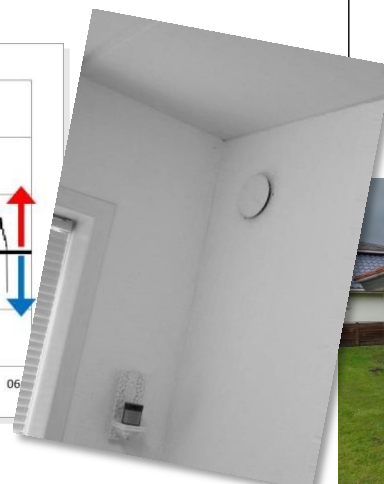
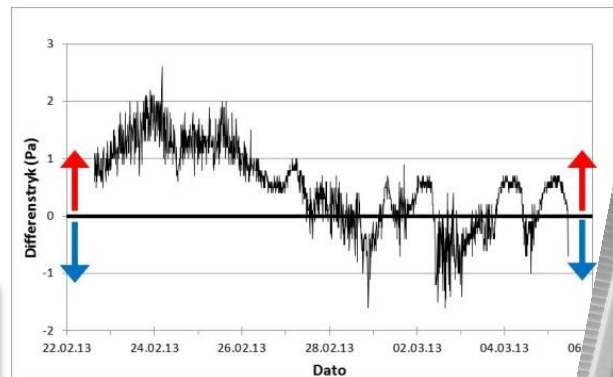
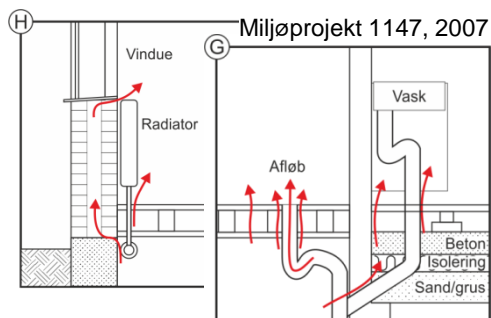
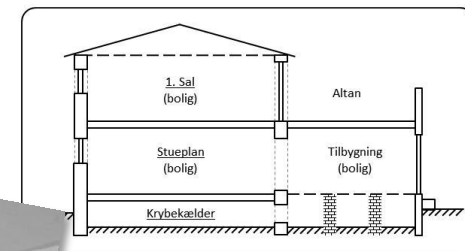
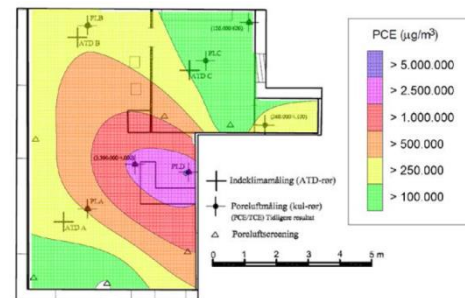


Baggrund – indeklimabidrag

- Indeklimabidrag af flygtige forureningskomponenter opstår i et (dynamisk) samspil mellem:
 - a. Poreluftforureningens styrke og fordeling under gulv.
 - b. Bygningsforhold – konstruktioner, (krybe)kælder, installationer.
 - c. Indtrængningsveje – antal og beliggenhed.
 - d. Trykdifferens over gulvet/konstruktioner.
 - e. Opblanding / fortynding i rumluft via ventilation/luftskifte.

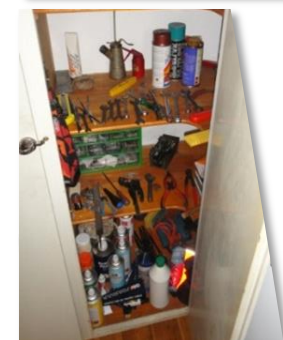
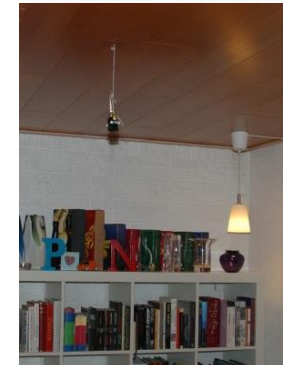
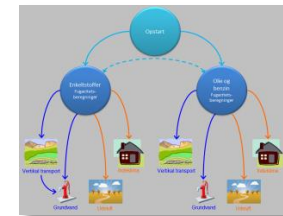


ATV Vintermøde, 11. marts 2015



Hvordan bestemmes indeklimabidraget?

- Tre principielle måder at bestemme indeklimabidraget på:
 1. Direkte indeklimamåling (hvis der ikke er interne bidrag).
 2. Måling under gulv og beregning, f.eks. i JAGG-modellen.
 3. Måling på kildeside og beregning via en reduktionsfaktor.
- For chlorerede opløsningsmidler kan man i vid udstrækning benytte sig af indeklimamålinger, da der typisk ikke er væsentlige interne bidrag.
- For (olie)kulbrinter derimod, er der ofte så store interne bidrag, specielt for TVOC og benzen, at poreluftbidraget "drukner" i baggrundsstøj.



- Anvendelsen er i princippet simpel:
 - Man måler poreluftkoncentrationen på kildesiden og dividerer med reduktionsfaktoren for at estimere indeklimabidraget.
 - Reduktionsfaktoren er en samleparameter, der repræsenterer diffusiv og konvektiv flux til indeklimaet samt fortynding via luftskiftet.
- Men, hvor stor er reduktionsfaktoren (hvad skal vi dividere med)?
 - Erfaringsbaserede værdier. Teknik og Administration nr. 2, 2013 *"Reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeklimaet, når der er betongulv"*.
 - ➔ – Metoder til at estimere lokalitetsspecifikke reduktionsfaktorer; også hvor der ikke er betongulv, f.eks. ved PFT.

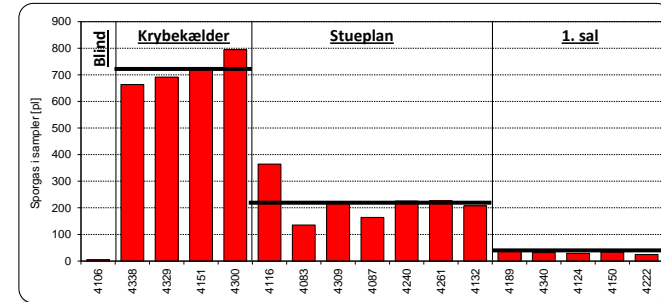
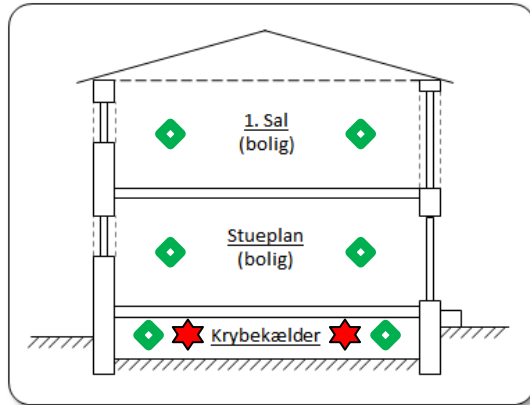


Estimering af reduktionsfaktorer med sporgas

- PFT (PerFluorcarbon Tracer) er en metode, hvor sporgas frigives passivt fra en kilde med en kendt og konstant rate.
- Opsamling sker passivt på et adsorptionsrør (f.eks. 14 dage).
- Der kan benyttes to unikke sporgasser samtidigt (rød og sølv).
- Sporgas udsendes på kildesiden, og måles på både kildeside og receptorside (typisk i indeklima).

Metodebaggrund i:
Miljøprojekt 698, 2002
Miljøprojekt 816, 2003

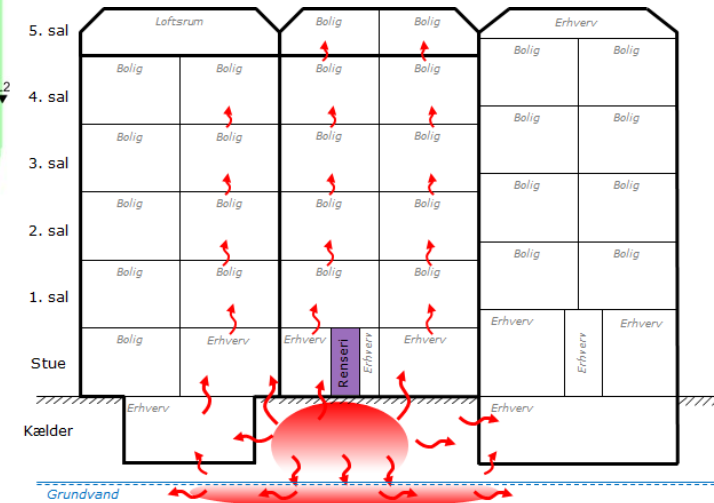
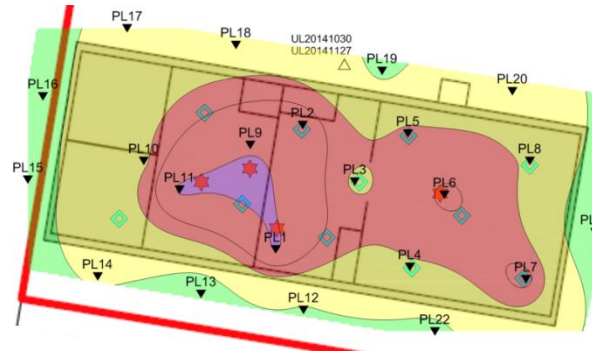
Loll et. al. 2012. ATV-møde om
"Nye undersøgelsesmetoder".



- Krybekælder til stueplan (718/220): 3,3
- Krybekælder til 1. sal (718/32): 22

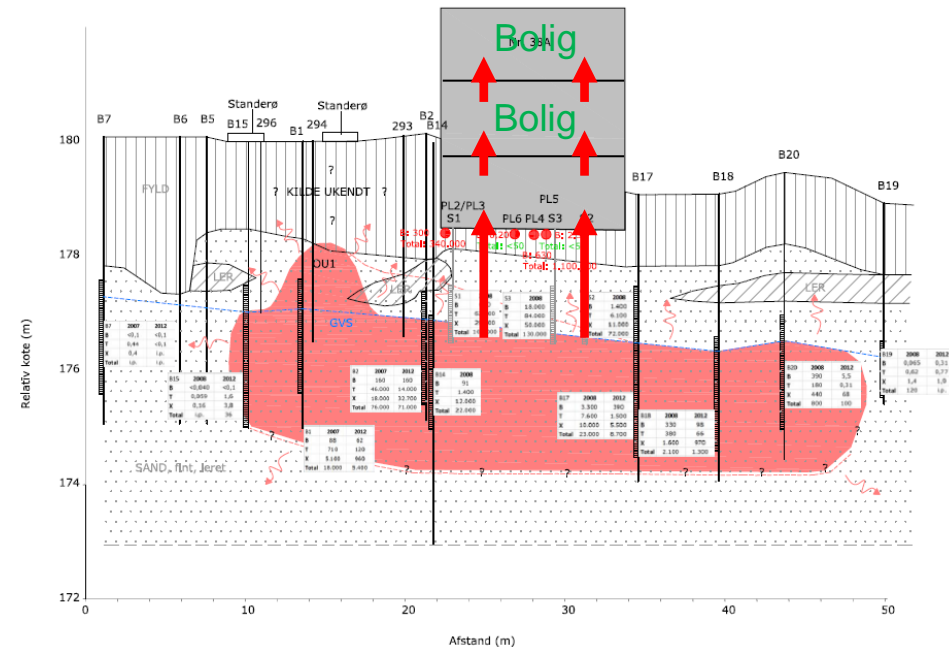
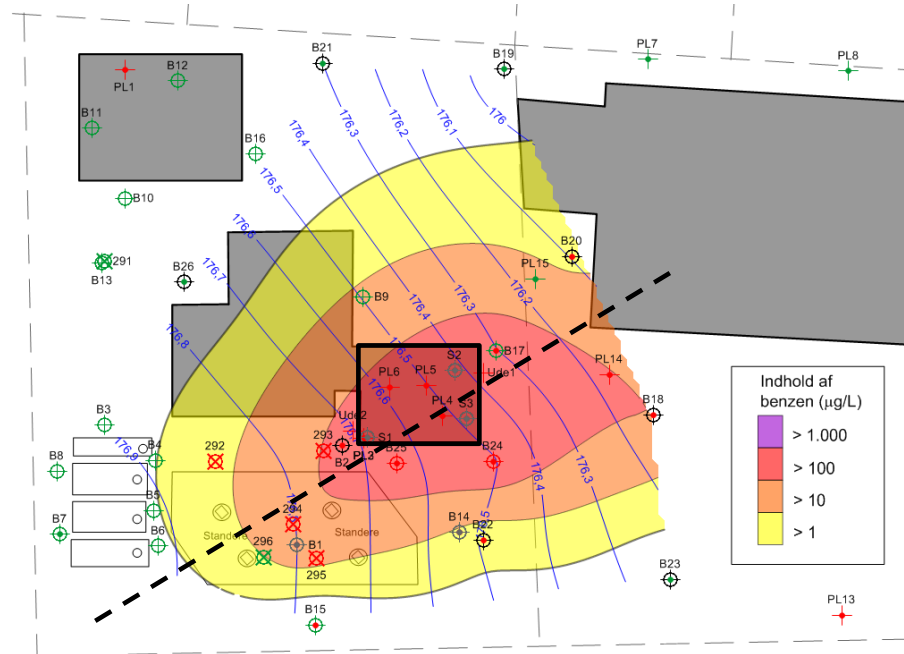
– Reduktionsfaktor fra hulmur også estimeret.

- I dag vil jeg præsentere tre konkrete nye anvendelser:
 1. Kvantificering af indeklimabidrag med benzen fra en faldstamme (afsluttet).
 2. Kvantificering af poreluftbidrag til indeklima (igangværende).
 3. Adskillelse af bidrag fra poreluft og igangværende renseri til boliger (i gang).



1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

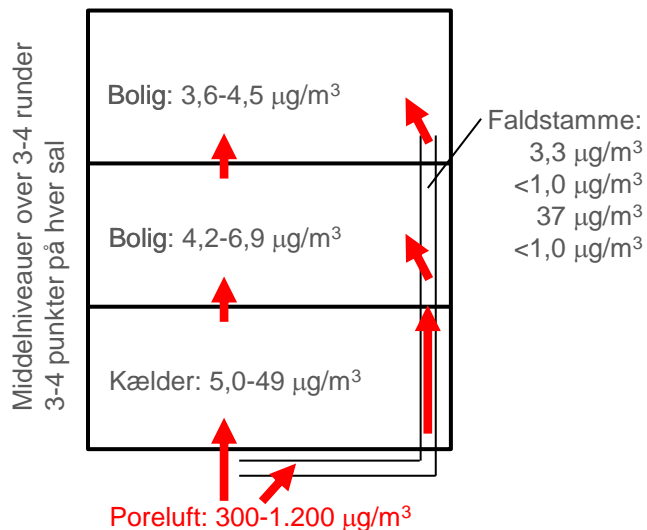
- Der er tale om en sag i Region Nordjylland, hvor en benzinforurening fra et nærliggende tankanlæg strømmer med grundvandet ind under en bolig.
 - Bygningen har kælder (ikke bolig) og stueplan samt 1. sal (begge bolig).



1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

- Adskillelse af forskellige benzenbidrag til boligens indeklima.
- Den konceptuelle forståelse af sagen viser:
 - a) Indtrængning af benzenforurenet poreluft til kælderen og videre til boligens indeklima (stueplan og 1. sal).
 - b) Indtrængning af benzenforurenet poreluft til én af bygningens faldstammer og måske videre herfra til boligens indeklima via utætheder.
- Sagen kompliceret af et højt udeluftniveau (tankanlæg og trafikeret vej).

Udeluft: 0,7-1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



- Koncentrationen i faldstammen varierer tilsyneladende meget over tid.
- Men kan koncentrationerne i faldstammen overhovedet give anledning til et uacceptabelt bidrag?

1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

- Vi tager udgangspunkt i at poreluftkoncentrationer af benzen på $>13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kan give anledning uacceptable bidrag til indeklimaet (>100 gange afdampningskriteriet).
 - Er det sandsynligt at en tilsvarende koncentration i en faldstamme kan give anledning til et uacceptabelt bidrag?
 - Ligevægt imellem bidrag og fjernelse via luftskifte (vejl. nr. 7, 1998):

$$q \cdot C_{\text{kilde}} = C_{\text{ik}} \cdot A \cdot L_h \cdot L_s$$

hvor $q = \text{luftflux ind i bygning (m}^3/\text{t)}$

$C_{\text{kilde}} = \text{konc. på kildested (}\mu\text{g}/\text{m}^3\text{)}$

$C_{\text{ik}} = \text{resulterende indeklimakonc. (}\mu\text{g}/\text{m}^3\text{)}$

$A = \text{Areal (m}^2\text{)} = 10 \times 12 \text{ m eller } 3 \times 4 \text{ m}$

$L_h = \text{Luftshøjde (m)} = 2,3 \text{ m}$

$L_s = \text{Luftskifte (t}^{-1}\text{)} = 0,3 \text{ t}^{-1}$

hvis $C_{\text{kilde}} = 13 \mu\text{g benzen}/\text{m}^3$
 $C_{\text{ik}} = 0,13 \mu\text{g benzen}/\text{m}^3$

$$q = \frac{C_{\text{ik}} \cdot A \cdot L_h \cdot L_s}{C_{\text{kilde}}}$$

$q = 0,83 \text{ m}^3/\text{t}$ eller $0,083 \text{ m}^3/\text{t}$
hele boligen* badeværelset

- Dvs. mellem 83 og 830 L/t kan give et uacceptabelt indeklimabidrag.
- Men hvor er utæthederne og hvor store er de (der lugter ikke)?

1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

- Mulig gasudsivning fra faldstammer:
 - Utætte samlinger og pakninger, gennemtæringer, plastrør :



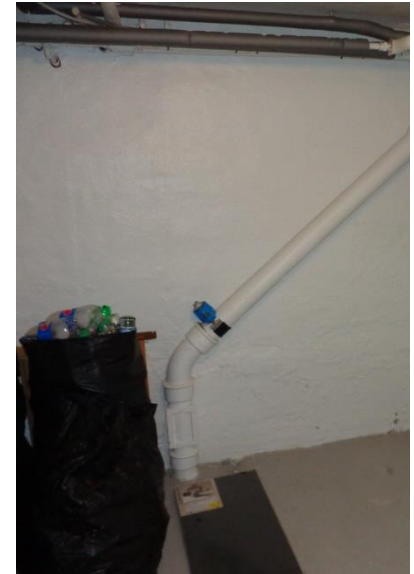
1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

- Sporgasundersøgelsen:
 - a) Installation af en sporgaskilde (rød) på faldstammen tæt på poreluften.



1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

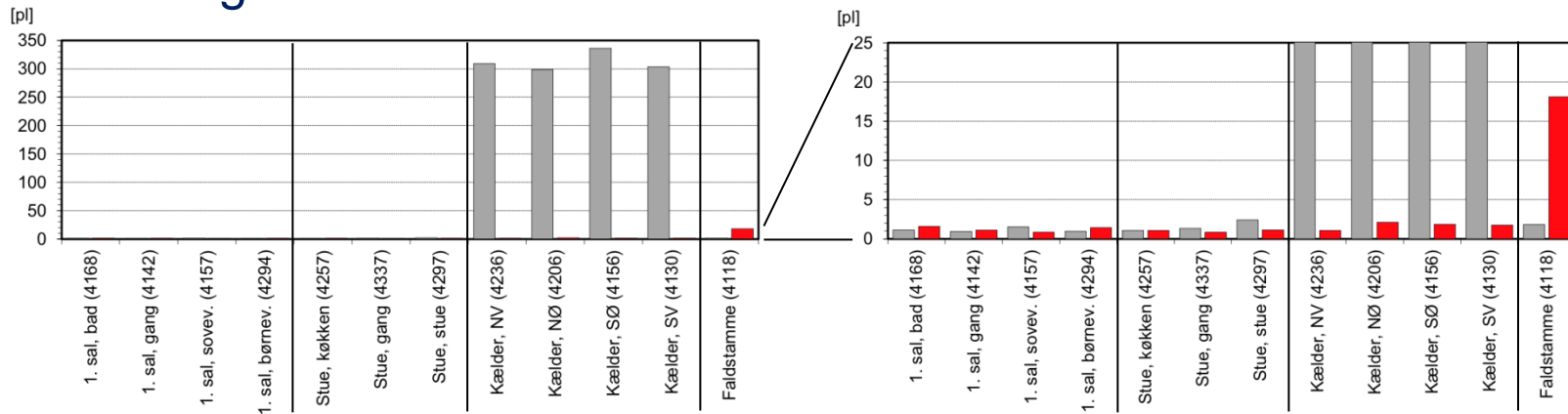
- Sporgasundersøgelsen:
 - b) Placering af en sampler tæt på WC'er på 1. sal (ved luftmåling i faldstammen)



- c) Der er også placeret kilder (sølv) i kælders indeklime til estimering af bidrag fra kælder til indeklime.

1. Kvantificering af bidrag fra faldstamme

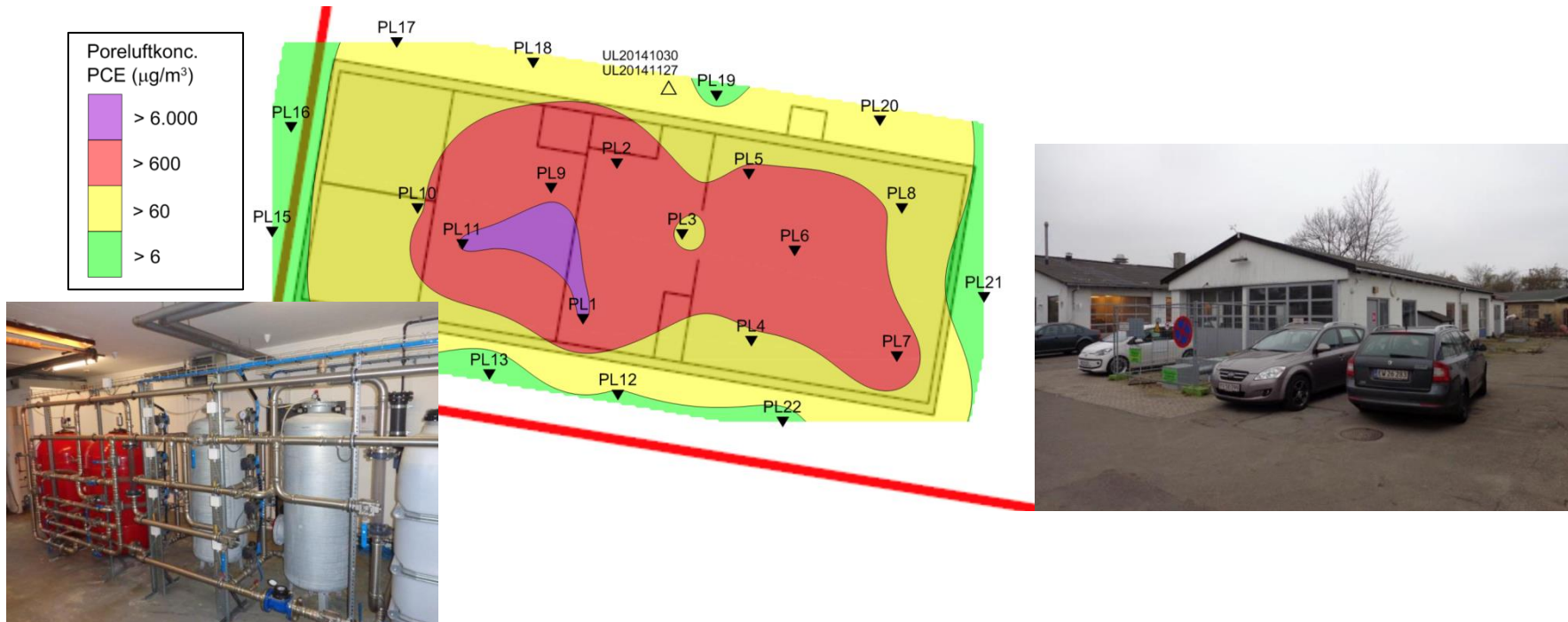
- 14-dages midlede resultater:



- Der kommer ingen sporgas fra kælder (sølv) til stueplan eller 1. sal.
- Sporgaskilden i faldstammen (rød) har været hæmmet for meget (stort luftskifte).
- Sporgas (rød) fra faldstammen ikke målbart i IK. *Er forsøget mislykkedes?*
- Luftskiftet i faldstammen var meget højt: 160 t^{-1} . Reduktionsfaktor $> \text{ca. } 9$.
- Luftskiftet i kælderen var ret højt: $0,72 \text{ t}^{-1}$. Reduktionsfaktor etageadskillelse $> \text{ca. } 200$.
- Resultatet for etageadskillelsen stemmer faktisk overens med resultaterne fra den samhørende IK-runde, hvor der for første gang ikke forekommer mest benzen i kælderen (men i stueplan). Forklaringen mangler med det hænger sammen.

2. Poreluftbidrag til indeklima

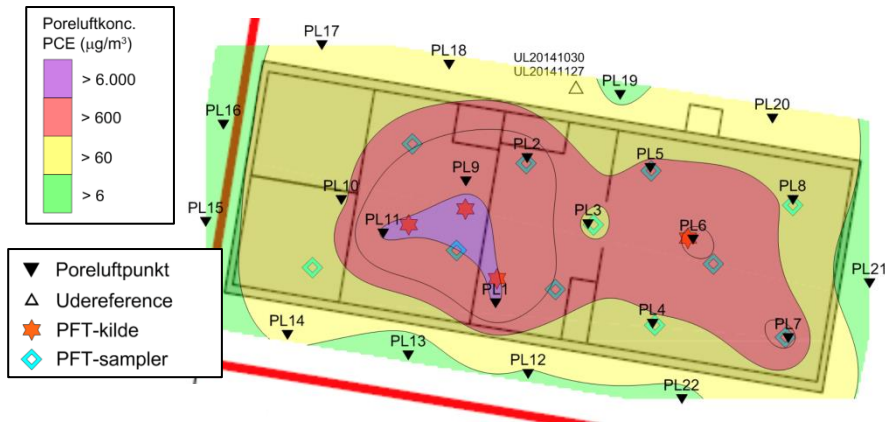
- TUP i Region Hovedstadens Innovationsgarage - tidl. renseri:
 - Her er det afgørende at estimere bidraget fra poreluften til indeklimaet (over betongulvet). En teknik der (specielt) vil kunne finde anvendelse på oliesager.
 - De opnåede resultater kan her sammenlignes med resultaterne for PCE.



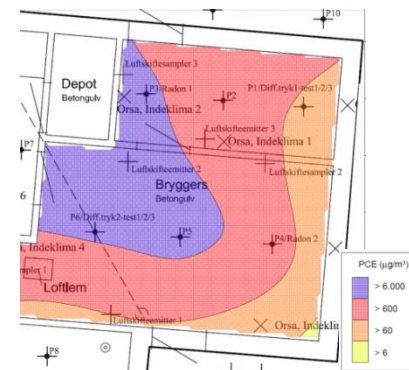
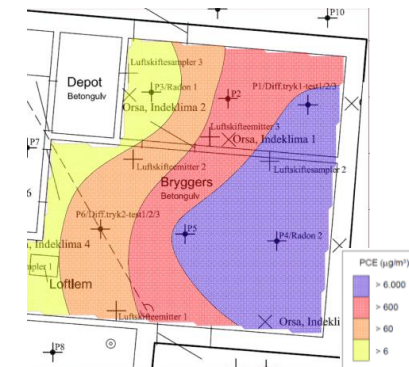
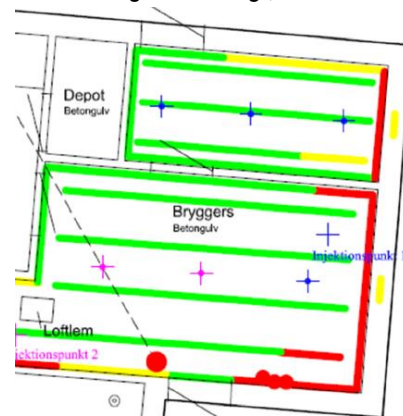
2. Poreluftbidrag til indeklima

- På baggrund af poreluftundersøgelsen designs en sporgasundersøgelse med kilder (4 stk.) og samplere i poreluft (11 stk.) og samplere i indeklima (6 stk.).

- Sporgasskyen skal imitere PCE-udbredelsen for at de estimerede reduktionsfaktorer bliver repræsentative for PCE.



OPI-projekt, Region Sjælland: "Indeklimaforbedrende energirenovering", oktober 2013.

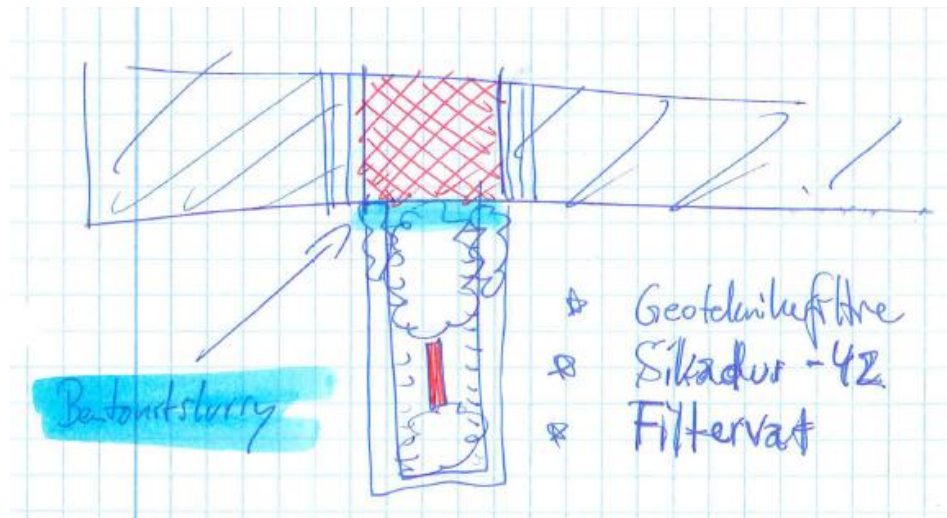


- I TUP-projektet undersøger vi:

- Installationsprocedure af kilder og samplere (tætning).
- Den tidlige dynamik i sporgasudbredelsen (måles over tid).

2. Poreluftbidrag til indeklima

- Afgørende at der ikke sker by-pass flow af sporgas til indeklimaet i installationspunkter for kilder og samplere:
 - Kerneboring ø40 mm og lille håndbor.
 - Nedsætning af ø25 mm filterrør.
 - Afpropning med bentonitslurry og Sikadur-42 flydemørtel.
 - Dokumentation af tætning med "osteklokke".



2. Poreluftbidrag til indeklima

- Anvendelse:

- Arealvægtet gennemsnit af PFT-konc. i poreluften ($PFT_{a-gns,PL}$).
- Gennemsnit af PFT-koncentration i indeklimaet ($PFT_{gns,IK}$).
- Arealvægtet gennemsnit af PCE-konc. i poreluften ($PCE_{a-gns,PL}$).
- Gennemsnit af PCE-koncentration i indeklimaet ($PCE_{gns,IK}$).

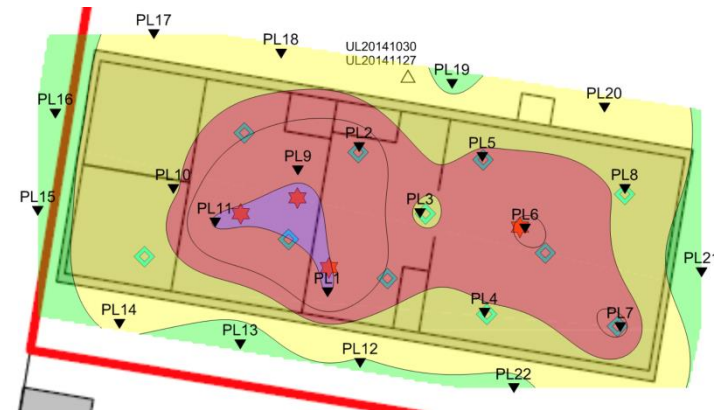
$$\text{Reduktionsfaktor-PFT} = PFT_{a-gns,PL} / PFT_{gns,IK}$$

$$\text{Reduktionsfaktor-PCE} = PCE_{a-gns,PL} / PCE_{gns,IK}$$

Hvad er usikkerheden?

$$\text{Bidrag-PCE} = PCE_{a-gns,PL} / \text{Reduktionsfaktor-PFT}$$

Stemmer det med $PCE_{gns,IK}$?



- Mens kulrør og ORSA-sampling over 14 dage repræsenterer ca. 100-140 L luft, så samler PFT i størrelsesordenen 3 L luft over 14 dage (punktprøver).

