

## Del 2 Underlag till numerisk riskbedömning

### 6 Inledning

Mikrobiell riskvärdering avseende smittspridning liknar andra hälsorelaterade riskvärderingar för människor och djur, men det finns också flera klara skillnader.

Likheter finns avseende a) identifiering av risk b) dos-respons hos exponerade individer c) hur expositionen sker, samt d) karakterisering av risk (beskrivning av typen och storleken på risken inkluderar vissa osäkerheter). Exposition för kemikalier kräver vanligen en hög akut dos för att orsaka hälsostörningar men även en långvarig exponering av låga doser kan orsaka skada. Vid mikrobiell riskvärdering beror risken för hälsostörningar på respektive organisms infektionsdos. För vissa bakterier kan denna vara hög, medan för vissa virus och parasiter räcker en enstaka organism för att orsaka sjukdom. Expositionen för mikroorganismer i samband med riskbedömning gäller oftast ett tillfälle och mindre ofta ett i tiden utdraget förlopp.

Den mikrobiella riskbedömningen skiljer sig således väsentligt från ekologiska riskbedömningar eller belastningar, där man istället kan räkna med en medelbelastning på recipient eller ekosystem av t.ex. eutrofierande ämnen (närsalter). I denna jämförelse med ekologiska system kan som exempel på ekologisk riskbedömning ges en av mikroorganismer orsakad nedbrytning av kemiska ämnen.

För riskbedömning avseende smittriskerna däremot gäller en successiv avdödning av patogena mikroorganismer (virus, parasiter, bakterier) i miljön. Bland mikroorganismerna finns dock specialfall som helt skiljer dem från kemiska ämnen i riskbedömningen. För vissa parasiter, t.ex. *Ascaris* gäller att de inte är direkt infektiösa när de lämnar sitt värddjur utan fodrar en latenstid utanför människor eller djur innan de åter kan infektera. Flera bakterier kan tillväxa utanför kroppen, om förhållandena är lämpliga. Risken för återinfektion ökar således om bakterien hamnar i en miljö som är tillväxtbefrämjande. Detta har man länge beaktat för t.ex. salmonella- eller *E. coli*-bakterier i vissa livsmedel, men detta gäller även om de t.ex. återinfekterar en redan behandlad och hygieniserad komposterad produkt, där den ursprungliga mikrofloran avlägsnats.

Att bedöma risken för smittspridning via miljön, i samband med återförsl till jordbruksmark av organiska näringsämnen i behandlat avfall och avlopp, är därför i vissa delar mycket komplext. I denna sammanställning försöker vi, så objektivt som möjligt, att ta hänsyn till faktorer som rör det aktuella smittämnet. Sådana faktorer av betydelse för avfallet eller avloppet kan vara vilken behandling detta genomgår, hur användningen sker på jordbruksmark samt exponeringen för djur och människa.

Att beräkna risken för sjukdom vid exponering av en individ för ett smittämne medför också svårigheter. Riskidentifiering för patogena mikroorganismer (för djur och människa) kompliceras av värdjurets respons - d.v.s. från asymtomatiska infektioner till död. Dessa värdfaktorer beror på individens immunstatus, ålder, näringsstatus, m.m.

Infektionens svårighetsgrad varierar också mellan olika mikroorganismer. Vissa kan ha en hög morbiditet (anslagsfrekvens) i en exponerad population, men en låg mortalitet (dödlighet). För andra kan förhållandet vara tvärt om. För virus har t.ex. frekvensen infekterade eller sjuka människor angivits till 0.1-1% för poliovirus medan motsvarande siffra för Hepatit A hos vuxna, ej tidigare infekterade eller vaccinerade personer är så hög som 75% (Gerba & Rose, 1993).

Infekterade individer kan sedan föra smittan vidare till andra individer (s.k. sekundär smittspridning). En virulensökning kan också ske efter en eller flera passager, d.v.s. ett smittämne kan bli mer patogent ("elakare") efter att t.ex. ett barn har haft infektionen och sedan för den vidare. Dessa förhållanden har ingen motsvarighet vid riskbedömning av kemiska ämnen.

Infektion eller vaccination mot Hepatit A förmodas ge en livslång immunitet, medan man för andra organismer kan återinfekteras med kliniska symtom om och om igen. Det senare förmodas vara fallet för många tarmvirus (t.ex. Norwalk virus hos människa) och även för många parasiter såsom *Cryptosporidium* eller *Taenia*.

I amerikanska undersökningar har man påbörjat en riskklassificering som baseras på infektion, sjukdom och dödsfall för olika exponeringsnivåer. Denna utförs med sannolikhetsberäkningar. Nedanstående tabell på individuell risk (för rotavirus - ej någon av oss vald organism) kan här tjäna som ett exempel (modifierad från Pepper et al., 1996).

Vid denna typ av riskbedömning kan man t.ex. ange värden mindre än 1/1 000 000 som en liten risk och värden över 1/1000 som en stor risk.

Exponeringsnivå:	Hög konc.; 1 virus/ 1 l vatten		Låg konc.; 1 virus/ 1 m <sup>3</sup> vatten	
Risk att drabbas av	Risk per dag	Risk per år	Risk per dag	Risk per år
Infektion	1/960	1/1	1/12 000	1/440
Sjukdom	1/530	1/53	1/660 000	1/250
Dödsfall	1/5 300 000	1/530 000	1/6 600 000 000	1/2 500 000

### 6.1 *Kommentar angående den föreliggande studien*

En pålitlig värdering av patogena mikroorganismernas verkliga betydelse i de studerade systemen förutsätter en detaljerad riskanalys. Inga kvantitativa riskbedömningar har tidigare gjorts vid värdering av olika behandlingssystem av avfall och avlopp. Beräkningarna försvåras ytterligare av att många av de ingående parametrarna endast är möjliga att uppskatta. För flertalet patogena mikroorganismer saknas internationellt erkända och standardiserade metoder för att analysera dem från de i avloppssammanhang aktuella fraktionerna. Uppgifter från olika källor kan vara motsägelsefulla eller ges endast som uppskattningar.

I de fall där vi utgått från egna försöksresultat eller i litteraturen funna värden för reduktion och avdödning av patogena bakterier, gäller detta resultat efter konventionell odling. Vid beräkningarna i riskbedömningen har vi således inte tagit hänsyn till eventuell förekomst av "levande men ej odlingsbara bakterier" (VBNC-bakterier). Sådana bakterier är endast lite undersökta men har vid experimentella studier visats kunna infektera djur (Foster & Spector, 1995; Saha et al., 1991; Stern et al., 1994).

Med tanke på detta samt att föreliggande arbete, som varit tidsmässigt och arbetsmässigt starkt begränsat är vår målsättning endast att kunna ge exempel på hur detta bedömnings-

verktyg kan användas. Detta arbete ska därför i första hand ses som ett diskussionsunderlag för t.ex. mer djupanalyserande studier.

## **6.2 Målsättning med den numeriska riskbedömningen**

Att ge ett underlag med "basfakta" för att möjliggöra en kvantitativ beräkningsmodell för smittspridningsrisken för några utvalda typorganismer.

Att med detta underlag ge information till medarbetare, samt vara en diskussionsdel under arbetets utförande samt att ingå i slutrapporten av projektet. Referensmaterialet är därmed viktigt.

Att som bedömningsverktyg för smittrisker prova en typ av basal numerisk riskbedömning för några typer av avloppssystem i några av projekten i fallstudiekommunerna. Att med några beräkningsexempel ge en första indikation på olika systems risk.

## 7 Utvalda typorganismer

Under denna rubrik ges en introduktion till de i studien utvalda typorganismer, dessa presenteras sedan utförligare under kommande rubriker. Dock bör här understrykas att dessa utvalda mikroorganismer endast är ett urval av ett stort antal organismer som kan vara aktuella i "kretsloppssammanhang".

### 7.1 Indikatororganismer

Indikatorbakterierna är normala tarmbakterier som förekommer hos alla varmblodiga djur inklusive människor. Förekomst av dessa i ett prov från t.ex. ett vattendrag, visar vanligen, men inte alltid, på en fekal förorening och under vissa förhållanden graden av förorening.

I denna studie inkluderas de grupper av indikatororganismer som vanligen används i avloppssammanhang, d.v.s. fekala streptokocker (FS eller enterokocker) och koliforma bakterier. Vanligen analyseras avseende det totala antalet koliformer eller av undergruppen termotoleranta koliformer. Koliformer och FS används t.ex. idag som kontrollparametrar i den offentliga kontrollen av vatten i landets kommuner.

I Danmark används FS systematiskt som indikatorbakterie för att påvisa möjlig förekomst av patogena bakterier och enterovirus i t.ex. råslam samt patogena mikroorganismers troliga reduktion efter slambehandling i t.ex. biogasanläggningar (Bendixen, 1995b).

Bland de i den föreliggande studien valda parasiterna kan *Ascaris* (spolmask) i viss mån sägas vara en indikatororganism för parasiter. Vi har också tidigare använt *Ascaris*sägg som en processindikator (Norin et al., 1996). *Ascaris* förekommer regelmässigt i svinbesättningar men frekvent även hos de flesta djurslag. Hos svenska invånare är infektion med *Ascaris* numera sällsynt. För virus är förhållandena angående indikatororganismer komplicerade. Parvovirus är ett mycket värmetåligt virus som ibland används som en sorts indikator. Bakteriofager eller bakterievirus som är ofarliga för människor och djur används ibland som indikatororganismer för värmetåliga virus.

Genom att överlevnaden av indikatororganismer respektive patogena mikroorganismer kan skilja sig åt, så har också några representanter av patogena mikroorganismer (för djur och människa) inkluderats i studien. Ofta undervärderas risken för patogenförekomst, eftersom indikatororganismer i många fall dör av snabbare. I vissa fall kan indikatorbakterierna tillväxa, då övervärderas istället risken för patogenförekomst.

Indikatororganismer kan således ha ett begränsat värde inom avloppsområdet, det kan vara säkrare att istället direkt analysera avseende förekomst av patogena mikroorganismer. Två användningsområden där det kan vara motiverat att använda sig av indikatorbakterier enligt Strauch & De Bertoldi, (1991) är;

1. när man vill kontrollera effektiviteten av desinfektionsprocesser avseende bakterier. Här är FS de mest användbara eftersom *E. coli* endast påvisar markant otillräcklig behandling, och
2. när man vill undersöka om återväxt skett i ett hygieniserat material. Här kan *E. coli* vara användbar.



## 7.2 Patogena mikroorganismer

Dessa framkallar sjukdom eller sprids med djur eller människa. Om smittämnet i fråga kan orsaka sjukdom hos, eller spridas med, både djur och människa kallas det en zoonos. Av i denna studie inkluderade patogena mikroorganismer är samtliga bakterier och parasiter zoonoser.

De här inkluderade patogena mikroorganismerna har olika egenskaper gällande förekomst, infektionsdoser, överlevnads- eller tillväxtpöjligheter utanför sitt värddjur. Vidare varierar deras känslighet eller resistens mot behandlingsprocesser. Samtliga patogena mikroorganismer har också en speciell betydelse i sammanhanget "kretslopp av organiskt avfall" vilket motiverar att vi valt att inkludera just dessa i studien.

I sådana "kretsloppssammanhang" bör man också tänka på att sjukdomspanoramata är föränderligt, ständigt dyker helt nya smittämnen upp eller vi får ny kunskap som ger en förändrad syn på gamla smittämnen. I Sverige har vi under en 20 årsperiod noterat ca. 60 nya smittämnen för djur (Wierup, 1989). I "kretsloppssammanhang" måste vi därför, avseende den hygieniserande behandlingen, alltid ha en bred säkerhetsmarginal, för att kunna hantera även nya smittämnen. Sådana nya smittämnen kan ha andra mönster för tillväxt och reduktion än vad nu aktuella patogena mikroorganismer har.

## 7.3 Patogena bakterier

De patogena bakterier som vi valt att inkludera är Salmonella, Listeria och EHEC (Enterohemorragisk *Escherichia coli* här definierad som verotoxinproducerande *E. coli* O157. Samtliga dessa bakterier är zoonotiska agens.

**Salmonella** är globalt sett det bakterieagens som oftast orsakar diarré. I Sverige räknar vi med att någon typ av salmonella alltid finns i avloppet från samhällen större än 5 000 personer. Utlandssmittade personer dominerar dock statistiken av sjuka. Bland livsmedelsproducerande djur är salmonellaläget synnerligen gott jämfört med de flesta andra länder. Att behålla detta goda salmonellaläge är viktigt såväl ur folkhälsosynpunkt som ekonomiskt och handelspolitiskt. Salmonella överlever väl efter spridning i naturen och utgör således ett stort problem i "kretsloppssammanhang".

**Listeria** har under senare år endast orsakat enstaka sjukfall bland människor, men är vanligare bland djur. Listeriabakterien har en speciell förmåga att överleva och tillväxa under för "vanliga" bakterier mycket svåra förhållanden, såsom låg temperatur eller hög salthalt. Denna egenskap gör den speciellt intressant i en beräkningsstudie.

**EHEC** definieras här som verotoxinbildande *E. coli* O157. Detta är ett exempel på ett nytt sjukdomsagens i Sverige. Under 1995 fick vi i Sverige för första året ett utbrott av EHEC bland människor (SMIs sjukdomsstatistik), under 1997 har det visats att EHEC-smittan finns etablerad bland våra nötkreatur (Albihn et al., 1996). Det är mycket angeläget att begränsa denna smittspridning bland djur eftersom bakterien orsakar allvarlig sjukdom bland människor och är tämligen tålig efter spridning i miljön.

## 7.4 Parasiter

De parasiter som vi valt att inkludera här är *Cryptosporidium*, *Ascaris* och *Taenia*, dessa är samtliga zoonotiska agens.

**Cryptosporidium** är en vanlig orsak till vattenmedierade diarréutbrott hos människa men även djur drabbas, dessa blir dock främst symtomlösa smittbärare. Parasiten har återfunnits i skilda typer av vatten runt om i världen (Stenström, 1996).

**Ascaris**ägg är mycket tåliga i miljön och används därför ibland som indikator för ev. förekomst av parasitägg i olika typer av miljöprov (Feachem et al., 1983). *Ascaris* eller spolmask förekommer hos människa om än i ringa omfattning i västvärlden. Spolmask hos djur är vanligt, masken är värdspecifik och olika species angriper olika djurslag (Soulsby, 1986).

**Taenia** eller bandmask förekommer hos både människa och djur. Liksom *Ascaris* är *Taenia* artspecifik. Ett mellanstadium till bandmasken återfinnes hos en annan art än hos huvudvärd. Således finns mellanstadiet till människans bandmask i muskulaturen på nötkreatur som dynt och förorsakar då kassation av slaktkroppen vid besiktning efter slakt (Soulsby, 1986).

## 7.5 Virus

**Parvovirus** representerar i denna studie en sjukdom hos svin (olika virusarter finns för olika djurarter så även för människa) och är således ej en zoonos. Parvovirusinfektion är vanligt förekommande hos svin och orsakar främst olika typer av störningar på fostrens utveckling (Mengeling, 1989).

**Klassisk svinpest** (CSF) är en epizootilagssjukdom, den betraktas som oerhört betydelsefull för svin (Van Oirschot & Terpstra, 1989). Svinpest kan ej orsaka sjukdom hos människa eller andra djurslag. Denna sjukdom härjar nu (1997-98) i Belgien och Nederländerna samt i norra och östra Tyskland. Sjukdomen har där orsakat omfattande bekämpning med bl.a. avlivning och destruktion av miljontals grisar till en kostnad av miljardbelopp.

**Hepatit A** (HAV) orsakar gulsot hos människa, en tämligen allvarlig sjukdom som drabbar några hundra svenskar årligen (Blaine Hollinger & Ticehurst, 1996). Djur smittas ej.

## 8 Kort beskrivning av respektive mikroorganism och för patogena mikroorganismer även klinisk bild på djur och människa

### 8.1 Bakterier

#### Salmonella

Salmonella är en tarmbakterie som tillhör släktet *Enterobacteriaceae* (Quinn et al., 1994a). Salmonella bakterien indelas i olika serotyper, 1989 kände man till 2252 olika varianter, (Murray, 1991). Indelningen (Kaufmann-White schemat) bygger på olika antigena strukturer som finns på salmonellans yta (Popoff & Le Minor, 1992). En del serotyper är mer patogena än andra, men alla kan orsaka sjukdom om rätt betingelser råder.

Några få serotyper är mer eller mindre värdspecifika för en djurart eller människa (t.ex. *S. Dublin* - nöt, *S. Cholerasuis* - svin, *S. Gallinarum/Pullorum* - höns och *S. Typhi* och *Paratyphi* - människa). Flertalet salmonella är dock ej värdspecifika utan kan infektera olika arter, t.ex. *S. Typhimurium*, som förmodligen är den vanligaste serotypen globalt sett (Gilbert & Roberts, 1990). Denna egenskap hos salmonella, att ej ha begränsat sin existens till att vara beroende av en eller ett fåtal djurarter, tillsammans med den goda förmågan att överleva i miljön, medför att den utgör ett speciellt problem i samband med omgivningshygien,

Diarré och allmänna magsjukesymtom (vattentunn, blodig eller slemmig diarré och ev. kräkningar) är de vanligaste symtomen vid en salmonella infektion hos människa. Andra symtom som kan förekomma är feber, huvudvärk, ledproblem, sepsis ("blodförgiftning") och abort. Även dödsfall förekommer. Lokaliserade symtom efter genomgången sepsis förekommer i diverse buk- och bröstorgan, CNS-organ och benvävnad. Patogenesen skiftar för olika serotyper, bl.a. vidhäftningsförmåga till tarmceller och produktion av olika toxiner (gifter) spelar in (Murray, 1991). Således ger de invasiva serotyperna *S. Typhi* och *S. Paratyphi* hos människa i huvudsak andra symtom än diarré.

Kroniska smittbärare, som bär på sjukdomen utan att visa direkta kliniska symtom, förekommer också. Dessa utsöndrar bakterien periodvis via feces.

I princip alla djurarter kan bära på salmonella, växelvarma djur har ofta salmonella i tarmen och hos dem kan bakterien nära nog räknas till "normalfloran". Hos varmblodiga djur är symtomen liknande som hos människor, med övervikt mot gastrointestinala infektioner, sepsis och abort. Majoriteten av smittade djur är dock symtomlösa smittbärare (Bryan et al., 1979). Svin t.ex. får sällan kliniska symtom av andra serotyper än *S. Typhimurium* och *S. Cholerasuis* (Wilcock & Schwartz, 1992). De salmonelladiagnoser som ställs på svenska djur är ofta mer "harmlösa" och generella serotyper, d.v.s. ej invasiva eller värdspecifika salmonella. Endast sällan ses kliniska symtom på dessa djur.

Diagnosen salmonella är anmälningspliktig till myndighet både för människa och djur.

#### Listeria

Listeria är en grampositiva stav och består av flera arter som kan kolonisera djur eller människor, den är således en zoonos (Quinn et al., 1994b). Den förekommer i naturen och har isolerats från jord, växter, ensilage, vatten och avlopp (Mitscherlich & Marth, 1984a).

Endast två arter är sjukdomsframkallande hos människa, nämligen *Listeria monocytogenes* (s.k. listerios) och i sällsynta fall *Listeria ivanovii*. Listerios är en ovanlig diagnos hos människa, 1996 rapporterades i Sverige 28 fall (Zoonosrapporten, 1996). I SMIs sjukdomsstatistik redovisas 0.64 diagnostiserade fall/ 100 000 personer och år som ett genomsnitt under de sista fem åren. Båda serotyperna är patogena för djur.

Bakterien sprids vanligen via förorenade livsmedel till människa och via förorenad jord eller foder till djur. Listeriabakterien är tålig och kan överleva mycket länge i naturen. Mitscherlich & Marth, (1984a) visade att i ensilage och gödsel klarar den sig i 4-6 år vid 5°C.

Unga, gamla och gravida/dräktiga individer drabbas lättare av listerios. Inkubationstiden varierar från några dagar till 2-3 månader (Ericsson, 1997). Sjukdomen kan manifesteras sig på två sätt, dels som perinatal infektion vilket kan ge abort eller prematur födsel. Hos det nyfödda barnet kan t.ex. pneumoni och spridda microabscesser förekomma. Hos äldre individer med listerios ses hjärn- och hjärnhinneinflammation, sepsis och ledvärk men även diarré kan förekomma. Sjukdomen har i folkmun kallats ”kringsjuka” eftersom påvekan på nervsystemet fick listeriossjuka får att gå i cirkel. I de fall sjukdomen påverkar nervsystemet kan dödligheten vara hög (20-50%) eller ge bestående hjärnskador (Ericsson, 1997).

Listerios hos djur diagnosticeras främst hos idisslare (nöt, får och get). År 1996 rapporterades 14 utbrott i fårbesättningar, i varje besättning kan då mer än ett djur ha insjuknat. Ytterligare 4 fall rapporterades från nötkreatursbesättningar och ett på hund (Zoonosrapporten, 1996). Bakterien har också hittats på hjort i samband med hopade dödsfall i ett hägn (Englund, 1998). De senaste tio åren har antalet utbrott legat i denna storleksordning (Zoonosrapporten, 1994). *L. ivanovii* ger framförallt abort hos får och nöt (Quinn et al., 1994b).

### **Koliformer och *E. coli***

*E. coli* är en tarmbakterie som tillhör släktet *Enterobacteriaceae*, den förekommer normalt hos praktiskt taget samtliga varmblodiga djurarter inklusive människa (Quinn et al., 1994a).

Koliforma bakterier definieras som gramnegativa stavar inom gruppen *Enterobacteriaceae*, vilka fermenterar laktos (med gas och syra-produktion) inom 48 tim i 37°C. Inom gruppen finns också patogena bakterier, som salmonella och shigella, men de räknas alltså inte till de koliforma. Medlemmar i *Enterobacteriaceae* är förutom *Escherichia* (med *E. coli*), bl.a. *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia* och *Klebsiella*. *E. coli* kan användas ensam som indikatorbakterie men vanligen används koliforma bakterier enligt nedan.

Koliformer används ofta som indikatorbakterier, antingen undersöks avseende det totala antalet koliformer eller avseende undergruppen av termotoleranta koliformerna. Alla koliformer växer vid 37°C, men endast termotoleranta koliformer växer vid 44°C (Plew et al., 1985).

- a) Termotoleranta koliformer är detsamma som fekala koliformer (44°C), dessa är i avloppsammanhang en mycket vanliga indikatorbakterier. Med tilläggsanalyser kan man bestämma ”preumtiva *E. coli*”, isoleringen av *E. coli* görs vanligen ej fullt ut. Termotoleranta koliformer talar för en relativt färsk fekal förorening. De termotoleranta koliformerna anses vara sådana som trivs i kroppen/tarmen. Bakterierna dör relativt snabbt utanför kroppen och finns således bara kvar en begränsad tid (någon vecka till någon månad) i miljön.
- b) Totala koliformer (37°C), finns förutom i tarmen också naturligt i det översta jordlagret och överlever bra i miljön. Dessa indikatororganismer används framförallt för

bakteriologisk undersökning av vatten, livsmedel och foder (Kirkegaard & Vestergård Hansen), 1994). Exempelvis används de när man vill undersöka vattenkvalitet förekomst av dessa talar för att ytvatten kommit in i t.ex. en brunn.

Definitionerna för dessa olika typer varierar något beroende på vilken analysmetod som används, men orsaken till att de används är densamma, dvs man vill avslöja dålig hygien och/eller fekal smitta.

## **EHEC**

Förmågan att framkalla sjukdom skiftar för olika serotyper av *E. coli*, främst beror den av vidhäftningsförmågan till tarmceller och produktionen av olika toxiner (t.ex. olika enterotoxiner och verotoxin). Adhensionsförmågan anses vara kopplad till en speciell gen - kallad *eaeA* denna ger bakterien en speciell förmåga att binda till tarmcellerna och att invadera dessa samt att kolonisera i tarmen.

EHEC eller Enterohemorragisk *E. coli* (här = verotoxinproducerande *E. coli* O157) påvisades första gången på människa i Sverige 1989. Från 1995 har vi haft ca 140 insjuknade människor per år i Sverige (SMI sjukdomsstatistik). Serotyp O157 (som producerar verotoxin och har *eaeA*-gen) är den vanligast påvisade serotypen och orsakar 90% av sjukdomsfallen på människa i Sverige. EHEC ger hos människa blodig diarré (hemorrhagisk colit) men kan också ge allvarliga komplikationer såsom njurpåverkan och centralnervösa symtom. Komplikationerna kan kräva intensivvård och dialysbehandling, men kan också leda till döden. Inget dödsfall på människa har hittills (april 1998) inträffat i Sverige. Symtomlösa smittbärare förekommer också.

Utomlands har smittspårning visat att nötkreatur är en vanlig smittkälla, djuren härbärgerar bakterien i tarmen utan att själva bli sjuka. EHEC är således en zoonos. Undersökningar i Sverige har visat att drygt 1% av nötkreaturen är bärare av EHEC-bakterien (Albihn et al., 1997). Sjukdomen är anmälningspliktig till myndighet för den diagnosticerande läkaren och för djur vid påvisandet av EHEC-bakterien av det diagnosticerande laboratoriet.

## **Enterokocker**

Enterokocker tillhör gruppen grampositiva kocker, de kallas också fekala streptokocker (FS). Fekala streptokocker är ej primärt patogena, men som sjukhusmitta hos nedsatta individer kan de t.o.m. ge sepsis med dödligt förlopp. Enterokocker har en förmåga att bli resistenta mot många olika antibiotika och därmed i princip ej behandlingsbara. Denna resistens kan också orsaka problem genom att den kan "smitta" till andra, mera patogena, bakterier.

FS är generellt mer tåliga än koliformer t.ex. i saltvatten och grundvatten. Denna grupp innefattar även bakterier som kan tillväxa i miljön. I Danmark används den systematiskt som indikatorbakterier för att påvisa effekten av hygienisering av t.ex. rötslam vid biogasanläggningar. FS används också vid vattenanalyser.

## **8.2 Parasiter**

### **Cryptosporidium**

Cryptosporidium tillhör ordningen koccidier bland urdjuren (*Protozoa*). Detta är en liten encellig parasit, en coccidie, som är 4-5 µm stor. *Cryptosporidium parvum* kan finnas hos flertalet däggdjur inklusive människa. Infektion med *C. parvum* förekommer allmänt över hela världen. Oocystorna sporulerar i värddjuret och följer med avföringen ut, detta innebär att de är direkt infektiösa. Efter upptag av ny värd utvecklas oocystorna i mikrovilli (tarmluddet) i

bakre delen av tunntarmen och delvis även i grovtarmens främre del. Mikrovillis funktion skadas och resorbtionen (upptaget) från tarmen störs, varvid diarré följer. Symtomen kan vara svåra att skilja från andra diarrésjukdomar såsom av Corona- eller Rotavirus. Experimentell överföring av smitta till människa har visats ge magsmärtor och diarré (Soulsby, 1986; Christensson, 1997).

Främst drabbas unga eller immunosupprimerade människor/djur av klinisk cryptosporidios. Hos vuxna, friska människor och djur uppträder sällan kliniska symtom. Effektiv behandling saknas ännu. Någon värdjursspecificitet föreligger inte. Överföring av smitta från kalv till mus, hamster, marsvin, svin, får och get har visats experimentellt (Boch & Supperer, 1983).

I Sverige har parasiten gett sjukdom hos späda kalvar upp till 1 månads ålder (Christensson, 1997) samt hos marsvin i försöksdjurskolonier (Christensson et al., 1996).

### **Ascaris**

Spolmask är en rundmask tillhörig gruppen maskar (*Helminthas*). Maskarna lever i tunntarmen, är 10 - 80 cm långa och 3 - 4 mm grova. *Ascaris* finns av många arter, vilka vanligen är värdjursspecifika, d.v.s. masken blir könsmogen endast hos sitt specifika värdjur. Larven kan dock migrera via lever/lunga och ut i kroppen (visceral larva migrans) hos flertalet däggdjur. Så kan t.ex. hundens och grisens spolmasklarver migrera i människan. Vandrigen sker vanligen utan symtom, men skador i lever, lunga och ögon är kända. En maskhona kan avge mer än 100 000 ägg och dessa kan överleva utomhus i flera år (Soulsby, 1986).

Det tar som regel flera veckor innan ägg i fekalier utvecklas till infektionsdugligt stadium. I Sverige är spolmask vanligt förekommande hos gris (*Ascaris suum*), hos hund och varg (*Toxocara canis*), hos katt och lodjur (*Toxocara cati*) samt hos häst (*Parascaris equorum*) (Christensson, 1997).

Spolmask är det unga djurets problem, stora mängder spolmask kan hos dem orsaka allvarlig förstoppning. Vanligare är dock att maskens ämnesomsättningsprodukter orsakar ödem, ascites och gallor (vätskeansamling generellt, vätska i buken resp. i leder). Torr och glanslös päls är också ett vanligt symtom (Boch & Supperer, 1983). Inom ca. 1½ år utvecklar infekterade värdjur immunitet och maskarna avförs från tarmen. Sådan förvärvad immunitet brukar förhindra att några större mängder maskar kan etablera sig. Ett fåtal maskar kan dock finnas i tarmen och värdjuret fungerar då som en effektiv smittspridare (Christensson, 1997).

*Ascaris lumbricoides*, människans spolmask förekommer numer endast sällsynt hos den inhemska befolkningen. Orsaken till detta är främst att nuvarande avloppssystem med WC och konventionella reningsverk brutit smittcykeln. Maskäggen har inte återförs till människans närmiljö eller till vår mat (Christensson, 1997).

Infektion med *Ascaris* ger inga tydliga symtom förutom hos barn. De vuxna maskarna ger sällan symtom i tarmen men kan ge en mängd sidoeffekter vid migration i kroppen. Påverka på immunsystemet och näringsbalansen är också vanliga bieffekter.

### **Taenia**

Vuxen bandmask finns i tarmen hos ett värdjur, medan larvstadiet (dynt) finns i kroppen, t.ex. i muskulaturen hos en mellanvärd. Varje bandmaskart är vanligen värdjursspecifik både avseende den vuxna masken och dyntstadiet. Många olika arter finns t.ex. *T. saginata* och *T.*



*solium* som är människans bandmaskar, deras larvstadier eller det s.k. dyntet (*Cysticercus bovis* resp. *C. cellulosae*) finns hos nötkreatur resp. svin eller människa (Soulsby, 1986).

Bandmasken i människans tarm blir 4 - 8 m lång och ca ½ cm bred. Dyntet i nötkreaturets eller grisens muskulatur blir stort som en ärta och genomskinligt eller gulvitt (Soulsby, 1986). Omkring 80 fall av *T. saginata* på människa diagnosticerades årligen 1992-1994 (Zoonosrapporten, 1994). För senare år är uppgifter om antalet fall svår att få fram eftersom diagnosen ej längre är anmälningspliktig. Bandmaskförekomst hos människa ger inga eller mycket ospecifika symtom. I Sverige diagnosticeras *T. saginata* sporadiskt, medan *T. solium* ej finns hos den inhemska befolkningen.

Dynt ger sällan sjukdomssymtom hos djur men slaktkroppen kasseras om dynt upptäcks vid slaktbesiktningen, med ekonomiska konsekvenser för djurägaren som följd. Omkring 50 fall av dynt (*C. bovis*), diagnostiseras årligen på slaktade nötkreatur (Zoonosrapporten, 1994).

### 8.3 Virus

#### Parvo

Parvovirus tillhör familjen *Parvoviridae*, genus *Parvovirus*. Det är det minsta, icke höljeförsetta DNA virus som hittills har hittats, med en storlek på endast ca. 18-26 nm. Parvovirus är ovanligt stabilt vid höga temperaturer och extrema pH värden. Parvovirus orsakar sjukdom hos svin, katt, hund, mink och gås, men även människa kan smittas (humant parvovirus B19). Parvovirus är under normala förhållanden artspecifika.

Humant parvovirus ger hos vuxna alltifrån inga symtom alls till ledproblem, anemi, komplikationer hos immunosupprimerade personer samt fosterskador av olika grad (Nesher & Moore, 1997).

I denna studie avses främst svinets parvovirus (PPV). Parvovirus ger hos gris framförallt fosterskador (SMEDI; stillbirth, mummification, embryonic death, infertility). Ca. 10-14 dagar efter infektion hos modern passerar virus moderkakan och når fostret. Vid tidpunkten för infektion av modern är embryots/fostrets ålder av vikt för hurdana skadorna blir. Fostret kan resorberas eller mumifieras men dräktigheten kan också fortgå utan problem. Foster infekterade efter 70 dagar föds vanligen utan symtom (Mengeling, 1989).

#### Klassisk svinpest (CSF)

Svinpest (Hog cholera, swine fever) tillhör familjen *Togaviridae*, genus *Pestivirus*. Det är ett höljeförsett RNA virus med en storlek på ca. 40-50 nm. Svinpest finns över hela världen och är av mycket stor ekonomisk betydelse (Van Oirschot & Terpstra, 1989). Den påvisades senast i Sverige 1944 men stora utbrott pågår för närvarande i Holland, Nederländerna och Tyskland. Sjukdomen är en epizootilagssjukdom vilket bl.a. innebär att det finns ett uttalat allmänintresse att den bekämpas och att den vid ett ev. utbrott måste bekämpas enligt speciell lagstiftning.

Svinpest är ingen zoonos. Under naturliga omständigheter är gris det enda djuret som infekteras, inkubationstiden är 2-4 dagar. Sjukdomen förekommer i akut, subakut, kronisk och ej kliniskt synlig form. Mycket virulent virus ger akut sjukdom med upp till 100 % mortalitet, moderat virulent virus ger subakut eller kronisk sjukdom. Mortaliteten varierar, de flesta grisar som dör gör detta inom 10 dagar efter infektion. Lågvirulent virus ger få eller inga sjukdomstecken och grisen utvecklar immunitet. Hos dessa grisar kan fosterförändringar upp-



komma. Andra symtom som ses är hög feber, apati, ovilja att röra sig och att äta (Van Oirschot & Terpstra, 1989).

### **Hepatit A**

Hepatit innebär en inflammation i levern. Det finns minst fem välkända virus som ger hepatit hos människa. Av dessa är det Hepatit A (HAV) eller infektiös hepatit och Hepatit E (HEV) eller infektiös NANB hepatit som huvudsakligen sprids den fekal-orala vägen. Båda är enkelsträngade RNA virus utan hölje. I denna studie inkluderas huvudsakligen HAV, HAV tillhör familjen *Picornaviridae* och är 27-32 nm stort. HAV liknar dock i mycket ett Enterovirus (Blaine Hollinger & Ticehurst, 1996).

Båda HAV och HEV har en inkubationsperiod på 2-6 veckor. Inga djurreservoarer för dessa virus finns. Symtomen är aptitlöshet, trötthet, diarré och ibland feber och frysningar. Den typiska leverpåverkan visar sig i ungefär 2/3 av fallen. Hepatit E är typisk för områden med dålig hygien (Blaine Hollinger & Ticehurst, 1996).

## 9 Hur mycket finns av en viss mikroorganism i fekalier, urin, hushållsavfall, etc?

Alla fraktioner från samhällets restprodukter kan innehålla och sprida smitta, även källsorterad urin kontamineras regelmässigt av fekalier i olika omfattning. Hushållskompost kan likaså innehålla fekalier från bl.a. blöjor och från husdjur.

Utsöndringen från en kliniskt sjuk eller smittbärande individ ändras med tiden, d.v.s. olika mycket av en patogen utskiljs under akut fas, under konvalescens och som eventuell kronisk smittspridare/smittreservoar, dessa faser kan pågå olika länge. Utsöndring av patogena mikroorganismer via träck är generellt störst i akut skede av infektionen och avtar hos kroniska smittbärare. Utsöndringen sker ofta intermittent hos kroniska smittbärare.

### 9.1 Bakterier

Utsöndringen av patogena bakterier via avföring är generellt störst i det akuta skedet av en infektion och antalet minskar vid eventuellt kroniskt smittbärarskap. Utsöndringen sker ofta intermittent hos kroniska smittbärare.

#### Salmonella

De flesta typer av Salmonella utsöndras via feces. Antalet salmonellabakterier som utsöndras från en sjuk människa respektive djur beror på serotyp och infektionsfas.

I akut skede utsöndras stora mängder bakterier med feces, med undantag för invasiva serotyper. För sådana invasiva serotyper, t.ex. *S. Typhi*, kan man i akut skede sällan påvisa bakterier i feces eller urin, utan snarare i blod. I "senare akut" skede kan *S. Typhi* ofta hittas i feces och ibland i urin. (Bryan et al., 1979).

Kroniska smittbärare som utsöndrar bakterien intermittent via feces är vanligt förekommande. Cirka 10% av tyfoidfällen utsöndrar fortfarande bakterien 3 månader efter insjuknandet. Man har beräknat att 2-5% av sjukfallen kan bli kroniska smittbärare och utsöndra *S. Typhi* i över ett år. En liten proportion kan bli kroniska smittbärare under hela livstiden. Gallblåsan kan då vara infekterad. Motsvarande gäller också för *S. Paratyphi*.

Antalet salmonellabakterier som kan utsöndras med avföringen kan vara högt, främst i akut infektionsfas då  $10^6 - 10^9$  CFU/per gram avföring kan påvisas hos människa (Bryan et al., 1979). Till skillnad från andra bakteriella tarminfektioner kan ett mycket stort antal också utskiljas av symtomlösa smittbärare. Bryan et al. (1979) skriver att 2-4 v. efter infektion utsöndrar 50% av smittade fortfarande salmonella och 10-20% utsöndrar fortfarande bakterien 4-8 v. efter genomgången infektion. Kroniska bärare av ej värdspecifika serotyper förekommer frekvent hos både människa och djur (Engvall, 1998).

Avseende djur finns exempel på att akut infekterade svin utsöndrar  $10^6$  *S. Cholerasis* g/faeces eller  $10^7$  *S. Typhimurium* (Wilcock & Schwartz, 1992). Akut infekterad boskap kan utsöndra  $10^8$  salmonella per g/feces. Från kroniskt infekterade svin har påvisats utsöndring om än något intermittent i 7 månader efter infektion. Vid slakten påvisades infektion i tarm och lymfknotor hos 90% av grisarna (Wilcock & Schwartz, 1992).

I flytgödsel från akut infekterade besättningar har som mest hittats  $10^4$  salmonellabakterier per ml (Munch et al., 1987).

## Listeria

*L. monocytogenes* kan utsöndras från tarmen hos både djur och människa, men siffror på mängd saknas eftersom bakterien oftast odlas med hjälp av anrikning. Osäkra siffror föreligger också avseende hur många som utsöndrar bakterien. *L. monocytogenes* nomenklatur har förändrats genom åren och därmed också förutsättningen att tolka äldre data. Det finns heller inte uppgifter på hur länge den kan kvarstå i tarmen (Smith et al., 1990).

## E. Coli

*E. coli* förekommer normalt hos praktiskt taget samtliga varmblodiga djurarter inklusive människa. Allätare och köttätare har större mängder *E. coli* än gräsätare. Människan sägs utsöndra  $10^7$  per gram avföring. Siffran är ett medelvärde för populationer som undersökts i västvärlden (Drasar, 1974; IARC 1977). Vid tarmfloreundersökning hos häst (görs vid misstanke om rubbad tarmflora) vid SVA finns ett gränsvärde på  $> 10^4$  koliforma bakterier/ gram träck (ej enbart *E. coli*) för att det ska anses normalt (Wierup, 1977).

Smith & Crabb, (1961) redovisar medelvärdet av antalet viabla *E. coli* i feces hos friska djur (n=10) av olika arter. Generellt visade de yngsta djuren en högre utsöndring av *E. coli* som gradvis sjönk med stigande ålder.

Log<sub>10</sub>-värden för viabla *E. coli*/gram feces. Inom parentes visas variationerna mellan de tio undersökta individerna.

Nöt	4,3	(1,7-5,8)
Får	6,5	(5,2-8,0)
Häst	4,1	(3,0-5,4)
Svin	6,5	(5,2-7,6)
Kyckling	6,6	(4,0-7,6)
Hund	7,5	(6,2-8,9)
Människa	6,7	(5,7-8,5)

## EHEC

EHEC definieras här som verotoxinproducerande *E. coli* O157. Sjuka personer utsöndrar  $10^8$  -  $10^9$  EHEC-bakterier /gram avföring. Utsöndring sker vanligen mellan 3-5 dagar, men kan pågå upp till 3 veckor vid en vanlig infektion. Symtomlösa smittbärare rapporteras förekomma relativt frekvent.

I en studie med experimentellt infekterade nötkreatur utsöndrade kalvar vanligen  $10^3$ - $10^6$  bakterier/g träck under de 3 första veckorna efter infektion. Utsöndringen sjönk sedan markant till ca.  $10^2$  bakterier/g träck under de 5 månader som studien pågick. Variationen i utsöndring var dock stor och både högre och lägre värden än vad som angivits ovan förekom. Vuxna djur utsöndrade bakterien under kortare tid och i lägre antal (Cray & Moon, 1995).

## Enterokocker

Fekala streptokocker finns normalt i tarmfloran hos däggdjur. Människan sägs utsöndra  $10^5$  -  $10^7$ /gram avföring. Siffran är ett medelvärde för populationer som undersökts i västvärlden (Drasar 1974; IARC 1977).

## 9.2 Parasiter

### Cryptosporidier

I ett gram fekalier från en infekterad människa kan finnas 100 000 -tals oocystor, utsöndringen kan pågå i några veckor. Cryptosporidier utsöndras ej med urin. Eftersom uppgifterna är något osäkra för *Cryptosporidium* kan man jämföra med *Giardia* där förhållandena är mer kända. Utsöndringen är cirka  $10^{10}$  oocystor hos *Giardia lamblia* per dygn och person och infektionsdosen mellan 10 - 100 oocystor. Infektionen pågår under 1-2 månader hos vuxna. Kroniska smittbärare förekommer (Stenström, 1996).

### Ascaris

Den akuta fasen efter infektion är 4-6 veckor men då sker ingen smittspridning (latensperiod). Under stadiet som kronisk smittspridare är utskiljningen först stor, upp till 50 000 ägg/g faeces och blir sedan låg efter några månader. Stadiet som kronisk smittspridare kan pågå från 6 månader till några år. En individ med visceral larva migrans utskiljer inga ägg (Soulsby, 1986).

Ascaris utsöndras ej med urin. I hushållsavfall kan ev. påvisas Ascarisägg, om fekalier från djur eller människa ingår.

### Taenia

Efter infektion av värden (för *T. saginata* och *T. solium* är det en människa) tar det sex veckor innan denna börjar utskilja ägg. Därefter kan ägg avges under 1/2 till flera år. En infekterad människa avger i genomsnitt ca. 10 proglottider /dag vardera proglottid med 80.000 ägg vilka alla är direkt infektiösa, d.v.s.  $10^4$  -  $10^5$  ägg/dag (Soulsby, 1986). Flera proglottider kan dock släppas en dag och inga alls en annan dag. Så länge smittspridaren ej avmaskats är risken för sekundärsmitta till mellanvärden stor (Soulsby, 1986).

Dynt kan leva i 1-30 år i muskulaturen eller vissa andra organ hos en mellanvärd. Ett djur med dynt utskiljer av naturliga skäl inga proglottider/ägg.

I urin respektive hushållsavfall förväntar man sig knappast att hitta några Taeniaägg, dock är det inte omöjligt om fekalier från människa ingår. Dynt kan finnas i okokt nötköttsavfall.

## 9.3 Virus

Tiden under vilken utsöndring sker varierar beroende på virustyp, för olika tarmvirus varierar detta vanligen från en vecka till 3 - 4 månader.

### Parvo

Svinparvo utsöndras under ca. 2v efter infektion i bl.a. fekalier, urin, sperma och nässekret. I feces hos hund har man 4 -7 dagar efter oral infektion med CPV-2 (canine parvovirus typ 2) noterat titrar på upp till  $10^9$  infektiösa viruspartiklar/g (Appel & Parrish, 1987). Troligen ligger titrarna i feces hos gris något lägre. Kroniska smittbärare är troligen ovanliga. Foster som infekterats i livmodern kan ev. utsöndra virus en tid efter födseln, men inga säkra bevis finns för detta.

### Klassisk svinpest (CSF)

Svinpestinfekterade grisar kan utsöndra virus innan sjukdom utbryter. I det akuta sjukdomsstadiet, ca 5-6 dagar efter infektion, utsöndras stora mängder virus via fekalier och alla sekret såsom urin, saliv, sperma m.m. Grisar infekterade med moderat virulent virus kan bli kroniker

och utsöndra virus under hela tiden, vanligen < än 4 veckor, tills de dör (Mengeling & Cheville, 1968). Grisar som överlever mer än 30 dagar efter infektion utvecklar oftast antikroppar och utsöndrar ej virus. Grisar infekterade med högvirulent virus utsöndrar stora kvantiteter virus under hela, om än korta, sjukdomsperioden.

Kongenital infektion orsakat av lågvirulent virus är den form som ger griskultingar som kontinuerligt utsöndrar virus under flera månader utan kliniska symtom eller antikroppssvar (Van Oirschot & Terpstra, 1977). Postnatal infektion med lågvirulent virus ger en kort period av virusreplikering och utsöndring följt av ett antikroppssvar. Lågvirulent virus ger kronisk eller persistent infektion vilket är den vanligaste orsaken till virus fortbestående vid epizootier.

Hushållsavfall: Svinpest kan överleva i kött och köttprodukter under månader (år i fryst kött). Kontaminerat slakt- eller hushållsavfall som utfodras till grisar utan tillräcklig värmebehandling är en smittkälla som påvisats vid flera stora utbrott i utlandet.

### **Hepatit A**

Hepatit A sprids främst via avföring, men kan också mer sällan utsöndras via urin. Utsöndringen är störst dagarna innan symtomen visar sig. Människan kan utsöndra  $10^6 - 10^8/g$  avföring under tidigast en vecka innan kliniska symtom sätter in, varefter antalet minskar de närmast efterföljande veckorna. Symtomlösa smittbärare förekommer sällan hos vuxna, barn däremot kan utsöndra dessa virus under någon månad efter infektion.

## 10 Hur mycket fekalier och urin produceras per person/dygn alt. djur/dygn?

### Människa

Mängden avföring varierar mycket mellan olika befolkningsgrupper beroende på t.ex. diet, hälsostatus, åldersfördelning och levnadsvanor. Våtvikten avföring ligger i medeltal på 200-400 gram per person och dygn i västvärlden (Feachem et al., 1983). Mängden urin varierar också. I medeltal producerar människor i västvärlden 1-1,3 l/person och dag (Stenström, 1996).

### Små idisslare (får och get)

Mängden avföring varierar mycket mellan olika besättningar beroende på utfodring, hälsostatus, åldersfördelning, laktations- och dräktighetsstatus, tillväxttakt, ras, m.m. Våtvikten avföring för vuxna djur ligger vanligen mellan 0,7-1,5 kg per dag. Mängden urin varierar liksom, i medeltal producerar vuxna djur 0,5-3 l/dag (Dahlborn, 1987).

### Nötkreatur

Mängden avföring och urin varierar på grund av samma parametrar som för små idisslare. Våtvikten avföring ligger på 13-33 kg per dag för djur över 12 månaders ålder. Den högre siffran anger medelavkastande mjölkko. För urin är motsvarande siffror 9-15 l (SJV Rapport 95:10).

### Svin

Mängden avföring och urin varierar på samma vis som ovan. För detta djurslag är det också aktuellt att nämna att mängden avföring minskar om tillväxtbefrämjande substanser såsom antibiotika eller zink tillsätts fodret. För ett vuxet svin är våtvikten avföring vanligen 1,3-3,9 kg/dygn, det högre intervallet gäller för digivande sugga. Mängd urin för vuxna djur är i medeltal 3,9-11,5 l urin/dag (SJV Rapport 93:20).

## 11 Vilken infektionsdos gäller för människa och för djur?

Infektionsdos är det antal av en patogen mikroorganism som behövs för att orsaka sjukdom hos en individ vid ett smittillfälle. Denna smittdos varierar stort beroende på individens känslighet, s.k. värdfaktorer. Värdfaktorerna är t.ex. beroende av ålder, hälsostatus, immunstatus och även om individen är utsatt för fysiologisk stress. För djur kan sådan fysiologisk stress utgöras av hög produktion (mjölk, tillväxt) eller ”kemisk stress” såsom antibiotikabehandling (tillväxtbefrämjande i foder eller terapeutisk medicinering).

Immunstatus försämras av immunbristsjukdom och av långvarig cortisonterapi eller av viss annan medicinering t.ex. sådan som ges vid organtransplantation. I USA uppskattas att upp till 20% av befolkningen har ett nedsatt immunförsvar, denna andel förväntas öka (Gerba et al., 1996). En vaccination däremot förbättrar kroppens försvar mot en specifik infektion, en tidigare genomgången infektion med organismen ifråga ger också ofta ett förhöjt immunskydd. För personer med nedsatt immunförsvar kan infektionsdoser vara betydligt lägre än för andra personer.

”Normal” tarmflora tycks ha en skyddande effekt vid bakterieinfektioner, eftersom konkurrens om t.ex. lämpligt näringssubstrat då uppstår mellan bakterierna (Bryan et al., 1979).

Enbart vatten stimulerar ej saltsyraproduktion i magen, vilket troligen medför en lägre infektionsdos av en patogen mikroorganism än med födan (Jandl, 1963).

Infektionsdosen varierar också mycket mellan olika patogena mikroorganismer. För vissa virus och parasiter kan en enstaka organism vara tillräcklig. Vanligen är dock infektionsdosen för bakterier högre och den kan vara så stor som flera miljoner för vissa tarmbakterier. Undantag utgör exempelvis vissa salmonella och EHEC-bakterier, där under vissa förhållanden ett tiotal bakterier kan vara tillräckligt för att orsaka sjukdom.

Försök gjordes under 1950- och 60-talen på primater för att undersöka andra spridningsvägar än via födan. Härvid visades att infektionsdosen var lägre vid spridning av salmonella via inandning av aerosoler samt via slemhinnorna i ögonen än via födan (Crozier & Woodward, 1961). Försöken har så vitt vi känner till ej verifierats på människa. Detta visar dock att andra spridningsvägar kan vara av betydelse och måste beaktas t.ex. vid bevattning med avloppsvatten, samt vid direktkontakt och arbete med förorenat slam och vid uppsamling och spridning av avföring och gödsel.

Säkra uppgifter på infektionsdos är svårt att få, eftersom detta förutsätter att infektionsförsök gjorts och vad det gäller människa måste involvera frivilliga, som utsätter sig för organismen i fråga. Erhållen information från sådana försök uttrycks oftast som  $ID_{50}$ , d.v.s. den dos som ger upphov till sjukdom hos 50% av individerna utsatta för ett agens vid ett enstaka tillfälle.

### 11.1 Bakterier

Generellt kan sägas att det krävs en relativt stor mängd bakterier för att framkalla sjukdom. Ofta rör sig infektionsdosen för bakterier om  $10^4$  -  $10^6$ , undantag finns både uppåt och nedåt.

#### Salmonella

Vissa serotyper kan ge infektion i ett mycket lågt antal (D'Aoust & Picvnick, 1976), men oftast behövs ett större antal för att ge sjukdomssymtom.



Enligt Bryan et al. (1979) behövdes mellan  $10^5$  och  $10^9$  bakterier/individ av *S. Typhi* för att framkalla sjukdom hos frivilliga. Med den lägre dosen blev 28% sjuka och med den högre dosen blev 95% sjuka. Inkubationstiden var också kortare för dem som insjuknade efter att ha fått den högre dosen, 3 dagar jämfört med 9 dagar för den lägre dosen. *S. Typhi* är dock inget stort problem i Sverige och förekommer mycket sällan på djur.

För ej värdspecifik salmonella har nämnts infektionsdoser på  $10^6$  för människa, för att orsaka sjukdom. I fettrik mat tycks salmonella skyddas för den sura magsaften och infektionsdosen kan då vara så låg som  $< 100$  bakterier (Plym-Forsell, 1996).

Angående infektionsdosen på djur har infektionsförsök gjorts på vuxna, friska svin. Vuxna svin behövde  $10^5 - 10^{11}$  bakterier för att bli sjuka. Yngre djur blev sjuka av lägre doser (Plym-Forsell, 1996). Av stort intresse i dessa sammanhang är också att vid infektion med aerosol tycks lägre infektionsdoser behövas. Hos kalvar påvisades infektion efter inandning av  $10^4 - 10^6$  *S. Typhimurium*. Kycklingar infekterade med endast 20 salmonellabakterier vid inandning (Plym-Forsell, 1996).

## Listeria

Uppgifter om infektionsdosen för *L. monocytogenes* varierar mycket, från 0,3 bakterier/gram livsmedel till  $10^9$  bakterier/g beroende på serotypens virulens och individens immunstatus (Ericsson, 1997). Vanligen anges  $10^4$  bakterier/gram livsmedel som en trolig dos för framkallande av sjukdom hos människa, men känsliga individer torde kunna bli sjuka av lägre dos (Tham, 1997).

## EHEC

Endast ett tiotal bakterier kan vara tillräckligt för att orsaka sjukdom hos en känslig människa men vanligen krävs högre doser. Barn, gamla och individer med nedsatt immunförsvar blir lättast sjuka. Friska vuxna utvecklar inte alltid sjukdom utan kan bli subkliniska smittbärare för en tid.

För djur gäller att de efter infektion uteslutande blir subkliniska smittbärare. Vid experimentell infektion av kalvar med höga doser *E. coli* O157 ( $10^{10}$  CFU/individ) sågs emellertid sjukdom hos 8 av 9 kalvar, bakterien kunde även isoleras från feces i samtliga fall (Brown et al., 1997). I ett annat försök med samma doser blev endast 4 av 17 kalvar sjuka men även här fick man positiva fecesisolat från samtliga kalvar (Cray & Moon, 1995). I detta sistnämnda försök gjordes även experimentell infektion av äldre djur med olika doser. Det konstaterades att  $\geq 10^7$  CFU behövdes för att infektera dessa. Kliniska symtom sågs sällan på äldre djur, detta gällde också vid infektion med den högre dosen,  $10^{10}$  CFU.

## Enterokocker

Gruppen fekala streptokocker är i dessa sammanhang ej att betrakta som en patogen.

## 11.2 Parasiter

### Cryptosporidier

För människa har en infektionsdos på mellan 1-50 oocystor angivits, infektionsdosen kan dock variera mellan 1-10 000 oocystor (Stenström, 1996).

Späda djur och djur med nedsatt immunitet är mest mottagliga. Efter genomgången infektion är kalvar i stort sett immuna mot återinfektion.

## **Ascaris**

Maskar är skildkönade varför minst två ägg behövs för reproduktiv infektion. Experimentell infektion av svin med 50-5000 ägg resulterade i att enstaka till något tiotal vuxna maskar etablerade sig. Större infektionsdoser ledde till spontan avgång av till tunntarmen migrerade spolmasklarver. (Christensson, 1997) Pågående Ascaris-infektion med adulta maskar i tarmen hindrar reinfektion och etablering.

## **Taenia**

Endast ett maskägg (för värden, t.ex. människa) eller dynt (för mellanvärden, t.ex. nötkreatur) är tillräckligt för att infektera en individ. Pågående infektion med mask resp. dynt ger visst skydd mot reinfektion, denna avtar dock redan några månader efter upphörd infektion.

## **11.3 Virus**

För många av de virus som kan spridas med avföring antar man att infektionsdosen endast är 1-10 viruspartiklar. Under den akuta fasen utsöndras vanligen mer än  $10^6$  viruspartiklar per gram avföring, men så många som  $10^{11}$  viruspartiklar/g har rapporterats, t.ex. för rotavirus. Återinfektion av en individ kan ske med samma agens eftersom många tarmvirus ger ett dåligt immunsvaret. Om det är samma typ av virus som ger ny infektion sker det vanligen med mildare symtom och oftast med mycket lägre utsöndrad mängd per gram.

## **Parvo och Klassisk svinpest (CSF)**

Infektionsdosen för dessa agens är låg, vanligen krävs  $10^2$ - $10^3$  infektiösa viruspartiklar för att orsaka infektion. För en känslig individ kan det räcka med ett 10-tal infektiösa viruspartiklar (Alenius, 1997). Infektionsförsök med hundparvo har visat att 1g feces teoretiskt räcker för att infektera minst 1 miljon mottagliga hundar via oral exponering (Appel & Parrish, 1987)

## **Hepatit A**

Infektionsdosen för Hepatit A är mycket låg, ofta anges 1-10 viruspartiklar som tillräckligt (Blaine Hollinger & Ticehurst, 1996).

## 12 Vilken morbiditet (anslagsfrekvens) har en patogen mikroorganism?

Morbiditeten kan uttryckas som procent av smittade som blir sjuka, alternativt antalet insjuknade av en exponerad population. Detta blir ju uteslutande ett teoretiskt värde, bl.a. för att det är omöjligt att veta hur många i en exponerad population som verkligen utsatts för smitta. Mot bakgrund av vad som framförts i tidigare kapitel (t.ex. att infektionsdosen varierar från individ till individ) är det ofta mycket svårt att ange morbiditeten. I denna studie anger vi därför risken för både primär och sekundär smittspridning som ingen, låg, medel eller hög.

Morbiditeten kan rent medicinskt delas upp i primärt smittade vilket innebär att personer eller djur smittas direkt av smittkällan t.ex. via dricksvatten, mat/foder eller från miljön, respektive i sekundärt smittade vilket innebär att smittan överförs från en individ som smittats primärt till en annan individ inom en "begränsad tidsperiod". En tidsmässig definition av "begränsad tidsperiod" som vi använder i denna studie är dubbla inkubationstiden (tid mellan smittillfälle och utbrott av sjukdom hos en första individ). Primär och sekundär smittspridning är ofta svåra att skilja åt.

Olika sjukdomsagens har olika anslagsfrekvens, vissa virus kan ha en nästan 100% morbiditet. Andra agens har en mycket låg morbiditet. Många parasiter har en latensperiod utanför kroppen innan de blir infektiösa, vilket gör att smittspridningen blir mycket långsam.

Som exempel på anslagsfrekvens kan nämnas att vid ca. 80 vattenburna sjukdomsutbrott i allmänna system i Norden 1975-92 så insjuknade 40% av befolkningen i knappt hälften av fallen. Hela 80% av befolkningen insjuknade dock i 10% av utbrotten. Sjukdomsagens var till övervägande del okänt, men när agens påvisades var det ofta *Campylobacter*, Norwalkvirus och *Giardia* (Stenström, 1996).

Mortaliteten anger andelen döda av totala antalet insjuknade.

### 12.1 Bakterier

För patogena bakterier är morbiditeten hög för vissa arts specifika agens då rätt förutsättningar råder, exempelvis som för *Salmonella Gallinarum* i en värphönsbesättning. För andra bakterier såsom *Listeria monocytogenes* gäller främst enstaka insjuknaden.

Vissa bakterier såsom EHEC-bakterien som har en mycket låg infektionsdos och en god förmåga till överlevnad i miljön kan också ha en hög morbiditet. Detta gör risken för sekundärsmitta stor (genom t.ex. dålig handhygien, gödselrester i foder). För djur gäller att om en gård infekterats med EHEC-bakterien och smittämnet spridits ut på betesmark och i omgivningen så kommer en stor del av djuren i besättningen att smittas. Som exempel kan här nämnas att en slåttervall gödslades med flytgödsel innehållande EHEC-bakterier, tre dagar senare rymde en flock kvigor och betade på denna vall, vid träckprovskontroll av djuren visades sedan att 68% av kvigorna var positiva avseende EHEC (Mechie et al., 1997).

### Salmonella

Vid vattenburna livsmedels- eller fodermedierade utbrott kan morbiditeten bli mycket hög, för andra smittvägar är den oftast låg. I en amerikansk undersökning anges morbiditeten vid exponering för smitta i en normalpopulation av människor till 41% och mortaliteten vid infektion till 0,1% (Gerba et al., 1996).

Morbiditeten varierar starkt beroende på serotyp, dos, ålder mm. Ett exempel är septikemisk form av salmonellos hos svin, som i allmänhet orsakas av den värdspecifika *S. Cholerasuis* (denna serotypen förekommer inte i Sverige i dagsläget). Här drabbas oftast svin under 5 mån ålder, i dessa fall ses en morbiditet oftast under 10%, men hög mortalitet. Vid enteritform av salmonella däremot ses hos svin en näst intill fullständig morbiditet, men en låg mortalitet vid infektion med *S. Typhimurium* eller *S. Cholerasuis* (Wilcock & Schwartz, 1992).

Som ett exempel på ett avloppsrelaterat salmonellautbrott kan beskrivas ett utbrott av *S. Typhimurium* på en gård med mjölkkor och hästar i Orust kommun i juli 1993. Smittan spreds sannolikt från sommargäster till betesdjur via ett obehandlat avlopp som mynnade i en bäck. Djuren drack vatten ur bäcken nedströms utsläppet. Smittade betesdjurs träck förorenade sedan genom ytavrinning en vattentäckt som försåg lagård och stall med vatten. Av 107 provtagna nötkreatur och hästar samt 25 katter och hundar var 23 djur positiva vid ett provtagningstillfälle i slutet av augusti. Ett antal djur, mestadels mjölkkor hade då redan behandlats för nedsatt allmäntillstånd och diarré men i övrigt visade korna symtom atypiska för salmonella. Minst elva personer insjuknade, på fyra personer verifierades diagnosen bakteriologiskt. Samtliga insjuknade personer hade druckit opastöriserad mjölk från gården (Kobel, 1997).

### **Listeria**

Epidemier orsakade av *Listeria monocytogenes* har förekommit men vanligen rör det sig om enstaka fall.

Direkt transmission från djur till människa förekommer sporadiskt, t.ex. svårartad kutan eller generaliserad listerios hos veterinärer som hanterat aborterade foster (Smith et al., 1990). Morbiditeten är i allmänhet låg hos våra husdjur, eftersom listeria inte smittar sekundärt mellan djur utan uteslutande från jord och foder. I dåligt ensilage påvisas *L. monocytogenes* relativt ofta.

### **EHEC**

Vid livsmedelsburna utbrott kan morbiditeten bli mycket hög, vid smitta från djur eller annan person är det vanligen enstaka eller ett fåtal fall samtidigt.

Epidemiologin avseende EHEC bland djur är tämligen outredd, sannolikt är risken för sekundär smittspridning bland djur stor. Avseende djur har prevalensen i de svenska besättningar som påvisats vara EHEC-positiva varierat kraftigt. Mellan 0 - 44% av provtagna djur (främst nötkreatur men i några fall även svin, får och get har varit EHEC-positiva (Eriksson, 1997). EHEC-smittan på gårdarna upptäcktes antingen via provtagning av slaktdjur i en prevalensstudie eller via smittspårning från sjuka människor. Vanligen var det ej möjligt att avgöra när och hur gården smittats.

Vid träckprovtagning av djuren i konstaterat smittade svenska mjölkbesättningar har, när besättningen förmodats vara nyligen smittad en stor andel av djuren påvisats vara bärare av EHEC-bakterien. Andelen EHEC-positiva djur sjunker sedan för att ligga på några få procent under mycket lång tid (Eriksson, 1997). Liknande siffror har redovisats i utländska studier (Mechie et al., 1997).

### **Enterokocker**

Fekala streptokocker är ej primärt patogena, så morbiditeten måste anses som mycket låg.

## 12.2 Parasiter

Epidemier förekommer för vissa parasitagens såsom cryptosporidier, morbiditeten är dock generellt sett låg för parasiter. För tamdjur är smittspridningen mellan individer oftast mer betydelsefull än smittspridning via miljön, undantag utgör de parasiter där djuret ej är primärvärd.

### Cryptosporidium

Cryptosporidium har orsakat flera epidemier via infekterat dricksvatten, stora delar av den exponerade populationen av människor har vid några tillfällen insjuknat. Vid ett utbrott i Milwaukee, USA 1993, insjuknade 400 000 personer, motsvarande ca 50% av den exponerade populationen. Mer än 100 personer dog till följd av detta utbrott (MacKenzie et al., 1995). Vanligen får endast en mindre del av de smittade kliniska symtom. I en amerikansk undersökning anges morbiditeten vid exponering för smitta i en normalpopulation till 71%, mortaliteten angavs ej (Gerba et al., 1996).

Risken för sekundär smittspridning mellan individer anses vara låg.

### Ascaris

Många individer kan smittas av en dåligt skött latrin och bli symtomlösa smittbärare. Risken för sekundär smittspridning mellan människor anses vara obefintlig eftersom maskäggen kräver en latensperiod på >3 veckor innan de blir infektiösa. Smittspridning sker således huvudsakligen via miljön.

I svinbesättningar är smittspridningen beroende av rutiner för rengöring, utgödsling och avmaskning. I svenska svinbesättningar har man ofta hög spolmaskförekomst medan den är lägre i danska och finska besättningar till följd av bättre hygienrutiner (Eriksen et al., 1991).

### Taenia

Morbiditet avseende *T. saginata* är mycket låg för människa. En stor andel av nötkreaturen i en besättning som släpps ut på t.ex. en betesvall som gödslats med dåligt hygieniserat slam kan dock infekteras. Människans avföring kan också via förorenade maskiner såsom gödselspridare/slaghack infektera uppstallade köttdjur. I Australien har taenia-infektierade hundar spridit smittan till stora mängder får (Christensson, 1997).

Sekundärsmitta mellan nötkreatur eller får kan ej ske eftersom människan ingår som mellanvärd i parasitens livscykel.

## 12.3 Virus

Många luftburna virus kan ha en mycket hög morbiditet. För olika enterovirus kan större delen av befolkningen i avgränsade grupper insjukna under en epidemi eller under en endemisk situation. I västvärlden är det normalt att så stor del som mellan 5-10% totalt, framförallt barn kan vara bärare av eller sjuka p.g.a. enterovirus. Säsongsvariationer förekommer (Froeschle et al., 1966).

### Parvo

Infektion med PPV är vanlig hos svin, över hälften av alla gyltor i ett område med enzootisk utbredning av svinets parvovirus kommer att vara infekterade innan de betäcks (Mengeling,

1972). De flesta suggor är immuna genom tidigare exponering (Sorensen, 1982). Infektionen är i de flesta fall subklinisk.

Parvovirus smittar vid direkt kontakt under ca. 2v. efter infektion, den sekundära smittspridningen blir således mycket stor. I stallar där infekterade grisar förvarats kan infektiöst virus kvarstå under mer än 4 månader efter att stallarna tömts på djur. Om ett svin exponeras för PPV kommer alla andra mottagliga svin i besättningen att sekundärt utsättas för exponering. Virus kommer att finnas kvar i miljön tills desinfektion av alla smittade stallar skett. Kontaminerade områden är den största reservoaren för PPV (Mengeling, 1989).

### **Svinpest**

Morbiditeten likväl som den sekundära smittspridning kan variera kraftigt beroende på vilken typ av virus det är och i vilken ålder och i vilket allmäntillstånd som djuret infekteras. Oftast är den sekundära smittspridningen mycket stor. Stor risk för smitta föreligger från subkliniskt infekterade djur, d.v.s. djur som blivit infekterade med det moderat virulenta viruset (kroniker), smågrisar som infekterats i livmodern och grisar som trots vaccination utsöndrar virus. EU har omfattande handelsrestriktioner avseende svin och svinprodukter för länder som vaccinerar grisar.

### **Hepatit A**

En man med gulsot förorenade en grundvattentäckt genom en läckande avloppsledning, 15 av de 30 personer som var bosatta i denna svenska by insjuknade i gulsot (Stenström, 1996).

I en amerikansk undersökning anges morbiditeten vid exponering för smitta i en normalpopulation till 75% och mortaliteten vid infektion till 0,6% (Gerba et al., 1996).

Risken för sekundär smittspridning anses vara hög.

### 13 Hur stor är utspädningen av patogena mikroorganismer i olika delar av avloppssystemet?

I ett avloppssystem som betjänar många personer kan man räkna med att patogena mikroorganismer vanligen finns närvarande men i lågt antal. I enskilda system eller mindre reningsanläggningar kan man räkna med att smittämnen endast förekommer undantagsvis men då i högre koncentrationer eftersom utspädningen är lägre än i det ”stora” systemet.

**WC:** I en konventionell WC kan varje spolning motsvara en utspädning på ca. 100 ggr.

**Mulltoa:** Ingen egentlig utspädning sker, förutom uppblandning med urin, papper och ev. strömedel.

**Urinsortering:** I en urinsorterande toalett sker ungefär 30% utspädning av urinen. Ofta räknar man med 0,1 - 1% fekal inblandning, vilket initialt ger halter av indikatororganismer och patogena mikroorganismer i samma storleksordning som för obehandlat avloppsvatten in till ett avloppsreningsverk.

**Tank eller ledningar:** Inläckage av vatten kan bidra till att en mycket stor utspädning sker. Urinbrunnarna i Åkesta ekoby, Västerås, kan tas som exempel. Urintankarna måste där tömmas mer än dubbelt så ofta som beräknat, p.g.a. otäta ledningar, frekvent tvättning av WCn samt inläckage i tankar. Till konventionella system tillförs vanligen BDT-vatten (ca 200 l per person/dygn) och dagvatten (mängden beror på nederbörden) till ledningarna. Vid många reningsverk tillämpas ”bräddning” av avloppsvattnet vid stora mängder nederbörd, d.v.s. avloppsvattnet släpps helt orenat ut i recipienten.

**Reningsverk:** Här sker ingen egentlig ytterligare utspädning

**Recipient:** Här beror utspädningen på flöde och vattenvolym på recipienten, samt på säsongsvariationer. Det är stor skillnad på en mindre å under sommaren och en stor älv under vårflo- den. I en sjö kan strömningsförhållanden och vindar göra att utspädningen varierar och även här föreligger stora årstidsvariationer.



## 14 Jämförelse av koncentrationer av patogena mikroorganismer i avloppsvatten, badvatten, slam, m.m

Högsta tillåtna värden avseende indikatororganismer och patogena mikroorganismer finns i många länder angivna för olika typer av avloppsvatten, slam eller dylikt. Vi avser inte här att gå närmare in på detta. Det är också svårt att jämföra dessa redovisade värden mellan olika klimat, jordmån och kulturer. Av stor vikt är också den allmänt accepterade hygieniska standarden i samhället. WHO påpekar också att man satt värdena som rådgivande för att de sedan ska anpassas till de lokala förhållandena.

För BDT- och dagvatten saknas relevanta uppgifter, här kan nämnas att vid analys hittas oftast olika grad av fekal förorening. Här finns dock en tillväxtpotential för vissa indikatorbakterier såsom FS som har gjort att riskerna med BDT-vatten troligen övervärderats.

**Avloppsvatten till bevattning:** WHO rekommenderar för användning av behandlat avloppsvatten till bevattning av jordbruksgrödor, gräsmattor, m.m.(WHO, 1973) ;  
≤1 viabelt parasitägg (Ascaris m.fl.) får finnas per liter vatten  
fekala koliformer ≤200/100 ml vatten eller ≤1000/100 ml vatten beroende på vilka restriktioner som gäller för kategori av gröda etc.

**Behandlat avloppsvatten:** Medelhalt per 1 ml vatten från svenska kommunala avloppsreningsverk (Stenström, 1997);  
totala koliformer  $10^6 - 10^8$   
fekala koliformer  $10^5 - 10^7$   
fekala streptokocker  $10^4 - 10^6$

**Råslam:** Medelhalt per g våtvikt från svenska kommunala avloppsreningsverk (Stenström, 1997);  
totala koliformer  $10 - 10^3$   
fekala koliformer  $5 - 10^3$   
fekala streptokocker  $10 - 10^2$

**Slam, kompost och latrin till jordbruksmark:** WHO rekommenderar här om det organiska materialet tillförs utan nedmyllning;  
< 1 viabelt parasitägg/ kg våtvikt  
<  $10^3$  fekala koliformer / 100g våtvikt

Om vissa skyddsåtgärder för arbetare iakttages vid spridning, viss försiktighet iakttages vid sådd/plantering och materialet nedmyllas minst 25 cm finns inga gränsvärden angivna.

I USA regleras användningen av slam, såväl som gödselmedel som vid deponering, i en nationell lagstiftningen (EPA, 1992). Enskilda delstater kan sedan införa strängare krav. Jämfört med många andra länder med motsvarande levnadsstandard har man här infört mer långtgående krav och kontroll på behandlingsmetoder, dokumentationskrav på behandlingseffekt, spridningsmetoder och spridningsrestriktioner.

Som ett exempel kan nämnas att för slam som avses användas på jord- eller skogsbruksmark (vissa restriktioner finns avseende tillförseln såsom säkerhetsavstånd till våtmarker och vattendrag) gäller följande vid tidpunkten för spridning;

Salmonella sp. < 3/ 4 g ts slam

tarmvirus < 1/ 4 g ts slam

viabla maskägg < 1/ 4 g ts slam

fekala koliformer < 1000 MPN/ g ts.

**Badvatten:** I Sverige har Naturvårdverket (SNFS 1996:6) rekommenderat följande högsta tillåtna värden per 100 ml badvatten;

totala koliformer  $\leq 10^4$

fekala koliformer  $\leq 10^3$

fekala streptokocker  $\leq 300$

ingen salmonella eller enterovirus ska påvisas.

## 15 Reduktion och avdödning av en organism

Reduktionen varierar för olika typer av organismer och för olika behandlingsmetoder av avloppet. Här beskrivs olika faktorer som generellt påverkar mikroorganismer. För respektive agens beskrivs speciella egenskaper samt ges exempel på effekten av olika behandlingar. De i Systemanalys-VA aktuella typerna av behandlingssystem beskrivs närmare i Forskarrapportens del 1.

### *Olika faktorerers betydelse för avdödning av mikroorganismer*

#### **Tid**

Reduktionstiden för många olika mikroorganismer under de flesta förhållanden är exponentiell, d.v.s. den procentdel mikroorganismer som inaktiveras per tidsenhet är konstant genom hela tidsperioden, detta förutsätter att andra faktorer såsom temp och pH också är konstanta. Reduktionshastigheten uttryckes ofta som  $T_{90}$ , d.v.s. den tid som åtgår för att 90% av det initiala antalet mikroorganismer ska dö av. Därav följer att det åtgår lika lång tid för att reducera antalet mikroorganismer från  $10^4$  till  $10^3$ , d.v.s. med 9 000 mikroorganismer som från  $10^3$  till  $10^2$ , d.v.s. med 900 mikroorganismer.  $T_{90}$ -värdet kallas också Decimeringstiden (D). En högre initial koncentration av en mikroorganism ger således en längre överlevnadstid.

Långtidslagring utan annan behandling används ibland för att reducera antalet patogena mikroorganismer. Tiden ska då räknas från sista tillförsel och ej som en medeluppehållstid. Vissa virus och parasitägg med låg infektionsdos och lång överlevnad behöver oftast andra behandlingsmetoder än enbart långtidslagring för att ge en slutprodukt med godtagbar hygienisering.

#### **Temperatur**

De flesta bakterier hämmas i tillväxt av kyla, överlevnaden är dock längre vid låga temperaturer än vid höga (Mitscherlich & Marth, 1984a). Detta är något som vi måste beakta i vårt tämligen kyliga klimat, när vi t.ex. använder långtidslagring för att reducera antalet patogena mikroorganismer. Vissa mikroorganismer såsom parasitägg kan emellertid vara fryskänsliga och snabbt dö av vid minusgrader. Generellt sker också en viss reduktion av bakterier vid upprepad frysning och tining.

De temperaturer som används vid olika pastöriseringsprocesser t.ex. av ingående avfall till en biogasanläggning (i Sverige vanligen 70°C i en timme) kan tyckas vara ett kraftigt "overkill" om man jämför med vid vilka temperaturer flertalet mikroorganismer avdödas i laboratorieförsök. Det finns dock flera anledningar till ett sådant "overkill", Strauch & Carrington (1992) nämner några;

- ◆ en säkerhetsmarginal är önskvärd för att kompensera för effekter av "uppskalning", att materialet ej är homogent, att fullgod omblandning ej sker, m.m.
- ◆ patogena mikroorganismer kan ev. skyddas mot värmeeffekten av det organiska materialet, detta gäller speciellt om patogena mikroorganismer absorberas i aggregat till vilka värmen intränger långsamt.
- ◆ i fullskaleförsök har visats för salmonella att ingen reduktion sker under 60°C vid en timmes behandlingstid medan komplett avdödning är påvisad vid 65-70°C vid 30 min. behandlingstid. I laboratorieförsök sker avdödningen vid lägre temp och kortare tid.

#### **pH**

Neutrala till basiska (höga) pH är bäst för överlevnaden av bakterier. Överlevnaden kan dock vara lång vid sura pH (låga) för vissa virus. Sura pH (< 4) synes hämma tillväxt eller t.o.m. avdöda bakterier. Riktigt höga pH hämmar också tillväxt eller avdödar likaså bakterier

(Mitscherlich & Marth, 1984c). Reduktion av mikroorganismer genom höga eller låga pH tar lång tid jämfört med avdödning med hjälp av värme. I de danska reglerna för hur en kontrollerad hygienisering ska utföras krävs för kalkbehandling att > pH 12 ska uppehållas i > 3 månader, därefter ska mikrobiologisk provtagning ske. Bakterier vid ett pH i utkanten av sitt toleransintervall kan i den miljön ha lägre värmeterolerans än vid ett optimalt pH (Riemann & Bryan, 1979).

### **Redoxpotentialen**

Anaeroba förhållanden ger vanligen längre överlevnad än aeroba förhållanden.

### **UV-ljus och solljus**

UV-ljus och solljus inaktiverar mikroorganismer genom att åsamka skador på arvsmassan. Vid tillräcklig bestrålning dör organismerna, men vid otillräcklig strålning har bakterier möjlighet att återhämta sig. Ljus verkar även avdödande genom att det torkar ut och höjer temperaturen.

### **Uttorkning**

Vid fuktiga förhållanden ses oftast längre överlevnad. Salmonella och hepatitvirus är tåliga mot torka. Dock kan överlevnaden minska om ts-halten blir alltför låg. Vatten är essentiellt för mikrobiskt liv i jord. I lerjord med < 12 % vattenhalt eller sandjord med < 1 % vattenhalt har tillväxt av bakterier svårt att ske (Mitscherlich & Marth, 1984c).

### **Kemisk påverkan, såsom av**

**Urin:** pH stiger under lagring till >8 (gäller humanurin som inte är alltför utspädd), djururin från gräsätare har lägre pH initialt än urin från all- eller köttätare. Djururin är oftast kraftigt gödsel förorenad vilket bidrar till att neutralisera pH. Ju högre pH ju bättre reduktion av bakterier.

**Kalk:** Kalkbehandling av slam avdödar mikroorganismer relativt effektivt, men det förutsätter att ett pH-värde på >12 uppnås i hela materialet och bibehålls under tillräckligt lång tid.

**Klor och andra kemikalier:** Förekommer men är sällan aktuellt i kretsloppssammanhang, dessa metoder tags därför ej upp här.

## **15.1 Bakterier**

En väl fungerande hygieniseringsdel eller pastörisering i en process med upphettning av hela materialet till t.ex. 70°C i en timme, torde avdöda de flesta bakterier med undantag av bakteriesporer såsom från *Bacillus sp.* och *Clostridium sp.*

Avdödning av bakterier definieras oftast som när antalet bakterier är så lågt att de inte längre kan påvisas. Påvisandet har då oftast gjorts med konventionell bakteriologisk odling på platta. Många species kan dock anta en levande men ej odlingsbar form (viable but non-culturable, VBNC) och på så vis överleva perioder av t.ex. nutritionell eller termisk stress (Oliver, 1993; Foster & Spector, 1995). Sådana VBNC-bakterier har studerats ytterst sparsamt i samband med ”organiskt avfall och avlopp i kretslopp”. VBNC-bakterier måste anses som i högsta grad relevanta i dessa sammanhang då det visats att djur kan infekteras, d.v.s. infektion har erhållits med VBNC-bakterier med *Campylobacter* på råttor (Saha et al., 1991) och på kyckling (Stern et al., 1994). I denna studie går vi ej närmare in på detta problem, när vi nämner avdödning av bakterier avses den konventionella definitionen av begreppet.

## Salmonella

Mer än 99%, d.v.s. 2 log<sub>10</sub>-enheters reduktion kan förväntas i dammar med slam eller vid kall anaerob nedbrytning. Vid laboratorieförsök har man påvisat avdödning av flertalet testade serotyper av salmonella vid 65,5° C inom 0,4 min., *S. Senftenberg* klarar sig något längre i fuktig värme (Riemann, 1979). *Salmonella Typhimurium* i mjölk som upphettas till 65° C överlever < 16 sec., vid 60° C > 30 min. (Mitscherlich & Marth, 1984a).

Praktiska erfarenheter samt andra studier har dock visat att salmonellabakterier kan vara betydligt tåligare än så. Försök har gjorts där man dränkt in gastyg med olika serotyper av salmonella (*S. Dublin*, *S. Enteritidis*, *S. Manchester*, *S. Senftenberg* och *S. Typhimurium*) i en koncentration av 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> bakterier/ ml<sup>-1</sup>. Enbart en typ av salmonella per gastyg. Gastyget lades sedan i slam och upphettades. Vid 70° C överlevde samtliga serotyper < 5 min. Vid 65° C var *S. Dublin* och *S. Manchester* känsligare (15 min överlevnad) de övriga serotyperna överlevde > 25 min. Vid 55° C överlevde samtliga > 30 min. (Mitscherlich & Marth, 1984b). Salmonella kan också överleva i många månader i fekala lämningar och i fuktig jord m.m. (Plym-Forshell, 1996; Quinn et al., 1994a).

## Listeria

Detta är ju ett bakteriespecies som specialiserat sig på att överleva under extrema förhållanden. Bakterien kan således överleva konventionell slambehandling och även i torkat slam. *L. monocytogenes* tycks under vissa förhållanden, kunna överleva pastörisering av mjölk, (Riemann & Bryan, 1979; Mitscherlich & Marth, 1984a). *L. monocytogenes* är ett undantag från "regeln" tillväxthämning i kyla. En av odlingsmetoderna för bakterien är därför köldanrikning, som hämmar andra, konkurrerande bakterier. Tillväxt kan ske mellan pH 4,8 - 9,6 (Mitscherlich & Marth, 1984b).

## E. coli

Medelreduktion för *E. coli* i avloppsreningsverk är 99-99,9% (Stenström, 1996), max utgående antal är 3x10<sup>3</sup> bakterier/ml. *E. coli* som grupp kan växa till mellan 2,5 - 45° C, den kan därmed räknas som tåligare än salmonella i lägre temperaturer och nästan likvärdig med *L. monocytogenes*. Lämpligt pH intervall som den växer mellan anges till 4,67 - 9,53, (Mitscherlich & Marth, 1984b).

EHEC-bakterien är en ovanligt tålig *E. coli* och överlever sannolikt olika typer av avloppsvatten- och slambehandling bättre än flertalet andra serotyper. EHEC-bakterien är också syratålig och reduceras i mindre utsträckning än andra patogena mikroorganismer av t.ex. syntetiskt framställd magsyra (Arnold & Kaspar, 1995).

## Enterokocker

Medelreduktion av fekala streptokocker i avloppsreningsverk är 96-99,9 %. Max utgående 4x10<sup>2</sup> bakterier/ml. (Stenström, 1996). FS har en lägre tolerans för höga och låga pH än salmonella (Strauch & De Bertoldi, 1991).

I danska biogasanläggningar räknar man med att en reduktion av FS med 3-4 log<sub>10</sub> enheter motsvarar en hygieniseringseffekt som reducerar de flesta patogena mikroorganismer, även en del patogena virus, till en acceptabel nivå. Metoden har valts eftersom anläggningarna behandlar stora mängder gödsel och FS är då rikligt förekommande i ingående avfall (Larsen et al., 1993; Bendixen, 1995b).

Bendixen (1995b) redovisar i upprepade försök i en biogasanläggning en 5-7 log<sub>10</sub>-enheters reduktion av FS. Avfallsblandning utgjordes av gödsel och hushållsavfall som pastöriserades vid 70°C i en timme (eller motsvarande lägre temperatur och längre tid).

## 15.2 Parasiter

Parasitägg reduceras mycket lite av mesofil anaerob behandling (rötning), termofil behandling över 50°C avdödar dock flertalet parasitägg. Tyngre parasitägg som *Ascaris* och *Taenia* återfinnes ofta i slamfasen från konventionella avloppsreningsverk (Feachem et al., 1983). Ett väl fungerande reningsverk bör reducera parasiter (med undantag av protozoer såsom *Cryptosporidium*) med minst 99.9% i vattenfasen (Stenström, 1996).

Uttorkning, exposition för solljus och hög temperatur påskyndar avdödningen. Vissa parasitägg är också känsliga för minusgrader. En förklaring till de många gånger mycket varierande uppgifterna i litteraturen är att det totala antalet påvisade parasitägg i ett prov kan vara betydligt större, än antalet infektionsdugliga ägg.

### **Cryptosporidium**

Oocystorna passerar troligen lätt genom ett avloppsreningsverk om mekanisk fällning och sedimentering tillämpas, vid flockutfällning fås en betydligt bättre reduktion. *Cryptosporidium* reduceras sämre i filtreringsprocessen p.g.a. sin ringa storlek, än vad andra parasiter gör. Fysisk attraktion till marken i en markbädd är troligen måttlig av samma anledning. I en våtkompostreaktor återfanns inga viabla oocystor efter behandling vid 55°C i två timmar (Whitmore & Robertson, 1995). Generellt är *Cryptosporidium* betydligt känsligare än *Ascaris*. *Cryptosporidium* överlever t.ex. inte nedfrysning, vilket andra protozoer ofta gör. *Cryptosporidium* är dock mycket resistent mot klor. Överlevnaden för protozoer i vatten är lång, upp till ett år, kallt vatten förlänger överlevnaden (Stenström, 1996).

### **Ascaris**

Äggen fastnar i flockar vid kemisk fällning med AlOH i ett reningsverk. Fysisk attraktion till marken i en markbädd är stor. Äggen är generellt sett mycket motståndskraftiga, de avdödas först vid pH>12 eller <0,1 samt av temperaturer >50°C (Feachem et al., 1983). De påverkas också kemiskt av t.ex. urin (Nilsson, 1982).

Eftersom *Ascaris*ägg tillhör de allra tåligaste parasitäggen används de ofta som indikatororganism, avdödningen med tiden, av sol- eller UV-ljus eller av minusgrader är låg. I ett försök men våtkompostering visades att *Ascaris*ägg i ”tepåsar” efter endast 5 minuter i våtkomposten i 55°C ej längre kunde utvecklas till larver, dvs. äggen var ej längre viabla (Norin et al., 1996). Ibland anges i litteraturen både längre behandlingstider och högre temperatur för att en säker reduktion av *Ascaris*ägg ska ske, oftast har då endast skett ett påvisande av äggen och inte en kontroll huruvida de är viabla eller ej efter behandling.

### **Taenia**

Äggen fastnar vid kemisk fällning i flockar av AlOH. Fysisk attraktion till marken i en markbädd är stor. Äggen sedimenterar lätt.

Äggen är generellt sett mycket motståndskraftiga, avdödningen med tiden, av sol/eller UV-ljus, av uttorkning eller av minusgrader är låg. *Taenia*äggen avdödas dock vid extrema pH samt av temperaturer >50°C. De påverkas också kemiskt av t.ex. urin (Feachem et al., 1983).

### 15.3 Virus

I ett kallt klimat sker reduktionen långsammare för de flesta behandlingsalternativ av avfall och avlopp. Enligt Pedersen, (1981) behövs det minst 8 månaders lagringstid för virusinaktivering vid temperaturer under 20°C. Bøtner, (1990) påvisade virus i traditionellt hanterad gödsel under mer än 14v på vintern och upp till 5 v på sommaren, parvovirus som är mer stabilt kan dock överleva betydligt längre.

Virus binds till partiklar och sedimenterar vid lagring av avloppsvatten eller slam. Virus återfinns både efter aerob (Scheuerman et al., 1991) och anaerob (Schwartzbrod & Mattieu, 1986) slamstabilisering. Virus inne i slamflockarna har bättre överlevnad än i vätskefasen. Vid lagring i brunnar och tankar är reduktionen av virus liten.

De flesta enterovirus inaktiveras relativt snabbt vid temperaturer över 55°C. Ett undantag utgör porcint parvovirus, som kräver flera timmar vid 70°C för en total inaktivering (Strauch & Carrington, 1992; Bendixen, 1995a).

Som indikator för virusöverlevnad i olika behandlingsalternativ av avlopp kan bakteriofager användas. I ett försök i en våtkompostreaktor visades att för en *Salmonella Typhimurium* bakteriofag 28B uppnåddes en  $4\log_{10}$ -reduktion efter 3-47 timmar vid 60°C. Vid 55°C i samma försök uppnåddes ej denna reduktion (Norin et al., 1996). Parallella laboratorieförsök visade att samma reduktion som i våtkompostreaktorn där tog längre tid att uppnå (Eller, 1996).

#### Parvo

Parvovirus är mycket termostabilt. Bendixen et al. (1995a) redovisar data för PPV som visar på den höga värmetåligheten, 70°C i 1,5 timmar ger en  $4\log_{10}$ -reduktion. I frystorkat material har PPV påvisats så länge som efter 16 h i 80°C (Blomqvist, 1997). I laboratorieförsök har virus påvisats efter värmebehandling vid 56°C i 48 timmar men ej efter behandling vid 80°C i 5 min (Buxton & Fraser, 1977).

Enligt Bøtner, (1990) fann man infektiöst PPV efter 40 v i gödsel vid +5°C och +20°C, vilket talar för en god överlevnad i naturen. Gödsel synes ha en skyddande effekt på PPV.

#### Klassisk svinpest (CSF)

Svinpest i cellkultur inaktiveras efter 10 minuter i 60°C, men i serum kan virus påvisas efter 30 minuter i 68°C (Van Oirschot & Terpstra, 1989). Bendixen et al. (1995a) redovisar data för CSF som visar att 11 minuter i 70°C ger en  $4\log_{10}$ -reduktion. Enligt Bøtner, (1990) påvisades virus efter 6 dygn i gödsel vid 5°C och pH 7,7-8,0, vidare mätningar gjordes inte. Mätningar utförda vid 50°C och 55°C under samma tid och vid samma pH visade inga infektiösa viruspartiklar.

#### Hepatit A

Hepatit A och troligen även E har en relativt hög värmetålighet, de klarar 60°C under minst en timme. Viruset är syratolerant och klarar även intorkning utan att förlora sin infekтивitet under minst en månad vid 25°C. Hepatitvirus är också relativt klorresistent men avdödas vid halter på 10-15 ppm klor under 30 minuter.



## 16 Konkurrens av andra mikroorganismer

Konkurrerande bakterier, andra organismer eller ämnen (t.ex. bakteriofager, mögel, exo-enzym, mikrobiell antibiotikaproduktion) kan påverka överlevnad och tillväxt negativt. I aktivslamprocessen i ett avloppsreningsverk konsumeras t.ex. en stor mängd bakterier av olika protozoer. Patogena mikroorganismer kan på detta vis reduceras men en del kan också överleva inne i protozoerna (Barker & Brown, 1994).

### 16.1 Bakterier

När en pastörisering av slam görs i samband med rötning har noterats att när pastöriseringen görs *efter* rötningen fås vid rekontamination i vissa fall en massiv tillväxt av bakterier såsom salmonella, i vissa fall högre nivåer än i det obehandlade råslammet. Orsaken till detta är ej helt utredd, en viktig orsak anses vara att den konkurrerande mikrofloran har undanröjts (Strauch & Carrington, 1992).

I extrema miljöer är konkurrensen liten för de bakteriespecies som klarar att växa till där *L. monocytogene* är en bakterie som specialiserat sig på att kunna växa till i extrema miljöer t.ex. i hela temperaturintervallet 2-45°C, mellan pH 4,8-9,6 eller i hög salthalt. I en mer normal bakteriemiljö konkurreras dock listeria lätt ut (Mitscherlich & Marth, 1984b).

### 16.2 Parasiter

Spolmaskäggs kan angripas av svamp, vissa mögelarter anses nästan som specialister på Ascarisägg. Detta utnyttjas t.ex. i försök att framställa "ekologiska avmaskningsmedel" till djur. Daglig tillförsel av sådana mögelarter i fodret till djur anses kunna minska smittspridningen från träck (Christensson, 1997). Parasiter växer ej till utanför värdorganismen men för flera arter blir äggen infektionsdugliga först efter en latenstid.

### 16.3 Virus

Växer ej till utanför värdorganismen (kroppen).

## 17 Återkoncentration i slamfasen

Mikroorganismer binder relativt lätt till partiklar i avloppsvattnet, vilket gör att de anrikas i slam. Detta är utpräglat för parasitägg. Sedimentationshastigheten för många parasitägg är dock låg, vilket, beroende på behandlingsmetod, kan medföra att äggen ändå följer med vattnet ut. Vid torkning av slam, fällning i urintank, behandling i en våtkompost eller när ts-halten på annat sätt ökas sker en anrikning av mikroorganismer.

I slamfasen från avloppsreningsverk, markbäddar och infiltrationsanläggningar kan man i runda tal räkna med att patogena mikroorganismer finns i en mängd av ca 10% av mängden i avföring (Stenström, 1996). Detta baseras på en initial reduktion följt av en återkoncentration i slamfasen. I vissa fall kan dock halten i slam av en mikroorganism t.o.m. överstiga halten i det ingående avloppsvattnet.

## 18 Tillväxt och överlevnad av mikroorganismer i miljön

För många patogena mikroorganismer ingår som en naturlig del av smittcykeln en kortare eller längre tidsperiod utanför djur- eller människokroppen. Bakterier som t.ex. salmonella har utvecklade fysiologiska system för att öka överlevnaden utanför kroppen (Foster & Spector, 1995). Alla patogena mikroorganismer som kommer ut i miljön kommer med tiden att dö av, med undantag av dem som har en naturlig ekologisk nisch utanför kroppen. Ju högre koncentrationen av patogena mikroorganismer är från början, desto längre tid tar det innan alla levande patogena mikroorganismer har dött av. Oftast är reduktionen snabb i början (i antal organismer räknat, jmf  $T_{90}$  värdet som beskrivits tidigare i kap. 15) för att sedan gå långsammare. Ett mindre antal kan överleva mycket lång tid. Vissa bakteriearter kan bilda sporer, en typ av inkapslat vilostadium. Sporer kan överleva mycket länge i miljön. Många bakterier kan under gynnsamma förhållanden tillväxa i miljön, detta är ej aktuellt för virus och parasiter.

Risken för smittspridning vid spridning av slam på jordbruksmark påverkas förutom av typ och antal av olika mikroorganismer också av ett antal andra faktorer, mer eller mindre påverkbara. Exempel på sådana faktorer är typ av mark (genomsläpplighet för vatten, sprickbildningar, ytavrinning), spridningsmetod (sprinklerbevattning, med släpslangar, injektion i mark), antal spridningstillfällen/år (tillräcklig infektionsdos/tillfälle), nederbörd, vind (aerosoler) och temperatur vid spridningstillfället, vektorattraktion, markbehandling (nedmyllning, plöjning) samt restriktioner i val av gröda och odlingsmetoder.

De fall av smittspridning som internationellt rapporterats i samband med slamspridning på jordbruksmark har oftast berott på att gällande rekommendationer för denna hantering ej har följts (Bruce et al., 1990).

### 18.1 Bakterier

Vid gynnsamma förhållandena kan patogena bakterier och i vissa fall också indikatorbakterier tillväxa i miljön. Sådan tillväxt av en bakterie sker inom betydligt snävare ramar än möjlig överlevnad. För att en reduktion eller avdödning sedan ska ske krävs oftast ytterligare extrema förhållanden.

Många bakterier har en förmåga att anpassa sig till och även tillväxa i suboptimala miljöer. Generellt är bakterier mer toleranta och överlever lättare i miljön än virus. Undantag finns dock, t.ex. är *Shigella spp.* känslig och dör lätt i konkurrens med mer livaktiga bakterier utanför kroppen. Patogena bakterier har dock oftast helt naturligt ett tillväxtoptimum nära kroppstemperatur, vid 35-37 °C.

#### Salmonella

Överlevnadstiden, överlevnadsstrategin m.m. varierande för de många olika serotyperna. Generellt kan sägas att salmonella överlever i månader i avföring från djur/människa, i fuktig jord m.m. Som exempel kan nämnas att *S. Dublin* i feces från smittbärande kor lagrat i rumstemp, överlevde 159 dagar. I beteshagar gjorde man försök att sprida *S. Dublin* under olika fuktighetsförhållanden, gräslängd och årstider. Överlevnaden varierade mellan 7 - 231 dagar. Den lägre överlevnaden var i klippt gräs och i jorden påvisades salmonella i 168 dagar. *S. Dublin* överlevde i 150 dagar när två tankar med nötgödsel (ts. 8,7%, pH 7,25) inokulerades med  $10 \times 10^6$  bakterier per  $\text{ml}^{-1}$  och förvarades utomhus under vintern. *S. Dublin* kan föröka sig i steriliserat avloppsslam vid 37°C (Mitscherlich & Marth, 1984a).

Thunegard (1975) visade att *Salmonella Typhimurium* ej kunde återfinnas från vegetationsprover från mark som 23 dagar innan sådd gödslats med salmonella-ympad flytgödsel. Samtliga jordprover som togs till dag 57 efter sådd var dock positiva.

Mitscherlich & Marth, (1984a) anger tider för överlevnad av salmonella i jord gödslad med kogödsel till 280 dagar för *S. Typhimurium*. Olika tider anges beroende på olika djurslag, pH, yttertemp osv. Summering av detta visar att lägre temp, lägre ts. och neutrala pH tycks ge längst överlevnad för salmonella. En sammanställning avseende litteraturen om salmonellas överlevnad efter spridning görs av Plym-Forshell, (1996). Rekommendationer finns om en karenstid på 28 dagar innan boskap tillåts beta på mark som gödslats med flytgödsel innehållande salmonella. Under denna tidsperiod anses således att salmonella på gröda reducerats i tillräcklig omfattning. Exempel ges också på att boskap infekterats efter att ha betat på mark som "salmonellagödslats" 8 respektive 21 dagar tidigare.

I flytgödsel som förvarades vid 7°C var  $D_{90}$ -värdet (den tid det tar för 90% av organismerna att dö av) för salmonella 4,7 veckor respektive 1,9 veckor vid 20 °C.

De flesta undersökningar talar för en längre överlevnad av salmonella vintertid, men undantag finns (Mitscherlich & Marth, 1984a). Salmonella sägs kunna växa i 6,5 - 47,0°C, detta rör sig om generella värden. Undantag från detta finns, t.ex. *S. Gallinarum* som har en övre tolerans på 45,3 °C (Mitscherlich & Marth, 1984b).

Lägsta pH för tillväxt av salmonella anges som 4,5 - 5,6 beroende på serotyp (Mitscherlich & Marth, 1984b).

Låg salthalt kan stimulera, hög salthalt kan inhibera tillväxt eller t.o.m. avdöda bakterien. Överlevnaden i 5% koksaltlösning för *S. Typhimurium* i rumstemp var ca 92 dagar, i 10% NaCl 70-92 dagar, i 20% 28-42 dagar. Förökningen inhiberas dock vid 7% NaCl koncentration. Salmonella kan växa i stillastående såväl som rinnande vatten om rätt temp, syrehalt och näring finns. Olika salmonellatyper kan inrätta sig på olika sätt till omgivande miljö (Mitscherlich & Marth 1984a).

## Listeria

Bakterien kan överleva mycket länge i miljön. I foder, t.ex. i ensilage har visats att *L. monocytogenes* kan påvisas 450 dagar i 4°C (Mitscherlich & Marth, 1984). Ett annat exempel på dess utomordentliga kapacitet att överleva är att i 90 stycken naturligt kontaminerade prov av nötfeces som förvarades i 5° C överlevde den mellan 0,5 och 6 år.

*L. monocytogenes* anses generellt resistent mot många stressfaktorer, således tål den upprepad nedfrysning och upptining och kan växa i intervallet 2-45°C. Denna förmåga att växa i kylskåpstemperatur utnyttjas i en metod för att anrika fram *L. monocytogenes* vid odling, då relativt få andra bakterier har denna förmåga. Om temperaturen däremot höjs avtar överlevnadstiden, t.ex. klarar den 10 dagar i 37°C och 35 min när mjölk upphettas till 61,7° C (Mitscherlich & Marth, 1984a).

*L. monocytogenes* kan växa i pH intervallet 4,8 - 9,6 och kan därmed också överleva syra- och bas- baserade rengörings/ desinfektionsmedel i t.ex. livsmedelsindustrin. Den är också salttolerant och kan överleva mer än 60 dagar i 30% NaCl lösning i 4° C. I fysiologisk NaCl i 20°C har den visat sig överleva i 545 dagar. I viss mån tål listeria även solljus och ultraviolett strålning (Mitscherlich & Marth 1984a).

## **E. coli**

*E. coli* kan tillväxa i temperaturintervallet 2,5 - 45°C, men olika serotyper är något olika tåliga (Mitscherlich & Marth, 1984a).

**EHEC-bakterien** tillhör de mer tåliga serotyperna av *E. coli* och kan växa vid låga temperaturer samt är salt- och pH tolerant. Den är ungefär lika värmetålig som en salmonella. EHEC-bakterien överlever tämligen bra när den kommer ut i naturen och kan även tillväxa. I sötvatten verkar den överleva bra, det finns exempel på långvarig smittspridning till människor från badvatten (Keene et al., 1994). Vid experimentella studier har man visat att EHEC i kogödsel överlever 56 dagar vid 20°C och ända upp till 70 dagar vid 5°C. På liknande sätt har man också visat att den kan tillväxa i nötgödsel (se fig. X) (Wang et al., 1996).

## **18.2 Parasiter**

Parasiter kan ej tillväxa i miljön, de kan dock både överleva och tillväxa hos en mellanvärd. Under lämpliga förhållanden kan parasitägg överleva mycket länge (flera år) efter spridning i miljön (Soulsby, 1986).

*Cryptosporidium* har också mycket god överlevnad i miljön, då främst i vatten.

För *Taenia saginata* är visat överlevnad i faeces i 71 dagar, i slam och på betesmarker i 159 dagar och på torra beten i Australien i 101 dagar (Soulsby, 1986).

## **18.3 Virus**

Virus kan ej tillväxa utanför värdorganismen. Många virus är mycket tåliga, d.v.s. har bättre överlevnad i extrema miljöer än många vanliga bakterier, även indikatorbakterier (Scarpino, 1982). Exempel på sådana seglivade virus är parvo- och svinpestvirus, andra dör relativt snabbt utanför kroppen (t.ex. luftvägsvirus och rabies). Bland enterovirus tycks Hepatit-A tillhöra de mest tåliga mot inaktivering i miljön (Sobsey et al., 1986).

Faktorer som generellt ökar virus överlevnad i mark är bl a adsorption av virus till jordpartiklar och ökade halter av utbytbar aluminium. Faktorer som generellt minskar virus överlevnad i mark är bl a ökat pH samt ökad temperatur. Aeroba mikroorganismer kan påverka virus överlevnad negativt medan anaeroba mikroorganismer inte har någon effekt (Yates & Gerba, 1984). Markens temperatur och vatteninnehåll är de huvudsakliga faktorer som påverkar virus överlevnad i mark som är påverkad av avloppsvatten eller slam. Virus överlever bäst i fuktig mark vid låg temperatur (Stenström, 1996).

### **Parvo**

Parvovirus kan överleva synnerligen länge i miljön under rätt förhållanden. Stallar med infekterade grisar kan vara infekterade i minst 4 månader efter att stallarna tömts. På gårdar infekterade med minkparvo kunde efter flera år infektiöst virus påvisas i marken. (Mejerland, 1997).

### **Svinpest**

Virus i kött och köttprodukter kan överleva i månader och år med rätt förhållanden (kyl eller frystemp). (Van Oirschot & Terpstra, 1989). Enligt Bøtner, (1990) påvisades virus efter 6 dygn i gödsel vid 5°C och vidare mätningar gjordes inte. Panina et al. (1992), kunde påvisa CSF i salami efter upp till 75 dagars konservering.

## **Hepatit**

Hepatit A har mycket god överlevnad i miljön. Eftersom man länge haft mycket svårt att odla HAV på laboratorier så är mycket lite gjort om detta virus och dess överlevnad. Under de senaste åren har vissa försök gjorts med lab.stammar men det är mycket tveksamt om dessa försök är relevanta i dessa sammanhang.