

Orientering fra miljøstyrelsen Nr. 4 2000

Teknologiudviklingsprogrammet for  
jord- og grundvandsforurening

## Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2000



# Indhold

<b>1</b>	<b>Baggrund</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Programmets indhold</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Målsætning</i>	8
2.2	<i>Teknologiudvikling og teknologianvendelse</i>	9
2.3	<i>Teknologioverførsel</i>	9
2.4	<i>Øvrige emner</i>	10
2.5	<i>Begrænsninger ved afværgemetoder</i>	10
<b>3</b>	<b>Status for ordningen</b>	<b>11</b>
3.1	<i>Indledning</i>	11
3.2	<i>Oversigt over igangsatte feltprojekter</i>	11
3.3	<i>Økonomi</i>	12
<b>4</b>	<b>Indsatsområder</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Projektforslag for 2000-2001</b>	<b>14</b>
5.1	<i>Formål med feltprojekter</i>	14
5.2	<i>Teknikker, der forventes afprøvet</i>	15
5.3	<i>Prioriterede feltprojekter for 2000 - 2001</i>	17
5.3.1	Klorerede opløsningsmidler	17
5.3.2	Olie/benzin	18
5.3.3	MTBE	18
5.3.4	PAH/tjære-forureninger og blandingsforureninger	18
5.3.5	Gas fra lossepladser	20
5.4	<i>Udredningsprojekter for 2000-2001</i>	20
5.4.1	EDB modeller	20
5.4.2	Vurdering af alternative on-site metoder til rensning af luft og vand	20
5.4.3	Økonomiske vurderinger af rensning af forurenede jord og grundvand	20
5.4.4	Vurdering af mængden af jord, der renses på jordrensningsanlæg.	20
5.4.5	Vurdering af forureningspåvirkning af indeklima	20
5.4.6	Bestemmelse af kildestyrkekoncentrationen i mobilt porevand i den umættede zone	21
5.4.7	Bestemmelse af den horisontale longitudinale dispersivitet i kalkmagasiner, som er repræsentative for danske forhold	21
5.4.8	Opstilling af hydrogeologisk kortlægningskrav for at nedbrydningsraten kan bestemmes lokalt	21
5.4.9	Nye metoder til karakterisering af forurenede lokaliteter	21

5.5	<i>Andre projekter for 2000 - 2001</i>	21
<b>6</b>	<b>Hvilke projekter igangsættes?</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Organisation</b>	<b>23</b>
7.1	<i>Depotrådet</i>	23
7.2	<i>Følgegruppe</i>	24
7.3	<i>Faglig sekretær</i>	24
7.4	<i>Styregruppe for feltprojekterne</i>	25
<b>8</b>	<b>Referencer</b>	<b>26</b>

## **BILAG A**

<b>1</b>	<b>Status for feltprojekter</b>	<b>26</b>
1.1	<i>Status for feltprojekter igangsat i 1999</i>	26
1.2	<i>Status for feltprojekter igangsat i 1998</i>	28
1.3	<i>Status for feltprojekter igangsat i 1997</i>	29
<b>2</b>	<b>Udredningsprojekter</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>Andre projekter på jordforureningsområdet</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>Følgende projekter er offentliggjort</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Faglige sekretærer</b>	<b>35</b>

## **BILAG B**

<b>Paradigma for tilskud til feltprojekter</b>	<b>36</b>
------------------------------------------------	-----------

## **BILAG C**

<b>Paradigma - disposition for beskrivelse af feltprojekter</b>	<b>41</b>
-----------------------------------------------------------------	-----------

## **BILAG D**

<b>Paradigma for budget 1 og budget 2</b>	<b>42</b>
-------------------------------------------	-----------

# Sammenfatning

I 1996 blev der fastsat en særlig ordning for udvikling af rensnings- og afværgeteknologier på jordforureningsområdet.

Baggrunden og strategierne for udviklingsordningen er beskrevet i "Program for Teknologiuudvikling, jord- og grundvandsforurening, december 1996". Der er herefter årligt udarbejdet en plan for det næste års projekter.

Siden ordningen trådte i kraft, er der igangsat omkring 60 sager, hvoraf cirka halvdelen er ydet til tilskud til afprøvning af forskellige afværgeteknikker, mens den anden del er ydet til udredningsprojekter om forskellige afværgemetoder eller generel viden på jordforureningsområdet.

Dette program giver en oversigt over de projekter, der er igangsat og beskriver projektforslag for 2000-2001.

Der planlægges primært igangsat feltprojekter overfor forureninger med klorerede opløsningsmidler, kulbrinter, herunder MTBE og PAH'er. I programmet er en samlet liste med de teknikker, der ønskes afprøvet eller vurderet.

Både offentlige og private bygherrer kan søge om tilskud til at få dokumenteret eller afprøvet specifikke afværgeteknologier. Miljøstyrelsen igangsætter selv udredningsprojekter og andre projekter om jordforurening - primært via udbud.

Omkring årsskiftet opfordrer Miljøstyrelsen samtlige amter til at komme med forslag til lokaliteter, der kan anvendes til at dokumentere udvalgte afværgeteknologier i henhold til programmet.

# English Summary

In 1996 a programme for development of clean-up and remediation technologies relating to soil and groundwater contamination was set up.

The background and strategy of the development programme were described in the Danish EPA report “Programme for Development of Technology – Soil and Groundwater Contamination” of December 1996, and each year since 1996 plans have been drawn up for projects in the following year.

Since the programme was launched, about 60 projects have been initiated, half of them to support testing of different remediation technologies. The other half supports development projects dealing with different remediation technologies, or enhances general knowledge on soil contamination.

This report gives an account of the progress of projects launched, and presents proposals for projects in 2000 and 2001.

Focus is primarily on field projects relating to pollution with chlorinated solvents, hydrocarbons, including MTPE's and PAH's. The report gives a survey of the technologies selected for testing.

Both public and private developers are eligible for support from the Danish EPA to projects documenting or testing specific remediation techniques. The Danish EPA also initiates development projects and other projects relating to soil pollution – primarily by tender.

About the turn of the year the Danish EPA invites all regional authorities to submit proposals for sites which can be used to document specific remediation technologies relating to the issues highlighted in the programme.

# 1 Baggrund

Der blev med "Lov om ændring af affaldsdepoter" /1/ fastsat en særlig ordning for udvikling af rensnings- og afværgeteknologier på jordforureningsområdet. I "Lov om forurennet jord" af 2. juni 1999 /2/ er det anført, at Miljø- og energiministeren forestår udvikling og afprøvning af ny teknologi inden for jordforureningsområdet. Udgifterne til ordningen fastsættes på de årlige finansbve.

Baggrunden og strategierne for udviklingsordningen er beskrevet i "Program for Teknologiuudvikling, jord- og grundvandsforurening, december 1996" /3/. I "Udbygning af Program for Teknologiuudvikling, jord- og grundvandsforurening for 1998 og 1999" /4/ er indsatsområder og projektforslag for 1998-99 beskrevet.

I nærværende program beskrives det reviderede overordnede formål med ordningen (afsnit 2), status for ordningen (afsnit 3) og i afsnit 4 er listet de forureningsområder, som teknologi-programmet bør rettes mod i de næste par år. I afsnit 5 beskrives projektforslag for feltprojekter og udredningsprojekter, der planlægges udført i 2000.

På Finansloven for 2000 er der afsat et beløb på 15 mio. kr. til teknologiuudvikling. I finanslovsteksten er det anført :

*"Ordningen er etableret med henblik på, gennem en koordineret indsats på teknologiområdet m.v., at effektivisere og billiggøre oprydninger på depotområdet samt at fjerne barrierer for udvikling og anvendelse af målrettede teknologier over for jord- og grundvandsforureninger. Der kan af bevillingen bl.a. afholdes udgifter til erfaringsopsamling på jordforureningsområdet, udvikling og afprøvning af nye teknologier, udvikling og afprøvning af metoder - bl.a. med henblik på kriteriefastsættelse, risikovurderinger og beskæftigelsesmæssige analyser samt til at dokumentere, vurdere og sammenligne afværgeteknikkers effektivitet, omkostninger og miljøpåvirkninger. Bevillingen kan endvidere anvendes til medfinansiering af udgifter til udviklings- og afprøvningsaspekter ved de afværgeprojekter, som amtsrådene, Københavns og Frederiksberg kommuner udarbejder og finansierer, hvis de indeholder et udviklingsaspekt. Der kan desuden afholdes udgifter, herunder ydes tilskud, til forsikringer vedørende eventuelt erstatningsansvar i forbindelse med oprensninger. Der kan afholdes udgifter, herunder tilskud til information, annoncering og udbud af projekter, revision, evaluering og resultatformidling m.v.*

## 2 Programmets indhold

Med "Lov om forurennet jord" /2/ søges bl.a. skabt et grundlag for udvikling og anvendelse af nye afværgeteknologier for forurennet jord og grundvand.

Det overordnede formål med Teknologiprogrammet er at skabe grundlag for at foretage mere effektive (miljømæssige og økonomiske) oprydninger af forurenede lokaliteter, herunder at afprøve samt implementere nye og nyere oprydning- og afværgeteknologier af såvel højteknologisk som lavteknologisk karakter.

- Teknologipuljen skal anvendes til udvikling og dokumentation af teknologier, der kan anvendes under danske forhold og på typiske forureningskomponenter.
- Teknologipuljen skal anvendes til projekter, der afprøver grænser for det teknisk mulige indenfor bl.a. oprensingsniveauer, behandlingsteknologi, billiggørelse og dokumentation.
- Teknologipuljen skal sikre, at resultaterne fra de udførte projekter bliver tilgængelige for alle interesserede parter, herunder særligt de myndigheder, som skal vurdere afværge- eller oprydningprojekter.

Ordningen har været i kraft siden december 1996. Det foreliggende program anviser en række områder, som teknologiudviklingen bør rettes mod i de næste 2 - 4 år. Dette skal sikre, at midlerne ikke anvendes ad hoc på enkelte projekter men målrettes mod bestemte områder eller problemer.

### 2.1 Målsætning

Den overordnede målsætning for Teknologiprogrammet er at identificere oprydning- og afværgeteknologier, således at det i fremtiden vil være lettere økonomisk, miljømæssigt og teknisk at vælge de oprydningsteknologier, der er optimale på de pågældende lokaliteter.

Det er målsætningen at ca. 70 % af bevillingerne benyttes til afprøvning af forskellige teknologier, og at de resterende 30 % af bevillingerne benyttes til udredningsprojekter, der kan være med til at fremme oprydningssindsatsen eller kan danne et bedre grundlag for forståelsen af forureningsspredning og risikovurdering.

For afprøvning af forskellige afværgeteknologier er det målsætningen:

- At de fagligt mest lovende teknologier afprøves, vurderes og beskrives.
- At der afprøves teknologier overfor de stoffer, der udgør de største miljømæssige og sundhedsmæssige problemer.
- At der afprøves teknologier indenfor de områder, hvor der anvendes store økonomiske midler til oprydning.
- At der årligt igangsættes ca. 10 til 20 feltprojekter.
- At projekterne er anvendelsesorienterede.
- At afprøvningerne sker målrettet og på et højt fagligt niveau.
- At afprøvningerne valideres af uvildige.
- At der ved afprøvning af teknologierne uddrages generel viden om teknologiernes fordele og begrænsninger.
- At der udarbejdes tekniske rapporter for de afprøvede teknologier.
- At projektrapporter løbende offentliggøres på internettet og i bladet "Ny Viden".
- At resultaterne præsenteres på faglige møder.
- At amterne årligt får mulighed for at komme med forslag til lokaliteter, hvor teknologier kan afprøves.
- At amterne løbende får mulighed for at komme med forslag til teknologier, der skal afprøves.



- At de ansatte i amterne får mulighed for fagligt at blive inddraget i projekterne.
- At der 5 år efter ordningens start udarbejdes et katalog over alle de teknologier, der er afprøvet.
- At der sikres en koordinering med andre ordninger og programmer.
- At ordning evalueres 5 år efter ordnings start.

Det forventes, at der 5 år efter ordningens start vil være et overblik over mulige afværgeteknologier og forventede oprensingsniveauer. På denne baggrund vil det være muligt at identificere områder, hvor der på laboratorieniveau vil være behov for at udvikle og afprøve andre teknologier. Desuden forventes det, at der vil være et overblik over hvor store mængder rensset jord, der ikke kan anvendes frit men skal deponeres efter rensning.

For udredningsprojekterne er det målsætningen:

- At identificere afværgeteknologier, der skal afprøves.
- At identificere mulige afværgeteknologier overfor forskellige forureningstyper.
- At forbedre grundlaget for risikovurdering fra jord- og grundvandsforurening.
- At forbedre viden om risikoen for forskellige forureningskomponenter.

Det forventes, at der 5 år efter ordningens start vil være et overblik over hvilke potentielle afværgeteknologier, der findes overfor de forureningskomponenter, der udgør de største miljømæssige og sundhedsmæssige problemer.

## 2.2 Teknologiuudvikling og teknologianvendelse

Udvikling af en bestemt teknologi foregår som regel i følgende trin:

1. Forsøg i laboratorium.
2. Gennemførelse af test i pilotskala.
3. Demonstration i fuld skala under naturlige forhold.
4. Kommerciel anvendelse.

Forud for trin 1, forsøg i laboratorium, ligger som regel en væsentlig forskningsindsats. I de forløbne godt 3 år, hvor Teknologiprogrammet har været i gang, er der primært igangsat teknologiuudviklingsprojekter, som ligger på et udviklingstrin mellem 2 og 3.

Danske såvel som udenlandske erfaringer viser, at der mellem trin 1 og 2 og igen imellem trin 2 og 3 kan eksistere væsentlige barrierer som f.eks. optimering af metodeanvendelse, konceptudvikling, geologiske heterogeniteter og tilstrækkelig oprensning i forhold til gældende jordkvalitetskriterier.

Teknologiprogrammet for 2000-2001 skal primært medvirke til at overvinde disse barrierer for teknologier, som det skønnes hensigtsmæssigt at anvende under danske forhold og som typisk har gennemgået trin 1. Der forventes dog, at der i denne periode bliver igangsat enkelte forsøg i laboratorium (trin 1).

## 2.3 Teknologioverførsel

Udvikling og afprøvning af innovative afværgeteknikker er fortrinsvis sket i USA og er i væsentligste omfang foretaget af private firmaer. Den amerikanske miljøstyrelse (US-EPA) støtter udvikling og demonstration af innovative afværgeteknikker blandt andet gennem SITE-programmet (Superfund Innovative Technology Evaluation Programme). Endvidere findes der i USA forskellige støtteordninger i såvel Energiministeriet (DOE) som i Forsvarsministeriet (DOD). I Europa er de hollandske og tyske firmaer førende med udviklingen og anvendelsen af innovative afværgeteknikker.

Hvad angår de danske teknologiuudviklingsprojekter, der er gennemført i de forløbne 3 år, er der primært sket en teknologioverførsel fra USA.

Indtil nu er der hverken herhjemme eller i udlandet blevet stillet særlige krav til virksomhederne om dokumentation af de anvendte metoders rensningseffektivitet. I US-EPA er der overvejelser om, hvordan disse krav kan opstilles med henblik på at opnå en miljømæssig acceptabel oprydning.

Det er Miljøstyrelsens holdning, at Teknologiprogrammet fortsat skal sikre, at der sker en målrettet teknologioverførsel, afprøvning og implementering fra bl.a. USA, Holland og Tyskland til danske forhold.

## 2.4 Øvrige emner

Teknologiprogrammet omfatter andre områder, hvis de kan være med til at fremme oprydningssindsatsen eller hvis de kan danne et bedre grundlag for forståelsen af forureningsspredning og for risikovurdering.

Programmet kan fortsat ikke indeholde teknologiudvikling til afhjælpning af fladeforureninger hidrørende fra f.eks. nitrat og pesticider.

## 2.5 Begrænsninger ved afvægemetoder

I programmet for teknologiudvikling fra 1996 /3/ blev situationen på jordrensningsområdet beskrevet som nedenfor .

- De metoder, som anvendes rutinemæssigt, er overvejende off-site metoder (rensning et andet sted end på lokaliteten), mens kun et mindretal af metoderne er in-situ (rensning på stedet) metoder.
- Der findes mange metoder til oprensning af organiske forureninger. Mulighederne for at oprense uorganiske forureninger er mere begrænsede.
- De kendte teknikker kan til en vis grad rense sandede jordtyper, mens kun et mindretal af metoderne kan rense lerede jordtyper og blandinger, f.eks. af jord og sten eller affald.
- Brugen af in-situ teknikker vanskeliggøres, hvis jorden er inhomogen.
- Nogle af de mest anvendelige jordrensningsteknikker ændrer den oprindelige jordstruktur.
- Mange in-situ teknikker har en lang driftstid, før der kan opnås acceptable slut niveauer, eller hvis mængden af uanvendelige restprodukter skal minimeres.
- Dokumentation for in-situ teknikernes effektivitet er i mange tilfælde sparsomt belyst.

Det blev vurderet, at der for stort set alle in-situ og on-site teknikker er brug for kontrollerede forsøg i pilotskala med henblik på konceptudvikling og metodeoptimering, samt for at klarlægge med hvilken effektivitet metoderne i praksis kan håndtere problemerne. For de biologiske metoder blev det dog vurderet, at der primært er behov for en optimering af metoderne. For on-site teknikkers vedkommende, f.eks. on-site termisk behandling og andre rensemetoder, som alle kræver relativt store anlægsinvesteringer, anses udviklingspotentialet mindre attraktivt, hvis de kun er rettet mod et relativt lille hjemmemarked.

Det vurderes, at denne beskrivelse i det store og hele fortsat dækker områdets stade. Der er i de forløbne 3 år sket den ændring, at det er blevet mere "almindeligt" at gennemføre in-situ rensning og der er opnået en større bevågenhed omkring dimensionering af anlæggene, omkring metodernes begrænsninger og specielt omkring driftsforhold. Denne ændring skyldes bl.a. Teknologiprogrammet. Det vurderes fortsat, at mulighederne for at rense uorganiske forureninger stadig er meget sparsomme og at et væsentligt problem er at kunne rense forurenede inhomogent lerjord.

## 3 Status for ordningen

### 3.1 Indledning

I de forløbne 3 år har Teknologiprogrammet primært fokuseret på afværgeteknologier overfor klorerede opløsningsmidler og olie- benzinfureninger. Programmet har bragt os frem til flere nye teknologier overfor klorerede opløsningsmidler bl.a. termisk assisteret oprensning og reaktiv permeable vægge. Desuden har man via programmet fundet frem til en billig metode til rensning af krom(VI)-forurenede grundvand.

Inden for kort tid vil der komme en nærmere vurdering af metoderne air-sparging, modificeret stripping, geooxidation og frakturering. Alle disse metoder er ved at blive afprøvet og afsluttes indenfor det næste år.

Der er igangsat en række phytooprensningsprojekter. På nuværende tidspunkt kan det konkluderes, at det ikke er muligt at rense uorganiske blandingsforureninger med planter. Der er etableret en række phytooprensningsprojekter overfor olie og PAH-forureninger. Resultaterne af disse vil først foreligge om 3 til 4 år.

Der er afprøvet et produkt, der forventedes at kunne forcere nedbrydning af olieforurening. Afprøvningen viste, at der ikke kunne konstateres en effekt af produktet.

I den forløbne periode er der fremkommet et godt overblik over potentielle afværgeteknikker overfor b.la. tungmetalfureninger og MTBE forurenede grundvand. Specifikke teknikker som vakuumventilering, termisk assisteret oprensning og naturlig nedbrydning er nærmere beskrevet og vurderet.

Trods flere tiltag har man endnu ikke fundet egnede metoder til blandingsforureninger.

### 3.2 Oversigt over igangsatte feltprojekter

Nedenfor er kort listet hvilke metoder, der er igangsat feltprojekter med i forhold til de forskellige indsatsområder. I bilag A er listet samtlige projekter (felt og udredningsprojekter), der er igangsat i hele periode (fra 1996 til 1999).

<b>Metode:</b>	<b>Indsatsområde:</b>
• Air sparging	Klorerede opløsningsmidler olie/benzin
• Vakuumventilering	Klorerede opløsningsmidler
• Modificeret strippingmetode	Klorerede opløsningsmidler
• Reaktiv permeabel væg	Klorerede opløsningsmidler Og krom(VI)
• Dampstripping	Klorerede opløsningsmidler
• Naturlig nedbrydning af klorerede opløsningsmidler	Klorerede opløsningsmidler
• Naturlig nedbrydning af Olie-/benzinkomponenter	Benzin
• Geooxidation	Benzin
• Nedbrydningsaccelerator til olienedbrydning	Olie
• ORC (Oxygen Release Compound)	Benzin
• Phytooprensning	Olie, PAH og tungmetaller
• Elektrodialytisk rensning	Krom, kobber og arsen

- Reduktion af forurening fra krom(VI) til krom(III), Krom
- Frakturering Klorerede opløsningsmidler
- Passiv ventilering Klorerede opløsningsmidler
- Jordvask Uorganiske forureninger  
Og blandingsforureninger
- Forceret udvaskning Tjærekomponenter.

Resultaterne af disse forsøg vil blive offentliggjort løbende indenfor de næste par år.

### 3.3 Økonomi

Siden 1996 har den årlige bevilling på finansloven været:

1996: 10,0 mio. kr.

1997: 15,0 mio. kr.

1998: 19,4 mio. kr.

1999: 16,0 mio. kr.

## 4 Indsatsområder

I "Program for teknologiudvikling, jord- og grundvandsforurening, december 1996" /3/ er beskrevet de forureningsområder, som Teknologiprogrammet bør rettes mod i de næste 5 år. Disse områder fremkom på baggrund af oplysninger fra ROKA-databasen 1995, hvor bl.a. hyppigheden af de forskellige forureningstyper i jord og grundvand blev sammenstillet. Dette førte til identifikation af følgende forureningsområder (indsatsområder), som programmet skulle rettes mod i de næste 2-5 år:

- Jord og/eller grundvand, forurenet med klorerede opløsningsmidler.
- Tungmetallforurenet jord.
- Olie-/benzinforurenet jord og grundvand (herunder MTBE).
- Tjære-/PAH-forurenet jord (herunder NSO forbindelser).
- Blandingsforureninger.
- Lossepladser med udsivning af lossepladsgas.

I de næste par år skal der fortsat sikres afprøvning og dokumentation af metoder til rensning af forureninger, der truer grundvandet (klorerede opløsningsmidler og olie/benzin forureninger, herunder MTBE-forureninger). Der planlægges i øvrigt afprøvet metoder overfor tjære-/PAH-forureninger. Der planlægges fortsat afprøvet forskellige in-situ teknologier. Desuden planlægges der i højere grad gennemført forsøg på forskellige eksisterende eller nye jordrensningsanlæg bl.a. med blandingsforureninger og tungmetallforureninger, der udgør et væsentligt jordforureningsproblem. Der vil i de fremtidige projekter blive fokuseret på kvaliteten af det slutprodukt, der fremkommer efter rensning og det skal specielt vurderes om den rensede jord kan anvendes frit.

I særlige situationer kan det komme på tale at afprøve metoder til rensning af punktkilder (hotspots) med pesticidforurening.

I de fremtidige projekter vil et væsentligt indsatsområde være miljø- vurdering og økonomisk vurdering af de enkelte teknikker og af oprensningerne generelt. Desuden vil et væsentligt indsatsområde være at få minimeret driftsudgifterne for de forskellige afværgeforanstaltninger. I årene herefter vil der også skulle afprøves teknikker inden for de andre indsatsområder.

## 5 Projektforslag for 2000-2001

Det overordnede formål med Teknologiprogrammet er at kunne foretage mere effektive (miljømæssige og økonomiske) oprydninger af forurenede lokaliteter samt at afprøve nye og nyere oprydningsteknologier.

På figur 1 er optegnet et traditionelt sagsforløb for et afværgeprojekt. Omfanget af det arbejde, der sættes i gang under Teknologiprogrammet, afhænger af det stadium undersøgelserne og afværgeforanstaltningerne er på for den konkrete lokalitet.

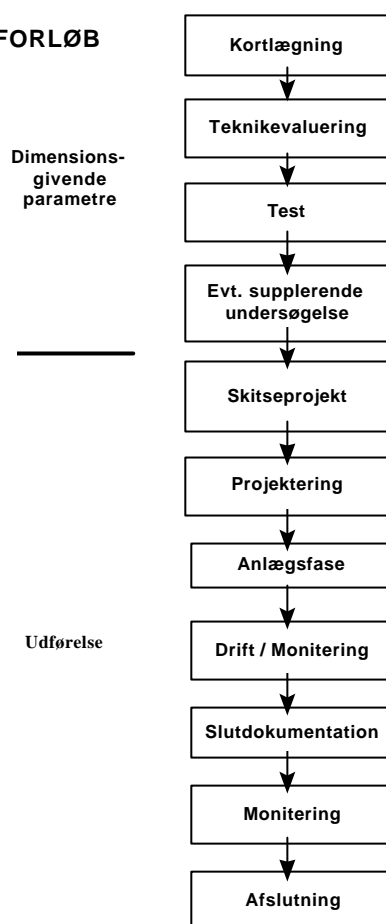
### 5.1 Formål med feltprojekter

Formålet med feltprojekterne er at afprøve og dokumentere metoderne og specielt at vurdere, om de opstillede forudsætninger bliver opfyldt. Ved afprøvning af metoderne skal der stilles specifikke krav til forundersøgelser, indledende tests til dimensionering og design af anlæggene. På baggrund af tests skal der opstilles prognoser for gennemførelsen af oprydningen, primært med hensyn til varighed og oprensingsniveau. Inden igangsættelsen af afværgeforanstaltningerne skal det specificeres, hvordan der løbende foretages driftskontrol og afsluttende dokumentation af oprensningen. Der skal desuden udføres miljøvurderinger og økonomiske vurderinger af udgifter og gevinster ved brugen af de enkelte teknikker. I bilag C er vist et paradigme for en indholdsfortegnelse og i bilag D budget for et teknologiprojekt.

Resultaterne af feltprojekterne skal, sammen med litteraturgennemgang, munde ud i generelle udmeldinger (rapporter, vejledninger og lignende) om brugen af metoderne under danske forhold.

Der skal løbende ske præsentation/videreformidling af Teknologiprogrammet ved udarbejdelse af publikationer, der bliver offentliggjort på Miljøstyrelsens hjemmeside. Desuden bliver programmet og projekterne jævnlig præsenteret på forskellige faglige møder som f.eks. ATV møder (Akademiet for de Tekniske Videnskaber), Amternes Videncenter for Jordforurening, Ingeniørforeningen og Universiteter.

**Figur 1  
SAGSFORLØB**



## 5.2 Teknikker, der forventes afprøvet

Nedenfor er angivet en samlet liste over teknikker, der forventes afprøvet indenfor de næste 5 år. Denne liste kan ændres, hvis nærmere undersøgelser (danske eller udenlandske) viser, at det ikke er relevant at afprøve en bestemt metode.

<b>Teknik</b>	<b>Klorerede Oplø- nings- midler</b>	<b>Olie/ Ben- zin</b>	<b>MTBE</b>	<b>Tjære/ PAH'er</b>	<b>Andet</b>
<i><b>Teknikker baseret på stripping (alle på udviklingstrin 3):</b></i>					
Termisk assisteret oprensning	X	X			
Modificerede stripningsmetoder (in well)	X	X	X		
Dual-phase extraction (2-fase ekstraktion)	X				
Bioventilering	X	X	X		
Frakturering	X	X			
<i><b>Nedbrydning under naturlige Forhold (på udviklingstrin 2 eller 3):</b></i>					
Nedbrydning	X	X		X	
<i><b>Biologiske og kemiske rensnings- metoder (på udviklingstrin 1, 2 eller 3):</b></i>					
On site biologisk rensning af grundvand	X	X			
Biologisk rensning af forurenede jord	X	X			
Nedbrydning af MTBE- forureninger ved bakterier			X		
Rensning ved tilsætning af ilt		X	X		
Kemisk rensning ved tilsætning af brint	X				
Rensning med ozon		X			
<i><b>Rensning af grundvand (på udvik- lingstrin 2 eller 3):</b></i>					
Fluid bed rensning af forurenede grundvand	X				X
Flotationsteknikker.	X	X			X
Optimering af afværgeoppump- ninger	X	X	X	X	X
<i><b>Andre metoder:</b></i>					



Metode til fjernelse af fri fase	X	X			
Jordreanseanlæg	X	X		X	X

Andre feltprojekter:

- Afprøvning af alternative undersøgelsesmetoder, fx feltanalyser, boremetoder og prøveudtagningsudstyr.
- Vurdering af undersøgelsesmetoder til kortlægning.

### 5.3 Prioriterede feltprojekter for 2000 - 2001

Inden for hvert indsatsområde er projekterne for 2000-2001 i det følgende listet i rækkefølge. Antallet af projekter, der kan igangsættes, afhænger af omfanget af de enkelte projekter og hermed udgifterne til disse. Ved afprøvning af teknologierne foretrækkes kortlagte lokaliteter.

#### 5.3.1 Klørede opløsningsmidler

- **Termisk assisteret oprensning (udviklingstrin 3)**

Ved termisk assisteret rensning opvarmes jorden og de flygtige forureningskomponenter fjernes derved mere effektivt. I USA er der eksperimenteret med at opvarme jorden ved 5 forskellige metoder:

- injektion af varm luft og vanddamp,
- injektion af varmt vand,
- elektrisk opvarmning med elektroder og lavfrekvent strøm,
- opvarmning med radio- og mikrobølger via antenner og
- direkte termisk ledning i jord ved varmetæppe eller varmebrønd.

Det vurderes, at det er relevant med yderligere afprøvning af metoderne over for forureninger i lerlag og under grundvandsspejlet. Der planlægges igangsat yderligere 1-2 feltprojekter med udvalgte metoder.

- **Dual-phase extraction (2-fase ekstraktion) (udviklingstrin 3)**

Dual-phase extraction er en oprensningsmetode, som anvendes i mindre permeable lag, hvor de mere almindelige metoder som vakuumventilering og/eller air sparging ikke er anvendelige. Dual-phase extraction indebærer, at der etableres et kraftigt vakuum i afværgeboringen, således at både poreluft og porevand/grundvand ekstraheres samtidigt fra det forurenede jordvolumen. Den/det ekstraherede luft/vand stripkes og renses i et anlæg. Der forventes igangsat et feltprojekt.

- **Modificerede stripningsmetoder, f.eks. brøndventilering (udviklingstrin 3)**

Disse modificerede metoder går ud på at kombinere recirkulation af grundvand med stripning og derved kombinere air sparging med vakuumventilering i samme borer (f.eks. in-well stripning eller bio-slurpning). I USA findes der forskellige typer af modificerede metoder. Der planlægges igangsat 1-2 feltprojekter med disse metoder over for klørede opløsningsmidler.

- **Frakturering (udviklingstrin 2 eller 3)**

På baggrund af et udredningsprojekt, der beskriver forskellige fraktureringsmetoder, forventes der igangsat et eller to projekter. Ved frakturering laves der kunstig opsprækning af lav-permeable lag, ved f.eks. at injicere en væske eller luft i bunden af en boring under stort tryk.

- **Kemisk rensning ved tilsætning af brint (udviklingstrin 3)**

Det skal vurderes, om det vil være relevant at igangsætte et projekt med kemisk rensning ved tilsætning af brint. Metoden går ud på at forcere nedbrydningen af klørede opløsningsmidler ved etablering af anaerobe forhold. Herved ændres redoxforholdene, således at potentialet for nedbrydning af PCE og TCE øges. Det skal eventuelt vurderes, om metoden er virksom overfor dybt liggende forureninger med klørede opløsningsmidler.

- **Optimering af afvæргеoppumpninger (udviklingstrin 3)**

På en lokalitet forsøges driften af en afvæргеoppumpning optimeret eller der skal afprøves alternative oprensningemetoder.

- **Phytooprensning (udviklingstrin 1 eller 2)**

Der udføres eventuelt et phytooprensningsprojekt for jord og grundvand forurenet med klorerede opløsningsmidler.

### 5.3.2 Olie/benzin

- **Modificerede stripningsmetoder, f.eks. brøndventilering (udviklingstrin 3)**

Disse modificerede metoder går ud på at kombinere recirkulation af grundvand med stripning og derved kombinere air sparging med vakuumentilering i samme borer (f.eks. in-well stripning eller bio-slurpning). I USA findes der forskellige typer af modificerede metoder. Der planlægges igangsæt 1-2 feltprojekter med disse metoder over for olie-/benzinforureninger.

- **Forceret nedbrydning (udviklingstrin 3 eller 4)**

Forsøg i USA viser, at nedbrydning af olie-/benzinforurening kan forceres ved tilsætning af ilt, f.eks. som ORC. Der planlægges igangsæt 1-2 feltprojekter med disse metoder over for olie-/benzin- og evt. MTBE-forureninger.

- **Biologiske filtre (udviklingstrin 2 eller 3)**

Der skal gennemføres forsøg med forskellige biofiltre til rensning af olie-/benzinforurenet luft og vand. Forsøgene skal sammenholdes med kulrensning.

### 5.3.3 MTBE

- **Modificerede stripningsmetoder, f.eks. brøndventilering (udviklingstrin 2 eller 3)**

Disse modificerede metoder går ud på at kombinere recirkulation af grundvand med stripning og derved kombinere air sparging med vakuumentilering i samme borer (f.eks. in-well stripning eller bio-slurpning). I USA findes der forskellige typer af modificerede metoder. Der planlægges igangsæt et feltprojekt med disse metoder over for benzin- og MTBE-forureninger.

- **Nedbrydning af MTBE ved bakterier (udviklingstrin 1, 2 eller 3)**

Der er i USA isoleret en bakteriekultur, der kan nedbryde MTBE-forurenet grundvand. Indledende danske forsøg viser et potentiale for at benytte bakteriekulturen i et on-site rensningsfilter. Der planlægges gennemført et til to feltprojekter, hvor metoden sammenlignes med andre rensningemetoder.

- **Rensning af MTBE ved filtrering (udviklingstrin 1, 2 eller 3)**

I udredningsprojektet "Afværgeteknikker for MTBE-forurenet grundvand" anbefales det, at forskellige filtertyper afprøves til on-site rensning af forurenet grundvand. På et eller to feltprojekter skal forskellige filtre (kulfilter, tilsætning af ozon kombineret med biologisk filtrering m.v.) afprøves og vurderes.

- **Biologisk rensning af MTBE (udviklingstrin 2 eller 3)**

Nyeste resultater fra USA viser god effekt med passiv rensning af MTBE-forurenet grundvand, ved at lade det forurenede vand passere en iltbarriere i grundvandsmagasinet. Der planlægges igangsæt et eller to feltprojekter.

### 5.3.4 PAH/tjære-forureninger og blandingsforureninger

- **Indbygning af tjæreforurenet jord i støjvolde m.v.**

**(udviklingstrin 3)**

I et eller flere feltprojekter skal det dokumenteres hvor stor risiko der er for forurenings-spredning ved indbygning af tjæreforureninger i støjvolde og vejbyggeri.

- **Rensning af blandingsforurening f.eks. i termisk behandlingsanlæg**

Det planlægges dokumenteret hvordan blandingsforureninger renses i f.eks. termiske behandlingsanlæg og andre eksisterende jordrensningsanlæg. Der skal specielt fokuseres på hvilke oprensingsniveauer, der kan opnås, og på slutprodukterne .

- **Naturlig nedbrydning af PAH'er i vand (udviklingstrin 3)**

I et feltprojekt undersøges og dokumenteres de naturlige nedbrydningsprocesser for PAH'er. Herunder dannelse af nedbrydningsprodukter.

### 5.3.5 Gas fra lossepladser

- **Risiko for gas fra lossepladser**

Afhængigt af resultatet af et igangværende udredningsprojekt om risikovurdering af eksplosionsfare fra gas i lossepladser, kan det komme på tale at gennemføre et feltprojekt til nærmere afklaring.

## 5.4 Udredningsprojekter for 2000-2001

Der planlægges iværksat følgende udredningsprojekter.

### 5.4.1 EDB modeller

For forskellige stripningsmetoder skal der opstilles og afprøves edb-modelværktøj samt udarbejdes en engelsk version af Miljøstyrelsens edb-program "JAGG" til engelsk.

### 5.4.2 Vurdering af alternative on-site metoder til rensning af luft og vand

For at kunne nedsætte driftsudgifterne for rensning af forurenede luft og grundvand beskrives og vurderes forskellige metoder. På baggrund af resultaterne af projektet forventes der igangsat et eller to feltprojekter.

### 5.4.3 Økonomiske vurderinger af rensning af forurenede jord og grundvand

Der skal udarbejdes et paradigme for beregning af de økonomiske udgifter, der er forbundet med at etablere et afværgeprojekt. På baggrund af de konkrete projekter, skal der beregnes nøgletal for de enkelte teknikker. De økonomiske udgifter for de forskellige teknikker skal sammenstilles.

### 5.4.4 Vurdering af mængden af jord, der renses på jordrensningsanlæg.

Det skal undersøges hvor meget jord, der sendes til jordrensning og hvor stor en del af denne jord, der renses, så den kan anvendes frit og hvor stor en del der efterfølgende bliver deponeret. Undersøgelsen skal gælde forskellige forureningskomponenter.

### 5.4.5 Vurdering af forureningspåvirkning af indeklima

Til brug for en vurdering af gulvkonstruktioners reduktion af forureningskoncentrationer skal der indsamles sammenhængende data for måling af flygtige forureningskomponenter under gulv og i bygninger.

#### **5.4.6 Bestemmelse af kildestyrkekoncentrationen i mobilt porevand i den umættede zone**

Projektet skal resultere i anvisninger om, hvordan kildestyrkekoncentrationen kan bestemmes med henblik på at gøre risikovurderingen mere præcis.

#### **5.4.7 Bestemmelse af den horisontale longitudinale dispersivitet i kalkmagasiner, som er repræsentative for danske forhold**

#### **5.4.8 Opstilling af hydrogeologisk kortlægningskrav for at ned brydningsraten kan bestemmes lokalt**

#### **5.4.9 Nye metoder til karakterisering af forurenede lokaliteter**

Der er behov for metoder og teknikker som billigere og bedre kan karakterisere forurening. Gennemføres når der er et antal passende metoder/teknikker, som kan beskrives og evt. afprøves i felten.

### **5.5 Andre projekter for 2000 - 2001**

Der planlægges igangsat følgende andre projekter på jordforureningsområdet.

- Standardiseringsarbejdet ISO under EU.
- Vurdering af kviksølvforurenede jord i Danmark.
- Evaluering af oprydningerne under OM ordningen.
- Metodeafprøvning af PAH-analysemetode.
- Standardisering af metode til måling af total kulbrinter, herunder BTEX i vand.
- Vurdering af PAH-metabolitter. Det skal eventuelt undersøges, om PAH-metabolitter, der fremkommer ved nedbrydning af PAH'er, udgør et miljø- og sundhedsmæssigt problem.
- Datamodel for forurenede jord. Der skal udarbejdes en datamodel (logisk beskrivelse, der ikke er systemafhængig) for data om jordforurening.
- Videreførsel af projekter om optag af forureningsforbindelser i frugt og grøntsager.
- Sundhedsmæssige baserede kriterier for jord og grundvand.
- Undersøgelse af biotilgængelighed for forureningskomponenter i jord.
- Systematisering af data om diffus forurening, fase 2.
- Evaluering af Teknologiprogrammet.
- Information. Udarbejdelse af en pjece.

## 6 Hvilke projekter igangsættes?

Både offentlige og private bygherrer kan søge om tilskud til at få dokumenteret eller afprøvet specifikke afværgeteknologier. Miljøstyrelsen igangsætter selv udredningsprojekterne og andre projekter om jordforurening - primært via udbud.

Omkring årsskiftet opfordrer Miljøstyrelsen samtlige amter til at komme med forslag til lokaliteter, der kan anvendes til at dokumentere udvalgte afværgeteknologier i.h.t programmet. Hvis amterne planlægger at benytte andre nyere afværgeteknologier end nævnt i programmet, opfordres de løbende til at sende disse forslag til Miljøstyrelsen. Enkelte gange opfordres amterne halvårligt til at indsende forslag. De private bygherrer kan løbende indsende forslag til projekter. Som oftest sker det via amterne.

På baggrund af en faglig teknisk gennemgang af de indkomne forslag fra både amterne og private bygherrer udvælges en række lokaliteter for en nærmere gennemgang. Herefter prioriteres de projekter, hvor der kan tilknyttes et teknologiprojekt. Selve udvælgelsesprocessen foregår i et samarbejde mellem de faglige sekretærer (se afsnit 7) og Miljøstyrelsen.

Det er afgørende for udvælgelsen af lokaliteterne, at der kan uddrages generelle erfaringer fra projektet. Derfor vælges der primært lokaliteter, der er repræsentative for de danske geologiske forhold og med de forureningstyper, der er nævnt i programmet.

Når en lokalitet er udvalgt, udarbejder bygherren (som oftest bygherrens rådgiver) og den faglige sekretær i samarbejde en projektbeskrivelse for teknologiprojektet. Denne beskrivelse ligger til grund for aftalen om tilskud.

For hver sag indgås en specifik aftale mellem bygherren (amtet eller andre) og Miljøstyrelsen om udgiftsfordelingen. Udgangspunktet er:

- At Teknologipuljen betaler alle de merudgifter, der er forbundet med, at der er knyttet et teknologiprojekt til afværgeprojektet. Det vil sige alle yderligere undersøgelser, tolkninger m.v.
- I de situationer, hvor der er større usikkerhed om metodernes anvendelighed og dermed risiko for, at der efterfølgende skal suppleres med traditionelle afværgeforanstaltninger, gives der på baggrund af en konkret vurdering større tilskud. Teknologipuljen vil ikke blive brugt til eventuelle efterfølgende supplerende traditionelle afværgeforanstaltninger.

Den bygherre (amt eller privat), der modtager et tilskud, har bygherre- funktionen for det samlede projekt. I bilag B er vist paradigma for et tilskud. Dette paradigma bliver løbende justeret.

## 7 Organisation

Nedenfor er organisationen bag Teknologiprogrammet beskrevet - herunder en beskrivelse af de forskellige aktører, der er involveret i arbejdet. På figur 2 er optegnet et organisationsdiagram. Der udpeges kun faglige sekretærer for feltprojekterne.

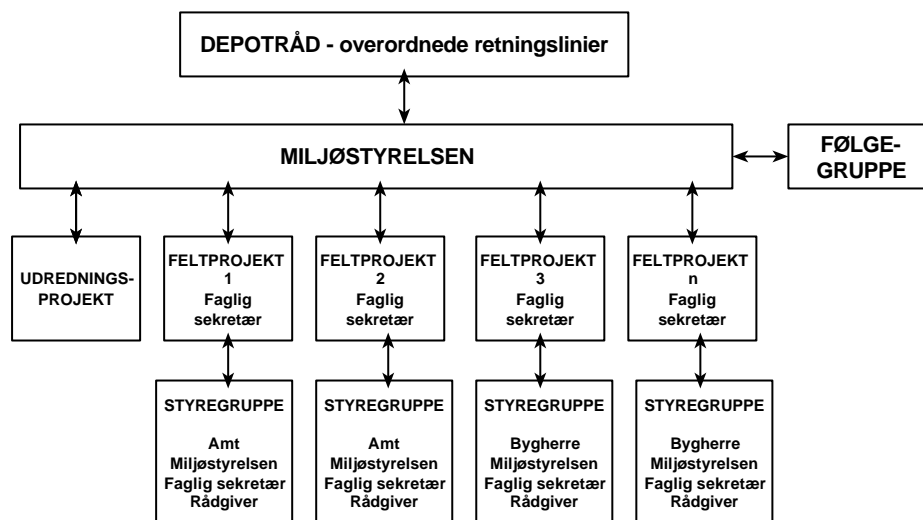
### 7.1 Depotrådet

I henhold til "Lov om ændring af lov om affaldsdepoter" /1/ er der nedsat et Depotråd, som bl.a. skal rådgive ministeren i generelle spørgsmål om teknologiudvikling. I bemærkningerne til lovforslaget står "Der afsættes årligt et beløb af depotmidlerne til fremme af teknologiudvikling og administration af bevillingen tænkes henlagt til Miljøstyrelsen, der forelægger forslag til principper og programområder for Depotrådet". "Rådet udarbejder en årlig redegørelse til miljø- og energiministeren og rådet vurderer mere overordnede behov for teknologiudvikling og afgiver hvert år en anbefaling vedrørende principper og programområder, herunder bevillingens fordeling herpå."

I henhold til Affaldsdepotlovens § 8 b nedsatte miljø- og energiministeren i efteråret 1996 Depotrådet, som har følgende sammensætning:

- Miljøstyrelsen. Formandskab.
- Amtsrådsforeningen. 2 personer.
- Frederiksberg Kommune.
- Københavns Kommune, Miljøkontrollen.
- Kommunernes Landsforening.
- Dansk Industri.
- Danmarks Naturfredningsforening.
- Danske Vandværkers Forening og Danmarks Private Vandværker i fællesskab.
- Dansk Familielandbrug, De danske Landboforeninger og Landbrugsrådet.

**Figur 2**  
**ORGANISERINGEN AF ARBEJDET MED TEKNOLOGIUDVIKLING**



## 7.2 Følgegruppe

Der er oprettet en følgegruppe, som fagligt skal rådgive Miljøstyrelsens jordforureningskontor. Følgegruppen skal :

- Rådgive Miljøstyrelsen om generelle faglige spørgsmål.
- Sikre koordination med faglige initiativer på andre områder.
- Vejlede Miljøstyrelsen i valg af aktører.

Følgegruppen består af faglige personer fra:

- Amternes Videncenter for Jordforurening.
- Danmarks Miljøundersøgelser.
- Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser.
- Banestyrelsen.
- Forsvarets Bygningstjeneste.
- oliebranchens Miljøpulje.
- Skov- og Naturstyrelsen.
- Miljøstyrelsen.

Begrundelsen er at sprede informationer til andre offentlige instanser, som arbejder med oprydning af forurenede grunde.

## 7.3 Faglig sekretær

For de fleste feltprojekter udpeger Miljøstyrelsen en ekstern faglig sekretær. Disse sekretærer bistår Miljøstyrelsen ved gennemførelsen af feltprojekterne og er med til at sikre, at projekterne bliver udført på et højt fagligt niveau og at projekterne gennemføres i henhold til de opstillede retningslinier. De faglige sekretærer udpeges på grundlag af personernes faglige viden på området. I bilag A er listet de faglige sekretærer.

Nedenfor er beskrevet de faglige sekretærers hovedopgaver:



- At sikre et højt fagligt niveau ved beskrivelsen af projekterne.
- I samarbejde med Miljøstyrelsen at definere rammer og formål for arbejde med projekterne, således at projekterne kan ligge til grund for udarbejdelse af vejledninger og standarder.
- At kontrollere projekterne under udførelsen og sikre dokumentation af projekterne.
- Via litteraturgennemgang at være ajour med sidste nyt om den valgte metode, både nationalt og internationalt.
- At medvirke til koordineringen af de forskellige feltprojekter. Herunder deltagelse i møder med Miljøstyrelsen og de andre faglige sekretærer.
- Eventuelt at være med til at formulere de generelle udmeldinger (rapporter, vejledninger og lignende), der skal være resultatet af projektet.

#### **7.4 Styregruppe for feltprojekterne**

For hvert enkelt feltprojekt og de fleste udredningsprojekter nedsættes en styregruppe. For feltprojekterne består gruppen af en repræsentant for det amt, hvor feltprojektet udføres (formand), dennes rådgiver, den eksterne faglige sekretær og Miljøstyrelsen. Styregruppen har til formål at sikre, at der jævnligt sker information/diskussion om projektets stade. Amtet, der tillige er bygherre, skal stå for kontakt til rådgiver, entreprenør, beboere o.s.v. For udredningsprojekterne består styregruppen primært af personer, der har faglig interesse og kompetence indenfor emnet, af enkelte myndighedspersoner og af Miljøstyrelsen.

## 8 Referencer

1. Lov om ændring af affaldsdepoter.
2. Lov nr. 370 "Lov om forurenede jord" af 2. juni 1999.
3. Program for Teknologiuudvikling, jord- og grundvandsforurening, december 1996.
4. Udbygning af Program for Teknologiuudvikling, jord- og grundvandsforurening for 1998 og 1999.

# Bilag A

I slutningen af 1996 blev Teknologiuudviklingspuljen etableret som et led i organisationsændringen på affaldsdepotområdet. I december 1996 udarbejdede Miljøstyrelsen et program for ordningen, som er nærmere beskrevet i Depotredøgørelsen om affaldsdepotområdet 1996 (Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2 1997). I Depotredøgørelsen om affaldsdepotområdet 1997 er beskrevet udbygningen af programmet med indsatsområder og projektforslag for 1998 og 1999 (Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1 1998).

I nærværende afsnit gives en status over de aktiviteter, der er igangsat siden ordningens start i december 1996.

## 1. Status for feltprojekter

Formålet med feltprojekterne er at afprøve og dokumentere metoderne under danske forhold og specielt at vurdere, om de opstillede mål bliver opfyldt. Ved afprøvning af metoderne stilles der specifikke krav til forundersøgelser, indledende tests til dimensionering og design af anlæggene. På baggrund af tests opstilles prognoser for gennemførelsen af oprydningen, primært med hensyn til varighed og oprensningsniveau. Inden igangsættelsen af afværgeforanstaltningerne specificeres det, hvordan der løbende foretages driftskontrol og afsluttende dokumentation af oprensningen. Det forventes, at en bedre dokumentation m.m. vil give nye ideer til, hvordan metoderne kan udvikles og optimeres.

### 1.1 Status for feltprojekter igangsat i 1999

- *Passiv ventilering.* Allerød, Frederiksborg Amt.

Der er givet tilskud til at dokumentere passiv ventilation på en lokalitet med ca. 5 meter umættet zone af smeltevandssand under et 10 meter tykt lag af moræneler. Passiv vakuumentilation er en teknik, som udnytter naturligt forekommende trykgradienter mellem atmosfæren og den umættede zone til at drive poreluften til terrænet. I USA er der udviklet specielle boringshætter "BaronBall", som kun tillader poreluften at strømme ud af borerne. I projektet undersøges hvordan disse gradienter kan benyttes til at afværge en forurening af grundvandsressourcen. Metoden vurderes specielt at være anvendelig, når aktive ventileringsmetoder ikke mere er effektive. Den passive vakuumentilation er etableret.

- *Passiv ventilering.* Askov, Ribe Amt.

Der er givet tilskud til at afprøve passiv ventilering på en lokalitet med ca. 20 meter umættet zone af smeltevandssand under et 10 meter tykt lag af moræneler. Monitoreringen vil blive igangsat først i år 2000.

- *Passiv ventilering.* Fakse, Storstrøms Amt.

Der er givet tilskud til at afprøve passiv ventilering på en lokalitet med ca. 25 meter opsprækket kalk, hvorover der findes et dæklag af 12 meter moræne, hvori der er indlejret ca. 2-4 meter tørt grus. Som supplement til passiv ventilering afprøves vakuumentilationssystem baseret på sol- og vindenergi.

- *Phytooprensning.* Oliebranchens Miljøpulje (OM) Rønnede, Storstrøms Amt.

Der er givet tilskud til afprøvning af phytooprensning af forurening med olie og benzin. Lokaliteten er udvalgt, fordi forureningen er klart afgrænset og på grund af muligheden for at undersøge metodens indflydelse på grundvandet. Lokaliteten blev beplantet med en blanding af pil og poppel foråret 1999.

- *Phytooprensning.* Allerød, Frederiksborg Amt.

Der er givet tilskud til afprøvning af phytooprensning af forurening med olie og tjære. Lokaliteten er udvalgt på grund af den heterogene forurening og på grund af muligheden for at

afprøve metodens indflydelse på grundvandet. Grunden er registreret som affaldsdepot. Der er en omfattende olieforurening og en mere begrænset, kraftig tjæreforurening. Lokaliteten blev beplantet foråret 1999 med pil og poppel, som på den tjæreforurenede del af grunden var podet med almindeligt forekommende bakterier.

- *Phytooprensning*. Valbyparken, Københavns kommune.

Der er givet tilskud til afprøvning af phytooprensning på en lokalitet, som er en tidligere losse- og slamdeponeringsplads. Lokaliteten er udvalgt, fordi den er forurenede med forskellige olietyper og PAH og på grund af muligheden for at undersøge metodens indflydelse på grundvandet. Lokaliteten blev beplantet i foråret 1999 med pil og poppel, i begge tilfælde såvel podede som ikke-podede med naturlige bakterier.

- *Phytooprensning*. Vejrabatjord, Vejle Amt.

Projektet er valgt fordi rabatjord udgør et generelt bortskaffelsesproblem. Der er tale om opgravet rabatjord med en generel forurening med fortrinsvis tunge olieprodukter. Amtet har udpeget 4 jordpartier, som enten er eller som er planlagt oplagt i volde. En forundersøgelse af jordens forureningsgrad er under gennemførelse. Efterfølgende udvælges relevante jordpartier/-volde til beplantning.

- *Phytooprensning af metalforurenede jord*. Valbyparken (Københavns kommune), Kibæk (Ringkøbing Amt), Aakirkeby (Bornholms Amt) samt Kauslunde (Fyns Amt).

De fire lokaliteter var udvalgt, fordi de har forskellige typer metalforureninger. Der blev i 1998 givet forhåndstilsagn om at igangsætte feltprojekter på lokaliteterne, hvis en forundersøgelse (drivhusforsøg) viste, at der var potentiale for oprensning. Forprojektet har vist, at der ikke umiddelbart er grundlag for at igangsætte phytooprensning på nogle af de udvalgte lokaliteter, da der kun sker en væsentlig optagelse af cadmium, som er en sekundær forureningskomponent på lokaliteterne. Der er udført supplerende analyser for at afklare om en af plantetyperne med stort rodsystem kunne have et oprensningspotentiale for bly, hvis rødderne også høstes. Det overvejes desuden, om der skal udføres frilandsdyrkning af en af de afprøvede planter, som udviste cadmi-umakkumulerende egenskaber, for at afprøve dyrkning under danske forhold.

- *Jordvask*. K.K. Miljøteknik A/S.

K.K. Miljøteknik har en midlertidig miljøgodkendelse til at anvende et jordvaskeanlæg og gennemfører et forsøg i fuldskala med rensning af bl.a. metalforurenede jord. Der er givet tilskud til afprøvning af jordvask på anlægget hos K.K. Miljøteknik i Rødby. Formålet med projektet er at afprøve jordvasketeknik i stor skala på forskellige jordtyper og forskellige forureningstyper, primært blandingsforureninger, metalforureninger og tjæreforureninger.

- *Modificeret strikning*. Askov, Ribe Amt.

På et større område i Askov er der forurenede med klorerede opløsningsmidler. I den forbindelse er der givet tilskud til afprøvning af en "in well strikningsmetode", der kombinerer grundvandsoppumpning ved lufthæveprincippet med rensning ved strikning. Strikningssystemet er ved at blive etableret og projektet forventes afsluttet i år 2000.

- *Modificeret strikning*. Åbenrå, Sønderjyllands Amt.

På en lokalitet i Åbenrå er en kraftig forurening med klorerede opløsningsmidler. Der er givet tilskud til at afprøve en "in well strikningsmetode" aerator i et magasin med meget varierende grundvandstilstrømning og med meget høje forureningskoncentrationer. Projektet skal bl.a. vise den opnåelige virkningsradius i et lavtydende magasin. Projektet er blevet forsinket på grund af uforudsete store mængder fri fase, der skal fjernes før aeratoren kan installeres.

- *Frakturering*. Næstved, Storstrøms Amt.

Der er givet tilskud til at dokumentere effekten af hydraulisk frakturering på en lokalitet i Næstved, der er forurenede med klorerede opløsningsmidler. På lokaliteten er der etableret 2 horisontale hydraulisk frakturerede dræn og et ikke fraktureret dræn. Projektet skal bl.a. dokumentere effekten af de hydrauliske dræn i forhold til et ikke fraktureret dræn.

- *Feltanalyse*. Alsønderup, Frederiksborg Amt.

På en lokalitet, der er forurenede med tetrachlorethylen, er der afprøvet en ny metode til passiv poreluft målinger: Gore-Sorber. Undersøgelsen viser, at metoden bl.a. er velegnet i moræneler, hvor traditionel aktiv poreluftmåling ikke kan anvendes. Projektet er afsluttet og offentliggøres ved årsskiftet 1999/2000.

- *Påvirkning af jordmiljø ved dampinjektion*.

I tilknytning til teknologiprojekt i Hedehusene, omhandlende termisk assisteret oprensning for klorerede opløsningsmidler, er der igangsat et projekt, hvor påvirkning af flora, fauna, mikroorganismer og jordstruktur undersøges. Projektet forventes afsluttet i 2001.

## 1.2 Status for feltprojekter igangsat i 1998

Nedenfor er givet en kort status over alle de feltprojekter, der er igangsat i 1998:

- *Naturlig nedbrydning*. Drejøgade, Københavns Kommune.

Det igangværende projekt på Drejøgade er blevet udvidet med supplerende undersøgelser af naturlig nedbrydning i grundvandet. Baggrunden for projektudvidelsen er, at resultaterne af de allerede gennemførte analyser indikerer en væsentlig igangværende naturlig nedbrydning af den konstaterede olieforurening. Endvidere er der påvist en omfattende nedbrydning af tetrachlorethylen til dichlorethylen og vinylchlorid. Projektet er afsluttet og offentliggøres først i 2000.

- *Dampinjektion*. Hedehusene, Københavns Amt.

Der er givet tilskud til gennemførelse af et teknologiprojekt i forbindelse med, at Københavns Amt skal gennemføre en omfattende oprydning med dampinjektion på en lokalitet i Hedehusene. Lokaliteten er forurenede med trichlorethylen og tetrachlorethylen. Formålet med teknologiprojektet er at tilvejebringe dokumentation for effekten af brugen af dampinjektion som oprensningss metode, at belyse eventuel forureningsspredning under oprensningen, at belyse eventuelle geotekniske ændringer, forårsaget af oprensningen, og slutteligt at vurdere de samlede miljøbelastninger i forbindelse med oprensningen. Anlægget er i drift og forventes afsluttet sidst i år 2000.

- *Modificeret stripningsmetode*. Ulstrup, Viborg Amt.

På et større område i Ulstrup er der forurenede med klorerede opløsningsmidler. I den forbindelse bliver der afprøvet en "in well stripningsmetode", der kombinerer grundvandsoppumpning ved lufthæveprincippet med forureningsfjernelse ved hjælp af stripping. Der er igangsat et teknologiprojekt, der bl.a. skal afgøre, om metoden er mere rentabel end traditionel oppumpning af grundvand og efterfølgende stripping og hvilke begrænsninger metoden har. Projektet er afsluttet og offentliggøres først i år 2000.

- *Geooxidation*. Gram, OM sag.

Oliebranchens Miljøpulje (OM) har etableret et geooxidationsanlæg på en tidligere benzinstation i Gram, hvor forureningen forventes fjernet ved, at der sendes strøm gennem jorden. I den forbindelse er der igangsat et teknologiudviklingsprojekt, der har til formål at tilvejebringe dokumentation for effekten ved anvendelse af geooxidation som oprensningss metode, herunder metodens effektivitet overfor MTBE, at undersøge risikoen for øget spredning af forurening, at undersøge risikoen for øget afdampning af flygtige forbindelser samt at undersøge geooxidationens indvirkning på de kemiske ligevægte i jord og grundvand. Der mangler en prøvetagningsrunde og herefter vil der blive udarbejdet en statusrapport over teknikken.

- *Reaktiv permeabel væg*. Vapokon, Fyns Amt.

Der er igangsat et teknologiudviklingsprojekt for etablering af en reaktiv permeabel væg ved Vapokon grunden. Det overordnede formål med projektet er at tilvejebringe et vidensgrundlag om anvendelse af en reaktiv permeabel væg til rensning af klorerede opløsningsmidler i grundvand. Den reaktive permeabel væg er etableret og der pågår en omfattende monitoring.

- *ORC. Varde, OM sag.*

Oliebranchens Miljøpulje (OM) har gennemført en oprydning af en tidligere benzinstation i Varde. Forureningskilden er fjernet. Der er stadigvæk en restforurening i grundvandet, som det ikke er muligt at fjerne på traditionel vis. Restforureningen udgør ikke en risiko for grundvandet. Restforureningen var planlagt fjernet ved forceret nedbrydning ved tilsætning ORC (Oxygen Release Compound). Nærmere undersøgelser viste imidlertid, at forureningssituationen ikke var som skønnet, og at det derfor ikke var muligt at tilsætte ORC. Projektet er derfor omdefinert til at omfatte en vurdering af geo-probe borerne. Projektet vil blive offentliggjort først i år 2000.

- *Naturlig nedbrydning. Radsted, OM-sag.*

Oliebranchens Miljøpulje (OM) har gennemført en oprydning af en tidligere benzinstation i Radsted (Storstrøms Amt). Der er stadigvæk en betydelig restforurening, der ikke er fjernet. Forureningen udgør ikke en risiko for grundvandet. OM har aftalt med Storstrøms Amt, at man vil monitorere, at den forventede nedbrydning finder sted. I den forbindelse er der igangsat et teknologiudviklingsprojekt, der har til formål at bestemme effekten af nedbrydningen under naturlige forhold”.

- *Reduktion af krom(VI). Roskilde, Roskilde Amt.*

I forbindelse med en stor værditabsoprydning i Roskilde Amt, hvor forureningen bl.a. udgøres af krom(VI), er der gennemført et teknologiudviklingsprojekt. Formålet med projektet var at udvikle en metode til reduktion af den meget giftige krom(VI) til den mindre giftige krom(III) i både grundvand og jord. Der blev udviklet en brugbar metode til rensning af krom(VI) i grundvand, mens metoden viste sig at være mindre anvendelig overfor jordforurening. Projektet om grundvandsforurening er offentliggjort miljøprojekt nr. 497. Projektet om jordrensning vil blive offentliggjort først i år 2000.

- *Petrotech. Forsvarets Bygningstjeneste.*

Der er givet tilskud til, at Forsvarets Bygningstjeneste kan afprøve et nyt produkt “Petrotech” til behandling af olieforurenet jord. Formålet med projektet er at teste, hvorvidt produktet kan fremme rensning af opgravet olieforurenet jord. Projektet skal dokumentere effekten af brugen af produktet samt begrænsninger, vurdere en eventuel risiko ved brugen af produktet samt tilvejebringe skøn over omkostninger ved brug af metoden sammenholdt med traditionelle afværgemetoder. Projektet er under rapportering og vil blive offentliggjort først i år 2000.

### 1.3 Status for feltprojekter igangsat i 1997

Følgende feltprojekter, der blev givet tilskud til i 1997, er fortsat i gang:

- *Airsparging, vakuumventilering. Renseri, Drejøgade, Københavns Kommune.*

Lokaliteten er forurenet med olie og klorerede opløsningsmidler. Her er anlagt et vakuumventileringsanlæg og et air spargingsanlæg med vandrette borer i efteråret 1997. Der var ved årsskiftet 1998-1999 i alt fjernet ca. 500 kg olieprodukter, ca. 100 kg tetrachlorethylen og ca. 10 kg trichlorethylen. Der er offentliggjort to statusnotater, miljøprojekt nr. 480 og miljøprojekt nr. 487.

- *Vakuumventilering. Renseri, Affaldsdepot 663-15, Ikast, Ringkjøbing Amt.*

På dette affaldsdepot, hvor der er forurenet med tetrachlorethylen, er der etableret et vakuumventileringsanlæg i inhomogene aflejringer. Anlægget er i drift.

- *Dampinjektion.* Brüel & Kjær, Nærum, Københavns Amt.  
Firmaet Brüel & Kjær har gennemført en frivillig oprydning med dampinjektion af grunden i Nærum. Grunden var blandt andet forurenet med klorerede opløsningsmidler. I forbindelse med dampinjektionsprojektet er der på en del af grunden igangsat et teknologiprojekt, der har til formål at opnå erfaringer og dokumentation med brug af dampstripping som oprensning-metode. Der er i alt fjernet ca. 2800 kg klorerede opløsningsmidler (TCE og PCE). Projektet er afsluttet og forventes offentliggjort først i år 2000.
- *Reaktiv permeabel væg.* Hårdkrom, Kolding, Vejle Amt.  
Der er etableret en reaktiv permeabel barriere til fjernelse af en grundvandsforurening med trichlorethylen samt hexavalent krom Cr(VI). Projektet fokuserer på at kombinere rensning af to forskellige forureningskomponenter med den samme afværgeteknologi. Et års målinger viser god forureningsfjernelse.
- *Jernspånefilteranlæg .* Renseri, Lyndby, Roskilde Amt.  
I forbindelse med andre afværgeforanstaltninger på lokaliteten er der etableret et reaktivt jernspånefilteranlæg over terræn, i serie med et kulfilteranlæg. Anlægget behandler oppumpet grundvand, forurenet med klorerede opløsningsmidler. Formålet med anlægget er at afprøve og dimensionere et jernspånefilter til fjernelse af klorerede opløsningsmidler. Fjernelsen sker som følge af reaktioner på jernoverfladen. Ved at foretage detaljeret monitoring af fjernelsesrater og de styrende faktorer, opnås der fuldskalaerfaringer med jernspånefilter. Anlægget er etableret.
- *Dual-phase extraction.* Renseri, Haslev, Vestsjællands Amt.  
Undersøgelser på lokaliteten viser betydelig forurening med klorerede kulbrinter, primært tetrachlorethylen, fra et renseri. Der er gennemført supplerende undersøgelser og skitseprojektering for at vurdere mulighederne for enten at gennemføre en oprensning med vakuumentilering eller med dual-phase extraction (2-fase ekstraktion). Resultaterne af undersøgelserne og skitseprojektet viser, at det formentlig ikke kan lade sig gøre at gennemføre en oprensning med dual-phase extraction på lokaliteten. Amtet forventer at igangsætte et projekt med hydraulisk frakturering i kombination med dual-phase extraction (2-fase ekstraktion). Der er gennemført en sprækkeanalyse på moræneleren i en nærliggende 7 meter dyb udgravning.
- *Forceret udvaskning.* Hjørring Gasværk, Nordjyllands Amt.  
I forbindelse med gasværkspakken blev der etableret et forsøgsprojekt på Hjørring Gasværk, bestående i forceret udvaskning og recirkulering af grundvand med henblik på at forøge den mikrobielle nedbrydning af tjærestoffer. Dette projekt videreføres under Teknologiprogrammet. Målsætningen er primært at opnå en mere detaljeret dokumentation for nedbrydningsprocesserne og dokumentation af, hvordan udvaskning og nedbrydning kan optimeres. Drift og undersøgelser er i gang.
- *Elektrodialytisk rensning.* DTU.  
Metoden elektrodialytisk rensning af jord fra træimpregneringsgrunde udvikles og afprøves. Der er udført rensningsforsøg i laboratorieskala af en sandet jord til fastlæggelse af procesparametre (strømstyrke og reagenstilsætning) og til afklaring af forventet effektivitet. Herefter udføres forsøgsoprensning af samme jordtype samt en moræneler i pilotanlæg. På baggrund af forsøgsresultaterne vil forskellige jordparametre med væsentlig betydning blive beskrevet. Metodens anvendelighed in-situ og on-site samt den samlede miljøbelastning ved en fuldskalarensning vil blive vurderet.

## 2. Udredningsprojekter

Der er gennemført følgende udredningsprojekter i perioden siden 1997:

- Oprensning af tungmetalforurenet jord.

Miljøprojekt nr. 407, 1998.

I denne rapport konkluderer det, at det vil være relevant at afprøve metoderne: ekstraktion via planter, elektrokinetik og jordvask.

- Naturlig nedbrydning af miljøfremmede stoffer i jord og grundvand.

Miljøprojekt nr. 408, 1998.

Hovedformålet er at give en vurdering af hvilke stoffer, der anses for nedbrydelige i naturen under forudsatte redoxforhold. For disse stoffer er det angivet, hvordan stoffets nedbrydningsrate er fastsat - f. eks. i laboratoriet ved søjle- eller batchforsøg, in situ tests eller ved feltforsøg.

- Termisk assisterede oprensninger.

Miljøprojekt nr. 409, 1998.

Rapporten beskriver forskellige metoder, hvor oprensningen suppleres med opvarmning af jorden.

- Vakuumentileringssager fra Oliebranchens Miljøpulje.

Miljøprojekt nr. 421, 1998.

I projektet beskrives erfaringerne fra de oprensningsprojekter som Oliebranchens Miljøpulje (OM) har foretaget ved hjælp af vakuumentilering.

- Afværgeteknikker for MTBE-forurenet grundvand.

Miljøprojekt nr. 483 1999.

På baggrund af en litteratursøgning i internationale databaser beskrives hvilke metoder, der forventes at være anvendelige til oprensning af MTBE-forurenet grundvand.

- Vurdering af afværgeteknikken stødvis ventilering.

Miljøprojekt nr. 491, 1999.

I projektet beskrives to teknikker, hvor der blæses trykluft ned i forurenet jord eller lossepladsfyld i korte stød.

- Erfaringsopsamling af gasværkspakken.

Miljøprojekt nr. 492, 1999.

I projektet samles resultaterne fra de fem forsøgsprojekter, der i perioden 1990-93 er gennemført under Miljøstyrelsens "gasværkspakke". Projektet giver et overblik over de anvendte afværgeteknikker, forudsætninger for valget af teknikkerne, vurdering af de opnåede resultater, anbefalinger og prisniveau.

- Oprensningsmetoder overfor blandingsforureninger.

Miljøprojekt nr. 503, 1999.

Som grundlag for vurderingen af behovet for udviklingen af metoder til oprensning af blandingsforurenet og tjære/PAH-forurenet jord, er der gennemført en systematisk gennemgang af mulige oprensningsmetoder. Til behandling af blandingsforurenet jord er set på jordvask, elektrokinetik, phyto-oprensning og stabilisering, mens der for oprensning af tjære/PAH-forurenet jord er set på termisk behandling, biologisk behandling, ekstraktion og vådoxidation. Afsluttende er metodernes egnethed til danske forhold diskuteret

- Naturlig nedbrydning af PAH'er i jord og grundvand.

Der er udarbejdet et udredningsprojekt på baggrund af gennemgang af eksisterende litteratur til fastlæggelse af den nuværende viden om emnet.

- LIFE-projekt om miljørigtige oprensninger.

Banestyrelsen har igangsat et LIFE-projekt (under det Europæiske Fælleskab) om miljørigtig oprensning af 5 lokaliteter, der er forurenet med olie og/eller klorerede opløsningsmidler. I den forbindelse er der givet støtte via Teknologiuudviklingspuljen. Formålet med projektet er at opnå effektiv og optimal rensning af jord og grundvand på lokaliteter, forurenet med olie og/eller klorerede opløsningsmidler. Under projektet vil der blive udviklet en beslutningsmodel til en miljørigtig helhedsvurdering ved valg af den bedste oprensningsteknik i en given



situation. Endvidere vil der ske en optimering af de anvendte rensningsteknikker (air sparging, både vandrette og lodrette borer, vakuumventilering, stimuleret nedbrydning, reaktiv permeabel væg). Projektet vil blive afsluttet år 2000.

- **Udvikling af in situ teknik til mikrobiel nedbrydning af PCB, TCE og PAH i jord.**  
Projektet udføres i et samarbejde mellem Danmark og forskningsinstitutioner i Irland, Spanien, Tyskland og USA. Projektet har til formål at udvikle en teknik, som udnytter kombinationen af planterødder og mikroorganismer til nedbrydning af forureninger i jord. Teknikken bygger på, at planter med vidt forgrenet rodnet, som lucerne og pil, anvendes til at fordele nedbrydende bakterier i jorden. Der vælges bakterietyper, som normalt koloniserer planterødder og som ved hjælp af gensplejsning har fået tilført gener, som gør dem egnede til at nedbryde de ellers svært angribelige organiske forureninger.

- **Fraktureringsmetoder.**

Der er gennemført et udredningsprojekt, der beskriver forskellige fraktureringsmetoder og specielt vurderer metoderne i forhold til danske forhold. Projektet vil blive offentliggjort først i år 2000.

- **Phytooprensning for olie-/benzinformuren jord.**

Litteratur omkring piletræers og andre planter evne til at oprense organiske forbindelser (olie/benzin) er gennemgået og danner grundlag for de feltprojekter, der igangsættes med oprensning ved hjælp af piletræer og andre planter. Projektet vil blive offentliggjort midt i år 2000.

- Risikovurdering af gasproducerende lossepladser.

Der er igangsat et projekt vedrørende udarbejdelse af retningslinjer for undersøgelse og risikovurdering af gasproducerende lossepladser. Risikoen består i eksplosionsfare i bygninger i nærheden af lossepladser indeholdende organisk affald, som ved nedbrydning producerer methan. Projektet vil blive offentliggjort midt i år 2000.

- Optagelse af metaller og PAH i frugt og grøntsager.

Der er igangsat et udredningsprojekt i samarbejde med Københavns Kommune og Nordjyllands Amt om optagelse af metaller og PAH i grøntsager og frugt. En række udvalgte grøntsagstyper dyrkes i bede, anlagt i Valbyparken. Bedene består af 3 typer jord: ren jord, diffust forurenede jord og kraftigt forurenede jord. Der analyseres for metaller og PAH. Frugt, høstet i København i kolonihaver af varierende forureningsgrad, analyseres for metaller og frugt, høstet på henholdsvis rene og tjæreforenedede grunde i Skagen, analyseres for PAH. Dyrkning og høst foregik sommeren 1999.

- Vurdering af markeringsnet og geotekstil.

Der foretages en vurdering af egnetheden af de på markedet eksisterende typer af markeringsnet og geotekstil, til adskillelse af forurenede og ren jord. Projektet vil blive offentliggjort først i år 2000.

### 3. Andre projekter på jordforureningsområdet

Under Teknologiprogrammet er der igangsat følgende andre projekter på jordforureningsområdet.

- Regneark til risikovurderinger.

Miljøstyrelsen har udsendt en vejledning til (amts)kommunale myndigheder om oprydning af forurenede grunde. Vejledningens metode til risikovurdering, i forhold til luft og grundvand, indeholder en række beregningstunge formler, som i praksis vil være mest anvendelige ved brug af et regneark. Derfor er der udviklet et brugervenligt regnearksværktøj.

- Statistisk 3-D beregning af sandsynligheden for at finde en jordforurening.

Miljøprojekt 449, 1999

Projektet beskriver en metode til beregning af sandsynligheden for at finde jordforurening ved hjælp af borer, hvor der udtages jordprøver. Fremgangsmåden og forudsætningerne er beskrevet og metoden er illustreret ved et beregningseksempel. Metoden kan anvendes på forureninger, som ikke nødvendigvis er spredt fra terræn, og hvor lokaliseringen af forureningen er afhængig af dels placering af borerne, dels boreddybden.

- Dansk Standard.

I samarbejde med Dansk Standard er der ydet støtte til dansk deltagelse i den internationale arbejdsgruppe ISO/TC 190/SC 7/WG 2 "Soil quality - Soil and Site Assessment; Characterization of Soil related to Groundwater". Arbejdsgruppen er i gang med at udarbejde en standard for risikovurdering af grundvand. Uden dansk deltagelse måtte det forventes, at standarden ville få en udformning, der ikke var i overensstemmelse med normal dansk praksis mht. risikovurderinger, jf. Miljøstyrelsens vejledning om oprydning på forurenede lokaliteter.

- Dansk Standard.

Der er ydet støtte til at Danmark kan varetage formandskabet og sekretariat for den internationale underkomite for standardisering af jordområdet ISO/TC 190/SC 5 "Jordkvalitet – fysiske metoder".

- Systematisering af data om diffus forurening, fase 1.

I samarbejde med Amternes Videncenter for Jordforurening er der igangsat et projekt, hvis formål er at indsamle og bearbejde eksisterende data fra undersøgelser af luftbårne diffuse

forureninger i byområder og langs veje, således at det generelle vidensniveau på dette område forbedres. Projektet er afsluttet og vil blive offentliggjort først i år 2000.

- Udvaskning af organiske stoffer.

Miljøstyrelsen forventer at udsende en bekendtgørelse om genanvendelse af restprodukter og jord. Med bekendtgørelsen indføres batchudvaskningstest som princip for måling af forurening i jord. Datagrundlaget og erfaringen med udvaskningstests for jord er begrænset. Udvaskningstesten ønskes optimeret og undersøgt både i teori og praksis for organiske forureninger for et bredt udsnit af jorde.

- Karakterisering af metalforurenet jord.

Med projektet skal der tilvejebringes et bedre kendskab til udvaskning af metaller fra jord og restprodukter. Undersøgelserne skal dels omfatte uforurenet jord og forurenede jordtyper samt to restprodukter. Resultaterne skal danne baggrund for evaluering af en batchudvaskningstest på de samme jordtyper. Batchudvaskningstests indgår som et væsentligt element i de fremtidige regler for nyttiggørelse af jord til bygge- og anlægsarbejder.

- Forbedring af test og datagrundlag.

Et projekt, for at forbedre kendskabet til de faktorer, som påvirker resultatet af en udvaskningstest, i relation til udvaskning af sporelementer og metaller fra jord, er sendt i udbud. Der skal indsamles en række repræsentative prøver af uforurenet og forurenet jord og under anvendelse af den eventuelt forbedrede test tilvejebringes et mere omfattende datamateriale for stofudvaskning. Gennem indsamling af prøver fra forskellige jordtyper (lermuld, sandmuld, ler og sand) og testning af disse skal der tilvejebringes et kendskab til baggrundsindhold og baggrundsudvaskning af Na, K,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Cl, Ca, As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Al og Zn.

- Måling af bidrag til indeklima.

Ved vurdering af behov for oprydning, af hensyn til indeklimaet på forurenede grunde, mangler der metoder til måling af forureningsbidraget fra jord og grundvand. Der kan forekomme situationer, hvor der igangsættes afværgeforanstaltninger overfor indeklimaet, uden at det er endeligt dokumenteret, at der er en sammenhæng med jord- og grundvandsforureningen. På denne baggrund er der igangsat udvikling af en metode til måling af bidrag fra jord- og grundvandsforurening til indeklima.

- Analysemetode til PAH-forurenet jord.

Metodeafprøvninger har vist, at der er et stort behov for at få udviklet en standardmetode til analyse af PAH'er i jord samt egnede referencematerialer. Derudover er der, i arbejdet med fastsættelse af jordkvalitetskriterier for PAH'er, behov for at få fastlagt en egnet analysemetode, således at jordkvalitetskriterierne for PAH'er bliver relateret til en given analysemetode. Projektet har til formål at udvikle en sådan metode.

- Bearbejdning og præsentation af kortlægningsdata fra Nordjyllands Amt.

Det Europæiske Miljøagentur ønsker at indsamle data om forurenet jord i Europa. Kortlægningsarbejdet har et meget forskelligt niveau i de forskellige lande og vurderingskriterier er ligeledes forskellige. Med henblik på at vurdere mulighederne for sammenligning er data fra Nordjyllands amt bearbejdet efter på forhånd fastlagt form. 7 andre lande har ligeledes medvirket.

- Kemisk profil over sammensætning af olie og benzin

Olie/benzins sammensætning beskrives. Denne beskrivelse skal anvendes til risikovurdering af jordforurening i forhold til afdampning og grundvandsressourcen.

- Modelanalyse af oprensning ved dampinjektion

Projektets formål er at foretage en modelanalyse af processer og driftsforhold, som har betydning for effektiviteten af dampinjektion og bl.a. på denne baggrund at udvikle simple og operationelle modeller til designformål.

#### 4. Følgende projekter er offentliggjort

Pr. 1. december 1999:

Nr. 407: Oprensning af tungmetalforurenet jord.

Nr. 408: Naturlig nedbrydning af miljøfremmede stoffer i jord og grundvand.

Nr. 409: Termisk assisterede oprensninger.

Nr. 421: Vakuumentileringssager fra Oliebranchens Miljøpulje.

Nr. 449: Statistisk 3-D beregning af sandsynligheden for at finde en jordforurening.

Nr. 480: Airsparging og vakuumventilation fra vandrette borer på Drejøgade 3-5: Design og anlæg.

Nr. 483: Afværgeteknikker for MTBE-forurenet grundvand.

Nr. 487: Airsparging og vakuumventilation fra vandrette borer på Drejøgade 3-5: Statusrapport.

Nr. 491: Vurdering af stødvis ventilation og pneumatisk opsprækning.

Nr. 492: Resumerapport over gasværkspakken.

Nr. 497: Reduktion af krom(VI) i grundvand ved hjælp af jernspåner.

Nr. 503: Blandingsforureninger.

#### 5. Faglige sekretærer

Der er truffet aftale med følgende personer om at være faglige sekretærer:

- Ph. D. Thomas H. Larsen, Hedeselskabet - air sparging og passiv ventilering.
- Ph. D. Peter Kjeldsen, DTU- reaktiv permeabel væg.
- Cand. Scient. Bjørn Jensen, VKI - vakuumventilering.
- Ph. D. Ulrich Karlsson , DMU - phytooprensning.
- Ph. D. Civ. Ing. Poul Løgstrup Bjerg, DTU - ORC og naturlig nedbrydning.
- Cand. Scient. Tom Heron, NN&R - termisk assisteret oprensning og geooxidation.

## Paradigma på tilsagn til feltprojekter.

Tilskudsmodtager

Att.:

Jordforureni

J.nr. M

Ref. /14

Den

**Vedr.: Teknologiprogram. (lokalitet, by, amt).**

I henhold til Miljø- og Energiministeriets lovbekendtgørelse nr. 939 af 27. oktober 1996 om affaldsdepoter, § 8a, stk. 2, skal Miljøstyrelsen hermed give tilsagn om tilskud på i alt (xxxxxx,-) kr. excl. moms svarende til (xxxxxx,-) kr. incl. moms til afprøvning af (xxxxxx) teknologi under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram. Nedenfor er nærmere redegjort for tilskuddet.

Det afgivne tilsagn om tilskud kan bortfalde og udbetalt tilskud kræves tilbagebetalt, såfremt tilskudsmodtager ej længere opfylder betingelserne for at modtage tilskud eller ikke er i stand til at gennemføre aktiviteten tilfredsstillende.

./.

Tilskudsmodtager bedes underskrive og returnere vedlagte acceptskrivelse til Miljøstyrelsen.

./.

**1. Projektitel, projektbeskrivelse og projektperiode.**

Teknologiprojektets titel er (xxxxxxx). Projektbeskrivelsen er udarbejdet af (rådgiver) den (dato og år) med bistand fra faglig sekretær (xxxxxx).

I dette (er ikke altid gældende) skitseprojekt er skitseret forslag til etablering af (metoden) på lokaliteten. Der er desuden nærmere gjort rede for formål, indhold, økonomi, tidsplan m.v.

Teknologiprojektets overordnede formål (vil være forskelligt fra projekt til projekt) er at tilvejebringe et videngrundlag om anvendelse af (metoden), herunder:

- Tilvejebringelse af dokumentation for effekten af brugen (metoden) som oprensningmetode under de konkrete geologiske og miljøkemiske forhold, herunder metodens begrænsninger.
- Udvælgelse af nøgleparametre for dimensionering og monitorering.
- Udarbejdelse af retningslinier for etablering, drift, monitorering og afslutning af afværge ved en (metoden).
- Tilvejebringelse af et skøn over omkostninger ved brug af metoden.

(Tilskudsmodtageren) har bygherreansvar og varetager dermed forhandlinger med konsulent samt udarbejdelse af kontrakter m.v.

Miljøstyrelsen yder tilskud til afprøvning af teknologien og Miljøstyrelsen har ikke kendskab til teknologiens anvendelighed i det konkrete tilfælde. Miljøstyrelsen er derfor uden ansvar for resultatet af afprøvningen.

Projektet igangsættes den (dato og år) og afsluttes den (dato og år).

## 2. Budget og vederlag.

Det samlede budget er opgjort til kr. (xxxxxx,-) excl. moms.  
Miljøstyrelsen bidrager med kr. (xxxxxx,-) excl. moms,  
(Tilskudsmodtageren) bidrager med kr. (xxxxxx,-) excl. moms.

Det samlede tilskud er opgjort til (xxxxxx)- kr. excl moms - svarende til kr. (xxxxxx)- incl. moms.

Budgettet er nærmere specificeret i vedlagte projektbeskrivelse - der er dog i tilskuddet medregnet udgifter i.f.m. HTML-kodning af rapporten, i alt (xxxx) kr. excl. moms.

*(Om nedennævnte 2 afsnit skal med eller udelades = afhængigt af projektet)*

./.  
I tilskuddet er medregnet et beløb på ca. (xx) % af de samlede udgifter svarende til (xx) kr. excl. moms til uforudsete udgifter.

De uforudsete udgifter på (xx) % kan kun benyttes efter forudgående aftale med Miljøstyrelsen.

Udgifterne fordeler sig i de enkelte finansår, som vist nedenfor:

2000: (xxxxxx)- kr. excl. moms

2001: (xxxxxx)- kr. excl. moms

2002: (xxxxxx)- kr. excl. moms (her medregnes de uforudsete udgifter)  
- slettes hvis tidligere afsnit herom er udeladt

Tilskudsmodtager er ansvarlig i relation til underleverandører, herunder bl.a. for at kontrakter indgås på vilkår for så vidt angår pris, garanti, reklamation og ansvar, som efter omstændighederne er sædvanlige og tilrådelige ud fra en sagkyndig vurdering, at kontrakten indgås på normale forretningsmæssige vilkår og at kontraktsummen ikke overstiger det budgettede beløb.

Når Miljøstyrelsen har accepteret, at teknologiprojektet er afsluttet, overtager (tilskudsmodtageren) anlægget og alle installationer i forbindelse med dette, såfremt det vurderes, at udstyret på dette tidspunkt er afskrevet til kr. 0,-.

Miljøstyrelsen forudsætter i øvrigt, at udstyr, anskaffet af (tilskudsmodtager) for midler finansieret af Miljøstyrelsen, registreres af (tilskudsmodtagers institution).

## 3. Projektstyring.

(Tilskudsmodtageren) er ansvarlig for projektets gennemførelse inden for de anførte tidsmæssige og økonomiske rammer.

Såfremt der opstår problemer af f.eks. økonomisk, faglig eller tidsmæssig art, skal den projektansvarlige fremkomme med en skriftlig indstilling vedrørende løsning af problemet til Miljøstyrelsen.

(Tilskudsmodtageren) har ansvaret for og skal drage omsorg for, at eventuelt udstyr sikres behørigt.

Som kontaktperson og projektleder er udpeget (xxxxxx) fra (tilskudsmodtageren).

Som kontaktperson(er) for Miljøstyrelsen er udpeget (xxxxxx). Ændringer i projektet og organisationen skal godkendes af (tilskudsmodtageren) og Miljøstyrelsen.

Der nedsættes en styregruppe for teknologiprojektet med (xxxxxx) fra (tilskudsmodtageren) som formand og med deltagelse af den faglige sekretær, rådgiveren samt (xxxxxx) fra Miljøstyrelsen.

Det er styregruppens ansvar:

- at påse, at projektet gennemføres som planlagt,
- at foretage løbende vurderinger af projektets forløb og resultater,
- at beslutte eventuelle justeringer i planerne vedrørende projektet,
- at påse, at projektet om nødvendigt koordineres med andre projekter,
- at godkende resultatet for projektet, og
- at påse, at den økonomiske ramme overholdes.

#### **4. Ophavsrettigheder.**

(Tilskudsmodtageren) og Miljøstyrelsen har fælles ophavsret til resultaterne af projektet.

Miljøstyrelsen har enhver rettighed til de i denne aftale nævnte produkter med henblik på at udgive disse elektronisk, herunder copyright til illustrationsmateriale m.m.

#### **5. Offentliggørelse.**

(Tilskudsmodtageren) og Miljøstyrelsen kan efter projektets afslutning anvende og offentliggøre projektets resultater efter eget ønske.

./.

Projektet afsluttes med en afsluttende rapport, som udarbejdes efter Miljøstyrelsens nærmere anvisninger "Fra manuskript til publikation – gør Miljøstyrelsens publikationer klar til tryk, oktober 1999" og "Publikationers klargøring til elektronisk publicering, Vejledning 1998", jfr. designguide og retningslinier via Miljøstyrelsens hjemmeside, følgende URL-adresse: <http://www.mst.dk/fakta/40000000.htm>.

Projektrapporten skal være klargjort til trykning og elektronisk publicering. Rapporten skal afleveres i Word '97 format på en diskette eller CD-rom samt i en udprintet udgave og skal afleveres som ét samlet dokument.

I forbindelse med den elektroniske publicering (HTML-kodning) skal Miljøstyrelsen kontaktes med henblik på fastsættelse af selve processen for kodning.

*(Om nedennævnte afsnit skal med eller udelades = afhængigt af projektet)*

Ved projektets afslutning skal rådgiveren aflevere en projektartikel på dansk og på engelsk, der er klargjort til udgivelse som selvstændige enheder. Projektartiklerne skal være affattet efter Miljøstyrelsens retningslinier,

jfr. bilag, og klargjort til elektronisk publicering. Projektartikler til trykning skal afleveres i Word '97 format i en udprintet udgave samt på en diskette.

Det samlede materiale, i.f.m. publicering, skal afleveres i korrekturlæst stand.

Del 1 af det medsendte publikationsskema skal udfyldes af projektudførende og medsendes projektrapport og HTML-udgave.

Så vidt det er muligt skal ovenfor nævnte afleveres samlet til Miljøstyrelsen.

#### **6. Afregning og betaling.**

Afregningen foretages årligt til (tilskudsmodtageren) på baggrund af en specificeret regnskabsoversigt. For projekter under kr. 100.000,- excl. moms gælder, at der i.f.m. afregning skal medsendes bilag i kopi, herunder tidsregistreringer, som dokumentation for anførte udgifter.

Ved regnskabets afslutning skal der foreligge et specificeret slutregnskab for hede projektperioden. Efter tilsagnsvilkårene skal slutregnskaber (over 100.000,- kr. excl. moms) revideres af en revisor. Såfremt slutregnskabet overstiger kr. 100.000,- excl. moms, skal det påtegnes af en revisor og såfremt slutregnskabet overstiger kr. 500.000,- excl. moms, skal revisor være registreret eller statsautoriseret. Udgifter til revision afholdes af tilskudsmodtager.

Miljøstyrelsen er i færd med at udarbejde en revisionsinstruks for tilskudsordningen. Indtil instruks foreligger, skal revisionen foretages i overensstemmelse med god revisionskik, således som den er beskrevet i vedlagte modelinstruks for projekttilskud, som er udsendt af Rigsrevisionen. Miljøstyrelsen vil fremsende revisionsinstruks for tilskudsordningen, når denne foreligger.

Miljøstyrelsens refusion er yderligere betinget af, at der med regninger fremsendes et udfyldt statusskema efter Miljøstyrelsens retningslinier, jfr. bilag.

Faktura for arbejde udført i et finansår skal være Miljøstyrelsen i hænde senest den 10. januar efter dette finansårs afslutning. Fakturaer efter denne dato kan ikke påregnes honoreret af Miljøstyrelsen det pågældende år.

Overskridelser på grund af pris- og lønstigninger, merforbrug eller andet vil ikke blive dækket af Miljøstyrelsen, medmindre at der på forhånd er indgået supplerende skriftlig aftale herom.

Med venlig hilsen

/



**BILAG:**

- Projektbeskrivelse, dateret den [            ] samt projektbudget.
- Statusskema (skal medsendes hver gang ved afregning).
- "Forfattervejledning - for projektartikler til Miljøstyrelsens magasin Ny Viden".
- Publikationsskema (del 1 skal udfyldes af projektudførende).
- Modelinstruks for revision af tilskud.
- Acceptskrivelse af tilskud.

# Bilag C

## Paradigma

### Disposition for beskrivelse af feltprojekter:

- Baggrund (kort afsnit om ordningen).
- Formål med teknologiprojektet på den konkrete lokalitet (overordnet formål).
- Beskrivelse af lokaliteten, herunder:
  - Geologiske forhold.
  - Forureningsforhold.
  - Evt. afværgeforanstaltninger, udenfor teknologiprojektet.
  - Andre forhold.
- Beskrivelse af teknologiprojektet:
  - Aktiviteter, som udføres som en del af detailprojekteringen, herunder supplerende undersøgelser, boringer m.v.
  - Aktiviteter, der skal udføres før og i forbindelse med etablering af anlæg eller andet.
  - Aktiviteter, der skal gennemføres under drift af anlægget (kontrolmålinger, analyseresultater, pejlinger m.v.).
  - Aktiviteter, der skal gennemføres som kontrol af projektet.
  - Rapporteringer af teknologiprojektet - både under og som afslutning af projektet.
- Tidsplan.
- Økonomioverslag:
  - For de enkelte delelementer i teknologiprojektet (se budget).
- Bemanning (herunder styregruppe).
- Referencer.



## Paradigma for budget 2

### Løbende budgetændringer

Teknologiprojekt:

Udarbejdet af:

Dato:                      Rev. dato:

Bilag:

Beskrivelse	Samlet budget pr. (dato)				Fordelingsnøgle pr. (tilskudsdato) kr. excl. moms		Afvigelse i forhold til totalbudget pr. (tilskudsdato) kr. excl. moms	
	Antal rådgiver-timer	Honorar kr. excl. moms	Udlæg kr. excl. moms	Sum kr. excl. moms	Tilskud fra Miljøstyrelsen	Tilskudsmodtagers bidrag	Tilskud fra Miljøstyrelsen	Tilskudsmodtagers bidrag
Detailprojektering								
- undersøgelser								
- boringer								
- rapport								
- andet								
<b>I alt detailprojekt</b>								
Anlægsfasen								
- anlæg af .....								
- boringer.....								
- pumper....								
- rapport								
- andet								
<b>I alt anlæg</b>								
Drift								
- analyser								
- pejlinger								
- rapporter								
- andet								
<b>I alt drift</b>								
Afslutning								
- boringer								
- andet								
<b>I alt afslutning</b>								
<b>Total for projektet</b>								
<b>kr. excl. moms</b>								