

Miljøgifter i kommunalt avløpsvann

Av Ragnar Storhaug
Kjell Terje Nedland
Bjarne Paulsrud

Forfatterne er alle ansatt hos Aquateam -
Norsk vannteknologisk senter A/S

Sammendrag

Denne artikkelen er basert på SFT-prosjektet "Kartlegging av miljøgifter i kommunalt avløpsvann" (1), hvor målet har vært å:

- Kartlegge mengden av de viktigste miljøgifter som tilføres kommunalt nett og hvorledes disse fordeler seg fylkesvis.
- Kartlegge utslippene fra kommunale ledningsnett og renseanlegg, samt det som spres ut med kloakkslam.

Innenfor rammen av dette prosjektet har det ikke vært mulig å framskaffe et komplett datagrunnlag for å foreta de nødvendige beregningene. Etter en grundig vurdering ble det besluttet å gjennomføre et systematisk prøvetakingsprogram ved 13 kommunale avløpsrenseanlegg i Norge. Prøvene ble analysert på 7 tungmetaller og 5 organiske miljøgifter.

Ut fra 4 prøvetakingsomganger, hver med en varighet på 1 måned, er det beregnet middelkonsentrasjoner i ubehandlet avløpsvann for de analyserte miljøgiftene. For tungmetallene er det foretatt en beregning av fylkesvise utslipp. Dette er ikke gjort for de organiske miljøgiftene fordi spredningen i

konsentrasjonene som ble registrert i de 13 prøvetakingspunktene, var for stor. I tillegg var konsentrasjonen i en del prøver lavere enn deteksjonsgrensen.

Innledning

Statens forurensningstilsyn (SFT) legger stor vekt på å få et forbedret datagrunnlag om miljøgiftutslipp til vann. Som en del av dette arbeidet er det svært viktig å kunne tallfeste utslippet av miljøgifter via kommunalt avløpsnett. Industribedrifter som er tilknyttet kommunalt avløpsnett, inngår i undersøkelser, mens bedrifter med separate utslipp ikke er medregnet. Tidligere har det ikke vært etablert noen fast rutine for analyse av miljøgifter i kommunalt avløpsvann. Enkelte av de større avløpsrenseanleggene har på eget initiativ gjennomført analyseprogrammer for å kartlegge innholdet av miljøgifter i avløpsvannet. I "Veiledning for utslippskontroll ved kommunale renseanlegg" (2) legges det opp til at 12 ukeblandprøver av utløpsvannet skal analyseres for tungmetaller. Dette gjelder imidlertid bare for anlegg som er dimensjonert for mer enn 30000 pe. På landsbasis utgjør dette forholdsvis få anlegg. I forslaget til "Forskrift om

slam fra avløpsrenseanlegg m.v."(3) settes det krav til prøvetaking og analyse av slammet for innhold av tungmetaller. Selv om forskriften formelt ikke er vedtatt (pr. 1. feb. 1994), blir det gjennomført kontrollanalyser av slam i en rekke fylker. Datagrunnlaget for innhold av tungmetaller i slam er på grunn av dette betydelig bedre enn det som foreligger for avløpsvann. For å få bedre oversikt over utslippene av miljøgifter med kommunalt avløpsvann har derfor SFT gjennomført prosjektet "Kartlegging av miljøgifter i kommunalt avløpsvann"

Hovedmålet med dette prosjektet har vært å:

- Kartlegge mengden av de viktigste miljøgifter som tilføres kommunalt nett og hvorledes disse fordeler seg fylkesvis.
- Kartlegge utslippene fra kommunale ledningsnett og renseanlegg, samt det som spres ut med kloakkslam.

Følgende miljøgifter inngår i kartleggingen:

Tungmetaller

Kvikksølv (Hg)

Kadmium (Cd)

Bly (Pb)

Nikkel (Ni)

Sink (Zn)

Krom (Cr)

Kobber (Cu)

Organiske miljøgifter

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

p-nonylfenol

1,1,1 trikloretan

trikloretan

tetrakloretan

Som en del av prosjektet er det gjennomført prøvetaking i 13 prøvetakingspunkter i Norge. Av praktiske årsaker er samtlige prøvetakingspunkter lagt i tilknytning til kommunale avløpsrenseanlegg. I tabell 1 er det gjort en sammenstilling av data for renseanleggene som har inngått i undersøkelsen. Anlegg nr. 5, Hvarnes renseanlegg, har ikke tilknyttet verken bensinstasjoner eller industri. Tilløpet her representerer derfor rent husholdningsavløp. Også Ål og Andslimoen har lite industri tilknyttet. De andre anleggene blir tilført avløpsvann fra de fleste kategorier industribedrifter som er tilknyttet kommunalt avløpsnett i norske byer og tettsteder. Overvann fra tett trafikkerte områder bidrar også i perioder i betydelig grad til transporten av forurensninger til renseanleggene.

Prøvetakingsopplegg

Det ble gjennomført prøvetaking i 4 perioder. Hver prøvetakingsperiode hadde en varighet på 1 måned. De 4 periodene ble plassert slik at de dekket de 4 årstidene.

- Prøvetakingsperiode nr 1:

16. november - 16. desember 1992

- Prøvetakingsperiode nr 2:

1. februar - 1. mars 1993

- Prøvetakingsperiode nr 3:

23. april - 24. mai 1993

- Prøvetakingsperiode nr 4:

11. juni - 12. juli 1993

Følgende laboratorier har utført analysene:

- Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ): totalfosfor og totalnitrogen

Tabell 1. Oversikt over renseanleggene som har deltatt i undersøkelsen

Anlegg nr	Navn	Fylke	Kommune	Tilknytning organisk (antall pe)	Årlig avløpsmengde (mill m ³)	Merknader
1	FOA 1)	Østfold	Interkommunalt	85.000	11,8	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
2	HIAS 2)	Hedmark	Interkommunalt	70.000	8,2	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
3	Elverum r.a.	Hedmark	Elverum	13.800	1,4	
4	Ål r.a.	Buskerud	Ål	1930	0,46	
5	Hvames r.a.	Vestfold	Larvik	200	0,008	
6	Knarrdalstrand r.a.	Telemark	Interkommunalt	31.000	5,1	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
7	Saulekilen r.a.	Aust Agder	Arendal	26.000	5,5	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
8	Knappen r.a.	Hordaland	Bergen	58.000	17,0	
9	Høvringen r.a.	Sør Trøndelag	Trondheim	122.000 (hydraulisk)	32,2	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
10	Andslimoen r.a.	Troms	Målselv	4.000	1,1	
11	Ladehammeren r.a.	Sør Trøndelag	Trondheim	40.000 (hydraulisk)	4,7	
12	Bekkelaget r.a.	Oslo/Akershus	Oslo	200.000	34,5	Mottar sigevann fra kommunal avfallsfylling
13	VEAS 3)	Oslo/Akershus	Interkommunalt	560.000 ⁴⁾	125	

1) Fredrikstad og omegn avløpssanlegg

2) Hedemarken interkommunale vann-, avløps- og renovasjonsselskap

3) Vestfjorden avløpsselskap

4) Beregnet ut fra en årlig fosformengde på 348 tonn og et spesifikt tall for fosfor lik 1,7 g P/pe d.

- SINTEF-SI: organiske miljøgifter
- Fylkeslaboratoriet i Østfold: tungmetaller

Alle analyser er foretatt på månedsblandprøver, bortsett fra de flyktige forbindelsene 1,1,1 trikloretan, trikloretten og tetrakloretten, der det ble benyttet stikkprøver. ANØ var ansvarlig for utsendelse av prøveflasker, koordinering av transportopplegg og fordeling av prøver til de ulike laboratoriene.

Tilførsel av fosfor i prøveperiodene

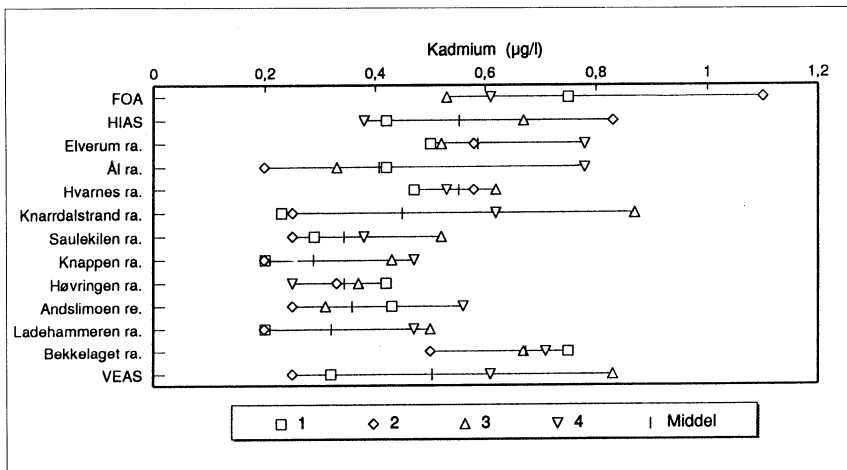
For å få et mål på tilknytningen til anleggene i prøvetakingsperiodene ble det analysert på tot-P. Fosformengden som er tilført i hver prøvetakingsperiode er omregnet til midlere tilførsel i hvert prøvedøgn. Tilførselen er oppgitt både som kg P/døgn og som personekvivalenter (pe). Som spesifikk verdi for fosfortilførselen er det benyttet 1,7 g P/pe-/døgn. For hvert anlegg er det beregnet

en midlere tilførsel for samtlige prøveperioder. Ved beregning av midlere tilførsel, er tilførselen i hver av de 4 prøveperiodene vektet i forhold til vannmengden i perioden. Tabell 2 viser konsentrasjonen av tot-P i hver prøvetakingsperiode, samt midlere tilførsel av tot-P.

Tabellen viser at det er forholdvis stor variasjon i fosforkonsentrasjonen mellom de ulike prøvetakingsperiodene. Dette har i første rekke sammenheng med at enkelte prøvetakingsperioder har vært mer nedbørsrike enn andre. Midlere tilførsel som er beregnet for prøvetakingsperiodene avviker normalt noe fra det som kan beregnes for anleggene på årsbasis. Dette har sammenheng med at prøvetakingsperiodene til sammen bare omfatter 4 måneder. I etterfølgende beregninger er midlere tilførsel i prøvetakingsperiodene benyttet.

Tabell 2. Oversikt over innløpskonsentrasjonen av tot-P i hver prøvetakingsperiode samt midlere tilførsel av fosfor pr. døgn.

Nr. Anlegg	Konsentrasjon tot-P (mg/l)				Midlere tilførsel tot-P (kg P/døgn)	Midlere tilførsel (pe)
	1	2	3	4		
1 FOA	1,09	2,00	2,17	3,37	66,25	38.969
2 HIAS	2,78	5,60	3,25	5,19	90,20	53.060
3 Elverum ra.	9,28	5,60	5,42	7,07	26,38	15.516
4 Ål ra.	3,43	1,70	1,01	2,91	2,86	1.681
5 Hvarnes ra.	8,78	5,40	6,26	5,80	0,18	104
6 Knarrdalstrand ra.	0,92	0,72	3,57	4,46	28,98	17.044
7 Saulekilen ra.	1,25	3,00	3,63	4,59	36,16	21.269
8 Knappen ra.	0,79	0,94	2,88	2,63	68,79	40.467
9 Høvringen ra.	3,71	2,30	1,83	2,55	197,15	1 15.970
10 Andslimoen ra.	3,49	2,40	0,82	2,37	7,15	4.207
11 Ladehammen ra	2,32	1,05	1,96	1,97	34,35	20.205
12 Bekkelaget ra.	2,02	3,00	3,54	3,45	342,77	201.628
13 VEAS	1,99	3,40	2,80	3,12	788,79	463.994



Figur 1. Konsentrasjonen av kadmium for hvert anlegg i de 4 prøveperiodene

Tilførsel av tungmetaller i prøveperiodene

Det er beregnet en midlere konsentrasjon for tungmetaller som omfatter samtlige prøvetakingsperioder ved hvert anlegg. Det er her benyttet samme prinsipp som for tot-P ved at konsentrasjonen i hver periode er vektet i forhold til vannmengden i perioden. I tillegg er det beregnet en middelkonsentrasjon for samtlige anlegg. Middelkonsentrasjonen for hvert anlegg er da vektlagt etter total vannmengde (sum prøvetakingsperiode 1 - 4) for anlegget. Figur 1 viser konsentrasjonen av kadmium for de 13 anleggene.

Midlere kadmium-konsentrasjon for de 13 anleggene varierer i området 0,29 µg/l til 0,76 µg/l. Den minste spredningen i resultatene ble registrert på Hvarnes renseanlegg. Dette anlegget har ingen industritilknytning til ledningsnett.

En ensidig vurdering av konsentrasjonen er lite egnet til å skille mellom anlegg med ulik type av tilknytning. Månedsblandprøvene vil bidra til å maskere enkeltutslipp som for eksempel er forårsaket av industribedrifter. I tillegg vil store fremmedvannmengder forårsake en fortyningseffekt som bidrar til å senke konsentrasjonene.

I tabell 3 er middelkonsentrasjonen beregnet for hvert tungmetall. Også her er middelkonsentrasjonen fra hvert anlegg vektet i forhold til vannmengdene. Dette betyr at middelkonsentrasjonen på de største anleggene vil telle mest.

Middelkonsentrasjonene som er vist i tabell 3 er beregnet for å kunne gjøre overslagsberegninger på fylkes- og nasjonalt nivå. Verdiene kan derfor ikke uten videre benyttes til å beregne f.eks tungmetalltransport til et enkelt anlegg. For å gjøre det, må det gjennomføres et separat prøvetakingsprogram.

Tabell 3. Middelkonsentrasjonen for tungmetaller for samtlige anlegg.

Tungmetall	Middelkonsentrasjon (µg/l)	Variasjonsområde (µg/l)
Kvikksølv	0,25	0,11 - 0,72
Kadmium	0,51	0,29 - 0,76
Bly	1,77	0,75 - 6,44
Nikkel	11,8	2,1 - 22,5
Sink	84	19,0 - 195
Krom	7,3	2,7 - 9,2
Kopper	79	28,0 - 339

Spesifikk tilførsel av tungmetaller i prøveperioden

Tilførselen (pe) til anleggene i prøvetakingsperiodene er beregnet ut fra tilført fosformengde. Med utgangspunkt i tilført antall pe er så spesifikk tilførsel for hvert metall beregnet. I tillegg er det beregnet en midlere spesifikk tilførsel for samtlige anlegg. I tabell 4 er spesifikk tilførsel for hvert metall vist.

Tabell 4. Spesifikk tilførsel av tungmetaller

Anlegg	Spesifikk tilførsel (mg/pe/d)						
	Hg	Cd	Pb	Ni	Zn	Cr	Cu
FOA	0,17	0,79	2,10	8,5	38	7,1	27
HIAS	0,07	0,25	0,56	4,8	30	1,8	46
Elverum ra.	0,17	0,15	0,49	1,6	37	1,8	71
Ål ra.	0,36	0,35	4,13	8,5	24	3,1	139
Hvarnes ra.	0,05	0,15	0,79	1,5	19	1,4	50
Knarrdalstrand ra.	0,16	0,42	2,79	16,3	95	6,6	63
Saulekilen ra.	0,10	0,26	1,39	23,3	35	2,7	17
Knappen ra.	0,26	0,23	11,55	1,7	15	3,9	41
Høvringen ra.	0,12	0,24	1,07	11,2	56	5,5	48
Andslimoen ra.	0,25	0,41	0,65	5,6	13	3,8	31
Ladehammeren ra.	0,12	0,21	1,06	16,4	38	5,7	59
Bekkelaget ra	0,21	0,44	0,76	5,9	155	3,3	51
VEAS	0,18	0,32	0,77	8,4	36	5,8	60
Middel	0,22	0,44	2,21	10,5	75	6,3	66

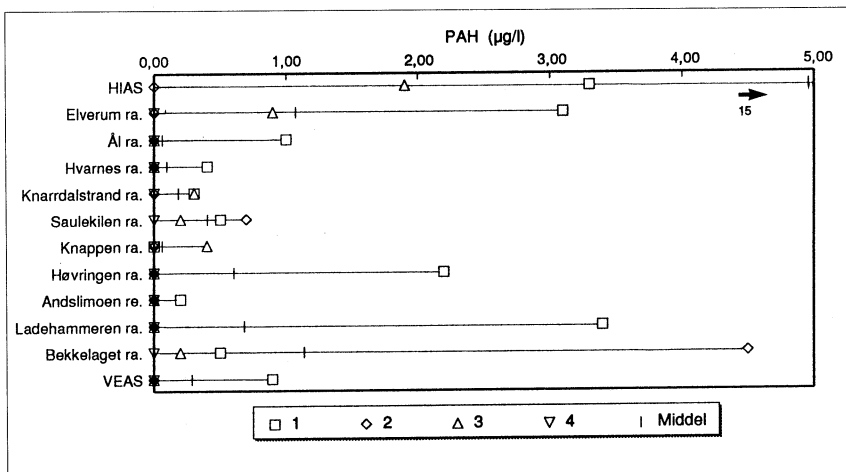
Hvarnes renseanlegg som bare mottar kommunalt avløp, ligger lavt for samtlige parametre. Ål renseanlegg har en høy spesifikk tilførsel av både kvikksølv og bly på grunn av de høye verdiene som ble registrert i første prøveperiode. Spesifikk tilførsel av bly for Knappen renseanlegg var også høy som følge av en høy verdi i andre prøveomgang. Konsentrasjonen i de øvrige prøveperiodene har vært normal. Bekkelaget har høy spesifikk tilførsel av sink på grunn av en meget høy verdi i første prøveomgang.

Konsentrasjoner av organiske miljøgifter

Konsentrasjonene av organiske miljøgifter viser betydelig større variasjoner enn tungmetallene. I mange av prøvene i denne undersøkelsen var konsentrasjonen lavere enn deteksjonsgrensen. Dette gjør det beregningsmessig mer

komplisert, og øker usikkerheten ytterligere i forhold til beregningene som er gjort for tungmetallene. I figur 2 er konsentrasjonen av PAH for de 13 anleggene vist. Deteksjonsgrensen er lagt inn som verdi der analyseverdien er oppgitt som lik eller lavere enn denne. Der forbindelsen ikke er detektert er det benyttet 0.

Bortsett fra i siste prøveperiode på HIAS er ingen enkeltprøver høyere enn 4,5 $\mu\text{g/l}$, og ingen middelverdi er høyere enn 2,4 $\mu\text{g/l}$ (bortsett fra HIAS). I alt har 10 av 13 anlegg en middelverdi som er lavere enn 1,0 $\mu\text{g/l}$. Den høye verdien i siste prøveomgang for HIAS kan være forårsaket av et enkeltstående utslipp av f.eks. spillolje.



Figur 2 Konsentrasjonen av PAH for hvert anlegg i de 4 prøvetaksperiodene

I tabell 5 er det gjort en sammenstilling av beregnet middelkonsentrasjon (vektet) av de 5 organiske miljøgiftene.

Samtlige parametre er også inkludert i en svensk undersøkelse fra Gøteborg-området (4,5). De beregnede middel-

Tabell 5. Middelkonsentrasjoner for organiske miljøgifter fra denne undersøkelsen sammenlignet med tilsvarende data fra Gøteborg (4,5) (Alle verdier i $\mu\text{g/l}$)

Parameter ($\mu\text{g/l}$)	Denne undersøkelsen		Data fra Gøteborg			
	Middel konsentrasjon	Variasjonsområde	Industriområde 1	Industriområde 2	Boligområder	Innløp Ryaverket
PAH	0,65	0,03 - 4,96	8,4	23,4	<0,1	1,7
p-nonylfenol	4,12	1,49 - 24,76	176	546	75,8	14,3
1.1.1 trikloretan	0,15	0,02 - 0,43	0,12	4,20	0,09	0,04
trikloretan	0,12	0,02 - 0,42	0,98	0,04	<0,01	1,46
tetrakloretan	0,26	0,01 - 1,22	0,49	0,09	<0,01	2,76

verdiene er derfor sammenlignet med middelkonsentrasjoner fra 2 områder med småindustri i Gøteborg, spillvann fra områder med boligbebyggelse i Gøteborg og innløpsvannet til Rya-verket i Gøteborg.

Konsentrasjonen av p-nonylfenol er den største forskjellen mellom denne undersøkelsen og dataene fra Gøteborg-området. Transportnettet for avløpsvann vil ha betydning for konsentrasjonen av p-nonylfenol. Dette er neppe hele forklaringen på den store forskjellen. Også bruken av tensider som gir p-nonylfenol som nedbrytningsprodukt, antas å ha betydning her.

Hvarnes renseanlegg er kun tilknyttet avløp fra boliger. Dette anlegget har da også et innhold av organiske miljøgifter som kan sammenlignes med avløpet fra boligområder i den svenske undersøkelsen. Begge industriområdene i den svenske undersøkelsen inneholder et bredt spekter av industribedrifter. Innholdet av organiske miljøgifter i avløpet fra disse områdene viser da også konsentrasjoner som ligger over det som er målt på de norske anleggene. Dette gjelder særlig PAH. I den svenske undersøkelsen blir innholdet av PAH satt i sammenheng med at mange av bedriftene har oljefyrtede kjeler. Tilfeldige utslipp av spillolje blir også ansett som en viktig kilde for PAH.

Hovedkildene for de organiske miljøgiftene som er registrert i denne undersøkelsen, er ulike typer industribedrifter. Det lå imidlertid utenfor dette prosjektet å kartlegge disse bedriftene.

Det er ikke beregnet spesifikk tilfør-

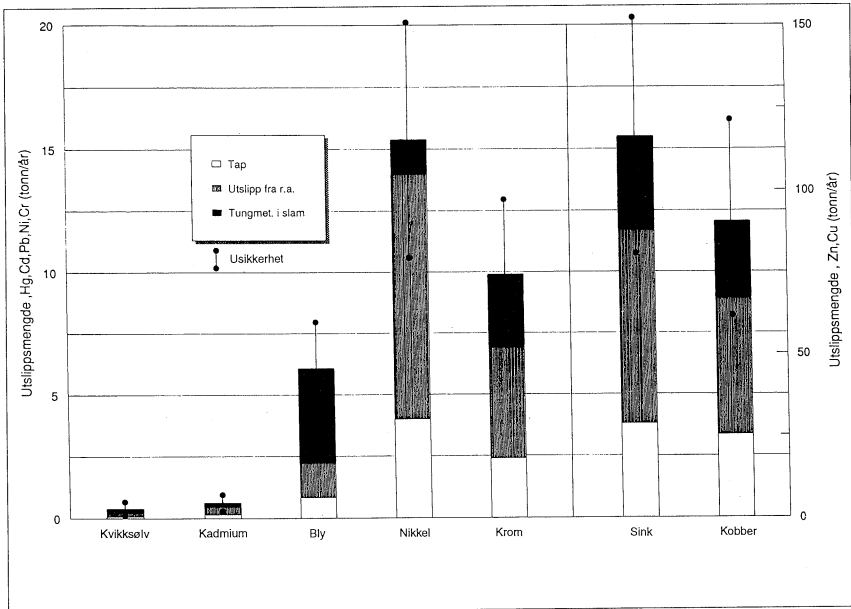
sel for de organiske miljøgiftene. Årsaken til dette er at det er stor spredning i data, og i mange tilfeller er konsentrasjonen lavere enn deteksjonsgrensen. Det mangler og et tilstrekkelig data-grunnlag (renseeffekter og innhold av organiske miljøgifter i slam) for å kunne gjøre en beregning på landsbasis.

Totalt utslipp av miljøgifter fra kommunale kilder

For å kunne foreta den ønskede kartlegging av utslippet av miljøgifter, forutsettes at en betydelig grunnlagsinformasjon er tilgjengelig. Som eksempel på nødvendig informasjon kan nevnes:

- Oversikt over tilknytningen til kommunalt nett i hvert fylke
- Oversikt over tilknytningen til de ulike hovedgrupper av renseprosesser i hvert fylke. Dette inkluderer også direkte utslipp til resipient.
- Konsentrasjonen av de aktuelle miljøgifter i kommunalt avløpsvann
- Renseeffekten mht. miljøgifter som kan forventes ved de ulike renseprosesser
- Mengden av slam (tørrstoff) som produseres ved kommunale renseanlegg
- Innholdet av miljøgifter i slam

Innenfor rammen av dette prosjektet har det ikke vært mulig å foreta en separat registrering av all ønsket grunnlagsinformasjon. Det er derfor nødvendig å benytte foreliggende informasjon fra registreringer som er gjennomført av SFT og opplysninger fra litteraturen. Alle opplysninger om tilknytning til kommunalt nett og for-



Figur 3. Oversikt over totale utslippsmengder for tungmetallene

deling av ulike renseprosesser er hentet fra fylkenes årlige rapportering til SFT og statistikk fra Statistisk sentralbyrå (SSB).

I figur 3 er totale utslippsmengder vist for hvert tungmetall. På figuren er det også markert hvilket intervall det totale utslippet forventes å ligge i når det tas hensyn til usikkerheten i beregningene (vannmengdemåling, prøvetaking og analyse). Beregnet usikkerhet for kvikksølv er $\pm 36\%$. For de øvrige metallene er usikkerheten beregnet til $\pm 31\%$

For bly viser figuren at en forholdsvis stor andel føres ut med slam fra renseanlegg. Dette kan ikke forklares ved at renseseffekten m.h.t. bly er bedre enn for de øvrige metallene. Det kan ha •

sammenheng med at dataene for blyinnholdet i slam er fra 1991, og derfor ligger på et noe høyere nivå enn i dag som følge av overgangen til blyfri bensin. For nikkel foregår hovedutslippet med utløpsvann fra renseanlegg. Årsaken til dette er at renseseffekten for nikkel er betydelig lavere enn for de andre metallene.

Totalt utslippsmengder for tungmetallene er beregnet til:

- Kvikksølv: 393 kg/år $\pm 36\%$
- Kadmium: 642 kg/år $\pm 31\%$
- Bly: 6,13 tonn/år $\pm 31\%$
- Nikkel: 15,6 tonn/år $\pm 31\%$
- Sink: 118 tonn/år $\pm 31\%$
- Krom: 10 tonn/år $\pm 31\%$
- Kobber: 92 tonn/år $\pm 31\%$

Prosentvis fordeler utslippene seg

som følger (ikke vektet middelverdi for samtlige tungmetaller)

- Utslipp fra renseanlegg/direkte utslipp: 46 %
- Tap på ledningsnettet, områder som ikke er tilkoblet kommunalt nett: 24 %
- Tungmetaller i slam: 30 %

Som tidligere nevnt hefter det en betydelig usikkerhet ved beregningene. Et hovedmål i fremtiden bør derfor være å redusere denne usikkerheten. Dette kan blant annet oppnås ved å framskaffe mer fullstendige oversikter over tilknytningen til kommunalt nett, tilknytningen til renseanlegg etc. Rapporteringsopplegget som SFT og SSB har etablert, vil bidra sterkt til at beregningsgrunnlaget gradvis blir bedre.

Referanser

- 1) "Miljøgifter i kommunalt avløpsvann", Statens forurensningstilsyn, SFT-rapport 93:10, TA-952/1993.
- 2) "Veiledning for utslippskontroll ved kommunale renseanlegg", Statens forurensningstilsyn, TA-950/1993.
- 3) Forslag til "Forskrift om slam fra avløpsrenseanlegg m.v.", Statens forurensningstilsyn, 1992.
- 4) Robinson, P.; Avergård, J.; Mattson, J. "Provtagningar i referensområden, etapp 1: Hushållspillvatten", Rapport 1989:2 GRYAAB & Göteborgs Vatten- och Avloppsverk, Göteborg 1989.
- 5) Robinson, P.; Avergård, J.; Mattson, J.; Paxéus, N., "Provtagningar i referensområden, etapp 2: Småföretag", Rapport 1991:1 GRYAAB & Göteborgs Vatten- och Avloppsverk, Göteborg 1989.

Grunnvannsforsyning, avfallsdeponier og forurenset grunn



NORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER – MRIF

Et firma i Multiconsult-gruppen

Wdm. Thranesgt. 75

Postboks 9810 Ila
0132 Oslo

Telefon 22 20 41 00

Telefax 22 20 14 89

Avdelingskontorer: Fredrikstad, Skien, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Tromsø