

Området for miljø og utvikling

Forskningsprogram om grunnforurensning – **GRUF**

Sluttrapport til Norges forskningsråd



1995 – 2000



**Norges
forskningsråd**

© Norges forskningsråd 2002

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St. Hanshaugen
0131 OSLO
Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01

Publikasjonen kan bestilles via internett:
<http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/>
eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Internett: bibliotek@forskningsradet.no
X.400: S=bibliotek;PRMD=forskningsradet;ADMD=telemax;C=no;
Hjemmeside: <http://www.forskningsradet.no/>

Grafisk design: danas@c2i.net
Foto omslagsside: NGI
Trykk: GCS media as
Opplag: 250

Oslo, juli 2002
ISBN 82-12-01781-8

Forord

Forskningsprogrammet ProFo – Forurensninger: kilder, spredning, effekter og tiltak, har hatt ansvaret for slutføring av Forskningsprogrammet om forurenset grunn (GRUF).

Programplanen og forskningsresultatene fra GRUF har vært nyttige i den videre utviklingen av program og handlingsplan for ProFo. GRUF-programmet har, sammen med programmene om økotoksikologi, strålevern og nitrogen og bakkenært ozon, gitt en helhetlig forståelse av forurensninger i naturen og danner basis for ProFos videre arbeid.

GRUF-programmet med et midlertidig programstyre ble oppnevnt av Områdestyret for miljø og utvikling (MU) i Norges forskningsråd i juni 1995. På grunn av usikker finansiering ble programmet først vedtatt for bare et og et halvt år, til og med 1996. Til grunn for programstyrets arbeide lå et programnotat datert 22. november 1993, utarbeidet av en arbeidsgruppe ledet av Tor Løken. Denne gruppen var oppnevnt av Norges forskningsråds avdeling NTNF, etter initiativ fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og noen forsk-

ningsinstitutter. Områdestyret for MU ønsket en oppdatering av dette programnotatet, hvilket forelå revidert i april 1996, og på Områdestyrets møte samme måned ble det besluttet at GRUF-programmet skulle fortsette frem til og med 2000. Det midlertidige programstyret fra 1995 ble samtidig oppnevnt for hele programtiden.

GRUF-programmet ble i 1998 slått sammen med tre andre forskningsprogrammer under MU til et nytt program ProFo. ProFo fikk et programstyre med representanter fra alle de fire delprogrammene.

Den foreliggende rapporten representerer GRUF-programmets sluttrapport til Norges forskningsråd og til forvaltningen som har finansiert programmet.

Rapporten er ført i pennen av GRUF-programmets leder Tor Løken med kommentarer av Erle Grieg Astrup, begge medlemmer av ProFos programstyre. Prosjektledere takkes for velvillig bistand i forbindelse med sluttrapporten fra GRUF-programmet.

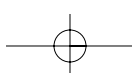
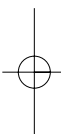
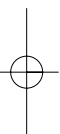
Oslo, juli 2002



TOR LØKEN
Styreleder GRUF



MERETE ULSTEIN
Styreleder ProFo



Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| Forord | 3 |
| Sammendrag | 6 |
| 1 Bakgrunn for Forskningsprogram om forurenset grunn (GRUF) | 9 |
| 1.1 Historikk | 9 |
| 1.2 Samfunnets kompetansebehov | 9 |
| 2 Mål for Forskningsprogram om forurenset grunn (GRUF) | 11 |
| 2.1 Hovedmål og delmål | 11 |
| 2.2 Etterprøvbare mål | 11 |
| 3 Gjennomføring av programmet | 13 |
| 3.1 Fase 1. Oppstarten (1995-1996) | 13 |
| 3.2 Fase 2. Løpende drift (1997-2000) | 13 |
| 3.3 Budsjett | 14 |
| 3.4 Tiltak, samlinger og konferanser | 17 |
| 3.5 Virksomhet | 18 |
| 3.5.1 Prosjektoversikt | 18 |
| 3.5.2 Doktorander | 18 |
| 3.5.3 Formidling fra prosjektene | 18 |
| 3.5.4 Internasjonale kontakter | 19 |
| 4 Faglige og samfunnsrelevante resultater | 20 |
| 5 Behov for videre innsats | 24 |
| Vedlegg 1: Programstyrets sammensetning | 27 |
| Vedlegg 2: Prosjektportefølje | 28 |
| Vedlegg 3: Populærvitenskapelige sammendrag | 30 |
| Vedlegg 4: Publikasjonsliste | 36 |

Sammendrag

Behovet for et nasjonalt FoU-program for håndtering av forurenset grunn og deponier, kom som følge av at Norge i perioden 1989 – 1992 gjennomførte en kartlegging av deponert spesialavfall og forurenset grunn i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT). I alt ble det registrert over 2000 forurensete lokaliteter. På bakgrunn av denne kartleggingen utarbeidet SFT (1992) en handlingsplan for opprydding i «gamle syn-der». Målet for planen var, i tråd med Stortingets målsetting fra 1989, at faren for alvorlige forurensningsproblemer fra disse områdene skulle være redusert til et minimum innen år 2000. Det ble anslått at det ville være nødvendig med undersøkelser og eventuelle tiltak på i alt ca. 450 forurensete lokaliteter, og oppryddingen ble beregnet til å koste totalt 2 - 3 milliarder kroner.

Allerede i 1993 opprettet Norges forskningsråd (avdeling NTNF) et forprosjekt for å vurdere et slikt FoU-program. Den oppnevnte referansegruppen konkluderte med at dette var et klart behov, og programforslaget fikk som arbeidstittel: «GRUF – Opprydding av forurenset grunn og deponier». Etter reorganiseringen av Norges forskningsråd ble det i 1995 besluttet å igangsette GRUF. På forhånd hadde SFT avsatt 3 mill NOK for å komme raskt i gang. Ved programstart var det bare bevilget penger for 1995 og 1996, hvilket resulterte i at det i første fase av programmet bare kunne bevilges midler til prosjekter som måtte være avsluttet i løpet av 1996. Først ved beslutningen (1996) om å fortsette programmet fram til år 2000, ble det

mulig å legge inn flerårige prosjekter og Dr. grads stipendier.

Helt fra starten var hovedmålet å bidra til et kunnskapsgrunnlag for å rydde opp i forurenset grunn og deponier på en kostnadseffektiv måte, samt å formidle denne kunnskapen ut til problemeiere og andre brukere. Dette skulle gjennomføres ved tre delmål; 1) Beslutningsgrunnlag og risikovurdering, 2) Tiltak og 3) Overvåkning. Dette var grunnlaget for et meget stort antall prosjektsøknader og innvilgede prosjekter de første 3 årene.

På grunn av reduserte budsjetterammer fra og med 1997 besluttet programstyret at utlysningen for nye prosjektsøknader fra og med 1998 bare skulle konsentreres til det første delmålet. Hvilket naturlig resulterte i færre nye søknader og færre nye prosjekter.

Fordi programstyret ønsket at forskningsprosjektene skulle være knyttet opp til relevante problemstillinger, var det ønsket å ha ekstern finansiering fra aktuelle problemeiere og noe egenfinansiering fra søker. Dette resulterte i litt over 9 mill NOK i eksterne midler, som kom i tillegg til Forskningsrådets (inklusive midler fra SFT) bevilgninger på i underkant av 17 mill NOK. Samlet finansiering for GRUF var 26,6 mill NOK, fordelt på i alt 30 prosjekter.

Tre av prosjektene var konsentrert om risikovurderinger. De to viktigste, kanskje innen hele GRUF-programmet, var «Risiko for helseeffekter ved overskridelse av SFTs normverdier for ren jord i Trondheim». Resultatene fra dette

prosjektet er senere utvidet med videre kartlegging i Trondheim og i Bergen. Det andre prosjektet «Miljørisikovurdering – Et beslutningsverktøy for forurenset grunn», ble finansiert som et samarbeid mellom SFT og GRUF. Resultatet fra dette prosjektet ble at SFT i 1999 kom ut med en ny veileder nr. 99:01 A og B «Risikovurdering av forurenset grunn», hvor del A inneholder selve veiledningen og del B er en eksempelsamling. Med utgangspunkt i veilederen ble det utarbeidet et regneverktøy og en interaktiv nettversjon. Denne SFT veilederen er i dag blitt en standard ved alle byggesaker eller gjennomføring av tiltak på forurenset grunn.

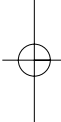
Mange av de kartlagte områdene med forurenset grunn var tidligere treimpregneringsverk, med kreosot og trykkimpregnert trevirke med kobber, krom og arsen (CCA). Dette resulterte i at mange av forskningsprosjektene ble konsentrert om PAH og blandede forurensninger med PAH og tungmetaller. Det ble oppnådd verdifulle resultater på in-situ og eks-situ nedbrytning av de lettere PAH-forbindelsene. Enkelte av prosjektene viste imidlertid at noen metoder hadde klare begrensninger, et viktig resultat i seg selv. Programstyret gikk aktivt inn og krevde at forutsetningen for bevilgning til beslektede PAH-prosjekter fra forskjellige forskningsmiljø måtte koordineres. Dette var tilfelle for «Hummelvik-prosjektene» som har levert en felles populærvitenskapelig samlerapport. I alt var det 13 PAH-prosjekter.

Det var 3 prosjekter som tok opp problemer med grunn forurenset med tungmetaller, og 5 prosjekter var relatert til det vanskelige problemkomplekset med

blandede forurensninger (både organiske og uorganiske forurensninger). 3 prosjekter var knyttet til mobilitet og nedbrytning av PCB forurenset grunn ved naturlige påvirkning og ved en mulig renseteknologi med deklorinerings.

2 prosjekter tok opp problemer knyttet til avisningsvæske og glycol forurenset grunn.

GRUF-programmet var konsentrert om problemer med forurenset grunn på land og i strandsonen, fordi man trodde at andre programmer skulle dekke sedimenter. Det har i ettertid vist seg at problemer relatert til forurensede sedimenter både i havneområder og ute rundt offshore-installasjoner er blitt meget aktualisert. Dette er delvis tatt opp etter at GRUF ble innlemmet i ProFo, men her er det behov for videre forskning av mulige økologiske effekter og utvikling av nye teknologiske løsninger i forbindelse med eventuelle tiltak.



I Bakgrunn for Forskningsprogram om forurenset grunn (GRUF)

1.1 HISTORIKK

I Norge som i andre industrialiserte land, utgjør deponier for spesialavfall og forurenset grunn kilder til langvarig spredning av miljøgifter i jord og grunnvann til sjø og vassdrag. I perioden 1989 – 1992 stod Statens forurensningstilsyn (SFT) for kartlegging av deponert spesialavfall og forurenset grunn over hele landet. I alt ble det registrert over 2000 forurensete lokaliteter.

På bakgrunn av denne kartleggingen utarbeidet SFT (1992) en handlingsplan for opprydding i «gamle synder». Målet for planen var, i tråd med Stortingets målsetting fra 1989, at faren for alvorlige forurensningsproblemer fra disse områdene skulle være redusert til et minimum innen år 2000. Det ble anslått at det ville være nødvendig med undersøkelser og eventuelle tiltak på i alt ca. 450 forurensete lokaliteter, og oppryddingen ble beregnet til å koste totalt 2 – 3 milliarder kroner. I tillegg var det ventet flere lokaliteter hvor det var mistanke om miljøgifter i grunnen, og hvor det ville bli behov for undersøkelser i forbindelse med planer om utbygging eller endret arealbruk. I ettertid har det vist seg at denne problemstillingen utgjorde de fleste sakene hvor det har vært aktuelt å gjennomføre opprydding og tiltak.

Norges forskningsråd (avdeling NTNF) besluttet i februar 1993 å opprette et forprosjekt for å vurdere et nasjonalt FoU-program for håndtering av forurenset grunn og deponier. Den oppnevnte referansegruppen konkluderte med at det var et klart behov for et slikt forskningsprogram. Programforslaget fikk som arbeidstittel: «GRUF – Opprydding av forurenset grunn og deponier».

Det var et stort behov for tverrfaglig koordinering både internasjonalt og nasjonalt. Nasjonalt var det allerede en rekke andre forsknings- og utviklingsprogrammer som var beslektet med GRUF. Her kan spesielt nevnes «Marin forurensning», «Miljø i grunnen» og «Økotoksikologi». Forurensete sedimenter (i fjorder og vann) ble besluttet ikke inkludert i GRUF på grunn av at dette temaet skulle dekkes av andre programmer, bl.a. «Program for Marin Forurensning».

1.2 SAMFUNNETS KOMPETANSE-BEHOV

På nittitallet hadde SFT stort sett oversikt over problemkomplekset, og noen få forskningsmiljøer og konsulentfirmaer hadde etterhvert fått 10 - 15 års erfaring. Innen tekniske etater i fylkene og kommunene var det noe kunnskap om grunnforurensninger, men bare et fåtall av berørte grunneiere var forberedt på de oppgaver de sto foran.

Forskningsprogrammet ble derfor rettet mot tre **brukergrupper**:

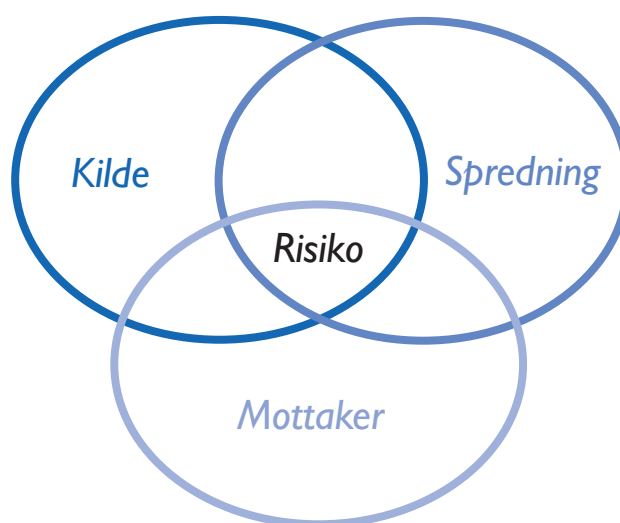
- *Forvaltningen* som bestod av miljøvern-, forurensnings- og helsemyndighetene på forskjellige nivåer.
- *Problemeiere* som bestod av industri, kommuner, staten og andre eiendomsbesittere
- *Problemløserne* som bestod av universitetene, forskningsinstituttene, rådgivende konsulenter, industrien og entreprenørene.

For myndighetene var det særlig viktig å få et bedre grunnlag (metodisk og naturvitenskapelig) for å vurdere forureningsgraden og dens mulige skadelige effekter, før krav om eventuelle konkrete oppryddingstiltak ble stilt. Spesielt hadde

SFT et stort behov for denne typen kunnskap. Tilsvarende også for etater som Forsvaret med sine deponier, og NSB med sine impregneringsverk og tank-/lagerplasser for diesel. Store og viktige målgrupper var også kommunene og industrien med deponier hvorfra det lekker ut forurenset sigevann, og annen grunnforurensning forårsaket av akutte- og diffuse utslipp. Mange av deponiene ligger i strandsonen til vassdrag og fjorder med dertil hørende spesielle forurensningsproblemer.

For både problemeiere og leverandører av løsninger var det behov for mer kunnskap om kjemiske og biologiske prosesser, spredning, transport og miljøpåvirkninger av ulike komponenter i grunnen, for å vurdere risiko og utvikle nye metoder og teknologi for kartlegging, overvåking og tiltak (se figur 1). På verdensbasis foregår det en kontinuerlig utvikling av teknikker for undersøkelser og tiltak, og det var behov for forskning som kunne tilpasse disse resultatene til norske forhold.

Hoved-risiko-komponenter



Figur 1. For at det skal kunne oppstå en situasjon med risiko må det være en kilde (forurensning) som via spredning (jord, vann og/eller luft/gass/stråling) blir fanget opp av en mottaker (levende organismer). Hvis en av "ringene" ikke overlapper med de to andre, oppstår det ingen risikosituasjon. En mottaker kan uten risiko være i kontakt med en kilde som ikke påvirker mottakeren, som for eksempel når det drikkes vin av krystallglass som inneholder bly uten at vi av den grunn blir blyforgiftet fordi vinen ikke kan reagere med blyinnholdet i glasset.

2 Mål for Forskningsprogram om forurenset grunn (GRUF)

2.1 HOVEDMÅL OG DELMÅL

Forskningsprogrammet hadde helt fra forprosjektet i 1993 følgende hovedmål:

GRUF skal bidra til et kunnskapsgrunnlag for å rydde opp i forurenset grunn og deponier på en kostnadseffektiv måte, samt formidle denne kunnskapen ut til problemeiere og andre brukere.

For å nå hovedmålet var programmet delt inn i tre delmål:

- **Beslutningsgrunnlag og risikovurdering** – Programmet skal bidra til å utvikle og forbedre grunnlaget for å forstå den totale risikosituasjonen av en forureningslokalitet.
- **Tiltak** – Programmet skal bidra til å utvikle og demonstrere kostnadseffektive behandlingsløsninger for deponier og forurenset grunn.
- **Overvåkning** – Programmet skal bidra til å utvikle effektive og informative overvåkningsmetoder inkludert økotoksikologiske metoder for miljøgifter fra deponier og forurenset grunn.

Dette skulle oppnås ved å:

- øke kunnskapen om ulike forureningskomponenters transport, omsetning og giftighet i grunnen (her definert som jord, løsmasser, berggrunn og grunnvann)
- gi bedre grunnlag for vurdering av risiko/effekter for helse og miljø
- danne grunnlag for videreutvikling av undersøkelses- og behandlingsmetoder for forurenset grunn, både ex-situ og in-situ løsninger
- utvikle kostnadseffektive metoder og teknologi for påvisning og overvåkning av miljøgifter i grunnen, herunder miljøindikatorer.
- åpne muligheter for eksport av norsk teknologi og konsulenttjenester.

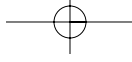
2.2 ETTERPRØVBARE MÅL

Programmets hoved- og delmål skulle realiseres ved tildeling av forskningsmidler i henhold til søknader fra relevante forskningsmiljø. I GRUF-programmet ble det åpnet for at også konsulentbedrifter og entreprenører kunne søke om midler til prosjekter. Det var samtidig ønske om tilleggsfinansiering (både i form av egeninnsats og som eksterne midler) fra brukerne for å vise at prosjektene hadde relevans ut fra hoved- og delmål. Det var imidlertid ikke noen forutsetning at alle GRUF-prosjektene måtte ha finansiell brukerstøtte.

Hvorvidt programmets mål ble oppfylt gjennom de forskningsprosjekter som ble tildelt, skulle vurderes ved evaluering av framdrifts- og sluttrapporter.

Konkrete etterprøvbare mål var:

- Dekningsgraden av programmets hoved- og delmål i lys av ressursbruk og budsjett. Det ble søkt en bredest mulig dekning som samtidig var i rimelig samsvar med bidragsytternes relative innsats.
- Antall nye samarbeidsprosjekter som ble satt i gang. Programmet skulle ta initiativ til, og stimulere til tverrfaglige og institusjonelle prosjekter.
- Antall doktorgrader.
- Antall vitenskapelige og populærvitenskapelige publikasjoner/formidlinger.
- Tilbakemeldinger fra oppdragsgivere og fra forskningsmiljøer om prosjektenes betydning for heving av kompetansenivå.
- Fagseminar med presentasjoner av avsluttede og løpende forskningsprosjekter



3 Gjennomføring av programmet

3.1 FASE I OPPSTARTEN (1995 – 1996)

Da programmet startet i 1995 var det bare bevilget midler for 1995 og 1996. På forhånd hadde SFT avsatt 3 mill NOK for raskt å komme i gang med nødvendig forskning. Disse midler kombinert med 2,8 mill NOK fra NOE via NFR, var de midler som var disponible for 1995/96. Det var på dette tidspunkt ikke lovet midler for senere år, selv om programmet hadde forventet varighet til og med 2000.

Programstyrets mandat og sammensetning ble vedtatt på møte i Områdestyret for miljø og utvikling (MU) den 24. og 25. april 1995. Ettersom programstyret ønsket å nå flest mulige brukere og samtidig få et inntrykk av aktuelle problemstillinger knyttet til forurenset grunn, ble det sendt ut en kunngjøring hvor alle interesserte ble bedt om å sende inn «skisser» (maks 2-3 sider) til mulige prosjekter med frist 15. august 1995. Det kom inn over 70 slike skisser, som dekket et vidt faglig spekter. På bakgrunn av dette materialet ba programstyret om fullstendige prosjektsøknader med frist 15.10.95, med følgende retningslinjer:

- Det vil bli lagt vekt på prosjekter som internasjonalt sett skaffer faglig grunnlag for å forstå den totale risikosituasjonen; i) for en forurensningslokalitet, ii) for eventuelle tiltak som kunne anbefales eller utføres og iii) for et antatt sluttprodukt.
- Det skal konsentreres om norske forhold, gjerne knyttet til eksisterende lokaliteter, og kostnadseffektive løsninger.
- Det er ønskelig med et nært samarbeid mellom flere brukere og problemløsere, hvor økt forskningsinnsats blir muliggjort ved ekstern (bruker-) finansiering.

- Det vil bli stilt krav til aktiv formidling av forskningsresultatene.
- På grunn av begrensede midler er det dessverre ikke plass til prosjekter rettet mot håndtering eller resirkulering av avfall, eller mot forurensete marine sedimenter i fjorder.
- utredninger, litteraturstudier eller uttesting av utenlandske patenter eller lignende for norske forhold, vil ikke bli vurdert.
- Prosjektene skal kunne avsluttes innen utgangen av 1996, men gitt videreføring av GRUF-programmet vil gode og relevante prosjekter kunne få en fortsatt finansiering etter 1996.

Oppfordringen resulterte i 46 prosjektsøknader, hvorav de fleste var en mer konkret bearbeiding av de opprinnelige skissene. Programstyret valgte å godkjenne støtte til 14 prosjekter med varighet resten av 1995 og ut 1996. I praksis ble de fleste av disse prosjektene av ett års varighet. I tabeller og oversikter over driften av GRUF er 1995 og 1996 derfor slått sammen til ett år.

3.2 FASE 2 LØPENDE DRIFT (1997-2000)

Programstyret startet tidlig i 1996 arbeidet med å revidere programnotatet fra 1993, som lå til grunn for programmet ved oppstart. Det ble valgt å revidere hele programnotatet fordi dokumentet allerede var tre år gammelt, framfor å lage en handlingsplan i tillegg. Programstyret gjennomgikk det faglige grunnlaget for programmets arbeide fram til og med år 2000. Det reviderte programnotatet ble godkjent av Områdestyret i MU i april 1996. Dette reviderte programnotatet ble lagt til grunn for GRUF-programmets utlysning av midler for 1997 og fungerte

som ramme for programstyrets arbeide. Deretter dette fulgte GRUF-programmet Norges forskningsråds normale prosedyrer for utlysninger med søknadsfrist 15. juni hvert år.

For året 1997 kom det inn 35 nye flerårige søknader. Av disse ble 10 nye prosjekter bevilget og 4 «gamle» prosjekter fra 1996 fikk forlenget finansiering, slik at i alt 14 prosjekter var løpende.

På grunn av reduserte budsjettammer fra og med 1997, besluttet programstyret at utlysningen av nye prosjektsøknader for 1998, skulle begrenses til programmets første delmål. Herunder skulle følgende temaer prioriteres:

- Mobilitetsundersøkelser, nedbrytningsreaksjoner, tilstandsformer, spredningsmodeller og episodiske hendelser med spesiell vekt på norske forhold.
- Tverrfaglige prosjekter som kombinerer økotoksikologiske- og helserisiko-vurderinger knyttet til forurenset grunn.

Med denne bakgrunn kom det inn 35 søknader, hvorav bare 5 nye prosjekter ble innvilget. Samtidig ble 5 prosjekter avsluttet, slik at det fortsatt pågikk 14 GRUF-prosjekter.

Etter som flere GRUF-prosjekter gikk over flere år og budsjettammene fortsatt var lave, ble utlysningen av mulige nye prosjekter begrenset. Samtidig ble GRUF-programmet innlemmet i ProFo, hvilket resulterte i at prosjekter med bred problemstilling, ble definert som ProFo-prosjekter. For 1998 kom det inn 11 «GRUF» relaterte søknader og bare 5 nye prosjekter ble innvilget. For 1999 var det bare 2 søknader og kun ett prosjekt ble innvilget. Stort sett har det hvert år vært 14 løpende prosjekter, bortsett fra i 2000 hvor dette tallet var redusert til 6. To dr.grads prosjekter fortsatte fram til 2001.

3.3 BUDSJETT

Da programmet ble planlagt med oppstart i 1995 og avslutning i 2000, var det håpet på en samlet økonomisk ramme anslått til 80 mill NOK. Finansieringen var tenkt løst ved en kombinasjon av bidrag fra det offentlige og fra industrien. Fra det offentlige via Norges forskningsråd var det ventet en bevilgning på 5–7 mill NOK/år. Flere offentlige instanser, som SFT, NSB, Forsvaret og kraftselskapene, hadde tidligere bidratt med FoU-midler innen dette forskningsfeltet og var forutsatt å være viktige samarbeidspartnere både med forslag til aktuelle forskningsprosjekter og til medfinansiering. I tillegg var det forventet at industrien, entreprenører og private problemeiere ville bidra med midler til programmet på prosjektnivå, i et samarbeid for å få løst konkrete problemer.

Programmet startet i 1995, og gikk frem til 1998 hvor det ble slått sammen med 3 andre programmer og innlemmet i det nye og større programmet «Forurensninger, kilder, spredning, effekter og tiltak» (ProFo) med planlagt tidsperiode 1998 – 2005. Under ProFo var det fortsatt midler som var øremerket GRUF, og noen nye prosjekter ble definert som forurenset grunn, slik at det ble mulig å skille ut hva som kan relateres til GRUF frem til og med 2000.

Det spesielle med GRUF var at det hele



Opprinnelig finansieringsplan (ved oppstart, beløp i kNOK)
Programperioden f.o.m. 1995 t.o.m. 2000.

| Finansieringskilde | Budsjett 1995/96 | Forslag 1997 | Forventet 1998–2000 | Totalt |
|-----------------------|------------------|---------------|---------------------|---------------|
| NOE | 2 800 | 2 000 | 12 000 | 16 800 |
| MD | | 2 000 | 12 000 | 14 000 |
| Andre Dep. | | 1 000 | 8 000 | 9 000 |
| SFT | 3 000 | | | 3 000 |
| Egeninnsats | 3 500 | 5 000 | 17 000 | 25 500 |
| Andre eksterne midler | 1 000 | 2 000 | 8 000 | 11 000 |
| Totalt (kNOK) | 10 300 | 12 000 | 57 000 | 80 300 |

tiden var et ønske om at i alle fall noen prosjekter, som hadde en aktuell problemstilling, skulle utløse finansiell støtte fra brukerinteresser i tillegg til midler fra Norges forskningsråd. Derfor øket verdien av forskningsinnsatsen ved at både «egne

midler» fra institusjon/firma som ledet prosjektet og «eksterne midler» fra «problemeier», dette være seg fra det offentlige eller fra industribedrifter/grunneiere.

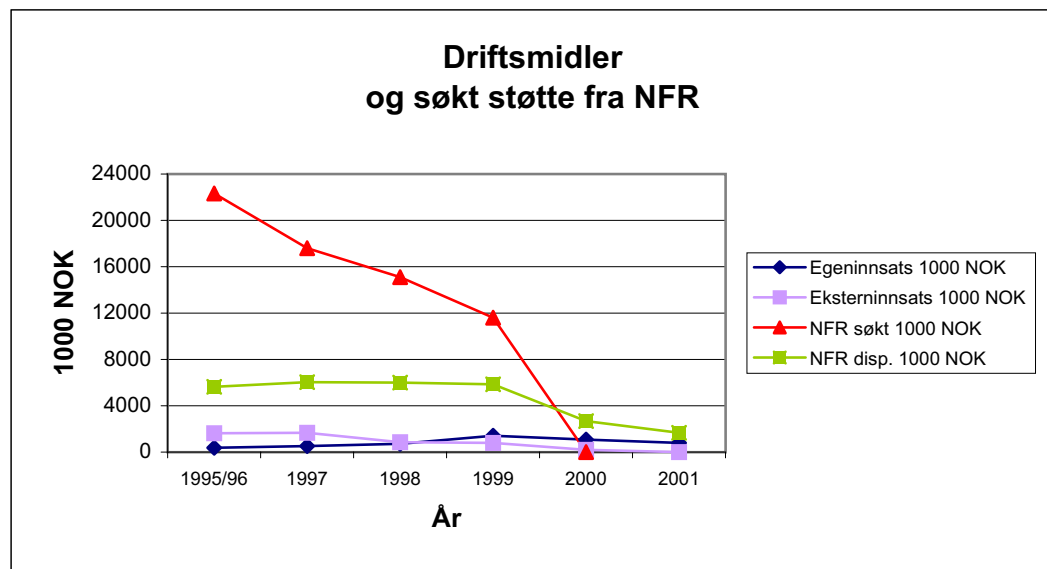
Finansiering slik den ble i virkeligheten. (i kNOK)

| Finansieringskilde | Budsjett 1995/96 | Budsjett 1997 | Budsjett 1998 | Budsjett 1999 | Budsjett 2000 | Sum |
|-------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Norges forskningsråd: NOE/NHD | 2 800 | 500 | 500 | 500 | 500 | 4 800 |
| Norges forskningsråd: MD | 2 000 | 3 000 | 2 900 | 500 | | 8 400 |
| SFT (på vegne av MD) | 3 000 | | | | | 3 000 |
| Egeninnsats | 376 | 521 | 718 | 1 409 | 1 080 | 4 104 |
| Andre eksterne midler | 1 626 | 1 663 | 850 | 790 | 200 | 5 129 |
| (overført fra 1996 til 1997) | -1 300 | 1 300 | | | | |
| Administrasjon, Prog. styre | 452 | 252 | 298 | 148 | | 1.150 |
| Totalt (kNOK) | 6 954 | 6 236 | 5 366 | 5 747 | 2 280 | 26 583 |

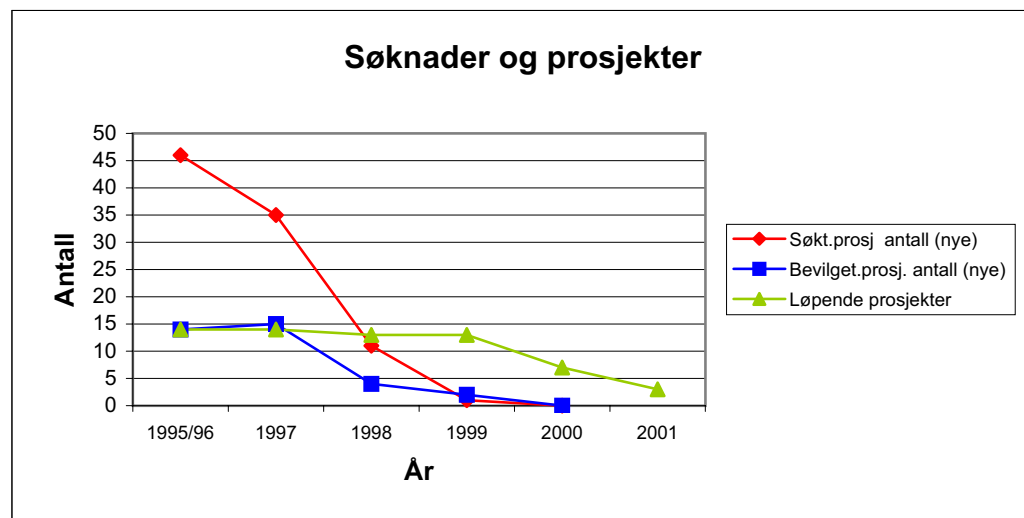
Det fremgår av tabellene at midlene kanalisert fra det offentlige via Norges forskningsråd ble vesentlig redusert i forhold til de kanskje for optimistiske beløp ved starten. Fra Norges forskningsråd har GRUF og (ProFo's andel til GRUF) fått 13,2 mill kr i alt, pluss 3 mill kr fra SFT og i overkant av 9,2 mill kr fra andre kilder.

Det skal spesielt nevnes at i 1996 og 1997 pågikk prosjektet 111673

«Miljøriskovurdering, et beslutningsverktøy for forurenset grunn» som fikk en tilleggsstøtte av SFT på 2 mill kr, ved at det var et nært samarbeid mellom GRUF og SFT for å sikre at dette verktøyet ble operativt. Dette var tilleggsmidler fra SFT i forhold til de 3 mill kr som var med i startpakken.



Figur 2 Oversikt over faktiske driftsmidler per år sammenlignet med omsøkte forskningsbeløp. SFTs bidrag (3 mill NOK) ved oppstart er inkludert i NFR beløpet. Alle tall er hentet fra NFRs prosjektoversikter for GRUF-programmet (disponert hvert enkelt år) supplert med informasjon fra prosjektenes slutt-rapporter om egne og eksterne midler.



Figur 3 Oversikt over antall prosjektsøknader, antall bevilgede nye prosjekter og hvor mange løpende prosjekter GRUF-programmet hadde hvert enkelt år. Årsakene til at antall prosjektsøknader gikk ned i 1998 og 1999 var at programstyret i forbindelse med justert handlingsplan for 1998, som følge av reduserte forskningsmidler, ga tydelige signaler om at det faglige omfanget i GRUF måtte reduseres og konsentreres til noen få problemstillinger.

3.4 TILTAK, SAMLINGER OG KONFERANSER

Programstyret har sett det som sin oppgave å sørge for en rimelig spredning av forskning over de fleste av programmets prioriterte fagområder. Ved siden av den tradisjonelle åpne utlysning av midler, ønsket programstyret å sette inn ulike tiltak for å stimulere aktuelle miljøer til å utarbeide prosjektforslag og til å samarbeide i større grupper når dette var hensiktsmessig. Dette har angått følgende tema:

- Kartlegging og vurdering av miljørisiko
- Grunn forurenset med tungmetaller, og spesielt i hvilke kjemiske former metallene forekommer
- Grunn forurenset med tjære og kreosot (PAH)
- Behandling og tiltak for å hindre spredning av forurensninger

Dette førte til at programstyret ved søknadsbehandlingen har gått aktivt inn og krevd endringer i både faglige og økonomiske rammer av prosjektene før godkjenning. Det har også blitt satt krav til nært samarbeid mellom til dels konkurrerende faglige institusjoner, som hadde prosjekter innen samme problemområde. Dette var særlig tilfelle for prosjekter som berørte grunn forurenset av tjære og kreosot (PAH).

Siden GRUF var et praktisk anvendt program, ble det for flere av prosjektene satt klare krav om supplerende ekstern finansiering. Dette bl.a. for i større grad å trekke inn brukerne av forskningsresultatene. Det var viktig med en økonomisk ansvarliggjøring av brukerne. Et slikt finansielt samarbeid har også bidratt til at forskningen ble mer målrettet for å løse problemer og til at forskningsresultatene kunne tas raskt i bruk. I alle kontraktene ble det lagt inn spesielle krav om formidling og rapportering av resultatene.

I arbeidet med GRUF-prosjektene ble det arrangert flere avgrensede møter mellom prosjektdeltakere og relevante brukere. GRUF-programstyret har også arrangert

møter med invitasjon til viktige brukergrupper, som for eksempel møte med samferdselssektoren. Dette møtet hadde flere hensikter; informere departementet og de underliggende etater om programmet, prøve å skape et grunnlag for at departementet skulle fatte interesse for programmet finansielt og bidra til at etatene ble mer aktive i forhold til forskningsmiljøer mht å initiere forskningsprosjekter.

På begynnelsen av 90-tallet ble det i Norge opprettet en forening (et åpent nettverk) for alle firma, institusjoner, problemeiere og problemløsere som fikk navnet «Miljøringen». Miljøringen har helt fra starten av GRUF-programmet vært et viktig forum for informasjon om GRUF-programmet og et forum hvor resultater fra GRUF-prosjektene løpende ble presentert. Dette medførte to temamøter i Miljøringen, den 11. mars 1997 i Statoils lokaler i Trondheim og den 18. november 1999 i lokalene til Norges forskningsråd i Oslo.

I forbindelse med opprettelsen av ProFo ble det høsten 1998 holdt et programseminar om ProFo og sammenslåing av de fire forskningsprogrammene i Oslo. Her hadde de fire ulike programmene egne sesjoner i tillegg til et innledningsforedrag i plenum. Det ble i alt holdt 13 foredrag/innlegg i forbindelse med GRUF-programmet. Hensikten med seminaret var å trekke linjer fra beskrivelsen av behovet for forskning, nedfelt i programnotatet av 1996, gjennom hva som var gjort til møtetidspunktet, og til hvilke behov som burde prioriteres videre og videreføres til ProFo etter år 2001. Seminaret var i så måte meget vellykket. Udekkede forskningsbehov ble identifisert og deretter nedfelt i prioriteringer i ProFos programnotat. En egen forskningsrådsrapport foreligger fra dette møtet.

Våren 2000 ble det ytterligere arrangert en forskersamling i regi av ProFo, denne gang på Lillehammer. For GRUF-programmet sin del ble samlingen en start på arbeidet med den foreliggende slutt-

rapporten, med oppsummering av de prosjektene som var fullført til dette tidspunkt.

I tillegg har det vært informert om GRUF på relevante konferanser og møter der representanter fra programstyret har deltatt.

3.5 VIRKSOMHET

3.5.1 PROSJEKTOVERSIKT

GRUF-programmet hadde i perioden 1995 – 2000 totalt 93 søknader til programmet med en kostnadsramme på om lag 67 millioner, (her er ikke «skissene» i 1995 tatt med). Som det framgår av den grafiske framstillingen (figur 2), ble det fra Norges forskningsråd og SFT bevilget i underkant av 17 mill NOK fordelt på i alt 30 prosjekter. Totalt ble det forsket for litt i overkant av 26 mill NOK når egne og eksterne midler er tatt med. Av disse tallene framgår det at 33% av søknadene ble innvilget, men at forskningsmidlene til disse søknadene bare dekket 25% av de omsøkte midler.

Tre GRUF-prosjekter fortsetter i ProFo i 2001, hvorav to er dr. grads prosjekter med avslutning i 2001/2002.

En oversikt over alle prosjektene er tatt med i Vedlegg 2. Det framgår av dette vedlegget at GRUF-programmet har hatt relativt mange små prosjekter på rundt kr. 200 000,- til kr. 500 000,-, hvilket spesielt var tilfellet det første året (1995/6). Videre framgår det av oversikten gitt under budsjett (kapittel 3.3), at de totale bevilgninger for hvert år basert på ettertids regnskaper ikke stemmer fullt overens med budsjettallene. Dette skyldes flere forhold. Dels har det funnet sted systematiske forskyvninger av bevilgninger fra ett år til et annet ved at prosjekter er forsinket eller har endret tidsplan av tekniske årsaker eller personellmessige årsaker, og dels er prosjekter blitt avsluttet uten at de totale bevilgningsbeløp er brukt.

Administrative kostnader ved driften av GRUF-programmet har dekket reiser til møter, møtehonorerer, konferanser/ forskersamlinger, trykningsutgifter etc. Administrative kostnader fra og med 2000 er belastet ProFo. Programstyret i GRUF benyttet de første årene ikke eksterne referere, da programstyret satt inne med egen fagkompetanse. Først etter GRUFs sammenslåing med ProFo, ble referee benyttet og belastet.

3.5.2 DOKTORANDER

GRUF-programmet har finansiert 3 doktorgrads-stipendiater. Av disse sluttet en stipendiat uten å ha disputert, og prosjektet ble avsluttet uten stipendiat. De to resterende er:

- **Line Emilie Sverdrup.** Prosjekt 121208, «Effekter av polysykliske aromatiske forbindelser i terresterisk miljø». Veileder Eilen Arktander Vik, Aquateam. Disputerte i 2001.
- **Grete Rasmussen.** Prosjekt 122176, «Binding og nedbrytning av miljøgifter i grunnen ved hjelp av permeable barrierer». Veileder Sjur Andersen/Roald Sørheim, Jordforsk. Disputerte i 2002.

I tillegg har GRUF-prosjekter vært medvirkende til at en doktorand har fullført sitt studium:

- **Trine Eggen.** Prosjekt 113788, «PAH-nedbrytning i sterkt kreosotforurenset jord med bruk av hvitråtesopp». Gjennomført ved Jordforsk. Disputerte i 2000.

3.5.3 FORMIDLING FRA PROSJEKTENE

Tabellen nedenfor gir et sammendrag av den totale publikasjonsaktiviteten fra prosjektene. Dette tallmaterialet er basert på data i prosjektens sluttrapporter, eventuelt de siste framdriftsrapporter (2001) i de tilfeller der prosjektene ennå ikke er avsluttet. For noen prosjekter er det kommet tilleggsinformasjon om publikasjoner

etter at prosjektene er avsluttet. Dette gjelder spesielt dr.grads prosjektene hvor litteratur referanser er oppdatert fra dr.grads avhandlingen. Fullstendig publikasjonsliste fra GRUF-programmet er presentert i Vedlegg 4

3.5.4 INTERNASJONALE KONTAKTER

I forbindelse med EUs 5. rammeprogram var det under temaet: «Vann og forurenset grunn» opprettet et eget nettverk "CLARINETT" (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies). CLARINETT var inndelt i 7 arbeidsgrupper, hvor Norge var representert med flere fra programstyret i GRUF og fra forskere som var sentrale i GRUF sammenheng:

- Arbeidsgruppe 1: "Brownfield redevelopment", v/ Harald Solberg, SFT (GRUF-programstyre)
- Arbeidsgruppe 2: "Risk management and decision support systems", v/ Eilen A. Vik, Aquateam (leder av GRUF-prosjektet «Risikovurdering»),
- Arbeidsgruppe 3: "Groundwater/ water resources/ surface water protection", v/ Ola Nordal, Jordforsk (GRUF-programstyre),
- Arbeidsgruppe 4: "R&D programs" v/ Tor Løken (leder av GRUF-programstyret),
- Arbeidsgruppe 5. "Ecological aspects", v/ Sjur Andersen, Jordforsk, (flere GRUF-prosjekter)
- Arbeidsgruppe 6 "Human health aspects" mot slutten av programmet v/ Rolf Tore Ottesen, Trondheim kommune/NGU (GRUF-prosjektet om «Byjord i Trondheim»)
- Arbeidsgruppe 7 "Technology" v/ Eilen A. Vik, Aquateam

| | |
|---|----|
| Artikler i vitenskapelige tidsskrifter med referee | 25 |
| Artikler i andre vitenskapelige tidsskrifter eller artikkelsamlinger, bøker, antologier | 2 |
| Bøker (monografier, lærebøker, antologier (red.)) | 4 |
| Publiserte foredrag fra internasjonale faglige møter | 17 |
| Andre rapporter samt foredrag og presentasjoner fra vitenskapelige/faglige møter | 77 |
| Allmennrettede formidlingstiltak | 7 |
| Brukerrettede formidlingstiltak | 24 |
| Oppslag vedrørende prosjekter i massemedia | 9 |

4 Faglige og samfunnsrelevante resultater

Risikovurdering av forurenset grunn et samarbeid mellom SFT og GRUF. (Prosjekt: I I I 673, Prosjektleder: Eilen Arctander Vik, Aquateam)

I den opprinnelige utlysningen til GRUF-programmet var det klargjort at et prioritert FoU område var miljørisikovurdering av forurenset grunn. Aquateam (prosjektleder) og NGI (kvalitetssikrer) søkte i 1995 om et FoU prosjekt med målsetting å etablere et norsk verktøy for miljørisikovurdering av forurenset grunn. Etter en omfattende diskusjon med SFT ble prosjektet etablert i 1996. Prosjektet ble avsluttet i 1999 med utarbeidelsen av en ny veileder fra SFT. SFTs veileder nr. 99:01A og B «Risikovurdering av forurenset grunn». Første del (A) inneholder selve veiledningen og andre del (B) er en eksempelsamling som illustrerer bruken av veiledningen.

I 1999 ble det utarbeidet et regneverktøy som skal bistå konsulentene og andre som arbeider aktivt innen området i deres arbeid med å gjennomføre steds-spesifikke risikovurderinger. SFT har gitt Miljøringen i oppdrag å administrere og ajourføre regneverktøyet. I samarbeid med Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) er det laget en interaktiv nettversjon av SFTs veileder, som er å finne på følgende adresse: <http://risiko-forurensetgrunn.ffi.no>. Denne versjonen følger veilederen på en pedagogisk måte. Nettsiden vedlikeholdes av FFI. Miljøringen selger og vedlikeholder et mer detaljert regneark, og gjennomfører en rekke informasjonsmøter og kurs i bruk av regneverktøyet.

En viktig faktor for at dette samarbeidsprosjektet mellom GRUF og SFT har blitt en suksess, har vært SFTs aktive bidrag i prosjektgjennomføring, implementering og finansiering. Resultatet er blitt at SFTs

veileder nr. 99:01A og B «Risikovurdering av forurenset grunn» i dag er blitt en standard ved alle byggesaker eller gjennomføring av tiltak på forurenset grunn. (Selve dataprogrammet er utviklet etter at GRUF-prosjektet var avsluttet).

Risiko for helseeffekter ved overskridelse av SFT's normverdier for ren jord i Trondheim. (Prosjekt: I I I 661, Prosjektleder: Marianne Langedal, Trondheim kommune)

For resultatene fra dette forskningsprosjektet fikk Marianne Langedal og Rolf Tore Ottesen tildelt «Jordprisen 1998» under en høytidelighet den 13. februar 1998 på Ås, NLH.

Prosjektet tok for seg jordprøver fra store deler av Trondheim for å studere helseeffekter som følge av at konsentrasjoner av nikkel, bly og arsen ligger over SFTs normer for ren jord. Sammenlignet med overflatejord fra hager og parker, har overflatejord fra barnehager et noe høyere innhold av arsen. Årsaken til dette er sannsynligvis utstrakt bruk av trykkimpregnert trevirke i barnehagene. Trykkimpregnert trevirke i disse og andre barnehager bør beises med dekkbeis for å forhindre ytterligere lekkasje av arsen.

Det er særlig mange barnehager i sentrale bydeler hvor prøvene overskrider normverdiene for bly og nikkel. Konsentrasjonene i jord er imidlertid ikke så høye at det kan gi barn som spiser jord helse-skade.

Som forebygging mot uønsket metallkonsentrasjon i jord bør barnehagene;

- Beise eksisterende trykkimpregnert trevirke

- Bruke materialer som ikke lekker metaller ved anskaffelse av nytt utstyr og bygninger
- Samle opp malingsflak ved oppussing

Dette forskningsarbeidet og kartlegging av miljøgifter i byområder er senere utvidet til omfattende geokjemisk kartlegging av innholdet av uorganiske og organiske miljøgifter i byjord. Dette er nå et samarbeide med Norges geologiske undersøkelse (NGU) og kommunene Trondheim og Bergen. De eldste bydelene er til dels sterkt forurenset med PAH-forbindelser og bly. PCB-forurenset enkeltlokaliteter er påvist i nyere bydeler i Bergen, hvilket henger sammen med oppussing av murgårder hvor gammel murpuss inneholder til dels store mengder PCB.

In situ biologisk rensing av kreosotforurenset grunn

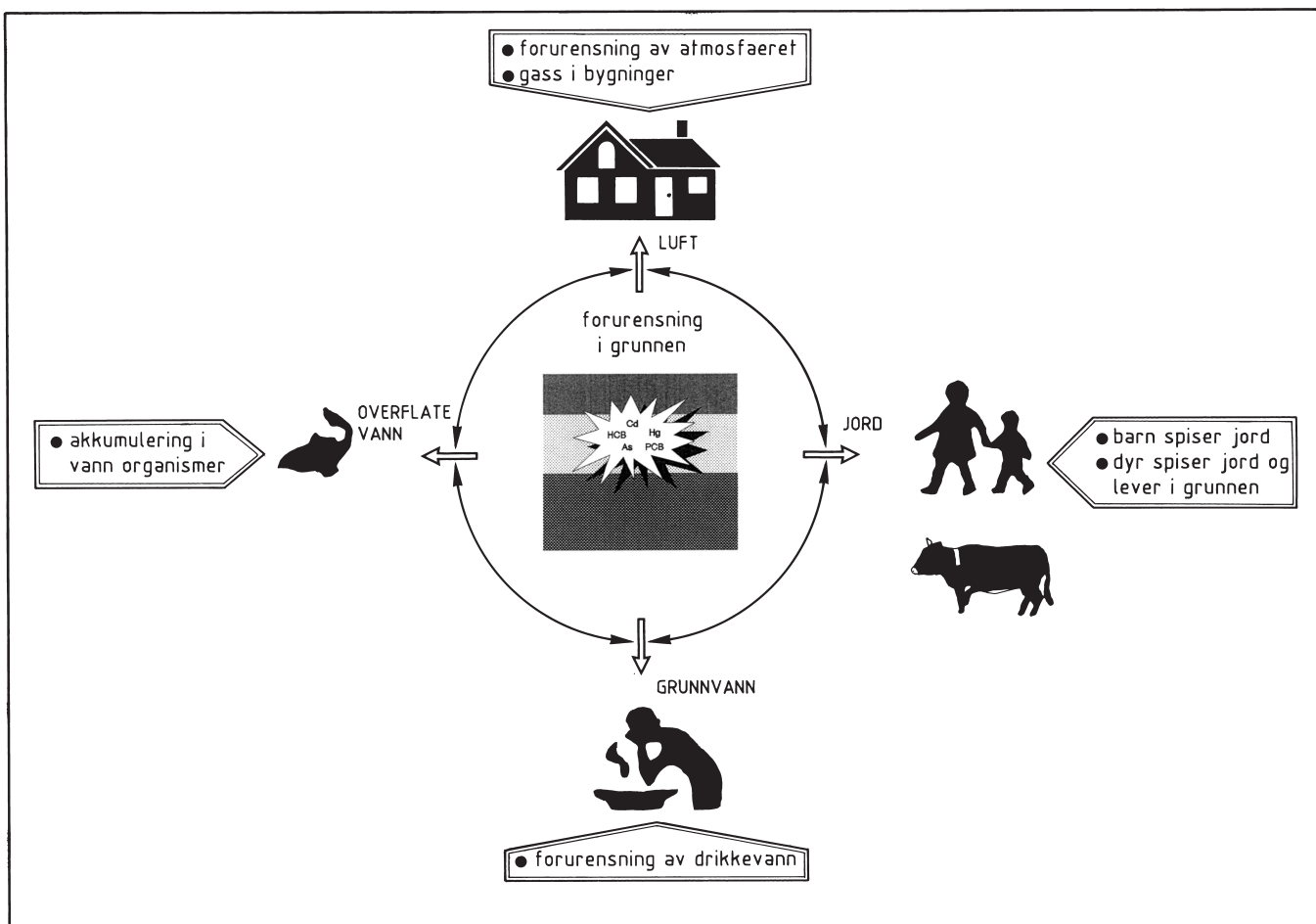
Et større koordinert samarbeid mellom

Norges Geotekniske Institutt, JORD-FORSK, SINTEF Kjemi, og Institutt for jord- og vannfag, NLH. (Koordinert av Gijss Breedveld, NGI).

(Se også populærvitenskapelige sammen- drag for enkelte av prosjektene)

Kreosot har vært brukt i stor skala i Norge til impregnering av trevirke. Lekkasje fra impregneringstanker, lagerplasser og deponering av bunnslam har ført til omfattende forurensning av jord og grunnvann. Kreosot består for en stor del av polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Mange PAH-forbindelser har vist seg å være biologisk nedbrytbare under optimale forhold i laboratorium. Under forhold i felt derimot, vil PAH-forurensning eksistere i mange titalls år. For å stimulere naturlige nedbrytningsprosesser i felt har det blitt gjennomført pilotforsøk på et tidligere impregneringsverk (Hommelvik).

Figur 4. I risikovurderingen inngår aktuelle eksponeringsveier, hvilke konsentrasjoner som kan ventes, hvilke organismer som kan eksponeres og hvilke toleransedoser som eksisterer.



Studiene omfattet:

- Behandlingsforsøk med in situ biologisk rensing i flere behandlingsfelt
- Inngående studier av sammenheng mellom kjemisk sammensetning og toksisitet
- Utvikle metode for fjerning av fri-fase kreosot
- Studie av reaktive barriereløsninger for kreosotforurenset vann

Ved å blåse inn luft under grunnvannspeilet og tilsetning av næringsstoffer ble forholdene for mikro-organismene i grunnen forbedret. Oksygeninnholdet i både umettet og mettet sone øket. Dette førte til en kraftig nedgang av PAH i grunnvannet sentralt i behandlingsfeltene (ca. 99 %) og en moderat nedgang i PAH-innhold i grunnvannet nedstrøms behandlingsfeltene (ca. 50 %). Toksisiteten til grunnvannsprøvene gikk også sterkt ned i behandlingsfeltene. Tilstedeværelse av fri-fase kreosot virket negativt inn på renseeffekten.

Reaktive barrierer viser seg å kunne fjerne en stor del av kreosotforurensningen som transporteres med grunnvannet til fjorden. Dette er et resultat av binding til torvholdige masser og biologisk nedbrytning. Beplantning av barrieren har en positiv effekt på nedbrytningsprosessen.

Gjennom prosjektet er det etablert et godt faglig samarbeid med Jordforsk og SINTEF. Dette har ført til flere felles publikasjoner om prosjektet, og har lagt grunnlag for videre samarbeid både på det aktuelle forskningsfeltet og i sammenheng med nye forskningsprosjekter.

Jernbaneverket har vært en viktig samarbeidspartner og støttespiller i prosjektet, og vil ta i bruk forskningsresultatene for å løse sine problemer med kreosotforurenset grunn. Her vil forskningsinstitusjonene bidra aktivt med sin kompetanse.

Basert på kunnskapen som er generert i prosjektet er det mulig å etablere gode tiltaksløsninger for kreosotforurensete områder basert på naturlige nedbrytningsprosesser og fjerning av fri-fase kreosot. Disse metodene vil kunne redusere risiko-

en for mennesker og miljøet som forurensningen utgjør. Framtidig arealbruk er avhengig av tiltaksløsningen som vil bli gjennomført. Samtidig danner forskningsresultatene et viktig beslutningsgrunnlag for forurensningsmyndighetene.

Resultatene vil gjøre det mulig for myndighetene å vurdere egnethet av naturlige biologiske renseløsninger ved ulike tilfeller av kreosotforurensning. Dermed kan forventet miljøeffekt av tiltaket vurderes i forhold til kostnadene og framtidig arealutnyttelse.

Spesiering av mobile metaller i jord og forurenset grunn

(Prosjekt: I 13627, Prosjektleder: Kåre Helge Karstensen, SINTEF)

Tungmetaller er miljøgifter som kan være svært ødeleggende på grunnvann, og deres mobilitet i jord er derfor av stor interesse. Opptak av et metall vil variere med forskjellige faktorer i jorden, og det er akseptert at konsentrasjonen av et metall i jordløsning gir et bedre grunnlag for å bestemme biotilgjengelighet over en kortere periode enn totalinnholdet av det samme metallet i jorden. Faktisk er det de kjemiske tilstandsformene til metallet som bestemmer biotilgjengeligheten over kortere tid.

For å kunne danne et godt bilde av hvilke kjemiske tilstandsformer av et metall som befinner seg i en jordløsning, er det nødvendig å gjennomføre en spesieringsstudie av jordløsningen. Når man bruker forskjellige dataprogrammer for modellering av de kjemiske tilstandsformer, vil det oppstå problemer når betydningen av det organiske materialet i jordløsningen skal estimeres. Sammensetningen av det organiske materialet er vanligvis meget kompleks og forskjellig fra jord til jord. Å modellere dets betydning og oppførsel er derfor ingen enkel oppgave, men siden nesten ethvert aspekt ved spormetallkjemi- og reaksjoner i jord er relatert til dannelsen av stabile komplekser med organiske forbindelser, kan ikke betydningen av disse neglisjeres.

Konseptet ved tvungen likevektsforskyvning er et metodologisk konsept designet for å bøte på dette problemet, og bruken av denne metodologien vil kunne øke nøyaktigheten ved bestemmelse av kjemisk kompleksdannelse til naturlig organisk materiale, slik at biotilgjengeligheten og derved den potensielle økotoksikologiske effekten av et metall bedre kan estimeres.

Mobilisering av miljøgifter under endring av red/oks forhold.

Miljøgiftproblemer i kommunale deponier.

(Prosjekt: I21647, Prosjektleder: Sjur Andersen, Jordforsk).

De fleste norske kommunale avfallsfyllinger inneholder miljøgifter. Undersøkelser viser at miljøgifter i et visst omfang lekker ut med sigevann. Endringer i redoksforholdene i deponiene antas å være den faktor som fremfor andre styrer mulighetene for slik utlekking. Som et resultat av dette prosjektet ble det utviklet et nytt instrument og prøvetakingsutstyr som kan dokumentere at redoksforholdene i en avfallsfylling kan endre seg når oksygenrikt nedbørsvann infiltrerer gjennom avfallsmassene. Til nå trodde man at redoksforholdene i et nedlagt deponi var stabile. I laboratorieforsøk ble det vist at endringer i redoksforholdene kan stimulere nedbrytningen av organiske miljøgifter. Ved stabile luftfrie redoksforhold kan det forekomme at miljøgifter brytes delvis ned og danner stabile løslige mellomprodukter. Disse kan deretter vaskes ut av massene ved nedtrengning av regnvann.

I Vedlegg 3 er det i tillegg tatt med populærvitenskapelige sammendrag fra en del andre «nøkkelprosjekter» i GRUF programmet.

5 Behov for videre innsats

I det opprinnelige programnotatet og handlingsplanen for GRUF var det tre delmål, men etter reduserte budsjettammer i 1997 ble bare delmål 1

«Beslutningsgrunnlag og risikovurdering» prioritert. Dette resulterte i at delmål 2 «Tiltak» og delmål 3 «Overvåking» falt ut. I ettertid er dette å beklage, siden SFT i disse dager har gått ut med at de innen 2005 ønsker at det skal være ryddet opp på de mest forurensede områdene i Norge. Samtidig har SFT kommet med ny forskrift om deponering av avfall, hvor strengere miljøkrav skal bidra til lavere utslipp av miljøgifter og klimagasser fra avfall på fyllinger. Dette har satt ny fart på kravene om forskning rundt problemer relatert til forurenset grunn og deponier.

Et av resultatene fra GRUF og fra gjennomførte tiltak på områder med forurenset grunn, har vist at det er meget kostbart og lite praktisk gjennomførbart å rense et område 100%. I forbindelse med byggesaker blir de mest forurensede massene fjernet mens resterende masser blir liggende intakt og eventuelt isolert med tette dekker eller dekket med rene toppmasser. Internasjonalt er det samme trenden, hvor rest-forurensninger blir overlatt til naturlig nedbrytning. I denne forbindelse er det et stort behov for overvåking av i hvilken grad disse restmassene påvirker miljøet omkring.

I motsetning til PAH er organiske halogenforbindelser som PCB og dioxin meget sterkt bundet til jordpartikler, og det gjenstår en del forskning på mulige in-situ / ex-situ tiltak av slik forurenset grunn.

Forskningsresultatene fra kreosotprosjektene viser at den mobile delen av PAH-forurensningen kan fjernes med in-situ teknikker. Etter behandling blir en resterende del av forurensningen bundet til jordpartikler. Konsentrasjonen vil i mange tilfeller overskride SFTs grenseverdier.

Utfordringen for videre forskning vil være å finne egnede metoder til å vurdere mobiliteten og biotilgjengeligheten av resterende forurensning. Dette vil danne grunnlaget for økologisk baserte akseptkriterier, som er avgjørende for å ta i bruk biologiske rensemetoder.

Vurdering av forurensede massers økologiske effekter kan per i dag best gjennomføres etter en omfattende testing med jordlevende organismer. Dette er relativt kostbart, og metoder som kan redusere disse kostnadene er derfor etterspurt av problemeierne. På basis av de få data som er tilgjengelig på stoffers giftighet overfor jordlevende organismer, er det få åpenbare snarveier til å redusere omfanget av denne typen testing. Den store mengden toksisitetsdata som har kommet til gjennom GRUF-prosjektene gir imidlertid noen muligheter for uttesting av metoder som kan redusere kostnadene ved økologisk risikovurdering av forurensede masser. I krysningsfeltet mellom biologi og kjemi er det mange åpne felter som med fordel kan belyses med tanke på en forbedret og mer helhetlig forvaltning. Spesielt innen området økotoksikologi og kjemi er det et behov for å bringe faggrupper sammen i tverrfaglige prosjekter, slik at den biologiske og kjemiske kunnskapen kan vekselvirke på en god måte. For metallene er det behov for bedre kunnskap om hvordan disse opptrer under forskjellige kjemiske forhold i forurenset grunn og grunnvann, hvor spesielt innholdet av organisk materiale kompliserer slike spesieringsstudier.

Microtoxtester (solid phase tester) kan brukes til å teste jordprøver, men man vet ikke hvor følsomme disse testene er sammenliknet med kroniske tester på økologisk relevante organismer i jorden. En sammenlikning av resultater fra Microtox tester med terrestriske planter, invertebrater og mikroorganismer for de aktuelle forurensningene, vil kunne avdekke hvorvidt følsomheten til denne testen er

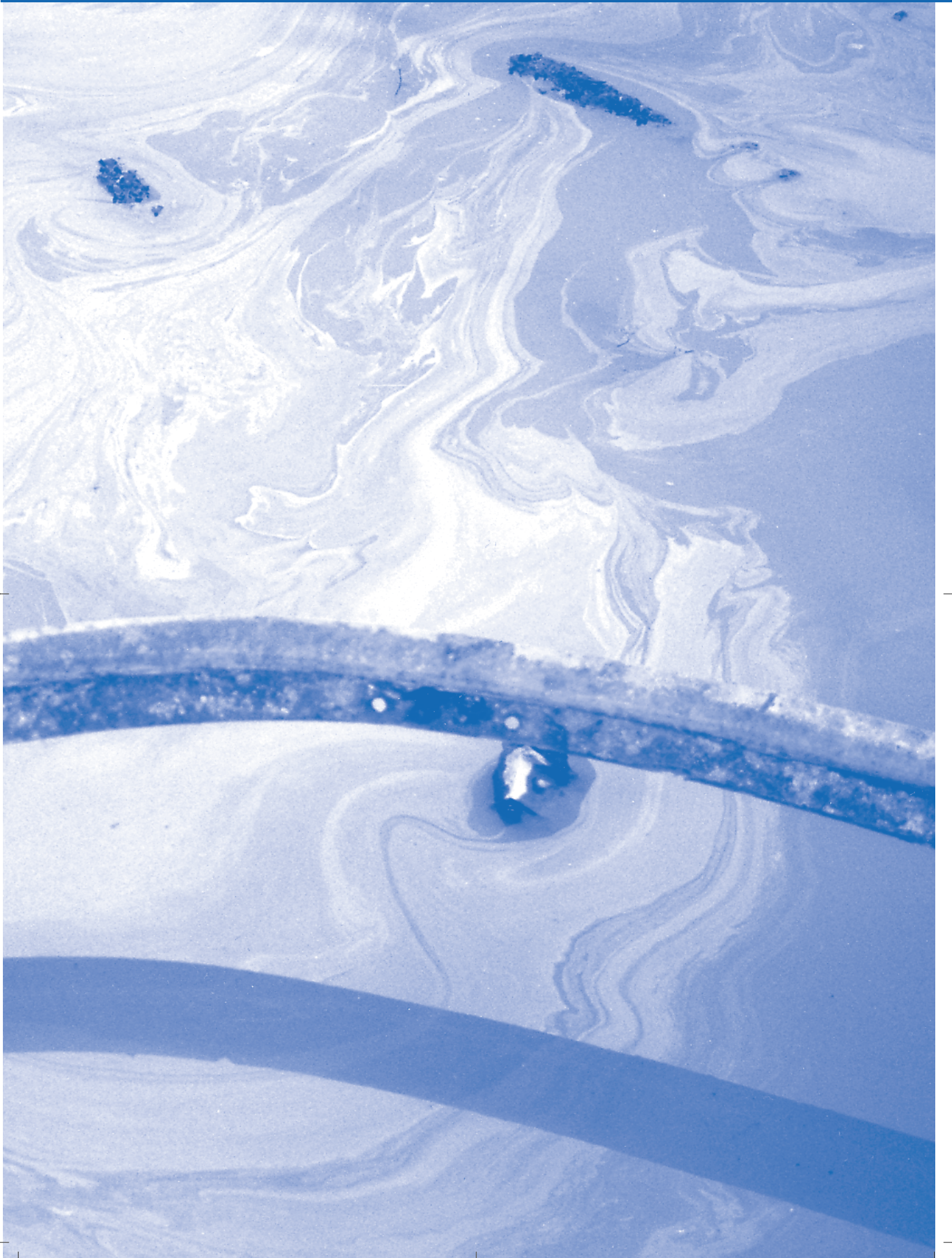
god nok, samt hvor godt Microtox resultater korrelerer med de økologisk relevante testene. I den grad det skal innføres krav til økotoksikologiske tester i framtidig forvaltning, er det helt nødvendig å arbeide opp et faglig miljø i Norge med solid kompetanse, ikke bare innen den biologiske delen av økotoksikologien, men også innen den kjemiske.

Helt fra starten av GRUF var det en forutsetning at programmet skulle dekke problemstillinger knyttet til forurenset grunn og deponier på land. Det var under planlegging andre programmer som skulle dekke marine sedimenter. I ettertid har det vist seg at det ikke har vært tilsvarende forskning på forurensede sedimenter.

De senere år har myndighetene fokusert mer og mer på forurensede sedimenter i havner og rundt offshore installasjoner. SFT har for eksempel varslet 11 havner i Norge om tiltak for å stanse spredning av forurenset bunnslam. SFT har plukket ut 4 havner som pilot-områder og bevilget midler for å få mer erfaring med opprydding av forurensede sedimenter.

Hovedproblemet er i midlertid i hvilken grad og under hvilke forhold disse forurensningene er skadelige. Det er her samme problemstilling som på land at det i tilfelle mudring ikke vil være praktisk mulig å fjerne all forurensning. Hvordan skal man vurdere aktuelle tiltak som for eksempel tildekking (eventuelt på dypere vann), deponier på land eller levering til godkjent mottak. Her vil det antagelig være behov for å utarbeide en tilsvarende (økotoksikologisk) miljørisikovurdering som for forurenset grunn på land.

En del av forskningsbehovet relatert til forurensede sedimenter og fjorder videreføres nå i ProFo.



VEDLEGG I PROGRAMSTYRETS SAMMENSETNING

Fra opprettelsen av GRUF-programmet og fram til opprettelsen av ProFo hadde programstyret følgende sammensetning:

Seniorgeolog **Tor Løken**, Norges Geotekniske Institutt, (leder)

Konsernspecialist **Erle Grieg Astrup**, Elkem ASA

Forsker **Ola Nordal**, Jordforsk

Avdelingssjef **Knut Næss**, Statoil Norge AS

Miljøsjeff **Margrete Snekkerbakken**, Oslo Lufthavn AS

Overingeniør **Harald Solberg**, Statens forurensningstilsyn

I tillegg har det vært en representant fra Miljøverndepartementet

Konsulent **Guri Tveito**, (1995 –1996)

Konsulent **Grethe Torrissen**, (1996 – 1997)

Kontaktpersoner i Norges forskningsråd:

Rådgiver **Eli Ragna Tærum**, (programkoordinator)

og konsulent **Sissel Berger**

Programstyret for Forskningsprogram om forurensninger, kilder, spredning, effekter og tiltak (ProFo) har hatt ansvar for GRUF-prosjektene fra og med 1998, og ble gitt ansvaret for sluttrapportering.

VEDLEGG 2: PROSJEKTPORTEFØLJE

| Prosjektnr. | Prosjekttittel | Prosjektleder | Ansvarlig institusjon | NFR bevilg. (kkr) | Andre midler (kkr) | Tidsrom |
|-------------|--|----------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| 111133 | Effects of Reactive Organic Chemicals on the Groundwater System, exemplified by De-icing Chemicals | Haldorsen, Sylvi | Institutt for jord- og vannfag, NLH | 100 | | 1996 |
| 111134 | Mobilitet av forurensninger i jord | Bart, Tanja | Kjemisk institutt UiB | 300 | | 1996 |
| 111135 | Bioremediering i det termofile temperaturområdet | Briseid, Tormod | SINTEF, Kjemi | 480 | | 1996 |
| 111137 | Biologisk rensing, restinnhold og risiko | Breedveld, Gijs | Norges Geotekniske Institutt | 500 | | 1996 |
| 111138 | Forurenset grunn fra galvanoidindustrien | Blom, Hans A. | InterConsult Group ASA | 470 | 430 | 1996 – 1997 |
| 111139 | Matematisk modellering grunnvannsforurensning fra kommunalt avfallsdeponi | Klempe, Harald | Høgskolen i Telemark | 295 | | 1996 |
| 111661 | Risiko for helseeffekter ved overskridelse av SFT's normverdier for ren jord i Trondheim | Langedal, Marianne | Miljøavdelingen, Trondheim kommune | 300 | 109 | 1996 |
| 111662 | Biologisk behandling av PAH-forurenset grunn | Stenstrøm, Yngve | Institutt for jord- og vannfag, NLH | 150 | | 1996 |
| 111663 | Tiltak for (elektromagnetisk) rensing av PAH- forurenset jordmasse | Ursin, Jann-Rune | Rogalandsforskning | 100 | | 1996 |
| 111664 | Bindingsstudier og økotoxikologisk vurdering av forurensningsstoffer i grunnen | Amundsen, Carl Einar | JORDFORSK | 200 | | 1996 |
| 111667 | Glykolforurenset grunn på Fornebu – karakterisering og tiltak | Frogner, Tore | Norconsult AS | 280 | 210 | 1996 – 1997 |
| 111668 | Remediering av masse med blandet forurensning, med utgangspunkt i forurensede arealer på Nedre Elvehavn. Trondheim | Ramstad, Svein | SINTEF Kjemi | 100 | | 1996 |
| 111672 | Biologisk behandling av oppgravet kreosotforurenset jord | Olsen, Tor Stein | Norsk teknisk byggekontroll AS | 550 | 463 | 1996 – 1997 |
| 111673 | Miljøriskovurdering – Et beslutningsverktøy for forurenset grunn | Vik, Eilen Arctander | Aquateam AS | 850 | 2 000 | 1996 – 1998 |

| Prosjektnr. | Prosjekttittel | Prosjektleder | Ansvarlig institusjon | NFR bevilg. (kkr) | Andre midler (kkr) | Tidsrom |
|-----------------|--|---|--|-------------------|--------------------|-------------|
| 113385 + 134107 | In situ biologisk rensing av kreosot forurenset grunn, pilotskala feltforsøk | Breedveld, Gijs | Norges Geotekniske Institutt | 1 900 | 1 550 | 1997 – 2000 |
| 113603 | Behandling av klorerte forurensningsstoffer i jord ved kjemisk dehalogenering i demonstrasjonskala | Eikum, Arild Schanke | (Aquateam AS) overført til nterConsult Group ASA | 290 | | 1997 – 1999 |
| 113611 | Transport og oppførsel av miljøgifter i grunnen som følge av frost og snøsmelting | Konieczny, Roger overtatt av Vik, Eilen Arctander | Aquateam AS | 1 500 | 810 | 1997 – 1999 |
| 113614 | Biologisk behandling av PAH-forurenset grunn | Stenstrøm, Yngve | Institutt for jord- og vannfag, NLH | 200 | | 1997 |
| 113618 | Utlekkingstester for bruk i økologisk risikovurdering basert på integrering av mobilitet og toksisitet | Amundsen, Carl Einar | JORDFORSK | 600 | | 1997 - 1998 |
| 113627 | Spesiering av mobile metaller i jord og forurenset grunn | Karstensen, Kåre Helge | SINTEF, Kjemi | 1 294 | | 1997 – 2000 |
| 113635 | Bioremediering i det termofile temperaturområdet | Briseid, Tormod | SINTEF, Kjemi | 750 | 200 | 1997 - 1999 |
| 113749 | Exploratory data Analysis for Hazardous Waste Site Investigation | Warner, William Stewart | JORDFORSK | 183 | 184 | 1997 – 1999 |
| 113788 | Hvitråtesopp i bioremediering: Mikrobielle interaksjoner i jord og risikovurdering av restkonsentrasjoner av PAH/kreosot | Eggen, Trine | JORDFORSK Delfinansiert Dr.stip. Trine Eggen | 1 050 | 650 | 1997 - 2000 |
| 118232 | Koordinering av forskning som berører grunn forurenset av tjære og kreosot | Breedveld, Gijs | Norges Geotekniske Institutt | 350 | | 1997 – 2000 |
| 121204 | Biologisk behandling av PAH-forurenset grunn | Stenstrøm, Yngve | Institutt for jord- og vannfag, NLH | 1 161 | 100 | 1998 - 1999 |
| 121208 | Påvirkning av mobilitet, nedbrytning av biologiske effekter av PCB ved tilstedeværelsen av olje/hydrokarboner i forurenset grunn | Vik, Eilen Arctander | Aquateam AS Dr.stip. for Sverdrup, Line | 1 305 | | 1980 – 2001 |
| 121647 | Mobilisering av miljøgifter under endring av red/oks forhold. Miljøgiftproblemer i kommunale deponier | Andersen, Sjur | JORDFORSK | 1 200 | 2 100 | 1998 – 2001 |
| 122176 | Binding og nedbrytning av miljøgifter i grunnen ved hjelp av aktive barrierer | Andersen, Sjur Overtatt av Sørheim, Roald | JORDFORSK Dr.stip. for Rasmussen, Grete | 1 174 | 930 | 1998 – 2001 |
| 125760 | Terrestriske økotoksikologiske tester anvendt på komplekse blandinger. Grenseverdier for innhold av miljøgifter i veistøv | Andersen, Sjur | JORDFORSK | 680 | 508 | 1998 - 1999 |

VEDLEGG 3: POPULÆRVITENSKAPELIGE SAMMENDRAG

I det etterfølgende er det tatt med populærvitenskapelige sammendrag fra en del «nøkkelprosjekter» i programmet. Dette er prosjekter med høy grad av vellykkethet og med resultater av klar betydning for forskning, samfunnet, og forvaltningen. Mer detaljerte redegjørelser for de faglige resultatene fra de ulike prosjektene finnes i prosjektenes sluttrapporter til Norges forskningsråd og i de publiserte arbeidene.

Prosjekt I 13749/720 **William Stewart Warner: Eksplorativ dataanalyse – et verktøy for undersøkelser av forurenset grunn**

Populærvitenskapelig sammendrag

Prosjektets mål var å utvikle strukturerte prosedyrer for å inkludere EDA (eksplorativ dataanalyse) ved undersøkelser av forurenset grunn. EDA er en statistisk tilnærming til å finne trender og sammenhenger i komplekse datasett. Dataanalyse i geografiske programmer ble integrert i arbeidet med EDA.

EDA ble evaluert som et nyttig verktøy for å forenkle og forbedre tolkingen av kompliserte datasett fra forurenset grunn. Det kan ta tid å undersøke alle dataene, men EDA kan gi nyttig informasjon om datasettet som avvikende prøver, sammenheng mellom variabler og grupperinger av prøver som man kanskje ikke ville oppdage ved bruk av vanlig databehandling eller tradisjonell statistikk.

Visuell EDA (GIS, DTM og Visual Groundwater) gir mulighet for å presentere data direkte på kart, i tillegg til å studere prosessforandringer. Dermed er det enklere å se sammenhenger mellom ulike prosesser som foregår på lokaliteten både i tid og rom. Kart utarbeidet med disse programmene er godt egnet til å presentere resultater fra undersøkelsen på en lettfattelig måte. Visual Groundwater egner seg spesielt bra til å studere prosessforandringer i 3D over tid.

Rapporten gir et forslag til prosedyrer som kan følges. Men da forurensningsmønsteret på en lokalitet ofte er komp-

lekst og krever ulike prøvetakingsprosedyrer og analyser, krever datasettene også ulik behandling. Den som analyserer dataene, må selv kunne vurdere hvilke EDA-verktøy som fungerer best.

Prosjekt I 13788/720 **Trine Eggen: Hvitråtesopp i bioremediering: Mikrobielle interaksjoner i jord og risikovurdering av restkonsentrasjoner av PAH/kreosot**

Populærvitenskapelig sammendrag

Hvitråtesoppens potensiale i bioremediering av forurenset jord kom i fokus tidlig på 90-tallet. Det er i løpet av de siste årene demonstrert at hvitråtesopp bryter ned mange av de komplekse, hydrofobe, tungt-nedbrytbare aromatiske forbindelsene som bakterier enten ikke bryter ned eller bryter ned svært langsomt, f.eks. polyklorerte bifenyler (PCB), høy-molekylære polyaromatiske hydrokarboner (PAH), trinitrotoluen (TNT), penta klorofenol (PCP) og pesticider som blant annet DDT og lindan.

De høy-molekylære PAH forbindelsene (4-, 5- og 6-ring PAH'er) er store, komplekse forbindelser, lite vannløselige og ofte sterkt bundet til jordpartikler. Bakterier og mikroorganismer flest er avhengige av at forbindelsen de skal bryte ned, taes opp av organismen og dette legger store begrensninger for forbindelsens størrelse og kompleksitet. Hvitråtesopp derimot, har utviklet en mekanisme for å bryte ned lignin (støttesubstansen i trevirke) som bakterier og andre mikroorganismer ikke kan bryte ned på grunn av ligninets størrelse og komplekse bindinger.

Hvitråtesopp produserer enzym-systemer som skilles ut av organismen (ekstracellulære enzymer). Enzym-systemenes mekanisme bygger hovedsakelig på produksjon av frie-radikaler som er lite spesifikke og kan dermed bryte ned mange komplekse forbindelser.

I prosjektet ble østerssopp som er en hvitråtesopp som dyrkes kommersielt for matproduksjon brukt som inokulum. I forsøk med kreosotforurenset jord fra Hommelvik (NSBs tidligere impregneringsverk) ble totalt PAH-innhold (3, 4, 5 og 6 ring PAHer) redusert fra 18 000 mg/kg til under 8000 mg/kg i løpet av 4 uker. Kontrolljord som ble luftet og vannet som hvitråtesopp-behandlet jord viste ingen merkbar PAH-reduksjon. To-ring PAHer ble luftet bort i alle behandlinger, også i kontrolljord. Startkonsentrasjonen i dette forsøket var ekstremt høy og biologisk behandling generelt er ikke aktuelt som metode for så høye konsentrasjoner. I jord med startkonsentrasjon på 6500 mg PAH/kg ble det oppnådd en reduksjon til 1700 etter inkubering med østerssopp. I samme forsøk ble 3- og 4- ring PAHer redusert fra henholdsvis 3600 og 2600 mg/kg til 80 og 1350 mg/kg. GRUF-prosjektet demonstrerte at hvitråtesopp hadde en eksepsjonell evne til å bryte ned PAH-forbindelser i løpet av kort tid.

Samfunnsmessig betydning

Masser forurenset med tungt nedbrytbare organiske miljøgifter og som har høyt innhold av organisk materiale, blir vanligvis avhendet ved forbrenning da andre behandlingsmetoder som tradisjonell kompostering, jordvasking eller termisk behandling, ikke er egnet. Forbrenning er en svært kostbar metode. Det er derfor et markedspotensiale for å utvikle alternativ behandlingsmetode for materialstrømmer som inneholder tungt nedbrytbare organiske miljøgifter med høyt organisk innhold. Restfraksjonen etter jordvasking (partikler < 0,06 mm) har nødvendigvis ikke høyt organisk innhold, men har likevel få alternative behandlingsmetoder til forbrenning. Også for denne materialstrømmen er det altså ønskelig å finne alternative metoder.

Tilgangen til billigere teknologi enn forbrenning for masser med høyt organisk innhold ville høyst sannsynlig føre til at en større andel av slike masser vil bli behandlet enn deponert rundt om slik som det ofte gjøres i dag.

Forvaltningsmessig betydning

Forvaltningens krav til problemeiere om behandling av forurensete masser er knyttet til kost-nytte vurderinger. En billigere behandlingsmetode enn forbrenning for masse med høyt organisk innhold, vil dermed kunne gi forvaltningen mulighet til å pålegge krav til behandling.

Prosjekt I I I 139/720

Harald Klemp: Matematisk modellering av grunnvannsforurensning ved sigevannsforurensning fra kommunalt avfallsdeponi

Populærvitenskapelig sammendrag

En studie ble gjort omkring matematisk modellering av grunnvannsstrømning og forurensningstransport i en akvifer (vannførende underjordisk reservoar) som er forurenset av sigevann fra ei avfallsfylling. Prosjektet har gått i flere år, og dette sammendraget greier ut om resultater av aktiviteter som er finansiert av Norges forskningsråd. Prosjektet er utført stegvis. Den forurensete akviferen opptrer i en såkalt subglacial deltaisk avsetning. Denne avsetningen er i ei kløft i berggrunnen. Akviferen er dekket av en 5 m tykk morene som dekker hele området. Over morenen er det en subglacial avsetning og flere delta. Totalt er tykkelsen på sedimentpakken opptil 30 m. Ved å utføre en overlagsanalyse mellom GPR (georadar) profil og borprofil i et geografisk informasjonssystem kunne vi skille ut de enkelte karakteristiske assosiasjoner (facies) i feltet. Delta topplagene består av stein og blokk, og morenen er hardt pakket. Det er viktig å unngå lekkasje gjennom morenelaget fra den lukka akviferen. Prosjektet har utviklet nye metoder eller anvendt eksisterende metoder for grunnvannsprøvetaking under disse forholdene. I områder med stor mektighet og med grove

og hardt pakka avsetninger har vi anvendt Waterloo flernivå prøvetakingssystem fra Solinst, Canada. Vi har utviklet sjølve prøvetakingen en del. Vi har testet utstyret over 8 år med prøvetaking 4 ganger i året, og det fungerer bra. I områder med liten umetta sone har vi utviklet en metode med 2,5 cm polyetylen brønner. Plastikkørerne ble drevet i bakken med en håndholdt boremaskin. Prøvetakingen skjer med ei håndpumpe som etablerer vakuum i ei flaske. Systemet fungerer bra, det er lett å håndtere og det er ikke tegn til lekkasje langs brønnveggen fra den lukka akviferen. Neste steg er å modellere grunnvannsforurensningen.

Samfunnsmessig betydning

Dette prosjektet tar for seg vannforurensning på grunn av ei avfallsfylling. På flere plasser i Norge ligger det nedgravde avfallsfyllinger. De vil stå for avrenning i tiår framover. Det er viktig å kjenne til hvordan en skal angripe en slik situasjon, og hvordan en skal få tatt prøver. Samfunnsmessig beskytter en grunnvannskilder og vassdrag når en vet hvor stor avrenningen er, og når det er nødvendig å sette inn tiltak. En modell gir bilde av situasjonen med mindre ressursinnsats i felt. En modell gir også muligheten til å forutsi hvordan en grunnvannsforurensning vil utvikle seg. Derfor kan modeller som er utviklet i en forurensnings-sammenheng brukes ved beskyttelse av større grunnvannsforsyningsanlegg. Dette er en del av sivil beredskap.

Forvaltningsmessig betydning

Prosjektresultatene gir forvaltningen kunnskap om hvordan forurensning fra en avfallsfylling skal angripes. Forvaltningen kan bruke resultatene, både fra overvåking og modellering, til å ha oversikt over en forurensningssituasjon til en hver tid.

Miljøverndepartementets Arealis prosjekt har egne databaser for sivil beredskap og drikkevann. Både kartleggings- og prøvetakingsmetodikk og modellering burde inkluderes som verktøy i en slik sammenheng.

Prosjekt 121208/720

Eilen Arctander Vik: Påvirkning av mobilitet, nedbrytning av biologiske effekter av PCB ved tilstedeværelse av olje/hydrokarboner i forurenset grunn

Dette prosjektet ble delvis omdefinert og har nå tittel "Fate and effects of polycyclic aromatic compounds in the terrestrial environment."

Populærvitenskapelig sammendrag

Tjære er en forurensningskomponent som utgjør et problem på mange tomter i Norge. Når slike tomter skal ryddes, for eksempel for boligbyggingsformål, må gjenbrukspotensialet for de forurensete massene vurderes. En slik vurdering inkluderer både helsemessige aspekter i forhold til de nye beboerne og vurdering av de mulige effekter forurensningen kan ha på jordøkosystemet. Dette doktorgrads-prosjektet har fokusert på økologiske aspekter rundt biotilgjengelighet og gift-effekter av et utvalg typiske tjæreforbindelser i jord. Tjære er en kompleks blanding av blant annet polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH'er) og heterosykliske forbindelser (N-, S-, O-substituerte PAH'er). I prosjektet er giftigheten av 5 PAH'er (benzo(a)pyren, pyren, flouranten, fenantren og fluoren) 4 heterosykliske forbindelser (akridin, carbasol, dibensofuran og dibensotiofen) undersøkt overfor jordlevende dyr (meitemark, spretthaler og enkytraeider), planter (rødkløver, raj-gras og sennep), samt bakterier som er involvert i omsetning av nitrogen i jordsmonnet. Resultatene viser at disse tjæreforbindelsene typisk gir begynnende effekter på overlevelse, vekst og reproduksjon hos organismene ved jordkonsentrasjoner i området 10-50 mg/kg jord i den jorden som ble benyttet. Resultatene viser også at spretthaler generelt er den mest følsomme gruppen av de studerte invertebratene, og rødkløver er den mest følsomme arten blant de de studerte plantene. Nitrifiserende bakterier har en middels følsomhet.

Forvaltningsmessig betydning

Data fra dette forskningsprosjektet har

forbedret mulighetene for å vurdere risiko for økologiske effekter av tjæreforurensede masser.

Resultatene har også gitt ny kunnskap om interaksjonen mellom overflateaktive stoffer (såpestoffer) og hydrofobe forurensningskomponenter i jord, noe som er interessant på generelt grunnlag men også i forbindelse med for eksempel deponering av slam som inneholder rester av såpestoffer.

Prosjekt 111662, 113614 og 121204 **Yngve Stenstrøm: Biologisk behandling av PAH-forurensnet grunn**

Populærvitenskapelig sammendrag

Norge har mange lokaliteter med grunn som er forurensnet med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). En viktig del av disse utgjøres av gammel kreosotforurensnet grunn. Fra disse lokalitetene vaskes det en rekke stoffer ut i grunnvann – også kreftframkallende hydrofobe forbindelser. Det er derfor ønskelig å fjerne disse stoffene fra grunnen slik at de ikke spres til mennesker og dyr. Lav biotilgjengelighet er en av hovedårsakene til at PAH framstår som persistent. Dette gjelder særlig såkalte høymolekylveks-PAH-forbindelser som har svært lav vannløselighet. En rekke mikroorganismer bruker egenproduserte stoffer (surfactanter og emulgatorer) til å øke biotilgjengeligheten av hydrofobe organiske forbindelser. Ved studier av PAH-nedbrytende bakterier har vi kommet fram til et optimalisert medium med hensyn til å stimulere bakterienes produksjon av slike stoffer. Dette mediet har vist seg å gjøre bakteriene i stand til å senke overflatespenningen og øke emulsjonsevnen betydelig. Dette har igjen ført til at dispergeringen av pyren har økt betydelig. Det er i dag vanlig å tilsette næringsstoffer som nitrogen og fosfor ved in-situ bioremediering. Undersøkelsene våre har vist at dersom sukker-alkoholen mannitol tilsettes i tillegg, kan dispergeringen av PAH økes betydelig. Dette kan effektivisere in-situ biologiske rensetiltak betydelig når det gjelder persistente kreftframkallende PAH-forbindelser.

Samfunnsmessig betydning

Det vaskes ut en rekke stoffer fra lokaliteter med grunn som er forurensnet med hydrofobe organiske forurensninger. Det er derfor ønskelig å fjerne disse stoffene fra grunnen slik at de ikke spres til mennesker og dyr. Mikroorganismer kan brukes til å rense opp grunnforurensninger som ligger langt under bakken. Biologisk behandling av forurensnet grunn (bioremediering) kan føre til at verdifulle arealer kan tas i bruk raskere, samtidig som en unngår spredning av farlige stoffer.

Forvaltningsmessig betydning

Prosjektet har gitt oss kunnskaper om forekomst av PAH nedbrytende mikroorganismer og hvilke betingelser som må være oppfylt for å få til nedbrytning av høymolekylære PAH-forbindelser (4 eller flere ringer) i jord. Dette kan være til hjelp ved vurdering av hvilke tiltak som kan gjøres i forbindelse med opprensning av forurensnet grunn. Disse stoffene har svært lav vannløselighet, og bakteriene har derfor problemer med å ta opp stoffene. Dette fører til at stoffene kan ligge i bakken i årevis uten å brytes ned nevneverdig. Noen bakterier kan produsere såpestoffer (overflateaktive stoffer – biosurfactanter) som løser disse forbindelsene i vann slik at disse og andre bakterier kan bryte disse helseskadelige stoffene ned. Utskillelsen av slike såpestoffer skjer derimot for sakte i naturen til at det har noen betydning for fjerningen av for eksempel tungt løselige forbindelser i kreosot. Vi har i dette prosjektet kommet frem til metoder for stimulering av produksjon av såpestoffer som kan øke biotilgjengeligheten av fireringsforbindelser av PAH i jord. Ved å infiltrere næringsløsningen i grunn forurensnet med kreosot og andre hydrofobe organiske forurensninger er målet at disse skal fjernes av bakteriene. Prosjektet har gitt lovende resultater med hensyn til opprensning av forurensnet grunn ved hjelp av mikroorganismer.

Prosjekt: I13627**Kåre Helge Karstensen: Spesiering av mobile metaller i jord og forurenset grunn***Populærvitenskapelig sammendrag*

Tungmetaller er miljøgifter som kan være svært ødeleggende på grunnvann, og deres mobilitet i jord er derfor av stor interesse. Tungmetallioner kan bindes til jordpartikler eller frigis til porevannet ved ionebytteprosesser, vekselvirke med organiske forbindelser i jorden, gjennomgå oksidasjons-/reduksjonsprosesser som fører til mobilisering eller immobilisering, eller omdannes til flyktige organometaller av metylerende bakterier. Et stort antall faktorer påvirker derfor metallenes mobilitet i jord, bl.a. pH, Eh, temperatur, kationbyttekapasitet, type mineraler og organiske forbindelser i jorden.

Utlekkingsprosedyrer er mye brukt innen jordkjemi, og de fleste utlekkings tester for jord er designet for å løse en fase i jorden, hvis metall- eller ioneinnhold kan korreleres med biotilgjengelighet, eksempelvis i forhold til planter. Opptak av et metall vil variere med forskjellige faktorer i jorden, og det er akseptert at konsentrasjonen av et metall i jordløsning gir et bedre grunnlag for å bestemme biotilgjengelighet over en kortere periode enn totalinnholdet av det samme metallet i jorden. Det er de kjemiske tilstandsformene til metallet som bestemmer biotilgjengeligheten over kort tid.

For å kunne danne et godt bilde av hvilke kjemiske tilstandsformer av et metall som befinner seg i en jordløsning, er det nødvendig å gjennomføre en spesieringsstudie av jordløsningen. Når man bruker forskjellige dataprogrammer for modellering av de kjemiske tilstandsformer, slik som MINTEQA2, SOILCHEM eller PHREEQC, vil det oppstå problemer når betydningen av det organiske materialet i jordløsningen skal estimeres. Sammensetningen av det organiske materialet er vanligvis meget kompleks og forskjellig fra jord til jord. Å modellere dets betydning og oppførsel er derfor ingen

enkel oppgave, men siden nesten ethvert aspekt ved spormetallkjemi- og reaksjoner i jord er relatert til dannelsen av stabile komplekser med organiske forbindelser, kan ikke betydningen av disse neglisjeres.

Konseptet ved tvungen likevektforskyvning er et metodologisk konsept designet for å bøte på dette problemet, og bruken av denne metoden vil kunne øke nøyaktigheten ved bestemmelse av kjemisk kompleksdannelse til naturlig organisk materiale, slik at biotilgjengeligheten og derved den potensielle økotoksikologiske effekten av et metall bedre kan estimeres.

Samfunnsmessig betydning

En bedre innsikt i forurensninger og deres betydning vil gi et betydelig bidrag til å forstå, forutsi og å gjøre noe med de problemer som tungmetaller fører til i jord, sedimenter og ikke minst i forhold til grunnvannforurensning. Dette er av interesse nasjonalt og ikke minst internasjonalt hvor grunnvann er en viktig og stadig høyere skattet ressurs.

Forvaltningsmessig betydning

På sikt vil det kunne ha en forvaltningsmessig betydning å skille mellom kjemiske tilstandsformer til miljøgifter som tungmetaller. Det er f.eks. hensiktsmessig å skille mellom naturlig forekommende tungmetaller og tilførte tungmetaller, samt fatte beslutninger utfra den reelle risiko knyttet til forurensningen. I mange sammenhenger vil det kunne vise seg hensiktsmessig å ikke flytte på en tungmetallforurensning, siden risikoen knyttet til denne vil være såpass lav at den vil kunne neglisjeres etter enkle og rimelige tiltak.

Prosjekt I22176**Sjur Andersen: Binding og nedbrytning av miljøgifter i grunnen ved hjelp av aktive barrierer***Populærvitenskapelig sammendrag*

For å beskytte miljøet mot spredning av forurensning i grunnvannet er permeable barrierer en aktuell tiltaksløsning. På Hommelvik ble det utført et forsøk med

barriereløsning øverst i strandsonen der kreosot har blitt påvist å lekke ut. Det ble bygget en 9 m lang og 1 m bred, og 0,8 m dyp barriere. Den ble delt i seks deler adskilt med tette vegger der effekten av ulike kombinasjoner med filtermaterialer og to typer planter, strandrug og hundegress, ble sammenlignet. Barrieren inneholdt organisk materiale (torv og kompost) som skulle binde og stimulere den biologiske nedbrytningen. For overvåking og verifisering av renseprosessene ble det installert jordvæskesugere og grunnvannsbrønner for å muliggjøre prøvetaking av jordvæske før, inne i og etter barrieren (nedstrøms).

Felt- og laboratorieforsøkene viste at når kreosotforurenset grunnvann strømmer gjennom filtermaterialet i barrieren (torv/sand) foregår det en binding og biologisk nedbrytning av forbindelsene (PAH, fenol og NSO-forbindelser). Dermed reduseres/forhindres spredningen av giftene, samt at risiko for skadelige effekter forbundet med det forurensete området reduseres.

VEDLEGG 4: PUBLIKASJONSLISTE.

Denne listen over publikasjoner er helt og holdent basert på prosjektenes rapportering til Norges forskningsråd. Dette omfatter i hovedsak prosjektenes sluttrapporter, eller der hvor sluttrapport ikke foreligger, de siste framdriftsrapportene. Det er ikke gjort noen systematiske forsøk på oppdateringer eller rettelser utover dette. Prosjektbeskrivelser, framdriftsrapporter, sluttrapporter og registrerte publikasjoner kan også i noen utstrekning lokaliseres på Nasjonal forskningsinformasjons (NFI's) database ved Norsk Samfunnsvitenskapelige Datatjeneste (NDS), Universitetet i Bergen. Web-adressen til denne databasen er <http://www.nsd.uib.no/nfi/>

Doktorgrader

Eggen, T. (1999). Bioremediation of recalcitrant aromatic organic pollutants with white rot fungi. NLH. Agricultural University of Norway. Dr. Scient. Thesis 1999:33.

Rasmussen, G. (2002). Sorption and biodegradation of creosote compounds in permeable barriers. NLH. Agricultural University of Norway. Dr. Scient. Thesis 2002:02

Sverdrup, L.E. (2001). Toxicity of tar constituents in terrestrial ecosystems: Effect of eight polycyclic aromatic compounds on terrestrial plants, soil invertebrates and microorganisms. Dr. Scient. Thesis. Series of dissertations submitted to the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo; no. 193

Artikler til internasjonale fagtidsskrift

Andersen, Sjur og Rasmussen, Grete. 1998. Mobility and bioavailability of wood preservation chemicals in soil- annual field measurements. 1998, The International Research Group (IRG) nr. IRG/WP 98-50101, 8s.

Breedveld, G.D. and D.A. Karlsen (2000). Estimating the availability of polycyclic aromatic hydrocarbons for bioremediation of creosote contaminated soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 54. pp. 255-261.

Breedveld, G.D. and M. Sparrevik (2000). Nutrient-limited biodegradation of PAH in various soil strata at a creosote contaminated site. *Biodegradation*, 11: 391-399.

Breedveld, G.D. and M. Sparrevik (2001). Nutrient-limited biodegradation of PAH in various soil strata at a creosote contaminated site. *Biodegradation* (accepted for publication).

Breedveld, G.D., T. Hartnik, M. Ness, H.M. Jonassen and E. Eek (Submitted). Chemical and biological assessment of the degradation resistant

fraction in soils contaminated by creosote. *Chemosphere*.

Doelman, P. and G. Breedveld (1999). In situ versus on site practices. In: Adriano, D.C., Bollag, J.M., Frankenberger, W.T., Sims, R.C. (eds.) *Bioremediation of contaminated soils*. Agronomy monograph no. 37. Soil Science Society of America, Madison. pp. 539-558.

Eggen, T. (Submitted). Spent Mushroom Substrate: White Rot Fungi in Aged Creosote Contaminated Soil. NATO-Serien

Eggen, T. 2000. White rot fungi in aged creosote contaminated soil. NATO Advanced Research Workshop. Liblice Castle, Czech Republic, June 14-19. (Poster presentation).

Eggen, T., Amundsen, C.E., Araneda, E., Lindjordet, R., Sørheim, R. 1999. Degradation and mobility of PAH in strongly contaminated soil treated with white rot fungi. International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds (ISPAC), Bordeaux, October (Poster presentation).

Eggen, T.; Amundsen, C.E. (Submitted). Degradation of PAH in strongly contaminated soil by *Pleurotus ostreatus*. *Biodegradation*.

Eggen, T.; Holøs, S (Submitted). Screening of fungi for use in bioremediation. *Mycology Research*. New J. Chemistry 25: 116-125.

Hartnik, T., H-R. Norli, T. Eggen and G.D.Breedveld (Submitted). Toxicity-based identification of toxic compounds in creosote-contaminated groundwater. *Environmental Toxicology and Chemistry*.

Rasmussen, Grete, Blom, Hans, Snilsberg, Petter og Warner, William S. 2000. Eksplorativ dataanalyse - et verktøy i undersøkelser av forurenset grunn. Jordforsk rapport 58/00. 47 s. ISBN nr. 82-7467-369-7. Rapporten finnes også på internett; www.jordforsk.no (fagområder, jordforurensing, grunnforurensing).

Rasmussen, G.; Fremmersvik, G.; Olsen R.A. (In press). Treatment of creosote-contaminated groundwater in a peat/sand permeable barrier – a column study. *Journal of Hazardous Materials*.

Rasmussen, G.; Olsen R.A. (Submitted). Treatment of creosote-contaminated groundwater in vegetated sorption/bio-barriers. *Water, Air and Soil Pollution*

Rasmussen, G.; Olsen R.A. (Submitted). Sorption and biological removal of creosote-contaminants from groundwater in soil/sand vegetated with orchard grass (*Dactylis glomerata*). *Advances in Environmental Research*

Sjursen, H.; Sverdrup, L.E.; Krogh, P.H. (2001). Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaris* (Collembola, Isotomidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 20, 2899-2902.

Sparrevik, M.; Breedveld, G.D. (2000). The impact of in situ bioremediation on a creosote-contaminated site. *Land Contamination and Reclamation*, Vol. 8, No. 4: 1-8.

Sverdrup, I.; Kelley, A.E.; Krogh, P.H.; Nielsen, T.; Jensen, J.; Scott-Fordsmand, J.J.; Stenersen, J. (2001). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the springtail *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 20, pp.1332-1338.

Sverdrup, L.E. Nielsen, T.; Krogh, P.H. (2002). Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to the earthworm *Eisenia veneta*, and comparison with springtail (*Folsomia fimetaria*) and enchytraeid (*Enchytraeus crypticus*) sensitivity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, July.

Sverdrup, L.E.; Ekelund, F.; Krogh, P.H.; Nielsen, T.; Johnsen, K. (2002). Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria and the total number of protozoans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, August.

Sverdrup, L.E.; Jensen, J.; Kelley, A.E.; Krogh, P.H.; Stenersen, J. (2002). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of *Enchytraeus crypticus* (Oligochaeta, Clitellata). *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, pp.109-114.

Sverdrup, L.E.; Jensen, J.; Krogh, P.H.; Stenersen, J. (2002). Studies on the effect of soil ageing on the toxicity of pyrene and phenanthrene to a soil dwelling springtail. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, pp. 489-492.

Sverdrup, L.E.; Nielsen, T.; Krogh, P.H. (2002). Soil ecotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in relation to soil sorption, lipophilicity and water solubility. *Environmental Science and Technology*, Vol. 36, pp. 2429-2435.

Vu Bui; Trond Vidar Hansen; Yngve Stenstrøm; Douglas W. Ribbons; Tomas Hudlicky. (2000). Toluene dioxygenase-mediated oxidation of aromatic substrates with remote chiral centers. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* 1669 - 1672.

Vu Bui; Trond Vidar Hansen; Yngve Stenstrøm; Douglas W. Ribbons; Tomas Hudlicky. (2001). A Study of Substrate Specificity of Toluene Dioxygenase in Processing Aromatic Compounds Containing Benzylic and/or Remote Chiral Centers and Direct Route to Substituted Catechols from Aromatic Compounds with *E. coli* JM109 (pDTG602) Organism.

Vu Bui; Trond Vidar Hansen; Yngve Stenstrøm; Tomas Hudlicky. (2000). Direct biocatalytic synthesis of functionalized catechols: a green alternative to traditional methods with high effective mass yield. *Green Chemistry* 2, 263.

Rapporter og bidrag til konferanser

Amundsen, C.E. (2000). Kjemisk og økotoxikologisk karakterisering av veistøv fra Oslo. *Jordforsk, Ås. Rapport 18/2000.*

Amundsen, C.E. (2000). Kjemisk og økotoxikologisk karakterisering av veistøv fra Drammen. *Jordforsk, Ås. Rapport 19/2000.*

Amundsen, C.E. (2000). Kjemisk og økotoxikologisk karakterisering av veistøv fra Bergen. *Jordforsk, Ås. Rapport 20/2000.*

Amundsen, C.E. (2000). Kjemisk og økotoxikologisk karakterisering av veistøv fra Tromsø. *Jordforsk, Ås. Rapport 21/2000.*

Amundsen, C.E. et al (1999). Kjemisk og økotoxikologisk karakterisering av veistøv. *Jordforsk, Ås. Rapport 84/1999.*

Andersen, S.; Ødegård, K.E.; Breedveld, G. (1997). Implementering av informasjon om grunnforurensningers mobilitet, biotilgjengelig-

het og biologisk nedbrytning i miljørisikovurderinger av forurenset grunn. Jordforsk, Ås. Rapport 136/1997.

Bakke, S. et al. (1998). Miljørisikoanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 2: Økologisk risikovurdering. Aquateam rapport 98-026.

Blom, H.A.; Soldal, O.; Steinnes, E.; Abdellaue, A.; Hunnes, E. (1997). Forurenset grunn fra galvanoidindustrien. Eksempel fra Stavanger Chrom og Forniklingsanlegg. Prosjektrapport forurenset grunn. Norges forskningsråd.; Stavanger kommune.; Statens forurensningstilsyn.

Breedveld, G. (1997). Tilgjengelighet av organiske forurensninger for biologisk nedbrytning. Jorddagen, 16. april 1997, Ås, 1 s.

Breedveld, G. (1998). Biologisk rensing av kreosot-forurenset grunn, et samarbeidsprosjekt. Foredrag på NFR Programseminar «Forurensninger; kilder, spredning og effekter». 23-24 september 1998, Oslo. 2 s.

Breedveld, G. (2001). Biotilgjengelighet av PAH i kreosot-forurenset grunn, konsekvenser for nedbrytbarhet og miljørisiko. Foredrag på NFR Programseminar «Forurensning; kilder, spredning og effekter». Lillehammer, 5-7 mars 2001 Oslo. 1 s.

Breedveld, G.D., H.M. Jonassen, M. Ness, E. Eek, and T. Hartnik (2001). Chemical and biological assessment of the degradation resistant fraction in soils contaminated by creosote. In: Book of abstracts Organic Soil Contaminants 2001 Copenhagen, DK, 2-4 september 2001. pp. 28

Breedveld, G. D. And Sparrevik, M. (2001). Treatment of creosote contaminated soil and groundwater using in-situ methods. In: Proceedings State-of-the-art of remediation technologies - experiences in the Nordic countries, Oslo, Norway, 23-24 April 2001. 1 p.

Breedveld, G.D. and M. Sparrevik (2000). Nutrient limited biodegradation of PAH in creosote contaminated soil. In: Hartmans, S. and Lens, P. (eds.), Proceedings of the 4th international symposium on biotechnology, Noordwijkerhout, NL, 10-12 april 2000. pp. 187-189.

Eggen, T. «Bruk av hvitråtesopp til remediering av PAH-forurenset jord». Seminar om organiske forurensninger i jord. Jorddagen 97, Norsk forening for jordforskning, Ås, april 1997.

Eggen, T. 2000. Hvitråtesopp – behandlingsteknologi for tungt nedbrytbare forbindelser. JORDFORSK-nytt 1: 2-4.

Eggen, T. 1999. Composting of recalcitrant pollutants. Jorddagene 1999, Ås, 24. september.

Eggen, T. og R. Sørheim. 1997. Biologisk behandling av forurenset masse. JORDFORSK-nytt nr. 2, s. 14-15.

Engelstad, F. (1997). Miljørisiko ved kreosotforurenset grunn. Jorddagen, 16. april 1997, Ås, 1 s.

Faksness; L-G.; Guénette, C.; Ramstad, S. (1996). Remediering av masse med blandet forurensning, med utgangspunkt i forurensede arealer på Nedre Elvehavn. SINTEF rapport STF 66 A96065.

Hartnik, T., H-R. Norli and G. Breedveld (2001). Toxicity directed identification of toxic compounds in creosote contaminated groundwater. In: Book of Abstracts Organic Soil Contaminants 2001 Copenhagen, DK, 2-4 September 2001. pp. 39.

Jonassen, H. (1998). Miljørisikoanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 5: Modeller og systemer for risikovurdering. NGI rapport 528032-1.

Karstensen, K.H.; Ødegård, K.E. et al. (1999). Status for bruk av utlekingstester ved karakterisering og klassifisering av avfall og forurensede masser. SINTEF rapport / SINTEF, Kjemi ; STF66 A98525.

Langedal, M. (1997). Helseisikovurdering av metaller i jord i Bysamfunn: Eksempel for nikkel og bly i utemiljøet i Trondheim. Trondheim kommune. Miljøavdelingens rapporter. Rapport TM 97/04.

Langedal, M. (1997). Glykolforurenset grunn på Fornebu - karakterisering og tiltak. Rapport. Berdal Strømme / Jordforsk.

Langedal, M.; Hellesnes, I. (1997). Innhold av tungmetaller i overflatejord og bakterier i sandkasser i barnehagene i Trondheim; Helseisikovurdering. Rapport / Trondheim kommune, Miljøavdelingen ; TM 97/03.

Moen; S. (1997). Biologisk behandling av kreosot-forurenset jord, Lillestrøm. Norsk forskningsråd. Prosjekt nr 111672/720.

Mogensen, A. et al. (1998). Miljørisikoanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 3: Transport og reaksjonsmekanismer. Aquateam rapport 98-023.

- Mogensen, A.; Andersen, S.; Bjørnstad, B.; Hansen, H.J.; Karstensen, K.H.; Sørli, J.E.; Vik, E.A.** (1998). Transport og reaksjonsmekanismer. Aquateam rapport 98-023.
- Rasmussen, G.** (2001). Vegetated permeable barriers treat creosote-contaminated groundwater. European Bioremediation Conference, 1. Chania, Crete, Greece. Proceedings, pp. 79-82.
- Rasmussen, G.** (1999). Beplantede permeable barrierer som risikoreduserende tiltak på kreosotforurenset grunn – feltforsøk i Hommelvik. Jorddagen 99, Ås, 23-24 september 1999. 1 s.
- Rasmussen, G.** (2000). Risk reduction on a creosote contaminated site using vegetated permeable barriers. Consoil 2000, Leipzig, 18-22 september 2000. pp. 1125-1126.
- Rasmussen, G.; Iversen, H.; Andersen, S.** (1999). Review of remediation methods of sites contaminated by wood preservatives - testing of filter material for use in permeable barrier technology. The 30th Annual Meeting for the International Research Group on Wood Preservation. Section 5, Environmental Aspects. IRG/WP 99-50141, Rosenheim, Germany.
- Rike, A.G.; Rustad, I.** (1998). Miljøriskioanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 4: Grunnundersøkelser og analyser. NGI rapport 528032-1.
- Sparrevik, M.** (1999). In-situ biologisk rensning av kreosot-forurenset grunn. Miljøringen 1999.
- Sparrevik, M., Breedveld, G., Briseid, T. og Engelstad, F.** (1999). Biosparging of creosote contamination in cold climates. Proceedings of In situ and on-site bioremediation, 5th Int Symp. 19-22 April 1999, San Diego. 2 p.
- Sparrevik, M, G.D. Breedveld, T. Briseid and F. Engelstad** (2000). The impact of in situ biosparging on a creosote contaminated site. European Geophysical Society, 25th General Assembly, Nice 25-29 April 2000.
- Sparrevik, M.; Bergersen, O.; Briseid, T.; Engelstad, F.; Hartnik, T.; Rasmussen, G.** (2001). In-situ biologisk rensing av kreosotforurenset grunn. Feltstudier - sluttrapport. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo. Report 528037-3.
- Sørheim, R.** «Biologisk behandling av jord». Foredrag på Jordforsks representantskapsmøte, 23. april 1998.
- Ursin, J-R.; Paulsen, J.E.** (1997). Tiltak for rensing av jordmasse. Rogalandforskning. Rapport RF-97/025.
- Vik, E.A. et al.** (1998). SFT-veiledning for gjennomføring av forurenset grunn. Hoveddokument. Aquateam rapport 98-086A.
- Vik, E.A.; Oen, A.M.P.** (1998). Oversikt over forskningsbehov knyttet til risikovurdering av jord og grunnvann. Aquateam rapport 98-022.
- Vik, E.A.; Rike, A.G.; Kelley, A.; Mogensen, A.; Ness, M.; Rudolph-Lund, K.; Rødsand, T.; Sparrevik, M.** (2000). Transport og oppførsel av miljøgifter i grunnen som følge av frost og snøsmelting. Aquateam rapport 00-007.
- Vik, E.A.; Weideborg, M.** (1998). Environmental and health risk assessment principles used for development of revised soil quality criteria - uncertainty factors. Publ in: CARA-CAS/NICOLE workshop. Umweltbundesamt, Berlin 1998.
- Weideborg, M. et al.** (1998). Miljøriskioanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 6: Normverdier for mest følsomt arealbruk. Aquateam rapport 98-064.
- Weideborg, M. et al.** (1998). Miljøriskioanalyse. Et beslutningsverktøy for forurenset grunn. Delrapport 1: Human toksikologi. Aquateam rapport 97-107.
- Ødegård, K.E.; Karstensen, K.H.; Lund, W.** (2000). Speciation of metals in soil solutions - the concept of forced-shift-equilibrium. Quantification of the complexing ability in soil solutions. Waste Materials in Construction, pp. 633-644. Pergamon/Elsevier Science, Amsterdam.
- Ødegård, K.E.; Karstensen, K.H.; Lund, W.** (2000). Speciation of metals in soil solutions - the concept of forced-shift-equilibrium. Quantification of the complexing ability in soil solutions. Contaminated Soil 2000. Proc. 7th International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil, Thomas Telford 2000, Vol. 1, pp. 247-254.

Foredrag

Sverdrup, L.; Kelley, A.(1998). Risikovurdering som et beslutningsverktøy. Presentasjon på VANN fagtreff november 1998.

Vik, E.A.; Solberg, H. (1996). An authority risk based assessment system for contaminated sites. Presentation of SFT's work on revising the Norwegian System including harmonization with the EU. Presentasjon på NGUs seminar.

Vik, E.A. (1998). SFT-veiledning for risikovurdering av forurenset grunn. Presentasjon på Temamøte med miljøringen, NGF, Norsk Vannforening og Norsk forening for jordforskning november 1998.

Vik, E.A. (1998). Forskningsbehov knyttet til risikovurdering grunnforurensning. Presentasjon på NFRs Soria Moria konferanse september 1998.

Vik, E.A. (1999). How clean is clean? Risk assessment and reclamation of contaminated land. Presentasjon på Miljøringen februar 1999.

Weideborg, M. (1998). Effekter og normverdier. Presentasjon på Temamøte med miljøringen, NGF, Norsk Vannforening og Norsk forening for jordforskning november 1998.