

# Nedslamming og forsøpling av havbunnen ved utslipp av kommunalt avløpsvann

Av Jarle Molvær, Kjell Øren og Knut Kvalvågnes

Jarle Molvær er cand.real. med hovedfag fysisk oseanografi, og forskningsleder ved NIVA.

Kjell Øren er siv.ing. fra NTH, bygg, og forskningsleder ved NIVA.

Knut Kvalvågnes er cand.real. med hovedfag marin zoologi og forskningsassistent ved NIVA.

## Innledning

Når man studerer et utslipp av urensset kommunalt avløpsvann, er det gjerne nedslamming og forsøpling omkring selve utslippsstedet man først reagerer på. Mest iøyenfallende er selvsagt dette ved utslipp i strandsonen.

Ved etablering av nye utslipp blir avløpsvannet nå ført bort fra strandsonen og ut på dypt vann. Effekten av det partikulære materialet som avløpsvannet fører med seg blir da ikke direkte synlig lenger — «søppelet feies under teppet». Effekter på bunnen er imidlertid fortsatt tilstede.

Etter oppdrag fra SFT har NIVA sammenstilt data om innholdet av partikulært materiale i kommunalt avløpsvann, rensseffekter ved aktuelle rensmetoder og opplysninger om nedslamming rundt etablerte dyputslipp (1). De vesentligste resultatene fra denne undersøkelsen blir omtalt i det følgende.

## Partikulært materiale i urensset og rensset avløpsvann

Nedenfor gis en enkel og grov sammenstilling av innholdet av en del lett skjemmende komponenter i kommunalt avløpsvann, samt antatte rensseffekter ved ulike rensmetoder. Opplysningene er hentet fra litt. (2)-(6), og baserer seg på en avløpsmengde på 200 m<sup>3</sup>/person-år.

Når det gjelder forurensningsproduksjonen er det for komponentene filler, sand, flytestoff m.m. gjort lite systematiske undersøkelser her i landet, og tallene refererer seg helst til erfaringer fra USA. Komponenten flytestoff er spesielt usikler.

Hovedformålet med tabell 1 er å angi forskjellen mellom de ulike rensprinsipper, og tallene i tabellen må vurderes ut fra dette. Tabellen viser forøvrig at det er store mengder sedimenterbart materiale som slippes ut: Et urensset utslipp fra 1000 pe tilsvarende ca. 20 tonn/år.

Rense- prinsipp Komponent	Ingen rensing	Maskin- renset rist	Sil	Mekanisk renset	Primær- felling	Enhet
Flytestoff	0,5	0,4	0,1	0	0	kg/person.år
Filler og annet grovt materiale	10	1	0	0	0	l/person.år
Sand, kaffegrut og tilsvarende	20	18	4	0	0	l/person.år
Sedimenterbart stoff (ekskl. filler, sand mm.)	20	20	8	0	0	kg/person.år
Suspendert stoff (ekskl. filler, sand mm.)	30	30	25	12	4	kg/person.år

Tabell 1. Årlige utslippsmengder til resipient etter ulike rensemetoder.

### Generelt om spredning av partikulært materiale ved dyputslipp

Ved utløp fra ledningen på sjøbunnen vil avløpsvannet begynne å stige mot overflaten fordi dets egenvekt er lavere enn sjøvannets. Avhengig av utforming av utslippsarrangement, utslippsdyp, sjiktning i resipienten mv., vil avløpsvannet stige og i varierende grad blande seg med omkringliggende sjøvann, og enten nå overflaten eller innlagres dypere nede.

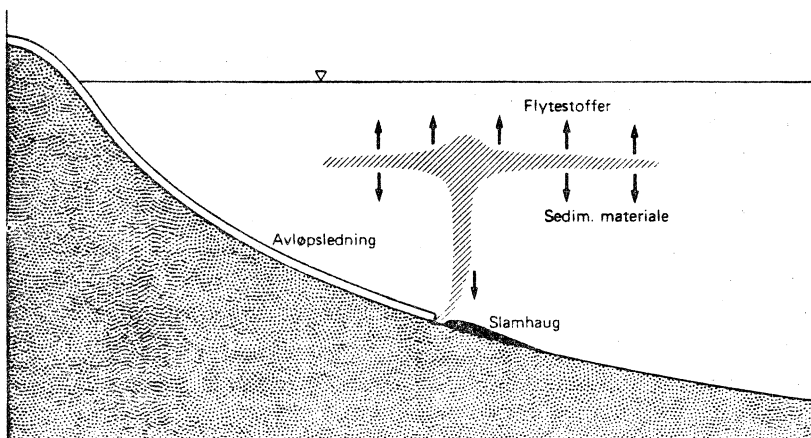
Samtidig med at dette foregår, blir det partikulære materiale skilt i to fraksjoner, se fig. 1. En grov fraksjon (filler, sand, kaffegrut, ekskrementer mv.) sedimenterer omgående nær munningen av utløpsledningen. Ofte dannes her en slamhaug, som kan være av stort omfang. Dette området vil vi kalle nærsonen. De lettere fraksjonene (flytestoffer, suspen-

dert stoff, noe finere sedimenterbart materiale) følger med avløpsvannets vertikale bevegelse til innlagringsdyp, eller fortsetter til overflaten.

*Formen på det området som materialet sedimenterer på, vil i hovedsak være bestemt av bunntopografi og strømforholdene på stedet. I prinsippet er det tre hovedtyper. Disse er skissert nedenfor (fig. 2). Utslippspunktet er angitt med sort.*

De faktorene som bestemmer *størrelsen* på det berørte bunnområdet er:

- \* Utslippets størrelse
- \* Rensegrad
- \* Vannutskiftningsforholdene: strømshastighet, strømretning, spesielt nær bunn og i innlagringsdyp

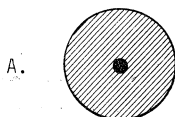


Figur 1. *Generelt bilde av transport av partikulært materiale ved dyputslipp av kommunalt avløpsvann.*

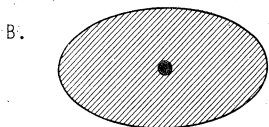
- \* Topografi og bunnforhold
- \* Utslppsarrangement.

Disse faktorene kan variere fra sted til sted, og det er dermed klart at nedslammingen av bunnen vil være forskjellig fra utslipp til utslipp.

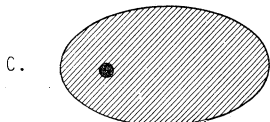
Uten omfattende målinger av fortyningsforhold og innlagingsdyp, strømhas-tigheter og strømretning samt sedimen-terings-hastighet for de ulike typer av partikulært materiale, vil det neppe være mulig å utvikle pålitelige modeller som beskriver form og størrelse av nedslam-mingsområder (7).



Utslipp på sted uten dominerende strømretninger og relativt flat bunn.



Utslipp på sted med to hovedretninger for strømmen,  $180^{\circ}$  i forhold til hverandre. Vanlig i områder med dominerende tidevannsstrømmer.



Utslipp på sted med én dominerende strømretning, eventuelt på sterkt skrånende bunn.

Figur 2. *Formen av nedslammet område under forskjellige strømforhold.*

## Forurensningseffekter på bunnen

Forurensningsproblemene knyttet til avløpsvannets innhold av partikulært materiale har to sider:

- *estetisk* ved at bunn og vannmasser skjemmes av toalett-papir, plastavfall, ekskrementer, slam mv.
- *fysisk/biologisk* ved nedslamming av bunnen og medfølgende forringelse eller ødeleggelse av bunnfaunaen.

Det er utført svært få systematiske undersøkelser av nedslamming og forsøpling av bunnen rundt utslipp av kommunalt avløpsvann. De undersøkelser som er utført er oftest foretatt i forbindelse med tekniske undersøkelser av utslippsledningen. Vi har funnet fram til fem undersøkelser.

I forbindelse med PRA-prosjektet «Undersøkelse av eksisterende dypvannsutslipp», ble det i 1972 utført dykkerundersøkelser av 60 utslippsledninger på kyststrekningen Østfold—Bergen (8). Hensikten var å se på bygningsmessige og driftsmessige forhold, og dykkerteamet hadde ikke utstyr eller kapasitet til å måle avløpsvannets virkning på resipienten. De fleste utslippsledninger hadde vært i bruk i 2—8 år med en belastning på under 1000 pe. Grovt regnet hadde ca. 1/3 av utslippene ingen rensing, ca. 1/3 førte avløpsvann fra septiktanker og ca. 1/3 førte avløpsvann fra slamavskillere eller i noen få tilfeller fra sedimenteringsanlegg eller anlegg med rister. I de aller fleste tilfeller førte ledningene også overvann.

Ved utslipp av urensset avløpsvann var det vanlig med en slamhaug foran røråpningen og i mange tilfeller et stort slamdekket areal omkring. Der septik-

tanker var benyttet, var det relativt færre tilfeller med slamhauger. Opplysninger om strømforhold, driftsforhold, størrelsen av de berørte arealer er imidlertid for mangelfulle til at det kan trekkes noen sikre konklusjoner på effekten av septiktanker.

For den tredje kategorien, *slamavskillere* — *mekanisk renseanlegg* gir resultatene inntrykk av en litt mindre nedslamming enn for septiktanker. Men variasjonene var store, og i flere tilfeller ble det registrert slamhauger på 10—15 m<sup>2</sup> utenfor eldre utslipp fra 4—700 pe. Liksom for septiktanker kan det her være spørsmål om hvordan slamavskillerne har fungert.

Fire andre dykkerundersøkelser gir mer kvantitative beskrivelser av omfang og virkning av nedslamming utenfor utslippsledninger. Undersøkelsene gjelder to dyputslipp i Harstad kommune (9), en undersøkelse av en rekke kloakkutslipp i Troms fylke i 1981 (10) og undersøkelser av dypvannutslipp ved Vallø og Vårnes i Vestfold i 1978 og 1981 (11, 12). Alle undersøkelsene ble utført med deltakelse av marinbiologer.

Tabell 2 gir en oppsummering av resultatene. Med «uberørt område» menes områder der man under dykkingen *visuelt* ikke kunne observere forskjell fra opplagt upåvirkede områder. *Vi understreker at dette ikke utelukker muligheten for at grundigere undersøkelser ville kunne påvise effekter i større avstand.*

De fleste av utslippene er på *forholdsvis grunt vann* (< 10 m dyp), i områder med gjennomgående *god vannutskiftning*. Dette betyr sannsynligvis at lettere svevepartikler, f.eks. av papir, transporteres langt av gårde.

Tabell 2. Dykkerobservasjoner av nedslamming omkring dyputstipp.

Sted	Utslippsdyb	Antall p.e	Rensing	Resipient	Diameter på for-søplet og ned-slammet areal	Vollhøyde	Største av stand tll. uberørt område	For-nter, på- sløddet, kommentarer	Referans
Kroken sør Tronso kommune	ca. 7 m	3000	Ingen	Tromsøysundet	10 m	1 m	150 m	Grus, fyller-papir, ekskre-menter	16
Norddyn Tronso kommune	10 m	ca. 2500	Ingen	Tromsøysundet	10 m	0,5-1 m	100 m	Lekkasje i strandsonen	16
Nansens plass Tronso kommune	I overflaten under kai	ca. 1500	Ingen	Tromsøysundet	5 m	1-2 m	20 m	Sand og grus, noe ekskre-menter	16
S. Zakar-tassensgt. Tronso kommune	I vannkanten	ca. 3500 + fiskefore-dlingsdrift	Ingen	Tromsøysundet	50-100 m	-	> 50-100 m	Hele området i bukta er på-virket	16
Stakkevøllan Tronso kommune	I overflaten	ca. 3000	Ingen	Tromsøysundet	ca. 30 m	ca. 1 m	ca. 30 m	Dronnisk slam med betydning innslag av toilettpapir	16
Sorgenfri Tronso kommune	ca. 7 m (lavvann)	ca. 2000	Ingen	Tromsøya, sør-vestsiden, god vannutskifting	5 m	1 m	ca. 75 m	Stor lekkasje i strandlinjen	16
Langnes Tronso kommune	ca. 6 m	ca. 6000	Ingen	Tromsøya, Sand-nessundet, god vannutskifting	-	-	Diffus over-gang	Beskjeden påvirkn. p.g.a. sterk strøm	10
Kvaløysletta sør Tronso kommune	ca. 5 m	ca. 1100	Silanlegg rotostreiner	Kvaløya, Sandnes-sundet	2-3 m	ca. 0,3 m	ca. 10 m	Naturlige forhold selv nær utslippet	10
Nordkjosbotn Baisfjord kommune	10 m	600-800	Silanlegg Thune Eureka	Fjordbotn, elve-tidevann, elve-utløp, brakkv.	2 m	0,2 m	ca. 8 m	Slam uten grovere partikler	10
Karoliusbukta I Finnsnes, Lenvik kommune	ca. 3 m	ca. 110	Ingen	Liten bukt nær kai	10-15 m	ca. 0,5 m	20-30 m	Slamhaugen høyere enn selve ut-slipet	10
Karoliusbukta II Finnsnes, Lenvik kommune	7-8 m	ca. 380	Ingen	Liten bukt nær kai, hoved-sakelig tide-vannutskifting	5-10 m	0,5-1 m	20-30 m	Sand, grus, kaffe-grut, papir, eks-kremerer	10
Olderhamna, Finnsnes Lenvik kommune	ca. 4 m	ca. 370	Ingen	Åpen, stor bukt	10-15 m	1,5-2 m	ca. 30 m	Sand, kaffegrut, tekstiler, plast, papir og ekskrem.	10

Tabell 2. Dylkerobersjoner av nedslamming omkring dypstlipp, forts.

Sted	Utslippsdyb	Antall p.e.	Renning	Resipient	Diameter på torso- spillet og ned- slammet areal	Vollhøyde	Største av- stand til "uberørt" område	Kommentar på slamhaugen, kommentarer	Referanse
Fjordbotn Senja kommune	ca. 4 m	ca. 220	Underdim. slamvaskil- ler	Fjordbotn, fjordevann, elveutløp	10 m	0,5 m	15 m	Utenfor den org- slamhaugen er bunnen lite på- virket	10
Senjahopen Senja kommune	ca. 14 m	ca. 150	Ingen	Innløp Senja- hopen, tidev. brå vannutsk.	2 m	< 0,1 m	ca. 5 m	Betydelig lek- kasje i strand- sonen	10
Senesvagen Sarstadv. kommune	ca. 8 m	7000	Ingen	Åpen bukt, god vannutskifting	10-15 m	ca. 1 m	40-50 m	Ekskremerer, filler, papir etc.	9
Gansabotn Sarstadv. kommune	9-10 m	Ikke oppgitt for utslip- pet alene, til Gansås- totalt dren- erer 10-12000 p.e.	Ingen	Smal, inneluk- ket bukt, dårlig vann- utskifting	15-20 m	ca. 1 m	> 50 m	Store sekundær- virkninger p.g.a. innelukket om- råde	9
Varnes Stokke kommune	40 m	ca. 4000	Mekanisk	Dypbøl i trang innelukket fjord, dårlig vannutskifting	-	-	-	Diffusor på ut- slippet. Ingen slamhaug, men bunnen består av bløtt, svart slam	11
Vallø Senja kommune	40 m	Okende inntil ca. 45000	Urenset	Åpent farvann, god vannut- skifting	ca. 100 m	1 m	> 150 m	Voll av sand og faste, tyngre partikler av svart kornet materiale. Nærområdet dekket av hvitt hetero- trof vekst	11
Vallø Senja kommune	30 m	ca. 45 000	Mekanisk	Åpent farvann, god vannut- skifting	ca. 50 m	1 m	150 m	Voll av sand og faste, tyngre partikler hvitt heterotroft belegg er nå borte	12

## Sammendrag og konklusjoner

1. Dykkerobservasjonene tyder på at *urensede* utslipp fra henimot 6—7000 pe i vannmasser med god utskiftning kan medføre en ødeleggende nedslamming innenfor en avstand på 5—10 m fra utslippet (anslagsvis 75—300 m<sup>2</sup>). Avstanden til visuelt uberørte områder kan være opp mot 50 m, *dvs. en påvirkning av i størrelsesorden 4.000—6.000 m<sup>2</sup>*. Her må det understrekes at omfanget kan variere mye fra sted til sted, men nedslammingen er et typisk lokalt problem.
2. Bare ett stort utslipp ble undersøkt — Vallø. Sett i forhold til de andre, mindre utslippene tyder observasjonene der på at omfanget av nedslammingen økte noenlunde proporsjonalt med belastningen. I dette tilfellet med en faktor på 8—10 for diameter på nærsonen og 50—100 for arealet av denne.
3. Septiktanker eller slamavskillere synes å gi en viss reduksjon av nedslammingsproblemene. Kjennskapet til driftsforhold og resipientforhold er imidlertid for dårlig til at reduksjonen kan kvantifiseres. I to tilfeller var avløpsvannet rensert med sil. Antall pe tatt i betraktning, synes nedslammingen av bunnen å være vesentlig mind-

re ved bruk av sil enn for urensede utslipp, noe som er i samsvar med antatte renseseffekter.

4. Det foranstående gir en relativt god beskrivelse av størrelsen av det området (nærsonen) som ved urensede utslipp kan utsettes for en ødeleggende nedslamming. Størst usikkerhet knytter seg til:
  - a. Størrelsen av det området som *totalt* påvirkes av nedslamming. Dette forutsetter en tilstrekkelig god beskrivelse av områdets form. Opplysningene vil være spesielt viktig for bedømmelse av nedslamming ved moderate til store utslipp.
  - b. Den reduksjon i nedslamming av bunnen som oppnås ved bruk av slamavskillere og silanlegg.

For å gi sikrere opplysninger om dette bør nedslammingen rundt et antall dyp-utslipp undersøkes av dykkende marinbiologer. Utslppsstedene bør primært velges ut fra størrelse av utslippet, eventuelt rensemetode, og hvor lenge utslippet har pågått. Videre må det legges vekt på at strømforhold og bunntopografi bør være mest mulig representativt for vanlige utslippssteder.

## LITTERATUR

- (1) *Molvær, Jarle, Øren, Kjell og Kvalvågnæs, Knut*, 1983: Nedslamming og forsøpling av bunnen ved utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. NIVA-rapport 0-81006-IV.
- (2) *Balmér, Peter*: En grov vurdering av forurensningsutslippene fra tettsteder langs Norges kyst ved ulike avløpstekniske løsninger. 0-101/76, NIVA, arbeidsnotat av 26.8.76.

- (3) *Balmér, Peter, Stene Johansen, Svein, Christensen, F. B., Garmann, J. J.*: Enkle rensemetoder. PRA 5, februar 1976.
- (4) *Eikum, Arild S., Harr, Christen, Ofte, Jørunn, Balmér, Peter*: Kjemisk felling av kommunalt avløpsvann. PRA 24, mai 1979.
- (5) *Metcalf & Eddy, Inc.*: Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York 1979.
- (6) *Johansen, Øivind og Karlsen, Tom A.*: Driftundersøkelse av silanlegg. NTNFs Utvalg for drift av rensesanlegg. Prosjektrapport 12, august 1978.
- (7) *Kob, Robert C. Y.*, 1982: Initial Sedimentation of Waste Particulates Discharged from Ocean Outfalls. Environ. Sci. Technol. 1982, 16, 757—763.
- (8) *Johansen, Øivind*, 1972: PRA 5. Utslipp av forurenset vann i resipient. Undersøkelse av eksisterende dypvannutslipp. Fremdriftsrapport nr. 4. Rapport fra feltundersøkelse av 62 dypvannutslipp ved hjelp av dykkere. NIVA-rapport 0-107/71.
- (9) *Knutzen, Jon, Kvalvågnæs, Knut og Magnusson, Jan*, 1977: Orienterende resipientundersøkelse i Troms. Harstad kommune. NIVA-rapport 0-40/76.
- (10) *Høvik, Johnny og Aareffjord, Finn*, 1982: Troms fylkeskommune. Utbyggingsavdelingen. Dykkerundersøkelse av bestående kloakkutslipp i Troms fylke. Rapport fra Ing. Chr. F. Grøner A/S og I/S Miljøplan.
- (11) *Rygg, Brage og Kvalvågnæs, Knut*, 1979: Resipientundersøkelse ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Rapport nr. 2. Biologiske undersøkelser i juli 1978. NIVA-rapport 0-74095.
- (12) *Rygg, Brage, Boken, Tor og Kvalvågnæs, Knut*, 1982: Resipientundersøkelser ved Vallø og Sem og Vårnes i Stokke. Rapport nr. 3, Biologiske undersøkelser i 1981. NIVA-rapport 0-74095.