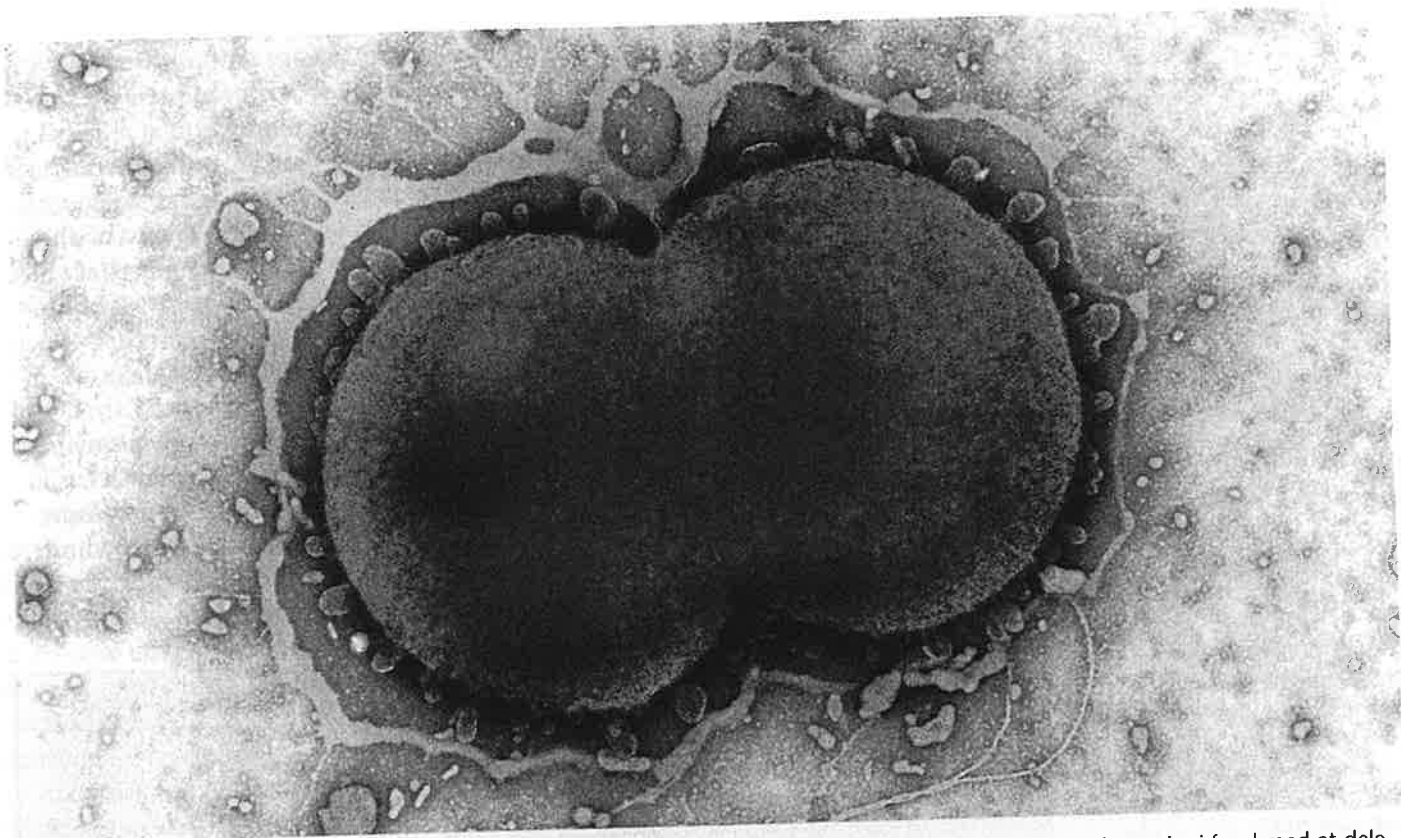


MIKROORGANISMERS VÆKST OG FORMERING



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.

Man 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 mikroorganismerne 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 O₂ 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.

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.

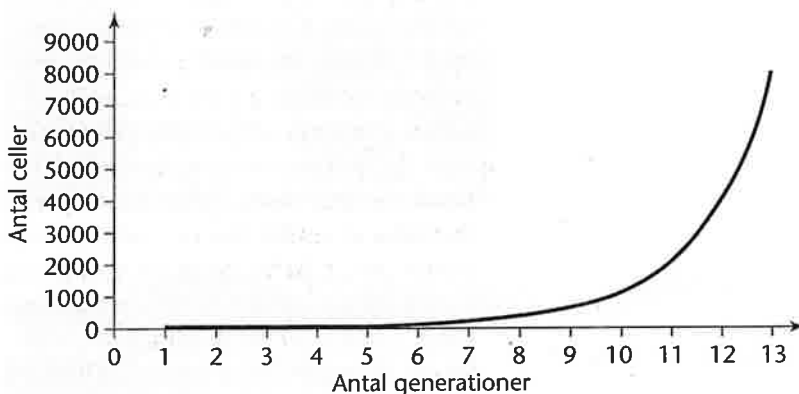
Som man kan se af figuren, vil man efter relativt få generationers vækst få en meget stejlt voksende graf som det kan være vanskeligt at aflæse på. For en hurtig

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.

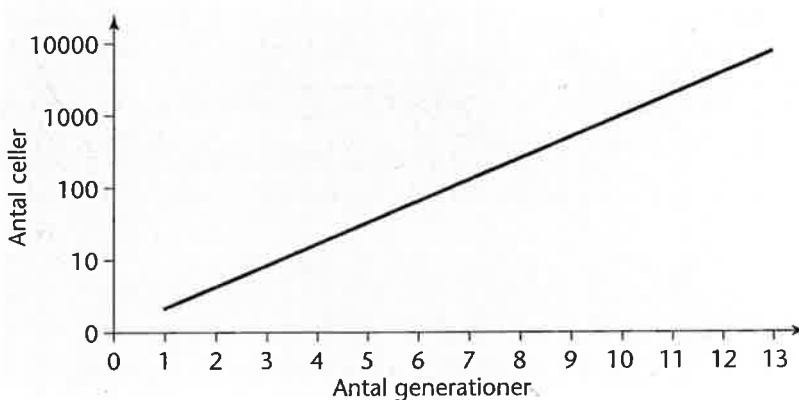


www.nucleus.dk

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



Figur 38. Graf over eksponentiel vækst.

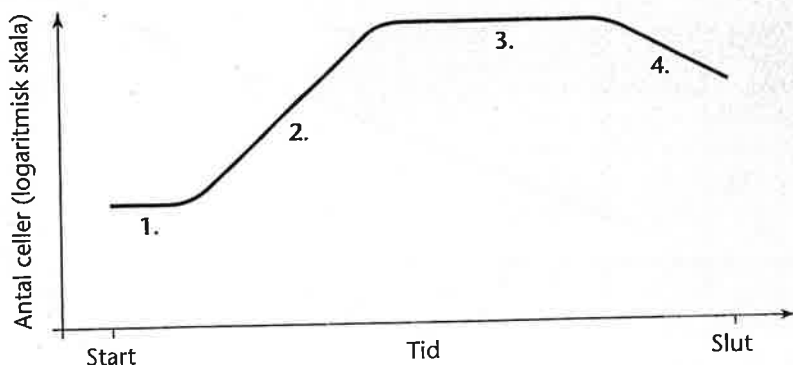


Figur 39. Samme data som i figur 38, her afbildet på en logaritmisk skala.

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. Derved 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 forsvarstoffer 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

MIKROSKOPISK LIV

Biologi med fokus på mikroorganismer

© Lone Als Egebo og Nucleus Forlag ApS

Redaktion: Steen Ussing og Birthe Møller Nielsen

Grafisk tilrettelægning og tegninger: Erik Hjørne

1. udgave, 3. oplag 2008

ISBN: 978-87-90363-27-7

Udgivet af Nucleus – Foreningen af Danske Biologers Forlag ApS

Lundingsgade 33, 8000 Århus C

T 86 19 04 55, F 86 19 63 55

e-mail: nucleus@nucleus.dk

www.nucleus.dk

Trykt hos Special-Trykkeriet Viborg a/s

EMAS miljøcertificeret

Printed in Denmark 2008

Omslagsfoto: Kolonier af mikroorganismer på en agarplade. Den store grå og den lille hvide uldne koloni er skimmelsvampe, mens den hvide og de gul-gyldne kolonier er grampositive bakterier. Foto: Per Schriver

Kopiering fra denne bog må kun finde sted på institutioner som har indgået aftale med Copy-Dan og kun inden for de i aftalen nævnte rammer.

Forfatteren *Lone Als Egebo* er cand.scient. i biologi og kemi og underviser på Hassers Gymnasium.