
TRIAD – Dynamiskt provtagningskoncept ger säkrare åtgärdsbeslut

Karin Tornberg, NIRAS Environment, Stockholm

Renare Mark Norr, 14 februari 2012

Presentationens innehåll

Beskrivning av Triad-konceptet, fördelar och nackdelar

Exempel från Danmark och Sverige

Användbara verktyg

NIRAS i Sverige

Det här är vi

- Vi ingår i NIRAS-koncernen – 1 300 ledande konsulter med bas i Danmark och pågående projekt i 180 länder.
- Ca 150 medarbetare i Sverige. Kontor i Stockholm, Göteborg, Malmö, Norrköping, Linköping, Uppsala och Umeå.
- Ca 300 st miljökonsulter totalt, varav 23 st på 5 olika kontor i Sverige. Förorenad mark, tillståndsprövningar, sediment i hamnar, gruvor m m.





Förorenad mark

Arbetsprocess

Inventering

(Har föroreningar hanterats på området?)



Svar ja

Fältundersökningar

(Finns det föroreningar, mängder, spridning ?)



Svar ja

Riskbedömning

(Finns risk för människors hälsa eller miljö?)



Svar ja

Åtgärdsutredning

(Vilka åtgärds tekniker är lämpliga just här?)



Riskvärdering

(Vilken åtgärds teknik är bäst ur samhällsperspektiv?)



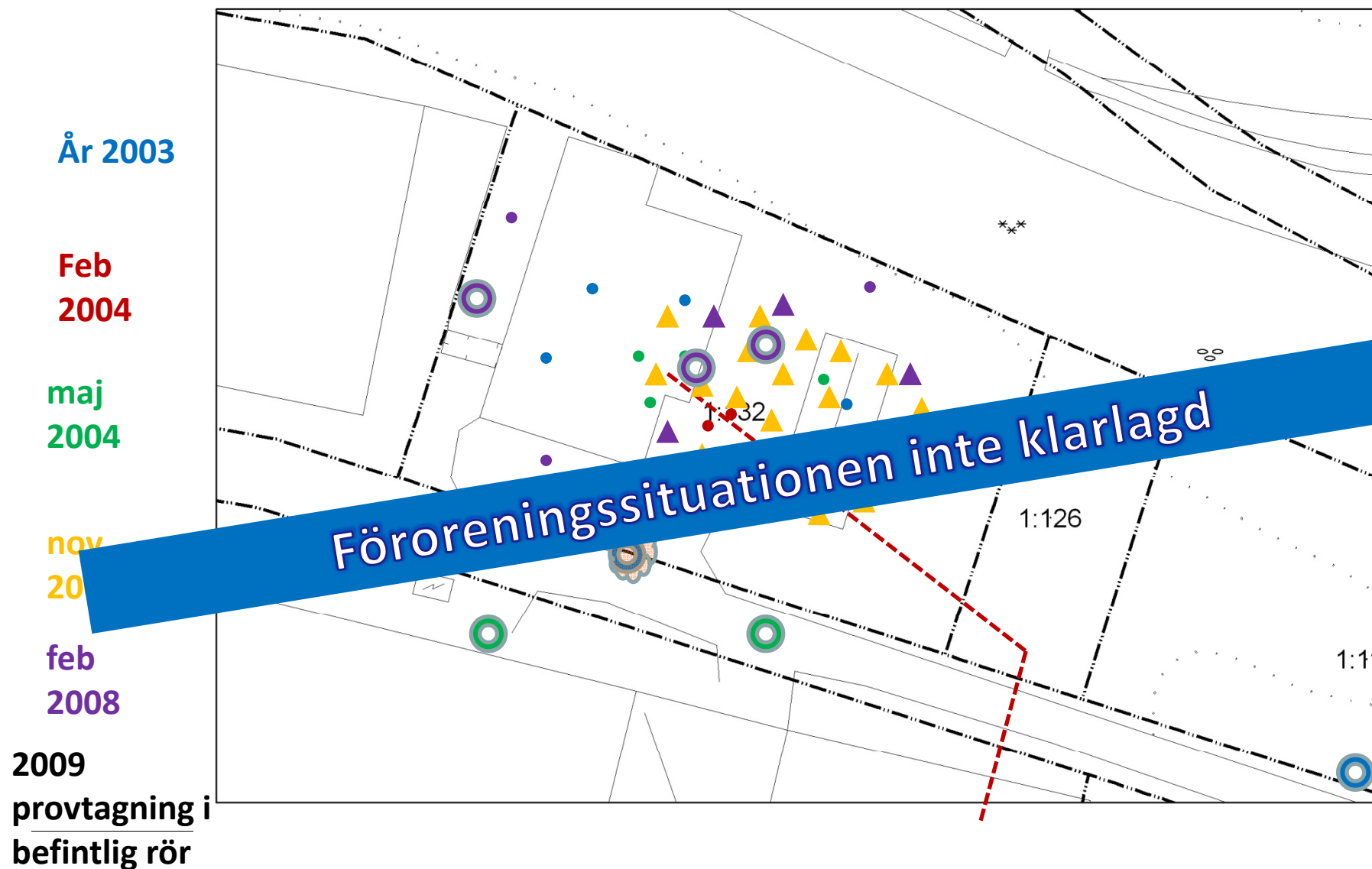
Beslut fattas

Åtgärd

Kan bli dyrt!

Dataunderlag
för beslut

Konventionell provtagningsmetodik



Konventionell provtagningsmetodik, exempel Värnamotvätten

Mars 2002 - *Miljöteknisk markundersökning*

- Detaljundersökning för att fastställa volym och utbredning av PCE-förorenade jord (20pkt)
- Översiktl. markundersökning inom övriga industri-tomter inom Kv Sarven. (16 provpkt, 4 st gv)
- Geoteknisk undersökning/stabilitetsutredning (6 st CPT sonderingar)

April 2003 - *Åtgärdsförberedande miljöteknisk markundersökning*

- Jordprovtagning enligt beskrivning nedan i sammanlagt 84 pkt.
- Installation och provtagning av fyra st grundvattenrör.

Höst 2004 - *Kompletterande åtgärdsförberedande miljöteknisk markundersökning*

- Grundvattenmodellering avseende klorerade alifater i Ljusseveka vattentäktsområde.
- Seismisk refraktionsmätning avseende jordartsstratigrafi och berggrundstopografi.
- 5 st nya gv-rör samt provtagning i samtliga befintliga gv-rör.
- Ytvatten- och sedimentprovtagning i Laganån m.a.p klorerade alifater

Konventionell provtagningsmetodik, exempel Värnamotvätten

Mars 2002 - *Miljöteknisk markundersökning*

April 2003 - *Åtgärdsförberedande miljöteknisk markundersökning*

Höst 2004 - *Kompletterande åtgärdsförberedande miljöteknisk markundersökning*

Mars 2006 - *kompletterande miljöteknisk mark- och grundvattenundersökning*

- Porluftprovtagning med geoprobe (eller likvärdig utrustning)
- Analys med portabel-GC/fält-GC avseende porluft
- Nivåspecifik jordprovtagning från jordkärna med augerborr
- Installation och nivåspecifik grundvattenprovtagning av två gv-rör slitsade 10-40 mmy.

Mars 2007 - *kompletterande miljöteknisk mark- och grundvattenundersökning*

- Kompletterande jord (8 st borrhinar)- och grundvattenprovtagning
- MIP-sondering (10 st pkt)
- Flödesloggning/flowlog med grundvattenprovtagning
- In situ-test/fältförsök med flerfasextraktion

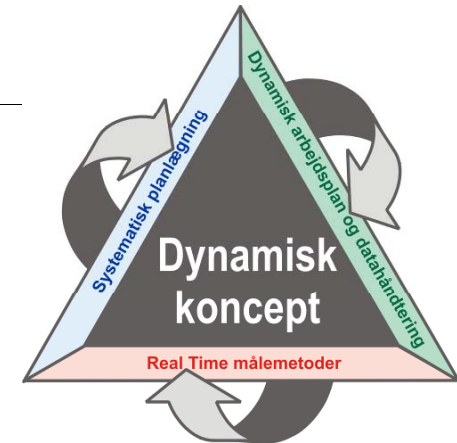
TRIAD- Dynamiskt undersökningskoncept

TRE DELAR:

1) Systematisk planering

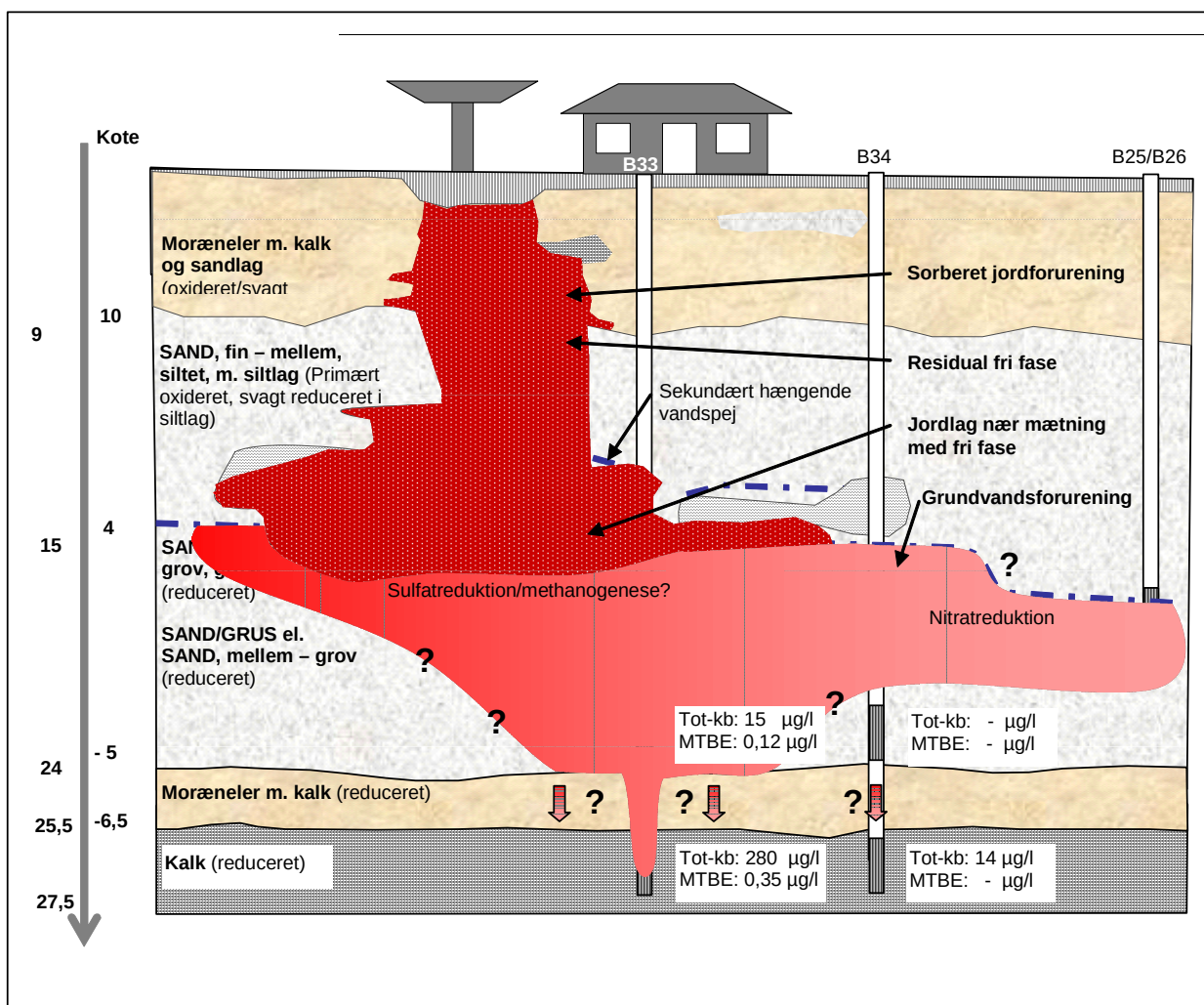
Formulera åtgärds mål

Samla all information



Systematisk planering

Samla information – Konceptuell modell



TRIAD- Dynamiskt undersökningskoncept

TRE DELAR:

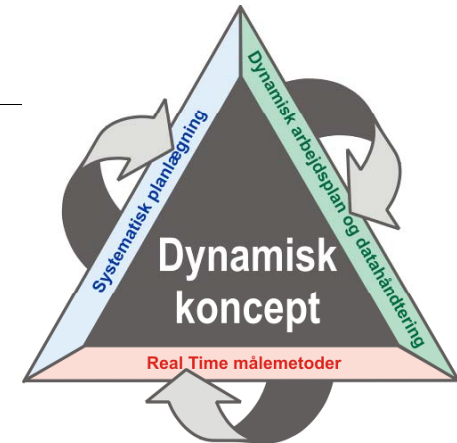
1) Systematisk planering

Formulera åtgärds mål

Samla all information

2) Realtidsmätningar

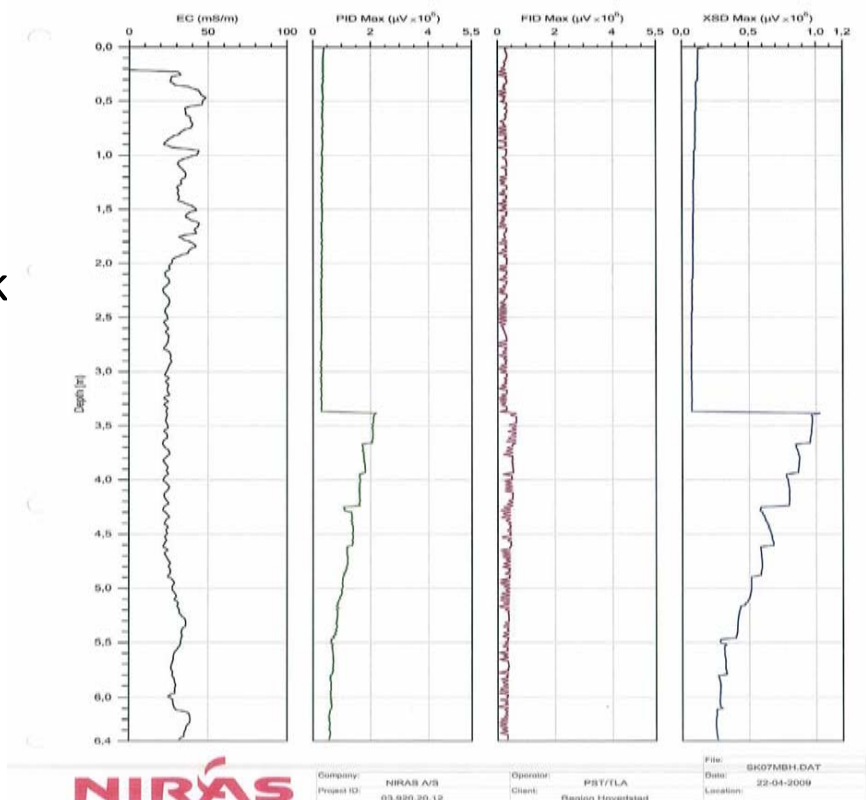
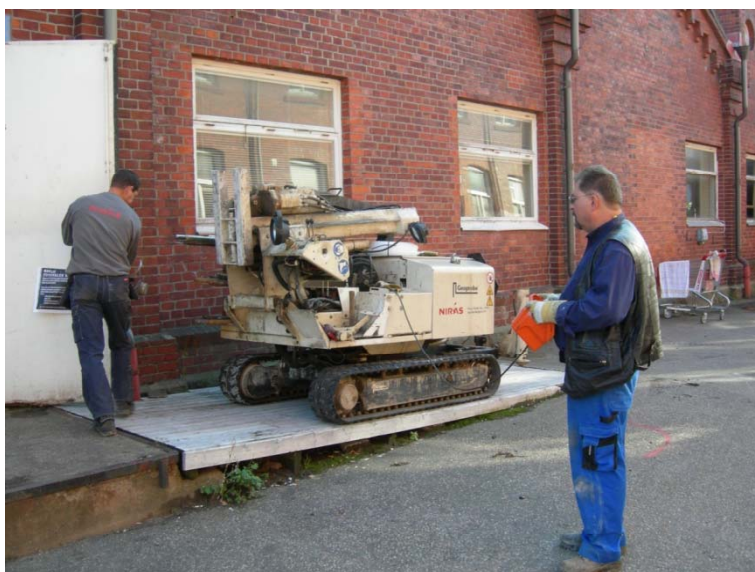
Rätt fältutrustning



Realtidsmätningar

Rätt utrustning NIRAS Geoprobe och fältanalysinstrument

Geoprobe - provtagning av:
 Jord
 Grundvatten
 Porluft
 Specialsonder mäta föroreningar direk



MIP-sond -flyktiga ämnen i jord och grundvattenzon

Realtidsmätningar

Rätt utrustning, t ex NIRAS Geoprobe och fältanalysinstrument



Analysen görs omedelbart med fältinstrument



TRIAD- Dynamiskt undersökningskoncept

TRE DELAR:

1) Systematisk planering

Formulera åtgärds mål

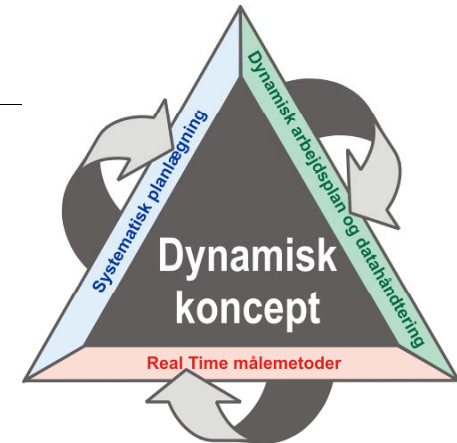
Samla all information

2) Realtidsmätningar

Rätt fältutrustning

3) Dynamisk arbetsplan och datahantering

Flexibel planering



Dynamisk arbetsplan och databehandling

Flexibilitet

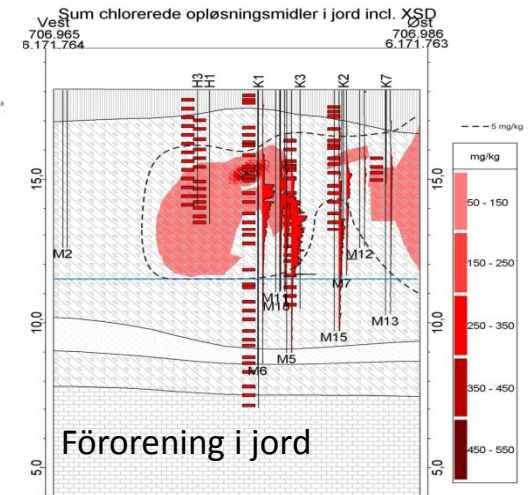
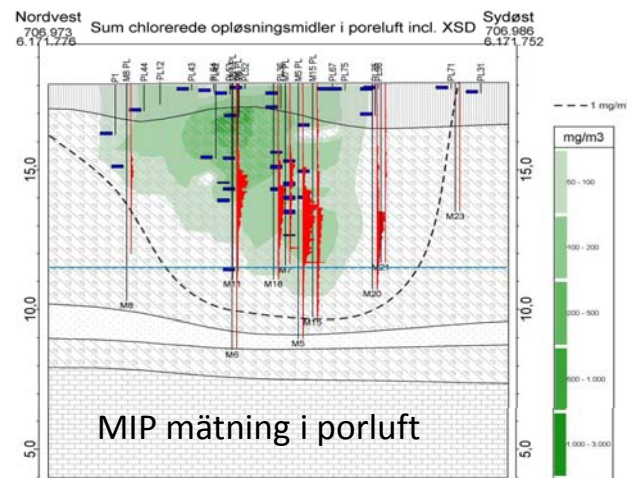
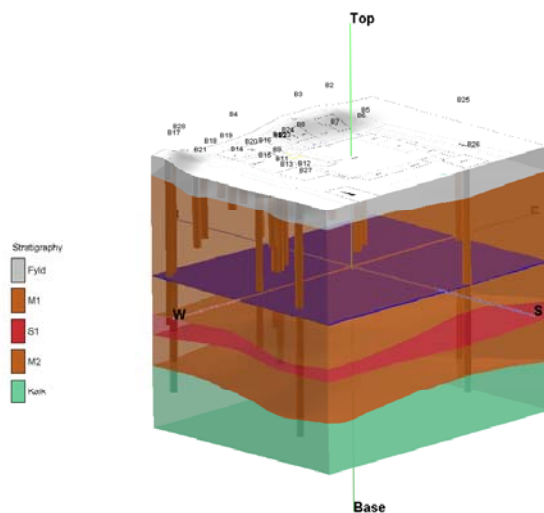
Senaste resultat från provtagningar , mätningar och analys styr fortsatta undersökningar.

Person med mandat för att ta flexibla beslut finns på plats.

Kontinuerlig kommunikation med beställare - uppdaterad konceptuell modell.

Dynamisk arbetsplan och databehandling

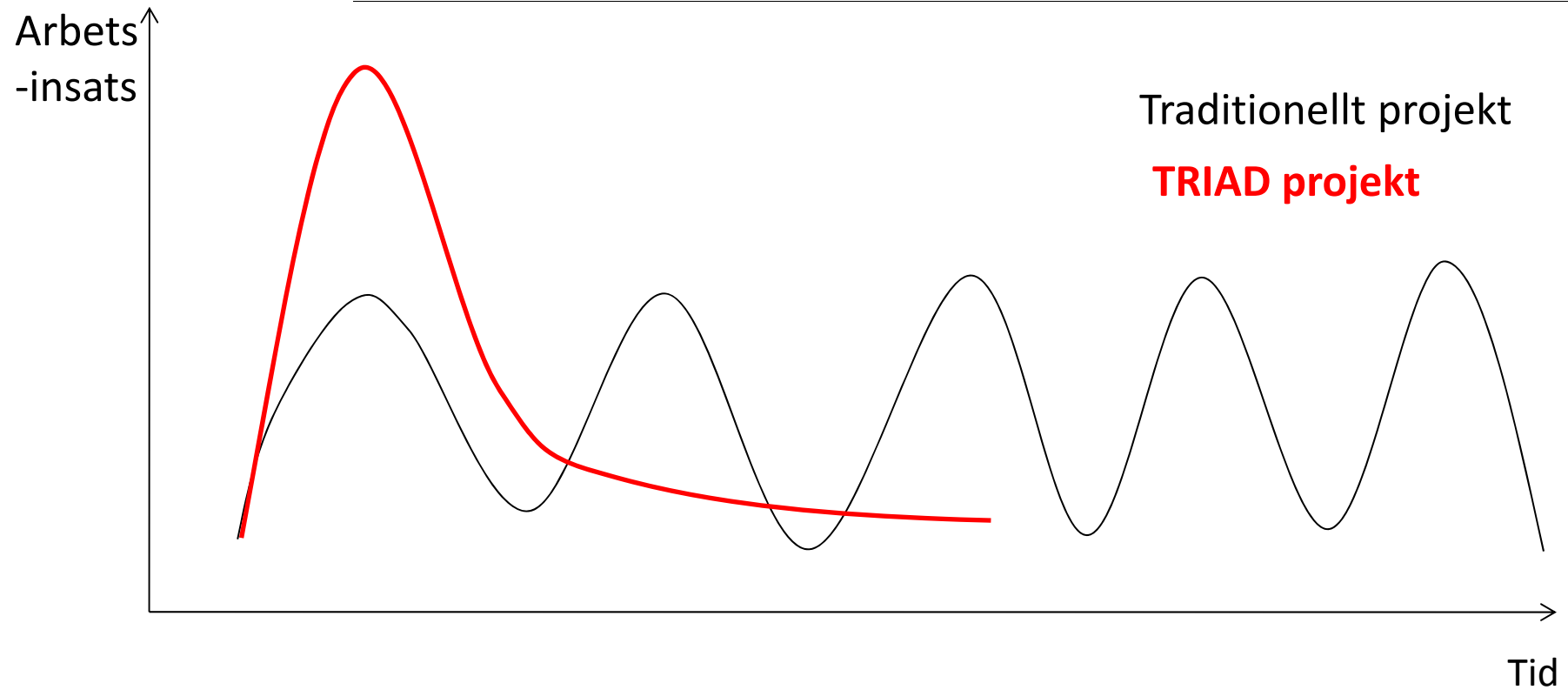
Rockworks



Geologiska profiler och
föroreningsutbredning

Triad vs traditionell metodik

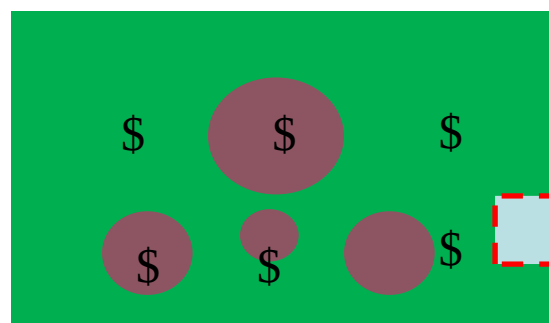
Arbetsinsats och tid



Triad vs traditionell metodik

Dataintensitet och osäkerhet

Traditionell
metod



- Dyra laboratorieanalyser
- Ofullständig kartläggning

Åtgärd

- Ofullständig sanering
- Kompl. undersökningar och åtgärder behövs

Högre
osäkerhet

Triad



- Billiga analyser
- Komplett kartläggning av förorening

Åtgärd

- Fullständig sanering
- Återställande av mark med hög kvalitet i en arbetsinsats

Lägre
osäkerhet

Triad vs traditionell metodik

Dataintensitet & Ekonomi

Dynamisk undersökning - TRIAD Koncept

TOTALT FÄLTANALYSER ca 400 st punkter

Traditionellt koncept

TOTALT FÄLTANALYSER ca 100 st punkter

Samma kostnad!

Varför Triad?

Minskar osäkerheten

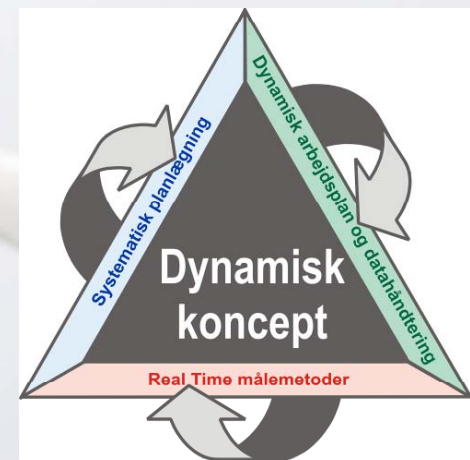
Spara tid

Spara pengar

Bättre kommunikation

Erfarenheter och resultat från TRIAD-projekt:

Taastrup, Danmark

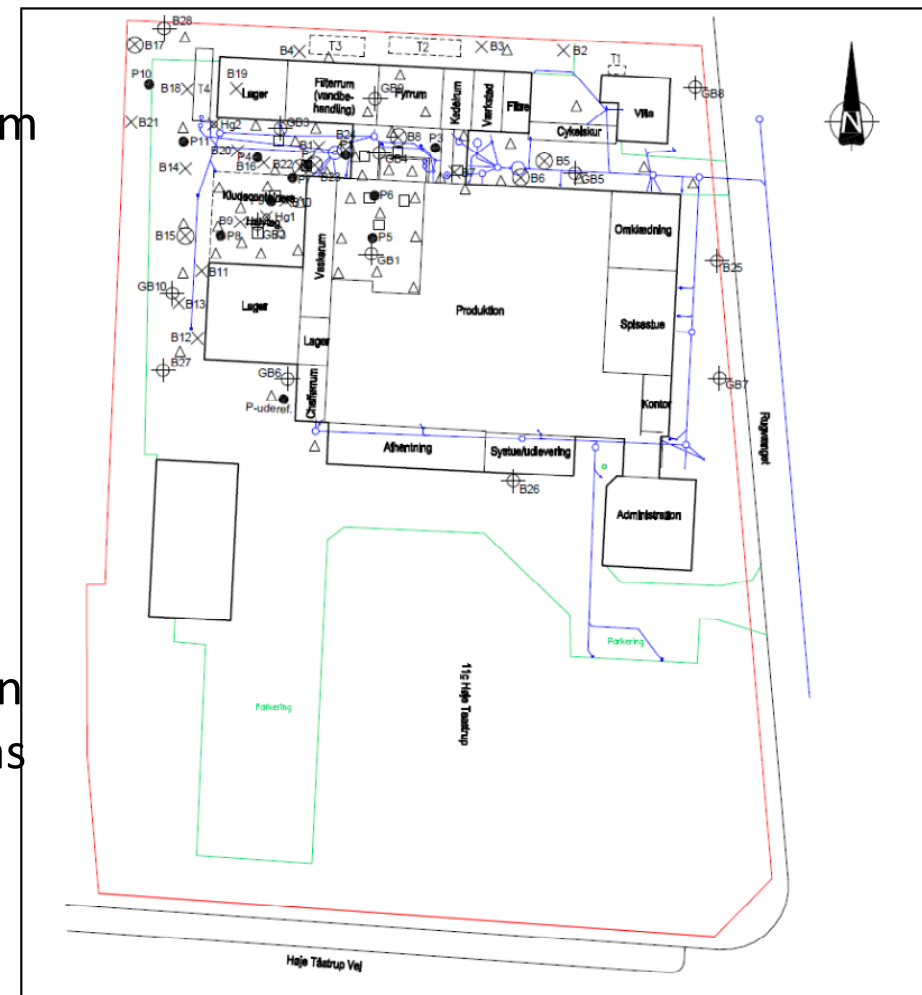


FASTIGHET RUGVÆNGET 1-5, TAASTRUP

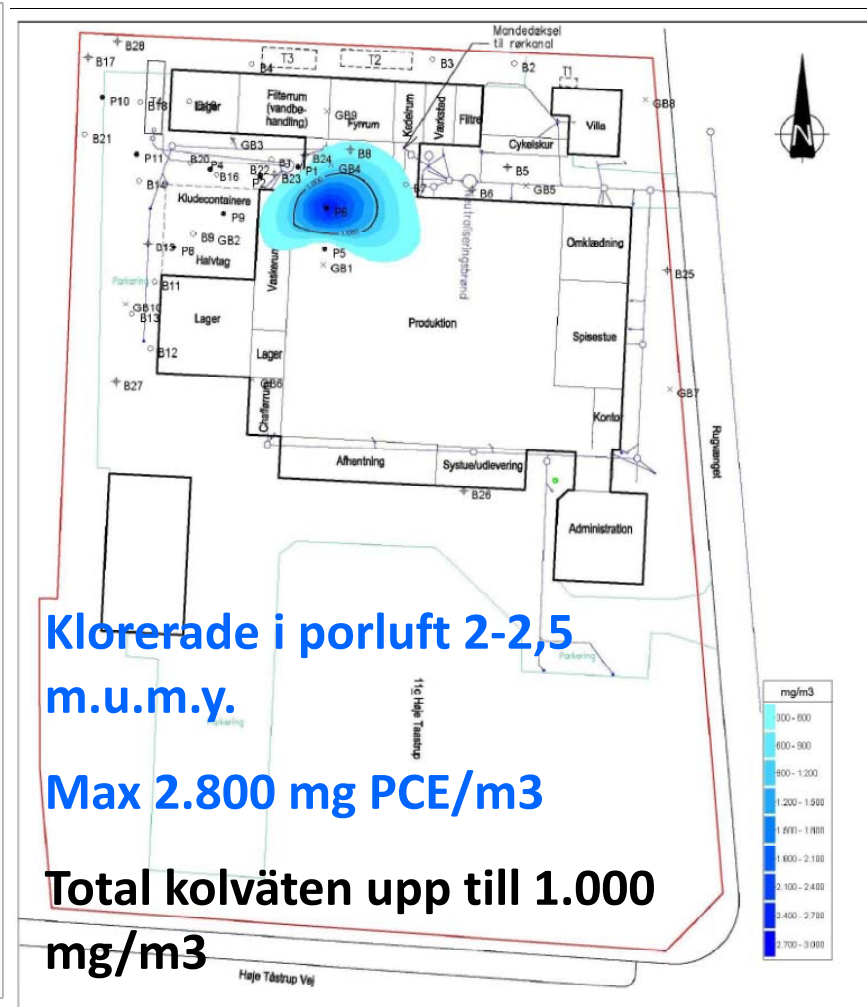
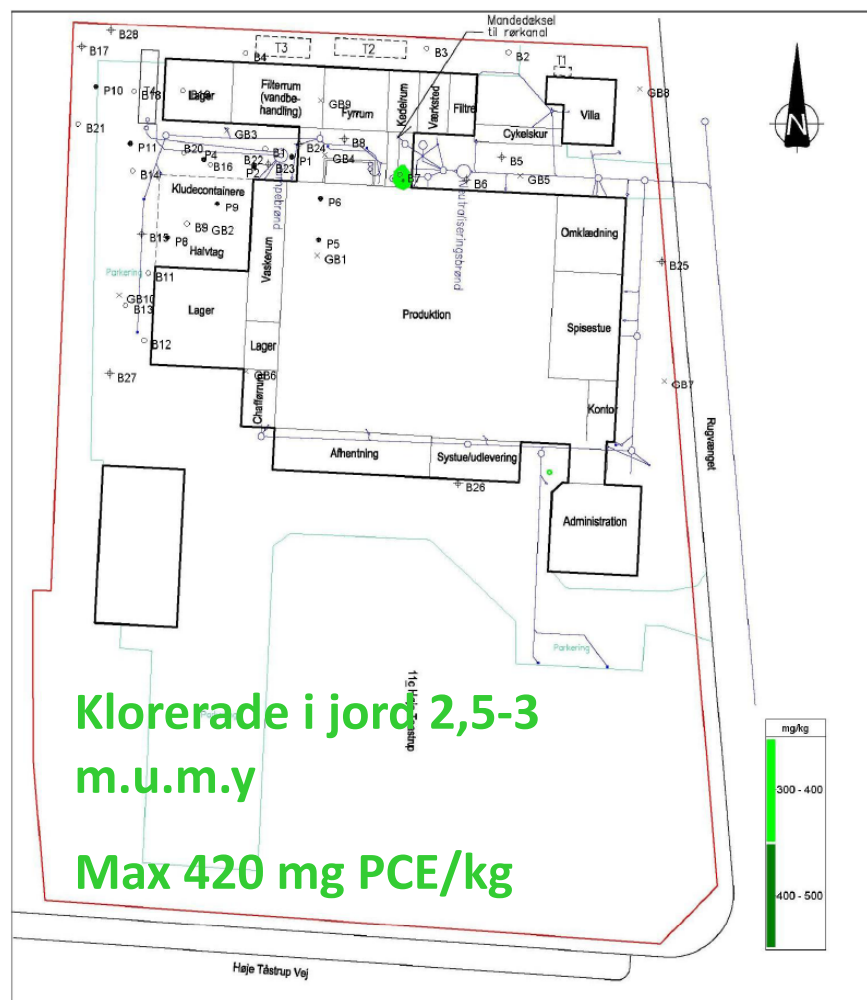
- Industritvæteri sen år 1960
- Klorerede løsningsmedel anvendtes frem til 1994/1995
- Även idag finns industritvätt på fastigheten

Syfte:

- Bevara områdets grundvattenresurser
- Prova nytt dynamisk undersökningskoncept: Kan man gå från inledande undersökning till saneringsfas via en undersökningsomgång?



Resultat från inledande undersökning



UNDERSÖKNING I 2 FASER: FAS 1

- **Fas 1: Inledande karakterisering och screening - Kontrollera grundläggande hypoteser och förutsättningar**
 - Ställa upp inledande konceptuell modell
 - Systematisera existerande data i RockWorks
 - Inmätning med GPS och utarbeta en korrekt grundkarta
 - Pejlrunda
 - Uttag av vattenprover från grundvattenrör
 - Screening efter andra "hot-spots" med GeoProbe.
Niveåspecifika vattenprover (2-3 nivåer)

AKTVITETER FAS 1

- Vattenprover från existerande grundvattenrör
- 4 nya gv-rör



AKTVITETER FAS 1: screening efter andra "hot-spots"

– Vattenprover från
existerande gv-rör

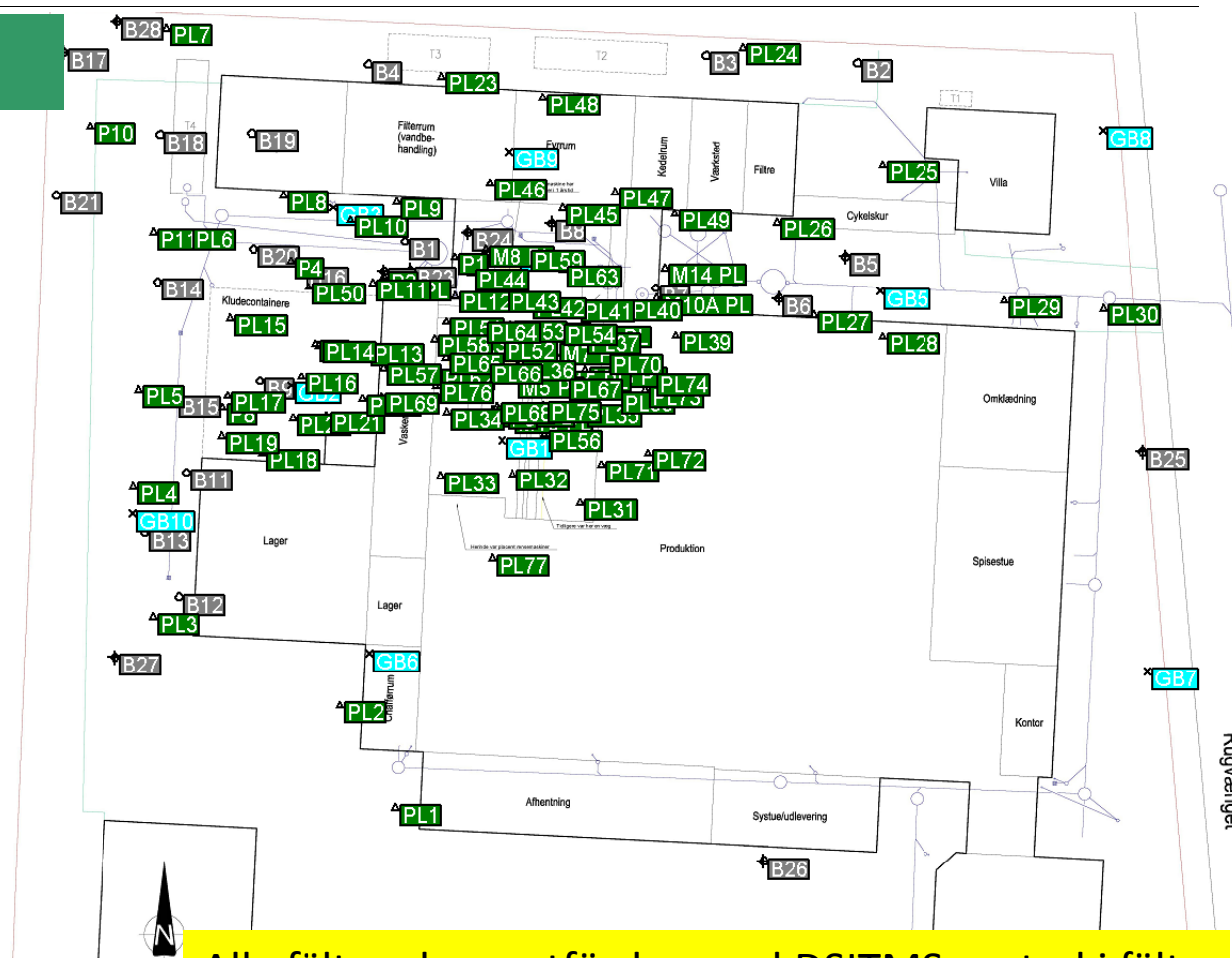
– 4 nya gv-rör

– 10 Geoprobe-sonderinger
med nivåspecifika vattenprover



AKTIVITETER I FAS 2: Föroreningsavgränsning och – karaktärisering med TRIAD

- 74 porluftpunkter

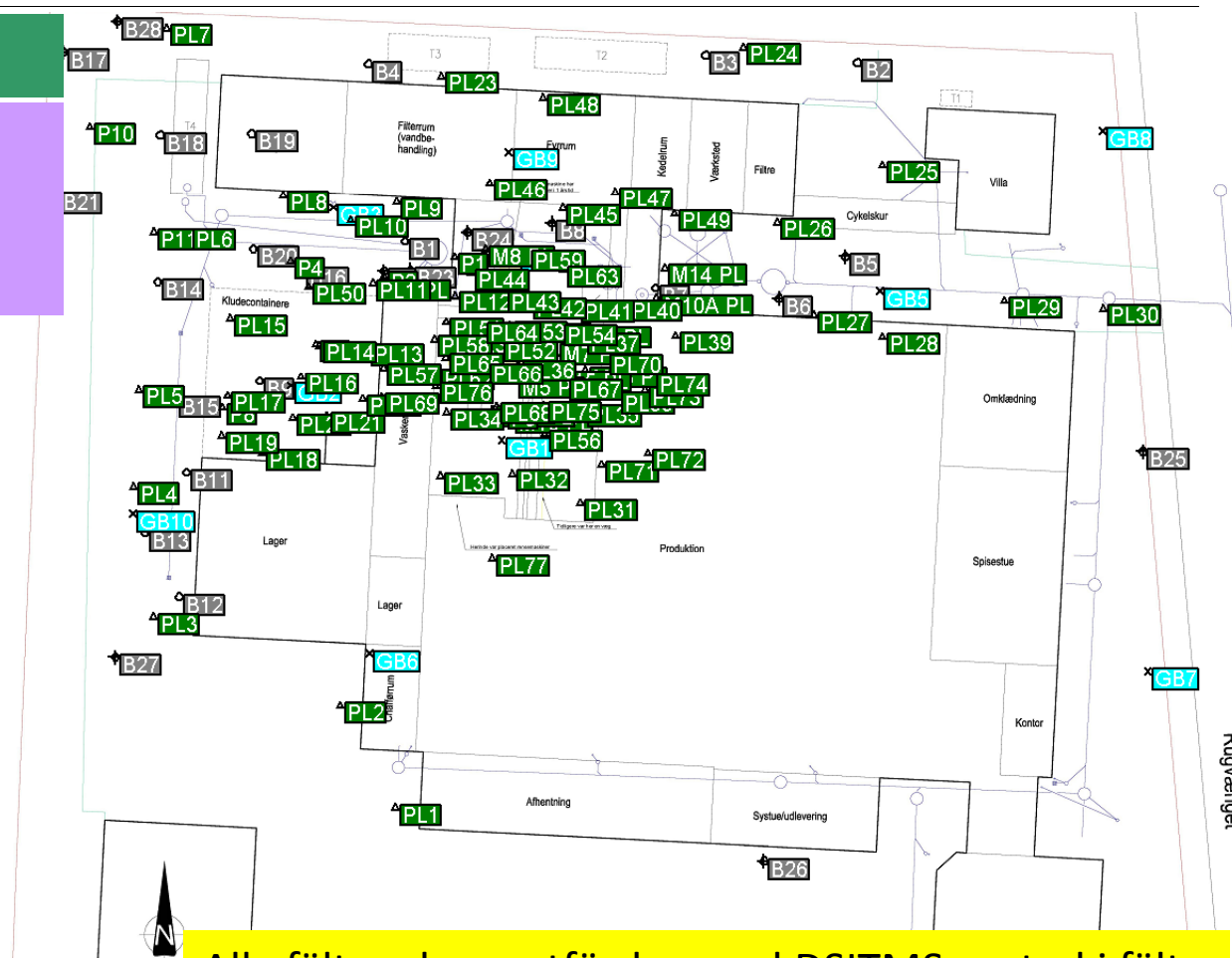


Alla fältanalyser utfördes med DSITMS-metod i fält

AKTIVITETER I FAS 2: Föroreningsavgränsning och – karaktärisering med TRIAD

- 74 porluftpunkter

- 23 MIP sonderinger till ca. 6
mumy + 43 porluftprover från
MIP-sonderinger



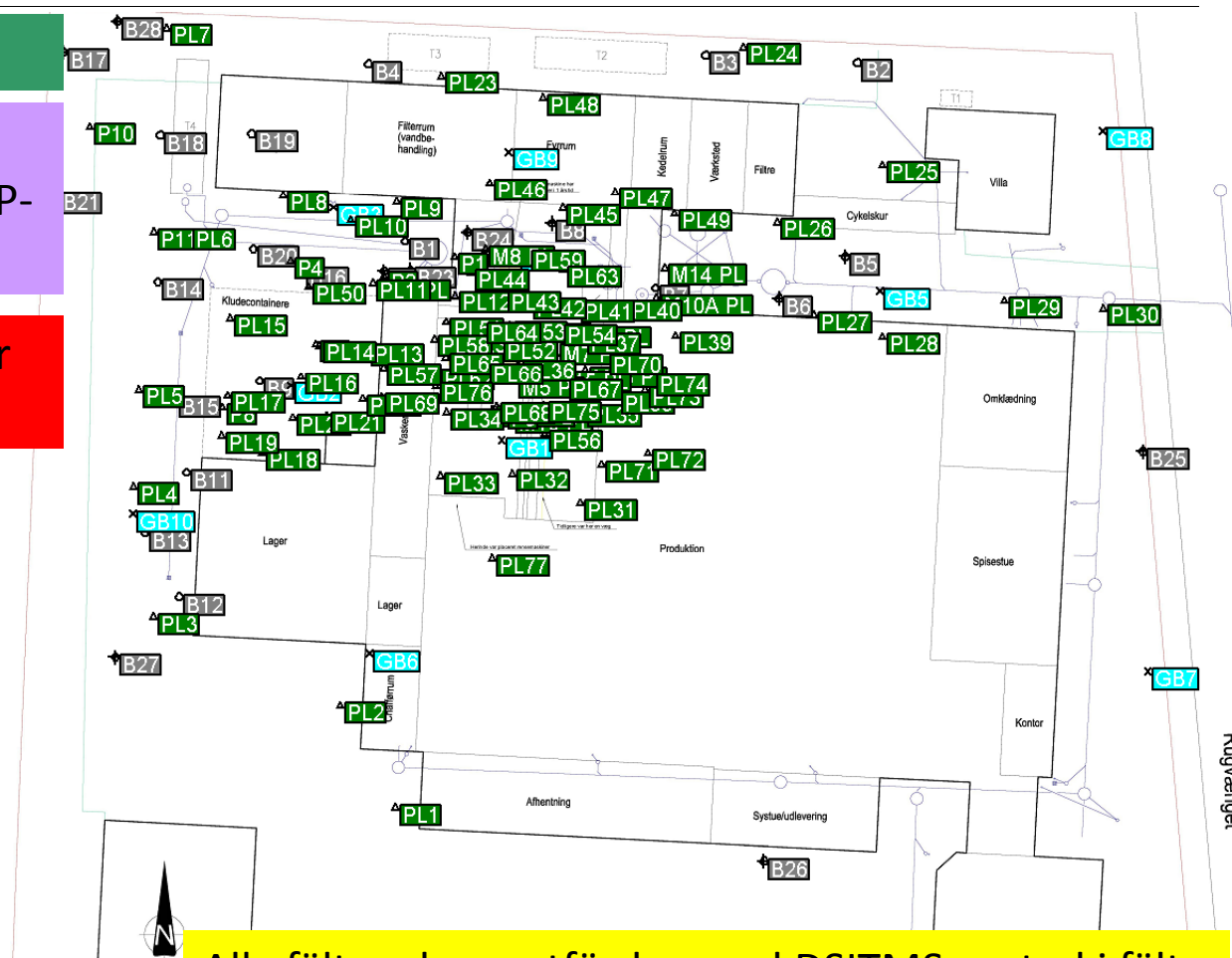
Alla fältanalyser utfördes med DSITMS-metod i fält

AKTIVITETER I FAS 2: Föroreningsavgränsning och – karaktärisering med TRIAD

- 74 porluftpunkter

- 23 MIP sonderinger till ca. 6
mumy + 43 porluftprover från MIP-
sonderinger

- 8 kärnprover + 4 handborringar
TOTALT 165 st jordprover



Alla fältanalyser utfördes med DSITMS-metod i fält

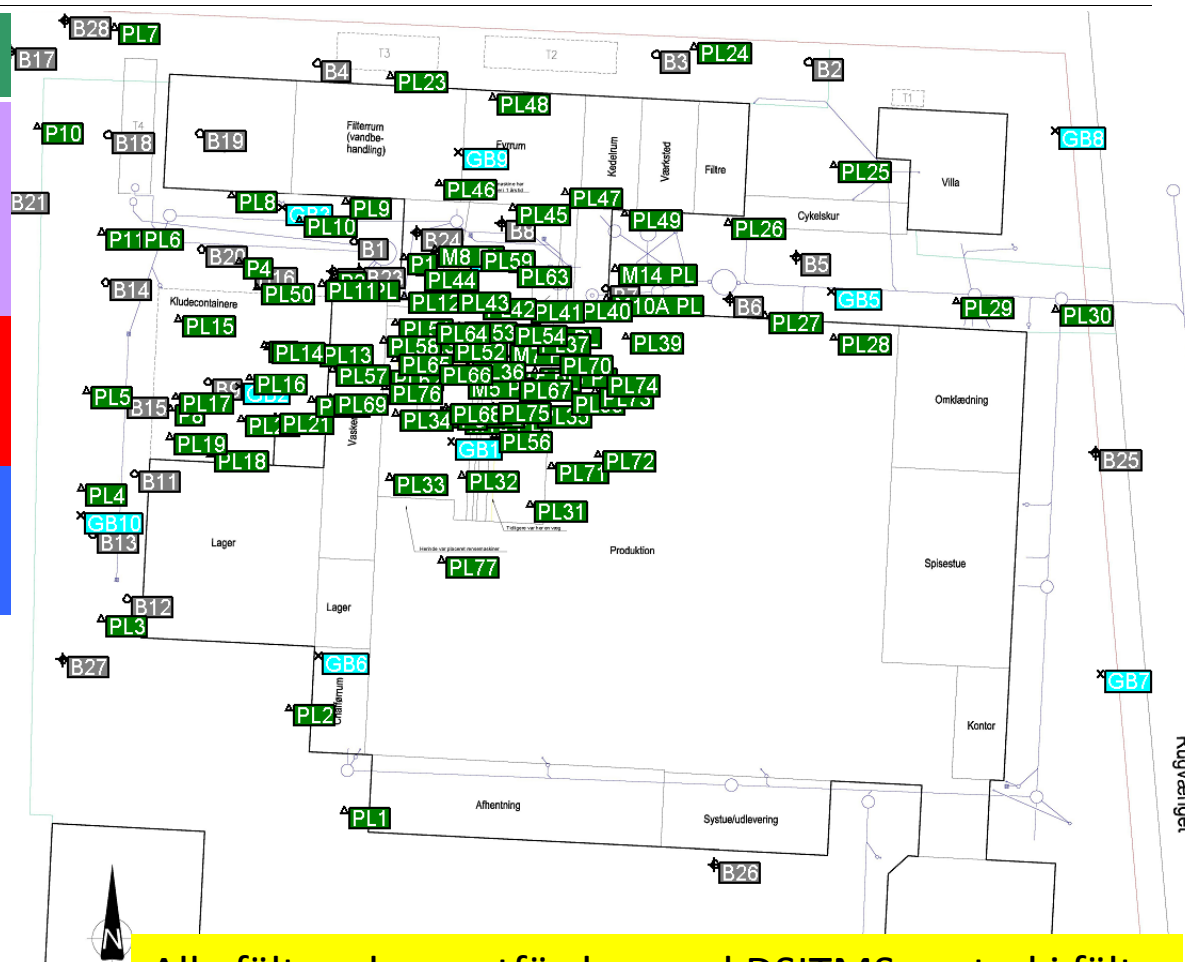
AKTIVITETER I FAS 2: Föroreningsavgränsning och – karaktärisering med TRIAD

- 74 porluftpunkter

- 23 MIP sonderingar till ca. 6
mumy + 43 porluftprover från
MIP-sonderingar

- 8 kärnprover + 4
handborrningar

- 4 vattenprover– övre och
undre magasin



Alla fältanalyser utfördes med DSITMS-metod i fält

AKTIVITETER I FAS 2: Föroreningsavgränsning och – karaktärisering med TRIAD

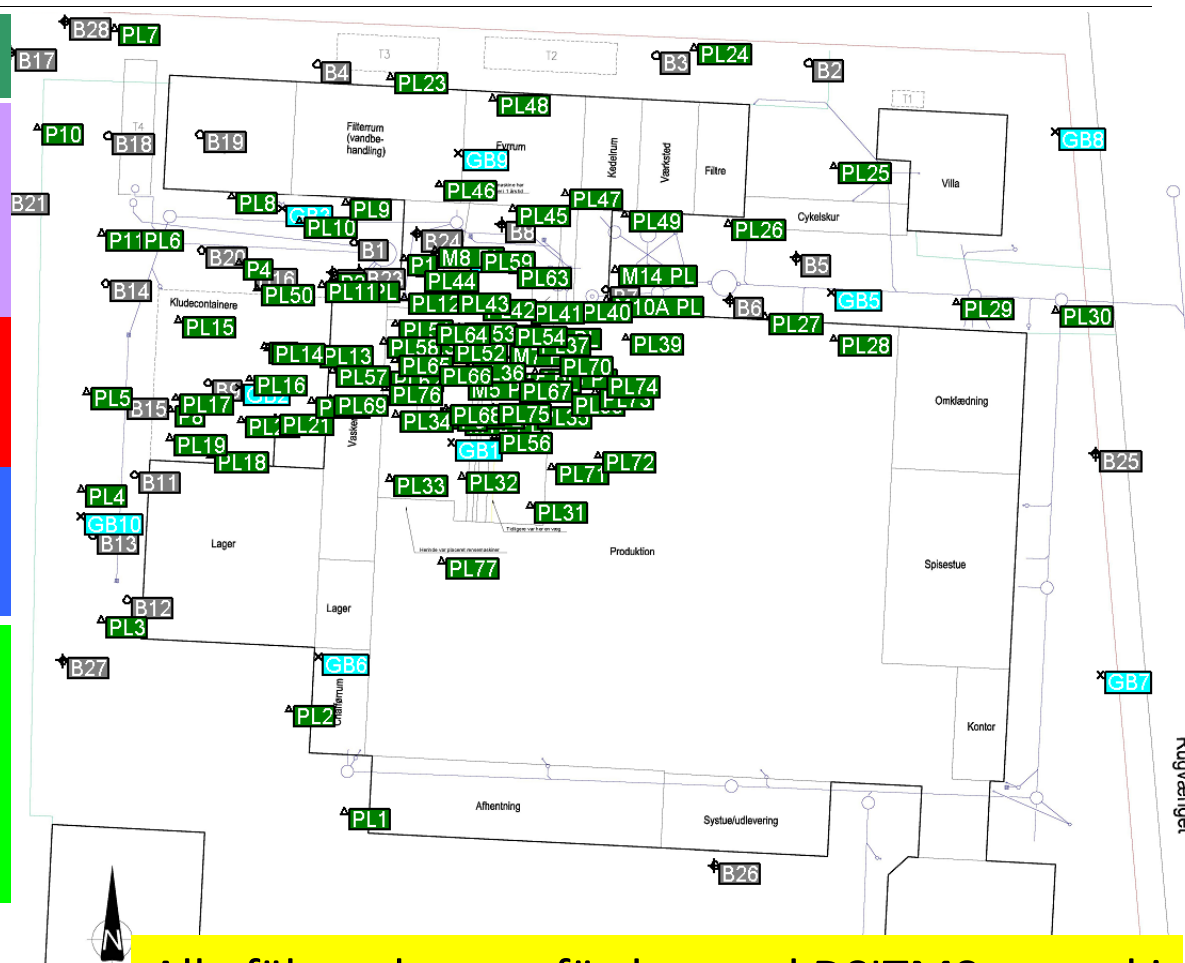
- 74 porluftpunkter

- 23 MIP sonderingar till ca. 6
mumy + 43 porluftprover från
MIP-sonderingar

- 8 kärnprover + 4
handborrningar

- 4 vattenprover – övre och
undre magasin

- 2 områden med FLUTe liner –
I samband med MIP
sonderingar och
kärnprover



Alla fältanalyser utfördes med DSITMS-metod i
fält

TRIAD I FAS 2: PROCESSEN (1/2)

-
- TRIAD undersökningen pågick i knappt 3 veckor
 - Alla aktiviteter genomfördes i fält (fältlabb, uppdelning av jordkärnor etc)
 - Totalt utfördes ca. 400 fältanalyser (jord, porluft, vatten, FACT)
 - Inledande planläggning ("aktivitetsöversikt", utrustning, m m)
 - Involvering av projektdeltagare (tekniker, laboratorium, kärnuppskärning, FLUTE linere m m)
 - Löpande databearbetning och uppdatering av konceptuell modell i RockWorks
 - Löpande justering och optimering av undersökningar baserat på resultat
 - Involvering av beställare via RockWorks m m
-

TRIAD I FAS 2: PROCESSEN (2/2)

ORGANISERING I PRAKTIKEN

- Fältfolk – dag
 - generering av data
- Erfaren ingenjör medverkar på heltid– dag och kväll
 - Dialog och koordinering med tekniker, entreprenörer, verksamhet
 - Databearbetning och –bearbetning
 - Förslag till ändringar
- Specialist som fackligt ansvarig– (dag och) kväll
 - Databearbetning och –tolkning
 - Beslut om ändringar
 - Dialog med byggherre
- Byggherre Beslut/godkännande av ändringar

FOTON FRÅN FÄLTARBETEN – FAS 2 TRIAD



DSITMS fältlaboratorium



Installation af FLUTe
liner



MIP-system

FOTON FRÅN FÄLTARBETE – FAS 2 TRIAD



Diamantborrning

Installation av FLUTe med
GeoProbe



Klippning av FACT liner



FACT liner

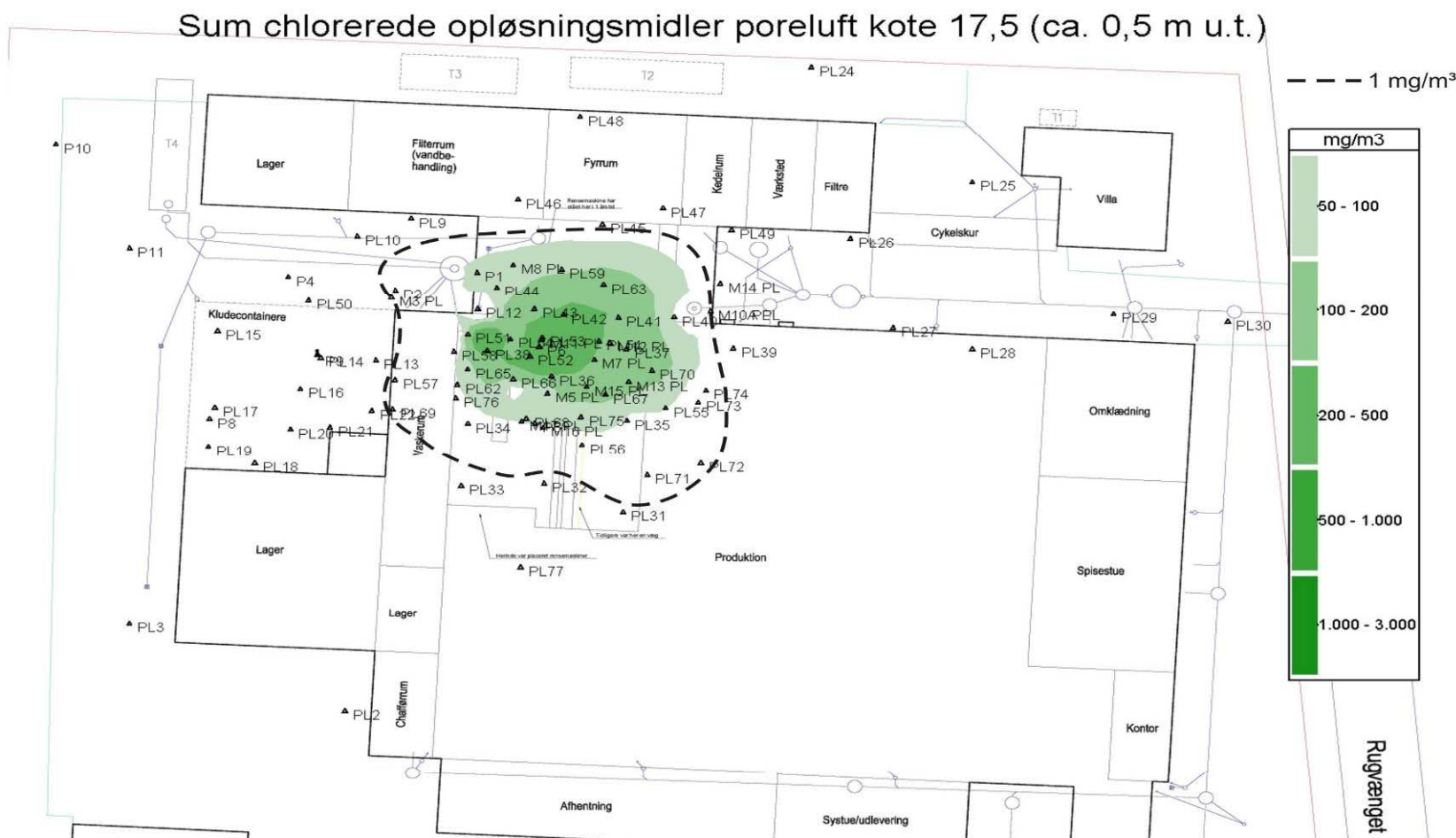
FOTON FRÅN FÄLTARBETE – FAS 2 TRIAD



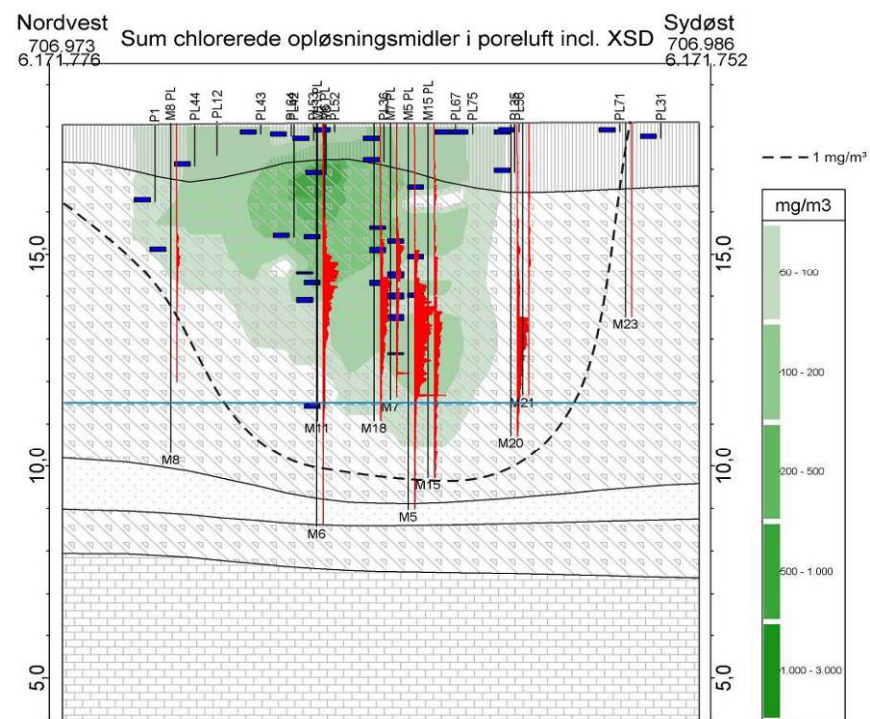
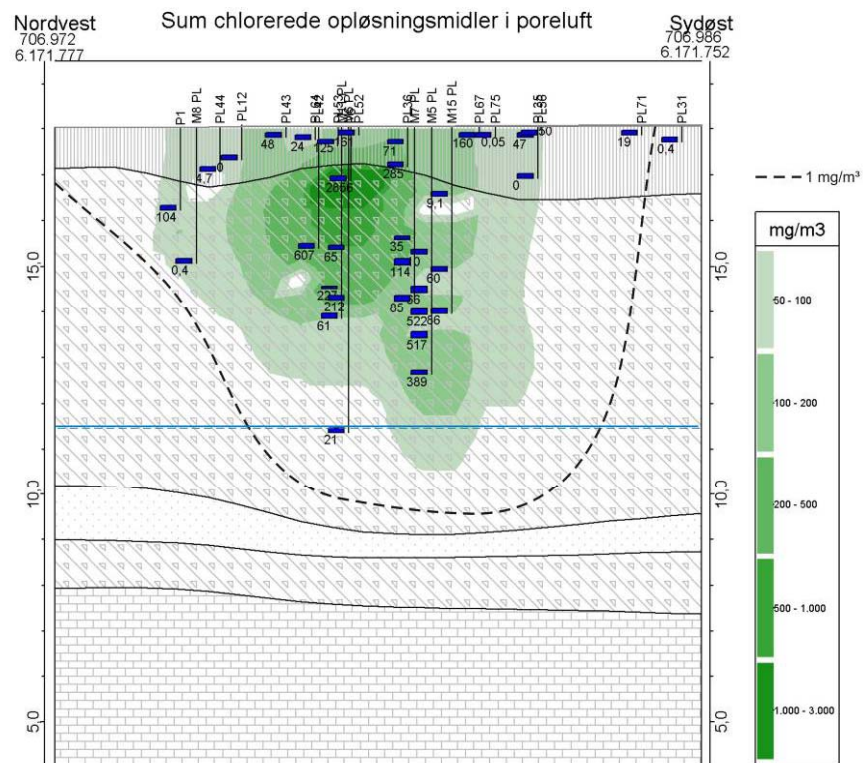
KONCEPTUELL MODELL I ROCKWORKS

- Data läggs löpande in i Rockworks
 - Databas funktion
 - Överblick över föroreningssituationen
 - Möjlighet att dela data/modeller med kunden
 - Data blir samlat och är lättillgängligt för efterföljande arbete
 - Konvertibel med andra databaser och geologiska modellprogram

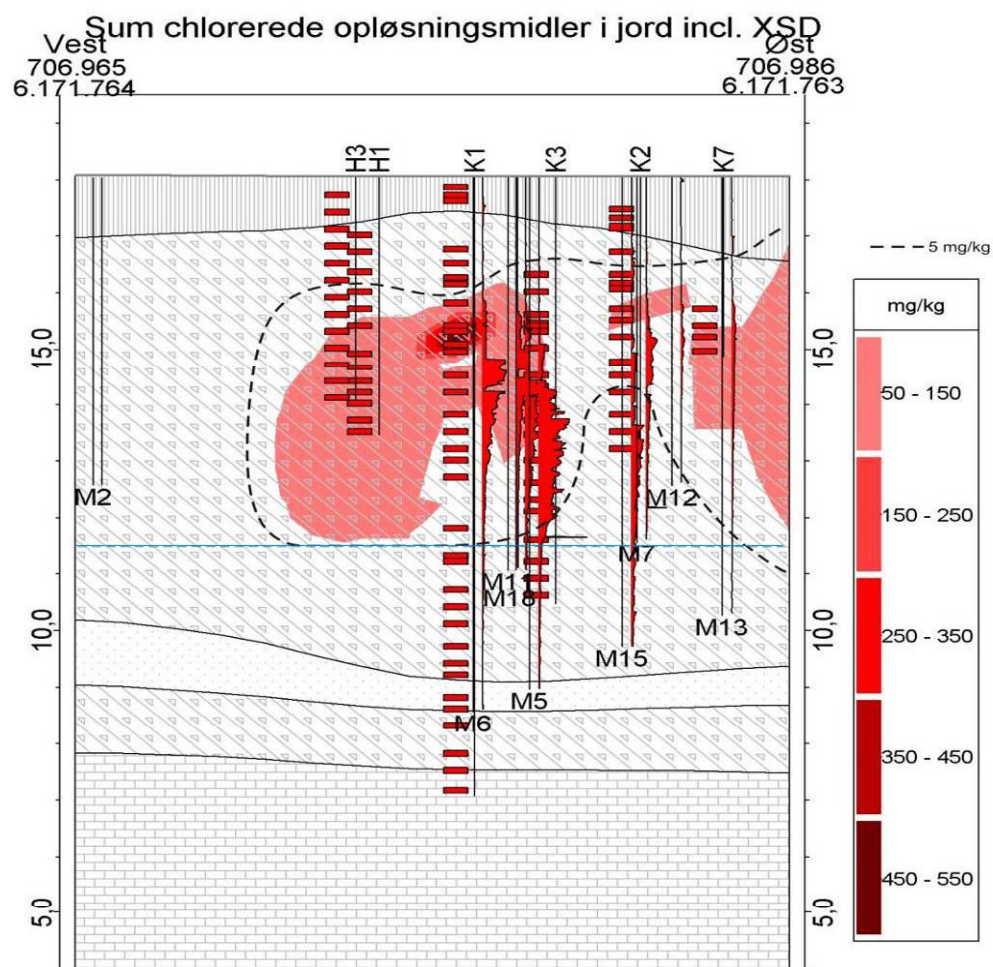
PORLUFTFÖRORENING – HORISONTELL UTBREDNING



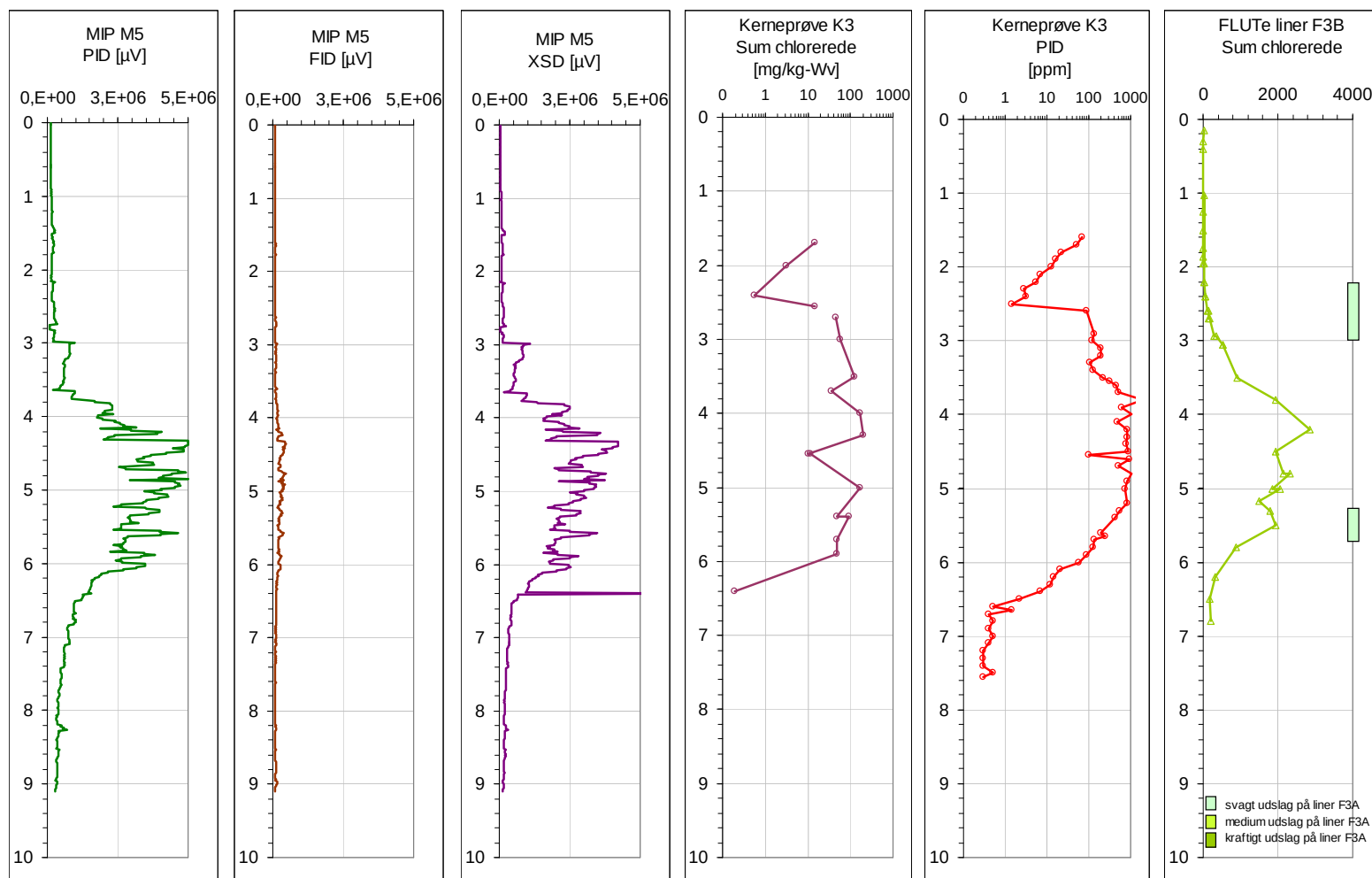
PORLUFTFÖRORENING – VERTIKAL UTBREDNING



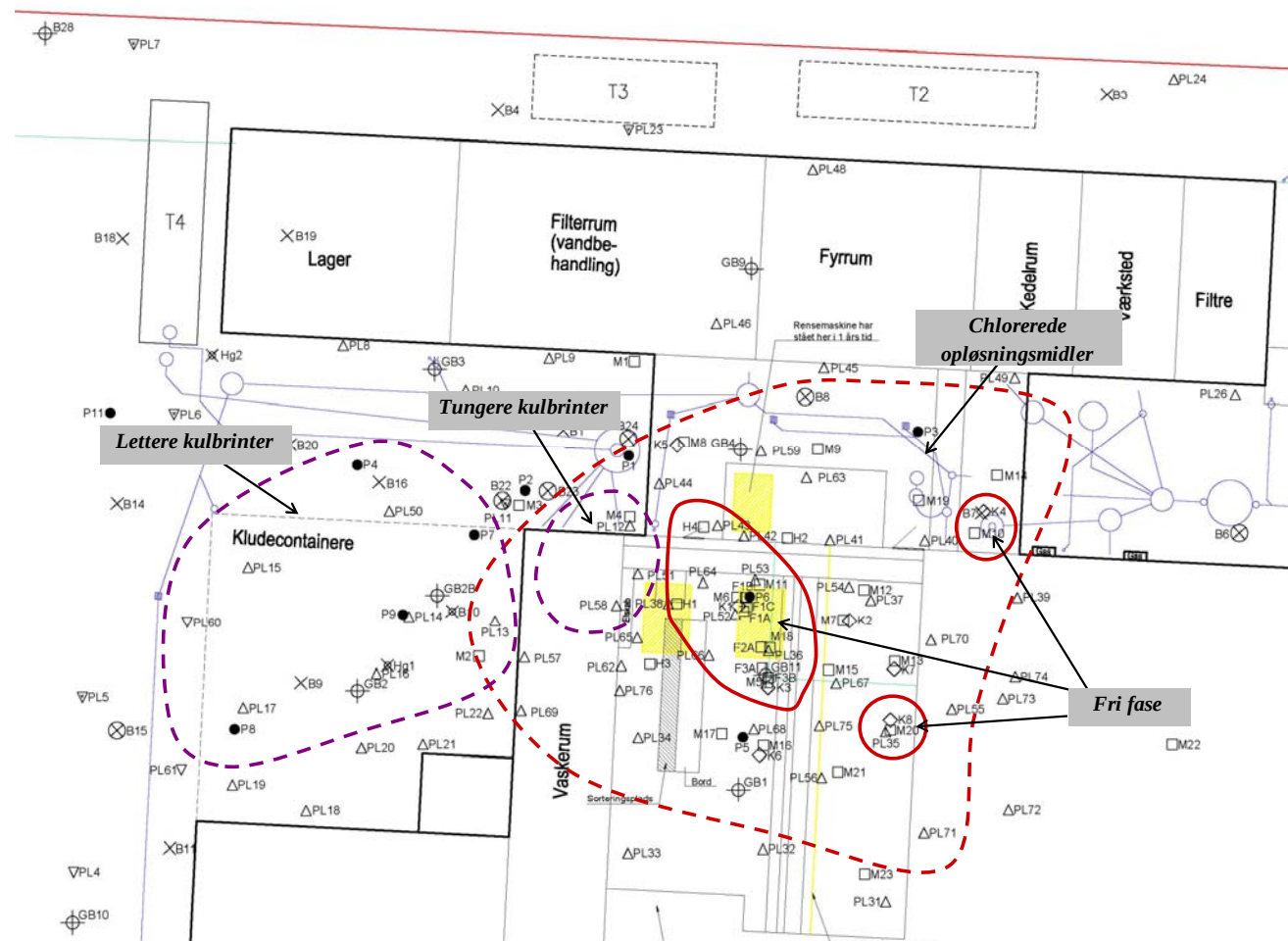
JORDFÖRORENING – VERTIKAL UTBREDNING



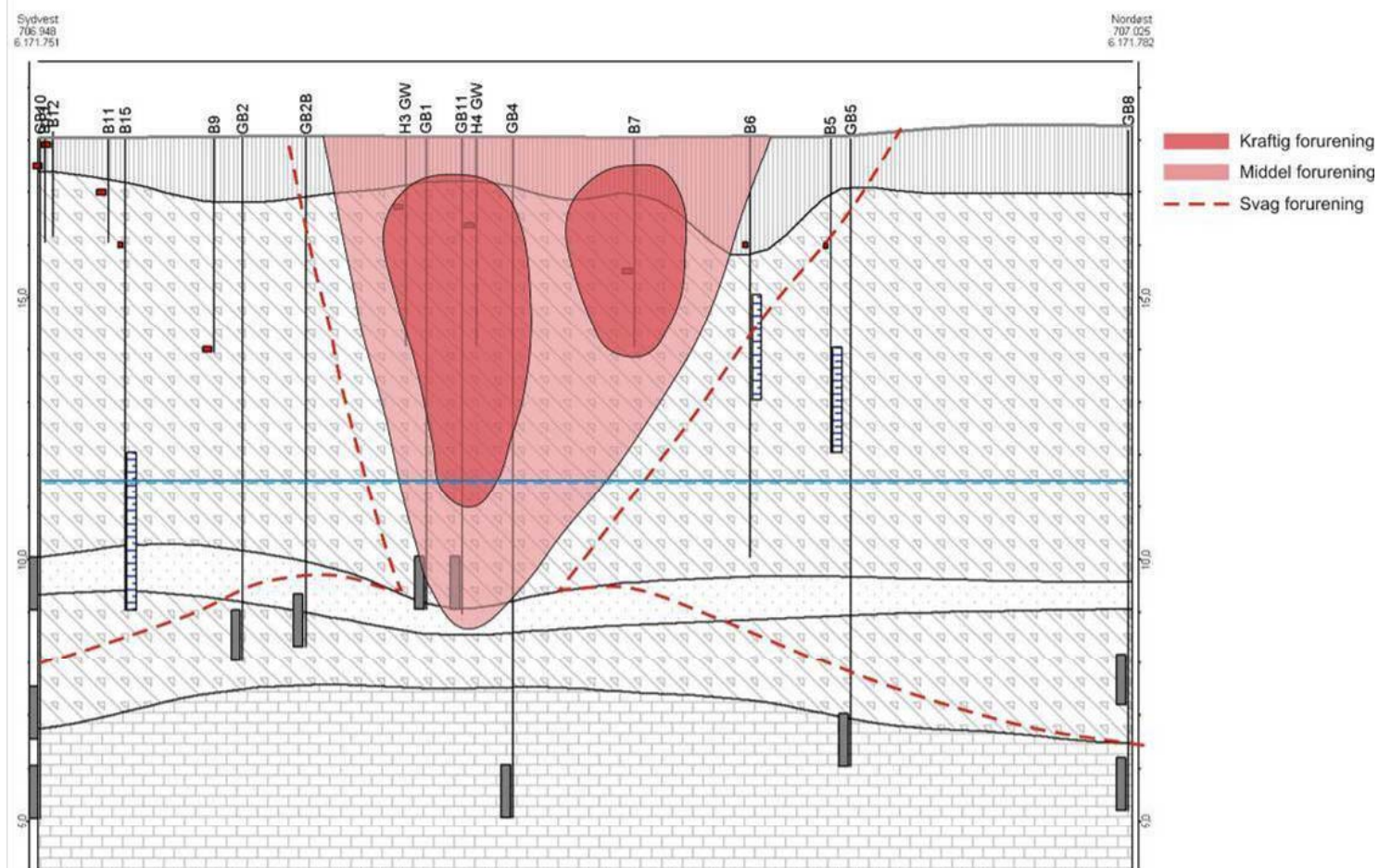
JÄMFÖRELSE AV DATA – LINERE, JORDPROVER OCH MIP



FÖRORENINGSUTBREDNING



FÖRORENINGSUTBREDNING



ERFARENHETER AV ATT ANVÄNDA TRIAD (1/3)

- Effektivt och komprimerat undersökningsförlopp
- Detaljerad föroreningsbild på kort tid
- Löpande justering och målsättning med underökningarna jftr föroreningskartläggningen
- Större dataunderlag och säkerhet i beslutsunderlaget
- Reduktion i omkostnader jftr med insamlad datamängd
- Färre tillfällen som verksamhet på fastigheten störs
- Framgång förutsätter grundlig planläggning av underökningar och löpande uppföljning av resultaten
- Rockwors är ett bra verktyg för att ställa upp en konceptuell modell

ERFARENHETER AV ATT ANVÄNDA TRIAD (2/3)

PLANERING– VAR BEREDD!

- Tänk igenom alla realistiska scenarios för föroreningsspridning
- Förbered plan A, plan B, plan C, plan D....
- Ha ”verktygslådan” klar

FLEXIBILITET

- Många människor ska samarbeta (på tvärs i företaget)
- Många metoder ska användas (på tvärs i företaget)
- Egen utrustning ökar flexibiliteten
- Ingå iförväg avtal med lokala entreprenörer

ERFARENHETER AV ATT ANVÄNDA TRIAD (3/3)

FÖRLOPP OCH ORGANISERING

- Komprimerat förlopp och potentiellt långa arbetsdagar
- Analysutrustningens kapacitet kan avgöra dagsproduktionen
- Beslutsmandat i fält och hos beställare/byggherre
- Bemanna med kompetent och erfaren personal

DATAPUNKTER

ALBA-GRUNDEN				
Aktivitet	Antal punkter	Antal meter	Antal analyser felt	Antal analyser Akkr.
FASE 1, 2010				
Filtersatte boringer	4	50,5		
Jordpr.fra boringer	4			8
Vandpr. boringer	11			16
Geoprobe vandpr.	10	119,5		19
FASE 2, 2010: TRIAD				
Terrænnær poreluft	74		74	9
Vand – terrænnært	7		7	
MIP sonderinger	23	162,5	45	
Geoprobe vandpr.	2	19	2	1
Kerneprøver	8	35	119	9
Håndboringer	4	14,5	46	2
Sudan IV jordprøver	18			
FLUTe linere	6		111	

FRYDENBERGVEJ				
Aktivitet	Antal punkter	Antal meter	Antal analyser felt	Antal analyser Akkr.
UNDERSØGELSER, 2005				
Filtersatte boringer	11	???		
Jordpr. fra boringer	9			9
Sudan IV	7			
Vandpr. Boringer	11			28
Poreluft	33		10	1
ATD-rør	5			5
Volumenpumpning	1			
TV-inspektion kloak	1	30		
UNDERSØGELSER, 2007				
Filtersatte boringer	8			
Jordpr. fra boringer	8			20
Sudan IV	8			
Vandpr. boringer	20			20
Poreluft	24			12
Geoteknik				

JORDPRØVER

Antal datapunkter

- ALBA
TOTALT ANTAL FÄLTANALYSER
TRIAD Koncept

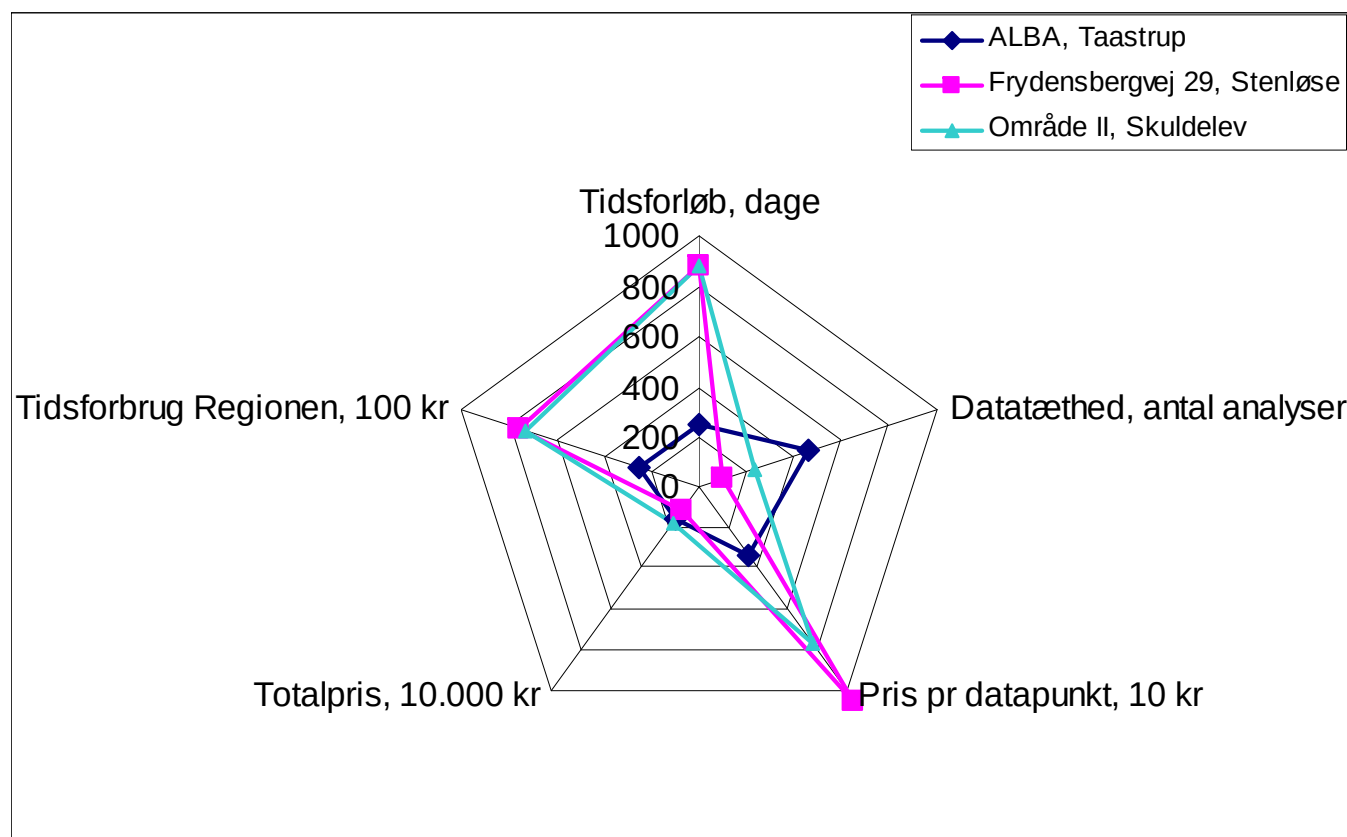
Ca. 400

- FRYDENSBERGVEJ
TOTALT ANTAL FÄLTANALYSER
Traditionellt koncept

Ca. 100

- **Ungefär samma kostnad!**

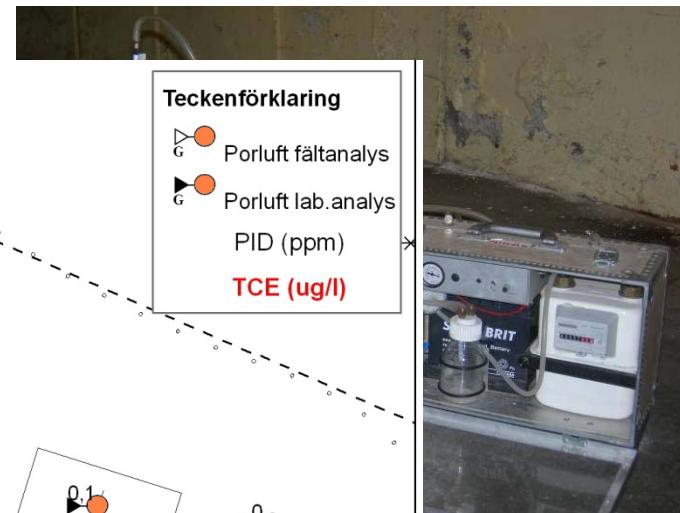
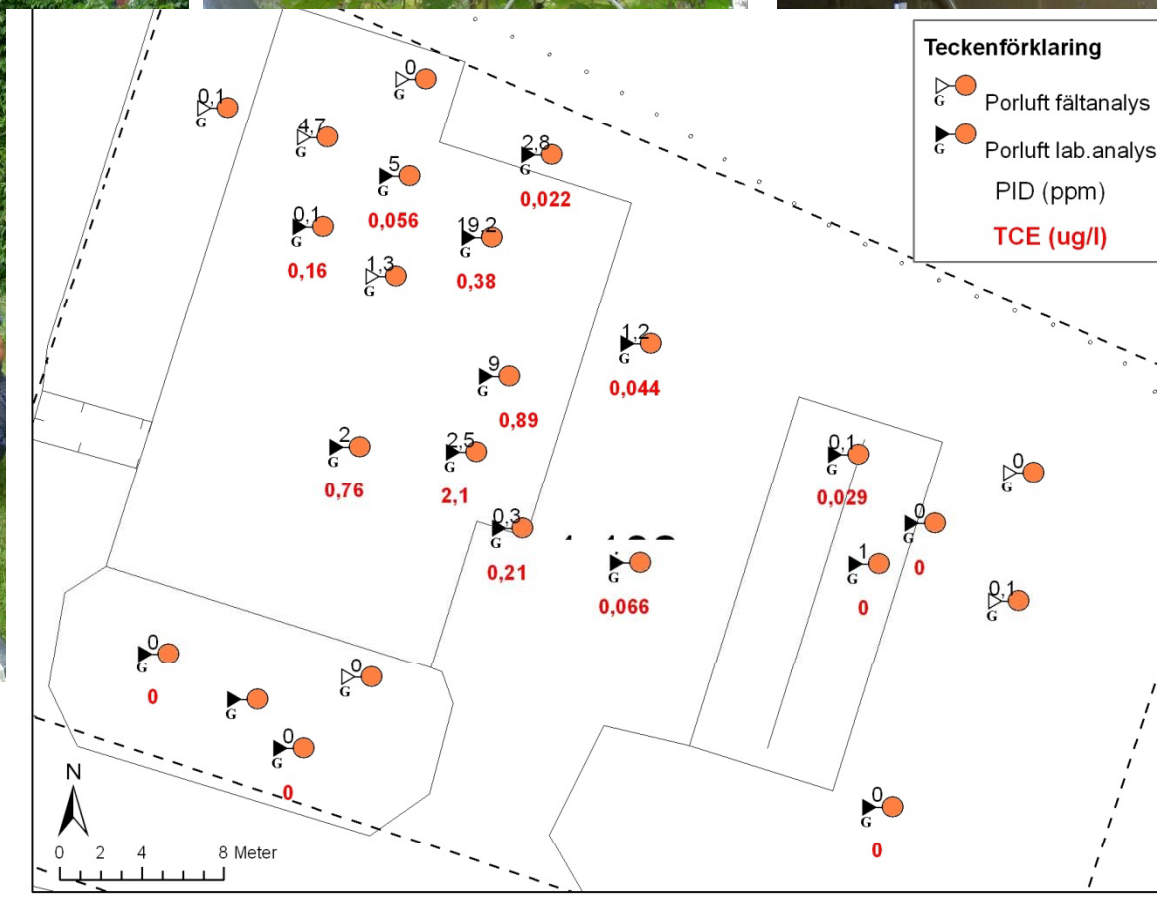
Jämförelse med två konventionella projekt



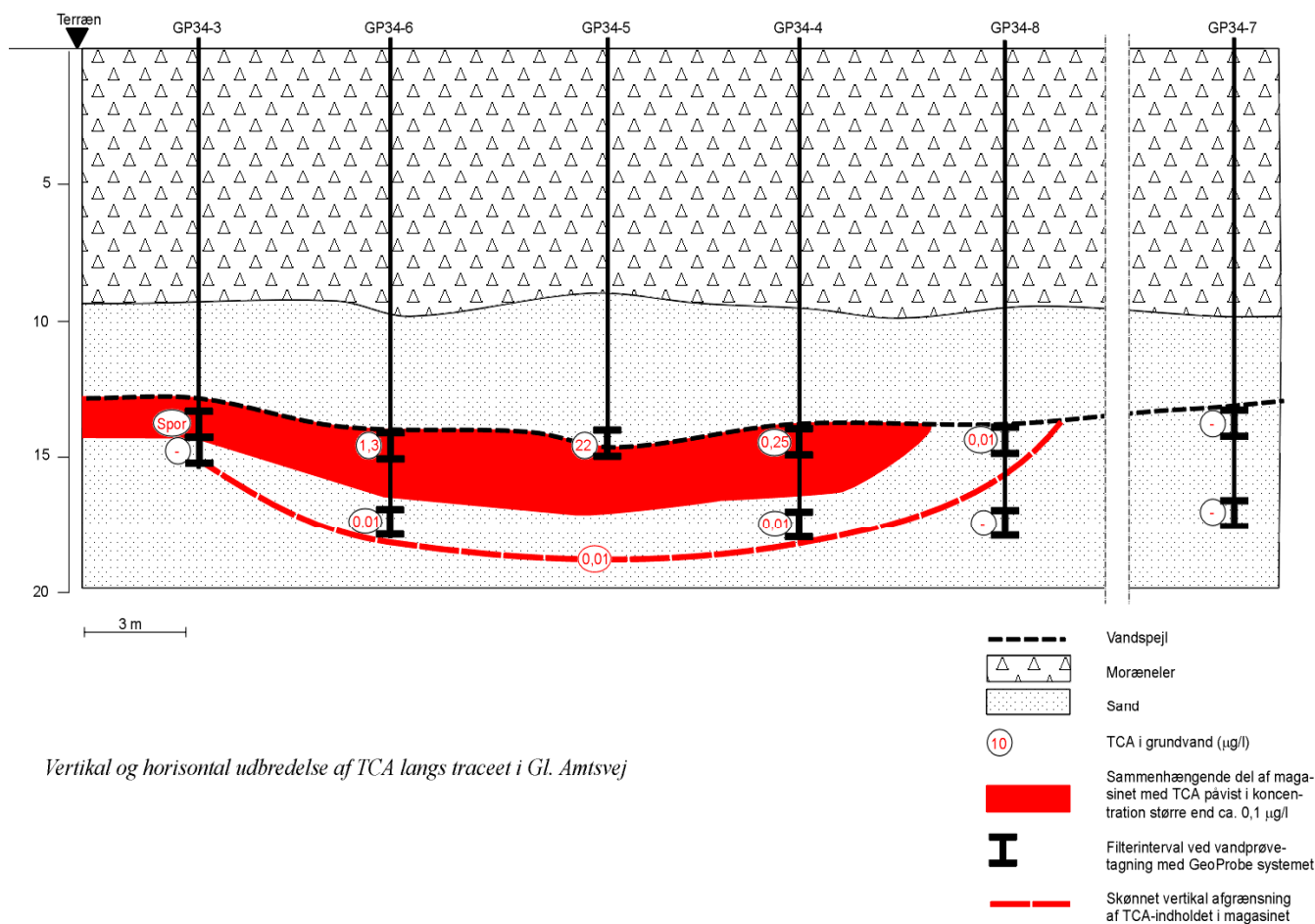
TRIAD koncept vid undersökning av Galvano i Knäred

- Porluftprovtagning
- GeoProbe: HPT-sondering
- Geoprobe: Nivåspecifik vattenprovtagning
- Fältanalyser med DSITMS

PORLUFTSMÄTNING



GEOPROBE – NIVÅSPECIFIKA VATTENRPOVER VINKELRÄTT MOT STRÖMNINGSRIKTNINGEN



Vertikal og horisontal udbredelse af TCA langs traceet i Gl. Amtsvej

98258.00/snit-agc.cdr

FÄLTANALYSER MED DSITMS-METODEN

US EPA metode 8265

Flyktiga ämnen

Moduler för analys av
olika medier, jord,
vatten, porluft



Nivåspecifik vattenprovtagning - Galvano i Knäred



Efter 2 dagars arbete kunde vi konstatera att det inte fanns någon betydande källområde med klorerade alifater på området.

EPA Method 8265.

Analysis of Soil, Soilgas and Groundwater by DSITMS (Direct Sampling Ion Trap Mass Spectrometry)
Typical detection limits for most common compounds found in soil, groundwater and soilgas

Sample collection using GAC-Traps			
Compound	Volume of gas sampled (L)	Mass collected (ng)	Det. limit Concentration (ug/m ³)
Trichloroethylene	10	20	2
Tetrachloroethylene	10	20	2
Chloroform	10	20	2
1,1-Dichloroethane	10	20	2
cis-1,2-Dichloroethylene	10	20	2
Benzene	10	20	2
Toluene	10	20	2
Ethylbenzene	10	20	2
Direct injection of gas			
Compound			Det. Limit Concentration (ug/m ³)
Trichloroethylene			1000-2000
Tetrachloroethylene			1000-2000
Chloroform			1000-2000
1,1-Dichloroethane			1000-2000
cis-1,2-Dichloroethylene			1000-2000
Benzene			1000-2000
Toluene			1000-2000
Ethylbenzene			1000-2000
Groundwater			
Compound	Sample volume (mL)		Det. Limit Concentration (ug/L)
Trichloroethylene	40		1-2
Tetrachloroethylene	40		1-2
Chloroform	40		1-2
1,1-Dichloroethane	40		1-2
cis-1,2-Dichloroethylene	40		1-2
Benzene	40		1-2
Toluene	40		1-2
Ethylbenzene	40		1-2

Soil, EPA 5035 MEOH extraction			
Compound	Mass collected (g)	Volume of MEOH (mL)	Det. Limit Concentration (ug/kg)
Trichloroethylene	10	10	100-200
Tetrachloroethylene	10	10	100-200
Chloroform	10	10	100-200
1,1-Dichloroethane	10	10	100-200
cis-1,2-Dichloroethylene	10	10	100-200
Benzene	10	10	100-200
Toluene	10	10	100-200
Ethylbenzene	10	10	100-200
Soil, EPA 5035 H ₂ O extraction			
Compound	Mass collected (g)	Volume of H ₂ O (mL)	Det. Limit Concentration (ug/kg)
Trichloroethylene	10	30	10-20
Tetrachloroethylene	10	30	10-20
Chloroform	10	30	10-20
1,1-Dichloroethane	10	30	10-20
cis-1,2-Dichloroethylene	10	30	10-20
Benzene	10	30	10-20
Toluene	10	30	10-20
Ethylbenzene	10	30	10-20

Other compounds that the method has been tested and validated.

Acetone 67-64-1
Benzene 71-43-2
Bromodichloromethane 75-27-4
Bromoform 75-25-2
Bromomethane 74-83-9
Carbon disulfide 75-15-0
Carbon tetrachloride 56-23-5
Chlorobenzene 108-90-7
Chloroethane 75-00-3
Chloroform 67-66-3
Chloromethane 74-87-3
Dibromochloromethane 124-48-1
1,1-Dichloroethane 75-34-3
1,2-Dichloroethane 107-06-2
1,1-Dichloroethene 75-35-4
cis-1,2-Dichloroethene 156-59-2
trans-1,2-Dichloroethene 156-60-5
Dichloromethane 75-09-2
1,2-Dichloropropane 78-87-5
cis-1,3-Dichloropropene 10061-01-5
trans-1,3-Dichloropropene 10061-02-6
Ethylbenzene 100-41-4
2-Hexanone 591-78-6
Methyl ethyl ketone (MEK) 78-93-3
Methyl isobutyl ketone (MIBK) 108-10-1
Methyl-tert-butyl ether (MTBE) 1634-04-4
Styrene 100-42-5
1,1,2,2-Tetrachloroethane 79-34-5
Tetrachloroethene 127-18-4
Toluene 108-88-3
1,1,1-Trichloroethane 71-55-6
1,1,2-Trichloroethane 79-00-5
Trichloroethene 79-01-6
Vinyl acetate 108-05-4
Vinyl chloride 75-01-4
Xylenes 1330-20-7

FÄLTANALYSER MED DSITMS-METODEN – TYPISKA DETEKTIONSGRÄNSER

Grundvatten 1-3 $\mu\text{g/L}$

Jord 10-15 $\mu\text{g/kg}$ – låg nivå EPA metode 5035

100-200 $\mu\text{g/kg}$ – hög nivå EPA metode 5035

Porluft Sorbent trap –beror på luftvolymen:

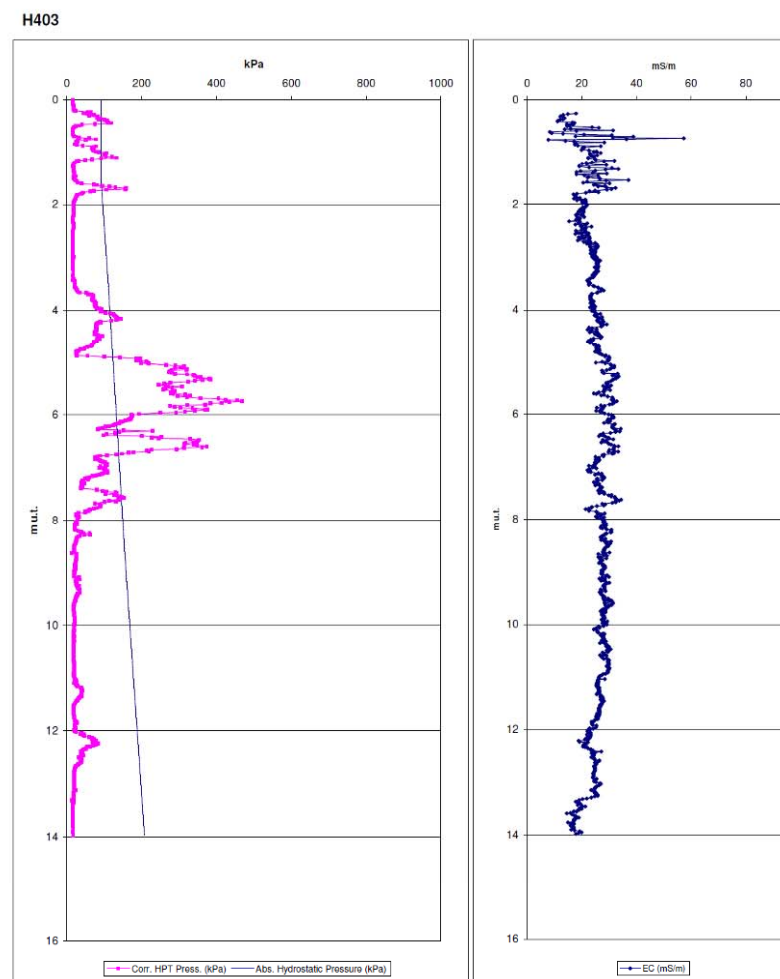
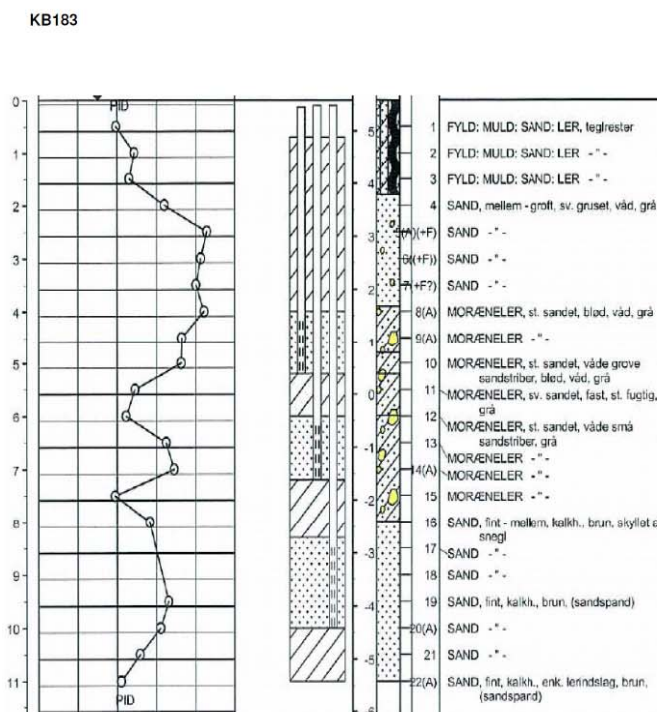
1 liter: 20 $\mu\text{g/m}^3$

10 liter: 2 $\mu\text{g/m}^3$

Direkt gasprov (i tedlarpåse): 5.000 $\mu\text{g/m}^3$

HPT: HYDRAULIC PROFILING TOOL

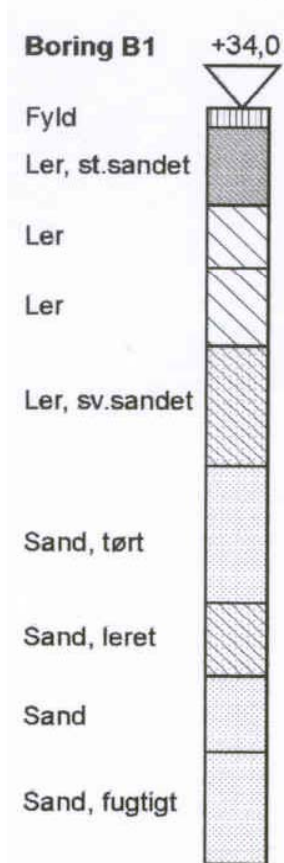
Exempel på kartläggning av hur den hydrauliska konduktiviteten varierar vertikalt m.h.a. HPT-log kombinerat med GeoProbens konduktivitetslog och tidigare skruvborring



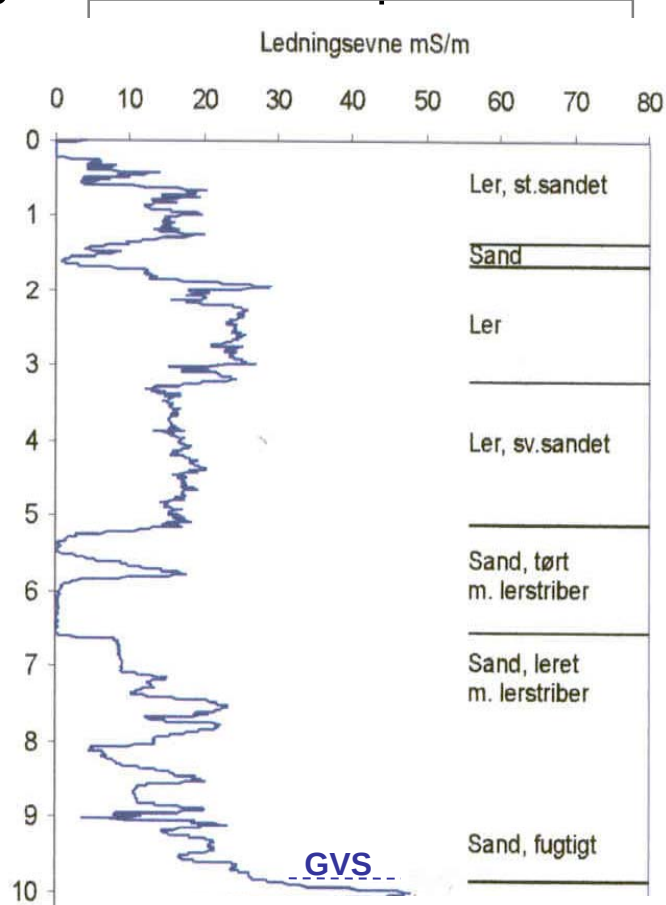
- K-värden kan estimeras från ”dissipation” test på utvalda djup
- Kontinuerlig K-log kan estimeras

GEOFYSISKA MÄTNINGAR – GEOPROBE Konduktivitetslogg / ellogg

Lagerföljdborring



Tolkad profil



Utrustning

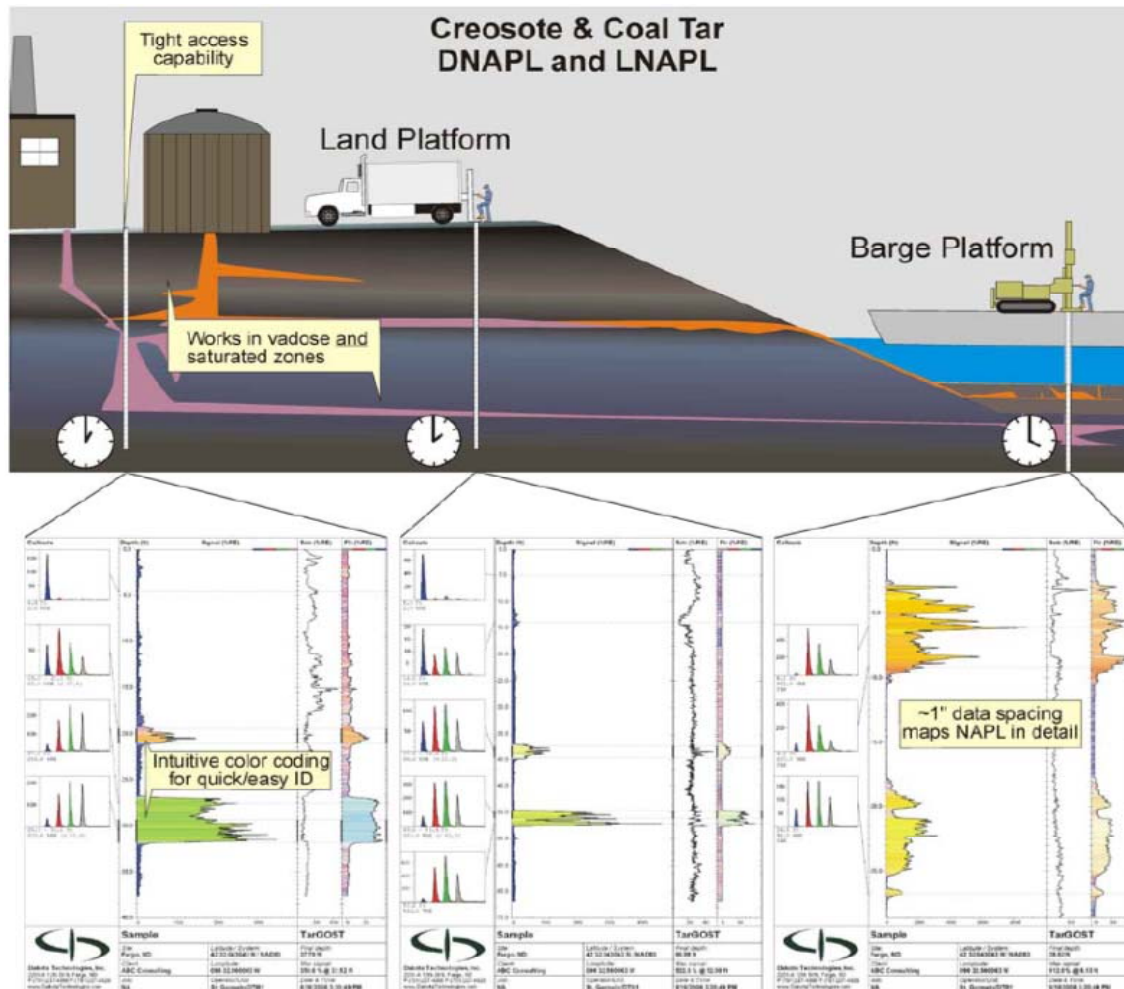


Sond



Dynamisk provtagning

NIRAS Geoprobe & TarGOST



Olika sonder för att undersöka organiska föroreningar i realtid
T ex: olja, tjärämnen

Laser eller UV-ljus för att generera ämnesspecifik fluorescensrespons.

Dynamisk provtagning

NIRAS Geoprobe & MiHPT



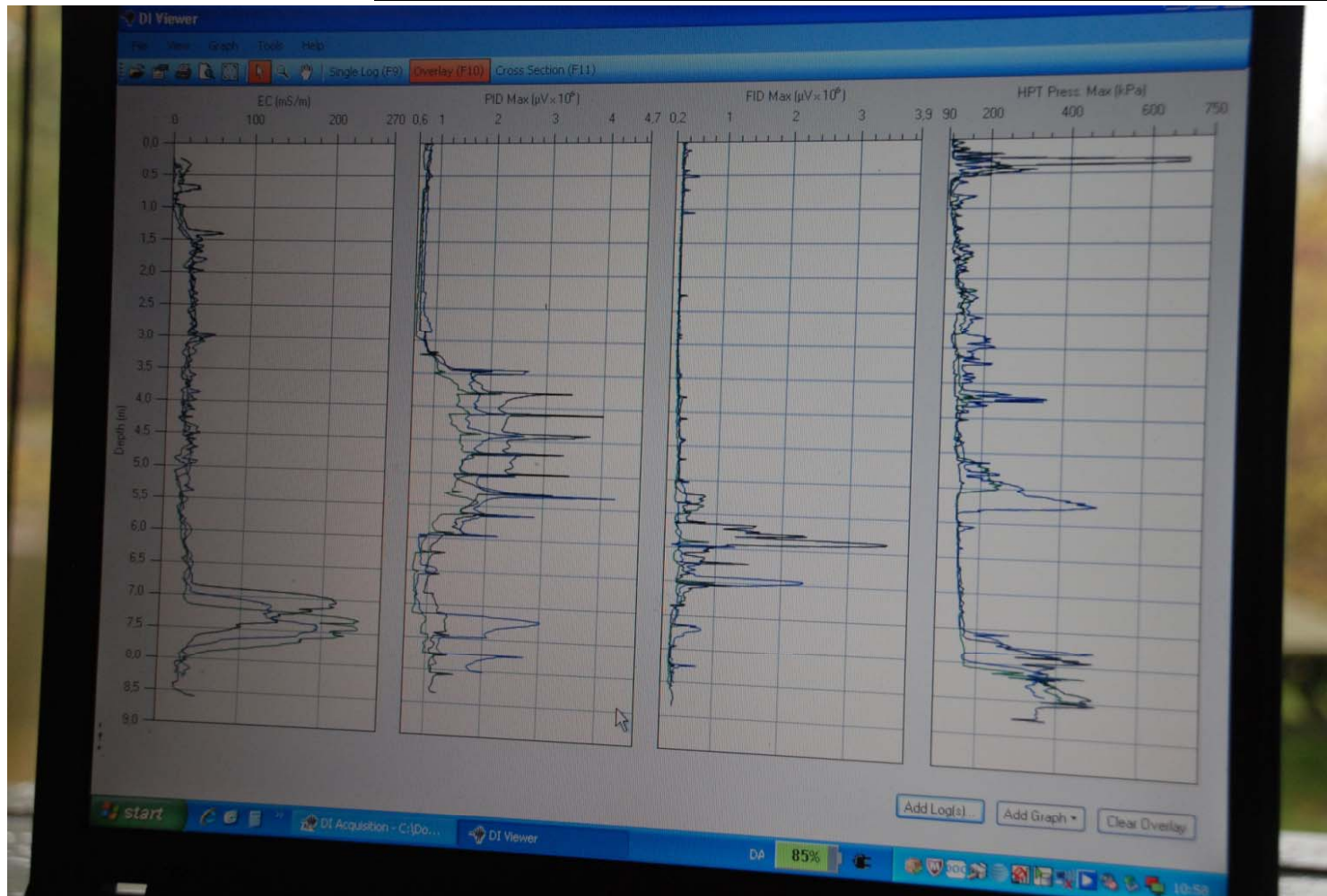
Samtidigt undersöka flyktiga
ämnen och jordens
permeabilitet

MIP + HPT



Dynamisk provtagning

NIRAS Geoprobe & MiHPT



Samtidigt
undersöka
flyktiga ämnen
och jordens
permeabilitet

MIP + HPT

Dynamisk provtagning

Tack för er uppmärksamhet!