



**Statens vegvesen**

# Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge



**Beregning og verifisering av utslippsfaktorer**



Statens vegvesen

## Utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til vann og jord i Norge

| Oppdragsgiver  | Oppdragstaker  | ISBN-nummer   |
|--|--|---|
| Statens vegvesen<br>Vegdirektoratet<br>Utbyggingsavdelingen<br>Miljøseksjonen<br>Jørn Arntsen<br>22 07 34 64<br><a href="mailto:jorn.arntsen@vegvesen.no">jorn.arntsen@vegvesen.no</a> | Jordforsk<br>Carl Einar Amundsen<br>64 94 81 27<br><a href="mailto:carl-einar.amundsen@jordforsk.no">carl-einar.amundsen@jordforsk.no</a><br>Roger Roseth<br>64 94 81 52<br><a href="mailto:roger.roseth@jordforsk.no">roger.roseth@jordforsk.no</a> | <b>Rapportnr</b><br>UTB 2004/08<br><br><b>Arkivnummer</b><br>2003/40870 |

| Tittel  |
|---|
| Utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til vann og jord i Norge<br>Pollutant emission factors from roads to water and soil in Norway   |
| <p><i>Sammendrag</i></p> <p>Rapporten gir forslag til utslippsfaktorer (gram per km veg per år) for forskjellige forurensninger som finnes i avrenningsvannet fra veier. Utslippsfaktorene er basert på nasjonale og internasjonale målinger og beregninger og er verifisert i prosjektet gjennom analyser av forurensninger i tunnel, vegavrenning og støvnedfall langs veg .</p> <p><b>Summary</b></p> <p>This report contains a suggestion for emission-factors (g/km/year) for different pollutants present in the run-off water from roads in Norway. The emission factors are based on national and international surveys and models, and they have been verified by analyzing pollutants from tunnels, in road runoff and aerial dispersion into the local roadside environment.</p> |

| Emneord   | Subject words                                 |
|---|---|
| Vann<br>Avrenning<br>Overvann<br>Forurensning<br>Vegtrafikk | Water<br>Run-off<br>Pollution<br>Road traffic |

Forsidefoto: Bjørn Kjønnås, Statens vegvesen Region nord

# Forord

---

Denne rapporten er en sammenfatning av det arbeidet som er gjort i prosjektet "Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord" som Jordforsk har gjennomført for Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Prosjektet ble startet i september 2003 og ble avsluttet i juni 2004.

Prosjektet ble delt i fire deler:

- 1: Vurdering av hvilke stoffer det bør lages utslippsfaktorer for i Norge
- 2: Gjennomgang og oppsummering av eksisterende utslippsfaktorer og eksisterende datamateriale i Norge og internasjonalt
- 3: Beregne totalproduksjon av forurensninger fra veg og lage forslag til utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge.
- 4: Gjennomføre målinger av spredning av forurensninger til vann og jord for å verifisere eksisterende og internasjonale data

Carl Einar Amundsen har vært prosjektansvarlig ved Jordforsk og har forfattet rapporten sammen med Roger Roseth. Jørn Ingar Arntsen har vært kontaktperson i Statens vegvesen.

Svein Ole Åstebøl, Interconsult ASA og Torleif Bækken, NIVA har kommet med gode og nyttige kommentarer til en foreløpig utgave av rapporten (desember 2003) og har bidratt til en kvalitetssikring av rapporten. Disse har også bidratt med noe data til rapporten.

Oktober 2004  
Miljøseksjonen

Sidsel Kålås  
seksjonsleder

# Innhold

---

|  |    |
|--|----|
| Sammendrag .....   | 10 |
| Forkortelser .....   | 15 |
| 1. Innledning .....  | 16 |
| 1.1. Spredning av forurensninger fra veg .....                             | 16 |
| 1.2. Definisjon av utslippsfaktorer .....                                  | 17 |
| 1.3. Utslippsfaktorer som funksjon av trafikktetthet (ÅDT) .....           | 17 |
| 1.4. Bakgrunn og mål for prosjektet .....                                  | 18 |
| 2. Forurensninger fra veg .....  | 19 |
| 2.1. Generelt .....  | 19 |
| 2.2. Kriterier for valg av forurensninger .....                            | 20 |
| 2.3. Forurensninger det lages utslippsfaktorer for .....                   | 22 |
| 3. Beregning av totalproduksjon av forurensninger fra veg .....            | 23 |
| 3.1. Generelt .....  | 23 |
| 3.2. Utslipp av Pb fra kjøretøyer .....                                    | 23 |
| 3.3. Utslipp av PAH fra kjøretøyer .....                                   | 24 |
| 3.4. Utslipp av metaller og partikler fra bremses, dekk og vegutstyr ..... | 25 |
| 3.5. Produksjon av vegstøv som skyldes piggdekkslitasje .....              | 25 |
| 3.6. Utslipp av salt .....   | 27 |
| 3.7. Estimering av totalproduksjon av forurensninger fra veg .....         | 27 |
| 3.8. Internasjonale data: POLMIT-prosjektet .....                          | 28 |
| 3.9. Utslippsfaktorer NIVA .....   | 30 |
| 3.10. Data fra tunnel for beregning av totalproduksjon .....               | 30 |
| 4. Utslipp av forurensninger fra veg til vann .....                        | 33 |
| 4.1. Overvann fra tette flater .....                                       | 33 |
| 4.2. Spesielle faktorer for vegavrenning i Norge .....                     | 33 |
| 4.2.1. Snø .....   | 33 |
| 4.2.2. Veisalting .....  | 34 |
| 4.2.3. Frost i jord .....  | 34 |
| 4.3. Konsentrasjoner av forurensninger i overvann .....                    | 34 |
| 4.4. Saltavrenning .....   | 37 |
| 4.5. Vegavrenning fra E6 ved Skullerudkrysset .....                        | 38 |
| 4.6. Vaskevann fra tunneler .....  | 39 |
| 5. Utslipp av forurensninger fra veg til jord .....                        | 41 |
| 5.1. Avsetning av forurensninger langs veg .....                           | 41 |
| 5.2. Fordeling mellom utslipp til vann og utslipp jord .....               | 43 |
| 5.3. Bestemmelse av utslippsfaktorer fra veg til jord .....                | 45 |
| 6. Verifisering av foreslåtte utslippsfaktorer .....                       | 46 |
| 6.1. Oversikt over prøvelokaliteter og parametere .....                    | 46 |
| 6.1.1. E6 Smihagan-Trosterud .....   | 46 |
| 6.1.2. Nordbytunnelen .....  | 46 |
| 6.2. Analysemetodikk .....   | 47 |
| 6.3. Støvnedfall langs E6 Smihagan-Trosterud, Akershus .....               | 47 |
| 6.3.1. Gjennomføring .....   | 47 |
| 6.3.2. Støvnedfall - mg/m <sup>2</sup> /år .....                           | 48 |
| 6.3.3. Støvnedfall - g/km/år .....   | 49 |
| 6.4. Vegstøv fra E6 Smihagan-Trosterud .....                               | 49 |
| 6.5. Avrenning fra E6 Smihagan-Trosterud .....                             | 51 |
| 6.5.1. Nedbør og avrenning i måleperioden .....                            | 51 |
| 6.5.2. Salting i måleperioden .....  | 53 |
| 6.5.3. Konsentrasjoner i vegavrenning .....                                | 53 |
| 6.5.4. Mengde vegavrenning per km/år .....                                 | 54 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 6.6. | Sedimenter i fangdam ved Smihagantunnelen.....                                  | 55 |
| 6.7. | Samlet målt utslipp av forurensninger fra E6 Smihagan-Trosterud .....           | 58 |
| 6.8. | Totalutslipp Nordbytunnelen .....   | 59 |
| 6.9. | Sammenligning av konsentrasjoner fra StormTac og norske avrenningsdata          | 62 |
| 7.   | Beregning av utslippsfaktorer fra veg til vann ved bruk av avrenningsdata ..... | 65 |
| 7.1. | Utslippsfaktorer til vann: andre prosjekter .....                               | 67 |
| 8.   | Diskusjon .....   | 68 |
| 9.   | Referanser .....  | 69 |

# Sammendrag

---

Følgende mål ble definert for prosjektet "Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord" i Norge:

1. Lage en oversikt over hvilke forurensninger det kan og bør lages utslippsfaktorer for.
2. Lage en oversikt over relevant datamateriale som kan danne grunnlag for utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge.
3. Beregne totalproduksjon av forurensninger fra veg og lage forslag til utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge.
4. Gjennomføre målinger av utslipp fra veg til vann og jord i Norge som kan brukes for å verifisere at de foreslåtte utslippsfaktorene er relevante for norske forhold.

**Totalproduksjon** av forurensninger fra veg ble definert som den totale mengden forurensning som genereres fra vegen som følge av biltrafikk og drift av veg. Dette inkluderer slitasje fra veg og kjøretøyer, utslipp fra forbrenningsmotorer, samt tilført materiale ved drift av veg (bl.a. salting).

**Utslipp til vann** ble definert som den mengden forurensning som transporteres fra vegen med vegavrenning (overvann) via drensssystem til overflatevann. Forurensninger som transporteres gjennom umettet sone og ned til grunnvannet ble ikke inkludert i utslippsfaktorene til vann.

**Utslipp til jord** ble definert som den mengden forurensning som transporteres fra vegen og som avsettes på jord i vegens nærhet (her: innenfor en sone på 40 meter fra vegen). Forurensninger som transporteres vekk fra dette området ("langtransport") ble ikke inkludert i utslippsfaktorene til jord.

**Utslippsfaktorene til jord og vann** (totalproduksjon, vann, jord) blir angitt som den mengden forurensning (gram) som produseres per kilometer veg per år (g/km/år).

I rapporten foreslås utslippsfaktorer for veger med følgende trafikkmengde:

**ÅDT: 5000, 15000, 30000, 60000 og 100000.**

Utslippsfaktorer for veger med trafikk tetthet som ligger mellom de foreslåtte klassene kan beregnes ved å interpolere innenfor så små intervaller som mulig dvs. ved bruk av ÅDT-klassene over og under den ÅDT som skal beregnes. Det antas en lineær sammenheng ved interpoleringen.

**Totalproduksjonen** av forurensninger fra veg (g/km/år) ble estimert på bakgrunn av norske data for utslipp av Pb og PAH fra forbrenningsmotorer, norske data for slitasje av vegdekke og innhold av forurensninger i vegstøv, samt utenlandske data for utslipp fra bremses, dekk og vegutstyr (tabell 0-1). Utslippsfaktorer basert på beregninger gjort av NIVA er inkludert, samt resultatene av de målingene som ble gjort av forurensningsproduksjon i Nordbytunnelen (antatt tilnærmet totalproduksjon). Målingene i Nordbytunnelen ble gjort som en del av verifiseringsmålingene.

Tallene i tabell 0-1 viser at det er god overensstemmelse mellom beregnet totalutslipp (totalproduksjon) og NIVAs utslippsfaktorer, bortsett fra for kobber. Tallene for totalproduksjon basert på målinger fra Nordbytunnelen er betydelig lavere enn NIVAs utslippsfaktorer, spesielt for Pb, Hg, N og PAH. Noe av årsaken til dette er at det forsvinner en god del partikler og gasser gjennom tunnelåpningen og ventilasjonssystemer.

De beregnede totalutslippene stemmer bra overens med andre internasjonale data for totalproduksjon av forurensninger fra veg. Da det samtidig er god overensstemmelse mellom de beregnede totalutslippene og NIVAs utslippsfaktorer, anbefaler vi å bruke beregnede totalutslipp gitt i tabell 0-1 som estimat for totalproduksjon av forurensninger fra veg.

Tabell 0-1: Utslippsfaktorer for totalproduksjon av forurensninger fra veg. **Enhet: g/km/år.**

|                                     | ÅDT    | Pb    | Zn    | Cu    | Cd  | Cr    | Ni   | Hg   | P      | N     | SS       | Olje  | PAH  | BaP  |
|-------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-----|-------|------|------|--------|-------|----------|-------|------|------|
| Beregning av totalt utslipp Norge   | 5000   | 1027  | 7817  | 15571 | 5   | 617   | 465  | 1,1  | 9508   |       |          |       | 77   |      |
|                                     | 15000  | 2142  | 11944 | 17901 | 11  | 1665  | 1257 | 3,0  | 25672  |       |          |       | 173  |      |
|                                     | 30000  | 3891  | 18497 | 21602 | 21  | 3331  | 2513 | 6,0  | 51345  |       |          |       | 347  |      |
|                                     | 60000  | 7390  | 31604 | 29003 | 41  | 6662  | 5026 | 12   | 102689 |       |          |       | 694  |      |
|                                     | 100000 | 12056 | 49081 | 38871 | 67  | 11103 | 8377 | 20   | 171149 |       |          |       | 1156 |      |
| Utslippsfaktorer NIVA               | 35000  | 4500  | 30000 | 3300  | 50  | 1500  | 1200 |      | 30000  | 96000 |          |       | 600  | 9,0  |
| Verifisering Måling Nordbyttunnelen | 25200  | 223   | 19654 | 1253  | 8,6 | 426   | 344  | 0,20 | 13980  | 9887  | 19843697 | 68903 | 44   | 1,20 |

Tabell 0-2: Sammenstilling av ulike konsentrasjonsdata for avrenning fra veg.

| Datakilde     | Tidsrom             | ÅDT     | Pb<br>µg/l | Cu<br>µg/l | Zn<br>µg/l | Cd<br>µg/l | Cr<br>µg/l | Ni<br>µg/l | Hg<br>µg/l | P<br>mg/l | N<br>mg/l | SS<br>mg/l | Olje<br>mg/l | PAH<br>µg/l | BaP<br>µg/l |
|---------------|---------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|--------------|-------------|-------------|
| StormTac      |                     | 5000    | 13,5       | 38         | 62         | 0,24       | 1,0        | 1,15       | 0,10       | 0,15      | 1,65      | 82         | 0,17         | 0,8         | 0,007       |
|               |                     | 15 000  | 20,5       | 59         | 116        | 0,32       | 2,6        | 2,45       | 0,10       | 0,20      | 1,95      | 95         | 0,51         | 1,2         | 0,021       |
|               |                     | 30 000  | 31         | 72         | 197        | 0,44       | 5,0        | 4,4        | 0,10       | 0,24      | 2,4       | 115        | 1,02         | 1,5         | 0,042       |
|               |                     | 60 000  | 52         | 85         | 359        | 0,68       | 9,8        | 8,3        | 0,10       | 0,28      | 3,3       | 154        | 2,04         | 1,8         | 0,084       |
|               |                     | 100 000 | 80         | 94         | 575        | 1,00       | 16         | 13,5       | 0,10       | 0,31      | 4,5       | 206        | 3,4          | 2,0         | 0,14        |
| E6 Skullerud  | Sept 2002-nov 2002  | 42 000  | 4          | 43         | 33         |            |            |            |            | 0,08      | 0,85      | 30         | 0,9          |             |             |
| E6 Skullerud  | Mai 2003-april 2004 | 42 000  | 17,1       | 86         | 273        | 0,21       |            |            |            |           | 1,45      | 276        | 4,96         | 1,8         |             |
| E6 Smihagan   | Okt 2003-mars 2004  | 27 200  | 5,5        | 18         | 145        | 0,73       | 10,0       | 8,4        | 0,03       | 0,24      | 1,04      | 103        | 2,24         | 0,87        | 0,03        |
| E6 Jessheim   | Sept 1980-mai 1982  | 8 000   | 182        | 90         | 200        | 8,8        | 39         | 50         | 1,4        |           |           |            |              | 3,4         |             |
| Storhaug 1996 | Høst 1995-vår 1996  |         | 13         | 21         | 90         | 0,36       | 8          | 11         |            |           |           |            |              | 1,3         |             |

Ved beregning av **utslippsfaktorer fra veg til vann** anbefales å bruke konsentrasjoner av forurensninger i avrenning (fra drensledninger). I nedbørfelt-modellen StormTac finnes data for konsentrasjoner av forurensninger i vegavrenning fra veger med ulik trafikk tetthet (ÅDT) (tabell 0-2). Her er også konsentrasjoner i avrenning fra E6 Skullerudkrysset og E6 Smihagan-Trosterud vist. Dataene fra E6 Smihagan-Trosterud er generert i dette prosjektet som en del av verifiseringen av utslippsfaktorene. Sammenligning av data fra Skullerud (mai 2003-april 2004) og målingene fra E6 Smihagan-Trosterud (oktober 2003-mars 2004) viser at det er en relativt god sammenheng mellom konsentrasjon og ÅDT i disse målingene.

Dataene fra StormTac gir en sammenheng mellom konsentrasjon i avrenning og ÅDT som stemmer relativt godt overens med norske data (tabell 0-2). Da det fortsatt finnes få norske avrenningsdata fra veg mener vi det er grunn til å bruke tallene fra StormTac for å beregne utslipp fra veg til vann. Norske data viser konsistent lavere konsentrasjoner for Pb, Hg og N enn de som finnes i StormTac. Det foreslås derfor å redusere konsentrasjonene for disse parametrene med 50 % i forhold til de som er beregnet i StormTac når utslipp fra veg til vann skal beregnes.

Ved beregning av utslippsfaktorer fra veg til vann er det antatt at det er en sammenheng mellom trafikk tetthet og vegareal (tabell 0-3).

*Tabell 0-3: Sammenheng mellom trafikk tetthet (ÅDT), vegbredde og vegareal per kilometer. Beskrivelse av veien er også gitt.*

| ÅDT     | Vegbredde (m) | Areal (m <sup>2</sup> ) |                          |
|---------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| 5000    | 8             | 8000                    | Tofelts veg u/middeler   |
| 15 000  | 10            | 10000                   | Tofelts veg u/middeler   |
| 30 000  | 20            | 20000                   | Firefelts veg m/middeler |
| 60 000  | 25            | 25000                   | Firefelts veg m/middeler |
| 100 000 | 30            | 30000                   | Seksfelts veg m/middeler |

**I beregningene av utslippsfaktorer fra veg til vann (tabell 0-4) er konsentrasjonsdataene fra StormTac benyttet (Pb, Hg og N er redusert med en faktor 0,5), vegarealet som vist i tabell 0-3, samt 80 % avrenning av en årsnedbør på 800 millimeter.**

I tabell 0-4 er også vist målt avrenningen (g/km/år) fra E6 Skullerudkrysset og E6 Smihagan basert på faktisk vannføring (ikke 80 % avrenning av 800mm nedbør). En sammenligning viser at forskjellige avrenningsmønstre og muligens forskjellig oppsamlingseffektivitet av vegavrenningen, vil gi svært forskjellige totalavrenningstall. Gjennomsnittlig målt avrenning på strekningen E6 Smihagan-Trosterud var på bare 7.7 % av årsnedbør, mens den for E6 Skullerudkrysset er på ca. 77%.

Det er grunn til å se nærmere på hvor stor avrenningen faktisk er i forhold til årsnedbør på vegstrekninger uten tetting i veggrofter og med vegetasjonsdekte midtdelere og lav eller ingen helling på vegbanen.

Inntil det blir generert flere norske data for sammenhengen mellom konsentrasjoner i avrenning fra veg og trafikk tetthet, anbefaler vi å benytte verdiene i tabell 0-4 som utslippsfaktorer fra veg til vann.

Datagrunnlaget for beregning av **utslippsfaktorer fra veg til jord** er dårligere enn for vann. Det finnes ingen norske undersøkelser av nyere dato som kan legges til grunn andre enn de målingene som er gjennomført i dette prosjektet.



Internasjonale undersøkelser av spredning av forurensninger fra veg til jord viser at nedfallet varierer mye fra lokalitet til lokalitet. Støvnedfallet er samtidig svært avhengig av de klimatiske forholdene på stedet, forhold som varierer mye fra år til år.

På strekningen E6 Smihagan-Trosterud er målt støvnedfall betydelig større enn målt avrenning (tabell 0-5), noe som skyldes lav avrenning på denne strekningen i måleperioden.

**Anbefaling: totalproduksjon av forurensninger fra veg**

De beregnede totalutslippene stemmer bra overens med andre internasjonale data for totalproduksjon av forurensninger fra veg. Da det samtidig er god overensstemmelse mellom de beregnede totalutslippene og NIVAs utslippsfaktorer, anbefaler vi å bruke beregnede totalutslipp gitt i tabell 0-1 som estimat for totalproduksjon av forurensninger fra veg.

**Anbefaling: utslipp fra veg til vann**

Inntil det blir generert flere norske data for sammenhengen mellom konsentrasjoner i avrenning fra veg og trafikk tetthet, anbefaler vi å benytte verdiene i tabell 0-4 som utslippsfaktorer fra veg til vann.

**Anbefaling: utslippsfaktorer fra veg til jord**

Da det norske datagrunnlaget er tynt og det er knyttet stor usikkerhet til sammenhengen mellom trafikk tetthet og støvnedfall langs veg, kommer vi ikke med anbefalinger om utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til jord nå. Et grovt anslag vil være å anta at støvnedfallet er like stort som avrenningen. Internasjonale undersøkelser gir også en indikasjon på at et slikt anslag kan brukes.

Tabell 0-4: Utslippsfaktorer fra veg til vann. **Enhet: g/km/år.**

|  | ÅDT    | Pb  | Cu   | Zn    | Cd   | Cr  | Ni  | Hg   | P    | N     | SS      | Olje  | PAH | BaP  |
|--|--------|-----|------|-------|------|-----|-----|------|------|-------|---------|-------|-----|------|
| <b>Anbefalte utslippsfaktorer til vann</b> | 5000   | 35  | 196  | 317   | 1,2  | 5,1 | 5,9 | 0,26 | 745  | 4224  | 421074  | 870   | 4,0 | 0,04 |
|  | 15000  | 66  | 377  | 742   | 2,0  | 17  | 16  | 0,32 | 1312 | 6240  | 609542  | 3264  | 7,8 | 0,13 |
|  | 30000  | 198 | 920  | 2522  | 5,6  | 64  | 56  | 0,64 | 3105 | 15360 | 1468685 | 13056 | 19  | 0,54 |
|  | 60000  | 416 | 1359 | 5744  | 11   | 157 | 133 | 0,80 | 4482 | 26400 | 2459856 | 32640 | 28  | 1,3  |
|  | 100000 | 768 | 1814 | 11040 | 19   | 311 | 259 | 0,96 | 5910 | 43200 | 3950227 | 65280 | 38  | 2,7  |
| Målt avrenning: E6 Skullerudkrysset        | 42000  | 253 | 1271 | 4035  | 3,10 |     |     |      |      | 21000 | 4079000 | 73000 | 27  |      |
| Målt avrenning: E6 Smihagan-Trosterud      | 25200  | 12  | 41   | 327   | 1,65 | 22  | 19  | 0,06 | 541  | 2349  | 228469  | 4525  | 1,7 | 0,06 |

Tabell 0-5: Målt støvnedfall og avrenning langs E6 Smihagan-Trosterud. **Enhet: g/km/år.**

|                    | Pb  | Cu  | Zn   | Cd   | Cr  | Ni  | Hg   | P    | N    | SS     | Olje | PAH | BaP  |
|--------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|--------|------|-----|------|
| <b>Støvnedfall</b> | 157 | 394 | 1716 | 4,03 | 590 | 125 |      | 8651 |      |        |      |     |      |
| <b>Avrenning</b>   | 12  | 41  | 327  | 1,65 | 22  | 19  | 0,06 | 541  | 2349 | 228469 | 4525 | 1,7 | 0,06 |

## Forkortelser

---

|       |   |
|-------|---|
| SS    | Suspendert materiale, partikler bestående av organisk og uorganisk materiale. |
| Tot-N | Totalt innhold av nitrogen  |
| Tot-P | Totalt innhold av fosfor  |

### Metaller og andre grunnstoff:

|    |         |    |           |    |          |
|----|---------|----|-----------|----|----------|
| As | Arsen   | Cu | Kopper    | Ni | Nikkel   |
| Cd | Kadmium | Fe | Jern      | Pb | Bly      |
| Cl | Klorid  | Hg | Kvikksølv | V  | Vanadium |
| Cr | Krom    | Na | Natrium   | Zn | Sink     |
| Pt | Platina | Pd | Palladium |    |          |

### Organiske miljøgifter

|       |   |
|-------|---|
| CB    | klorbenzener                                      |
| HC    | hydrokarbon forbindelser                          |
| HCB   | heksaklorbenzen                                   |
| MTBE  | metyltertiærbutyl eter, tilsetningsstoff i bensin |
| NMVOC | Flyktige organiske forbindelser unntatt metan     |
| PAH   | polysykliske aromatiske hydrokarboner             |
| PCB   | polyklorete bifenyler                             |

## 2. Innledning

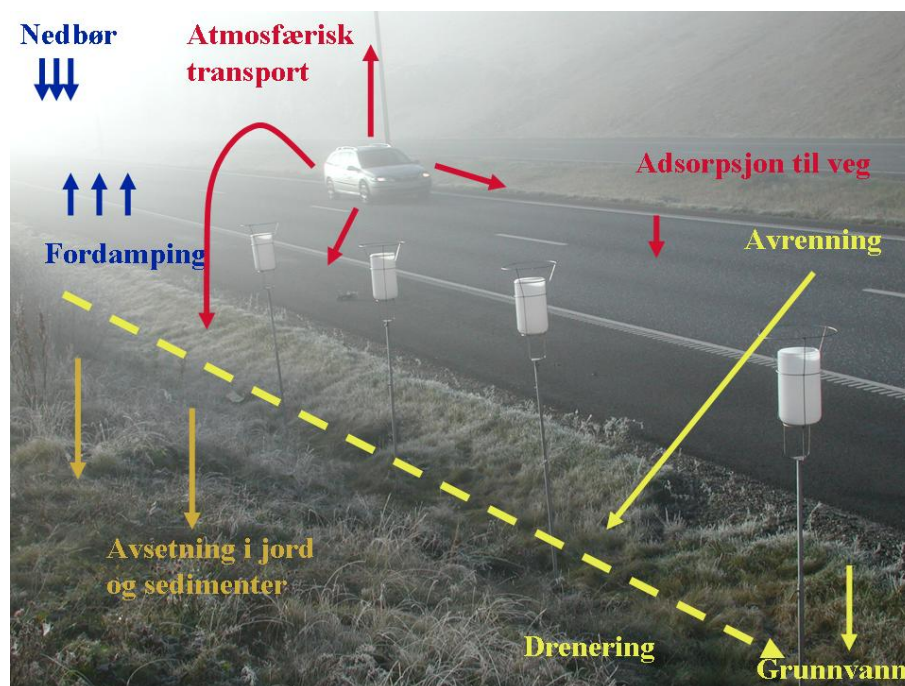
### 2.1. Spredning av forurensninger fra veg

Forurensninger fra veg og kjøretøyer avsettes på vegoverflaten og i området langs vegen gjennom to mekanismer: avrenning fra vegoverflaten og ved spredning gjennom luft (figur 1).

Utslipp av partikler fra vegtrafikk skjer via flere prosesser. Partikler som slippes ut fra kjøretøyer (slitasje av dekk, bremses, forbrenning av drivstoff) og som slites av fra vegbanen slippes direkte til luft. Disse partiklene kan transporteres over store avstander, de kan avsettes like ved vegbanen eller på vegbanen. Partikkelmateriale som avsettes på vegbanen kan når vegbanen er tørr resuspenderes på grunn av turbulens fra vegtrafikk. Mengden partikler som til enhver tid ligger lagret på vegbanen og som kan resuspenderes avhenger først og fremst av trafikkthet, kvaliteten på vegbanen (bl.a. porøsitet i vegdekke), bruk av piggdekk og lengden av den våte perioden forut for tørrværsperioden. En annen faktor som har betydning her er selvfølgelig nedbørintensiteten. Jo større nedbørintensitet desto større blir avrenningen av partikler noe som vil medføre mindre partikler for resuspensjon. En annen faktor er hyppighet og effektivitet av støvfjerning fra veg ("vegvasking").

I tillegg til utslipp fra kjøretøyer og slitasje av vegbanen vil salting av vegen, strøing, utslipp av materiale som transporteres på vegen med tungtransport (grus, sand etc), søppel og plante- og dyrerester (inkl. ekskrementer) være en del av materialet som fraktes fra veg til luft, jord og vann.

Figur 1 viser noen av de prosessene som skjer i forbindelse forurensningsspredning fra veg.



Figur 1: Prosesser som styrer utslipp av forurensninger fra veg. Bildet er tatt fra strekningen E6 Smihagantunnelen-Trosterud oktober 2003 hvor det ble foretatt målinger av støvnedfall og avrenning høsten 2003 og våren 2004.

## 2.2. Definisjon av utslippsfaktorer

I dette prosjektet defineres utslippsfaktorer som den mengden forurensning (gram) som produseres per kilometer veg per år (g/km/år). I prosjektet foreslås tre ulike utslippsfaktorer:

**Totalproduksjonen** av forurensninger fra veg er den totale mengden forurensning som genereres fra vegen som følge av biltrafikk og drift av veg. Dette inkluderer slitasje fra veg og kjøretøyer, utslipp fra forbrenningsmotorer, samt tilført materiale ved drift av veg (bl.a. salting).

**Utslipp til vann** er den mengden forurensning som transporteres fra vegen som overvann via drensssystem til overflatevann. Forurensninger som transporteres gjennom umettet sone og ned til grunnvannet kan ikke beregnes ut fra foreslåtte utslippsfaktorer.

**Utslipp til jord** er den mengden forurensning som avsettes på jord nær vegen (innenfor en sone på 40 m fra vegkant). Forurensninger som transporteres vekk fra dette området ("langtransport") er ikke inkludert i utslippsfaktorene til jord.

Det er lagt vekt på at utslippsfaktorene som foreslås i størst mulig grad skal være basert på nyere norske data, som er relevante for dagens utslipp fra veg. Da det foreløpig finnes begrenset med norske data, har svenske data blitt brukt i relativt stor grad. Disse ansees å være relevante også for norske forhold.

Foreslåtte utslippsfaktorer må derfor sees på som et godt utgangspunkt for med tiden å lage bedre utslippsfaktorer, både til vann og jord, som er basert kun på norske data.

## 2.3. Utslippsfaktorer som funksjon av trafikk tetthet (ÅDT)

Ved telling av antall biler i døgnet (ÅDT) telles alle kjøretøyer i alle filer i begge kjøreretninger.

I rapporten foreslås utslippsfaktorer for veger med følgende trafikkmengde:

ÅDT: 5000, 15000, 30000, 60000 og 100000.

Dersom utslippet for veg med ÅDT 12000 skal beregnes, foreslår vi å interpolere mellom de foreslåtte utslippsklassene.

Dette gjøres på følgende måte for eksempel for Pb:

Utslipp ÅDT 5000 (g/km/år): 35

Utslipp ÅDT 15000 (g/km/år): 66

Vi antar et lineært forhold mellom ÅDT-klassene, noe som gir

$$66-35 \text{ (g/km/år)} = 31/10 = 3,1 \text{ per } 1000 \text{ ÅDT}$$

For 12000 blir utslippet:  $35 + 7 \times 3,1 = \underline{\underline{57 \text{ g/km/år}}}$

Den beste måten å interpolere på er å gjøre dette innenfor så små intervaller som mulig dvs. bruk de nærmeste ÅDT-klassene over og under den ÅDT som skal beregnes (som i eksemplet over).

Dersom de foreslåtte ÅDT-klassene ikke passer direkte i en gitt sammenheng og det heller ikke er ønskelig å interpolere mellom ÅDT-grupper, anbefaler vi følgende grovinndeling:

| ÅDT    |   | ÅDT         |
|--------|---|-------------|
| 5000   | → | 0-7500      |
| 15000  | → | 7500-22500  |
| 30000  | → | 22500-45000 |
| 60000  | → | 45000-80000 |
| 100000 | → | 80000-      |

## 2.4. Bakgrunn og mål for prosjektet

Statens vegvesen har et sektoransvar når det gjelder spredning av forurensninger fra veg til vann og jord. Statens vegvesen ønsker å få en bedre oversikt over og større kunnskap om hvilke og hvor store mengder potensielt miljøskadelige stoffer som spres i naturen fra veg. Dette er viktig for å kunne identifisere miljøproblemer, optimalisere drift og vedlikehold og gjennomføre de riktige rensiltakene for overvann og vegstøv.

Mål for prosjektet har vært å

1. Lage en oversikt over hvilke forurensninger det kan og bør lages utslippsfaktorer for
2. Lage en oversikt over relevant datamateriale som kan danne grunnlag for utslippsfaktorer fra veg til vann og jord (definert i kap 1.2) i Norge
3. Beregne totalproduksjon av forurensninger fra veg og lage forslag til utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge.
4. Gjennomføre noen målinger av utslipp fra veg til vann og jord i Norge for å verifisere at de foreslåtte utslippsfaktorene er relevante for norske forhold.

## 3. Forurensninger fra veg

### 3.1. Generelt

Det finnes en lang rekke forurensninger som stammer fra veg og vegtrafikk (tabell 1). En del av disse er typiske i anleggsfasen av vegen, men de aller fleste er viktigere i drifts- og vedlikeholdsfasen (tabell 1). Alle disse forurensningene kan havne langs vegen og i avrenning fra veg. I utgangspunktet er de derfor alle aktuelle når det gjelder å lage utslippsfaktorer til vann og jord.

*Tabell 1: Forurensning i forbindelse med veitrafikken fra anleggsfasen og driftsfasen. Kilde: Rasmussen et al. (2002).*

| Kilder – anleggsfasen   | Stoffer   | Referanser  |
|---|---|---|
| Sprenging, knusing, utgraving, masseforflytning, tunnelinjisering                       | Partikler, olje, bensin og kjemikaliespill, nitrogenholdige næringsalter, sur avrenning og metaller fra sulfidholdige bergarter | Statens Vegvesen, 1997                            |
| <b>Kilder – driftsfasen</b>   |   |   |
| Forbrenningsprodukter fra drivstoff   | NOx, tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn), HC, PAH, dioksiner, benzen, MTBE  | Kolbenstvedt et al., 2000, Statens Vegvesen, 1997 |
| Slitasjeprodukter fra asfalt og bildekk   | Tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn), PAH, ftalater, partikler   | Kolbenstvedt et al., 2000                         |
| Slitasje og korrosjon av materialer som krombelegg, dekk, galvaniserte detaljer, maling | Tungmetaller (Cu, Zn, Cd)   | Kolbenstvedt et al., 2000                         |
| Salting   | Na og Cl, cyanidforbindelser  | Kolbenstvedt et al., 2000, Novtny et al., 1998    |
| Støvbindemiddel på grusvei  | Kalsiumklorid, restprodukter fra tremasseindustrien, bitumenmateriale   | Kolbenstvedt et al., 2000                         |
| Sprøyting av veirabatter  | Plantevernmidler  | Kolbenstvedt et al., 2000                         |
| Søl av olje, bensin, diesel, spylevæske   | HC, PAH, propylenglykol   | Statens Vegvesen, 1997                            |
| Trafikkuhell  | Olje, bensin, kjemikalier ved uhell fra transport av farlig gods  |   |
| Tunnelvask  | Overflate-aktive stoffer, PAH, tungmetaller (Pb, Zn, Cu, V)   | Andersen et al., 1995, Snilsberg et al., 2002     |

SFT har gjennomført en kartlegging av bruk av kjemikalier i forbindelse med utbygging og drift av veger, jernbane, sporveier m.v. Undersøkelsen viser at det brukes en stor mengde ulike kjemikalier, og de ble delt inn i følgende kategorier (Huse *et al.* 1999):

- veibelegg (asfalt); omfatter bitumenprodukter, overflateaktive stoffer og fyllstoffer
- betongprodukter; omfatter sement og tilsetningsstoffer, formoljer (til støping) og overflatebehandlingsprodukter
- injeksjonsmidler (til tetting av fjell og betong)
- malingsprodukter; omfatter veimerking og maling fra stålkonstruksjoner

- oljeprodukter (til anleggsmaskiner); omfatter motorolje, hydraulikkolje, div. smøreoljer og fett
- rengjøringsmidler; omfatter tunnelvaskemidler og grafittfjerningsmidler
- kjemikalier til vegstasjonskontroll
- veisalt

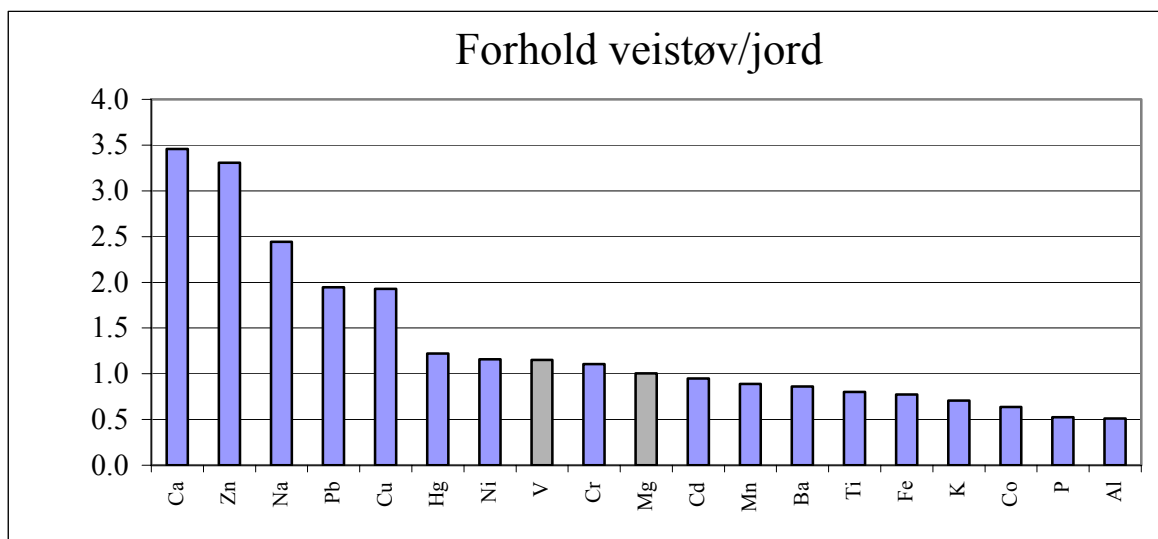
Mengdemessig dominerer bitumenprodukter, sement og veisalt (Huse *et al.* 1999). For de kjemikalietyperne som danner faste produkter etter herding (asfalt, betong, overflatedekker og injeksjonsmidler) er faren for spredning til vann størst under tillaging, utlegging/støping, injeksjon og herding. Forhold som lav temperatur og/eller stor vanntilførsel kan forsinke eller forhindre herdeprosessen. Når det gjelder veisalt, vegetasjonsbekjempningsmidler, tunnelvaskemidler og grafittfjerningsmidler brukes disse på en måte som medfører at hele bruksmengden vil bli tilført miljøet, sammen med stoffene som finnes i overflatene som rengjøres (PAHer, bly, og andre miljøfarlige stoffer).

### 3.2. Kriterier for valg av forurensninger

Følgende kriterier ligger til grunn for å velge komponenter det bør etableres utslippsfaktorer for (i denne omgang):

- Mengde
- Giftighet
- Mobilitet
- Datatilgjengelighet og datakvalitet

Når det gjelder mengde kan det være nyttig å se på innholdet av metaller i vegstøv i forhold til det som finnes i jord. I "Vegstøvprosjektet" (Amundsen *et al.* 1999) ble innholdet av metaller i 28 prøver av vegstøv fra ulike deler av Norge sammenlignet med innholdet i jord (figur 2). Denne sammenligningen indikerer at det er metaller som Zn, Pb, Cu, Hg, Ni, V, Cr og Cd, sammen med Ca og Na som er anriket i vegstøv.



Figur 2: Forhold mellom totalinnhold av metaller i veistøv (medianverdi for 28 prøver) og i C-sjiktet i jord (Njåstad m.fl. 1994).



Bestemmelse av innholdet av **Pb, Cu, Cd og Zn** i drivstoff, bremses, dekk og vegsalt (tabell 2) indikerer at utslippene fra bensin av andre metaller enn Pb er små. Innholdet av Cu er høyt i bremses, mens innholdet av Zn er høyt i både bremses og dekk.

Tabell 2: Innhold (mg/kg) av enkelte giftige metaller i bensin, bremses, dekk og vegsalt (Legret og Pagotto 1999).

| Kilde                 | Pb   | Cu     | Cd  | Zn    |
|-----------------------|------|--------|-----|-------|
| Pb-bensin             | 200  | -      | -   | -     |
| Pb-fri bensin         | 17   | -      | -   | -     |
| Bremsebånd            | 3900 | 142000 | 2,7 | 21800 |
| Dekk                  | 6,3  | 1,8    | 2,6 | 10250 |
| Avisning forbindelser | 3,3  | 0,5    | 0,2 | 0,5   |

Bly, Cu, Cd og Zn er samtidig blant de metallene som er mest giftig, hvor Cu trolig er det mest giftige i akvatisk miljø. Bly, Cd og Cu står på myndighetenes prioritetsliste B (Stortingsmelding 58) dvs. listen over stoffer som skal reduseres vesentlig senest innen 2010. På denne listen står også **Hg og Cr**, mens **Ni** står på OBS-listen (liste over stoffer og stoffgrupper en skal være spesielt oppmerksomme på).

Da det gjennom mange år har vært fokusert på disse metallene (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni og Cr) finnes det også en del data for disse.

Mobiliteten av disse metallene er trolig størst for Cd, Zn og Ni. Dette er basert på vurderinger av betydningen av kompleksbinding bl.a. med klorid (gjelder særlig for Cd) og vurderinger av hvordan pH påvirker løselighet for disse metallene.

I Norge finnes det lite data for innholdet av Hg i kjøretøyer og i forurensninger fra veg. Dette skyldes at vegtrafikk i svært liten grad slipper ut Hg til miljøet.

Blant organiske forurensninger som slippes ut fra veg, er det først og fremst fokusert på **PAH-forbindelser**. Dette er en stoffgruppe som består av mange ulike forbindelser og det er for eksempel påvist over 500 forskjellige PAH-forbindelser i luft. I dag er det mest vanlig å bestemme innholdet av de 16 PAH-forbindelsene som US EPA har prioritert<sup>1</sup>. PAH finnes både i asfalt og i drivstoff, men den viktigste kilden er trolig PAH som dannes ved forbrenningen av bensin og diesel. PAH finnes på myndighetens B-liste over prioriterte kjemikalier. Benzo(a)pyren er en kreftfremkallende PAH-forbindelse som det finnes en del data for.

**Olje** vil også være en del av de forurensninger som vil finnes i vegmiljøet (tabell 1). I forbindelse med at Oslo kommune skulle iverksette et program for tømning av sandfangskummer på det kommunale veinettet analyserte Noteby ulike sandfangmasser i byen (Bruskeland og Hovde, 1998). Resultatene viste gjennomgående forhøyede verdier av Pb, Zn og olje. Oljeinnholdet var generelt størst i prøvene fra bygater og sentrumsstrøk, men fantes også i enkelte kummer i alle strøk av byen. Olje har blitt analysert i relativt få overvannsprøver til nå i Norge. I Sverige har det vært større fokus på dette og olje er bestemt i avrenningsprøver bl.a. fra Stockholm.

Ved analyse av olje i overvann fra veg analyseres det både på total mengde hydrokarboner og upolare hydrokarboner. Upolare hydrokarboner bestemmes ved å rense bort polare komponenter slik at en i hovedsak står igjen med petroleumsderiverte hydrokarboner - dvs bensin, diesel, motoroljer m.m, men også de upolare og aromatiske delene av råolje.

<sup>1</sup> Naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, antracen, fenantren, fluoranthen, pyren, benz(a)antracen, krysen/trifenylene, benzo(b,k)fluoranthen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,h)antracen

De polare komponentene som inngår blant de polare hydrokarbonene inkluderer også humus - som det kan være en del av i vann/støv/jord prøver fra veganlegg. Bensin inneholder i hovedsak hydrokarboner i området  $nC_4$ - $nC_{10}$ , mens i dieseloljene inngår hydrokarboner i området  $nC_{10}$  til  $nC_{28}/nC_{30}$ . Motoroljene er relativt tunge, dvs. fra  $nC_{15}/nC_{20}$  og oppover og inneholder også noe aromater.

Selv om **PCB** i dag er vist å finnes i overvann og i sandfang, er det lite som tyder på at dagens vegtrafikker kilde til dette. Bruk av PCB har vært forbudt brukt i Norge siden 1980 og de spor av PCB som finnes i veg-systemet i dag kommer bl.a. fra gamle bygninger (sement, maling etc.) og fra olje i gamle transformatorer. I den grad gamle bildekk fortsatt brukes og gammel asfalt slites, kan noe (trolig en liten del) PCB komme herfra.

Partikler (suspendert stoff) på grunn av slitasje av vegbane og (i mye mindre grad) utslipp fra kjøretøyer og drivstoff, slippes store mengder partikler ut fra veg. Utslipp fra kjøretøyer som bruker piggedekk er spesielt viktig i denne omgang.

Næringsstoffer som fosfor og nitrogen finnes også i avrenning fra veg, men av disse er det **fosfor** som finnes i konsentrasjoner som gjør det miljømessig relevant å lage en utslippsfaktor for. Innholdet av **nitrogen** i avrenningsvann fra veg skyldes i langt større grad atmosfærisk nedfall enn tilfellet er for fosfor. Det foreslås utslippsfaktorer til vann både for fosfor og nitrogen.

**Salt (NaCl)** brukes i stor grad på mange veier i Norge vinterstid. Salt er svært mobilt og vil etter hvert renne av til overflatevann eller grunnvann. Salt er giftig for organismer i ferskvann og jord, samt for planter og trær dersom det foreligger i for høye konsentrasjoner. Salting fører til høyt innhold av Na og Cl og kan for eksempel øke løseligheten og dermed mobiliseringen av metaller i jord (Amrhein et al., 1992). Salt vil i mange tilfeller utgjøre en viktig forurensningskomponent i vintersesongen dvs. ca. 1.november – 1.april.

### 3.3. Forurensninger det lages utslippsfaktorer for

På bakgrunn av vurderingene som er gitt over vil forslag til utslippsfaktorer fra veg til vann og jord bli laget for forbindelsene vist i tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over forbindelser det vil bli foreslått utslippsfaktorer for i prosjektet.

|                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Tungmetall</b>               | <b>Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni, Cr</b> |
| <b>Organiske forurensninger</b> | <b>PAH, benzo(a)pyren, olje</b>   |
| <b>Næringsstoffer</b>           | <b>Fosfor, nitrogen</b>           |
| <b>Andre</b>                    | <b>Suspendert stoff</b>           |

## 4. Beregning av totalproduksjon av forurensninger fra veg

---

### 4.1. Generelt

**Totalproduksjonen** av forurensninger fra veg er den totale mengden forurensning som genereres fra vegen som følge av biltrafikk og drift av veg. Dette inkluderer slitasje fra veg og kjøretøyer, utslipp fra forbrenningsmotorer, samt tilført materiale ved drift av veg (bl.a. salting).

I dette kapitlet ser vi på hvordan totalproduksjonen av forurensninger fra veg kan beregnes på bakgrunn av norske data og modeller.

Det mest relevante datagrunnlaget når det gjelder beregning av utslipp av forurensninger fra kjøretøyer under norske forhold finnes i rapporten "Utslipp fra vegtrafikk i Norge", SFT-rapport 99:04 (Bang *et al.* 1999). Denne rapporten gir en oppdatering og videreutvikling av metodikken for å beregne nasjonale tall for utslipp til luft fra vegtrafikk som benyttes av SFT og SSB. I denne rapporten er PM<sub>10</sub> fra vegslitasje inkludert, samt utslipp av Pb og PAH gjennom avgasser. Disse dataene brukes her for å lage estimater av totalproduksjonen av forurensninger fra veg. I sammenheng med utslipp til vann og jord er det først og fremst utslippene av Pb, partikler og PAH som er av interesse fra rapporten "Utslipp fra vegtrafikk i Norge". .

I dette kapitlet estimeres totalproduksjonen av forurensninger fra veg basert på følgende data:

- Utslipp av bly fra kjøretøyer
- Utslipp av PAH fra kjøretøyer
- Utslipp av partikler og tungmetaller fra bremses, dekk og vegutsyr
- Produksjon av vegstøv som skyldes piggdekkslitasje
- Salting av vegbane

I tillegg til punktene nevnt over, vil korrosjon av karosseri og bilmotor føre til utslipp. Det finnes imidlertid ikke data som gir en indikasjon på i hvilken grad disse utslippene bidrar til utslipp fra veg. Dette er derfor ikke inkludert i rapporten. Kilder som slitasje av vegmaling, korrosjon av byggematerialer ved veg (skilt, skiltstativer, veggjerder etc), søl av jord og lignende fra kjøretøyer, er heller ikke inkludert i beregningene.

I beregningene som er gjort under er norske data brukt i størst mulig grad.

### 4.2. Utslipp av Pb fra kjøretøyer

Utslipet av Pb er avhengig av Pb-innholdet i drivstoff. Ifølge Bang *et al.* (1999) inneholder bensin fremdeles (1999) noe Pb og i dag (2004) er dette enda lavere. EU-kravet til Pb-innholdet i bensin er 0,005g/l, mens innholdet i blyfribensin i Norge er 0,001g/l. Beregningene viser at den gjennomsnittlige utslippsfaktoren for bly fra bensin er redusert fra 645 g/tonn i 1973 til 1,6 g/tonn i 1996. Prognosen for framtidige utslipp av Pb fra bensindrevne kjøretøyer er 1,4 g/tonn drivstoff. For dieseldrevne biler er utslippsfaktoren satt til 0,12 g/tonn diesel.

Dette kan brukes til å regne ut et estimat for utslippet av Pb per km veg. Dersom vi antar en spesifikk drivstoffvekt på 0,74 kg/l for bensin og det antas at forbruket per km er 0,06 liter, kan utslippet av Pb fra bensin per km beregnes (tabell 4).

Tabell 4: Utslipp av Pb fra bensin (mg/km) (fra Bang et al. 1999).

|        | 1973 | 1980 | 1987 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996  | Prognose |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----------|
| Bensin | 28,6 | 18,5 | 6,84 | 6,57 | 5,42 | 4,48 | 3,77 | 2,66 | 0,44 | 0,27 | 0,071 | 0,062    |

På bakgrunn av disse dataene kan utslipp for en gitt vegstrekning beregnes dersom trafikk tettheten (ÅDT) er kjent. Resultatet av disse beregningene er vist i tabell 5.

Tabell 5: Beregnet utslipp av Pb fra bensindrevne biler på veier med ulik trafikkbelastning. Enhet: g/km/år.

| ÅDT    | Pb   |
|--------|------|
| 5000   | 113  |
| 15000  | 340  |
| 30000  | 681  |
| 60000  | 1361 |
| 100000 | 2269 |

### 4.3. Utslipp av PAH fra kjøretøyer

PAH dannes som nevnt fra forbrenning av fossile drivstoffer. Bensin og diesel inneholder også noe PAH, men det synes å være enighet om at dette utgjør en liten del av utslippet av PAH (Bang et al. 1999).

Tabell 6: Sum av utslipp av PAH-forbindelser\* fra personbiler. Enhet: µg/km.

| Hastighet (km/t) | Bensin uten katalysator |          |          | Bensin med katalysator |          |          | Diesel uten katalysator |          |          |
|------------------|-------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|                  | 30 og 50                | 60 og 70 | 80 og 90 | 30 og 50               | 60 og 70 | 80 og 90 | 30 og 50                | 60 og 70 | 80 og 90 |
| PAH-4*           | 20                      | 16       | 14       | 8                      | 1        | 1        | 14                      | 15       | 14       |

\*-benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthren, benzo(k)fluoranthren og Indeno(1,2,3-cd)pyren.

Ved bruk av dataene i tabell 6 kan totalutslippet fra veier med ulik trafikk tetthet beregnes (tabell 7).

Tabell 7: Utslipp av PAH (g/km/år) fra bensindrevne biler med katalysator for veier med ulik trafikkbelastning. .

| ÅDT    | PAH  |
|--------|------|
| 5000   | 14,6 |
| 15000  | 5,5  |
| 30000  | 11   |
| 60000  | 22   |
| 100000 | 37   |

I disse beregningene er det kun fire av de tyngste PAH-forbindelser som er tatt med. Ellers i rapporten er sum PAH basert på 16 EPA (se for eksempel tabell 33, kap. 6.6).

I Stockholm er det antatt at personbiler står for 95% av utslippet av PAH til luft og 50% av dette kommer trolig fra biler uten katalysator. Utslippet av PAH er større fra dieseldrevne biler enn fra bensinbiler fordi utslippet av partikler er større.

## 4.4. Utslipp av metaller og partikler fra bremses, dekk og vegtstyr

Her er benyttet utslippsfaktorer fra Legret og Pagotto (1999) (tabell 8) for å få estimater på utslipp fra bremses og dekk.

Tabell 8: Utslipp av partikler og metaller med dreneringsvann fra veg. Enhet: g/km/år.

| Kilde            | Partikler | Pb    | Cu    | Cd  | Zn   |
|------------------|-----------|-------|-------|-----|------|
| <b>Kjøretøy</b>  |           |       |       |     |      |
| Dekk             | 314000    | 2     | 0,6   | 0,8 | 3220 |
| Bremses          | 100000    | 390   | 14200 | 0,3 | 2170 |
| Drivstoff        | -         | 13000 | -     | -   | -    |
| <b>Vei</b>       |           |       |       |     |      |
| Sikkerhetsgjerde | -         | 2     | 0,2   | 0,2 | 950  |
| Salt             | 130000    | 15    | 2     | 0,7 | 2    |

Dataene fra tabell 8 er resultater fra franske undersøkelser og det er usikkert i hvilken grad dataene kan overføres direkte til norske forhold. Av mangel på norske data foreslår vi å bruke disse dataene i beregningene av utslipp.

## 4.5. Produksjon av vegstøv som skyldes piggdekkslitasje

Vegstøv defineres som det støvet som kommer fra vegen og som har sin kilde i oppmalt asfalt, knust materiale fra strøsand og slitasje av bilgummi. Ifølge Bang *et al.* (1999) utgjør slitasje fra bilgummi mindre enn 1% av utslippet fra slitasje av asfalt. Strøsand kan være en kilde til PM<sub>10</sub>, men det er ukjent i hvilken grad dette vil bidra.

Asfaltstøv skyldes i all hovedsak slitasje fra piggdekk. Slitasjelaget på asfaltvei kan bestå av ca. 90 prosent stein (bergarter/mineraler), ca. 5 prosent steinstøv og resten bindemidler (bitumen). Hvor mye vegstøv som dannes avhenger bl.a. av piggens vekt, veidekkets motstandsdyktighet mot slitasje, kjøretøyets hastighet, andel tunge kjøretøyer og om veibanen er tørr, våt eller isbelagt

Den spesifikke piggdekkslitasjen (SPS) (tabell 9) og viser at vegslitasjen er redusert med ca. 30% siden 1970-tallet. Dette skyldes flere faktorer, men bruk av lettere pigger og større bruk av piggfrie dekk er de viktigste faktorene.

Tabell 9: Spesifikk piggdekkslitasje per bil. Enhet: g/km (Kilde: Bang *et al.* 1999).

| ÅDT          | 1973-80 | 1981-87 | 1988-92 | 1993-97 | 2002 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|------|
| 0-1500       | 22      | 20      | 20      | 18      | 16   |
| 1500-3000    | 20      | 20      | 18      | 16      | 14   |
| 3000-5000    | 16      | 15      | 14      | 12      | 10   |
| >5000        | 14      | 12      | 11      | 10      | 9    |
| Gjennomsnitt | 17,1    | 15,6    | 14,7    | 13,1    | 11,6 |

Den spesifikke piggdekkslitasjen er den totale mengden materiale som slites av fra vegdekket. Andelen respirabelt støv (PM<sub>10</sub>) er i beregningene av utslipp satt til 3 prosent. Dette medfører

for eksempel at utslippsfaktoren av PM<sub>10</sub> for veier med trafikk tetthet >5000 for år 2002 er 0,27 gram per kilometer. Utslipet fra tunge kjøretøyer er betydelig større og er for den samme trafikk tettheten beregnet til 1,33 gram per kilometer i år 2002.

**Andelen av biler som bruker piggdekk er en viktig faktor ved** beregning av produsert mengde vegstøv. Denne andelen varierer betydelig lokalt og regionalt. Det er for eksempel en klar tendens til at piggdekkandelen øker fra sør mot nord. Den laveste piggdekkandelen finnes i Oslo og Akershus (hhv. 51 og 64% i 1997/98 (Bang et al. 1999)), mens den høyeste piggdekkandelen finnes i Nordland, Troms og Finnmark (hhv. 94, 96 og 93 %). Siden 1997/98 er piggdekkandelen i de største byene i Norge redusert og i 2003 var piggdekkandelen i Oslo på bare 28,4 % (Statens vegvesen, "Vegen og vi" nr 5 2003). For mange norske fylker er det også stor variasjon innen fylket (fra sør til nord og fra by til bygd).

På grunn av den store regionale variasjonen vil bruk av nasjonale gjennomsnittstall for piggdekkandel overestimere totalproduksjonen av vegstøv i første rekke i Oslo, Akershus, Østfold, mens totalproduksjonen vil bli underestimert i de nordligste fylkene. I beregningene som gjøres her er en gjennomsnittlig piggdekkandel på 70 % brukt. Det er videre antatt at vegslitasjen er lik null for piggfrie dekk.

Den spesifikke piggdekkslitasjen kan sammen med innholdet av forurensninger i vegstøv og piggdekkandel brukes for å gi et estimat av utslippet av ulike typer forurensninger som skyldes vegstøv. Et nyttig datamateriale når det gjelder innholdet av forurensninger i vegstøv finnes i rapporten "Kjemisk og økotoksikologisk karakterisering av vegstøv" (Amundsen *et al.* 1999). Her er vegstøv fra ulike deler av Norge (Oslo, Drammen, Kristiansand, Stavanger, Bergen Trondheim og Tromsø) analysert med hensyn på bl.a. tungmetaller og PAH. Dette materialet er benyttet for å estimere utslippet av forurensninger via vegstøv (tabell 10).

*Tabell 10: Innhold (mg/kg) av P, metaller og PAH (16EPA) i vegstøv (Data fra Amundsen et al. 1999).*

|        | <b>P</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Pb</b> | <b>Cd</b> | <b>V</b> | <b>Ni</b> | <b>Cr</b> | <b>Hg</b> | <b>TotPAH</b> |
|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| middel | 486      | 102       | 167       | 35        | 0,29      | 47       | 32        | 39        | 0,10      | 3,8           |
| median | 521      | 75        | 133       | 29        | 0,2       | 48       | 26        | 34        | 0,061     | 3,4           |
| min    | 190      | 24        | 29        | 4         | 0,04      | 19       | 12        | 18        | 0,061     | 1,1           |
| maks   | 923      | 330       | 521       | 140       | 1,14      | 80       | 148       | 68        | 0,2       | 12,4          |

Sammensetningen av vegstøvet vil være avhengig av mineralmaterialet (tilslagsmaterialet) i asfalten. Store variasjoner i lokal geologi og dermed ulik sammensetning av steinmaterialet i asfalt er trolig hovedårsaken til den store variasjonen i sammensetningen av vegstøv fra "Vegstøvprosjektet" (tabell 10).

Beregningene for totalproduksjon av forurensninger fra veg er vist i tabell 13.

Uten piggdekk er vegdekkeslitasjen knapt målbar. Når det gjelder bildekkslitasjen er den regnet til i underkant av 7.000 tonn gummi/år (alle dekktyper) ([http://www.vegvesen.no/nvf/nytt/aktuelt/2\\_396.stm](http://www.vegvesen.no/nvf/nytt/aktuelt/2_396.stm)).

Den største delen av det globale forbruket av naturgummi, hele 75%, går i dag til produksjon av bildekk. Bildekk består av bl.a latex-holdig naturgummi, syntetisk gummi, carbon black og sink. Piggfrie vinterdekk inneholder mer naturgummi (dvs mer latex) og slites fortere fordi de er mykere. Økt bruk av piggfrie dekk vil føre til økt utslipp av latex. Dekkpartikler, som er latexholdige friksjonspartikler fra dekkslitasje på vei, kan i seg selv være et allergen, eller kan fungere som adjuvans og stimulere immunresponser mot andre allergener (<http://www.fhi.no/tema/allergi/latexallergener.html>).

## 4.6. Utslipp av salt

Det brukes til dels store mengder salt på norske veger vinterstid. I veiledende salttabell (tabell 11) er mengde salt oppgitt som anbefales for ulike vær- og temperaturforhold avhengig av hvordan saltet tilsettes. Den mest vanlige metoden er befuktet saltning hvor tørt salt tilsettes ca. 30 vektprosent saltløsning (22-23 vektprosent salt).

Tabell 11: Veiledende salttabell (Statens vegvesen, Vegdirektoratet). Enhet: g/m<sup>2</sup>.

|                 | Saltløsning  |            | Slurry       |            | Befuktet     |            | Tørt salt    |            |
|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                 |              |            | Tørt+løsning |            | Tørt+løsning |            |              |            |
|                 | 0 - 5°C      | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C |
| Tørr veg        | 10           | 15         | 3+2          | 4+3        | 4+2          | 8+3        | Ikke aktuelt |            |
| Fuktig          | 15           | 20         | 4+3          | 5+3        | 8+3          | 9+4        | Ikke aktuelt |            |
| Våt             | Ikke aktuelt |            | 7+4          | 9+6        | 14+6         | 18+4       | 10           | 15         |
| Rim frost       | 15           | 20         | 4+3          | 6+3        | 8+3          | 11+5       | Ikke aktuelt |            |
| Tynn is         | 30           | 40         | 7+4          | 9+6        | 14+6         | 18+8       | Ikke aktuelt |            |
| Tykk is         | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 18+8         | 21+9       | Ikke aktuelt |            |
| Før nedbør      | Ikke aktuelt |            | 7+4          | 9+6        | 14+6         | 18+8       | Ikke aktuelt |            |
| Underkjølt regn | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 21+9         | 28+14      | Ikke aktuelt |            |
| Snøvær          | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 20+0         | 25+0       | 20           | 25         |

Forbruket av salt vil være avhengig av vær- og føreforhold over kort og langt tidsrom, vegbredde og antall felt. Trafikktetthet har mindre betydning for saltforbruket. På veger med trafikktettheten mindre enn 1500 ÅDT brukes det vanligvis ikke salt.

Bruker vi salttabellen (tabell 11) kan mengde tilført Cl per km veg per saltingsepisode beregnes (tabell 12). I disse beregningene er det antatt en vegbredde lik 8 meter.

Tabell 12: Tilførsel av klorid til veg **per saltingsepisode** (g/km) dersom de veiledende verdiene i salttabellen (tabell 11) benyttes. Vegbredde: 8 meter.

|                 | Saltløsning  |            | Slurry       |            | Befuktet     |            | Tørt salt    |            |
|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                 |              |            | Tørt+løsning |            | Tørt+løsning |            |              |            |
|                 | 0 - 5°C      | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C | 0 - -5°C     | -5 - -10°C |
| Tørr veg        | 10683        | 16025      | 16705        | 22629      | 21561        | 42053      | Ikke aktuelt |            |
| Fuktig          | 16025        | 21366      | 22629        | 27485      | 42053        | 47977      | Ikke aktuelt |            |
| Våt             | Ikke aktuelt |            | 38265        | 50114      | 74394        | 91681      | 10683        | 16025      |
| Rim frost       | 16025        | 21366      | 22629        | 32341      | 42053        | 58758      | Ikke aktuelt |            |
| Tynn is         | 32050        | 42733      | 38265        | 50114      | 74394        | 95955      | Ikke aktuelt |            |
| Tykk is         | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 95955        | 111591     | Ikke aktuelt |            |
| Før nedbør      | Ikke aktuelt |            | 38265        | 50114      | 74394        | 95955      | Ikke aktuelt |            |
| Underkjølt regn | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 111591       | 150924     | Ikke aktuelt |            |
| Snøvær          | Ikke aktuelt |            | Ikke aktuelt |            | 97120        | 121400     | 21366        | 26708      |

For å beregne årlig tilført salt til en vegstrekning kan opplysninger fra lokale vegmyndigheter over brukte saltmengder de siste år (erfaringstall) brukes. Da disse tallene vil variere svært mye fra fylke til fylke og innen fylker, er tall for total mengde salt som tilføres per km veg ikke beregnet.

## 4.7. Estimering av totalproduksjon av forurensninger fra veg

På bakgrunn av data gitt i tabell 4 til 10 (kapittel 3.2-3.5) er produsert mengde forurensning fra kjøretøy og vegstøv beregnet (tabell 13).

Tabell 13: Totalproduksjon av fosfor, metaller og totalt PAH (EPA 16) fra kjøretøyer og vegslitasje fra veier med ulik trafikkbelastning. Enhet: g/km/år.

| ÅDT                                | P      | Cu    | Zn    | Pb    | Cd  | V     | Ni   | Cr    | Hg | TotPAH |
|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-----|-------|------|-------|----|--------|
| <b>Kjøretøy</b>                    |        |       |       |       |     |       |      |       |    |        |
| 5000                               |        | 14201 | 5390  | 505   | 1,1 |       |      |       |    | 15     |
| 15000                              |        | 14201 | 5390  | 732   | 1,1 |       |      |       |    | 5      |
| 30000                              |        | 14201 | 5390  | 1073  | 1,1 |       |      |       |    | 11     |
| 60000                              |        | 14201 | 5390  | 1753  | 1,1 |       |      |       |    | 22     |
| 100000                             |        | 14201 | 5390  | 2661  | 1,1 |       |      |       |    | 37     |
| <b>Vegslitasje*</b>                |        |       |       |       |     |       |      |       |    |        |
| 5000                               | 9508   | 1371  | 2427  | 522   | 4   | 869   | 465  | 617   | 1  | 62     |
| 15000                              | 25672  | 3701  | 6554  | 1409  | 10  | 2345  | 1257 | 1665  | 3  | 168    |
| 30000                              | 51345  | 7401  | 13107 | 2819  | 20  | 4691  | 2513 | 3331  | 6  | 336    |
| 60000                              | 102689 | 14802 | 26214 | 5637  | 39  | 9382  | 5026 | 6662  | 12 | 672    |
| 100000                             | 171149 | 24670 | 43691 | 9395  | 66  | 15637 | 8377 | 11103 | 20 | 1120   |
| <b>Sum kjøretøy og vegslitasje</b> |        |       |       |       |     |       |      |       |    |        |
| 5000                               | 9508   | 15571 | 7817  | 1027  | 5   | 869   | 465  | 617   | 1  | 77     |
| 15000                              | 25672  | 17901 | 11944 | 2142  | 11  | 2345  | 1257 | 1665  | 3  | 173    |
| 30000                              | 51345  | 21602 | 18497 | 3891  | 21  | 4691  | 2513 | 3331  | 6  | 347    |
| 60000                              | 102689 | 29003 | 31604 | 7390  | 41  | 9382  | 5026 | 6662  | 12 | 694    |
| 100000                             | 171149 | 38871 | 49081 | 12056 | 67  | 15637 | 8377 | 11103 | 20 | 1156   |

\*Beregningene er som nevnt basert på en gjennomsnittlig piggdekkandel på 70 %. Dersom dette avviker mye fra faktiske målinger, kan vegslitasjen korrigeres. Dette gjøres ved å dividere med 0,7 og deretter multiplisere med for eksempel 0.3 (dersom piggdekkandelen er 30 %).

## 4.8. Internasjonale data: POLMIT-prosjektet

Dataene i tabell 13 viser den estimerte totalproduksjonen av disse forurensningene fra veg (utslippet fra kjøretøy og vegslitasje) og dermed hvilke mengder forurensning som teoretisk kan spres til vann og jord. I EU-prosjektet "Pollution of groundwater and soil by road and traffic sources: dispersal mechanisms, pathways and mitigation measures" (POLMIT) ble totalproduksjonen av forurensninger også estimert (tabell 14). I prosjektet deltok fagmiljøer fra UK, Nederland, Sverige, Danmark, Finland, Frankrike og Portugal. Dataene i tabell 14 er hentet fra sluttrapporten fra prosjektet (POLMIT 2002).

Sammenlignes beregningene av i EU-prosjektet POLMIT (tabell 14) og de beregningene som er gjort for totalproduksjonen av forurensninger fra veier med ulik trafikkbelastning i Norge (tabell 13), sees at estimatene for Zn, Cu og total PAH er i samme størrelsesorden. De norske estimatene for Cd er noe høyere enn beregningene fra POLMIT, mens estimatene for Pb er betydelig lavere. De norske estimatene for Cr er langt høyere (faktor 1000) enn i POLMIT. Årsaken til dette er ikke klar.



Tabell 14: Estimerte utslipp av ulike forurensninger fra 12 ulike veger fra 6 land. Data fra EU-prosjektet "Pollution from roads and vehicles and dispersal to the local environment" (POLMIT)( <http://www.trl.co.uk/polmit/prpubs1.htm>).

|                     | Enhet:    | UK     |        | Nederland |        | Sverige |       | Danmark |       | Frankrike |        | Portugal |       |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|---------|-------|---------|-------|-----------|--------|----------|-------|
|                     |           | A      | B      | A         | B      | A       | B     | A       | B     | A         | B      | A        | B     |
| Total PAH           | g/km/ år  | 703    | 562    | 3531      | 3043   | 311     | 721   | 94      | 65    | 169       | 157    | 425      | 154   |
| Fluoranthen         | g/km/ år  | 318    | 252    | 645       | 558    | 51      | 116   | 46      | 32    | 90        | 80     | 71       | 26    |
| benzo(a)pyren       | g/km/ år  | 34     | 27     | 63        | 55     | 5       | 11    | 5,2     | 3,7   | 8         | 8      | 6,8      | 2,4   |
| indeno(1,2,3)pyren  | g/km/ år  | 20     | 16     | 38        | 32     | 3       | 7     | 3,1     | 2     | 6         | 5      | 4,3      | 1,6   |
| benzo(ghi)perylene  | g/km/ år  | 116    | 96     | 222       | 196    | 20      | 41    | 19      | 14    | 25        | 23     | 23       | 8     |
| benzo(k)fluoranthen | g/km/ år  | 32     | 26     | 57        | 49     | 7       | 14    | 3       | 2,1   | 8         | 7      | 7,6      | 2,3   |
| Naftalen            | g/km/ år  | 183    | 146    | 362       | 310    | 47      | 104   | 18      | 12    | 32        | 34     | 54       | 16    |
| Cd                  | g/km/ år  | 6      | 5      | 10        | 9,1    | 1       | 3     | 1,6     | 1,9   | 2         | 2      | 1,5      | 0,6   |
| Cr                  | g/km/ år  | 92     | 72     | 162       | 142    | 14      | 34    | 23      | 24    | 27        | 25     | 20       | 7,2   |
| Cu                  | g/km/ år  | 59998  | 47206  | 108893    | 93376  | 9773    | 23067 | 9248    | 5998  | 14586     | 13180  | 13508    | 4921  |
| Pb                  | g/km/ år  | 48768  | 39718  | 110219    | 110984 | 9940    | 28177 | 20659   | 12207 | 7391      | 6319   | 15062    | 6040  |
| Zn                  | g/km/ år  | 28165  | 22216  | 51369     | 44231  | 5285    | 12047 | 3771    | 2479  | 7676      | 7356   | 6994     | 2839  |
| Cl                  | kg/km/ år | 1492   | 1225   | 0         | 0      | 6648    | 15249 | 8601    | 6710  | 3050      | 3050   | 0        | 0     |
| ÅDT                 |           | 49 101 | 38 849 | 75 000    | 45 000 | 3 674   | 9 019 | 12 249  | 8 800 | 12 000    | 10 501 | 10 649   | 4 219 |

## 4.9. Utslippsfaktorer NIVA

Bækken (1993) og Bækken *et al.* (1996) har gjort beregninger totalmengdene miljøgifter som produseres per km veg ved ulike trafikkmengder (ÅDT) under norske forhold. De estimerte mengdene angir størrelsesorden på forurensningene som når veg og veggrøfter. Beregningene er basert på data fra NIVAs (Lygren og Gjessing 1984) arbeider ved E18 og E6 på 1980 tallet og ulike arbeider som er utført av Bækken fra 1990-tallet (Bækken og Færøvig 2004).

Tabell 15: Estimert mengde forurensninger produsert per km vegstrekning ved ÅDT 36000. Gjelder forurensninger til vegbane og veggrøfter.

| Næringsstoffer                              |    | Mengde |
|---|----|--------|
| Total nitrogen                              | kg | 96     |
| Total fosfor                                | kg | 30     |
| <b>Tungmetaller</b>                         |    |        |
| Kadmium                                     | kg | 0.05   |
| Krom  | kg | 1.5    |
| Kobber                                      | kg | 3.3    |
| Jern  | kg | 1800   |
| Mangan                                      | kg | 33     |
| Nikkel                                      | kg | 1.2    |
| Bly   | kg | 4.5    |
| Vanadium                                    | kg | 0.9    |
| Sink  | kg | 30     |
| <b>Organiske forurensninger</b>             |    |        |
| Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) | g  | 600    |
| Potensielt kreftfremkallende PAH            | g  | 90     |
| Benzo(a)pyren                               | g  | 9      |
| Polyklorete bifenyler (PCB)                 | g  | 0.5    |
| Pentaklorbensen                             | g  | 0.2    |
| Heksaklorbensen                             | g  | 4.2    |

ÅDT (årsdøgntrafikk) var i oktober 2003 omkring 36000 biler. Anslag for 2 km av E18 forbi Padderudvannet antyder da en forurensningsproduksjon fra vegen på omkring 60 kg fosfor, 6 kg kobber, 1 kg PAH og 8 g HCB. En stor andel av disse forurensningene er bundet til partikler. Det er usikkert hvor mye av fosforet som er biotilgjengelig, men en stor andel er trolig partikkelbundet. En del forurensninger bindes opp i jordsmonn og vegetasjon, og noe renner av til innsjøen.

Det er generelt god overensstemmelse mellom utslippsfaktorene foreslått av NIVA (tabell 15) og beregnet totalutslipp (totalproduksjon) i Norge (tabell 13) bortsett fra for Cu hvor de beregnede verdiene er høyere. Sammenlignet med beregnede verdier i POLMIT-prosjektet er verdiene foreslått av NIVA betydelig lavere for Pb og Cu. Variasjonene mellom ulike land og vegstrekninger er imidlertid svært store i POLMIT-prosjektet (tabell 14). Sammenlignet med beregnede totalutslipp på de svenske og danske vegene i POLMIT-prosjektet (tabell 14) er også NIVAs verdier for Pb og Cu lavere, mens verdiene for Zn er høyere.

## 4.10. Data fra tunnel for beregning av totalproduksjon

Bruk av tunneler for å måle totalproduksjon av forurensninger fra vegtrafikk krever at det kan lages en massebalanse for det materialet som fjernes fra tunnelen gjennom ulike vasker gjennom året. I alle nyere tunneler finnes i dag vaskerutiner hvor tidsplan for vasking, type vask og vannmengder som brukes er registrert. I Nordbytunnelen, som i mange andre tunneler, foretas to typer vasker: veggvask hvor vegger, skilter og vegbane vaskes og helvask hvor i tillegg også taket i tunnelen vaskes. Tabell 16 viser et slikt vaskeoppsett for

Nordbytunnelen i 2001. Dette vaskeskjemaet har vært brukt mer eller mindre uendret siden tunnelen ble åpnet.

Tabell 16: Tidspunkt, vann og såpemengder brukt ved vasking av Nordbytunnelen i 2001.

| Type vask     | Uke   | Dato             | Vasketid   | Vannmengde (l) | Såpe (l)    |
|---------------|-------|------------------|------------|----------------|-------------|
| Veggvask      | 4     | 22-24            | 16         | 64000          | 800         |
| Veggvask      | 8,9   | 15,19,20         | 16         | 64000          | 800         |
| Veggvask      | 12    | 20-22            | 16         | 64000          | 800         |
| Veggvask      | 37    | 10-13            | 16         | 64000          | 800         |
| Veggvask      | 49    | 4-5              | 16         | 64000          | 800         |
| Helvask       | 19,21 | 9,10,14,15,22,31 | 48         | 250000         | 2400        |
| <b>Totalt</b> |       |                  | <b>128</b> | <b>570000</b>  | <b>6400</b> |

Følgende fraksjoner av forurensninger fjernes ved en tunnelvask:

1. Forurensninger som sitter i tak og vegger vaskes ned i drencsystemet i tunnelen. Partikkelbundet og forurensninger som finnes løst i vannfasen transporteres i drencsystemet og ut i rensedam (eller ut i resipient).
2. Forurensninger (dvs. i stor grad partikler) som finnes i vegbanen blir samlet opp av feiebil før og etter vasking av tunnelen. Dette materialet deponeres/mellomlagres på egnet sted.
3. Forurensninger (partikler) som blir sittende i sandfang/kummer i tunnelen. Sandfang tømmes etter behov ved at drencsystemet spyles rent og massene samles opp med sugebil.

Det er flere fordeler ved å bruke tunneler for å estimere totalproduksjonen av forurensninger som følge av vegtrafikk:

- Det aller meste av forurensningene som dannes i en tunnel kommer fra vegtrafikk. Dette innebærer at kilder som atmosfærisk nedfall, industri, ved- og oljefyring, avrenning fra hus o.l (i første rekke tak og takrenner) ikke påvirker avrenningen
- Tak, vegger og vegbane i tunneler vaskes oftest under stort vanntrykk og det brukes feiebler som koster og suger partikler effektivt. Dette gir en effektiv oppsamling av forurensninger.
- Undersøkelser som foretas i tunnel er i langt mindre grad enn undersøkelser utenfor tunnelen avhengig av klimatiske faktorer som vind, nedbør og temperatur. Forurensninger som slippes ut fra vegtrafikk i tunnel blir også i mindre grad påvirket av for eksempel sollys som er med på nedbrytning av en del PAH.

Flere faktorer gjør imidlertid at det er usikkert hvor gode tunneldataene er for å estimere totalproduksjonen av forurensninger fra veg:

- Det brukes i dag forskjellig utstyr ved vasking av tunnel. Dette innebærer at effektiviteten i fjerningen av forurensninger kan bli forskjellig i ulike tunneler. Sammenligning av data mellom tunneler kan derfor bli usikker.
- Kjøremonsteret i tunneler vil være noe forskjellig fra veier i mer tettbygde strøk. Større fart og mindre bremsing i de fleste tunneler er to av de viktigste faktorene.

- En del av partiklene og avgassene som slippes ut fra vegtrafikk i tunnel slippes ut gjennom tunnelåpningen eller gjennom luftesystemer. Dette varierer betydelig fra tunnel til tunnel.

I Nordbytunnelen har en relativt god kontroll på hva som fjernes av forurensninger i løpet av en tunnelvask. I dette prosjektet er data fra Nordbytunnelen analysert og brukt for å estimere totalproduksjonen av forurensninger fra veg. Resultatene er vist i kapittel 6 ”Verifisering av foreslåtte utslippsfaktorer”.

## 5. Utslipp av forurensninger fra veg til vann

---

### 5.1. Overvann fra tette flater

Overflateavrenning skyldes regn eller smeltevann og forurensninger i avrenning kommer fra vegbanen, bruer, parkeringsplasser, tak og andre tette overflate. Ettersom vann transporteres over disse flatene tas det opp gummi og metaller som finnes i bildekk, rester fra bremsesystemer, korrodert materiale fra bilkarosseri, olje, bensin, diesel og frostvæske fra biler, samt mer eller mindre nedbrutt organisk materiale som kommer fra løv og annet plante- og dyremateriale som blir liggende i vegkanten. I tillegg til dette vil materiale som kastes i vegbanen (sigarettstumper, plastikkposer etc) påvirke kvaliteten av på avrenningen.

Overvannets sammensetning og konsentrasjoner vil blant annet være avhengig av nedbørmengder, materialeegenskaper, saltinnhold i nedbør og snø, trafikkintensitet og industri- og annen aktivitet i området. Det kan også skilles mellom overvannets sammensetning i anleggsfasen og i driftsfasen i forbindelse med utbygging. Dermed vil sammensetningen variere både fra område til område, gjennom året, og være forskjellig i ulike land.

Det finnes med andre ord en lang rekke kilder til forurensninger i overvann fra tette flater i byer og tettsteder. I tillegg til alle nevnte kilder som skyldes veg og vegtrafikk vil atmosfærisk nedfall, veitrafikk, korrosjon fra infrastruktur (gjerder, tak og takrenner, kabler etc), vask av overflater, hager og parker, industri, ved- og oljefyring bidra til forurensninger i overvann.

### 5.2. Spesielle faktorer for vegavrenning i Norge

Det er spesielt tre faktorer som er viktig å være klar over ved vurdering av avrenning fra veg i Norge. Det ene er at det meste av nedbøren om vinteren kan komme som snø, at kulde fører til tele i bakken og at det brukes store mengder salt om vinteren. Nedenfor er gitt en kort gjennomgang av disse faktorene (utdrag fra Rasmussen *et al.* 2002).

#### 5.2.1. Snø

Nedbør i form av snø er mer forurenset enn regn fordi den faller sakte og har en større overflate enn regndråper. I tillegg er gjerne utslipp av forurensninger høyere om vinteren fra blant annet oppvarming og oppstarting av kalde kjøretøy samt bruk av piggdekk. Forhøyede verdier av organiske miljøgifter som PAH-er om vinteren kan i tillegg skyldes at nedbrytningen av organiske miljøgifter og organisk materiale som skyldes fotodegradering (nedbrytning pga. lys) eller mikrobiell nedbrytning er også lavere om vinteren (Hantho, 1996). Innholdet av metaller (Pb, Cu, Cd, Zn) er gjerne 10 til 100 ganger høyere i snø enn i overvann fra regn (Glenn og Sansalone, 2002). I Tyskland har man også funnet MTBE i snøen, der konsentrasjonene er høyere enn i overvann (Achten *et al.*, 2001).

NIVA har undersøkt snø fra brøytkekanter langs 5 ulike trafikkerte veier i Oslo (Bækken, 1994). Snøen inneholdt store mengde partikler fra grusing og veislitasje, høye saltkonsentrasjoner fra veisalt, en rekke tungmetaller, olje og PAH. Det ble funnet uventet høye konsentrasjoner av PCB, HCB (heksaklorbensin) og 5CB (pentaklorbensin) i snøen. Undersøkelsen indikerte at kilden til PCB var relatert til veitrafikken. PCB er en meget alvorlig miljøgift. NILU har i ettertid funnet at hovedkildene til PCB forurensningen stammer fra slitasje av dekk og asfalt (Sivertsen, 1999). Konsentrasjoner i snø kan forandre seg gjennom sesongen og variere fra år til år. Viklander fant at snø i Luleå, Sverige, inneholdt Pb, Cu og Zn i liknende konsentrasjoner som funnet av Bækken (1994, tabell 2) et år, mens et

annet år var konsentrasjonene mye høyere, henholdsvis 0,82, 0,92 og 23,4 mg/l (Viklander, 1998).

I Norge slites bort 250 000 tonn asfalt per år p.g.a. piggdekk. Nå når bruken av piggdekk reduseres i byer som Oslo og Trondheim vil det antakelig slites mer lateks fra dekkene. Det er imidlertid usikkert på om i hvilken grad dette utgjør noen helse- og miljøskade (Larssen og Sivertsen, 2000).

Forurensning som stammer fra trafikken er gjerne i partikkelform, mens luftforurensningen finnes løst i snøen (Viklander, 1998). I smeltevannet kan mer enn 50% av forbindelsene foreligge i løst form (Viklander, 1996). Infiltrasjonskapasiteten i grunnen reduseres når den er dekket med snø.

### **5.2.2. Veisalting**

Salting fører til at snøen smelter, og dermed øker vaskingen og avrenningen fra vei. Salting fører også til at veibanen blir snøfri og bløt, noe som øker slitasjen av veibanen, og dermed øker innhold av partikler og miljøgifter i avrenningen.

Tungmetaller bindes gjerne til jord og partikler i infiltrasjonsanlegg, dammer eller våtmarker. Salt øker løseligheten for blant annet tungmetaller, slik at tungmetallene kan bli frigitt fra partikler, sediment og jord (Amrhein et al., 1992). Dermed øker transporten av metallene ut av dammer og våtmarker, og den økte mobiliseringen i infiltrasjonsanlegg kan dermed føre til forurenset grunnvann (Norrstrom og Jacks, 1998).

Saltet kan øke korrosjon av vannledninger og andre overflater som kan føre til frigjøring av Cu (Klint, 2001). Salt tilsettes jerncyanid for å unngå at saltet klumper seg og dette kan føre til dannelse av giftige former for cyanid (Novonty et al., 1998).

Salt som tilføres veg spres til sideterreng og kan være tilgjengelig for planter og trær langt utover sommeren (Åstebøl *et al.* 1996). Slik lagring av salt skjer først og fremst i områder med tette jordtyper.

### **5.2.3. Frost i jord**

I Sverige er det gjennomført forsøk med permeabel asfalt som viste at ved frysepunktet var infiltrasjonskapasiteten 50 % av det den var ved 20°C (Backström og Bergström, 2000). Etter gjentatte fryse og tine episoder var infiltrasjonskapasiteten 90 % av det den var ved 20°C. Under snøsmelting var infiltrasjonshastigheten estimert til å være 1-5 mm/min. Bengtsson og Westerström (1992) opplyser at etter lengre perioder med snøsmelting er infiltrasjonskapasiteten av jord ofte så redusert at overflateavrønnening fra områder med uasfaltert dekke er på samme nivå som fra asfaltert dekke.

## **5.3. Konsentrasjoner av forurensninger i overvann**

Oppdaterte norske data for konsentrasjoner av forurensninger i avrenning fra veg er ønskelig for å beregne utslippsfaktorer fra veg til vann i Norge. I dette kapitlet er tilgjengelige norske data for konsentrasjoner av ulike forurensninger i overvann og vegavrønnening gitt, samt en del relevante svenske data. Vi anser det for mest relevant å bruke svenske data der hvor norske mangler.

Konsentrasjoner av ulike forbindelser i overvann vil som nevnt være bestemt av hvor mye av arealet som består av vei, industri og boligområdet, klima, nedbørsmengder og tidspunkt for

prøvetaking i en nedbørsepisode. Derfor vil konsentrasjonene variere over tid og fra ulike studier.

Flere studier har vist at mye av forurensningsstoffene sitter bundet til partikler, og mest på de fineste partiklene som leire og silt. Dataene i tabell 17 viser at konsentrasjonene i overvann ved snøsmelting generelt er høyere enn i snø og regn.

Tabell 17: Konsentrasjoner i snø og i overvann ved nedbør og snøsmelting. Konsentrasjoner i mg/L, bortsett fra kvikksølv, PAH, PCB, HCB, CB ( $\mu\text{g/L}$ ) Kilder: <sup>a</sup>Bækken, 1994; <sup>b</sup> referert til i Kolbenstvedt *et al.* (2000)

| Forurensning   | Snø (maks) <sup>a</sup> | Snøsmelting <sup>b</sup> | Regn <sup>b</sup> |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| Fe             |                         | 5,5 - 78,6               | 4,5 - 30,1        |
| Cd             | 0,006                   | 0,0039 - 0,026           | 0,002 - 0,028     |
| Cl             |                         | 2 - 3900                 | 3 - 1100          |
| Cu             | 0,25                    | 0,013 - 0,43             | 0,01 - 0,18       |
| Cr             |                         | 0,03 - 0,15              | 0,013 - 0,19      |
| Hg             |                         | 0,19 - 13,2              | 0,6 - 5,1         |
| Ni             |                         | 0,042 - 0,106            | 0,006 - 0,436     |
| Pb             | 0,38                    | maks 0,69                | maks 0,36         |
| PAH            | 200                     | 1,5 - 11,6               | 1,403 - 3,907     |
| sulfat         |                         | 11,1 - 224,1             | 4,9 - 55,2        |
| Zn             | 0,88                    | 0,2 - 0,74               | 0,091 - 0,37      |
| Fast materiale |                         | 370 - 5430               | 228 - 3334        |
| SS             |                         | 230 - 1669               | 174 - 2400        |
| Olje           | 125                     |                          |                   |
| 10 PCB         | 0,36                    |                          |                   |
| HCB+5CB        | 0,35                    |                          |                   |

Konsentrasjonene av forurensninger i overvann fra de refererte undersøkelsene over er svært høye og langt høyere enn det som ble målt i overvann fra ulike områder i Norge i 1995-96 (tabell 18). I denne undersøkelsen ble det tatt prøver av overvann fra 7 steder i Norge, fra Alta i nord til Sarpsborg i sør. Prøvene ble tatt fra sentrumsområder, boligområder og næringsområder (Storhaug 1996).

Resultatene viser at konsentrasjonene i avrenningen varierer betydelig innen de ulike typene områder og at sentrumsområder har de høyeste konsentrasjonene. Konsentrasjonene er betydelig lavere enn konsentrasjonene i overvann referert i Kolbenstvedt *et al.* (2000).

Tabell 18: Minimum og maksimum konsentrasjoner ( $\mu\text{g/l}$ ) funnet i overvann fra 7 ulike steder i Norge (Storhaug, 1996).

|            | Sentrumsområder | Boligområder        | Næringsområder      |
|------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| Cd         | 0,1 - 0,5       | 0,1 - 0,4           | 0,1 - 0,5           |
| Hg         | 0,2 - 1,2       | < deteksjons grense | < deteksjons grense |
| Pb         | 1 - 33          | 1 - 8               | 1 - 19              |
| Ni         | 3 - 190         | 1 - 10              | 1 - 11              |
| Cr         | 1 - 170         | 1 - 12              | 1 - 7               |
| Zn         | 10 - 300        | 5 - 140             | 8 - 92              |
| Cu         | 6 - 120         | 3 - 15              | 4 - 31              |
| PAH        | 0,1 - 2,7       | 0,1 - 0,8           | 0,01 - 0,3          |
| Nonylfenol | 0,1 - 0,9       | 0,4 - 3             | 0,8 - 0,04          |

I den nedbørfeltbaserte modellen StormTac (Larm 2003) (<http://www.stormtac.com>) finnes data for konsentrasjoner av næringsstoffer, metaller, PAH og olje i overvann fra ulike

områder (tabell 19). Dataene er i hovedsak fra Sverige, og da spesielt i Stockholm, men det finnes også noe data fra USA og Canada som er lagt til grunn.

*Tabell 19: Konsentrasjoner av forurensninger som brukes i den svenske modellen StormTac. Tallene er medianverdier (anbefalte verdier) for ulike typer arealbruk.*

| Markanvändning             | P    | N    | Pb   | Cu   | Zn   | Cd   | Cr   | Ni   | Hg   | SS   | Olja | PAH  | BaP  |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Urban                      | Mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l |
| Vägar (30 000 fordon/dygn) | 0,24 | 2,4  | 31   | 72   | 197  | 0,44 | 5,0  | 4,4  | 0,1  | 115  | 1,0  | 1,5  | 0,04 |
| Parkeringar                | 0,1  | 1,1  | 30   | 40   | 140  | 0,45 | 15   | 4    | 0,1  | 140  | 0,8  | 1,7  | 0,06 |
| Villor                     | 0,2  | 1,5  | 10   | 35   | 100  | 0,5  | 4    | 6    | 0,1  | 45   | 0,2  | 0,6  | 0,1  |
| Radhus                     | 0,2  | 1,5  | 15   | 40   | 110  | 0,6  | 6    | 15   | 0,1  | 45   | 0,25 | 0,6  | 0,1  |
| Flerfamiljshus             | 0,25 | 1,65 | 20   | 80   | 140  | 0,7  | 12   | 15   | 0,1  | 70   | 0,3  | 0,6  | 0,1  |
| Fritidshus                 | 0,6  | 3,3  | 5    | 20   | 80   | 0,5  | 2    | 5    | 0,05 | 50   | 0,1  | 0,3  | 0,05 |
| Koloniområden              | 0,15 | 5    | 5    | 15   | 50   | 0,2  | 0,2  | 1    | 0,03 | 38   | 0    | 0    | 0    |
| Centrum                    | 0,35 | 2,1  | 40   | 30   | 140  | 1    | 5    | 10   | 0,1  | 200  | 0,8  | 0,6  | 0,1  |
| Industrier                 | 0,4  | 2    | 40   | 70   | 330  | 1    | 5    | 10   | 0,1  | 200  | 1,5  | 1    | 0,15 |
| Park                       | 0,12 | 5    | 5    | 15   | 18   | 0,3  | 0,7  | 2    | 0,02 | 70   | 0    | 0    | 0    |
| Golfbanor                  | 1,3  | 5    | 5    | 15   | 18   | 0,3  | 0,7  | 2    | 0,02 | 55   | 0    | 0    | 0    |
| Atmosfärisk deposition     | 0,02 | 2,4  | 3    | 5    | 30   | 0,11 | 0,17 | 0,4  | 0,01 | 0    | 0    | 1,9  | 0,01 |
| Rural                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Skogar                     | 0,03 | 0,9  | 6    | 6,5  | 15   | 0,2  | 0,1  | 0,5  | 0,03 | 40   | 0    | 0    | 0    |
| Jordbruksmarker            | 0,15 | 4    | 9    | 14   | 20   | 0,1  | 0,1  | 0,5  | 0,03 | 190  | 0    | 0    | 0    |
| Gräs- och ängsmarker       | 0,1  | 3    | 3    | 15   | 25   | 0,3  | 0,3  | 0,5  | 0,03 | 140  | 0    | 0    | 0    |
| Våtmarker                  | 0,05 | 0,9  | 6    | 7,5  | 12,5 | 0,15 | 0,15 | 0,5  | 0,02 | 16   | 0    | 0    | 0    |

Konsentrasjonene av metaller, suspendert stoff, olje og PAH i avrenning fra veger er relativt høye (tabell 19), men for en del komponenter er konsentrasjonene i avrenning fra boligområder (rekkehus og villaer) og industri høyere enn i avrenning fra veg. Dette gjelder for eksempel konsentrasjonene av Zn i overvann fra industriområder, og innholdet av Cd og Cr i overvann fra villaområder.

Overvann fra veg er i disse undersøkelsene tatt direkte fra avløpsledning hvor det kun er vegavrenning som er kilden. I vegavrenningen vil atmosfærisk nedfall på vegen også inngå og i større byer vil dette for mange forurensninger utgjøre en betydelig andel. Alle kilder som slipper ut forurensninger til luft vil med andre ord bidra til avrenning også fra veg. Størrelsen på dette bidraget er som nevnt avhengig av størrelsen på det langtransporterte atmosfæriske nedfallet (bakgrunnskonsentrasjon), samt lokale kilder (takavrenning, ved- og oljefyring, industri, veggjerder, etc).

Medianverdiene som brukes i StormTac (tabell 19) viser at konsentrasjoner av miljøgifter i vegavrenning ofte er høyere enn fra andre kilder. Dette er imidlertid avhengig av trafikk tettheten. I StormTac kan konsentrasjoner av miljøgifter i vegavrenning fra veger med ulik trafikk tetthet beregnes. Dette gjøres på bakgrunn av i første rekke svenske, men også amerikanske og kanadiske avrenningsdata. Databasen oppdateres stadig med nye avrenningsdata og det aller meste av avrenningsdataene er fra de siste 5 årene.

For de fleste forurensninger er det en lineær sammenheng mellom trafikk tetthet og konsentrasjon i avrenning (tabell 20). Selv om det for alle forurensninger er en forventet positiv lineær sammenheng er denne i flere tilfeller ikke signifikant. Dataene som ligger til grunn for disse sammenhengene er de mest relevante tilgjengelige data som finnes i dag. Vi anser trafikkforholdene i Norge og Sverige for å være så vidt like at det er grunn til å bruke dataene fra StormTac.



Tabell 20: Beregnede konsentrasjoner av ulike forbindelser i overvann fra veg med ulik trafikk tetthet. Kilde: <http://www.stormtac.com>.

| ÅDT     | P<br>mg/l | N<br>mg/l | Pb<br>µg/l | Cu<br>µg/l | Zn<br>µg/l | Cd<br>µg/l | Cr<br>µg/l | Ni<br>µg/l | Hg<br>µg/l | SS<br>mg/l | Olje<br>mg/l | PAH<br>µg/l | BaP<br>µg/l |
|---------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| 5000    | 0,15      | 1,65      | 13,5       | 38         | 62         | 0,24       | 1,0        | 1,15       | 0,10       | 82         | 0,17         | 0,8         | 0,007       |
| 15 000  | 0,20      | 1,95      | 20,5       | 59         | 116        | 0,32       | 2,6        | 2,45       | 0,10       | 95         | 0,51         | 1,2         | 0,021       |
| 30 000  | 0,24      | 2,4       | 31         | 72         | 197        | 0,44       | 5,0        | 4,4        | 0,10       | 115        | 1,02         | 1,5         | 0,042       |
| 60 000  | 0,28      | 3,3       | 52         | 85         | 359        | 0,68       | 9,8        | 8,3        | 0,10       | 154        | 2,04         | 1,8         | 0,084       |
| 100 000 | 0,31      | 4,5       | 80         | 94         | 575        | 1,00       | 16         | 13,5       | 0,10       | 206        | 3,4          | 2,0         | 0,14        |

Lindholm (2004) gir en grundig gjennomgang av internasjonale og nasjonale prosjekter hvor konsentrasjoner av miljøgifter i overvann i forhold til ulike typer tette flater er gitt. Rapporten gir en anbefaling av sjablong-konsentrasjoner for en del miljøgifter i overvann fra sentrumsområder, villaområder, rekkehusområder, blokkbebyggelse, næringsområder, veger (ÅDT 5000 og 30000) og overvannsløp i Norge (tabell 21). Dataene for vegavrenning er identiske med data fra StormTac (tabell 20).

Tabell 21: Anbefalte konsentrasjoner i overvann fra veger med ulik trafikkbelastning i Norge (Lindholm 2004). Enhet: µg/l.

| Utslippskilde         | Pb   | Zn  | Cu | Cd   | Cr | Hg   | Ni  | PAH  | BaP | PCB  |
|-----------------------|------|-----|----|------|----|------|-----|------|-----|------|
| Sentrumsområder       | 20   | 140 | 30 | 0,5  | 5  | 0,1  | 10  | 0,6  | 0,1 | 0,01 |
| Bolig-villaområder    | 4    | 30  | 10 | 0,15 | 4  | 0,05 | 6   | 0,2  | 0,1 | 0,01 |
| Bolig-rekkehusområder | 5    | 40  | 15 | 0,20 | 5  | 0,05 | 7   | 0,25 | 0,1 | 0,01 |
| Bolig-Blokkbebyggelse | 7    | 45  | 20 | 0,25 | 6  | 0,05 | 9   | 0,6  | 0,1 | 0,01 |
| Næringsområder        | 20   | 140 | 30 | 0,5  | 5  | 0,1  | 10  | 0,6  | 0,1 | 0,01 |
| Veg ÅDT 5000          | 13,5 | 62  | 38 | 0,25 | 1  | 0,1  | 1,2 | 0,3  | 0,1 | 0,01 |
| Veg ÅDT 30000         | 31   | 197 | 72 | 0,5  | 5  | 0,1  | 4,4 | 1,5  | 0,1 | 0,01 |

Dataene for PCB er basert på svært få målinger og kan ikke antas å være særlig pålitelige.

## 5.4. Saltavrenning

I kapittel 3.6 ble mengde salt som tilføres veg beregnet på bakgrunn av gjeldende salttabell. Total mengde salt som tilføres gjennom året kan som nevnt beregnes ved å multiplisere med antall saltingepisoder eller ved å bruke erfaringstall fra lokale vegmyndigheter.

Andelen tilført salt som renner av fra vegen er avhengig av mange faktorer. I prosjektet "Effekter av veisaltning på jord, vann og vegetasjon" ble mengde tilført veisalt (NaCl) og transport av saltet fra vegen med overvann og drensvann undersøkt. Avrenningen var som forventet i stor grad påvirket av klimaet. Gjennom saltingssesongene 1993/94 og 1994/95 ble hhv. 37 % og 75 % av tilført salt gjenfunnet i avløpsvannet fra vegen (E6 Korsegården i Ås, Akershus). Vinteren 1993/94 hadde et stabilt kaldt vær hvor det meste av nedbøren kom som snø, mens vinteren 1994/95 var varmere med jevnlig avrenningsepisoder. Konsentrasjonene av klorid i avrenningen i perioden fra april 1993 til april 1995 varierte fra ca. 50 mg/l til nærmere 750 mg/l. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av klorid i avrenningen lå anslagsvis i området 150-200 mg/l.

Klimaforhold er en faktor som gjør at variasjonen i utslipp av forurensninger fra veg til vann og jord kan bli stor. Spredning av salt fra veg er mer avhengig av klimatiske variasjoner enn andre forurensninger i motsetning til andre forurensninger som genereres av vegtrafikk.

Da regionale og lokale klimatiske faktorer har stor betydning for hvor ofte det saltes, er det vanskelig å gi et godt estimat av saltutslippet fra vegen uten å ta hensyn til lokale forhold. Basert på kunnskap fra "Saltprosjektet" (Åstebøl *et al.* 1996) hvor avrenningsprosenten på 37

% og 75 % ble observert, kombinert med data fra lokale vegmyndigheter over brukte saltmengder de siste år (erfaringstall), kan estimerer for saltavrenning lages.

Da vi anser variasjonen i saltmengder som tilføres veg å være svært stor, anbefaler vi ikke å lage nasjonale utslippsfaktorer for salt.

## 5.5. Vegavrenning fra E6 ved Skullerudkrysset

Statens Vegvesen Oslo har et basseng for oppsamling av overvann fra E6 og tilhørende av- og påkjøringsramper. Bassenget ble etablert for å redusere utslipp av vegrelaterte forurensninger til Ljanselva. Anlegget har vært i drift siden 1999 (Åstebøl 2002).

Etter at lekkasjer ble tettet høsten 2001 viser resultater av målinger av innløps- og utløpsvann fra høsten 2002 at bassenget fungerer bra. Renseeffekten varierer i området 38-83 % noe som tilsvarer renseeffekt som er funnet i andre anlegg av samme type (Åstebøl 2002).

Konsentrasjoner av forurensninger i innløpsvann til anlegget fra høsten 2002 (per avrenningsepisode) og gjennomsnitt for denne perioden, samt gjennomsnittlige konsentrasjoner fra målinger i perioden mai 2003-april 2004 er vist i tabell 22.

Bassenget mottar overflateavrenning fra et areal på totalt 3,4 ha, hvorav 2,2 ha er asfalterte flater og 1,2 ha er grøntareal. Av de asfalterte flatene utgjør E6 1,5 ha (4-felt), tilførsels-/avkjørselsveier 0,5 ha og gang-/sykkelveier 0,2 ha. Bredden på vegen er 20 meter.

*Tabell 22: Konsentrasjoner (mg/l) i innløpsprøver til rensedam ved Skullerud. Resultatene er basert på volumproporsjonal prøvetaking (Data fra Åstebøl (2002) og Åstebøl og Coward (2004)).*

| Tidsrom                    | Pb<br>µg/l | Cu<br>µg/l | Zn<br>µg/l  | Cd<br>µg/l | TotP<br>mg/l | TotN<br>mg/l | SS<br>mg/l     | Olje<br>mg/l | 16 PAH    |
|----------------------------|------------|------------|-------------|------------|--------------|--------------|----------------|--------------|-----------|
| 06.09.2002                 | 14         | 150        | 160         | <0,3       | 0,28         | 1,75         | 140            | 4,6          |           |
| 09.09.2002                 | 10         | 32         | 78          | <0,3       | 0,3          | 1,37         | 190            | 2,2          |           |
| 24.09.2002                 | <1         | 31         | <5          | 0,73       | 0,09         | 0,88         | 57             | 1,4          |           |
| 04.10.2002                 | 9          | 55         | 110         | 0,31       | 0,09         | 2,2          | 71             | 4,2          |           |
| 15.10.2002                 | 7,9        | 57         | 97          | <0,3       | 0,09         | 1,41         | 38             | 3,3          |           |
| 23.10.2002                 | 14         | 56         | 180         | <0,3       | 0,26         | 1,34         | 190            | 6,7          |           |
| 07.11.2002                 | 5,9        | 28         | 69          | <0,3       | 0,1          | 1,2          | 70             | 3,2          |           |
| Veid middel Sept 02-nov 02 | 10,5       | 44,8       | 115         | 0,59       | 0,22         | 1,34         | 145            | 3,9          |           |
| Middel mai 03-april 04     | 17,1       | 86         | 273         | 0,21       |              | 1,49         | 276            | 4,96         | 1,77      |
| <b>g/km/år</b>             | <b>192</b> | <b>963</b> | <b>3058</b> | <b>2</b>   |              | <b>16688</b> | <b>3091200</b> | <b>55552</b> | <b>20</b> |

Konsentrasjonene i innløpsvannet kan brukes for å gi et estimat av hvilke mengder forurensninger (g/km/år) som transporteres inn til anlegget.

E6 ved Skullerud har to filer i hver kjøreretning (nord og sør). Dersom vi antar at hver veg er 10 m bred (2\*5 meter), utgjør vegarealet på 1,5 ha 750 km veg. Bruker vi konsentrasjonsdata for mai 03- april 04, årlig nedbør lik 800mm og 70 % avrenning, kan en utslippsfaktor for utslipp til vann estimeres for dette området (tabell 22).

Avrenningsdataene fra Skullerudkrysset er verdifulle fordi det aller meste av avrenningen til dammen er vegavrenning. Samtidig finnes det nå sammenhengende måledata fra en lengre tidsperiode. Dette er viktig fordi det kan lages volumbaserte gjennomsnitt (dersom tall for avrenning finnes) og fordi variasjoner gjennom sesong og mellom sesonger kan kartlegges.

Da E6 ved Skullerud er relativt lite påvirket av andre kilder enn vegtrafikk, vil fortsatt prøvetaking og analyser av innløpsvannet til anlegget være nyttig for å beregne sikrere utslippsfaktorer til vann for denne type veg (motorveg kl.A).

## 5.6. Vaskevann fra tunneler

Sammensetningen av vaskevannet som renner ut fra tunnelen ved vasking er bestemt ved flere anledninger (tabell 23). Konsentrasjonene varierer betydelig, både mellom prøver fra samme tunnel og mellom tunneler. Årsakene til dette er mange. For det første vil konsentrasjonene i avrenning fra tunnelvask være avhengig av vaskehyppighet og vaskeeffektivitet. De samme faktorene har betydning for konsentrasjoner i vegavrenning, hvor nedbørintensitet og tidsrom siden forrige nedbørepisode har betydning for avrenningen.

I prosjektet "Miljøkjemisk undersøkelse av tunnelvask" (Andersen *et al.* 1995) ble sammensetning av vaskevann fra seks ulike tunneler i Sør-Norge (se tabell 24). Tunnelene var forskjellig på en rekke måter. Tunnelene hadde forskjellig lengde, noen hadde vifter for utblåsing av luft, 1-veis og 2-veis trafikk etc.

En annen viktig faktor er hvor prøvene er tatt. Prøvene som er tatt ved Nordbytunnelen er tatt i kum noen meter før avrenningen går inn i rensedammen. For de andre tunnelene (fra 1995) gjelder at de er tatt i oppsamlingsbassenger (Oslo, Lysaker, Ullern), i utløpskum (Nes) eller ved utløp av drensledning.

Analysemetodene som er brukt er også noe forskjellig. De fleste prøvene er analyser ved å surgjøre vannprøven inkl. partikler til ca. 10% HNO<sub>3</sub>. På denne måten fås et "totalinnhold" som gjenspeiler både løst og partikkelbundet materiale. Prøvene fra Ullern og Nes ble filtrert og vannfase og partikkelfase ble analysert separat. Oppslutningen av partikkelfasen ble da gjort med kongevann (kons. HCl:HNO<sub>3</sub> i forhold 3:1) noe som gir betydelig høyere verdier. Disse dataene kan derfor ikke sammenlignes med dataene fra de andre tunnelene.

På bakgrunn av de usikkerheter og variasjoner som er diskutert over, synes det klart at avrenningsvann fra tunnelvask ikke kan brukes direkte for å beregne utslipp av forurensninger fra veg til vann generelt. Dataene er imidlertid godt egnet til å beregne resipientbelastning som følge av tunnelvask og foreta risikovurderinger av vaskevann i forhold til biologiske effekter i resipient. Konsentrasjonsdataene er selvfølgelig også nødvendig for å beregne den delen av totalproduksjonen av forurensninger som forsvinner med vaskevann ved tunnelvask.

Tabell 23: Avrenningsdata for ulike tunneler. Kilde: Snilsberg et al.(2002); Andersen et al. (1995).

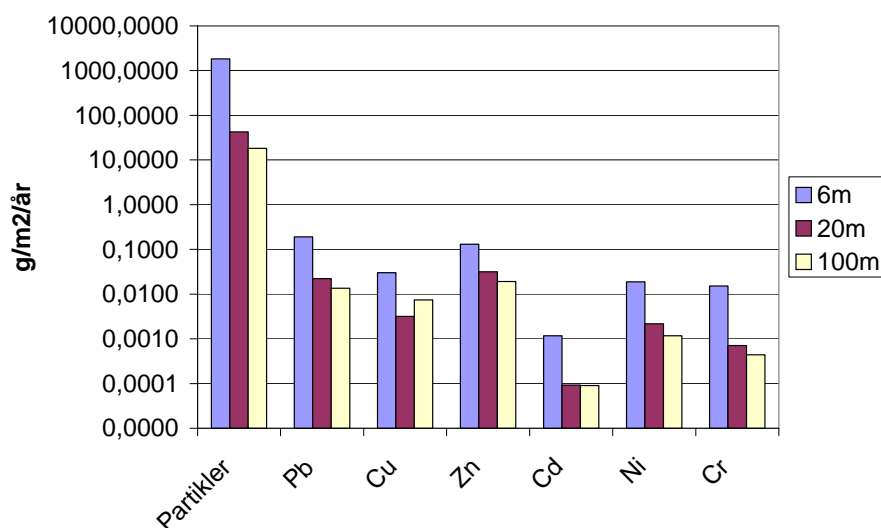
| Tunnel        | Type vask         | Prøvetype                             | mg/l<br>TOC                         | mg/l<br>SS  | mg/l<br>Cl | mg/l<br>P | µg/l<br>Cu  | µg/l<br>Zn | µg/l<br>Pb | µg/l<br>Cd  | µg/l<br>V | µg/l<br>Ni  | µg/l<br>Cr  | µg/l<br>PAH | µg/l<br>Benzo(a)<br>pyren |       |
|---------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|-------|
| Nordby        | Veggvask nov 2000 | Stikkprøve, innløp rensedam, total    |                                     |             |            | 1,71      | 130         | 3750       | 21         | 1,2         | 23,9      | 15,8        | 15,3        |             |                           |       |
|               |                   | "                                     | "                                   |             |            | 5,49      | 280         | 2230       | 75         | 1,5         | 137       | 62,4        | 67,6        |             |                           |       |
|               |                   | "                                     | "                                   |             |            | 5,98      | 180         | 3730       | 31         | 1,2         | 51,7      | 38,9        | 24,5        |             |                           |       |
|               | Helvask mai 2000  | Blandprøve*, Innløp rensedam, total   | 596                                 | 3030        |            | 6,52      | 681         | 13800      | 171        | 4,2         | 292       | 140         | 153         |             |                           |       |
|               | Helvask mai 2001  | Stikkprøve Vegbane ,total             |                                     | 258         |            |           | 3,6         | 504        | 4320       | 68          | 4         | 123         | 58,5        | 75,6        | 96                        | 1,2   |
|               |                   |                                       | Blandprøve*, Innløp rensedam, total | 31,9        |            |           | 0,38        | 40,2       | 126        | <18         | <1,2      | 3,1         | 3           | 1,25        |                           |       |
|               |                   |                                       | "                                   | 110         |            |           | 1,83        | 85,2       | 437        | <18         | 1,9       | 17,6        | 11,3        | 10,8        | 1,9                       | 0,027 |
|               |                   |                                       | "                                   | 152         |            |           | 2,13        | 85,9       | 423        | <18         | <1,2      | 20,4        | 14          | 8,9         | 0                         | 0     |
|               |                   |                                       | "                                   | 57,4        |            |           | 0,55        | 22,7       | 117        | <18         | <1,2      | 2,9         | 0,3         | 1,25        | 0                         | 0     |
|               |                   |                                       | "                                   | 156         |            |           | 2,82        | 93,4       | 391        | <18         | 1,5       | 40,6        | 17,3        | 15,4        | 3,6                       | 0,061 |
| "             |                   |                                       | 166                                 |             |            | 3,52      | 85,4        | 256        | <18        | <1,2        | 36,3      | 18,8        | 14,5        | 0           | 0                         |       |
| Oslo          | Helvask 1995      | Blandprøve, total                     |                                     |             | 1420       |           | 4           | 39         | <0,5       | <0,05       |           | 4           | 2           |             |                           |       |
| Lysaker       | "                 | Blandprøve, total                     |                                     |             |            |           | <15         | 150        | <0,5       | <0,05       |           | 4           | <20         | 1,96        | 0,12                      |       |
| Ullern        | "                 | Vannfase (<0.45µm)                    |                                     |             |            |           | 3           | 50         | <0,5       | <0,05       |           | 2           | <20         | 0,61        |                           |       |
| <b>Ullern</b> | "                 | <b>Partikler i vannprøver (mg/kg)</b> |                                     | <b>491</b>  |            |           | <b>45,1</b> | <b>396</b> | <b>162</b> | <b>0,66</b> |           | <b>29,3</b> | <b>49,3</b> | <b>18,5</b> | <b>4,2</b>                |       |
| Nes           | "                 | Vannfase (<0.45µm)                    |                                     |             | 350        |           | 11          | 240        | 2          | 0,5         |           | 1,5         | 1           | 0,24        |                           |       |
| <b>Nes</b>    | "                 | <b>Partikler i vannprøver (mg/kg)</b> |                                     | <b>3292</b> |            |           | <b>0</b>    | <b>756</b> | <b>125</b> | <b>0,7</b>  |           |             |             | <b>11,2</b> | <b>0,32</b>               |       |
| Ringnes       | "                 | Blandprøve, total                     | 10943                               | 1843        |            |           | 46          | 5100       | 1,5        | 3           |           | 10          | 0,7         | 39,9        | 9,8                       |       |

\* Volumproporsjonal prøve

## 6. Utslipp av forurensninger fra veg til jord

### 6.1. Avsetning av forurensninger langs veg

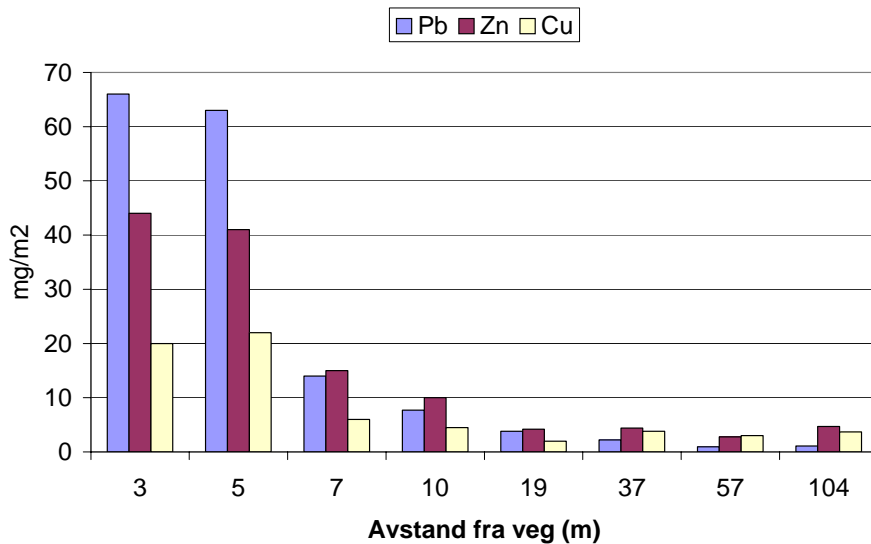
Målinger av støvnedfall langs E6 Jessheim i perioden 1980-82 viser at støvmengde og mengde metaller som deponeres 6 meter fra vegen er nærmere 10 ganger høyere enn 20 meter fra vegen (figur 3). Figuren viser også at nedfallet 20 meter fra vegen er større enn det som ble målt 100 meter fra veg, noe som viser at området mellom 20 og 100 meter fra vegen kan være påvirket av utslipp fra vegen.



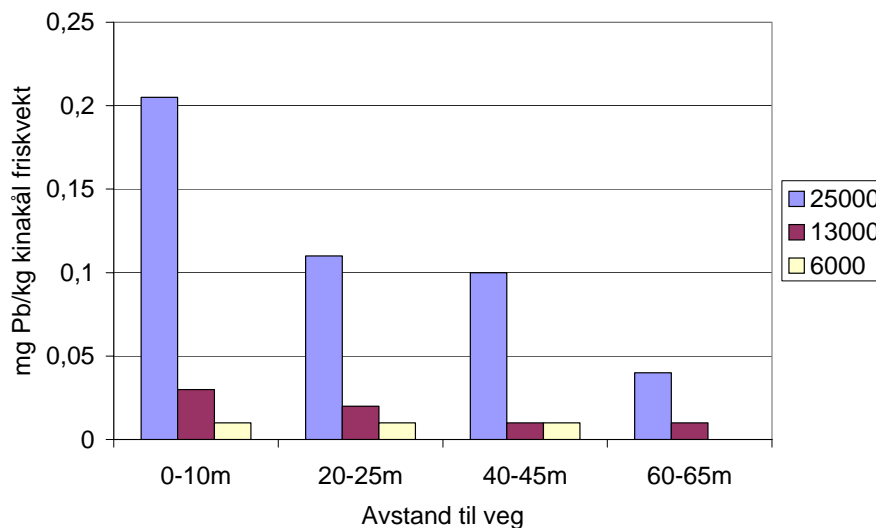
Figur 3: Målt avsetning (g/m<sup>2</sup>/år) av partikler og tungmetaller langs E6 ved Jessheim i perioden okt 1980-okt 1982. Trafikktetthet (ÅDT): 8000. Merk: logaritmisk skala. (Data fra Lygren og Gjessing 1984).

Målinger av konsentrasjoner i snø viser på samme måte at det meste av metallene Pb, Zn og Cu faller ned innenfor 10 meter fra vegen. Mengdene i snøen fra 19 meter til 104 meter fra vegen er imidlertid ikke vesentlig forskjellige, noe som indikerer at spredningen fra veg er ubetydelig utover 20 meter (figur 4).

I en undersøkelse av innholdet av Pb og Cd i jordbær, kinakål og gulrot dyrket i ulike avstander fra veg (0-10m, 20-25m, 40-45m og 60-65m), ble det ikke påvist noen sammenheng mellom innholdet av Cd i grønnsakene, avstand fra veg og trafikktetthet. For Pb var det imidlertid en klarere sammenheng mellom innholdet i kinakål og jordbær og avstanden til veg. Tydeligst var resultatene for kinakål (figur 5). Dataene viser at det ved vegen med trafikktetthet på 6000 ÅDT ikke er noen konsentrasjonsgradient fra vegen, men at denne gradienten øker med trafikkbelastning. Dataene indikerer dermed at influensområdet når det gjelder utslipp fra veg øker med trafikkbelastningen. Til tross for at jordbær og kinakål var tydelig påvirket utslipp fra veg var innholdet av Pb lavere enn foreslåtte grenseverdier for innhold av Pb i bladgrønnsaker (0,3 mg/kg) og 0,1 mg/kg i andre grønnsaker. Da ønsket om å oppnå et så lavt innhold av fremmedstoffer i mat som mulig ble det anbefalt ikke å dyrke bladgrønnsaker nærmere enn 20 meter fra veg med trafikk tett over ca. 12000 biler per døgn.



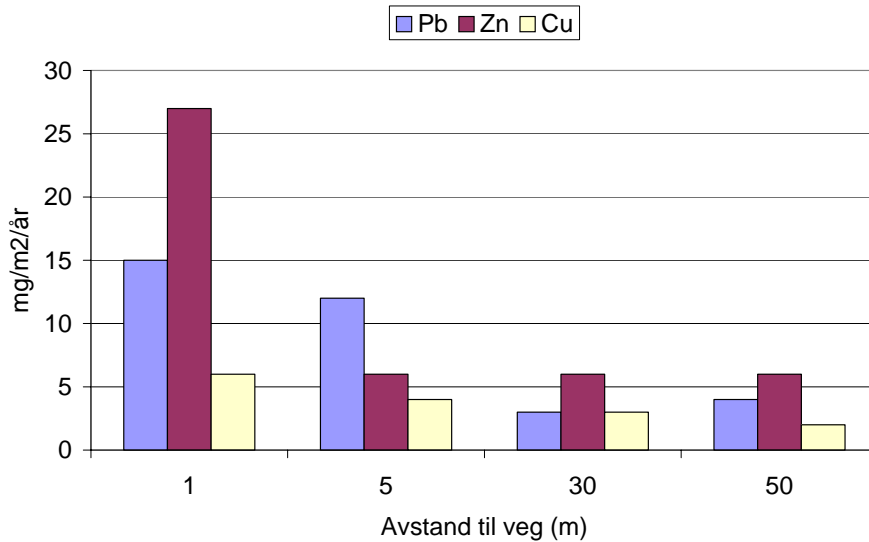
Figur 4: Målt mengde Pb, Zn og Cu i snødekke langs E6 ved Jessheim. Prøvene ble tatt 2.mars 1982 etter 2 måneder uten snøsmelting. Data fra Lygren og Gjessing 1984.



Figur 5: Innhold av Pb i kinakål dyrket i ulik avstand fra veg og ved veger med ulike trafikk tetthet. Data fra Guttormsen og Eriksen (1994).

Resultater fra POLMIT-prosjektet viser stort sett de samme trendene (figur 6). Det aller meste av forurensningene faller ned innenfor 5 meter fra vegen og ved avstand 30 er man nede på bakgrunnsnivå. Dette bekreftes av en rekke utenlandske undersøkelser (for eksempel Zupančić 1999; Schäfer, J. og Puchelt 1998).

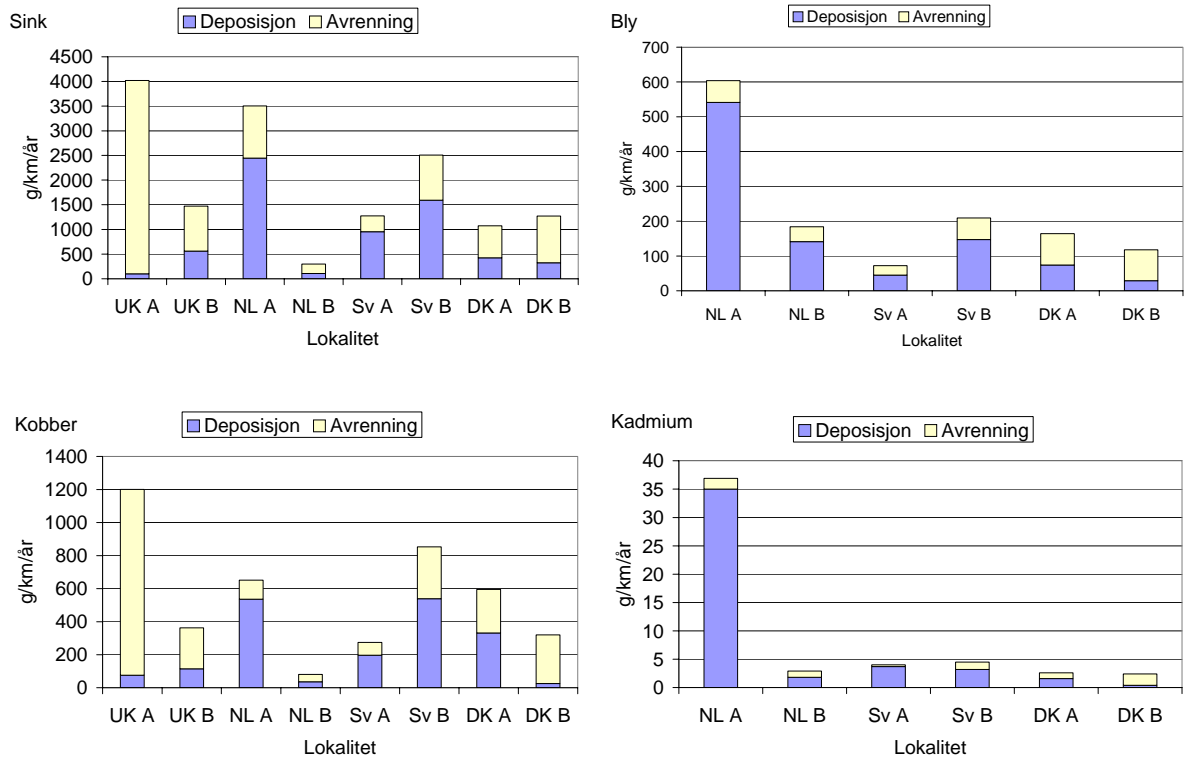
Basert på disse opplysningene synes det klart at arealer utenfor 20 meter fra vegen blir lite påvirket av støvnedfall.



Figur 6: Målt nedfall av Pb, Zn og Cu i ulike avstander fra veg. Data for veg i Danmark med ÅDT 12000 (POLMIT 2002).

## 6.2. Fordeling mellom utslipp til vann og utslipp jord

I EU-prosjektet POLMIT er det målt både avrenning og deposisjon langs vegen. Disse resultatene viser at det er svært stor variasjon mellom ulike lokaliteter når det gjelder disse prosessene (figur 7). Mens avrenning tilsynelatende kan være den dominerende spredningsveien for noen lokaliteter, er deposisjon langs vegen viktigst på andre.



Figur 7: Fordeling mellom målt avrenning og deposisjon langs vegen for Zn, Pb, Cu og Cd ved ulike veger i UK, Nederland, Sverige og Danmark (Kilde: POLMIT 2002).

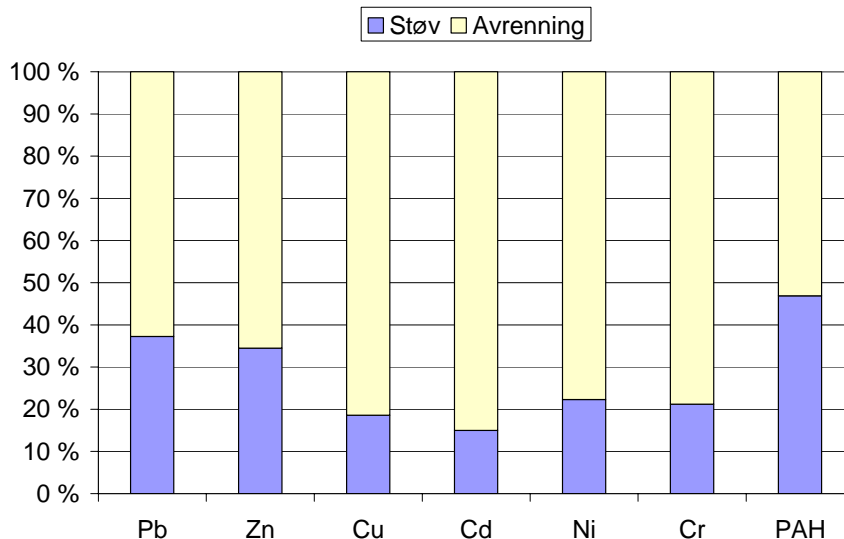
Målt avrenning utgjør i gjennomsnitt for de fleste metaller litt i underkant av 50% av det som spres fra 6 veger som er undersøkt i POLMIT dvs. støvnedfall er i gjennomsnitt viktigere enn avrenningen for disse 6 vegene (her er det valgt de seks vegene som har de mest pålitelige dataene) (tabell 25).

Tabell 24: Prosent avrenning i forhold til målt totalspredning (avrenning+støvnedfall) av metaller fra seks veger undersøkt i EU-prosjektet POLMIT. Kilde: POLMIT 2002.

|    | Middel | Min | Maks |
|----|--------|-----|------|
| Cd | 34     | 5-  | 83   |
| Cr | 51     | 3-  | 96   |
| Cu | 46     | 18- | 92   |
| Pb | 39     | 10- | 75   |
| Zn | 49     | 25- | 75   |

I prosjektet som NIVA gjennomførte i 1980-82 langs E6 nord for Oslo, ble både avrenning og støvnedfall grundig dokumentert. Støvnedfallet er per km veg kan estimeres fra dette materiale ved følgende antagelser (basert på data gitt i figur 3): støvnedfallet per m<sup>2</sup> nærmere enn 6 m fra vegen er likt det målte nedfallet ved avstand 6 m; støvnedfall mellom 6 m og 20 m fra vegen er likt gjennomsnitte for målingene gjort ved disse avstandene; støvnedfallet fra 20 meter er likt bakgrunnen.

En sammenligning av estimert støvnedfall med målte avrenningstall viser at 15-46% av forurensningene fra vegen avsettes som støv nærmere enn 20 meter fra vegen. Andelen støv er størst for PAH og minst for Cd (figur 8).



Figur 8: Målt spredning av forurensninger fra veg gjennom avrenning og støvnedfall langs vegen. Kildedata: Lygren og Gjessing (1984).

Jord har generelt god evne til å binde metaller og PAH. Jord med høyt innhold av organisk materiale, silt og leire har større bindingsevne enn sandjord og grus. Sammensetning av jord som ligger helt inntil vegbanen og som mottar avrenning fra vegen, har derfor stor betydning for transporten av forurensninger med avrenning. Lygren og Gjessing (1984) viste for eksempel at opptil 99 prosent av enkelte organiske mikroforurensninger i vegavrenning kan holdes tilbake i jord som har et høyt innhold av organisk materiale.



### 6.3. Bestemmelse av utslippsfaktorer fra veg til jord

Dataene som er presentert over viser at fordelingen mellom avrenning og nedfall langs vegen varierer svært mye. Denne fordelingen avhenger av mange av de prosessene som er nevnt tidligere for hvordan forurensninger spres fra vegen (nedbørhyppighet og intensitet, vindhastighet og vindfrekvens, trafikk tetthet, type asfaltdekke etc.).

Basert på dataene fra EU-prosjektet POLMIT synes det klart at mengden som avsettes langs veg er betydelig og i gjennomsnitt utgjør avsetning ca. 50 % av det som spres fra veg.

I Norge er forholdene på vegbanen preget av relativt høy fuktighet, lave temperaturer og mye vind. Forholdene er imidlertid ikke vesentlig forskjellige fra de som finnes i Sverige og Danmark. Vi mener derfor at som et utgangspunkt kan mengden forurensninger som spres langs vegen og som ikke når drens- og avløpssystemet, antas å være den samme som den mengden som renner av vegen.

Bare kontinuerlige måledata over tid kan imidlertid bekrefte dette. Det finnes ingen nyere data for mengde miljøgifter som deponeres på jord langs veger i Norge. NILU har de siste årene gjennomført noen målinger av støvnedfall i ulik avstand til veg (for eksempel Hagen *et al.* 2003), men innholdet av ulike metaller i støvnedfallet er ikke målt.

## 7. Verifisering av foreslåtte utslippsfaktorer

### 7.1. Oversikt over prøvelokaliteter og parametere

Parallelt med utarbeidelsen av utslippsfaktorer (basert på eksisterende datamateriale) har det i dette prosjektet blitt foretatt en del målinger for å få flere relevante norske data. Disse dataene er brukt for å verifisere at de foreslåtte utslippsfaktorene er representative for dagens norske forhold. Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord er beregnet på bakgrunn av disse målingene og sammenlignes med de foreslåtte utslippsfaktorene.

Nedenfor er gitt en oversikt over hvor og hvilke undersøkelser som er gjennomført. Figur 9 gir en oversikt over lokaliseringen.

#### 7.1.1. E6 Smihagan-Trosterud

1. Analyse av støvnedfall ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) i ulike avstander til vegen på strekningen mellom Smihagantunnelen og Trosterud på E6
2. Analyse av støv fra vegbane (støvsuging) fra del av strekningen mellom Smihagantunnelen og Trosterud på E6
3. Måling av avrenning fra vegstrekningen sørover fra Smihagantunnelen. Mengde og konsentrasjoner ble målt.

ÅDT i Smihagantunnelen er 27000, mens den i Nordbytunnelen er 25200 (dette er summert trafikkbelastning for både sørgående og nordgående løp).

#### 7.1.2. Nordbytunnelen

I forbindelse med tunnelvask i Nordbytunnelen ble

1. Mengde støv i vegbanen målt og analysert
2. Mengde materiale i sandfang i tunnelen målt og analysert
3. Mengde sedimentert materiale i overvannsbasseng utenfor tunnelen bestemt og analysert

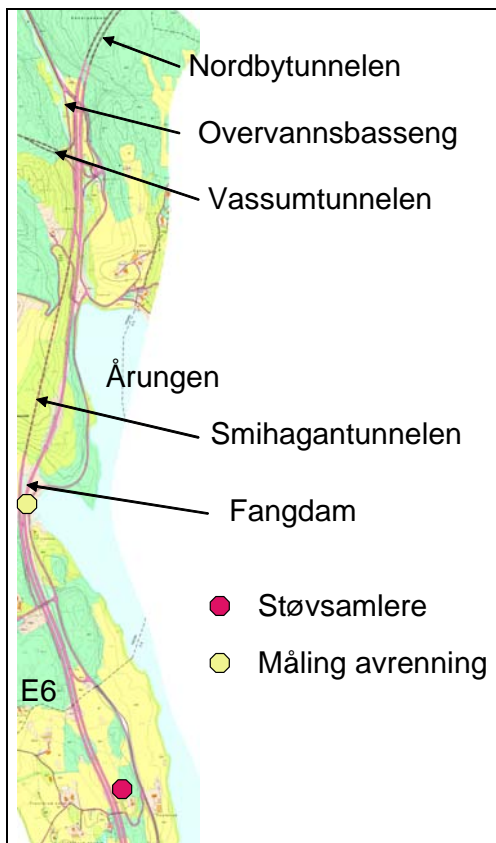
Resultatene fra disse undersøkelsene brukes for å anslå totalproduksjon av forurensninger fra veg.

Tabell 25 gir en oversikt over hvilke analyser som er utført i de ulike undersøkelsene.

Tabell 25: Oversikt over analyser som er utført i ulike undersøkelser i prosjektet.

| Område             | Prøvetype                   | SS/ |   |    |         |          |    |       |      |       |     |    |  |
|--------------------|-----------------------------|-----|---|----|---------|----------|----|-------|------|-------|-----|----|--|
|                    |                             | P   | N | Cl | Tekstur | Metaller | Hg | Pt+Pd | Olje | PAH** | PCB | CB |  |
| E6                 | Støvnedfall langs veg       | 10  |   |    |         |          | 10 |       |      |       |     |    |  |
| Smihagan-Trosterud | Støv fra vegbane            |     |   |    |         |          | 2  |       |      |       | 2   |    |  |
|                    | Avrenning fra veg           | 9   | 9 | 9  | 9       | 9        | 9  | 5     | 6    | 9     | 5   | 5  |  |
|                    | Sediment i fangdam          | 8   | 8 |    | 8       | 8        | 8  |       |      | 8     |     |    |  |
| Nordby-Tunnelen    | Vegstøv i tunnel            | 3   | 3 | 3  | 3       | 3        | 3  |       |      |       |     |    |  |
|                    | Sediment i sandfang         | 1   | 1 | 1  | 1       | 1        | 1  |       |      |       |     |    |  |
|                    | Sediment i overvannsbasseng | 2   | 2 | 2  | 2       | 2        | 2  |       |      | 2     |     |    |  |

\*Metaller: kadmium, bly, kobber, sink, nikkel, krom, kvikksølv; \*\*16 EPA PAH inkl benzo(a)pyren; CB-klorbensener



Figur 9: Oversikt over lokaliteter for støv- og avrenningsmålinger på strekningen E6 Nordbytunnelen-Trosterud.

## 7.2. Analysemetodikk

Totalinnholdet av metaller i vegstøv og sedimenter ble bestemt ved oppløsning i kongevann (kons.saltsyre : kons.salpetersyre 3:1). Bestemmelse av totalinnhold i avrenningsprøver ble gjort etter oppløsning i 10 % HNO<sub>3</sub> i autoklav. Alle avrenningsprøvene ble ristet før prøve ble tatt ut for å inkludere partikler i analysene.

Totalinnholdet av PAH, PCB og klorbenzener ble bestemt etter ekstraksjon med diklormetan. Også i disse analysene ble prøveflaskene ristet før prøveuttak.

Alle analyser ble utført ved Jordforsk Lab og Planteforsk Pesticidlaboratoriet.

## 7.3. Støvnedfall langs E6 Smihagan-Trosterud, Akershus

### 7.3.1. Gjennomføring

Det ble plassert ut støvsamlere i ulik avstand fra vegen (hvit stripe) på denne strekningen i to perioder:

- Høst 2003: 13.oktober – 1.desember (46 dager)
- Vår 2004: 16.mars -27.april (41 dager)

Støvsamlere laget i polyetylen med diameter 0.2 meter og høyde 0.6 meter ble satt opp hhv. 5, 10 og 40 meter fra vegen (hvit stripe). Ved hver av avstandene ble to støvsamlere installert i 2

meters høyde. Våren 2004 ble det ved avstand 5 meter i tillegg satt ut to støvsamlere også ved bakkenivå.

Etter eksponering ble støvsamlerne skylt med salpetersyre slik at løsningen i alle støvsamlerne fikk samme syrestyrke (10% HNO<sub>3</sub>). Det var i utgangspunktet noe forskjellig innhold av nedbør i støvsamlerne. Innholdet av sporelementer ble bestemt ved bruk av ICP-AES, bortsett fra innholdet av Pb og Cd som ble bestemt ved bruk av AAS-grafittovnteknikk.

### 7.3.2. Støvnedfall - mg/m<sup>2</sup>/år

Målt nedfall (g/m<sup>2</sup>/år) i ulik avstand fra vegen (tabell 26) viser at det er en klar gradient fra vegen (5m) og til bakgrunnsområder (40m) for de fleste sporelementer. Det er generelt en klarere gradient fra avstand 5 meter til 10 meter enn fra avstand 10 meter til 40 meter fra vegen.

Sammenlignes nedfallet langs E6 i de to periodene med målt nedfall på Lista i 2002, sees at nedfallet av sjøsaltkomponentene Na og Mg er høyere på Lista. Nedfallet 40 meter fra veg er for Zn, Ni og Cr betydelig høyere enn på Lista, noe som indikerer at partikler fra vegen også spres til denne avstanden. For Cr og Ni er det imidlertid ingen klar gradient fra vegen og ut til 40 meter. Forklaringen på dette kan være at lokalt støv bidrar til høye konsentrasjoner av disse metallene. Det at konsentrasjonene av Ni og Cr ved 40 meter er en faktor 10 høyere enn nedfallet på Lista indikerer at dette er tilfelle.

Det målte nedfallet av Cu, Pb og V ved 40 meter er sammenlignbart med bakgrunnsverdiene fra Lista (tabell 26).

*Tabell 26: Målt årlig nedfall (mg/m<sup>2</sup>/år) av sporelementer i avstand 5 meter, 10 meter og 40 meter fra veg på E6 Smihagantunnelen-Korsegården. Målingene er foretatt ca. 1300 meter sør for Smihagantunnelen.*

| Avst. veg<br>Periode | 5 meter |        |         | 10 meter |        | 40 meter |        | Bakgrunn<br>Lista* |
|----------------------|---------|--------|---------|----------|--------|----------|--------|--------------------|
|                      | høst 03 | vår 04 | vår 04* | høst 03  | Vår 04 | høst 03  | vår 04 |                    |
| Natrium              | 5462    | 589    | 984     | 2122     | 500    | 1048     | 470    | 21059              |
| Kalium               |         | 275    | 684     |          | 204    |          | 1084   | 898                |
| Magnesium            | 492     | 247    | 531     | 224      | 169    | 90       | 217    | 2465               |
| Kalsium              | 1476    | 678    | 1356    | 887      | 436    | 264      | 351    | 1114               |
| Jern                 | 853     | 465    | 1067    | 402      | 340    | 167      | 192    |                    |
| Fosfor               | 69      | 60     | 122     | 31       | 44     | 19       | 362    |                    |
| Svovel               | 611     | 362    | 520     | 486      | 424    | 412      | 655    | 534                |
| Aluminium            | 1058    | 497    | 1116    | 539      | 340    | 215      | 184    |                    |
| Kobber               | 10      | 2,8    | 5,3     | 8,9      | 1,4    | 3,1      | 0,9    | 1,29               |
| Mangan               | 25      | 13     | 28      | 12       | 10     | 5,4      | 6,0    |                    |
| Sink                 | 30      | 32     | 38      | 16       | 23     | 10       | 16     | 6,73               |
| Bly                  | 2,7     | 1,9    | 2,5     | 2,0      | 1,4    | 1,7      | 1,4    | 2,1                |
| Kadmium              |         | 0,07   | 0,11    |          | 0,01   |          | 0,07   | 0,033              |
| Vanadium             | 4,0     | 1,6    | 3,3     | 2,2      | 1,2    | 1,5      | 0,9    | 1,88               |
| Nikkel               | 1,4     | 1,3    | 2,1     | 0,6      | 1,2    | 2,8      | 1,3    | 0,29               |
| Titan                | 178     | 68     | 148     | 82       | 45     | 24       | 18     |                    |
| Krom                 | 2,4     | 1,7    | 1,9     | 28       | 0,8    | 1,7      | 0,8    | 0,16               |
| Kobolt               | 1,8     | 0,6    | 1,2     | 0,8      | 0,6    | 0,6      | 0,7    | 0,022              |
| Barium               | 9,7     | 5,3    | 9,7     | 6,1      | 3,7    | 3,8      | 3,1    |                    |

\* målt ved bakkenivå; \*\* nedfall målt på Lista i 2003 (SFT 2003).

Det ble ikke analysert for PAH i støvprøvene fordi adsorpsjonen til plasten trolig vil gi feilaktige resultater. Egne støvsamlere av rustfritt stål måtte vært brukt dersom PAH og andre organiske komponenter skulle vært målt i støvet.

### 7.3.3. Støvnedfall - g/km/år

Det målte støvnedfallet i ulik avstand fra vegen kan brukes for å estimere den årlige spredningen per km veg (tabell 27). Her er følgende forutsetninger brukt for disse beregningene:

- Det målte nedfallet ved bakkenivå 5m fra vegen er representativt for nedfallet i avstand 0-5m fra vegen.
- Gjennomsnittet av det målte støvnedfallet ved 5m og 10m (2m høyde) fra vegen er representativt for nedfallet i denne sektoren.
- Gjennomsnittet av det målte nedfallet ved 10m og 40m (2m høyde) er representativt for nedfallet i denne avstanden fra vegen.
- Nedfallet utenfor 40 meter fra vegen antas å være lik bakgrunnsnivået.

Tabell 27: Beregnet årlig nedfall (g/km/år) av sporelementer basert på målinger høst 2003 og vår 2004.

|                | Høst 03    | Vår 04     | Middel     | Middel ÅDT 27000 |
|----------------|------------|------------|------------|------------------|
| Natrium        | 121122     | 22194      | 71658      | 143316           |
| Kalium         | -          | 23938      | 23938      | 47876            |
| Magnesium      | 11411      | 9487       | 10449      | 20897            |
| Kalsium        | 37917      | 21367      | 29642      | 59284            |
| Jern           | 20208      | 15334      | 17771      | 35542            |
| Fosfor         | 1696       | 6955       | 4326       | 8651             |
| Svovel         | 22317      | 20744      | 21531      | 43061            |
| Aluminium      | 25895      | 15544      | 20720      | 41440            |
| <b>Kobber</b>  | <b>323</b> | <b>71</b>  | <b>197</b> | <b>394</b>       |
| Mangan         | 595        | 437        | 516        | 1032             |
| <b>Sink</b>    | <b>809</b> | <b>907</b> | <b>858</b> | <b>1716</b>      |
| <b>Bly</b>     | <b>94</b>  | <b>63</b>  | <b>78</b>  | <b>157</b>       |
| <b>Kadmium</b> | -          | <b>2.0</b> | <b>2</b>   | <b>4</b>         |
| Vanadium       | 112        | 55         | 83         | 167              |
| <b>Nikkel</b>  | <b>71</b>  | <b>54</b>  | <b>62</b>  | <b>125</b>       |
| Titan          | 4021       | 1970       | 2995       | 5991             |
| <b>Krom</b>    | <b>549</b> | <b>41</b>  | <b>295</b> | <b>590</b>       |
| Kobolt         | 46         | 28         | 37         | 75               |
| Barium         | 284        | 172        | 228        | 456              |

Tallene i tabell 27 er det beregnede nedfallet på en side av nordgående løp på motorvegen. Støvmengden i beholderne 5 og 10 meter fra vegen vil også være påvirket av sørgående trafikk både ved at støv fra sørgående felt faller direkte i støvsamlerne og ved at det skjer en resuspensjon av støv fra vegbanen i nordgående felt som stammer fra sørgående felt.

Det årlige støvnedfallet for strekningen E6 Smihagantunnelen-Korsegården med ÅDT 27000 er vist i siste kolonne i tabell 27. Her er middelveiden for høst 03 og vår 04 multiplisert med 2 for å ta høyde for to kjøreretninger.

## 7.4. Vegstøv fra E6 Smihagan-Trosterud

Et område av sørgående og nordgående felt av E6 på strekningen Smihagantunnelen-Trosterud (Akershus, Ås kommune) (motorveg kl. A), ble støvsugd 24.oktober 2003 (dvs før

piggdekkelsesongen). Hensikten med dette var å få et bilde av hvilke støvmengder som ligger i vegbanen og sammensetningen av dette.

Konsentrasjonene av sporelementer inkl. tungmetaller, samt PAH i dette vegstøvet er vist i tabell 28.

Tabell 28: Analysedata for vegstøv samlet opp ved bruk av støvsuger på strekningen Smihagan-Korsegården 24.oktober 2003.

|                      |              | Støv vegbane<br>nord | Støv vegbane<br>sør |
|----------------------|--------------|----------------------|---------------------|
| Natrium              | mg/kg        | 892                  | 1010                |
| Kalium               | mg/kg        | 1610                 | 1650                |
| Magnesium            | mg/kg        | 5460                 | 5630                |
| Kalsium              | mg/kg        | 16200                | 14700               |
| Jern                 | mg/kg        | 52200                | 55300               |
| <b>Fosfor</b>        | <b>mg/kg</b> | <b>536</b>           | <b>567</b>          |
| Svovel               | mg/kg        | 783                  | 889                 |
| Aluminium            | mg/kg        | 10400                | 10400               |
| <b>Kobber</b>        | <b>mg/kg</b> | <b>73</b>            | <b>146</b>          |
| Mangan               | mg/kg        | 421                  | 394                 |
| <b>Sink</b>          | <b>mg/kg</b> | <b>241</b>           | <b>229</b>          |
| <b>Bly</b>           | <b>mg/kg</b> | <b>24,9</b>          | <b>12,4</b>         |
| <b>Kadmium</b>       | <b>mg/kg</b> | <b>&lt;0,4</b>       | <b>&lt;0,4</b>      |
| Vanadium             | mg/kg        | 73,5                 | 62,8                |
| <b>Nikkel</b>        | <b>mg/kg</b> | <b>26,4</b>          | <b>27,2</b>         |
| Titan                | mg/kg        | 2990                 | 2480                |
| <b>Krom</b>          | <b>mg/kg</b> | <b>36,5</b>          | <b>68,4</b>         |
| Kobolt               | mg/kg        | 10,5                 | 9,9                 |
| Barium               | mg/kg        | 45,1                 | 119                 |
| Molybden             | mg/kg        | 3,7                  | 3,3                 |
| Arsen                | mg/kg        | <5                   | <5                  |
| Total org.karbon     | % ts         | 1,0                  | 1,1                 |
| pH                   |              | 7,8                  | 7,8                 |
| Naftalen             | mg/kg        | <0,10                | <0,10               |
| Acenaftylene         | mg/kg        | 0,02                 | <0,01               |
| Acenaften            | mg/kg        | <0,10                | <0,10               |
| Fluoren              | mg/kg        | 0,01                 | <0,01               |
| Fenantren            | mg/kg        | 0,12                 | <0,10               |
| Antracen             | mg/kg        | 0,02                 | <0,01               |
| Fluoranten           | mg/kg        | 0,25                 | <0,10               |
| Pyren                | mg/kg        | 0,25                 | 0,11                |
| Benzo(a)antrasen     | mg/kg        | 0,09                 | 0,01                |
| Krysen               | mg/kg        | 0,1                  | 0,05                |
| Benzo(b)fluoranten   | mg/kg        | 0,12                 | 0,05                |
| Benzo(k)fluoranten   | mg/kg        | 0,05                 | <0,01               |
| <b>Benzo(a)pyren</b> | <b>mg/kg</b> | <b>0,12</b>          | <b>0,02</b>         |
| Indeno(1.2.3cd)pyren | mg/kg        | 0,06                 | 0,02                |
| Dibenzo(ah)antracen  | mg/kg        | 0,03                 | 0,01                |
| Benzo(ghi)perylene   | mg/kg        | 0,13                 | 0,08                |
| <b>Sum 16 PAH</b>    | <b>mg/kg</b> | <b>1,39</b>          | <b>0,57</b>         |

Det er vanskelig å bruke de mengdene vegstøv som ble støvsugd fra vegbanen i dette prosjektet til å estimere årlig produsert mengde vegstøv på strekningen. Dersom dette hadde vært ønskelig måtte vegstøv vært samlet inn i flere perioder og nedbørmengde og intensitet

mellom prøvetakingene måtte vært registrert. Videre hadde det vært nødvendig å vite hvor effektiv støvsugingen er til oppsamling av de ulike størrelsesfraksjonene vegstøv.

Den kjemiske og fysiske sammensetningen av vegstøvet blir sammenlignet med innholdet i sedimentasjonsdammen ved Smihagantunnelen (kap. 6.6).

## 7.5. Avrenning fra E6 Smihagan-Trosterud

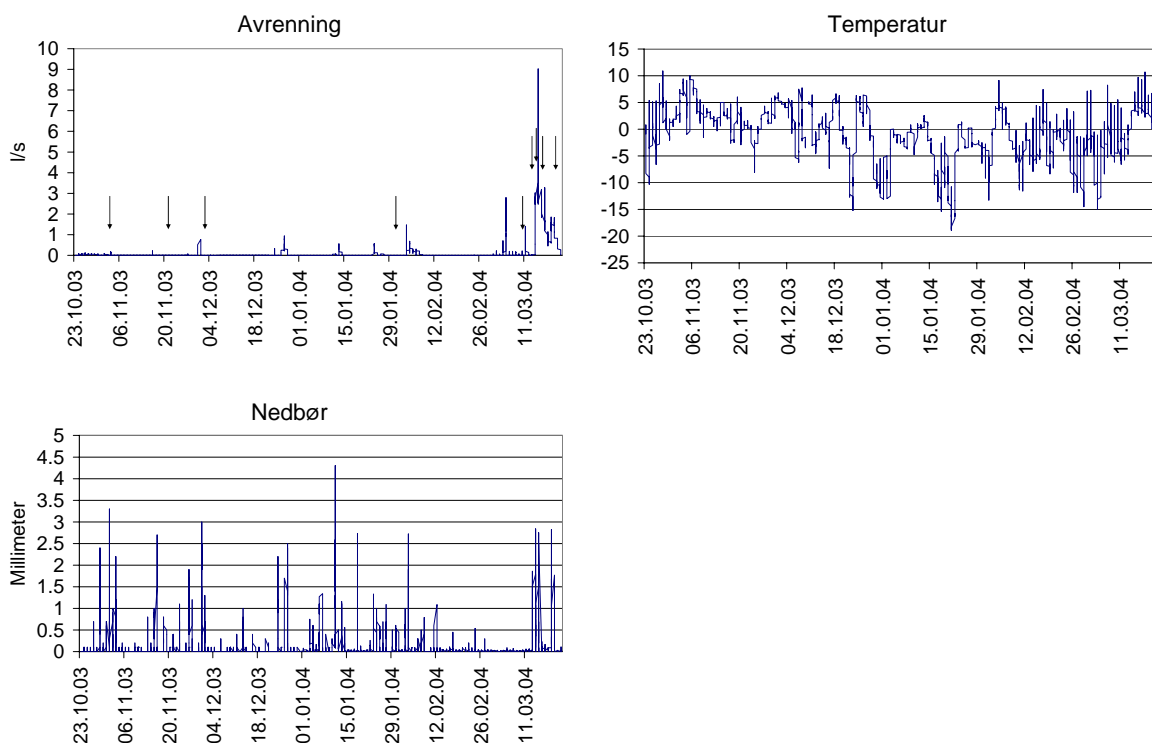
Det ble gjennom perioden oktober 2003 – april 2004 målt avrenning på strekningen fra Smihagan-tunnelen og sørover mot Trosterud (se figur 9).

### 7.5.1. Nedbør og avrenning i måleperioden

Avrenningen ble målt etter installering av en ISCOO vannprøvetaker tilkoblet en trykksonde (ISCOO areal-hastighetssond som måler både vannhastighet og vannhøyde).

Vannføringen ble logget hver time og disse dataene ble brukt til å beregne volumproporsjonal avrenning i perioden.

Meteorologiske parametere registreres hver time ved NLHs klimastasjon på Ås. Data for nedbør og temperatur i perioden 23.oktober 2003 til 22.mars 2004 er vist i figur 10 . Tidspunkter for prøvetaking er angitt i figuren som viser avrenningen (l/s) (figur 10). En oversikt over temperatur, nedbør og avrenning forut for prøvetakingen av avrenning er vist i tabell 29.



Figur 10: Avrenning, temperatur og nedbør i måleperioden 23.oktober 2003-22.mars 2004. Piler viser tidspunkt for prøvetaking av vegavrenning.

Høsten 2003 ble det tatt ut tre avrenningsprøver (tabell 29). Avrenningen i denne perioden var svært liten i forhold til nedbøren (mindre enn 1 %). Gjennomsnittstemperaturen i disse prøvetakingsperiodene var hhv. 1,8, 2,9 og 1,5°C og selv om det i korte perioder var

minusgrader og noe av nedbøren kom som snø, var det forventet en høyere avrenning i dette tidsrommet. Vegstrekningen sørover fra Smihagantunnelen er relativt flat, slik at fordampingen fra vegdekket i perioder kan være betydelig. En annen faktor som bidrar til å redusere avrenningen er at nedbøren renner ut i en gressdekket midtrabatt eller bankett noe som gir rom for absorpsjon av nedbør. Dersom nedbørintensiteten er lav, noe den var i denne perioden, vil dette bidra til kraftig redusert avrenning.

I perioden fra 1.desember 2003 til 1.februar 2004 var det relativt kaldt og i perioder var det frost i dreneringssystemet. Selv om det kom 144mm nedbør i denne perioden (mye som snø), var det ikke mulig å ta ut avrenningsprøve før 1.februar 2004. Avrenning i denne perioden var 1,5 % av nedbøren.

Fra 1.februar til 11.mars var det fortsatt kaldt, men den prosentvise andelen av nedbøren som resulterte i avrenning økte til ca. 9 %. Fra 15-22.mars var det stor snøsmelting og mye nedbør (i alle fall i slutten av perioden) og avrenningen var betydelig større enn nedbøren i deler av denne perioden (tabell 29). På grunn av stor avrenning ble det tatt ut hyppige avrenningsprøver i denne perioden.

Tabell 29: Data for nedbør, temperatur og avrenning for ni avrenningsepisoder

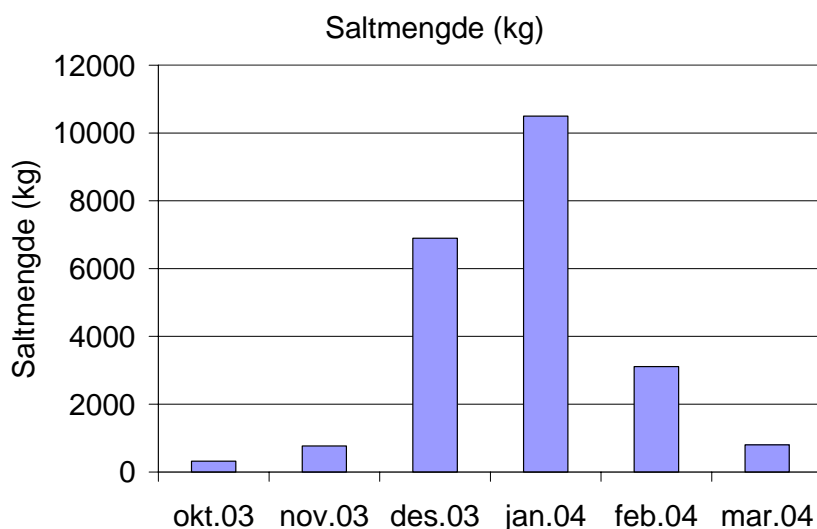
| Avrenningsperiode  | Nedbør    |       |                  | Temperatur   |        | Målt avrenning |                |        |
|--------------------|-----------|-------|------------------|--------------|--------|----------------|----------------|--------|
|                    | Min-maks  | Sum   | Sum              | Min-maks     | Middel | Min-maks       | Sum            | % av   |
|                    | Med mer   | mm    | m <sup>3</sup> * | °C           | °C     | l/s            | m <sup>3</sup> | nedbør |
| 23.10-3.11 2003    | 0-3,3     | 49,2  | 2755             | -10,3 - 10,9 | 1,8    | 0,37-4,1       | 25,7           | 0,9    |
| 3.11-21.11 2003    | 0-2,7     | 29    | 1624             | -2,9 - 10,0  | 2,9    | 0-5,9          | 11,3           | 0,7    |
| 21.11-1.12 2003    | 0-3,0     | 41,7  | 2335             | -8,1 - 6,8   | 1,5    | 0-5,6          | 7              | 0,3    |
| 1.12.2003-1.2.2004 | 0-4,3     | 144   | 8064             | -19 - 7,7    | -2,1   | 0-34,4         | 118            | 1,5    |
| 1.2.04-11.3.2004   | 0-2,7     | 37,3  | 2089             | -15 - 9,1    | -2,1   | 0-78,5         | 194            | 9,3    |
| 11.3.04-15.03.2004 | 0-2,8     | 29,1  | 1630             | -5,8 - 5,4   | 0,25   | 0-123          | 149            | 9,1    |
| 15-16.3 2004       | 0-2,5     | 4,27  | 239,1            | 2,6 - 8,6    | 4,6    |                | 303            | 127    |
| 16-17.3 2004       | 0,02-0,23 | 2,3   | 128,8            | 3,0 - 9,7    | 5,2    |                | 191            | 148    |
| 19-22.3 2004       | 0-2,8     | 18    | 1008             | -1,5 - 10,7  | 3,6    | 42,8-150       | 467            | 46     |
| Sum                |           | 354,9 | 19873            |              |        |                | 1466           | 7,4    |

\*Basert på nedbørfelt 56 daa.



## 7.5.2. Salting i måleperioden

Saltingshyppigheten ble ikke registrert daglig i måleperioden men månedlige data for saltmengder per km er vist i figur 11.



Figur 11: Mengde salt per km som ble brukt på E6 i måleperioden.

Salting av veg foretas først og fremst i forbindelse med snøfall dvs. i den kaldeste perioden av året. Saltingsintensiteten på E6 var størst i desember og januar.

## 7.5.3. Konsentrasjoner i vegavrenning

Konsentrasjonene i avrenningen varierer betydelig over tid (tabell 30) og er høyest i snøsmelteperioden (11.3-22.3) for de fleste forurensningskomponentene. Dette skyldes som tidligere nevnt at forurensninger lagres i snødekket og renner av ettersom dette smelter. Dette gjelder også for en svært mobil forurensning som salt. De største mengdene salt ble tilført i desember og januar, mens det meste av dette renner bort i mars.

Høye konsentrasjoner, kombinert med store mengder avrenning, kan medføre vesentlig negativ effekt på akvatiske organismer.

Tabell 30: Konsentrasjoner av metaller, fosfor, nitrogen, olje, sum16PAH og benzo(a)pyren i avrenningsprøver fra E6 Smihagan fra perioden oktober 2003-mars 2004.

|   |      | 2003  |        |       | 2004  |       |       |       |       |          | Aritm. middel | Veid middel |
|---|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|---------------|-------------|
|   |      | 3.11. | 21.11. | 1.12. | 1.2.  | 11.3. | 15.3. | 16.3. | 17.3. | 19-22.3. |               |             |
| Bly   | µg/l | 3     | 4,9    | 4,7   | <0,5  | 3,2   | 4,8   | 6,6   | 7,4   | 6,6      | 5,2           | 5,47        |
| Kobber  | µg/l | 37,6  | 24,4   | 11,7  | 7,6   | <4,0  | 12    | 4,1   | 9,8   | 41,6     | 18,6          | 18,4        |
| Sink  | µg/l | 219   | 57,3   | 41    | 7,6   | 293   | 165   | 145   | 155   | 108      | 132           | 145         |
| Kadmium   | µg/l | 0,85  | 0,1    | 0,08  | <0,05 | 1,1   | 4,5   | 0,2   | 0,1   | 0,18     | 0,89          | 0,73        |
| Krom  | µg/l | 6,8   | 15,3   | 12,9  | 4,4   | 17,9  | 8,9   | 8,2   | 9,1   | 10       | 10            | 10,0        |
| Nikkel  | µg/l | 41,8  | 16,9   | 10,8  | <6,0  | 13,4  | <6,0  | <6,0  | 8,2   | 11       | 17            | 8,4         |
| Kvikksølv                                       | µg/l |       | <0,05  | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05    | <0,05         | 0,03        |
| Fosfor  | mg/l | 0,22  | 0,16   | 0,153 | 0,34  | 0,183 | 0,216 | 0,262 | 0,273 | 0,225    | 0,22          | 0,24        |
| Nitrogen  | mg/l | 3,24  | 1,86   | 1,75  | 1,49  | 0,58  | 1,27  | 0,83  | 0,68  | 1,19     | 1,43          | 1,04        |
| Susp. stoff                                     | mg/l |       | 112    | 90    | 40    | 56    | 91    | 116   | 130   | 124      | 92            | 103         |
| Total olje (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )  | mg/l |       | 0,25   |       |       | 1,27  | 2,37  | 3,13  | 3,34  | 1,63     | 2,00          | 2,24        |
| Upolar olje (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) | mg/l |       | 0,23   |       |       | 0,59  | 1,44  | 1,57  | 1,87  | 0,87     | 1,10          | 1,19        |
| Sum 16 PAH                                      | µg/l |       | 0,14   |       |       | 0,3   | 0,82  | 0,95  | 1,23  | 0,93     | 0,73          | 0,87        |
| B(a)pyren                                       | µg/l |       | <0,01  |       |       | <0,01 | 0,03  | 0,03  | 0,04  | 0,03     | 0,033         | 0,03        |
| Klorid  | µg/l | 61,5  | 104    | 183   | 119   | 107   | 3170  | 130   | 119   | 144      | 122           | 437         |
| Platina   | µg/l |       |        |       |       | <0,08 | <0,08 | <0,08 | <0,08 | 0,18     | 0,18          | 0,09        |
| Paladium  | µg/l |       |        |       |       | 0,16  | 0,65  | 0,58  | 0,44  | 0,32     | 0,43          | 0,41        |
| PCB   | µg/l |       |        |       |       | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01    | <0,01         | 0,004       |
| Klorbenzener*                                   | µg/l |       |        |       |       | 6,7   | 6,3   | 6,2   | 5,5   | 0,11     | 4,96          | 4,00        |

\*Prøvene ble analysert for 1,4-diklorbenzen, 1,2,4-triklorbenzen, 1,3,5-triklorbenzen, pentaklorbenzen og heksaklorbenzen. Det ble kun funnet 1,2,4-triklorbenzen i prøvene.

\*\*Ved beregning av middelverdier ble 50 % av deteksjonsgrensen brukt.

#### 7.5.4. Mengde vegavrenning per km/år

Ved å bruke data for konsentrasjoner i avrenning (tabell 30) og avrenningsflow (tabell 29) kan mengden avrenning i perioden estimeres. For å estimere den årlige avrenningen kan man beregne gjennomsnittlig daglig avrenning og bruke dette for å anslå avrenning i de dagene hvor avrenning ikke er målt. Dette vil være et grovt estimat på avrenning i perioden april-oktober. Da prosentvis avrenning av nedbør vil variere som funksjon av bl.a. lufttemperatur, bakketemperatur, solinnstråling, nedbørintensitet og tidsrom mellom nedbørepisoder, vil denne prosenten variere betydelig fra år til år på samme vegstrekning. Avrenningsintensiteten kan forventes å være mindre i perioden april-oktober på grunn av høyere bakke- og lufttemperaturer. På den annen side kan nedbørintensiteten være stor i sommermånedene, noe som kan øke avrenningen.

Prøver og analyser av avrenningen ble foretatt i 150 dager. Bruk av disse dataene for å beregne årlig avrenning per km veg vil nødvendigvis medføre antagelser som gjør beregningene usikre. Middelkonsentrasjonen kan vektas på bakgrunn av antall dager hvor avrenningen er målt (dvs. multipliseres med 365/150) eller på basis hvor stor andel av årsnedbøren (708mm) som er kommet i måleperioden (708/355). Disse beregningsmåtene gir noe forskjellig årsavrenning (tabell 31).

Tabell 31: Beregnet årlig avrenning (g/km/år) fra E6 Smihagantunnelen-Trosterud basert på målte avrenningsdata fra perioden 23.oktober 2003 til 22.mars 2004.

|                    | Tidsperiode<br>g/km/år | Årsnedbør<br>g/km/år |
|--------------------|------------------------|----------------------|
| Bly                | 15                     | 12                   |
| Kobber             | 50                     | 41                   |
| Sink               | 398                    | 327                  |
| Kadmium            | 2                      | 2                    |
| Krom               | 27                     | 22                   |
| Nikkel             | 23                     | 19                   |
| Kvikksolv          | 0,07                   | 0,06                 |
| Fosfor             | 661                    | 541                  |
| Nitrogen           | 2866                   | 2349                 |
| Suspendert stoff   | 278756                 | 228469               |
| Hydrokarb. C10-C40 | 5522                   | 4525                 |
| Sum 16 PAH         | 2,13                   | 1,75                 |
| Benso(a)pyren      | 0,07                   | 0,06                 |

Beregnet årlig avrenningen fra E6 Smihagan-Trosterud er betydelig lavere enn det som ble beregnet for E6 Skullerud. Dette skyldes ikke mindre årsnedbør, men langt lavere avrenning. Det er grunn til å se nærmere på avrenning fra vegarealer uten sørlig helning og med vegetasjonsdekte side- og midtrabatter.

## 7.6. Sedimenter i fangdam ved Smihagantunnelen

I oktober 2003 ble det tatt prøver av sedimenter fra fangdam ved Smihagantunnelen (se figur 9). Prøver ble tatt ut i ulik lengde fra innløp og i ulike tykkelser (tabell 32). Hensikten var å generere data som kunne brukes for å beregne den årlige transporten av forurensninger fra E6 per km veg.

Det er en tendens til at konsentrasjonene av metaller øker fra innløp mot 50-70m (tabell 32). Samtidig øker andelen fin silt og leire med økende avstand fra innløpet fordi disse partiklene transporteres lengst. Dette forklarer også den økende konsentrasjonen av metaller i sedimentet (mer finstoff). Den samme gradienten finnes for PAH (10, 15 og 50 meter, 70 meter stemmer mindre bra).

Det er en tendens til at konsentrasjonen av metaller og PAH er høyere i de øverste sedimentene (sammenlign konsentrasjoner ved ulike dybder ved 25 og 70 meter). Årsaken kan være at de dypeste sedimentene inneholder mer jordlignende materiale som stammer fra tidlig driftsfase av vegen før vegetasjonen ble skikkelig etablert.

Tabell 32: Sammensetning av sedimenter fra fangdam ved Smihagantunnelen. Enhet: mg/kg (TOC og Tot-N: %). (Avstand-avstand fra innløp fangdam)

| Avstand fra innløp (m) | 10    | 15    | 25    | 25    | 40    | 40   | 50    | 70    | 70    |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Dybde (cm)             | 0-8   | 0-10  | 0-2   | 2-6   | 0-2   | 2-4  | 0-3   | 0-2   | 2-5   |
| Natrium                | 288   | 442   | 527   | 394   | 463   |      | 613   | 523   | 354   |
| Kalium                 | 2620  | 4660  | 5470  | 4810  | 5650  |      | 5290  | 5790  | 4560  |
| Magnesium              | 4820  | 6070  | 7380  | 6300  | 7380  |      | 7320  | 7160  | 6210  |
| Kalsium                | 5190  | 6490  | 7940  | 6540  | 7820  |      | 7540  | 8490  | 5980  |
| Jern                   | 25100 | 29900 | 32400 | 30500 | 33700 |      | 37600 | 40200 | 31200 |
| Fosfor                 | 729   | 754   | 731   | 758   | 772   |      | 795   | 803   | 732   |
| Svovel                 | 366   | 249   | 493   | 164   | 385   |      | 750   | 533   | 152   |
| Aluminium              | 15000 | 21900 | 26100 | 22500 | 26400 |      | 26500 | 26700 | 22000 |
| Kobber                 | 21,9  | 22,5  | 27    | 21,6  | 27,4  |      | 39,9  | 33,1  | 21,6  |
| Mangan                 | 375   | 426   | 442   | 417   | 473   |      | 602   | 2450  | 581   |
| Sink                   | 85,9  | 86,2  | 116   | 83,5  | 112   |      | 168   | 127   | 83,3  |
| Bly                    | 12,6  | 17,4  | 22    | 11,5  | 15,6  |      | 18,5  | 16,1  | 14,6  |
| Kadmium                | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   |      | 0,4   | 0,4   | 0,4   |
| Vanadium               | 43,5  | 59,5  | 65,7  | 62,1  | 62,2  |      | 75,7  | 72,4  | 59,8  |
| Nikkel                 | 34,8  | 50,8  | 46,5  | 55,9  | 58,1  |      | 84,9  | 69,6  | 42,9  |
| Titan                  | 757   | 1250  | 1310  | 1320  | 1200  |      | 1500  | 1320  | 1200  |
| Krom                   | 30,4  | 57,2  | 51,1  | 67,4  | 63,2  |      | 116   | 83,1  | 39,2  |
| Kobolt                 | 10,3  | 10,8  | 11,1  | 10,6  | 11,9  |      | 12,8  | 14,1  | 10,4  |
| Barium                 | 99    | 153   | 173   | 158   | 179   |      | 193   | 224   | 162   |
| Molybden               | 1,5   | <1,5  | <1,5  | <1,5  | <1,5  |      | 3,3   | 1,7   | 3,1   |
| Arsen                  | <5    | <5    | 7,7   | <5    | 6,6   |      | <5    | <5    | 8,1   |
| Total org.karbon       | 2,4   | 1,2   | 1,8   | 0,8   | 1,7   |      | 3,1   | 2,7   | 0,7   |
| Nitrogen               | 0,12  | 0,08  |       | 0,05  | 0,12  |      |       | 0,18  | 0,05  |
| pH                     | 7     | 7,6   | 7,8   | 7,9   | 7,7   |      | 7,2   | 7,5   | 7,8   |
| Tørrstoff              | 67,2  | 65,3  | 60,7  | 77,6  | 58,3  | 75,3 | 50,9  | 49,5  | 78    |
| Naftalen               | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |      | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Acenaftylen            | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | 0,01  | <0,01 | <0,01 |
| Acenaften              | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |      | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Fluoren                | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Fenantren              | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |      | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Antracen               | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Fluoranten             | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |      | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Pyren                  | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |      | 0,1   | <0,10 | <0,10 |
| Benzo(a)antrasen       | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | 0,01  | <0,01 | <0,01 |
| Krysen                 | 0,02  | 0,01  | 0,02  | <0,01 | 0,01  |      | 0,04  | 0,01  | <0,01 |
| Benzo(b)fluoranten     | 0,02  | 0,02  | 0,03  | 0,01  | 0,02  |      | 0,04  | 0,02  | <0,01 |
| Benzo(k)fluoranten     | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Benso(a)pyren          | 0,01  | 0,02  | 0,01  | <0,01 | 0,01  |      | 0,02  | 0,01  | <0,01 |
| Indeno(1.2.3cd)pyren   | 0,01  | 0,01  | 0,02  | <0,01 | 0,01  |      | 0,03  | 0,01  | <0,01 |
| Dibenzo(ah)antracen    | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |      | 0,02  | <0,01 | <0,01 |
| Benzo(ghi)perylene     | 0,04  | 0,03  | 0,05  | 0,02  | 0,04  |      | 0,11  | 0,04  | 0,02  |
| Sum 16 PAH             | 0,17  | 0,21  | 0,20  | 0,11  | 0,17  |      | 0,46  | 0,15  | 0,09  |

Tabell 33: Korn sammensetning av sedimentprøver fra fangdam Smihagantunnelen.

| Avstand (m)         | Dybde (cm) | 2-0.6 | 0.6-0.2 | 0.2-0.06 | 0.06-0.02 | 0.02-0.006 | 0.006-0.002 | 0.002 |
|---------------------|------------|-------|---------|----------|-----------|------------|-------------|-------|
| 10                  | 0-8        | 0.8   | 4.0     | 22.0     | 24.0      | 18.8       | 10.6        | 19.7  |
| 15                  | 0-10       | 0.1   | 0.3     | 9.2      | 25.0      | 25.4       | 15.8        | 24.2  |
| 25                  | 0-2        | 0.0   | 0.1     | 2.5      | 15.9      | 30.7       | 20.3        | 30.5  |
| 25                  | 2-6        | 0.0   | 0.0     | 2.7      | 20.9      | 30.8       | 18.9        | 26.7  |
| 40                  | 0-2        | 0.0   | 0.4     | 1.1      | 10.2      | 29.5       | 24.3        | 34.5  |
| 50                  | 0-3        | 0.7   | 0.7     | 4.3      | 11.1      | 22.2       | 22.4        | 38.6  |
| 70                  | 0-2        | 0.1   | 0.4     | 4.8      | 12.9      | 23.7       | 24.1        | 33.9  |
| 70                  | 2-5        | 3.3   | 3.9     | 6.0      | 15.1      | 26.9       | 18.3        | 26.5  |
| Støv vegbane - nord |            | 45.5  | 33.4    | 12.8     | 4.1       | 1.2        | 0.6         | 2.3   |
| Støv vegbane - sør  |            | 37.0  | 36.2    | 17.1     | 5.2       | 1.5        | 0.8         | 2.3   |

Sedimentene i fangdammen består av betydelig finere materiale enn vegstøvet som ble støvsugd fra den samme vegstrekningen (E6 Smihagan-Trosterud). Dette skyldes at de groveste partiklene i vegbanen ikke transporteres med avrenningen til fangdammen. Det skjer mao en sterk grad av fraksjonering av de partiklene som ligger i vegbanen når disse transporteres fra vegen. Vegstøvet består av mer enn 90 % sand. Sedimentet i rensedammen inneholder bare svært små mengder sand av de to groveste fraksjonene og innholdet av den fineste sandfraksjonen (0.2-0.06 millimeter) avtar kraftig i økende avstand til innløpet. Mens vegstøvet består av kun 6-7 % silt og 2,3 % leire, består sedimentene i dammen av 50-70% silt og 20-40 % leire. Forskjellen i metallkonsentrasjoner skyldes trolig også mindre grad av utvaskingen fra partiklene fra vegbanen i forhold til de som er sedimentert i dammen og at nedbrytningen av PAH har vært mindre i støvet fra vegbanen (pga kortere oppholdstid enn i rensedammen). På grunn av større relativ overflate for binding av forurensninger er konsentrasjonene av forurensninger normalt høyere i prøver med silt og leire enn i prøver med grovere materiale (sandige materialer).

Disse resultatene illustrerer at det kan være store forskjeller på totalproduksjonen av forurensninger fra vegtrafikk og den mengden som transporteres med vann til resipient.

I beregningene av årlig transportert mengde forurensning fra vegen ble alt sedimentert materiale (topp-bunn) fram til utløpet ved 70 meter inkludert. Sammen med konsentrasjonsdata for sedimentene, areal av fangdam og målt tetthet for sedimentene, er mengde metaller, næringsstoffer og PAH som er generert per km veg og år beregnet (tabell 34).

Tabell 34: Beregnet tilførsel av ulike metaller og PAH til fangdam ved Smihagantunnelen.

| Parameter     | g/km/år |
|---------------|---------|
| Natrium       | 1579    |
| Kalium        | 17626   |
| Magnesium     | 24223   |
| Kalsium       | 25473   |
| Jern          | 120449  |
| Fosfor        | 2876    |
| Svovel        | 1264    |
| Aluminium     | 85366   |
| Kobber        | 96      |
| Mangan        | 2534    |
| Sink          | 381     |
| Bly           | 58      |
| Kadmium       | 1.5     |
| Vanadium      | 228     |
| Nikkel        | 197     |
| Titan         | 4468    |
| Krom          | 214     |
| Kobolt        | 43      |
| Barium        | 610     |
| Nitrogen      | 3669    |
| Benso(a)pyren | 0.04    |
| Sum 16 PAH    | 0.64    |

Det er grunn til å anta at det skjer en betydelig nedbrytning av organiske forbindelser i sedimentene i fangdammen fordi sedimentene ligger grunt. Store deler av året ligger de også eksponert for direkte sollys. Stort sett aerobe forhold og tilgang på en del næringsstoffer fra avrenningen gjør at nedbrytningen i sedimentene vil være god.

## 7.7. Samlet målt utslipp av forurensninger fra E6 Smihagan-Trosterud

På strekningen E6 Smihagan-Trosterud er det som vist målt både støvnedfall, avrenning og sedimenterte partikler i fangdam over tid. Som vist ved sammenligning av data for totalproduksjon og faktisk målte data for spredning til vann og jord, er det vanligvis stort sprik mellom beregnet totalproduksjon og målte utslippsdata.

På strekningen E6 Smihagan-Trosterud er det beregnede støvnedfallet langs vegen betydelig større enn avrenningen (tabell 35) (for de parametrene hvor det finnes data for begge prosessene). Hvorvidt dette er et generelt trekk på denne strekningen, eller skyldes at avrenningen i perioden oktober 2003-mars 2004 var spesielt lav, er usikkert. Variasjoner i værforhold vil påvirke både støvnedfall og avrenning. Vedvarende tørt vær med lite eller periodevis bare små nedbørmengder vil øke støvnedfallet og redusere avrenningen, mens våtere værforhold vil ha den motsatte effekten. Dette varierer som kjent fra år til år.

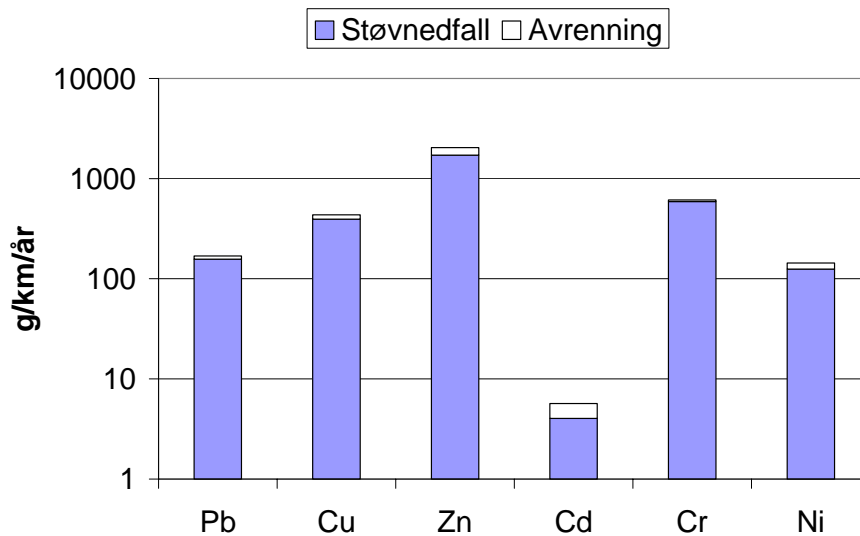
Tabell 35: Beregnet støvnedfall, avrenning og sedimentert materiale i fangdam langs E6 Smihagan-Trosterud. Enhet: g/km/år.

|                    | Pb  | Cu  | Zn   | Cd   | Cr  | Ni  | Hg   | P    | N    | SS      | Olje | PAH  | BaP  |
|--------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|---------|------|------|------|
| <b>Støvnedfall</b> | 157 | 394 | 1716 | 4,03 | 590 | 125 |      | 8651 |      |         |      |      |      |
| <b>Avrenning</b>   | 12  | 41  | 327  | 1,65 | 22  | 19  | 0,06 | 541  | 2349 | 228469  | 4525 | 1,7  | 0,06 |
| <b>Fangdam*</b>    | 69  | 120 | 457  | 1,9  | 214 | 197 |      | 2876 | 3669 | 3814286 |      | 0,80 | 0,05 |

\*I disse tallene er det antatt en rensegrad i fangdammen på 80 % for Pb og Zn, 75% for de andre parametrene.

Betydelig større mengder forurensning i fangdam sammenlignet med avrenningen indikerer også at avrenningstallene for perioden oktober 2003-mars 2004 er spesielt lav. I tillegg til lav avrenning i perioden, kan en del av årsaken være at bare en liten del av partiklene i avrenningen blir samlet opp i prøvene som er analysert. I og med at konsentrasjonene av forurensninger i avrenningen synes å være fornuftige i forhold til andre nyere data (for eksempel E6 Skullerud og StormTac for en del parametre), er dette mindre sannsynlig.

Forholdet mellom støvnedfall og avrenning (figur 12) varierer fra parameter til parameter. For Cd utgjør avrenningen 40 % av støvnedfallet på denne strekningen i måleperioden, mens det for Cr utgjør bare 3,7 %.



Figur 12: Fordeling mellom avrenning og støvnedfall langs E6 Smihagan-Trosterud. Basert på målinger høsten 2003 og vår 2004.

## 7.8. Totalutslipp Nordbytunnelen

Da Nordbytunnelen er en del av samme vegstrekning som E6 Smihagan-Trosterud kan utslippsdata fra denne tunnelen være gunstig for å anslå totalproduksjonen av forurensninger på denne strekningen. I forbindelse med tunnelvask i Nordbytunnelen ble derfor følgende aktiviteter gjennomført:

1. Mengde støv i vegbanen ble kvantifisert og analysert kjemisk og fysisk
2. Mengde materiale i sandfang i tunnelen ble kvantifisert og analysert kjemisk og fysisk
3. Mengde sedimentert materiale i overvannsbasseng utenfor tunnelen ble målt og analysert kjemisk og fysisk

Resultatene fra disse undersøkelsene sammenlignes med beregnede data for totalproduksjon (kap. 3).

I forbindelse med vasking av Nordby-tunnelen ble vegbanen spylt og vegstøv kostet inn i en feiebil. Mengde oppsamlet støv ble bestemt og støvet ble analysert for sporelementer inkl. tungmetaller, PAH og olje.

Feiebilten som brukes for å ta opp vegstøv i forbindelse med tunnelvask (16. desember 2003) samlet opp  $3\text{ m}^3$  støv i løpet av vasken (2 vegbaner, 1 tunnellop). For hele tunnelen blir dette  $6\text{ m}^3$ . For 6 vasker (5 veggvasker, 1 hovedvask, antar samme mengde vegstøv i alle perioder) blir dette  $36\text{ m}^3$  og med egenvekt på 1,5 blir dette 54 000 kg per år. I og med at feiebilten bruker noe vann som øker mobiliteten til de minste partiklene og samtidig har en svært effektiv kosting, antas dette og gi et riktig bilde av hvilke støvmengder som fjernes fra vegbanen.

Vegstøv/sediment i sandfangene i tunnelen (et løp) ble samlet opp ved bruk av spylebil, veid og det ble tatt ut prøve for analyse. Totalt ble  $3\text{ m}^3$  sediment hentet ut fra sandfangene. Spyling av sandfang foregår en gang per år. For hele tunnelen blir dette  $6\text{ m}^3$ . Med egenvekt på 1,5, blir dette 9 000 kg per år.

Mengde og sammensetning av sedimentert materiale i sedimentasjonsbasseng og hovedbasseng som mottar vaskevann fra Nordbytunnelen ble bestemt etter tømning av bassengene med slamsuger og prøvetaking av slammet (10. oktober 2003). Mengde sedimentert materiale i sedimentasjonsdammen ble målt til 10 000 kg, mens mengden i hoveddammen ble målt til 5000 kg. Dette representerer sedimentert materiale gjennom hele levetiden til anlegget dvs. 3,5 år.

Konsentrasjonene av forurensninger i vegstøv og sandfang fra Nordbytunnelen, samt konsentrasjoner i sedimentene i sedimentasjonsdam og hoveddam i behandlingsanlegget, er vist i tabell 36.



Tabell 36: Innhold av sproelementer inkl. tungmetaller, næringsstoffer, PAH og olje i vegstøv og sandfang fra Nordbytunnelen (prøver tatt 16. desember 2003) og i sedimenter fra sedimentasjonsdam og hoveddam i behandlingsanlegget (prøver tatt 10. oktober 2003). Enhet: mg/kg.

|   | Vegstøv          | Sandfang         | Sed.dam         | Hoveddam        |
|---|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Natrium                                     | 1330             | 1580             | 1030            | 1070            |
| Kalium                                      | 1770             | 2020             | 3420            | 3770            |
| Magnesium                                   | 5090             | 4850             | 9150            | 10000           |
| Kalsium                                     | 19200            | 39700            | 18900           | 10800           |
| Jern  | 28500            | 24200            | 35900           | 34800           |
| <b>Fosfor</b>                               | <b>666</b>       | <b>770</b>       | <b>954</b>      | <b>956</b>      |
| Svovel                                      | 2250             | 2810             | 2860            | 4310            |
| Aluminium                                   | 10900            | 10900            | 19600           | 22600           |
| <b>Kobber</b>                               | <b>49.9</b>      | <b>54.2</b>      | <b>86.1</b>     | <b>96.4</b>     |
| Mangan                                      | 323              | 299              | 489             | 492             |
| <b>Sink</b>                                 | <b>974</b>       | <b>448</b>       | <b>741</b>      | <b>1060</b>     |
| <b>Bly</b>                                  | <b>8</b>         | <b>21,2</b>      | <b>29.8</b>     | <b>27.8</b>     |
| <b>Kadmium</b>                              | <b>&lt;0,4</b>   | <b>0,6</b>       | <b>&lt;0,4</b>  | <b>0,5</b>      |
| Vanadium                                    | 43,4             | 44,3             | 84,1            | 80,6            |
| <b>Nikkel</b>                               | <b>15,2</b>      | <b>17</b>        | <b>40,4</b>     | <b>40</b>       |
| Titan                                       | 1670             | 1830             | 2580            | 1850            |
| <b>Krom</b>                                 | <b>18,8</b>      | <b>26,2</b>      | <b>39,1</b>     | <b>44,1</b>     |
| Kobolt                                      | 7,2              | 6,1              | 16,5            | 18,7            |
| Barium                                      | 46,5             | 57,8             | 123             | 135             |
| Molybden                                    | 2,2              | 3,9              | 3,2             | 5,4             |
| Arsen                                       | <5               | 6,1              | <5              | <5              |
| <b>Nitrogen (%)</b>                         | <b>0,05</b>      | <b>0,06</b>      |                 |                 |
| Total org.karbon (%)                        | 2,5              | 7,3              | 7,3             | 6,9             |
| pH  | 8,3              | 8,4              | 7,7             | 6,5             |
| <b>Kvikksolv</b>                            | <b>&lt;0,015</b> | <b>&lt;0,015</b> | <b>0,064</b>    | <b>0,054</b>    |
| Klorid                                      | 1180             | 476              |                 |                 |
| Naftalen                                    | <0,10            | <0,10            | <0,10           | 0,11            |
| Acenaftylen                                 | 0,03             | 0,05             | 0,03            | 0,02            |
| Acenaften                                   | <0,10            | <0,10            | <0,10           | <0,01           |
| Fluoren                                     | 0,06             | 0,26             | 0,09            | 0,03            |
| Fenantren                                   | 0,37             | 0,85             | 0,5             | 0,11            |
| Antracen                                    | 0,03             | 0,17             | 0,03            | 0,02            |
| Fluoranten                                  | 0,26             | 0,76             | 0,64            | <0,10           |
| Pyren                                       | 0,41             | 1,07             | 1,16            | 0,49            |
| Benzo(a)antrasen                            | 0,07             | 0,11             | 0,1             | 0,03            |
| Krysen                                      | 0,15             | 0,23             | 0,31            | 0,18            |
| Benzo(b)fluoranten                          | 0,10             | 0,16             | <0,01           | <0,01           |
| Benzo(k)fluoranten                          | 0,05             | 0,06             | <0,01           | <0,01           |
| <b>Benzo(a)pyren</b>                        | <b>0,06</b>      | <b>0,09</b>      | <b>&lt;0,01</b> | <b>&lt;0,01</b> |
| Indeno(1.2.3cd)pyren                        | 0,03             | 0,06             | <0,01           | <0,01           |
| Dibenzo(ah)antracen                         | 0,02             | 0,02             | <0,01           | <0,01           |
| Benzo(ghi)perylene                          | 0,13             | 0,25             | <0,01           | <0,01           |
| <b>Sum 16 PAH</b>                           | <b>1,86</b>      | <b>4,24</b>      | <b>2,93</b>     | <b>1,02</b>     |
| <b>Olje (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>)</b> | <b>3110</b>      | <b>5740</b>      |                 |                 |

Sedimentene i sedimentasjonsdammen og i hovedbassenget i behandlingsanlegget inneholder langt mer silt og leire enn materialet fra tunnelen (tabell 37). Dette viser at det i stor grad er sandfraksjonen som blir liggende igjen i sandfangene, mens de fineste partiklene transporteres ut med vaskevannet og sedimenterer i behandlingsanlegget.

Tabell 37: Størrelsesfordeling av partikler i vegstøv og sandfang fra Nordbyttunnelen (prøver tatt 16. desember 2003) og i sedimenter fra sedimentasjonsdam og hoveddam i behandlingsanlegget (prøver tatt 10. oktober 2003).

|                   | Størrelsesfraksjon (millimeter) |         |          |           |            |             |        |
|-------------------|---------------------------------|---------|----------|-----------|------------|-------------|--------|
|                   | 2-0,6                           | 0,6-0,2 | 0,2-0,06 | 0,06-0,02 | 0,02-0,006 | 0,006-0,002 | <0,002 |
| Sedimentasjonsdam | 0.1                             | 2.7     | 17       | 24.3      | 26.8       | 16          | 13.1   |
| Hovedbasseng      | 11.9                            | 10.4    | 4.1      | 5.5       | 18.3       | 25.6        | 24.1   |
| Vegstøv tunnel    | 20.1                            | 27.4    | 27.1     | 15.5      | 5.5        | 1.5         | 2.8    |
| Sandfang          | 6.5                             | 26.3    | 50.2     | 10.5      | 2.3        | 1.6         | 2.6    |

Konsentrasjonene i vegstøv, sandfang og i sedimentene i behandlingsanlegget (tabell 36) er sammen med angitte mengder av de ulike materialene (se over) brukt for å beregne total produksjon av forurensninger per km veg i Nordbyttunnelen (tabell 38). Disse tallene representerer totalmengde forurensning per km veg dersom det sees bort ifra den mengden som transporteres ut av tunnelen via luftstrømmer og ventilasjon. Målinger både fra Sverige (Sternbeck et al. 2001) og Norge (for eksempel Haugsbakk 2002) viser at betydelige mengder forurensning forsvinner gjennom tunnelåpningen fra tunneler med stor trafikk tetthet.

Tabell 38: Mengde forurensningskomponenter som produseres i Nordbyttunnelen gjennom et år (g/km). Tallene gjelder for firefelts tunnel med ÅDT 25 000.

|                                 | Pb         | Zn           | Cu          | Cd         | Cr         | Ni         | Hg           | P            | N           | SS              | Olje         | PAH       | BaP         |
|---------------------------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|
| Vaskevann                       | 40         | 1162         | 128         | 0,6        | 58         | 58         | 0,063        | 1364         | 357         | 1314286         | 4314         | 3,3       | 0,007       |
| Veistøv i tunnel                | 127        | 17153        | 950         | 6,4        | 299        | 241        | 0,119        | 10578        | 7941        | 15882353        | 49394        | 29,5      | 0,953       |
| Sandfang i tunnel               | 56         | 1339         | 176         | 1,6        | 69         | 45         | 0,020        | 2038         | 1588        | 2647059         | 15194        | 11,2      | 0,238       |
| <b>Sum tunnel<br/>(g/km/år)</b> | <b>223</b> | <b>19654</b> | <b>1253</b> | <b>8,6</b> | <b>426</b> | <b>344</b> | <b>0,202</b> | <b>13980</b> | <b>9887</b> | <b>19843697</b> | <b>68903</b> | <b>44</b> | <b>1,20</b> |

## 7.9. Sammenligning av konsentrasjoner fra StormTac og norske avrenningsdata

Dersom dataene fra StormTac skal benyttes for å beregne utslippsfaktorer fra veg til vann bør de konsentrasjonsdataene som ligger i denne modellen stemme noenlunde med det som er målt i Norge. Som det går fram av oversikten over finnes det relativt lite norske data for vegavrenning. Tabell 39 gir en oversikt over tilgjengelige norske data. Av disse er det første og fremst målingene som er gjort på E6 sørover fra Oslo (Skullerud og Smihagan) som er nyttige. Dette er fordi disse dataene er av ny dato og fordi ÅDT måles kontinuerlig på disse strekningene. Målingene er også gjort på samme vegstrekning, men med forskjellig trafikk tetthet. Samme analyselaboratorium og dermed samme analysemetodikk er benyttet. En sammenligning av konsentrasjonsdataene for disse måleseriene vil derfor gi en indikasjon på om det er en sammenheng mellom konsentrasjon og ÅDT i norske avrenningstall.

Konsentrasjonene av Pb i avrenning fra E6 er betydelig lavere enn de som finnes i StormTac gjeldende for samme ÅDT (tabell 39). Konsentrasjonen er lavere ved E6 Smihagan enn ved E6 Skullerud, noe som stemmer bra med ÅDT på disse vegene. Konsentrasjonsforskjellene mellom StormTac-data og dataene fra E6 er så vidt store at det kan være grunn til å justere ned konsentrasjonsdataene for Pb som ligger til grunn for utslippsfaktorene.

For Cu er det stort sprik i konsentrasjonene for de to måleseriene fra E6 og dataene fra E6 Skullerud ligger også noe høyere enn det som er beregnet i StormTac (tabell 39). Årsaken til dette er trolig at det er langt større bruk av bremses ved Skullerud (langt bratt bakke både i sør

og nord), noe som vil medføre større slitasje av bremsebånd (viktig kilde til Cu). Konsentrasjonen fra E6 Smihagan er betydelig lavere enn verdier i StormTac.

For alle andre forurensningskomponenter (bortsett fra Cd) hvor det finnes data for både Smihagan og Skullerud, er det et noenlunde fornuftig samsvar i konsentrasjoner mellom de to målingene som er gjort på E6 dvs. konsentrasjonene i avrenningen er større ved Skullerud (ÅDT 42000) enn ved Smihagan (ÅDT 27000) (tabell 39). Årsaken til at konsentrasjonen av Cd er så vidt mye høyere ved E6 Smihagan enn ved E6 Skullerud er ikke klarlagt.

Dataene fra E6 Skullerud stemmer godt overens med konsentrasjonsdataene fra StormTac for Zn, PAH og til dels Cu, konsentrasjonene for SS og olje ligger høyere enn StormTac, mens konsentrasjonene for Pb og Cd ligger lavere (tabell 39).

Konsentrasjonsdataene fra E6 Smihagan stemmer godt overens med StormTac når det gjelder Zn, SS, BaP og til dels P, men ligger høyere enn StormTac for Cd, Cr, Ni og olje. Konsentrasjonene av Pb, Cu, Hg, N og PAH ligger lavere enn StormTac (tabell 40).

Når det gjelder konsentrasjonsdataene fra E6 Jessheim fra 1980-82 (Lygren og Gjessing 1984), er disse høyere enn det som måles i avrenning i dag. Dette gjelder også for Cu og Zn dersom det tas i betraktning at dataene fra 1980-82 er gjort på veg med lavere ÅDT.

Oppsummert kan man si at StormTac gir en sammenheng mellom konsentrasjon i avrenning og ÅDT som stemmer relativt godt overens med de norske dataene. Da det fortsatt finnes få norske avrenningsdata fra veg mener vi det er grunn til å bruke tallene fra StormTac for å beregne utslipp fra veg til vann. For Pb, Hg og N er alle de norske dataene lavere enn de som finnes i StormTac og vi foreslår derfor å redusere konsentrasjonene for disse parametrene med 50 % i forhold til de som er beregnet i StormTac når utslipp fra veg til vann skal beregnes.

Tabell 39: Sammenstilling av ulike konsentrasjonsdata for avrenning fra veg.

| Datakilde     | Tidsrom             | ÅDT     | Pb<br>µg/l | Cu<br>µg/l | Zn<br>µg/l | Cd<br>µg/l | Cr<br>µg/l | Ni<br>µg/l | Hg<br>µg/l | P<br>mg/l | N<br>mg/l | SS<br>mg/l | Olje<br>mg/l | PAH<br>µg/l | BaP<br>µg/l |
|---------------|---------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|--------------|-------------|-------------|
| StormTac      |                     | 5000    | 13,5       | 38         | 62         | 0,24       | 1,0        | 1,15       | 0,10       | 0,15      | 1,65      | 82         | 0,17         | 0,8         | 0,007       |
|               |                     | 15 000  | 20,5       | 59         | 116        | 0,32       | 2,6        | 2,45       | 0,10       | 0,20      | 1,95      | 95         | 0,51         | 1,2         | 0,021       |
|               |                     | 30 000  | 31         | 72         | 197        | 0,44       | 5,0        | 4,4        | 0,10       | 0,24      | 2,4       | 115        | 1,02         | 1,5         | 0,042       |
|               |                     | 60 000  | 52         | 85         | 359        | 0,68       | 9,8        | 8,3        | 0,10       | 0,28      | 3,3       | 154        | 2,04         | 1,8         | 0,084       |
|               |                     | 100 000 | 80         | 94         | 575        | 1,00       | 16         | 13,5       | 0,10       | 0,31      | 4,5       | 206        | 3,4          | 2,0         | 0,14        |
| Lindholm      | Anbefalt 2004       | 5 000   | 13,5       | 38         | 62         | 0,25       | 1          | 1,2        | 0,10       |           |           |            |              | 0,3         | 0,01        |
|               |                     | 30 000  | 31         | 72         | 197        | 0,44       | 5          | 4,4        | 0,10       |           |           |            |              | 1,5         | 0,04        |
| E6 Skullerud  | Sept 2002-nov 2002  | 42 000  | 4          | 43         | 33         |            |            |            |            | 0,08      | 0,85      | 30         | 0,9          |             |             |
| E6 Skullerud  | Mai 2003-april 2004 | 42 000  | 17,1       | 86         | 273        | 0,21       |            |            |            |           | 1,45      | 276        | 4,96         | 1,8         |             |
| E6 Smihagan   | Okt 2003-mars 2004  | 27 200  | 5,5        | 18         | 145        | 0,73       | 10,0       | 8,4        | 0,03       | 0,24      | 1,04      | 103        | 2,24         | 0,87        | 0,03        |
| E6 Jessheim   | Sept 1980-mai 1982  | 8 000   | 182        | 90         | 200        | 8,8        | 39         | 50         | 1,4        |           |           |            |              | 3,4         |             |
| Storhaug 1996 | Høst 1995-vår 1996  |         | 13         | 21         | 90         | 0,36       | 8          | 11         |            |           |           |            |              | 1,3         |             |

## 8. Beregning av utslippsfaktorer fra veg til vann ved bruk av avrenningsdata

Ved beregning av utslippsfaktorer fra veg til vann er det nødvendig å definere sammenhengen mellom trafikk tetthet (ÅDT), vegbredde og vegareal. I beregningene som er gjort her er det antatt at vegbredden og dermed vegarealet øker med trafikk tettheten (tabell 40).

Tabell 40: Sammenheng mellom trafikk tetthet (ÅDT), vegbredde og vegareal.

| ÅDT     | Vegbredde (m) | Areal (m <sup>2</sup> ) | Vegbeskrivelse           |
|---------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| 5000    | 8             | 8000                    | Tofelts veg u/middeler   |
| 15 000  | 10            | 10000                   | Tofelts veg u/middeler   |
| 30 000  | 20            | 20000                   | Firefelts veg m/middeler |
| 60 000  | 25            | 25000                   | Firefelts veg m/middeler |
| 100 000 | 30            | 30000                   | Seksfeltsveg m/middeler  |

I tillegg til faktorene vist i tabell 40 er volumavrenningskoeffisienten viktig. Denne koeffisienten angir hvor stor del av nedbøren som renner av vegen. Lindholm (2004) anbefaler å bruke en volumavrenningskoeffisient på 0.9 for veger med asfalt dvs. at 90% av nedbøren som faller på vegflaten renner av. Hvorvidt dette er et godt anslag avhenger av nedbørintensiteten, tidsrom mellom nedbørepisoder, helning på vegen etc. Målingene som ble utført på E6 Smihagan viste at avrenningen kan være betydelig mindre enn 0.9. Basert på opplysninger gitt i Lindholm (2004) om spissavrenningskoeffisienter og volumkoeffisienter mener vi en avrenningskoeffisient på 0.8 er mer realistisk å bruke i forslag til utslippsfaktorer til veg. Brukes en avrenningskoeffisient på 0.8, en gitt nedbørmengde (800 mm), vegarealet som funksjon av ÅDT (tabell 40) og konsentrasjonen av miljøgifter i avrenningen (tabell 39), kan et sett med utslippsfaktorer for veger med ulik trafikkbelastning beregnes (tabell 41). Som nevnt i kapittel 6 anbefaler vi å bruke modifiserte data fra StormTac (50% reduksjon i konsentrasjonen av Pb, Hg og TotN i avrenning i forhold til StormTac).

### **Følgende grunnlag er brukt for å beregne utslippsfaktorer fra veg til vann (tabell 41):**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Nedbør:</b>                      | <b>800 millimeter</b>                                      |
| <b>Volumavrenningskoeffisient:</b>  | <b>0.8</b>   |
| <b>Konsentrasjoner i avrenning:</b> | <b>tabell 39 (hvor Pb, Hg og totN er redusert med 50%)</b> |
| <b>Vegareal:</b>                    | <b>tabell 40</b>   |

Resultatene fra målingene som er gjort ved E6 Skullerud og E6 Smihagan-Trosterud er også gitt i tabellen. Det er generelt god overensstemmelse mellom beregnete verdier basert på StormTac-data og den målte avrenningen fra E6 Skullerud. Den målte avrenningen fra E6 Smihagan-Trosterud er som nevnt betydelig lavere for de fleste parametrene på grunn av lav totalavrenning i måleperioden.

Tabell 41: Utslippsfaktorer (g/km/år) fra veg til vann for ulike forurensninger beregnet ved bruk av data fra StormTac. Målt avrenning for E6 Skullerud og E6 Smihagan-Trosterud er også gitt.

|                                       | <b>ÅDT</b> | <b>Pb</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Cd</b> | <b>Cr</b> | <b>Ni</b> | <b>Hg</b> | <b>P</b> | <b>N</b> | <b>SS</b> | <b>Olje</b> | <b>PAH</b> | <b>BaP</b> |
|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|------------|------------|
| Beregning StormTac                    | 5000       | 35        | 196       | 317       | 1.2       | 5.1       | 5.9       | 0.26      | 745      | 4224     | 421074    | 870         | 4.0        | 0.04       |
|                                       | 15 000     | 66        | 377       | 742       | 2.0       | 17        | 16        | 0.32      | 1312     | 6240     | 609542    | 3264        | 7.8        | 0.13       |
|                                       | 30 000     | 198       | 920       | 2522      | 5.6       | 64        | 56        | 0.64      | 3105     | 15360    | 1468685   | 13056       | 19         | 0.54       |
|                                       | 60 000     | 416       | 1359      | 5744      | 11        | 157       | 133       | 0.80      | 4482     | 26400    | 2459856   | 32640       | 28         | 1.3        |
|                                       | 100 000    | 768       | 1814      | 11040     | 19        | 311       | 259       | 0.96      | 5910     | 43200    | 3950227   | 65280       | 38         | 2.7        |
| Målt avrenning: E6 Skullerudkrysset   | 42000      | 253       | 1271      | 4035      | 3.10      |           |           |           |          | 21000    | 4079000   | 73000       | 27         |            |
| Målt avrenning: E6 Smihagan-Trosterud | 25200      | 12        | 41        | 327       | 1,65      | 22        | 19        | 0,06      | 541      | 2349     | 228469    | 4525        | 1,7        | 0,06       |

## 8.1. Utslippsfaktorer til vann: andre prosjekter

Målt avrenning fra 12 veger som var en del av EU-prosjektet POLMIT (tabell 42) viser at målt mengde forurensning som spres med avrenning varierer betydelig fra lokalitet til lokalitet.

Tabell 42: Målt avrenning fra ulike veger undersøkt i EU-prosjektet POLMIT. Enhet: g/km/år.

|     |          | UK    |       | Nederland |       | Sverige |      | Danmark |      | Frankrike |       | Portugal |      |
|-----|----------|-------|-------|-----------|-------|---------|------|---------|------|-----------|-------|----------|------|
|     |          | A     | B     | A         | B     | A       | B    | A       | B    | A         | B     | A        | B    |
| Cd  | g/km/ år | 6     | <7    | 1,9       | 1,1   | 0,3     | 1,3  | 1       | 2    | <2,3      | 1,8   | 0,3      | <30  |
| Cr  | g/km/ år | 1     | <136  | 5         | 3     | 4       | 23   | 30      | 22   | <5        | 8     | 1        | 23   |
| Cu  | g/km/ år | 1125  | 248   | 116       | 45    | 77      | 314  | 263     | 294  | <145      | 103   | 12       | 1    |
| Pb  | g/km/ år | 1115  | 208   | 63        | 43    | 27      | 62   | 90      | 89   | 130       | 144   | 14       | 40   |
| Zn  | g/km/ år | 3924  | 913   | 1058      | 191   | 323     | 916  | 652     | 950  | 1942      | <519  | 111      | 8091 |
| ÅDT |          | 49100 | 38850 | 75000     | 45000 | 3670    | 9000 | 12250   | 8800 | 12000     | 10500 | 10650    | 4200 |

Det er ingen god sammenheng mellom forurensningsmengden som spres fra veg til vann og trafikkbelastningen på vegen i disse undersøkelsene. Forskjeller i klima (vind, temperatur, hydrologi etc), og vegdekke er to viktige faktorer som bidrar til dette. Det er generelt bedre sammenheng mellom ÅDT og utslipp når vegene innen hvert land sammenlignes.

Målt avrenning fra E6 Skullerud (tabell 41) ligger noe høyere for Zn og Cu sammenlignet med veger med omtrent samme trafikkbelastning (tabell 42), mens avrenningen for Cd og Pb er på samme nivå.

## 9. Diskusjon

---

Det er stor forskjell på beregnede mengder forurensning som slippes ut fra veg og de målte verdiene. Årsaken er usikkerhet knyttet til beregningene av utslipp både fra kjøretøy og vegbane og samtidig at mye av forurensningene som slippes ut transporteres bort fra vegen ("langtransport"). Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord langs eller i nærheten av vegen bør derfor i størst mulig grad baseres på målinger og ikke på modellberegninger.

Bruk av konsentrasjonsdata for miljøgifter i avrenning fra nedbørfelt-modellen StormTac synes å være et fornuftig utgangspunkt for å beregne utslippsfaktorer til vann. Dataene er i hovedsak basert på svenske målinger, dataene er stort sett av nyere dato. Konsentrasjonene av miljøgifter i de måldata som finnes i modellen er totaltall hvor også partikler er tatt med i analysene (som de norske dataene). Selv om det er forskjeller i nedbør, befolkningstetthet og industri o.a. mellom Sverige og Norge, viser sammenligningen mellom konsentrasjoner av miljøgifter i overvann i StormTac-modellen og de målte konsentrasjonene i avrenning fra E6 (både Skullerud og Smihagen) at det er relativt god overensstemmelse. En justering av verdiene for Pb, Hg og tot-N fra StormTac med 50 % gir en enda bedre tilpasning mellom de norske dataene og StormTac. Inntil flere norske avrenningsmålinger blir tilgjengelig for veger med ulik trafikkbelastning, anbefaler vi at beregningene fra StormTac benyttes.

Datagrunnlaget for å foreslå utslippsfaktorer fra veg til jord er langt dårligere enn for vann. Eksisterende data viser at spredning fra veg til vann og jord varierer mye avhengig av lokale forhold men at den gjennomsnittlige fordelingen av spredning til jord og vann er ca. 50/50. Basert på dette foreslår vi derfor at utslippet til jord fra veg inntil videre settes til det samme som til vann. Målingene som ble gjort langs E6 Smihagan-Trosterud viste at støvnedfallet var betydelig større enn avrenningen. Tilsvarende observasjoner ble gjort i POLMIT-prosjektet hvor støvnedfallet ved enkelte lokaliteter for enkelte forurensninger utgjorde 80-90 % av den totale forurensningsspredningen fra veg.

Totalproduksjonen av metaller og fosfor fra veg består for en stor del av slitasje av steinmaterialet i asfalten. Dette er geologisk materiale hvor tilgjengeligheten av metaller er lav, spesielt ved den pH som vanligvis finnes i vegstøv (pH 7-8). Slitasjen er som nevnt tidligere betydelig større ved bruk av piggdekk. Piggdekkandelen på vegen har derfor betydning for avrenningsmengde og mengde forurensning som spres med støv. Det er usikkert hvordan piggdekkandelen er for de data som finnes i StormTac, men da de fleste av undersøkelsene her er fra byer og tettsteder, er det grunn til å anta at piggdekkandelen er lavere enn gjennomsnittet.

I forslaget til utslippsfaktorer er det ikke tatt hensyn til regionale forskjeller i piggdekkandel, nedbør og temperatur. Disse faktorene har betydning for vegslitasje, vannvolum og avrenningskoeffisienter. Datagrunnlaget for å lage utslippsfaktorer basert på regionale forskjeller er foreløpig for dårlig, spesielt dersom empiriske data (målinger) skal legges til grunn. Et alternativ til de foreslåtte utslippsfaktorene er å bruke konsentrasjonene av miljøgifter i avrenning og bruke lokale eller regionale data for volumavrenning basert på nedbør og avrenningskoeffisienter.



## 10. Referanser

---

- Achten, C., Kolb, A., Puttmann, W., 2001. Methyl Tert - Butyl Ether (Mtbe) in Urban and Rural Precipitation in Germany. *Atmospheric Environment* 35 (36), 6337 - 6345.
- Amrhein, C., Strong, J.E., Mosher, P.A., 1992. Effect of deicing salts on metal and organic - matter mobilization in roadside soils. *Environ. Sci. Technol.* 26 (4), 703 - 709.
- Amundsen, C.E., S. Andersen, O. Nordal, T. Hartnik, R. Linjordet, B. Warner, og P.H. Krogh. 1999. Kjemisk og økotoksikologisk karakterisering av vegstøv. Jordforsk rapport 84/99. Jordforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås
- Andersen, S., Snilsberg, P., Amundsen, C.E. og R. D. Olsen. 1995. Miljøkjemisk undersøkelse av tunnelvasking. Jordforsk rapport 31/95. Jordforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.
- Backström, M., Bergström, A., 2000. Draining function of porous asphalt during snowmelt and temporary freezing. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 27 (3), 594 - 598.
- Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larssen, S., Maldum, K.O., Rypdal, K. og Skedsmo, A. 1999. Utslipp fra veitrafikk i Norge-Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oppdatering av SFT-rapport 93:12. SFT-rapport 99:04. TA 1622/1999. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.
- Bengtsson, L., Westerström, G., 1992. Urban snowmelt and runoff in northern Sweden. *Hydrological Sciences Journal*, 37 (3), 263 - 275.
- Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje (Environmental Effects of Traffic Pollution Caused by Wear and Tear of Road Surfaces and Tyres).- NIVA Rapport 2874 og Nordiske Seminar og Arbeidsrapporter 1993: 628 fra Nordisk Ministerråd.
- Bækken, T. og Jørgensen, T., 1994. Vannforurensning fra veg - langtidseffekter, 73. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Oslo.
- Bækken, T., Robertsen, K.R., Rognerud, B. & Åstebøl, S.O. 1996. Ny E18 i Nordre Vestfold. Plan for overvannshåndtering, parsell 5 Bringsaker Skjeggestad.- Rapport GeoFuturum/NIVA Oppdrag 6.0700 013.
- Bækken, T. & Færøvig P.J. 2003. Effekter av vegforurensninger på vannkvalitet og biologi i Padderudvannet. – Publikasjon nr. XX. Statens vegvesen (i trykk).
- Economic Commission for Europe (ECE) 1997. Executive body for the convention on long-range transboundary air pollution. Note prepared by secretariat: Definitions for polychlorinated biphenyls (PCBs) and polyaromatic hydrocarbons (PAHs). Doc.:EB.AIR/WG.5/R.90. Geneva 14. Aug 1997.
- Ekvall, J., 2001. Dagvattenundersøkingar i Stockholm 1992 - 2000. Stocholm Vatten AB, Stockholm, Sverige.
- Glenn, D.W., Sansalone, J.J., 2002. Accretion and partitioning of heavy metals associated with snow exposed to urban traffic and winter storm maintenance activities. II. *Journal of environmental engineering - ASCE* 128 (2), 167 - 185.
- Gustavsson, M. 2003. Emissioner av slitage- og resuspensionspartikler i väg- och gatumiljö. Litteraturstudie. VTI meddelelse 944. Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping, Sverige.
- Guttormsen, G. og Eriksen, G.S. 1994. Tungmetaller i grønnsaker dyrket langs vei. SNT-rapport 8. Statens næringsmiddeltilsyn, Pb 8187 Dep, 0034 Oslo.
- Hagen, L.O, Larssen, S. Og Walker, S.E. 2003. Forurensning som funksjon av avstand fra veg. Målinger på RV 159 Nordby-sletta v/Skårer vinteren 2001/2002, og sammenligning med VLUFT. NILU-rapport OR 22/2003. NILU, Kjeller.
- Haugsbakk, I. 2002. E39 Øysand-Thamshavn. Vurdering av luftforurensninger ved tunnelmunninger. NILU-rapport OR 29/2002. NILU, Kjeller.
- Huse, A., Holter, S., Fardal, H., Källqvist, T., Bækken, T., Hansen, H. og Bøge, K. 1999. Kjemikaliebruk i utbygging og drift av samferdselsanlegg. SFT-rapport 99:22, TA 1687. Statens forurensningstilsyn, Pb 8100 Dep, 0032 Oslo.
- Klint, M., 2001. Vegmaterialets bidrag till dagvattenforureningarna inom Stocholms stad, 25 - 2001. Institutionen for Geologi och Geokemi, Stockholms Universitet, Stocholm, Sverige, 63 pp.
- Kolbenstvedt, M., Solheim, T., og Amundsen, A., 2000. Miljøhåndboken. Trafikk og miljøtiltak i byer og tettsteder. Transportøkonomisk institutt.

- Larm, T. 2000. Watershed-based design of stormwater treatment facilities: modell developement and applications. Doctoral thesis, Division of Water Resporces Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Larm, T. 2003. StormTac. An easy-to-use stormwater and recipient model. Sweco, Stockholm, Sweden.
- Larssen, S. og Sivertsen, B., 2000. Lateks i svevestøv fra piggfrie dekk, [www.nilu.no/niluweb](http://www.nilu.no/niluweb) - by og trafikkforurensning.
- Legret, M., og Pagotto, C., 1999. Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *Sci. Total Environ.* 235 (1 - 3), 143 - 150.
- Lygren, E. og Gjessing, E. 1984. Highway pollution in a Nordic climate. NIVA-rapport 0-79024. Norsk institutt for vannforskning, Pb 173, 0411 Oslo.
- Norrstrom, A.C., Jacks.G., 1998. Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soils receiving de-icing salts. *Sci. Total Environ.* 218 (2 - 3), 161 - 174.
- Njåstad, O., Steinnes, E., Bølviken, B. og Ødegård, M. 1994. Landsomfattende kartlegging av elementsammensetningen i naturlig jord: Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri. NGU-rapport 94.027. Norges geologiske undersøkelse, Pb 3006 Lade, 7002 Trondheim.
- Novonty, V., Muehring, D., Zitomer, D.H., Smith, D.W., Facey, R., 1998. Cyanide and metal pollution by urban snowmelt: Impact of deicing compounds. *Wat. Sci. Tech.* 38 (10), 223 - 230.
- Olvik, G. og Nimfeldt, J. 2001. Dagvattenbelastning på sjöar och vattendrag i förhållande til andra föroreningskällor. Vägverket Publ 2001:114. Vägverket, Borlänge, Sverige.
- POLMIT 2002. Pollution from from roads and vehicles and dispersial to the local environment: final report and handbook. Deliverable D5. <http://www.trl.co.uk/polmit/prpubs1.htm>.
- Rasmussen, G., Roseth, R. og Mæhlum, T. 2002. Overvann fra veger og urbane områder. En oversikt over sammensetning og erfaringer med naturbasert rensetiltak. Jordforsk-rapport 28/02. Jordforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.
- Roseth, R., P. Snilsberg og T. Hartnik 2001. Naturbaserte behandlingsanlegg for vegavrenning - undersøkelse av rensegrad og anleggsfunksjon for tre anlegg langs ny E6 Korsegården - Vassum i Ås kommune. Jordforsk rapport 52/01. Jordforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.
- Schäfer, J. og Puchelt, H. 1998. Platinum-Group-Metals (PGM) emitted from automobile catalytic converters and their distribution in roadside soils. *Journal of Geochemical Exploration* 64, 307-314.
- Sivertsen, B., 1999. Pressemelding: Gamle biler forurensar mye mer enn nye biler. <http://www.nilu.no/informasjon/pressemeldinger/presse09.html>.
- Statens Vegvesen, 1997. Vegavrenning, aktuell miljøforskning, 97/08. Statens vegvesen. Vegdirektoratet v/ Miljøkontoret, 30 pp.
- Sternbeck, J., Sjödin, Å. og Andréasson, K. 2001. Spridning av metaller från vägtrafik. IVL-rapport 1431, Box 21060, 10031 Stockholm, Sverige.
- Storhaug, R., 1996. Miljøgifter i overvann, TA 1373, 96:18, 43 sider. Statens Forurensningstilsyn, Pb 0803 Dep, 0032 Oslo.
- Snilsberg, P., C. E. Amundsen og R. Roseth 2002. Naturbaserte behandlingsanlegg for vegavrenning - undersøkelse av rensegrad og anleggsfunksjon for tre anlegg langs ny E6 Korsegården - Vassum i Ås kommune i 2000 og 2001. Jordforsk rapport 13/02.
- Zupančič, N. 1999. Lead contamination in the roadside soils of Slovenia- *Environmental Geochemistry and Health* 21, 37-50.
- Viklander, M., 1996. Urban Snow Deposits - Pathways of Pollutants. *Sci. Total Environ.* 190, 379 - 384.
- Viklander, M., 1998. Snow Quality in the City of Lulea, Sweden - Time - Variation of Lead, Zinc, Copper and Phosphorus. *Sci. Total Environ.* 216 (1 - 2), 103 - 112.
- Åstebøl, S.O., Pedersen, P.A., Røhr, P.K., Fostad, O. og Soldal, O. 1996. Effekter av veisaltning på jord, vann og vegetasjon. MITRA-rapport 05/96.
- Åstebøl, S.O. 2002. Overvåking av rensebasseng for overvann fra E6 Skullerudkrysset. Sammenstilling av måledata for 2002. Interconsult ASA, Pb 6412 Etterstad, 0605 Oslo.
- Åstebøl, S.O. og Coward, J.E. 2004. Overvåking av rensebasseng for vegavrenning, E6 Skullerudkrysset Oslo. Interconsult-rapport 102535. Interconsult ASA, Pb 6412 Etterstad, 0605 Oslo.



**Statens vegvesen**

Kontoradresse: Brynsengfarete 6A, Oslo  
Postadresse: Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO  
Telefon 22 07 35 00 - telefaks 22 07 37 68

Bestilling av publikasjonen:  
Utbyggingsavdelingen  
Telefon 22 07 37 66 - telefaks 22 07 36 73