Stoff for stoff – kilde for kilde

Kvikksølv i avløpsnettet

TA-2039/2004
ISBN 82-7655-230-7

Vestfjorden Avløpsselskap

AL Norsk vann og avløp BA

Forord

Kvikksølv er en miljøgift som hoper seg opp i næringskjeden og kan gi skader på nyrer, foster og nervesystemet, samt kontaktallergi. Norge har et nasjonalt resultatmål om 50–90 prosent reduksjon av kvikksølvutslipp innen 2010. I perioden 1995 til 2001 ble det nasjonale utslippet av kvikksølv redusert med 54 prosent.

Det er flere kilder for kvikksølvtilførsler til norske avløpsanlegg. Disse er blant annet husholdninger, overvann, avfallsdeponier og industri- og næringsvirksomhet. Amalgam brukt i tannfyllinger er også en kilde til kvikksølvutslipp. Utslipp av amalgamholdig avløpsvann fra tannklinikker og tannlegekontorer er regulert i forurensningsforskriften kapittel 15, men det er likevel registrert akkumulert amalgam i ledningsnettet. SFT og avløpsbransjen ønsker derfor bedre grunnlagsdata for mengden av akkumulert amalgam i ledningsnettet og effekten av sanering. I tillegg ønsker SFT å kunne sammenligne kvikksølvtilførslene fra tannlegevirksomhet med andre kvikksølvtilførsler til avløpsanleggene.

SFT ønsker å takke Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord (Fagrådet) ved Eli Grimsby for godt samarbeid. SFT ønsker også å takke Vestfjorden avløpsselskap (VEAS) ved Paul Sagberg og Norsk Vann og Avløp BA (NORVAR BA) ved Toril Hofshagen for medfinansiering og medvirkning til prosjektet for kvikksølv i avløpsnettet.

Prosjektansvarlig har vært Ragnar Storhaug fra Aquateam – Norsk vannteknologisk senter A/S.

SFT, Oslo, august 2004

Merethe Steen
Direktør for lokalmiljøavdelingen

Innhold

Sammendrag 4

1. Bakgrunn 6

2. Utslipp av kvikksølv i Norge 7

3. Tilførsel av kvikksølv til norske avløpsrenseanlegg 9
3.1. Grunnlagsmateriale 9
3.2. Beregning av tilførsler 9
3.3. Utslipp av kvikksølv med norsk avløpsslam 10
3.4. Utslipp av kvikksølv med utløpsvann fra renseanlegg 12
3.5. Sammendrag 12

4. Kilder for tilførsler av kvikksølv til kommunale avløpsrense-anlegg 13
4.1. Generelt 13
4.2. Tilførsel av kvikksølv fra husholdningene 13
4.3. Overvann 14
4.4. Kvikksølv som er akkumulert i avløpsnettet 16
4.4.1. Generelt 16
4.4.2. Kartlegging av kvikksølv i Stockholms avløpsnett 17
4.4.3. Utslipp av kvikksølv fra danske varmesentraler 17
4.4.4. Konklusjon mht. forekomsten av kvikksølv i ledningsnettet 18
4.5. Tilførsel av kvikksølv som følge av bruk av amalgam i tannfyllinger 18
4.5.1. Generelt 18
4.5.2. Frigjøring av kvikksølv fra fyllingsmateriale 20
4.5.3. Utslipp av kvikksølv fra tannklinikker 21
4.6. Avløpsvann fra industri- og næringsvirksomhet tilknyttet kommunalt avløpsnett 23
4.7. Sigevann fra avfallsdeponier 24
4.8. Fellingskjemikalier 25
4.9. Sammenstilling av de ulike kildene 25

5. Pilotprosjekt – kvikksølvsanering ved 5 tannklinikker i Oslo 27
5.1. Bakgrunn og gjennomføring 27
5.2. Resultater 27
5.3. Kostnader 28

6. Referanser 29

Sammendrag

I Norge har det vært en betydelig nedgang i utslippene av kvikksølv (Hg) de siste årene, i første rekke som et resultat av tiltak som er gjennomført innenfor industrisektoren. I 1985 var de totale utslippene av kvikksølv på ca. 7 tonn, mens de i 2000 er beregnet til ca. 1,5 tonn. Av totalutslippet utgjør utslipp til vann ca 19%.

Det nasjonale resultatet om 50 – 90 % reduksjon av kvikksølvutslipp innen 2010, gjør at Statens forurensningstilsyn (SFT) trenger en oppdatert oversikt over kilder for kvikksølvtilførsler til norske avløpsanlegg. I tillegg deler avløpsbransjen et ønske om å fremskaffe bedre grunnlagsdata for kvikksølvbidraget fra tannlegevirksomhet og effekten av kvikksølvsanering i tannlegekontorer og tannklinikker.

Datagrunnlaget for å beregne kvikksølvtilførsel og utslipp fra det kommunale avløpsystemet i Norge er forholdsvis spinkelt, men det foreligger mest data for kvikksølvinnholdet i slam. Basert på kommunenes innrapportering til KOSTRA og data i årsrapporter fra de største renseanleggene er tilførselen til avløpssystemet beregnet til 124 kg Hg i 2002. Utslippene til vann er beregnet til 53 kg Hg og utslippene med avløpsslam er beregnet til 90 kg Hg. Tallene viser at massebalansen ikke går opp, men det er et uttrykk for alle usikkerhetsfaktorene som foreligger.

Fordelt på kilder er utslippene av kvikksølv til kommunalt avløpssystem beregnet som følger:

Kilde	**Kvikksølvmengde i 2002 (kg Hg)**	**Andel av totaltilførselen (%)**
Avløpsvann fra husholdninger	40	33 %
Overvann	3 – 10	2-8
Fellingskjemikalier	1-1,5	<1
Andre kilder	70 – 75	60 - 65

I gruppen "Andre kilder" inngår kildene det er svært vanskelig å beregne utslippet for, og dette er:

- Avløpsvann fra industri- og næringsvirksomhet (inkl. avløpsvann fra tannleger)
- Akkumulert kvikksølv i ledningsnett
- Sigevann fra avfallsdeponier

Av disse kildene er det utslipp fra industri og næringsvirksomhet, spesielt tannlegevirksomhet, samt frigivelse av kvikksølv som er akkumulert i ledningsnettet, som bidrar med det meste. Tilførselen fra avfallsdeponier anses som liten.

Erfaringer fra bl.a. Sverige viser at betydelige kvikksølvmengder er akkumulert i det interne ledningsnettet i tannklinikkene. Statistikk fra Sverige indikerer at ca. 100 g Hg pr. behandlingsstol fjernes ved systematiske saneringsprosjekter på tannklinikkene. Hvis dette tallet overføres til norske forhold er det beregnet at ca. 400 kg kvikksølv er akkumulert i det interne ledningsnettet i tannklinikkene på landsbasis.

For å demonstrere effekten av systematiske saneringsprosjekter er det gjennomført et pilotprosjekt med kvikksølvsanering av 5 tannklinikker i Oslo. Av de 5 klinikkene hadde 4

vært i drift siden før forurensningsforskriften kapittel 15 om amalgamholdig avløpsvann og amalgamholdig avfall fra tannklinikker og tannlegekontorer trådte i kraft (1994), mens én av klinikkene var startet opp i 1996. Kvikksølvmengden som ble fjernet ved de 5 klinikkene varierte fra 12 g Hg pr. klinikk til 320 g Hg pr. klinikk. Totalt ble det fjernet 682 g Hg ved de 5 klinikkene. Dette gir en gjennomsnittlig fjernet kvikksølvmengde pr. behandlingsstol lik 68 g Hg /behandlingsstol (6 – 160 g Hg/behandlingsstol). Alt spylevann og slam ble disponert som farlig avfall. Selve saneringsjobben ble gjennomført i løpet av ca. 4 timer pr. klinikk. Ved utvelgelsen av klinikker til pilotprosjektet ble det imidlertid lagt vekt på at de praktiske forholdene skulle være enkle slik at noe lengre gjennomføringstid kan forventes ved tilfeldig valgte klinikker. Kostnadene for saneringen inkludert disponeringen av avfallet, beløper seg til ca. NOK 20.000 pr. klinikk. Spesifikk kostnad pr. kg fjernet kvikksølv blir NOK 147.000 pr. kg Hg. Det understrekes imidlertid at det bare er 5 tannklinikker som inngår i pilotprosjektet, og at et større erfaringsmateriale er nødvendig for å gi sikrere anslag over den spesifikke kostnaden for fjerning av 1 kg Hg.

Med utgangspunkt i erfaringen fra gjennomføringen av pilotprosjektet er det utarbeidet en prosedyre for gjennomføring av kvikksølvsanering ved tannklinikker (TA-2038/2004).

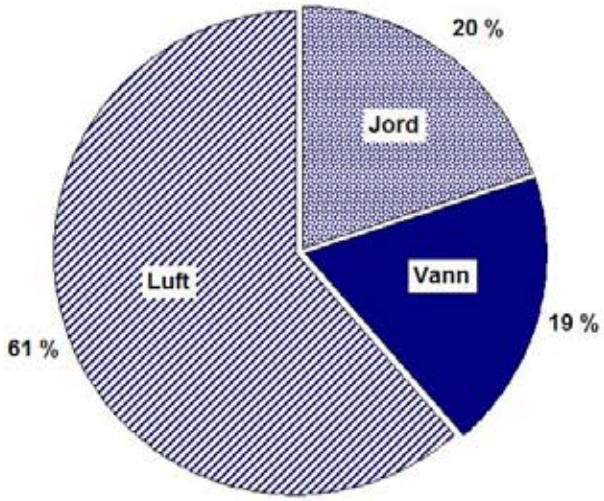
1. Bakgrunn

De nasjonale resultatmålene for kvikksølv gjør at SFT ønsker en oversikt over de totale utslippene av kvikksølv fra avløpsanlegg. I tillegg har NORVAR BA og Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord (Fagrådet) invitert SFT til deltagelse i kampanjen "Stoff for stoff – kilde for kilde". Bakgrunnen for kampanjen er et felles ønske om å begrense tilførslene av miljøgifter til det kommunale avløpsnettet. Gjennom kampanjen ønsker man i første omgang å få en oversikt over bruken av amalgam og hvordan amalgamholdig avfall disponeres i samfunnet. Dette er av stor betydning for eiere av avløpsrenseanlegg i og med at amalgam erfaringsmessig bidrar vesentlig til tilførselen av kvikksølv til avløpsrenseanleggene.

Hoveddelen (80-90%) av kvikksølvet som tilføres renseanleggene blir holdt tilbake i slammet, og skjerpede krav til kvikksølvinnholdet i slam gjør at det er nødvendig å få oversikt over tilførslene av amalgam. Akkumulert amalgam i det kommunale avløpsnettet og i det interne ledningsnettet i eiendommene der tannlegeklinikkene er lokalisert, er en kilde til tilførsel av kvikksølv. For å demonstrere omfanget av problemet med akkumulert kvikksølv, er det som en del av Amalgamkampanjen gjennomført en systematisk rengjøring (kvikksølvsanering) av det interne ledningsnettet ved 5 tannklinikker i Oslo.

2. Utslipp av kvikksølv i Norge

I Norge har det vært en betydelig nedgang i utslippene av kvikksølv de siste årene, i første rekke som et resultat av tiltak som er gjennomført innenfor industrisektoren. I 1985 var de totale utslippene av kvikksølv på ca. 7 tonn, mens de i 2000 er beregnet til ca. 1,5 tonn (www.miljostatus.no). De største utslippskildene i 2000 var landbasert industri og olje- og gassvirksomheten. Andelen fra disse kildene utgjorde ca. 45% av de nasjonale utslippene. Andre viktige utslippskilder for kvikksølv er vei- og båttrafikk, samt tannfyllingsmaterialer (amalgam). Figur 2.1 viser utslippene av kvikksølv til vann, luft og jord i 2000, beregnet på grunnlag av en rekke datakilder (Berg et al.,2003).



Figur 2.1. Beregnede utslipp av kvikksølv til luft, vann og jord i 2000 (Berg et al.,2003)

Samlet utslipp til vann (saltvann og ferskvann) utgjør 19% av det nasjonale utslippet, dvs. 289 kg Hg. I tabell 2.1 er utslippet av kvikksølv til vann i år 2000 sammenstilt for ulike kilder (Berg et al., 2003) basert på data fra SFT (SFT, 2002).

Tabell 2.1 Oversikt over utslippene av kvikksølv til vann i 2002

Kilde	**Samlet utslipp til vann i 2000 (kg Hg)**	**Kildens andel (%)**
Olje- og gassutvinning	121	41,9
Kommunalt avløpsvann og renovasjon	61	21,1
Sigevann fra fyllinger	40	13,8
Metallproduksjon	35,5	12,3
Tannfyllingsmaterialer	20,8	7,2
Annet	10,4	3,6
Sum	**288,7**	**100**

Tabellen omfatter ikke kvikksølvutslippet med slam fra avløpsrenseanleggene, slik at den totale tilførselen av kvikksølv til det kommunale avløpsnettet er betydelig større enn det som framgår av tabell 2.1.

3. Tilførsel av kvikksølv til norske avløpsrenseanlegg

3.1. Grunnlagsmateriale

Prøvetaking og analyse av kvikksølvkonsentrasjonen i norsk avløpsvann forekommer regelmessig bare på de største avløpsrenseanleggene (anlegg dimensjonert for 50.000 pe eller mer). Grunnlagsmaterialet for å beregne den totale tilførselen til norske avløpsrense-anlegg er derfor forholdsvis spinkelt.

Den årlige datainnsamlingen til KOSTRA gir en del viktige grunnlagsdata:

- Totale vannmengder som er tilført avløpsrenseanleggene
- Utløpskonsentrasjonen av kvikksølv fra de største anleggene
- Midlere kvikksølvkonsentrasjon i norsk avløpsslam

Fra driftsassistanseprosjekter og årsrapporter kan det imidlertid innhentes informasjon om innløpskonsentrasjonen av kvikksølv ved en del større avløpsrenseanlegg. I denne rapporten er tilførselsberegningene basert på data fra flg. anlegg:

- VEAS-anlegget (gjennomsnittskonsentrasjon 2000 – 2002)
- Bekkelaget renseanlegg (gjennomsnittskonsentrasjon 2/1 2002 – 2/6 2003)
- Nordre Follo renseanlegg (gjennomsnittskonsentrasjon 1/1 2002 – 6/11 2003)
- Søndre Follo renseanlegg (gjennomsnittskonsentrasjon 1/1 2002 – 6/11 2003)

3.2. Beregning av tilførsler

Basert på grunnlagsmaterialet som er nevnt i kap. 3.1, er midlere innløpskonsentrasjon for kvikksølv i norsk avløpsvann beregnet til 0,18 µg Hg/l. For 10 år siden ble det gjennomført en undersøkelse av innholdet av miljøgifter i kommunalt avløpsvann (Storhaug et al.,1993), og i denne undersøkelsen deltok i alt 12 renseanlegg lokalisert over hele landet. Størrelsesmessig varierte anleggene fra 100 til 460.000 pe. Bortsett fra 3 anlegg som hadde markert høyere innløpskonsentrasjon enn de øvrige, så varierte midlere innløps-konsentrasjon forholdsvis lite fra anlegg til anlegg. Middelkonsentrasjonen for 9 anlegg (3 anlegg med markert høyere innløpskonsentrasjon er ikke inkludert) var 0,24 µg Hg/l (variasjonsområdet 0,10 – 0,32 µg Hg/l). Det var ingen klar sammenheng mellom anleggsstørrelse og kvikksølvkonsentrasjonen. I løpet av en 10-års periode er dermed midlere innløpskonsentrasjon redusert med ca. 20 %.

SSBs registrering av avløpsrenseanlegg kan deles inn i 4 hovedgrupper: Biologisk-kjemiske anlegg, mekaniske anlegg, naturbaserte anlegg og direkte utslipp. Det statistiske grunnlaget fra disse 4 gruppene varierer betydelig. På biologisk-kjemiske anlegg er vannmengden som regel registrert med kontinuerlig vannføringsmåler, ved et direkte utslipp blir vannmengden som oftest anslått. Dette gjør at den beregnede tilførselen er beheftet med stor usikkerhet. I tabell 3.1 er det beregnet tilførsel av kvikksølv fordelt på de 4 hovedgruppene.

Tabell 3.1 Beregnet tilførsel av kvikksølv til kommunalt avløpsnett i 2002, basert på (SSB, 2003)

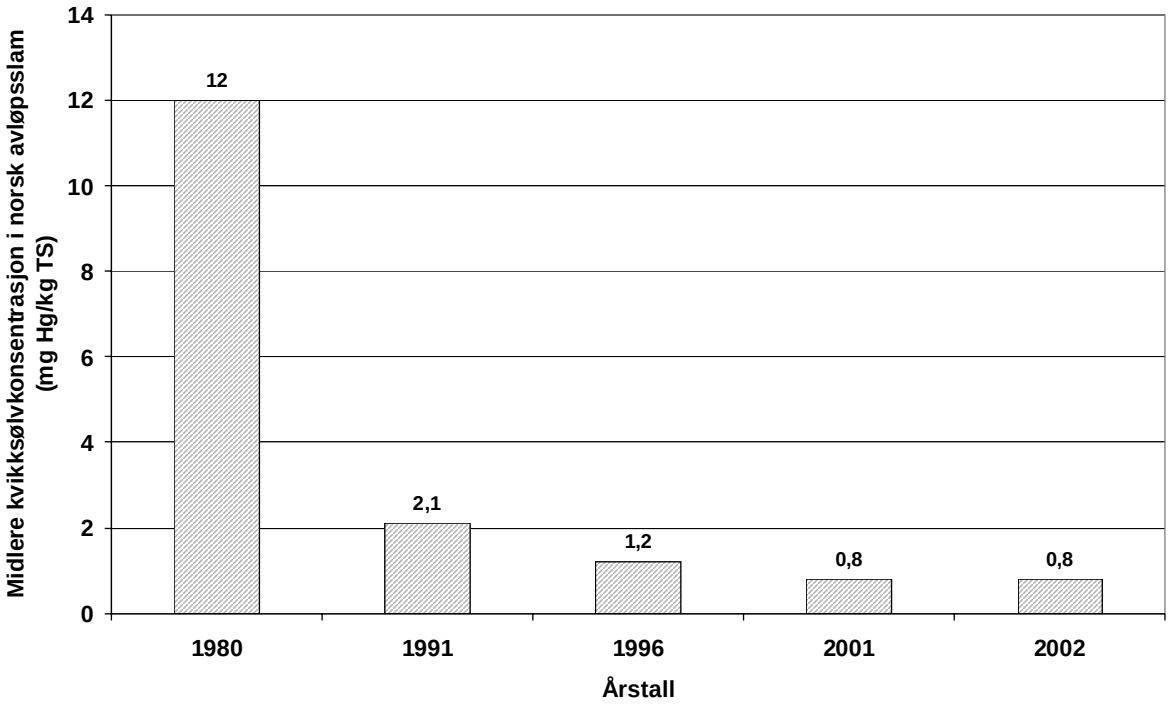
Hovedgruppe	**Tilført vannmengde i 2002 (m^3)**	**Beregnet tilført kvikksølvmengde (kg Hg/år)**
Biologiske og biologisk kjemiske renseanlegg	440855074	79
Mekaniske renseanlegg	177502044	32
Naturbaserte renseanlegg	10741879	2
Direkte utslipp	61481306	11
Sum	**690580303**	**124**

I tillegg til den beregnede kvikksølvmengden som framgår av tabell 3.1, kommer et tap fra nettet i form av lekkasjer, overløp etc. Størrelsen på dette tapet er ukjent.

3.3. Utslipp av kvikksølv med norsk avløpsslam

Statistikkgrunnlaget for konsentrasjonen av kvikksølv i norsk avløpsslam er betydelig bedre enn for innløpskonsentrasjonen til avløpsrenseanleggene.

Figur 3.1 viser utviklingen av kvikksølvkonsentrasjonen i norsk avløpsslam fra 1980 til 2002.



Figur 3.1. Midlere kvikksølvkonsentrasjonen i norsk avløpsslam (basert på data fra SSB)

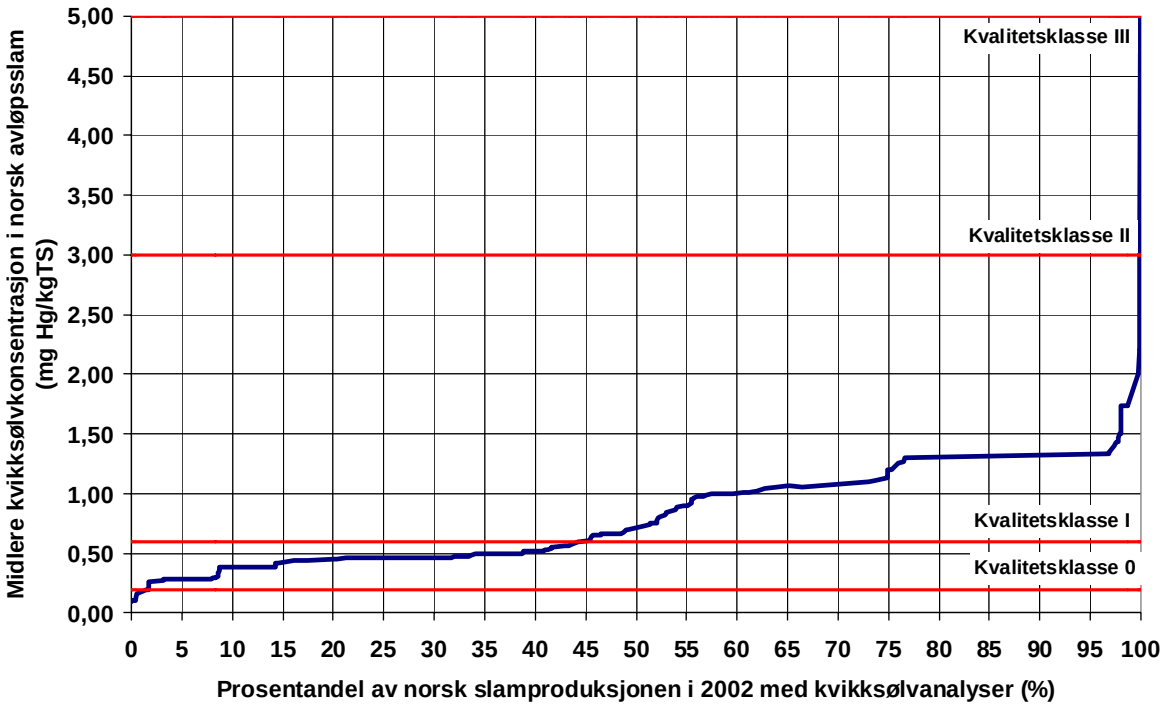
I 2002 var midlere kvikksølvkonsentrasjon i norsk avløpsslam 0,8 mg Hg/kg TS. Dette er en vektet middelverdi, dvs. anleggene som har størst slamproduksjon vil ha størst innvirkning på middelverdien. Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav (Landbruks-departementet, Miljøverndepartementet og Helsedepartementet, 2003), heretter kalt "Forskrift om organiske gjødselvarer", deler inn slammet i kvalitetsklasser avhengig av tungmetallkonsentrasjonen. I forskriften benyttes følgende grenseverdier for innholdet av kvikksølv.

- Kvalitetsklasse 0: 0,2 mg Hg/kg TS
- Kvalitetsklasse I: 0,6 mg Hg/kg TS
- Kvalitetsklasse II: 3,0 mg Hg/kg TS
- Kvalitetsklasse III: 5,0 mg Hg/kg TS

Gjødselvarer av kvalitetsklasse 0, I og II kan anvendes på jordbruksarealer. I brukssammenheng er forskjellen mellom de tre kvalitetsklassene knyttet til tillatt mengde pr. arealenhet. Slam av kvalitetsklasse 0 (neppe realistisk å oppnå dette) kan spres uten mengdebegrensninger (tilpasses plantenes næringsstoffbehov). Slam av kvalitetsklasse I kan spres med inntil 4 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år, mens det kan benyttes inntil 2 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år for slam av kvalitetsklasse II.

Datagrunnlaget for kvikksølv som inngår i SSBs registrering for 2002 dekker i alt ca. 180 renseanlegg og ca. 70 % av registrert slamproduksjon.

I figur 3.2 er det gjort en sammenstilling av midlere kvikksølvkonsentrasjon i den delen av den norske slamproduksjonen i 2002 som det foreligger kvikksølvanalyser for. Figuren gjelder kun for kvikksølvkonsentrasjonen. Innholdet av andre tungmetaller kan medføre at slammet totalt sett tilhører en annen kvalitetsklasse enn det kvikksølvinnholdet indikerer.



Figur 3.2. Sammenhengen mellom midlere kvikksølvkonsentrasjon på årsbasis og den delen av slamproduksjonen som har kvikksølvanalyser

Figur 3.2 viser at ca. 45 % av slamproduksjonen som figuren dekker, tilfredsstiller kravet til kvalitetsklasse I mhp. kvikksølv i Forskrift om organiske gjødselvarer, og nesten hele slamproduksjonen tilfredsstiller kravene til kvalitetsklasse II.

Total slamproduksjon i 2002 1):	112.000 tonn TS
Midlere kvikksølvkonsentrasjon i slam	0,80 mg Hg/tonn TS
Total kvikksølvmengde i slam i 2002	**90 kg Hg**

1) SSBs statistikk er ikke endelig bearbeidet. Slamproduksjonstallet for 2001 benyttes derfor her

3.4. Utslipp av kvikksølv med utløpsvann fra renseanlegg

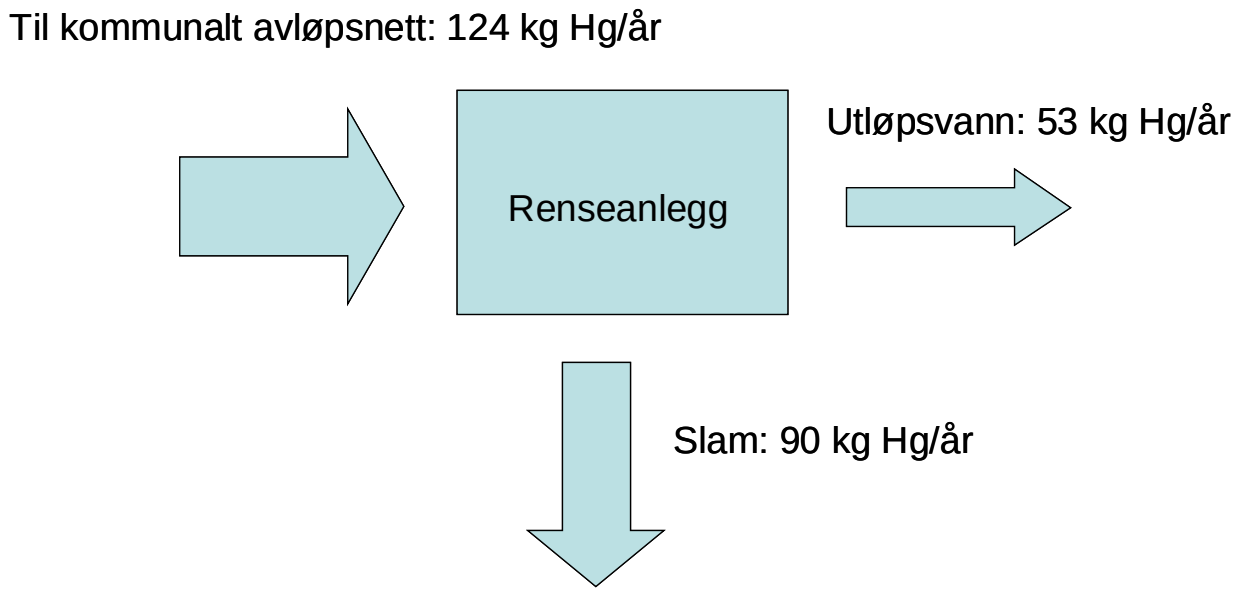
Utslippene av kvikksølv fra renseanlegg og ved direkte utslipp er beregnet dels på grunnlag av rapporterte data (SSB, 2003) og dels basert på anslåtte utløpskonsentrasjoner. Der det er benyttet en antatt utløpskonsentrasjon, er følgende verdier benyttet:

- Direkte utslipp : 0,18 µg Hg/l
- Biologisk-kjemiske, kjemiske 0,05 µg Hg/l
- Mekaniske, naturbaserte og andre 0,08 µg Hg/l

Totalt kvikksølvutslipp til resipient i 2002: 53 kg Hg

3.5. Sammendrag

Beregningen av tilførsler og utslipp av kvikksølv fra avløpsrenseanleggene bygger på et datagrunnlag som varierer mht. representativitet. Datagrunnlaget for innholdet av kvikksølv i avløpsslam er det mest komplette, i og med at prøvetaking av slam er en innarbeidet praksis på alle anlegg med slambehandling. Det minst komplette datagrunnlaget foreligger for innløpskonsentrasjonen til renseanleggene, mens datagrunnlaget for midlere utløps-konsentrasjon er noe bedre i og med at det har vært et krav at samtlige renseanlegg som er dimensjonert for mer enn 50.000 pe skal ta prøver av utløpsvannet 4 ganger pr. år.
Figur 3.3 viser tilførsler og utslipp av kvikksølv fra norske avløpsrenseanlegg i 2002.



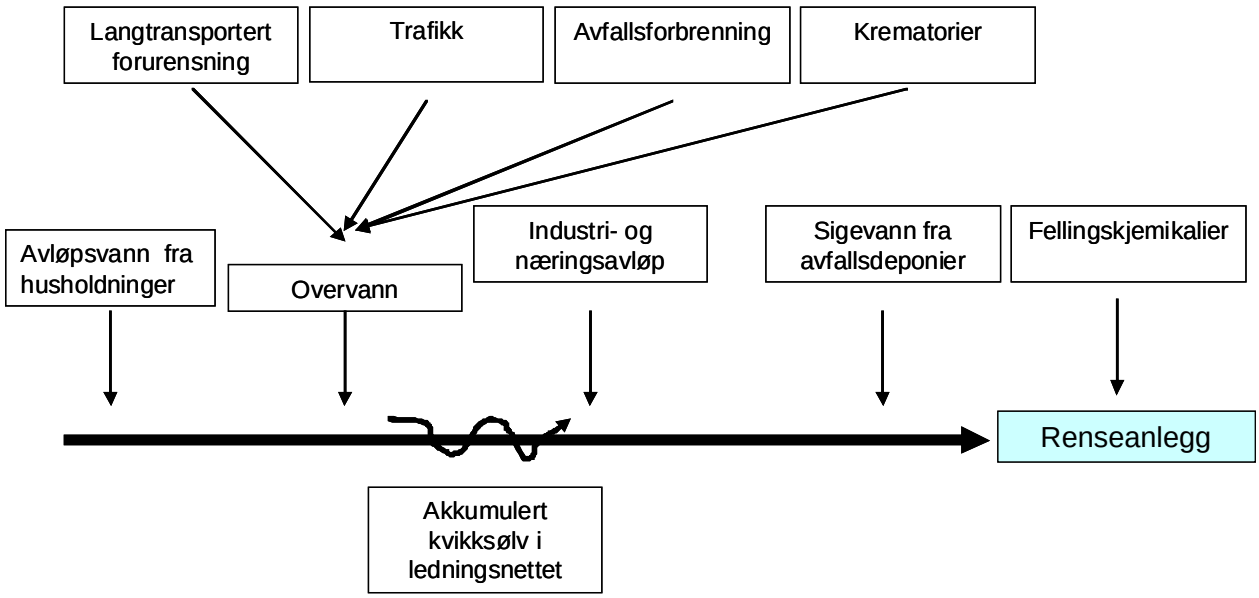
Figur 3.3. Sammenstiling av tilførsler og utslipp av kvikksølv for norske avløpsrenseanlegg i 2002

Summen av kvikksølvutslippene med utløpsvann og slam er 143 kg, og dette er 19 kg mer enn den beregnede kvikksølvmengden til kommunalt avløpsnett. Erfaringen viser at det er vanskelig å få massebalanser til å gå opp på enkeltanlegg, noe som gjør det enda vanskeligere på landsbasis.

4. Kilder for tilførsler av kvikksølv til kommunale avløpsrenseanlegg

4.1. Generelt

Tilførselen av kvikksølv til norske avløpsrenseanlegg kommer fra en lang rekke kilder. Noen av kildene har man god oversikt over, mens andre er av svært diffus karakter. Figur 4.1 viser skjematisk hovedkildene for tilførslen av kvikksølv til kommunalt avløpsnett.



Figur 4.1 Kilder for tilførsel av kvikksølv til kommunalt avløpsnett

4.2. Tilførsel av kvikksølv fra husholdningene

I litteraturen er kvikksølvtilførslene fra husholdningene i første rekke forbundet med feilaktig disponering av kvikksølv fra termometre, barometre og evt. andre produkter som inneholder elementært kvikksølv. Noen undersøkelser omfatter imidlertid det "normale" kvikksølv-utslippet fra husholdningene.

Tilførselen av kvikksølv til avløpsvannet fra husholdningene kommer fra følgende hovedkilder.

- Kvikksølv fra amalgamfyllinger (utskilles med urin og avføring)
- Kvikksølv som følge av næringsinntak (utskilles med urin og avføring)
- Gråvann
- Bruk av husholdningskjemikalier
- Kvikksølvtermometre og andre instrumenter som inneholder kvikksølv. Når disse enhetene ødelegges, overføres avfallet til toalettet i stedet for innlevering til det etablerte systemet for farlig avfall

Kvikksølv som utskilles fra amalgamfyllinger i tennene, er omtalt i pkt. 4.5

I en amerikansk undersøkelse (AMSA, 2003) er det beregnet tall for de ulike bidragene fra husholdningene. Dette er vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Spesifikke verdier for tilførsel av kvikksølv fra husholdninger (AMSA, 2003)

Kilde	**Verdi (µg Hg/person/døgn)**
Kvikksølv fra tannfyllinger	17,2
Kvikksølv fra næringsinntak	1,4
Gråvann	8,4
Husholdningsprodukter	0,011
Termometre	0,7
Totalt	27,7

I 1994 ble det gjennomført et omfattende måleprogram i 4 boligområder i Oslo som en del av et prosjekt for å finne kildene til utslipp av kadmium til avløpsnettet (Storhaug, 1995). I dette prosjektet ble det også analysert på kvikksølv. Boligområdene hadde ulik alderssammensetning og bebyggelsestype (høyblokk, høyblokk/villa og rekkehus). Vannføringen ble målt og massetransporten kunne beregnes. Midlere utslipp av kvikksølv ble beregnet til 30 µg Hg pr. person/døgn. Tilsvarende målinger ble gjennomført i Gøteborg (Robinson et al., 1988), og i to undersøkelser ble det spesifikke bidraget av kvikksølv beregnet til < 30µg Hg pr. person/døgn og < 110 µg Hg pr. person/døgn. Det er her snakk om lave konsentrasjoner og stor usikkerhet ved både prøvetaking og analyser. Som et middeltall benyttes imidlertid 30 µg Hg pr. person og døgn.

I flg. data fra SSB (www.ssb.no) var 81 % av befolkningen i 2001 tilknyttet avløpsrenseanlegg dimensjonert for 50 pe eller mer, mens 52 % av landets befolkning var tilknyttet s.k. høygradige renseanlegg (biologiske, biologisk-kjemiske eller kjemiske renseanlegg). Med en spesifikk kvikksølvmengde lik 30µg Hg pr. person/døgn blir årlig tilført kvikksølvmengde til avløpsanlegg fra husholdningene lik 40 kg Hg. Dette utgjør ca. 33 % av totaltilførselen på 124 kg Hg (se kap. 3.1). Av utslippene fra husholdningene utgjør frigjort kvikksølv fra amalgam i tannfyllinger over halvparten (se tabell 4.1).

4.3. Overvann

Overvann som tilføres avløpssystemet, har store variasjoner i sammensetning. Aktiviteten i nedbørsfeltet og lokaliseringen av nedbørsfeltet har avgjørende betydning for overvannets sammensetning, og i tillegg kommer nedbørstilfellenes varighet og hyppighet. Blant de viktigste faktorene er:

- Trafikktetthet
- Industriaktivitet
- Bruk av bygningsmaterialer
- Langtransportert forurensning
- Nedbørintensitet
- Tidsintervallet fra siste nedbørtilfelle

Litteratursøk har vist at kvikksølv sjelden inngår i relevante undersøkelser av overvann, men noen referanser foreligger. I 1995 og 1996 ble det gjennomført en landsdekkende

undersøkelse av sammensetningen av overvann (Storhaug, 1996). Det ble tatt ut prøver av overvann fra 7 steder i Norge, fra Sarpsborg i sør til Alta i nord. Prøvene ble tatt ut i to perioder, høst og vår/forsommer. På hvert sted ble det tatt ut prøver fra 3 typer nedbørfelt:

- Trafikkert sentrumsområde
- Boligområde
- Nærings/industriområde

Deteksjongrensen for kvikksølv i denne undersøkelsen var 0,2 µg/l. Fra boligområder og næringsområder ble det ikke registrert kvikksølvkonsentrasjoner over deteksjonsgrensen. Fra sentrumsområdene var kvikksølvkonsentrasjonen lavere enn 0,2 µgHg/l fra alle prøvetakingsfelt bortsett fra 2, der konsentrasjonen var hhv. 0,7 og 1,2 µg Hg/l. Den høyeste konsentrasjonen var i en prøve tatt i sentrum av Porsgrunn.

I 1993 ble det gjennomført prøvetaking i to nedbørfelt i Oslo (Storhaug, 1995), et sentrumsområde (Vika) og et forstadsområde (Vestli). Midlere kvikksølvkonsentrasjon i disse to områdene var 0,06 µg Hg/l og 0,07 µg Hg/.

I modellverktøyet StormTac (www.stormtac.com) som bl.a. benyttes til beregning av forurensningsbelastningen fra overvann, er det gitt sjablongverdier for de ulike forurensningsparametere, bl.a. kvikksølv. Tabell 4.2 viser en oversikt over sjablongverdier avhengig av arealtype.

Tabell.4.2. Typiske verdier for kvikksølvkonsentrasjonen i overvann fra ulike arealtyper (www.stormtac.com)

Arealtype	**Median (µg Hg/l)**	**Min (µg Hg/l)**	**Maks (µg Hg/l)**
Veier	0,1	0,1	0,1
Parkeringsplasser	0,1	0,1	0,2
Villaområde	0,1	0,05	0,2
Rekkehus	0,1	0,06	0,3
Flerfamiliehus	0,1	0,08	0,4
Fritidshus	0,05	0,05	0,2
Koloniområder	0,03	0,01	0,1
Sentrumsområder	0,1	0,1	0,4
Industriområder	0,1	0,1	0,5
Parker	0,02	0,01	0,2
Golfbaner	0,02	0,01	0,2
Atmosfærisk deposisjon	0,01	0,01	0,01

I Bergen (Garmann, 1989) ble det gjennomført en undersøkelse av innholdet av miljøgifter i slam fra sluk og sandfang. Det ble tatt i alt 16 prøver fra 4 områder. Av disse hadde 5 prøver høyere kvikksølvkonsentrasjon enn 0,1 mg Hg/kg TS, og den høyeste konsentrasjonen var 0,32 mg Hg/kg TS. Til sammenligning er kravet til kvikksølvinnhold i slam fra

avløpsrenseanlegg i hht. Forskrift om organiske gjødselvarer er 0,2 mg Hg/kg TS for kvalitetsklasse 0.

Det varierer mye fra anlegg til anlegg hvor stor del av årlig avløpsmengde som er overvann. Som en middelverdi antas at andelen overvann på årsbasis utgjør mellom 5 og 15 % av tilført vannmengde. Med midlere kvikksølvkonsentrasjon i overvannet lik 0,1 µg Hg/l, blir tilførslen av kvikksølv fra overvann til norske avløpsrenseanlegg i området 3 – 10 kg Hg/år. Dette utgjør fra 2 – 8% av årlig tilførsel av kvikksølv. Dette tallet er beheftet med meget stor usikkerhet. Overvann fra gater og plasser kan imidlertid ikke anses som noen hovedkilde for tilførsel av kvikksølv til kommunale avløpsrenseanlegg.

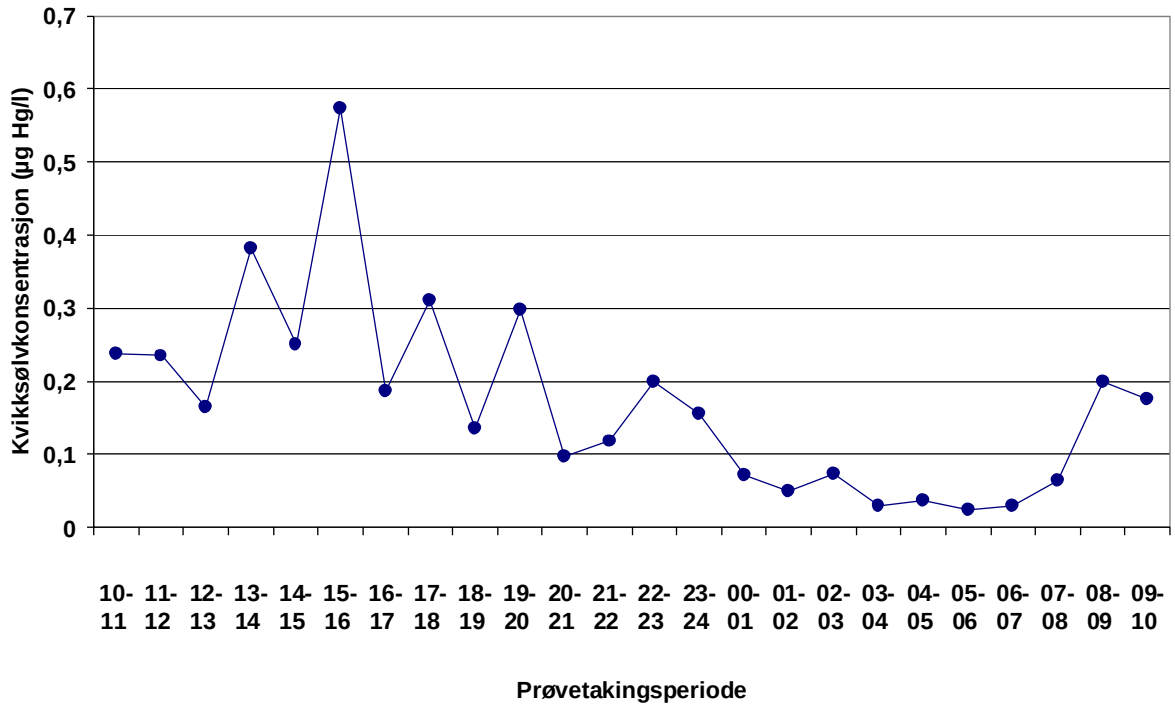
4.4. Kvikksølv som er akkumulert i avløpsnettet

4.4.1. Generelt

Strenge reguleringer på bruken av kvikksølv både nasjonalt og internasjonalt gjør at metallet i stor grad er utfaset. Når det gjelder utslipp til kommunalt avløpsnett er de fleste tilførsler av typen ”diffuse utslipp” i dag. På grunn av kvikksølvets høye egenvekt, kan det foregå en akkumulering i avløpsnettet. Dette er et resultat av tidligere tiders utslipp fra virksomheter som har anvendt kvikksølv i sin produksjon, rester av vanlige produkter (for eksempel febertermometer) som har vært i bruk i befolkningen, eller som følge av bruk av amalgam til tannfyllingsmateriale. Kvikksølvet som er akkumulert i avløpsnettet, kan enten opptre som metallisk kvikksølv, eller amalgam som er holdt tilbake i svanker og andre fordypninger. Biohuden på rørveggen kan også inneholde høye konsentrasjoner av kvikksølv som følge av adsorpsjon eller kompleksbinding. Kvikksølvet som er akkumulert i nettet kan ved stor vannføring (for eksempel ved nedbør) bli spylt ut fra nettet. Uheldige spylerutiner i avløpsnettet kan også medføre store tilførsler av kvikksølv til renseanlegg. Et eksempel på dette er spyling av nettet i områder der det tidligere har vært lokalisert bedrifter som har benyttet kvikksølv. Tilførsler av typen som er nevnt ovenfor, kan lett tolkes som ”uforklarlige” i og med at det i dag ikke er noen virksomheter som benytter kvikksølv, mens det i virkeligheten er et resultat av tidligere tiders ”synder”.

Kvikksølv som er avlagret i ledningsnettet, vil også kunne føre til en kontinuerlig ”lekkasje” av kvikksølv ved mikrobiell methylering (Markman et al., 2001). Dette er en prosess der det foregår en langsom omdanning av metallisk kvikksølv til organiske kvikksølvforbindelser. Forutsetningen for mikrobiell methylering er at det opptrer vekselvis aerobe og anaerobe soner i ledningsnettet og at det er tilgang på lett nedbrytbart organisk stoff. Kvikksølvet som mobiliseres på denne måten, vil kunne avsette seg i biohuden eller knytte seg til slampartikler i vannet, og etter hvert vil dette bli ført fram til avløpsrenseanlegget.

Transporten av kvikksølv i ledningsnettet er også nær knyttet til aktiviteten i avrennings-området. I september 2003 (10.09.03 – 11.09.03) ble det gjennomført en prøvetakings-omgang i det sentrale Oslo (Kongensgt.) der det ble tatt ut 1-times blandprøver ved hjelp av karusellprøvetaker. Konsentrasjonsnivået i avløpsvannet hadde en tydelig variasjon i løpet av døgnet (se figur 4.2).



Figur 4.2. Kvikksølvkonsentrasjonen i avløpsvann i Kongensgt. i Oslo, 10.09.03 – 11.09.03

I denne undersøkelsen ble det ikke lagt opp til å registrere mulige kilder, men den viser tydelig at kvikksølvkonsentrasjonen er avhengig av aktiviteten i området.

4.4.2. Kartlegging av kvikksølv i Stockholms avløpsnett

Mellom 1988 og 1998 ble det gjennomført en rekke undersøkelser for å kartlegge forekomsten av kvikksølv og andre tungmetaller i sedimentene i avløpsnettet i Stockholm (Lagerkvist, 2000). Den mest omfattende undersøkelsen ble gjennomført i 1995-1996, da 332 kummer tilknyttet avløpsnettet i det sentrale Stockholm ble undersøkt. I 106 av kummene var det tilstrekkelig med sediment til at det kunne tas ut prøve. Kvikksølvkonsentrasjonen i sedimentene varierte mellom < 0,1 mg Hg/kgTS og >100 mg Hg/kg TS. I tre kummer var kvikksølvkonsentrasjonen høyere enn 100 mg Hg/kg TS. Medianverdien for kvikksølvinnhold i sedimentene fra avløpsnettet i det sentrale Stockholm var 2,2 mg Hg/kg TS. Det ble beregnet at ca. 100 kg kvikksølv var akkumulert i sedimentene i ledningsnettet. En annen konklusjon var at forekomsten av kvikksølv var av lokal karakter (i nærheten av tidligere eller eksisterende utslippskilder). Av virksomheter som nevnes spesielt, er en tidligere bedrift som produserte lysepærer, samt varmesentraler og gater der det er lokalisert mange tannleger.

4.4.3. Utslipp av kvikksølv fra danske varmesentraler

I 1960-årene foregikk en omfattende utbygging av fjernvarmesystemer i Danmark. Totalt ble det bygget flere hundre anlegg, og på mange av anleggene ble det benyttet kvikksølv i mottrykkssystemene. I et prosjekt (Markmann et al., 2001) er det gjort en undersøkelse av forekomsten av kvikksølv i ledningsnettet tilknyttet 5 avløpsrenseanlegg. Fire av disse anleggene hadde en fjernvarmesentral tilknyttet, og i tillegg var kvikksølvinnholdet i avløpsslammet fra renseanleggene høyere enn grenseverdiene for anvendelse på jordbruksarealer. Det femte renseanlegget hadde ingen varmesentral tilknyttet, og kvikksølvinnholdet i slammet lå under grenseverdien for anvendelse på jordbruksarealer.

Kvikksølvkonsentrasjonen i slam fra ledningsnettet var høyest i områdene med lite fall. På ett anlegg ble det målt en kvikksølvkonsentrasjon på 0,15 mg/kg TS i en avstand på 750 m fra kilden (varmesentral), og 210 mg/kg TS i en avstand på 1600 m fra kilden. Kvikksølvkonsentrasjonen i slammet fra avløpsrenseanlegget hadde en årsmiddelverdi på 2,3 mg Hg/kg TS. Samme mønster avtegnet seg for de øvrige 3 avløpsrenseanleggene.

For å løse problemet blir det i rapporten foreslått å gjennomføre systematisk spyling av ledningsnettet mellom kilden for utslipp av kvikksølv og avløpsrenseanlegget.

4.4.4. Konklusjon mht. forekomsten av kvikksølv i ledningsnettet

Erfaringene fra bl.a. Sverige og Danmark viser at det opptrer en akkumulering av kvikksølv i ledningsnettet i områdene omkring virksomheter som benytter, eller har benyttet kvikksølv. Det er ikke mulig å overføre disse tallene direkte til norske forhold. Kommuner som mistenker at kvikksølv er akkumulert i ledningsnettet, bør derfor starte med å registrere hvor det er eller har vært lokalisert bedrifter eller virksomheter som bruker kvikksølv. Dette kan være:

- Tannleger
- Sykehus
- Skoler
- Fjernvarmesentraler
- Bedrifter som har produsert lyspærer
- Bedrifter som har produsert elektriske brytere

En systematisk kartlegging av kvikksølvinnholdet i slammet i avløpskummene nedstrøms virksomheten, evt. prøver av biohuden i avløpsrørene, vil kunne gi svar på om kvikksølv er akkumulert i nettet. Det foreligger imidlertid ikke grunnlagsmateriale som gjør det mulig å anslå hvor mye kvikksølv som er akkumulert i avløpsnettet i Norge.

4.5. Tilførsel av kvikksølv som følge av bruk av amalgam i tannfyllinger

4.5.1. Generelt

Amalgam som benyttes til tannfyllingsmateriale, består av et metallpulver (som oftest sølv, eller kobber) som er blandet med kvikksølv i omtrent samme vektmengder. Bruken av ulike former for amalgam er kjent langt så langt tilbake som til T'ang-dynastiet i Kina (618 – 907 e. Kr.) (Statens helsetilsyn, 1998). Amalgam slik det er benyttet som tannfyllingsmateriale i vår del av verden, består normalt av ca. 50 % kvikksølv. Tabell 4.3 gir en oversikt over sammensetningen.

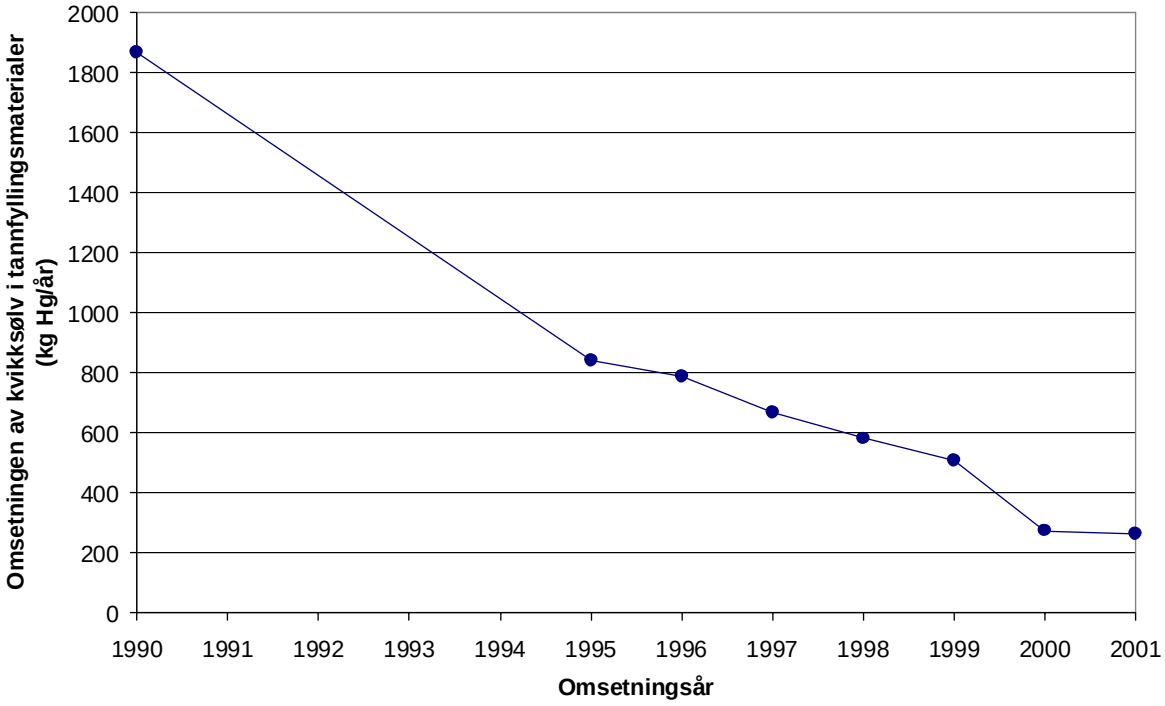
Tabell 4.3 Sammensetning av amalgam (Statens helsetilsyn, 1998)

Materiale/materialklasse **Evt. relevant ISO standard**	**Kommentarer**	**Sammensetning**
Amalgam ISO 1559:1995 Dental materials – Alloys for dental amalgam ISO 1560:1985 Dental mercury	Det er her angitt opplysninger for ferdig blandet amalgam. Det forutsettes at amalgampulveret ("alloy") er tilsatt tilsvarende vektmengder kvikksølv (1:1)	Kvikksølv (Hg): ~ 50 % Sølv (Ag): ≥ 20 % Tinn (Sn): ≤ 16 % Kopper (Cu): ≤ 15 % Ref. ISO 1559 Elementer som kan forekomme i mindre mengder, oftest under 2,5 % er: Indium (In), Palladium (Pa), Platina (Pt), sink (Zn)

Bruken av amalgam har vært en forutsetning for å kunne tilby tannhelsetjenester til det brede lag av befolkningen og har bidratt til den sterkt bedrede tannhelse i løpet av forrige århundre. Bruken av amalgam er også omdiskutert fordi mange hevder at det er en sammenheng mellom amalgam og ulike sykdommer. Denne problematikken inngår ikke i dette prosjektet og vil derfor ikke bli omtalt nærmere.

I løpet av 1990 årene har det vært en betydelig nedgang i bruken av amalgam som tannfyllingsmateriale. Forbruket i 2001 var ca. 260 kg Hg, og dette utgjør ca. 15 % av forbruket i 1990. Dette har sammenheng med at det er tatt i bruk andre materialer, og i tillegg benyttes mindre amalgam pr. fylling. Det foreligger ikke noen statistikk over hvor mange amalgamfyllinger som legges pr år.

Figur 4.3 viser årlig omsetning av kvikksølv i tannfyllingsmaterialer fra 1990 og fram til 2001.



Figur 4.3. Årlig omsetning av kvikksølv til tannfyllingsmaterialer (SFT, 2003)

Amalgam brukt som tannfyllingsmateriale kan fungere som kilde for kvikksølvtilførsler til avløpsnettet på to prinsipielt forskjellige måter:

1. Frigivelse av kvikksølv fra eksisterende tannfyllinger. Kvikksølvet skilles ut med fæces og urin som føres fram til avløpsnettet via toalettet
2. Som følge av tannlegens arbeid, innlegging og fjerning av fyllinger hos pasientene, samt preparering av nytt fyllingsmateriale før det benyttes i tennene.

For å redusere utslippene fra tannklinikker ble det i 1994 vedtatt en forskrift: ”Forskrift om amalgamholdig avløpsvann og amalgamholdig avfall fra tannklinikker og tannlegekontorer.” (Miljøverndepartementet, 1994)

4.5.2. Frigjøring av kvikksølv fra fyllingsmateriale

Undersøkelser av bl.a. Bjørkmann et al. (1997) og Skare (1995) viser at tannfyllinger av amalgam frigjør kvikksølv. Ved tygging og drikke av varme drikker, kan frigivelsen av kvikksølv øke til det tredobbelte i forhold til normalverdien. En del av det frigjorte elementære kvikksølvet (Hg^{+}) går over i utåndingsluften, mens en annen del holdes tilbake i spyttet og svelges sammen med amalgampartikler og korrosjonsprodukter. Hoveddelen av dette skilles så ut i fæces og urin. Det er gjennomført beregninger av kvikksølvutslippet fra den svenske befolkningen som følge av frigivelse fra amalgam i tannfyllinger (Skare, 1995). Med utgangspunkt i det som er normaltilstanden for middelaldrende i den svenske befolkningen mht. antall tannfyllinger ble det beregnet at utskillingen av kvikksølv som har sitt opphav i tannfyllinger, næringsinntak og inntak fra omgivelsesluften utgjorde 60 µg Hg pr. person og døgn. For hele den svenske befolkningen ble utslippet av kvikksølv med fæces og urin beregnet til 100 kg Hg/år. Av dette utgjør kvikksølv fra tannfyllinger det vesentligste.

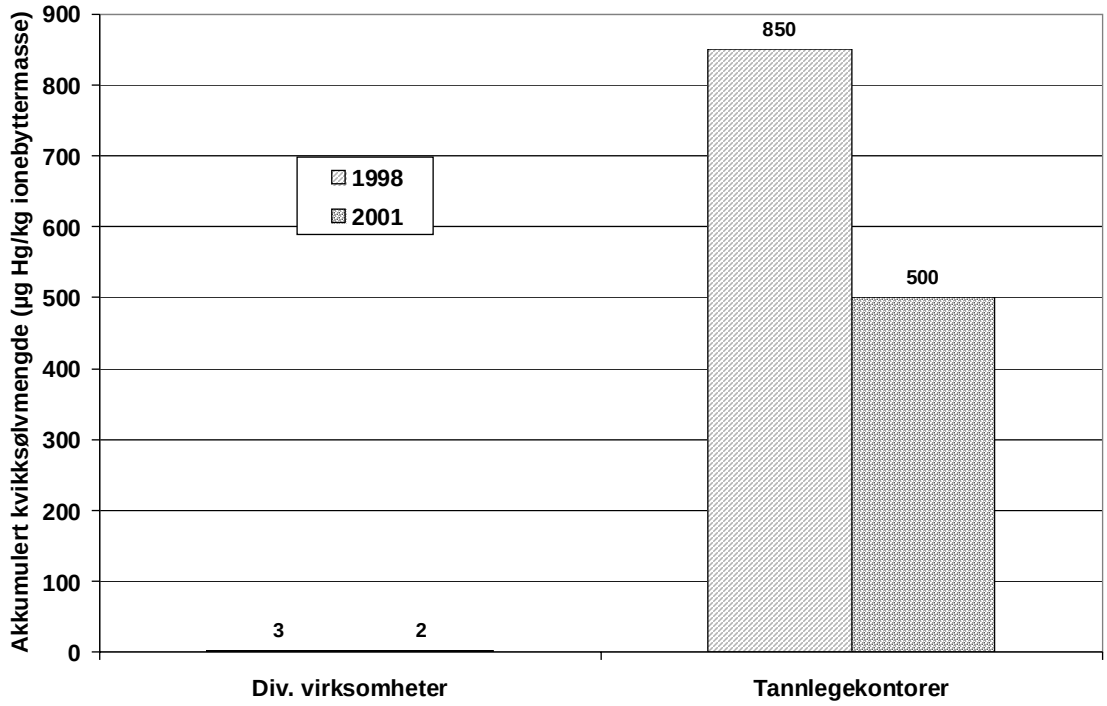
Med en totalbefolkning på ca 8,5 mill. utgjør dette ca. 32 µg Hg per person og døgn. En amerikansk studie (Barron, 2001) beregnet døgnutslippet av kvikksølv til ca. 17 µg Hg per person og døgn, og denne verdien anses som representativ for den amerikanske befolkningen.

Det er sparsomt med statistisk materiale vedr. antall tannfyllinger avhengig av alder. En sammenstilling av flere undersøkelser (Statens helsetilsyn, 1998) viser at personer med fødselsår omkring 1950 i gjennomsnitt har 20 fylte tannflater.
Hvis man forutsetter tilnærmet like forhold mht. forekomsten av amalgamfyllinger i befolkningen i Sverige og Norge, kan kvikksølvutslippet i Norge beregnes med ugangspunkt i de spesifikke tallene fra Sverige og USA. Den norske befolkningen var ved årsskiftet 2002 – 2003 lik 4 552 200 personer (SSBs befolkningsstatistikk, 2003). Ved å benytte et midlere utslipp av kviksølv pr person lik 32 µg Hg pr døgn, blir samlet kvikksølvutslipp fra personer (fæces og urin) ca. 53 kg Hg pr år. Hvis det amerikanske tallet (Barron, 2001) benyttes, blir kvikksølvutslippet 28 kg Hg/år. I beregningen av utslippene fra husholdninger som er gjennomført i pkt. 4.2, er utslippet av kvikksølv pga. amalgam satt til 17 µg Hg pr. person og døgn.

4.5.3. Utslipp av kvikksølv fra tannklinikker

Utslippene fra tannklinikker kommer enten som følge av dagens aktivitet, eller på grunn av tilfeldig utspyling av avsatt materiale i det interne rørnettet i bygningen der tannklinikken er eller har vært lokalisert.

Tilnærmet alle tannleger har installert amalgamutskillere i dag. Effektiviteten av amalgamutskilleren har nær sammenheng med rutinene som praktiseres mht drift og oppfølging av avskillingsenheten. Det er sparsomt med analyseverdier fra prøver som er tatt direkte på utløpsledningen fra tannklinikker. I Sandefjord kommune har man fulgt opp industripåslippene til kommunalt avløpsnett ved bruk av passive prøvetakere (Ecoscope) (Børresen,2003). Blant annet har Ecoscoper vært plassert i en kum som tar imot avløpsvann fra en bygning med flere tannlegekontorer. Ved bruk av passive prøvetakere måles ikke konsentrasjonen av kvikksølv i vannstrømmen, men kvikksølvmengden som tas opp i ionebyttemassen. I alle prøveomgangene som er gjennomført, er det registrert markert høyere verdier for akkumulert kvikksølvmengde fra kummen som har tilknyttet tannlegekontorer i forhold til det som er registrert i avløpet fra andre virksomheter. Figur 4.4 viser en sammenstilling av analyseverdiene fra to prøvetakingsperioder i 1998 og 2001.



Figur 4.4. Resultater fra analyser av passive prøvetakere fra Sandefjord kommune (Børresen, 2003)

Figuren viser at forekomsten av kvikksølv i prøvepunktet som tok imot avløpsvann fra tannklinikker, er betydelig høyere en fra det som er betegnet som div. andre virksomheter (bl.a. bensinstasjoner og et vaskeri).

I prøver av avløpsvann fra to tannklinikker i kartleggingsundersøkelsen "Kilder til tungmetaller i kommunalt avløp" (Sorteberg, 1997) var kvikksølvkonsentrasjonen < 0,05 µg Hg/l, og det ble konkludert med at blandprøvene fra disse to tannklinikkene ga for spinkelt grunnlag til å fastslå om dette er typiske nivåer fra denne typen virksomhet.

Resultatene viser at det sannsynligvis er stor variasjon mht utslipp fra tannklinikker, og dette har sammenheng med faktorer som effekten av amalgamutskilleren, interne rutiner mht oppfølging av avskiller, omfanget av bruken av amalgam, arbeidsrutinene i forbindelse med bruken av amalgam og hyppigheten av utspyling av amalgam som er avlagret i ledningsnettet.

Det er svært vanskelig å beregne hvor mye kvikksølv som er akkumulert i det interne ledningsnettet i tannklinikkene. For å få et omtrentlig inntrykk kan erfaringsmateriale fra Sverige benyttes. I Stockholm har man siden 1998 gjennomført et systematisk arbeid for å fjerne kvikksølv fra det interne ledningsnettet i virksomheter som benytter, eller har benyttet kvikksølv. Totalt er det samlet inn ca. 200 kg kvikksølv gjennom denne kampanjen (Stockholm Vatten, 2002), og hoveddelen av dette kommer fra tannklinikker. Kvikksølv-mengden som er fjernet pr. klinikk varierer fra 1g til 6kg (Wistrand, 2003), og normalt varierer kvikksølvmengden mellom 25 og 400 g pr. klinikk. Gjennomsnittlig er det 2 behandlings-stoler pr. klinikk, slik at kvikksølvmengden pr. behandlingsstol varierer mellom ca. 10 og 200 g.

Et svensk firma (Sweden Recycling) som utfører kvikksølvsanering over hele Sverige, fører statistikk over fjernet kvikksølvmengde pr. behandlingsstol (Pettersson, 2003). Se tabell 4.4.

Tabell 4.4. Oversikt over gjennomsnittlig fjernet kvikksølvmengde ved sanering av 900 behandlingsstoler (Pettersson, 2003)

År	**Antall behandlingsstoler som er sanert**	**Middelverdi for fjernet kvikksølvmengde pr behandlingsstol. (g Hg pr. behandlingsstol)**
2001	262	85
2002	423	31 1)
2003 (10 mnd)	215	112

1) Omfatter sanering av 170 behandlingsstoler på en tannlegehøyskole med en gjennomsnittlig fjernet kvikksølvmengde lik 1,7 g Hg pr. behandlingsstol, noe som medvirker til at fjernet kvikksølvmengde på årsbasis blir unormalt lavt dette året.

Dette materialet omfatter sanering av i alt 900 behandlingsstoler og er derfor representativt for svenske forhold. Det bør også kunne overføres til norske forhold. Tabell 4.4 viser at gjennomsnittsverdien hvert år varierer, men ut fra det foreliggende materialet bør 100 g Hg pr. behandlingsstol være en omtrentlig gjennomsnittsverdi. I løpet av de ca. 3 årene som statistikken dekker, er den største kvikksølvmengden som er fjernet i et enkelt saneringsprosjekt, lik 1800 g Hg pr. behandlingsstol. (Pettersson, 2003)

I hht. Den norske tannlegeforenings hjemmesider (www.tannlegeforeningen.no), har foreningen ca. 3900 medlemmer som er privatpraktiserende eller ansatt i den offentlige tannhelsetjenesten. Hvis hver tannlege knyttes til én behandlingsstol, vil akkumulert kvikksølv-mengde i de interne avløpsnettene i tannklinikkene være i underkant av 400 kg Hg på landsbasis. Det understrekes at dette er et meget grovt estimat.

4.6. Avløpsvann fra industri- og næringsvirksomhet tilknyttet kommunalt avløpsnett

Denne gruppen omfatter all industri- og næringsvirksomhet (tannklinikker er omtalt separat) som er tilknyttet kommunalt nett. I Norge er det gjennomført flere undersøkelser av avløpsvann fra ulike typer industri- og næringsvirksomheter som er tilknyttet kommunalt nett. I en undersøkelse som ble gjennomført i 1997 (Sorteberg, 1997) ble det tatt prøver av avløpsvann fra i alt 23 virksomheter fordelt på 10 virksomhetstyper (antall i parentes):

- Metall- og maskinvareindustri/verkstedbedrifter (2)
- Kjemisk- og plastindustri (1)
- Undervisningsinstitusjoner (1)
- Laboratorier (4)
- Bilverksteder (2)
- Bensinstasjoner (5)
- Grafiske bedrifter (3)
- Tannleger (2)
- Apotek (1)
- Sykehus (3)

Sammenlignet med normalt kommunalt avløpsvann der kvikksølvkonsentrasjonen ligger i området 0,1 – 0,2 µgHg/l, ble det i denne undersøkelsen funnet høye kvikksølv-

konsentrasjoner i blandprøver fra de 4 laboratoriene og noe forhøyede konsentrasjoner fra bilverkstedene. De øvrige virksomhetstypene hadde en kvikksølvkonsentrasjon i avløpsvannet tilsvarende nivået i kommunalt avløpsvann. Tabell 4.5 viser en sammenstilling av kvikksølvkonsentrasjonen i avløpsvannet fra de 4 laboratoriene.

Tabell 4.5. Kvikksølvkonsentrasjonen i avløpsvann fra 4 laboratorier (Sorteberg, 1997)

Type laboratorium	**Prøvetype**	**Middelkonsentrasjon (µg Hg/l)**	**Maks. konsentrasjon (µg Hg/l)**
Tilknyttet industriell virksomhet	3 blandprøver satt sammen av 7 stikkprøver	2,4	5
Næringsmiddeltilsyn	2 ukeblandprøver	8,3	15
Tilknyttet forskning	3 ukeblandprøver	2,8	4,4
Tilknyttet forskning	3 ukeblandprøver	3,2	7,2

Vannmengdene er ikke registrert, men maksimalkonsentrasjonen ligger 22 – 75 ganger høyere enn kvikksølvkonsentrasjonen i kommunalt avløpsvann.

Som en oppfølging av undersøkelsen fra 1997, ble det gjennomført en mer omfattende undersøkelse av virksomhetsgruppene som peket seg ut som de største bidragsyterne mht. tungmetaller (Nesgård og Røstad, 1999):

- Metall- og maskinvareindustri/verkstedbedrifter
- Bensinstasjoner med vaskehaller
- Bilverksteder

I denne undersøkelsen var det bare metall- og maskinvareindustri/verkstedbedrifter som hadde en noe forhøyet kvikksølvkonsentrasjon (middelkonsentrasjon 0,36 µgHg/l) i forhold til kommunalt avløpsvann.

Pr. i dag er det i hovedsak ulike typer laboratorier som man kan forvente har kvikksølvkonsentrasjoner i avløpsvannet som avviker fra kommunalt avløpsvann. I denne gruppen må man også inkludere skoler og undervisningsinstitusjoner samt sykehus.

Avløpsvann fra røykgassrensing på forbrenningsanlegg for kommunalt avfall kan inneholde kvikksølv. Det er derfor stilt krav til kvikksølvkonsentrasjon i avløpsvannet fra renseanleggene som behandler dette avløpsvannet. Ved normal drift representerer ikke dette noen stor kvikksølvtilførsel. Ved driftsforstyrrelser på renseanlegget kan imidlertid store kvikksølvmengder bli tilført kommunalt avløpsnett.

4.7. Sigevann fra avfallsdeponier

En del avfallsdeponier er tilknyttet kommunalt avløpsnett. Hvor mange anlegg dette gjelder, er usikkert. I SSBs registrering av kommunale avfallsdeponier må anleggseierne opplyse om sigevannet renses på "eget anlegg" eller på "annet anlegg". I statistikken for 2001 oppga 31 anleggseiere at sigevannet ble renset på "eget anlegg", 24 oppga "annet anlegg", mens 8 hadde begge deler (Vinju, 2003). En tolkning av dette kan være at 24 anlegg overfører sigevannet til kommunalt renseanlegg, mens 8 anlegg foretar lokal rensing og overfører sigevannet deretter til kommunalt renseanlegg, men dette er usikkert. Tabell 4.6 viser en

sammenstilling av kvikksølvkonsentrasjonen i sigevann fra norske avfallsdeponier, fordelt på landsdel (Mæhlum et al., 2003)

Tabell. 4.6. Kvikksølvkonsentrasjonen i sigevann fra norske avfallsdeponier (Mæhlum et al., 2003)

Landsdel	**Antall deponier**	**Midlere kvikksølvkonsentrasjon (µg Hg/l)**
Østlandet	15	0,2
Sørlandet	2	0,2
Vestlandet	6	0,2
Midt Norge	4	0,4
Nord Norge	7	0,1

En svensk undersøkelse (Öman et al., 2000) rapporterer kvikksølvkonsentrasjonen i sigevannet fra 11 svenske avfallsdeponier. Middelkonsentrasjonen for disse deponiene var 0,051 µgHg/l og makskonsentrasjonen var 0,1µg/l.

Ut fra dette kan det konkluderes med at sigevann fra normale avfallsdeponier ikke er noen betydelig kilde for tilførsel av kvikksølv til det kommunale avløpsnettet. Et unntak er sigevann fra deponier der det tidligere (før ordningen med innsamling av farlig avfall ble iverksatt) er deponert industriavfall.

4.8. Fellingskjemikalier

Det foreligger ingen offentlig statistikk over forbruket av ulike typer fellingskjemikaler ved avløpsrenseanlegg. For de mest benyttede fellingskjemikaliene oppgir produsenten at midlere kvikksølvkonsentrasjon i produktet er < 0,05 mg Hg/kg. Hvis det forutsettes at middeldoseringen er 110 g/m^3, blir tilført kvikksølvmengde fra fellingskjemikalier 1 - 2 kg pr. år. Ut fra dette kan det konkluderes med at tilførselen av kvikksølv fra fellingskjemikalier kan neglisjeres i den store sammenheng.

4.9. Sammenstilling av de ulike kildene

Gjennomgangen som er gjort i det foranstående har vist at det for noen kilder kan beregnes et totalt utslipp på årsbasis, mens andre kilder bare kan beskrives med typiske konsentrasjonsnivåer. I tabell 4.7 er det vist en sammenstilling av de ulike kildene. Ved beregning av %-andel av kvikksølvtilførselen er det tatt utgangspunkt i en tilført mengde på 124 kg Hg.

Tabell 4.7 Sammenstilling av de ulike kildenes betydning

Kilde	**Beregnet utslippsmengde (kg Hg/år)**	**Typisk konsentrasjonsområde (µgHg/l)**	**Andel av kvikksølvtilførselen (%)**
Husholdninger	40	-	33
Overvann	3 – 10	0,1	2 - 8
Kvikksølv som er akkumulert i ledningsnettet (både internt nett i eiendommene og i det kommunale nettet)	Kan ikke beregnes, men erfaringer fra andre land viser at dette er en reell kilde for tilførsel av kvikksølv til avløpsrenseanleggene		
Industri- og næringsvirksomhet	Ikke beregnet	0,1 – 0,2 Laboratorier: 5 -15	60 - 65
Sigevann fra avfallsdeponier	Ikke beregnet	0,05 – 0,1	Ikke beregnet
Fellingskjemikalier	1 – 1,5	-	<1

I og med at det for noen av kildene ikke kan beregnes noen utslippsmengde må disse slås sammen til en fellesgruppe kalt ”Andre”. Denne gruppen inkluderer også tannlegevirksomhet. Fordelingen mellom de ulike kildene blir dermed:

- Husholdninger: 30 – 35 % (33 %)
- Overvann 2-8 %
- Andre 60 - 65 %

Av kildene som er plassert i gruppen ”Andre”, vet vi minst om betydningen av kvikksølv som er akkumulert i avløpsnettet. Vi vet en del om kvikksølvmengden som er akkumulert i det interne ledningsnettet i tannlegekontorer og tannklinikker, men det foreligger lite informasjon om hvor mye som slippes ut under den daglige driften. For å redusere utslippene er det nødvendig at det gjennomføres en målrettet innsats for å få full effekt av kravene i amalgamkapittelet i forurensningsforskriften, dvs. rutinene for oppfølging av amalgamavskilleren, bruk av amalgamavskiller på sterilbenk, opplæring av personalet i tannklinikkene i ”miljømessig riktige” arbeidsrutiner i forhold til utslipp av amalgam etc.

5. Pilotprosjekt – kvikksølvsanering ved 5 tannklinikker i Oslo

5.1. Bakgrunn og gjennomføring

Med utgangspunkt i erfaringene fra Sverige mht. sanering av kvikksølv fra tannklinikker er det gjennomført sanering ved 5 tannklinikker i Oslo. Hensikten med prosjektet har vært å demonstrere hvordan kvikksølv kan fjernes på denne måten, samt kostnadene som er forbundet med dette. Ved valg av tannklinikker som skulle delta i prosjektet, ble det sendt ut brev til 100 tilfeldig utvalgte privatpraktiserende tannleger i Oslo. Det ble mottatt positivt svar fra 11 tannleger, og av disse ble 5 tannleger valgt ut etter følgende kriterier:

- Klinikkene skulle ha maks. 3 behandlingsstoler
- 4 av klinikkene skulle ha vært i drift før 1994 (amalgamkapittelet i forurensnignsforskriften)
- 1 klinikk skulle være startet opp etter 1994

For den praktiske gjennomføringen av saneringen ble firmaet Sweden Recycling AB engasjert. Dette firmaet har lang erfaring fra Sverige i gjennomføring av denne typen saneringsprosjekter. Saneringen ble utført i hht. prosedyren som er beskrevet i vedlegg 1. Tabell 5.1 viser en oversikt over klinikkene som deltok i prosjektet:

Tabell 5.1. Oversikt over klinikkene som deltok i saneringsprosjektet

Klinikk nr	**I drift siden**	**Antall behandlingsstoler**
1	1956	2
2	Før 1960	2
3	1990	2
4	1995	2
5	Ca. 1970	3

Saneringen ble gjennomført i perioden 25. – 27. november, 2003. Arbeidet ved hver klinikk tok ca. 4 timer, men ved utvelgelsen var det lagt spesielt vekt på å finne fram til klinikker der de praktiske forholdene lå godt til rette. Etter at spylingen av hver klinikk var avsluttet, ble spylevannet transportert til et lager i Oslo og overført til en 1000 l palletank. Det ble tatt prøve av vann og slam for analyse av kvikksølv fra hver klinikk slik at fjernet kvikksølvmengde kunne beregnes. Kvikksølvanalysene ble utført ved laboratoriet til Sweden Recycling. Etter at saneringen var avsluttet ble alt spylevann og slam transportert til NOAH Langøya for deponering. I TA-2038/2004 Prosedyre for sanering av internt ledningsnett i tannklinikker er det beskrevet en prosedyre for kvikksølvsanering av tannklinikker.

5.2. Resultater

Fjernet kvikksølvmengde ved hver klinikk er beregnet i tabell 5.2. Beregningen av fjernet mengde bygger på analyse av spylevann og slam utført av laboratoriet til Sweden Recycling AB. Laboratoriet er akkreditert av SWEDAC i hht. kravene i SS-EN ISO/IEC 17 025 for analyse av avløpsvann og slam.

Tabell 5.2. Resultater fra klinikkene som deltok i saneringsprosjektet

Klinikk nr.	Ant. beh. stoler	Spyle-vann (l)	Slam		Kvikksølvkonsentrasjon		Kvikksølvmengde			
			(kg)	TS (g/kg)	Spyle-vann (µg Hg/l)	Slam (mg Hg/kg TS)	Spyle-vann (g Hg)	Slam (g Hg)	Totalt (g Hg)	Pr. beh. stol (g Hg/stol)
1	2	360	19,5	383	2420	2280	0,9	17	18	9
2	2	92	2,5	388	11700	19100	1,1	19	20	10
3	2	220	2,5	665	50600	186000	11,1	309	320	160
4 1)	2	45	0,3	172	7430	231000	0,3	12	12	6
5	3 2)	160	2,5	503	14500	246000	2,3	309	312	156
Sum	**11**	**877**	**27**	-	-	-	**16**	**666**	**682**	-

1) Bare delvis spyling fordi det var umulig å få samlet opp alt spylevannet
2) Bare 2 stoler i drift

Ved saneringen av de 5 klinikkene ble det fjernet totalt 682 g Hg. Dette er i samme størrelsesorden som uketilførselen av kvikksølv til VEAS-anlegget (Sagberg,2003). Fjernet kvikksølvmengde pr. behandlingsstol varierte mellom 6 og 160 g Hg. Sammenlignet med erfaringer fra Sverige (Sweden Recycling, 2003) er fjernet kvikksølvmengde ved klinikk 3 og 5 høyere enn det som er normalt ved sanering av tilsvarende klinikker i Sverige. Ved klinikk 1 ble det fjernet mye slam, men dette var i hovedsak korrosjonsprodukter fra støpejernsrørene i bygningen. Klinikk 3 og 5 hadde vært i drift siden hhv. 1990 og ca. 1970, dvs. før forurensningsforskriften kapittel 15 om amalgamholdig avløpsvann ble innført, noe som sannsynligvis er en medvirkende årsak til det høye kvikksølvinnholdet. I Sverige kom kravet om at alle nye tannklinikker skal ha montert amalgamutskiller i 1980, fra 1985 var kravet at alle klinikker skal ha avskiller. Kravene om amalgamutskiller kom derfor 10 – 15 år tidligere i Sverige enn i Norge. En annen viktig forskjell er at mer enn halvparten av de svenske tannklinikkene har montert amalgamavskiller på avløpet fra sterilbenken (der hvor bl.a. rengjøring av utstyr foregår), i Norge er det knapt noen klinikker som har avskiller på sterilbenken. Det er derfor ikke usannsynlig at avsetningen av amalgam i det interne ledningsnettet i klinikkene i Norge er større enn det man har dokumentert i Sverige. Erfaringene fra norske saneringsprosjekter er imidlertid litt for spinkel til å trekke sikre konklusjoner her.

5.3. Kostnader

Kostnadene for gjennomføring av pilotprosjektet omfatter befaring til samtlige klinikker på forhånd, gjennomføringen av selve saneringen og disponering av avfallet. I og med at det ble engasjert et spesialfirma fra Sverige ble det uforholdsmessig mye reisetid. Totale kostnader for gjennomføring av saneringen og disponering av avfallet var NOK 100.000, dvs. NOK. kr. 20.000 pr klinikk med to behandlingsstoler. Med en samlet fjernet kvikksølvmengde lik 682 g, blir prisen pr. kg fjernet kvikksølv lik NOK 147.000. Typiske saneringskostnader fra Sverige er SEK 15.000 for saneringsjobben, i tillegg kommer SEK 10.000 for behandling og disponering av avfallet, totalt SEK 25.000 (Pettersson, 2003). Stockholm Vatten oppgir at kostnaden for sanering av klinikker med 2 behandlingsstoler ligger på ca. SEK 20.000 (Stockholm Vatten, 2002). Hvis det i gjennomsnitt fjernes 100 g kvikksølv pr. behandlingsstol, gir dette en enhetskostnad på ca. SEK 100.000 pr. kg kvikksølv fjernet.

6. Referanser

Association of Metropolitan Sewerage Agencies (AMSA) (2002): Mercury Source Control and Pollution Prevention Program Evaluation, Final Report

Barron,T. (2001) Mercury Headworks Analysis for 2000, Prepared for : Palo Alto RWQCP (http://www.city.palo-alto.ca.us/cleanbay/pdf/mercmassbal.pdf)

Berg, T., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L. og Steinnes, E. (2003): Relativ betydning av nasjonale metall-utslipp i forhold til avsetninger fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder, NILU OR 12/2003

Björkman, L. , Sandborgh-Englund, G. og Ekstrand, J. (1997): Mercury in Saliva and Feces after Removal of Amalgam Fillings, Toxicology and Applied Pharmacology, Vol 144, 156 – 162

Lagekvist, R. (2000): Sammanställning av sedimentanalyser från Stockholm Vattens ledningsnät, Rapport nr. 36, Stockholm Vatten

Landbruksdepartementet, Miljøverndepartementet og Helsedepartementet (2003): Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav

Markmann, P.N., Jensen, P. og Abildsgaard, J. (2001): Kildesporing af tungmetaller i afløbssystemer. En undersøgelse af kloakslam med særlig fokus på kviksølvforurensning fra ældre varmeverker, Miljøstyrelsen, Miljøprosjekt Nr. 591,

Nesgård, B.S. og Røstad, A. (1999): Kilder til tungmetaller i kommunalt avløp – Intensiv kartlegging av næringsvirksomhet, SFT-rapport 99:11

Pettersson, O. (2003) Personlig kommunikasjon, Prosjektleder, Sweden Recycling

Robinson, P., Avergård, J og Mattson, J. (1989): Provtagningar i referansområden – etapp 1, hushållsspillvatten, GRYAAB – rapport 1989:2

Sagberg, P. (2003): Rapport om variasjoner i kvikksølvtilførslene til VEAS 01.01.2000 – 14.11.2003, Rapport utarbeidet som en del av Amalgamkampanjen

SFT (2003) Miljøgifter i produkter. Data for 2001, TA-1978/2003

SFT (2002) Estimater av utslipp av Hg, Pb, Cd, Cu og Cr til luft, jord og vann for 2002, fordelt på kilder. Notat

Skare, I. (1995): Mass Balance and Systemic Uptake of Mercury Released from Dental Amalgam Fillings, Water, Air and Soil Pollution, Vol. 80, (59-67)

SSB (2003): Innrapporterte data til KOSTRA for 2002

Statens helsetilsyn (1998): Bruk av tannrestaureringsmaterialer i Norge, IK2652, Utredningsserie 8/98

Stockholm Vatten (2002): Kvikksølvsanering av avloppsstammar, faktaark

Sorteberg, S. (1997): Kilder til tungmetaller i kommunalt avløpsvann – bidrag fra småindustri/annen næringsvirksomhet, SFT-rapport 97:27

Storhaug, R., Paulsrud, B. og Nedland, K.T. (1993): Miljøgifter i kommunalt avløpsvann, SFT-rapport nr. 93:10

Storhaug, R. (1996): Kartlegging av miljøgifter i overvann, Aquateam-rapport 96-087

Storhaug, R. (1995): Sluttrapport for kadmiumprosjektet, Aquateam-rapport 95-006

Vinju, E. (2003): Personlig kommunikasjon med saksbehandler fra SSB

Wistrand, B. (2003): Personlig kommunikasjon, Miljøkjemiker, Stockholm Vatten

Öman, C., Malmberg, M. og Wolf-Watz, C. (2000) Utvecling av metoder för Karakterisering av lakvatten från avfallsupplag – Slutrapport. RVF-rapport 00:3

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon	Kontaktperson SFT	Kontaktperson VEAS
Aquateam – Norsk vannteknologisk senter A/S	Ingunn Lindeman	Paul Sagberg Kontaktperson NORVAR BA Toril Hofshagen

Avdeling i SFT	ISBN-nummer	TA-nummer
Lokalmiljøavdelingen	82-7655-230-7	TA-2039/2004

Oppdragstakers prosjektansvarlig	År	Sidetall	SFTs kontraktnummer
Ragnar Storhaug	2004	34	3003062

Utgiver	Prosjektet er finansiert av
Statens forurensningstilsyn	Statens forurensningstilsyn (SFT) Vestfjordens avløpsselskap (VEAS) Norsk Vann og Avløp BA (NORVAR BA)

Forfattere
Ragnar Storhaug og Liv Bruås

Tittel
Stoff for Stoff – kilde for kilde: Kvikksølv i avløpsnettet

Sammendrag
Kvikksølvutslippene i Norge er betydelig redusert de siste årene. Utslippene til vann utgjør ca. 19% av totalutslippet. Det er beregnet at ca. 124 kg Hg tilføres kommunalt avløpsnett pr. år, og det er beregnet at 53 kg Hg slippes ut til resipient og ca. 90 kg følger med slammet. Datagrunnlaget har mange usikkerheter og utslippene er større enn tilførslene. Amalgam brukt som tannfyllingsmateriale består av ca. 50% kvikksølv og det representerer derfor en betydelig kvikksølvmengde. Erfaringer fra saneringsprosjekter som er gjennomført i Sverige, viser at det i gjennomsnitt fjernes ca. 100 g Hg pr. behandlingsstol når det gjennomføres kvikksølvsanering av tannklinikker. I et pilotprosjekt med kvikksølvsanering på 5 tannklinikker i Oslo i november 2003, ble de fjernet fra 6 - 160 g Hg pr. behandlingsstol. Kostnaden for gjennomføring av kvikksølvsanering er beregnet til NOK 20.000 pr. tannklinikk med 2 behandlingsstoler.

4 emneord	4 subject words
Amalgam	Amalgam
Kvikksølv	Mercury
Tannklinikk	Dental clinic
Kildekontroll	Source control
Avløpsslam	Biosolids