

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-83063
Undernummer:
Løpenummer: 1522
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Miljøgifter i overvann VA-24/83	Dato: 15. august 1983
	Prosjektnummer: 0-83063
Forfatter(e): Oddvar Lindholm	Faggruppe: Urban hydrologi
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 53

Oppdragsgiver: NTNF's VAR-utvalg	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
-------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Det er utført et litteraturstudium om kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i overvann fra veier og urbaniserte områder. Ca. 40 referanser fra 8 land er funnet å være relevante i dette studiet. Konsentrasjonene av Cd og Hg synes stort sett å ligge på et relativt lavt nivå. Overvannets innhold av PAH synes imidlertid å være mer urovekkende.

4 emneord, norske:
1. Overvann
2. Miljøgifter
3. Forurensninger
4. Vegforurensninger
VA-24/83

4 emneord, engelske:
1. Storm runoff
2. Toxic components
3. Pollution
4. Road pollution

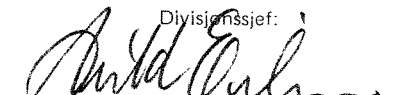
Prosjektleder:

  
Oddvar Lindholm

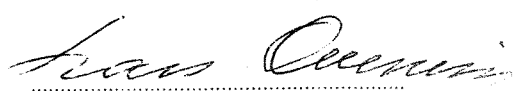
For administrasjonen:



Divisjons sjef:

  
Arild Schanke Eikum

ISBN 82-577-0664-7



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0 - 83063

MILJØGIFTER I OVERVANN

Oslo, 15. august 1983

Oddvar Lindholm

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. FORORD	5
2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	6
3. INNLEDNING OG PROBLEMORIENTERING	8
4. RESULTATER FRA LITTERATURSTUDIET	13
5. SAMLET VURDERING AV RESULTATENE	47
6. LITTERATUR-REFERANSER	51

- 0 -

## TABELLOVERSIKT

Tabell nr.:

1	Kriterier for akutt og kronisk giftighet	11
2	Korrelasjonskoeffisienter for Hg og Cd	16
<u>Kadmium:</u>		
3-6	Overvann i separatsystemer - Kadmium	19-22
7	Snøsmeltevann i separatsystemer - Kadmium	23
8-10	Overvann fra veger - Kadmium	24-26
11	Overløpsvann fra fellessystemer - Kadmium	27
12	Kadmiuminnhold i snø i urbane områder	28
13	Snøprøver fra veger - Kadmium	29
14	Kadmium i tørrstoff fra rennestener	30
15-16	Data om kadmiuminnhold i gatestøv	31-32
17	Data om akkumulering av Cd i gatestøv	33
18	Kadmium i sandfang og relatert til trafikkvolum	34
19	Kadmium i stoffnedfall og nedbør, samt en materialstrøm-balanse	35

Tabell nr.:		Side:
<u>Kvikksølv:</u>		
20-22	Overvann i separatsystemer - Kvikksølv	36-38
23	Snøsmeltevann i separatsystemer - Kvikksølv	38
24-25	Overvann fra veger - Kvikksølv	39-40
26	Kvikksølv i overløp, nedfall og rennestener	41
 <u>PAH:</u>		
27-28	Overvann i separatsystemer - PAH	42-43
29	Overvann fra veger - PAH	44
30	Våtvørsavrenning i fellessystemer - PAH	45
31	PAH i jordmasse nær en riksveg	46
32	Sammenstilling av data om kadmium og kvikksølv	48

## 1. FORORD

NTNF's VAR-utvalg har gitt Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i oppdrag å utføre et litteraturstudium over miljøgifter i overvann. En av hovedhensiktene med litteraturstudiet har vært å danne grunnlag for en senere beslutning om hvorvidt målinger på miljøgifter i overvann bør utføres i Norge.

Etter avtale med VAR-utvalgets sekretariat, ved siv.ing. Sveinung Sægrov, ble det enighet om å konsentrere studiet om tungmetallene kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg), samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Assisterende divisjonssjef, dr. philos. Egil Gjessing og forsker, cand.real Jon Knutzen har bidratt med verdifulle diskusjoner i prosjektet.

Oslo, 15. august 1983

Oddvar Lindholm

## 2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Om temaet overvannets innhold av miljøgiftene kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er det funnet ca. 40 internasjonale og nasjonale referanser som er relevante for denne utredningen. De refererte undersøkelsene er utført i Norge, Sverige, Danmark, Finland, England, Tyskland, Sveits og USA. Det langt største antallet undersøkelser er utført i USA.

Litteraturstudiet har vist at det er meget vanskelig å gjøre sammenligninger og trekke konklusjoner om PAH. Dette skyldes at målingene er uttrykt på svært forskjellige måter som ikke direkte er sammenlignbare. Dels er PAH-innholdet uttrykt som total-PAH, dels bare på visse enkeltkomponenter, dels som konsentrasjon ( $\mu\text{g/l}$ ) og som stoffekvivalenter. Dessuten regner noen 2-rings aromater til PAH, mens andre ikke gjør det.

Studiet har vist at Cd- og Hg-innholdet i overvann i USA ligger betydelig over (2-3 ganger) det man har funnet i europeiske målinger. Dette gjelder overvann fra veier, boligareal, forretningsstrøk og sentrumsstrøk i byer. Grunnen til dette er foreløpig ukjent.

Alle de tre undersøkte miljøgiftene er sterkt knyttet til partikler (70-95 prosent). Disse sedimenterer lett i de vannforekomstene som er mottaker av overvannet. De tilgjengelige konsentrasjonene av miljøgifter i væskefasen blir dermed raskt redusert i forhold til de konsentrasjoner som måles i analysene, og som blir rapportert som totalinnholdet.

Alle de tre miljøgiftene rapporteres stort sett å ha god sammenheng med trafikkintensitet i områdene og med det atmosfæriske nedfall. Det nevnes at spesielt Hg kan korreleres til det atmosfæriske nedfallet, mens Cd og PAH spesielt har god korrelasjon til trafikkmengdene.

Kadmiumkonsentrasjonen i overvann i europeiske målinger ligger stort sett i området 1-5  $\mu\text{g/l}$ . Sammenlignet med SIFF's<sup>\*</sup> krav til drikkevann på maksimalt 5  $\mu\text{g/l}$  kan ikke dette sies å være særlig urovekkende for menneskers

---

\* Statens institutt for folkehelse

helse. Sett i forhold til den grense for kronisk giftighet for ferskvannsorganismer som Knutzen og Øren (19) angir på 0,012  $\mu\text{g Cd/l}$ , kan imidlertid overvann i visse situasjoner være en betenkelig Cd-kilde.

De europeiske målingene for kvikksølv i overvann ligger i området 0,1-0,2  $\mu\text{g Hg/l}$ . SIFF's drikkevannskrav på maksimalt 0,5  $\mu\text{g Hg/l}$  tyder på at overvannets Hg-innhold ikke representerer noen direkte trussel. Grensen for kronisk giftighet for ferskvannsorganismer er imidlertid angitt (19) til 0,0006  $\mu\text{g Hg/l}$ . Overvann kan dermed utgjøre en økologisk belastning i visse tilfeller.

For PAH er det ikke gitt grensekriterier for menneskers helse. Siden grupper av PAH er sterkt kreftfremkallende, er enhver tilstedeværelse en risiko. Det synes som om overvann har relativt store konsentrasjoner av PAH sett i forhold til mange andre vanntyper.

På basis av disse forhold konkluderes det med at kadmium- og kvikksølvinnholdet i overvann ikke tilsier noe høyt prioritert behov for systematiske undersøkelser i Norge i nær fremtid. Av disse to metallene er kadmium noe mer interessant enn kvikksølv, sett på bakgrunn av FAO/WHO's anbefaling av maksimalt inntak pr. person, Knutzen og Øren (19). Et preliminært forslag er maks. 0,3 mg Hg og 0,4-0,5 mg Cd pr. person og uke. Siden konsentrasjonene i overvann av Cd er ca. 10 ganger høyere enn for kvikksølv, synes Cd å være mest interessant for overvanns vedkommende.

Overvannets innhold av PAH synes imidlertid å tilsi et høyere prioritert behov for flere undersøkelser. Dette begrunnes særlig i det forhold at overvann fra veger og andre områder dreneres direkte til flere av våre drikkevannskilder.

### 3. INNLEDNING OG PROBLEMORIENTERING

I litteraturstudiet har man konsentrert seg om tungmetallene kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) samt polysykliske aromatiske hydrokarboner i overvann fra urbaniserte områder og veger. Det finnes svært mange referanser i internasjonal litteratur om forurensninger i overvann. Imidlertid er det bare en brøkdel som har målinger av kadmium, kvikksølv og PAH. Bare de referanser som inneholder noe om de nevnte miljøgifter, er med i denne rapportens referanseliste.

Beslutningen om å velge Cd og Hg blant tungmetallene er blant annet basert på tre interne dokumenter utarbeidet i Statens forurensningstilsyn (SFT). De interne dokumentene utreder miljøaspektene ved bly, kadmium og kvikksølv. Grunnene til at man har utelatt bly i dette litteraturstudiet er hovedsakelig følgende:

- Man har allerede relativt mange undersøkelser av bly i overvann i Norge. Forurensningspotensialet synes derfor å være relativt tilfredsstillende dokumentert.
- Blyinnholdet i bensin er under en sterk nedtrapping. Dette ventes å få stor betydning for overvannets innhold av bly i de kommende år.
- Bly synes å være det minst helsetruende av de tre tungmetallene Cd, Hg og Pb i Norge.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er valgt, da PAH har grupperinger som antas å være meget potente kreftfremkallende stoffer. Dessuten er det relativt mye PAH i overvann fra urbaniserte områder. Kildene til denne PAH er hovedsakelig:

- Forbrenningsprodukter fra motorer, oppvarming av bygninger, industrielle forbrenningsprosesser, forbrenning av avfall og annen forbrenning av organisk materiale.
- Motor- og smøreolje fra biler.
- Avslitt asfalt.
- Materiale fra bildekk.

Kildene for kvikksølv (Hg) i urbant overvann anses hovedsakelig å være atmosfærisk nedfall. Dette skriver seg igjen fra bl.a. avfallsforbrenning. Kvikksølv brukes bl.a. i elektrisk utstyr og av klor-alkali industrien.



Kadmiuminnholdet i regnvann antas av Miljøstyrelsen (32) å være ca. 1 µg Cd/l. En annen kilde er avslitning av bildekk, som inneholder ca. 50 ppm Cd. Disse to kildene mener Miljøstyrelsen er ansvarlig for ca. 3 µg Cd/l, i det området som ble undersøkt. Det atmosfæriske bidraget kommer særlig av industriutslipp, avfallsforbrenning, oppvarming og energiproduksjon. Avgassene fra bilene antas å bety lite for kadmiummengdene i overvann (7, 22). Imidlertid finnes kadmiumsulfid i smøremidler, rustbeskyttede bildeler og, som nevnt, i bildekk. Kadmium brukes også som stabilisator i plastikk, i malingsprodukter og i legeringer (31), og dette er hovedårsaken til at det ved avfallsforbrenning slippes ut en del kadmium.

### 3.1 Konsentrasjonsnivåer i andre vanntyper enn overvann i Norge

#### PAH:

I en NIVA-rapport, Knutzen og Øren (19), oppgis PAH-konsentrasjonene i avløpsvannet ved Bekkelagets renseanlegg til i middel 1,4 µg/l i perioden uke 45-50 i 1982. PAH-konsentrasjonen ved Sentralrenseanlegg Vest (SRV) oppgis i middel til 0,6 µg/l i perioden uke 46-50 i 1982. Av disse PAH-mengdene er 10-20 prosent moderat til sterkt kreftfremkallende.

PAH-konsentrasjonene i kystvann fjernt fra punktkilder antydes (19) i størrelsesorden 0,1-0,2 µg/l.

I Bislettbekkens avløpsnett (fellessystem i Oslo) er konsentrasjoner på 30 µg PAH/l målt under regnvær. (Lygren, personlig meddelelse.)

#### Kvikksølv, Hg:

Kvikksølvinnholdet ved Bekkelaget er rapportert i middel til ca. 0,5 µg/l (uke 45-50 1982) og ved SRV til ca. 1 µg/l (uke 46-50 1982), Knutzen og Øren (19).

Bakgrunnsnivået i kystfarvann anslåes til ca. 0,01 µg/l. SIFF (45) rapporterer at Hg-innholdet i norske vannkilder ligger under 0,05 µg/l.

I en snøprøve tatt i 50 m avstand fra motorveg (Drammensveien) ble det funnet 5 µg Hg/l (Gjessing et al. (22)).

### Kadmium, Cd:

Kadmiumkonsentrasjonen i spillvann til norske avløpsrensaneanlegg ligger vanligvis i området 1 µg Cd/l (19). Bakgrunnsnivået i kystfarvann er ca. 0,05 µg/l. SIFF (45) rapporterer at deres kartleggingsarbeid for drikkevannskilder har vist at kadmiuminnholdet ligger under 1 µg/l. I en prøve av "brøytekant snø" ved motorveg i Norge (Drammensveien) ble funnet et innhold på ca. 2,5 µg Cd/l.

### 3.2 Virksomheter av de aktuelle miljøgiftene

Horkeby og Malmqvist (15) oppgir følgende virkninger av de miljøgiftene det er tale om:

#### Kadmium.

##### Planter:

En kadmiumkonsentrasjon på 28 mg/l i en næringsoppløsning er rapportert å være skadelig for sukkerplanter i sandjord (15).

##### Fisk og akvatisk liv:

Dødelig dose for fisk varierer mellom 0,1 og ca. 10 mg Cd/l, avhengig av bl.a. testdyret, vanntype, temperatur og eksponeringstiden.

##### Mennesket:

Inntak av Cd forårsaker kramper, oppkast, diaré og kvalme. Kadmium konsentreres gjerne i lever, nyrer, bukspyttkjertel og i skjoldbruskkjertelen.

#### Kvikksølv.

##### Planter:

Kvikksølv er ikke rapportert som giftig for planter.

##### Fisk og akvatisk liv:

Kvikksølvioner betraktes som meget giftig for akvatisk liv. For ferskvannsfisk har konsentrasjoner på 0,004 og 0,02 mg/l blitt rapportert skadelig.

##### Mennesket:

Kvikksølv salter er meget giftige for mennesker. Opptagelsen skjer raskt i mage-tarm kanalen.

PAH.

Planter:

Få forsøk viser at PAH er toksisk for planter. Eksperimenter med alger viser at PAH-konsentrasjoner på 10-300 µg/l er skadelig. (Knutzen og Øren (19).)

Mennesker:

Benzopyren er kjent som kreftfremkallende.

Miljøstyrelsen (32) angir resipientkrav med hensyn til kadmium til:

Laksefisk 0,4 µg/l (ved bløtt vann 0-75 mg CaCO<sub>3</sub>/l)  
Mindre følsomme organismer 4,0 µg/l ( " " " " " " " )

Knutzen og Øren (19) oppgir følgende konsentrasjoner for akutt og kronisk giftighet for organismer i ferskvann og saltvann.

Tabell 1. Kriterier for akutt og kronisk giftighet.

Stoff	Grensekriterium for	Grensekriterium for
	akutt giftighet	kronisk giftighet
	µg/l	24 timers gjennomsnitt µg/l
Kadmium i ferskvann	1,5	0,012
Kvikksølv i ferskvann	0,001	0,0006
Kadmium i saltvann	59	4,5
Kvikksølv i saltvann	3,7	0,025
PAH i saltvann	300 *	Ikke nok datagrunnlag

\* Påvist akutt giftighet, men ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å sette kriterium.

### 3.3 Hygieniske grenseverdier

For drikkevann har man følgende tillatte maksimalkonsentrasjoner, Horkeby og Malmqvist (15).

#### Kadmium:

Norge (SIFF):	5 µg/l
Sovjetunionen:	10 µg/l
Sverige:	5 µg/l
USA:	10 µg/l
WHO:	10 µg/l

#### Kvikksølv:

Norge (SIFF):	0,5 µg/l
Sovjetunionen:	5 µg/l (uorganisk), 0,1 µg/l (diethyl)
USA:	2 µg/l
WHO:	1 µg/l

#### PAH:

WHO:	0,2 µg/l	(1970).
------	----------	---------

### 3.4 Generell kommentar til litteraturstudiet

Om undersøkelsene i litteraturen kan man grovt sett karakterisere mange av de amerikanske referansene som noe dårlig beskrevet med hensyn til områdenes aktiviteter, karakter, størrelse etc. Om PAH-målingene er det å si at de oppgis på mange forskjellige måter. Dels oppgis de som "PAH", hvilket antakelig betyr total-PAH. Det er imidlertid ikke entydig, da det har vist seg at enkelte medregner 2-ringsystemer som PAH, mens de fleste forutsetter at PAH bare inkluderer minst 3-ringsystemer. Videre oppgis PAH dels som µg/l og dels som ekvivalenter, f.eks. naftalen-ekvivalenter. Antall stoffer innen PAH-gruppen er ganske mange, og det er ganske forskjellig hvilke som spesifiseres av disse. Det stoff som vanligvis alltid er med dersom ett stoff eller flere spesifiseres, er benzo(a)pyren (BaP). Dette antakelig fordi dette stoffet er blant de meste potente kreftfremkallere i PAH-gruppen, og blant kjemiske stoffer i det hele tatt.

#### 4. RESULTATER FRA LITTERATURSTUDIET

De data som angår overvannets forurensninger, er presentert i tabellene 3 til 32. Disse tabellene kommenteres senere. Av mer generelle kommentarer og opplysninger av spesiell interesse for denne utredningen er følgende:

##### Generelle betraktninger

Bradford (6) mener at en av grunnene til at data ofte spriker og viser uforklarlige utslag, er forskjeller i innsamlingsmetoder og kjemiske analysemetoder. Han mener slike metoder bør standardiseres. Bradford skriver videre at forurensningskonsentrasjonene normalt øker med trafikkvolumet. Imidlertid mener han at trafikken mengde og hastighet bidrar til å "blåse" forurensningene vekk, slik at en entydig sammenheng ikke kan ventes. Undersøkelser i Oslo-området av Gjessing et al. (22) understøtter dette.

Lygren, Gjessing og Berglind (23) rapporterer at piggdekk på biler sliter svært mye på asfaltvegene. Slitasjen regnes til 25-50 g pr. kjørt km og bil. Mesteparten av dette er meget fint støv.

##### Spesielt om kvikksølv

Miljøstyrelsen i Danmark (32) mener at atmosfærisk nedfall utgjør det største kvikksølvbidraget til overvannet, og anslår dette til ca. 0,7 g Hg/ha.år. Det refereres til svenske målinger (16) av Hg i nedbør på 0,08-0,09 µg/l. Miljøstyrelsen (33) fant videre for et område nær København at kvikksølvbelastningen var ca. 6,5 prosent av kadmiumbelastningen. Dette ble funnet i sedimenter i en innsjø som er mottaker for overvann.

Murphy og Carleo (34) rapporterer om en god korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjonene i overvann og regnskylllets intensitet og varighet, men en noe mindre sterk korrelasjon mellom Hg og suspendert stoff (SS). Over 50 prosent av tungmetallene i gateforurensninger var knyttet til partikler mindre enn 246 µm. Murphy og Carleo mener videre at Hg i

overvann er en betydelig kilde sammenlignet med andre kilder. De mener at tilbakeholdelse av partikler i overvann og overløpsvann vil fjerne mye kvikksølv.

#### Spesielt om kadmium

Helsel et al. (14) hevder at overvann fra boligfelter i urbane områder bidrar med mange ganger så mye kadmium til resipienten som spillvannet.

Dauber et al. (9) fant at middelkonsentrasjonene for kadmium i avrenningsvann fra en "autobahn" i Sveits var 3,4 µg Cd/l mens tilsvarende for regnvannet var 3 µg Cd/l. Dauber et al. fant videre at 62 prosent av Cd var partikulært bundet. Dette stemmer godt med norske observasjoner. Midlere Cd-konsentrasjon ble funnet å være 3,0 µg Cd/l, og det meste av dette sedimenterer ganske raskt i stillestående vann (Gjessing et al. (22)). Transporten av kadmium fra vegoverflaten ble beregnet av Dauber til 0,025 kg Cd/ha.år, eller 0,077 kg Cd pr. km veg og år.

Gjessing et al. (22) har målt avrenning fra motorvegen E-6 på Jessheim i perioden september 1980 - mai 1982. I tidsrommet september 1980 - februar 1981 lå midlere innhold av Cd i overvannet på ca. 17 µg/l, mens det i tidsrommet mars 1981 - mai 1982 lå i middel på 2,7 µg Cd/l. Grunnen til at konsentrasjonen i første periode lå unormalt høyt er foreløpig ikke kjent, men kan kanskje ha sammenheng med at veien da var nyasfaltet og nyanlagt.

Melanen og Tähtelä (31) fant at nedbøren inneholdt mindre enn 1 µg kadmium pr. liter, dette for alle de seks felt i undersøkelsen, inkludert et trafikkområde med 35 prosent tette flater. I den norske undersøkelsen som er referert ovenfor, ble det i en snøprøve, tatt i mars måned ca. 50 m fra motorveg, funnet 0,7 µg Cd/l.

Miljøstyrelsen i Danmark (33) rapporterer en relativt dårlig korrelasjon mellom kadmium og suspendert stoff (SS), men derimot en bedre korrelasjon til glødetap (på SS). Dette kan tyde på at Cd i stor grad er knyttet til organisk materiale. Korrelasjonskoeffisienten mellom Cd og glødetap var 0,88 (22 tallpar). Regresjonslikningen ble funnet til:

$$\text{Cd } (\mu\text{g/l}) = 0,15 + 0,049 \text{ GT } (\text{mg/l}).$$

Kadmium var dessuten dårlig korrelert til bly og sink. Dette gjaldt et område med ca. 48 prosent boligområde, 10 prosent industriområder, 22 prosent offentlig og senterområder og resten grønne områder (totalt 248 ha). Ca. 80 prosent av kadmiumet var i suspendert form.

I en rapport fra Bærum kommune (7) hevdes det at kadmiumkonsentrasjonen i overvann fra veger i Bærum bare er 1/100 - 1/1000 av blykonsentrasjonene. Tilsvarende tall fra motorveg (Drammensveien) antyder at forholdet Cd/Pb er 1/100 - 1/200. Avgassene fra bilene antas å bety lite som kilde for kadmium. Kadmiumsulfid finnes i smøremidler, bildekk og i rustbeskyttelse i bildeler. Dette regner man med ikke bidrar i særlig grad. Kadmiumkonsentrasjonene ble funnet å følge verdiene for trafikkbelastningene ganske godt.

#### Om tungmetallene samlet

Robert Pitt (37) rapporterer fra tre områder i byen San Jose i USA at konsentrasjonen av tungmetaller i overvannsavrenningen var meget mindre enn i gatestøvet, mens det omvendte var tilfellet for organisk stoff og næringsstoffer. Han konkluderer med at "gate-aktivitetene" dermed er ansvarlig for mesteparten av tungmetallene. Pitt (38) mener at tungmetallene i overvann stort sett skriver seg fra gateoverflater og biltrafikk, og i mindre grad fra omkringliggende områder.

Pope (40) mener at kadmium, krom, kobber, nikkel og andre tungmetaller er knyttet til hver sine forskjellige partikkelstørrelser som løsrives ved spesielle vannhastigheter.

Alley og Ellis (1) rapporterer at konsentrasjonen av Hg og Cd er negativt korrelert til tid etter regnets start og negativt korrelert til akkumulert regnvannsvolum i regnhendelsen. Sterkt uttalte "first flush" mekanismer ble ikke funnet. Sporelementer knyttet til partikler i forhold til løst i vannfasen, var som 20:1.

Horkeby og Malmqvist (15) hevder at atmosfærisk nedfall kan forklare en stor del av Cd og Hg i overvannet i Gøteborg.

Gupta (12) fant at tungmetallkonsentrasjonene i overvann fra veger kunne korreleres meget godt i en multippel-korrelasjon med parametrene årsdøgntrafikk (ADT), prosent tette flater (T) og atmosfærisk støvnedfall (S). Enkel korrelasjon med en og en parameter gir ikke alltid like god korrelasjon. Nedenfor er vist de korrelasjonskoeffisientene Gupta fant.

Tabell 2. Korrelasjonskoeffisienter for Hg og Cd.

	Enkel korrelasjon			Multippel korrelasjon			
	Å	T	S	Å,T	Å,S	T,S	Å,T,S
Kvikksølv	0,960	0,027	0,889	0,963	0,962	0,905	0,987
Kadmium	0,036	0,894	0,302	0,898	0,831	0,901	0,913

Å = årsdøgntrafikk, kjøretøyer/døgn

T = prosent tette flater

S = støvnedfall.

Tungmetallene var nær knyttet til partikler idet den løste fraksjonen nærmet seg deteksjonsgrensene.

### Spesielt om PAH

Horkeby og Malmqvist (15) fant i et boligområdes overvann i Gøteborg at mesteparten av PAH var knyttet til partikler, og at PAH-konsentrasjonene varierer mye fra tidpunkt til tidspunkt. PAH-konsentrasjonene i overvann var høye sammenlignet med spillvannets i ett tilfelle.

Gjessing et al. (22) fant ved laboratorieprøver at 90-99 prosent av den partikkel-tilknyttede PAH ikke kom gjennom et 8 cm tykt jordprofil med "nedbørtilsetning".

Mackenzie og Hunter (25) skriver at ca. 95 prosent av det totale innhold av aromatiske forbindelser er knyttet til partikler. De mener at overvannsavrenning er en betydelig kilde til PAH mengdene i vannforekomstenes bunn-sedimenter. Dette bekreftes delvis ved de norske undersøkelserne (22).



Blumer (5) konkluderer at PAH-nivåene i områdene rundt veier er nært korrelert med trafikkmengden på veien. Blumer hevder også at krefthyppigheten hos personer som bor nær en motorveg, i den sveitsiske by hvor PAH-målingene er foretatt, er ni ganger høyere enn hos personer som ikke bor nær motorvegen. Disse undersøkelsene foregikk i perioden 1958-1970.

Pope et al. (40) sier at PAH er hovedsakelig knyttet til partikler, mens den høyeste prosentandelen total PAH i løst form ble observert under "first flush" forhold. Hastigheten til løsrivelsen av hydrokarboner fra gate-overflater er nært knyttet til partikkeltransporten og dermed til regnintensiteten, ifølge Pope.

PAH-innholdet i overvannet fra riksveg E-6 ved Jessheim (Lygren et al. (23)) var i vintermånedene januar-mars ca. 12-14  $\mu\text{g PAH/L}$ , mens det i juni, september, oktober og november lå i området 2-5  $\mu\text{g PAH/l}$ . Videre tok man snøprøver fra 50-2000 m fra veien. Ca. 50 m fra E-6 lå nivået på ca. 13  $\mu\text{g PAH/l}$ , mens det lå i området 1-2  $\mu\text{g PAH/l}$  i en avstand 150-2000 m fra vegen. Dette tyder på at PAH-konsentrasjonen i overvannet varierer betydelig over året, samt at konsentrasjonene faller sterkt med avstanden fra vegen.

#### Tallverdier presentert tabellarisk

Relevante tallverdier fra litteraturstudiet er ordnet tabellarisk i det følgende. De foreliggende tabeller er:

#### Kadmium

- |               |   |
|---------------|---|
| Tabell 3-6.   | Overvann i separatsystemer - kadmium                            |
| Tabell 7.     | Snøsmeltevann i separatsystemer - kadmium                       |
| Tabell 8-10.  | Overvann fra veger - kadmium                                    |
| Tabell 11.    | Overløpsvann fra fellessystemer - kadmium                       |
| Tabell 12.    | Kadmiuminnhold i snø i urbane områder                           |
| Tabell 13.    | Snøprøver fra veger - kadmium                                   |
| Tabell 14.    | Kadmium i tørrstoff fra rennestener                             |
| Tabell 15-16. | Data om kadmiuminnhold i gatestøv                               |
| Tabell 17.    | Data om akkumulering av kadmium i gatestøv                      |
| Tabell 18.    | Kadmium i sandfang og relatert til trafikkvolum                 |
| Tabell 19.    | Kadmium i stoffnedfall og nedbør, samt en materialstrømbalanse. |

Kvikksølv

- Tabell 20-22. Overvann i separatsystemer - kvikksølv  
Tabell 23. Snøsmeltevann i separatsystemer - kvikksølv  
Tabell 24-25. Overvann fra veger - kvikksølv  
Tabell 26. Kvikksølv i overløp, nedfall og rennestener.

PAH

- Tabell 27-28. Overvann i separatsystemer - PAH  
Tabell 29. Overvann fra veger - PAH  
Tabell 30. Våtværsavrenning i fellessystemer - PAH  
Tabell 31. PAH i jordmasse nær en riksveg.

Tabell 3. Overvann i separatsystemer. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Kontula, Finland	1,0	1,0	<1,0	Drabantby, blokker 160 p/ha, 38% tette flater	Antall obs. = 4 Areal = 22,9 ha	
Kajaani, Finland	1,0	4,0	<1,0	Forretningsstrøk i bysenter 57 % tette flater	16 observasjoner Areal = 18,5 ha	
Hameenpuisto, Finland	1,0	4,0	<1,0	Bysenter, 125 h/ha 67 % tette flater	49 observasjoner Areal = 13,2 ha	(30)
Herttoniemi, Finland 45.000 kj./dag	1,0	3,0	1,0	Trafikkområde, jernbane 19 % tette flater	10 observasjoner Areal = 14,2 ha	
Nekala, Finland	3,0	4,0	<1,0	Industriområde 30 % tette flater	45 observasjoner Areal = 14,1 ha	
Vridsløselille å, Danmark	2,8	10,3	0,4	Åpen lav bebyggelse 17 ha tett lav bebyggelse 47,8 ha tett høy bebyggelse 54 ha industri 26 ha, div. = 55 ha grønne områder = 49 ha	26 observasjoner Vannførings- vektete verdier	(33)
Vara i Sverige	0,7	1,1		Taket på industribygning, jordbruk omkring	7 prøver $\sigma = 0,3$	(27)

Tabell 4. Overvann i separatsystemer. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde	max	min			
Lidköping, Sverige	1,0	1,4	0,6	Tak på rekkehus	2 prøver	(27)
Generell vurdering av Malmqvist		5	0,5	Samlet vurdering for flere områder		(26)
Boligfelt i Göteborg	sommer 5,2	høst 12,1	vår 1	Boligblokker, areal = 16 ha tette flater = 37 % antall personer = 1800 trafikkvolum = 3100/dag		(15) (26)
San Jose, USA	<2	6	<2	Forretningsstrøk, bolig- områder, sentrumsområder	Sammenslått for 3 områder	(37)
Seattle, WA, USA Viewridge 1	6,0	10,0	0,4	Område med eneboliger areal = 255 ha	26 regn	(18)
Seattle, WA, USA Viewridge 2	4,1	11,0	3,9	Område med eneboliger areal = 43 ha	5 regn	(18)
Seattle, WA, USA South Seattle	5,0	40,0	3,9	Industriområde areal = 11,1 ha	26 regn	(18)

Tabell 5. Overvann i separatsystemer. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde	max	min			
Seattle, WA, USA South Center	20,8	7005	0,6	Forretningsstrøk areal = 9,8 ha	23 regn	(18)
Seattle, WA, USA Lake Hills	4,4	8,0	3,9	Område med eneboliger areal = 61 ha	5 regn	(18)
Seattle, WA, USA Highlands catchment	4,5	10,0	3,9	Område med eneboliger areal = 34 ha	4 regn	(18)
Seattle, WA, USA Central Business District	27,4	1600	3,9	Sentralt forretningsstrøk areal 11,3 ha	5 regn	(18)
Broward County, Florida, USA	1,3	6,0	1,0	Område med eneboliger areal = 19,2 ha	5 regn	(18)
Pakila, Finland	2,0	11,0	<1,0	Drabantby, lavhus 39 p/ha, 23 % tette flater	13 observasjoner areal = 20,2 ha	(30)
Kaukovaio, Finland	1,0	5,0	<1,0	Drabantby, blokker 85 p/ha, 23 % tette flater	38 observasjoner areal = 40,5 ha	(30)

Tabell 6. Overvann i separatsystemer. Kadmium. ( $\sigma$  = standard avvik.)

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
Littleton, Colorado, USA	10			Eneboliger 15 % tette flater, 240 ha	90 % av Cd er partikulært	(1)
Denver site, Colorado, USA	<10			37 % eneboliger, 37 % blokker, 20 % forretningsstrøk, tette flater = 40 %, 900 ha	90 % av Cd er partikulært	(1)
Montgomery County, Maryland, USA				Forretningsstrøk, blokker, deler av "highway" og to mindre veger. Areal = 60 ha	$Q = \text{ft } 3/5$ $Cd = 10^{-6} \text{ lb/s}$	(10)
Pompano Beach, Florida USA	0,8			Eneboliger, 239 stk. ca. 10 % effektive tette flater areal = 19 ha	2 års målinger $\sigma = 1,0 \mu\text{g/l}$	(29)
Pompano Beach, Florida	0,9			Forretningsstrøk, ca. 100 % tette flater. Areal = 11,4 ha	2 års målinger $\sigma = 1,2 \mu\text{g/l}$	(29)

Tabell 7. Snøsmeltevann i separatsystem. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Pakila, Finland	1	3	<1	Drabantby, lavhus, 23 % tette flater, 30 p/ha	9 observasjoner våren 1978	
Kaukoinio, Finland	2	12	<1	Drabantby, blokker 23 % tette flater, 85 p/ha	32 observasjoner våren 1978 og -79	
Kontula, Finland	3	7	1	Drabantby, blokker 38 % tette flater, 160 p/ha	6 observasjoner våren 1978	
Kajaani, Finland	1,5	2	<1	Forretningsstrøk 57% tette flater, 65 p/ha	15 observasjoner våren -78 og -79	(30)
Hämeenpuisto, Finland	2	5	1	Bysenter 67% tette flater, 125 p/ha	8 observasjoner våren -78 og -79	
Herttoniemi, Finland	3	9	<1	Trafikkområde, jernbane 19 % tette flater, 45000 kj/d	7 observasjoner våren 1978	
Nekala, Finland	3	10	1	Industriområde 30 % tette flater	9 observasjoner våren -78 og -79	
Vara, Sverige		0,3		Tak på industribygning, jordbruk omkring	78 µg/l i smeltevann 3/79	(27)
Lidköping, Sverige		0,6	<0,4	Taket på rekkehus 2 km fra bysenteret	2 prøver	(27)

Tabell 8. Overvann fra veger. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
Pompano Beach, Florida	0,7			"Highway" ca. 1000 m (6 filer) 20.000 kjøretøy/dag 36 % tette flater, areal = 23 ha	Målinger april -75 - juni -77 $\bar{c} = 0,1 \mu\text{g/l}$	(29)
Oppsummert vurdering av Malmqvist for flere områder		4	2	Trafikkerte gater		(26)
"		4	2	Parkeringsplasser		(26)
"						
San Jose, USA	10	40	2	Bygater i San Jose	Midlele verdier av boliggater og city- gater	(38)
Motorveg ved Stuttgart, Tyskland	6	140				(35)
Motorveg i Sveits mellom Zürich og Winterthur	2,7	9	0,5	Vegkapasitet = 3000 biler/h Belastning = 1500 biler/h Strekning = 1,7 km		(9)
Bygate i Trondheim, Klæbuvegen	<50	<50	<50	ADT = 9000 kj/d Klæbuvn	Under analyse- nøyaktigheten	(42)



Tabell 9. Overvann fra veger. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Hamburg, USA "highway", betong	30	70	10	ADT = 24000 kj/d, 27 % tette flater, strekning = 600 m	Ikke-vinter, 16 regnhendelser Vinter, 10 regn	(12)
	20	50	10			
Milwaukee, USA Gressrabbatt nær highway m.ADT = 85000 (US-45)	50	100	20	Areal = 1 ha, gressområde 0 % tette flater	Ikke-vinter, 12 regn Vinter, 5 regn	(12)
	40	70	20			
Milwaukee, USA highway I-794, betong	40	80	10	ADT = 53000 kj/d, 100 % tette flater, strekning = 248 m	Ikke-vinter, 28 regn Vinter, 9 regn	(12)
	120	400	30			
Milwaukee, USA highway US-45, betong	40	90	10	ADT = 85000 kj/d, 31 % tette flater, strekning = 2,9 km	Ikke-vinter, 19 regn Vinter, 13 regn	(12)
	50	90	10			

Tabell 10. Overvann fra veger. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
Nashville, USA highway, betong	30	60	10	ADT = 88000 kj/d, 37 % tette flater, strekning = 1,9 km	Ikke-vinter, 25 regn Vinter, 6 regn	(12)
	20	30	10			
Denver, USA highway, asfalt	20	80	10	ADT = 149000 kj/d, 37 % tette flater, strekning 1,1 km	Ikke-vinter, 16 regn Vinter, 0 regn	(12)
	-	-	-			
De seks "highways" i USA brukt i ref. (10)	40	400	10	Midde1konsentrasjon for de 6 vegeer i ref. (10)	159 regnskyll	(11)
Jessheim, Norge	2,7	6	1	50 m av riksveg E 6 ADT = 10000 kj/d	11 observ. mars -81 - mai -82	(22)
	17,2	27	10			
Floda, Sverige	0,7	1,0		Motorveg E 3 30 km NV for Gøteborg	Overvann Prøveer fra snø	
	4,9	11,9				
Drammensveien, Asker Norge	3,0	4,1	0,2	Avrenningsvann fra veibane (Motorveg)	4 obs. mars 1982	(22)

Tabell 11. Overløpsvann i fellssystemer. Kadmium.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
New York, USA	24,0	35,0	8,7	Fellesavløpssystem i New York City, Newtown Creek	4 regnskyll med i prøvene	(41)
Lancaster, PA, USA	29,7	100	10	Område med eneboliger areal = 59,2 ha	3 regn	(18)

Tabell 12. Kadmiuminnhold i snø i urbane områder.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon µg/l	Karakterisering av området	Kommentar	Litt. ref.
Jönköping, Sverige	< 20	Gater og torg		(3)
Husqvarna, Sverige	< 20	Sentrale bydeler		(3)
Vara, Sverige	< 0,4	Industriktak		(3)
Lidköping, Sverige	<u>0,6</u> < 0,4	Rekkehusstak	<u>24.1.1979</u> 16.2.1979	(3)
Kristianstads län, Sverige	ca. 10	7 forskjellige tettsteder	Hardt belastede veger og snøtipper	(3)

Tabell 13. Snøprøver fra vegger. Kadmium

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde]	max	min			
Bærum kommune, Norge. Prøvene ble hentet langs forskjellige veier i kommunen. Prøvene ble tatt 10 mars 1982, dels fra brøytekannten, dels 5 m fra veien	1,7			Brøytekant	81 biler/d	(7)
	0,7			5 m fra veien		
	1,8			Brøytekant	1747 biler/d	
	0,3			5 m fra veien		
	1,0			Brøytekant	5760 biler/d	
	0,9			5 m fra veien		
	2,5			Brøytekant	8065 biler/d	
	4,9			5 m fra veien		
	5,6			Brøytekant	11770 biler/d	
	4,5			5 m fra veien		
5,7			Brøytekant	55000 biler/d		
2,0			5 m fra veien			
Floda, Sverige Motorveg E 6		12 16.2. (7.3. 79)	2 (7.3. 79)	Snøprøve fra midtrabatten		(3)
Asker, Norge	2,4			Motorveg E 18 5 m fra vegbane	1 prøve	(22)

Tabell 14. Kadmium i tørrstoff fra rennestener.

Sted for undersøkelse m.m.	Konsentrasjon i µg/g		Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	strd.avvik %			
Sammenstilling av alle brukbare, dokumenterte data i USA fram til 1972. Datamaterialet er basert i 153 dataregistre fra hele USA.	0,6		Åpent, fritt område	Areal- bruk	
	3,0	ca. 15	Boligområde		
	4,2	" 15	Forretningsstrøk		
	4,0	" 25	Lett industri		
	3,9	" 15	Tung industri		
Tallene er midler for sine respektive grupper.	2,6	" 15	Nord-øst USA	Klimaforhold i USA	(6)
	4,0	" 15	Syd-øst USA		
	3,8	" 15	Syd-vest USA		
	1,8	" 15	Nord-vest USA		
	2,8	" 25	< 500		
Konsentrasjonene er i µg pr. gram tørrstoff fra rennestener i veger.	2,9	" 15	500 - 5000	Midlere trafikkvolum i kjøretøy/dag	
	3,8	" 5	5000 - 15000		
	3,1	" 15	> 15000		
	3,9	" 25	Gress		
	4,4		Bygningsområder		
	3,6	" 15	Tette flater		
	3,7	" 5	Asfalt		
	3,5	" 25	Betong		
	3,4	" 5	Alle data		
			Type område utenfor fortau	Gatedekke	
			Hele materialet		

Tabell 15. Data om kadmiuminnhold i gatestøv.

Sted og karakteristikk	Tema og resultater		Litt. ref.			
Veistøv fra Danmark	<u>Fordeling på partikkelstørrelser %</u>					
	<63 $\mu\text{m}$ 32,4 %	63 - 90 $\mu\text{m}$ 12,1 %	90-125 $\mu\text{m}$ 12,1 %	125 - 250 $\mu\text{m}$ 25,6 %	250 - 500 $\mu\text{m}$ 11,4 %	>500 $\mu\text{m}$ 6,4 %
Veistøv fra Danmark	Gatetype	Kjøretøy/ døgn	Støvmengde $\text{g}/\text{m}^2$	Kadmium $\mu\text{g Cd}/\text{m}^2$	Kadmium ppm i veistøv	
	Forbindelsesvei	17.500	6,0	16	3,5	
	Hovedferdselsåre	67.500	3,9	44	7,8	(46)
	Villavei	500	11,7	53	3,8	
Motorveg i England	Max 104 mg Cd/kg, middel 39, og min 8 mg Cd/kg støv fra veg.					(40)

Tabell 16. Data om kadmiuminnhold i gatestøv.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Litt. ref.
Generelle data fra USA	Konsentrasjon av Cd i $\mu\text{g}$ pr. gram tørrstoff fra gater og fortauer: Enebolig område 3,3 Blokkboliger 2,7 Forretningsstrøk 2,9 Industristrøk 3,6	(28)
Middeltall fra 4 USA-byer: Tulsa, Baltimore, San Jose, Seattle	Prosent Cd i ulike partikkelfraksjoner fra veger: 36 % < 104 $\mu\text{m}$ 52 % 104 - 246 $\mu\text{m}$ 12 % > 246 $\mu\text{m}$	(39)
R. Pitt (37) viser en tabell med såkalt nasjonal oversikt over konsentrasjoner i gatestøv. USA	Midde1 = 3,4 $\mu\text{g/g}$ Min = 0 Max = 25 $\mu\text{g/g}$ (Standard avvik 3,6 $\mu\text{g/g}$ .)	(37)



Tabell 17. Data om akkumulering av kadmium i gatestøv.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Menge	Kadmium	Ref.
Akkumuleringshastigheter fra USA - San Jose:	Effektiv akkumuleringsperiode			
Tropicana	0 → 2 dager	0,00021	lbs/curb mile day	
	4,1 → 9 dager	0,000011	" " "	
	Samlet periode	0,00013	" " "	
Keyes (oljegrus)	Samlet periode	0,00004	" " "	
Keyes (asfalt)	2,1 → 4 dager	0,00017	" " "	(38)
	4,1 → 9 dager	0,00005	" " "	
	Samlet	0,00018	" " "	
Godt vegdekke City-område	Samlet	0,0018	" " "	
Dårlig vegdekke City-område	0 - 2 dager	0,0019	" " "	
	Samlet periode	0,00082	" " "	
Midletall fra div. gater i 10 amerikanske byer	kg pr. renneste-km:			(43)
	0,0008 kg/km.rennesten			

Tabell 18. Kadmium i sandfang og relatert til trafikkvolum.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Litt. ref.
Miljøstyrelsen fant i danske sandfang langs veier i nærheten av København :	Boligområde: 2,38 mg Cd/kg tørrstoff i sandfanget Industriområde: 21,0 " Cd/kg " " " Blandet oppland: 1,51 " Cd/kg " " "	(33)
Miljøstyrelsen (33) har funnet følgende fra en motorveg i Danmark :	0,008 kg Cd/red. ha. år Red.ha er "redusert" areal fra en motorveg i Danmark. Det reduserte areal var 1,5 ha og ADT = <u>17.400 kjøretøy/døgn.</u> Dette tilsvarer 0,0036 mg Cd/kjørt km og bil.	(33)
Fra universitetet i Stuttgart refereres følgende data :	PTeideIsheim BRD: 0,037 kg Cd/ha vei.år = 0,004 kg/mill.km kjørt Sveits, NT: 0,025 " Cd/ha Vei.år = 0,013 " " " Tysk motorveg: 0,0027 mg Cd/kjørt km og bil	(47)

Tabell 19. Kadmium i stoffnedfall og nedbør, samt en materialstrømbalanse.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Litt. ref.
Boligfelt i Gøteborg A = 18 ha, tette flater = 37 % 1800 personer Trafikkvolum = 3100/d	Konsentrasjon i nedbør/stoffnedfall = 4,3 µg/l (høst) 1,0 µg/l (vår)	(15) og (26)
Støvnedfall i Danmark	København: 0,45 mg Cd/m <sup>2</sup> .år Hele Danmark: 0,21 mg Cd/m <sup>2</sup> .år	(33)
Fire felter i Norge utenfor tettstedene	Konsentrasjon i nedbør: Middelt ca. 0,2 µg/l max. 0,9 µg/l, min. ca. 0,05 µg/l	(43)
Svenske tettsteder	1 - 12 µg/l regnvann (16), 2 - 3 µg/l regnvann (8) 0,5 - 1,3 µg/l regnvann (21)	
Miljøstyrelsen rapporterer materialbalanse for et felt i Danmark; Vridsløselille å:	Materialstrømbalanse for CD: Total mengde "produsert" i overvann: 16,9 g/red.ha.år Transport etter gatefeiling: 9,3 " " " " Transport etter sandfang: 8,4 " " " " Transport etter sedimentering i basseng: 1,0 " " " "	(33)
Bolibebyggelse: 118 ha Industri: 26 " Senter etc.: 55 " Grønne områder: 49 "		

Tabell 20. Overvann i separatsystemer. Kvikkølv (Hg).  
i.o. = ikke oppdaget.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Littleton, Colorado	i.o.			Eneboliger, 15 % tette flater, 240 ha		(1)
Denver site, Colorado	0,2			37 % eneboliger, 37 % blokker, 20 % forretninger, 40 % tette flater, 900 ha		(1)
Montgomery County, Maryland	Matematisk modell tilpasset målinger: $\text{HG} = 0,00116 \cdot Q,22$			Forretningsstrøk, blokker, deler av "highway" og to mindre veger. Areal = 60 ha	$Q = \text{ft}^3/\text{s}$ $\text{Hg} = 10^{-6} \text{ lb}/\text{s}$	(10)
Oppsummert vurdering av Malmqvist for flere områder		0,2	0,005			(26)
Boligfelt i Gøteborg		høst 0,09	høst 0,08	Boligblokker, areal = 16 ha Tette flater = 37 % Antall personer = 1800 Trafikkvolum = 3100/dag		(15) og (26)

Tabell 21. Overvann i separatsystemer. Kvikksølv (Hg).

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
Knoxville i Tennessee, USA	2,6			Forretningsstrøk, 45 % tette flater, 0,3 ha	(4)	
	0,4			Industri og boligstrøk, 28 % tette flater, 0,64 ha		
	0,6			Boligområde, 16 % tette flater, 0,2 ha		
	1,4			Drabantby, 23 % tette flater, 0,1 ha		
	1,7			Midde1 av alle steder og prøver		
San Jose i USA	<0,1	0,6	<0,1	Forretn.strøk, boligområder, sentrumsområder	Antall prøver = 76	(37)
Kaukovaio, Finland	0,2	0,6	0,1	Drabantby, blokker 85 p/ha, 23 % tette flater	6 observasjoner Area1 = 40,5 ha	(30)

Tabell 22. Overvann i separatsystemer. Kvikksølvtv (Hg).

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde	max	min			
Kajaani, Finland	0,1	0,2	0,1	Forretningsstrøk i bysenter, 57 % tette flater	4 observasjoner Area1 = 18,5 ha	(30)
Hämeenpuisto, Finland	0,2	0,3	0,1	Bysenter, 125 g/ha, 67 % tette flater	4 observasjoner Area1 = 13,2 ha	
Nekala, Finland	0,1	0,2	<0,1	Industriområde 30 % tette flater	4 observasjoner Area1 = 14,1 ha	

Tabell 23. Snøsmeltevann i separatsystemer. Kvikksølvtv (Hg).

Kaukovaainio, Finland	0,7	3,5	0,2	Drabantby, blokker 23 % tette flater, 85 p/ha	17 observasjoner våren 1979	(30)
Kajaani, Finland	0,4	0,6	0,3	Forretningsstrøk, bysenter 57 % tette flater, 65 p/ha	9 observasjoner våren 1979	(30)

Tabell 24. Overvann fra veger. Kvikkølv (Hg).

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
San Jose, USA	<0,1	0,1	0,06	Bygater i San Jose	Midlede verdier for bolig-gater og city-gater	(38)
Harrisburg, USA	23,7	250	0,25	ADT = 24000 kj/d, 27 % tette flater	Ikke-vinter 16 regnhendelser	(12)
"Highway", betong	7,1	49	0,25	Strekning = 600 m	Vinter, 10 regn	
Milwaukee, USA	2,0	11,5	0,25	Area1 = 1 ha	Ikke-vinter, 12 regn	(12)
Gressrabatt nær highway m. ADT = 85000 (US45)	0,44	0,50	0,25	Gressområde 0 % tette flater	Vinter, 5 regn	
Milwaukee, USA, highway	3,9	24,0	0,13	ADT = 53000 kj/d	Ikke-vinter, 28 regn	(12)
I-794, betong	0,76	2,0	0,25	100 % tette flater, strekning = 248 m	Vinter, 9 regn	
Milwaukee, USA, highway	6,3	67,0	0,20	ADT = 85000 kj/d	Ikke-vinter, 19 regn	(12)
US 45, betong	3,1	11,0	0,25	31 % tette flater, strekning = 2,9 km	Vinter, 13 regn	

Tabell 25. Overvann fra veger. Kvikkølv (Hg).

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde1	max	min			
Nashville, USA	1,18	2,5	0,05	ADT = 88000 kj/d	Ikke-vinter, 25 regn	(12)
Highway, betong	7,14	49,0	0,25	37 % tette flater, strekning = 1,9 km	Vinter, 6 regn	
Denver, USA	1,09	4,0	0,25	ADT = 149000 kj/d	Ikke-vinter, 16 regn	(12)
Highway, asfalt	-	-	-	37 % tette flater, strekning = 1,1 km	Vinter, 0 regn	
De Seks "highways" i USA, brukt i (10)	3,2	67,0	0,13	Middelkonsentrasjon for de 6 vege i (10)	150 regnsky11	(11)
Jessheim, Norge	2,9	13,2	0,19	50 m av riksveg E6 ADT ≈ 10000 kj/d	11 observasjoner sept.-80-mai-82	(22)



Tabell 26. Kvikksølv i overløp, nedfall og rennestener i gater.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Litt. ref.
Rochester, New York	Overløpsvann fra fellessystem. Boligområde på 292 ha, 46 p.e./ha, 32 % tette flater Middel = 18,1 µg/l, tilsvarende 0,034 kg/ha.år	(34)
Boligfelt i Gøteborg: A = 18 ha, tette flater = 37 % 1800 personer, Trafikkvol. 3100/d	Konsentrasjon i nedbør/stoffnedfall: = 0,15 µg/l høst 0,29 µg/l vår	(15) og (26)
Middel tall fra diverse gater i 10 amerikanske byer	kg pr. rennestens-km: 0,2 kg Hg/km rennesten	(43)

Tabell 27. Overvann i separatsystemer. PAH.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Nordre Philadelphia	0,056	0,062	0,044	Urbant område på 608 ha	Dibenzothiofen. 95 % er knyttet til partikler	(25)
Oppsummert vurdering av Malmqvist for flere områder		4	0,2	Boligområder	Benz(a)pyrén	(26)
Boligområde i Gøteborg Overvann om høsten	vår 260	høst 320	sommer 20	Boligblokker, areal = 16 ha, Tette flater = 37 % Antall personer = 1800 Trafikkvolum = 3100/d	2-ring naftalene ekv. 3-ring fenantrene ekv. > 4-ring Fluoranten ekv.	(15) og (26)
	vår 230	høst 230	sommer 8			
	høst 22	vår 40	sommer 0,5			

Tabell 28. Overvann i separatsystemer. PAH.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	middel	max	min			
Vara i Sverige	320	910	31	Vannprøver fra taket på industribygning. (Volvo) Bygningen er omgitt av jordbruksmark Tak av asfaltpapp	Naftalen ekv.  Fenantren ekv.  B(a)P ekv.	(27)
	60	150	10			
	1,6	4,9	0,25			
Lidköping i Sverige	78	100	55	Vannprøver fra taket på rekkehus i et boligområde. 2 km øst fra bysenteret. Tak av asfaltpapp	Naftalen ekv.  Fenantren ekv.  B(a)P ekv.	(27)
	17	19	16			
	0,49	0,65	0,54			

Tabell 29. Overvann fra veger. PAH.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i µg/l			Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	midde	max	min			
Oppsummert vurdering av Malmqvist for flere områder		200	20	Trafikkområder	Bens(a)pyrén	(26)
Motorveg i England	12,4	14,9	1,3	Ca. 50 m lang motorvegstreknig	Total PAH	(40)
Bygate i Trondheim Klæbuvegen	300	-	-	ADT = 9000 kj/d	Bare 1 prøve tatt	(42)
Jessheim, Norge	3,7	11,6	1,7	50 m av riksvei E6 ADT ≈ 10.000 kj/d	11 observasjoner sept 80 - mai 82	(22)
Asker, Norge (E18)	0,5	1,5	0,04	Avrenning fra motorveg	3 prøver (mars-nov)	(22)
Floda i Sverige	4900	10000	2000	Motorveg E3, 30 km NV for Gøteborg	Naftalen ekv. Fenantren ekv. B(a)P ekv-	(27)
	2023	4400	570			
	90	210	17			

Tabell 30. Våtværsavrenning i fellesavløpssystem. PAH.

Sted for undersøkelse	Konsentrasjon i ng/l		Type og karakterisering av område	Kommentar	Litt. ref.
	tørrvær	sterkt regn			
England:					
Fluoranthene	352	16350	Boligområde.	Tørrvær:	
Pyrene	254	16050	Avløp i tørrvær og regnvær.	$\Sigma = 0,8 \mu\text{g/l}$	
Benzo(a)anthracene	24	10360	Målinger i fellssystem	Regnvær	(36)
Benzo(b)fluoranthene	39	9910		$\Sigma = 78,4 \mu\text{g/l}$	
Benzo(j)fluoranthene	57	10790			
Benzo(k)fluoranthene	22	4180			
Benzo(a)pyrene	1	1840			
Benzo(hg)perylene	4	3840			
Indeno(1,2,3-de)pyrene	17	4980			
Oslo, Norge		30000 Total PAH	Bolig- og sentrumsområder. 342 p.e./ha, 219 ha 69 % tette flater	Personlig meddelelse Lygren, E.	

Tabell 31. PAH i jordmasse nær en riksveg.

Sted og karakterisering	Tema og resultater	Litt. ref.
Sveitsisk fjell-by med 3000 personer. Prøver fra jorden nær en motorveg med 4000-5000 kjøretøy/døgn.	<p><u>mg PAH totalt/kg masse</u></p> <p>Bysenteret ved veien = 110</p> <p>Nord i byen " = 220</p> <p>Syd i byen " = 85</p> <p>Syd i nabobyen ved veien = 300</p> <p>Bysenteret 50 m fra " = 100</p> <p>400 m " " = 21</p> <p>Lokalvei i en landsby = 18</p> <p>1000 m fra veien = 5</p>	(5)

## 5. SAMLET VURDERING AV RESULTATENE

De mest relevante data for overvannets konsentrasjoner av kadmium og kvikksølv er stilt sammen i tabell 32. "Max" og "min" verdiene er ytterpunkter for enkeltanalyser, mens "middelverdier" er gjennomsnitt for alle de rapporterte undersøkelsenes middelverdier.

PAH-målingene er ikke sammenstilt i en samletabell, da disse er uttrykt på helt usammenlignbare måter. Dessuten er datamengden liten og dermed oversiktlig slik som den allerede er presentert.

### Kadmium

SIFF's nåværende krav til kadmium i drikkevann er maksimalt 5 µg/l, mens Knutzen og Øren (19) angir et grensekriterium for kronisk giftighet for enkelte organismer i ferskvann på 0,012 µg Cd/l. Kadmiumkonsentrasjonen i spillvann til norske avløpsrenseanlegg ligger omkring 1 µg Cd/l, mens bakgrunnsnivået i kystfarvann er ca. 0,05 µg Cd/l.

De midlere konsentrasjonsnivåene i overvann ligger i området 2,5-7,5 µg/l. Målingene fra USA trekker disse tallene helt klart opp. Tilsvarende middeltall fra Europa ligger i området 1-5 µg/l.

Overvann fra veger i europeiske målinger har et typisk middeltall på ca. 5 µg/l. Tabellene viser imidlertid at enkeltmålinger kan ha meget høy tallverdi.

Den overveiende delen av kadmium er partikulært bundet og vil derfor raskt sedimentere i vannforekomstene. Kadmium i overvann synes etter dette å ikke være en særlig farlig kilde for menneskers helse. Den økologiske påvirkning må man se noe mer nyansert på, særlig bunnfaunaen.

### Kvikksølv

SIFF's krav til kvikksølv i drikkevann er maksimalt 0,5 µg Hg/l, mens Knutzen og Øren (19) angir et grensekriterium på 0,0006 µg Hg/l for kronisk giftighet for enkelte organismer i ferskvann.

Tabell 32. Sammenstilling av data om kadmium og kvikksølv.

Vanntype og områdetype	Kadmium			Kvikksølv		
	Min	Middel	Max	Min	Middel	Max
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Overvann i separatsystem. Boligområder	0,4	3,5	12,1	0	0,3	0,6
Overvann i separatsystem, forretnings- og city-område.	0,6	7,5	7000*	<0,1	0,7	2,6
Overvann i separatsystem. Industriområder	<1,0	4,5	40	<0,1	0,25	0,4
Snøsmeltevann i separatsystem. Bolig, forretning, industri	<1,0	2,5	12	0,2	0,55	3,5
Overvann fra veger i USA	2	36	400	0,05	4,7	250
Overvann fra veger i Europa	0,5	5	140			

\* Ekstremt tall fra USA.



Kvikksølvinnholdet i spillvannet til norske avløpsrensaneanlegg er ca. 0,5 µg Hg/l, mens bakgrunnsnivået i kystfarvann er ca. 0,01 µg/l.

Midlere konsentrasjonsnivåer i overvann ligger i området 0,2-0,7 µg Hg/l. Også her drar amerikanske data disse tallene opp. Middeltall fra europeiske målinger alene ligger i området 0,1-0,2 µg Hg/l, mens snøsmeltevann fra finske tettsteder ligger i området 0,4-0,7 µg Hg/l.

Overvann fra veger i USA har et middeltall på 4,7 µg/l og et maksimumtall på 250 µg/l. Kvikksølvet er også i stor grad bundet partikulært, og som for kadmium vurderes ikke overvann å være en helserisiko for mennesker. Den økologiske påkjønning vil imidlertid variere fra sted til sted.

#### PAH

SIFF har ikke satt noe generelt maksimalkrav til PAH i drikkevann. Siden det særlig er den kreftfremkallende effekten som man er opptatt av, er det i prinsippet ingen sikker grense for skadevirkningene. WHO har satt et maksimalkrav til total-PAH i drikkevann til 0,2 µg/l, og dette er også retningsgivende i Norge.

Spillvann til avløpsrensaneanlegg i Oslo-området har ca. 1 µg total-PAH/l, mens bakgrunnsnivået i kystfarvann ligger i området 0,1 µg/l.

PAH-innholdet i overvann synes å være betydelig høyere enn nivåene for Cd og Hg, sett i forhold til andre aktuelle vanntyper. Norske målinger fra motorveg E-6 på Jessheim gav i middel 3,7 µg PAH/l (22), mens Lygren, NIVA, har rapportert en enkeltmåling på 30 µg PAH/l i et fellessystem under nedbør.

#### Behovet for videre undersøkelser

Overvannets innhold av kadmium og kvikksølv er ikke ubetydelige. Imidlertid synes en vesentlig del av disse tungmetallene å være knyttet til det partikulære materialet og vil dermed få en moderat spredning i vann. På grunnlag av den informasjon som foreligger er ikke overvann en særlig dominerende kilde for Cd eller Hg i miljøet.

Når det gjelder PAH, synes imidlertid overvannet å være en mer betydelig kilde sammenlignet med andre kilder. Ettersom PAH er antatt å ha grupper som er sterkt kreftfremkallende, og da mye overvann dreneres til drikkevannskildene, vil det, til tross for at det meste av PAH er partikulært bundet, være behov for økt kunnskap om PAH i overvann og konsekvensene for vannresipientene.

## 6. LITTERATUR-REFERANSER

1. Alley, W.M. and Ellis, S.R. (1978) "Trace elements in runoff from rainfall and snowmelt at several localities in the Denver, Colorado, Metropolitan area." Int. symp. on urban storm water management. Univ. of Kentucky. July.
2. Barkdoll, M.P., Overton, D.E. and Betson, R.P. (1977) "Some effects of dustfall on urban stormwater quality." Journal WPCF pp. 1976-1984, Sept.
3. Bengtsson, E. et al. (1980) "Snøhantering i tätort." Statens råd för Byggnadsforskning. Rapport R 27:1980, Stockholm.
4. Betson, R. (1976) "Urban hydrology. A system study in Knoxville, Tennessee. Tennessee Valley Authority, USA, June.
5. Blumer, M., Blumer, W. and Reich, T. ((1977) "Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils of a mountain valley. Correlation with highway traffic and cancer incidence." Environmental Science and Technology. Vol 11, Nov.
6. Bradford, W.L. (1977) "Urban stormwater pollutant loadings. A statistical summary through 1972." Jour. Water Poll. Control Fed., 49, p. 613.
7. Bærum kommune (1982) "Forurensning langs veier." Rapport november. Sandvika.
8. "Dagvatten i Uppsala 1975." Hälsovårdsnämnden Miljövårdsprogram. Uppsala kommun. Sverige.
9. Dauber, L., Novak, B., Zobrist, J. and Zürcher, F. (1979) "Schmutzstoffe im Regenwasserkanal einer Autobahn." ETH, separatum Nr. 740. Zürich.
10. Davis, W.J., McCuen, R.H. and Kamedulski, G.E. (1978) "The effect of storm water detention on water quality." Int. symp. on urban storm water management. Univ. of Kentucky, July.
11. Gupta, M.K. (1978) "Constituents of highway runoff. An executive summary." U.S. Dept, of Transportation. Washington, July.
12. Gupta, M.K., Agnew, R.W., Gruber, D. and Kreutzberger (1978) "Characteristics of runoff from operating highways - Final report vol. IV." U.S. Dept. of Transportation, July, Washington.
13. Harrison, R.M., Perry, R. and Wellings, R.A. ((1975) "Polynuclear aromatic hydrocarbons in raw potable and waste waters." Water Research Vol 9, pp. 331-346.
14. Helsei, D.R. et al. (1979) "Land use influences on metals in storm drainage." Jour. Water Poll. Control Fed. 51, p. 709.
15. Horkeby, B. and Malmqvist, P.A. (1977) "Microsubstances in urban storm water." Int. symp. on the effects of urbanization and industrialization on the hydrological regime and water quality. Amsterdam, Oct.
16. Horkeby, B. og Malmqvist, P.A. (1977) "Mikroämnen i dagvatten." SNV DM 926. Statens Naturvårdsverk, Sverige.

17. Hovmand, M.F. (1977) "Atmosfærisk metalnedfald i Danmark 1975-76." Institutt for økologisk botanikk. Danmark. December.
18. Huber, W.C., Heaney, J.P., Smolenysk, J. and Aggidis, D.A. (1979) "Urban rainfall-runoff quality data base." EPA-600/8-79-004, Ohio.
19. Knutzen, J. og Øren, K. (1983) "Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 4, Avløpsvanns innhold av miljøgifter." NIVA-rapport 0-81006.
20. Lager, J.A. et al. (1977) "Urban stormwater management and technology. Update and user's guide." EPA-600/8-77-014. Sept. Ohio.
21. Lisper, P. (1974) "Om dagvattnets sammensætning och dess variationer." Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sverige.
22. Gjessing, E., Berglind, L., Gulbrandsen, T. og Lygren, E. (1983) "Effect of Highway Runoff on Lake Water Quality." NIVA, 0-79024.
23. Lygren, E., Gjessing, E. (1983) "Highway pollution in a Nordic Climate." 0-79024, NIVA (In press).
24. Lygren, E., Gjessing, E. og Ferguson, J. (1979) "Vannforurensning fra veg. Programforslag." VA-rapport 6/79 - NIVA, Oslo, desember.
25. MacKenzie, M.J. and Hunter, J.V. (1979) "Sources and fates of aromatic compounds in urban stormwater runoff." Env. Science & Technology, vol. 13, February.
26. Malmqvist, P.A. "Lathund för beräkning av dagvattnets föroreningar." Geohydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr. 66, 1982, Göteborg.
27. Malmqvist, P.A. og Hård, S. (1981) "Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration." Meddelande nr. 59, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
28. Manning, M.J. et al. (1977) "Nationwide evaluation of combined sewer overflows and urban stormwater discharges, volume III. Characterization of discharges." USEPA report No. 600/2-77-064 c, Ohio.
29. Mattraw, H.C. (1978) "Quality and quantity of storm water runoff from three land-use areas, Broward county, Florida." Int. symp. on urban storm water management. Unit. of Kentucky. July.
30. Melanen, M. (1980) "TaaJamien hule-ja sulamisvedet." Tiedatus 197, National board of waters, Helsinki.
31. Melanen, M. and Tähtelä, H. (1981) "Particle deposition in urban areas." Publ. No. 42 of the water research institute, National board of waters, Helsinki.
32. Miljøstyrelsen. Regnvandsundersøgelser 1978-1979. Statusrapport. Miljøprojekter nr. 19, juni 1979, København.
33. Miljøstyrelsen. Regnvandsundersøgelser 1979-1980. Slutrapport. Miljøprojekter nr. 33, maj 1981, København.
34. Murphy, C.B. and Carleo, D.J. (1978) "The contribution of mercury and chlorinated organics from urban runoff." Water Research, vol 12, pp. 531-533.
35. Nordisk vegteknisk forbund (1980) "Overflatevann fra veg." Rapport nr. 30, Oslo.

36. Perry, R. and Harrison, R.M. (1975) "General trends in air pollution and some aspects of its relation to water pollution control." Metropolitan centre of the Institution of Public Health Engineers. 6 Febr., England.
37. Pitt, R. (1979) "Demonstration of nonpoint pollution abatement through improved street cleaning practices." EPA-600/2-79-161, Aug., Ohio.
38. Pitt, R. (1978) "The potential of street cleaning in reducing non-point pollution." Int. Symp. on urban storm water management. Univ. of Kentucky, July.
39. Pitt, R. and Amy, G. (1973) "Toxic materials analysis of street surface contaminants." USEPA report No. EPA-R2-73-283, Aug.
40. Pope, W., Graham, N.J.D., Young, R.J. and Perry, R. (1978) "Urban runoff from a road surface - A water quality study." Prog. Wat. Tech. Vol 10, pp. 533-543.
41. "Proposed UHR filtration pilot plant test program on combined sewer storm overflows and raw dry weather sewage at New York city's Newton Creek sewage treatment plant." USEPA demonstration grant No. S-803271. May 1975.
42. Reinertsen, T.R. (1981) "Quality of stormwater runoff from streets." Institutt for vassbygging, NTH, Jan.
43. Sartor, J.D. and Boyd, G.B. (1972) "Water pollution aspects of street surface contaminants." USEPA report No. EPA-R2-72-081, NTIS No. PB 214408, Nov.
44. Statens forurensningstilsyn, "Statlig program for forurensningsovervåking. Årsrapport 1981." SFT-rapport nr. 65/82, Oslo.
45. Statens Institutt for Folkehelse (1976) "Kvalitetskrav til vann." nov., Oslo.
46. Sørensen, C. (1973) "Vejstøv." Dansk Kedelforening - MTA, Danmark.
47. "Untersuchung über die Beschaffenheit von Strassenoberflächenwasser in Abhängigkeit der Luftverschmutzung and der BAB A 81." Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart. Tyskland, Mars 1979.