

Projekt Bæredygtig jordhåndtering i Region Midtjylland

Vintermøde 2021

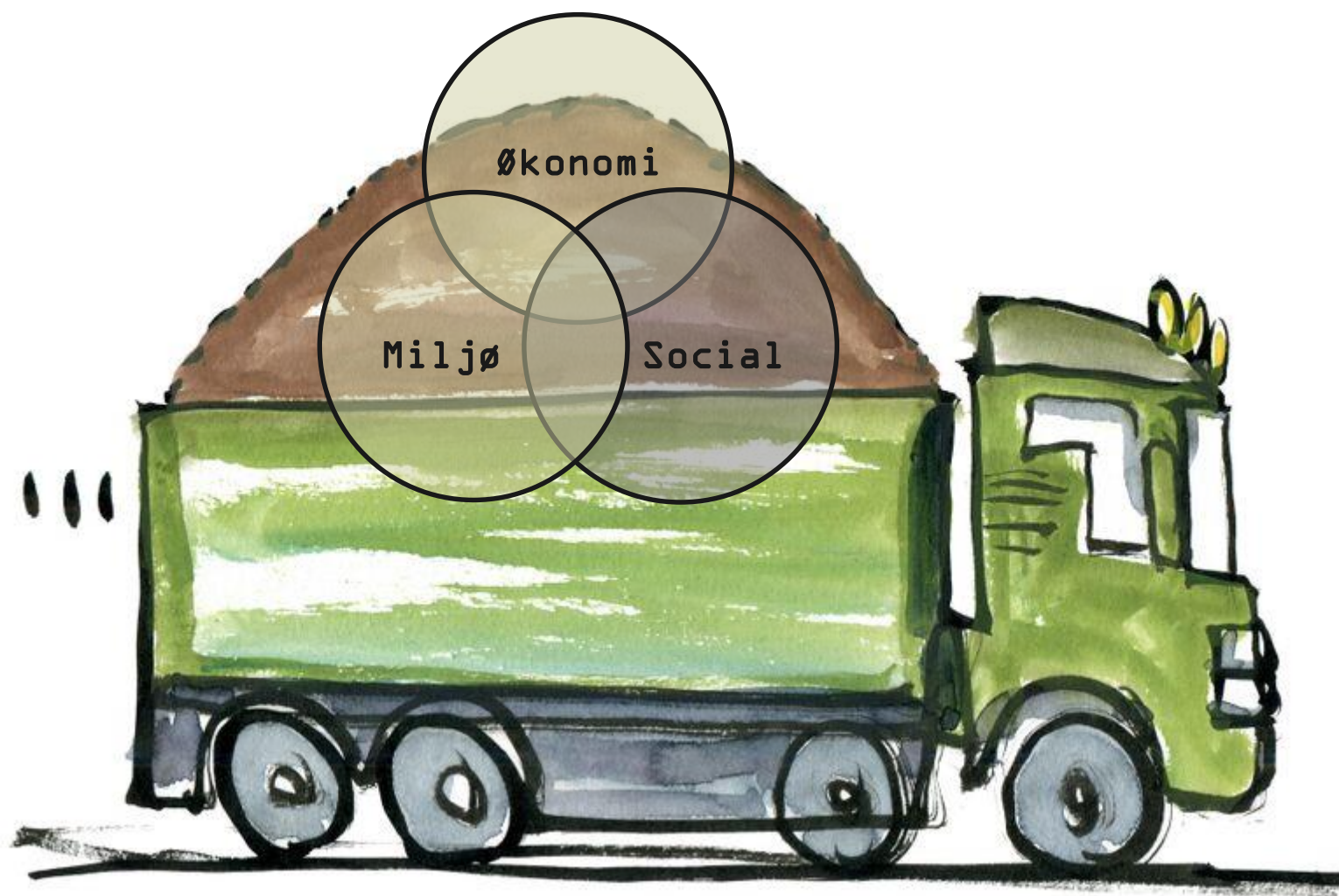
What to do? Havnen er snart fyldt op!



Agenda

- ❖ Kort beskrivelse af baggrund og lidt om verdensmål
- ❖ Analyse af overskudsjord
- ❖ Hvad er det så der sker i Region Midtjylland





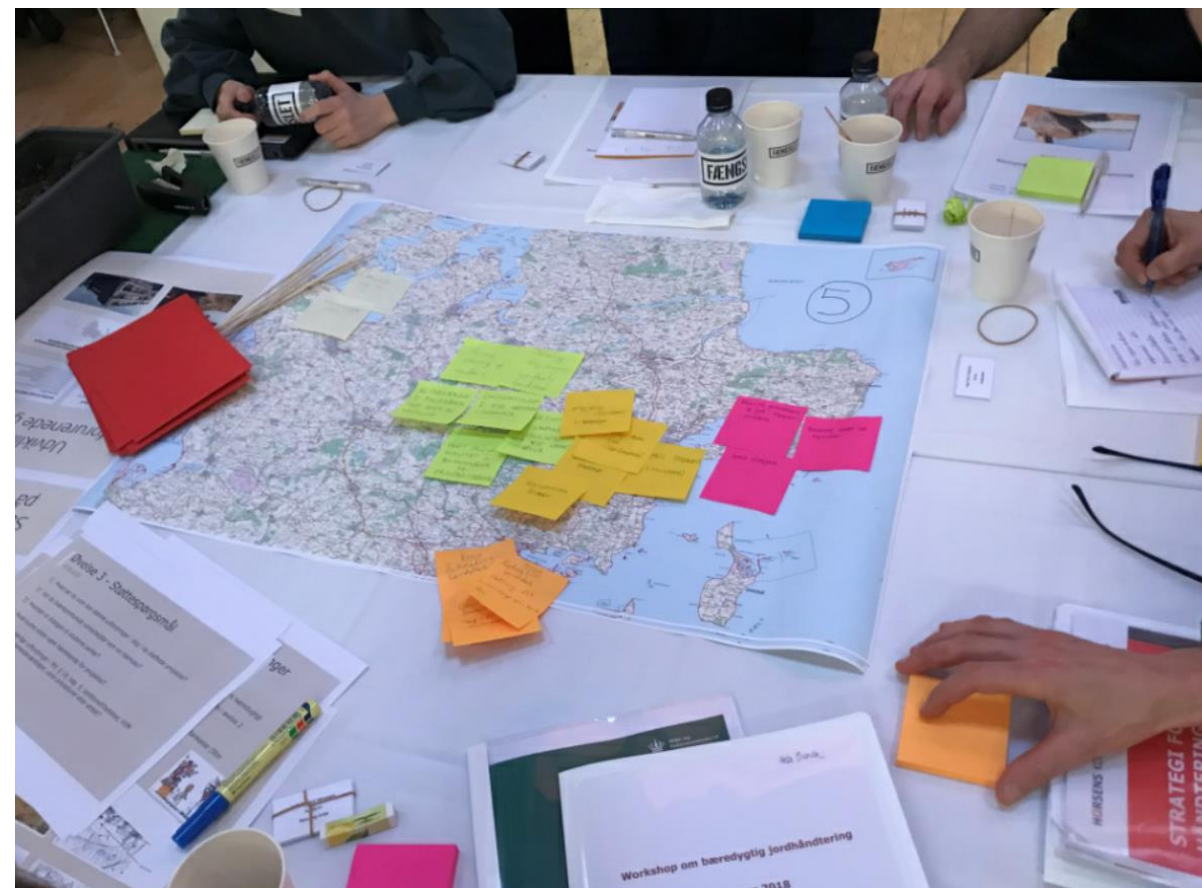
Råstofplan 2020

APRIL 2020



Regionens ambition for arbejdet med verdensmålene





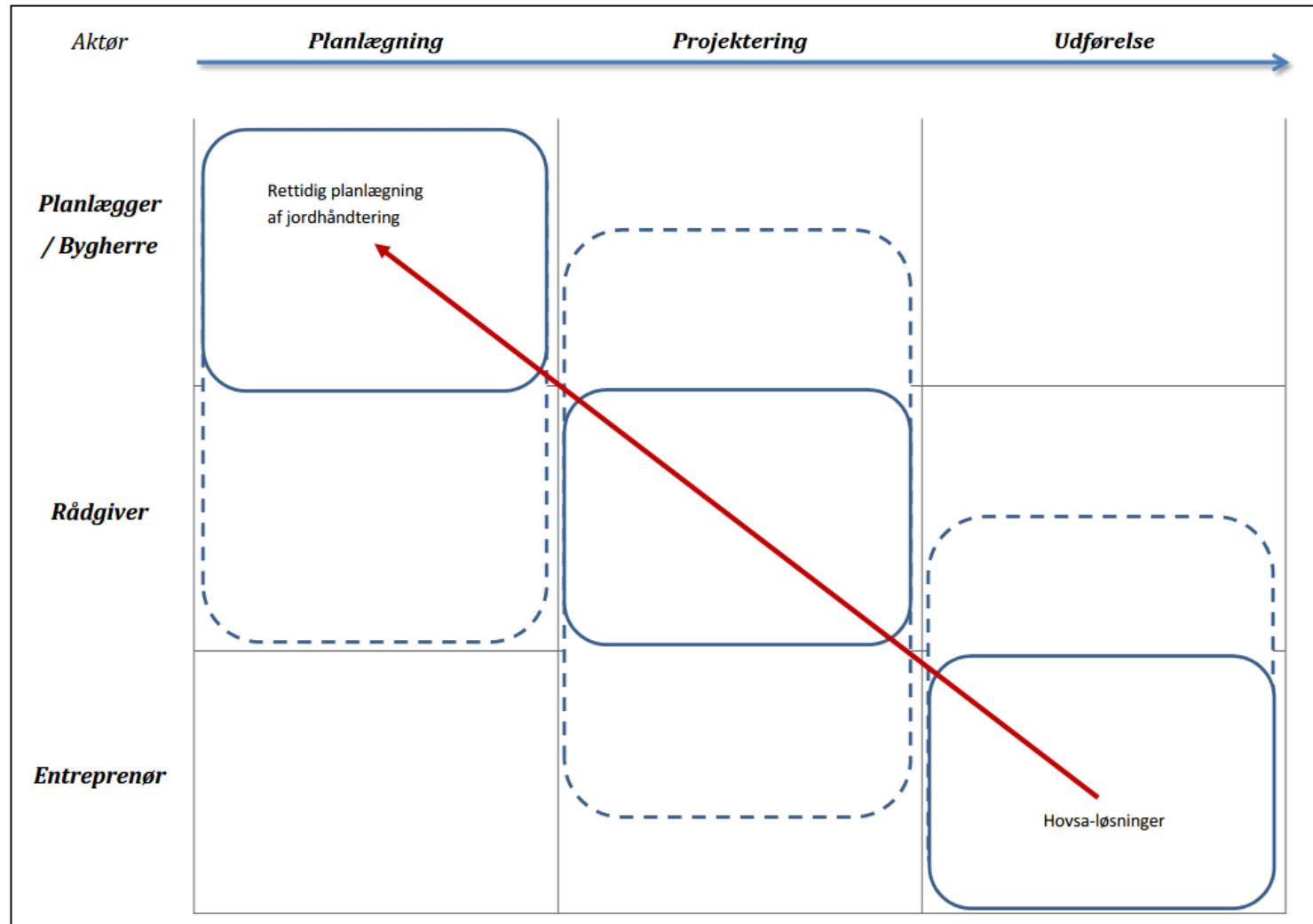


Workshop output

- ✗ Kommunikation
- ✗ Estimering af jordmængder
- ✗ Regelforenkling
- ✗ Teknologiuudvikling
- ✗ Jordbørser
- ✗ Geotekniske egenskaber
- ✗ Lokalplanlægning



- ✕ I arbejdsgruppen valgte vi at arbejde videre med:
 - ✕ Udarbejdelse af skabelon til kommunal jordstrategi, udvikles i nyt værktøj
 - ✕ jordstrøms- analyse/regnskab inklusiv forecast
 - ✕ Idékatalog til genanvendelsesprojekter

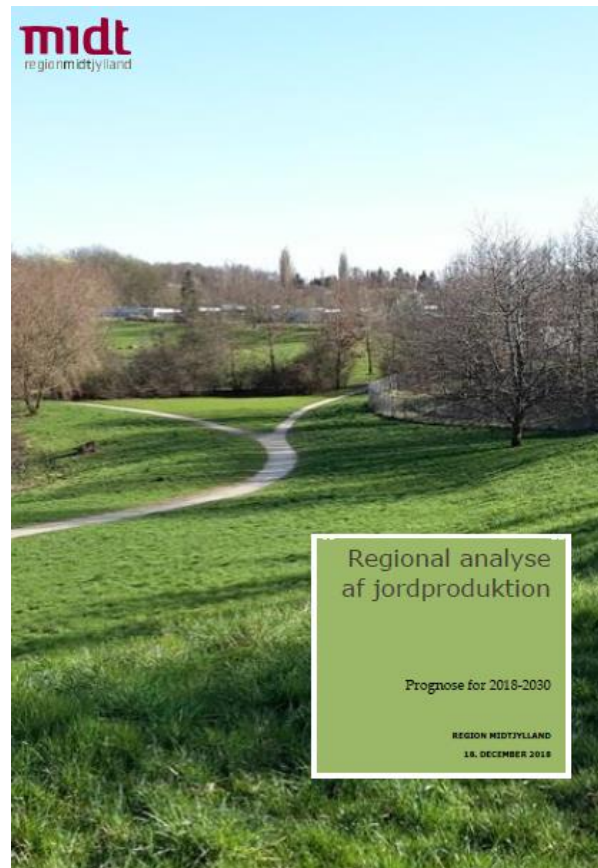






- ✕ Hjælpekabelon
- ✕ Prognoseværktøj
- ✕ Idékatalog

Den regionale analyse



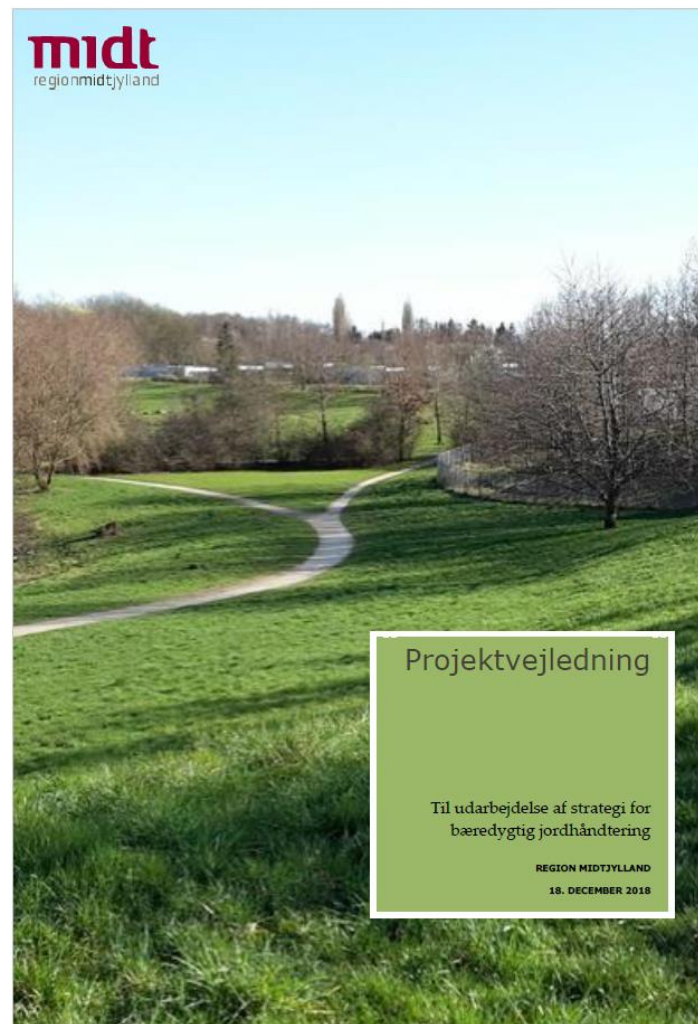
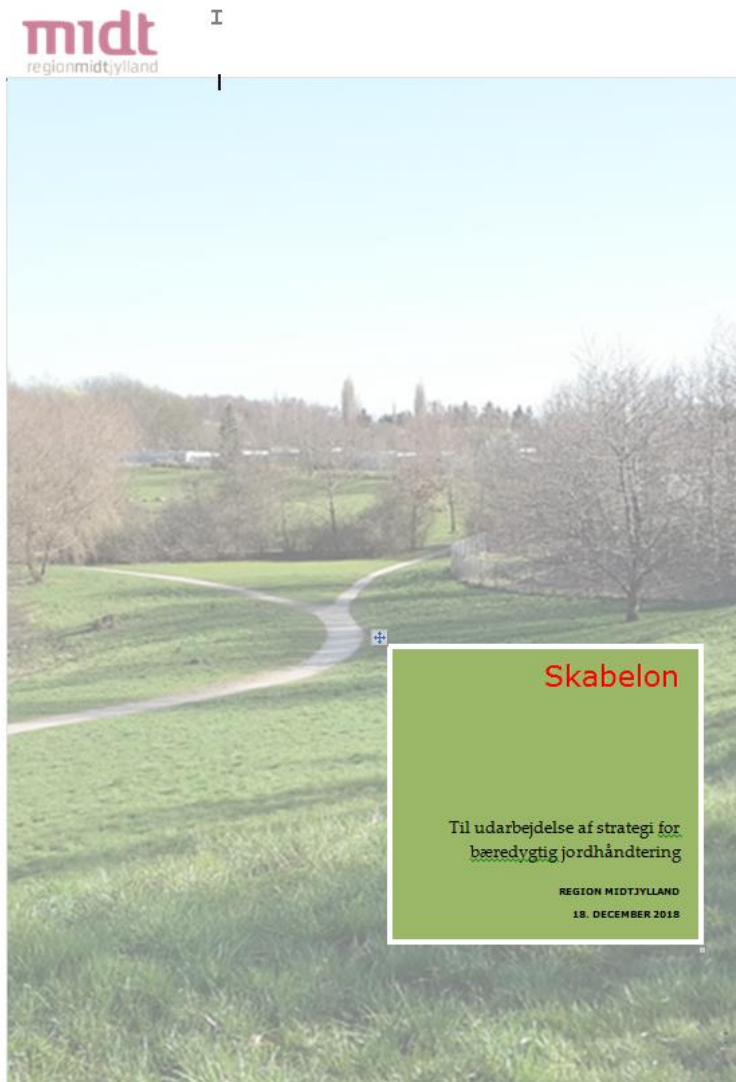
Kommune	Muldmængde (1.000 m ³)	Råjordsmængde (1.000 m ³)	Jordmængde i alt (1.000 m ³)
Favrskov	747	1.533	2.281
Hedensted	639	1.109	1.749
Herning	975	2.473	3.448
Holstebro	1.074	1.732	2.806
Horsens	718	3.354	4.072
Ikast-Brande	183	815	998
Lemvig	55	236	291
Nord-Djurs	153	107	260
Odder	121	89	210
Randers	816	1.104	1.919
Ringkøbing-Skjern	1.169	2.479	3.648
Samsø	5	3	8
Silkeborg	311	425	736
Skanderborg	1.118	3.324	4.442
Skive	173	845	1.018
Struer	0	0	0
Syd-Djurs	169	216	384
Viborg	831	4.295	5.125
Aarhus	2.092	5.809	7.901
Total	11.349	29.948	41.296

Hvad viser analysen ellers



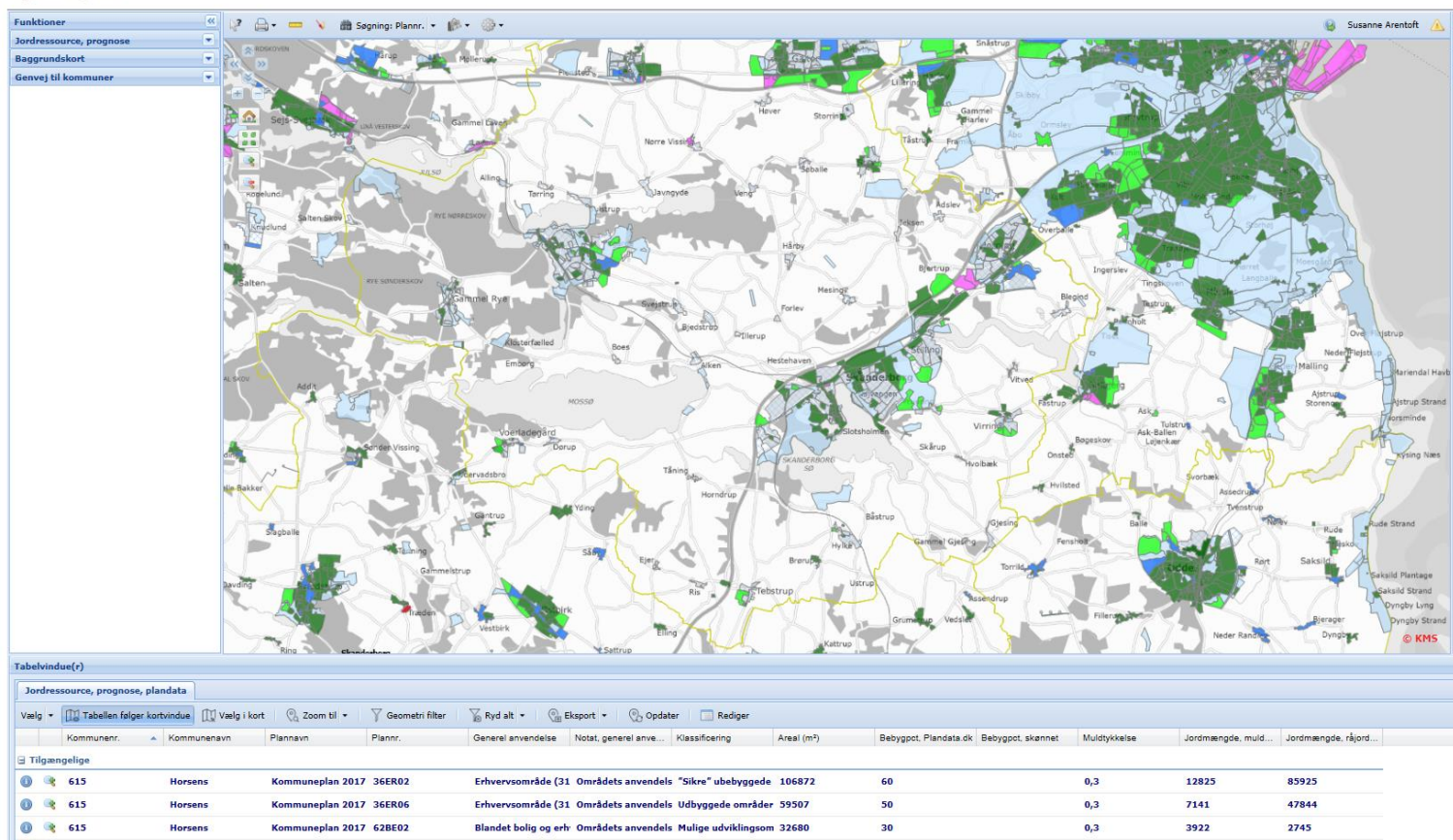
Overskudsjord tænkt som værdifuld investering

Skabelon til jordstrategi med tilhørende vejledning



GIS-værktøj

midt
regionmidtjylland



Inspirationskatalog



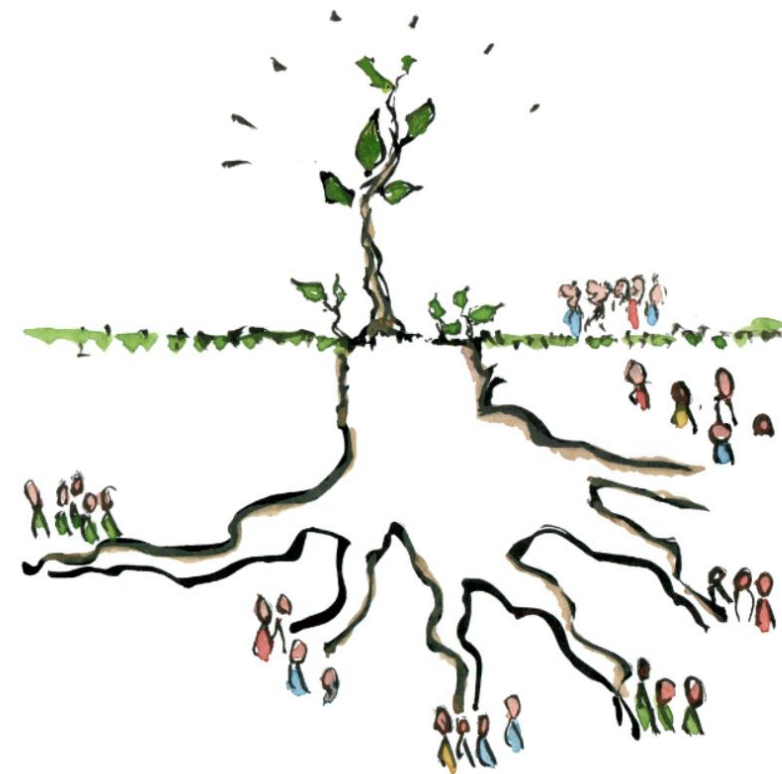
Hvad har vi ellers bedrevet

- 2 workshops med fokus på vidensdeling, vores skabeloner og andre måder at håndtere overskudsjord på
- 1 erfa-møde for kommunerne
- Havde planlagt yderligere erfa-møde og workshop i 2020
- 4 torsdagssaloner



Vil I vide mere

- <https://www.rm.dk/regional-udvikling,ressourcer-og-baredygtig-udvikling/rastoffer/handtering-af-overskudsjord/>





■ **Kontaktdata Susanne Arentoft: susare@rm.dk, tlf: 7841 1897**

ATV Jord og Grundvand Vintermøde 2021

Røjlegrøften Naturpark

*– mere end bare en
støjvold*

wsp

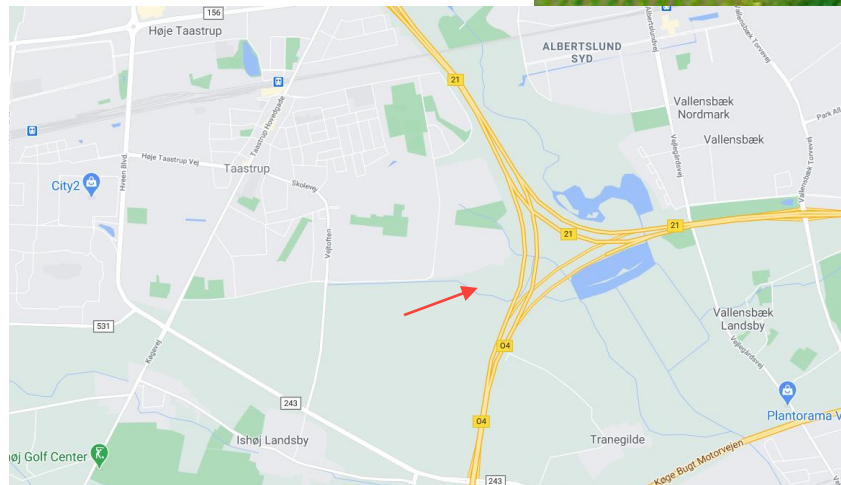


WSP Danmark A/S
Steen Kofoed Munch
Seniorprojektleder

Høje-Taastrup Kommune
Kristel H. J. Hansen
Landskabsarkitekt og
projektleder

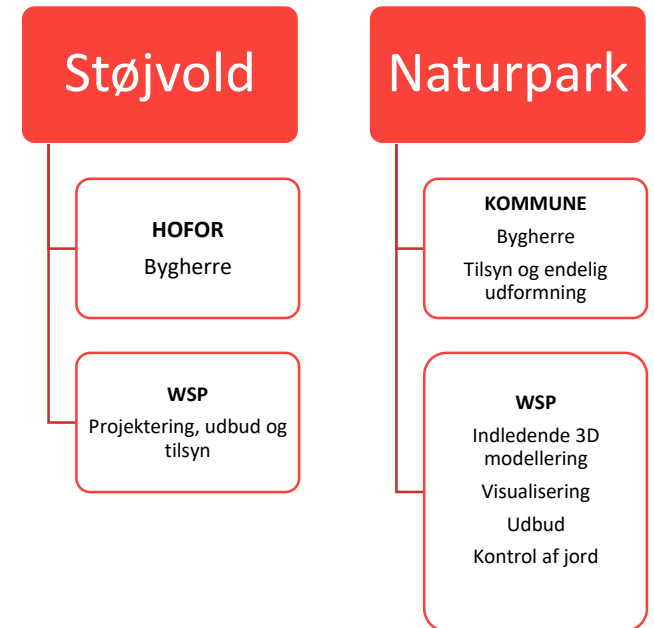
Stedet og slutproduktet

2



Baggrunden for Røjlegrøften Naturpark

- Etableringen af Ringstedbanen medførte, at der skulle etableres erstatningsprojekter for nedlægningen af rensningsmuligheder i Vallensbæk Sø.
- Et af erstatningsprojekterne er Røjlegrøften, hvor der er lavet forsinkelse og rensning af regnvand, der igen medfører forbedret vandkvalitet i overfladevandet omkring Røjlegrøften, hvor vandet løber fra Røjlegrøften via St. Vejle Å til Køge bugt v. Ishøj Havn.
- Kommunen havde samtidigt et ønske om at få etableret en støjvold til reduktion af støjen fra O4 og visuel afskærmning.
- Kommunen og Kloaksammenslutningen (ved HOFOR) havde nu et fælles mål og støjvolde og rensedbassiner blev etableret.
- Efterfølgende har kommunen udvidet projektet med Røjlegrøften Naturpark.





Fakta

Røjlegrøften Naturpark strækker sig over et areal på ca. 92.500 m²

Projektet er etableret over 2 faser

Fase 1: Etablering af støjvolde med jord fra 3 lokale rensbassiner (ca. 80.000 m³)

Fase 2: Etablering af selve parken med jord fra lokale projekter og eksterne parter (ca. 140.000 m³)

Sektionsopdelt rensbassin, med sandfangs- og olieudskillerfunktion, der er indpasset i terrænet

Fakta

Indtægterne for modtagelsen af jord har kunnet finansiere, at der i naturparken bl.a. er:

- Naturlegeplads
- Motionsredskaber
- Shelter med bålsted
- Udsigtsplatform
- Bord/bænke med overdækket solsejl
- Hængekøjer
- Rutsjebane
- Bådebro med siddemuligheder
- Der er grus- og græsstier rundt i hele området - også på voldene - så her kan du motionere i det grønne til fods eller på cykel.
- Skoler og foreninger kan med tilladelse fra Driftsbyen sejle i kanoer og kajak på søerne.



Godkendelserne

- For 700.000 kr. arkæologisk udgravning med bl.a. fund af langhus fra jernalderen.
- Miljøgodkendelser af 2 omgange. Godkendelse efter listepunkt K206 til nyttiggørelse af ren og lettere forurenede jord. Der er tilladelse til anvendelse af lettere forurenede jord med immobile komponenter - dybere end 1,0 m u.t.
- Dispensation for byggeri over vejbyggelinje for O4 – kun ren jord er anvendt her.

6



Den modtagne jord

- I slutprojektet er kun en ganske lille del af jorden lettere forurenet.
- Ingen jord fra kortlagte områder.
- Jf. Miljøgodkendelse skal modtaget jord analyseres med en frekvens på 1 pr. 120 t for lettere forurenet jord og jord der placere dybere end 1,0 m u.t. 1 pr. 30 t for jord der ligger terrænnært.
- I fase 2 er der modtaget i alt ca. 50 jordpartier på mellem 500 og 25.000 m³.
- Fokus på at kunne få området færdiggjort hurtigt.
- Kontrollen af jordpartierne er primært udført inden jorden transporteres. Tilsynet har godkendt hvert jordparti efter at jorden er anmeldt af kommunen. Der er udført stikprøvekontrol af jord.

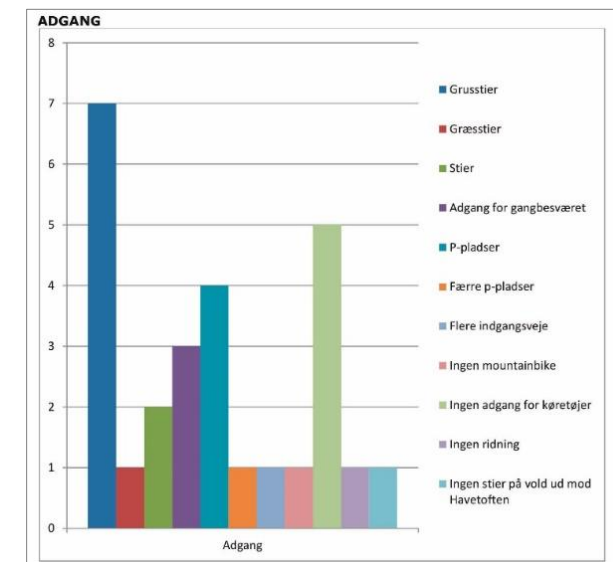
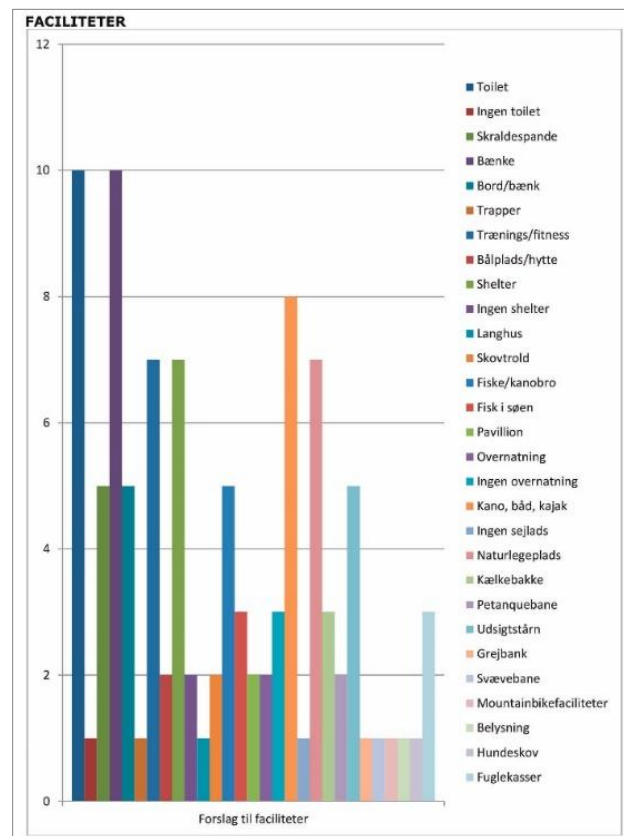
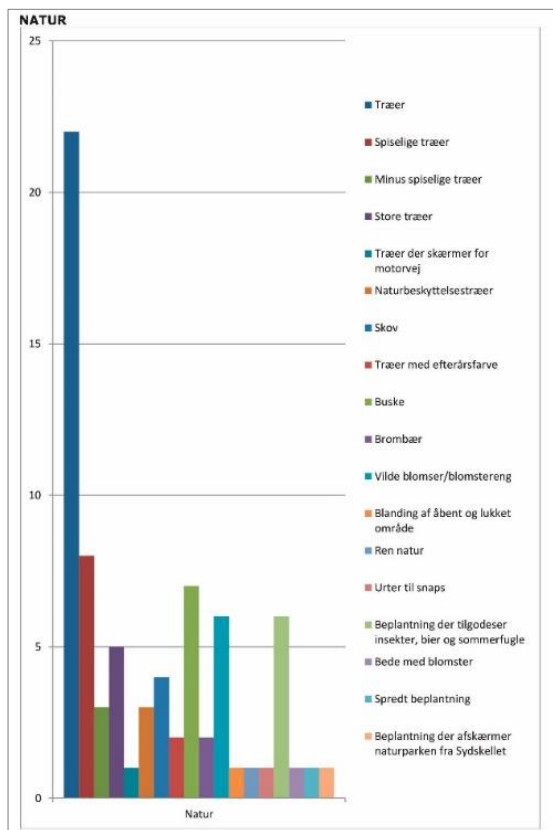
Proces for Røjlegrøften Naturpark

- Politisk godkendelse med fokus på:
 - Et rekreativt godt tilbud til borgerne
 - Et projekt der økonomisk hviler i sig selv
- Inddragelse af aktører
 - Grundejerforeninger og naboer
 - Brugere
 - Vejmyndighed og Vejdirektoratet
 - Ledningsejere
- Afholdelse af borgermøde (150 fremmødte) og etablering af fokusgruppe



Proces for Røjlegrøften Naturpark

Resultat af kommunens borgermøder og fokusgruppens arbejde:



Proces for Røjlegrøften Naturpark

Efter åbning:

Fokus på at skabe opmærksomhed omkring naturparken og dens rekreative muligheder.

- Hjemmeside
- Skiltning
- Arrangementer



Røjlegrøften Naturpark – mere end bare en støjvold

	Støjvold og resebassiner	Støjvold, resebassiner og naturpark
Støjreducerende	+	+
Visuel afskærmning mod motorvej	+	+
Bedre rensning af regnvand	+	+
Lokal genanvendelse af jord	+	+
Rekreativt område	÷	+
Offentligt byrum	÷	+
Beplantning	÷	+

Naturparken og verdensmålene

Indeholder etableringen af naturparken også initiativer, der bidrager til FNs verdensmål ?

En gennemgang af projektet med udgangspunkt i dialogværktøjet Mylius



Naturparken og bidrag til verdensmålene

13

	Naturparken udformning stimulerer sundhed og trivsel. Risiko for kontakt med jordforurening reduceres.
	Naturparken anvendes af skoler i undervisning.
	Ingen ændring i risiko for grundvand fra den nyttiggjorte jord eller for rensningen af regnvand.
	Naturparken repræsenterer en innovativ udvikling og brug af arealer ved motorvej/støjvolde.
	Adgang koster ikke penge. Kræver ikke bil. Giver lige muligheder for leg og udfoldelse, og samvær på tværs.
	Inddragelse af brugere i udformning af naturparken. Adgang til grønne og inkluderende offentlige rum.



Naturparken og bidrag til verdensmålene

	Naturparken har en samlet lidt lavere score fordi der er anvendt mere jord udefra end i støjvolden.
	Ingen ændring i muligheden for bedre at håndtere de klimamæssige ændringer af regnvandsmængder.
	Ingen ændring i udledning af mere og bedre rensset regnvand til å og hav.
	Naturparken har ny beplantning der understøtter bæredygtig naturudvikling og biodiversitet.
	Ingen ændring i det oprindelige partnerskab mellem kommune og Kloaksammenslutningen.



Konklusioner

- Røjlegrøften Naturpark er meget mere end en støjvold.
- På Røjlegrøften kunne projektet selv finansiere udvidelsen med Naturparken.
- Gennemgangen af projektet i dialogværktøjet Mylius viser, at der er en række socioøkonomiske gevinster, som egentlig også godt kunne retfærdiggøre direkte investeringer i denne type projekter fra offentlig side.
- Et kig mod verdensmålene tidligt i planlægningsprocessen kan spore projekter i en mere positiv retning for samfundet.

Tak!

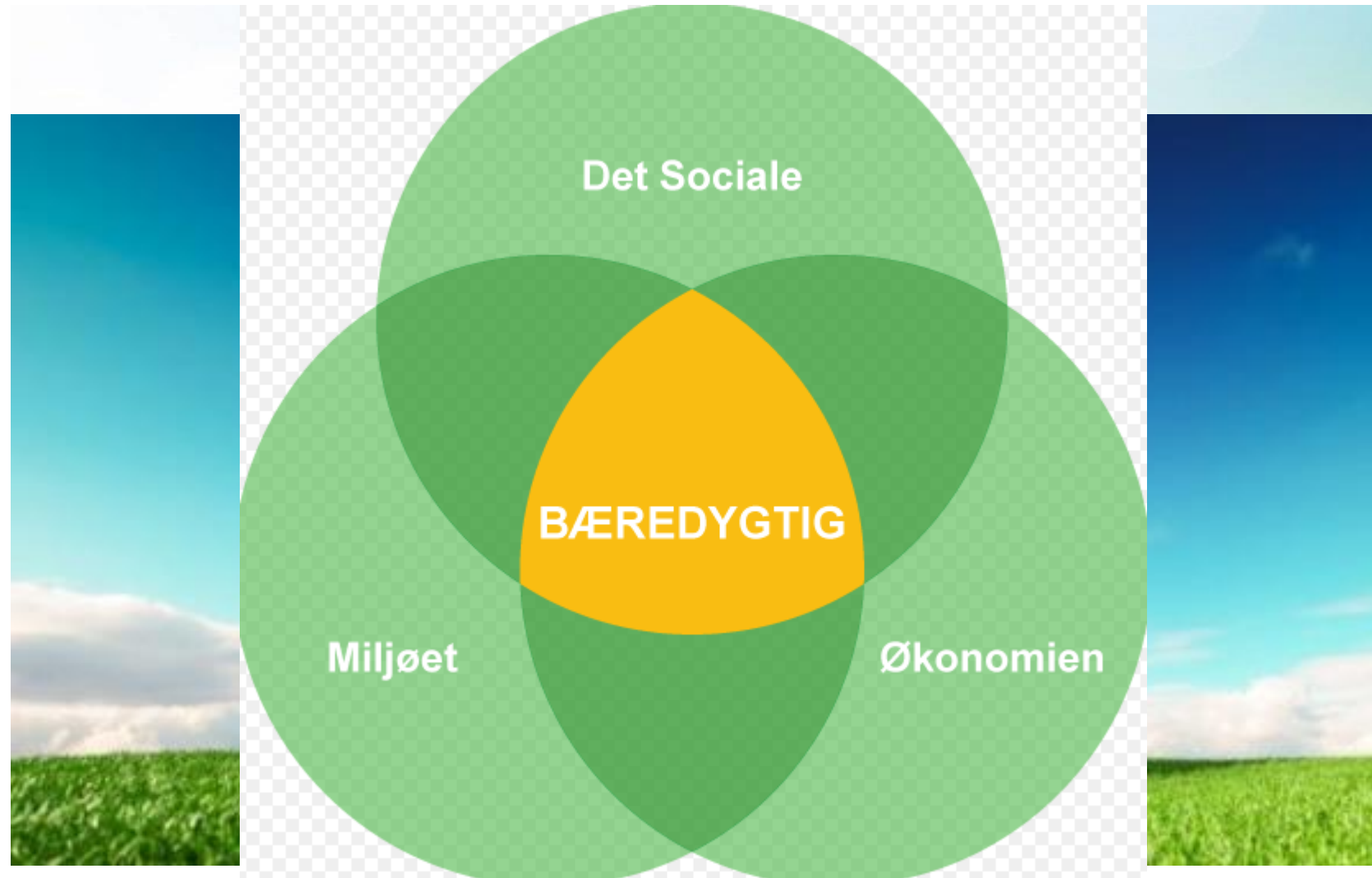
Bæredygtig jordhåndtering

- Hvordan bringer vi verdensmålene i spil

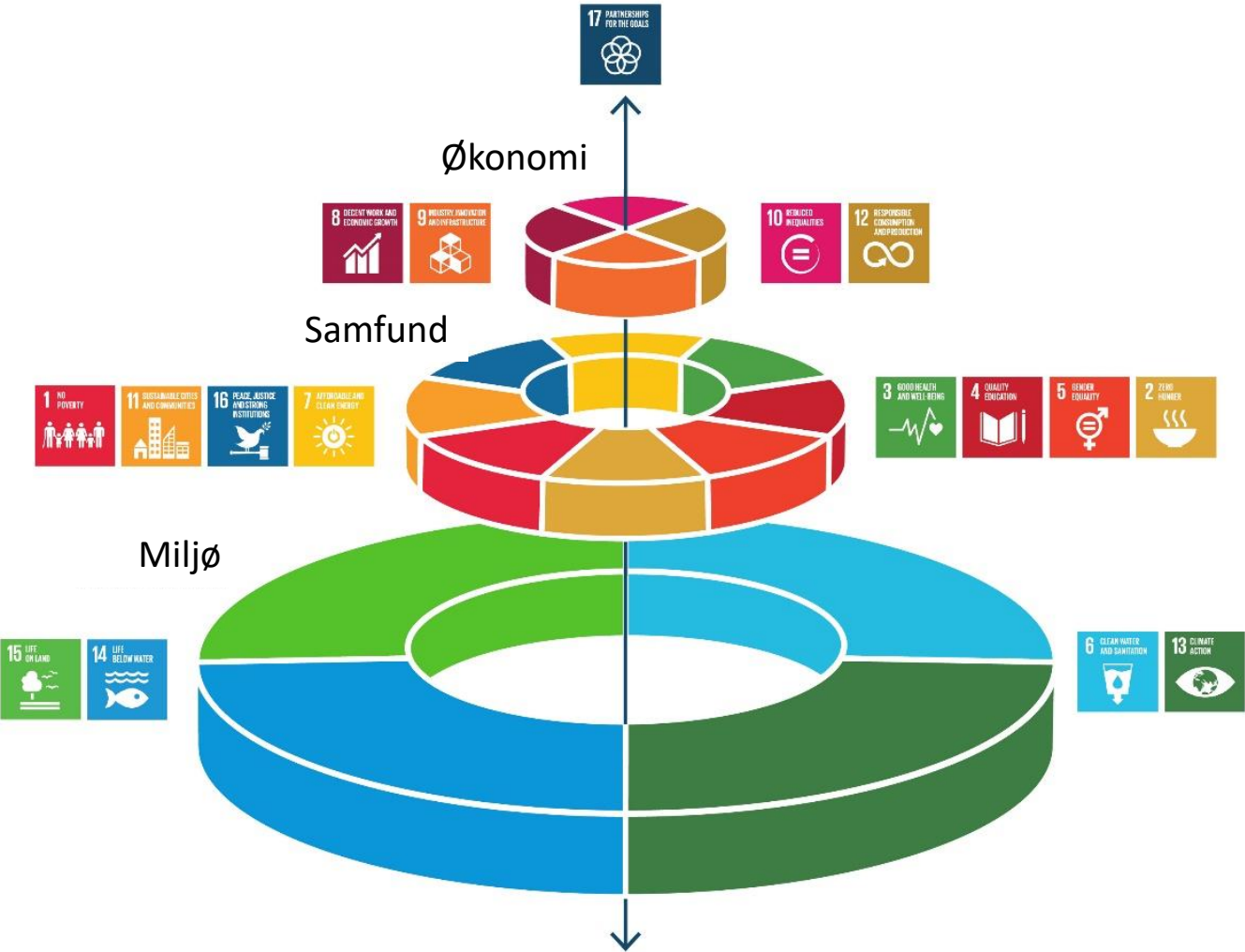


Bæredygtighed

2



FRA TRE BEN TIL 17 VERDENSMÅL ...



3



Verdensmålene på dansk....

197 Danske målepunkter skabt inden for rammen af de 17 verdensmål og delmål. De danske "målepunkter" er en pendant til FNs "indikatorer"

Lokale handlinger øger muligheden for at opfylde den globale dagsorden inden for bæredygtighed.

5





DELMÅL 3.1. REDUCÉR MØDREDØDELIGHEDEN

Inden 2030 skal den globale mødredødelighed reduceres til under 70 dødsfald per 100.000 levendefødte børn.

FN indikator(er):

3.1.1. Mødredødelighed

3.1.2. Andel af fødsler assisteret af uddannet sundhedspersonale

Forslag til danske målepunkter:

3.1.i. Andel undervægtige, normalvægtige og overvægtige gravide



DELMÅL 6.1. GIV ALLE ADGANG TIL RENT DRIKKEVAND

Inden 2030 skal der opnås universel og lige adgang til sikkert drikkevand til en overkommelig pris for alle.

FN indikator(er):

6.1.1. Andel af befolkning, der bruger sikkert forvaltet drikkevandsservice

Forslag til danske målepunkter:

6.1.i. Udgift til vand og spildevand som andel af husstandsindkomsten

6.1.ii. Kvalitet af drikkevandet

6.1.iii. Kvalitet af grundvandet

6.1.iv. Andel af drikkevandet, der består af rensset grundvand

Bæredygtighed i jordhåndteringsprojekter

- Fx <http://jordhaendtering.dk/>
- Håndtering af overskudsjord som en ressource.
- Bruge overskudsjord som erstatning for råstoffer
- Minimere transport ved at genindbygge overskudsjord lokalt.

7



Flere verdensmål i spil i jordhåndteringsprojekterne??

Men måske kan vores jordhåndteringsprojekter også bidrage til opfyldelsen af flere verdensmål?

Og måske kan vi faktisk bruge verdensmålene som et styringsværktøj til at få bedre projekter?

8

- Snak om projektet i relation til verdensmålene.
- Vær systematisk
- Gør det i tværfaglige grupper
- Inddrag relevante parter i diskussionerne
- Gør det så tidligt i projektet som muligt



Udgangspunkt, målsætning og evaluering

Udgangspunkt for projektet



Målsætninger for projektet



Evaluering af projektet



Udgangspunkt	Målsætninger	Evaluering
--------------	--------------	------------



- ☐ Vis målsætninger
- ☐ Vis udgangspunkt

Overfør scenarie

Vis negative

☐ Lås hjul og tekst

Hent rapport

3

SUNDHED OG TRIVSEL

Sundhed og trivsel

Sikre et sundt liv for alle og fremme trivsel for alle aldersgrupper

Initiativ	Verdensmål	Delmål	Ideer
1:	Inden 2030 skal den globale mødredødelighed reduceres til under 70 dødsfald pr. 100.000 levendefødte.		
2:	Inden 2030 skal der sættes en stopper for dødsfald blandt nyfødte og børn under 5 år, der kan forebygges, med en målsætning i alle lande om at reducere den neonatale dødelighed til maksimalt 12 dødsfald pr. 1000 levendefødte, og reducere dødelighed hos børn under 5 år til maksimum 25 dødsfald pr. 1.000 levendefødte fødsler.		
3:	Inden 2030 skal der sættes en stopper for epidemier af AIDS, tuberkulose, malaria og negligerede tropiske sygdomme, og sygdomme som hepatitis, vandbårne sygdomme og andre smitsomme sygdomme skal bekæmpes.		
4:	Inden 2030 skal præmatur dødelighed, som følge af ikke-smitsomme sygdomme, reduceres med en tredjedel gennem forebyggelse og behandling samt fremme af mental sundhed og trivsel.		
5:	Forebyggelse og behandling af stofmisbrug, herunder narkotikamisbrug og skadelig brug af alkohol, skal styrkes.		
6:	Inden 2020 skal antallet af globale dødsfald og tilskadekomster som følge af trafikulykker halveres.		

Vurderingsskala
Relativ vurdering af jeres initiativer, der bidrager til verdensmålet med:

[Læs mere](#)

- 5 = Ekstraordinær effekt
- 4 = Meget stor effekt
- 3 = Større effekt
- 2 = Nogen effekt
- 1 = Lille effekt
- 0 = Ingen effekt/Ikke vurderet
- 1 = Negativ effekt

Udgangspunkt	Målsætninger	Evaluering
--------------	--------------	------------



- ☐ Vis målsætninger
- ☐ Vis udgangspunkt

Overfør scenarie

Vis negative

☐ Lås hjul og tekst

Hent rapport

3

SUNDHED OG TRIVSEL

Sundhed og trivsel

Sikre et sundt liv for alle og fremme trivsel for alle aldersgrupper

Initiativ	Verdensmål	Delmål	Ideer
Da udgangspunktet er at bygningerne står på stedet, hentes der rigtig meget på sundhed og trivsel, da de PCB-holdige boliger rives ned. Under nedrivningen laves der overdækning støj og støv minimeres også ved at materialet hejses ned i stedet for kastes ned i skakterne. Vi klipper (istedet for skærer - og mindsker dermed støj) Omlastning af forurenat beton sker i lukket telt Ved at lave selektiv nedrivning i så stor udstrækning, som det er muligt, fjernes de miljøfremmede stoffer fra kredsløbet			

Vurderingsskala
Relativ vurdering af jeres initiativer, der bidrager til verdensmålet med: [Læs mere](#)

5 = Ekstraordinær effekt
4 = Meget stor effekt
3 = Større effekt
2 = Nogen effekt
1 = Lille effekt
0 = Ingen effekt/Ikke vurderet
-1 = Negativ effekt

Brøndby Strand - Nedrivning af 5 højhuse

Evaluering

Type: Projekt
Projekt status: Udkast
Eksporteret af: Julie Katrine Jensen
Dato: 02 Mar 2021

Beskrivelse
I Brøndby Strand skal 5 højhuse rives ned. Husene er PCB-forurenet og det er besluttet at den rigtige og holdbare løsning er at rive de 5 PCB-forurenede højhuse ned.



Initiativer, der bidrager til FNs verdensmål

Verdensmålene er sorteret efter bidrag – dem med det højeste vurderede bidrag er øverst.

3 SUNDHED OG VELVÆRE Da udgangspunktet er at bygningerne står på stedet, hentes der rigtig meget på sundhed og trivsel, da de PCB-holdige boliger rives ned. Under nedrivningen laves der overdækning støj og støv minimeres også ved at materialet hejses ned i stedet for kastes ned i skakterne. Vi klipper (i stedet for skærer - og mindsker dermed støj)	12 ANSVARLIG FORBRUG OG PRODUKTION Genbrug af beton i Holland efter rensning Genbrug af ren beton som tilslag i ny beton kildesortere på stedet så der er fuld kontrol med sorteringen og det sikres at fx den rene betonbæklade kan adskilles med mest mulig kan genbruges.
---	---

	Omlastning af forurenede beton sker i lukket telt Ved at lave selektiv nedrivning i så stor udstrækning, som det er muligt, fjernes de miljøfremmede stoffer fra kredsløbet		Hvis muligt (tilladelse til nedknusning på stedet) indbygning af ren, knust beton i kældre.
11 BÆREDYGTIG BYGGERI	Ved at fjerne de forurenede bygninger skabes der rum for at skabe mere bæredygtige boliger. Ved at have fokus på at hyre lokal arbejdskraft (og indgå partnerskaber) påvirkes lokalsamfundet også positivt.	6 RENT VAND OG SANITET	Her taler vi især ind i verdensmål 6.3, der handler om at forbedre vandkvaliteten ved at reducere forurening og lave ansvarsfuld affaldshåndtering. Vi skal undgå at sprede støv. Og vi skal så vidt muligt sørge for, at det forurenede affald ender steder, hvor det ikke fører til grundvandsforurening
7 BÆREDYGTIG ENERG	Det lægges op som et forslag til bygherren, at der etableres solcelleanlæg på stedet til at bidrage til elforbruget i nedrivningsperioden. På nedrivningen i Taastrupsgaard benyttes et eksisterende solcelleanlæg, der nedsætter strømforbruget væsentligt. umiddelbart dækker 75 %, ca. 100 m2 Vi klipper det ned i stedet for at skære, så vi bruger lidt mindst.	8 BÆREDYGTIG ARBEJDS- OG VÆKST	alt under overenskomst med 3f og dansk byggeri, der sikrer at alle ansatte - høj som lav er sikret ordentlige arbejdsvilkår.
9 MODSTÅ INDTAGELSE OG INDUSTRI	Verdensmål 9.2 handler om bæredygtig industrialisering, som forsøges fremmet i projektet ved at øge genbrug og genanvendelse (og dermed mindske ressourceforbrug og produktion af nyt)	13 KLIMA	Ved at have fokus på genbrug og genanvendelse samt på muligheder for bæredygtig energi, mindsker vi CO2-udledningen på projektet mest muligt.
17 PARTNERSKAB FOR UDVIKLING	Vi lægger op til at der etableres partnerskabsaftaler om etablering af praktikpladser samt andre uddannelses- og beskæftigelsesfremmende tiltag for fx beboere i boligorganisationernes afdelinger i forbindelse med nedrivningsopgaven.		

EKSEMPEL: Værebrobassinet

Udgangspunkt

- Oprensning for sediment
- Etablering af ekstra 2.500 m³ bassinvolumen



- 14
- Dem i nr. 146s træer
 - Kommunens arkitektsætning
 - Genindbygget jord
 - Komm. driftens engblanding
 - Skolens gryde til undervisning
 - Skolens bro til undervisning
 - Holgers crazy løbetrin



Værebrobassinet Udgangspunktet

15



regnvandet bliver rensset inden sendes videre i kredsløbet



Vandet bliver rensset væsentlig bedre end før (delmål 6-6)



nu kan der håndteres vand til servicemål

Værebrobassinet Evaluering

16



regnvandet bliver rensat inden sendes videre i kredsløbet



Støre socialt mødested og fremme af sammenhængende stisystem, fremme af fysisk aktivitet



Væsentlig fremme af naturkvaliteter
Der er lagt stor vægt på fremme af et inkluderende miljø, der understøtter socialisering og tryghed og skaber rekreative rammer for områdets beboere således lokalsamfundes styrkes.



Jord er genanvendt i området og således ikke kørt til depot som ville have været en unødvendig og omkostningstung post i projektet



Læringsmiljøer



Sparede omkostninger ved jorddeponering er istedet brug til etablering af rekreativt landskab nu kan der håndteres vand til servicemål



Vi har brugt projektet til at udvikle nye forståelser



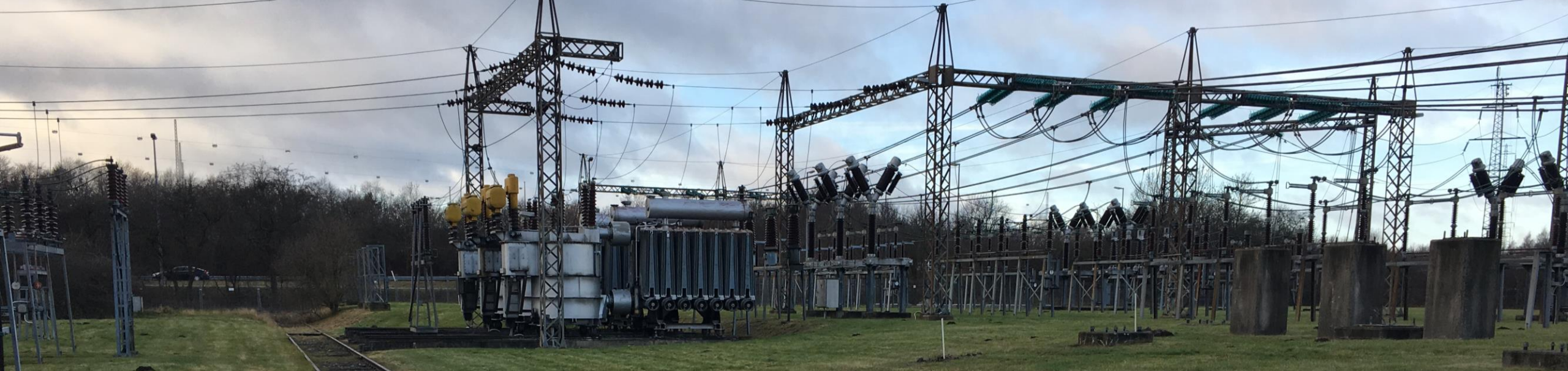
Vandet bliver renses væsentlig bedre end før (delmål 6-6)



Slutpointer

- Bæredygtighed bliver mere konkret, når man inddrager verdensmålene.
- Verdensmålene er "oversat" til Dansk, hvilket gør det lettere at arbejde med verdensmålene i Danske projekter
- Traditionelt betragtes genindbygning af jord som det bærende element, når man snakker bæredygtighed i jordhåndteringsprojekter.
- Derfor er det også vigtigt at inddrage genindbygning i planlægningen på et tidligt tidspunkt i projektet.
- Ved at kigge systematisk på verdensmålene i forhold til sit projekt på et tidligt tidspunkt, kan det blive klart at projektet kan planlægges så det bidrager til opfyldelsen af flere verdensmål end ellers.
- Den systematiske gennemgang kan ske på workshops, hvor man inddrager en række fagligheder (og beslutningstagere)
- Tilgangen giver typisk bedre projekter, fordi den systematiske tilgang på tværs af fagligheder gør, at man opdager nogle potentialer i projektet, som man ellers ikke ville have haft fokus på.

Tak!



OPRENSNING AF OLIEFORURENING PÅ TRANSFORMERSTATION VEJLEÅ

PRAKTISKE UDFORDRINGER OG PROPORTIONALITET

Anne Tipsmark Ottosen & Christoffer Andersen (Rambøll) og Hans Henrik Nielsen, Energinet Eltransmission



ENERGINET
Eltransmission

FORMÅL

- Formålet er at dele erfaringerne fra oprensningen, der blev udført som opfølgning på et påbud.
- Oprensningen var dyr pga. de praktiske forhold på transformerstationen.
- Det var rigtig mange udfordringer på denne lokalitet, hvilket gjorde det svært "at grave et hul".



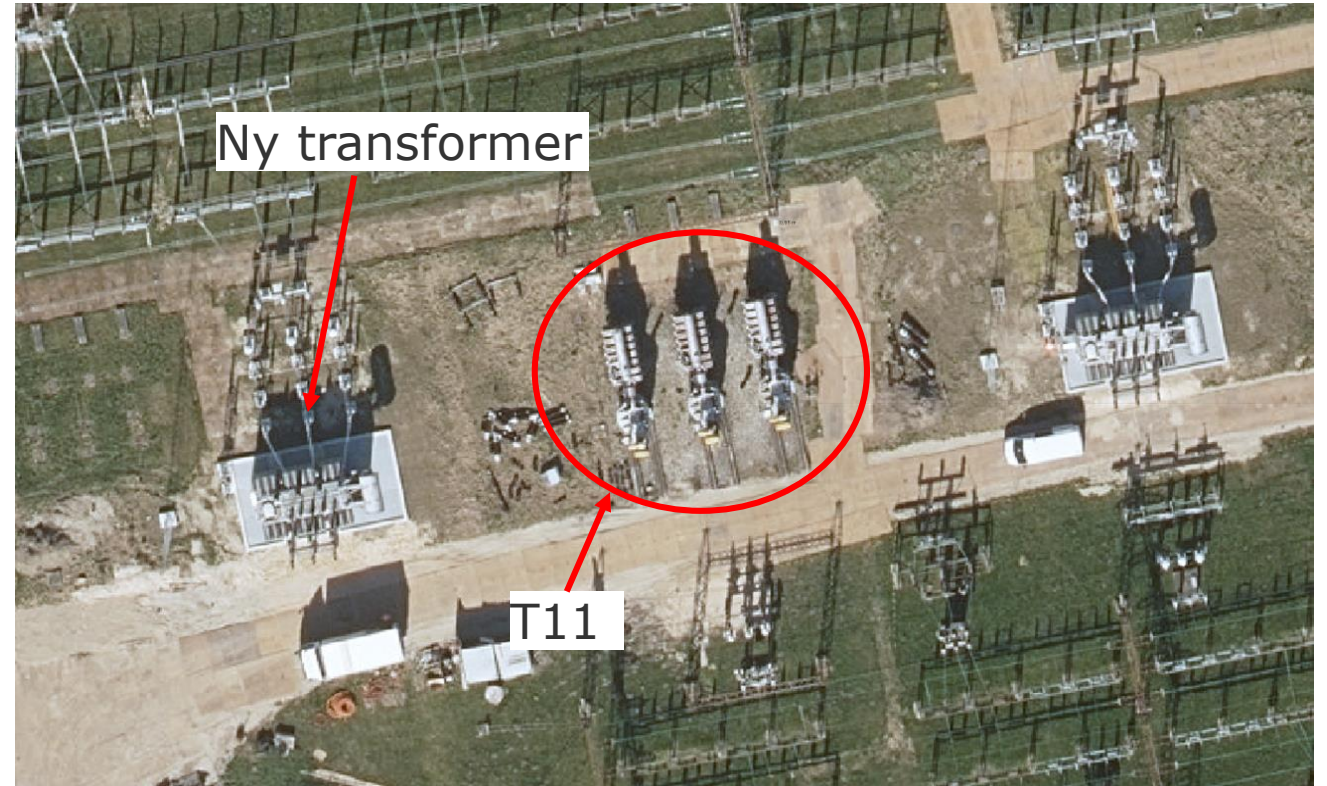
INTRODUKTION TIL PROJEKTET

UDFØRTE UNDERSØGELSER

Der er givet et oprensningspåbud vedrørende olieforurening i jorden ved transformer T11.

Der har været transformerstation på ejendommen siden ca. 1950.

For at rense forureningen op skal der installeres en ny transformer, før den gamle kan pilles ned.



INTRODUKTION TIL PROJEKTET

UDFØRTE UNDERSØGELSER

- I 2015 - GEO udfører en forureningsundersøgelse, forud for en planlagt transformerflytning. Her træffes jord og grundvandsforurening → undersøgelsespåbud.
- Rambøll udfører i 2017 afgrænsende undersøgelse omkring transformeren. Her blev der ikke truffet indhold af oliestoffer.
- Der har været et spild i 2016-2017, hvor der, vurderes at være spredt olie til jorden under transformeren → undersøgelsespåbud.
- I 2019, efter transformeren var flyttet, er der udført en i området. Her blev der truffet indhold af oliestoffer, som blev vurderet at kunne skyldes flere spild rundt omkring transformeren.



BAGGRUND

- Der er givet 2 undersøgelsespåbud → 1 oprensningsspåbud. Det ene er på baggrund af indledende undersøgelser fra 2015, det andet pga. spildet ca. 2016-2017. Der er spildt ca. 150 liter olie, som sker meget langsomt.
- Forureningen ligger 1,5- 3,5 m u.t. i en moræneler, som strækker sig fra under det singelsbed som transformeren er placeret i (fra 0 - 1,1 m u.t.) til ca. 5 m u.t. hvor kalken træffes.
- Det primære grundvand (spændt magasin) træffes ca. 1,5 m u.t. Grunden ligger indenfor OSD og udenfor indvindingsopland til vandværk.
- Forureningen ligger i moræneler lige over kalken, hvor den spreder sig i små sandslirer.
- Transformeren samt fundamenterne skal fjernes, før forureningen kan fjernes. Omkring transformeren træffes kabeltracéer i jorden, master m.m. Der er begrænset plads imellem installationerne og der er højderestriktioner.

Ekspeditionstid:	
Mandag - Onsdag	10.00 - 14.30
Torsdag	10.00 - 17.00
Fredag	10.00 - 13.30

Oprensningsspåbud. Roskildevej 306, 2630 Taastrup

Høje-Taastrup Kommune udsteder hermed påbud efter Jordforureningslovens § 43 og § 41¹ om at Radius Elnet A/S og Energinet.dk skal fjerne forurening på ejendommen Roskildevej 306-308, 2630 Taastrup og genoprette den hidtidige tilstand.

Oprensningsspåbuddet vedrører olieforurening i jord ved transformere kaldt T11 på ejendommen Roskildevej 306-308, 2630 Taastrup, som beskrevet i fremsendt rapport "Supplerende afgrænsende forureningsundersøgelse oktober 2019" udarbejdet af Rambøll². Der meddeles ikke påbud om oprensning af olie i jorden ved transformere kaldt T13.

Forureningen skal fjernes ved afgravning jf. scenarie 2 i rapport fra oktober 2019³.

Ejendommen er kortlagt som forurenet og ligger i et område ved værdifuldt grundvand. Derfor sættes jf. §8 stk. 5 i Jordforureningsloven vilkår til oprensningen, så det ikke fordyrer Regionens senere indsats. Vilkår til oprensningen fremgår af bilag 2.

Kommunen vurderer, at Energinet.dk har ansvar for 80% og Radius Elnet A/S har ansvar for 20 % af den forurening, som dette påbud vedrører.³

Pligt til reetablering

Idet Radius Elnet A/S er grundejer, har Energinet.dk pligt til at reetablere arealet efter oprensningen, jf. Jordforureningslovens § 44 stk. 1.

Tidsfrist

Dokumentation for at påbuddet er efterkommet skal fremsendes til Høje-Taastrup Kommune senest den 1. maj 2020.

Baggrund

Høje-Taastrup Kommune modtager i september 2015 rapport vedrørende en forureningsundersøgelse på Roskildevej 306, 2630 Taastrup⁴. Undersøgelsen påviser blandt andet olieforureninger i jord og grundvand ved transformerne T11 og T13.

¹ Jordforureningsloven, LBK nr. 282 af 27/03/2017

² Rapport "Vejleå Transformerstation, Taastrup, Supplerende afgrænsende forureningsundersøgelse, Vejleå Transformerstation, Høje Taastrup, Roskildevej 306-308, Rambøll" af juli 2019 og oktober 2019.

³ Kommunen skal jf. § 43 fastsætte fordeling af udgifter til oprensningen, men Radius og Energinet.dk ønsker jf. høringssvar, at kommunen undlader at gøre dette. Baggrunden er at parterne har en kontrakt, som fastsætter hvordan udgifterne skal fordeles.

⁴ Rapport "Høje-Taastrup, Roskildevej 306-308. Vejleå Transformerstation. Miljøundersøgelser i forbindelse med transformerflytning. Rapport nr. 1, 2015-04-20, og revideret udgave af 2015-09-14."

OPGRAVNING

- Hvordan får vi jorden op?
- Området for opgravning er ca. 100 m².
- Jf. påbud skal vi have alt under singelsbed, dvs. vi kan ikke grave med anlæg.
- Risiko for at installationer nord for området falder ned i udgravningen
- Der ligger et kabeltracé lige øst for udgravningen. Vest for udgravningen er den nye transformer placeret.
- Højderestriktioner – dvs. ingen spuns.



VALG AF AFVÆRGEMETODE

Beslutningsmatrix for afværgeteknikker ved jord- og grundvandsforureninger

- Kildeområdet befinder sig i en sandet lerjord, hvor grundvandet står højt.
- Opgravning eller termisk oprensning var de mest relevante afværagemuligheder.
- Af sikkerhedsmæssige årsager, var det ikke en mulighed at varme jorden i området op.
- Da bygherre ønskede en sikker og hurtig metode, blev opgravning valgt som den bedste løsning.

	Teknik	Forureningsstoffer							Geologi	Hydrogeologi	Oprensningsperiode 2)	Anlægsudgifter	Driftsudgifter	Erfaringsniveau
		PAH	Tungmetaller	Pesticider	Chlorerede	Tung olie	Diesel/gasolie	Benzin						
		Andre												
Kilde	Fjernelse af jord								Sand/grus, ler/silt	Umættet zone	Kort	Mellem	Ingen	Højt
	Indeslutning								Sand/grus, ler/silt	Umættet zone	Kort	Høje	Ingen	Mellem
	Frakturering i kombination med andre teknikker							1)	Ler/silt, kalk	Umættet og mættet zone	1)	Høje 3)	Høje 3)	Lavt 3)
	Passiv ventilation								Sand/grus, kalk	Umættet	Lang	Lave	Lave	Lavt
	Vakuumentilation								Sand/grus	Umættet zone	Mellem	Mellem	Mellem	Højt
	Oppumpning							MTBE	Sand/grus, kalk	Mættet zone	Lang	Lave	Mellem	Højt
	Dual Phase Extraction/Bioslurping							Lette fraktioner af olie- og benzinprodukter (LNAPL)	Sand, silt	Umættet og mættet zone	Lang	Mellem	Mellem	Lavt
	Airsparging							Let gasolie	Sand/grus	Mættet zone (frit magasin)	Mellem	Mellem-høje	Mellem	Højt
	In-well Aerator							Lette fraktioner af olie- og benzinprodukter (LNAPL)	Sand/grus	Mættet zone	Mellem	Lave	Mellem	Lavt
	Dampbehandling							Let og tung gasolie, creosot, tjære, olieprodukter samt PCB og kviksølv	Sand/grus	Umættet og mættet zone	Kort	Høje	Høje	Mellem
	Varmepåføring							Let og tung gasolie, creosot samt tjære og olieprodukter	Sand/grus, ler/silt	Umættet zone	Kort	Høje	Høje	Lave
	Kemisk behandling								Sand/grus	Umættet og mættet zone	Kort	Høje	Mellem	Mellem
	Flusning								Sand/grus	Mættet zone	Kort	Lave	Lave	Lavt
	Oppumpning							MTBE	Sand/grus	Mættet zone	Lang	Lave	Mellem	Højt
	Reaktiv væg med jern (0)							Reduktion af hexavalent chrom	Sand/grus	Mættet zone	Lang	Høje	Lave	Mellem
	Reaktiv væg med sorbentmateriale								Sand/grus	Mættet zone	Lang	Høje	Mellem	Lavt
	Naturlig nedbrydning							MTBE	Sand/grus, ler/silt	Umættet og mættet zone	Lang	Lave	Lave	Mellem
	Stimuleret biologisk nedbrydning-oxidation							MTBE	Sand/grus	Umættet og mættet zone	Mellem	Lave-mellem	Lave-mellem	Højt
Fane	Stimuleret biologisk nedbrydning-reduktion								Sand/grus, kalk	Mættet zone	Mellem	Lave-mellem	Lave-mellem	Mellem
	Tilsætning af bakterier eller svampe								Sand/grus	Umættet og mættet zone	Mellem	Lave-mellem	Lave-mellem	Lavt
	Phytoremediation							MTBE, cyanider	Sand/grus, ler/silt	Umættet og mættet zone	Lang	Mellem	Lave	Mellem
Indeslutning	Rumventilation										Lang	Lave	Lave	Højt
	Ventilation under gulv										Mellem	Lave	Lave	Højt

1) Afhænger af hvilken teknik frakturering anvendes i kombination med 2) Samme størrelse forurening 3) For fraktureringen

PLANLÆGNING

Strategien ved gennemførelsen af oprensningen har været:

- Flytte transformer
- Fjernelse af singelsbed og fundamenter
- Etablering af sekantpælevæg, med henblik på afstivning af udgravningen
- Etablering af sugespidsanlæg for grundvandssænkning og herefter udledning til Vejleå.
- Store mængder vand blev udledt til Vejleå (via 200 m ledning) og vandet blev ledt igennem koalecensudskiller, 2 bundfældningscontainere og 2 sandfiltre. Dette krævede tilladelse fra 2 kommuner, da det løb ud i Høje Taastrup Kommune og endte i Albertslund Kommune. Derudover optog det en hel del plads.
- Traditionel opgravning af forurenede jord ned til 5 m u.t. og opboring af bundprøver
- Reetablering af grunden



AFVÆRGE

- Fjernelse af fundamenter og singelsbed.
- Ved granskning af gamle tegninger af fundamenterne, var der angivet eternitkanaler → asbest – svært at asbestsanere fundamenterne.
- Vi fandt ikke kanalerne, men tog vores forholdsregler.



AFVÆRGE

- Etablering af sekantpælevæg, med henblik på afstivning af udgravningen
- GV problemer – større sugespids
- Opgravning i sektioner
- Opboring af bundprøver fra kalken



KONKLUSION & HVAD HAR VI LÆRT

- Der er brugt ca. 5,7 millioner på at rense ca. 130 kg olie op (ca. 1300 ton jord). Var det proportionelt? Umiddelbart ja – forureningen lå ca. 0,30-1,0 m over det primære magasin og udgjorde en potentiel risiko for grundvandsressourcen.
- Inden oprensningsspåbuddet havde vi en diskussion med kommunen om muligheden for at give dette oprensningsspåbud eller risikoen overfor det primære magasin → ikke meget olie påvist i grundvandet, selv lige efter spildet i 2017. JAGG-beregninger bekræftede, at forureningen skulle have nået grundvandsmagasinet. Der var således usikkerhed om, i hvilket omfang forureningen truede grundvandsmagasinet.
- **Kunne vi have gjort noget anderledes?**
- Vores erfaring er, at det er godt at have bygherre med i hele processen, så bygherre inddrages i udfordringer og dertilhørende omkostninger inden opstart. Alle interessenter skal gerne inddrages tidligt, så udfordringer og beslutninger kan håndteres hurtigt.
- En af vores læringspunkter er, at det er vigtigt at få en konkret diskussion med myndighederne om risiko og proportionalitet, så tidligt i forløbet som muligt.
- Denne diskussion er måske noget kommunerne kunne have gavn af at drøfte – altså er det proportionalt at give oprensningsspåbud på de vanskelige transformerstationer, hvis ikke der er en klar risiko?

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN



Revurdering af gammelt oliespild

Undersøgelser med nye værktøjer med høj opløsning giver data til en ny og mere retvisende konceptuel model

ATV VINTERMØDE MARTS 2021

GRY SANDER JANNICHE NIRAS



Baggrund og formål

- December 2000 - spild af 4.000 l fyringsolie fra nedgravet oiletank på en beboelsesejendom
- Holbæk Kommune - Påbud efter JFL §48 (villatanksforsikringen)
- Det følgende årti - Undersøgelser og afværgeaktiviteter, herunder pumpning af fri fase olie og evaluering af naturlig bionedbrydning af olien.
- I 2019 påpegede en gennemgang af gamle data en række usikkerheder i den eksisterende konceptuelle model, forureningsudbredelse og risikovurdering
- I 2019 bliver NIRAS bedt om at udføre afgrænsende undersøgelser med formål:
 - Afgrænse forureningen og opdatering af den konceptuelle model ved hjælp af højopløsningsundersøgelsesværktøjer, sammen med en kritisk evaluering af de eksisterende data.
 - Vurdere risiko ved forureningen og mulige afværgeløsninger

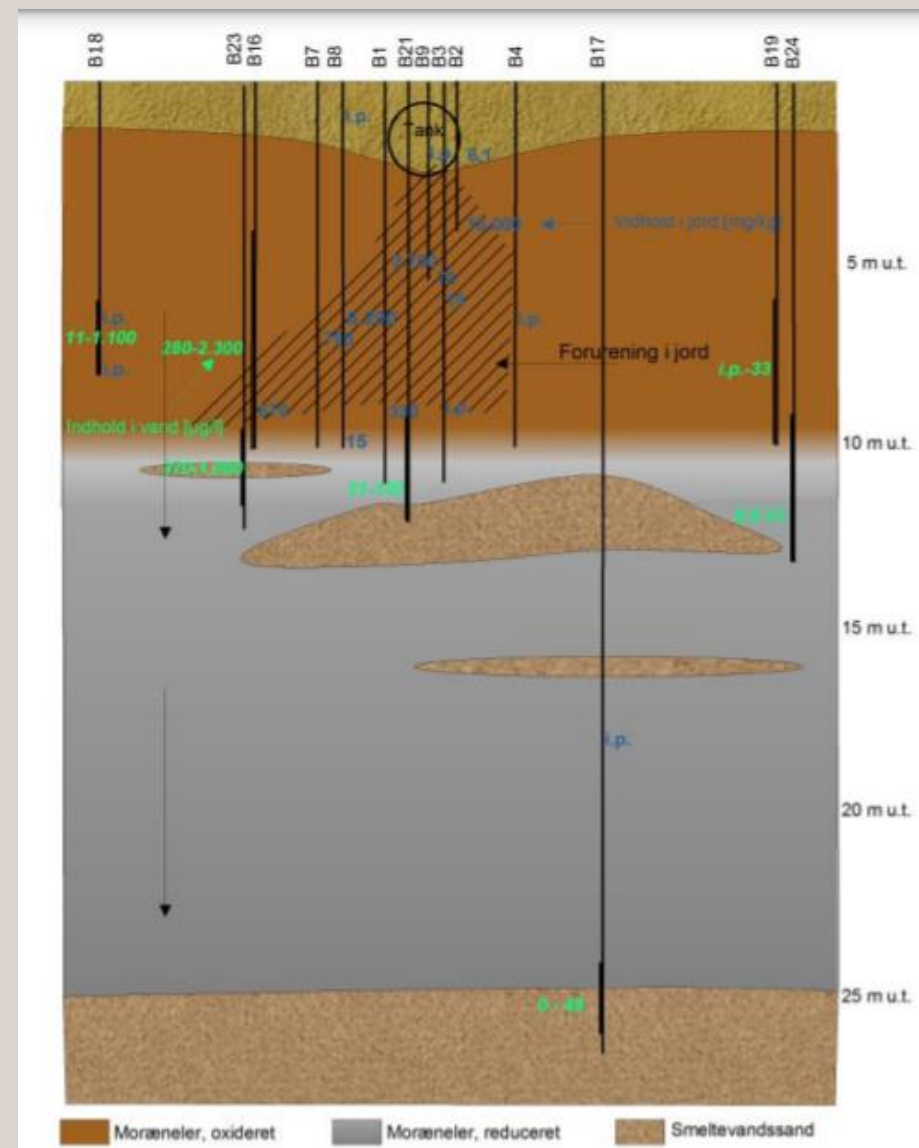
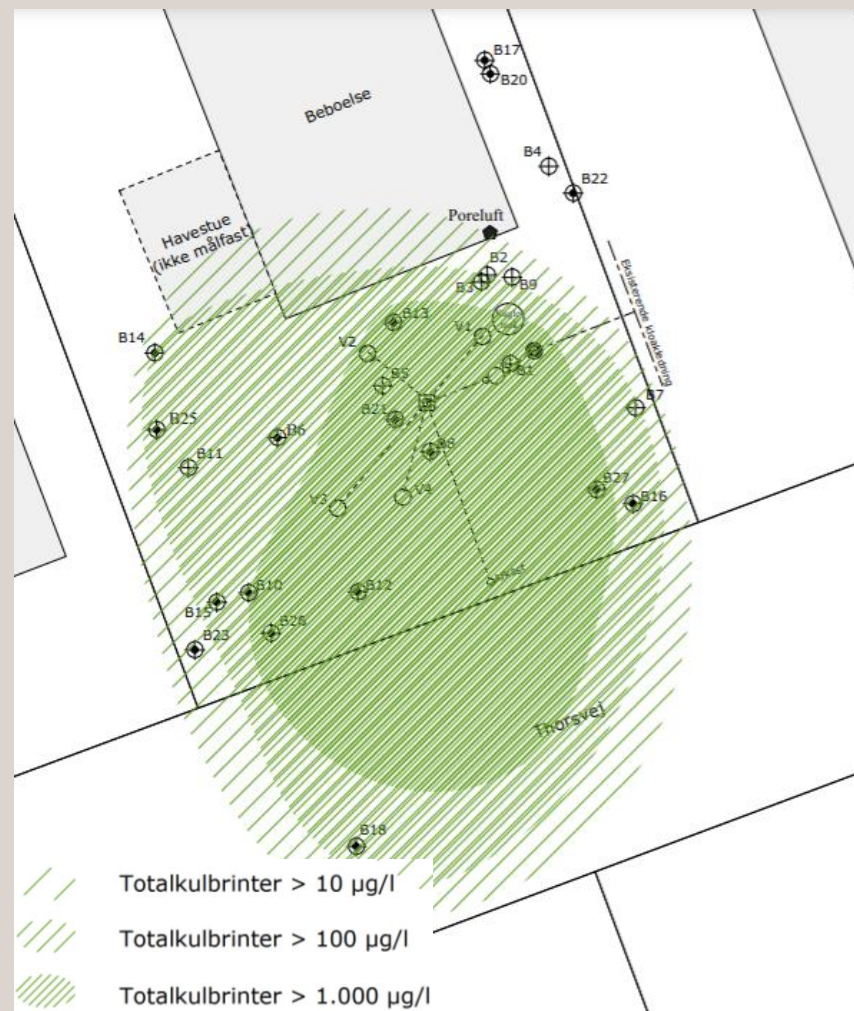
Lokaliteten

Beliggenhed og grundvandsinteresser



Forureningssituation

Konceptuel model 2013



Supplerende undersøgelser ' 2019-2020

- Bestemmelse af udbredelse af olieforurening på fri fase i jorden med OIHPT (Optical Image Profiler til fluorescens detektion af NAPL og HPT)
- Intaktprøver af jorden vha. Geoprobe fra relevante niveauer til analyse
- Niveauspecifikke vandprøver vha. Geoprobe
- Udtagning af vandprøver fra udvalgte eksisterende filtersatte boringer
- Etablering af nye filtersatte lagfølge boringer til afgrænsning af olieforureningens udbredelse mod syd og sydøst.
- Poreluftundersøgelse langs beboelsen

OIP/OIHPT

Optical Image Profiler

- Udnytter at PAH molekyler fluorescerer ved lys påvirkning
 - UV (275 nm)/VIS
→ fx benzin og de lette aromater
 - Green (520 nm)/Infrarød (IR)
→ fx kreosot/tjære og tunge PAH'er
- Kamera: 30 billeder pr sekund!
 - Logger billeder pr 1,5 cm
 - Ved rør-forlængelse optages billeder med begge typer lys (dette kan også gøres manuelt i løbet af sonderingen)
- Både med og uden HPT-del og hedder så OIP eller OiHPT

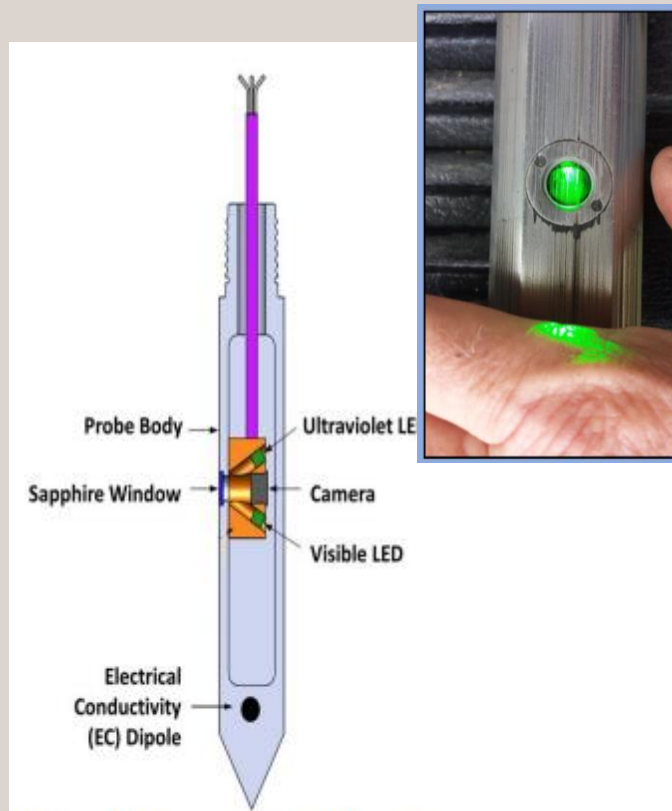


Figure 2.1 Drawing of the OIP-UV Probe

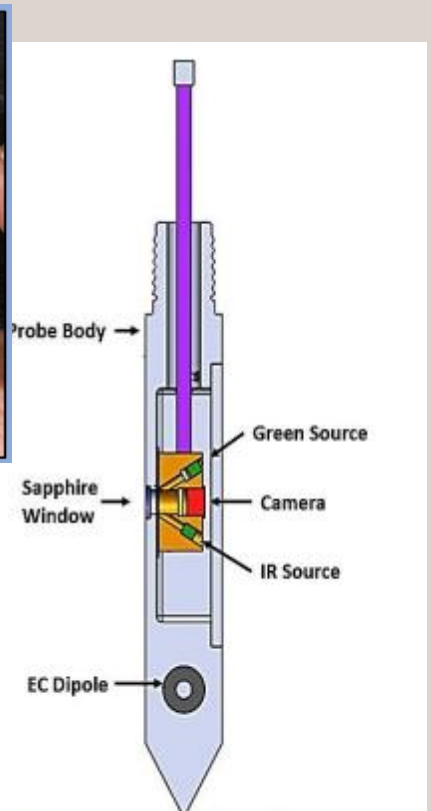


Figure 2.2 Drawing of the OIP-G Probe

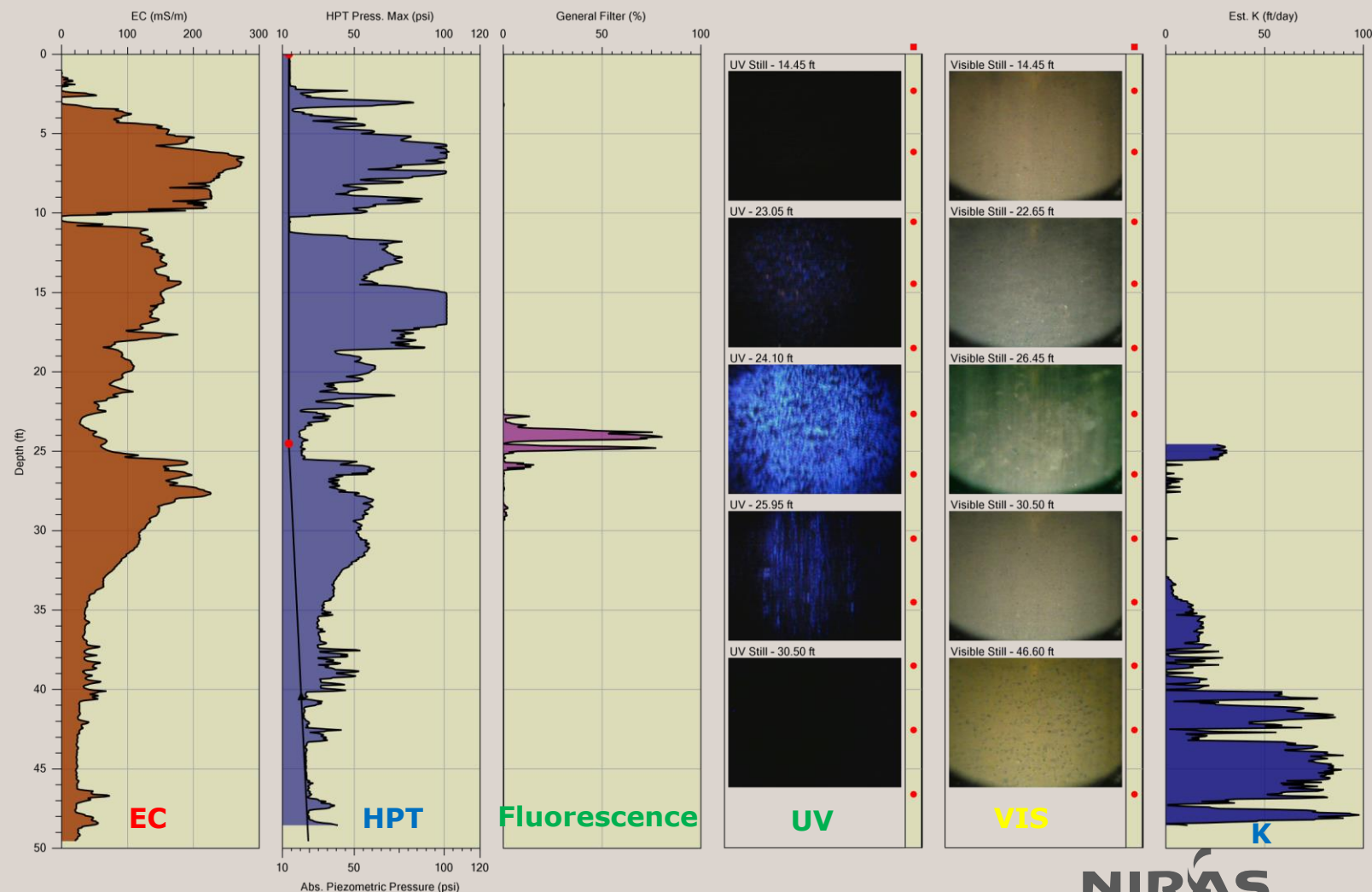


NIRXAS

Geoprobe OIP – Typisk profil (olie)

Parametre der måles med OIHPT systemet (kombination af både OIP UV/VIS og HPT)

- Effektivt værktøj til kortlægning af olie og tjære forureninger på baggrund af deres fluorescens respons
- HPT delen giver et klart billede af de hydrauliske egenskaber der reelt styrer spredningen af olie og vand
- Kombinationen af OIP og HPT giver samlet en væsentligt forbedret forståelse af processerne i jorden – og dermed en væsentlig bedre konceptuel model



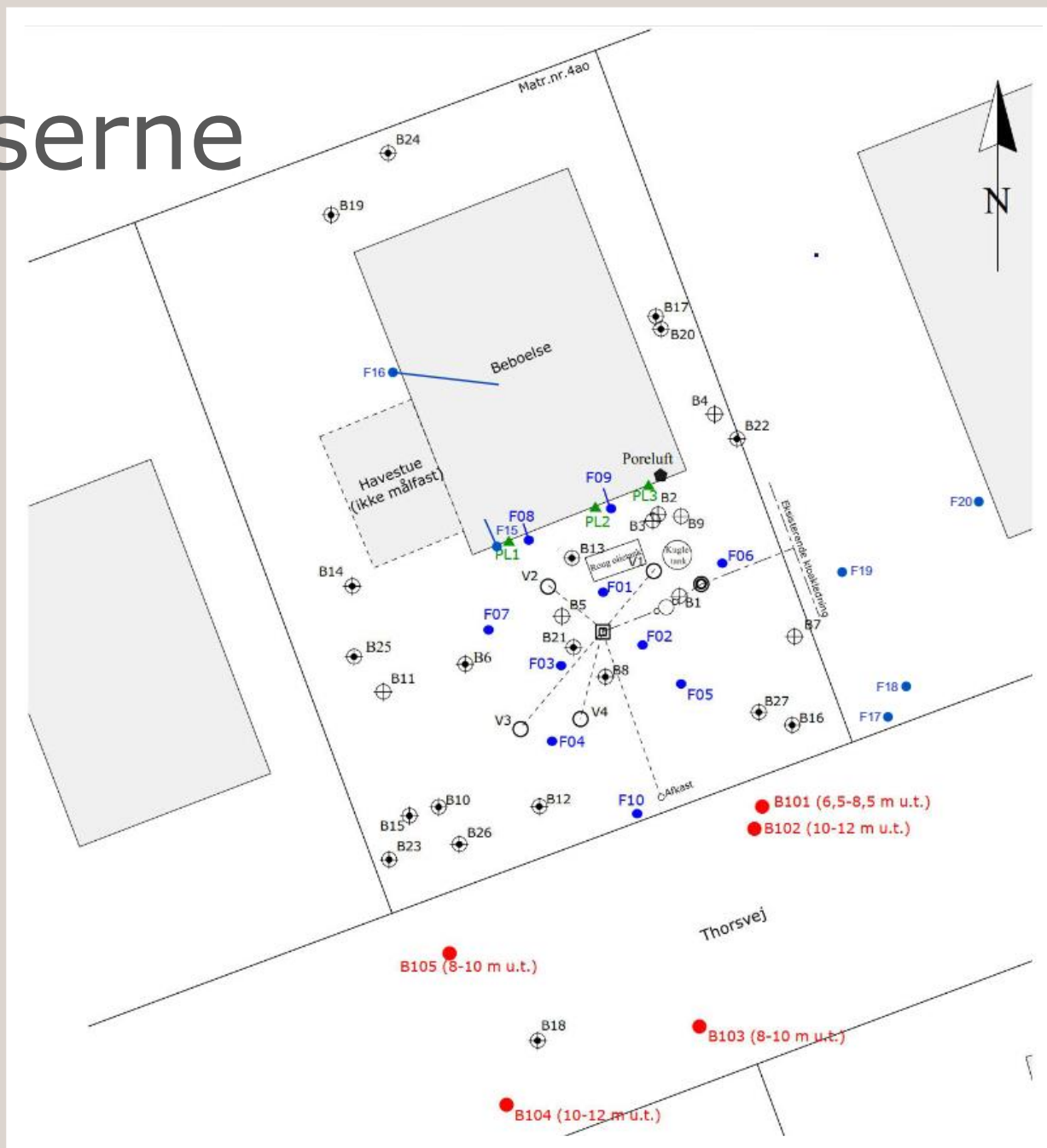
Undersøgelserne

Nye undersøgelsepunkter:

- Filtersatte boringer
- OIP sonderinger
- ▲ Poreluftsondering

Signaturforklaring:

- Eksisterende bygninger
- - - Ø 110 mm kloakrør
- - - Ø 110 mm trærør til El og oppumpet vand
- Vacuumboring
- Oleudskiller
- ⊙ Prøveudtagningsbrønd
- Tørbrønd
- ⊕ Boring, filtersat
- ⊕ Boring, ikke filtersat
- ⊕ Boring, skrå



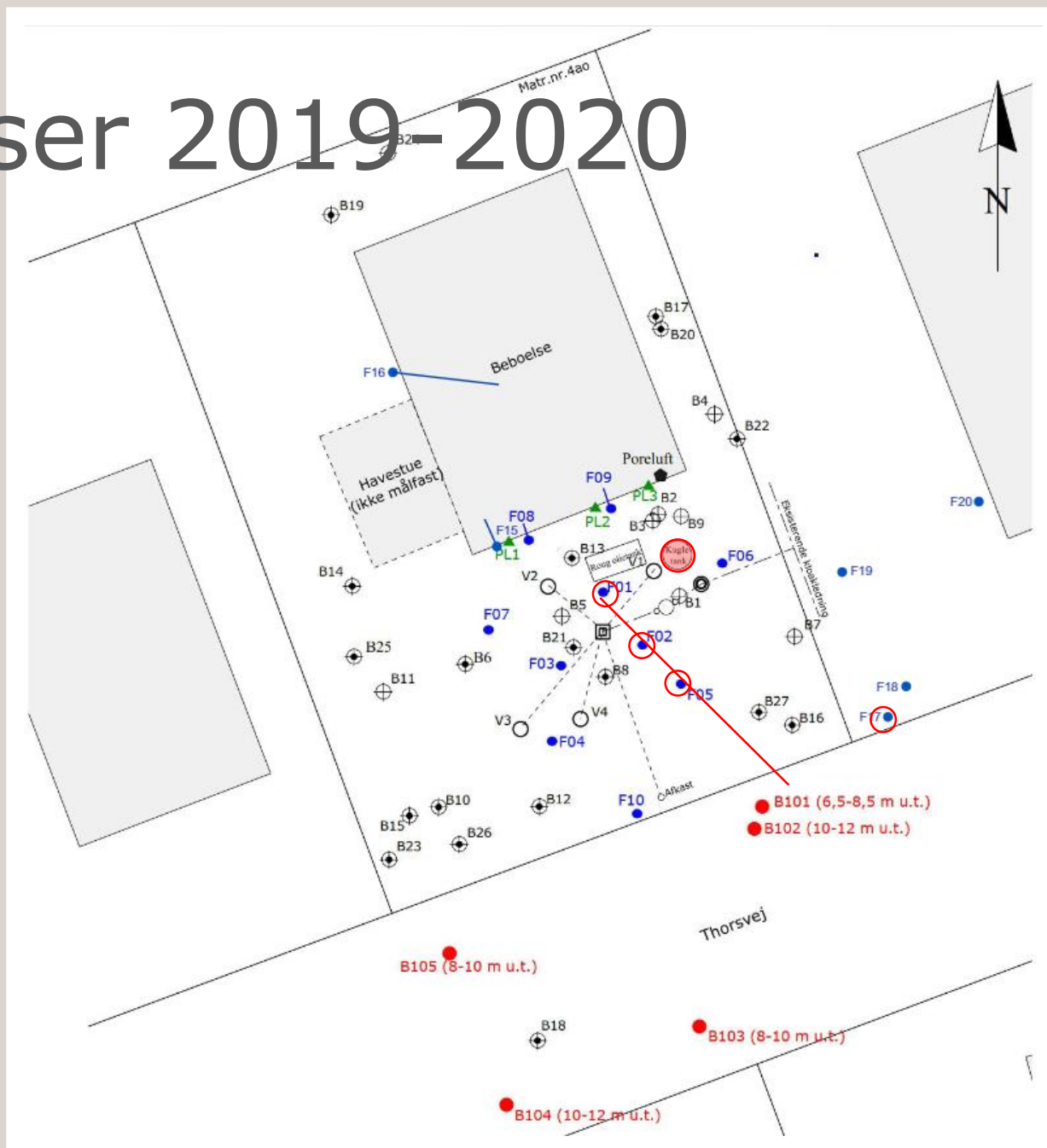
Undersøgelser 2019-2020

Nye undersøgelsepunkter:

- Filtersatte boringer
- OIP sonderinger
- ▲ Poreluftsondering

Signaturforklaring:

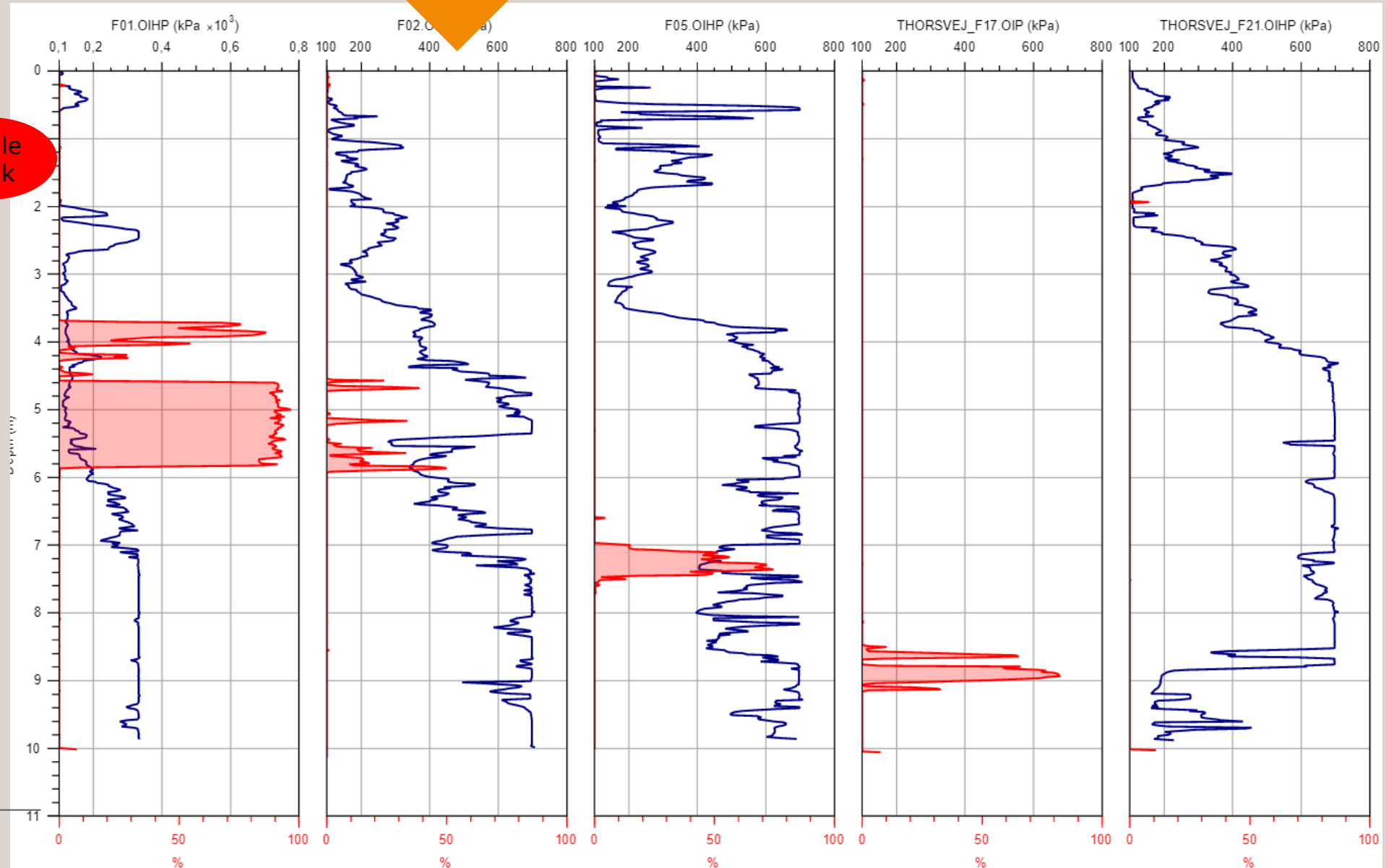
- Eksisterende bygninger
- - - Ø 110 mm kloakrør
- - - Ø 110 mm trækrør til El og oppumpet vand
- Vacuumboring
- Oleudskiller
- ⊙ Prøveudtagningsbrønd
- Tørbrønd
- ⊕ Boring, filtersat
- ⊕ Boring, ikke filtersat
- ⊕ Boring, skrå

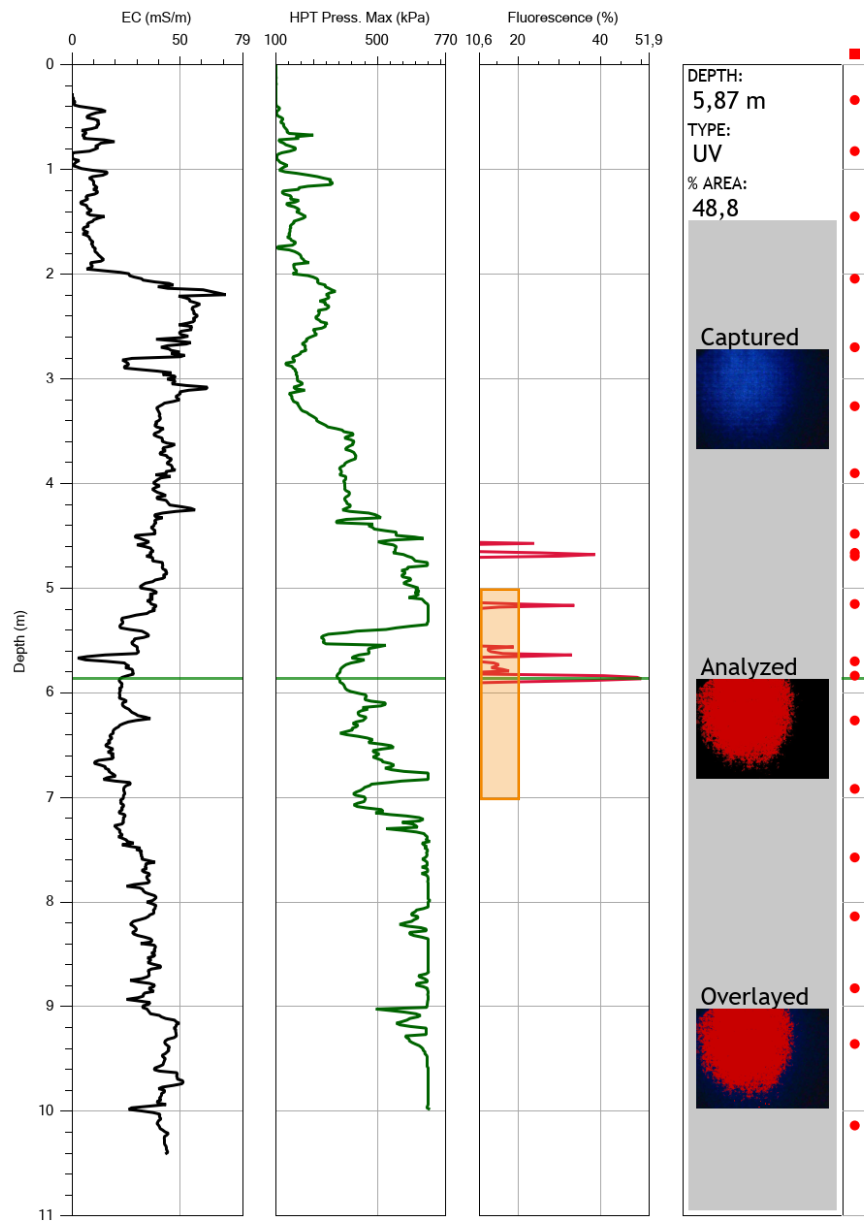


Resultater OHPPT



Kugle tank





NIRAS

Company:

NIRAS DK

Operator:

tia

Project ID:

10403720

Client:

Thorsvej 21, Holtb?k

File:

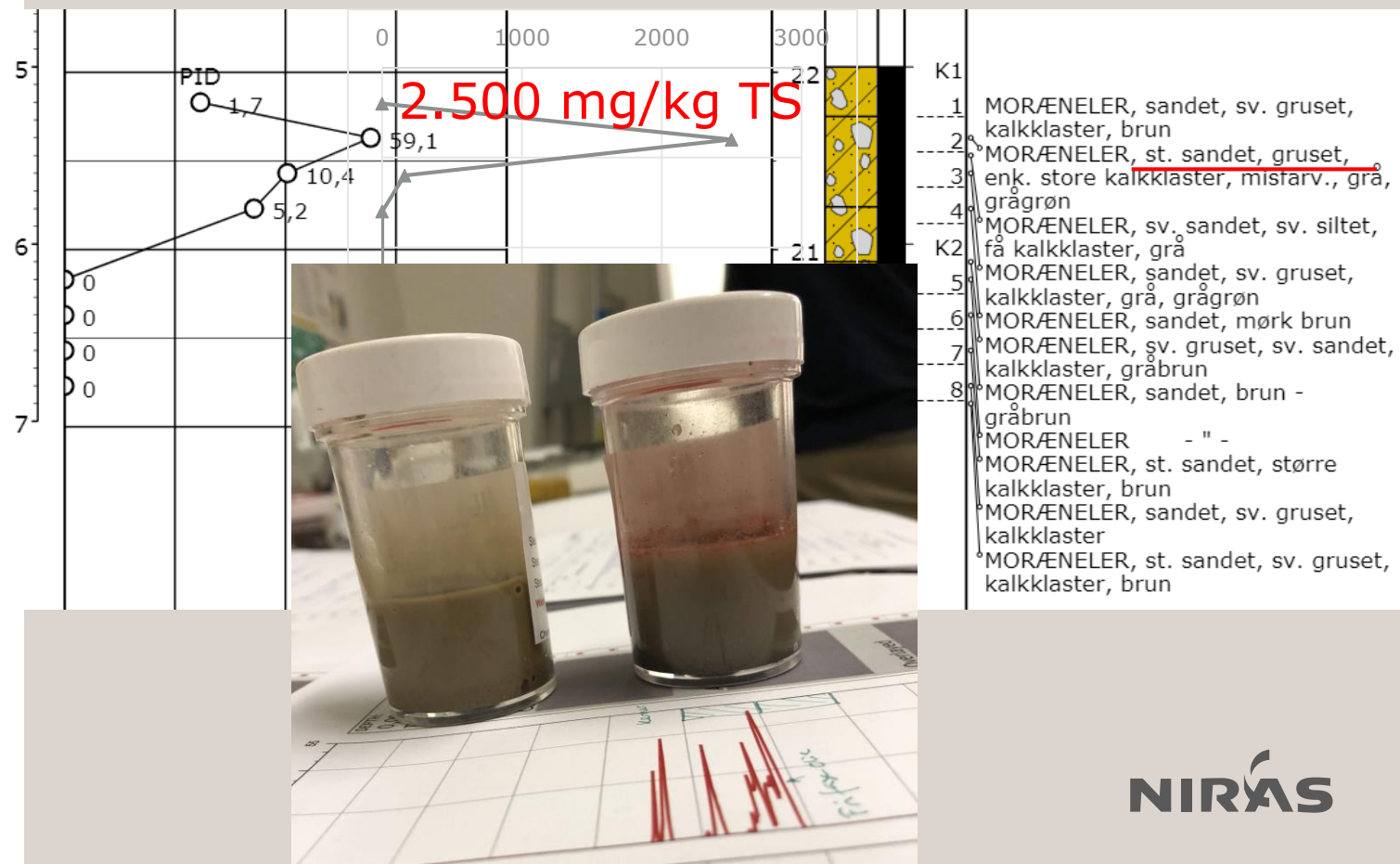
F02.OIHP

Date:

20-08-2019

Location:

Thorsvej 21, Holtb?k

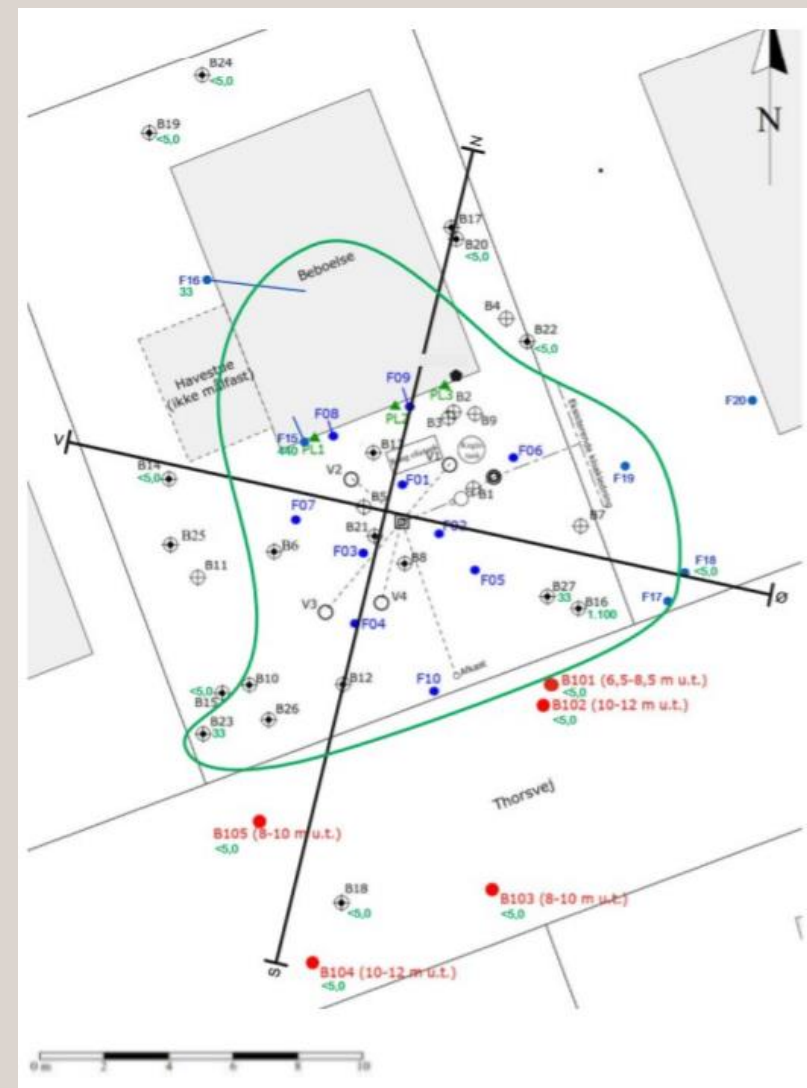


NIRAS

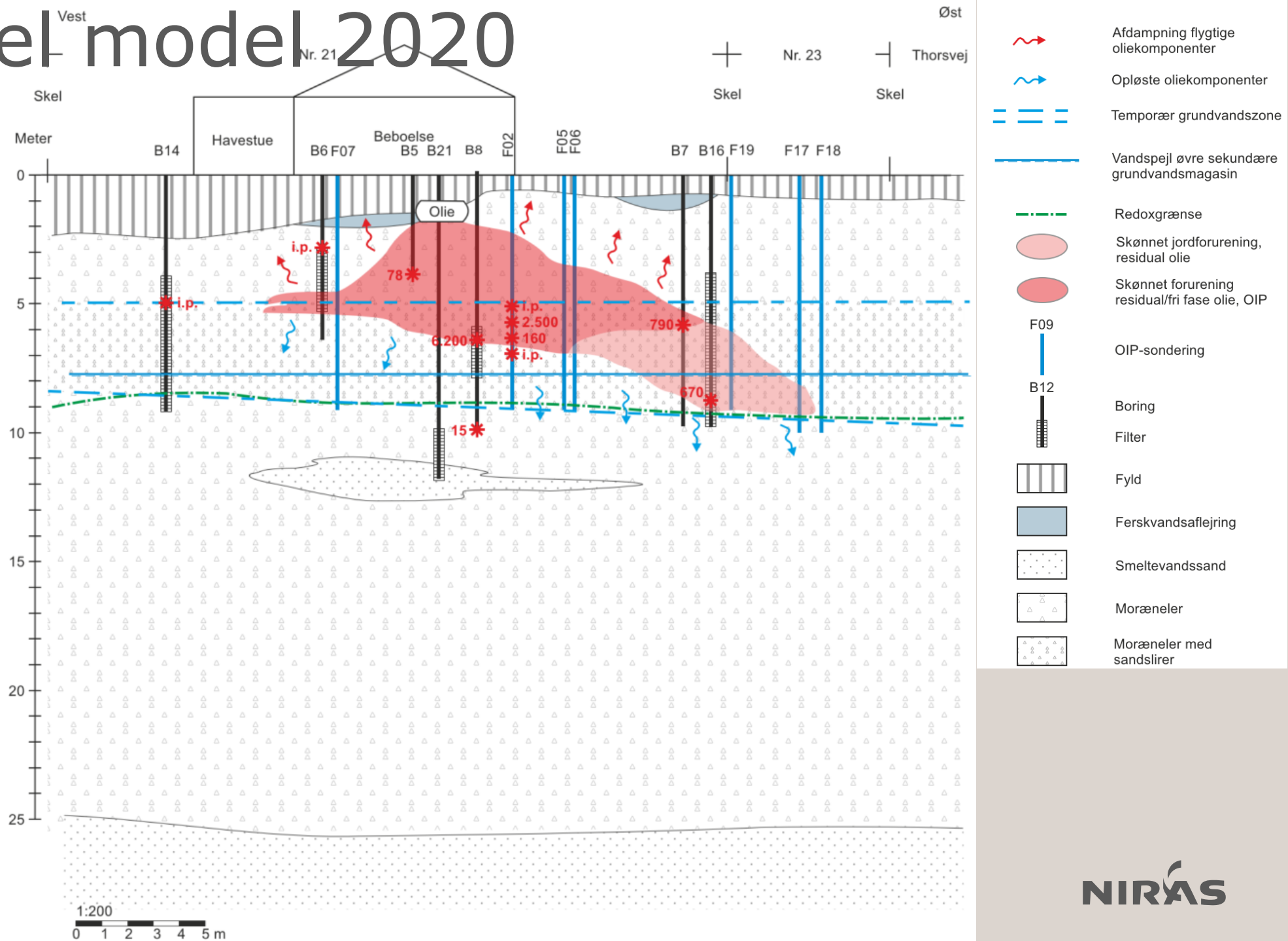
Intakt kerne F19



13



Konceptuel model 2020



Konklusion - Perspektivering

- Anvendelse af OIHPT sonderinger til detektion af residual olie i jorden har givet en langt bedre forståelse for den konceptuelle spredning af olieforureningen
- OIHPT er et stærkt værktøj til undersøgelse af præferentielle strømningsveje for spredning af olieprodukter
- Fastlæggelse af disse spredningshorisonter er kritisk for både risikovurdering og potentielt valg af afværgemetode
- Anvendelse af højopløsnings undersøgelsesværktøjer som OIHPT kan bidrage til en bedre forståelse for den konceptuelle forureningsspredning og masseberegning af oliemængde
- Disse værktøjer kan derfor give et bedre udgangspunkt for en risikovurdering og dermed kvalificere beslutningsgrundlaget for myndighederne om hvorvidt eventuelle yderligere tiltag er nødvendige

Termisk oprensning af højtstående stoffer ved 100 grader - Kan man det?

Søren Eriksen, Jesper Holm og Niels Ploug
Krüger A/S

Agenda

- **Baggrund**
 - *Termisk konduktiv oprensning in situ*
- **Fordampning af forureningskomponenter ved termisk oprensning**
 - *Fordampningshastighed*
 - *Damptryk*
 - *Azeotrop*
 - *Henrys lov*
- **Cases**
 - *In situ oprensning af nedsivningszone fra affaldsdepot*
 - *Laboratorieskala test af jord fra (et andet) affaldsdepot*
 - *Laboratorieskala test af jord med tjære og olie*
- **Konklusion**

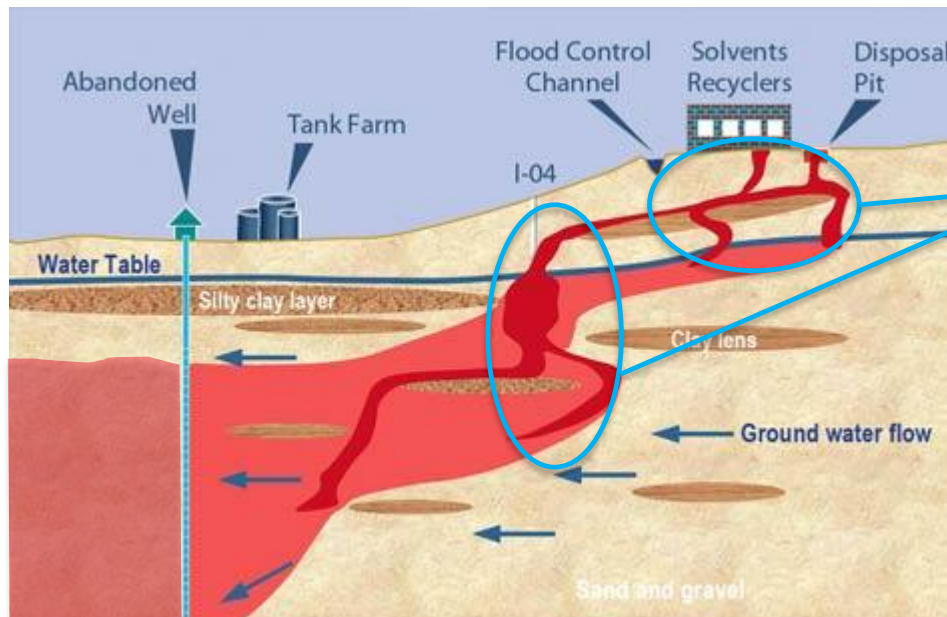
Baggrund for termisk oprensning

- **Forureningsstoffer**

- *Organiske opløsningsmidler, pesticider, brændstof etc.*

- **Kundens udfordring**

- *Drikkevand*
- *Indeklima*
- *Ansvar*



Drivere for In Situ Termisk Oprensning:

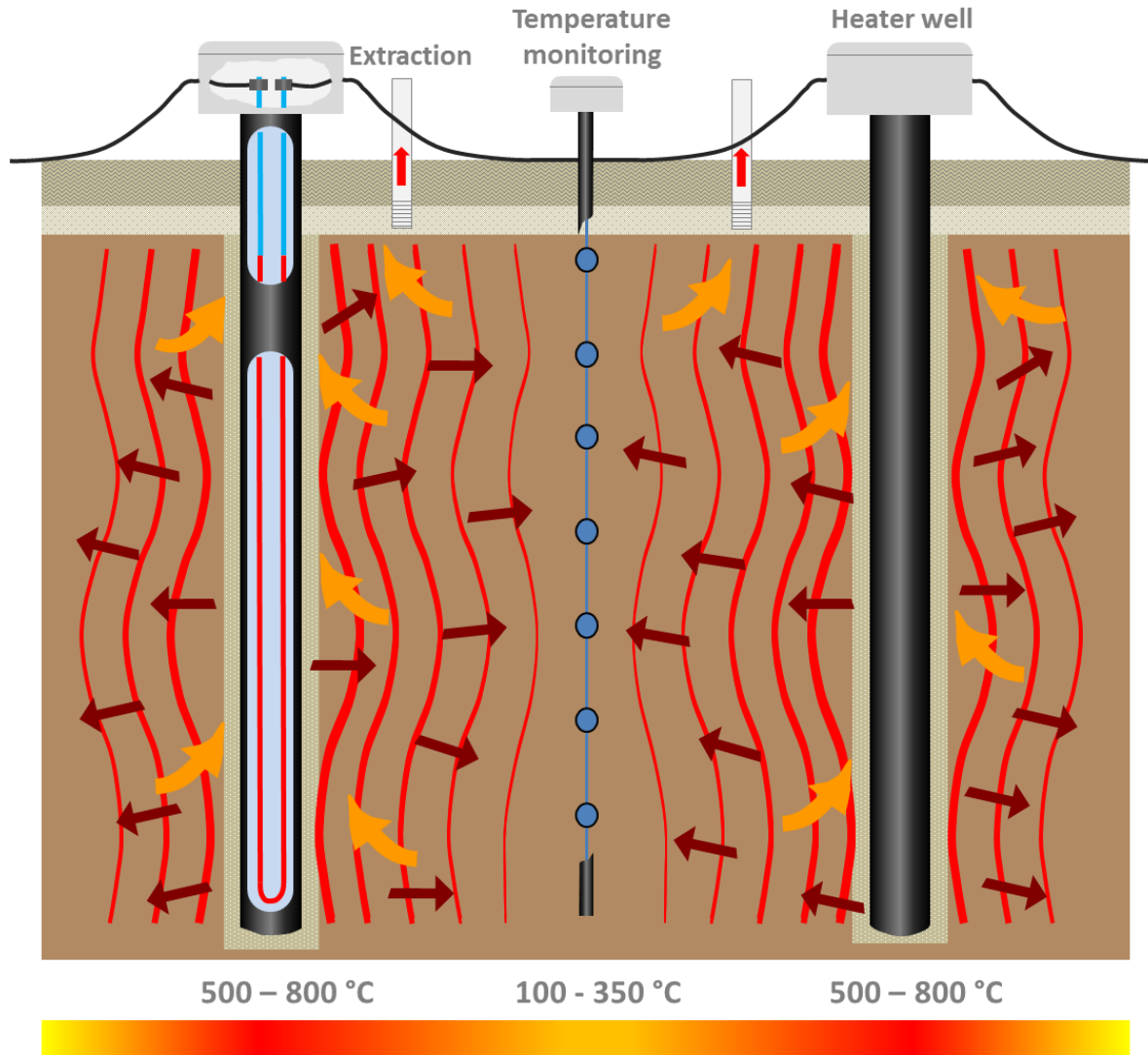
- **Kildezoner / hotspots**

- *Indeholder typisk > 90 % af massen i et begrænset jordvolumen*

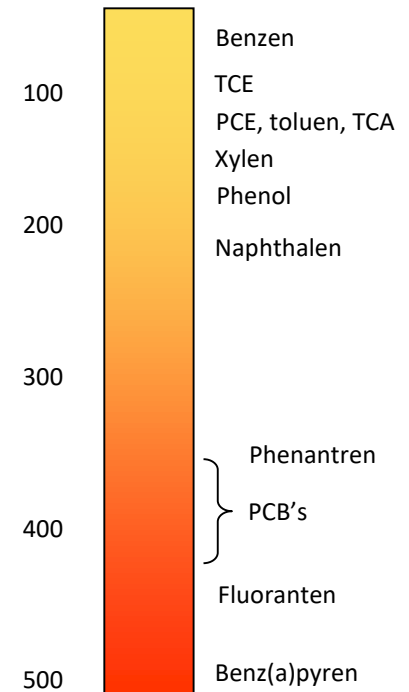
- **Utilgængelige hotspots**

- *Under bygninger*
- *Utilgængelige for opgravning*
- *Lavpermeable formationer hvor injektion ikke er mulig*

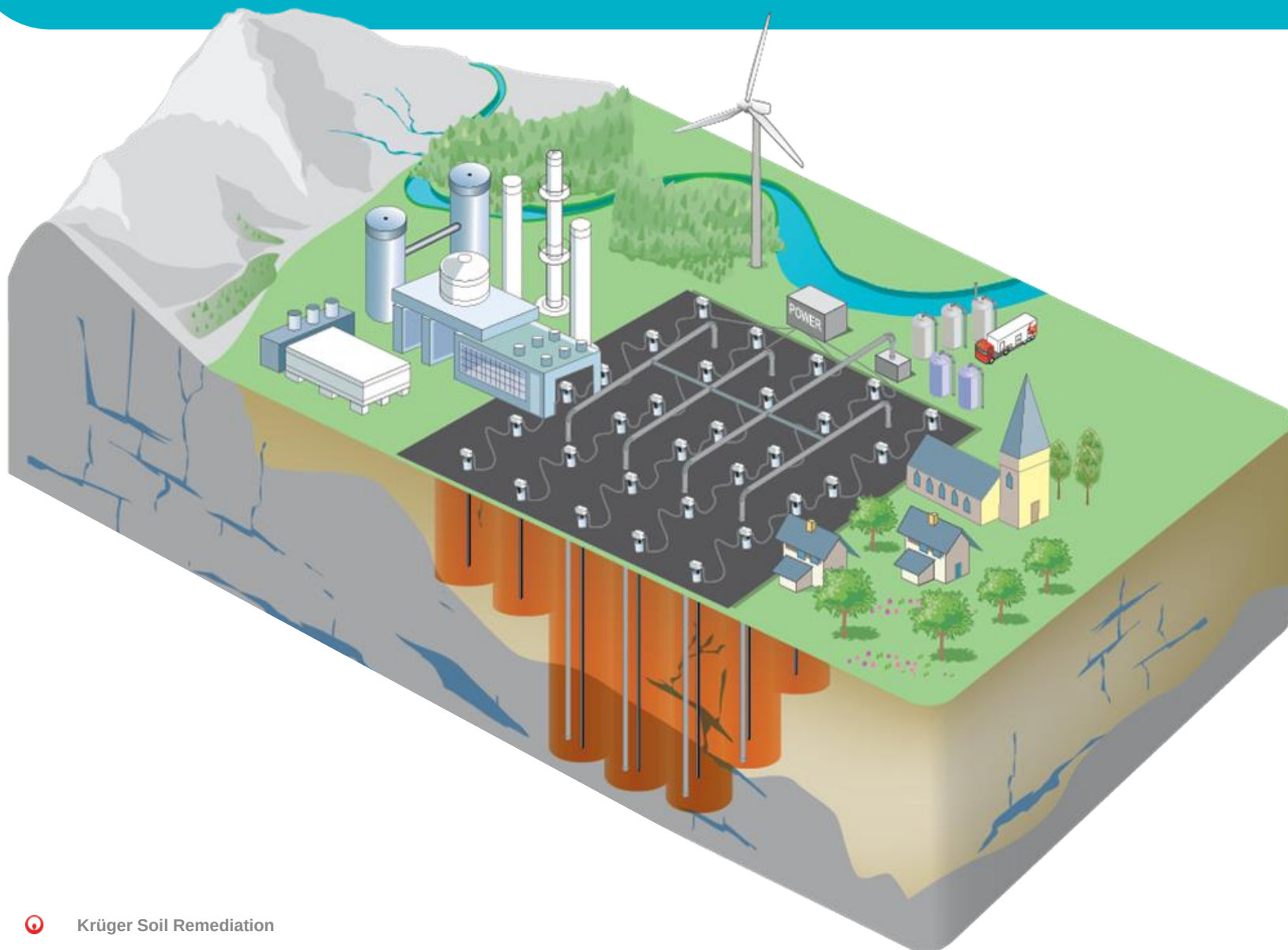
Konduktiv opvarmning (TCH)



Kogepunkt (°C)



TCH i bebygget område



Termisk fjernelse af forurening

Fordampning

- *Kogepunkt: rent stof* -
umættet zone
- *Damptrykskurve: rent stof* - *umættet zone*
- *Azeotrop kogepunkt: fri fase og vand* - *mættet zone*
- *Henrys lov: opløst stof* -
mættet zone

Termisk nedbrydning

- *Dekomponering (kan resultere i øget eller reduceret flygtighed)*

Forbedret pumpbarhed

- *Reduceret viskositet af fri fase ved øget temperatur (fordampning af lette komponenter kan øge viskositeten)*

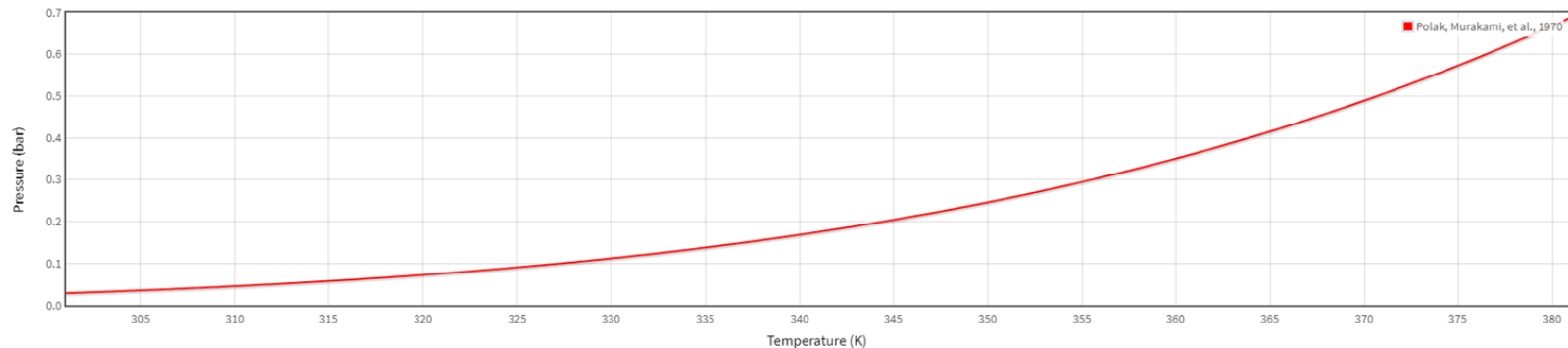
Damptryk og kogepunkter - rene stoffer

Let tilgængelige f.eks. NIST (webbook.nist.gov)

Kogepunkt PCE: 121 °C

Quantity	Value	Units	Method	Reference	Comment
T _{boil}	394.2 ± 0.4	K	AVG	N/A	Average of 14 out of 15 values; Individual data points

Damptrykskurve og Antoine-ligning PCE



$$\log_{10}(P) = A - (B / (T + C))$$

P = vapor pressure (bar)

T = temperature (K)

[View plot](#) Requires a JavaScript / HTML 5 canvas capable browser.

Temperature (K)	A	B	C	Reference	Comment
301.03 - 380.84	4.18056	1440.819	-49.171	Polak, Murakami, et al., 1970	Coefficients calculated by NIST from author's data.

Azeotrop kogepunkt - fri fase og vand

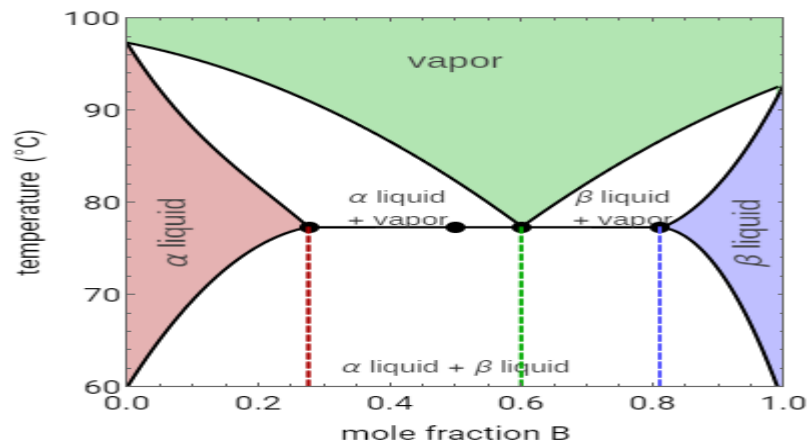
Azeotrope.info

Azeotrop kogepunkt vand-PCE: 88°C

Azeotropic data table

Components	Pure compound boiling point	Azeotropic temperature	Azeotropic composition	Type of azeotropic point
---	°C	°C	mol fract.	---
water tetrachloro ethylene	100.358 121.025	88.1289	0.640126 0.359874	Minimal boiling point

Fasediagram vand-PCE



*Opløselighed i vand ved 88°C:
0.7 g/L - molbrøk $8 \cdot 10^{-5}$*

Henrys lov

Henry's Law constant (water solution)

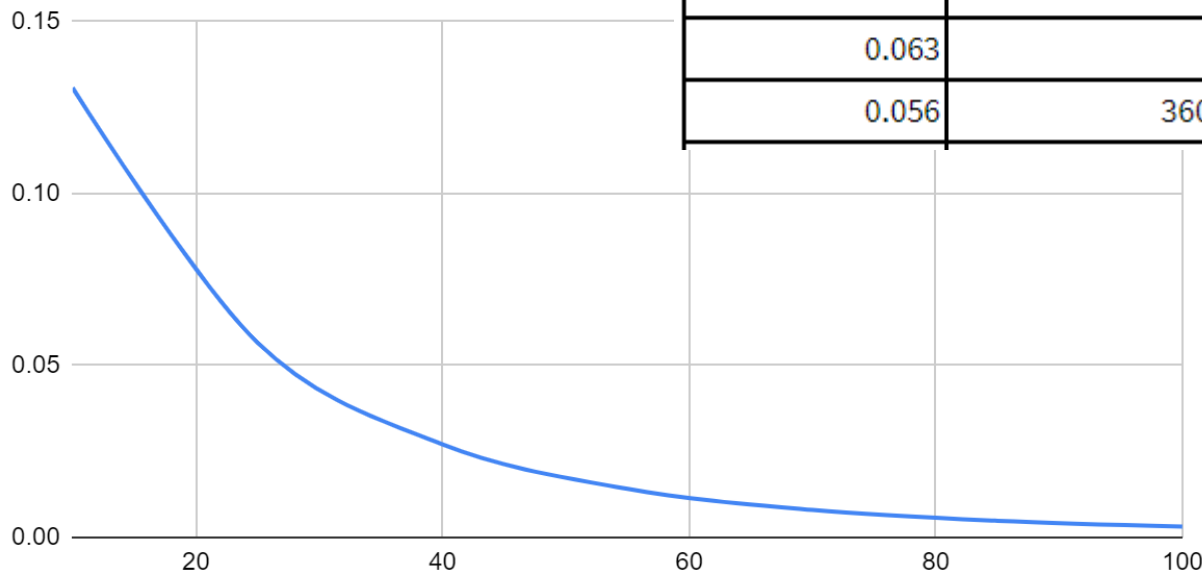
$$k_H = C / P \quad [\text{kg}/(\text{mol} \cdot \text{bar})]$$

$$k_H(T) = k_H^\circ \exp(d(\ln(k_H))/d(1/T) ((1/T) - 1/(298.15 \text{ K})))$$

k_H° = Henry's law constant for solubility in water at 298.15 K (mol/kg*bar)

$d(\ln(k_H))/d(1/T)$ = Temperature dependence constant (K)

k_H - PCE



k_H° (mol/kg*bar)	$d(\ln(k_H))/d(1/T)$ (K)	Method	Reference
0.058	4800.	L	N/A
0.070	4500.	M	N/A
0.063		M	N/A
0.056	3600.	M	N/A

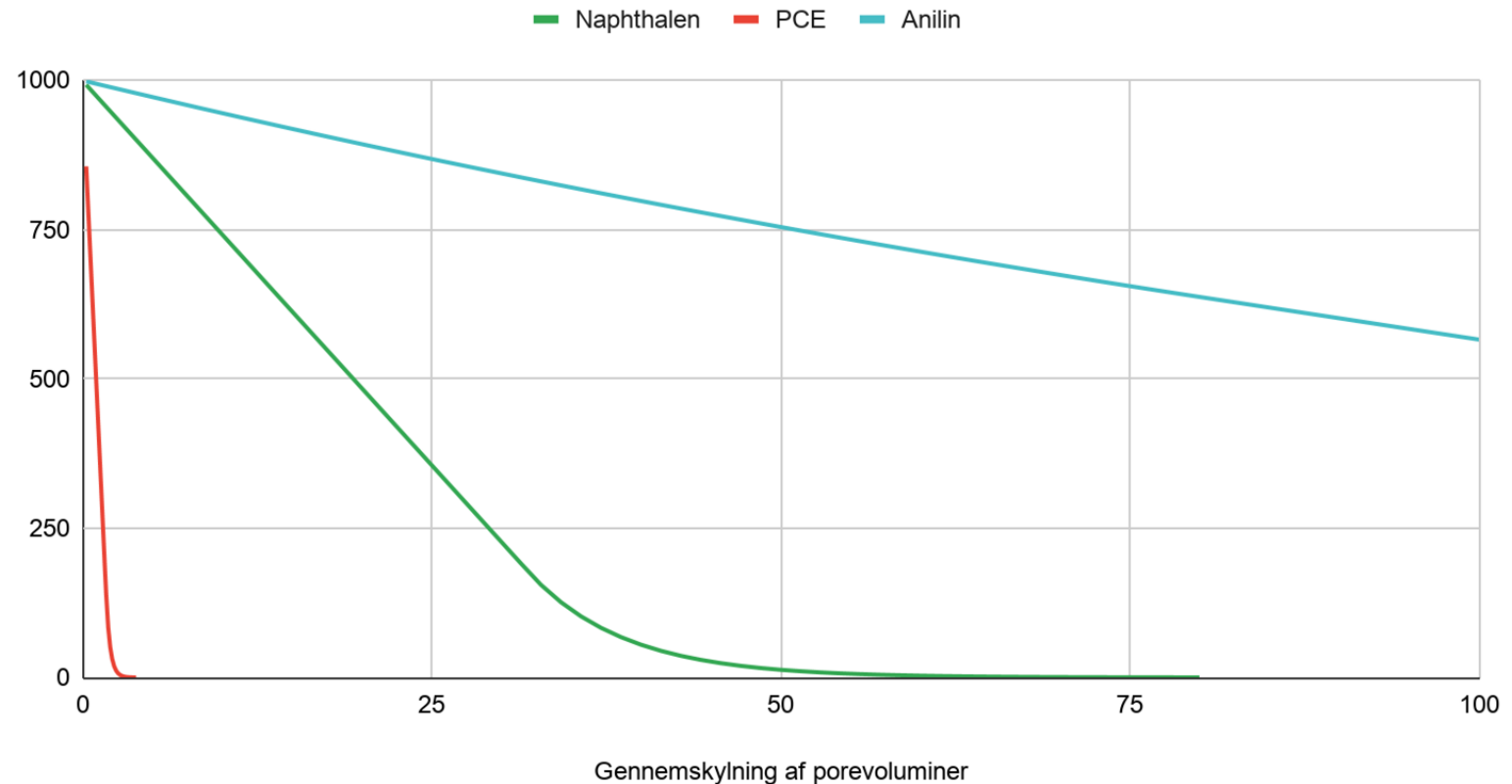
webbook.nist.gov

Flygtighed af udvalgte stoffer

	Kogepunkt		Mætningskoncentration g/m3			“Halverings gennemskylning”	Vandig opløselighed mg/L
Stof	KP	Azeotrop KP	Rent stof @ 373K	azeotrop @ KP	Opløst 1 mg/L @ 373K	V½	@ azeotrop/373K
TCE	87	74	6131	2984	4.3	0.16	2000
PCE	121	88	2880	2014	11	0.06	700
Chlorbenzen	132	90	1258	924	1.1	0.63	2490
1,2-DCB	180	--	404	--	0.53	1.3	~330
Anilin	184	100	184	180	0.006	124	70000
o-toluidin	200	100	118	117	0.003	231	~30000
5-CAT	241	--	27	--	--	--	No data
Naphthalen	217	zeotrop	103	zeotrop	0.131	5.3	1000
Dodecan	216	zeotrop	111	zeotrop	--	--	--
Hexadecan	281	--	7	--	--	--	--

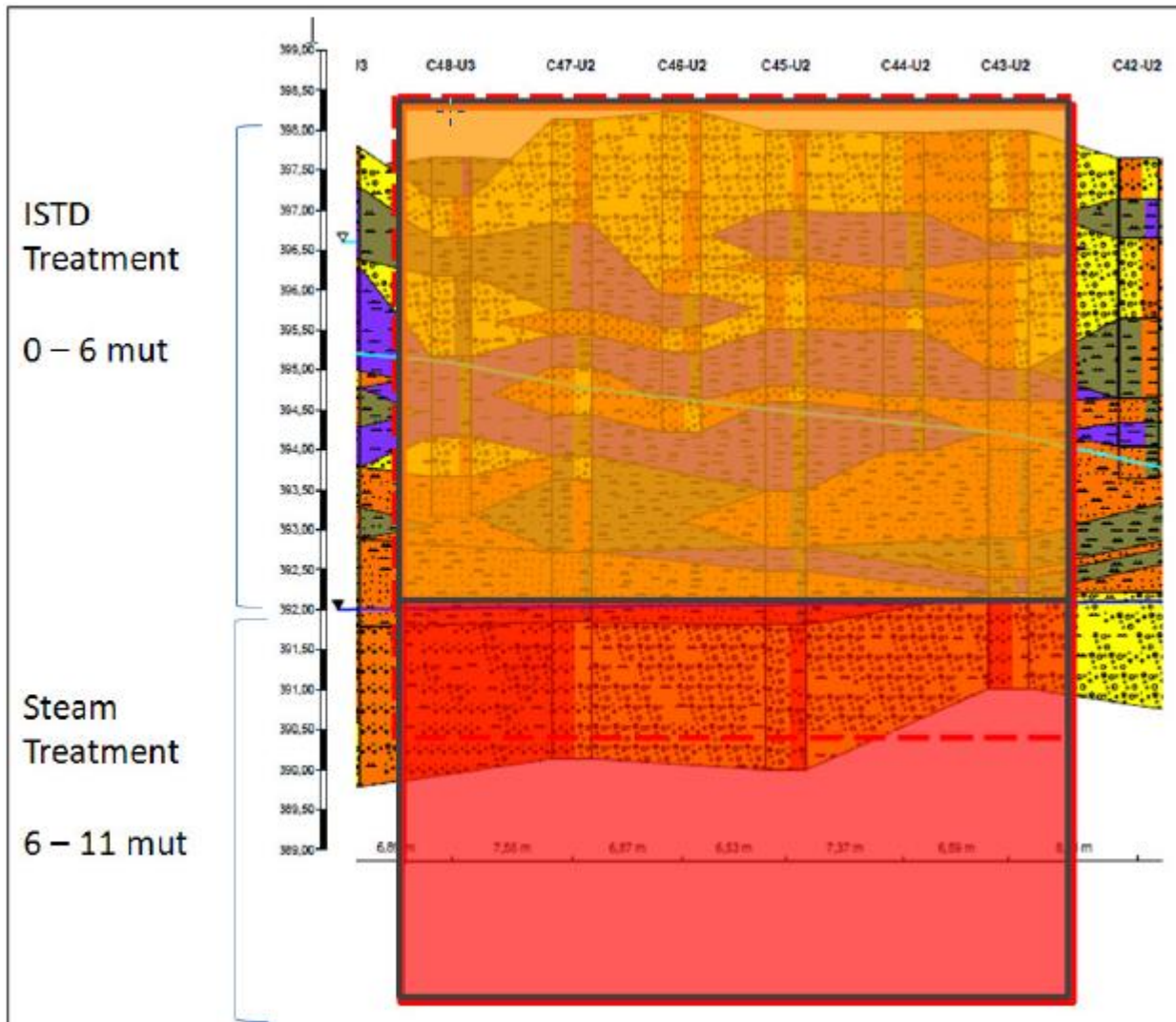
Fjernelse af flygtige forureninger

Rest koncentration



Forudsat at alt stof er opløst i vandfasen

In situ termisk oprensning - konceptuel model



- Nedsivnings zone under bortgravet deponi
- Øvre zone indeholdende 98% af massen (5000 kg)

vinylchlorid

cis-1,2-dichlorethen

trichlorethen

1,2-dichlorethan

Chlorbenzen

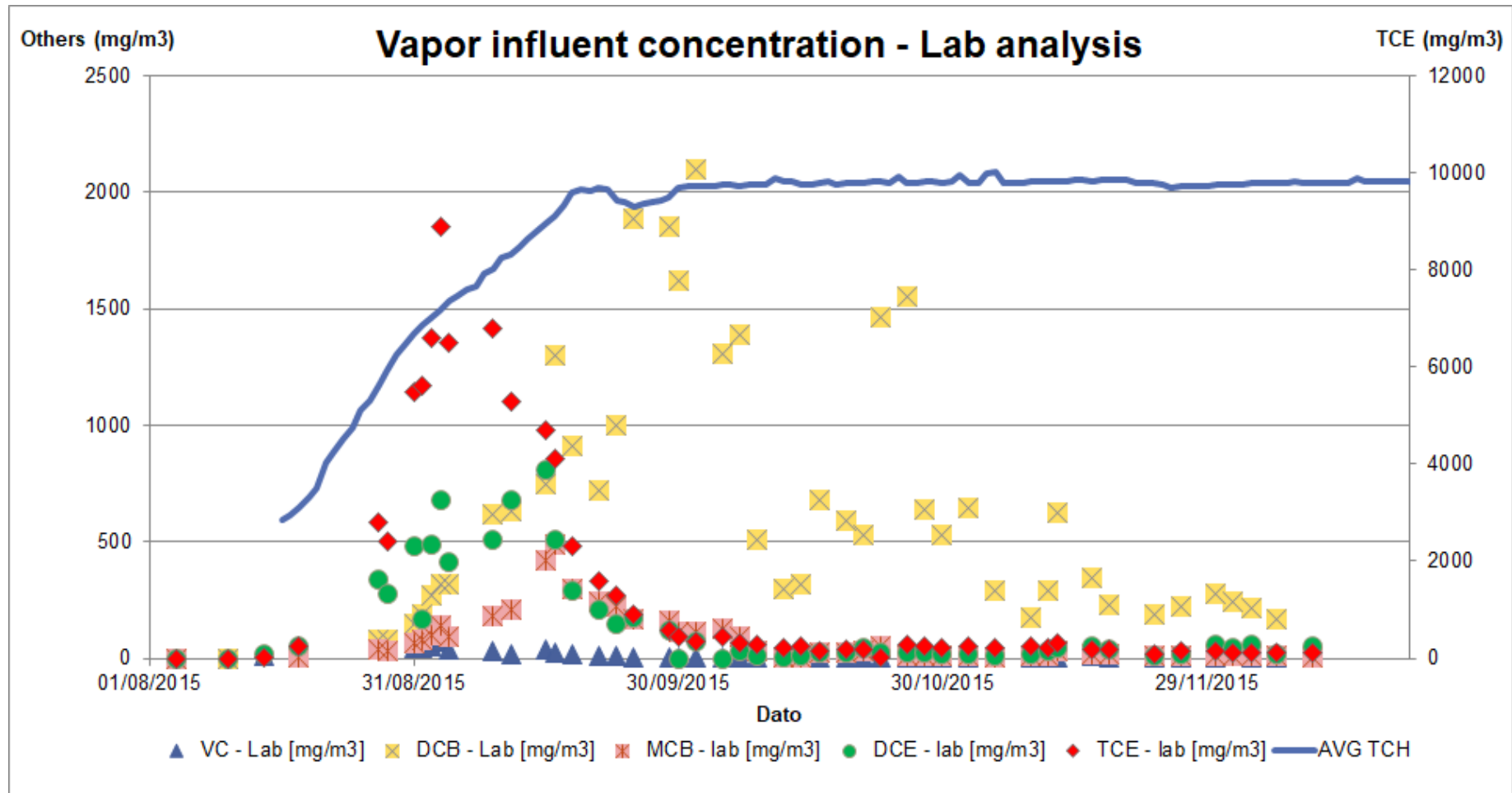
1,2-dichlorbenzen

1,4-dichlorbenzen

5-CAT

bisphenol A

In situ termisk oprensning - fjernet forurening

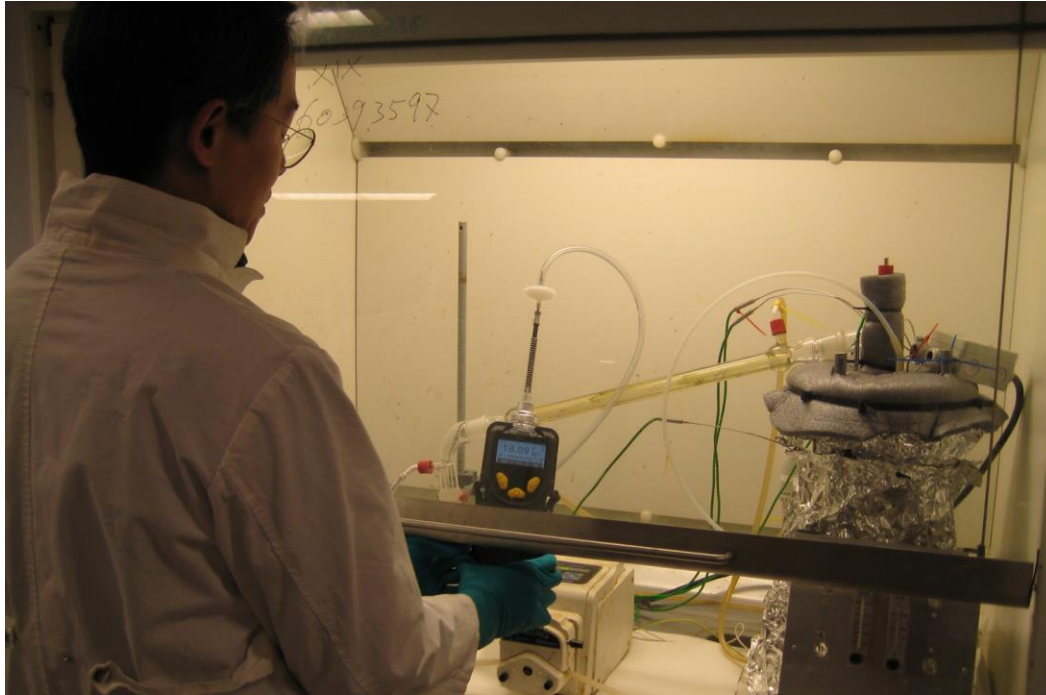


In situ termisk oprensning - resultater

	Kogepunkt	Masseestimat	Fjernet	Start konc.	Målsætning	Resultat
	[°C]	[kg]	[kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
vinylchlorid	-15	10	30	2	0.3	<0.005
cis-1,2-dichlorethen	58	200	345	18	7	0.009
trichlorethen	85	900	3108	161	30	0.05
1,2-dichlorethan	81	20	4	0.2	0.15	<0.005
Chlorbenzen	132	400	155	8	50	0.15
1,2-dichlorbenzen	177	2500	1377	71	50	0.28
1,4-dichlorbenzen	174	30	6	0.3	50	0.007
5-CAT	239	50	*	3	4	0.37
bisphenol A	>300	900	*	47	50	14.4
* ikke analyseret						

~3400 tons damp - 5,4 mill m³ @ 100°C, 1 bar
 ~3675 m³ porevolumen i 10500 m³ jord i TCH zonen 0-6 m
 ~1480 x gennemskylning

Lab test termisk oprensning



0,5 - 3 L

Varmekappe, vandbad, "Heater"

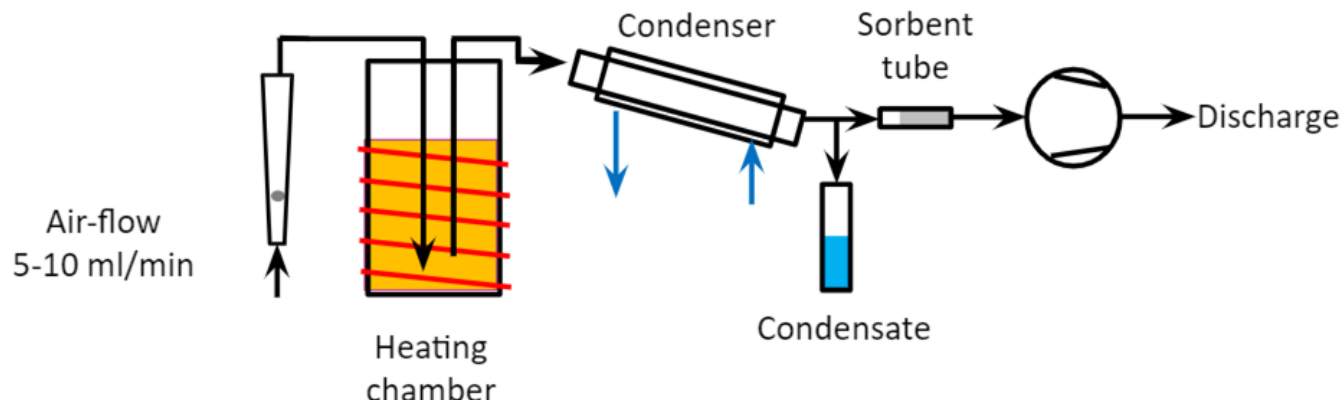
Temperatur- og effektbegrænsning

Opsamling af kondensat og dampe

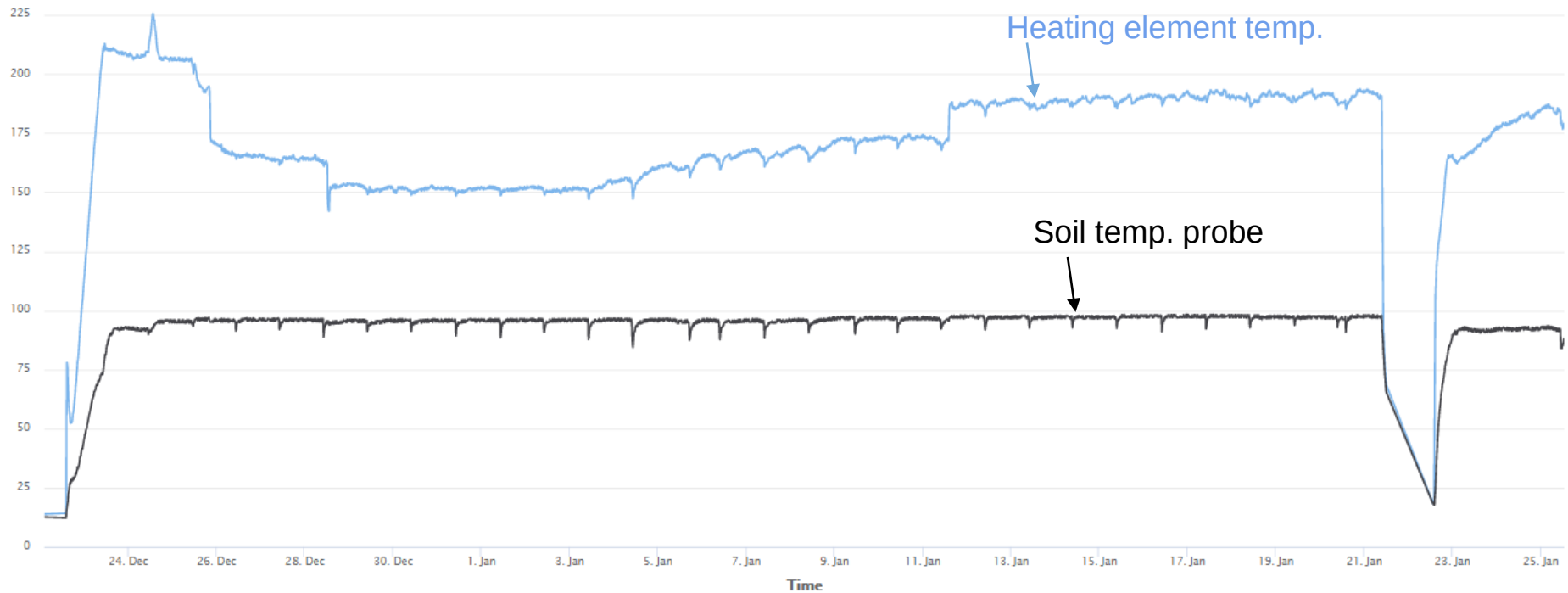
Evt. erstatning af fordampet vand

PID-måling

Dräger rør

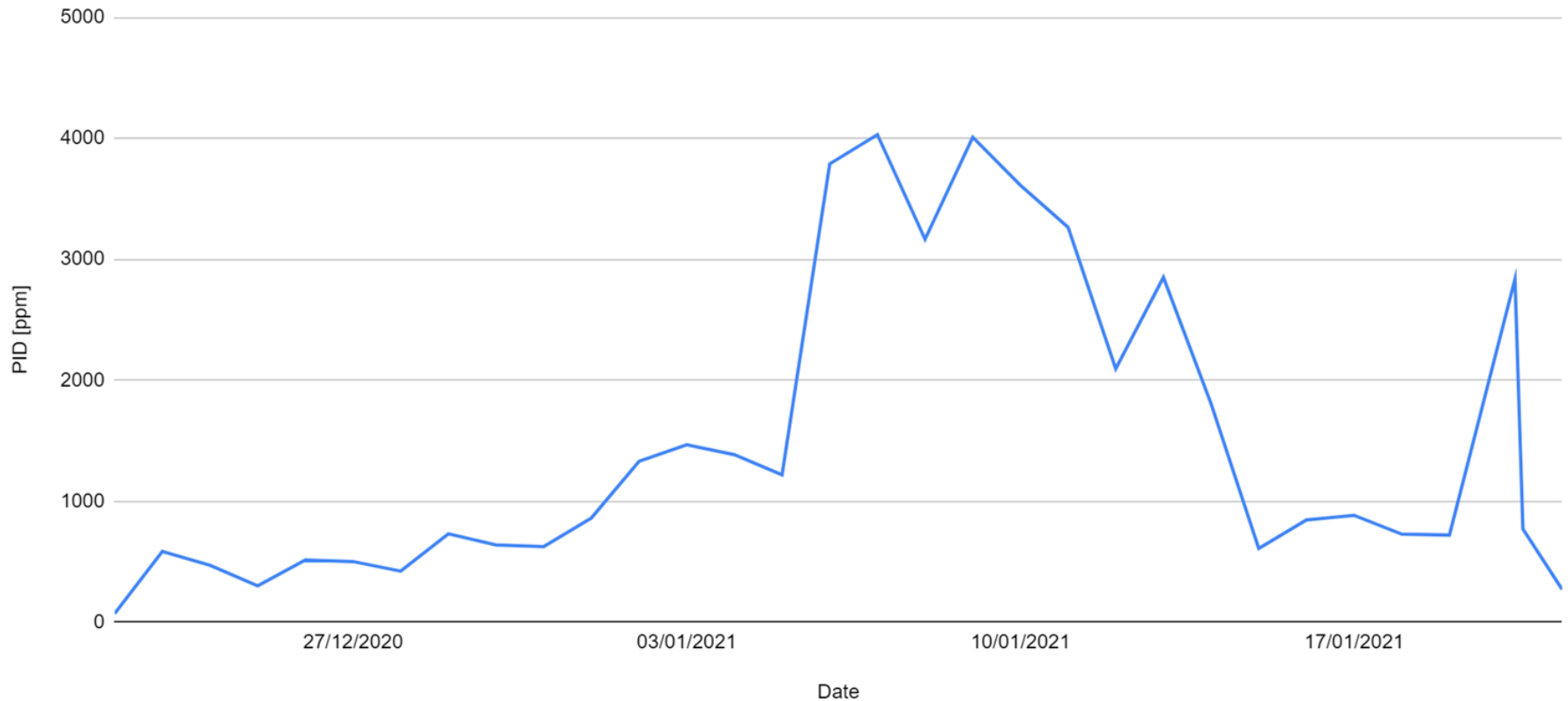


Lab test termisk oprensning - temperaturprofil



Lab test termisk oprensning - PID afgangning

PID [ppm] vs Date



Lab test termisk oprensning - resultater

	Start konc. [mg/kg]	Resultat [mg/kg]	Reduktion
2-methylanilin	2	< 0.2	> 90%
Anilin	32	0.27	99%
Tetrahydrofuran	16	< 0.2	> 99%
1,4-Dioxan	7	< 1	> 86%
Chlorobenzen	2	< 0.01	> 99%
1,1,2,2 tetrachlorethan	< 0.05	< 0.05	N/A
Trichlorethen (TCE)	1	< 0.005	> 99%

	Halveringer	Teoretisk antal halveringer 3400 x gennemskylning	Effektivitet
2-methylaniline	>3.3	16	>0.21
Aniline	6.9	27	0.25
1,4-Dioxan	>2.8	39	>0.07

Lab test termisk oprensning olie & tjære

	Prøve 1			Prøve 2			Prøve 3		
	Start konc.	Resultat	Reduktion	Start konc.	Resultat	Reduktion	Start konc.	Resultat	Reduktion
Stoffer	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	
C7-C10	84	<5	100%	300,5	<50	100%	<50	<25	--
C11-C12	1345	394	71%	4030	2010	50%	180	28	84%
C13-C16	2305	1040	55%	6515	5290	19%	1110	377	66%
C17-C35	1955	946	52%	8210	7480	9%	4785	3120	35%
PAH, L	1307	930	29%	3267	2100	36%	267	45	83%
PAH, M	830	780	6%	3067	2400	22%	1533	1200	22%
PAH, H	34	30	11%	347	280	19%	203	160	21%
Naphthalen	870	630	28%	2287	1450	37%	61	21	66%

Lettere stoffer fjernes mest effektivt

Lav effektivitet i forhold til 1200 x dampgennemskylning

Lab test termisk oprensning olie & tjære

	Prøve 1			Prøve 2			Prøve 3		
	Start konc.	Resultat	Reduktion	Start konc.	Resultat	Reduktion	Start konc.	Resultat	Reduktion
Stoffer	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	
C7-C10	84	<5	100%	300,5	<50	100%	<50	<25	--
C11-C12	1345	394	71%	4030	2010	50%	180	28	84%
C13-C16	2305	1040	55%	6515	5290	19%	1110	377	66%
C17-C35	1955	946	52%	8210	7480	9%	4785	3120	35%
PAH, L	1307	930	29%	3267	2100	36%	267	45	83%
PAH, M	830	780	6%	3067	2400	22%	1533	1200	22%
PAH, H	34	30	11%	347	280	19%	203	160	21%
Naphthalen	870	630	28%	2287	1450	37%	61	21	66%

Lettere stoffer fjernes mest effektivt

Lav effektivitet i forhold til 1200 x dampgennemskylning

Diesel fjernet in situ ("sidegevist" til PCE oprensning)

Pumpning af fri fase undervejs i opvarmning mulig?

○ Oprensningsmål: Fjernelse eller immobilisering?

Konklusion

- Termisk oprensning kan gennemføres betydeligt under forureningsstofferne kogepunkt.
- Stoffer med damptryk ned til 5-20 mbar kan oprenses med TCH ved tilstrækkelig gennemskylning med damp.
- Vandopløselige stoffer ekstraheres mere effektivt (ift. dampligevægte).
- For at opnå et skøn over mulighederne for termisk oprensning og et realistisk opnåeligt oprensningkriterium bør Henry's lov konstanter og startkoncentrationer tages i betragtning.

Kan lammeskind være en intern kilde til indeluftforurening og hvad med?

Flemming Hauge Andersen¹, Per Loll¹,
Sine Thorling Sørensen²

¹Dansk Miljørådgivning A/S

²Region Hovedstaden



Baggrund

- Metalvarefabrik i perioden 1948 til før 1975



Kildegrund



Vores lokalitet

- Forureningsundersøgelser

2015 Indledende undersøgelse

2016 Afgrænsende boligundersøgelse

2017 Indledende undersøgelse pga. skel-
overskridende forurening

2018-2020 Afgrænsende boligundersøgelse
under værditabsordningen



Udviklingsprojekt

- Sideløbende med den afgrænsende boligundersøgelse blev der udført et udviklingsprojekt på ejendommen
 - Unikt datasæt - 16 runder med indeluftmålinger i perioden oktober 2018 til februar 2020
- 
- Muligt at følge indholdene af PCE og TCE i indeluften i boligen i næsten halvandet år.



Forureningssituation

Forurening med chlorerede opløsningsmidler

Jord: TCE 13 mg/kg TS

Vand: TCE 8.900 µg/l og PCE 1,9 µg/l

Poreluft under gulv: TCE 310 µg/m³ og PCE 18 µg/m³

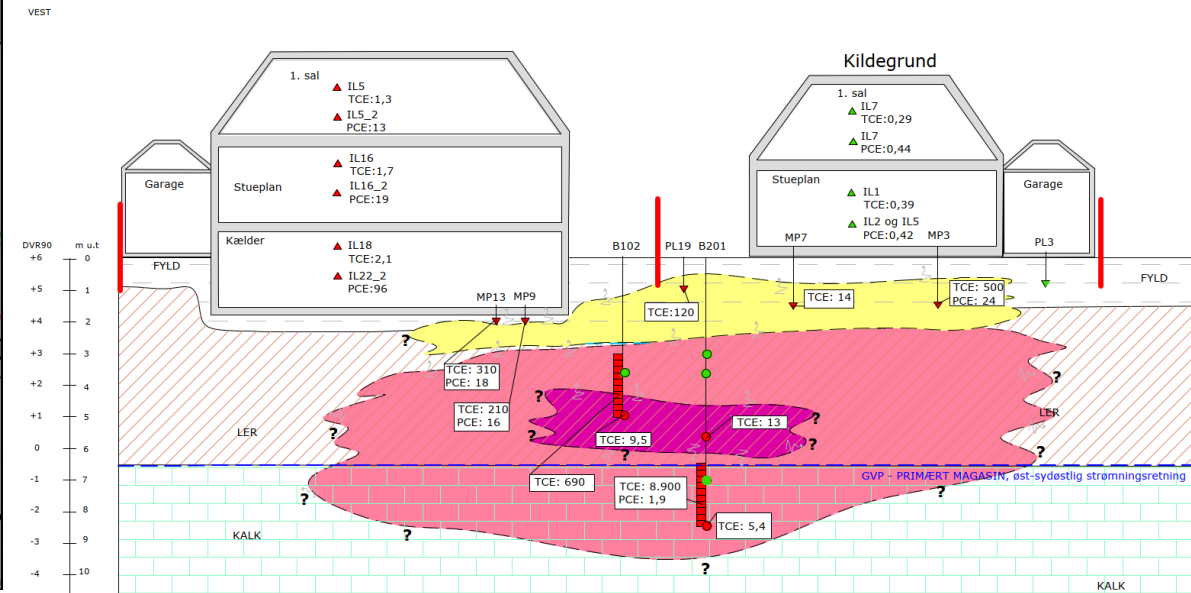
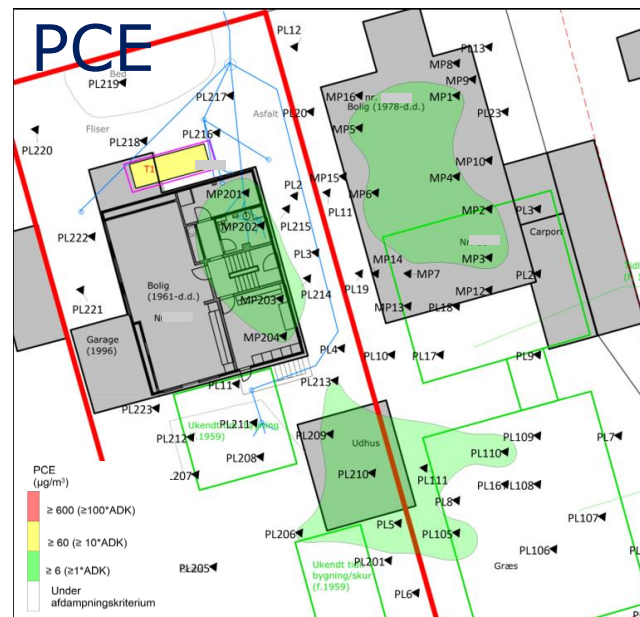
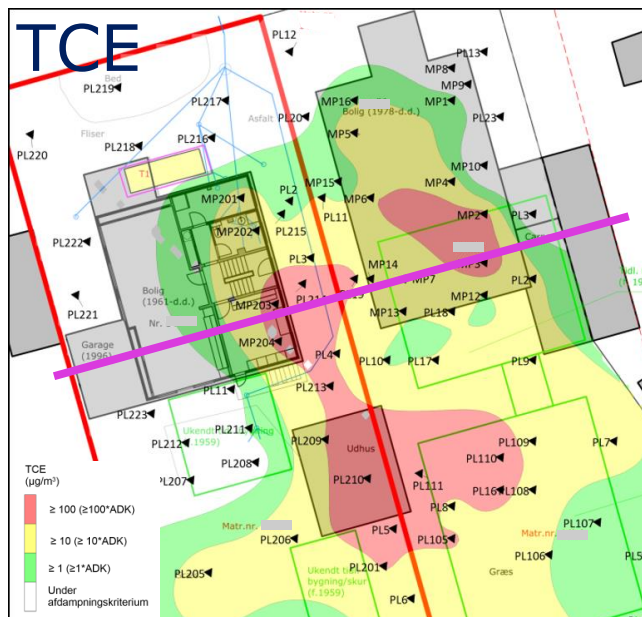
Indeluft: TCE 2,1 µg/m³ og PCE 96 µg/m³

Der er noget
som ikke passer



Kan det skyldes
interne kilder?

Horisontal udbredelse af TCE og PCE i poreluften



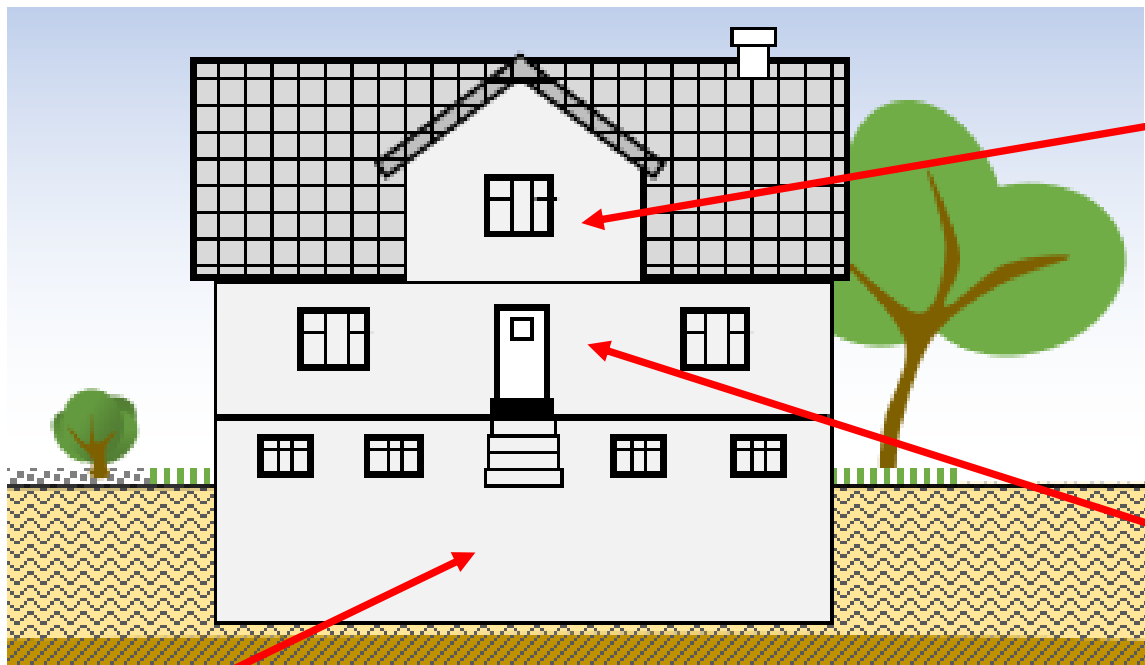
Kælderen fyldt med arbejdssko

- Før opstart af undersøgelse

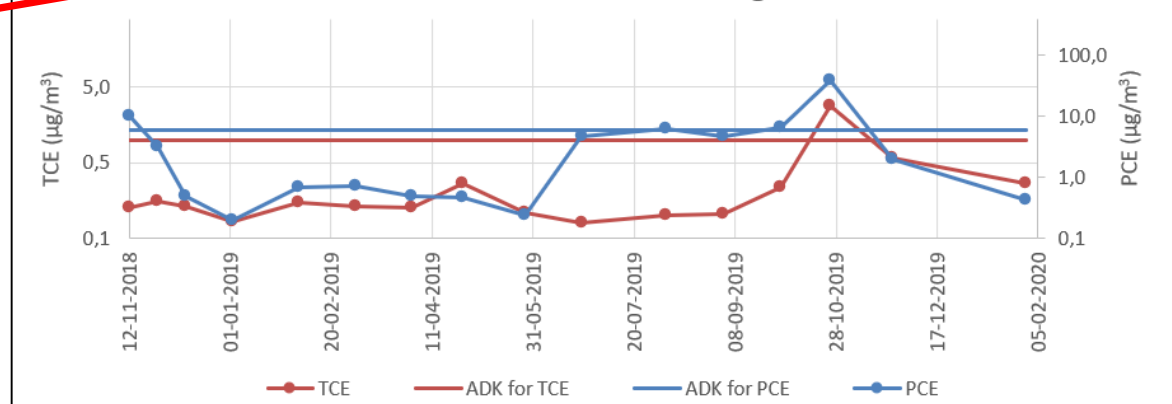


Arbejdsskoene kan være den intern kilde

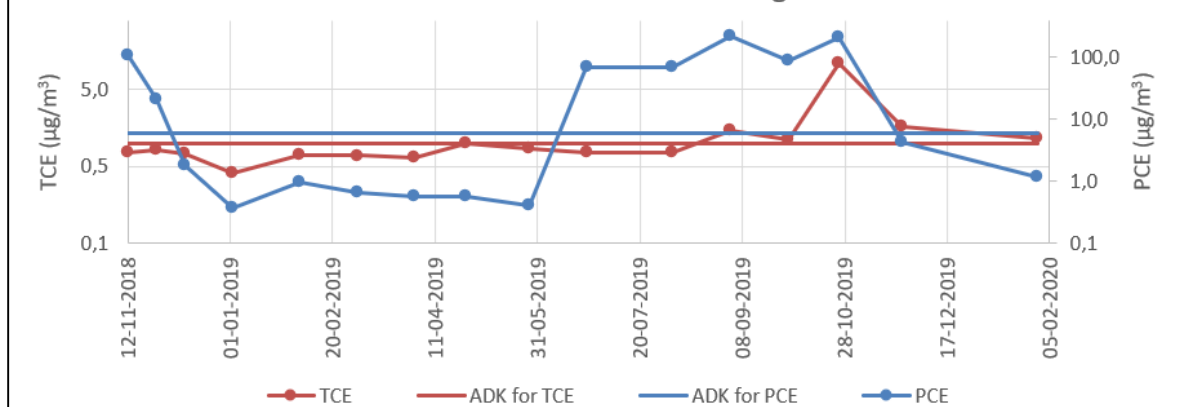
Resultater: 16 runder med indeluftmålinger



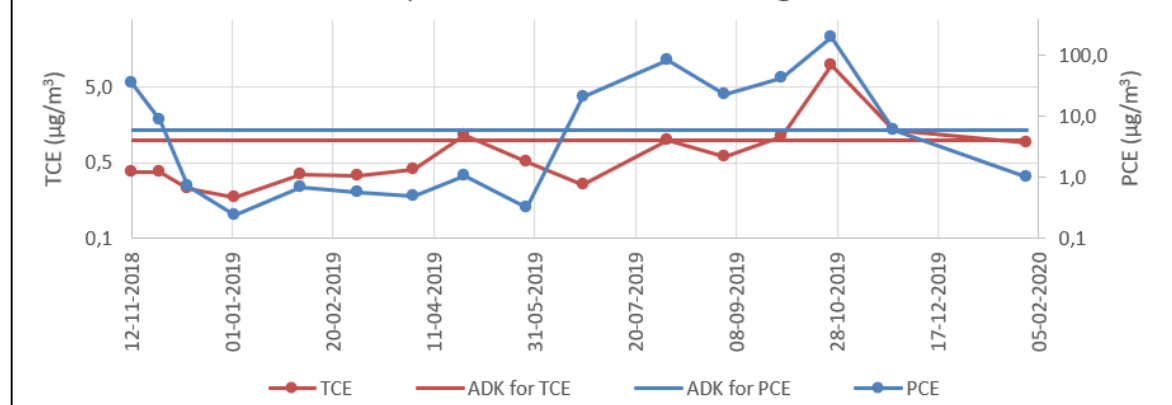
1. sal - Middelværdi af TCE og PCE



Kælder - Middelværdi af TCE og PCE



Stueplan - Middelværdi af TCE og PCE



At identificere en intern kilde kan være som at finde en nål i en høstak

Arbejdsskoene var jo fjernet ved opstart af undersøgelsen og i løbet af målerunderne var der ikke umiddelbart observeret ting i boligen, som udgøre en intern kilde



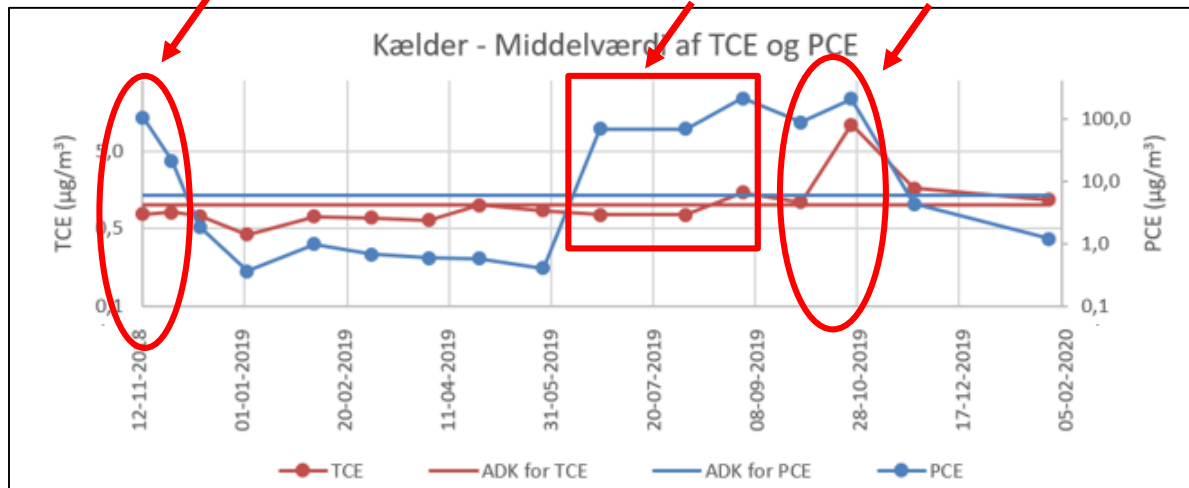
Ved målerunde 13 opdager vi tilfældigt et oplag af lammeskind i boligen



På jagt efter informationer om lammeskindene

- Grundejer er med i et fårelaug
- Hver år slagtes flere af lammene
- Skindene renses og garves i Polen
- PCE anvendes i renseprocessen
- Grundejer har haft lammeskindene liggende hjemme
- Fremvisning af lammeskind i forbindelse med salg
- Grundejer oplyser, at de har modtaget lammeskind
 - Den 1. november 2018, svarende til målerunde 1-2
 - Den 23. september 2019, svarende til målerunde 13 og 14

Målerunde 1-2 Målerunde 10-12 Målerunde 13-14



Først kigger vi på målerunde 1-2 og 13-14
Herefter målerunde 10-12

Detailundersøgelse af lammeskindene

Aktiv kildemåling (kulrør)



Passiv kildemåling (ORSA-rør)

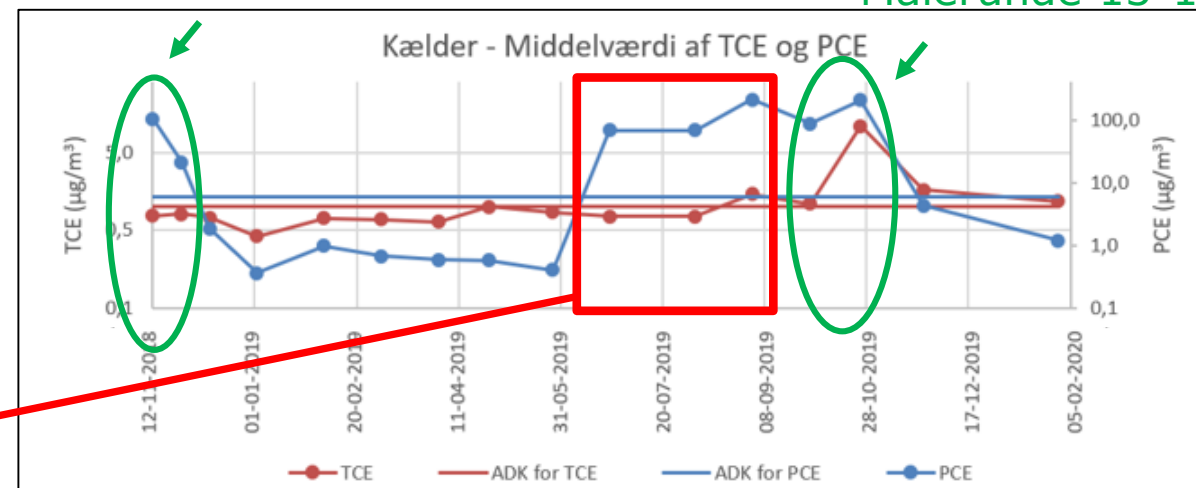


Kildemåling	Udtaget	PCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Lammeskind (kulrør over 100 min)	05-12-2019	610	0,35
Nyt lammeskind fra Polen (ORSA-rør over 14 dage)	13-02-2020	52.000	8,3

Men indholdene af PCE i indeluften kan ikke udelukkende forklares ud fra bidragene fra lammeskindene

Målerunde 1-2

Målerunde 13-14



Metoder til at identificere interne kilder

Pot. syndere

- Gennemgang af bolig af fagkyndig person indenfor kemi og fremstilling/udvikling af produkter
- Gennemgang af bolig af forureningshunde fra WSP

Analyse

- Aktive kildemålinger udført med kulrør
- Passive kildemålinger udført med ORSA-rør
- Kildemålinger udført med feltapparatet Hapsite®ER
 - GC/MS-måling til identifikation og kvantifikation af enkeltstoffer (eks. PCE og TCE). Målingerne med Hapsite®ER er dog ikke akkrediterede.



Resultater fra detailundersøgelsen af mulige interne kilder

- 10 produkter udvalgt og lagt i lukket Nalophan-pose og luftprøve analyseret i feltapparatet Hapsite®ER

Punkt	Produkt	PCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Handsker med skind_1	i.p
2	Handsker med skind_2	11
3	Lammeskind_1	1.200
4	Klapvogn	3
6	Sko fra det store kælderrum	13
7	Kiler	9
8	Sko fra opbevaringsrum	20
10	Handsker uden skind	9
11	Lammeskind_2	789
12	Kemikalie (husholdning)	6

Passiv kildemåling	PCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Handsker med skind_2 (ORSA-rør over 14 dage)	4,3	1,1
Sko fra det store kælderrum (ORSA-rør over 14 dage)	13	1,4
Kiler (ORSA-rør over 14 dage)	6,5	0,28



?

Erfaring med metoderne

Metoder



● Fagkyndig person



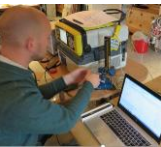
● Loui og Kia



● Aktiv kildemåling



● Passiv kildemåling

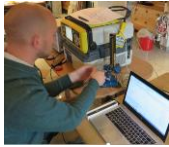


● Hapsite[®]ER

Tid

Fordele

Ulemper



Pris

Fordele

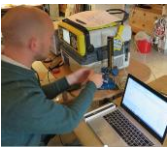
Ulemper



Præcision

Fordele

Ulemper



Ingen Mistanke

Fordele

Ulemper



Til interne kildeopsparing anbefales: Aktiv og passiv kildemålinger

Fokus: Aktiv kildemåling vs. Passiv kildemåling

- I "Wish-projektet" (et lille a-ha-projekt), som DMR er ved at gennemføre, er der indkøbt flere genstande fra Østen



Airpods



Sko



Gun



Højttaler



Brille



Squishy

"Wish-projektet"

Aktiv kildemåling



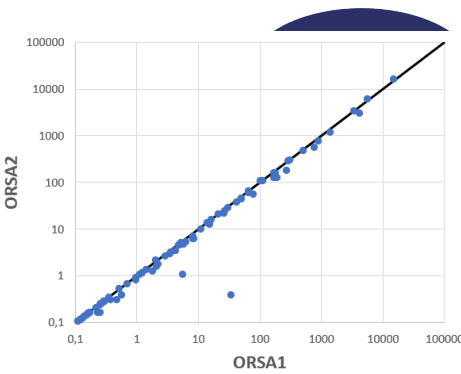
Udtaget med kulrør
Prøvevolumen 100 L

Passiv kildemåling



Udtaget med ORSA-rør
Måleperiode: ca. 7 dage
Dobbelt bestemmelse

Resultater fra Wish-projektet



		Olieprodukter									Chlorerede opløsningsmidler og n									
Kulrør (µg/m3)		Luft	TVOC >C5-C19	Benzen	Toluen	Ethyl- benzen	m+p- Xylen	o- Xylen	C9 aromater	C10 aromater	TCM	1,1,1- TCA	TeCM	TCE	PCE	VC	1			
Aktiv kildemåling	A) Air pods	100 L	110	0,19	4,9	0,8	2,3	0,8	1,2	<0,50	1,1	<0,10	0,18	1,7	1,6	<0,10	<0,10			
	B) Sko		100	0,1	6,5	0,35	0,81	0,45	0,46	<0,50	<0,10	<0,10	0,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			
	C) Seddel-gun		610	0,6	67	16	24	8,8	3,8	1	0,26	<0,10	0,22	<0,10	0,27	<0,10	<0,10			
	D) JBL bluetooth speaker		2700	6,3	740	46	130	89	39	34	0,28	<0,10	0,16	<0,10	1,2	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	E) Briller		120	2,3	2	0,29	1,1	0,5	1,5	<0,50	<0,10	<0,10	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	F) Squishy		370	0,53	20	2,7	6,6	4,5	11	2,5	1,4	17	0,25	<0,10	0,11	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
ORSA (µg/m3)		Tid																		
Passiv kildemåling	A) Air pods	Ca. 7 dage	880	0,95	26	4,2	5,7	2,2	2	<1,1	3,4	<0,17	<0,16	6,2	8,1	<0,12	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
	A) Air pods		770	0,83	22	3,6	4,9	1,8	2,2	<1,1	3	<0,17	<0,16	5,4	7,1	<0,12	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
	B) Sko		4200	8,1	760	190	270	78	34	5,6	2,1	<0,17	0,56	0,23	1,8	0,37	<0,29	<0,29	<0,29	170
	B) Sko		3100	6,3	570	130	180	56	<0,40	<1,1	1,6	<0,17	0,4	0,17	1,3	0,31	<0,29	<0,29	<0,29	130
	C) Seddel-gun		1400	1,4	290	21	49	27	42	8,4	0,7	<0,17	<0,16	<0,15	3,5	<0,12	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
	C) Seddel-gun		1200	1,4	290	21	47	25	38	6,3	0,69	<0,17	<0,16	<0,15	3,3	<0,12	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
	D) JBL bluetooth speaker		15000	4,7	5600	180	500	300	110	64	1,2	<0,16	<0,16	0,22	4,9	<0,12	<0,28	<0,29	<0,29	<0,28
	D) JBL bluetooth speaker		16000	4,7	6100	160	480	300	110	61	1,2	<0,16	<0,16	0,21	4,7	<0,12	<0,28	<0,29	<0,29	<0,28
	E) Briller		170	2,9	14	0,25	0,47	0,16	<0,35	<0,95	<0,13	<0,15	<0,14	<0,13	<0,15	<0,11	<0,25	<0,26	<0,26	<0,25
	E) Briller		160	2,7	14	0,17	0,31	<0,16	<0,35	<0,95	<0,13	<0,15	<0,14	<0,13	<0,15	<0,11	<0,25	<0,26	<0,26	<0,25
F) Squishy	3400	1,2	100	15	30	16	49	11	5,2	64	<0,15	<0,14	0,51	<0,11	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26		
F) Squishy	3400	1,2	110	13	29	16	44	10	5,2	65	<0,15	<0,14	0,54	<0,11	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26		

- Resultater kan ikke sammenlignes direkte med afdampningskriterierne
- Aktive kildemålinger og passive kildemåling kan ikke sammenlignes
(Indholdene er højere ved en passiv kildemålingen end ved en aktiv kildemåling)
- Passiv kildemåling med ORSA-rør er en følsom analyse som kan måle vinylchlorid
- Dobbelt bestemmelse ved passiv kildemåling ikke nødvendigt

Anbefalinger: Undersøgelse af mulige interne kilder

- Ved mistanke om interne kilder -> Agerer hurtigt, da stofferne kan fordampe
- Vælg metode
 - **Aktiv kildemåling (kulrør)**
Hvis du hurtigt skal have resultaterne
 - **Passiv kildemåling (ORSA-rør)**
Hvis du kan vente på resultaterne
Hvis du leder efter vinylchlorid
- Udtag hellere en prøve for meget end en for lidt
- Vær særlig opmærksom på produkter importeret fra lande med mindre miljøkrav, men det kan være svært at gætte hvilke produkter, som indeholder forurenede stoffer
- Udtag prøver samtidigt (poreluft-, indeluft-, luftprøver i potentielle spredningsveje og kildemålinger)



Afslutning

JA - Lammeskind kan udgøre en intern kilde til indeluftforurening i en bolig



Men der kan også forekomme mange andre interne kilder i boligen



Tak for opmærksomheden

Indeluftundersøgelse for vinylklorid med ny elektronisk canisterstyring - Udvikling og erfaring

Poul Larsen
Civilingeniør, Ph.D., DMR A/S

Hans Erik Tjelum (ingeniør, hardware), Thomas Poulsen
(ingeniør, software) og Per Loll, DMR A/S

Børge Hvidberg (civilingeniør), Karin Birn Nielsen (civilingeniør),
Region Midtjylland



Baggrund for indeluftmålinger for vinylklorid.

- Før 2016: ORSA-rør var standard i offentlige undersøgelser.
- 2016: Region Midtjylland igangsætter nye tests.
 - Aktiv korttidsmåling med ATD-SP-rør er OK.
 - Passiv langtidsmåling med ORSA-rør underestimerer koncentrationen.
- 2018: Region Midtjylland udfører paralleltest af ORSA-rør, ATD-SP og canistermålinger.
 - ORSA-rør: Risiko for falsk negative.
 - ATD-SP: Store udsving – korttidsmålinger.
 - Canistermålinger: Den mest sikre metode, men kun måling over 3 døgn.
- Canister senere udvidet til 7 døgn.
- Udfordringer:
 - Prøvetagning over 14 døgn er standard i DK.
 - Variationer i flow på canistre gør det svært at lukke 4-5 "Hg.
 - Vigtigt med lav detektionsgrænse på min 0,040 µg/m³.



Aktiv ATD-SP
(Region Midt 2018)



Passiv ORSA-rør
(Harrekilde 2015)



Canistermålinger og idé til ny styring

- Vakuumbeholder, der via mekanisk drøvleventil suger indeluft jævnt fordelt over 7 dage.
- Upræcise drøvleventiler.
- Skal lukkes ved et vakuum på 4-5"Hg hvilket resulterer i en detektionsgrænse omkring ADK.
- Vanskeligt at forudsige hvornår den skal lukkes.
- 2020: DMR og Region Midtjylland designet ny styring:
 - Forlænger prøvetagning til 14 dage eller længere.
 - Lukker automatisk når ønsket slutvakuum er nået.
 - Logfil med prøvetagningsforløb, herunder bl.a. udviklingen i vakuum og perioder med åben ventil.

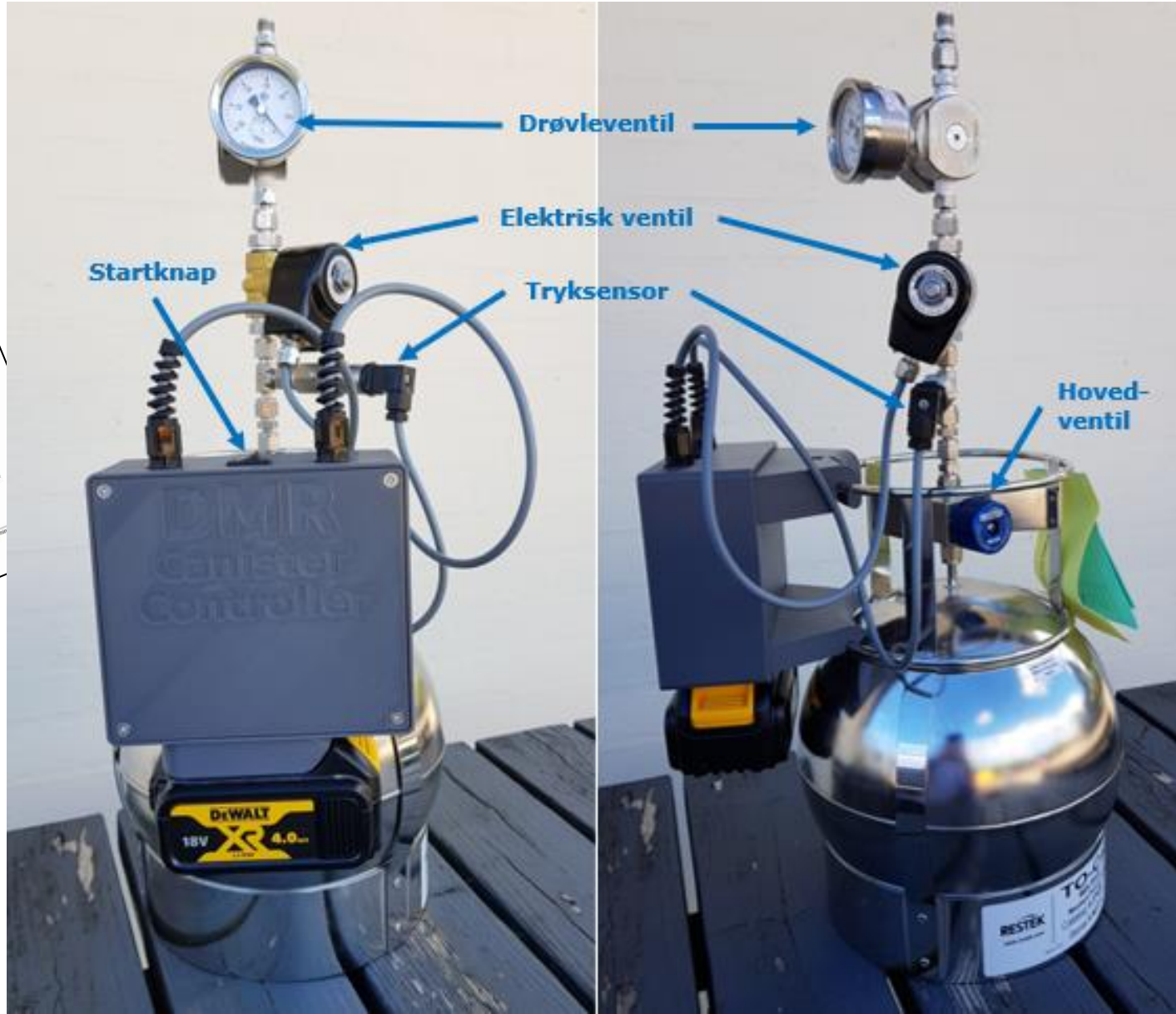


Specifikationer for canisterstyring



- Består af:
 - Kontrolboks.
 - Elektrisk ventil.
 - Tryksensor.
- 3D-printet kontrolboks og beslag til batteri.
- Batteridrift i op til ca. 3 mdr.
- Drives af et standard lithium Dewalt batteri.
- Indbygget:
 - MikroSD-kort til logging af driftsparametre.
 - Temperatursensor.
 - Real-time clock.
- Swagelok fittings som dem der anvendes på canistre
- Driftsalarmer via SMS.





Overordnede trin i opsætning, drift og nedtagning

Opsætning:

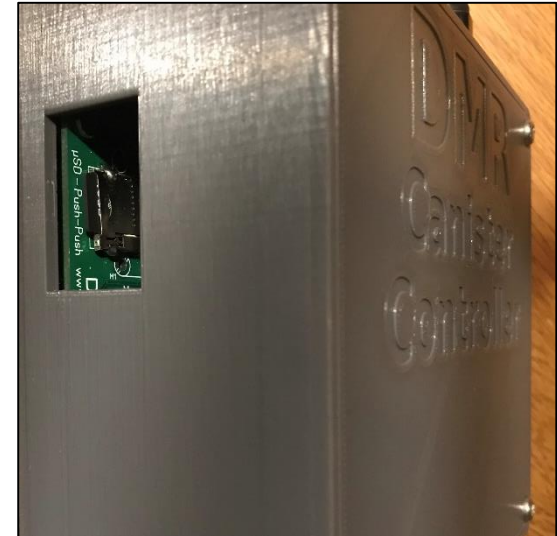
1. Opsætning af driftsparametre på SD-kort.
2. Montering af styring.
3. Tæthedskontroller.
4. Start på prøvetagning.

Drift:

1. SMS med startvakuum.
2. SMS ved 10 "Hg (-> afhentning kan planlægges).
3. SMS ved slutvakuum (-> klar til afhentning).
4. Automatisk lukning af canister.

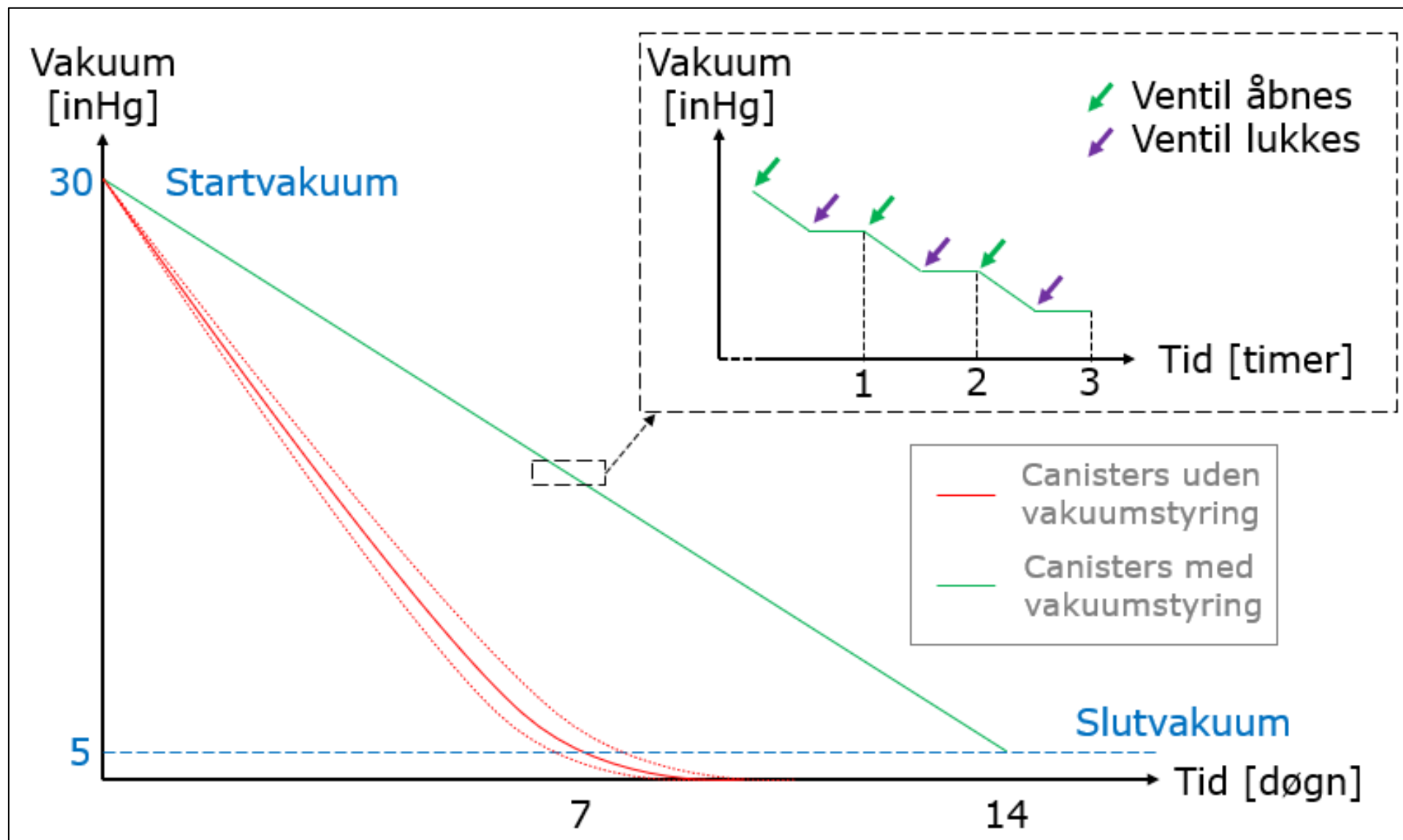
Nedtagning:

1. Afmontering af styring.
2. Kontrol af sluttryk med ekstern vakuummåler.
3. Returnering til laboratorium.
4. Hente data fra SD-kort og tjekke drift.



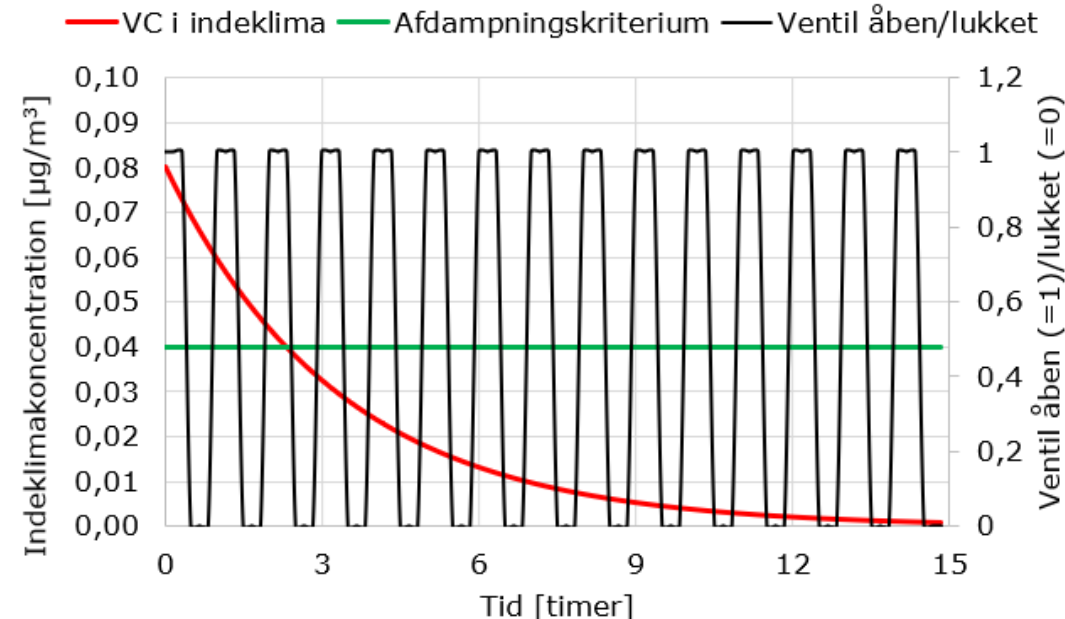
```
*settings - Notesblok
Filer Rediger Formater Vis Hjælp
canisterId = DMR1
phoneNumber = 99999999
elapsedHoursTarget = 336
vacuuminHgEndSession = 4
vacuuminHgBeginSession = 24
gsmEnabled = true
```

Metode til automatiseret trykstyring.



Risici ved at lukke halvdelen af tiden.

- Overser vi kortvarige effekter?
 - Simpel luftskiftemodel (JAGG):
 - Punktudslip der resulterer i 2·afdampningskriteriet.
 - Luftskifte: $0,3 \text{ t}^{-1}$.
 - Lofthøjde: 2,5 m.
 - Areal: 25 m^2 .
 - Kriterium nås efter ca. 2,2 time.
 - Ventilen vil være åben ca. 2,5 gange mens indeluftkonc. er over afdampningskriteriet.
- Middelværdier:
 - VC i indeluft: $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - VC i indeluft i åbne perioder: $0,019 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (+ 7,5%)
 - VC i indeluft i lukkede perioder: $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (- 7,5%)
- Vurdering:
 - Risikoen for at overse betydende korttidseffekter er ikke en bekymring.



Test i Region Midtjyllands testhus

- Testhus:
 - Renseri 1963 – 1973
 - Bolig siden 1963 indtil 2019
 - Renseri og bolig er samme bygning.
 - Oplag af renselvæske udenfor (ved garage)
- Prøvetagning i tre punkter:
 - To indeluftprøver i badeværelse (duplikat).
 - Én i stuen.
- Parallelprøver på ORSA-rør for at validere med TCE og PCE.



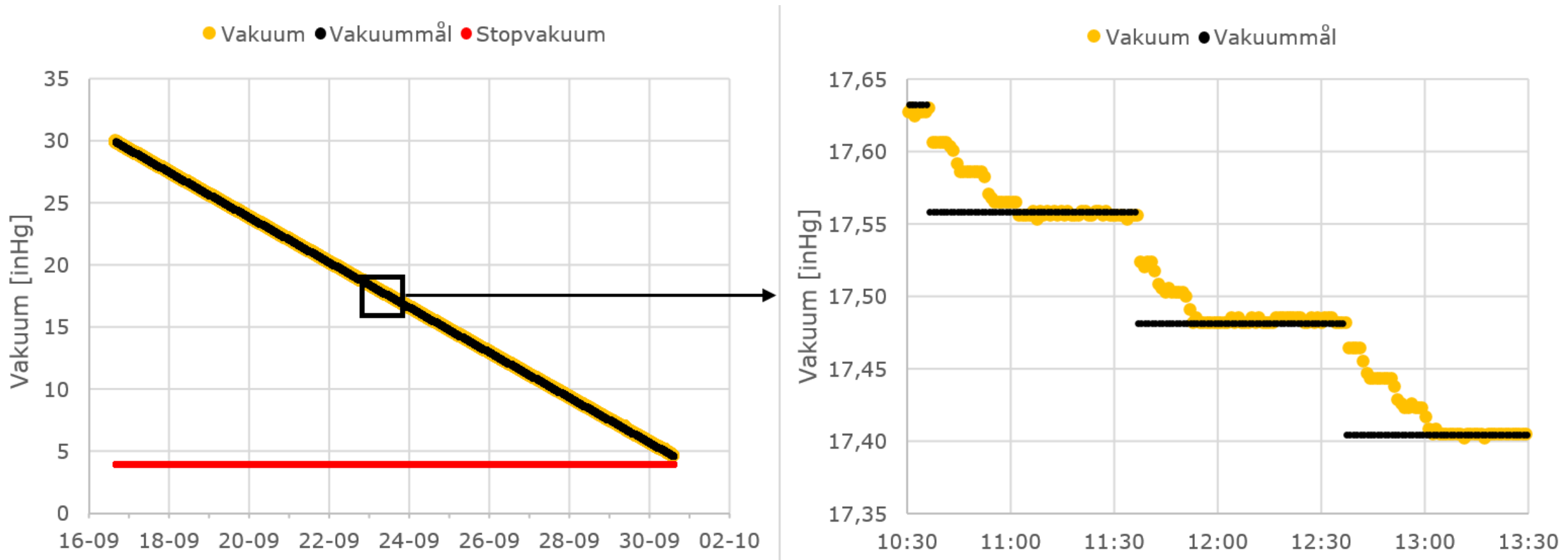
Eksempel på testdata



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Timestamp	Elapsed hours [h]	powerUpCounter [n]	Pressure [mbar]	ValveState [0/1]	Step pressure target [mbar]	Internal temp. [gr.C]	PSU voltage [V]
2	16-09-2020 15:42	0	0	0,8	1	0	21,25	20,535
3	16-09-2020 15:43	0	1	2,8	1	3,4	21,25	20,559
4	16-09-2020 15:44	0	2	4,7	0	3,4	21,25	20,57
5	16-09-2020 15:45	0	3	2,1	0	3,4	21,25	20,576
6	16-09-2020 15:46	0	4	2	0	3,4	21,5	20,487
7	16-09-2020 15:47	0	5	2,1	0	3,4	21,5	20,564
8	16-09-2020 15:48	0	6	2	0	3,4	21,5	20,469
9	16-09-2020 15:49	0	7	2,1	0	3,4	21,5	20,529
10	16-09-2020 15:50	0	8	2	0	3,4	21,5	20,493
11	16-09-2020 15:51	0	9	2	0	3,4	21,75	20,576
12	16-09-2020 15:52	0	10	2	0	3,4	21,75	20,475
13	16-09-2020 15:53	0	11	2	0	3,4	21,75	20,529
14	16-09-2020 15:54	0	12	2	0	3,4	21,75	20,505
15	16-09-2020 15:55	0	13	2	0	3,4	21,75	20,582
16	16-09-2020 15:56	0	14	2	0	3,4	21,75	20,547
17	16-09-2020 15:57	0	15	2,1	0	3,4	21,75	20,541
18	16-09-2020 15:58	0	16	2,1	0	3,4	21,75	20,463
19	16-09-2020 15:59	0	17	2	0	3,4	21,75	20,529
20	16-09-2020 16:00	0	18	2	0	3,4	21,75	20,553
21	16-09-2020 16:01	0	19	2	0	3,4	21,75	20,576
22	16-09-2020 16:02	0	20	2,1	0	3,4	21,75	20,582

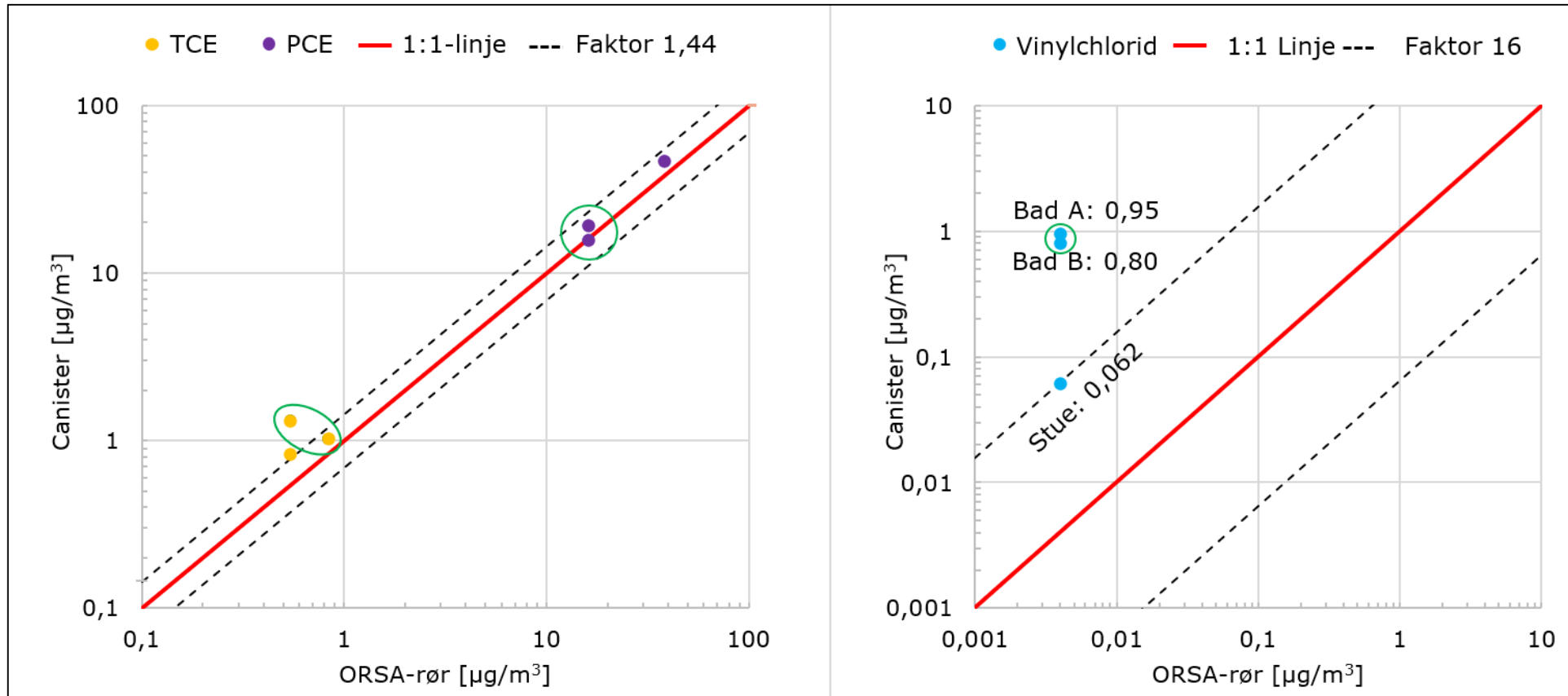
Eksempel på drift fra en prøve fra badeværelse

- Styring efter meget små trykforskelle – ca. 0,07 "Hg/t (ca. 2,5 mbar).
- Elektrisk ventil lukker effektivt af.



Validering mod ORSA-rør

- TCE og PCE målt relativt ens på ORSA-rør og med canistre+styring.
- Vinylklorid underestimeret med ORSA-rør (minimum faktor 16-240).



Nu skal vi aldrig mere bekymre os om det...😊



- Der har været huller i osten:
 - Problemer med at læse settingsfil på SD-kort.
 - Løst ved at sikre backupdrift i koden på 14 dage, hvis settingsfilen ikke kan læses.
 - Problemer med at sende SMS pga. dårlig GSM forbindelse eks. i kælder.
 - Vi er ved at gå over til narrowband (NB) i stedet for GSM.
 - Usikkerhed om hvordan driften kører med relativt få alarmer.
 - Vi er ved at implementere kontinuert onlineovervågning på alle styringer så prøvetagning kan følges.
 - Begrænset kendskab til styringers drift ved teknikere.
 - TLF support af teknikere ved opsætning.
- Det gode er at:
 - 14 dages prøvetagning er opnået.
 - Det giver en repræsentativ prøve.
 - At ventilen lukker automatisk ved eks. 4"Hg.



- Manual siger minimum 25" Hg i startvakuum = ca. 16% "falsk luft".
- Lufttryk kan svinge mellem ca. 950 og 1.030 mbar = 1,2 "Hg, hvilket kan påvirke vakuummålinger med drøvleventil.
- Generelt udfordringer med:
 - Slidte fittings = utætheder.
 - Relativt lave startvakuum i canistre.
 - Ikke alle laboratorier sender eksternt vakuummåler med.
- Der er lavet 10 styringer som Region Midtjylland har førsteret til, da de har medfinansieret udviklingen.
 - Kapacitetsproblemer så længe der er tvivl om det er canistre, der skal være standarden til indeluftmålinger for vinylklorid eller det er Beaconsamlere.



EFFEKT AF TERMISK OPDRIFT VED PASSIV VENTILATION TIL SIKRING AF INDEKLIMA

ATV VINTERMØDE, DEN 10. MARTS 2021

JAKOB SKOVSGAARD, AARHUS KOMMUNE (TIDL. RAMBØLL)

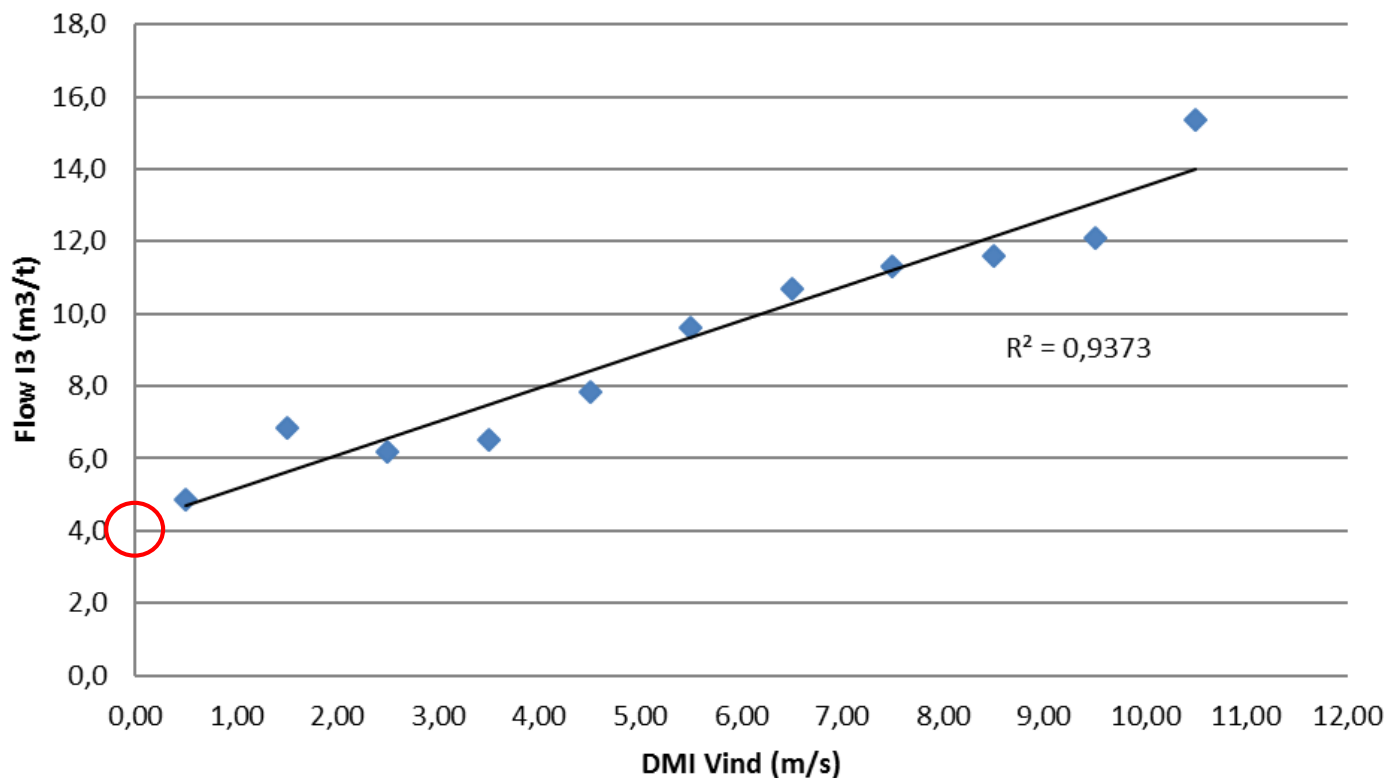
FORMÅL

Fokus på termisk opdrift til passiv ventilation

- Metodens potentiale for anvendelse til sikring af indeklima
- Erfaringer fra en case
- Beregning af drivkræfter
- Målepunkter til monitorering
- Hvad har vi brug for at vide mere om?

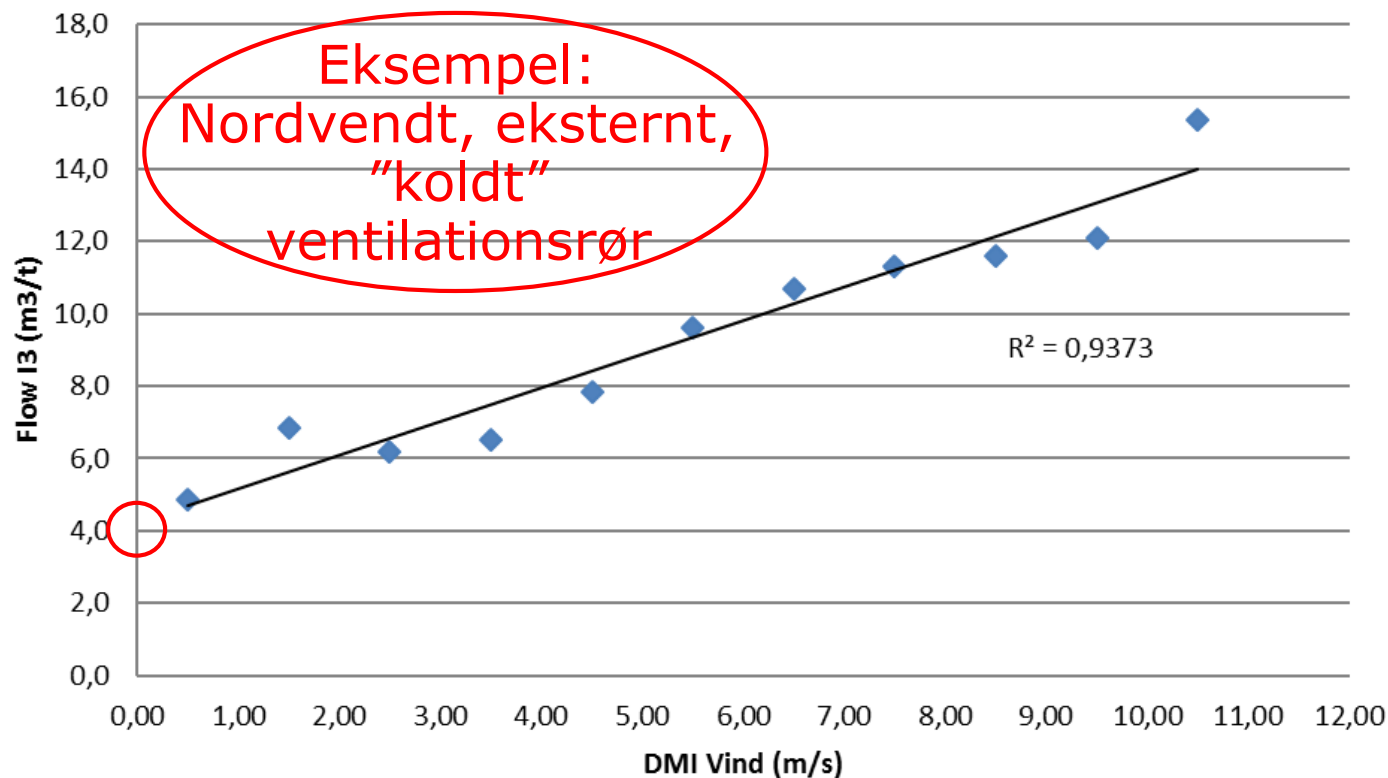
POTENTIALET FOR METODENS ANVENDELSE

Tidligere eksempler viser flow ved vindstille



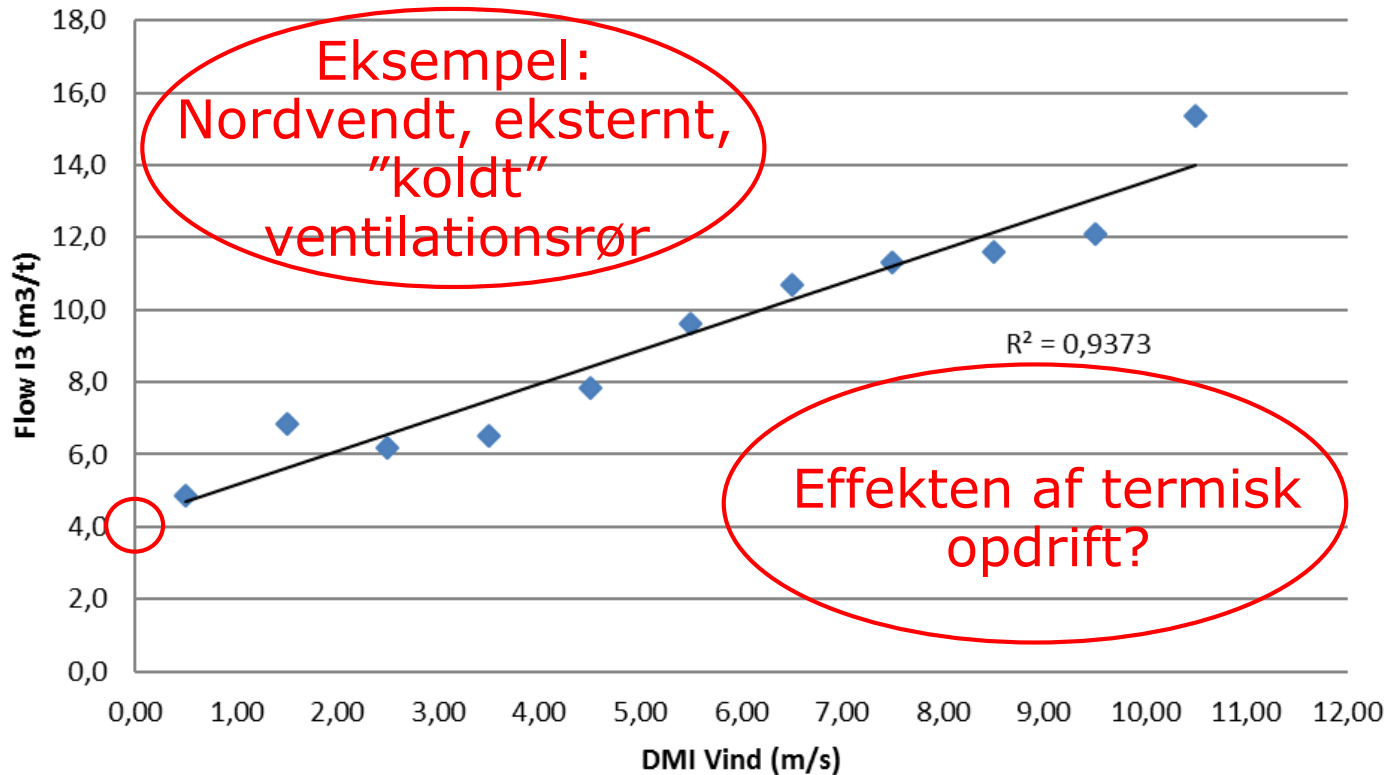
POTENTIALET FOR ANVENDELSE AF TERMISK OPDRIFT

Tidligere eksempler med flow ved vindstille



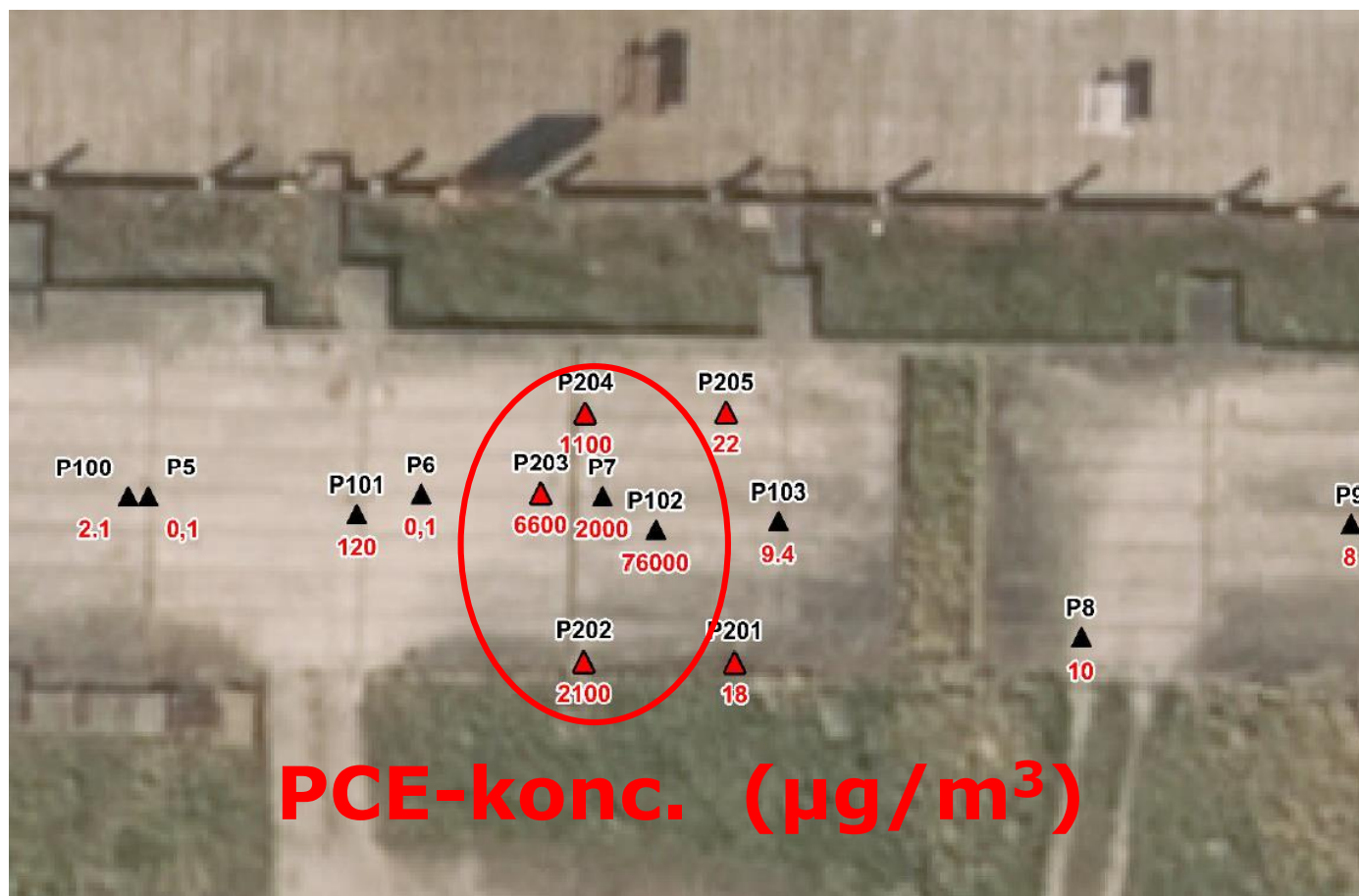
POTENTIALET FOR ANVENDELSE AF TERMISK OPDRIFT

Tidligere eksempler med flow ved vindstille



CASE - BAGGRUND

Forurening i poreluft ca. 0,8 m under huldæk



Huldæk



CASE - BAGGRUND

Forurening i poreluft ca. 0,8 m under huldæk



Huldæk



CASE - BAGGRUND

Forurening i poreluft ca. 0,8 m under huldæk

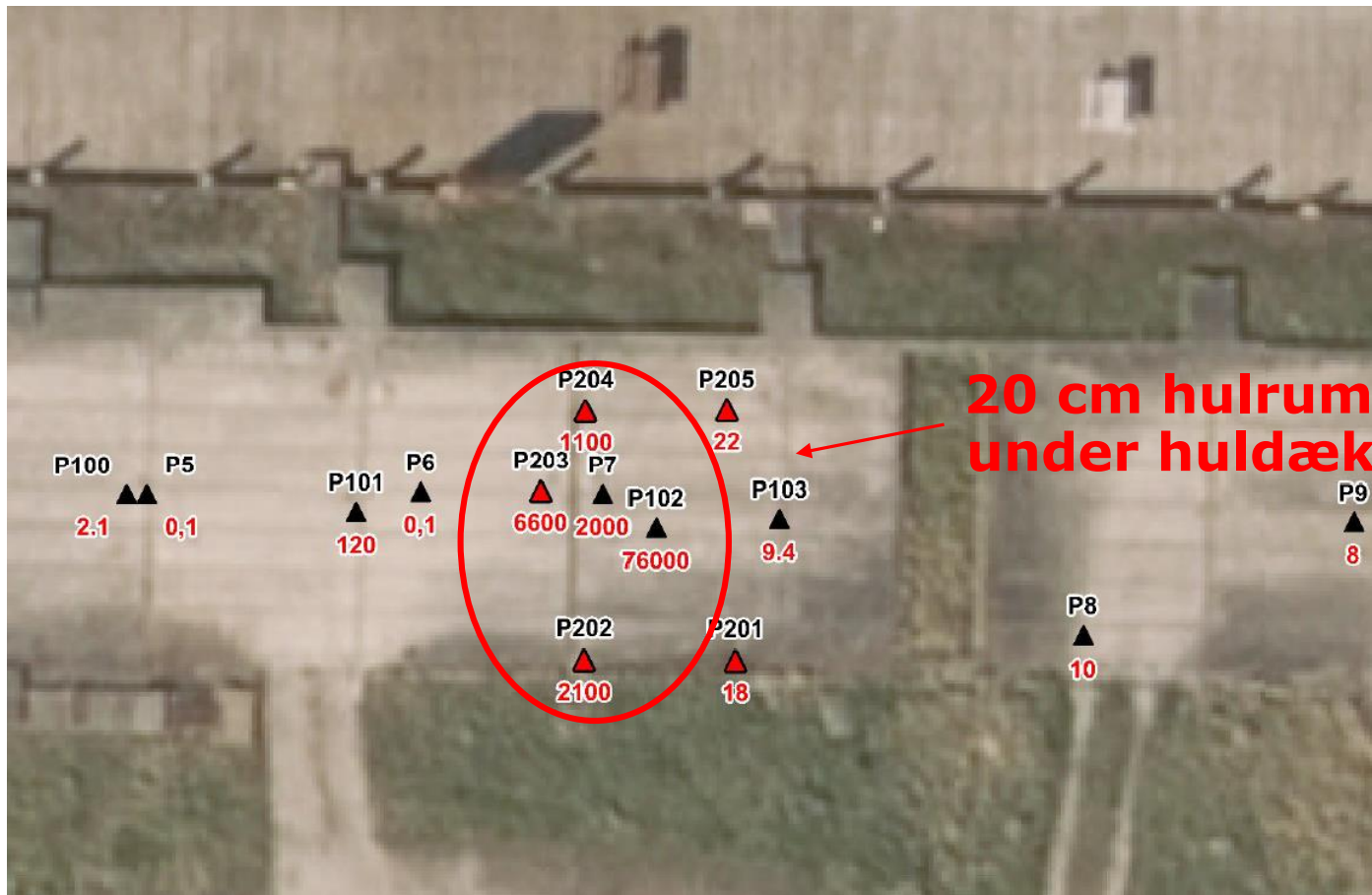


Huldæk



AFVÆRGETILTAG

Ventilation under terrændæk

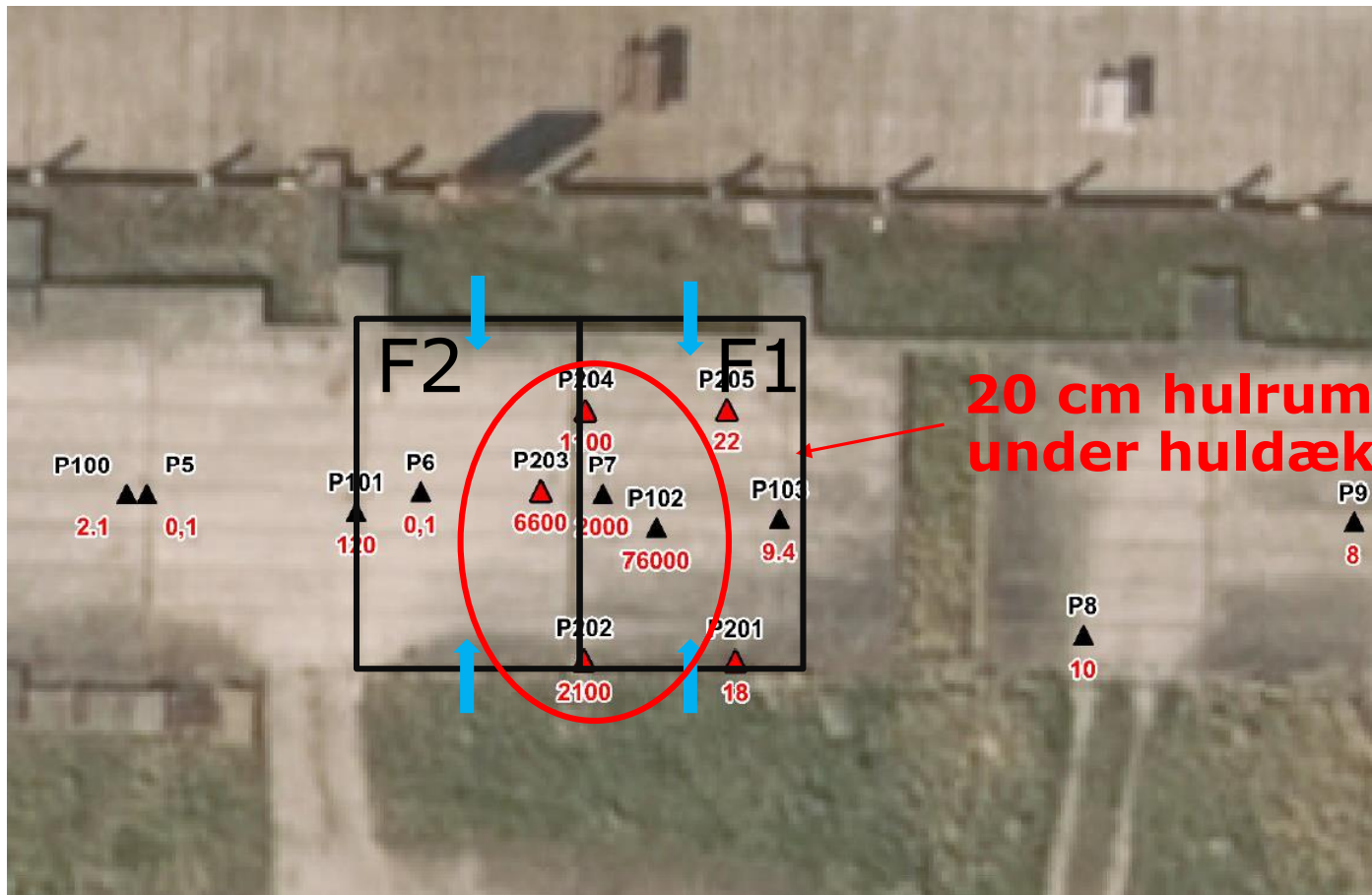


Huldæk



AFVÆRGETILTAG

Ventilation under terrændæk



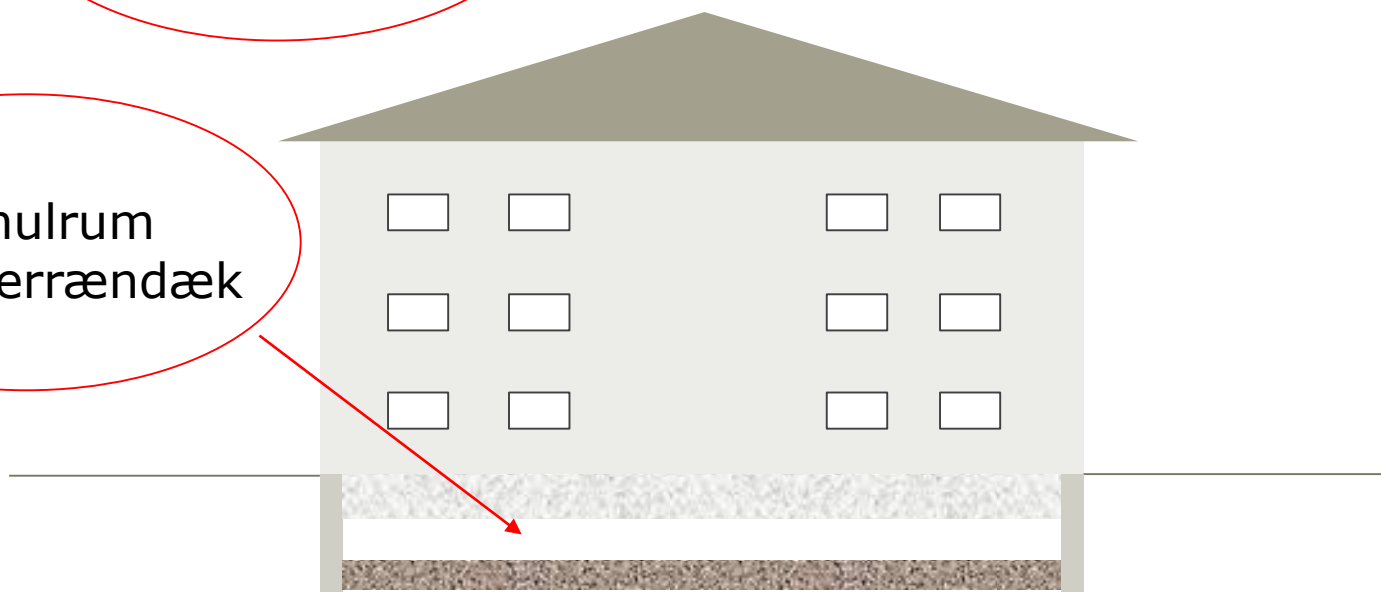
Huldæk



ETABLERING AF PASSIV VENTILATION

3-etagers
beboelsesejendom

20 cm hulrum
under terrændæk

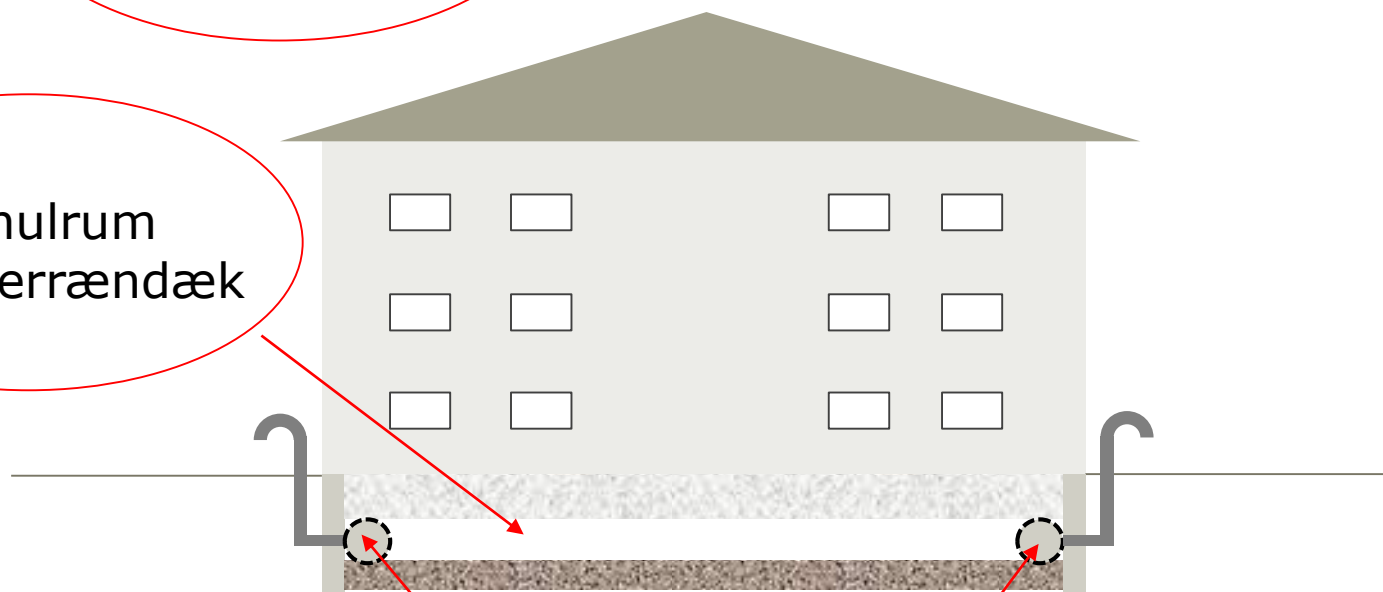


ETABLERING AF PASSIV VENTILATION

3-etagers
beboelsesejendom

20 cm hulrum
under terrændæk

Luftindtag på
begge sider af
bygningen



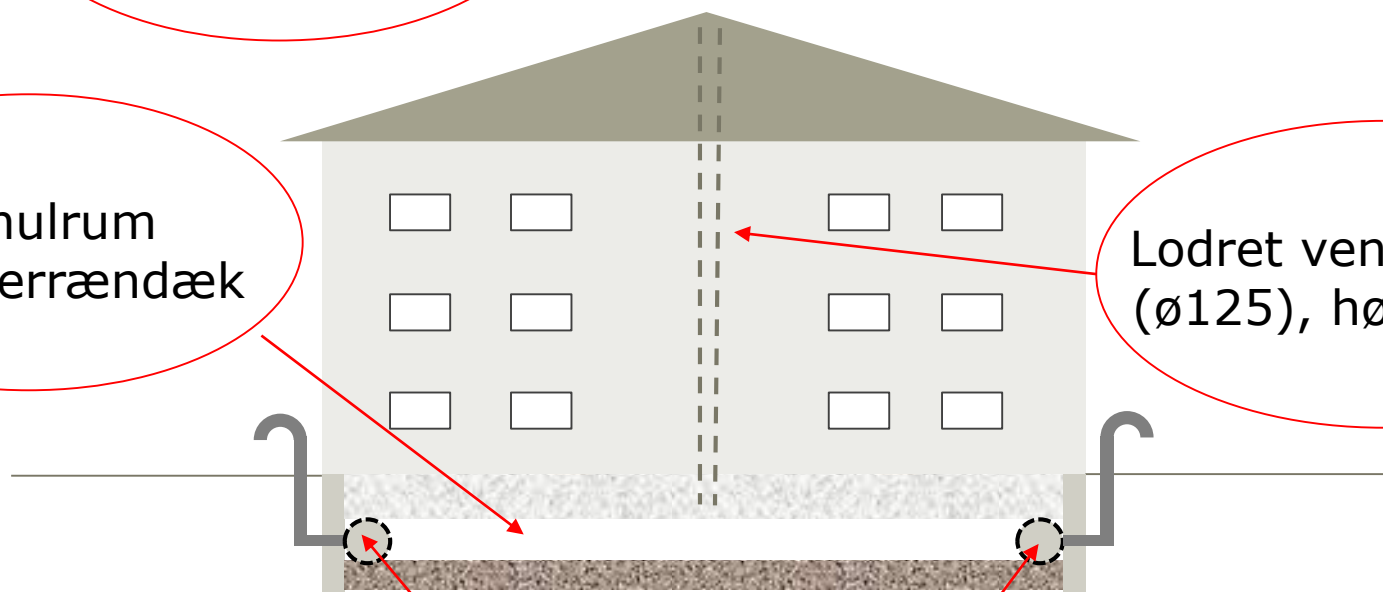
ETABLERING AF PASSIV VENTILATION

3-etagers
beboelsesejendom

20 cm hulrum
under terrændæk

Lodret ventilationsrør
($\varnothing 125$), højde 12,4 m

Luftindtag på
begge sider af
bygningen



ETABLERING AF PASSIV VENTILATION

Eksempel



3-etagers
beboelsesejendom

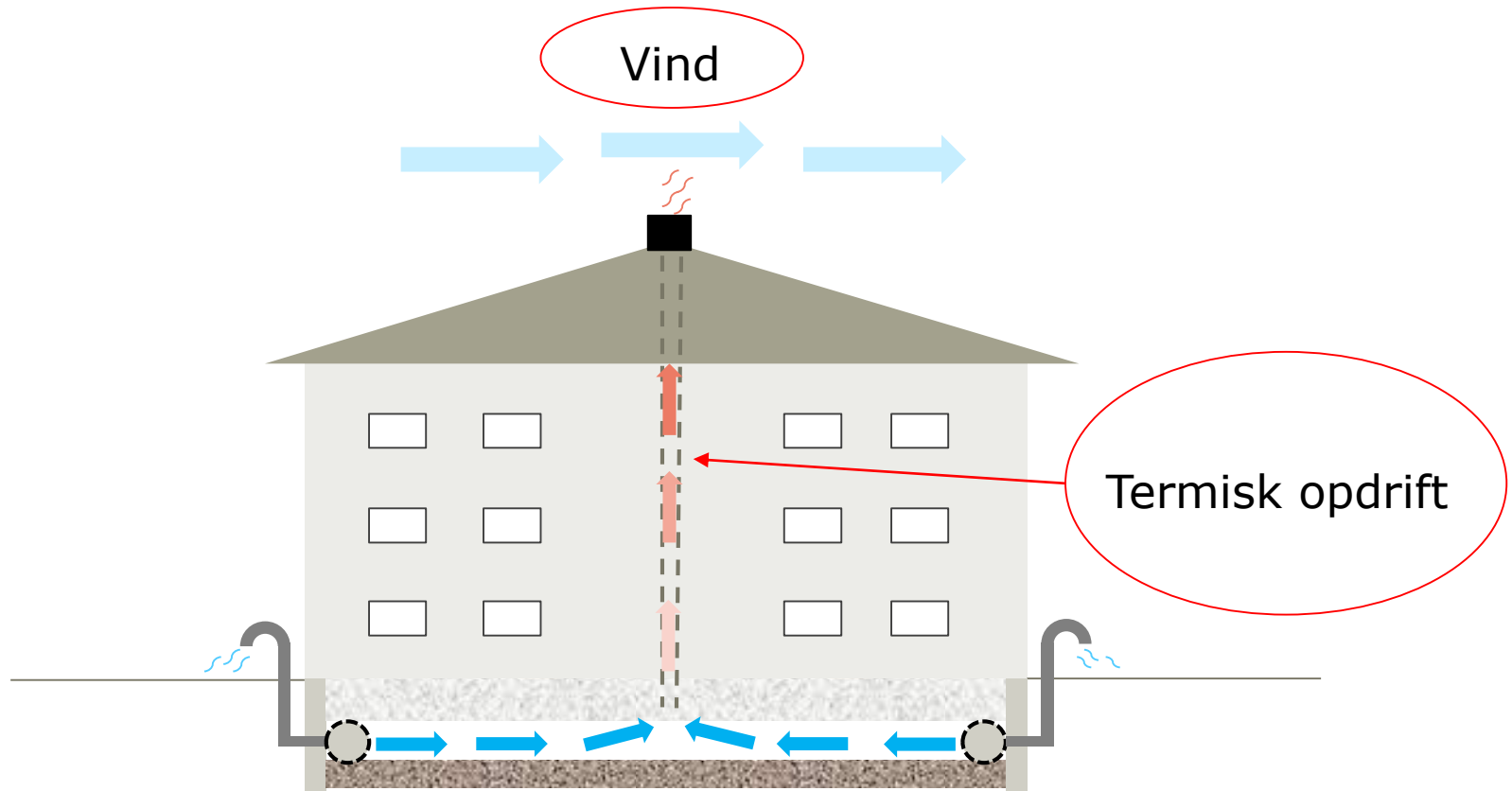
OBS! Afkast
afsluttet i
"vindhætte"

20 cm hulrum
under terrændæk

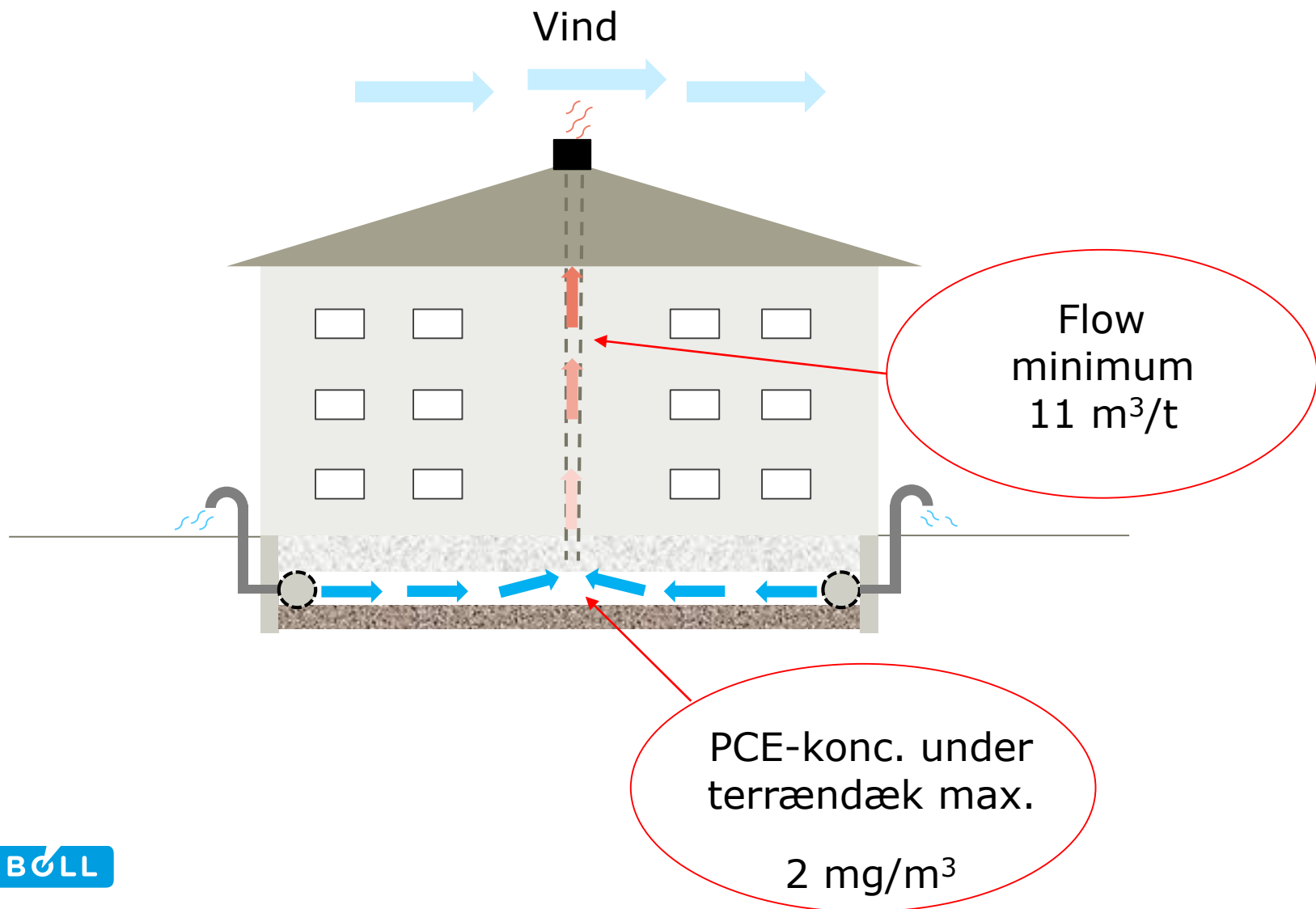
Lodret ventilationsrør
($\varnothing 125$), højde 12,4 m

Luftindtag på
begge sider af
bygningen

ETABLERING AF PASSIV VENTILATION

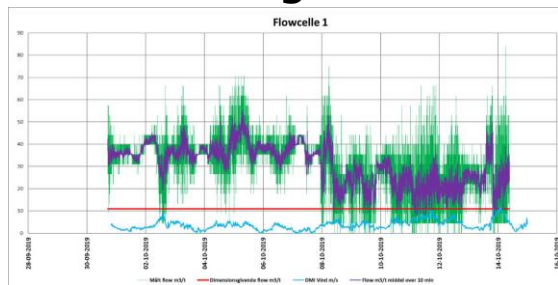


§ 8 VILKÅR - KRAV TIL ANLÆGGET



MONITERING FØR IBRUGTAGNING

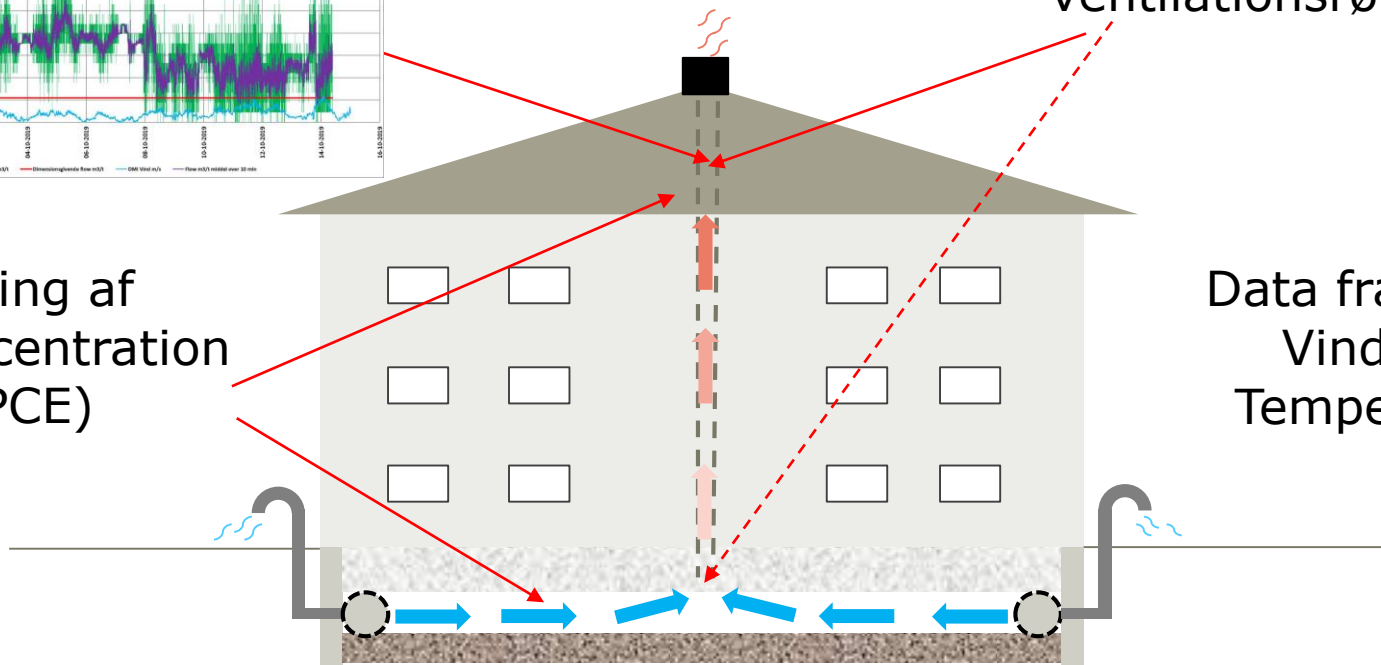
Flowmålinger i afkast



Måling af
luftkoncentration
(PCE)

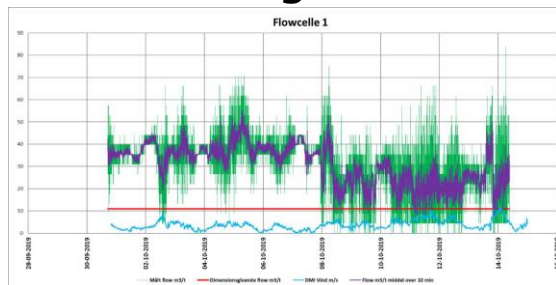
Temperaturmålinger i lodret
ventilationsrør

Data fra DMI:
Vind og
Temperatur



MONITERING - RESULTATER

Flowmålinger i afkast



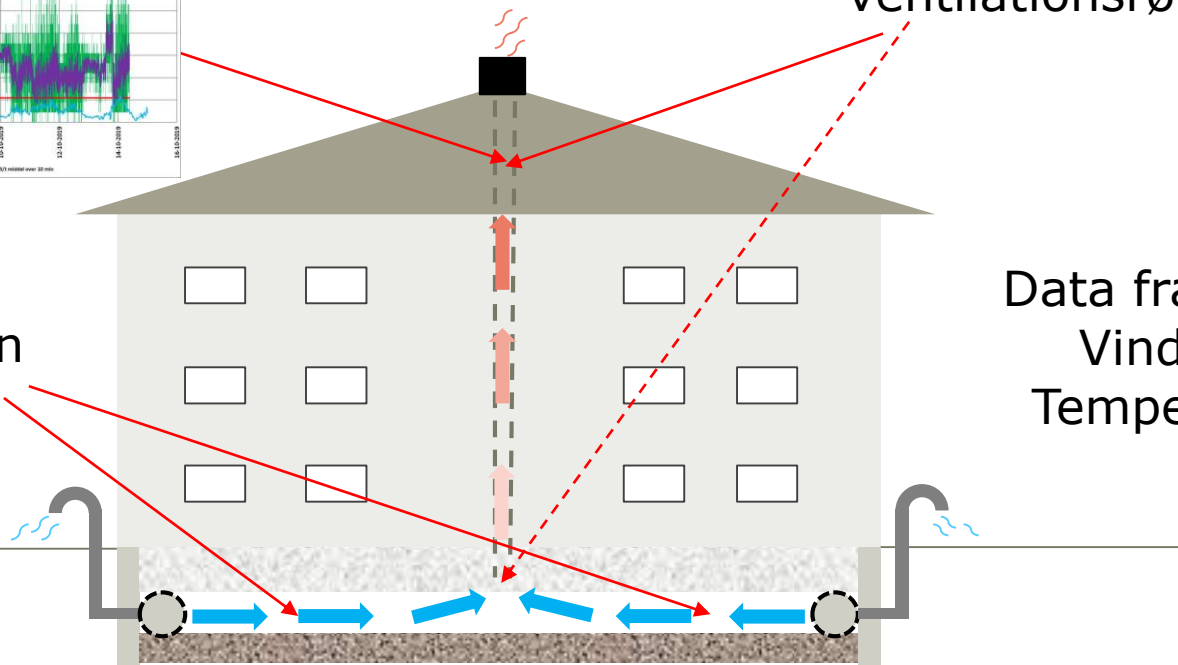
Måling af
luftkoncentration
(PCE)

Ca. faktor 100
under tilladt
konc.

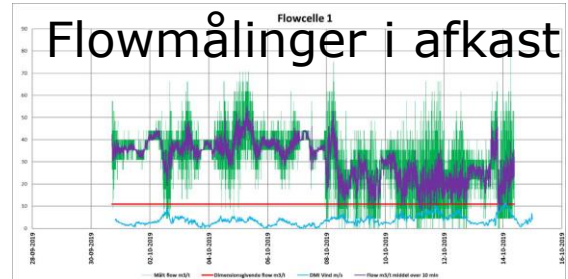


Temperaturmålinger i lodret
ventilationsrør

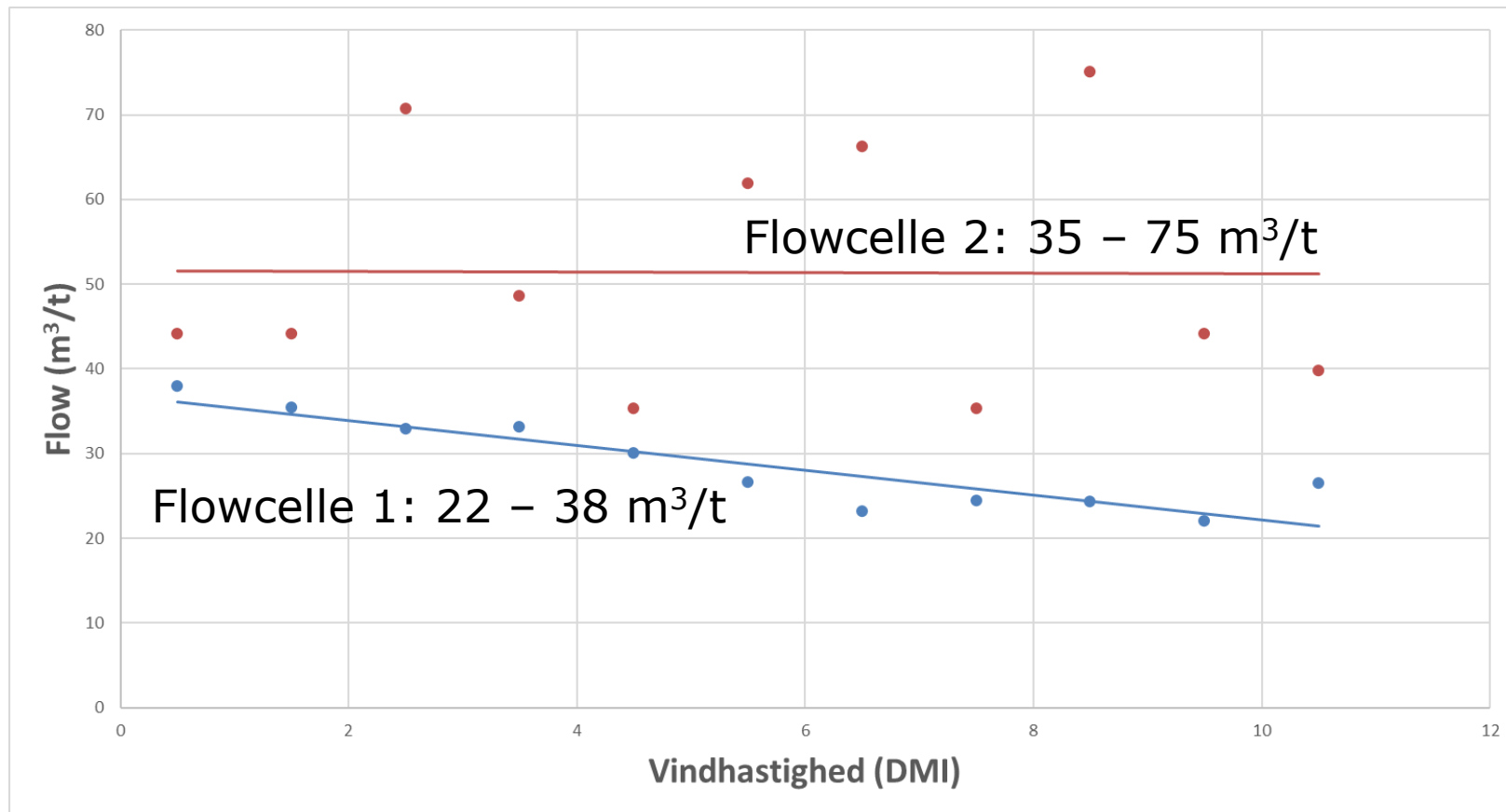
Data fra DMI:
Vind og
Temperatur



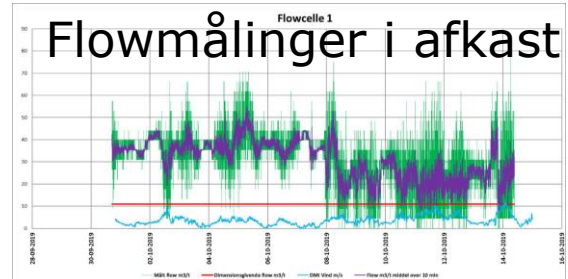
MONITERING - RESULTATER



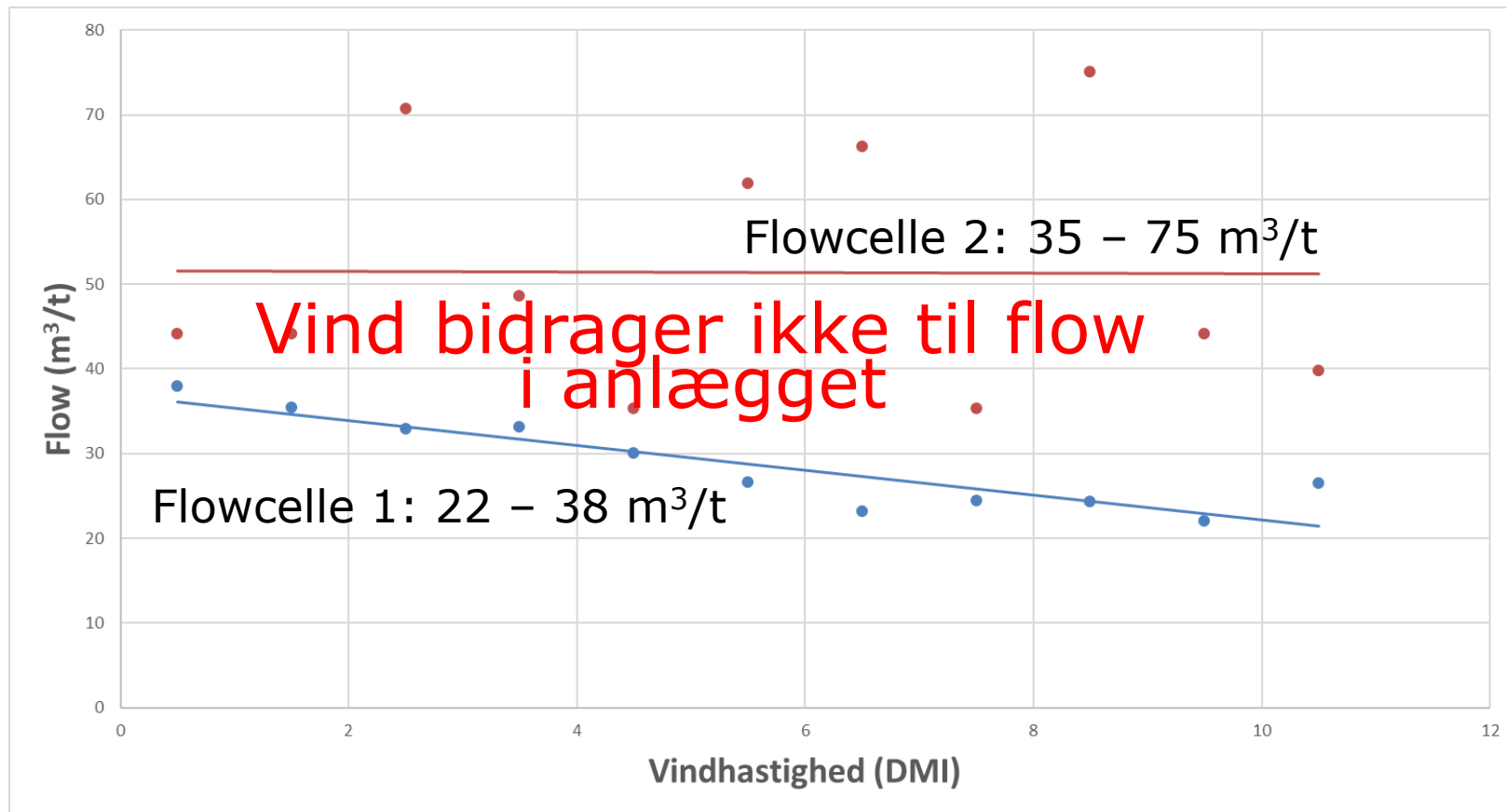
Sammenhæng mellem vindhastighed og gennemsnitligt luftflow



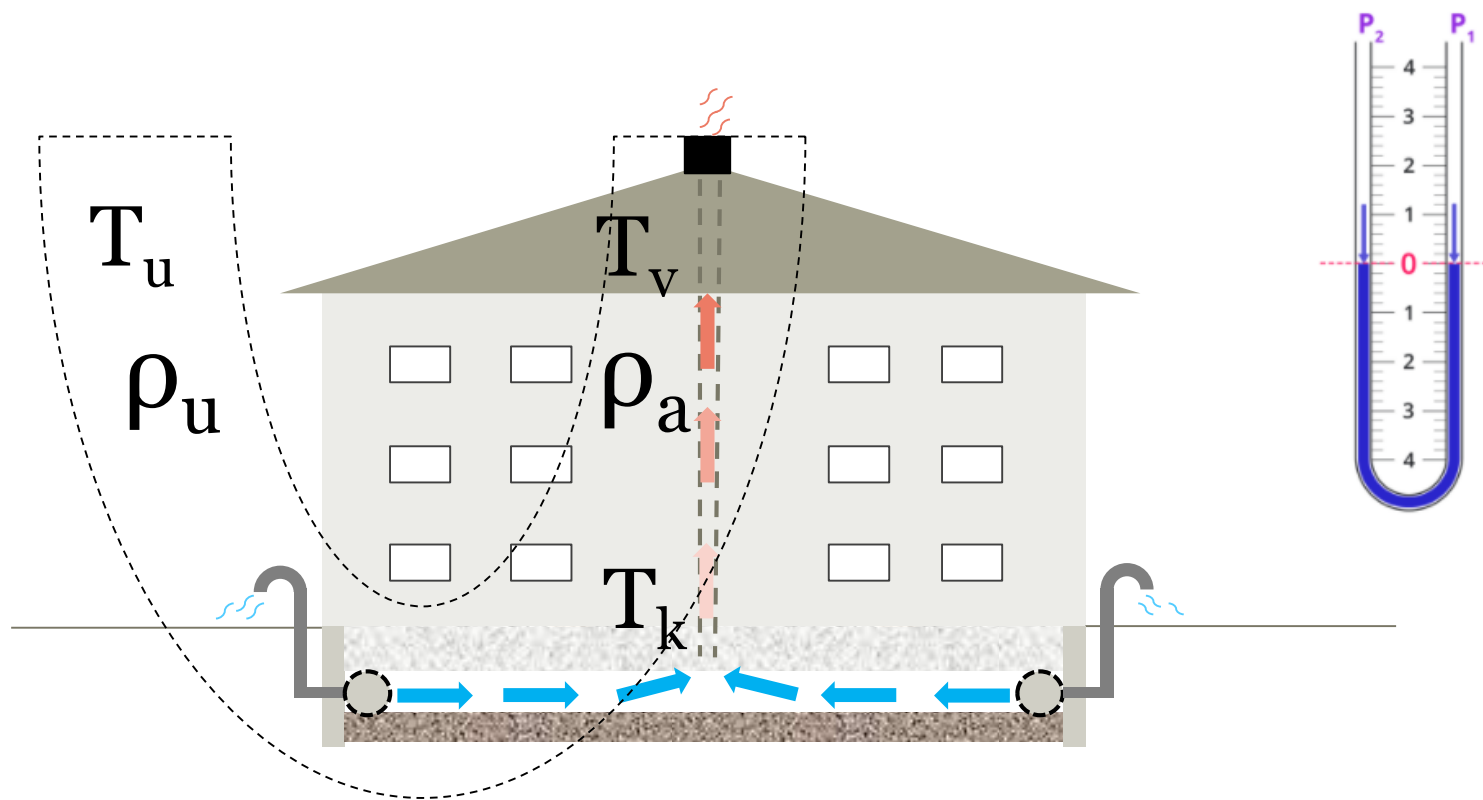
MONITERING - RESULTATER



Sammenhæng mellem vindhastighed og luftflow i ventilationssystemet

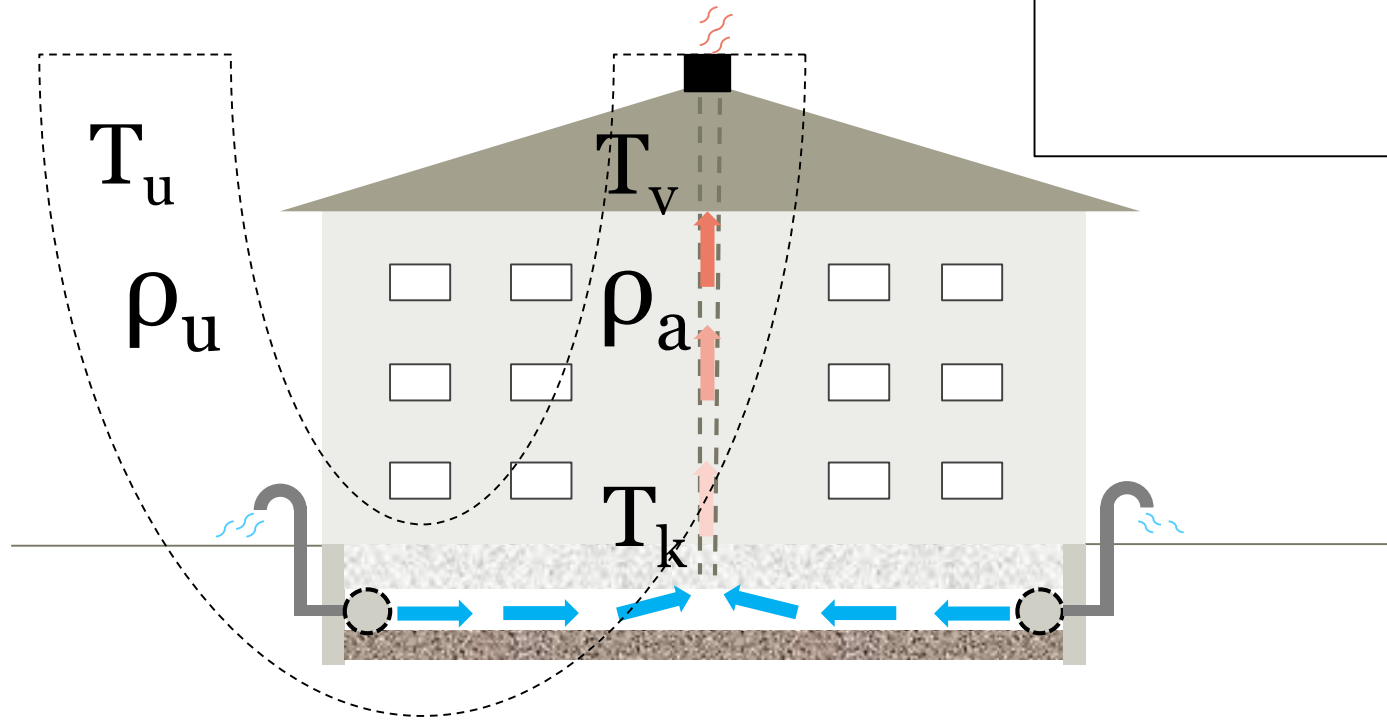


DRIVTRYK OG FLOW VED TERMISK OPDRIFT



DRIVTRYK OG FLOW VED TERMISK OPDRIFT

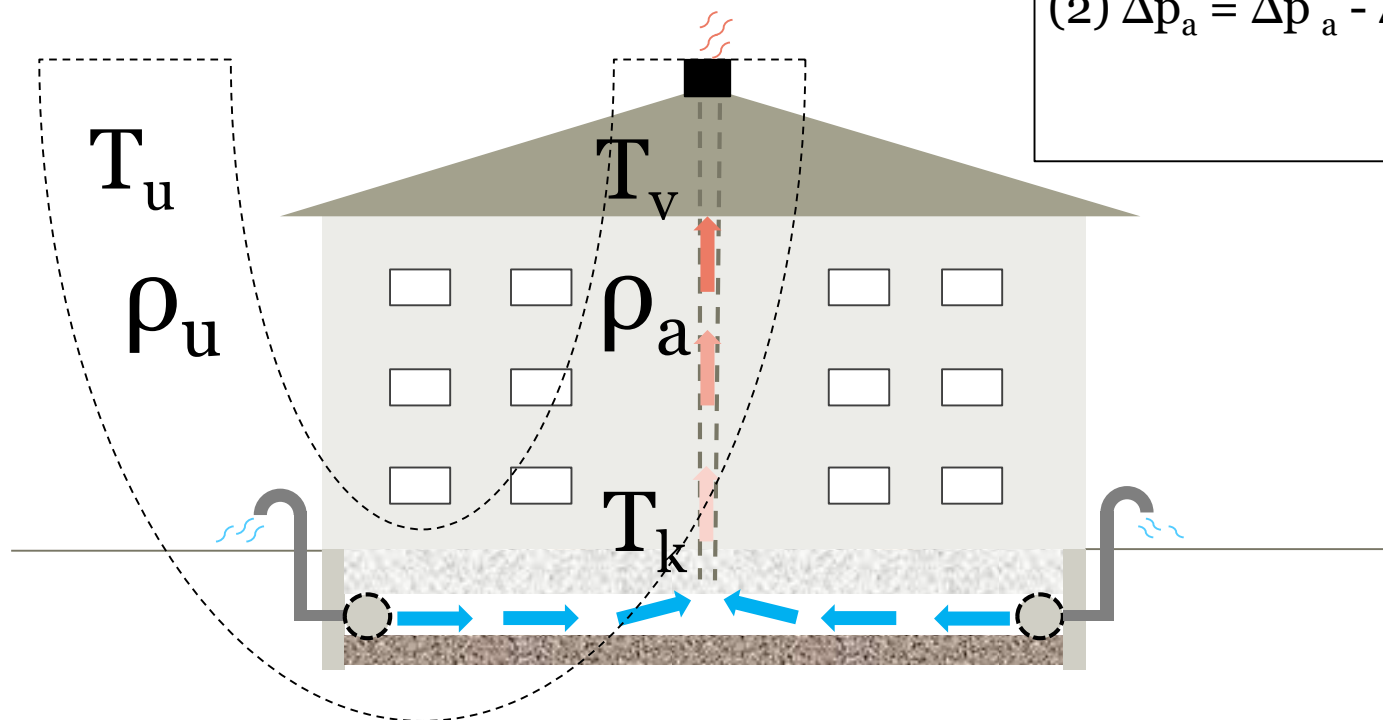
$$(1) \Delta p'_a = h_a \cdot g \cdot (\rho_u - \rho_a)$$



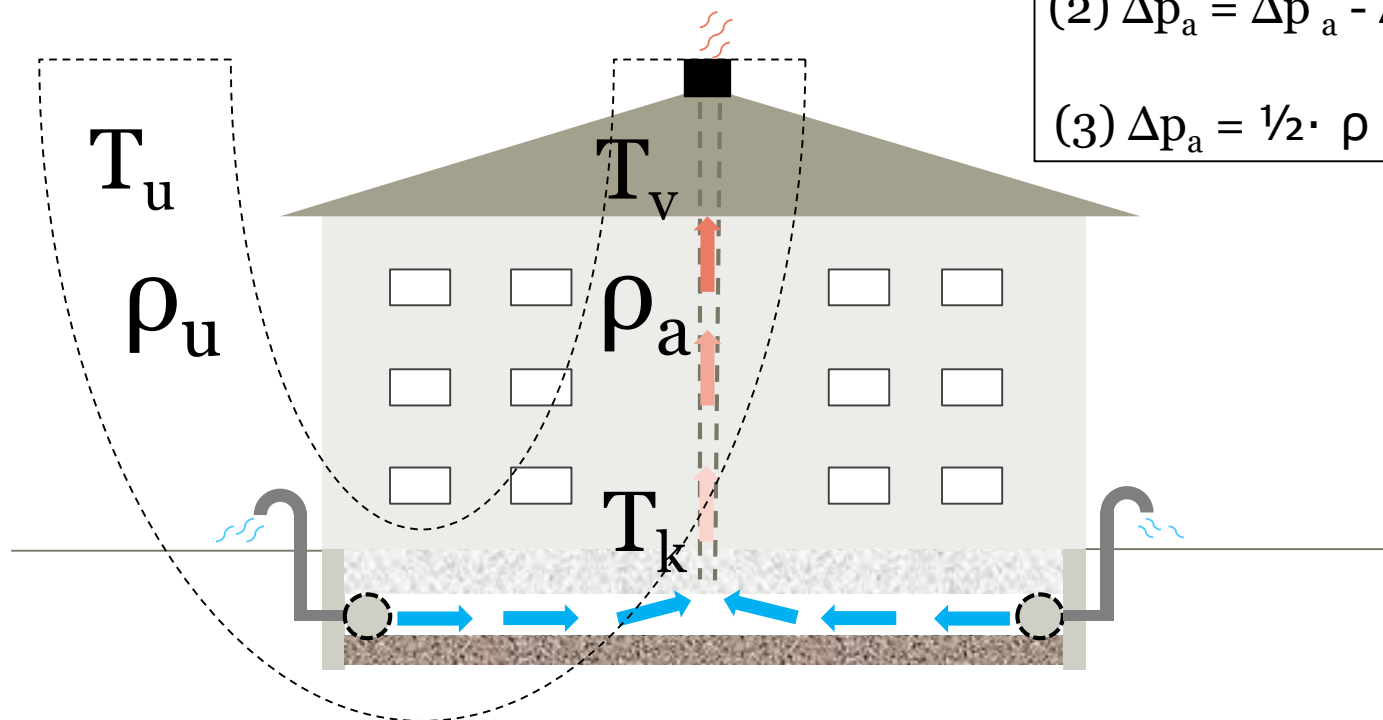
DRIVTRYK OG FLOW VED TERMISK OPDRIFT

$$(1) \Delta p'_a = h_a \cdot g \cdot (\rho_u - \rho_a)$$

$$(2) \Delta p_a = \Delta p'_a - \Delta p_{\text{tryktaab}}$$



DRIVTRYK OG FLOW VED TERMISK OPDRIFT



$$(1) \Delta p'_a = h_a \cdot g \cdot (\rho_u - \rho_a)$$

$$(2) \Delta p_a = \Delta p'_a - \Delta p_{\text{tryktab}}$$

$$(3) \Delta p_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_a^2$$

BEREGNET FLOW

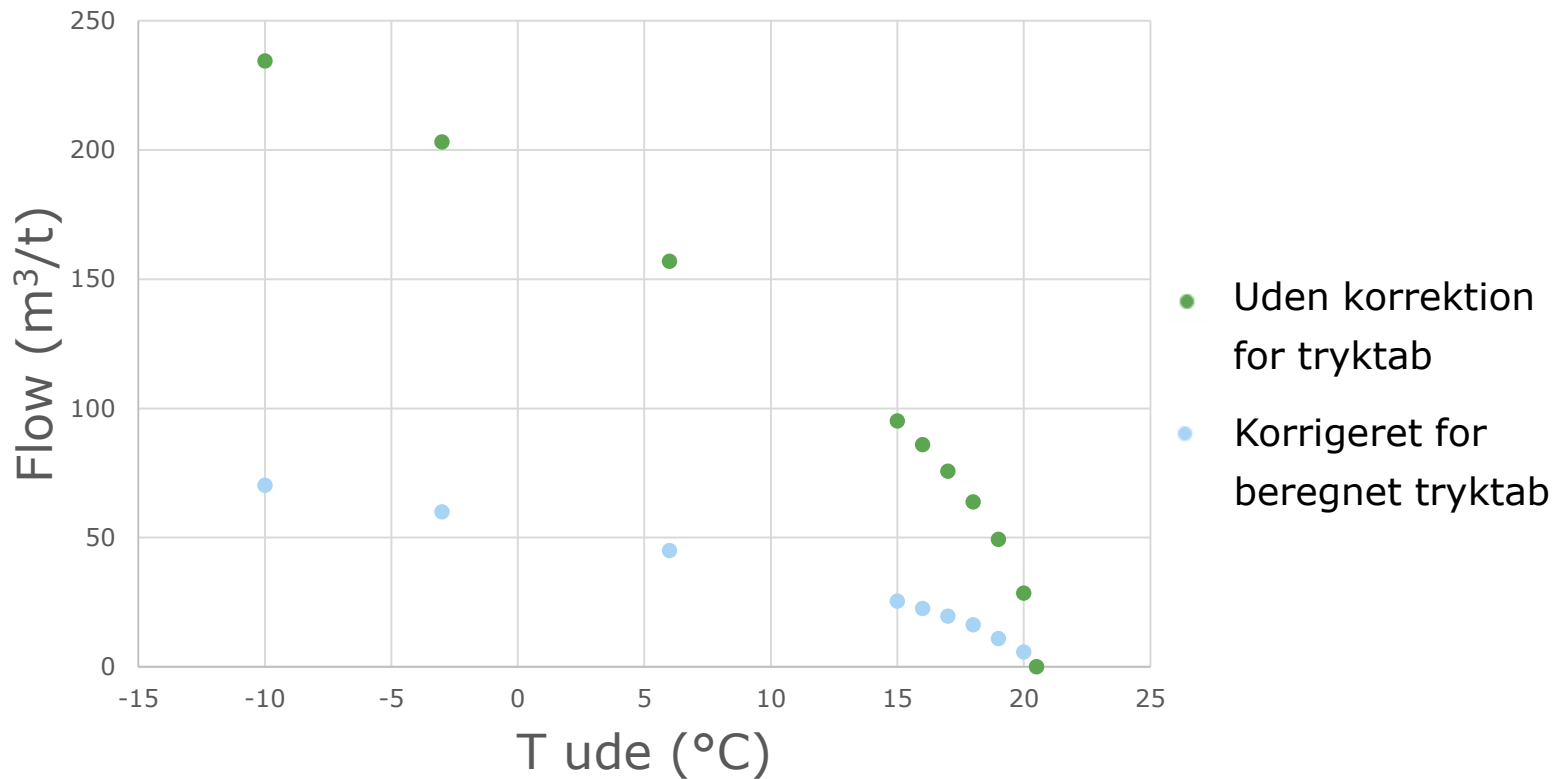
Teoretisk flow i
ventilationsanlægget ved
termisk opdrift

T_u (udetemperatur): $-10 - +20,5^\circ \text{ C}$

T_v (top af afkast): $20,5^\circ \text{ C}$

DI rør: 125 mm

Højde: 12,4 m



BEREGNET FLOW

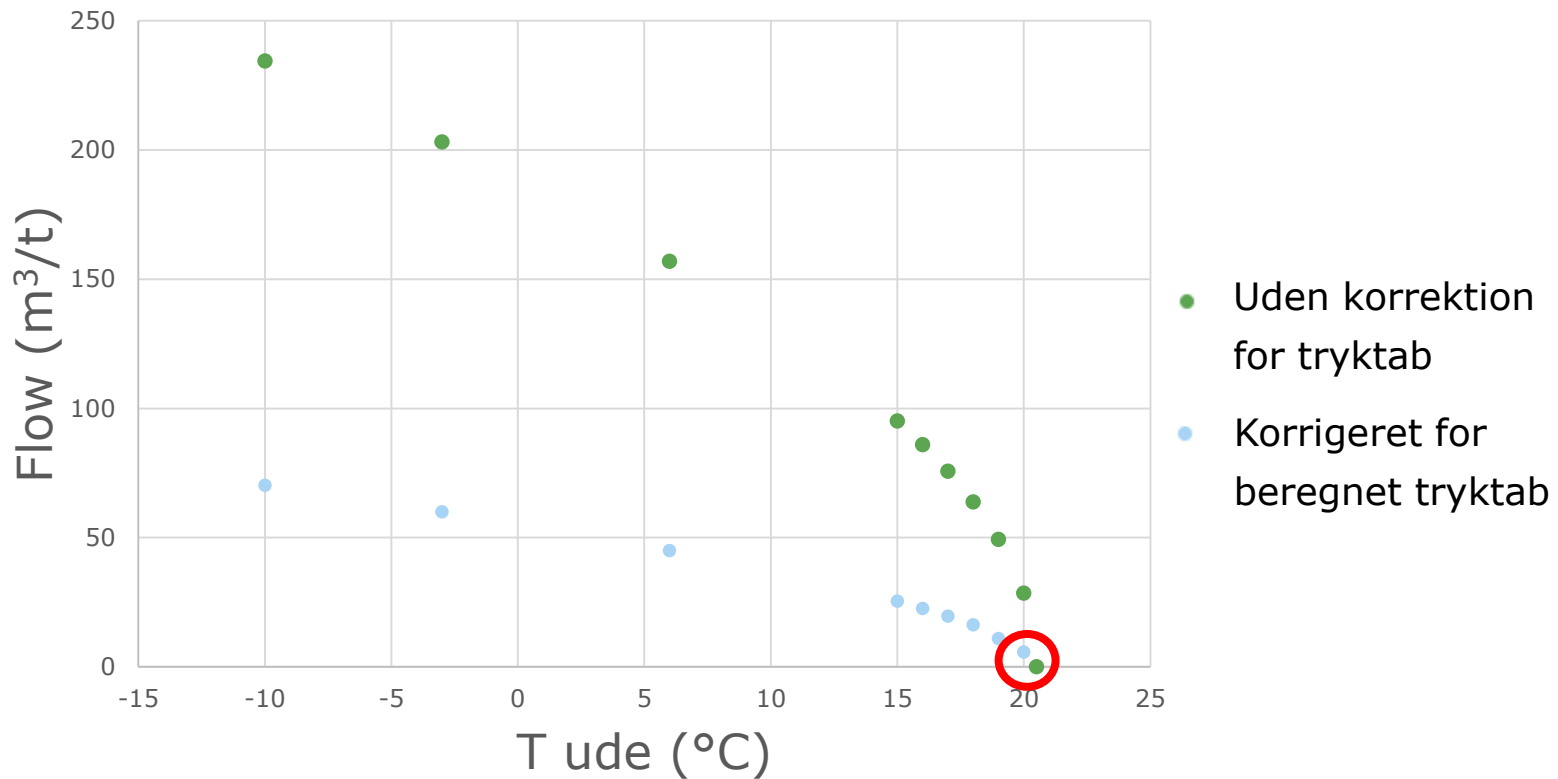
Teoretisk flow i
ventilationsanlægget ved
termisk opdrift

T_u (udetemperatur): $-10 - +20,5^\circ \text{ C}$

T_v (top af afkast): $20,5^\circ \text{ C}$

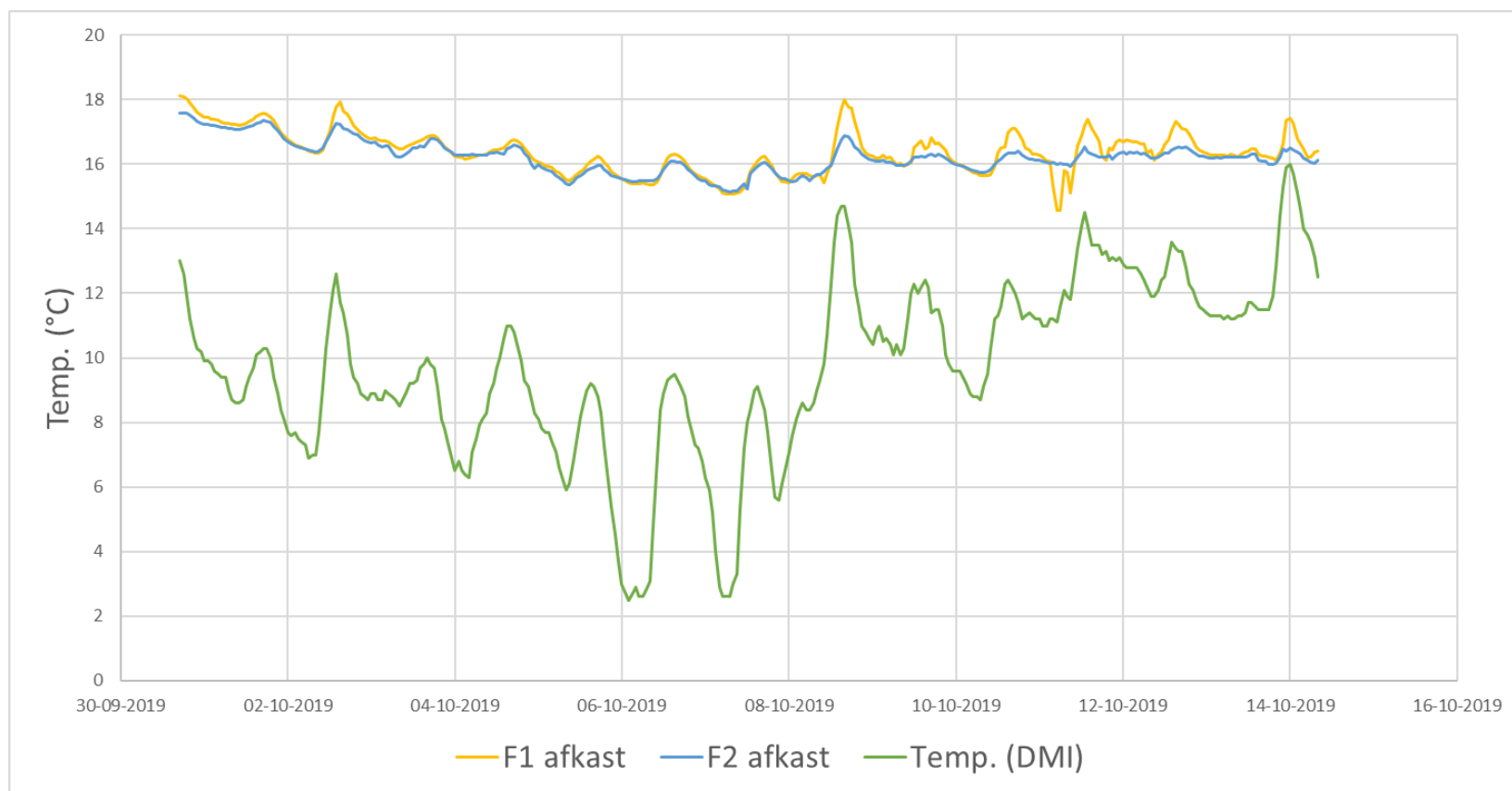
DI rør: 125 mm

Højde: 12,4 m



MONITERING - RESULTATER

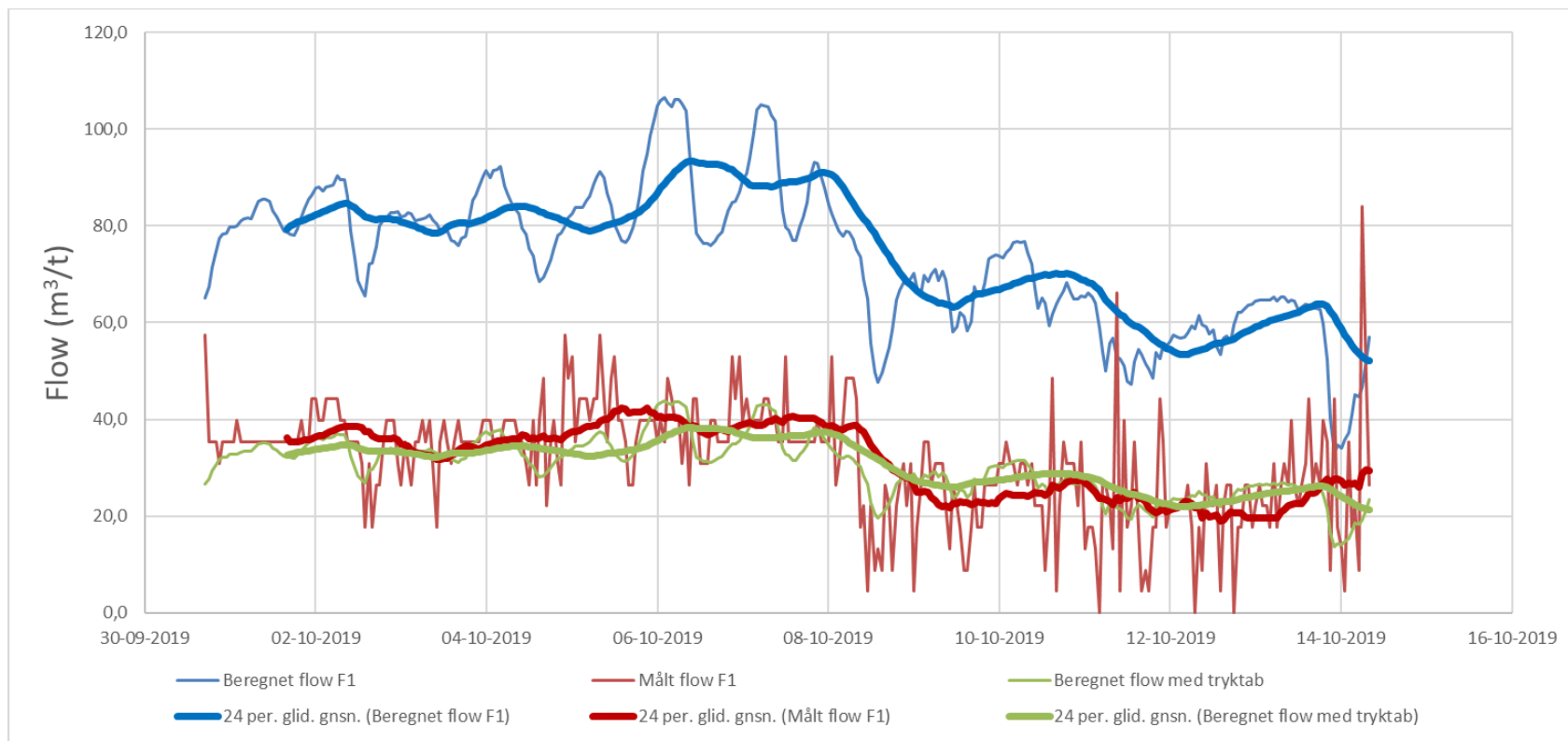
Temperaturer i ventilationsafkast og udetemperatur



MONITERING - RESULTATER

Målt og beregnet flow ved termisk opdrift Flowcelle 1

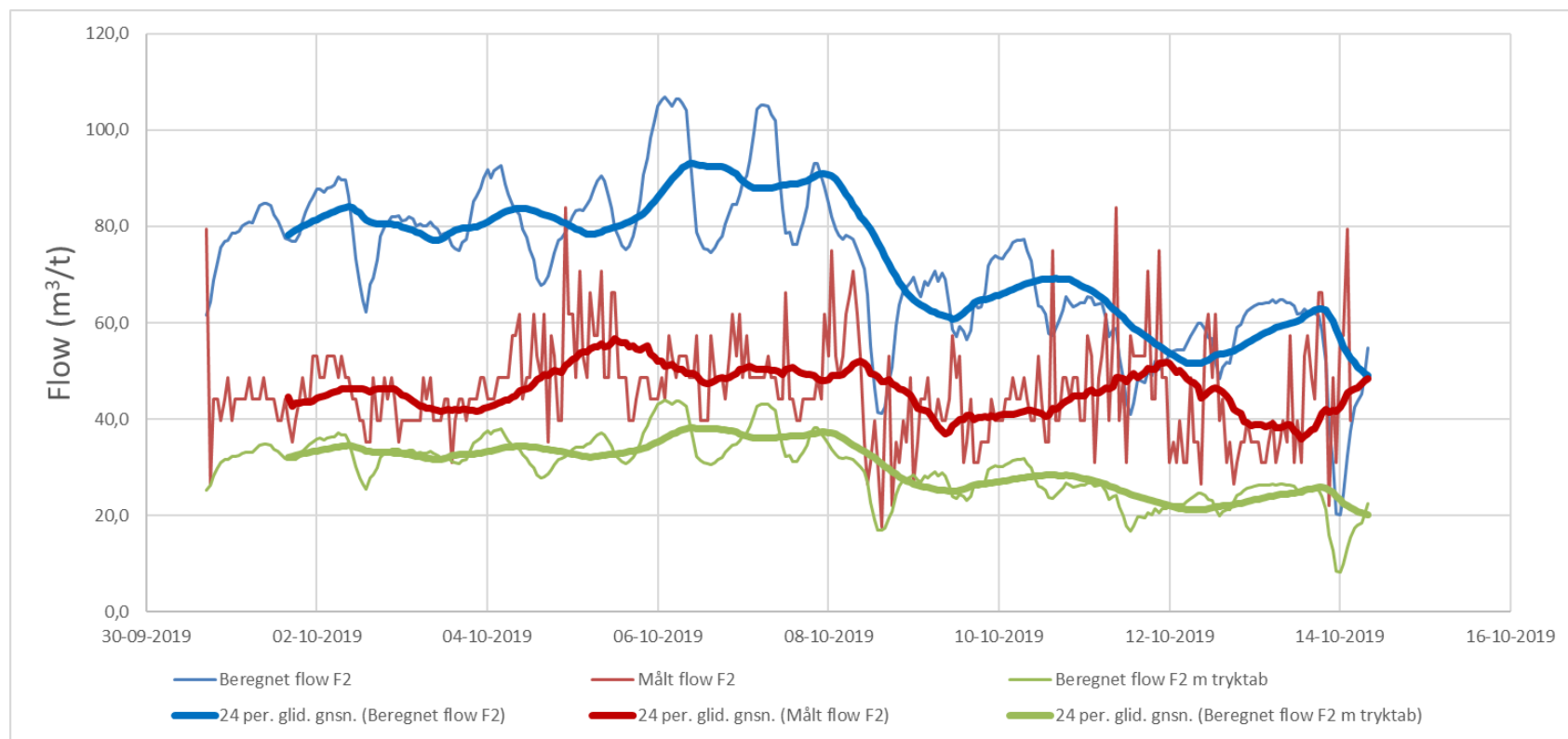
Flowcelle 1



MONITERING - RESULTATER

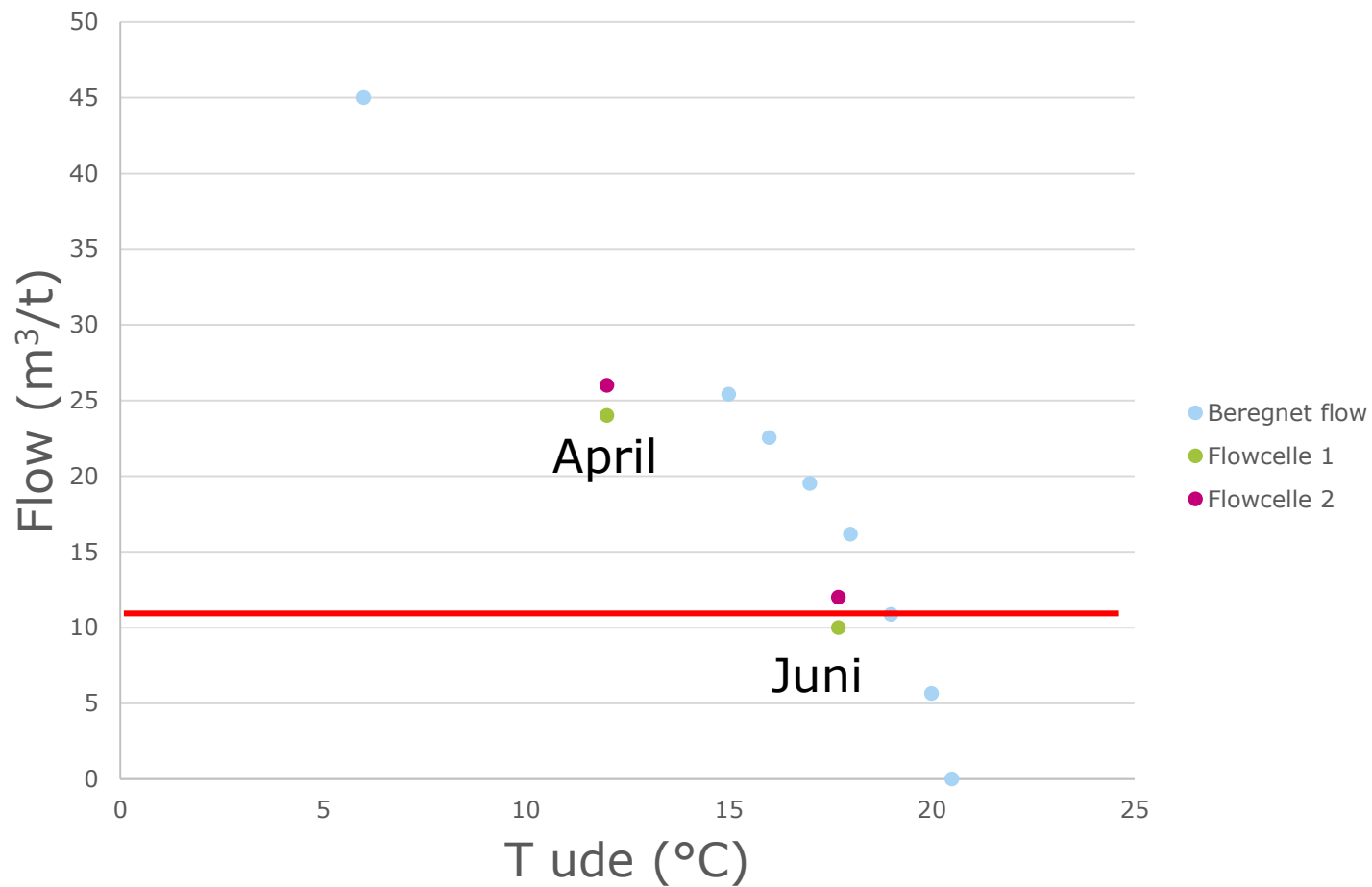
Målt og beregnet flow ved termisk opdrift Flowcelle 1

Flowcelle 2

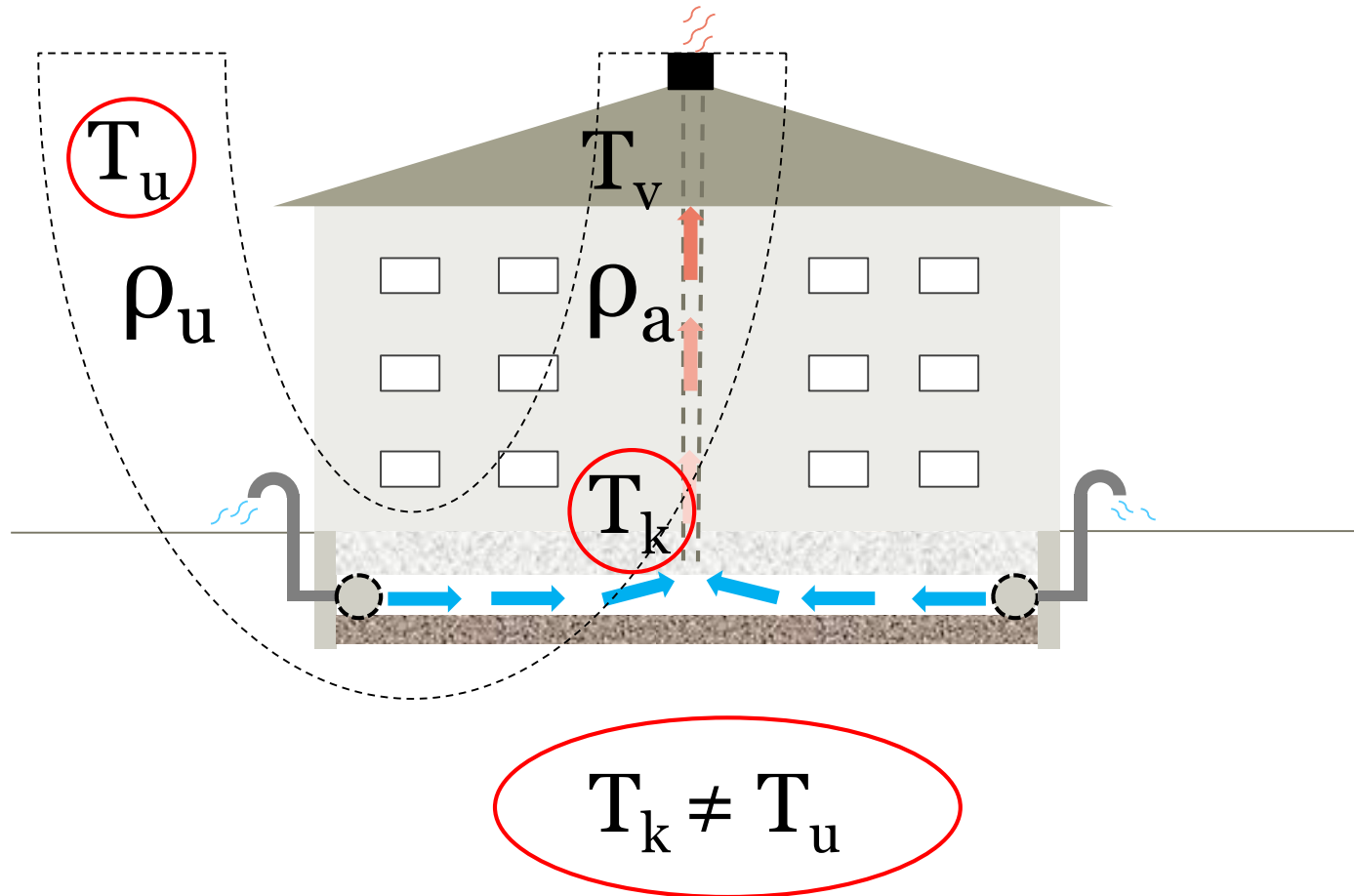


MONITERING - RESULTATER

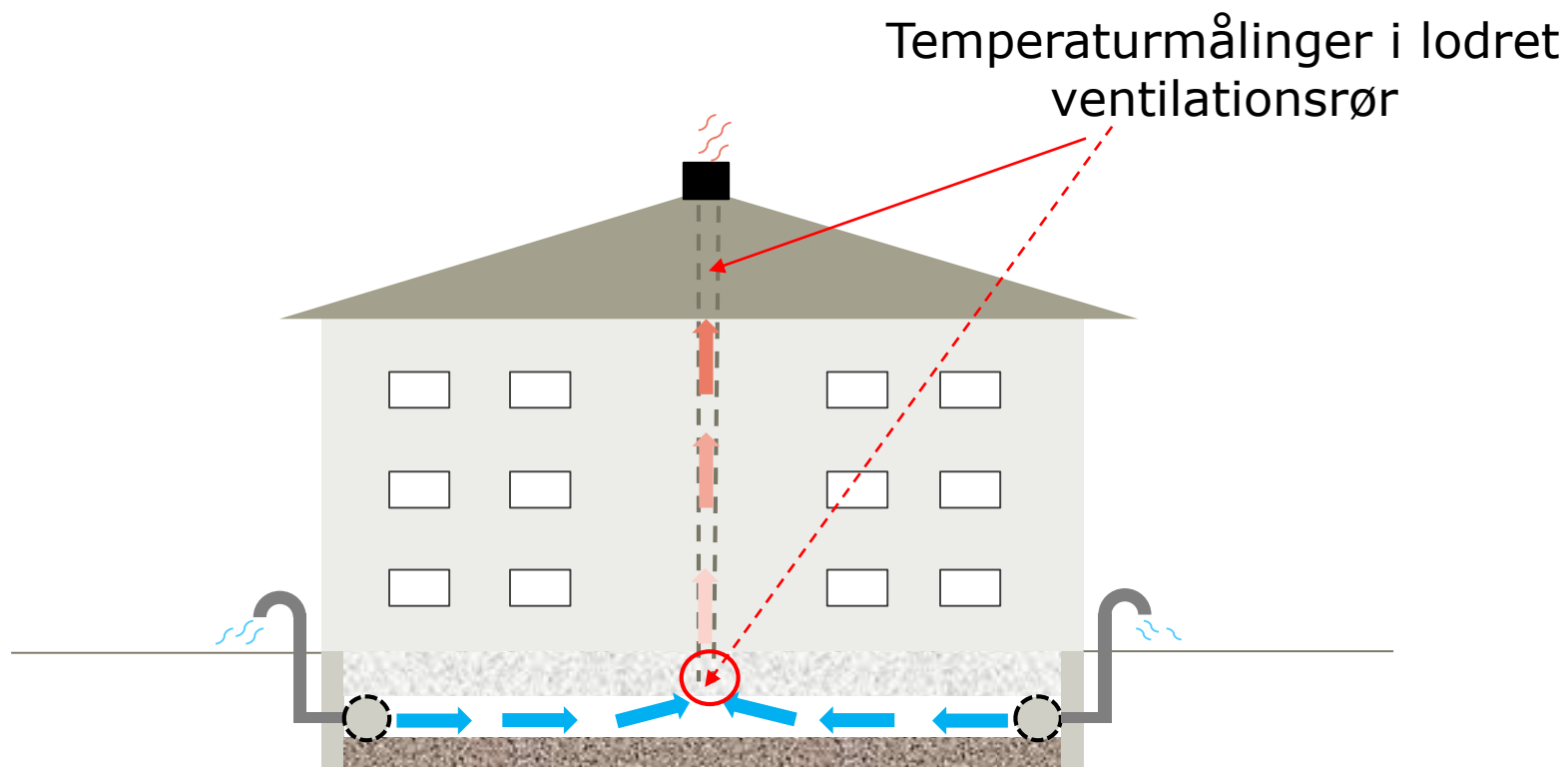
Målt og beregnet flow efter ibrugtagning



MONITERING - MÅLEPUNKTER



MONITERING - MÅLEPUNKTER



KONKLUSION

- Passive ventilationsanlæg kan under de rette betingelser drives alene ved termisk opdrift – også i sommerhalvåret
- Selv små temperaturforskelle ($<1^{\circ}\text{C}$) giver flow i afkastet
- Anvendelse af termisk opdrift kræver lavt tryktab og højde på bygningen dvs. bygninger i flere etager
- Det er muligt ved beregning at estimere effekten af ventilationsanlæg baseret på termisk opdrift
- Ved ventilationsanlæg baseret på termisk opdrift er der ikke de samme krav til udformning og placering af afkast på tag som ved anlæg drevet af vind
- I anlæg med termisk opdrift bør der være målepunkter for temperatur i top og bund af det lodrette ventilationsrør
- Der mangler viden om varmeoverførsel fra bygninger til de lodrette ventilationsrør, som kan anvendes ved projektering af passive ventilationsanlæg

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN

SPØRGSMÅL?

Jakob Skovsgaard

sjaw@aarhus.dk