



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand

Miljøprojekt nr. 1350 2012

Titel:

Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagnings-metodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand

Forfattere:

René K. Juhler, Ole Sortkjær, Lasse Gudmundsson og Anders Johnsen

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2012

ISBN nr.

978-87-92708-54-0

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1	FORORD	5
2	SAMMENFATNING	7
3	SUMMARY	9
4	INTRODUKTION	11
	FORMÅL	11
	BAGGRUND	11
	PROJEKTETS ORGANISATION	11
5	LOKALITETER	13
	HERNING LOKALITETEN	14
	ISHØJ LOKALITETEN	17
6	METODER	21
	GENERELT OM PRØVETAGNING I PILOTPROJEKTET	21
	JORD	23
	GRUNDEVAND	23
	OVERFLADEVAND	24
7	RESULTATER	27
	HERNING	29
	ISHØJ	31
	GENERALISERING AF RESULTATER OG METODEAFPRØVNING	32
8	KONKLUSIONER	33
9	REFERENCER	35
1	BILAG - DATA	37
	PRØVETAGNING 2008	37
	FUNDNE STOFFER - ALLE MATRICER	38
	FUNDNE STOFFER - GRUNDEVAND OG OVERFLADEVAND	39
	FUNDNE STOFFER - BRINK OG FERSKVANDSSEDIMENT	40
	PUNKTER MED FUND I EN ELLER FLERE MATRICER	41
	DETAILOPLYSNINGER FOR FUND - HERNING	43
	DETAILOPLYSNINGER FOR FUND - ISHØJ	44
	STATIONER MED PÅVISNING - IKKE KVANTIFICERBAR	45
2	BILAG - BAGGRUNDSRAPPORT	47

1 Forord

Projektets formål er at afprøve prøvetagningsmetodik og princip for overvågningsmonitoring af udsivning af jordforurening til overfladevand via grundvand og umættet zone i jord. Principperne og metoderne afprøves med henblik på den nationale overvågning (den operationelle overvågning og evt. undersøgelsesovervågning). Udredningen og databearbejdningen har fokus på at projektet skal identificere faktorer, som kan have betydning for spredning af jordforurening til overfladevand på de konkrete lokaliteter. Som en del af databearbejdningen vurderes om resultaterne giver anledning til en revidering af antagelsen om, at forurening af fra jordforurening ikke er et generelt problem.

Projektet baseres på en tidligere afklaring af problemstillingen, og pilotprojektet omfatter prøvetagning, analyser og databearbejdning af data udført i et screeningsprojekt under overvågningsprogrammet NOVANA (baggrunds rapport indgår som bilag 2).

Projektet er gennemført med støtte fra Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogram og programmidler fra det nationale overvågningsprogram NOVANA.

2 Sammenfatning

I projektet afprøves et princip for koblet monitoring på to lokaliteter, Herning og Ishøj. Baggrunden for pilotprojektet var et vidensbehov i forhold til mulighederne for at identificere og overvåge potentielle problemområder, hvor jordforureninger kunne være kilde til forurening af overfladevand, og projektet udføres med henblik på den nationale overvågning (den operationelle overvågning og evt. undersøgelsesovervågning under NOVANA). Projektets formål er derfor at udføre og evaluere et pilotstudie der kan afklare mulighederne for at monitorere sammenhængende forureninger i jord, grundvand og overfladevand. Som en del af databearbejdningen vurderes om resultaterne giver anledning til en revidering af antagelsen om, at forurening af fra jordforurening ikke er et generelt problem. Projektet indeholder følgende aktiviteter:

Instrumentering af udvalgte lokaliteter

Projektet blev udført på to lokaliteter, Herning og Ishøj, som blev identificeret med baggrund i viden om lokaliteter med jordforurening nær overfladevandssystemer. Områderne blev instrumenteret til koblet monitoring.

Valg af kemiske analyseparametre

I et foregående planlægningsprojekt (se bilag 2) blev der udarbejdet et forslag til et sæt af kemiske analyseparametre. Prioritet blev givet til forureningsstoffer, der kunne mistænkes for at udsive fra en jordforurening til overfladevandet. Ud over de konkrete forureningsstoffer blev der målt fælgeparametre som uorganiske ioner og pH.

Metodik for prøvetagning

I feltundersøgelsen er fokus lagt på klorerede organiske forureningskomponenter, suppleret med en række andre organiske forureningskomponenter (oversigt i Tabel 3). På de to lokaliteter etableres borer til prøvetagning af grundvand der indgår følgende matricer som undersøges for de udvalgte forureningskomponenter: jord, grundvand, overfladevand, sediment og brink. I alt blev der udtaget og analyseret 98 prøver.

På såvel Herning som Ishøj lokaliteten blev der påvist forureningskomponenter i prøver fra grundvand, overfladevand, brink og ferskvandssediment. Generelt var de påviste niveauer lave i forhold til kvalitetskravene for grundvand og jord. I forhold til dataanalyse i projektets er der ikke fundet anledning til en øget bekymring i forhold til om kobling af forurening i jord, grundvand og overfladevand er et generelt problem. Omvendt kan data fra projektet ikke anvendes til at frifinde jordforureninger som et generelt problem i forhold til overfladevand, da en sådan slutning ville indeholde en stor risiko for "falsk negativ" fejllantagelser.

Den udviklede metode er egnet til den nationale overvågning, men kan også anvendes i anden sammenhæng, eksempelvis i områder, hvor der er kendte depoter, og hvor der ønskes større indsigt i en aktuel forurening.

3 Summary

The purpose of the project is to conduct and evaluate a pilot study designed to integrate monitoring of contaminants in soil, groundwater and surface waters within the National Monitoring and Assessment Programme for the Aquatic and Terrestrial Environment (NOVANA). As part of the data processing it is evaluated if the results indicate needs for a revision of the assumption that pollution from land contamination is not a general problem in relation to fresh water contamination.

In the project a principle for integrated monitoring is evaluated at two Danish sites, Herning and Ishøj. The project includes the following activities:

Instrumentation of selected sites

The two sites, Herning and Ishøj, were identified based on prior knowledge on sites with soil contamination in areas adjacent to surface water systems. The areas were instrumented for integrated monitoring.

Selection of chemical analysis parameters

In a previous planning project (see 'bilag 2'), a proposal was drafted for a set of chemical analysis parameters. Priority was given to pollutants that were suspected to leach from contaminated soils to nearby surface water systems. Supplementary to the specific organic pollutants, additional parameters (e.g. inorganic ions and pH) were measured,.

Methodology for sampling

At the two sites, samples were collected from groundwater, soil, surface water, bank of the stream, and freshwater sediments.

In the field study, the focus was on chlorinated organic pollutants, supplemented by a number of other organic pollutants (overview in Table 3). A total of 98 samples were analyzed.

At both the Herning and the Ishøj sites, pollutants were detected in samples of groundwater, surface water, bank and freshwater sediments. Overall, the detected levels were low in relation to the reference quality levels for groundwater and soil.

The data analysis did not indicate a need for increased concern regarding over the coupling of contamination in soil, groundwater and surface water. However, the data from the project cannot be used to generally dismiss soil contamination as a problem in relation to surface waters, since such a conclusion would contain a high risk of "false negative" error assumptions.

It was found that the applied principle of coupled monitoring is suitable for the national monitoring program and could also be used in other for other purposes, e.g. in areas with known deposits.

4 Introduktion

Formål

Projektets formål er udføre et pilotstudie der kan afklare mulighederne for at monitorere sammenhængende forureninger i jord, grundvand og overfladevand indenfor Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA,). Som en del af databearbejdningen vurderes om resultaterne giver anledning til en revidering af antagelsen om, at forurening af fra jordforurening ikke er et generelt problem. Principperne og metoderne afprøves med henblik på den nationale overvågning (den operationelle overvågning og evt. undersøgelsesovervågning). I projektet afprøves prøvetagning, analyse og databearbejdning samt om det foreslåede princip for prøvetagninger i både grundvand og overfladevand ville kunne bruges i overvågningen til en vurdering af, om en konstateret forurening i overfladevandet stammer fra jordforureninger eller en anden kilde.

Baggrund

En baggrund for problemstillingen er givet i et foregående planlægningsprojekt (se supplement i bilag 2). Overordnet medfører implementeringen af vandrammedirektivet, at der kan stilles krav om at reducere udsivning fra jordforureninger, som måtte give anledning til forurening af overfladevand.

I såvel overvågningssammenhænge som specifikke forureningssager er der et behov for øget viden om koblingen mellem jordforureninger og påvirkning af overfladevand via udstrømning gennem jord og grundvand. Pilotprojektet havde til formål at undersøge mulighederne for at overvåge og identificere jordforureningers påvirkning af overfladevand. I projektet er der særlig fokus på de stoffer, som indgår i EU Kommissionens datterdirektiv til Vandrammedirektivet vedrørende såkaldt prioriterede stoffer og dermed sammenfald med de stoffer der er behandlet af (Glensvig *et al.* 2008).

I det supplerende materiale i bilag 2 er der foretaget en udvælgelse af lokaliteter der udarbejdet forslag til:

- Metodik for prøvetagning
- Prioriterede stoffer til kemiske analyser
- Databearbejdning

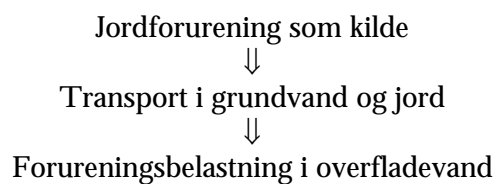
Projektets organisation

Projektet blev udført som et samarbejde mellem GEUS og Århus Universitet, DMU. Fra GEUS deltog René K. Juhler (projektleder), Anders Johnsen og Lasse Gudmundsson. Fra Århus Universitet, DMU deltog Ole Sortkjær. Ole Kiilerich var kontaktperson i Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen har bidraget både gennem finansiering og ved at give input til projektet, især i forhold relateret til jordforureninger.

5 Lokalteter

Udredningen og databearbejdningen har fokus på at identificere faktorer, som kan have betydning for overvågning af spredning af jordforurening til overfladevand på de konkrete lokaliteter.

I det forudgående designprojekt (supplement i bilag 2) blev en der taget udgangspunkt i en databaseanalyse af jordforureningsområder og depotbeskrivelser. Et udvælgelseskriterium var at det i pilotprojekt ville være centralt at afklare muligheder for at udføre en sammenhængende monitoring af forureningers kobling og transport i og mellem de tre matricer:

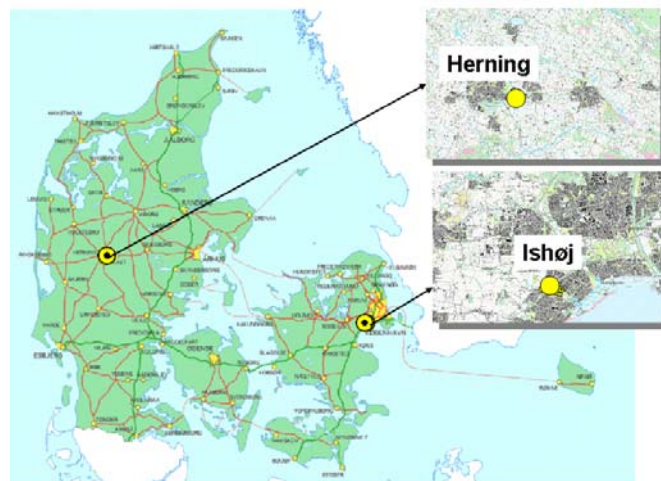


Det blev konkluderet at egnede lokaliteter for et pilotprojekt ville ligge i nærheden af overfladevand, men samtidig med en vis afstand mellem jordforureningen og overfladevandet så aspekter om koblingen via grundvandsmagasinet kan inddrages i monitoringsevalueringen.

På denne baggrund blev 2 områder til et pilotprojekt identificeret blandt ca. 22.000 forurenede lokaliteter. Principper og kriterier for udvælgelsen er beskrevet i detaljer i supplement i bilag 2. I " Lov om forurenede jord" (§4, lov nr. 370 af 2. juni 1999) kortlægges arealer på to forskellige niveauer, dels vidensniveau 1 (måske forurenede, V1) dels vidensniveau 2 (forurening er dokumenteret, V2). I projektet blev V2 områder prioriteret. Et andet kriterium for udvælgelse var at klorerede forbindelser skulle være centrale forureningskomponenter i pilotstudiet. På denne baggrund blev to lokaliteter udvalgt til pilotundersøgelsen (se Figur 1):

- Herning (H, depot 657-00045, jordklassificering V2)
- Ishøj (I, depot 183-00001 m.fl., jordklassificering V2)

De overfladerecipienter, der indgår i projektet, var begrænset til vandløb og søer. Ved såvel Herning som Ishøj var der regnvandsbassiner etableret i forbindelse med motorveje. Disse bassiner indgik ikke i monitoringen.



Figur 1 Placering af forsøgslokaliteter Herning og Ishøj

Herning lokaliteten

Lokaliteten ved Herning er relateret til en forurening med klorerede opløsningsmidler med udgangspunkt i en grund, hvor der har ligget en maskinfabrik.

I tidligere undersøgelser er der påvist klorerede opløsningsmidler i både jord og grundvandsfasen (kilde: Herning kommune, registerundersøgelse, juli 1996), og de påviste indhold var primært tetrachlorethylen (kilde: Herning Kommune, opfølgende undersøgelse, 1996). Den nationale database for grundvandsdata er gennemgået for borerne i området, og der er data derfra indikerer kontaminering af grundvandsmagasinerne (Tabel 1). Prøver hvor der er påvist forureningsstoffer er udtaget fra de dybtliggende grundvandsmagasiner (vandværksboringer, placeringer vises på Figur 2). Nordøst for depotet lå et industriområde, hvori der var yderligere to områder med jordklassificering V2.



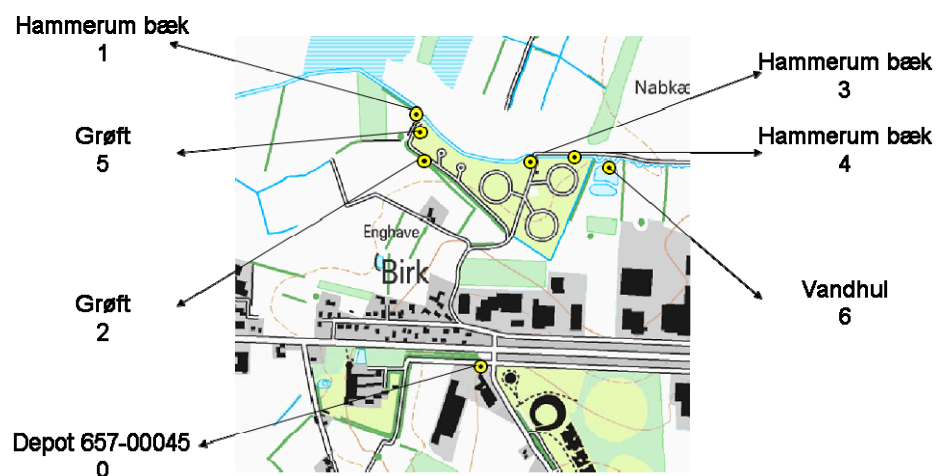
Figur 2 Placering af vandværksboringer med påvisninger af klorerede organiske forbindelser. DGU numre for borerne vises. Øvrige grønne cirkler på kortet angiver, hvor der ellers findes dataoplysninger i de geologiske databaser

I pilotprojektet blev der fokuseret på de øvre grundvandsmagasiner da borerne af budgetmæssige årsager skulle etableres men håndbor, hvilket i praksis begrænsede borerne maksimale dybde til ca. 5 m. Derfor var overfladenære grundvandsmagasiner også et udvælgelseskriterium for identifikationen af egnede lokaliteter til pilotprojektet.

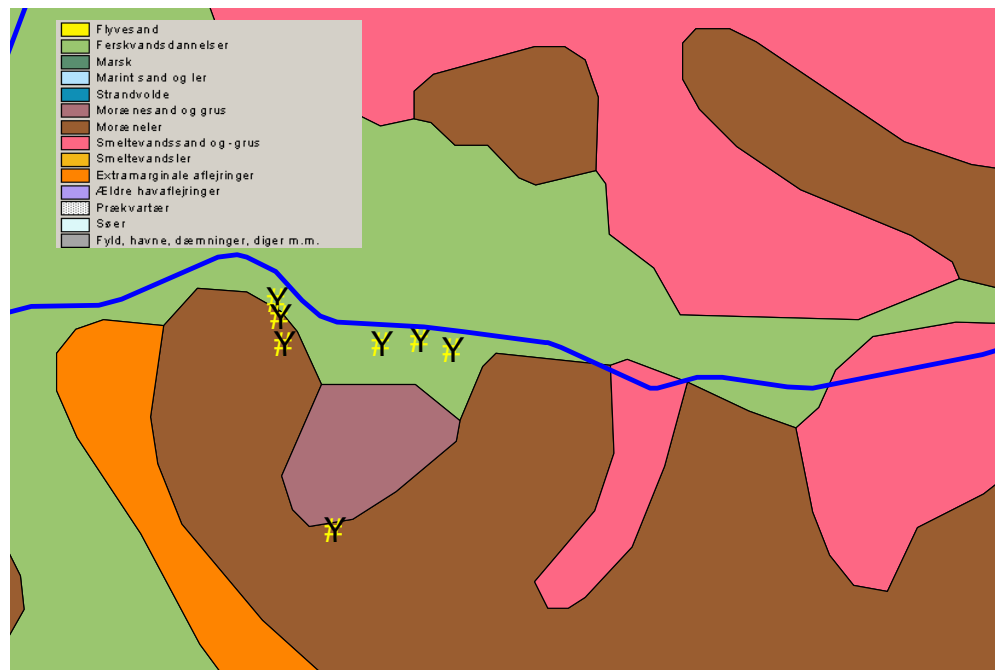
Lokaliteten i Herning var beliggende syd for Hammerum bæk, og der blev etableret 6 prøvetagningssteder i området (Figur 3). I forbindelse med etableringen af en motorvej vest for depotet var der udført anlægsarbejder som gjorde dette område mindre velegnet til monitoring af de øvre grundvandsmagasiner, og prøvetagningslokaliteterne blev derfor anlagt i det nord og nordvestlige område ved Hammerum bæk. Lokaliteten er placeret på kanten af en bakkeø fra næstsidste istid og et jordartskort er vist i Figur 4. Topografien for området er vist i Figur 5.

Tabel 1 Oplysninger fra grundvandsdatabasen for borer med påvisninger af organiske forureningskomponenter

Boringens DGU nr	Type og filterdybde (m)	fund - udvalgte
85.1202	Vandforsyning 95-115 m	Chlor, org, VOX, 6 µg/l
85.1319	Vandforsyning 95-115 m	Chlor, org, VOX, 4.5 µg/l
85.1321	Vandforsyning 94-114 m	Chlor, org, AOX 12 µg/l



Figur 3 Placering af prøvetagningssteder ved Herning. Depotet ligger ved Birk Centerpark øst for Herning centrum, og der blev etableret en boring ned til grundvandet. I Hammerum bæk blev der placeret 3 prøvetagningssteder (1,4, og 5) og i en grøft der ledte ud til bækken (3) blev der etableret grundvandsboringer og prøvetagning af jord, sediment og brinkprøver. Desuden blev der i udtaget enkel tprøver fra grøften i position 2 samt i et vandhul tæt ved Hammerum bæk (5)



Figur 4 Jordartskort for Herning lokaliteten. Ved depotet er der primært moræneler ■ og morænesand og grus ■ mens der i området ved Hammerum bæk er områder med ferskvandsdannelser ■. På kortet ses desuden aflejringer af smeltevands sand og grus ■ og extramarginale aflejringer ■ Hammerum bæk og prøvetagningspunkter er indtegnet



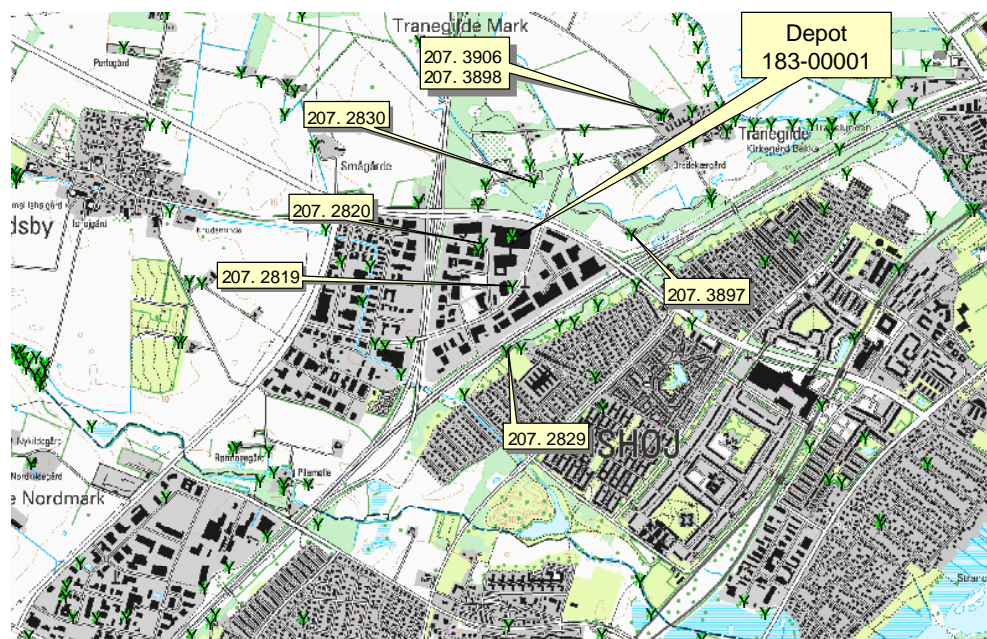
Figur 5 Topografi ved Herning lokaliteten. Vandløbenes strømningsretning er angivet med pile. Det indsatte foto viser Hammerum bæk, fotograferet mod vest

Ishøj lokaliteten

Lokaliteten i Ishøj er beliggende i et område, hvor der er flere V2 klassificerede områder. Et væsentligt depot er den såkaldte "Sadolingrund" som i dag er beliggende i et industriområde. I analyser af grundvandsprøver i området er der i flere boreriger påvist indhold af klorerede organiske forbindelser (Tabel 2 og Figur 6).

Tabel 2 Oplysninger fra grundvandsdatabasen for boreriger med påvisninger af organiske forureningskomponenter

Boringens DGU nr	Type og filterdybde (m)	fund - udvalgte
207.2819	Monitering & kontrol 27-31 m	AOX: 505 µg/l VOX: 2 µg/l Toluen: 0,17µg/l
207.2820	Monitering & kontrol 14-18 m	AOX: 9,3 µg/l
207.2829	Monitering & kontrol 14-19 m	AOX: 7,8 µg/l AOX: 7,2 µg/l VOX: 2,4 µg/l
207.2830	6 - 7	Trichlorethylen: 0,03 µg/l



Figur 6 Placering af vandværksboringer med påvisninger af klorerede organiske forbindelser i Ishøj området nær depot 183-00001. DGU numre for borerigerne vises. Øvrige grønne cirkler på kortet angiver, hvor der i øvrigt findes dataoplysninger i de geologiske databaser

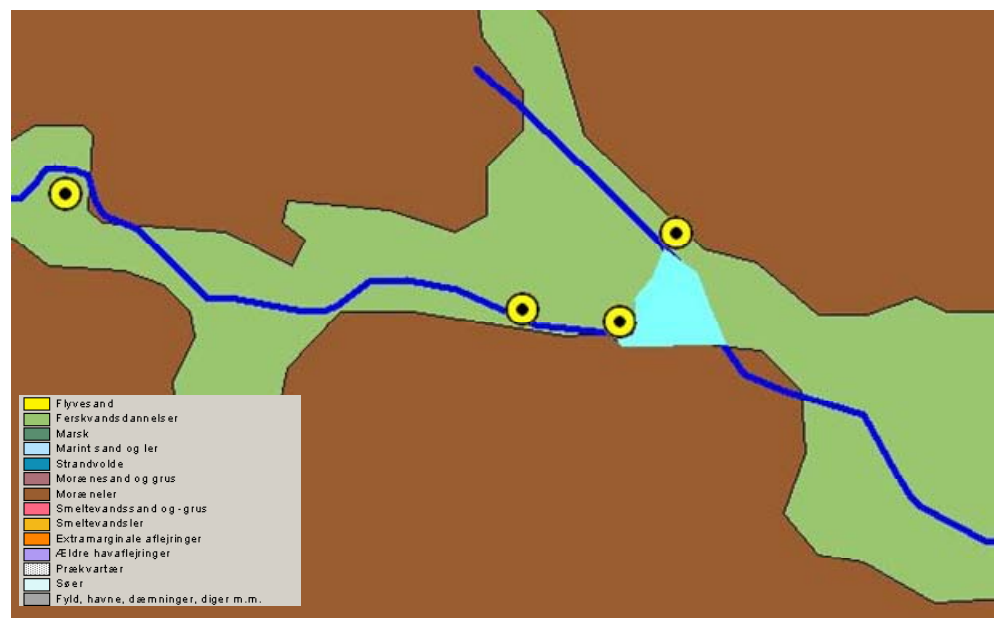
I områder er der mange motorveje, bebyggelser og industrier, og der er en række områder med jordforureninger klassificeret som V2. og det har i projektet ikke været hensigten at udføre en egentlig fanesporing. Området er udvalgt på baggrund af de kendte depoter, fund af klorerede organiske stoffer i grundvand samt forekomsten af ferskvandsområder tæt på et større depot. Området er valgt med henblik på at repræsentere et industriområde med flere større og mindre jordforureninger. I det komplekse landskab vil det kræve en

væsentlig indsats at spore en forureningsfane fra en specifik jordforurening. I dette projekt er der ikke lagt op til at en eventuel forurening entydigt kan henføres til depot 183-00001 og som følge af forholdsvis dybtliggende grundvand er der ikke oprettet prøvetagningsstation ved depotet. Stationer til prøvetagning blev oprettet langs Lille vejleå (station 1 og 2) og nær indløbet til Ishøj sø (station 3 og 4) som angivet i Figur 7.

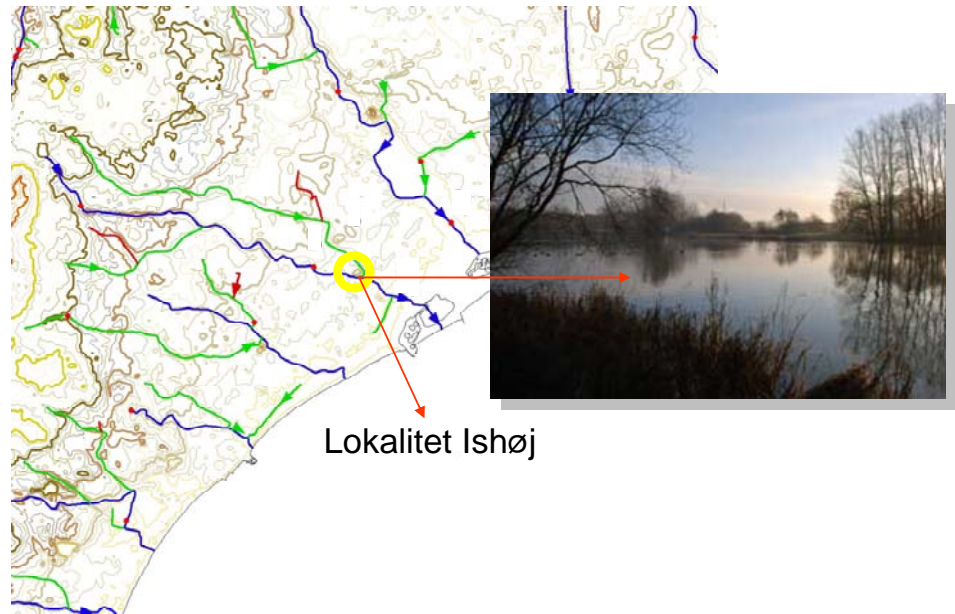
Forsøgslokaliteten i Ishøj er domineret af moræneler og ved Lille vejleå og Ishøj har jordtypen oprindelse i ferskvandsdannelse (Figur 8). Topografien for området vises i Figur 9.



Figur 7 Placering af prøvetagningssteder ved Ishøj. Et større depot 183-00001 var beliggende nord for Ishøj Sø. Der indgik 4 prøvetagningsstationer i undersøgelsen af området hvor der blev etableret grundvandsboringer og prøvetagning af jord, sediment og brinkprøver



Figur 8 Jordartskort for Ishøj lokaliteten. I området er der primært moræneler ■ og ferskvandsdannelse ■. Ishøj sø med to tilløb og et udløb samt fire prøvetagningspunkter er indtegnet. Området nord og nordvest for kortudsnittet er også domineret af moræneler

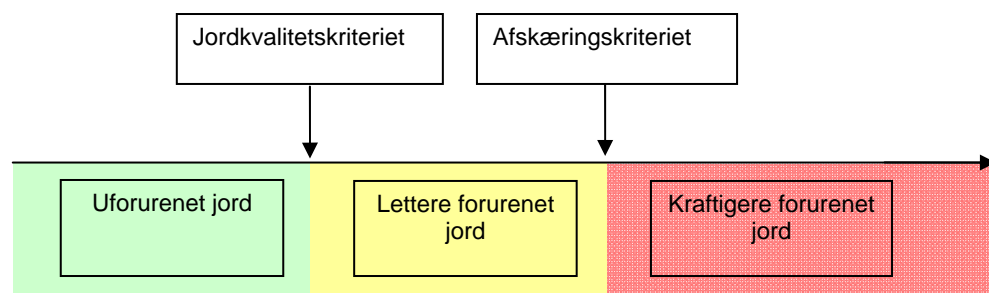


Figur 9 Topografi ved Ishøj lokaliteten. Vandløbenes strømningssretning er angivet med pile. Det indsatte foto viser Ishøj sø

6 Metoder

Generelt om prøvetagning i pilotprojektet

Det overordnede formål med prøvetagningen i pilotprojektet har været at afklare mulighederne for at gennemføre en koblet monitoring af grundvand og overfladevand i områder med kendte jordforureninger. I designprojektet (supplement i bilag 2) blev der etableret en liste med prioriterede kemiske måleparametre. Udvælgelsesproceduren er beskrevet, ligesom generelle anbefalinger til prøvetagning og design er diskuteret, bl.a. i forhold til de tekniske anvisninger, som udgør en del af det nationale overvågningsprogram NOVANA. I pilotprojektet er fokus lagt på klorerede organiske forureningskomponenter, og i Tabel 3 vises parametrene som blev analyseret i de fire matricer: jord (j), grundvand (g), ferskvandssediment (s) og brinkprøver (b). I prøvetagningen er der taget hensyn til, at der indgår flygtige forbindelser, og derfor er hurtig håndtering, brugen af tætte prøvebeholdere og undladelse af prøvehomogenisering i felten centralt i forhold til prøvetagningen. Prøverne er analyseret på et kommercielt laboratorium, og den anvendte metode er godkendt til anvendelse i overvågningsprogrammet. I Tabel 4 angives grænseværdier for de analyserede organiske forureninger, hvor sådanne eksisterer. I Figur 10 vises principperne for kriteriernes anvendelse i forbindelse med klassificering af jordforureninger.



Figur 10 Jordkvalitetskriterier og afskæringskriterier (efter " Informationsmateriale om lettere jordforurening" udgivet af Miljøstyrelsen i samarbejde med Sundhedsstyrelsen, KL og Danske Regioner)

Tabel 3 Analyserede organiske forureningskomponenter i de fire matricer som indgik i pilotprojektet. Detektionsgrænser er angivet. Ud over de viste enkeltparametre blev følgende sum-parametre rapporteret fra laboratoriet: Olie i jord; Total kulbrinter; Halogenerede kulbrinter; Nedbrydningsprodukter af TCE. I jord blev total kulbrinter opdelt på grupperne Kulbrinter n-C6- n-C10; Kulbrinter > n-C10 - n-C25; Kulbrinter > n-C25 - n-C35

Parameter	Detektionsgrænser			
	Grundvand µg/l	Overfladevand µg/l	Ferskvands- sediment µg/kg tørstof	Jord µg/kg tørstof
1,1,1-trichlorethan	0,02	0,02	0,01	0,01
1,1-dichlorethan	0,02	0,02	0,005	0,005
1,1-dichlorethylen	0,02	0,02	0,005	0,005
1,2-dibromethan	0,02	0,02	-	-
1,2-dichlorethan	0,02	0,02	-	-
Benzen	0,02	0,02	0,04	0,04
BTEX	0,02	0,02	-	-
cis-1,2-dichlorethylen	0,02	0,02	0,005	0,005
Ethylbenzen	0,02	0,02	0,04	0,04
Halogenerede kulbrinter	-	-	0,01	0,01
Kulbrinter > n-C10 - n-C25	-	-	5	5
Kulbrinter > n-C25 - n-C35	-	-	25	25
Kulbrinter n-C6- n-C10	-	-	1	1
Naphtalen	0,02	0,02	0,04	0,04
Tetrachlorethylen	0,02	0,02	0,01	0,01
Tetrachlormethan	0,02	0,02	0,01	0,01
Toluen	0,02	0,02	0,04	0,04
trans-1,2-dichlorethylen	0,02	0,02	0,005	0,005
Trichlorethylen	0,02	0,02	0,01	0,01
Trichlormethan	-	-	-	-
(Chloroform)	0,02	0,02	0,01	0,01
Vinylchlorid	0,02	0,02	0,01	0,01
Xylener	0,02	0,02	0,04	0,04

Tabel 4 Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand (Miljøstyrelsen, december 2008)

Stofnavn	CAS nr	Jord-kvalitets-kriterium	Afskærings-kriterium	Grundvands-kvalitets-kriterium
		mg/kg	mg/kg	µg/ liter
Benzen	71-43-2	1,5	-	1
Chloroform	67-66-3	50	-	1 ^b
1,2-dichlorethan	107-06-2	1	-	1
Naphthalen	91-20-3	-	-	1
Tetrachlorethylen	127-18-4	5	-	1
Tetrachlormethan	56-23-5	5	-	1
Toluen	108-88-3	-	-	5
1,1,1-trichlorethan	71-55-6	2000	-	1
Trichlorethylen	79-01-6	5	-	1
Flygtige organiske Chlorforbindelser ^a	-	-	-	1
Sum af flygtige organiske chlorforbindelser				3
Vinylchlorid	75-01-4	0,4	-	0,2
Xylener (<i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -xylen + ethylbenzen)	1330-20-7	-	-	5
Revideret - Kulbrinter fra olie – og/eller benzinprodukter:				
C6-C10 kulbrinter		25	-	
>C10-C15 kulbrinter		40	-	
>C15-C20 kulbrinter		55	-	
>C20-C40 kulbrinter		150	-	
Sum af kulbrinter, C6-40		150	-	9

^a Ved flygtige organiske chlorforbindelser forstås: di- og trichlormethan, dichlorethener, 1,2-dichlorethan, trichlorethen, trichlorethaner, tetrachlorethen og tetrachlorethaner. Grundvandskriteriet gælder for det enkelte stof. Se i øvrigt Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007

^b Chloroform kriteriet er relateret til "flygtige organiske forbindelser". I tilfælde hvor det kan dokumenteres at forekomsten skyldes naturligt dannet chloroform er kriteriet 10 µg/l

^c Kulbrinter, der er analyseret efter den tidligere analysemetode (Bestemmelse af olie i jord. Gaskromatografisk metode juli 1998. Miljøstyrelsens referencelaboratorium VKI), skal vurderes efter de tidligere kriterier, som fremgår af liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord. December 2005, men de reviderede bestemmelse er angivet her

Jord

Jordprøver kan anvendes både til en beskrivelse af selve lokaliteten, og til analyse af forureningskomponenter. Der foreligger beskrivelser af metoder til udtagning af jordprøver fra grundvandsboringer (Ditlefsen *et al.* 2008). Når der udtages prøver til analyse af flygtige komponenter er det vigtigt, at jorden hurtigt overføres til prøvebeholderen, som lukkes lufttæt. Under borearbejdet blev der udtaget prøver (100-200 g) til karakterisering, tekstur- og sedimentkemiske analyser. Prøverne blev udtaget ved største dybde i borerne umiddelbart før placeringen af filtret. Ved udtagningen af jordprøverne er det vigtigt at undgå kontaminering med jord fra højreliggende lag.

Grundvand

I både den danske og den udenlandske litteratur er der vejledninger til udtagning af prøver af grundvand. I dansk regi er der udgivet en "Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand" som opsummerer litteraturen og giver konkrete anbefalinger og vejledninger (Grøn *et al.* 2003), og der foreligger vejledninger til kontrol af vandkvalitet (Anon. 2005) samt tekniske anvisninger udarbejdet i NOVANA (<http://www.dmu.dk/Overvaagning/NOVANA/>).

I pilotprojektet indgik udelukkende lokaliteter med begrænset afstand til grundvandsspejlet, i praksis mindre end 5m.så det blev det muligt at etablere borerer med håndbor, hvilket var billigere og mere fleksibelt end anvendelse af større maskindrevet boreudstyr. Borerer blev udført med håndbor indtil 5m dybde, hvor f.eks. "Håndboregrej fra Eijkelkamp" med forskellige typer Edelman borehoveder er velegnede. I forbindelse med etableringen af boreren blev der udtaget prøver til karakterisering af jordprofilen. Borerer til prøvetagning af grundvand blev etableret med ø 50 mm PEHD rør og med mindst 1m filter i filtersand 3 med en kornstørrelse på 0,90 – 1,60 mm. Borerer afproppedes med bentonit Pellets over filtesætningen og afsluttedes med mufferrør.

Før prøvetagning pejledes grundvandsstanden med en vandstandspejler og boreren renpumpes med f.eks. en Whale High Flow Sub pumpe GP1652. Ved prøvetagningen målttes grundvandet via flowceller ("grise") for parametre som pH, ledningsevne, temperatur og iltindhold, ligesom der blev udtaget prøver til grundvandskemisk karakterisering.

Overfladevand

I pilotprojektet blev der taget prøver af såvel ferskvandet som sedimentet i vandløbet / søen. Det er tidligere foreslået at brinkprøver kunne være mere egnede end sedimentprøver i en koblet monitoring. I pilotprojektet blev der derfor udtaget og analyseret både sediment- og brinkprøver. Prøvetagningen fulgte i videst mulig omfang beskrivelsen i de tekniske anvisninger under NOVANA som skitseret herunder.

Punktprøver i vandløbet

Udtagning af punktprøver i vandløb sker bedst med glasflasker, der umiddelbart før indsamlingen skylles i vandløbsvandet, og dette var også metodikken i pilotundersøgelsen. Under prøvetagningen blev det sikret, at flasken fyldtes helt op, så der ikke var luft i flasken, når låget var skruet på. Under prøvetagningen blev flasken holdt under vandoverfladen for at undgå flydende organiske fragmenter i det strømmende vand og væk fra vandløbsbredden, hvor der kunne være stillestående vand med andre koncentrationsforhold end i det strømmende tværsnit. Flasken blev holdt opstrøms det sted hvor man står og i det hele taget blev der udvist påpasselighed for at undgå ophvirvlet materiale fra vandløbsbunden. Indtil analyse opbevarede vandprøven mørkt, tildækket og køligt i køletaske i felten og kølerum efter hjemkomst. M.h.t. opbevaringstid for de enkelte analyser henvises der til Referencelaboratoriets metodedatablade.

Sedimentprøver i vandløbet

Til udtagning af sedimentsøjlerne anvendtes en Kajak-bundhenter, monteret på fast stang. Kajakrøret var et plexiglasrør med en indre diameter på 52 mm. Sedimentsøjlerne blev udtages på samme måde fra gang til gang. Desuden blev de udtages således at sedimentoverfladen forstyrredes så lidt som muligt, og der blev taget hensyn til ikke at sammenpresse sedimentet under prøvetagningen. Til opsplitning af sedimentsøjlerne, det være i felten eller laboratoriet, anvendtes et stempel til at presse søjlen op til kajakrørets øverste kant, hvor en krave med påmonteret bakke forinden var monteret. I pilotprojektet blev en karakteristisk sedimentskive for dybdeintervallet med redoxzonestift skrabt direkte over i prøvebeholder for at formindske risikoen for tab af flygtige komponenter.

Brinkprøver

Med et jordbor blev der udtaget en jordprøve i den dybde, der svarer til sedimentprøven i vandløbet. Prøver tages vertikalt ca. 1 m fra vandløbskant. Prøvemateriale fra kernen af jordbordet blev udtaget og overført hurtigt til prøvebeholderen.

7 Resultater

Lokaliteterne Herning og Ishøj blev monitoreret i perioden 29. oktober til 10. december 2008. I alt blev der udtaget og analyseret 98 prøver som opsummeret i Tabel 5. En oversigt over påvisninger af de organiske forureningskomponenter findes i

Tabel 6. Detaljerede oplysninger om prøvetagninger, parametre og måleresultater fremgår af afsnit 1. En grafisk opsummering af maksimale påvisninger findes i Figur 11 (Herning) og Figur 12 (Ishøj).

Tabel 5 Oversigt over antal prøver udtaget i pilotprojektet på lokaliteterne i Herning og Ishøj

	brink	grundvand	Jord	overfladevand	sediment	Total
Herning	11	13	6	13	13	56
Ishøj	8	10	4	10	10	42
Total	19	23	10	23	23	98

Tabel 6 Oversigt over undersøgte stofparametre og eventuelle påvisninger på de to lokaliteter i pilotprojektet (samlet for prøver udtaget i alle matricer)

	Herning		Ishøj	
	fund	ej påvist	fund	ej påvist
Benzen	1	55	4	38
BTEX	0	56	0	42
Chloroform	1	55	0	42
Cis-1,2-dichlorethyl	0	56	4	38
1,2-dibromethan	0	56	0	42
1,1-dichlorethan	0	56	0	42
1,2-dichlorethan	0	56	0	42
1,1-dichlorethylen	0	56	0	42
Ethylbenzen	2	54	3	39
Halogenerede kulbrinter	0	56	0	42
Kulbrinter c6-10	1	55	2	40
Kulbrinter c11-25	14	42	15	27
Kulbrinter c26-35	8	48	11	31
Kulbrinter total	14	42	15	27
Naphtalen	1	55	3	39
Olie i jord	0	56	0	42
TCE nedbrydningsprodukt	0	56	0	42
Tetrachlorethylen	2	54	1	41
Tetrachlormethan	0	56	0	42
Toluen	5	51	17	25
Trans 1,2-dichloreth	0	56	0	42
1,1,1-trichlorethan	0	56	0	42
Trichlorethylen	2	54	6	36
Vinylchlorid	0	56	3	39
Xylener	2	54	11	31

Tabel 7 Maksimale påvisninger, alle prøver fordelt på brink (b), sediment (s), grundvand (g) og overfladevand (O). Kriterier foreligger udelukkende for jord og grundvand, men hvor værdier foreligger vises de relevante værdier for brink, sediment og overfladevand så niveauerne kan relateres. For påvisningerne er enhederne mg/kg tørstof for jord (j), brink (b) og sedimentprøver (s) og µg/l for grundvand (g) og overfladevand (o)

Matrix	Stof	Max påvisning	Kvalitetskriterium
			Grundvand jord
b	Benzen	0,057	1,5
b	kulbrinter nc11-25	200	
b	kulbrinter nc26-35	260	
b	kulbrinter total	460	
b	Toluen	0,11	
b	Xylener	0,19	
s	Benzen	0,34	1,5
s	Ethylbenzen	0,088	
s	kulbrinter nc11-25	1300	
s	kulbrinter nc26-35	250	
s	kulbrinter nc-6-10	12	
s	kulbrinter total	3600	
s	Naphtalen	0,19	
s	Toluen	1,5	
s	Xylener	3,1	
g	Benzen	0,14	1
g	Ethylbenzen	0,38	5
g	Naphtalen	0,065	1
g	Tetrachlorethylen	0,024	1
g	Toluen	1,6	5
g	Vinylchlorid	0,16	0,2
g	Xylener	1,7	5
o	Trichlormethan, chloroform	0,03	1
o	Cis-1,2-dichlorethyl	0,051	
o	Tetrachlorethylen	0,093	1
o	Toluen	0,12	5
o	Trichlorethylen	0,12	1
o	Xylener	0,02	5

For ingen af de organiske forureningskomponenter blev der påvist indhold som overskred gældende kvalitetskriterier i jord eller grundvand (Tabel 7). I projektet blev der udtaget jordprøver i forbindelse med boringsarbejdet, men ingen af de analyserede forureningskomponenter blev påvist i de 10 jordprøver.

Generelt var de påviste indhold af klorerede forureningskomponenter på et lavt niveau i forhold til tilsvarende kvalitetskriterier. Som det ses af maksimalniveauerne i Tabel 7 var det udelukkende for vinylchlorid i grundvand, at der forekom en maksimal påvisning i omegnen af kvalitetskriteriet. Denne prøve blev udtaget fra grundvand i Ishøj ved station 1 (Figur 7). På denne station (i1) blev der påvist indhold af vinylchlorid i alle de 3 prøver, der blev udtaget fra grundvand, hvilket indikerer en relativ konstant kontaminering på et niveau under kvalitetskriteriet. (detailoplysninger i bilag 1). Som det ses af Figur 11 og Figur 12 var der ikke et entydigt mønster for de påviste kontaminanter på lokaliteterne. Ud over de kvantificerbare indhold blev der i et antal prøver rapporteret om påvisninger, der dog ikke var kvantificerbare (se bilag 1).

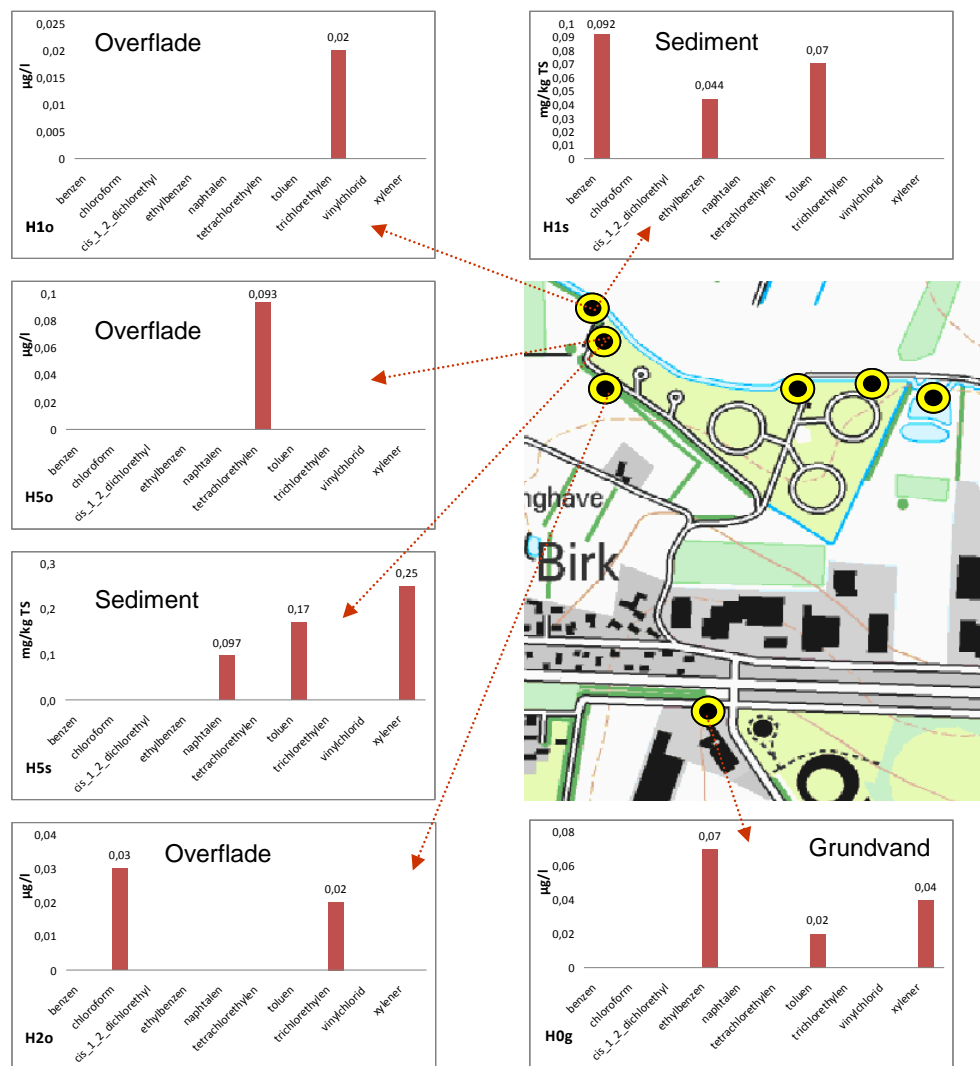
For prøver udtaget fra brink (b) og ferskvandssediment (s) blev der påvist indhold af kulbrinter med forskellig kædelængde. Gruppen n=6 til 10 blev ikke påvist i prøver fra sediment, for de øvrige to kulbrintergrupper (n=11 til

25 og n= 26-35) kunne der ikke påvises signifikante forskelle mellem indhold i brink og sedimentprøver. Indholdene i nogle prøver lå højt, men baseret på iagttagelser ved prøvetagningen tilskrives disse niveauer indhold af naturligt plantemateriale. I forhold til undersøgelsen af anvendeligheden af brinkprøver overfor sedimentprøver gav indholdet af kulstofkomponenter således ikke anledning til at prioritere den ene type sampling frem for den anden.

Herning

For Herning lokaliteten var det prøvetagningsstationerne mod nordvest, der viste indhold af organiske forureningskomponenter i sediment, overfladevand og grundvand. For Herning lokaliteten blev der ikke påvist indhold i nogen af de udtagne brinkprøver. I forhold til projektets formål med at sammenholde anvendeligheden af brinkprøver og prøver fra ferskvandssediment tyder resultaterne fra Herning lokaliteten på, at ferskvandssediment er mere følsom parameter for monitoring, med det forbehold, at der er tale om et begrænset datagrundlag.

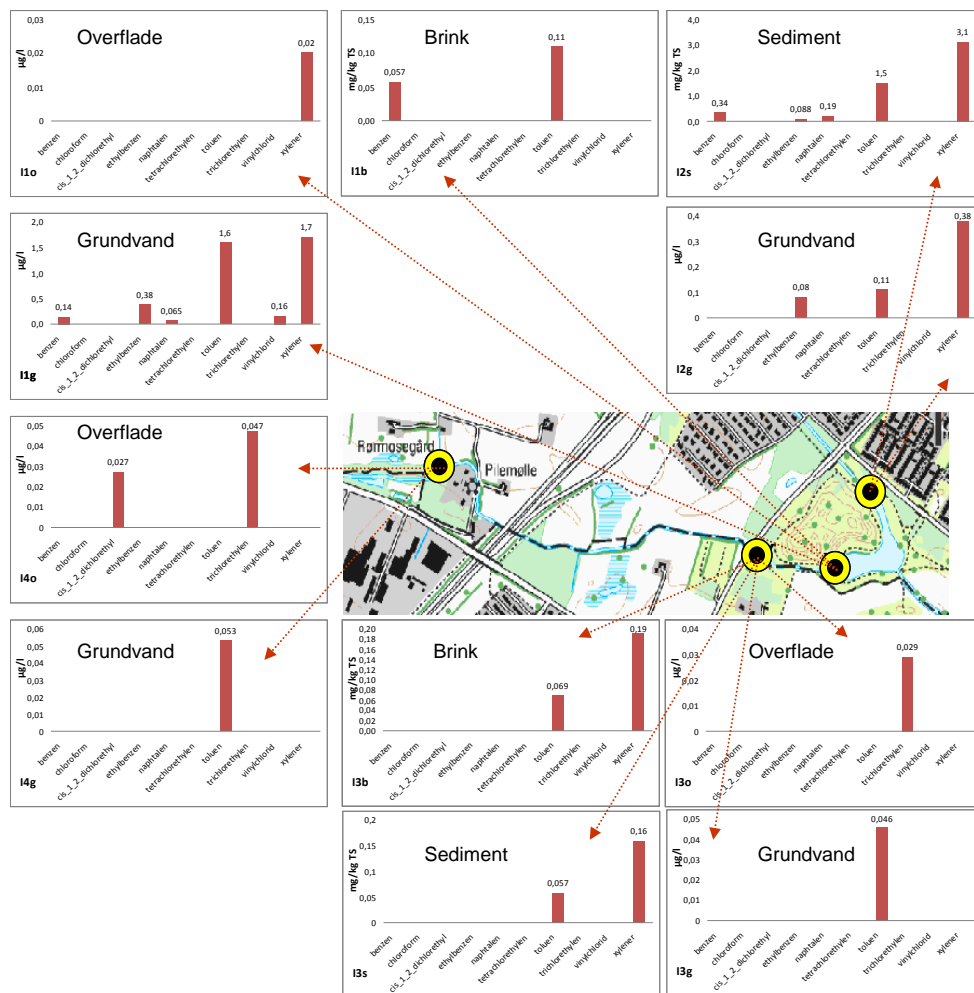
Generelt var det prøver fra overfladevand og ferskvandssediment, der gav anledning til påvisninger i Herning, kun en grundvandsprøve udtaget i 4,5 m dybde ved depotet (h0g) viste et indhold af ethylbenzen, toluen og xylener. I projektet blev der ikke udført egentlig fanekarakterisering, og de påviste niveauer var som nævnt lave. Med disse forbehold er det dog interessant at de nordøstlige prøvestationer var uden påvisninger mens de nordvestlige stationer havde påvisninger, og samtidig placeret i en grundvandsfane som blev foreslået i forbindelse med Kommunens undersøgelse af området (kilde: Herning Kommune, opfølgende undersøgelse, 1996).



Figur 11 Herning, påvisninger i prøver af overfladevand, sediment og grundvand. Maksimale værdier vises for påviste forureningskomponenter og pilene angiver hvor prøverne er udtaget. Der vises kun grafer for de prøvetagningssteder, matricer og stoffer, hvor der er gjort fund. Eksempelvis er de tre nordøstlige prøvetagningsstationer også monitoreret, men der blev ikke påvist forureningskomponenter i prøverne. Detaljer om såvel påvisninger som blanke prøver findes i afsnit 1

Ishøj

En sammenstilling af maksimale niveauer for fund på stationerne i Ishøj vises i Figur 12. På denne lokalitet var der påvisninger i alle de undersøgte matricer ud over jord. Stoffet toluen blev påvist på mange stationer og i forskellige matricer, dog uden at kvalitetskravene blev overskredet. I forhold til anvendeligheden af brinkprøver versus ferskvandssediment prøver blev billedet mindre klart ud fra Ishøj resultaterne. Således blev der påvist indhold af benzen og toluen i brinkprøver fra station i1 uden samtidig påvisninger i sediment, mens det omvendte blev fundet for station i2. Set i forhold til Herning var påvisningerne mere udbredte i Ishøj. Igen tages der forbehold for at datagrundlaget er begrænset og de påviste niveauer lave, men der kunne tænkes en sammenhæng med at Ishøj lokaliteten generelt er belastet fra tilstedeværelsen af flere depoter end Herning lokaliteten.



Figur 12 Ishøj, påvisninger i prøver af overfladevand, brinkprøver, sediment og grundvand. Maksimale værdier vises for påviste forureningskomponenter og pilene angiver hvor prøverne er udtaget. Der vises kun grafer for de prøvetagningssteder, matricer og stoffer, hvor der er gjort fund. Detaljer om såvel påvisninger som blanke prøver findes i afsnit 1

Generalisering af resultater og metodeafprøvning

Resultaterne af prøvetagningerne på de to lokaliteter viser ikke tegn på udbredte overfladevandsforureninger med de undersøgte klorerede forbindelser. Dermed giver dataanalysen ikke anledning til øget opmærksomhed på koblingen mellem jordforureninger og overfladevandsforureninger. I forhold til en generalisering er det væsentligt at bemærke at der er mange prøver uden påvist indhold af de analyserede forureningskomponenter. Samtidig er der i de tilfælde, hvor der blev påvist indhold, tale om lave niveauer (Tabel 6 og 7 samt Bilag 1). En højere grad af generalisering af resultaterne vil kunne opnås ved at karakterisere forureningsudbredelser i jord og grundvandsmagasinerne i større detailgrad, og inddrage detaljeret kendskab til depoter, forureningstyper og hydrogeologi. Dette ligger dog ikke indenfor rammerne af det aktuelle projekt. I forhold til yderligere anvendelsesområder for det afprøvede princip ”koblet monitoring” er der et potentiale for at kombinere med egentlig fane karakterisering og modellering af såvel grundvand som overfladevandssystemerne.

8 Konklusioner

Principperne og metoderne afprøves med henblik på den nationale overvågning (den operationelle overvågning og evt. undersøgelsesovervågning). I projektet indgår to lokaliteter som Herning (depot 657-00045) og Ishøj (depot 183-00001 mfl.). Baggrunden for pilotprojektet var et vidensbehov i forhold til mulighederne for at identificere og overvåge potentielle problemområder, hvor jordforureninger kunne være kilde til forurening af overfladevand, herunder områder hvor grundvandsmagasiner indgår. Som en del af databearbejdningen vurderes om resultaterne giver anledning til en revidering af antagelsen om, at forurening af fra jordforurening ikke er et generelt problem.

I en pilotundersøgelse er der forud for pilotprojektet etableret et grundlag for at vurdere mulighederne for og relevansen af at gennemføre en koblet monitoring under overvågningsprogrammet NOVANA. Fokus har derfor ikke været karakterisering af en aktuell forureningsfanes udbredelse, men afprøvningen af et princip for en mere udbredt, national monitoring. De genererede data bidrager desuden til at afklare om udsivning af jordforurening via grundvand kan være et generelt problem i forhold til forurening af overfladevand. På såvel Herning som Ishøj lokaliteten blev der påvist forureningskomponenter i prøver fra grundvand, overfladevand, brink og ferskvandssediment. Generelt var de påviste niveauer lave i forhold til kvalitetskravene for grundvand og jord, men det konkluderes at det anvendte design for koblet monitoring vil være anvendelig i en overvågningssammenhæng. På baggrund af projektets resultater kan det ikke entydigt afgøres om brinkprøver kan foretrækkes frem for sedimentprøver. Resultaterne fra Herning indikerer, at ferskvandssediment kunne være en mere følsom parameter, men en tilsvarende klar tendens kan ikke ses af resultaterne fra Ishøj.

I en monitoringsammenhæng vil koblingen mellem jordforureninger og det omgivende akvatiske miljø bidrage til at afklare om der er generelle påvirkninger af miljøet som kan henføres til jordforureninger i et område. De valgte lokaliteter repræsenterer dels et område med en ret afgrænset forurening (Herning) og en lokalitet med en mere udbredt forekomst af depoter og forureninger, herunder klorerede opløsningsmidler (Ishøj).

Det afprøvede princip vurderes egnet til et nationalt monitoringsprogram. På baggrund af de etablerede data på de to områder er der ikke fundet tegn på udbredte overfladevandsforureninger med de undersøgte klorerede forbindelser. Dataanalysen giver derfor ikke anledning til øget opmærksomhed på koblingen mellem jordforureninger og overfladevandsforureninger. I forhold til en generalisering skal det bemærkes, at datagrundlaget er begrænset idet det er baseret på 2 pilotlokaliteter, hvor fanekarakterisering, grundvandsstrømninger og modellering m.m. ikke indgår. Desuden indeholder datasættet mange ikke kontaminerede prøver suppleret med påvisninger af forureninger på lave niveauer. Projektet kan derfor ikke anvendes til at frifinde jordforureninger som et generelt problem i forhold til overfladevand, da en sådan slutning ville indeholde en stor risiko for "falsk negativ" fejllantagelser.

Det afprøvede princip for koblet monitoring vil også kunne anvendes i områder, hvor der er kendte depoter, og hvor der ønskes større indsigt i en aktuel forurening. Principperne for identifikation af potentielt relevante depoter, baseret på bl.a. beliggenheden af depoterne nær ved ferskvandsområder blev etableret i det forudgående designprojekt (vedlagt som bilag 2) kunne implementeres sammen med metoderne til koblet monitoring.

9 Referencer

- Anon. Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. 3. 2005. København, Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. Vejledning fra Miljøstyrelsen.
- Ditlefsen, C, Sørensen, J, Pallesen, T. M., Pedersen, D., Nielsen, O. B., Christiansen, C., Hansen, B., and Gravesen, P. Jordprøver fra grundvandsboringer. 1. 2008. København, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. GEO-vejledning.
- Glensvig, D., Bote, T. V., Glensvig, D., Ullum, M., and Kjølholdt, J. COWI rapport - PS Phase 3 Report version 04-12-2006-lmu-040107-OKI. Under udarbejdelse. 2008. Miljøstyrelsen.
- Grøn, C., Falkenberg, J. A., Weber, K., and Kjeldsen, P. Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand. 3. 2003. København, Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration, hovedrapport.
- Linderoth, H. C. L. Punktkilder i relation til overfladevand og beskyttede naturområder. In prep. 2008. København, Miljøstyrelsen.
- Broholm K et al. 2000. Transport and biodegradation of creosote compounds in clayey till, a field experiment. *Journal of Contaminant Hydrology* 41: 239-260.
- Embedslægeinstitutionen, 2002. Jordforurening og sundhedsrisiko. Beskrivelse af den sundhedsmæssige betydning af jordforurening med bly og benz(a)pyren i Københavns og Frederiksberg kommuner. 2002. Embedslægeinstitutionen for Københavns og Frederiksberg kommuner, Embedslægeinstitutionen for Frederiksborg Amt.
- Falkenberg AS og Riis CE. 2002. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Miljøprojekt nr 662, Miljøstyrelsen.
- Kidd et al. 2007. Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *PNAS*. 104 : 8897-8901
- Nielsen et al. 1997. Er kvælstofholdige tjære- og kreosot-forbindelser det egentlige forureningsproblem? I Løkke, H (ed) *Miljøfremmede stoffers skæbne*, Miljøforskning 33: 55-64. Det Strategiske Miljøforskningsprogram.
- Vaisberg et al. 1966. Composition of bicyclic aromatic hydrocarbons in catalytic cracking oil. *Chemistry and Toxicology of Fuels and Oils*. 2:223-227.

1 Bilag - data

prøvetagning 2008

Prøver udtaget	29/10	31/10	20/11	21/11	24/11	09/12	10/12	Sum
Herning 0g	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 0j	1	.	.	.	.	.	.	1
Herning 1b	.	.	1	.	.	1	.	2
Herning 1g	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 1j	.	.	1	.	.	.	.	1
Herning 1o	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 1s	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 2b	.	.	1	.	.	1	.	2
Herning 2g	.	.	1	.	.	1	.	2
Herning 2j	.	.	1	.	.	.	.	1
Herning 2o	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 2s	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 3b	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 3g	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 3j	1	.	.	.	.	.	.	1
Herning 3o	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 3s	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 4b	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 4g	.	.	1	.	.	1	.	2
Herning 4j	1	.	1	.	.	.	.	2
Herning 4o	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 4s	1	.	1	.	.	1	.	3
Herning 5b	.	.	.	.	.	1	.	1
Herning 5o	.	.	.	.	.	1	.	1
Herning 5s	.	.	.	.	.	1	.	1
Ishøj 1b	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 1g	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 1j	.	1	.	.	.	.	.	1
Ishøj 1o	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 1s	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 2b	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 2g	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 2j	.	1	.	.	.	.	.	1
Ishøj 2o	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 2s	.	1	.	1	.	.	1	3
Ishøj 3b	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 3g	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 3j	.	.	.	1	.	.	.	1
Ishøj 3o	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 3s	.	.	.	1	.	.	1	2
Ishøj 4b	.	.	.	.	1	.	1	2
Ishøj 4g	.	.	.	.	1	.	1	2
Ishøj 4j	.	.	.	.	1	.	.	1
Ishøj 4o	.	.	.	.	1	.	1	2
Ishøj 4s	.	.	.	.	1	.	1	2
Sum	16	8	20	13	5	20	16	98

fundne stoffer - alle matricer

Herning Oversigt stofparametre	fund #	ej påvist #
benzen	1	55
BTEX	0	56
chloroform	1	55
cis-1,2-dichlorethyl	0	56
1,2-dibromethan	0	56
1,1-dichlorethan	0	56
1,2-dichlorethan	0	56
1,1dichlorethylen	0	56
ethylbenzen	2	54
halogenerede kulbrinter	0	56
Kulbrinter nC11-25	14	42
Kulbrinter nC26-35	8	48
Kulbrinter nC6-10	1	55
Kulbrinter total	14	42
naphtalen	1	55
olie i jord	0	56
tce nedbrydningsprodukt	0	56
tetrachlorethylen	2	54
tetrachlormethan	0	56
toluen	5	51
trans-1,2-dichlorethylen	0	56
1,1,1-trichlorethan	0	56
trichlorethylen	2	54
vinylchlorid	0	56
xylener	2	54

Ishøj Oversigt stofparametre	fund #	ej påvist #
benzen	4	38
BTEX	0	42
chloroform	0	42
cis-1,2-dichlorethyl	4	38
1,2-dibromethan	0	42
1,1-dichlorethan	0	42
1,2-dichlorethan	0	42
1,1dichlorethylen	0	42
ethylbenzen	3	39
halogenerede kulbrinter	0	42
Kulbrinter nC11-25	15	27
Kulbrinter nC26-35	11	31
Kulbrinter nC6-10	2	40
Kulbrinter total	15	27
naphtalen	3	39
olie i jord	0	42
tce nedbrydningsprodukt	0	42
tetrachlorethylen	1	41
tetrachlormethan	0	42
toluen	17	25
trans-1,2-dichlorethylen	0	42
1,1,1-trichlorethan	0	42
trichlorethylen	6	36
vinylchlorid	3	39
xylener	11	31

fundne stoffer - grundvand og overfladevand

Herning Oversigt stofparametre	fund #	Middel µg/l	Min µg/l	Max µg/l	ej påvist #
Parameter					
benzen	0	.	.	.	26
BTEX	0	.	.	.	26
chloroform	1	0.03	0.03	0.03	25
cis-1,2-dichlorethyl	0	.	.	.	26
1,2-dibromethan	0	.	.	.	26
1,1-dichlorethan	0	.	.	.	26
1,2-dichlorethan	0	.	.	.	26
1,1dichlorethylen	0	.	.	.	26
ethylbenzen	1	0.07	0.07	0.07	25
halogenerede kulbrinter	0	.	.	.	26
naphtalen	0	.	.	.	26
tce nedbrydningsprodukt	0	.	.	.	26
tetrachlorethylen	2	0.06	0.02	0.09	24
tetrachlormethan	0	.	.	.	26
toluen	3	0.05	0.02	0.12	23
trans-1,2-dichlorethylen	0	.	.	.	26
1,1,1-trichlorethan	0	.	.	.	26
trichlorethylen	2	0.02	0.02	0.02	24
vinylchlorid	0	.	.	.	26
xylener	1	0.04	0.04	0.04	25

Ishøj Oversigt stofparametre	fund #	Middel µg/l	Min µg/l	Max µg/l	ej påvist #
Parameter					
benzen	1	0.14	0.14	0.14	19
BTEX	0	.	.	.	20
chloroform	0	.	.	.	20
cis-1,2-dichlorethyl	4	0.04	0.03	0.05	16
1,2-dibromethan	0	.	.	.	20
1,1-dichlorethan	0	.	.	.	20
1,2-dichlorethan	0	.	.	.	20
1,1dichlorethylen	0	.	.	.	20
ethylbenzen	2	0.23	0.08	0.38	18
halogenerede kulbrinter	0	.	.	.	20
naphtalen	1	0.07	0.07	0.07	19
tce nedbrydningsprodukt	0	.	.	.	20
tetrachlorethylen	1	0.02	0.02	0.02	19
tetrachlormethan	0	.	.	.	20
toluen	10	0.20	0.02	1.60	10
trans-1,2-dichlorethylen	0	.	.	.	20
1,1,1-trichlorethan	0	.	.	.	20
trichlorethylen	6	0.07	0.02	0.12	14
vinylchlorid	3	0.07	0.02	0.16	17
xylener	4	0.53	0.02	1.70	16

fundne stoffer – Brink og ferskvandssediment

Herning	fund	Middel	Min	Max	ej påvist
Oversigt stofparametre	#	Mg/kg TS	Mg/kg TS	Mg/kg TS	#
Parameter					
benzen	1	0.09	0.09	0.09	29
BTEX	0	.	.	.	30
chloroform	0	.	.	.	30
cis-1,2-dichlorethyl	0	.	.	.	30
1,2-dibromethan	0	.	.	.	30
1,1-dichlorethan	0	.	.	.	30
1,2-dichlorethan	0	.	.	.	30
1,1dichlorethylen	0	.	.	.	30
ethylbenzen	1	0.04	0.04	0.04	29
halogenerede kulbrinter	0	.	.	.	30
Kulbrinter nC11-25	14	18.43	6.10	96.00	16
Kulbrinter nC26-35	8	73.75	33.00	250.00	22
Kulbrinter nC6-10	1	1.80	1.80	1.80	29
Kulbrinter total	14	60.78	6.10	350.00	16
naphtalen	1	0.10	0.10	0.10	29
olie i jord	0	.	.	.	30
tce nedbrydningsprodukt	0	.	.	.	30
tetrachlorethylen	0	.	.	.	30
tetrachlormethan	0	.	.	.	30
toluen	2	0.12	0.07	0.17	28
trans-1,2-dichlorethylen	0	.	.	.	30
1,1,1-trichlorethan	0	.	.	.	30
trichlorethylen	0	.	.	.	30
vinylchlorid	0	.	.	.	30
xylener	1	0.25	0.25	0.25	29

Ishøj	fund	Middel	Min	Max	ej påvist
Oversigt stofparametre	#	Mg/kg TS	Mg/kg TS	Mg/kg TS	#
Parameter					
benzen	3	0.18	0.06	0.34	19
BTEX	0	.	.	.	22
chloroform	0	.	.	.	22
cis-1,2-dichlorethyl	0	.	.	.	22
1,2-dibromethan	0	.	.	.	22
1,1-dichlorethan	0	.	.	.	22
1,2-dichlorethan	0	.	.	.	22
1,1dichlorethylen	0	.	.	.	22
ethylbenzen	1	0.09	0.09	0.09	21
halogenerede kulbrinter	0	.	.	.	22
Kulbrinter nC11-25	15	127.63	5.50	1300.00	7
Kulbrinter nC26-35	11	107.82	27.00	260.00	11
Kulbrinter nC6-10	2	6.60	1.20	12.00	20
Kulbrinter total	15	345.09	5.50	3600.00	7
naphtalen	2	0.14	0.09	0.19	20
olie i jord	0	.	.	.	22
tce nedbrydningsprod	0	.	.	.	22
tetrachlorethylen	0	.	.	.	22
tetrachlormethan	0	.	.	.	22
toluen	7	0.33	0.06	1.50	15
trans-1,2-dichlorethylen	0	.	.	.	22
1,1,1-trichlorethan	0	.	.	.	22
trichlorethylen	0	.	.	.	22
vinylchlorid	0	.	.	.	22
xylener	7	0.62	0.05	3.10	15

punkter med fund i en eller flere matricer

Herning		Prøver med påvisning	Prøver uden påvisning
Oversigt over punkter med fund			
h0	ethylbenzen	1	3
	tetrachlorethylen	1	3
	toluen	1	3
	xylener	1	3
h1	benzen	1	11
	ethylbenzen	1	11
	Kulbrinter nC11-25	3	9
	Kulbrinter nC26-35	2	10
	Kulbrinter total	3	9
	toluen	1	11
	trichlorethylen	1	11
h2	chloroform	1	10
	toluen	2	9
	trichlorethylen	1	10
h3	Kulbrinter nC11-25	4	9
	Kulbrinter nC26-35	2	11
	Kulbrinter total	4	9
h4	Kulbrinter nC11-25	5	8
	Kulbrinter nC26-35	2	11
	Kulbrinter total	5	8
h5	Kulbrinter nC11-25	2	1
	Kulbrinter nC26-35	2	1
	Kulbrinter nC6-10	1	2
	Kulbrinter total	2	1
	naphtalen	1	2
	tetrachlorethylen	1	2
	toluen	1	2
	xylener	1	2

Se Figur 3 for placering af prøvetagningslokaliteter

Ishøj		Prøver med påvisning	Prøver uden påvisning
Oversigt over punkter med fund			
i1	benzen	2	10
	cis-1,2-dichlorethyl	1	11
	ethylbenzen	1	11
	Kulbrinter nC11-25	2	10
	Kulbrinter nC26-35	1	11
	Kulbrinter total	2	10
	naphtalen	1	11
	tetrachlorethylen	1	11
	toluen	4	8
	trichlorethylen	2	10
	vinylchlorid	3	9
	xylener	3	9
	i2	benzen	1	11
ethylbenzen		2	10
Kulbrinter nC11-25		5	7
Kulbrinter nC26-35		4	8
Kulbrinter nC6-10		1	11
Kulbrinter total		5	7
naphtalen		1	11
toluen		5	7
i3	xylener	4	8
	cis-1,2-dichlorethyl	1	8
	Kulbrinter nC11-25	4	5
	Kulbrinter nC26-35	4	5
	Kulbrinter total	4	5
	toluen	4	5
	trichlorethylen	2	7
i4	xylener	3	6
	benzen	1	8
	cis-1,2-dichlorethyl	2	7
	Kulbrinter nC11-25	4	5
	Kulbrinter nC26-35	2	7
	Kulbrinter nC6-10	1	8
	Kulbrinter total	4	5
	naphtalen	1	8
	toluen	4	5
	trichlorethylen	2	7
xylener	1	8	

Se Figur 7 for placering af prøvetagningslokaliteter

Detailoplysninger for fund - Herning

Herning, Prøver med påvisninger		N	Mean ^a	Min ^a	Max ^a
h0g	ethylbenzen	1	0.07	0.07	0.07
	tetrachlorethylen	1	0.02	0.02	0.02
	toluen	1	0.02	0.02	0.02
	xylener	1	0.04	0.04	0.04
h1b	Kulbrinter nC11-25	1	9.60	9.60	9.60
	Kulbrinter nC26-35	1	39.00	39.00	39.00
	Kulbrinter total	1	49.00	49.00	49.00
h1o	trichlorethylen	1	0.02	0.02	0.02
h1s	benzen	1	0.09	0.09	0.09
	ethylbenzen	1	0.04	0.04	0.04
	Kulbrinter nC11-25	2	10.50	10.00	11.00
	Kulbrinter nC26-35	1	33.00	33.00	33.00
	Kulbrinter total	2	27.00	11.00	43.00
h2o	toluen	1	0.07	0.07	0.07
	chloroform	1	0.03	0.03	0.03
	toluen	2	0.07	0.02	0.12
	trichlorethylen	1	0.02	0.02	0.02
h3b	Kulbrinter nC11-25	1	35.00	35.00	35.00
	Kulbrinter nC26-35	1	52.00	52.00	52.00
	Kulbrinter total	1	87.00	87.00	87.00
h3s	Kulbrinter nC11-25	3	11.70	6.60	19.00
	Kulbrinter nC26-35	1	48.00	48.00	48.00
	Kulbrinter total	3	27.70	6.60	67.00
h4b	Kulbrinter nC11-25	3	7.00	6.10	8.50
	Kulbrinter nC26-35	1	38.00	38.00	38.00
	Kulbrinter total	3	19.83	6.10	47.00
h4s	Kulbrinter nC11-25	2	14.15	8.30	20.00
	Kulbrinter nC26-35	1	82.00	82.00	82.00
	Kulbrinter total	2	54.15	8.30	100.00
h5b	Kulbrinter nC11-25	1	12.00	12.00	12.00
h5o	Kulbrinter nC26-35	1	48.00	48.00	48.00
	Kulbrinter total	1	60.00	60.00	60.00
	tetrachlorethylen	1	0.09	0.09	0.09
h5s	Kulbrinter nC11-25	1	96.00	96.00	96.00
	Kulbrinter nC26-35	1	250.00	250.00	250.00
	Kulbrinter nC6-10	1	1.80	1.80	1.80
	Kulbrinter total	1	350.00	350.00	350.00
	naphtalen	1	0.10	0.10	0.10
	toluen	1	0.17	0.17	0.17
	xylener	1	0.25	0.25	0.25

^a Mg/kg TS For påvisninger i brink (b) og ferskvandssediment (s), µg/l for overfladevand (o) og grundvand (g)

Detailoplysninger for fund – Ishøj

Ishøj, Prøver med påvisninger	N	Middel ^a	Min ^a	Max ^a
i1b benzen	1	0.06	0.06	0.06
toluen	1	0.11	0.11	0.11
i1g benzen	1	0.14	0.14	0.14
ethylbenzen	1	0.38	0.38	0.38
naphtalen	1	0.07	0.07	0.07
toluen	1	1.60	1.60	1.60
vinylchlorid	3	0.07	0.02	0.16
xylener	1	1.70	1.70	1.70
i1o cis-1,2-dichlorethyl	1	0.05	0.05	0.05
tetrachlorethylen	1	0.02	0.02	0.02
toluen	1	0.02	0.02	0.02
trichlorethylen	2	0.07	0.02	0.12
xylener	1	0.02	0.02	0.02
i1s Kulbrinter nC11-25	2	23.00	11.00	35.00
Kulbrinter nC26-35	1	46.00	46.00	46.00
Kulbrinter total	2	46.00	11.00	81.00
toluen	1	0.07	0.07	0.07
xylener	1	0.06	0.06	0.06
i2b Kulbrinter nC11-25	2	26.50	13.00	40.00
Kulbrinter nC26-35	2	47.50	29.00	66.00
Kulbrinter total	2	76.00	42.00	110.00
i2g ethylbenzen	1	0.08	0.08	0.08
toluen	2	0.07	0.03	0.11
xylener	2	0.20	0.02	0.38
i2o tolue	1	0.03	0.03	0.03
i2s benzen	1	0.34	0.34	0.34
ethylbenzen	1	0.09	0.09	0.09
Kulbrinter nC11-25	3	443.00	10.00	1300.00
Kulbrinter nC26-35	2	128.50	27.00	230.00
Kulbrinter nC6-10	1	12.00	12.00	12.00
Kulbrinter total	3	1218.67	10.00	3600.00
naphtalen	1	0.19	0.19	0.19
toluen	2	0.80	0.10	1.50
xylener	2	1.57	0.05	3.10
i3b Kulbrinter nC11-25	2	106.00	12.00	200.00
Kulbrinter nC26-35	2	149.00	38.00	260.00
Kulbrinter total	2	255.00	50.00	460.00
toluen	1	0.07	0.07	0.07
xylener	1	0.19	0.19	0.19
i3g tolue	1	0.05	0.05	0.05
i3o cis-1,2-dichlorethyl	1	0.03	0.03	0.03
toluen	1	0.03	0.03	0.03
trichlorethylen	2	0.06	0.03	0.08
i3s Kulbrinter nC11-25	2	69.00	69.00	69.00
Kulbrinter nC26-35	2	130.00	120.00	140.00
Kulbrinter total	2	200.00	190.00	210.00
toluen	1	0.06	0.06	0.06
xylener	2	0.23	0.16	0.29
i4b Kulbrinter nC11-25	2	10.45	5.90	15.00
Kulbrinter nC26-35	1	50.00	50.00	50.00
Kulbrinter total	2	35.45	5.90	65.00
i4g tolue	2	0.04	0.03	0.05
i4o cis-1,2-dichlorethyl	2	0.04	0.03	0.05
toluen	1	0.03	0.03	0.03
trichlorethylen	2	0.07	0.05	0.10
i4s benzen	1	0.13	0.13	0.13
Kulbrinter nC11-25	2	57.75	5.50	110.00
Kulbrinter nC26-35	1	180.00	180.00	180.00
Kulbrinter nC6-10	1	1.20	1.20	1.20
Kulbrinter total	2	147.75	5.50	290.00
naphtalen	1	0.09	0.09	0.09
toluen	1	0.42	0.42	0.42
xylener	1	0.46	0.46	0.46

^a Målt på TC. For påvisninger i bræk (b) og forurensningsmiddel (c) og (d) for overflødvand (a) og

Stationer med påvisning - ikke kvantificerbar

	Antal prøver for påviste parametre	
	BTEX	Olie i jord
Herning 0g	2	.
Herning 1b	.	1
Herning 1o	1	.
Herning 1s	.	1
Herning 2o	3	.
Herning 3b	.	1
Herning 3o	1	.
Herning 3s	.	3
Herning 4b	.	3
Herning 4o	1	.
Herning 4s	.	1
Herning 5b	.	1
Herning 5o	1	.
Herning 5s	.	1
Ishøj 1b	.	1
Ishøj 1g	3	.
Ishøj 1o	3	.
Ishøj 1s	.	2
Ishøj 2b	.	2
Ishøj 2g	2	.
Ishøj 2o	1	.
Ishøj 2s	.	3
Ishøj 3b	.	2
Ishøj 3g	1	.
Ishøj 3o	2	.
Ishøj 3s	.	2
Ishøj 4b	.	2
Ishøj 4g	2	.
Ishøj 4o	2	.
Ishøj 4s	.	2

Forkortelser: brink (b) og ferskvandssediment (s), overfladevand (o) og grundvand (g)
 Se Figur 3 og Figur 7 for placering af stationer

2 Bilag – baggrundsrapport

Det her afrapporterede projektet er baseret på en tidligere afklaring af problemstillingen. Afrapporteringen af den aktivitet indgår i dette bilag

Forslag til projekt om egnede lokaliteter, stoffer og prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand

Udarbejdet af GEUS¹ og Århus Universitet, DMU² i samarbejde med MST som oplæg til NOVANA

^vRené K. Juhler¹, Ole Sortkjær² og Anders Johnsen¹

Indhold

FORORD	3
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	5
SUMMARY AND CONCLUSIONS	7
1 INTRODUKTION	9
1.1 FORMÅL	9
1.2 BAGGRUND	9
1.3 PROJEKTETS ORGANISATION	10
2 METODER	11
2.1 DATABEHANDLING OG KOBLING TIL EKSISTERENDE UNDERSØGELSER OG DATA	11
3 VALG AF KEMISKE ANALYSEPARAMETRE	15
3.1 BAGGRUND FOR OVERVÅGNING AF FORURENINGSKOMPONENTER I MILJØET	15
3.2 BAGGRUND FOR OVERVÅGNING AF FORURENINGSKOMPONENTER I JORDFORURENINGER	16
3.3 BAGGRUND FOR GRUNDEVANDSFORURENINGER	20
3.3.1 Miljøfremmede stoffer i NOVANA	20
3.3.2 Hydrologi	22
3.3.3 Processer og skæbnestudier	23
3.4 ANALYSEMETODER SOM FORUDSÆTNING FOR MONITERING	24
4 METODIK FOR PRØVETAGNING	25
4.1 PRØVETAGNING I MILJØUNDERSØGELSER	25
4.2 JORD	25
4.3 GRUNDEVAND	25
4.4 OVERFLADEVAND	26
4.5 ANBEFALET PRØVETAGNINGSTRATEGI	26
5 UDVÆLGELSE AF EGNED E LOKALITETER	29
5.1 RESULTATER AF DATABASE ANALYSE	29
5.2 OPLÆG TIL MULIGE LOKALITETER FOR ET PILOTPROJEKT	30
5.3 FORURENINGSTYPER PÅ DE MULIGE LOKALITETER	31
KONKLUSION OG ANBEFALING	33
6 OPLYSNINGER OM MULIGE LOKALITETER - BILAG 1	35
7 STOFGRUPPERS FOREKOMST PÅ LOKALITETER - BILAG 2	41

Forord

Projektets formål var at identificere egnede lokaliteter, stoffer og prøvetagningsmetodik, der kan danne basis for en pilotundersøgelse af udsivning af jordforurening til overfladevand via grundvand og umættet zone i jord. Det primære formål var at etablere et grundlag for en evt. gennemførelse af prøvetagning, analyser og databearbejdning i et screeningsprojekt under overvågningsprogrammet NOVANA.

Projektet indeholdt følgende aktiviteter:

Valg af kemiske analyseparametre

I projektet er der udarbejdet et forslag til et sæt af kemiske analyseparametre.. Prioritet er givet til de forureningsstoffer, der mistænkes for at kunne udsive fra en jordforurening til overfladevandet, og erfaringer fra det nationale overvågningsprogram og centrale danske rapporter er inddraget. Desuden diskuteres relevansen af nedbrydningsprodukter fra forureningsstofferne, samt centrale parametre som redoxforhold, pH og lignende, der kan have betydning for en vurdering af stoffernes nedbrydning og spredning.

Metodik for prøvetagning

Ud fra de lokale forhold på de foreslåede lokaliteter opstilles et prøvetagningsprogram for hver lokalitet. Prøvetagningerne omfatter grundvand og overfladevand og evaluerer mulighederne for inddragelse af jord og sediment prøver. Desuden perspektiveres mulige bidrag fra drænvand og anden overfladenær afstrømning. Anbefalinger til princip for prøvetagninger i både grundvand og overfladevand er givet således at resultaterne skal kunne bruges i en vurdering af, om en konstateret forurening i overfladevandet stammer fra grundvandet eller en anden kilde.

Udvælgelse af egnede lokaliteter til prøvetagning

Med baggrund i viden om lokaliteter med jordforurening og de anbefalede stoffer og prøvetagningsprincipper foreslås eksisterende lokaliteter med jordforureninger, som kan indgå i et pilotprojekt. Der identificeres pilotlokaliteter med jord- og grundvandsforurening, som formodes egnet til en screeningsundersøgelse af koblingen mellem jordforureninger og påvirkning af overfladevand via udstrømning gennem jord og grundvand. I udvælgelsen af lokaliteter indgår specifikke oplysninger om forureningsstoffer og deres spredning, geologi og hydrogeologi, samt typen af overfladevand. Resultaterne i rapportudkast fra COWI (Glensvig *et al.* 2008) og Orbicon (Linderoth 2008) om jordforurening og overfladevand indgik med særlig vægt, ligesom viden om eksisterende prøvetagningslokaliteter har fået særlig vægtning i udvælgelsen.

Sammenfatning og konklusioner

Rapporten er udarbejdet som basis for et pilotprojekt rettet mod en koblet monitoring af jordforureninger, grundvand og overfladevand. Rapporten giver anbefalinger, der kan danne baggrund for et pilotprojekt for fremtidige undersøgelser, hvor der er konkret mistanke om påvirkning af overfladevand fra jordforurening. I anbefalingerne indgår at et sådan pilotprojekt skal give mulighed for at revurdere antagelsen om, at forurening af overfladevand fra jordforurening generelt ikke er et problem.

I en rapport fra Orbicon (Linderoth 2008) er det udført en omfattende dataanalyse af sammenhænge mellem jordforureningstyper og afstande til overfladevand. Med udgangspunkt i denne databehandling kunne mulige lokaliteter for et pilotprojekt eftersøges ved yderligere dataanalyse. Analyse af jordforureninger i et rapportudkast fra COWI (Glensvig *et al.* 2008) er også inddraget.

I et pilotprojekt vil det være centralt at afklare muligheder for at udføre en sammenhængende monitoring af forureningers kobling og transport i og mellem de tre matricer:

Jordforurening som kilde



Transport i grundvand og jord



Forureningsbelastning i overfladevand

En egnet lokalitet for et pilotprojekt vil ligge i nærheden af overfladevand, men samtidig vil det være ønskeligt at der er en vis afstand mellem jordforureningen og overfladevandet så aspekter om koblingen via grundvandsmagasinet kan inddrages. I analysen er der derfor afsat et afstandsinterval mellem jordforureningen og overfladevandet på 10 til 300 meter. I analysen blev "afstand til vandløb" og "afstand til sø" medtaget, d.v.s "afstand til kyst" blev ikke inddraget. Inden for de afgrænsede lokaliteter blev der foretaget en analyse af forureningstyper.

Ud fra forureningernes geografiske placeringer blev der foretaget en afstandsanalyse til grundvandsboringer. Grundvandsboringernes data blev indhentet fra NOVANA boringsdatabasen, hvorefter afstande mellem de udtrukne mulige jordforureningslokaliteter blev sammenholdt med afstand til nærmeste grundvandsboring, som ville kunne anvendes til en monitoring.

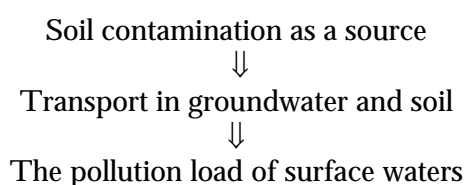
På baggrund af databaseanalysen kunne der identificeres 202 mulige lokaliteter for en pilotundersøgelse. På de identificerede lokaliteter muliggør afstandsforholdene en overvågning af koblingen mellem jordforureninger, grundvand og overfladevand. Blandt de identificerede lokaliteter anbefaler vi at undersøge depot nr. 189-00040, beliggende ved den tidligere flyvestation Værløse. De relevante stoffer vil være olie-benzin og tjære komponenter. Endvidere blev "Collstropgrunden" syd for Esum Sø udpeget som en mulig lokalitet med et måleprogram rettet mod arsen. Hvis der ønskes fokus på klorholdige komponenter vil forureningslokaliteter ved Herning og Ishøj kunne indgå i et pilotprojekt.

Summary and conclusions

The present report was prepared to form a basis for a pilot project aimed at a coupled monitoring approach for soil-, groundwater- and surface water pollution. The report offers recommendations that could form the basis for a future pilot project, at sites where soil contamination possibly influences surface waters. Such a pilot project would also offer an opportunity to reassess the assumption that the contamination of surface waters from the soil, generally, is not a problem.

In an Orbicon report (Linderoth 2008), an extensive data analysis of correlations between soil types and distances to the surface was performed. Locations that could be potential sites for a pilot project were identified by further data analysis. A preliminary evaluation of soil contaminants (Glensvig *et al.* 2008) has also been included in the background material of the present report.

A core issue of a pilot project would be to clarify the feasibility of carrying out a comprehensive monitoring of the coupling between pollution and transport within and between the three matrices:



A suitable site for a pilot project would be located in the vicinity of surface waters, however, some distance between the soil pollution and the surface water is desirable to be able to evaluate transport interactions between these domains via the groundwater aquifer. Consequently, the analysis aimed at identifying locations with some spacing (10 to 300 meters) between the polluted site and the surface water. The parameters of the analysis were "distance to river" and "distance to lake", whereas "distance to coast" was not included. The types of pollution were analyzed within the identified areas.

Based on the geographical positions of the identified sites, a distance analysis for presence of groundwater monitoring wells was made. The data was gathered from the national NOVAVA database. In the analysis, the distance between the identified soil contamination sites were compared with the distance to the nearest ground water monitoring well.

202 possible locations for a pilot study were identified in the database analysis. At these sites, the distance parameters makes possible a pilot experiment for a coupled monitoring of soil-, groundwater- and surface water pollution. Based on the data analysis, three sites are recommended for consideration for a pilot project: 1/ a former Airport area at Værløse where the relevant contaminants would be oil, gasoline and tar components. 2/ "Collstropgrunden" south of Lake Esrom focusing on arsenic and other inorganic compounds and 3/focus on chlorine-containing components involving two locations at Herning and Ishøj.

1 Introduktion

1.1 Formål

Projektets formål var at identificere egnede lokaliteter, stoffer og prøvetagningsmetodik der kan danne basis for en undersøgelse af udsivning af jordforurening til overfladevand via jord og grundvandsmagasiner. Formålet var at etablere et grundlag for en evt. gennemførelse af prøvetagning, analyser og databearbejdning i et screeningsprojekt under Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA).

1.2 Baggrund

Implementeringen af vandrammedirektivet medfører, at der kan stilles krav om at reducere udsivning fra jordforureninger, som måtte give anledning til forurening af overfladevand. I hvilket omfang, der bliver brug for at stille sådanne krav, afhænger af, hvordan forskellige processer i jord, grundvand og overfladevand påvirker en sådan udsivning til overfladevand. Dette er i dag dårligt belyst, da fokus inden for jord- og grundvandsforurening i Danmark har været rettet mod andre elementer i overvågningen, herunder beskyttelse af drikkevand og menneskers sundhed.

Implementeringen af vandrammedirektivet medfører således et behov for øget viden om koblingen mellem jordforureninger og påvirkning af overfladevand via udstrømning gennem jord og grundvand. For at tage hul på denne problemstilling har Miljøstyrelsen foreslået et screeningsprojekt under NOVANA 2008 med det formål at undersøge jordforureningers påvirkning af overfladevand.

For at definere omfang af og fremgangsmåde for screeningsprojektet skal der foretages en udvælgelse af lokaliteter der er egnede til prøvetagning, ligesom der skal fastlægges en metodik for prøvetagning, kemiske analyser og databearbejdning. Rapportens forskellige afsnit beskriver disse aspekter og giver forslag til hvorledes et pilotprojekt kan designes.

I et pilotprojekt vil det være nødvendigt at prioritere blandt de mange mulige stoffer, som kunne indgå. Dermed kan et pilotforsøg give størst mulig baggrund for at vurdere, om en koblet monitorering af jordforureninger som kilde til forurening af grundvand og overfladevand kan gennemføres. I prioriteringen af stoffer til et pilotprojekt lægges der vægt på følgende karakteristika:

- Mulighed for analyse af stofferne.
- Stoffernes opløselighed i vand.
- Nedbrydelighed / forsvindingstid i de relevante matricer.
- Sorptionsegenskaber, herunder hydrologiske aspekter og mulig transport af stoffer med lav opløselighed på bunden form.
- Kemisk/fysiske egenskaber (anioner, kationer, syreregenskaber o.l.)
- Prioritet som følge af bekendtgørelser, direktiver, konventioner og indrapporteringsforpligtelser.

- Toksikologiske aspekter.
- Anvendelser og mulige spredningsveje.
- Kendskab til eksisterende forureninger hvor jordforureninger, grundvand og overfladevand kan monitoreres sammenhængende.

I en rapport fra COWI (Glensvig *et al.* 2008) er der foretaget en vurdering af hvilke af de prioriterede stoffer, der i tilfælde af jord- og grundvandsforurening, kan forventes at udgøre en risiko for overskridelse af Kommissionens foreslåede miljøkvalitetskrav for overfladevandområder. Nærværende rapport inddrager COWI-analysens resultater, idet en lang en lang række af de ovenstående egenskaber indgår i COWI-analysen af de prioriterede stoffer.

1.3 Projektets organisation

Projektet blev udført som et samarbejde mellem GEUS og Århus Universitet, DMU. Fra GEUS deltog René K. Juhler (projektleder) og Anders Johnsen. Fra Århus Universitet, DMU deltog Ole Sortkjær. GEUS var hovedansvarlig for opgavens gennemførelse, og DMU's væsentligste bidrag var fagligt input til stofrelevans i forhold til overfladevand, samt afklaring af metodik der egner sig til en sammenhængende prøvetagning. Ole Kiilerich var kontaktperson i Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen har bidraget både gennem finansiering og ved at give input til projektet, især i forhold relateret til jordforureninger.

2 Metoder

Udredningen og databearbejdningen har fokus på at projektet skal identificere faktorer, som kan have betydning for spredning af jordforurening til overfladevand på de konkrete lokaliteter.

De overfladerecipienter, der indgår i projektet, er begrænset til vandløb og søer. Der foreligger i øjeblikket ingen entydig definition af disse naturtyper, og af hensyn til kontinuiteten er definitionen fra den tidligere Orbicon rapport (Linderoth 2008) videreført. Dermed er følgende afgrænsninger anvendt:

Vandløb

Datagrundlaget for vandløb baseres dels på det oprindelige hydrologiske referencenet udarbejdet af amterne, og dels det samlede EIS-temakort over vandløb indhentet fra 'Arealinfo' på 'Miljøportalen'.

Søer

Søer afgrænses ud fra EIS-data fra 'Arealinfo' på 'Miljøportalen', hvor der i tabellen 'Beskyttede naturtyper' (paragraf 3-områder) er valgt 'Beskyttede naturtyper : Sø' i kolonnen 'Objekttekst', som det bedste bud på et samlet grundlag for søer. Denne sortering betyder, at alle mindre søer og gadekær i princippet indgår i definitionen, men disse mindre overfladevande er dog nedprioriteret i udvælgelsen af lokaliteter for et evt. pilotprojekt

Der foreligger et nyere kortlægningsarbejde af ca 22.000 forurenede lokaliteter hvor der er udarbejdet et overblik over lokaliteternes placering i forhold til overfladevande og naturområder (Linderoth 2008). Rapporten, der blev udarbejdet af Orbicon, satte fokus på lokaliteternes potentielle belastning af overfladevande og naturområder. Et centralt formål var at skabe et samlet overblik over de kendte og de potentielle forureningskilder, som kunne bidrage til forurening af overfladevande. Nærværende projekt har inddraget resultaterne fra Orbicon-redegørelsen, og desuden er der inddraget viden om eksisterende monitoringsområder i det nationale overvågningsprogram NOVANA.

I projektet er der særlig fokus på de stoffer, som indgår i EU Kommissionens forslag af juli 2006 om et datterdirektiv til Vandrammedirektivet vedrørende såkaldt prioriterede stoffer og dermed sammenfald med de stoffer der er behandlet af (Glensvig *et al.* 2008).

2.1 Databehandling og kobling til eksisterende undersøgelser og data

Formålet med databehandlingen var at afklare, om der var lokaliteter som kunne anvendes til en koblet monitoring. Den optimale lokalitet ville således være kendetegnet ved:

- Der er en kendt jordforurening af et rimeligt omfang
- Lokaliteten ligger i nærheden af sø eller vandløb. I databehandlingen er der anvendt grænserne 10m til 300m til nærmeste sø eller vandløb.

Oplysninger om afstande til sø og vandløb er baseret på oplysninger i (Linderoth 2008)

- Forekomst af boringer til grundvandsmonitoring, som kan anvendes i et pilotprojekt. Oplysninger om boringers placeringer er indhentet fra boringsdatabasen i NOVANA hvor LOOP og GRUMO boringer er medtaget
- Der skal være geografiske og hydrologiske forhold, som sandsynliggør at forureningen kan følges fra jordforureningen gennem grundvand og jordmatricen til vandløb eller sø
- Der skal være mulighed for at prøvetage i den nærliggende sø og/eller vandløb

Metoden for udvælgelse af mulige pilotlokaliteter er skitseret i Figur 1 og kan opsummeres således:

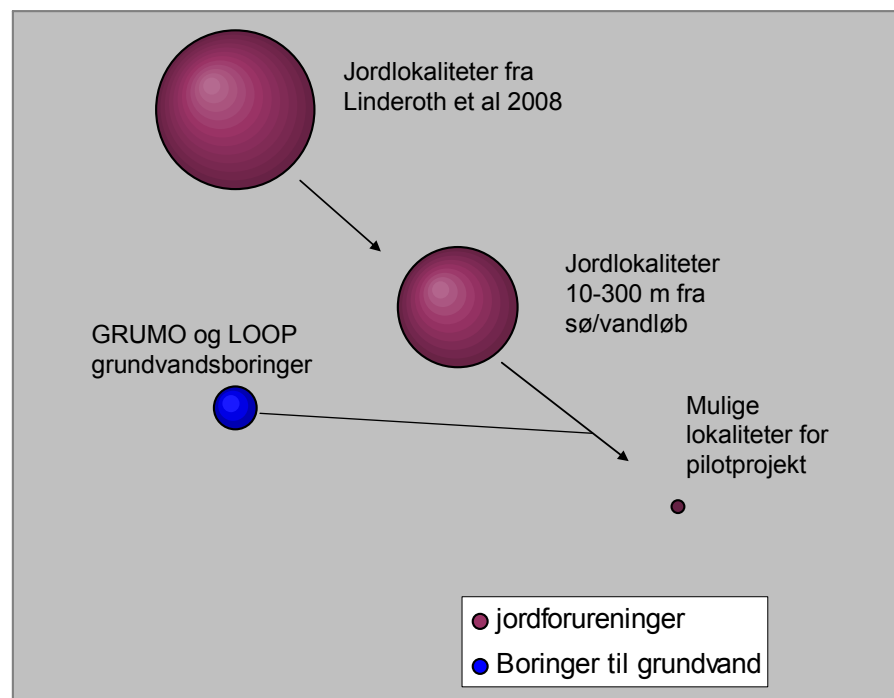
1. I første filtrering udvælges lokaliteter, der ligger indenfor intervallet 10m til 300m fra nærmeste sø eller vandløb, disse betegnes "V" lokaliteter (V angiver nærhed til vand)
2. De identificerede lokaliteter sammenkøres med oplysninger for LOOF og GRUMO boringers placering i det danske landskab (baseret på UTM32 koordinater)
3. For hver enkelt af de identificerede "V" jordlokaliteter sammenholdes jordforureningens geografiske oplysninger med grundvandsmonitoringens oplysninger om boringernes placeringer. Hver enkelt "V" jordlokalitet placeres i centret af et 2,4x2,4 km kvadrat, og afstande til alle boringer indenfor dette område beregnes
4. En grænse for længste afstand mellem en "V" jordlokalitet og en boring for monitoring af grundvand sættes til 1000m
5. "V" jordforureningslokaliteter, med en eller flere monitoringsboringer for grundvand vil være mulige lokaliteter for pilotundersøgelser og betegnes "P" lokaliteter

Den bruttoliste, der genereres af dataanalysen, kan danne basis for en udvælgelse af et eller flere pilotområder for en sammenhængende monitoring, idet et P-område vil ligge i nærheden af både overfladevand og etablerede boringer til grundvandsmonitoring.

I NOVANA og andre undersøgelsesprogrammer og databaser findes der oplysninger om forureningerne i jord, grundvand og overfladevand. Sammenholdt med kendskabet til forureningerne på de identificerede P lokaliteter kan der opstilles forslag til valg af analysestoffer.

I flere sammenhænge har der været fokus på 4 store forureningssager i Danmark: Cheminova ved Harboøre, Kærgård Plantage, Grindsted Deponier og Collstropgrunden ved Esrum Sø. Som supplement til lokaliteter identificeret ved database sammenkøring diskuteres disse 4 store forureningssagers egnethed for en koblet monitoring.

Lokaliteter og data filtrering



Figur 1. Datafiltrering og sammenkøring af databaser til identifikation af mulige lokaliteter for pilotprojekt

3 Valg af kemiske analyseparametre

3.1 Baggrund for overvågning af forureningskomponenter i miljøet

I 'the American Chemical Society's Chemical Abstracts Service (CAS)' er der indekseret i størrelsesorden 23 millioner organiske og uorganiske kemiske forbindelser (Daughton 2004), og på det europæiske marked er i størrelsesorden 100.000 kemiske stoffer i omløb. I en overvågnings-sammenhæng er det derfor en løbende proces at prioritere de stoffer, som der skal fokuseres på. Indenfor det nationale overvågningsprogram NOVANA foregår der en løbende registrering og vurdering af en lang række forureningskomponenter i det danske miljø, og såvel forekomst som udvikling følges for en række matricer herunder punktkilder, grundvand og overfladevand. Listen over stoffer, der indgår i NOVANA, revideres løbende, og når nye konventioner eller direktiver vedtages evalueres stoflisten, og de relevante matricer for overvågning identificeres. Den stofliste, der i øjeblikket indgår i NOVANA, er således resultatet af en lang række tilpasninger som er gennemført løbende siden de organiske forureninger blev inddraget i overvågningen som følge af vandmiljøplan II.

For at beskytte miljø og ressourcer i forhold til det nationale forsigtighedsprincip og som følge af Danmarks medlemskab i EU, publicerede undersøgelser (nationale såvel som internationale), forpligtelser gennem internationale konventioner (eksempelvis OSPAR, HELCOM) og i forhold til internationale organisationer (som OECD, EUROSTAT og EEA) fremkommer der løbende nye forpligtelser til at overvåge specifikke stoffer i det danske miljø. Indkøringen af sådanne nye stoffer i et nationalt overvågningsprogram som NOVANA forudsætter at en række praktiske redskaber er til stede, eksempelvis skal der foreligge metoder til prøvetagning og analyse af stofferne i de pågældende matricer. At analysere forureningskomponenter i jord er således væsentligt forskellig fra tilsvarende analyse i grundvand og overfladevand. Inden en eventuel inddragelse i NOVANA udføres der derfor udviklingsprojekter og screeningsundersøgelser for udvalgte stoffer, dels for at afklare, om prøvetagning og analysemetoder er tilgængelige og egnede til overvågningen, dels for at afklare hvilke matricer der er relevante.

Flere forhold har betydning, når stoffer til overvågning skal identificeres. I en artikel om "emerging contaminants" er en række centrale aspekter trukket frem:

"Important factors to consider when conducting emerging contaminant analysis of environmental samples include analyte molecular weight, volatility, and polarity; instrument sensitivity and linearity; sample matrix; sample preparation requirements; and analytical requirements by regulatory agencies. Fra (Hoenicke *et al.* 2007)"

Som følge af større internationalt fokus på helhedsbetragtninger i overvågnings-sammenhænge opstår der et øget behov for at koordinere monitoringen på nationalt plan. Koblingen af jordforureninger,

grundvandstransport og overfladevand er et element i en sådan samlet betragtning. Men først må det afklares, om de nødvendige prøvetagningsaspekter og analyseredskaber er til stede og dermed om en samlet monitoring er mulig. Nye stoffer, de såkaldte 'emerging contaminants' (Hoenicke *et al.* 2007), udgør en særlig udfordring i overvågningssammenhænge, men i nærværende projekt fokuserer vi på at inddrage stoffer, hvor der allerede foreligger overvågningserfaring, idet det primære formål med et pilotprojekt vil være at koble matricer og metoder. I det følgende beskrives den eksisterende baggrund for overvågning af forureningskomponenter i de tre matricer der skal indgå i et pilotprojekt:

- Jordforureninger
- Grundvandsmonitoring
- Monitoring af overfladevand

3.2 Baggrund for overvågning af forureningskomponenter i jordforureninger

I Danmark er det regionerne, der står for den offentlige indsats på jordforureningsområdet, og en stor del af den foreliggende viden om eksisterende jordforureninger er koblet til problematikker om forurenede grunde. Såvel regioner som kommuner og Miljøministeriet bidrager til den løbende vidensetablering for området, herunder etableringen af databaser og udarbejdelse af indberetninger (Anon. 2007b), informationsblade fra regionernes "Videncenter for Jordforurening" og rapporter der eksempelvis opsummerer de store jordforureningsager med beskrivelser af konkrete forureningsager og de tiltag der er planlagt for de enkelte lokaliteter (Anon. 2007c). Mange af disse oplysninger er bearbejdet i rapporterne fra COWI (Glensvig *et al.* 2008) og Orbicon (Linderoth 2008), mens der mangler en samlende oversigt over, hvor et pilotprojekt ville kunne udføres, og hvilke stoffer der kunne indgå i et indledende, koblet program.

Meget overordnet kan kemiske jordforureninger inddeles i tre hovedkategorier (Edwards 2002):

1. Agrokemikalier som pesticider (insekticider, acaricider, nematicider, molluscicider, fungicider, herbicider) og gødningsstoffer
2. Industrikemikalier, eksempelvis tungmetaller, flygtige organiske forbindelser (VOC'er), klorerede forbindelser og olie- og benzin komponenter
3. Byspildevand, indeholdende de kemikalier, der finder udbredt anvendelse i husholdningen, men også tungmetaller og mikroorganismer

Mikrobielle forureninger som virus og bakterier indgår ikke i NOVANA og er derfor heller ikke medtaget i betragtningerne i denne rapport. En anden type forureninger er de diffuse forureninger som f.eks. pesticidforurening fra sprøjtning på marker, bly fra trafiksektoren, og PAH-forurening. PAH'erne kommer fra olieprodukter samt ufuldstændig forbrænding af kul og træ, og har ført til en generel overfladeforurening af bymidter og langs hovedfærdselsårer (Falkenberg og Riis, 2002). Undersøgelser i Københavns Kommune viste f.eks. at 21 % af jorden i områder uden mistanke om punktfurening indeholdt over 1 mg per kg af markørtjærestoffet benzo[a]pyren og 5 % indeholdt mere end 400 mg bly per kg. (Embedslægeinstitutionen, 2002).

I NOVANA indgår punktkildeprogrammet, hvor By- og Landskabsstyrelsen er fagdatacenter. Dette delprogram baseres primært på det eksisterende spildevandstilsyn der blev udført i de tidligere amter, nu kommunerne for almindelige virksomheder henholdsvis miljøcentrene for kapitel 5 virksomheder, samt på kommunernes og virksomhedernes egenkontrol. Det overordnede formål med overvågningsprogrammet for punktkilder er (Anon. 2007a):

- Gennem prøvetagning på udledninger fra renseanlæg, regnbetingede udløb og særskilte industrielle udledninger, at gøre det muligt at følge effekterne af reduktionsprogrammerne for kvælstof, fosfor, organisk stof, tungmetaller og miljøfremmede stoffer
- At udarbejde en opgørelse af udledningen af husspildevand uden for kloakopland
- At opgøre belastning med organisk stof, næringsstoffer, relevante tungmetaller og miljøfremmede stoffer fra ferskvandsdambrug og fra saltvandsbaseret fiskeopdræt
- At beregne belastningsbidraget til ferskvand og havet fra punktkilder
- At danne grundlag for opgørelse af afstrømningsbidraget fra diffuse kilder

Punktkildeprogrammet er således ikke direkte rettet mod at overvåge jordforureninger på samme måde som grundvands- eller overfladevandsprogrammet, men de erfaringer der foreligger omkring forekomst af stoffer fra renseanlæg, industrielle udledninger og punktkilder som deponeringsanlæg er af klar relevans når det skal afklares hvilke stoffer der kan prøvetages og analyseres. Inden for punktkildeprogrammet findes viden om en række stoffer, og i forhold til jordforureninger er det også relevant at inddrage erfaringerne fra bl.a. renseanlæg på mindre end 30 personenheder, hvor spildevandet nedsives til jorden. I 2006 var der registret 125 sådanne anlæg. Desuden foreligger der rapporter (Bielecki & Plesner 2001; Boutrup & Plesner 2001; Anon. 2003; Juhler *et al.* 2004) og videnskabelige publikationer (Jensen & Ludvigsen 2001; Byrns 2001), der beskriver en række stoffer og processer med relevans for jordforureninger på national såvel som international niveau.

I et projekt om nedsivning af gråt spildevand blev en række stoffer evalueret med hensyn til risiko for jord og grundvand (Juhler *et al.* 2004). De stoffer, som blev tillagt særligt fokus listes i Tabel 1.

Tabel 1 Stoffer identificeret i projekt om nedsivning af gråt spildevand i det åbne land (Juhler *et al.* 2004)

Stof	Stofgruppe
Nonylfenol	Detergent & hormonforstyrrende stoffer
LAS	Detergent
DEHP	Blødgører
Fenol	Fenoler
m-/p-cresol	Fenoler
Pentaklorfenol	Klorfenol
Hexylcinnamic aldehyd	Duftstof
Triclosan	Baktericid
Phthalater	Blødgører
Dibutylphthalat, DBP	Blødgører
Diethylphthalat, DEP	Blødgører
Octylfenol	Fenoler
TCPP	Fosfortriestre
Phenantren	PAH
Dimethylnaphthalener	PAH

4-klor-3-methylfenol	Klorfenol
Anthracen	PAH
Trifenyfosfat	Fosfortriestre
Bisfenol A	Hormonforstyrrende stoffer
Toluen	Aromatiske kulbrinter

Spildevand fra husholdninger indeholder desuden egentlige hormoner der har effekter i meget lave koncentrationer. Dette gælder naturlige, kvindelige østrogener (østron og 17- β -østradiol) og hormoner fra p-piller (17- α -ethynylestradiol og gestagener). Findes disse stoffer i vandmiljøet kan det have store konsekvenser for de naturlige fiskebestande, f.eks. er 5 ng/l af 17- α -ethynylestradiol i søvand nok til at ændre hormonbalancen i både han- og hunfisk og derved få bestande til at kollapse (Kidd et al. 2007). Det må dog formodes at hormonudvaskningen til vandmiljøet fra nedsivningsanlæg og lignende kilder i jordmiljøet er ubetydelig sammenlignet med de direkte udledninger fra rensningsanlæg.

Det er også kendt fra bl.a. danske undersøgelser at tjærestoffer udgør en hyppig forureningskomponent i jord. Som punktkilder findes tjærestoffer typisk på gamle gasværksgrunde samt i den tungtnedbrydelige fraktion hvor jord er forurenede med olieprodukter. Desuden har tjærestoffer været anvendt som træimprægneringsmiddel (kreosot) i jernbanesveller, telefonpæle og lignende, samt på stejlepladser hvor fiskegarn er tjæret.

Mængdemæssigt er de polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) den største gruppe tjærestoffer. PAH'ernes sammensætning og egenskaber afhænger overordnet af forureningens oprindelse. Tjære fra forbrændingsprocesser, f.eks. stenkulstjære og kreosot, er rig på forbindelser med høj molekylvægt (3-6 koblede benzenringe) og få sidekæder, mens tjærestoffer med petrokemisk oprindelse er domineret af lette komponenter (2-3 koblede benzenringe) der er alkylerede. De tunge PAH'er er ofte mutagene, hvorimod de lette forbindelser mere er akut toksiske. Forskellene i PAH'ernes sammensætning afspejles også i deres mobilitet i jord og vand. De tunge komponenter er uopløselige og sorberer kraftig til jordmatricen, de er derfor langt mindre mobile end de lette komponenter. De tunge komponenter må forventes kun at være mobile i situationer med kraftig kolloidtransport.

I forureningsundersøgelser bestemmes forureningsniveauet ud fra koncentrationerne af udvalgte PAH'er, oftest MST7 eller EPA16, som repræsenterer både lette og tunge forbindelser, men ingen alkylerede PAH'er. I en screeningsundersøgelse af udvaskning til vandmiljøet vil det derimod give bedre mening at fokusere på de lette PAH'er, der er mest mobile. Ved olieforureninger vil det desuden være fornuftigt at inkludere methylnaphthalener der er den største enkeltgruppe af PAH'er i lette olieprodukter (benzin, diesel og fyringsolie) som typisk indeholder omkring 0,3 % naphthalen og 5,3 % methylnaphthalener (Vaisberg, 1966).

Udover PAH'er indeholder tjæreforureninger også en anden gruppe stoffer, nemlig heterocykliske aromatiske forbindelser. Det er tjærestoffer der ligner PAH'erne, men hvor et kulstofatom er udskiftet med et andet atom, oftest svovl, ilt eller kvælstof. Mængdemæssigt udgør denne gruppe mindre en de egentlige PAH'er, men på grund af svovl, ilt eller kvælstofatomet er disse stoffer meget mere vandopløselige og binder mindre hårdt til jordmatricen.

De er med andre ord mobile (Broholm et al., 2000), og vil derfor med større sandsynlighed end de "rigtige" PAH'er kunne udvaskes til vandmiljøet. De heterocykliske forbindelser er giftige, og de N-heterocykliske forbindelser er desuden kraftigt mutagene (Nielsen et al., 1997). Da de generelt nedbrydes langsommere end de tilsvarende "rigtige" PAH'er (Nielsen et al., 1997) vil det være relevant at screene for heterocykliske forbindelser.

Quinoliner og benzothiophener er to hyppigt forekommende 2-ringede, heterocykliske grupper, og dermed mulige screeningskandidater hvis tjæreforureningers udsivning til vandmiljøet skal undersøges. Benzothiophen og alkylerede homologer indeholder et svovlatom, og udgør op mod 2 % af lette olier (Vaisberg, 1966). Quinoliner findes i kreosotbehandlet træ og på gasværksgrunde, og indeholder et kvælstofatom der kan sidde i forskellige positioner i molekylet. Begge grupper er mobile i jord og grundvand (Broholm et al., 2000).

I (Glensvig *et al.* 2008) blev en række prioriterede forbindelser ("priority hazardous substances", PHS) evalueret. PAH forbindelserne var blandt de evaluerede stofgrupper, men stofferne blev screenet ud ligesom pentabrom diphenylether, cadmium og forbindelser, kviksølv og forbindelser, pentachlorbensen som følge af fysiske og kemiske egenskaber, f.eks. lav mobilitet i jord- og grundvandszonen. Gennemgangen af stoffer i Kjølholdt et al. førte frem til en liste af prioriterede stoffer hvor en given jord- og grundvandsforurening kunne give anledning til overskridelse af "Environmental Quality Standards" (EQS) i overfladevandområder:

HCH/lindan	(PHS forbindelse)
Nonylfenol	(PHS forbindelse)
Octylfenol	
Tributyltin og forbindelser	(PHS forbindelse)
Triklorbenzen	
Triklormethan	

Som beskrevet ovenfor skal det dog bemærkes at de heterocykliske forbindelser adskiller sig fra de egentlige PAH'er ved at være mobile og i sammenligning med PAH'er af samme molekyleklasse er der væsentlig større mutagenitet for de stoffer, der indeholder N atomer. Derfor vil det være relevant at genoverveje stofgruppen i forhold til et pilotprojekt, især hvis en kraftig jordforurening med tjære udvælges.

Andre kilder til identifikation af mulige stofkandidater til et pilotprojekt kan findes i bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål ("Slambekendtgørelsen"). Her er der fastsat grænseværdier for både tungmetaller og miljøfremmede stoffer, herunder PAH (se Tabel 2).

I forhold til stofgrupper blev der i (Linderoth 2008) udført en analyse af fordeling af brancher på lokaliteter i en afstand mindre end 100 m fra overfladevand og beskyttede naturområder. De tre hyppigst forekommende brancher i antal, indenfor 100m til nærmeste naturtype, er 'Fyld- og lossepladser', 'Benzin- og servicestationer' og 'Andre virksomheders oplag af olie o.l.'. I samme rapport viste en opgørelse over forekomst af stoffer udført på baggrund af 7.979 lokaliteter at 'Olie-benzin' var den hyppigst fundne stofgruppe (64% af alle lokaliteter), 'Tungmetaller' og 'tjære' fulgte efter med fund på hhv. 30 % og 24 % af lokaliteterne, efterfulgt af 'klorerede opløsningsmidler' (15 %) og 'BTEX'er og lign.' (10 %). Stofgrupperne 'Pesticider' og 'Lossepladsperkolat' forekom kun i 5-10 % af de undersøgte lokaliteter

Tabel 2. Grænseværdier for tungmetaller og miljøfremmede stoffer i slam

	mg pr. kg tørstof	mg pr. kg totalfosfor
Miljøfremmede stoffer		
LAS ¹⁾	1.300	
Σ PAH ²⁾	3	
NPE ³⁾	10	
DEHP ⁴⁾	50	
Uorganiske forbindelser		
Cadmium	0,8	100
Kviksølv	0,8	200
Bly ⁵⁾	120	10.000
Nikkel	30	2.500
Chrom	100	
Zink	4.000	
Kobber	1.000	

1) LAS: Lineære alkylbenzensulfonater.

2) PAH: Polycykliske, aromatiske hydrocarboner. F PAH = F Acenaphthen, Phenanthren, Fluoren, Fluoranthren, Pyren, Benz(b+j+k)fluoranthener, Benz(a)pyren, Benz(ghi)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyren.

3) NPE: Nonylphenol (+ethoxylater). NPE omfatter selve stoffet nonylphenol og nonylphenolethoxylater med 1-2 ethoxygrupper.

4) DEHP: di(2-ethylhexyl)phthalat.

5) Blyværdien er 60 mg pr. kg tørstof eller 5.000 mg pr. kg totalfosfor for privat havebrug. For anvendelse i privat havebrug gælder endvidere arsenværdien 25 mg pr. kg tørstof.

3.3 Baggrund for grundvandsforureninger

3.3.1 Miljøfremmede stoffer i NOVANA

De miljøfremmede stoffer som monitoreres i overvågningsprogrammet er stoffer der normalt ikke forekommer i naturen, og en række af disse stoffer overvåges også i overfladevand. Det er eksempelvis sprøjtemidler, kemiske forbindelser i benzin- og olieprodukter, vaskemidler, og mange produkter fra den kemiske industri der indgår i såvel industrien som husholdningen.

Sprøjtemidlerne (pesticiderne) anvendes direkte i marken til bekæmpelse af ukrudt, skadedyr og svampe. De kan tilføres vandløbene direkte under sprøjtning, eller med vinden, og det der ikke bindes på planter og jord kan vaskes ud i markdrænene med nedsivende regnvand. Denne type forureninger er dog typisk en fladeforurening, hvor forureningen spredes over et større areal og derefter siver ned i jorden eller afstrømmer til overfladevand. I særlige tilfælde som nedgravede pesticiddepoter vil forureningen have karakter af en punktkilde og vil derfor være relevant for en koblet monitoring. Nedgravede depoter af denne type er dog ikke kortlagt i større omfang, og når de påvises bliver miljøet, herunder grundvandsressourcen, oftest beskyttet f.eks. ved opgravning af den forurenede jord. Det er derfor mindre sandsynligt at finde lokaliteter med pesticid forureninger der er egnede til et pilotprojekt.

I spildevand føres mange af de andre miljøfremmede stoffer til rensningsanlæggene, hvor de delvis nedbrydes eller bindes til slammet. Forureningsstoffer i spildevand kan være relevante i en koblet monitoring hvis der kan identificeres jordforureninger som følge af nedsivning af spildevand eller som følge af oversvømmede eller utætte kloaker. Anvendes slammet på markerne kan stoffet nedsive eller ledes bort ved overfladisk afstrømning, og ultimativt nå områder med overfladevand. Generelt er det dog få lokaliteter

som har punktkildekarakter, og i tilfælde med utætte kloaker vil forureningerne desuden være vanskelige at lokalisere. Dermed er spildevandsrelaterede forureninger ikke oplagte kandidater til et pilotprojekt.

De miljøfremmede stoffer kan fordampe selv ved normale udetemperaturer og særdeles let når de opvarmes som i en bilmotor eller kraftværk og derved blive udledt i atmosfæren. Når det regner, vil stofferne igen kunne udvaskes af luften og skylle ud på jorden og videre til vandløbet. Denne type forurening har også karakter af diffus forurening og er dermed mindre relevant for et pilotprojekt.

Fra gammel tid kan der ligge depoter af stoffer som kendes fra tjæregrunde og gamle gasværker. Fra disse kan forurenede vand være drænet ud i vandløbene, og en række af sådanne punktkilder er kendte. Ved større forureninger er der typisk iværksat afværgeforanstaltninger eller jorden er oprenset. Endelig er der forureninger fra industri, hvor det umiddelbart virker mest lovende at finde egnede lokaliteter/stof kombinationer for et pilotprojekt. På lokaliteter med industrirelaterede forureninger forekommer der desuden ofte flere forureningskomponenter, og dette vil være en fordel i en monitoring der skal anvendes til at evaluere mulighed for at koble jordforureninger med grundvand og overfladevand. En kobling mellem punktkilder i jorden, f.eks. benzinstationer og grundvandsforurening med benzinkomponenter, er kendt fra flere forurenede lokaliteter, mens den videre kobling til overfladevand ikke er rapporteret i en dansk sammenhæng. Et fokus på industrielle forureninger underbygges af analysen i Orbicon-rapporten, hvor en opgørelse over forekomst af stoffer på 7.979 lokaliteter med jordforurening viste at 'Olie-benzin' var den hyppigst fundne stofgruppe (64% af alle lokaliteter) efterfulgt af de mindre mobile stoffer indenfor 'Tungmetaller' og 'Tjære'.

Tabel 3. Stofgrupper med relation til den nationale overvågning af vandløb og søer

Stofgruppe	Kilde
Aromatiske kulbrinter	Lossepladser, benzinanlæg, tjærevirksomheder og gasværker
Fenoler	Tjære, kvæg og svinegødning og ved naturlig nedbrydning af organisk stof.
Nonylfenoler og Nonylfenoethoxylater	Fra vaske og rengøringsmidler.
Halogenerede alifatiske kulbrinter	Lossepladser, farve og lakindustri, benzinanlæg kemisk tøjrensning og galvanisering.
Klorfenoler (pentachlorphenol)	Pesticidproduktion, træimprægnering (1956-1979).
Polycykliske aromatiske kulbrinter	Afbrænding af olie og benzin.
Blødgørere (phthatalater) (DEHP)	Plastindustrien.
Anioniske detergenter (LAS)	Vaske- og rengøringsmidler.
Ethere (MTBE)	Benzinafbrænding.
Bekæmpelsesmidler (pesticider)	Landbrug og gartneri.
Tungmetaller	Naturlig i jord, tidligere i benzinafbrænding, bekæmpelsesmidler, gødning, papirindustri, farve og lakindustrien Imprægnering.

I NOVANA tages der prøver fra 5 vandløb og 8 søer, og prøverne analyseres for de stofgrupper, der opsummeres i tabellen ovenfor. En lang række organiske forbindelser med vidt forskellig herkomst kan genfindes i vandløbene og søerne. Sprøjtemidler fra jordbruget er en af de væsentlige grupper, men også tjærestoffer (PAH'er) fra udstødning og andre forbrændingsprocesser findes mange steder i vandmiljøet. Visse tungmetaller findes også i miljøet stammende fra gødningsstoffer, fossil afbrænding og industri. Stoffernes påvirkning af dyre- og plantelivet i vandløbene er ikke

kendt til bunds. Der er dog generelt tale om giftige stoffer, og dermed kan der være en skadevirkning, hvis stofferne findes i høje koncentrationer og/eller over længere tid.

Kun for få af stofferne er der fastsat vandkvalitetskrav til de højest tilladelige koncentrationer i vandmiljøet. Miljøstyrelsens bekendtgørelse 1669 indeholder sådanne målsætninger.

I 2006 blev et eller flere herbicider påvist i hovedparten af de 60 vandprøver (12 prøver fra hvert af de 5 vandløb), der blev analyseret. AMPA, et nedbrydningsprodukt fra Glyphosats (Roundup), fandtes i over 98 % af prøverne, mens moderstoffet glyphosat blev fundet i 70 % af prøverne. Et andet hyppigt fundet stof er BAM. BAM er et nedbrydningsprodukt fra dichlobenil, der blev forbudt i 1997. Men også en lang række andre herbicider eller deres nedbrydningsprodukter fandtes mere eller mindre hyppigt. Samtlige 22 stoffer er fundet i mindst én prøve med en koncentration højere end detektionsgrænsen på 0,01 µg/l. Der er dog store forskelle mellem forekomsten af stofferne i de enkelte vandløb. De 22 herbicidforbindelser består af 14 egentlige herbicider og 8 nedbrydningsprodukter heraf. Flere af herbiciderne må ikke længere anvendes, det gælder diclobenil, DNOC, atrazin, 4-nitrophenol og trichloreddikesyre. På trods af det påvises en række af disse stoffer og deres nedbrydningsprodukter stadig hyppigt. Dette skyldes at de nedbrydes langsomt i miljøet.

Der er i 2006 undersøgt forekomst af 29 andre organiske forbindelser i vandløbene. Samlet var der 348 fund fordelt på 22 stoffer i de 5 vandløb. Der var store forskelle mellem de enkelte vandløb. Det skyldes især de polycykliske aromatiske hydrocarboner, PAH'erne.

Prøvetagningsmetodikken er afgørende for fund af stoffer. Da prøvetagningen skiftede fra vandfase til suspenderet stof øgedes fundantallet for PAH fra 113 i 2004 til 348 i 2006, til trods for at den nye metode kun var brugt på to vandløbssystemer. Ved en ændret prøvetagningsstrategi for pesticider således at prøvetagningen foregår efter nedbørshændelser større end 10 mm pr. dag blev dobbelt så mange pesticider påvist og koncentrationerne var 20-25 gange højere end ved traditionel prøvetagning.

I NOVANA's screeningsprogram for perfluorerede forbindelser (PFAS) og organotin forbindelser blev disse stoffer fundet i punktkilder som f.eks. spildevand fra kommunale rensningsanlæg og industrivirksomheder, samt i vandmiljøet. PFAS anvendes bl.a. i imprægneringsmidler, brandslukningsmidler og smøremidler. Der er restriktioner på vej for anvendelsen af enkelte stoffer inden for denne stofgruppe, fx PFOS. Organotin forbindelser anvendes bl.a. i PVC, silikonematerialer og i bundmaling til skibe, hvor tributyltin (TBT) siden 2003 har været under udfasning. Tidligere blev TBT også anvendt til træimprægnering, ligesom triphenyltin (TPhT) blev anvendt som fungicid i landbruget.

3.3.2 Hydrologi

Der er udviklet en række modeller for modellering af såvel vandtransport som transport af forureningskomponenter i jord og grundvand. En baggrund for udvaskning af stoffer fra punktkilder gives i bl.a. i (Glensvig *et al.* 2008). Kombineret med feltundersøgelser har modellering af forureningsfaner, f.eks. fra lossepladser, givet et væsentligt indblik i mekanismer og koblinger i det hydrologiske kredsløb. Fortynding i grundvandsmagasiner og overfladevand

er et centralt aspekt ved vurderingen af en jordforurening som kilde til forurening af andre matricer. Hydrologien er derfor et væsentligt element når koncentrationer og stofmængder skal vurderes. Det vil derfor være fordelagtigt med en hydrologisk indsigt eller model for en lokalitet hvor et pilotprojekt skal udføres.

3.3.3 Processer og skæbnestudier

Det er velkendt at forureningskomponenter kan omdannes såvel i punktkilden som under transporten gennem jorden. En monitoring skal derfor tage hensyn til såvel udgangsstofferne som væsentlige omdannelsesprodukter. Det kan også være relevant at monitorere følgeparametre, som kan karakterisere redoxforhold m.m. I forhold til de prioriteredes stoffer i NOVANA programmer og andre overvågningsprogrammer er skæbne i jord og vandmatricer generelt rimeligt dokumenteret gennem den internationale litteratur og monitoringsrapporter, eksempelvis er tributyltin i jord og sediment undersøgt i en række studier (Fent 1996; Hoch 2001; Marcic *et al.* 2006; Voulvoulis & Lester 2006).

3.3.3.1 Organiske klorerede forbindelser

Organiske klorerede forbindelser er hyppige forureningskomponenter i jordmiljøet, og i litteraturen foreligger der viden om såvel kilder som skæbne af disse for i jordmiljøet.

En del mikroorganismer i jordmiljøet kan bruge organiske klorerede forbindelser som terminale elektronacceptorer i deres stofskifte, en proces der kaldes halo-respiration og som fjerner klorerede forbindelser fra jordmiljøet. De bedst karakteriserede mikroorganismer, der kan udføre halo-respiration, hører til slægten *Dehalococcoides* der kan nedbryde trikloretylen (TCE) og tetrakloretylen (PCE) (Daprato *et al.* 2007) samt klorfenoler (Adrian *et al.* 2007). Halo-respiration er dog kun energetisk favorabel under meget reducerede forhold. Dette betyder at klorerede forbindelser kan være forholdsvis stabile under aerobe forhold og transporteres til vandmiljøet, hvorimod flere klorerede forbindelser nedbrydes i anaerobe jordmiljøer.

Det er vigtigt at have kendskab til jordens tekstur og struktur i forbindelse med en karakterisering af mulige sammenhænge mellem jord og ferskvandsforureninger. Det må forventes at TCE og PCE er meget mobile i sandjorde, hvor de derfor vil kunne udvaskes til overfladevandet. Det er velbeskrevet at trihalometaner (f.eks. kloroform) transporteres i porøse, aerobe sandjorde, hvorimod de sjældent ses i anaerobt grundvand (Jacobsen *et al.* 2007), sandsynligvis på grund af halo-respiration. TCE og PCE nedbrydes også ved halo-respiration, men her forløber processen ikke altid til ende, og man kan derfor få dannet nedbrydningsprodukterne dikloretylen (DCE) og vinylklorid (Vogel & McCarty 1985). I tillæg til halo-respiration er det for nyligt beskrevet at TCE under laboratorieforhold kan nedbrydes abiotisk i forbindelse med pyritoxidation under iltrige forhold (Pham *et al.* 2008). Det er endnu uvist hvorvidt denne proces forløber under naturlige forhold. Det eneste klorerede mellemprodukt i processen er dikloreddikesyre.

Både TCE og PCE vurderes af det internationale agentur for cancerforskning (IARC) at være sandsynligvis kræftfremkaldende for mennesker (klasse 2A, (Anon. 1995)). Det samme gælder for nedbrydningsproduktet dikloreddikesyre (klasse 2A, (Anon. 2004)). Nedbrydningsproduktet DCE kan ikke klassificeres som kræftfremkaldende på det nuværende grundlag (klasse 3, (Anon. 1999)). Nedbrydningsproduktet vinylklorid er derimod

kræftfremkaldende for mennesker (klasse 1, (Anon. 2009)), dvs. værre end moderstofferne PCE og TCE. I jordforureninger med TCE og PCE er det derfor hensigtsmæssigt også at screene for vinylklorid.

3.4 Analysemetoder som forudsætning for monitorering

Det er centralt for enhver monitorering at der findes analysemetoder til at gennemføre en troværdig kvantitativ analyse i de pågældende matricer på relevante koncentrationsniveauer. For de klassiske NOVANA stoffer foreligger analysemetoder på en eller flere matricer. Metoderne omfatter organiske og uorganiske forureningskomponenter. Metoder til analyse af tributyltin er desuden beskrevet i litteraturen (Wells 1992; Liu *et al.* 1993; Rodriguez-Gonzalez *et al.* 2007; Uveges *et al.* 2007; Martinez-Llado *et al.* 2007). På kommercielle analyselaboratorier er der udviklet analysepakker for klorerede forbindelser til både vandige matricer og jord og sediment. Den brede dækning af matricer, og en væsentlig erfaring med denne kontaminantgruppe, gør at de klorerede organiske forbindelser er velegnede til et pilotprojekt.

4 Metodik for prøvetagning

4.1 Prøvetagning i miljøundersøgelser

I det nationale overvågningsprogram udarbejdes der tekniske anvisninger for stoffer, der indgår i overvågningen. Hvor der foreligger anvisninger, kan der indhentes information om prøvetagning, analyse, afrapportering m.m.. Generelt skal prøvetagning, håndtering og analyse af prøverne i et pilotprojekt designes målrettet mod de forureningskomponenter, der ønskes analyseret. Hvis der f.eks. indgår flygtige forbindelser må man tilpasse hele prøvetagningen og prøvehåndteringen. Generelt anbefales homogenisering og sammenstykning for prøvetagninger af jord, mens en sådan håndtering vil kunne medføre tab af de flygtige komponenter f.eks. klorerede opløsningsmidler. Ligeledes er det vigtigt, at prøverne opbevares i tætte beholdere, og at hele håndteringen og transporten er tilrettelagt så et potentielt tab af forureningskomponenter undgås. I det følgende gives et overblik over prøvetagningsmetodikker, der kan indgå i et pilotprojekt om koblet monitorering.

4.2 Jord

Jordprøver kan anvendes både til en beskrivelse af selve lokaliteten, og til analyse af forureningskomponenter. Der foreligger beskrivelser af metoder til udtagning af jordprøver fra grundvandsboringer (Ditlefsen *et al.* 2008). Når der udtages prøver til analyse af flygtige komponenter er det vigtigt, at jorden hurtigt overføres til prøvebeholderen, som lukkes lufttæt. Under borearbejdet udtages også prøver til tekstur- og evt. sedimentkemiske analyser, så lokaliteterne kan beskrives. Dette kan give viden som kan bruges i vurderinger af stoftransport og udbredelsen af muligt vandførende lag i undersøgelsesområdet.

4.3 Grundvand

I et pilotprojekt vil det være en fordel at inddrage lokaliteter med begrænset afstand til grundvandsspejlet, i praksis mindre end 5m. Dermed bliver det muligt at etablere boringer med håndbor, hvilket er billigere og mere fleksibelt end anvendelse af større maskindrevet boreudstyr. I et pilotprojekt vil boringer blive udført med håndbor indtil 5m dybde. Der udtages prøver til karakterisering af jordprofilen. Boringen etableres med ø 50 mm PEHD rør og med mindst 1m filter i filtersand. Boringen afproppes med bentonit over filtesætningen og afsluttes med mufferrør eller lignende.

Før prøvetagning renpumpes boringen, og ved prøvetagningen måles parametre som pH, og iltindhold, ligesom der bør udtages prøver til grundvandkemisk karakterisering. Ved selve prøvetagningen skal der tages hensyn til stofegenskaberne for de forureningskomponenter, der indgår i pilotprojektet. Eksempelvis vil det ikke være hensigtsmæssigt at udtage prøver med sug, hvis der skal analyseres for flygtige komponenter, og for andre stoffer kan det være nødvendigt at konservere prøverne straks efter udtagningen for at minimere tab af komponenter. I både den danske og den udenlandske litteratur er der vejledninger til udtagning af prøver. I dansk regi

er der udgivet en ” Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand” som opsummerer litteraturen og giver konkrete anbefalinger og vejledninger (Grøn *et al.* 2003), og der foreligger vejledninger til kontrol af vandkvalitet (Anon. 2005) samt tekniske anvisninger udarbejdet i NOVANA (<http://www.dmu.dk/Overvaagning/NOVANA/>).

4.4 Overfladevand

I et pilotprojekt vil det være relevant at tage prøver af såvel ferskvandet som sedimentet i åløbet/søen. Muligvis vil brinkprøver vil være mere egnede end sedimentprøver i en koblet monitoring, og i et pilotprojekt vil det derfor være relevant at udtage og analysere både sediment- og brinkprøver. Prøvetagningen udføres som beskrevet i de tekniske anvisninger under NOVANA som skitseret herunder

Punktprøver i vandløbet

Udtagning af punktprøver i vandløb sker bedst med glasflasker, der umiddelbart før indsamlingen skylles i vandløbsvandet. Under prøvetagningen må det sikres, at flasken fyldes helt op, så der ikke er luft i flasken, når låget er skruet på. Flasken holdes under vandoverfladen for at undgå flydende organiske fragmenter i det strømmende vand og væk fra vandløbsbredden, hvor der kan være stillestående vand med andre koncentrationsforhold end i det strømmende tværsnit. Man skal holde flasken opstrøms det sted hvor man står og i det hele taget være påpasselig for at undgå ophvirvlet materiale fra vandløbsbunden. Indtil analyse opbevares vandprøven mørkt, tildækket og køligt i køletaske i felten og kølerum efter hjemkomst. M.h.t. opbevaringstid for de enkelte analyser henvises der til Referencelaboratoriets metodetablade.

Sedimentprøver i vandløbet

Til udtagning af sedimentsøjlerne anvendes en Kajak-bundhenter, monteret på fast stang. Kajakrør er plexiglasrør med en indre diameter på 52 mm. Sedimentsøjlerne skal udtages på samme måde fra gang til gang. Desuden skal de udtages således at sedimentoverfladen forstyrres så lidt som muligt, og ikke sammenpresse under prøvetagningen. Til opsplittning af sedimentsøjlerne, det være i felten eller laboratoriet, anvendes et stempel til at presse søjlen op til kajakrørets øverste kant, hvor en krave med påmonteret bakke forinden er monteret. De enkelte sedimentskiver (de enkelte dybdeintervaller) fra søjlen skræbes af i bakken inden de overføres til en prøvebeholder.

Brinkprøver

Med et jordbor tages en jordprøve i den dybde, der svarer til sedimentprøven i vandløbet. Prøver tages vertikalt ca. 1 m fra vandløbskant. Prøverne overføres til prøvebeholder.

4.5 Anbefalet prøvetagningsstrategi

Prøvetagningsstrategien vil indeholde hensyn til såvel dataetableringen som økonomien i et pilotprojekt. Ideelt ville et pilotprojekt omfatte modellering af både hydrologi og udbredelse af forureningsfaner. Dybtliggende grundvandsmagasiner ville også indgå da transporten fra en kilde til overfladevand kan omfatte dybereliggende akviferer. Eksempelvis vil forureningskomponenter med høj massefylde (DNAPL's) generelt forekomme i de nedre lag af et magasin i jorden. En sådan omkostningstung prøvetagningsstrategi kan være nødvendig i aktuelle forureningsager, hvor præcis karakterisering af en forureningsfane ønskes. I et pilotprojekt vil fokus

være rettet mod at afklare mulighederne for en monitoring af koblingen mellem jordforureninger, grundvand og overfladevand. Prøvetagningsstrategien vil derfor skulle fokuseres på at afprøve koblingen af monitoringsteknikker fra de tre matricer, en strategi som kun i ringe omfang har været afprøvet tidligere.

Identifikation af lokaliteter og etablering af prøvetagningsstrategien for et pilotprojekt vil således omfatte:

1. Metode til identifikation af egnede lokaliteter hvor en jordforurening ligger indenfor kort afstand af et overfladevandssystem, og hvor grundvandet kan nås med håndboringer (forslag til metode er beskrevet i denne rapport, se afsnit 5)
2. Opsætning af et mindre antal prøvestationer i 1 til 2 udvalgte områder hvor der på en gang kan udtages prøver af jord, grundvand, sediment og overfladevand
3. Udtagning af koblede prøver fra de tre matricer over en tidsperiode på mindst en måned
4. Dataanalyse af de koblede prøvetagninger.
5. Vurdering af strategiens anvendelighed til at evaluere muligheder for udsivning fra jordforurening til overfladevand via grundvand og umættet zone i jord

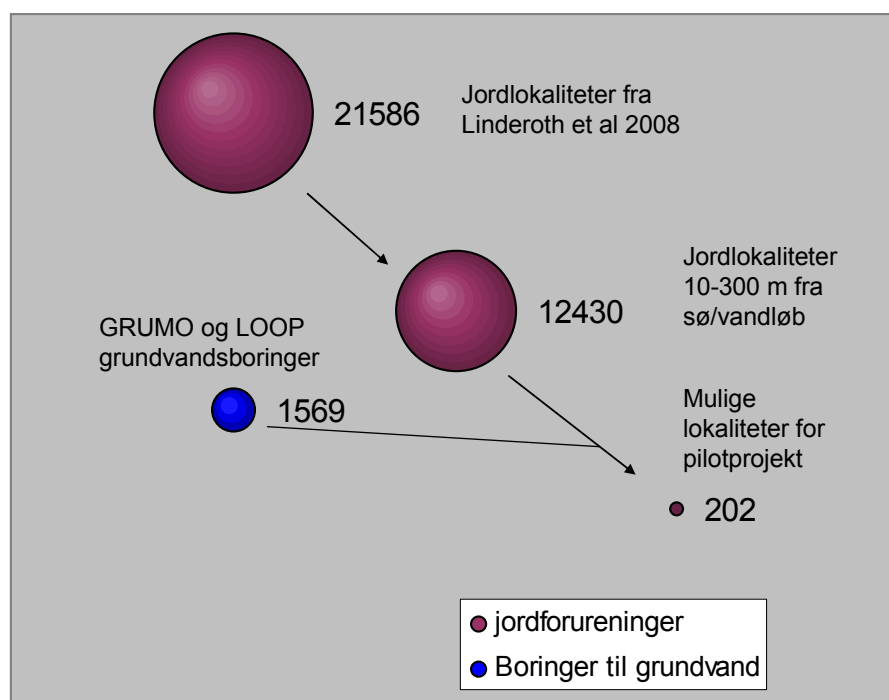
5 Udvælgelse af egnede lokaliteter

De overfladesystemer, der vil indgå i et pilotprojekt, er begrænset til vandløb og søer. Der foreligger et nyere kortlægningsarbejde af mere end 22.000 forurenede lokaliteter der giver et overblik over lokaliteternes placering i forhold til overfladevande og naturområder (Linderoth 2008).

Rapporten, der blev udarbejdet af Orbicon, satte fokus på lokaliteternes potentielle belastning af overfladevande og naturområder. Et centralt formål var at skabe et samlet overblik over de kendte og potentielle forureningskilder, som kunne bidrage til forurening af overfladevande. Nærværende projekt har inddraget resultaterne fra Orbicon-redegørelsen og desuden er der inddraget viden om eksisterende monitoringsområder i det nationale overvågningsprogram NOVANA.

5.1 Resultater af database analyse

Som beskrevet i afsnit 2.1 (side 11) blev oplysninger om nærhed til overfladevand koblet med oplysninger om placering af overvågningsboringer i grundvandsmonitoreringen. Resultatet af analysen er vist på Figur 2. Af de 21.586 jordforureninger var 12.430 indenfor 10m til 300m fra en sø eller et vandløb ("V" lokaliteter). Ved at sammenkøre disse lokaliteter med oplysningerne om GRUMO og LOOP boringer (i alt 1569 boringer) kunne der identificeres 202 mulige lokaliteter for et pilot projekt ("P" lokaliteter). Oplysninger om lokaliteternes adresser gives i bilag 1.



Figur 2. Resultat af dataanalyse og database sammenkøring.

5.2 Oplæg til mulige lokaliteter for et pilotprojekt

En af de største udfordringer ved en koblet jord-grundvand-overflade monitoring er beskrevet i Cowi-rapporten (Glensvig *et al.* 2008):

”There is one major problem regarding the number of relevant sites: In practice it will be difficult to identify the relevant sites, i.e. those that pose a risk to the environment, as the percentage of the total number of sites actually being contaminated and posing a risk is very little. This means that the effort regarding investigations, analysis and assessments to locate these few sites can be very large.”

På denne baggrund kan man evt. anvende en større forurening i et pilotprojekt for at minimere risikoen for manglende måleresultater. I Danmark er der fire store jordforureningssager (bl.a. beskrevet i ”Miljøministerens besvarelse af spørgsmål ’nr. BL’ stillet af Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg MPU bilag 570, som kan ses på <http://www.folketinget.dk/samling/20061/almdel/MPU/Bilag/570/395026.HTM>). De fire lokaliteters forureninger og geografiske placeringer giver ikke umiddelbar mulighed for at lave en koblet monitoring, der retter sig mod de seks organiske forureninger som blev fremhævet af Cowi-rapporten, men hvis de uorganiske komponenter inddrages vil der eventuelt være en mulighed for at designe et overvågningsprogram. De fire lokaliteters egnethed for et pilotprojekt opsummeres således:

Cheminova ved Harboøre

Denne lokalitet betragtes som mindre egnet i et pilotprojekt da den primære udsvivning foregår til Vesterhavet. Lokaliteten og forureningen ved Høfde 42, Harboøre Tange er beskrevet på Miljøstyrelsens hjemmeside http://www.mst.dk/Jord/Forurenede+og+muligt+forurende+grunde/Stoerre_forureningssager/Cheminova.htm

Kærgård Plantage

Denne lokalitet betragtes som mindre egnet i et pilotprojekt da den primære udsvivning foregår til Vesterhavet. Lokaliteten og forureningen er beskrevet på hjemmesiden <http://www.regionsyddanmark.dk/wm210777>

Grindsted Deponier

Der har været en del debat i medierne om denne lokalitet efter fundet af kviksølvforureninger. Ifølge Miljøstyrelsens hjemmeside har forurening spredt sig til terrænnært grundvand og Grindsted å, og der er en igangværende undersøgelse af risiko for drikkevandsboringer. Det kunne være en mulighed at anvende denne lokalitet, evt i randzonen af forureningen, som et ”worst-case” scenario med fokus på uorganiske forureningskomponenter i en koblet jord-grundvand-overflade overvågning.

Collstrupgrunden ved Esrum Sø

Collstrupgrunden er en 6,5 hektar stor parcel i Stenholtsvang. Collstrupgrundens forurening var fremme i medierne efter en artikelserie i bladet Samvirke. Der er også stillet spørgsmål om grunden i Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg. Af ” Miljøministerens besvarelse af spørgsmål nr. BL stillet af Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg” 4. september 2007 fremgår:

”På nuværende tidspunkt ligger Collstrupgrunden uden for jordforureningslovens indsatsområder, idet den ikke er en trussel over

for sundhed eller drikkevand. Forureningen udgør en mulig trussel mod overfladevand – Esrum sø - og implementering af vandrammedirektivet kan betyde, at overfladevand i højere grad skal prioriteres i fremtiden. Forureningen vil derfor skulle vurderes, og det endelige oprydningssbehov afgøres, når de endelige miljømål og indsatsprogrammer for overfladevand bliver fastsat ultimo 2009 af de statslige miljøcentre.”

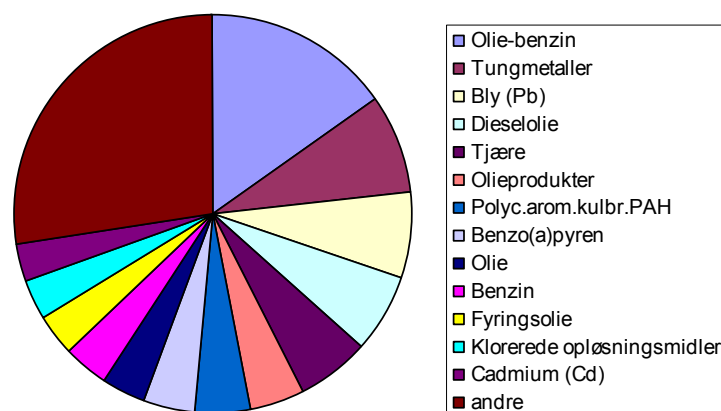
Ligesom ved forureningen på **Grindsted Deponier** kunne det kunne være en mulighed at anvende Collstropgrunden som et ”worst-case” især som følge af placeringen tæt ved Esrum Sø. På denne lokalitet vil der være fokus på arsen og evt. andre uorganiske forureningskomponenter i en koblet jord-grundvand-overflade overvågning.

Klorholdige organiske komponenter

En række jordforureninger er forårsaget af klorerede opløsningsmidler. Ud fra denne betragtning kunne det være relevant at fokusere på denne type forureninger. Ved indlæggelse af et filter blandt de 202 identificerede lokaliteter i databaseanalysen kan der foreslås to lokaliteter beliggende ved Herning (depot 657-00045) og Ishøj (183-00001), hvor monitoringsprincippet kan afprøves. Depotet ved Herning er af mindre størrelse, og i forbindelse med dataanalysen indgik ikke oplysninger om de konkrete forureningsfanernes udbredelse. Depotet i Herning er det mindste af de to foreslåede lokaliteter, mens lokaliteten i Ishøj er kompliceret som følge af et udbredt motorvejsnetværk i området. Til gengæld ligger begge depoter i nærheden af overfladevandssystemer. Ved såvel Herning som Ishøj er der regnvandsbassiner, der er etableret i forbindelse med motorveje. Disse bør ikke indgå i et pilotprojekt, men selv om disse bassiner udtages af monitoringen er der mulighed for at etablere sammenhængende monitoringspunkter i både Herning og Ishøj.

5.3 Forureningstyper på de mulige lokaliteter

På de identificerede lokaliteter findes ofte blandede forureninger. I Figur 3 vises de hyppigst forekommende stofgrupper på de 202 udvalgte lokaliteter. I bilag 2 gives en opgørelse over stoffer og hvor mange lokaliteter den enkelte stofgruppe forekommer på.



Figur 3. Stofgrupper hyppighed som forurening på de udvalgte lokaliteter.

Konklusion og anbefaling

Der er udviklet et princip for identifikation af potentielle problemområder, hvor jordforureninger kan være kilde til forurening af overfladevand, herunder områder hvor grundvandsmagasiner indgår. Sammenkøring af databaser og etablering af filtre til prioritering af kandidat områder til et pilotprojekt er udført i projektet. På baggrund af denne dataanalyse er der identificeret 202 lokaliteter som kunne indgå i en pilotundersøgelse rettet mod at afklare muligheden for at koble jordforureninger med grundvand og overfladevand i en overvågningsammenhæng. Blandt de identificerede lokaliteter prioriteres følgende lokaliteter:

- Depot nr. 189-00040, beliggende ved den tidligere flyvestation Værløse. De relevante stoffer vil være olie-benzin og tjære komponenter
- Blandt de 4 store forureningssager kunne Collstropgrunden og den nærvæd liggende Esrum Sø inddrages. På denne lokalitet vil der være fokus på arsen og evt. andre forureningskomponenter i en koblet jordgrundvand-overflade overvågning
- En pilotundersøgelse rettet mod klorerede forbindelser vil kunne udføres på to lokaliteter: Herning (depot 657-00045) og Ishøj (183-00001)

Det primære formål med et pilotprojekt vil være at etablere et grundlag for en kobling af prøvetagning, analyser og databearbejdning i et screeningsprojekt under overvågningsprogrammet NOVANA. Pilotprojektets fokus vil dermed være at gennemføre en praktisk afprøvning af et koblet monitoringsprincip, som dermed kan bidrage til at afklare om udsivning af jordforurening via grundvand kan være et generelt problem i forhold til forurening af overfladevand. Fokus vil derfor ikke være karakterisering af en aktuel forureningsfanens udbredelse. Desuden vil et pilotprojekt have en begrænset budgetramme. På denne baggrund er der opstillet forslag til prøvetagningsstrategi. Det anbefales at udføre pilotforsøget i et eller flere områder, hvor håndboringer kan anvendes, idet fokus lægges på at undersøge jordforureningsrelaterede komponenter og koblingen via grundvand tæt på overfladevand.

6 oplysninger om mulige lokaliteter - Bilag 1

Lokaliteter identificeret ved sammenkøring af databaser, se Figur 2

DEPOT_NR	AAR	DEPOT_NAVN	DEPOTADR.	POSTNR	AMT
183-00046	2005	baldersvej 2	baldersvej 2	2635	015
183-00016	2005	torslundevej 2	torslundevej 2	2635	015
183-00040	2005	baldershøj 7	baldershøj 7	2635	015
183-00038	2005	baldershøj 36	baldershøj 36	2635	015
183-00036	2005	baldershøj 32	baldershøj 32	2635	015
183-00012	2005	industrikrogen 14	industrikrogen 14	2635	015
183-00007	2005	baldersbækvej 38	baldersbækvej 38	2635	015
183-00025	2005	baldersbækvej 36	baldersbækvej 36	2635	015
183-00042	2005	baldersbækvej 2, 4a, 4b	baldersbækvej 2, 4a, 4b	2635	015
183-00034	2005	baldersbækvej 14	baldersbækvej 14	2635	015
183-00032	2005	industribuen 19	industribuen 19a, 19b, 19e	2635	015
183-00001	2005	industribuen 2/sadolin & holmblad	industribuen 2	2635	015
183-00037	2005	jorddepoter ved hundige s-togsdepot	hundige s-togsdepot	2635	015
183-00018	2005	industrivangen 23	industrivangen 23	2635	015
183-00031	2005	industrivangen 16	industrivangen 16	2635	015
183-00043	2005	industriskellet 22	industriskellet 22	2635	015
183-00005	2005	industriskellet 23	industriskellet 23	2635	015
183-00003	2005	industriskellet 17	industriskellet 17, 19	2635	015
183-00041	2005	pileskovvej 2	pileskovvej 2	2635	015
183-00047	2005	vejlebrovej 76-94	vejlebrovej 86	2635	015
187-00008	2005	gisselfeldvej 4	gisselfeldvej 4	2665	015
187-00003	2005	vejlesvinget 3	vejlesvinget 3	2665	015
187-00002	2005	vejlesvinget 2-4	vejlesvinget 2, 4	2665	015
163-00051	2005	herlev stationsforplads	stationsaleen	2730	015
163-00017	2005	romancevej 16	romancevej 16	2730	015
163-00041	2005	herlev hovedgade 17 - disa	herlev hovedgade 17	2730	015
163-00042	2005	herlev hovedgade 15	herlev hovedgade 15	2730	015
163-00016	2005	symfonivej 35	symfonivej 35	2730	015
159-00199	2005	turbinevej 7	turbinevej 7	2730	015
159-00202	2005	dynamovej 2	dynamovej 2	2730	015
159-00196	2005	mørkhøjvej 155	mørkhøjvej 155	2730	015
159-00203	2005	mørkhøjvej 229-231	mørkhøjvej 229, 231	2730	015
159-00211	2005	dynamovej 12b	dynamovej 12b	2860	015
159-00013	2005	mørkhøj beholderstation	sydmarken 45;knud højgaards vej 2, 5, 9	2860	015
159-00155	2005	sydmarken 37-39	sydmarken 5, 7	2860	015
159-00165	2005	mørkhøj bygade 32b	mørkhøj bygade 32b	2860	015
159-00006	2005	mørkhøj bygade 30	mørkhøj bygade 30	2860	015
159-00001	2005	scandiflex	sydmarken 33a, 35	2860	015
159-00015	2005	mørkhøj bygade 32a	mørkhøj bygade 32a	2860	015
159-00153	2005	tv-byen	tv-byen 1	2860	015
159-00134	2005	sydmarken 27	sydmarken 27	2860	015
159-00167	2005	grønnemose all, 61b	grønnemosevej 61b	2860	015
159-00126	2005	laugårds all, 15-17	laugårds all, 15, 17	2860	015

DEPOT_NR	AAR	DEPOT_NAVN	DEPOTADR.	POSTNR	AMT
159-00198	2005	søborghus all, 23	søborghus all, 23	2860	015
159-00002	2005	søborg hovedgade 31	søborg hovedgade 31	2860	015
157-00043	2005	søborg hovedgade 25-29	søborg hovedgade 25, 27, 29	2860	015
157-00041	2005	søborg hovedgade 17-19	søborg hovedgade 17, 19, 21, 23	2860	015
157-00104	2005	søborg hovedgade 11-13	søborg hovedgade 11, 13	2860	015
157-00136	2005	søborg hovedgade 7 vangedevej 227, 2860	søborg hovedgade 7	2860	015
157-00121	2005	søborg	vangedevej 227	2860	015
157-00005	2005	vangedevej 235-237	vangedevej 235, 237	2860	015
189-00024	2005	vej udfor bygaden 13-15 tidligere flyvestation	bygaden 13, 15	3500	015
189-00039	2005	værløse, bygn 21	lejrvej 49	3500	015
189-00003	2005	sandet losseplads tidligere flyvestation	lejrvej 23, 25, 27, 33, 35;sandet 1	3500	015
189-00040	2005	værløse, øst for tidligere flyvestation	lejrvej 49	3500	015
189-00041	2005	værløse, bygn 80b	lejrvej 49 højgårdshaven 1 og lærkehaven 25-63 og	3500	015
189-00034	2005	tidl. kirkeværløsevej 62	2	3500	015
189-00010	2005	kirke værløsevej 34	kirke værløsevej 34	3500	015
189-00008	2005	kirke værløsevej 32	kirke værløsevej 32	3500	015
189-00020	2005	blendex og novo nordisk	ny vestergårdsvej 21, 23;kirke værløseve	3500	015
189-00019	2005	rekord rens	læssevej 3	3500	015
189-00030	2005	lille værløse skole, ryetvej 1	ryetvej 1	3500	015
189-00028	2005	elsevej 30	elsevej 30	3500	015
215-00072	2005	olieforurening under vej d.d.p.a ved tømremester j.	tibirkevej/bækkebrov ej	3220	020
229-00014	2005	o. jensen	vestergade 12, skuldelev	4050	020
315-00323	2005	tuse næs autoservice / q8 oplag af affald / afbrænding	udbyvej 17	4300	030
315-00327	2005	af kabler	staslundevej 35	4300	030
309-00168	2005	bjerger købmandshandel	bjerger byvej 16	4480	030
317-00138	2005	fuglede trævarefabrik	vestervang 2	4480	030
317-00143	2005	købmand k. jørgensen	flinterupvej 83	4480	030
317-00146	2005	store-fuglede autoværksted	flinterupvej 86	4480	030
327-00086	2005	gulf servicestation	nyledsbakken 39 høve stræde 62 og	4500	030
305-00310	2005	asfaltklumper i jord østsjælland andelsvask (+ 389-8004)	64	4540	030
389-0055	2005		bjlkerupvej 35	4660	035
389-8010	2005	stevnshøjvej 99	stevnshøjvej 99	4660	035
389-0035	2005	smedevirksomhed	vestergade 43	4660	035
389-0034	2005	maskinfabrik autoværksted/servicestation	vestergade 11	4660	035
389-0019	2005	/renseri maskinsnedkeri/b?debygger	rengegade 12	4660	035
389-0050	2005	i	frøsslevvej 4	4660	035
389-0036	2005	trikohl renseri	algade 26	4660	035
389-0004	2005	stevns gasværk	erikstrupvej 15	4660	035
389-0029	2005	berg & friis garveri	højerupvej 7	4660	035
389-0010	2005	jeppesens møbelfabrik	højerupvej 14	4660	035
389-0051	2005	moldow a/s (samme som 389-8001)	højerupvej 20 gydevej, nordlige side	4660	035
389-1113	2005	mergelgrav		4660	035

DEPOT_NR	AAR	DEPOT_NAVN	DEPOTADR.	POSTNR	AMT
389-1114	2005	mergelgrav	gydevej, sydlige side	4660	035
359-1011	2005	mageltving auto & maskinværkst	mageltving m?llevej 1	4920	035
359-0003	2005	rosningen savv?rk a/s olieoplav v.	rosninge skovvej 3	4953	035
461-90040	2005	vognmandsforretning	brændekilde bygade 45	5250	042
461-00164	2005	holmstrup brugs	holmstrupvej 4	5250	042
429-04011	2005	vestfyns kørselskontor harndrup	nederballevej 30	5463	042
429-04024	2005	automobilværksted, shell	rugårdsvej 72	5463	042
429-04023	2005	shell servicestation	rugårdsvej 46	5463	042
461-00024	2005	brændekilde losseplads fyringsolietank,	mosegyden 55	5491	042
485-04014	2005	stærmosevej 121	stærmosevej 121	5690	042
485-00009	2005	toftevej losseplads smedemester svend	kryb i ly vej	5690	042
485-70110	2005	pedersen	dannesbovej 1	5690	042
485-00543	2005	statoil brylle	plougårdsvej 18	5690	042
479-00008	2005	holmstrup huse losseplads	holmstrup huse 10a	5700	042
479-90003	2005	villaolietank	holmstrup huse 1	5700	042
473-70103	2005	smede- og maskinværksted	havrevænget 10	5750	042
473-70105	2005	autogården	hovedvejen 44	5750	042
497-70109	2005	vognmand	vandværksvej 12	5792	042
497-00032	2005	freltofte mose	ved mosevej	5792	042
449-04023	2005	esso service	odensevej 126	5800	042
449-70119	2005	hjulby automatdrejning a/s	krogvænget 5	5800	042
435-50011	2005	uno-x	ørbækvej 12	5882	042
435-04008	2005	oure autoværksted	landevejen 119	5883	042
435-70113	2005	oure smedie	landevejen 156	5883	042
521-10031	2005	tidligere benzinsalg materielgård - nordre	valmuevej 2	6240	050
527-30008	2005	industrivej 20	nordre industrivej 20	6630	050
527-20001	2005	tidligere renseri - frøsvej 5 forurening med fyringsolie,	frøsvej 5	6630	050
623-00600	2005	borgergade 8	borgergade 8	6064	060
623-00063	2005	hovedgaden 4	hovedgaden 4	6064	060
611-00143	2005	samlet sag v1, dsb thyregod	vestre alle 8	7323	060
625-00048	2005	statoil nedlagt mejeri/uno-x	østergade 66	7361	060
609-00028	2005	servicestation	gl. katttrupvej 24	8751	060
625-00022	2005	losseplads, grætttrupvej ii	grætttrupvej 13	8766	060
653-00025	2005	brande fjernvarmecentral	præstevænget 11	7330	065
653-00016	2005	vaskeriet hyvildvej	hyvildvej 36	7330	065
653-00027	2005	cigarhandler e.k. hansen	storegade 26	7330	065
653-30128	2005	dsb station brande	stationsvej 1;gl. arvadvej 1;poppelvej 1	7330	065
653-30114	2005	shell servicestation	vejlevej 30	7330	065
653-40217	2005	autoforhandler kai andresen	chr. bergsvej 3, 5	7330	065
653-00022	2005	gulf-depot	gl. thyregodvej 8	7330	065
653-30118	2005	shell service	vejlevej 89	7330	065
653-00015	2005	brande autoophug	vejlevej 102	7330	065
653-00011	2005	hedeselskabets træindustri	vejlevej 125	7330	065
653-70225	2005	skrotplads/produktandel	grarupvej 27	7330	065
653-30222	2005	indbygning af kulflyveaske	vejdæmning;omfarts vej øst for brande	7330	065
653-00002	2005	losseplads grarupvej	grarupvej 7	7330	065
657-70147	2005	ok-benzin	merkurvej 1	7400	065
657-70733	2005	q8 servicestation	absalonsvej 10	7400	065

DEPOT_NR	AAR	DEPOT_NAVN	DEPOTADR.	POSTNR	AMT
657-00045	2005	maskinfabrikken staalco	birk centerpark 4 industrivej nord 13,	7400	065
657-00048	2005	danstoker/gardit a/s	13a, 13b	7400	065
657-70728	2005	gammel olieforurening hammerum auto & traktor	industrivej nord 25 hammerum	7400	065
657-30136	2005	(bp) dansk shell benzin og servicestation	hovedgade 126 hammerum	7400	065
657-30807	2005	hodsager andelsmejeri	hovedgade 132	7400	065
651-00005	2005	haderup maskinstation. (3)	hovedgaden 39	7490	065
651-40928	2005	villaolietank, solgårdsvej 18	herningvej 12	7540	065
763-00562	2006	betonfabrik	solgårdsvej 18	7800	076
779-00701	2006	jens kjær's auto	søbyvej 3b/35/50	7840	076
779-00213	2006	højslev andelsmejeri	viborgvej 242	7840	076
779-00134	2006	højslev-nr. søby varmeværk	viborgvej 235a, 237	7840	076
779-00178	2006	losseplads, søby	rolighedsvej 6	7840	076
779-00003	2006	fruevejens autoværksted	stholmvej	7840	076
773-00486	2006	nykøbing varmeværk	fruevej 123, 121a	7900	076
773-00197	2006	areal med gasværksaffald	gasværksvej 60 gasværksvej 58;klingsbergsgade	7900	076
773-00302	2006	a/s metallic	49, 56	7900	076
773-00115	2006	gasværksgrund i nykøbing	furvej 3 engparken 2, 4, 6, 8,	7900	076
773-00017	2006	shell service	10, 12, 14, 16, 18	7900	076
773-00174	2006	mekaniker på aagade	vestergade 23, 25	7900	076
773-00470	2006	langebæksgade 28	aagade 6	7900	076
773-00475	2006	kemo vask og rens farveri mortensen & pedersen	langebeksvej 28	7900	076
773-00179	2006	vestergades renseri	aagade 20	7900	076
773-00290	2006	a/s n.a. christensen & co produkthandler c.o.	aagade 5	7900	076
773-00231	2006	christensen olieforurening markedsgade	vestergade 6	7900	076
773-00126	2006	55 c	holgersgade 1	7900	076
773-00221	2006	sterrings produkthandel	nørregade 17	7900	076
773-00469	2006	statoil depot	markedsgade 55c	7900	076
773-00239	2006	gamme modtagestation	aakjærsvej 15	7900	076
773-00122	2006	nedlagt mejeri, drastrup nedlagt træmprægning, drastrup	strandvejen 6	7900	076
791-00187	2006	nedlagt købmand m. benzinsalg, hovedveje offentlig legeplads, lersøparken	kirkebækvej 136	8800	076
851-2250	2005	emdrup vænge 194b	nibevej 122a	9200	080
851-0044	2005	novo	krebsen 2 - 10, drastrup skovvej 33a	9200	080
819-0729	2005	tidligere servicestation	hovedvejen 52	9850	080
101-00163	2005	øens møntvask og rens			
101-00280	2005	heimdalsgade 29-33	lersøparken	2100	101
101-00061	2005	bragesgade 8	emdrup vænge 194b	2100	101
101-00129	2005	hørsholmsgade 4-8	nordre fasanvej 235	2200	101
101-02507	2005	tidligere servicestation	nordre fasanvej 210	2200	101
101-00372	2005	rantzausgade 62-64	jagtvej 2	2200	101
101-00343	2005	integreret institution	heimdalsgade 29-33	2200	101
101-03574	2005	vingelodden 2-4	bragesgade 8	2200	101
101-00130	2005	aldersrogade 30-108	hørsholmsgade 4-8 hans egedes gade	2200	101
101-00360	2005	rudolf steiner børnehaven	10/rantzausgade	2200	101
101-01070	2005		rantzausgade 62-64	2200	101
101-00172	2005		rantzausgade 48	2200	101
101-01726	2005		rantzausgade 48	2200	101
101-01170	2005		vingelodden 2-4	2200	101
			aldersrogade 30-108	2200	101
			stævn's alle 41	2400	101

DEPOT_NR	AAR	DEPOT_NAVN	DEPOTADR.	POSTNR	AMT
		nøkken			
101-01149	2005	vuggestue filosofvænget	filosofvænget 17	2400	101
101-01852	2005	mejsevænget	mejsevænget	2400	101
101-00060	2005	hostmann steinberg grafisk farve-	hejrevej 36	2400	101
101-00032	2005	vilhelm hansen & co. tagensbo	hejrevej 43	2400	101
101-02059	2005	menighedsbørnehave	landsdommervej 35	2400	101
101-00133	2005	bygmestervej 2	bygmestervej 2	2400	101
101-00054	2005	glud & marstrand m.fl	frederiksborgvej 18-42	2400	101
101-00016	2005	hans guldmann	rentemestervej 8-12	2400	101
101-00653	2005	glentevej 10-12	glentevej 10-12	2400	101
101-00055	2005	norden	rebslagervej 11	2400	101
101-01165	2005	dommerparkens børnehave	frimestervej 43	2400	101
101-00518	2005	drejervej 4	drejervej 4	2400	101
101-01859	2005	alexandravej	alexandravej	2400	101
101-00165	2005	tagensvej 188	tagensvej 188	2400	101
101-00015	2005	superfoss dammann luxol	lygten 8a	2400	101
101-03575	2005	frederikssundsvej 366-410	frederikssundsvej 366-410	2700	101
101-00121	2005	nedlagt servicestation	frederikssundsvej 355/marbjergvej	2700	101
101-00080	2005	luxor	kastanie allé 28	2720	101
101-01938	2005	bogholder alle 28-32	bogholder alle 28-32	2720	101
101-00119	2005	nedlagt servicestation københavns metalvarefabrik m.fl	bogholder all é 13-15/Jernbane alle	2720	101
101-00106	2005		gudenåvej 25-29	2720	101
101-00204	2005	godthåbsvej 187	godthåbsvej 187	2720	101

7 Stofgrupper forekomst på lokaliteter – bilag 2

På de identificerede P lokaliteter forekommer der i en række tilfælde blandingsforureninger. I nedenstående tabel gives en oversigt over, hvor mange lokaliteter de enkelte stofgrupper forekommer på

Stofgruppe	Antal lokaliteter
Olie-benzin	1178
Tungmetaller	623
Bly (Pb)	545
Dieselolie	505
Tjære	445
Olieprodukter	358
Polyc.arom.kulbr.PAH	341
Benzo(a)pyren	310
Olie	287
Benzin	280
Fyringsolie	270
Klorerede opløsningsmidler	250
Cadmium (Cd)	228
Trichlorethylen	183
Tetrachlorethylen	175
Lossepladsperkolat	163
BTEX'er og lignende	161
Zink	110
Benzen	109
Kobber (Cu)	96
BTEX	74
Petroleum	73
Pesticider	72
Nikkel (Ni)	63
Cyanid	61
Fenoler	50
Toluen	48
Lossepladsgas	47
Xylen	45
Terpentin	41
MTBE (Methyl-tert-butylether)	38
Dibenz(a,h)anthracen	36
Phenol	31
Chrom, total	30
Andet	29
Arsen	28
Andre aromatiske forbindelser	26
Kviksølv	26
Dichlorethylen	25
Naphthalen	25
Vinylchlorid	24
1,1,1-Trichlorethan	19

Stofgruppe	Antal lokaliteter
Methan	17
Ethylbenzen	16
Cyanid, total	14
Andre	13
Diverse alifatiske forbindelser	11
Olie/fedt	11
Chloroform	8
Benz(a)anthracen	7
Chrom, Hexavalent	7
Tetrachlormethan	7
Acetone	6
Phthalater	6
Chlorerede aromater	5
Klorfenoler	5
Mechlorprop	5
p,p'-DDT	5
Pentachlorphenol	5
Andre metaller	4
Chlorid	4
Dichlorprop	4
Fluoranthen	4
Formaldehyd	4
Hydrocarboner, C8-C15	4
Simazin	4
TEX	4
Atrazin	3
Sulfat	3
VOC	3
Alifatiske kulbrinter	2
Andre chlorerede aromat. forb.	2
Andre halogenerede aromater	2
Aromater (mono- og bicykliske)	2
Benzo(e)pyren	2
Cyanid, syreflygtigt	2
Naphthacen	2
NVOC	2
o-Cresol	2
o-Xylen	2
PCB	2
Phenanthren	2
p-Xylen	2
Pyren	2
Andre cykl. og heterocykl. forb.	1
1,1,2-Trichlorethan	1
Alkoholer	1
Andre halogenerede alifater	1
Aromatiske nitrogen-forbindelser	1
Chlorbenzen	1
Chlorethan	1
Dichlormethan	1
Diethanolamin	1
Dioxan	1
Isobutylmethylketon	1
Jern (Fe)	1
Kem.iltf. COD, total	1

Stofgruppe	Antal lokaliteter
Lindan	1
Malathion	1
MCPA	1
Nitrat	1
Tin (Sn)	1
Trihalomethaner	1

1995. ***Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals***. WHO International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
1999. WHO International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- Anon. Miljøfremmede stoffer under nedsivningsanlæg. 2003. Højbjerg, Århus Amt.
2004. ***Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic***. WHO International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- Anon. Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. 3. 2005. København, Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. Vejledning fra Miljøstyrelsen.
- Anon. Punktkilder 2006. 2007a. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, København. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet; Fagdatacenterrapport.
- Anon. Skriftlig indberetning for 2006 om jordforurening. 2007b. Region Sjælland. Natur og Miljø.
- Anon. Store forureningssager - Afrapportering fra den tekniske arbejdsgruppe. 2007c. Miljøministeriet, København, Miljøstyrelsen og Regionerne i Danmark.
2009. WHO International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- Adrian, L., Hansen, S.K., Fung, J.M., Gorisch, H. & Zinder, S.H. 2007. Growth of Dehalococcoides strains with chlorophenols as electron acceptors. ***Environmental Science & Technology***, **41**, 2318-2323.
- Bielecki, J. & Plesner, V. 2001. Spildevandsrensning i det åbne land. ***Stads- og havneingeniøren***, **6-7**, 40-45.
- Boutrup, S. and Plesner, T. Miljøfremmede stoffer i Århus Amt 1998-2001. Spildevand, overfladisk afstrømning fra befæstede arealer og atmosfærisk deposition. 2001. Højbjerg, Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret. Teknisk Rapport.
- Byrns, G. 2001. The fate of xenobiotic organic compounds in wastewater treatment plants. ***Water Research***, **35**, 2523-2533.
- Daprato, R.C., Löffler, F.E. & Hughes, J.B. 2007. Comparative analysis of three tetrachloroethene to ethene halo-respiring consortia suggests functional redundancy. ***Environmental Science & Technology***, **41**, 2261-2269.
- Daughton, C.G. 2004. Non-regulated water contaminants: emerging research. ***Environmental Impact Assessment Review***, **24**, 711-732.
- Ditlefsen, C., Sørensen, J., Pallesen, T. M., Pedersen, D., Nielsen, O. B., Christiansen, C., Hansen, B., and Gravesen, P. Jordprøver fra grundvandsboringer. 1. 2008. København, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. GEO-vejledning.

- Edwards, C.A. 2002. Assessing the effects of environmental pollutants on soil organisms, communities, processes and ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, **38**, 225-231.
- Fent, K. 1996. Organotin compounds in municipal wastewater and sewage sludge: Contamination, fate in treatment process and ecotoxicological consequences. *Science of the Total Environment*, **185**, 151-159.
- Glensvig, D., Bote, T. V., Glensvig, D., Ullum, M., and Kjølholdt, J. COWI rapport - PS Phase 3 Report version 04-12-2006-lmu-040107-OKI. Under udarbejdelse. 2008. Miljøstyrelsen.
- Grøn, C., Falkenberg, J. A., Weber, K., and Kjeldsen, P. Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand. 3. 2003. København, Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration, hovedrapport.
- Hoch, M. 2001. Organotin compounds in the environment - an overview. *Applied Geochemistry*, **16**, 719-743.
- Hoenicke, R., Oros, D.R., Oram, J.J. & Taberski, K.M. 2007. Adapting an ambient monitoring program to the challenge of managing emerging pollutants in the San Francisco Estuary. *Environmental Research*, **105**, 132-144.
- Jacobsen, O. S., Laier, T., Juhler, R. K., Kristansen, S. M., Dichmann, E., and Grøn, C. Forekomst og naturlig produktion af chloroform i grundvand. 2007. Copenhagen, GEUS. Rapport til Miljøstyrelsen.
- Jensen, F. T. and Ludvigsen, L. Miljømæssige konsekvenser for grundvandet ved nedsivning af tagvand, vejvand, gråt og sort spildevand. 2001. Roskilde Amt. Vandplan Sjælland.
- Juhler, R. K., Jacobsen, O. S., Larsen, C. L., Nilsson, B., and van der Keur, P. Afklaringsprojekt om nedsivning af husspildevand. 1. 2004. Skanderborg, Dansk Vand- og Spildevandsforening, DANVA. Dansk Vand- og Spildevandsforenings forsknings- og udredningsprojekt.
- Linderoth, H. C. L. Punktkilder i relation til overfladevand og beskyttede naturområder. In prep. 2008. København, Miljøstyrelsen.
- Liu, Y., Lopezavila, V., Alcaraz, M. & BECKERT, W.F. 1993. Determination of Organotin Compounds in Environmental-Samples by Supercritical Fluid Extraction and Gas-Chromatography with Atomic Emission Detection. *Hrc-Journal of High Resolution Chromatography*, **16**, 106-112.
- Marcic, C., Le Hecho, I., Denaix, L. & Lespes, G. 2006. TBT and TPhT persistence in a sludged soil. *Chemosphere*, **65**, 2322-2332.
- Martinez-Llado, X., Gibert, O., Marti, V., Diez, S., Romo, J., Bayona, J.M. & de Pablo, J. 2007. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and tributyltin (TBT) in Barcelona harbour sediments and their impact on benthic communities. *Environmental Pollution*, **149**, 104-113.
- Pham, H.T., Kitsuneduka, M., Hara, J., Suto, K. & Inoue, C. 2008. Trichloroethylene transformation by natural mineral pyrite: The deciding role of oxygen. *Environmental Science & Technology*, **42**, 7470-7475.

- Rodriguez-Gonzalez,P., Monperrus,M., Alonso,J.I.G., Amouroux,D. & Donard,O.F.X. 2007. Comparison of different numerical approaches for multiple spiking species-specific isotope dilution analysis exemplified by the determination of butyltin species in sediments. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, **22**, 1373-1382.
- Uveges,M., Abranko,L. & Fodor,P. 2007. Optimization of GC-ICPMS system parameters for the determination of butyltin compounds in Hungarian freshwater origin sediment and mussel samples. *Talanta*, **73**, 490-497.
- Vogel,T.M.& Mccarty,P.L. 1985. Biotransformation of Tetrachloroethylene to Trichloroethylene, Dichloroethylene, Vinyl-Chloride, and Carbon-Dioxide Under Methanogenic Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, **49**, 1080-1083.
- Voulvoulis,N.& Lester,J.N. 2006. Fate of organotins in sewage sludge during anaerobic digestion. *Science of the Total Environment*, **371**, 373-382.
- Wells,D.E. 1992. Extraction and Preconcentration of Organometallic Species from Environmental-Samples. *Mikrochimica Acta*, **109**, 13-21.
- Broholm K et al. 2000. Transport and biodegradation of creosote compounds in clayey till, a field experiment. *Journal of Contaminant Hydrology* 41: 239-260.
- Embedslægeinstitutionen, 2002. Jordforurening og sundhedsrisiko. Beskrivelse af den sundhedsmæssige betydning af jordforurening med bly og benz(a)pyren i Københavns og Frederiksberg kommuner. 2002. Embedslægeinstitutionen for Københavns og Frederiksberg kommuner, Embedslægeinstitutionen for Frederiksberg Amt.
- Falkenberg AS og Riis CE. 2002. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Miljøprojekt nr 662, Miljøstyrelsen.
- Kidd et al. 2007. Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *PNAS*. 104 : 8897-8901
- Nielsen et al. 1997. Er kvælstofholdige tjære- og kreosot-forbindelser det egentlige forureningsproblem? I Løkke, H (ed) *Miljøfremmede stoffers skæbne*, Miljøforskning 33: 55-64. Det Strategiske Miljøforskningsprogram.
- Vaisberg et al. 1966. Composition of bicyclic aromatic hydrocarbons in catalytic cracking oil. *Chemistry and Toxicology of Fuels and Oils*. 2:223-227.

Resumé

Projektet afklarer mulighederne for at monitere sammenhængende forureninger i jord, grundvand og overfladevand. Projektet udføres med henblik på den nationale overvågning (den operationelle overvågning og evt. undersøgelsesovervågning under NOVANA). I alt blev der udtaget og analyseret 98 prøver fra jord, grundvand, overfladevand, sediment og brink. Resultatet af dataanalysen er ikke i modstrid med antagelsen om, at forurening fra jordforurening ikke er et generelt problem i forhold til beskyttelse af overfladevand. Omvendt kan data fra projektet ikke anvendes til at frifinde jordforureninger som et generelt problem i forhold til overfladevand. Det afprøvede princip er fundet egnet til den nationale overvågning.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
DK - 1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk