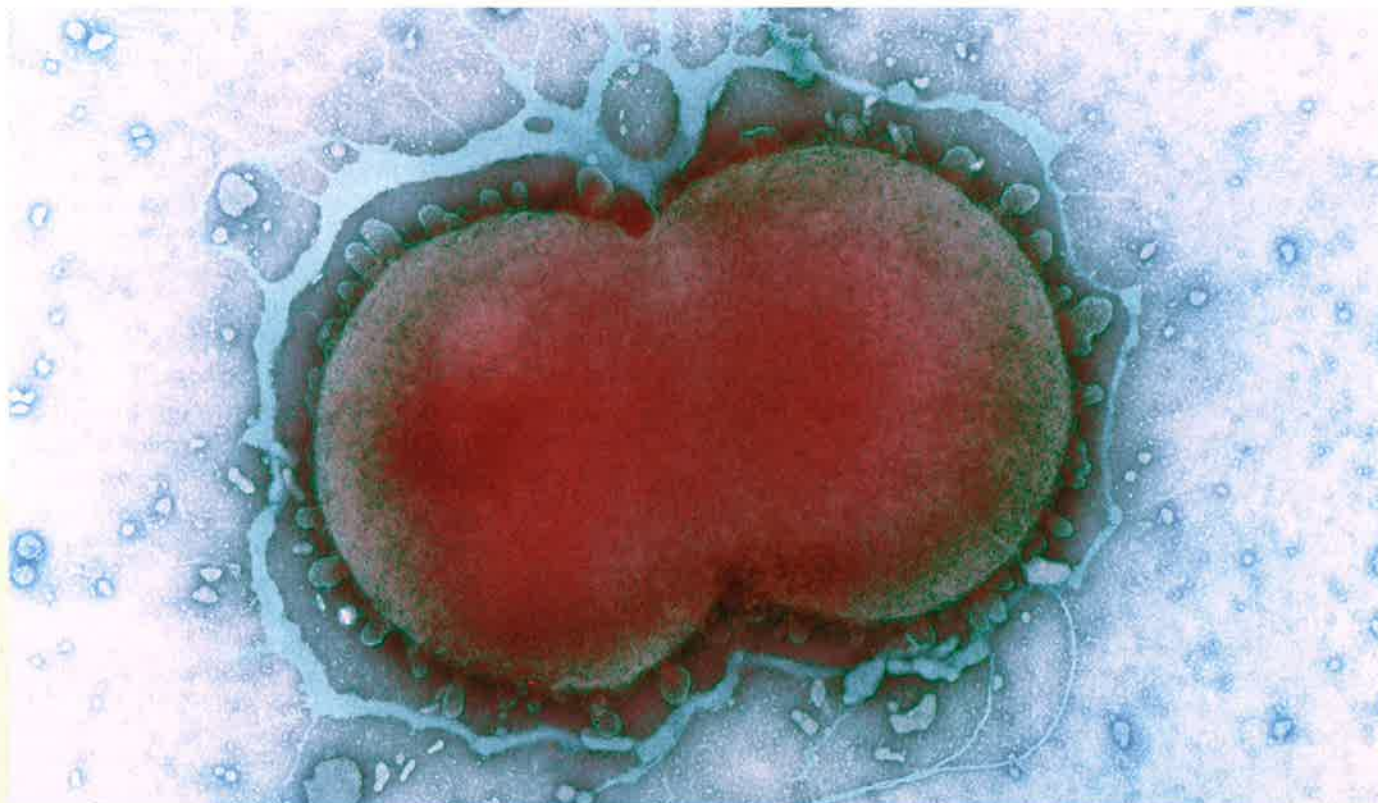


# MIKROORGANISMERS VÆKST OG FORMERING



Figur 36. Et farvet transmissionselektronisk mikroskopibillede (TEM) af den kugleformede bakterie *Nisseria lactamica* i færd med at dele sig. Bakterien er harmløs og lever normalt i næse og svælg på mennesket. Foto: CAMR/A.B. Dowsett/Foci.

**M**an kan undre sig over at mikroorganismer kan udgøre hovedparten af jordens biomasse når de er så små som de er. Men det er fordi de har en imponerende evne til vækst og formering, når de rette omstændigheder er til stede.

**Vækst** betyder i biologisk sammenhæng at celler øger deres antal. **Formering** betyder at danne nye individer. Hos prokaryoter er vækst og formering det samme, og de nye individer, det vil sige cellerne, er som regel identiske med de gamle. Hos de eukaryote mikroorganismer kan formering være forbundet med at danne nye individer som er genetisk forskellige fra de oprindelige. Det kalder man **kønnet formering**.

Virus kan ikke selvstændigt formere sig. De inficerer i stedet andre organismers celler og lader dem gøre formeringsarbejdet for sig.

## Vækst

Et mål for en mikroorganismes evne til vækst er dens *generationstid*. Generationstiden angiver et gennemsnit for hvor ofte en celle deler sig til to nye celler. På figur 37 er vist generationstider for nogle udvalgte bakterier.

Man kan se at kolibakterier, som er nogle af de hurtigste til at dele sig, har en generationstid på 20 min. Hvis man forestiller sig at væksten af *E. coli* kunne fortsætte ubegrænset, fx i 24 timer, ville én celle være blevet til 4.722.366.478.574.681.194.496 celler. Disse ville veje 5.200 tons hvilket svarer til vægten af ca. 65.000 mennesker. Placeret på en lang række ville cellerne kunne nå rundt om jorden 243.988.935 gange. Hvis deres fødekilde havde været glukose, ville de have konsumeret ca. 10.000 tons af det. Men hvor skulle de have fået al den glukose fra?

Netop mangel på føde er én af forkla-

ringerne på hvorfor mikroorganismernes trods alt ikke bliver til så mange som beskrevet i ovenstående eksempel. Mange andre faktorer kan også begrænse deres vækst. Fx vil temperaturen, tilgængeligheden af  $O_2$  og næringssalte samt pH-værdien i de vandige omgivelser have betydning. Ligeledes kan tætheden af *populationen*, det vil sige samlingen af individer af samme art, og dens egen eller andre organismers produktion af affaldsstoffer, hæmme mikroorganismernes vækstmuligheder. Endelig har ikke mindst risikoen for at blive spist af andre organismer eller at blive angrebet af virus betydning for hvor stor en population kan blive.

### Vækst i et laboratorium

Hvis man rendyrker mikroorganismer i et laboratorium, så man har genetisk ens individer, og derefter lader dem gro under kontrollerede betingelser, vil man kunne følge vækstforløbet for en population.

Figur 37. Generationstid for nogle menneskerelaterede bakterier under optimale vækstbetingelser.

Kilde: Perry m.fl., 2002.

På figur 68, side 67 og figur 84, side 79 kan man se elektronmikroskop-billeder af henholdsvis *Escherichia coli* og *Staphylococcus aureus*.

Art	Beskrivelse	Generationstid
<i>Escherichia coli</i>	Harmløs stavformet bakterie der lever i tarmene på mennesket og andre pattedyr. Bruges som testorganisme for at undersøge om føde, vand eller jord er inficeret med afføring fra mennesker eller andre pattedyr.	20 min.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Kugleformet bakterie der normalt er harmløs og lever i næse og svælg på mennesker og andre pattedyr. Hos nogle individer forårsager den dog voldsomme infektioner som kan være svære at behandle. Kan også findes i tilberedt mad der ikke har været opbevaret på køl. Her producerer den giftstoffer som giver opkastning og diarré.	30 min.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Stavformet bakterie der forårsager tuberkulose hos mennesket. Den smitter gennem luften og inficerer lungerne. På grund af den lange generationstid er det kun personer, der i forvejen er svækkede, der er modtagelige.	13 timer og 20 min.



www.nucleus.dk

Dyrkning og vurdering af  
antallet af mikroorganismer  
i et flydende vækstmedie.

Man starter med at overføre nogle mikroorganismer til et flydende vækstmedie. Med jævne mellemrum udtager man en prøve af denne opløsning og forsøger at vurdere antallet af organismer.

På grundlag af sådanne optællinger har det vist sig at man kan inddele mikroorganismers vækst i fire faser: 1. lagfase, 2. eksponentiel vækstfase, 3. stationær fase og 4. dødsfase.

I *lagfasen*, som man kan oversætte til forsinkelsesfasen eller nølefasen, bliver mikroorganismene overført til deres flydende vækstmedie. Indtil de har vænnet sig til de nye vækstbetingelser, det vil blandt andet sige indtil de har fået produceret passende mængder af de enzymer som skal være aktive i dette miljø, vil cellerne ikke dele sig, og antallet er derfor konstant.

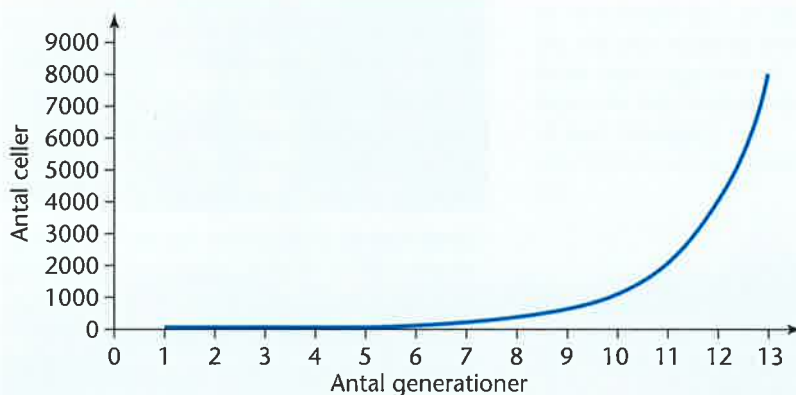
I *den eksponentielle vækstfase* har mikroorganismene tilpasset sig omgivelserne, og de fordobler deres antal i løbet af en generationstid. For en organisme med en generationstid på 20 min. betyder det at én celle efter 20 min. er blevet til to, efter 40 min. til fire, efter 60 min. til otte osv. Det er i denne vækstfase at mikroorganismene i princippet kan blive til et astronomisk højt antal organismer som illustreret i eksemplet med *E. coli* ovenfor. Rent matematisk kan man beskrive det ved følgende ligning:

$$y = 2^x$$

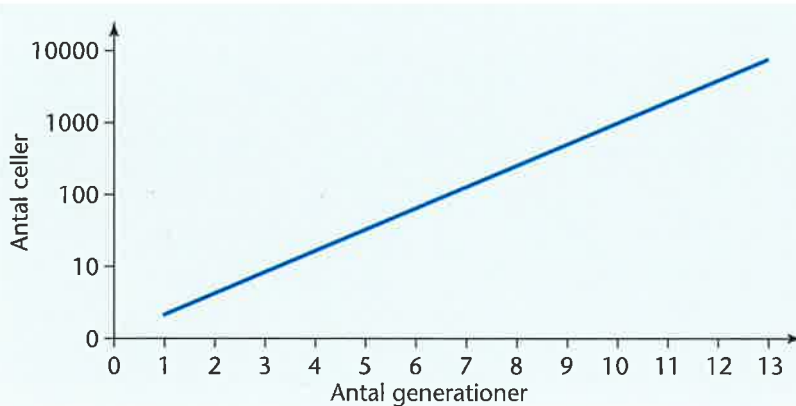
hvor  $x$  er antallet af generationer, og  $y$  er antallet af celler efter  $x$  generationer. Figur 38 viser en afbildning af eksponentiel vækst.

Som man kan se af figuren, vil man efter relativt få generationers vækst få en meget stejlt voksende graf som det kan være vanskeligt at aflæse på. For en hurtig

voksende mikroorganisme, det vil sige én med en kort generationstid, er denne afbildning derfor ikke så hensigtsmæssig. Heldigvis findes der en matematisk løsning på dette problem. Man kan vælge at afbilde antallet af celler på en *logaritmisk skala*. Logaritme betyder forholdstal, og på en logaritmisk skala er afstanden mellem stregerne på skalaen forholdsmæssig mindre jo større tallene bliver. Den logaritmiske afbildning giver derfor mulighed for at få plads til mange flere generationer, og den er nem at aflæse på da den er lineær, se figur 39.



Figur 38. Graf over eksponentiel vækst.

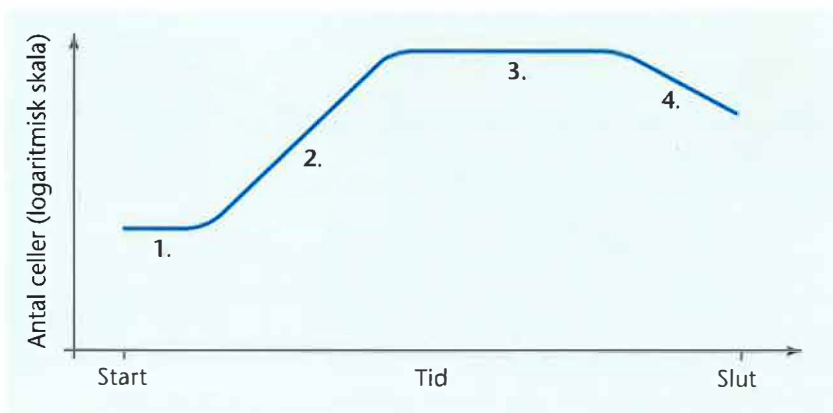


Figur 39. Samme data som i figur 38, her afbildet på en logaritmisk skala.

På et tidspunkt vil én eller flere af de tidligere nævnte parametre begrænse væksten, og mikroorganismen overgår da til *stationærfasen*. I denne fase vil nogle af cellerne dø og blive nedbrudt. Dermed kan de blive næring for andre celler, som så deler sig og erstatter de gamle. Stationærfasen er med andre ord en fase hvor mikroorganismen set som en population blot overlever, og deres antal vil være mere eller mindre konstant. Hvis man undersøger sammensætningen af stoffer i cellerne i denne fase, kan man se at den adskiller sig fra sammensætningen af stoffer i den eksponentielle vækstfase. Det kan man tage som udtryk for at forskellige gener er aktive i de forskellige faser. I den eksponentielle fase er det især vækstgener der er aktive, mens det i højere grad er gener involveret i overlevelse der er aktive i stationærfasen. I stationærfasen er det fx gener der sørger for dannelse af antibiotika og andre forsvarsstoffer der er aktive. Man ser også at nogle mikroorganismer i denne fase danner *sporer* i stedet for de almindelige celler. Sporer fungerer netop som et hvilestadium for mikroorganismer, og de kan – hvis forholdene ændrer sig igen – blive omdannet til aktive celler.

Figur 40. Et vækstforløb for en population af mikroorganismer.

1. lagfase
2. eksponentiel vækstfase
3. stationærfase
4. dødsfase



Når en population af mikroorganismer har været i stationærfasen en vis tid, overgår den til *dødsfasen*. I denne fase er antallet af mikroorganismer som regel eksponentielt aftagende. Det vil sige at antallet bliver halveret pr. tidsenhed. Rent matematisk kan man beskrive det således:

$$y = 0,5^x$$

Hvor  $x$  denne gang er halveringstiden, og  $y$  er antallet af celler efter  $x$  antal halveringer af populationen. Igen afbilder man antallet af celler på en logaritmisk skala som funktion af tiden.

En mikroorganismes fire vækstfaser udgør tilsammen dens vækstforløb, som man kan afbilde som vist i figur 40.

### Vækst og infektioner

Sygdomsfremkaldende mikroorganismer har et tilsvarende vækstforløb når de trænger ind i en organisme hvis ikke de bliver bekæmpet. Deres indtrængen kalder man en *infektion* eller en smitte af værtsorganismen. Det er vigtigt for den organisme, der bliver inficeret, at få bekæmpet den sygdomsfremkaldende mikroorganisme tidligt i dens eksponentielle vækstfase, ellers vil den nå den stationære fase. I denne fase vil mikroorganismen dels findes i et stort antal, og dels vil den have en forøget modstandskraft over for antistoffer, antibiotika m.m. Den vil derfor kunne svække værtsorganismen yderligere og evt. forårsage dens død. I kapitlet Mikroorganismer og menneskets sundhed kan man læse mere om infektioner.

### Vækst i naturlige økosystemer

I naturlige økosystemer foregår der også vækst af mikroorganismer. Det tænker vi vel mest over hvis væksten bliver meget



synlig for os, eller hvis den mere eller mindre direkte påvirker os. Det gør for eksempel algeopblomstringer om sommeren. Hvert år, når vi er nået et stykke hen på sommeren og i en periode har haft solskin og svag vind, kan man i aviserne læse om algeopblomstringer i enten søer, fjorde eller åbne farvande. Algeopblomstringer skyldes at enten planktonalger eller cyanobakterier pludselig formerer sig voldsomt. Det kan gøre badevandet uklart og nogen gange også skummende og ildelugtende, se figur 41.

De helt store overskrifter ser man i medierne hvis algerne eller cyanobakterierne samtidig viser sig at være giftige eller fører til iltsvind og fiskedød. Det var heldigvis ikke tilfældet med algen på figur 41, selv om man i første omgang frygtede at den var giftig.

Men hvad er årsagen til de voldsomme opblomstringer? En opblomstring er et udtryk for at en organisme har optimale vækstbetingelser og derfor er i den eksponentielle væksthase. Organismer der laver fotosyntese, har især optimale vækstbetingelser når der er rigelige og tilgængelige mængder af næringsstofferne kvælstof (N) og fosfor (P) i vandet. Man kalder normalt organismer der laver fotosyntese for selvernærende med hensyn til produktion af organisk stof. Men det er ikke alle organiske stoffer der kan blive produceret ud fra fotosyntesen alene. Fx kræver produktion af proteiner at der også optages kvælstof, og produktion af DNA kræver at der også optages både kvælstof og fosfor.

Kvælstof og fosfor er tilgængeligt for alger og cyanobakterier i større eller mindre grad store dele af året. Man kan derfor periodevis se opblomstringer af disse organismer i både søer, fjorde og åbne

farvande. Opblomstringer finder dog hovedsageligt sted i sommerhalvåret da også temperaturen og mængden af solskinstimer spiller en stor rolle for væksten. En varm sommer med svage vinde giver særligt gode vækstbetingelser for nogle af organismene, fx cyanobakterier som kan danne fænomenet *vandblomst*, se figur 42.



[www.nucleus.dk](http://www.nucleus.dk)

Undersøgelse af algevækst.



Figur 41. Algeopblomstring langs den jyske vestkyst i juni måned 2000. Det ildelugtende skum der stammer fra en stilkalge af slægten *Phaeocystis*, dækkede stranden i op til 75 m brede og 1 m tykke lag. Ud over at danne skum, farver algen også vandet brunt når den forekommer i så store mængder.

Foto: Martha B. Laursen, Ringkøbing Amt.



Figur 42. Billede fra Hornum Sø i Himmerland. Man kan se at vandet er farvet grønt af cyanobakterier, et fænomen man kalder vandblomst. Foto: Inge Christensen, Nordjyllands Amt.

Vandblomst er tætte lag af cyanobakterier på overfladen af vandet. Hvis de flyder ind mod land, kan de blive aflejret og give slemme lugtgener når de går i forrådnelse. Deres fantastiske evne til vækst skyldes bl.a. at de indeholder nogle luftfyldte vakuoler, det vil sige hulrum, som de regulerer deres massefylde med. Det gør at de, når vinden er svag, lægger sig i eller nær overfladen af vandet hvor lysintensiteten er mest passende for at lave fotosyntese. Dertil kommer at cyanobakterier som noget særligt kan bruge kvælstof-gas ( $N_2$ ) fra atmosfæren som deres kvælstofkilde. Det betyder at når mængden af tilgængelige kvælstofforbindelser i vandet, fx  $NO_3^-$  og  $NH_4^+$ , bliver meget lav, så vil cyanobakterier have en fordel frem for de øvrige organismer der også laver fotosyntese.

### Vækstforløb i naturlige populationer

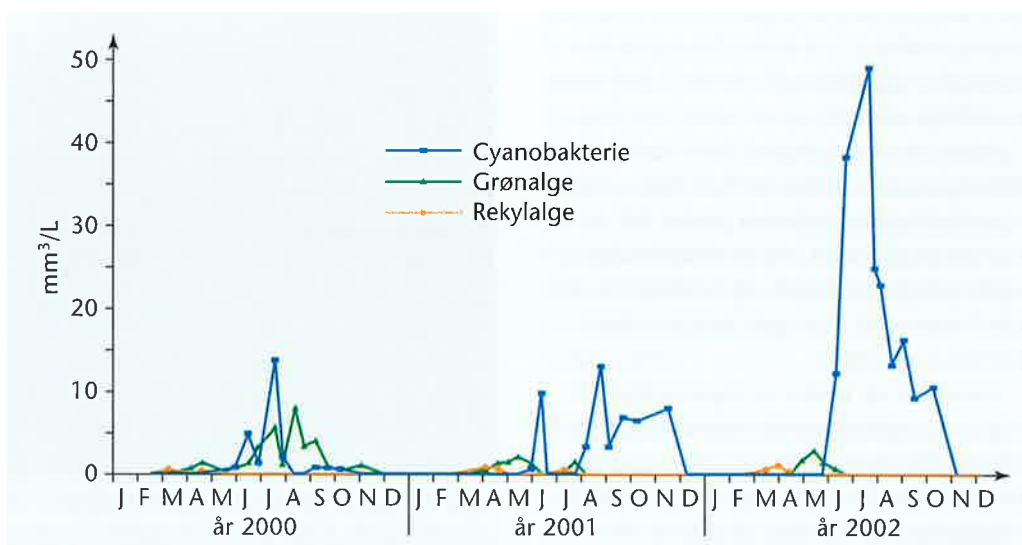
Hvordan ser vækstforløbene ud for mikroorganismer i naturlige økosystemer? Figur 43 viser vækstforløb for henholdsvis en cyanobakterie, en grønalge og en

rekylalge der alle er planktoniske arter, det vil sige arter der flyder frit i vandet. Målingerne er fra Hornum Sø i Himmerland, som normalt er en klarvandet og næringsfattig sø uden algeopblomstringer af betydning.

Man kan se at den helt dominerende art er cyanobakterien, som i år 2002, hvor billedet på figur 42 er taget, udgjorde over 90 % af den totale biomasse af planktoniske fotosyntetiserende organismer i søen. Den voldsomme opblomstring medførte badeforbud. Årsagen til opblomstringen i år 2002 var nok især den varme sommer og store mængder nedbør vinteren inden. De store nedbørsmængder medførte at søen modtog flere næringssalte fra de omkringliggende landbrugsjorde end ellers.

Forløbet af en vækstkurve for en mikroorganisme i naturen er – ligesom en vækstkurve fra en mikroorganisme dyrket i et laboratorium – en afspejling af balancen mellem populationens vækst og død. Men fortolkningen af et naturligt vækstforløb er ikke så enkel som fortolk-

Figur 43. Vækstkurver for årene 2000-2002 for tre fotosyntetiserende mikroorganismer i Hornum Sø. Kilde: Nordjyllands Amt.



ningen af en vækstkurve fra et kontrolleret laboratorieforsøg. Det er fordi mikroorganismer i naturen er omgivet af andre levende organismer i vandet. En population af alger eller cyanobakterier som vokser eksponentielt på grund af optimale vækstbetingelser hvad angår lys og næring, bliver samtidig ædt af smådyr og udsat for dødelige angreb af bakterier og virus. Det vil sige at man i naturen sagtens kan have aftagende vækstkurver for en algepopulation, selv om dens individer deler sig så hurtigt de kan.

Populationer af mikroorganismer i naturen indtræder dog også på et tidspunkt i deres livsforløb i en stationær fase hvor de fx danner sporer – ligesom laboratoriepopulationer gør det. Det vil der blive givet nogle eksempler på senere i kapitlet.

### Vækst er også størrelsesafhængig

Prokaryoter, altså bakterier og arkæer, er de mikroorganismer der har de hurtigste væksthastigheder. Det er sandsynligvis fordi cellerne er mindre end de eukaryote celler, og fordi deres opbygning også er langt mindre kompleks, se figur 35, side 34. Fx har prokaryoter kun ét DNA-molekyle de skal have kopieret inden de kan dele sig. Eukaryote celler har altid flere DNA-molekyler samt en lang række organeller de skal have kopieret inden deling. Hvor hurtigt de deler sig, afhænger endvidere af om de er en- eller flercellede. De encellede organismer er mindre specialiserede, de kan derfor nemmere dele sig med en større hastighed. Havets planktonalger har en væksthastighed der er meget større end landplanter, når de rette forhold er til stede. De udfører da også 50 % af fotosyntesen på jorden, det vil sige at de producerer halvdelen af jordens fødegrundlag og ilt.

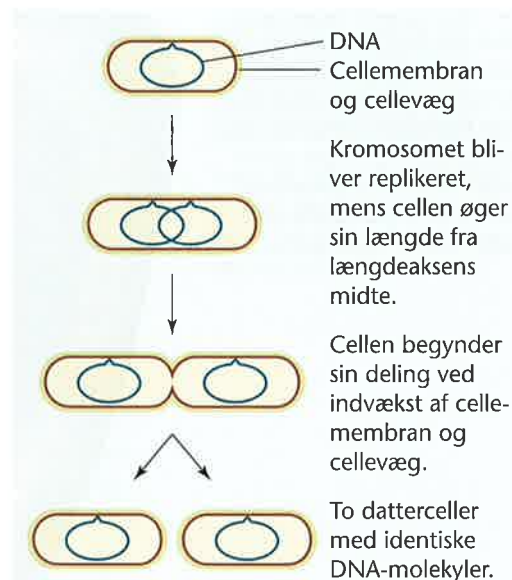
## Formering hos prokaryoter

Prokaryoter formerer sig ved at cellerne danner kopier af sig selv der er genetisk identiske med den oprindelige celle. Det kaldes *ukønnet formering*. Det betyder at formering og almindelig vækst er to sider af samme sag hos prokaryoter. Sådan er det ikke nødvendigvis hos eukaryoter som vi vil se senere i kapitlet.

En celle vil som regel ikke dele sig før den har nået en størrelse hvor transport- og kommunikationsvejene mellem cellens bestanddele bliver for lange. Imens cellen vokser, producerer den et passende antal kopier af dens forskellige indholdsstoffer og bestanddele. Bakterie- og arkæokromosomet samt plasmiderne bliver kopieret ved en proces man kalder *replikation*. Replikationen resulterer i to identiske kopier af kromosomet, og de hænger sammen indtil cellen deler sig. I modsætning til dette bliver plasmiderne replikeret 1-100 gange inden cellens deling.

Hvor mange gange plasmiderne bliver replikeret, afhænger af hvilke gener der er til stede på dem.

Figur 36, side 35, viser en bakterie der er ved at dele sig. Man kan se at bakterien – ligesom de fleste andre prokaryoter – deler sig til to nye celler der er hinandens spejlbillede. Når delingen sker på denne måde, er det fordi modercellen har haft sin tilvækst langs en bestemt akse i cellen, se figur 44.



Figur 44. Celledeling hos stavformet prokaryot.



**Bakterier kan danne sporer**

Nogle få grupper af bakterier danner under dårlige vækstbetingelser sporer. Den enkelte spore bliver dannet inden i en almindelig celle i forbindelse med en celledeling, og man kalder den en *endospore*. Dannelsen sker efter at det fordoblede kromosom har delt sig men inden resten af cellen deler sig. Det ene af de nydannede kromosomer bliver i sådan en situation omgivet af en række lag der bl.a. består af cellevægsmateriale, og denne struktur er så det man kalder endosporen, se figur 45.

De mange lag gør at endosporen kan tåle udtørring og i princippet overleve i mange år. På grund af uafhængigheden af vand vil den kunne sprede sig til andre lokaliteter via luften. Hvis endosporen møder gunstige vækstbetingelser, vil den kunne udvikle sig til en normal celle

Figur 45. Bakterien *Bacillus subtilis* med endospore. Denne bakterie lever naturligt i jord, hvor den nedbryder stivelse og andre komplekse kulhydrater fra planter. Den kan ikke forårsage infektioner hos mennesket og bruges derfor ofte i industrielle produktioner, fx til at producere enzymer. Foto: Dr. Tony Brain/Foci.



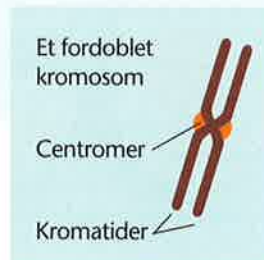
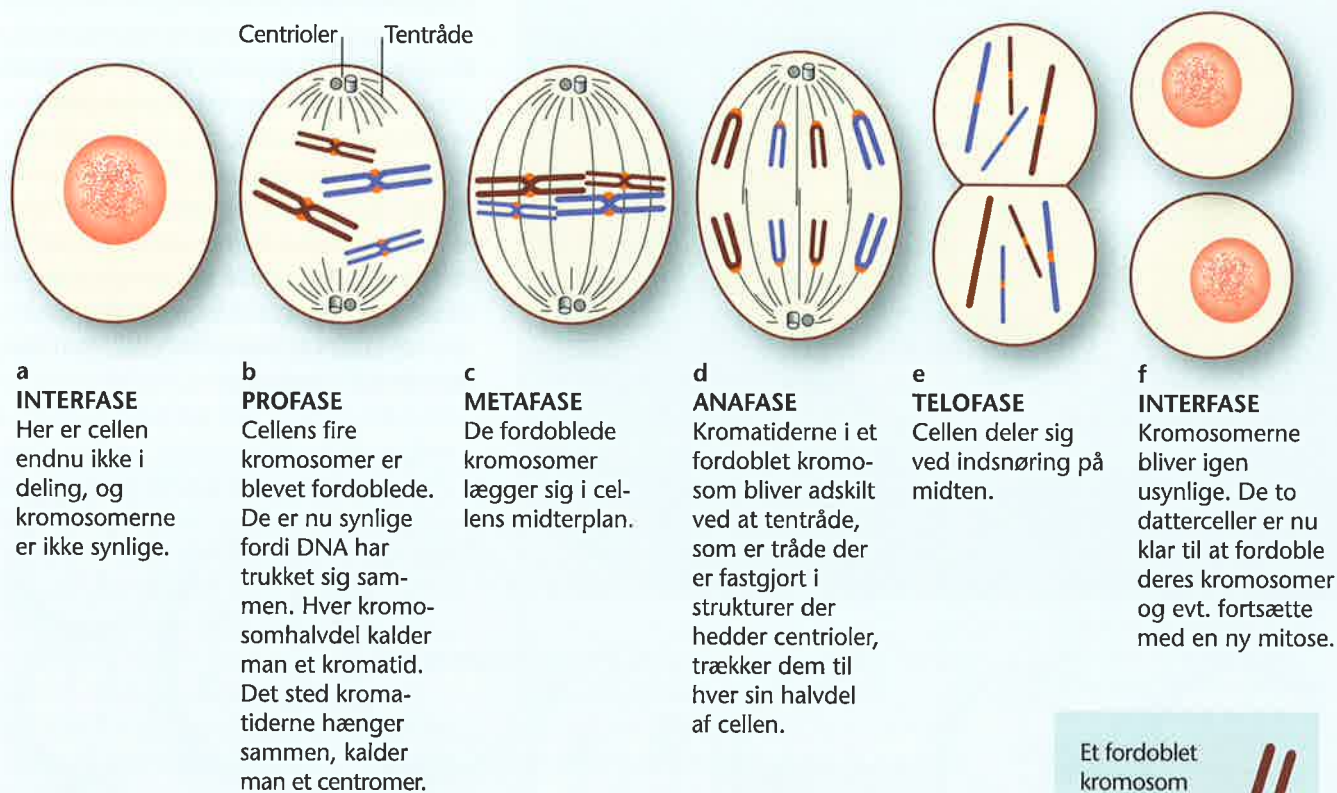
igen, man siger at den spirer. Spore betyder egentlig frø, og endosporens egenskab og funktion minder jo også en del om et plantefrøes egenskab og funktion, nemlig at have potentialet til at starte dannelsen af et nyt individ på en ny lokalitet. Sporen kan sikre at arten spreder sig og dermed øger sine muligheder for at overleve.

Desværre udnytter man visse bakteriers evne til at danne sporer i forbindelse med terrorhandlinger og biologisk krigsførelse. Således var der fx i efteråret 2001 megen omtale af den såkaldte miltbrandbakterie, *Bacillus anthracis*. Dens sporer spreder sig let via luft, og ved infektion af mennesket danner den et giftstof som fører til en blodforgiftning der i ubehandlet form er dødelig. Man kalder infektionen for miltbrand. Efter terrorangrebet d. 11. september 2001 på World Trade Center i New York blev der spredt sporer af bakterien med breve. Nogle postarbejdere i USA døde, inden man blev opmærksom på at også dette var terrorhandlinger.

**Udveksling af DNA hos prokaryoter**

Af og til udveksler prokaryoter genetisk materiale, det vil sige DNA enten fra deres plasmider eller deres kromosom. Det sker både mellem celler der tilhører samme art, og mellem forskellige arters celler. Herved bliver der inden for en population dannet individer som er genetisk forskellige. Det kan over tid øge den enkelte arts overlevelse, idet arten vil være mindre sårbar over for ændringer i miljøet end hvis alle individer var genetisk ens. Men da det ikke som sådan har noget med formering at gøre, bliver det først omtalt nærmere i kapitlet Mikroorganismer og menneskets sundhed, side 81-82.





Figur 46. Mitose i en dyrecelle. Man kan se at processen bliver delt op i en række faser. Efter Perry m.fl., 2002.

## Formering hos eukaryoter

Eukaryoter kan både formere sig kønnet og ukønnet. Den ukønnede formering resulterer – ligesom som hos prokaryoter – i at hver celle bliver delt til to nye celler der er genetisk identiske. Men da eukaryoters kromosomer er anderledes opbygget, foregår celledelingen på en anden måde, og man kalder den en *mitose*, se figur 46.

Som man kan se på figur 46 har den viste eukaryote celle to eksemplarer af hvert kromosom, tegnet i hver sin farve. De to eksemplarer indeholder gener der koder for de samme egenskaber, og de udgør tilsammen et *kromosompar*. Antallet af kromosompar er ens for individer

fra samme art, men det varierer mellem individer fra forskellige arter. Fx har celler af almindelig bagegær 16 par kromosomer, mens menneskets kropsceller indeholder 23 par kromosomer.

Når en celle indeholder kromosomer i par, siger man at cellen er *diploid*, diplo betyder dobbelt, -id betyder udseende eller beskaffenhed. Den prokaryote celle har som nævnt tidligere kun ét eksemplar af dens ene kromosom. Det kalder man at cellen er *haploid*, haplo betyder enkelt. Haploide celler findes også hos eukaryoter. Faktisk veksler de eukaryote arter mellem stadier med diploide og haploide celler, og det vil vi se et par eksempler på i det følgende.

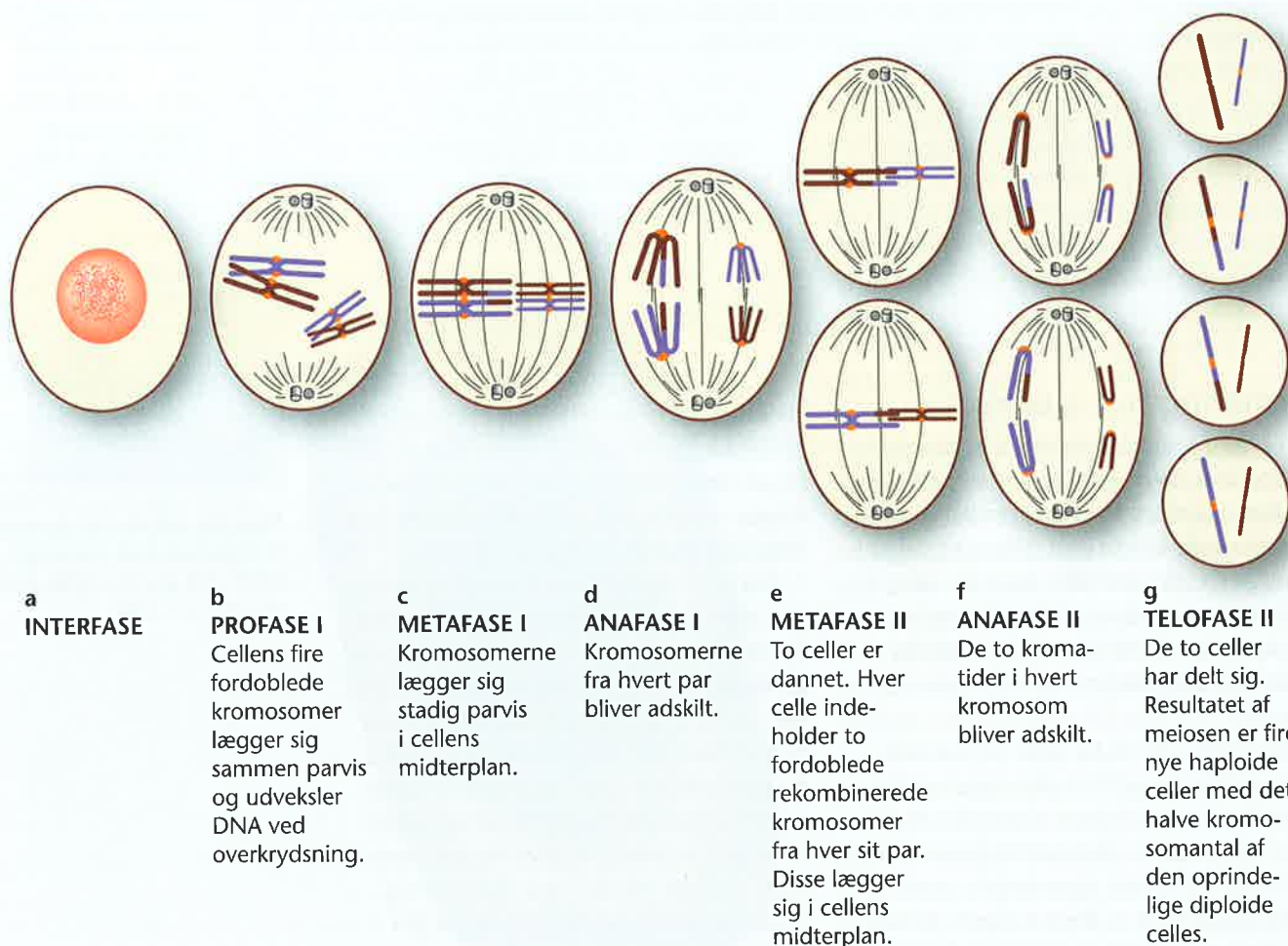
**Kønnet formering**

Hos mennesket og andre hvirveldyr dominerer det diploide stadie. Fx er alle vores kropsceller diploide. Kun vores kønsceller, det vil sige æg- og sædceller, er haploide. Dem danner vi ud fra diploide celler i henholdsvis æggestokke og testikler. Det sker ved en særlig type celledeling der kaldes en *meiose*. Figur 47 viser princippet i en *meiose* og som man kan se, bliver kromosomtallet halveret ved delingen.

Meiosen resulterer i dannelsen af fire

haploide celler. De er alle genetisk forskellige på grund af nykombination af det genetiske materiale. De nye kombinationer fremkommer ved overkrydsning og tilfældig fordeling af kromosomerne i et par i mellem cellerne. To haploide celler kan igen smelte sammen til en diploid celle som man kalder en *zygote*. Det sker fx når en ægcelle bliver befrugt af en sædcelle. Det er denne vekslen mellem diploide og haploide celler man kalder kønnet formering.

Figur 47. Meiose i en dyrecelle. Telofase I og profase II er ikke vist. Efter Perry m.fl., 2002.



### Eukaryote mikroorganismers livsforløb

Blandt de eukaryote mikroorganismer finder man en helt enorm variation i hvornår meiose og zygotdannelse er indplaceret i en populations livsforløb. Hos nogle arter er den diploide celle det dominerende cellestadie, hos andre er det den haploide celle der er den almindeligste. Uanset om cellen er diploid eller haploid, vil de fleste eukaryote mikroorganismer formere sig ukønnet når de er i den eksponentielle vækstfase. Det vil sige at cellerne deler sig ved mitoser. Hvis forhold i miljøet ændres, kan mikroorganismer investere energi i at ændre celletypen, fx til en spore, se figur 48.

Der kan også ske det i et livsforløb at diploide organismer laver meioser og skaber nye haploide celler, og at haploide organismer smelter sammen og danner zygoter. Nogle af disse overgangsceller kan også være forskellige typer af sporer.

Som et eksempel på en mikroorganismes livscyklus kan vi se på grønalg af slægten *Chlamydomonas*. De er almindeligt forekommende i alle danske ferskvandsområder og vist på figur 11, side 19. Disse alger er, i modsætning til fx mennesket, haploide organismer i størstedelen af deres liv. Som haploide celler svømmer de rundt ved hjælp af deres flageller, de laver fotosyntese, og de deler sig ved mitoser. Hvis forholdene bliver dårligere i det omgivende miljø, går algepopulationen ind i den stationære fase. Det kan fx være fordi det bliver efterår, og temperaturen og lysmængden falder. I denne situation smelter de haploide celler sammen to og to og danner zygoter, der er diploide. Zygoterne omdanner sig til diploide sporer. Når forholdene bliver gunstige igen, omdanner sporerne sig ved meiose til flagelbærende



haploide celler, og en ny livscyklus kan begynde, se figur 49 på side 46.

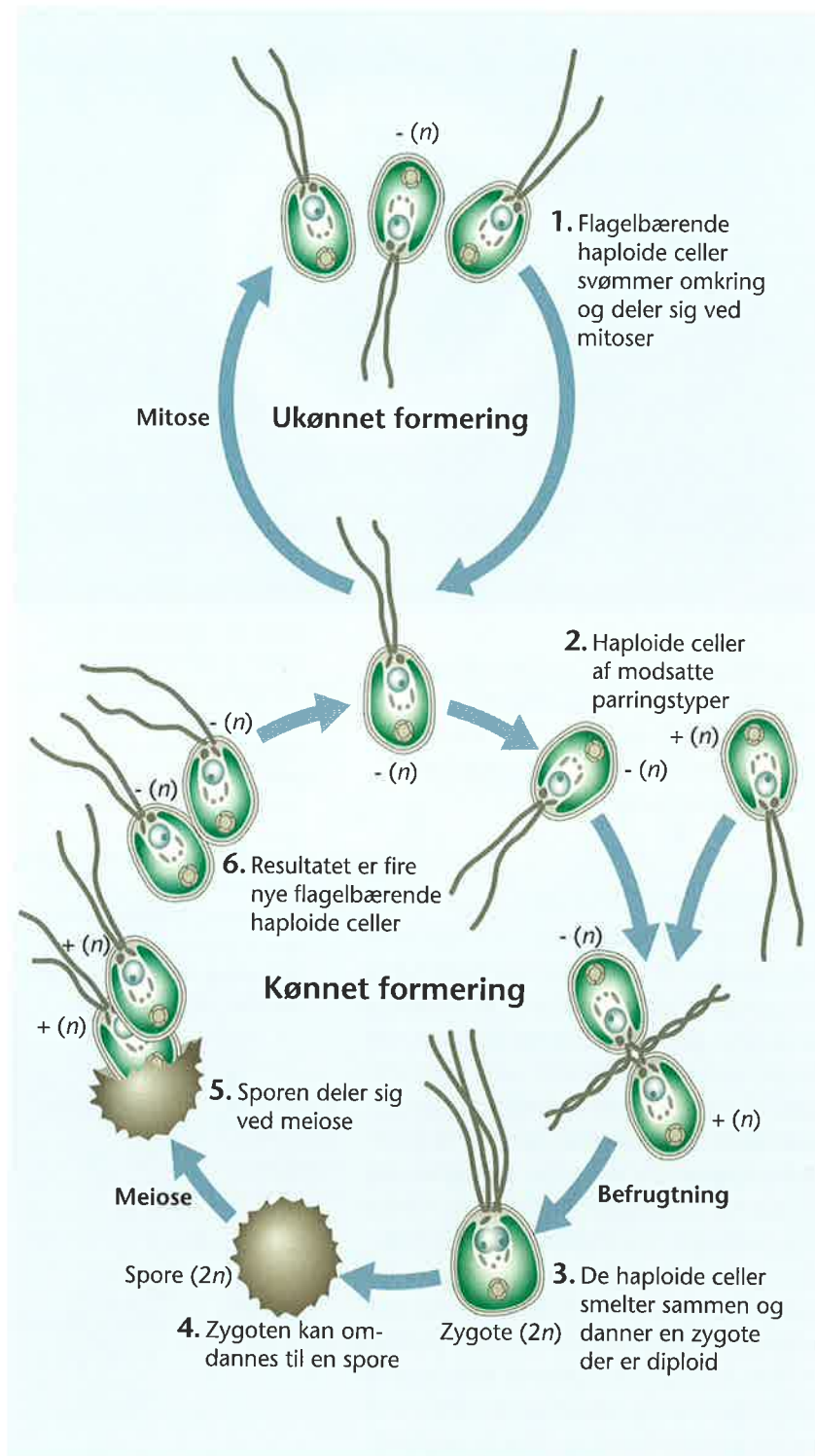
På figur 108, side 101, kan man se hvilken livscyklus gærceller af slægten *Saccharomyces* har.

### Cellens overlevelse

Udvikling af den diploide celle har været begyndelsen til at eukaryoter med tiden har udviklet sig til millioner af forskellige arter. Den genetiske nykombination, der finder sted når en diploid celle laver meiose, skaber en større genetisk variation blandt de nye individer end prokaryoter har mulighed for at skabe. Det giver mulighed for udvikling i mange flere forskellige retninger. En diploid celle indeholder også to eksemplarer af hvert gen. Det gør virkningen af uhensigtsmæssige mutationer mindre drastisk. Hos en prokaryot eller en haploid eukaryot mindsker en uhensigtsmæssig mutation normalt individets overlevelsessevne. Hos en diploid

Figur 48. Agarplade med koloni af skimmelsvamp, *Aspergillus* sp. Den blågrønne farve i midten af svampeskolonien skyldes masser af farvede sporer der er dannet ved mitoser, det vil sige ved ukønnet forering. Hos skimmelsvampene er det ofte sporerne der giver svampen dens farve. Svampesporer der er dannet ved ukønnet forering, kalder man også konidier. Foto: Per Schriver.





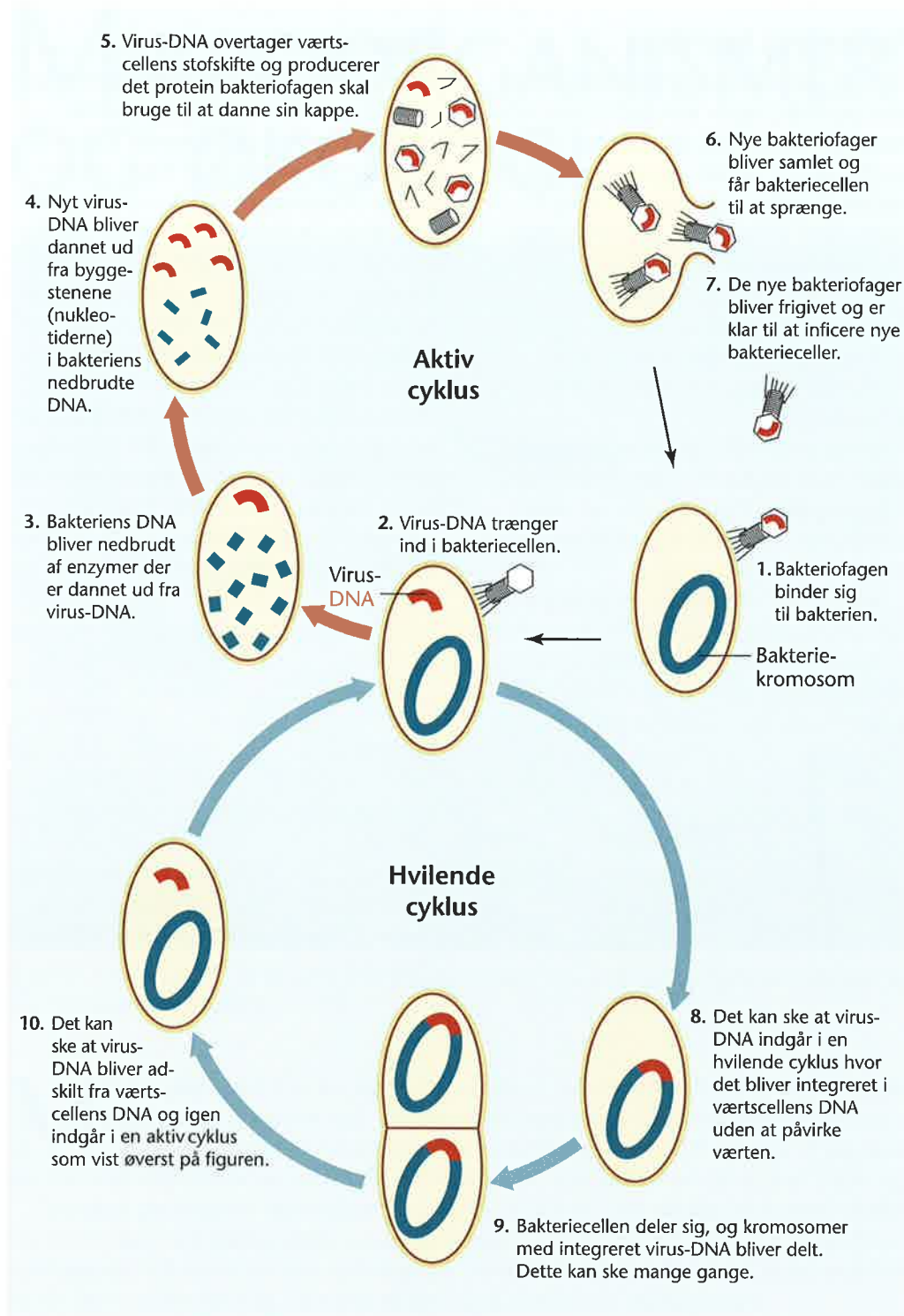
mikroorganisme er det kun det ene eksempel af et gen der er muteret og derfor har mistet sin normale funktion. Det tilsvarende gen på det andet kromosom kan i mange tilfælde helt eller delvist opveje det muterede gens manglende eller ændrede virkning. Det giver altså dette individ en større mulighed for at overleve.

Prokaryoter og haploide eukaryoter har dog en klar fordel ved at være haploide når det gælder hensigtsmæssige mutationer. En hensigtsmæssig mutation, det vil sige én der giver en overlevelsesmæssig fordel, vil blive nedarvet direkte til alle nye celler, fx resistens mod et antibiotikum. Hos de diploide organismer vil en hensigtsmæssig mutation kun nedarves til halvdelen af afkommet.

Ser man på organismers tilpasning til ændringer i miljøet, må man sige at det for de haploide organismer er et enten eller. Enten uddør de, eller også overlever nogle få på grund af hensigtsmæssige mutationer. Egenskaberne hos de overlevende bliver til gengæld nedarvet til alle nye individer. De diploide mikroorganismer er på grund af deres større genetiske variation mere robuste over for ændringer i miljøet. Til gengæld vil der gå længere tid inden de er optimalt tilpasset miljøet, fordi kun halvdelen af afkommet arver de egenskaber som har vist sig at være hensigtsmæssige.

Figur 49. Livscyklus hos grønalge af slægten *Chlamydomonas*. Den dominerende celleform er i dette tilfælde den haploide. Da det ikke giver mening at tale om 'hanner' og 'hunner' blandt disse alger, bruger man i stedet betegnelsen 'modsatte parringstyper' og betegner disse med  $+$  eller  $-$ .  $n$  betegner antal eksemplarer af hvert kromosom, således at  $n$  betegner en haploid celle, mens  $2n$  betegner en diploid celle.

Efter Perry m.fl., 2002.



Figur 50. Formering af en DNA-bakteriofag. Bakteriofagen kan enten straks formere sig i bakterien som vist til venstre på figuren, eller den kan indtage en hvilende form hvor dens DNA bliver integreret i værtscellens DNA. Efter Perry m.fl., 2002.

## Formering hos virus

Virus er som nævnt tidligere ikke celler men partikler, og de kan derfor ikke selvstændigt formere sig. Men de kan alligevel danne nye kopier, og det sker ved infektion af andre organismers celler. I værtscellen bliver nogle af cellens enzymer omdirigeret til at replikere viruspartiklens arvemateriale, som kan være DNA eller RNA. Ved afkodning af det nydannede virus-arvemateriale bliver der i værtscellens ribosomer dannet nye virusproteinkapper.

De virustyper der angriber bakterier, kalder man for *bakteriofager*. Det betyder bakteriespisere. Figur 50, side 47, viser hvordan en virusinfektion med en bakteriofag kan foregå.

Selve ordet virus betyder egentlig gift, men virus påvirker ikke værtsorganismen så drastisk som et giftstof vil gøre det, selv om virus i større eller mindre grad skader værtsorganismen ved at ødelægge dens celler.

## Opsummering

Dette kapitel har handlet om mikroorganismers evne til vækst og formering. Både prokaryoter og eukaryote mikroorganismer har evnen til at vokse og lave mange celledelinger, når de rette forhold er til stede. De fleste celledelinger resulterer i nye celler som er identiske med modercellen. Det kalder man ukønnet formering. Kun eukaryoter laver kønnet formering hvor de nydannede celler er genetisk forskellige fra modercellen. Både prokaryote og eukaryote mikroorganismer kan under ugunstige eller ændrede forhold danne sporer. Virus formorer sig ved at inficere andre organismer.

I næste kapitel vil vi se på mikroorganismer i et økologisk perspektiv.