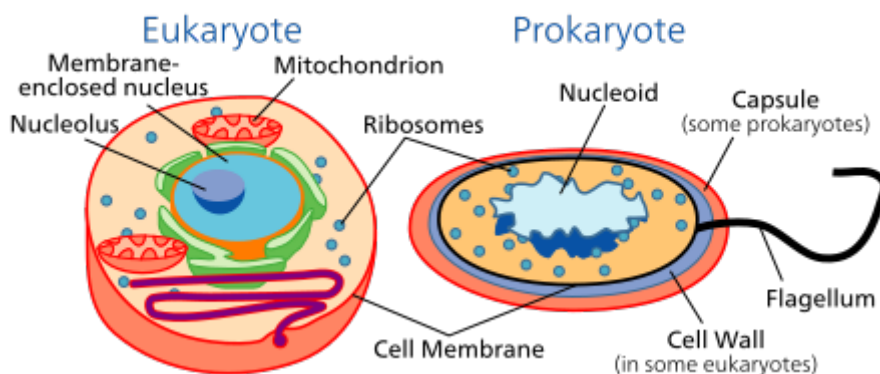


Mikrobiologi

Innholdet i denne teksten er en oversikt over grunnleggende mikrobiologi som kan være nyttig for dekontamineringspersonell å kunne. Det er ikke en fullstendig oversikt over mikrobiologi generelt og det er nødvendig å sjekke andre kilder dersom innholdet skal brukes til faglige tekster og lignende.

Mikrobiologi er læren om mikroorganismer. Mikroorganismer er selvstendige livsformer man ikke kan se med det blotte øyet. Eksempler på mikroorganismer er blant annet mikroskopiske sopper (f.eks. *Saccharomyces cerevisiae* (gjær)), alger, protozoer/protister, bakterier og virus. Det finnes to hovedtyper celler, prokaryote (bakterier) og eukaryote (dyreceller) celler. Alle prokaryote organismer er encellede, men det finnes også encellede eukaryote organismer. Alle flercellede organismer er eukaryote. Mikroorganismer er overalt og de er involvert i mange viktige prosesser. Vi bruker mikroorganismer til baking (gjær), alkoholproduksjon (vin, øl), fermentering, nedbrytning av organisk materiale, vaksineproduksjon. Mikroorganismer er både på og i menneskekroppen, vi har omtrent like mange encellede organismer som egne menneskeceller. Mikrobene spiller en viktig rolle i fordøyelsen vår og mikrobene på kroppen beskytter oss mot uønskede organismer og bryter ned svette. Mikroorganismer kan også forårsake sykdom, så det er derfor svært viktig at medisinsk utstyr er fritt for mikroorganismer. Dekontamineringsprosessen skal ta knekken på alle mikroorganismer som finnes på medisinske instrumenter, både «farlige» og «ufarlige», for å hindre infeksjon hos pasient eller behandler

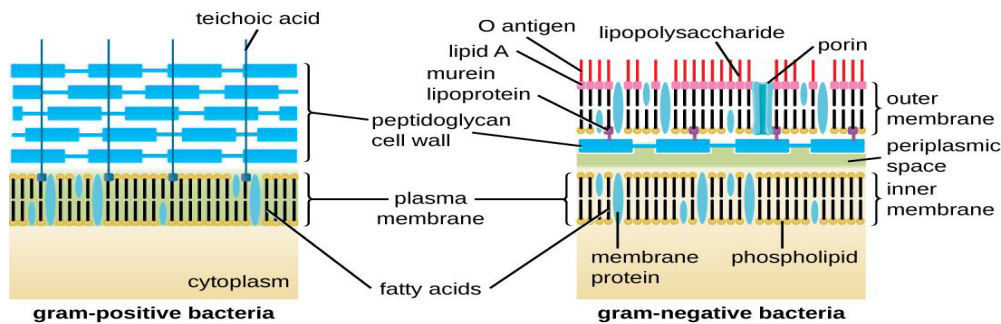


Eukaryot og prokaryot celle. Eukaryote celler har flere organeller, som cellekjerne (inneholder DNA), mitokondrier, kloroplaster (planteceller), og endoplasmisk reticulum. Prokaryote celler mangler organeller og har DNAet liggende løst inni cellen. Kilde: By Science Primer (National Center for Biotechnology Information)/Wikimedia Commons/Public Domain

Prokaryote organismer

Struktur: Prokaryote celler var den første livsformen som oppsto, og omfatter både ekte bakterier og arkebakterier. Prokaryote celler mangler cellekjerne, så arvestoffet (DNA) ligger formet som en ring fritt i cellen. Ofte finnes det og har ikke organeller som mitokondrier og kloroplaster. Bakteriene har cellevegg, men den er ulik celleveggen til planter og sopp. Noen bakterier har flageller de kan bevege

seg med, samt piler som er hårlignende strukturer som hjelper bakterien med å feste seg til hverandre og til overflater. Bakteriene har en cellevegg som er viktig beskyttelse mot omgivelsene og for å bevare strukturen. På innsiden er det en plasmamembran som består av lipider (fettstoffer), den fungerer som en barriere som sender inn næringsstoffer og slipper ut avfallsstoffer. Det er over cellemembranen energiutviklingen til bakteriene skjer.



Celleveggens struktur: Dette bildet viser forskjellen mellom en gram-positiv bakterie (venstre) og en gram-negativ bakterie (høyre). Fettlaget i membranen til den gram-negative bakterien hindrer krystallfiolett-fargen i å feste seg. Kilde: CNX OpenStax / CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Bakterier kan deles inn i to hovedgrupper, Gram-positive og Gram-negative. De skilles fra hverandre via en metode som kalles gramfarging. Gram-positive celler farges blå av krystallfiolett, mens Gram-negative celler ikke lar seg farge blå, men heller farges rosa av safranin. Årsaken til forskjellen kommer fra den ulike oppbyggingen av celleveggen til bakteriene. Celleveggen består av peptidoglykan, som er lange polysakkaridkjeder koblet sammen med korte peptidkjeder (aminosyrer). Gram-negative bakterier har kun ett peptidoglykanlag i celleveggen, Gram-positive har flere lag, samt teichoinsyre. Gram-negative celler har en yttermembran med lipopolysakkarid (også kalt endotoksin) utenfor peptidoglykanlaget og det er den som hindrer Gram-fargen i å feste seg. Hovedfunksjonen til membranen er å holde strukturen til cellen, men den er ofte giftig (endotoksisk) for mennesker og pattedyr på grunn av Lipid A, som er en del av lipopolysakkaridet.

De fleste bakterier er gruppert i tre hovedfasonger:

Kokker, som er runde eller ovale celler som enten er alene eller henger sammen to (diplokokker) eller flere (multikokker) i distinkte fasonger, som streptokokker henger sammen i lange kjeder og stafylokokker henger sammen i drueklaseformede klumper.

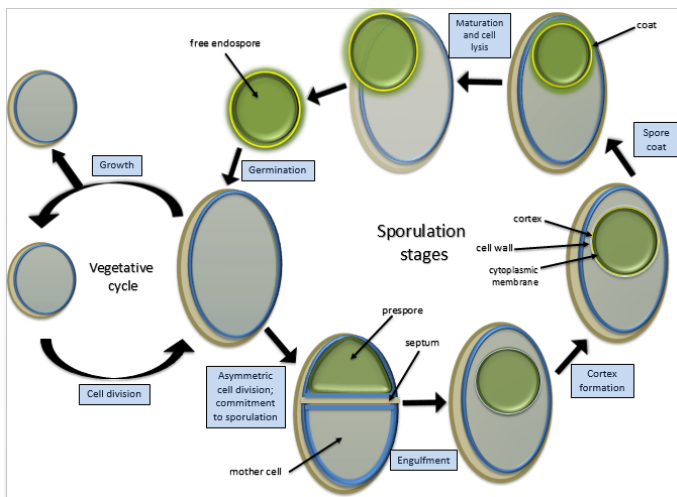
Basiller, også kalt staver, er avlange celler som kan være alene eller henge sammen.

Den tredje hovedfasongen er spiralformede bakterier. Det finnes to hovedtyper, spiriller, som er rigide og har ofte flageller i endene, og spiroketer, som er mer mobile og har flageller mellom inner- og yttermembranen som lar bakterien bevege seg.

Bakterier formerer seg ved deling, det kan derfor oppstå mange av dem på kort tid. Noen typer bakterier, som *E.coli* deler seg etter 20 minutter. Det vil si at man får over 2 millioner bakterier etter sju timer og flere trilliarder bakterier etter et døgn. En så stor mengde bakterier gir stor økning av bioburden på instrumentene, noe som gjør dekontamineringen vanskelig. Det kan også være farlig for personalet å håndtere instrumentene og væsken de ligger i. Derfor er det viktig å alltid vaske utstyr så fort som mulig og ikke legge det i bløt over lengre tid.

Bakteriesporer (endosporer)

Noen typer bakterier, blant annet *Bacillus*- og *Clostridioides*-arter, kan danne sporer (sporulering) når levevilkårene blir vanskelige. Bakteriesporer, også kalt endosporer, består av en sporekappe (forskjellige proteiner) som omslutter bakteriens DNA, ribosomer og en spesiell syre som er spesifikk for sporedannelse (dipicolinsyre). Bakteriesporer tåler svært mye, både ekstrem uttørking, høy varme, stråling o.l, og de kan ligge i miljøet i flere hundrevis (tusener) av år før levevilkårene blir bedre og de kan reaktiveres og bli en vanlig bakterie igjen. Det gjør at de er gode biologiske indikatorer, dersom bakteriesporene dør er det liten sjanse for at levende bakterier har overlevd. Bakteriesporer kan være et stort problem på sykehus fordi de ofte ikke kan drepes av de vanligste kjemiske desinfeksjonsmidlene som for eksempel etanol. *Clostridioides difficile* (tidligere *Clostridium difficile*) er en sporedannende bakterie som kan forårsake tarminfeksjoner hos mennesker. Den finnes i naturen, men har også blitt kjent som en sykehusbakterie. Sporene kan overleve lenge på overflater på sykehuset og helsepersonell kan også være bærer av bakterien på hendene, så når antibiotikabehandling fører til endring i den normale bakteriefloraen i tarmen hos pasienten, legges det til rette for oppvekst av klostridier. Bakterien danner giftstoffer som skaper irritasjon i tarmslimhinnen og kan gi alt fra lett irritasjon til kraftig betennelse i tykktarmen.



Sporulering. Dette bildet viser dannelsen av en endospore gjennom en prosess som kalles sporulering. Kilde: Alayna5231, Wikimedia Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Antibiotikaresistens

Det snakkes mye om antibiotikaresistens i media og i samfunnet generelt. Antibiotikaresistens er en overlevelsesmekanisme bakteriene har som gjør at de kan overleve selv om miljøet er fullt av antibiotika som egentlig skal ødelegge bakterien. Noen typer antibiotika angriper celleveggen og svekker peptidoglykanlaget, som fører til at celleveggen sprekker og bakterien dør. Andre typer antibiotika angriper prosessene inni cellene, dette fører til at bakterien ikke klarer å drive de nødvendige prosessene for å overleve. Antibiotikaresistens gjør at bakterien blir motstandsdyktig mot disse ødeleggende effektene.

Det som er så spesielt med antibiotikaresistens er at genene kan både være integrert i bakteriens DNA, men også overføres mellom bakterier via plasmider eller fra virus. Derfor sprer

antibiotikaresistens seg der det brukes mye antibiotika, som sykehus, landbruk, fiskeoppdrett og fabrikker som produserer antibiotika. Når bakteriene er resistente fører det til at infeksjoner som vanligvis er ufarlige ikke kan behandles og det kan føre til flere dødsfall og store utgifter for helsevesenet.

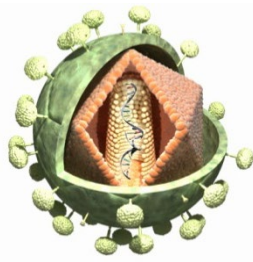
Biofilm

En litt annerledes overlevelsesmekanisme bakterier har er å danne biofilm. Biofilm er et samfunn av bakterier som er festet til overflater og til hverandre via en egenprodusert matriks. Matriksen er et slimaktig lag som består av polysakkarider, lipider, proteiner og DNA. Biofilm kan dannes overalt, for eksempel på innsiden av rør, på steiner, i kjøletårn, på tenner (dentalt plakk) og inni maskiner. I biofilmen finnes det mange bakterier og andre mikroorganismer som jobber sammen for å være motstandsdyktige mot kjemiske desinfeksjonsmidler, varme og mekanisk påvirkning. Når en bakterie har festet seg i biofilmen skrur den på andre gener enn når den lever alene, så den oppfører seg annerledes enn vanlig og ser ofte annerledes ut. Bakteriene kommuniserer også med hverandre via «quorum sensing», slik at de kan sende signaler om potensielle farer (desinfeksjonsmidler o.l.) eller at noen deler av biofilmen skal kobles av og danne biofilm andre steder. Biofilmen blir nesten som en egen organisme, den har egne strukturer og kanaler som transporterer næringsstoffer inn til kjernen og avfallsstoffer ut.

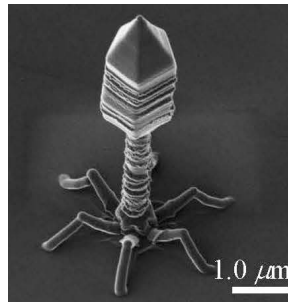
Biofilm kan være et problem i helsevesenet fordi den kan sette seg på innsiden av vannrør eller maskiner og forurense vann som igjen kan føre til infeksjoner hos pasienter. Siden den er motstandsdyktig mot mange kjemiske desinfeksjonsmidler og andre rengjøringssteknikker blir den vanskelig å fjerne og det kan føre til at hele maskiner må byttes ut. Noen kjente biofilmbakterier er stafylokokker og enterokokker.

Virus

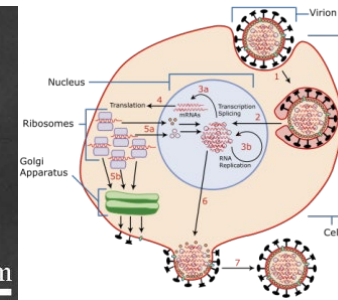
Virus er ikke en levende organisme, for den kan ikke formere seg uten en vertscelle, men regnes som mikroorganisme fordi noen virus kan overleve på egen hånd. Virus er en enkel konstruksjon, den består kun av DNA eller RNA, proteinkappe og eventuelt et lipidlag. Virus uten lipidlag (norovirus) tåler mer enn virus med lipidlag (influenzavirus). Virus er så små at man ikke kan se dem i et vanlig lysmikroskop, de er så små som 0,02-0,3 mikrometer. Virus kan ikke formere seg på egen hånd, så for at de skal kunne formere seg må de komme seg inn i en celle og ta over reproduksjonsmekanismene og metabolismen til cellen og lage tusenvis nye virus. Virus kan infisere alle typer celler, både menneskeceller, dyreceller, planteceller og bakterier. Viruset kan slippes ut av vertscellen på flere måter, enten ved cellelysering, som dreper verten ved å ødelegge membranen, eller via en lysogen syklus, der genomet til viruset inkorporeres i vertens DNA og ligger uvirksomt i DNAet fram til noe skjer og viruset slippes fri via cellelysering. Virus med lipidlag slippes fri via knoppsskyting, der lipidlaget er en del av vertscellens membran. Antibiotika fungerer ikke på virus fordi virus ikke har de strukturene og mekanismene antibiotika angriper.



Bilde 1



Bilde 2



Bilde 3

Forskjellige typer virus: Bilde 1 viser et typisk menneskevirus, en modell av HIV. Bilde 2 viser et typiske bakterioevirus, en såkalt bakterieofag. Bilde 3 viser reproduksjonssyklusen til et virus, der arvestoffet integreres i vertcellens arvestoff og utnytter cellens reproduksjonssystem til å lage et nytt virus. Kilde: 1. Creative commons CC BY-ND 3.0 2. Medicalgraphics.de Reo Kometani and Sunao Ishihara / CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) 3. User:YK Times / CC BY-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

Prioner

Prioner er proteiner som finnes naturlig hos organismer med cellekjerne og er ufarlige så lenge de er i normal fasong. Funksjonen til prioner er uklar, det antas at de blant annet spiller en rolle i cellens kobberomsetning. Prionene kan omdannes til en sykdomsfremkallende versjon der prionet kollapser og foldes til en flat struktur. Dersom et sykdomsfremkallende prion kommer i kontakt med andre prioner kan det føre til at de vanlige prionene også foldes sammen og det blir en kaskade av sammenfoldinger. Prionene klumper seg sammen i cellen som til slutt dør. Denne reaksjonen fører til hulrom i hjernen og gir langvarig, dødelig sykdom som ikke kan behandles. Prioner kan gi kjente sykdommer som Creutzfeldt-Jacobs sykdom og kuru hos mennesker, og blant annet kugalskap, skrantesyken og skrapesyken hos andre dyr. Prionsykdommer kan oppstå spontant (sporadisk), de kan arves (familiæs) og de kan smitte via urene kirurgiske instrumenter (iatrogen). Det finnes også en annen type Creutzfeldt-Jacobs sykdom som kan erverves via miljøet, kalt variant Creutzfeldt-Jacobs (vCJD). Den er mest sannsynlig forårsaket av å spise kjøtt fra storfe som har kugalskap (bovine spongiform encephalopathy, BSE). Det er forskjeller i sykdomsbildet mellom vCJD og de andre typene, blant annet varer sykdommen lengre, den kan gi endret oppførsel hos pasienten og også smerter.

Den flate strukturen til prionene gjør at de ikke kan svekkes av mange typer kjemiske desinfeksjonsmidler og heller ikke varme. I tillegg er de hydrofobe, så det er vanskelig å fjerne dem med vann. Det er svært viktig at utstyr rengjøres så fort som mulig etter bruk og det er viktig å hindre blod, vev og andre kroppsvæsker å tørke inn på overflatene. Se «*Spesielt medisinsk utstyr og andre spesielle forhold*» for å se ulike typer prosedyrer som kan overføre CJD og håndtering av utstyr etter mistanke om prionsykdom hos pasient.

Eukaryote mikroorganismer

Det finnes også en rekke eukaryote mikroorganismer, blant annet alger, protozoer og mikroskopiske sopp. I motsetning til prokaryote celler, har eukaryote celler cellekjerne som er avgrenset av en membran, samt flere membranbundet organeller, som kloroplaster, mitokondrier og golgiapparatet. De fleste eukaryote mikroorganismer formerer seg ved mitose og meiose, i stedet for celledeling.

Protozoer/protister

Protozoer er en gammel samlebetegnelse på encellede eukaryote mikroorganismer som ikke er dyr, sopp, planter eller alger. Begrepet brukes ikke lenger i litteraturen fordi ny teknologi har gjort det mulig å skille organismene fra hverandre på andre måter, men det brukes fortsatt i medisinsk mikrobiologi og vil derfor bli brukt i denne teksten. Protozoer kan være både frittlevende og parasitter. Som parasitter formerer seg i menneskeceller for å overleve, dette kan føre til infeksjoner som kan gjøre stor skade. Protozoer kan leve i tarmen til mennesker og dyr, og overføres via avføring, de kan også være blodbårne og overføres via blod. Kjente infeksjøs protozoer er *Giardia lamblia*, *Toxoplasma gondii* og *Cryptosporidium hominis*. *Giardia*, som kan gi giardiasis, kan infisere mennesker via mat og drikke som inneholder Giardia-cyster fra dyreavføring eller lignende. Cystene åpner seg i tynntarmen og slipper ut levende Giardia-celler som begynner å formere seg. Cellene fester seg i tarmveggen og ødelegger epitelcellene. Symptomer på giardiasis kan være diaré og magesmerter. Som regel går infeksjonen over av seg selv, men noen mennesker kan utvikle kronisk giardiasis og slite med plager i mange år. Protozoer er eukaryote celler, derfor vil ikke antibiotika fungere på infeksjoner forårsaket av infeksjøs protozoer.

Mikroskopiske sopper

En annen type eukaryot celletype som kan skape infeksjoner hos mennesket er mikroskopiske sopper. Mange av dem gir ufarlige reaksjoner hos mennesker, som for eksempel ringorm, neglesopp og fotsopp (dermatofytter), men de kan også forårsake alvorlige infeksjoner som aspergillose og systemisk candidiasis.

Mugg er en mikroskopisk sopp som formerer seg ved å danne muggsporer (ikke det samme som bakteriesporer/endosporer). Sporene er så små at vi ikke kan se dem og de sprer seg gjennom luft, vann og via dyr, og kan trigge allergi og astma. Noen muggtyper lager mykotoksiner som er giftig for mennesker og dyr, selv i små mengder. De fleste typer muggsopper er ikke farlige for mennesker med et normalt immunforsvar, men for personer med svekket immunforsvar kan de skape lungeinfeksjoner og infeksjoner i andre organer. Kjente infeksjøs muggsopper er *Aspergillus fumigatus* og *Cryptococcus neoformans*.

Candida-arter kan gi mange typer infeksjoner, blant annet på hud, i munnviken, trøske og i underlivet. En sjelden gang kan det også utvikles systemisk candidiasis, som er en alvorlig infeksjon i hele kroppen, med høy dødelighet. Candida er en gjærsopp som ofte trives på fuktige, varme steder og behandles med medisiner mot sopp. *Candida auris* kan være resistent mot mange av de vanlige behandlingsmetodene og kan skape store problemer på sykehus.

Kilder:

Brock – Biology of microorganisms (lærebok)
Folkehelseinstituttet – fhi.no