

Fliskvalitet og  
overvåking av forurensning  
til vann fra skogsveier  
laget med oppflist trevirke



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

**Rådgivende Biologer AS**

**714**



# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Fliskvalitet og overvåking av forurensning til vann  
fra skogsveier laget med oppflist trevirke

**FORFATTER:**

Geir Helge Johnsen

**OPPDRAKSGIVER:**

RagnSells AS, Postboks 33, 5046 Rådal  
Landbrukskontoret, Bergen kommune, Postboks 7700, 5020 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

November 2001

**ARBEIDET UTFØRT:**

2001-2002

**RAPPORT DATO:**

10.mai 2004

**RAPPORT NR:**

714

**ANTALL SIDER:**

18

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-242-7

**EMNEORD:**

- skogsveibygging  
- oppflist returvirke  
- Bergen kommune

**SUBJECT ITEMS:**

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-mva  
www.radgivende-biologer.no  
**Telefon:** 55 31 02 78    **Telefax:** 55 31 62 75    **E-post:** post@radgivende-biologer.no

## FORORD

Rådgivende Biologer as har, på oppdrag fra RagnSells AS (tidligere avfallsdelen av Fana Stein og Gjenvinning AS) og Landbrukskontoret i Bergen kommune, foretatt en vurdering av forurensning til vann ved bruk av oppflist trevirke ved etablering av tre skogsveier i Bergen kommune. Det er knyttet stor interesse til utnyttelsen av returvirke på denne måten også andre steder. Fylkesmannens miljøvernnavdeling har derfor bedt om å få foretatt en samlet miljøvurdering av slike prosjekt, før en kan godkjenne denne type anlegg.

Arbeidet med miljøvurdering av de første slike skogsveiene i Hordnesmarka i Fana ble rapportert av Johnsen (2000). Det videre prosjektet ble utvidet med prøvetaking ved flere veier, samtidig som en storskala utfylling av en myr i Hordnesmarka også er overvåket i eget prosjekt (Johnsen 2004) . Det ble foretatt en foreløpig rapportering av alle resultatene i september 2002, men i påvente av at arbeidet med tildekking av myren i Hordnesmarka skulle finne sted, ble sluttrapporteringen utsatt. I januar 2004 ble det fra oppdragsgivers side ytret ønske om at undersøkelsene fra skogsveiene og fra myren i Hordnesmarka skulle rapporteres hver for seg.

Den foreliggende rapporten inneholder derfor resultatene fra undersøkelsene av fliskvalitet og fra undersøkelsen av utlekking til miljøet ved utlegging av flis ved tre skogsveier i Bergen

Rådgivende Biologer AS takker RagnSells AS ved Karsten Gundersen og Landbrukskontoret i Bergen kommune ved Tormod Jacobsen for oppdraget.

Bergen, 10.mai 2004

## INNHOLDSFORTEGNELSE

|  |         |
|--|---------|
| Forord .....                                     | Side 2  |
| Innholdsfortegnelse .....                        | Side 2  |
| Sammendrag .....                                 | Side 3  |
| Innledning om flist trevirke og skogsveier ..... | Side 4  |
| Variasjon i fliskvalitet .....                   | Side 6  |
| Overvåking av forurensing til vann fra .....     | Side 9  |
| Skogsvei på Bontveit .....                       | Side 9  |
| Skogsvei i Myrdalen .....                        | Side 11 |
| Skogsvei i Hordnesmarka .....                    | Side 12 |
| Diskusjon .....                                  | Side 14 |
| Referanser .....                                 | Side 18 |

## SAMMENDRAG

**Johnsen, G.H. 2004.**

*Fliskvalitet og overvåking av forurensning til vann fra skogsveier laget med oppflist trevirke. Rådgivende Biologer AS, rapport 714, 18 sider, ISBN 82-7658-242-7.*

Rådgivende Biologer AS har foretatt en vurdering av forurensning til vann ved bruk av oppflist trevirke ved etablering av tre skogsveier i Bergen kommune. Det er knyttet stor interesse til utnyttelsen av returvirke på denne måten fremfor å legge det i avfallsdeponi.

RagnSells AS produserer årlig rundt 15.000 m<sup>3</sup> oppflist trevirke som mottas fra ulike kilder. Uønsket virke som trykkimpregnerte eller malte materialer sorteres fra før oppflising, og for å vurdere kvaliteten på det oppfliste virket, ble det tatt ut 10 delprøver fra en av flishaugene. Prøvene ble analysert for grunnstoffene **arsen, krom og kobber**. Trevirket inneholdt i gjennomsnitt 5 mg As/kg, 13 mg Cr/kg og 9 mg Cu/kg. Innslag av impregnert virke ble beregnet til 1,5 %, mens innholdet av krom og kobber er under gjennomsnittet for innhold i vanlig jord.

Det er de siste årene etablert flere skogsveier i Bergen, basert på oppflist returtrevirke. Tre av disse er fulgt opp gjennom dette prosjektet, der det er benyttet **henholdsvis 14.000 m<sup>3</sup>, 1.800 m<sup>3</sup> og 7.000 m<sup>3</sup> oppflist** virke til veiene i Hordnesmarka, "travbanen" på Bontveit og til veien innerst i Myrdalen. Til de fire første kilometrene med forsøksvei i Hordnesmarka er det i tillegg medgått 2.800 m<sup>3</sup> kloakkslam og 4.000 m<sup>3</sup> knust asfalt.

Avrenning gjennom disse tre skogsveier er undersøkt ett sted for hver ved tre anledninger i perioden 2002 til 2004. Resultatene viser at det lekker både metaller og miljøgifter til miljøet, og vurdert i forhold til SFTs klassifisering er dette sivevatnet "meget sterkt forurenset" for en del av de undersøkte stoffene. De forurensete vannmengdene er imidlertid svært små, slik at det relativt høye innholdet av "uønskete" stoffer i praksis utgjør små mengder.

De tre måleseriene viser også at utlekkingen av de undersøkte stoffene avtar over tid, og etter to år var konsentrasjonene betydelig lavere enn like etter etablering av veiene. Nedover i vassdragene vil konsentrasjoner havne innenfor SFTs tilstandsklasse I = "ubetydelig forurenset" etter en fortykning på mellom 3 og 30 ganger, hvilket skjer svært raskt på grunn av de små forurensete vannmengdene.

Bruk av hygienisert kloakkslam langs skogsveiene ansees uproblematisk siden dette reguleres av "Slamforskriften" (Sosial- og Helse- og Miljøverndepartementet 1996), der settes krav til både kvalitet og mektighet på slammet. Ingen av produksjonene av slam fra Rådalen har til nå overskredet grensene gitt i forskriftene, og innholdet av metaller synes å være relativt stabilt.

Denne måte å bygge skogsvei på synes å kombinere mange miljømessige fordeler, samtidig som det umiddelbart ikke virker å være for store miljøkonsekvenser ved bruk av de aktuelle materialene. Denne type prosjekt gir anvendelse for fyllmasser som ellers måtte vært deponert. Det er imidlertid viktig at en er nøye med sorteringen av returvirket før oppflising og bruk.

## INNLEDNING OM FLIST VIRKE OG SKOGSVEIER

RagnSells AS (tidligere Fana Stein & Gjenvinning) produserer årlig rundt 15.000 m<sup>3</sup> oppflist trevirke som mottas fra ulike kilder. Uønsket virke som trykkimpregnerte eller malte materialer sorteres fra før oppflising.

Det innkomne trevirket sorteres manuelt før det går til oppflising. Selve oppflisingen er en kontinuerlig prosess, og trevirket som går til oppflising har en svært variabel kvalitet. Enkelte dager er det bare brukte paller, andre dager kommer det mye malt virke, samtidig som det også kommer gammelt impregnert virke og vinduer etc innimellom. Uønsket virke sorteres fra før oppflising.

Produksjonen skjer altså ikke i form av enhetlige puljer som det kan tas prøver av, slik det er tilfellet med produksjon av kloakkslam. Det er dessuten svært vanskelig å garantere at alt "problemvirke" sorteres fra i den manuelle prosessen før oppflising. Når variasjonen i kvalitet er så stor, og produksjonen skjer kontinuerlig, vil uttak av representative prøver for analyse medføre store metodiske problemer.

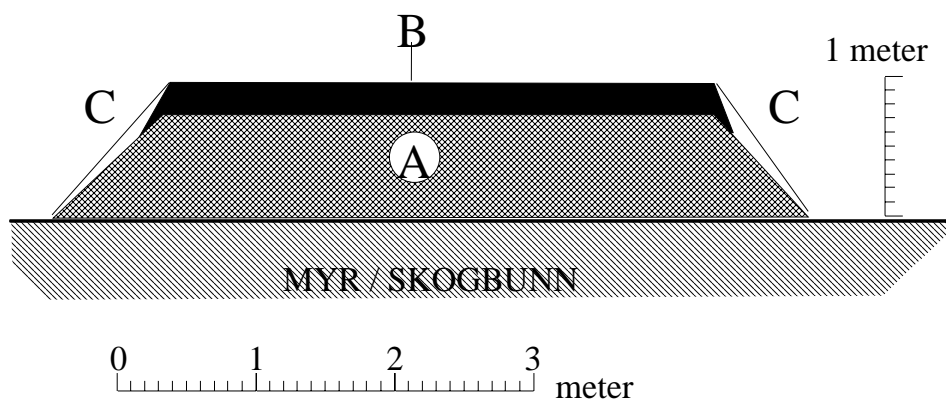
Det har vært stor interesse for å nyttiggjøre seg slikt oppflist returvirke til ulike formål, og i Bergen kommune har man de siste årene ønsket å benytte dette som grunnlag for bygging av "miljøvennlige" skogsveier.

### Skogsveiene

Skogsvei basert på oppflist trevirke kan anlegges direkte på skogbunn eller på myr, uten noe som helst forarbeide, og det benyttes i all hovedsak resirkulerte materialer i byggingen. Basismaterialet består av oppflist trevirke, bære- og slitelaget av opphaket, brukt asfalt, mens hygienisert kloakkslam har vært benyttet for tildekking langs noen av de anlagte veiene.

Treflisen tømmer direkte ut fra lastebil, og legges i et 0,5 til 1 meter tykt lag (A i **figur 1**) der tykkelsen avhenger av underlagets bæreevne. Laget stabiliseres ved bruk av "geonett", - et grovt plastnett som ligger i selve massen og holder flisen på plass. Lastebilene kan kjøre direkte på dette og fyller fortløpende utover. På toppen av treflisen legges glassfiberduk og på toppen legges et bære- og slitelag som består av et omtrent 0,25 meter tykt lag med opphaket gammel asfalt eller fyllsteinmasser (B i **figur 1**). Glassfiberduken skiller flisen fra asfalten. På kantene har det ved etablering av de første veiene i Hordnesmarka blitt lagt ut et omtrent 10 cm tykt lag med hygienisert kloakkslam (C i **figur 1**).

**Figur 1.** Idealisert tverrsnitt av vei anlagt direkte oppå underliggende myr eller skogbunn.  $A=0,5-1$  m med treflis,  $B=0,25$  m med slite og bærelag, og  $C=ca$  0,1 meter med kloakkslam på kantene.



Erfaringer fra forsøksanlegget på Hordnes viste at veien kan legges relativt raskt, med en ferdigstilleleshastighet på omtrent 80 meter per dag til omtrent kr. 350 per løpemeter (tall fra år 2000). Forbruk av treflis til en fire meter bred vei er i størrelsesorden 3 til 4 m<sup>3</sup> for hver løpemeter vei. Som råmateriale for flisen benyttes det bare trevirke som har hatt maling på maksimalt en side, og impregnert virke er sortert fra. Forbruk av opphakkert asfalt er omtrent 1 m<sup>3</sup>, og mengden kloakkslam tilsvarer omtrent 0,7 m<sup>3</sup> per løpemeter vei.

Kloakkslammet er testet for innhold av både tungmetaller og patogener, og godkjent av Byveterinæren / Kontor for teknisk hygiene (Bergen kommune) i henhold til gjeldende forskrift om avløpsslam (Sosial- og Helse- og Miljøverndepartementet 1996), før det legges ut. Slammet er ikke kompostert før utlegging.

Det viktigste bidraget for å redusere miljørisiko ved utlegging av oppfliset trevirke i naturen, vil være å vite kvaliteten på det man legger ut og hvilke miljøkonsekvenser dette kan ha. Den foreliggende rapporten har derfor hatt to uavhengige målsettinger:

- 1) Hvordan varierer kvaliteten på det oppfliste trevirket ?
- 2) Bidrar utlegging av oppflist trevirke til forurensning av nærliggende vassdrag ?

Prosjektet er gjennomført i forbindelse med veianleggene i Hordnesmarka, ved anlagt travbane for islandshester på Bontveit og de nyeste turveiene innerst i Myrdalen. Tabellen nedenfor viser omfanget av utlagt oppflist trevirke de tre ulike stedene.

**Tabell 1.** Omfanget av utlagt oppflist trevirke de tre ulike stedene.

|        | Hordnesmarka                     | Bontveit "travbane"            | Myrdalen                        |
|--------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Lengde | 4 km                             | ca 1,5 km                      | 1,5 km                          |
| Mengde | 3200 tonn / 14000 m <sup>3</sup> | 450 tonn / 1800 m <sup>3</sup> | 1600 tonn / 7000 m <sup>3</sup> |

## UNDERSØKELSE AV FLISKVALITET

Representativ prøvetaking av flis er vanskelig, fordi utgangspunktet er svært variabelt og relativt "klumpet". En eneste flis kan i prinsippet være nok til å gjennomføre en analyse. En må derfor vite noe om variasjonen i kvaliteten på det oppfliste trevirket før en kan foreta en nærmere vurdering av hvordan man kan ta ut representative prøver.

I samarbeide med Chemlab Services AS ble det gjennomført en innsamling av oppflist trevirke fra ett stort parti ved FSGs anlegg i Rådalen den 19. november 2001. Tilstede ved undersøkelsen var Astrid Holthe fra Fylkesmannens miljøvern avdelingen og Ivar Nødtvedt og Roar Klubnes fra RagnSells (dåværende FSG).

Det ble tatt ut 10 ulike delprøver fra flishaugene, hver på rundt 5 liter. Dette flispartiet hadde ligget deponert i Rådalen i over ett år før prøvetaking, og det var betydelig varmgang i haugene. Hver av delprøvene ble så kjørt gjennom en kompostkvern får å redusere partikkelstørrelsen. På laboratoriet ble så hver av prøvene blandet godt og det ble tatt ut mellom 110 og 160 gram flis (våtvekt) til analyse.

Flisprøvene ble tørket i tørkeskap ved 105°C og deretter glødet ved 550°C ved minimal tilgang på oksygen. Den gjenværende asken ble blandet og 0,3 gram ble oppsluttet med syre og analysen av metallinnhold ble utført på et ICP-instrument. Prøvene ble analysert for grunnstoffene **arsen**, **krom** og **kobber**.

Dette er den vanlige standard prosedyren, der slike prøver glødes/brennes før analyse. Fordelen med å undersøke innholdet av stoffer i asken medfører at selve prøven blir bedre homogenisert og resultatet av analysene blir således sikrere for akkurat denne prøven. Problemet med brenning av trevirket i prøven er at stoffer som for eksempel arsen (fra impregnering), kvikksølv og de lettere metallene samt de organiske miljøgiftene er antatt å ha en tendens til å bli brent av. Dersom det er tilfellet, vil innholdet av slike stoffer bli underestimert ved analyse av asken.

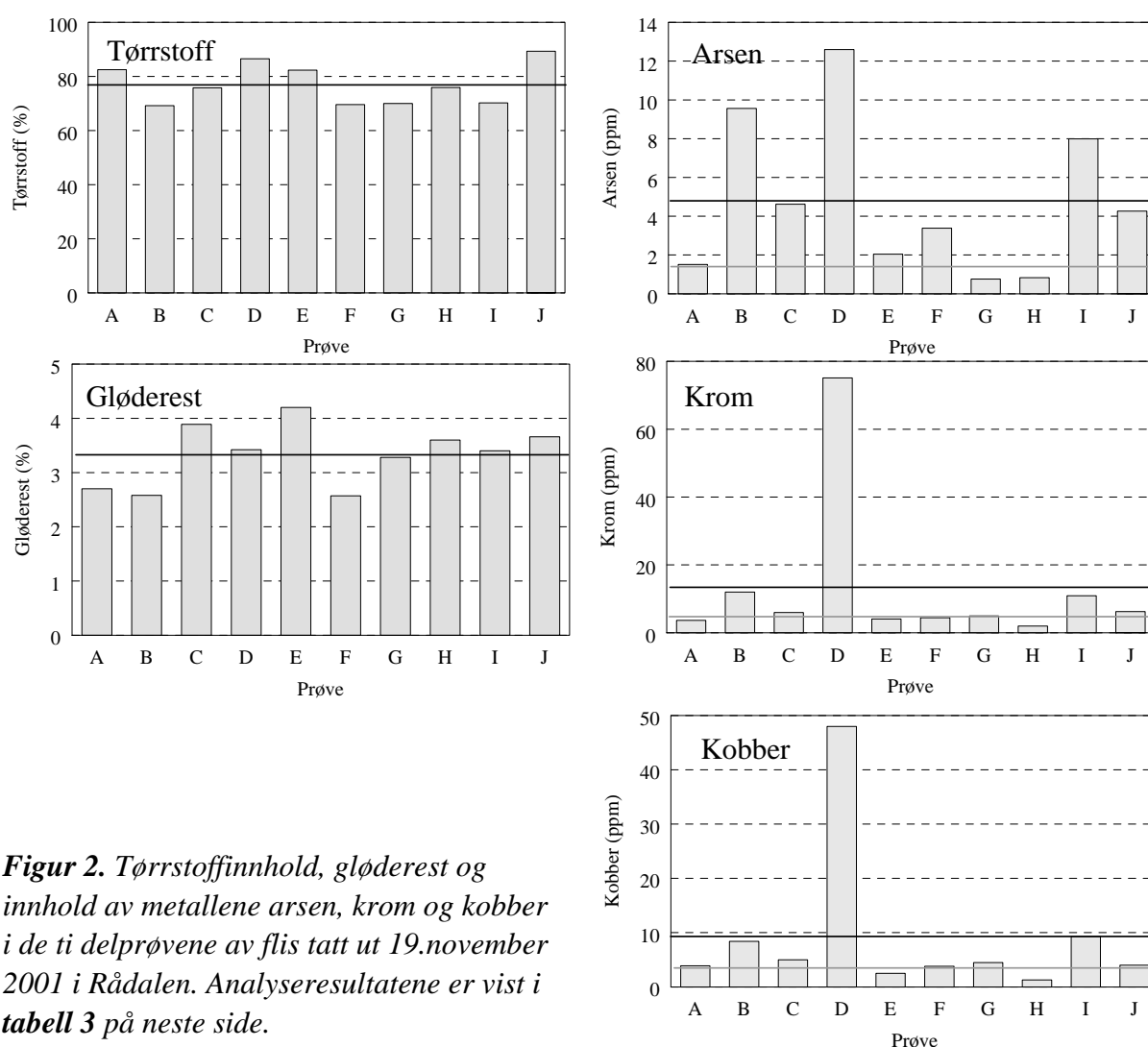
Innledningsvis ble det derfor gjennomført en enkel metodetest der det ble foretatt en parallell oppslutning av spon og aske fra impregnert trevirke (gammel type) parallelt for å vurdere mulige metodiske problem. Det ble foretatt en test av tre stk trykkimpregnerte plankebiter. Av disse ble det raspet av 10-15 gram fra kantene, og omtrent 90% av dette ble glødet. Det ble så utført analyser av arsen direkte på spon og aske. Resultatene viste at det ikke var forskjell på de to metodene, og at arsen derfor ikke blir brent av og underestimert ved analyser av glødet/brent trevirke (**tabell 2**).

**Tabell 2.** Analyseresultat fra metodetesting av gamle trykkimpregnerte plankebiter.

| Parameter                    | enhet               | Plank A | Plank B | Plank C |
|------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| Direkte analysert på treflis | mg As/ kg tørrstoff | 4130    | 2330    | 3560    |
| Analysert på brent treflis   | mg As/ kg tørrstoff | 4250    | 2390    | 3325    |

De ti prøvene av oppflist trevirke viser at det er stor variasjon i et slikt parti (**figur 1**). Tørrstoffinnholdet varierte mellom 70 og 90% , noe som kan skyldes innslag av urent trevirke som spon/huntonitt, noe malingsrester og også metall (spiker/skruer). Noe av metallet ble tatt bort fra prøvene etter gløding, men det var ikke mulig å fjerne alle restene. Gjennomsnittlig tørrstoffinnhold for alle prøvene var 77%.

Askevekten/gløderesten varierte mellom 2,5 og 4,1%. Forklaringen her kan være den samme som for omtalt tørrstoffinnholdet. halvparten av prøvene hadde forhøyete verdier med hensyn på arsen, og tre av prøvene hadde verdier mer enn ti ganger over de laveste. Disse tre prøvene hadde også forhøyete verdier med hensyn på både krom og kobber, hvilket indikerer for eksempel malingsrester. De øvrige syv prøvene hadde et jevnere innhold av disse metallene, slik at det ikke nødvendigvis er noen entydig sammenheng mellom innslag av impregnert virke og malingsrester i delprøvene (**figur 2**).



**Figur 2.** Tørrstoffinnhold, gløderest og innhold av metallene arsen, krom og kobber i de ti delprøvene av flis tatt ut 19.november 2001 i Rådalen. Analyseresultatene er vist i tabell 3 på neste side.



**Tabell 3.** Analyseresultat fra de ti prøvene av flis tatt ut fra samme parti 19.november 2001.

| Parameter | enhet     | metode      | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    |
|-----------|-----------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tørrstoff | %         | NS 4764     | 82,5 | 69,2 | 75,8 | 86,5 | 82,3 | 69,6 | 70   | 75,9 | 70,2 | 89,3 |
| Gløderest | %         | NS 4764     | 2,7  | 2,58 | 3,89 | 3,42 | 4,2  | 2,57 | 3,28 | 3,6  | 3,4  | 3,66 |
| Arsen     | mg As/ kg | varian      | 1,51 | 9,56 | 4,62 | 12,6 | 2,04 | 3,38 | 0,76 | 0,83 | 7,99 | 4,26 |
| Krom      | mg Cr/ kg | NS 4781     | 3,63 | 12   | 5,94 | 75,1 | 4,04 | 4,43 | 4,95 | 1,97 | 10,9 | 6,23 |
| Kobber    | mg Cu/ kg | mod NS 4773 | 3,9  | 8,4  | 5    | 48   | 2,5  | 3,8  | 4,5  | 1,3  | 9,3  | 4    |

I prøvene fra det oppfliste trevirket var 4,8 mg As/kg i gjennomsnitt og 12,6 mg As/kg i prøven med høyest innhold. De laveste målingene lå under 1 mg As/kg. Tilsvarende verdier for krom: 75 mg Cr/kg for høyeste, 13 mg Cr/kg for gjennomsnitt og 2 mg Cr/kg for laveste. Og for kobber: 48 mg Cu/kg for høyeste, 9 mg Cu/kg for gjennomsnitt og 1,3 mg Cu/kg for laveste.

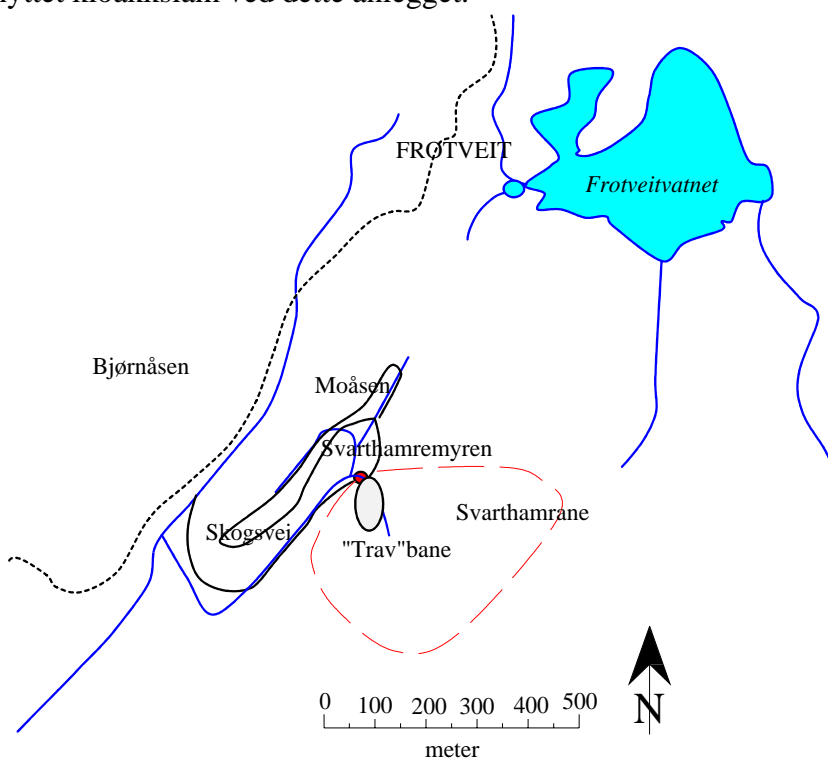
Med et tørrstoffinnhold på 77% og de angitte konsentrasjoner i tørrstoff, betyr det at et tonn ferskt oppflist trevirke inneholder 3,9 g arsen, 10,0 g krom og 6,9 g kobber. Med en **egenvekt på oppflist trevirke på 0,25 kg/dm<sup>3</sup>** blir innholdet i en kubikkmeter 1,0 g arsen, 2,5 g krom og 1,7 g kobber.

## DE UNDERSØKTE SKOGSVEIENE

### Bontveit

På Bontveit ble det i 2001 anlagt en liten “travbane” for islandshester, basert på fylling med oppflist trevirke på en myr. Området som er utfyllt er omtrent 100x50 meter. Det er benyttet mye trevirke på et relativt begrenset område i dette prosjektet. “Travbanen” ligger på Svarthamremyren sør for Frotveit, i et område der det tilsammen er etablert over 4 km skogsveier (**figur 3**). Det er benyttet 450 tonn eller 1800 m<sup>3</sup> oppflist trevirke til denne travbanen, der det er lagt ut i omtrent 0,4 meters tykkelse. Det er også benyttet oppflist trevirke i noe av veien inn til anlegget, men det er ikke benyttet kloakkslam ved dette anlegget.

**Figur 3.** Kartskisse av området på Bontveit der “travbanen” for islandshester er etablert på Svarthamremyren. Skogsveiene er vist med svart, vassdraget med blått, prøvetakingspunktet med rød sirkel og nedbørfeltet til punktet med stiplet rød linje.



Gjennom Svarthamremyren renner en bekk, og det er tatt prøver av bekken etter at den har passert myren (**figur 3 & 4**). Umiddelbart oppstrøms prøvetakingspunktet er bekken ledet i rør gjennom fyllingen, men den renner / drenerer for øvrig det meste av det utfylte myrområdet. Ved alle tre prøvetakingene var det relativt god vannføring i bekken.



**Figur 4.** Tommie Christensen fra Chemlab Services AS foretar prøvetaking nedstrøms den utfylte myren med “travbane” for islandshester på Bontveit. Prøveuttak i april 2002 ved “middels” vannføring.

**Tabell 4.** Analyseresultat fra prøvetakingen ved “travbanen” for islandshester på Bontveit”

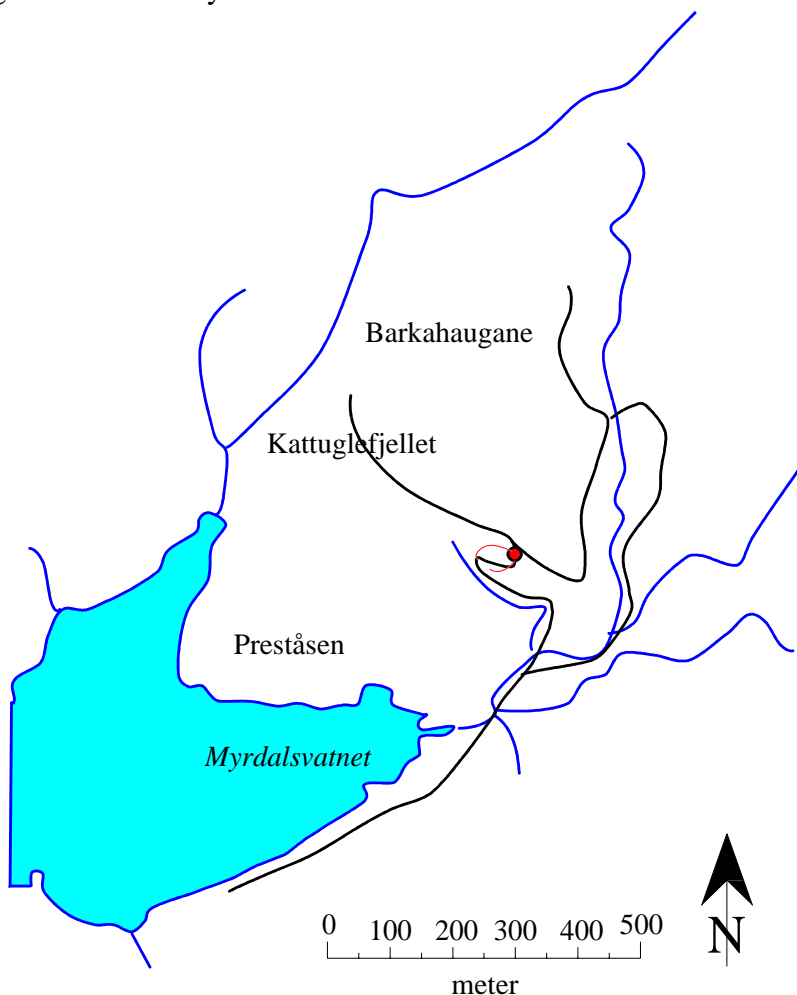
| Parameter | enhet    | metode      | 08.04.02 | 12.06.02 | 20.03.04 |
|-----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| Kobber    | mg Cu/l  | ICP/AES     | 0,02     | 0,02     | 0,01     |
| Sink      | mg Zn/l  | ICP/AES     | 0,08     | 0,26     | 0,04     |
| Nikkel    | : g Ni/l | NS 4781     | <1,0     | <1,0     | 1,2      |
| Krom      | : g Cr/l | NS 4781     | 0,6      | 1,4      | <0,5     |
| Bly       | : g Pb/l | NS 4781     | 2,2      | 5,8      | 3,9      |
| Kadmium   | : gCd/l  | NS 4781     | 0,13     | 0,19     | <0,1     |
| Kvikksølv | : g Hg/l | NS 4768/mod | <0,04    | <0,02    | 0,19     |
| Arsen     | : g As/l | Intern      | 1,7      | 9        | 1        |
| Vanadium  | : g Vd/l | NS 4781     | <2       | <2       | <0,01    |

De tre vannprøvene fra Bontveit var i varierende grad påvirket av metaller og arsen fra trykkimpregnert trevirke. For kobber og sink var det verdier som klassifiseres til tilstand V = “meget sterkt forurenset”, mens for nikkel, krom og kvikksølv var det tilstand I = “ubetydelig forurenset til II = “moderat forurenset”. For bly og kadmium var tilstanden III = “markert forurenset”. I denne bekken var konsentrasjonene noe høyere ved prøvetakingen i juni enn i april 2002, da det hadde vært en del regn umiddelbart før prøvetaking, slik at det hadde skjedd noe mer utvasking. Prøven fra mars 2004 var mindre påvirket enn de tidligere prøvene med hensyn på de fleste analyserte parametre, men innholdet av nikkel og kvikksølv var høyere. Dette gjelder alle prøvene fra mars 2004, og det er uvisst hvorfor verdiene er høyere så lenge etter utfyllingen.

## Myrdalen

Bergen kommune har høsten 2001 anlagt en ny turvei i sløyfe på et par kilometers lengde, innenfor Myrdalsvatnet i Fana, basert på utlegging av oppflist trevirke. Heller ikke her er det benyttet kloakkslam langs veikantene. Prøvetaking er utført i et svært lite nedbørflet, der det er et sig gjennom veien (**figur 5 & 6**). Det er benyttet omtrent 1600 tonn eller 7000 m<sup>3</sup> oppflist virke til de omtrent 1,5 km med ny skogsvei innerst i Myrdalen

**Figur 5.** Kartskisse av området innenfor Myrdalsvatnet. Skogsveiene er vist med svart, vassdraget med blått, prøvetakingspunktet med rød sirkel og nedbørfletet til punktet med stiplet rød linje.



**Figur 6.** Den nye turveien innenfor Myrdalsvatnet oppe i Nesttunvassdraget. Prøvetakingspunktet ligger nede til høyre på bildet.



De tre vannprøvene fra Myrdal er tatt fra et lite sig gjennom skogsveien, like nedstrøms veien. Særlig de to første prøvene var påvirket av både metaller, tungmetaller og arsen. For de fleste metallene var det verdier som klassifiseres til tilstand V = “meget sterkt forurenset”, mens for nikkel og krom er det tilstand III = “markert forurenset”. Det var også en betydelig konsentrasjon av arsen i myrpytten nedstrøms veien, men det var lite kvikksølv i prøvene. Konsentrasjonene var lavere ved prøvetakingen i juni enn i april, og prøven fra mars 2004 viste enda lavere konsentrasjoner av alle undersøkte parametre bortsett fra kvikksølv (**tabell 5**).

**Tabell 5.** Analyseresultat fra prøvetakingen ved skogsveien innerst i Myrdal

| Parameter | enhet    | metode      | 08.04.02 | 12.06.02 | 20.03.04 |
|-----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| Kobber    | mg Cu/l  | ICP/AES     | 0,02     | 0,04     | 0,01     |
| Sink      | mg Zn/l  | ICP/AES     | 1,22     | 0,77     | 0,14     |
| Nikkel    | : g Ni/l | NS 4781     | 3,7      | 2,1      | 3,6      |
| Krom      | : g Cr/l | NS 4781     | 13,3     | 4,4      | 1,1      |
| Bly       | : g Pb/l | NS 4781     | 9,7      | 6,1      | 3,5      |
| Kadmium   | : gCd/l  | NS 4781     | 0,45     | 0,21     | <0,1     |
| Kvikksølv | : g Hg/l | NS 4768/mod | <0,04    | <0,02    | 0,05     |
| Arsen     | : g As/l | Intern      | 76       | 21       | 5        |
| Vanadium  | : g Vd/l | NS 4781     | <2       | <2       | <0,01    |

## Hordnesmarka

I Hordnesmarka er det i dag et nettverk av skogsveier. Disse er de siste årene etablert basert på en såle av oppflist trevirke med utlagt kloakkslam langs sidene. Prinsippene er nærmere beskrevet i Johnsen (2000). Det var tidlig etablert et prøvepunkt nedstrøms en av disse strekningene, og det er tidligere konkludert med at tilsiget fra veien i hovedsak var påvirket av kloakkslammet. Prøvepunktet har et meget begrenset nedbørfelt oppstrøms veien, og prøven er tatt i myren nedstrøms. Til sammen er det benyttet 3.200 tonn eller 14.000 m<sup>3</sup> oppflist virke til de 4 km med skogsveier i Hordnesmarka.

**Tabell 6.** Analyseresultat fra prøvetakingen ved den eldste skogsveien i Hordnesmarka

| Parameter | enhet    | metode      | 08.04.02 | 12.06.02 | 20.03.04 |
|-----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| Kobber    | mg Cu/l  | ICP/AES     | 0,02     | 0,04     | 0,01     |
| Sink      | mg Zn/l  | ICP/AES     | 0,03     | 0,17     | 0,04     |
| Nikkel    | : g Ni/l | NS 4781     | 3,8      | 1,1      | <1       |
| Krom      | : g Cr/l | NS 4781     | 0,9      | 4,7      | <0,5     |
| Bly       | : g Pb/l | NS 4781     | <1       | 2,4      | 1,4      |
| Kadmium   | : gCd/l  | NS 4781     | <0,1     | 0,18     | <0,1     |
| Kvikksølv | : g Hg/l | NS 4768/mod | <0,04    | <0,02    | 0,04     |
| Arsen     | : g As/l | Intern      | 1,2      | 8        | 2        |
| Vanadium  | : g Vd/l | NS 4781     | <2       | <2       | <0,01    |

Ett datasett fra prøver tatt ut i Hordnesmarka 12.november 2000 viser at det er forhøyete verdier av stoffene sink (Zn), krom (Cr) og nikkel (Ni) i prøven fra vannet som har drenert gjennom veien. Dette er også stoffer som høyst sannsynlig stammer fra kloakkslammet.

De to prøvene tatt i 2002 viser i hovedsak lave konsentrasjoner av de fleste stoffene, bortsett fra kobber og sink som tilsvarende tilstand V = “meget forurenset”. For de øvrige metallene tilsvarende målingene mellom tilstand I = “ubetydelig forurenset” og III = “markert forurenset”. Riktignok var det en forhøyet verdi av arsen i målingen fra juni, da en del av de andre metallene også hadde høyere konsentrasjoner. Prøven fra 2004 hadde lavere konsentrasjoner av alle målte stoffer bortsett fra kvikksølv, men det gjelder alle de tre prøvene fra mars 2004 (**tabell 6**).

## DISKUSJON AV RESULTATENE

Bruk av oppflist retur-trevirke til bygging av skogsveier medfører ikke noen betydelige miljøproblemer knyttet til lekkasje av miljøgifter til vassdragene. Sorteringen av returvirket synes å ha vært effektiv, og i størrelsesorden 1-2 ‰ av det oppfliste trevirket var impregnert. Miljøprøvene er tatt i “bekker” og “myrsig” med til dels svært små nedbørfelt, og disse bekkene blir fort fortynnet nedover i vassdragene. Prøver tatt etter to år viser også reduserte verdier, men resultatene varierer en del mellom de ulike stedene. Selv om de målte konsentrasjoner av ulike metaller og miljøgifter enkelte steder har vært høye i forhold til SFTs vannkvalitetskriterier, vil de samlede miljøvirkningene antas å være begrenset lokalt. Det synes også som om utlekkingen er størst en tid etter etablering av veiene, for så å avta etter noen år.

### Miljøgifter i oppflist returvirke

De ti prøvene av sortert og oppflist returtrevirke viser at det er stor variasjon i et slikt parti. Halvparten av prøvene hadde forhøyete verdier med hensyn på arsen, og tre av prøvene hadde verdier mer enn ti ganger over de laveste. Den store variasjonen i fliskvalitet når det gjelder innhold av arsen, tyder på at det forekommer noe impregnert virke i de undersøkte treflishaugene.

Innholdet av arsen i rent impregnert virke var i gjennomsnitt 3,3 g As/kg. Dersom en regner dette som nivået for impregnert virke i det oppfliste trevirket, kan en beregnet innslaget av impregnert virke. Det er imidlertid sannsynlig å anta et noe lavere innhold av arsen i det returnerte trevirket, slik at andelen i flishaugen vil være noe høyere enn det som her blir beregnet.

I prøvene fra det oppfliste trevirket var oppunder 5 mg As/kg i gjennomsnitt og 12,6 mg As/kg i prøven med høyest innhold. De laveste målingene lå under 1 mg As/kg. Den høyeste målingen tilsvarer da et innslag av impregnert virke på 3,8 ‰, i gjennomsnitt var det 1,5 ‰ i de ti delprøvene av flishaugen, og i de “reneste” prøvene var det 0,25 ‰ med impregnert virke. Dette må ansees å være lite, og vurderes som at den visuelle sortering av innkommet virke er svært effektiv. Det er praktisk umulig å fjerne alt impregnert virke ved visuell sortering, fordi mange av de eldste materialene ser like ut som ikke impregnerte materialer.

Innholdet av metallene krom og kobber var i gjennomsnitt 13 mg Cr/kg og 9 mg Cu/kg. I vanlig jord varierer innholdet av krom og kobber stort sett mellom 1 og 90 mg/kg, med et gjennomsnitt for krom på 27 mg Cr/kg, og for kobber på 19 mg Cu/kg (Norvar faktaark 4). Så dersom en sammenligner flisens innhold av disse stoffene med jord, er ikke innholdet av disse to stoffene høyt. Innholdet i jord vil variere svært mye avhengig av den lokale berggrunnens sammensetning.

### Mengde miljøgifter i trevirket i skogsveiene

Til sammen er brukt **henholdsvis 14.000 m<sup>3</sup>, 1.800 m<sup>3</sup> og 7.000 m<sup>3</sup> oppflist trevirke** til veianleggene i Hordnesmarka, “travbanen” på Bontveit og til veien innerst i Myrdalen. Til de fire første kilometrene med forsøksvei i Hordnesmarka er det i tillegg medgått 2.800 m<sup>3</sup> kloakkslam og 4.000 m<sup>3</sup> knust asfalt. Uansett utgjør avfallsmengdene som medgår til etablering av en slik vei samlet sett små volumer spredt utover betydelige strekninger. Alternativet for

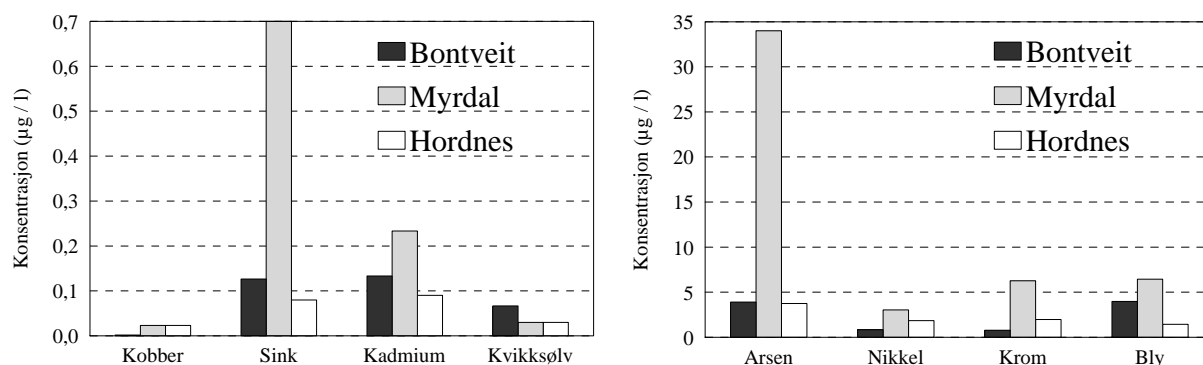
trevirket er enten deponering i fylling eller oppflising og brenning. Brenning tilfører luften både partikler og metaller, samtidig som asken blir særlig metallrik. Ved deponering i fylling vil trevirket både oppta plass, samtidig som nedbrytingen antas å gå mye fortere på grunn av trykk og varmeutfvikling, slik at eventuelle miljøgifter frigjøres raskere. Mengdene med miljøgifter som er “spredd” i terrenget er samlet sett moderate (**tabell 7**), og fordelt over et betydelig område. Det er også antatt at utlekkingen vil skje over lang tid.

**Tabell 7.** Omfanget av utlagt oppflist trevirke de tre ulike stedene, med beregninger av mengden “miljøgifter”. Tallene er basert på oppstilling på side 8 og verdiene i tabell 2 på samme side.

|                               |        | Hordnesmarka                     | Bontveit “travbane”              | Myrdalen                        |
|-------------------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Lengde vei                    |        | 4 km                             | ca 5000 m <sup>2</sup>           | 1,5 km                          |
| Mengde i vei                  |        | 3200 tonn / 14000 m <sup>3</sup> | 450 tonn / 1800 m <sup>3</sup>   | 1600 tonn / 7000 m <sup>3</sup> |
| Mengde<br>brukt               | Arsen  | 12,5 kg                          | 1,8 kg                           | 6,2 kg                          |
|                               | Krom   | 32,0 kg                          | 4,5 kg                           | 16,0 kg                         |
|                               | Kobber | 22,1 kg                          | 3,1 kg                           | 11,4 kg                         |
| Mengde<br>/ lengde<br>/ areal | Arsen  | 0,3 kg / 100 m                   | 0,3 kg / da =1000 m <sup>2</sup> | 0,4 kg / 100 m                  |
|                               | Krom   | 0,8 kg / 100 m                   | 0,9 kg / da =1000 m <sup>2</sup> | 1,1 kg / 100 m                  |
|                               | Kobber | 0,6 kg / 100 m                   | 0,6 kg / da =1000 m <sup>2</sup> | 0,7 kg / 100 m                  |

## Utlekking til miljøet fra utlagt flis

Undersøkelsene av miljøgifter i ett parti treflis, som ble benyttet til utlegging i skogsveier, viser at den utlagte flisen inneholder stoffer som det er ønskelig å begrense spredningen av i naturen. Resultatene fra overvåkingen av utlekking til vann viser også at disse lekker til miljøet, og at sigevatnet var “meget sterkt forurenset” for en del av de undersøkte stoffene i henhold til SFTs klassifisering (SFT 1997). For så godt som alle de undersøkte stoffene, ble det målt høyest konsentrasjoner ved veien innerst i Myrdalen, mens den eldste veien i Hordnesmarka hadde gjennomgående de laveste konsentrasjonene (**figur 7**).



**Figur 7.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av de åtte målte stoffene ved tre prøvetakinger ved de tre undersøkte skogsveiene. For kobber og sink er konsentrasjonene i mg/l, mens for de øvrige er det µg/l som angitt på aksene.



Målingene ved veien innerst i Myrdalen har vist høyere konsentrasjoner enn de øvrige stedene ved alle tre prøvetakingene, men konsentrasjonene har gått jevnt ned siden den første prøvetakingen i april 2002. Prøvetakingsstedet ved veien i Myrdalen drenerer et svært begrenset felt, og vannet står nesten stille i myren som veien krysser kanten av. Vannmengdene som omfattes av dette er svært små, og de har også hatt en betydelig modningstid i forbindelse med veien. Ved de to andre skogsveiene var det den midterste prøvetakingen, i juni 2002, som hadde de høyeste konsentrasjonene, og i mars 2004 var det lavest for de fleste stoffene.

Så selv om det ikke er store andeler impregnert virke i de utlagte massene med oppflist trevirke, har de likevel påviselige konsentrasjoner av uønskete stoffer i avrenningsvannet. De laveste målingene ble observert ved den eldste veien i Hordnesmarka, der det sannsynligvis fremdeles er kloakkslammet som besørger det meste av forurensningen. Det var også lave målinger ved anlegget på Bontveit, men der er det generelt mer vanngjennomstrømming enn ved det tilsvarende nye veianlegget i Myrdal, og derfor en større "fortynning" av eventuelle utslipp. Prøvene tatt i mars 2004 viser at innholdet i avrenningen avtar, og det skal ikke mer fortynning til nedover i vassdraget enn mellom 3 og 30 ganger før konsentrasjonene er innenfor SFTs besten tilstandsklasse I = "ubetydelig forurenset".

## Bruk av avløpsslam langs veiene

Ved de første veiene i Hordnesmarka er det også benyttet kloakkslam langs kantene, noe som kan være aktuelt ved eventuelle nye skogsveier andre steder. Bruk av slam reguleres både av mengde som legges ut og også innholdet av tungmetaller i det som legges ut (§9 "*Tungmetaller i slam*" i Forskrift om avløpsslam fra 1996). Dessuten varierer grensene avhengig av anvendelseområde. Det vil være naturlig å benytte grensene for hva som er tillatt i slam som legges ut i grøntareal (kvalitetsklasse III), mens det er andre og strengere grenser for bruk av slam til landbruksområder (kvalitetsklassene 0-II). Det kan også være aktuelt å vurdere det hele opp mot grensene for bruk av slam som toppdekke på avfallsfyllinger (også i forskriftens §11 "*Bruk av slam*"). Forskriften angir da en øvre grense på 15 cm slam.

Det avløpsslammet som har vært benyttet er hygienisert etter "ORAS"-metoden. Da tilsettes slammet ulesket kalk, noe som medfører at temperaturen stiger fordi kalket reagerer med vanninnholdet som er 70 %. Slammet legges så i store hauger, der temperaturen holder seg forhøyet i lang tid, slik at mikroorganismer og smittestoffer drepes effektivt. Videre øker pH i slammet til over 12, for så å avta etter en tid.

Ved anlegget i Rådalen produseres slam i porsjoner på flere hundre tonn, og alle porsjonene analyseres for både innhold av metaller (gjøres før tilsetting av kalk) og for smittestoffer (gjøres etter hygienisering). Resultatene av disse analysene blir vurdert i forhold til "Slamforskriften" (Sosial- og Helse- og Miljøverndepartementet 1996) slik at det ikke kjøres ut slam fra anlegget i Rådalen som ikke tilfredsstiller kravene. Ingen av produksjonene av slam fra Rådalen har til nå overskredet grensene gitt i forskriftene, og innholdet av metaller synes å være relativt stabilt.

For bruk av avløpsslam langs skogsveien i Hordnesmarka har en fått anledning til å legge ut et 10 cm tykt dekkjikt, og dette ligger mellom de 5 cm som er angitt som grense for utlegging i grøntareal og de 15 cm som er angitt som grense for utlegging som toppdekke på avfallsfyllinger. Den spesifikt angitte grense på 10 cm virker fornuftig sett ut fra formålet med slamutleggingen i dette tilfellet. Videre har en valgt å sikre seg mot mulige forurensninger til vassdrag ved å ikke legge ut slam nærmere enn 15 meter fra nærmeste bekk/elv, og nærmere enn 200 meter fra bebyggelse og brønner.

## REFERANSER

JOHNSEN, G.H. 2000

Beskrivelse av miljøkonsekvenser ved bruk av treflis til bygging av skogsveier  
Rådgivende Biologer AS, rapport nr 426, 10 sider, ISBN 82-7658-278-8.

JOHNSEN, G.H. 2004.

Overvåking av forurensning til vann fra myr i Hordnesmarka fylt med oppflist trevirke  
Rådgivende Biologer AS, rapport 715, 15 sider, ISBN 82-7658-243-5.

WORMSTRANS, E., E.KJERSCHOW & J.MARTHINSEN 2000.

Avfallsbaserte brenselprodukter. Kvalitetssikring og miljøkrav ved energiutnyttelse av  
brensel fra sortert avfall.  
Prosessindustriens Landsforening, ISBN 81-91580-23-5, 60 sider.

NÅMDAL, S., B.BJØRNSTAD & L.R.HOVDE 1999.

Bruk av utlekkings tester for klassifisering av avfall og forurenset masse.  
Krav til dokumentasjon og testing.  
SFT-veiledning 99:03, ISBN 82-7655-166-1, 20 sider

NORVAR 2003

Bruk av slam på kornarealer - informasjonsprosjekt  
Faktaark 1: Resirkulering av ressurser i avløpsslam  
Faktaark 2: Bruk av avløpsslam på kornarealer  
Faktaark 3: Regelverk  
Faktaark 4: Tungmetaller i avløpsslam  
Faktaark 5: Organiske forurensninger i avløpsslam  
Faktaark 6: Smittestoffer (for mennesker og dyr) i avløpsslam  
Faktaark 7: Mulige planteskadegjørere i avløpsslam