde på varmen, så vi kan undgå en underafkøling af kroppen (under 35° C). Først og fremmest sker der en *perifer vasokonstriktion* af blodårerne i ekstremiteter som hænder og fødder. Det er

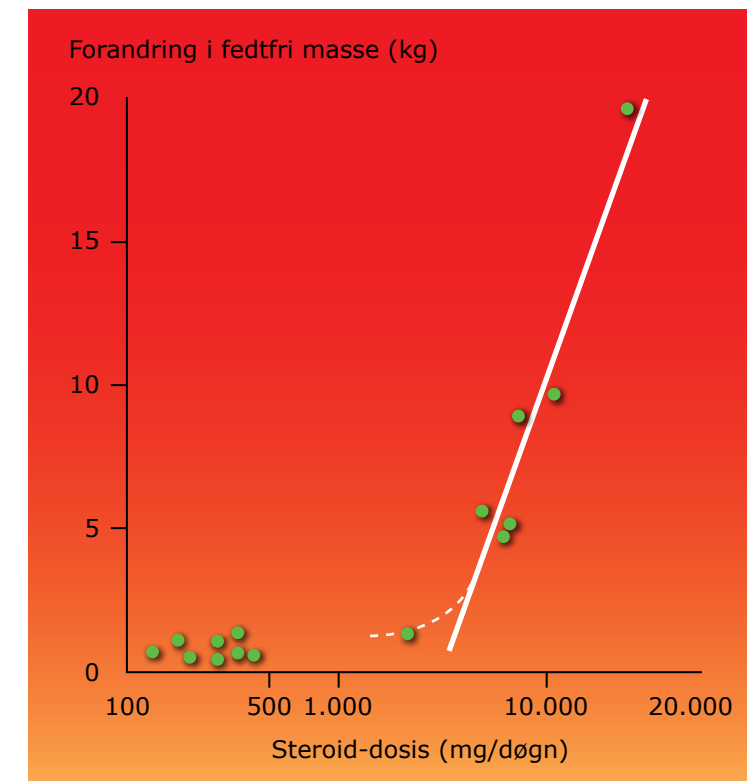


**Figur 11.12** Effekten af doping med steroider (testosteron). Ved inaktivitet ses det, at testosteron øger både muskelmassen og præstationsevnen i bænkpres og squat. I nogle tilfælde er effekten endda større end ved træning uden doping med testosteron. Den klart største effekt fås dog ved træning kombineret med doping med testosteron. Omtegnet efter Wilmore, Costill og Kenney (2008).

parametre. Træning i sig selv havde heldigvis en positiv effekt på forsøgspersonerne, der alle oplevede en fremgang mht. fedtfri masse, muskelareal og styrke.

Men det ses også, at de mænd, der var inaktive og fik anabolske steroider, i alle tilfælde bortset fra bænkpres oplevede en større fremgang end dem, der trænede naturligt uden brug af steroider. Steroiderne alene kan altså overgå træningseffekten i de fleste tilfælde!

Træning suppleret med anabolske steroider giver dog klart den største fremgang af alle. Dopingeffekten er imidlertid afhængig af den dosis, man doper sig med. På figur 11.13 ses den såkaldte dosis-respons-kurve.



**Figur 11.13** Dosis-respons-kurven. Det ses, at der skal en vis mængde til, før der opnås en effekt. Først ved doser på 4000-5000 mg/døgn sker der noget. Omtegnet efter Wilmore, Costill og Kenney (2008).



**Figur 12.16** Hvaler kan springe ud af vandet, hvilket er et ret unikt særkende for marine dyr. Man skelner mellem "breaching" og "lunging". Øverst ses lunging, hvor højst 40 % af dyret forlader vandet. Her spiser dyret lodder (fisk), der er jaget op mod overfladen. Nederst ses breaching, hvor op imod 90 % af dyret forlader vandet. Årsagerne til breaching kendes ikke. Billedet øverst er venligst udlånt af Malene Simon. Billedet nederst er venligst udlånt af Ryan Pedlow.

forskerne. Der er ikke noget, der tyder på, at adfærden er for at undgå dykkersyge, og det virker generelt ulogisk at bruge lang tid på opstigningen i stedet for at udføre den hurtigere og derved kunne øge jagttiden i dybet.

Muligvis er forklaringen, at næbhvalen via den flade opstigning fjerner sig fra det sted, hvor den sidst udsendte klik under jagten i dybet. Disse klik kan nemlig være blevet opsnappet af rovdyr som fx spækhuggere, og ved at fjerne sig fra stedet minimerer næbhvalen risikoen for at blive ædt, når den returnerer til overfladen.

## 12.5 Fugle

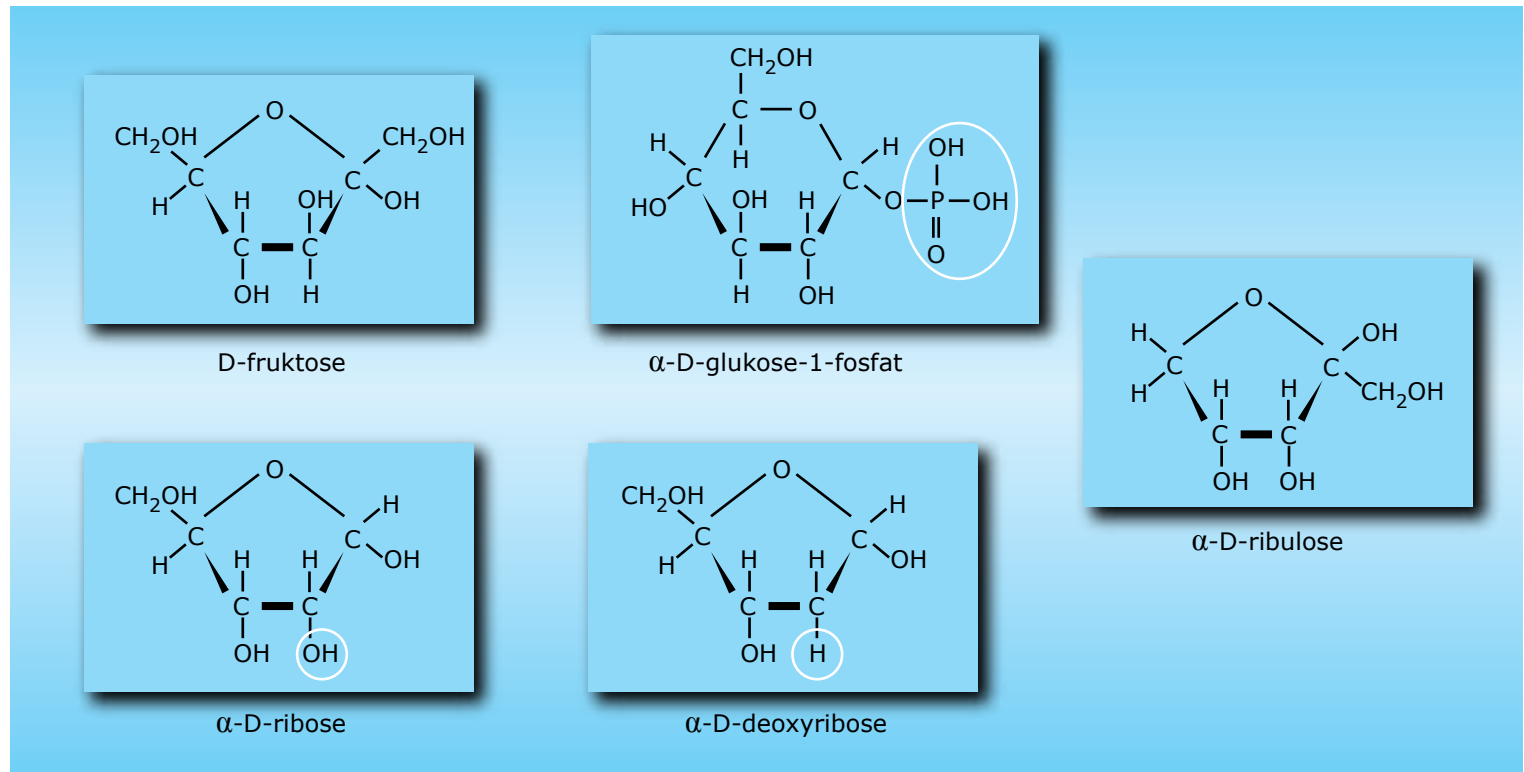
Fugle er en stor gruppe af æglæggende hvirveldyr (eneste nulevende dinosaurere), der hovedsageligt lever på land ligesom de fleste af pattedyrene. Ganske som pattedyr er fugle endoterme dyr. De er ydermere kendetegnet ved at være beklædt med fjer - og så kan de flyve.



lemprodukter i respirationen – altså når glukose nedbrydes under dannelse af ATP. Undervejs i nedbrydningen af glukosen påsættes fosfatgrupper på disse monosakkarider. Man siger, at de *fosforyleres*. Eksempler herpå kunne være D-glukose-1-fosfat, D-glycerolaldehyd-3-fosfat og D-glukose-1,6-difosfat. De optræder alle i glykolysen, der er første del af respirationen. Det vender vi tilbage til i [kapitel 17.3.1](#).

Arvematerialet i form af DNA og RNA indeholder også monosakkarider. DNA indeholder monosakkaridet *D-deoxyribose*, mens RNA indeholder monosakkaridet *D-ribose*. Begge stoffer er aldopentoser, og de ligner hinanden til forveksling. Eneste forskel er, at deoxyribose mangler et oxygenatom ved C2 (heraf navnet "de-oxy", der betyder "mangler oxygen"). Den nærmere opbygning af DNA og RNA vender vi tilbage til i [kapitel 19.3](#) og [kapitel 20.2](#).

Også i planternes fotosyntese optræder mo-



**Figur 13.11** Strukturen af forskellige biologisk vigtige monosakkarider. De to øverste er begge hexoser (6 C-atomer), mens de tre nederste alle er pentoser (5 C-atomer). Se yderligere forklaring i teksten.

nosakkarider. Det gælder fx D-ribulose, som er en ketopentose, der meget ligner D-ribose fra RNA, men har en ketongruppe i stedet for en aldehydgruppe. Den spiller en helt central rolle i

den del af planternes fotosyntese, der kaldes for *mørkereaktionerne*. Fotosyntesens biokemi vender vi tilbage til i [kapitel 18.3](#). På figur 13.11 ses strukturen af de nævnte monosakkarider.





Når vi skal udføre et stykke arbejde og danner ATP i respirationen, kommer en stor del af energien derfor også fra fedtforbrænding. Jo lavere intensitet, man arbejder med, desto højere bliver andelen af fedtforbrænding. Jo bedre form, man er i, desto bedre bliver man også til at forbrænde fedt. Det skyldes bl.a., at man får flere fedtforbrændende enzymer af konditionstræning. For mere herom henvises til [kapitel 10.6.2](#).

Sidst, men ikke mindst dannes en lang række hormoner ud fra fedtstoffet kolesterol – nemlig steroidhormonerne. For mere om disse henvises til [kapitel 14.3.2](#) og [kapitel 6.3.1](#).

Fedt har altså en meget fremtrædende rolle i den levende krop, og uanset i hvilken form, det optræder i, indeholder alle fedtstoffer de samme tre grundstoffer, der også opbyggede kulhydraterne – nemlig kulstof/carbon (C), ilt/oxygen (O) og brint/hydrogen (H).

I det følgende vil vi se nærmere på de energi-



**Figur 14.1** Overskudslagre af fedt er især placeret ved baller og lår hos kvinder (pæreform), hvilket er sundere end fedt i maveregionen, som det oftest ses hos mænd (æbleform). Kvinderne på figuren har dog større fedtlagre, end hvad godt er. Billedet er venligst udlånt af Sandra Cohen-Rose og Colin Rose.

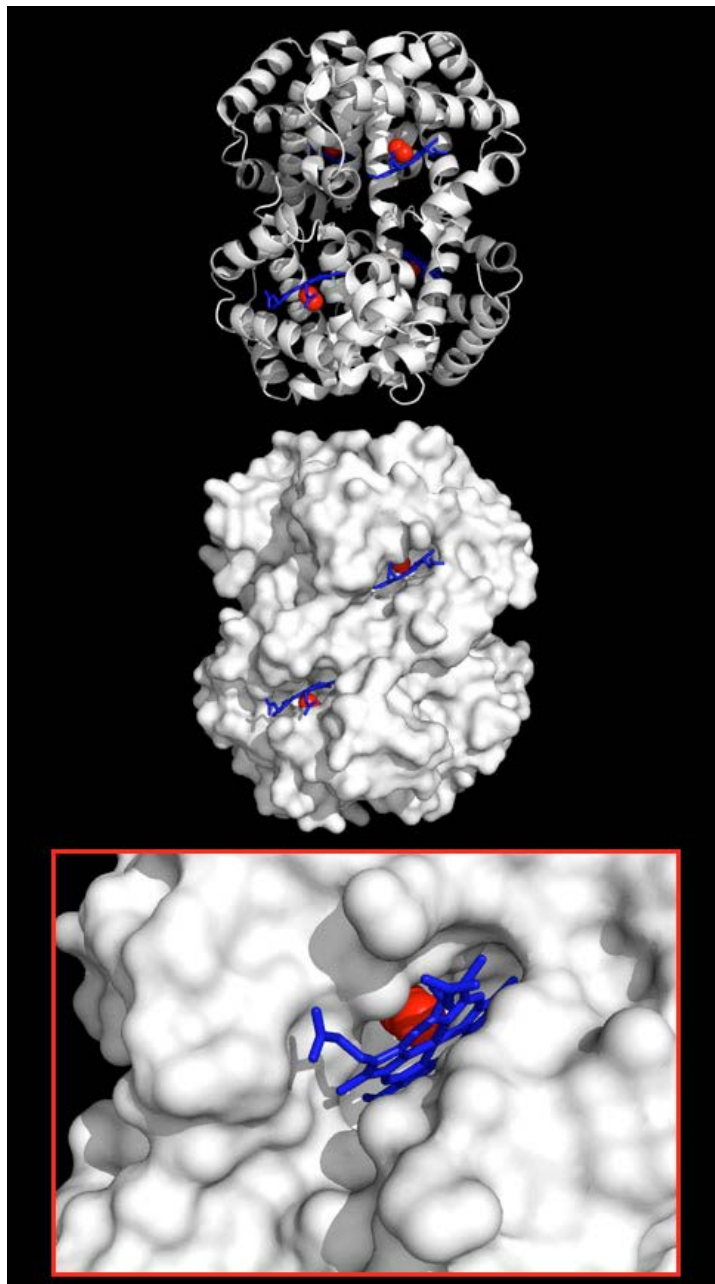
givende fedtstoffer samt de fedtstoffer, der indgår som hovedbestanddel i cellemembranerne.

## 14.2 Fedt som energikilde

Når fedt oplagres i vores fedtlagre, forbrændes i respirationen i mitokondrierne eller transporteres rundt i vores blod, sker det primært som såkaldte *triglycerider*. De er opbygget af fire byggesten: glycerol og tre fedtsyrer. Dem ser vi nærmere på i det følgende.

### 14.2.1 Fedtsyrer

Fedtsyrer er lange *kulbrintekæder* (karbon-



**Figur 15.17** Hæmoglobins kvarternære struktur. Øverst ses opbygningen via symboler. De fire hæmgrupper er angivet med blå, mens iltmolekylerne er angivet med rødt. I midten ses overfladestrukturen af hæmoglobin, og to af hæmgrupperne med ilt bundet til sig kan ses. Nederst er der zoomet ind på en af hæmgrupperne med ilt bundet til sig. Det bemærkes, at ligesom tilfældet var med myoglobin, indeholder hæmoglobin ingen  $\beta$ -foldebladsstruktur. Figuren er lavet i samarbejde med Isa Kristina Kirk, DTU.

units) rumligt er orienteret i forhold til hinanden, er hæmoglobins kvarternære struktur. Ganske som med myoglobin indeholder hæmoglobin ingen  $\beta$ -foldeblad (se figur 15.17).

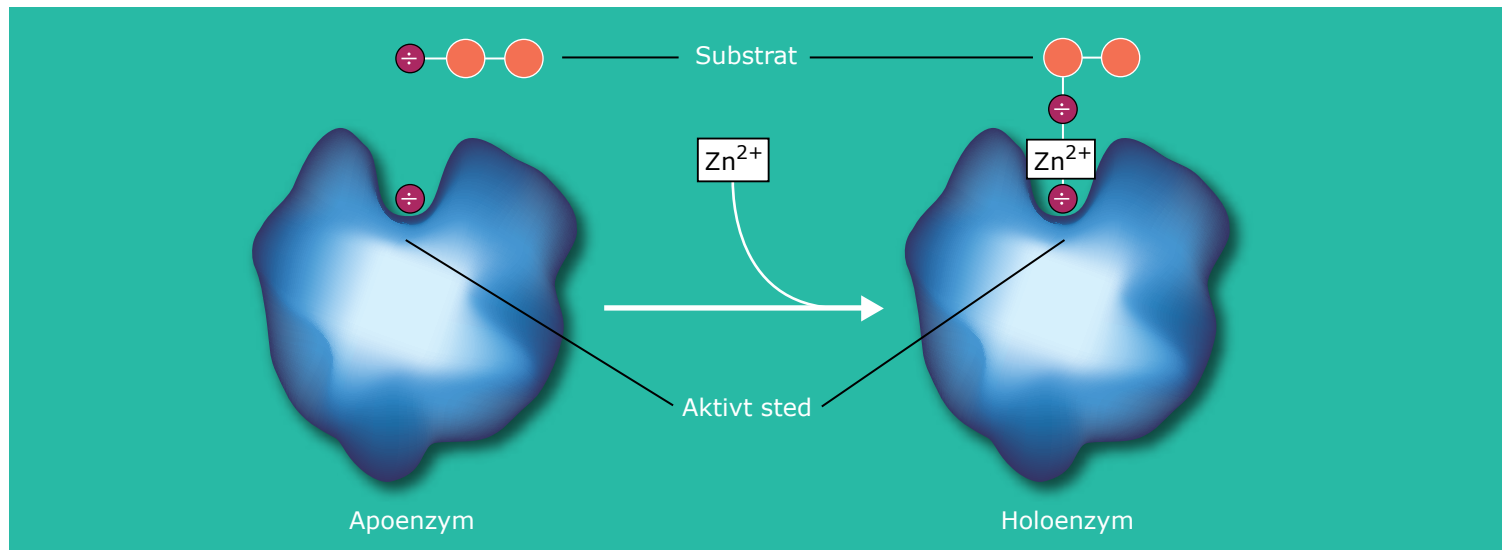
Prioner er en helt speciel form for proteiner, der har to mulige rumlige strukturer: en normal og en fejlfoldet form (amyloid form). Den sidste, som er meget stabil, kan give anledning til alvorlig sygdom i nervesystemet (se [kapitel 1.5](#)), når den ophobes.

Prioner indeholder både  $\alpha$ -helix,  $\beta$ -foldeblad og  $\beta$ -vendinger, hvilket kan ses på figur 1.64 i [kapitel 1.5](#). De fleste andre proteiner kan i øvrigt også bringes i den amyloide, stabile, fejlfoldede form ved tilførsel af energi.

### 15.3.2 Kemiske egenskaber

Proteiner er ganske som aminosyrer ladede molekyler. Det skyldes de mange aminosyrers radikaler, der indeholder ladede områder i form af aminogrupeer (fx aminosyrerne asparagin og lysin) og karboxylsyregrupper (fx aminosyrerne glutaminsyre og asparaginsyre). Ladningerne ved de to funktionelle grupper omkring  $\alpha$ -C-atomet er derimod neutraliseret af peptidbindingerne mellem aminogrupeerne og karboxylsyregrupperne. Dog vil der i begge ender af proteinets primære struktur sidde hhv. en aminogruppe og en karboxylsyregruppe, der kan bidrage til den samlede ladning.

På samme vis, som det var tilfældet med de enkelte aminosyrer, har også proteiner et



**Figur 16.8** Tilstedeværelsen af aktivatorer i form af metalioner kan være helt essentiel for normal enzymfunktion. På figuren ses, at substratet ikke kan bindes til enzymets aktive sted, idet de begge er negativt ladet. Men ved hjælp af zink som mellemed, kan det alligevel lade sig gøre, idet zink har to positive ladninger, der bringer de negative molekyler i kontakt med hinanden. Metalionen kunne i dette tilfælde også fx være  $Mn^{2+}$  eller  $Mg^{2+}$ .

kapitel 17.3.1). For at det kan fungere, kræves  $Mn^{2+}$ . Forklaringen er, at den positive metalion tiltrækker substratet og muliggør en binding til det aktive sted på enzymet. Dette er illustreret på figur 16.8.

### 16.3.5 Afhængighed af inhibitorer

Enzymaktiviteten kan hæmmes af forskellige typer af *inhibitorer*, som er stoffer, der på varierende måder kan inaktivere eller hæmme enzymerne. En almindelig type er den *kompetitive*

*hæmning*, hvor inhibatoren konkurrerer med substratet om enzymets aktive sted. Det kan den gøre, fordi den ofte ligner substratet meget i struktur. Den kompetitive hæmning er illustreret på figur 16.9 på næste side.

En anden type af inhibitorer er *ikke-kompetitive*. De kan både binde sig til de frie enzymer og til de enzymer, der har bundet sig til deres substrat - altså ES-komplekset vist på figur 16.2. Derfra kan reaktionen ikke forløbe videre, så der dannes altså ikke noget produkt. Den ikke-kom-

petitive hæmning er vist på figur 16.10 ligeledes på næste side.

Et eksempel på en sådan inhibitor er stoffet *acetylsalicylsyre*, der findes i almindelige hovedpinepiller som fx Kodimagnyl. Acetylsalicylsyren virker som inhibitor for enzymerne COX-1 og COX-2, der er medvirkende i dannelse af prostaglandin, som giver betændelsestilstande i vævene og deraf følgende smerter. Med andre ord virker acetylsalicylsyre altså smertehæmmende.

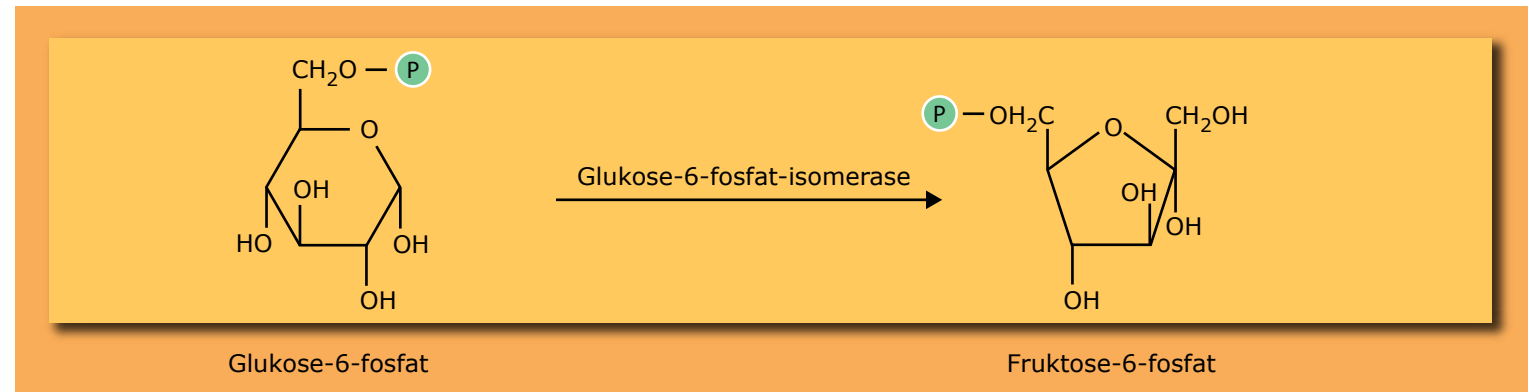
Et andet eksempel er giftstoffet *cyanid*, der



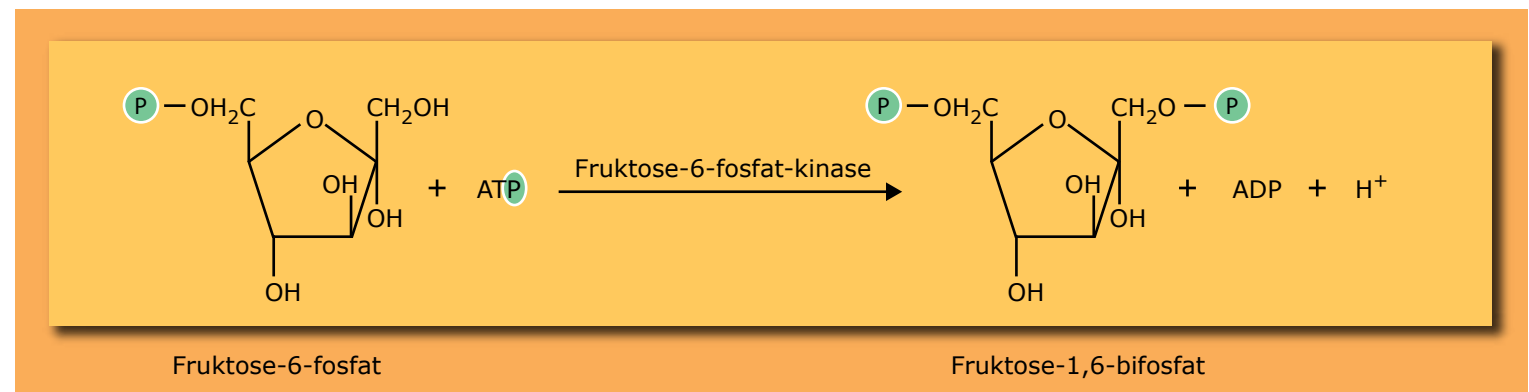
idet der påsættes endnu en fosfatgruppe fra et ATP-molekyle. Herved får vi dannet fruktose-1,6-bisfosfat, og enzymet, der katalyserer processen, tilhører enzymgruppe 2 og hedder *fruktose-6-fosfat-kinase* (eller fosfofruktokinase). Betegnelsen "bi-fosfat" betyder, at de to fosfatgrupper sidder på hvert sit C-atom i modsætning til betegnelsen "di-fosfat", hvor fosfatgrupperne sidder i forlængelse af hinanden på samme C-atom (som i ADP).

På nuværende tidspunkt er der brugt 2 ATP-molekyler i omdannelsen af glukosen fra blodet og 1 ATP-molekyle fra omdannelsen af glykogen. Reaktion 3 kan ses på figur 17.10.

Anden del af glykolysen begynder i reaktion 4, hvor hexosen fruktose-1,6-bisfosfat (C<sub>6</sub>-forbindelse) spaltes til to trioser (C<sub>3</sub>-forbindelser) ved hjælp af et enzym, der tilhører enzymgruppe 4 (lyaser). Enzymet hedder *fruktose-1,6-bisfosfat-lyase*, og det omdanner fruktose-1,6-bisfosfat



**Figur 17.9** Glykolysens reaktion nr. 2. Omløjring af glukose-6-fosfat til fruktose-6-fosfat.



**Figur 17.10** Glykolysens reaktion nr. 3. Fosforylering af fruktose-6-fosfat til fruktose-1,6-bisfosfat. Denne reaktion koster ATP. Hermed er der brugt 2 ATP-molekyler på nuværende tidspunkt.

til to isomere molekyler: dihydroxy-acetone-fosfat og glycerolaldehyd-3-fosfat. På figur 17.11 på næste side kan reaktionen ses.

Det ene dannede molekyle – glycerolaldehyd-3-fosfat – er på den direkte vej i glykolysen, mens det andet stof – dihydroxyacetonefosfat –

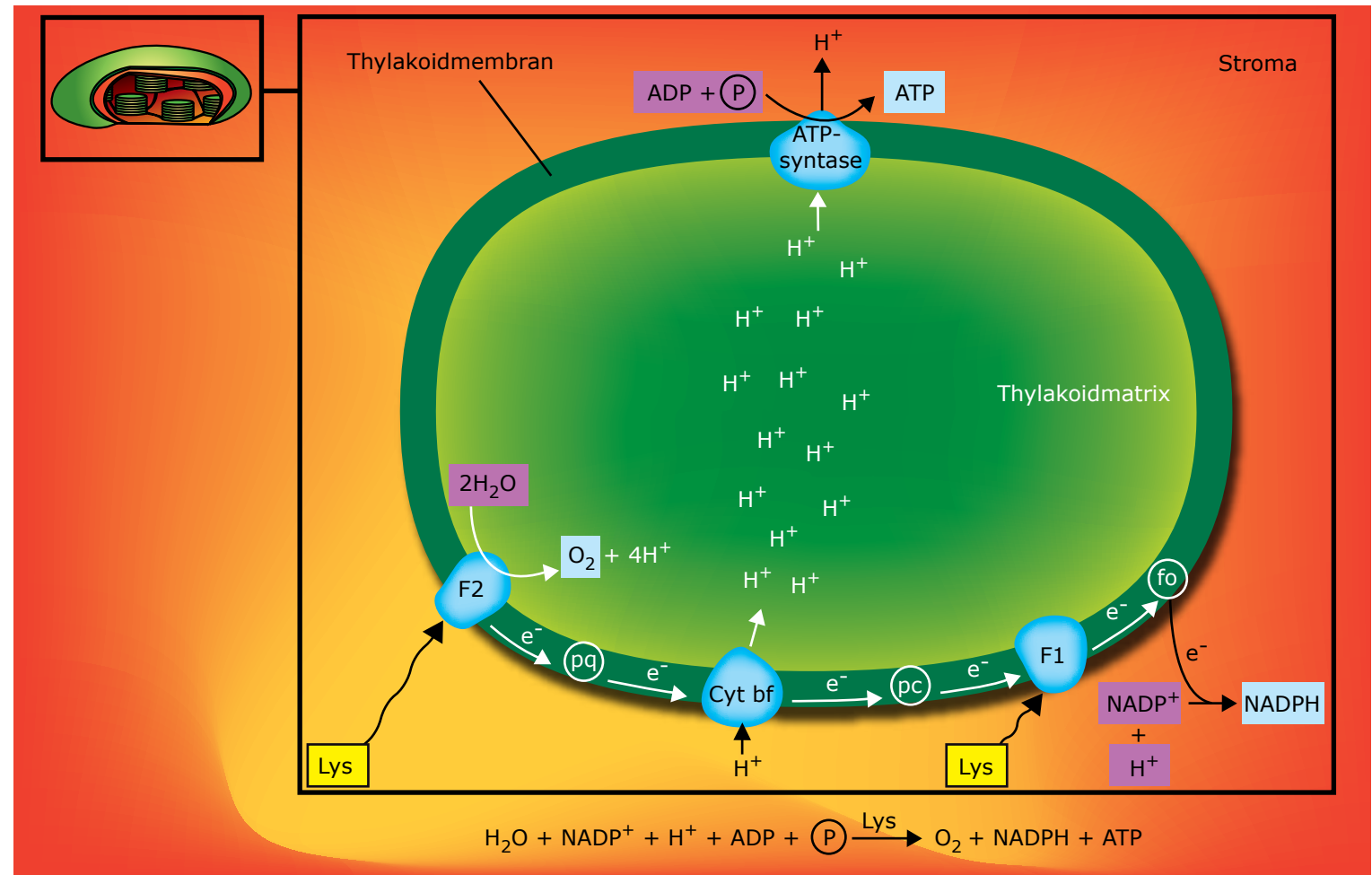




fotosyntesen danner den ilt, der efterfølgende bruges til respiration af utallige andre organismer på jorden (inklusive planterne selv). Plastoquinon indeholder nu en elektron fra fotosystem 2, som herefter gives videre til *cytokrom bf-komplekset*.

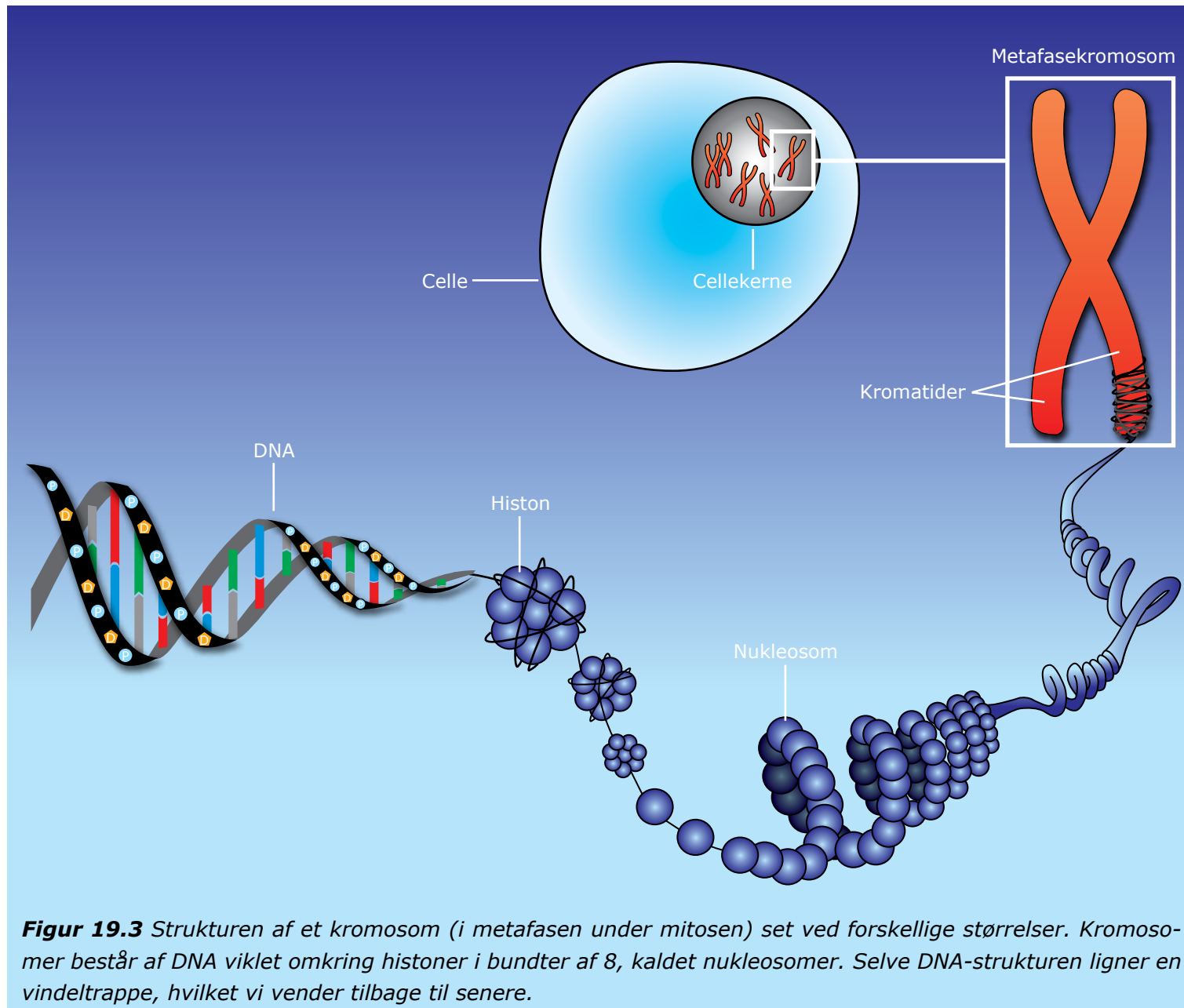
Når dette kompleks modtager en elektron, sendes den øjeblikkeligt videre til et nyt coenzym – *plastocyanin*. Denne videregivelse af elektronen får *cytokrom bf-komplekset* til at pumpe protoner ind i thylakoidet fra stroma. Komplekset indeholder altså en protonpumpe, ligesom det var tilfældet med enzymkompleks 1, 3 og 4 i elektrontransportkæden (se [kapitel 17.3.6](#)). Faktisk minder *cytokrom bf-komplekset* i høj grad om enzymkompleks 3 fra denne kæde.

Vi får altså nu opbygget en protongradient og ladningsforskel mellem stroma og thylakoidernes indre rum. Betydningen af det vender vi tilbage til om lidt. Nu sidder elektronen i *plastocyanin*-molekylet, der omgående giver den videre



**Figur 18.9** Detaljeret oversigt over fotosyntesens lysprocesser. Lys rammer fotosystem 2 (F2), hvorved elektroner anslås. Disse erstattes med elektroner fra H<sub>2</sub>O, der oxideres til O<sub>2</sub> og protoner. Det er altså her, at ilt dannes i fotosyntesen. Elektronerne sendes videre til plastoquinon (pq), der afleverer dem til *cytokrom bf-komplekset* (cyt bf). Denne pumper protoner ind i thylakoidmatrix, når elektronerne sendes videre til *plastocyanin* (pc). Denne afleverer dem videre til fotosystem 1 (F1), der erstatter de elektroner, som forinden er anslået via lys. De anslåede elektroner gives videre til ferredoxin (fo), der slutteligt giver dem til NADP<sup>+</sup>, som optager H<sup>+</sup> og reduceres til NADPH. Protoner i thylakoidmatrix løber nu tilbage til stroma gennem en ATP-syntase, hvorved der dannes ATP.





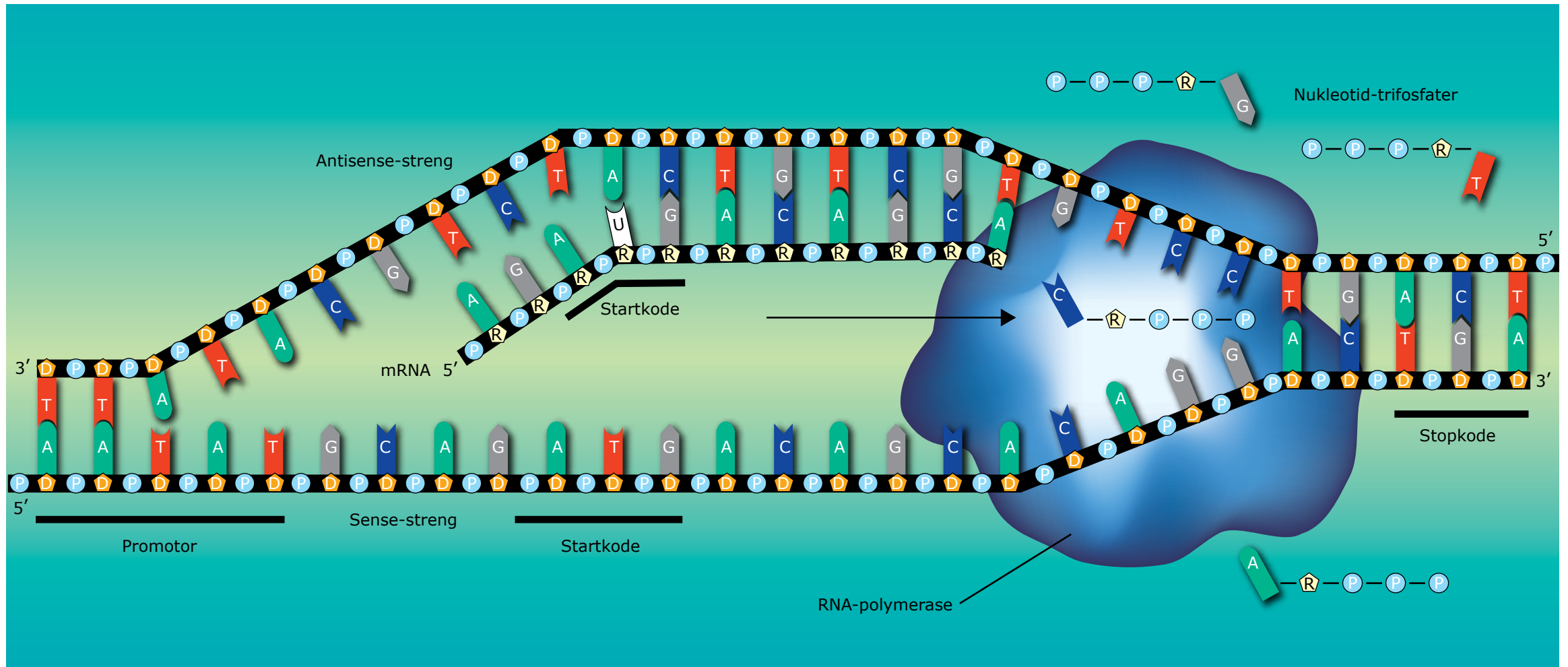
**Figur 19.3** Strukturen af et kromosom (i metafasen under mitosen) set ved forskellige størrelser. Kromosomer består af DNA viklet omkring histoner i bundter af 8, kaldet nukleosomer. Selve DNA-strukturen ligner en vindeltrappe, hvilket vi vender tilbage til senere.

### 19.3 DNA

DNA er en såkaldt *nukleinsyre*, som betyder kernesyre, fordi den er placeret inde i cellekernen hos eukaryote celler ligesom menneskeceller og samtidig kan afgive en proton (syreegenskab). Ved afgivelsen af protonen bliver DNA negativt ladet, som netop var betingelsen for at kunne bindes til histonerne (som var positivt ladede). Som nævnt findes der også DNA uden for cellekernen i eukaryote celler i forbindelse med mitokondrier og kloroplaster (grønkorn).

DNA består grundlæggende af grundstofferne kulstof/carbon (C), brint/hydrogen (H), ilt/oxygen (O), kvælstof/nitrogen (N) og fosfor (P), og disse indgår i tre typer molekyler: en uorganisk syre, en nitrogenholdig base (4 forskellige) samt et kulhydrat. Når disse tre molekyler sættes sammen, dannes et *nukleotid*.

Den uorganiske syre er *fosforsyre*, og den nitrogenholdige base kan enten være *thymine*,

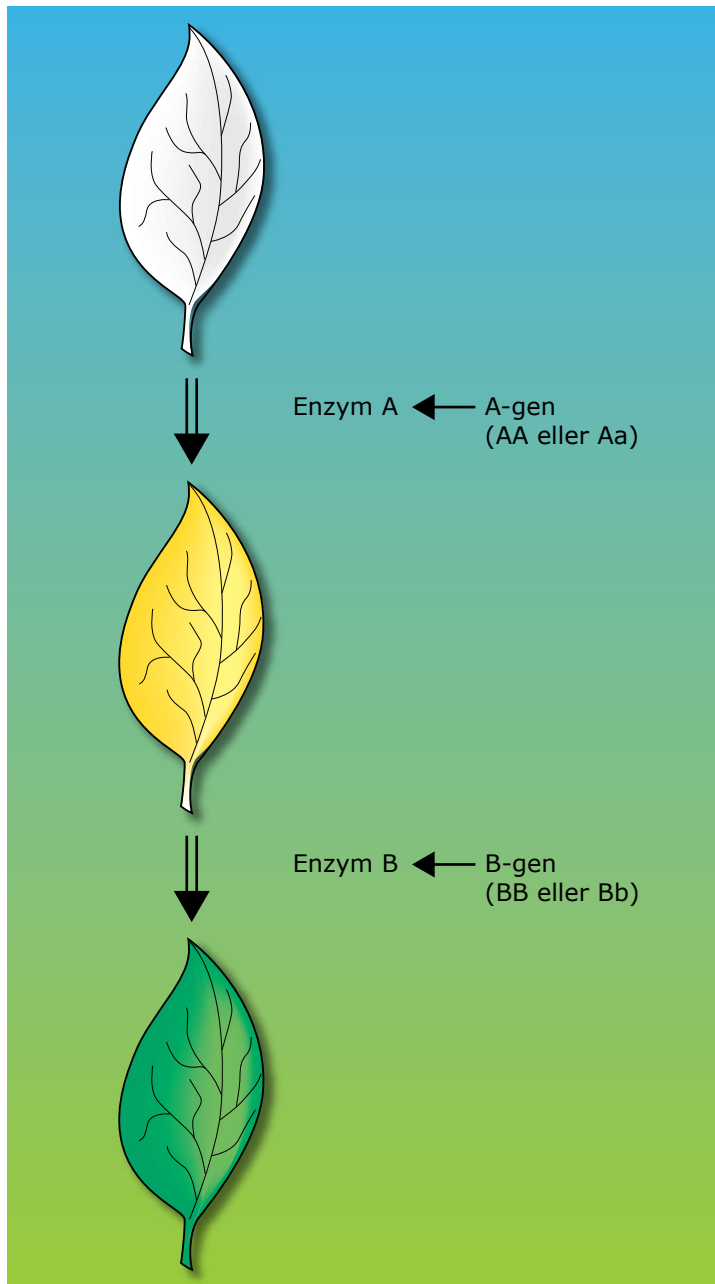


**Figur 20.4** Transkription af antisense-strengen, hvorved der dannes mRNA, der er en RNA-kopi af sense-strengen. Bemærk, at mRNA faktisk begynder lidt før startkoden.

dannede RNA-molekyle kaldes for *præ-messenger-RNA* (præ-mRNA), og inden det forlader ker-  
nen, klippes introns-områderne fra af specielle

enzymer, således at det færdige mRNA-molekyle  
er dannet. Hvorledes det sker, vender vi tilba-  
ge til i [kapitel 20.3.2](#). Når det færdige mRNA er

dannet, kan det fortsætte videre til translati-  
onen ved ribosomerne. Det vender vi tilbage til i  
[kapitel 20.4](#).

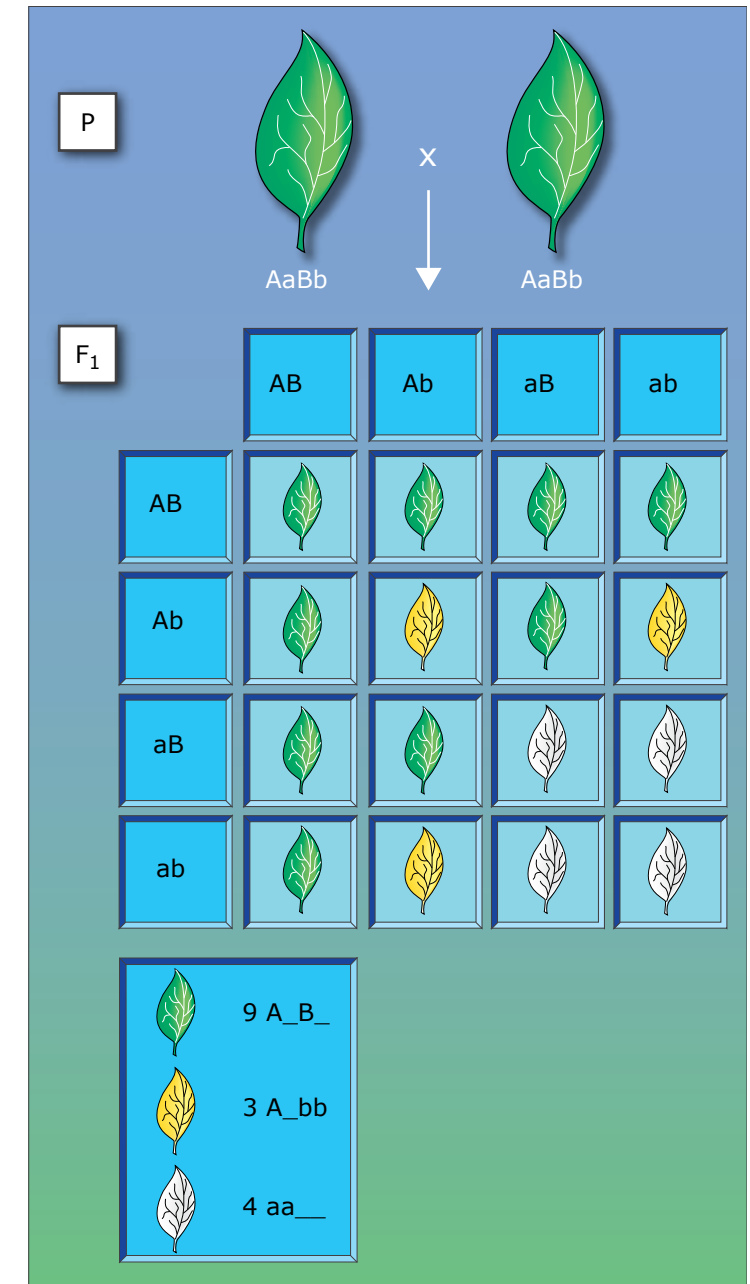


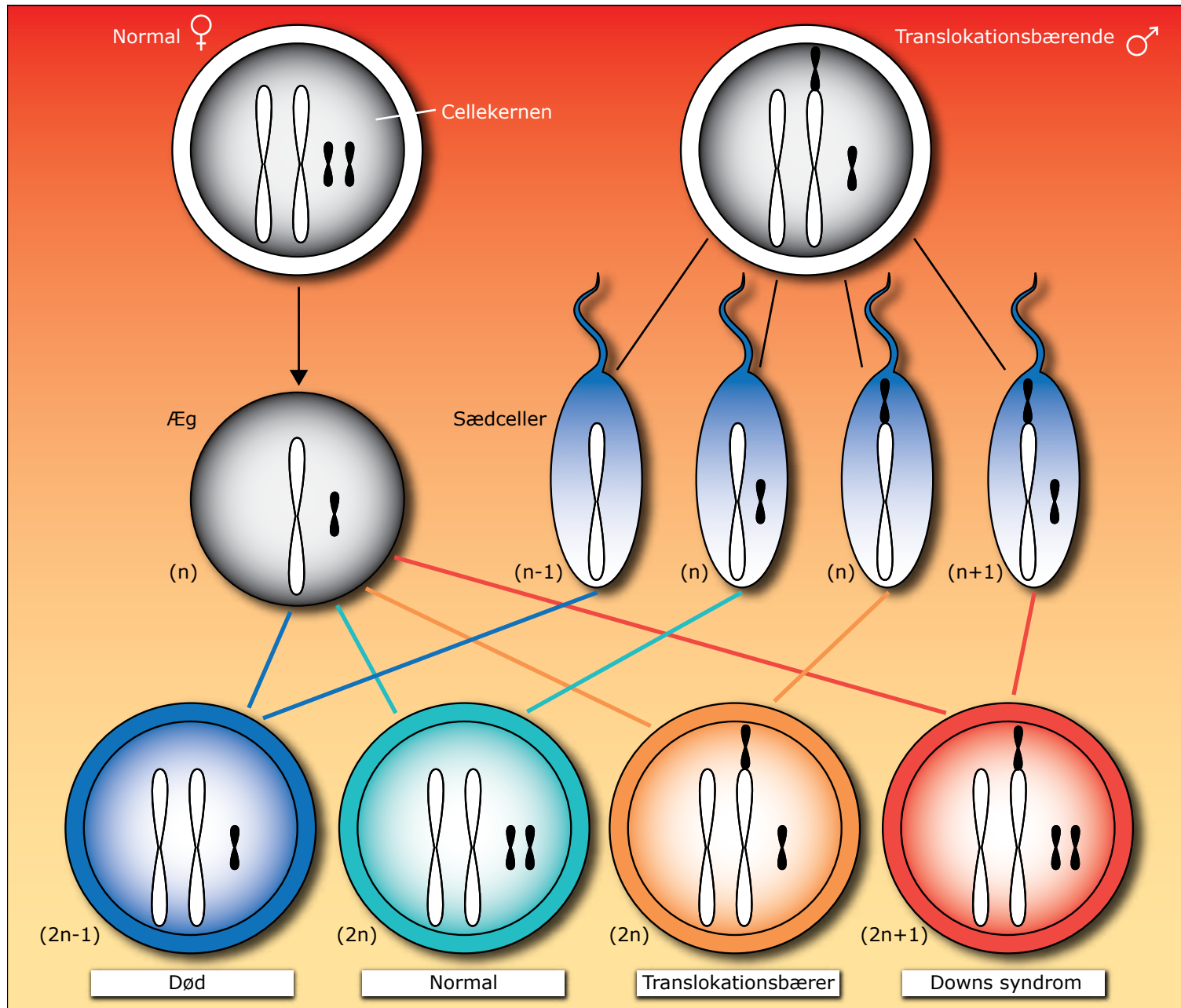
**Figur 21.24** (venstre) Recessiv epistasi. Forekomsten af gen A sørger for, at der dannes enzym A, som giver bladet en gul farve. Uden gen A forbliver bladet hvidt uanset gen B. Hvis planten også har gen B, omdannes den gule farve i stedet til grøn. Den grønne farve kræver altså, at både gen A og B er til stede. Den grønne farve (B-genet) er således underlagt A-genet. Genotypen "aa" giver derfor hvid farve uanset B-genets tilstedeværelse.

Denne form for epistasi kaldes for *recessiv epistasi*, idet forekomsten af genotypen aa giver en bestemt fænotype uanset hvorledes B/b-generne er sammensat. Man kunne populært sagt sige, at aa bestemmer over B/b-generne. På figur 21.25 er vist en krydsning mellem to dobbelt heterozygote planter, der udviser recessiv epistasi. I filialgenerationen ses forholdet 9:3:4.

Der findes forskellige andre epistasiformer, som vi kort vil introducere. Ved *dominant*

**Figur 21.25** (højre) Recessiv epistasi ved et krydsningsforsøg mellem to dobbelt heterozygoter. I filialgenerationen fås et fænotypisk udspaltningsforhold på 9:3:4.

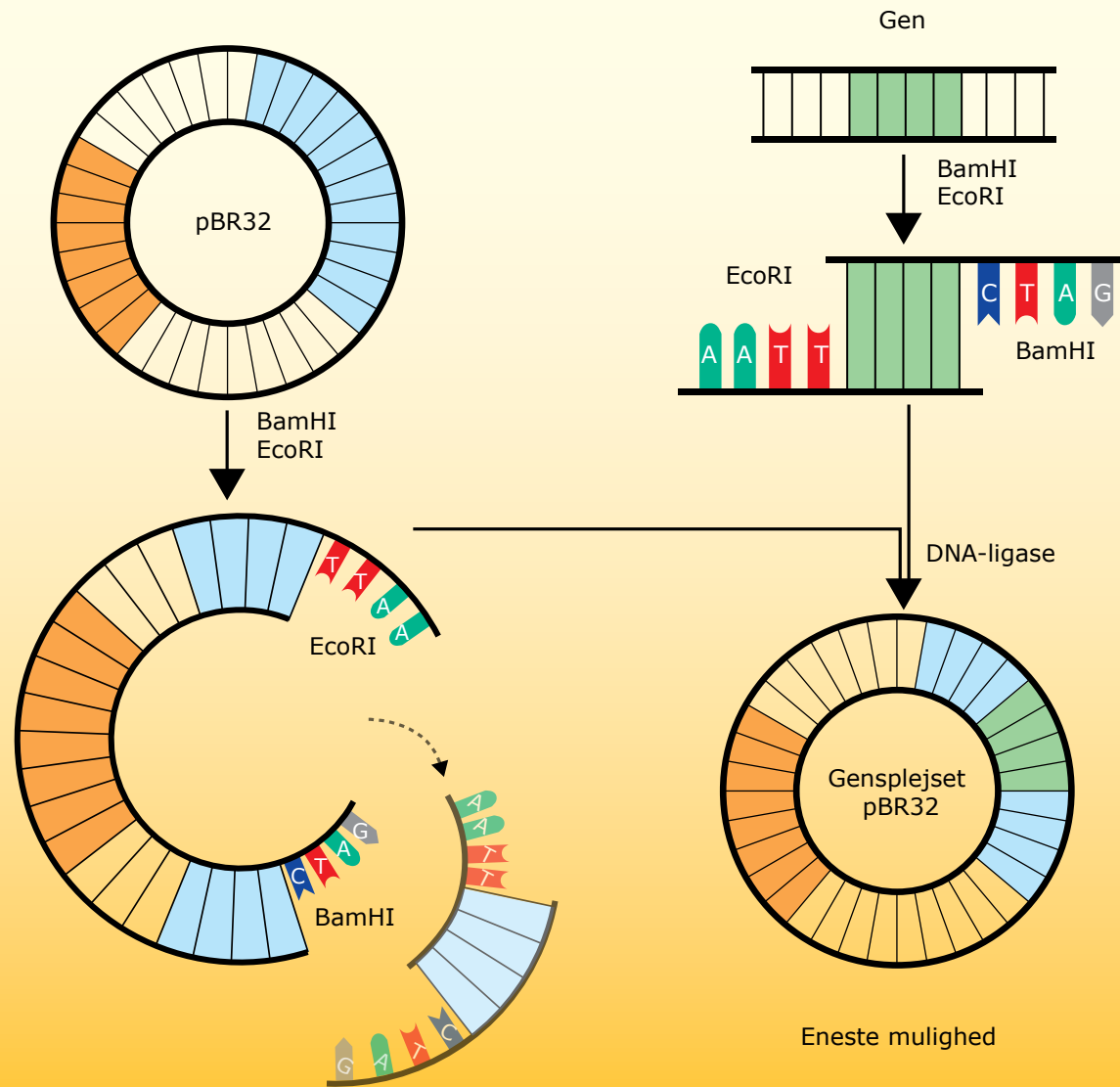




**Figur 22.13** En normal kvinde og en translokationsbærende mand får børn. Kvinden danner normale kønsceller, mens manden kun i 25 % tilfælde danner helt normale kønsceller. Det bevirker, at der kun er 25 % chance for et helt normalt barn. Der er dog også mulighed for et normalt, translokationsbærende barn (25 %). Herudover vil der være 25 % risiko for et barn med Downs Syndrom og 25 % risiko for et foster, der ikke kan overleve pga. et manglende kromosom nr. 21 (sort).

Figuren viser, at der er sket en translokation, hvor et helt kromosom nr. 21 er koblet sammen med et af kromosomerne i par nr. 14. Det er en balanceret translokation umiddelbart, men ved kønscelledannelsen giver det problemer og kan i sidste ende medføre et barn med *Downs syndrom* (*Mongolisme*). Faktisk er det sådan, at ca. 4 % af alle med Downs syndrom opstår.

Figur 22.13 viser, at translokationsbæreren (der har normal fænotype) i halvdelen af tilfældene danner kønsceller med det normale antal gener, men hvor halvdelen af disse bærer trans-

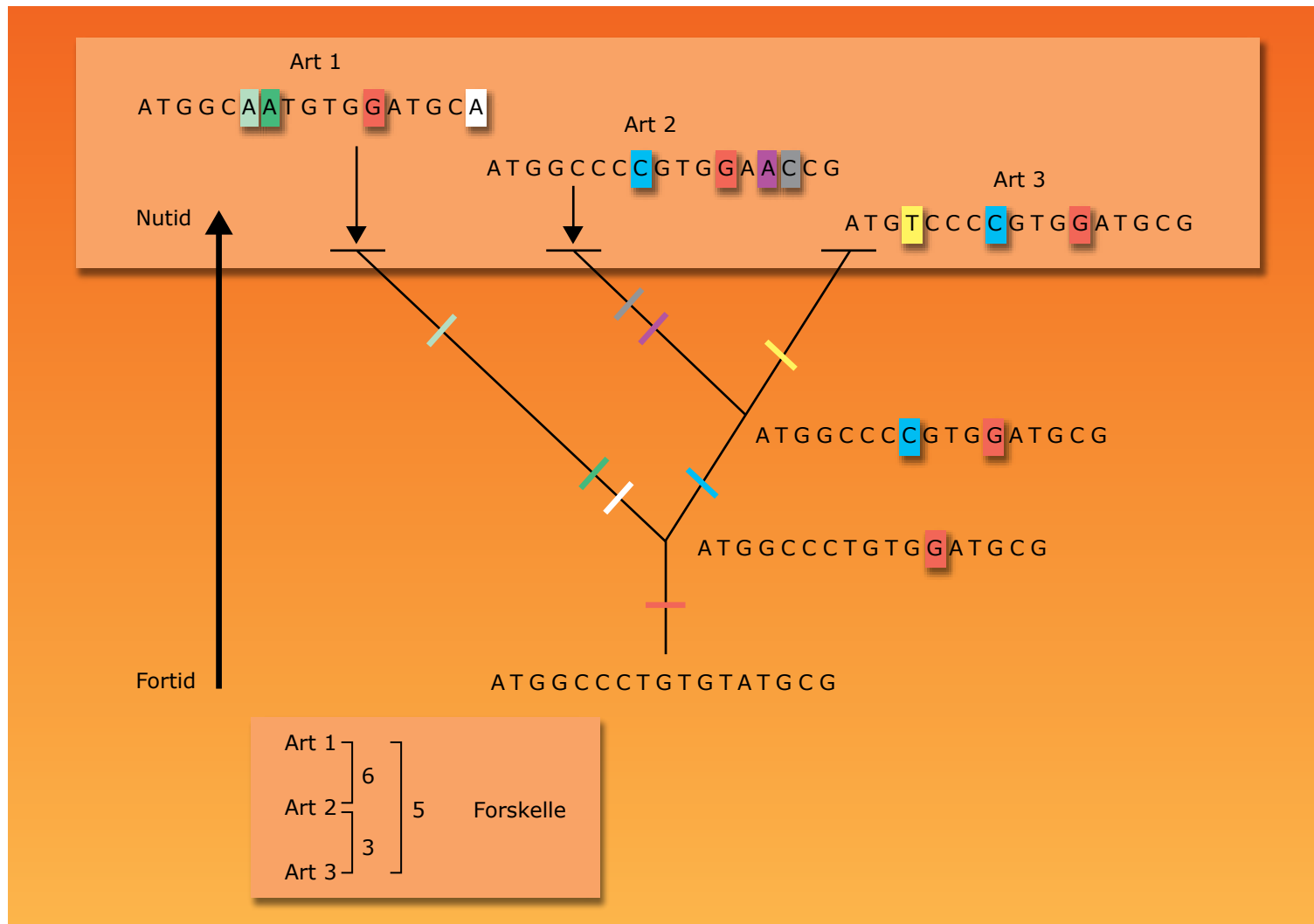


klipper på hver side af donor-DNA'et, og som samtidig klipper et lille stykke ud af plasmid-DNA'et. Plasmid og donor-DNA passer stadig sammen i enderne, men hverken donor-DNA eller plasmid kan lukke sig om sig selv igen, og herved undgås situation B og C på figur 23.39. Det er illustreret på figur 23.40. Desværre er det ikke altid muligt i praksis at anvende to restriktionsenzymmer på den nævnte måde.

Vi vender igen tilbage til de tre mulige udfald af gensplejsningen vist på figur 23.39. Nogle bakterier har optaget plasmid uden donor-DNA, andre har slet ikke optaget plasmid eller donor-DNA, mens en tredje gruppe har

**Figur 23.40** Anvendelsen af to forskellige restriktionsenzymmer gør det muligt kun at få et udfald af gensplejsningen. Hvis både plasmid og donor-DNA klippes i hver sin ende med to forskellige restriktionsenzymmer, er der kun en måde, DNA-stykkerne passer sammen. Plasmid og/eller donor-DNA kan ikke lukke sig om sig selv igen som ellers vist på figur 23.39.





**Figur 24.40** Tre arters udvikling fra en fælles stamform vist ved nukleotidsekvenser. Hver tværgående farvet streg i stamtræet symboliserer en mutation i DNA'et. Den første mutation er "den røde", hvor T ændres til G. Denne mutation genfindes i alle tre nulevende arter. Art 1 gennemgår yderligere tre mutationer (hvid, lysegrøn og mørkegrøn). Art 2 og 3 gennemgår en fælles mutation (den blå), mens art 2 selv yderligere får to mutationer (lilla og grå), og art 3 får en enkelt (gul). Samlet set er art 2 og 3 derfor tættest beslægtet med kun 3 forskelle.

varierer i 3 nukleotider. Art 2 varierer fra art 1 med hele 6 nukleotider, mens art 3 varierer fra art 1 med 5 nukleotider. Ydermere kan det ses, at art 3 ligner den oprindelige stamfar mest, idet der kun er sket 3 mutationer undervejs i modsætning til 4 ved de to andre arter.

Den bagvedliggende og altafgørende tanke er, at jo mere ens to organismers genom er, desto tættere er de beslægtet. Med andre ord er art 2 og 3 tættest beslægtet. De sekvenser, to organismer deler, har de arvet fra den samme forfader tidligere i evolutionen.

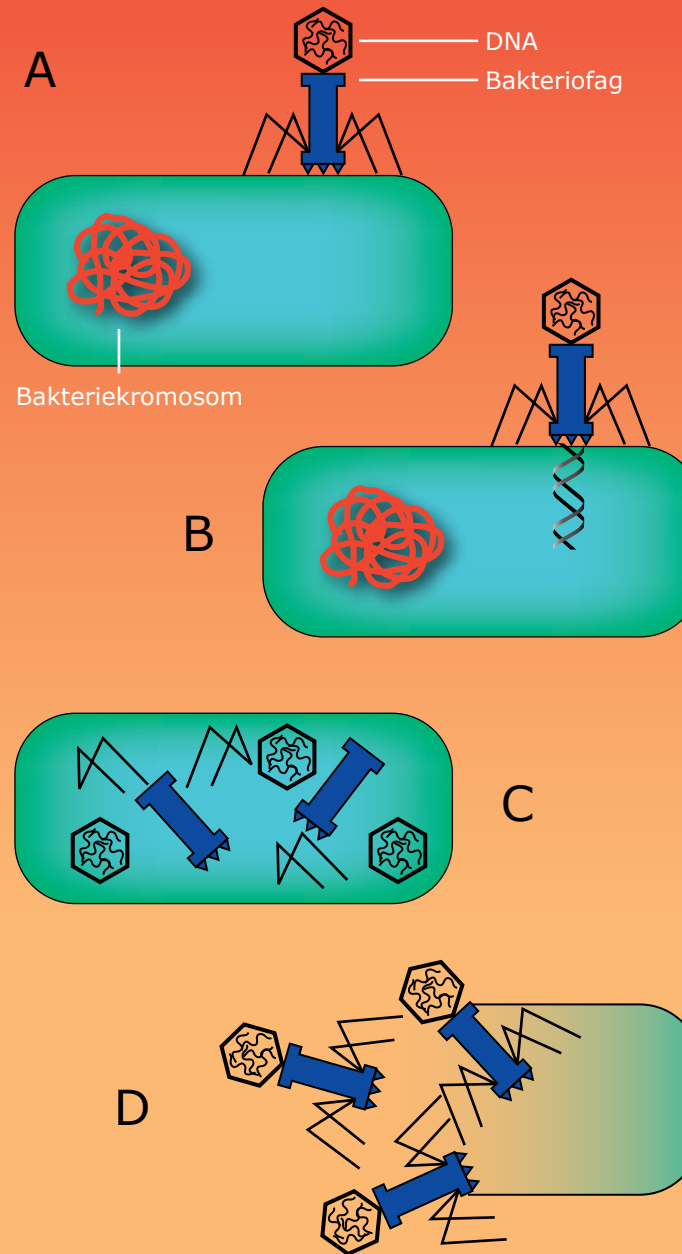
I sin simpleste form er sammenligningerne parvise, mens billedet meget hurtigt kan blive komplekst, når man sammenligner flere organismer samtidig. Vi vil først vende blikket mod en parvis sammenligning af DNA-sekvenser.

#### 24.5.1 Parvis alignment (DNA)

Når man skal sammenligne to DNA-sekvenser



**Figur 25.32** Bakteriofag bindes til bakteriens overflade (A) og skyder sit DNA ind (B). Bakterien begynder nu at producere komponenter til bakteriofager (C), der til sidst samles og slipper ud ved at sprænge bakteriecellen (D). Omtaget efter Det Medicinerede Menneske (2005). Billedet viser bakteriofager, der angriber en bakteriecelle. Billedet er taget af Dr. Graham Beards og er fra [wikipedia](#).

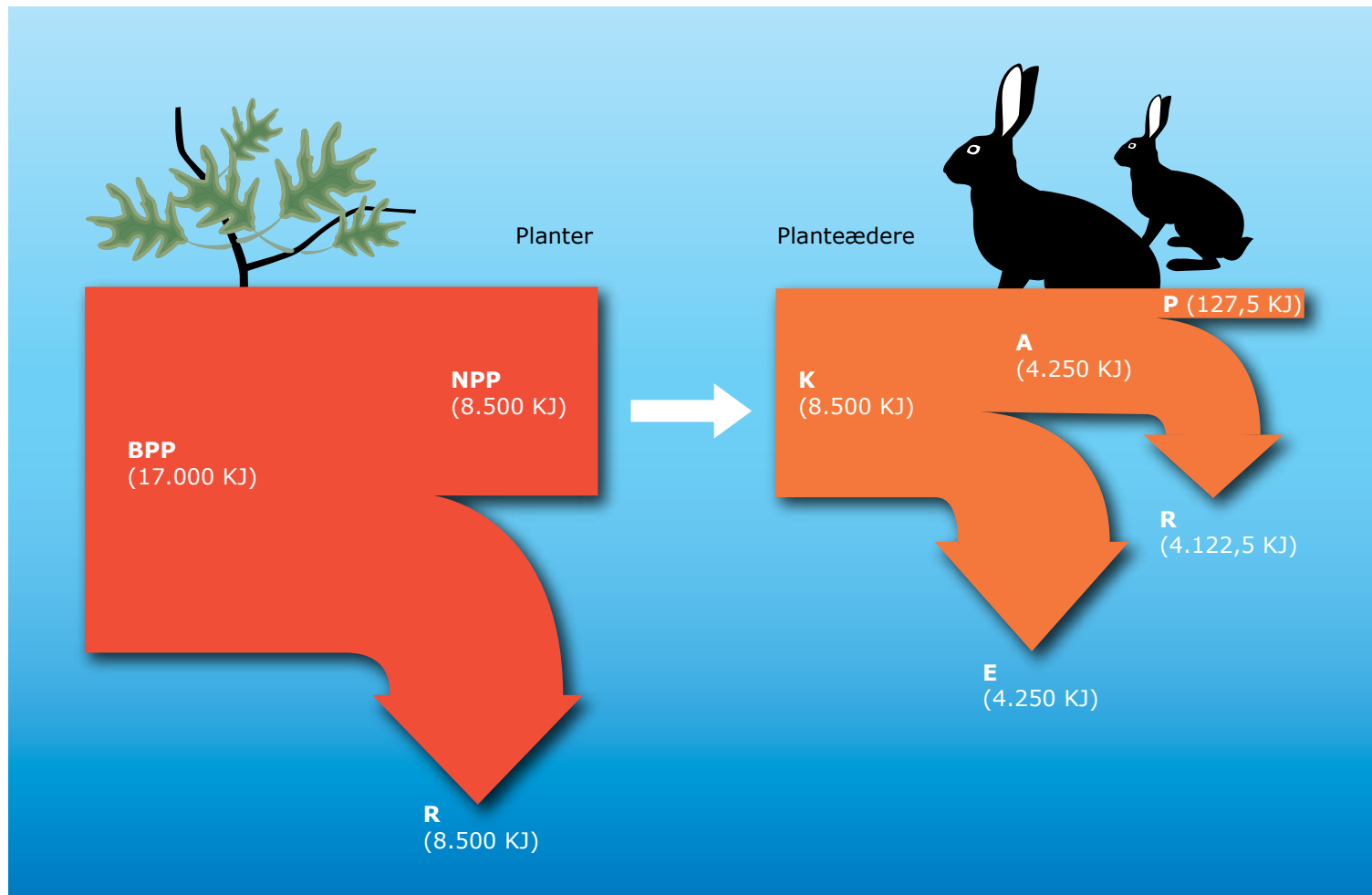


2001, da nogle skovarbejdere ved et uheld kom i kontakt med radioaktivt materiale og udviklede svære brandsår, som faktisk blev kureret med bakteriofager. Figur 25.32 viser, hvordan en bakteriofag angriber en bakterie. Bakterien dræbes, mens bakteriofagen formerer sig i den.

#### 25.6.5 Behandling med stamceller

*Stamceller* er umodne celler, der har stor delingsevne og mulighed for at udvikle sig til mange forskellige celletyper. Man har på nuværende tidspunkt store forhåbninger til, at stamceller snart vil kunne anvendes til behandling af mange forskellige sygdomme ved den såkaldte *stamcelleterapi*. Der skelnes mellem fem forskellige typer af stamceller, som har hvert sit anvendelsesområde.

*Totipotente* stamceller er i virkeligheden zygoter. De kan udtages fra æggelederen eller skaffes fra overskydende befrugtede æg i forbindelse



**Figur 26.17** Energistrømmen i en fødekæde. Planterne producerer 17.000 kJ i BPP, hvoraf de respirerer halvdelen. Hermed er der kun 8.500 kJ tilbage som NPP - altså det, der kan ædes af planteæderne. Disse konsumerer alle planterne, men udskiller halvdelen som ekskrementer, mens den anden halvdel assimileres. Af det assimilerede bruges langt størstedelen til respiration (97 %) og kun en lille andel til vækst (3 %).

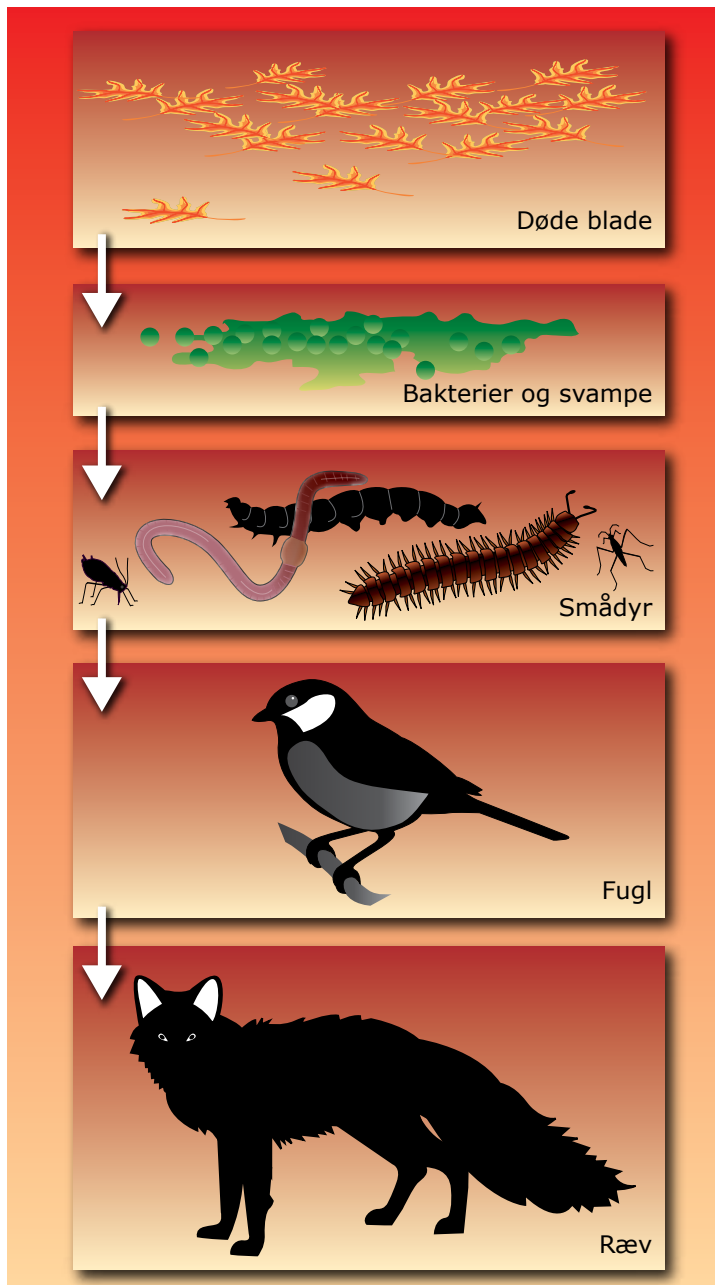
les som ekskrementer (E). I virkeligheden er der stor forskel på assimilationsandelen afhængigt af planteæderen og den type plante, den indtager. Normalværdier for assimileringen er 15-80 %, mens 20-85 % udskilles som fæces (E).

Af den assimilerede energimængde i vores eksempel på 4.250 kJ (50 %) bruges 97 % af det i planteæderens respiration (R), mens kun de sidste 3 % bruges til produktion af biomasse (P). Med andre ord bruges 4.122,5 kJ til respirationen og blot 127,5 kJ til kødproduktion. De 500 gram planteføde er altså blevet til blot 7,5 g planteæderkød – en udnyttelse på blot 1,5 % (eller et

toprimærproduktionen af planteæderne – typisk omkring 20-30 %, mens 70-80 % ender som DOM. Der er således en væsentlig mindre mængde DOM i vand end på land. I eksemplet ser vi

dog bort fra dette for overskuelighedens skyld.

Af de 8.500 kJ (500 g), som blev konsumeret af planteæderne, assimileres i dette tilfælde 50 % til dyrets blod (A), mens de sidste 50 % udskil-



**Figur 27.4** Nedbryderfødekæder og græsningsfødekæder hænger uløseligt sammen. Øverst bliver de døde blade nedbrudt af bakterier og svampe, der igen optages af smådyrene i jorden. Disse ædes af fugle, der igen spises af ræven.

er dødt (og undertiden også levende) organisk materiale. Næste trin er bakterier eller svampe, der nedbryder det organiske materiale, som altså først skal være findelt af fx en regnorm eller en bænkebidder. Tredje trin er faktisk de nævnte regnorme og andre smådyr, der æder bakterierne. Fjerde trin vil være dyr, der æder regnorme, som fx solsorten.

Dermed er vi inde i de almindelige fødekæder - de såkaldte græsningsfødekæder. Der er således en tæt sammenhæng mellem økosystemernes nedbryderfødekæder og græsningsfødekæder, og man kan ikke altid skelne mellem de to typer. Et eksempel på en nedbryderfødekæde, der er knyttet sammen med en græsningsfødekæde, er vist på figur 27.4.

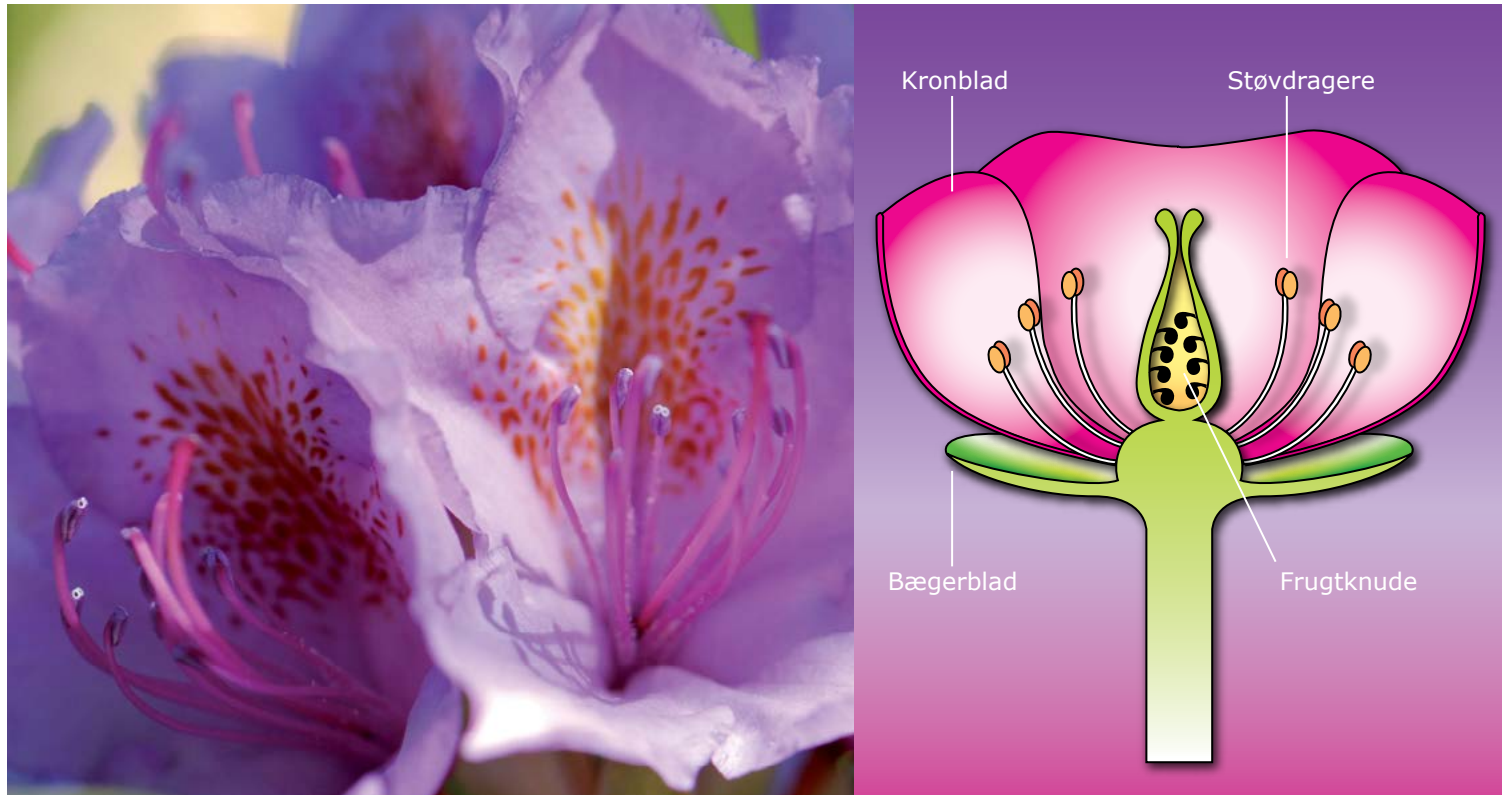
### 27.2.1 Mere om bakterierne

I [kapitel 1.2](#) gennemgik vi bakteriernes generelle opbygning og inddeling mv. I dette delkapitel lægger vi vægten på bakteriernes økologiske betydning. Bakterier findes overalt i økosystemerne. De kan leve under meget forskellige vilkår og kan udføre mange forskellige kemiske processer i deres stofskifte.

Nogle bakterier er *aerobe*, hvilket vil sige, at de kræver ilt til deres livsprocesser. Andre er *anaerobe*, hvilket vil sige, at de lever uden ilt. Andre igen er *fakultativt anaerobe*, hvilket vil sige, at de både kan leve i aerobe og anaerobe miljøer.

De bakterier, der kun kan leve i et anaerobt miljø, kaldes *obligat anaerobe*. For dem er iltfrie forhold altså obligatorisk. Tilsvarende kaldes bakterier, der hele tiden behøver ilt for at overle-





**Figur 28.26** Opbygningen af en blomst hos blomsterplanterne. Til venstre et billede af blomsten fra en rhododendron og til højre en illustration af samme blomst. Blomsterbladene består af de flotte violette kronblade og nederst de grønne bægerblade. Inderst i blomsten findes frugtknuden med frøanlæg samt støvdragerne. FOTO: C. B. Lytzen - yubio.

er fem støvdragere – eller et antal deleligt med fem. Støvdragerne består af en *støvtråd* og en *støvknop*, som ved meiose danner plantens *pollen* (se figur 28.26). Pollenets funktion vender vi tilbage til i [kapitel 28.3.6](#).

Inderst i blomsten findes *frugtanlægget*, som består af *frugtknude*, *griffel* og *støvfang* (se figur

28.26). Hvis bægerblade og kronblade sidder under frugtknuden, kaldes blomsten *undersædig*. Hos en *omkringsædig* blomst sidder de omkring frugtknuden, og hos en *oversædig* blomst sidder de over frugtknuden.

Disse forskellige typer ses illustreret på figur 28.27 på næste side. Frugtanlægget er ligesom

støvdragerne i virkeligheden nogle omdannede blade.

### 28.3.6 Bestøvning, befrugtning og frugtdannelse

Plantens *støvkorn* eller pollen, som er den hanlige del af planten og dannes ved meiose i støvknapperne, bliver derved haploide. Figur 28.28





## 29.3 Vandløbet

I dette delkapitel ser vi nærmere på vandløb med fokus på vandløb i Danmark.

### 29.3.1 Generelt

Alle vandløb leder overskudsnedbør fra et bestemt opland ud til fx havet, en sø eller måske et andet vandløb. Alle vandløb begynder ved

en eller flere kilder, hvor vand fra undergrunden trænger op til overfladen. Den del, der ikke fordamper, udgør herefter vandløbets start. På vej mod sit udløb vælger vandet fra kilden altid den letteste vej i landskabet. Efter kilden bliver vandløbet til en bæk, der igen bliver til en å. Der er ikke egentlige, klare definerede grænser mel-

lem disse betegnelser, og begreberne bruges da også mere eller mindre i flæng forskellige steder i Danmark.

De allerstørste vandløb kaldes floder, men igen savnes en præcis definition. I udlandet kaldes mange vandløb for floder, men hvis de havde ligget i Danmark, ville de være betegnet en å.



**Figur 29.19** Forskellige dele af det naturlige vandløb. Til venstre tæt på kilden, i midten bækken (lille å), og til højre den nedre å (floden). FOTO: C. B. Lytzen - yubio.



**Figur 30.42** Ozonhullet over Antarktis i 2006 var det største nogensinde. Hullet var på næsten 30 millioner  $\text{km}^2$  - eller næsten tre gange Europas areal.

dige formål i fx i spraydåser til medicin. Men da de stadig bruges i den fattige del af verden, og da de desuden nedbrydes særdeles langsomt, vil problemet helt sikkert være ved i mange år endnu.

## 30.5 Klimaforandringer

I de seneste par årtier har debatten om klimaforandringer fyldt meget i medierne især i den vestlige verden. I dette delkapitel vil vi fremlægge noget af den viden, man har på nuværende tidspunkt om fænomenet.

### 30.5.1 Drivhuseffekten

I Jordens atmosfære findes en lang række gasser, der er årsag til den *naturlige drivhuseffekt*.

