MILJØMINISTERIET
Miljøstyrelsen

Erfaringsopsamling på udviklingen i poreluftkoncentrationer på villatanksager

Poul Larsen, Per Loll, Claus Larsen
Dansk Miljørådgivning A/S

Miljøprojekt Nr. 1310 2009

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

RESUMÉ 7

SUMMARY 11

1 INDLEDNING 15

1.1 BAGGRUND 15
1.2 FORMÅL 16

2 ERFARINGSOPSAMLING 17

2.1 DATAGRUNDLAG 17
2.2 DATAANALYSE 18
2.3 DATA FRA ALLE PORELUFTMÅLEPUNKTER 19
2.3.1 TVOC 19
2.3.2 Benzen 21
2.3.3 BTEX 22
2.3.4 C9/C10-aromater 23
2.3.5 Nøgletal for samtlige poreluftmålinger 24
2.4 AFVÆRGEFORHOLD 25
2.5 JORDFORURENINGENS STØRRELSE 28
2.6 PRODUKTMÆNGDE 31
2.7 AFSTAND TIL JORDFORURENING 34
2.8 KONCENTRATIONER I JORDFORURENING 38
2.9 GEOLOGI OVER FORURENING 40
2.10 MIDLERTIDIGT STIGENDE PORELUFTKONCENTRATIONER 44

3 SAMMENFATNING OG HOVEDKONKLUSIONER 49

4 REFERENCER 53

BILAG A: SAGSOVERSIGT 55

BILAG B: SAGSGENNEMGANG 57

BILAG C: FRAKTILESTIMATER 137

Forord

Denne rapport har til formål at beskrive den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af fyringsoliekomponenter på lokaliteter, hvor der har været et spild af fyringsolie. Til dette formål er data fra igangværende og afsluttede sager, som hører under villatankordningen inddraget.

Projektet er udført af Dansk Miljørådgivning A/S (DMR), som en del af en samlet projektpakke indeholdende denne erfaringsopsamling og et projekt omkring præsentation og afprøvning af en feltmetode til estimering af nedbrydningsrater i jordens umættede zone udarbejdet af DMR. Projektpakken er finansieret af Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogram for jord- og grundvandsforurening og Oliebranchens Miljøpulje.

Projektforløbet er blevet fulgt af en følgegruppe bestående af:

Anders Riiber Høj, Oliebranchens Miljøpulje.
Ole Kiilerich, Miljøstyrelsen.

Sideløbende med denne erfaringsopsamling er der gennemført en erfaringsopsamling på fanelængde for grundvandsforurening, som er udarbejdet af DMR og NIRAS.

Resumé

Baggrund

På baggrund af erfaringer fra en række gennemførte villasager vurderes det, at der i starten, efter spildtidspunktet ved et fyringsoliespild, forekommer en relativ hurtig massefjernelse som følge af afdampning og biologisk omsætning m.v., herunder specielt for forholdsvist flygtige komponenter i fyringsolien. Hidtil har der dog ikke foreligget data, der kvantificerer hvor hurtigt dette koncentrationsfald finder sted, eller hvor lang tid der går før det generelle poreluftniveau er faldet til et niveau hvor det ikke længere udgør et miljømæssigt problem.

Formål

De primære formål med rapporten er derfor, ud fra en erfaringsopsamling på poreluftmålinger på afsluttede og igangværende villasager, at undersøge om der er en generel tendens til at koncentrationen af TVOC, benzen, summen af BTEX og C9/C10-aromater falder over tid, og hvor hurtigt poreluftkoncentrationerne aftager til et niveau, hvor risikoen for en uacceptabel påvirkning af indeklimaet enten vil være meget lav eller vil kunne elimineres ved etablering af et betongulv, se nedenstående diskussion.

Sekundært undersøges det om hastigheden er afhængig af en række stedspecifikke forhold; eksempelvis oprensningsforholdene, forureningsmængden, koncentrationsniveauet, de geologiske forhold samt afstanden imellem jordforureningen og punktet for udtagning af poreluftprøve.

Betragtning omkring generel risiko

Af Miljøstyrelsens vejledning nr. 6, 1998, for den offentligt finansierede oprydning på forurenede lokaliteter /3/, fremgår af side 57, at en fortyndingsfaktor på 100 anses som værende et konservativt skøn over reduktion af poreluftkoncentrationens bidrag til indeklimaet i størstedelen af dansk boligbyggeri, forudsat at boligen har betongulv uden synlige revner. Desuden forudsættes det, at der ikke er andre utætheder ved rørgennemføringer eller lignende og at bygningen har en passiv ventilation på i størrelsesordenen 0,3 gange pr. time.

Ovenstående betragtning lægges til grund når det i dataanalyseafsnittene blot bemærkes, at ***"poreluftkoncentrationerne ikke overstiger en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier***", idet det vurderes, at dette niveau i praksis ofte er udgangspunktet for en vurdering af om observerede poreluftkoncentrationer udgør en potentiel indeklimarisiko, da der er – eller planlægges etableret – et betongulv, som opfylder betingelserne mht. dæmpningsegenskaber.

Datagrundlaget omfatter generelt de største villasager

Der er indledningsvist foretaget en screening af samtlige 353 igangværende eller afsluttede villasager på Fyn og i Nordjylland, med henblik på at lokalisere sager med poreluftmålinger, som er udtaget i serie. På baggrund af screeningen er der inddraget data fra 24 veldokumenterede sager (135

poreluftmålinger fra 53 målepunkter). Det skal bemærkes, at screeningskriterierne har medført, at de inddragede sager må forventes at være blandt de største og mest problematiske villasager, da de mindre sager er frasorteret pga. manglende tidsserier (intet behov for at måle poreluft, eller intet behov for at måle poreluft flere gange), eller fordi alle poreluftkoncentrationer ligger under en valgt signifikansgrænse på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse.

Markant tendens til faldende poreluftkoncentrationer

Erfaringsopsamlingen dokumenterer, at poreluftkoncentrationerne på villaolietanksagerne generelt falder markant over tid. Faldet er mest markant de første ca. 2 år efter oliespildet, hvorefter der generelt sker en stabilisering på niveauer under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium for samtlige forureningskomponenter. Faldet omfatter alle komponenter (TVOC, benzen, BTEX og C9/C10-aromater). Halveringstiden fra den højeste koncentrationen i det typiske målepunkt (medianen) er 7 måneder for TVOC; 2,2 måneder for benzen; 3,5 måneder for BTEX og 3,4 måneder for C9/C10-aromater.

Betydelige midlertidige stigninger er sjældne

I 3-4 % af poreluftmålingerne observeres dog midlertidige signifikante stigninger i poreluftkoncentrationen for TVOC (efter mere end 1 år), der ville kunne medføre en ændret risikovurdering, baseret på en stigning fra et niveau under 100 gange afdampningskriteriet til et niveau over. I praksis vil stigninger i poreluftkoncentrationen fra målerunde til målerunde ofte medføre, at der skal udtages en ekstra poreluftprøve. Hvis der tages udgangspunkt i en stigning til en niveau > 20 gange afdampningskriteriet (altså stadig en faktor 5 under 100 gange afdampningskriteriet) observeres sådanne midlertidige stigninger i ca. 5 % af poreluftmålingerne (efter mere end 1 år). I samtlige tilfælde efterfølges en signifikant stigning af et signifikant fald i den følgende poreluftprøve. For de øvrige komponenter (benzen og C9/C10-aromater), er der ingen sådanne signifikante stigninger efter 1 år, ligesom stigningerne ikke er observeret i målepunkter med større afstand til jordforurening. De midlertidige stigninger i TVOC-koncentrationen er observeret i sager, hvor afstanden mellem målepunktet og kraftig jordforurening er lille (ca. 0,5 m) eller hvor der er tale om monitering ifht. en opløst forurening, og hvor vandspejlet stiger til kun 0,3-0,4 meter under gulv - dvs. hvor kilden kommer tættere på målepunktet.

Poreluftkoncentrationer falder hurtigst for små forureninger

For forureninger med moderat størrelse; hhv. < 100 tons jord eller < 500 kg (rest)produkt, er der klare tendenser til, at poreluftkoncentrationerne indenfor 1-2 år falder til et lavere niveau end for de større forureninger.

Datafraktion under 100 x kriterium efter 1 år for samtlige data

For benzen og C9/C10-aromater er der ikke konstateret indhold over 100 gange afdampningskriteriet efter mere end 1 år. For TVOC er der, efter 1 år, ikke konstateret indhold over 100 gange afdampningskriteriet i 75 % af samtlige målinger.

TVOC er den primære risikokomponent i poreluft på villasager

Samlet set vurderes TVOC at være den primære risikokomponent i forbindelse med poreluftforureninger på villatanksager. Denne vurdering er dels baseret på, at koncentrationsniveauet for TVOC generelt ligger højere end for de øvrige komponenter, hhv. benzen og C9/C10-aromater (ifht. Miljøstyrelsens afdampningskriterier), og dels på, at koncentrationen af TVOC falder langsommere end for de øvrige komponenter.

Ingen risiko efter 6 mdr. når afstanden til jordforureningen er > 1 m

Når afstanden imellem prøvetagningsstedet og restforureningen er 1 meter (f.eks. svarende til, at den øverste meter jord under gulvet er ren), er alle målte koncentrationer for alle de undersøgte komponenter (inkl. TVOC) < 100 x afdampningskriteriet efter 6 mdr. Dette gælder uanset spildstørrelse, geologi, beliggenhed under gulv m.v. Når (rest)forureningen samtidig er < 500 kg olie, aftager poreluftkoncentrationen til maksimalt 8 gange Miljøstyrelsens vejledende afdampningskriterier efter 1 år.

Erfaringsopsamlingen godtgør således, at der 6 mdr. efter olieskaden generelt ikke vil være risiko for en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boliger, hvis forureningen ligger mindst 1 meter under et betongulv. Risikoen er yderligere fjerntliggende, 1 år efter spildtidspunktet, hvis restforureningen er af moderat omfang (< 500 kg fyringsolie).

Dataanalyser uden afgørende konklusioner

Der er ikke konstateret afgørende generelle forskelle i niveauet for poreluftkoncentrationerne, eller hastigheden hvormed poreluftkoncentrationen falder over tid, mht. afværgeforholdene, koncentrationerne i jordforureningen eller geologien i eller over forureningen. Dette vurderes at skyldes, at en række modsatrettede faktorer spiller ind på det samlede billede.

Summary

Background

Based on experience from several soil pollution cases from private heating oil storage tanks, reduction of mass as caused by evaporation and biological degradation etc. is relatively fast immediately after a leak has taken place – especially for the relatively volatile components in the heating oil. So far, data which quantify the decrease in hydrocarbon concentration in soil air over time, or the time required before the overall level of soil air hydrocarbons has decreased to a level where it no longer poses a risk, have not been presented.

Scope

Therefore, the primary scope of this report is to review the data from both ongoing and already finished pollution cases at private heating oil sites, in order to investigate whether there is a general tendency for the soil air concentrations of TVOC, benzene, sum of BTEX and C9/C10 aromatic compounds to decrease over time, and to investigate how fast the soil air concentrations decrease to a level below which the risk posed to the indoor air climate is very low or where a new concrete floor would be sufficient to eliminate risk for the indoor climate – see discussion below.

The secondary scope is to investigate weather the necessary time for reduction of the hydrocarbon concentration in soil air is dependent on site specific data like remediation status, size of the oil spill, soil concentrations, geological layers and distance between soil pollution and sampling point for soil air.

Considerations on general risk

In the Danish EPA guidelines no. 6, 1998, page 57, covering public financed remediation at polluted sites /3/, a dilution factor of 100 is considered to be a conservative estimate of the contribution of soil air concentrations to the indoor air in the majority of Danish housings provided that the building has a concrete floor without visible cracks. Furthermore, it is presumed that the floor is without other leaks around e.g. pipes, and that the building has passive ventilation on the order of 0.3 per hour.

The considerations above are presumed when it is merely stated that "***the concentrations in the soil air is below a factor of 100 times the Danish EPA regulatory limits for indoor air"***, since this level often is considered a practical starting point for an assessment of whether a measured soil air concentration pose a potential indoor air risk, as there is (or is planned constructed) a concrete floor, which meets the demands regarding attenuation characteristics.

The data generally encompass the largest private heating oil spills

Initially, a screening has been performed on all 353 ongoing and finished cases from Fyn and Northern Jutland to pinpoint cases with measurements of soil air sampled over time. Based on the screening, data from 24 well documented cases (135 measurements from 53 samplings points) were

included in the study. Note that the 24 cases, due to the screening criteria applied, are expected to be among the largest and the most problematic cases, since smaller cases are discarded because of lack of time series (no need to measure in the soil air or no need to measure over time) or because all measured concentrations are below a chosen level of significance of 10 times the detection limit.

A notable tendency toward decreasing soil air concentrations

The data support a conclusion that the soil air concentrations in general are reduced over time. The reduction is most notable in the initial 2 years after a spill has taken place, after which the concentrations generally stabilize at levels below 100 times the regulatory limits for all heating oil components. The reduction encompasses all components (TVOC, benzene, BTEX and C9/C10 aromatics). The half life of the highest concentration in the typical sampling point (the median) is 7 months for TVOC; 2.2 months for benzene; 3.5 months for BTEX and 3.4 months for C9/C10 aromatics.

Significant temporary increases are rare

However, in 3-4 % of the measurements temporary significant concentration increases are observed for TVOC (after more than one year), which could lead to a change in the risk assessment, based on increases from a level below to a level above 100 times the regulatory limit. Under practical conditions, an increase from one measuring round to the next will often require that a new sample is collected and analyzed. Increases to a level above 20 times above the regulatory limits (still a factor of 5 below 100 times the limit) such temporary elevations are found in approx. 5 % of the measurements (after more than one year). In all instances, significant increases are followed by significant reductions in the subsequent measurement. For the other components (benzene and C9/C10 aromatics), no such significant increases are observed one year after the spill, and the increases are not observed in measuring points with larger distance from the soil pollution. The temporary increases in TVOC concentrations are observed in instances where the distance between sampling point and severe soil pollution is short (approx. 0.5 meters) or when the pollution is dissolved and the water level elevates to 0.3-0.4 meters below the floor – i.e. when the source is brought closer to the sampling point.

Concentration decreases are fastest for relatively small spills

There is a clear tendency for the concentrations to decrease to a lower level within the first 1-2 years when the pollution is of moderate size; <100 tons of polluted soil or <500 kg (residual) product, compared to cases with more severe pollution.

Fraction of data below 100 times the regulatory limit after 1 year for all data

For benzene and C9/C10 aromatics there are no incidents where the concentration is above a 100 times the criteria after more than one year. The concentration of TVOC is below 100 times the regulatory limit in 75% of all measurements after one year.

TVOC is the primary risk component in soil air from private heating oil tanks

Assessing data overall, TVOC is the primary risk component for soil air pollution at private heating oil storage tank cases. This assessment is based partly on the fact that the concentration level for TVOC generally is higher than for the other components; benzene and C9/C10 aromatics respectively (compared to the regulatory limit), and partly on the fact that

the TVOC concentration has a slower rate of decrease than the other components.

No risk after 6 months when the distance to the soil pollution is >1m

When the distance between the sampling point and the soil pollution is 1 meter (e.g. corresponding to more than 1 meter unpolluted soil underneath the floor) all measured concentrations for all components (including TVOC) are below 100 times the regulatory limits after 6 months. This is regardless of the size of the spill, geological layers, contaminant location under the floor etc. When the (residual) spill is also below 500 kg oil, the soil air concentrations decreases to a maximum of 8 times the regulatory limits after one year.

Hence, the study implies that 6 months after an oil spill there is generally no unacceptable influence on the indoor air of housings if the soil pollution is at least 1 meter below a concrete floor. The risk is further reduced 1 year after the spill, if residual pollution is of moderate size (< 500 kg heating oil).

Data analyses without clear conclusions

No significant trends were observed, regarding the concentration levels or the rate of reduction over time, related to the remediation status, the soil concentrations or the geological layers in or above the soil pollution. This is presumably due to several opposite factors which affects the overall picture.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Villatankforsikringen

Jordforureningsloven blev vedtaget i 1999 og havde til formål at medvirke til at forebygge, fjerne eller begrænse jordforurening og forhindre eller forebygge skadelig virkning fra jordforurening på grundvand, menneskers sundhed og miljøet i øvrigt.

I lovens §§ 48 og 49 blev der bl.a. indsat bestemmelser om tankejerens ansvar for forureninger fra villaolietanke og om en pligt for ejeren til at forsikre sit ansvar.

Jordforureningslovens § 48 indebærer, som udgangspunkt, at villaolietank-ejeren har ansvaret for enhver konstateret forurening fra tanken, uanset hvordan og hvornår forureningen er sket, og uanset hvem der ejede tanken, da forureningen skete (ubetinget ansvar). For at sikre villaolietankejerne, der typisk er privatpersoner, mod de omfattende økonomiske konsekvenser af forureningsansvaret, er det i lovens § 49 bestemt, at tankejeren har pligt til at tegne en forsikring, der dækker ansvaret.

Muligheden for at forsikre sig mod det ubetingede ansvar til en rimelig præmie var for den daværende miljøminister og det brede folketingsflertal bag loven den afgørende forudsætning for, at reglerne om det ubetingede ansvar kunne træde i kraft. Indtil der var fundet en acceptabel forsikringsordning skulle lovens øvrige regler – og ikke det ubetingede ansvar – derfor også gælde for villaolietanke.

Reglerne trådte ikke i kraft samtidig med resten af loven 1. januar 2000, da det på dette tidspunkt endnu ikke var muligt at forsikre ansvaret. Der blev efterfølgende etableret en ordning, der indebærer, at oliekunder samtidig med deres køb af fyringsolie fra danske leverandører også køber en forsikring af deres tank. Ordningen finansieres og tilbydes pt. af olieselskaberne, der sælger fyringsolie i Danmark, og administreres af Oliebranchens Miljøpulje (OM) og forsikringsselskabet Topdanmark A/S.

Villaordningen er afgrænset til sager, der hører under Jordforureningslovens § 48, dvs. påbud om undersøgelse og oprensning af forureninger fra tanke under 6.000 liter.

Miljøministeren kunne med etableringen af denne forsikringsordning sætte §§ 48 og 49 i kraft pr. 1. marts 2000.

Empiriske observationer

Dansk Miljørådgivning A/S har på en række villasager set, at poreluftkoncentrationerne er aftaget kraftigt, relativt hurtigt efter spildtidspunktet. Der er således flere eksempler på, at poreluftkoncentrationerne falder med én til flere størrelsesordner indenfor det første år efter spildtidspunktet.

Andre erfaringer

På baggrund af ovenstående observationer, samt Dansk Miljørådgivnings øvrige erfaringer med nedbrydning af BTEX'er i umættet zone; herunder via en sag med stimuleret biologisk nedbrydning, jf. /1/ og /2/, samt flere specialeprojekter på Aalborg Universitet, er det vores erfaring, at BTEX-nedbrydere hurtigt vil vokse op og foretage en nedbrydning i jordens umættede zone. Dette gør sig specielt gældende under transport af stofferne på gasform, væk fra spildområdet, f.eks. op mod indeklimaet eller ned mod grundvandet. Desuden er det vores indtryk, at der sandsynligvis forekommer en betydelig naturlig biologisk nedbrydning af de efterladte restforureninger i jorden; specielt ifht. BTEX'er. Endelig har vi observeret, at der ikke er fundet væsentligt forhøjede kulbrinteindhold i poreluften 1-2 meter over grundvandsspejlet på en række sager (ikke villatanksager), hvor der ellers er observeret fri fase af diesel/fyringsolie på grundvandet.

Datagrundlaget på villasager udmærker sig i forhold til andre tilgængelige forureningsdata ved at:

- der er tale om et stort antal sager med samme produkttype.
- spildtidspunktet og –mængden er forholdsvist veldefineret.
- der foretages grundige beskrivelser af forureningens beliggenhed og koncentrationsniveau.
- der ofte foreligger sammenhørende analyser fra jord og poreluft.

1.2 Formål

Koncentrationsfald over tid

Projektets formål er, ud fra konkrete data på en række villasager, primært at undersøge:

1. om der er en generel tendens til at poreluftkoncentrationen af TVOC, benzen, summen af BTEX og C9/C10-aromater falder over tid.
2. hvor hurtigt poreluftkoncentrationerne aftager til et niveau under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

og sekundært at undersøge om:

3. der er forskel på en evt. reduktion i poreluftkoncentration henholdsvis før og efter en oprensning, hvor der er efterladt restforurening, samt efter etablering af passiv ventilation.
4. de lokale geologiske forhold, forureningsmængder, forureningskoncentrationer samt afstanden imellem jordforureningen og punktet for udtagning af poreluftprøve influerer på hvor hurtigt, der forekommer en signifikant reduktion i poreluftkoncentrationen.

Datamaterialet fra projektet skulle således gerne give nogle generelle erfaringer om poreluftforureningens sammensætning, spredning, samt evt. udvikling/fald over tid på villasager, hvilket kan være med til at sætte det miljømæssige problem ved at efterlade restforureninger med olieprodukter i perspektiv.

2 Erfaringsopsamling

2.1 Datagrundlag

24 sager inddraget

Der er foretaget en indledende screening, omfattende samtlige de 353 sager med spild af fyringsolie fra private villaolietanke i Nordjylland (Viborg og Nordjyllands Amter / Region Nordjylland) og på Fyn (Fyns Amt / østlige del af Region Syddanmark), som OM siden marts 2000 har undersøgt som følge af påbud udstedt iht. Jordforureningslovens §48. Screeningen omfatter 25 % af alle de godt 1.400 villatanksager der har været i Danmark i perioden, og det vurderes, at sagsgrundlaget kan betragtes som repræsentativt for hele landet. Den indledende screening frembragte 61 potentielt relevante igangværende eller afsluttede villasager, hvoraf der er fundet sammenhængende dataserier på 24 sager; heraf 12 fra Nordjylland og 12 fra Fyn.

Screeningskriterier

De inddragede sager er udvalgt ud fra, at der foreligger tidsserier af poreluftmålinger udført i samme punkt (i enkelte tilfælde indenfor max. en halv meters afstand) og at der kan opstilles én eller flere sammenhængende dataserier enten før eller efter en eventuel afværge. Der er indsamlet data for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater. Endvidere er følgende objektive kriterier overholdt:

- Den første måling er udtaget indenfor max. 1 år efter spildtidspunktet eller afværgeafslutning.
- Dataserien indeholder poreluftkoncentrationer, der overskrider 10 gange detektionsgrænsen for mindst én forureningskomponent.
- Dataserien er ikke målt under aktiv afværge.

Resulterende datagrundlag

Disse kriterier resulterer i, at der i erfaringsopsamlingen er inddraget 135 poreluftmålinger med dataserier fra 53 poreluftmålepunkter fra samtlige 24 sager, der opfylder de objektive screeningskriterier. Ca. 90 % af poreluftmålepunkterne er placeret under betongulv i boliger. Poreluftmålingerne er udført af fire forskellige rådgivere (COWI, DGE, DMR og RAMBØLL), og vurderes derfor, at repræsentere de prøvetagningsprocedurer m.v., der generelt praktiseres i den danske rådgiverbranche.

I bilag A ses en samlet oversigt over de 24 sager og nøgleparametre herfor, mens hver enkelt sag, med tilhørende data, er gennemgået i bilag B. Af bilag A fremgår endvidere hvilke dataserier, der er anvendt til de forskellige analyser.

Screeningskriterier medfører sagsdata fra forholdsvis store sager

Det skal bemærkes, at udvælgelseskriterierne har medført, at de inddragede sager må forventes at være blandt de største og mest problematiske villasager, da de mindre sager er frasorteret pga. manglende tidsserier (intet behov for at måle én flere gange), eller fordi de målte indhold alle ligger under en valgt signifikansgrænse på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse.

OM-finansiering af supplerende målinger

OM har, i forbindelse med gennemførelsen af erfaringsopsamlingen, finansieret 13 supplerende poreluftmålinger på 7 sager, dels med henblik på at supplere allerede eksisterende dataserier med punkter forholdsvist lang tid efter spildet/afværgeafslutning (4 sager), og dels med henblik på at tilvejebringe yderligere poreluftdata fra sager med omfattende olieforurening til at kunne indgå i erfaringsopsamlingen ved prøvetagning umiddelbart inden igangsætning af afværge på ejendommene (3 sager).

2.2 Dataanalyse

Fraktilplots (50, 75 og 90 %)

Den følgende dataanalyse er baseret på estimerede fraktilplots af poreluftkoncentration som funktion af tiden efter spildtidspunktet eller tidspunktet efter afslutning af en given afværge. Den statistiske procedure, der ligger til grund for estimering af henholdsvis 50, 75 og 90 % fraktiler for de indsamlede poreluftdata er beskrevet i bilag C.

Forudsætninger for optegning af fraktilplots

Som forudsætning for at optegne 50 % fraktilet, skal der være minimum to datapunkter i det tidsinterval, som fraktilet er beregnet på baggrund af (se bilag C for detaljer). Dvs. at 50 % fraktilet repræsenterer den (middel)koncentration, som halvdelen af data er lavere end (dvs. mindst ét datapunkt). Tilsvarende er det forudsat, at der skal være mindst 4 datapunkter for beregning og plotning af 75 % fraktilet, svarende til at ¾ af datapunkterne (minimum tre) ligger under denne koncentration, og at der skal foreligge mindst 10 datapunkter for beregning af 90 % fraktilet (værdien for mindst ni datapunkter er lavere).

For hver analyse er dataene præsenteret i to plots:

Udvikling i absolutte koncentrationer

I det venstre plot er den absolutte poreluftkoncentration ($\mu g/m^3$) for samtlige datapunkter i den pågældende analyse plottet på en tidsakse, der viser prøvetagningstidspunktet efter spildtidspunktet eller tidspunktet efter endt afværge. I dette plot betragtes de enkelte målinger som uafhængige af hinanden, og dermed også af de øvrige målinger fra samme poreluftmålepunkt. Dette plot benyttes til en tolkning af hvilke absolutte poreluftkoncentrationer, der er målt på alle relevante sager, som funktion af tiden, og det kan eksempelvis aflæses, hvornår poreluftkoncentrationen er reduceret til en faktor 100 under afdampningskriteriet for de enkelte forureningskomponenter. Denne grænse vil således kunne tolkes som den tid, der skal gå før der – for den analyserede forureningskomponent, med en given grad af statistisk sikkerhed – generelt ikke forventes at forekomme et uacceptabelt bidrag til indeklimaet i boliger med intakte betongulve, og der er i denne betragtning indlagt en ”sikkerhedsfaktor” for de poreluftmålinger, der ikke er udtaget direkte under gulvet..

Udvikling i relative koncentrationer

I det højre plot er koncentrationerne i hver enkelt dataserie normaliseret i forhold til den maksimalt målte koncentration i det enkelte målepunkt over tid (C/C_{max}), hvormed der opnås et mål for den relative koncentrationsudvikling over tid i det enkelte målepunkt. I denne analyse medtages kun de dataserier, hvor der – for hver enkelt forureningskomponent – er konstateret poreluftmålinger med mindst ét

indhold, der overskrider en fastsat/valgt signifikansgrænse på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse (ved 100 L opsamlet luft). Denne reduktion i datasættet foretages for at undgå, at lave niveauer påvirker tidsserien for C/C_{max} med "tilfældige udsving", der udelukkende afspejler lave niveauer. Når serierne for de enkelte poreluftmålepunkter plottes samlet kan plottet benyttes til, at aflæse halveringstiden for en given fraktion af data. Det bemærkes, at den statistiske sikkerhed kan blive påvirket forholdsvist meget når der forekommer poreluftmålepunkter, hvor den højeste poreluftkoncentration ikke konstateres tidligt/i starten af måleserien, og når datagrundlaget samtidigt tynder ud, fordi der ikke længere måles på sager hvor poreluftkoncentrationerne er faldet til acceptable niveauer. Til sene tidspunkter vil der således være en tendens til at det er de "værste" sager der stadig moniteres på.

Nøgletal

Ud over de ovennævnte plots opsamles og præsenteres følgende nøgletal for hver af de gennemførte analyser i en samlende tabel:

- Datagrundlaget for analysen ved antal poreluftmålepunkter.
- Andelen af poreluftmålingerne der ligger under hhv. signifikansgrænsen på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse, median-baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium.
- Det antal år, der går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium.
- Halveringstiden for hver kulbrintefraktion for hhv. 50 og 75 % af poreluftmålepunkterne.

Baggrundsniveauer i udeluften i Danmark

I de enkelte analyseafsnit er der henvist til baggrundsniveauerne målt i udeluften i Danmark, jf /4/. De niveauer, der henvises til er medianværdier (50 % fraktiler), og for stofgrupperne BTEX og C9/C10-aromater henvises til summen af medianværdierne (fra /4/) for de enkelte stoffer, der indgår i stofgruppen. For baggrundsniveauet for BTEX er der således refereret til summen af 50 % fraktilerne i udeluften i Danmark (jf. /4/) for hhv. benzen, toluen, ethylbenzen og xylener. I /4/ er baggrundsniveauerne, efter ovennævnte definition, 61 $\mu g/m^3$ for TVOC, 0,48 $\mu g/m^3$ for benzen, 3,3 $\mu g/m^3$ for BTEX og 1,0 $\mu g/m^3$ for C9/C10-aromater.

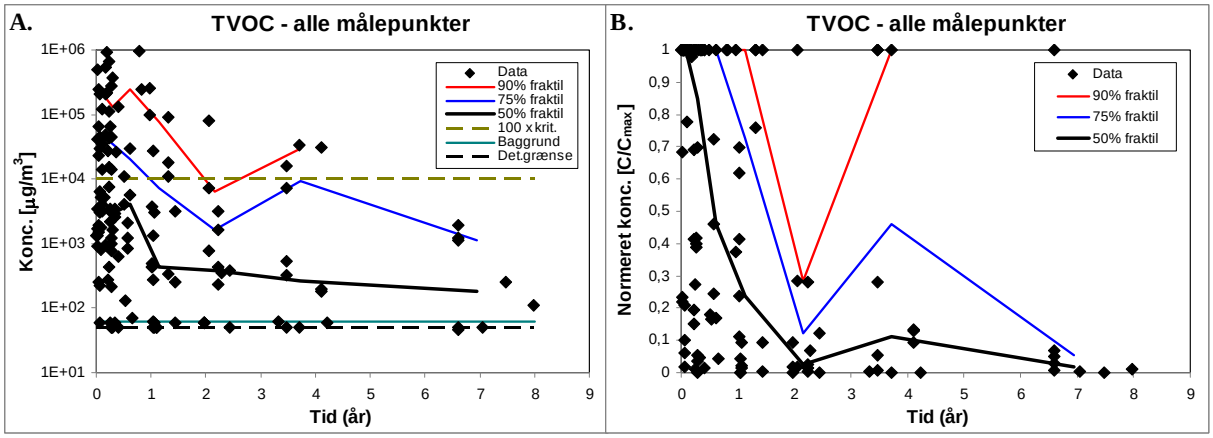
2.3 Data fra alle poreluftmålepunkter

I nærværende afsnit præsenteres data samlet for henholdsvis TVOC, benzen, sum af BTEX samt C9/C10-aromater, for samtlige poreluftmålepunkter under ét, dvs. at der ikke skelnes imellem om data er fremkommet før eller efter afværge, under passiv ventilation eller under givne betingelser mht. spildstørrelse, forureningskoncentrationer, geologi etc. I alt indgår der 135 datapunkter/poreluftmålinger fra 53 poreluftmålepunkter i dette datagrundlag.

2.3.1 TVOC

Af figur 2.1 ses den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af TVOC. I plot B er der inddraget data fra 49 poreluftmålepunkter med 126

datapunkter, da der i 4 poreluftmålepunkter ikke – på noget tidspunkt – er konstateret indhold af TVOC, der overskrider signifikansgrænsen på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse.



Figur 2.1. Samlede data for TVOC som funktion af tiden.

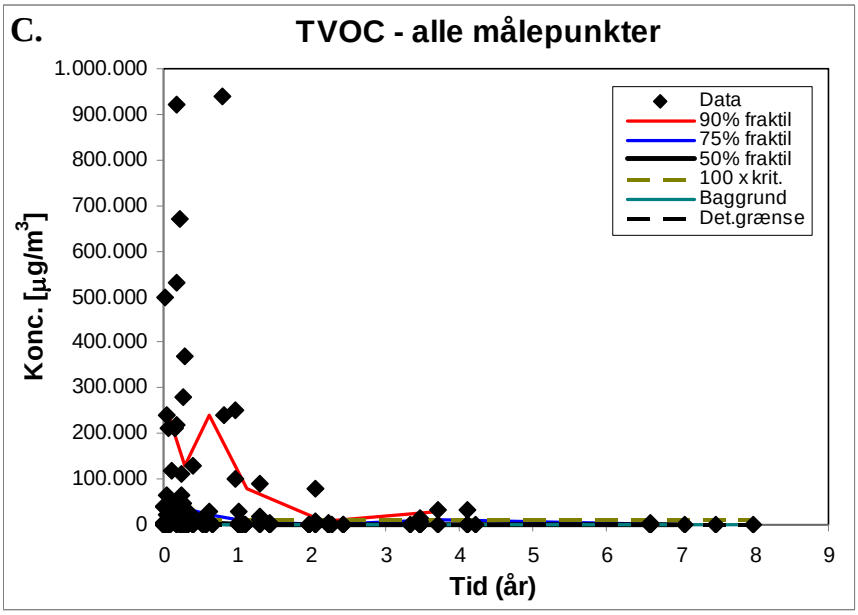
Som det fremgår af figur 2.1 plot A observeres der et meget tydeligt fald i poreluftkoncentrationen af TVOC over de første ca. 2-4 år. Allerede efter 1 år stabiliseres median-niveauet (50 % fraktilet) på et niveau under/-omkring 450 µg/m^3, svarende til en overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterium med en faktor 4-5. Efter ca. 2 år er koncentrationen af TVOC stabiliseret til et niveau under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium i 94 % af målepunkterne. Af figur 2.1, plot B, fremgår det, at median-halveringstiden for TVOC er 7 mdr.

Det ses endvidere, at 50 % fraktilet (medianen) for TVOC, til samtlige tidspunkter, ligger under linjen for 100 gange afdampningskriteriet. Med andre ord måles der i 50 % af de udtagne poreluftprøver aldrig indhold af TVOC, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium med mere end en faktor 100; selv indenfor det første halve år efter spildtidspunktet/afværgeafslutning. Erfaringsopsamlingen indikerer således, at TVOC ikke på noget tidspunkt udgør et indeklimaproblem i mere end 50 % af målepunkterne, baseret på en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Efter 1 år er der ikke konstateret indhold over 100 gange afdampningskriteriet i 75 % af samtlige målinger.

På baggrund af plot A i figur 2.1 kan det opgøres, at 69 % af samtlige målinger ligger under en faktor 100 over Miljøstyrelsens afdampningskriterium og at 17 % af målingerne ligger under median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (61 µg/m^3 /4/).

I forhold til figur 2.1 plot A, bemærkes det, at der er benyttet en logaritmisk akse, der spænder over 5 dekader, til afbildning af koncentrationerne – og at lineære henfald i dette plot i virkeligheden dækker over eksponentielle henfald på en lineær akse. Samtlige af de følgende venstre plot er plottet på en logaritmisk akse for at få en visuel adskillelse af de observerede tendenser/forskelle imellem forskellige dataanalyser. For at understrege, hvor stort det tidslige fald i de

observerede koncentrationer i virkeligheden er, er data fra figur 2.1, plot A, dog plottet på en lineær koncentrationsakse i følgende figur 2.1(C).

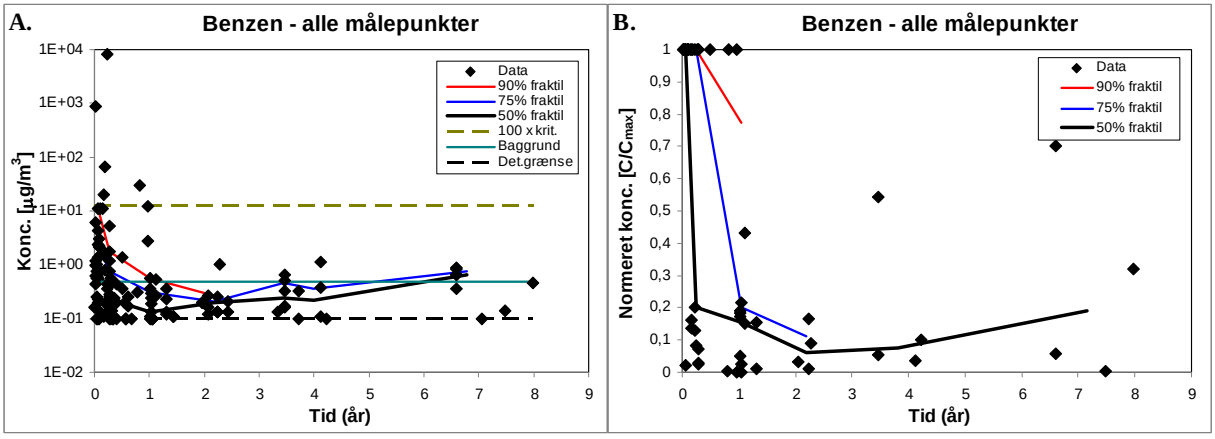


Figur 2.1(C). Samlede data for TVOC som funktion af tiden plottet på en lineær koncentrationsakse - data fra figur 2.1(A).

Som det fremgår af figur 2.1(C) er der tale om et ganske betydeligt – og et helt entydigt – fald i poreluftkoncentrationen af TVOC over tid for det samlede datamateriale.

2.3.2 Benzen

Af figur 2.2 ses den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af benzen. I plot B er der inddraget data fra 24 poreluftmålepunkter med 61 datapunkter, da der i de øvrige 29 poreluftmålepunkter ikke – på noget tidspunkt – er konstateret indhold af benzen, der overskrider signifikans-grænsen på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse.



Figur 2.2. Samlede data for benzen som funktion af tiden.

Som det fremgår af plot A i figur 2.2 observeres der et meget tydeligt fald i poreluftkoncentrationen af benzen over det første ca. ½-1 år, hvorefter median-niveauet stabiliseres under/omkring baggrundsniveauet i udeluften i Danmark. Efter ca. 1 år er koncentrationen af benzen stabiliseret til et niveau under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium i samtlige målepunkter. Af plot B i figur 2.2, fremgår det, at median-halveringstiden for benzen er 2,2 mdr.

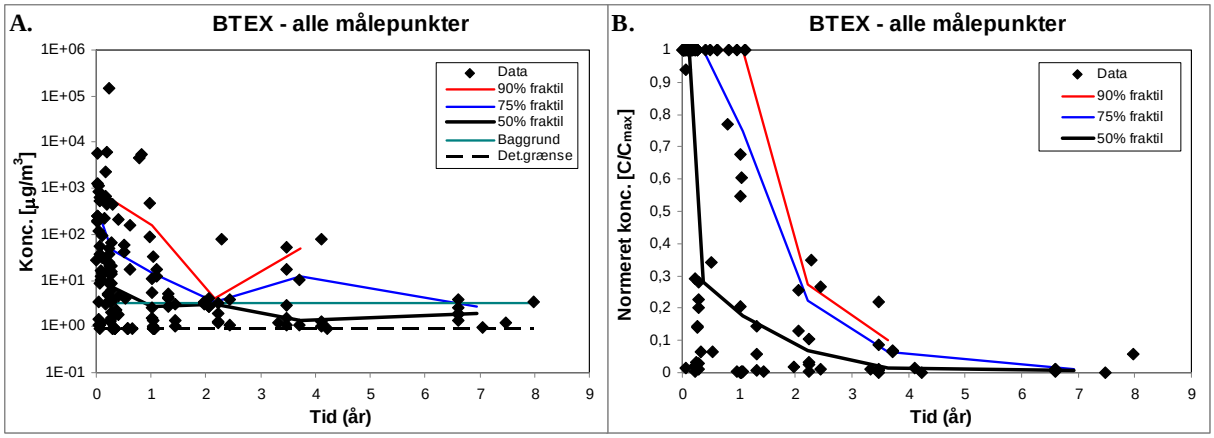
Efter 1 år er der ikke konstateret indhold af benzen over 1,1 µg/m^3, svarende til en overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterium med en faktor 8-9. Erfaringsopsamlingen indikerer således, at benzen normalt ikke udgør et indeklimaproblem 1 år efter et fyringsoliespild eller afslutning af afværge, hvis reduktionsfaktoren over den aktuelle gulvkonstruktion er større end ca. 10.

På baggrund af plot A i figur 2.2 kan det opgøres, at 96 % af samtlige målinger ligger under en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium og at 67 % af målingerne ligger under median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (0,48 µg/m^3 /4/).

Det ses endvidere, at 90 % fraktilet for benzen, til samtlige tidspunkter, ligger under linjen for 100 gange afdampningskriteriet. Med andre ord måles der i 90 % af poreluftprøverne aldrig indhold af benzen, der overskrider 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium; selv indenfor det første halve år efter spildtidspunktet/afværgeafslutning.

2.3.3 BTEX

Af figur 2.3 ses den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af BTEX. I plot B er der inddraget data fra 38 poreluftmålepunkter med 98 datapunkter, da der i de øvrige 15 poreluftmålepunkter ikke – på noget tidspunkt – er konstateret indhold af (sum af) BTEX, der overskrider signifikansgrænsen på 10 gange analysemetodens samlede detektionsgrænse for enkeltkomponenterne.



Figur 2.3. Samlede data for BTEX som funktion af tiden.

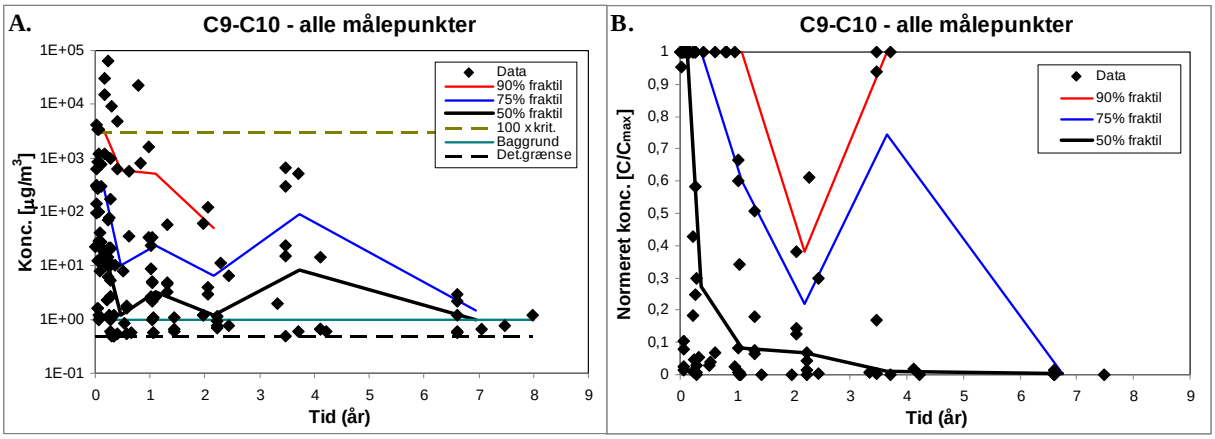
Som det fremgår af figur 2.3 observeres der et meget tydeligt fald i poreluftkoncentrationen af BTEX over de første ca. 2 år, hvorefter

median-niveauet (50 % fraktilet) stabiliseres under/omkring baggrundsniveauet i udeluften i Danmark. Af plot B i figur 2.3, fremgår det, at median-halveringstiden for BTEX er 3,5 mdr. Efter ca. 3,6 år er poreluftkoncentrationen af BTEX faldet til mindre end 10 % af det maksimalt konstaterede indhold i 90 % af poreluftmålepunkterne.

På baggrund af plot A i figur 2.3 kan det opgøres, at 42 % af målingerne ligger under median baggrundsniveauet (summen af 50 % fraktilerne for benzen, toluen, ethylbenzen og xylener) i udeluften i Danmark (3,3 µg/m^3 /4/).

2.3.4 C9/C10-aromater

Af figur 2.4 ses den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af C9/C10-aromater. I plot B er der inddraget data fra 39 poreluftmålepunkter med 100 datapunkter, da der i de øvrige 14 poreluftmålepunkter ikke – på noget tidspunkt – er konstateret indhold af (sum af) C9/C10-aromater, der overskrider signifikansgrænsen på 10 gange analysemetodens samlede detektionsgrænse for enkeltkomponenterne.



Figur 2.4. Samlede data for C9/C10-aromater som funktion af tiden.

I figur 2.4 plot A observeres et meget tydeligt fald i poreluftkoncentrationen af C9/C10-aromater over de første ca. 2-4 år. Det ses endvidere, at der i 90 % af de udtagne poreluftprøver ikke måles indhold af C9/C10-aromater, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium med mere end en faktor 100; bare 2 mdr. efter spildtidspunktet/afværgeafslutning. Efter ca. 1 år er koncentrationen af C9/C10-aromater stabiliseret til et niveau under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium i samtlige målepunkter.

Af plot B i figur 2.4, fremgår det, at median-halveringstiden for C9/C10-aromater er 3,4 mdr. Efter ca. 4 år er poreluftkoncentrationen af C9/C10-aromater faldet til mindre end 1 % af det maksimalt konstaterede indhold i 50 % af poreluftmålepunkterne.

Efter 10 mdr. er der ikke målt indhold, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium med mere end en faktor 100. Erfaringsopsamlingen indikerer således, at C9/C10-aromater ikke udgør et indeklimaproblem 10

mdr. efter et fyringsoliespild eller afslutning af afværge, baseret på en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

På baggrund af plot A i figur 2.4 kan det opgøres, at 93 % af målingerne ligger under en faktor 100 over Miljøstyrelsens afdampningskriterium og at 21 % af målingerne ligger under median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (1,0 µg/m^3 /4/).

2.3.5 Nøgletal for samtlige poreluftmålinger

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.1. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling i poreluftmålepunkterne (Plot B). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af poreluftmålepunkterne.

Tabel 2.1. Nøgletal for samtlige målinger. Datagrundlaget udgør 135 poreluftmålinger fra 53 målepunkter.

Dataanalyse	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid (år)	
	Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Alle målepunkter TVOC	7	17	69	<0,09	1,0	-	0,58	2,2
Alle målepunkter benzen	58	67	96	<0,06	<0,06	<0,06	0,18	0,75
Alle målepunkter BTEX	27	42	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,29	1,6
Alle målepunkter C9/C10	21	21	93	<0,15	<0,15	0,17	0,28	4,7

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af ovenstående observeres der for samtlige forureningskomponenter (TVOC, benzen, BTEX og C9/C10-aromater) generelt markant faldende poreluftkoncentrationer over tid. Faldet er mest markant de første ca. 2 år efter oliespildet, hvorefter der generelt sker en stabilisering på niveauer under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier for samtlige forureningskomponenter.

På baggrund af generelle erfaringer på området vurderes de faldende poreluftkoncentrationer bl.a. at kunne tilskrives en indledende afdampning af de flygtige komponenter samt en naturlig biologisk nedbrydning i jordens umættede zone.

Som det fremgår af tabel 2.1 indikerer det samlede datagrundlag i erfaringsopsamlingen, at 50 % fraktilet (medianen) for samtlige forureningskomponenter ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier efter blot 2 mdr. (0,15 år).

For TVOC går der 1 år før 75 % af de udtagne poreluftprøver ligger under en faktor 100 over afdampningskriteriet. For benzen og C9/C10-aromater kan det tilsvarende konkluderes, at der går mindre end hhv. 1 md. (< 0,06

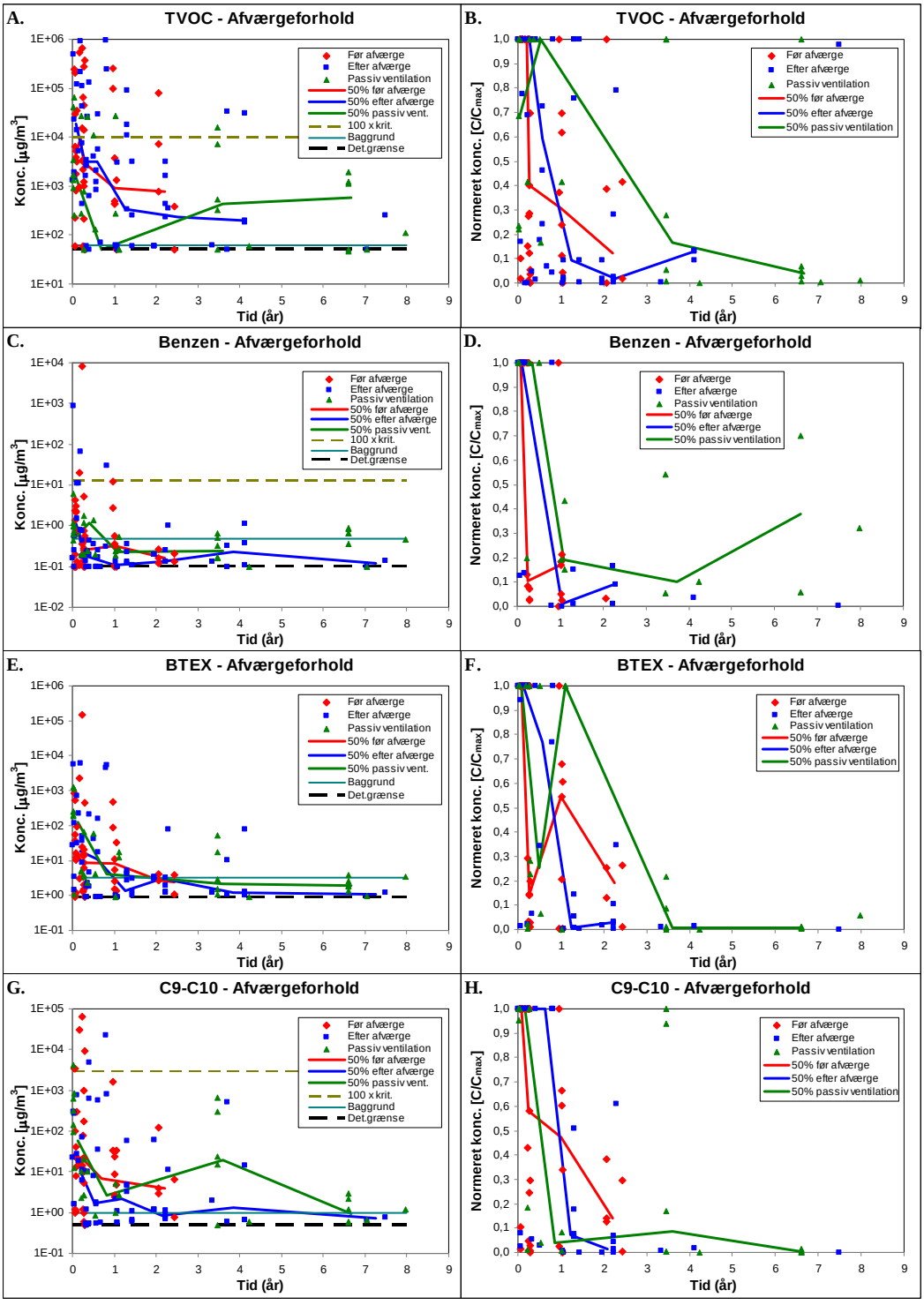
år) og 2 mdr. (0,17 år) før poreluftkoncentrationen i 90 % af målepunkterne ikke udgør en potentiel indeklimarisiko.

Median-halveringstiden for TVOC er 7 mdr. (0,58 år); benzen 2,2 mdr. (0,18 år); BTEX 3,5 mdr. (0,29 år) og for C9/C10-aromater 3,4 mdr. (0,28 år).

2.4 Afværgeforhold

I dette afsnit undersøges betydningen af moniteringsperiodens beliggenhed ifht. afværgesituationen. I analysen er data opdelt i prøver udtaget før afværge (8 sager), efter afværge (11 sager) og under passiv ventilation (6 sager). Det er uvist hvilken betydning afværgeforholdene vil have på koncentrationsniveauerne og det tidslige forløb af poreluftkoncentrationerne, idet afværgeforholdene (jf. inddelingen ovenfor) må forventes at tage udgangspunkt i forskellige forurenings- og risikoforhold, hvorved sagerne ikke forventes at være sammenlignelige mht. udgangssituationen.

Som det fremgår af sagsoversigten i bilag A indgår et enkelt målepunkt fra Toppen (sag nr. 19) i analysen under både ”efter afværge” og ”passiv ventilation” da der for dette målepunkt foreligger en dataserie hhv. efter afgravning/før etablering af passiv ventilation og efter etablering af passiv ventilation. Det bemærkes, at nulpunkterne på tidsakserne henviser til forskellige tidspunkter (hhv. spilddato, afværgeafslutning og etablering af betongulv med passiv ventilation). Såvel data som 50 % fraktiler er vist i graferne.



Figur 2.5. Afværgeforholdenes betydning for poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.2. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D, F og H). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der

går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.2. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt på afværgeforhold. Datagrundlaget udgør hhv. 19 målepunkter for "før afværge", 23 målepunkter for "efter afværge" og 12 målepunkter for "passiv ventilation".

Dataanalyse	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
	Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Før afværge TVOC	0	12	64	<0,08	1,9	-	0,26	1,5
Efter afværge TVOC	7	17	69	0,16	1,1	1,7	0,70	1,8
Passiv ventilation TVOC	22	28	78	<0,09	1,1	-	2,4	4,9
Før afværge benzen	48	64	95	<0,09	<0,09	<0,09	0,18	0,72
Efter afværge benzen	68	81	95	<0,09	<0,09	0,19	0,59	0,67
Passiv ventilation benzen	50	50	100	<0,09	<0,09	<0,09	0,80	-
Før afværge BTEX	24	36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,2	1,5
Efter afværge BTEX	41	54	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,81	0,92
Passiv ventilation BTEX	9	41	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,3	2,4
Før afværge C9/C10	10	10	88	<0,08	<0,08	0,57	0,81	1,5
Efter afværge C9/C10	39	34	96	<0,19	<0,19	<0,19	0,95	0,98
Passiv ventilation C9/C10	9	19	94	<0,12	<0,12	<0,12	0,53	4,6

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.5 og tabel 2.2 falder samtlige median-niveauer meget hurtigt (indenfor 2 mdr.) til niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier. For benzen og BTEX falder niveauerne sågar til niveauer under baggrundsniveauet indenfor 1-2 år.

Endvidere fremgår det af figur 2.5, at der er tale om meget små nuance-forskelle i afværgeforholdenes betydning for det overordnede billede omkring poreluftkoncentrationens niveau og tidsmæssige forløb. Om noget er der en svag tendens til at poreluftkoncentrationerne falder hurtigst for data indsamlet før afværge efterfulgt af data indsamlet efter afværge og data indsamlet under passiv ventilation (Plot B, D, F og H i figur 2.5). Dette afspejles i median-halveringstiderne for de forskellige komponenter (50 % konfidensniveau), jf. tabel 2.2.

Endvidere observeres en gennemgående tendens til, at der er målt lavere poreluftkoncentrationer efter afværge end før afværge. Dette afspejles i, at en større andel af data (efter afværge) ligger under signifikansgrænsen og under såvel baggrundsniveauet som 100 gange afdampningskriteriet, jf. tabel 2.2. Tendensen hænger formentlig sammen med, at der allerede mellem spildtidspunktet og afværgeafslutning er foregået en afdampning og/eller nedbrydning af flygtige komponenter.

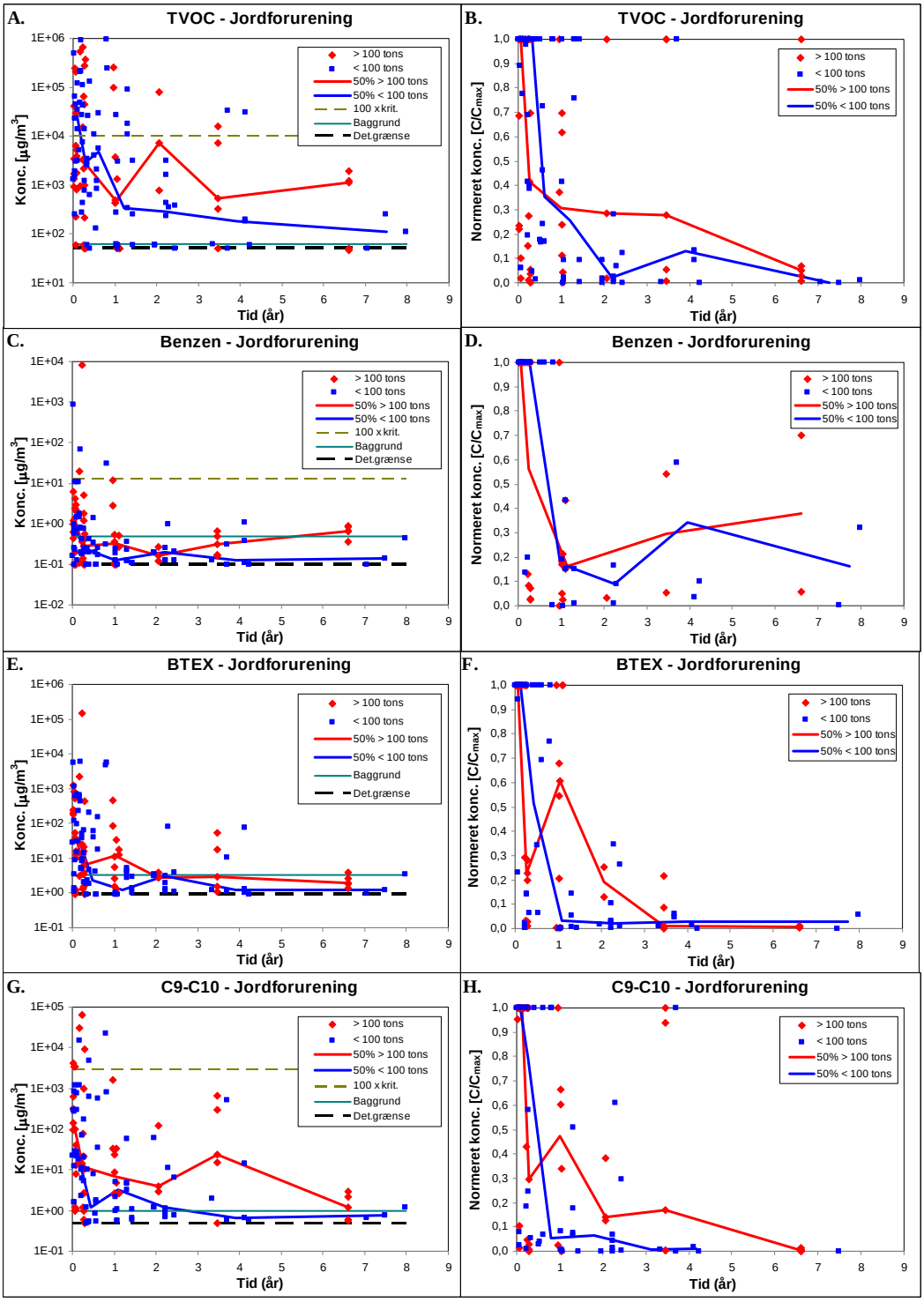
Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. betydningen af afværgesituationen:

- Der er tale om meget små nuanceforskelle i afværgeforholdenes betydning for det overordnede billede omkring poreluftkoncentrationens niveau og tidsmæssige forløb.
- Der observeres en tendens til, at der er målt lavere poreluftkoncentrationer efter afværge end før afværge.
- Der er en svag tendens til, at poreluftkoncentrationerne falder hurtigst for data indsamlet før afværge efterfulgt af data indsamlet efter afværge og data indsamlet under passiv ventilation.

2.5 Jordforureningens størrelse

I dette afsnit undersøges betydningen af størrelsen af jordforureningen (tons forurenet jord), idet det forventes, at en mindre jordforureningsmængde, alt andet lige, vil give lavere koncentrationsniveauer i poreluften og hurtigere fald i poreluftkoncentrationen over tid.

I analysen er data opdelt i prøver udtaget fra lokaliteter med en skønnet (rest)forureningsmængde på hhv. mere end 100 tons (9 sager) og mindre end 100 tons forurenet jord (14 sager). Som det fremgår af sagsoversigten i bilag A er data fra Rosevej (sag nr. 16) ikke inddraget i analysen da der på denne sag er tale om monitering ifht. en grundvandsforurening; ikke en jordforurening. Såvel data som 50 % fraktiler er vist i graferne.



Figur 2.6. Betydningen af jordforureningens størrelse på poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.3. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D, F og H). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der

går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.3. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt efter jordforureningens størrelse. Datagrundlaget udgør hhv. 28 målepunkter for "< 100 tons" og 24 målepunkter for "> 100 tons".

Dataanalyse	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
	Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Jordfor. <100 tons TVOC	3	15	66	0,19	1,2	1,6	0,55	1,8
Jordfor. >100 tons TVOC	7	20	73	<0,09	0,73	-	0,23	-
Jordfor. <100 tons benzen	58	76	96	<0,06	<0,06	<0,06	0,69	-
Jordfor. >100 tons benzen	40	53	96	<0,06	<0,06	<0,06	0,40	0,81
Jordfor. <100 tons BTEX	32	45	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,46	0,90
Jordfor. >100 tons BTEX	18	36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	-
Jordfor. <100 tons C9/C10	28	27	96	<0,14	<0,14	<0,14	0,48	1,2
Jordfor. >100 tons C9/C10	15	11	89	<0,07	<0,07	0,41	0,23	-

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.6 og tabel 2.3 falder samtlige median-niveauer meget hurtigt til niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier. For benzen og BTEX falder niveauerne sågar til niveauer under baggrundsniveauet indenfor 1-2 år, hvorfor det er svært at tolke de tidslige tendenser for benzen og BTEX (jf. plot D og F i figur 2.6).

Som det fremgår af figur 2.6 er der for TVOC og C9/C10-aromater klare tendenser til at poreluftkoncentrationen, indenfor 1-2 år falder til et lavere niveau for jordforureninger mindre end 100 tons end for jordforureninger større end 100 tons; altså at poreluftkoncentrationerne hurtigere falder for mindre jordforureninger. Denne tendens understreges af, at en større andel af data falder under signifikansgrænsen og under baggrundsniveauet for data indsamlet ved forureninger < 100 tons end ved forureninger > 100 tons, jf. tabel 2.3 (TVOC dog undtaget).

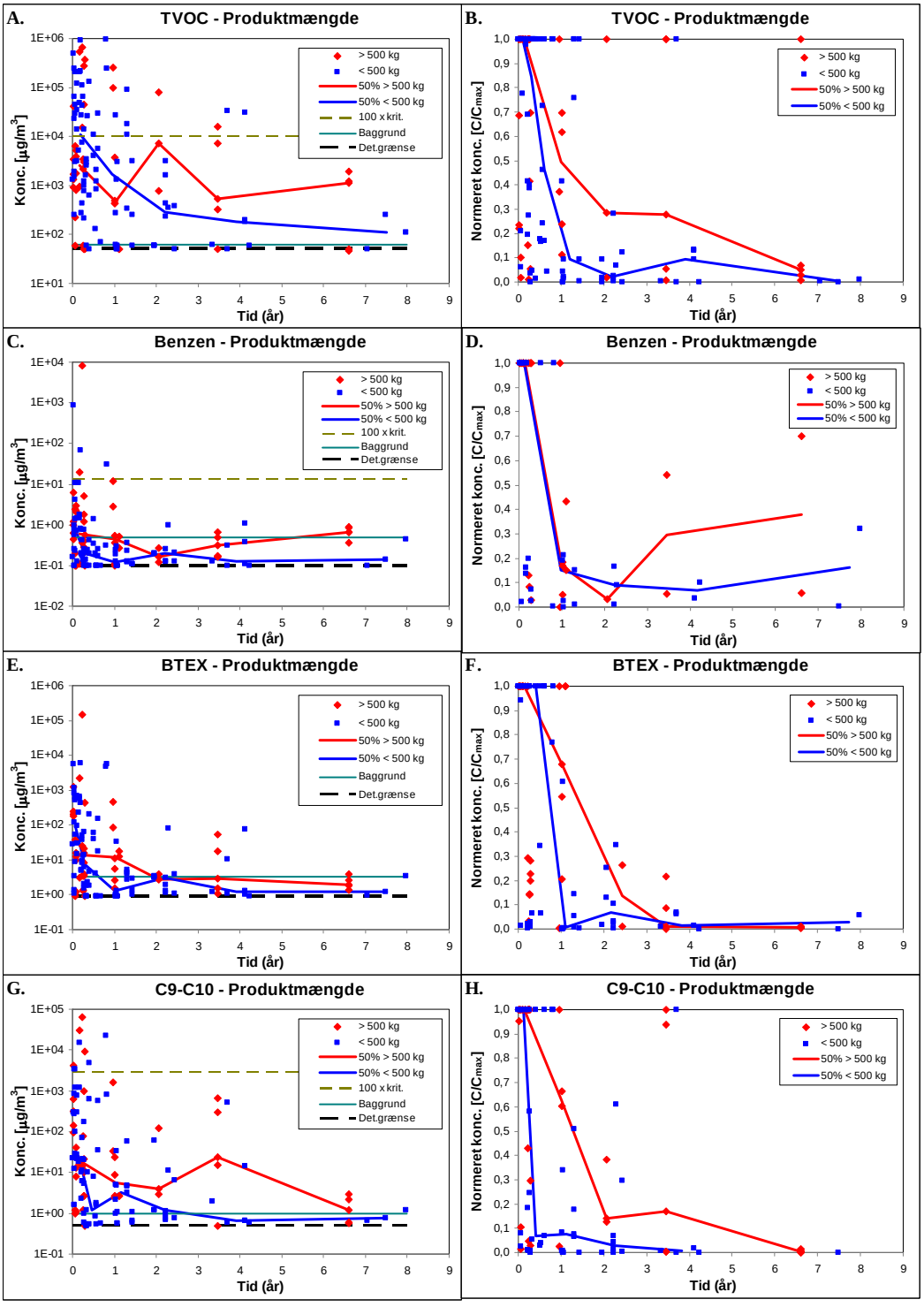
Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. restforureningsmængden opgjort som tons forurenet jord:

- Poreluftkoncentrationen for samtlige komponenter ligger generelt på et lavere koncentrationsniveau når restforureningen udgør mindre end 100 tons forurenet jord end når den udgør mere end 100 tons.
- Poreluftkoncentrationerne falder hurtigere til et stabilt lavt niveau for de mindre restforureninger end for de større. For benzen falder koncentrationerne dog i begge tilfælde meget hurtigt til et niveau under baggrundsniveauet, hvorfor det er svært at skelne de relative koncentrationsfald.

2.6 Produktmængde

I dette afsnit undersøges betydningen af størrelsen af jordforureningen (restproduktmængden), idet det forventes, at en lavere restproduktmængde vil give lavere koncentrationsniveauer i poreluften og hurtigere fald i poreluftkoncentrationen over tid.

I analysen er data opdelt i prøver udtaget fra lokaliteter med en skønnet (rest)forureningsmængde på hhv. mere end 500 kg (7 sager) og mindre end 500 kg produkt (17 sager), jf. oversigten i bilag A. Der er endvidere udført en orienterende analyse af prøver udtaget fra lokaliteter med en forureningsmængde på mindre end 100 kg produkt (grafer ikke vist). Såvel data som 50 % fraktiler er vist i graferne.



Figur 2.7. Betydningen af produktmængdens størrelse på poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.4. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D, F og H). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der

går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.4. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt efter (rest)produktmængden. Datagrundlaget udgør hhv. 32 målepunkter for "< 500 kg" og 18 målepunkter for "> 500 kg".

Dataanalyse	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
	Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Produkt <500 kg TVOC	8	15	65	0,22	-	1,6	0,59	1,6
Produkt >500 kg TVOC	9	21	77	<0,16	3,2	-	1,0	5,2
Produkt <500 kg benzen	65	76	97	<0,06	<0,06	<0,06	0,64	0,68
Produkt >500 kg benzen	53	49	96	<0,16	<0,16	<0,16	0,66	0,67
Produkt <500 kg BTEX	33	44	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,76	0,97
Produkt >500 kg BTEX	17	38	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,9
Produkt <500 kgC9/C10	27	29	94	<0,14	<0,14	<0,14	0,27	0,86
Produkt >500 kgC9/C10	17	9	91	<0,16	<0,16	-	1,3	1,5

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.7 og tabel 2.4 falder samtlige median-niveauer meget hurtigt til niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier. For benzen og BTEX falder koncentrationerne til niveauer under baggrundsniveauet indenfor 1-2 år, hvorfor det ikke giver mening, at detailtolke de tidslige tendenser for benzen og BTEX (jf. plot D og F i figur 2.7).

Som det fremgår af figur 2.7 er der for TVOC og C9/C10-aromater klare tendenser til at poreluftkoncentrationen, indenfor 1-2 år falder til et lavere niveau for (rest)produktmængder mindre end 500 kg end for (rest)produktmængder større end 500 kg; altså at poreluftkoncentrationerne hurtigere falder for mindre jordforureninger. Denne tendens understreges af, at halveringstiderne for (rest)produktmængder < 500 kg for TVOC og C9/C10-aromater er væsentligt lavere end for (rest)produktmængder > 500 kg, jf. tabel 2.4 og plot B og H i figur 2.7.

På baggrund af den orienterende analyse af data fra sager med en skønnet (rest)produktmængde på < 100 kg (10 sager, jf. bilag A), opnås samme overordnede billede som ovenfor. Dog observeres, for forureninger < 100 kg, en lavere median-halveringstid for både TVOC (3,7 mdr.), benzen (2,3 mdr.) og BTEX (4 mdr.), mens median-halveringstiden for C9/C10-aromater ligger en lille smule højere (3,8 mdr. vs. 3,2 mdr.).

Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. restforureningsmængden opgjort som kg produkt:

- Poreluftkoncentrationen for samtlige komponenter ligger generelt på et lavere koncentrationsniveau og falder hurtigere når restforureningen er mindre end 500 kg produkt end når mængden er mere end 500 kg.

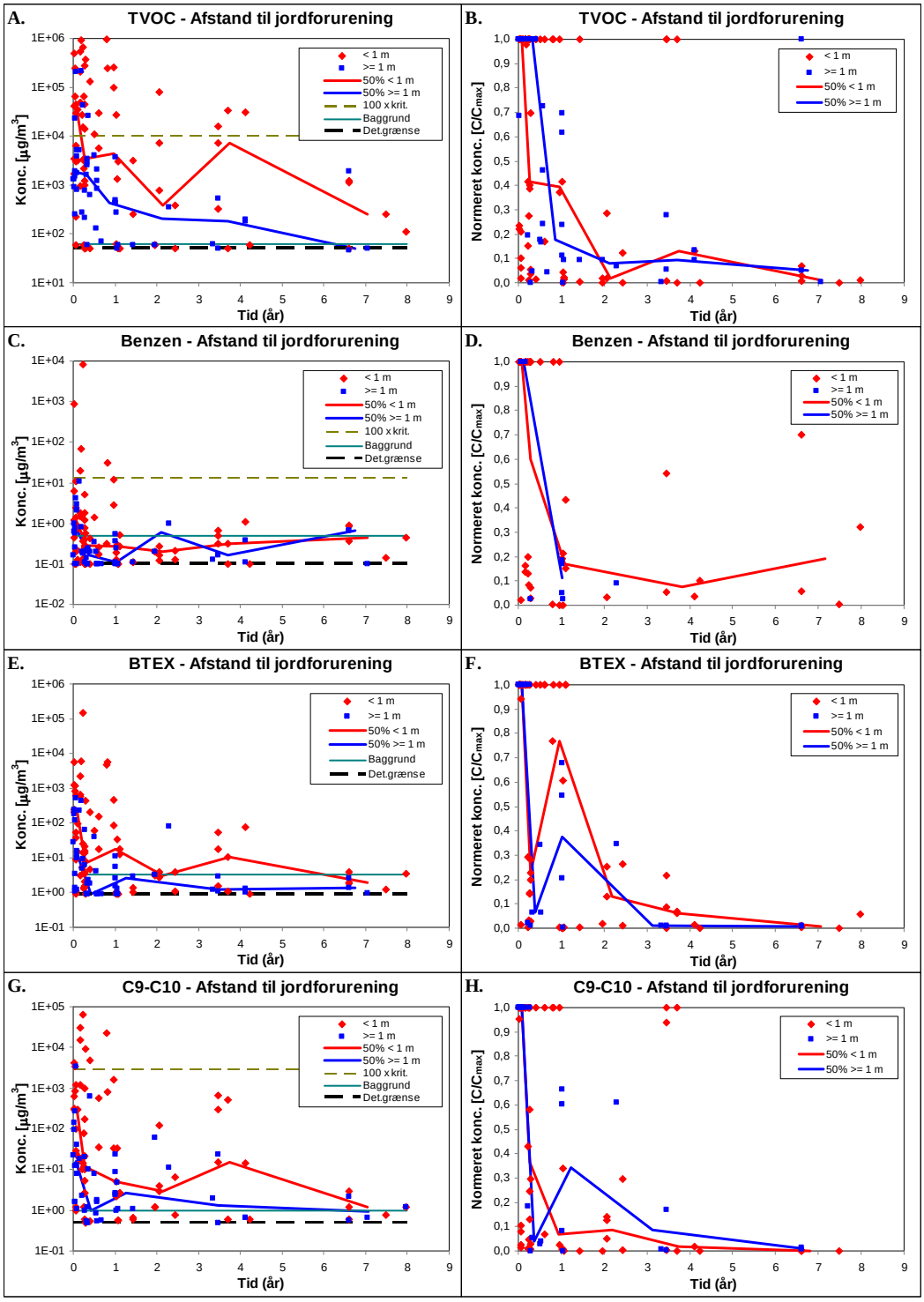
- For restforureninger mindre end 100 kg produkt er halveringstiden sammenlignelig med eller mindre end for forureninger mindre end 500 kg.

2.7 Afstand til jordforurening

I dette afsnit undersøges, hvorledes afstanden imellem jordforureningen og prøvetagningsstedet påvirker koncentrationsudviklingen i poreluften, idet det antages, at jo større afstand der er til forureningen, jo større bionedbrydningszone og dermed større koncentrationsfald vil der være under transporten fra kilden til poreluftmålepunktet.

Endvidere undersøges betydningen af størrelsen af jordforureningen (restproduktmængden) sammen med afstanden til denne. Alt andet lige forventes en lavere restproduktmængde at give lavere koncentrationsniveauer i poreluften.

I analysen er data opdelt efter om prøverne er udtaget < 1 m (28 målepunkter fra 16 sager) eller 1 m (20 målepunkter fra 13 sager) fra jordforureningen, jf. sagsoversigten i bilag A. Som det fremgår af sagsoversigten i bilag A er data fra Rosevej (sag nr. 16) ikke inddraget i analysen da der på denne sag er tale om monitering ifht. en grundvandsforurening; ikke en jordforurening. Data og 50 % fraktiler er vist i graferne.



Figur 2.8. Betydningen af afstand til jordforurening på poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.5. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D, F og H). Endvidere fremgår procentdelen af data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der

går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.5. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt efter afstand til jordforureningen. Datagrundlaget udgør hhv. 28 målepunkter for "< 1 meter" og 20 målepunkter for " 1 meter".

Dataanalyse		%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
		Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Afstand <1 m	TVOC	5	21	58	0,19	4,7	-	0,25	2,7
Afstand 1 m	TVOC	6	16	90	<0,07	<0,07	0,56	0,64	0,81
Afstand <1 m	benzen	45	62	93	<0,09	<0,09	0,21	0,47	0,93
Afstand 1 m	benzen	78	71	100	<0,07	<0,07	<0,07	0,63	0,67
Afstand <1 m	BTEX	16	33	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,8
Afstand 1 m	BTEX	47	57	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,86	-
Afstand <1 m	C9/C10	13	17	89	<0,08	<0,08	0,59	0,23	5,2
Afstand 1 m	C9/C10	48	27	98	<0,08	<0,08	<0,08	0,24	1,8

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.8 og tabel 2.5 falder samtlige median-niveauer meget hurtigt til niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier. For benzen og BTEX falder koncentrationerne til niveauer under/omkring baggrundsniveauet indenfor 1-2 år, hvorfor det ikke giver mening, at detailtolke de tidslige tendenser for benzen og BTEX (jf. plot D og F i figur 2.8).

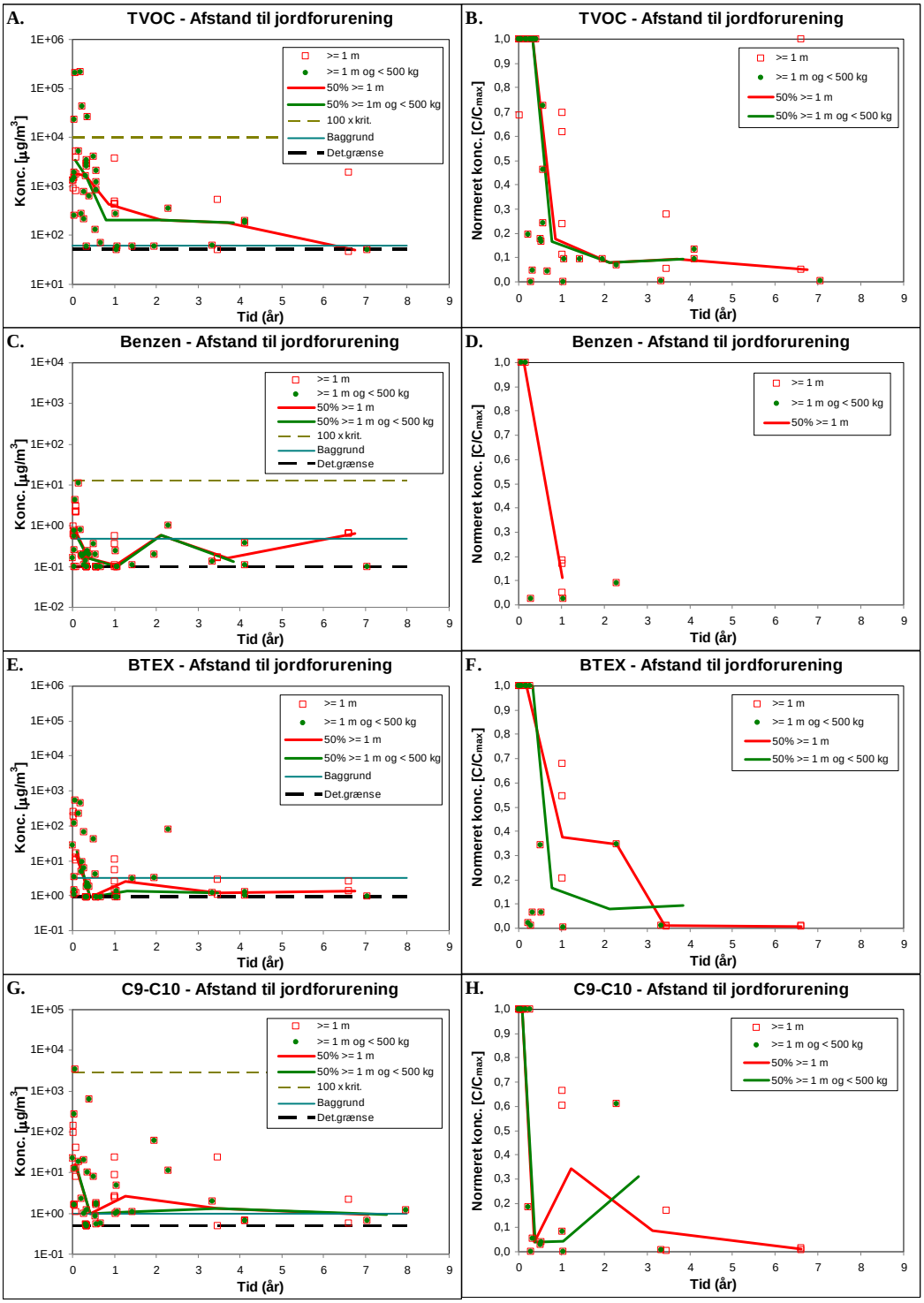
Af figur 2.8 ses der, for samtlige forureningskomponenter, klare tendenser til at poreluftkoncentrationen, indenfor 1 år falder til et lavere niveau for afstande 1 meter end for afstande < 1 meter; altså at poreluftkoncentrationerne hurtigere falder når afstanden til jordforureningen øges (jf. plot A, C, E og G). Denne tendens understreges af, at en større andel af data falder under signifikansgrænsen, baggrundsniveauet og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier for data indsamlet for afstande 1 meter end for afstande < 1 meter, jf. tabel 2.5.

Som det fremgår af plot A i figur 2.8 er der for TVOC ingen målinger ligger over 100 gange afdampningskriteriet efter 6 mdr. når afstanden til jordforureningen er 1 meter.

For benzen er der ingen koncentrationer målt 1 meter fra jordforureningen, der overskrider 100 gange afdampningskriteriet.

For C9/C10-aromater ligger ingen koncentrationer målt 1 meter fra jordforureningen, over 100 gange afdampningskriteriet efter 1 md.

I figur 2.9 er vist resultaterne af en analyse for målepunkter fra lokaliteter med en afstand til jordforureningen 1 m og mindre end 500 kg produkt (14 målepunkter fra 11 sager).



Figur 2.9. Betydningen af afstand til jordforurening og (rest)produktmængden på poreluftkoncentrationen.

Som det fremgår af figur 2.9 sker der på lokaliteter med mindre end 500 kg produkt og en afstand til jordforureningen 1 meter, for samtlige komponenter, en hurtig stabilisering på meget lavt niveau allerede indenfor mellem 5 og 10 mdr. Efter 1 år aftager poreluftkoncentrationerne til

maksimalt 350 µg/m^3 TVOC; 1,0 µg/m^3 benzen og 60 µg/m^3 C9/C10-aromater, svarende til maksimalt 8 gange Miljøstyrelsens vejledende afdampningskriterier.

Når afstanden imellem jordforureningen og målepunktet er 1 m, og når (rest)forureningen udgør mindre end 500 kg produkt, ligger poreluftens indhold af kulbrinter således – med meget bred margin – under en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier.

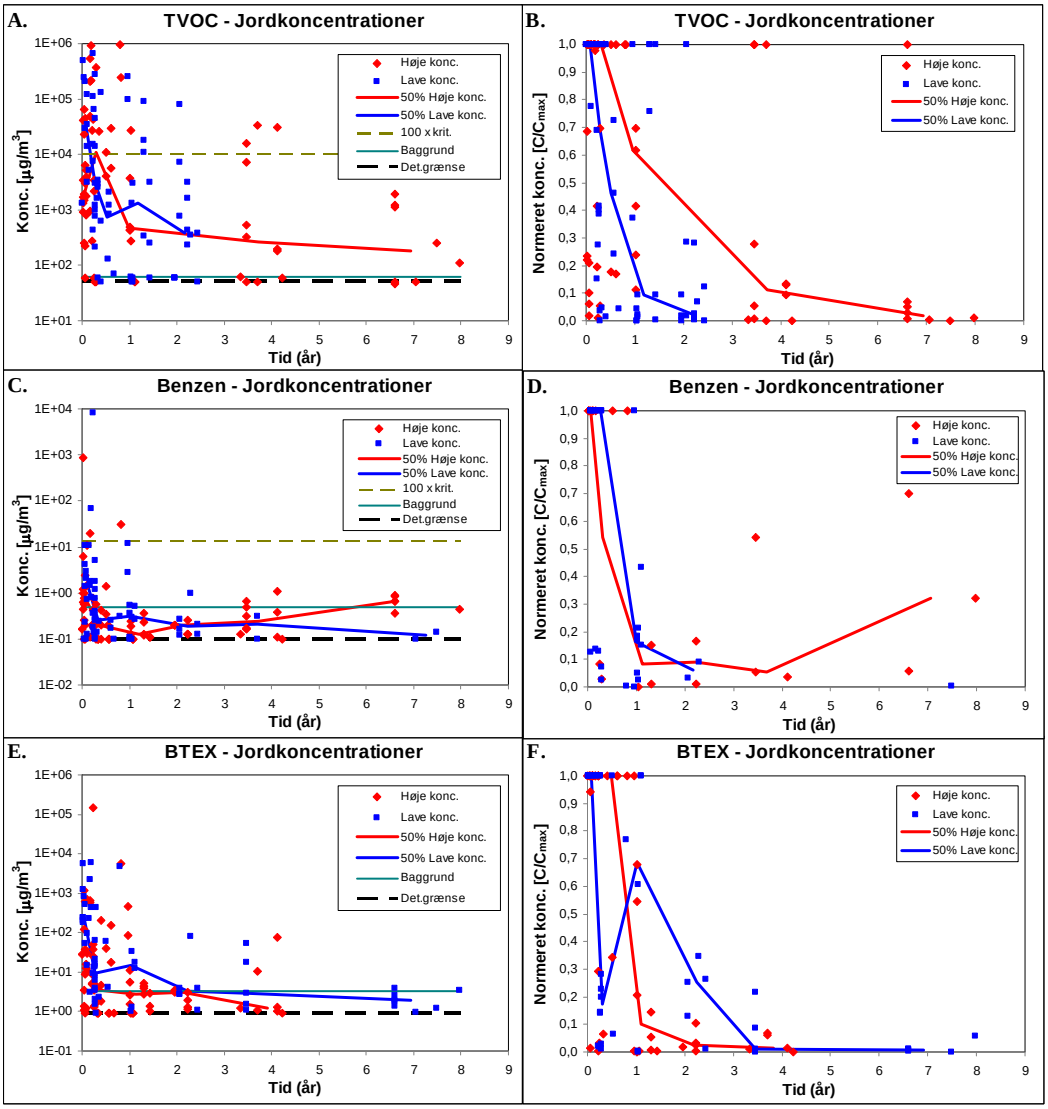
Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. afstanden til forureningen og restforureningsmængden:

- Poreluftkoncentrationen for TVOC, BTEX og C9/C10-aromater falder hurtigere når afstanden imellem jordforureningen og poreluftmålepunktet er mere end 1 meter, end når den er mindre end 1 meter.
- For benzen falder poreluftkoncentrationerne i begge tilfælde hurtigt til et niveau omkring/under baggrundsniveauet, og der kan ikke ses nogen forskel på om afstanden er større eller mindre end 1 meter.
- Når restproduktmængden er mindre end 500 kg og afstanden er større end 1 meter er tendenserne for TVOC, BTEX og C9/C10-aromater endnu mere udtalte.

2.8 Koncentrationer i jordforurening

I dette afsnit undersøges, hvorledes koncentrationen af de forskellige forureningskomponenter i jordforureningen påvirker koncentrationsudviklingen i poreluften. Alt andet lige forventes det, at højere jordkoncentration vil medføre højere poreluftkoncentrationer og evt. langsommere fald i poreluftkoncentrationen over tid.

I analysen er poreluftmålepunkterne opdelt efter koncentrationen i den nærmestliggende jordforurening. For totalindhold af kulbrinter er opdelingen sket ved 10.000 mg/ kg TS; ifht benzen er skillelinjen sat ved 0,5 mg/kg TS og ifht (sum af) BTEX er grænsen sat ved 20 mg/kg TS. Da C9/C10-aromater ikke karakteriseres ved GC-FID analysen er disse komponenter ikke medtaget i analysen. For et givent målepunkt kan der være forskel på om niveauet er højt eller lavt for de forskellige forureningskomponenter. Således kan målepunktet godt være medtaget i analysen på højt niveau for TVOC, men på lavt niveau for BTEX, jf. sagsoversigten i bilag A. Såvel data som 50 % fraktiler er vist i graferne.



Figur 2.10. Jordkoncentrationernes betydning for poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.6. I tabellen er anført det antal målepunkter der indgår i datagrundlaget. Dernæst er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D og F). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.6. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt efter koncentrationen i jordforureningen.

Dataanalyse	Antal målepunkter i analysen	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
		Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Høje konc. TVOC	27	10	19	70	0,32	3,5	-	1,6	3,4
Lave konc. TVOC	23	6	15	68	0,18	1,4	-	0,48	1,7
Høje konc. benzen	31	73	71	96	<0,06	<0,06	<0,06	0,38	0,94
Lave konc. benzen	22	44	60	96	<0,11	<0,11	<0,11	0,71	0,73
Høje konc. BTEX	30	34	49	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,83	1,3
Lave konc. BTEX	23	10	33	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,6	1,8

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.10 og tabel 2.6 falder median-niveauerne for TVOC og benzen meget hurtigt til niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier. For benzen og BTEX falder koncentrationerne til niveauer under/omkring baggrundsniveauet indenfor 1-2 år, og det giver ikke mening, at detailtolke de tidslige tendenser for benzen og BTEX (plot D og F i figur 2.10).

Som det fremgår af plot B i figur 2.10 er der en klar og entydig tendens til at poreluftkoncentrationen for TVOC falder hurtigere for jordkoncentrationer under 10.000 mg/kg TS end for koncentrationer over denne grænse; altså at poreluftkoncentrationen af TVOC hurtigere falder for mindre koncentrerede jordforureninger.

Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. betydningen af jordkoncentrationen:

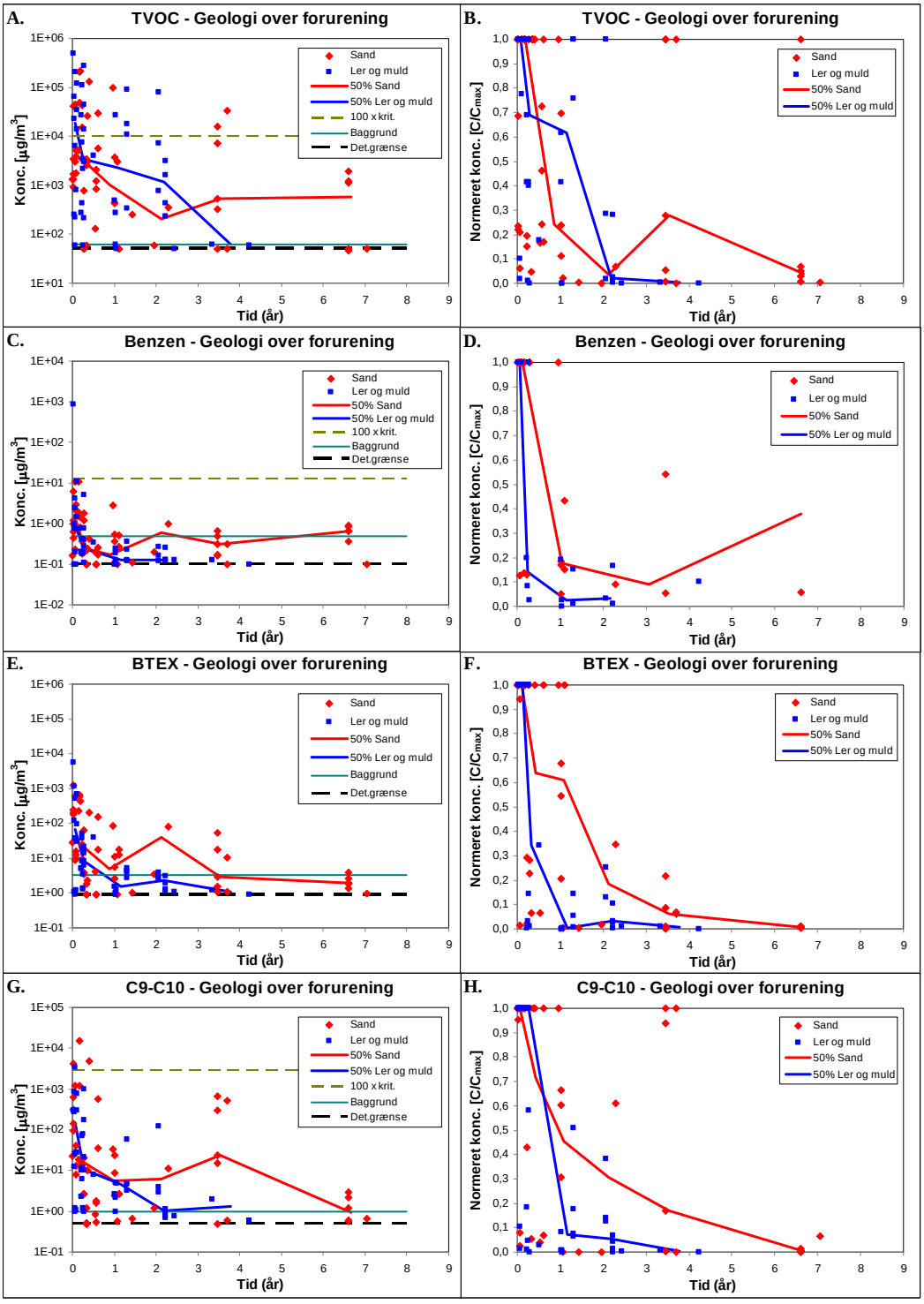
- For TVOC falder den relative poreluftkoncentration hurtigere for relativt lave jordkoncentrationer (< 10.000 mg/kg) end for højere jordkoncentrationer.
- For benzen og BTEX falder poreluftkoncentrationerne hurtigt til niveauer under/omkring baggrundsniveauet og der er ingen entydige tendenser mht. koncentrationsniveauet og/eller koncentrationsfaldet.

2.9 Geologi over forurening

I dette afsnit undersøges, hvorledes de geologiske forhold imellem jordforureningen og poreluftmålepunktet påvirker koncentrationsudviklingen i poreluften. I analysen er poreluftmålepunkterne opdelt efter de geologiske forhold over forureningen, og der er foretaget en opdeling i hhv. "Sand" (11 sager) og "Ler og muld" (9 sager). For de målepunkter der ikke er inddraget i analysen er poreluftprøverne enten udtaget umiddelbart over jordforureningen (ingen mellemliggende aflejringer) eller består af aflejringer der går på tværs af ovenstående grupperinger (f.eks. muldet sand). Såvel data som 50 % fraktiler er vist i nedenstående grafer.

Alt andet lige forventes en sandet jord imellem jordforureningen og poreluftmålepunktet, at give anledning til højere koncentrationer – pga. bedre mulighed for diffusiv transport væk fra kilden – end en leret eller muldet jord. Det er uvist om den større diffusive transport væk fra forureningen vil give anledning større relative fald i poreluftkoncentrationen på længere sigt pga. den større diffusive fjernelse af de flygtige komponenter fra kilden.

Der er ligeledes udført en orienterende analyse af de geologiske forhold i selve jordforureningen; hhv. sand vs. siltet sand og andre aflejringer. Denne analyse viste ingen entydige tendenser for poreluftniveauerne eller det tidslige forløb af poreluftkoncentrationerne, og er derfor ikke vist.



Figur 2.11. Betydning af geologi over forureningen for poreluftkoncentrationen.

Nøgletallene for de ovenfor gennemførte analyser fremgår af tabel 2.7. I tabellen er angivet den andel af data, der ligger under signifikansgrænsen i analyserne af den tidslige koncentrationsudvikling (Plot B, D, F og H). Endvidere fremgår procentdelen af, data der er mindre end hhv. median baggrundsniveauet i udeluften i Danmark (jf. /4/) og 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Dernæst er angivet det antal år der

går før hhv. 50, 75 og 90 % af data ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterium. Endelig fremgår halveringstiden for hhv. 50 og 75 % af målepunkterne.

Tabel 2.7. Nøgletal for poreluftmålinger opdelt efter geologi over jordforureningen. Datagrundlaget udgør hhv. 19 målepunkter for ”Sand” og 18 målepunkter for ”Ler/Muld”.

Dataanalyse	%-del af samtlige data mindre end			År før datafraktil < 100 x afdampningskriterium			Halveringstid	
	Signifikansgrænsen	Baggrundsniveauet i DK	100 x afdampningskriteriet	50%	75%	90%	50%	75%
Geologi: Sand TVOC	7	20	76	<0,08	3,7	-	0,63	-
Geologi: Ler/Muld TVOC	11	11	62	0,13	1,5	-	1,4	1,8
Geologi: Sand benzen	56	56	100	<0,06	<0,06	<0,06	0,68	0,85
Geologi: Ler/Muld benzen	58	76	98	<0,07	<0,07	<0,07	0,18	0,22
Geologi: Sand BTEX	15	36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4	1,8
Geologi: Ler/MuldBTEX	29	47	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,27	0,76
Geologi: Sand C9/C10	19	23	94	<0,23	<0,23	<0,23	0,97	5,1
Geologi: Ler/Muld C9/C10	4	13	98	<0,07	<0,07	<0,07	0,75	0,77

– = data tillader ikke konklusioner på dette konfidensniveau.
n.a. = ikke afdampningskriterium til sum af BTEX.

Som det fremgår af figur 2.11 er der, for samtlige forureningskomponenter, en entydig tendens til at poreluftkoncentrationerne, hvor der er sand imellem jordforureningen og målepunktet, stabiliseres på et højere niveau og til et senere tidspunkt end hvor der er ler eller muld. Desuden observeres en tendens til, at koncentrationsniveauet for benzen, BTEX og C9/C10-aromater ligger lidt højere på sagerne med sand imellem forureningen og poreluftpunktet, ligesom der er en tendens til, at de relative poreluftkoncentrationer falder langsommere, end for de poreluftmålepunkter, hvor der er ”ler og muld” imellem jordforureningen og poreluftstationen. For TVOC kan en tilsvarende tendens ikke observeres.

Analysen viser således følgende overordnede tendenser mht. betydningen af jordlagene imellem jordforureningen og poreluftmålepunktet:

- Poreluftkoncentrationerne for samtlige komponenter stabiliseres på et højere niveau og til et senere tidspunkt når der er sand imellem jordforureningen og poreluftmålepunktet end når aflejringerne består af ler og muld.
- Der er tendenser til at koncentrationsniveauet ligger lidt højere, og til at poreluftkoncentrationerne falder lidt langsommere for benzen, BTEX og C9/C10-aromater, hvor der er sand imellem forureningen og poreluftpunktet end hvor aflejringerne består af ler og muld. For TVOC er tendensen omvendt.

2.10 Midlertidigt stigende poreluftkoncentrationer

Poreluftprøver med stigende niveauer i forhold til forrige målerunde

I det foreliggende datamateriale er der i 24 % af poreluftprøverne konstateret signifikant stigende indhold i én eller flere forureningskomponenter i forhold til det niveau, der blev konstateret i målerunden før. I denne sammenhæng betragtes en 20 % stigning som signifikant, hvilket svarer til 95 % konfidensniveauet for analyseusikkerhederne på poreluftanalyser for indhold af kulbrinter, inkl. benzen, BTEX og C9/C10-aromater, hos Eurofins. Kun i 7,4 % af målingerne er der konstateret en signifikant stigning i to eller flere komponenter på samme tid. Langt de fleste signifikante stigninger sker således udelukkende for en enkelt komponent.

Kun i ét enkelt tilfælde (én prøve og én forureningskomponent) efterfølges en signifikant stigning ikke af en stabilisering eller et fald i den følgende poreluftprøve. Dette er således en meget stærk indikation på, at der kun er tale om midlertidige stigninger, og på at poreluftniveauerne generelt falder eller stabiliseres over tid.

Nøgletal for midlertidigt stigende poreluftkoncentrationer fremgår af tabel 2.8.

Tabel 2.8. Nøgletal for midlertidigt stigende poreluftkoncentrationer (+ >20 % ifht. sidste prøve).

	%-del af poreluftmålinger, hvor der observeres		
	Fald	Stabilisering	Stigning
Samtlige komponenter *	53	5	42
TVOC	68	13	19
Benzen	51	28	21
BTEX	67	13	20
C9/C10-aromater	65	14	21

**** = tendens for alle komponenter under ét; altså fald/stabilisering i samtlige komponenter eller stigning i mindst én komponent.***

Stigninger med potentiel betydning for risikovurderingen

Hvis der kun medtages koncentrationsstigninger, der potentielt kan have afgørende betydning for en risikovurdering (her regnet som en stigning, der medfører, at et indhold, der før var ***under*** 100 gange afdampningskriteriet, nu ligger ***over***), er sådanne betydende stigninger konstateret i 7,6 % af poreluftprøverne (5,1 % for TVOC og 2,5 % for C9/C10-aromater).

Efter det første år, er sådanne betydende stigninger kun konstateret i 3,8 % af poreluftprøverne (3 stk.), og samtlige betydende stigninger er konstateret for TVOC. For de øvrige komponenter er der ingen sådanne betydende stigninger efter 1 år. I samtlige tilfælde efterfølges en signifikant stigning af et signifikant fald i den følgende poreluftprøve.

Stigninger der kan betyde, at der skal udtages en ekstra poreluftprøve

I praksis vil stigninger i poreluftkoncentrationen fra målerunde til målerunde ofte medføre, at der skal tages en ekstra poreluftprøve. Hvis der – i forhold til tabel 2.8 – kun medtages koncentrationsstigninger, der stiger til et niveau > 20 gange afdampningskriteriet i analysen (dvs. med mere end en faktor 5 margin til 100 gange afdampningskriteriet), kan det ses, at

sådanne stigninger er konstateret i 8,9 % af poreluftprøverne (5,1 % for TVOC, 1,3 % for benzen og 2,5 % for C9/C10-aromater).

Efter det første år, er sådanne stigninger kun konstateret i 5,1 % af poreluftprøverne (4 stk.), og kun for TVOC. I samtlige tilfælde efterfølges en signifikant stigning af et signifikant fald i den følgende poreluftprøve. For de øvrige komponenter er der ingen sådanne stigninger efter 1 år.

De fire betydende stigninger – efter 1 år – ses på hhv. Rullegårdsvej (PL2), Tislumvej (M3) og Rosevej (PL2 og PL4). I de to førstnævnte sager er der tale om en afstand på ca. 0,5 meter til en forholdsvis kraftig jordforurening, og i den tredje sag er der tale om monitering ifht. en grundvandsforurening, med et stigende vandspejl (se nedenstående diskussion af figur 2.13). I ingen af de fire tilfælde giver stigningen anledning til en beregningsmæssig risiko i JAGG-modellen med de aktuelle bygningsdata/gulvkonstruktioner.

Mulige forklaringer

Overordnet set kan der tænkes følgende logiske forklaringer på at indholdene i poreluften observeres stigende over tid:

1) Der kan være et nyt spild, en pågående kilde eller en forureningsudbredelse der endnu ikke er stabiliseret.
2) Der kan være fejlkilder ved prøveudtagning og/eller analyse, eller blot simpel analyseusikkerhed (f.eks. 20 % på 95 % konfidensniveau hos Eurofins).
3) I tilfælde, hvor der ikke er etableret en fast poreluftstation kan prøven være udtaget i forskellige punkter over tid (den tidslige stigning skyldes i virkeligheden rumlige variationer).
4) Der kan være forskel i retningen på det konvektive flow imellem kilden og poreluftprøvetagningspunktet (trykvariationer).
5) Faldende grundvandsspejl kan føre til at jordforurening blotlægges med stigende afdampning til følge.
6) Stigende grundvandsspejl kan føre til, at afdampning fra opløst forurening sker tættere på prøvetagningsdybden.

På det foreliggende grundlag er der ikke mulighed for at gå dybere ned i årsag 1) og 2), mens 3), er tilstræbt undgået via fastlæggelsen af screeningskriterier til udvælgelsen af de data der var egnede til erfaringsopsamlingen. Der er således kun udvalgt data der er oplyst udtaget i samme punkt, på nær i et enkelt tilfælde, hvor flytningen er vurderet uden praktisk betydning.

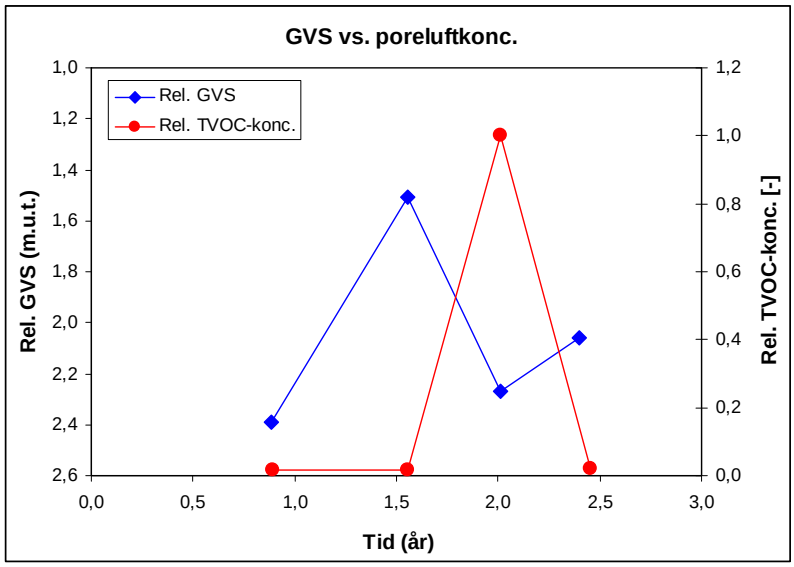
Trykforhold

Mht. punkt 4), er der, for samtlige sager med observerede stigninger fra én målerunde til den følgende, konstateret faldende indhold i andre samtidige prøvetagningspunkter på samme lokalitet, hvilket ikke taler for at trykforholdene/prøvetagningstidspunktet skulle være den afgørende faktor.

Faldende GVS -> kildeblotlæggelse

For punkt 5) er der på én enkelt sag i erfaringsopsamlingen (Kielstrupvej, jf. bilag B.10) data, der kan benyttes til en analyse af om et faldende grundvandsspejl/kildeblotlæggelse kan være årsag til en observeret midlertidig stigning i poreluftkoncentrationen.

I figur 2.12 er den relative koncentration af TVOC fra PL2 plottet sammen med det relative grundvandsspejl for den nærmestliggende filtersatte boring, hvor der foreligger samtidige pejledata. Kun indholdet af TVOC ligger over signifikansgrænsen.



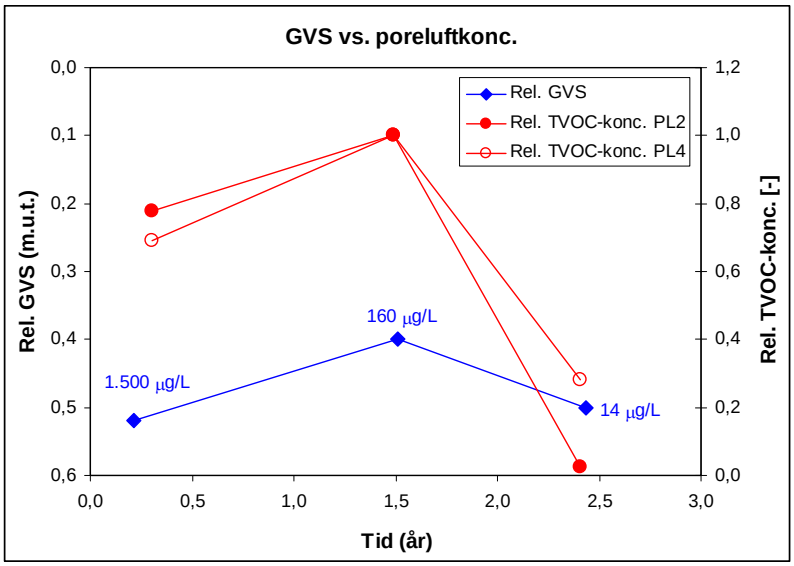
Figur 2.12. Relativt grundvandsspejl (GVS) og relativ poreluftkoncentration af TVOC for PL2, Kielstrupvej.

Som det fremgår af figur 2.12 er der sammenfald imellem den observerede stigning i TVOC-koncentrationen (efter ca. 2 år) og et observeret relativt lavt grundvandsspejl. Der er dog ikke observeret den samme tendens ved den monitering, der har fundet sted efter ca. 11 mdr., og der kan således ikke konkluderes noget endeligt omkring en eventuel sammenhæng ud fra dette spinkle datagrundlag.

Stigende GVS -> øget afdampning fra opløst kilde

For punkt 6) er der på en anden sag i erfaringsopsamlingen (Rosevej, jf. bilag B.16) data, der kan benyttes til en analyse af om et stigende grundvandsspejl med en opløst kilde til et niveau, der ligger tættere på poreluftprøvetagningspunktet kan være årsag til en observeret stigning i poreluftkoncentrationen. På denne lokalitet ligger grundvandsspejlet meget højt, svarende til kun 0,3-0,4 meter under gulv/prøvetagningspunktet.

I figur 2.13 er den relative koncentration af TVOC fra PL2 og PL4 plottet sammen med det relative grundvandsspejl for den nærmest opstrøms beliggende filtersatte boring, hvor der foreligger samtidige pejledata og grundvandskoncentrationer. Efter den første målerunde er der kun konstateret indhold af TVOC over analysemetodens detektionsgrænse, i det nærmeste filter, hvorfor der kun er vist data for TVOC i figur 2.13. Poreluftprøverne er udtaget umiddelbart under gulv (ca. 0,1-0,15 m.u.t.).



Figur 2.13. Relativt grundvandsspejl (GVS) og relativ poreluftkoncentration af TVOC for PL2 og PL4, Rosevej.

Som det fremgår af figur 2.13 er der umiddelbart god overensstemmelse imellem en relativ stigning i grundvandsspejlets beliggenhed og det konstaterede stigende indhold af TVOC i de to poreluftstationer efter ca. 1,5 år. De højeste poreluftkoncentrationer (1,5 år) er på hhv. 11.000 og 18.000 µg/m^3, hvilket umiddelbart/erfaringsmæssigt virker højt ifht. de konstaterede grundvandskoncentrationer, og det kan ikke udelukkes, at der er andre faktorer af betydning i den aktuelle problemstilling.

3 Sammenfatning og hovedkonklusioner

Erfaringsopsamling baseret på 24 veldokumenterede sager

Der er gennemført en erfaringsopsamling for den tidslige udvikling i poreluftkoncentrationen af oliekomponenter på lokaliteter, hvor der har været spild af fyringsolie. Erfaringsopsamlingen inddrager data fra 24 veldokumenterede sager.

Objektiv sagsscreening

Sagerne er objektivt udvalgt ved screening af samtlige 353 sager med spild af fyringsolie fra private villaolietanke i Nordjylland og på Fyn, som siden marts 2000 er blevet undersøgt af forsikringsordningen for villaolietanke. Erfaringsopsamlingen er baseret på dataserier fra hele 24 sager udvalgt ved screening af 25 % af alle villatanksager i Danmark i forsikringsordningens første 8½ år ud fra objektive kriterier. Billedet vurderes på det grundlag at være generelt dækkende for sagstypen.

Datagrundlaget omfatter generelt de største villasager

Det skal bemærkes, at udvælgelseskriterierne har medført, at de inddragede sager må forventes at være blandt de største og mest problematiske villasager, da de mindre sager er frasorteret pga. manglende tidsserier (intet behov for at måle poreluft, eller intet behov for at måle poreluft flere gange), eller fordi alle poreluftkoncentrationer ligger under en valgt signifikansgrænse på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse.

Betragtning omkring generel risiko

Af Miljøstyrelsens vejledning nr. 6, 1998, for den offentligt finansierede oprydning på forurenede lokaliteter /3/, fremgår af side 57, at en fortyndingsfaktor på 100 anses som værende et konservativt skøn over reduktion af poreluftkoncentrationens bidrag til indeklimaet i størstedelen af dansk boligbyggeri, forudsat at boligen har betongulv uden synlige revner. Desuden forudsættes det, at der ikke er andre utætheder ved rørgennemføringer eller lignende og at bygningen har en passiv ventilation på i størrelsesordenen 0,3 gange pr. time.

Ovenstående betragtning lægges til grund når det i det følgende blot bemærkes, at ***"poreluftkoncentrationerne ikke overstiger en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier***", idet det vurderes, at dette niveau i praksis ofte er udgangspunktet for en vurdering af om observerede poreluftkoncentrationer udgør en potentiel indeklimarisiko, da der er – eller planlægges etableret – et betongulv, som opfylder betingelserne mht. dæmpningsegenskaber.

Erfaringsopsamlingens hovedkonklusioner

På baggrund af erfaringsopsamlingen kan følgende hovedkonklusioner fremdrages angående poreluftkoncentrationen af kulbrinter.

Datagrundlaget

<u>Datagrundlag og analyser:</u>

- Der er inddraget data fra i alt 135 poreluftmålinger udtaget i 53 målepunkter på 24 forskellige sager.
- 90 % af målingerne er udført under betongulve i private boliger.

- Målingerne indgår i tidsserier, der er påbegyndt indenfor 1 år efter et oliespild eller 1 år efter en oprensning med efterladt restforurening under bolig.
- Data er analyseret ved en standardiseret metode til estimering af de tidslige trends i data (hhv. på 50, 75 og 90 % niveau), samt ved opsamling af nøgletal omkring den andel af data, der ligger under hhv. 10 gange detektionsgrænsen, baggrundsniveauet i Danmark, og 100 gange afdampningskriteriet. Endvidere er halveringstiden for hver kulbrintefraktion for 50 % (medianen) af poreluftmålepunkterne, anført.

Den tidslige udvikling

Konklusioner vedr. den tidslige udvikling på villatanksager:

- Poreluftkoncentrationerne falder generelt markant over tid for alle komponenter (TVOC, benzen, BTEX og C9/C10-aromater).
- Faldet er mest markant de første ca. 2 år efter oliespildet, hvorefter der generelt sker en stabilisering på niveauer mindre end 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier for samtlige forureningskomponenter. For TVOC sker denne stabilisering i 94 % af målepunkterne, mens den for benzen og C9/C10-aromater sker i samtlige målepunkter.
- Halveringstiden fra den højeste målte poreluftkoncentration er for medianen (50 %) af målepunkterne: 7 måneder for TVOC; 2,2 måneder for benzen; 3,5 måneder for BTEX og 3,4 måneder for C9/C10-aromater.
- Det vurderes, at de faldende poreluftkoncentrationer bl.a. kan tilskrives en indledende afdampning af de flygtige komponenter samt en naturlig biologisk nedbrydning i jordens umættede zone.
- Datagrundlaget godtgør, at 50 % fraktilet (medianen) for samtlige forureningskomponenter ligger under 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier efter blot 2 mdr. (0,15 år).
- For benzen og C9/C10-aromater er der efter mindre end 1 år ikke påvist koncentrationer over 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier i nogen målinger.
- For forureninger med moderat størrelse; hhv. < 100 tons jord eller < 500 kg (rest)produkt, er der klare tendenser til, at poreluftkoncentrationerne indenfor 1-2 år falder til et lavere niveau end for større forureninger.
- I 3-4 % af poreluftmålingerne observeres efter mere end 1 år en midlertidig stigning i poreluftkoncentrationen for TVOC, som potentielt ville medføre en ændring i risikovurderingen (stigning fra niveau under 100 gange afdampningskriteriet til et niveau over samme grænse). I praksis vil stigninger i poreluftkoncentrationen fra målerunde til målerunde ofte medføre, at der skal udtages en ekstra poreluftprøve. Hvis der tages udgangspunkt i en stigning til en niveau > 20 gange afdampningskriteriet (altså stadig en faktor 5 under 100 gange afdampningskriteriet) observeres sådanne midlertidige stigninger i ca. 5 % af poreluftmålingerne (efter mere end 1 år). For de øvrige komponenter er der ingen signifikante stigninger efter 1 år. I samtlige tilfælde efterfølges en signifikant stigning af et signifikant fald i den følgende poreluftprøve. De midlertidige stigninger i TVOC-koncentrationen er observeret i

sager, hvor afstanden mellem målepunktet og kraftig jordforurening er lille (ca. 0,5 m) eller hvor der er tale om monitering ifht. en opløst forurening, og hvor vandspejlet stiger til kun 0,3-0,4 meter under gulv – dvs. kilden kommer tættere på målepunktet.

Når afstanden til jordforurening er 1 meter

Konklusioner, hvor afstanden til jordforureningen er 1 meter:

- Hvis afstanden mellem målepunktet og jordforureningen er 1 meter (f.eks. svarende til at den øverste meter jord under gulvet er rent), er alle målte koncentrationer for alle komponenter (inkl. TVOC) mindre end 100 gange afdampningskriteriet efter 6 mdr. Dette gælder uanset spildstørrelse, geologi m.v.
- Hvis (rest)forureningen samtidig er < 500 kg olie, er poreluftkoncentrationen efter 1 år, aftaget til et betydeligt lavere niveau; hhv. 350 µg/m^3 for TVOC; 1,0 µg/m^3 for benzen og 60 µg/m^3 for C9/C10-aromater, svarende til maksimalt 8 gange Miljøstyrelsens vejledende afdampningskriterier.
- Når afstanden imellem jordforureningen og målepunktet er 1 m, og når (rest)forureningen udgør mindre end 500 kg produkt, ligger poreluftens indhold af kulbrinter således – med meget bred margin – under en faktor 100 gange Miljøstyrelsens afdampningskriterier.
- Erfaringsopsamlingen godtgør således, at der 6 mdr. efter olieskaden ikke vil være risiko for en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boliger, hvis forureningen ligger mindst 1 meter under et betongulv uden synlige revner (og de øvrige forudsætninger omkring en faktor 100 er opfyldt). Risikoen er yderligere fjerntliggende 1 år efter spildtidspunktet, hvis restforureningen er af moderat omfang (< 500 kg fyringsolie).

TVOC er den primære risikokomponent i poreluft på villasager

Samlet set vurderes TVOC at være den primære risikokomponent i forbindelse med poreluftforureninger på villatanksager. Denne vurdering er dels baseret på, at koncentrationsniveauet for TVOC generelt ligger højere end for de øvrige komponenter, hhv. benzen og C9/C10-aromater (ifht. Miljøstyrelsens afdampningskriterier), og dels på, at koncentrationen af TVOC falder langsommere end for de øvrige komponenter.

Dataanalyser uden afgørende konklusioner

For følgende analyser har det kun været muligt, at konstatere mindre nuanceforskelle i det generelle niveau for poreluftkoncentrationerne og/eller hastigheden hvormed poreluftkoncentrationen falder over tid:

- Afværgeforhold (før/efter afværge eller passiv ventilation).
- Koncentrationer i jordforureningen (relativt høje og lave konc.).
- Geologi over forurening (sand eller ler og muld).
- Geologi i forurening (sand vs. andre jordtyper).

Dette vurderes at skyldes, at en række modsatrettede faktorer spiller ind på det endelige billede.

4 Referencer

/1/ P. Loll, C. Larsen, og K. Henriksen, 2007. Stimuleret biologisk nedbrydning af fyringsolie – feltresultater der viser muligheder og begrænsninger. ATV jord og grundvand, Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Bind 1. s. 121-132.

/2/ P. Loll, C. Larsen, K. Henriksen og Brask, P. 2007. Bio-nedbrydning af fyringsolieforurening. Vand & jord, nr. 4. s. 142-145.

/3/ Vejledning nr. 6, 1998.
Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind.
Miljøstyrelsen, 1998.

/4/ Jacqueline A. Falkenberg.
Baggrundsværdier i indeklima og udeluft.
Foreløbigt udkast til ”Aktionsniveauer ved prioritering af indeklmasager på kortlagte ejendomme”.
Videncenter for Jordforurening, 2009.

/5/ R.H. Walpole og R.E. Myers.
Probability and statistics for engineers and scientists.
Prentice Hall, 1993.

Bilag A: Sagsoversigt

Sagsnr.	Adresse	Spilddato	Afværgetype	Afværge start/slut	(Rest)forurening		Målepunkt	Serier der indgår i højre plot				Dataanalyse (rapportafsnit)													Afstand mellem PL og forurening	Geologi		Kommentarer
				Dato	Kg	Ton		TVOC	B	BTEX	C	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9		I forurening	Over forurening	
1	Øster Vase	7. nov. 2003	Afgravning af to omgange	14.-19. nov. 2003 20.-21. apr. 2004	1.100	85-100	PL1 PL3	X X	X	X	X X	X X	X X				X X		X X	X X		X X	X X			0,7 Vandret 0,5/lodret 0,2	Sand, fint, siltet	Sand, gruset m. org. indhold Muld/finsand, leret, siltet, org. indhold	
2	Bakkevej	6. jun. 2006	Afgravning	3.-11. maj 2006	940-1.445	450-700	PL1 PL2 PL3	X X X	X	X	X X X	X X X	X X X				X X X		X X X	X X X			X X X		X X X	ca. 0,4 ca. 0,4 ca. 0,4	Ler, Sandet	Sand, fint/Ler, sandet.	
3	Mortensgade	5. jan. 2005	Tætning af gulve, Afgravning	1. jan.-1. apr. 2006 Forår 2008	1.275	ca. 500	PL1 PL2 PL3 PL4	X X X X	X X X	X X X	X X	X X X X	X X X X				X X X X		X X X		X X X X	X X X X	X X X X	X X X	X X		1,1 1,85 1,1 1,9	Sand, gruset	Muld, grus, sand	
4	Hækkebøllevej	2. feb. 2008	-	Planlagt gravearbejde	60	225	PL1 PL2	X X	X X	X X	X X	X X	X X				X X	X X		X	X	X X			X	0 Vandret 2,8/lodret 0	Sandet ler, sand	PL1 er udtaget i top af forurening PL2: Muld, stenet	
5	Gl. Højmevej	1. mar. 2008	-	Planlagt gravearbejde	700	550	PL1 PL2	X X	X X	X X	X X	X X	X X				X X		X X	X X		X X	X X	X		0 0,5	Vekslende fyld, moræneler, sand og leret sand/grus	PL1 er udtaget i top af forurening Sand	
6	Tofteløkkevej	1. apr. 2007	-	Planlagt gravearbejde	1.900	1100	PL1 PL2 PL4	X X X	X X	X X	X X X	X X X	X X X				X X X		X X X	X X X		X X X			X X X	0,1 0,3 0,5	Moræneler, stedvist sandet	Fyld, muld, tørv	
7	Klintevej	1. jun. 2005	-	Ikke afklaret	36	54	PL1 PL2	X X		X X	X X	X X	X X			X X		X X		X X		X X			X	0 0,5	Silt/sand, leret	PL1 er udtaget i top af forurening PL2: Silt/sand, leret	
8	Bystævnet	15. feb. 2004	Forurening opgravet	? (efter PL-målinger)	325	180	PL2	X		X	X	X	X				X	X		X		X				ca. 0,8	Sand, fint-mellem	Muld, sandet	Afværgeperiode ukendt
9	Rullegårdsvej	13. dec. 2003	Afgravning & aktiv ventilation	23. dec. 2003 13. jan.-4. juli 2005	25-50	20-40	PL1 PL2	X X	X X	X X	X X	X X		X X		X X		X X		X X		X X	X X	X X		0,4 0,4	Sand, fint-mellem	Sand, fint	
10	Kielstrupvej	19. aug. 2005	Afgravning & manuel læsning af fri fase	7. feb. 2006 18. sept.-21. nov. 2006	35-70	15-30	PL1 PL2 PL4	X X X		X		X X X		X X X		X X X		X X X		X	X	X X X	X X X			Vandret 2,0/lodret 0,5 0,5 Vandret 0,8/lodret 0,5	Sand, fint, siltet	Fyldsand	
11	Begonievej	16. jul. 2006	Afgravning	19.-28. juli 2006	13-21	10-20	P2	X		X	X	X		X		X		X			X	X	X	X		Vandret 1,5/lodret 0,8	Ler, sandet, siltet	Sand, fint-mellem, gruset	
12	Horshøjvej	3. jan. 2003	Afgravning af to omgange	Start: 1. feb. 2003 Start: 1. apr. 2005	ca. 110	ca. 41	M2 M3 M4	X X X				X X X		X X X		X X X		X X X			X X X	X X X		X X X		2,7 2,7 Vandret 3,0/Lodret 2,7	Sand, fint, siltet	Rent fyldsand Rent fyldsand Sand, fint, siltet	
13	Akkerupvej	9. mar. 2005	Afgravning	14. mar. 2005	140	75	PL1	X	X	X	X	X		X		X		X		X		X			X	0,45	Grus, sten, sand, ler og tørv	Primært muld	
14	Kirkeballe	2. okt. 2004	Skimning af fri fase	10. feb.-23. jun. 2005	125-135	ca. 27	PL1 PL2 PL3	X X X	X	X	X	X X X		X X X		X X X		X X X		X	X X	X				1,4 Vandret 1,3/lodret 1,4 0	Silt/sand (fint), leret	PL1: Fyld, sand, ler, muldet PL2: Fyld, sand, ler, muldet PL3 er udtaget i top af forurening	
15	Åbyskovvej	1. okt. 2005	Afgravning	6.-7. okt. 2005	46	14	PL1	X		X	X	X		X		X		X			X	X		X		ca. 2,5	Vekslende ler/sand	Muld, sand samt moræneler	
16	Rosevej	16. dec. 2004	Afgravning	16.-28. feb. 2005	<1	ca. 2,5	PL1 PL2 PL4 PL5 PL6	X X X X	X X	X X X X	X X X X X	X X X X X		X X X X X		X X X X X		X X X X X			X X X X X	X X X X X	X X X X X		X X X X X		ca. 0,7	Sand	Sand, tørv	Poreluftmonitering ifht. grundvandsforurening
17	Skovmøllevej	7. aug. 2003	Afgravning	2.-17. feb. 2005	170	80	FP1	X	X	X	X	X		X		X		X			X	X		X		1,5	Ler, sandet	Sand (fyld)	
18	Hamborgvej	7. nov. 2006	Afgravning	29. nov.-21. dec. 2006	170-600	?	PL2	X				X		X				X			X	X	X			Vandret 1,5/lodret 0,6	Kalk	Sand, muldet	Restforurening (ton) ikke anført
19	Toppen	28. sept. 2001	Afgravning/passiv ventilation	29. okt. 2001	15-30	10-20	PL1 PL2	X X	X	X X	X	X X		X X	X	X X		X X		X	X	X X	X X	X		0 Vandret 1,5/Lodret 0	Sand ml./moræneler, sandet	PL1 er udtaget i forurening Sand (horisontalt)	
20	Kærvej	20. dec. 2004	Afgravning/passiv ventilation	23.-27. dec. 2004	40-75	15-25	PL3 PL4	X	X	X	X X	X X			X X	X X		X X		X	X		X X		X X	ca. 0,4 Vandret 1,5/lodret 0,4	Sand, fint-mellem	Muld, sandet	
21	Harevej	25. jul. 2002	Afgravning/passiv ventilation	16.-28. nov. 2002	570	340	P5 P6		X X	X X		X X			X X		X X	X X	X X		X X	X X	X X			0,5 0,5	Ler, sandet	Sand, mellemkornet	
22	Holmevej	1. jul. 2003	Afgravning/passiv ventilation	20. okt.-16. sept. 2004	100-150	50-75	Udluftning	X		X	X	X			X	X		X			X	X	X	X		ca. 1 m	Ler, sandet	Sand (fyld)	
23	Tislumvej	18. jan. 2002	Afgravning/passiv ventilation	1. apr.-1. jul. 2002	2.000	ca. 210	M2 M3 M4 M5 M6	X X X X X	X	X X X X X	X X X X X	X X X X X			X X X X X		X X X X X	X X X X X	X X X X X		X	X X X X X	X X X X X	X X X X X			1,4 Vandret 0,5/lodret 0,2 Vandret 1,3/lodret 0,2 Vandret 0,5/lodret 0,2 0,2	Sand, fint, siltet	Sand (fyld)	Restforurening (L) ikke anført
24	Svendborgvej	10. februar 2001	Afgravning/passiv ventilation	23. jan.-6. feb. 2001	40	ca. 52	P3	X	X	X		X			X	X		X		X		X	X			0,15	Moræneler	P3 er udtaget i top af forurening	Restforurening (L) ikke anført

TVOC = Totalindhold
B = benzen
C = C9/C10-aromater

2.3	Alle målepunkter
2.4	Før afværge
2.4	Efter afværge
2.4	Passiv ventilation
2.5	Jordforurening: <100 ton
2.5	Jordforurening: > 100 ton
2.6	Produktmængde: < 500 kg
2.6	Produktmængde: > 500 kg
2.7	Afstand < 1 m til jordforurening
2.7	Afstand >= 1 m til jordforurening
2.8	Lave jordkoncentrationer
2.8	Høje jordkoncentrationer
2.9	Geo. over forurening: Sand
2.9	Geo. over forurening: Ler og muld

Bilag B: Sagsgennemgang

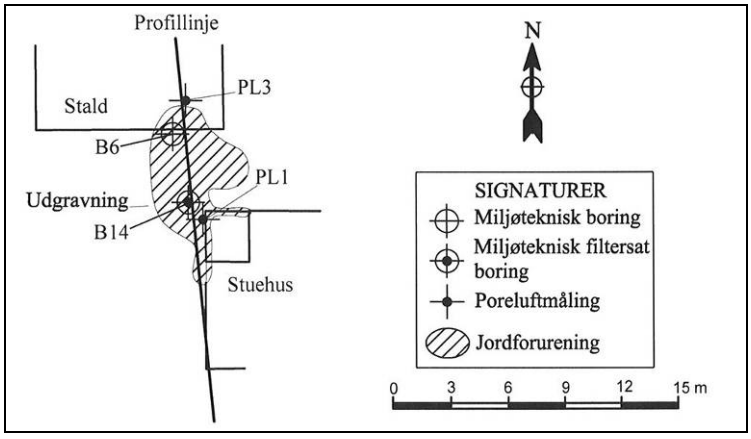
I det følgende refereres relevante oplysninger/data fra de 24 sager, hvor der er fundet brugbare data.

I plottene med det tidslige forløb af den relative koncentration er der kun medtaget dataserier, hvori der forekommer data som overskrider signifikans-grænsen på 10 gange analysemetodens detektionsgrænse for komponenten eller summen af komponenterne.

B.1: Øster Vase [før afværge]

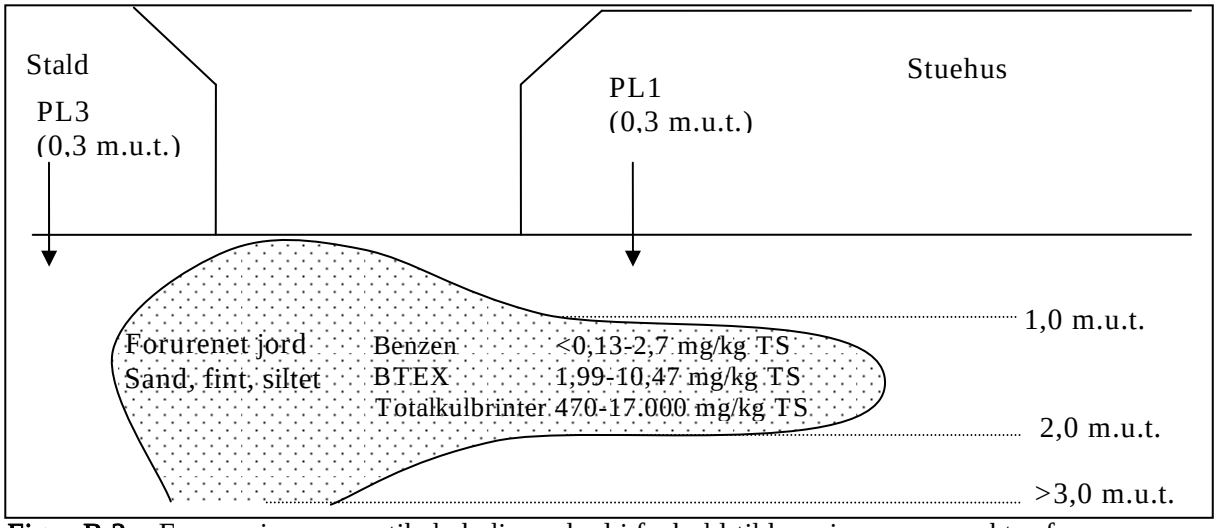
Beskrivelse af lokalitet og data

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.1, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.2.



Figur B.1. Oversigtsplan.

Et profilsnit over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.2.



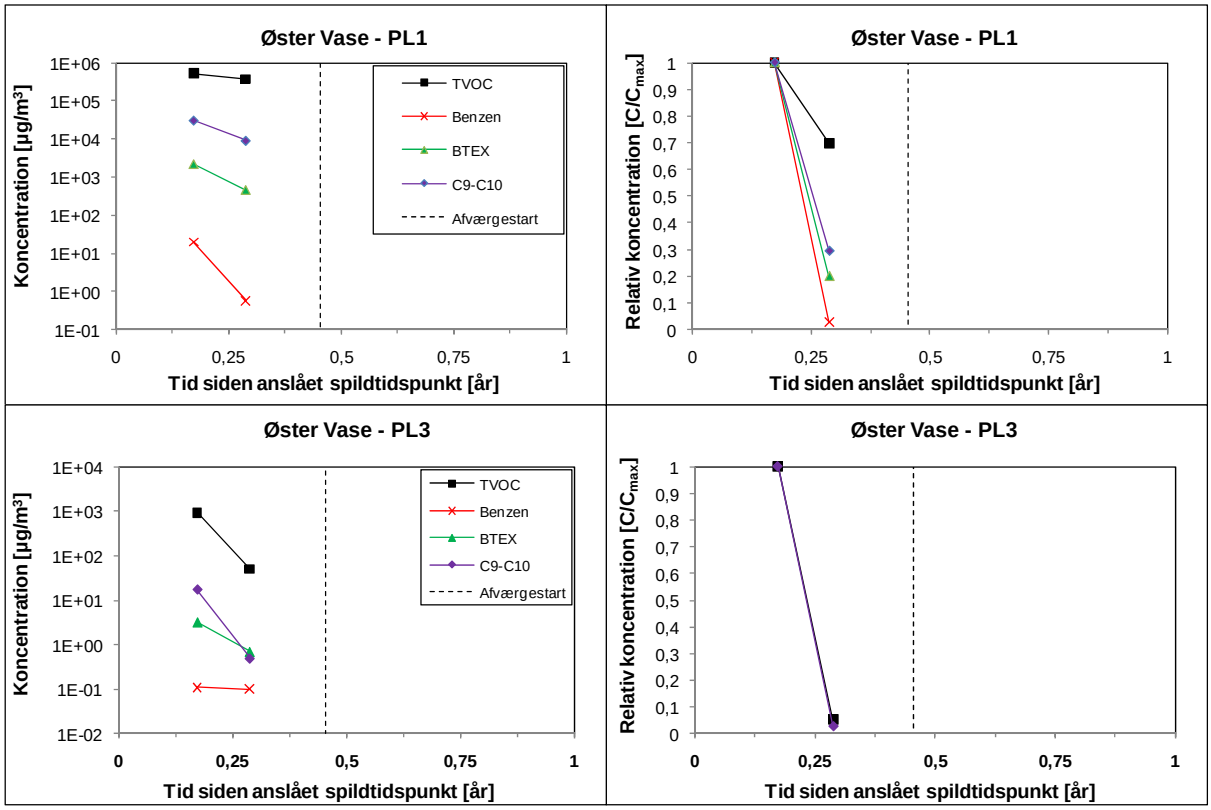
Figur B.2. Forureningens vertikale beliggenhed i forhold til bygninger og punkter for udtagning af poreluftprøver.

Der er inddraget poreluftmålinger fra to positioner, benævnt PL1 og PL3 hvorfra der er udtaget poreluftprøver af to omgange inden opgravning af

forurenet jord. Spildstørrelsen var 1.300 L og spildtidspunktet er sat til dato for opdagelsen (7. november 2003).

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 og PL3 fremgår af figur B.3. Der er ikke konstateret indhold af benzen over analysemetodens detektionsgrænse i PL3.

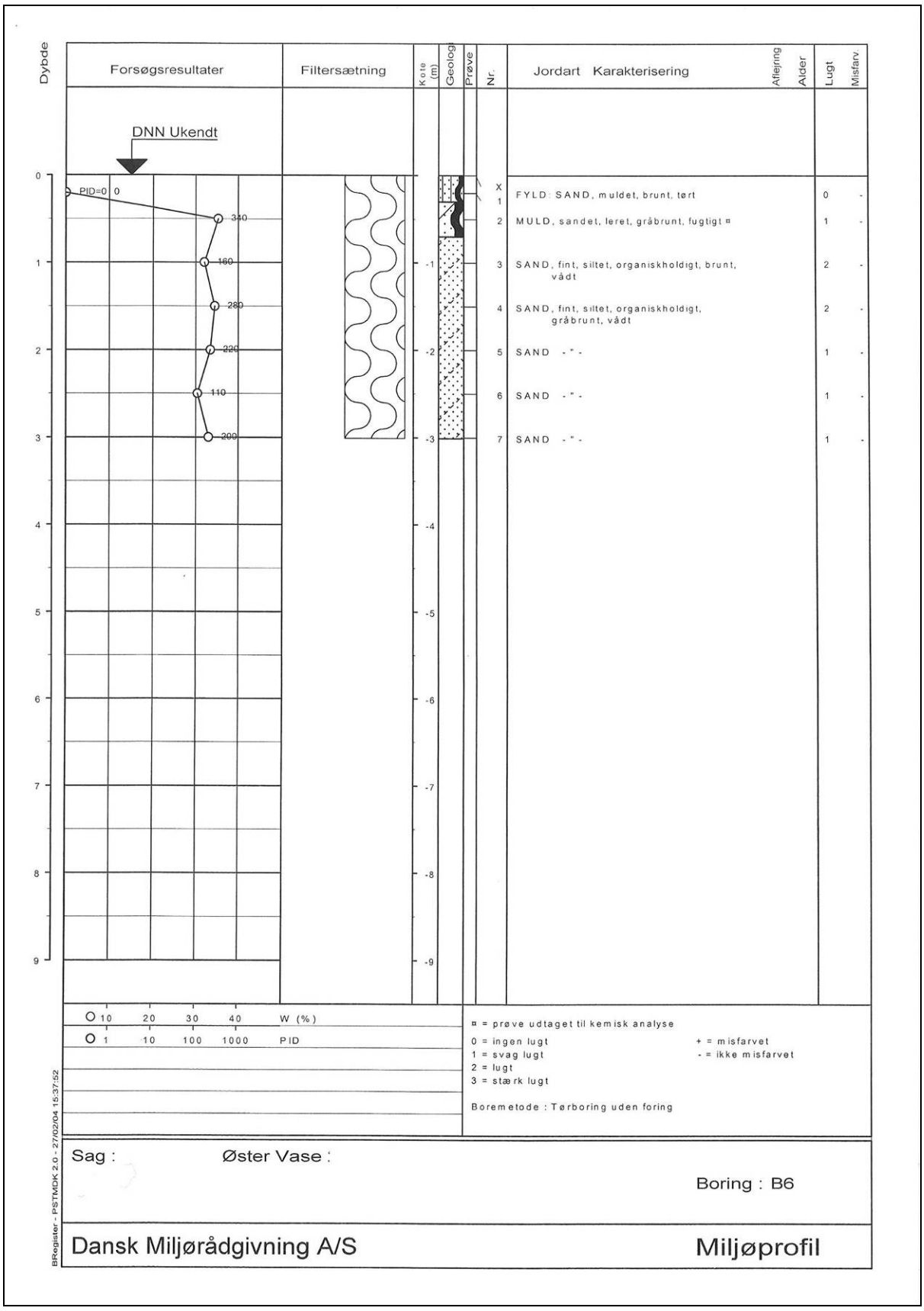


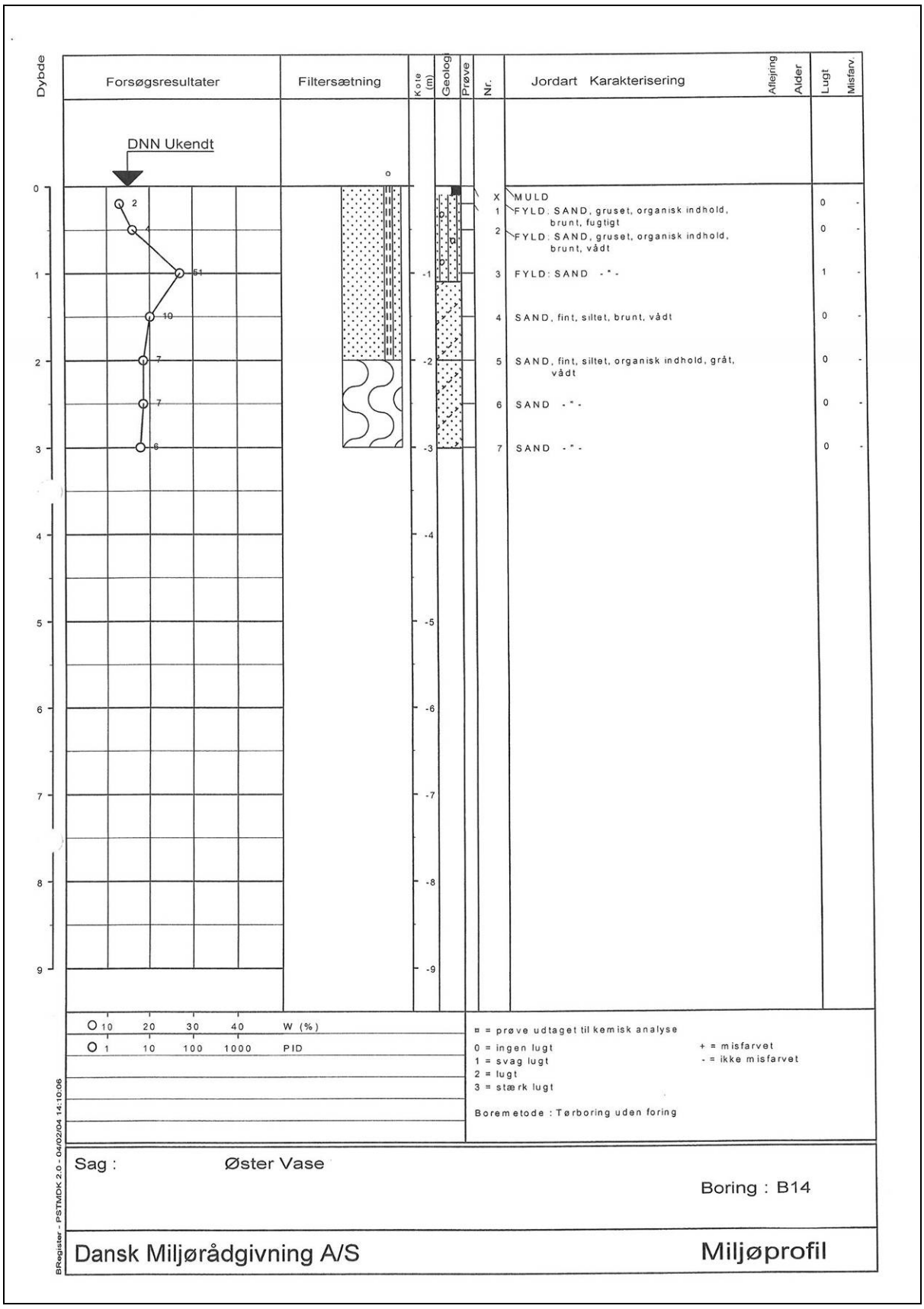
Figur B.3. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,3 m.u.t.) udført inden opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.3 falder alle de moniterede kulbrintefraktioner markant i både PL1 og PL3 over en kort periode.

Boreprofiler

På de følgende sider ses boreprofilerne for B6 og B14


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv
DNN Ukendt
PID=0
0
340
160
280
220
110
200
FYLD: SAND, muldet, brunt, tørt
MULD, sandet, leret, gråbrunt, fugtigt ¤
SAND, fint, siltet, organiskholdigt, brunt, vådt
SAND, fint, siltet, organiskholdigt, gråbrunt, vådt
SAND - " -
SAND - " -
SAND - " -
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Tørboring uden foring
Sag : Øster Vase :
Boring : B6
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 27/02/04 15:37:52


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
X MULD
1 FYLD: SAND, gruset, organisk indhold, brunt, fugtigt
2 FYLD: SAND, gruset, organisk indhold, brunt, vådt
3 FYLD: SAND -"-
4 SAND, fint, siltet, brunt, vådt
5 SAND, fint, siltet, organisk indhold, gråt, vådt
6 SAND -"-
7 SAND -"-
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Tørboring uden foring
Sag : Øster Vase
Boring : B14
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 04/02/04 14:10:06

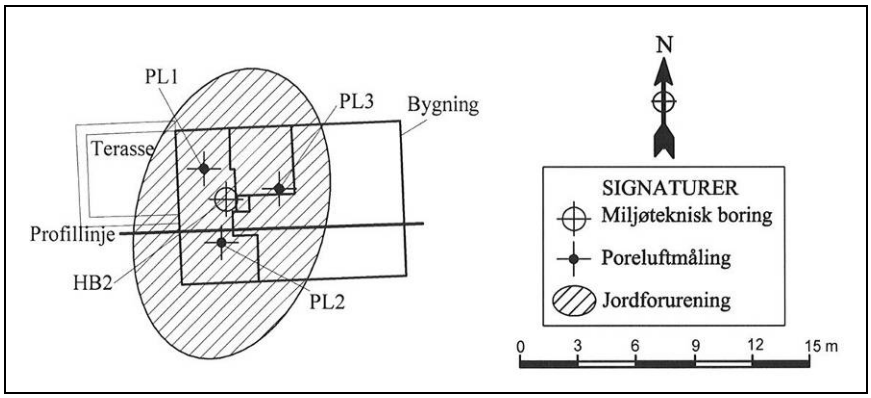
B.2: Bakkevej [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Bakkevej er der inddraget poreluftmålinger fra tre positioner (PL1-PL3) udført over to gange før opstart på afværge. Der er på denne ejendom udført en delvis oprensning af forurenet jord og dels er der efter gravearbejdets afslutning foretaget aktiv ventilation af hulrummet under den del af beboelsen der er tættest på spildstedet, hvorfor yderligere poreluftrunder udført efter afværgeopstart ikke er inddraget.

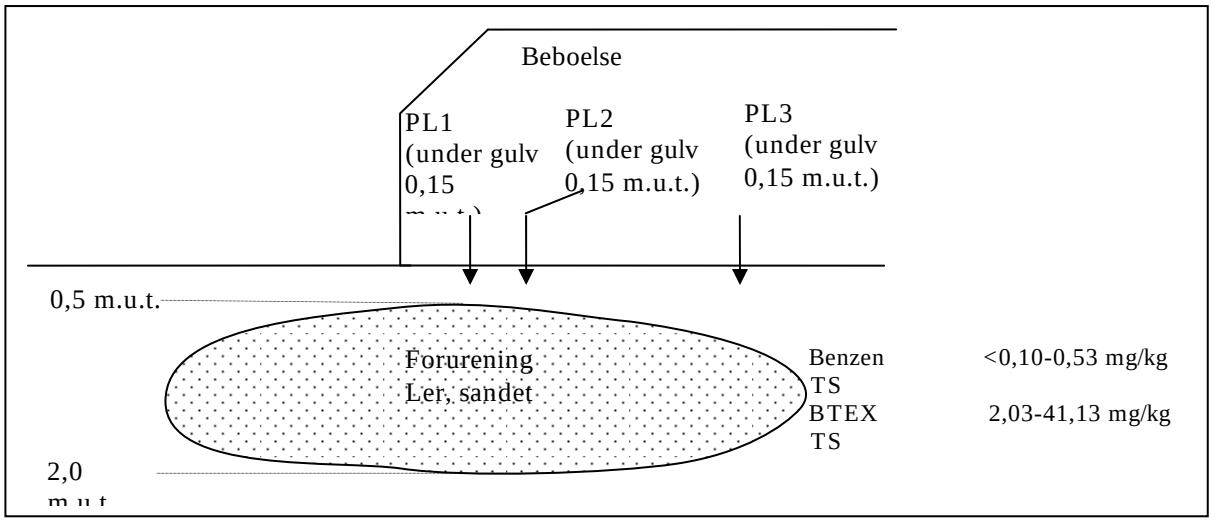
Spildet er konstateret den 2. juni 2005, og spildets samlede størrelse (fra to kilder med op til 1,5 års mellemrum; hhv. ved tanken og ved fyret) er estimeret til mellem 1.100 og 1.700 L.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.4, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.5.



Figur B.4. Oversigtsplan.

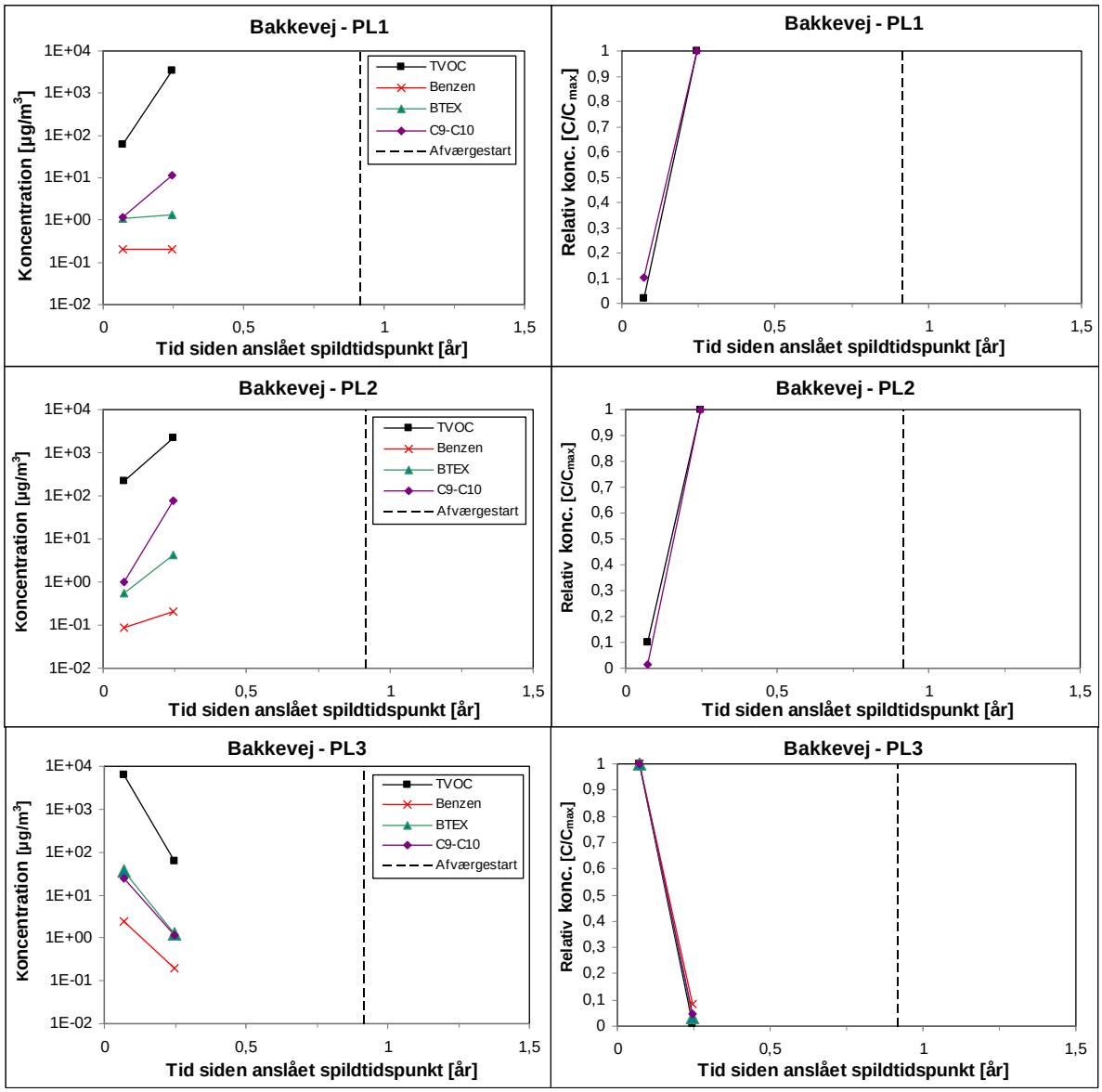
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.5.



Figur B.5. Forureningens vertikale beliggenhed på Bakkevej i forhold til bygning og poreluftpositioner.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1-PL3 fremgår af figur B.6.

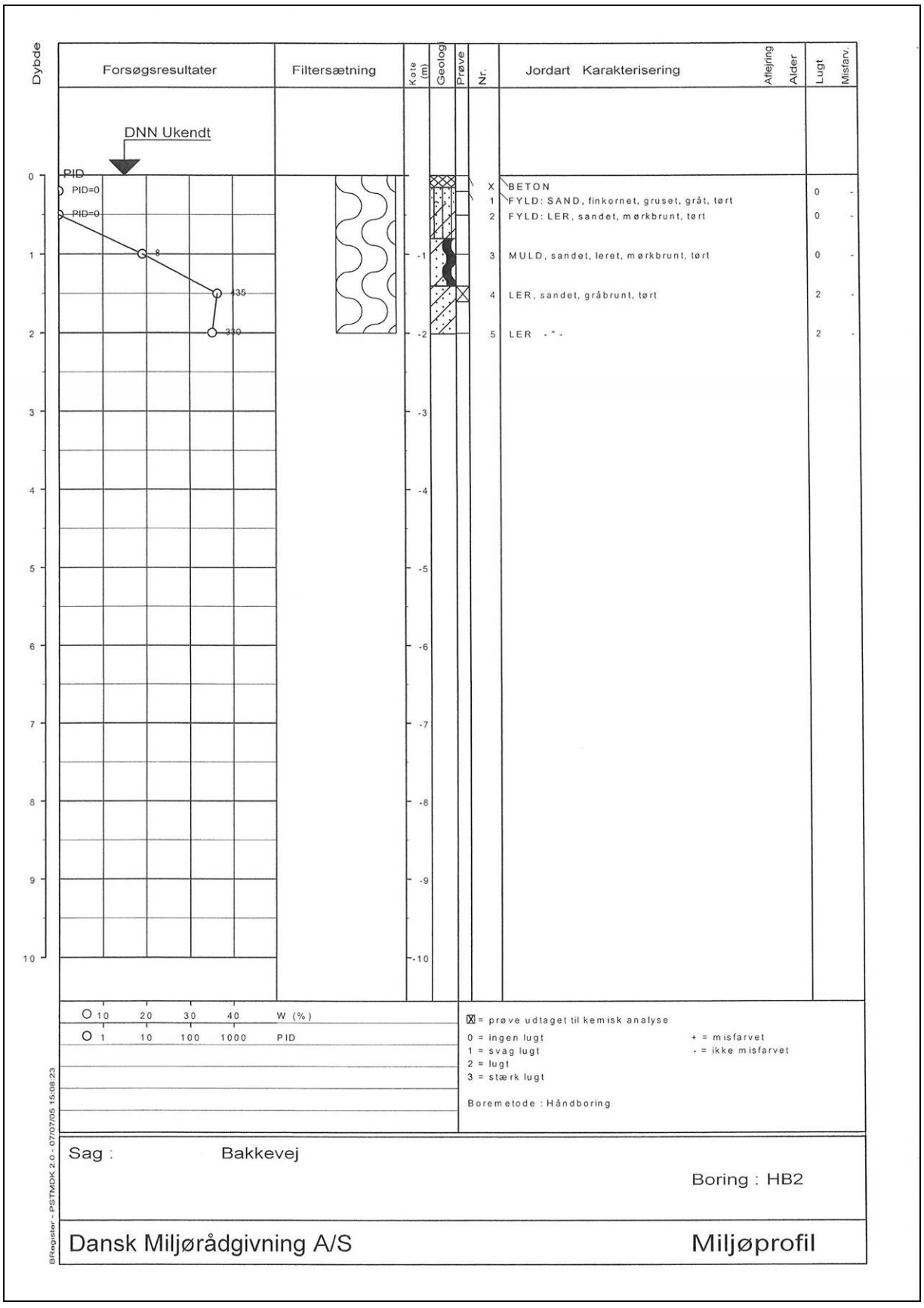


Figur B.6. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,15 m.u.t.) før opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.6 stiger alle målte forureningskomponenter i PL1 og PL2, mens de falder i PL3. En mulig forklaring på dette vurderes at være, at der er sket to tidsmæssigt adskilte spild med forskellig rumlig placering ifht. de tre positioner.

Boreprofiler

På den følgende side ses boreprofilet for HB2.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
PID
PID=0
PID=0
8
435
330
X BETON
1 FYLD: SAND, finkornet, gruset, gråt, tørt
2 FYLD: LER, sandet, mørkbrunt, tørt
3 MULD, sandet, leret, mørkbrunt, tørt
4 LER, sandet, gråbrunt, tørt
5 LER -"-
0 - 0 -
0 - 0 -
0 - 0 -
2 - 2 -
2 - 2 -
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10
O 10 20 30 40 W (%)
O 1 10 100 1000 PID
X = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Håndboring
BRegistor - PSTMDK 2.0 - 07/07/05 15:08:23
Sag : Bakkevej
Boring : HB2
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil

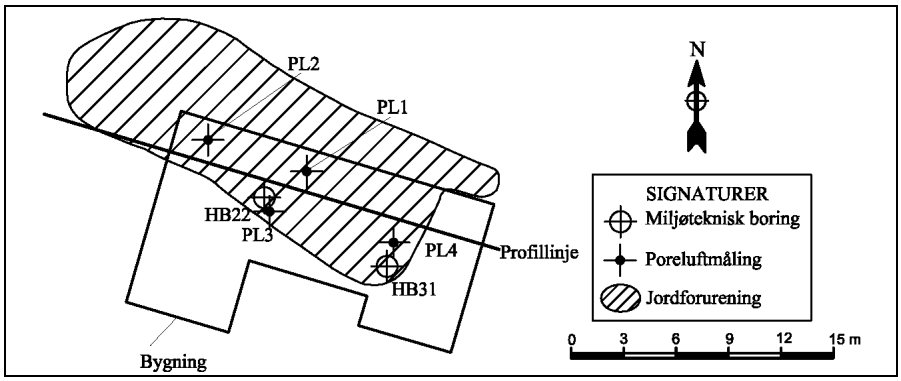
B.3: Mortensgade [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Mortensgade er der udtaget poreluftprøver af to omgange i fire positioner (benævnt PL1-PL4). Alle prøverne er udtaget under gulv på en ejendom, hvor der efterfølgende er udført indeklimasikring ved tætning af den eksisterende betongulvkonstruktion. Der er efterfølgende udført en delvis oprensning udenfor beboelsen.

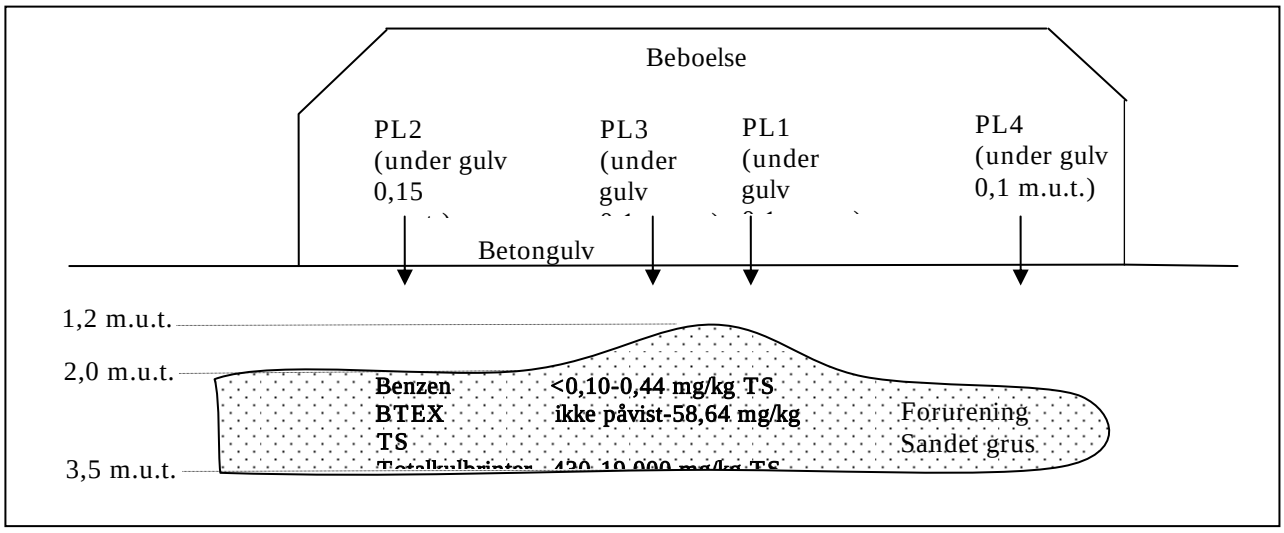
Spildet på denne fyringsolieforurening er konstateret den 5. januar 2005, og vurderes at være på ca. 1.500 L. Spildet formodes at have foregået over en periode på ca. 4 år inden det blev konstateret. I nærværende rapport er spildtidspunktet sat til datoen for spildets konstatering.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.7, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.8.



Figur B.7. Oversigtsplan.

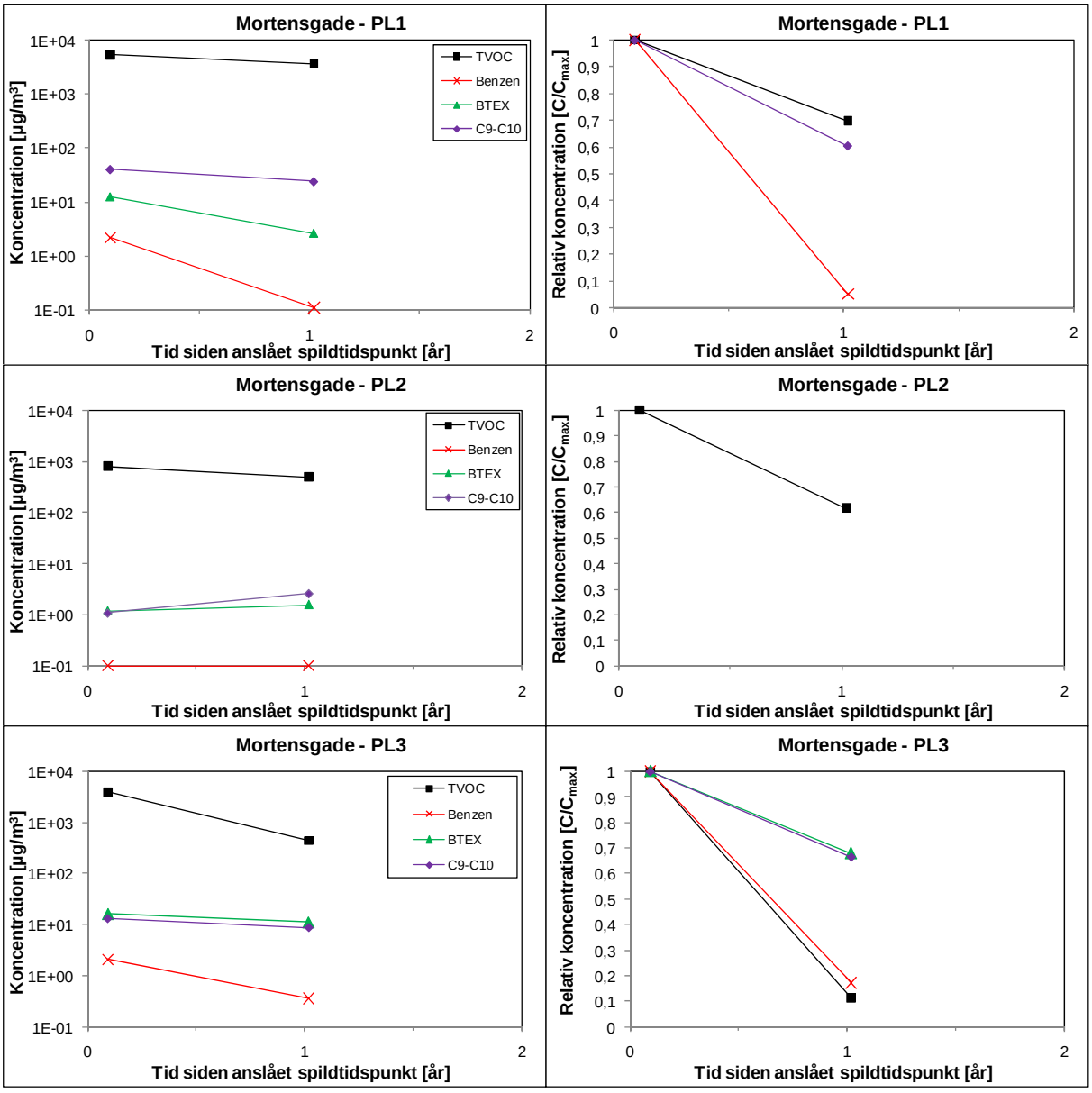
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.8.



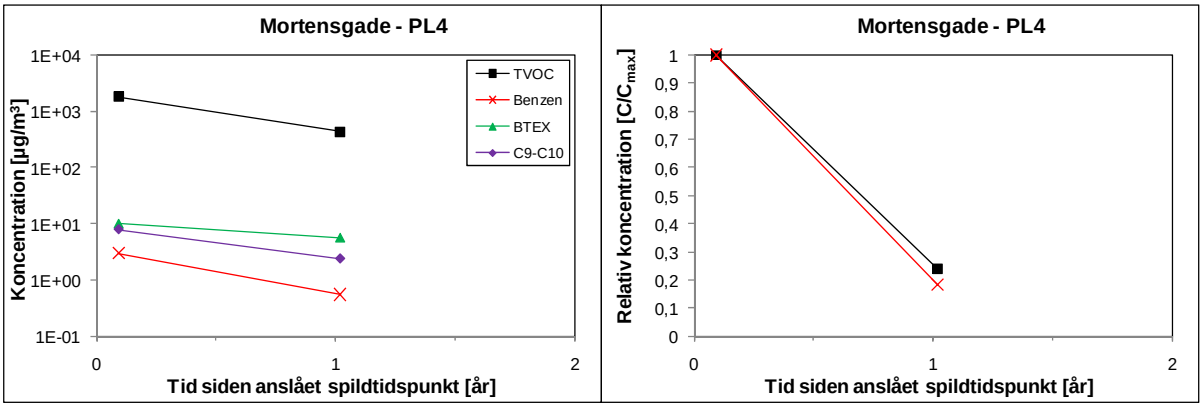
Figur B.8. Forureningens vertikale beliggenhed på Mortensgade i forhold til bygning og poreluftpositioner. Skitsen illustrerer et snit fra vest-nordvest til øst-sydøst igennem huset som poreluftpositionerne er projiceret ind på.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1-PL4 fremgår af figur B.9.



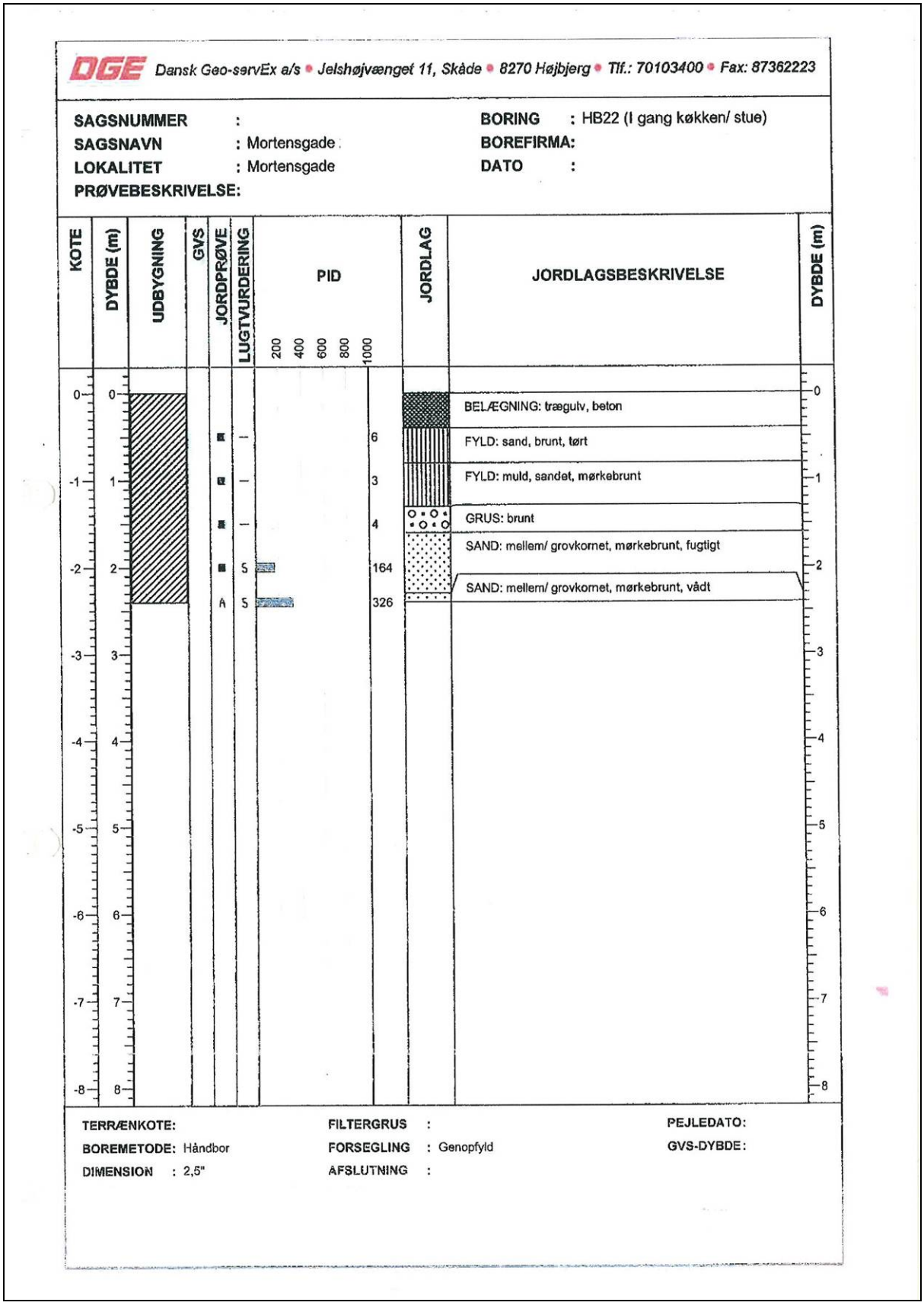
Figur B.9. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,1 m.u.t.) efter indeklimasikring ved tætning af betongulv.

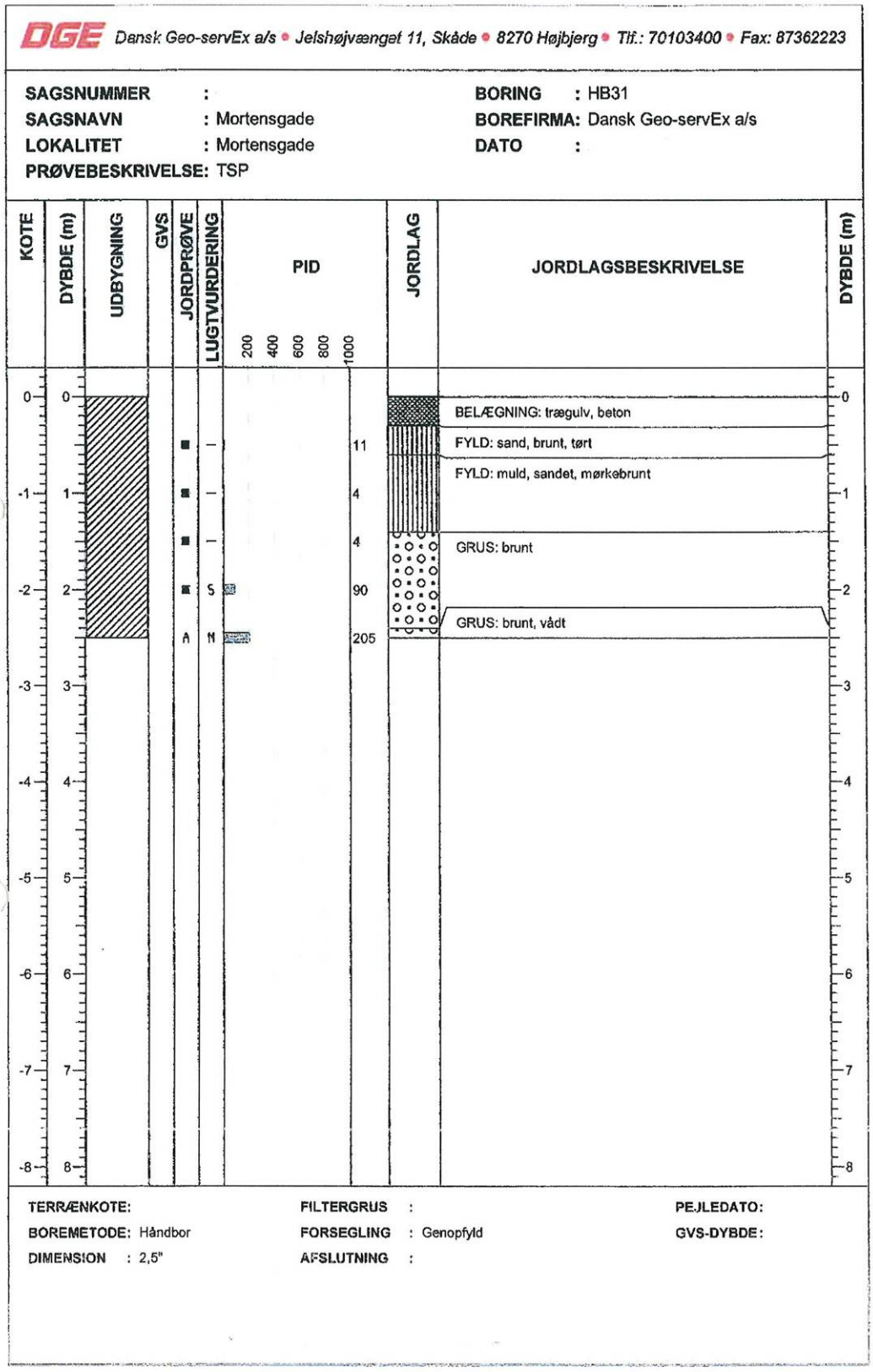


Figur B.9 (fortsat). Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,1 m.u.t.) efter indeklimasikring ved tætning af betongulv.

Som det fremgår af figur B.9 er der et entydigt fald i alle målte poreluftkomponenter i PL1-PL4.

Boreprofiler På følgende sider ses boreprofilerne for HB22 og HB31.



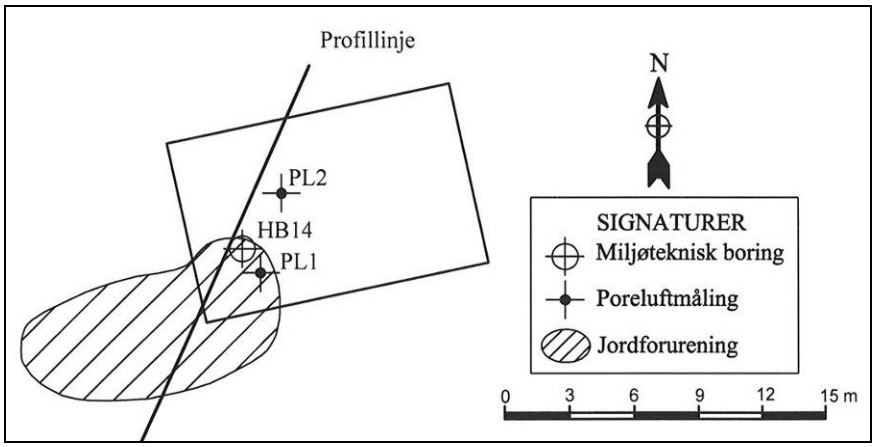

DGE Dansk Geo-servEx a/s • Jelshøjvænget 11, Skåde • 8270 Højbjerg • Tlf.: 70103400 • Fax: 87362223
SAGSNUMMER :
SAGSNAVN : Mortensgade
LOKALITET : Mortensgade
PRØVEBESKRIVELSE: TSP
BORING : HB31
BOREFIRMA: Dansk Geo-servEx a/s
DATO :
KOTE
DYBDE (m)
UDBYGNING
GVS
JORDPRØVE
LUGTVURDERING
PID
200 400 600 800 1000
JORDLAG
JORDLAGSBESKRIVELSE
DYBDE (m)
BELÆGNING: trægulv, beton
FYLD: sand, brunt, tørt
FYLD: muld, sandet, mørkebrunt
GRUS: brunt
GRUS: brunt, vådt
11
4
4
90
205
TERRÆNKOTE:
BOREMETODE: Håndbor
DIMENSION : 2,5"
FILTERGRUS :
FORSEGLING : Genopfyld
AFSLUTNING :
PEJLEDATO:
GVS-DYBDE:

B.4: Hækkebøllevej [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

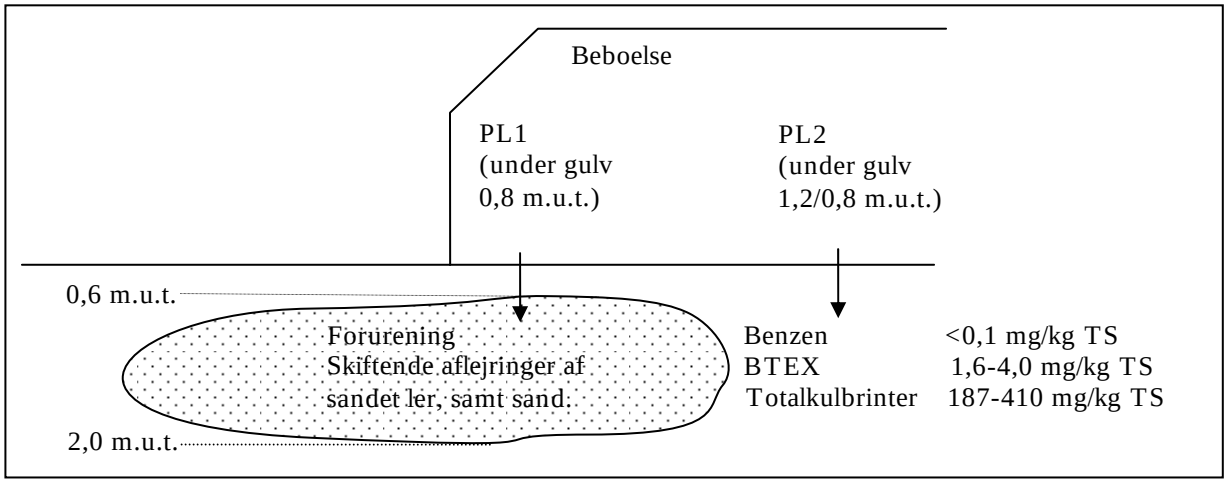
På Hækkebøllevej er der udtaget poreluftprøver af tre omgange i to positioner (PL1 og PL2). Spildet er konstateret den 2. februar 2008, og spildstørrelsen er vurderet til 100 L (ca. 225 tons forurenet jord). Poreluftprøverne er udtaget inden opgravning af tilgængelig forurenet jord, som er foretaget samtidig med udfærdigelsen af nærværende erfaringsopsamling.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.10, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.11.



Figur B.10. Oversigtsplan.

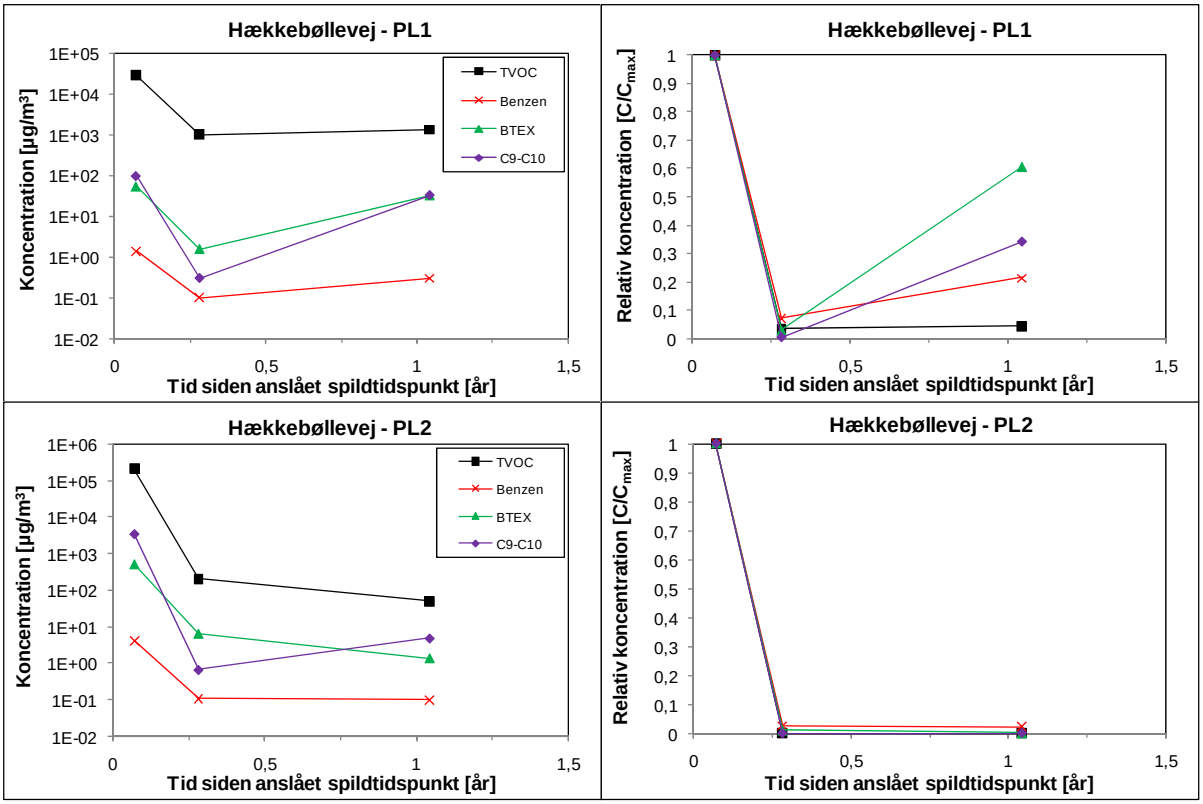
En skitse for lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.11. Det bemærkes, at den første prøve i positionen PL2 er udtaget 1,2 m.u.t. og følgende prøver er udtaget 0,8 m.u.t. Da PL2 ikke er placeret direkte over jordforureningen vurderes dette ikke at have indflydelse på resultaterne.



Figur B.11. Forureningens vertikale beliggenhed på Hækkebøllevej i forhold til bygning og punkter for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, BTEX'er samt C9/C10-aromater målt i PL1 og PL2 fremgår af figur B.12.

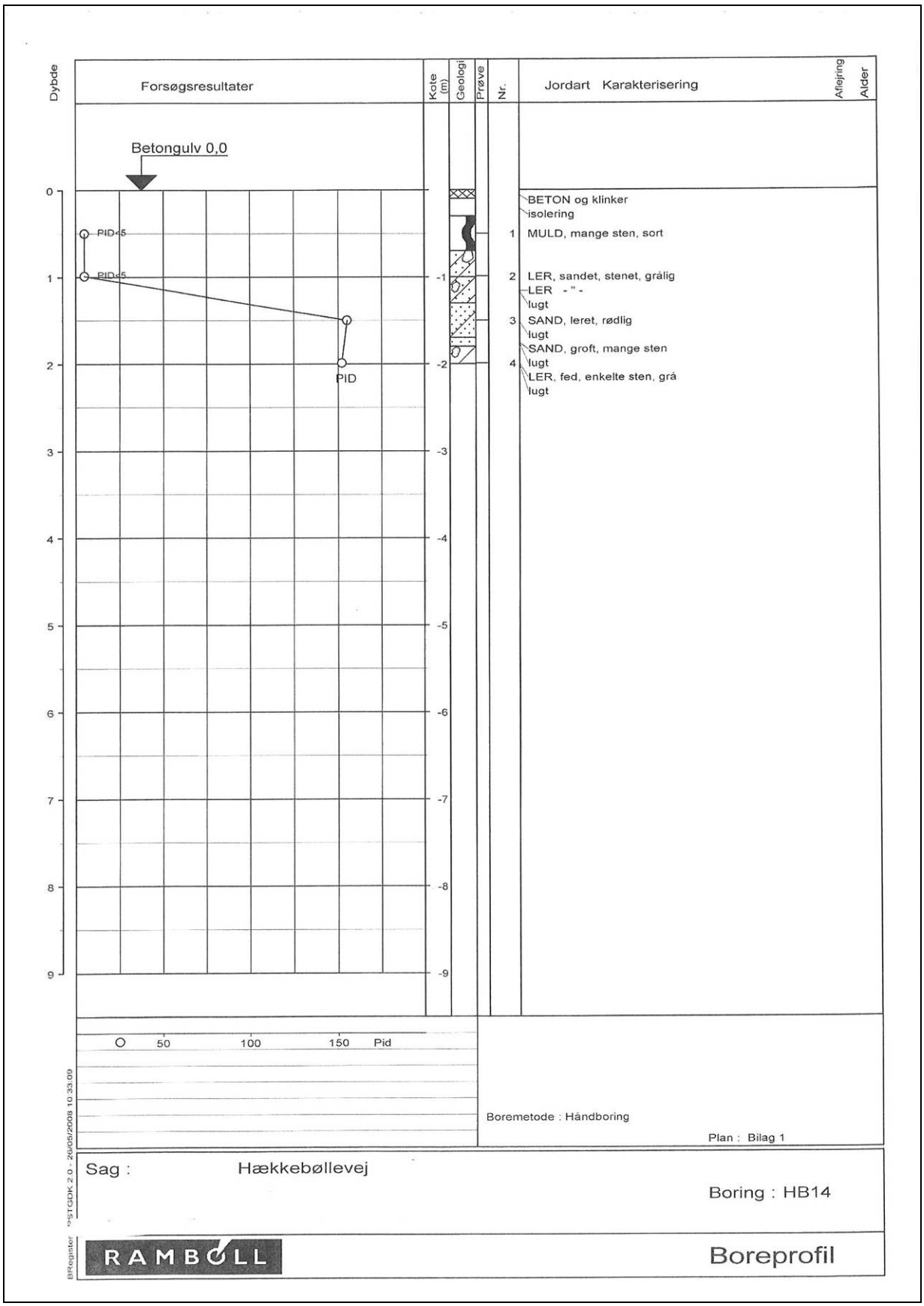


Figur B.12. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,8 m.u.t.). Første prøve i PL2 er udtaget 1,2 m.u.t.

Som det fremgår af figur B.12 falder indholdet af alle målte kulbrintefraktioner med ca. 90 % over en periode på ca. 3 måneder efter spildtidspunktet. I tredje målerunde stiger koncentrationen af benzen, BTEX'er og C9/C10-aromater med mellem ca. 10 og 50 % i PL1, mens de målte koncentrationer i PL2 er næsten uændrede.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB14.

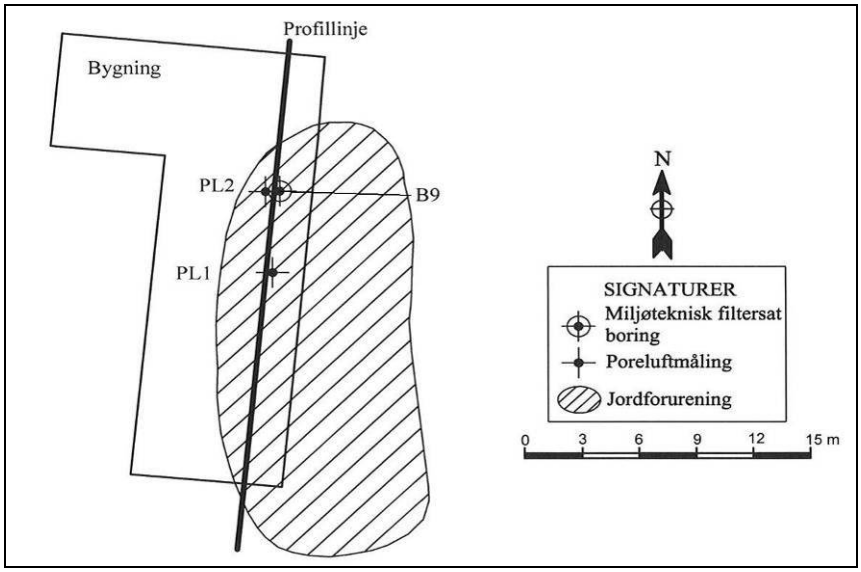

Dybde
Forsøgsresultater
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Betongulv 0,0
PID<5
PID<5
PID
BETON og klinker
isolering
1 MULD, mange sten, sort
2 LER, sandet, stenet, grålig
LER - " -
lugt
3 SAND, leret, rødlig
lugt
SAND, groft, mange sten
4 lugt
LER, fed, enkelte sten, grå
lugt
50
100
150
Pid
Boremetode : Håndboring
Plan : Bilag 1
Sag : Hækkebøllevej
Boring : HB14
RAMBØLL
Boreprofil

B.5: Gl. Højmevej [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

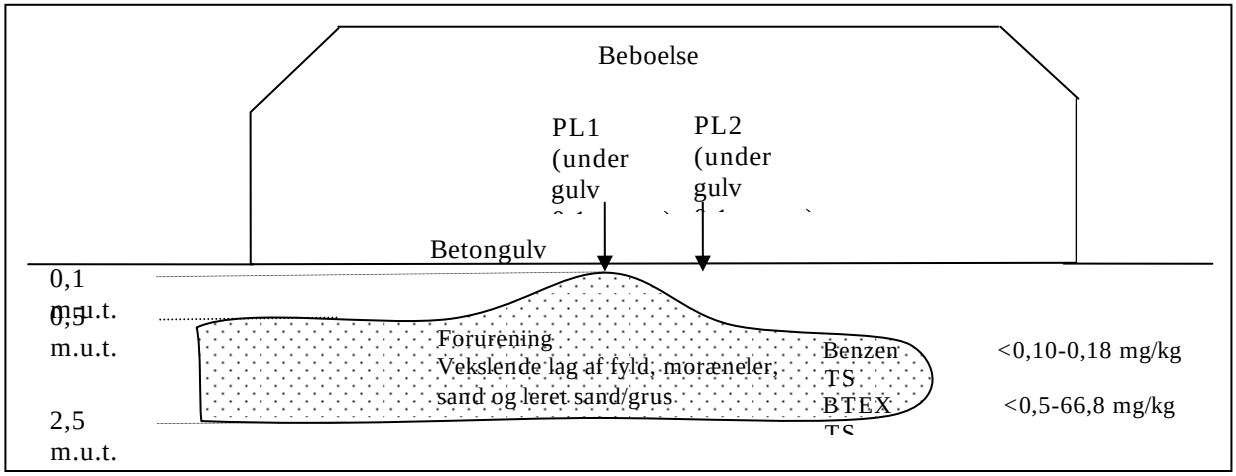
På Gl. Højmevej er der inddraget poreluftprøver fra to positioner (PL1 og PL2), hvor der er udtaget poreluftprøver af to omgange. Spildtidspunktet er vurderet til den 1. marts 2008, og spildstørrelsen er vurderet til mellem 800 og 1.000 L (ca. 550 tons forurenet jord). Poreluftprøverne er udtaget inden opgravning af tilgængelig forurenet jord, som er foretaget samtidig med udfærdigelsen af nærværende erfaringsopsamling.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.13, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.14.



Figur B.13. Oversigtsplan.

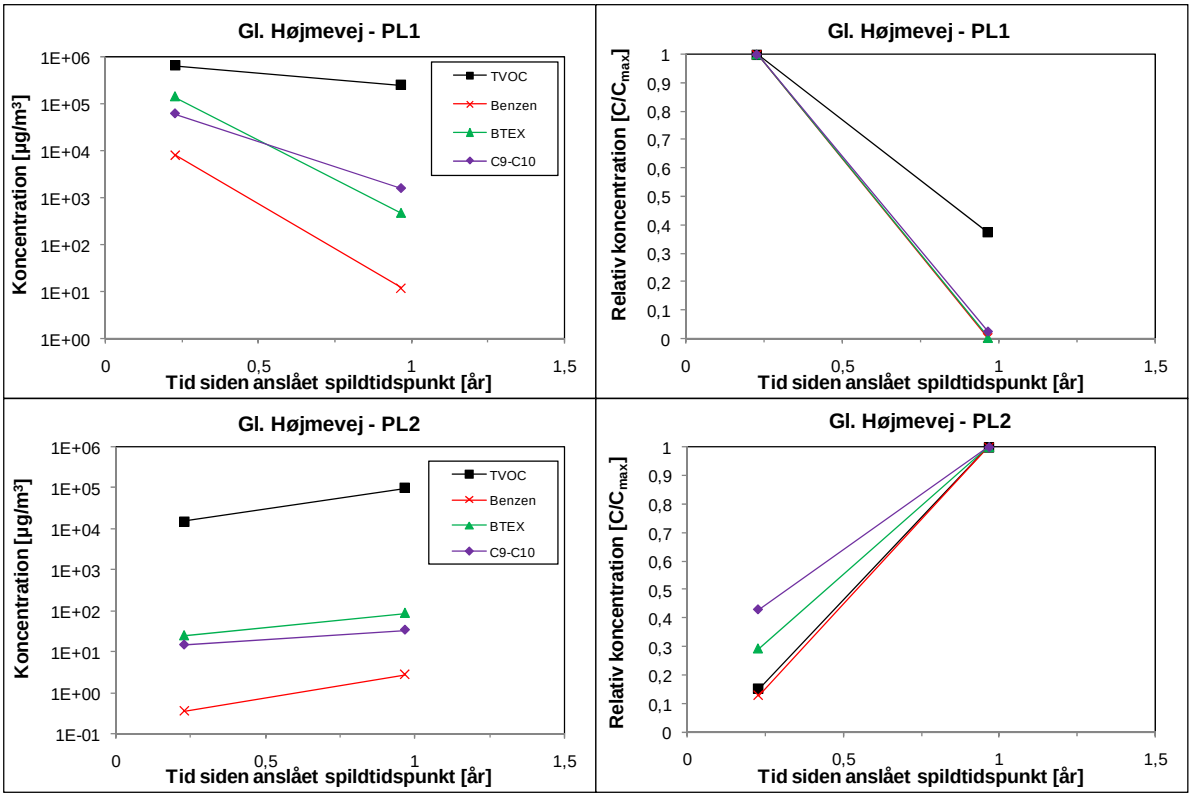
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.14.



Figur B.14. Forureningens vertikale beliggenhed på Gl. Højmevej i forhold til bygning og poreluft-positioner. Skitsen illustrerer et snit fra syd til nord igennem huset som poreluftpositionerne er projiceret ind på.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 og PL2 fremgår af figur B.15.

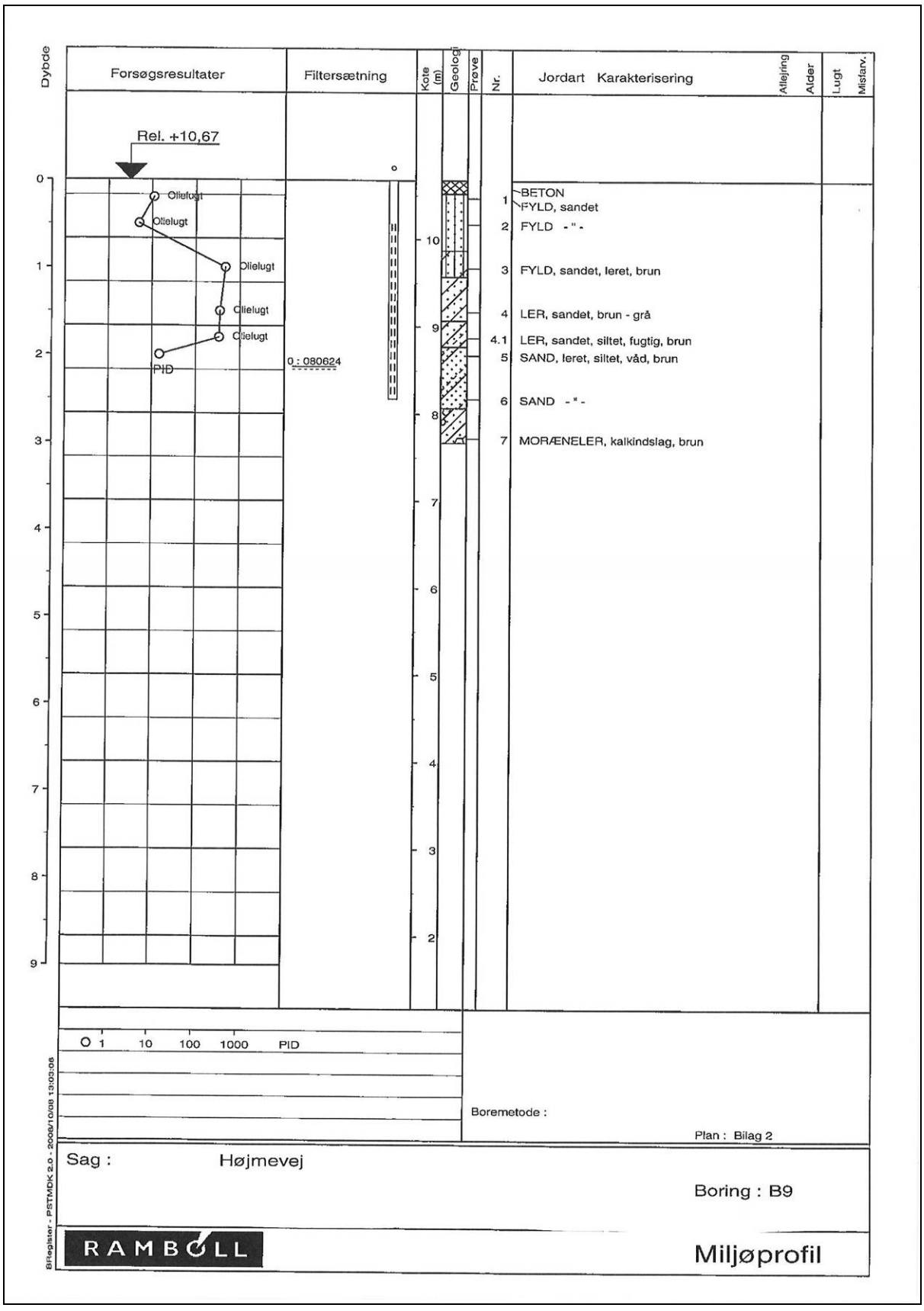


Figur B.15. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,1 m.u.t.) før opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.15 falder indholdet af alle målte kulbrintefraktioner med ca. 60-90 % over en periode på ca. 11 måneder efter spildtidspunktet i PL1. I PL2 ses den modsatte trend, idet der konstateres en stigning i poreluftkoncentrationen for alle de målte komponenter på 40-90 %.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for B9.

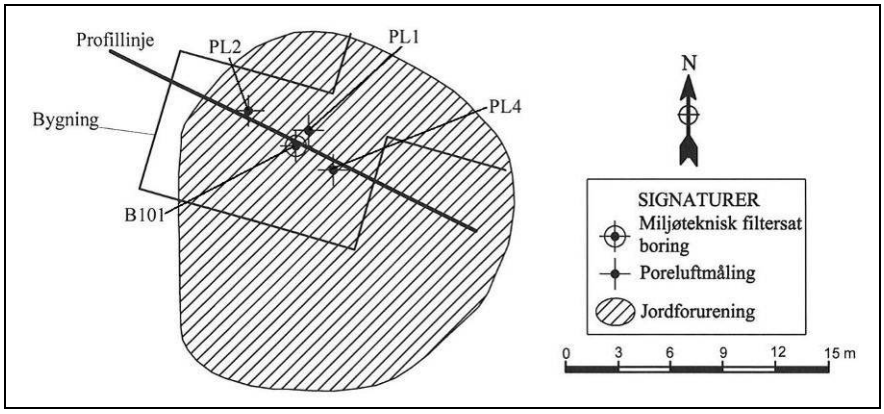

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alder
Lugt
Misfarv.
Rel. +10,67
Olielugt
Olielugt
Olielugt
Olielugt
Olielugt
PID
0.: 080624
1 BETON
FYLD, sandet
2 FYLD - " -
3 FYLD, sandet, leret, brun
4 LER, sandet, brun - grå
4.1 LER, sandet, siltet, fugtig, brun
5 SAND, leret, siltet, våd, brun
6 SAND - " -
7 MORÆNELER, kalkindslag, brun
1 10 100 1000 PID
Boremetode :
Plan : Bilag 2
Sag : Højmevej
Boring : B9
RAMBØLL
Miljøprofil

B.6: Tofteløkkevej [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

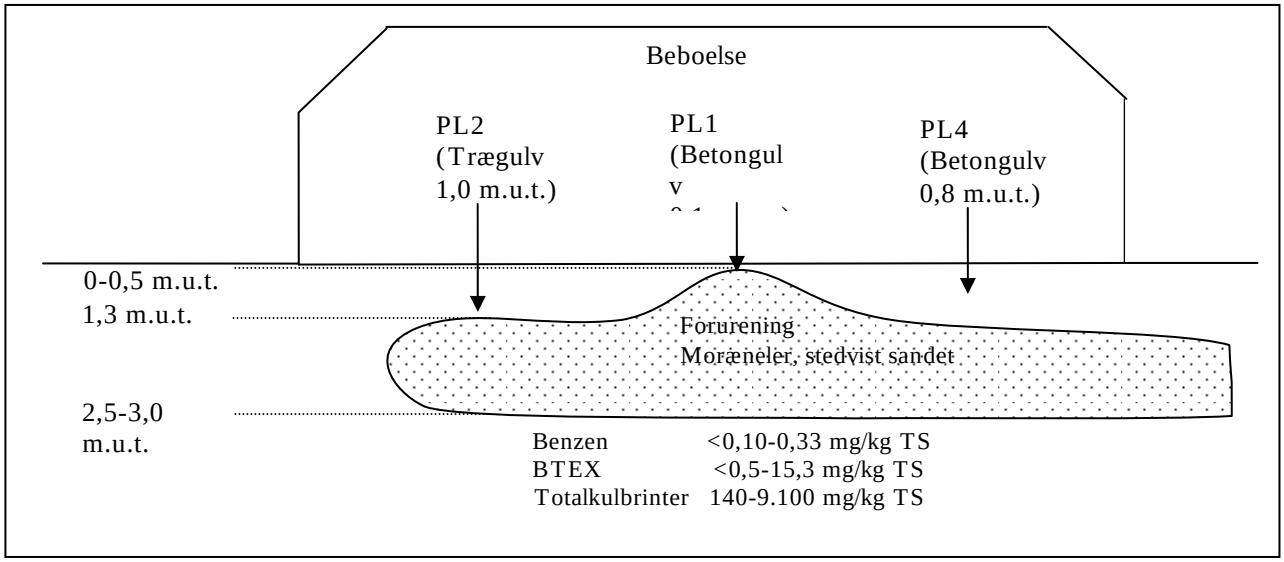
På Tofteløkkevej er der inddraget poreluftprøver fra tre positioner (PL1, PL2 og PL4), hvor der er udtaget poreluftprøver af to omgange. Spildtidspunktet er sat til den 1. april 2007, men vurderes at kunne have foregået over en periode inden denne dato. Spildstørrelsen er vurderet til 2.200 L (ca. 1.100 tons forurenet jord). Poreluftprøverne er udtaget inden opgravning af tilgængelig forurenet jord, som er foretaget samtidig med udfærdigelsen af nærværende erfaringsopsamling.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.16, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.17.



Figur B.16. Oversigtsplan.

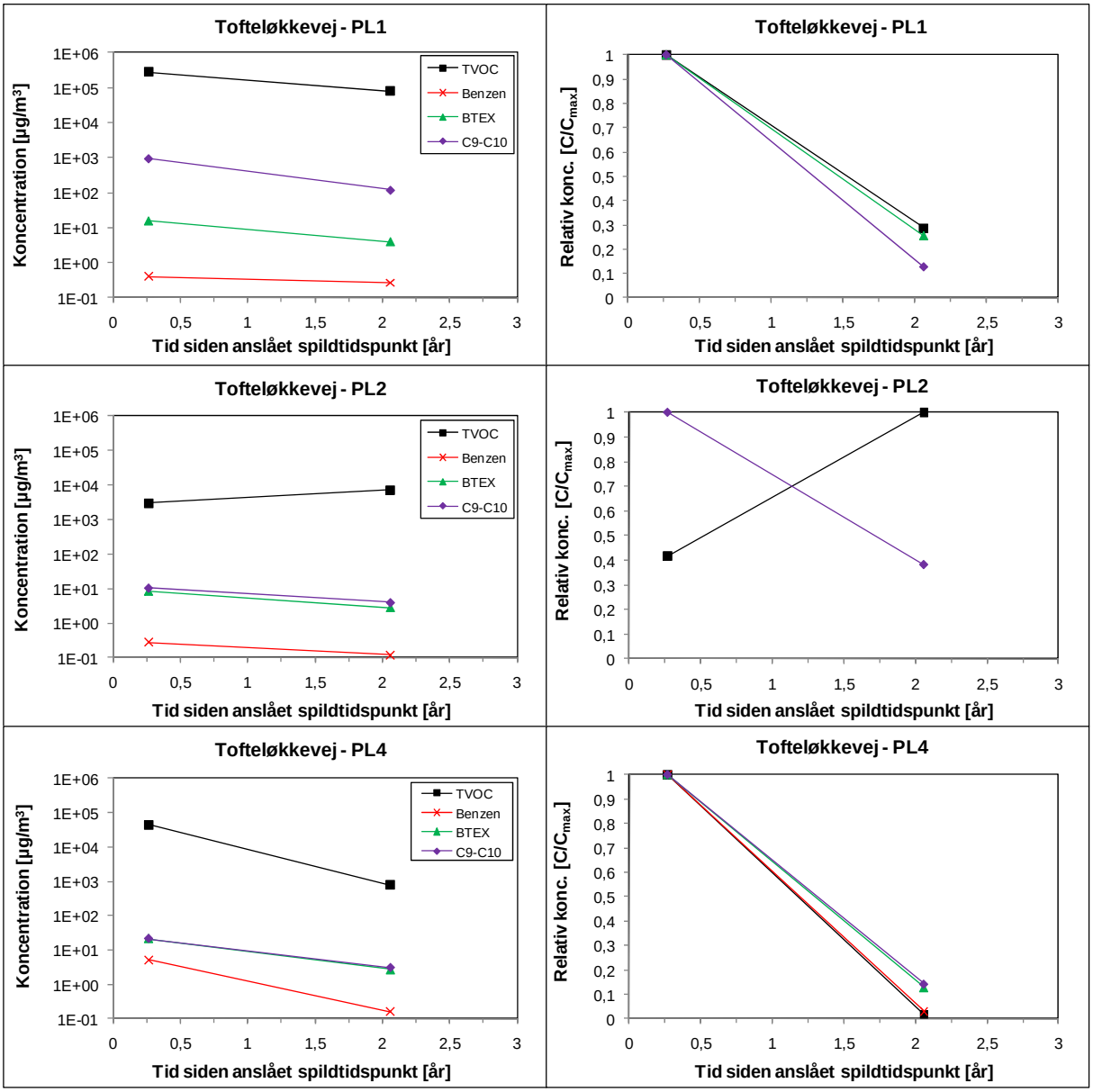
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.17.



Figur B.17. Forureningens vertikale beliggenhed på Tofteløkkevej i forhold til bygning og poreluftpositioner. Skitsen illustrerer et snit fra vest-nordvest til øst-sydøst igennem huset som poreluftpositionerne er projiceret ind på.

Poreluftmålinger

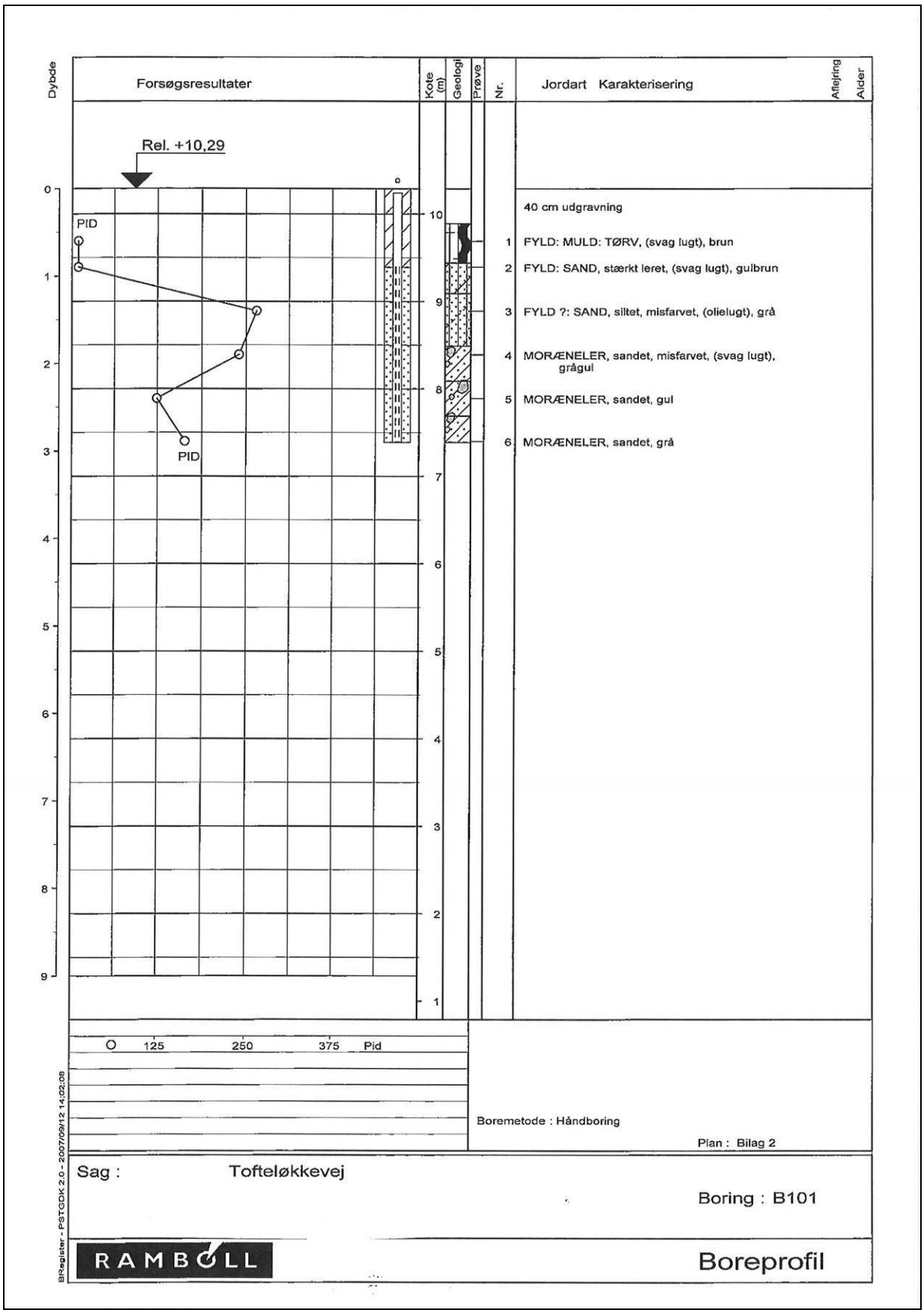
Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1, PL2 og PL4 fremgår af figur B.18.



Figur B.18. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften før opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.18 falder indholdet af alle målte kulbrintefraktioner, undtaget TVOC-indholdet i PL2, med mellem 30 og 98 % over en periode på ca. 2 år efter spildtidspunktet. For TVOC i PL2 ses en stigning fra 3.000 til 7.200 µg/m^3, svarende til en faktor 2,4.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B101.


Dybde
Forsøgsresultater
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Rel. +10,29
PID
PID
40 cm udgravning
1 FYLD: MULD: TØRV, (svag lugt), brun
2 FYLD: SAND, stærkt leret, (svag lugt), gulbrun
3 FYLD ?: SAND, siltet, misfarvet, (olielugt), grå
4 MORÆNELER, sandet, misfarvet, (svag lugt), grågul
5 MORÆNELER, sandet, gul
6 MORÆNELER, sandet, grå
0 125 250 375 Pid
Boremetode : Håndboring
Plan : Bilag 2
Sag : Tofteløkkevej
Boring : B101
RAMBØLL
Boreprofil
BRegister - PSTGDK 2.0 - 2007/09/12 14:02:08

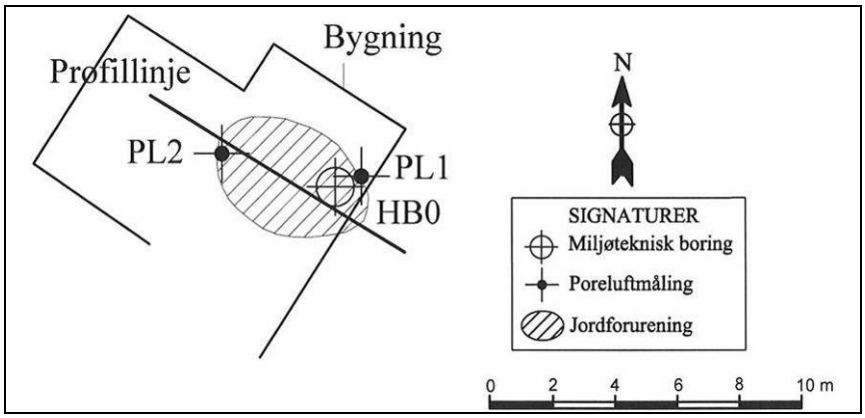
B.7: Klintevej [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Klintevej er der udtaget poreluftprøver af tre omgange i to positioner (her benævnt PL1 og PL2, hvor der er benyttet fortløbende nummerering i sagsmaterialet). Spildet er konstateret den 1. juni 2005 og det samlede spild er vurderet til ca. 2.000 L, hvoraf ca. 40-45 L er beliggende i det område af bygningen hvor PL1 og PL2 er udtaget.

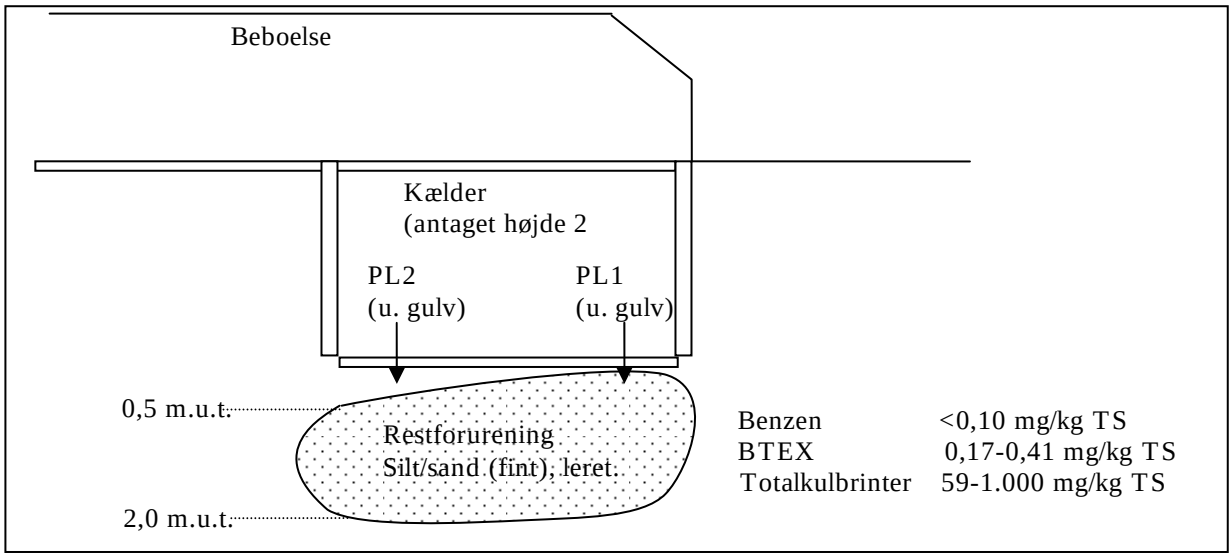
I de tre målerunder er poreluftprøverne udtaget med op til ca. 0,7 meters horisontal forskel for det samme punkt. Denne mindre forskel i den horisontale placering af poreluftmålepunkterne vurderes ikke at have indflydelse på dataanalysen.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.19, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.20.



Figur B.19. Oversigtsplan.

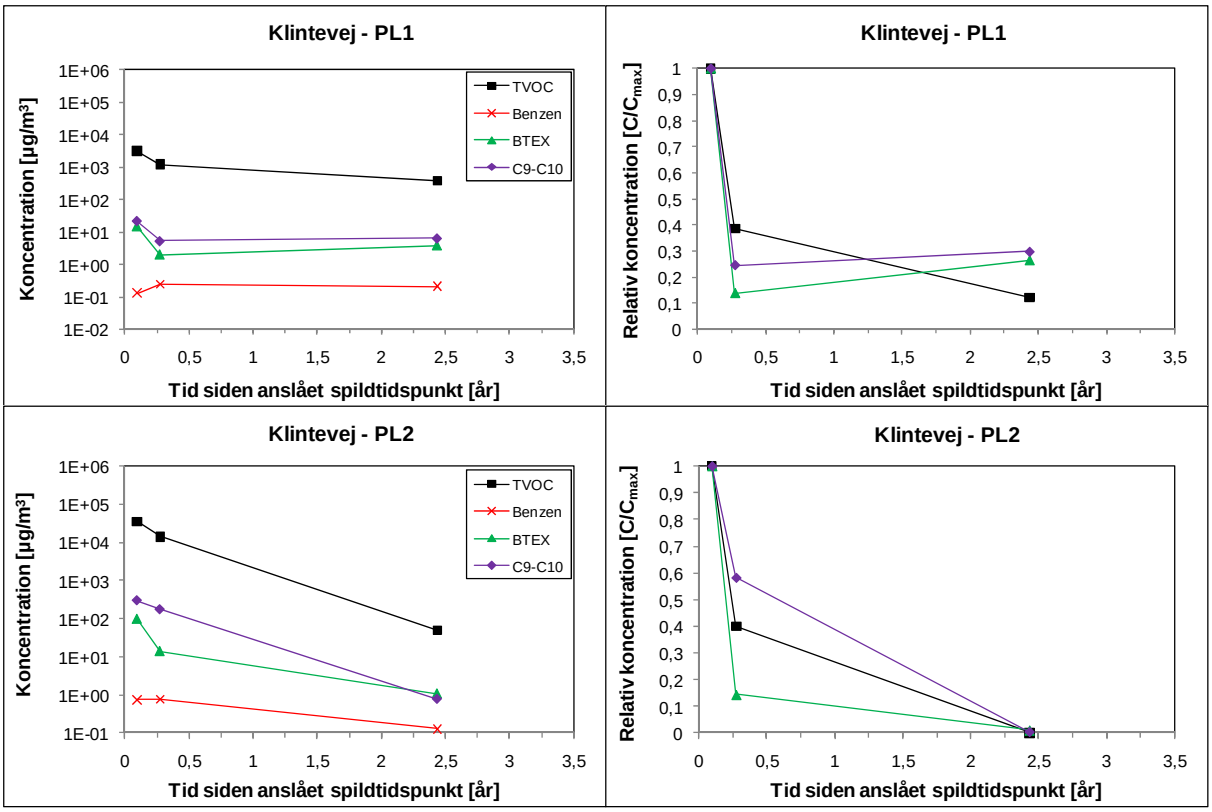
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.20.



Figur B.20. Forureningens vertikale beliggenhed på Klintevej i forhold til bygning og punkter for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 og PL2 fremgår af figur B.21.

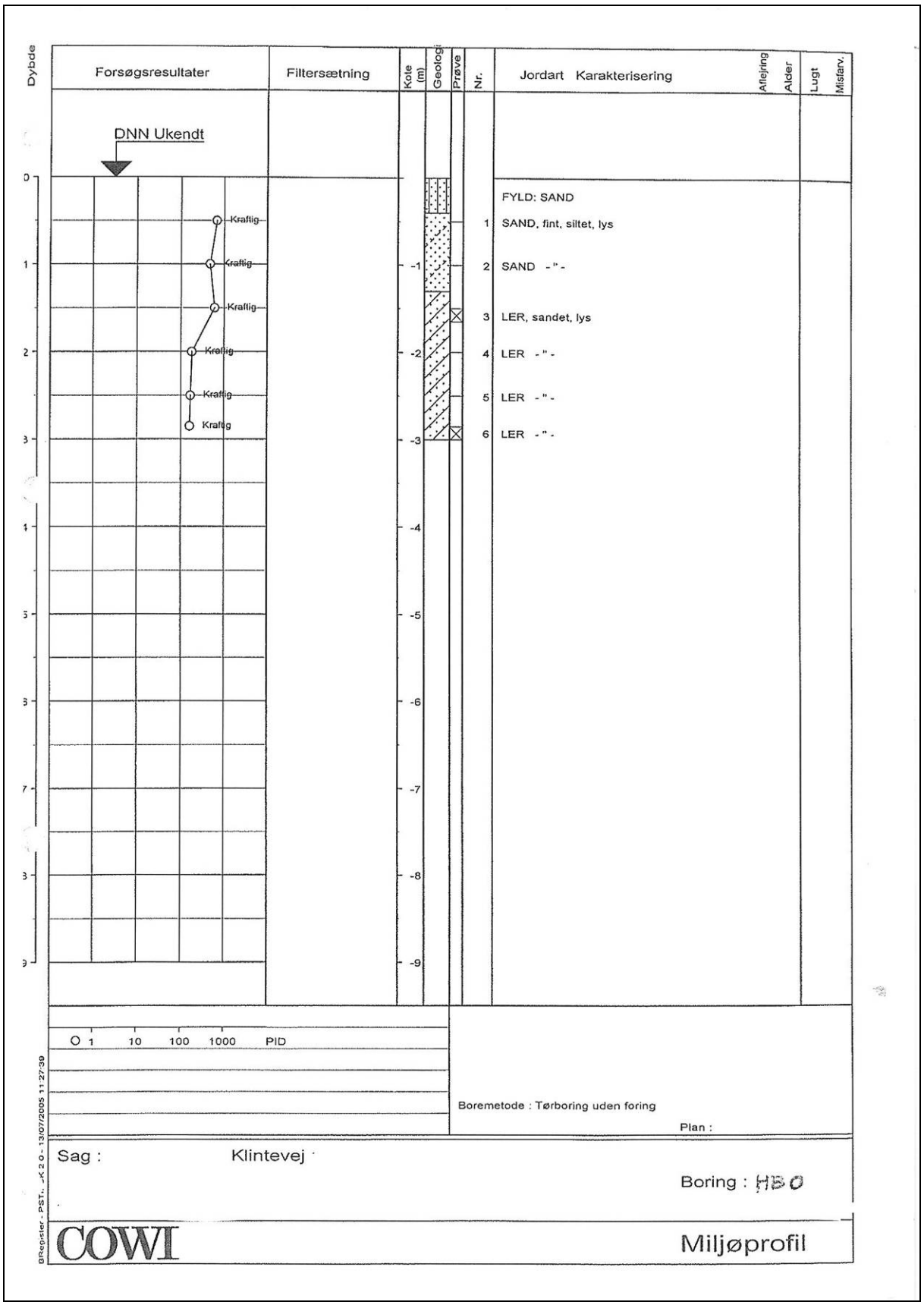


Figur B.21. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (under kældergulv).

Som det fremgår af figur B.21 sker der, over de første 2,5 år koncentrationsfald på mellem ca. 70 og 99 % i poreluftkoncentrationen af TVOC, BTEX'er og C9/C10-aromater. Over de første 1-2 måneder observeres koncentrationsfald på mellem ca. 40 og 90 % i poreluftkoncentrationen af TVOC, BTEX'er og C9/C10-aromater.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB0.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
Kraftig
Kraftig
Kraftig
Kraftig
Kraftig
Kraftig
FYLD: SAND
1 SAND, fint, siltet, lys
2 SAND - " -
3 LER, sandet, lys
4 LER - " -
5 LER - " -
6 LER - " -
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Tørboring uden foring
Plan :
Sag : Klintevej
Boring : HB0
COWI
Miljøprofil

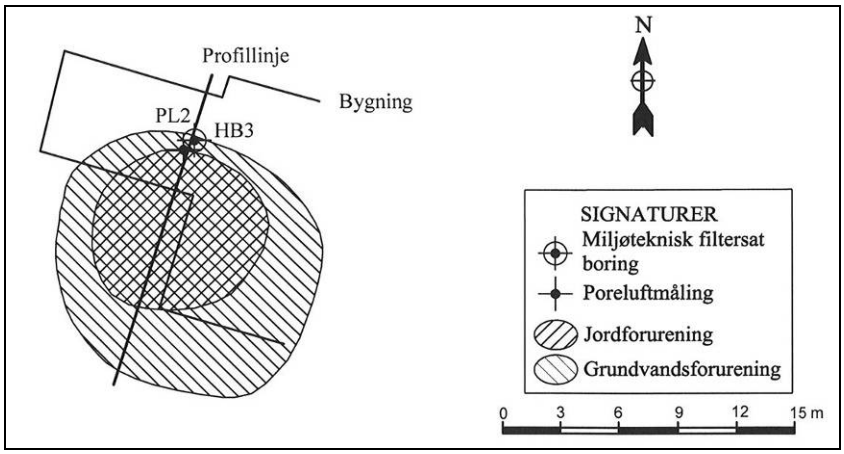
B.8: Bystævnet [før afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Bystævnet er der udtaget poreluftprøver af to omgange i én position (PL2) efter der er foretaget en mindre forureningsafgravning. Poreluftprøverne er udtaget under gulvet i en viktualiekælder, svarende til 0,7 meter under udendørs terræn.

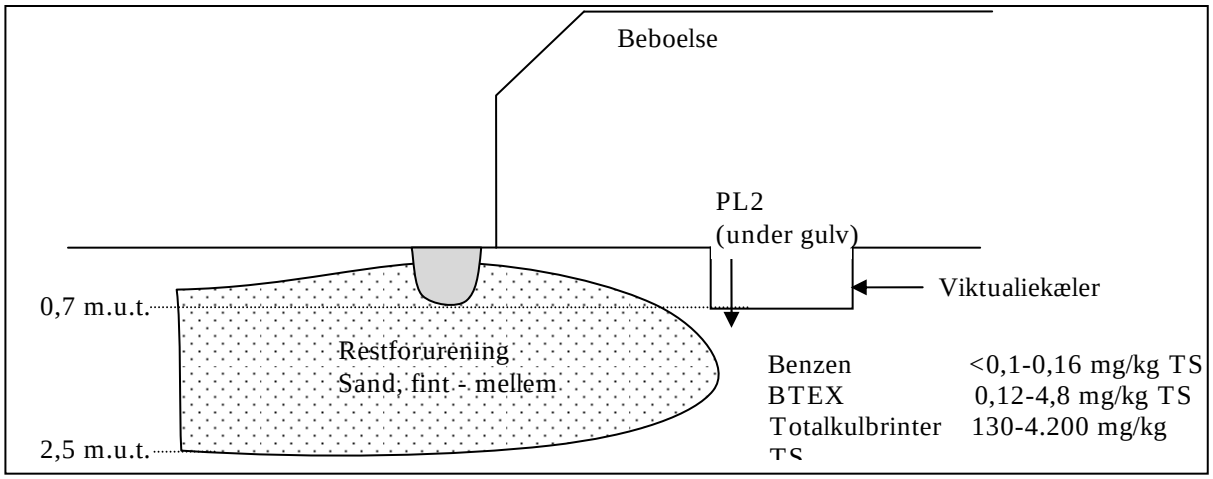
Spildet er konstateret den 15. februar 2004 og er anslået til ca. 400 L. Der er efterladt en restforurening, som dog ikke er vurderet yderligere. På grund af den forholdsvist begrænsede afgravning (1,7 tons forurenet jord) i relativt stor afstand fra poreluftpositionen vurderes sagen at kunne betragtes som en sag hvor der ikke er udført afværge. Bygningen er efterfølgende nedrevet og forureningen er bortgravet.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.22, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.23.



Figur B.22. Oversigtsplan.

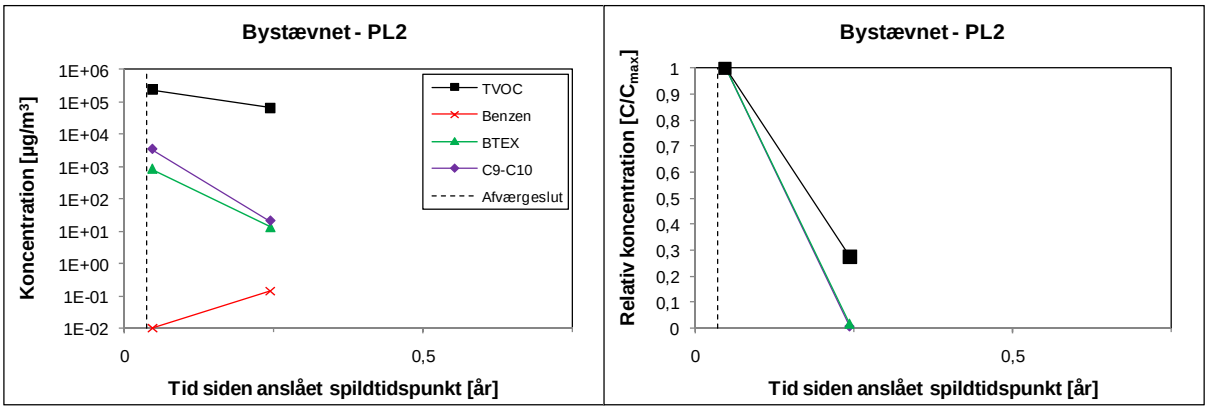
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.23.



Figur B.23. Forureningens vertikale beliggenhed på Bystævnet i forhold til bygninger og position for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), sum af BTEX og C9-C10 målt i PL2 fremgår af figur B.24.

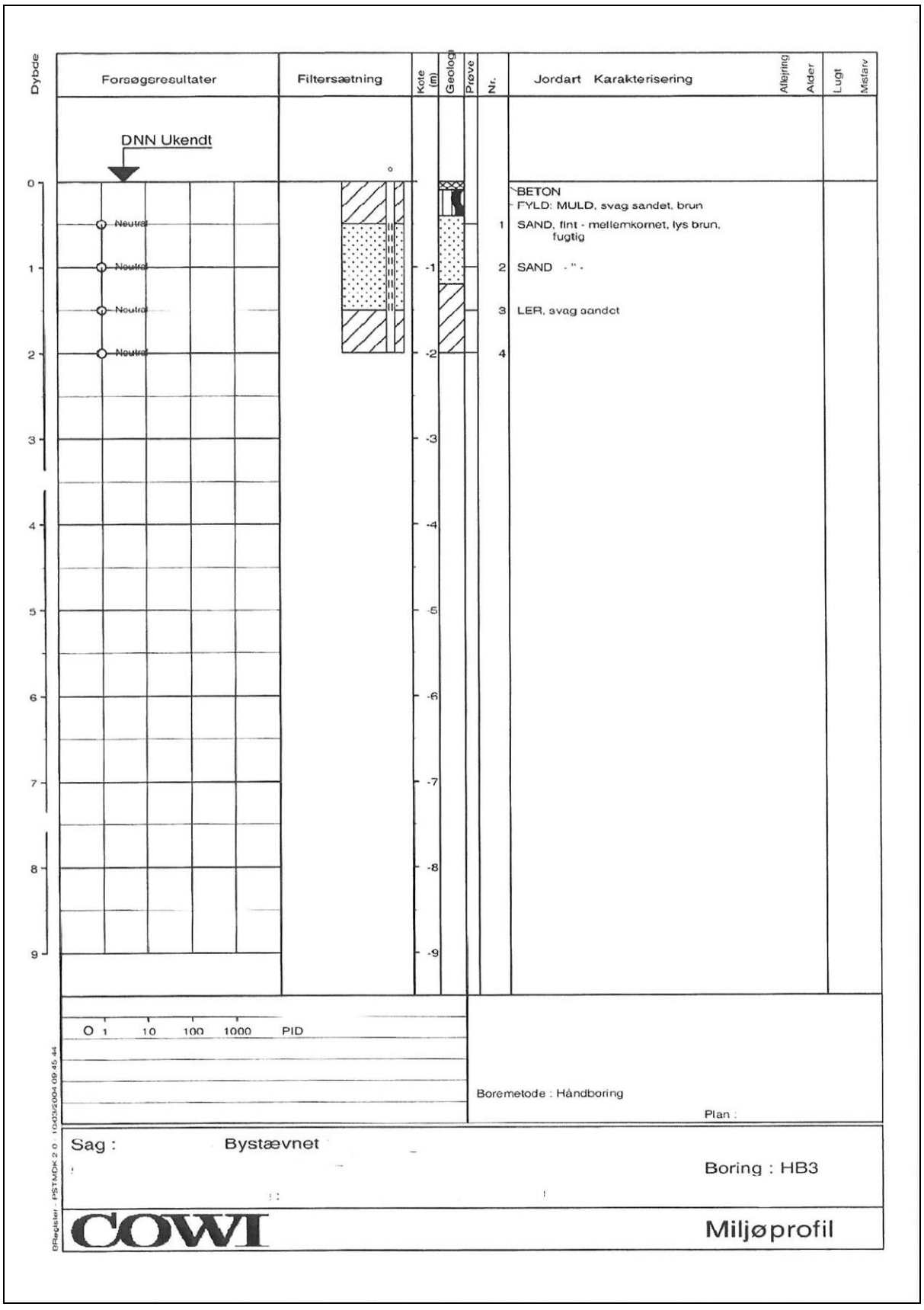


Figur B.24. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften under kældergulv. Mht. afværge er der tale om en meget lille afgravning, der vurderes at være uden indflydelse på den aktuelle problemstilling.

Som det fremgår af figur B.24 er der konstateret fald i poreluftkoncentrationen af TVOC på mere end 70%, mens faldet i koncentrationen af hhv. sum af BTEX og C9/C10-aromater er på mere end 98%.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB3.

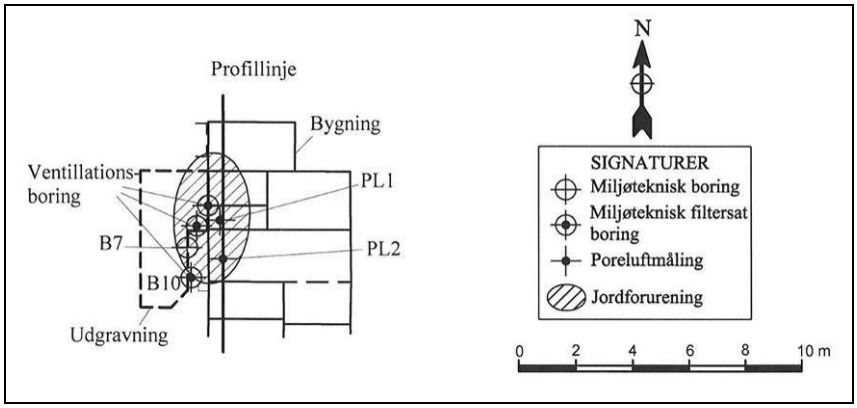

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alejring
Alder
Lugt
Mistarv
DNN Ukendt
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
BETON
FYLD: MULD, svag sandet, brun
1 SAND, fint - mellemkornet, lys brun, fugtig
2 SAND - " -
3 LER, svag sandet
4
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Bystævnet
Boring : HB3
COWI
Miljøprofil

B.9: Rullegårdsvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

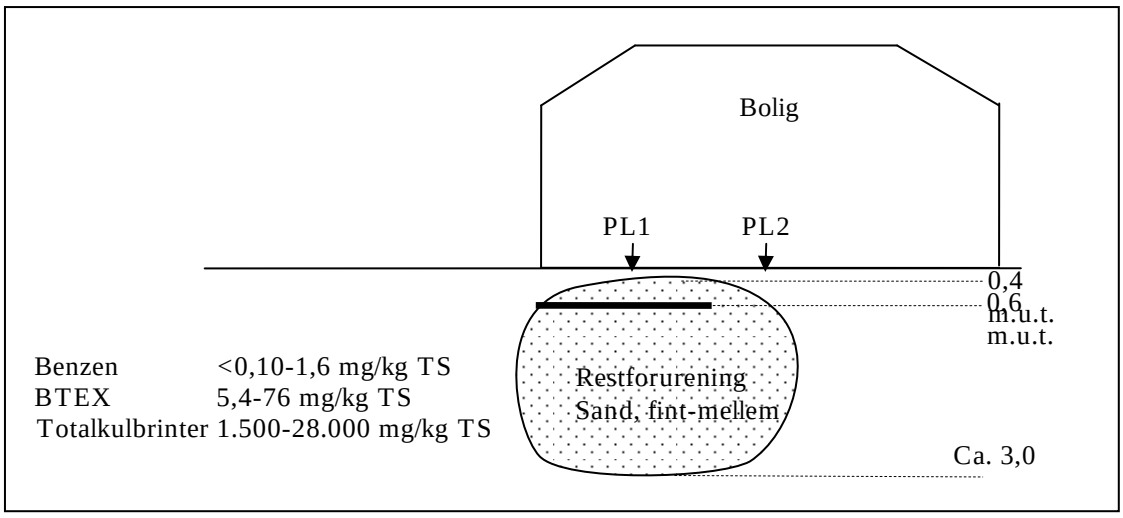
På Rullegårdsvej er der udtaget poreluftprøver af fire omgange efter opgravning af forurenet jord. Prøverne er udtaget i to positioner benævnt PL1 og PL2. Efter oprensning er der ved denne fyringsolieforurening i en periode på seks måneder etableret aktiv ventilering, hvorefter der foreligger endnu en dataserie på to målinger for PL1 og PL2. Spildstørrelsen var 200-300 L og der vurderes efterladt 20-40 tons forurening efter afgravning.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.25, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.26.



Figur B.25. Oversigtsplan.

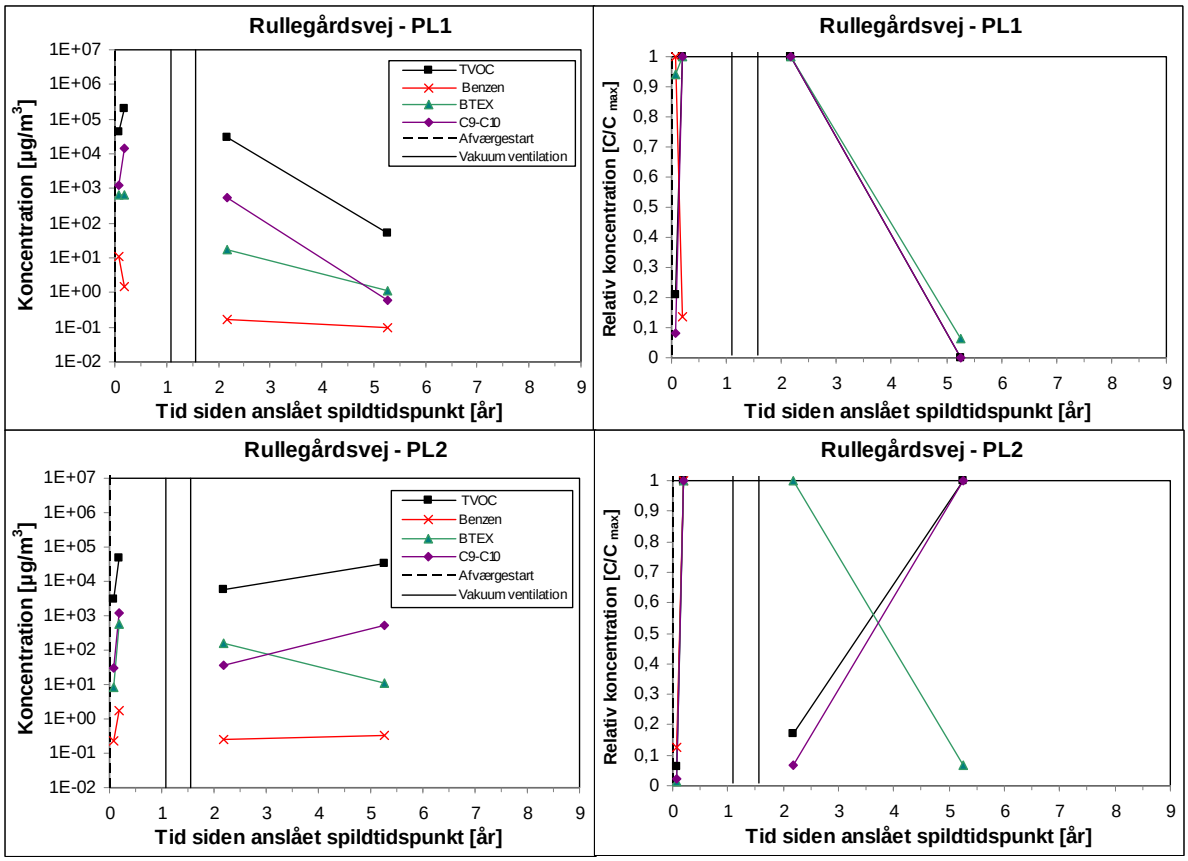
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.26.



Figur B.26. Forureningens vertikale beliggenhed på Rullegårdsvej i forhold til bygning og poreluftpositioner.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 og PL2 fremgår af figur B.27.



Figur B.27. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (umiddelbart under gulv).

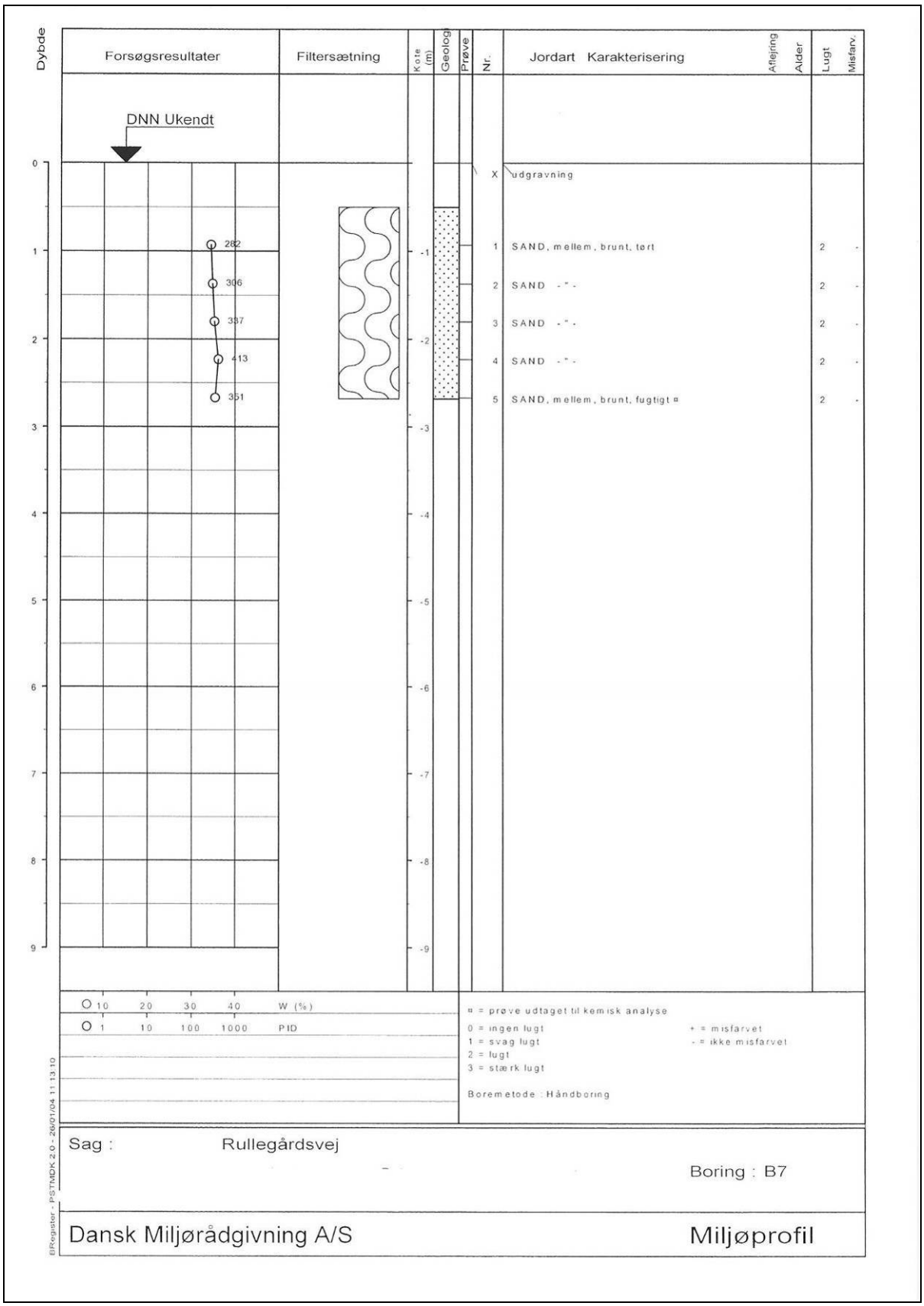
Som det fremgår af figur B.27 er der umiddelbart efter opgravning målt i begge poreluftstationer af to omgange med ca. 1 måneds interval. Ved disse to målerunder blev der konstateret en kraftigt stigende tendens.

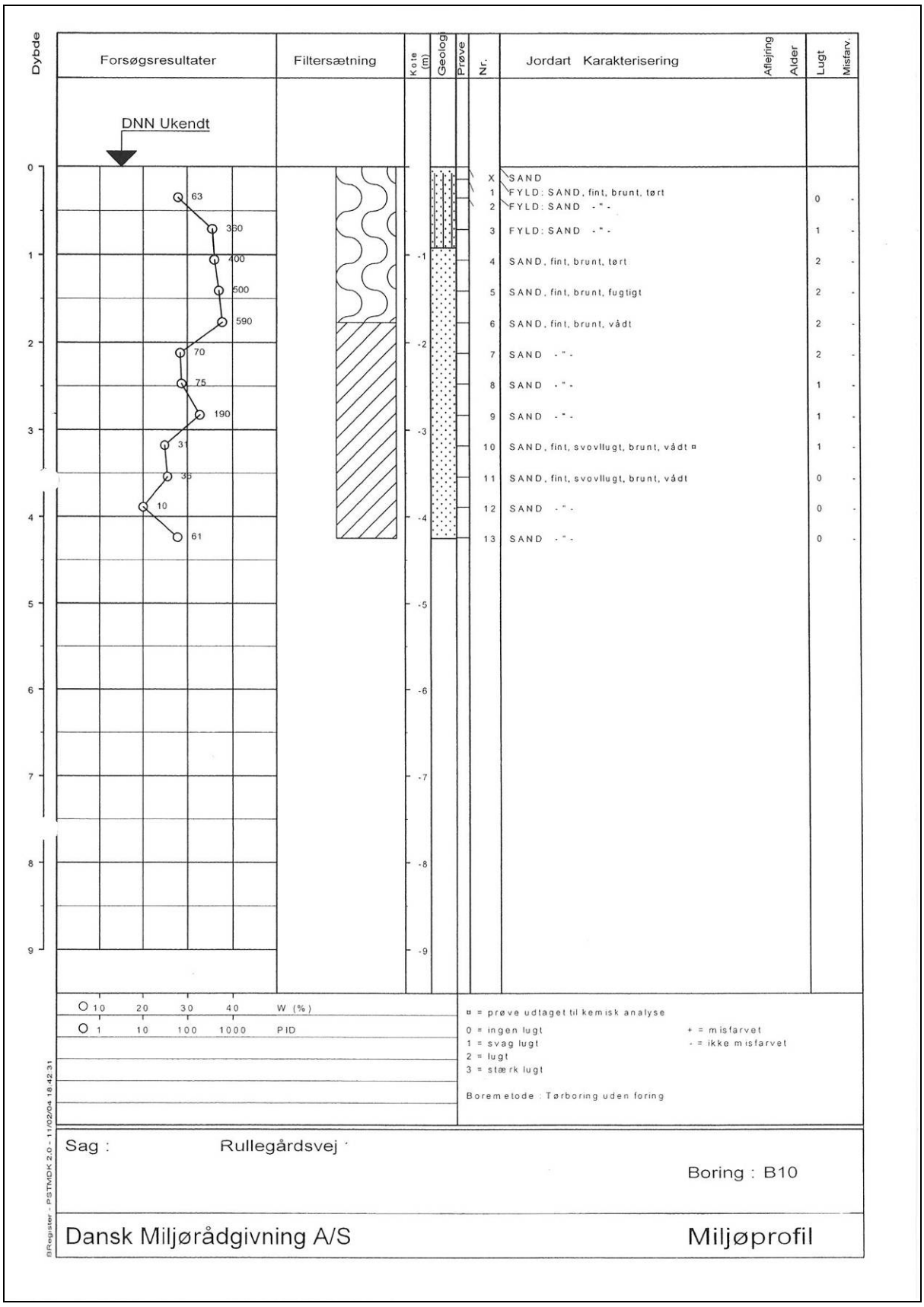
Efter en mellemliggende periode med vakuumventilation, er det målt i PL1 og PL2 igen. Ved denne målerunde er der et entydigt fald for TVOC, BTEX og C9-C10 i PL1, mens det kun er koncentrationen af BTEX'erne der falder i PL2. I PL2 ses der en stigende tendens i for TVOC og C9-C10.

Samlet set over hele perioden indikerer resultaterne, at der er sket et kraftigt fald i poreluftkoncentrationen ved PL1, mens det kun er poreluftkoncentrationen af BTEX (sum) der er entydigt reduceret ved PL2.

Boreprofiler

På følgende sider ses boreprofiler for B7 og B10.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
282
306
337
413
351
X udgravning
1 SAND, mellem, brunt, tørt
2 SAND - " -
3 SAND - " -
4 SAND - " -
5 SAND, mellem, brunt, fugtigt ¤
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Håndboring
Sag : Rullegårdsvej
Boring : B7
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRregister - PSTMDK 2.0 - 26/01/04 11:13:10

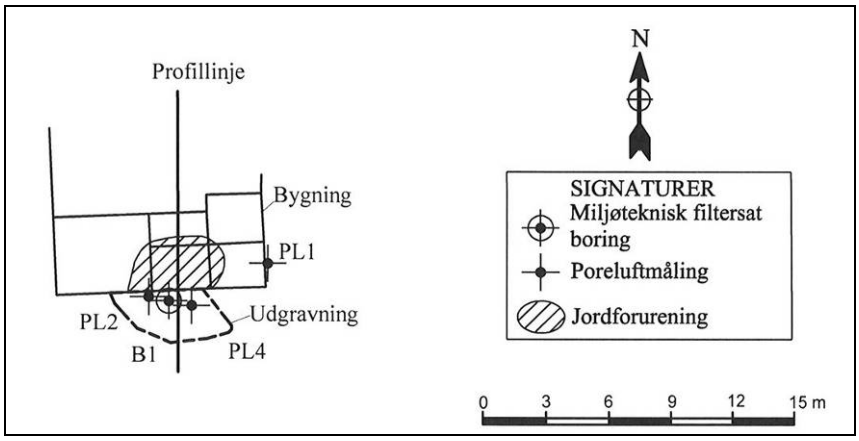

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
63
350
400
500
590
70
75
190
31
35
10
61
X SAND
1 FYLD: SAND, fint, brunt, tørt 0 -
2 FYLD: SAND - " - 0 -
3 FYLD: SAND - " - 1 -
4 SAND, fint, brunt, tørt 2 -
5 SAND, fint, brunt, fugtigt 2 -
6 SAND, fint, brunt, vådt 2 -
7 SAND - " - 2 -
8 SAND - " - 1 -
9 SAND - " - 1 -
10 SAND, fint, svovllugt, brunt, vådt ¤ 1 -
11 SAND, fint, svovllugt, brunt, vådt 0 -
12 SAND - " - 0 -
13 SAND - " - 0 -
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Tørboring uden foring
Sag : Rullegårdsvej
Boring : B10
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 11/02/04 18.42.31

B.10: Kielstrupvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

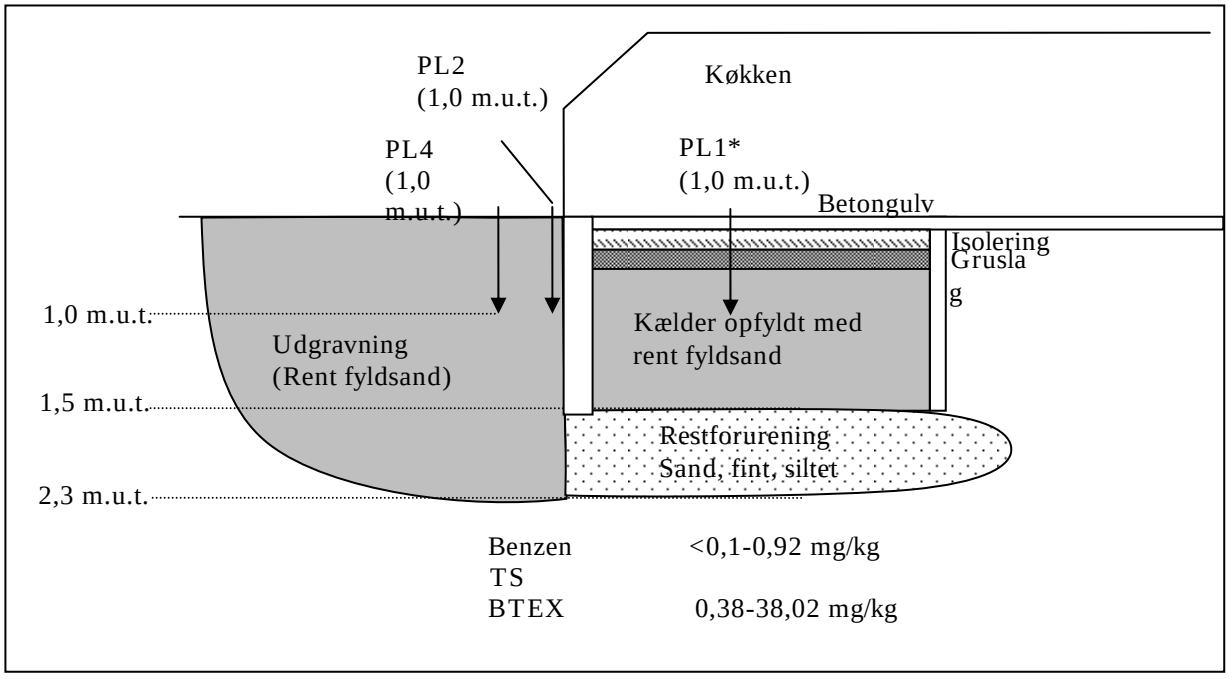
På Kielstrupvej er der inddraget poreluftmålinger af fire omgange for tre positioner, benævnt PL1, PL2 og PL4. Spildet er konstateret den 19. august 2005 og restforureningens størrelse er vurderet at være på ca. 15-30 tons.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.28, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.29.



Figur B.28. Oversigtsplan.

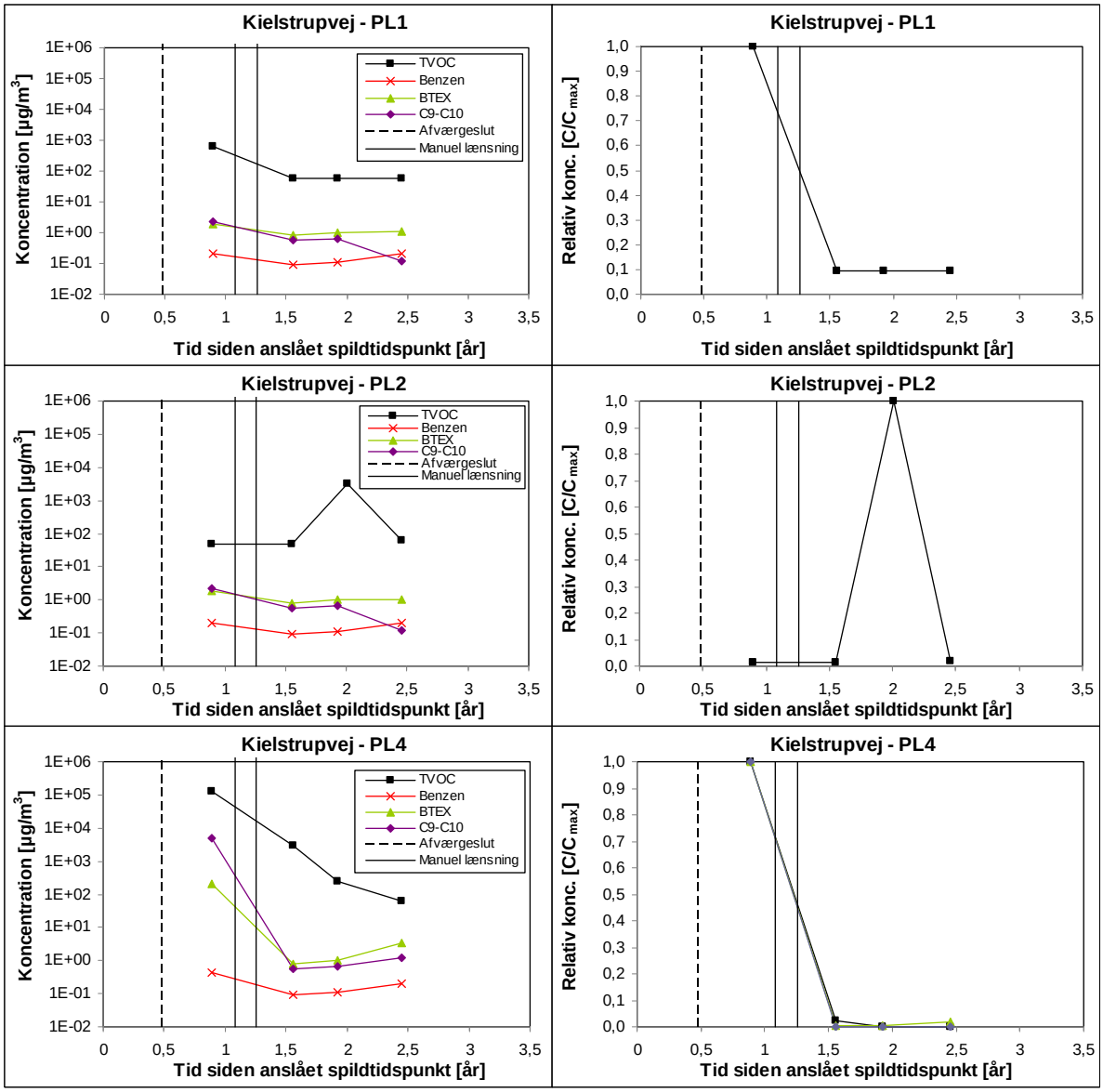
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.29.



Figur B.29. Forureningens vertikale beliggenhed på Kielstrupvej i forhold til bygning og punkter for udtagning af poreluftprøver. PL1* er udtaget udenfor huset, således at den angivne placering er den projicerede placering i forhold til det skitserede snit.

Som det fremgår af figur B.29, er kælderen under køkkenet opfyldt med rent fyldsand, et gruslag, et lag isolering og afsluttet med et betonlag. I gruslaget er der endvidere udlagt ventilationsdræn. PL1 er udtaget umiddelbart udenfor huset med jordspyd.

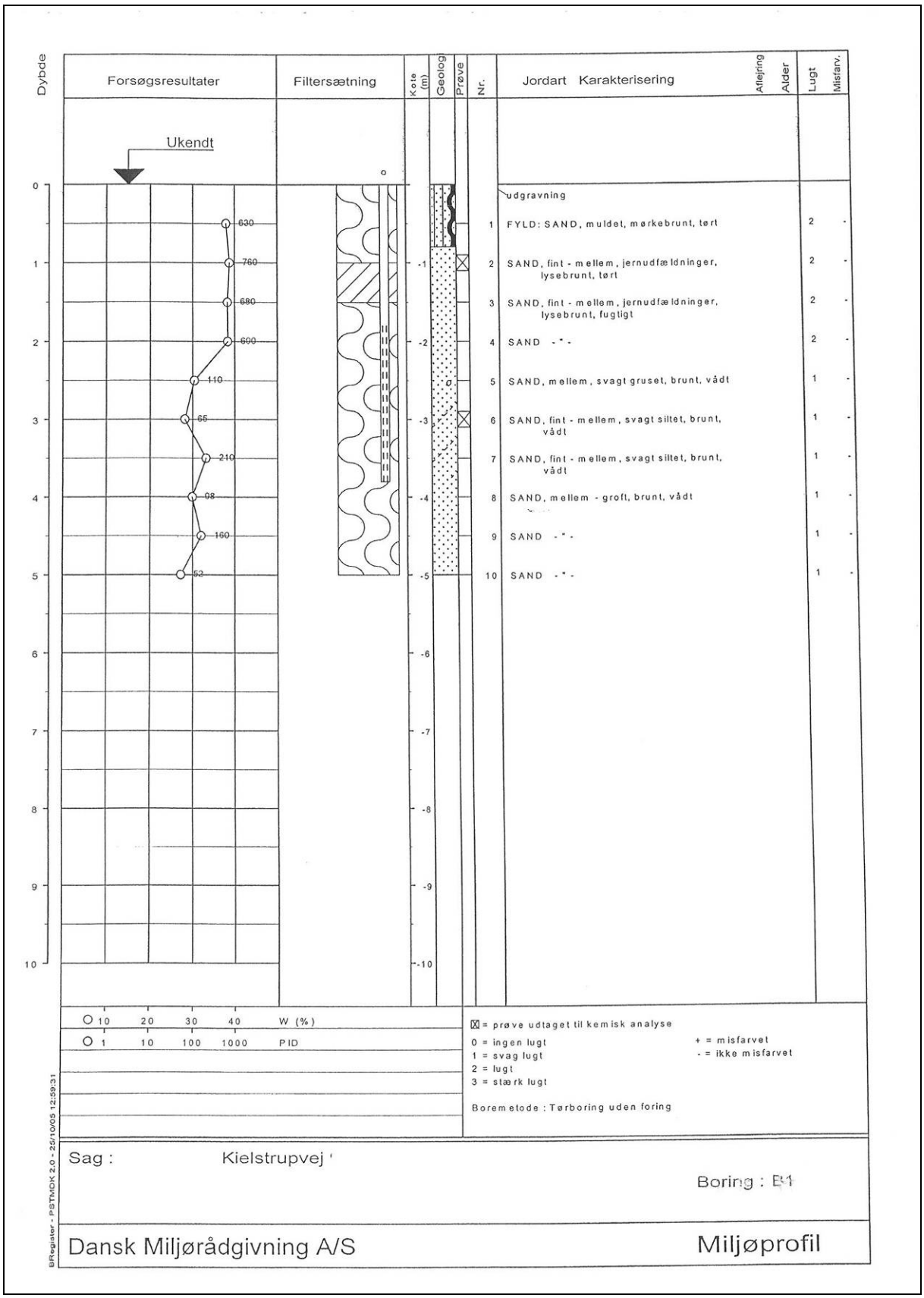
Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater fra poreluftmålingerne fremgår af figur B.30.



Figur B.30. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (1,0 m.u.t.) efter opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.30 falder alle de moniterede kulbrintefraktioner i PL4 fra første måling og til anden moniteringsrunde med mere end 70%. Den relativt hurtige massefjernelse skal dog sandsynligvis også tilskrives at der i en periode på ca. 3 måneder er foretaget manuel lænsning af fri fase fra en filtersat boring, som er placeret mindre end 1 meter fra PL4. Grundvandsstanden er beliggende ca. 2,5 m.u.t. Den manuelle lænsning blev stoppet da der ikke blev konstateret fri fase i boringen efter de 3 måneder.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B1.

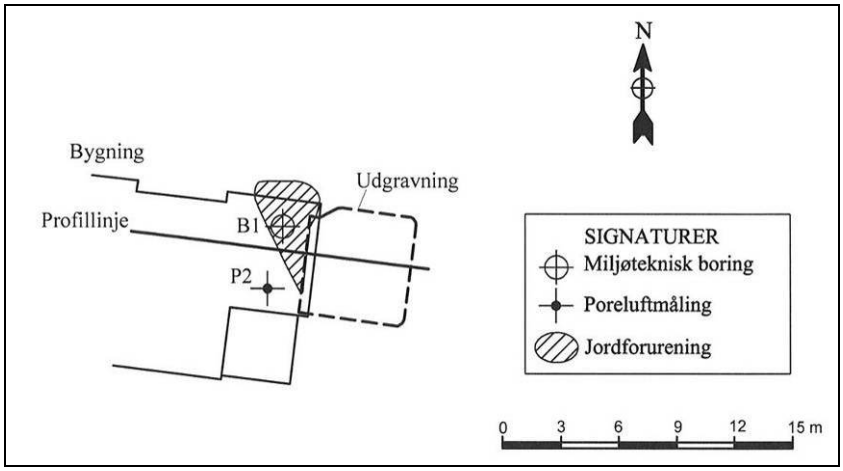

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
Ukendt
630
760
680
600
110
65
210
08
160
53
udgravning
1 FYLD: SAND, muldet, mørkebrunt, tørt
2 SAND, fint - mellem, jernudfældninger, lysebrunt, tørt
3 SAND, fint - mellem, jernudfældninger, lysebrunt, fugtigt
4 SAND - " -
5 SAND, mellem, svagt gruset, brunt, vådt
6 SAND, fint - mellem, svagt siltet, brunt, vådt
7 SAND, fint - mellem, svagt siltet, brunt, vådt
8 SAND, mellem - groft, brunt, vådt
9 SAND - " -
10 SAND - " -
W (%)
PID
= prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Tørboring uden foring
Sag : Kielstrupvej
Boring : B1
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 25/10/05 12:59:31

B.11: Begonievej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

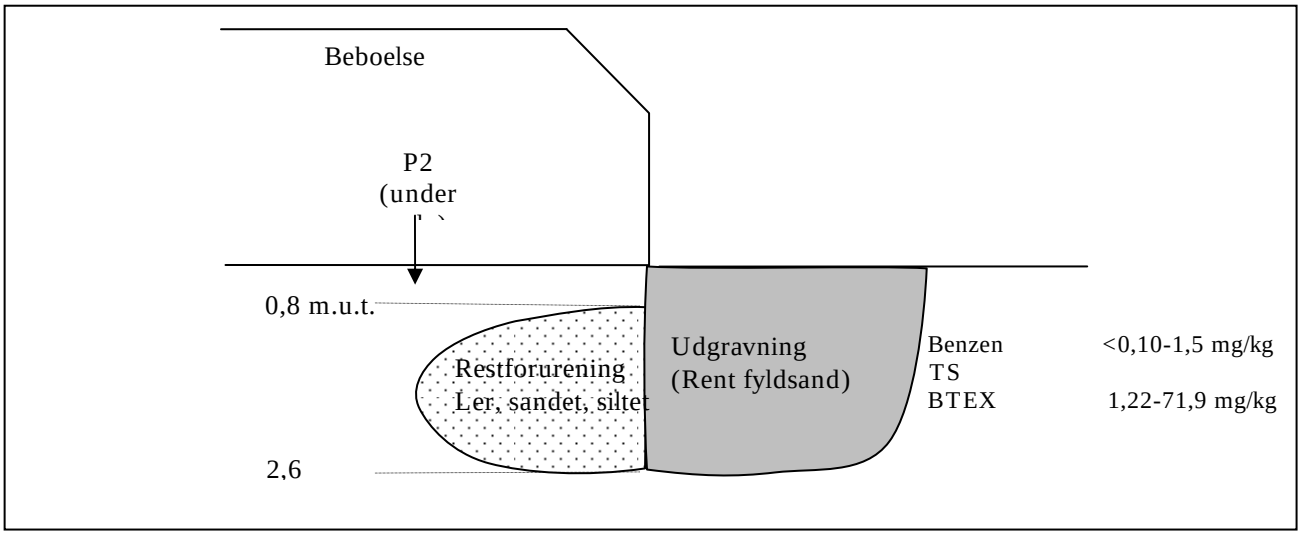
På Begonievej er der inddraget poreluftmålinger fra én position og der er foretaget poreluftmålinger af to omgange (P2), hvor målingerne er udført umiddelbart efter afslutning af gravearbejdet. Spildet på denne fyringsolieforurening er konstateret den 16. juli 2006 og restforureningens størrelse er vurderet at være på ca. 10-20 tons.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.31, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.32.



Figur B.31. Oversigtsplan.

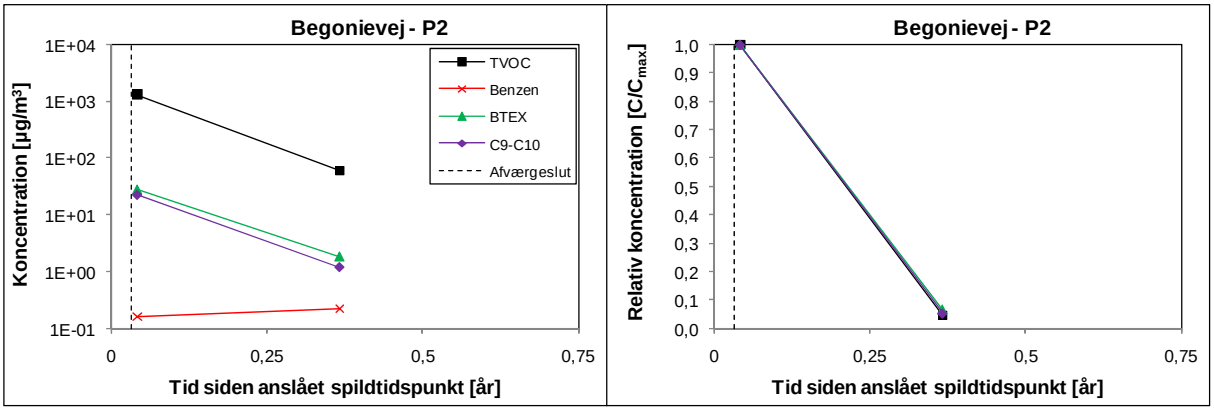
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.32.



Figur B.32. Forureningens vertikale beliggenhed på Begonievej i forhold til bygning og position for udtagning af poreluftprøve. Skitsen illustrerer et snit fra vest til øst igennem huset hvor positionen for poreluftprøven er projiceret ind på.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i P2 fremgår af figur B.33.

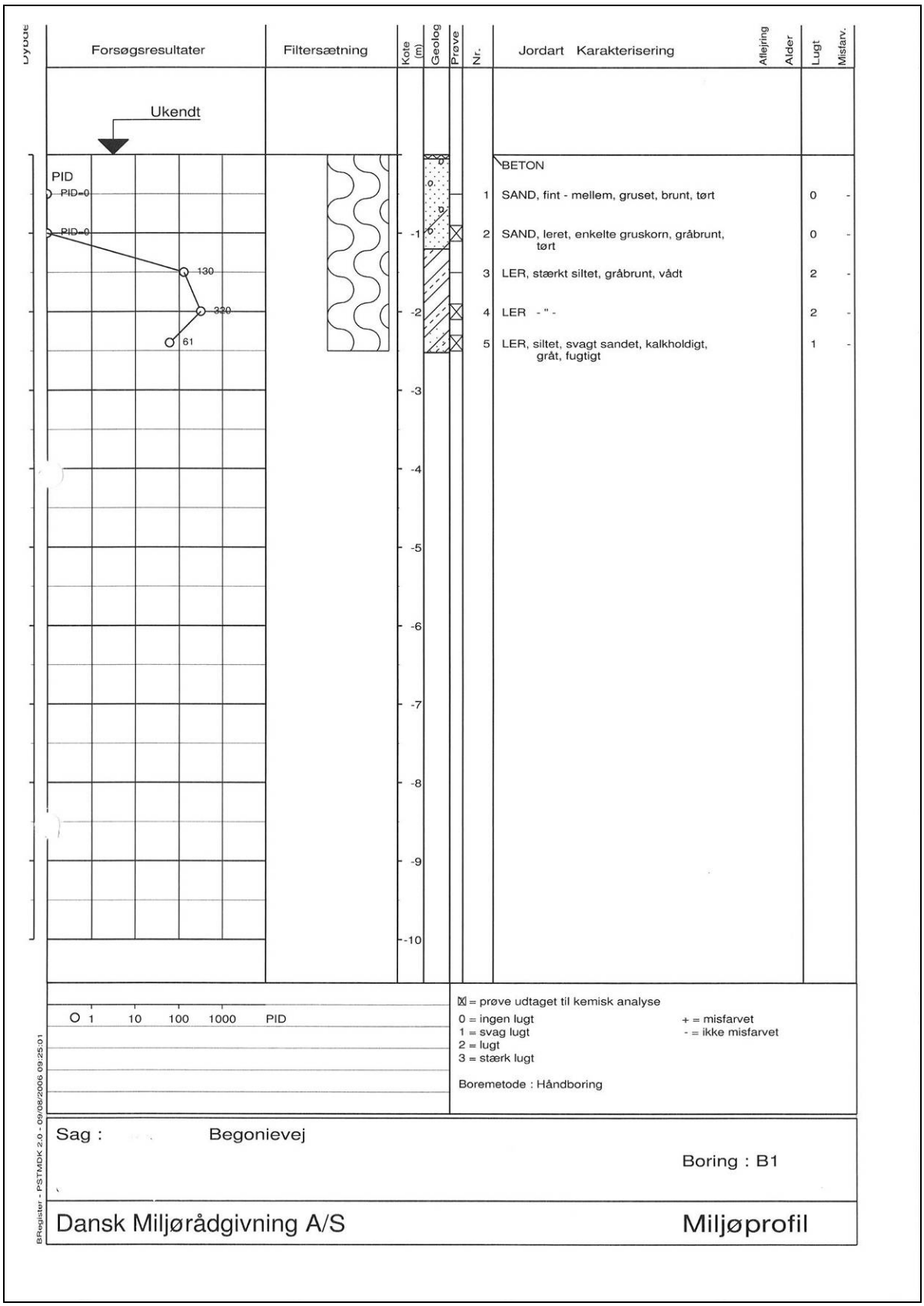


Figur B.33. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (under gulv) efter opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.33 falder indholdet af TVOC, BTEX'er og C9/C10-aromater med ca. 90 % på mindre end 6 mdr.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for B1.

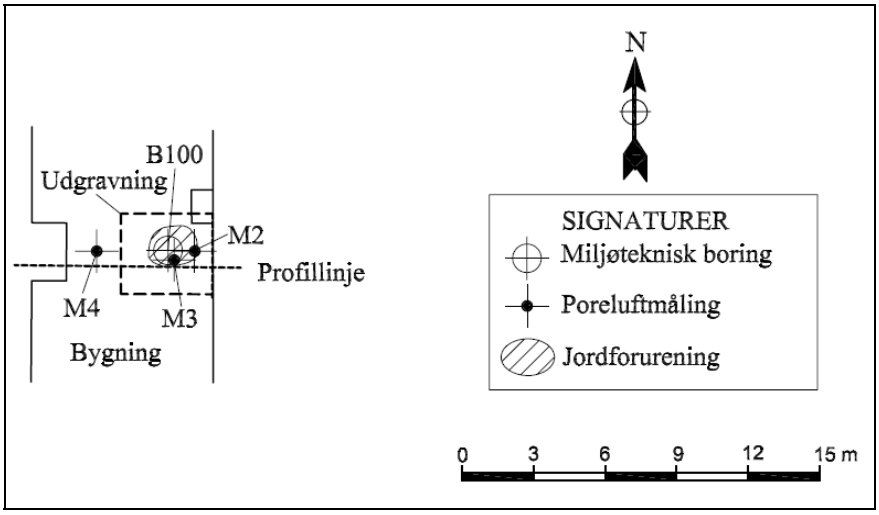

Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alleiring
Alder
Lugt
Misfarv.
Ukendt
PID
PID=0
PID=0
130
320
61
BETON
1 SAND, fint - mellem, gruset, brunt, tørt 0 -
2 SAND, leret, enkelte gruskorn, gråbrunt, tørt 0 -
3 LER, stærkt siltet, gråbrunt, vådt 2 -
4 LER - " - 2 -
5 LER, siltet, svagt sandet, kalkholdigt, gråt, fugtigt 1 -
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
1 10 100 1000 PID
= prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Håndboring
Sag : Begonievej
Boring : B1
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 09/08/2006 09:25:01

B.12: Horshøjvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

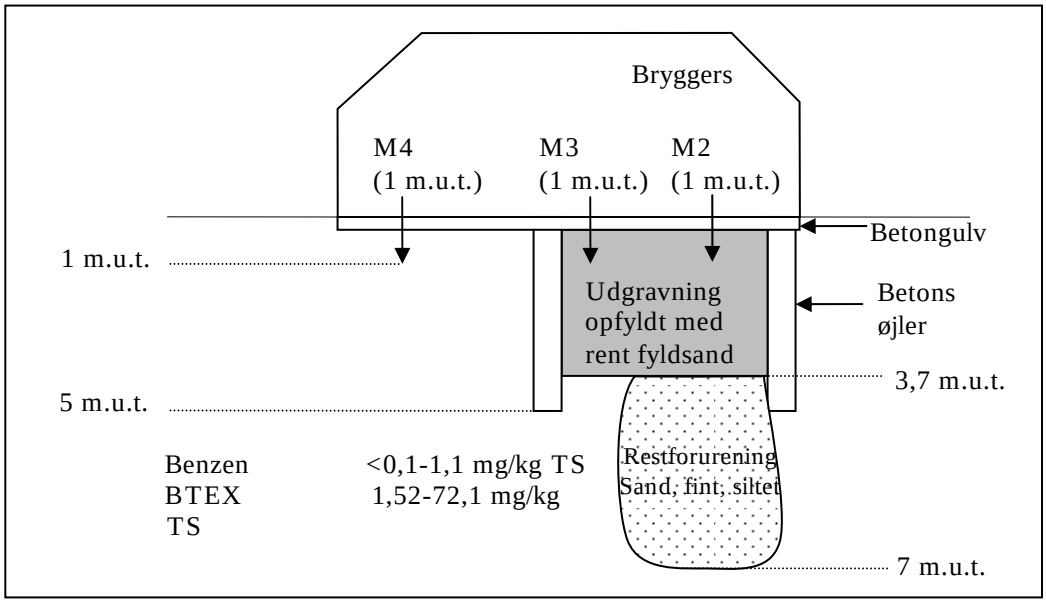
På Horshøjvej er der udtaget poreluftprøver i tre positioner (M2, M3 og M4) over to omgange efter to gange opgravning af forurenet jord; en mindre afgravning kort efter spildet og en større ca. 2 år efter spildet. Spildet er konstateret den 3. januar 2003, og det er vurderet, at der er efterladt en restforurening på ca. 41 tons forurenet jord.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.34, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.35.



Figur B.34. Oversigtsplan.

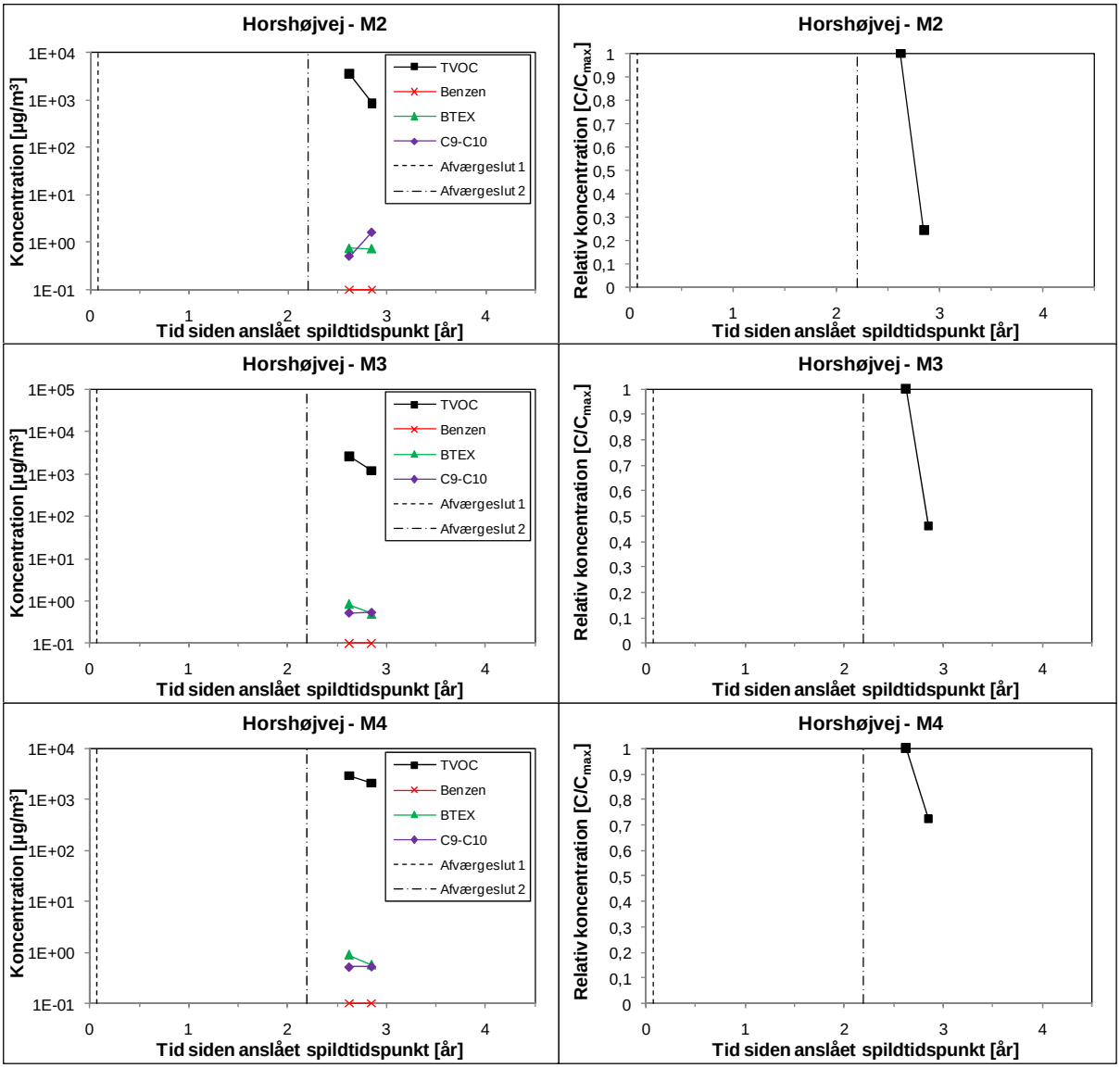
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.35.



Figur B.35. Forureningens vertikale beliggenhed på Horshøjvej i forhold til bygning og punkter for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC) målt i M2-M4, fremgår af figur B.36.



Figur B.36. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (1,0 m.u.t.).

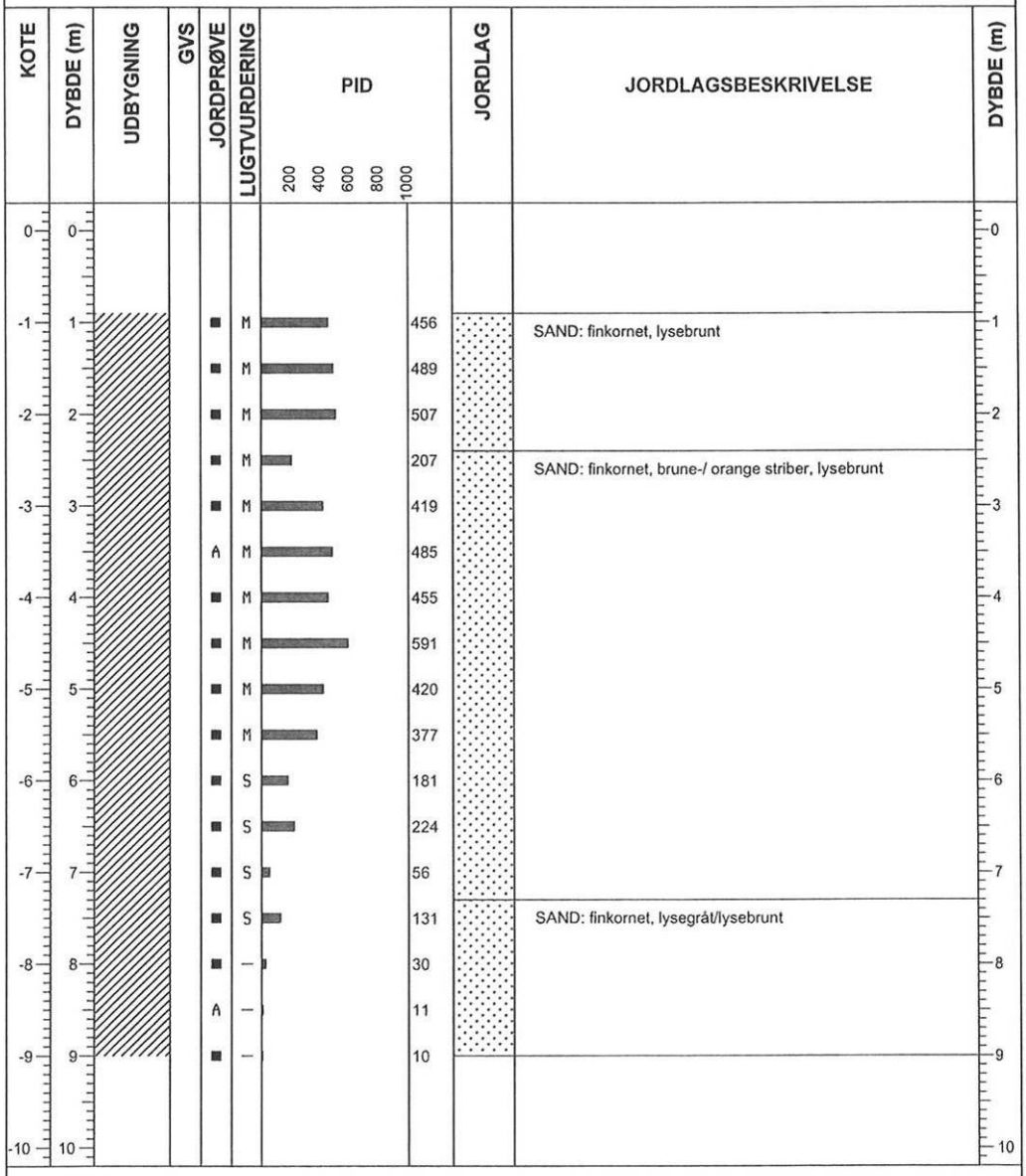
Som det fremgår af figur B.36 falder indholdet af TVOC i M2-M4 med 30 - 75 % over en periode på ca. 3 måneder.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B100.

DGE Dansk Geo-servEx a/s • Jelshøjvænget 11, Skåde • 8270 Højbjerg • Tlf.: 70103400 • Fax: 87362223

SAGSNUMMER :
SAGSNAVN : Horshøjvej
LOKALITET : Horshøjvej
PRØVEBESKRIVELSE: TSP

BORING : B100
BOREFIRMA:
DATO :



TERRÆNKOTE:
BOREMETODE: Snegl/Kranrig
DIMENSION : 6"
FILTER :

FILTERGRUS :
FORSEGLING :
AFSLUTNING : Genopfyld
LUGT : — = neutral, S = svag, M = moderat, K = kraftig
PID-kalibrering : 100 ppm isobutylengas = udslag 100
Udarbejdet af / Kvalitetssikring : JB/TSP

PEJLEDATO:
GVS-DYBDE:
UTM-Ø / X :
UTM-N / Y :

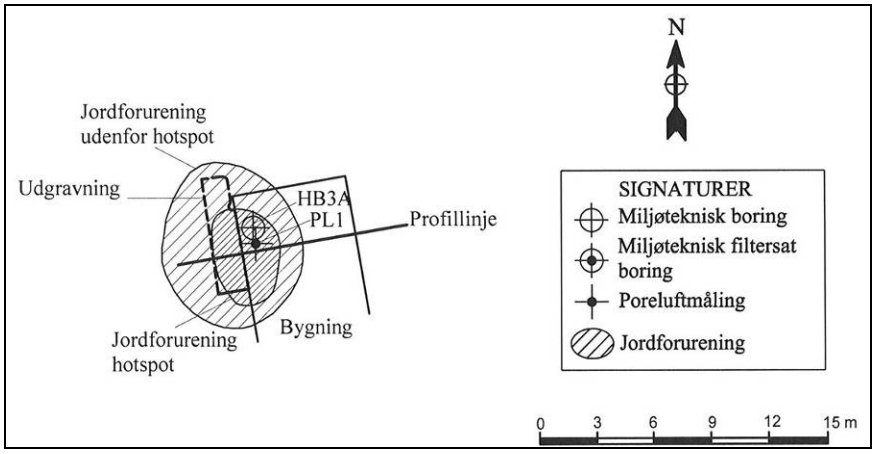
B.13: Akkerupvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Akkerupvej er der udtaget poreluftprøver af to omgange i én position efter afværge. Ved første prøvetagning benævnes positionen PL1, mens den ved anden prøvetagning benævnes PL3. I nærværende rapport benævnes den blot PL1.

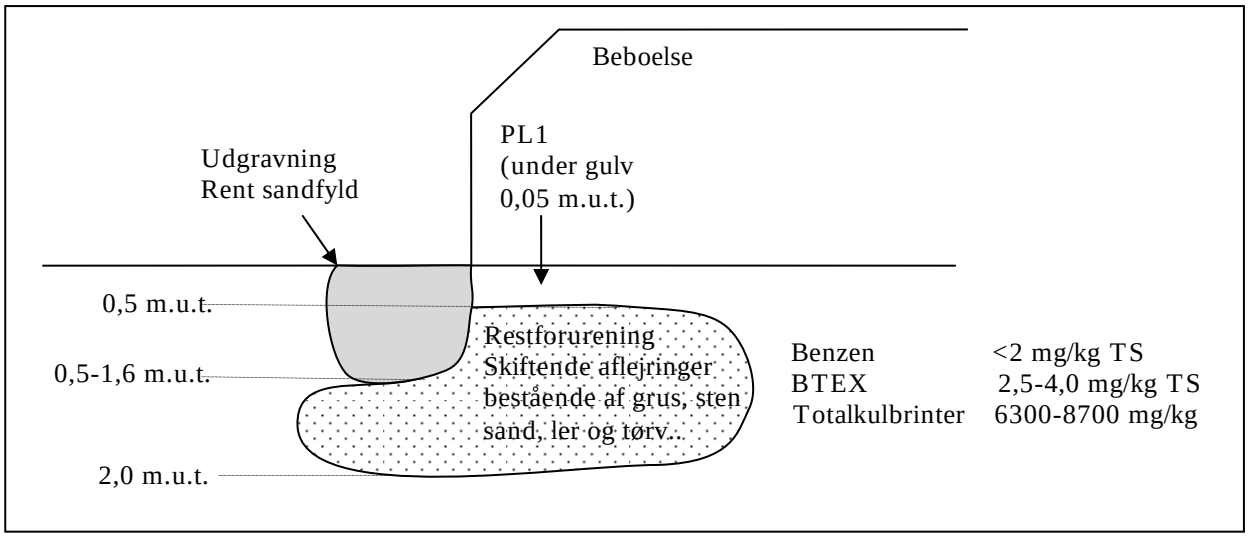
Spildet er konstateret den 9. marts 2005, og der er vurderet efterladt ca. 75 tons forurenet jord.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.37, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.38.



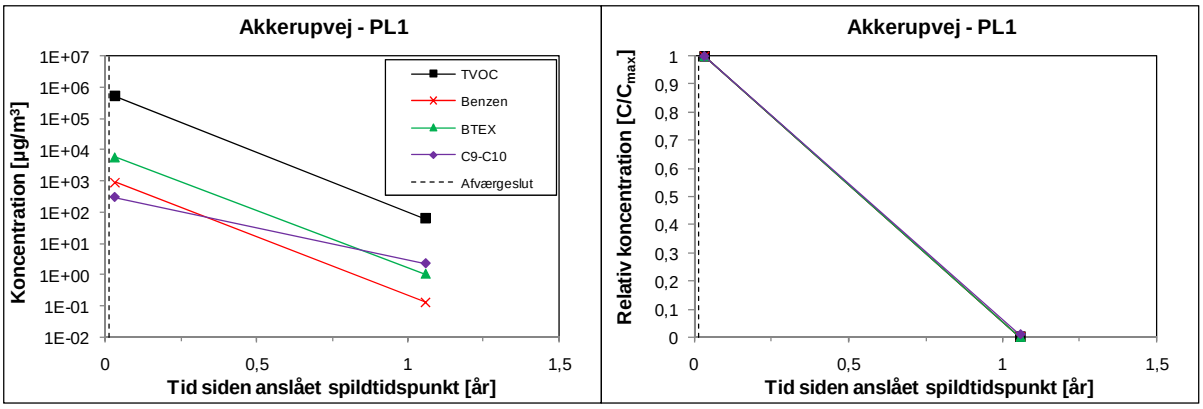
Figur B.37. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.38. Restforureningen er primært placeret under bygningen, hvorover PL1 er placeret.



Figur B.38. Forureningens vertikale beliggenhed på Akkerupvej i forhold til bygning og punkt for udtagning af poreluftprøver.

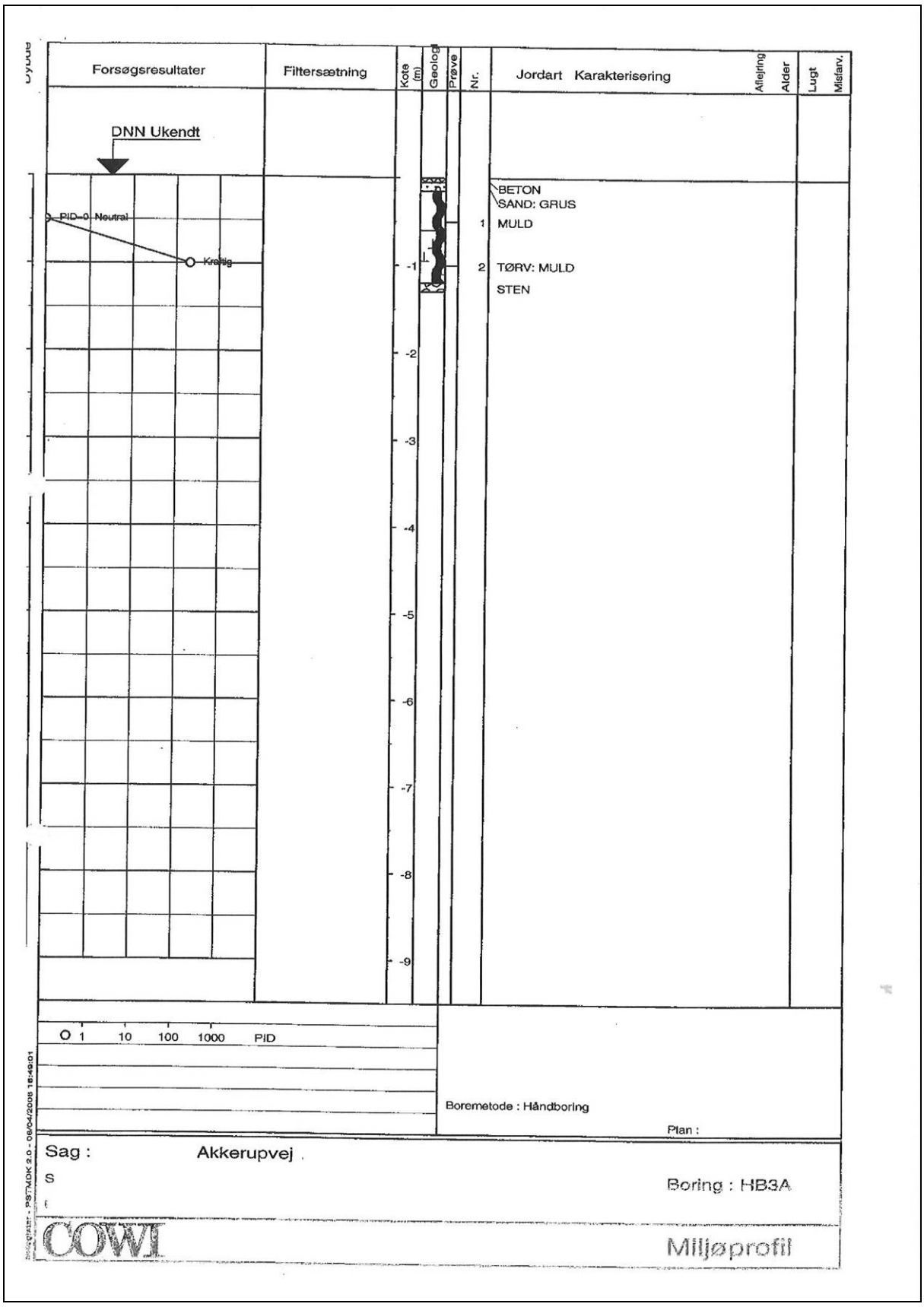
Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, BTEX'er samt C9/C10-aromater målt i PL1 fremgår af figur B.39.



Figur B.39. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,05 m.u.t.) efter opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.39 falder indholdet af alle målte kulbrintefraktioner til et niveau omkring detektionsgrænsen (> 99 %) over en periode på ca. 1 år.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for HB3A.

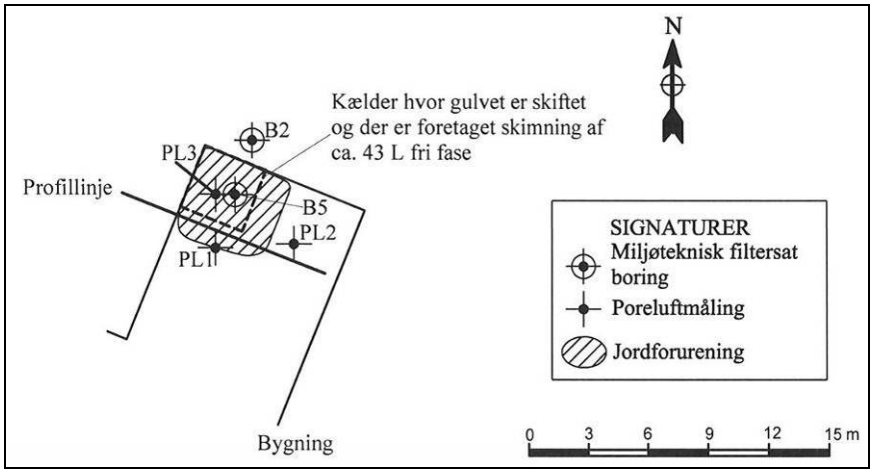

Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
PID=0 Neutral
Kraftig
BETON
SAND: GRUS
1 MULD
2 TØRV: MULD
STEN
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
O 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Akkerupvej
Boring : HB3A
COWI
Miljøprofil

B.14: Kirkeballe [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

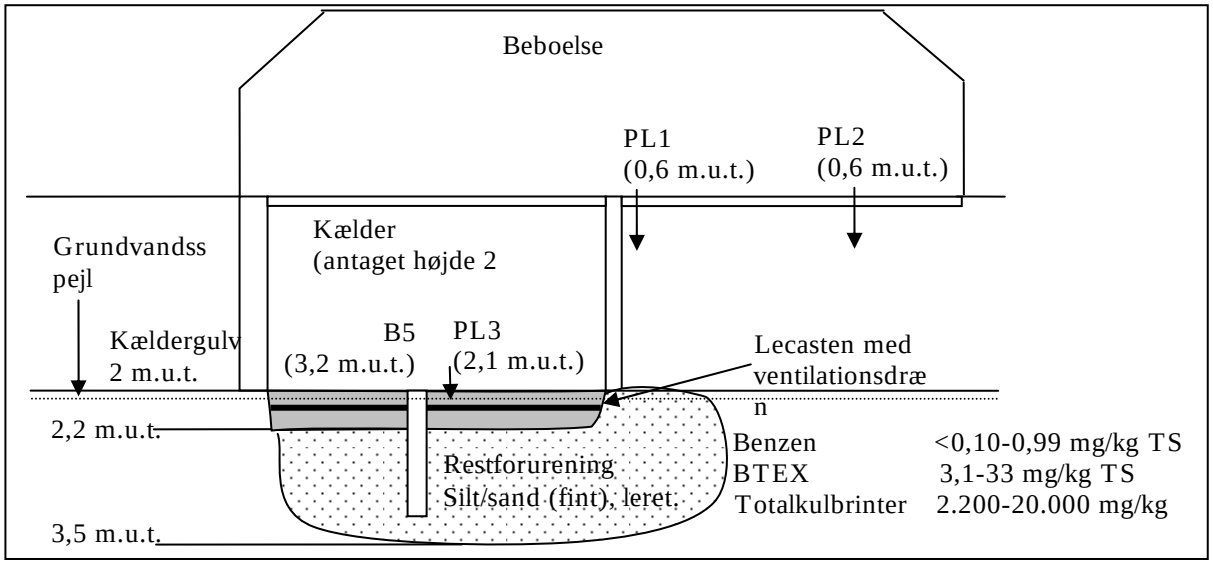
På Kirkeballe er der udtaget poreluftprøver i tre positioner (PL1, PL2 og PL3) over to omgange efter afgravning af forurenet jord til ca. 20 cm under kældergulv. Spildstørrelsen er estimeret til 200 - 400L og det er vurderet, at der er efterladt en restforurening på ca. 27 tons forurenet jord. Efter afgravning er der udlagt ventilationsdræn i et lag af Lecasten, hvorover der er støbt nyt betongulv. Ventilationsdrænene er ikke aktive, men er udlagt således, at der er mulighed for at foretage passiv eller aktiv ventilation under kældergulvet.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.40, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.41.



Figur B.40. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.41.



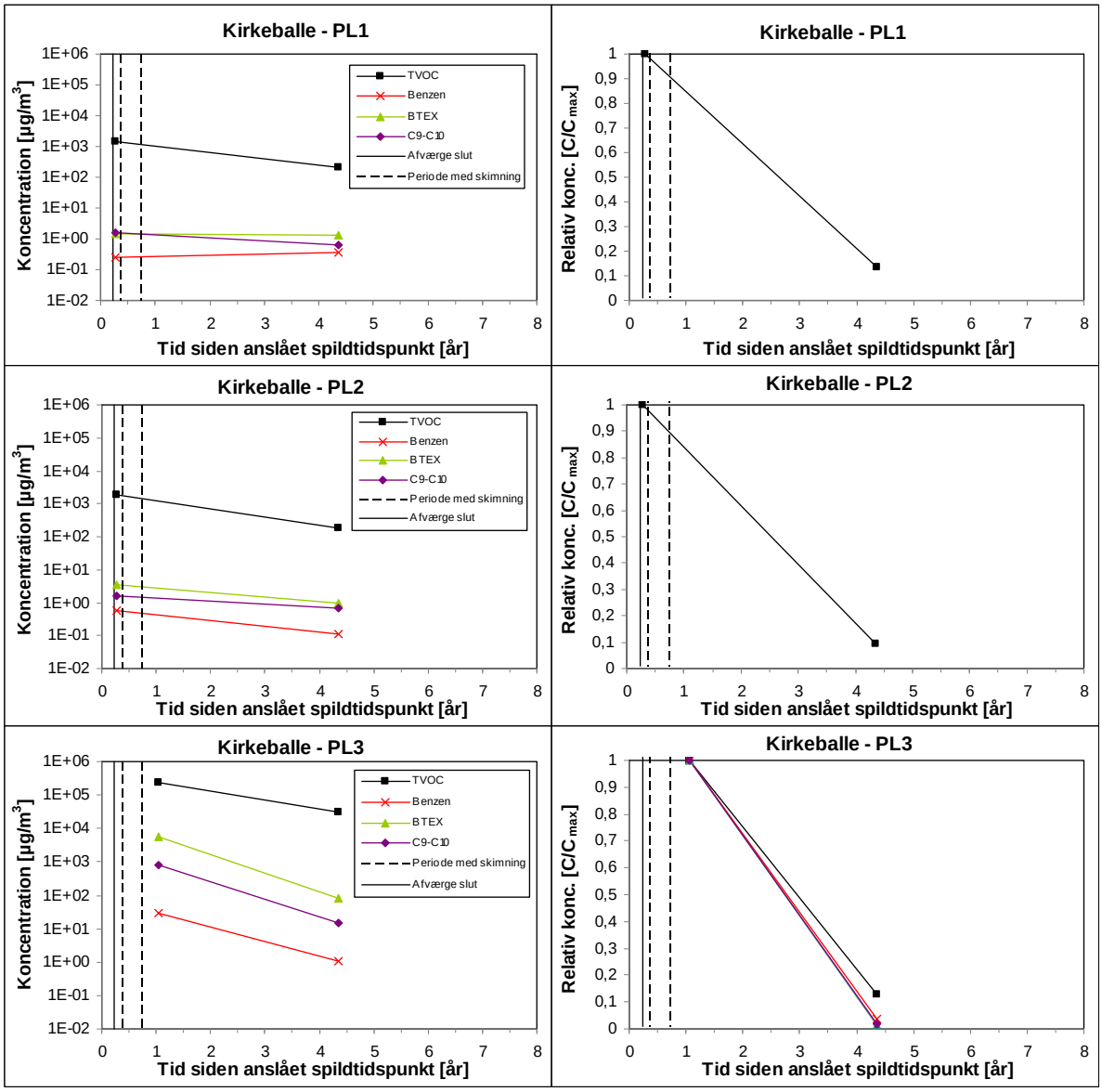
Figur B.41. Forureningens vertikale beliggenhed på Kirkeballe i forhold til bygning og poreluftpositioner.

Som et supplement til afgravningen er der, over en periode på ca. 4 måneder, foretaget en skimning af fri fase af fyringsolie fra en filtersat boring i kælderen (boring B5). Efter 5 uger er der fjernet ca. 43 L fri fase via skimningen.

Spildet er konstateret den 2. oktober 2004, men vurderes at kunne have foregået over en periode inden denne dato. I forbindelse med databehandlingen er den 2. oktober 2004 benyttet som spilddato.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1-PL3 fremgår af figur B.42. Det bemærkes, at de første prøver i positionerne for PL1 og PL2 er udtaget inden skimningen fra boring B5, mens første prøve fra position PL3 er udtaget efter perioden med skimning.

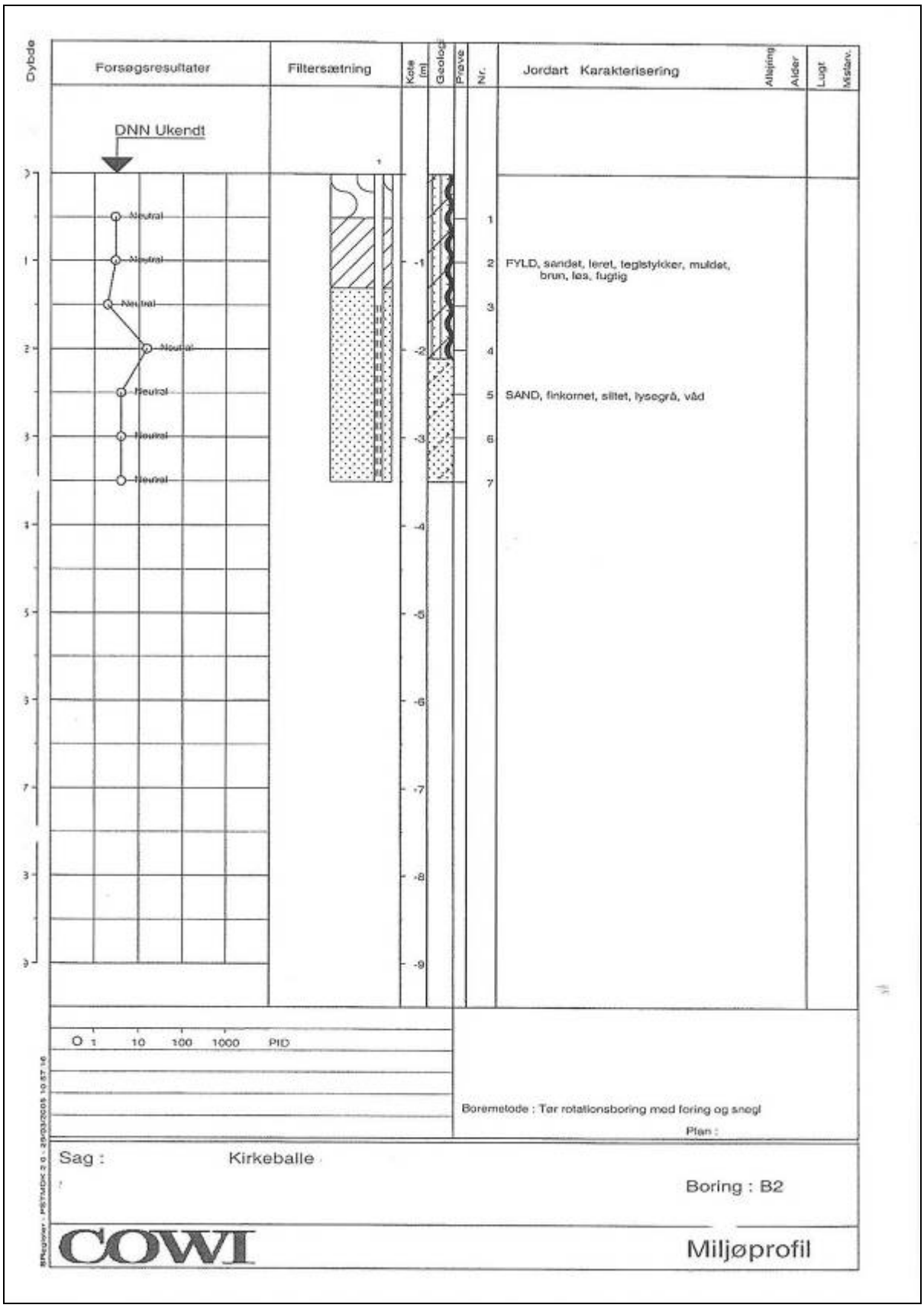


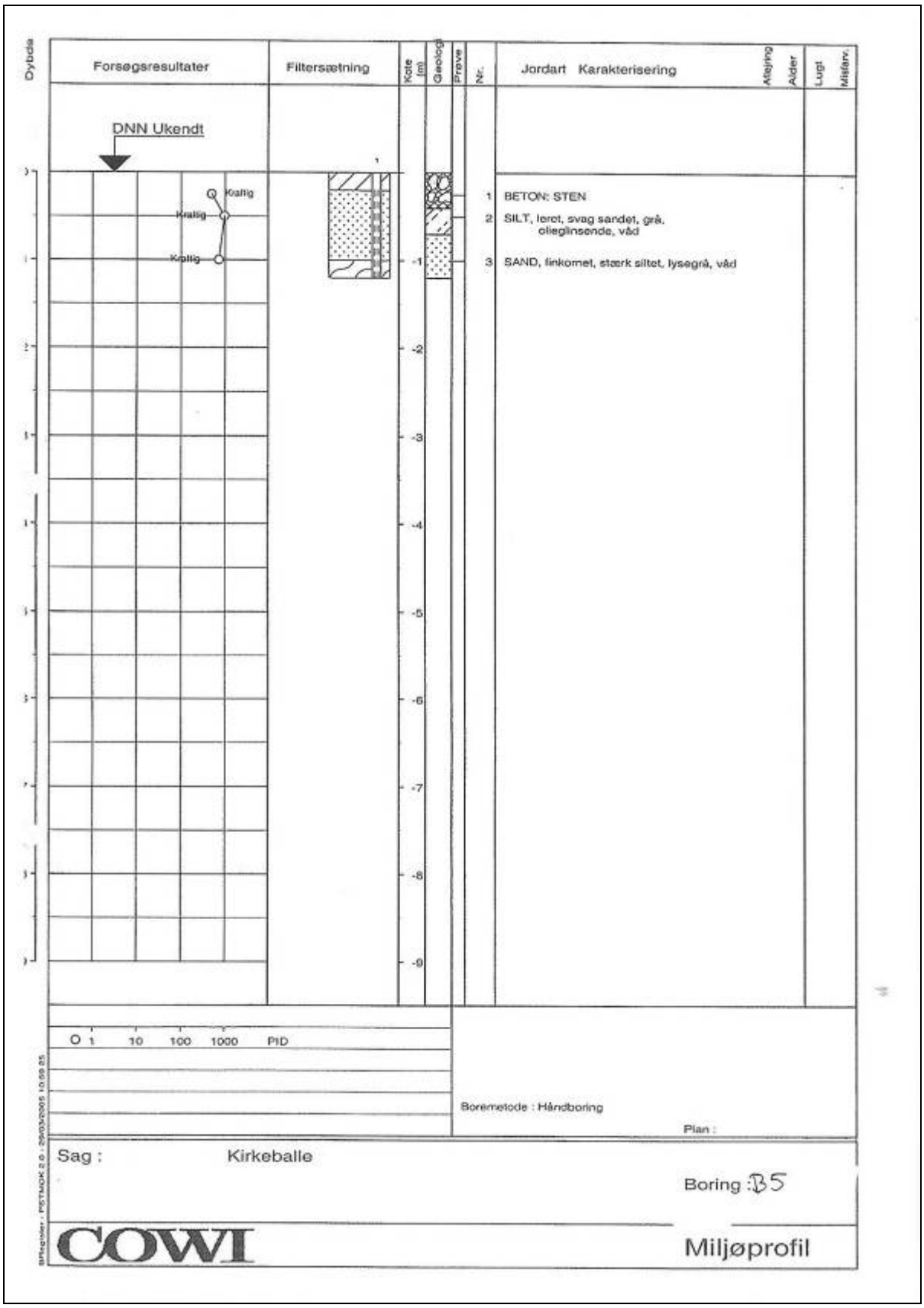
Figur B.42. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften efter afværgetiltag.

Som det fremgår af figur B.42 observeres der en reduktion i poreluftkoncentrationen af TVOC (PL1 og PL2) samt TVOC, benzen, BTEX og C9/C10-aromater (PL3) på mere end 80% over en periode på ca. 4 år.

Boreprofiler

På følgende sider ses boreprofiler for B2 og B5.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote [m]
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alkijring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
1
2
3
4
5
6
7
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
FYLD, sandet, leret, teglstykker, muldet, brun, løs, fugtig
SAND, finkornet, siltet, lysegrå, våd
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Tør rotationsboring med foring og snegl
Plan :
Sag : Kirkeballe
Boring : B2
COWI
Miljøprofil

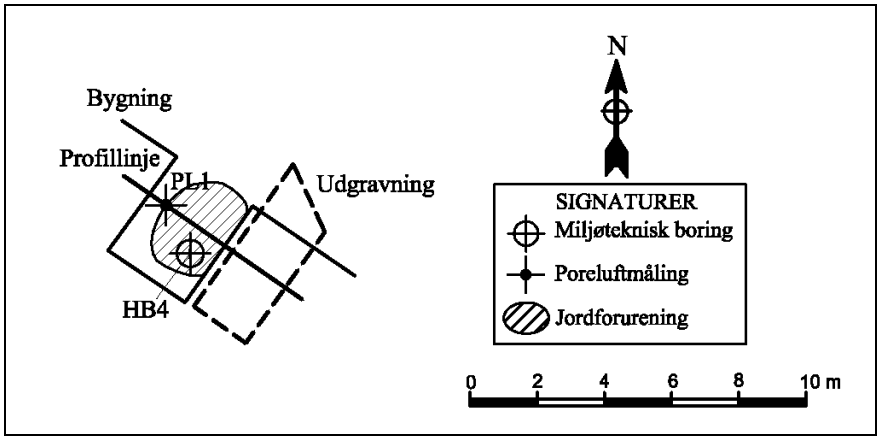

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
Kalkig
Kalkig
Kalkig
1 BETON: STEN
2 SILT, leret, svag sandet, grå, olieglinsende, våd
3 SAND, finkornet, stærk siltet, lysegrå, våd
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Kirkeballe
Boring : B5
COWI
Miljøprofil

B.15: Åbyskovvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

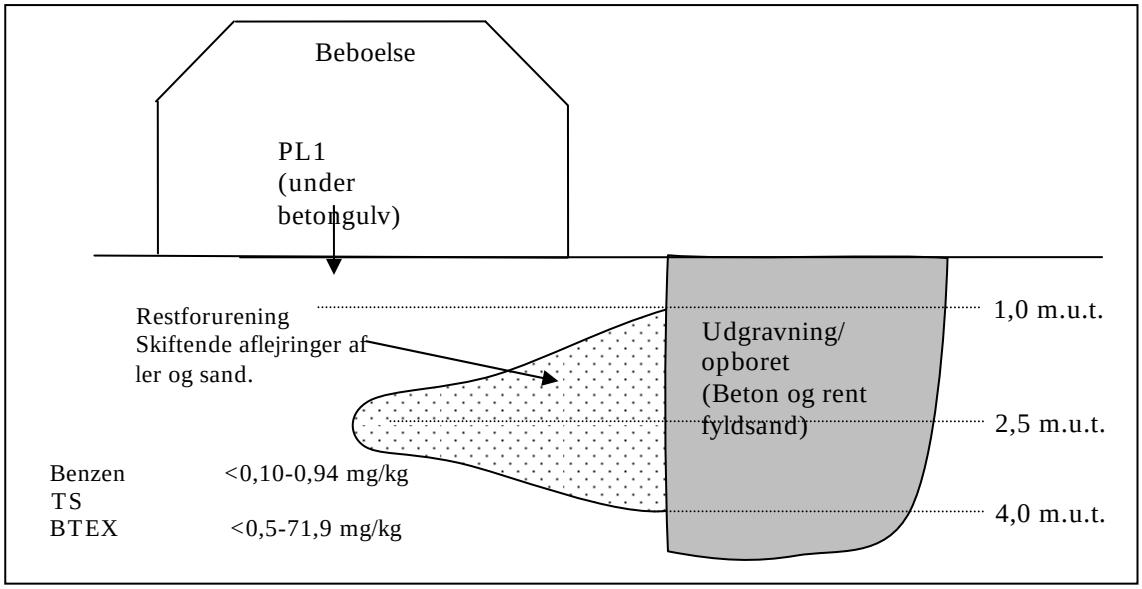
På Åbyskovvej er der udtaget poreluftprøver i én position (i det følgende benævnt PL1) af tre omgange efter afgravning/opboring af forurenet jord. Poreluftprøverne er udtaget under betongulv, mens oprensningen er foretaget udenfor bygningen. Spildet er konstateret den 1. oktober 2005, og spildets størrelse er anslået til ca. 150 L. Restforureningens størrelse er estimeret til ca. 56 L.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.43, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.44.



Figur B.43. Oversigtsplan.

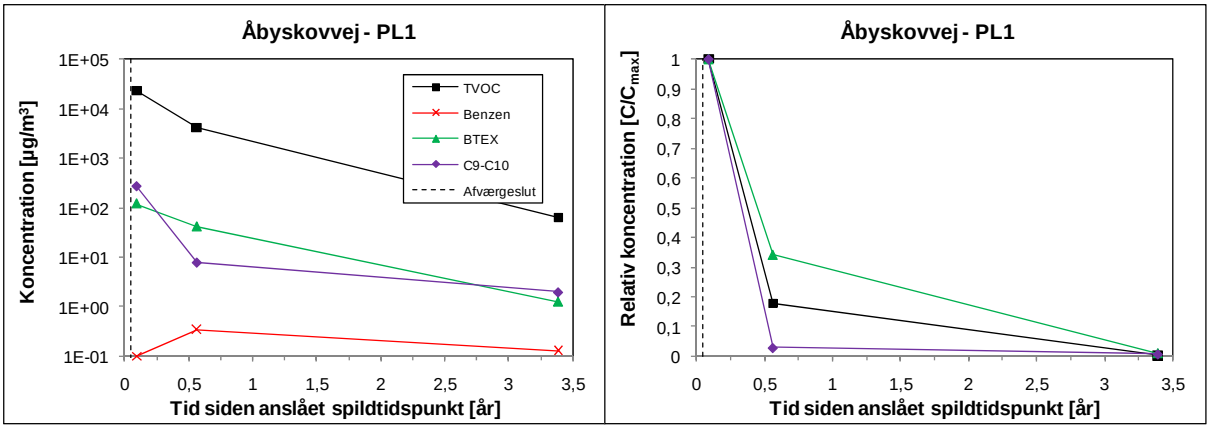
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.44.



Figur B.44. Forureningens vertikale beliggenhed på Åbyskovvej i forhold til bygning og position for udtagning af poreluftprøver. Skitsen illustrerer et snit nordvest til sydøst igennem huset som positionen for poreluftprøven er projiceret ind på.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 fremgår af figur B.45.

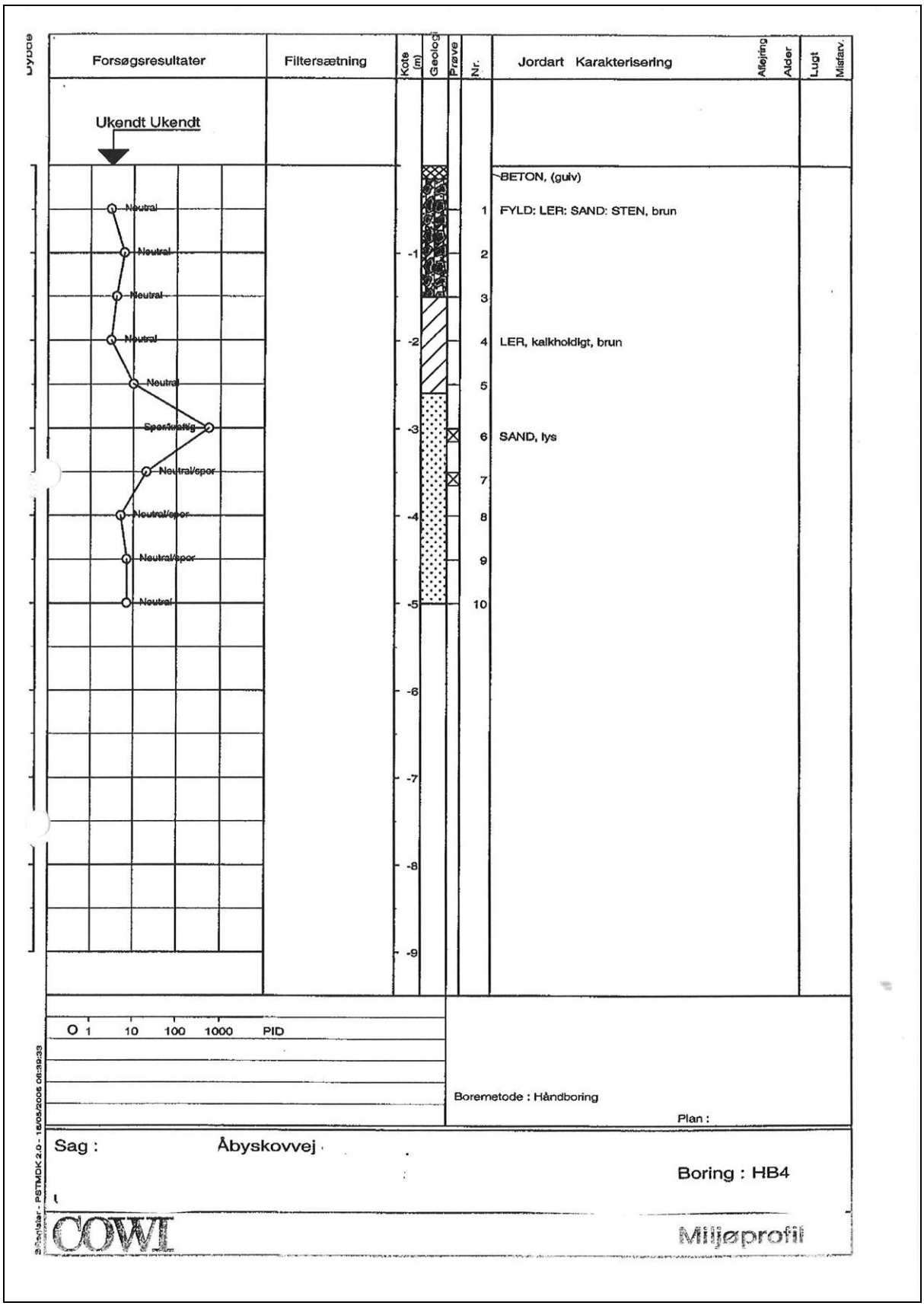


Figur B.45. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (under gulv) efter opgravning/-opboring af forurenet jord udenfor bygningen.

Som det fremgår af figur B.45 observeres der et koncentrationsfald på mellem ca. 65 og 90 % i poreluftkoncentrationen af TVOC, BTEX'er og C9/C10-aromater i PL1 over de første 5-6 måneder. Efter ca. 3,5 år er poreluftkoncentrationen af TVOC, BTEX'er og C9/C10-aromater i PL1 reduceret til under detektionsgrænsen.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB4.


Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alder
Lugt
Misfarv.
Ukendt Ukendt
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
Neutral
Sporstoffig
Neutral/spor
Neutral/spor
Neutral/spor
Neutral
BETON, (gulv)
FYLD: LER: SAND: STEN, brun
LER, kalkholdigt, brun
SAND, lys
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Åbyskovvej
Boring : HB4
COWI
Miljøprofil

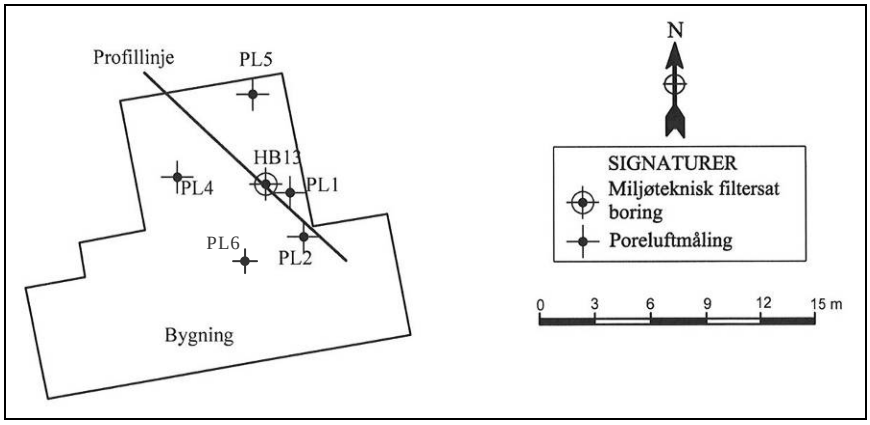
B.16: Rosevej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Rosevej er der udtaget poreluftprøver af to-tre omgange i 5 positioner (PL1 og PL2 samt PL4-PL6). Poreluftprøverne er udtaget under betongulv efter oprensning af forurenet jord udenfor bygningen.

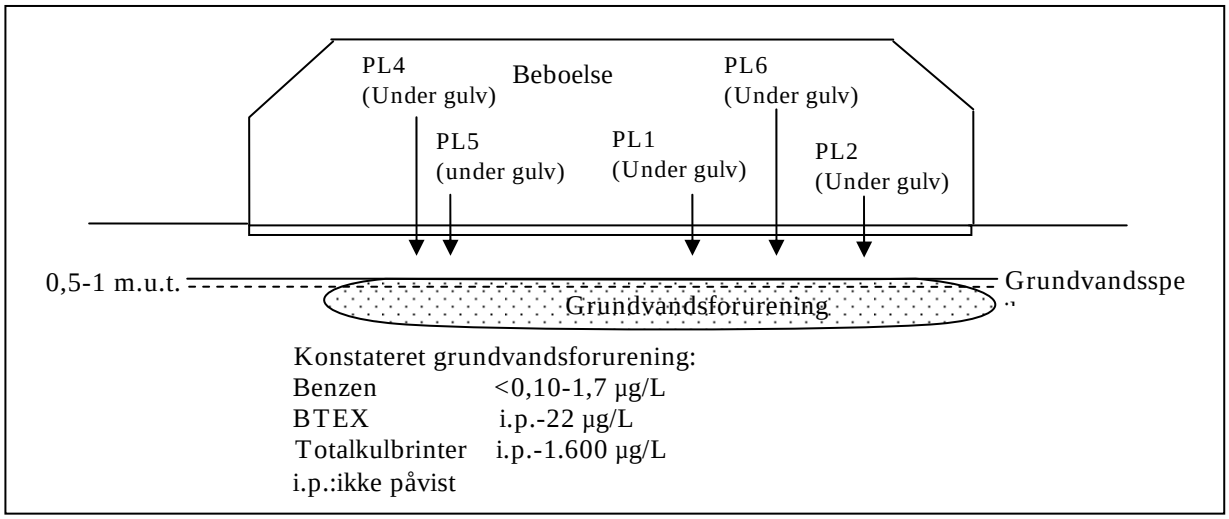
Spildet er konstateret den 16. december 2004 og er anslået til ca. 950 L. Der er efterladt en begrænset restforurening udenfor huset, som er vurderet at udgøre mindre end 2,5 tons forurenet jord. Der er imidlertid en relativt kraftig forurening i grundvandet, som er pejlet til ca. 0,5-1 m.u.t., og poreluftmoniteringen er udført i forhold til denne.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.46, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.47.



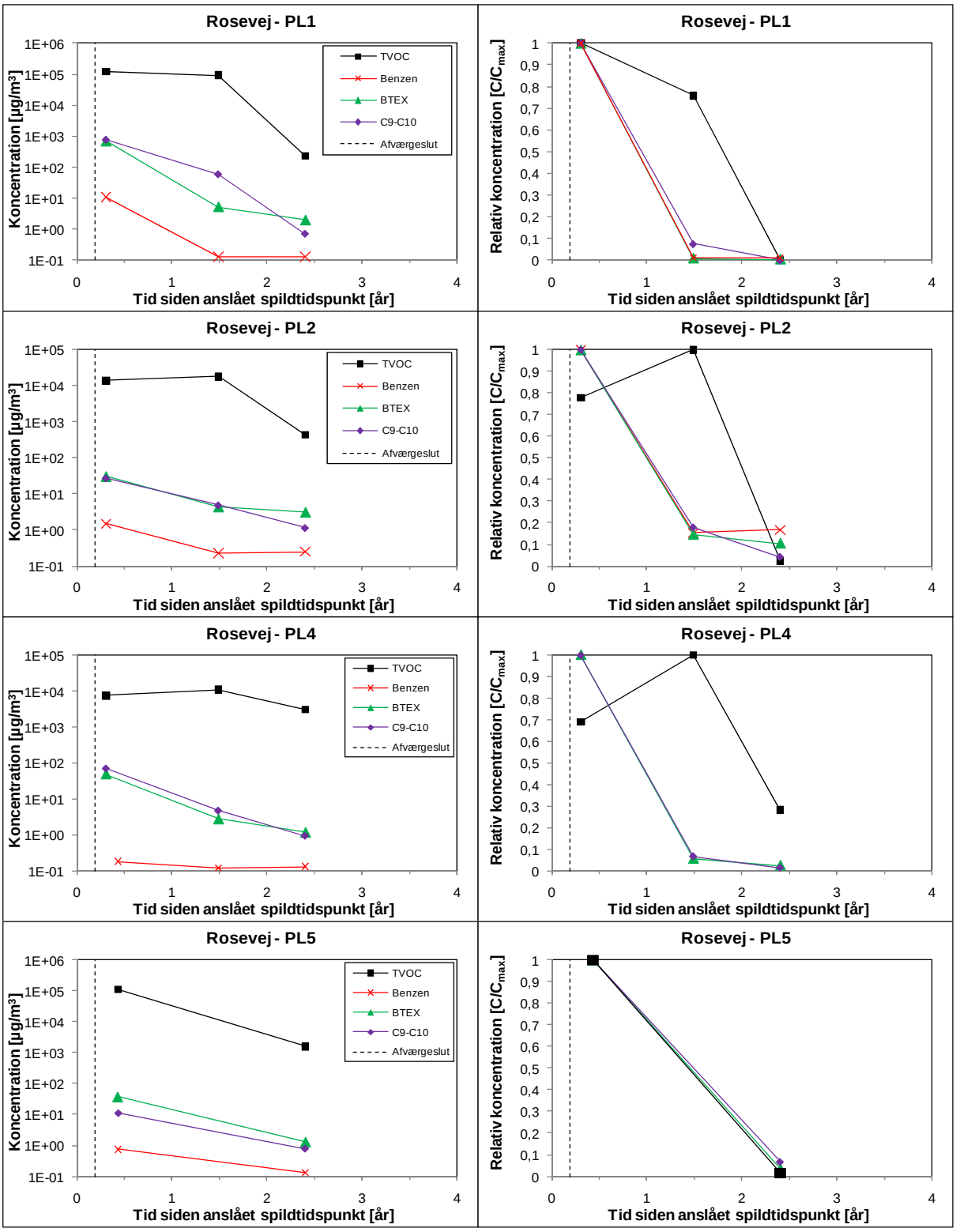
Figur B.46. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.47. Ud fra lokale pejledata vurderes strømningsretningen under/omkring bygningen at være omtrentlig vinkelret på profilsnittet i figur B.47, der er placeret nedstrøms det tidligere forurenede område.

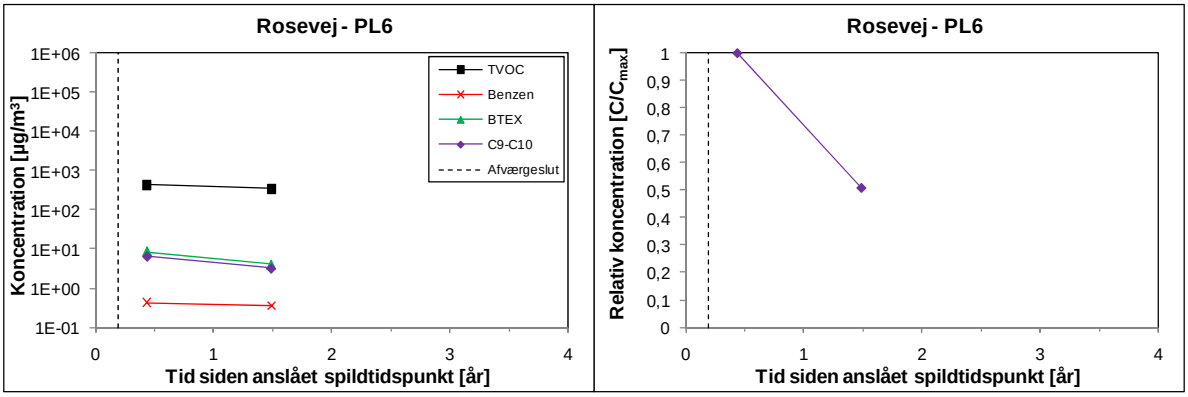


Figur B.47. Grundvandsforureningens vertikale beliggenhed på Rosevej i forhold til bygning og positioner for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL1 og PL2 samt PL4-PL6 fremgår af figur B.48.



Figur B.48. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften over grundvandsforureningen.



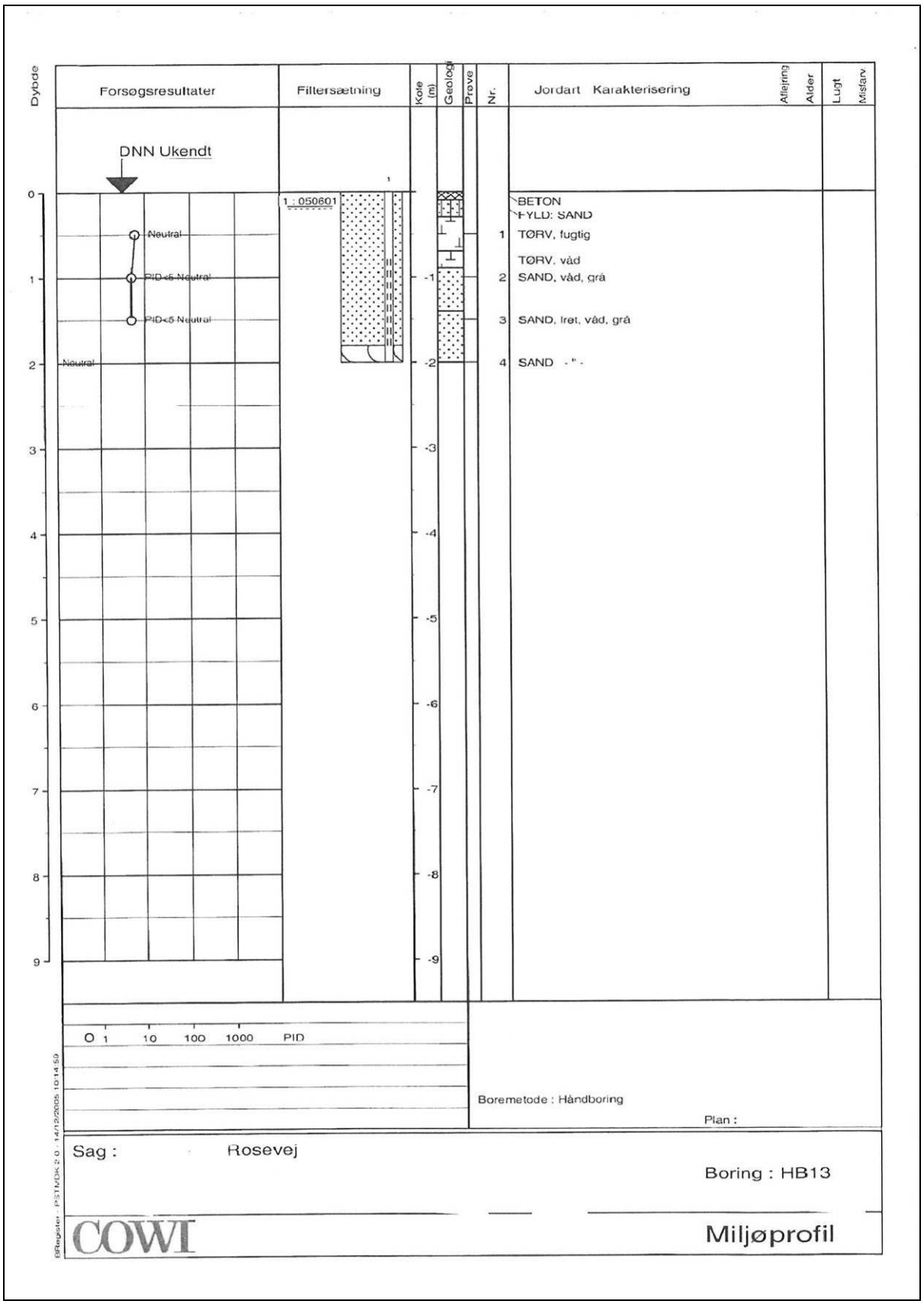
Figur B.48 (fortsat). Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften over grundvandsforureningen.

Som det fremgår af figur B.48 sker der, i ni af de 11 måleserier, et entydigt fald i koncentrationen af de målte kulbrintefraktioner på mellem 50 og 90 % over en periode på ca. 1-2 år. Det fremgår endvidere at TVOC-koncentrationen i PL2 og PL4 starter med at stige med ca. 30% hvorefter den falder til et niveau, der er 40-80 % lavere end ved den første måling. Fluktuationer i poreluftkoncentrationen vurderes at kunne hænge sammen med fluktuationer i bl.a. grundvandsspejlets dybdemæssige beliggenhed.

Der er sideløbende med udtagning af poreluftprøver udtaget grundvandsprøver i området. Der er intet i disse data, der indikerer, at grundvandsforureningen har flyttet sig nævneværdigt i moniteringsperioden, men der er konstateret et entydigt tidsmæssigt fald i grundvandskoncentrationen af samtlige kulbrintefraktioner i alle moniterede filtersatte boringer, som vurderes at have en afsmittende effekt på de målte poreluftkoncentrationer.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB13.

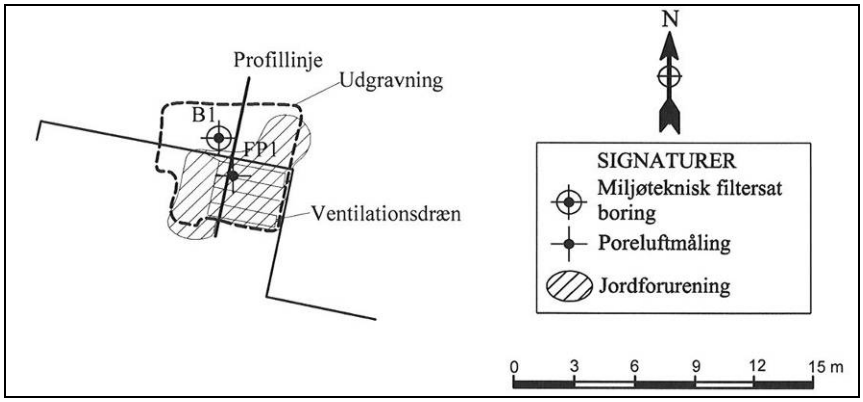

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv
DNN Ukendt
Neutral
PID<5 Neutral
PID<5 Neutral
Neutral
1 : 050601
BETON
FYLD: SAND
1 TØRV, fugtig
TØRV, våd
2 SAND, våd, grå
3 SAND, lrøt, våd, grå
4 SAND - " -
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Rosevej
Boring : HB13
COWI
Miljøprofil

B.17: Skovmøllevej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

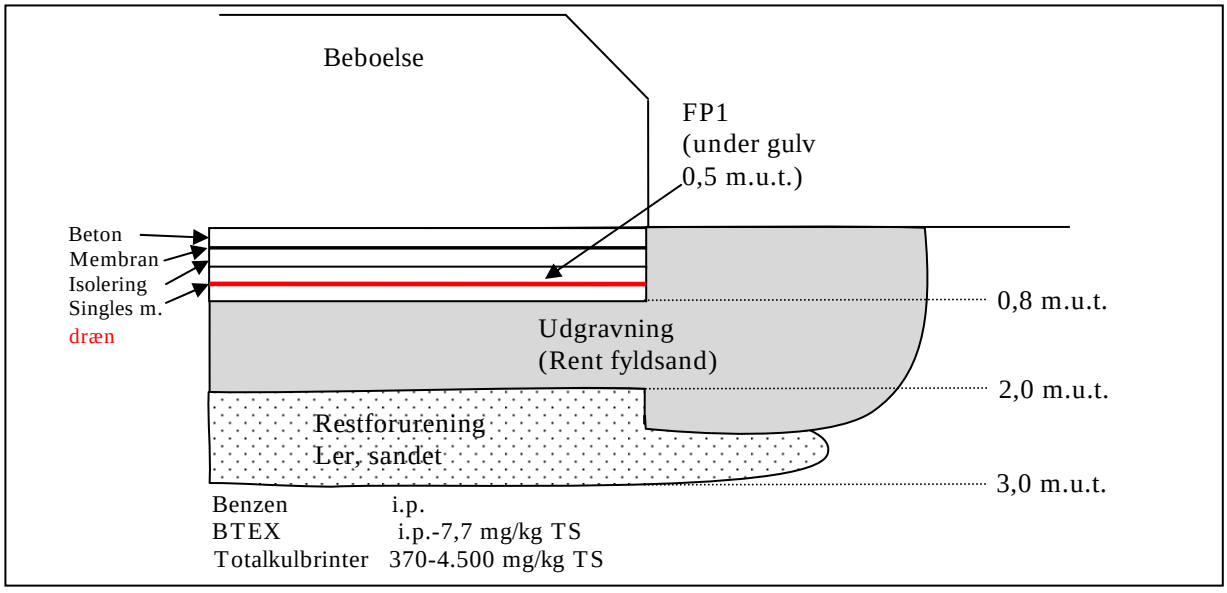
På Skovmøllevej er der udtaget poreluftprøver i én position (FP1) af to omgange efter opgravning af forurenet jord til ca. 2 m.u.t. Spildet er konstateret den 7. august 2003 og er anslået til mellem 800 og 900 L. Der er efterladt en restforurening, som er vurderet at udgøre ca. 140 L, og som primært er beliggende under bygningen. Poreluftprøverne er udtaget i en fast poreluftstation (FP1) etableret i et drænlag af singles, som er udlagt under en ny gulvkonstruktion. I singles-laget er der ligeledes udlagt ventilationsdræn, som dog ikke er aktive, men som giver mulighed for senere at foretage passiv eller aktiv ventilation under gulvet.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.49, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.50.



Figur B.49. Oversigtsplan.

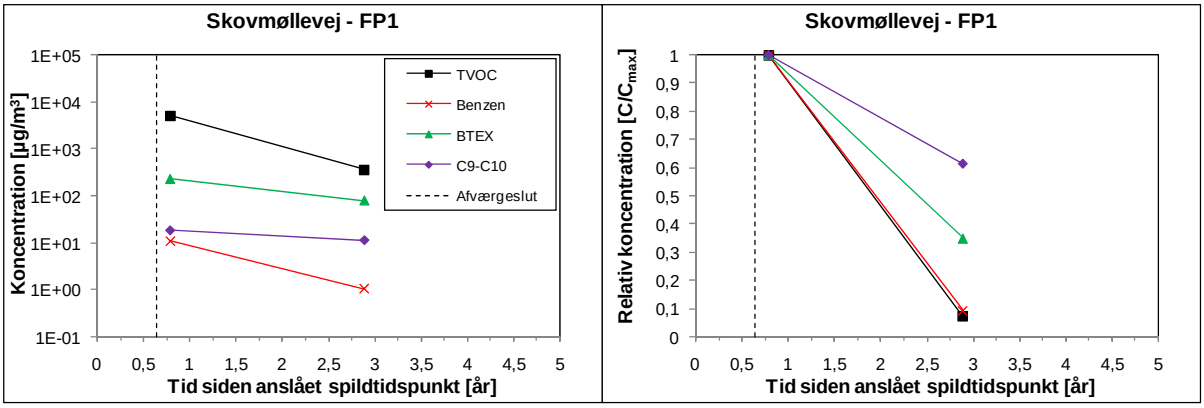
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.50.



Figur B.50. Forureningens vertikale beliggenhed på Skovmøllevej i forhold til bygning og position for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i FP1 fremgår af figur B.51.

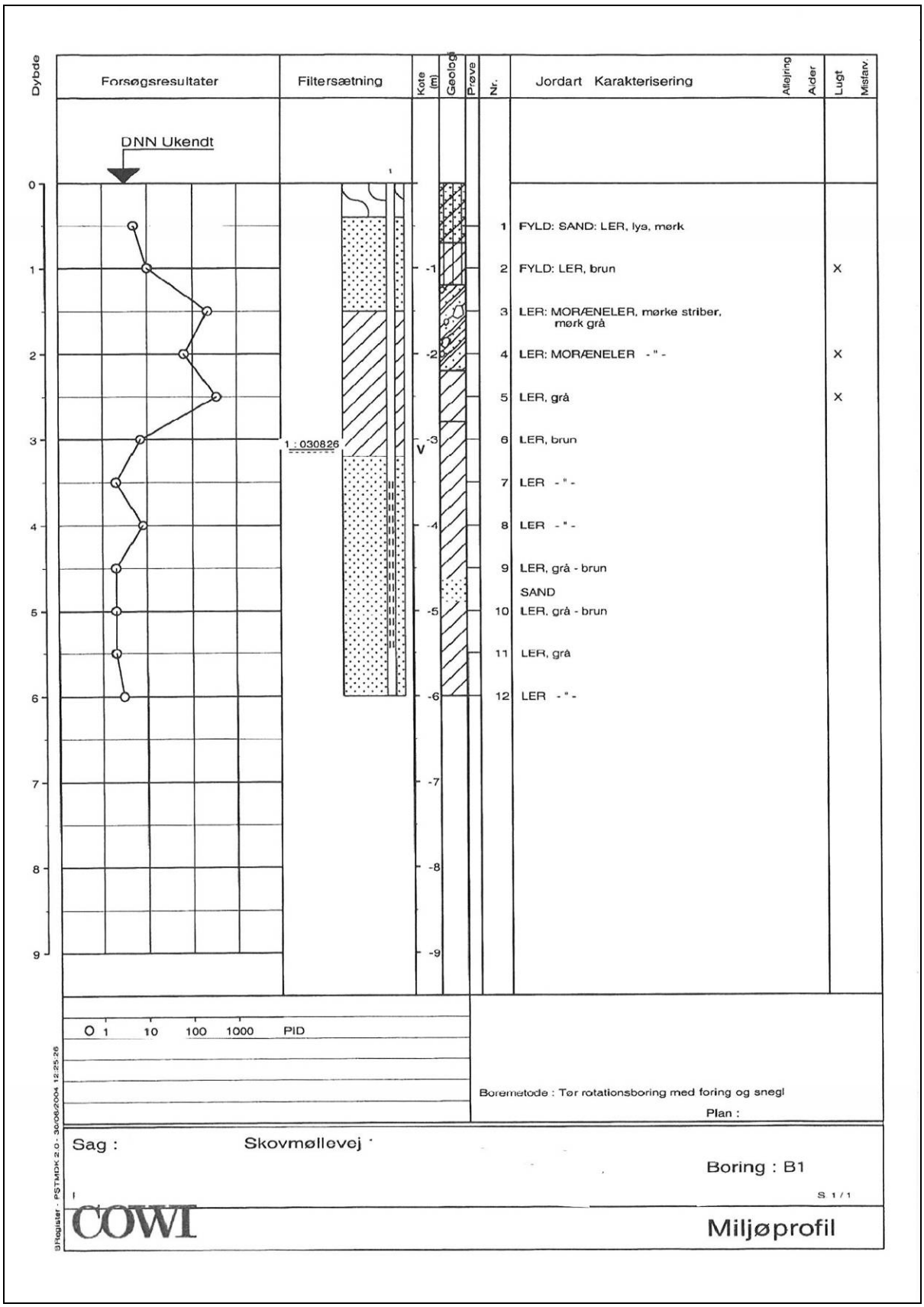


Figur B.51. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften over grundvandsforureningen.

Som det fremgår af figur B.51 er der konstateret en reduktion i de moniterede kulbrintefraktioner på mellem 30 og 90 % over en periode på ca. 2 år.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for B1.

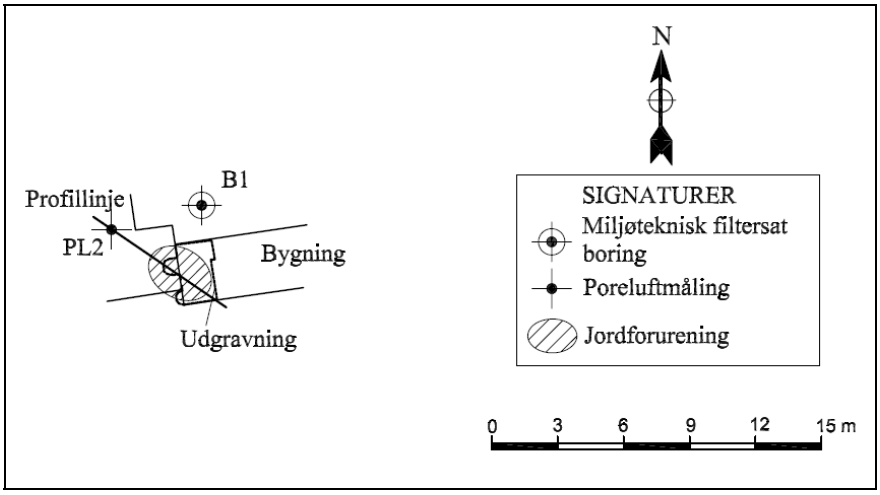

Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Alejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
1 : 030826
1 FYLD: SAND: LER, lys, mørk
2 FYLD: LER, brun
3 LER: MORÆNELER, mørke striber, mørk grå
4 LER: MORÆNELER - " -
5 LER, grå
6 LER, brun
7 LER - " -
8 LER - " -
9 LER, grå - brun
SAND
10 LER, grå - brun
11 LER, grå
12 LER - " -
0 1 10 100 1000 PID
Boremetode : Tør rotationsboring med foring og snegl
Plan :
Sag : Skovmøllevej
Boring : B1
S 1 / 1
COWI
Miljøprofil
BHoglster - PST.MDK 2.0 - 30/06/2004 12:25:26

B.18: Hamborgvej [efter afværge]

Beskrivelse af lokalitet og data

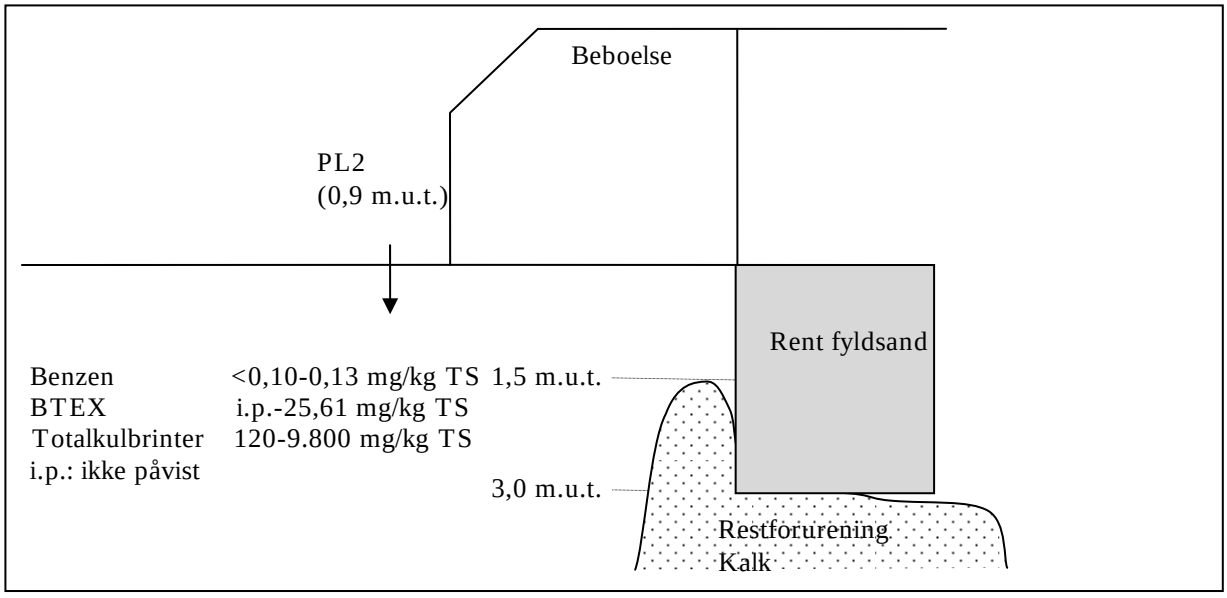
For Hamborgvej er der inddraget poreluftprøver fra én position (PL2) hvor der er udtaget poreluftprøver af to omgange efter en delvis oprensning. Spildet er konstateret den 7. november 2006 og er anslået til mellem 700 - 1.200 L. Der er efterladt en restforurening, som er vurderet at udgøre ca. 200-700 L. Restforureningen er beliggende under bygningen mens PL1 er udtaget udenfor bygningen.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.52, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.53.



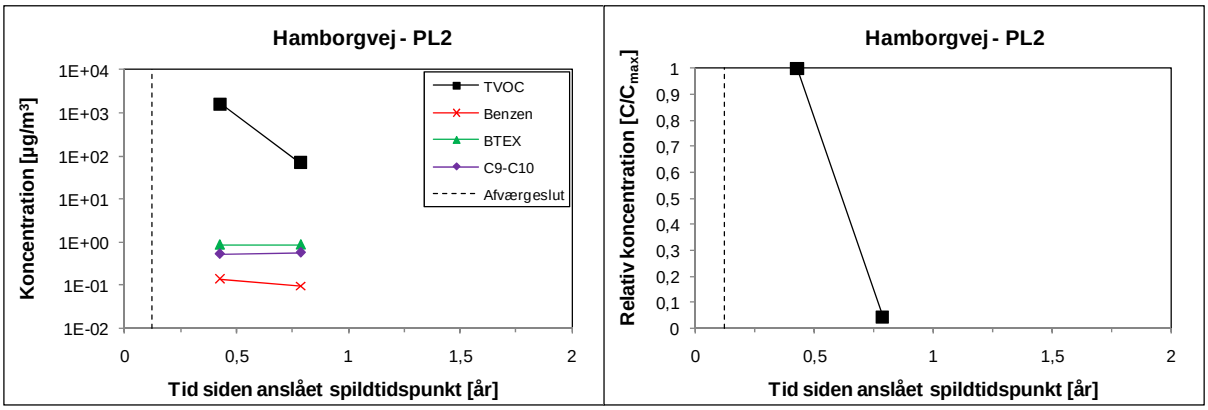
Figur B.52. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.53.



Figur B.53. Forureningens vertikale beliggenhed på Hamborgvej i forhold til bygning og punkt for udtagning af poreluftprøver.

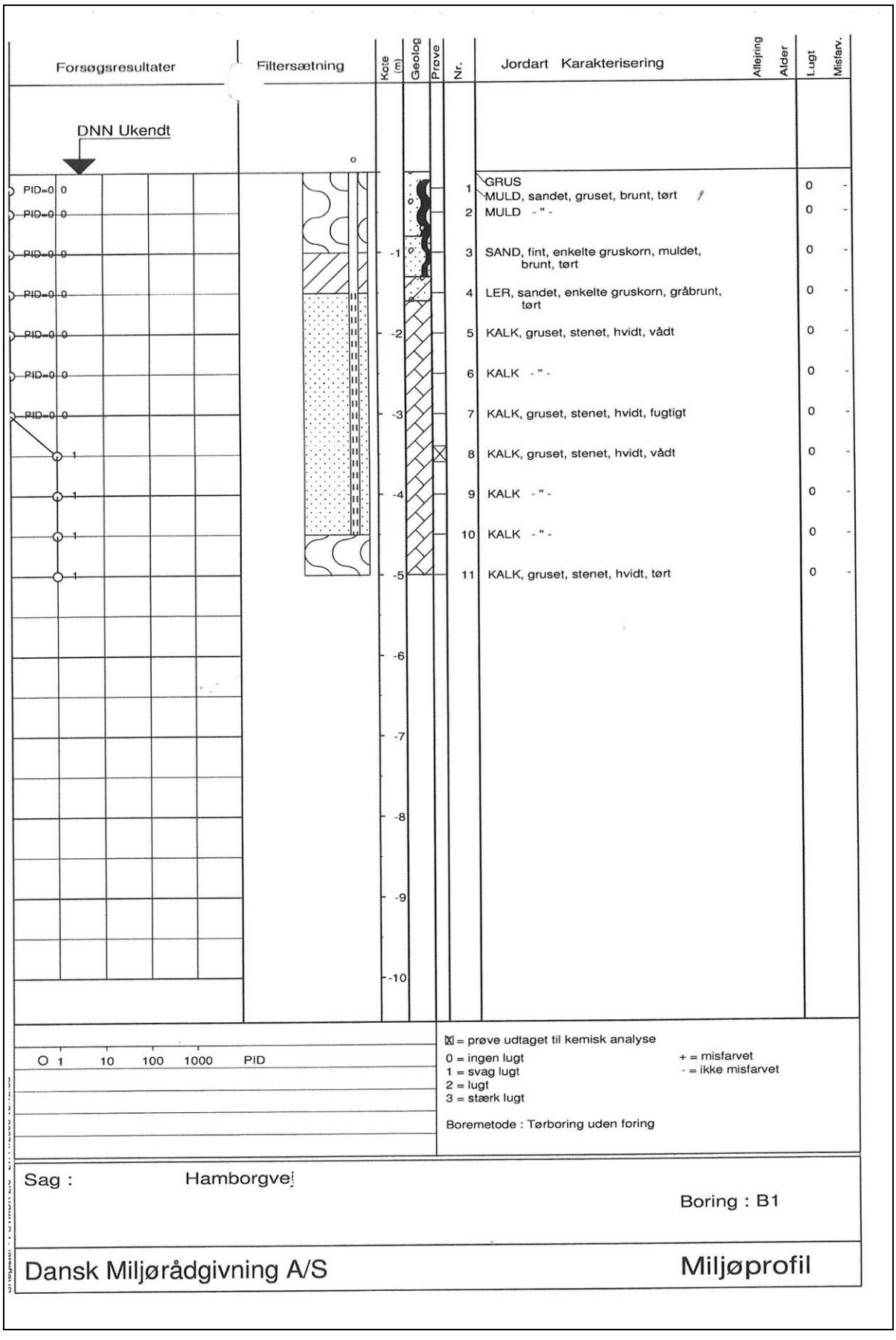
Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC) målt i PL2 fremgår af figur B.54.



Figur B.54. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften udenfor bygningen.

Som det fremgår af figur B.54 så er der konstateret et fald i indholdet af TVOC i PL2 på mere end 90 % på mindre end et halvt år.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B1.

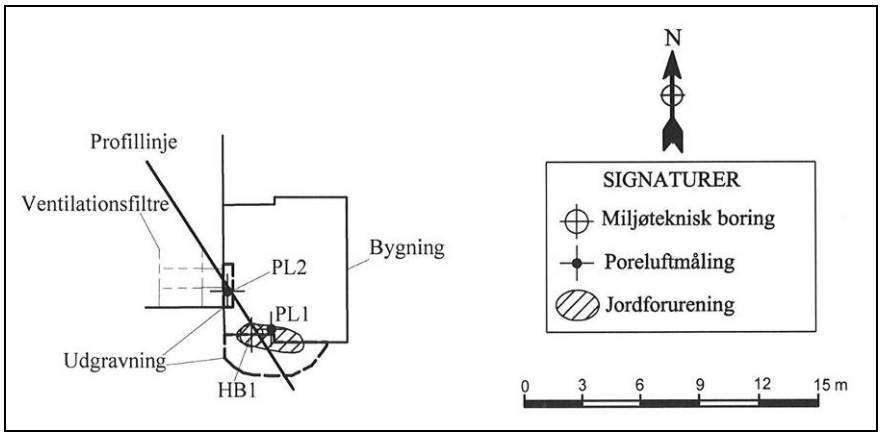

Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Allejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
PID=0 0
1 GRUS
MULD, sandet, gruset, brunt, tørt 0 -
2 MULD - " - 0 -
3 SAND, fint, enkelte gruskorn, muldet, brunt, tørt 0 -
4 LER, sandet, enkelte gruskorn, gråbrunt, tørt 0 -
5 KALK, gruset, stenet, hvidt, vådt 0 -
6 KALK - " - 0 -
7 KALK, gruset, stenet, hvidt, fugtigt 0 -
8 KALK, gruset, stenet, hvidt, vådt 0 -
9 KALK - " - 0 -
10 KALK - " - 0 -
11 KALK, gruset, stenet, hvidt, tørt 0 -
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
O 1 10 100 1000 PID
⊠ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Tørboring uden foring
Sag : Hamborgvej
Boring : B1
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil

B.19: Toppen [efter afværge/passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

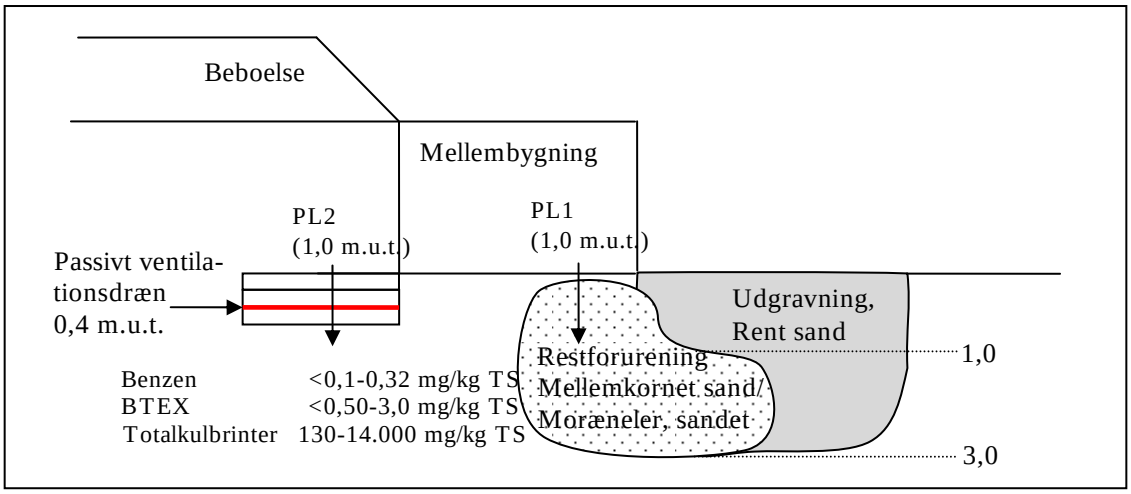
På Toppen er der inddraget poreluftprøver udtaget i to positioner (her benævnt PL1 og PL2) af tre omgange efter opgravning af forurenet jord. Spildet er konstateret den 28. september 2001 og er af ukendt størrelse. Der er efterladt en restforurening, som er vurderet at udgøre ca. 10-20 tons forurenet jord.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.55, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.56.



Figur B.55. Oversigtsplan.

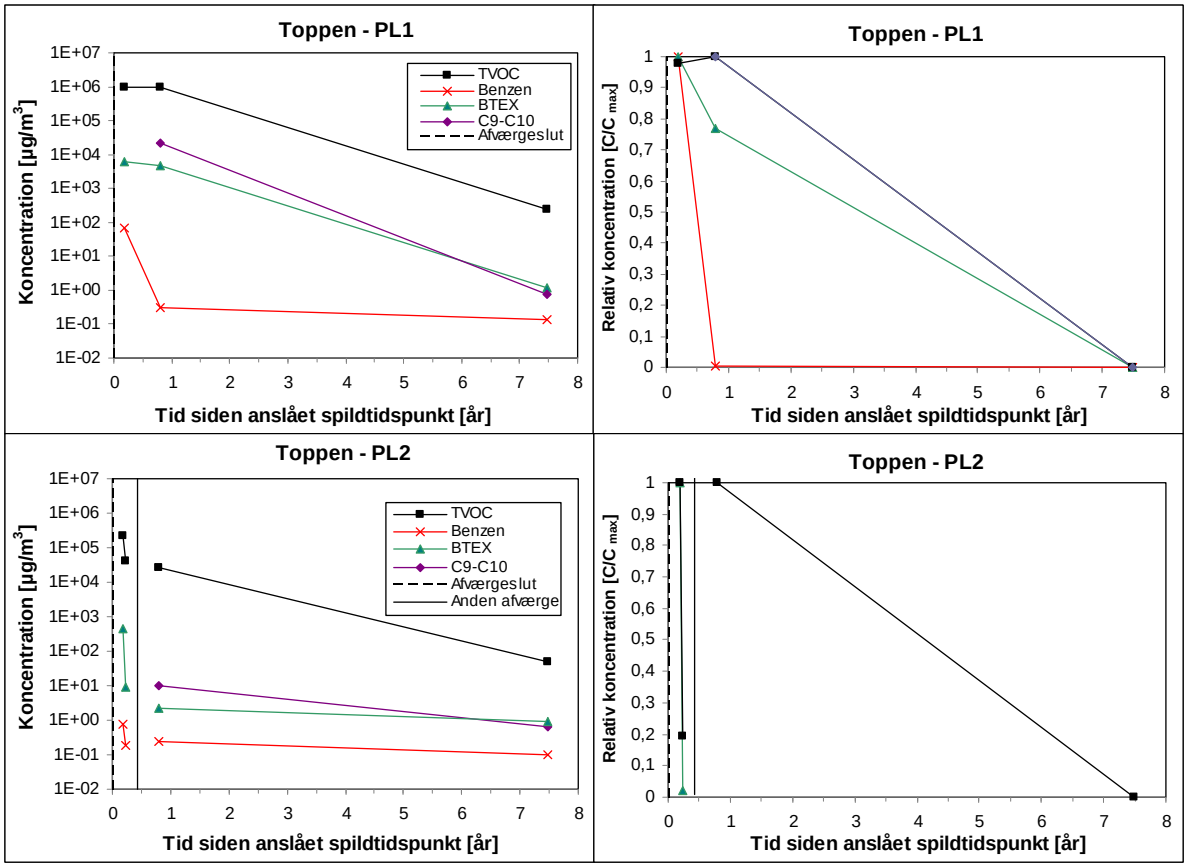
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.56.



Figur B.56. Forureningens vertikale beliggenhed på Toppen i forhold til bygning og punkt for udtagning af poreluftprøver.

Sammenholdes figur B.55 og B.56, fremgår det, at PL2 er udtaget umiddelbart ved siden af området hvor der er etableret passiv ventilation under beboelsen. Der er udført en mindre afgravning i området hvor PL2 er udtaget. Afgravningen omfattede udelukkende udskiftning af fliser og i mindre omfang fyldsand umiddelbart under fliserne. Samlet blev der fjernet 380 kg olieforurenet sten og sand. I figur B.57 benævnes denne oprensning "anden afværge". Pga. omfanget af denne oprensning vurderes den ikke at have influeret på poreluftmålingerne ved PL1, hvor anden oprensning ikke er præsenteret sammen med poreluftmålingerne fra PL1.

Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen og sum af BTEX målt i PL2 fremgår af figur B.57.



Figur B.57. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften under gulvet.

Som det fremgår af figur B.57 er der i PL1 set over hele perioden konstateret faldende poreluftkoncentrationer af alle forureningskomponenter. I PL2 er måleserien afbrudt af en afgravning og udskiftning af fliser, hvorfor der er opstillet to måleserier for TVOC i dette punkt.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for HB1.

BORING HB1

Dybde		Jordartsbeskrivelse		Lugt	PID
0,0		SAND		-	-
0,7		SMELTEVANDSSAND, brunt, tørt/fugtigt	*	2-3	471
1,0		SMELTEVANDSSAND, brunt, tørt/fugtigt		2-3	363
		SMELTEVANDSSAND, let leret, brunt, fugtigt		2-3	98
2,0		SMELTEVANDSSAND, let leret, brunt, fugtigt		2	130
		SMELTEVANDSSAND, let leret, brunt, fugtigt	*	0-1	80
3,0					

* = prøve udtaget til kemisk analyse

0=ingen lugt 1=svag lugt 2=lugt 3=kraftig lugt

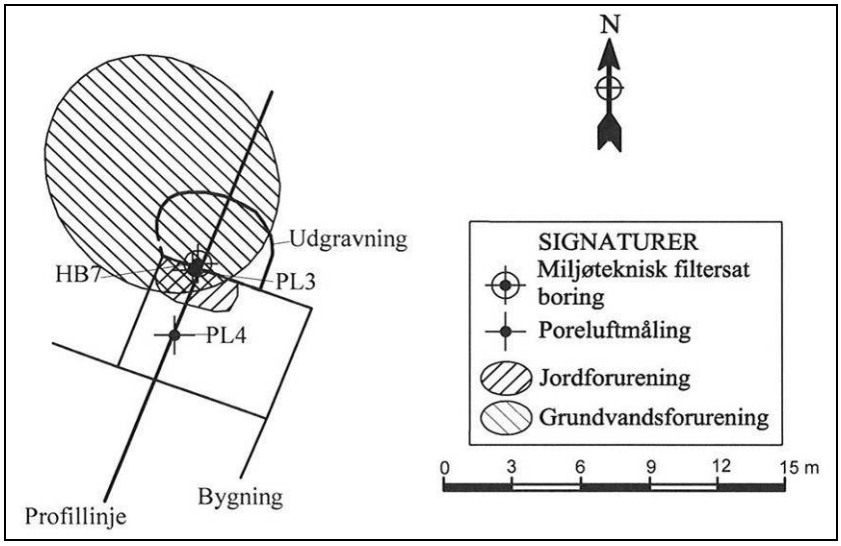
Sagsnr.:	
Lokalitet: Toppen	
Dansk Miljørådgivning A/S	

B.20: Kærvej [passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

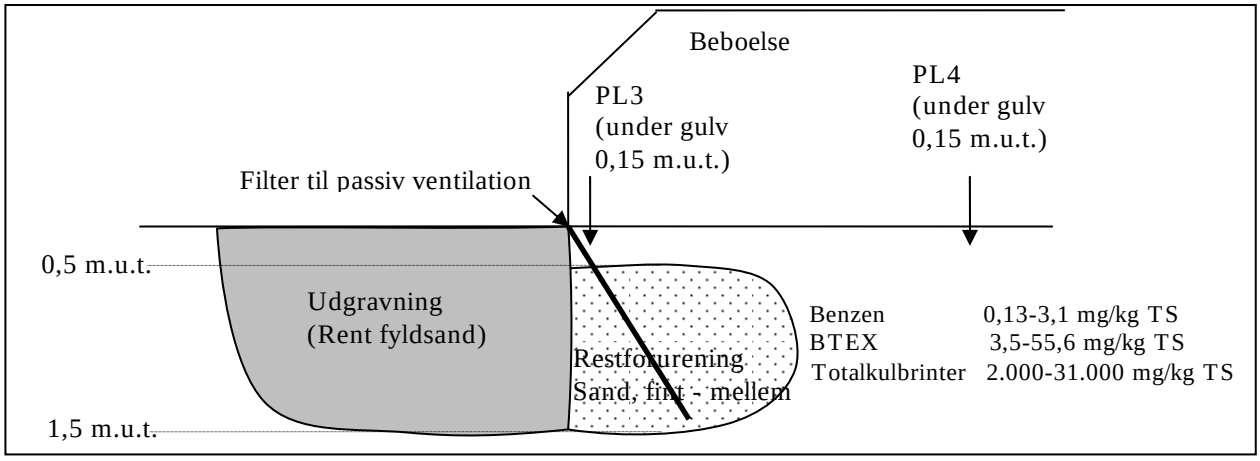
På Kærvej er der inddraget poreluftmålinger fra to positioner, hvor der er udtaget poreluftprøver af tre til fire omgange efter opgravning. Den ene position er i det oprindelige sagsforløb benævnt PL2 og PL3, mens den anden position er benævnt PL1 og PL4. I det følgende benævnes positionerne konsekvent henholdsvis PL3 og PL4. Umiddelbart efter opgravningen blev der etableret tre filtre til passiv ventilation af jordforureningen. Udtagene blev ført til terræn og afsluttet med en svanehals. Restforureningen er anslået til ca. 15-25 tons fyringsolieforurenet jord. Spildet for denne fyringsolieforurening er konstateret den 20. december 2004.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.58, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.59.



Figur B.58. Oversigtsplan.

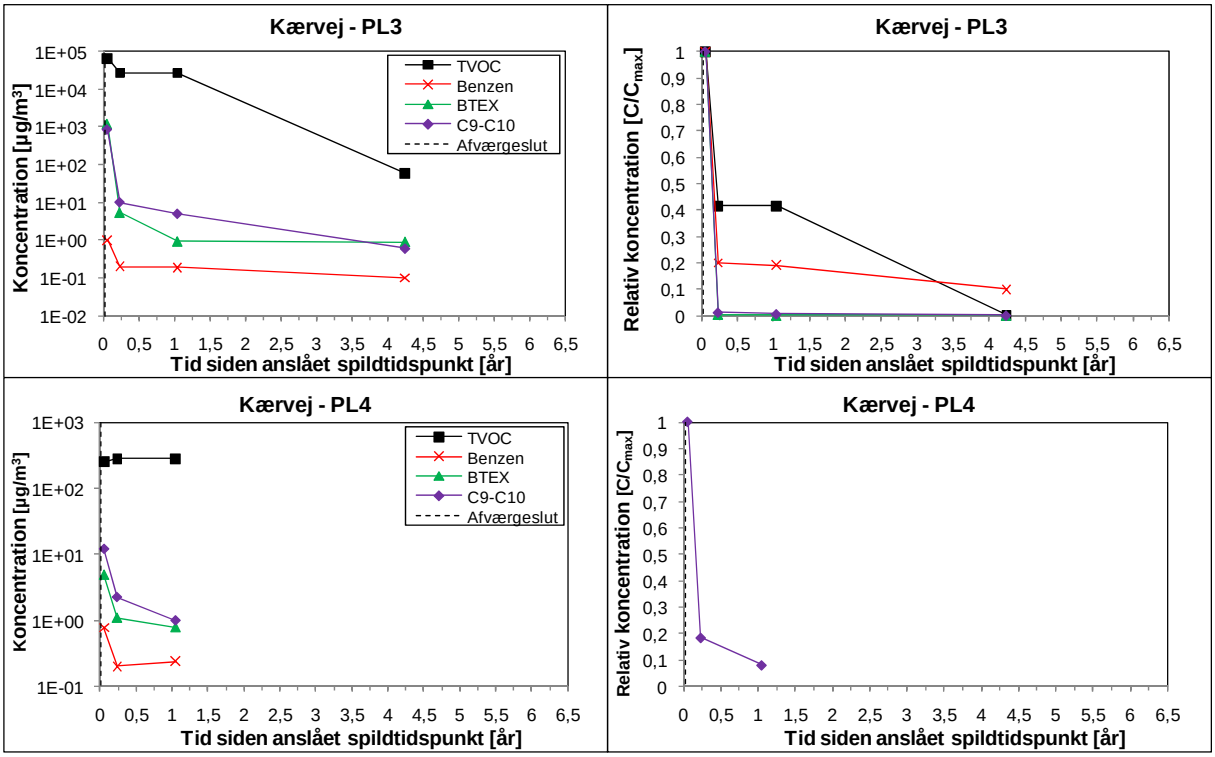
En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.59.



Figur B.59. Forureningens vertikale beliggenhed på Kærvej i forhold til bygning og poreluftpositioner.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i PL3 og PL4 fremgår af figur B.60.

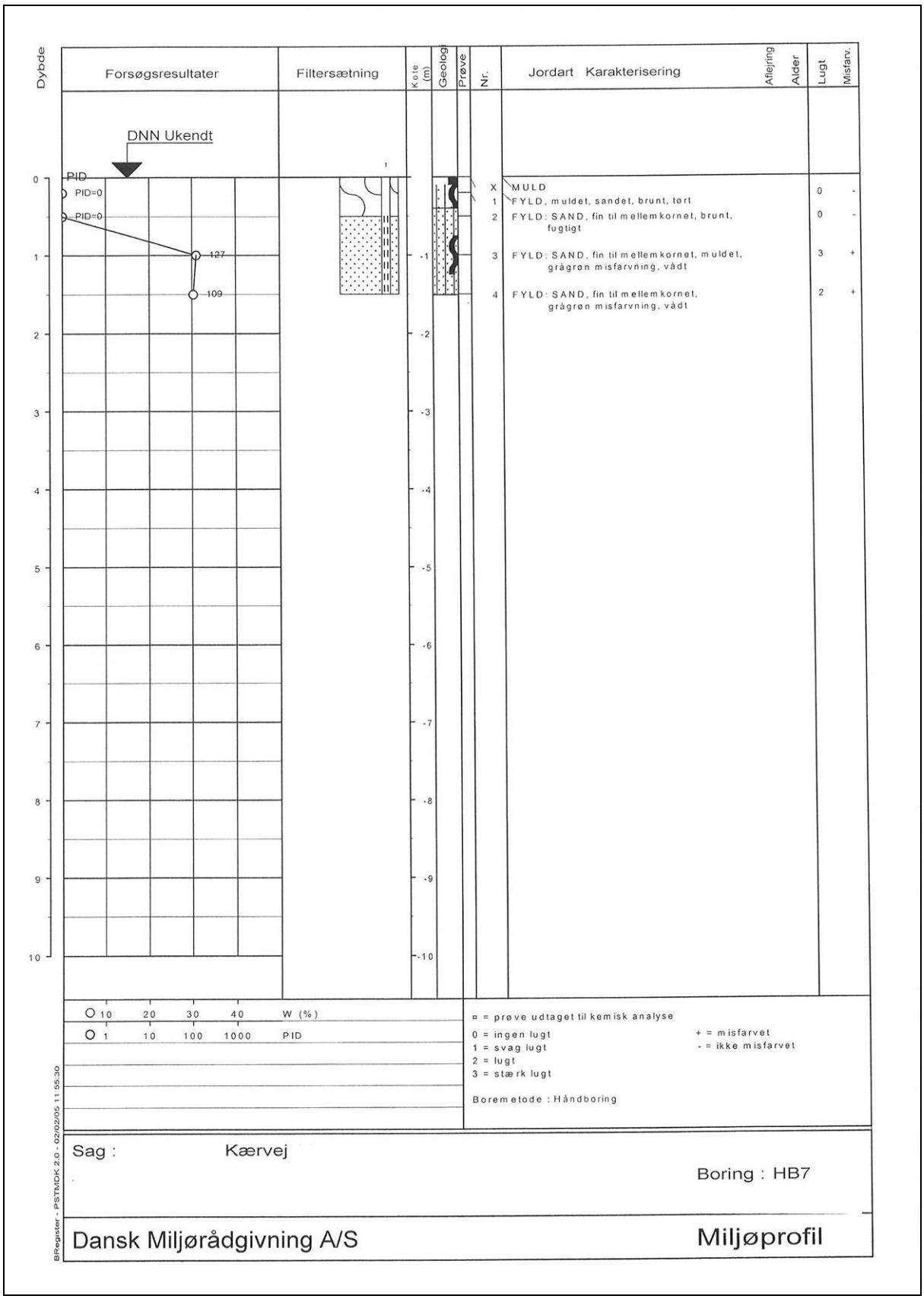


Figur B.60. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (0,15 m.u.t.) efter opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.60 falder alle de moniterede kulbrintefraktioner i både PL3 og PL4 fra første til anden moniteringsrunde (< 3 mdr.) med mere end 50 %. Det fremgår endvidere at alle de moniterede komponenter i PL3 er reduceret med minimum 90 % efter ca. 4,5 år.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB7.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
PID
PID=0
PID=0
127
109
X MULD
1 FYLD, muldet, sandet, brunt, tørt
2 FYLD: SAND, fin til mellemkornet, brunt, fugtigt
3 FYLD: SAND, fin til mellemkornet, muldet, grågrøn misfarvning, vådt
4 FYLD: SAND, fin til mellemkornet, grågrøn misfarvning, vådt
0 -
0 -
3 +
2 +
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode : Håndboring
Sag : Kærvej
Boring : HB7
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 02/02/05 11:55:30

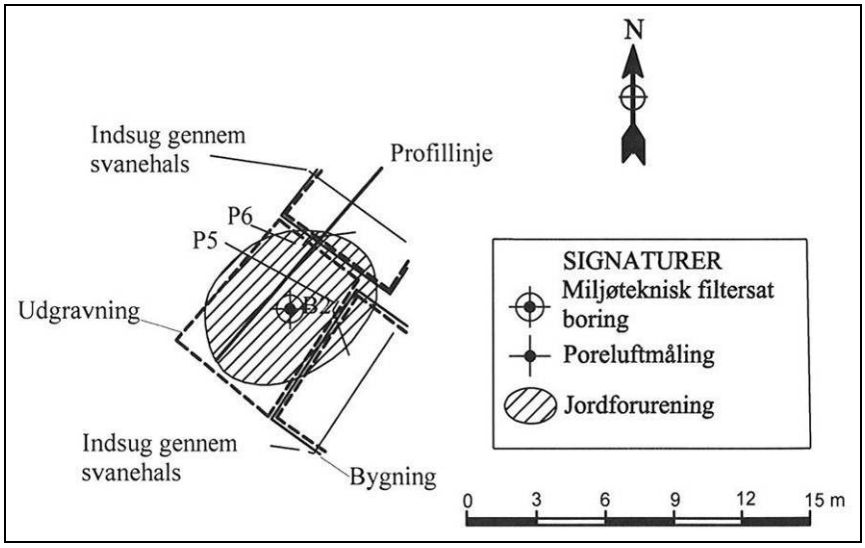
B.21: Harevej [passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Harevej er der udtaget poreluftprøver i to positioner (P5 og P6) af to omgange efter opgravning af forurenet jord. Spildet er konstateret den 25. juli 2002 og er anslået til ca. 750 L. Der er efterladt en restforurening, som er vurderet at udgøre ca. 340 tons forurenet jord.

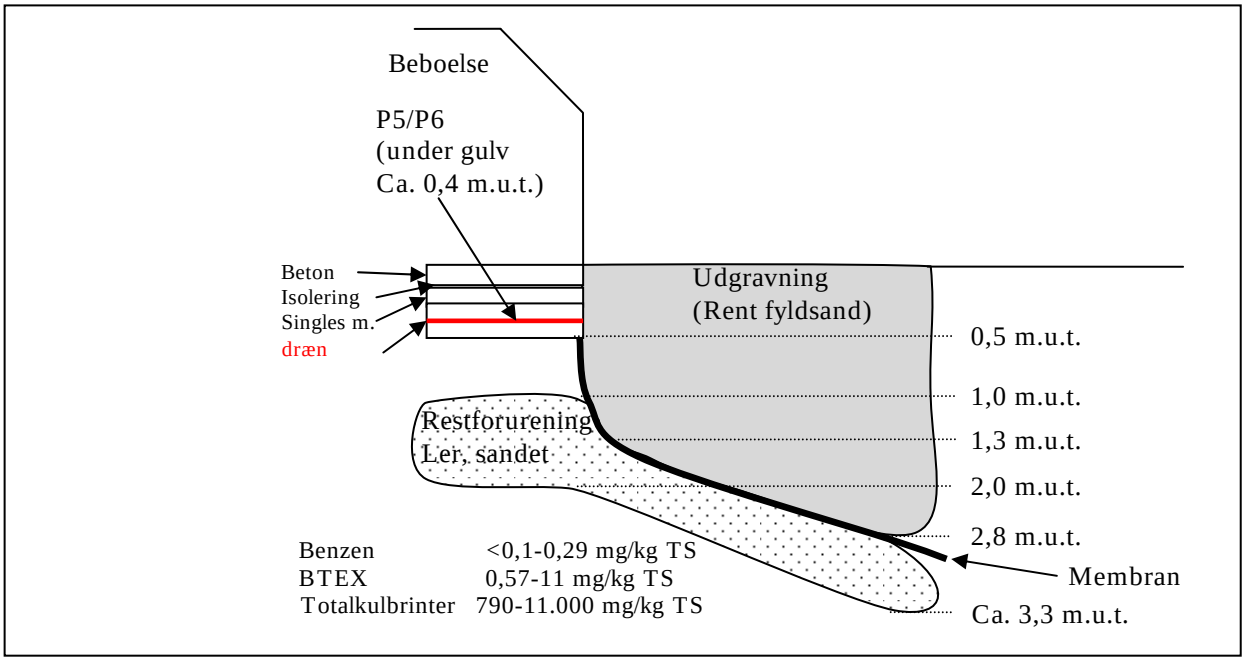
Poreluftprøverne er udtaget fra faste poreluftstationer, etableret i et lag af lecanødder, som er udlagt under en ny gulvkonstruktion. I lecalaget er der ligeledes udlagt dræn til passiv ventilation.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.61, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.62.



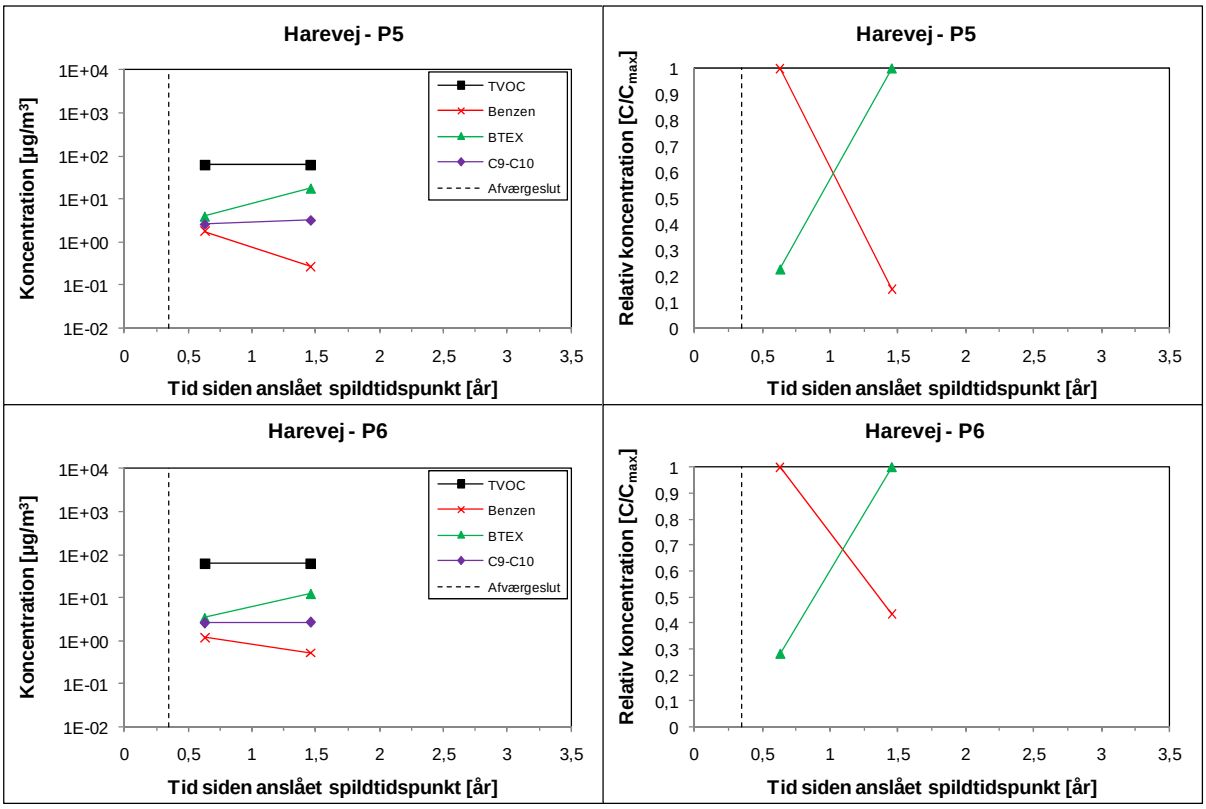
Figur B.61. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.62. Det bemærkes, at P5 og P6 er udtaget i to forskellige bygninger, men i ca. samme dybder og positioner i bygningerne, samt med omtrent identiske afstande til efterladt restforurening.



Figur B.62. Forureningens vertikale beliggenhed på Harevej i forhold til bygninger og positioner for udtagning af poreluftprøver.

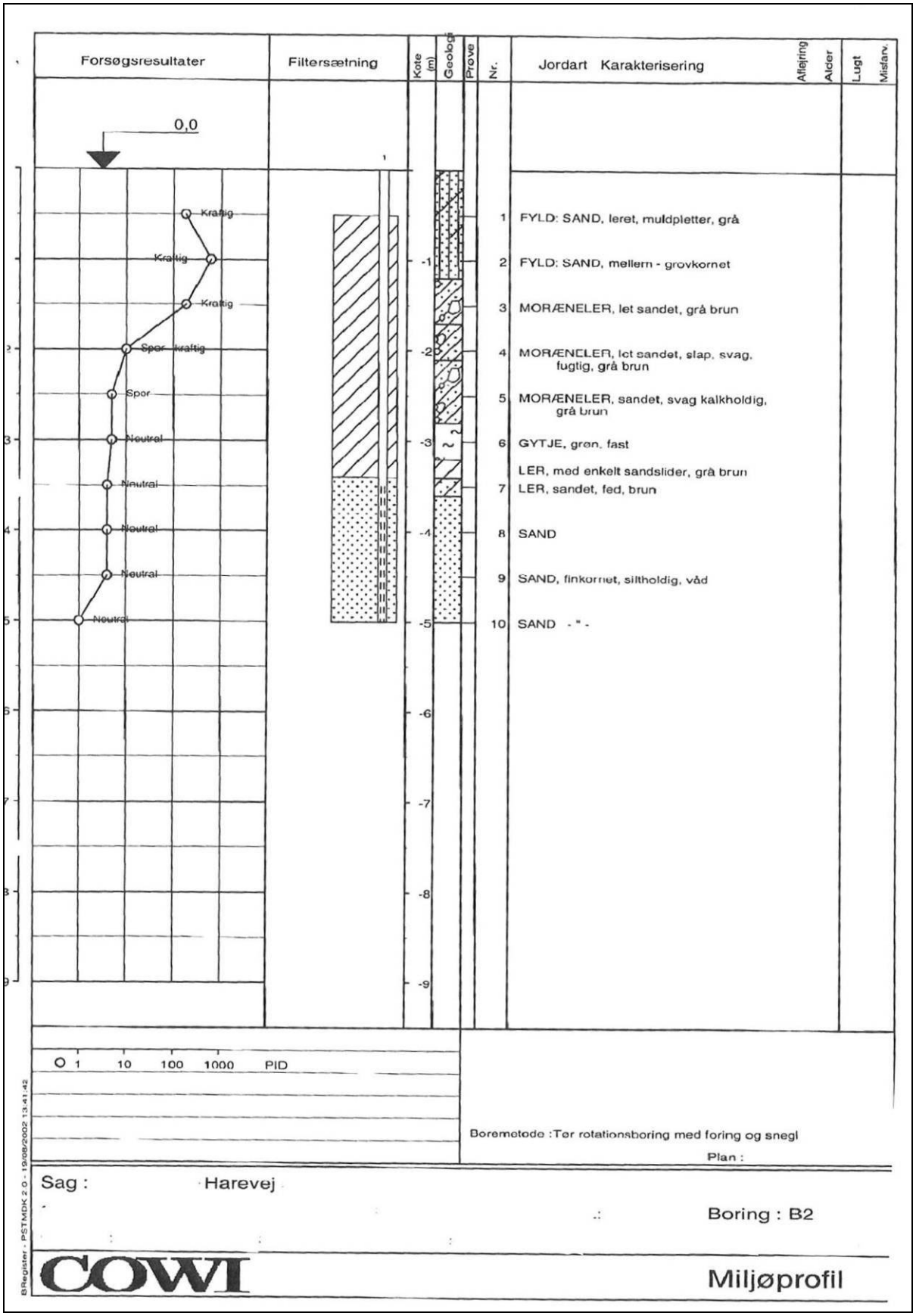
Poreluftmålinger Resultater for benzen og sum af BTEX målt i P5 og P6 fremgår af figur B.63.



Figur B.63. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften over restforureningen.

Som det fremgår af figur B.63 er der konstateret fald i poreluftkoncentrationen af benzen på 60-80% over en periode på ca. et år. Det fremgår endvidere, at der i samme periode er konstateret en stigning i den samlede poreluftkoncentration af BTEX'er med 70-80%.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B2.

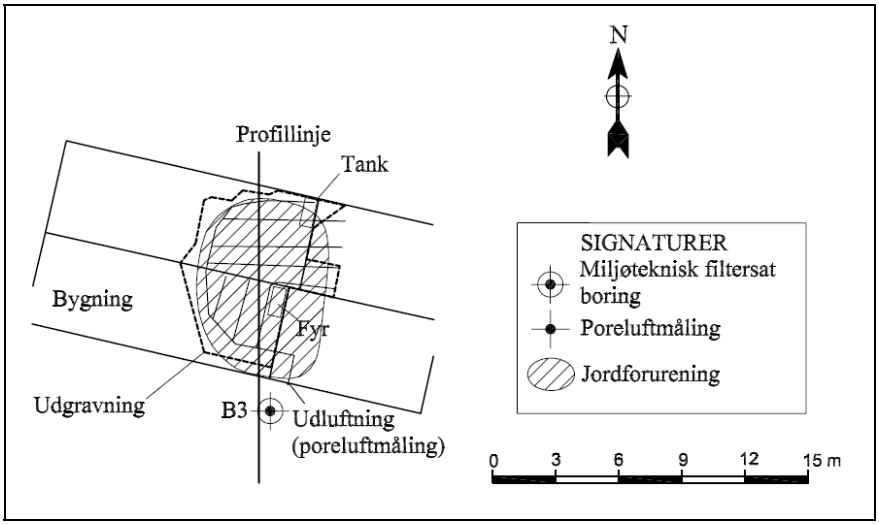


B.22: Holmevej [passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

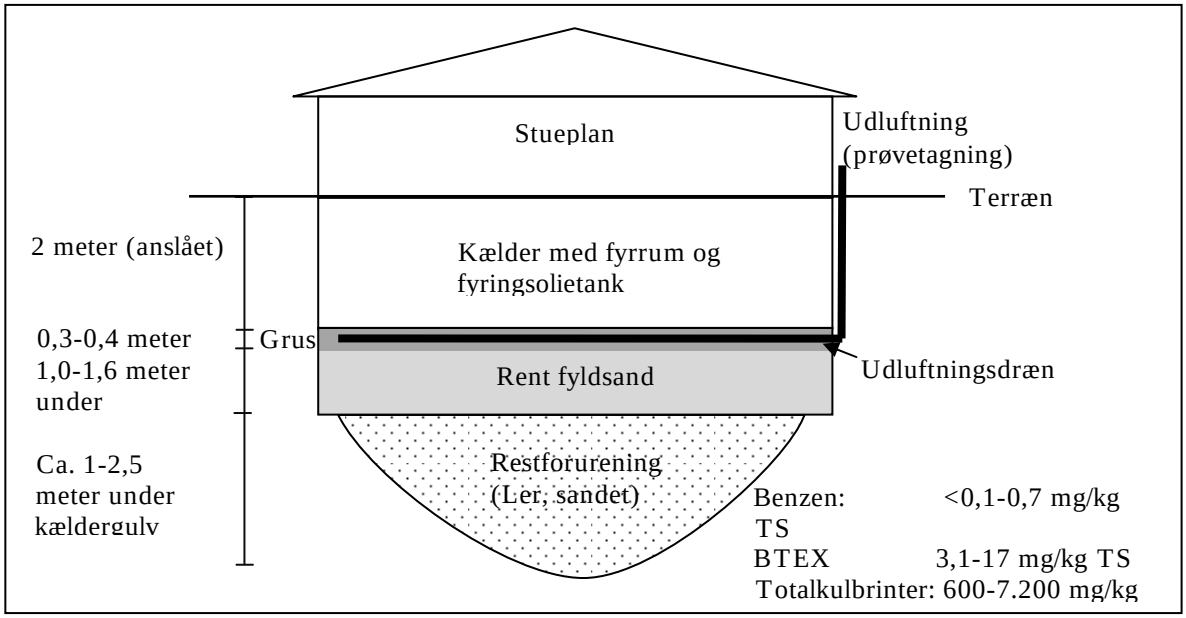
På Holmevej er der udtaget poreluftprøver af to gange efter opgravning. Målingerne, som er udført efter oprensningen, er udtaget fra et passivt udluftningsdræn beliggende over en restforurening, som i forbindelse med undersøgelserne er anslået til ca. 50-75 tons fyringsolieforurenet jord. Spildet blev opdaget i efteråret 2003, men er ikke nærmere dateret. Spildtidspunktet er derfor sat til 1. juli 2003.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.64, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.65.



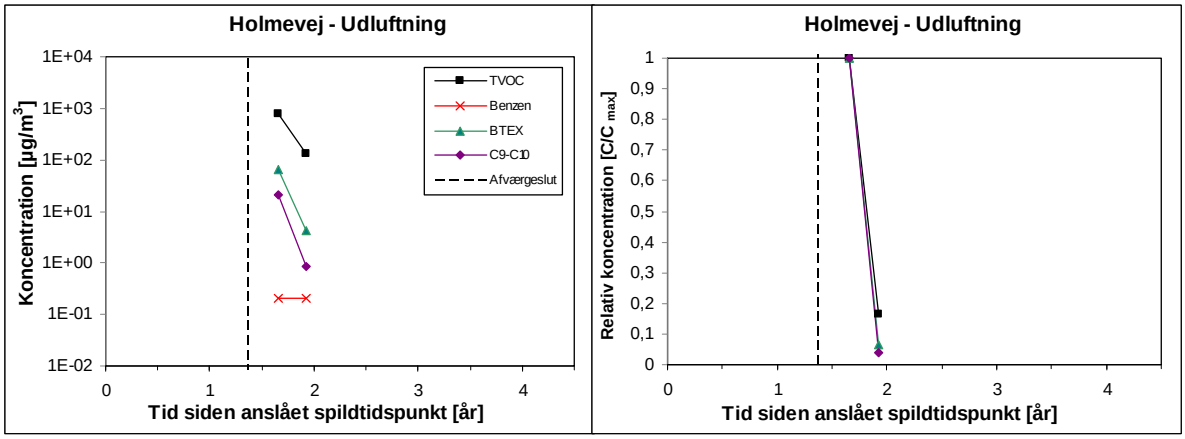
Figur B.64. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten med relevante data fremgår af figur B.65.



Figur B.65. Forureningens vertikale beliggenhed på Holmevej i forhold til bygning og punkt for udtagning af poreluftprøver (i udluftningsdræn).

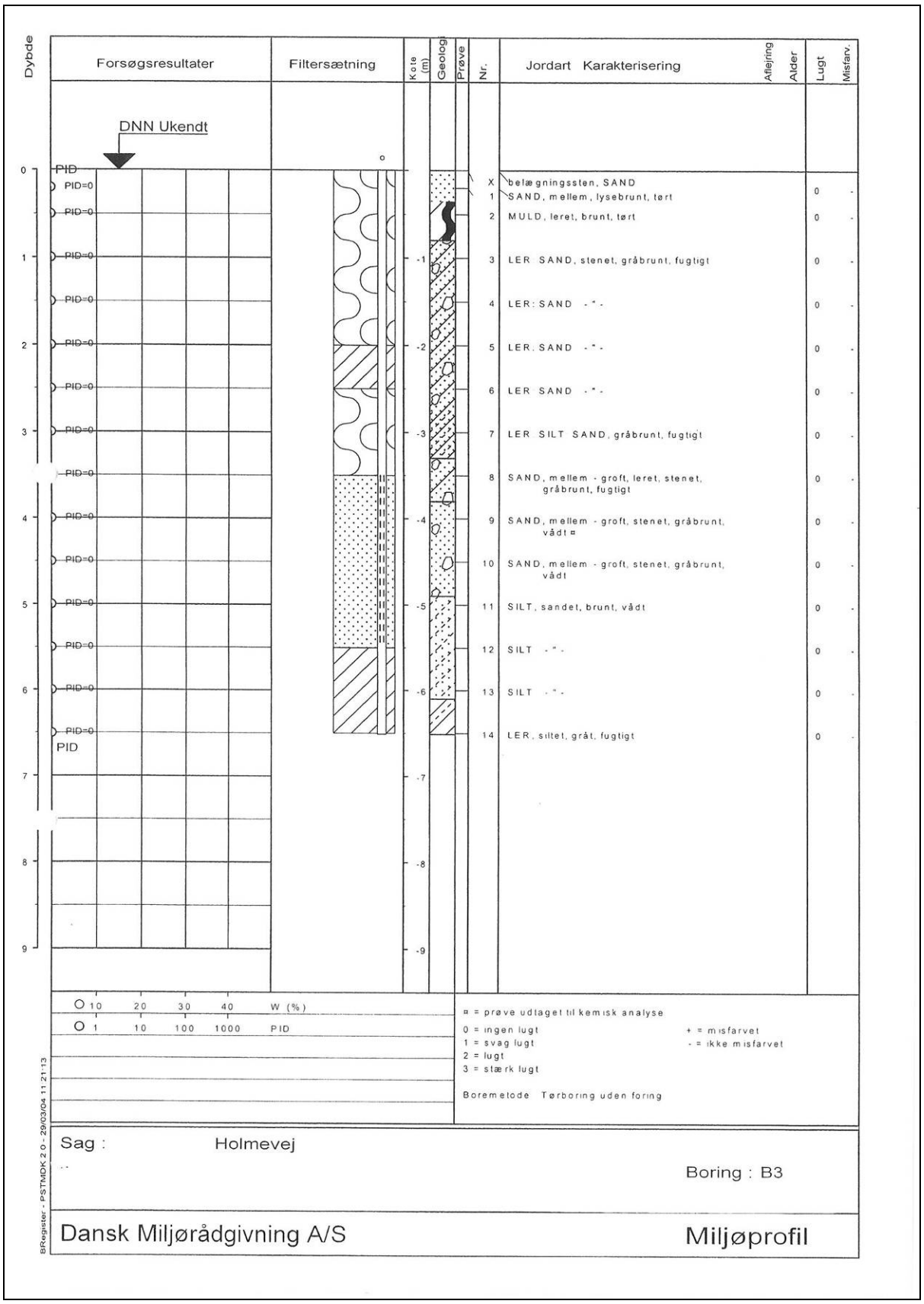
Poreluftmålinger Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i udluftningen fra afværgedrænet fremgår af figur B.66.



Figur B.66. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluftdrænet under kældergulvet.

Som det fremgår af figur B.66 indikerer de udtagne poreluftprøver, at der forekommer et relativt kraftigt fald i indhold af alle moniterede forureningskomponenter i poreluften over en periode på 2-3 mdr. Dette er sandsynligvis forceret som en konsekvens af det installerede ventilationsdræn som dermed tilfører ilt til biologisk nedbrydning og bortventilerer flygtige oliekomponenter.

Boreprofiler På følgende side ses boreprofil for B3.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geologi
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
DNN Ukendt
PID
PID=0
PID
X belægningssten, SAND
1 SAND, mellem, lysebrunt, tørt
2 MULD, leret, brunt, tørt
3 LER SAND, stenet, gråbrunt, fugtigt
4 LER: SAND - " -
5 LER. SAND - " -
6 LER SAND - " -
7 LER SILT SAND, gråbrunt, fugtigt
8 SAND, mellem - groft, leret, stenet, gråbrunt, fugtigt
9 SAND, mellem - groft, stenet, gråbrunt, vådt ¤
10 SAND, mellem - groft, stenet, gråbrunt, vådt
11 SILT, sandet, brunt, vådt
12 SILT - " -
13 SILT - " -
14 LER, siltet, gråt, fugtigt
W (%)
PID
¤ = prøve udtaget til kemisk analyse
0 = ingen lugt
1 = svag lugt
2 = lugt
3 = stærk lugt
+ = misfarvet
- = ikke misfarvet
Boremetode Tørboring uden foring
Sag : Holmevej
Boring : B3
Dansk Miljørådgivning A/S
Miljøprofil
BRegister - PSTMDK 2.0 - 29/03/04 11:21:13

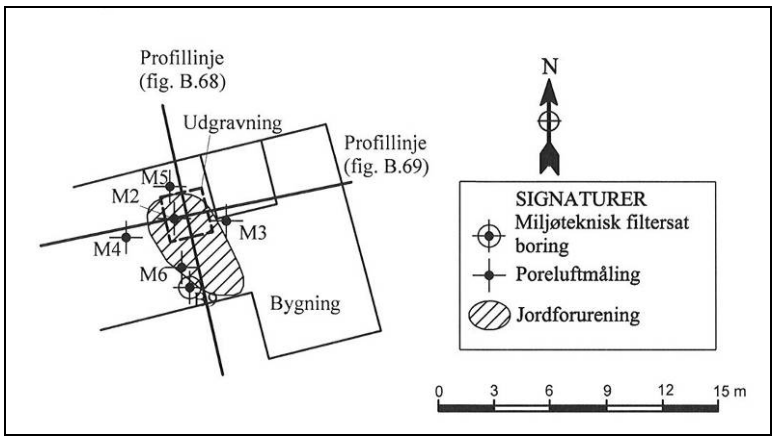
B.23: Tislumvej [passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

På Tislumvej er der inddraget poreluftmålinger fra 5 positioner (M2-M6), hvor der er udtaget prøver af tre omgange efter en delvis oprensning af forurenet jord. Samtlige målinger er udtaget i faste poreluftstationer, som er etableret under gulvet i et lag bestående af singles og hvori der er indlagt drænrør til passiv ventilation samt for at fremme biologisk omsætning ved iltning. Restforureningen er estimeret til ca. 210 tons forurenet jord.

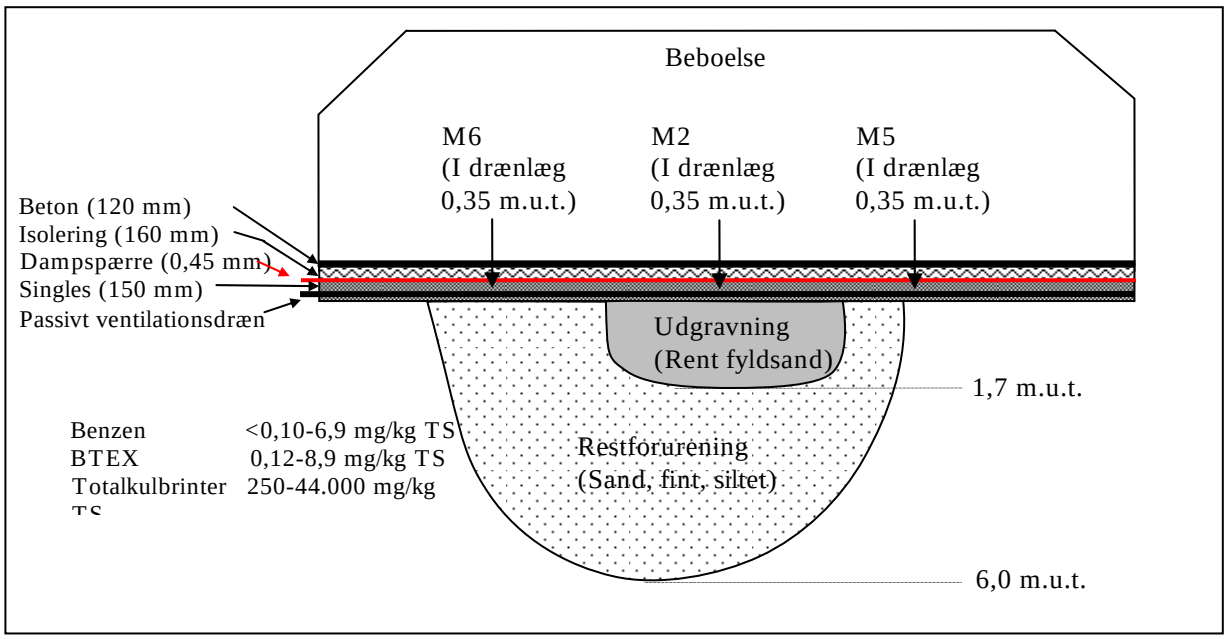
Spildet er konstateret den 18. januar 2002, hvor spildet blev konstateret pga. lugt af gasolie efter flytning af et skab i et soveværelse. Efterfølgende blev det ved opbrydning af gulvet i fyrrummet konstateret at sugeledningen var gennemtæret. Da grundejer ikke har bemærket uregelmæssigheder ved fyringsolieforbruget kan spildet have pågået over en længere periode. Tidspunktet for spildet er sat til dagen hvor det blev opdaget.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.67, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittene, som fremgår af figur B.68 og B69.

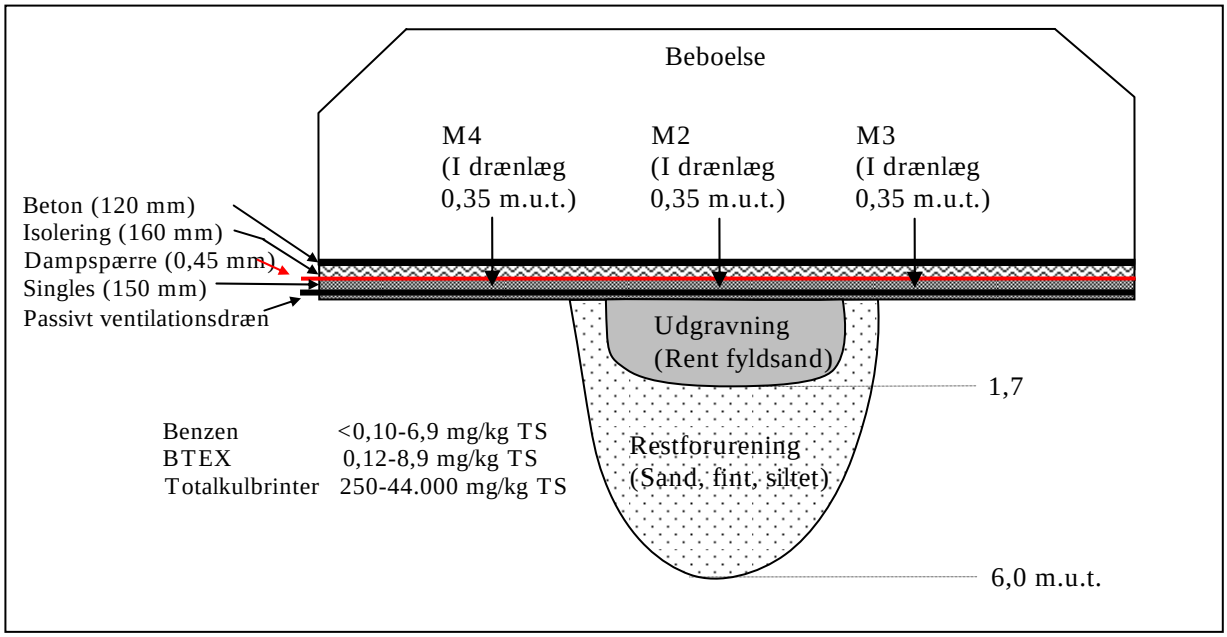


Figur B.67. Oversigtsplan.

En principskitse over lokaliteten i snittet fra nord til syd fremgår af figur B.68, mens en principskitse over lokaliteten i snittet fra vest til øst fremgår af figur B.69.



Figur B.68. Forureningens vertikale beliggenhed på Tislumvej i forhold til bygning og poreluftpositioner. Skitsen illustrerer et snit fra nord til syd igennem huset som poreluftpositionerne M2, M5 og M6 er projiceret ind på.

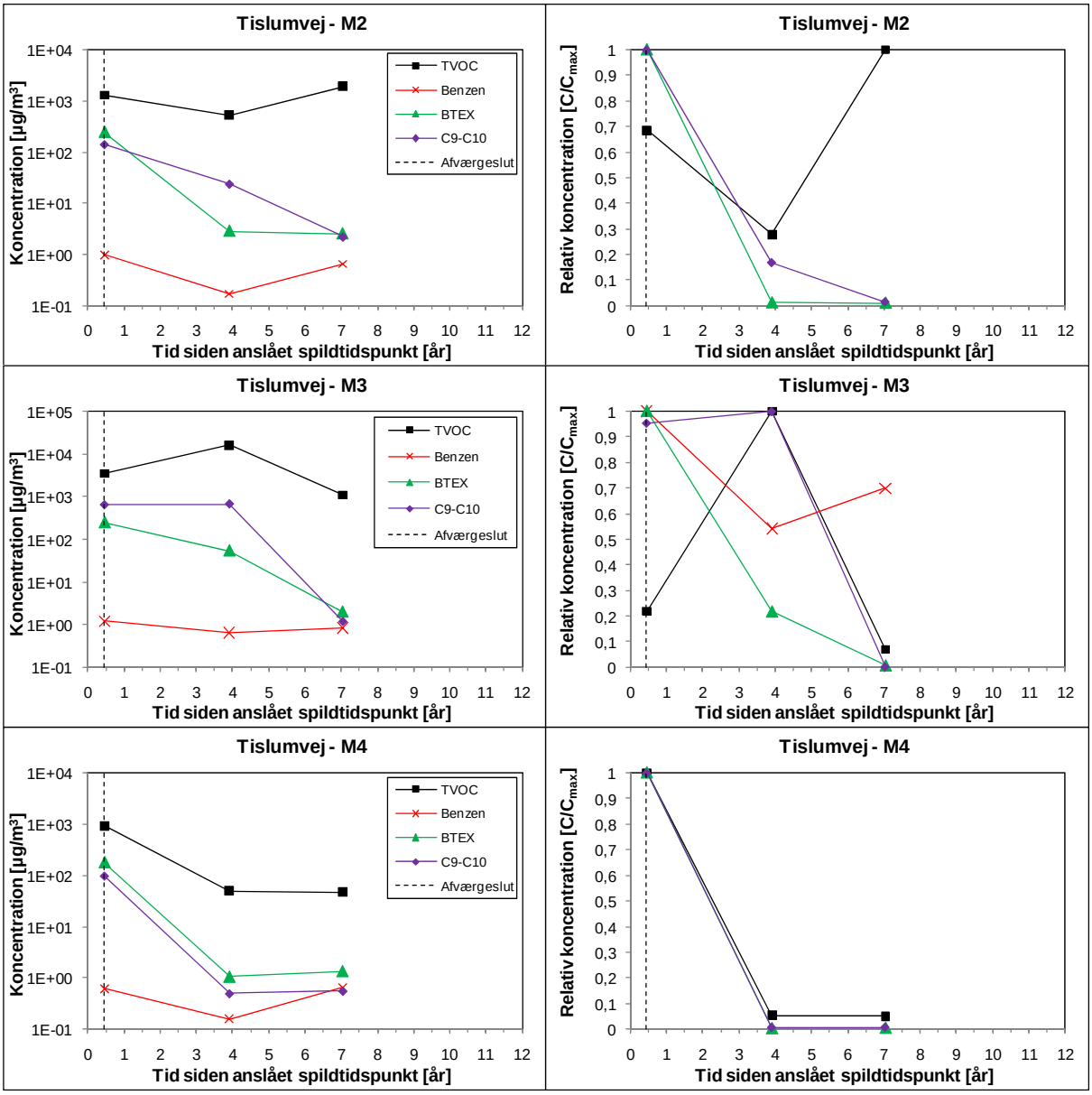


Figur B.69. Forureningens vertikale beliggenhed på Tislumvej i forhold til bygning og poreluftpositioner. Skitsen illustrerer et snit fra vest til øst igennem huset som poreluftpositionerne M2, M3 og M4 er projiceret ind på.

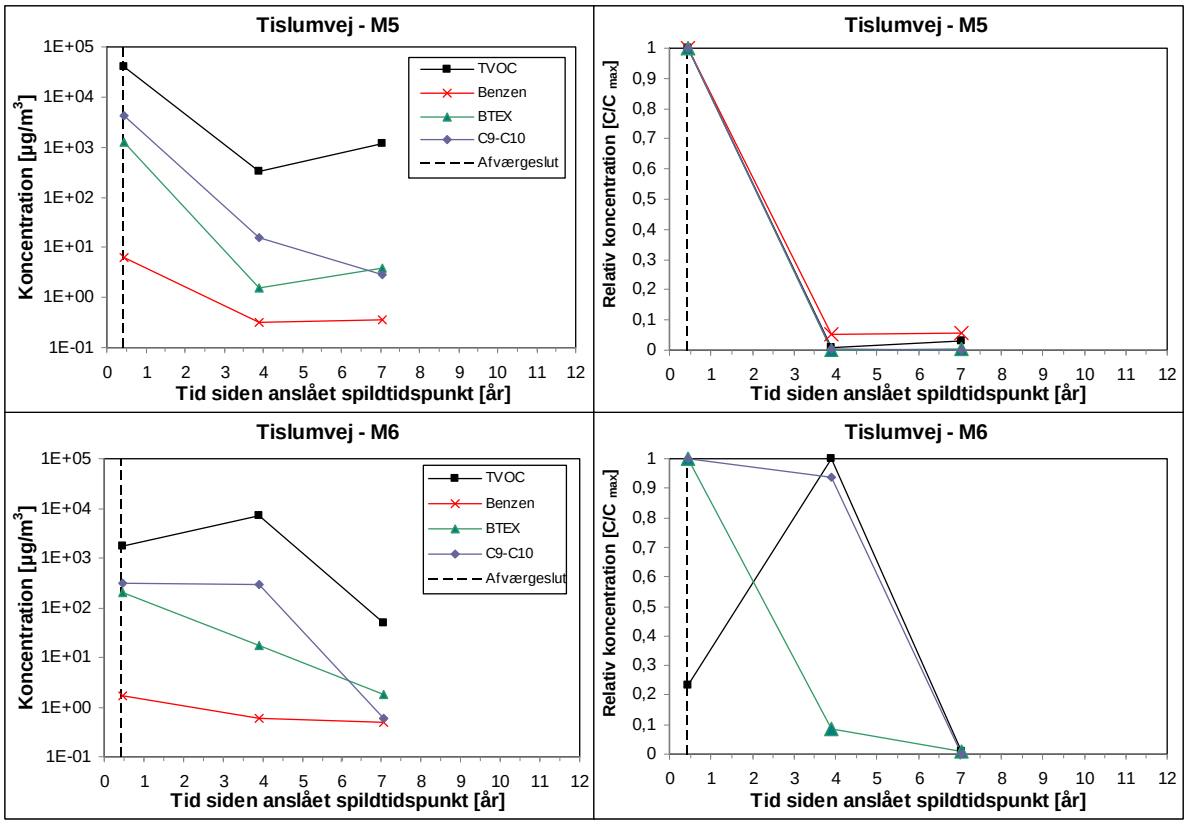
Som det fremgår af figur B.68 og B.69 er M2 og M6 udtaget umiddelbart over restforureningens vurderede udbredelse, mens M3, M4 og M5 er udtaget ved restforureningens kant.

Poreluftmålinger

Resultater for totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen, sum af BTEX og C9/C10-aromater målt i M2 – M6 fremgår af figur B.70.



Figur B.70. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (i drænlag) efter opgravning af forurenet jord.

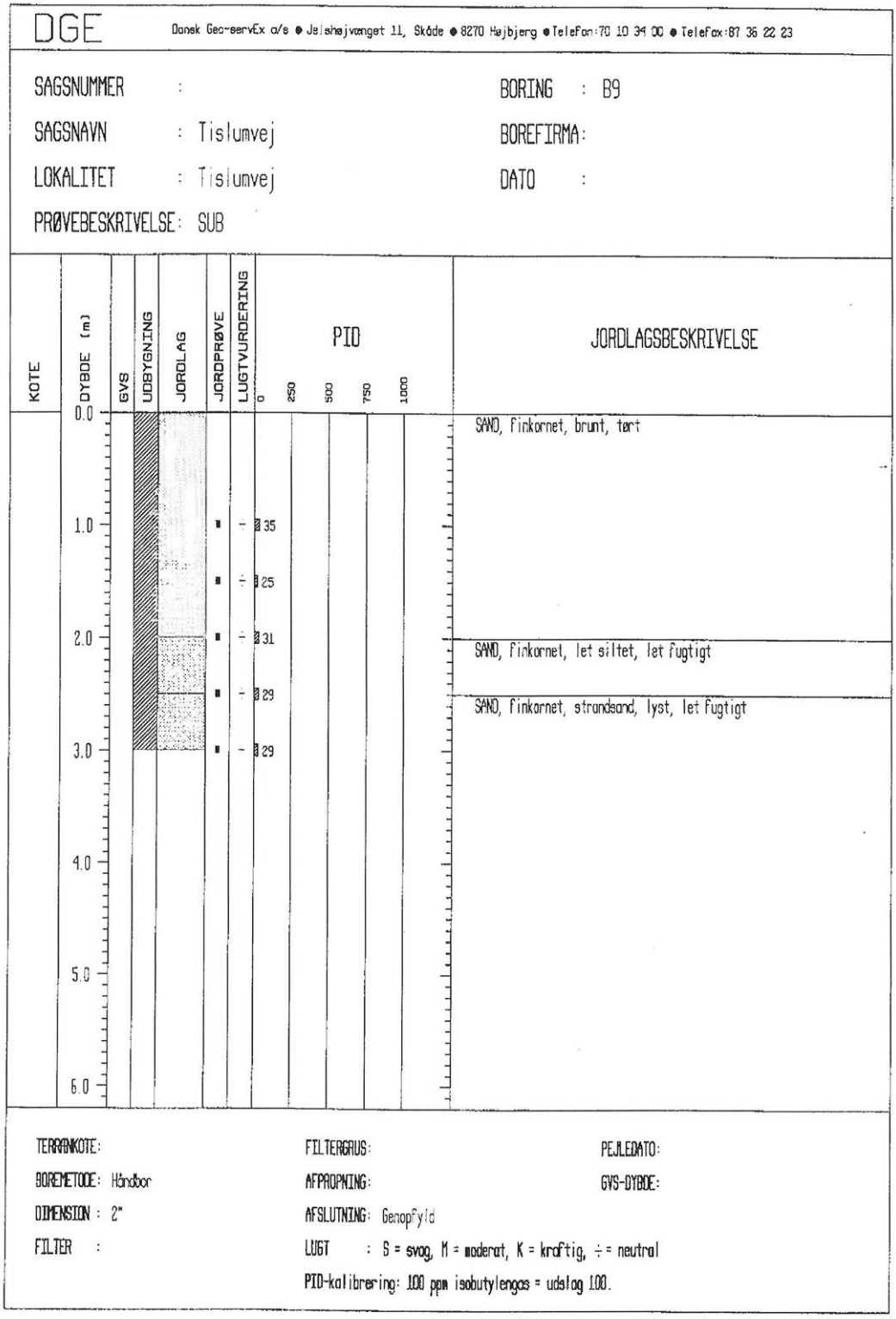


Figur B.70 (fortsat). Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (i drænlag) efter opgravning af forurenet jord.

Som det fremgår af figur B.70 er der i 11 ud af 17 dataserier konstateret entydige fald i poreluftkoncentrationen over tid. I 6 dataserier er de målte poreluftkoncentrationer varierende; og i én af disse 6 positioner, M2 – TVOC er det sidste punkt i dataserien den højst målte koncentration.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for B9.

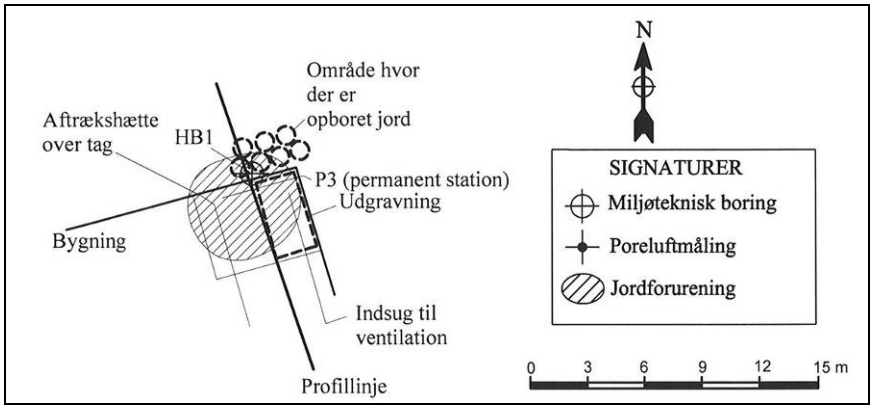

DGE
Dansk Geo-servEx a/s ● Jelshøjvænget 11, Skåde ● 8270 Højbjerg ● Telefon:70 10 34 00 ● Telefax:87 36 22 23
SAGSNUMMER :
SAGSNAVN : Tislumvej
LOKALITET : Tislumvej
PRØVEBESKRIVELSE: SUB
BORING : B9
BOREFIRMA:
DATO :
KOTE
DYBDE (m)
GVS
UDBYGNING
JORDLAG
JORDPRØVE
LUGTVURDERING
PID
0
250
500
750
1000
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
35
25
31
29
29
JORDLAGSBESKRIVELSE
SAND, finkornet, brunt, tørt
SAND, finkornet, let siltet, let fugtigt
SAND, finkornet, strandsand, lyst, let fugtigt
TERRÆNKOTE:
BOREMETODE: Håndbor
DIMENSION : 2"
FILTER :
FILTERGRUS:
AFPROPNING:
AFSLUTNING: Genopfyld
LUGT : S = svag, M = moderat, K = kraftig, ÷ = neutral
PID-kalibrering: 100 ppm isobutylengas = udslag 100.
PEJLEDATO:
GVS-DYBDE:

B.24: Svendborgvej [passiv ventilation]

Beskrivelse af lokalitet og data

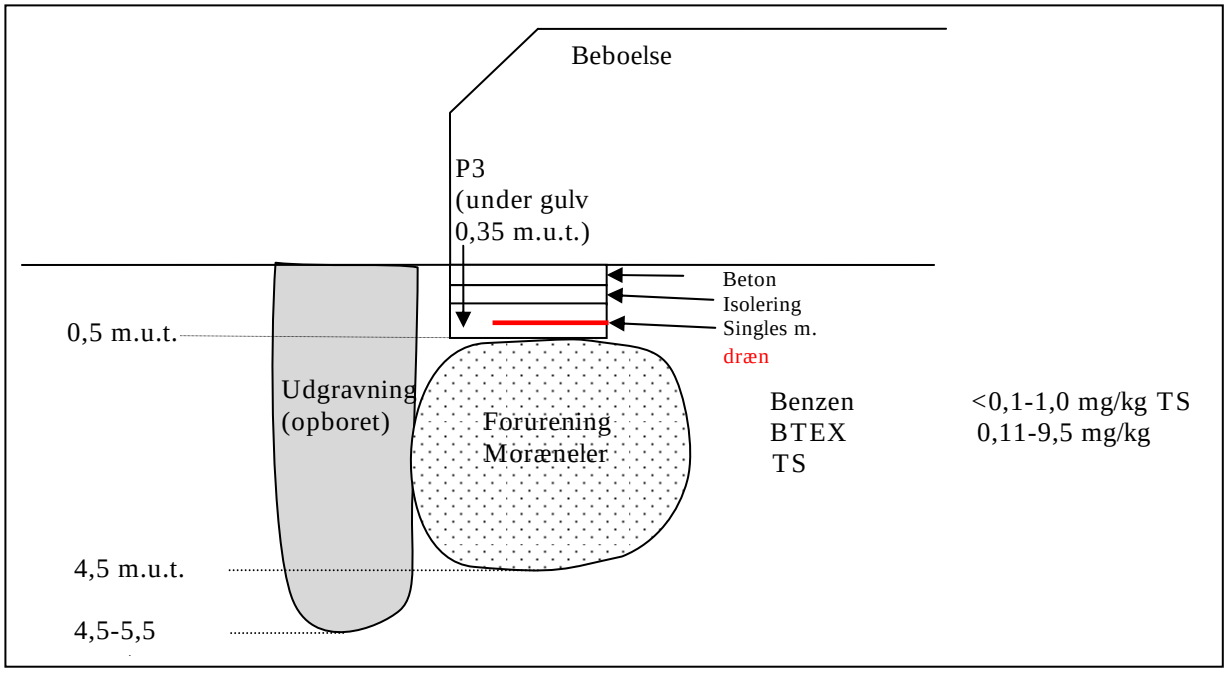
På Svendborgvej er der udtaget poreluftmålinger af to omgange på én position, P3 efter oprensning af forurenet jord og indeklimasikring ved etablering af passiv ventilation fra drænrør udlagt under gulv i et lag af Lecanødder. I samme lag er poreluftstationen, P3, installeret. Der er endvidere udført målinger inden oprensning, men de er ikke udtaget i samme dybder, og er derfor ikke inddraget i denne sammenhæng.

En oversigtsplan over lokaliteten fremgår af figur B.71, sammen med den horisontale beliggenhed af profilsnittet, som fremgår af figur B.72.



Figur B.71. Oversigtsplan.

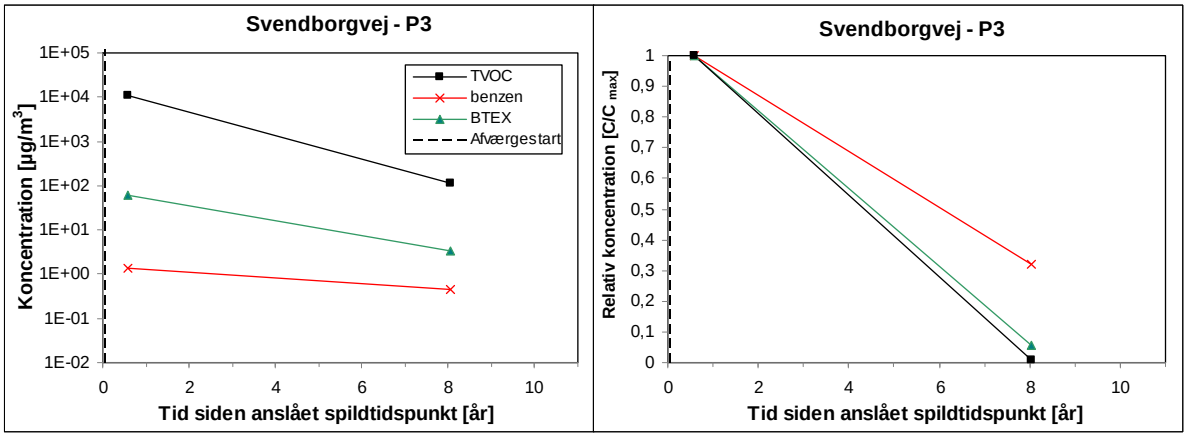
En principskitse over lokaliteten fremgår af figur B.72.



Figur B.72. Forureningens vertikale beliggenhed på Svendborgvej i forhold til bygning og punkt for udtagning af poreluftprøver.

Poreluftmålinger

Resultater for måling af totalindhold af kulbrinter (TVOC), benzen og sum af BTEX fra P3 fremgår af figur B.73.

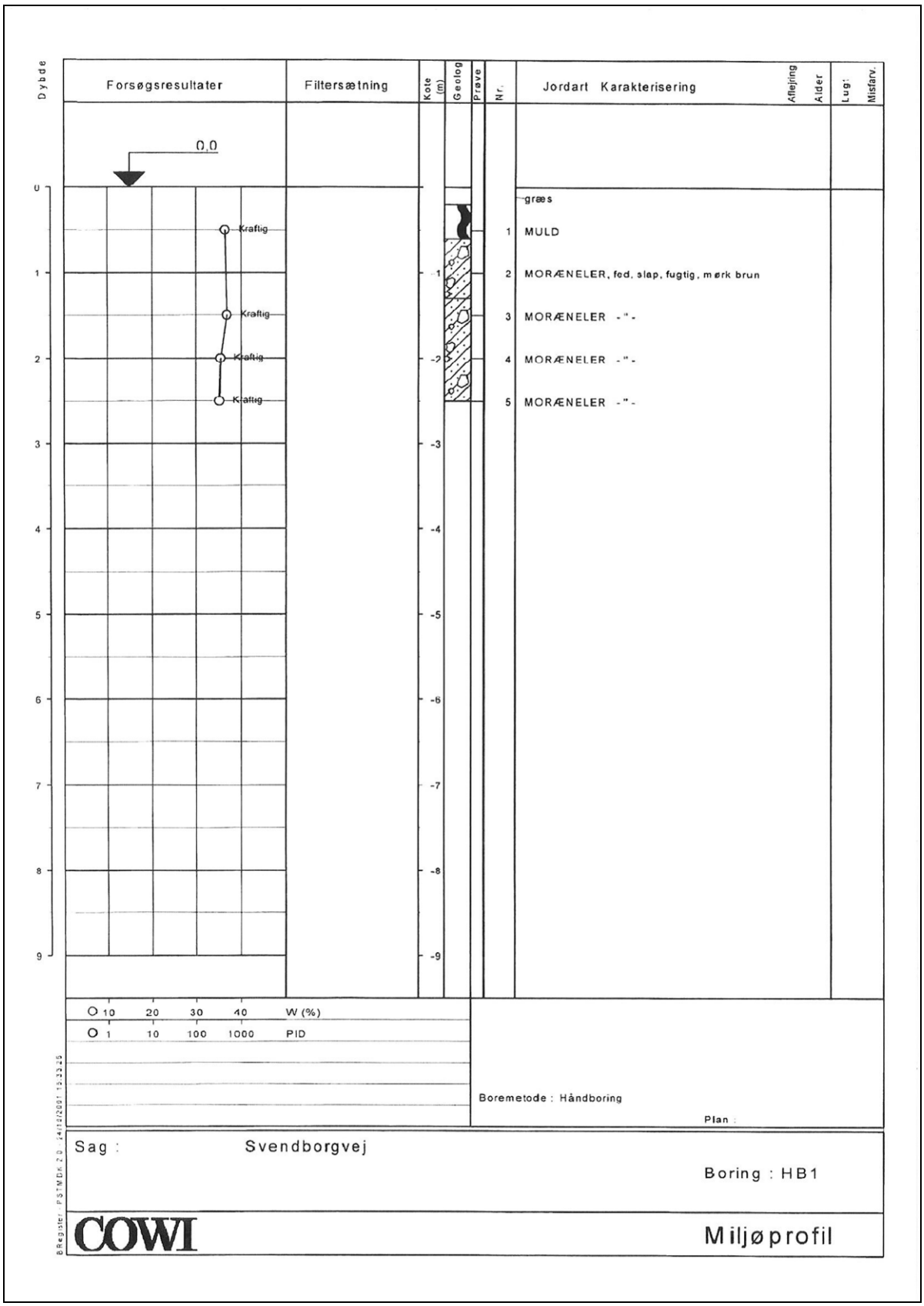


Figur B.73. Analyseresultater for monitering af kulbrinter i poreluften (i drænlag) efter opgravning af forurenet jord. Der foreligger ingen data for måling af C9-C10 aromater i P3.

Af figur B.73 fremgår det at der poreluftskoncentrationen af TVOC, benzen og BTEX reduceres med mellem ca. 95 og 65% over en periode på ca. 7 år.

Boreprofiler

På følgende side ses boreprofil for HB1.


Dybde
Forsøgsresultater
Filtersætning
Kote (m)
Geolog
Prøve
Nr.
Jordart Karakterisering
Aflejring
Alder
Lugt
Misfarv.
0,0
Kraftig
Kraftig
Kraftig
Kraftig
græs
1 MULD
2 MORÆNELER, fed, slap, fugtig, mørk brun
3 MORÆNELER -"-
4 MORÆNELER -"-
5 MORÆNELER -"-
W (%)
PID
Boremetode : Håndboring
Plan :
Sag : Svendborgvej
Boring : HB1
COWI
Miljøprofil

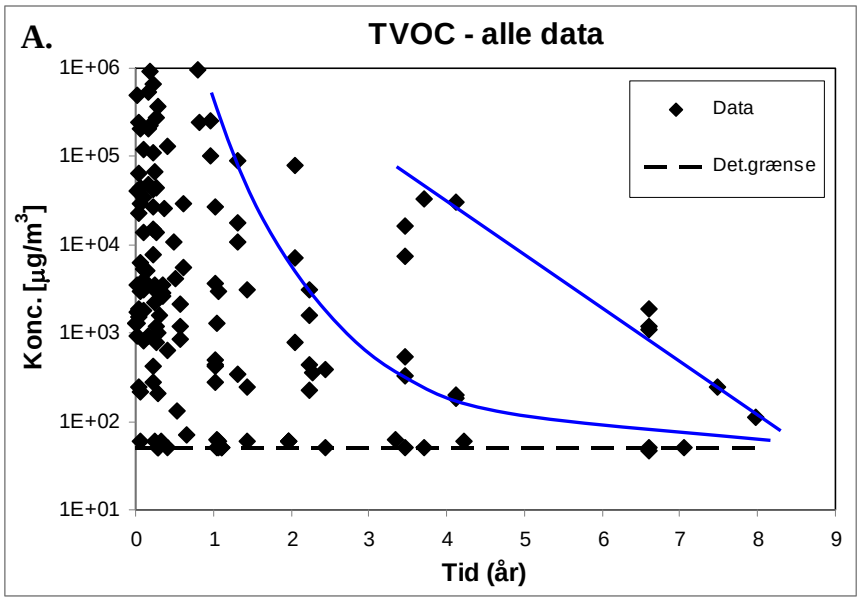
Bilag C: Fraktilestimater

For at få en struktureret og kvantitativ databearbejdning, er der for hver dataanalyse i rapportens afsnit 2, optegnet estimerede tidslige fraktilplots for de scatterdata, der er præsenteret i de viste plots:

Plot A: Koncentration som funktion af tid efter spildtidspunkt/afværge-afslutning.
Plot B: Normeret koncentration (C/Cmax) som funktion af tid efter spildtidspunkt/afværgeafslutning.

I det følgende er den statistiske procedure, der ligger til grund for estimering af henholdsvis 50, 75 og 90 % fraktiler for de indsamlede poreluftdata, beskrevet – via et eksempel baseret på TVOC-data fra alle poreluftmålepunkter under ét (jf. afsnit 2.3.1).

Scatterdata for TVOC – plot A for alle data – er således vist i figur C.1. Som det fremgår af figur C.1 er der meget stor forskel på datatætheden til forskellige tidspunkter, således at datatætheden er betydeligt højere i starten end i slutningen af tidsaksen. Samtidig observeres nogle visuelle tendenser for de øvre niveauer i datasværmen, som (på øjemål) er indtegnet med blå linjer i plottet. "Problemet" er at de indtegnede blå linjer afhænger af øjnene der ser, og primært repræsenterer de ekstreme værdier i datamaterialet. Endvidere, hvordan afvejes de to tendenser? Og hvad er middeltendensen?



Figur C.1. Scatterplot for TVOC – alle poreluftmålepunkter.

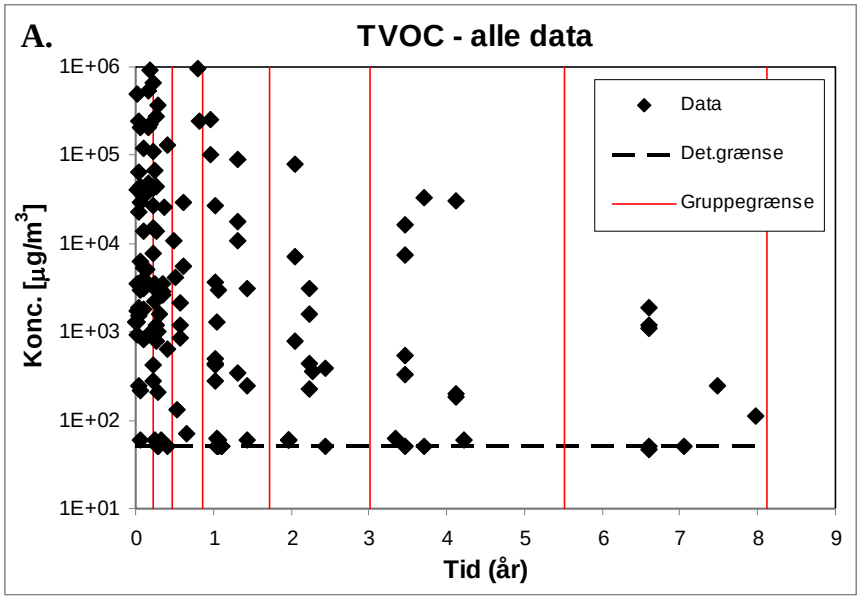
For at undgå subjektivitet i datatolkningen er der opstillet en standardiseret metodik til fraktilestimering, som er "programmeret" i Excel og som beskrives i det følgende.

Havde data været målt på "pæne/ordnede" tidspunkter; f.eks. efter 0,25, 0,5 og 1 år osv. ville man til hvert tidspunkt kunne estimere fraktiler ved en simpel rangordning af koncentrationsdataene til hvert tidspunkt. Var der f.eks. 10 datapunkter målt til tiden 1 år efter spildtidspunkt/afværgeafslutning, ville 90

% fraktilet eksempelvis kunne estimeres som den næsthøjeste koncentration der var målt (90 % af de målte data til tiden 1 år er mindre end eller lig den målte værdi). Tilsvarende ville 75 % fraktilet kunne estimeres som middelværdien af den 7. og 8. laveste værdi, og så fremdeles.

Nu er data imidlertid ikke målt på ordnede tidspunkter, hvorfor der er foretaget en tidsmæssig gruppering af de målte data, således, at det indenfor hver tidsmæssig gruppering er muligt, at estimere fraktiler, som om data indenfor hver gruppering var målt til samme tidspunkt. Dette er essentielt en form for numerisk statistik.

Hver gruppering er som udgangspunkt valgt således, at der er mindst 10 datapunkter repræsenteret i hver gruppe – hvilket dog ikke er muligt i "tynde" områder af plottet; f.eks. efter 6,5 år i figur C.1, eller for dataanalyser med få data i datagrundlaget. Desuden er grænserne forsøgt valgt således at de (efterfølgende) estimerede fraktiler ikke misrepræsenterer data i scatterplottet. For data i figur C.1 kommer gruppeinddelingen til at se ud som i figur C.2.



Figur C.2. Gruppeinddelinger af data, til estimering af fraktiler indenfor hver gruppe.

Efterfølgende er fraktilfunktionen i Excel benyttet til at estimere hhv. 50, 75 og 90 % fraktiler for hver gruppe. Fraktilestimaterne for hver gruppe er efterfølgende tilegnet den tidslige middelværdi i hver gruppe – og der er optegnet linjer imellem estimaterne for hver datagruppering.

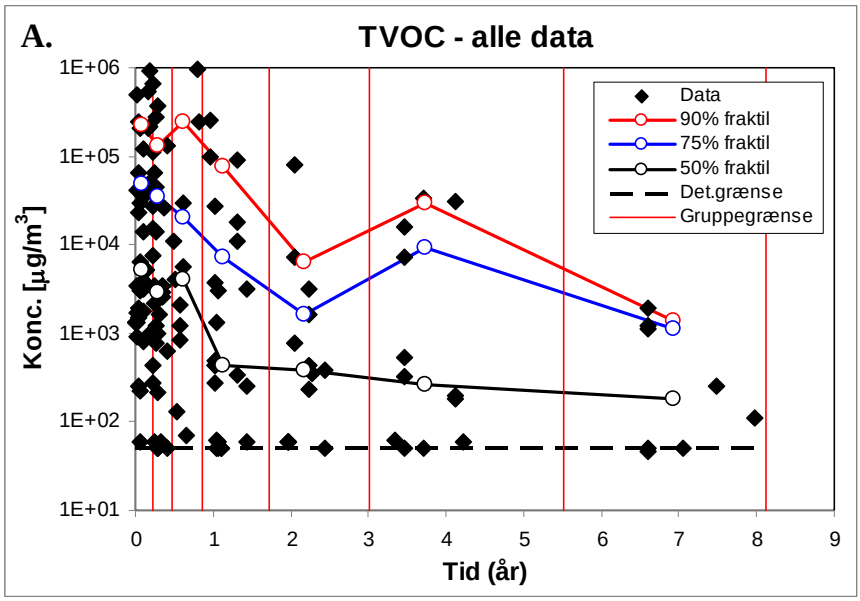
Fraktilfunktionen i Excel benytter et estimat, der er baseret på følgende formel for den empiriske fordelingsfunktion (frem for at den 9. laveste værdi repræsenterer 90 % fraktilen) /5/. Efter denne formel fordeles "halerne" af fordelingen udenfor både den lave og høje ende af datapunkterne, frem for kun udenfor den lave ende, hvilket giver nogle mere intuitive fraktilestimater.

$$Fn(X) = \frac{(i - 3/8)}{(N + 1/4)}$$

Hvor ***i*** er nummeret på observationen, efter rangordning, ***N*** er antallet af observationer i den enkelte gruppering og ***Fn(X)*** er den empiriske

fordelingsfunktion; dvs. den fraktion af data der er mindre end eller lig med værdien for observation nr. ***i***.

Fraktilestimaterne i ovenstående eksempel bliver som vist i figur C.3, hvor estimaterne for hver gruppe er markeret som en tom cirkel, og hvor den tidsmæssige placering af gruppeestimatet altså repræsenterer den tidlige middelværdi for punkterne i hver gruppe.

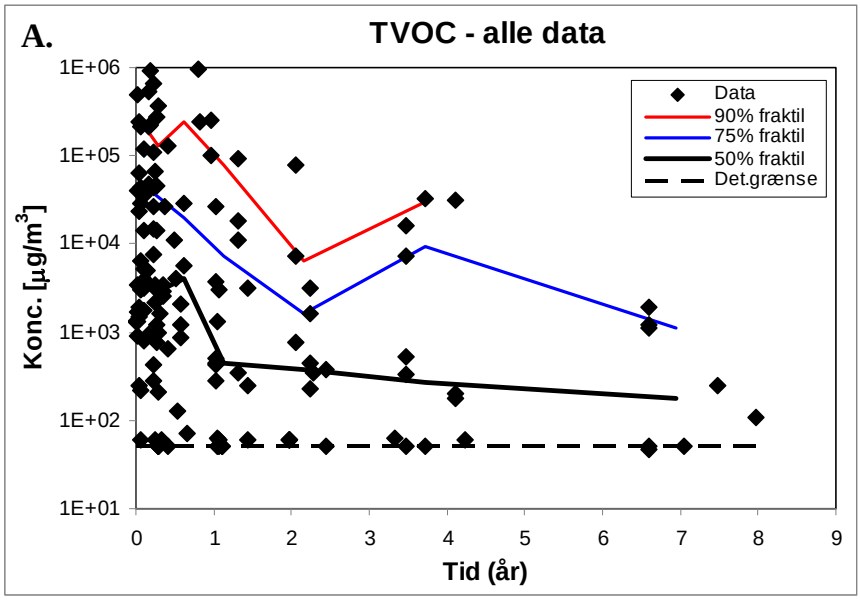


Figur C.3. Fraktilestimater (50, 75 og 90 %) for hver gruppeinddeling.

Slutteligt er der foretaget en afkortning af fraktilestimaterne, i den endelige visuelle fremstilling af fraktilplottene, således at linjerne tilhørende hvert fraktilestimat stoppes til det tidspunkt, hvor datamaterialet "slipper op" i forhold til at give meningsfyldte estimater.

Som forudsætning for at optegne 50 % fraktilet, er det således sat, at der skal være minimum to datapunkter i det tidsinterval, som fraktilet er beregnet på baggrund af. Dvs. at 50 % fraktilet repræsenterer den koncentration, som halvdelen af data (mindst ét datapunkt) er lavere end. Tilsvarende er det forudsat, at der skal være mindst 4 datapunkter for beregning og plotning af 75 % fraktilet, svarende til den koncentration, som ¾ af datapunkterne (minimum tre) ligger under, og at der skal foreligge mindst 10 datapunkter for beregning af 90 % fraktilet (værdien for mindst ni datapunkter er lavere).

Det endelige resultat er vist i figur C.4.



Figur C.4. Endelig præsentation af fraktilestimater (50, 75 og 90 %) for TVOC – alle data.

Som det fremgår af plottet, ”fanger” metoden tendenserne i datamaterialet, og der foretages en afvejning af de to tendenser der rent visuelt kunne observeres i det oprindelige scatterplot (figur C.1). Ydermere giver plottet mulighed for en kvantitativ tolkning, af såvel middeltendensen for datamaterialet (50 % fraktilet) som de mere ekstreme tendenser; hhv. via 75 og 90 % fraktilerne.