

Desimering av miljøfremmede mikroorganismer i vann

Av Øyvinn Østensvik

Øyvinn Østensvik er ansatt på Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges Veterinærhøgskole

1. Innledning.

Med kloakken tilføres vannforekomster store mengder med ulike mikroorganismer fra det animale-humane kimreservoar. I vann greier vanligvis ikke disse mikroorganismene å vokse og formere seg, og vil etter en viss tid ikke lenger kunne påvises. Vi sier at mikroorganismene desimeres. Desimering skyldes den samlede virkning av en rekke ulike faktorer på mikroorganismene. Begrepet desimering omfatter fortykning og sedimentering. Videre har aktivt drap av mikroorganismene forårsaket av fysikalske, kjemiske og biologiske forhold i vannet betydning. De forskjellige desimeringsfaktorene har ulik betydning under ulike forhold. Det har vist seg at desimeringen foregår raskere om sommeren enn om vinteren og at desimeringen foregår raskere i sjøvann enn i ferskvann.

Forskjellige mikroorganismer desimeres ikke like raskt i vannforekomstene. For vannhygienikere er det derfor viktig å få kunnskap om overlevelsessevnen til patogene mikroorganismer i forhold til indikatorbakterier for fekal forurensning.

Escherichia coli har en overlevelsessevne av samme størrelsesorden som viktige enteropatogene bakterier, f.eks. *Salmonella typhimurium* (2). Patogene vira har en større evne til å overleve i vann enn *Escherichia coli* (15). Slike forhold er av

stor betydning ved tolkning av parametre for hygienisk vannkvalitet.

2. Forsøksoppstillinger.

Kunnskap om forhold vedrørende mikroorganismers desimering i vann har framkommet som resultat av både laboratorieforsøk og forsøksoppstillinger i felt.

2.1. Laboratorieforsøk.

Ved laboratorieforsøk benyttes vanligvis glasskolber av ulik utforming (1,4,9). Kolbene tilsettes en viss mengde forsøksvann. Dette kan være sjøvann, brakkvann eller ferskvann. Vannet kan enten brukes ubehandlet eller det kan på forhånd ha gjennomgått forskjellige behandlinger; f.eks. autoklaving, filtrering, tilsetting av ulike kjemikalier eller mikroorganismer, avhengig av målet for forsøkene. Forsøksvannet i kolbene podes med en kjent testorganisme (f.eks. *E.coli*). Etter at testorganismen er jevnt fordelt i kolbene tas det ut en prøve for kvantitativ bestemmelse av testorganismen. Kolbene inkuberes deretter under bestemte betingelser og det tas regelmessig ut prøver for kvantitativ bestemmelse av testorganismen.

Kolbeforsøk er i prinsippet enkle å utføre. Men kolbene representerer lukkede systemer der miljøet er forskjellig fra det i vannforekomstene. Resultatene fra

kolbeforsøkene tolkes derfor med en viss kritikk. Verdien av kolbeforsøkene:

- a) Nyttig system for å teste desimeringsfaktorens betydning hver for seg.
- b) Gir informasjon om ulike mikroorganismers overlevelsevne i forhold til hverandre.

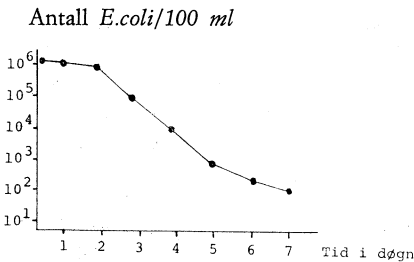
2.2. Forsøksoppstillinger i felt.

Ved forsøk ute i felten har det vært benyttet dialysekamre med vegger som består av et materiale som muliggjør passasje av små molekyler (2, 23). Kamrene plasseres nede i den vannkilden som skal undersøkes. Inne i kamrene vil det fysikalske/kjemiske miljø under forsøkene bli mer tilsvarende det naturlige enn det som oppnås ved kolbeforsøk.

Testmikrobene som benyttes i dialysekamrene slipper ikke gjennom veggene. Ellers vil forsøkgangen tilsvare det som er omtalt for kolbeforsøk.

3. Framstilling av resultater.

Resultatene fra desimeringsforsøk med ulike mikroorganismer viser at antallet testorganismer avtar etter et visst mønster. Grafisk framstilling av resultatene gir avhengig av forsøksbetingelsene et bilde som er mer eller mindre likt desimeringskurven for *E.coli* i fig. 1.



Figur 1. Desimeringskurve for *E.coli*.

Det første døgnet ses en fase med liten desimering. Deretter følger en rask reduksjon i bakterietallet. Etter en viss tid avtar desimeringen igjen, og kurven flater ut.

Desimeringstider angis på ulike måter. Vanlig brukt er T_{90} -verdier, som er den tiden som trengs for en 90% reduksjon av utgangsverdiene. Andre angir T_{50} -verdier, eller $t_{1/2}$ (halvveringstiden). Prosent overlevende bakterier etter 48 timer er også benyttet. Det er derfor vanskelig å sammenlikne resultater fra ulike forsøk der desimeringstiden er angitt på forskjellige måter.

4. Desimeringsfaktorer.

En lang rekke forsøk har vært utført for å undersøke betydningen av ulike desimeringsfaktorer. Resultatene viser at desimeringen bestemmes av mange ulike faktorer. De oppnådde resultatene har gitt grunnlag for hypoteser om desimeringsfaktorenes betydning under naturlige forhold i vannforekomstene. Disse hypotesene tillegger ulike faktorer større eller mindre betydning og er således til en viss grad lite ensartede. Dette tyder på at kunnskapen om desimering av miljøfremmede mikroorganismer i vann er utilstrekkelig. Det synes å gå fram av litteraturen at desimeringen skyldes den samlede effekt av tallrike faktorer som under ulike forhold har ulik betydning. I den videre framstillingen vil det bli referert en del forsøk som belyser betydningen av enkelte desimeringsfaktorer.

4.1. Fortynning og sedimentering.

Det er enighet om at fortynning og sedimentering er av de viktigste årsaker til at miljøfremmede mikroorganismer etter en viss tid ikke kan påvises i resi-

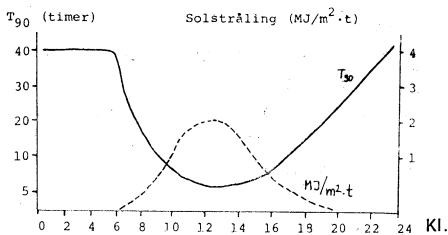
pientene (3,11,24). Disse forholdene har blitt belyst ved resipientbakteriologiske undersøkelser i forbindelse med kloakkutslipp. Fortynning er viktig ved utslipp i alle typer resipienter; i innsjøer, elver, fjorder og havområder. Fortynningseffekten påvirkes bl.a. av strøm- og vindforhold og av vassføringa i elver. Sedimentering gjør seg sterkest gjeldende i innsjøer, fjorder og havområder. I rennende vann vil vannstrømmen motvirke sedimenteringen. Sedimenteringens betydning belyses ved mikrobiologiske undersøkelser av bunnsedimenter og i de frie vannmassene i horisontale og vertikale profiler ut fra kloakkutslipp (11).

4.2. Lys.

Desimeringen av miljøfremmede mikroorganismer foregår raskere om sommeren enn om vinteren. Årsaken til dette kan være flere: mere lys, høyere vanntemperatur og større biologisk aktivitet i vannforekomstene. Lysintensitetens betydning for desimeringstiden er undersøkt av flere forskere (3, 17, 19). Både bakterier og enkelte virus er undersøkt. Et omfattende arbeid er utført av *Bellair et al.* (3). De beregnet desimeringstiden for *E.coli* i sjøvann gjennom et helt døgn. 50 liters plastposer ble fylt med sjøvann og plassert i vannoverflaten. *E.coli* ble tilsatt og prøver ble uttatt kontinuerlig. Resultatene er gjengitt i fig. 2.

Resultatene viser at T_{90} -verdien kl. 0500 er 40 timer, og blir redusert til ca. 5 timer kl. 1100.

Effekten av dypet ble også undersøkt av de samme forskerne. Sollys blir absorbert i vannet, og lysintensiteten avtar med økende dyp. Resultatene til *Bellair et al.* (3) viste følgende verdier for lysintensiteten



Figur 2. T_{90} -verdier for *E.coli* i overflaten av sjøvann og målt solstråling pr. time 16. februar 1976 (etter *Bellair et al.*) (3).

på ulike dyp (i prosent av lysintensiteten ved 0 m).

0 m	100%
0,5 m	80%
2 m	40%
5 m	10%

Desimeringsforsøk ble utført på disse dypene ved å senke ned blanke glassflasker med vann podet med *E.coli*. Resultatene viste at desimeringstiden avtok med økende dyp og direkte proporsjonalt med lysintensiteten.

Anson og Ware (17) konkluderer med at over en viss terskelverdi vil lysintensiteten etterhvert maskere andre faktorer som påvirker desimeringen av *E.coli* i sjøvann. Ved høye lysintensiteter er trolig lyset den viktigste desimeringsfaktoren sammen med fortynning og sedimentering.

Niemi (19) har studert desimeringen av *Escherichia coli* Phage T7 i ulike vann typer. Hun konkluderte bl.a. med at sollys reduserer overlevelsesevnen til T7-virus betraktelig.

4.3. Temperatur.

Forholdet mellom temperatur og overlevelsesevne er vanligvis at overlevelsesevnen avtar med økende temperatur. Det skyldes dels en direkte effekt på mikro-

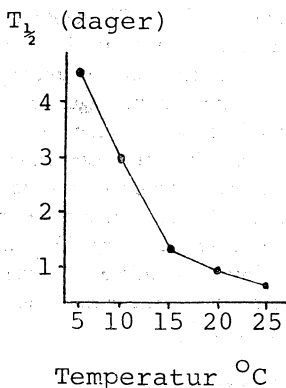
organismene selv (økt stoffskifte hos bakterier) og dels en indirekte effekt ved å påvirke den biologiske aktiviteten i vannforekomstene (3). En lang rekke forsøk har gitt informasjon om temperaturens betydning for desimeringstiden (1, 10, 13, 14, 15, 19, 21, 23, 25, 30, 31).

Mitchell og Starzyk (1) undersøkte temperaturens betydning for desimeringen av *Salmonella typhimurium* og indikatorbakterier ved ulike temperaturer. Resultater over T_{90} -verdien ved ulike temperaturer er satt opp i Tabell 1.

Bakterie	Temp. °C	0	5	10	20
<i>E.coli</i>		12	16	9	8
<i>Salmonella typhimurium</i>		13	6	8	7
<i>Streptococcus bovis</i>		1	2	1	1
<i>Streptococcus faecalis</i>		20	19	20	20

Tabell 1. T_{90} -verdier (dager) for noen bakterier ved ulike temperaturer (etter Mitchell og Starzyk, (1).

Tendensen er at *Salmonella typhimurium* desimeres omtrent like raskt som *E.coli*. De fekale streptokokkene viser et forskjellig desimeringsmønster. *Str.bovis* desimeres raskt ved alle temperaturer mens *Str. faecalis* desimeres langsomt ved alle temperaturer.



Figur 3. Temperaturens betydning for desimeringen av *E.coli*. Desimeringen er angitt som halveringstid ($T_{1/2}$). Etter McFeters & Stuart, (23).

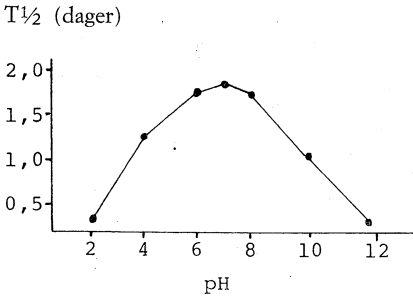
McFeters og Stuart (23) testet temperaturens betydning for desimeringen av *E.coli* i membrankamre. Halveringstiden ($T_{1/2}$) avtok med økende temperatur som vist i Fig. 3.

Desimering av virus i vann påvirkes av temperaturen i vannet (14, 15, 19, 21). Mahnel et al. (15) viste at ni ulike virus overlevde lenger ved 9°C enn ved 15°C, men ved begge temperaturene var desimeringstiden lang.

4.4. pH

Vannforekomster har vanligvis et ganske stabilt pH-område på pH 6—8. I norske elver og innsjøer med lav bufferevne og som er påvirket av sur nedbør kan pH være nede i området 4,5—5. Enkelte forsøk har belyst pH's innflytelse på desimeringen av miljøfremmede mikroorganismer i vann (5, 15, 23).

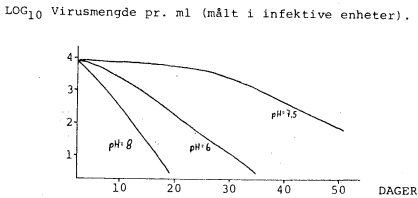
McFeters og Stuart (23) gjorde forsøk med *E.coli* i membrankamre. Halveringstiden ($T_{1/2}$) ved ulike pH-verdier er gjengitt i Figur 4.



Figur 4. pH's betydning for desimeringstiden for *E.coli* i ellevann. Desimeringen angitt som halveringstid ($T_{1/2}$). (Etter McFeters og Stuart, (23).

I surt og alkalisk vann dør *E.coli* raskere ut enn i vann med pH fra 6—8. Andre forsøk (5) viser den samme tendensen.

Mabnel et al. (15) har studert pH's innflytelse på ulike virus. Desimeringskurver for koppevirus ved ulike pH-verdier er gjengitt i Figur 5.



Figur 5. pH's innflytelse på desimeringen av koppevirus. (Mabnel et al. (15).

Koppe-virus desimeres langsommere ved pH = 7,5 enn ved pH = 6 og pH = 8.

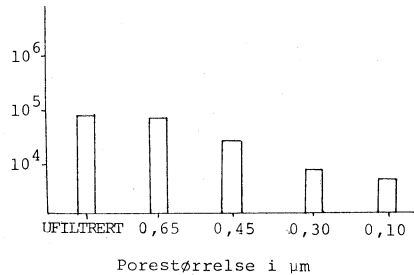
4.5. Adsorpsjon til partikler.

Mikroorganismer vil når ulike partikler (celler, detritus, leire o.l.) er tilstede i vannmassene, ha en tendens til å adsorbe-

res til disse (16, 19, 25). På denne måten vil mikroorganismene være bedre beskyttet mot virkningen av ulike desimeringsfaktorer. En annen hypotese er at partiklene binder til seg stoffer som virker desimerende på mikroorganismene.

Gerba og Schaiberger (16) undersøkte effekten av partikulært materiale på overlevelsesvevnen til virus i kunstig sjøvann. Ved å filtrere kunstig sjøvann gjennom filtre med ulike porestørrelser (0,1—0,65 μm) fikk de vann som inneholdt ulik mengde og type partikler. De studerte tapet av virus titer (uttrykt som nedgangen i Plakk-dannende enheter, PFU) for *Escherichia coli* B bakteriofag T_2 . Resultatene er gjengitt i Figur 6.

PFU/ml etter 6 dager

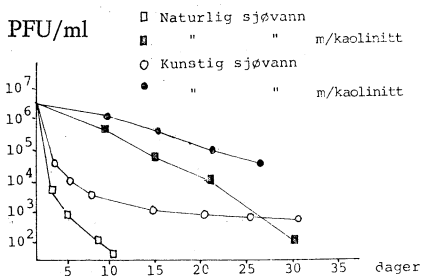


Figur 6. Tap av virusiter (PFU/ml) for *E.coli* bakteriofag T_2 i kunstig sjøvann som ble filtrert gjennom filtre med ulike porestørrelser (etter Gerba og Schaiberger, (16).

Fig. 6 viser at vide porer gir mindre tap av virus titer enn trange porer. Denne effekten skyldes at flere partikler passerer de vide porene.

Gerba og Schaiberger (16) gjorde også forsøk der de til naturlig og kunstig sjøvann satte 500 mg kaolinit (leirepartikler)/l og undersøkte tap av virus titer på

samme måte som nevnt ovenfor. Naturlig og kunstig sjøvann uten tilsetning av leirepartikler ble brukt som kontroll. Resultatene er vist i Fig. 7.



Figur 7. Tap av virusiter (PFU/ml) i naturlig og kunstig sjøvann med og uten 500 mg kaolinitt/l. (Etter Gerba og Schaiberger, (16).

Forsøkene viste at både i kunstig og naturlig sjøvann har tilsetning av 500 mg kaolinitt pr. liter en beskyttende effekt overfor desimeringen av T₂-virus.

Faust et al. (25) gjorde tilsvarende forsøk med *E.coli*. Ved tilsetning av 500 mg/l av montmorillonitt (et partikulært org. stoff) økte halveringstiden fra 0,72 dager til 0,98 dager.

4.6. Saltholdighet.

Saltholdighetens betydning som desimeringsfaktor er undersøkt av flere (5, 16, 18, 21), både for bakterier og virus.

Carlucci og Pramer (5) lagde ulike fortynninger av sjøvann med dejonisert vann og testet overlevelsesvnen til *E.coli* som prosent overlevelse etter 48 timer. Resultatene er angitt i tabell 2.

Kons. av sjøvann	% overlevelse etter 48 t.
0	59,9
25	74,5
50	34,6
75	22,5
100	8,2

Tabell 2. Sjøvannskonsentrasjonens innflytelse på overlevelsesvnen til *E.coli* (5).

Faust et al. (25) fant også at overlevelsesvnen til *E.coli* avtok proporsjonalt med saltholdigheten.

Akin et al. (18) undersøkte saltholdighetens betydning for tap av infektivitet for poliovirus 1. Filtrert sjøvann fra Mexico-gulven ble fortynnet med destillert vann for å oppnå forskjellig saltholdighet i forsøksvannene. Resultatene viste at tapet av infektivitet var proporsjonalt med saltholdigheten i området 1 g/kg til 32 g/kg. Forsøk med kunstig sjøvann med ulik saltholdighet viste ikke denne proporsjonaliteten.

Lo et al. (21) fant ingen signifikant forskjell på overlevelsesvnen til tre enterovirus ved ulike saltholdigheter i forsøksvannet.

Gerba et Schaiberger (16) konkluderer i sine forsøk at høyt saltinnhold i seg sjøl ikke påvirker overlevelsesvnen til *E.coli* Bakteriofag T₂.

4.7. Organisk stoff.

Desimeringen av mikroorganismer i vann påvirkes av mengde og type organisk stoff som er til stede i vannet (13),

16, 22, 25, 30). Partikulært organisk stoff har en beskyttende effekt både for bakterier og virus (13, 16, 22). Dette gjelder både for organisk stoff i bunnsedimentene og partikulært organisk stoff i vannmassene. Men oppløst organisk stoff gir også bedre vekstvilkår for naturlige mikroorganismer (bakterier og protozoer). Disse organismene bruker også miljøfremmede mikroorganismer som næring, og vil på den måten resultere i en raskere desimering.

Forholdet mellom organisk stoff og desimering av miljøfremmede mikroorganismer er derfor vanskelig å forklare generelt.

4.8. Veksthemmende stoff.

Det blir hevdet at vannets naturlige mikroflora skiller ut stoffskifteprodukter som har antibiotisk effekt overfor miljøfremmede bakterier. Dette forholdet er undersøkt av flere forskere (6, 11, 14) og resultatene er ikke entydige.

Carlucci & Pramer (6) testet 200 bakteriekolonier fra sjøvann dyrket på Nutrient agar. Ingen av disse isolatene produserte påviselige mengder med veksthemmende stoff mot *E.coli* eller *Bacillus subtilis*.

Bonde (11) påviste veksthemmende stoffer mot *E.coli* i sjøvann. Ved å tilsette sjøvann til laktosebuljong ble det i enkelte tilfeller registrert hemning av syre- og gassproduksjon hos *E.coli*. Produksjon av veksthemmende stoffer ble forårsaket av ulike *Bacillus*-arter.

Enkelte *alger* produserer akrylsyrederivater. Disse stoffene har vist seg å ha veksthemmende effekt overfor *E.coli* (29).

4.9. Vannets naturlige mikroflora.

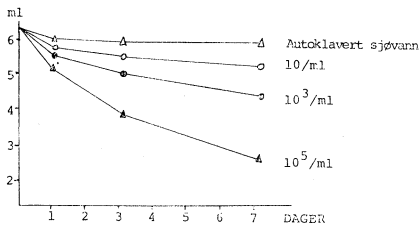
Vannets naturlige mikroflora er hovedsaklig sammensatt av bakterier, sopp, protozoer og alger. I vannforekomstene danner disse organismene en del av det biologiske samfunn og er tilpasset miljøet i vannet. Samfunnet er i større eller mindre grad i økologisk balanse. Tilføres forurensninger skjer det forandringer i miljøet. Den naturlige mikroflora vil prøve å opprettholde et konstant miljø ved å bryte ned og eliminere ulike forurensningskomponenter. På denne måten kan desimering av miljøfremmede mikroorganismer sees på fra en økologisk synsvinkel. En lang rekke arbeider har vært utført for å få kunnskap om den naturlige mikrofloras betydning for desimering av miljøfremmede mikroorganismer.

Flere vannøkologer mener at protozoene spiller den viktigste rollen (9, 20). Videre deltar også bakterier i desimeringen av miljøfremmede mikroorganismer i vann (8, 9, 12, 14, 17, 18, 27). Alger og bakterievirus har mindre betydning (7, 29).

Mitchell & Yankofsky (8) undersøkte betydningen av den naturlige mikrofloraen. Autoklavert sjøvann ble tilsatt *E.coli* (10^6 /ml) og ulike mengder med marine mikroorganismer. Desimeringskurver for *E.coli* fra dette forsøket er gjengitt i Fig. 8.

Det framgår av kurvene at desimeringen av *E.coli* i sjøvann går raskere ved økende mengder tilsatte mikroorganismer. Mitchells teori går ut på at det i vannforekomstene utvikles en spesiell mikroflora som lyserer *E.coli*-celler. Dette ble vist ved såkalte reinokulasjonsforsøk. Ved slike forsøk tilsettes *E.coli* til forsøksvannet. Når *E.coli* er desimert tilsettes *E.coli* på nytt. Det viste seg da at nøle-

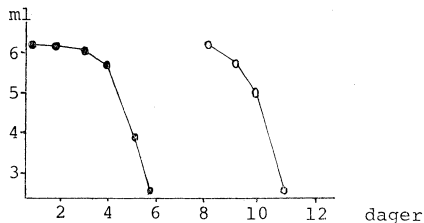
Log E.coli/ml



Figur 8: Desimeringskurver for *E.coli* i autoklavert sjøvann tilsatt ulike mengder marine mikroorganismer. (Etter Mitchell og Yankosky, (8)).

fasen, den horisontale delen av desimeringskurven i starten, forsvinner. Dette forholdet er vist i Fig. 9.

Log E.coli/ml

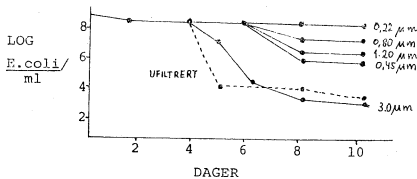


Figur 9. Desimeringskurver for *E.coli* i sjøvann ved reinokulasjonsforsøk.

● — ● 1. inokulasjon av *E.coli*
○ — ○ 2. inokulasjon av *E.coli*
(Etter Mitchell & Yankosky (8)).

Enzinger og Cooper (9) studerte betydningen av bakterier og protozoer for desimeringen av *E.coli* i et estuarområde. Ved å filtrere vann gjennom filtre med ulike poreåpninger ($0,22\mu$ — $3,0\mu$) fikk de forsøksvann som inneholdt forskjellige fraksjoner av den naturlige mikroflora. Forsøkene ga desimeringskurver for *E.coli* som vist i fig. 10.

I vann som ble filtrert gjennom filtre med $0,22\mu$ porer kunne det ikke på-



Figur 10. Desimeringskurver for *E.coli* i vann som er filtrert gjennom filtre med ulike porestørrelser. (Etter Enzinger og Cooper (9)).

vises mikroorganismer som kunne lysere *E.coli*. I filtrater fremkommet etter filtrering gjennom filtre med porestørrelse $0,45$ — $1,2\mu$ ble det påvist forskjellige lysende bakterier, blant annet *Bdellovibrio bacteriovorus*, en bakterie som er obligat parasitt overfor bakterier. I filtrater framkommet etter filtrering gjennom filtre med porestørrelse $3,0\mu$ ble det i tillegg til bakterier også påvist protozoer. Desimeringskurven for *E.coli* i vann som var filtrert gjennom filtre med $3,0\mu$ porestørrelse var svært lik desimeringskurven for *E.coli* i ufiltrert vann.

Disse forsøkene viser at protozoer er de mest aktive predatorer overfor *E.coli* i vann fra et estuarområde. Bakterier spiller en mindre rolle.

5. Desimeringstiden for ulike mikroorganismer i vann.

Hittil har ulike desimeringsfaktorer vært omtalt. Fra en vannhygienikers side er det minst like viktig å ha kjennskap til forholdet mellom overlevelsesvevnen til ulike patogene mikroorganismer og indikatorbakterier for fekal forurensing. Slik informasjon oppnås ved å teste ulike mikroorganismers overlevelsesvevne under like miljøbetingelser.

Mitchell og Starzyk (1) undersøkte overlevelsesvevnen til *Salmonella* og indi-

katorbakterier i filtersterilisert elvevann ved ulike temperaturer. Deres resultater er gjengitt i tabell 1 under avsnitt 4.3. Disse forsøkene viste at *Escherichia coli* og *Salmonella typhimurium* har desimeringstider av samme størrelsesorden.

McFeters et al. (2) undersøkte over-

levelsesevnen til indikatorbakterier og tarmpatogener i brønnvann. Bakteriene de testet var isolert fra kloakk eller fra fæces fra ulike dyr. Resultatene er gjengitt i tabell 3, der desimeringstidene er angitt som $T_{1/2}$ i timer.

Bakterie	$T_{1/2}$	Antall testede stammer
<i>Indikatorbakterier</i>		
Koliforme bakterier (gj.snitt)	17,0	29
Fekale streptokokker (gj.snitt)	22,0	20
Koliforme bakt. fra råslam	17,5	
Streptokokker fra råslam	19,5	
Streptococcus equinus	10,0	1
Streptococcus bovis	4,3	1
<i>Patogene bakterier</i>		
Shigella dysenteriae	22,4	1
Shigella sonnei	24,5	1
Shigella flexneri	26,8	1
Salmonella parathypi A	16,0	1
» parathypi D	19,2	1
» typhimurium	16,0	1
» typhi	6,0	2
Vibrio cholerae	7,2	3
Salmonella parathypi B	2,4	1

Tabell 3. Desimeringstider ($T_{1/2}$ i timer) for indikatorbakterier og patogene bakterier i brønnvann (etter *McFeters et al.* (2)).

Disse forsøkene viser forholdsvis god overensstemmelse med forsøkene til Mitchell og Starzyk. Desimeringstidene for koliforme bakterier og fekale streptokokker er av samme størrelsesorden som de fleste testede patogene bakterier. *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella parathypi B* hadde kortere overlevelsestid enn indikatorbakteriene ved disse forsøkene.

Det er interessant å merke seg forskjellen i desimeringstid mellom koliforme bakterier og fekale streptokokker. *McFeters et al.* diskuterer dette i relasjon til bruk av forholdet mellom termotabile koliforme bakterier og fekale streptokokker som hjelpemiddel til å kartlegge forurensninger med fekalier fra mennesker og dyr. De konkluderer med at slike forholdstallsbetraktninger bare har verdi der

den fekale forurensingen er under ett døgn gammel.

Desimeringstider for ulike virus i vann er undersøkt av flere (14, 15, 19, 21, 25, 28, 32). For virus er det ikke angitt konkrete T_{90} -verdier. Desimeringen er vanligvis uttrykt som den tiden infektive en-

heter (IE) kan påvises. Generelt har virus større overlevelsevne i vann enn bakterier.

Mabnel *et al.* (15) testet ni ulike virusarter tilhørende ulike genera i ferskvann. Resultatene fra forsøkene er gjengitt i tabell 4.

<i>Virusart</i>	<i>Genus (Familie)</i>	<i>99% tap av infektivitet (dager)</i>
Teschenvirus	Enterovirus (Picorna)	>200
Vacciniavirus	Poxvirus	200
Reovirus	Reovirus	175
HCC-virus	Adenovirus	130
Newcastle-Disease virus	Paramyxovirus	110
Munn- og klovsjukevirus	Rhinovirus (Picorna)	40
Aujeszky-Virus	Herpesvirus	25
Vesikulær stomatitt-virus	Rhabdovirus	25
Sindbis	Alphavirus (Toga)	18

Tabell4. Tap av 99% infektivitet (dager) for ulike virus. (Etter Mabnel *et al.* (15).

Enterovirus har i følge disse forsøkene størst overlevelsevne Mabnel *et al.* konkluderer med at Enterovirus, Reovirus, Adenovirus og Poxivirus under naturlige forhold kan holde seg infektiose i opptil flere måneder.

6. Desimering av mikroorganismer i ulike vanntyper.

En tredje problemstilling er hvilken evne ulike vanntyper har til å eliminere mikrobielle forurensinger. De arbeidene som har vært utført (19, 23, 32) viser at det er stor forskjell på ulike vanntypers evne i så måte. Størst desimerende evne har sjøvann. Deretter følger brakkvann, eutroft ferskvann og til slutt oligotroft

ferskvann, som har minst desimerende evne.

I Norge har det vært utført innledende forsøk på å studere dette forholdet (33). I tabell 5 er gjengitt T_{90} verdier ved 28°C for *E.coli* i vann fra Oslofjorden v/Drøbak (sjøvann), Østensjøvannet (eutroft ferskvann) og Maridalsvannet (oligotroft ferskvann).

<i>Vanntype</i>	<i>T₉₀ i timer</i>
Oslofjorden v/Drøbak	12
Østensjøvannet	24
Maridalsvannet	126

Tabell 5: Desimering av *E.coli* ved 20°C i ulike norske vannforekomster (33).

Det går fram av tabell 5 at *E.coli* desimeres raskest i sjøvann. I sterkt eutroft ferskvann er desimeringen også relativt rask. I oligotroft ferskvann har derimot *E.coli* stor overlevelsessevne.

7. Diskusjon og avslutning.

I denne framstillingen er det presentert en del resultater som belyser forholdene vedrørende desimering av mikroorganismer i vann. De resultatene som har vært brukt her tyder på at en lang rekke faktorer har betydning. Resultatene fra ulike kilder tyder på at desimeringsfaktorene har ulik betydning i forskjellige miljøer. Det er enighet om at fortykning, sedimentering, lys og temperatur er svært viktige desimeringsfaktorer.

Når det gjelder andre fysikalsk/kjemiske og biologiske faktorer tillegges de ulik betydning av forskjellige forskere. Det som kjennetegner de fleste rapportene er at en eller få desimeringsfaktorer har vært undersøkt. Forskerne finner sammenhenger mellom ulike desimeringsfaktorer og overlevelsessevne i sine forsøksystemer, og trekker konklusjoner ut fra dette. En del av de nyeste rapportene går spesielt inn på de biologiske faktorene (9, 14, 20, 29). Den rollen som vannforekomstenes naturlige mikroflora spiller er blitt mer sentral. *Enzinger & Cooper* (9) konkluderer med at protozoene spiller den største rollen. Bakteriefloren har også en viss betydning. Enkelte rapporter (11, 29) tyder også på at stoffer som utskilles fra bakterier og alger kan ha betydning for desimeringen.

Temperaturen er en viktig desimeringsfaktor som menes å ha både direkte og

indirekte betydning for desimeringen. Ved høyere temperatur er bakterienes metabolisme større, slik at forurensingsbakteriene dør raskere. Høyere temperatur skrur også opp metabolismen i vannforekomstene. Dette resulterer i økt aktivitet hos protozoer og bakterier i vannet.

Den beskyttende evne som sedimentene har overfor miljøfremmede mikroorganismer er også et relativt nyoppdaget forhold (11, 16, 23).

Når det gjelder desimeringsfaktorene og deres betydning må konklusjonen bli at det er en lang rekke faktorer som har ulik betydning under ulike forhold.

Indikatorbakterier for fekal forurensing har overlevelsestider i vann av samme størrelsesorden som viktige tarmpatogene bakterier. Virus har større overlevelsessevne i vann enn bakterier. Dette betyr at indikatorbakteriene ikke gir noen god indikasjon på tilstedeværelse av patogene virus i vannforekomstene.

Ved å teste mikroorganismenes overlevelsessevne i ulike vann typer fås et uttrykk for desimeringsfaktorenes samlede effekt overfor mikroorganismene. Dette er relatert til vannforekomsters selvrensende evne.

Forhold vedrørende desimering av mikroorganismer er viktig for forståelse av virkningene av mikrobielle forurensinger i vannforekomster. Stadig flere drikkevannskilder blir i dag påvirket av kloakk. Hvilken risiko mennesker og dyr utsettes for med hensyn til spredning av sjukdom på denne måten vil i framtiden bli et mer aktuelt spørsmål. Kjennskap til desimeringsforhold for indikatorbakterier og patogene mikroorganismer blir viktig i denne sammenheng.

REFERANSER

1. *Mitchell, D. D. & Starzyk, M. J.*: Survival of *Salmonella* and other indicator microorganisms.
Can. Journ. of Microb., 1975, 21, 1420—1421.
2. *McFeters, G. A. et al.*: Comparative Survival of Indicator Bacteria and Enteric Pathogens in Well Water.
App. Microbiol., 1974, 27, 823—829.
3. *Bellair, J. T. et al.*: Significance of diurnal variations in fecal coliform die off rates in the design of ocean outfalls.
Journal WPCF, 1977, 2022—2030.
4. *Carlucci, A. F. & Pramer, D.*: An Evaluation of Factors Affecting the Survival of *Escherichia coli* in Sea Water. I: Experimental procedures.
Appl. Microbiol., 1960, 8, 243—247.
5. *Carlucci, A. F. & Pramer, D.*: An Evaluation of Factors Affecting the Survival of *Escherichia coli* in Sea Water. II: Salinity, pH and Nutrients.
App. Microbiol., 1960, 8, 247—250.
6. *Carlucci, A. F. & Pramer, D.*: An Evaluation of Factors Affecting the Survival of *Escherichia coli* in Sea Water. III: Antibiotics.
Appl. Microbiol., 1960, 8, 251—254.
7. *Carlucci, A. F. & Pramer, D.*: An Evaluation of Factors Affecting the Survival of *Escherichia coli* in Sea Water. IV. Bacteriophages.
Appl. Microbiol., 1960, 8, 254—256.
8. *Mitchell, R. & Yankofsky, S.*: Lysis of *Escherichia coli* by Marine Micro-organisms.
Nature, 1967, 215, 891—893.
9. *Enzinger, R. M. & Cooper, R. C.*: Role of Bacteria and Protozoa in the Removal of *Escherichia coli* from Estuarine Waters.
Appl. and Env. Microbiology, 1976, 31, 758—763.
10. *Gyllenberg, H. et al.*: Survival of Bifid Bacteria in Water as Compared with That of Coliform Bacteria and Enterococci.
Appl. Microbiol., 1960, 8, 20—22.
11. *Bonde, G. J.*: Studies on the Dispersion and Disappearance Phenomenon of Enteric Bacteria in the Marine Environment.
Rev. Intern. Oceanogr. Med. Tome IX, 1968, s. 17—44.
12. *Schwartsbrod, L. et al.*: Essai d'expression du pouvoir bactériolytique spontané global d'une eau.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 284, 1977, Serie D, s. 111—118.
13. *Wuhrman, K.*: Stream Purification.
In. Water Pollution Microbiology. R. Mitchell (ed.)
Wiley-Interscience, New York, N.Y. (1972).
14. *Mitchell, R.*: Ecological Control of Microbial Imbalances.
In. Water Pollution Microbiology. R. Mitchell (ed) Wiley-Interscience,
New York, N.Y. (1972).
15. *Mabnel, H. et al.*: Stabilität von neun Virurarten unterschiedlicher Genera in Trink- und Oberflächenwasser.
Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B. 164, 64—84 (1977).
16. *Gerba, C. P. & Schaiberger, G. E.*: Effect of particulates on virus survival in seawater.
J.W.P.C.F., 47, No 1. s. 93—103 (1975).

17. Anson, A. E. & Ware, G. C.: Laboratory Studies on the Effect of the Container on the Mortality of *E.coli* in Seawater. *Water Research*, 9, 895—899, 1971.
18. Akin, E. W. *et al.*: The loss of Poliovirus I. Infectivity in Marine Waters. *Water Research*, 10, 59—63, 1976.
19. Niemi, M.: Survival of *Escherichia coli* Phage 7 in different Water Types. *Water Research*, 10, 751—755, 1976.
20. Drake, J. F. & Tsuchiya, H. M.: Predation on *Escherichia coli* by *Colpoda steinii*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 31, No 6, 870—874, 1976.
21. Lo, S. *et al.*: Stability of Human Enteroviruses in Estuarine and Marine Waters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 32, No 2, 245—249, 1976.
22. Gerba, C. P. & McLeod, J. S.: Effects of sediments on the survival of *Escherichia coli* in Marine Waters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 32, 1, 1976, s. 114—120.
23. McFeters, G. A. & Stuart, D. G.: Survival of Coliform Bacteria in Natural Waters. Field and Laboratory Studies with Membrane Filter Chambers. *Appl. Microbiol.*, 24, No 5, 805—811, 1972.
24. Zanoni, A. E. *et al.*: An in situ determination of the disappearance of coliforms in lake Michigan. *Journ. W P C F*, 1978, s. 321—330.
25. Faust, M. A. *et al.*: Effect on Physical Parameters on the In Situ Survival of *Escherichia coli* MC-6 in an Estuarine Environment. *Appl. Microbiol.*, 30, No 5, 800—806, 1975.
26. Berry, S. A. & Noton, B. G.: Survival of Bacteriophages in Seawater. *Water Research*, 10, 323—327, 1976.
27. Guelin, A. *et al.*: Sur L'autoépuration des eaux. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.* 1968, s. 221—227.
28. Kott, Y.: Survival of T Bacteriophages and Coliform Bacteria in Sea Water. *Texas Univ. Inst. marine sci. Publ.* 11, s. 1—6, 1966.
29. Brown, R. K. *et al.*: Effect of some Unicellular Algae on *Escherichia coli* Populations in Sea Water and Oysters. *Journ. of Appl. Bacteriology*, 43, 129—136, 1977.
30. Verstraete, W. & Voets, J. P.: Comparative Study of *E.coli* Survival in two Aquatic Ecosystems. *Water Research*, 10, 129—136, 1976.
31. Davenport, C. V. *et al.*: Fecal Indicator Bacteria Persistence Under Natural Conditions in an Ice-Covered River. *Appl. and Environ. Microbiol.* 32, No 4, 527—536, 1976.
32. Herrmann, J. E.: Persistence of Enteroviruses in lake Water. *Appl. Microbiol.* 28, No 5, 895—896, 1974.
33. Østensvik, Ø.: Upubliserte resultater.