Miljø- og
Fødevareministeriet
Styrelsen for Vand- og
Naturforvaltning

Fluxmåling i grundvand

Sammenligning af metoder til bestemmelse af flux ved grundvandsforureninger

November 2016

Tekst: Søren Dyreborg, NIRAS
Anders G. Christensen, NIRAS

ISBN: 978-87-7175-606-7

Ansvarsfraskrivelse:
Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning offentliggør rapporter inden for vandteknologi medfinansieret af Miljø- og Fødevareministeriet. Offentliggørelsen betyder, at Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning finder indholdet af væsentlig betydning for en bredere kreds. Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning deler dog ikke nødvendigvis de synspunkter, der kommer til udtryk i rapporterne.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	**Forord**	**5**
2.	**Sammenfatning**	**6**
3.	**Executive summary**	**9**
4.	**Baggrund og formål**	**12**
4.1	Baggrund	12
4.2	Formål	13
5.	**Beskrivelse af feltlokalitet**	**15**
5.1	Geologi og hydrogeologi	15
5.2	Forureningssituation	16
5.3	Etablerede F-boringer og Multi level sampler	17
5.4	Etablering af SS-boringer	17
5.5	Installation af PVP	18
6.	**Beskrivelse af metoder**	**20**
6.1	Den traditionelle metode	20
6.2	PVP (Point Velocity Probes)	21
6.3	Fluxsampler	23
6.4	PFM (Passive Flux Meter)	26
6.5	Opsummering af metoder	28
7.	**Udførte undersøgelser og forsøgsbetingelser**	**30**
7.1	Hydrogeologi	30
7.2	HPT (Hydraulic Profiling Tool)	30
7.3	Slugtest	30
7.4	Vandprøvetagning	31
7.5	PVP	31
7.6	PFM	32
7.7	Fluxsampler	33
7.7.1	Undersøgelse med Fluxsampler over en to ugers periode	33
7.8	Opsummering	34
8.	**Resultater og diskussion**	**35**
8.1	Den hydrauliske gradient	35
8.2	Strømningsretning	35
8.3	Hydraulisk ledningsevne	38
8.4	Darcy hastighed	40
8.5	Forureningsudbredelse	42
8.6	Tidslige variationer i grundvandskoncentrationer	45
8.7	Grundvandskoncentrationer sammenlignet med flux gennemsnitkoncentrationer	48
8.8	Målinger af forureningsflux – Fluxsampler og PFM	51
8.9	Målinger af forureningsflux – sammenligning med andre metoder	53
8.10	Totale forureningsflux igennem forsøgsområdet	55

8.11 Mulig biologisk nedbrydning i Fluxsampler 57
8.12 Overvejelser om vertikal strømninger i forbindelse med målinger 58

9. Opsummering og konklusion 61
9.1 Resultaterne 61
9.2 Metoderne 63

10. Perspektivering 66
10.1 Forureningsflux 66
10.2 Praktiske forhold 67
10.2.1 De traditionelle metoder 67
10.2.2 PVP 67
10.2.3 De passive samplere 68
10.2.4 Boringskonstruktion 68
10.3 Fordele og ulemper ved metoderne 68
10.4 Anvendelsesmuligheder 69
10.5 Forslag til udviklingsmuligheder 71

11. Referencer 72

Bilag 1.Placering af Transekt i Skuldelev 75
Bilag 2.Geologisk profilsnit med placering af boringer, MLS og PVP 76
Bilag 3.Placering af F-boringer, SS-boringer, MLS og PVP 77
Bilag 4.Fotobilag 78
Bilag 5.Borejournaler for F-boringer 79
Bilag 6.Etablering af SS-boringer 80
Bilag 7.Etablering af PVP 81
Bilag 8.Beregningsmetoder - Sorbisense 82
Bilag 9.Beskrivelse af udførelsen af HPT samt dissipationtest 83
Bilag 10.Resultatark, Sorbisense (Fluxsampler og SorbiCell) 84
Bilag 11.Resultatark, PFM 85
Bilag 12.Resultatark, PVP 86
Bilag 13.Resultatark, Kemiske analyser 87
Bilag 14.Resultatark, Diverse 88
Bilag 15.Synkronpejlerunde 89
Bilag 16.Strømningsretninger 90
Bilag 17.Hydraulisk trykniveau i to boringer 91
Bilag 18.Konturplot over udbredelsen af chlorerede opløsningsmidler 92
Bilag 19.Sammenstilling af data, koncentrationer 93
Bilag 20.Sammenstilling af data, Flux. 94
Bilag 21.Udbredelse af PCE, TCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid samt beregnet dechloreringsgrad i position 30, 35, 40 og 45 95
Bilag 22.Samlet oversigt over flux i de forskellige celler - tal 96
Bilag 23.Samlet oversigt over flux i de forskellige celler – visualiseret med farver 97

1. Forord

Miljøstyrelsen (under det nuværende Miljø- og Fødevareministerium) bevilligede d. 19. december 2014 tilskud til " Fluxmåling i grundvand – afprøvning af ny dansk metode til brug ved grundvandsforureninger" under det Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (Ecoinnovation - MUDP).

Til at støtte op og følge med i projektet blev der dannet en projektgruppe, som bestod af:

- Ida Henriette Kerrn-Jespersen, Region Hovedstaden
- Nina Tuxen, Region Hovedstaden
- Mads Terkelsen, Region Hovedstaden
- Tina Pedersen, Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning
- Hubert de Jonge, Sorbisense
- Michael D. Annable, University of Florida
- J.F. Devlin, University of Kansas
- Poul Bjerg, DTU
- Vinni Rønde, DTU
- Anders G. Christensen, NIRAS
- Marianne Plenge Wamberg, NIRAS
- Søren Dyreborg, NIRAS

Projektleder var i første omgang Marianne Plenge Wamberg, NIRAS, som blev afløst af Søren Dyreborg, NIRAS. Projektlederen varetog også sekretariatsfunktionen.

Projektgruppens formål var:

- At vejlede og rådgive således, at projektet kunne gennemføres i overensstemmelse med forudsætningerne for tilsagnet.
- At vurdere projektets forløb og resultater.

I forhold til det oprindelige indhold er projektet blevet udvidet med midler fra Region Hovedstaden, således at det var muligt at sammenligne den danske Fluxsampler med den amerikanske metode, PFM. PFM'en blev nævnt i MUDP ansøgningen, men det var oprindelig ikke planlagt at teste metoden. Det lykkedes dog at få indarbejdet og afprøvet metoden i projektperioden.

Undersøgelser er diskuteret og fastlagt i projektgruppen. Planlægningen af undersøgelserne, den praktiske udførsel samt behandling af data har NIRAS haft ansvaret for. Afrapporteringen af projektets resultater er udarbejdet af NIRAS. Projektgruppen har kommenteret på udkast til rapporten, hvorefter kommentarerne er blevet indbygget i den endelige udgave.

Projektgruppen har besluttet, at afrapporteringen skal foregå på dansk, idet modtagergruppen i første omgang er danske myndigheder (regioner og kommuner) samt danske rådgivere. For at projektets resultater kan blive brugt i internationale sammenhænge er der udarbejdet en engelsk sammenfatning ("Executive Summary"), og mange af bilagene samt figur/tabel tekster er hel eller delvist på engelsk.

Resultaterne fra projektet er desuden præsenteret på følgende konferencer:

- Vintermøde om jord- og grundvandsforurening, 8. - 9. marts 2016, Vingsted.
- Tenth International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, 22. – 26. maj 2016, Palm Springs, Californien.
- 6th Joint Nordic Meeting on Remediation of Contaminated Sites. International Conference, 5. -8. September 2016, Espoo, Finland.

2. Sammenfatning

I Østergade transektet i Skuldelev er der gennemført en række tekniske miljøundersøgelser med forskellige metoder til bestemmelse af parametre, som typisk indgår i en vurdering herunder risikovurdering af forurenede grunde. Transektet har tidligere dannet grundlag for mange forskellige miljøundersøgelser, og geologien, hydrogeologien samt forureningssituationen er derfor velbeskrevet og dokumenteret.

Undersøgelserne er gennemført ved forskellige traditionelle forureningsundersøgelsesmetoder sammenholdt med nye passive undersøgelsesmetoder, hvor de naturlige strømningsforhold ikke påvirkes. De passive undersøgelsesmetoder, der er anvendt, er en ny udviklet dansk metode, Fluxsampleren, fra firmaet Sorbisense samt en amerikansk metode, Passive Flux Meters (PFM), fra firmaet EnviroFlux. Desuden blev en anden amerikansk metode, Point Velocity Probes (PVP) afprøvet. Denne metode er dog ikke p.t. kommerciel tilgængelig.

De traditionelle undersøgelsesmetoder omfattede en synkronpejling til bestemmelse af den hydrauliske gradient i området, udførelse af slugtests og HPT til bestemmelse af grundvandsmagasinets hydrauliske ledningsevne, samt udtagning af grundvandsprøver til bestemmelse af forureningskoncentrationerne.

Fluxsampleren er designet til at kunne bestemme forureningsfluxen, grundvandsstrømningsretningen samt grundvandsstrømningshastigheden i en boring. Fluxsampleren er 20 cm lang og kan installeres i en traditionel 63 mm boring. Når grundvand strømmer igennem Fluxsampleren, bliver forureningskomponenter opsamlet på en sorbent, mens en tracersalt i Fluxsampleren bliver opløst og transporteret ud af Fluxsampleren med grundvandet. På baggrund af den forureningsmængde, der er sorberet på sorbenten, tværsnitsarealet på Fluxsampleren hvorigennem grundvandet strømmer samt undersøgelsesperioden, kan forureningsfluxen bestemmes. På grund af Fluxsamplerens specielle design kan den horisontale strømningsretning beregnes ud fra de sorberede forureningskomponenter, mens grundvandsstrømningshastigheden estimeres ud fra den opløste mængde af tracersalt.

Anvendelsen og konstruktionen af PFM'en er meget tilsvarende Fluxsampleren, og den kan også måle de samme parametre. Oprindelig var den ikke designet til at bestemme strømningsretningen, men til dette projekt blev den modificeret, således at den også kunne bestemme strømningsretningen. Der er dog nogle væsentlige forskelle. Der anvendes forskellige typer sorbenter, og hvor Fluxsampleren har en kerne af et tracersalt, så anvender PFM'en fem forskellige tracere, som er adsorberet på sorbenten. Derudover er PFM'en 1 m lang. Der er også en forskel i prøvetagningstiden, idet Fluxsampleren måler over en periode på otte uger, mens PFM'en måler over en periode på 2-4 uger.

Hvor både Fluxsampleren og PFM'en kan installeres i en traditionel filtersat boring, så skal PVP'en installeres i et separat borehul uden filter, og systemet kan derfor ikke flyttes efter installationen. PVP'en kan anvendes til at bestemme grundvandsstrømningsretningen samt måle grundvandsstrømningshastigheden. Der er ikke mulighed for at anvende PVP'en til andre målinger (fx vandprøvetagning), og den kan derfor fx ikke direkte anvendes til bestemmelse af forureningsfluxen.

Undersøgelserne med Fluxsampleren samt PFM'en blev udført i to forskellige typer boringskonstruktioner, hvor filteret bestod af henholdsvis et 1 m HDPE filter (benævnt F-boring) og et 0,2 m filter lavet af rustfrit stål (benævnt SS-boring). Grundvandsprøver til bestemmelse af forureningskoncentrationer blev også udtaget fra disse filtre, og de blev suppleret med udtagel-

se af grundvandsprøver fra 5 stk. multi level samplere, som var installeret i forbindelse med tidligere projekter.

Resultaterne i projektet understøttede tidligere vurderinger i, at den overordnede strømningsretning og hydraulisk gradient er forholdsvis konstante, ligesom at forureningskoncentrationerne i grundvandet generelt har været stabile i undersøgelsesfasen på ca. 1 år. Resultaterne viser også, at de gennemførte undersøgelser som forventet og ønsket er udført midt i forureningsfanen.

Resultaterne for PCE og TCE viser overraskende lave værdier ved anvendelsen af Fluxsampleren og PFM i SS-boringerne. Dette skyldes sandsynligvis, at der sker en kemisk nedbrydning af de to komponenter i de anvendte stålfiltre. Der er derfor generelt set bort fra disse dataset ved sammenligningen af data.

Resultaterne for bestemmelserne i forureningsfluxen viser, at Fluxsampleren giver sammenlignelige værdier med PFM'en, selvom de ikke var installeret samtidig i boringerne. I de tilfælde hvor der påvises PCE/TCE i PFM'en (i F-boringerne, jævnfør ovenfor) er der dog en tendens til, at PFM'en giver højere forureningsfluxe for PCE og TCE sammenlignet med Fluxsampleren (op til en faktor 10, dog typisk en faktor 1,1-5), mens Fluxsampleren til gengæld i de fleste tilfælde giver lidt højere værdier for cis-1,2-DCE og vinylchlorid (generelt fra en faktor 1,1-3). Hvorfor dette er tilfælde, kan ikke vurderes på det nuværende datagrundlag, men det kan skyldes, de markante vertikale koncentrationsgradienter der er, eventuelt sammenholdt med et periodisk varierende vandspejl.

Den totale forureningsflux gennem undersøgelsestransektet blev estimeret ved at inddele området i forskellige rektangulære celler. Der blev foretaget i alt 9 forskellige estimater: 3 estimater baseret på den traditionelle metode ved anvendelse af hydraulisk ledningsevne, hydraulisk gradient samt grundvandskoncentrationer fra prøver udtaget fra F-boringerne, SS-boringerne og multi level samplerne, 2 estimater baseret på resultaterne fra PVP målingerne kombineret med koncentrationer fra grundvandsprøver, 2 estimater baseret på resultaterne af PFM samplerne og 2 estimater baseret på resultaterne fra Fluxsampleren. De 9 forskellige metoder gav forholdsvis ens resultater for den totale forureningsflux (<0,001-1,5 kg/år for PCE, <0,001-0,8 kg TCE/år, 1,1-3,4 kg cis-1,2-DCE/år samt 0,1-1,2 kg vinylchlorid/år). Resultaterne inden for den enkelte celle varierer dog væsentlig mere (dog typisk op til en faktor 10). Overordnet vurderes det, at de passive fluxsamplere også inden for de enkelte celler giver sammenlignelige værdier for forureningsfluxen sammenholdt med de traditionelle beregningsmetoder.

Resultaterne for strømningsretningen målt med Fluxsampleren viste, at strømningsretningen i de enkelte filtre generelt blev bestemt med en stor usikkerhed (op til 90°), og forskellige udviklingsmuligheder blev identificeret for at forbedre bestemmelsen af strømningsretningen. PFM'en havde tilsvarende variationer, mens PVP'en, som er specielt udviklet til at bestemme strømningsretningen og porevandshastigheden, ikke overraskende viste en bedre overensstemmelse med områdets generelle overordnede strømningsretning.

Darcy hastigheden blev bestemt ved flere forskellige metoder. Mens den indirekte bestemmelse med den traditionelle metode ved anvendelse af resultaterne fra slugtest samt en vurderet hydraulisk gradient gav de laveste strømningshastigheder, så lå resultaterne fra Fluxsampleren generelt højere end bestemt ved PFM og PVP. Betragtet under et, vurderes det dog, at de fire metoder giver sammenlignelige resultater, idet resultaterne generelt lå inden for en faktor 5. Med de usikkerheder, der normalt er ved den traditionelle metode til bestemmelse af Darcy hastigheden, må det konkluderes, at de estimerede Darcy hastigheder ligger inden for den usikkerhed, der måtte forventes. Der er ikke fundet en entydig forklaring på, at Fluxsampleren giver en forhøjet strømningshastighed i forhold til de andre målemetoder. Både Fluxsampleren

samt PFM baserer deres bestemmelse af Darcy hastigheden på opløsningen af tracer / salt i sampleren. Sammenholdt med resultaterne af nogle parallelle forsøg udført af kortere varighed (2 uger) kunne det tyde på, at noget af forklaringen skulle findes i opløsningen af salt traceren.

På baggrund af de estimerede værdier af forureningsfluxen og Darcy hastigheden i PFM'en og Fluxsampleren kan flux gennemsnitskoncentrationen beregnes og sammenlignes med koncentrationer målt i grundvandsprøver. Resultaterne for Fluxsampleren og PFM'en ligger generelt under de målte koncentrationer på de udtagne grundvandsvandprøver, ligesom at resultaterne for PCE og TCE i F-boringerne for Fluxsampleren ligger under de estimerede flux gennemsnitskoncentrationer bestemt ved PFM. Dette vurderes at have direkte sammenhæng med den høje Darcy hastighed, som blev estimeret med Fluxsampleren.

Som et mindre delprojekt blev det undersøgt, om der kunne påvises en biologisk nedbrydning på ydersiden af Fluxsampleren installeret i tre SS-boringer. Hypotesen var, at et mikrobielt samfund kan opvokse på grænsefladen mellem grundvand og Fluxsampleren i løbet af de godt 8 uger, som Fluxsampleren sidder i boringen. Hvis hypotesen var rigtig, så skulle forureningsfluxen for PCE og TCE være højere ved kortere perioder sammenlignet med den længere periode, ligesom at det var forventet, at forureningsfluxen af nedbrydningsprodukterne cis-1,2-DCE og vinylchlorid ville være højere efter 8 uger sammenlignet med 2 ugers målingerne. Ud fra fluxmålingerne kan der ikke konstateres nogen biologisk nedbrydning af de chlorerede opløsningsmidler i løbet af måleperioden.

Det er afgørende for anvendelsen af de passive metoder, at der er et godt kendskab til og forståelse af de hydrogeologiske og forureningsmæssige forhold, og at der hovedsagelig sker en horisontal strømning i det tværsnit, som ønskes undersøgt. Resultaterne fra de passive metoder kan ikke stå alene men kan inddrages sammen med viden om de hydrogeologiske og forureningsmæssige forhold.

På større projekter, hvor der er en detaljeret viden om forureningsforholdene, kan de passive metoder overvejes at anvende til at måle forureningsfluxen. Disse projekter kan fx være på forurenede lokaliteter, hvor der skal igangsættes en afværge, og hvor der ønskes en overvågning af effekterne af afværgen, eller på igangværende afværgeprojekter, hvor der ønskes en fortsat overvågning af forureningsfluxen. Desuden kan der være projekter, hvor det vil være en fordel i at få kendskab til både forureningsflux, strømningsretning og strømningshastighed ved en enkelt punktmåling.

3. Executive summary

Various methods to determine mass flux were compared at a site where the groundwater is contaminated with chlorinated solvents. The investigation was carried out along the Østergade transect at the Skuldelev site – a site with an extensive groundwater contamination by PCE, TCE, and their chlorinated degradation products. The transect has been studied previously and is described in several published investigations. Thus, the geology, the hydrogeology, and the groundwater contamination are very well known.

The purpose of the investigation was to examine and compare four different methods to determine mass flux. The results from the traditional transect method were compared to the results from the Fluxsampler (a Danish developed passive sampler), to the results from a similar approach, developed in the USA, called the Passive Flux Meters (PFM), and to the mass flux estimates based on groundwater velocities measured with Point Velocity Probes (PVP), developed in Canada and the USA.

For the traditional method, the hydraulic gradient was determined by measurement of the groundwater table in different wells in the area. The hydraulic conductivity was determined by two different methods, the slug tests and the HPT. The concentration of the chlorinated compounds in the groundwater was measured in water samples withdrawn from wells and multi-level samplers.

The Fluxsampler is designed to determine the contaminant mass flux, the horizontal groundwater flow direction as well as the specific discharge (Darcy flux). The Fluxsampler can be installed in traditional 50 mm internal diameter wells. When groundwater flows through the Fluxsampler, the contaminants are retained on a sorbent. A salt tracer in the Fluxsampler is simultaneously released by dissolution and transported out of the Fluxsampler with the groundwater. Based on the mass of sorbed contaminants, the area of the Fluxsampler and the exposure time, the mass flux can be determined. Due to the special design of the Fluxsampler, the predominant flow direction through the device can, in principle, be calculated based on the distribution of sorbed contaminants, while the specific discharge can be estimated from the loss of salt tracer from the sampler.

The design of the PFM is very similar to the Fluxsampler and it can also determine the same parameters, contaminant mass flux, the horizontal groundwater flow direction and the Darcy flux. However there are some differences. The five different tracers in a PFM are distributed equally in the sampler together with the sorbent and the sampler itself was 1 m long. Also the time scale over which the measurements are conducted is different since the sampling time for the Fluxsampler is 8 weeks whereas it is 2-4 weeks for the PFM.

While the Fluxsampler and the PFM can be installed in a traditional well with a screen, the PVP needs a separate borehole without a screen. Therefore, the PVP system cannot be relocated to another well when first installed. The PVP determines the groundwater velocity (seepage velocity) and can determine the horizontal groundwater flow direction. No other investigations (e.g. water sampling) apart from the determination of the velocity and direction can be conducted, and therefore the mass flux cannot be measured directly with the PVP.

The investigations with the Fluxsampler and the PFM were conducted in two different types of wells; the F-wells are traditional HDPE wells with a 1 m screen, whereas the SS-wells had a 0,2 m screen made of stainless steel. Groundwater samples were withdrawn from these wells together with samples from adjacent multi-level wells.

The results of this project using the traditional method support earlier determinations of the overall flow direction and the hydraulic gradient. Furthermore, the groundwater contaminant concentrations generally remained constant within the one year timeframe of the investigation. These factors made it possible to realize a prerequisite for the project, which was to focus the investigations on the core of the plume.

The results of the project show that the contaminant flux measured by the Fluxsamplers is generally comparable to the PFM results. However, for the measurements where PCE and TCE were detected with the PFM, the Fluxsampler was found to produce a lower mass flux for PCE and TCE compared to the PFM, while giving slightly higher values for cis-1,2 -DCE and vinyl chloride. The reason for this has not yet been identified, but was probably due to the combination of a high vertical concentration gradient and variation in the groundwater table. However it should be mentioned that for practical reasons the samplers could not be installed simultaneously in a well.

The mass discharge across the transect was estimated by dividing the total area into several smaller rectangular cells. A total of 9 different approaches for estimating mass discharge were compared: 3 based on the traditional method using hydraulic conductivity, hydraulic gradient, and groundwater concentrations measured in water samples, 2 based on the results of the PVP measurements combined with concentrations in water samples, 2 based on the results of the PFM measurements, and finally 2 based on the results from the Fluxsampler. The 9 different methods generally yielded similar mass discharge estimates (<0.001-1.5 kg / year for PCE, <0.001-0.8 kg TCE / year, 1.1-3.4 kg cis-1,2-DCE / year, and 0.1-1.2 kg vinyl chloride / year). There were, however, significant variations within each rectangular cell.

The Fluxsampler produced flow directions that were highly variable, with differences of up to 90°, and various possibilities for improvement were identified. The PFM performed similarly. The PVPs indicated flow directions with better consistency and agreement with the direction estimated from hydraulic gradients probably due to the fact that the PVP is installed in direct contact with the aquifer and therefore is not affected by drilling a well or the well screen.

The specific discharges were determined by different methods. While the traditional and indirect determination using Darcy's law showed the lowest groundwater velocities, the results from the Fluxsampler were generally higher than those determined by the PFM and PVPs (calculated from the seepage velocity and the effective porosity). Overall, it was estimated that the four methods, with only a few exceptions, provide comparable results, i.e., within a factor of 5. Taking into account the uncertainties normally associated with the traditional method for determining the groundwater velocities, it must be concluded that the estimated groundwater velocities are within the uncertainty that may be expected.

No firm conclusions could be drawn to explain why the Fluxsampler showed increased groundwater velocities compared to the other methods. However, compared with the results of parallel tests of shorter duration (2 weeks) the increased groundwater velocities might in part be explained by differences in the dissolution rates of the tracer.

Based on the estimated values of the mass flux and the specific discharge, the flux averaged concentration can be calculated and compared with the groundwater concentrations. The flux averaged concentrations measured by the Fluxsampler and the PFM are generally below the concentrations measured in the groundwater, and the PCE and TCE results for the Fluxsampler in the F-wells are below the estimated flux average concentrations determined by PFM. This is considered to be directly related to the high Darcy velocity estimated with the Fluxsampler.

In a small sub-project, the biological degradation of the chlorinated solvents on the Fluxsampler was examined after a typical investigation period of 8 weeks. The sub-project addressed the possibility that a microbial community could develop on surface of the Fluxsampler. The results showed no evidence of biodegradation during the 8 weeks, suggesting biodegradation at the surface of the device was a minor concern.

It is important when using the passive flux samplers that the distribution of the contaminants and the hydrogeological condition are well understood and that there is a preferential horizontal flow in the transect investigated. Results from the passive methods cannot stand alone and should be used in combination with other results.

The passive samplers can be used as a supplement or an alternative to the traditional methods, especially in more extensive investigations, or if the effect of remedial actions is to be evaluated. There may also be some projects where the knowledge of the mass flux and the preliminary knowledge of specific discharge and flow direction in a single point measurement could be an advantage.

4. Baggrund og formål

4.1 Baggrund

Kommunale og regionale offentlige myndigheder er ansvarlige for håndteringen af de miljømæssige forhold omkring forurenede grunde og den risiko, de udgør for den samlede grundvandsressource. Forurenede grunde udgør således en meget vigtig del af den samlede vandmiljøforvaltning i Danmark, og regionerne forestår en meget omfattende offentligt finansieret aktivitet (undersøgelser, risikovurdering, prioritering og afværgetiltag) på forurenede grunde. Herigennem stimuleres således den udvikling og innovation, som Danmark er kendt for inden for dette område og som danner grundlaget for en væsentlig aktivitet i den private sektor.

Som følge af de begrænsede ressourcer, der er til rådighed i forhold til det samlede behov for undersøgelser og oprensning, er der inden for de senere år fokuseret på, hvordan de enkelte forurenede grundes forureningsbidrag kan måles, således at der kan udføres en prioritering af oprydningsindsatsen til bedst mulig beskyttelse af grundvandsressourcen. Forureningsbidraget – også i daglig tale kaldet ”forureningsfluxen” - fra chlorerede opløsningsmidler til grundvandet er fx højest prioriteret for Region Hovedstaden. De grunde, der belaster grundvandet mest, ønskes oprenset først.

For at kunne estimere forureningsfluxen er det med dagens metoder nødvendigt med en meget omfattende kortlægning af både geologiske og hydrogeologiske forhold samt målinger af grundvandskoncentrationer. Dette gøres ved pejlinger af grundvandsspejlet i forskellige boringer til bestemmelse af den hydrauliske gradient i grundvandsmagasinet, udførelse af forskellige undersøgelser til bestemmelse af grundvandsmagasinets hydrauliske ledningsevne samt udtagning af grundvandsprøver til bestemmelse af forureningskoncentrationerne i grundvandet. Udover at der er tale om mange forskellige og omfattende undersøgelser, så er resultaterne af disse undersøgelser tit behæftet med stor måleusikkerhed især bestemmelsen af et grundvandsmagasins hydrauliske ledningsevne kan være forbundet med store vanskeligheder at bestemme med en rimelig god sikkerhed. Det vil derfor være attraktivt at kunne måle forureningsfluxen direkte i en boring.

For at undgå at skulle anvende Darcy’s lov til indirekte at bestemme Darcy hastigheden (og med kendskab til porøsiteten porevandshastigheden) er forskellige metoder blevet udviklet til at bestemme porevandshastigheden direkte. Hermed vil en del af ovenstående usikkerhed kunne reduceres, og dermed give en mere nøjagtig bestemmelse af forureningsfluxen.

En anden udfordring med de traditionelle metoder er, at der typisk opnås et øjebliksbillede af forureningssituationen, dvs. tidslige ændringer i strømningshastigheder, strømningsretningen og koncentrationsniveauer ikke bliver indregnet i forureningsfluxen. I de senere år har der derfor været fokus på at udvikle metoder, som kan måle forureningsfluxen direkte i en boring over en længere periode, således at der opnås en gennemsnitsværdi for måleperioden. En af hovedideerne bag disse metoder er et ønske om at forstyrre det hydrauliske system i jorden så lidt som muligt, således at resultaterne afspejler de reelle forhold i grundvandsmagasinet omkring boringen. I forbindelse med den traditionelle metode til bestemmelse af grundvandskoncentrationerne udtages der vandmængder i forbindelse med vandprøvetagningen, og dette kan forstyrre de hydrauliske forhold i området omkring boringen, ligesom at metoden også aktiv trækker vand ind i boringen, vand som måske ikke ville have løbet ind gennem boringen under normale forhold. De nyudviklede metoder anvender typisk en passiv opsamlingsmetodik ved anvendelse af den naturlige grundvandsstrømning.

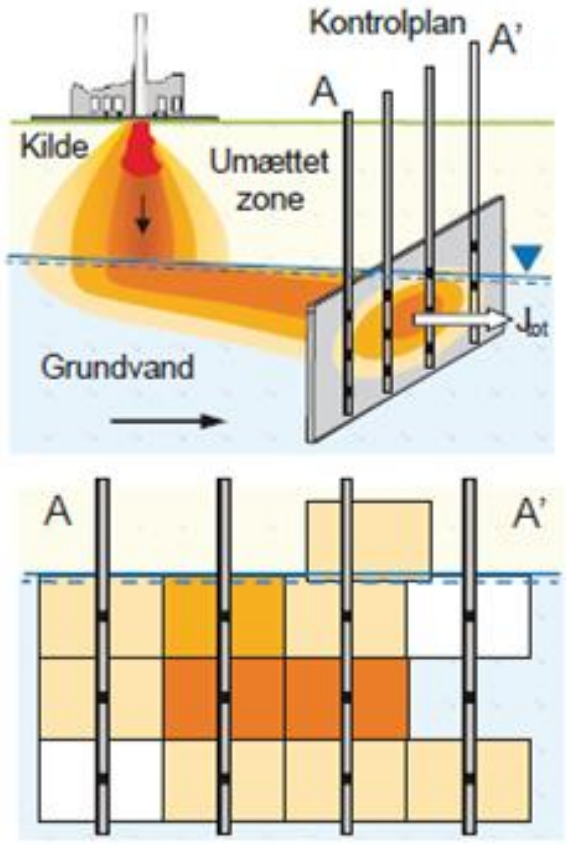
Med de nye metoder er der opstået et behov for at teste og sammenligne de forskellige metoder for at undersøge de forskellige metoders styrker og svagheder, samt undersøge i hvilke sammenhæng de forskellige metoder kan anvendes.

4.2 Formål

Hovedformålet med projektet var oprindeligt at afprøve en nyudviklet dansk metode til at bestemme forureningsfluxen fra forurenede grunde, således at den offentlige oprensningsindsats kan prioriteres til bedst mulig beskyttelse af grundvandsressourcen. Efterfølgende blev det muligt med økonomisk støtte fra Region Hovedstaden at undersøge og sammenligne resultaterne af den danske metode med resultaterne fra den traditionelle metode samt to amerikanske metoder.

Projektet sammenligner den danske Fluxsampler fra Sorbisense A/S til måling af forureningsflux dels overfor for en amerikansk metode, hvor forureningsfluxen bliver bestemt ved en direkte måling af porevandshastigheden (ved anvendelse af Point Velocity Probes, PVP) kombineret med påviste forureningskoncentrationer i grundvandsprøver dels med den traditionelle metode baseret på Darcy's lov og påviste forureningskoncentrationer i grundvandet. Desuden sammenlignes resultaterne med en anden amerikansk metode til passiv måling af forureningsfluxen. Metoden, Passive Flux Meters (PFM), er konceptuelt svarende til Fluxsampleren, men designet og opbygningen af de to samplere er forskellig.

Ved den traditionelle metode bliver der udtaget grundvandsprøver fra forskellige boringer og niveauer i et transekt samt bestemt grundvandshastighed ved estimering af den hydrauliske ledningsevne og gradient på grundvandsspejlet, således at det er muligt at estimere den samlede forureningsflux igennem transektet (se nedenstående konceptuelle tegning).



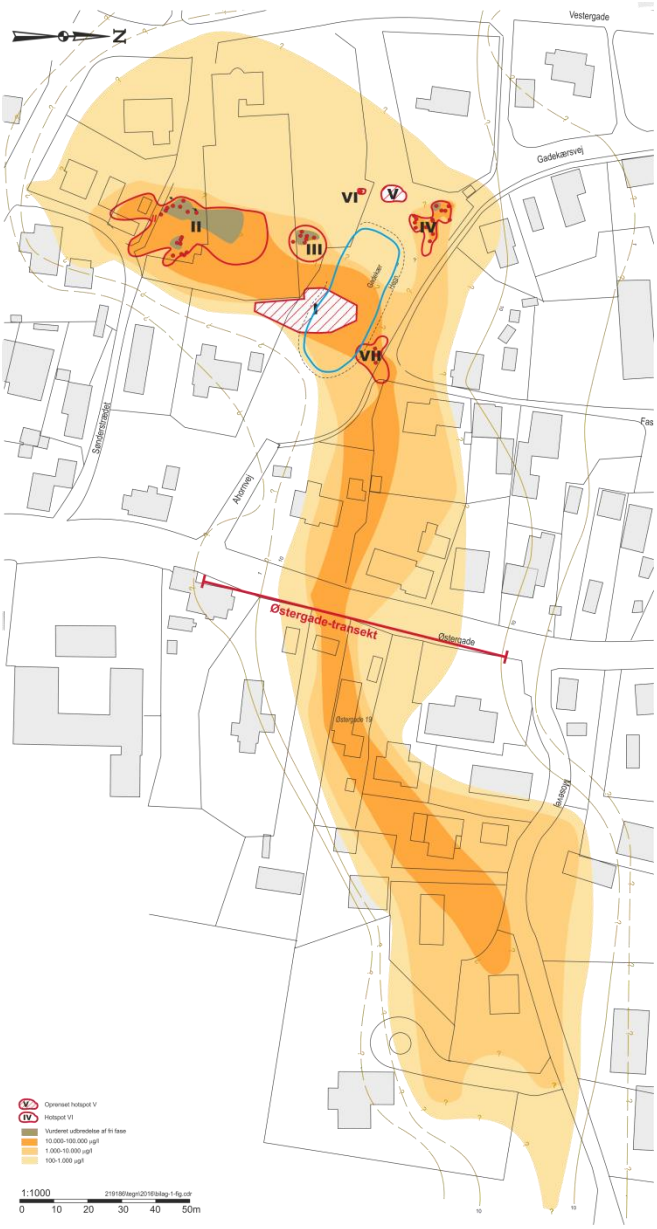
Figur 1. The traditional concept for determination of Flux /10/

Det overordnede formål med projektet er at dokumentere den danske nyudviklede metode til måling af forureningsflux på et videnskabeligt grundlag. Dette er opnået ved at udføre forskellige undersøgelser på lokaliteten i Skuldelev, der igennem en årrække har været anvendt til traditionelle vurderinger af forureningsfluxen igennem et samarbejde med Region Hovedstaden, DTU og NIRAS. Aktiviteterne på grunden har således resulteret i bl.a en international peer reviewed artikel /11/ om fluxberegning samt diverse rapporter og præsentationer på danske konferencer. Som led i disse aktiviteter er der installeret et netværk af faste prøvetagningsfiltre med139 målepunkter placeret langs et 80 m bredt transekt. Størstedelen af målepunkterne (121 stk) er placeret i de midterste 20 m, idet det er her, hvor hovedparten af forureningen transporteres. I nærværende projekt er der kun anvendt målepunkterne i de midterste 20 m.

I projektet placeres Fluxsamplerne og PFM i boringer, mens PVP'er etableres direkte i jorden ved siden af de eksisterende installationer. Herved opnås der en god mulighed for at foretage objektive vurderinger af de nye metoder, og der bliver opnået data, der muliggør en videnskabelig baseret sammenligning mellem traditionelle standardmetoder og de nye metoder med fluxsamplere.

5. Beskrivelse af feltlokalitet

Feltlokaliteten er lokaliseret i Skuldelev, hvor der tidligere i forbindelse med andre aktiviteter blev etableret et transekt i Østergade for at kunne følge forureningsspredningen samt kunne vurdere forureningsfluxen. Placeringen af Østergade transektet fremgår af Figur 2 samt af tegningen vedlagt i Bilag 1. Transektet er placeret stort set vinkelret på den overordnede strømningsretning.



Figur 2. Location of the Østergade transect. The distribution of chlorinated solvents in the groundwater is shown. The overall flow direction is to the east.

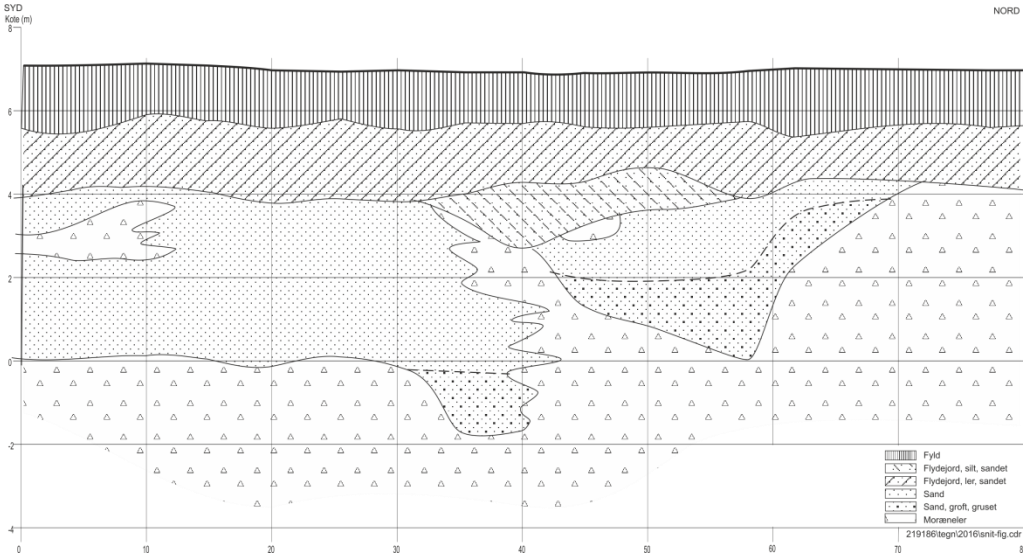
5.1 Geologi og hydrogeologi

Overordnet består geologien i Skuldelev området af kvartære aflejringer med en mægtighed på op til 60 m. De kvartære aflejringer består af vekslende lag af moræneler og smeltevands-

aflejringer. Herunder træffes palæocænt grønsandskalk underlejret af Danienkalk. Det primære grundvandsmagasin i området udgøres af kalken samt i nogle områder også af et overliggende lag af smeltevandssand.

Lokalt ved Østergade er geologien i større områder karakteriseret ved et ca. 1 - 2 meter tykt fyldlag, som typisk er underlejret af 1-1½ m sandet ler, som igen er underlejret af en ca. 1-6 meter mægtig formation af sand, der i visse områder er mere grovkornet i bunden. Denne sandformation udgør det øvre sekundære grundvandsmagasin i området. Undersøgelserne foretaget i forbindelse med nærværende projekt er foretaget i dette grundvandsmagasin.

Visse steder i sandmagasinet er der påvist mindre indlejrede ler- eller siltlag af op til 1 meters tykkelse, dog er lerlagene generelt tyndere (ca. 10 cm). Lerlagene er ikke sammenhængende, og de forventes således ikke at udgøre en egentlig hydraulisk barriere i forhold til en eventuel vertikal strømning af grundvandet og dermed forureningen. I Figur 3 er vist et geologiske profilsnit i Østergade transektet. Tegningen inklusiv etablerede boringer er desuden vedlagt i Bilag 2.



Figur 3. A geological profile through the Østergade transect (length scale is 10 m).

Der er tidligere lavet en række halvårlige og årlige synkronpejlerunder /15/, som generelt viser en østlig strømningsretning mod Roskilde Fjord. Selvom der kunne observeres ændringer i grundvandsspejlet henover året, så viste pejleresultaterne, at grundvandsspejlet stort set steg/fald ensartet i området. Det vurderedes derfor, at potentialebilledet og grundvandsstrømningen i området er rimelig konstant /15/. Baseret på målinger henover året blev den hydrauliske gradient bestemt til at ligge mellem 1,5 – 3,0 ‰, og der blev anvendt en gradient på 2 ‰ i de videre beregninger /7/.

5.2 Forureningssituation

Forureningen med chlorerede opløsningsmidler, som er blevet påvist i grundvandet i transektet på Østergade, kan henføres til en metal forarbejdende virksomhed i Skuldelev. Virksomheden har i perioden 1968-1983 anvendt PCE som affedtningsmiddel, og det blev primært bortskaffet via det daværende kloaksystem, hvilket har givet anledning til en kraftig forurening af jord og grundvand. Ved en lang række undersøgelser i Skuldelev er der identificeret forskellige hot spot områder, hvor der er påvist fri fase PCE i jorden. Det skal bemærkes, at alle områderne ligger vest for transektet, og der er således ikke påvist fri fase i og omkring transektet i Østergade. Den fri fase PCE i hot spot områderne er over tiden blevet opløst i grundvandet og har medført meget kraftig forurening i grundvandet med koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler på op til 100.000 µg/l. Denne grundvandsforurening har spredt sig i det sekundære grundvandsmagasin og kan derfor påvises i transektet i Østergade.

Som vist på Figur 2, spreder grundvandsforureningen i det sekundære grundvandsmagasin sig i nordlig retning tæt på hot spot områderne I – III, hvorefter den drejer i østlig retning på grund af de geologiske og hydrogeologiske forhold, hvor der sandsynligvis er en form for dal-struktur i vest-østlig retning.

I afsnit 8.5 er forureningsudbredelsen i Østergade transektet nærmere beskrevet på baggrund af de udførte undersøgelser.

5.3 Etablerede F-boringer og Multi level sampler

I juni – juli 2008 blev der i Østergade udført 13 stk. 6" forede snegleboringer med en indbyrdes afstand på 5 – 10 m (boringerne blev benævnt F10 - F90), hvoraf de fire (F30, F35, F40 og F45) bliver anvendt i dette projekt. Placeringen af boringerne fremgår af Bilag 2, Bilag 3 samt af Bilag 4. Boringerne blev dobbeltfiltersat, og navngivet med det nederste filter som nr. 1, og det øverste som nr. 2. I Bilag 5 er vedlagt borejournalerne for boringerne. I Tabel 1 er opsummeret nogle af oplysningerne om F-boringerne.

Tabel 1. Information about the F-wells

Well	Top of casing (pp)	Ground surface	Screen interval	Screen interval	Screen interval
	DVR90 m	DVR90 m	mbgs	m b. pp.	DVR90 m
F30-1	6,77	6,97	6,0 – 7,0	5,80 – 6,80	(-0,03) - 0,97
F30-2	6,78	6,97	3,5 – 4,5	3,31 – 4,31	2,47 - 3,47
F35-1	6,79	6,93	8,0 – 9,0	7,86 – 8,86	(-2,07) - (-1,07)
F35-2	6,73	6,93	5,0 – 6,0	4,80 – 5,80	0,93 - 1,93
F40-1	6,78	6,96	6,0 – 7,0	5,82 – 6,82	(-0,04) - 0,96
F40-2	6,78	6,96	3,5 – 4,5	3,32 – 4,32	2,46 - 3,46
F45-1	6,74	6,91	8,0 – 9,0	7,83 – 8,83	(-2,09) - (-1,09)
F45-2	6,68	6,91	5,0 – 6,0	4,77 – 5,77	0,91 - 1,91

Derudover blev der i 2008 etableret fem stk. multi level samplere (MLS-I – MLS-V). I hver sampler blev der etableret mellem 19 og 26 stk fem cm lange filtre med en indbyrdes vertikal afstand mellem hvert filter på 25 cm. Placeringen af MLS-I – MLS-V fremgår af Bilag 2, Bilag 3 samt af Bilag 4.

5.4 Etablering af SS-boringer

I forbindelse med nærværende projekt er der blevet etableret yderligere boringer (benævnt SS boringer) tæt (< 0,5 m) på ovennævnte F-boringer. Dette blev gjort for at få installeret filtre, som havde samme længde som Fluxsampleren, hvorved risikoen for at grundvandet kunne strømme over eller under Fluxsampleren i filteret blev reduceret. Boringerne blev etableret i perioden 10 – 12. december 2014 som 3¼" Dual Tube GeoProbe boringer af firmaet Ejlskov. I forbindelse med borearbejdet blev der ikke udtaget jordprøver ned til ca. 1 meter over niveauet, hvor filteret skulle placeres, men boret blev presset ned i jorden, hvorved boret fortrængte og komprimerede jorden omkring borehullet. For at lette jordtrykket og for at undgå at komprimere jorden omkring den dybde, hvor filteret skulle placeres og dermed undgå at ændre den hydrauliske ledningsevne, blev der opboret og optaget jordmaterialet fra den sidste meter. I hver GeoProbe boring blev der installeret et 20 cm langt 53 mm rustfrit stålfrit filter svarende til længden af en Fluxsampler. Filtrene blev forsøgt placeret i samme dybde som filtrene i F-boringerne, dog blev der ikke etableret et filter i samme dybde som F35-1. I stedet blev der etableret et dybere filter ved F40, således at der var tre forskellige filtre ved F40. SS-boringerne blev navngivet med det samme nummer, som F-boringerne. Med undtagelse af

filteret i SS35 blev filtrene navngivet med det nederste filter som nr. 1, det næste som nr. 2 og det tredje ved F40 som nr. 3. Hvis resultaterne fra SS35 skal sammenlignes med resultaterne fra et filter i en F-boring skal det således være med resultaterne fra F35-2. Ligeledes kan resultaterne fra SS40-2 sammenlignes med resultaterne fra F40-1, og SS40-3 med F40-2.

I Bilag 6 fremgår yderligere informationer om etableringen af boringerne. I Tabel 2 er opsummeret nogle af oplysningerne om boringerne, mens placeringen af SS-boringerne fremgår af Bilag 2, Bilag 3 samt af Bilag 4.

Tabel 2. Information about the SS-wells

Well	Top of casing (pp)	Bottom of well	Screen interval
	DVR90 m	m b. pp.	DVR90 m
SS30-1	6,83	6,69	0,14 – 0,34
SS30-2	6,86	4,07	2,79 – 2,99
SS35	6,82	5,54	1,28 - 1,48
SS40-1	6,85	8,45	(-1,40) - (-1,60)
SS40-2	6,86	6,54	0,32 - 0,52
SS40-3	6,83	4,18	2,65 - 2,85
SS45-1	6,82	8,39	(-1,57) - (-1,37)
SS45-2	6,83	5,55	1,28 - 1,48

Det skal nævnes, at boringerne ikke blev etableret med pumpesump, hvilket medførte, at indtrængende sediment kunne blokere noget af filteret, hvis boringen ikke blev forpumpet i forbindelse med en måling.

5.5 Installation af PVP

I perioden 16. - 20. marts 2015 installeredes otte Point Velocity Probes (PVP) (se afsnit 6.2) inden for en afstand af 0,5 m fra SS- og F-boringerne. Installationen blev foretaget med Geo-Probe ved brug af dual tube systemet ved direct push til 1 meter over installationsdybden for PVP'en. I forbindelse med borearbejdet blev der ikke udtaget jordprøver ned til ca. 1 meter over niveauet, hvor PVP'eren skulle placeres, men boret blev presset ned i jorden, hvorved boret fortrængte og komprimerede jorden omkring borehullet. For at lette jordtrykket og for at undgå at komprimere jorden omkring den dybde, hvor PVP'en skulle placeres og dermed undgå at ændre den hydrauliske ledningsevne, blev der opboret og optaget en kerneprøve fra den sidste meter. PVP'en er herefter installeret, og det er vurderet, at med den aktuelle geologi i området, så vil materialet kollapse omkring PVP'en, hvorved de naturlige hydrogeologiske forhold omkring PVP'eren blev forstyrret så lidt som muligt.

PVP'erne blev generelt forsøgt placeret i samme dybde som filtrene i SS-boringerne, men af praktiske feltmæssige årsager var dette dog ikke altid muligt. Der blev ikke etableret en PVP ved SS40-1, da SS40-1 er placeret i moræneler. Det blev vurderet, at en PVP i denne geologi ikke ville give nogle brugbare resultater. Det blev i stedet besluttet, at installere en PVP mellem SS40-2 og SS40-3. PVP'erne blev navngivet med det samme hovednummer, som SS-boringerne. Med undtagelse af PVP'eren ved SS40 blev PVP'erne navngivet med den nederste PVP som nr. 1 og den øverste som nr. 2. For PVP'erne ved SS40 blev den midterste PVP navngivet nr. 1, den nederste som nr. 2 og den øverste som nr. 3, for at PVP40-2 og PVP40-3 kunne modsvare SS40-2 og SS40-3.

Det skal bemærkes, at installationen af en PVP er en permanent installation, i modsætning til installationen af en Fluxsampler / PFM i en boring, hvor Fluxsampleren / PFM kan tages op, hvorefter boringen kan anvendes til andre undersøgelser. Der kan foretages nye målinger af

grundvandsstrømningshastigheden og –retning efter installationen af en PVP, men det er ikke muligt at foretage andre målinger / udtage vandprøver fra en PVP.

GeoProbe-arbejdet er udført af NIRAS, mens etableringen af PVP'erne blev udført af J.F. Devlin og Trevor Osorno fra University of Kansas, USA samt NIRAS. Placeringen af PVP'erne fremgår af Bilag 2, Bilag 3 og Bilag 4. I Bilag 7 fremgår yderligere informationer om etableringen af PVP'erne. I Tabel 3 er opsummeret nogle af de vigtigste oplysninger om PVP'erne.

Tabel 3. Vertical location of the PVP

Well	Ground surface	Location of PVP	Location of PVP
	DVR90 m	Mbgs	DVR90 m
PVP30-1	6,97	6,21	0,76
PVP30-2	6,97	3,90	3,07
PVP35	6,93	5,30	1,63
PVP40-1	6,96	5,65	1,31
PVP40-2	6,96	6,50	0,46
PVP40-3	6,96	4,06	2,90
PVP45-1	6,91	8,30	-1,39
PVP45-2	6,91	5,65	1,26

6. Beskrivelse af metoder

Udfordringen med direkte måling af forureningsfluxen af opløste stoffer i et grundvandsmagasin består i princippet af to dele. Dels skal den hastighed, hvormed grundvandet strømmer, bestemmes, og dels skal der over måleperioden kunne estimeres en gennemsnitlig koncentration af opløste stoffer i det vand, der strømmer igennem målepunktet. Begge dele har hver for sig en række unikke tekniske udfordringer. Traditionelt er forureningsfluxen estimeret ved en kombination af resultaterne fra flere forskellige målemetoder til bestemmelse af fx den hydrauliske ledningsevne og den hydrauliske gradient (og dermed grundvandsstrømningshastigheden) samt grundvandskoncentrationen. Denne metode er beskrevet nærmere i afsnit 6.1.

En forholdsvis ny metode til direkte bestemmelse af grundvandsstrømningshastighed (porevandshastighed) er Point Velocity Probes (PVPs), som er udviklet af University of Kansas, USA. Ved anvendelsen af resultaterne fra denne metode kombineret med målte grundvandskoncentrationer kan forureningsfluxen estimeres. Denne metode er beskrevet nærmere i afsnit 6.2.

Alternativt kan forureningsfluxen måles direkte ved fx en passiv målemetode, hvor forureningskomponenterne opsamles på en sorbent. Det danske firma, Sorbisense A/S, har udviklet en prøvesampler (Fluxsampler), hvor det er muligt direkte at bestemme forureningsfluxen i en bestemt dybde i et grundvandsmagasin. Denne metode er beskrevet nærmere i afsnit 6.3.

Som et supplement til disse metoder, er resultaterne i dette projekt desuden sammenlignet med resultaterne af en amerikansk udviklet metode Passive Flux Meters, PFM. En PFM kan ligesom Fluxsampleren måle forureningsfluxen. Denne metode er beskrevet nærmere i afsnit 6.4.

6.1 Den traditionelle metode

Traditionelt har betegnelsen *J* være anvendt i Danmark til at karakterisering forureningsfluxen (i enheden masse/tid). Internationalt anvendes *J* som en forureningsmasse pr. arealenhed, mens *MD* (mass discharge) anvendes til forureningsfluxen. I denne rapport vil der blive anvendt MD som forureningsfluxen (med enheden masse/tid), mens betegnelsen *J* vil blive anvendt til *forureningsflux pr. areal.*

Forureningsfluxen ved den traditionelle metode kan estimeres ud fra :

$$MD_{traditionel} = A \cdot C \cdot K \cdot i$$

hvor

$MD_{traditionel}$ = Forureningsfluxen beregnet ved den traditionelle metode (g/dag)
A = Tværsnitsareal, hvorigennem forureningen strømmer (m^2)
C = Koncentration af forurening i grundvandet i tværsnitsarealet (mg/l eller g/m^3)
K = Hydraulisk ledningsevne i grundvandsmagasinet (m/dag)
i = dh/dl = Hydraulisk gradient i grundvandsmagasinet (-)

I tilfælde med Østergade transektet er forureningsfanen inddelt i forskellige celler (med forskellige arealer) med tilhørende koncentrationer, hydraulisk ledningsevner samt hydrauliske gradienter, og den totale forureningsflux bestemmes derfor af:

$$MD_{traditionel,total} = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot C_i \cdot K_i \cdot i_i$$

Forureningsflux pr. areal ved den traditionelle metode, $J_{traditionel}$, kan beregnes af :

$$J_{traditionel} = \frac{MD}{A} = C \cdot K \cdot i$$

Grundvandsstrømningshastigheden, Darcy hastigheden v, bestemmes ved:

$$v = K \cdot i$$

mens porevandshastigheder kan bestemmes ud fra:

$$v_p = \frac{v}{n}$$

hvor n er lig med porøsiteten. I dette projekt anvendes en porøsitet på 0,3 i sandmagasinet, idet tidligere anvendte data ligger i intervallet 0,25-0,35 /7, 11/.

Der findes forskellige metoder til bestemmelse af de enkelte parametre.

Arealet (A), hvorigennem forureningen strømmer, estimeres typisk ud fra informationer om geologi og vandspejl sammenholdt med resultaterne fra vandprøver udtaget fra boringer evt. suppleret med fx kontinuerte vertikale målinger ved GeoProbe MIP sonderinger. I nærværende projekt er arealerne estimeret ud fra geologiske informationer, placering af vandspejl, samt resultaterne af de kemiske analyser på grundvandsprøvet udtaget fra boringer og multi level samplere (se afsnit 5.3 - 5.4).

Koncentrationen (C) bestemmes typisk ud fra grundvandsprøver, som udtages og sendes til kemisk analyse på akkrediteret laboratorium. I nærværende projekt er koncentrationerne bestemt i flere omgange i boringer og multi level samplere (se afsnit 5.3 - 5.4).

Den hydrauliske ledningsevne (K) kan estimeres på flere forskellige måder, fx ud fra kornfordelingskurver /7/, slugtest, udførelse af målinger med et GeoProbe HPT-system, etc. I dette projekt er der anvendt slugtest i de eksisterende boringer suppleret med tre HPT logs (se afsnit 7.2 og 7.3).

Den hydrauliske gradient (i) er bestemt ved en traditionel synkronpejlerunde, hvor boringer i området er blevet pejlet og grundvandsspejlet bestemt (afsnit 7.1).

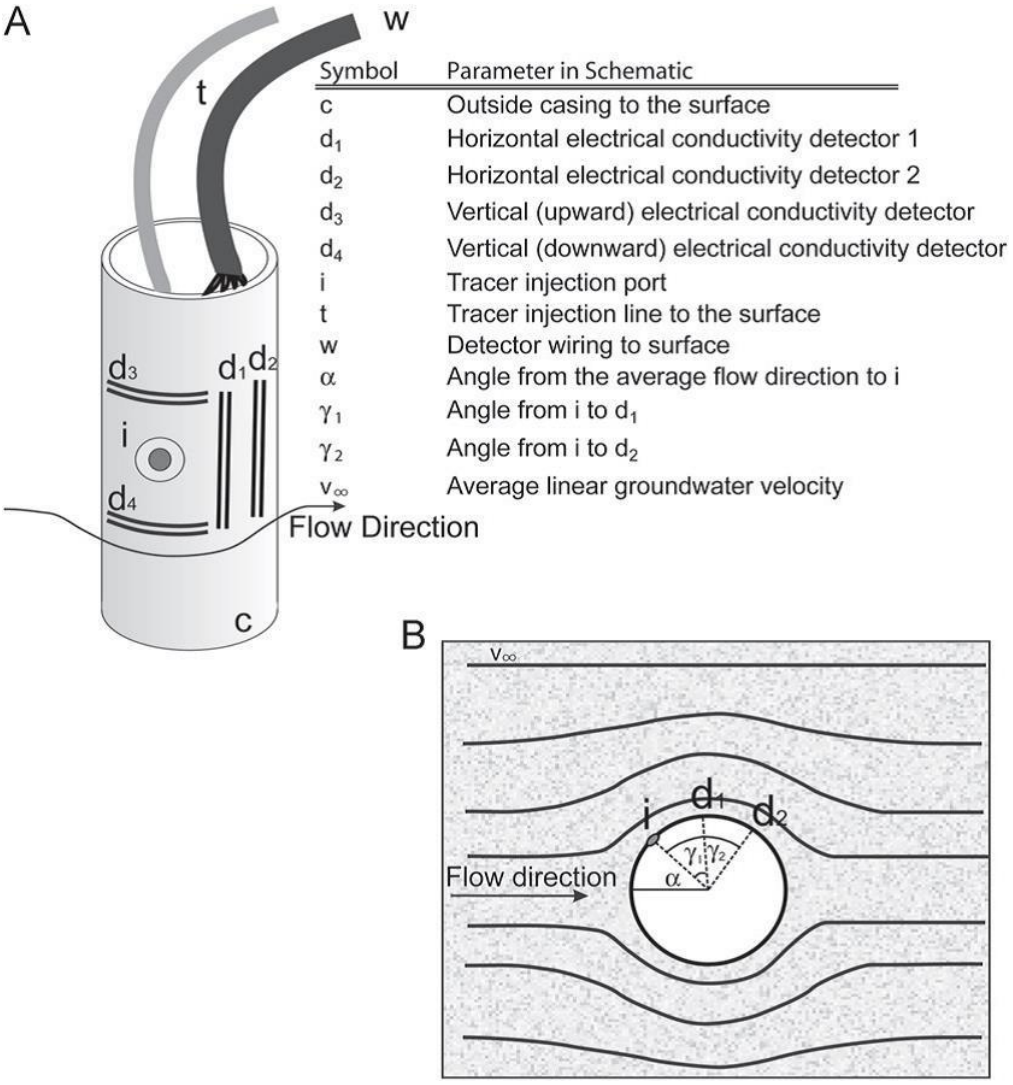
Endelig bestemmes den overordnede strømningsretning typisk ud fra en synkronpejlerunde, hvilket også danner grundlag for bestemmelsen af strømningsretningen i dette projekt.

6.2 PVP (Point Velocity Probes)

På University of Kansas, USA er der i 2007 blevet udviklet en metode til direkte bestemmelse af grundvandets porevandshastighed og strømningsretning /4/. Metoden baserer sig på injektion af en tracer i grundvandet fra op til tre forskellige injektionspunkter på proben. Traceren består typisk af en saltopløsning eller demineraliseret vand, som har en ledningsevne væsentlig forskellig fra grundvandet, og den kan således efterfølgende detekteres i forskellige måle-

punkter på proben (se nedenstående principskitse). Da målepunkterne er placeret i forskellige retninger og dybder i forhold til injektionspunkterne kan både den horisontale og den vertikale komponent af porevandshastigheden og strømningsretning bestemmes.

Afhængig af porevandshastigheden foretages målingerne typisk over kort tid (en dag), og giver således informationer omkring strømningsforholdene på det aktuelle tidspunkt.



Symbol	Parameter in Schematic
c	Outside casing to the surface
d_1	Horizontal electrical conductivity detector 1
d_2	Horizontal electrical conductivity detector 2
d_3	Vertical (upward) electrical conductivity detector
d_4	Vertical (downward) electrical conductivity detector
i	Tracer injection port
t	Tracer injection line to the surface
w	Detector wiring to surface
α	Angle from the average flow direction to i
γ_1	Angle from i to d_1
γ_2	Angle from i to d_2
v_∞	Average linear groundwater velocity

Figur 4. Schematic of a PVP (fra /6/).

For yderligere informationer om PVP metoden herunder de teoretiske betragtninger, der ligger til grund for beregningerne af porevandshastigheden og strømningsretning henvises til litteraturen (/1/-/5/). I Bilag 7 er vist nogle fotos af en PVP.

PVP'eren kan give informationer om :

- den horisontale og den vertikale komponent af porevandshastigheden omkring installationspunktet
- den horisontale og den vertikale komponent af strømningsretningen omkring installationspunktet

Derimod kan PVP'eren ikke direkte bestemme forureningsfluxen eller koncentrationen af forureningskomponenter.

Ved PVP metoden bestemmes porevandshastigheden, v_p, og Darcy hastigheden, v, kan herefter estimeres ud fra:

$$v = v_p \cdot n$$

hvor n = porøsiteten. I dette projekt anvendes som tidligere nævnt en porøsitet på 0,3 i sandmagasinet.

På baggrund af beregningen af Darcy hastigheden samt kendskab til forureningskoncentrationer (C) fra andre målinger (fx fra vandprøver fra nærved liggende boringer) kan forureningsfluxen pr. arealenhed bestemmes ud fra:

$$J_{PVP} = C \cdot v$$

Ved anvendelse af et strømningsareal, A kan forureningsfluxen (MD) bestemmes:

$$MD_{PVP} = A \cdot J_{PVP}$$

Den totale forureningsflux gennem transektet kan herefter bestemmes af:

$$MD_{PVP,total} = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot J_{PVP,i}$$

6.3 Fluxsampler

Det danske firma Sorbisense A/S har udviklet et passivt prøvetagningskoncept (Fluxsampler) baseret på SorbiCell-teknologien. Fluxsamplerne er udformet som en 20 cm lang, ø50 mm cylinder og opbygget med 3 sorbent-kamre samt en kerne af tracersalt.

Ved målinger nedsænkes Fluxsampleren i en boring for en given måleperiode (typisk 8 uger) i den dybde, som ønskes undersøgt. Forureningen i det gennemstrømmende vand sorberes i sorbent-kamrerne, mens tracersaltet opløses i takt med, at grundvandet strømmer igennem sampleren.

Fluxsampleren er vist i Figur 5 og er mere detaljeret beskrevet i /7/.



Figur 5. Schematic of a Fluxsampler. a, b, c: adsorbent fordelt over tre kamre til måling af forureningsflux; d: kerne med sporsalt til måling af grundvandets Darcy hastighed; e: filtervæv omslutter hydraulisk aktiv permeabel cylinder, 50 x 200 mm; f. adapter til montage af montage stanger; g: click montage punkt til rotationsstive aluminium-stænger. h: indvendig plastramme med trådvæv der omslutter kerne af sporsalt



Billede 1. Venstre: Billede af Fluxsampler med koblingsadapter og rotationsstiv aluminium-stang til montage i boringer. Højre: Billede af Fluxsampler i Ø63 filter; "Klik"-samling orienteres mod syd for orientering og retningsbestemmelse.



Billede 2. Venstre: Billede af opskæring af sampleren I laboratoriet; ca. 10 gram sorbent materiale sendes til laboratorium til måling af indhold af organiske komponenter. Højre: Indvendig kerne af sporsalt, der omsluttes af filtervæv.

Fluxsampleren give informationer om :

- hvor stor en forureningsflux pr. areal, der har været lokalt i boringen i undersøgelsesperioden
- hvor stor en lokal gennemsnitlig grundvandsstrømningshastighed, der har været i undersøgelsesperioden
- Den gennemsnitlige horisontale strømningsretning i boringen i undersøgelsesperioden

Forureningsfluxen pr. areal, $J_{Fluxsampler}$, bestemmes direkte ved :

$$J_{Fluxsampler} = \frac{M}{\alpha \cdot A_s \cdot t}$$

Hvor

M = massen af forurening sorberet på sorbenten,
A_s = tværsnitsarealet på sampleren, hvor vandet strømmer igennem
t = opsamlingstiden (i undersøgelsesperioden)
α = korrektionsfaktor, afhængig af forskellen i den hydraulisk ledningsevne i fluxsampleren sammenlignet med grundvandsmagasinet.

I dette projekt er α sat til 1 for både Fluxsampler og PFM (se senere) for at kunne sammenligne de to metoder direkte, dvs. uden at der er tage højde for eventuel divergens / konvergens strømning omkring sampleren. Den hydrauliske ledningsevne gennem de to samplere forudsættes derfor ens. Hvis der er kendskab til magasinets hydrauliske ledningsevne samt Fluxsamplerens tilsvarende, kan α estimeres, jævnfør Bilag 8. Det skal dog bemærkes, at formlen gælder for et åbent borehul uden filter /12/, og der derfor bør tages hensyn til forekomsten af filter i tilfælde af, at tallene skal korrigeres /12/.

Ved anvendelsen af formlen i bilag 8 fremgår det, at α kan variere asymptotisk mellem 0 (den hydrauliske ledningsevne i grundvandsmagasinet er mange gange højere end den hydrauliske ledningsevne i Fluxsampleren) til 2 (den hydrauliske ledningsevne i grundvandsmagasinet er 0).

I bilag 8 er angivet en hydrauliske ledningsevne igennem Fluxsampleren på 1,5*10-4 m/s. Som det fremgår af afsnit 8.3, så er der påvist en hydraulisk ledningsevne i grundvandsmagasinet på 3 – 54 m/dag svarende til 3,5*10-5 – 6,3*10-4 m/s. I dette tilfælde varierer α derfor fra 0,4 – 1,6, hvilket understøtter valget af en generel værdi for α på 1.

Darcy hastigheden, v, bestemmes ved:

$$v = \frac{V}{\alpha \cdot A_s \cdot t}$$

Hvor

V = voluminet af det gennemstrømne vand baseret på mængden af sporsalt, der bliver opløst.

På baggrund af resultaterne er det muligt at estimere flux gennemsnitskoncentrationen /8/:

$$\bar{C}_{FLUX} = \frac{M}{V}$$

Denne koncentration kan opfattes som en gennemsnitsgrundvandskoncentration, som sampleren har været udsat for i opsamlingsperioden. Da målingen typisk udføres over en periode på 4-8 uger er der tale om en integreret gennemsnitsværdi.

Forureningsfluxen, MD, gennem et areal, A beregnes som:

$$MD_{Fluxsampler} = A \cdot J_{Fluxsampler}$$

Den totale forureningsflux gennem transektet kan herefter bestemmes af:

$$MD_{Fluxsampler,\,total} = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot J_{Fluxsampler,\,i}$$

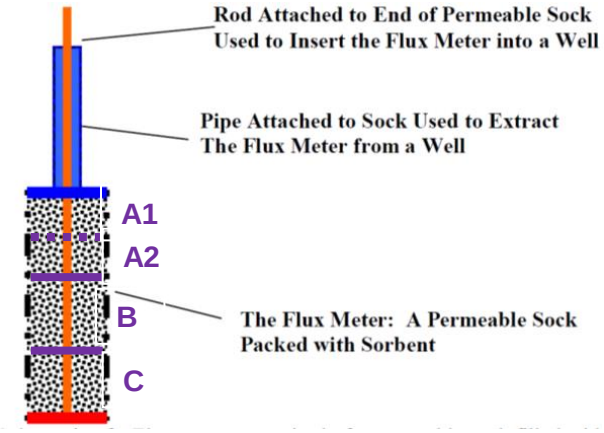
I Bilag 8 er vedlagt en redegørelse for de anvendte formler udarbejdet af fabrikanten Sorbisense A/S.

For flere informationer henvises til /8/.

6.4 PFM (Passive Flux Meter)

Princippet i Passive Flux Meter (PFM) er tilsvarende Fluxsampleren baseret på en passiv opsamlingsmetode, hvor det naturlige grundvandsflow får grundvand til at strømme igennem PFM'en.

En PFM består af en cylinderformet sok, som typisk er lavet af nylon. For chlorerede opløsningsmidler er nylonsokken fyldt med aktivt kul og 5 forskellige tracere (alkoholer) med forskellige retardationsegenskaber. I modsætning til Fluxsampleren er tracerne homogent fordelt i sampleren, og der er således ikke en kerne af tracer i midten af PFM'eren.



Figur 6. Schematic of a PFM (from /9/). For the use in the F-wells the PFM was divided into three major cells (A – C) where the upper cell again is divided into two cells (A1-A2).

Ved målinger nedsænkes en PFM i en boring for en given måleperiode (typisk 2 – 4 uger) i den dybde (filterinterval), som ønskes undersøgt. Forureningen med chlorerede opløsningsmidler i det gennemstrømmende vand sorberes på det aktive kul, mens tracerne opløses i takt med, at grundvandet strømmer igennem PFM'en. Når cylinderen tages op igen, kan forureningsstofferne og det tilbageværende indhold af tracer ekstraheres fra det aktive kul. Mængden af forureningsstoffer benyttes til at bestemme forureningsfluxen, mens koncentrationen af tilbageværende tracer anvendes til at bestemme den mængde af vand (V), der er strømmet igennem PFM'en.

For en nærmere beskrivelse af principperne bag metoden henvises til /12/.

PFM'en er oprindelig udviklet til at give informationer om :

- hvor stor en forureningsflux pr. areal, der har været lokalt i boringen i undersøgelsesperioden
- hvor stor en lokal gennemsnitlig grundvandsstrømningshastighed, der har været i undersøgelsesperioden

I projektet er metoden videreudviklet for at undersøge, om den også kunne give informationer om den gennemsnitlige horisontale strømningsretning i boringen i undersøgelsesperioden samt give informationer om en eventuel vertikal fordeling af forureningen. Den udviklede metode blev dog kun anvendt i F-boringerne, idet filtrene i SS-boringerne var for korte (se desuden afsnit 7.6).

Forureningsfluxen pr. areal for PFMen, J_{PFM}, bestemmes direkte ved :

$$J_{PFM} = \frac{M}{\alpha \cdot A_S \cdot t}$$

Hvor

M = massen af forurening sorberet på det aktive kul i undersøgelsesperioden
A_s = tværsnitsarealet på sampleren, hvor vandet strømmer igennem
t = opsamlingstiden (i undersøgelsesperioden)
α = korrektionsfaktor, afhængig af forskellen i den hydraulisk ledningsevne i PFM'en sammenlignet med grundvandsmagasinet.

I dette projekt er α sat til 1 for både PFM og Fluxsampler for direkte at kunne sammenligne de to metoder. Der er derfor ikke medtaget effekten af en eventuel divergens / konvergens strømning omkring sampleren. I afsnit 6.3 er problematikken omkring α diskuteret.

Darcy hastigheden, v, bestemmes ved:

$$v = \frac{V}{\alpha \cdot A_s \cdot t}$$

hvor

V = voluminet af det vand, som er strømmet igennem PFM'en, baseret på mængden af sporsalt, der bliver opløst.

På baggrund af resultaterne er det muligt at estimere flux gennemsnitskoncentrationen:

$$\bar{C}_{FLUX} = \frac{M}{V}$$

Som for Fluxsampleren kan denne koncentration opfattes som en gennemsnitsgrundvandskoncentration, som sampleren har været udsat for i opsamlingsperioden.

Forureningsfluxen, MD_{PFM}, gennem et areal, A beregnes som:

$$MD_{PFM} = A \bullet J_{PFM}$$

Den totale forureningsflux gennem transektet kan herefter bestemmes af:

$$MD_{PFM,\,total} = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot J_{PFM,\,i}$$

Hvor A_i og $J_{PFM,i}$ er henholdsvis arealet og forureningsfluxen pr. arealenhed i den enkelte celleinddeling.

6.5 Opsummering af metoder

I Tabel 4 er der givet en oversigt over de forskellige metoder, herunder hvad de kan måle, og hvad der kræves, før metoden kan anvendes.

Tabel 4. Information of the different methods.

Method	Active / passive	Deployment time	Direct measured	Calculated parameters	Comments
Traditional	Active	One week	Concentration (C) Groundwater table Hydraulic conductivity (K)	Hydraulic gradient (i) Mass Flux (J) Mass Discharge (MD) Darcy velocity (v) Flow direction	Need establishment of wells and a combination of many methods to derive C, K, i
PVP	Active	one day	Seepage velocity (v_p) Flow direction	Darcy velocity (v)	Need permanent installation of device. Mass flux can be calculated if concentrations are known. If porosity is known, Darcy velocity can be calculated.
PFM	Passive	2 – 4 weeks	Mass Flux (J) Darcy velocity (v) Flow direction[1]	Mass Discharge (MD) Flux average concentration (C_{Flux})	Need a well screened in the saturated zone.
Fluxsampler	Passive	2 – 8 weeks	Mass Flux (J) Darcy velocity (v) Flow direction	Mass Discharge (MD) Flux average concentration (C_{Flux})	Need a well screened in the saturated zone.

[1]: in this project, the PFM was designed to also determine the flow direction

7. Udførte undersøgelser og forsøgsbetingelser

7.1 Hydrogeologi

D. 23. februar 2016 blev der udført en synkronpejlerunde på udvalgte boringer i området omkring transektet, se Bilag 15.

I perioden 11.november 2015 – 3. februar 2016 blev der installeret en logger i boring F25-2 for at følge det hydrauliske trykniveau i boringen. Dette blev suppleret med yderligere en logger i boring F40-1 i perioden fra 21. januar til 3. februar 2016.

Der blev indsamlet oplysninger om nedbørsmængden fra DMI fra en nærved liggende station (5825, Jyllinge renseanlæg) for at kunne vurdere en evt. grundvandsdannelse.

7.2 HPT (Hydraulic Profiling Tool)

Den 2. februar 2016 blev der udført tre HPT-sonderinger med dissipationtests. Sonderingerne blev udført af NIRAS med GeoProbe-systemet. Sonderingerne har følgende placeringer:

- HPT1: Placeret mellem F40 og F45 – ud for MLSIV.
- HPT2: Placeret ud for F40.
- HPT3: Placeret ud for F30.

Placeringen af HPT'erne fremgår af Bilag 2 samt af Bilag 4.

Dybden, hvor der blev udført dissipationtest, fremgår af Tabel 5.

Tabel 5. Depth of conducted dissipationtest (mbgs)

HPT1	HPT2	HPT3
3,0	2,9	3,0
4,1	4,2	4,0
5,4	5,4	5,0
6,5	6,5	5,4
7,5	7,5	6,7
8,5	8,6	
10,0	9,5	

For en nærmere beskrivelse af udførelsen af HPT samt dissipationtest henvises til Bilag 9. Som det fremgår af beskrivelsen, er det muligt i den mættede del af formationen at bestemme den hydrauliske ledningsevne kontinuert med en opløsning bedre end 2 cm mellem hver dybde, hvor der er logget data og udført dissipationtests. Metoden er semi kvantitativ men giver erfaringsmæssig sammenlignelige værdier med fx resultaterne fra slugtests.

7.3 Slugtest

Den 3. februar samt den 9. februar 2016 udførte NIRAS forskellige slugtests. Formålet med udførelsen af slugtests var at bestemme den hydrauliske ledningsevne i det vandførende grundvandsmagasin. Slugtestene blev udført ved, at en 1 m lang massiv stålcylinder med en diameter 40 mm blev nedsænket i en boring. En logger målte øgningen i grundvandspotentialet

samt den efterfølgende reetablering. Når grundvandsspejlet havde reetableret sig til det oprindelige niveau, blev loddet taget op igen, hvorefter loggeren målte reduktionen i grundvandspejlet og den efterfølgende reetablering. Med denne metode var det muligt både at lave en "raising head" og en "falling head" test. Resultaterne af begge målinger blev medtaget i beregningen af den hydrauliske ledningsevne for et filter.

Slugtestene blev udført i følgende filtre:

- F30-1 og F30-2
- F35-2
- F40-1 og F40-2
- F45-1 og F45-2
- SS30-1 og SS30-2
- SS35
- SS40-1, SS40-2 og SS40-3
- SS45-1 og SS45-2

Til estimering af den hydrauliske ledningsevne anvendes metoderne udviklet af Bouwer-Rice (1976) /16/ eller Hvorslev (1951) /17/.

7.4 Vandprøvetagning

Den 10. februar 2015 har NIRAS udtaget vandprøver fra boringer i transektet, F10-F90 samt SS30-SS45. Den 26. - 27. september 2015 udtog NIRAS vandprøver fra boringerne F10-F90. Disse vandprøver blev suppleret af vandprøver udtaget fra multi level samplerne MLS-I – MLS-V, som DTU udtog d. 28. september 2015.

Vandprøverne blev alle sendt til kemisk analyse for chlorerede opløsningsmidler samt nedbrydningsprodukter heraf på akkrediteret laboratorium (ALS Denmark A/S).

I perioden 24. - 26. februar 2016 udtog NIRAS nye vandprøver fra alle F- og SS-boringer placeret i transektet i Østergade, mens DTU udtog vandprøver fra multi level samplerne MLS-I – MLS-V d. 25. februar 2016. Vandprøverne blev analyseret for chlorerede opløsningsmidler samt nedbrydningsprodukter heraf på akkrediteret laboratorium (ALS Denmark A/S). Analysen blev suppleret med analyse af ethan og ethen på separate udtagne vandprøver. Denne analyse blev foretaget på det akkrediterede analyselaboratorium, Eurofins.

7.5 PVP

Den 29. april samt 4. maj 2015 udføres første målerunde på PVP'erne. Målingerne er udført af NIRAS under instruktion af J.F. Devlin, University of Kansas.

Den 2. - 3. juni 2015 udføres anden målerunde på PVP'erne, mens den tredje målerunde blev udført d. 17. december 2015. Målingerne er udført af NIRAS under instruktion af DTU og J.F. Devlin, University of Kansas.

Målingerne blev udført ved, at injektionsslanger blev tømt for gammel tracervæske og fyldt op med ny tracer et par dage inden selve injektionen. Som tracer blev anvendt en blanding af grundvand og almindelig salt (NaCl) i en koncentration op til 2 g/l dog tilpasset de aktuelle grundvandskemiske forhold. Enkelte steder blev der observeret høje elektrisk ledningsevner i grundvandet, og derfor blev grundvandet i stedet opblandet med demineraliseret vand inden injektionen. Ved selve injektionen blev der over max 1 min. injiceret ca. 1 ml tracer. Igennem et par timer blev tracerens passage rundt om proben fulgt ved måling på de forskellige detektorer på proben, se afsnit 6.2. På baggrund af målingerne blev den horisontale og den vertikale komponent af porevandshastigheden estimeret ved brug af programmet VelProbePE3 /6/, ligesom at strømningsretningen kunne bestemmes på baggrund af responset fra detektorerne.

7.6 PFM

I perioden 30. oktober - 26. november 2015 blev der installeret passive flux metre (PFM) i de traditionelle Ø63 mm filtre i boringerne F30-F45 med undtagelse af det nederste filter i F35, som var filtersat i moræneler. Installationen udførtes af DTU og Mike Annable, University of Florida, mens optagningen udførtes af DTU og NIRAS.

Til filtrene i F-boringerne blev der anvendt 1 m lange PFM –cylindere. Til brug for dette projekt var denne PFM opdelt i tre forskellige celler af ca. samme længde (A-C, se Figur 6, side 27). De to nederste celler (B og C) anvendes til at bestemme Darcy hastighed og forureningsflux. Den øverste celle er til dette projekt opdelt i yderligere to celler (A1 og A2). Celle A2 er opdelt i tre kamre (i stil med Fluxsampleren) for at kunne bestemme flow retningen. Samtidig kan Darcy hastighed og forureningsflux bestemmes. A1 anvendes kun til bestemmelse af Darcy hastighed og forureningsflux. Under forudsætning af at der er tale om horisontalt flow i boringen og PFM'en, kan der med denne konstruktion opnås kendskab til Darcy hastighed og forurenings-flux i fire forskellige dybde intervaller.

Når resultaterne for en F-boring skal sammenlignes med resultaterne af fx en vandprøve, som jo er en "gennemsnitsværdi" for filteret, har leverandøren anbefalet, at der anvendes følgende formel til beregning af en gennemsnitsværdi for PFM'en:

$$\bar{X} = \left(\frac{\left(X_{A1} + \frac{X_{A2,1} + X_{A2,2} + X_{A2,3}}{3}\right)}{2} + X_B + X_C}{3}\right)$$

hvor $\bar{X}$ er gennemsnitsværdien (Darcy hastigheden eller forureningsflux), X_{A1} er værdien i celle A1, $X_{A2,1}$ – $X_{A2,3}$ er værdierne i de tre kamre i celle A2, mens X_C og X_D er værdierne i de to nederste celler.

Når resultaterne for PFM'erne i F-boringerne skal sammenlignes direkte med resultater fra Fluxsampleren anvendes resultater fra de dybdeintervaller, som modsvarer placeringen af Fluxsampleren. Da Fluxsampleren i F-boringerne typisk var placeret i et dybdeinterval, som ved undersøgelsen med PFM'en indeholdt overgangen mellem to kamre i PFM'en (typisk de to nederste kamre), blev der beregnet og anvendt en gennemsnitsværdi for de to nederste kamre i PFM'en ved sammenligningen, dvs.:

$$\bar{X} = \left(\frac{X_B + X_C}{2}\right)$$

I perioden 2. december - 17. december 2015 installeres PFM'er i filtrene SS30-SS45. Målinger-ne inkluderede målinger i blindrøret over den opslidsede del af filteret. Installationen og optag-ningen af PFMerne blev udført af NIRAS, DTU og Mike Annable, University of Florida.

I SS-boringerne blev der anvendt en PFM cylinder på ca. 0,6 m's længde. En PFM blev place-ret på bunden af SS-boringen, således at den nederste del af cylinderen var placeret ud fra filterindgangen. Den resterende del af PFM var således placeret i blindrøret. Det var hypotesen, at denne del af PFM kunne anvendes som en referenceblindprøve, da der ved horisontal grundvandsstrømning ikke burde være en grundvandsstrømning i denne del af boringen. Pga. det korte filter (20 cm) var det ikke muligt at bestemme grundvandsstrømningsretningen med PFM systemet i SS-boringerne.

7.7 Fluxsampler

Den 17. februar 2015 blev der installeret Fluxsampler i SS30-SS45. Installationen blev foretaget af Sorbisense med deltagelse af NIRAS. Fluxsamplerne blev sat ned på bunden af boringen i det dybdeinterval, hvor der er etableret et filter. Fluxsamplerne blev taget op igen d. 20. april 2015.

I perioden 29. september - 26. november 2015 blev der igen installeret Fluxsamplere i SS30-SS45. Installation og optagning udføres af Sorbisense og NIRAS. Målingerne omfatter en blind-måling i SS40-2, idet der blev placeret en Fluxsampler over den Fluxsampler, som var placeret ved den opslidsede del af filtret. Den øverste Fluxsampler skulle således ikke være direkte påvirket af den horisontale grundvandsstrømning.

I perioden 26. november 2015 - 21. januar 2016 installeres Fluxsamplere i F30-F45 med undtagelse i det nederste filter i F35, som var placeret i moræneler. For at få et indtryk af grundvandskoncentrationen i filteret blev der desuden installeret en SorbiCell oven på alle Fluxsamplere. SorbiCell er en passiv prøvetagningsmetode, som måler gennemsnitskoncentrationen over måleperioden.

Fluxsamplerne i F-boringerne blev placeret således, at toppen af Fluxsampleren var i midten af filteret i boringen. Installationen blev foretaget af Sorbisense og NIRAS, mens optagningen blev foretaget af NIRAS.

Det skal nævnes, at der i løbet af projektperioden var nogle analysetekniske udfordringer ved analyse af sorbenten fra Fluxsampleren, som gjorde, at ekstraktionsmetoden hos analyselaboratoriet blev ændret i projektperioden, således at der afslutningsvis blev anvendt methanol som ekstraktionsmiddel og anvendelse af Purge and Trap som analysemetode. Samtlige resultater medtaget i denne rapport er baseret på den nye analysemetode. For resultaterne fra SS-boringerne har det haft den betydning, at prøverne, som er blevet analyseret med den nye metode, har været nedfrosset 2-3 måneder, før analysen blev igangsat. Dette kan have haft en mindre betydning for påvisningen af de mere flygtige komponenter især vinylchlorid.

7.7.1 Undersøgelse med Fluxsampler over en to ugers periode

På baggrund af nogle resultater, som viste et relativt lavt indhold af PCE og TCE, blev det diskuteret i projektgruppen, om der kunne ske en mikrobiel nedbrydning af de chlorerede opløsningsmidler på oversiden af Fluxsampleren evt. ved dannelse af en biofilm, idet sorbent og tracer ikke er coatet/tilsat noget, som skulle forhindre en biologisk aktivitet.

Det blev derfor besluttet, at ovenstående aktiviteter skulle suppleres med tests af mulig mikrobiel aktivitet på fluxsamplerne ved at installere samplere i en kortere undersøgelsesperiode end den anbefalede periode på 8 uger. Dette skete i perioden 21. december 2015 – 1. februar 2016.

Testen blev udført ved installation af fluxsamplere i følgende filtre: SS30-2, SS40-3 og SS45-1. Målingerne blev udført af 3 omgange med hver 2 ugers varighed i perioderne fra:

- 21. december 2015 - 4. januar 2016.
- 4. januar – 18. januar 2016.
- 18. januar – 1. februar 2016.

Resultaterne sammenlignes med resultaterne fra 8 ugers måleperioden, som blev gennemført i perioden 29. september - 26. november 2015.

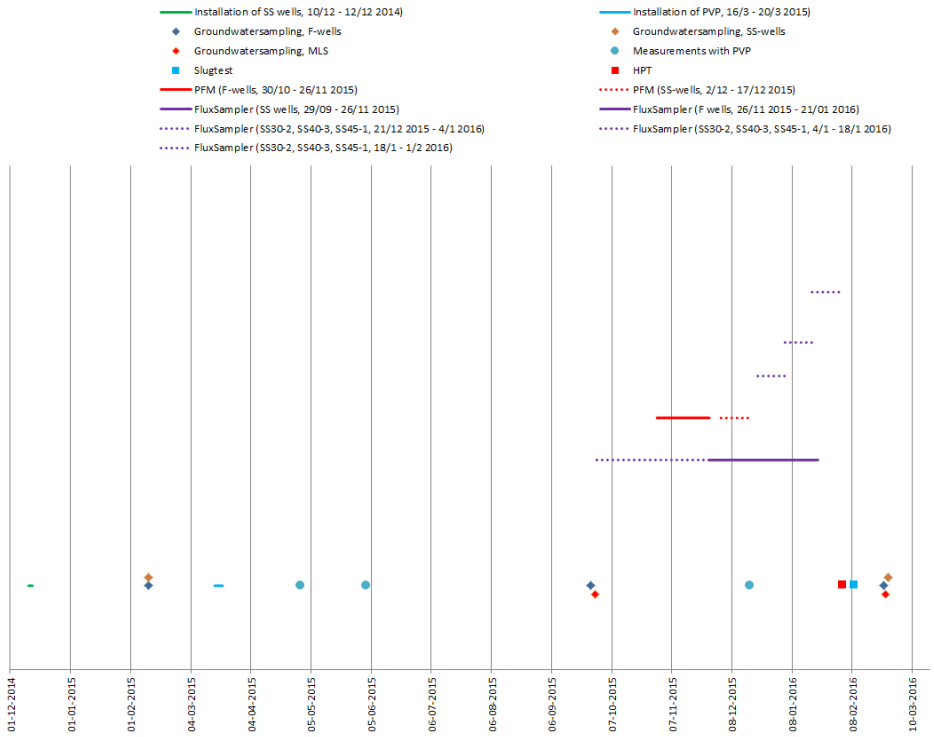
Installationen af Fluxsamplerne d. 21. december 2015 blev udført af Sorbisense, mens de øvrige installationer og optagninger blev udført af NIRAS.

7.8 Opsummering

I nedenstående tabeller er tidsforløbet af de udførte undersøgelser opsummeret i kronologisk rækkefølge.

dato	10.-12. december 2014	15. december 2014	3. februar 2015	10. februar 2015	17. februar 2015	16.-20. marts 2015	20. april 2015	29. april og 5. maj 2015	2. - 3. juni 2015	26.-27. september 2015	28. september 2015	29. september 2015	30. oktober 2015	26. november 2015	2. december 2015	17. december 2015	21. december 2015	4. januar 2016	18. januar 2016	21. januar 2016	1. februar 2016	2. februar 2016	3. februar 2016	9. februar 2016	23. februar 2016	24. og 26. februar 2016	25. februar 2016
Etablering af SS-boringer																											
Pejling og bundpejling af SS-boringer																											
Nivellering af SS-boringer samt pejlerunde																											
Vandprøvetagning, F- boringer																											
Vandprøvetagning, SS-boringer																											
Vandprøvetagning, multilevelsampler																											
Installation af PVP																											
Målerunde, PVP																											
Installation af Fluxsampler i F-boringer																											
Optagning af Fluxsampler i F-boringer																											
Installation af Fluxsampler i SS-boringer																											
Optagning af Fluxsampler i SS-boringer																											
Installation af PFM i FF-boringer																											
Optagning af PFM i F-boringer																											
Installation af PFM i SS-boringer																											
Optagning af PFM i SS-boringer																											
Installation af Fluxsampler i SS30-2, SS40-3 og SS45-1 (mikrobiel nedbrydning)																											
Optagning af Fluxsampler i SS30-2, SS40-3 og SS45-1 (mikrobiel nedbrydning)																											
Udførelse af HPT																											
Udførelse af slugtest																											
Udførelse af synkronpejlerunde																											

Figur 7. Kronologisk oversigt over undersøgelsesaktiviteter i projektperioden 2014- 2016.



Figur 8. Oversigt over de vigtigste undersøgelsesaktiviteter i projektperioden 2014-2016.

8. Resultater og diskussion

Samtlige resultater fremgår af de af leverandørerne fremsendte resultatoversigter, som er vedlagt i Bilag 10 - Bilag 13. Analyserapporter fra analyselaboratorierne er ikke vedlagt rapporten, men kan fremsendes ved henvendelsen til NIRAS.

8.1 Den hydrauliske gradient

Resultaterne af synkronpejlerunden fremgår af Bilag 15. Som det fremgår, var der i februar 2016 en østlig strømningsretning mod Roskilde Fjord. Den hydrauliske gradient kan ud fra pejleresultaterne estimeres til ca. 2 ‰.

Resultaterne understøtter tidligere resultater (se afsnit 5.1), og det vurderes, at strømningsretningen (og gradienten) er forholdsvis konstante.

I Bilag 17 er vist sammenhørende værdier for nedbørsmængder (v. Jyllinge renseanlæg på den anden side af Roskilde Fjord, ca. 6 km sydøst for Skuldelev) og potentialeforhold i grundvandsmagasinet repræsenteret ved boring F25-2 og F40-1. Som det fremgår, så var der et kraftigt regnvejr d. 21. november 2015, og et par dage senere kunne der observeres en stigning i trykniveauet i grundvandsmagasinet. Herefter var der et forholdsvist stabilt trykniveau indtil d. 26. december, hvor et nyt kraftigt regnvejr forekom. Senere samme dag kunne der observeres et stigende trykniveau. I perioden fra 11. november– 28. december 2015 steg det hydrauliske trykniveau derfor med næsten 1 m. Efterfølgende faldt det igen med ca. 30 cm frem til d. 24. januar 2016. Der er derfor ikke nogen tvivl om, at trykniveauet i grundvandsmagasinet har varieret markant gennem undersøgelsesperioden. Det har dog ikke haft nogen væsentlig indflydelse på hverken strømningsretningen eller strømningshastigheden, da ændringerne i trykniveauet er stort set det samme i samtlige filtre.

Selvom nedbørstallene stammer fra en målestation ca. 6 km fra lokaliteten, så vurderes det, at nedbørsforholdene kan påvirke de hydrauliske trykniveau i sandmagasinet ved Østergade. På baggrund af synkronpejlemålingerne d. 23. februar 2016 vurderes det, at sandmagasinet i februar 2016 udgjorde et spændt grundvandsmagasin (Bilag 2). Derimod har der i den første del af undersøgelsesperioden (indtil først i november) sandsynligvis været et frit vandspejl i sandmagasinet.

8.2 Strømningsretning

Strømningsretningen er bestemt i tre omgange med PVP'erne. I Bilag 16b er vist strømningsretningen ved de to sidste målerunder, fra juni og december 2015, sat ud for de tilsvarende SS-boringer. For nogle af målingerne er tolkningerne af strømningsretningen meget usikker pga. fx lave respons / underlige respons målepunkterne imellem, hvilket er indikeret på bilaget. Det skal også bemærkes, at der ikke er nogle målinger fra PVP40-3 (svarende til SS40-3, øverste filter), idet det viste sig, at injektionsportene var blokeret.

Som det fremgår af Bilag 16b er der generelt en god overensstemmelse mellem resultaterne af PVP målingerne og den overordnede østlig strømningsretning.

Resultatet af målingerne for strømningsretningen med Fluxsampleren og PFM'en fremgår af Bilag 16a (F-boringerne) og Bilag 16b (SS-boringerne, kun Fluxsampler).

Strømningsretningen i Fluxsampleren blev bestemt både ved summen af PCE og TCE, summen af nedbrydningsprodukterne samt massevægtet, hvor koncentrationen af den enkelte forureningskomponent indgår vægtet (proportionelt) i beregningerne. Som det fremgår af Bilag 16a, så er der en vis variation i strømningsretningen i F-boringerne, når strømningsretningen bestemmes på de forskellige måder. Umiddelbart indikerer resultaterne, at den massevægtede strømningsretning generelt er i større overensstemmelse med den generelle overordnede østlige strømningsretning.

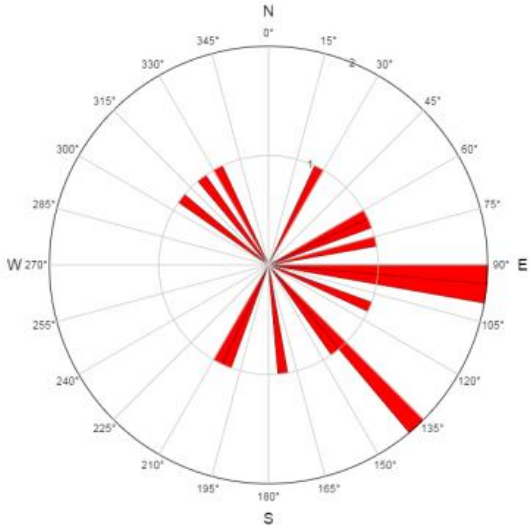
Resultatet for PFM'erne i F-boringerne viser et tilsvarende kompliceret billede med strømningsretninger i forskellige retninger (Bilag 16a). I den forbindelse skal det nævnes, at PFM'en oprindelig ikke er beregnet til at bestemme strømningsretningen, men den blev modificeret med henblik på afprøvning af dette i forbindelse med projektet.

For SS-boringerne er der ikke data for PFM'en, da filterstrækningen var for kort til, at en PFM kunne anvendes til dette formål. Strømningsretningerne bestemt ved Fluxsampleren viste et varierende billede (Bilag 16b). Selvom strømningsretningen lokalt omkring et filter kan variere noget, vurderes det ikke sandsynligt, at der fx skulle være en vestlig/nordvestlig strømningsretning. Det vurderes, at den store variation i strømningsretningerne i stedet skal tilskrives boringskonstruktionen af SS-boringerne med deres meget korte filter, og at de er blevet etableret med Dual Tube systemet, evt. koblet sammen med det flukturerende hydraulisk trykniveau i boringerne, som omtalt først i dette afsnit.

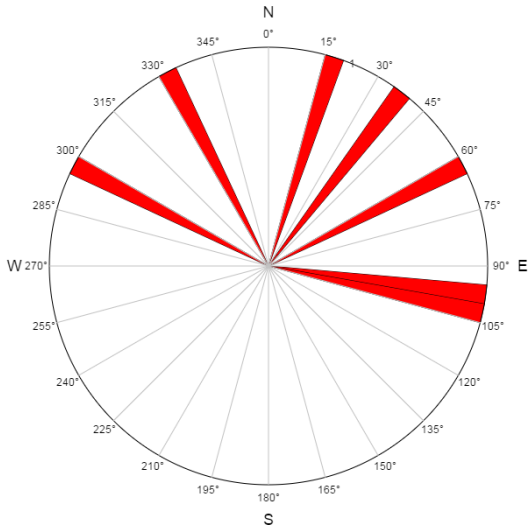
I rosediagrammerne vist på Figur 9 er resultaterne fra Fluxsampleren (øverst), PFM (midten) samt PVP (nederst) illustreret. Rosediagrammet er inddelt i intervaller på 5°, og hver målt strømningsretning (beregnet som ° fra nord) er derefter allokeret til et interval. Rosediagrammet viser herefter, hvor mange målinger der er allokeret til et givet interval, og der kan derefter opnås et indtryk af metodens overordnede bestemmelse af strømningsretningen.

For Fluxsampleren er samtlige 18 strømningsretninger i F- og SS-boringerne medtaget (målingerne fra 2 og 8 ugers perioden). Strømningsretningen i F-boringerne er bestemt ved den massevægtede metode, mens strømningsretningen i SS-boringerne hovedsageligt er baseret på koncentrationerne af nedbrydningsprodukterne (da der er usikkerhed om PCE og TCE koncentrationerne).

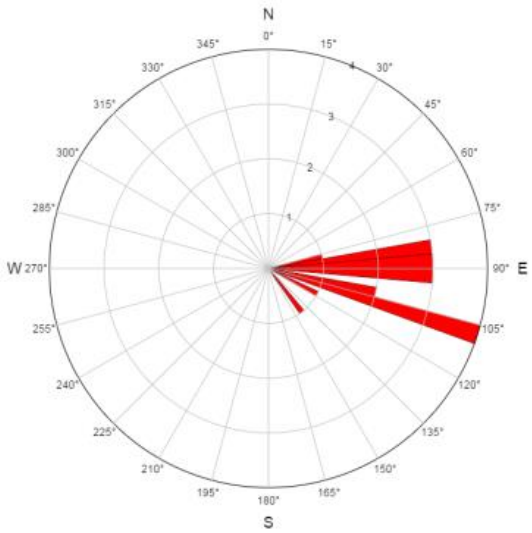
For PFM'en er der anvendt de 7 målinger fra F-boringerne, mens der for PVP'erne er anvendt resultater fra alle tre målerunder, i alt 18 data. To målinger med PVP er blevet frasorteret til den grafiske visning, da resultatet af disse to målinger var forbundet med stor usikker pga. lavt respons/mærkeligt forløb i rådata.



Resultaterne for Fluxsampleren, i alt 18 målinger. Otte målinger viser en østlige strømningsretning (60-120° fra nord).



Resultaterne for PFM, i alt 7 målinger. Tre målinger viser en østlige strømningsretning (60-120° fra nord).



Resultaterne for PVP, i alt 18 målinger. Sytten målinger viser en østlige strømningsretning (60-120° fra nord).

Figur 9. Flow direction determined with Fluxsampler (on top), PFM (middle) and PVP (at the bottom). Number of values in the different interval is shown. North is up and the overall flow direction is to the east.

Som det fremgår af Figur 9, er der forholdsvis stor usikkerhed i bestemmelsen af strømningsretningen ved anvendelsen af de passive samplere, mens PVP'en giver nogle mere ensartede resultater. Generelt ser det ud som om, at intervallet for strømretningen for Fluxsampleren ligger på ±45° (dog med flere målinger uden for dette interval) med en gennemsnitlig strømningsretning mod øst - nordøst. For PFM'en er spredningen i data ikke hel så stor, men det er baseret på færre målinger. Den gennemsnitlige strømningsretning er mod nord - nordøst og en spredning på ±45°. Derimod viser PVP'en et forholdsvis ensartet billede med en gennemsnitlig strømningsretning mod øst og en vurderet spredning på ca. ±15°.

Belært af erfaringerne bør målinger med passive samplere foretages i en boring, hvor der i forbindelse med borearbejdet er stor fokus på, at der ikke trækkes ler/silt med ned til den dybde, hvor filteret skal placeres, ligesom at der ved afslutning af boringen skal være en effektiv boringsudvikling. Udover boremetode og udviklingen af boringen vil gruskastningen omkring boringen samt designet af selve slidserne i filteret sandsynligvis have betydning for målingernes resultat.

Overordnet set giver målingerne med PVP dog den mest sikre bestemmelse af strømningsretningen lokalt i en boring. Det skal dog bemærkes, at det som beskrevet kræver en særskilt installation af anvende PVP'erne, og at installationen ikke kan anvendes til andet end måling af strømningsretning og porevandshastighed.

8.3 Hydraulisk ledningsevne

Resultaterne fra de tre udførte HPT sonderinger er vedlagt i Bilag 14.Resultaterne er desuden afbildet på Figur 10.

De estimerede hydrauliske ledningsevner i HPT1 i den øverste del af grundvandet ligger på mellem 6 til 10 m/dag. Fra ca. 3 m's dybde falder den hydrauliske ledningsevne fra ca. 11 m/dag til næsten 0 i 3,8 m's dybde, hvor der påtræffes en 0,4 m lag med en lav hydrauliske ledningsevne. Under dette lag findes et forholdsvist homogent jordlag med hydrauliske ledningsevner på 15-34 m/dag indtil en dybde af 8 m, hvorefter hydrauliske ledningsevner reduceres markant over en kort strækning. Ud fra borejournalerne fra snegleboringerne vurderes der, at det er moræneleren, som påtræffes i denne dybde. I jordlaget fra 4,2 m til 8 m findes enkelte tyndere (5-10 cm) jordlag med en mindre ledningsvene.

For HPT2 ligger de hydrauliske ledningsevner lige under grundvandsspejlet fra 18-22 m/dag. I 3,8 m's dybde kan der observeres faldende hydrauliske ledningsevner, og i ca. 4,3 m's dybde påtræffes et 0,1 m tykt jordlag med en ledningsevne på 8 m/dag. Under dette jordlag påtræffes et forholdsvist homogent jordlag med en hydraulisk ledningsevne 22-30 m/dag.

I HPT3 er der i den øvre del af grundvandsmagasinet et jordlag med en hydrauliske ledningsevne på 4-7 m/dag. Dette er underlejret af et tyndt jordlag med en lavere hydrauliske ledningsevne, som igen er underlejret af et jordlag med en forholdsvis homogen hydrauliske ledningsevne på 17-24 m/dag

I Tabel 6 er de vigtigste resultater opsummeret.

Tabel 6. Vertical distribution of the hydraulic conductivity (m/day) for the three different HPT-logs.

Depth	HPT1	Depth	HPT2	Depth	HPT3
(mbgs)	(m/day)	(mbgs)	(m/day)	(mbgs)	(m/day)
2,2 – 3,8	6 - 10	3,0 - 4,3	18 - 22	2,8 - 3,8	4 – 7
3,8 - 4,2	1 - 2	4,3 – 4,4	8	3,8 – 3,9	1 – 2
4,2 - 8,0	15 - 34	4,4 – 7,1	22 - 30	3,9 – 6,9	17 – 24
>8,0	<1	>7,1	<2	>6,9	< 4

Overordnet ses en hydraulisk ledningsevne i størrelsesordenen 15-34 m/dag 4-7 m u.t. svarende til sandlaget, hvilket indikerer, at der er tale om et forholdsvis homogent grundvandsmagasin. Som det også fremgår af resultaterne vedlagt i Bilag 14 samt af Tabel 6, så findes der dog mindre horisonter med en væsentlig lavere hydraulisk ledningsevne. Alle tre HPT er stoppet i et tæt jordlag, som antages at være det morænelerslag, der er påvist i forskellige boringer i denne dybde. Dette lag udgør bunden af grundvandsmagasinet.

Resultaterne fra de udførte slugtest er vedlagt i Bilag 14. Kun resultaterne er medtaget i bilaget. De bagvedliggende rådata og grafer er ikke vedlagt, men kan fremsendes efter henvendelse til NIRAS. Det skal bemærkes, at det ikke har været muligt at estimere en hydraulisk ledningsevne i to af boringerne (SS30-1 og SS45-2).

I Tabel 7 er de vigtigste resultater opsummeret.

Tabel 7. Hydraulic conductivity (m/day) determined by slugtests

Well	Screen	Hydraulic conductivity
	(mbgs)	(m/day)
F30-1	6,0 – 7,0	4
F30-2	3,5 – 4,5	3
F35-1	8,0 – 9,0	i.m.
F35-2	5,0 – 6,0	4
F40-1	6,0 – 7,0	4
F40-2	3,5 – 4,5	3
F45-1	8,0 – 9,0	27[1]
F45-2	5,0 – 6,0	3
SS30-1	6,5 - 6,7	i.b.
SS30-2	3,9 – 4,1	7
SS35	5,4 – 5,6	3
SS40-1	8,3 – 8,5	28[1]
SS40-2	6,4 – 6,6	54
SS40-3	4,2 – 4,4	3[1]
SS45-1	8,2 – 8,4	4[1]
SS45-2	5,4 – 5,6	i.b.

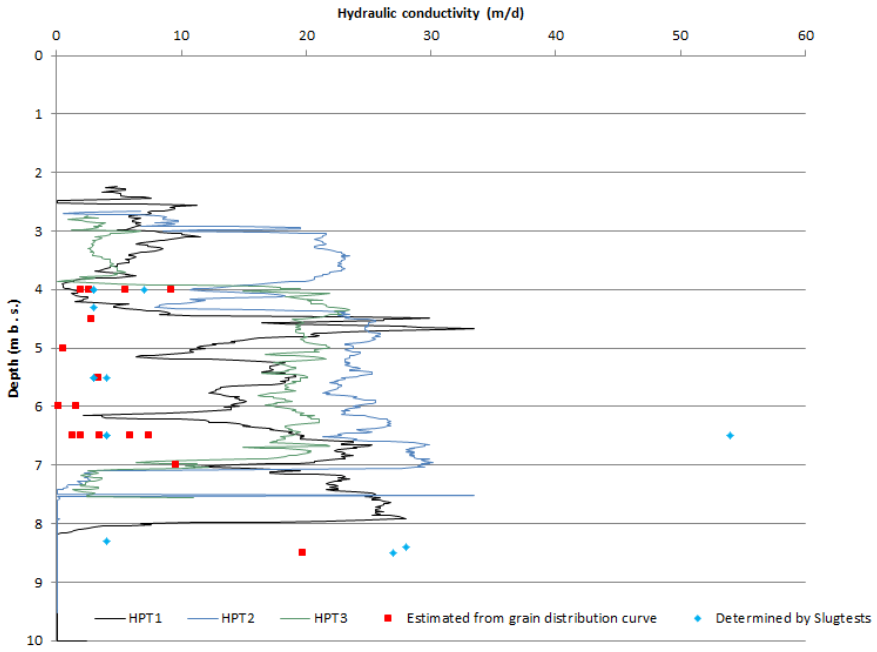
i.m.: not determined. i.b.: cannot be calculated. [1]: result is very uncertain

De hydrauliske ledningsevner, som er estimeret ud fra slugtestene, ligger generelt i den lave ende af det interval, som blev beregnet ud fra HPT resultaterne, dog med undtagelse af de dybe filtre i F45 og SS40, hvor der påvises hydrauliske ledningsevner i samme størrelsesor-

den som med HPT testen. Det skal bemærkes, at der er usikkerhed i bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne i SS-boringerne, hvilket sandsynligvis skyldes boringskonfigurationen sammenholdt med den praktiske gennemførelse af slugtestene med anvendelse af en 1 m stålcylinder.

I en tidligere undersøgelse blev den gennemsnitlige hydrauliske ledningsevne estimeret til 1 – 20 m/dag (1,5 10^{-5} – 2,29 10^{-4} m/s) basereret på kornstørrelsesfordelingen på udtagne jordprøver samt forskellige empiriske formler /7/. Disse værdier stemmer fint overens med resultaterne fra slugtestene og HPT. I samme undersøgelse blev det besluttet at anvende en hydraulisk ledningsevne på 2,4 m/dag (2,8 10^{-5} m/s) for sandet i grundvandsmagasinet baseret på en samlet beregnet geometrisk middelværdi /7/. Resultaterne for denne undersøgelse kunne indikere, at den hydrauliske ledningsevne er højere end den foreslåede værdi i /7/.

I Figur 10 er samtlige resultater afbildet som funktion af dybden. Alle målingerne i en dybde er lagt ind på samme niveau på y-aksen, og der er således ikke taget hensyn til den nøjagtige horisontale placering af målepunkter.



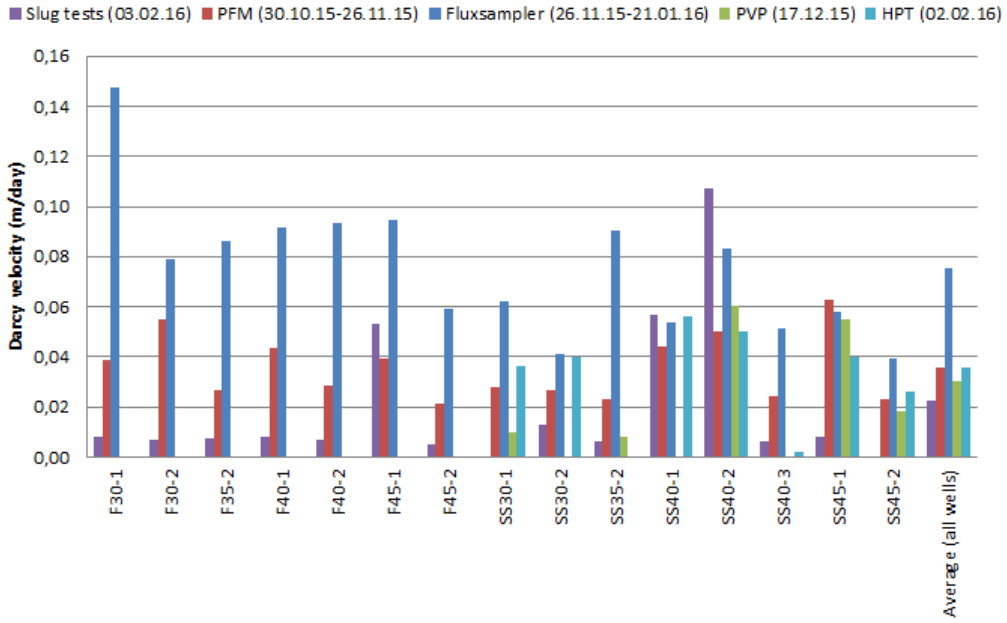
Figur 10. Hydraulic conductivity as a function of depth estimated by the grain distribution curves (/7/) or measured with HPT-logs or slugtest.

Som det fremgår, giver HPT undersøgelsen et godt indtryk af variationen i den vertikale og horisontale hydrauliske ledningsevne i grundvandsmagasinet, og der er tale om et forholdsvist homogent magasin. Bestemmelserne med både slugtestene samt estimationen ved hjælp af kornfordelingskurver giver væsentlig lavere værdier, dog inden for en faktor 10.

8.4 Darcy hastighed

På Figur 11 er angivet de estimerede Darcy hastigheder i de enkelte filtre for de forskellige metoder. Resultaterne for den traditionelle metode er baseret på de estimerede hydrauliske ledningsevner (Tabel 7) i slugtestene samt en beregnet hydraulisk gradient på 2 ‰ (afsnit 8.1). Resultaterne angivet for HPT er et gennemsnit af de estimerede hydrauliske ledningsevner for det pågældende filterinterval ganget med den beregnede hydrauliske gradient på 2 ‰. Resultaterne fra PVP'erne er omregnet fra de målte porevandshastigheder til Darcy hastigheder ved at gange med porøsiteten (anslået 0,3), mens resultaterne for PFM i F-boringerne estimeret som en gennemsnitsværdi af fire værdier, jævnfør afsnit 7.6.

Det skal bemærkes, at resultaterne fra PVP målingerne på figuren er indlagt sammen med resultaterne for de nærved liggende SS-boringer, selvom PVP målingerne blev foretaget i særskilt installationer. Ligeledes er resultaterne fra HPT målingerne indlagt sammen med SS-boringerne.



Figur 11. Darcy velocity estimated by five different methods. The dates stated are the sampling periods, except for PVP (SS30-1), where data is from 03.06.15 due to analytical problems the 17.12.15 (see below).

Darcy hastighederne bestemt ved Fluxsampleren ligger generelt højere end værdierne bestemt ved de andre metoder, mens resultaterne fra den traditionelle metode (bestemt ud fra slugtestene) tilsvarende generelt giver de laveste værdier.

Det skal bemærkes, at Darcy hastighederne bestemt med Fluxsampleren samt PFM ikke er blevet korrigeret for evt. konvergerende / divergerende strømninger (jævnfør afsnit 6.3 og 6.4), men det vurderes, at det ikke er hovedforklaringen bag de forhøjede Darcy hastigheder for Fluxsampleren.

Data for PVP30-1 (nær SS30-1) indikerer, at der var nogle specielle omstændigheder d. 17. december 2015 omkring PVP'eren, idet flow retningen ikke kunne bestemmes, samtidig med at Darcy hastigheden var høj (0,25 m/dag). De estimerede værdier for denne PVP ved de to tidligere prøveperioder viser en Darcy hastighed på 0,01 m/dag, hvorfor den estimerede værdi på 0,25 m/dag vurderes at være påvirket af lokalspecifikke forhold på den pågældende dag. Hvad det skyldes vides ikke, men det vurderes ikke at skulle tilskrives fx en generel stigning/fald i grundvandspotentialet, da potentialet i den nærved liggende boring, F25-2, viser et konstant trykniveau d. 17. december (se Bilag 17). På Figur 11 er der derfor valgt at anvende værdien for de to tidligere målinger.

Hvis samtlige resultater vurderes under et, vurderes det, at de fem metoder giver meget sammenlignelige resultater, idet resultaterne generelt er inden for en faktor 5.

8.5 Forureningsudbredelse

I Bilag 18 er vedlagt konturplot over udbredelsen af PCE, TCE, cis-1,2-DCE, vinylchlorid, ethan, ethen samt dechloreringsgraden baseret på de påviste koncentrationer i samtlige udtagne grundvandsprøver i F-boringerne, SS-boringerne samt i multi level samplerne (MLS'erne) i februar 2016. Konturplottene er udarbejdet ved hjælp af programmet Surfer ved anvendelse af samtlige datapunkter. I Figur 12 - Figur 14 er vist konturplottene for PCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid.

Dechloreringsgraden (ved nedbrydning af PCE) er beregnet som :

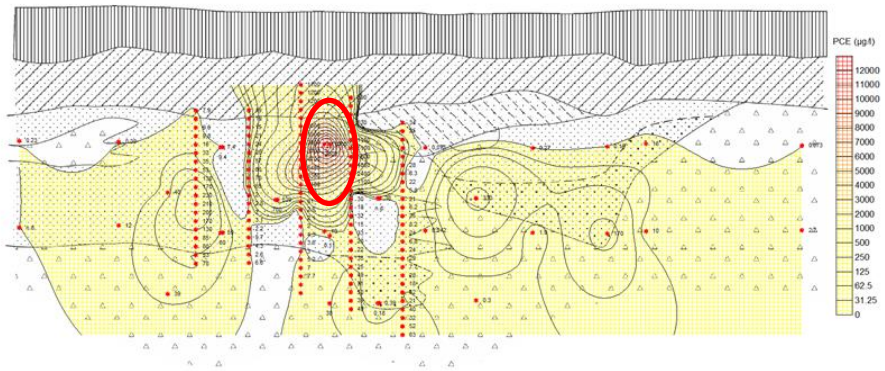
$$\text{Dechloreringsgrad} = \frac{M_{TCE} + 2 \bullet M_{DCE} + 3 \bullet M_{VC} + 4 \bullet M_{Ethane} + 4 \bullet M_{Ethene}}{4 \bullet (M_{PCE} + M_{TCE} + M_{DCE} + M_{VC} + M_{Ethane} + M_{Ethene})} \bullet 100\%$$

hvor M_i er den molære koncentration af stoffet *i.*

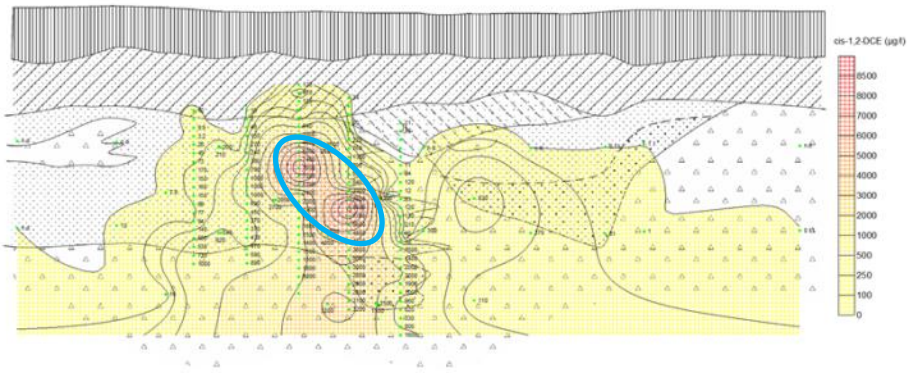
Vandprøverne udtaget i februar 2016 fra SS-boringerne, F-boringerne samt MLS er analyseret for alle de indgående komponenter i ovenstående ligning, men ellers er der generelt ikke analyseret for især ethan og ethen. Dechloreringsgraden vil i sidstnævnte tilfælde være behæftet med en del usikkerhed.

Som det fremgår af Bilag 18, så er F30-45 samt SS30-SS45 placeret centralt i forureningsfanen, og med de etablerede multi level samplere er de højeste grundvandskoncentrationer afgrænset. De udførte forsøg med de forskellige samplere er derfor foregået centralt i forureningsfanen.

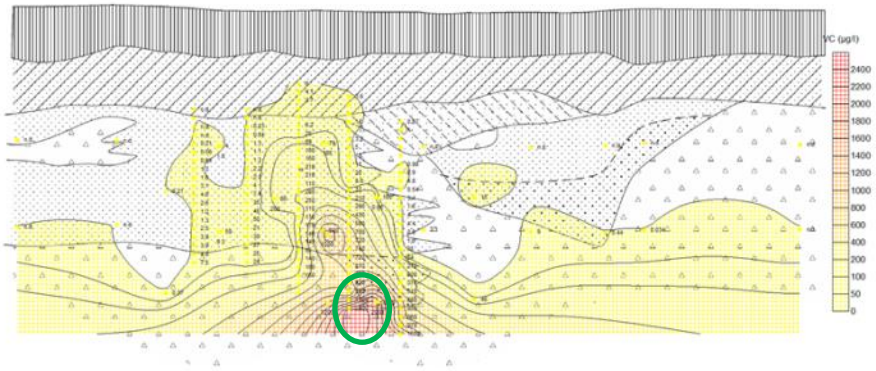
Udbredelsen af PCE (Figur 12) og TCE viser, at de højeste koncentrationer af PCE og TCE findes i den øverste del af grundvandsmagasinet i området omkring position 40 / MLS-III. Til sammenligning kan nedbrydningsproduktet cis-1,2-DCE også påvises længere mod nord og dybere ved MLS-IV (Figur 13).



Figur 12. Distribution of PCE in groundwater. The center of mass of PCE around position 40 (well F40 / SS40) is marked with a red circle. Total length scale is 80 m.



Figur 13. Distribution of cis-1,2-DCE in groundwater. The center of mass around position 40-45 (MLSIII – MLSIV) is marked with a blue circle. Total length scale is 80 m.



Figur 14. Distribution of Vinylchloride in groundwater. The center of mass around position 45-50 (MLSIV) is marked with a green circle. Total length scale is 80 m.

Det fremgår også, at de største koncentrationer af nedbrydningsprodukterne vinylchlorid (Figur 14), ethan og ethen findes i den nedre del af grundvandsmagasinet i de mere grusede jordlag ved MLSIV / F45 / SS45. Om der er tale om, at der sker en egentlig biologisk nedbrydning i dette lag, eller om det er en anden forureningsfane end PCE/TCE forureningsfanen stammende fra kildeområderne , kan ikke vurderes på det nuværende datagrundlag, men det skal nævnes, at der er sket oprensning i nogle af kildeområderne vest for transektet, hvilket kan påvirke koncentrationsniveauerne af de forskellige forureningskomponenter.

Nedbrydningen fremgår også af dechloreringsgraden, som er stigende fra omkring 10-20 % i toppen af grundvandsmagasinet til 60-70 % i bunden af grundvandsmagasinet (Bilag 18).

For at vise variationen i koncentrationsniveauerne af de forskellige forureningskomponenter er der i Bilag 21 vist grundvandskoncentrationerne af PCE, TCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid i positionerne 30 (omkring boring F30/SS30), 35, 40 og 45. Derudover er der også angivet en anden dechloreringsgraden end ovenfor, idet den kun er beregnet på baggrund af koncentrationerne af PCE, TCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid, dvs. de andre isomere af DCE samt ethan og ethen er udeladt af beregningen. Dette var nødvendigt for at kunne sammenholde resultaterne fra de kemiske analyser med resultaterne fra undersøgelserne med Fluxsampleren, Sorbicell samt PFM'en, idet der ikke blev analyseret for disse komponenter ved undersøgelserne med Fluxsampleren, Sorbicell samt PFM'en.

Som det fremgår af Bilag 21, så kan koncentrationerne ændre sig markant over en kort vertikal afstand, hvor koncentrationen af PCE fx i MLSIII ændrer sig fra 5.100 µg/l til 3 µg/l over 0,75 m (se Figur 15). Horisontalt i den kraftigste del af grundvandsforureningsfanen ses ikke de samme ændringer, hvor der typisk kan observeres en variation på op til en faktor 10 inden for en

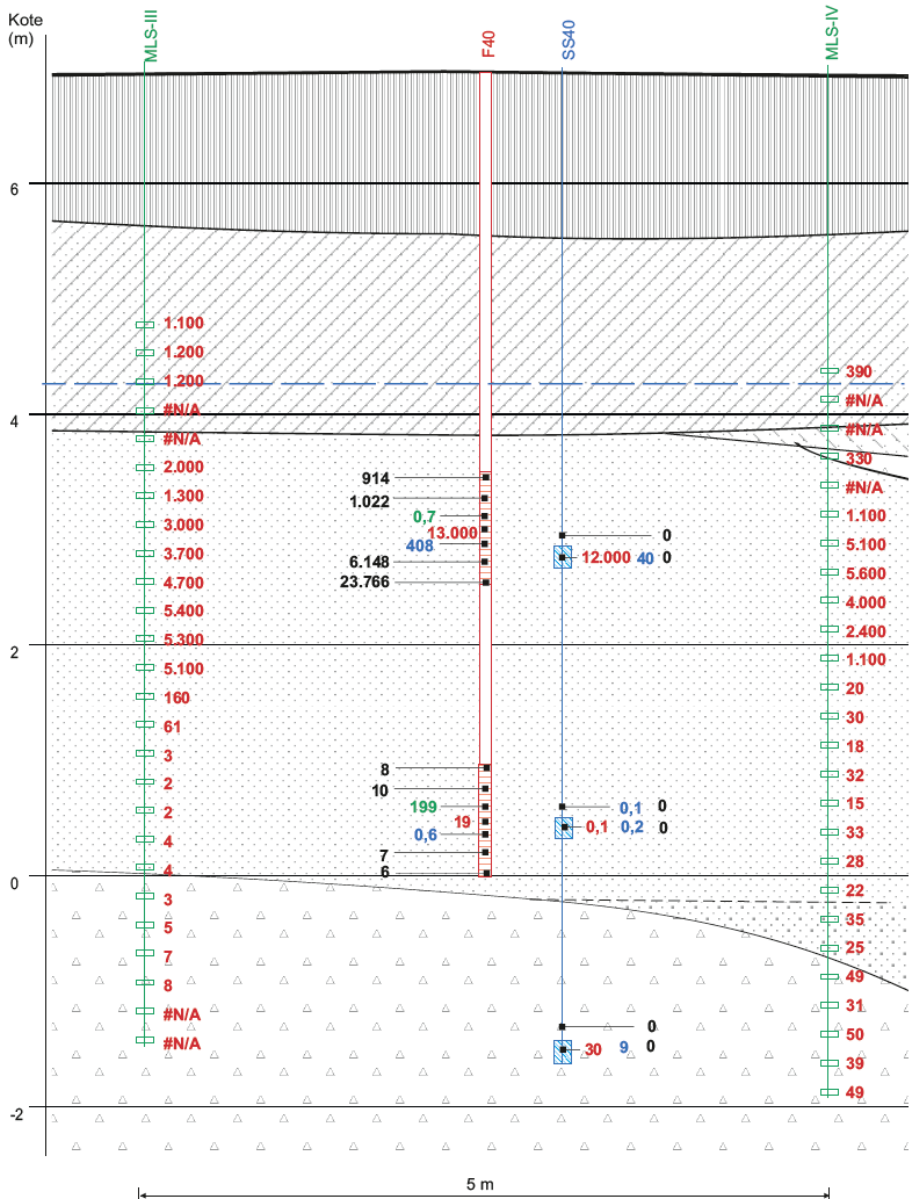
afstand på 5 m. Dette kan have en væsentlig betydning for resultaterne, når der installeres samplere med en kort længde, ved fluktuerende vandspejl eller hvis der sker en vertikal strømning i en boring pga. hydrogeologiske forhold.

Med undtagelse af PCE i position 40 påvises de højeste grundvandskoncentrationer generelt i multi level samplerne, hvilket var forventeligt, idet grundvandsprøverne fra boringerne er udtaget over længere filterstrækninger og dermed er gennemsnitsprøver vertikalt og horisontalt.

I Tabel 8 er angivet de maksimalt påviste koncentrationsniveauer (og dechloreringsgraden baseret på koncentrationerne af PCE, TCE, cis-1,2,DCE og vinylchlorid) samt i hvilken dybde, den er påvist.

Tabel 8. Highest concentration / DoD and depth where it has been measured.

	Position			
	30	**35**	**40**	**45**
PCE, µg/l	230	5.400	13.000	5.600
Depth (kote)	1,45	2,30	3,20	0,60
TCE, µg/l	93	5.800	5.800	2.600
Depth (kote)	1,45	2,30	2,30	0,60
Cis-1,2-DCE, µg/l	1.000	7.700	8.400	8.400
Depth (kote)	Several	2,30	1,10	1,10
Vinylchloride, µg/l	50	250	2.400	2.400
Depth (kote)	0,70	1,30	-1,90	-1,90
”Dechlor”, %	54	54	63	65
Depth (kote)	0,70	0,70	-1,90	Several

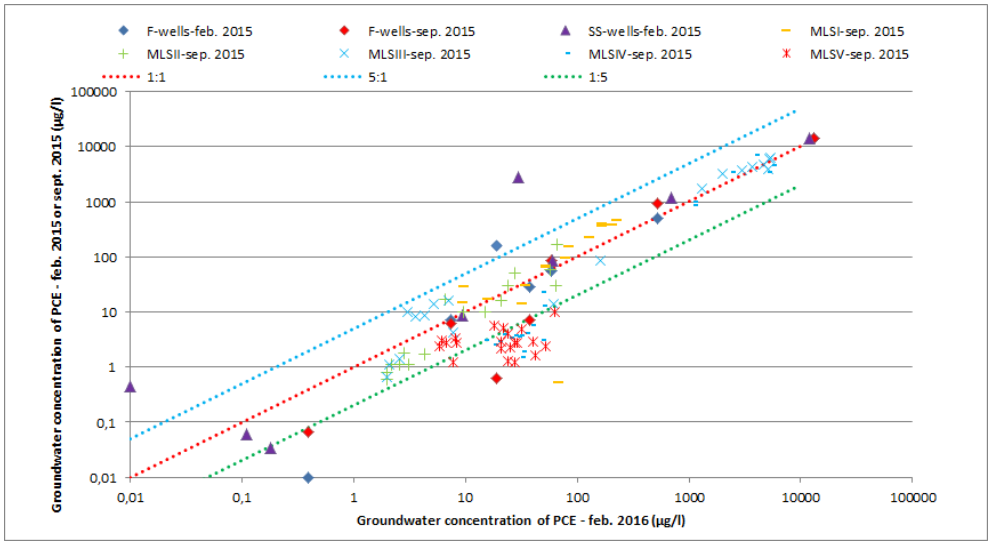


Figur 15. With red numbers are given the measured concentration of PCE in groundwater at position 40 (area around well F40 / SS40).

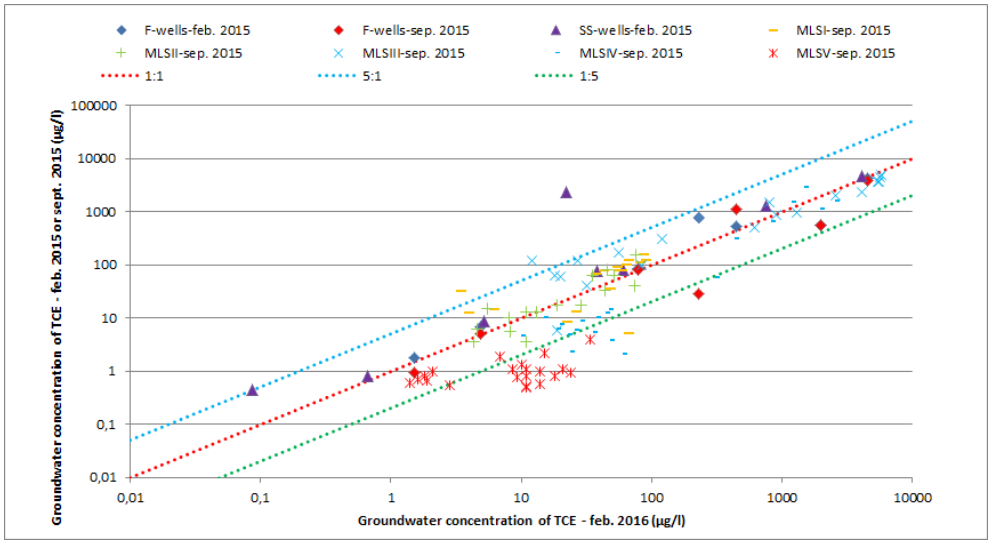
8.6 Tidslige variationer i grundvandskoncentrationer

Som det fremgår af afsnit 7.4, er der i forbindelse med projektet udtaget grundvandsprøver fra SS-filtrene, F-filtrene samt Multi level samplerne i perioden februar 2015 – februar 2016. Hermed er det muligt at få et indtryk af den tidslige variation i grundvandskoncentrationerne. Resultaterne fremgår af Bilag 13.

I nedenstående figurer er der vist de sammenhørende resultaterne for PCE, TCE, cis-1,2-DCE samt vinylchlorid fra de enkelte filtre. Resultaterne fra F-boringerne (henholdsvis fra februar 2015 og september 2015), SS-boringerne (februar 2015), og de fem forskellige multi level samplere (september 2015) er afbildet som funktion af de påviste grundvandskoncentrationerne i februar 2016. Figurerne viser således, om grundvandskoncentrationerne i februar 2016 er højere (ligger under 1:1 linien), lavere (ligger over 1:1 linien) eller det samme sammenlignet med, hvad der tidligere er påvist. På grund af det store spænd der er i grundvandskoncentrationerne er det valgt at afbilde koncentrationerne i en dobbelt logaritmisk afbildning.

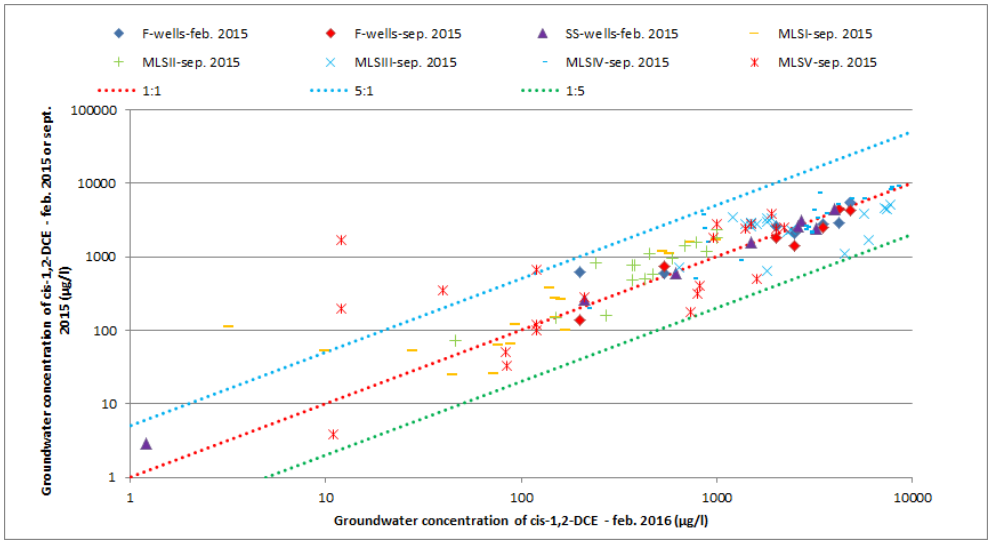


Figur 16. Concentration of PCE in different wells in February 2015 (F-wells and SS-wells) and in September 2015 (F-wells and Multi level sampler) compared with the concentrations determined in February 2016.

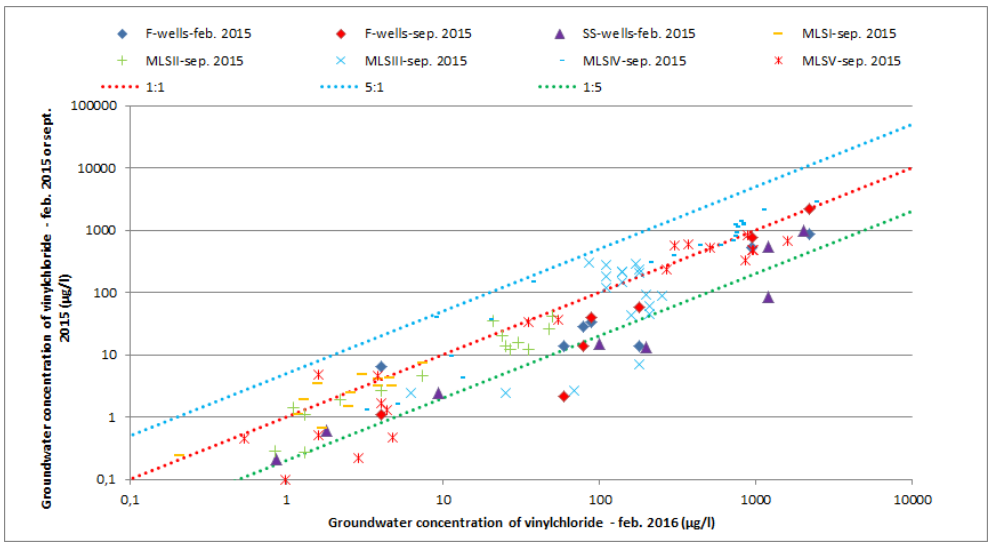


Figur 17. Concentration of TCE in different wells in February 2015 (F-wells and SS-wells) and in September 2015 (F-wells and Multi level sampler) compared with the concentrations determined in February 2016.

Som det fremgår af Figur 16, er der overordnet ikke sket de store ændring (inden for en faktor 5) i koncentrationerne af PCE fra februar 2015 til februar 2016, især i den del af fanen, hvor de højeste koncentrationer er påvist. Enkelte målinger viser en markant ændring, fx SS40-1, hvor der i feb. 2015 blev påvist 2.800 µg/l, mens koncentrationen i feb. 2016 var faldet til 30 µg/l (den lilla trekant på Figur 16). For prøverne i multi level sampler V (MLSV) ses der generelt en stigende tendens, dog fra et forholdsvist lavt niveau. Nogenlunde det samme billede kan observeres for TCE (Figur 17).

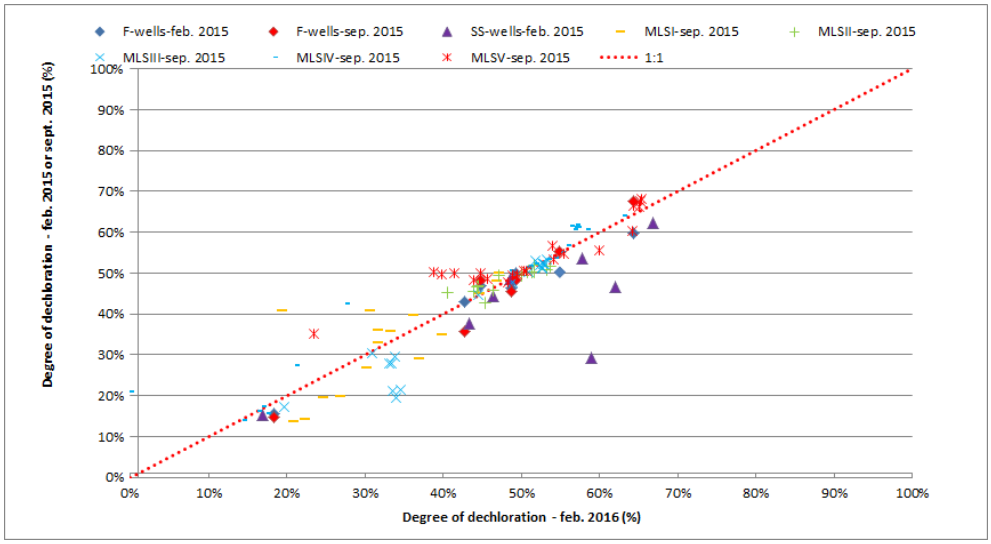


Figur 18. Concentration of cis-1,2-DCE in different wells in February 2015 (F-wells and SS-wells) and in September 2015 (F-wells and Multi level sampler) compared with the concentrations determined in February 2016.



Figur 19. Concentration of Vinyl chloride in different wells in February 2015 (F-wells and SS-wells) and in September 2015 (F-wells and Multi level sampler) compared with the concentrations determined in February 2016.

Også for cis-1,2-DCE (Figur 18) og vinylchlorid (Figur 19) er der generelt en god overens-stemmelse mellem, hvad der blev påvist i 2015 og 2016.



Figur 20. Degree of dechloration in different wells in February 2015 (F-wells and SS-wells) and in September 2015 (F-wells and Multi-level sampler) compared with Degree of dechloration calculated in samples from February 2016.

På Figur 20 er vist de beregnede dechloreringsgrader i 2015 som funktion af dechloreringsgraden i 2016. Det skal indledningsvis bemærkes, at koncentrationen af ethan og ethen indgår i beregningen af dechloreringsgraden, og da der kun er målt for disse to komponenter i 2016, og således ikke indgår i tallene for 2015, kan det være problematisk direkte at sammenligne tallene. Derfor er der foretaget en korrektion, hvor kun koncentrationerne af PCE, TCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid indgår i beregningerne for at kunne sammenligne resultaterne fra de forskellige målerunder.

Overordnet er der ikke noget der tyder på, at der er sket en større biologisk nedbrydning i grundvandsmagasinet i 2016 sammenlignet med 2015, men det er påfaldende, at dechloreringsgraden i prøverne fra SS-filtrene er højere i 2016 sammenlignet med 2015.

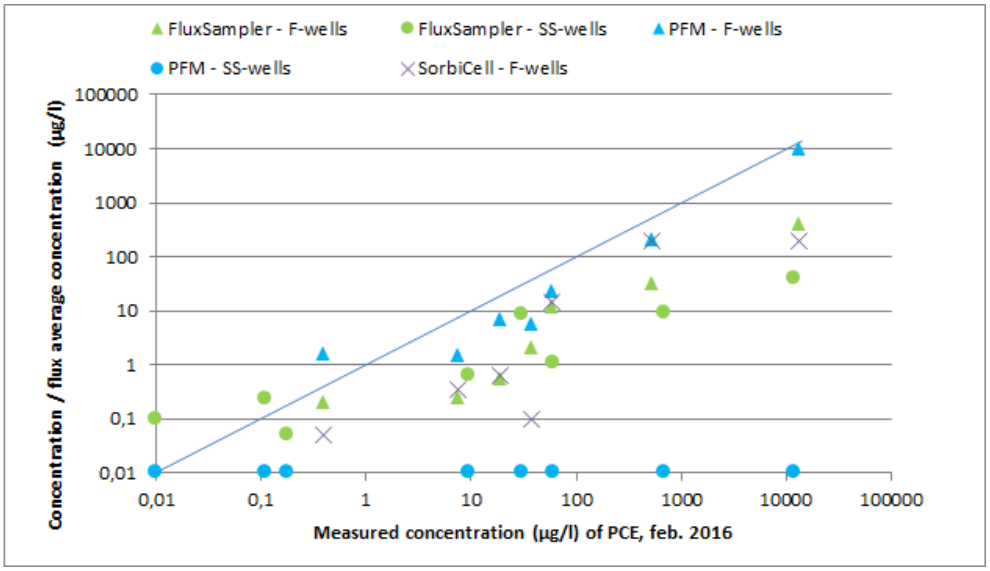
8.7 Grundvandskoncentrationer sammenlignet med flux gennemsnitkoncentrationer

Baseret på de målte forureningsfluxe (se afsnit 8.8) samt de estimerede Darcy hastigheder (afsnit 8.4) for Fluxsamplerne og PFM'erne kan flux gennemsnitkoncentrationer beregnes. Disse kan opfattes som en gennemsnitskoncentration, som samplerne har været udsat for i undersøgelsesperioden. Omregningen er sket i henhold til formeludtrykkene angivet i afsnit 6.3 og 6.4, samt afsnit 7.6 (for PFM'en).

Flux gennemsnitkoncentrationerne kan herefter sammenlignes med de målte grundvandskoncentrationer i de enkelte filtre for at få et indtryk af metodernes mulighed for at bestemme en gennemsnitlig grundvandskoncentration. Det skal dog bemærkes, at tallene ikke nødvendigvis er direkte sammenlignelige, idet der fx er tale om forskellige målemetoder (aktive/passive opsamlingsmetoder) og forskellige måleperioder (momentan / flere uger).

I Bilag 19 er de beregnede flux gennemsnitskoncentrationer for Fluxsampleren / PFM samt de målte koncentrationer med SorbiCell (målt i perioden 26. november 2015 – 21. januar 2016) afbildet som funktion af de målte grundvandskoncentrationer i februar 2016. Graferne er både præsenteret i dobbelt logaritmisk skala, i enkelt logaritmisk skala eller almindelig skala afhængig af den enkelte forureningskomponent og de påvist koncentrationsniveauer. Hvis en forureningskomponent ikke er detekteret ved en metode, anvendes ½ gange detektionsgrænsen som værdi.

Tallene for PCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid er gengivet i efterfølgende figurer. Idet der er et stort spænd i koncentrationerne filtrene imellem, er det valgt, at afbildningen har dobbelt logaritmiske akser. TCE er ikke medtaget som figur, da resultaterne modsvarer resultaterne af PCE, men figuren er vedlagt i Bilag 19.



Figur 21. Groundwater concentration / flux average concentration of PCE in different wells plotted against the concentration in groundwater in February 2016.

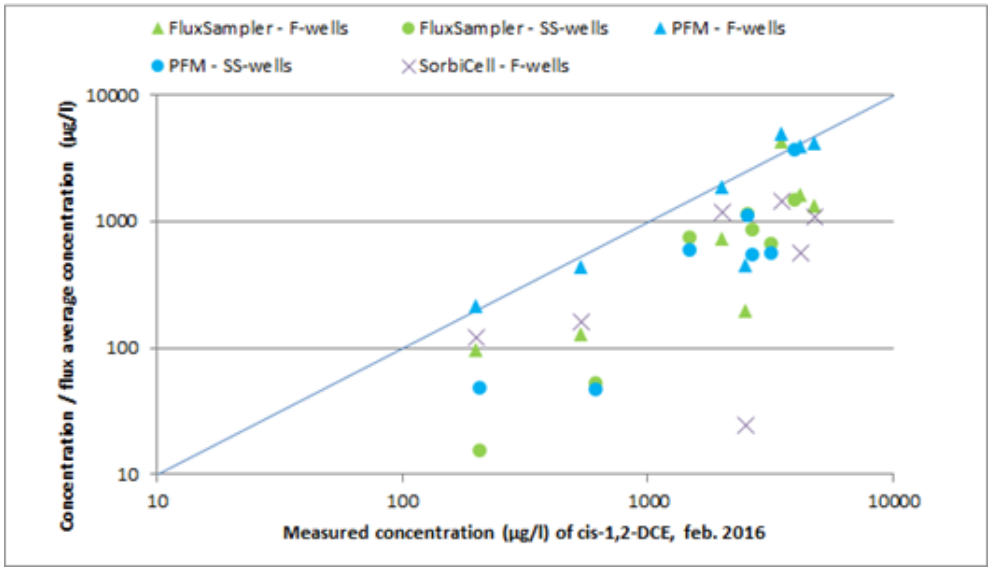
Det fremgår af Figur 21, at Fluxsampleren men især PFM'en ikke har kunne detektere PCE (og TCE) i SS-boringerne i de koncentrationer, der er påvist i grundvandet, mens de beregnede flux gennemsnitskoncentrationer i F-boringerne er i bedre overensstemmelse med de påviste grundvandskoncentrationer, selvom de generelt er lavere, end hvad der påvises i grundvandsprøverne. Flux gennemsnitskoncentrationen af PCE målt med PFM'en ligger op til en faktor 6 lavere end grundvandskoncentrationerne, mens flux gennemsnitskoncentrationen bestemt ved Fluxsampleren ligger op til en faktor 33 under grundvandskoncentrationerne (Bilag 19).

Der er ikke fundet en entydig forklaring på den manglende forekomst af PCE og TCE i SS-filtrene, men en mulig hypotese er, at der er sket en abiotisk nedbrydning af PCE og TCE i de rustfrie stålfiltre, som SS-filtrene er lavet af (se Bilag 6). Det er velkendt, at PCE og TCE kan nedbrydes abiotisk ved fx kontakt med nul-valent jern (/13/) med halveringstider, som er 25-70 lavere for PCE og TCE end for cis-1,2-DCE og vinylchlorid. Ved de passive fluxmålinger strømmer grundvandet igennem filtrene med lav hastighed (og dermed høj opholdstid i filterindgangen), mens der ved de traditionelle aktive vandprøvetagningsmetoder er en væsentlig højere grundvandstilstrømning og dermed en reduceret opholdstid igennem filterindgangen. Det skal også bemærkes, at der ved en abiotiske nedbrydning ikke sker dannelse af de nedbrydningsprodukter, der normalt observeres ved en biologiske nedbrydning, hvilket kunne forklares, hvorfor der ikke observeres forhøjede koncentrationer af nedbrydningsprodukterne cis-1,2-DCE og vinylchlorid.

Den abiotiske nedbrydning vil også kunne forklare, hvorfor dechloreringsgraden er højere i SS-boringerne i februar 2016 sammenlignet med februar 2015 (se afsnit 8.6), hvis det antages, at den abiotiske nedbrydning først starter et stykke tid efter, at boringen er blevet etableret.

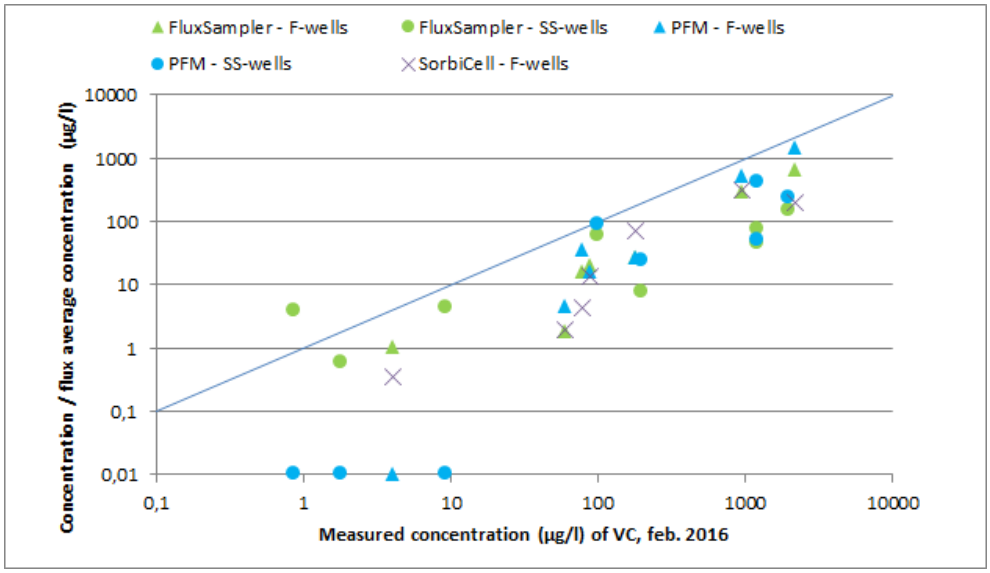
Det vurderes således, at den manglende forekomst af PCE og TCE ved måling med Fluxsampler og PFM i SS-boringerne ikke skyldes problemer med de to systemer herunder designet af dem, men snarere et muligt problem med det anvendte stål filter.

Det fremgår af Figur 21 samt af Bilag 19, at der generelt påvises lavere flux gennemsnitskoncentrationer af PCE og TCE med Fluxsampleren/PFM, end der påvises med de traditionelle grundvandsanalyser. Forskellen mellem de påviste grundvandskoncentrationer og flux gennemsnitskoncentrationer estimeret med PFM'en ligger inden for en faktor 1-28, mens den tilsvarende for Fluxsampleren ligger op til en faktor 300. Resultaterne viser, at Fluxsampleren påviser lavere flux gennemsnitkoncentrationerne af PCE og TCE sammenlignet med PFM'en, i de tilfælde, hvor der påvises PCE og TCE i PFM'en, dvs. i F-filtre.



Figur 22. Groundwater concentration / flux average concentration of cis-1,2-DCE in different wells plotted against the concentration in groundwater in February 2016.

Også for cis-1,2-DCE er de beregnede værdier for flux gennemsnitkoncentrationerne generelt lavere, end hvad der påvises med grundvandsprøverne, dog ligger værdierne for PFM'en i F-filtrene tæt på de påviste grundvandskoncentrationsniveauer. Værdierne for cis-1,2-DCE for Fluxsampleren i F-filtrene ligger generelt lavere, end hvad der er målt med PFM, samt hvad der er målt i grundvandsprøverne, men bestemmelsen ligger generelt inden for en faktor 5. For SS-filtrene ligger faktoren lidt højere, op til en faktor 14.



Figur 23.Groundwater concentration / flux average concentration of vinylchloride in different wells plotted against the concentration in groundwater in February 2016.

Flux gennemsnitskoncentrationen af Vinylchlorid målt med PFM/Fluxsampleren ligger generelt også under, hvad der er påvist i grundvandet i februar 2016 (Figur 23), og forskellen kan være op til en faktor 31 (Fluxsampler) henholdsvis 23 (PFM) (Bilag 19).

Det er ikke overraskende, at Fluxsampleren i de aktuelle tilfælde giver nogle lavere flux gennemsnitskoncentrationer i forhold til grundvandskoncentrationerne, idet flux gennemsnitskoncentrationer beregnes ud fra sorberede forureningsmasse samt Darcy hastigheden. Som det fremgår af afsnit 8.4, tyder resultaterne på, at Fluxsampleren overestimere Darcy hastigheden, hvorfor flux gennemsnitskoncentrationer bliver tilsvarende mindre. Den forhøjede Darcy hastighed kan dog ikke alene forklare de lavere flux gennemsnitskoncentrationer, idet forskellen i Darcy hastigheden ”kun” er op til en faktor 19 (Figur 11).

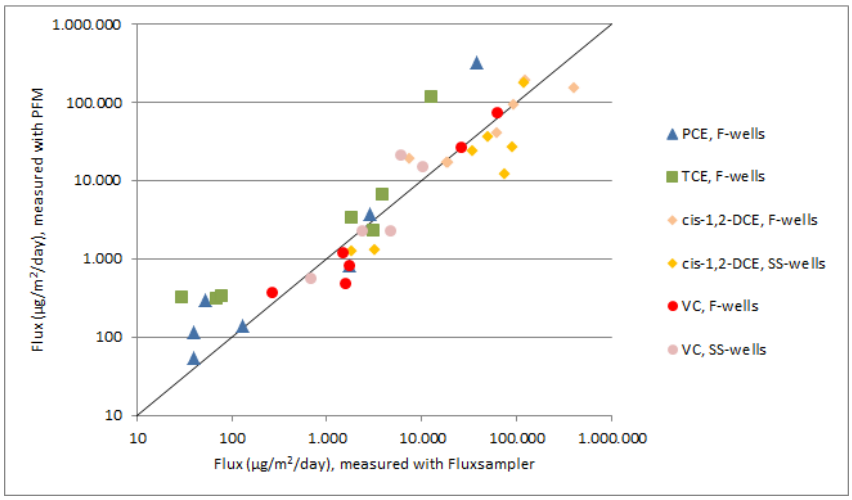
På figurerne i Bilag 21 er vist flux gennemsnitskoncentrationerne af PCE, TCE, cis-1,2-DCE, vinylchlorid samt dechloreringsgraden i positionerne 30, 35, 40 og 45 beregnet fra resultaterne fra Fluxsamplerne samt PFM’erne. Desuden er medtaget resultaterne fra SorbiCell, MLS, SS- og F-boringerne. På Figur 15 (på s. 45) er vist eksemplet for PCE i position 40. Som det fremgår, så er der en rimelig overensstemmelse mellem værdierne fra Fluxsampleren og PFM, og det der påvises i grundvandet. Ligeledes viser resultaterne for PFM’en generelt de samme vertikale tendenser som de målte grundvandskoncentrationer.

Det skal dog også bemærkes, at der i mange tilfælde påvises forureningskomponenter i den Fluxsampler og den del af PFM’eren, som befinder sig i blindrøret i SS-boringen. Dette diskuteres nærmere i afsnit 8.12.

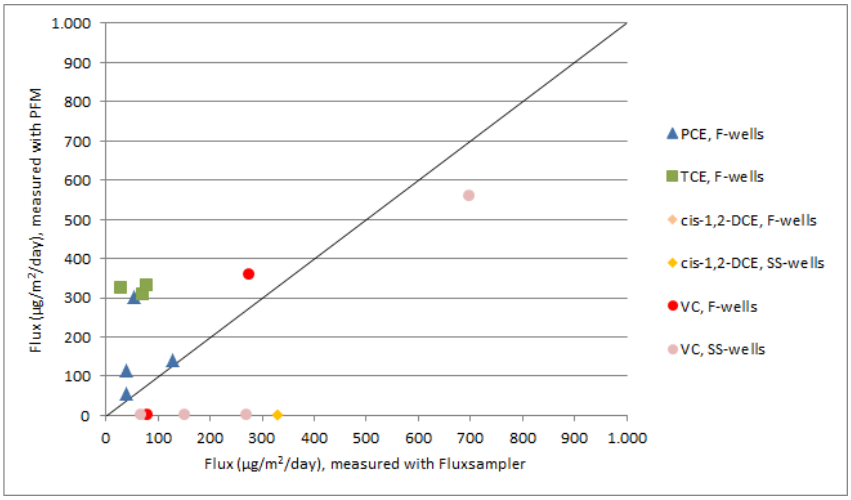
8.8 Målinger af forureningsflux – Fluxsampler og PFM

De to metoder, Fluxsampler og PFM, måler begge forureningsfluxen ved en passive målemetode med sorption af forureningskomponenter på en sorbent over en længere måleperiode, og det er derfor muligt at lave en direkte sammenligning af resultaterne for de to målemetoder. Flux gennemsnitskoncentrationerne for Fluxsampleren og PFM’en angivet i afsnit 8.6 er beregnet på baggrund af de målte værdier af forureningsflux sammenholdt med målte værdier af Darcy hastighed. I dette afsnit sammenlignes de direkte målte værdier for forureningsflux for de to metoder. Disse værdier er uafhængige af bestemmelsen af vandtilstrømningen (Darcy hastigheden) og således uafhængig af opløsningen af traceren.

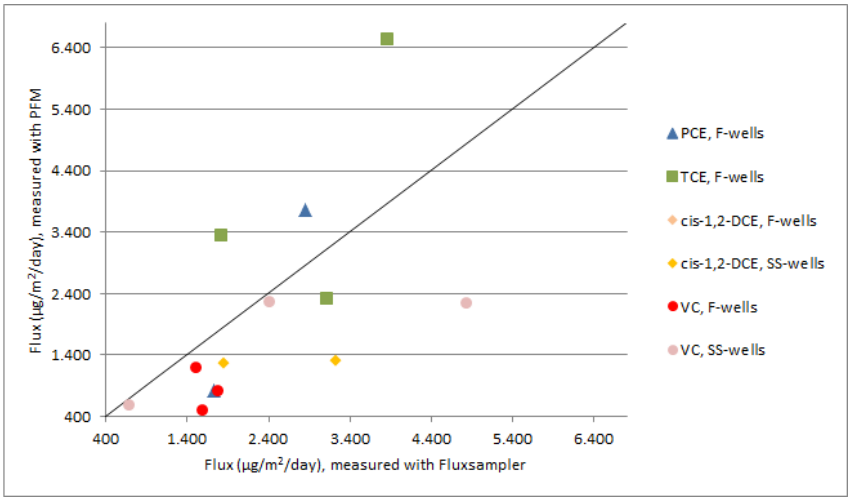
Resultaterne af fluxmålingerne med Fluxsampleren og PFM er sammenstillet i nedenstående figurer. På Figur 24 er resultaterne afbildet dobbeltlogaritmisk, mens Figur 25 - Figur 27 viser resultaterne i forskellige koncentrationsintervaller ved en lineær afbildning . Resultaterne for PCE og TCE i SS-boringerne er udeladt pga. problemerne med at påvise de to stoffer i disse boringer (se afsnit 8.7). Ved sammenligningen med resultaterne fra Fluxsampleren er resultaterne for PFM målingerne beregnet som angivet i afsnit 7.6 (nederste formel) ved anvendelse af typisk to resultater. De beregnede data fremgår af Bilag 20.



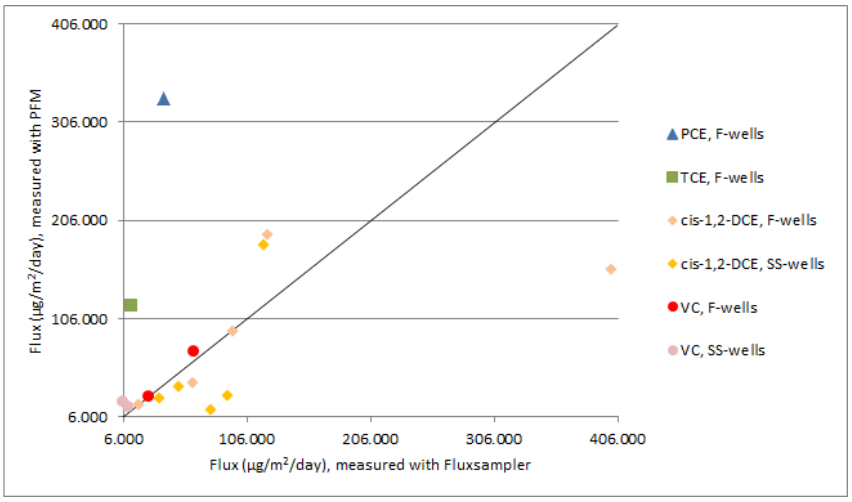
Figur 24. Correlation between flux in different wells measured with the Fluxsampler and the PFM, note: log-log scale.



Figur 25. Correlation between flux in different wells measured with the Fluxsampler and the PFM. Concentration interval: 0-1.000 µg/m^2/day.



Figur 26. Correlation between flux in different wells measured with the Fluxsampler and the PFM. Concentration interval: 400-6.800 µg/m^2/day



Figur 27. Correlation between flux in different wells measured with the Fluxsampler and the PFM. Concentration interval: 6.000-406.000 µg/m^2/day

Det fremgår, at der generelt er en udmærket sammenhæng mellem de målte forureningsflux, hvor de sammenhørende værdier generelt ligger inden for en dekade (Figur 24). Resultaterne tyder på, at PFM giver en højere flux af PCE og TCE (op til en faktor 15), mens der er en tendens til at cis-1,2-DCE og vinylchlorid påvises i lidt højere fluxe i Fluxsampleren (op til en faktor 6). Det fremgår også af resultaterne, at detektionsgrænsen er lavere for Fluxsampleren sammenlignet med PFM'en, hvilket sandsynligvis dels skyldes opsamlingstiden (8 uger mod 2 - 4 uger) dels analysetekniske forhold.

Med de variationer, der er i grundvandskoncentrationsniveauerne, samt at de to målemetoder ikke har målt fluxen i det samme filter på det samme tidspunkt, vurderes det, at de to målemetoder giver sammenlignelige resultater.

8.9 Målinger af forureningsflux – sammenligning med andre metoder

Som det fremgår af afsnit 6.1, kan forureningsfluxen også bestemmes ved anvendelse af grundvandskoncentrationer, den hydrauliske ledningsevne samt den hydrauliske gradient.

Der er derfor foretaget en beregning ved anvendelse af de kemiske resultater fra februar 2016 (afsnit 8.7), den hydraulisk ledningsevne bestemt ved slugtest (afsnit 8.3) samt den hydraulisk gradient bestemt ved synkronpejlerunden (afsnit 8.1)

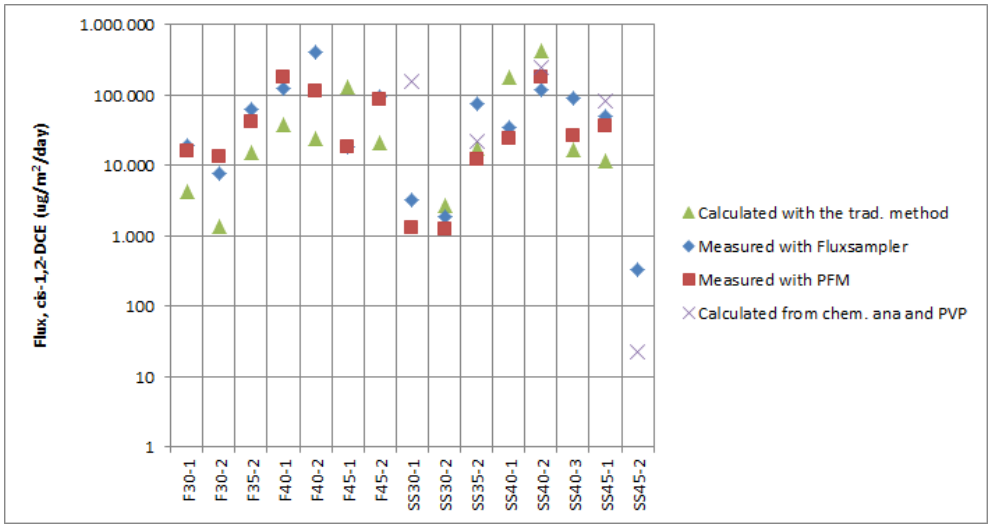
I stedet for at bestemme grundvandsstrømningshastigheden ved hjælp af en hydraulisk ledningsevne og en hydrauliske gradient, kan grundvandsstrømningshastigheden bestemmes ved hjælp af PVP. Derefter kan forureningsfluxen så bestemmes ved anvendelse af målte grundvandskoncentrationer i omkring liggende boringer (jævnfør afsnit 6.2).

Der er derfor foretaget en beregning af forureningsfluxen ved anvendelse af resultaterne fra PVP-målingerne d. 17. december 2015 samt grundvandskoncentrationerne målt i februar 2016 i SS-filtrene. Sidstnævnte er blevet anvendt, da PVP proberne måler grundvandshastigheden i samme niveau som placeringen af SS-filtrene.

I Bilag 20 er resultaterne fra Fluxsampleren og PFM'en sammenlignet med fluxene estimeret ved den traditionelle metode samt PVP-metoden. Resultaterne er afbildet både som tabelform samt i grafisk form.

Bemærk at resultaterne for PFM i F-boringerne i modsætning til afsnit 8.8 er beregnet ud fra samtlige resultater for PFM'en jævnfør den nederste formel i afsnit 7.6.

I nedenstående figur er medtaget et eksempel på resultaterne. For overskuelighedens skyld er der kun medtaget resultaterne for cis-1,2-DCE.



Figur 28. Measured and calculated mass flux for cis-1,2-DCE in different wells determined with four different methods.

Som det fremgår af Figur 28, er der en forholdsvis god overensstemmelse mellem forureningsfluxen af cis-1,2-DCE ved de fire forskellige metoder. Den traditionelle metode giver generelt den laveste flux i F-boringerne, mens billedet er lidt mere varierende i SS-boringerne. At den traditionelle metode giver lavere flux kan skyldes resultaterne fra slugtestene. Generelt ligger fluxene bestemt ved de forskellige metoder inden for en dekade.

Tilsvarende for de andre tre chlorerede forbindelser (bilag 20). Hvis der ses bort fra resultaterne af PCE og TCE i SS-boringerne, er der generelt god overensstemmelse mellem flux estimaterne fra de forskellige metoder. Forskellen ligger også her typisk inden for en faktor 10.

Det vurderes, at med de usikkerheder der er forbundet med de hydrogeologiske og forureningsmæssige forhold samt forskelle i målemetodik (herunder passiv contra aktiv målemetode samt opsamlingsperiode) giver de fire forskellige metoder til estimering af forureningsfluxe sammenlignelige resultater.

8.10 Totale forureningsflux igennem forsøgsområdet

I et tidligere projekt /7/ blev den samlede forureningsflux (MD) gennem hele transektet estimeret. For at kunne sammenligne med disse resultater, blev det overvejet at anvende de samme metoder herunder celleinddelinger i denne rapport. Da nærværende projekt omhandler sammenligningen mellem forskellige målemetoder, og disse metoder kun er blevet anvendt i transektet afgrænset af MLSI til MLSV (inkluderende F30-F45), er det dog valgt at kun at anvende denne del af transektet, og derved lave en opdeling tilpasset formålet i dette projekt. Opdelingen af tværsnittet fremgår af Bilag 22.

Opdelingen er foretaget således, at hver celle som udgangspunkt indeholder resultater fra hver metode, dvs. at hver celle indeholder et F- og SS-filter. Moræneleren danner den nedre grænse, mens leren afgrænser sandmagasinet opadtil. Horisontalt er cellerne opdelt midt mellem to tilstødende F-boringer (svarende til placeringen af MLS), mens cellerne vertikalt er opdelt midt mellem to tilstødende filtre i F-boringerne.

Der er i alt blevet foretaget 9 forskellige estimater af den totale forureningsflux igennem transektet alle baseret på den rektangulære metode:

a) Ved anvendelse af den traditionelle metode
    1. Anvendelse af data fra SS-boringerne
    2. Anvendelse af data fra F-boringerne
    3. Anvendelse af data fra F-boringerne samt Multi Level Samplerne (MLS)

b) Ved anvendelse af resultaterne fra PVP målingerne sammenkoblet med grundvandskoncentrationer
    4. Anvendelse af data fra PVP målinger juni 2015 samt grundvandskoncentrationer fra september 2015
    5. Anvendelse af data fra PVP målinger december 2015 samt grundvandskoncentrationer fra februar 2016

c) Ved anvendelse af resultaterne fra målinger med Fluxsampleren
    6. Anvendelse af målinger fra SS-boringerne
    7. Anvendelse af målinger fra F-boringerne

d) Ved anvendelse af resultaterne fra målinger med PFM
    8. Anvendelse af målinger fra SS-boringerne
    9. Anvendelse af målinger fra F-boringerne

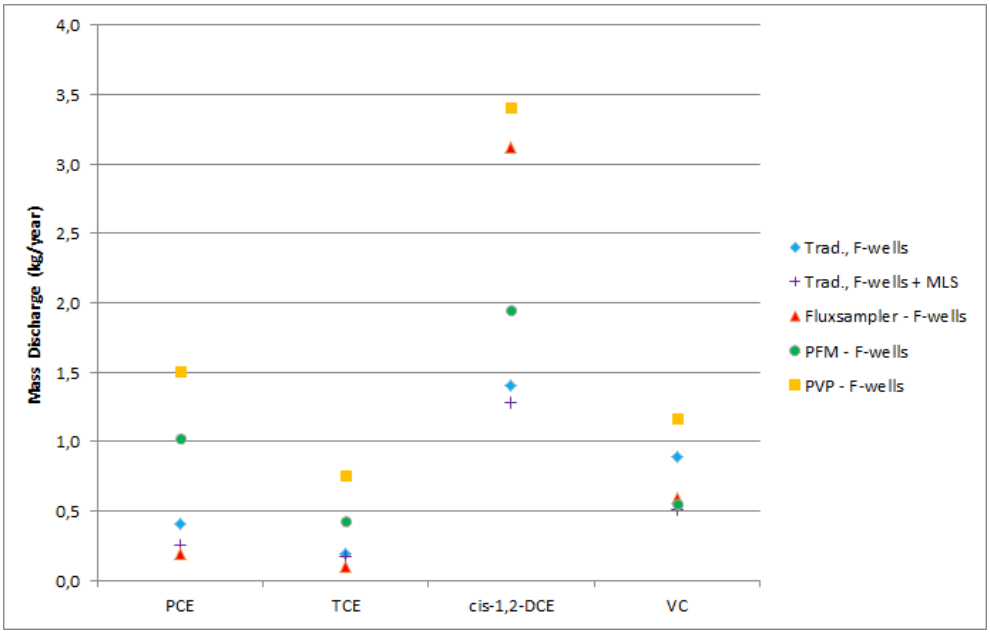
For en mere detaljeret beskrivelse af beregningsforudsætningerne henvises til Bilag 22.

I Bilag 22 er opsummeret resultaterne af beregninger i tabelform, ligesom at de er vist i grafisk form. I Bilag 23 er resultaterne i de enkelte celler visualiseret.

Resultaterne for de totale fluxe viser et overraskende ens billede for de 9 forskellige måder at beregne forureningsfluxen på, <0,001-1,5 kg/år for PCE, <0,001-0,8 kg TCE/år, 1,1-3,4 kg cis-1,2-DCE/år samt 0,1-1,2 kg vinylchlorid/år, Bilag 22.

For at skabe et større overblik over de mange resultater er der i Figur 29 præsenteret den totale flux for PCE, TCE, cis-1,2-DCE samt vinylchlorid baseret på fem beregningsmetoder: den traditionelle metode med anvendelse af resultaterne i F-boringerne (ovenstående a, 2), den traditionelle metode med anvendelse af resultaterne i F-boringerne samt multi level samplerne (ovenstående a, 3), resultaterne fra Fluxsampleren i F-boringerne (c,7), resultaterne fra PFM i F-boringerne (d,9), samt resultaterne fra den sidste målerunde med PVP (b, 5).

Begrundelsen for at fokusere på data fra F-boringerne i Figur 29 er, at der er stor usikkerhed omkring måleresultaterne for SS-boringerne (både mht. fluxene målt med Fluxsampler og PFM samt mht. slugtestene). Resultatet for metoden med anvendelse af multi level samplerne (a,3) er medtaget, selvom der i normale forureningsundersøgelser slet ikke er så omfattende datagrundlag.



Figur 29. Mass discharge of PCE, TCE, cis-1,2-DCE and vinylchloride estimated with five different methods.

Som det fremgår af Figur 29, så er der en endnu bedre overensstemmelse mellem data, hvis der udelukkende anvendes data fra F-boringerne. Bestemmelserne ved anvendelsen af Fluxsampleren / PFM ligger inden for en faktor ca. 2 i forhold til den traditionelle metode. For beregningsmetoden ved anvendelse af resultaterne for PVP målingerne sammenkoblet med de kemiske analyser ligger forureningsfluxe generelt i den høje ende, hvilket skyldes de højere Darcy hastigheder sammenlignet med resultaterne af slugtestene. Den beregnede Darcy hastighed for PVP30-1 for december målingen (0,25 m/dag, Figur 11), som ud fra de andre målinger måske er fejlbehæftet, betyder ca. 10% af den totale flux, så det er ikke forklaringen alene.

Fluxsampleren og PFM giver overordnet set forureningsfluxe på samme niveau som de traditionelle beregningsmetoder med undtagelse af PCE og TCE i SS-boringerne, hvor der som tidligere nævnt var problemer med at påvise PCE og TCE for de passive fluxsamplere (afsnit 8.7), hvorfor forureningsfluxen for disse to forureningsparameter i SS-boringerne er lavere. Også for nedbrydningsprodukterne cis-1,2-DCE og vinylchlorid er forureningsfluxen generelt lavere i SS-boringerne sammenlignet med F-boringerne. Noget af forklaringen kan ligge i boringskonstruktionen med en lavere vandgennemstrømning til følge, som resultaterne for Darcy hastigheden også kunne indikere (afsnit 8.4).

Hvis der i stedet for fokus på total fluxen igennem forsøgsområdet, ses på den totale flux inden for den enkelte celle, er variationen noget større (Bilag 22). Nogle af resultaterne, som er væsentlig anderledes end de andre, er der en åbenlys forklaring på, fx resultaterne for "PVP, feb- 2015" i position 30-1, hvor PVP'en har målt en Darcy hastighed, som er ca. 17 -21 gange højere end de to tidligere målinger i samme målepunkt sted og også væsentlig højere end de andre målinger, hvilket betyder, at fluxen også bliver overestimeret.

For mange af de andre værdier (Bilag 22) kan der dog ikke peges på en specifik årsag, fx er der estimeret en total flux i celle F40-2, som varierer med en faktor 100. Det vurderes, at variationen skyldes en kombination af flere forskellige faktorer herunder fx måle- og analyseusikkerhed, usikkerhed introduceret ved prøvetagningen, variation i grundvandskoncentration og strømning, forskellen mellem aktiv og passiv prøvetagning etc.

Som det fremgår af Bilag 23, så er metoderne generelt enige om, at den største flux af PCE og TCE er i området omkring F40-2/SS40-3. For cis-1,2-DCE er der en mere massiv flux gennem hele det valgte areal, mens fluxen af vinylchlorid er største i den nedre del af grundvandsmagasinet (F40-1/SS40-2 samt F45-1/SS45-1).

Overordnet vurderes det, at de passive fluxsamplere også inden for de enkelte celler giver nogle sammenlignelige værdier for forureningsfluxen sammenholdt med de traditionelle beregningsmetoder.

8.11 Mulig biologisk nedbrydning i Fluxsampler

I forbindelse med undersøgelse af om der kunne ske en mulig nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler på Fluxsampleren blev der opsat Fluxsamplere i tre forskellige SS-boringer (SS30-2, SS40-3 samt SS45-1) i perioder på henholdsvis 8 uger (58 dage) samt efterfølgende tre gange 2 uger (se afsnit 7.7).

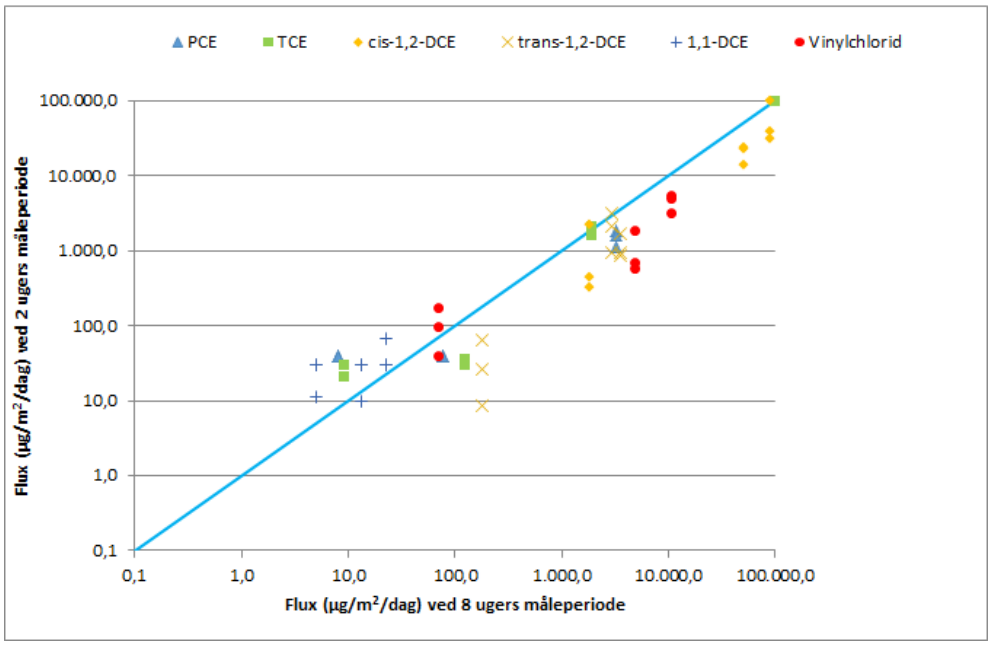
Hypotesen var, at hvis der foregik en nedbrydning, så ville fluxen af PCE og TCE være højere i 2 ugers måleperioderne sammenlignet med 8 ugers perioden, idet mikroorganismer typisk har en adaptionsfase, inden en nedbrydning starter, ligesom at der skal ske en vækst af mikroorganismer. Tilsvarende var det forventeligt, at hvis der skete en biologisk nedbrydning af PCE og TCE, så ville de målte flux af cis-1,2-DCE og Vinylchlorid være højere for 8 ugers måleperioden sammenlignet med 2 ugers måleperioderne.

De estimerede Darcy hastigheder samt fluxen i de tre boringer fremgår af tabellerne vedlagt i Bilag 10. I bilaget er der vedlagt en opsummering af resultaterne fra det samlede dataark.

Som det fremgår af Bilag 10, kan der observeres en lavere Darcy hastighed for 2 ugers måleperioderne i SS30-2 og SS40-3 sammenlignet med 8 ugers måleperioden. Forskellen er op til en faktor 3. For SS45-1 er resultaterne sammenlignelige. Sammenholdt med at resultaterne fra Fluxsampleren generelt målte en for høj Darcy hastighed sammenlignet med de andre metoder (afsnit 8.4) kunne resultaterne i denne undersøgelse indikere, at Fluxsampleren med sit nuværende design har visse udfordringer med at bestemme Darcy hastigheden.

På Figur 30 er resultaterne for forureningsfluxen opsummeret, således at resultaterne ved 2 ugers målingerne er afbildet som funktion af resultaterne ved 8 ugers målingen. Hvis fluxen af en forureningskomponent ligger under detektionsgrænsen, er detektionsgrænsen anvendt i afbildningen. Dette har især betydning for vurderingen for PCE, TCE samt 1,1-DCE på figuren.

Som det fremgår af Figur 30, er forureningsfluxen generelt lavere for 2 ugers måleperioderne end for 8 ugers perioderne.



Figur 30. Mass flux for chlorinated solvents for 2 weeks test period compared with a 8 weeks period. Note if no mass flux is detected, a value for the detection limit is used.

Resultaterne af målingerne for både Darcy hastigheden samt fluxen indikerer, at Fluxsamplerne under 2 ugers måleperioderne er gennemstrømmet af mindre grundvand per tidsenhed sammenlignet med 8 ugers måleperioden. Der er ikke fundet en forklaring på, hvorfor dette er tilfælde, men en hypotese kunne være, at den hydrauliske ledningsevne gennem Fluxsampleren ændrede sig med tiden, når sporsaltet blev opløst, således at vandstrømningen igennem Fluxsampleren blev øget med tiden.

De supplerende forsøg skulle eftervise, om der foregik en biologisk nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler i undersøgelsesperioden, og hypotesen var som nævnt, at hvis der foregik en nedbrydning, så ville fluxen af PCE og TCE være højere i 2 ugers måleperioderne sammenlignet med 8 ugers perioden, mens fluxen af cis-1,2-DCE og Vinylchlorid ville være højere for 8 ugers måleperioden sammenlignet med 2 ugers måleperioderne. Som det fremgår Figur 30, så viser resultaterne generelt ikke disse tendenser, ligesom dechloreringsgraden generelt heller ikke er større ved 8 ugers målingerne end for 2 ugers målingerne. Der er derfor ikke fundet indikationer på, at der skulle ske en mikrobiel nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler i Fluxsamplerne i undersøgelsesperioden.

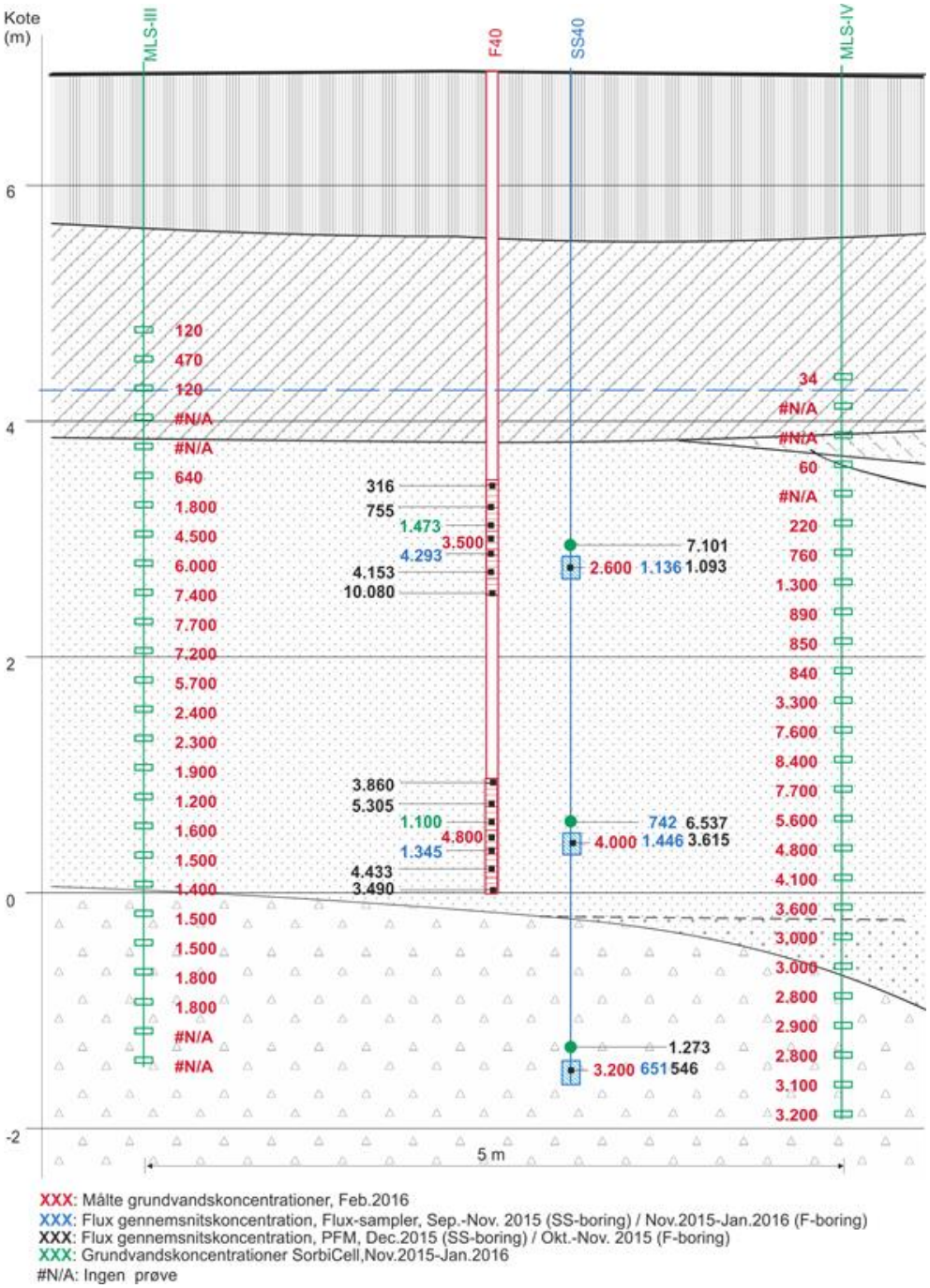
8.12 Overvejelser om vertikal strømninger i forbindelse med målinger

I forbindelse med undersøgelsen med Fluxsamplerne i SS-boringerne blev der nedsat en ekstra Fluxsampler i SS40-2. Den ekstra Fluxsampler blev påsat over på den Fluxsampler, som var lokaliseret i bunden af boringen. Den ekstra Fluxsampler var således placeret i blindrøret, og var derfor ikke udsat for horisontalt flow.

Tilsvarende er det muligt ved målingerne med PFM'erne i SS-boringerne at få nogle resultater til vurdering af en eventuel vertikal strømning i boringerne, idet den nederste del af PFM'erne var placeret ud fra filteråbningen, mens den resterende del af en PFM var placeret i blindrøret i SS-boringen.

Det var meningen, at dette kunne anvendes som en kontrol af, at der ikke skete nogen horisontalt flow i blindrøret, og at der derfor ikke skulle påvises nogen væsentlig flux.

Resultaterne fremgår af de vedlagte resultatark (Bilag 10 og Bilag 11), og gengivet på figurerne i Bilag 21. Som et eksempel er resultaterne for cis-1,2-DCE for position 40 vist på Figur 31.



Figur 31. Measured concentration of cis-1,2-DCE in groundwater and calculated average flux concentration at position 40 (well F40 / SS40). A black dot is used for showing where a result is approximately attributed. A green dot is used for showing a sample in SS40 above the screen.

Som det fremgår af Figur 31, påvises der forurening i de samplere, som er placeret i blindrøret i SS40-1, SS40-2 og SS40-3, og i nogle tilfælde endda i koncentrationer, som er højere, end hvad der påvises ved filteret. Det var forventeligt, at der ville kunne påvises noget forurening i samplerne placeret i blindrøret, da grundvandet i blindrøret også var forurenet ved installationen af sampleren. Niveauet, der blev påvist, var dog overraskende højt.

Hverken Fluxsampleren eller PFM'en forhindrer via deres design en vertikal strømning i boringen. Dette betyder, at hvis der er flukturerende grundvandspejl og/eller generelt stigende/faldende grundvandspejl vil forurenet grundvand kunne strømme vertikalt inden i boringen herunder forbi og evt. igennem den sampler, som er lokaliseret i blindrøret. Samtidig vil der kunne ske en advektiv transport af forureningskomponenter ind i sampleren, ligesom at der vil kunne ske en advektiv transport af opløste salte ud af sampleren. Hvor stor en effekt dette vil have på bestemmelsen af flux / Darcy hastigheden i en sampler placeret i et blindrør er ikke fastlagt, men det afhænger sandsynligvis af mange forskellige faktorer herunder fx koncentrationsgradienterne samt hvor meget og hvor hurtigt grundvandet flukturerer. Det er dog påfaldende, at PFM'erne viser en Darcy hastighed i blindrøret svarende til 15-100% af Darcy hastigheden ved filteret (se Bilag 11), hvilket indikerer, at der strømmer en del grundvand igennem sampleren.

9. Opsummering og konklusion

9.1 Resultaterne

Der er gennemført undersøgelser med forskellige traditionelle forureningsundersøgelsesmetoder suppleret med nye passive undersøgelsesmetoder til bestemmelse af forureningsfluxen. Resultaterne blev desuden sammenholdt med en metode til direkte bestemmelse af grundvandshastigheden.

Hovedfokus var at undersøge forureningsfluxen i den midterste del af Østergade transektet, hvorigennem en grundvandforurening med chlorerede opløsningsmidler strømmer. Den traditionelle metode til bestemmelsen af forureningsfluxen med anvendelse af informationer om den hydrauliske ledningsevne, den hydrauliske gradient samt grundvandskoncentrationer blev sammenlignet med resultaterne fra to nye passive undersøgelsesmetoder (Fluxsampler samt PFM, Passive Flux Meters). Derudover blev resultaterne også sammenlignet med en nyere amerikansk metode PVP (Point Velocity Probes), hvor grundvandsflowet blev bestemt med en probe, og hvor forureningsfluxen så blev bestemt ved at kombinere disse resultater med grundvandskoncentrationer fra nærvedliggende boringer.

De traditionelle undersøgelser viste, at det valgte transekt er forholdsvis homogent set ud fra et geologisk og hydrogeologisk synspunkt, dog findes der mindre horisonter i sandlaget, som har en lavere hydraulisk ledningsevne end den generelle hydraulisk ledningsevne, som vurderes at ligge på 15-34 m/dag. Ligeledes findes der sandsynligvis også et mere grovkornet lag i bunden af magasinet. Også den hydrauliske gradient samt strømningsretningen vurderes at være forholdsvis konstant henover året. Forholdene i transektet burde derfor muliggøre en rimelig sammenligning af de forskellige metoder i de tætstående boringer.

Målingerne af de chlorerede opløsningsmidler i grundvandet viser, at de valgte boringer og multi level samplere afgrænser forureningen rimeligt, således at de højeste grundvandskoncentrationer af PCE og TCE findes i den øvre del i den midterste del af transektet, mens cis-1,2-DCE er mere jævn fordelt over undersøgelsesområdet. Vinylchlorid derimod findes i den nordlige og dybere del af undersøgelsesområdet. Koncentrationsmålingerne viser, at der har været et forholdsvist stabilt koncentrationsniveau i det enkelte målepunkt gennem undersøgelsesperioden. Derimod kan der observeres nogle markante koncentrationsforskelle over bare 0,5 – 1,0 m dels horisontalt men især vertikalt.

Selvom der selvfølgelig er tale om et naturligt geologisk system, så vurderes det dog samlet, at der er tale om **et forholdsvist homogent hydrogeologisk system**, som de udførte undersøgelser er blevet udført i.

Strømningsretningen af grundvandet blev bestemt ved de forskellige metoder. Selvom Fluxsampleren er designet til at kunne bestemme strømningsretningen, så viste resultaterne i dette projekt dog meget varierende strømningsretninger i forhold til den overordnede målte østlige strømningsretning. Også bestemmelsen af strømningsretningen med Fluxsampleren i den enkelte boring baseret på forskellige beregningsmetoder viste en vis variation. Ud fra resultaterne og de erfaringer, der er gjort i projektet vurderes det, at det i bedste fald ikke kan forventes, at strømningsretningen i én enkelt boring kan bestemmes med en bedre nøjagtighed end ±45° med Fluxsampleren. Hvis Fluxsampleren anvendes til bestemmelsen af strømningsretningen, så indikerer resultaterne, at strømningsretningen bør bestemmes ud fra en

masse baseret beregning, hvor den største vægt bliver tillagt den forureningskomponent med den højeste koncentration.

PFM'en blev videreudviklet til dette projekt til også at kunne bestemme strømningsretningen. På baggrund af resultaterne vurderes det, at PFM'en har de samme usikkerheder omkring bestemmelsen af strømningsretningen som Fluxsampleren.

I modsætning til ovenstående to metoder, hvor måleinstrumenterne bliver installeret i en eksisterende filtersat boring, så bliver en PVP installeret separat i jorden typisk ved hjælp af GeoProbe systemet. Samtidig er PVP'erne en mere permanent installation uden mulighed for fx. prøvetagning af grundvandet eller andre målinger. PVP'erne giver dog et mere retvisende billede af den overordnede strømningsretning med en mindre spredning i data (±15°), hvilket dog ikke er en overraskelse, idet PVP'erne netop er udviklet til at bestemme strømningsretning og –hastighed.

Strømningshastigheden (Darcy hastigheden) blev bestemt ved flere forskellige metoder. Mens den indirekte bestemmelse med den traditionelle metode ved anvendelse af resultaterne fra slugtest samt en vurderet hydraulisk gradient gav de laveste strømningshastigheder, så lå resultaterne fra Fluxsampleren generelt højere end bestemt ved PFM og PVP. Der er ikke fundet en forklaring på dette. Både Fluxsampleren samt PFM baserer deres bestemmelse af Darcy hastigheden på opløsningen af tracer / salt i sampleren, og de højere værdier for Fluxsampleren kan have noget med dette at gøre.

Betragtet under et, vurderes det dog, at de fire metoder giver sammenlignelige resultater, idet resultaterne generelt lå inden for en faktor 5.

Forureningsfluxen kan måles direkte med Fluxsampleren og PFM'en, og de giver sammenlignelige resultater, selvom de ikke var installeret samtidig i boringerne. I de tilfælde hvor der påvises PCE/TCE i PFM'en (F-boringerne) er der dog er der en tendens til, at PFM'en giver højere forureningsfluxe for PCE og TCE sammenlignet med Fluxsampleren (op til en faktor 10, dog typisk en faktor 1,1-5), mens Fluxsampleren til gengæld generelt giver højere værdier for cis-1,2-DCE og vinylchlorid (generelt fra en faktor 1,1-3). Hvorfor dette er tilfældet, kan ikke vurderes på det nuværende datagrundlag, men det kan skyldes, de markante vertikale koncentrationsgradienter der er, eventuelt sammenholdt med et periodisk varierende vandspejl.

På baggrund af de estimerede værdier af Darcy hastigheden og forureningsfluxen kan **Flux gennemsnitskoncentrationen** beregnes og sammenlignes med de påviste grundvandskoncentrationer. Med undtagelse af vinylchlorid lå resultaterne for PFM og Fluxsampleren generelt under grundvandskoncentrationerne med op til en faktor 5-10, ligesom at resultaterne for PCE og TCE for Fluxsampleren lå under de estimerede flux gennemsnitskoncentrationer bestemt ved PFM. Sidstnævnte vurderes at have direkte sammenhæng med den høje Darcy hastighed, som blev estimeret med Fluxsampleren.

Ved at inddele undersøgelsesområdet i forskellige celler var det muligt at estimere **den totale forureningsflux**, som strømmer netop igennem denne del af transektet. Der blev foretaget i alt 9 forskellige estimater: 3 baseret på den traditionelle metode ved anvendelse af hydraulisk ledningsevne, hydraulisk gradient samt grundvandskoncentrationer, 2 baseret på resultaterne fra PVP målingerne, 2 baseret på resultaterne af PFM samplerne og endelig 2 baseret på resultaterne fra Fluxsampleren. De 9 forskellige metoder gav forholdsvis ens resultater (<0,001-1,5 kg/år for PCE, <0,001-0,8 kg TCE/år, 1,1-3,4 kg cis-1,2-DCE/år samt 0,1-1,2 kg vinylchlorid/år), dog var der en væsentlig større variation inden for den enkelte celle. Hvis der udelukkende blev anvendt data fra F-boringerne lå bestemmelserne af den totale forureningsflux inden for en faktor 2.

Der blev fundet indikationer på, at der skete en **abiotisk nedbrydning** i SS-filtrene ved de passive målemetoder, hvorfor resultaterne for PCE og TCE for Fluxsampleren og PFM'en i disse boringer ikke kan anvendes. Filtrene i SS-boringerne var lavet i rustfrit stål med forskellige lodninger, og med deres længde på 20 cm var det meningen, at de skulle skabe nogle gode forudsætninger for at måle med Fluxsampleren. Dette viste sig ikke at være tilfælde, da begge de passive målemetoder havde problemer med at detektere PCE og TCE. Netop på grund af at metoderne var afhængig af grundvandets normale (og langsommere) vandtilstrømning til boringen, var der mulighed for, at opholdstiden omkring stålfiltrene var tilstrækkeligt til, at der kunne ske en abiotisk nedbrydning. Denne hypotese blev understøttet af, at den traditionelle aktive vandprøvetagning fra disse filtre, hvor grundvandstilstrømningen er væsentlig højere end den normale grundvandshastighed, viste sammenlignelige resultaterne med koncentrationerne fra F-boringerne. Resultaterne af slugtestene på SS-filtrene viste desuden nogle afvigende stigning/sænkningsforløb, der kunne indikere en dårlig hydraulisk kontakt mellem filter og formationen omkring det, hvilket vil kunne reducere tilstrømningen yderligere.

Den eventuelle **mikrobielle nedbrydning** af chlorerede opløsningsmidler på Fluxsamplerne blev undersøgt ved at undersøge indflydelsen af forsøgsperiodens længde. På baggrund af resultaterne må det konkluderes, at der ikke kunne observeres nogen biologisk nedbrydning af de chlorerede opløsningsmidler. Fluxsampleren har ikke som PFMen en inhiberende coating, hvorfor man skal være opmærksom på muligheden for mikrobiel nedbrydning, men i dette projekt blev der som skrevet ikke identificeret nogle problemer med det.

I projektforløbet var der flere resultater som indikerede, at der kunne være fluktuerende grundvandsspejl, og at der dermed kunne være **vertikal strømning** i boringen og eventuel også i formationen. Fluxsampleren og PFM'en er designet til at kunne gå ned i en traditionel 63 mm boring, men de slutter ikke så tæt, at de vil røre filteret hele vejen rundt. Med de valgte design var det derfor muligt for grundvandet at bevæge sig vertikalt op langs sampleren. Det vurderes at være uhensigtsmæssigt at introducere denne usikkerhed omkring strømningsforholdene, når der måles med de passive fluxsamplere, især i systemer hvor trykniveauet ændrer sig i måleperioden. Det er derfor vigtigt at have kendskab til og forståelse for de geologiske og hydrogeologiske forhold i forbindelse med målinger med de passive systemer. Det anbefales derfor, at trykniveauet i en boring måles kontinuert fx ved anvendelse af loggere under målinger.

9.2 Metoderne

I projektet er der gennemført undersøgelser med forskellige metoder til bestemmelse af parametre, som kan indgå i vurderinger af forurenede grunde. Undersøgelserne har været foretaget dels med traditionelle forureningsmetoder, dels med undersøgelsesmetoder som er forholdsvis nye. Selvom hovedfokus har været at undersøge forureningsfluxen i Østergade transektet, så er grundvandsstrømningsretningen, Darcy hastigheden og grundvandskoncentrationer/flux gennemsnitskoncentrationer også bestemt.

I nedenstående tabel er samtlige undersøgelsesmetoder, som er blevet anvendt i projektet, opsummeret herunder hvilke parametre de forskellige undersøgelsesmetoder kan anvendes til at bestemme. På baggrund af resultaterne i projektet er der foretaget en vurdering af de forskellige metoders egnethed til at bestemme de forskellige parametre.

Tabel 9. The suitability for different methods to measure a parameter

Parameter / Method	Mode (active / passive)	Deployment time (days/weeks)	Obtaining geological information	Determine groundwater table	Estimation of hydraulic conductivity (K)	Estimation of hydraulic gradient (i)	Horizontal Darcy velocity (v)	Horizontal seepage velocity (v_p)	Horizontal flow direction	Indication of vertical flow	Concentration at discrete time (C)	Concentration as average during deployment time (C_{Flux})	Mass flux during deployment time (J)	Mass Discharge during deployment time (MD)	Commercial availability	Comments
Establish wells	a	d	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	[1]
Water table elevation	a	d	-	++	-	++	-	-	++	++	-	-	-	-	++	[2]
Slug-tests	a	d	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	[3]
HPT	a	d	+	+	++	-	-	-	-	+	-	-	-	-	++	[4]
Grab sampling	a	d	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	++	[5]
PVP	a	d	-	-	-	-	-	+	++	+	-	-	-	-	-	[6]
PFM	p	w	-	-	-	-	+	-	+	+	-	++	++	++	+	[7]
Fluxsampler	p	w	-	-	-	-	+	-	+	-	-	++	++	++	++	[8]

-: Not applicable. +: May give some information. ++: Applicable. a: active mode. p: passive mode. d: deployment time in hours/day. w: deployment time in weeks.

[1]: Etablering af filtersatte boringer er afgørende for de fleste af de andre målemetoder. Ved analyse af jordprøver (kornfordelingskurve) kan den hydrauliske ledningsevne *K* estimeres. *K* indgår i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode.

[2]: Bestemmelse af grundvandsspejlet foretages normalt også ved mange af de andre metoder. Ved en synkronpejlerunde kan opnås resultater til bestemmelse af den hydrauliske gradient, *i* samt grundvandsstrømningsretning. *i* anvendes i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode. Ved pejlinger af filter placeret i forskellig dybde kan der opnås informationer om mulig vertikal flow.

[3]: På baggrund af resultaterne fra en slugtest kan den hydrauliske ledningsevne *K* estimeres. *K* indgår i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode.

[4]: Metoden kan give informationer om lav og høj permeable lag. På baggrund af resultaterne kan grundvandsspejlet estimeres, og den hydrauliske ledningsevne, *K* over dybden kan bestemmes. *K* indgår i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode. Resultaterne kan desuden anvendes til at vurdere mulighederne for vertikale potentiale forhold og dermed evt. vertikal flow.

[5]: Koncentrationerne af forureningskomponenterne *C* bestemmes. *C* indgår i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode.

[6]: Metoden er pt. ikke tilgængelig på det kommercielle marked. PVP skal installeres særskilt.

På baggrund af resultaterne samt en porøsitet kan grundvandshastigheden, *v* estimeres. *v* indgår i bestemmelsen af forureningsflux *J* og massen *MD* ved den traditionelle metode.

[7]: Metoden sælges fra USA (http://enviroflux.com/)

[8]: Metoden sælges fra Danmark (http://www.sorbisense.dk/)

Som det fremgår, så indgår der mange forskellige målemetoder i bestemmelsen af forureningsfluxen ved den traditionelle metode, hvorimod de to nyere passive metoder, PFM og Fluxsampler giver et direkte resultat ved en måling. Til gengæld tyder resultaterne på, at usikkerheden på bestemmelsen af strømningsretningen og strømningshastigheden (og dermed flux gennemsnitskoncentrationen) er væsentlig højere end de mere traditionelle metoder. Dette diskuteres mere i afsnit 10.

10. Perspektivering

10.1 Forureningsflux

Den traditionelle metode at bestemme en forureningsflux på med målinger af grundvandskoncentrationer samt bestemmelse af den hydraulisk ledningsevne og hydraulisk gradient betyder, at der skal være adgang til forskellige boringer og laves flere forskellige typer af undersøgelser. Da grundvandskoncentrationen er et udtryk for koncentrationen i grundvandet på prøvetagningstidspunktet giver dette samtidig et øjebliksbillede af forureningsfluxen. Hvis forureningsfanen varierer i udbredelsen (horisontalt og/eller vertikalt) eller at grundvandskoncentrationerne fra kildeområdet ændres henover året, vil der hermed kunne opnås varierende resultater for fluxen.

De passive fluxmålinger, hvor der måles over en længere periode (typisk uger), giver et indtryk af den gennemsnitlige forureningsflux i måleperioden, og derved vil evt. variationer i grundvandskoncentrationerne, grundvandsstrømningsretning og grundvandsstrømningshastighed i måleperioden blive udjævnet.

Resultaterne fra det aktuelle projekt viser, at de passive målemetoder giver sammenlignelige resultater for forureningsfluxen med den traditionelle metode, således at de fleste værdier ligger inden for en faktor 10, hvilket må siges at være overraskende godt, når usikkerheden i de forskellige metoder tages med i betragtning.

Alene forskellen i om metoden er aktiv eller passiv kan have betydning for, hvor høj en forureningsflux/grundvandskoncentration, der måles. Hvor resultatet af den aktive (traditionelle) vandprøvetagning er påvirket af den rumlige koncentration omkring filtret på den pågældende dag, så vil resultatet af de passive metoder mere være et udtryk for en gennemsnitspåvirkning langs en strømlinie.

Da vandprøvetagningen er en korttidsmåling, vil resultatet af den enkelte måling ikke afhængige så meget af, om strømnings-/potentialeforhold i grundvandsmagasinet ændrer sig i prøveperioden, da disse ændringer typisk forekommer over en væsentlig længere periode end selve prøveperioden. Derimod vil resultaterne fra de passive samplere bedre afspejle eventuelle ændringer i strømnings- og potentialeforhold. Dette betyder, at de passive samplere er mere følsomme over for store forskelle i den rumlige udbredelse af forureningen, især hvis der sker en ændring i strømningsforholdene.

Ved store ændringer i grundvandskoncentrationer, ændrede strømningsretninger eller potentialeforhold over tiden må det derfor forventes, at de passive målinger giver nogle mere stabile værdier sammenlignet med de mere aktive metoder, hvor udsvinget kan være større, afhængig af om prøven blive taget på det tidspunkt, hvor der på prøvetagningstidspunktet netop er høje eller lave grundvandskoncentrationer.

I et homogent grundvandsmagasin, hvor der er forholdsvis konstante strømnings- og forureningsmæssige forhold, vil de passive metoder være afhængig af kendskabet til forureningsudbredelsen, da en forkert placeret sampler fx kun vil påvise en svag forurening, mens den kraftige forurening strømmede over/under sampleren. Derimod vil den aktive metode give et indtryk (gennemsnitskoncentration) af forureningsforholdene, idet grundvandet bliver trukket ind i boringen.

De geologiske og hydrogeologiske forhold samt udbredelsen af forureningen er derfor afgørende for valg af metode, men også formålet med undersøgelsen er vigtig i valget af metode. Er formålet at kunne vurdere effekten af et afværgetiltag over for et kildeområde fx ved at monitere den årlige forureningsflux ud af området, så kan de passive samplere have en fordel, da de giver nogle gennemsnitsmålinger over længere tid. Men hvis formålet er at kunne monitere de højeste koncentrationer, der findes i grundvandsmagasinet (fx for at kunne sikre en recipient mod en akut påvirkning), så kan den aktive metode være at foretrække.

10.2 Praktiske forhold

Generelt gælder det for alle metoderne, at det forudsættes, at den indledende påvisning og detailkortlægning af forureningen er foretaget inden anvendelsen af metoderne.

Ligesom den traditionelle metode har bestemmelsen af forureningsfluxen med de passive fluxsamplere den udfordring, at det er afgørende for opnåelsen af et brugbart resultat, at der er et rimeligt kendskab til og forståelse af de hydrogeologiske og forureningsmæssige forhold, fx vil det ikke give nogen mening at placere passive samplere i nogle boringer til vurdering af forureningsfluxen, hvis boringerne ikke er placeret nedstrøms forureningskilden, eller hvis forureningen kun strømmer igennem en mindre del af et transekt, så bliver placeringen af målepunkterne afgørende for, om forureningen bliver påvist, og om fluxen således bliver estimeret retvisende.

Selve etableringen af boringerne foretages typisk med tungere grej (borerig o.l.). Da eksistensen af boringer er afgørende for alle metoder med undtagelse af PVP, betyder dette dog generelt ikke noget i sammenligningen metoderne imellem.

10.2.1 De traditionelle metoder

De traditionelle metoder til bestemmelse af forureningsfluxen kræver, at der findes en del boringer i området, således at der kan foretages en bestemmelse af den hydrauliske gradient i grundvandsmagasinet. Selvom de traditionelle metoder således kræver flere boringer end de passive samplere, vil boringerne typisk være etableret under de indledende og afgrænsende undersøgelser. På baggrund af disse undersøgelser kan det dog komme på tale at etablere yderligere boringer til vurdering af forureningsfluxen.

Målingerne, der skal gennemføres ved den traditionelle metode, vil typisk kunne udføres med håndbåret materiale over en periode på 1 – 3 dage. I tilfælde af HPT målinger udføres disse dog typisk med GeoProbe rig.

10.2.2 PVP

Måling med PVP kræver, at der bliver udført en ny boring (normalt med Geoprobe), hvori PVPeren kan etableres, dvs. i forhold til de andre metoder kræver det flere boringer. Efter oplæring af mandskab er det forholdsvis simpelt at udføre selve målingerne, dog kræver tolkningen af data noget erfaring samt relevant software til modelleringen af rådata.

Etableringen af en PVP skal foregå med stor omhyggelighed samt forsigtighed, således at det sikres, at injektionsportene ikke bliver lukket til, og at de kan anvendes til målingerne. Erfaringerne fra projektet viste, at en ud af de otte etablerede PVP'ere ikke kunne komme til at fungere, ligesom at resultaterne fra en anden PVP'er var meget usikker.

PVP'erne kan ikke anvendes til andre målinger, ligesom at forureningskoncentrationerne skal bestemmes særskilt fx i nærvedliggende boringer, hvis der skal bestemmes en forureningsflux.

10.2.3 De passive samplere

Installationen af de passive samplere er forholdsvis simpel og kan udføres uden de store problemer af personer, som er vant til at udføre feltarbejde i forbindelse med forurenede grunde. Da de passive samplere er afhængig af, at grundvandet strømmer horisontalt ind gennem dem, er det vigtigt:

- At boringen er udviklet og renpumpet og fri for sediment i bunden af filteret, således at grundvandet kan strømme frit ind i boringen under naturlige forhold

- At der ikke sker en væsentlig vertikal strømning i boringen som følge af varierende trykniveau i måleperioden

- At sikre en optimal placering af sampleren i forhold til filteråbningen

Derudover er det vigtigt at holde styr på orienteringen af sampleren i boringen, hvis der ønskes en bestemmelse af strømningsretningen.

10.2.4 Boringskonstruktion

I projektet blev der afprøvet en speciel boringskonstruktion (SS-boringerne) med en filterlængde modsvarende længden på Fluxsampleren. Selve boringen blev etableret som en Dual Tube GeoProbe boring. Selvom ideen om en direkte horisontal strømning fra grundvandsmagasinet ind gennem filteret og sampleren var god, viste konstruktionen sig at være uhensigtsmæssigt dels pga. materialevalget til filteret (rustfrit stål), men også fordi at der ikke var installeret en pumpesump/blindrør nedenfor filteret. Det blev erfaret, at sediment trængte ind i boringerne, hvorfor det var vigtigt, at boringerne var renpumpet nogle dage inden installationen af Fluxsampleren/PFM'en. Dette betød dog, at der skete en forstyrrelse af de naturlige forhold, hvilket strider mod grundprincipperne for anvendelsen af samplerne.

Etableringen af boringen ved hjælp af Dual Tube systemet vurderes at kunne have medført en nedsat strømning ind igennem filteret. Dette skyldes, at der ved nedramning af borestangen kan være risiko for, at ler/finere materiale slæbes med ned til det interval, hvor filteret skal placeres, hvorved den naturlige hydrauliske ledningsevne i grundvandsmagasinet bliver reduceret i overgangen til gruskastningen omkring filteret. Dette kan være problematisk i forbindelse med de passive opsamlingsmetoder. Det anbefales derfor, at hvis det påtænkes at anvende passive opsamlingsmetoder, så bør der være stor fokus på at udgå at få finere materiale med ned til filterindgangen, samt sikre en grundig boringsudvikling.

Andre vigtige parametre til at sikre en naturlig grundvandsstrømning ind i filteret er, hvorledes slidserne er orienteret samt størrelsen af dem, samt hvordan der gruskastes omkring filteret. Det anbefales, at der gruskastes i forhold til den observerede geologi samt størrelserne på slidserne i filteret.

10.3 Fordele og ulemper ved metoderne

I nedenstående tabel er opsummeret nogle af de fordele og ulemper, de forskellige metoder vurderes at have baseret på erfaringerne fra dette projekt.

For alle metoderne forudsættes det, at der er godt kendskab til de hydrogeologiske og forureningsmæssige forhold i grundvandsmagasinet.

Tabel 10. Advantages and disadvantages of the different methods to determine flux of contamination.

Method	Advantages	Disadvantages
Traditional	Normally easy measurements Many different parameters are measured Many years of experience with the methods	Need at least three different wells Discrete measurements Disturbance of natural condition Need a combination of many methods each with their uncertainty Hydraulic gradient on a larger scale needed Does not measure the mass flux directly
PVP	Measurement in a (nearly) undisturbed environment Measure the horizontal seepage velocity and direction Indication of vertical flow in aquifer	Installation in a separate borehole Discrete measurements on a very local scale Can only be used to determine seepage velocity and direction Mass flux can only be calculated if concentrations are measured with other methods in other wells Not commercial available
PFM	Can be used in HDPE standard wells Minimum disturbance of natural condition Measure the mass flux and Darcy velocity (flow direction is under development) directly Averaging measurement over weeks Using five different tracers to accommodate a broad range of groundwater velocities Information on the vertical distribution within the well due to the 1 m length of the sampler Short and easy field procedure	Need different wells Sensitive to vertical flow (also within the well) Does not measure the actual groundwater concentration but measure an average value over time
Fluxsampler	Can be used in HDPE standard wells Minimum disturbance of natural condition Measure the mass flux, Darcy velocity and flow direction directly Averaging measurement over weeks Using a polymer sorbent suitable for a wide range of organic contaminants Information on the vertical distribution within the well using multiple samplers Short and easy field procedure	Need different wells Sensitive to vertical flow (also within the well) May depend on the solubility on the tracer in the actual environment Does not measure the actual concentration in the groundwater

10.4 Anvendelsesmuligheder

I dette afsnit vil hovedfokus være på de mulige anvendelser af de passive fluxsamplere, mens anvendelsen af PVP'erne ikke vil blive diskuteret. Dette skyldes dels at PVP'erne kun måler porevandshastigheden samt strømningsretning og dermed ikke giver informationer om forureningen herunder forureningsfluxen, dels at PVP'erne pt. ikke er kommerciel tilgængelige.

Resultaterne for forureningsfluxen fra de passive samplere giver sammenlignelige resultater med den traditionelle metode, og det vurderes derfor, at samplerne kan anvendes som erstatning eller supplement til de eksisterende metoder til estimering af forureningsfluxen.

Derimod viser bestemmelserne på strømningsretningen med samplerne et divergerende billede. Selvom strømningsretningen lokalt omkring en boring ikke nødvendigvis fuldstændig følger områdets overordnede potentialebillede, så virker det ikke betryggende, at strømningsretningen for samplerne er meget afhængig af, hvilket forureningskomponenter der indgår i beregningen. På nuværende tidspunkt vurderes det derfor, at strømningsretningen bestemt fra samplerne kun kan være vejledende og ikke kan stå alene, og at det derfor ikke vil være hensigtsmæssigt at anvende strømningsretningsbestemmelsen til fx at planlægge videregående undersøgelser.

Resultaterne omkring bestemmelsen af Darcy hastigheden samt den beregnede flux gennemsnitskoncentration viser også en divergens mellem værdierne bestemt ved den traditionelle metode og værdierne opnået ved anvendelsen af samplerne. Også for Darcy hastigheden behøver der ikke nødvendigvis at være en overensstemmelse mellem områdets generelle strømningshastighed og den lokale omkring boringen, men tendensen var at især Fluxsampleren tilsyneladende estimerede Darcy hastigheden højere end de andre metoder. Dette havde den betydning, at de beregnede flux gennemsnitskoncentrationer generelt lå under, hvad der påvises i grundvandsmagasinet med de normale grundvandsanalyser. Som beskrevet i afsnit 10.1 behøver der ikke nødvendigvis at være en overensstemmelse mellem grundvandskoncentrationerne og flux gennemsnitskoncentrationerne, men den observerede tendens med generelt lavere værdier bør give anledning til forskellige overvejelser om anvendeligheden.

I projektet har der været fokus på de chlorerede opløsningsmidler herunder de chlorerede nedbrydningsprodukter. Ifølge producenten af PFM er der ingen problemer med at tilpasse sorbenten til den aktuelle forureningssituation, således at det er muligt at påvise de fleste af de andre normale traditionelle forureningskomponenter, såsom pesticider, tungmetaller og kulbrinter herunder PAH'er. For Fluxsampleren kan sorbenten uden problemer anvendes til disse forureningskomponenter, og der er således ikke behov for at vide præcist, hvad der skal analyseres for.

Som det fremgår af Tabel 10, har de enkelte metoder deres fordele og ulemper. De passive samplere vurderes generelt ikke at kunne stå alene som undersøgelsesværktøj men kan anvendes som supplement til de mere traditionelle metoder.

På de større projekter, hvor der er en detaljeret viden om forureningsforholdene, kan det overvejes at anvende samplerne til at måle forureningsfluxen. Disse projekter kunne også være på forurenede lokaliteter, hvor der skal igangsættes en afværge, og hvor der ønskes en overvågning af effekterne af afværgen, eller på igangværende afværgeprojekter, hvor der ønskes en fortsat overvågning af forureningsfluxen. Desuden kan der være projekter, hvor det vil være en fordel i at få kendskab til både forureningsflux, strømningsretning og strømningshastighed ved en enkelt punktmåling.

Nogle af de spørgsmål, der skal gennemtænkes i forbindelse med overvejelserne om anvendelsen af passive opsamlingssystemer, kan være:

- hvor godt er forureningsfanen fastlagt?
- hvor stor en variation må der forventes i strømningsretning og hastighed, både horisontalt og vertikalt?
- Er der et ønske om at få mange informationer om forureningsflux, strømningshastighed og -retning i et enkelt punkt eller ønskes der et mere generelt billede?
- Kan eksisterende boringer anvendes, eller skal der etableres nye ?
- Er det mest relevant at få et øjebliksbillede eller en gennemsnitsværdi over længere tid?
- Er der ønske om at få niveauspecifikke målinger?

10.5 Forslag til udviklingsmuligheder

Fra starten af projektet var det meningen at teste og sammenligne resultaterne fra Fluxsampleren med de andre metoder. I forhold til de andre metoder er der derfor gennemført flere målinger med Fluxsampleren. Undersøgelserne har identificeret forskellige udviklingsmuligheder af Fluxsampleren:

- Hvis man er interesseret i niveauspecifikke målinger, er det vigtigt at forhindre en vertikal strømning i boringen og sampleren. Under alle omstændigheder vurderes det uhensigtsmæssigt, at der kan ske en vertikal strømning langs med sampleren / inden i sampleren. Dette kan muligvis forhindres ved et ændret design

- I projektet blev der påvist analysetekniske problemer i analysen af sorbenten i Fluxsampleren. Det anbefales, at analysemetoden med anvendelse af methanol som ekstraktionsmiddel og Purge and Trap som analysemetode bliver akkrediteret af et analyselaboratorium for flygtige forureningskomponenter, således at der er en troværdig analysemetode til bestemmelse af forureningsfluxen.

- På baggrund af den store variation i den påviste strømningsretning med de passive samplere bør det undersøges, om der kan opnås mindre variation i strømningsretningen. Dette kunne muligvis opnås ved, at strømningsretningen estimeres på basis af tørvægt korrigerede sorbentprøver, dvs. at der korrigeres for et evt. forskelligt vandindhold på sorbenten

- For at forbedre bestemmelsen af Darcy hastigheden kunne det undersøges, om en bestemmelse af fjernelsen af traceren (citrat) vha. ekstraktion og kemisk analyse vil forbedre præcision

- Det kan overvejes, om der skal laves en pladsspecifik kvantificering af opløselighed af traceren i det enkelte projekt. Leverandøren har oplyst, at data indikerer, at forekomsten af andre kationer over nogle tærskelværdier kan have en indvirkning på opløseligheden af traceren

- det bør undersøges hvorledes opløsningen af traceren over tiden påvirker den hydrauliske ledningsevne af Fluxsampleren herunder hvilken betydning det måtte have for korrektionsfaktoren α .

11. Referencer

/1/ Upscaling Point Velocity Measurements to Characterize a Glacial Outwash Aquifer. P.C. Schillig, J.F. Devlin og D. Rudolph. Online artikel, Groundwater: 29 Juli 2015.

/2/ An Inexpensive Multilevel Array of Sensors for Direct Ground Water Velocity Measurement. J.F. Devlin, G. Tsoflias, M. McGlashan og P. Schillig. Ground Water Monitoring & Remediation 29, no. 2. Spring 2009. s. 73–77.

/3/ Field comparison of the point velocity probe with other groundwater velocity measurement methods. W. Labaky, J. F. Devlin og R. W. Gillham. Water Resources Research, Vol. 45, 2009. W00D30, doi:10.1029/2008WR007066.

/4/ Probe for Measuring Groundwater Velocity at the Centimeter Scale. W. Labaky, J. F. Devlin og R. W. Gillham. Environ. Sci. Technol. 41, 2007, s. 8453–8458.

/5/ Transient Heterogeneity in an Aquifer Undergoing Bioremediation of Hydrocarbons. P.C. Schillig, J.F. Devlin, J.A. Roberts, G.P. Tsoflias og M.A. McGlashan. Vol. 49, No. 2. GROUND WATER. March-April 2011, s. 184–196.

/6/ VelProbePE: An automated spreadsheet program for interpreting point velocity probe breakthrough curves. P.C. Schillig. Computers & Geosciences, 39, 2012, s. 161–170.

/7/ Kvantificering af forureningsflux i transekt ved Skuldelev. I.V. Lange, M. Troldborg, M. Santos, P.J. Binning og P.L. Bjerg. Datarapport. Et samarbejdsprojekt mellem Region Hovedstaden og DTU Miljø. April 2011.

/8/ New Device and Method for Flux-Proportional Sampling of Mobile Solutes in Soil and Groundwater. H.D. Jonge og G. Rothenberg. Environ. Sci. Technol. 2005, 39, s. 274-282.

/9/ Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP) Final Protocol Report Field Demonstration and Validation of a New Device for Measuring Water and Solute Fluxes CU-0114. November 2005. University of Florida og Purdue University.

/10/ Forekomst af fri fase og kvantificering af forureningsflux for chlorerede opløsningsmidler. Rapport udarbejdet af DTU Miljø for region Hovedstaden, 2011. www.sara.env.dtu.dk.

/11/ Application of Bayesian geostatistics for evaluation of mass discharge uncertainty at contaminated sites, Troldborg, M., W. Nowak, I. V. Lange, M. C. Santos, P. J. Binning, and P. L. Bjerg, Water Resour.. Res., 48, 2012, W09535, doi:10.1029/2011WR011785.

/12/ A direct passive method for measuring water and contaminant fluxes in porous media. Kirk Hatfield, Michael Annable, Jaehyun Cho, P.S.C. Rao, Harald Klammler. Journal of Contaminant Hydrology, Volume 75, Issues 3–4, December 2004, s. 155–181.

/13/ Enhanced Degradation of Halogenated Aliphatics by Zero-Valent Iron. R.W. Gilham og S. F. O. Hannesin, GROUND WATER, vol. 32, no. 6, 1994, s. 958-967.

/14/ Sammenhænge mellem forureningsmasse og flux for grundvandstruende forureninger. Miljøprojekt nr. 1479, 2013. Miljøstyrelsen.

/15/ Regelmæssig pejling af grundvandsstand. Rapport til Region Hovedstaden udarbejdet af NIRAS, april 2010.

/16/ A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells, Bouwer, H. and R.C. Rice, Water Resour. Res., 12, 3, 1976, s. 423-428.

/17/ Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Hvorslev, M.J., Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, 1951,. s. 1-50.

Bilag 1. Placering af Transekt i Skuldelev

N

Vestergade 16b

Toftehøj 1

Toftehøj

Vestergade

Gadekærsvej

Vandværksvej

Søndergade

Sønderstrædet

Ahornvej

Fasanvej

Østergade-transekt

Østergade

Gadekær Igen

Østergade 19

Mosevej

II

III

IV

V

VI

VII

I

Oprenset hotspot V

Hotspot VI

Vurderet udbredelse af fri fase

10.000-100.000 µg/l

1.000-10.000 µg/l

100-1.000 µg/l

1:1000

0 10 20 30 40 50m

Tegningen er baseret på affotograferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast

Bilag 1

Vestergade 5, Skuldelev

Vurderet forureningsudbredelse i sekundært magasin

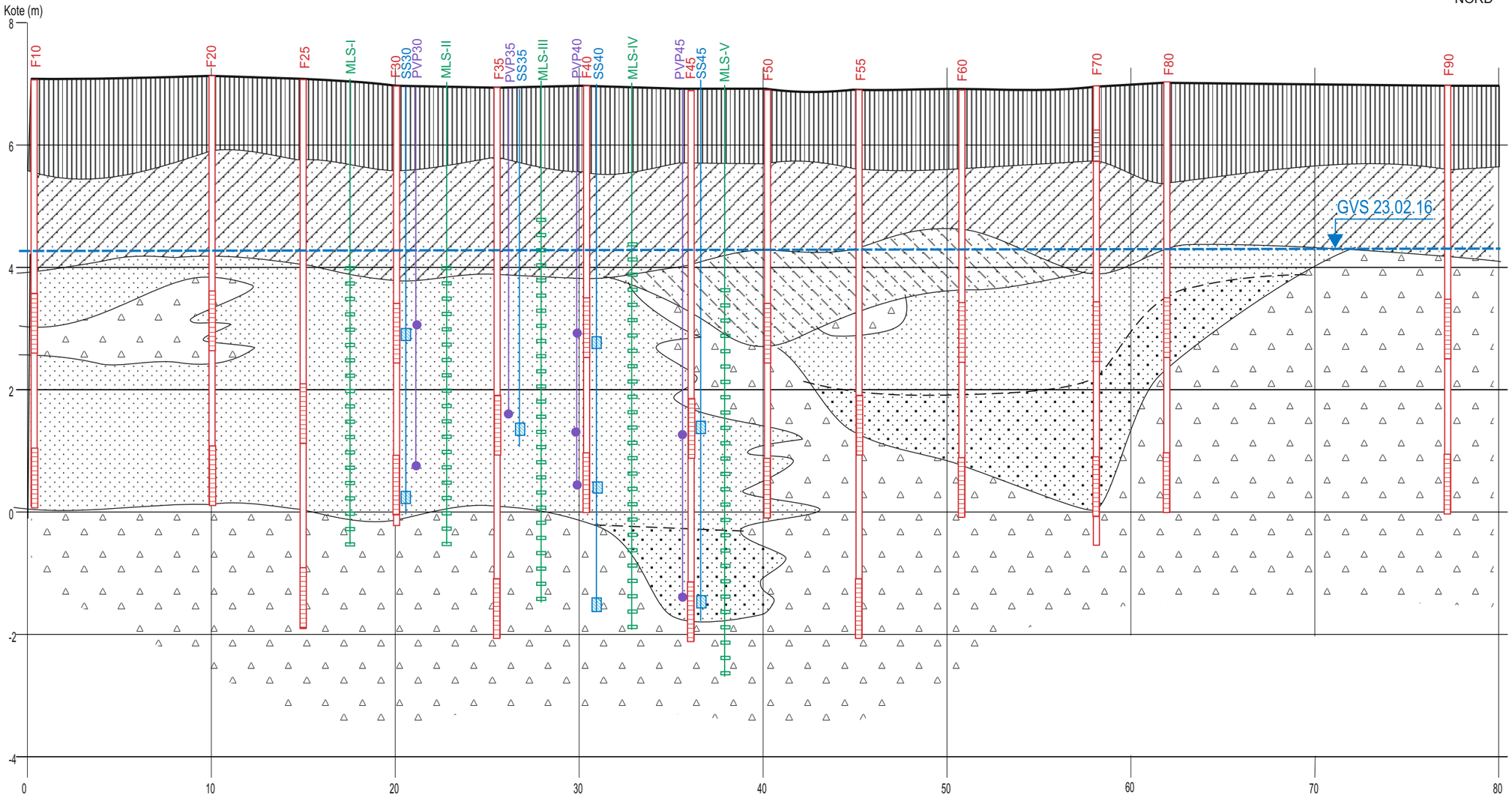
Rev.:	a
Dato:	jul 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\bilag-1.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 2. Geologisk profilsnit med placering af boringer, MLS og PVP

SYD

NORD



SS-filter

PVP-sampler

Boring

Filter

MLS-filter

Grundvandsspejl i sekundært grundvandsmagasin d. 23.02.2016

Fyld

Flydejord, silt, sandet

Flydejord, ler, sandet

Sand

Sand, groft, gruset

Moræneler

Bilag 2

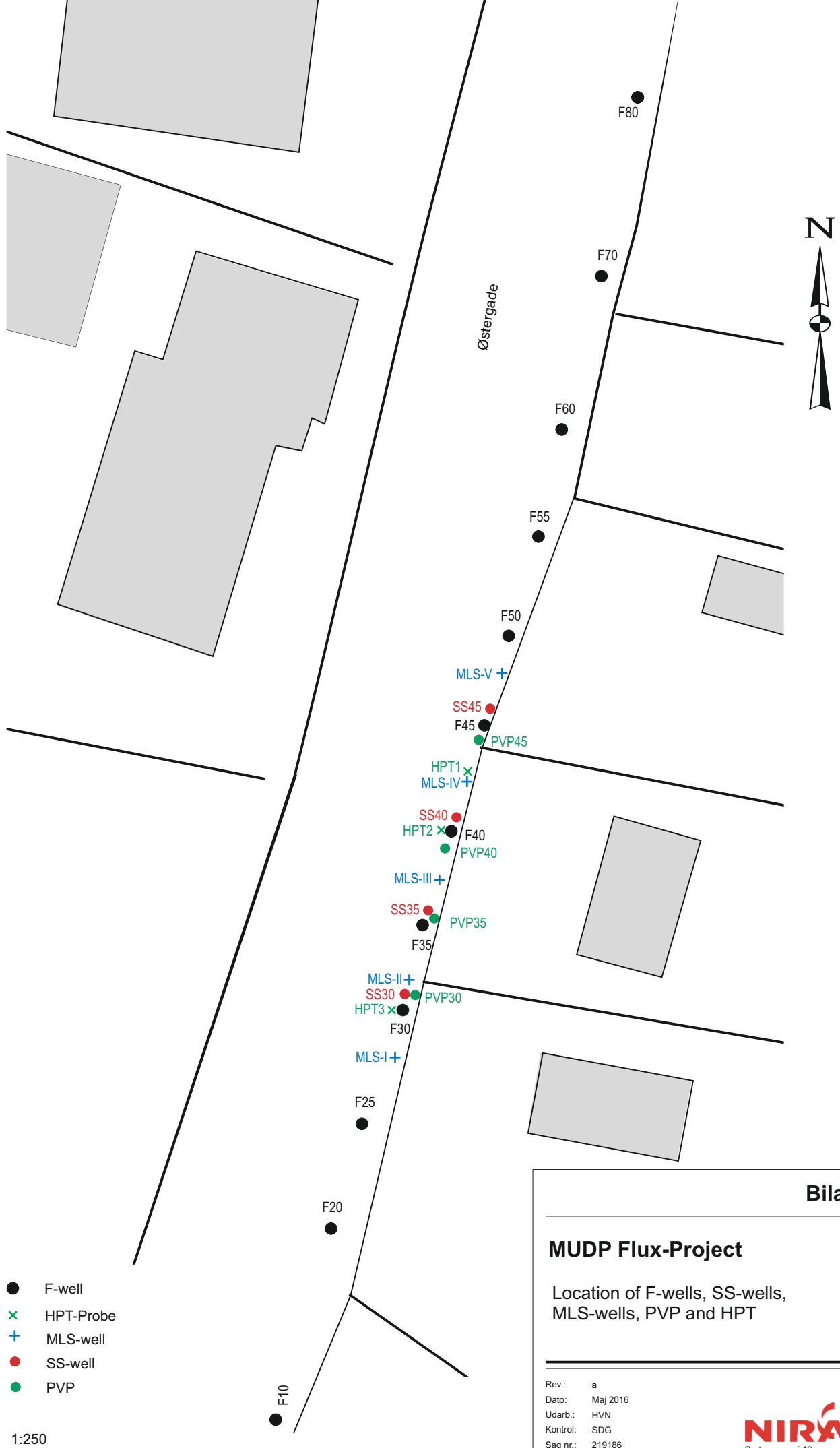
Vestergade 5, Skuldelev

Gelogisk profilsnit med placering af boringer, MLS og PVP

Rev.:	b
Dato:	Juli 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\snit.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 3. Placering af F-boringer, SS-boringer, MLS og PVP



Bilag 3

MUDP Flux-Project

Location of F-wells, SS-wells, MLS-wells, PVP and HPT

Rev.:	a
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MUDP.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 4. Fotobilag



Foto 1. Foto af transekt

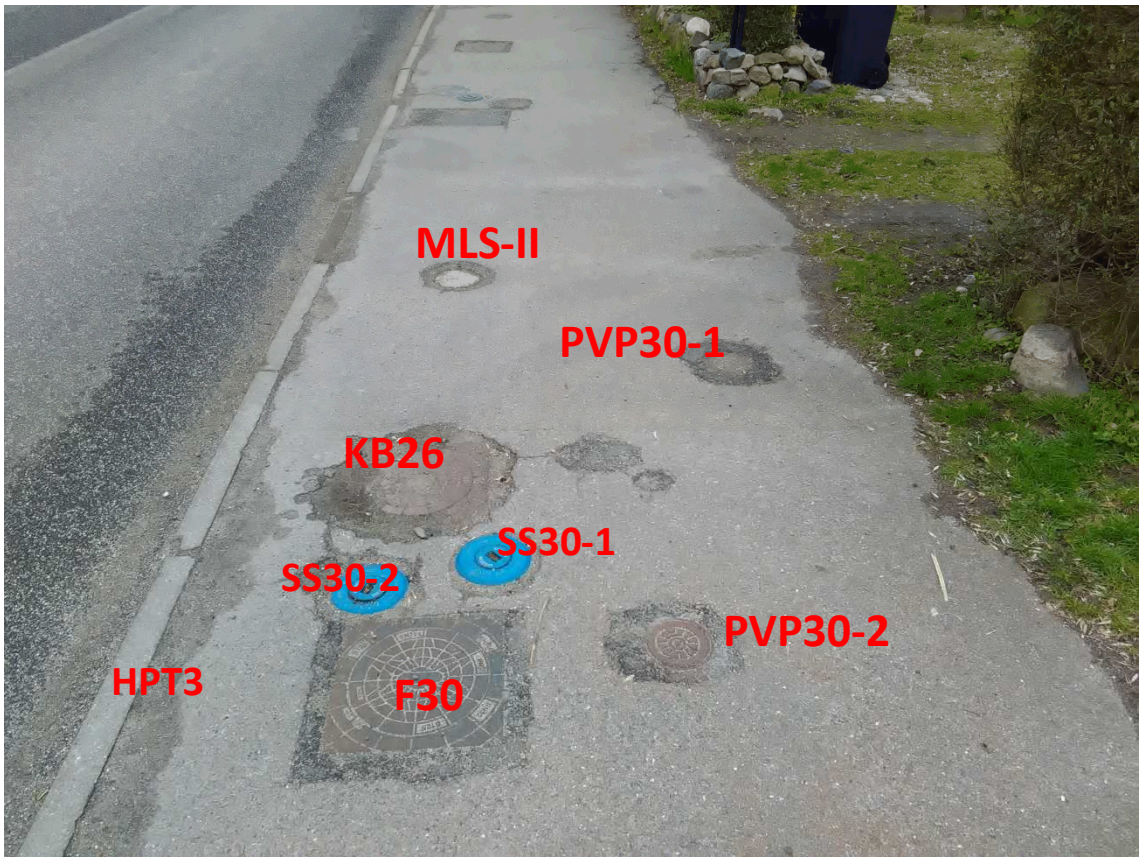


Foto 2. Position 30

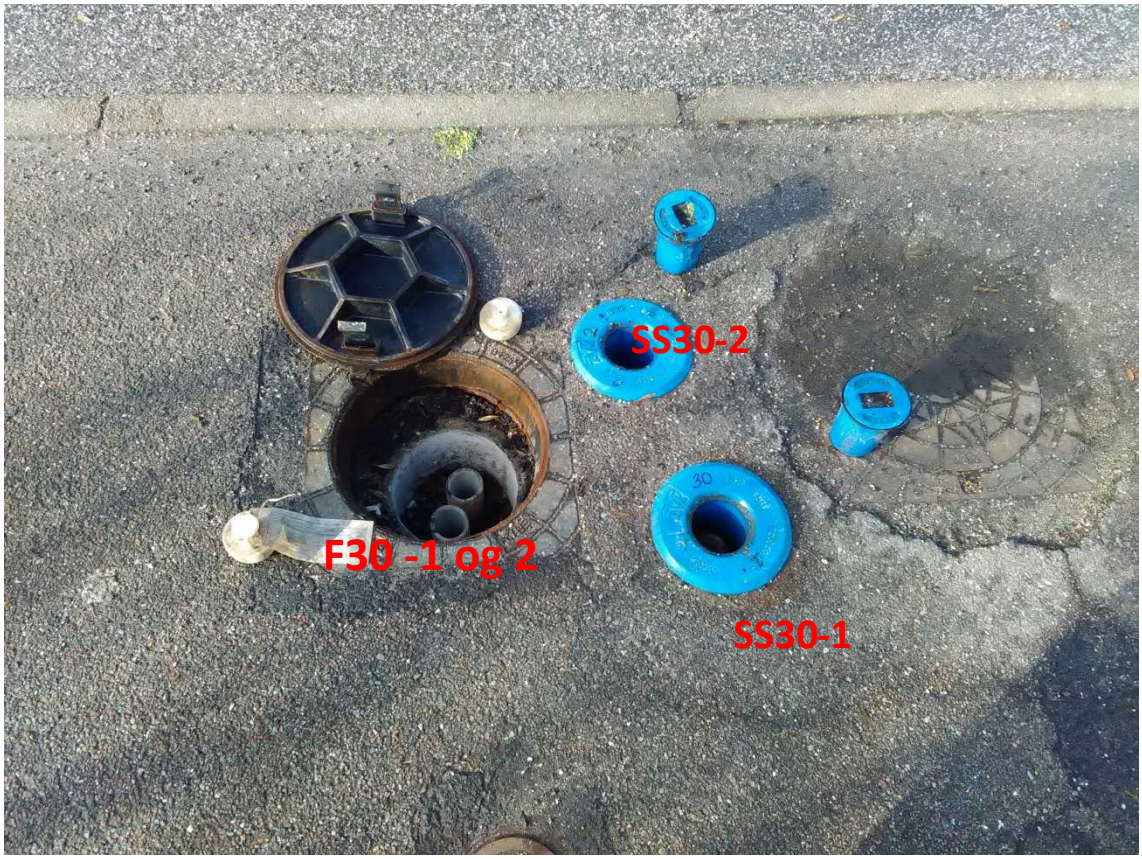


Foto 3. Position 30

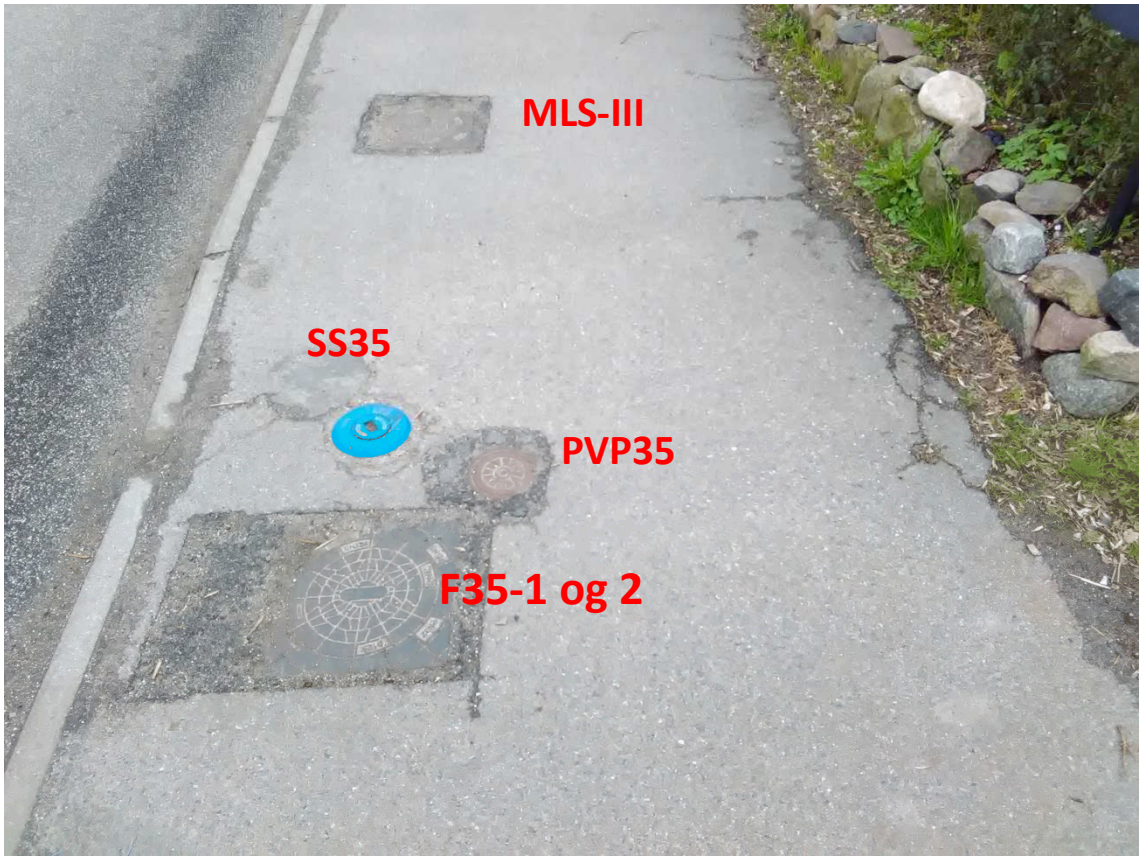


Foto 4. Position 35

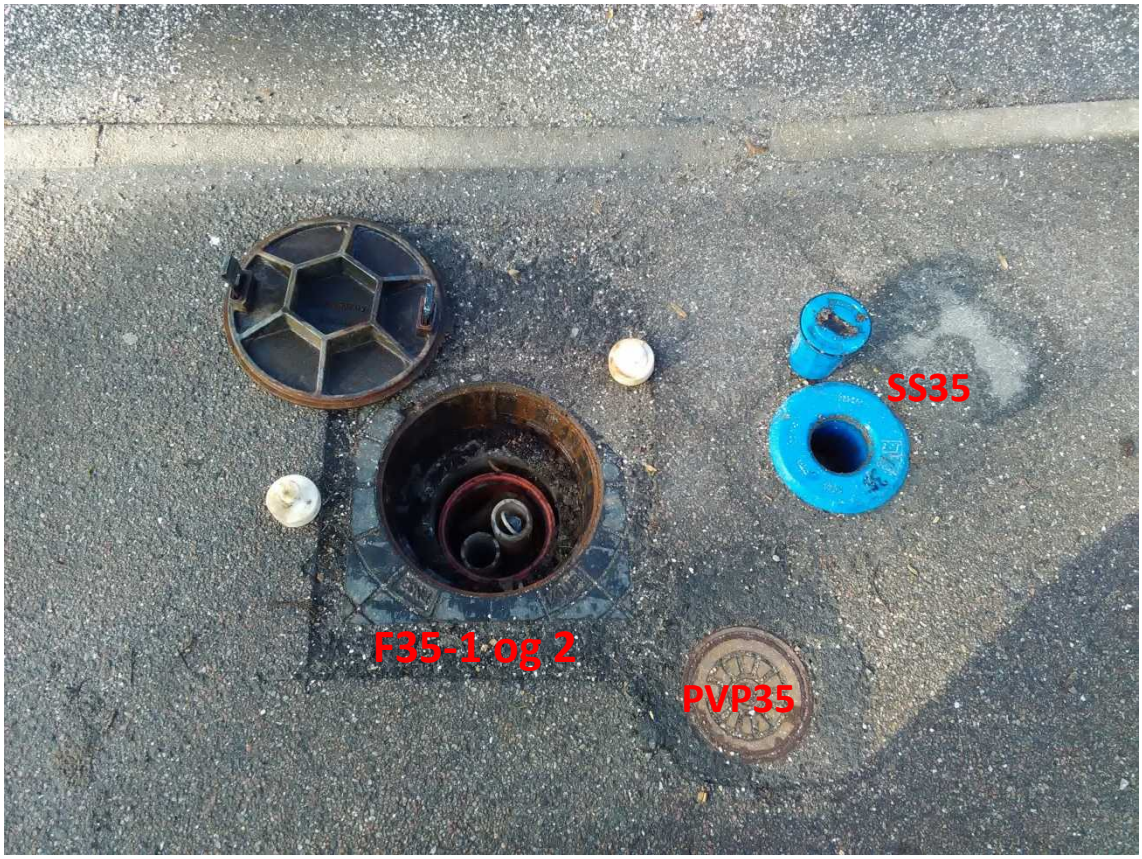


Foto 5. Position 35

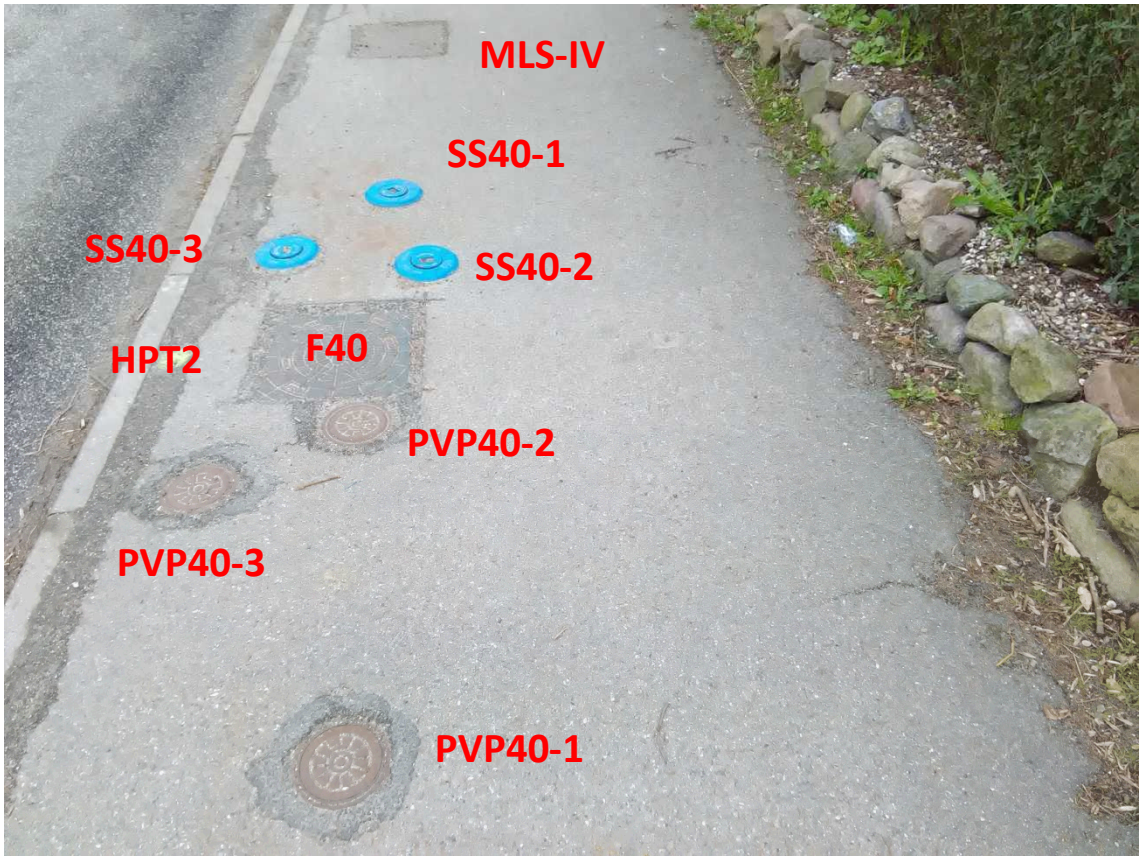


Foto 6. Position 40



Foto 7. Position 40

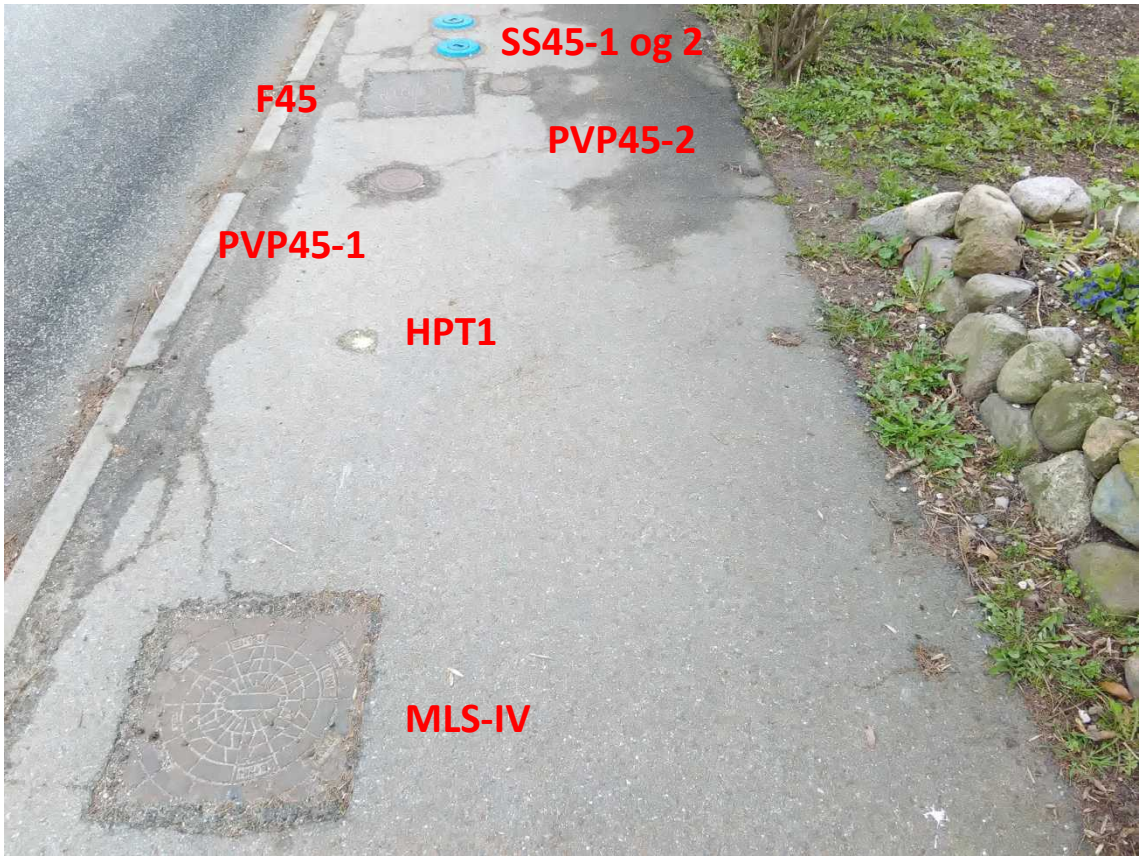


Foto 8. Position 45

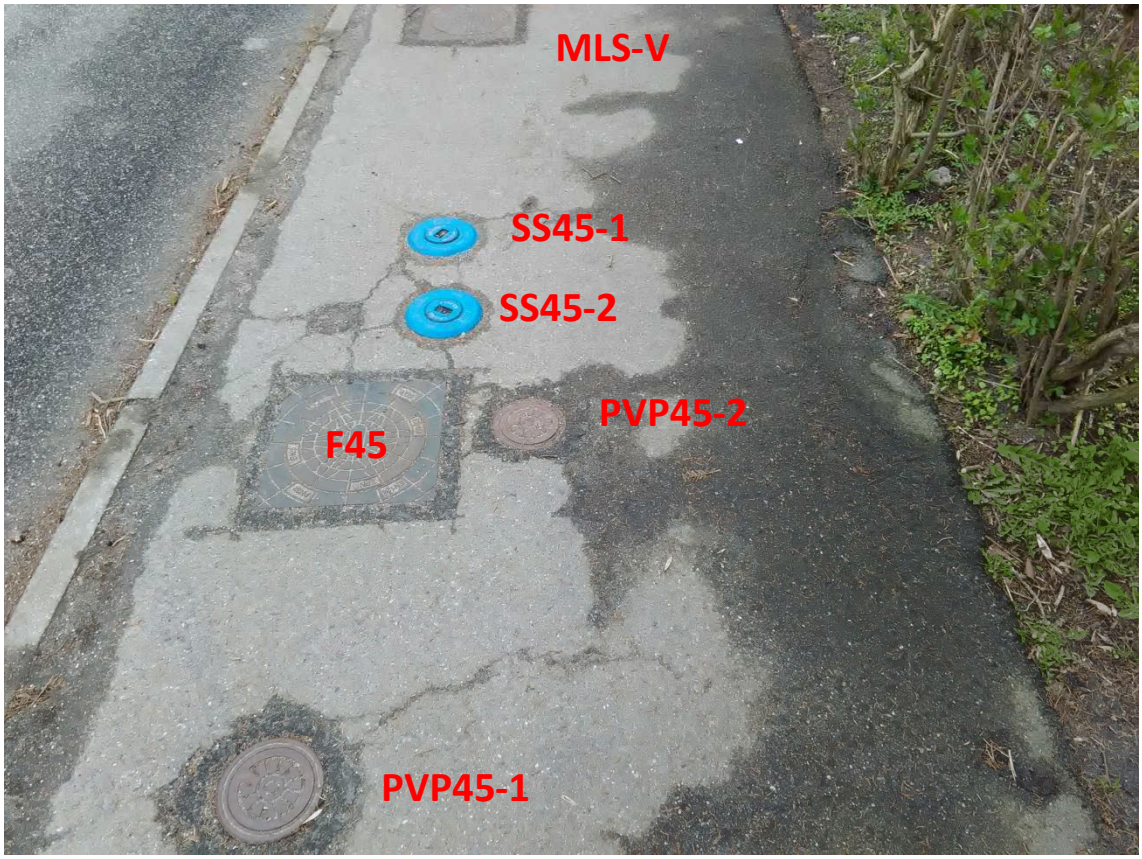


Foto 9. Position 45

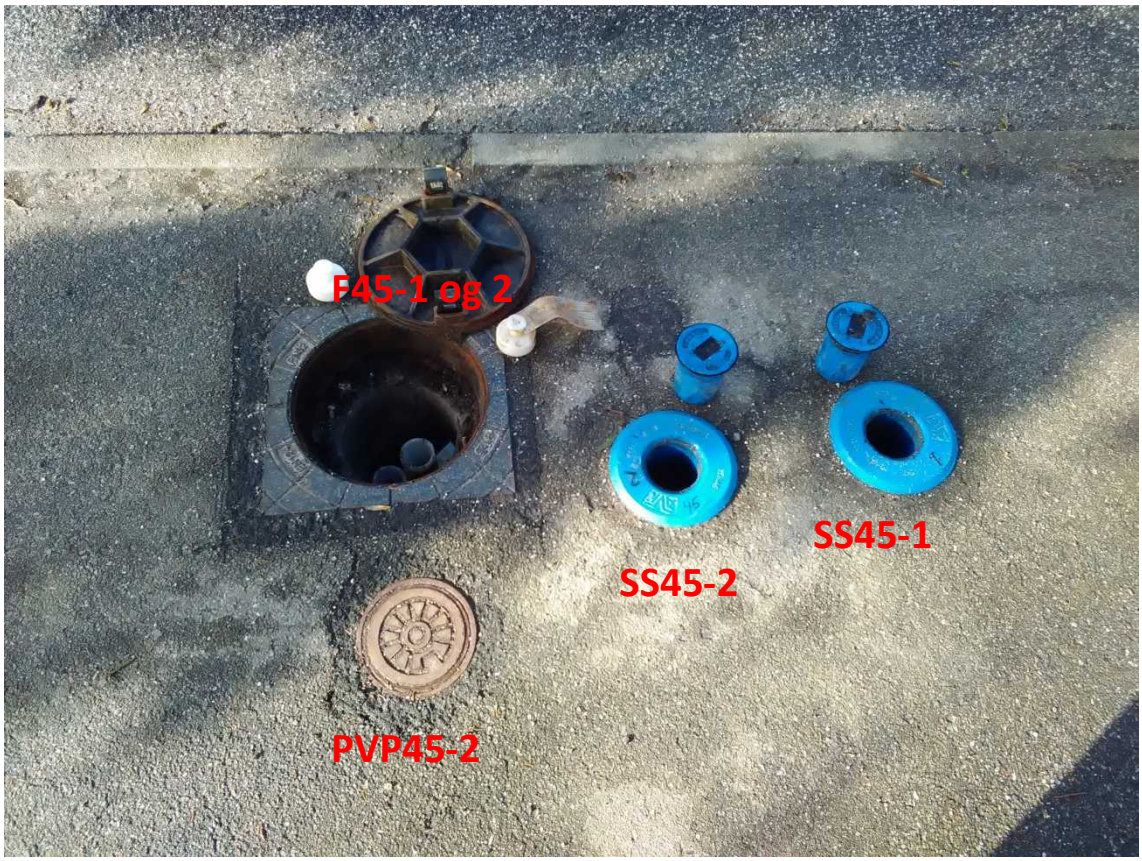


Foto 10. Position 45



Foto 11. Position 50



Foto 12. Position 55

Bilag 5. Borejournaler for F-boringer

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
	DVR90 +7,07	(+6,82) 2 (+6,834) 1									
0	PID		7				BETON				
						1	FYLD				
1			6			2	- " -				
						3	SAND, sv. leret, okker, lysbrun	Sm	Sg		
2			5			4	LER, st. sandet, okker, tør, grå	Fl	Sg		
						5	LER - " -	Fl	Sg		
3			4			6	LER, st. sandet, okker, våde grove sandstriber, grå	Fl	Sg		
						7	SAND, mellem, sv. leret, okker, våd, brun	Sm	G		
4			3			8	SAND - " -	Sm	G		
						9	MORÆNELER, sv. sandet, enk. kalksten	Gl	G		
5			2			10	SAND, mellem, enk. sten, kalkh., våd	Sm	G		
						11	SAND - " -	Sm	G		
6			1			12	SAND - " -	Sm	G		
						13	SAND - " -	Sm	G		
7	PID		0			14	SAND - " -	Sm	G		
8			-1								
9			-2								

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

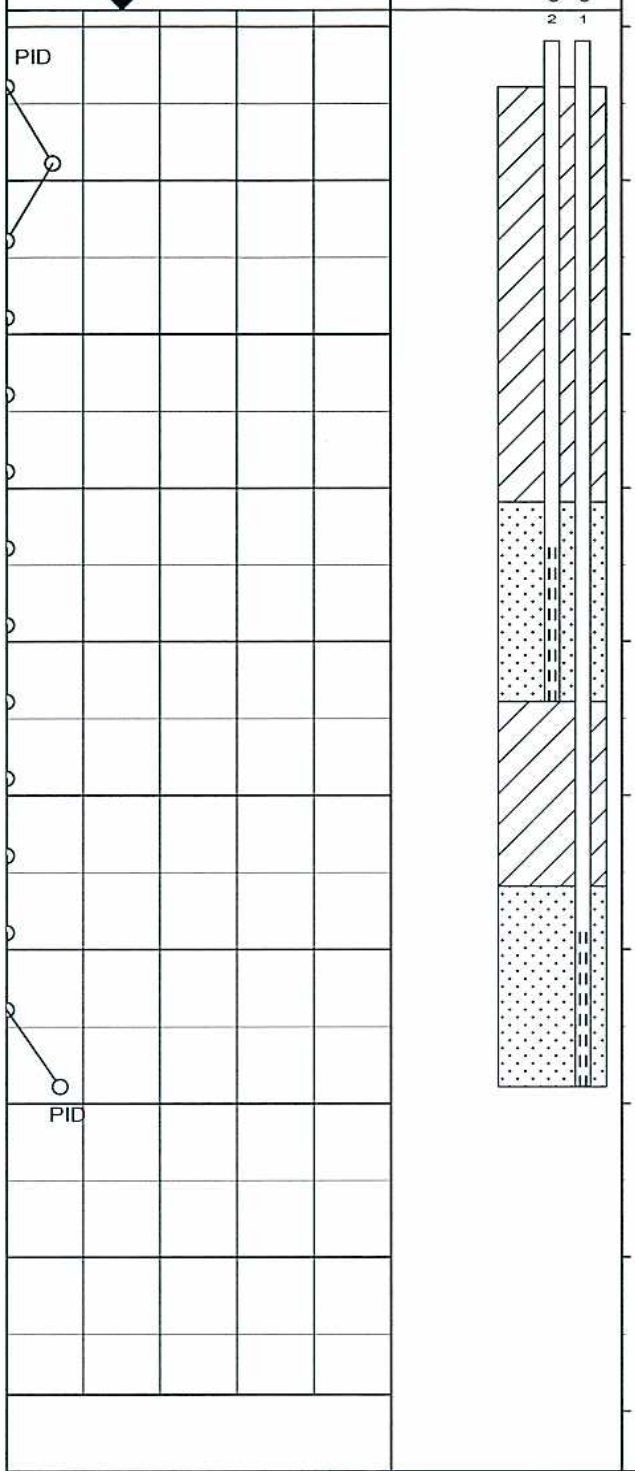
Dato : 03-07-08 Boret af : GEO- & MILJØBORINGER DGU-nr.: Boring : F10

Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:33:26



Dybde	Kote (m)	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
0	7		BETON				
		1	FYLD: GRUS, stabilt, stenet				
		2	FYLD: GRUS -"-				
1	6	3	SAND, sv. leret, tør, gulbrun	Sm	Sg		
		4	SAND -"-	Sm	Sg		
2	5	5	SAND -"-	Sm	Sg		
		6	SAND -"-	Sm	Sg		
3	4	7	MORÆNELER, st. sandet, enk. sten, brun	Gl	G		
		8	MORÆNELER, st. sandet, enk. sten, våde sandslirer, brun	Gl	G		
4	3	9	MORÆNELER -"-	Gl	G		
		10	SAND, fint - mellem, okker, våd, brun	Sm	G		
5	2	11	SAND -"-	Sm	G		
		12	SAND, fint - mellem, okker, olivengrønne indslag, våd, brun	Sm	G		
6	1	13	SAND -"-	Sm	G		
7	0	14	SAND, fint - mellem, okker, våd, brun	Sm	G		
8	-1						
9	-2						

Geologi | Prøve

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

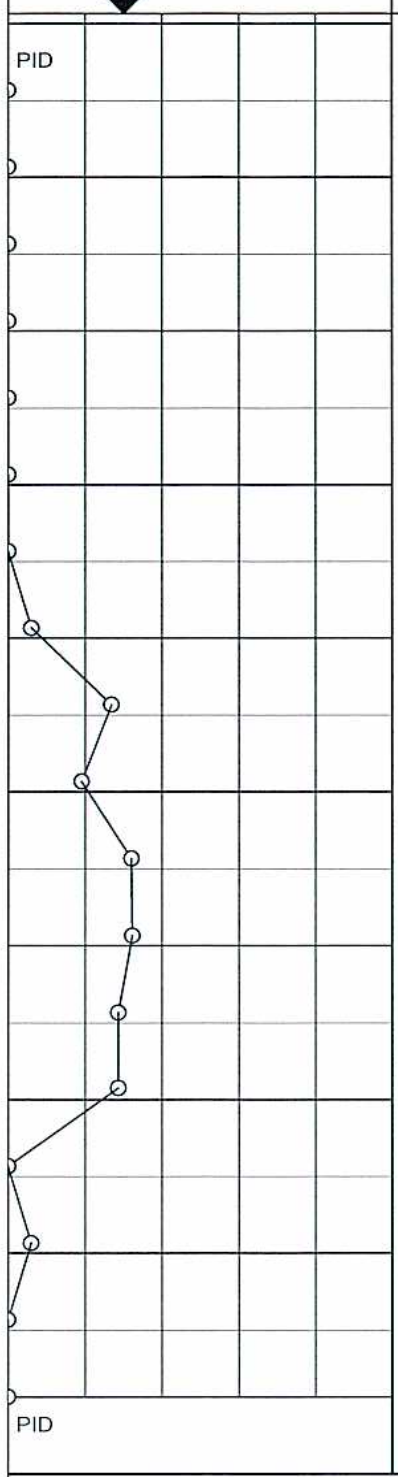
Dato : 01-07-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F20

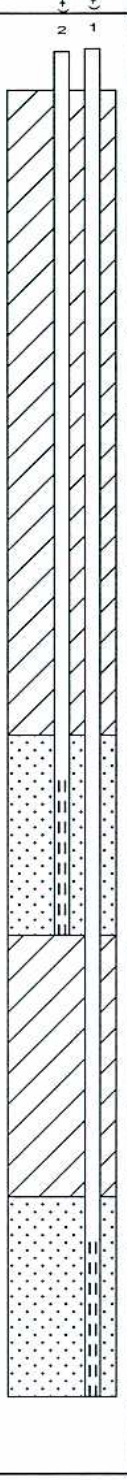
Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

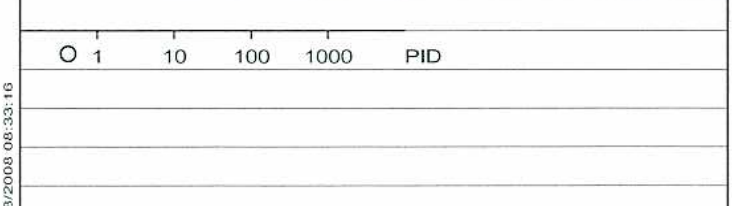
Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 09:39:32





Dybde	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
		BETON STEN				
	1	FYLD: GRUS, stabilt				
	2	FYLD: GRUS, stabilt, muldet				
	3	LER, st. sandet, enk. kalksten, tør, lysbrun	Fl	Sg		
	4	LER, st. sandet, enk. kalksten, sv. fugtig, lysbrun	Fl	Sg		
	5	LER - " -	Fl	Sg		
	6	LER - " -	Fl	Sg		
	7	SAND, mellem, okker, st. fugtig, lysbrun	Sm	G		
	8	SAND - " -	Sm	G		
	9	SAND, fint, okker, våd, lysbrun	Sm	G		
	10	SAND - " -	Sm	G		
	11	SAND - " -	Sm	G		
	12	SAND, fint, okker, olivengrønne indslag, våd, lysbrun	Sm	G		
	13	SAND - " -	Sm	G		
	14	SAND, fint - mellem, sv. stenet, brun SAND, groft, st. gruset, stenet	Sm Sm	G G		
	15	MORÆNELER, sv. sandet, få våde sandslirer	Gl	G		
	16	MORÆNELER, sv. sandet, siltet, få våde sandslirer	Gl	G		
	17	MORÆNELER, st. sandet, få våde sandslirer	Gl	G		
	18	MORÆNELER - " -	Gl	G		



(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

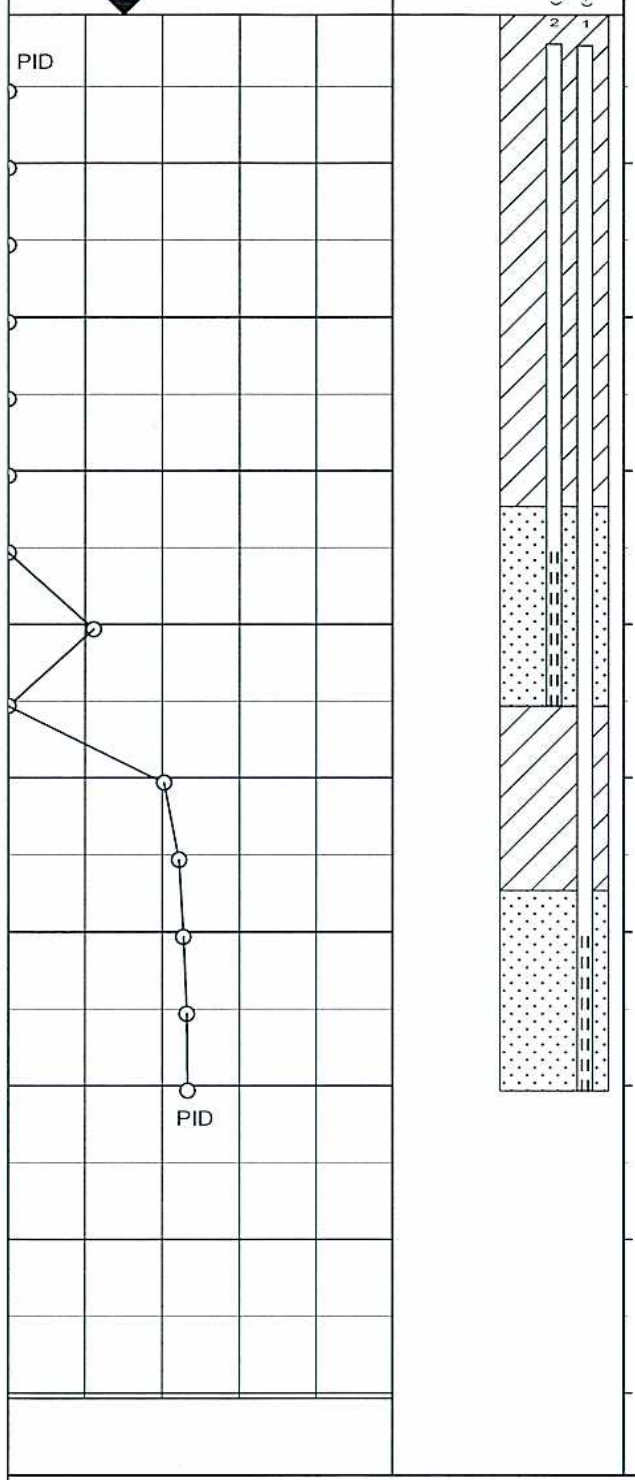
Dato : 01-07-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F25

Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:33:16



Dybde	Kote (m)	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
			ASFALT				
			FYLD: LER, sandet, muldet, stenet, mørkbrun				
0	6	1	FYLD: LER, sandet, muldet, mørkbrun				
1		2	FYLD: LER - " -				
2	5	3	SAND, sv. leret, enk. kalksten, tør, lysbrun	Sm	Sg		
		4	SAND - " -	Sm	Sg		
		5	SAND - " -	Sm	Sg		
3	4	6	SAND - " -	Sm	Sg		
		7	SAND, sv. leret, enk. kalksten, pyritudfældn., tør, grå	Sm	Sg		
4	3	8	SAND, sv. leret, enk. kalksten, pyritudfældn., våde brune sandstriber, grå	Sm	Sg		
		9	SAND, mellem - groft, sv. gruset, våd, brun	Sm	G		
5	2	10	SAND, fint - mellem, våd, brun	Sm	G		
		11	SAND - " -	Sm	G		
6	1	12	SAND - " -	Sm	G		
		13	SAND - " -	Sm	G		
7	0	14	SAND - " -	Sm	G		
			MORÆNELER, sv. sandet, enk. kalksten, grå	Gl	G		
8	-1						
9	-2						

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

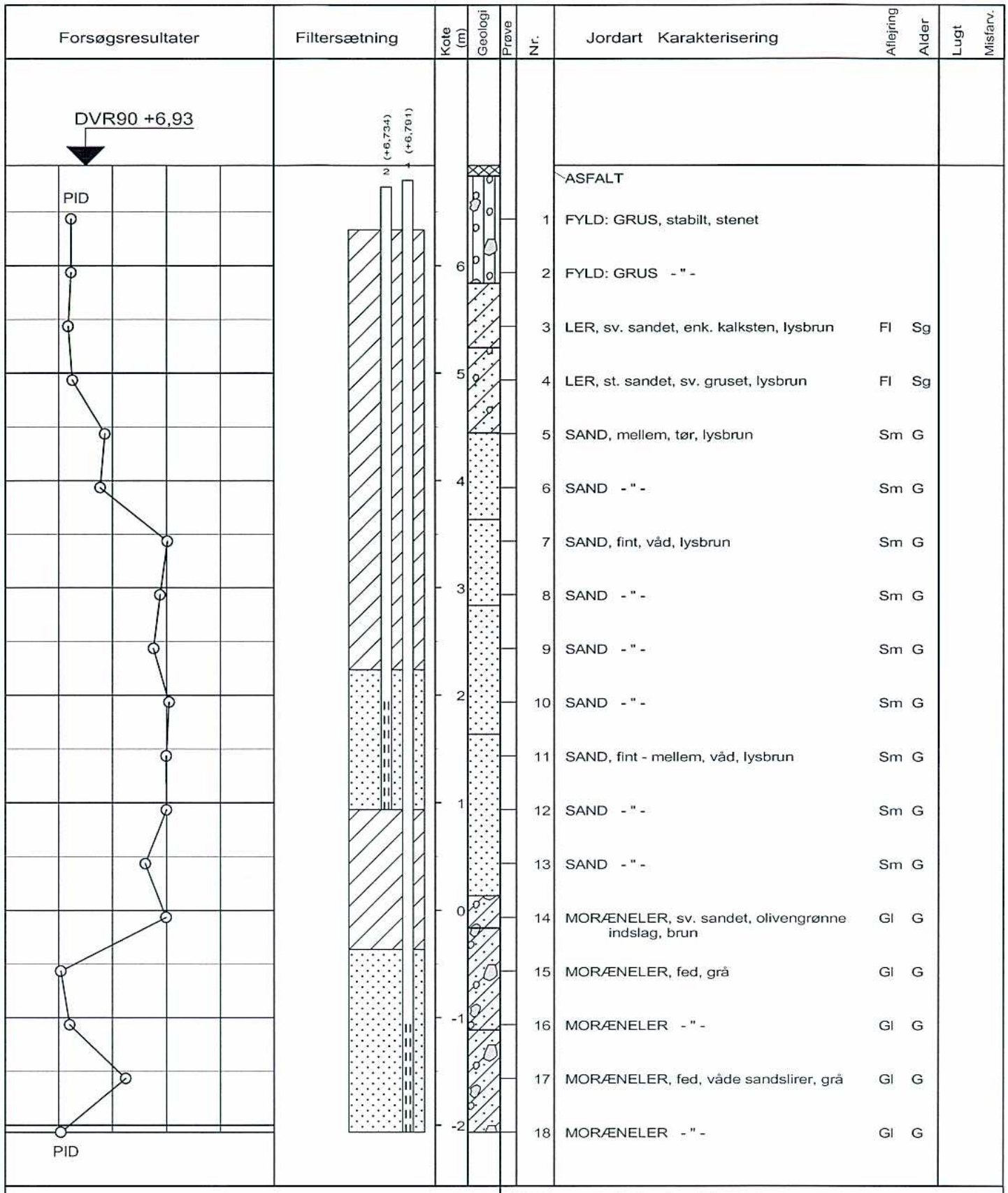
Dato : 01-07-08 Boret af : GEO- & MILJØBORINGER DGU-nr.: Boring : F30

Udarb. af : KAG Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:33:11



Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder
	ASFALT		
1	FYLD: GRUS, stabilt, stenet		
2	FYLD: GRUS - " -		
3	LER, sv. sandet, enk. kalksten, lysbrun	Fl	Sg
4	LER, st. sandet, sv. gruset, lysbrun	Fl	Sg
5	SAND, mellem, tør, lysbrun	Sm	G
6	SAND - " -	Sm	G
7	SAND, fint, våd, lysbrun	Sm	G
8	SAND - " -	Sm	G
9	SAND - " -	Sm	G
10	SAND - " -	Sm	G
11	SAND, fint - mellem, våd, lysbrun	Sm	G
12	SAND - " -	Sm	G
13	SAND - " -	Sm	G
14	MORÆNELER, sv. sandet, olivengrønne indslag, brun	Gl	G
15	MORÆNELER, fed, grå	Gl	G
16	MORÆNELER - " -	Gl	G
17	MORÆNELER, fed, våde sandslirer, grå	Gl	G
18	MORÆNELER - " -	Gl	G

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato : 30-06-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F35

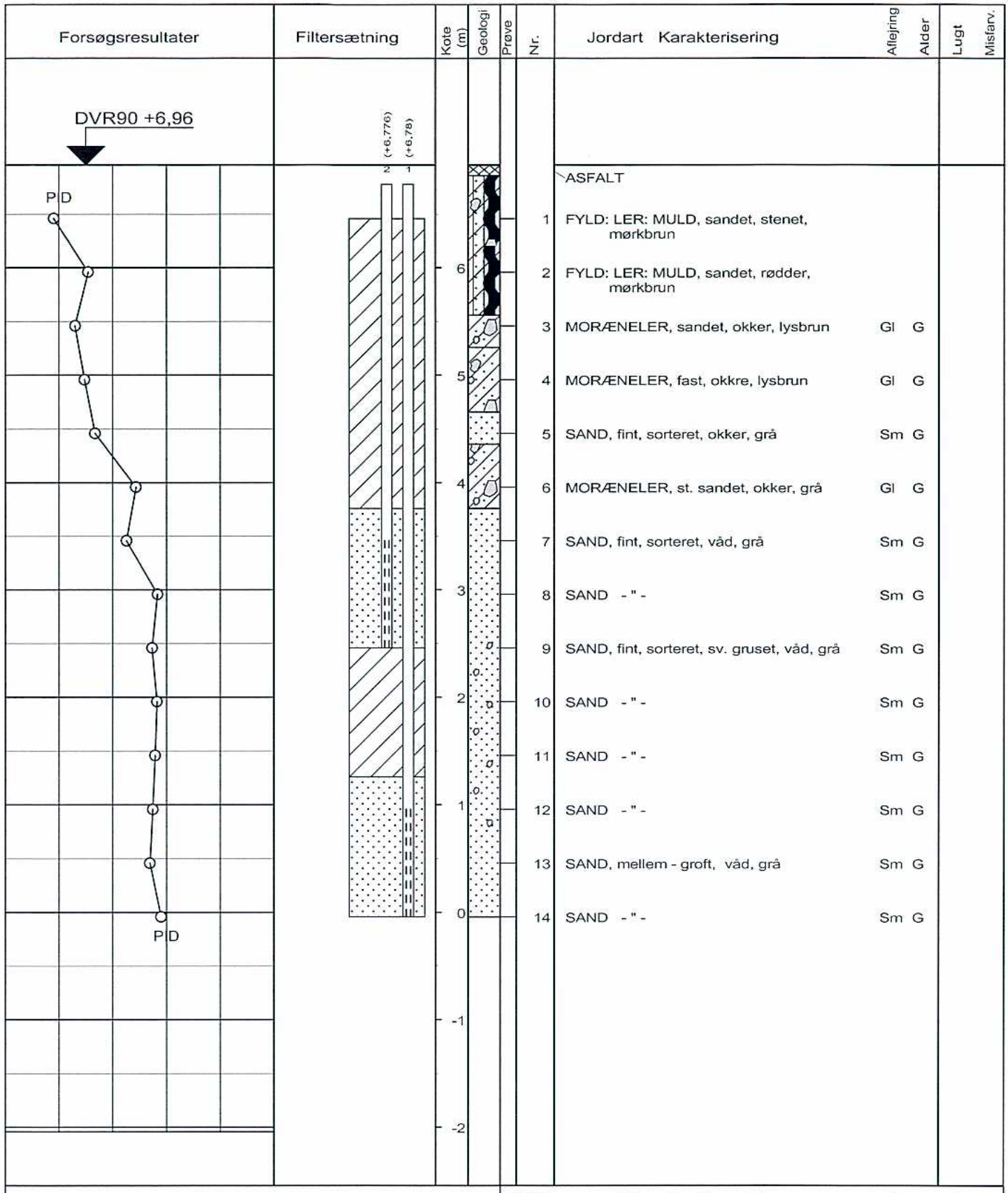
Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08

S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:33:07



(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

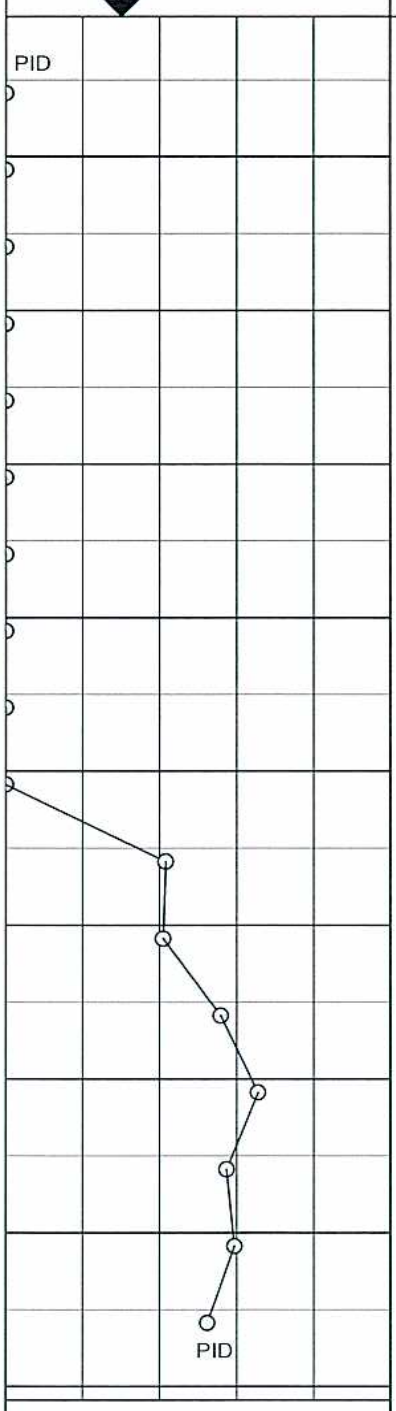
Dato : 02-07-08 Boret af : GEO- & MILJØBORINGER DGU-nr.: Boring : F40

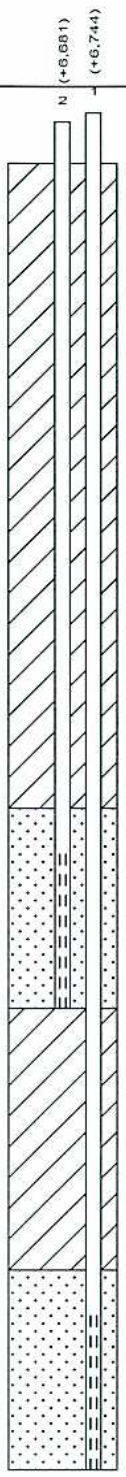
Udarb. af : KAG Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:33:02





Dybde	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
0		ASFALT				
		FYLD: GRUS, stabilt, stsenet				
	1	FYLD: GRUS, stabilt, stenet, muldet				
1	2	FYLD: GRUS - " -				
	3	SAND, mellem, olivengrønne indslag, lysgrå	Sm	Sg		
2	4	SAND - " -	Sm	Sg		
	5	SAND, mellem, olivengrønne indslag, st. fugtig, lysgrå	Sm	Sg		
3	6	SILT, våd, grå	Sm	Sg		
	7	SILT, våde groft sandstribervåd, grå	Sm	Sg		
4	8	MORÆNELER, st. sandet, okker, enk. sten, våd, grå	Gl	G		
	9	MORÆNELER, sv. sandet, enk. kalksten, fugtig, grå	Gl	G		
5	10	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	11	MORÆNELER, sv. sandet, enk. kalksten, våde grove sandstriber, fugtig, grå	Gl	G		
6	12	SAND, mellem, st. kalkh., våd, grå	Sm	G		
	13	SAND, groft, st. kalkh., våd, grå	Sm	G		
7	14	SAND, fint - mellem, st. kalkh., våd, grå	Sm	G		
	15	SAND, groft, sv. gruset, våd, grå	Sm	G		
8	16	SAND, groft, st. gruset, sv. stenet	Sm	G		
	17	SAND - " -	Sm	G		
9	18	MORÆNELER, sv. siltet, fugtig, grå	Gl	G		

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

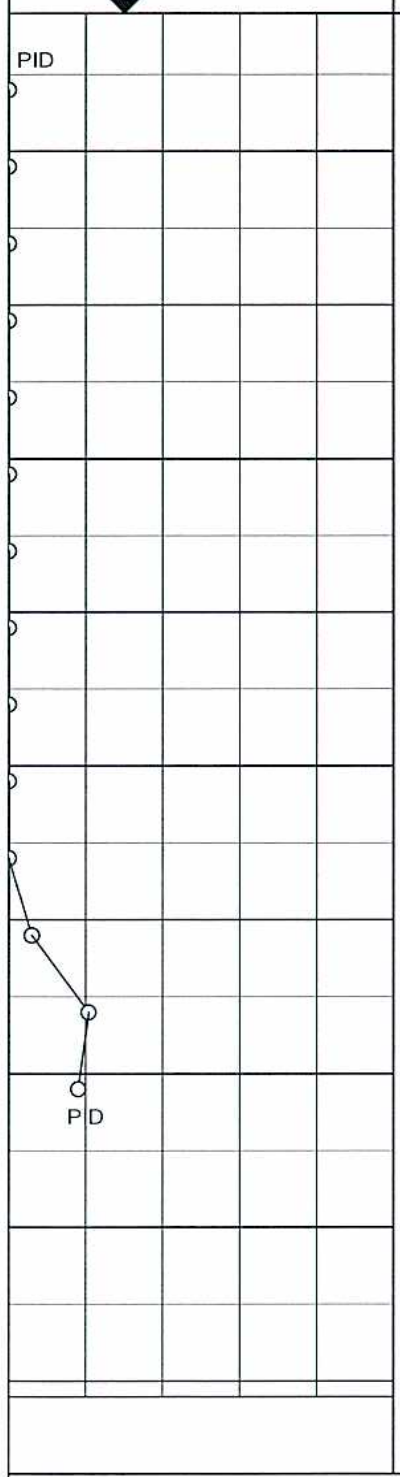
Dato : 30-06-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F45

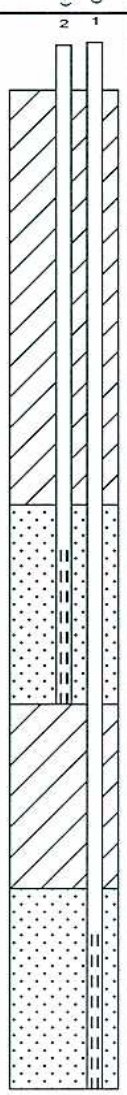
Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:57





Dybde	Kote (m)	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
0	6		BETON				
		1	FYLD: GRUS, stabilt, stenet				
1		2	FYLD: GRUS - " -				
	5	3	SAND, fint - mellem, lysbrun	Sm	Sg		
2		4	SAND, fint - mellem, olivengrønne indslag, enk. muldindslag lysbrun	Sm	Sg		
		5	SAND - " -	Sm	Sg		
3	4	6	SAND, sv. siltet, våd, grå	Sm	Sg		
		7	SILT, sv. sandet, våd, brun	Sm	Sg		
4	3	8	SILT, sv. sandet, våd, grå	Sm	Sg		
		9	MORÆNELER, sv. gruset, grove våde sandstriber	Gl	G		
5	2	10	MORÆNELER, sv. gruset, grove våde sandstriber, okker	Gl	G		
		11	MORÆNELER - " -	Gl	G		
6	1	12	MORÆNELER - " -	Gl	G		
		13	MORÆNELER - " -	Gl	G		
7	0	14	MORÆNELER - " -	Gl	G		
8	-1						
9	-2						

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato : 01-07-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F50

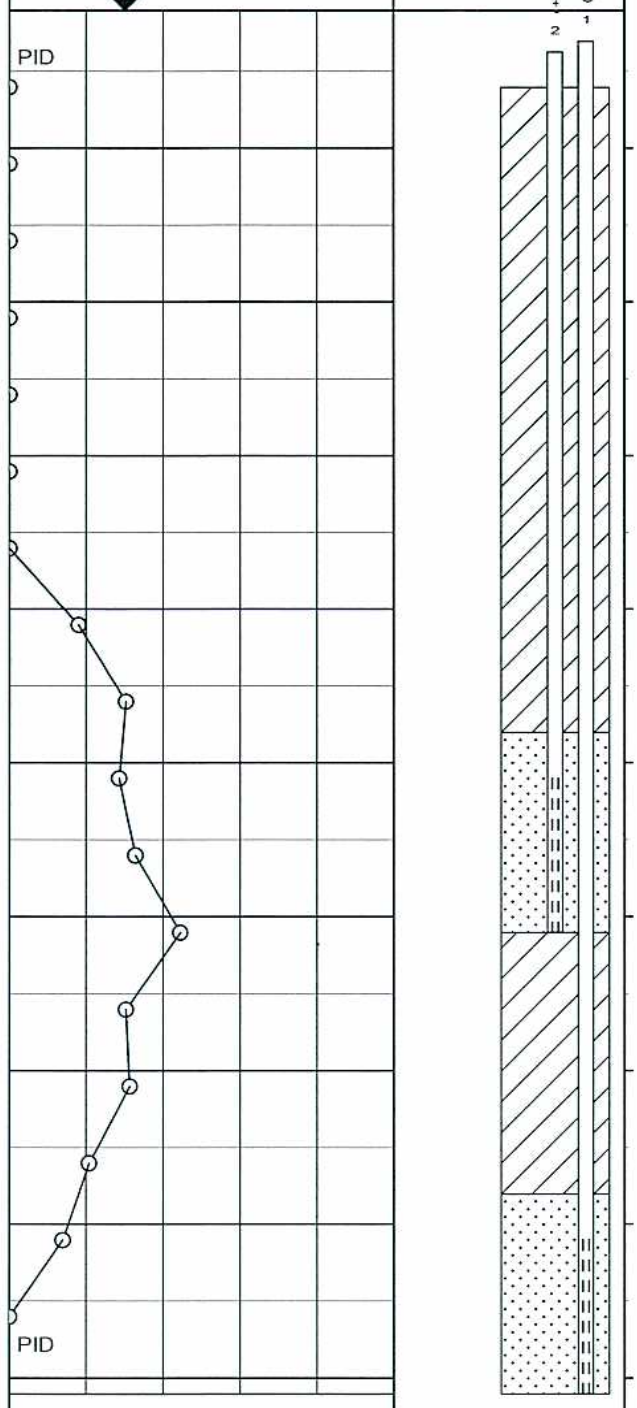
Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08

S. 1 / 1

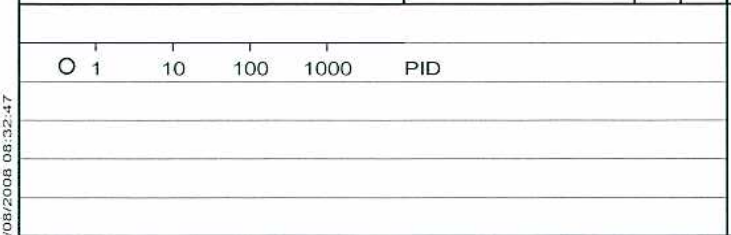
NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:52



Dybde	Kote (m)	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
			BETON				
	6	1	FYLD: GRUS, stabilt, stenet				
		2	FYLD: GRUS, stabilt, stenet, muldet				
	5	3	SAND, fint - mellem, sv. muldet, tør, brun	O	Pg		
		4	SAND, fint - mellem, olivengrønne indslag, enk. muldindslag, tør, brun	Sm	Sg		
		5	SAND - " -	Sm	Sg		
	4	6	SILT, st. sandet, våde sandstriber, våd, grå	Sm	Sg		
		7	MORÆNELER, st. sandet, våd	Gl	G		
	3	8	SAND, fint - mellem, kalkh., våd, grå	Gl	G		
		9	SAND - " -	Gl	G		
	2	10	SAND, groft, kalkh., våd, grå	Sm	G		
		11	SAND - " -	Sm	G		
	1	12	MORÆNELER, fed, fast, få fugtige slirer, grå	Gl	G		
		13	MORÆNELER, fed, fast, grå	Gl	G		
	0	14	MORÆNELER - " -	Gl	G		
		15	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	-1	16	MORÆNELER, fed, fast, få våde sandslirer, grå	Gl	G		
		17	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	-2	18	MORÆNELER - " -	Gl	G		



(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato : 01-07-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F55

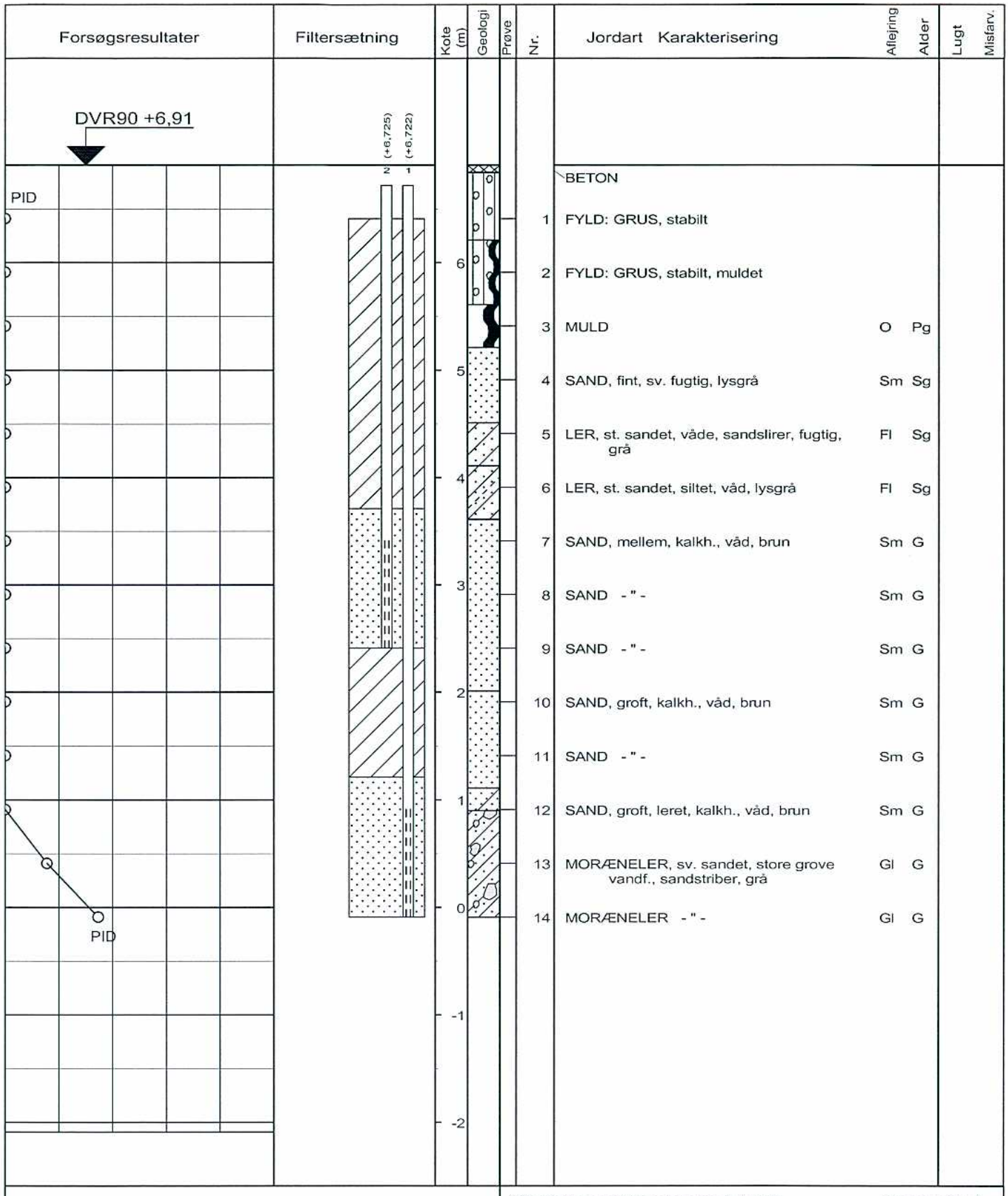
Udarb. af : MHN Kontrol : PTV Godkendt : MHN Dato : 15-08-08

S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:47



(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

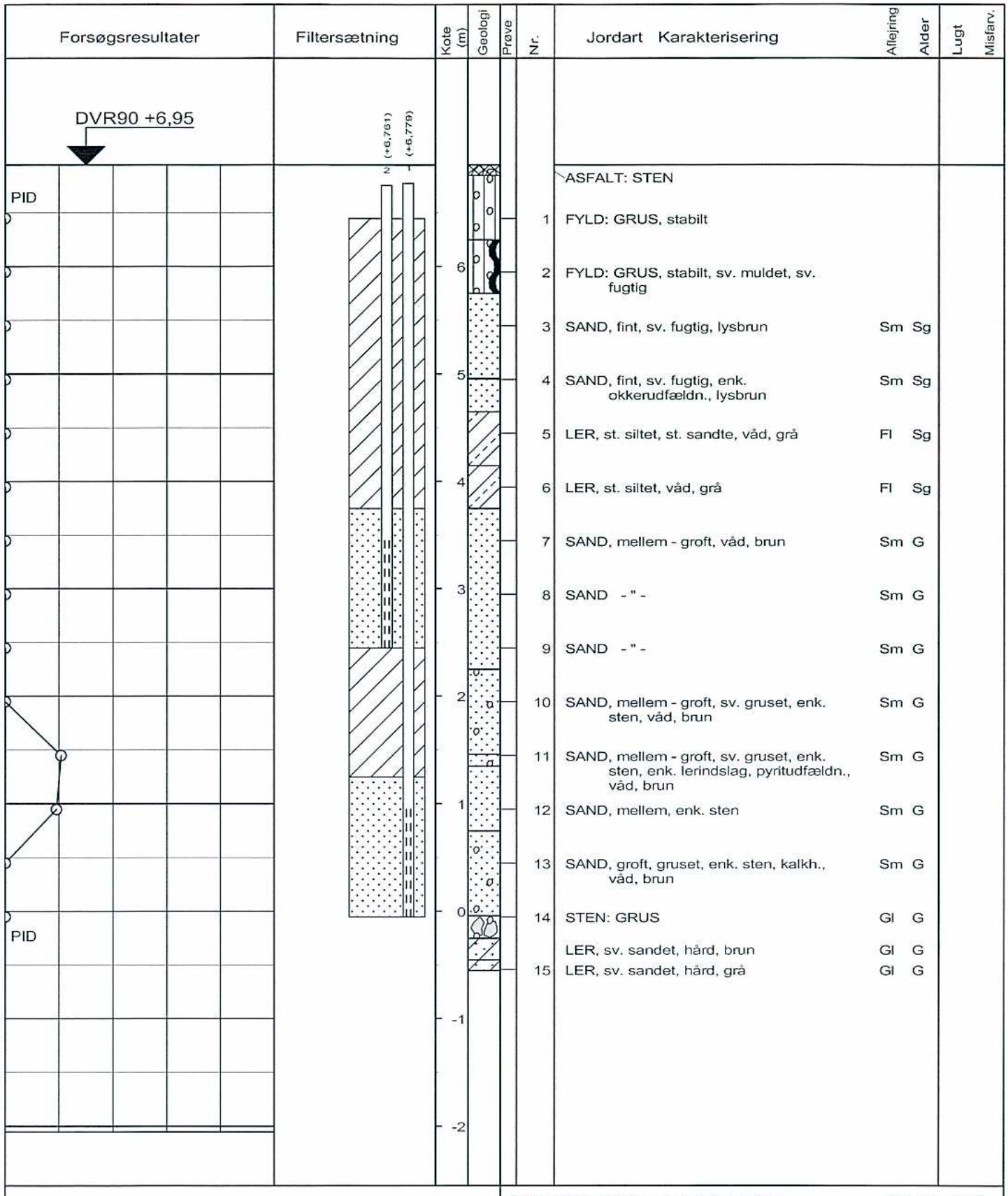
Dato : 03-07-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F60

Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:42



Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato : 17-06-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F70

Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:36

Dybde	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
		ASFALT				
	1	FYLD: GRUS, stabilt				
	2	MULD, st. sandet, sv. leret, tør	O	Pg		
	3	MULD, st. sandet, sv. leret, sv. fugtig	O	Pg		
	4	SAND, fint, sv. fugtig, lysbrun. sm		Sg		
	5	LER, st. sandet, olivengrønne indslag, brun LER, st. sandet, enk. st. fugtige sandslirer, grå	Fl	Sg		
	6	SAND, mellem, enk. lerede indslag, enk. sten, fugtig, brun	Sm	G		
	7	SAND, groft, sv. gruset, kalkh., enk. sten, våd	Sm	G		
	8	SAND - " -	Sm	G		
	9	MORÆNELER, sv. sandet, sv. fugtig, grå	Gl	G		
	10	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	11	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	12	MORÆNELER - " -	Gl	G		
	13	MORÆNELER, sv. sandet, enk. fugtige sandslirer, sv. fugtig, grå	Gl	G		
	14	MORÆNELER - " -	Gl	G		

Forsøgsresultater: DVR90 +7,00; PID; PID

Filtersætning: 2 (+6,819); 1 (+6,79)

Kote (m): 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -2

Geologi

Prøve

0 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

PID: Photovac 1

\- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato : 19-06-08 Boret af : KRISTIAN SCHMIDT DGU-nr.: Boring : F80

Udarb. af : MHN Kontrol : PTY Godkendt : MHN Dato : 15-08-08 S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:31

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
	DVR90 +6,99	(6,762) (+6,793) 2 1									
0	PID						ASFALT				
						1	FYLD: LER: SAND: MULD, brokker				
1			6			2	FYLD: LER: SAND: MULD - " -				
						3	LER, st. sandet, stenet, gruset, jernudfældn., olivengrønne indslag, grå - brun	Fl	Sg		
2			5			4	LER - " -	Fl	Sg		
						5	LER - " -	Fl	Sg		
3			4			6	MORÆNELER, sandet, stenet, gruset, sv. siltet, enk. kalkkorn, grå	Gl	G		
						7	MORÆNELER - " -	Gl	G		
4			3			8	MORÆNELER - " -	Gl	G		
						9	MORÆNELER, sandet, stenet, gruset, sv. siltet, enk. kalkkorn, sandslirer, fugtig, grå	Gl	G		
5			2			10	MORÆNELER - " -	Gl	G		
						11	MORÆNELER - " -	Gl	G		
6	PID		1			12	MORÆNELER, sandet, stenet, gruset, sv. siltet, enk. kalkkorn, sandslirer, våd, grå	Gl	G		
						13	MORÆNELER - " -	Gl	G		
7			0								
8			-1								
9			-2								

O 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
PID: Photovac 1

- : ingen mislugt
* : svag mislugt
** : middel mislugt
***: kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

Sag : 03920.15 Vestergade 5, Skuldelev

Dato :
Udarb. af : JKF

Boret af : KRISTIAN SCHMIDT
Kontrol : PTY Godkendt : MHN

DGU-nr.:
Dato : 15-08-08

Boring : F90

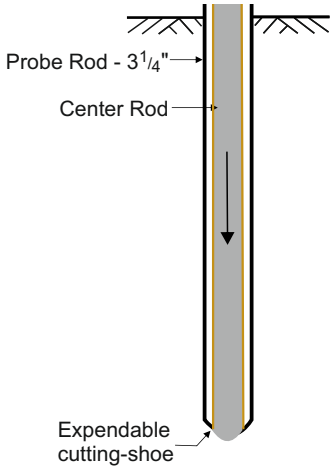
S. 1 / 1

NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S

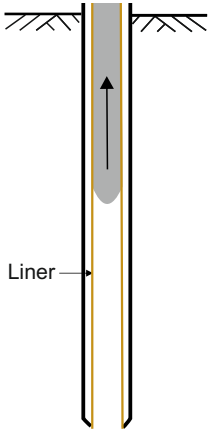
Borejournal

BRegister - PSTMDK 2.0 - 15/08/2008 08:32:25

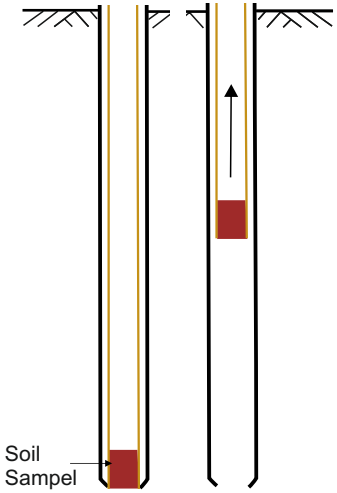
Bilag 6. Etablering af SS-boringer



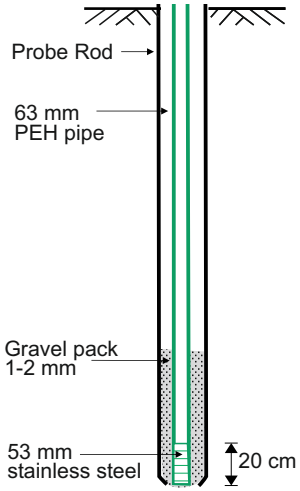
1
Pressing down Casing



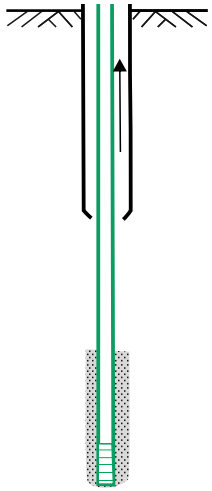
2
Withdraw of Center Rod



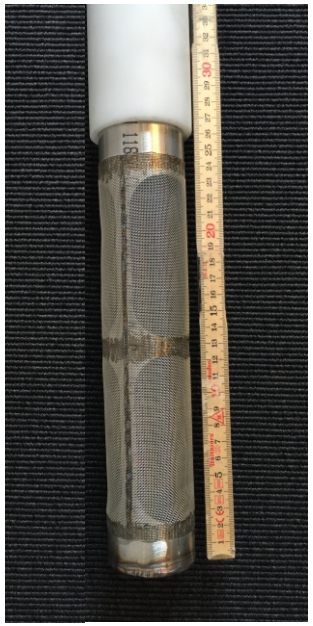
3
Extraction of intact Soil Core



4
Installation of screen



5
Withdraw of Casing



Screen

Bilag 6

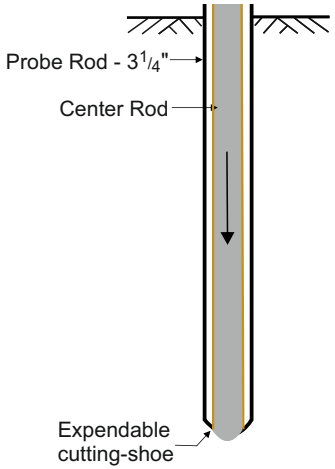
MUDP Flux-Project

Installation of SS-well
(GeoProbe well)

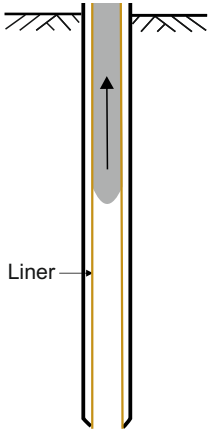
Rev.:	a
Dato:	April 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\serie-1.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

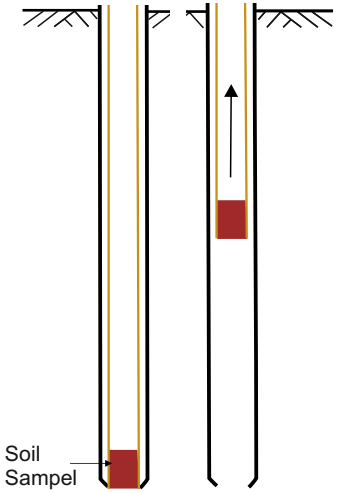
Bilag 7. Etablering af PVP



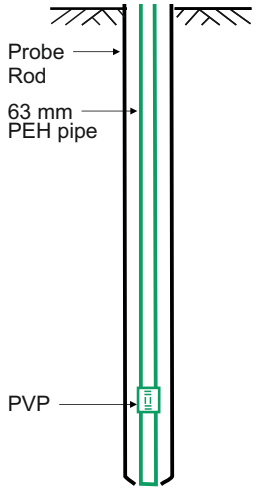
1
Pressing down Casing



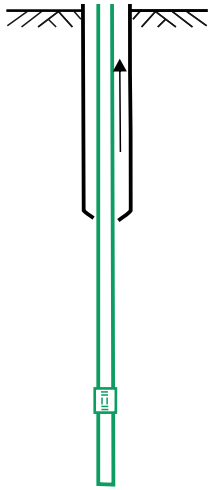
2
Withdraw of Center Rod



3
Extraction of intact Soil Core



4
Installation of PVP



5
Withdraw of Casing



PVP

Bilag 7

MUDP Flux-Project

Installation of PVP
(GeoProbe)

Rev.:	a
Dato:	April 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\serie-2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 8. Beregningsmetoder - Sorbisense

SORBISENSE

Bilag: beregningsmetoder.

Mængden af grundvand der passerer sampleren under eksponering for grundvandet beregnes fra tabet af salt $M_{tracersalt}$ (g), i henhold til:

$$V = \frac{M_{start,tracersalt} - M_{lab,tracersalt}}{K}$$

Hvor K = saltets opløselighed (g m^{-3}). Resultatet for prøvevolumen er således beregnet under forudsætning af en opløselighed af sporsalt (Calcium citrat) på 184 mg Ca/L. Den beregnede volumen svarer til grundvandets gennemstrømning *Q* af sampleren i prøvetagningsperioden:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Hvor Q er udledning (m^3 t^{-1}) og *t* = længde af prøvetagningsperioden. Det antages i det følgende, at grundvandets divergens eller konvergens og vertikal gennemstrømning kan ignoreres. Herved beregnes den horisontale grundvandsflux J_w ved at dividere prøvevolumen med det lodrette tværsnitsareal *A* af sampleren (m^2):

$$J_w = \frac{V}{A \cdot t}$$

Hvor J_w = grundvandsflux (m t^{-1}). Hvis K-værdien i det omgivende sediment er væsentlig højere end k-værdien af fluxsamplere, skal den ovenstående flux korrigeres jf. følgende ligning:

$$J_w = \frac{V}{\alpha \cdot A \cdot t} \quad \text{med} \quad \alpha = \frac{2k_{sampler}}{(k_{sampler} + k_{sediment})}$$

Med $k_{sampler}$ er K-værdi af fluxsampler en målt til 1,5e-4 m/s.

Masseflux af VOCl stoffer, J_s (g m^{-2} t^{-1}), afledes fra:

$$J_s = \frac{M_s}{A \cdot t}$$

Hvor M_s er summen af det akkumulerede masse på sektion a, b, og c. Ved beregninger af masseflux antages udover at divergens/konvergens af strømningsbaner kan negligeres, at adsorptionskapaciteten ikke er overskredet, og at effekten

af diffusion er ubetydelig. Denne antagelse skal altid vurderes i forhold til de aktuelle måleresultater, idet den generelle form af stoftransportligningen har tre komponenter der bidrager til flux J_s [1]:

$$J_s = J_w C_l - \theta D \frac{\partial C_l}{\partial z} + R_k$$

Med henholdsvis det advektive (flow) bidrag $J_w C_l$, som er proportionelt med grundvandflux, diffusionsbidrag $-\theta D \frac{\partial C_l}{\partial z}$ som er proportionelt med koncentrationsgradienten, og endelig stofproduktionsrate R_k. Ved meget høje stofkoncentrationer og -koncentrationsgradienter i grundvand, kan diffusion derfor have en signifikant effekt på spredningsvejene og flux af stofferne. Derudover har evt. mikrobiel nedbrydning en betydning på massefluxen, og kan have både en positiv effekt (ophobning, akkumulering) eller negativ effekt på masseflux (fjernelsen ved nedbrydning).

Den vandrette spredningsretning er afledt fra en vektorberegning fra masseindholdet af de tre sorberende sektioner, m_a, m_b, and m_c. Afsnit a, b og c repræsenterer hver en 120 graders vinkel af omkredsen af prøvetageren. Idet sektion *a* er orienteret mod nord peger vektorer $\overrightarrow{qa}$, $\overrightarrow{qb}$, og $\overrightarrow{qc}$ henholdsvis mod nord (0 kompasgrader), sydøst (120 kompasgrader), og sydvest (240 kompasgrader). Ved at summere de x, y komponenter for vektorer $\overrightarrow{qa}$, $\overrightarrow{qb}$, og $\overrightarrow{qc}$ fås de x, y vektorer af $\vec{q}$:

$$\vec{q}_y = \sum_{i=a,b,c} m_i \cdot \sin(\alpha_i)$$

$$\vec{q}_x = \sum_{i=a,b,c} m_i \cdot \cos(\alpha_i)$$

Fra disse vektorer beregnes den vandrette spredningsretning $\vec{\alpha}_q$:

$$\vec{\alpha}_q = \arctan(q_y / q_x)$$

Beregninger foretages i *x*, *y* koordinater og vinkler (grader imod uret), hvorefter graderne endelig korrigeres således, at der rapporteres kompas vinkler (grader med uret). Beregninger er foretaget således, at alle stofferne vægtes mængdeproportionelt i forhold til den samlede akkumulerede mængde af stoffer. Det skal nævnes her, at jo mere uens denne fordeling er, og jo mere fordelingsmønstrene er identiske for de forskellige komponenter, desto mere sikker er beregning af den overvejende spredningsretning.

[1] Se fx Miljøstyrelsen Rapport nr. 20, 1996.

Bilag 9. Beskrivelse af udførelsen af HPT samt dissipationtest

Notat

NIRAS A/S
Sortemosevej 2
DK-3450 Allerød

Telefon 4810 4200
Fax 4810 4300
E-mail niras@niras.dk

CVR-nr. 37295728
Tilsluttet F.R.I

NIRAS A/S

GEOPROBE. HPT-SYSTEM.

Metodebeskrivelse

---

1. Generelt

Til udførelse af kontinuerte sonderinger til måling af hydrauliske og geofysiske parameter anvender NIRAS med en HPT-sonde (Hydraulic Profiling Tool) udviklet af Geoprobe Systems® Inc.

På baggrund af de opsamlede måleværdier kan de geologiske og hydrogeologiske forhold vurderes, og i den mættede del af formationen kan den hydrauliske ledningsevne bestemmes.

Ved udførelse af HPT-sonderinger kan en forurenings fanes udbredelses muligheder afgrænses vertikalt og horisontalt, idet de høj- og lavpermeable horisonter kan fastlægges. Undersøgelsen kan med fordel kombineres med udtagning af jord-, vand- eller poreluftprøver til dokumentation af feltmålinger.

2. Tekniske specifikationer

Geoprobe-boremaskine: Model 54DT, 54LT og 6622DT (selvkørende på larvefødder).

HPT-sonde: Model HPT K6050 sonden har en diameter på 44,5 mm.

HPT6303 Controller: Styrer vandflow og måler vandtryk.

FI6000 Field instrument: Opsamler data fra sonden og viser kontinuert grafiske målinger på en PC.

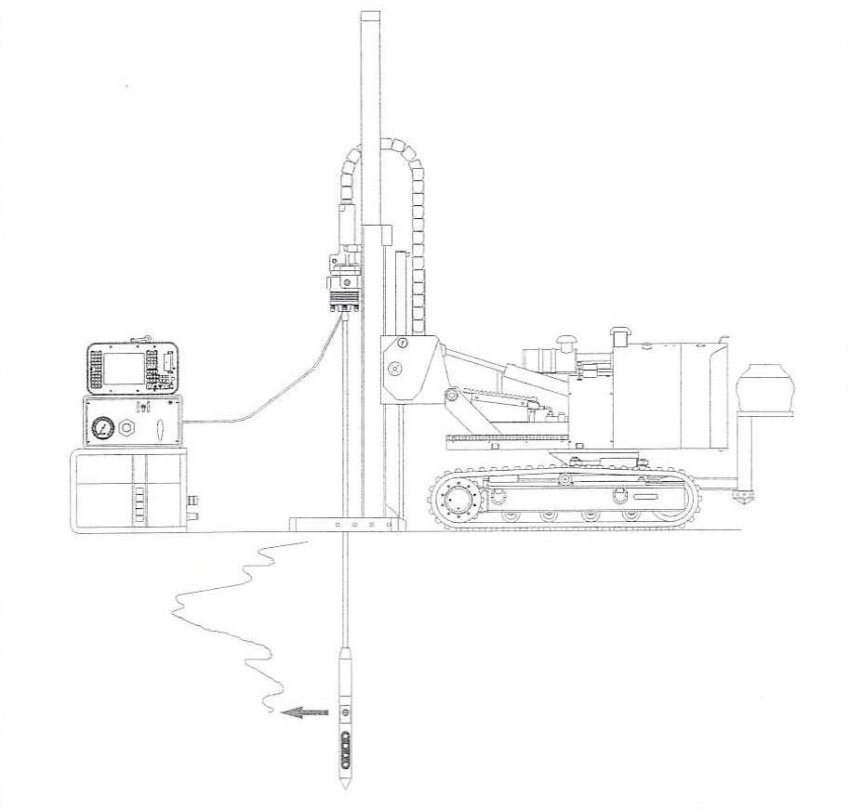
3. Metode

HPT-proben består af en ledningsevnesonde med Wenner elektrode konfiguration på siden af HPT-sonden, samt en membranport, hvorigennem der kontinuert flyder en vandstrøm drevet af en pumpe på terræn (Se fig. 1)



Figur.1: Foto af membranport med rindende vand

I sonden sidder en tryktransducer, der kontinuerligt registrerer størrelsen af det tryk pumpen skal yde for at opretholde den konstante udstrømning /1/. I lavpermeable formationer som ler, vil trykket være stort, mens det i højpermeable formationer som sand vil være lavt. Trykprofilet over dybden vil således illustrer, i hvilke dybder, der forekommer højpermeable såvel som lavpermeable zoner.



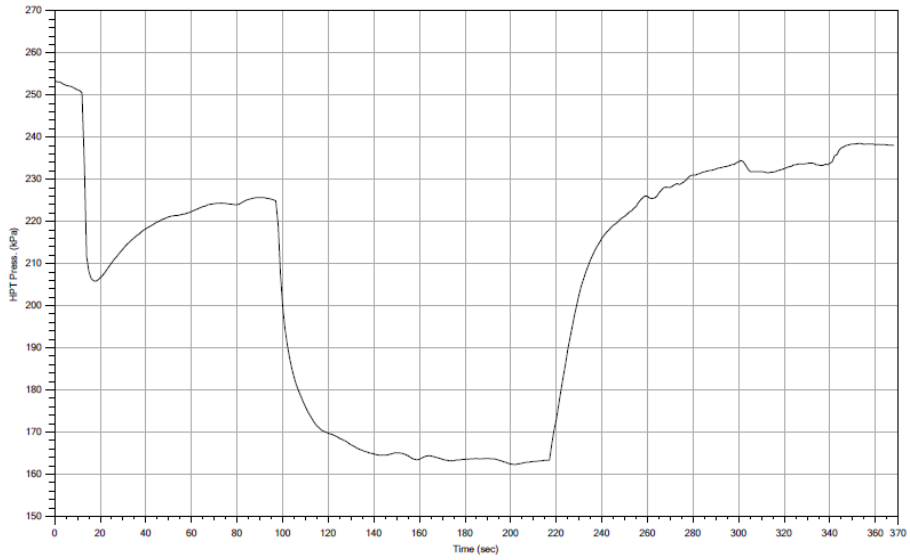
Figur 2: Skematisk billede af HPT sonde tilkoblet Geoprobe-systemet. Figur fra /1/.

Når der samtidig med HPT sonderingerne udføres såkaldte dissipation-tests, bestemmes det stabiliserede vandspejl eller tryk i den dybde, hvor testen udføres. Her ud fra kan vandsøjlens tryk eller det hy-

drostatiske tryk (hydrostatic pressure) over dybden bestemmes. Dette og vandstrømningen bruges herefter til estimering af den hydrauliske ledningsevne (K). Fremgangsmåden samt en forklaring af disse parametre fremgår af de følgende afsnit.

Dissipation test

Ved en dissipation test fastholdes HPT-proben i en bestemt dybde under vandspejlet og vandtilførslen stoppes. Det injicerede vand vil herefter fordeles i jord matricen og det hydrauliske tryk vil falde som en følge heraf. På måleinstrumentets skærm observeres trykket, som med tiden vil stabiliseres i et bestemt niveau, svarende til det uforstyrrede hydrauliske tryk i denne dybde. Et eksempel på trykkurven ved en dissipation test er vist i fig. 3, hvor der ses, at trykket stabiliseres til ca. 164 kPa.



Figur.3: Eksempel på trykkurve fra en dissipation test.

Vandspejl / Uforstyrret hydraulisk tryk

Efter tilførslen af vand til jord matricen er midlertidigt afbrudt vil vandspejlet i testdybden indstille sig på et stabilt niveau, svarende til det uforstyrret hydrauliske trykniveau.

HPT tryk

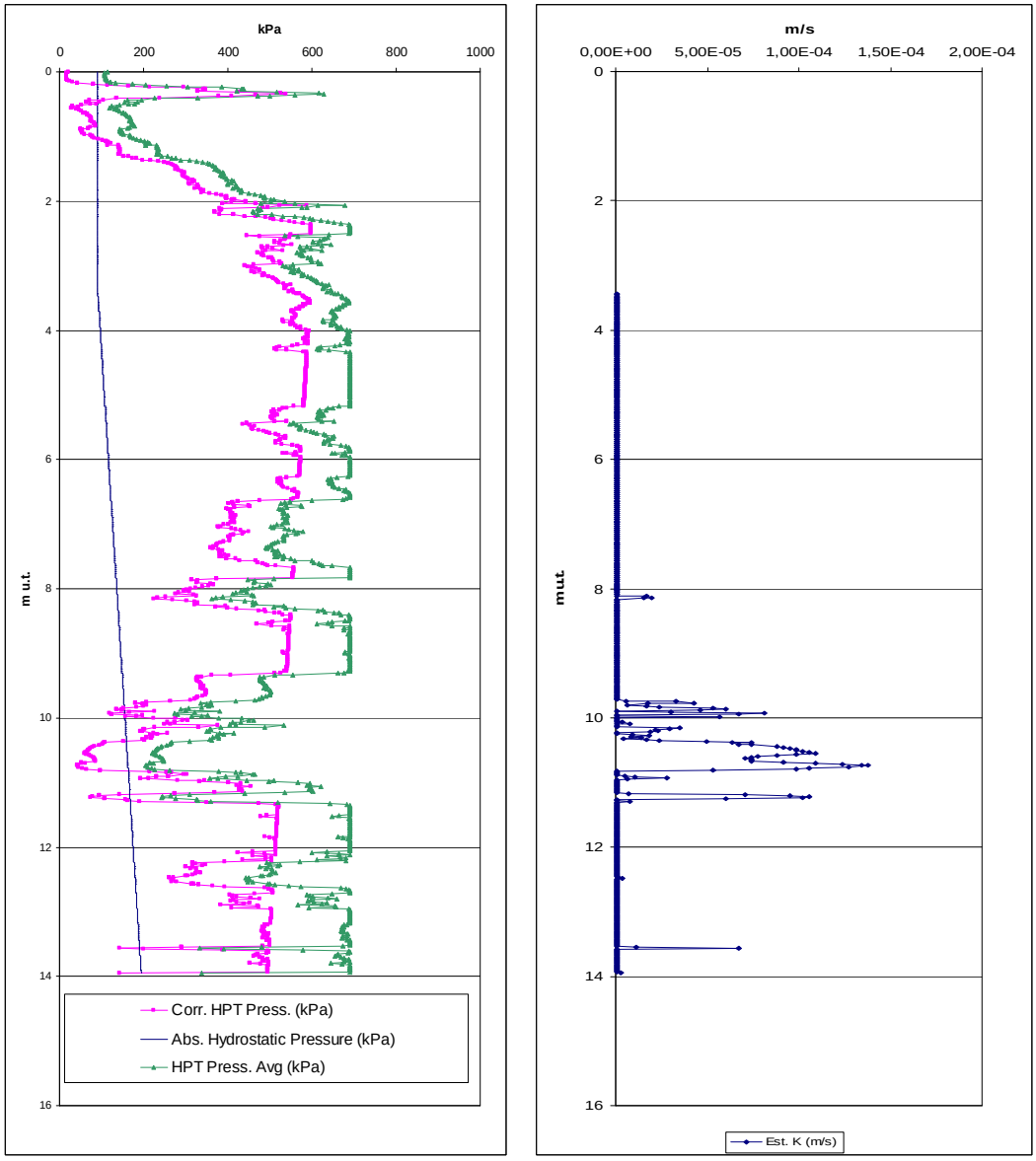
HPT trykket er det tryk, som pumpen skal yde for at opretholde den konstante udstrømning af vand fra HPT sonden. En tryktransducer registrerer kontinuerligt størrelsen af dette tryk.

Vandsøjlens tryk / det hydrostatiske tryk

I den mættede zone vil vandsøjlen udøve et hydrostatisk tryk, som stiger med dybden. Dette tryk vil influere på, dvs. øge det målte HPT tryk, og derfor bør de målte HPT tryk korrigeres for det hydrostatiske tryk.

Korrigeret HPT tryk

Det korrigerede HPT tryk er det målte HPT tryk, som pumpen skal yde for at opretholde den konstante udstrømning af vand fra HPT sonden, fratrukket det hydrostatiske tryk, som er forårsaget af vandsøjlen i den mættede zone. På fig. 4 ses et eksempel på det målte HPT tryk samt det korrigerede HPT tryk afbildet sammen med vandsøjlens tryk (det hydrostatiske tryk).



Figur 4: Afbildning af estimeret hydraulisk ledningsevne (K) samt det målte HPT tryk, det estimerede vandsøjletryk (hydrostatisk tryk) samt det korrigerede HPT tryk.

Estimerede værdier for den hydrauliske ledningsevne (K)

I hver dybde af en HPT sondering, hvor der er udført en dissipation test og det korrigerede HPT tryk er bestemt, kan der estimeres en værdi for den hydrauliske ledningsevne (K).

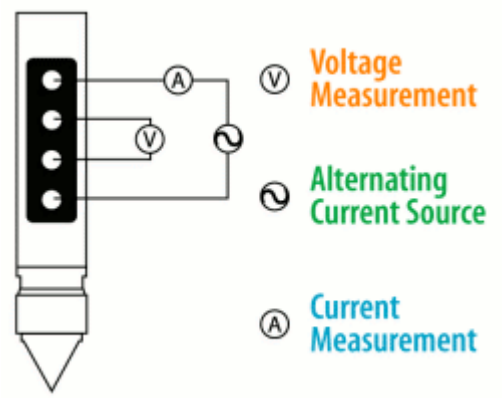
Dette skyldes, at der er fundet en empirisk sammenhæng mellem den hydrauliske ledningsevne og forholdet mellem vandstrømningen (Q)

og det korrigerede HPT tryk. Sammenhængen beskrives som Cotton-wood modellen /3/, og det er denne model, der ligger til grund for de estimerede værdier for den hydrauliske ledningsevne (K), som kan bestemmes ved brug af Geoprobe Systems® Inc. programmet DI Viewer W7.

Den hydrauliske ledningsevne (K) kan således bestemmes kontinuert med en opløsning <2 cm over dybden i den mættede del af formationen mellem hver dybde, hvor der er logget data og udført dissipation tests.

Forudsætningen for at bruge den empiriske sammenhæng, der er benyttet til bestemmelse af K-værdierne er, at der i matricen foregår strømning, der kan beskrives ved Darcy's lov. Der vil være en nedre grænse, hvor strømningen ikke kan beskrives ved Darcy's lov og det er, hvor vandtilførslen vil føre til, at sedimentkornene flyttes eller der sker en egentlig frakturering i matricen. I disse tilfælde er modtrykket meget højt og vil føre til lave K-værdier, I modellen er den nedre grænse for den hydrauliske ledningsevne (K) på $3{,}5x10^{-7}$ m/s.

Elektrisk lednings evne
HPT-elektrodens Wenner elektrode konfiguration, måler kontinuert den elektriske konduktivitet i jordmatricen som kan anvendes til yderligere tolkning af geologien. Wenner-elektrode systemet består af fire elektroder. (se nedenstående fig. 5, fra /1/)

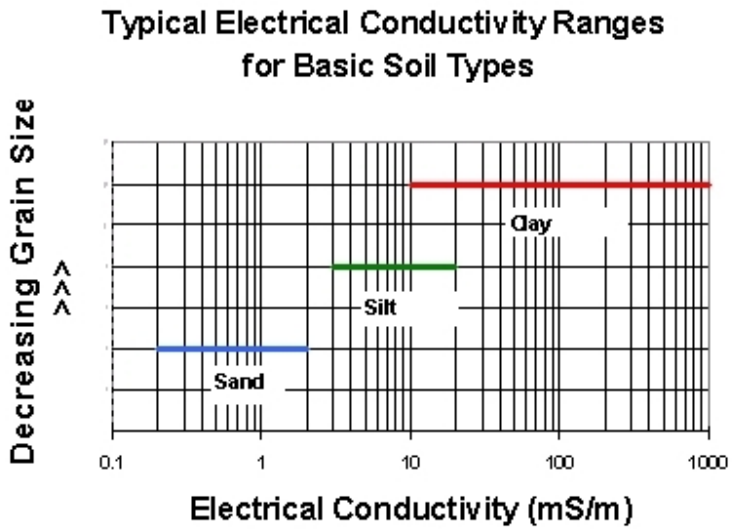


Figur.5: Wenner elektrode konfiguration.

Fra de to inderste elektroder sendes en vekselspænding som efterfølgende måles mellem de to yderste elektroder. Den elektriske ledningsevnen er udtrykt som forholdet mellem strøm og spænding gange elektrodekonfigurations konstanten. Hvor resultatet efterfølgende kan udtrykkes som mS/m (milli-Siemens pr. m, (admittans)).

Som hovedregel gælder det, at en høj elektrisk konduktivitet typisk ses i lerholdige sedimenter, mens lav elektrisk konduktivitet typisk ses i sand og grusholdige formationer.

De typiske ledningsevner for en række jord arter fremgår af nedenstående fig. 6, fra /1/. (uforurenet jord)



Figur.6: Kornstørrelsen som funktion af den elektriske ledningsevne.

En mere detaljeret tolkning af den elektriske konduktivitet bør imidlertid kun finde sted, hvis der samtidig foreligger en geologisk beskrivelse fra en tidligere boring i området eller der er udtaget kerneprøver og foretaget HPT-logs med Geoprobesystemet til verifikation.

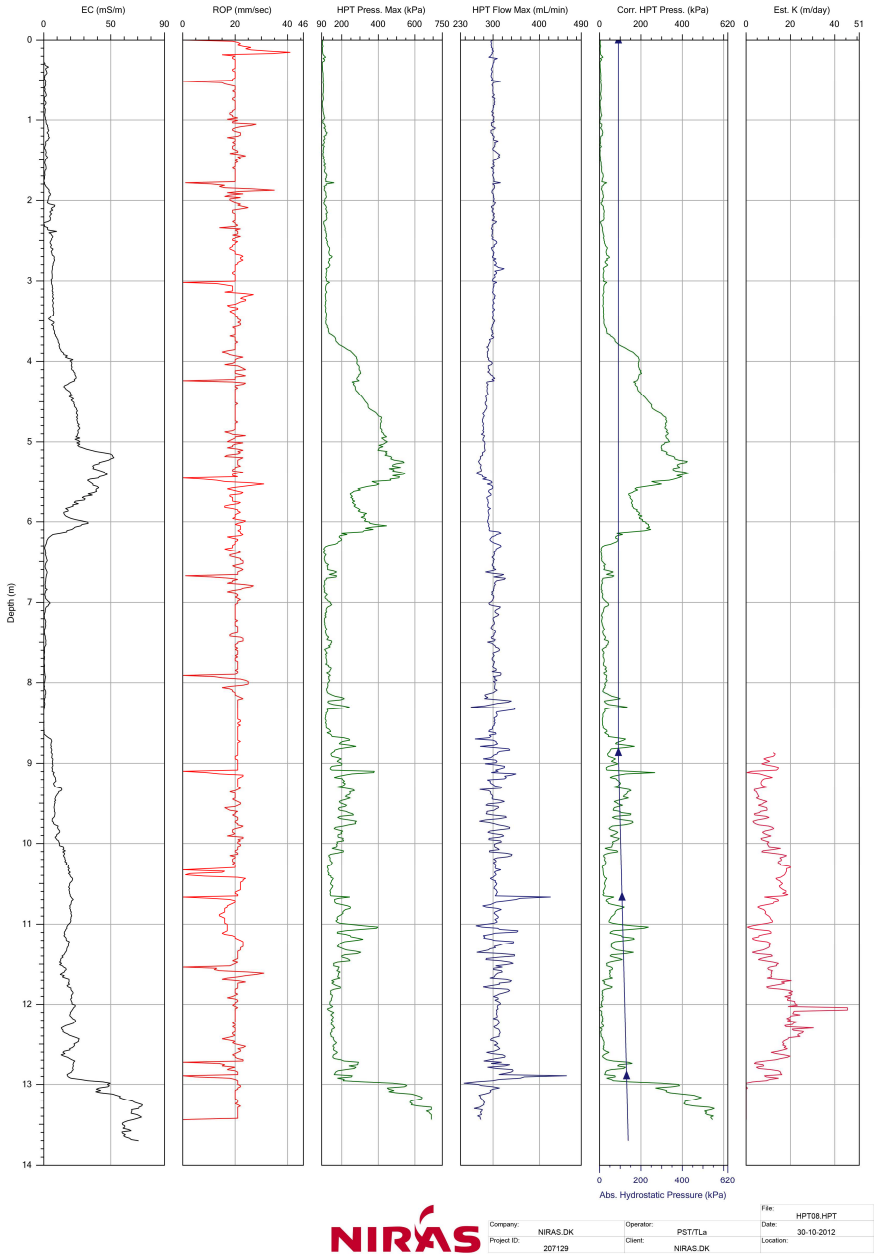
Endvidere registres HPT-probens nedramningshastigheden kontinuert og dette kan yderligere anvendes til tolkning af jordens densitet. Hastigheden vil typisk falde ved nedramning i hårdt ler eller tæt pakkede tørre sandlag.

4. Resultater og kvalitetssikring.

Forud for hver sondering foretages en elektrisk gennemmåling af HPT probens elektroders, isolation og impedans, samt en tryk test af tryktransduceren i et kalibreringsbære med en kendt vandhøjde, således at trykresponset, isolationen og impedansen kan fastlægges inden sonderingen udføres.

Derudover udføres der en løbende systemkontrol for at kontrollere for eventuelle korrosioner og urenheder i pumpe og slange systemet, samt deres ventiler.

Efter endt sondering, er der genereret et antal log-filer pr. sondering, som i felten overføres til en PC'er. Herefter hentes log-filerne ind i programmet DI Wiewer (plot-program fra Geoprobe), som genererer et dybdeprofil for hver af de loggede parameter. Nedenfor er vist et eksempel på et fuldt HPT dybdeprofil.



Figur 7: Eksempel på dybdeprofil. Viser fra venstre elektrisk konduktivitet, nedpresnings hastighed, Hpt tryk, Hpt flow, Hpt tryk med korrigeret absolut vandtryk og deraf estimerede K værdier for profilet i den mættede del af dybdeprofilet.

Endvidere føres der logbog for hver arbejdsdag, hvor navn på sondering, boredybe, resultat af system- og respons-test noteres. Denne afleveres dagligt til borelederen med de tilhørende dybdeprofiler.

Responstest og Hpt -sondringer udføres generelt i henhold til Geoprobe® Standard Operating Procedure (SOP) for Hydraulic profiling tool (Hpt).

Referencer:

/1/ Geoprobe® Hydralic Profiling Tool (HPT) System. Standard Operating Procedure. Technical Bulleting No. MK3137. Prepared, March 2007.

/2/ Geoprobe ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC) LOGGING Sandard Operating Procedure. Prepared: December 2008

/3/ Cottenwood Model, (McCall W. et al. Geoprobe Systems 2010)

Bilag 10. Resultatark, Sorbisense (Fluxsampler og SorbiCell)

Information of sample point (well)					Sample information				Flow			
Well	Type of well	Depth	Screen interval	Method	Sample ID (1)	Sample ID (2)	Date, start	Date, end	Flow direction (horisontal)	Darcy velocity	Hydraulic conductivity	Observed vertical flow?
		(m)					dd.md.yr	dd.md.yr	From magnetic North, clockwise	m/day	m/day	Yes / No
F30-2	Traditional well	4,05 - 4,25	3,5 - 4,5	Fluxsampler	0711-1194	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	85 (PCE, TCE); 61 (degr. Prod.); 61 (massevægtet)	0,079	-	-
F30-2	Traditional well	3,95	3,5 - 4,5	SorbiCell	0711-1896	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F45-1	Traditional well	8,55 - 8,75	8,0 - 9,0	Fluxsampler	0711-1560	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	135 (degr. Prod.); 135 (massevægtet)	0,094	-	-
F45-1	Traditional well	8,45	8,0 - 9,0	SorbiCell	0711-1890	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F45-2	Traditional well	5,55 - 5,75	5,0 - 6,0	Fluxsampler	0711-1561	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	99 (PCE, TCE); 98 (degr. Prod.); 98 (massevægtet)	0,059	-	-
F45-2	Traditional well	5,45	5,0 - 6,0	SorbiCell	0711-1891	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F40-1	Traditional well	6,55 - 6,75	6,0 - 7,0	Fluxsampler	0711-1562	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	314 (PCE, TCE); 65 (degr. Prod.); 65 (massevægtet)	0,091	-	-
F40-1	Traditional well	6,45	6,0 - 7,0	SorbiCell	0711-1892	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F40-2	Traditional well	4,05 - 4,25	3,5 - 4,5	Fluxsampler	0711-1563	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	223 (PCE, TCE); 134 (degr. Prod.); 142 (massevægtet)	0,093	-	-
F40-2	Traditional well	3,95	3,5 - 4,5	SorbiCell	0711-1893	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F35-2	Traditional well	5,55 - 5,75	5,0 - 6,0	Fluxsampler	0711-1564	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	136 (PCE, TCE); 181 (degr. Prod.); 171 (massevægtet)	0,086	-	-
F35-2	Traditional well	5,45	5,0 - 6,0	SorbiCell	0711-1894	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
F30-1	Traditional well	6,55 - 6,75	6,0 - 7,0	Fluxsampler	0711-1565	EUDKVE-00399357	26-11-2015	21-01-2016	75 (PCE, TCE); 101 (degr. Prod.), 93 (massevægtet)	0,147	-	-
F30-1	Traditional well	6,45	6,0 - 7,0	SorbiCell	0711-1895	EUDKVE-00392054	26-11-2015	21-01-2016	-	-	-	-
SS30-1	Geoprobe screen	6,5 - 6,7	6,5 - 6,7	Fluxsampler	0711-1024	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	163 (PCE, TCE); 202 (degr. Prod.)	0,062	-	-
SS30-2	Geoprobe screen	3,9 - 4,1	3,9 - 4,1	Fluxsampler	0711-1022	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	83 (PCE, TCE); 94 (degr. Prod.)	0,121	-	-
SS35-1	Geoprobe screen	5,4 - 5,6	5,4 - 5,6	Fluxsampler	0711-1021	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	100 (PCE, TCE); 99 (degr. Prod.)	0,091	-	-
SS40-1	Geoprobe screen	8,3 - 8,5	8,3 - 8,5	Fluxsampler	0711-1020	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	kan ikke beregnes	0,054	-	-
S40-2 (nederst)	Geoprobe screen	6,4 - 6,6	6,4 - 6,6	Fluxsampler	0711-1019	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	323 (degr prod.)	0,083	-	yes
SS40-2 (øverst)	Geoprobe screen	5,9 - 5,1	5,9 - 5,1	Fluxsampler	0711-1192	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	207 (PCE, TCE); 165 (degr. Prod.)	0,083	-	yes
SS40-3	Geoprobe screen	4,2 - 4,4	4,2 - 4,4	Fluxsampler	0711-1023	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	138 (degr prod.)	0,080	-	-
SS45-1	Geoprobe screen	8,2 - 8,4	8,2 - 8,4	Fluxsampler	0711-1193	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	331 (degr prod.)	0,070	-	-
SS45-2	Geoprobe screen	5,4 - 5,6	5,4 - 5,6	Fluxsampler	0711-1191	EUDKVE-00411981	29-09-2015	26-11-2015	206 (degr prod.)	0,039	-	-
SS40-3	Geoprobe screen	4,2 - 4,4	4,2 - 4,4	Fluxsampler	0711-1755	EUDKVE-00411981	21-12-2015	04-01-2016	339 (PCE, TCE)	0,043	-	-
SS45-1	Geoprobe screen	8,2 - 8,4	8,2 - 8,4	Fluxsampler	0711-1756	EUDKVE-00411981	21-12-2015	04-01-2016	-	0,081	-	-
SS30-2	Geoprobe screen	3,9 - 4,1	3,9 - 4,1	Fluxsampler	0711-2026	EUDKVE-00411981	21-12-2015	04-01-2016	16 (PCE, TCE); 25 (degr. Prod.)	0,050	-	-
SS40-3	Geoprobe screen	4,2 - 4,4	4,2 - 4,4	Fluxsampler	0711-1983	EUDKVE-00411981	04-01-2016	18-01-2016	254 (PCE, TCE); 242 (degr. Prod.)	0,040	-	-
SS45-1	Geoprobe screen	8,2 - 8,4	8,2 - 8,4	Fluxsampler	0711-2029	EUDKVE-00411981	04-01-2016	18-01-2016	321 (degr prod.)	0,073	-	-
SS30-2	Geoprobe screen	3,9 - 4,1	3,9 - 4,1	Fluxsampler	0711-2030	EUDKVE-00411981	04-01-2016	18-01-2016	112 (degr prod.)	0,036	-	-
SS40-3	Geoprobe screen	4,2 - 4,4	4,2 - 4,4	Fluxsampler	0711-1982	EUDKVE-00411981	18-01-2016	01-02-2016	18 (degr prod.)	0,042	-	-
SS30-2	Geoprobe screen	3,9 - 4,1	3,9 - 4,1	Fluxsampler	0711-2027	EUDKVE-00411981	18-01-2016	01-02-2016	-	0,039	-	-
SS45-1	Geoprobe screen	8,2 - 8,4	8,2 - 8,4	Fluxsampler	0711-2028	EUDKVE-00411981	18-01-2016	01-02-2016	42 (degr prod.)	0,093	-	-
SS45-1	GeoProbe screen	8,2 - 8,4	8,2 - 8,4	Fluxsampler	0711-0535	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	171 (Avg all compounds)	0,086	-	-
SS45-2	GeoProbe screen	5,4 - 5,6	5,4 - 5,6	Fluxsampler	0711-0536	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	-	0,044	-	-
SS40-1	GeoProbe screen	8,3 - 8,5	8,3 - 8,5	Fluxsampler	0711-0537	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	307 (Avg all compounds)	0,082	-	-
SS40-2	GeoProbe screen	6,4 - 6,6	6,4 - 6,6	Fluxsampler	0711-0538	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	133 (Avg all compounds)	0,104	-	-
SS40-3	GeoProbe screen	4,2 - 4,4	4,2 - 4,4	Fluxsampler	0711-0539	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	44 (Avg all compounds)	0,066	-	-
SS35-1	GeoProbe screen	5,4 - 5,6	5,4 - 5,6	Fluxsampler	0711-0540	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	112 (Avg all compounds)	0,088	-	-
SS30-1	GeoProbe screen	6,5 - 6,7	6,5 - 6,7	Fluxsampler	0711-0541	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	109 (Avg all compounds)	0,099	-	-
SS30-2	GeoProbe screen	3,9 - 4,1	3,9 - 4,1	Fluxsampler	0711-0542	SOR297667	17-02-2015	20-04-2015	76 (Avg all compounds)	0,076	-	-

	Concentration of chlorinated compunds and degradation products											DoD	Flux average concentration										DoD
Well	PCE	TCE	1,1-DCE	t-1,2-DCE	c-1,2- DCE	VC	Ethane	Ethene	Chloride	PCE+TCE	Degradation products	Degree of dechlorination	PCE	TCE	1,1-DCE	t-1,2-DCE	c-1,2- DCE	VC	Ethane	Ethene	PCE+TCE	Degradation products	Degree of dechlorination
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	%	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	%
F30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,5	0,9	<0,3	7,9	95	1,0	-	-	1	104	50%
F30-2	< 0,7	0,7	< 0,4	4,4	120	< 0,7	-	-	-	0,7	124,4	50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,4	<0,3	<0,3	23,0	196	675,9	-	-	<0,8	908	71%
F45-1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,8	24,6	197	-	-	-	<0,2	223,2	73%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F45-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		2,156	30,6	1,3	168,2	1607	27,1	-	-	33	1825	50%
F45-2	< 0,2	3,8	1,1	13	570	71	-	-	-	3,8	655,1	54%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F40-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,577	0,9	1,2	195,6	1345	293,4	-	-	1	1848	56%
F40-1	0,65	0,49	3,2	21	1100	320	-	-	-	1,14	1444,2	58%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F40-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		408	135,6	2,2	366,9	4293	16,2	-	-	544	4695	47%
F40-2	199	95,9	0,8	54,8	1473,2	4,45	-	-	-	294,6	1533,2	46%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F35-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		33,09	45,0	0,6	113,1	722	20,8	-	-	78	873	49%
F35-2	200	150	0,68	25	1200	14	-	-	-	350	1239,7	45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		11,7	21,1	0,1	14,5	128	1,9	-	-	33	154	46%
F30-1	15	19	0,29	11	160	1,9	-	-	-	34	173,2	46%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SS30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1,065	1,2	<0,1	3,3	52	4,4			2	60	52%
SS30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,638	1,0	<0,1	1,5	15	0,6			2	17	49%
SS35-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		9,219	15,7	0,1	55,1	846	7,7			25	908	50%
SS40-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		8,718	7,0	0,1	31,0	651	45,1			16	727	52%
S40-2 (nederst)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,23	0,3	0,5	95,6	1446	75,0			1	1617	52%
SS40-2 (øverst)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,144	0,3	0,1	55,6	742	44,3			0	842	52%
SS40-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		39,84	23,6	0,3	37,3	1136	60,5			63	1234	51%
SS45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,1	0,1	0,2	51,2	729	153,2			0	934	56%
SS45-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,2	0,1	<0,1	0,5	8	3,9			0	13	60%
SS40-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		26,67	37,8	1,5	73,7	2267	43,7			64	2386	50%
SS45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,4	0,3	0,4	10,8	170	40,1			0	221	56%
SS30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,7	0,7	0,2	1,3	44	3,5			1	49	52%
SS40-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		45,41	53,3	<0,5	23,9	759	17,1			99	800	48%
SS45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,5	<0,3	0,1	12,8	320	73,0			<1	406	56%
SS30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,9	<0,6	<0,6	0,2	9	2,7			<2	12	58%
SS40-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		39,19	41,9	<0,5	49,9	946	13,8			81	1009	49%
SS30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,9	<0,6	<0,6	0,7	11	<0,9			<2	12	50%
SS45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,4	<0,2	<0,2	18,5	250	53,3			<1	322	56%
SS45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,07	0,0	0,1	18,5	177	59,5	-	-	0	255	58%
SS45-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,14	<0,09	<0,09	<0,09	0	<0,14	-	-	<0,3	0	50%
SS40-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		4,386	3,8	0,0	11,3	99	11,7	-	-	8	122	52%
SS40-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,06	1,0	0,9	43,7	649	52,7	-	-	1	746	53%
SS40-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		102	32,5	0,5	38,8	959	0,8	-	-	135	999	47%
SS35-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		14,48	46,5	0,2	15,9	239	0,6	-	-	61	256	46%
SS30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,4	0,5	<0,04	1,1	9	0,0	-	-	1	10	48%
SS30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,262	0,5	<0,05	2,0	18	<0,08	-	-	1	19	49%

OBS: Degree of dechlorination er beregnet på de påviste koncentrationsniveuer, dvs. ethan / ethen er ikke medtaget.

		1,24											
	Mass Flux										Microbial activity?	Comments:	
Well	PCE	TCE	1,1-DCE	t-1,2-DCE	c-1,2- DCE	VC	Ethane	Ethene	PCE+TCE	Degradation products	Indication of microbial degradation?	Comments on field work	Comments on results
	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	µg/m²/day	Yes / No		
F30-2	<40	70	<30	622	7.541	81			70	8.244	-		Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	
F45-1	<40	<30	<30	2.174	18.487	63.811			69	85.683	-		Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F45-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	
F45-2	128	1.815	78	9.966	95.226	1.606			1.943	108.164	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F45-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	-
F40-1	53	78	110	17.868	122.868	26.803			131	168.828	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F40-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	-
F40-2	38.130	12.673	205	34.289	401.268	1.518			50.803	438.820	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F40-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	-
F35-2	2.845	3.867	48	9.724	62.063	1.792			6.712	75.052	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F35-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	-
F30-1	1.724	3.111	20	2.134	18.907	276			4.835	22.734	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
F30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sorbicell mounted directly above fluxsampler	-
SS30-1	66	77	<5	206	3.230	271			143	3.708	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS30-2	77	122	<5	182	1.846	70			199	2.098	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS35-1	836	1.419	10	4.995	76.636	698			2.254	82.340	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-1	469	377	5	1.667	35.014	2.425			846	39.111	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
S40-2 (nederst)	19	27	39	7.954	120.231	6.237			46	134.461	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-2 (øverst)	12	21	10	4.635	61.931	3.697			33	70.273	-	installation in blind section of well	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-3	3.193	1.888	23	2.987	91.078	4.847			5.082	98.935	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-1	<8	9	13	3.582	50.945	10.708			9	65.247	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-2	<8	5	<5	21	330	152			5	503	-	-	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-3	1.150	1.630	66	3.175	97.733	1.886			2.780	102.859	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-1	<40	21	31	868	13.670	3.234			21	17.802	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS30-2	<40	36	11	64	2.191	171			36	2.437	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-3	1.830	2.147	<30	963	30.581	689			3.977	32.233	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-1	<40	<30	10	935	23.401	5.338			<60	29.685	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS30-2	<40	<30	<30	9	322	95			<60	426	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS40-3	1.645	1.757	<30	2.094	39.692	580			3.402	42.366	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS30-2	<40	<30	<30	26	437	<40			<60	464	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-1	<40	<30	<30	1.719	23.211	4.947			<60	29.876	-	Short sampling period for degr. Test	Re-extraction; recalculation Darcy/Mass Flux with A=0,01
SS45-1	<6	3	11	1.587	15.130	5.088	-	-	3	21.815	-		
SS45-2	<6	<4	<4	<4	11	<6	-	-	<10	11	-	sampler damaged after uptake	Flow direction cannot be calculated
SS40-1	362	315	2	931	8.167	964	-	-	676	10.064	-		
SS40-2	<6	108	94	4.552	67.614	5.489	-	-	108	77.750	-		
SS40-3	6.694	2.136	31	2.544	62.928	54	-	-	8.830	65.557	-		
SS35-1	1.272	4.084	21	1.399	21.021	54	-	-	5.356	22.496	-	sampler damaged after uptake	
SS30-1	40	45	<5	109	897	2	-	-	85	1.008	-		
SS30-2	20	39	<5	151	1.339	<4,9	-	-	59	1.490	-		

Tabel 1. Results from well SS30-2

Måleperiode	(dage)	58	14	14	14
Darcy hastighed	(m/dag)	0,121	0,050	0,036	0,039
Flux					
Tetrachlorethen	(µg/m^2/dag)	77	<40	<40	<40
Trichlorethen	(µg/m^2/dag)	122	36	<30	<30
cis-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	1.846	2.191	322	437
trans-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	182	64	9	26
1,1-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	<5	11	<30	<30
Vinylchlorid	(µg/m^2/dag)	70	171	95	<40
Dechloreringsgrad	(%)	49%	52%	58%	50%

Tabel 2. Results from well SS40-3

Måleperiode	(dage)	58	14	14	14
Darcy hastighed	(m/dag)	0,080	0,043	0,040	0,042
Flux					
Tetrachlorethen	(µg/m^2/dag)	3.193	1.150	1.830	1.645
Trichlorethen	(µg/m^2/dag)	1.888	1.630	2.147	1.757
cis-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	91.078	97.733	30.581	39.692
trans-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	2.987	3.175	963	2.094
1,1-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	23	66	<30	<30
Vinylchlorid	(µg/m^2/dag)	4.847	1.886	689	580
Dechloreringsgrad	(%)	51%	50%	48%	49%

Tabel 3. Results from well SS45-1

Måleperiode	(dage)	58	14	14	14
Darcy hastighed	(m/dag)	0,070	0,081	0,073	0,093
Flux					
Tetrachlorethen	(µg/m^2/dag)	<8	<40	<40	<40
Trichlorethen	(µg/m^2/dag)	9	21	<30	<30
cis-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	50.945	13.670	23.401	23.211
trans-1,2-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	3.582	868	935	1.719
1,1-dichlorethen	(µg/m^2/dag)	13	31	10	<30
Vinylchlorid	(µg/m^2/dag)	10.708	3.234	5.338	4.947
Dechloreringsgrad	(%)	56%	56%	56%	56%

Bilag 11. Resultatark, PFM

Information of sample point (well)					Sample information				Flow			Flux average concentration								DoD	Mass Flux								
Well	Type of well	Depth	Screen interval	Method	Sample ID (1)	Sample ID (2)	Date, start	Date, end	Flow direction (horisontal)	Darcy velocity	Observed vertical flow?	PCE	TCE	1,1-DCE	t-1,2-DCE	c-1,2- DCE	VC	Ethane	Ethene	Degree of dechlorination	PCE	TCE	1,1-DCE	t-1,2-DCE	c-1,2- DCE	VC	Ethane	Ethene
		(m)					dd.md.yr	dd.md.yr	From magnetic North, clockwise	m/day	Yes / No	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	%	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day	µg/m^2/day
F30-1	Std Well Screen	6,085		PFM	S-6		30.10.15	26.11.15		0,019		15,1	71,9	n.m.	n.m.	472,9	0,0	n.m.	n.m.	47%	291,5	1387,2	n.m.	n.m.	9123,8	0,0	n.m.	n.m.
F30-1	Std Well Screen	6,3		PFM	S-6C		30.10.15	26.11.15	61	0,041		40,5	90,0	n.m.	n.m.	567,1	0,0	n.m.	n.m.	46%	1674,9	3722,4	n.m.	n.m.	23461,6	0,0	n.m.	n.m.
F30-1	Std Well Screen	6,3		PFM	S-6B		30.10.15	26.11.15	61	0,034		21,6	81,7	n.m.	n.m.	369,3	0,0	n.m.	n.m.	45%	726,2	2751,9	n.m.	n.m.	12442,0	0,0	n.m.	n.m.
F30-1	Std Well Screen	6,3		PFM	S-6A		30.10.15	26.11.15	61	0,044		34,8	69,0	n.m.	n.m.	490,7	0,0	n.m.	n.m.	46%	1519,9	3011,8	n.m.	n.m.	21429,5	0,0	n.m.	n.m.
F30-1	Std Well Screen	6,53		PFM	S-5		30.10.15	26.11.15		0,032		36,7	82,4	n.m.	n.m.	483,9	0,0	n.m.	n.m.	45%	1190,1	2672,0	n.m.	n.m.	15687,6	0,0	n.m.	n.m.
F30-1	Std Well Screen	6,815		PFM	S-4		30.10.15	26.11.15		0,053		8,5	36,7	n.m.	n.m.	355,3	13,4	n.m.	n.m.	49%	454,7	1964,4	n.m.	n.m.	19004,4	717,3	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	3,58		PFM	S-3		30.10.15	26.11.15		0,042		1,3	5,5	n.m.	n.m.	36,1	0,0	n.m.	n.m.	47%	54,5	228,7	n.m.	n.m.	1505,9	0,0	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	3,775		PFM	S-3C		30.10.15	26.11.15	334	0,033		0,0	5,0	n.m.	n.m.	60,2	0,0	n.m.	n.m.	49%	0,0	162,5	n.m.	n.m.	1958,6	0,0	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	3,775		PFM	S-3B		30.10.15	26.11.15	334	0,047		1,2	4,0	n.m.	n.m.	172,7	0,0	n.m.	n.m.	49%	57,9	187,2	n.m.	n.m.	8086,6	0,0	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	3,775		PFM	S-3A		30.10.15	26.11.15	334	0,035		0,0	3,8	n.m.	n.m.	93,6	0,0	n.m.	n.m.	49%	0,0	130,1	n.m.	n.m.	3228,4	0,0	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	4,015		PFM	S-2		30.10.15	26.11.15		0,054		1,9	4,7	n.m.	n.m.	197,3	0,0	n.m.	n.m.	49%	100,9	257,5	n.m.	n.m.	10728,3	0,0	n.m.	n.m.
F30-2	Std Well Screen	4,315		PFM	S-1		30.10.15	26.11.15		0,071		1,8	5,1	n.m.	n.m.	376,5	0,0	n.m.	n.m.	50%	128,0	361,6	n.m.	n.m.	26802,9	0,0	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,08		PFM	S-21		30.10.15	26.11.15		0,008		231,4	478,1	n.m.	n.m.	2825,3	0,0	n.m.	n.m.	45%	1896,3	3919,1	n.m.	n.m.	23157,3	0,0	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,29		PFM	S21C		30.10.15	26.11.15	96	0,031		313,7	499,9	n.m.	n.m.	2374,4	0,0	n.m.	n.m.	44%	9665,7	15403,3	n.m.	n.m.	73161,9	0,0	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,29		PFM	S-21B		30.10.15	26.11.15	96	0,021		400,0	633,3	n.m.	n.m.	2593,4	0,0	n.m.	n.m.	43%	8385,4	13278,2	n.m.	n.m.	54373,5	0,0	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,29		PFM	S-21A		30.10.15	26.11.15	96	0,024		608,8	879,5	n.m.	n.m.	2747,1	7,0	n.m.	n.m.	41%	14511,5	20965,3	n.m.	n.m.	65481,6	166,3	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,525		PFM	S-20		30.10.15	26.11.15		0,025		273,7	444,6	n.m.	n.m.	2247,0	18,5	n.m.	n.m.	44%	6760,9	10982,7	n.m.	n.m.	55503,6	455,8	n.m.	n.m.
F35-2	Std Well Screen	5,81		PFM	S-19		30.10.15	26.11.15		0,038		19,3	54,7	n.m.	n.m.	653,5	29,8	n.m.	n.m.	49%	742,6	2101,1	n.m.	n.m.	25111,7	1146,5	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,05		PFM	S-18		30.10.15	26.11.15		0,034		7,5	10,4	n.m.	n.m.	3859,6	410,7	n.m.	n.m.	53%	258,6	359,6	n.m.	n.m.	132961,9	14149,0	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,215		PFM	S-18C		30.10.15	26.11.15	103	0,042		8,3	10,6	n.m.	n.m.	5979,2	627,1	n.m.	n.m.	53%	351,0	450,7	n.m.	n.m.	253284,6	26565,1	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,215		PFM	S-18B		30.10.15	26.11.15	103	0,027		12,3	16,1	n.m.	n.m.	4316,1	499,7	n.m.	n.m.	54%	334,9	439,7	n.m.	n.m.	117999,7	13662,3	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,215		PFM	S-18A		30.10.15	26.11.15	103	0,038		8,1	9,3	n.m.	n.m.	5620,3	704,5	n.m.	n.m.	54%	307,6	351,8	n.m.	n.m.	212828,0	26677,4	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,465		PFM	S-17		30.10.15	26.11.15		0,051		6,7	7,2	n.m.	n.m.	4432,9	590,4	n.m.	n.m.	54%	337,2	365,0	n.m.	n.m.	224454,6	29893,1	n.m.	n.m.
F40-1	Std Well Screen	6,78		PFM	S-16		30.10.15	26.11.15		0,045		5,9	6,6	n.m.	n.m.	3490,4	488,7	n.m.	n.m.	54%	262,9	296,4	n.m.	n.m.	156596,2	21926,2	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	3,535		PFM	S-15		30.10.15	26.11.15		0,050		914,2	247,5	n.m.	n.m.	316,5	4,2	n.m.	n.m.	20%	45472,8	12311,9	n.m.	n.m.	15742,7	208,4	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	3,71		PFM	S-15C		30.10.15	26.11.15	296	0,038		777,5	302,2	n.m.	n.m.	649,7	0,0	n.m.	n.m.	29%	29916,9	11628,5	n.m.	n.m.	24999,7	0,0	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	3,71		PFM	S-15B		30.10.15	26.11.15	296	0,044		1127,0	504,8	n.m.	n.m.	882,4	0,0	n.m.	n.m.	28%	49465,2	22155,2	n.m.	n.m.	38727,9	0,0	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	3,71		PFM	S-15A		30.10.15	26.11.15	296	0,027		1161,4	358,1	n.m.	n.m.	733,3	0,0	n.m.	n.m.	26%	31362,6	9671,0	n.m.	n.m.	19802,3	0,0	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	3,955		PFM	S-14		30.10.15	26.11.15		0,020		6148,1	2885,5	n.m.	n.m.	4152,6	22,1	n.m.	n.m.	27%	121609,1	57075,8	n.m.	n.m.	82139,7	437,4	n.m.	n.m.
F40-2	Std Well Screen	4,29		PFM	S-13		30.10.15	26.11.15		0,023		23766,5	7915,4	n.m.	n.m.	10079,9	84,6	n.m.	n.m.	22%	539556,5	179698,9	n.m.	n.m.	228838,7	1920,9	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	7,99		PFM	S-9		30.10.15	26.11.15		0,024		2,9	13,2	n.m.	n.m.	380,9	556,3	n.m.	n.m.	67%	68,3	316,0	n.m.	n.m.	9112,8	13309,7	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	8,125		PFM	S-9C		30.10.15	26.11.15	38	0,052		1,6	6,5	n.m.	n.m.	1092,5	2414,1	n.m.	n.m.	69%	83,9	336,0	n.m.	n.m.	56809,3	125532,5	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	8,125		PFM	S-9BB		30.10.15	26.11.15	38	0,019		0,0	15,9	n.m.	n.m.	924,1	2516,5	n.m.	n.m.	70%	0,0	304,1	n.m.	n.m.	17628,7	48006,0	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	8,125		PFM	S-9A		30.10.15	26.11.15	38	0,027		4,3	9,3	n.m.	n.m.	637,9	1852,5	n.m.	n.m.	70%	116,8	252,1	n.m.	n.m.	17280,1	50185,4	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	8,42		PFM	S-8		30.10.15	26.11.15		0,049		1,0	7,4	n.m.	n.m.	593,7	2412,9	n.m.	n.m.	72%	47,3	359,2	n.m.	n.m.	28850,4	117248,7	n.m.	n.m.
F45-1	Std Well Screen	8,795		PFM	S-7		30.10.15	26.11.15		0,040		1,6	7,3	n.m.	n.m.	135,0	624,4	n.m.	n.m.	72%	63,6	291,9	n.m.	n.m.	5420,5	25066,7	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,05		PFM	S-12		30.10.15	26.11.15		0,025		3,7	29,5	n.m.	n.m.	4507,1	56,2	n.m.	n.m.	50%	91,6	731,2	n.m.	n.m.	111781,9	1394,5	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,23		PFM	S-12C		30.10.15	26.11.15	16	0,019		2,2	28,9	n.m.	n.m.	3337,8	38,1	n.m.	n.m.	50%	40,3	538,3	n.m.	n.m.	62234,2	709,8	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,23		PFM	S-12B		30.10.15	26.11.15	16	0,013		11,6	40,0	n.m.	n.m.	3690,4	49,6	n.m.	n.m.	50%	148,0	510,6	n.m.	n.m.	47142,2	634,2	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,23		PFM	S-12A		30.10.15	26.11.15	16	0,019		0,0	28,9	n.m.	n.m.	544,2	0,0	n.m.	n.m.	49%	0,0	555,0	n.m.	n.m.	10462,0	0,0	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,42		PFM	S-11		30.10.15	26.11.15		0,015		7,5	186,2	n.m.	n.m.	3485,0	5,7	n.m.	n.m.	49%	116,1	2882,3	n.m.	n.m.	53944,8	88,6	n.m.	n.m.
F45-2	Std Well Screen	5,795		PFM	S-10		30.10.15	26.11.15		0,027		6,1	141,9	n.m.	n.m.	4940,6	32,2	n.m.	n.m.	50%	163,1	3781,7	n.m.	n.m.	131649,8	858,2	n.m.	n.m.
SS30-1	Geoprobe Screen	6,19		PFM	32		02.12.15	17.12.15		0,030		0,0	0,0	n.m.	n.m.	100,6	33,7	n.m.	n.m.	59%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	3006,7	1006,9	n.m.	n.m.
SS30-1	Geoprobe Screen	6,465		PFM	31		02.12.15	17.12.15		0,028		0,0	0,0	n.m.	n.m.	46,2	0,0	n.m.	n.m.	50%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	1297,3	0,0	n.m.	n.m.
SS30-2	Geoprobe Screen	3,71		PFM	34		02.12.15	17.12.15		0,004		0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	n.d.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.
SS30-2	Geoprobe Screen	3,995		PFM	33		02.12.15	17.12.15		0,027		0,0	0,0	n.m.	n.m.	47,3	0,0	n.m.	n.m.	50%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	1260,7	0,0	n.m.	n.m.
SS35-1	Geoprobe Screen	5,2		PFM	36		02.12.15	17.12.15		0,006		0,0	0,0	n.m.	n.m.	4043,9	227,9	n.m.	n.m.	52%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	22287,5	1256,3	n.m.	n.m.
SS35-1	Geoprobe Screen	5,475		PFM	35		02.12.15	17.12.15		0,023		0,0	0,0	n.m.	n.m.	535,1	24,4	n.m.	n.m.	52%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	12200,5	557,1	n.m.	n.m.
SS40-1	Geoprobe Screen	8,18		PFM	38		02.12.15	17.12.15		0,035		0,0	0,0	n.m.	n.m.	1272,6	103,3	n.m.	n.m.	53%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	44402,1	3604,7	n.m.	n.m.
SS40-1	Geoprobe Screen	8,46		PFM	37		02.12.15	17.12.15	Not calculated due to the short	0,044		0,0	0,0	n.m.	n.m.	545,7	51,4	n.m.	n.m.	53%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	23963,4	2254,9	n.m.	n.m.
SS40-2	Geoprobe Screen	6,205		PFM	40		02.12.15	17.12.15	length of screen	0,007		0,0	0,0	n.m.	n.m.	6537,3	828,0	n.m.	n.m.	54%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	43514,1	5511,4	n.m.	n.m.
SS40-2	Geoprobe Screen	6,475		PFM	39		02.12.15	17.12.15		0,050		0,0	0,0	n.m.	n.m.	3615,2	408,0	n.m.	n.m.	54%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	180758,6	20397,6	n.m.	n.m.
SS40-3	Geoprobe Screen	3,845		PFM	42		02.12.15	17.12.15		0,004		0,0	0,0	n.m.	n.m.	7101,0	659,0	n.m.	n.m.	53%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	30623,1	2841,9	n.m.	n.m.
SS40-3	Geoprobe Screen	4,125		PFM	41		02.12.15	17.12.15		0,024		0,0	0,0	n.m.	n.m.	1092,7	90,5	n.m.	n.m.	53%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	26750,2	2215,1	n.m.	n.m.
SS45-1	Geoprobe Screen	8,05		PFM	44		02.12.15	17.12.15		0,041		0,0	0,0	n.m.	n.m.	424,5	149,3	n.m.	n.m.	59%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	17199,3	6049,5	n.m.	n.m.
SS45-1	Geoprobe Screen	8,325		PFM	43		02.12.15	17.12.15		0,063		0,0	0,0	n.m.	n.m.	579,1	233,6	n.m.	n.m.	60%	0,0	0,0	n.m.	n.m.	36361,7	14664,0	n.m.	n.m.
SS45-2	Geoprobe Screen	5,225		PFM	46		02.12.15	17.12.15		0,019		0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	n.d.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.
SS45-2	Geoprobe Screen	5,5		PFM	45		02.12.15	17.12.15		0,023		0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	n.d.	0,0	0,0	n.m.	n.m.	0,0	0,0	n.m.	n.m.

PFM placeret i blindrør

PFM placeret ud for filterstrækning

OBS: Degree of dechlorination er beregnet på de påviste koncentrationsniveuer, dvs. ethan / ethen er ikke medtaget.

Bilag 12. Resultatark, PVP

Information of sample point (well)						Sample information				Flow						Comments:	
Boringsnavn:	Prøve mærke	Type of well	Depth (m)	Screen interval	Method	Sample ID (1)	Sample ID (2)	Date, start dd.md.yr	Date, end dd.md.yr	Flow direction (horizontal) From magnetic North, clockwise	Seepage velocity m/day	Darcy velocity m/day	Hydraulic conductivity m/s	Observed vertical flow? Yes / No	Comments on field work	Comments on results	
PVP30-2	30A	not a well! Open borehole	3,88	-	PVP	-	-	05.05.15		100	0,14	0,04		No			
PVP30-2	30A	not a well! Open borehole	3,88	-	PVP	-	-	03.06.15		136	0,46	0,14	-	No		vapp1/vapp2 >1.3 --> uncertain horizontal flow direction!	
PVP30-2	30A	not a well! Open borehole	3,88	-	PVP	-	-	17.12.15		NA	NA	NA	-	No		no signals recorded	
PVP30-1	30B	not a well! Open borehole	6,23	-	PVP	-	-	05.05.15		90	0,05	0,01	-	No			
PVP30-1	30B	not a well! Open borehole	6,23	-	PVP	-	-	03.06.15		87	0,04	0,01	-	No			
PVP30-1	30B	not a well! Open borehole	6,23	-	PVP	-	-	17.12.15		210	0,84	0,25	-	No		vapp1/vapp2 >1.3 --> uncertain horizontal flow direction!	
PVP35	35	not a well! Open borehole	4,04	-	PVP	-	-	29.04.15		118	0,03	0,01	-	No			
PVP35	35	not a well! Open borehole	4,04	-	PVP	-	-	04.06.15		86	0,02	0,01	-	No		second detector curve incomplete	
PVP35	35	not a well! Open borehole	4,04	-	PVP	-	-	17.12.15		82	0,03	0,01	-	No			
PVP40-3	40A	not a well! Open borehole	5,31	-	PVP	-	-	-		NA	NA	NA	-	NA		no test injection port blocked, PVP40-3	
PVP40-3	40A	not a well! Open borehole	5,31	-	PVP	-	-	-		NA	NA	NA	-	NA		no test injection port blocked, PVP40-3	
PVP40-3	40A	not a well! Open borehole	5,31	-	PVP	-	-	-		NA	NA	NA	-	NA		no test injection port blocked, PVP40-3	
PVP40-2	40B	not a well! Open borehole	6,53	-	PVP	-	-	29.04.15		107	0,16	0,05	-	No		PVP40-2	
PVP40-2	40B	not a well! Open borehole	6,53	-	PVP	-	-	02.06.15		106	0,16	0,05	-	No		PVP40-2	
PVP40-2	40B	not a well! Open borehole	6,53	-	PVP	-	-	17.12.15		100	0,20	0,06	-	No		PVP40-2	
PVP40-1	40C	not a well! Open borehole	5,64	-	PVP	-	-	29.04.15		140	0,06	0,02	-	No		PVP40-1	
PVP40-1	40C	not a well! Open borehole	5,64	-	PVP	-	-	03.06.15		105	0,06	0,02	-	No		PVP40-1	
PVP40-1	40C	not a well! Open borehole	5,64	-	PVP	-	-	17.12.15		105	0,09	0,03	-	(yes)		PVP40-1	
PVP45-2	45A	not a well! Open borehole	5,63	-	PVP	-	-	05.05.15		90	0,11	0,03	-	No		weak signals, curves difficult to identify	
PVP45-2	45A	not a well! Open borehole	5,63	-	PVP	-	-	02.06.15		87	0,21	0,06	-	No		weak signals, curves difficult to identify	
PVP45-2	45A	not a well! Open borehole	5,63	-	PVP	-	-	17.12.15		90	0,06	0,02	-	No		clear, noisy curves, cut off but useable	
PVP45-1	45B	not a well! Open borehole	8,30	-	PVP	-	-	29.04.15		83	0,14	0,04	-	No			
PVP45-1	45B	not a well! Open borehole	8,30	-	PVP	-	-	02.06.15		83	0,14	0,04	-	No			
PVP45-1	45B	not a well! Open borehole	8,30	-	PVP	-	-	17.12.15		75	0,18	0,05	-	No			

Bilag 13. Resultatark, Kemiske analyser

Watersamples from the transect, analyzed by ALS and Eurofins

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)														
	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
F10-1	februar 15	i.m.	i.m.	15862	<0,020	<0,020	<0,020	0,1	0,13	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	12%	530
F10-2	februar 15	i.m.	i.m.	15863	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,079	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	26
F20-1	februar 15	i.m.	i.m.	15864	<0,020	<0,020	<0,020	6,2	12	<0,10	0,064	0,035	0,43	6,7	<0,020	<0,020	<0,020	25%	50
F20-2	februar 15	i.m.	i.m.	15865	0,036	<0,020	<0,020	<0,020	0,26	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	140
F25-1	februar 15	i.m.	i.m.	15866	<0,020	<0,020	<0,020	12	50	<0,10	0,19	0,21	0,67	18	<0,020	<0,020	<0,020	21%	58
F25-2	februar 15	i.m.	i.m.	15867	<0,020	<0,020	<0,020	7,7	35	<0,10	0,097	<0,020	0,42	12	<0,020	<0,020	<0,020	20%	75
F30-1	februar 15	i.m.	i.m.	15868	<0,020	<0,020	<0,020	86	57	<0,10	14	3,2	5,8	600	<0,020	<0,020	<0,020	46%	50
F30-2	februar 15	i.m.	i.m.	15869	0,12	<0,020	<0,020	6,8	7	<0,10	6,5	3	6,8	630	<0,020	<0,020	<0,020	50%	170
SS30-1	februar 15	i.m.	i.m.	15870	<0,020	<0,020	<0,020	79	85	<0,10	2,4	3,3	6,2	590	<0,020	<0,020	<0,020	45%	51
SS30-2	februar 15	i.m.	i.m.	15871	0,15	<0,020	<0,020	8,8	8,7	<0,10	0,61	1,1	5,5	260	<0,020	<0,020	<0,020	49%	200
F35-1	februar 15	i.m.	i.m.	15872	<0,020	<0,020	<0,020	1,7	0,74	<0,10	310	1,4	6,1	270	<0,020	<0,020	<0,020	66%	79
F35-2	februar 15	i.m.	i.m.	15873	<0,020	<0,020	<0,020	540	500	<0,10	33	11	27	2.600	<0,020	<0,020	<0,020	43%	52
SS35-1	februar 15	i.m.	i.m.	15874	<0,020	<0,020	<0,020	1.300	1.200	<0,10	13	14	42	3.100	<0,020	<0,020	<0,020	38%	51
F40-1	februar 15	i.m.	i.m.	15875	<0,020	<0,020	<0,020	770	160	<0,10	530	21	69	5.500	<0,020	<0,020	<0,020	50%	71
F40-2	februar 15	i.m.	i.m.	15876	<0,020	<0,020	<0,020	4.300	14.000	<0,10	29	16	45	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	16%	220
SS40-1	februar 15	i.m.	i.m.	15877	<0,020	<0,020	<0,020	2.300	2.800	<0,10	87	10	29	2.400	<0,020	<0,020	<0,020	30%	160
SS40-2	februar 15	i.m.	i.m.	15878	<0,020	<0,020	<0,020	76	0,06	<0,10	550	44	59	4.500	<0,020	<0,020	<0,020	54%	65
SS40-3	februar 15	i.m.	i.m.	15879	<0,020	<0,020	<0,020	4.600	14.000	<0,10	15	15	35	2.600	<0,020	<0,020	<0,020	15%	370
F45-1	februar 15	i.m.	i.m.	16865	<0,020	<0,020	<0,020	1,8	<0,020	<0,10	880	9	27	2.100	<0,020	<0,020	<0,020	60%	72
F45-2	februar 15	i.m.	i.m.	16866	<0,020	<0,020	<0,020	560	29	<0,10	14	10	33	2.900	<0,020	<0,020	<0,020	47%	310
SS45-1	februar 15	i.m.	i.m.	16867	<0,020	<0,020	<0,020	0,82	0,034	<0,10	980	6,4	21	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	62%	70
SS45-2	februar 15	i.m.	i.m.	16868	0,031	<0,020	<0,020	0,44	0,45	<0,10	0,21	<0,020	<0,020	2,9	<0,020	<0,020	<0,020	47%	790
F50-1	februar 15	i.m.	i.m.	16869	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,026	<0,10	0,64	0,11	0,56	49	<0,020	<0,020	<0,020	50%	590
F50-2	februar 15	i.m.	i.m.	16870	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,1	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	310
F55-1	februar 15	i.m.	i.m.	16871	<0,020	<0,020	<0,020	1	<0,020	<0,10	36	0,16	1,2	32	<0,020	<0,020	<0,020	65%	210
F55-2	februar 15	i.m.	i.m.	16872	<0,020	<0,020	<0,020	130	460	<0,10	7	3	5,5	580	<0,020	<0,020	<0,020	34%	74
F60-1	februar 15	i.m.	i.m.	16874	<0,020	<0,020	<0,020	0,26	0,031	<0,10	3,6	0,65	1,8	230	<0,020	<0,020	<0,020	51%	31
F60-2	februar 15	i.m.	i.m.	16875	0,11	<0,020	<0,020	0,085	0,45	<0,10	<0,020	<0,020	0,041	0,39	<0,020	<0,020	<0,020	31%	1.200
F70-1	februar 15	i.m.	i.m.	16876	<0,020	<0,020	<0,020	16	120	<0,10	0,3	<0,020	0,48	22	<0,020	<0,020	<0,020	14%	37
F70-2	februar 15	i.m.	i.m.	16877	<0,020	<0,020	<0,020	0,5	0,23	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	18%	960
F80-1	februar 15	i.m.	i.m.	16878	<0,020	<0,020	<0,020	2,8	14	<0,10	0,089	<0,020	0,34	2,5	<0,020	<0,020	<0,020	15%	82
F80-2	februar 15	i.m.	i.m.	16879	<0,020	<0,020	<0,020	2,7	21	<0,10	<0,020	<0,020	0,17	1,3	<0,020	<0,020	<0,020	8%	56
F90-1	februar 15	i.m.	i.m.	16880	0,056	<0,020	<0,020	0,36	3,3	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	3%	80
F90-2	februar 15	i.m.	i.m.	16881	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,13	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	270
F10-1	september 15	i.m.	i.m.	128662	0,063	<0,020	<0,020	0,16	0,16	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	0,16	<0,020	<0,020	<0,020	29%	i.m.
F10-2	september 15	i.m.	i.m.	128663	<0,020	<0,020	<0,020	0,042	0,18	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	6%	i.m.
F20-1	september 15	i.m.	i.m.	128664	<0,020	<0,020	<0,020	9,2	12	<0,10	0,022	0,077	0,45	9,9	<0,020	<0,020	<0,020	29%	i.m.
F20-2	september 15	i.m.	i.m.	128665	0,032	<0,020	<0,020	0,048	0,44	<0,10	<0,020	<0,020	0,026	0,074	<0,020	<0,020	<0,020	15%	i.m.
F25-1	september 15	i.m.	i.m.	128666	<0,020	<0,020	<0,020	9,8	13	<0,10	0,32	0,19	1,1	93	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
F25-2	september 15	i.m.	i.m.	128667	<0,020	<0,020	<0,020	8,9	45	<0,10	0,23	0,092	0,52	11	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
F30-1	september 15	i.m.	i.m.	128668	<0,020	<0,020	<0,020	80	85	<0,10	2,2	2,4	6,8	750	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.
F30-2	september 15	i.m.	i.m.	128669	0,028	<0,020	<0,020	5,1	6,3	<0,10	1,1	0,41	4,1	140	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
F35-1	september 15	i.m.	i.m.	128670	<0,020	<0,020	<0,020	0,55	1,2	<0,10	220	3,6	17	1.200	<0,020	<0,020	<0,020	55%	i.m.
F35-2	september 15	i.m.	i.m.	128671	<0,020	<0,020	<0,020	1.100	930	<0,10	40	3,8	18	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	36%	i.m.
F40-1	september 15	i.m.	i.m.	128672	<0,020	<0,020	<0,020	28	0,64	<0,10	760	11	35	4.300	<0,020	<0,020	<0,020	55%	i.m.
F40-2	september 15	i.m.	i.m.	128673	<0,020	<0,020	0,029	3.900	14.000	<0,10	14	5,7	23	2.500	<0,020	<0,020	<0,020	15%	i.m.
F45-1	september 15	i.m.	i.m.	128674	<0,020	<0,020	<0,020	0,93	0,067	<0,10	2.200	2,9	29	1.400	<0,020	<0,020	<0,020	68%	i.m.
F45-2	september 15	i.m.	i.m.	128675	<0,020	<0,020	<0,020	560	7,1	<0,10	59	14	43	4.400	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
F50-1	september 15	i.m.	i.m.	128676	<0,020	<0,020	<0,020	0,14	0,22	<0,10	0,84	0,15	1	89	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
F50-2	september 15	i.m.	i.m.	128677	<0,020	<0,020	<0,020	0,52	0,21	<0,10	<0,020	<0,020	0,069	4,6	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
F55-1	september 15	i.m.	i.m.	128678	<0,020	<0,020	<0,020	1,8	0,27	<0,10	87	0,31	1,6	100	<0,020	<0,020	<0,020	64%	i.m.
F55-2	september 15	i.m.	i.m.	128679	<0,020	<0,020	<0,020	100	430	<0,10	1,7	1,2	3,5	320	<0,020	<0,020	<0,020	28%	i.m.
F60-1	september 15	i.m.	i.m.	128680	<0,020	<0,020	<0,020	0,12	0,04	<0,10	7	0,73	3,5	290	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
F60-2	september 15	i.m.	i.m.	128681	0,081	<0,020	<0,020	0,091	0,46	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	0,42	<0,020	<0,020	<0,020	30%	i.m.
F70-1	september 15	i.m.	i.m.	128682	<0,020	<0,020	<0,020	18	140	<0,10	0,21	0,12	0,49	36	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
F70-2	september 15	i.m.	i.m.	128683	<0,020	<0,020	<0,020	0,69	0,14	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	0,22	<0,020	<0,020	<0,020	29%	i.m.
F80-1	september 15	i.m.	i.m.	128684	<0,020	<0,020	<0,020	1,6	7,2	<0,10	0,034	<0,020	0,18	1,8	<0,020	<0,020	<0,020	18%	i.m.
F80-2	september 15	i.m.	i.m.	128685	<0,020	<0,020	<0,020	1,9	14	<0,10	0,11	<0,020	0,19	1,5	<0,020	<0,020	<0,020	12%	i.m.
F90-1	september 15	i.m.	i.m.	128686	<0,020	<0,020	<0,020	0,27	2,1	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	3%	i.m.
F90-2	september 15	i.m.	i.m.	128687	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,076	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	i.m.
F10-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F10-1 - 1	0,081	<0,020	<0,020	0,38	<0,020	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	25%	i.m.
F10-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F10-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,23	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	i.m.
F20-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F20-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	9	12	<0,10	<0,020	<0,020	0,86	13	<0,020	<0,020	<0,020	31%	i.m.
F20-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F20-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,39	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	i.m.
F25-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F25-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	9,1	39	<0,10	0,37	0,095	0,54	16	<0,020	<0,020	<0,020	22%	i.m.

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)														
	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
F25-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F25-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	6,2	40	<0,10	0,21	<0,020	0,38	7,9	<0,020	<0,020	<0,020	15%	i.m.
F30-1	februar 16	< 0,0005	0,0025	F30-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	78	59	<0,10	59	1,9	5,4	540	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
F30-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F30-2 - 2	0,064	<0,020	<0,020	4,9	7,4	<0,10	4	0,8	3,9	200	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
SS30-1	februar 16	< 0,0005	0,0014	S30-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	61	60	<0,10	9,3	2,1	6,2	620	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
SS30-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	S30-2 - 2	0,036	<0,020	<0,020	5,2	9,4	<0,10	1,8	0,84	5,3	210	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
F35-2	februar 16	< 0,0005	0,0043	F35-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	450	520	<0,10	88	6,7	21	2.000	<0,020	<0,020	<0,020	43%	i.m.
SS35-1	februar 16	0,0005	0,0065	S35-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	760	700	<0,10	200	8,7	25	2.700	<0,020	<0,020	<0,020	44%	i.m.
F40-1	februar 16	0,021	0,087	F40-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	230	19	<0,10	940	20	55	4.800	<0,020	<0,020	<0,020	57%	i.m.
F40-2	februar 16	0,0048	0,0006	F40-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	4.500	13.000	<0,10	79	12	43	3.500	<0,020	<0,020	<0,020	19%	i.m.
SS40-1	februar 16	0,059	0,2	S40-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	22	30	<0,10	1.200	8,9	28	3.200	<0,020	<0,020	<0,020	65%	i.m.
SS40-2	februar 16	0,051	0,16	S40-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	38	0,11	<0,10	1.200	14	37	4.000	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.
SS40-3	februar 16	0,0026	0,0023	S40-3 - 3	0,027	<0,020	<0,020	4.100	12.000	<0,10	100	9,7	24	2.600	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
F45-1	februar 16	0,088	0,15	F45-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	1,5	0,39	<0,10	2.200	4,3	35	2.500	<0,020	<0,020	<0,020	69%	i.m.
F45-2	februar 16	0,011	0,0069	F45-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	2.000	38	<0,10	180	14	47	4.200	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
SS45-1	februar 16	0,14	0,2	S45-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	0,66	0,18	0,15	2.000	2,3	13	1.500	<0,020	<0,020	<0,020	73%	i.m.
SS45-2	februar 16	< 0,0005	0,002	S45-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	0,087	<0,020	<0,10	0,86	<0,020	0,26	1,2	<0,020	<0,020	<0,020	89%	i.m.
F50-1	februar 16	0,0016	< 0,0005	F50-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	0,1	0,042	<0,10	2,1	0,46	1,7	300	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
F50-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F50-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,075	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	i.m.
F55-1	februar 16	< 0,0005	0,0007	F55-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	2,4	0,3	<0,10	46	0,35	1,5	110	<0,020	<0,020	<0,020	60%	i.m.
F55-2	februar 16	0,064	< 0,0005	F55-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	100	330	<0,10	15	3,2	5,4	830	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
F60-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F60-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	1,9	1,9	<0,10	9	0,61	1,6	270	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
F60-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F60-2 - 2	0,032	<0,020	<0,020	0,058	0,27	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	5%	i.m.
F70-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F70-1 - 1	0,021	<0,020	<0,020	33	170	<0,10	0,44	0,33	0,79	81	<0,020	<0,020	<0,020	23%	i.m.
F70-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F70-2 - 2	0,027	<0,020	<0,020	0,41	0,16	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	0,11	<0,020	<0,020	<0,020	26%	i.m.
F80-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F80-1 - 1	<0,020	<0,020	<0,020	2,1	10	<0,10	0,034	<0,020	0,14	1	<0,020	<0,020	<0,020	12%	i.m.
F80-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F80-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	2,4	16	<0,10	<0,020	<0,020	0,097	1,1	<0,020	<0,020	<0,020	8%	i.m.
F90-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F90-1 - 1	0,035	<0,020	<0,020	0,32	2,7	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	0,11	<0,020	<0,020	<0,020	6%	i.m.
F90-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	F90-2 - 2	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,073	<0,10	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0%	i.m.

Watersamples from the multilevelsamplers, analyzed by ALS and Eurofins

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)														
Multilevel sampler	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
MLSI-1	september 15	i.m.	i.m.	401	<0,020	<0,020	<0,020	5,1	0,52	<0,10	7,5	6,4	7,3	1.700	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSI-2	september 15	i.m.	i.m.	402	<0,020	<0,020	<0,020	76	66	<0,10	3,1	5	9,3	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSI-3	september 15	i.m.	i.m.	403	<0,020	<0,020	<0,020	96	96	<0,10	4	6,9	12	1.200	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSI-4	september 15	i.m.	i.m.	404	<0,020	<0,020	<0,020	120	150	<0,10	3,1	4,5	8,9	1.100	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSI-5	september 15	i.m.	i.m.	405	<0,020	<0,020	<0,020	91	220	<0,10	1,5	1,4	3,3	380	<0,020	<0,020	<0,020	36%	i.m.
MLSI-6	september 15	i.m.	i.m.	406	<0,020	<0,020	<0,020	78	360	<0,10	1,9	0,66	2	120	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSI-7	september 15	i.m.	i.m.	407	<0,020	<0,020	<0,020	66	370	<0,10	1,1	0,33	1,3	62	<0,020	<0,020	<0,020	14%	i.m.
MLSI-8	september 15	i.m.	i.m.	408	<0,020	<0,020	<0,020	76	380	<0,10	2,5	0,39	1	65	<0,020	<0,020	<0,020	14%	i.m.
MLSI-9	september 15	i.m.	i.m.	409	<0,020	<0,020	<0,020	120	460	<0,10	4,3	0,62	1,2	150	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSI-10	september 15	i.m.	i.m.	410	<0,020	<0,020	<0,020	150	400	<0,10	4,8	0,82	1,8	260	<0,020	<0,020	<0,020	27%	i.m.
MLSI-11	september 15	i.m.	i.m.	411	<0,020	<0,020	<0,020	110	220	<0,10	3,5	1	2,3	270	<0,020	<0,020	<0,020	33%	i.m.
MLSI-12	september 15	i.m.	i.m.	412	<0,020	<0,020	<0,020	34	63	<0,10	0,66	0,28	1,3	99	<0,020	<0,020	<0,020	35%	i.m.
MLSI-13	september 15	i.m.	i.m.	413	0,046	<0,020	<0,020	13	30	<0,10	0,069	<0,020	0,91	26	<0,020	<0,020	<0,020	29%	i.m.
MLSI-14	september 15	i.m.	i.m.	414	0,055	<0,020	<0,020	8,3	14	<0,10	0,064	<0,020	0,9	25	<0,020	<0,020	<0,020	36%	i.m.
MLSI-15	september 15	i.m.	i.m.	415	0,1	<0,020	<0,020	14	17	<0,10	0,24	0,16	1,2	52	<0,020	<0,020	<0,020	40%	i.m.
MLSI-16	september 15	i.m.	i.m.	416	<0,020	<0,020	<0,020	31	28	<0,10	0,43	0,4	1,7	110	<0,020	<0,020	<0,020	41%	i.m.
MLSI-17	september 15	i.m.	i.m.	417	0,069	<0,020	<0,020	12	15	<0,10	0,28	0,26	1	52	<0,020	<0,020	<0,020	41%	i.m.
MLSII-1	september 15	i.m.	i.m.	420	<0,020	<0,020	<0,020	63	17	<0,10	20	5,8	13	1.200	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSII-2	september 15	i.m.	i.m.	421	<0,020	<0,020	<0,020	17	1,1	<0,10	14	3,7	8,2	950	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-3	september 15	i.m.	i.m.	422	<0,020	<0,020	<0,020	13	1,7	<0,10	12	2,2	5,4	570	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-4	september 15	i.m.	i.m.	427	<0,020	<0,020	<0,020	13	9,9	<0,10	16	2,4	5,2	510	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-5	september 15	i.m.	i.m.	428	<0,020	<0,020	<0,020	15	1,1	<0,10	35	2,4	5,1	490	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSII-6	september 15	i.m.	i.m.	429	<0,020	<0,020	<0,020	9,9	1,1	<0,10	41	2	4,9	780	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSII-7	september 15	i.m.	i.m.	430	<0,020	<0,020	<0,020	3,6	0,81	<0,10	26	2,5	6,1	1.100	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSII-8	september 15	i.m.	i.m.	431	<0,020	<0,020	<0,020	6,2	1,8	<0,10	12	3,4	8	1.400	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-9	september 15	i.m.	i.m.	432	<0,020	<0,020	<0,020	3,5	0,59	<0,10	4,6	4,2	11	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-10	september 15	i.m.	i.m.	433	<0,020	<0,020	<0,020	40	30	<0,10	2,7	4,8	13	2.300	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSII-12	september 15	i.m.	i.m.	435	<0,020	<0,020	<0,020	150	170	<0,10	1,9	4,9	19	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.
MLSII-13	september 15	i.m.	i.m.	436	<0,020	<0,020	<0,020	64	59	<0,10	1,1	2,2	11	780	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSII-14	september 15	i.m.	i.m.	347	<0,020	<0,020	<0,020	81	50	<0,10	1,4	2,5	12	830	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSII-15	september 15	i.m.	i.m.	438	0,17	<0,020	<0,020	33	30	<0,10	0,27	0,32	2,9	160	<0,020	<0,020	<0,020	43%	i.m.
MLSII-16	september 15	i.m.	i.m.	439	0,061	<0,020	<0,020	17	16	<0,10	0,28	0,3	3,4	150	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)														
	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
MLSII-17	september 15	i.m.	i.m.	440	0,1	<0,020	<0,020	5,6	10	<0,10	<0,020	<0,020	1,9	72	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSIII-3	september 15	i.m.	i.m.	443	<0,020	<0,020	<0,020	98	4,3	<0,10	240	9,7	21	3.400	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIII-4	september 15	i.m.	i.m.	444	<0,020	<0,020	<0,020	170	16	<0,10	210	8,7	18	3.000	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSIII-5	september 15	i.m.	i.m.	445	<0,020	<0,020	<0,020	120	14	<0,10	150	8,4	18	2.900	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSIII-6	september 15	i.m.	i.m.	446	<0,020	<0,020	<0,020	63	10	<0,10	300	8	18	2.900	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-7	september 15	i.m.	i.m.	447	<0,020	<0,020	<0,020	61	8,1	<0,10	220	6,5	16	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIII-8	september 15	i.m.	i.m.	448	<0,020	<0,020	<0,020	40	8,8	<0,10	220	8,2	18	2.600	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-9	september 15	i.m.	i.m.	449	<0,020	<0,020	<0,020	5,7	0,66	<0,10	290	7	16	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-10	september 15	i.m.	i.m.	450	<0,020	<0,020	<0,020	120	1,1	<0,10	280	8,8	21	3.500	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIII-11	september 15	i.m.	i.m.	451	<0,020	<0,020	<0,020	310	1,4	<0,10	180	8,7	23	3.300	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSIII-12	september 15	i.m.	i.m.	452	<0,020	<0,020	<0,020	500	14	<0,10	89	7,8	22	2.200	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSIII-13	september 15	i.m.	i.m.	453	<0,020	<0,020	<0,020	970	85	<0,10	93	8	26	2.300	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSIII-14	september 15	i.m.	i.m.	454	<0,020	<0,020	<0,020	3.700	3.900	<0,10	120	20	53	3.800	<0,020	<0,020	<0,020	30%	i.m.
MLSIII-15	september 15	i.m.	i.m.	455	<0,020	<0,020	<0,020	4.400	6.000	<0,10	62	30	75	4.700	<0,020	<0,020	<0,020	28%	i.m.
MLSIII-16	september 15	i.m.	i.m.	456	<0,020	<0,020	<0,020	4.800	6.400	<0,10	46	29	80	5.100	<0,020	<0,020	<0,020	28%	i.m.
MLSIII-17	september 15	i.m.	i.m.	457	<0,020	<0,020	<0,020	3.600	4.800	<0,10	43	26	50	4.500	<0,020	<0,020	<0,020	30%	i.m.
MLSIII-18	september 15	i.m.	i.m.	458	<0,020	<0,020	<0,020	2.300	4.400	<0,10	7	11	30	1.700	<0,020	<0,020	<0,020	22%	i.m.
MLSIII-19	september 15	i.m.	i.m.	459	0,041	<0,020	<0,020	2.000	3.700	<0,10	2,7	6,5	17	1.100	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSIII-20	september 15	i.m.	i.m.	460	0,08	<0,020	<0,020	850	1.700	<0,10	2,4	2,6	10	640	<0,020	<0,020	<0,020	21%	i.m.
MLSIII-21	september 15	i.m.	i.m.	461	0,16	<0,020	<0,020	1.500	3.200	<0,10	2,4	3,1	12	710	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
MLSIV-1	september 15	i.m.	i.m.	462	0,028	<0,020	<0,020	14	23	<0,10	2.800	15	36	3.400	<0,020	<0,020	<0,020	64%	i.m.
MLSIV-2	september 15	i.m.	i.m.	463	<0,020	<0,020	<0,020	5,2	5,6	<0,10	2.100	20	45	4.300	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSIV-3	september 15	i.m.	i.m.	464	<0,020	<0,020	<0,020	12	13	<0,10	1.400	16	38	2.600	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSIV-4	september 15	i.m.	i.m.	465	<0,020	<0,020	<0,020	4,8	3,7	<0,10	1.300	13	32	2.500	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSIV-5	september 15	i.m.	i.m.	466	0,028	<0,020	<0,020	10	3	<0,10	1.100	13	32	2.300	<0,020	<0,020	<0,020	60%	i.m.
MLSIV-6	september 15	i.m.	i.m.	467	<0,020	<0,020	<0,020	6,2	3,3	<0,10	1.200	12	30	2.100	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.
MLSIV-7	september 15	i.m.	i.m.	468	0,02	<0,020	<0,020	5,8	4	<0,10	1.200	12	31	2.200	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSIV-8	september 15	i.m.	i.m.	469	<0,020	<0,020	<0,020	10	3,8	<0,10	920	24	51	3.900	<0,020	<0,020	<0,020	57%	i.m.
MLSIV-9	september 15	i.m.	i.m.	470	<0,020	<0,020	<0,020	7,3	3,6	0,16	810	31	63	5.100	<0,020	<0,020	<0,020	55%	i.m.
MLSIV-10	september 15	i.m.	i.m.	471	<0,020	<0,020	<0,020	2,3	1,9	0,17	690	36	74	6.200	<0,020	<0,020	<0,020	54%	i.m.
MLSIV-11	september 15	i.m.	i.m.	472	<0,020	<0,020	<0,020	4,5	3	0,13	580	41	80	6.100	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIV-12	september 15	i.m.	i.m.	479	<0,020	<0,020	<0,020	2,1	1,5	0,39	560	58	110	8.800	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIV-13	september 15	i.m.	i.m.	480	<0,020	<0,020	<0,020	3,8	2,5	<0,10	390	48	97	9.100	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIV-14	september 15	i.m.	i.m.	481	<0,020	<0,020	<0,020	8,5	3,5	<0,10	300	41	87	8.100	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSIV-15	september 15	i.m.	i.m.	482	<0,020	<0,020	<0,020	58	2,9	<0,10	150	36	58	7.400	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSIV-16	september 15	i.m.	i.m.	483	<0,020	<0,020	<0,020	650	860	<0,10	40	19	38	3.700	<0,020	<0,020	<0,020	43%	i.m.
MLSIV-17	september 15	i.m.	i.m.	484	0,024	<0,020	<0,020	1.500	3.400	<0,10	36	8,8	21	2.400	<0,020	<0,020	<0,020	27%	i.m.
MLSIV-18	september 15	i.m.	i.m.	485	0,025	<0,020	<0,020	2.800	6.900	<0,10	9,6	6,9	20	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
MLSIV-19	september 15	i.m.	i.m.	486	0,034	<0,020	<0,020	1.600	4.600	<0,10	4,3	3,4	11	890	<0,020	<0,020	<0,020	16%	i.m.
MLSIV-20	september 15	i.m.	i.m.	487	0,03	<0,020	<0,020	1.100	3.400	<0,10	1,6	1,7	6,3	510	<0,020	<0,020	<0,020	14%	i.m.
MLSIV-21	september 15	i.m.	i.m.	488	0,054	<0,020	<0,020	310	960	<0,10	1,3	0,74	2,7	200	<0,020	<0,020	<0,020	16%	i.m.
MLSIV-22	september 15	i.m.	i.m.	489	0,13	<0,020	<0,020	480	1.000	<0,10	2,6	1,4	5,6	360	<0,020	<0,020	<0,020	21%	i.m.
MLSV-1	september 15	i.m.	i.m.	490	<0,020	<0,020	<0,020	4	10	<0,10	670	2	10	500	<0,020	<0,020	<0,020	66%	i.m.
MLSV-2	september 15	i.m.	i.m.	491	<0,020	<0,020	<0,020	0,93	2,4	<0,10	490	0,52	9,2	310	<0,020	<0,020	<0,020	67%	i.m.
MLSV-3	september 15	i.m.	i.m.	492	<0,020	<0,020	<0,020	2,2	5	<0,10	330	0,38	8,4	180	<0,020	<0,020	<0,020	68%	i.m.
MLSV-4	september 15	i.m.	i.m.	493	<0,020	<0,020	<0,020	1,1	2,9	<0,10	490	0,92	11	410	<0,020	<0,020	<0,020	66%	i.m.
MLSV-5	september 15	i.m.	i.m.	494	<0,020	<0,020	<0,020	1,1	2,2	<0,10	830	5,7	21	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	60%	i.m.
MLSV-6	september 15	i.m.	i.m.	495	<0,020	<0,020	<0,020	0,79	1,6	<0,10	530	9,7	27	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	56%	i.m.
MLSV-7	september 15	i.m.	i.m.	496	<0,020	<0,020	<0,020	1,9	5,6	<0,10	590	13	31	3.800	<0,020	<0,020	<0,020	55%	i.m.
MLSV-8	september 15	i.m.	i.m.	497	<0,020	<0,020	<0,020	0,56	1,2	<0,10	580	<0,020	28	2.500	<0,020	<0,020	<0,020	57%	i.m.
MLSV-9	september 15	i.m.	i.m.	498	<0,020	<0,020	<0,020	0,54	1,2	<0,10	240	5,2	22	2.400	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSV-10	september 15	i.m.	i.m.	499	<0,020	<0,020	<0,020	1	2,7	<0,10	36	4,6	20	2.400	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSV-11	september 15	i.m.	i.m.	500	<0,020	<0,020	<0,020	0,48	1,3	<0,10	33	6	24	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-12	september 15	i.m.	i.m.	501	<0,020	<0,020	<0,020	0,79	2,7	<0,10	4,8	3,5	13	1.700	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-13	september 15	i.m.	i.m.	502	0,021	<0,020	<0,020	1,1	4	<0,10	4,7	0,53	1,9	350	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-14	september 15	i.m.	i.m.	503	<0,020	<0,020	<0,020	0,99	3,4	<0,10	1,3	0,91	3,3	280	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-15	september 15	i.m.	i.m.	504	<0,020	<0,020	<0,020	0,52	2,3	<0,10	1,7	1,2	4,2	660	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-16	september 15	i.m.	i.m.	505	0,031	<0,020	<0,020	0,69	3,1	<0,10	0,52	0,28	1,1	120	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSV-17	september 15	i.m.	i.m.	506	0,022	<0,020	<0,020	0,78	2,9	<0,10	0,085	0,1	0,39	51	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSV-18	september 15	i.m.	i.m.	507	<0,020	<0,020	<0,020	0,61	2,4	<0,10	0,46	0,24	0,88	200	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-19	september 15	i.m.	i.m.	508	<0,020	<0,020	<0,020	1,3	5,1	<0,10	0,47	0,23	0,84	100	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSV-20	september 15	i.m.	i.m.	509	<0,020	<0,020	<0,020	0,66	2,7	<0,10	0,22	0,058	0,34	33	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSV-21	september 15	i.m.	i.m.	510	<0,020	<0,020	<0,020	0,82	2,8	<0,10	0,1	<0,020	0,16	3,9	<0,020	<0,020	<0,020	36%	i.m.
MLSV-22	september 15	i.m.	i.m.	511	<0,020	<0,020	<0,020	0,87	3,3	<0,10	0,12	<0,020	0,18	3,6	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSV-23	september 15	i.m.	i.m.	512	<0,020	<0,020	<0,020	0,6	3	<0,10	<0,020	<0,020	0,04	3	<0,020	<0,020	<0,020	31%	i.m.

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)															
	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
MLSI-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-1	<0,020	<0,020	<0,020	69	70	<0,10	7,5	7	13	1.000	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSI-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-2	<0,020	<0,020	<0,020	61	53	<0,10	4,8	4,9	10	730	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSI-3	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-3	<0,020	<0,020	<0,020	65	80	<0,10	3,9	3,3	7,9	530	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSI-4	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-4	<0,020	<0,020	<0,020	68	85	<0,10	3,9	3,4	7,5	580	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSI-5	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-5	<0,020	<0,020	<0,020	56	130	<0,10	2,5	0,95	2,6	140	<0,020	<0,020	<0,020	32%	i.m.
MLSI-6	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-6	<0,020	<0,020	<0,020	44	170	<0,10	1,3	0,68	2,3	94	<0,020	<0,020	<0,020	25%	i.m.
MLSI-7	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-7	<0,020	<0,020	<0,020	38	200	<0,10	1,2	0,56	1,7	77	<0,020	<0,020	<0,020	21%	i.m.
MLSI-8	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-8	<0,020	<0,020	<0,020	57	210	<0,10	2,6	0,58	1,7	89	<0,020	<0,020	<0,020	23%	i.m.
MLSI-9	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-9	<0,020	<0,020	<0,020	93	230	<0,10	4,6	0,74	2	150	<0,020	<0,020	<0,020	27%	i.m.
MLSI-10	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-10	<0,020	<0,020	<0,020	89	170	<0,10	3,1	0,69	2,1	160	<0,020	<0,020	<0,020	30%	i.m.
MLSI-11	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-11	<0,020	<0,020	<0,020	83	130	<0,10	1,6	0,87	1,9	150	<0,020	<0,020	<0,020	32%	i.m.
MLSI-12	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-12	<0,020	<0,020	<0,020	50	53	<0,10	1,7	0,81	2,8	170	<0,020	<0,020	<0,020	40%	i.m.
MLSI-13	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-13	<0,020	<0,020	<0,020	27	35	<0,10	0,94	0,39	1,9	73	<0,020	<0,020	<0,020	37%	i.m.
MLSI-14	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-14	<0,020	<0,020	<0,020	23	33	<0,10	0,56	0,25	1,6	45	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSI-15	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-15	0,063	<0,020	<0,020	6,3	16	<0,10	0,21	<0,020	1,1	28	<0,020	<0,020	<0,020	37%	i.m.
MLSI-16	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-16	0,13	<0,020	<0,020	3,5	9,8	<0,10	<0,020	<0,020	0,13	3,2	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSI-17	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-17	0,29	<0,020	<0,020	4,1	9,6	<0,10	<0,020	<0,020	0,42	9,9	<0,020	<0,020	<0,020	31%	i.m.
MLSI-18	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSI-19	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	1-19	0,095	<0,020	<0,020	3,7	7,9	<0,10	<0,020	<0,020	0,26	42	<0,020	<0,020	<0,020	44%	i.m.
MLSII-1	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-1	<0,020	<0,020	<0,020	35	6,6	<0,10	24	4	9,3	890	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-2	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-2	<0,020	<0,020	<0,020	19	2,6	<0,10	25	3,7	7,8	590	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSII-3	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-3	<0,020	<0,020	<0,020	13	4,3	<0,10	27	2,6	6	470	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSII-4	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-4	<0,020	<0,020	<0,020	11	9,7	<0,10	30	2	5,2	430	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSII-5	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-5	<0,020	<0,020	<0,020	5,5	2,2	<0,10	21	1,9	4,6	370	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSII-6	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-6	<0,020	<0,020	<0,020	8,1	3,1	<0,10	50	1,7	4,6	370	<0,020	<0,020	<0,020	54%	i.m.
MLSII-7	februar 16	< 0,0005	0,0009	2-7	<0,020	<0,020	<0,020	4,3	2	<0,10	48	2,3	5,4	450	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSII-8	februar 16	< 0,0005	0,0007	2-8	<0,020	<0,020	<0,020	4,6	2,8	<0,10	35	3,1	7,9	690	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSII-9	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-9	<0,020	<0,020	<0,020	11	2	<0,10	7,4	4,8	12	1.000	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSII-10	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-10	<0,020	<0,020	<0,020	74	65	<0,10	4	7,3	15	1.000	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSII-11	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-11	<0,020	<0,020	<0,020	69	70	<0,10	2,7	5,5	20	1.000	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSII-12	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-12	<0,020	<0,020	<0,020	75	66	<0,10	2,2	4,6	20	790	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.
MLSII-13	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-13	<0,020	<0,020	<0,020	52	57	<0,10	1,3	2,7	12	380	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSII-14	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-14	<0,020	<0,020	<0,020	46	28	<0,10	1,1	1,8	8,8	240	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSII-15	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-15	<0,020	<0,020	<0,020	44	24	<0,10	1,3	1,4	10	270	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.
MLSII-16	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-16	<0,020	<0,020	<0,020	29	21	<0,10	0,84	0,83	7,7	150	<0,020	<0,020	<0,020	44%	i.m.
MLSII-17	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-17	0,75	<0,020	<0,020	8,2	15	<0,10	0,23	0,29	2,1	46	<0,020	<0,020	<0,020	41%	i.m.
MLSII-18	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-18	0,98	<0,020	<0,020	3,7	19	<0,10	<0,020	<0,020	0,18	3	<0,020	<0,020	<0,020	13%	i.m.
MLSII-19	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	2-19	0,34	<0,020	<0,020	4,1	19	<0,10	<0,020	<0,020	0,26	19	<0,020	<0,020	<0,020	31%	i.m.
MLSIII-3	februar 16	0,0009	0,008	3-3	<0,020	<0,020	<0,020	83	7,7	<0,10	180	13	19	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-4	februar 16	0,001	0,0085	3-4	<0,020	<0,020	<0,020	56	7	<0,10	180	11	19	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-5	februar 16	< 0,0005	0,0057	3-5	<0,020	<0,020	<0,020	27	5,2	<0,10	140	8,2	17	1.500	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-6	februar 16	0,0007	0,0069	3-6	<0,020	<0,020	<0,020	18	3	<0,10	85	8,3	16	1.500	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIII-7	februar 16	0,0005	0,0056	3-7	<0,020	<0,020	<0,020	20	3,6	<0,10	140	8	16	1.400	<0,020	<0,020	<0,020	54%	i.m.
MLSIII-8	februar 16	0,0008	0,0076	3-8	<0,020	<0,020	<0,020	32	4,3	<0,10	140	8,8	17	1.500	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-9	februar 16	0,0007	0,0084	3-9	<0,020	<0,020	<0,020	19	2	<0,10	170	8,6	17	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	54%	i.m.
MLSIII-10	februar 16	0,0006	0,0051	3-10	<0,020	<0,020	<0,020	12	2,1	<0,10	110	7,3	14	1.200	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIII-11	februar 16	0,001	0,012	3-11	<0,020	<0,020	<0,020	120	2,6	<0,10	110	10	21	1.900	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIII-12	februar 16	0,0008	0,011	3-12	<0,020	<0,020	<0,020	620	61	<0,10	250	18	30	2.300	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSIII-13	februar 16	0,0009	0,013	3-13	<0,020	<0,020	<0,020	1.300	160	<0,10	200	15	37	2.400	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSIII-14	februar 16	0,0006	0,0008	3-14	<0,020	<0,020	<0,020	5.400	5.100	<0,10	110	20	72	5.700	<0,020	<0,020	<0,020	31%	i.m.
MLSIII-15	februar 16	0,0013	< 0,0005	3-15	<0,020	<0,020	<0,020	5.600	5.300	<0,10	210	58	66	7.200	<0,020	<0,020	<0,020	33%	i.m.
MLSIII-16	februar 16	0,0018	< 0,0005	3-16	<0,020	<0,020	<0,020	5.800	5.400	<0,10	210	51	83	7.700	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSIII-17	februar 16	0,0018	< 0,0005	3-17	<0,020	<0,020	<0,020	5.500	4.700	<0,10	160	52	63	7.400	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSIII-18	februar 16	0,0011	< 0,0005	3-18	<0,020	<0,020	<0,020	4.100	3.700	<0,10	180	51	76	6.000	<0,020	<0,020	<0,020	35%	i.m.
MLSIII-19	februar 16	0,001	< 0,0005	3-19	<0,020	<0,020	<0,020	2.600	3.000	<0,10	69	30	58	4.500	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSIII-20	februar 16	0,0008	< 0,0005	3-20	<0,020	<0,020	<0,020	910	1.300	<0,10	25	9,4	27	1.800	<0,020	<0,020	<0,020	34%	i.m.
MLSIII-21	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	3-21	0,17	<0,020	<0,020	800	2.000	<0,10	6,2	4,4	9,9	640	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSII-22	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSII-23	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSIII-24	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	3-24	0,18	<0,020	<0,020	640	1.200	<0,10	3,7	1,5	7,8	120	<0,020	<0,020	<0,020	14%	i.m.
MLSIII-25	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	3-25	0,21	<0,020	<0,020	810	1.200	<0,10	4,1	2,8	12	470	<0,020	<0,020	<0,020	22%	i.m.
MLSIII-26	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	3-26	0,18	<0,020	<0,020	590	1.100	<0,10	6	2,1	8	120	<0,020	<0,020	<0,020	15%	i.m.
MLSIV-1	februar 16	0,033	0,13	4-1	<0,020	<0,020	<0,020	48	49	<0,10	2.400	17	28	3.200	<0,020	<0,020	<0,020	66%	i.m.
MLSIV-2	februar 16	0,051	0,13	4-2	<0,020	<0,020	<0,020	36	39	<0,10	1.100	27	41	3.100	<0,020	<0,020	<0,020	63%	i.m.
MLSIV-3	februar 16	0,041	0,11	4-3	<0,020	<0,020	<0,020	45	50	<0,10	790	20	36	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.
MLSIV-4	februar 16	0,043	0,11	4-4	<0,020	<0,020	<0,020	23	31	<0,10	820	20	36	2.900	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.

	EUROFINS (mg/l)			ALS (µg/l)														
	Prøvetagningsdato	Ethan	Ethen	Prøvemrk.	Trichlormethan (Chloroform)	1,1,1-trichlor-ethan	Tetrachlor-methan	Trichlor-ethylen	Tetrachlor-ethylen	Chlorethan	Vinylchlorid	1,1-dichlor-ethylen	trans-1,2-dichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	1,2-dibrom-ethan	1,2-dichlor-ethan	1,1-dichlor-ethan	Degree of dechlorination	Chlorid, Cl
MLSIV-5	februar 16	0,05	0,12	4-5	<0,020	<0,020	<0,020	38	49	<0,10	750	19	37	2.800	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.
MLSIV-6	februar 16	0,053	0,12	4-6	<0,020	<0,020	<0,020	19	25	<0,10	810	20	37	3.000	<0,020	<0,020	<0,020	62%	i.m.
MLSIV-7	februar 16	0,049	0,12	4-7	<0,020	<0,020	<0,020	26	35	<0,10	720	25	35	3.000	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSIV-8	februar 16	0,038	0,087	4-8	<0,020	<0,020	<0,020	15	22	<0,10	740	27	44	3.600	<0,020	<0,020	<0,020	59%	i.m.
MLSIV-9	februar 16	0,033	0,072	4-9	<0,020	<0,020	<0,020	20	28	<0,10	720	34	45	4.100	<0,020	<0,020	<0,020	58%	i.m.
MLSIV-10	februar 16	0,043	0,08	4-10	<0,020	<0,020	<0,020	24	33	<0,10	700	38	57	4.800	<0,020	<0,020	<0,020	57%	i.m.
MLSIV-11	februar 16	0,019	0,033	4-11	<0,020	<0,020	<0,020	10	15	<0,10	580	48	47	5.600	<0,020	<0,020	<0,020	55%	i.m.
MLSIV-12	februar 16	0,028	0,028	4-12	<0,020	<0,020	<0,020	61	32	<0,10	430	47	54	7.700	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSIV-13	februar 16	0,017	0,0065	4-13	<0,020	<0,020	<0,020	49	18	<0,10	290	49	59	8.400	<0,020	<0,020	<0,020	52%	i.m.
MLSIV-14	februar 16	0,011	0,0022	4-14	<0,020	<0,020	<0,020	29	30	<0,10	210	46	64	7.600	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSIV-15	februar 16	0,0042	0,0006	4-15	<0,020	<0,020	<0,020	310	20	<0,10	37	27	43	3.300	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSIV-16	februar 16	0,0012	< 0,0005	4-16	<0,020	<0,020	<0,020	840	1.100	<0,10	8,8	6,1	12	840	<0,020	<0,020	<0,020	28%	i.m.
MLSIV-17	februar 16	0,0009	< 0,0005	4-17	<0,020	<0,020	<0,020	1.200	2.400	<0,10	20	7,3	11	850	<0,020	<0,020	<0,020	21%	i.m.
MLSIV-18	februar 16	0,0012	< 0,0005	4-18	<0,020	<0,020	<0,020	1.500	4.000	<0,10	11	5,9	13	890	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
MLSIV-19	februar 16	0,0011	< 0,0005	4-19	<0,020	<0,020	<0,020	2.600	5.600	<0,10	13	10	19	1.300	<0,020	<0,020	<0,020	18%	i.m.
MLSIV-20	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	4-20	<0,020	<0,020	<0,020	2.000	5.100	<0,10	5	5,4	12	760	<0,020	<0,020	<0,020	15%	i.m.
MLSIV-21	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	4-21	0,042	<0,020	<0,020	440	1.100	<0,10	3,2	1,9	3,8	220	<0,020	<0,020	<0,020	17%	i.m.
MLSIV-22	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSIV-23	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	4-23	0,21	<0,020	<0,020	170	330	<0,10	14	0,84	2,7	60	<0,020	<0,020	<0,020	20%	i.m.
MLSIV-24	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSIV-25	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSIV-26	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	4-26	0,059	<0,020	<0,020	120	390	<0,10	3,6	0,26	1	34	<0,020	<0,020	<0,020	12%	i.m.
MLSV-1	februar 16	0,11	0,19	5-1	<0,020	<0,020	<0,020	34	63	<0,10	1.600	4,9	12	1.600	<0,020	<0,020	<0,020	71%	i.m.
MLSV-2	februar 16	0,13	0,21	5-2	<0,020	<0,020	<0,020	24	52	<0,10	970	2,1	9,4	800	<0,020	<0,020	<0,020	76%	i.m.
MLSV-3	februar 16	0,13	0,21	5-3	<0,020	<0,020	<0,020	15	32	<0,10	860	1,7	8,8	730	<0,020	<0,020	<0,020	78%	i.m.
MLSV-4	februar 16	0,1	0,16	5-4	<0,020	<0,020	<0,020	21	40	<0,10	950	2	9,8	820	<0,020	<0,020	<0,020	75%	i.m.
MLSV-5	februar 16	0,15	0,18	5-5	<0,020	<0,020	<0,020	8,5	21	<0,10	880	3,1	10	960	<0,020	<0,020	<0,020	76%	i.m.
MLSV-6	februar 16	0,15	0,092	5-6	<0,020	<0,020	<0,020	18	42	<0,10	510	5,5	12	1.000	<0,020	<0,020	<0,020	72%	i.m.
MLSV-7	februar 16	0,13	0,065	5-7	<0,020	<0,020	<0,020	6,9	18	<0,10	370	12	19	1.900	<0,020	<0,020	<0,020	64%	i.m.
MLSV-8	februar 16	0,088	0,05	5-8	<0,020	<0,020	<0,020	14	28	<0,10	300	10	19	2.200	<0,020	<0,020	<0,020	61%	i.m.
MLSV-9	februar 16	0,043	0,046	5-9	<0,020	<0,020	<0,020	2,8	7,7	<0,10	270	8,7	19	2.000	<0,020	<0,020	<0,020	59%	i.m.
MLSV-10	februar 16	0,017	0,01	5-10	<0,020	<0,020	<0,020	14	29	<0,10	54	4,4	15	1.400	<0,020	<0,020	<0,020	53%	i.m.
MLSV-11	februar 16	0,0093	0,0022	5-11	<0,020	<0,020	<0,020	11	24	<0,10	35	4,8	15	1.500	<0,020	<0,020	<0,020	51%	i.m.
MLSV-12	februar 16	0,0008	< 0,0005	5-12	<0,020	<0,020	<0,020	1,8	6,8	<0,10	1,6	0,22	0,26	12	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSV-13	februar 16	0,0008	0,0005	5-13	<0,020	<0,020	<0,020	11	24	<0,10	3,8	0,26	0,89	40	<0,020	<0,020	<0,020	43%	i.m.
MLSV-14	februar 16	0,001	< 0,0005	5-14	<0,020	<0,020	<0,020	2,1	8,2	<0,10	4,4	0,79	2	210	<0,020	<0,020	<0,020	50%	i.m.
MLSV-15	februar 16	0,0008	< 0,0005	5-15	<0,020	<0,020	<0,020	11	25	<0,10	4	0,57	1,5	120	<0,020	<0,020	<0,020	46%	i.m.
MLSV-16	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	5-16	0,028	<0,020	<0,020	1,6	6,2	<0,10	1,6	0,33	0,89	120	<0,020	<0,020	<0,020	49%	i.m.
MLSV-17	februar 16	0,0007	< 0,0005	5-17	<0,020	<0,020	<0,020	9,3	21	<0,10	3,4	0,63	1	83	<0,020	<0,020	<0,020	45%	i.m.
MLSV-18	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	5-18	<0,020	<0,020	<0,020	1,4	5,8	<0,10	0,54	<0,020	0,15	12	<0,020	<0,020	<0,020	40%	i.m.
MLSV-19	februar 16	0,0008	< 0,0005	5-19	<0,020	<0,020	<0,020	10	22	<0,10	4,8	1,2	2	120	<0,020	<0,020	<0,020	47%	i.m.
MLSV-20	februar 16	< 0,0005	< 0,0005	5-20	<0,020	<0,020	<0,020	1,9	8,3	<0,10	2,9	0,46	1,2	84	<0,020	<0,020	<0,020	48%	i.m.
MLSV-21	februar 16	0,0005	< 0,0005	5-21	<0,020	<0,020	<0,020	11	28	<0,10	0,98	<0,020	0,43	11	<0,020	<0,020	<0,020	27%	i.m.
MLSV-22	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSV-23	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSV-24	februar 16	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.		i.m.
MLSV-25	februar 16	0,0005	< 0,0005	5-25	<0,020	<0,020	<0,020	10	25	<0,10	1	<0,020	0,27	10	<0,020	<0,020	<0,020	28%	i.m.
MLSV-26	februar 16	0,0005	< 0,0005	5-26	<0,020	<0,020	<0,020	13	34	<0,10	0,97	0,13	0,35	11	<0,020	<0,020	<0,020	25%	i.m.

Bilag 14. Resultatark, Diverse

Informationer om filtre:

Boring	VSP(1)	VSP(2)	Bund	Bund 2	VS	Dim (")	Filter (mm)	Filterinterval		filter længde m	r (filter mm)	r (pack mm)	inder r mm	V over f
F30-1	2,51	2,49	6,70		4,19	6	63	7,00	6,00	1,00	31,5	76,2	25,7	3,49
F30-2	2,52	2,52	4,40		1,88	6	63	4,50	3,50	1,00	31,5	76,2	25,7	0,98
F35-2	2,47	2,45			-2,47	6	63	6,00	5,00	1,00	31,5	76,2	25,7	2,53
F40-1	2,54	2,51			-2,54	6	63	7,00	6,00	1,00	31,5	76,2	25,7	3,46
F40-2	2,53	2,51	4,60		2,07	6	63	4,50	3,50	1,00	31,5	76,2	25,7	0,97
F45-1	2,50	2,48			-2,50	6	63	9,00	8,00	1,00	31,5	76,2	25,7	5,50
F45-2	2,44	2,42			-2,44	6	63	6,00	5,00	1,00	31,5	76,2	25,7	2,56
SS30-1	2,61	2,58	6,35		3,74	63	63	6,65	6,35	0,20	26,5	31,5	25,5	3,74
SS30-2	2,59	2,59			-2,59	63	63	4,15	3,85	0,20	26,5	31,5	25,5	1,26
SS35	2,58	2,59			-2,58	63	63	5,65	5,35	0,20	26,5	31,5	25,5	2,77
SS40-1	2,58	2,00			-2,58	63	63	8,65	8,35	0,20	26,5	31,5	25,5	5,77
SS40-2	2,61	2,61			-2,61	63	63	6,65	6,35	0,20	26,5	31,5	25,5	3,74
SS40-3	2,58	2,08			-2,58	63	63	4,15	3,85	0,20	26,5	31,5	25,5	1,27
SS45-1	2,57	2,57			-2,57	63	63	8,65	8,35	0,20	26,5	31,5	25,5	5,78
SS45-2	2,54	1,92			-2,54	63	63	5,65	5,35	0,20	26,5	31,5	25,5	2,81

Informationer om lod:

Anvent lod							Vandstigning i filterrør af lod:					
Materiale:	Stål						Filter:					
Længde:	1,00	**m**	Messing	8,55	kg/L		63 mm (PEH/KIWA)	60,6	cm	2,1	L/m	
Dia:	4,0	**cm**	Stål	7,82	kg/L		53 mm SS	61,5	cm	2,0	L/m	
Vol:	1,257	**L**										
Vægt:	9,827	**kg**										

Resultater:

Boring		K (cm/sek)	K (m/d)	Amplitude	D coeff	T0	r2	Dæmpning	Geometri	Operatør	Fortolker	Bemærkning:
F30_1	k1(ned)	4,53E-03	3,91	0,982	-0,054	18,205	0,981	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_1	k2(op)	4,53E-03	3,91	0,982	-0,054	18,205	0,984	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_1	k3(ned)	4,56E-03	3,94	0,986	-0,055	18,072	0,978	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_1	k4(op)	4,58E-03	3,95	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_1	**k**	**4,55E-03**	**3,93**	**0,985**	**-0,055**	**18,122**						
	σ	**2,49E-05**	**2,16E-02**	**3,00E-03**	**5,77E-04**	**9,96E-02**						
	CV	**0,5**	**0,5**	**0,3**	**-1,1**	**0,5**						
F30_2	k1(ned)	3,87E-03	3,34	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_2	k2(op)	3,87E-03	3,34	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F30_2	**k**	**3,87E-03**	**3,34**	**0,988**	**-0,055**	**18,006**						
	σ	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**						
	CV	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**						
F35_2	k1(ned)	4,43E-03	3,83	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F35_2	k2(op)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
F35_2	k3(ned)	4,43E-03	3,83	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F35_2	k4(op)	4,43E-03	3,83	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F35_2	**k**	**4,43E-03**	**3,83**	**0,988**	**-0,055**	**18,006**						
	σ	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**						
	CV	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**						
F40_1	k1(ned)	4,63E-03	4,00	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F40_1	k2(op)	4,63E-03	4,00	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F40_1	**k**	**4,63E-03**	**4,00**	**0,988**	**-0,055**	**18,006**						
	σ	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**						
	CV	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**						
F40_2	k1(ned)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
F40_2	k2(op)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
F40_2	k3(ned)	3,97E-03	3,43	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F40_2	k4(op)	3,97E-03	3,43	0,988	-0,055	18,006	0,975	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F40_2	**k**	**3,97E-03**	**3,43**	**0,988**	**-0,055**	**18,006**						
	σ	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**						
	CV	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**						
F45_1	k1(ned)	3,06E-02	26,46	0,967	-0,342	2,829	0,915	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
F45_1	k2(op)	3,06E-02	26,46	0,967	-0,342	2,829	0,915	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
F45_1	**k**	**3,06E-02**	**26,46**	**0,967**	**-0,342**	**2,829**						
F45_2	k1(ned)	2,87E-03	2,48	1,018	-0,037	27,771	9,83E-01	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F45_2	k2(op)	2,87E-03	2,48	1,018	-0,037	27,771	9,83E-01	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F45_2	k3(ned)	2,87E-03	2,48	1,018	-0,037	27,771	9,89E-01	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F45_2	k4(op)	2,87E-03	2,48	1,018	-0,037	27,771	9,88E-01	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
F45_2	**k**	**2,87E-03**	**2,48**	**1,018**	**-0,037**	**27,771**						
	σ	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**	**0,00E+00**						
	CV	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**						
SS30_1	k1(ned)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri
SS30_1	k2(op)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri
SS30_1	**k**	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A					
SS30_2	k1(ned)	4,87E-03	4,21	0,991	-0,014	70,866	0,971	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	Logger har forskudt sig under forsøg
SS30_2	k2(op)	1,00E-02	8,66	0,999	-0,029	34,419	0,985	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	Logger har forskudt sig under forsøg
SS30_2	k3(ned)	6,19E-03	5,35	0,951	-0,017	55,742	0,983	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
SS30_2	k4(op)	9,07E-03	7,84	0,996	-0,026	38,034	0,981	Over	-	LPH (+)	SOJ (+)	
SS30_2	**k**	**7,54E-03**	**6,51**	**0,984**	**-0,022**	**49,76525**						
	σ	**2,41E-03**	**2,08E+00**	**2,24E-02**	**7,14E-03**	**1,69E+01**						
	CV	**32,0**	**32,0**	**2,3**	**-33,2**	**33,9**						
SS35	k1(ned)	3,47E-03	3,00	0,994	-0,009	109,97	0,996	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
SS35	k2(op)	4,05E-03	3,50	0,959	-0,010	94,242	0,991	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri
SS35	**k**	**3,76E-03**	**3,25**	**0,977**	**-0,010**	**102,106**						
SS40_1	k1(ned)	3,27E-02	28,25	0,988	-0,078	12,655	0,700	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS40_1	k2(op)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS40_1	**k**	-	-	-	-	-	-					
SS40_2	k1(ned)	6,20E-02	53,56	1,001	-0,157	6,365	0,954	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
SS40_2	k2(op)	6,20E-02	53,56	1,001	-0,157	6,365	0,935	Over	+	LPH (+)	SOJ (+)	
SS40_2	**k**	**6,20E-02**	**53,56**	**1,001**	**-0,157**	**6,365**						
SS40_3	k1(ned)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS40_3	k2(op)	3,76E-03	3,25	0,938	-0,010	92,136	0,990	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS40_3	**k**	-	-	-	-	-	-					
SS45_1	k1(ned)	4,48E-03	3,87	0,938	-0,010	92,136	0,990	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring/Logger har forskudt sig under forsøg
SS45_1	k2(op)	4,48E-03	3,87	0,938	-0,010	92,136	0,990	Over	-	LPH (+)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS45_1	**k**	**4,48E-03**	**3,87**	**0,938**	**-0,010**	**92,136**						
SS45_2	k1(ned)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS45_2	k2(op)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Over	-	LPH (-)	SOJ (-)	Forkert geometri/mærklig reaktion i boring
SS45_2	**k**	-	-	-	-	-	-					

Samlet resultater:

	(cm/sek)	(m/d)	Kommentarer:
	K	K	
F30-1	4,55E-03	3,9	
F30-2	3,87E-03	3,3	
F35-2	4,43E-03	3,8	
F40-1	4,63E-03	4,0	
F40-2	3,97E-03	3,4	
F45-1	3,06E-02	26,5	Resultat usikkert
F45-2	2,87E-03	2,5	
SS30-1	N/A		Kan ikke estimeres
SS30-2	7,54E-03	6,5	
SS35	3,76E-03	3,2	
SS40-1	3,27E-02	28,3	Resultat usikkert
SS40-2	6,20E-02	53,6	
SS40-3	3,76E-03	3,2	Resultat usikkert
SS45-1	4,48E-03	3,9	Resultat usikkert
SS45-2	N/A		Kan ikke estimeres

EC (mS/m)

ROP (mm/sec)

HPT Press. Max (kPa)

HPT Flow Max (mL/min)

Corr. HPT Press. (kPa)

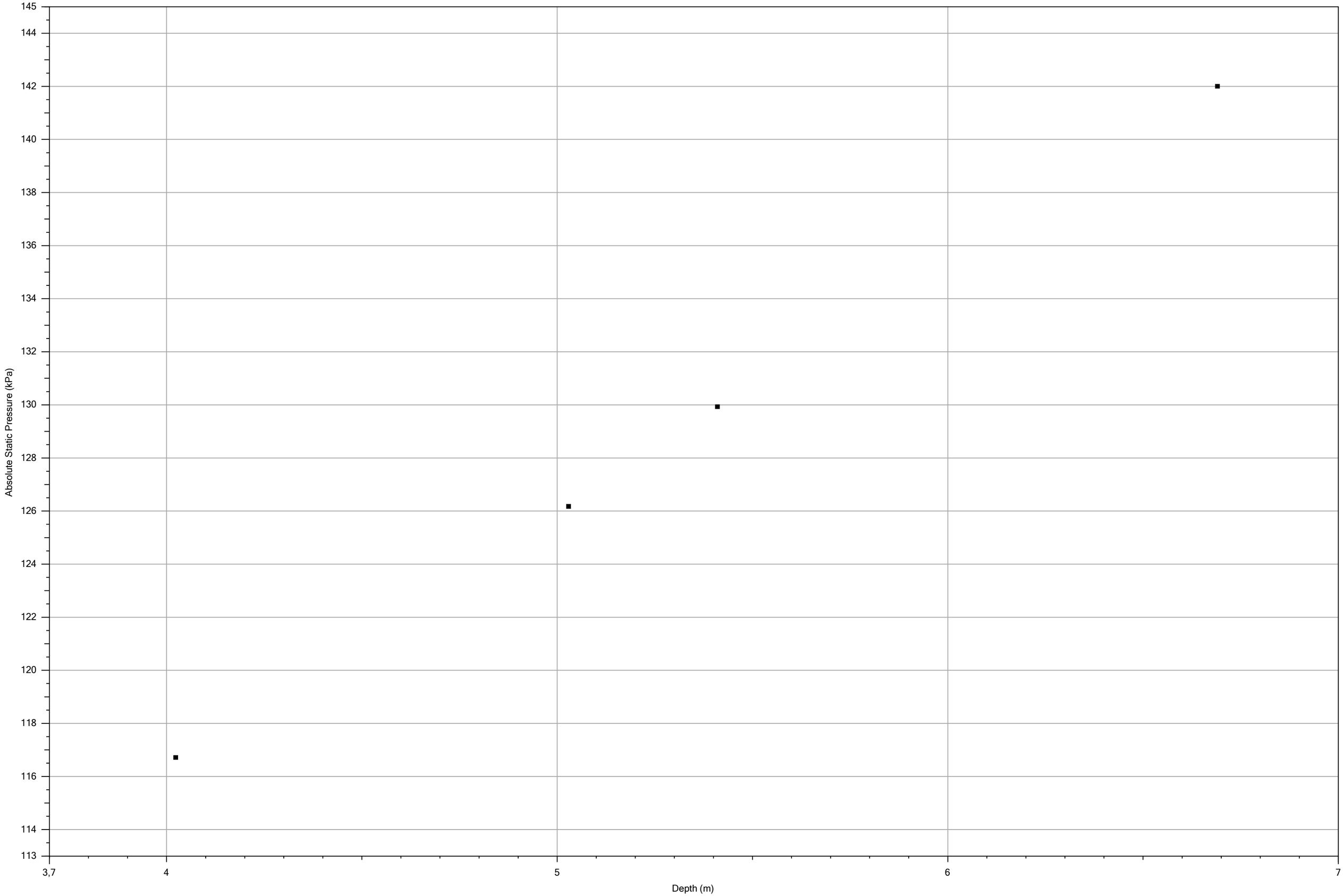
Est. K (m/day)

Depth (m)

HPT Line Press. Avg (kPa)

Abs. Piezometric Pressure (kPa)

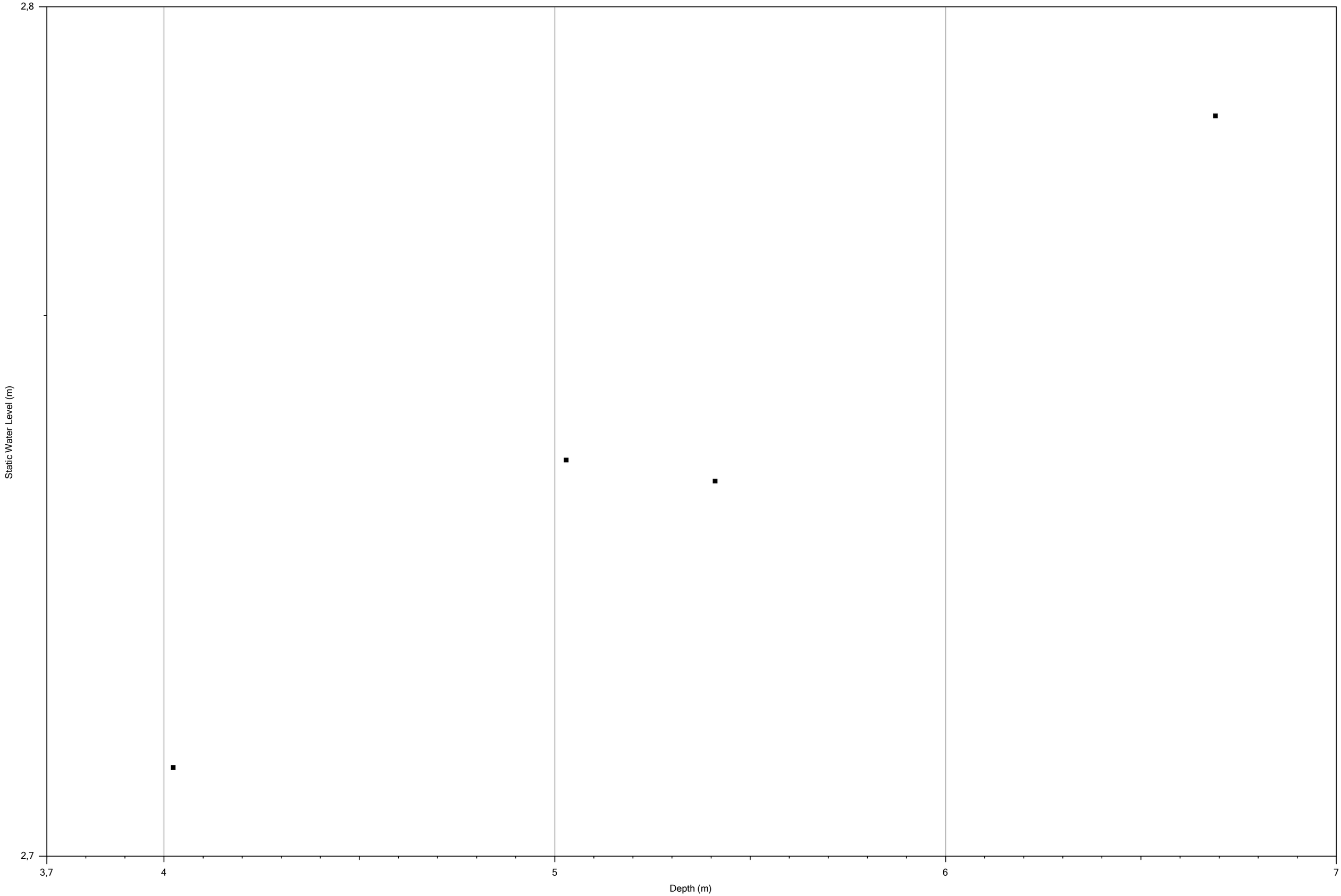
			File: HPT 03.HPT
Company: NIRAS	Operator: BME/PST		Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:		Location:



ABSOLUTE STATIC PRESSURE

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

■ HPT 03.HPT 02-02-2016

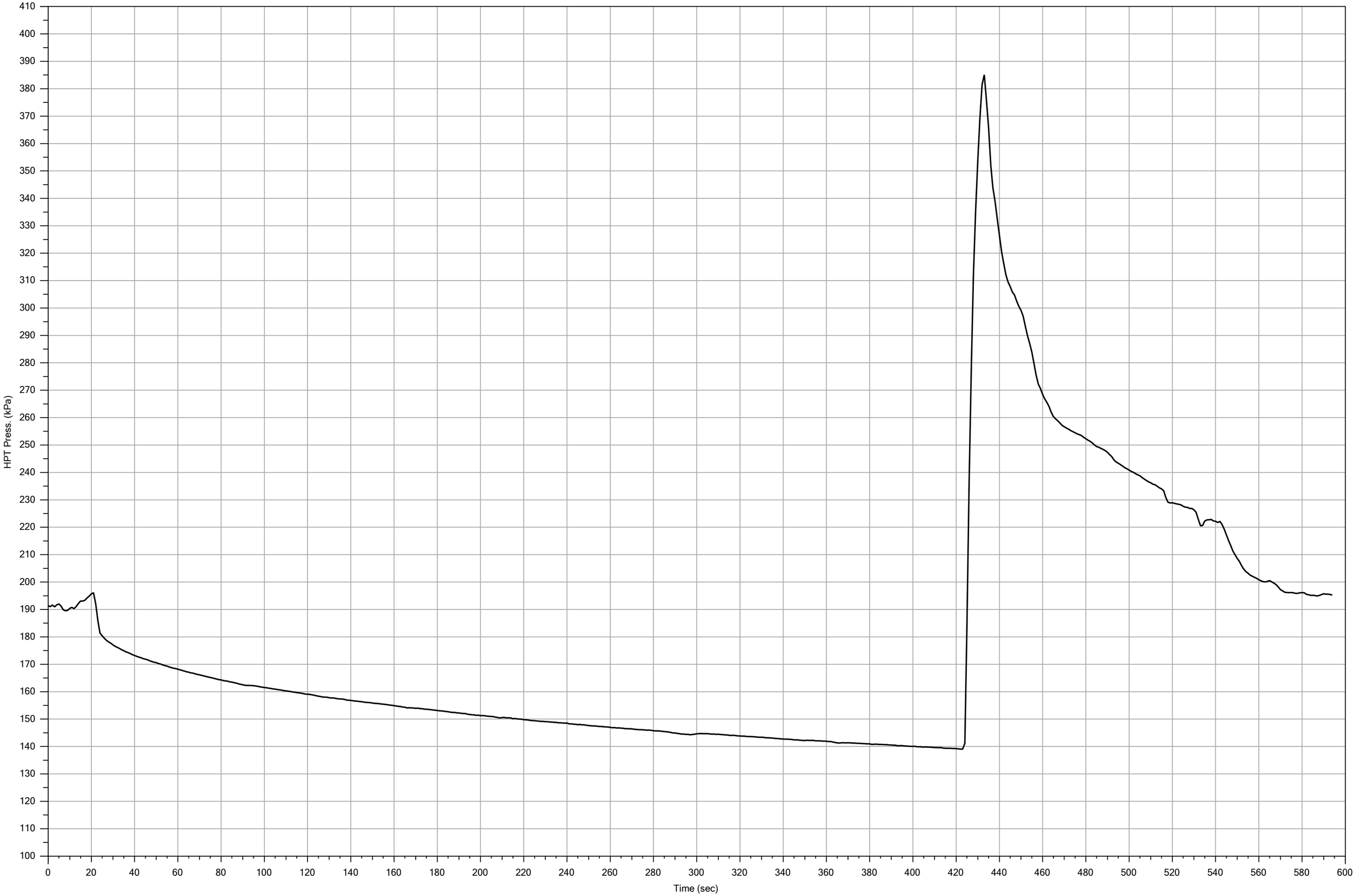


NIRAS

STATIC WATER LEVEL

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

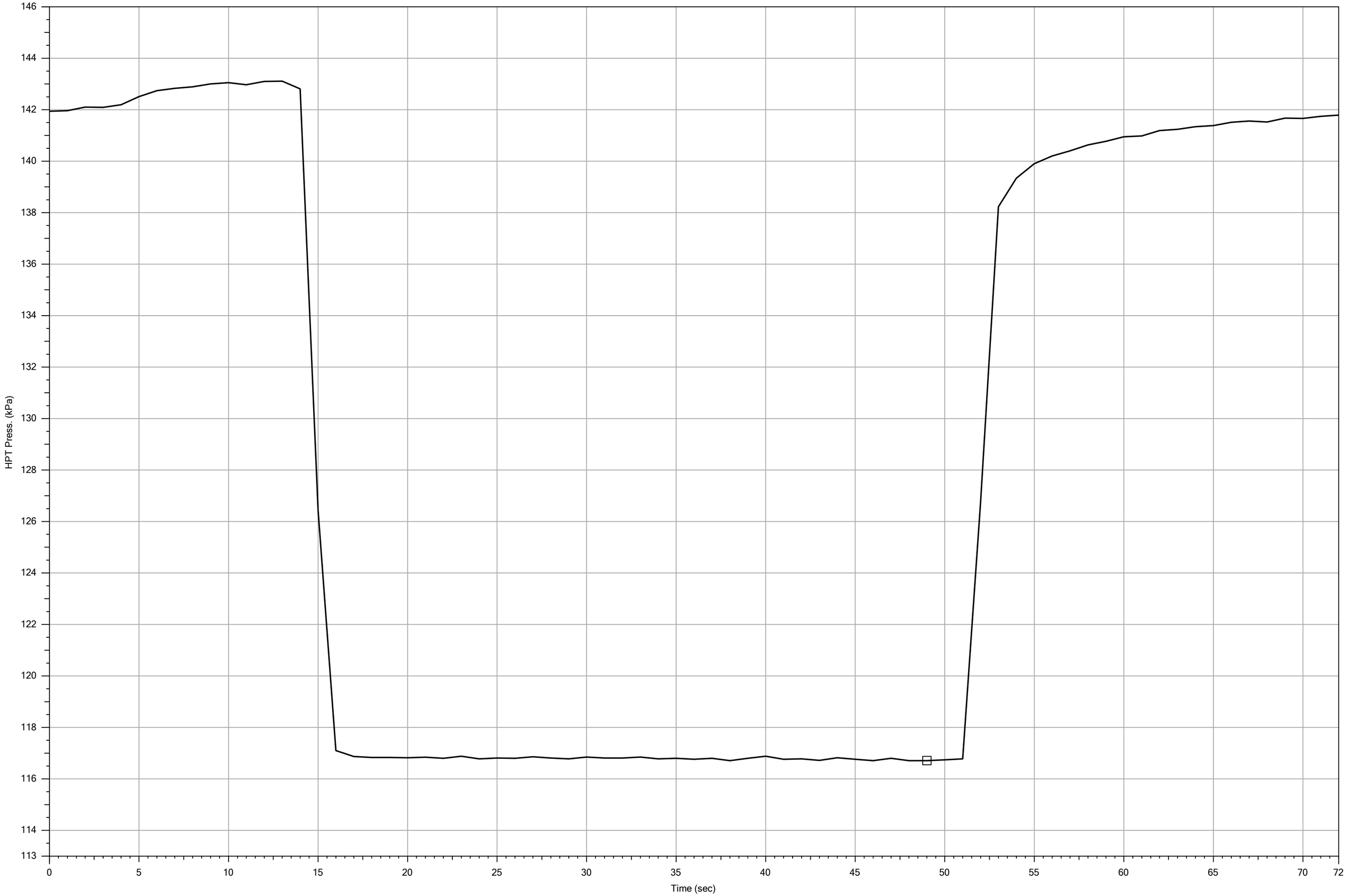
■ HPT 03.HPT 02-02-2016



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

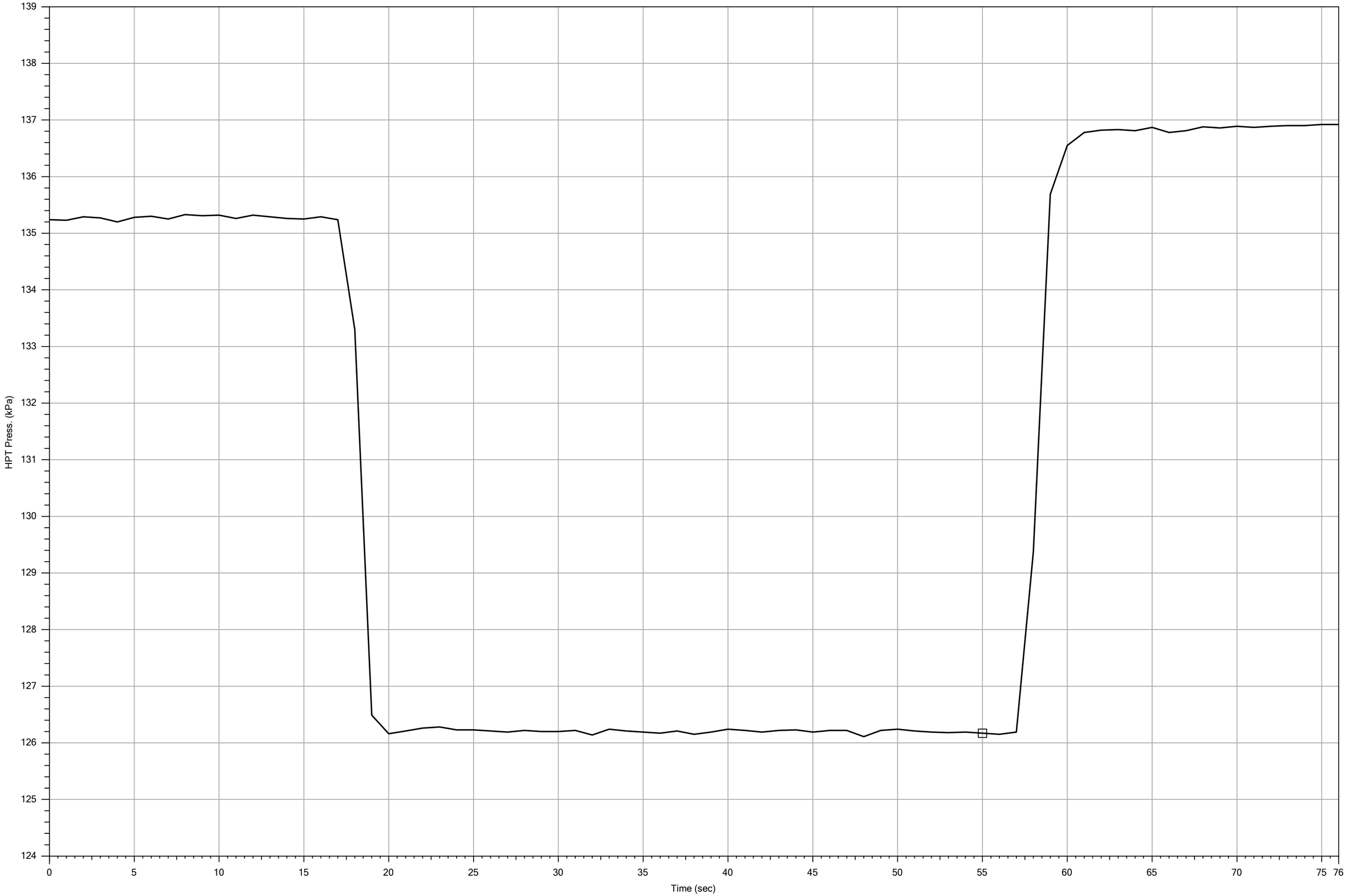
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 03.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 2,987 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

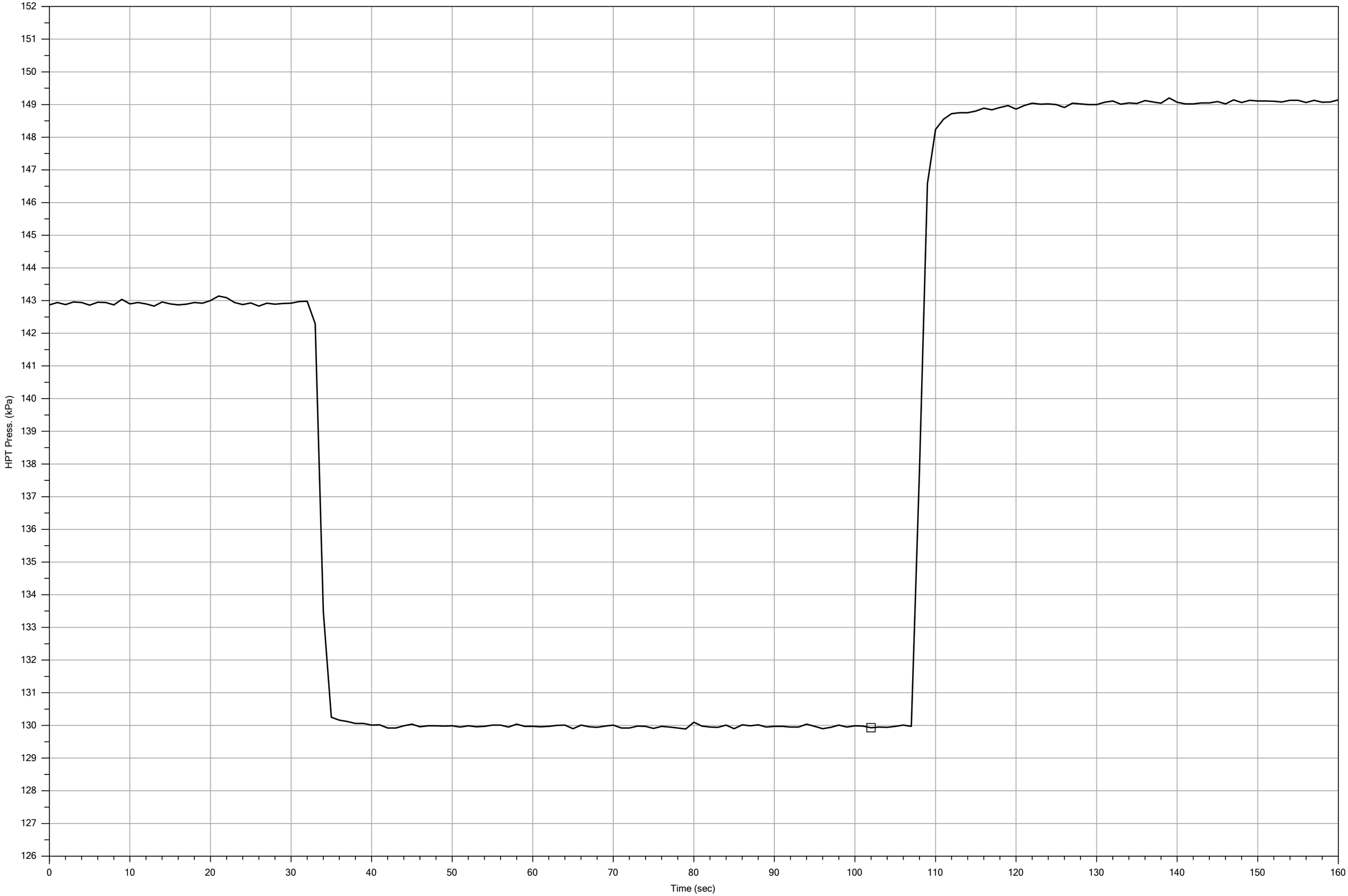
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 03.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 4,023 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

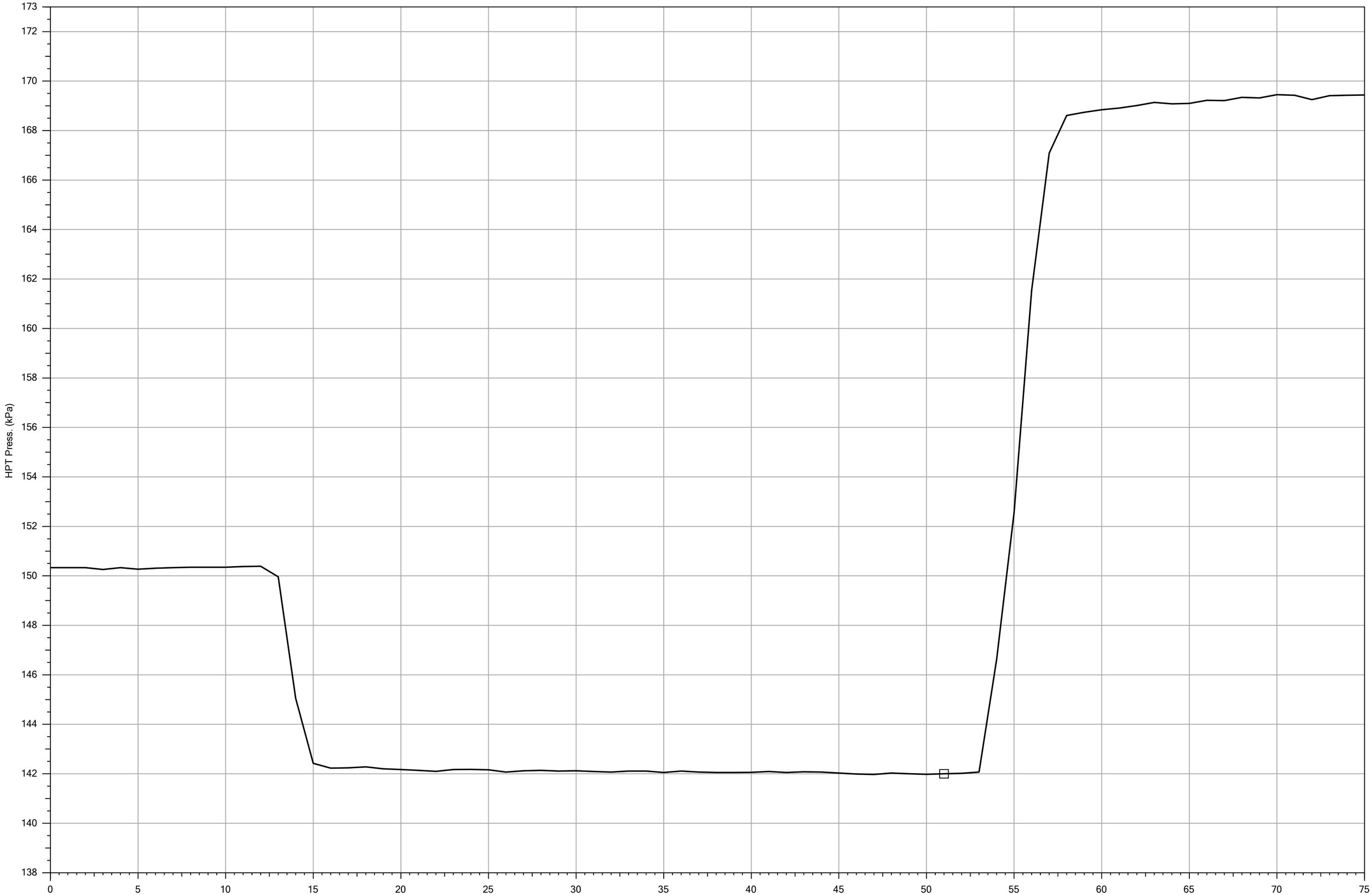
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 03.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 5,029 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 03.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 5,410 m	Test: 1



HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

File: HPT 03.TIM			Date: 02-02-2016
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Location:	Sensor: HPT Press.
Project ID:	Client:	Depth: 6,690 m	Test: 1

EC (mS/m)

ROP (mm/sec)

HPT Press. Max (kPa)

HPT Flow Max (mL/min)

Corr. HPT Press. (kPa)

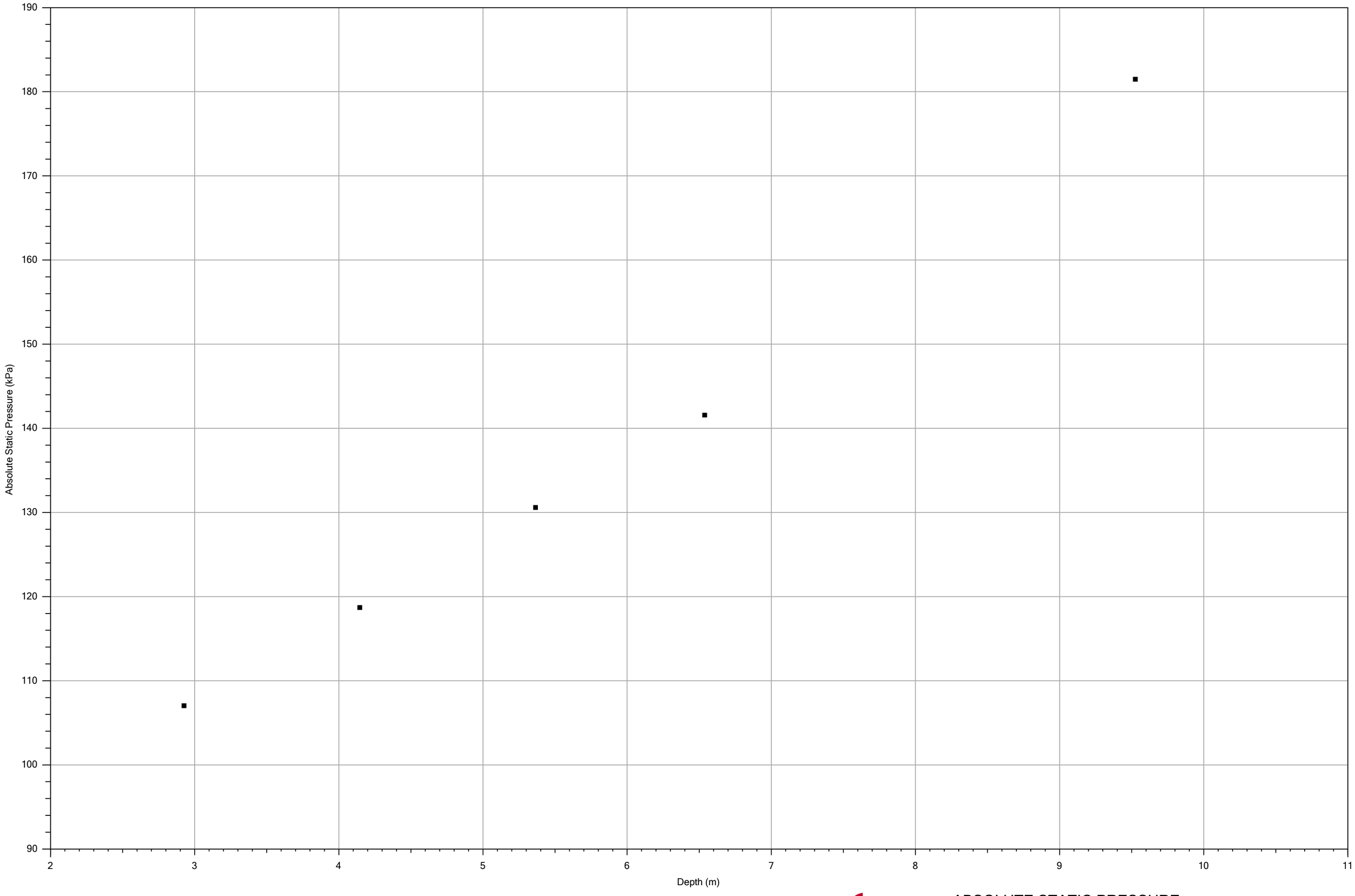
Est. K (m/day)

Depth (m)

HPT Line Press. Avg (kPa)

Abs. Piezometric Pressure (kPa)

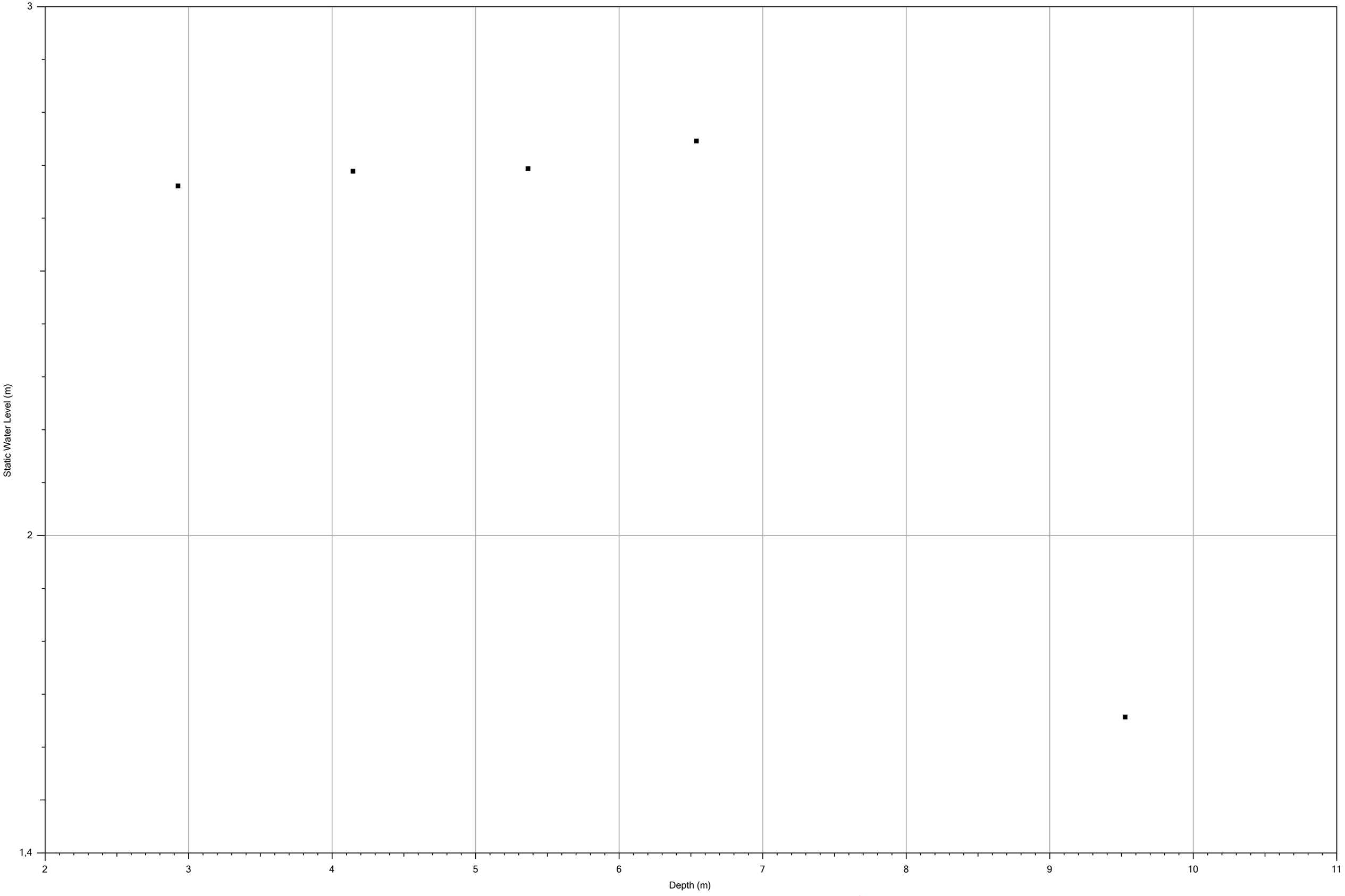
			File: HPT 02.HPT
Company: NIRAS	Operator: BME/PST		Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:		Location:



ABSOLUTE STATIC PRESSURE

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

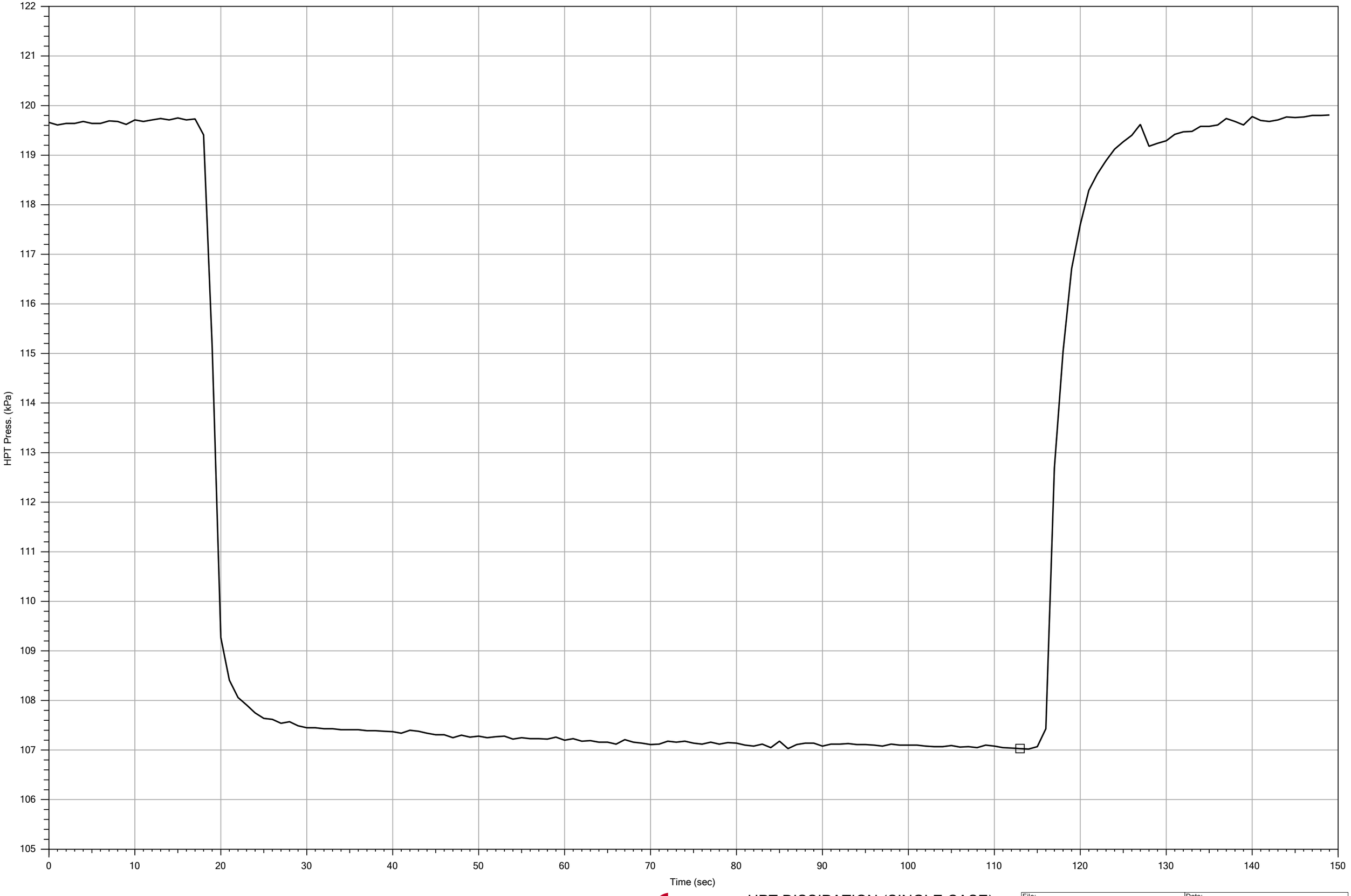
■ HPT 02.HPT 02-02-2016



STATIC WATER LEVEL

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

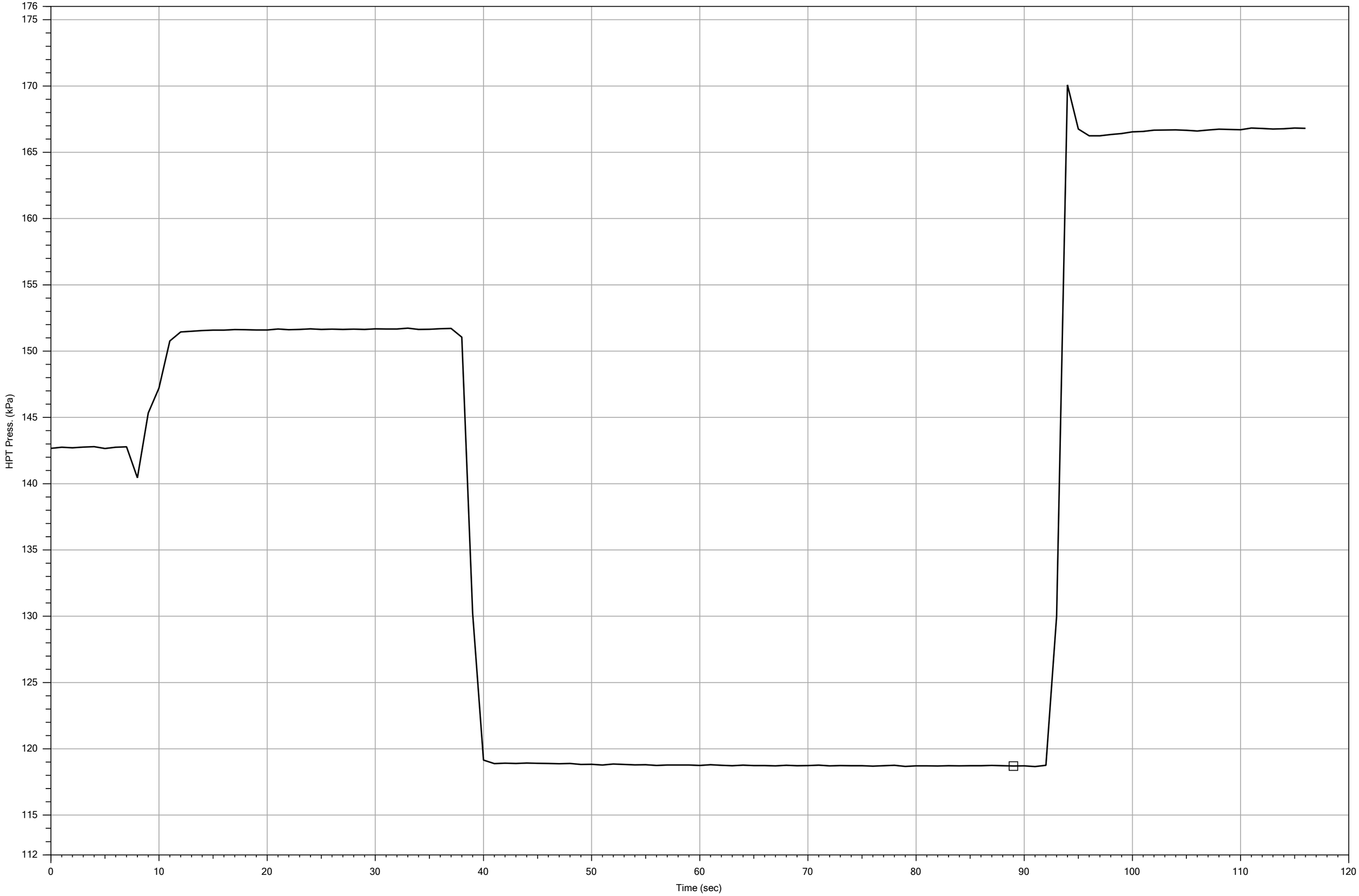
■ HPT 02.HPT 02-02-2016



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

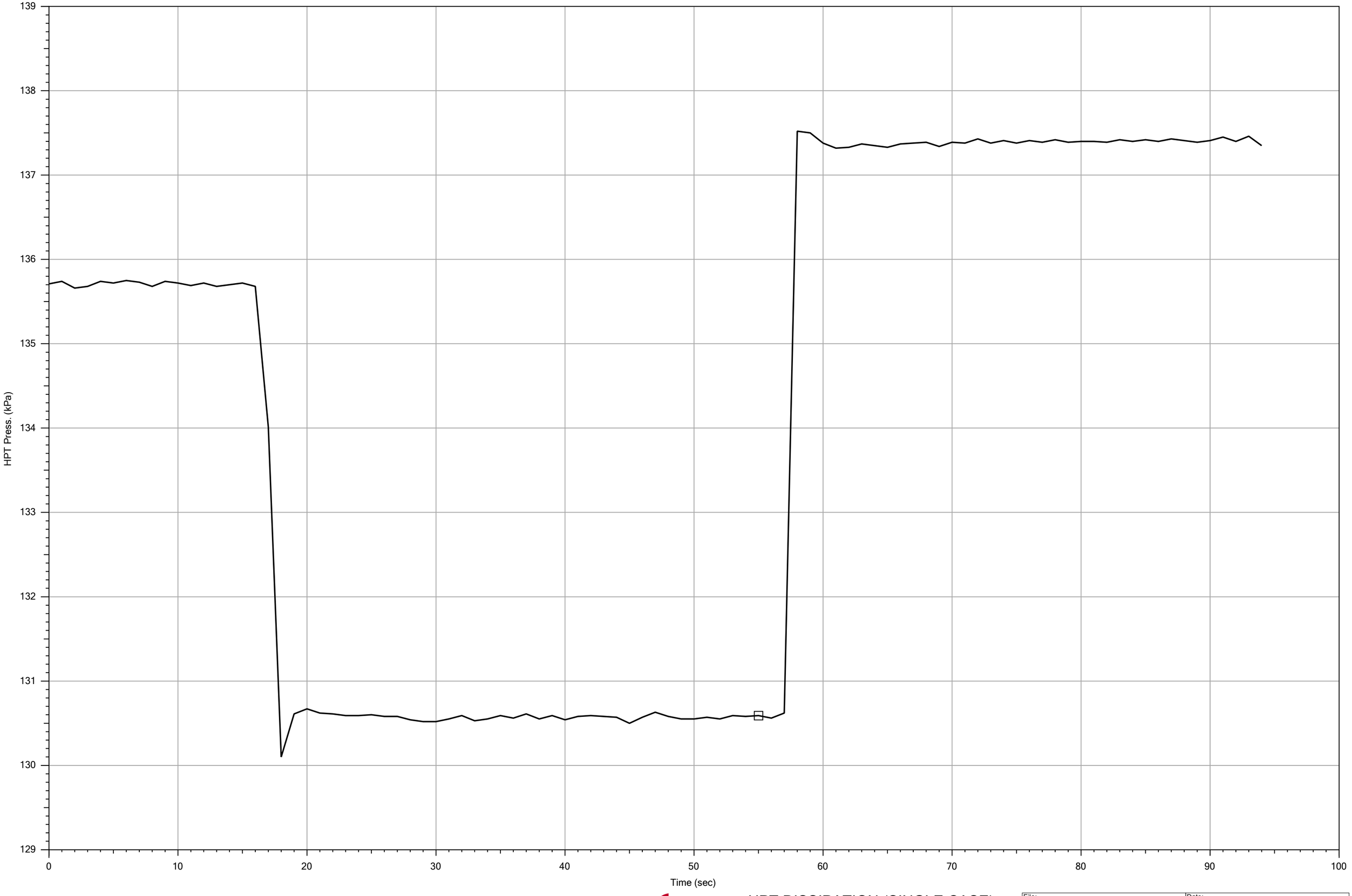
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 2,926 m	Test: 1



NIRAS

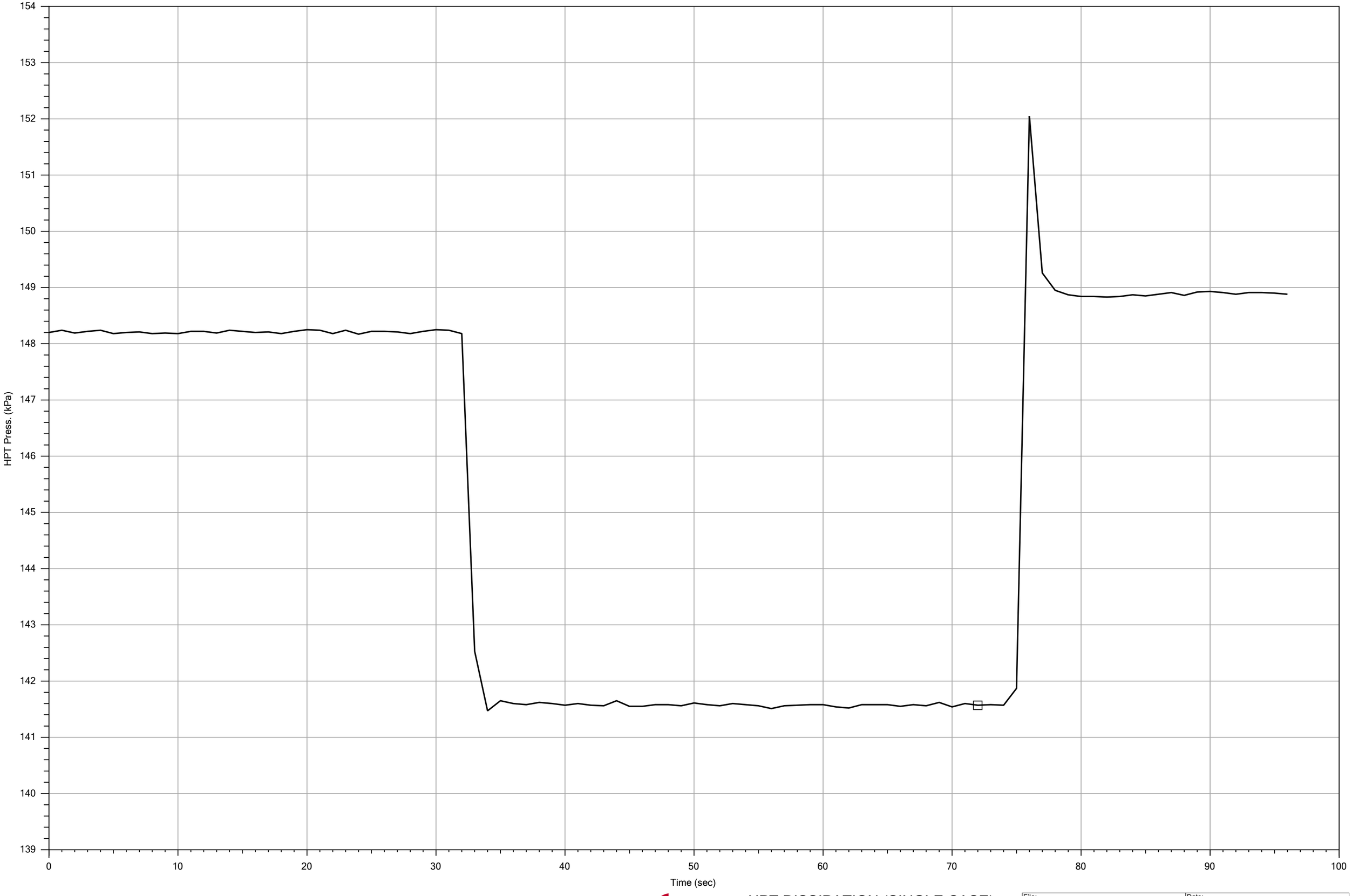
HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 4,145 m	Test: 1



HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

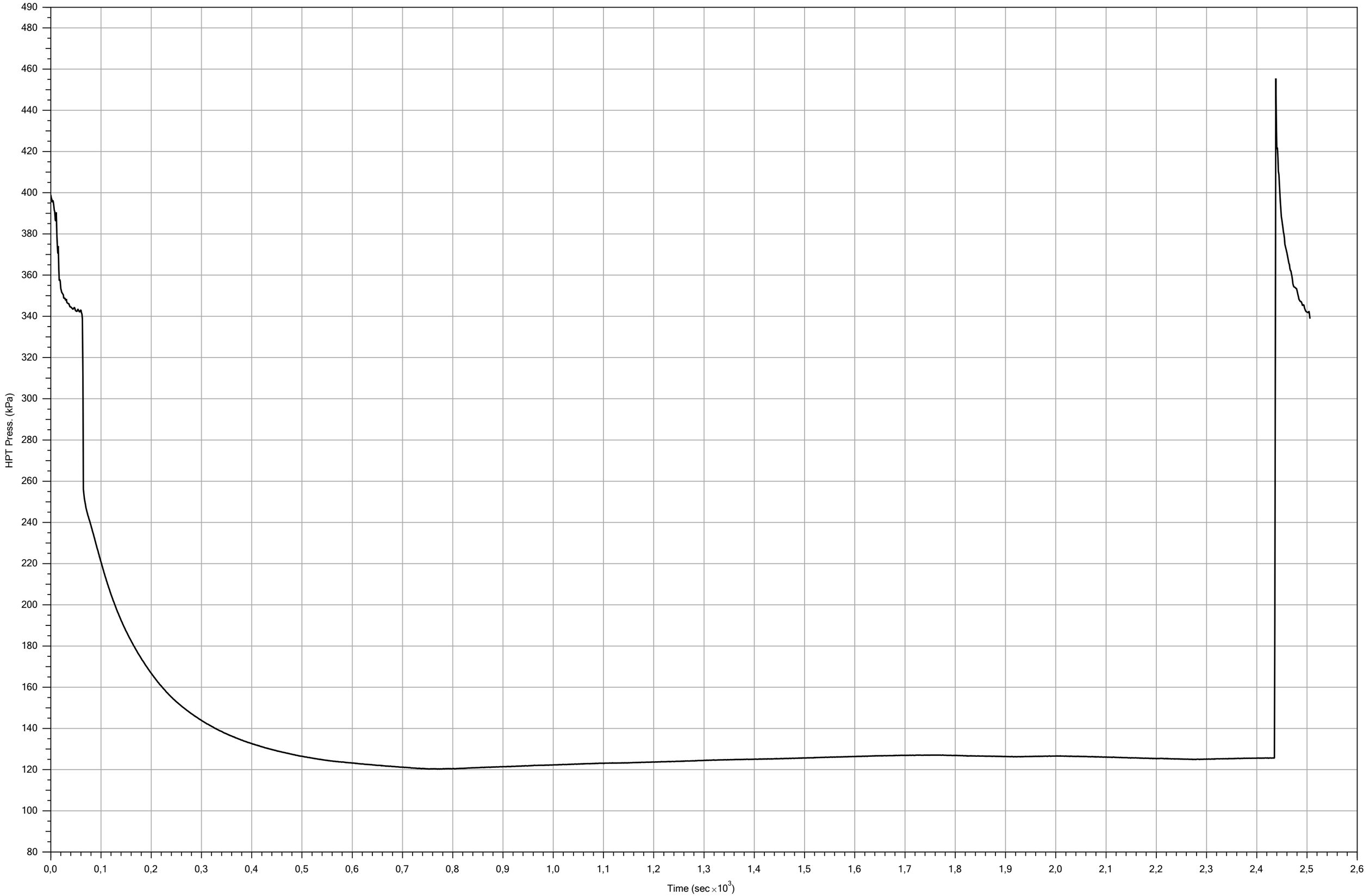
		File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Location:	Sensor: HPT Press.
Project ID:	Client:	Depth: 5,364 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

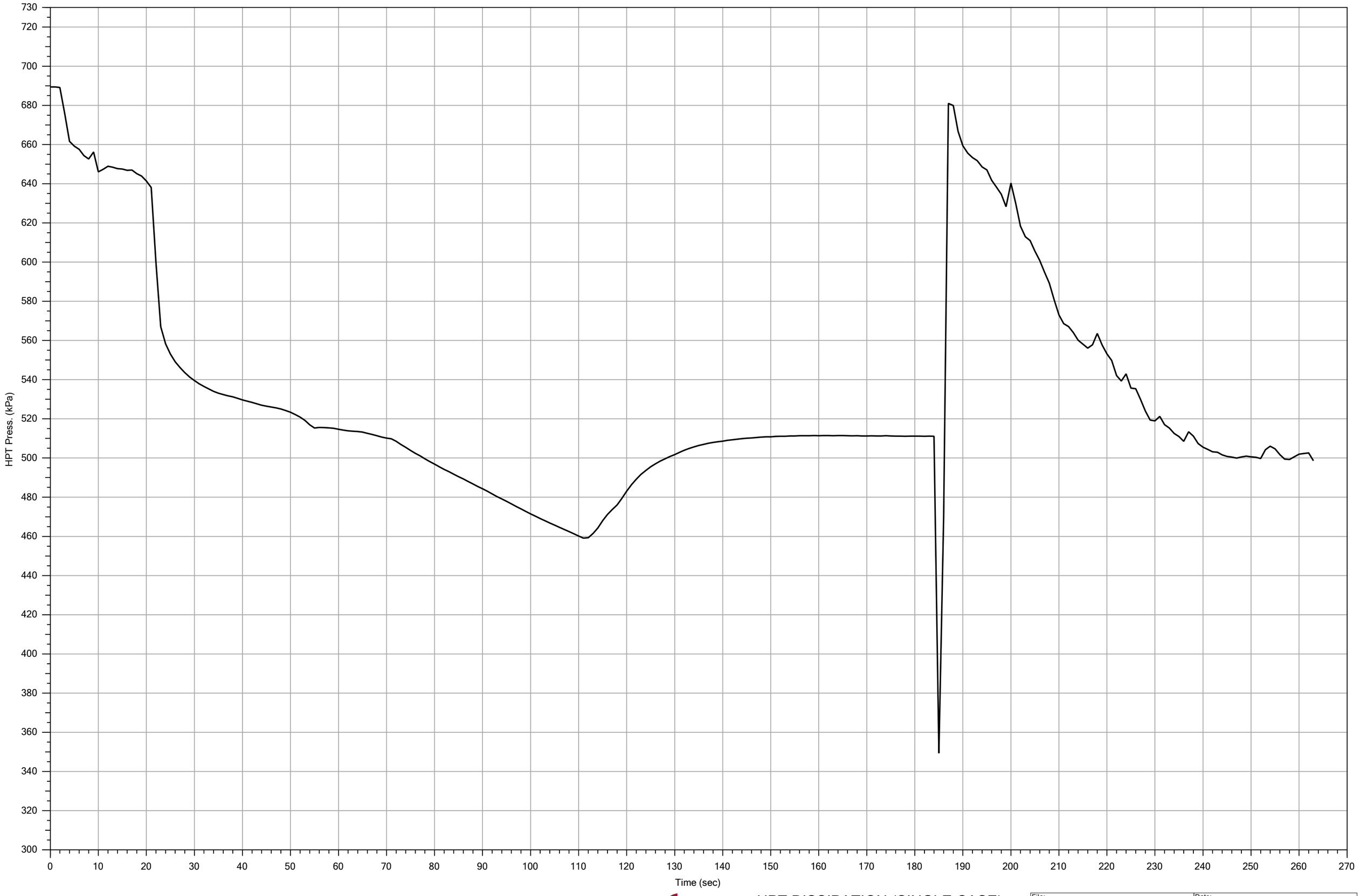
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 6,538 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

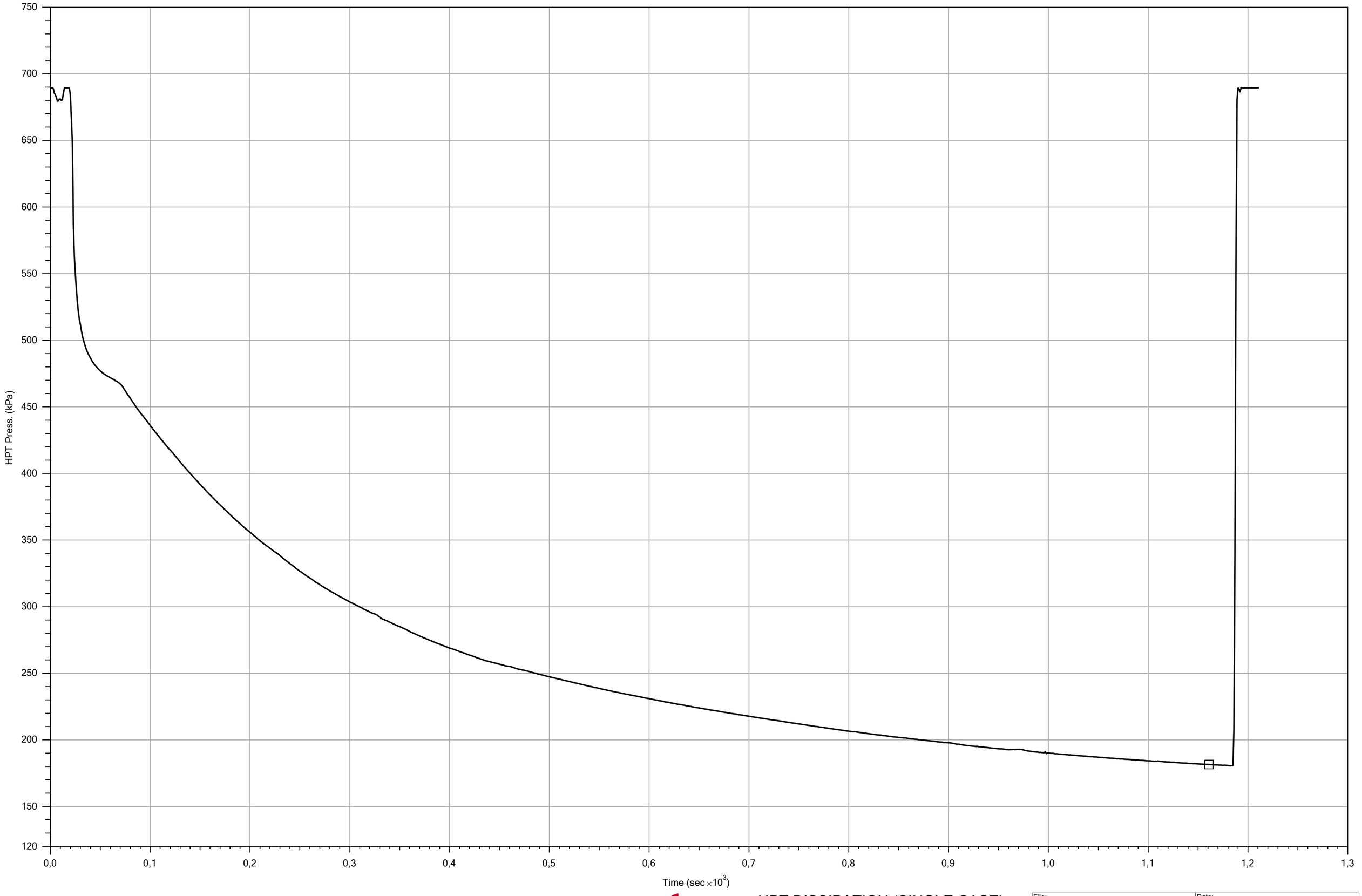
File: HPT 02.TIM			Date: 02-02-2016
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Location:	Sensor: HPT Press.
Project ID:	Client:	Depth: 7,513 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

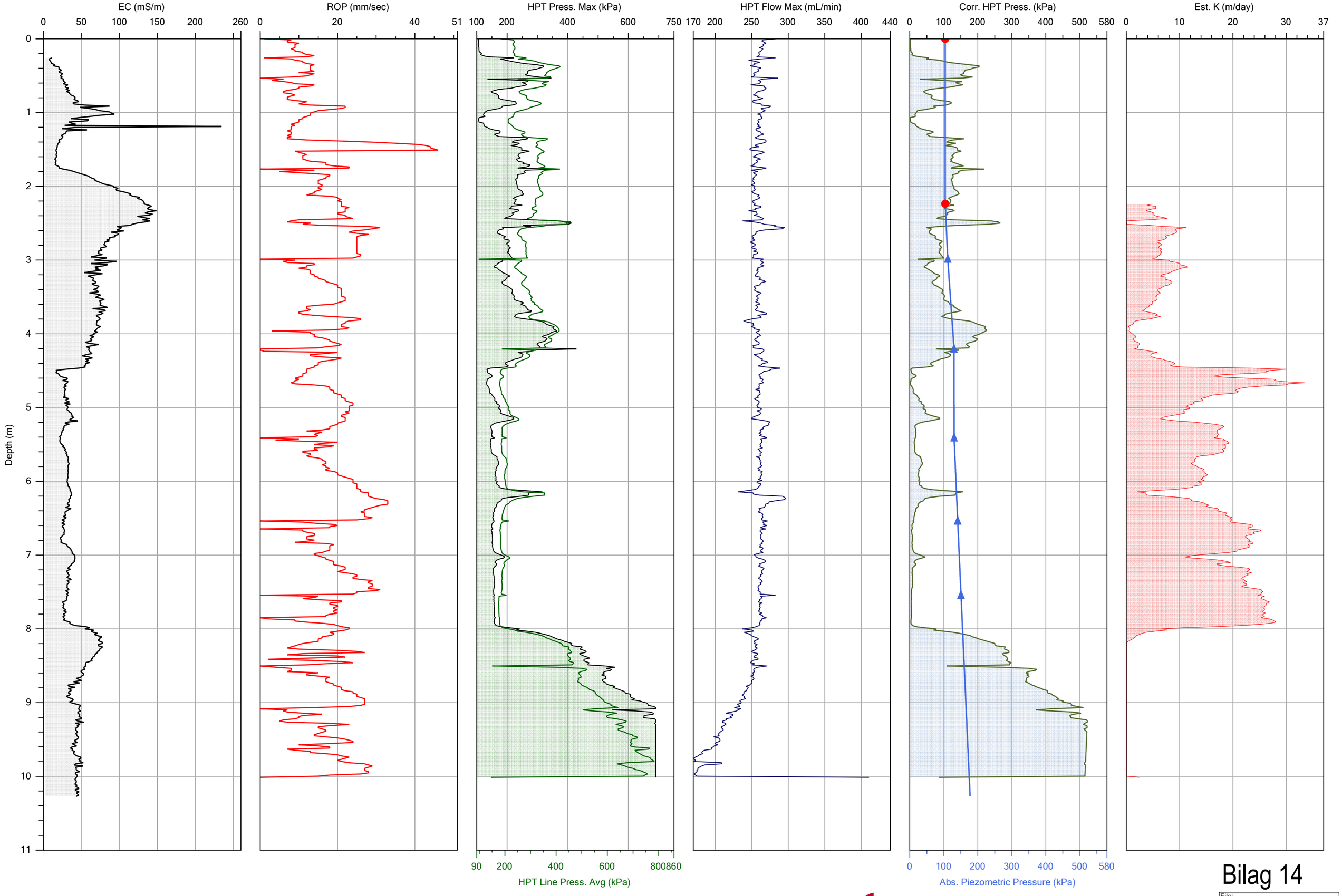
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 8,565 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

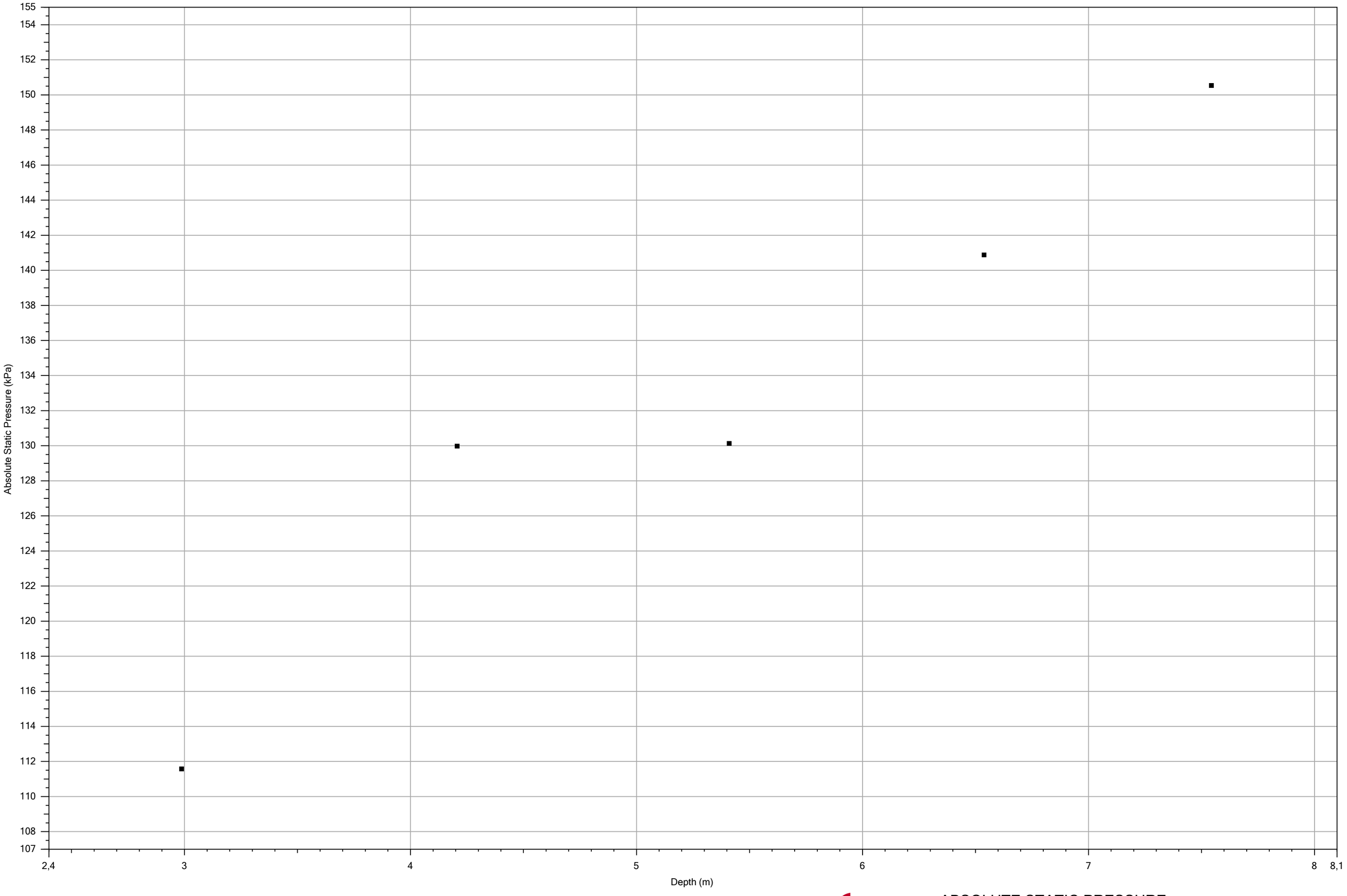
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 02.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 9,525 m	Test: 1



Bilag 14

NIRAS

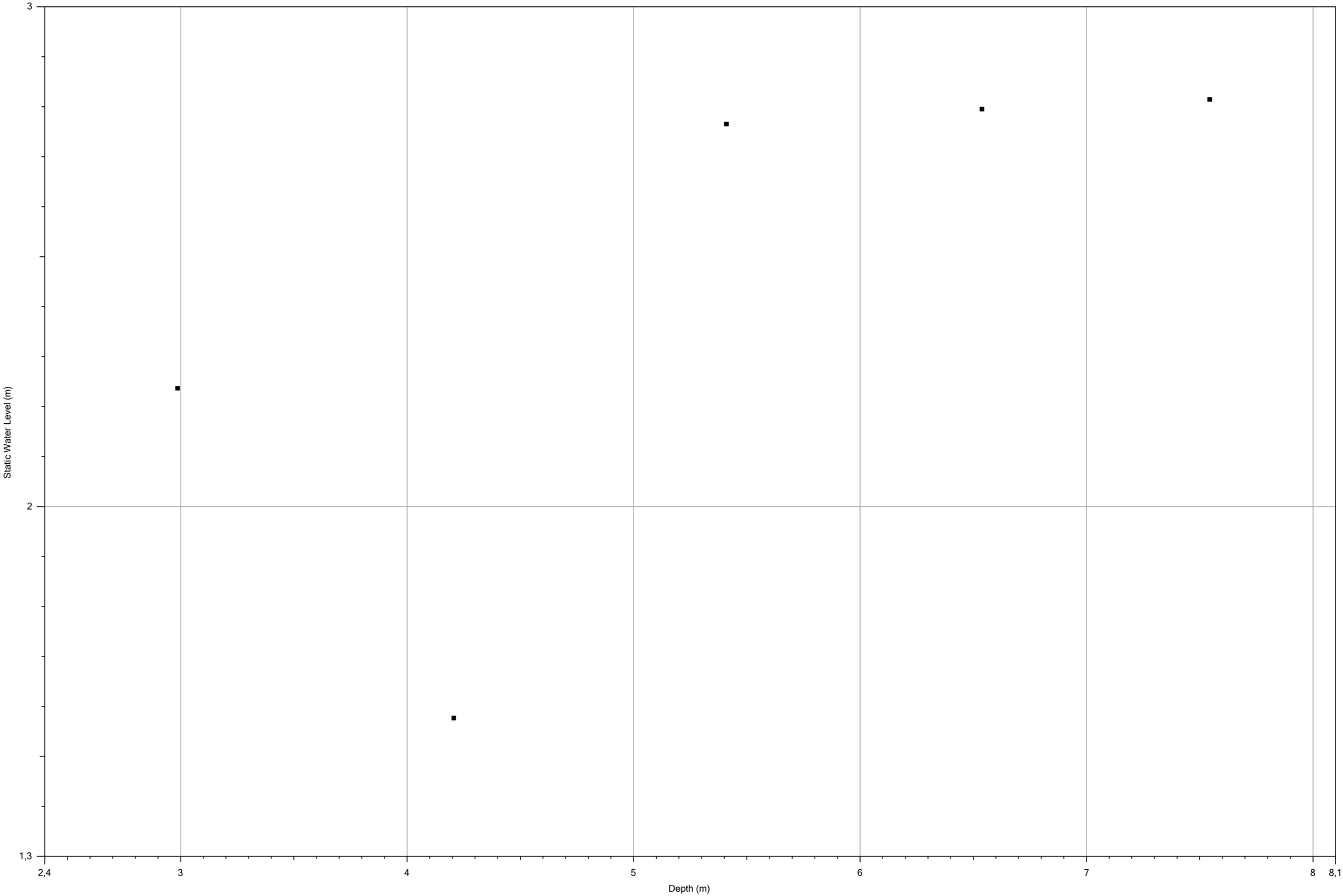
		File: HPT 01.HPT
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:



ABSOLUTE STATIC PRESSURE

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

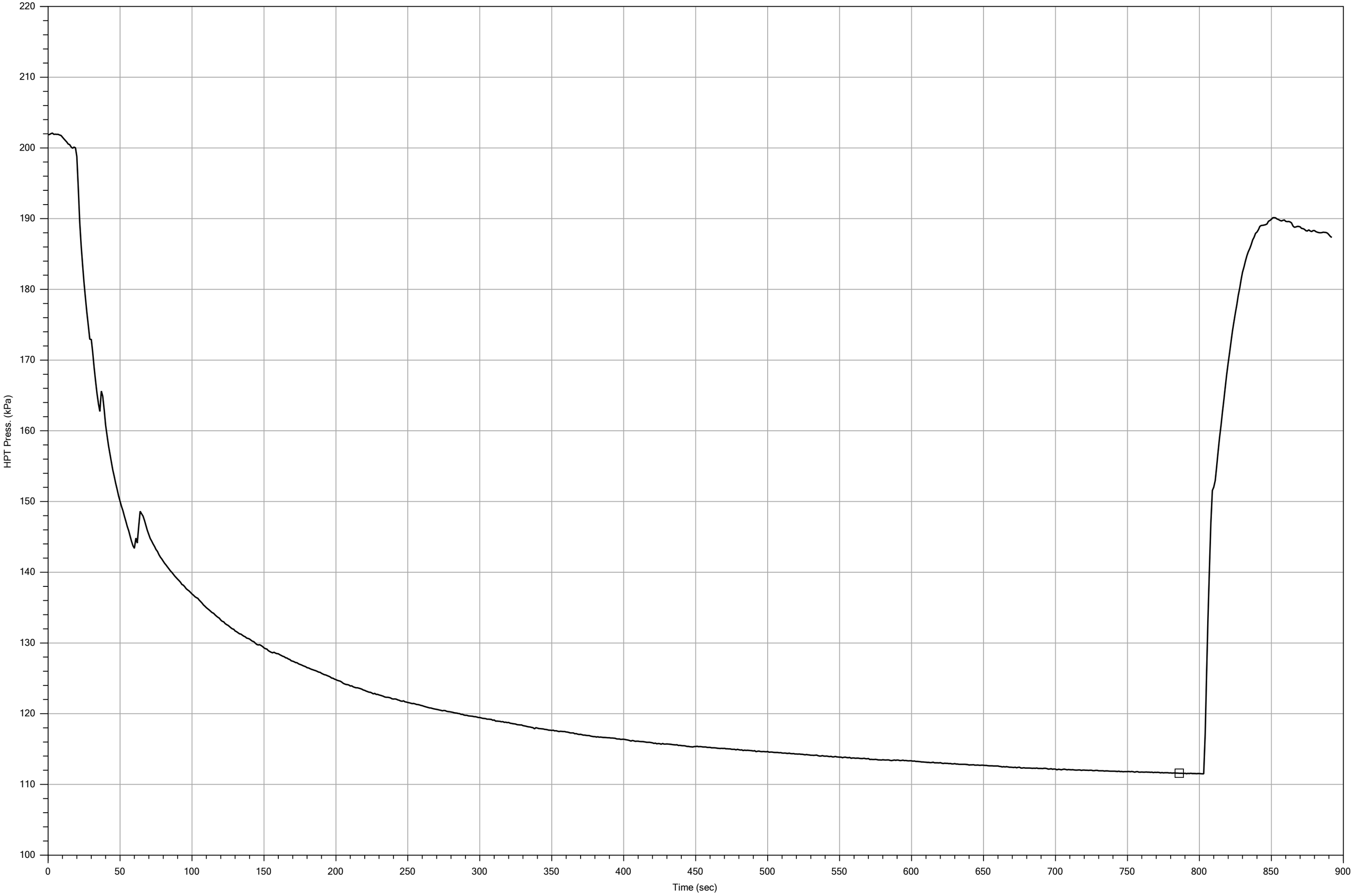
■ HPT 01.HPT 02-02-2016



STATIC WATER LEVEL

Company: NIRAS	Operator: BME/PST
Project ID:	Client:

■ HPT 01.HPT 02-02-2016



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 2,987 m	Test: 1

HPT Press. (kPa)

460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80

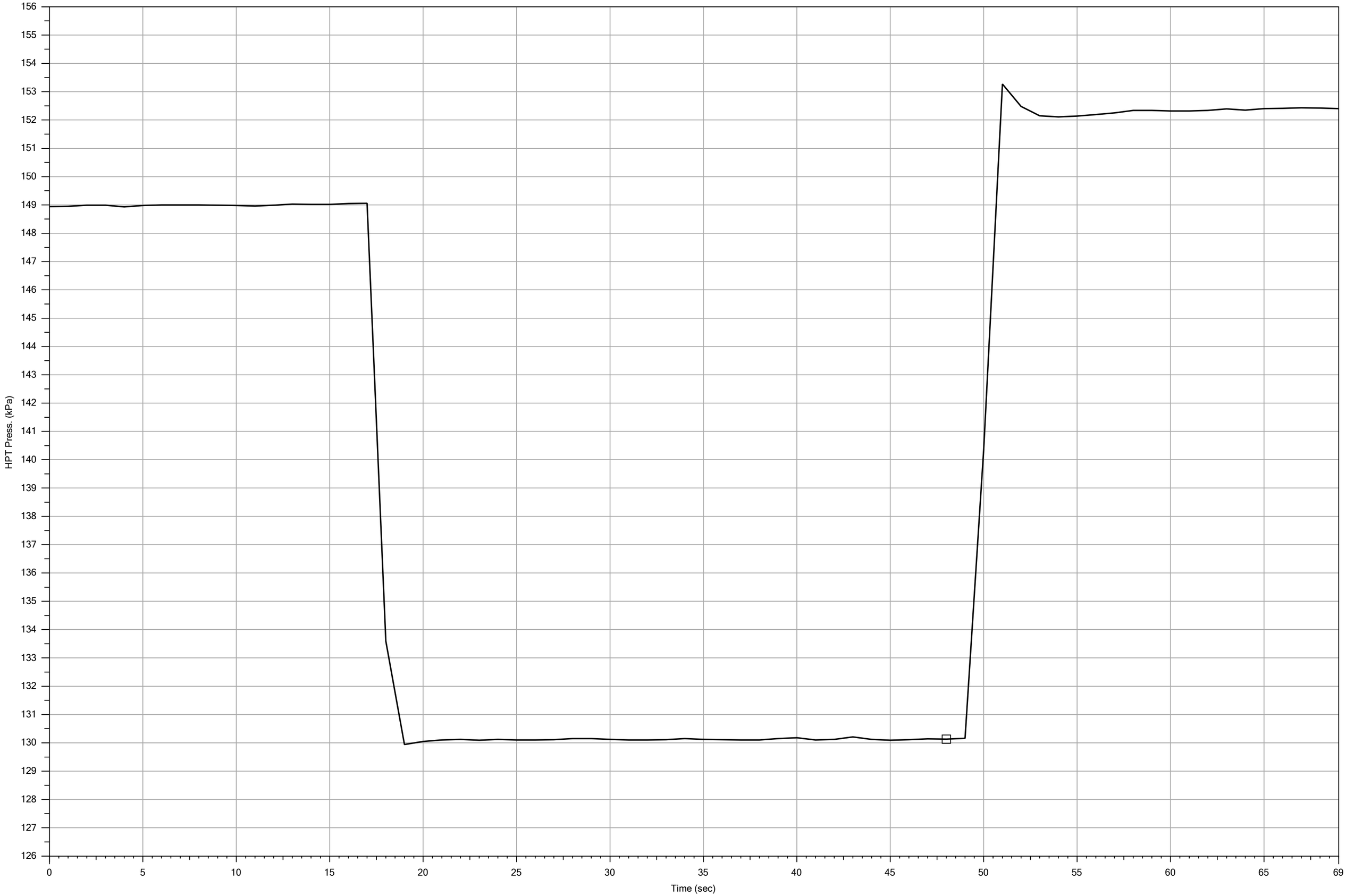
0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900

Time (sec)

NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

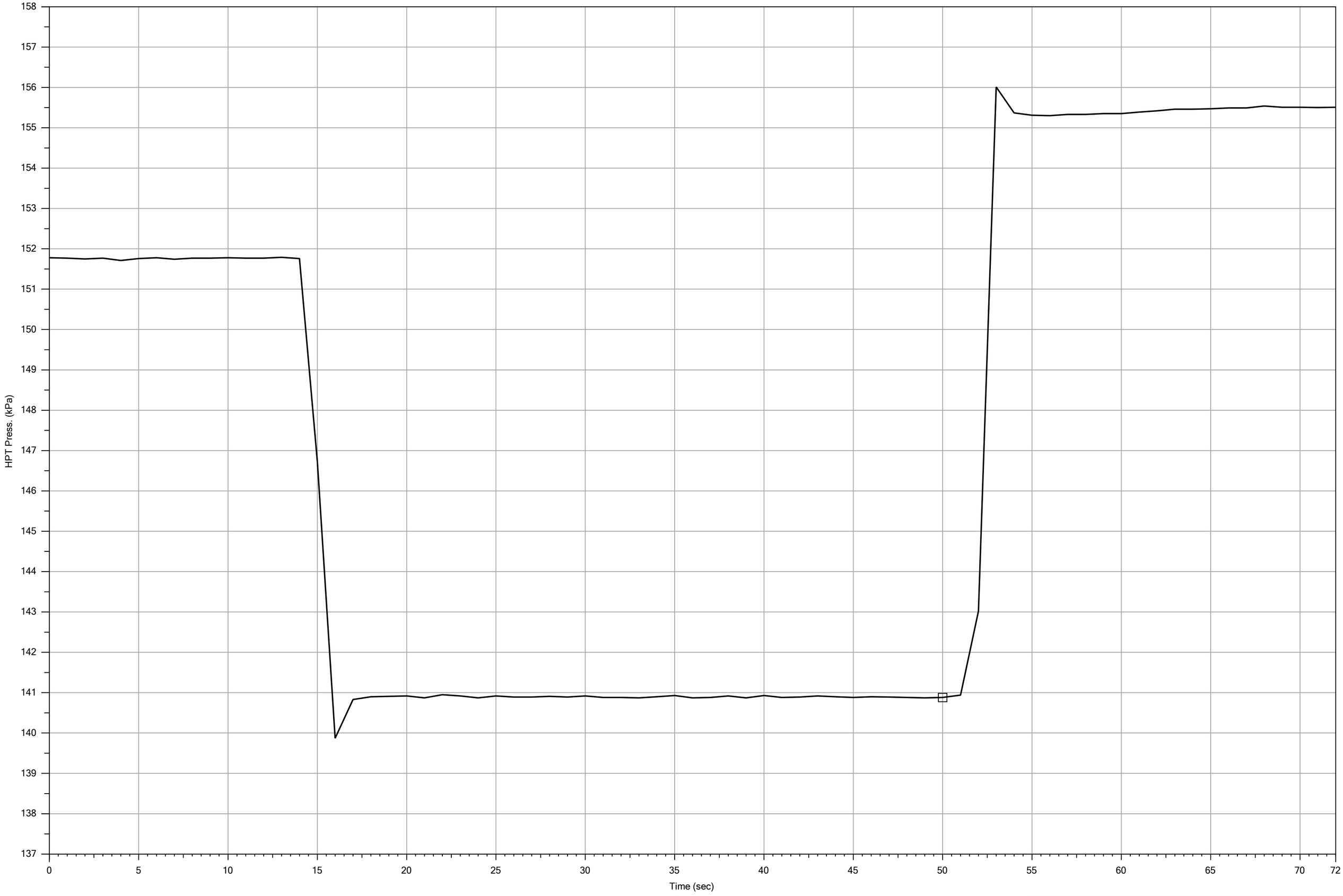
		File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Location:	Sensor: HPT Press.
Project ID:	Client:	Depth: 4,206 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

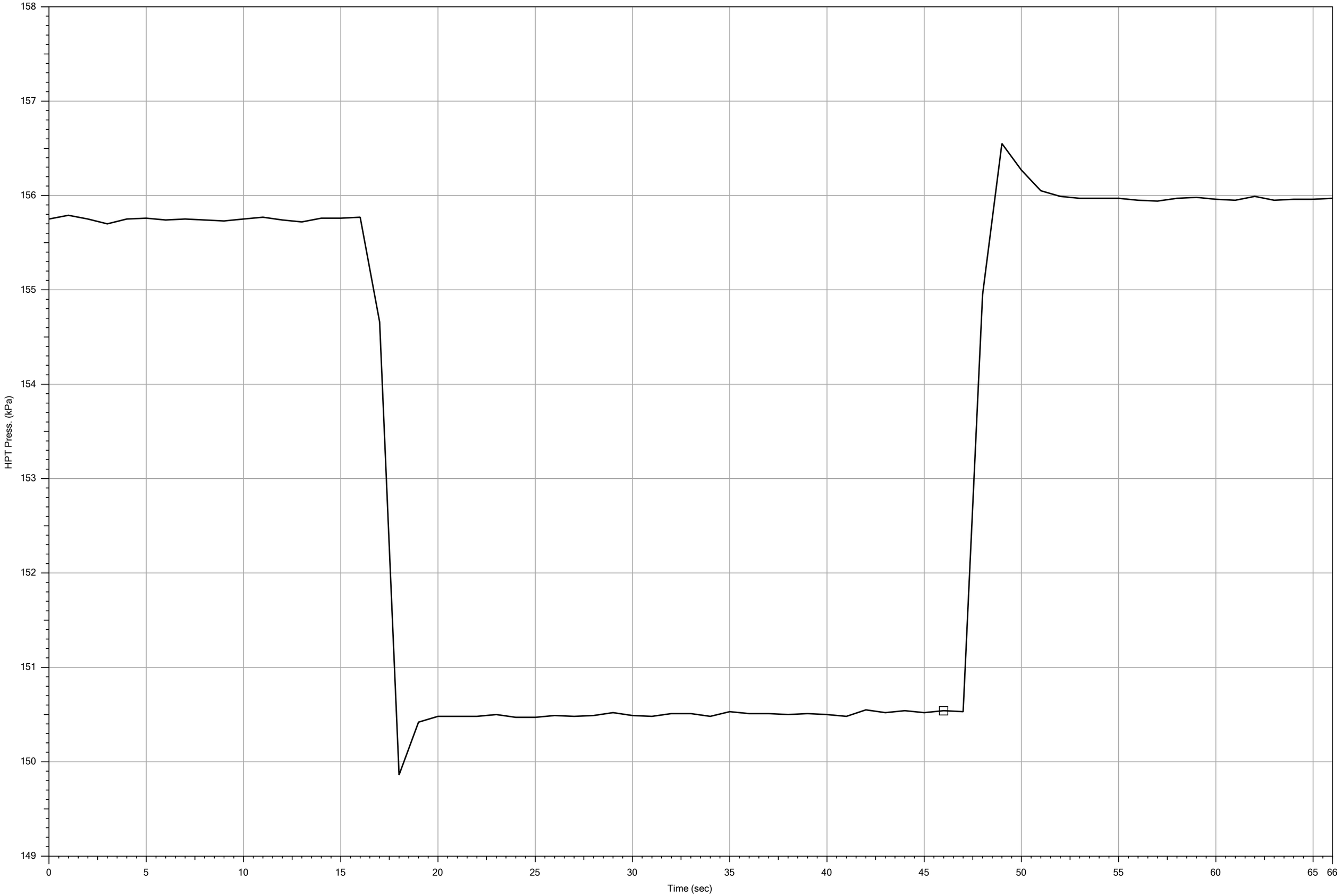
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 5,410 m	Test: 1



NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 6,538 m	Test: 1



HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 7,544 m	Test: 1

HPT Press. (kPa)

550
540
520
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
150

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 760

Time (sec)

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

		File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Company: NIRAS	Operator: BME/PST	Location:	Sensor: HPT Press.
Project ID:	Client:	Depth: 8,504 m	Test: 1

HPT Press. (kPa)

750
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100

0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
680

Time (sec)

NIRAS

HPT DISSIPATION (SINGLE CASE)

Company: NIRAS	Operator: BME/PST	File: HPT 01.TIM	Date: 02-02-2016
Project ID:	Client:	Location:	Sensor: HPT Press.
		Depth: 10,013 m	Test: 1

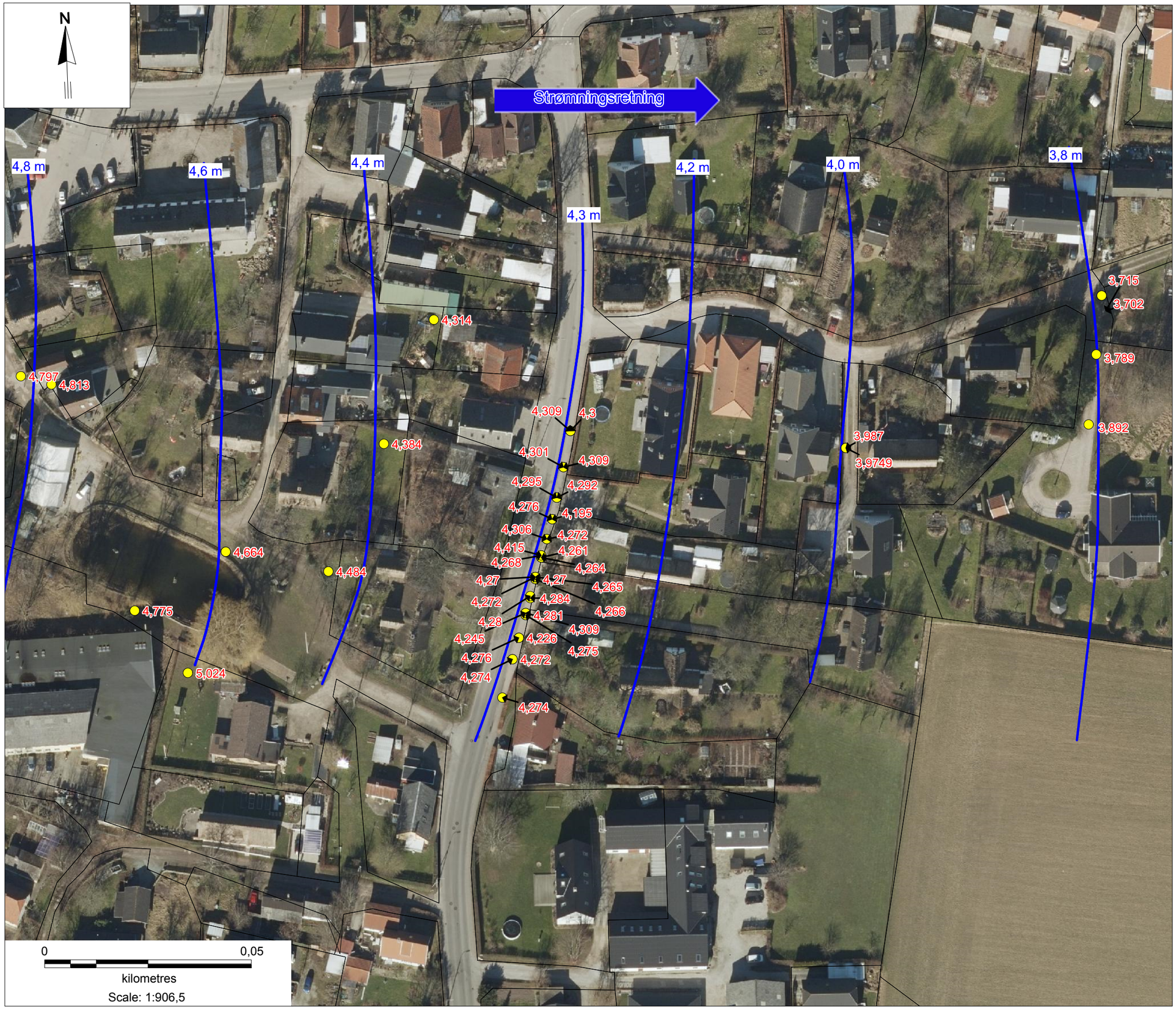
Bilag 15. Synkronpejlerunde

PEJLESKEMA

SAG :	MUDP-projekt, Flux målinger i grundvand						Dato :	23. februar 2016
							Sag nr, :	219186
LOKALITET	Skuldelev						Init,/Tilsyn :	PST

Boring nr,	Pejlepkt, pp (kote) m	Terræn kote m	V,S, (u.pp.) m	V,S, (kote) m	Filter top mut	Filter Bund mut	Bemærkninger
F10-1	6,834	7,07	2,56	4,27	6,00	7,00	
F10-2	6,820	7,07	2,02	4,80	3,50	4,50	Sandsynligvis anden magasin?
F20-1	6,912	7,11	2,64	4,27	6,00	7,00	
F20-2	6,904	7,11	2,63	4,27	3,50	4,50	
F25-1	6,836	7,07	2,61	4,23	8,00	9,00	
F25-2	6,816	7,07	2,54	4,28	5,00	6,00	
F30-1	6,77	6,97	2,49	4,28	6,00	7,00	
F30-2	6,78	6,97	2,50	4,28	3,50	4,50	
F35-1	6,79	6,93	2,78	4,01	8,00	9,00	Filtersat i moræneler
F35-2	6,73	6,93	2,45	4,28	5,00	6,00	
F40-1	6,78	6,96	2,51	4,27	6,00	7,00	
F40-2	6,78	6,96	2,51	4,27	3,50	4,50	
F45-1	6,74	6,91	2,48	4,26	8,00	9,00	
F45-2	6,68	6,91	2,42	4,26	5,00	6,00	
F50-1	6,712	6,90	2,44	4,27	6,00	7,00	
F50-2	6,686	6,90	2,38	4,31	3,50	4,50	
F55-1	6,695	6,90	2,50	4,20	8,00	9,00	
F55-2	6,626	6,90	2,35	4,28	5,00	6,00	
F60-1	6,722	6,91	2,43	4,29	6,00	7,00	
F60-2	6,725	6,91	2,43	4,30	3,50	4,50	
F70-1	6,779	6,95	2,47	4,31	6,00	7,00	
F70-2	6,761	6,95	2,46	4,30	3,50	4,50	
F80-1	6,790	7,00	2,49	4,30	6,00	7,00	
F80-2	6,819	7,00	2,51	4,31	3,50	4,50	
F90-1	6,793	7,00	2,72	4,07	5,00	7,00	Filtersat i moræneler
F90-2	6,762	4,50	2,67	4,09	6,10	8,10	Filtersat i moræneler
SS30-1	6,83	6,97	2,58	4,25			Terrænkote, usikkert
SS30-2	6,86	6,98	2,55	4,31			Terrænkote, usikkert
SS35	6,82	6,96	2,54	4,28			Terrænkote, usikkert
SS40-1	6,85	6,98	2,58	4,27			Terrænkote, usikkert

Boring nr,	Pejlepkt, pp (kote) m	Terræn kote m	V,S, (u.pp.) m	V,S, (kote) m	Filter top mut	Filter Bund mut	Bemærkninger
SS40-2	6,86	6,99	2,59	4,27			Terrænkote, usikkert
SS40-3	6,83	6,97	2,56	4,27			Terrænkote, usikkert
SS45-1	6,82	7,00	2,55	4,27			Terrænkote, usikkert
SS45-2	6,83	6,97	2,41	4,42			Terrænkote, usikkert
B802-2	5,082	5,20	1,38	3,70	4,50	6,00	
B802-3	5,055	5,20	1,34	3,72	3,00	3,70	
B803-2	5,499	5,74	1,79	3,71	9,50	10,00	Ikke i øvre sand?
B803-3	5,499	5,74	1,71	3,79	6,20	7,20	
B804-2	5,985	6,16	2,36	3,63	11,50	12,00	Ikke i øvre sand?
B804-3	6,012	6,16	2,12	3,89	7,00	8,00	
KB126-2	6,407		2,75	3,66	9,80	11,80	Filtersat i moræneler, sand
KB126-3	6,517		2,53	3,99	5,20	6,70	
KB126-4	6,475		2,50	3,97	3,20	4,20	
KB24-1	6,084		1,77	4,31	6,00	7,50	
KB24-2	6,094		1,40	4,69	2,00	4,00	Filtersat i moræneler, sand
KB23-1	5,864		1,47	4,39	5,80	6,80	
KB23-2	5,804		1,42	4,38	2,50	4,00	
KB78-1	5,264		0,78	4,48	5,50	7,00	
KB10-1	4,974		0,31	4,66	3,80	4,80	
KB10-2	4,954		0,29	4,66	2,00	3,00	
KB18-1	5,374		1,05	4,32	3,50	5,00	Ikke i øvre sand?
KB18-2	5,174		0,54	4,63	1,50	2,50	Ikke i øvre sand?
KB140-1	5,887		1,65	4,24	6,00	7,50	Moræneler, sandstriber
KB140-2	6,004		0,98	5,02	3,60	4,60	
KB112-1	5,787		0,99	4,80	4,80	5,80	
KB112-2	5,808		1,49	4,32	2,00	3,00	Ikke i øvre sand?
KB113-1	5,949		1,35	4,60	3,50	5,50	Moræneler, sand?
KB113-2	5,943		1,13	4,81	1,00	2,00	



Legende:

Boringer

Potentiale linie

Vandspejlskote [m]

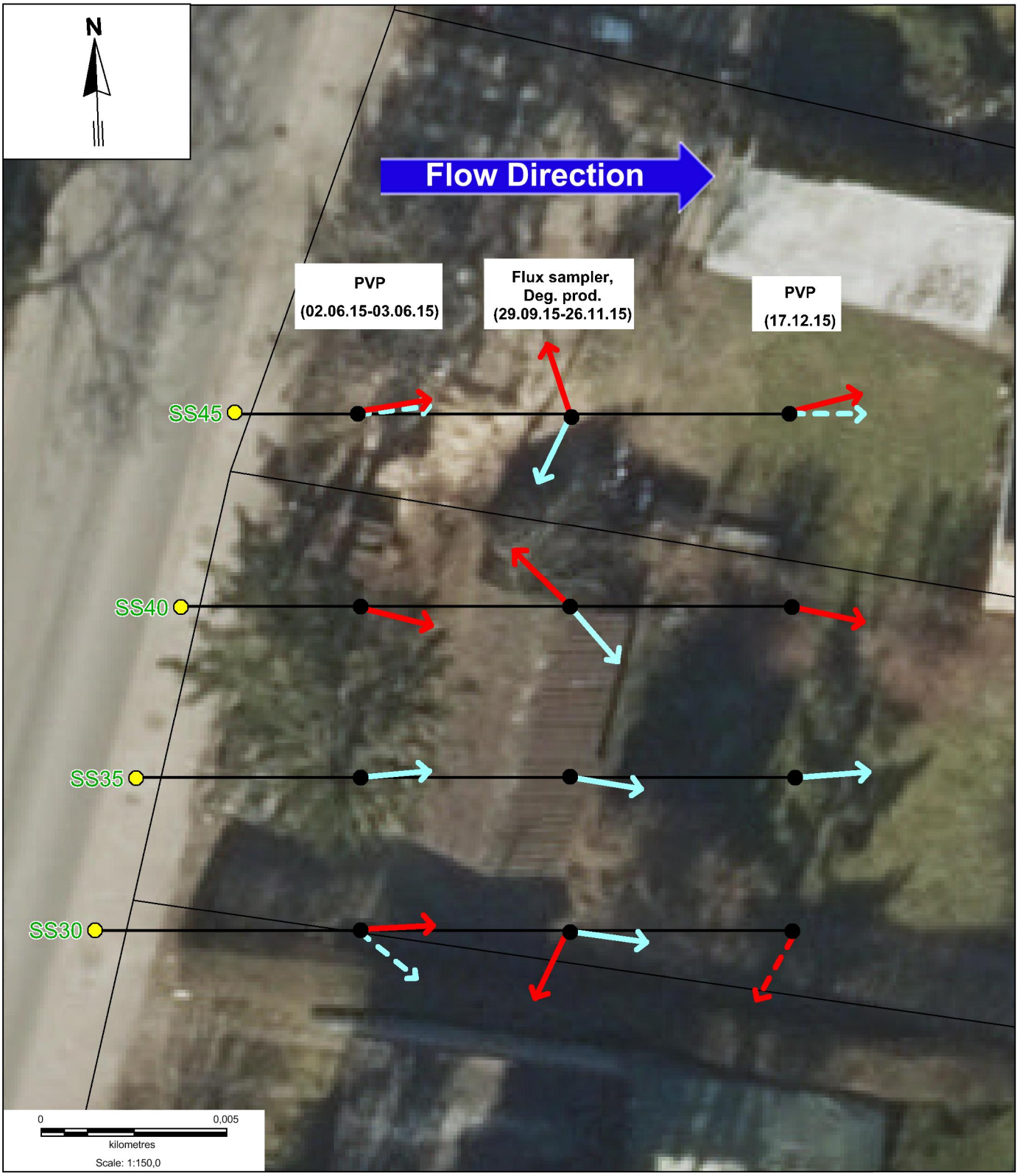
Bilag 15

Skuldelev

Rev.:
Dato: 29-02-2016
Udarb.: AJH
Kontrol: SDG
SagsNr.: 219186

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 16. Strømningsretninger



Legende:

SS45 Well

Flow direction - upper screen

Flow direction - lower screen

Uncertain calculations

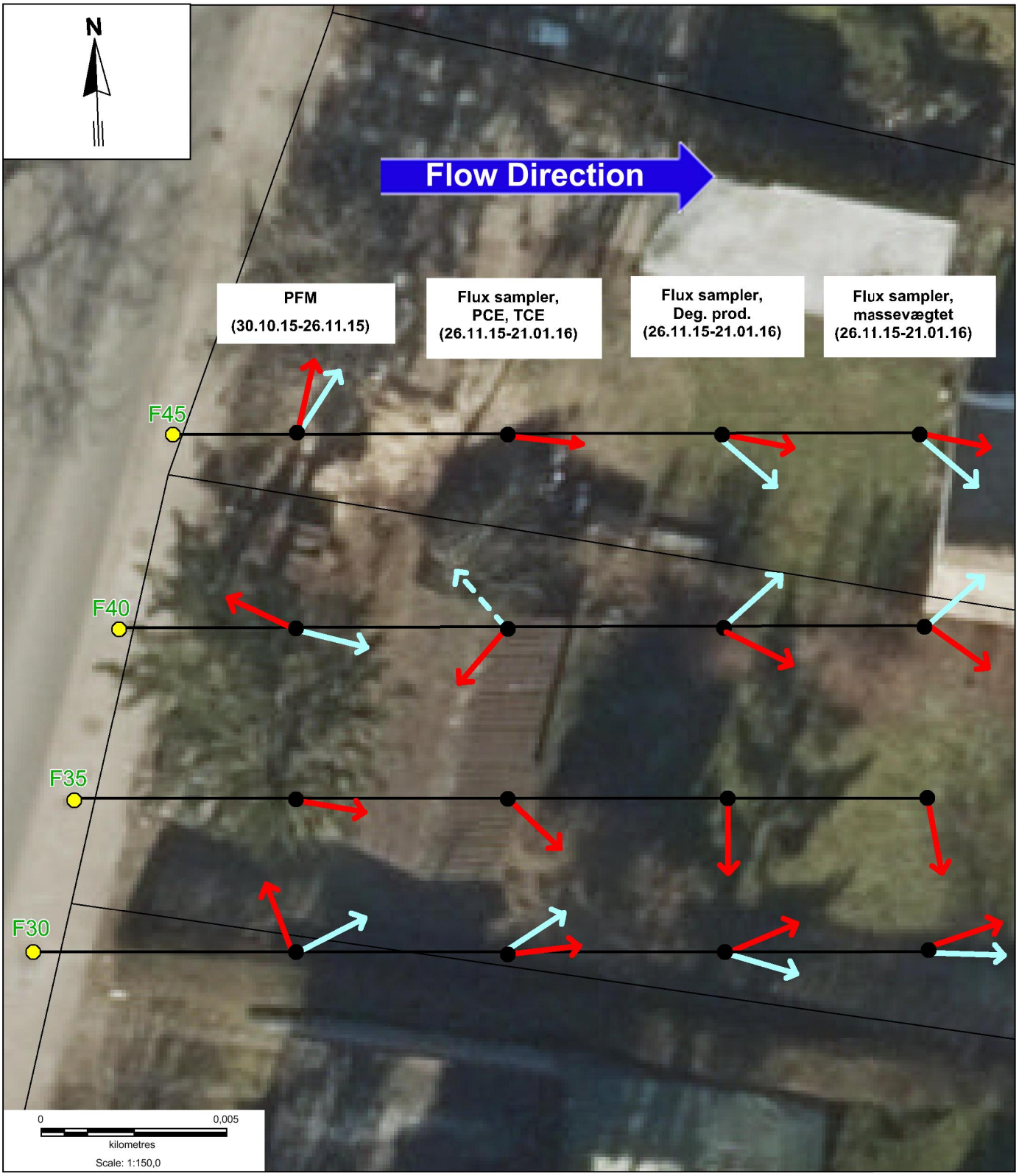
(30.10.15-26.11.15) - Period of sampling

Bilag 16b

Estimated and measured Flow directions

Rev.:
Dato: 25-07-2016
Udarb.: AJH
Kontrol: SDG
SagsNr.: 219186

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



Legende:

F45 ○ Well

Flow direction - upper screen

Flow direction - lower screen

Uncertain calculations

(30.10.15-26.11.15) - Period of sampling

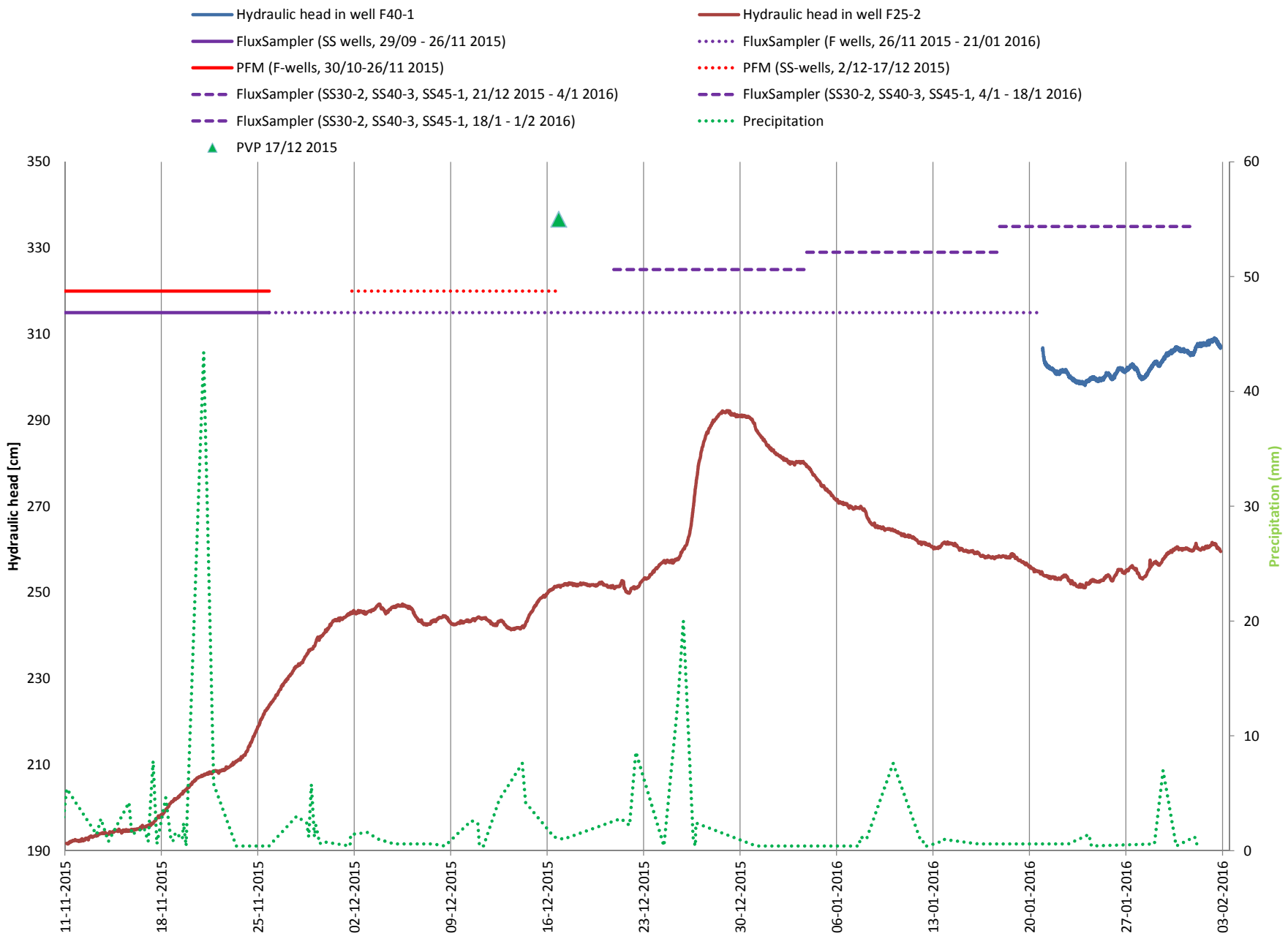
Bilag 16a

Estimated and measured Flow directions

Rev.:
Dato: 25-07-2016
Udarb.: AJH
Kontrol: SDG
SagsNr.: 219186

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 17. Hydraulisk trykniveau i to boringer


Hydraulic head in well F40-1
Hydraulic head in well F25-2
FluxSampler (SS wells, 29/09 - 26/11 2015)
FluxSampler (F wells, 26/11 2015 - 21/01 2016)
PFM (F-wells, 30/10-26/11 2015)
PFM (SS-wells, 2/12-17/12 2015)
FluxSampler (SS30-2, SS40-3, SS45-1, 21/12 2015 - 4/1 2016)
FluxSampler (SS30-2, SS40-3, SS45-1, 4/1 - 18/1 2016)
FluxSampler (SS30-2, SS40-3, SS45-1, 18/1 - 1/2 2016)
Precipitation
PVP 17/12 2015
Hydraulic head [cm]
Precipitation (mm)
350
330
310
290
270
250
230
210
190
60
50
40
30
20
10
0
11-11-2015
18-11-2015
25-11-2015
02-12-2015
09-12-2015
16-12-2015
23-12-2015
30-12-2015
06-01-2016
13-01-2016
20-01-2016
27-01-2016
03-02-2016

Bilag 17

Bilag 18. Konturplot over udbredelsen af chlorerede opløsningsmidler

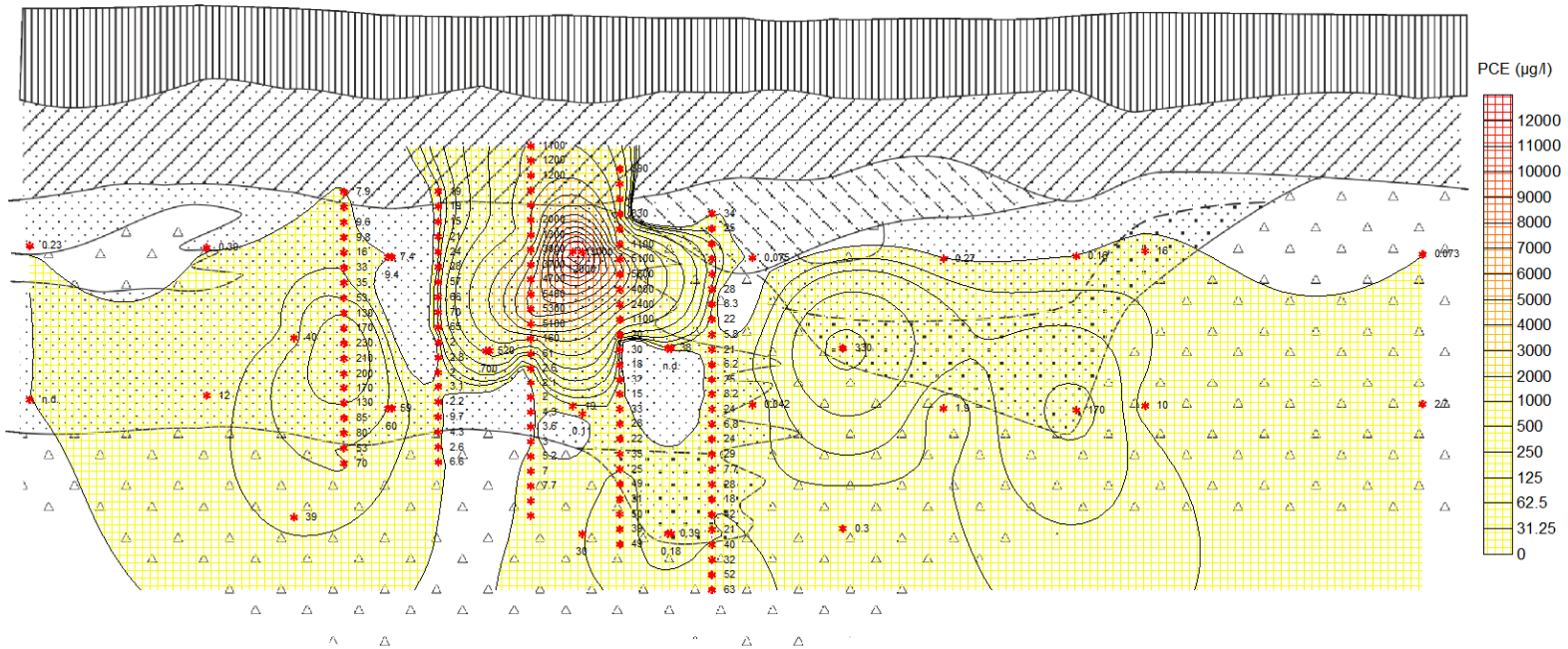


Figure 1. Distribution of PCE.

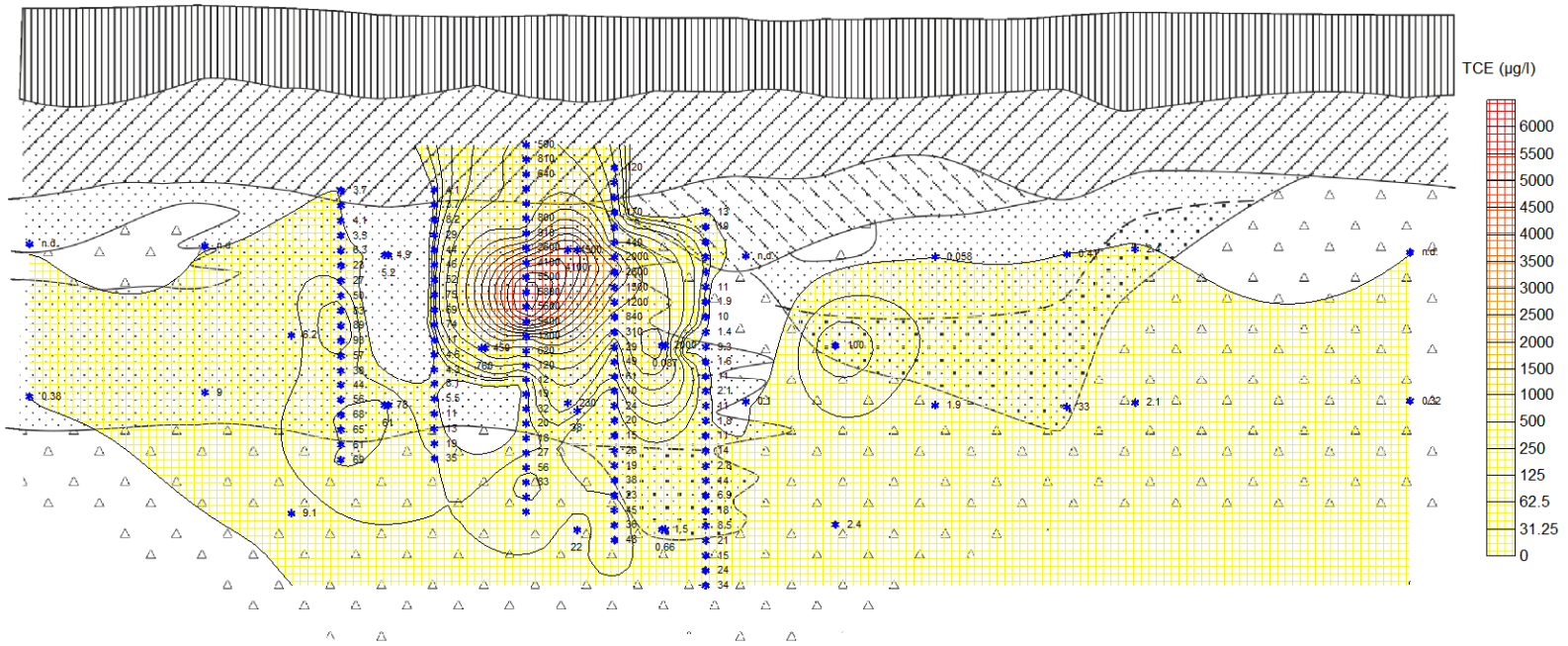


Figure 2. Distribution of TCE.

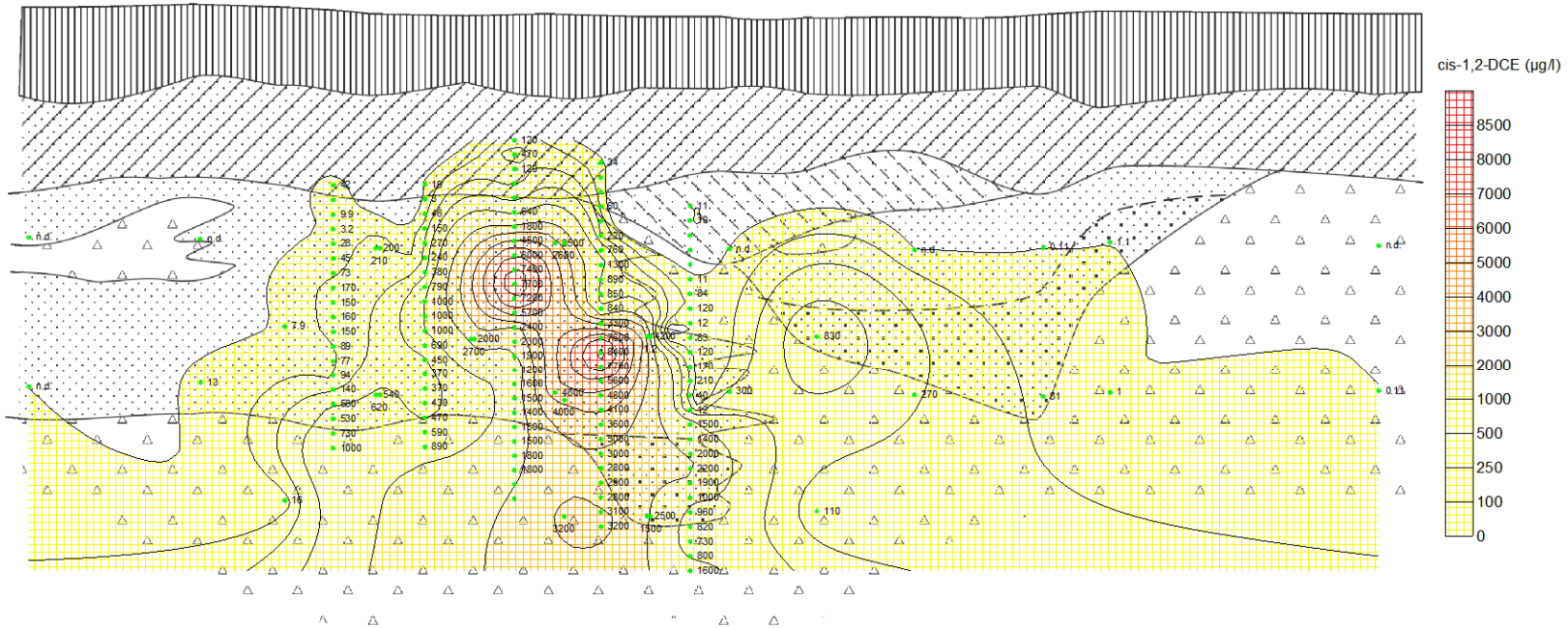


Figure 3. Distribution of cis-1,2-DCE.

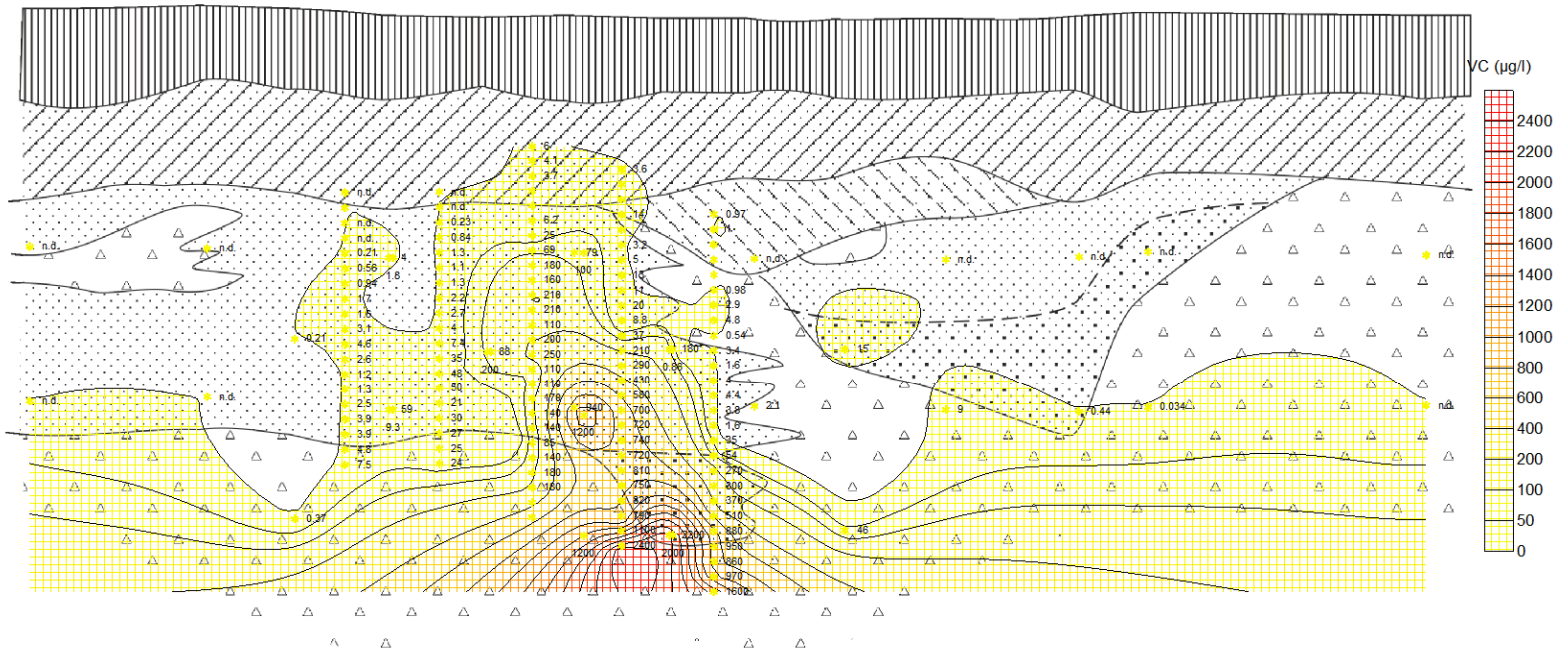


Figure 4. Distribution of vinylchloride.

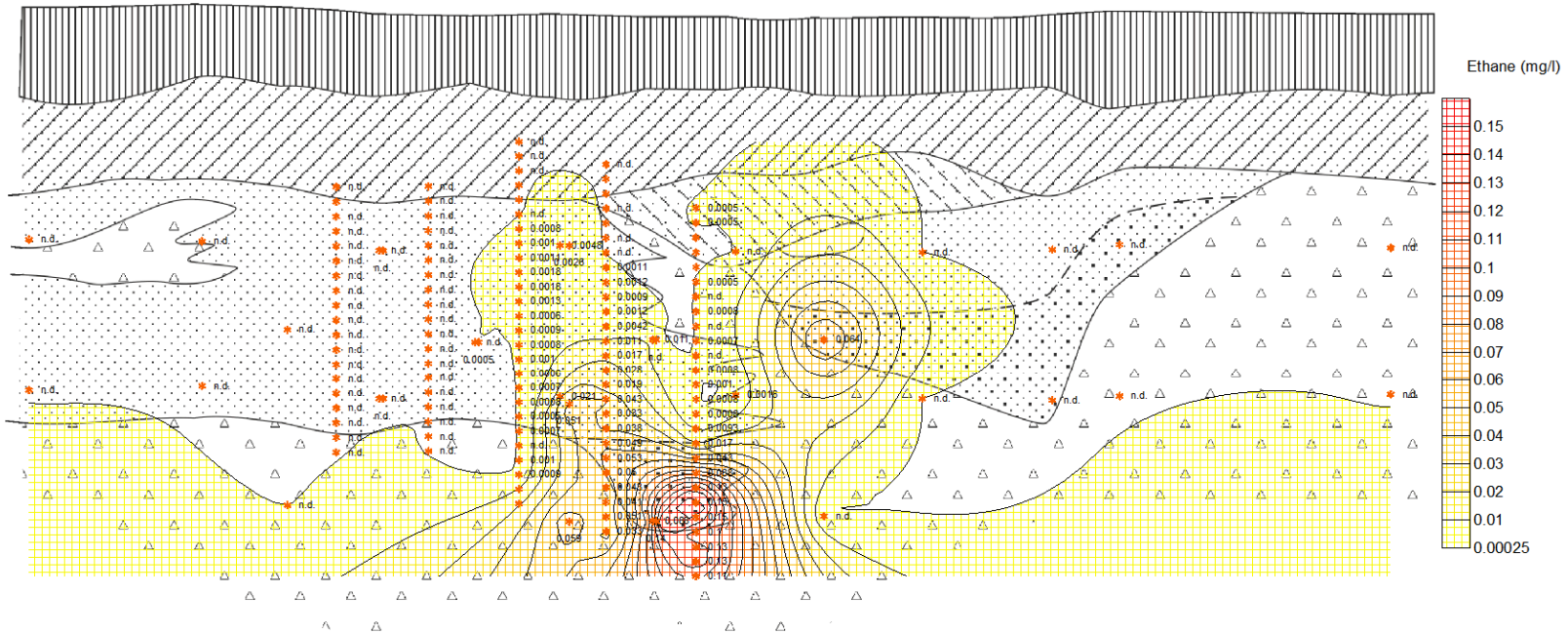


Figure 5. Distribution of Ethane

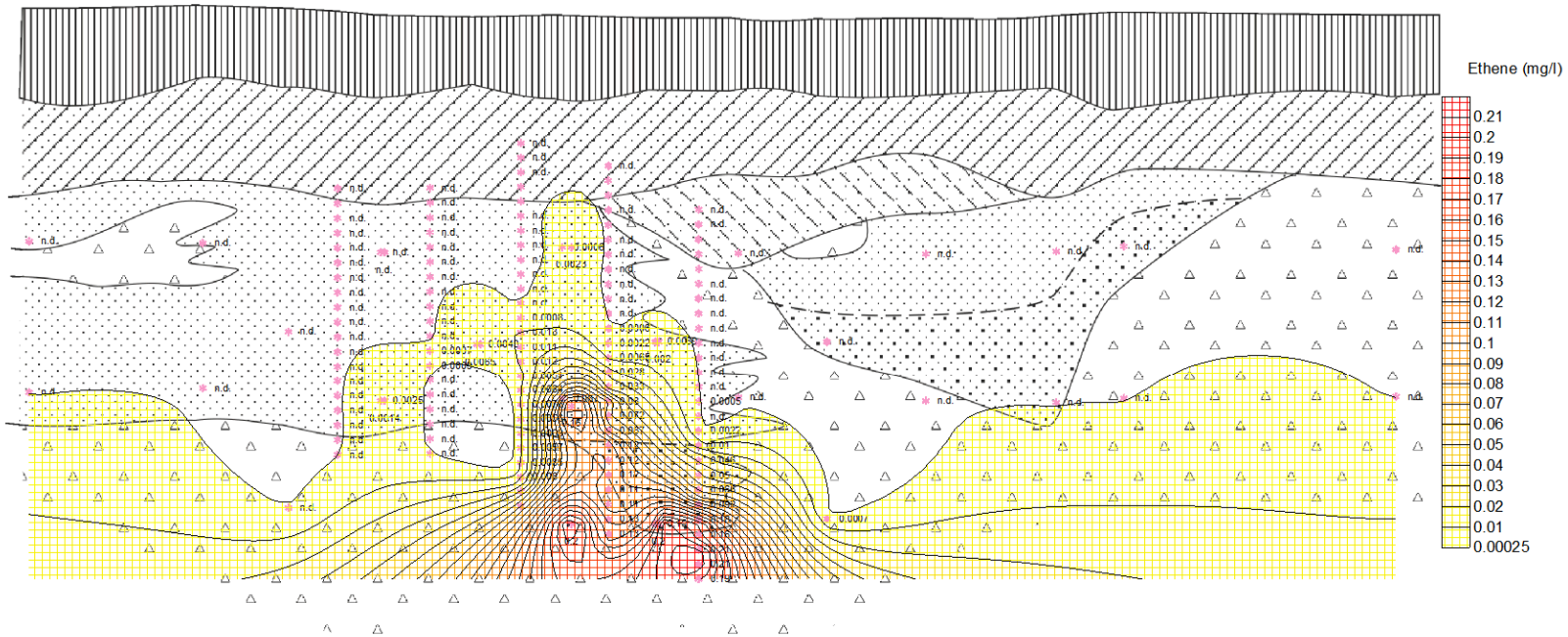


Figure 6. Distribution of Ethene

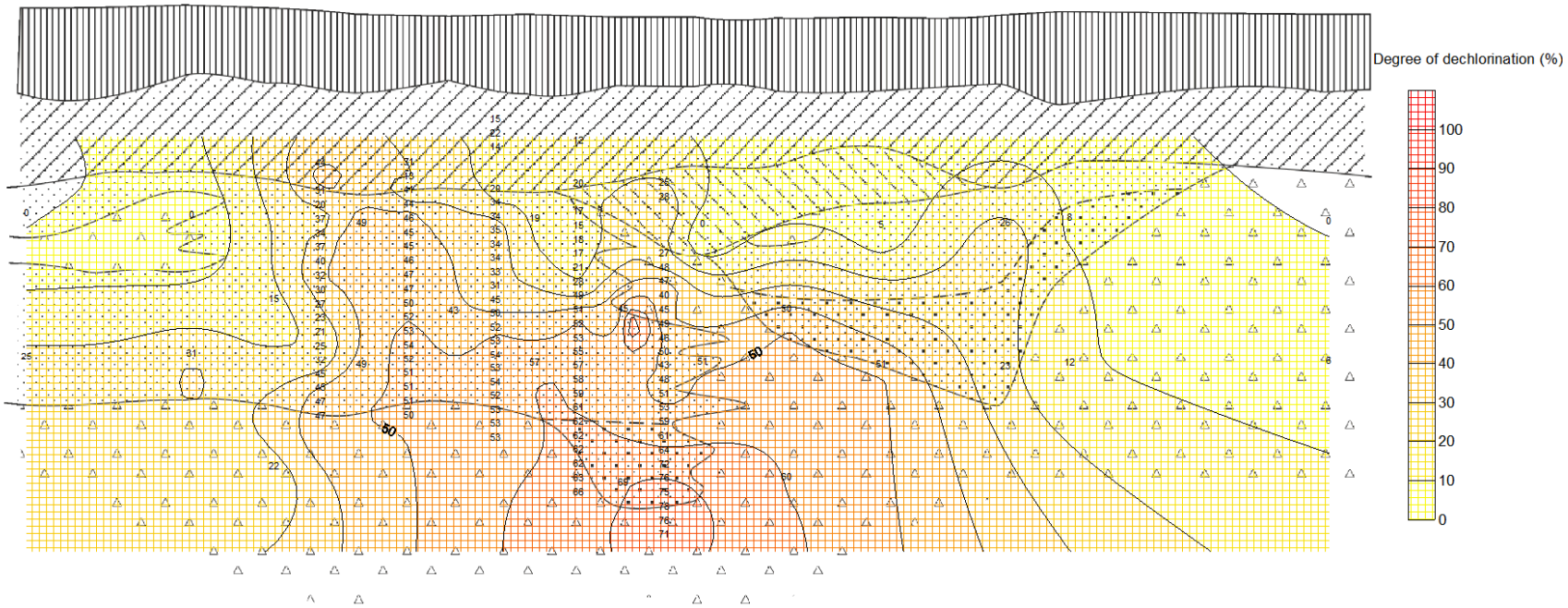


Figure 7. Degree of dechlorination.

Bilag 19. Sammenstilling af data, koncentrationer

Bilag 19 : Sammenstilling af målte grundvandskoncentrationer i februar 2016 med målte grundvandskoncentrationer i februar 2015 (SS-boringer) / september 2015 (F-boringer), de målte koncentrationer med SorbiCell, samt de omregnede flux gennemsnitskoncentrationer fra Fluxsampleren og PFM'en.

	PCE					Forskel til grundvandskoncentration	
Screen	Chem. feb. 2016	Chem. Sep. 2015	Fluxsampler-aver. flux conc	SorbiCell - F-wells	PFM-aver. flux conc	Fluxsampler	PFM
F30-1	59	85	12	15	23	5	3
F30-2	7,4	6,3	0,25	0,35	1,5	#N/A	5
F35-2	520	930	33	200	210	16	2
F40-1	19	0,64	0,58	0,65	7,0	33	3
F40-2	13.000	14.000	408	199	10.294	32	1
F45-1	0,39	0,07	0,20	0,05	1,7	#N/A	0,24
F45-2	38	7,1	2,2	0,10	5,9	18	6
SS30-1	60	85	1,1	#N/A	0,01	56	#N/A
SS30-2	9,4	8,7	0,64	#N/A	0,01	15	#N/A
SS35-1	700	1.200	9,2	#N/A	0,01	76	#N/A
SS40-1	30	2.800	8,7	#N/A	0,01	3	#N/A
SS40-2	0,11	0,06	0,23	#N/A	0,01	0,48	#N/A
SS40-3	12.000	14.000	40	#N/A	0,01	301	#N/A
SS45-1	0,18	0,03	0,05	#N/A	0,01	#N/A	#N/A
SS45-2	0,01	0,45	0,10	#N/A	0,01	#N/A	#N/A
	TCE						
	Chem. feb. 2016	Chem. Sep. 2015	Fluxsampler-aver. flux conc	SorbiCell - F-wells	PFM-aver. flux conc		
F30-1	78	80	21	19	65	4	1
F30-2	4,9	5,1	0,89	0,70	4,9	6	1
F35-2	450	1.100	45	150	358	10	1
F40-1	230	28	0,86	0,49	8,3	269	28
F40-2	4.500	3.900	136	96	3.706	33	1
F45-1	1,5	0,93	0,15	0,05	8,9	#N/A	0,17
F45-2	2.000	560	31	3,8	120	65	17
SS30-1	61	79	1,2	#N/A	0,01	49	#N/A
SS30-2	5,2	8,8	1,0	#N/A	0,01	5	#N/A
SS35-1	760	1.300	16	#N/A	0,01	49	#N/A
SS40-1	22	2.300	7,0	#N/A	0,01	3	#N/A
SS40-2	38	76	0,32	#N/A	0,01	117,46	#N/A
SS40-3	4.100	4.600	24	#N/A	0,01	174	#N/A
SS45-1	0,66	0,82	0,13	#N/A	0,01	5	#N/A
SS45-2	0,09	0,44	0,13	#N/A	0,01	0,69	#N/A
	cis-1,2-DCE						
	Chem. feb. 2016	Chem. Sep. 2015	Fluxsampler-aver. flux conc	SorbiCell - F-wells	PFM-aver. flux conc		
F30-1	540	750	128	160	438	4	1
F30-2	200	140	95	120	215	2	1
F35-2	2.000	1.800	722	1.200	1.866	3	1
F40-1	4.800	4.300	1.345	1.100	4.169	4	1
F40-2	3.500	2.500	4.293	1.473	4.923	1	1
F45-1	2.500	1.400	196	25	454	13	6
F45-2	4.200	4.400	1.607	570	3.980	3	1
SS30-1	620	590	52	#N/A	46	12	13
SS30-2	210	260	15	#N/A	47	14	4
SS35-1	2.700	3.100	846	#N/A	535	3	5
SS40-1	3.200	2.400	651	#N/A	546	5	6
SS40-2	4.000	4.500	1.446	#N/A	3.615	3	1
SS40-3	2.600	2.600	1.136	#N/A	1.093	2	2
SS45-1	1.500	1.600	729	#N/A	579	2	3
SS45-2	1,2	2,9	8,4	#N/A	0,00	0,14	#N/A
	VC						
	Chem. feb. 2016	Chem. Sep. 2015	Fluxsampler-aver. flux conc	SorbiCell - F-wells	PFM-aver. flux conc		
F30-1	59	2,2	1,9	1,9	4,5	31	13
F30-2	4,0	1,1	1,0	0,35	0,01	4	#N/A
F35-2	88	40	21	14	16	4	5
F40-1	940	760	293	320	530	3	2
F40-2	79	14	16	4,5	36	5	2
F45-1	2.200	2.200	676	197	1.482	3	1
F45-2	180	59	27	71	27	7	7
SS30-1	9,3	2,4	4,4	#N/A	0,01	2	#N/A
SS30-2	1,8	0,61	0,57	#N/A	0,01	3	#N/A
SS35-1	200	13	7,7	#N/A	24	26	8
SS40-1	1.200	87	45	#N/A	51	27	23
SS40-2	1.200	550	75	#N/A	408	16	3
SS40-3	100	15	60	#N/A	90	2	1
SS45-1	2.000	980	153	#N/A	234	13	9
SS45-2	0,86	0,21	3,9	#N/A	0,01	0	#N/A

Med GULT er markeret resultater, hvor der ikke blev påvist den pågældende forureningskomponent i målinger. For disse målinger er angivet ½ gange detektionsgrænsen, som er anvendt i de efterfølgende afbildninger.

Chem. feb. 20156 Resultater fra grundvandsprøver, sep. 2016.

Chem. Sep. 2015: Resultater fra grundvandsprøver, sep. 2015 (F-boringer) / Feb. 2015 (SS-boringer).

Fluxsampler-aver. flux conc. : Beregnet flux gennemsnitskoncentration for Fluxsampler

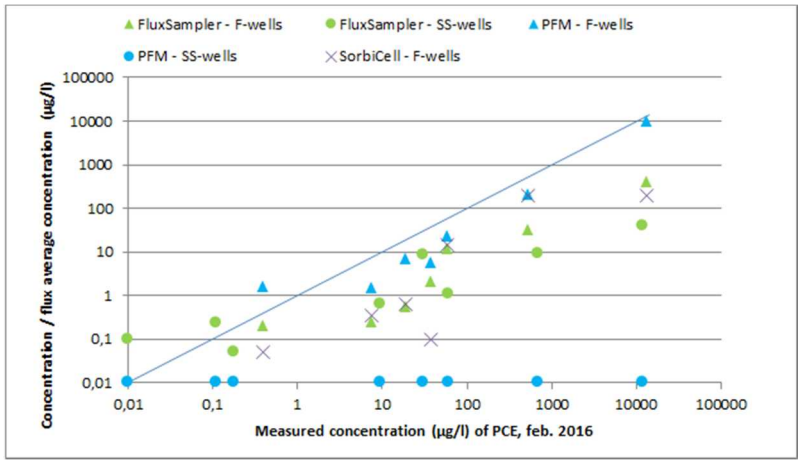
SorbiCell: Målt gennemsnitsgrundvandskoncentration

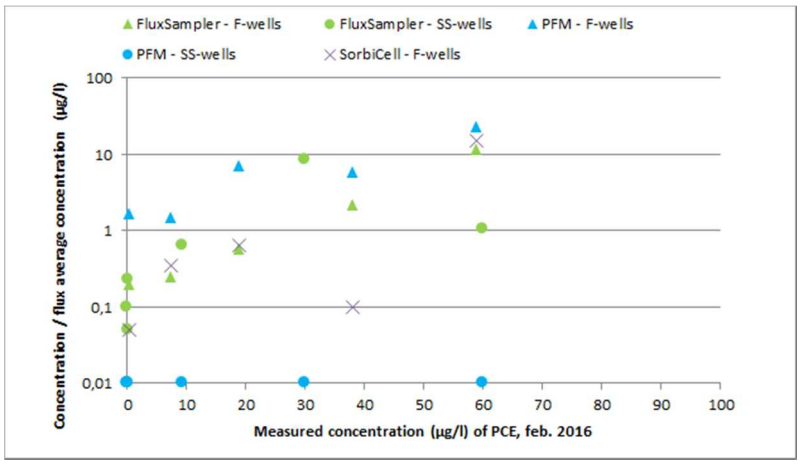
PFM-aver. flux conc. : Beregnet flux gennemsnitskoncentration for PFM

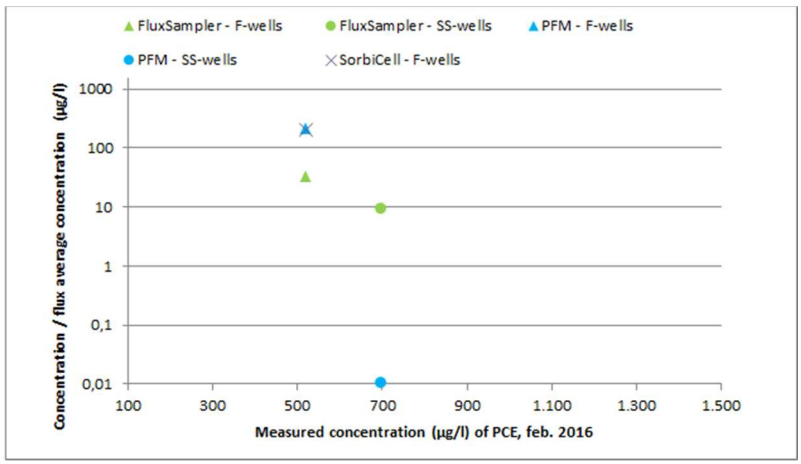
#N/A: Ingen målinger

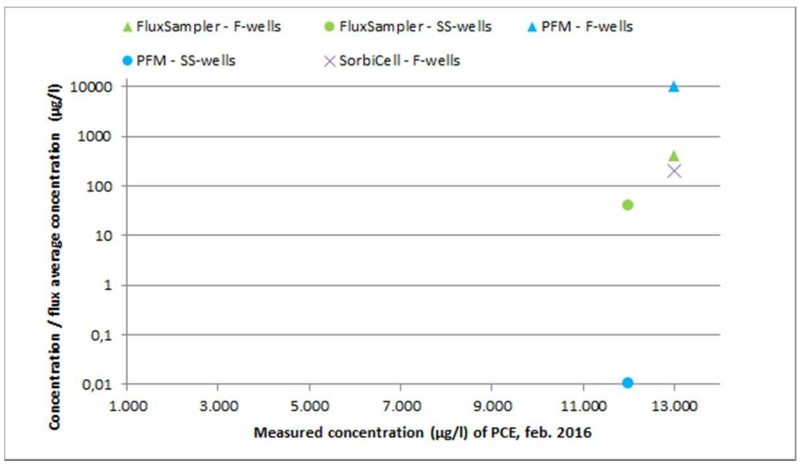
I omstående figurer er resultaterne afbildet som funktion af koncentrationen i februar 2016. Afbildningerne er dels foretages på dobbelt logaritmisk skala for at vise den overordnede sammenhæng over de påviste spænd af koncentrationer, dels i enkelt logaritmisk skala for PCE og TCE, da koncentrationen af disse varierer meget for Fluxsampleren og PFM, mens afbildningerne for cis-1,2-DCE og vinylchlorid er afbildet i normal format.

PCE

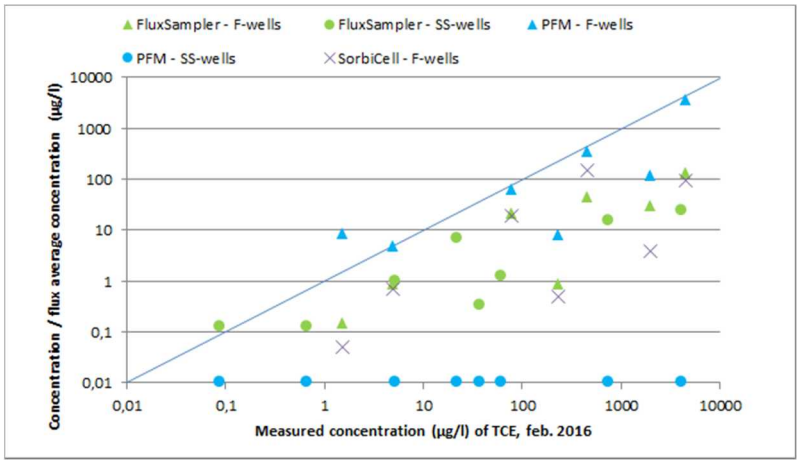

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
100000
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
0,01
0,1
1
10
100
1000
10000
100000
Measured concentration (µg/l) of PCE, feb. 2016

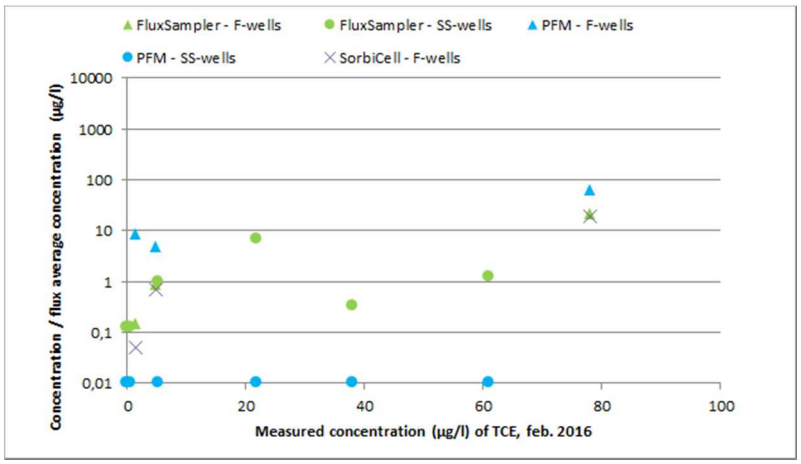

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
100
10
1
0,1
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Measured concentration (µg/l) of PCE, feb. 2016

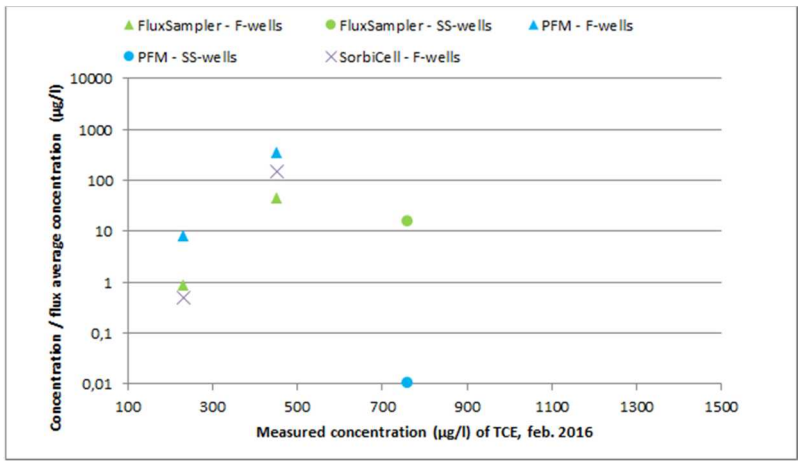

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
1000
100
10
1
0,1
0,01
100
300
500
700
900
1.100
1.300
1.500
Measured concentration (µg/l) of PCE, feb. 2016

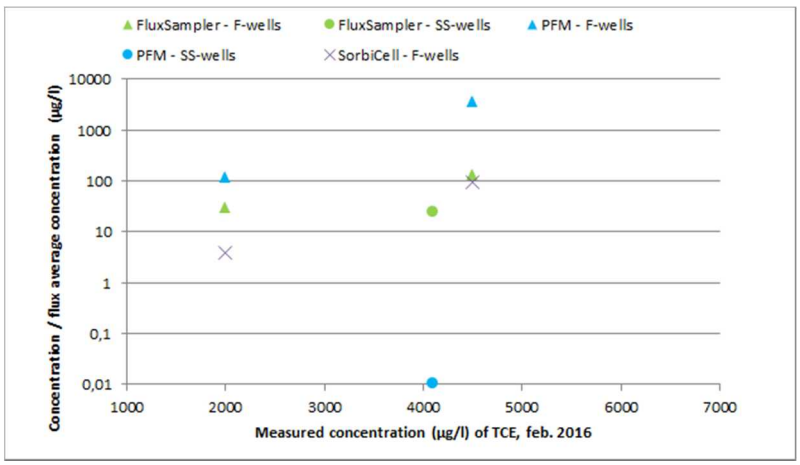

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
1.000
3.000
5.000
7.000
9.000
11.000
13.000
Measured concentration (µg/l) of PCE, feb. 2016

TCE

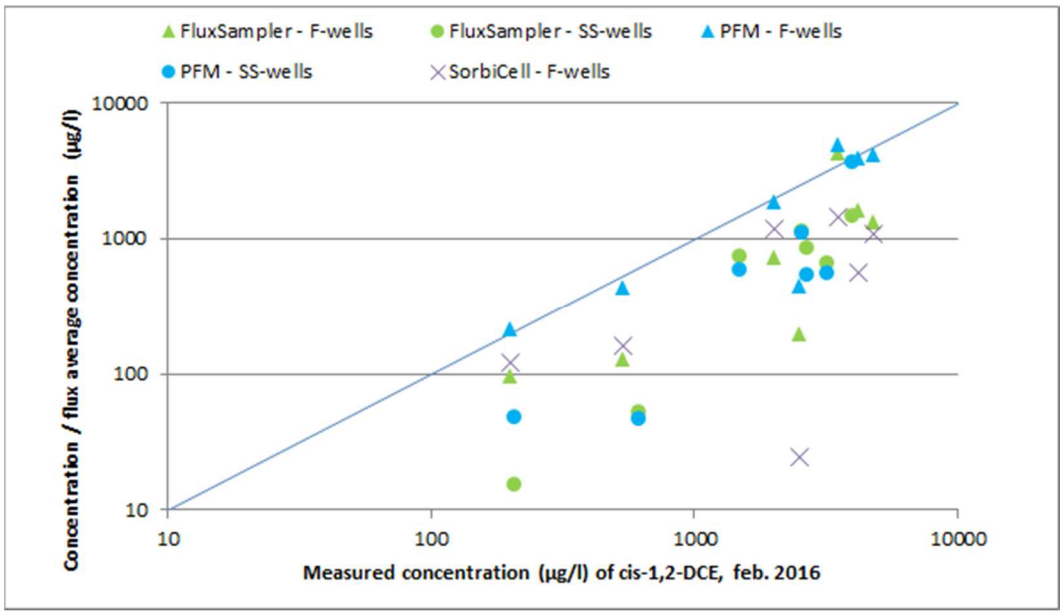

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
0,01
0,1
1
10
100
1000
10000
Measured concentration (µg/l) of TCE, feb. 2016

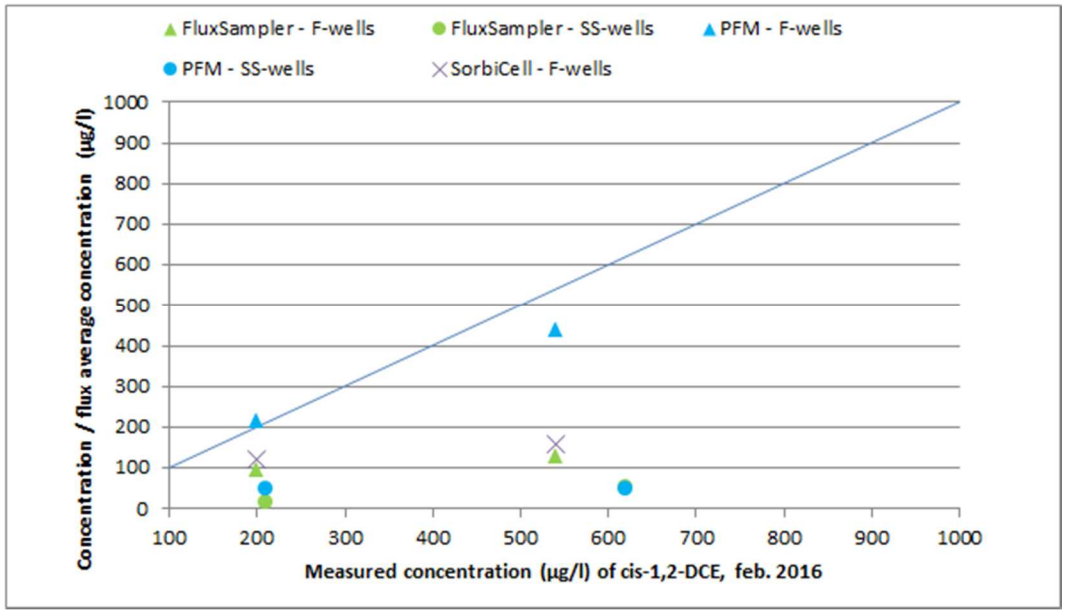

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
0
20
40
60
80
100
Measured concentration (µg/l) of TCE, feb. 2016

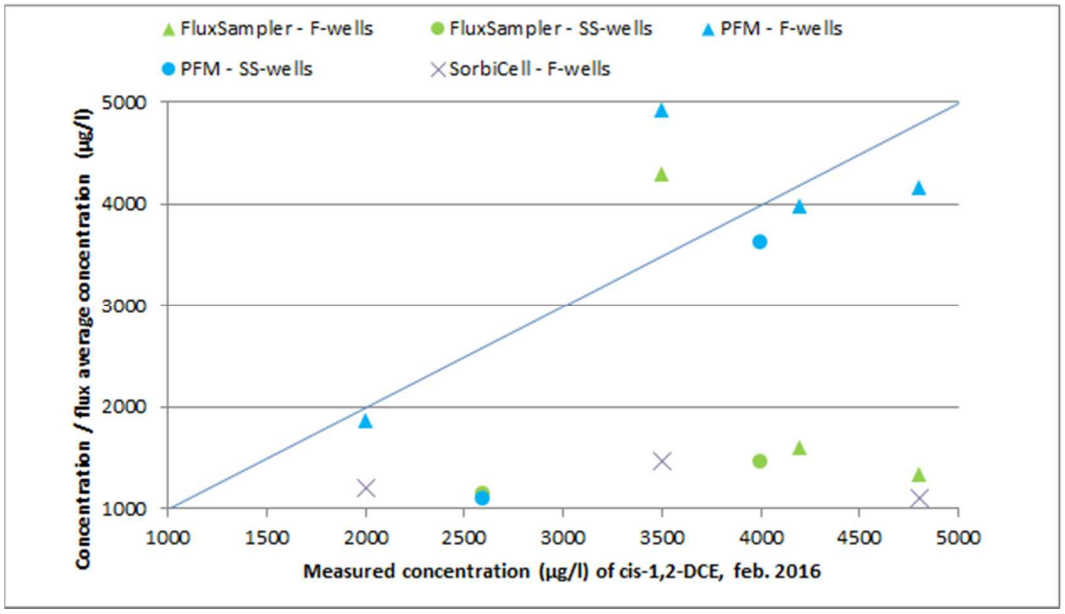

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
100
300
500
700
900
1100
1300
1500
Measured concentration (µg/l) of TCE, feb. 2016


FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
Measured concentration (µg/l) of TCE, feb. 2016

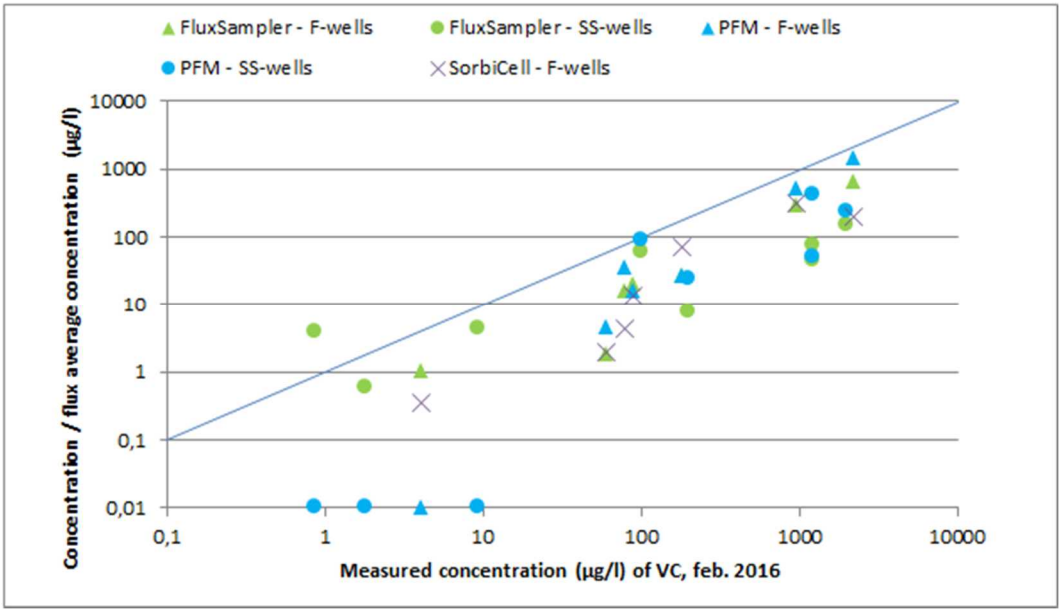
Cis-1,2-DCE

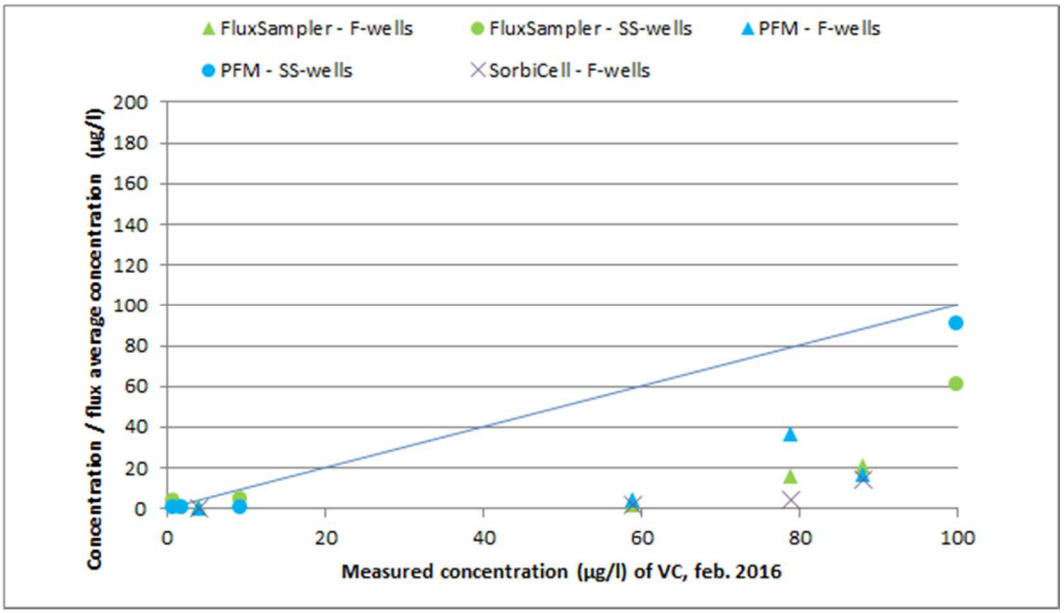

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
10000
1000
100
10
10
100
1000
10000
Measured concentration (µg/l) of cis-1,2-DCE, feb. 2016

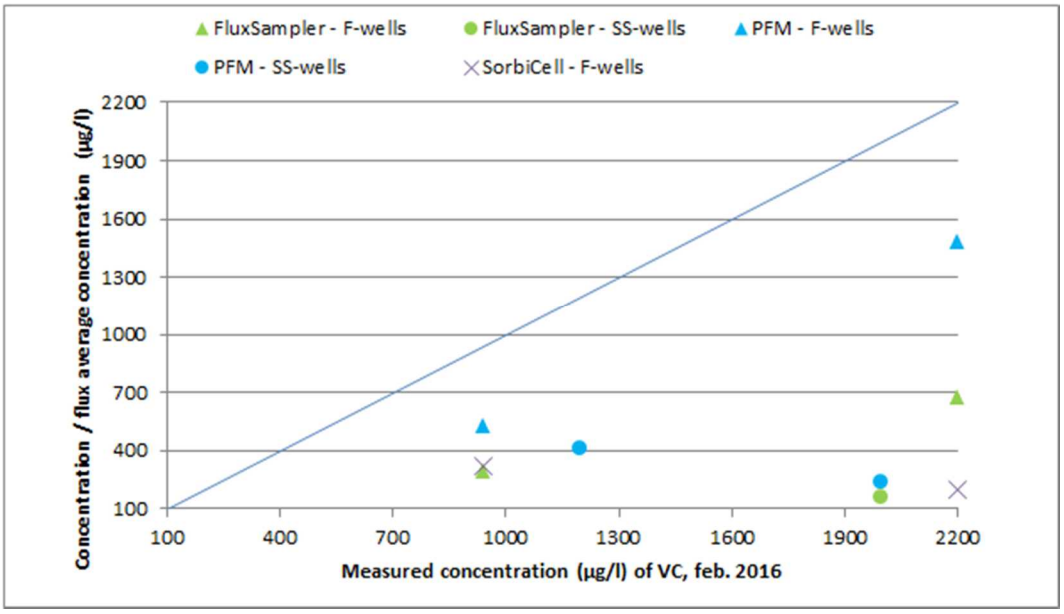

FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Measured concentration (µg/l) of cis-1,2-DCE, feb. 2016


FluxSampler - F-wells
FluxSampler - SS-wells
PFM - F-wells
PFM - SS-wells
SorbiCell - F-wells
Concentration / flux average concentration (µg/l)
5000
4000
3000
2000
1000
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
5000
Measured concentration (µg/l) of cis-1,2-DCE, feb. 2016

Vinylchlorid







Bilag 20. Sammenstilling af data, Flux.

Bilag 20 : Sammenstilling af flux værdier

	PCE (µg/m²/day)				
Well	Measured with Fluxsampler	Measured with PFM	Measured with PFM,2	Calculated from chem. ana and slug	Calculated from chem. ana and PVP
F30-1	1.724	822	815	463	#N/A
F30-2	<40	114	89	49	#N/A
F35-2	2.845	3.752	4.626	3.979	#N/A
F40-1	53	300	298	152	#N/A
F40-2	38.130	330.583	234.120	89.160	#N/A
F45-1	<40	55	60	21	#N/A
F45-2	128	140	119	188	#N/A
SS30-1	66	0	0	#N/A	15.084
SS30-2	77	0	0	122	#N/A
SS35-2	836	0	0	4.544	5.775
SS40-1	469	0	0	1.695	#N/A
SS40-2	19	0	0	12	7
SS40-3	3.193	0	0	77.884	#N/A
SS45-1	<8	0	0	1	10
SS45-2	<8	0	0	#N/A	<
	TCE (µg/m²/day)				
Well	Measured with Fluxsampler	Measured with PFM	Measured with PFM,2	Calculated from chem. ana and slug	Calculated from chem. ana and PVP
F30-1	3.111	2.318	2.304	613	#N/A
F30-2	70	310	271	33	#N/A
F35-2	3.867	6.542	7.773	3.443	#N/A
F40-1	78	331	349	1.841	#N/A
F40-2	12.673	118.387	83.391	30.863	#N/A
F45-1	<30	326	319	79	#N/A
F45-2	1.815	3.332	2.432	9.915	#N/A
SS30-1	77	0	0	#N/A	15.335
SS30-2	122	0	0	68	#N/A
SS35-2	1.419	0	0	4.934	6.270
SS40-1	377	0	0	1.243	#N/A
SS40-2	27	0	0	4.071	2.291
SS40-3	1.888	0	0	26.611	#N/A
SS45-1	9	0	0	5	36
SS45-2	5	0	0	#N/A	2
	cis-1,2-DCE (µg/m²/day)				
Well	Measured with Fluxsampler	Measured with PFM	Measured with PFM,2	Calculated from chem. ana and slug	Calculated from chem. ana and PVP
F30-1	18.907	17.346	16.270	4.242	#N/A
F30-2	7.541	18.766	13.499	1.337	#N/A
F35-2	62.063	40.308	41.454	15.303	#N/A
F40-1	122.868	190.525	181.628	38.428	#N/A
F40-2	401.268	155.489	110.924	24.005	#N/A
F45-1	18.487	17.135	18.038	132.322	#N/A
F45-2	95.226	92.797	87.153	20.822	#N/A
SS30-1	3.230	1.297	1.297	#N/A	155.868
SS30-2	1.846	1.261	1.261	2.735	#N/A
SS35-2	76.636	12.200	12.200	17.529	22.275
SS40-1	35.014	23.963	23.963	180.818	#N/A
SS40-2	120.231	180.759	180.759	428.475	241.200
SS40-3	91.078	26.750	26.750	16.875	#N/A
SS45-1	50.945	36.362	36.362	11.623	82.350
SS45-2	330	0	0	#N/A	22
	VC (µg/m²/day)				
Well	Measured with Fluxsampler	Measured with PFM	Measured with PFM,2	Calculated from chem. ana and slug	Calculated from chem. ana and PVP
F30-1	276	359	239	463	#N/A
F30-2	81	0	0	27	#N/A
F35-2	1.792	801	543	673	#N/A
F40-1	26.803	25.910	23.348	7.525	#N/A
F40-2	1.518	1.179	821	542	#N/A
F45-1	63.811	71.158	62.086	116.443	#N/A
F45-2	1.606	473	623	892	#N/A
SS30-1	271	0	0	#N/A	2.338
SS30-2	70	0	0	23	#N/A
SS35-2	698	557	557	1.298	1.650
SS40-1	2.425	2.255	2.255	67.807	#N/A
SS40-2	6.237	20.398	20.398	128.542	72.360
SS40-3	4.847	2.215	2.215	649	#N/A
SS45-1	10.708	14.664	14.664	15.497	109.800
SS45-2	152	0	0	#N/A	16

Measured with Fluxsampler: Målt værdi med Fluxsampler.

Measured with PFM: beregnet ud fra typisk to data for en sampler, jævnfør nederste formel i afsnit 7.6.

Measured with PFM, 2: beregnet ud fra alle data for en sampler, jævnfør øverste formel i afsnit 7.6.

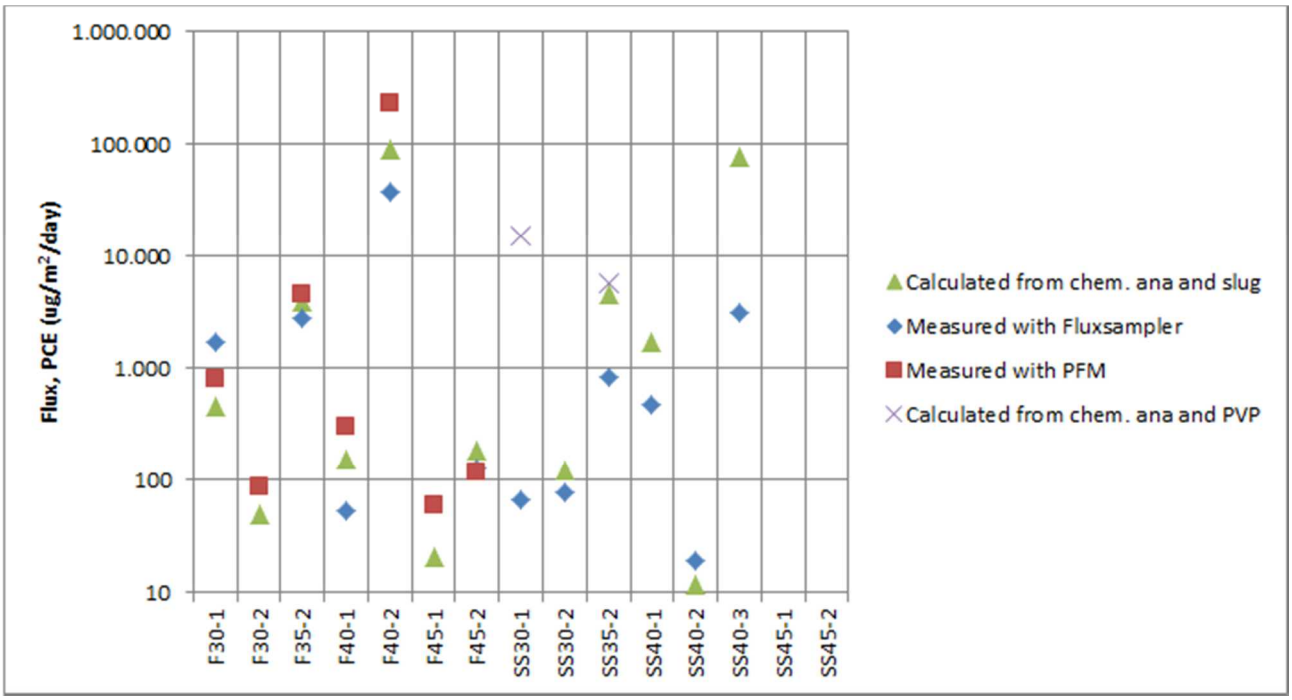
Calculated from chem. ana and slug.: Estimeret ud fra grundvandskoncentrationer i feb. 2016, estimeret hydraulisk ledningsevne fra slugtests samt hydraulisk gradient på 0,2 %.

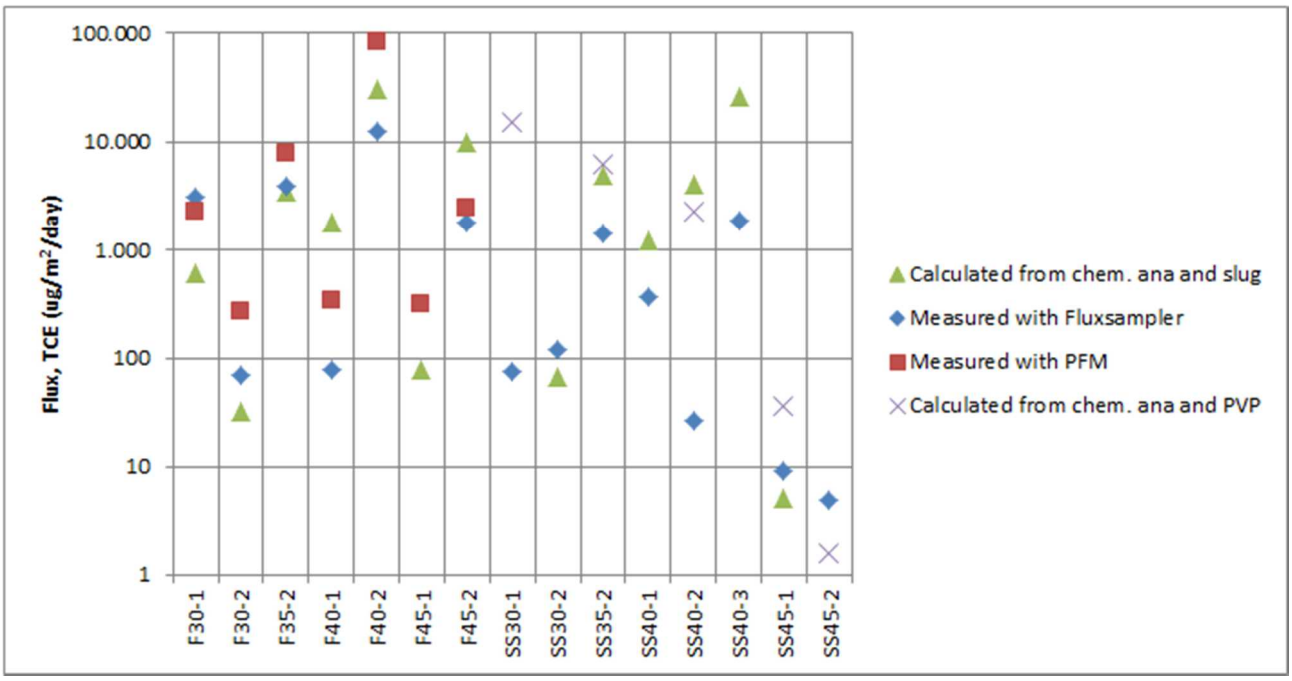
Calculated from chem. ana and PVP.: Estimeret ud fra grundvandskoncentrationer i feb. 2016 samt estimeret darcy hastighed.

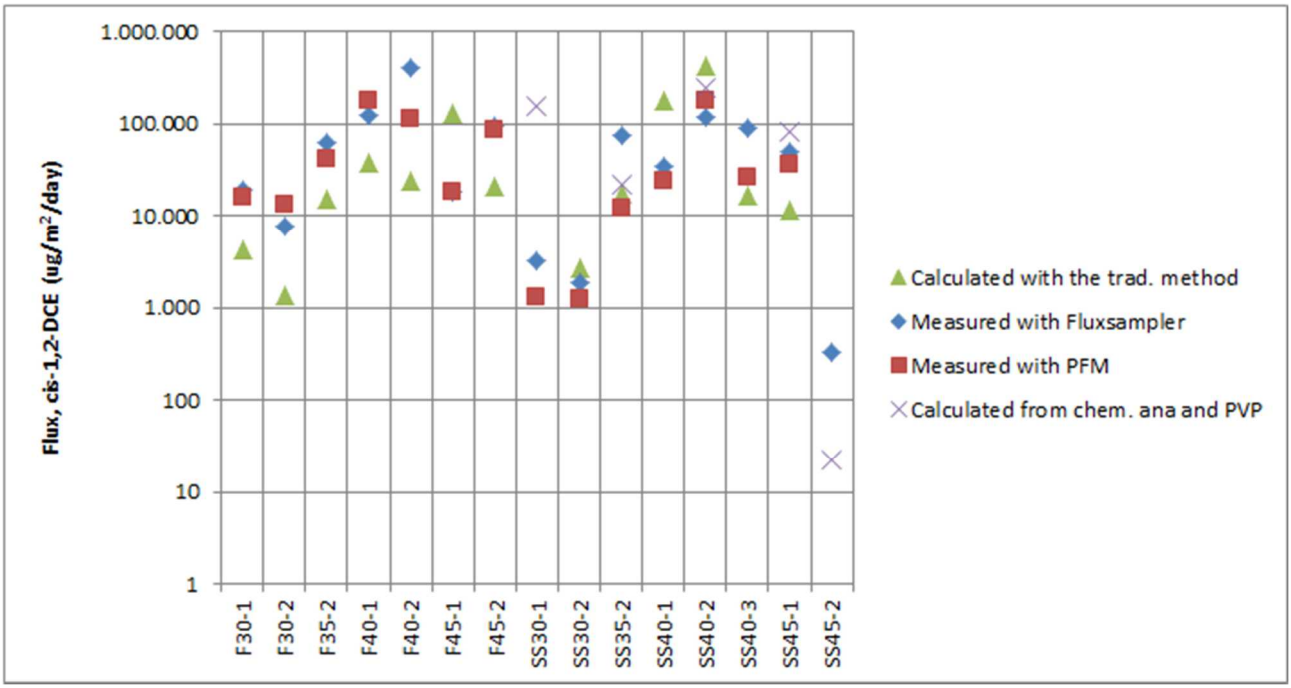
#N/A: Ingen målinger

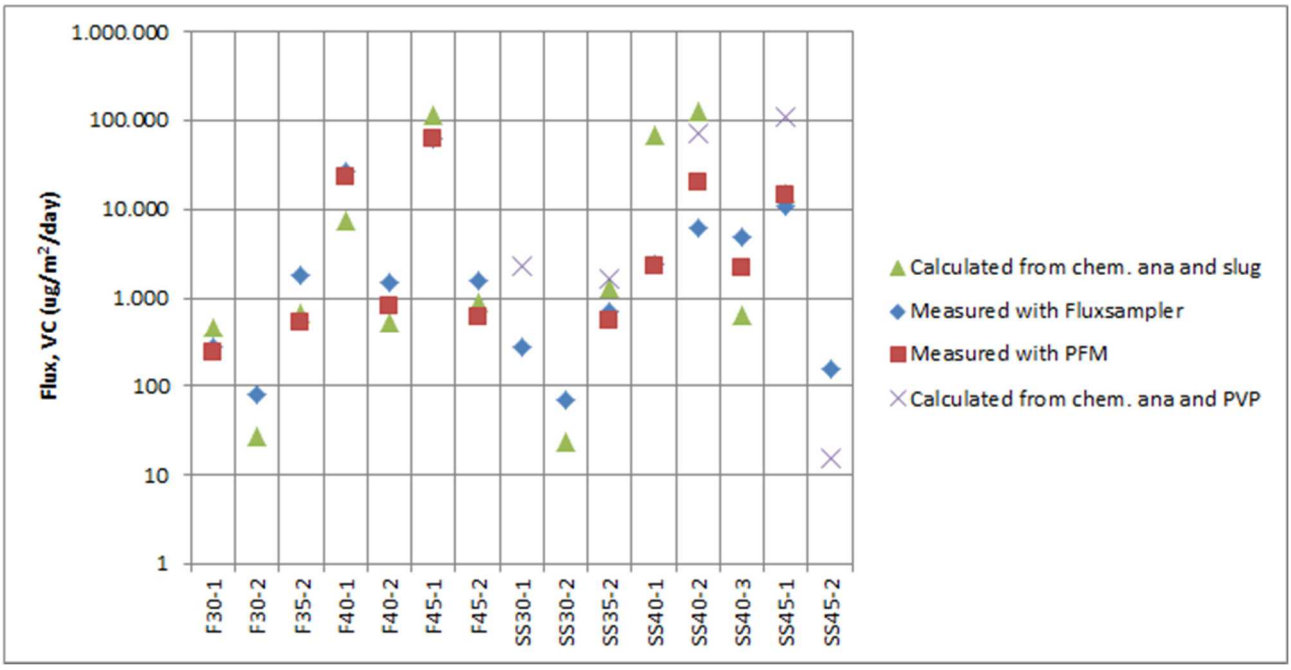
< : mindre end detektionsgrænsen

Resultaterne er opsummeret i nedenstående grafer.

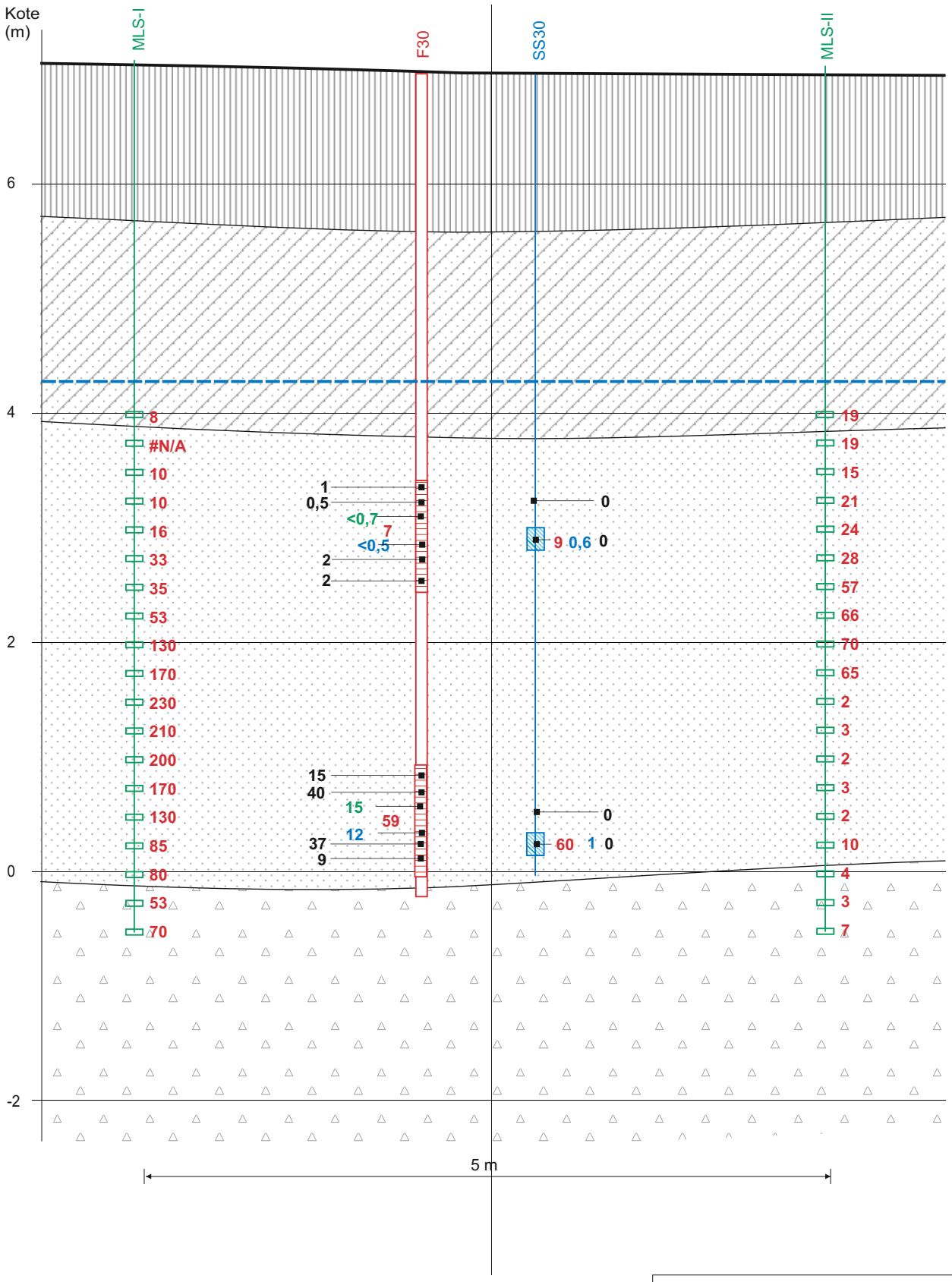





Flux, cis-1,2-DCE (ug/m²/day)
1.000.000
100.000
10.000
1.000
100
10
1
F30-1
F30-2
F35-2
F40-1
F40-2
F45-1
F45-2
SS30-1
SS30-2
SS35-2
SS40-1
SS40-2
SS40-3
SS45-1
SS45-2
Calculated with the trad. method
Measured with Fluxsampler
Measured with PFM
Calculated from chem. ana and PVP


Flux, VC (ug/m²/day)
1.000.000
100.000
10.000
1.000
100
10
1
F30-1
F30-2
F35-2
F40-1
F40-2
F45-1
F45-2
SS30-1
SS30-2
SS35-2
SS40-1
SS40-2
SS40-3
SS45-1
SS45-2
Calculated from chem. ana and slug
Measured with Fluxsampler
Measured with PFM
Calculated from chem. ana and PVP

Bilag 21. Udbredelse af PCE, TCE, cis-1,2-DCE og vinylchlorid samt beregnet dechloreringsgrad i position 30, 35, 40 og 45



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

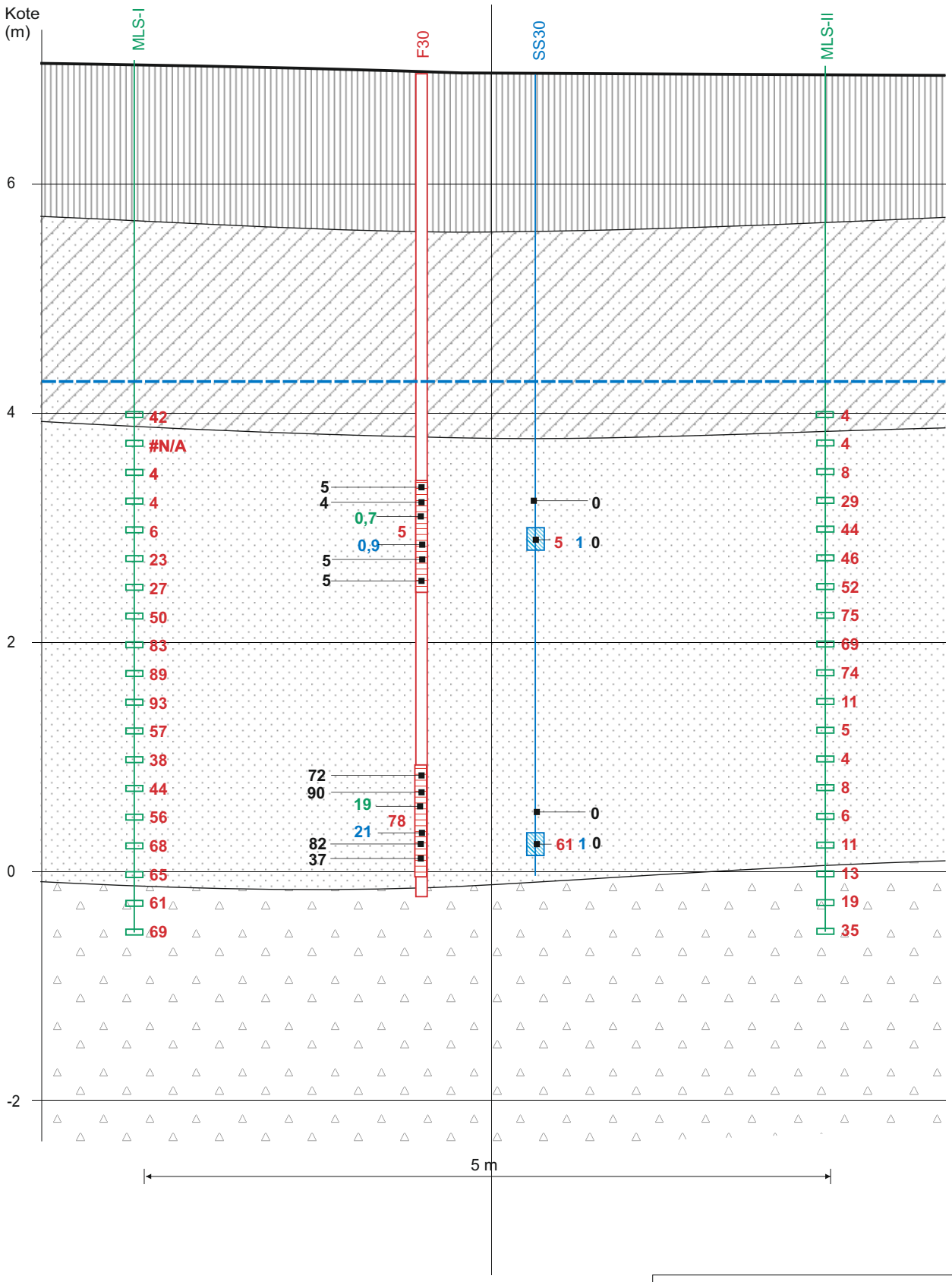
Bilag 21-30a

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af PCE (µg/l)
i position 30

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS1-MLS2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

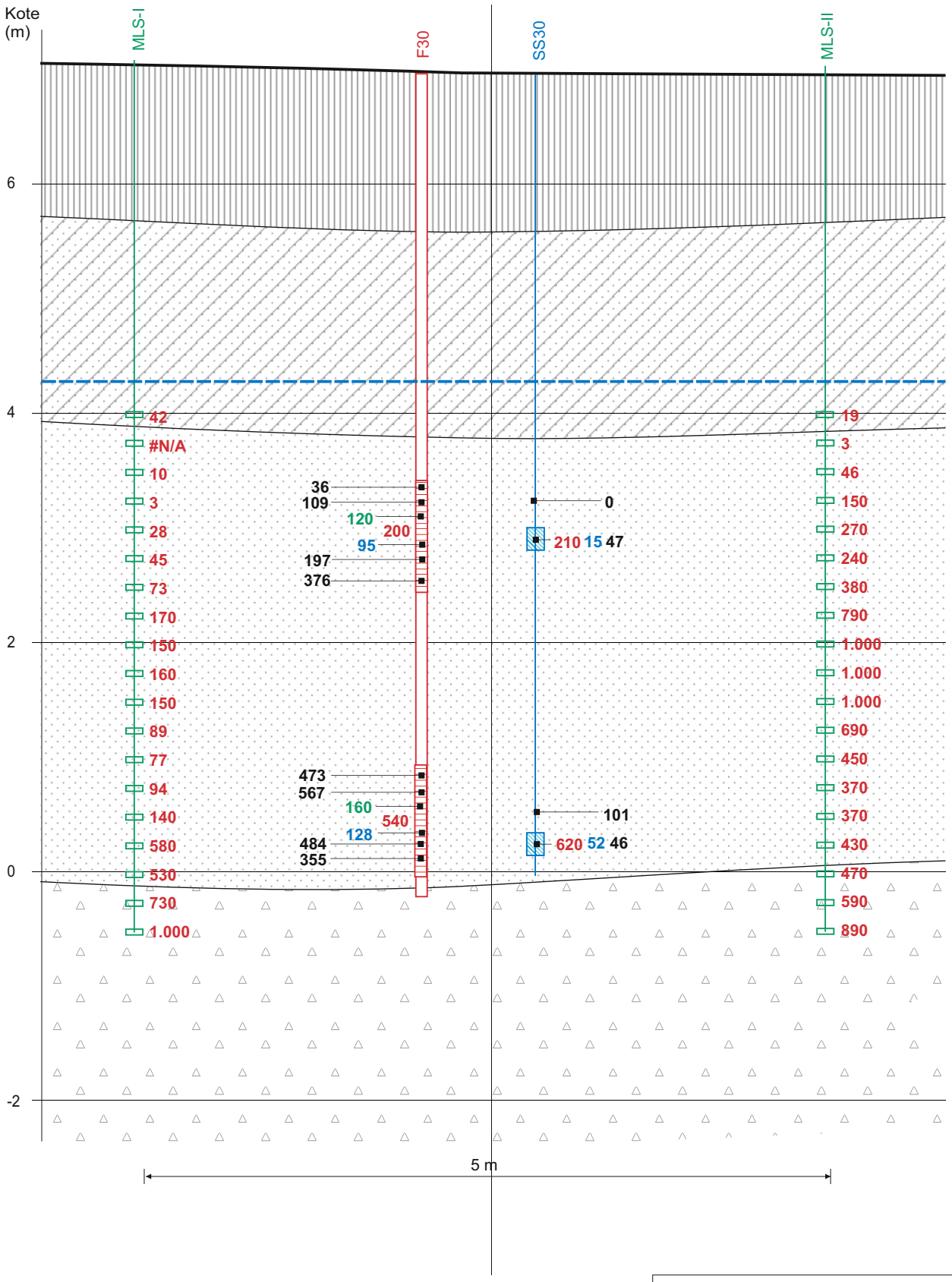
Bilag 21-30b

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af TCE (µg/l)
i position 30

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS1-MLS2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

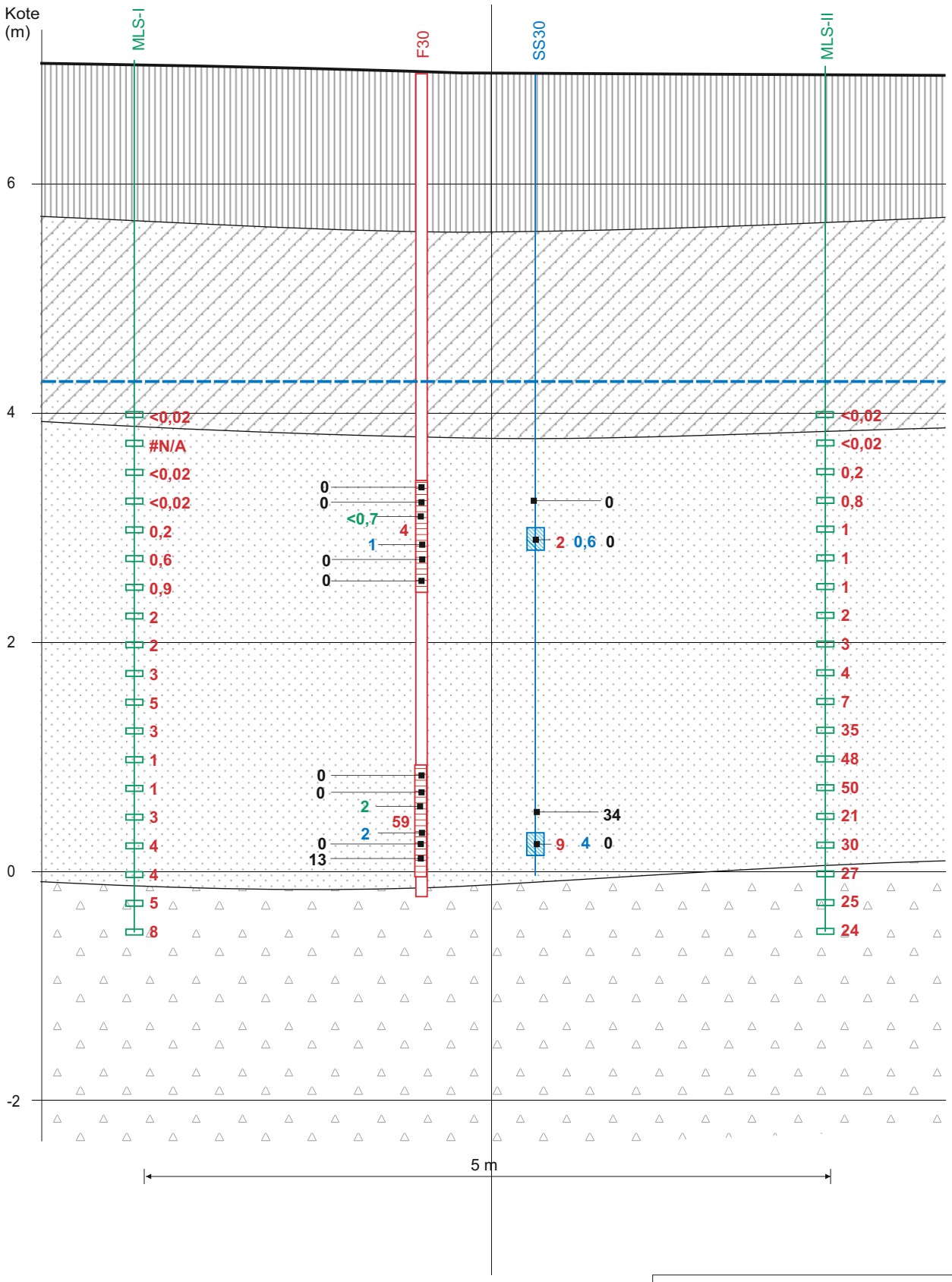
Bilag 21-30c

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af cis-1,2-DCE (µg/l) i position 30

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS1-MLS2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

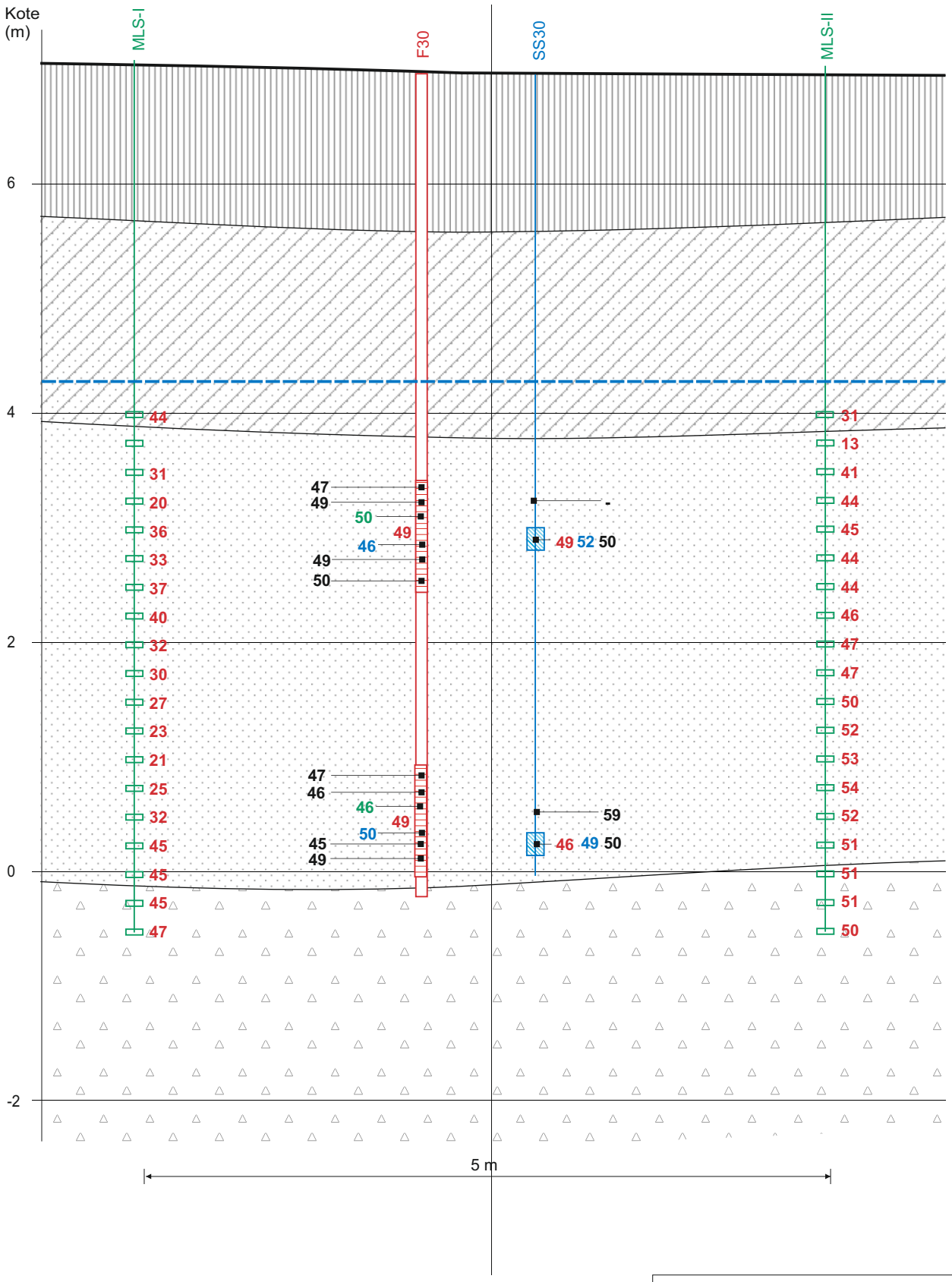
Bilag 21-30d

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af VC (µg/l)
i position 30

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS1-MLS2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

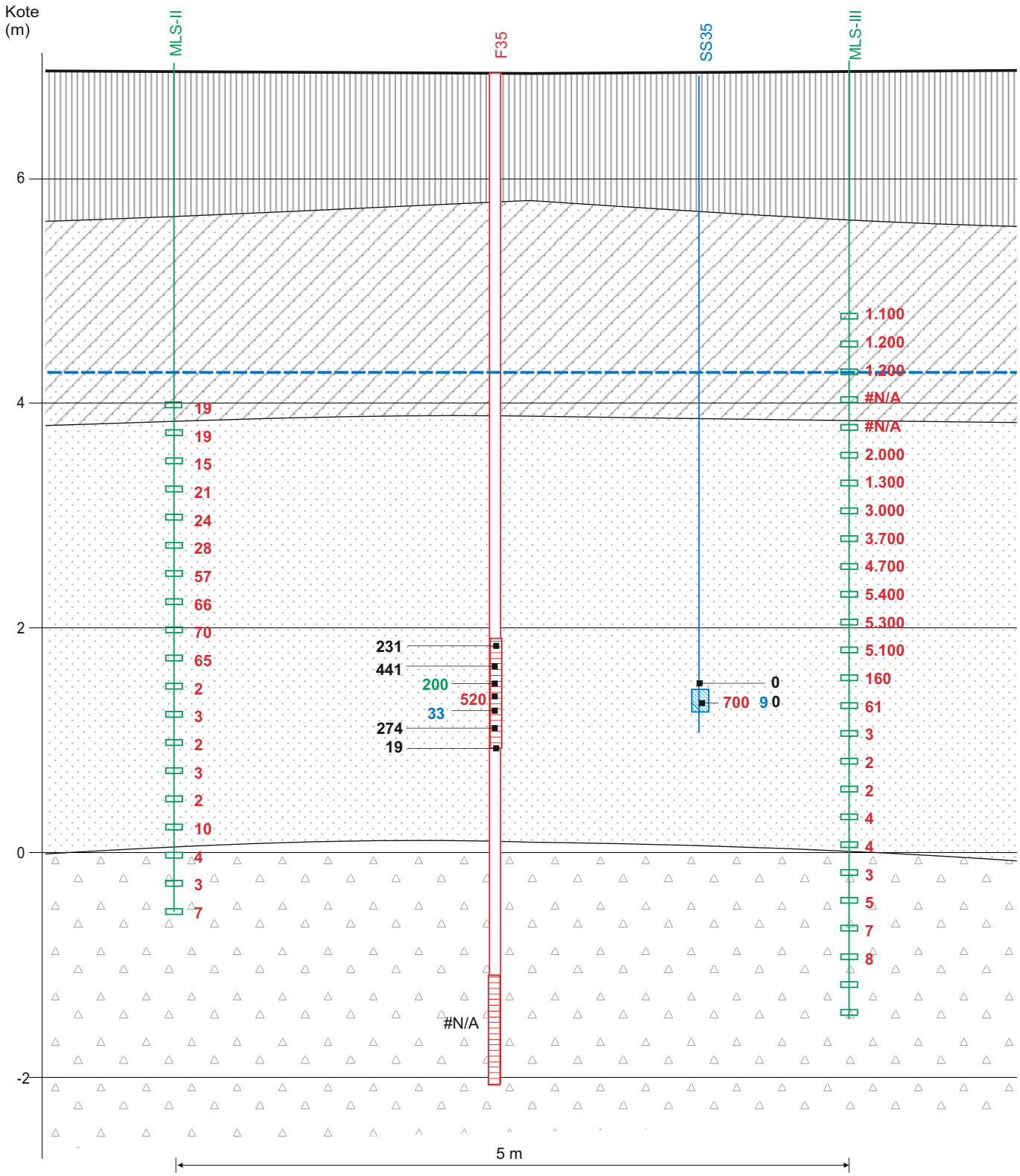
Bilag 21-30e

Vestergade 5, Skuldelev

Beregnet dechloreringsgrad (%)
i position 30

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS1-MLS2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

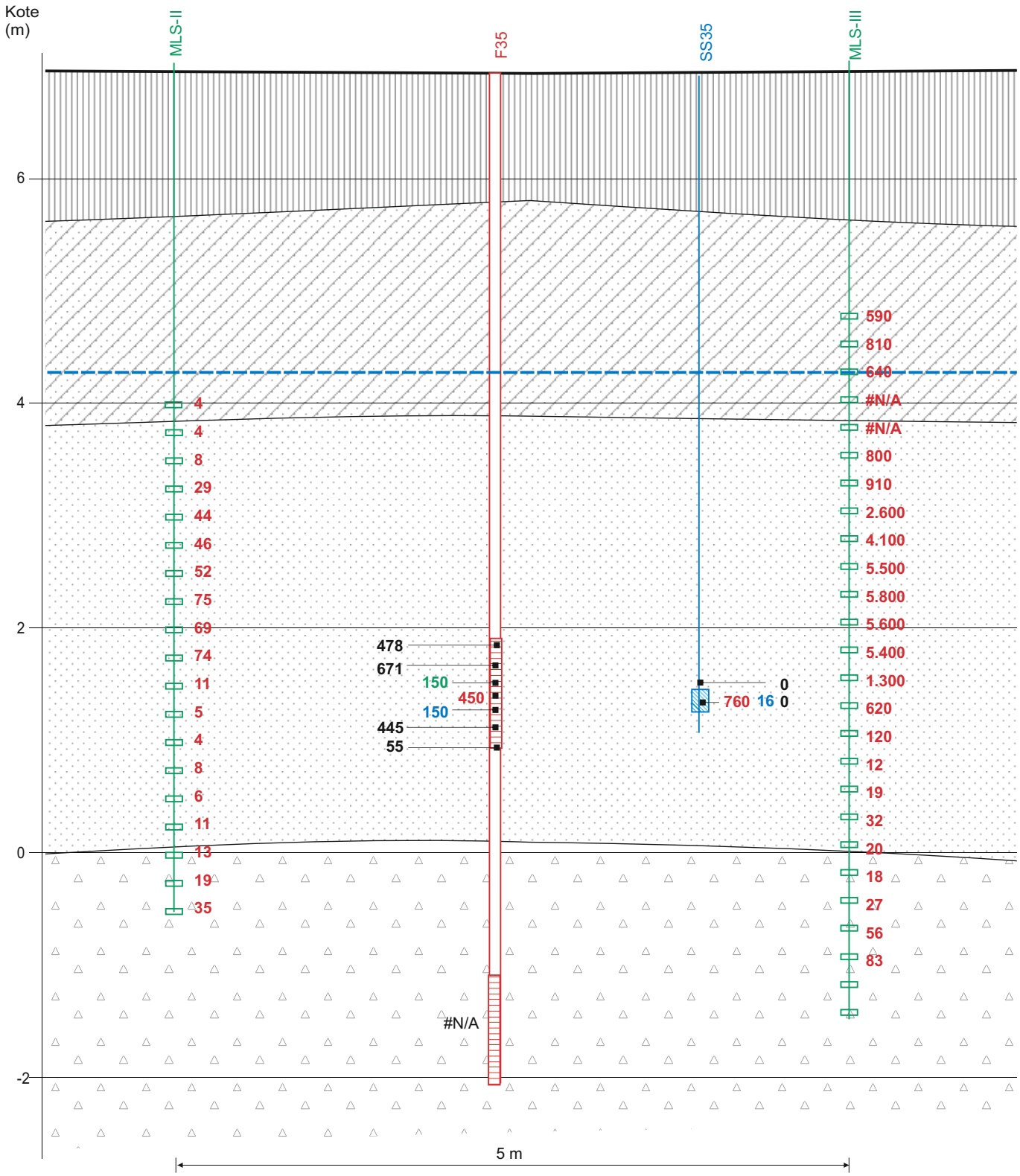
Bilag 21-35a

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af PCE (µg/l) i position 35

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS2-MLS3.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

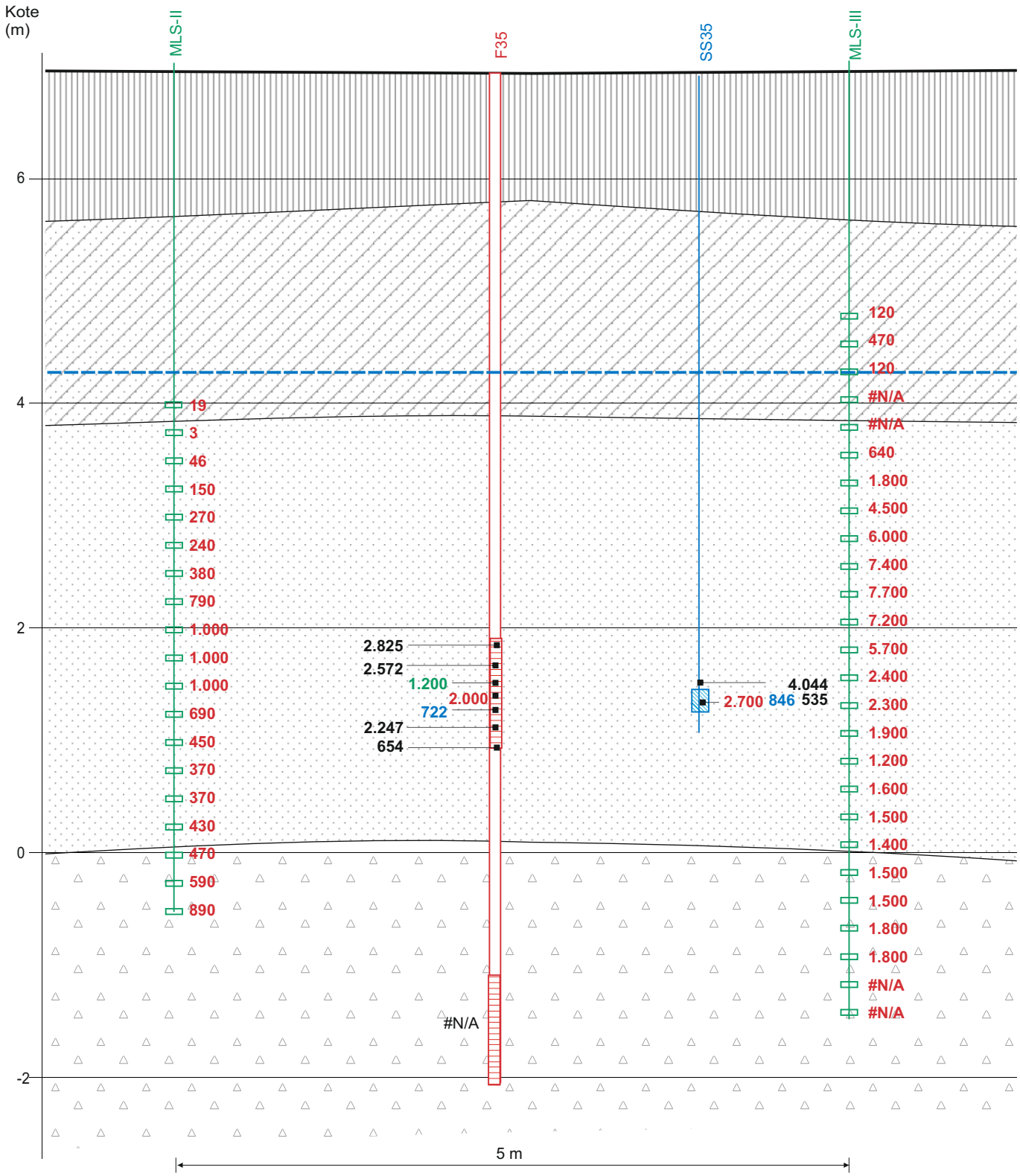
Bilag 21-35b

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af TCE (µg/l) i position 35

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS2-MLS3.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

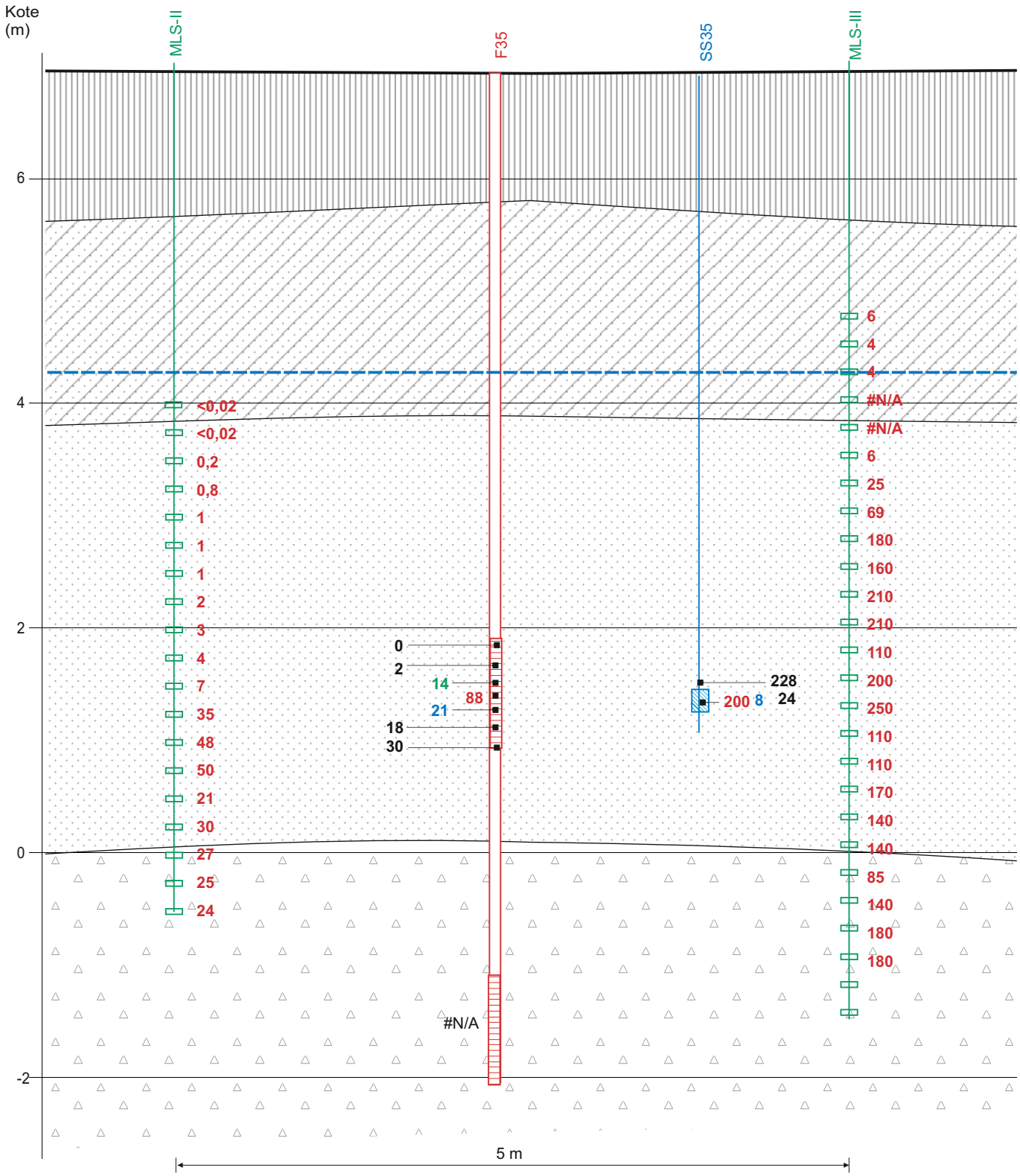
Bilag 21-35c

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af cis-1,2-DCE (µg/l) i position 35

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS2-MLS3.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

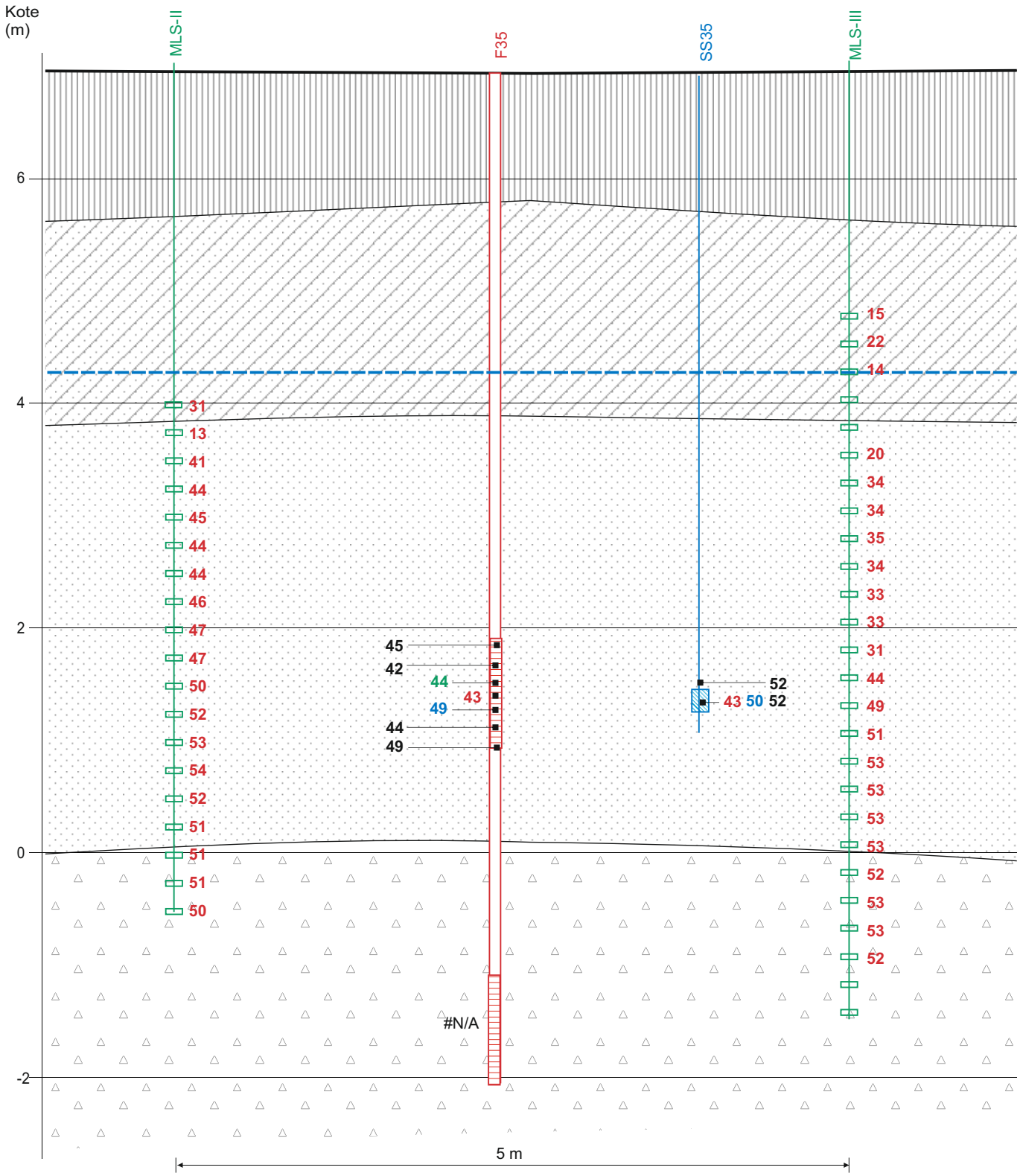
Bilag 21-35d

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af VC (µg/l) i position 35

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS2-MLS3.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

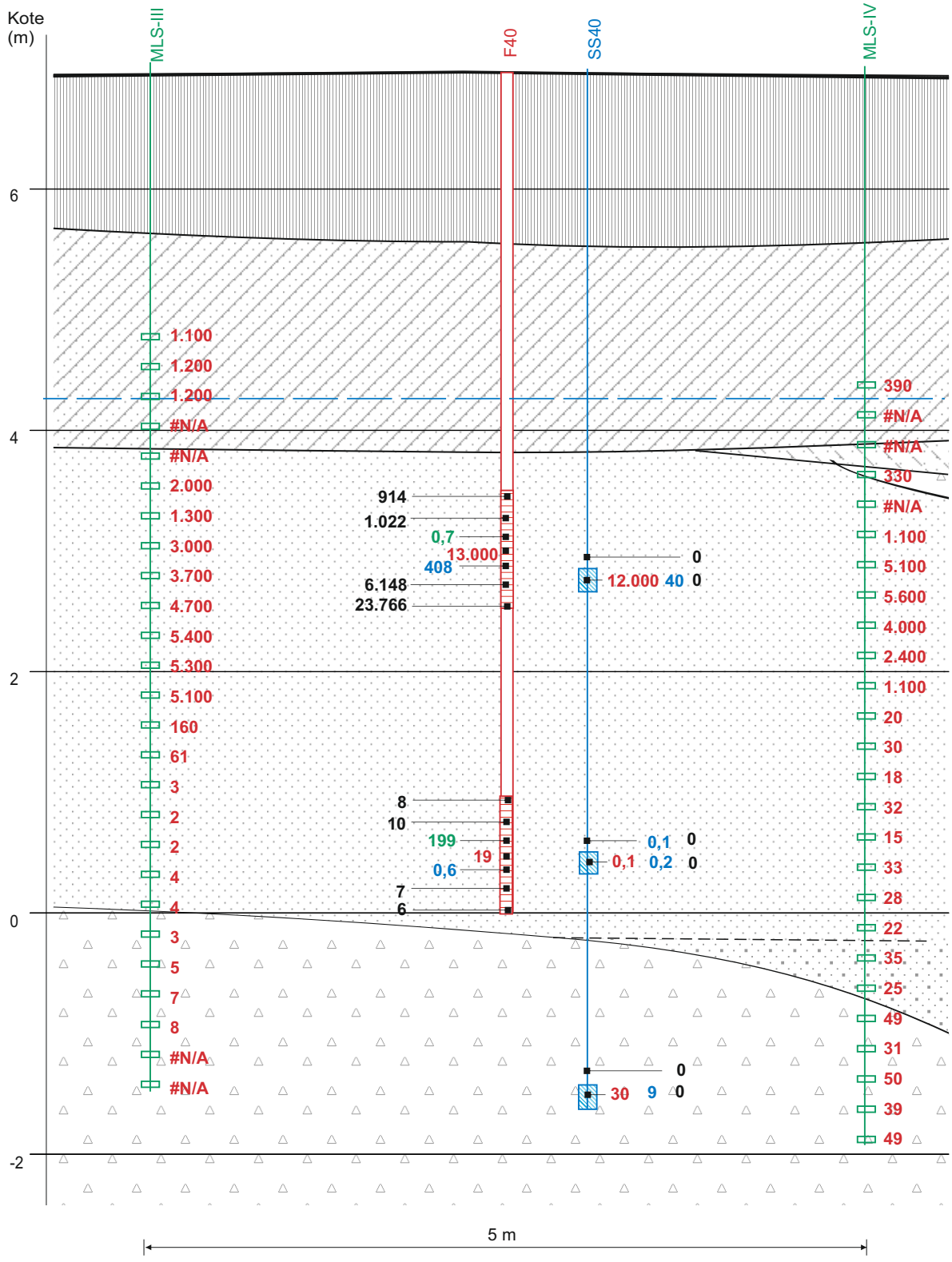
Bilag 21-35e

Vestergade 5, Skuldelev

Beregnet dechloreringsgrad (%)
i position 35

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS2-MLS3.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

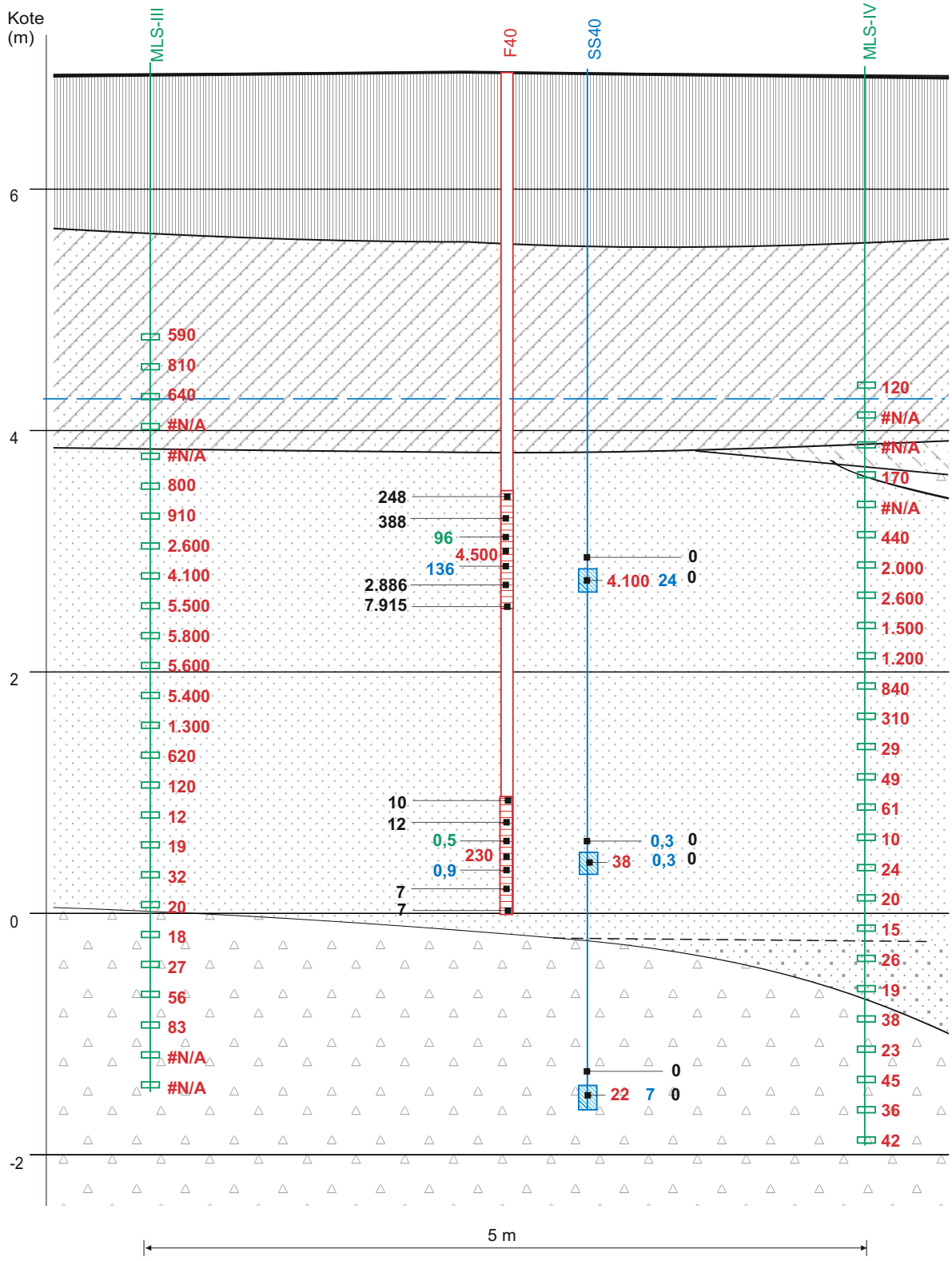
Bilag 21-40a

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af PCE (µg/l)
i position 40

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS3-MLS4.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

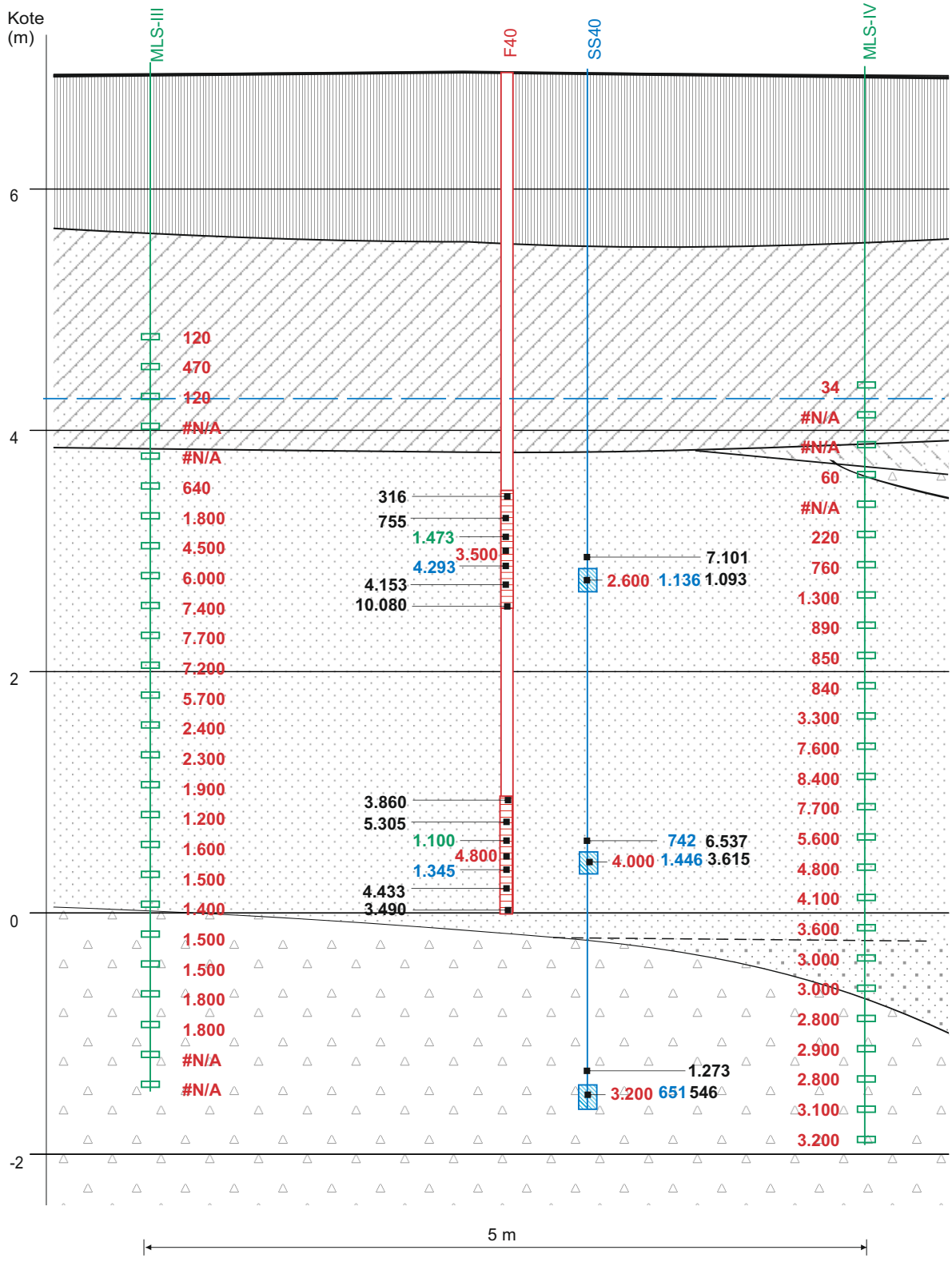
Bilag 21-40b

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af TCE (µg/l)
i position 40

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS3-MLS4.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

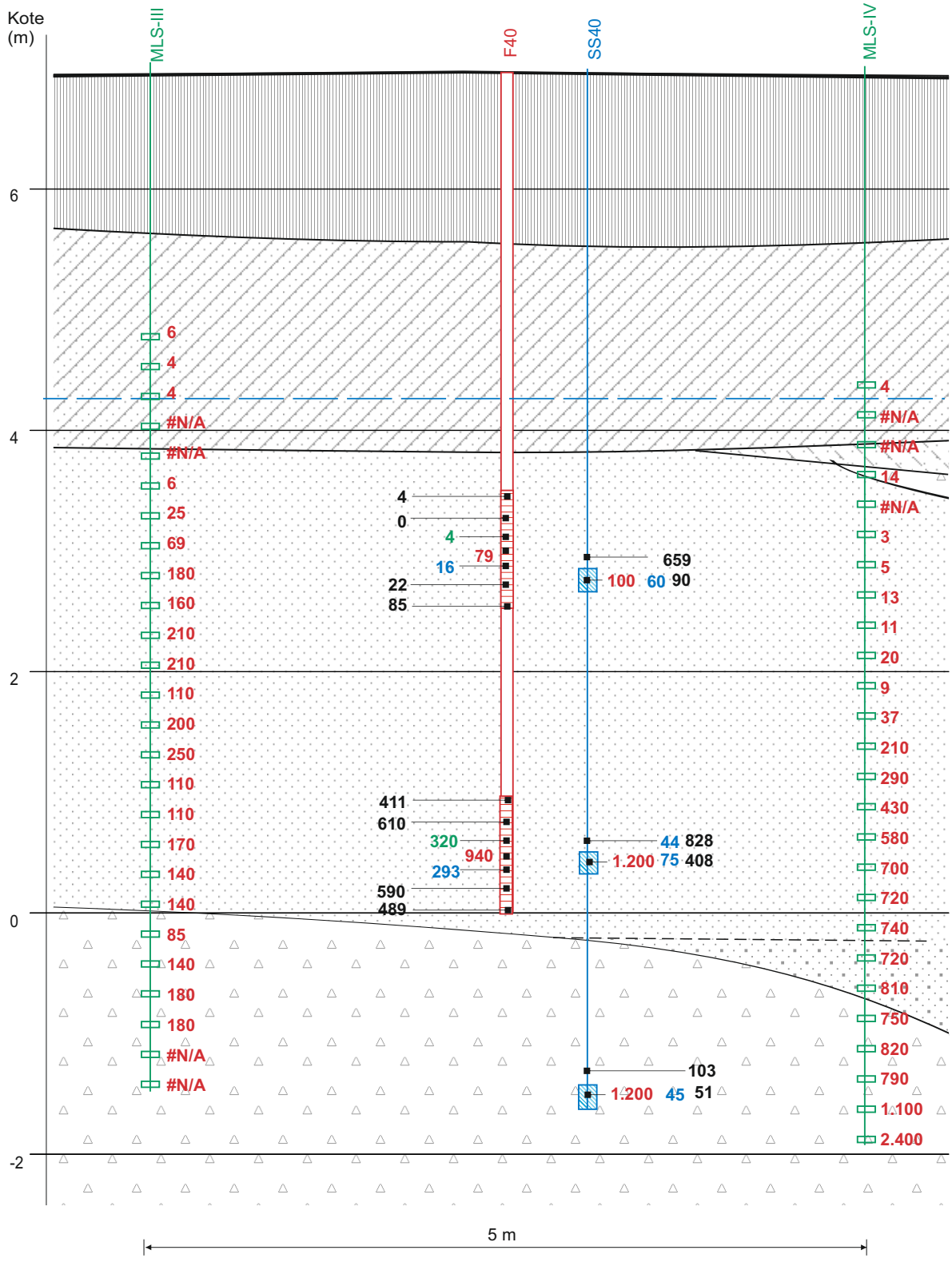
Bilag 21-40c

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af cis-1,2-DCE (µg/l) i position 40

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS3-MLS4.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring

Filter

SS-filter

MLS-filter

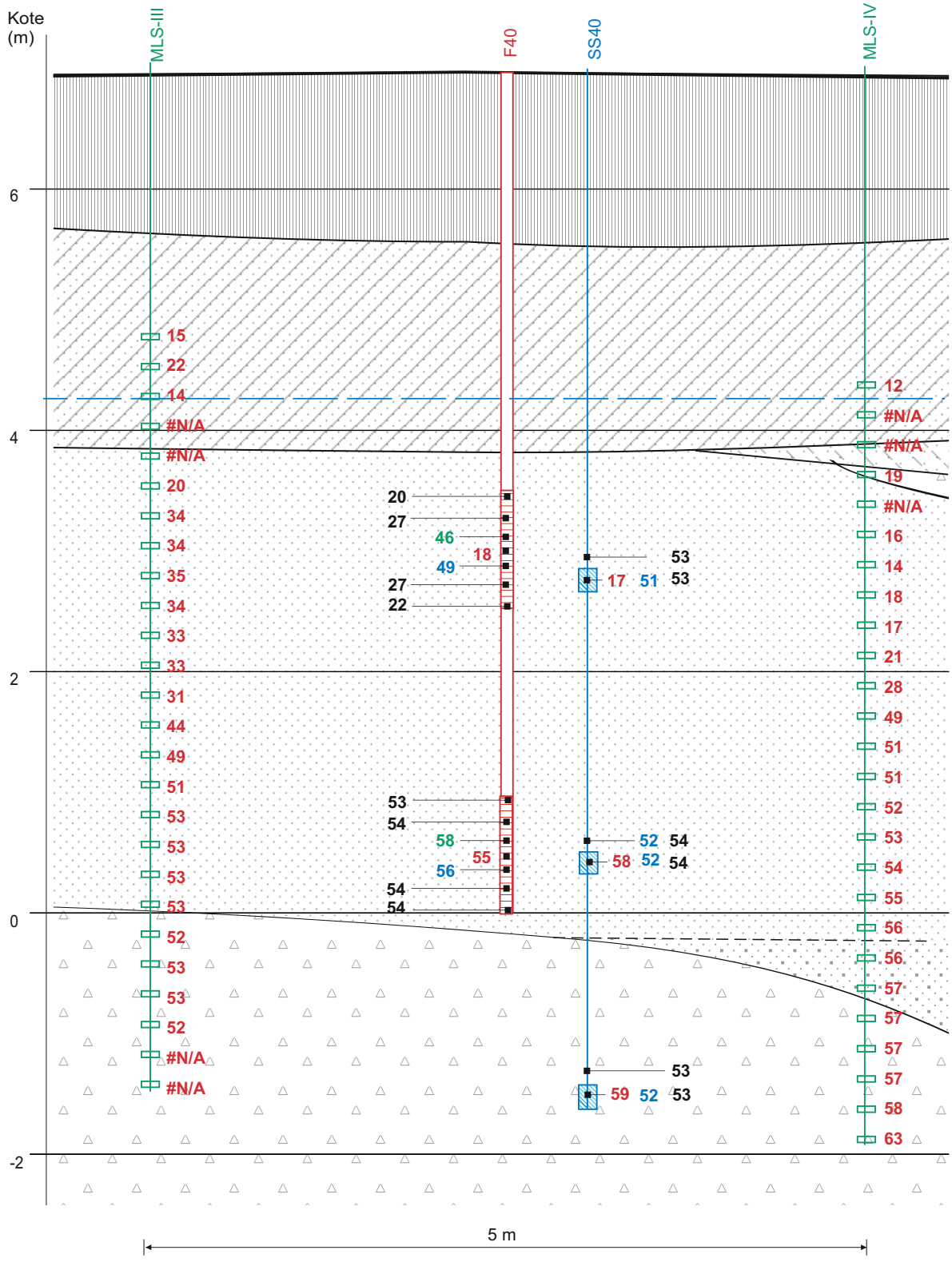
Bilag 21-40d

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af VC (µg/l)
i position 40

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS3-MLS4.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

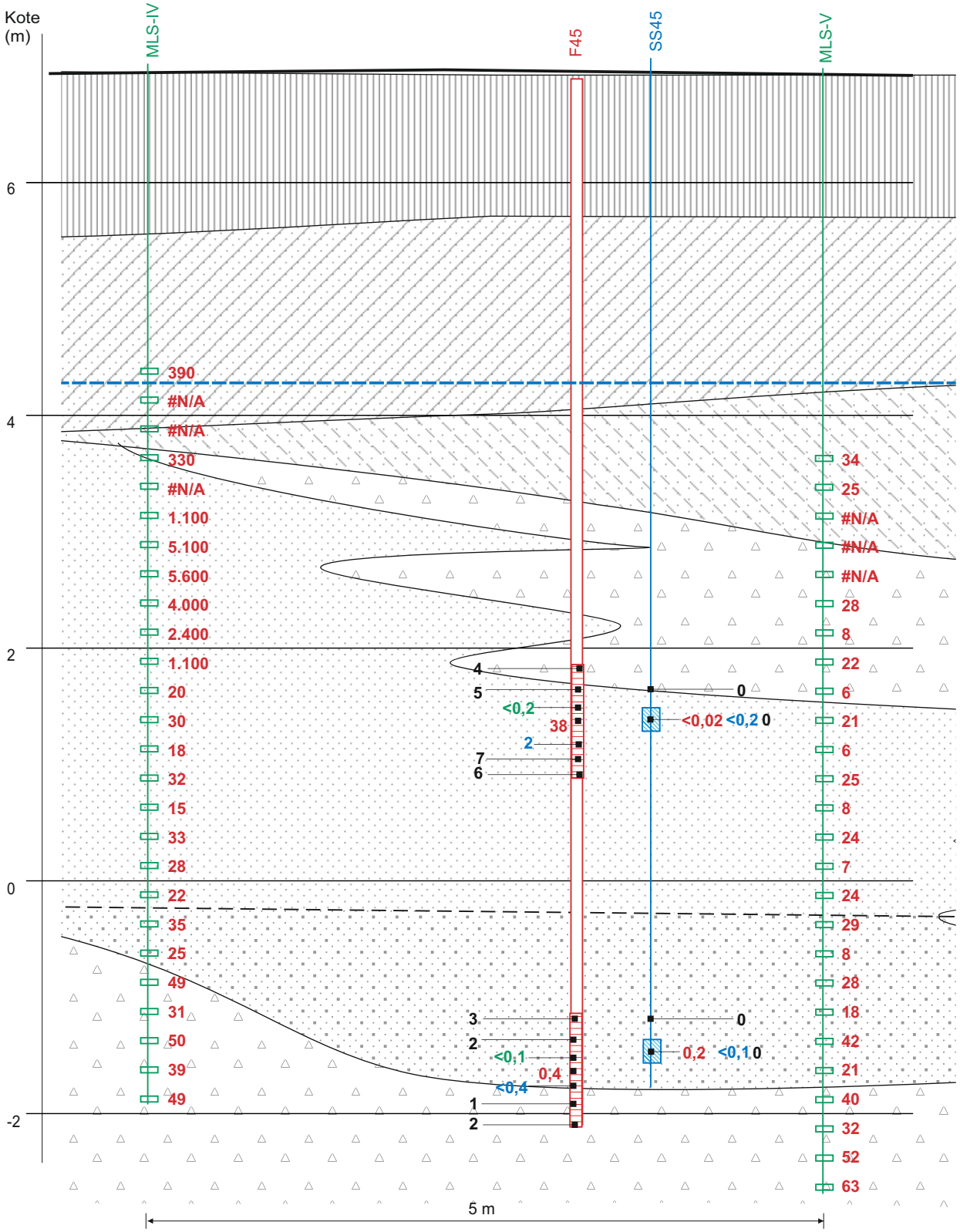
Bilag 21-40e

Vestergade 5, Skuldelev

Beregnet dechloreringsgrad (%)
i position 40

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS3-MLS4.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

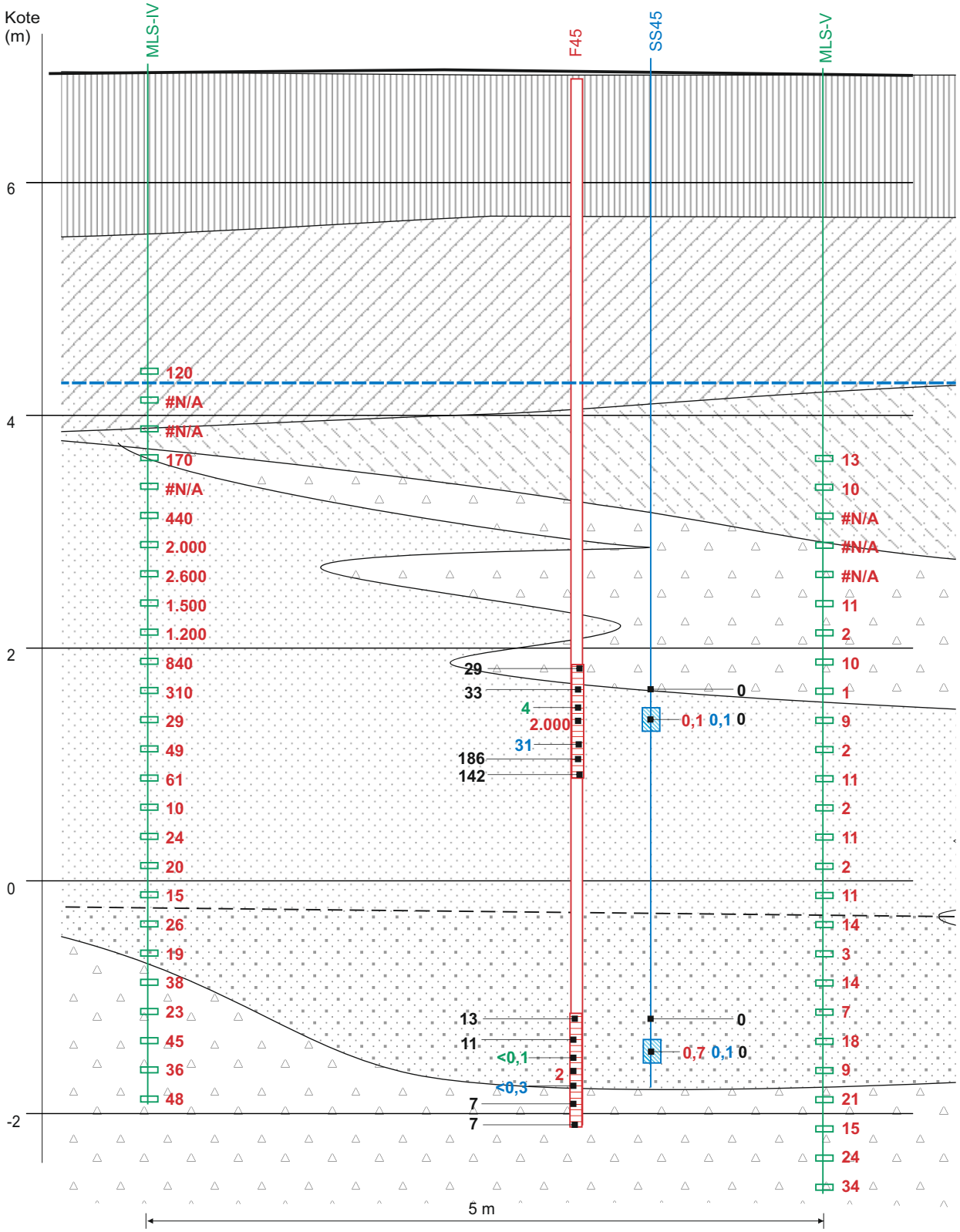
Bilag 21-45a

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af PCE (µg/l)
i position 45

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS4-MLS5.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

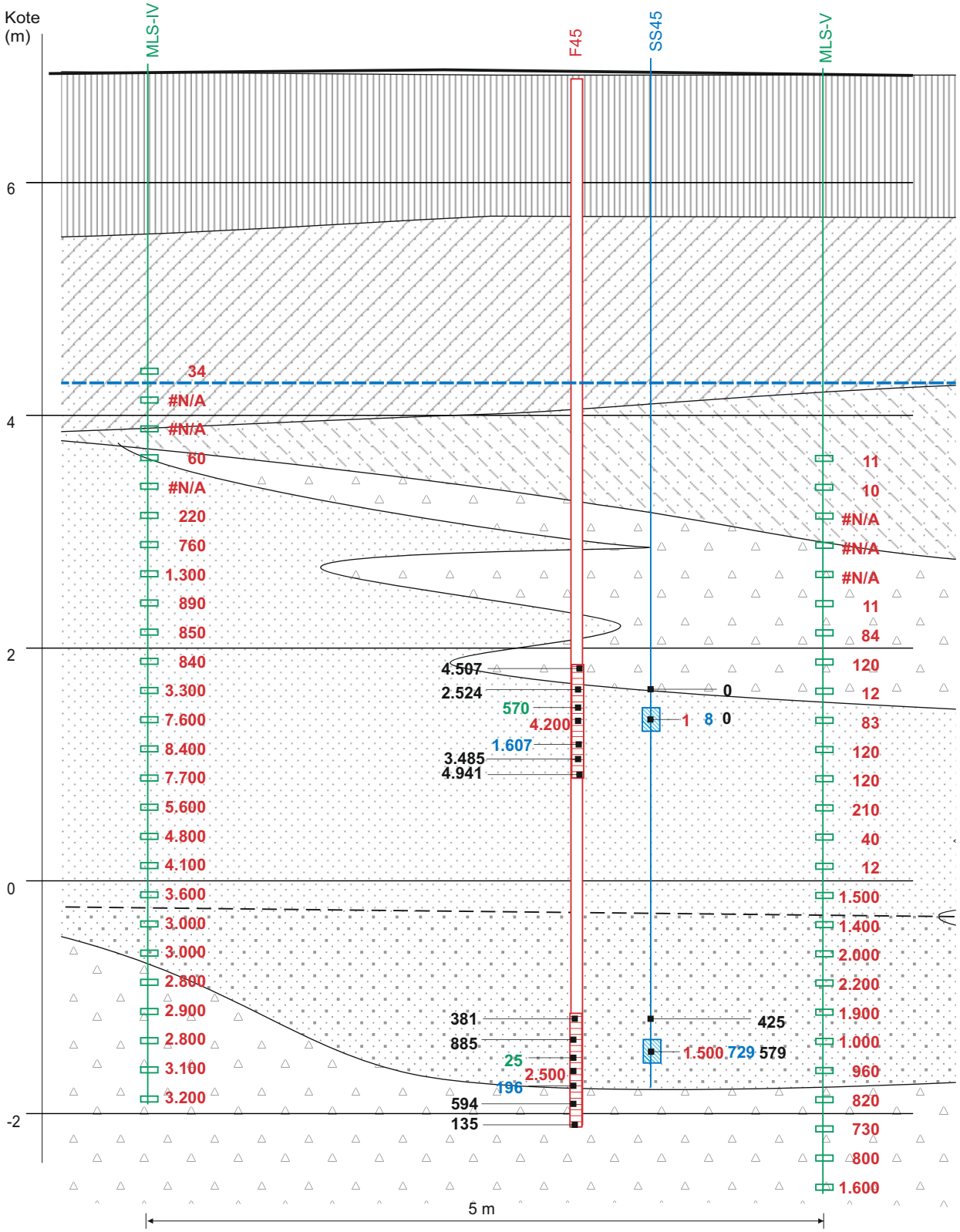
Bilag 21-45b

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af TCE (µg/l) i position 45

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS4-MLS5.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

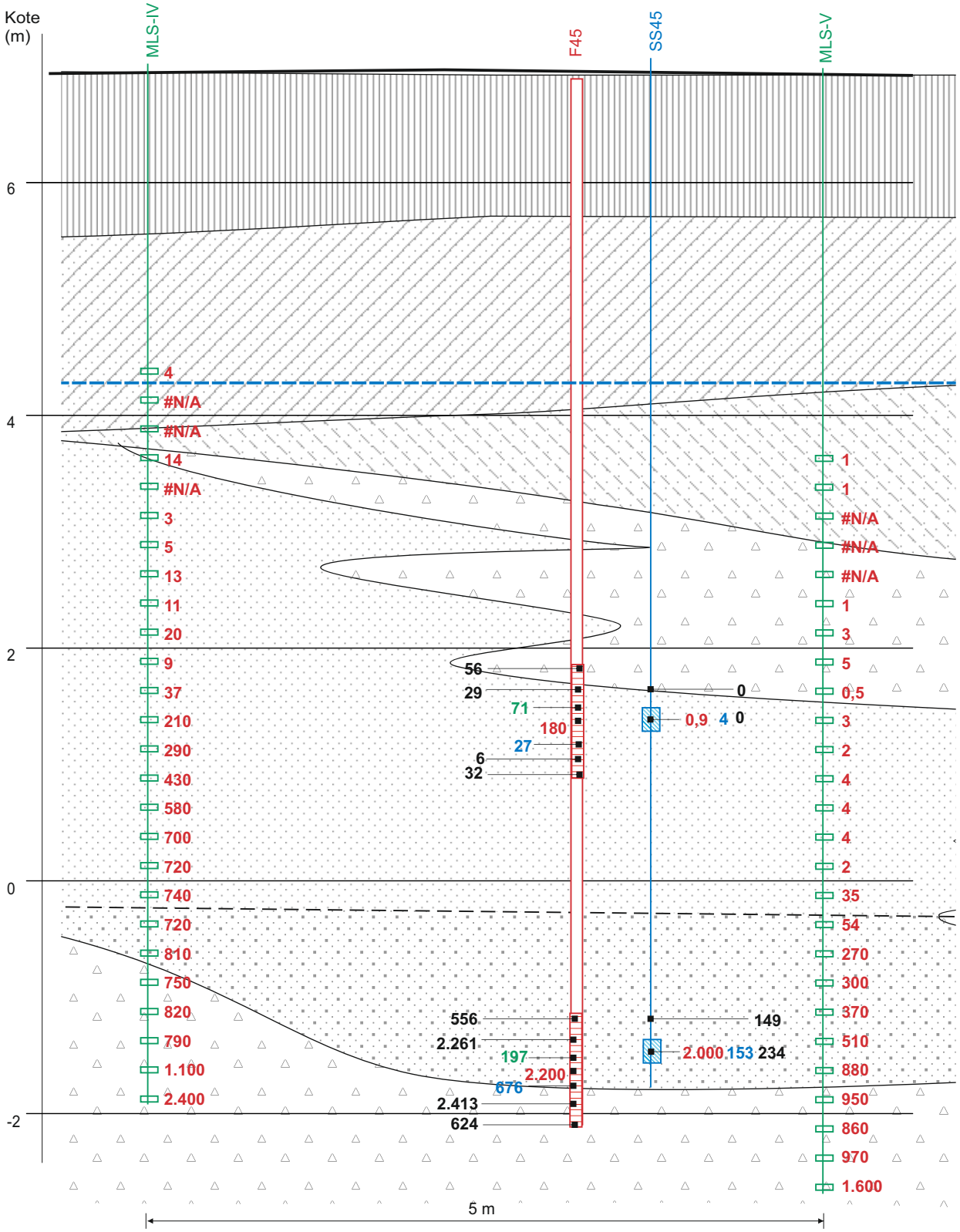
Bilag 21-45c

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af cis-1,2-DCE (µg/l) i position 45

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS4-MLS5.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

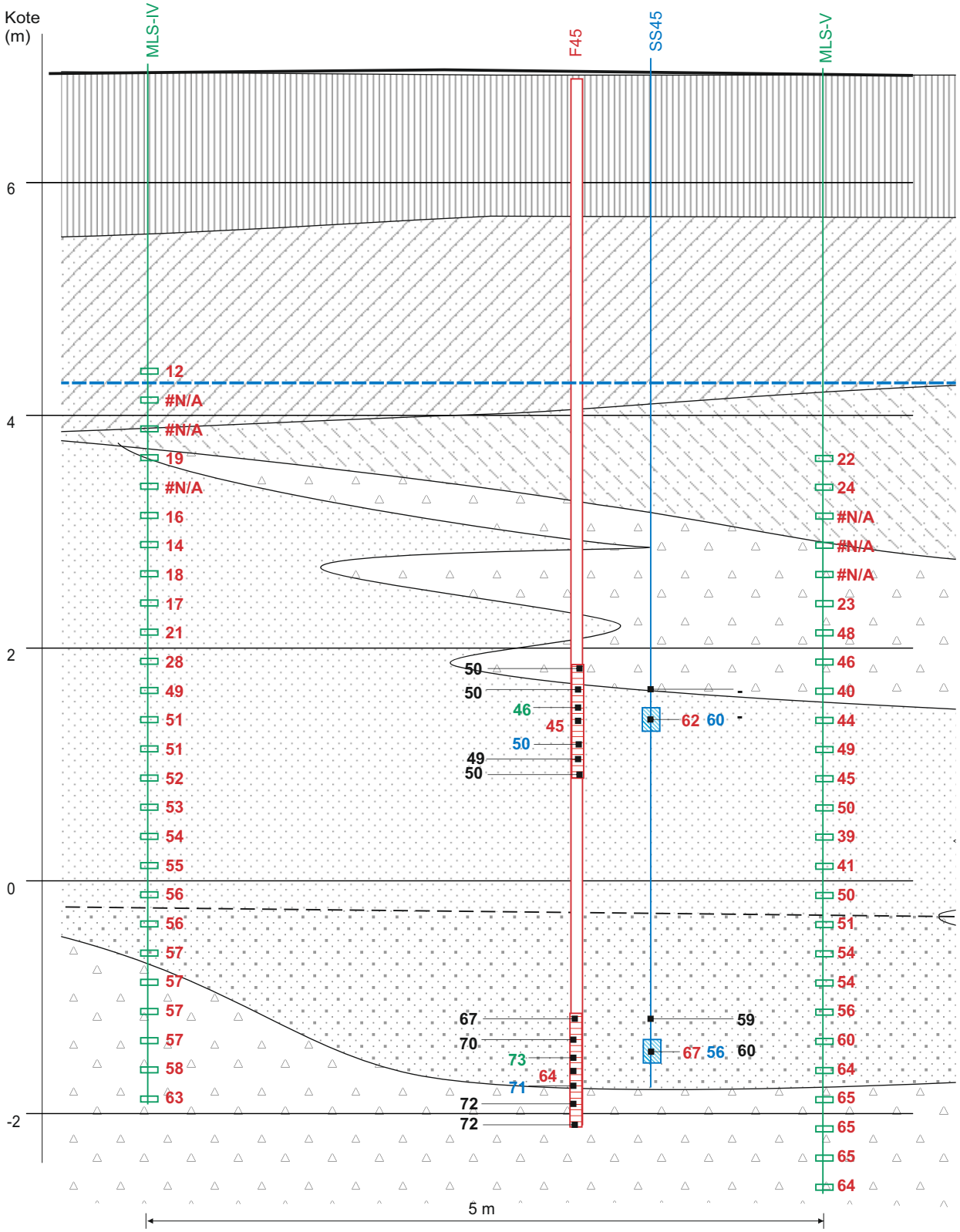
Bilag 21-45d

Vestergade 5, Skuldelev

Målte koncentrationer af VC (µg/l)
i position 45

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS4-MLS5.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



XXX: Målte grundvandskoncentrationer
Feb.2016
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, Flux-sampler
Sep.-Nov. 2015 (SS-boring) / Nov.2015-Jan.2016 (F-boring)
XXX: Flux gennemsnitskoncentration, PFM
Dec.2015 (SS-boring) / Okt.-Nov. 2015 (F-boring)
XXX: Grundvandskoncentrationer SorbiCell
Nov.2015-Jan.2016
#N/A: Ingen prøve

Boring
Filter
SS-filter
MLS-filter

Bilag 21-45e

Vestergade 5, Skuldelev

Beregnet dechloreringsgrad (%)
i position 45

Rev.:	b
Dato:	AUG 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\MLS4-MLS5.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 22. Samlet oversigt over flux i de forskellige celler - tal

Beregningsforudsætninger:

Der er gennemført beregninger af forureningsflux gennem transektet baseret på den rektangulære metode baseret på:

1) Den traditionelle metode (jævnfør afsnit 6.1)
    a. Anvendelse af data fra SS-boringer (hydraulisk ledningsevne fra slugtests februar 2016, målte grundvandskoncentrationer fra februar 2016 samt hydraulisk gradient på 2 ‰). Da det ikke var muligt at estimere de hydrauliske ledningsevne for SS30-1 og SS45-2, er der anvendt data fra de tilsvarende boringer, F30-1 og F45-2.
    b. Anvendelse af data fra F-boringer (hydraulisk ledningsevne fra slugtests februar 2016, målte grundvandskoncentrationer fra feb. 2016 samt hydraulisk gradient på 2 ‰).
    c. Anvendelse af data fra F-boringer og MLS'er (hydraulisk ledningsevne fra slugtests på F-boringer fra februar 2016, en hydraulisk gradient på 2 ‰ samt en beregnet gennemsnitskoncentration. Gennemsnitskoncentrationen beregnes ud fra et gennemsnit af målingen for F-boringen og et gennemsnit for hver de to relevante MLS inden for cellen).
2) Anvendelse af PVP data (jævnfør afsnit 6.2)
    a. Anvendelse af darcy hastighed fra juni 2015 samt målte grundvandskoncentrationer fra F-boringer, september 2015. Da injektionsporten på PVP40-3 var blokeret, blev der kun anvendt resultaterne fra PVP40-1 og PVP40-2
    b. Anvendelse af darcy hastighed fra december 2015 samt målte grundvandskoncentrationer fra F-boringer, februar 2016. Da injektionsporten på PVP40-3 var blokeret, blev der kun anvendt resultaterne fra PVP40-1 og PVP40-2. Da der ikke kunne opnås nogle resultat fra PVP30-2 i december 2015, blev der anvendt data for denne PVP fra juni 2015
3) Anvendelse af Fluxsampler data (jævnfør afsnit 6.3)
    a. Anvendelse af flux fra SS-boringer
    b. Anvendelse af flux fra F-boringer
4) Anvendelse af PFM data (jævnfør afsnit 6.4)
    a. Anvendelse af flux fra SS-boringer
    b. Anvendelse af flux fra F-boringer

Det skal bemærkes, at målinger under detektionsgrænsen beregningsmæssigt er sat til ½ gange detektionsgrænsen. For PFM målingerne er anvendt en ½ gang den laveste værdi, der er målt (40 µg/m^2/dag), hvorfor der er anvendt 20 µg/m^2/dag. For PFM er der beregnet en gennemsnitsflux ved anvendelse af den øverste formel i afsnit 7.6.

I nedenstående tabeller er resultaterne af beregningerne for den totale flux gennem de enkelte celler for de forskellige metoder opsummeret.

Efterfølgende samt i bilag 23 er resultaterne i de enkelte celler forsøgt visualiseret.

Tabel 1. Flux of PCE (mg/d) in the different cells calculated on basis of different methods

	Position								
Method	30-1	30-2	35	40-1	40-2	45-1	45-2	Total (mg/day)	Total (kg/year)
Trad., SS-well	4,7	1,4	91	0,1	896	0,0	0,0	993	0,4
Trad. F-well	4,6	0,6	80	1,5	1025	0,4	1,6	1114	0,4
Trad. F-well + MLS	5,7	2,5	132	17,0	507	23,5	18,2	706	0,3
PVP, sep. 2015	9,9	10,1	132	0,3	2657	0,0	3,8	2812	1,0
PVP, feb. 2016	148,3	11,8	86	11,5	3857	0,4	5,9	4121	1,5
Fluxsampler, SS-well	0,7	0,9	17	0,2	37	0,0	0,0	55	0,02
Fluxsampler, F-well	17,2	0,2	57	0,5	438	0,4	1,1	515	0,2
PFM, SS-well	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	1,8	<0,001
PFM, F-well	8,1	1,0	93	3,0	2692	1,2	1,0	2799	1,0

Tabel 2. Flux of TCE (mg/d) in the different cells calculated on basis of different methods

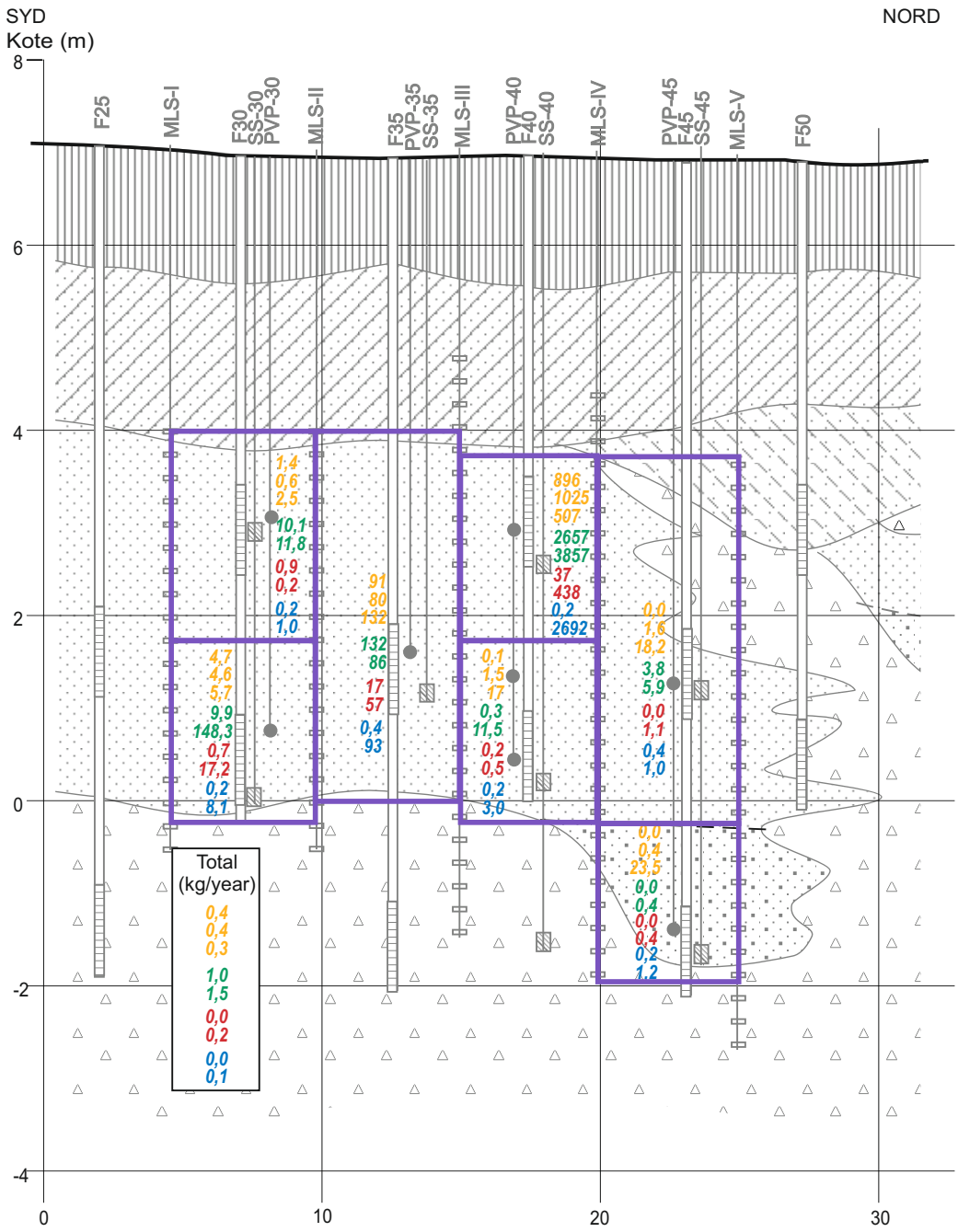
	Position								
Method	30-1	30-2	35	40-1	40-2	45-1	45-2	Total (mg/day)	Total (kg/year)
Trad., SS-well	4,8	0,8	99	40,7	306	0,1	0,0	451	0,2
Trad. F-well	6,1	0,4	69	18,4	355	1,6	84,3	535	0,2
Trad. F-well + MLS	4,1	2,0	136	30,1	249	16,7	36,4	474	0,2
PVP, sep. 2015	9,3	8,2	156	13,4	740	0,8	298,5	1226	0,4
PVP, feb. 2016	196,1	7,8	74	138,7	1335	1,6	311,1	2065	0,8
Fluxsampler, SS-well	0,8	1,4	28	0,3	22	0,2	0,0	53	0,02
Fluxsampler, F-well	31,1	0,8	77	0,8	146	0,3	15,4	272	0,1
PFM, SS-well	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	1,8	<0,001
PFM, F-well	23,0	3,1	155	3,5	959	6,4	20,7	1171	0,4

Tabel 3. Flux of cis-1,2-DCE (mg/d) in the different cells calculated on basis of different methods

	Position								
Method	30-1	30-2	35	40-1	40-2	45-1	45-2	Total (mg/day)	Total (kg/year)
Trad., SS-well	49	31	351	4285	194	232	0,1	5142	1,9
Trad. F-well	42	15	306	384	276	2646	177	3848	1,4
Trad. F-well + MLS	37	17	306	329	254	2449	109	3501	1,3
PVP, sep. 2015	87	224	255	2051	474	1151	2345	6588	2,4
PVP, feb. 2016	1358	320	330	2894	1038	2745	653	9339	3,4
Fluxsampler, SS-well	32	21	1533	1202	1047	1019	3	4858	1,8
Fluxsampler, F-well	189	87	1241	1229	4615	370	809	8539	3,1
PFM, SS-well	13	14	244	1808	308	727	0,0	3114	1,1
PFM, F-well	163	155	829	1816	1276	361	741	5340	1,9

Tabel 4. Flux of vinylchloride (mg/d) in the different cells calculated on basis of different methods

	Position								
Method	30-1	30-2	35	40-1	40-2	45-1	45-2	Total (mg/day)	Total (kg/year)
Trad., SS-well	0,7	0,3	26	1285	7	310	0,0	1630	0,6
Trad. F-well	4,6	0,3	13	75	6	2329	7,6	2436	0,9
Trad. F-well + MLS	2,3	0,2	12	42	6	1317	6,6	1386	0,5
PVP, sep. 2015	0,3	1,8	6	363	3	1808	31,4	2213	0,8
PVP, feb. 2016	148,3	6,4	15	567	23	2416	28,0	3203	1,2
Fluxsampler, SS-well	2,7	0,8	14	62	56	214	1,3	351	0,1
Fluxsampler, F-well	2,8	0,9	36	268	17	1276	13,7	1615	0,6
PFM, SS-well	0,0	0,0	11	204	25	293	0,0	534	0,2
PFM, F-well	2,4	0,0	11	233	9	1242	5,3	1503	0,5



Trad., SS-well
Trad., F-well
Trad., F-well + Multi level sampler

PVP, Sep. 2015
PVP, Feb. 2016

Fluxsampler, SS-well
Fluxsampler, F-well

PFM, SS-well
PFM, F-well

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Fyld
Flydejord, silt, sandet
Flydejord, ler, sandet
Sand
Sand, groft, gruset
Moræneler

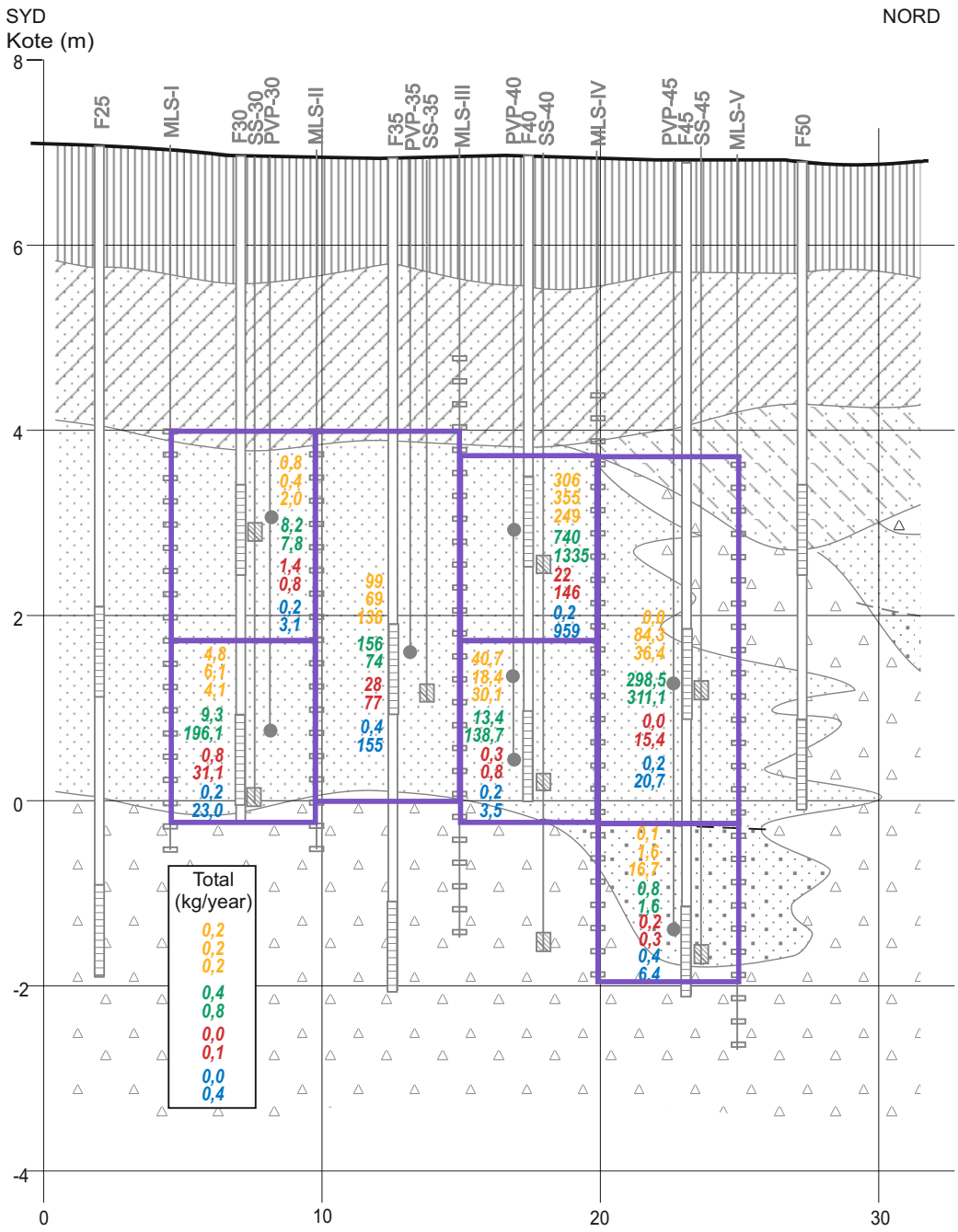
Bilag 22a

Vestergade 5, Skuldelev

Flux of PCE (mg/d)

Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\snit2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



Trad., SS-well
Trad., F-well
Trad., F-well + Multi level sampler

PVP, Sep. 2015
PVP, Feb. 2016

Fluxsampler, SS-well
Fluxsampler, F-well

PFM, SS-well
PFM, F-well

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Fyld
Flydejord, silt, sandet
Flydejord, ler, sandet
Sand
Sand, groft, gruset
Moræneler

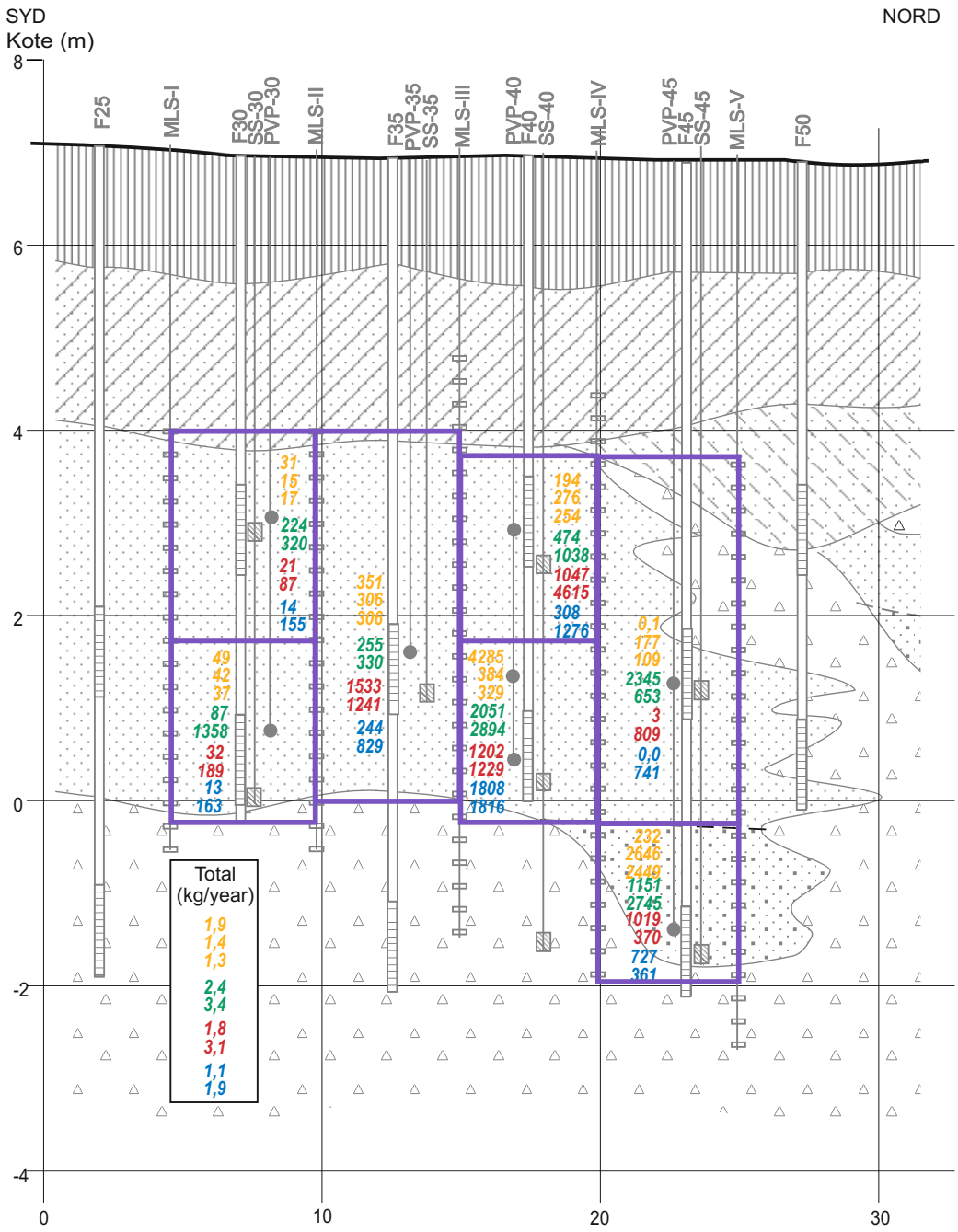
Bilag 22b

Vestergade 5, Skuldelev

Flux of TCE (mg/d)

Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\snit2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



Trad., SS-well
Trad., F-well
Trad., F-well + Multi level sampler

PVP, Sep. 2015
PVP, Feb. 2016

Fluxsampler, SS-well
Fluxsampler, F-well

PFM, SS-well
PFM, F-well

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Fyld
Flydejord, silt, sandet
Flydejord, ler, sandet
Sand
Sand, groft, gruset
Moræneler

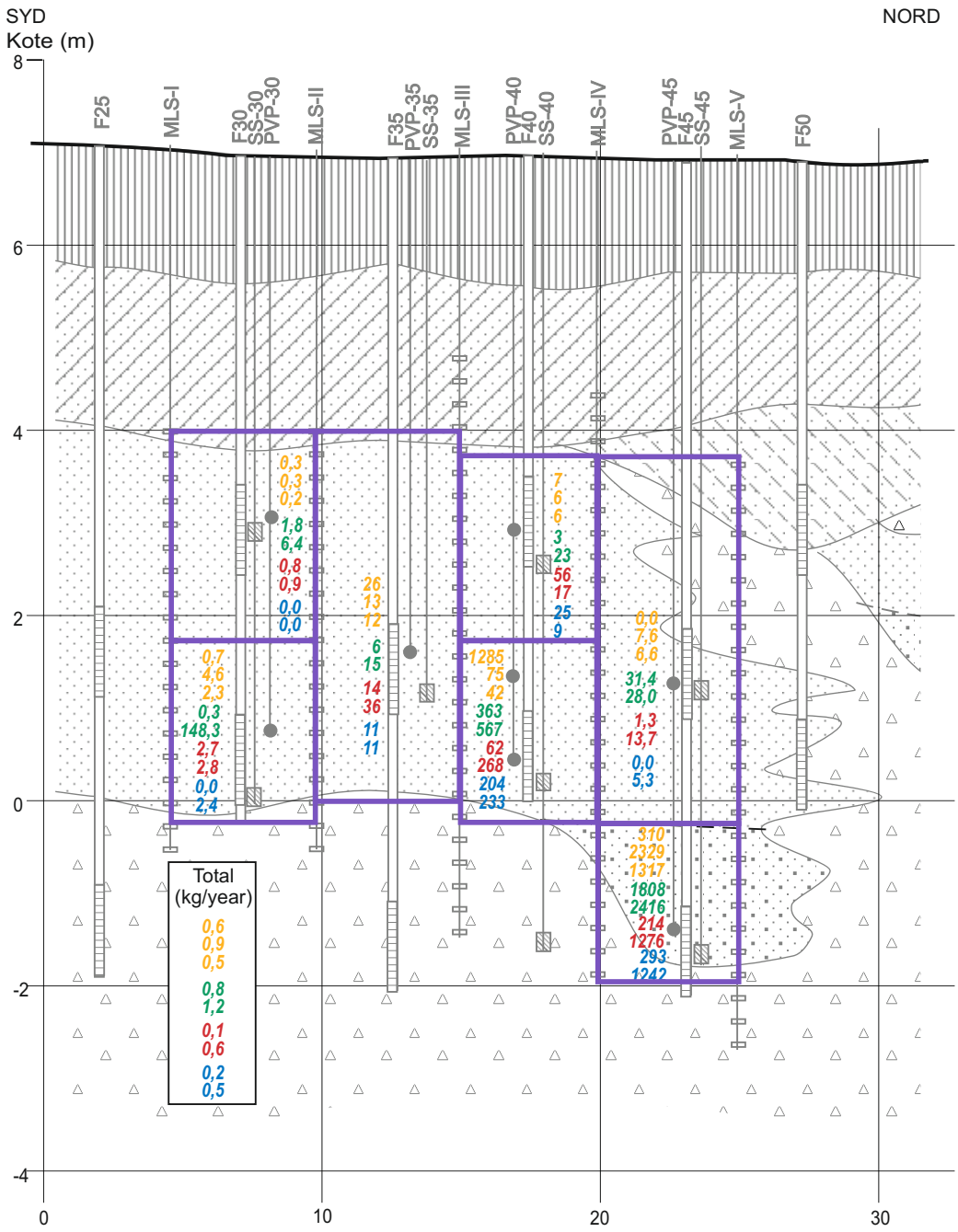
Bilag 22c

Vestergade 5, Skuldelev

Flux of cis-1,2-DCE (mg/d)

Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\snit2.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk



Trad., SS-well
Trad., F-well
Trad., F-well + Multi level sampler

PVP, Sep. 2015
PVP, Feb. 2016

Fluxsampler, SS-well
Fluxsampler, F-well

PFM, SS-well
PFM, F-well

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Fyld
Flydejord, silt, sandet
Flydejord, ler, sandet
Sand
Sand, groft, gruset
Moræneler

Bilag 22d

Vestergade 5, Skuldelev

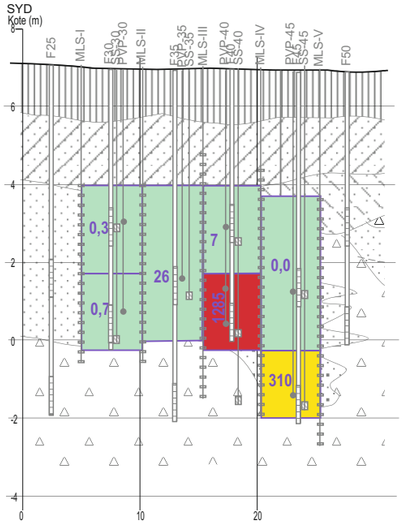
Flux of vinylchloride

Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SSD
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\snit2.cdr

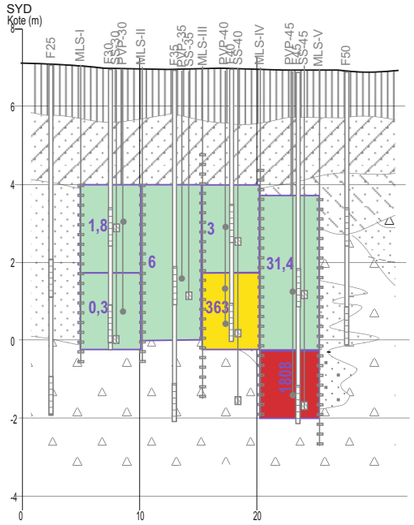
NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Bilag 23. Samlet oversigt over flux i de forskellige celler – visualiseret med farver

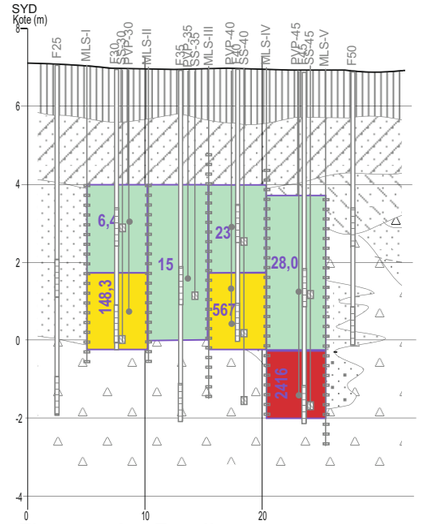
Trad., SS-well



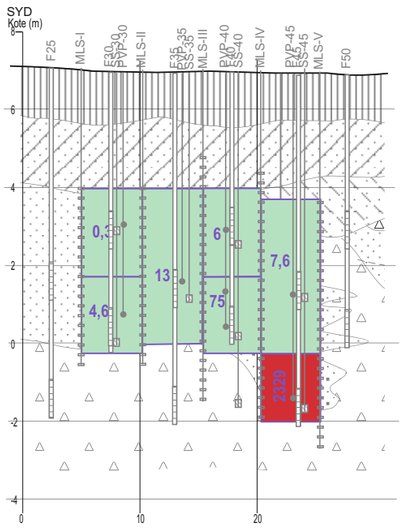
PVP, Sep. 2015



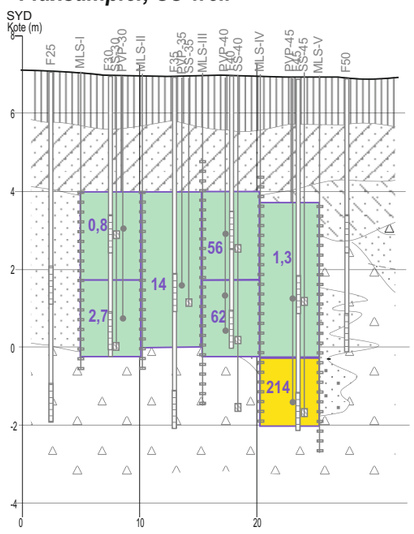
PVP, Feb. 2016



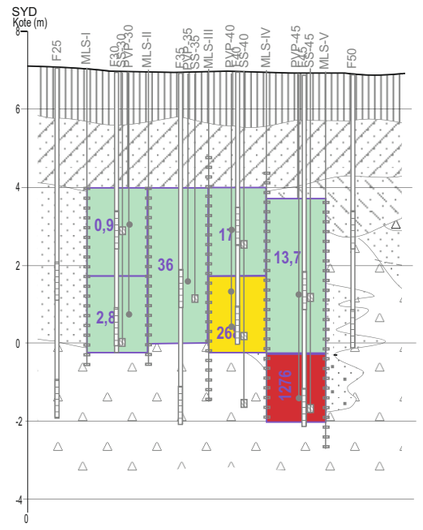
Trad., F-well



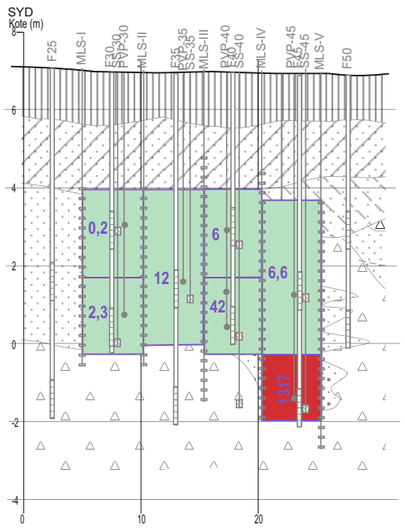
Fluxsampler, SS-well



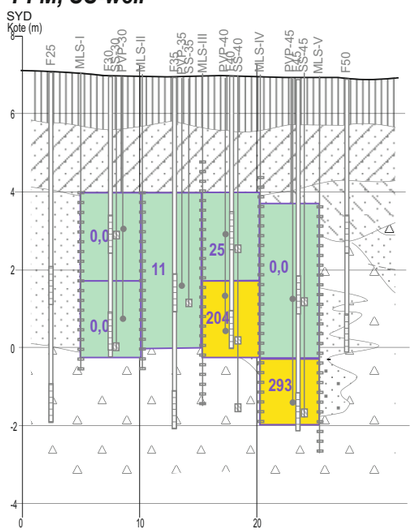
Fluxsampler, F-well



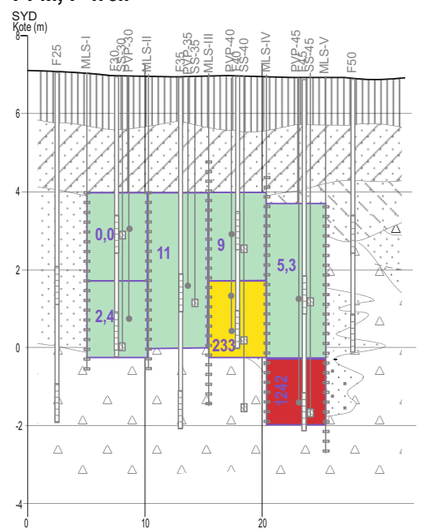
Trad., F-well + Multi level sampler



PFM, SS-well



PFM, F-well



Flux

- <100 mg/day
- 100-1000 mg/day
- >1000 mg/day

- SS-filter
- Boring
- Filter
- PVP-sampler
- MLS-filter

Bilag 23d

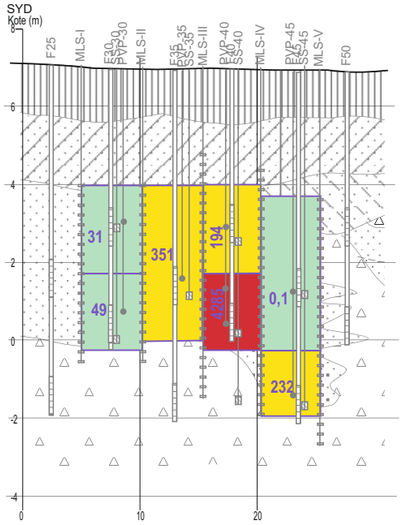
Vestergade 5, Skuldelev

Flux of vinylchloride (mg/day)

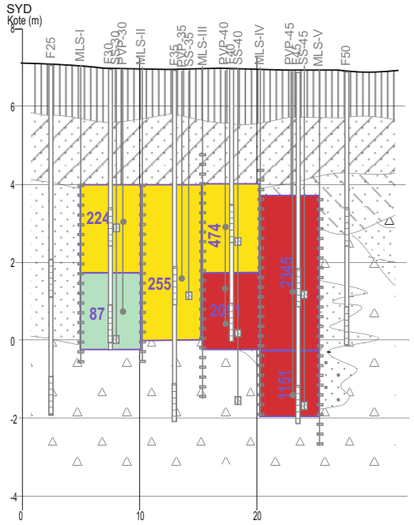
Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\9-snit.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

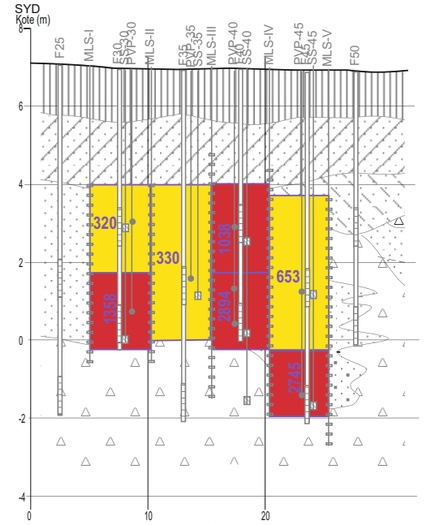
Trad., SS-well



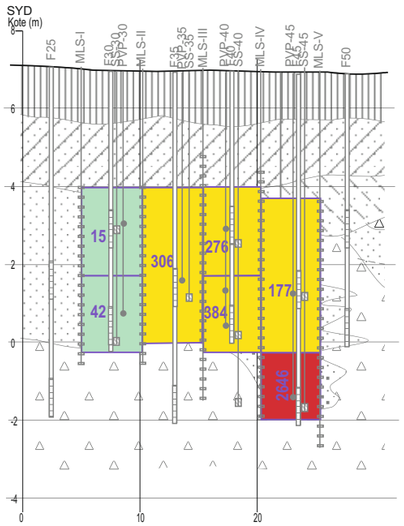
PVP, Sep. 2015



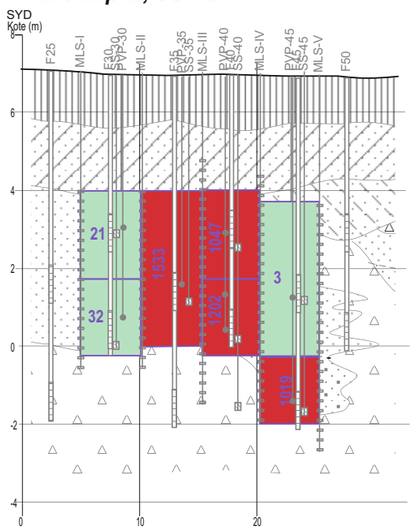
PVP, Feb. 2016



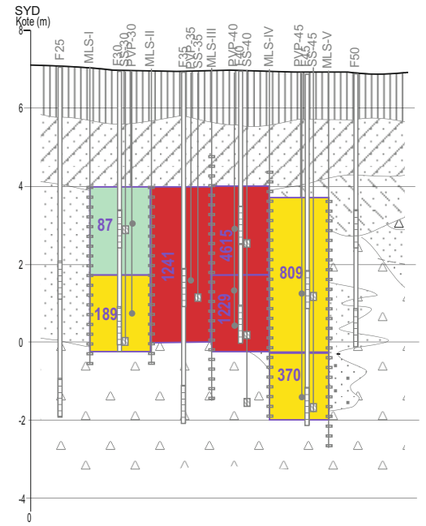
Trad., F-well



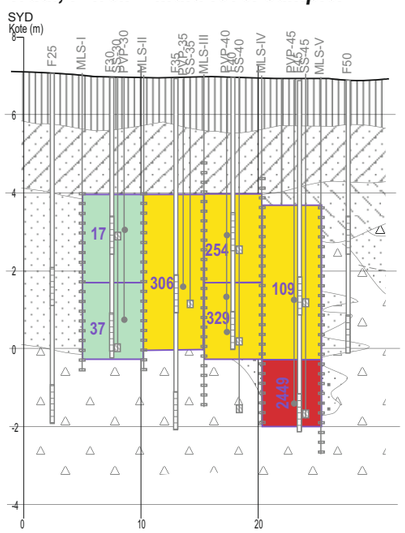
Fluxsampler, SS-well



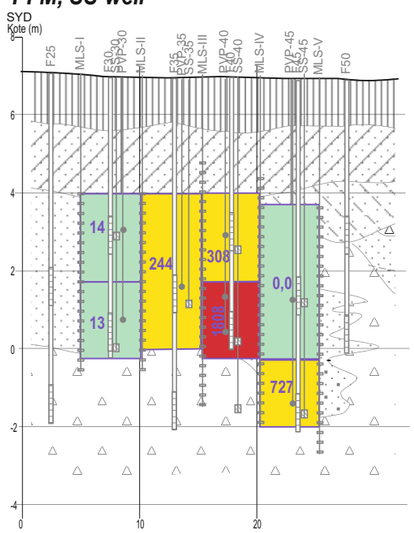
Fluxsampler, F-well



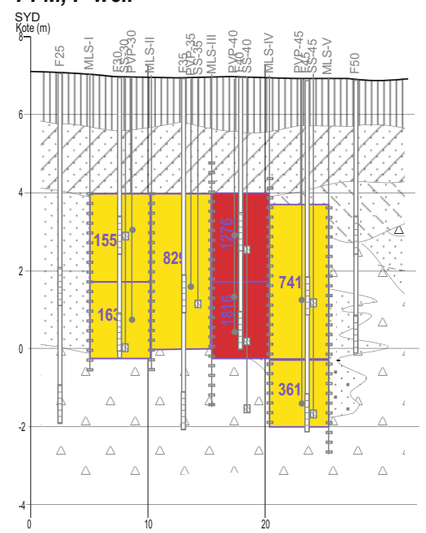
Trad., F-well + Multi level sampler



PFM, SS-well



PFM, F-well



Flux

- <100 mg/day
- 100-1000 mg/day
- >1000 mg/day

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Bilag 23c

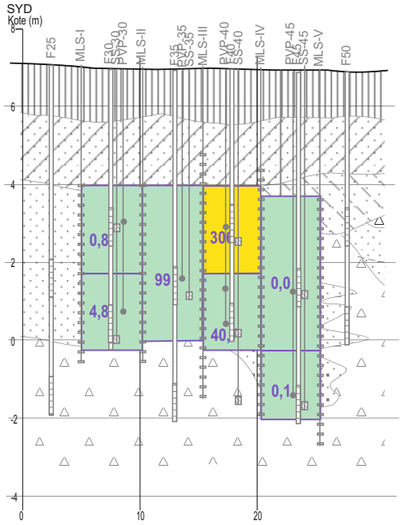
Vestergade 5, Skuldelev

Flux of cis-1,2-DCE (mg/day)

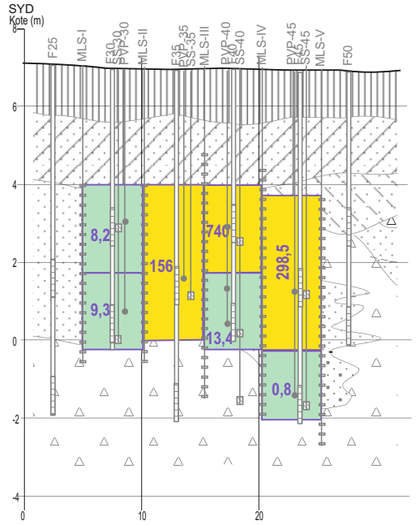
Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\9-snit.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

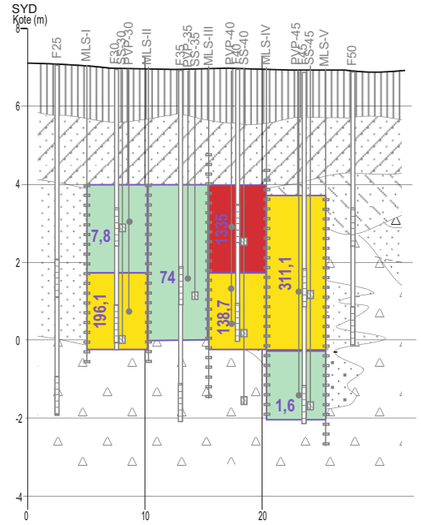
Trad., SS-well



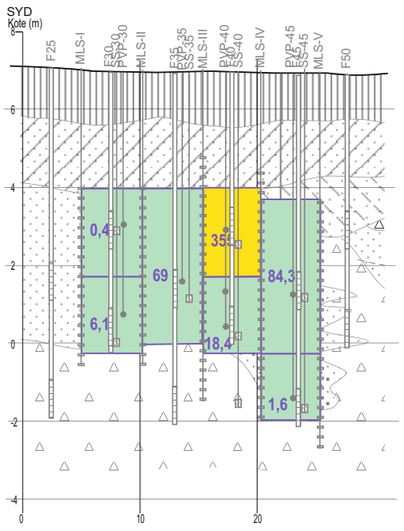
PVP, Sep. 2015



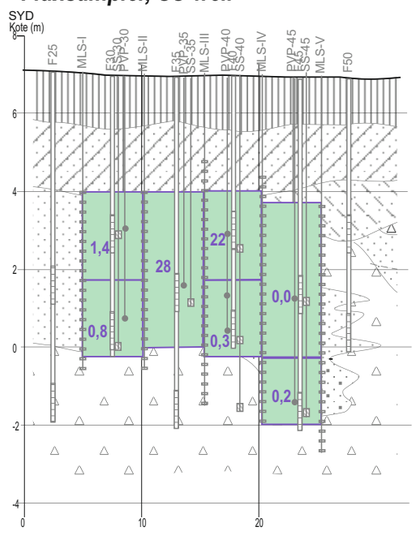
PVP, Feb. 2016



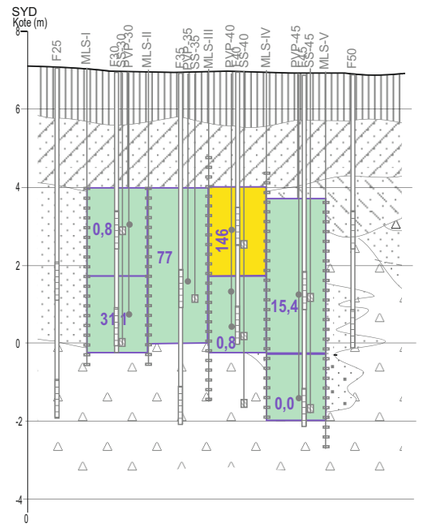
Trad., F-well



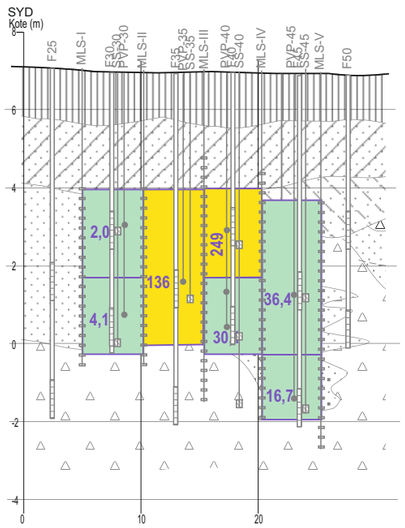
Fluxsampler, SS-well



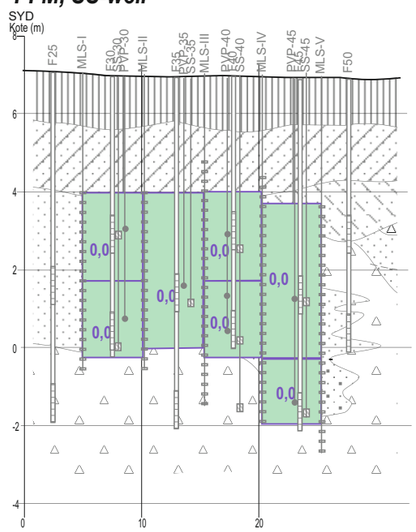
Fluxsampler, F-well



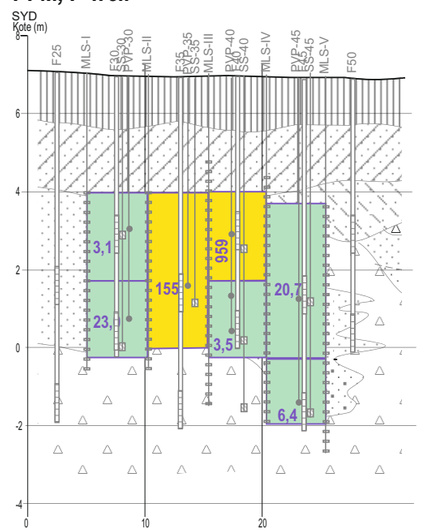
Trad., F-well + Multi level sampler



PFM, SS-well



PFM, F-well



Flux

- <100 mg/day
- 100-1000 mg/day
- >1000 mg/day

SS-filter
Boring
Filter
PVP-sampler
MLS-filter

Bilag 23b

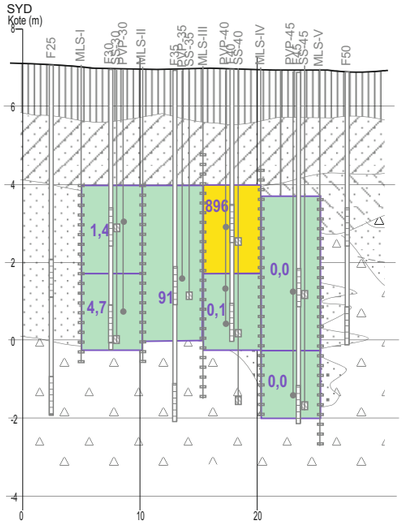
Vestergade 5, Skuldelev

Flux of TCE (mg/day)

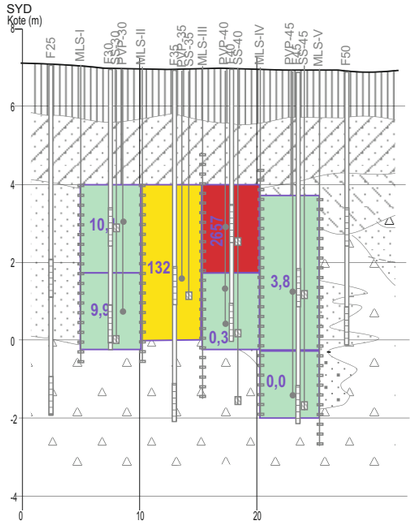
Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\9-snit.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

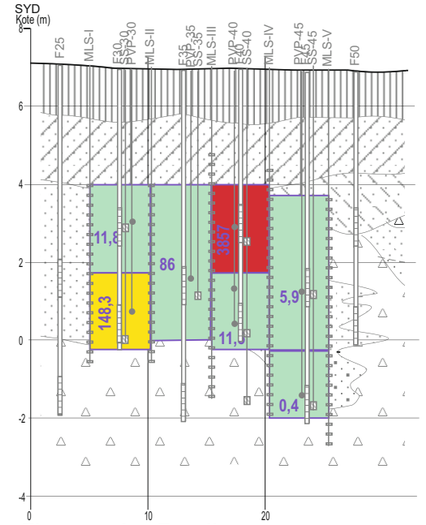
Trad., SS-well



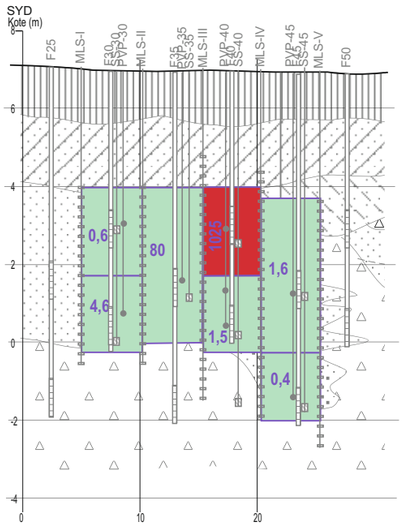
PVP, Sep. 2015



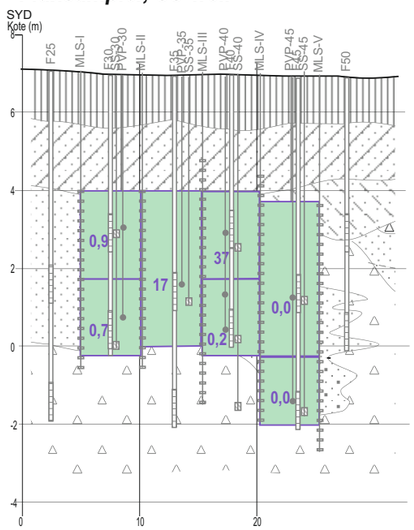
PVP, Feb. 2016



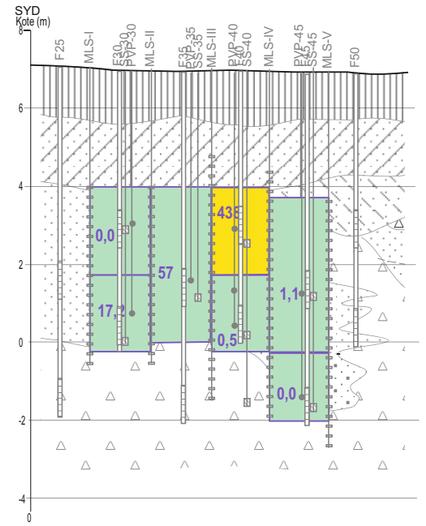
Trad., F-well



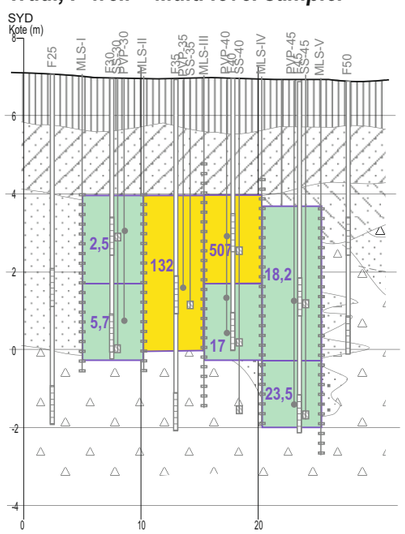
Fluxsampler, SS-well



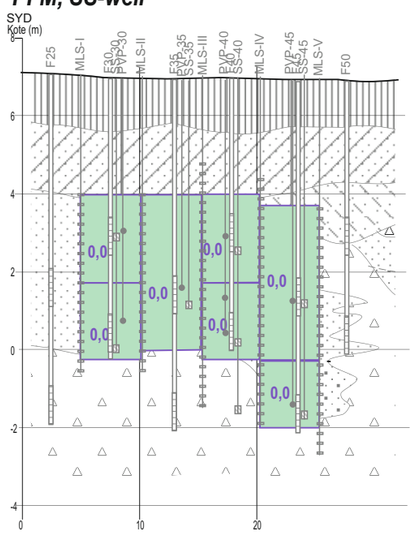
Fluxsampler, F-well



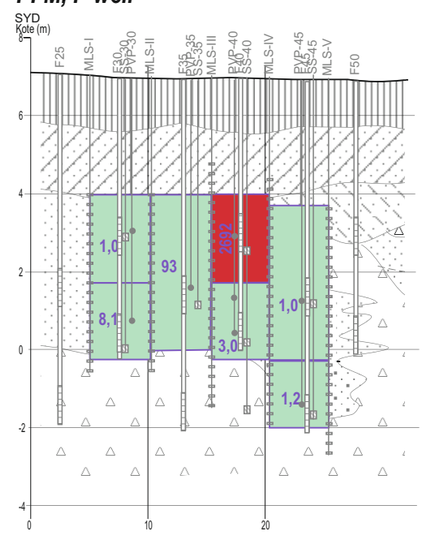
Trad., F-well + Multi level sampler



PFM, SS-well



PFM, F-well



Flux

- <100 mg/day
- 100-1000 mg/day
- >1000 mg/day

SS-filter
PVP-sampler
Boring
Filter
MLS-filter

Bilag 23a

Vestergade 5, Skuldelev

Flux of PCE (mg/day)

Rev.:	b
Dato:	Maj 2016
Udarb.:	HVN
Kontrol:	SDG
Sag nr.:	219186
Fil:	tegn\2016\9-snit.cdr

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

[Bagside Overskrift]
[Bagside Tekst]

Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.nst.dk