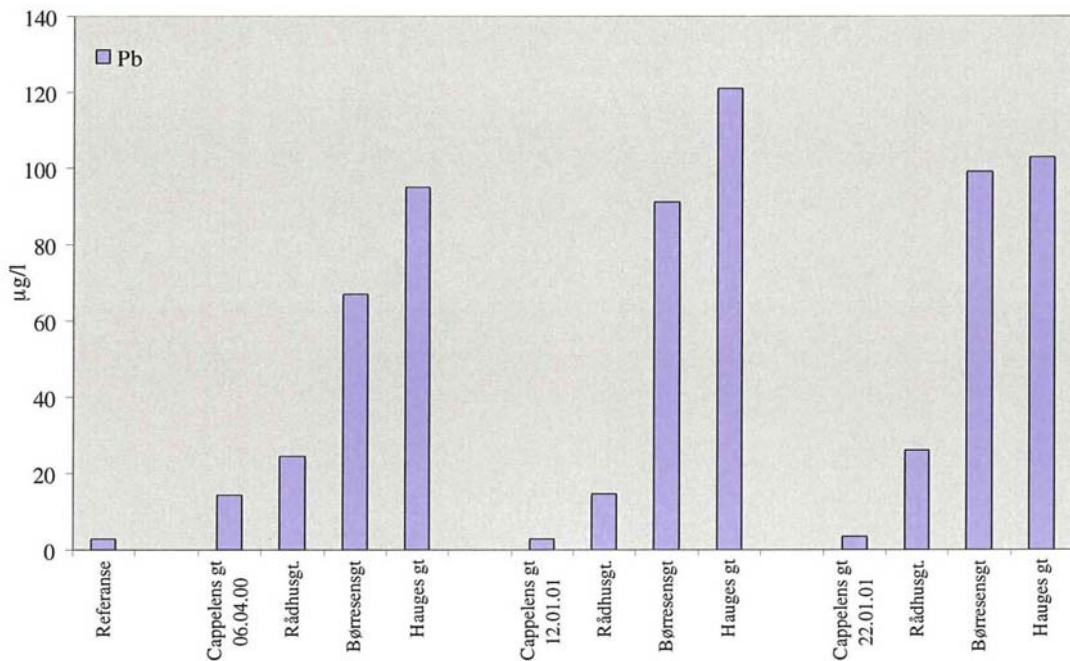




RAPPORT LNR 4460-2001

Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum

Konsekvenser av snødumping for
vann- og sedimentkvalitet i
Drammenselva



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum. Konsekvenser av snødumping for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva.	Løpenr. (for bestilling) 4460-2001	Dato 12.12.2001
	Prosjektnr. Undernr. O-20064	Sider Pris 42
Forfatter(e) Torleif Bækken og Torulv Tjomsland	Fagområde Miljøgifter i ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Drammen kommune Statens vegvesen Buskerud vegkontor	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag
Snø fra Drammen sentrum dumpes i Drammenselva. Fire ulikt trafikkbelastede steder i Drammen sentrum samt ett referansested utenfor sentrum ble valgt for kjemisk analyse av forurensinger i snøen. Konsentrasjonen av de fleste forurensningene i brøytekanterne økte med økt trafikk. En stor andel av forurensningene var partikkelbundet. Sedimentasjonsforsøket viste at etter én time var stort sett mindre enn 10% av metallene i smeltet snø fra de mest trafikkerte gatene igjen i vannfasen, i tilknytning til suspendert materiale, eller som løste forbindelser. De organiske forbindelsene hadde tilsvarende fordeling mellom partikkelfaser som metallene. En simulering av "verste tilfelle" med dumping av forurensninger viste at det er lite sannsynlig at dagens snødumping medfører uakseptable konsentrasjoner av forurensning i elva eller fjorden. Kobber, HCB og PAH kan teoretisk nå uønskede konsentrasjoner i sedimenter ved lang tids dumping og liten spredning, og det foreslås en overvåkning. Totalt sett anses det, per i dag, utfra forurensningsmessige forhold, forsvarlig å anvende Drammenselva til å dumpe snø fra gatene i Drammen.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trafikkforurensning 2. Snødumping 3. Vannkvalitet 4. Sedimentkvalitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Traffic pollution 2. Snow dumping 3. Water quality 4. Sediment quality
--	---


Torleif Bækken
Prosjektleder


Sigurd Rognerud
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningssjef

Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum

Konsekvenser av snødumping for vann- og
sedimentkvalitet i Drammenselva

Forord

I perioder med kulde og mye snøvær vil det i byer og andre tettbygde strøk være et behov for å fjerne snø fra parkeringsplasser, gater og fortau. Denne snøen vil i større eller mindre grad være forurenset av stoffer fra vegtrafikken.

Fordi dumpingen av forurenset snø i representerer et forurensningspotensiale for Drammenselva har Drammen kommune, i samarbeid med Buskerud Vegvesen og Fylkesmannen i Buskerud ønsket en undersøkelse for å klarlegge omfanget av forurensningen. Prosjektet startet vinteren 2000. På grunn av snømangel denne vinteren, ble hovedaktiviteten forskjøvet til 2001.

Prosjektet har hatt en prosjektgruppe bestående av følgende institusjoner og personer:

Drammen kommune: Jan Romark (leder).
Statens Vegvesen Buskerud: Wilhelm Foslien.
Fylkesmannens Miljøvernavdeling: Knut Andreas Moum.
Norsk institutt for vannforskning, NIVA: Torleif Bækken

Prosjektet er i sin helhet finansiert av Drammen kommune og Statens vegvesen Buskerud.

NIVA, Oslo 12.12.2001

Torleif Bækken

Innhold

Sammendrag	7
Summary	9
1. Innledning	10
2. Stasjonsbeskrivelse	11
3. Snø- og temperaturforhold	12
4. Prøvetaking, behandling og analyser.	14
4.1 Prøvetaking og kjemiske analyser	14
4.2 Prøvefraksjonering	15
4.3 Miljøkvalitetskriterier	15
4.4 Modellberegninger	16
5. Forurensninger	17
5.1 Stoffer og konsentrasjoner	17
5.2 Deponeringsrater	24
5.3 Sedimentert materiale	25
5.4 Suspendert materiale og løst stoff	27
5.5 Kilder	30
6. Forurensningsspredning	31
6.1 Vannfase	31
6.2 Sedimentfase	34
7. Konklusjon	37
8. Referanser	38
9. Vedlegg	39

Sammendrag

1. De forurensende stoffene fra veg og trafikk er av flere typer, slik som veisalt, tungmetaller og organiske mikroforurensninger. I tillegg kommer en stor mengde organiske og uorganiske partikler. I perioder med snø vil forurensningene akkumulere i snøen langs veiene. I byer og andre tettbygde strøk er det behov for å fjerne snø fra parkeringsplasser, gater og fortau. I Drammen foregår dumpingen av slik snø først og fremst i Drammenselva og dette kan representere et forurensningspotensiale.

Snø fra fire ulikt trafikkbelastede steder i Drammen sentrum samt én referansestasjon utenfor sentrum ble valgt ut for registrering og kjemisk analyse av forurensingene. Disse var Cappelens gate, Rådhusgaten, Børresens gate og Hauges gate.

2. De fleste forurensningene i brøytekantene økte med økt trafikk. Forholdet var imidlertid ikke lineært og varierte fra en type forurensning til en annen. Tilførslen av forurensninger til brøytekantene over en viss tid (deposisjonsraten) var forholdsvis lik for hver stasjon for hvert stoff.

3. Et sedimentasjonsforsøk belyste sedimentasjonsegenskapene til stoffene i snøen. 90% (vekt) sedimenterte etter én time. Mye av dette var steinpartikler. Andelen forurensninger som sedimenterte varierte med typen av stoffer og mengden av forurensninger i prøvene.

4. Sedimentasjonsforsøket viste at etter én time var stort sett mindre enn 10% av metallene i smeltet snø fra de mest trafikkerte gatene igjen i vannfasen, i tilknytning til suspendert materiale, eller som løste forbindelser. I prøvene fra de mindre trafikkerte gatene var andelen metaller i vannfase til dels langt større, opptil 94 % for kadmium. Løst andel var for de fleste metallene mindre enn 20% av totalkonsentrasjonen. Generelt var det en tendens til større løslighet for metaller i snøprøvene fra de minst trafikkerte gatene. Dette var spesielt påtakelig for sink og kadmium der henholdsvis ca 60% og 45% var løste forbindelser i prøven fra den minst trafikkerte gaten.

De organiske forbindelsene viste i stor grad samme fordeling mellom partikkelfaser som metallene. Omkring 10% var igjen i vannfase etter én times sedimentasjon for prøvene fra de mest trafikkerte gatene. For snøprøver fra de mindre trafikkerte gatene lå andelen i suspensjon mellom ca 30 og 60 % av totalkonsentrasjonen.

5. Et "verste tilfelle" scenario med meget forurenset snø ble konstruert for bruk i modellberegningene. Simulering av forskjellige spredningsforløp, med stor og liten vannføring, med og uten sedimentasjon, viste at konsentrasjonene av forurensende stoffer i elvevannet grunnet snødumpingen var lave utenfor selve dumpeområdet. For vannet i Drammenselva medførte det vannkvalitetsklasse I, "ubetydelig forurenset" i SFTs miljøklassifisering for ferskvann for alle målte forurensninger. Økt snødumpaktivitet innen praktiske grenser vil ikke påvirke dette resultatet.

6. Ved liten vannføring antyder spredningsberegningene at det aller meste av forurensningene vil sedimentere på et areal innen 100 meter fra dumpestedet. Ved flomsituasjoner spres stoffene over langt større arealer og fortynnes.

Dersom forurensningene i snøen sedimenterer sammen, vil de maksimale konsentrasjonene i elvesedimentene være konsentrasjonen i det sedimenterte materialet. Sett i forhold til SFTs sedimentkriterier hadde ingen av metallene i det sedimenterte materialet høye konsentrasjoner, men var innenfor SFTs kategorier "ubetydelig forurenset" eller "moderat forurenset". For sum PAH og KPAH-forbindelsen benzo(a)pyren var det delvis høyere konsentrasjoner,

og det sedimenterte materialet ble klassifisert som "markert forurenset" eller "sterkt forurenset". Konsentrasjonene av PCB var for alle prøvene innenfor kategoriene "ubetydelig forurenset" eller "moderat forurenset". Med unntak av Cappelens gate, ble HCB funnet i høye konsentrasjoner, og det sedimenterte materialet ble klassifisert som "markert forurenset" eller "sterkt forurenset".

Den reelle spredningen av forurensinger, med den etterfølgende konsentrasjonen i sedimentene, er svært vanskelig å forutsi. Varierende sterke vannstrømmer vil grave i og flytte på sedimentert materiale fra snødumpingen. Partikkelstørrelser og forurensninger sorters og sedimenterer som en funksjon av vannstrømmer. Dessuten vil en stadig sedimentasjon av andre ikke forurensete stoffer fra elva og fra Drammensfjorden fortynne de sedimenterte forurensningene fra snødumpingen.

7. Totalt sett er det lite sannsynlig at dagens snødumping vil forurense vannet i Drammenselva eller i Drammensfjorden utover SFTs vannkvalitetsklasse I "ubetydelig forurenset". Det er også lite sannsynlig at snødumpingen vil medføre en uakseptabel forurensning av bunn-sedimentene i elva eller i fjorden. Det er imidlertid heftet en del usikkerheter til hvorvidt enkelte av stoffene som kobber, HCB og PAH kan medføre økte og uønskede konsentrasjoner ved lang tids dumping og liten spredning. Det anbefales derfor at en følger opp med en enkel overvåkning av disse stoffene.

Ut fra forurensningsmessige forhold anses det forsvarlig å anvende Drammenselva til å dumpe snø fra gatene i Drammen.

Summary

Title: Traffic polluted snow i Drammen city. The consequences of snow dumping for the water and sediment quality in the River Drammenselva.

Year: 2001

Author: Bækken, Torleif and Tjomsland, Torulv.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

1. Innledning

Veitrafikken har økt betydelig de siste 30-40 årene og er i dag en av de store forurensningskildene. Særlig i og omkring de store byene er de lokale virkningene av høy trafikk et problem. Forurensninger kommer fra bruk og forbrenning av drivstoff, og fra slitasje av asfalt, dekk og forskjellige bilkomponenter samt fra drift av veien (Bækken 1994). De forurensende stoffene er av flere typer slik som veisalt, tungmetaller og organiske mikroforurensninger. I tillegg kommer en stor mengde organiske og uorganiske partikler.

En stor del av forurensningene er bundet til partikler. Det aller meste av disse deponeres på og i nærheten av veien. Mengden avtar eksponentielt fra veien og utover de nærmeste 10 m. Det aller meste avsettes innenfor 20m på hver side av veien.

I perioder med snø vil forurensningene fra veitrafikken akkumulere i snøen langs veiene. Når forurensninger avsettes i snødekket, hindres i stor grad adsorpsjon av forbindelsene til jordsmonnet. Under snøsmeltingen blir stoffene frigitt over en kort periode, og en del av forurensningene vil følge smeltevannet til nærmeste resipient.

Et spesialtilfelle av dette er dumping av til dels sterkt forurenset snø hentet fra veier i byer og andre tettbygde strøk. Denne snøen inneholder mange forskjellige stoffer og partikler. En betydelig andel av disse vil synke til bunns etter hvert som snøen smelter. Den gjenværende delen fordeler seg i vannfasen som løste stoffer eller som små partikler i løsning. Disse fasene må måles hver for seg for å kunne beregne potensiell forurensning av de lokale sedimentene, og for å beregne fordelingen av forurensninger i vannfase ved dumpestedet og utover i resipienten.

I Drammen foregår snødumpingen først og fremst i Drammenselva like oppstrøms Bybrua. Det foregår også noe snødumping utenfor Holmen ved utløpet av elva. Rapporten tar i første rekke for seg dumpingene i Drammenselva. Den dumpede snøen kommer i hovedsak fra sentrumsgatene.

Fordi dumpingene av forurenset snø representerer et forurensningspotensiale har Drammen kommune, i samarbeid med Buskerud Vegvesen og Fylkesmannen i Buskerud ønsket en undersøkelse med følgende målsettinger.

1. Klarlegge omfanget av forurensninger i snø i sentrum av Drammen.
2. Angi forurensningspotensialet ved dumping av snø i Drammenselva.
3. Relatere forurensningspotensialet til SFT's sediment- og vannkvalitetskriterier.

Undersøkelsen skal munne ut i en avklaring på hvor mye forurenset snø som kan dumpes over en gitt periode uten at det medfører uakseptabel forurensning av elva og Drammensfjorden.

2. Stasjonsbeskrivelse

Etter en befaringsammenkomst med Drammen kommune 18 januar 2000, ble det valgt ut 4 steder i Drammen sentrum samt én referansestasjon utenfor sentrum. De 5 stasjonene var Cappelens gate, Rådhusgaten, Børresens gate og Hauges gate samt en referansestasjon på Spiraltoppen (**Figur 3**).

Valgene av gater og prøvetakingsstasjoner var basert på følgende kriterier:

- 1) Gatene skal ligge i Drammen sentrum der det i perioder med snø foregår en utstrakt vekk-kjøring.
- 2) Gatene skal være representative med hensyn på observert trafikkmengde i sentrum. Gatene i sentrum ble derfor gruppert etter ÅDT (gjennomsnittlig trafikk per døgn) (**Figur 4**). De fire største gruppene skulle representeres med én prøvetakingsstasjon hver.
- 3) Prøvetakingsstasjonene skal være lett tilgjengelige og egnede for å innhente de aktuelle snøprøvene.

St1 - Cappelens gate

Stasjon 1 ble plassert i Cappelens gate, like i nærheten av Bragernes kirke (**Figur 3**). Prøver ble tatt fra veikanten på sørsiden av veien i april 2000, men på grunn av snøforholdene flyttet til nordsiden for prøvene i 2001. Den representerer gater med ÅDT mellom 500 og 2000 (**Figur 4**). Disse gatene utgjør ca 19 % av gatestrekningene i sentrum. I følge tall estimert av Drammen kommune kommer ca 21 % av snøen som kjøres vekk og dumpes fra denne type lokaliteter.

St2 - Rådhusgaten

Denne stasjonen ble plassert utenfor rådhuset, nær krysset med Kirkegaten, ved aprilprøven i 2000. Grunnet snøforholdene måtte prøvetakingslokaliteten flyttes ca 200 m lengre vest i samme gate i 2001. Gaten representerer gater med ÅDT mellom 2000 og 4000. Disse gatene utgjør 35% av gatestrekningene i sentrum. Ca 43% av snø som kjøres vekk kommer fra denne type lokaliteter.

St3 - Børresens gate

Stasjon 3 ble lagt til Børresens gate. Prøvene ble tatt fra veikanten ved alleen på østsiden av gaten. Den representerer gater med ÅDT mellom 4000 og 6000. De utgjør ca 17 % av gatestrekningene i sentrum. Ca 21% av snø som kjøres vekk kommer fra denne type lokaliteter.

St4 - Hauges gate

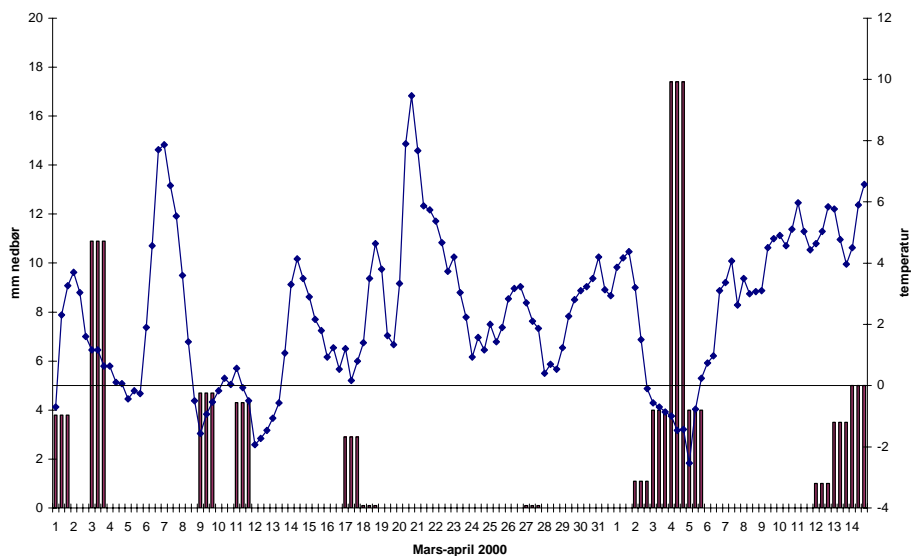
Stasjon 4 ble lagt til Hauges gate, langs den vestre del av parken. Prøvene ble tatt i veikanten på sørsiden av veien. Gaten representerer gater med ÅDT mellom 10000 og 20000. De utgjør ca 17 % av sentrumsgatene. Ca 15% av snø som kjøres vekk kommer fra denne type lokaliteter. Selve stasjonen ligger like utenfor området som i denne undersøkelsen er definert som Drammen sentrum. Stasjonen ble lagt her grunnet gode forhold for prøvetaking. Hauges gate er en forlengelse av Engene og har samme trafikk tetthet.

St5 - Referanse

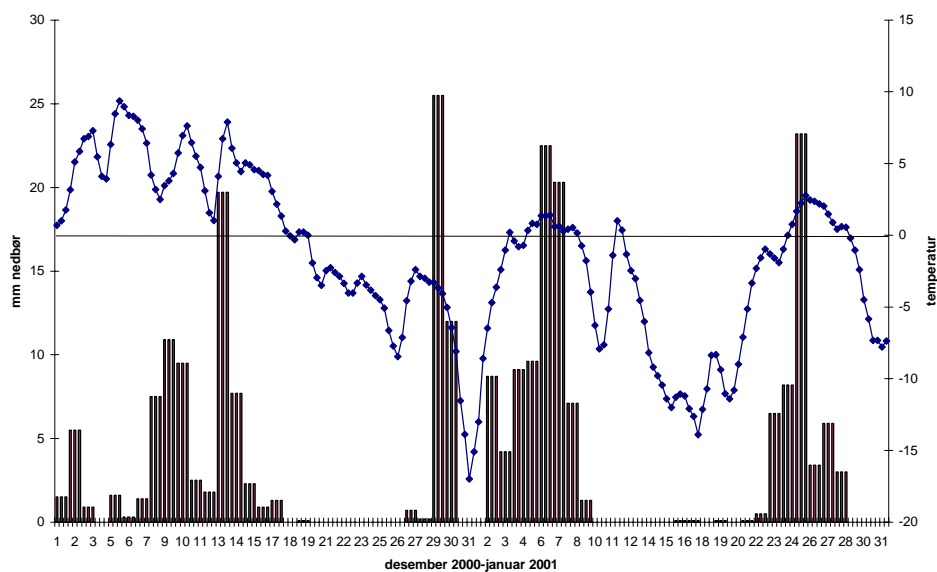
En snøprøve ble tatt ved Spiraltoppen, Øvre Skanse. Stasjonen er ikke direkte utsatt for trafikkforurensinger, men kan være preget av bynær beliggenhet og nedfall av lufttransporterte forurensninger.

3. Snø- og temperaturforhold

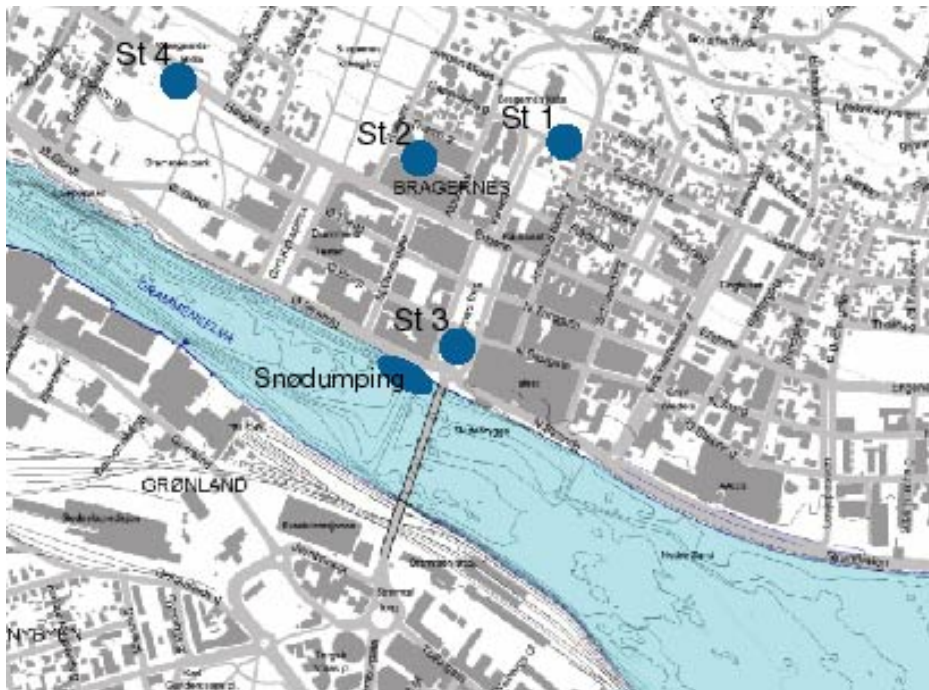
Vinteren 2000 var det svært lite nedbør i form av snø i Drammen. Det var derfor vanskelig å få tatt snøprøver. Temperatur og nedbørdata fra Galleberg (sør for Drammen) viser en kort periode med snøfall i begynnelsen av april 2000 (**Figur 1**). De eneste prøvene fra 2000 ble tatt etter dette snøfallet. Forut for snøfallet hadde det vær en lengre periode med lite nedbør. I slutten av desember 2000 startet det å snø (**Figur 2**). Det kom mer snø i begynnelsen av januar 2001. I perioden fram til prøvetakingen 12. januar 2001 og videre fram til prøvetakingen 22. januar 2001 var det stort sett kuldegrader med lite eller ingen snøsmelting.



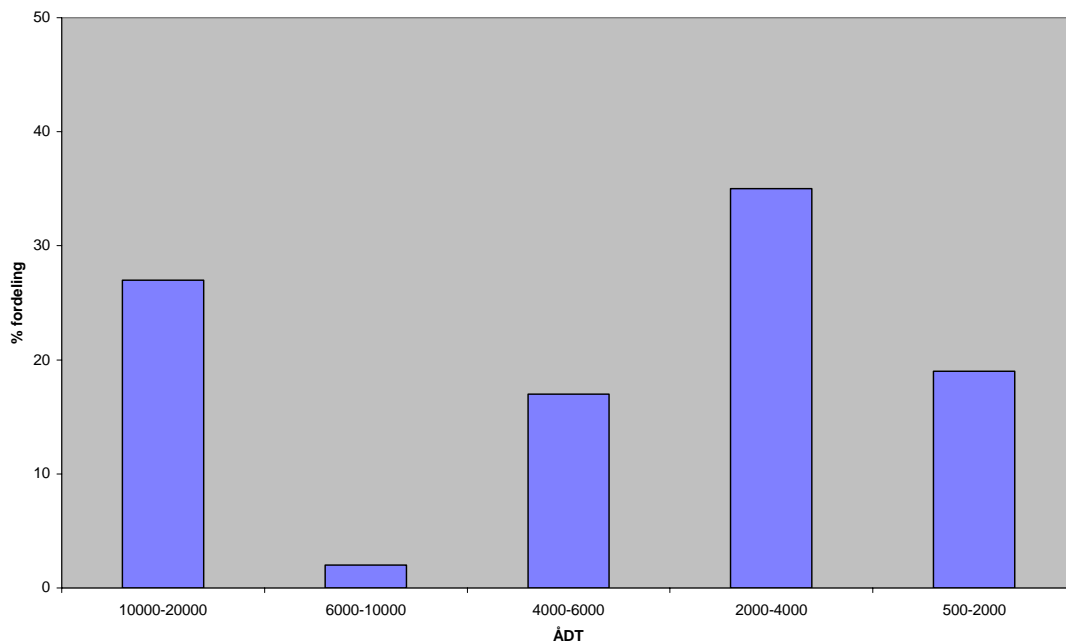
Figur 1. Temperatur (°C) og nedbør (mm) fra Galleberg sør for Drammen i mars og halv april 2000.



Figur 2. Temperatur (°C) og nedbør (mm) fra Galleberg sør for Drammen i desember 2000 og januar 2001.



Figur 3. Drammen sentrum med plassering av prøvetakingssteder. St 1: Cappelens gate, St 2: Rådhusgaten, St 3: Børresens gate, St 4: Hauges gate.



Figur 4. Fordeling av gatestrekninger med ulik trafikk tetthet (ÅDT) i Drammen sentrum.

4. Prøvetaking, behandling og analyser.

4.1 Prøvetaking og kjemiske analyser

Snøprøvene ble tatt som et tverrsnitt av brøytekantene. Snøprofilen ble tatt fra oversiden og ned mot bakkenivå og 0,8 m innover i snøkanten. Prøvene ble samlet inn 6. april 2000, 12. januar 2001 og 22. januar 2001. Tidspunkt for innsamling ble vurdert underveis i forhold til snø og temperaturforhold, og i forhold til værprognoser.

Prøvene ble samlet inn og behandlet slik at mulighetene for uønskede endringer i den kjemiske sammensetningen samt forurensning av prøvene ble minimalisert. Alle kjemi-analyser ble utført ved NIVAs internasjonalt akkrediterte laboratorium

Alle konsentrasjoner er angitt i forhold til smeltet snø. Kompakteringsgraden, hvor mye vann et visst volum snø inneholder, ble undersøkt for alle stasjonene på alle datoene. Alle prøvene inneholdt forholdsvis mye vann. Kompakteringsgraden varierte fra 0,37 til 0,54; 1 liter snø gir da henholdsvis 0,34 og 0,54 liter vann. De høyeste verdiene ble observert i prøver med stort innslag av is i Børresens gate og Hauges gate 2001, og i våt snø i april 2000 på de samme stasjonene. Ved opplesing av snøen for vekk-kjøring vil det foregå en fortetting av løs snø. Ved omregning fra konsentrasjoner i vann til konsentrasjoner og mengder i dumpet snø er det anvendt en kompakteringsfaktor på 0,5 for alle prøvene.

Partikler.

Det ble analysert for totalt tørrstoffinnhold (TTS) og gløderest (uorganisk, TGR), og beregnet glødetap (organisk, GT).

Generelle vannkvalitetsparametere.

Følgende parametere ble analysert: surhet (pH), konduktivitet, kalsium (Ca), natrium (Na), klorid (Cl), total nitrogen (tot N), total fosfor (tot P) og fosfatfosfor (PO₄-P).

Tungmetaller.

Følgende tungmetaller ble analysert på ICPMS: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn). I tillegg ble arsen analysert (As). Enkelte av prøvene ble filtrert gjennom 0,45 µm filter for analyse av løste forbindelser. En utvidet analyse for å påvise eventuelt andre metaller i trafikkrelaterte forurensninger ble utført for 2 prøver for totalkonsentrasjoner og én filtrert prøve for løste komponenter.

Olje og organiske mikroforurensninger.

Prøver til polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), og polyklorete bifenyler (PCB) ble tatt med stålspade og overført til 40 l spann i rustfritt stål. Spannene ble oppbevart i fryserom fram til analysetidspunktet. Snøen ble overført på 10 l glassflasker med rørhenter i rustfritt stål for smelting og analyse.

I PAH analysene inngår også naftalener og andre disykliske forbindelser som strengt tatt ikke er PAH forbindelser. Disse forbindelsene samt grupperingen NPD (naftalener, fenantrenen, dibenzotiofener samt deres alkylsubstituerte homologer) er summert for seg. Det samme gjelder en PAH-gruppe av potensielt kreftfremkallende stoffer, KPAH.

Ved analyser av PCB tas det også med en del andre klororganiske stoffer som fem- og seksklorete benzener (5-CB, HCB), α og γ (Lindan) hexaklorsyklohexan (HCH), oktaklorstyren (OCS) samt derivater av DDT som p,p-DDE og p,p-PDE. Det analyseres på de 7 vanligste

PCB forbindelsene (seven dutch) (av 209). De omfatter PCB med IUPAC nr 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I tillegg analyseres 3 PCB forbindelser med IUPAC nr 105, 156 og 209.

4.2 Prøvefraksjonering

Snøprøver fra trafikkforurensede brøytekanter er spesielle ved at de oftest er svært heterogene med hensyn på forurensningsstoffer og med hensyn på partikkeltyper med varierende størrelser, egenvekt og kjemisk sammensetning. Prøvene inneholder alt fra vannløselige komponenter, oljefraksjoner, sot og gummipartikler til steinstøv og metallbiter. Kunnskap om fordelingen av forurensninger mellom løst fase, suspenderte partikler (partikler i løsning) og partikler som raskt sedimenterer er avgjørende for å beregne fordelingen av forurensninger mellom vannmassene og elvebunnen.

Etter nedsmelting av snøprøvene ble smeltevannet utsatt for en kraftig omrøring og uttak av delprøver for analyse av metallinnhold. Enkelte metaller kan bli underrepresentert ved normal delprøvetaking fordi de største og tyngste partiklene ikke fordeler seg i hele vannmassen, men sedimenterer umiddelbart ("momentan sedimentasjon"). Dersom disse partiklene i vesentlig grad bidrar med forurensningskomponenter vises det ved forskjellen i analyseverdier mellom denne typen prøver og totalprøver basert på summen av sedimentert materiale, suspenderte partikler og løst fraksjon. Prøvene fra 12.01.2001 ble valgt til å belyse fordelingen av forurensninger i ulike størrelses/tyngde-fraksjoner (**Figur 5**). Graden av momentan sedimentasjon ble bare undersøkt for de 10 metallene som ble analysert i alle prøvene.

Totalt sedimentert materiale ble definert som alt materiale sedimentert ut av vannfasen i løpet én time. De gjenværende partiklene i vannfasen etter én times sedimentasjonsforsøk er angitt som suspenderte partikler. Størrelsesfordeling og konsentrasjoner av de suspenderte partiklene ble beregnet etter telling med Coulter Counter partikkelteller. Konsentrasjon av vannløste metallforbindelser ble bestemt etter filtrering av prøven gjennom 0,45 µm filter.



1



2

Figur 5. Sedimentering av partikler i smeltede snøprøver under forhold uten turbulens. 1. Umiddelbart etter oppristing av prøvene. 2. Etter én times sedimentering.

4.3 Miljøkvalitetskriterier

For vurdering og klassifisering av vannkvalitet i Drammenselva som følge av snødumping er det anvendt SFT's klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et al 1997). Samme veileder er brukt for vurdering og klassifisering av sedimenter med hensyn på metaller. Det er ikke utarbeidet norske klassifiseringssystemer for ferskvannsedimenter og organiske mikroforurensninger. For vurdering og klassifisering av sedimenter med hensyn på disse stoffene er det derfor anvendt klassifiseringssystemet av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al 1997)

4.4 Modellberegninger

Hensikten med modellberegningene var å estimere spredningen av stoffer, og hvilke konsentrasjoner et utvalg av stoffer fra snødumpingen kan forventes å bidra med i Drammenselva nedstrøms dumpingstedet. Dette for å kunne vurdere i hvilken grad snødumpingen forurensner elva.

Beregningene ble utført ved en matematisk spredningsmodell. Modellen er teoretisk utviklet av Boyce og Hamblin 1975. Den er videreutviklet og tilrettelagt for PC ved NIVA (Tjomsland og Molvær 1986). Modellen gir konsentrasjonsfordelingen i elven under idealiserte forhold som konstant strømhastighet og kontinuerlig utslipp. Den tar hensyn til vannets fart, turbulens og stoffets sedimentasjon. Modellen forutsetter at nedsmeltingen av snøen skjer umiddelbart etter dumping i elva.

På bakgrunn av resultatene fra snøprøvene ble det beregnet et "verste tilfelle" scenario for forurensninger i dumpet snø. Beregningen ble basert på prøvene fra 6. april 2000. Det ble forutsatt at snøen ble liggende 4 uker med tilsvarende akkumulering av forurensninger som allerede målt, og at den deretter ble fjernet og dumpet. Videre var det en forutsetning at det var så mye av denne snøen at den ble fjernet i løpet av tre etterfølgende normale arbeidsdager ved hjelp av tre lastebiler. Snøfjerning med tre lastebiler over tre dager er normalt tilstrekkelig etter et snøfall i Drammen sentrum (Drammen kommune pers. med.). Det er tatt hensyn til at ulike gater har ulik forurensningbelastning, og at ulike gater bidrar ulikt til den totale massen av dumpet snø.

Resultatene av simuleringen er oppgitt som maksimale "likevekts-konsentrasjoner" i løpet av dagen ved kontinuerlig dumping av snø i løpet av en 8 timers dag. I den etterfølgende perioden frem til neste dags snødumping regnes det med at alle suspenderte og løste forurensninger er transportert ut av området. Konsentrasjonene av forurensningene i elva øker derfor opp til den simulerte konsentrasjonen, holder seg der til dumping er avsluttet for så å avta til null i løpet av natten. De simulerte konsentrasjonene blir like for hver dag.

Forurensningsspredningen for det anvendte forurensnings-scenario er vurdert i forhold til høy og lav vannhastighet (henholdsvis 0,1m/s og 1 m/s) og i forhold til en situasjon uten sedimentasjon og en situasjon med sedimentasjon av forurensninger. Sedimentasjonskoeffisientene anvendt i modelleringen er beregnet fra sedimentasjonsforsøkene (se 4.2 Prøvefraksjonering). Den midlere vannføringen i Drammenselva er satt til 300 m³/s.

5. Forurensninger

Det var sammenheng mellom trafikkmengde og konsentrasjoner av de fleste forurensningene i brøytekanterne. Økt trafikk gav økte forurensninger. Forholdet var imidlertid ikke lineært og varierte fra en type forurensning til en annen. Det var stort sett en større økning i konsentrasjoner fra Cappelens gate og Rådhusgaten, med ÅDT 500-4000, til Børresens gate, med ÅDT 4000-6000, enn fra Børresens gate til Hauges gate, med ÅDT 10000-20000.

For mange av stoffene var det små konsentrasjonsforskjeller mellom prøvene fra samme stasjon på ulike datoer. Dette var ikke forventet, og er en tilfeldighet framkommet ved at den vesentlig større snømengden observert i januar 2001 i forhold til i april 2000 har tynnet ut en større forurensningstilførsel (akkumulert over lengre tid) slik at konsentrasjonene er blitt forholdsvis like.

Det ble observert at tilførselen av forurensninger til brøytekanterne over tid (deposisjonsraten) stort sett var forholdsvis lik for hver stasjon for hvert stoff. Dette kunne forventes. Tilfeldige konsentrasjonsvariasjoner i samme snøkant samt varierende værforhold og varierende behov for bruk av "forurensende" stoffer vil imidlertid medføre at også deposisjonsratene vil variere. For eksempel slites våt veibane mer enn tørr, behov for salting av veibanen varierer med værforhold, likeledes gjør bruk av vindusspyleske.

5.1 Stoffer og konsentrasjoner

Partikkelkonsentrasjonen i snøkantene varierte mellom 0,01 og 5,24 g/l (smeltet snø) (**Figur 6**). Den økte med økende trafikk tetthet alle datoene. Størstedelen av partiklene var uorganiske. Ca 10-15% av partiklene var organiske.

pH var høyere enn 7 i de fleste snøprøvene, og hadde verdier over 8 ved de mest trafikkerte prøvestasjonene. Referansesnøen derimot var sur med pH 4,98. Konduktiviteten angir ione-konsentrasjonen. I de veipåvirkede prøvene varierte verdiene fra 2,1 til 131 mS/m, mens referansen var 1 mS/m. Den dominerende kilden for frie ioner i de veipåvirkede prøvene var veisalt. Saltkonsentrasjonen målt som natrium (Na^+) og/eller klorid (Cl^-) samvarierte med konduktiviteten. Konsentrasjonen av Cl^- varierte fra omkring 3 til 370 mg/l (**Figur 7**). I referansesnøen var Cl^- konsentrasjonen 0,4 mg/l.

Av næringssaltene økte konsentrasjonen av totalt nitrogen (tot N) med økende trafikk. Konsentrasjonene var imidlertid ikke særlig høye. Det ble derimot registrert relativt høye konsentrasjoner av fosfor. Mens referansekonsentrasjonen for total fosfor (totP) var 12 $\mu\text{g/l}$, lå konsentrasjonene i snøprøvene fra omkring 170 til 1200 $\mu\text{g/L}$ (**Figur 8**). En stor andel av fosforet var i form av fosfater ($\text{PO}_4\text{-P}$).

Den utvidede metallanalysen viste at mange metaller får økt konsentrasjon med økt trafikk. For noen metaller ble det observert lave konsentrasjoner, mens det for andre ble funnet høye konsentrasjoner. Av de metallene som bare ble analysert ved utvidet analyse ble særlig aluminium (Al), barium (Ba), magnesium (Mg), strontium (Sr) og titan (Ti) funnet i høye konsentrasjoner. Hovedkildene til disse er i trolig slitasje av veidekket (stein/bitumen) og veisalt.

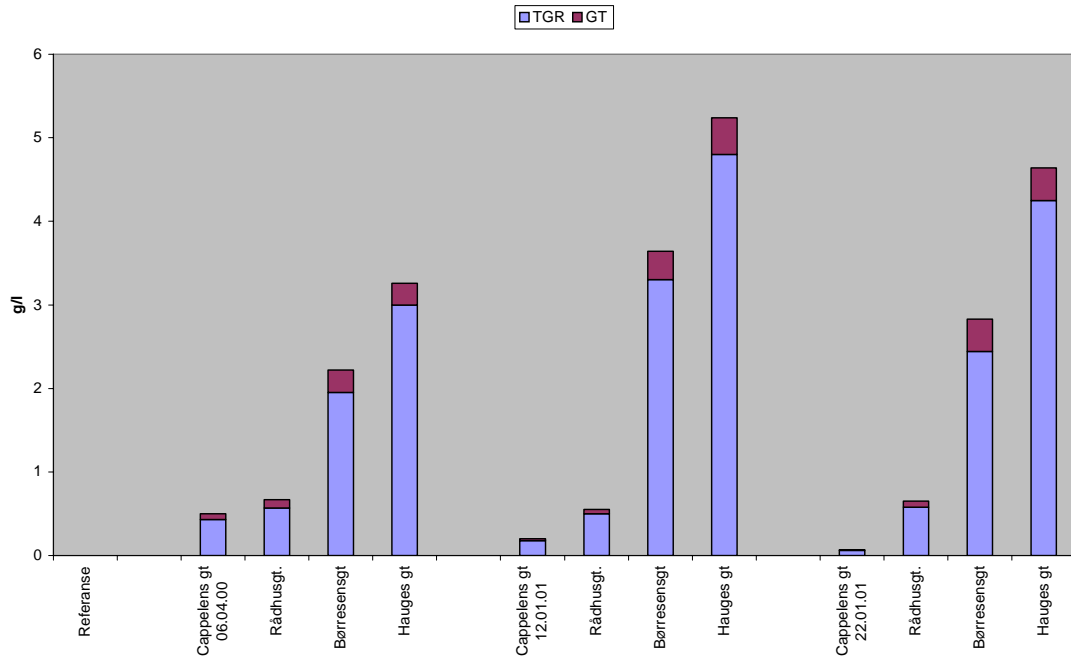
For de ti metallene analysert i alle prøvene var også hovedmønsteret økt konsentrasjon med økt trafikk, og med langt høyere konsentrasjoner i brøytekanterne enn på referansestasjonen. Prøver fra Cappelens gate hadde imidlertid ofte tilsvarende konsentrasjoner av metaller som funnet i referanseprøven. For bly (Pb) varierte konsentrasjonene i vegsnøen mellom ca 3 og

120 µg/l (**Figur 11**) og for sink (Zn) mellom ca 20 og 800 µg/l (**Figur 12**). Referansesnøen inneholdt 2,6 µg/l bly og 16 µg/l sink. For kadmium (Cd) og kobber (Cu) ble det ved noen tilfeller observert et atypisk konsentrasjonsmønster i forhold til de andre metallene. For Cd var det høyere konsentrasjon i referanseprøven (1,9 µg/l) enn i de fleste brøytekanthprøvene (0,03-4,0 µg/l) (**Figur 9**). For Cu var konsentrasjonene i april 2000 vesentlig høyere enn prøvene fra 2001 (**Figur 10**).

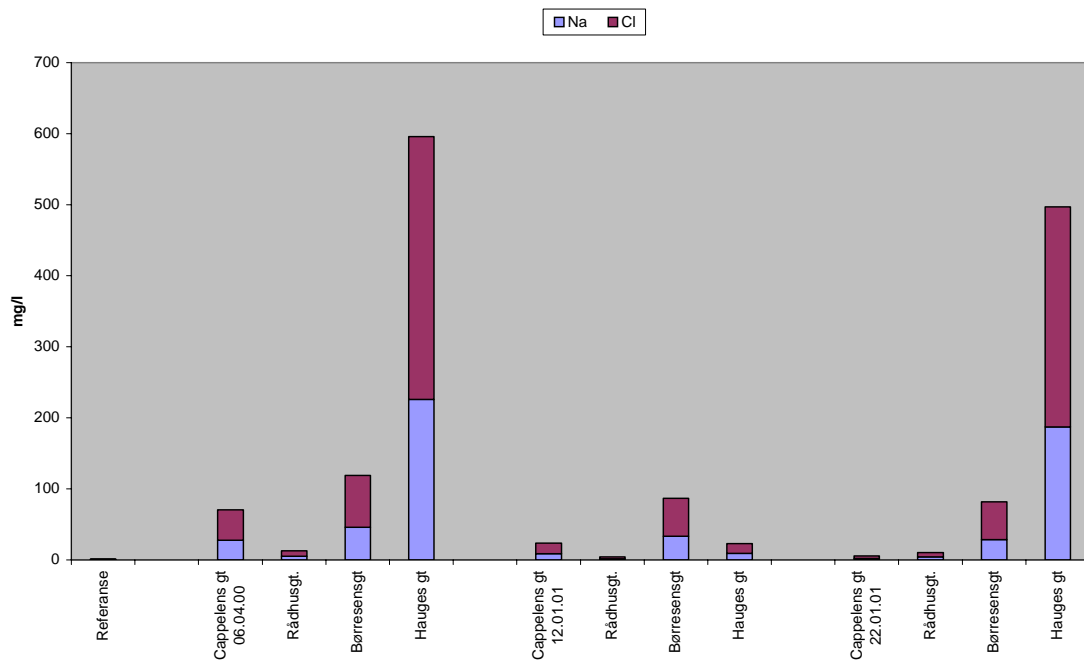
Konsentrasjonene av sum PAH (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner) viste noe av samme mønsteret som metallene (**Figur 13**). Det var forholdsvis lave konsentrasjoner i prøvene fra Cappelens gate og Rådhusgate og relativt høye ved de to andre gatene. Sum PAH varierte fra ca 1000 ng/l til 60000 ng/l. Andelen av potensielt kreftfremkallende PAH forbindelser, såkalte KPAH, lå mellom 10-20% av sum PAH. Av disse lå konsentrasjonen av benzo(a)pyren mellom ca 25 og 1200 ng/l.

PCB (Polyklorerte bifenyl) og andre klororganiske forbindelser ble påvist i de fleste prøvene (**Figur 15**). Med unntak av én prøve der konsentrasjonene lå under deteksjonsgrensen, varierte konsentrasjonene av PCB fra ca 0,6 til 60 ng/l. I referanseprøven lå konsentrasjonene under deteksjonsgrensen på 0,3 ng/l. For HCB (hexachlorbenzen) var konsentrasjonene høyere og varierte mellom ca 7 og 150 ng/l. 5-CB (pentachlorbenzen) ble funnet i langt lavere konsentrasjoner. De øvrige klororganiske stoffene som det ble analysert på ble også funnet i brøytekanthene, men i lavere konsentrasjoner.

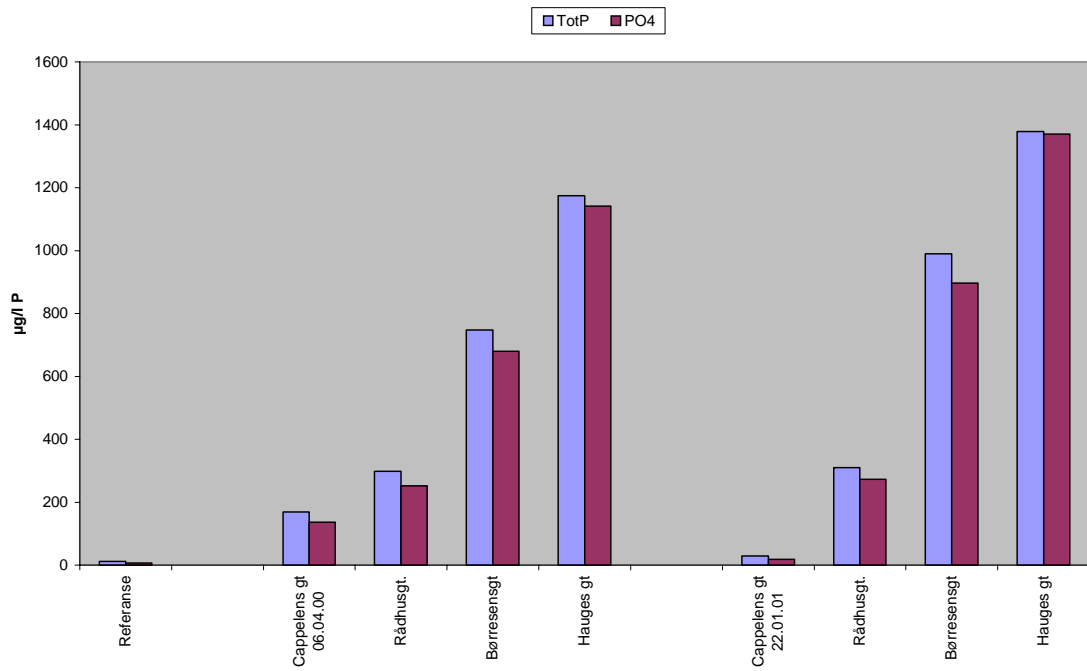
Sett i forhold til forurensninger observert i brøytekanter i Oslo (Bækken 1994) var det et noe tilsvarende mønster med økning av konsentrasjonene med økende trafikk. Det er imidlertid vanskelig å sammenligne selve konsentrasjonene i Oslo undersøkelsen med foreliggende undersøkelse fordi konsentrasjonene foruten å være avhengig av trafikkmengde og kjøremønster, også avhenger av akkumuleringstid og snømengde. Enkelte forhold kan likevel nevnes. Partikkelkonsentrasjonene ved de mest trafikkerte veiene i Drammen var i samme størrelsesorden som funnet i undersøkelsen i Oslo. Konsentrasjonsintervallene for de trafikkpåvirkede snøprøvene var for flere av stoffene større i Drammen enn i Oslo. Dette til tross for mindre intervall i trafikkmengden (Drammen ÅDT 500-20000, Oslo ÅDT 2000-88000). I et tverrsnitt av snøkanten var konsentrasjonsintervallet ca 90-250µg/l for kobber i Oslo, i Drammen var intervallet ca 30 - 750µg/l. Tilsvarende for sink (Zn) og bly (Pb) var for Oslo henholdsvis ca 260-880 µg/l og 130-380 µg/l, og for Drammen henholdsvis ca 20-780 og 4-120µg/l. Det relative forholdet mellom metallene var noe endret fra Oslo 1994 til Drammen 2000/2001. Sett i forhold til sink var det særlig reduserte andeler av bly og kadmium, mens nikkell og kobber hadde økt.



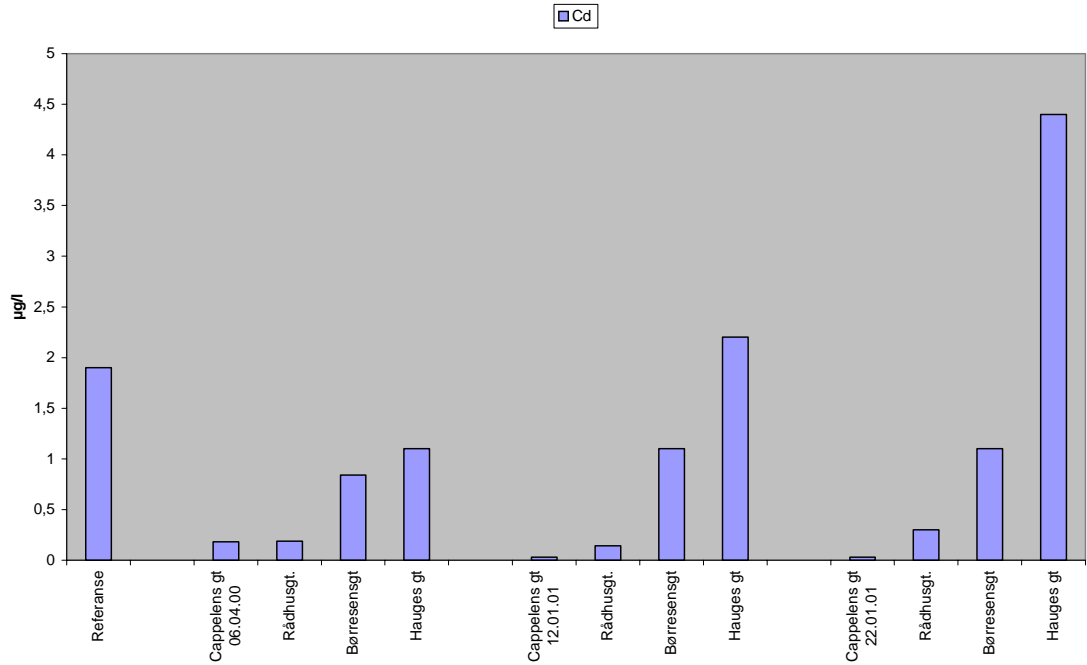
Figur 6. Konsentrasjon av uorganiske (TGR) og organiske (GT) partikler i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



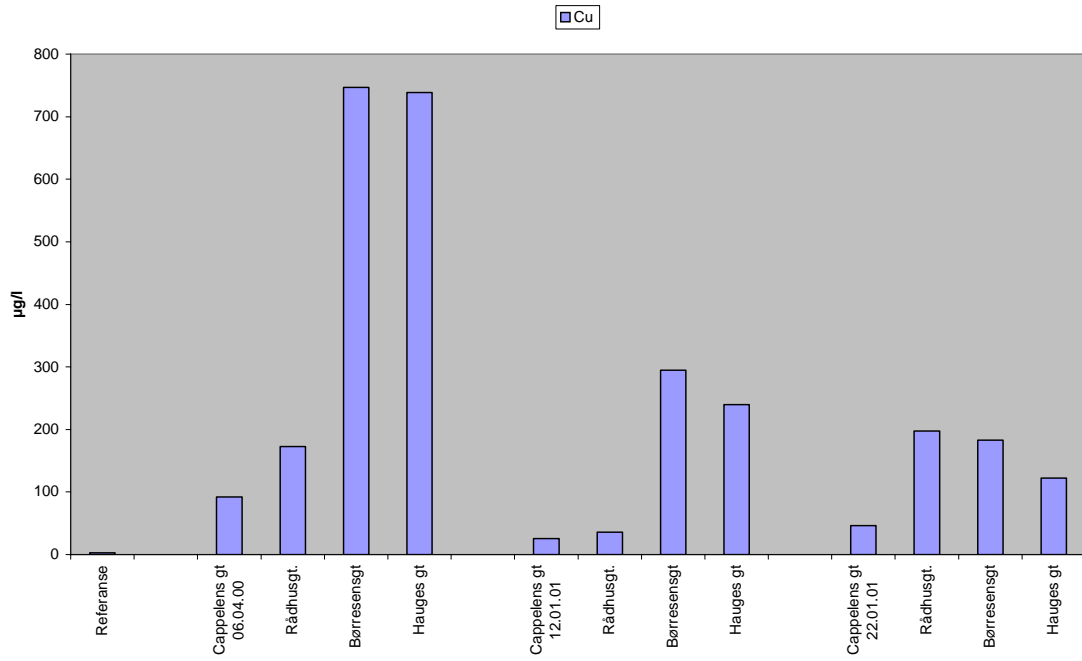
Figur 7. Konsentrasjon av veisalt i form av natriumioner (Na⁺) og kloridioner (Cl⁻) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



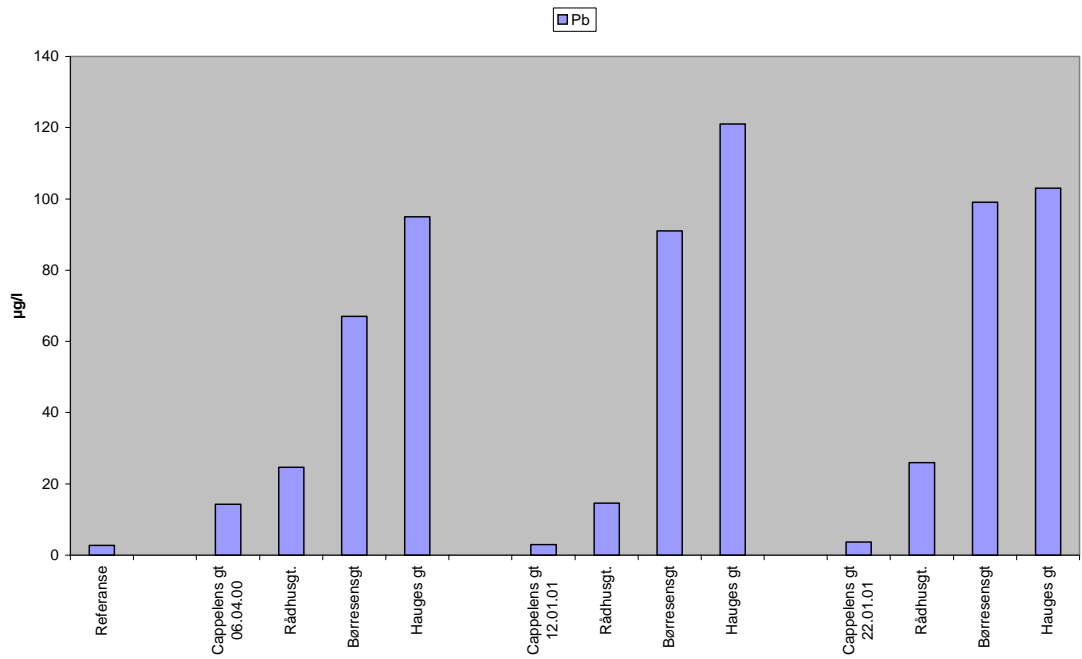
Figur 8. Konsentrasjon av totalt fosfor (tot P) og fosfat fosfor (PO₄-P) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



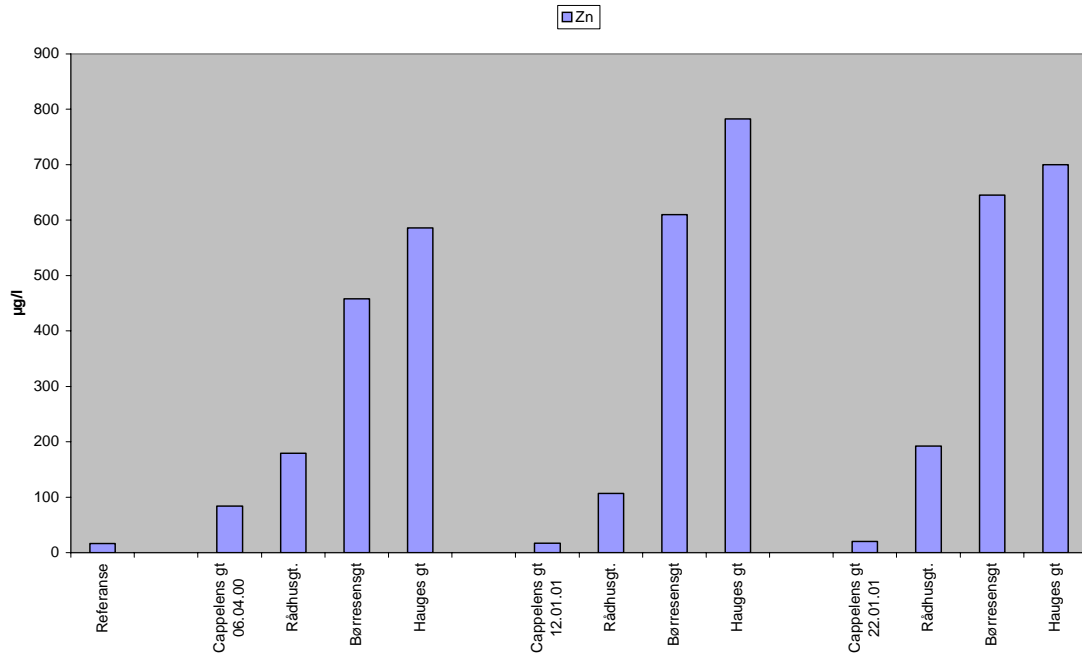
Figur 9. Konsentrasjon av kadmium (Cd) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



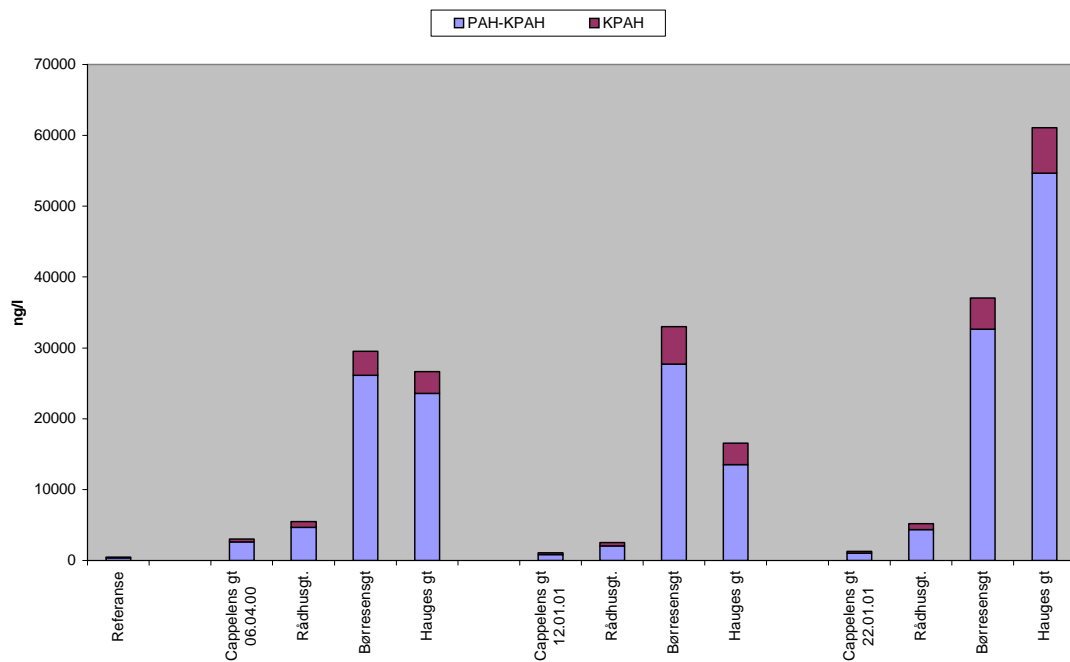
Figur 10. Konsentrasjon av kobber (Cu) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



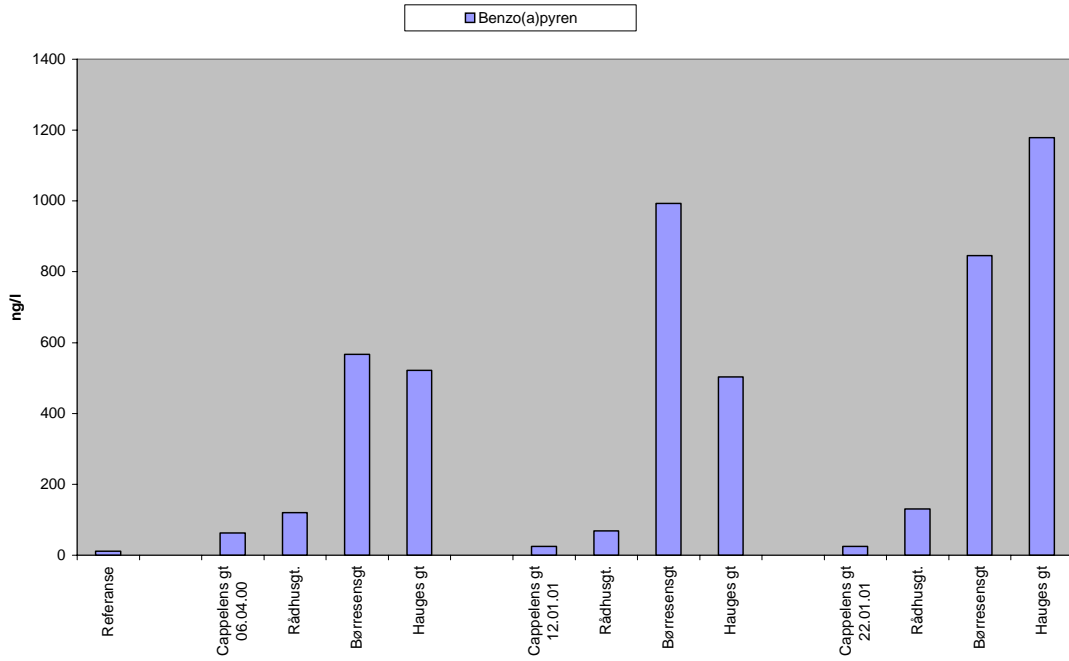
Figur 11. Konsentrasjon av bly (Pb) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



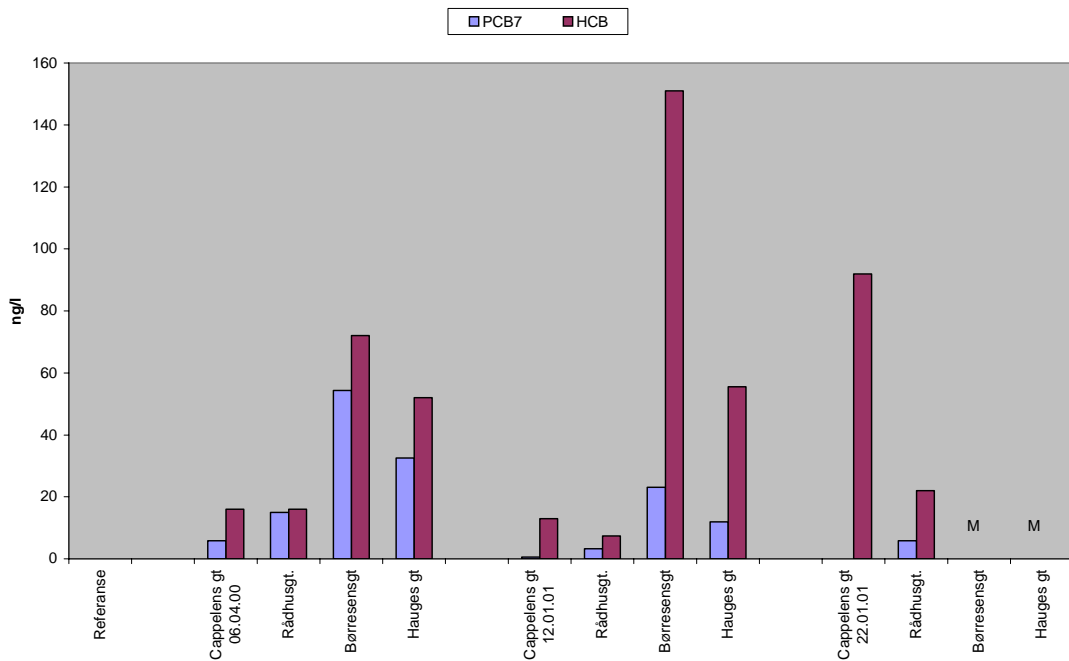
Figur 12. Konsentrasjon av sink (Zn) i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



Figur 13. Konsentrasjon av sum PAH og andelen KPAH i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



Figur 14. Konsentrasjon av KPAH-forbindelsen benzo(a)pyren i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum.



Figur 15. Konsentrasjon av PCB7 og HCB i smeltede snøprøver fra Drammen sentrum. M angir at prøver ikke er analysert.

5.2 Deponeringsrater

For snøprøven tatt i april 2000 var deponeringsperioden for forurensningene 0,5 uker, for 12. og 22. januar henholdsvis ca 2 og 3,5 uker. Det var stort sett kuldegrader i disse periodene og derfor lite snøsmelting og avrenning (**Figur 1, Figur 2**). Med enkelte unntak var deponeringsratene for hvert av stoffene forholdsvis like i de forskjellige periodene (**Tabell 1**). Forskjellene var størst mellom prøvene fra april 2000 og de to periodene i januar 2001 for Rådhusgaten og Cappelsens gate. Ved disse stasjonene ble det funnet vesentlig høyere deponeringsrater i april 2000 enn i januar 2001. Dette var trolig et resultat av skifte av prøvetakingssted i hver av gatene. Dessuten hadde brøytekantene fra april 2000 i disse gatene, i større grad enn senere, snø fra selve veibanen. Snøen fra Rådhusgaten var trolig også noe påvirket av trafikken i Kirkegaten. For Cappelsens gate i januar 2001 var snøen fra selve veibanen delvis frest utover et større areal/kjørt bort.

Det var overraskende stort samsvar mellom deponeringsratene estimert for Oslogatene og for Drammensgatene. Sett i forhold til trafikkmengden ville en forventet at den største deponeringsraten ble registrert i gatene med stor trafikk i Oslo. Dette var imidlertid ikke alltid tilfelle. Både for bly (Pb) og sumPAH var deponeringsratene ganske like for Drammen og Oslo, men med høyest maksimumsverdier i Oslo. Heller ikke for de andre stoffene var det store forskjeller, og for disse ble det registrert noe høyere maksimumsverdier i Drammen enn i Oslo. Det kan imidlertid ikke trekkes sikre slutninger ut fra disse sammenligningene fordi det som nevnt er mange forhold som kan innvirke på konsentrasjonene og deponerings-estimatene.

Tabell 1. Deponeringsrater for et utvalg av stoffer i snøkanter i Drammen sentrum, og deponeringsintervaller av stoffene for gater i Oslo (Bækken 1994).

		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	SUM PCB	HCB	Sum PAH	Sum KPAH
		mg/m ² / uke	mg/m ² / uke	mg/m ² / uke	mg/m ² / uke	mg/m ² / uke	µg/m ² /u ke	µg/m ² /u ke	µg/m ² / uke	µg/m ² / uke
06.04.00	Hauges gt	0,07	44,3	5,0	5,7	35	2,1	3,1	1597	182
12.01.01	Hauges gt	0,11	12,0	6,2	6,1	39	0,7	2,8	828	151
22.01.01	Hauges gt	0,13	3,5	3,5	2,9	20			1745	183
06.04.00	Børresensgt	0,05	44,8	4,6	4,0	28	3,5	4,3	1770	203
12.01.01	Børresensgt	0,08	22,1	7,8	6,8	46	1,9	11,3	2477	399
22.01.01	Børresensgt	0,05	7,8	4,9	4,2	28			1587	187
06.04.00	Rådhusgt	0,023	20,7	2,2	3,0	21,5	1,98	1,9	660	100
12.01.01	Rådhusgt	0,006	1,4	0,5	0,6	4,3	0,14	0,3	101	20
22.01.01	Rådhusgt	0,007	4,5	0,5	0,6	4,4	0,15	0,5	119	19
06.04.00	Cappelensgt	0,080	18,5	3,6	2,9	16,8	1,38	3,2	600	77
12.01.01	Cappelensgt	0,005	1,8	0,3	0,2	1,2	0,04	0,9	74	16
22.01.01	Cappelensgt	0,003	1,9	0,2	0,1	0,8	0,00	3,7	51	9
februar 1994	Oslo	0,002- 0,1	0,1- 4,8	0,02- 0,09	0,2- 8,9	0,3- 16	0,03- 1	0,01- 1,0	165- 5500	20- 166

5.3 Sedimentert materiale

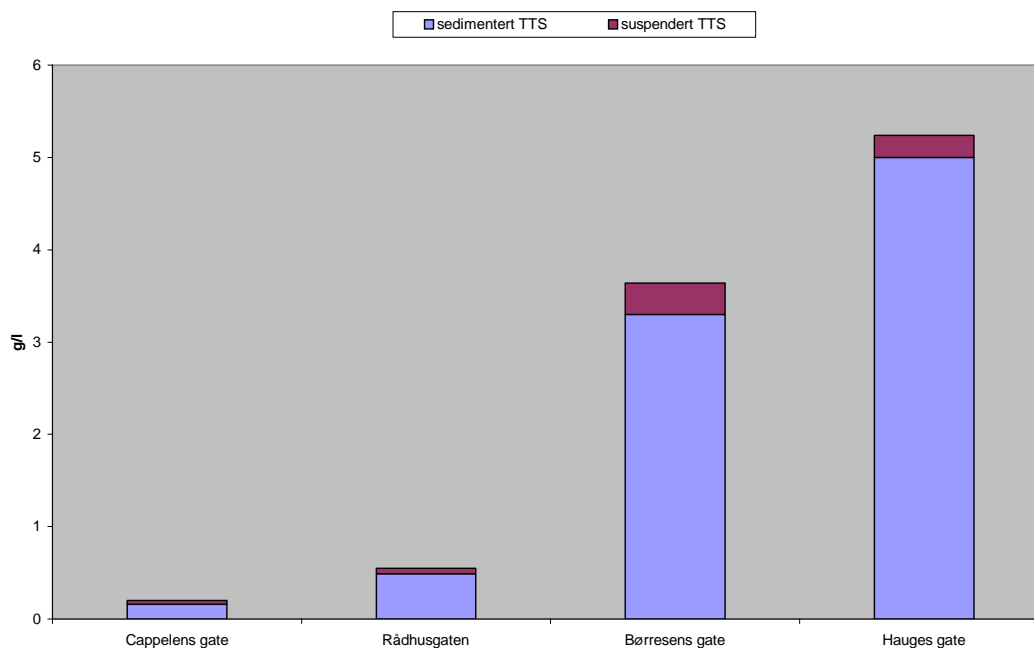
Stoffmengden som sedimenterte i løpet av én time utgjorde omkring 90% av stoffene i snøprøvene. Det var en langt større masse som sedimenterte i snøprøvene fra Børresens gate og Hauges gate enn i snøprøvene fra Cappelens gate og Rådhusgaten (**Figur 16**).

Det sedimenterte materialet inneholdt en betydelig del av forurensningene. Andelen som sedimenterte varierte imidlertid med typen av stoffer og mengden av forurensninger i prøvene. For de mest forurensede snøprøver fra Børresens gate og Hauges gate var storparten av metaller og organiske mikroforurensninger sedimentert ut sammen med partiklene. Med unntak av kadmium var mer enn 80 % av metallmengden sedimentert i disse prøvene. For snøprøvene fra Cappelens gate og Rådhusgaten var det for noen av metallene en langt mindre andel som sedimenterte, og en langt mindre sedimentert masse. For kadmium, kobber og sink var mindre enn ca 30 % sedimentert ut fra snø hentet i Cappelens gate (**Figur 20**).

Sedimentasjonsforsøket viste også at av den delen som sedimenterte etter én time var særlig arsen (As), krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni) og vanadium (V) i knyttet til de partiklene som sedimenterte umiddelbart.

Sett i forhold til SFTs sedimenkriterier for konsentrasjoner i ferskvannssedimenter hadde ingen av metallene i det sedimenterte materialet høye konsentrasjoner (Andersen et al 1997) (**Tabell 2**). Kadmium, bly, nikkel og sink ble funnet i relativt lave konsentrasjoner, og sedimentkvaliteten med hensyn på disse metallene ble klassifisert som "ubetydelig forurenset" (klasse I). Tilsvarende for arsen og kobber var "moderat forurenset" (klasse II). (Se forøvrig kap 6. Forurensningsspredning).

For de organiske mikroforurensningene finnes ikke norske klassifiseringsystem for ferskvannssedimenter. Konsentrasjonene ble derfor sammenlignet med kvalitetskategorier for marine sedimenter (Molvær et al 1997). Konsentrasjonene av PCB var for alle prøvene innenfor kategoriene "ubetydelig forurenset" eller "moderat forurenset". Med unntak av Cappelens gate, ble HCB funnet i høye konsentrasjoner, og det sedimenterte materialet klassifisert som "markert forurenset" eller "sterkt forurenset". For sum PAH og KPAH - forbindelsen benzo(a)pyren var det også forholdsvis høye konsentrasjoner, og det sedimenterte materialet klassifisert som "markert forurenset" eller "sterkt forurenset". (Se forøvrig kap 6. Forurensningsspredning)



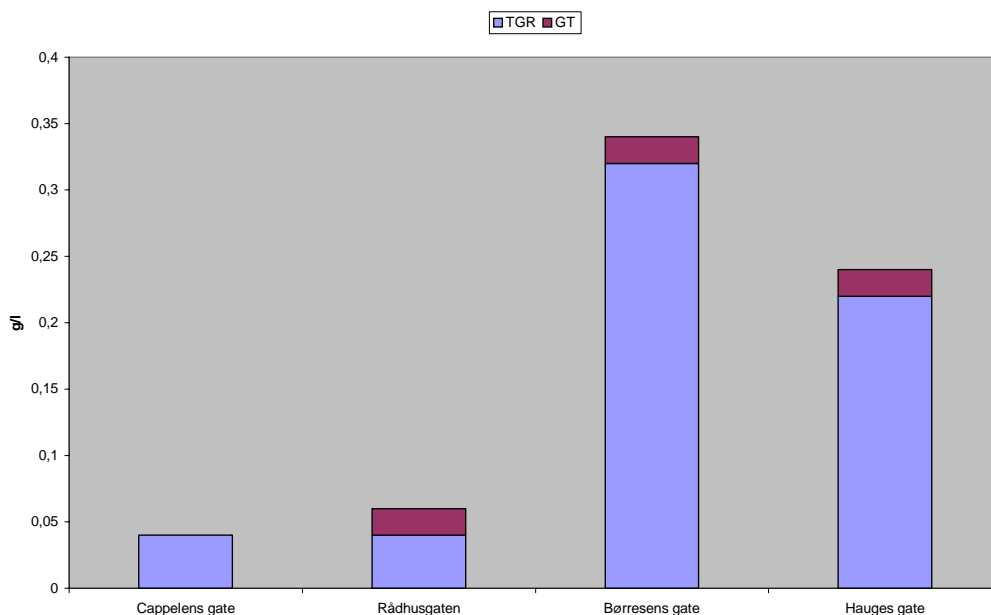
Figur 16. Totalt tørrstoff i sedimentert andel av prøven og suspendert i vannfase etter én times sedimentering.

Tabell 2. Totalkonsentrasjoner av metaller og organiske mikroforurensninger i sedimentert materiale etter én times sedimentasjon. Sedimentkvalitetskategorier for metaller angitt i forhold til ferskvannssedimenter (Andersen et al 1997), og for organiske mikroforurensninger i forhold til marine sedimenter (Molvær et al 1997). CRBH angir konsentrasjonen i en prøve sammensatt av snø fra hver av gatene etter fordeling på vekkjørt snø. Klassene angir følgende forurensningstilstand: blå: ubetydelig forurenset, grønn: moderat forurenset, gul: markert forurenset, oransje: sterkt forurenset, rød: meget sterkt forurenset.

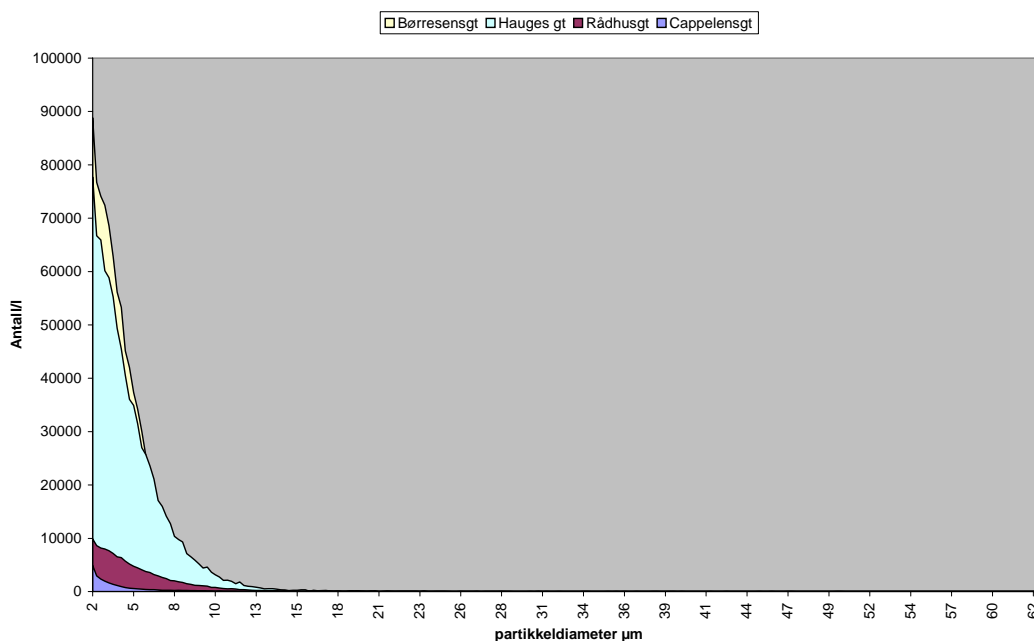
		Cappelens gate	Rådhusgaten	Børresens gate	Hauges gate	CRBH
As	mg/kg tv	7,28	7,98	12,8	12	9,0
Cd	mg/kg tv	<0,05	<0,05	0,64	<0,05	0,15
Cu	mg/kg tv	46,3	42	78,9	42,6	48,0
Ni	mg/kg tv	16,6	20	29,9	24	21,0
Pb	mg/kg tv	23,2	17,9	32	21,8	21,2
Zn	mg/kg tv	70,6	128	243	109	133,0
Sum PAH	µg/kg tv	3059	3465	9214	2911	4320
Benzo(a)pyren	µg/kg tv	88	98	276	89	127
PCB7	µg/kg tv	0,7	5,03	6,69	2,38	3,7
HCB	µg/kg tv	<0,05	11	42	9,1	14,9

5.4 Suspendert materiale og løst stoff

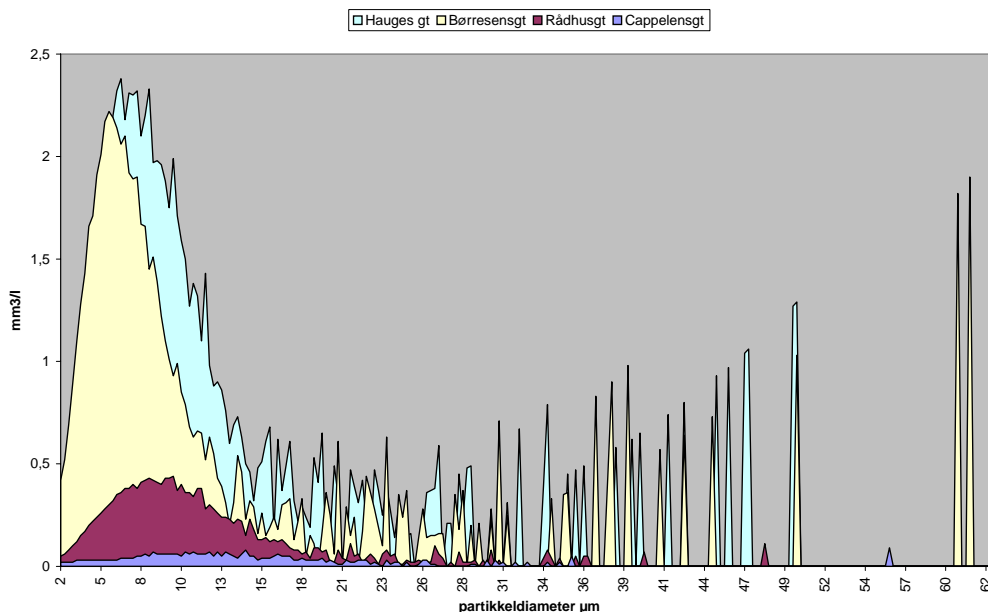
For de to mest trafikkerte gatene, Børresens gate og Hauges gate, var mindre enn 10% igjen som suspenderte materiale i vannfase etter én times sedimentasjon (**Figur 16, Figur 17**). For Cappelens gate og Rådhusgaten en noe større andel. Størstedelen av partiklene i suspensjon hadde en diameter mindre enn 10 μm (**Figur 18**). Det var langt høyere konsentrasjoner langs de mest trafikkerte gatene enn ved de mindre trafikkerte gatene. For Hauges gate og Børresens gate var konsentrasjonen av suspenderte partikler i snøprøvene ca 1000 mill/l. Ved Rådhusgaten og Cappelens gate var antallet av tilsvarende partikler henholdsvis ca 130000/l og 25000/l. Partikkelvolumet viste størst andel i størrelseskategorien 5-15 μm (**Figur 19**).



Figur 17. Suspendert tørrstoff i vannfase etter én times sedimentering. Andelen organiske (GT) og uorganiske partikler (TGR)



Figur 18. Antall partikler per liter med diameter mellom 2 og 63 μm .

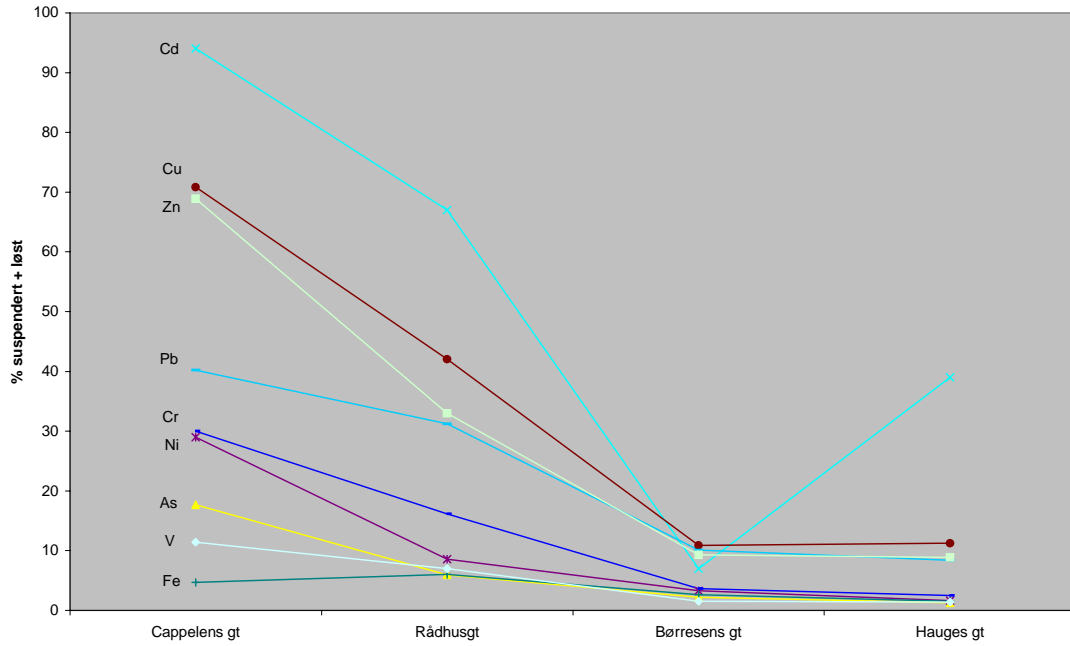


Figur 19. Volumet (mm^3) av partikler per liter med diameter mellom 2 og 63 μm .

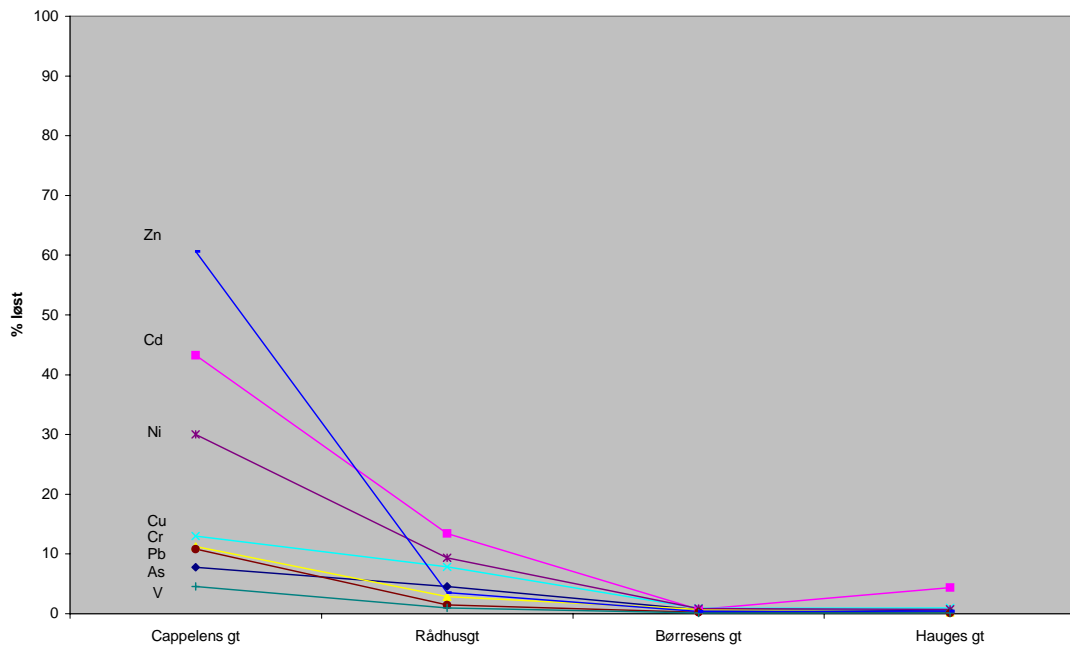
For metallene var det stort sett mindre enn 10% igjen i vannfasen, i tilknytning til suspendert materiale eller løste forbindelser, i snøprøvene fra Børresens gate og Hauges gate etter sedimenteringen (**Figur 20**). Et unntak var kadmium (Cd) der 40% var igjen i vannfasen for smeltet snø fra Hauges gate. I prøvene fra de mindre trafikkerte gatene var andelen metaller i vannfase til dels langt større. For kadmium var henholdsvis 94% og 67% fortsatt i vannfase etter én times sedimentasjon av snøprøver fra Cappelens gate og Rådhusgaten. Også for kobber og sink var en stor andel i suspensjon i snø fra disse stasjonene. Særlig for jern, men også for arsen og vanadium var det imidlertid alltid en lav andel i vannfase, og det var liten forskjell mellom stasjonene.

For de fleste metallene var det mindre enn 20% løste forbindelser sett i forhold til total-konsentrasjonen i snøprøvene (**Figur 21**). Generelt var det en tendens til større løslighet for metaller i snøprøvene fra de minst trafikkerte gatene. Dette var spesielt påtakelig for sink og kadmium der henholdsvis ca 60% og 45% var løste forbindelser i prøven fra Cappelens gate.

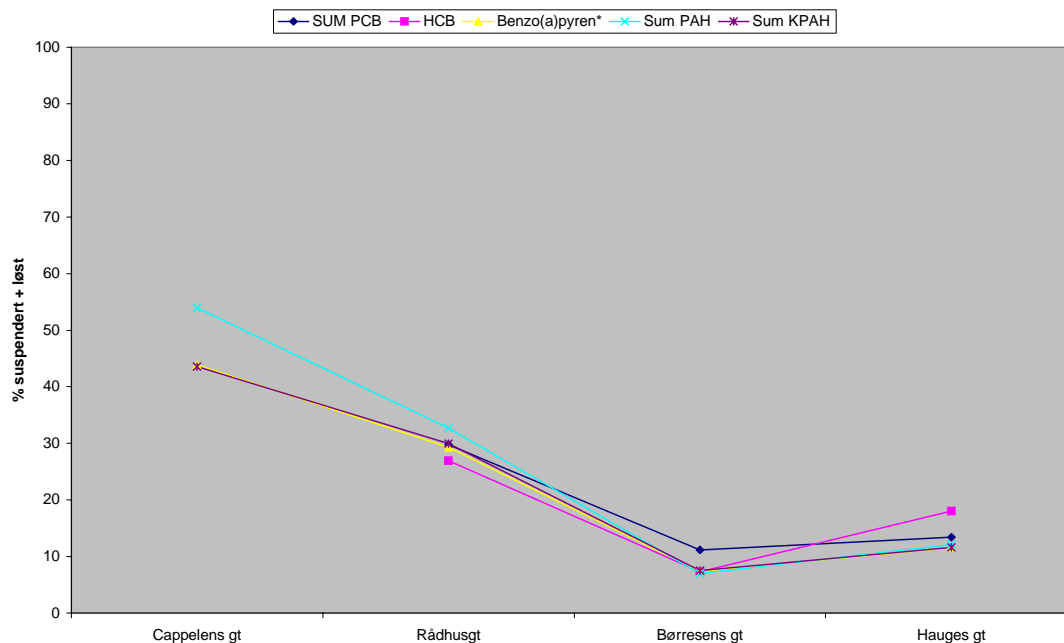
De organiske forbindelsene viste i stor grad samme fordelingsmønster mellom partikkelfaser som metallene (**Figur 22**). Omkring 10% var igjen i vannfase etter én times sedimentasjon for prøvene fra Børresens gate og Hauges gate. For snøprøver fra Cappelens gate og Rådhusgaten lå andelen i suspensjon mellom ca 30 og 60 % av totalkonsentrasjonen. Det ble ikke analysert på løste forbindelser av PCB og PAH da disse stoffene i stor grad regnes å være partikkel-knyttet.



Figur 20. Andelen av ulike metaller funnet i vannfase (suspendert + løst) etter 1 times sedimentasjon i forhold til totalkonsentrasjonen.



Figur 21. Andelen av ulike metaller funnet løst i vann etter 1 times sedimentasjon i forhold til totalkonsentrasjonen.



Figur 22. Andelen av ulike organiske mikroforurensninger funnet i vannfase (suspendert + løst) etter 1 times sedimentasjon i forhold til totalkonsentrasjonen.

5.5 Kilder

Selv om mange av hovedkildene til vegforurensning er kjent, er det er stor usikkerhet i forhold til hvor mye, og i mange tilfeller, hvilke stoffer som kommer fra ulike kilder. Salt og slitasjeprodukter fra veidekket og bildekk vil være blant hovedkildene pga stort omfang. Avgasser fra motoren er fremdeles kilde for en del av stoffene. Forbruket av vindusspylerveske er økende, men det er uklart hva den bidrar med av forurensninger. I foreliggende undersøkelse ble det observert uventet store konsentrasjoner fosfat-fosfor. Visuelt ble det observert overflateaktive stoffer spesielt i prøvene fra april 2000. Begge observasjoner kan muligens knyttes til vaskemidler tilsatt vindusspylervesken.

Bruk av blybensin er for tiden stort sett fraværende. Katalysatorbruk i bilene har redusert utslipp av PAH i avgassene betydelig. Hovedkildene for den observerte bly- og PAH-forurensningen i snøkantene er derfor trolig en annen enn avgasser fra motoren. Ofte kan det finnes bly og kadmium som forurensninger i sinkforbindelser. Sink har tidligere utgjort en forholdsvis stor andel i bildekk (Bækken 1993). Dersom dette fremdeles er tilfelle forklarer det i stor grad en høy sinkkonsentrasjon i tillegg til at noe av bly og kadmium også kan komme derfra. Imidlertid er det så mye bly i forhold til sink i snøprøvene at det trolig er andre kilder enn "forurenset" sink. PAH finnes også i bildekk. Innholdet i myke piggfrie vinterdekk kan være forholdsvis høyt, og er beregnet å være den største kilden til veirelatert PAH for biler med katalysatormotorer (Ahlbom & Duus 1994). Noen av dataene antyder at forurensningen fra kobber har økt i Drammen 2000/2001 i forhold til Oslo 1994. I allefall hadde konsentrasjonene i forhold til sink økt. Det samme var tilfelle med nikkel. Det er foreløpig heller ingen opplagt forklaring på dette. Som i Oslo i 1994 påvises fortsatt PCB og andre klororganiske forbindelser som HCB i snøkantene. Det synes å være en sammenheng mellom trafikkmengde og disse stoffene, men sammenhengen er ikke tydelig. NILU har imidlertid påvist PCB i bildekk og gammel asfalt (Schlabach 1998). Disse kan derfor være hovedkilder.

6. Forurensningsspredning

6.1 Vannfase

Spredningsberegningene er basert på "verste tilfelle" scenario (4.4 Modellberegninger). De fargelagte arealene på **Figur 23** viser et karakteristisk spredningsforløp av bly (Pb) fra snø-dumpingene ved lav vannføring. Konsentrasjoner over 100 ng/l ble ifølge simuleringene kun funnet i dumpesonen. Etter omlag 500 meters transport var verdiene redusert til under 1 ng/l og etter 2 km, ved yttersiden av Holmen, var konsentrasjonen redusert til nær 0.1 ng/l. Økt vannføring gir økt strømhastighet noe som resulterte i lavere maksimumsverdier og større utbredelseavstand fra doseringsstedet av lave konsentrasjoner (gul og grønn isolinje).

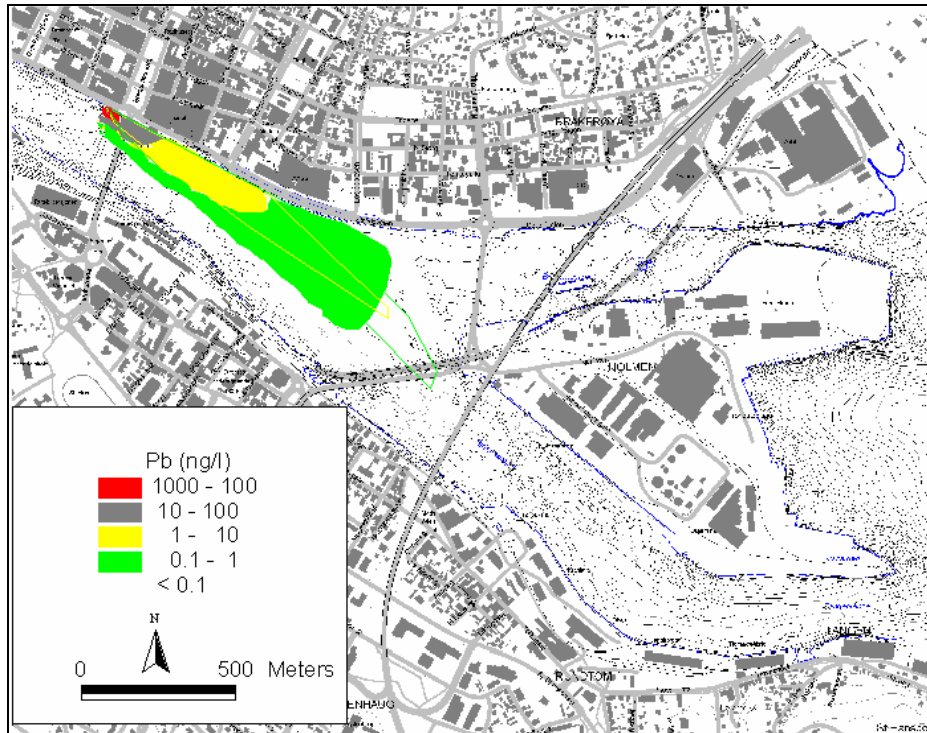
Dersom det ikke hadde forekommet sedimentasjon, hadde simulert spredningsforløp blitt som på **Figur 24**. Konsentrasjonene i dumpesonen hadde blitt omtrent uforandret, men reduksjonen ved transport nedover elva hadde blitt langt mindre. Konsentrasjonene 0.5 km og 2 km nedstrøms ble henholdsvis 40 ng/l og 20 ng/l. Konsentrasjonene uten sedimentasjon representerer en teoretisk øvre grense for dette utslippet. For stoffer med lite eller ingen sedimentasjon slik som for fosfor ligger konsentrasjonene nærmere situasjonen uten sedimentasjon enn situasjonen med sedimentasjon (**Tabell 3**).

Halvparten av blymengden sedimenterte på de første hundre meterene, etter 500 m var det kun noen få prosent igjen i vannmassene og etter 1 km hadde tilnærmet alt sedimentert (**Tabell 4**). Økt vannføring medfører økt fart på vannet og gir en lenger transportavstand før stoffet sedimenterer. Ved ekstreme flomforhold kan stoffet ifølge beregningene bli transportert 1 km før halvparten blir sedimentert og etter 2 km kan det forventes at 25% av mengden fremdeles finnes i suspensjon.

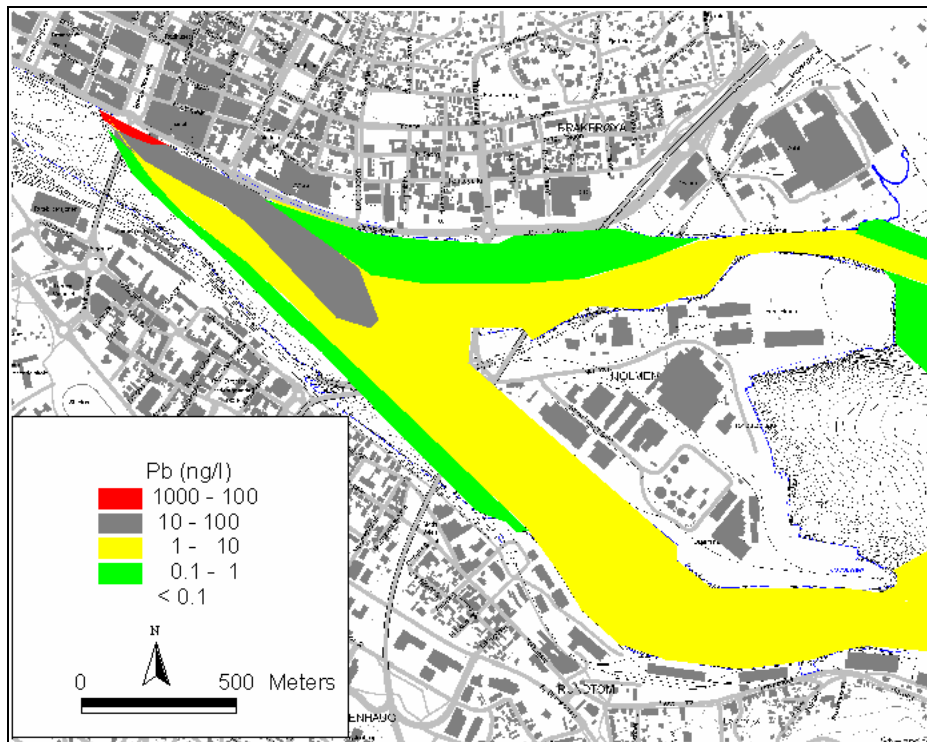
I følge SFTs normer for vannkvalitet (Andersen et al 1997) blir vann med konsentrasjoner av bly opp til 500 ng/l karakterisert som vannkvalitetsklasse I: "Ubetydelig forurenset". Det vil si at snødumpingen selv ved det anvendte "verste tilfelle" scenario ikke i vesentlig grad forurenser vannet i elva med hensyn på bly, i alle fall ikke utover selve dumpesonen. Vannkvaliteten nedenfor 100 meter fra dumpestedet ville fortsatt tilhøre vannkvalitetsklasse I selv om dumpingene ble økt 5 ganger, og 25 ganger før kvaliteten kunne karakteriseres som sterkt forurenset (2500 ng/l).

I følge simuleringene fulgte de andre stoffene i stor grad samme forløp som bly. For samtlige stoffer gjaldt at nesten alt sedimenterte i løpet av de første 500 meterene. Konsentrasjonene i sentrum av utslippsstølen var langt under SFTs krav til vannkvalitetsklasse I: Ubetydelig forurenset (**Tabell 3**).

Simuleringene viser et karakteristisk spredningsmønster under idealiserte forhold. I virkeligheten vil spredningen bli påvirket av en rekke andre faktorer. Disse faktorene fører stort sett til spredning over et større område og dermed til lavere maksimumskonsentrasjoner enn simulert. Turbulente virvler gjør at transportveien for den enkelte partikkel blir lenger. Dette fører til en større sedimentasjon nærmere dumpingstedet enn simulert og dermed til lavere konsentrasjoner i elvevannet. Vind på tvers av elven mot dumpestedet kan føre til en opphoping av stoff i overflaten langs land. Langs bunnen kan stoffet ta del i en kompensasjonsstrøm med retning utover. Ved vind utover fra dumpingstedet blir forholdene motsatt.



Figur 23. Bly med sedimentasjon. Lav vannføring: polygon. Høy vannføring: isolinjer. Utenfor dumpingsonen kunne vannet karakteriseres som : Vannkvalitetsklasse 1: ubetydelig forurenset (< 500 ng Pb/l). Ved økt vannføring maksimumsverdiene lavere og rekkevidden med lave konsentrasjoner (gul og grønn isolinje) økte.



Figur 24. Bly uten sedimentasjon. Lav vannføring. Spredningsmønsteret representerer en teoretisk øvre grense for simulert påvirkning. Utenfor dumpingsonen kunne vannet karakteriseres som : Vannkvalitetsklasse 1: Ubetydelig forurenset (< 500 ng Pb/l)

Tidevannet fører til vannstandsendringer og dermed vanntransport i tillegg til den som skyldes tilsig til Drammenselva. Økende tidevannshøyde fører til at en saltvannskile beveger seg oppover langs bunnen av elva. Stoff som faller ned i dette saltvanns-/brakkvannlaget kan bli ført oppover elva og spredd over ett større område før det etter hvert sedimenterer eller når utløpet. Effekten av tidevannet og saltvannsinntrengning fører til en mer effektiv spredning og dermed til lavere konsentrasjoner enn simulert.

Snøen som blir dumpet vil holde seg flytende en stund før den smelter. Dette gjør at stoff som er bundet til snøen ikke starter på sedimentasjonsprosessen umiddelbart. Det vil si at stoffet ikke tilføres vannet i elva på dumpingstedet, men etter hvert som det forlater snøen på vei nedover. Dette medfører et større spredningsområde og reduserte maksimumskonsentrasjoner i forhold til simuleringene.

Simuleringene gir karakteristiske verdier for spredningsforløpet ved et scenario der det dumpes mye av meget forurenset snø. Likevel ble konsentrasjonene av forurensningene som følge av snødumpingen isolert sett av en slik størrelse at vannet i henhold til SFTs vannkvalitetsnormer tilhører vannkvalitetsklasse I: Ubetydelig forurenset. Konsentrasjonsøkningen vil knapt være målbar utenfor selve dumpesonen. Det er derfor lite sannsynlig at dagens snødumping vil medføre vesentlig forurensning av vannet i Drammenselva eller Drammensfjorden utover selve dumpesonen. Økt snødumpintensitet innen praktiske grenser påvirker ikke dette resultatet.

Tabell 3. Konsentrasjon av stoffer i sentrum av utslippsstrålen ved lav vannføring. Beregningene er utført som et "verste tilfelle" scenario av forurensende stoffer tilført elva. Tallene er sammenlignet med SFTs kriteriegrenser for "ubetydelig forurenset" vann (Andersen et al 1997).

	Tilførsel fluks g/t	Uten sedimentasjon				Med sedimentasjon				"Ubetydelig forurenset" ng/l
		100 m	500 m	1000 m	2000 m	100 m	500 m	1000 m	2000 m	
totN	156	3268	871	653	435	2179	17,4	0,22	0,00	<300000
totP	83	1739	463	347	231	1159	9,28	0,12	0,00	<7000
PO ₄ -P	75	1579	421	315	210	1052	8,42	0,11	0,00	
As	3,1	66,3	17,6	13,2	8,83	5,74	0,05	0,00	0,00	
Cd	0,08	1,71	0,46	0,34	0,23	1,14	0,01	0,00	0,00	<40
Cr	14,4	300	80,0	60,0	40,0	26,0	0,21	0,00	0,00	<200
Cu	60	1264	337	252	168	168	1,35	0,02	0,00	<600
Ni	6,7	140	37,3	28,0	18,6	93,3	0,75	0,01	0,00	<500
Pb	8,0	167	44,7	33,5	22,3	111	0,89	0,01	0,00	<500
Zn	52	1095	292	219	146	730	5,84	0,07	0,00	<5000
PCB	0,004	0,08	0,02	0,02	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	
HCB	0,006	0,13	0,03	0,03	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	
Benzo(a)pyren	0,044	0,92	0,24	0,18	0,12	0,61	0,00	0,00	0,00	
SumPAH	2,2	46,2	12,31	9,23	6,15	30,7	0,25	0,00	0,00	
SumKPAH	0,27	5,63	1,50	1,13	0,75	3,75	0,03	0,00	0,00	

6.2 Sedimentfase

I følge sedimentasjonsforsøket vil en stor andel av stoffene sedimentere på elvebunnen. Spredningberegningene antyder at det aller meste av forurensningene vil sedimentere på et areal innen 100 meter fra dumpestedet ved lav vannføring. Ved flomvannføring vil forurensningene spres mer og sedimentere over et betydelig større areal (**Tabell 4**).

Ved et scenario der en antar at forurensningene i snøen sedimenterer sammen, vil den maksimale konsentrasjonen de kan gi i sedimentene være lik konsentrasjonen i det sedimenterte materialet. Ut fra tilførselsberegningene og sedimenteringsgraden kan en få et bilde av hvordan konsentrasjonen av forurensningene i sedimentene teoretisk vil øke med tiden dersom de blander seg jevnt innenfor de ulike avstandskategoriene i et 2 cm tykt, ikke forurenset, sedimentlag. I **Tabell 5** er dette vist for sedimentering innenfor 100 m avstand fra dumpestedet, ved liten vannføring og "verste tilfelle" scenario. Ved de gitte forutsetningene vil det ta 36 dager med dumpeaktivitet før sedimentet med hensyn på HCH er "markert" forurenset. Ved "normalt" forurenset snø, slik den ble målt 06.04.2000, vil det ta 8 ganger så lang tid, altså 288 dager med dumpeaktivitet. Det må understrekes at dette er teoretiske anslag. Ved flomsituasjoner, når stoffene spres over langt større arealer vil det ta betydelig lengre tid. Dessuten vil en stadig tilførsel og sedimentasjon av andre, ikke forurensete stoffer, fra elva og fra Drammensfjorden ytterligere fortynde de sedimenterte forurensningene. Tilførselen av suspendert materiale fra Drammenselva ligger omkring 15-20000 tonn/år. Trolig vil det meste av dette sedimentere i Drammensfjorden. I tillegg kommer det som transporteres langs bunnen og sedimenterer nært utløpet av elva.

De estimerte maksimalkonsentrasjonene skal i prinsippet nærme seg konsentrasjonene i det sedimenterte materialet (CRBH i **Tabell 2**). Grunnen til forskjellen mellom konsentrasjonene i **Tabell 2** og **Tabell 5** er at de baserer seg på prøvetakinger fra forskjellige tidspunkter med noe ulike konsentrasjoner i snøen. Mens kobber var lavt i prøvene fra 12.01.2001, var det høyt 06.04.2000. For HCH og PAH var det høye konsentrasjoner i snø fra 12.01.2001, men en del lavere i snø fra 06.04.2000. Dette viser bare at det vil være variasjoner i tilførselen av de ulike stoffene.

Totalt synes ikke metallene eller PCB fra snødumpingen å bidra vesentlig til å gi forurensete elvesedimenter. Konsentrasjonene i den forurensete snøen for var for de fleste av disse stoffene i en størrelsesorden en kan forvente å finne i "ubetydelig" eller "moderat" forurensete bunnsedimenter. For kobber samt for HCB og PAH, var det tidvis relativt høye konsentrasjoner. Det kan teoretisk medføre forhøyede konsentrasjoner i sedimentene ved lang tids snødumping. HCB er mer flyktig og vannløslig enn f. eks. PCB og de tyngre PAH forbindelsene, og vil derfor etter hvert trolig få redusert konsentrasjon og andel i det sedimenterte materialet.

Tidligere data for konsentrasjoner av enkelte metaller og klororganiske forbindelser i overflatesedimenter fra dette området i Drammenselva viste stort sett konsentrasjoner i samme størrelsesorden eller høyere enn de estimerte maksimalkonsentrasjonene i foreliggende undersøkelse (Bækken & Lien 1994). I undersøkelsen i 1994 ble det funnet mellom 0,19 og 0,71 mg/kg kadmium, 18,4 og 109 mg/kg kobber og 25 og 128 mg/kg bly. For PCB og HCB var konsentrasjonene henholdsvis mellom 3,4 og 135 µg/kg, og mellom <0,2 og 1,7 µg/kg. PAH ble ikke analysert. Igjen er det kobber og særlig HCB fra snøprøvene som skiller seg ut ved at de tidvis har høyere estimerte konsentrasjoner enn registrert i sedimentprøvene i Drammenselva fra 1994.

Det må understrekes at de foregående beregningene er teoretiske anslag som bare kan brukes som en antydning om størrelsesorden og alvorlighetsgrad av snødumpingens forurensing av sedimentene. Den reelle spredningen av forurensinger, og konsentrasjonen i sedimentene grunnet snødumpingen er svært vanskelig å forutsi. I første omgang vil trolig mye

sedimentere i dumpesonen. Men fordi dumping skjer i en elv, vil varierende sterke vannstrømmer grave i og flytte på sedimentert materiale fra snødumpingen, spre det nedover i elva og utover i Drammensfjorden og/eller det blir blandet inn i nye sedimenter transportert inn fra elva oppstrøms. Partikkelstørrelser sorteres og deponeres som en funksjon av vannstrømmer. I den grad forurensninger er knyttet til spesielle partikkelstørrelser/tyngder vil de derfor deponeres i områder gunstige for sedimentasjon. Dette kan være rolige bakevjer og andre strømsvake områder av elva samt ute i Drammensfjorden. Det kan føre til lokalt forhøyede konsentrasjoner i slike områder. Dersom snøen ikke smelter på dumpestedet, vil den transportere partikler /forurensninger utover og nedover i elva. Det gjør situasjonen ytterligere komplisert, men innebærer i allefall at forurensningene spres enda mer.

Samlet sett er det ikke sannsynlig at dumping av snø med dagens forurensningsnivå utgjør en vesentlig trussel mot sedimentkvaliteten i elva eller i Drammensfjorden. Det er imidlertid heftet en del usikkerheter til hvorvidt enkelte av stoffene som kobber, HCB og PAH kan medføre økte og uønskede konsentrasjoner i de nærmeste sedimentene. Vi anbefaler derfor at en følger opp med en enkel overvåking av disse stoffene i sedimentene ved nærområdet til dumpestedet.

Tabell 4. Sedimentert stoff som funksjon av transportavstand, strømhastighet og sedimentasjonsegenskaper funnet i laboratorieforsøk. *angir stoffer der sedimentasjonen skjer raskt og beregningene er delt i to faser.

	Sedimentasjon			Lav vannføring				Høy vannføring			
	K _{sed}	Andel	Tilførsel fluks g/t	100 m	500 m	1000 m	2000 m	100 m	500 m	1000 m	2000 m
				%	%	%	%	%	%	%	%
As*	25	0,87	3,18	100	100	100	100	50	97	100	100
As	2	0,13	3,18	43	94	100	100	5	24	43	67
Cd	2	1	0,082	43	94	100	100	5	24	43	67
Cr*	25	0,87	14,4	100	100	100	100	50	97	100	100
Cr	2	0,13	14,4	43	94	100	100	5	24	43	67
Cu*	20	0,8	60	100	100	100	100	43	94	100	100
Cu	0,63	0,2	60	16	58	83	97	2	8	16	30
Ni	2	1	6,7	43	94	100	100	5	24	43	67
Pb	2,5	1	8,0	50	97	100	100	7	29	50	75
Zn	2,5	1	52	50	97	100	100	7	29	50	75
PCB	2	1	0,004	43	94	100	100	5	24	43	67
HCB	2	1	0,006	43	94	100	100	5	24	43	67
Benzo(a)pyren	2,1	1	0,044	44	95	100	100	6	25	44	69
SumPAH	2,1	1	2,2	44	95	100	100	6	25	44	69
SumKPAH	2,1	1	0,27	44	95	100	100	6	25	44	69

Tabell 5. Beregnede konsentrasjoner (mg/kg) i sedimenter. Basert på tilførselsdata gitt i Tabell 3 etter innblanding i 2 cm lag med rene sedimenter. Gjelder for scenario med sedimentasjon innenfor 100 m fra dumpsted ved liten vannføring. Konsentrasjone etter 1440 dager er nær maksimalkonsentrasjon. Blå : ubetydelig forurenset, Grønn: moderat forurenset, Gul: markert forurenset, Oransje: sterkt forurenset, Rød: meget sterkt forurenset.

Dager	1	3	9	18	36	72	144	1440
As	0,19	0,57	1,57	2,84	4,74	7,14	9,56	13,75
Cd	0,002	0,007	0,019	0,034	0,056	0,085	0,114	0,163
Cr	0,9	2,6	7,1	12,8	21,5	32,3	43,3	62,3
Cu	3,3	9,7	26,9	48,5	81,1	122,2	163,6	235,3
Ni	0,2	0,6	1,5	2,8	4,6	7,0	9,3	13,4
Pb	0,3	0,8	2,2	3,9	6,5	9,8	13,1	18,8
Zn	1,7	5,1	14,1	25,4	42,5	64,0	85,6	123,2
PCB	0,0001	0,0003	0,0009	0,0016	0,0027	0,0041	0,0055	0,0080
HCB	0,0002	0,0005	0,0014	0,0025	0,0041	0,0062	0,0083	0,0120
Benzo(a)pyren	0,0013	0,0037	0,0104	0,0188	0,0314	0,0472	0,0632	0,0909
SumPAH	0,0644	0,1881	0,5235	0,9443	1,5788	2,3776	3,1829	4,5785
SumKPAH	0,0078	0,0229	0,0638	0,1151	0,1924	0,2898	0,3880	0,5581

7. Konklusjon

1. Snøen i veikantene i Drammen sentrum var forurenset av trafikken. De to mest trafikkerte gatene hadde til dels mye høyere konsentrasjoner av forurensninger enn de to minst trafikkerte gatene.

2. Et "verste tilfelle" scenario med meget forurenset snø ble konstruert for bruk i simuleringene. Simulering av forskjellige spredningsforløp under disse forholdene viste at konsentrasjonene av ulike forurensende stoffer i elvevannet grunnet snødumpingen var lave utover selve dumpeområdet. For Drammenselva medførte det vannkvalitetsklasse I, "ubetydelig forurenset" i SFTs miljøklassifisering for ferskvann.

3. Et sedimentasjonsforsøk belyste sedimentasjonsegenskapene til forurensningene i snøen. Med noen unntak var konsentrasjonene av forurensninger i det sedimenterte materialet i en størrelsesorden en kan forvente å finne i "ubetydelig" eller "moderat" forurensete bunn-sedimenter. Det er derfor lite sannsynlig at metallene eller PCB fra snødumpingen vil bidra vesentlig til å gi forurensete sedimenter i Drammenselva eller Drammensfjorden. For kobber samt for HCB og PAH, var det tidvis relativt høye konsentrasjoner. Det kan teoretisk medføre forhøyede konsentrasjoner ved lang tids snødumping og liten spredning.

Den reelle spredningen og konsentrasjonen av forurensninger i sedimentene grunnet snødumpingen er imidlertid svært vanskelig å forutsi. Ved flommer vil vannet grave i og flytte på sedimentert materiale fra snødumpingen. Trolig vil mye av dette materialet spres utover i Drammensfjorden, sedimentere på egnede steder og blandes med en stadig ny tilførsel av materiale fra Drammenselva, Lierelva og Drammensfjorden.

4. Samlet sett er det lite sannsynlig at dagens snødumping i Drammenselva vil medføre forurensning av vannet i Drammenselva eller i Drammensfjorden utover SFTs vannkvalitetsklasse I, "ubetydelig forurenset". Økt snødumping innenfor praktiske grenser vil ikke påvirke dette.

Det er videre lite sannsynlig at dagens snødumping vil medføre en uakseptabel forurensning av bunnsedimentet i elva eller i Drammensfjorden. Bare ved meget høye konsentrasjoner i den dumpede snøen over lang tid og med liten spredning av forurensningene vil konsentrasjonene bli høyere enn "ubetydelig forurenset" eller "moderat forurenset" i henhold til SFTs sedimentkriterier. Det er imidlertid heftet en del usikkerheter til hvorvidt enkelte av stoffene som kobber, HCB og PAH kan medføre økte og uønskede konsentrasjoner i nærliggende sedimenter. Det anbefales derfor at en følger opp med en enkel overvåking av disse stoffene.

Ut fra forurensningsmessige forhold anses det per i dag forsvarlig å anvende Drammenselva til å dumpe snø fra gatene i Drammen.

8. Referanser

Andersen, J.R., Bratli, J.L., FRjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvaliteten i ferskvann. - SFT Veiledning 97:04, TA1468/1997.

Ahlbom, J. & Duus, U 1994. Nya hjulspår - en produktstudie av gummidekk. - Rapport fra Kemikalieinspektionen 6/94.

Boyce, F.M. and Hamblin, P.F. 1975. A simple diffusion model of the mean field distribution of soluble materials i Great Lakes. *Limnology and Oceanography*, July 1975.

Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. - NIVA Rapport 2874 og Nordiske Seminar og Arbeidsrapporter 1993: 628 fra Nordisk Ministerråd

Bækken, T 1994. Trafikkforurenset snø i Oslo. - NIVA Rapport 3131.

Bækken, T og Lien, L 1994. Konsekvensanalyse "Lukket løsning Bragernes". Konsekvensanalyse for Drammenselva, trinn 1. Sedimentundersøkelser. - NIVA Rapport 3137

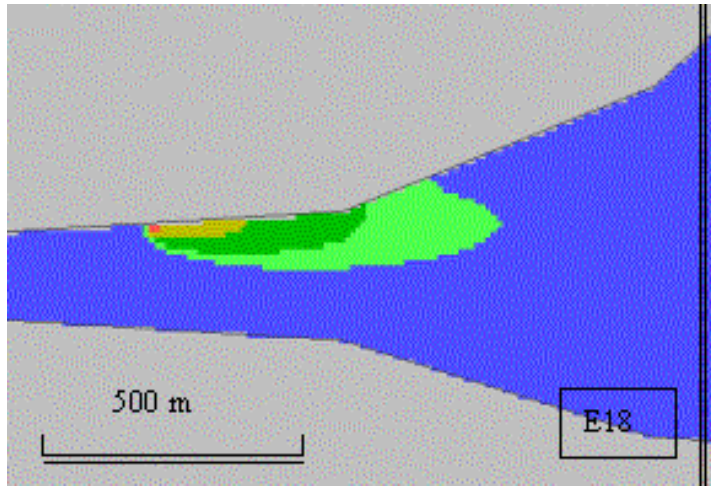
Molvær, J., Knutzen, J., magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. - SFT Veiledning 97:03, TA 1467/1997

Schlabach, M. 1998. Biltrafikk som mulig kilde for PCB og PAH i veistøv. - NILU Rapport OR 74/98.

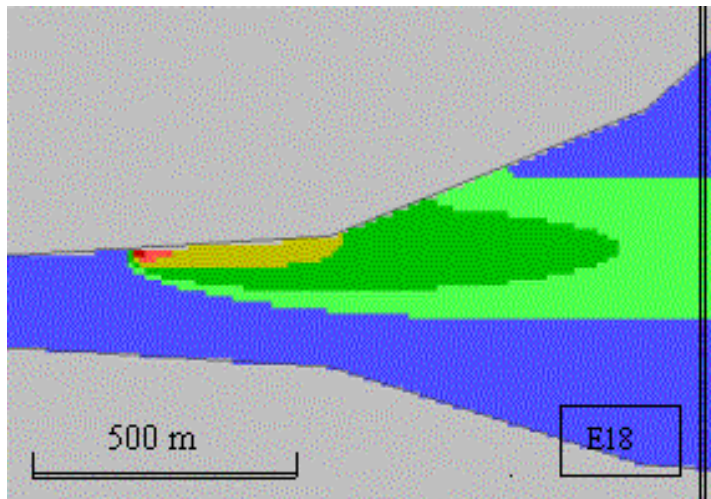
Tjomsland, T. og Molvær, J. 1986. Test av en enkel spredningsmodell på Glomfjord. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

9. Vedlegg

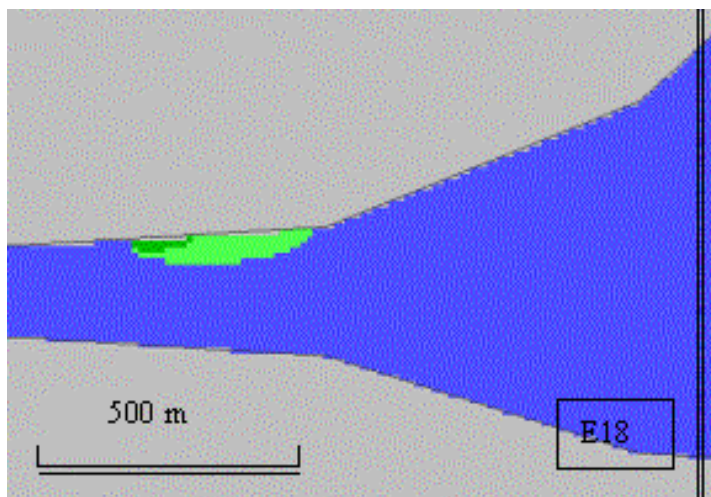
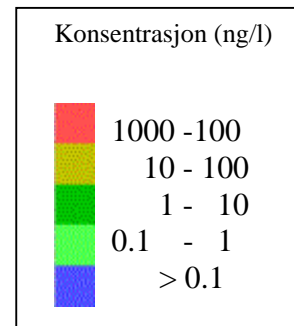
Spredningskart for ulike stoffer i elvevannet. Gjelder for liten vannføring og med sedimentasjon.



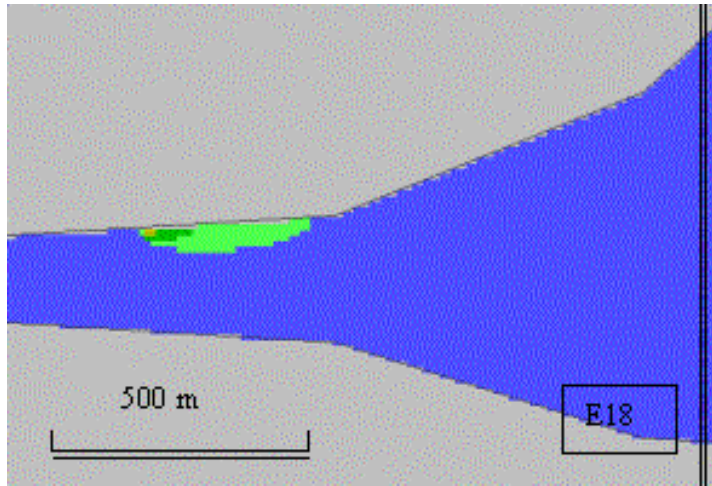
Ni



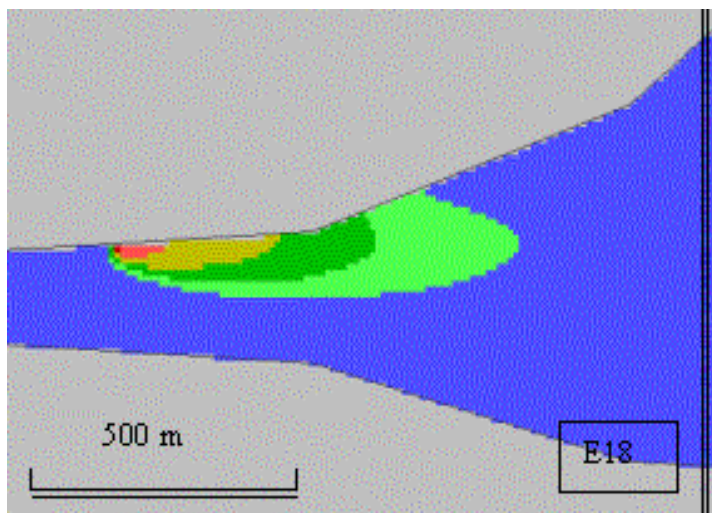
Cu



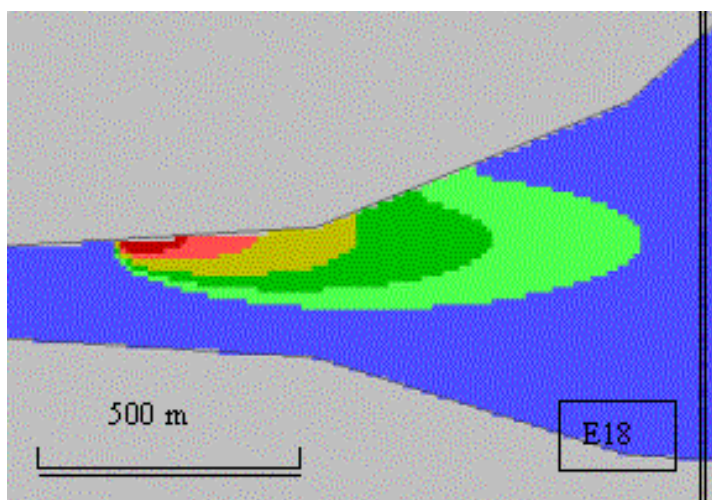
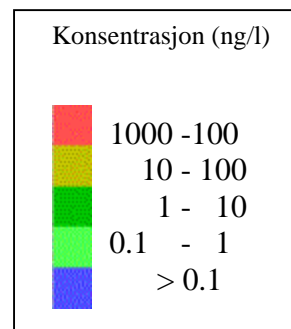
Cd



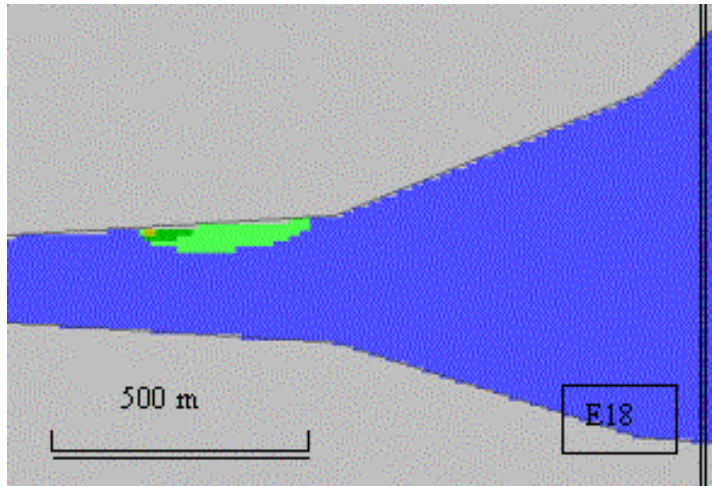
Cr



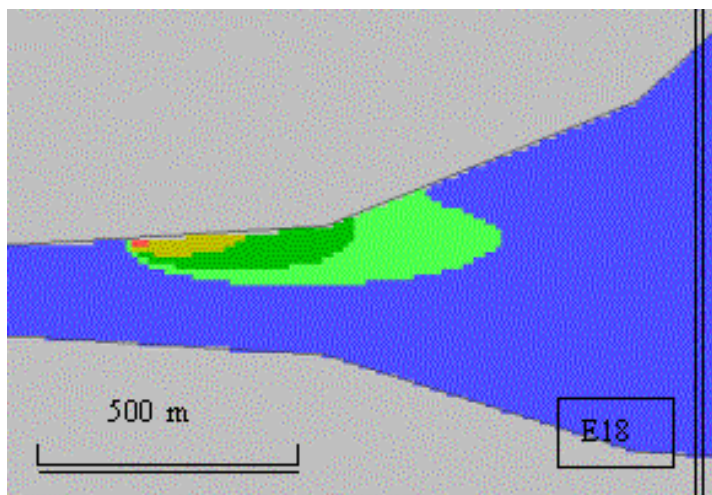
Pb



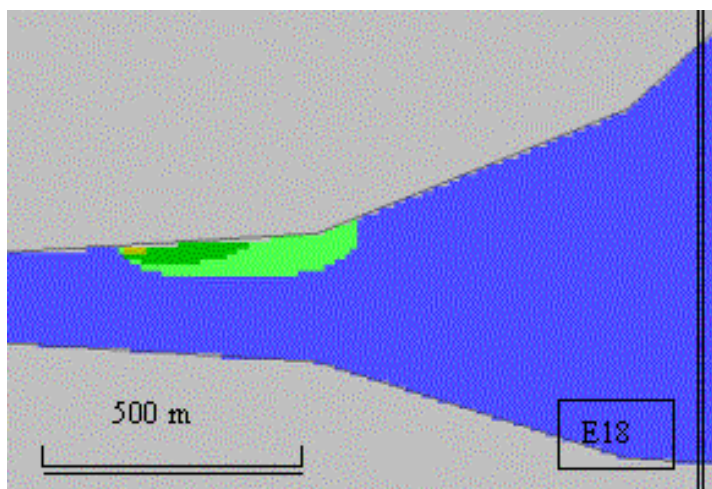
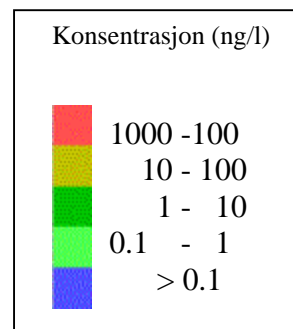
Zn



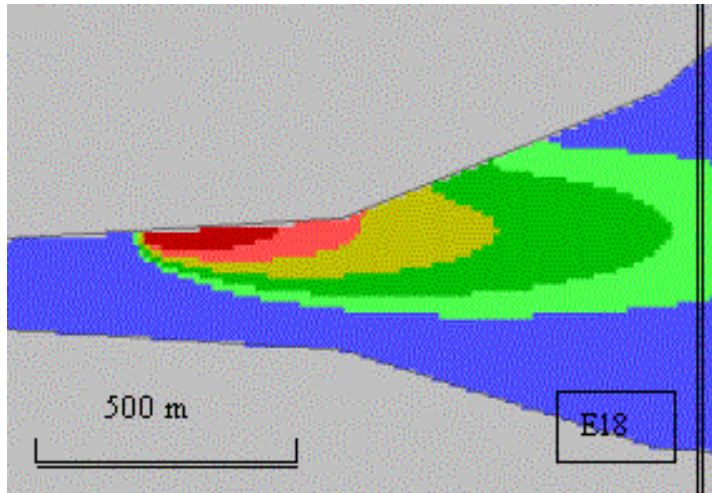
As



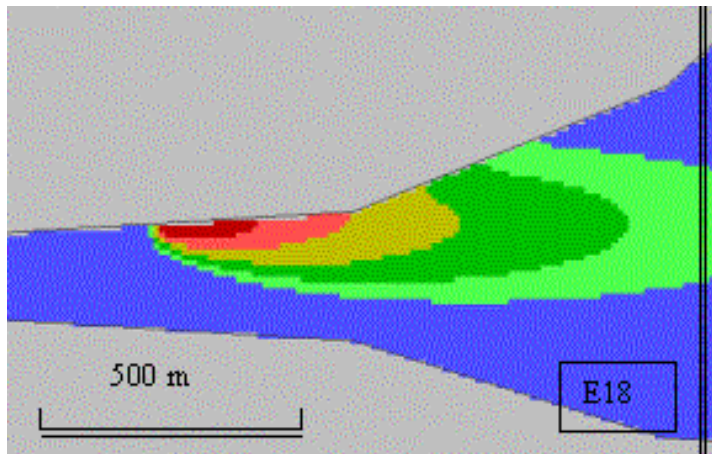
Sum PAH



Sum KPAH



tot N



totP

