

Microbiologische risico's van slib voor de gezondheid

Voordracht uit de 16e vakantiecursus in behandeling van afvalwater 'Slib opnieuw bekeken', gehouden op 7 en 8 mei 1981 aan de TH Delft.

De toxicologische problemen samenhangend met het gebruik van slib, afkomstig van rioolwaterzuiveringsinstallaties, hebben de laatste jaren sterk de aandacht getrokken. De directe en indirecte betekenis voor de gezondheid hiervan is echter in een aantal gevallen (nog) onduidelijk. De veelal beter kwantificeerbare en kwalificeerbare microbiologische aspecten dreigen daardoor meer op de achtergrond te geraken. De microbiologische kringlopen zijn evenwel in belangrijke mate bekend en kunnen soms als model voor de toxicologische dienen.



PROF. DR. J. HUISMAN*
GGD Rotterdam

Het leek daarom juist een korte bespreking van enkele microbiologische factoren in deze cursus op te nemen.

Als algemeen aanvaard principe kan worden gesteld dat de gebruikelijke twee-traps-rioolwaterzuivering er niet in slaagt hygiënisch volledig betrouwbaar effluent en slib te produceren. Het in Nederland gangbare huishoudelijk afvalwater bevat tussen 10^6 - 10^8 E. coli per 100 ml; door de zuivering slaagt men erin dit aantal met 90 à 95 % te reduceren (tabel I). Dit betekent in wezen dat — ondanks dit goede resultaat — pathogene (micro-) organismen in effluent en slib kunnen worden aangetroffen; dit betreft voornamelijk pathogeen-faecale bacteriën, virussen, cysten van eencellige protozoën (zoals *Entamoeba histolytica*, *Lambia intestinalis* = *Giardia lamblia*) en wormeieren (*Taenia saginata*, *Ascaris lumbricoides* en *Enterobius vermicularis*) die via slib aan de kringloop kunnen blijven deelnemen. Naast deze humane, pathogene organismen kunnen ook (faecale) dierlijke en zelfs plantenpathogenen in circulatie blijven c.q. geraken.

De medisch-hygiënische betekenis van de aanwezigheid van enkele voor Nederland belangrijke pathogene (micro-) organismen in slib zal aan de hand van enkele voorbeelden worden toegelicht. Het voorkomen van pathogenen in afvalwater (en dus indirect in slib en effluent) wordt in belangrijke mate bepaald door de epidemiologische situatie in land of regio. Deze wordt op zijn beurt weer mede gevormd door een reeks factoren, zoals:

* Buitengewoon Hoogleraar in de Algemene Hygiëne en Epidemiologie, Technische Hogeschool Delft.

Samenvatting

Via uitgegist slib kunnen een aantal pathogene (micro-) organismen wederom in circulatie geraken en in een, waarschijnlijk beperkt, aantal gevallen mens en dier bereiken. Voor de mens betreffen dit besmettingen via direct contact met gecontamineerd slib (dat als zwarte aarde wordt gebruikt) en de indirecte besmetting met vlees afkomstig van met *Taenia saginata* geïnfecteerde runderen, die op hun beurt door slib kunnen worden geïnfecteerd.

Behalve voor taeniasis, lijkt de relatieve medische betekenis van direct contact met slib beperkt, gezien de zeer intensieve, andere kansen op besmetting met bijv. *Salmonella*, *Campylobacter* en hepatitis A.

1. De epidemische (ziekte-) situatie.

Deze wordt bepaald door het vóórkomen in het gebied van epidemieën van bijv. kinderverlamming of hepatitis A.

2. De endemische (ziekte-) situatie.

Dit geeft het normale profiel van via het maagdarmlkanaal overgebrachte endemische, microbiële en parasitaire ziekten. Dit profiel wordt onder meer bepaald door:

- 2a. de intensiteit van de bio-industrie,
- 2b. de import van veevoederbestanddelen,
- 2c. het toerisme,
- 2d. de permanente aanwezigheid van buitenlanders,
- 2e. het gevoerde vaccinatiebeleid.

Als toelichting voor punt 2e. moge dienen dat in landen waar men kinderverlamming bestrijdt door orale toediening van verzwakte, levende poliovaccins, deze vaccinvirussen regelmatig uit ruw huishoudelijk afvalwater, effluent en slib kunnen worden geïsoleerd.

Naast de genoemde epidemiologische factoren spelen verder de effectiviteit van

TABEL I - Reductie in bacteriegetal (*E.coli*) door rioolwaterzuivering*.

	Aantal bact. uit de Coli-groep per ml	%
Ruw afvalwater	3×10^5	100
Effluent	6×10^3	2
Vers slib	5×10^6	100
Uitgegist slib	6×10^4	1,3
Uitgegist slib op droogveld na:		
5 maanden	3×10^3	—
12 maanden	$1,5 \times 10^2$	—

* Afhankelijk van de epidemiologische situatie bevat ruw afvalwater $1,5 \times 10^4$ salmonellae / ml en effluent 10^3 / ml; d.i. een reductie van 93 %.

TABEL II - Temperatuur, expositietijd in minuten en afsterving van pathogene organismen.

Afstervings-tijd in minuten van:	bij een temperatuur van				
	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
E. histolytica	5	—	—	—	—
eieren van <i>Ascaris</i>	60	7	—	—	—
E. coli	—	—	60	—	5
S. typhi*	—	—	30	—	4
M. tuberculosis	—	—	—	—	20
Virussen	—	—	—	—	25

* Voor de 'overige' salmonellae gelden over het algemeen langere afstervings tijden dan voor S. typhi.

het zuiverings- en gistingsproces ten aanzien van de eliminatie van (potentiële) ziekteverwekkers en de overlevingskansen van deze micro-organismen tijdens en na de zuiveringsprocedure een rol. In tabel II wordt de afsterving van pathogene micro-organismen, afhankelijk van de temperatuur en de tijd weergegeven. Hierbij is te bedenken dat over het algemeen bij het slib-gistingsproces géén hogere temperaturen dan 50 °C optreden.

In de laatste jaren staat het vóórkomen van virussen in afvalwater, oppervlaktewater en drinkwater sterk in de belangstelling. Het betreft hier virussen afkomstig van de mens, mens en dier (zoönosen), exclusief dierlijke virussen (voornamelijk afkomstig van huisdieren en landbouwnutsdieren), van vissen, van insecten, van planten en — tenslotte — virussen welke parasiteren op bacteriën en schimmels ('fagen'). Een aantal belangrijke mens-pathogene virussen dat in afvalwater, oppervlaktewater, slib en eventueel drinkwater kan worden aangetroffen wordt in tabel III vermeld.

De praktische vraag waar wij — de tot dusverre verstrekte gegevens overziende — voor worden geplaatst luidt: vormt de aanwezigheid van deze pathogenen in slib bij de in Nederland gebruikelijke toepassing, direct of indirect, een praktisch gezondheidsprobleem in relatie tot andere besmettingsmogelijkheden?

Voor de beantwoording van deze vraag moeten wij ons in de eerste plaats realiseren van welke factoren het in het algemeen afhangt of 'besmetting' van de mens ook inderdaad gevolgd wordt door 'infectie' (= locale of algemene ziekte).

Enkele van deze factoren zijn:

- a. Factoren gelegen in de gastheer, zoals de leeftijd, de algemene voedingstoestand, het geslacht en de plaatselijke en algemene weerstand.
- b. Factoren gelegen in het (micro-) organisme, zoals de soort ziekteverwekker, zijn infectiositeit (= de mate waarin vermenigvuldiging in de gastheer plaatsvindt),

TABEL III - Specifieke mens-pathogene virussen in afvalwater, oppervlaktewater, slib en eventueel drinkwater.

Virusfamilie	Genera soorten	Voorkomen in:		
		rioolwater en slib	oppervlaktewater	drinkwater
Poliovirus	Picornaviridae	+++	++	(+)
	ECHO	+++	++	(+)
	Coxsackie v.	++	+	-
	Hepatitis A	+	?	(+)
Reovirus	Reoviridae	+	+	-
	Rotavirus	++	+	(+)
Coronavirus	Coronaviridae	+	-	-
Adenovirus	Adenoviridae	+	+	(+)

(+) = onder slechte hygiënische omstandigheden.

zijn *pathogeniteit* (= het ziekmakend vermogen) en — last but not least — *het aantal micro-organismen*.

Voor al deze laatste genoemde factor speelt in de infectieziektenleer een belangrijke rol. Men drukt dat uit in het begrip minimaal infectieuze dosis (MID_{50} = die dosis die 50 % van de proefdieren of proefpersonen 'ziek' maakt). In tabel IV worden van een aantal ziekteverwekkers de MID_{50} globaal weergegeven.

De MID bepaalt in belangrijke mate of een infectieziekte erg 'besmettelijk' is (= gemakkelijker overgaat in het normale onderlinge menselijke verkeer of bijvoorbeeld via voeding of water). De MID wordt meestal vastgesteld op basis van proeven op (goed gevoede, nauwkeurig geobserveerde, menselijke) vrijwilligers. Het is aannemelijk te achten dat bij, bijvoorbeeld, slechte voedingstoestand, zoals deze zo vaak in de tropen wordt aangetroffen, deze experimenteel vastgestelde doses te hoog zijn en dat dan met minder kiemen eveneens infectie ontstaat. Met deze kennis gewapend, kunnen wij ons een oordeel trachten te vormen over de relatieve betekenis voor mens en dier van pathogenen in uitgestort slib. Het slib wordt gebruikt

TABEL IV - MID_{50} van enkele belangrijke menselijke, faecale pathogenen.

Soort	Aantal kiemen
V. cholerae	10^9
E. coli	$10^4 - 10^5$
Salmonella sp. *)	$10^5 - 10^9$
S. typhi	$10^2 - 10^3$
Sh. sonnei	$10^1 - 10^2$
Campylobacter sp. jejuni	$10^2 - 10^3$ (?)
Yersinia sp.	?
Picornaviridae	
(Polio, ECHO, Coxsackie)	$10^1 - 10^2$
Hepatitis A	10^1 (?)
Lamblia-cysten	$10^1 - 10^2$
Entamoeba hist. cysten	$10^1 - 10^2$
Ascaris-eieren	1 - 10
Taenia-eieren	1 - 10

*) Onder bijzondere omstandigheden blijken bij bepaalde serotypen lagere infectiedoses voor te komen.

als meststof in de landbouw, de tuinbouw, de bollenteelt, in plantsoenen als 'zwarte grond', verder kan het worden verbrand, gestort of afgevoerd worden naar oppervlaktewater. Enkele van deze toepassingen vormen direct of indirect (via nutsdieren of huisdieren) een potentieel gevaar voor de mens. Immers kinderen kunnen zwarte grond van plantsoenen, tuinen en parken direct in de mond brengen ('pica': de neiging, vooral van kinderen, om oneetbare stoffen — zoals aarde — te eten; ook geofagie genoemd), een verschijnsel dat meer voorkomt dan men geneigd zou zijn te vermoeden. Het is dan ook denkbaar dat kinderen op deze wijze zich met overlevende bacteriën, virussen en bepaalde daartoe geschikte wormeieren en cysten kunnen infecteren, daar — gezien hun relatief, geringe lichaamsgewicht — de MID bij hen kleiner is dan in tabel IV is weergegeven. Bij (volwassen) werkers in de land- en tuinbouw of in de bollenteelt of bij hoveniers is deze besmettingsweg minder aannemelijk te achten. Ten aanzien van jonge kinderen wordt er overigens de aandacht op gevestigd dat het *directe faecaal-orale* contact bij hen onderling veel belangrijker moet worden geacht. De via pica ontstane microbiologische besmetting is (i.t.t. de toxicologische van bijvoorbeeld lood) — zo deze in Nederland al voorkomt — van ondergeschikte betekenis te achten. Dit geldt met name voor besmetting met salmonellae, shigellae, Campylobacter, hepatitis A, enterovirus-infecties en waarschijnlijk evenzeer voor de cysten van Giardia, waarbij *andere* besmettingswegen voorop staan (direct faecaal-oraal, via voedsel).

Men kan zich voorstellen dat huisdieren (kat en hond) via plantsoenaarde met salmonellae worden besmet; zij kunnen op deze wijze direct en indirect een zeker gevaar voor de eigenaar en zijn gezin vormen.

Verder is denkbaar dat kinderen en volwassenen worden besmet door met slib verontreinigd oppervlaktewater (door baden

of zwemmen). Voorwaarde voor het ontstaan van infectie hierbij is dat een bepaalde, minimale hoeveelheid zwemwater wordt geconsumeerd. De gemiddelde bader of zwemmer neemt bij zijn recreatieve activiteit ± 40 à 50 ml water op. De kans dat de reeds genoemde pathogenen op deze wijze de mens bereiken is weliswaar theoretisch niet uit te sluiten, maar moet — in vergelijking tot andere besmettingswijzen — behalve misschien voor virussen en shigellae — gering worden geacht. Tenslotte moet in dit verband worden gewezen op de consumptie van waterdieren (voornamelijk vis en gevogelte) welke door het verblijf in met ziektekiemen verontreinigd oppervlaktewater daarna 'drager' zijn geworden. De kans dat besmetting met salmonellae en Campylobacter op die wijze tot stand komt, lijkt iets groter (gerookte, gecontamineerde paling; secundaire faecale besmetting van toebereid waterwild). Uit de beschikbare literatuur blijkt deze besmettingsweg inderdaad incidenteel voor te komen.

Een reëel probleem vormt de besmetting van de mens met lintwormen via consumptie van 'vinnen' bevattend rundvlees. Eieren van Taenia saginata zijn zeer resistent ten opzichte van op hen inwerkende invloeden en overleven ook in belangrijke mate de rioolwaterzuivering. Door slib als meststof voor weilanden te gebruiken bestaat de mogelijkheid van infectie van runderen. Het getuigt dan ook van wijs beleid om — na het opbrengen van slib — het begrazen van weilanden tenminste 6 weken uit te stellen, waarbij het overigens de vraag is of deze periode onder alle omstandigheden voldoende is, gezien de sterk wisselende temperatuur-afhankelijke afstervingsstijden van Taenia-eieren. Op grond van de jaarverslagen van de Veterinaire Hoofinspectie blijkt een besmettingspercentage van runderen van ruim 2 % en van kalveren 0,01 %. Over het voorkomen van taeniasis bij de mens zijn wij veel minder ingelicht. Uit een enquête, welke in 1959 door een Commissie uit de Gezondheidsraad werd ingesteld, bleek een incidentie van 142 per 100.000 inwoners, zodat van een belangrijk praktisch probleem kan worden gesproken. Nemen wij aan dat een gemiddelde lintwormdrager $7,5 \times 10^5$ eieren per dag produceert, dan betekent dat voor Nederland — op basis van deze oude gegevens — een produktie van 9×10^8 eieren per dag. Via onderlopende uiterwaarden met al of niet gezuiverd rioolwater van stroomopwaarts gelegen steden en dorpen en door het gebruik van slib voor bemestingsdoel-einden voor weilanden bestaat een continue besmettingsdruk op de Nederlandse rundveestapel. In 1976 werd taeniasis bij de

Slib-Compostering, een nieuwe vorm van natuurlijke slibverwerking

Voordracht uit de 16e vakantiecursus in behandeling van afvalwater 'Slib opnieuw bekeken', gehouden op 7 en 8 mei 1981 aan de TH Delft.

mens aangifteplichtig op grond van het Uitvoeringsbesluit van de Wet Bestrijding Infectieziekten en Opsporing Ziekte-oorzaken. Het aantal aangegeven getallen schommelde in de periode 1976 - 1980 tussen $\pm 40 - 70$ gevallen per jaar. Uit dit summiere gegeven blijkt een belangrijke mate van 'underreporting': ons inzicht in het voorkomen van taeniasis bij de mens is beperkt. Gezien het tamelijk constant blijvende infectiepercentage bij runderen moet het werkelijke aantal patiënten veel groter zijn.

Faecale besmettingen spelen zich in Nederland af via rechtstreeks oraal-faecaal contact (voornamelijk bij kinderen) of door besmetting van voedsel, hetzij door de hand van de bereider, hetzij (hetgeen praktisch steeds het geval is) dat het voedsel de consument in reeds besmette toestand bereikt. Salmonellose en campylobacteriose van de mens zijn belangrijke problemen voor de volksgezondheid. Het is aannemelijk dat per jaar ± 100.000 gevallen van deze beide ziekten voorkomen. Besmetting vindt in de overgrote meerderheid der gevallen plaats via vlees of vleeswaar. De kringloop van salmonellae en Campylobacter is complex en van de laatste kiem nog slechts ten dele bekend. Het doorbreken van de zeer uitgebreide kringlopen der salmonellae is een bijna onoplosbaar (en in ieder geval een zeer kostbaar) probleem geworden. De rol van besmet slib in deze kringlopen voor de menselijke pathologie lijkt beperkt. Decontaminatie van slib vormt daarom — behalve voor taeniasis bij de mens (een aandoening die overigens uitstekend te behandelen is) — bij de bestrijding van faecale besmettingen niet het hoofddoel maar de afsluiting ervan en heeft — gezien de andere besmettingsmogelijkheden in Nederland en de hoge kosten van decontaminatie — medisch gesproken geen hoge prioriteit.

1. Inleiding

De belangstelling voor slibconditionering kan niet los gezien worden van de problemen die verwacht worden met de verwerking en afvoer van steeds grotere hoeveelheden zuiveringsslib.

De belangrijkste kenmerken van dit slib-afvoerprobleem voor Nederland, blijken uit het volgende overzicht:

— De slibproductie zal van 1978 tot 1985 verdubbelen. Inclusief defosfatering zal in 1985 in totaal circa 400.000 ton slib d.s. in Nederland geproduceerd worden.



I.R. A. PONSEN*
Grontmij nv, De Bilt

— De ontwerpen van de toekomstige grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen laten zien dat er een procentuele toename te verwachten is van, met kamerfilterpersen ontwaterd, slib.

— De slibverwerking op grote afvalwaterzuiveringsinrichtingen middels filterpers-ontwatering en aansluitende verbranding lijkt voor velen de enige, doch ook duurste oplossing te zijn.

— De aandacht die tegenwoordig aan natuurlijke slibverwerkingssystemen besteed wordt is vooral te danken aan:

- de eenvoudige en storingsongevoelige bedrijfsvoering;
- de relatief lage kosten;
- de veelal ingebouwde opslagcapaciteit;
- de betere mogelijkheden voor hergebruik.

Ruimte is veelal de beperkende factor, daarnaast zullen de milieuhygiënische aspecten een beperkende factor kunnen zijn.

Naast directe afvoer van nat of ontwaterd slib naar de landbouw en de zwarte grond-

bereiding al of niet gecombineerd met slibblagunering is slibcompostering de voor Nederland nieuwste vorm van natuurlijke slibverwerking.

In het verleden zijn vooral door de VAM en de SVA pogingen ondernomen om ontwaterd c.q. nat slib tegelijk met huisvuil, veelal volgens het in Wijster toegepaste Van Maanensysteem te composteren. Specifieke slibcompostering wordt tot nu toe voornamelijk toegepast in Zweden en Duitsland (systemen Kneer en Schnorr) en in de USA (systeem Beltsville). Thans is door de STORA een onderzoek gestart naar de procestechnologische kenmerken, de uitvoeringsvormen en de kosten van specifieke slib-composteringssystemen. Deze publicatie is derhalve voor een belangrijk deel gebaseerd op gegevens die verzameld zijn t.a.v. dit STORA-project.

2. Wat is slib-compostering?

Slibcompostering is een methode om ontwaterd zuiveringsslib onder toevoeging van organische toeslagstoffen (zaagsel, huishoudelijk afval, landbouwafval, ruwe compost) te stabiliseren, te pasteuriseren en een gebruikswaarde te geven. De toeslagstoffen bevorderen de vochtigheid, de luchtdoordring en de C/N-verhouding waardoor de biologische stabilisatie in algemene zin bevordert wordt. De aanwezigheid van biologische activiteit betekent:

- consumptie van zuurstof;
- stofwisselingsprocessen met betrekking tot koolstof, stikstof en fosfor;
- warmte-ontwikkeling waardoor mogelijkheden aanwezig zijn voor vernietiging van pathogene organismen, onkruid zaad, e.d.;
- vermindering van de oplosbaarheid van zware metalen als gevolg van oxidatie;
- afbraak van sommige pesticiden.

Slibcompost is, evenals huisvuilcompost, in de eerste plaats een grondverbeteringsmiddel waardoor vooral de waterhuishouding in de bodem bevordert wordt. Daarnaast bezit slibcompost een geringe bemestende waarde door de aanwezigheid van stikstof en fosfor.

In principe kunnen een drietal compost-kwaliteiten onderkend worden:

— Ruwe of ongerijpte compost.
De zuurstofbehoefte bedraagt nog: $\pm 2,5$ l per kg d.s. per dag.
Stikstof en zwavel gedeeltelijk aanwezig als ammonium en sulfide. Kans op stankhinder!

— Gerijpte compost.
Zuurstofbehoefte: 0,7 l/kg d.s. per dag.

TABEL I - Overzicht slibafvoer Nederland.

	1978	In procenten: 1979	1985
landbouw	34	41	20
overig 'groen'	15	21	20
storten	30	24	30-50
verbranden	3	2	13-10
naar zee	13	11	—
diversen	5	1	—
Totaal ton/jr	200.000	230.000	400.000

* Thans GP Ecoplan; adviesgroep voor afvalverwerking en milieuwetgeving.