

Fytoremediering af PAH- og olieforurening på nedlagt asfaltværk

Helle Johannesen & Jacob Jensen

Skude & Jacobsen A/S

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.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 LOKALITETEN	11
1.1 TIDLIGERE FORURENENDE AKTIVITETER	11
1.2 GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI	11
1.3 FORURENING	11
2 AKTIVITETER PÅ GRUNDEN	13
2.1 ANLÆG	13
2.2 DRIFT	13
2.3 MONITERING	14
2.3.1 Jord	14
2.3.2 Grundvand	15
2.3.3 Vandbalance og klimaobservationer	16
2.4 ANDRE PRØVETAGNINGER PÅ LOKALITETEN	16
3 RESULTATER	19
3.1 UDBREDELSE/VÆKST AF BEPLANTNING	19
3.2 ANLÆGS- OG DRIFTOMKOSTNINGER	19
3.3 KEMISKE ANALYSERESULTATER	20
3.3.1 Jord	20
3.3.2 Primært grundvand	21
3.3.3 Terrænnært grundvand	24
3.4 VANDBALANCE OG KLIMA-OBSERVATIONER	27
4 KONKLUSION	29
5 LITTERATURLISTE	31

Bilag A Situationsplaner

Bilag B Tabeller

Bilag C Grafer – områder NV

Bilag D Grafer – områder SØ

Bilag E Vandbalance og nedbørmængder

Forord

På et nedlagt asfaltværk i Vassingerød, Allerød Kommune, Frederiksborg Amt, er i maj 1999 igangsat et in situ phyto-oprensningsforsøg til fjernelse af jord- og grundvandsforurening med dieselolie og kultjære (PAH'er). Lokalteten, kendt som "Villadsens Fabrikker", har været i drift fra 1957 til 1974 og ligger i et område med særlige drikkevandsinteresser.

Forsøget er finansieret af Frederiksborg Amt og Miljøstyrelsens teknologiudviklingsprogram for jord- og grundvandsforurening. Amtet fungerer som bygherre, Miljøstyrelsen som tilskudsgiver, Skude & Jacobsen som rådgivende ingeniører og Ulrich Karlson, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) som faglig sekretær.

Forsøget er iværksat som et af flere forsøg til belysning af phytooprensningens egnethed til fjernelse af olie/benzin-, tjære/asfalt- og tungmetalforurening i jord. Lokalteten Bøgevangen 14 i Allerød er udvalgt på grund af den heterogene forurening, idet grunden er forurennet med både dieselolie og PAH'er. Valget af lokaliteten har desuden været begrundet i muligheden for at undersøge metodens indflydelse på grundvandet.

Projektets formål er formuleret som:

- At undersøge, hvorledes beplantningen påvirker hastigheden af mikrobiel nedbrydning af olie og tjærekomponenter.
- At undersøge, hvor lave slutkoncentrationer af olie og tjærekomponenter der kan opnås ved beplantningen.
- At undersøge hvorledes det hydrologiske kredsløb påvirkes af beplantningen.
- At dokumentere anlægs- og driftsomkostningerne for en plantebaseret afværgemetode.
- At afgøre tidsbehovet for en plantebaseret afværgemetode.

Denne rapport er udarbejdet ved projektets afslutning. Med denne rapport gives en opsummering af aktiviteter i projektforløbet, samt resultater og konklusioner for projektet ved udgangen af år 2005 / starten af 2006, som er det sidste år, projektet har været i gang. Rapporten er udarbejdet på baggrund af tidligere undersøgelsesrapporter /10/-/12/ samt statusrapporter og -notater /1/-/9/.

Sammenfatning og konklusioner

På et nedlagt asfaltværk i Vassingerød, Allerød, har der i perioden 1999 til primo 2006 været udført et planteoprensingsprojekt i et samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Frederiksborg Amt.

Grunden er forurenet med hovedsageligt dieselolie i et område på grundens nordlige del, og tjærekomponenter (PAH'er) i et område på grundens sydlige del. Dieselforureningen er fundet i koncentrationer på op til 1.600 mg/kg jord TS i ca. 1,5-2 m's dybde, og tjæreforureningen er fundet i koncentrationer på op til knapt 2.000 mg/kg i ca. 2 m's dybde, og er konstateret ned til 5- 6 m's dybde. Der findes desuden høje indhold af kulbrinter, BTEX'er og phenoler i det terrænnære grundvand. Jorden på lokaliteten er hovedsageligt sandblandet ler/moræneler.

Grunden blev udvalgt til planteoprensingsprojektet, fordi der var forurening med både kulbrinter og tjærestoffer, og pga. muligheden for at undersøge metodens effekt på grundvandet.

Grunden blev i 1999 tilplantet med pile- og poppeltræer i rækker med 1 m's afstand og 0,5 m imellem planterne. Udgifterne til anlæg, nødvendig genbeplantning, lugning og gødskning er opgjort til kr. 121.000 ekskl. moms for et beplantet areal på 3500 m², over en periode på 6 år.

Der blev i projektperioden målt en række forureningskomponenter og grundvandskemiske parametre i det terrænnære grundvand, som et mål for udviklingen i koncentrationerne i den omgivende jord. Der blev desuden tre gange i perioden udtaget jordprøver til analyse for forureningsindhold fra et felt i grundens nordlige hhv. sydlige forureningsfelt. Derudover blev eventuel spredning af forurening til det primære grundvand overvåget.

Resultaterne af jordanalyserne viser at det, med den meget heterogent fordelte jordforurening på lokaliteten, ikke er muligt at få et billede af udviklingen i forureningen over tid ved at udføre gentagne prøvetagninger indenfor små afstande. Der blev desuden set store udsving over tid i koncentrationerne af forureningskomponenter i det terrænnære grundvand. Det vurderes, at der overordnet er sket et fald i koncentrationerne af BTEX'er og naphthalen. Muligvis er der desuden sket et fald i koncentrationerne af phenoler og total kulbrinter. Der vurderes ikke at være sket et fald i koncentrationerne af øvrige PAH'er eller NSO-forbindelser. Pga. variationerne har det dog ikke været muligt at beregne nedbrydningshastigheder.

Udviklingen i de grundvandskemiske parametre indikerer stor biologisk aktivitet og en udvikling imod mindre reducerede forhold i det terrænnære grundvand.

Det er usikkert, om det faldende forureningsindhold i grundvandet skyldes beplantning af grunden eller ville være forekommet uden beplantning pga. naturlig nedbrydning. De senest udførte jordanalyser viser desuden, at jorden stadig er forurenet med kulbrinter og tjærekomponenter i koncentrationer, der væsentligt overstiger Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for ren jord. Det

konkluderes derfor, at tidshorizonten på 6 år langt fra er nok til en plantebaseret oprensning af lokaliteten.

Summary and conclusions

In the period 1999 to 2006, a phyto-remediation project was performed at the site of a former asphalt plant in Vassingerød, Allerød, by a partnership between the Danish EPA and the County of Frederiksborg.

An area in the northern part of the site is contaminated with mainly diesel oil, and an area in the southern part is contaminated with tar components (PAH's). The diesel pollution has been found in concentrations of up to 1,600 mg/kg soil dw (dry weight) at a depth of approx. 1.5-2 m b.s. (below surface). The tar-pollution has been found in concentrations of up to 2,000 mg/kg soil dw at a depth of approx. 2 m b.s., and has been registered to at least 5-6 m b.s. Furthermore, there are high concentrations of hydrocarbons, BTEX's and phenols in the surface-near groundwater. The soil at the site consists mainly of sandy clay/sandy till.

This site was chosen for the phyto-remediation project because it was contaminated with both diesel oil and tar, and further it was possible to investigate the method's effect on the groundwater.

In 1999, willows and poplars were planted in rows, with a distance of 1 m between rows, and 0.5 m between individual trees. The cost of planting, re-planting where necessary, weeding and fertilization amounted to DKK 121,000, excl. VAT (moms), for a planted area of 3500 m², over a period of 6 years.

Throughout the period, a number of pollution components and parameters of groundwater chemistry were analyzed in the surface-near groundwater, as a measure of the changes in the concentrations of pollution in the surrounding soil. Also, three times throughout the period, soil samples were taken for analysis from two small areas in respectively the northern and the southern polluted areas of the site. Also, it was monitored, whether the pollution could be detected in the primary groundwater.

The results of the soil analyses show that, with the conditions of this site, it was not possible to get a clear picture of the changes in the soil contamination over time by doing repeated sampling within small lateral distances. Large variations over time were also seen in the concentrations of pollution components in the surface-near groundwater. It is estimated that generally a reduction in the concentrations of BTEX's and naphthalene occurred. Possibly a reduction in the concentrations of phenols and total hydrocarbons also occurred. No reduction in the concentrations of other PAH's or NSO compounds were observed. Because of the large variations, it was not possible to calculate degradation rates.

The changes in the parameters of groundwater chemistry indicate great biological activity and a tendency towards less reduced conditions in the surface-near groundwater.

It is not known, whether the reduced level of pollution in the surface-near groundwater is caused by the planting at the site, or whether it would have

occurred without planting, because of natural attenuation. The most recent soil analyses also show that the soil at the site is still contaminated with hydrocarbons and PAH's in concentrations which are considerably above the criteria of the Danish EPA for clean soil. Therefore, it can be concluded that the time period of 6 years is far from enough for phyto-remediation of this site.

1 Lokaliteten

1.1 Tidligere forurenende aktiviteter

Der har på lokaliteten i perioden 1957-1974 været fremstillet tjære- og asfaltprodukter på Villadsens Fabrikker. Fundamenter, belægninger m.m. er fjernet i 1977-78.

Lokaliteten er registreret som affaldsdepot nr. 201-16. Lokaliteten er undersøgt i flere omgange /10/ - /12/. Nedenstående beskrivelse er baseret på disse undersøgelser. I bilag A er vedlagt en situationsplan med placeringer af det tidligere produktionsanlæg.

1.2 Geologi og hydrogeologi

Arealet er efter fjernelse af produktionsanlægget blevet udjævnet og er derfor fladt med terrænkote i ca. + 43 m DNN.

Den terrænnære geologi på lokaliteten er beskrevet som lerede og sandede muldblandede fyldlag samt tørvefyld af vekslende mægtighed, overvejende mellem 2 og 3 meter. Fyldlaget underlejres hovedsageligt af moræner, dog er der truffet et opfyldt mosehul i boring 106 /12/, hvor der under fyldlaget findes et tørvelag, som ikke er gennemboret 3,0 m u.t. Centralt på grunden er der i dybden ca. 5 m u.t. observeret et lokalt sandlag med en mægtighed på op til 1 m. Herunder er der truffet sandet og gruset moræner.

Geologien er overordnet beskrevet / tolket som fyld i de øverste 3 m, underlejret af sandet og gruset moræner i dybden 3-12 m u.t., med enkelte vandførende sandlag. Herunder er der vandførende sand, som formodes at være aflejret direkte ovenpå kalken, som træffes i kote ca. -5 m DNN (48 m u.t.) /12/.

Ejendommen er beliggende indenfor område med særlige drikkevandsinteresser, men udenfor indvindingsopland til eksisterende almen vandforsyning.

Der er ikke registreret noget sammenhængende sekundært grundvandsmagasin. Det primære grundvand er knyttet til kalken og det overliggende smeltevandssand. Vandspejlet for det primære magasin står i kote ca. + 34 (9 m u.t.), og strømningsretningen af det primære grundvand er sydlig /12/.

1.3 Forurening

Der er ved de tidligere undersøgelser fundet jordforurening på den centrale del af grunden, omkring det tidligere produktionsanlæg. Der er udpeget to hot-spot områder mht. jordforurening /12/:

- Et område, hvor der er konstateret en kraftig forurening i jord med diesel-/ fyringsolie (1.600 mg/kg i boring 11). Dette område er

efterfølgende kaldet hotspot NV. Forureningen i hotspot NV er kraftigst i dybden 1,5-2,0 m u.t.

- Et område beliggende sydøstligt på grunden (efterfølgende benævnt hotspot SØ), hvor der er konstateret en kraftig forurening i jord (op til knapt 2.000 mg/kg TS i boring 103) med hovedsageligt tjærekompener (boring 12, 103 og 106). Denne forurening er på hovedparten af området afgrænset til de øverste 4 m af jordprofilen, men hvor der er kraftigst forurennet omkring boring 103, er forureningen dybere end 5,5 m.

Den skønnede udbredelse af det forurenede område samt de to hot-spot-områder fremgår af situationsplanen i bilag A. Grundens samlede areal er ca. 13.000 m². Omfanget af olieforureningen i Hotspot NV er groft anslået til 750 m³ (fast mål) mens omfanget af den kraftige tjæreforurening i hotspot SØ er groft anslået til 1.250 m³ (fast mål) /12/.

Det understreges i rapporterne, at afgrænsningen af jordforureningen er baseret på stikprøveundersøgelser over relativt store afstande og derfor er behæftet med stor usikkerhed.

Der er i terrænnært grundvand fundet meget høje indhold af olie- og tjærekompener. Specielt i boring 5 er der i 1992 bl.a. påvist et benzenindhold på 2.000 µg/l samt 5.830 µg dimethylphenoler/l /10/. Koncentrationerne af disse forureningskomponenter var dog væsentligt lavere ved fornyet prøvetagning i 1995 /11/. I alle udtagne vandprøver fra det terrænnære grundvand på matriklen er der generelt fundet høje indhold af olie- og tjærekompener. Da der ikke er fundet tegn på egentlige sekundære grundvandsmagasiner, tolkes indholdet i det terrænnære grundvand som udtryk for forureningsgraden af den umiddelbart omkringliggende jord /12/.

Der er i 1995 udført en boring, som er filtersat i det primære grundvand (boring B10). Her blev der fundet indhold af phenoler omkring kvalitetskriteriet.

Det er i den seneste undersøgelsesrapport vurderet, at de påviste kraftige forureninger ved boringerne 5, 11, 13, 12, 103 og 106 på sigt udgør en potentiel risiko for det primære grundvandsmagasin. Det er dog også vurderet, at der ikke er nogen akut trussel af drikkevandsindvindingerne i området /12/.

2 Aktiviteter på grunden

2.1 Anlæg

Ved projektets begyndelse blev der til brug for overvågning af det primære grundvand i marts 1999 etableret en foret boring (SJ1) til supplement af den tidligere udførte B10. SJ1 er udført nedstrøms (syd for) B10 og nedstrøms det PAH-forurenede område (hotspot SØ). SJ1 er ført til 14 m u.t. og er filtersat i intervallet 9-14 m u.t.

Marts 1999: Fjernelse af tidligere vegetation samt udførelse af ca. 200 huller til ca. 2 m's dybde for vandafledning fra grunden.

Der er derudover etableret 5 korte boringer (SJ2-SJ6) til opsamling af porevand i de to forurenede områder. Disse boringer er ført til 5 m u.t. og er filtersat over intervallet 3-4 m u.t. Boringerne er indrettet, så der kan indsamles relativt store vandprøver over lang tid, beskyttet mod atmosfærens påvirkning.

Medio maj 1999 blev arealet beplantet med i alt ca. 4000 pilestiklinger og ca. 1500 poppelstiklinger (20 cm i længde).

Det beplantede areal dækker ca. 3500 m² og består af 16 rækker med pil, plantet med 1 m mellem rækkerne, og ca. 0,5 m mellem planterne i hver række. Der blev plantet 13 rækker med popler med samme planteafstand. Rækkerne er orienteret parallelt med Bøgevangen, med pil nærmest Bøgevangen. Beplantningen med pil er udført med fire forskellige energipil-hybridsorter, baseret på *Salix schwerinii* og *Salix viminalis*. Sorterne er plantet skiftevis med 4 rækker af hver, så at sorten Aage starter tættest ved vejen. Herefter følger fire rækker med sorten Christina, fire rækker med sorten Maria og fire rækker med sorten Steffan. I det tjære-/asfaltforurenede område er udplantet stiklinger, der er podet med bakterier. Beplantningen med popler er udført med sorten OP42.

Placering af plantebede og monitoringsboringer fremgår af situationsplanen, vedlagt i bilag A.

2.2 Drift

Al pil blev klippet tilbage til 10 cm over overfladen medio januar 2000. Ukrudtsbekæmpelse, vha. fræsning, grubning eller lugning, blev ikke udført.

Ca. 15 meter af de først plantede pilerækker fra maj 1999 kom ikke i vækst, og der blev den 13. maj 2000 genplantet med 26 stiklinger (40 cm i længde) af den eksperimentelle sort "Beate".

I starten af 2000 blev det konstateret, at over 80 % af poplerne var gået ud. Den 22. maj 2000 blev der udført efterplantning med 75 friske stiklinger.

Det blev i juni 2000 konstateret, at efterplantningen af poppel i maj 2000 ikke var lykkedes. Efterplantningen var blevet foretaget for sent på året, pga. problemer med den fugtige jords bæreevne for maskiner i marts-april og lige derefter pga. jordens hårde struktur, så snart vejret var blevet varmt og tørt. Situationen i juni 2000 var kendetegnet ved tørre stiklinger i hård jord med stor tilvækst af ukrudt.

Der var derimod god genvækst af de i januar 2000 nedklippede pil. I juni 2000 havde alle pileplanter flere nye skud i op til 1 meters højde (median skønmæssigt 50 cm). Sorten "Beate" var også allerede tilvokset i over 90% af stiklingerne.

Der er udført gødskning sommeren 2000.

Der blev i foråret 2001 igen efterplantet popler som barrodsplanter med en længde på 50 cm, der blev plantet i forborede huller.

2.3 Monitoring

2.3.1 Jord

For at dokumentere jordens indhold af forureningskomponenter i udgangssituationen blev der ved etablering af borerne SJ2-SJ6 i marts 1999 udtaget jordprøver til analyse for indhold af forureningskomponenter. Der er analyseret for indhold af total kulbrinter, BTEX'er samt PAH'er. Der blev i juli 2000 udført 4 supplerende dokumentationsboringer (SJ7-SJ10) med udtagning af jordprøver til analyse for de samme forureningskomponenter som i de tidligere borer. Borepunkternes placering fremgår af situationsplanen vedlagt som bilag A.

Boring SJ7 og SJ8 er placeret i "hotspot NV", dvs. i poppeldelen i nærheden af SJ2 og B11, med udtagning af jordprøver til analyse fra 2 m u.t. Boring SJ9 og SJ10 er placeret i "hotspot SØ", dvs. i pildelen i tilslutning af SJ5 og B103 med udtagning af jordprøver fra 2 m u.t. og 5 m u.t. Dokumentationen for udgangssituationen består således for hver af de to hotspots af analyser af jordprøver fra 4 borer udført inden for et område på 5 m x 5 m.

Der er efterfølgende i september 2003 og igen i januar 2006 udført 8 dokumentationsboringer i områderne, hvor de tidligere borer B11, SJ2, SJ7 og SJ8 er placeret i hotspot NV samt B103, SJ5, SJ9 og SJ10 i hotspot SØ, med udtagning af jordprøver til analyse fra dybderne 2 m u.t. hhv. 2 og 5 m u.t. Borerne udført i 2003 og 2006 er ligeledes placeret i felter på 5 x 5 m, parallelforskuet i forhold til de først udførte dokumentationsfelter.



Jordprøvetagning, Januar 2006.

2.3.2 Grundvand

Til kontrol af en eventuel spredning af forureningen i form af nedsivning til det primære magasin er i månederne juni, september, december og marts i perioden 1999-2000 udtaget vandprøver fra de to dybe borer på grunden, B10 og SJ1. Vandprøverne er analyseret for indhold af total kulbrinter, BTEX'er, PAH'er, phenoler og NSO-forbindelser. I 2001 er der udtaget vandprøve fra det primære grundvand i juni og december og herefter er der fra 2002 til 2004 udtaget vandprøve én gang årligt, i december, samt i januar 2006.

Da risikoen forbundet med forureningen overvejende er spredning fra det sekundære grundvand, og da forureningsudbredelsen i jord er meget heterogen, er der udført overvågning af nedbrydningen ved at følge ændringer i indhold af forureningskomponenter i det sekundære grundvand ved hotspots. Der er derfor udtaget vandprøver fra de korte monitoringsboringer (SJ2-SJ6) i juni og december i perioden 1999-2001, samt i december i perioden 2002-2004, for at kunne følge ændringerne i forureningskoncentrationer i det terrænnære grundvand. Vandprøverne er analyseret for indhold af forureningsparametrene total kulbrinter, BTEX'er, PAH'er, phenoler og NSO-forbindelser.

Der er derudover foretaget monitoring af grundvandskemiske parametre i det terrænnære grundvand, idet der på vandprøverne fra boring SJ2-SJ6 er målt iltindhold (feltmåling samt laboratoriebestemmelse), ledningsevne, pH, redoxpotentiale, indhold af total P, total jern, ferrojern, kalium og total N.

Vandprøvetagningen er udført af MILANA i Helsingør, der først har udført en "renpumpning" af boringen i forbindelse med en nedbørsperiode og ca. en uge herefter udtaget vandprøven.



Vandprøvetagning, Januar 2006.

2.3.3 Vandbalance og klimaobservationer

Med henblik på at følge en eventuel udvikling i vandbalancen har MILANA ved vandprøvetagning fra de korte monitoringsboringer målt de enkelte boringers "ydelse" både ved renpumpning og ved prøvetagning, således at total mængde oppumpet vand ved de to runder er registreret.

Herudover er nedbørsmængder indhentet fra DMI's hjemmeside /13/.

2.4 Andre prøvetagninger på lokaliteten

Der er i 2002 udarbejdet et specialeprojekt med titlen "Phytoremediation and Plant growth on Fuel Oil Contaminated Soils", hvor lokaliteten, Bøgevangen 14, har været brugt som feltlokalitet. Specialet er udarbejdet af B. Kolmorgen under DTU, Miljø & Ressourcer, med Stefan Trapp, DTU, som vejleder på projektet. En del af projektet er udført ved DMU under medvirken af Ulrich Karlson. Der blev dels set på forureningsniveau sammenholdt med piletræernes vækst og jordbundsforholdene. Der blev bl.a. konstateret rødder voksende direkte gennem det forurenede jordlag, og desuden målt et forøget antal PAH-nedbrydende bakterier, sammenlignet med et ikke forurenat sted. Der var flere PAH-nedbrydende bakterier associeret med piletræsroddeerne i forhold til den omkringliggende jord. I samme projekt blev toksiciteten af toluen overfor piletræer undersøgt i laboratorieforsøg. Det konkluderes bl.a. i rapporten, at nedbrydningen af de organiske forureningskomponenter i jorden skyldes bakteriel aktivitet, mens piletræerne ser ud til at bidrage ved at forbedre forholdene for bakterierne i jorden.

Der er derudover i 2004 udarbejdet et studenterprojekt med en studerende fra Schweiz, Ulrich Reiter, "Detecting subsurface contamination by measuring the height of trees", ligeledes under DTU, Miljø & Ressourcer, med Stefan Trapp som vejleder. Det blev undersøgt, om der kunne påvises en korrelation i mellem træhøjde (plantevækst) og forureningen. Der kunne ikke påvises en korrelation, men der var muligvis mindre vækst, hvor der tidligere har været bygninger. Samme resultater blev opnået på en anden lokalitet med et phytooprensingsprojekt, Axelved.

I januar og juli 2006 tog en ph.d. studerende fra DMU borekerner ud af træer, placeret så tæt som muligt på de steder, hvor der i dette projekt er udtaget jordprøver. Formålet var at undersøge, om der var en målbar optagelse af forureningskomponenter til træerne. Der kunne ikke generelt registreres et optag af forureningskomponenter i træerne, selvom der i nogle tilfælde godt kunne måles forurening i borekernerne i små koncentrationer.

3 Resultater

3.1 Udbredelse/vækst af beplantning

I efteråret 1999 blev det konstateret, at over 90% af pilen var vokset til, men mindre end 20% af poppelen. Det dårlige resultat skyldtes sandsynligvis utilstrækkelig lugning af især poppeldelen af arealet.

Beplantningen med pil virkede i januar 2001 som helhed veletableret og i god vækst, mens der var yderligere behov for efterplantning af popler, da ikke alle var kommet i vækst.

I starten af 2002 virkede beplantningen med poppel også som helhed levedygtig, med en gennemsnitshøjde på en meter, dog med stor variation.

Beplantningen blev i foråret 2002 besigtiget og vurderet af seniorforsker Kristian Thorup-Kristensen fra Danmarks Jordbrugsforskning, Årsløv. Det blev her konkluderet, at beplantningen af både pil og poppel var uensartet, men at den som helhed virkede levedygtig. Det blev vurderet, at der ikke var behov for yderligere indgreb for at forbedre væksten /14/.



Pilebeplantningen. Maj 2003

Det blev efterfølgende i sommeren 2003 ligeledes vurderet af Ulrich Karlson, DMU, at både pil og poppel var levedygtige og konkurrencedygtige overfor ukrudt, og at der derfor p.t. ikke var yderligere behov for at foretage sig noget mht. beplantningen.

3.2 Anlægs- og driftomkostninger

Gartnerudgifterne i forbindelse med anlæg har været omkring kr. 74.000 i 1999. Herefter er der brugt omkring kr. 34.000 i den første driftsfase 2000-2003. Desuden er der brugt omkring kr. 13.000 til genplantning af poppeltræer. I alt kr. 121.000.

Der har derudover været udgifter til boreentreprenør, prøvetagning og analyser af jord og vand, tilsyn og udarbejdelse af statusrapport. Formålet med disse aktiviteter har været monitoring, dels som en del af forsøgsprojektet, dels som myndighedsovervågning af forureningstilstanden / -udviklingen. I alt har udgifterne i anlægsfasen 1999 beløbet sig til kr. 244.000 ekskl. moms. Heri indgår udgift til udførelse af huller for forberedelse af beplantning i anlægsfasen.

De samlede udgifter i den første del af driftsfasen 2000-2003 har beløbet sig til kr. 437.000. Heraf udgøres kr. 34.000 af gartnerudgifter til vedligeholdelse og kr. 13.000 til gartnerudgifter til genplantning af poppel. Derudover er der brugt ca. kr. 26.000 på borearbejde, kr. 252.000 til analyser og kr. 112.000 til rapporter og tilsyn.

Udgifterne i den udvidede driftsfase i perioden 2004-2005 har beløbet sig til ca. kr. 144.000. Udgifterne fordeler sig på ca. kr. 65.000 til rapporter og tilsyn, ca. kr. 25.000 til borearbejde og omkring kr. 54.000 til analyser.

Totalt set har projektet kostet omkring kr. 826.000 ekskl. moms, heraf kr. 121.000 til gartnerudgifter.

3.3 Kemiske analyseresultater

3.3.1 Jord

Der er udført analyse for forureningsparametre på jordprøver fra de to dokumentationsfelter ved en tidligere undersøgelse i 1995 samt ved opstart af dette projekt i 1999 og i 2000. Desuden er der ad to omgange udført 8 borer i 2003 og 2006. Resultaterne af jordanalyse fra de udførte dokumentationsboringer er i tabel 1 i bilag B opstillet med resultater fra de tre udførte borer under ved siden af hinanden. Summen af PAH'er indbefatter ikke naphthalen, idet naphthalenkoncentrationen er angivet for sig selv.

Det fundne indhold af kulbrinter i jordprøverne udtaget i 2000 er generelt karakteriseret som nedbrudt diesel-/fyringsolie. I jordprøver udtaget i 2003 og i 2006 i "hotspot NV" er kulbrinteindholdet også karakteriseret som nedbrudt diesel-/fyringsolie, mens kulbrinteindholdet i jordprøver fra "hotspot SØ" generelt er karakteriseret som tunge oliekomponenter eller tjære.

I hotspot NV er der i udtagningsdybden 2 m u.t. målt et højt indhold af total kulbrinter (620-7.700 mg/kg) og PAH'er (3-176 mg/kg), samt naphthalen (3-130 mg/kg) i alle tre udtagningsrunder omkring boring SJ2 og SJ7. Der ses ikke noget mønster med faldende koncentrationer med tiden, idet forureningskoncentrationerne målt i 2003 generelt var lavere end i 1999/2000 og i 2006. Boringerne udført tæt på boring B11 og boring SJ8 er omtrentligt rene. Dette kunne tyde på, at disse borer udgør den vestlige afgrænsning af hotspot NV.

I hotspot SØ er de højeste forureningskoncentrationer i dybden 2 m u.t. målt i og omkring boring B103 (2.400 - 19.000 mg kulbrinter/kg, 51-1.000 mg PAH'er/kg og 600-5.800 mg naphthalen/kg). Der ses heller ikke her noget, der ligner et mønster for en udvikling i forureningskoncentrationerne. De højeste koncentrationer af kulbrinter og naphthalen ved B103 blev målt ved borerunden i 2003, mens den højeste samlede PAH-koncentration blev målt ved borerunden i 1997 og den laveste i 2006.

Det kan se ud til, at borerne omkring SJ10 ligger på grænsen til hotspot SØ, idet der i disse borer kun er fundet forholdsvis lave forureningskoncentrationer.

Der er i hotspot SØ desuden udtaget jordprøver til analyse i dybden 5 m u.t. Der er fra denne dybde ikke analyseret prøver fra borerne omkring B103 i 1997 og 2003. Fra analyserunden udført i 2006 ser det dog ud til, at forureningskoncentrationerne er højest omkring boring SJ5 i denne dybde, idet de målte kulbrintekoncentrationer ved borerunderne i 1999, 2003 og 2006 her var 170-2.800 mg/kg, sum af PAH'er var 142-453 mg/kg, og naphthalenkoncentrationerne var 81-350 mg/kg. Indholdet af de samme forureningskomponenter i dybden 5 m u.t. fra boring SJ18, udført i 2006 tæt på B103, var 140 mg kulbrinter/kg, 3,3 mg PAH'er/kg og 31 mg naphthalen/kg.

Der ses i borerne SJ5-D og SJ15 højere koncentrationer af naphthalen i dybden 5 m u.t. (hhv. 180 og 350 mg/kg) end i dybden 2 m u.t. i samme boring (hhv. 7 og 0,2 mg/kg). Borerne SJ5-D og SJ15 er udført tæt på SJ5 i 2003 og 2006. Det samme billede gør sig gældende for BTEX'er, øvrige PAH'er og kulbrinter i de samme borer. Det er muligt, at der sker en udvaskning af forureningskomponenterne i dette område.

Da jordprøvetagning er foregået ved opboring af jord efterfulgt af laboratorieanalyse, har det ikke været muligt at udføre prøvetagning på nøjagtigt de samme placeringer med års mellemrum. Da der er tale om en leret jord, samt (for flere af parametrene vedkommende) forholdsvis immobile forureningskomponenter, bør forskelle imellem resultater fra første til anden til tredje borerunde i højere grad ses som udtryk for den heterogene karakter af forureningsudbredelsen, end som en tidsmæssig udvikling. Dette underbygges af, at der i flere tilfælde ses højere koncentrationer i jordprøver udtaget under borerunden i 2006 end ved de tidligere prøveudtagninger. Dette er illustreret for kulbrintekoncentrationerne i vedstående figur.

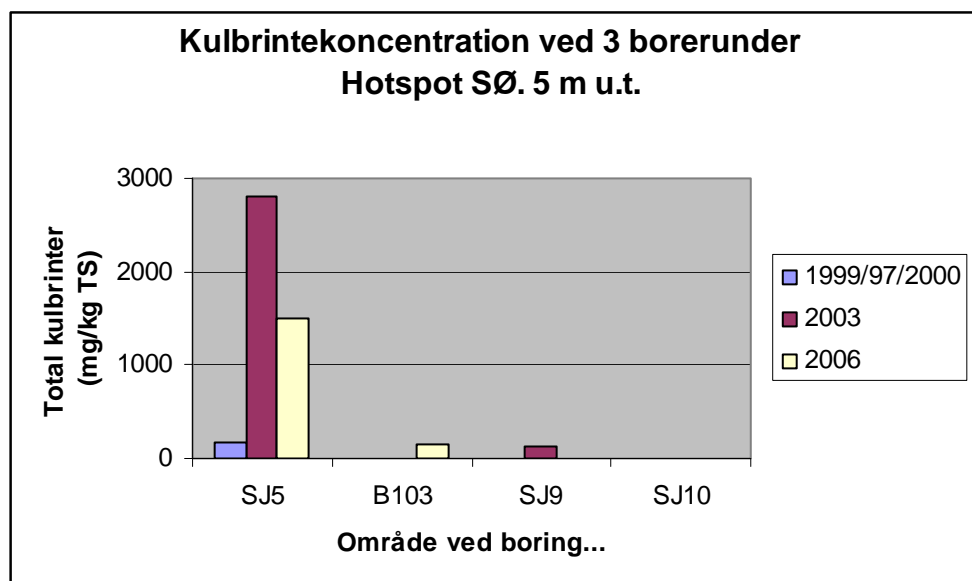
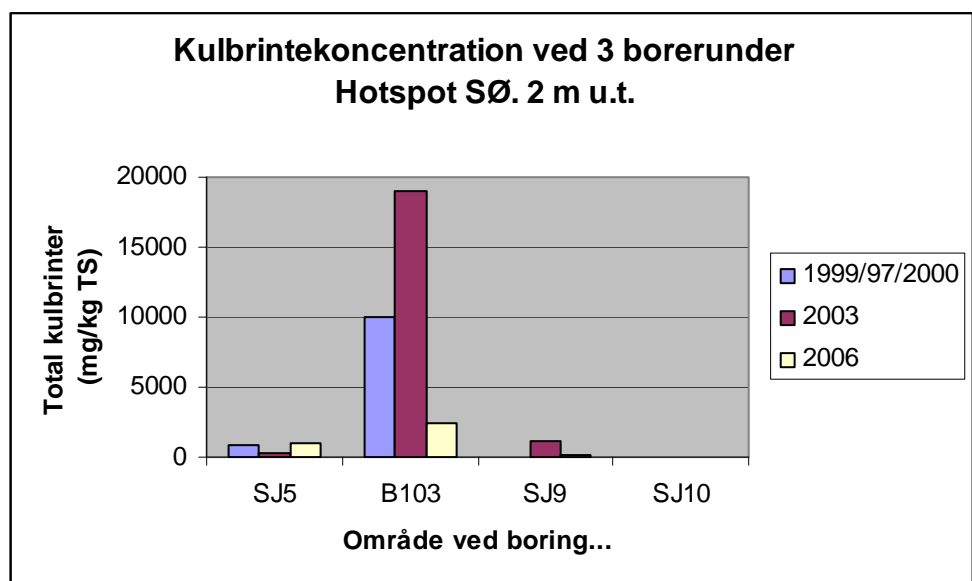
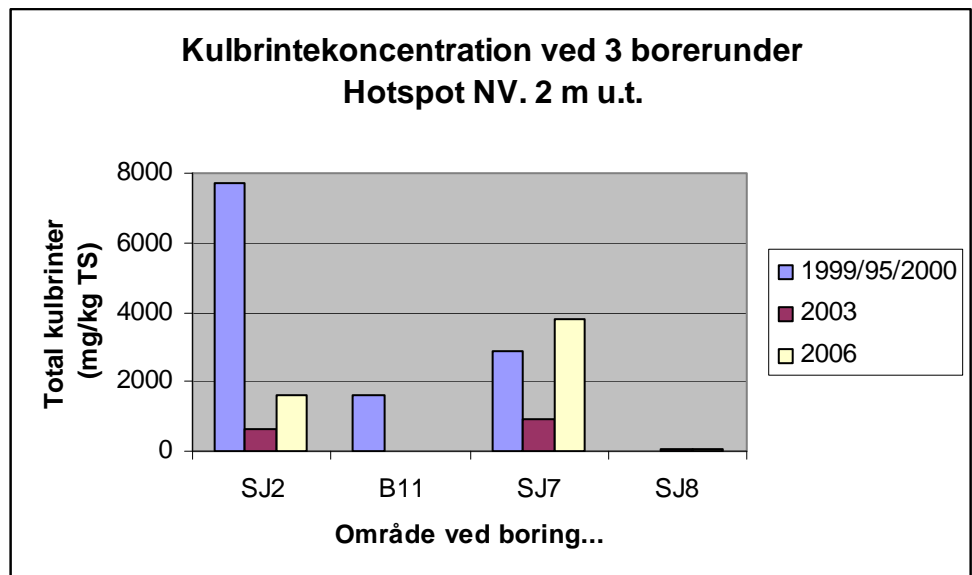
3.3.2 Primært grundvand

Der er udtaget vandprøver af det primære grundvand fra de to dybe borer på grunden boring SJ1 og B10. Resultatet af analyserne fremgår af tabel 2 i bilag B.

Der er gennem perioden fundet svage indhold af kulbrinter, PAH'er og phenoler i det primære grundvand fra begge borer. I SJ1 er der endvidere påvist NSO-forbindelser. Indholdene har i de fleste tilfælde været i koncentrationer under eller på niveau med grundvandskvalitetskriterierne. Der har dog været overskridelse af kvalitetskriteriet for kulbrinter, benzen og phenoler på op til ca. 5 gange kriteriet.

Det kan sammenfattende konstateres, at der foregår en mindre udvaskning af olie-/tjære-komponenter fra de overliggende jordlag gennem det

mellemliggende morænelerlag. Koncentrationerne er dog på et lavt niveau, ligesom det ikke er ved hver monitoringsrunde, at overskridelse af kvalitetskriterierne kan konstateres. Der er imidlertid målt indhold af PAH'er og phenoler i vand fra boring B10 i de sidste hhv. 3 og 2 år, dog kun i et enkelt tilfælde over kvalitetskriteriet.



Kulbrintekonzentration i jord for henholdsvis hotspot NV i dybden 2 m. u.t. og hotspot SØ i dybderne 2 og 5 m u.t. Værdierne er grupperet for 3 boreringer samlet, f.eks. boring SJ2 og de to boreringer udført ved SJ2 i 2003 og 2006.

3.3.3 Terrænnært grundvand

Der er udtaget vandprøver fra det terrænnære grundvand til analyse for forurenende stoffer samt for grundvandskemiske parametre.

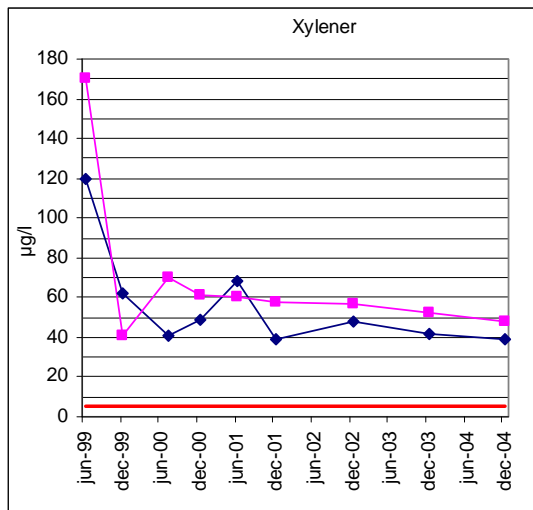
Som bilag er vedlagt optegnede grafer over de foreliggende resultater. Således findes i bilag C grafer for forureningsparametrene samt de grundvandskemiske parametre i hotspot NV (SJ2 og SJ3) og i bilag D for parametrene i hotspot SØ (SJ4, SJ5 og SJ6). Da forureningskoncentrationerne i vandet fra boring SJ5 er væsentligt højere end i vand fra boring SJ4 og SJ6, er resultaterne fra disse to boringer desuden vist separat, med en anden skala på Y-aksen.

Forureningsparametre

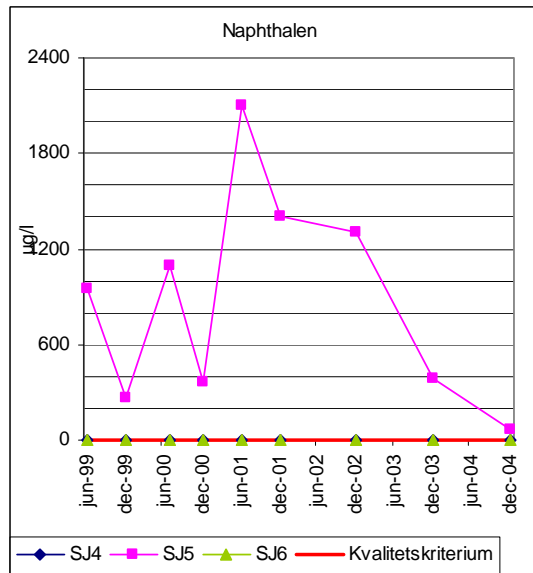
Det terrænnære grundvand er analyseret for indhold af total kulbrinter, BTEX'er, PAH'er (17 komponenter), phenoler (10 komponenter) og NSO-forbindelser (12 komponenter).

Der er generelt over monitoringsperioden set store udsving i koncentrationerne af de analyserede forureningsparametre – også med højere koncentrationer end udgangskoncentrationerne. Der kan derfor ikke udledes statistisk sikre konklusioner, men iøjnefaldende tendenser, som kan fremhæves, er:

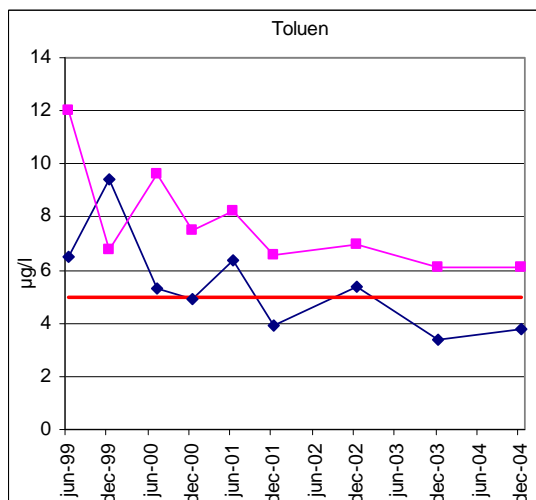
- I nogle af boringerne ses for en del forureningsparametre et forholdsvist markant fald i koncentrationen i starten af monitoringsfasen fra juni til december 1999. Det gælder for koncentrationen af xylener i det terrænnære grundvand i SJ2 og SJ3 i hotspot NV (se figur), og for koncentrationerne af benzen, ehtylbenzen og phenoler i SJ3. Desuden ses det for koncentrationerne af naphthalen, øvrige PAH'er og kulbrinter i SJ2. For boringerne i hotspot SØ ses et markant fald i koncentrationerne af toluen og naphthalen i boring SJ4. Dette koncentrationsfald ses tidligt i projektforløbet, såfremt det skulle tilskrives en virkning forårsaget af træerne, som er udplantet i maj 1999. Koncentrationsfaldet kan mere sandsynligt hænge sammen med præparation af grunden ved udplantning i foråret 1999 eller udførelsen af boringer og dermed iltning af de dybere jordlag.
- Boring SJ5 i hotspot SØ har som udgangspunkt haft et væsentligt højere koncentrationsniveau af stort set alle de målte forureningsparametre end de øvrige boringer. Høje forureningskoncentrationer kan medføre toksiske effekter for de nedbrydende mikroorganismer, hvilket kan være et argument for at vurdere udviklingen i denne boring særskilt. For denne boring ses igennem periodens sidste del et fald i koncentrationen af toluen i det terrænnære grundvand fra ca. 400-900 µg/l til ca. 100-200 µg/l. Derudover ses et muligt fald i koncentrationen for kulbrinter fra knapt 5000 µg/l til omkring 3000-4000 µg/l, og for xylener ses et muligt fald fra omkring 300-500 til ca. 250-300 µg/l. For de øvrige forureningsparametre ses meget store udsving i boring SJ5, hvorfor der ikke kan argumenteres for entydige konklusioner (se figur).



Koncentration af xylener i terrænnært grundvand i boring SJ 2 og SJ3 (hotspot NV) i måleperioden. Figuren viser et eksempel på et kraftigt fald i koncentrationen i projektperiodens start.



Koncentrationen af naphthalen i det terrænnære grundvand i boring SJ5. Figuren viser et eksempel på de store udsving i koncentrationen, der er målt, samt på forskel i koncentrationer i borerne SJ4, SJ5 og SJ6.



Koncentration af toluen i terrænnært grundvand for boring SJ2 og SJ3.

Overordnet over hele projektperioden ses et fald i koncentrationen af toluen i SJ2 og SJ3 (se figur) og af xylener i SJ3 for hotspot NV, samt i koncentrationerne af ethylbenzener og naphthalen i SJ2. I hotspot SØ ses et overordnet fald i koncentrationerne af benzen i SJ4 og SJ6, og af xylener og phenoler i SJ4.

Generelt er koncentrationsniveauerne målt ved sidste prøvetagning af terrænnært grundvand i december 2004 under eller omkring kvalitetskriterierne for toluen, xylener, naphthalen og PAH'er i SJ4 og SJ6, og af phenoler i SJ4. I boring SJ2 er koncentrationen af benzen og toluen omkring eller under kriteriet.

Såfremt faldet i koncentrationen af BTEX'er, naphthalen, phenoler og kulbrinter skyldes udvaskning til dybereliggende jordlag / grundvand, måtte stofferne formodes at kunne detekteres i grundvandet i det primære magasin. Der er ikke målt indhold af toluen og xylener i det primære grundvand, og kun mindre indhold af kulbrinter. Indholdet af PAH'er i det primære grundvand har i boring SJ1 bestået af naphthalen i 1999, men de PAH'er, der efterfølgende er detekteret, er anthracen, dibenz(a,h)anthracen og benz(b+j)fluoranthren. Der er desuden fundet mindre koncentrationer af dimethylphenoler i det primære grundvand.

Da det ikke har været muligt at sammenligne udviklingen i forureningskoncentrationerne med udviklingen på en identisk forurennet grund, som ikke er beplantet, vides det ikke, i hvor høj grad udviklingen skyldes tilplantning med pil og poppel.

Grundvandskemiske parametre

På vandprøverne fra det terrænnære grundvand er der desuden målt iltindhold (feltmåling samt laboratoriebestemmelse), ledningsevne, pH, redoxpotentiale, indhold af total P, total jern, ferrojern, kalium og total N.

Ved laboratorieanalyserne på vandet har iltindholdet for alle prøver fra det terrænnære grundvand været under detektionsgrænsen på 0,2 mg/l. Derimod viser feltmålingerne generelt et indhold på 1-3 mg/l. På grund af et lille vandvolumen og den specielle konstruktion af prøvetagningsboringerne er feltmålingerne ikke udført på traditionel vis. Laboratoriemålingerne, der indikerer anaerobe forhold i det terrænnære grundvand, bør derfor tillægges størst værdi.

En anden målt parameter, der kan give indikation af udvikling i det terrænnære grundvands redoxforhold, er indholdet af opløst jern (Fe^{2+} , ferro-jern). Opløst jern detekteres ikke i aerobe grundvandsmagasiner, idet dette vil være udfældet. For denne parameter ses generelt en faldende tendens over måleperioden efter et maksimum omkring år 2000. Der ses sideløbende et fald i indholdet af total jern. Analyseresultaterne for total jern, som inkluderer opløst jern, bekræfter konklusionen om at redoxpotentialet var stigende fra omkring år 2000.

Der ses en stigende tendens i redoxpotentialet, som dog ikke er målt de seneste år. Dette indikerer en udvikling imod mindre reducerede forhold i det terrænnære grundvand.

Ledningsevnen er målt til omkring 90-120 mS/m i hotspot NV og 80-180 i hotspot SØ. Der er store udsving, men såfremt der er tendenser, går disse i

retning af faldende ledningsevne, hvilket indikerer mindre forureningskoncentrationer. Der er ligeledes store udsving i det målte pH-niveau, som ligger mellem 6,5 og 8. Dog er der en tendens til stigende pH, hvilket er tegn på mere biologisk aktivitet.

De iltfattige forhold i det terrænnære grundvand skyldes med høj sandsynlighed en høj biologisk aktivitet i jordlagene. Tilsammen kan tendenserne med et faldende indhold af opløst jern og stigende redoxpotentiale i det terrænnære grundvand indikere, at der er en udvikling imod mindre reducerede forhold i det terrænnære grundvand, hvilket som hovedregel betyder forbedrede vilkår for mikrobiel nedbrydning af organiske forureningsparametre. Ligeledes peger tendensen med faldende ledningsevne og stigende pH imod faldende forureningsniveau og øget biologisk aktivitet.

Der må forventes også at være stor biologisk aktivitet på en ubeplantet grund. En eventuel udvikling imod mindre reducerede forhold ville dog kunne tilskrives en effekt af beplantningens rodnet.

3.4 Vandbalance og klimaobservationer

Moniteringsbrøndene er ikke indrettet, så disse kan pejles. Prøveudtagning er foregået ved tømning (renpumpning) af brøndene ca. 1 uge før prøveudtagning. Vandvolumenet ved prøveudtagning er ved de fleste udtagninger registreret. I bilag E ses en oversigt over vandvolumen ved forpumpning og prøvetagning af SJ2-SJ6. Der ses ved disse registreringer ikke store udsving i vandmængden, og ikke nogen klare mønstre. Desuden fremgår pejleresultater af primært grundvand af tabel 2 i bilag B.

Der er indsamlet data fra DMI for registrerede nedbørsmængder (månedsmiddel) for Frederiksborg, København og Roskilde Amter. Disse tal er vist i vedlagt graf i bilag E, hvoraf også DMI's opgivne landstal for perioden 1961-90 fremgår, til brug for sammenligning med gennemsnitlige årsudsving. Det er muligt, at forhøjede koncentrationer af forureningsparametre kan have sammenhæng med tørre perioder forud for prøvetagningen, idet der i så fald kan være sket en opkoncentrering af forureningskomponenterne i jordvæsken. Omvendt kan store nedbørsmængder øge udvaskning af forureningskomponenter fra jordmatricen.

4 Konklusion

Lokaliteten er udvalgt på grund af muligheden for at undersøge indflydelsen af plantebaseret oprensning på grundvandet, samt på grund af den sammensatte forurening (dieselolie og tjærekomponenter). Der er ad tre omgange målt forureningsindhold i jordprøver udtaget tæt på hinanden. Desuden er der monitoreret på indhold af forureningskomponenter i terrænnært grundvand, som et mål for udviklingen i koncentrationerne i den omgivende jord.

Resultatet af jordanalyserne har vist, at den heterogene forureningsfordeling i jorden gør det umuligt at følge en udvikling ved udtagning af jordprøver. Der er i monitoringsperioden 1999 – 2005 generelt også set store variationer over tid i koncentrationerne af forureningskomponenter i det terrænnære grundvand. Overordnet vurderes dog at være sket et fald i koncentrationerne af BTEX'er, naphthalen og muligvis phenoler og kulbrinter. Der vurderes ikke at være faldende koncentrationer af øvrige PAH'er eller NSO-forbindelser. På grund af de store variationer vurderes datamaterialet for usikkert til at beregne nedbrydningshastigheder ud fra. De grundvandskemiske parametre tyder på stor biologisk aktivitet og indikerer mindre reducerede forhold.

Der har i projektperioden været overvågning af eventuel udvaskning af forureningskomponenter til det primære grundvand. Der foregår en mindre udvaskning af olie-/tjære-komponenter fra de overliggende jordlag, dog i koncentrationer på et lavt niveau. Det er imidlertid uvist, om de seneste 2-3 års registrering af PAH'er og phenoler i vand fra boring B10 er tegn på en fremtidig fortsat udvaskning.

Beplantningen forventes at øge fordampningen fra grunden i vækstperioden, og dermed mindske jordens vandindhold og skabe mere areobe forhold. Metoderne til opgørelse af vandbalance på grunden har dog ikke været fintfølede nok til at kunne registrere en eventuel indflydelse på grundvandsstanden af beplantningen.

Udgifterne til anlæg, nødvendig genbeplantning samt lugning og gødskning er opgjort til kr. 121.000,- for et beplantet areal på 3500 m² over en periode på 6 år. Disse udgifter er afholdt indenfor de første 3-4 år.

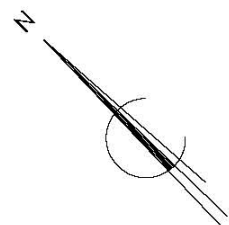
Der må forventes også at være stor biologisk aktivitet samt faldende forureningsniveau med tiden på en ubeplantet forurennet grund. Da det ikke har været muligt at sammenligne udvikling i forureningskoncentrationer og grundvandskemi med en tilsvarende forurennet ubeplantet grund, kan det ikke afgøres, i hvor høj grad den observerede udvikling på nærværende grund kan tilskrives tilplantning med pil og poppel.

Det kan ud fra resultaterne af jordanalyserne konkluderes, at grunden på tidspunktet for afslutning af ovenstående projekt, stadig er forurennet med koncentrationer af kulbrinter og PAH'er, der væsentligt overstiger Miljøstyrelsens vejledende jordkvalitetskriterier. Også det terrænnære grundvand indeholder koncentrationer af forureningskomponenter, der overskrider de vejledende kvalitetskriterier. Det er derfor klart, at en

tidshorisont på 6 år langt fra er nok til plantebaseret oprensning af den pågældende lokalitet. Der kan således ikke, inden for rammerne af nærværende projekt, udledes nogen konklusioner angående, hvor lave slutkoncentrationer der kan opnås ved denne oprensningsmetode.

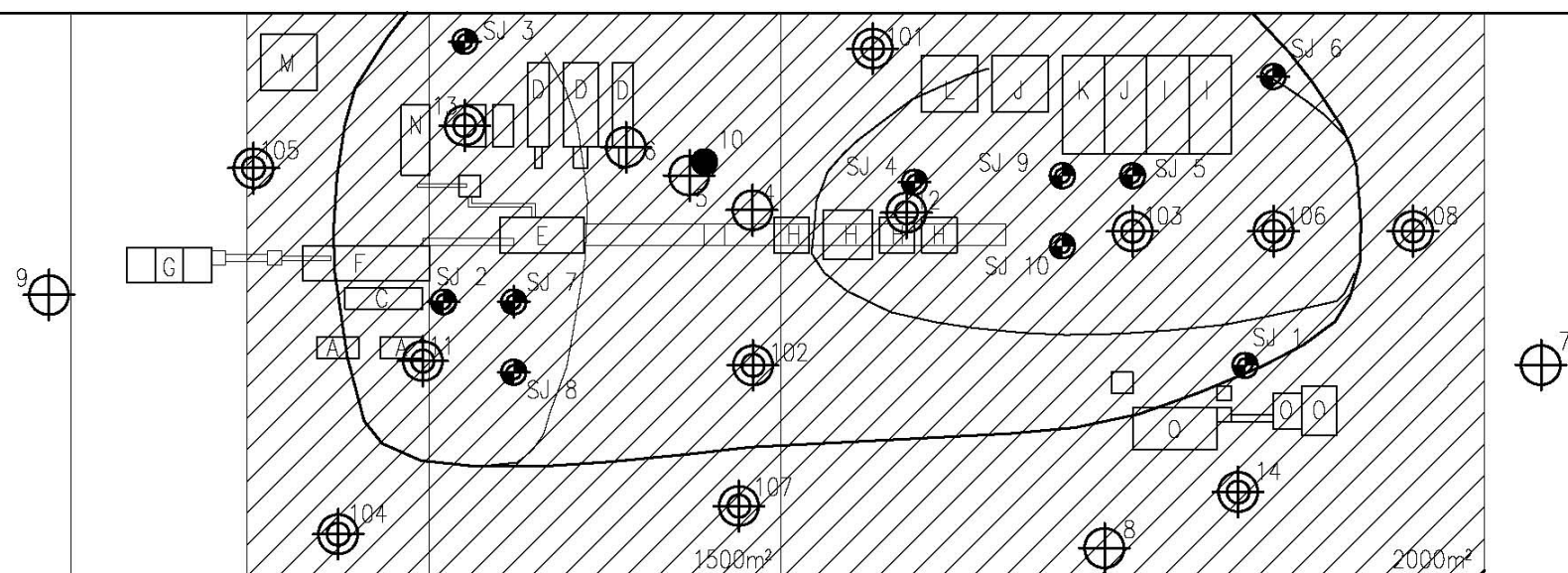
5 Litteraturliste

- /1/ Notat. Frederiksborg Amt – Bøgevangen 14, Allerød
Phytooprensning – Udgangssituationen. 2. august 1999. Skude & Jacobsen A/S.
- /2/ Notat. Frederiksborg Amt – Bøgevangen 14, Allerød
Phytooprensning. 25. november 1999. Skude & Jacobsen A/S.
- /3/ Frederiksborg Amt – Bøgevangen 14, Allerød.
Phyto-oprensning – Statusrapport nr. 1. 27. januar 2000. Skude & Jacobsen A/S.
- /4/ Phyto-oprensningsforsøg på Villadsens Fabrikker: Statusrapport for perioden januar 1999- juli 2000. Ulrich Karlson. Udgivet af Miljøstyrelsen.
- /5/ Phyto-oprensningsforsøg på Villadsens Fabrikker: Statusrapport nr. 2. Skude & Jacobsen A/S. Januar 2001.
- /6/ Notat. Frederiksborg Amt – Bøgevangen 14, Allerød
Phytooprensning – Statusnotat. 30. januar 2002. Skude & Jacobsen A/S.
- /7/ Statusnotat. Phytooprensningsprojekt, Bøgevangen 14, Allerød. 22. juli 2003. Skude & Jacobsen A/S.
- /8/ Statusnotat. Phytooprensningsprojekt, Bøgevangen 14, Allerød. 19. februar 2004. Skude & Jacobsen A/S.
- /9/ Statusnotat. Phytooprensningsprojekt, Bøgevangen 14, Allerød. 16. februar 2005. Skude & Jacobsen A/S.
- /10/ Rambøll Hannemann & Højlund A/S. Frederiksborg Amt. Depot nr. 201-16, Villadsens Tjærefabrikker. Matr. Nr. 41, Vassingerød By. Registreringsundersøgelse. December 1992.
- /11/ Geoteknisk Institut. Frederiksborg Amt. Depot nr. 201-16. Allerød, Bøgevangen 14. Forureningsundersøgelse. Rapport 1 af 1995-12-19, GI-sag 15711643.
- /12/ Geoteknisk Institut. Frederiksborg Amt. Depot nr. 201-16. Allerød, Bøgevangen 14. Forureningsundersøgelse. Rapport af 1997-01-13, GI-sag 15713181.
- /13/ www.dmi.dk (januar 2006).
- /14/ Seniorforsker Kristian Thorup-Kristensen: Vurdering af pile- og poppelbeplantningen ved Vassingerød 12. juni 2002. Notat af 13. juni 2002.



R

Bøgevangen



Signaturforklaring:

- Skønnet udbredelse af forurening
- - - Skønnet udbredelse af kraftig tjæreforurening
- Skønnet udbredelse af olieforurening
- ⊕ Afgrensede miljøtekniske boringer (GI) – Boring 11–14, 101–108
- ⊕ Tidligere miljøtekniske boringer (RH&H) – Boring 4–9
- Miljøtekniske boringer til det primære grundvandsmagasin (GI) – Boring 10
- ⊕ SJ 1, foreslået placering af overvågningsboring, primært magasin
- ⊕ SJ 2 – SJ 6, foreslået placering af overvågningsboringer, sekundært magasin
- A Jordtank
- B Benzinstander?
- C Smelter
- D Smeltearrangement
- E Blandeanlæg
- F Tørrer
- G Dosering
- H Silo
- I Traktorgarage
- J Reservedelsskur
- K Brændselsrum
- L Værksted
- M Kalkskur
- N El-installationsbygning
- O Motorhus, forknuser & granulator
- P Kontorbygning
- Q Entreprenørbygning
- R Transformer
- Plantebed med pil

VILLADSENS FABRIKKER

Phyto oprensning
Bøgevangen 14, Allerød

Situationsplan

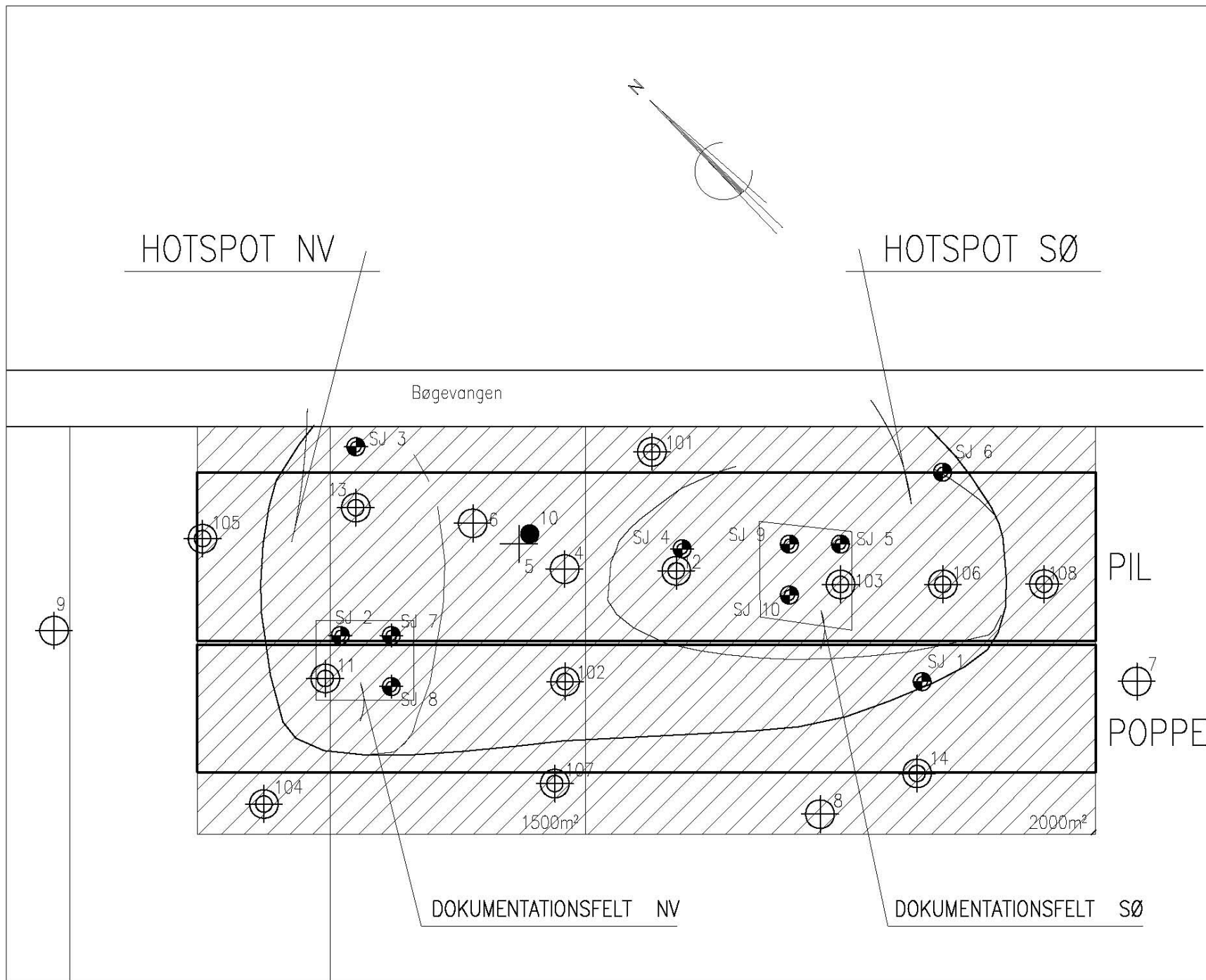
Proj.	JAC	Dato	1999-08-02
Tegn.	JBØ	Mål	Ikke målfast
Ks.		Sag nr.	98-5-190
Tegn. nr.			

952A

SKUDE & JACOBSEN
Rådgivende Ingeniører

● Næstvedvej 1
DK 4760 Vordingborg
Telefon 5377 1600
Telefax 5377 7233

○ Guldborgvej 2
DK 4990 Sakskøbing
Telefon 5470 5100
Telefax 5470 5322



Signaturforklaring:

- Skønnet udbredelse af forurening
 - Skønnet udbredelse af kraftig tjæreforurening
 - Skønnet udbredelse af olieforurening
 - ⊕ Afgrænsende miljøtekniske borer (GI) – Boring 11–14, 101–108
 - ⊕ Tidligere miljøtekniske borer (RH&H) – Boring 4–9
 - Miljøtekniske borer til det primære grundvandsmagasin (GI) – Boring 10
 - SJ 1, placering af overvågningsboring, primært magasin
 - SJ 2 – SJ 6, placering af overvågningsboringer, sekundært magasin
 - SJ 7 – SJ 10, placering af dokumentationsboringer
- ▨ Plantebed med pil/poppel

VILLADSENS FABRIKKER

Phyto oprensning
Bøgevangen 14, Allerød

Situationsplan

Proj.	JAC	Dato	2000-08-28
Tegn.	JBØ	Mål	Ikke målfast
Ks.		Sag nr.	98-5-190
Tegn. nr.			953

SKUDE & JACOBSEN
Rådgivende Ingeniører

● Næstvedvej 1
DK 4760 Vordingborg
Telefon 5377 1600
Telefax 5377 7233

○ Guldborgvej 2
DK 4990 Sakskøbing
Telefon 5470 5100
Telefax 5470 5322

Bilag B Tabeller

Tabel 1. Jordforurening. Enhed: mg/kg

År	Boring	Benzen	Toluen	Ethylbenzen	Xylener	Naphthalen	Phenanthren	Flouranthen	Pyren	Benz(a)pyren	Sum af PAH'er ¹⁾	Total kulbrinter
Dokumentationsfelt NV. Udtaget 2 m u.t. (meter under terræn)												
1999	SJ2	<	0,1	0,7	4,2	130	49	23	12	1,2	140	7.700
2003	SJ2-D	<	0,1	0,1	0,5	9,1	1,8	0,9	0,5	0,1	3	620
2006	SJ11	<	0,2	0,4	1,4	32	7,7	4,5	2,5	0,4	15	1.600
1995	B11	<	<	<	0,11	<	<	<	<	<	<	1.600
2003	B11-D	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2006	SJ12	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2000	SJ7	<	0,1	0,2	0,9	36	9,5	5,6	3,5	0,5	36	2.900
2003	SJ7-D	<	<	<	0,1	2,6	1,9	1,0	0,6	0,1	4	940
2006	SJ13	0,2	1,0	2,7	12	88	84	58	31	2,9	176	3.800
2000	SJ8	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2003	SJ8-D	<	<	<	0,1	<	<	0,01	<	<	0,01	43
2006	SJ14	<	0,1	<	0,3	0,1	<	<	<	<	<	54
Dokumentationsfelt SØ. Udtaget 2 m u.t.												
1999	SJ5	24	2,9	11	47	220	11	5,5	3,1	0,3	36	860
2003	SJ5-D	3,5	0,3	1,5	8,2	7,1	0,3	0,4	0,3	0,1	1,1	280
2006	SJ15	1,1	<	0,44	0,96	0,2	0,1	1,3	0,9	0,6	2,9	950
1997	B103	4,9	15	18	150	980	520	300	170	9,5	1.000	10.000
2003	B103-D	39	180	68	540	5.800	250	84	43	2,7	380	19.000
2006	SJ18	14	43	20	120	600	36	9,6	5,1	0,2	51	2.400
2000	SJ9	0,06	0,06	<	<	0,03	<	<	<	<	<	<
2003	SJ9-D	<	<	<	0,05	0,2	4,6	12	8,4	3,3	28	1.100
2006	SJ16	0,05	<	0,04	0,15	0,4	1,0	3,1	1,6	0,3	6	170
2000	SJ10	<	0,05	<	0,05	7,7	0,92	0,2	0,10	<	3	14
2003	SJ10-D	<	<	<	<	0,3	<	<	<	<	<	<
2006	SJ17	<	<	<	<	0,013	0,014	0,013	<	<	0,03	<
Dokumentationsfelt SØ. Udtaget 5 m u.t.												
1999	SJ5	0,2	0,5	0,3	1,9	81	93	56	35	2,7	270	170
2003	SJ5-D	1,7	5,0	2,5	17	180	210	150	86	7,3	453	2.800
2006	SJ15	2,1	4,7	2,2	15	350	73	43	23	3,1	142	1.500
1997	B103	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
2003	B103-D	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
2006	SJ18	1,8	3,4	1,3	6,5	31	2,2	0,7	0,3	0,06	3,3	140
2000	SJ9	<	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	9,2
2003	SJ9-D	<	<	<	<	<	0,5	1,6	1	0,3	3	120
2006	SJ16	<	<	<	<	0,2	0,4	0,3	0,2	0,03	0,9	5,8
2000	SJ10	1,0	0,1	<	<	0,01	<	<	<	<	<	5,2
2003	SJ10-D	0,2	<	<	0,08	0,9	0,05	0,03	0,02	<	0,1	5,5

2006	SJ17	0,04	<	<	<	0,09	0,02	0,01	<	<	0,03	<
------	------	------	---	---	---	------	------	------	---	---	------	---

<: Under detektionsgrænsen:

BTEX'er: <0,040 mg/kg pr. enkeltstof.

PAH'er inkl. naphthalen: <0,010 mg/kg pr. enkeltstof

Kulbrinter: n-C₆-n-C₁₀: <1,0 mg/kg, n-C₁₀-n-C₂₅: <5,0 mg/kg, n-C₂₅-n-C₃₅: <25 mg/kg

1) Uden naphthalen

i.a.: Ikke analyseret.

Tabel 2. Forureningsparametre i primært grundvand.
Boring SJ1. Enhed: µg/l.

	Total kulbrinter	Benzen	Toluen	Xylener	PAH'er	Phenoler	NSO-forb.	Pejling, m u.f.
Juni 1999	12	<	<	<	0,06	<	0,22	-
September 1999	<	<	<	<	<	<	0,62	-
December 1999	<	<	<	<	0,64	2,3	<	-
Marts 2000	<	<	<	<	<	<	<	7,90
Juli 2000	8,2	0,3	<	<	<	0,1	<	8,18
September 2000	<	<	<	<	<	<	<	8,28
December 2000	<	<	<	<	<	<	<	-
Juni 2001	<	<	<	<	<	<	<	7,90
December 2001	<	<	<	<	<	<	<	8,05
December 2002	7,5	1,6	<	<	<	<	<	7,50
December 2003	<	<	<	<	<	<	<	8,33
December 2004	<	<	<	<	<	<	<	8,21
Januar 2006	<	<	<	<	<	<	<	8,45
Kvalitetskriterium 1)	9	1	5	5	0,2 / 1,0	0,5	-	-

Boring B10. Enhed: µg/l.

	Total kulbrinter	Benzen	Toluen	Xylener	PAH'er	Phenoler	NSO-forb.	Pejling, m u.f.
Juni 1999	29	<	<	<	<	<	<	-
September 1999	<	<	<	<	<	<	<	-
December 1999	<	<	<	<	<	<	<	-
Marts 2000	<	<	<	<	<	<	<	8,00
Juli 2000	15	0,3	<	<	<	<	<	8,25
September 2000	<	<	<	<	<	<	<	8,30
December 2000	<	<	<	<	<	<	<	-
Juni 2001	<	<	<	<	<	<	<	8,05
December 2001	<	<	<	<	<	<	<	8,15
December 2002	<	<	<	<	<	<	<	7,63
December 2003	<	<	<	<	0,04	<	<	8,24
December 2004	41	<	<	<	0,01	0,9	<	8,21
Januar 2006	<	<	<	<	0,01	0,1	<	8,37
Kvalitetskriterium 1)	9	1	5	5	0,2 / 1,0	0,5	-	-

<: Under detektionsgrænsen:

Total kulbrinter: < 5,0 µg/l

Benzen: < 0,20 µg/l

Toluen: < 0,20 µg/l

Xylener: < 0,20 µg/l

PAH'er: < 0,050 µg/l pr. enkeltkomponent

Phenoler: < 0,040 µg/l pr. enkeltkomponent

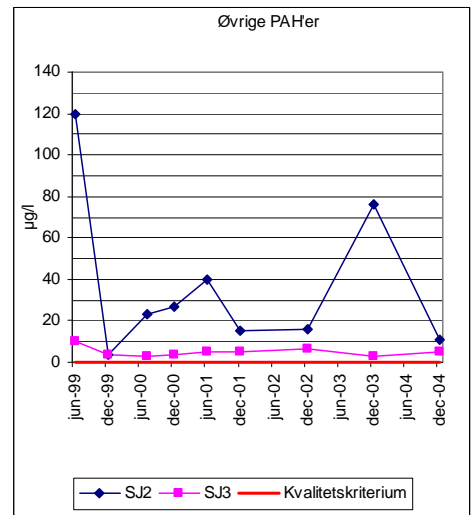
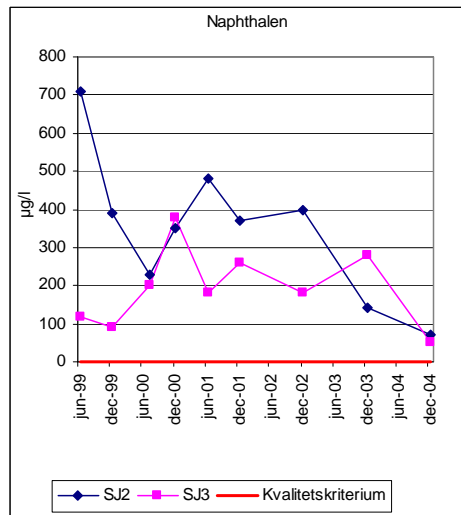
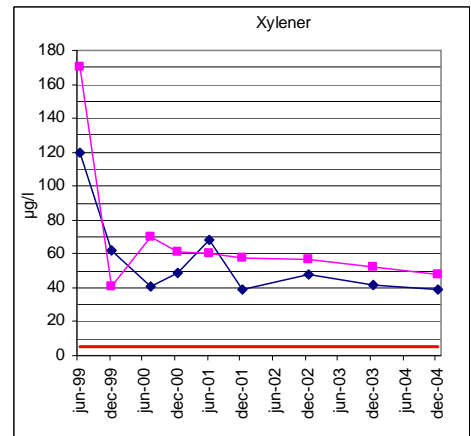
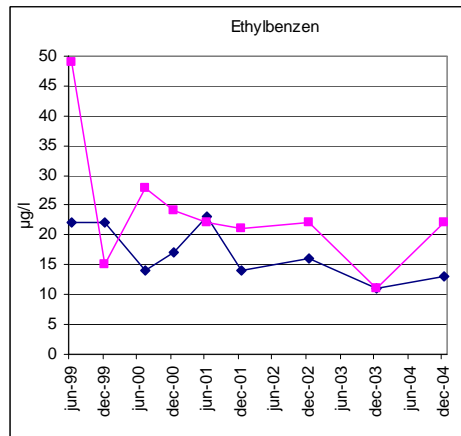
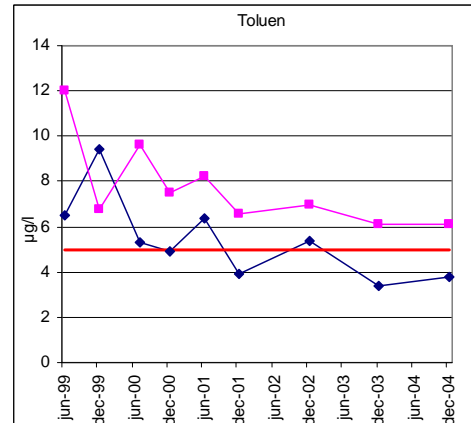
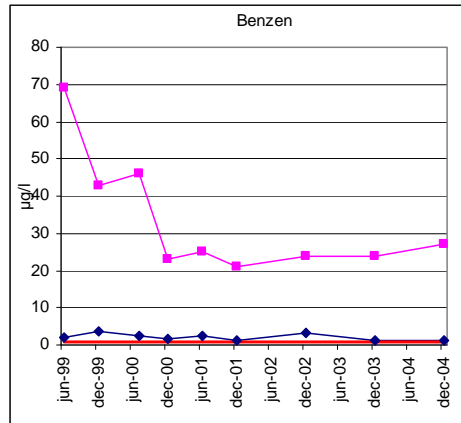
NSO-forbindelser: < 0,020 µg/l pr. enkeltkomponent, dog <1,0 µg/l for pyrrol.

1) Kvalitetskriterium for PAH'er er 0,2 µg/l for 6 MST-stoffer og 1 µg/l for naphthalen.

m u. f.: Meter under filterrør

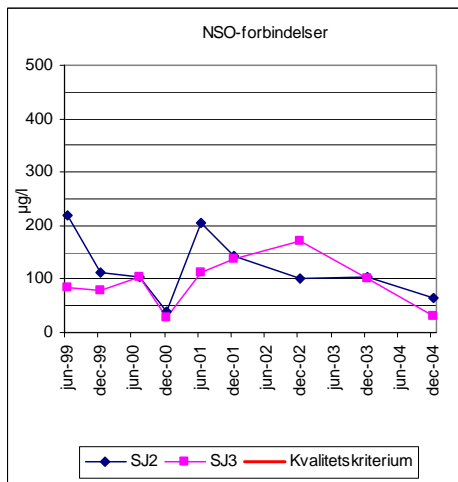
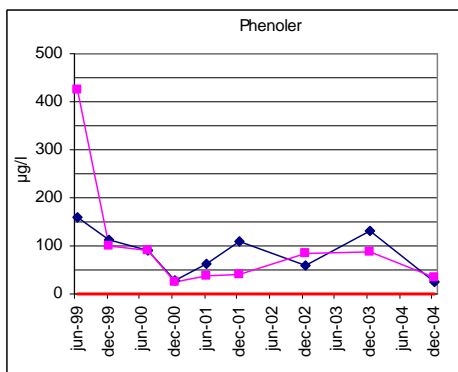
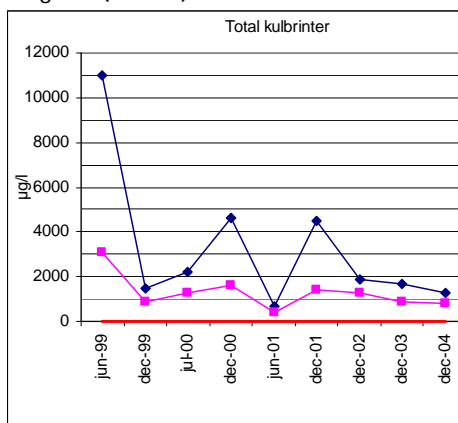
Bilag C
Grafer – område NV

Hotspot NV. Boring SJ2 og SJ3.



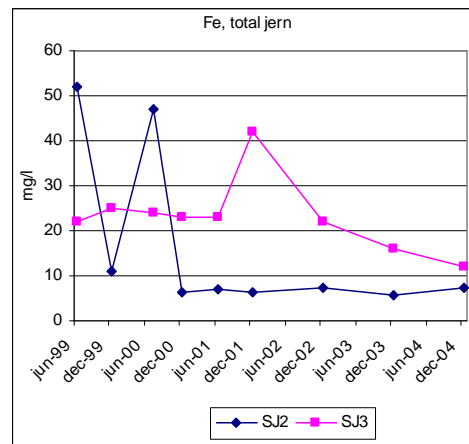
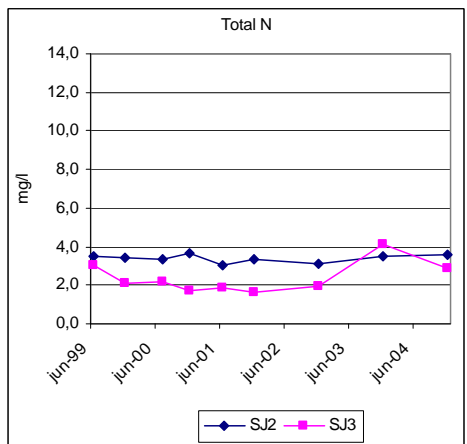
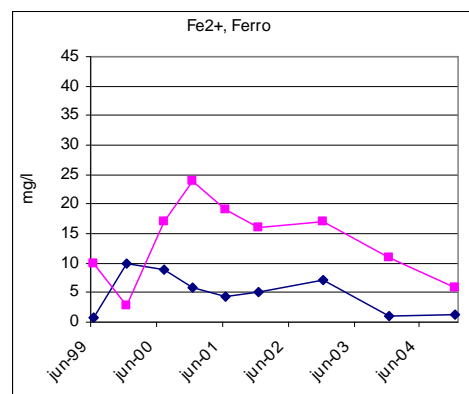
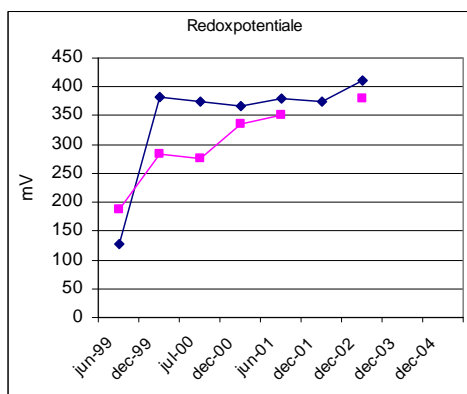
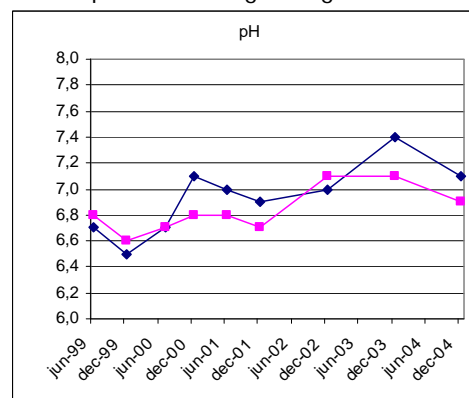
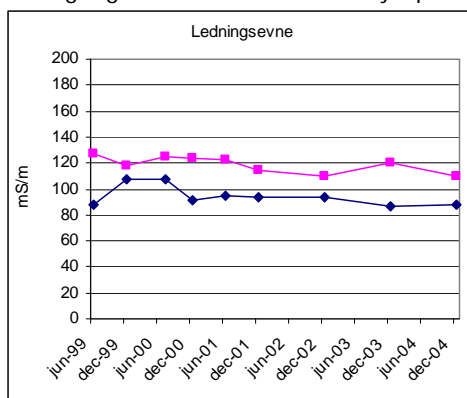
OBS: Bemærk skala på Y-akserne.

Hotspot NV. Boring SJ2 og SJ3 (fortsat)



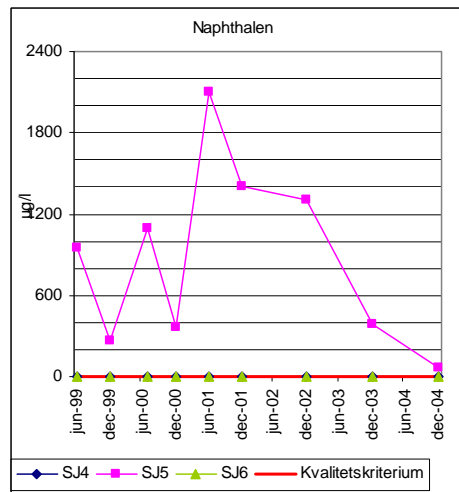
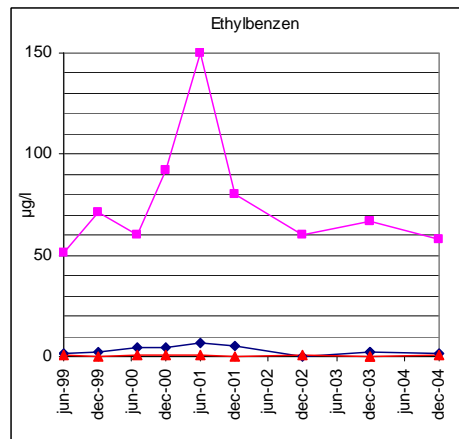
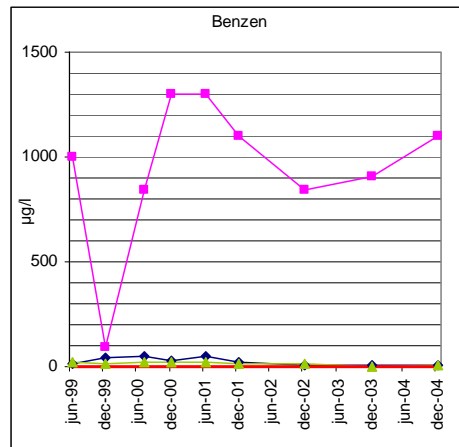
OBS: Bemærk skala på Y-akserne.

Udvalgte grundvandskemiske analyseparametre. Hotspot NV. Boring SJ2 og SJ3.

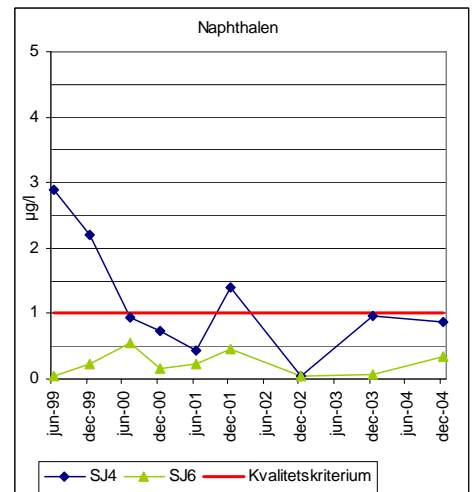
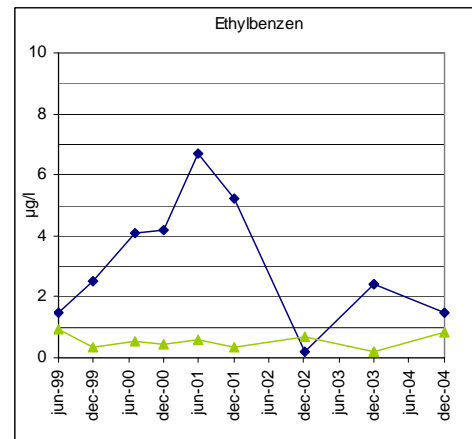
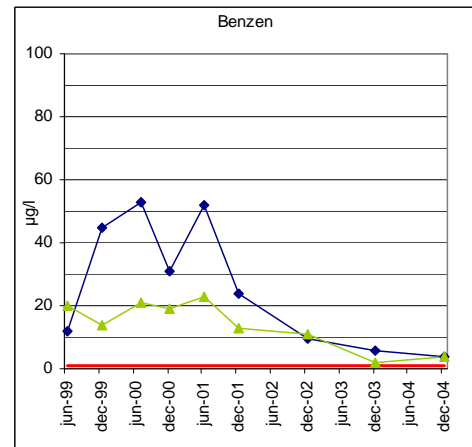


Bilag D Grafer – område SØ

Hotspot SØ. Boring SJ4, SJ5 og SJ6.

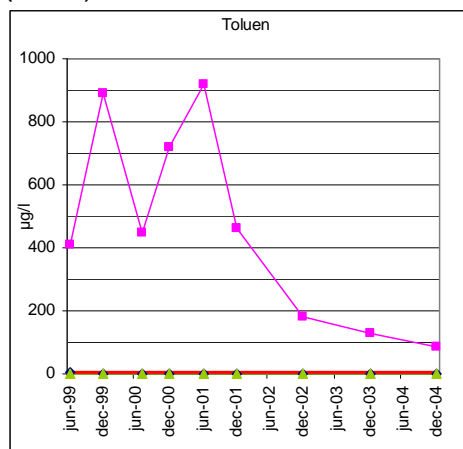


Hotspot SØ. Boring SJ4 og SJ6.

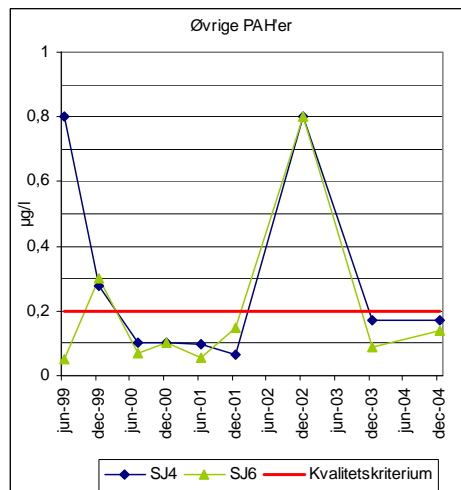
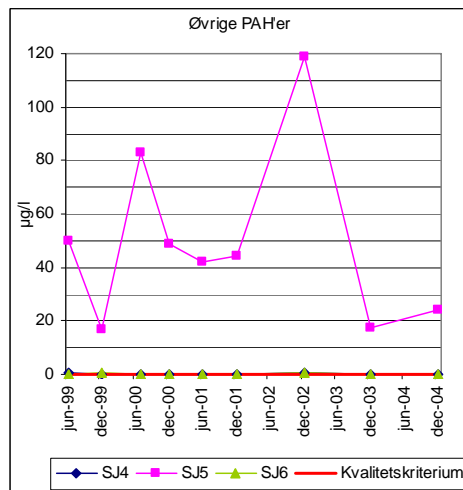
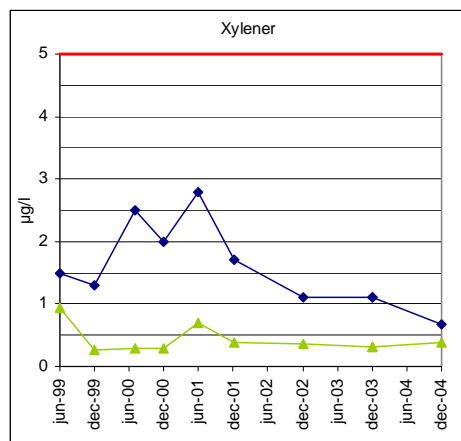
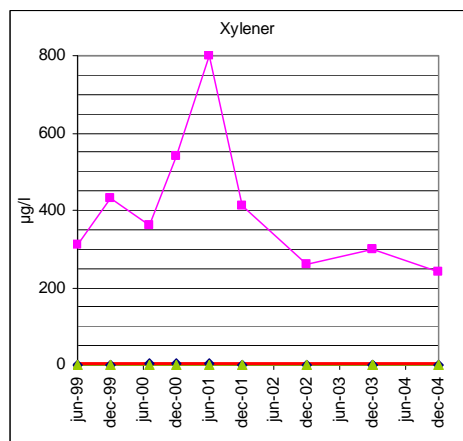
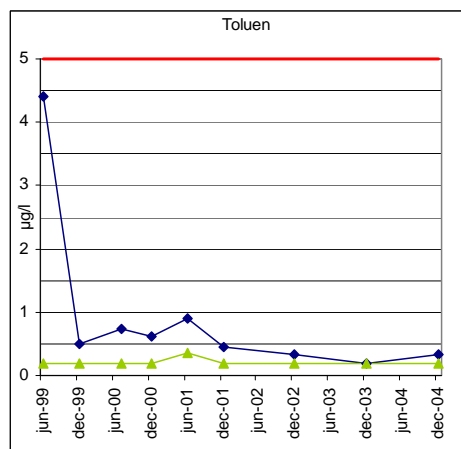


OBS: Bemærk skala på Y-akserne.

Hotspot SØ. Boring SJ4, SJ5 og SJ6 (fortsat).

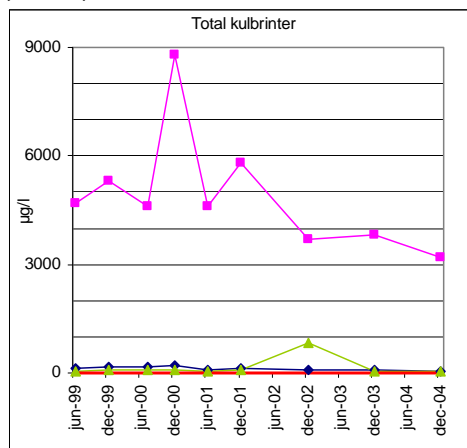


Hotspot SØ. Boring SJ4 og SJ6 (fortsat).

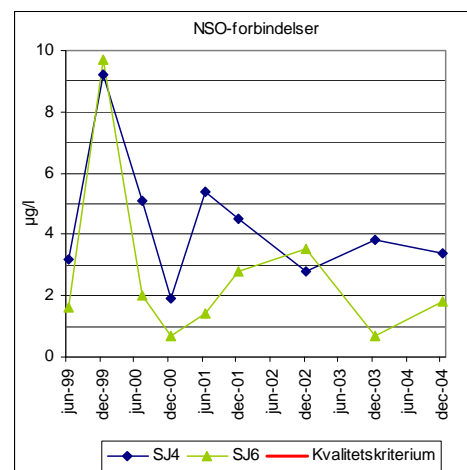
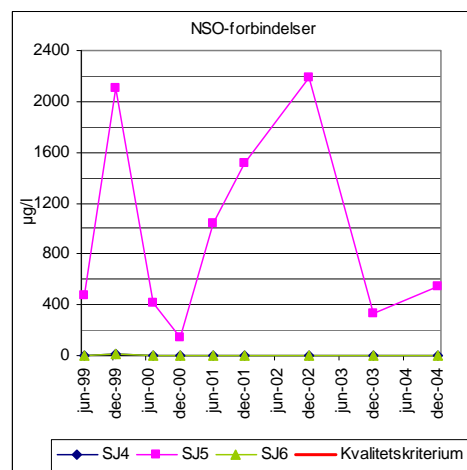
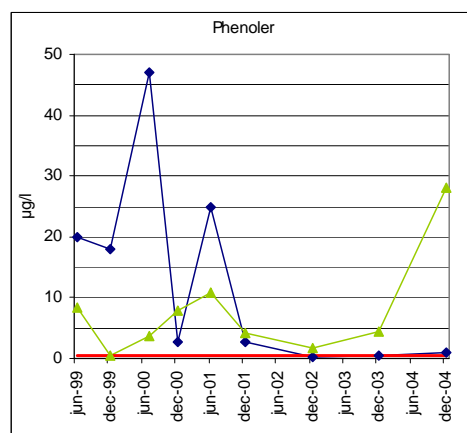
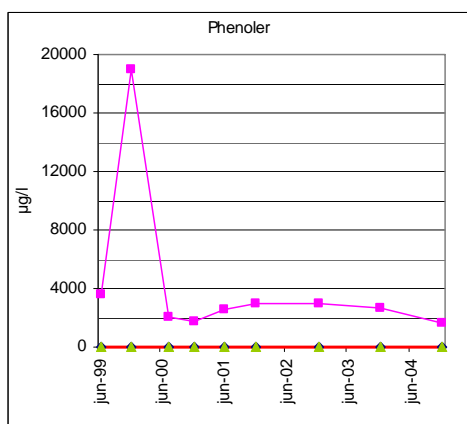
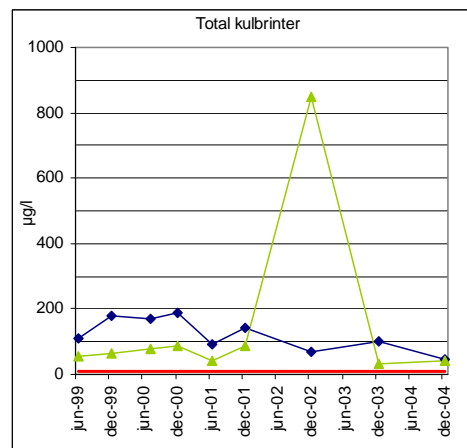


OBS: Bemærk skala på Y-akserne.

Hotspot SØ. Boring SJ4, SJ5 og SJ6 (fortsat).

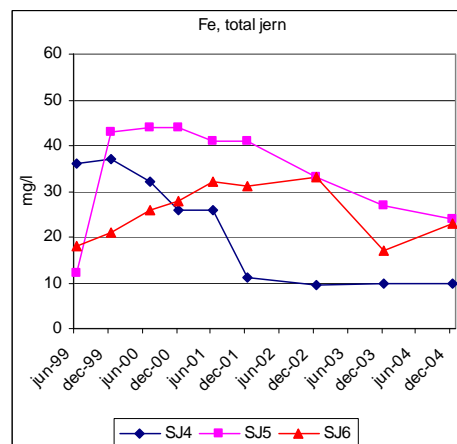
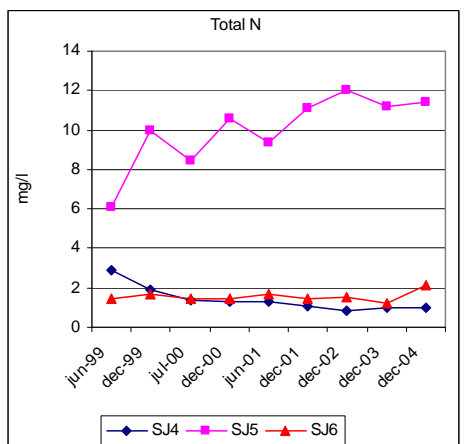
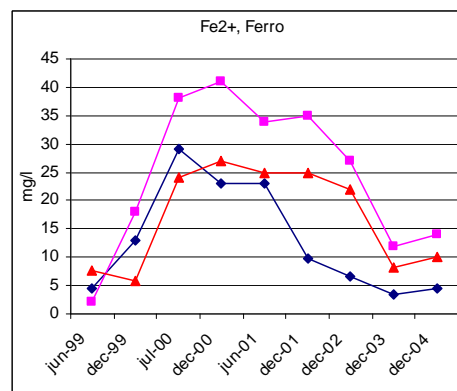
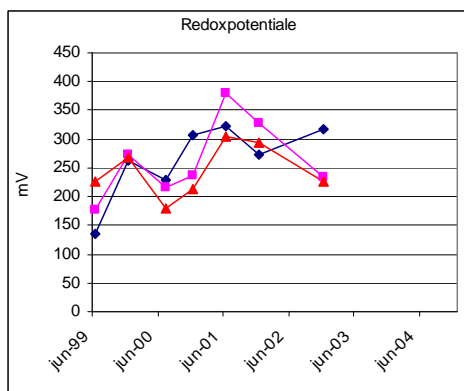
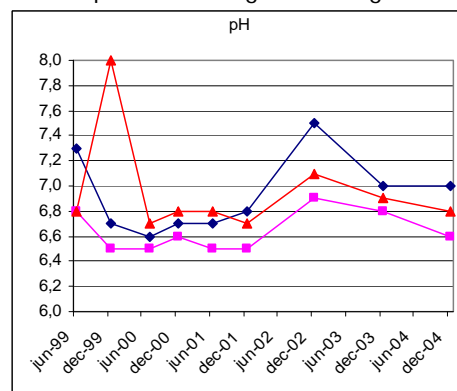
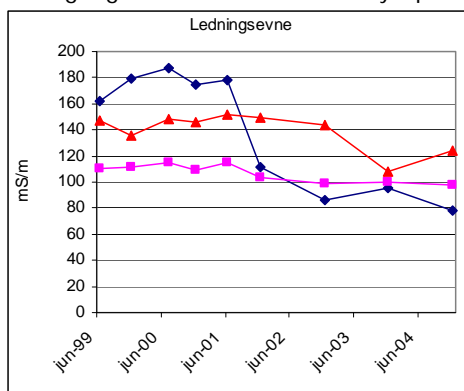


Hotspot SØ. Boring SJ4 og SJ6 (fortsat).



OBS: Bemærk skala på Y-akserne.

Udvalgte grundvandskemiske analyseparametre. Hotspot SØ. Boring SJ4, SJ5 og SJ6.



Bilag E Vandbalance og nedbørmængder

Vandbalance, "korte boringer".

Opsamlet vandmængde ved forpumpning (F.) og prøvetagning (P.). Enhed: liter.

Boring	Juni 1999	Dec. 1999	Juli 2000	Dec. 2000	Juni 2001	Dec. 2001	Dec. 2002	Dec. 2003	Dec. 2004
SJ2 F.	-	-	-	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	-
SJ2 P.	-	-	5,0	5,7	5,3	5,0	5,6	5,7	4,3
SJ3 F.	-	-	8,0	8,0	7,5	7,5	8,3	5,1	-
SJ3 P.	-	-	5,0	6,0	5,2	4,3	5,2	3,5	4,8
SJ4 F.	-	-	8,0	8,0	8,0	8,5	9,0	8,5	-
SJ4 P.	-	-	5,0	6,0	5,9	6,0	7,0	6,0	4,3
SJ5 F.	-	-	6,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,4	-
SJ5 P.	-	-	5,5	5,0	5,1	5,7	6,8	4,1	4,6
SJ6 F.	-	-	7,5	7,5	7,0	7,5	7,5	7,5	-
SJ6 P.	-	-	5,5	5,0	5,7	6,0	5,6	4,7	5,3

:- Ikke registreret.

OBS: Kammeret i boring SJ2 har været utæt.

Forpumpning er foregået ca. en uge før prøvetagning.

