

Bidrag fra faldstammer/kloakker - Et redskab til robust vurdering

Per Loll, Trine Skov Jepsen og
Susanne B. Mogensen

DMR®

Tak til:

Karin Birn Nielsen, Louise O. Jakobsen og
Sanne Flarup Sadolin, Region Midtjylland

Ann Steen Nikolajsen, Region Nordjylland

Anne Marie Schondelmaier og Anne T.
Ottosen, Region Syddanmark

midt Region
Midtjylland

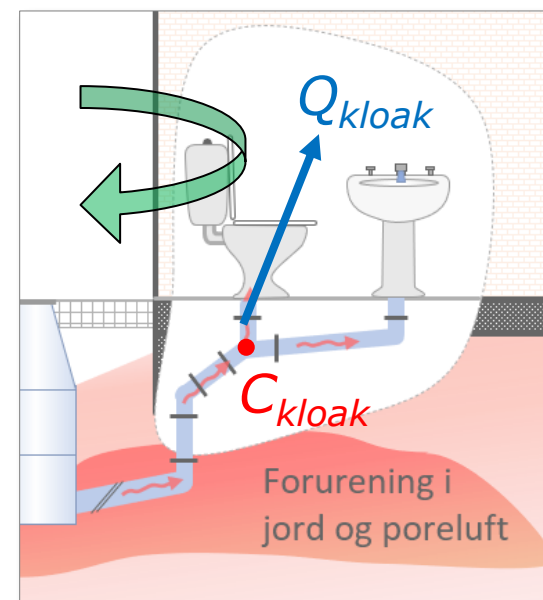
ri Region
Nordjylland

**Region
Syddanmark**

&

 Miljø- og
Ligestillingsministeriet
Miljøstyrelsen

Teknologiprogram for jord-
og grundvandsforurening



- 

- Fra interne kilder

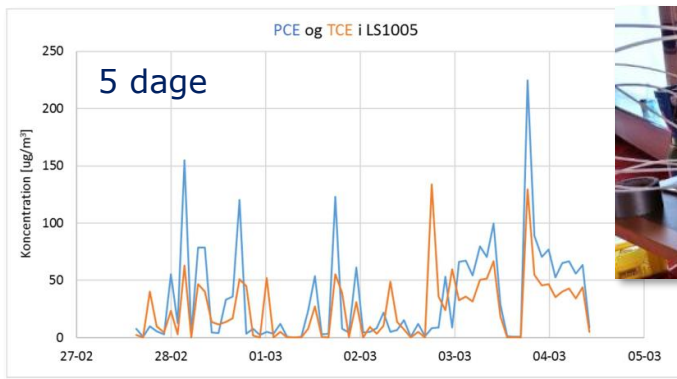


- Hvis vi måler direkte i indeluften, får vi dem alle med; også "de grønne" som vi ikke skal handle på.
- I dette indlæg ligger fokus på bidrag fra faldstammer/kloakker.
- Kan være meget svært at få et godt greb om på konkrete sager.

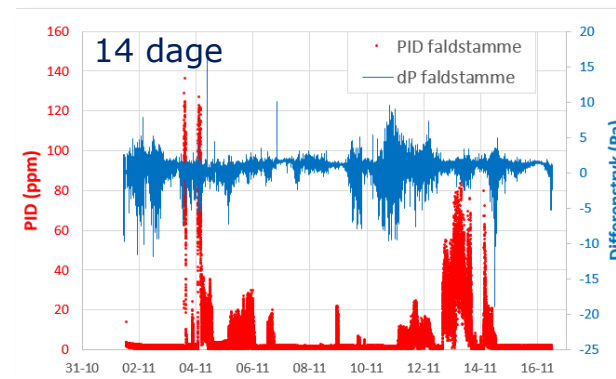


To grundlæggende problemstillinger ift. kloakbidrag

- 1) Der er (store) tidslige variationer i kloakkoncentrationer
 - Flere projekter har set på de tidslige dynamikker (og underliggende årsager)



COWI for RM (2023),
VaporSafe

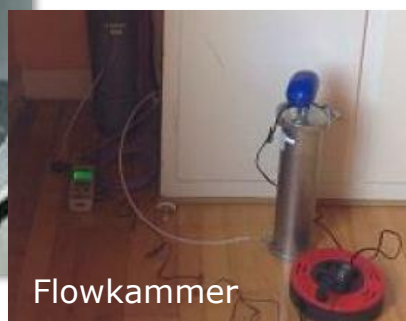


DMR for RSD (2018), *Obduktionsprojektet*

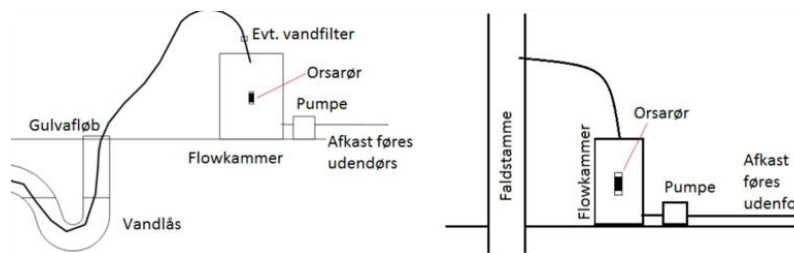
- Flere projekter har undersøgt passiv prøveopsamling (14 dage)



SWECO for RSD (2018),
Obduktionsprojektet



Flowkammer

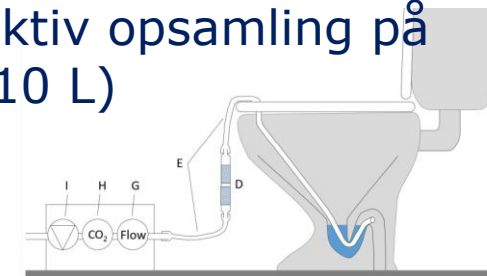


4. juli 2023

midt
regionmidtjylland

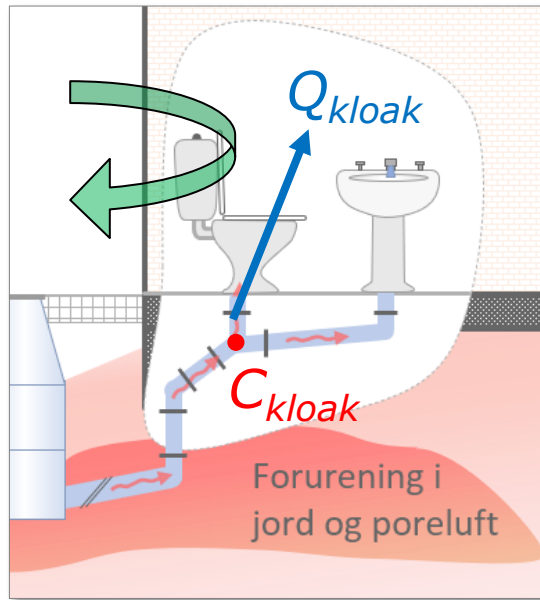
Metoder til måling for vinylchlorid og andre chlorerede
opløsningsmidler i kloaksystemer

- OK resultater men metoder har ikke fundet anvendelse (pga. praktik)
- Derfor er branchestandard stadig aktiv opsamling på kulrør (10 L)



2) Koncentration er ikke nødvendigvis et godt mål for risiko

- Koncentrationen er et udtryk for potentialet for et kritisk bidrag
- Og en høj koncentration er, alt andet lige, værre end en lav koncentration ... men alt andet er ikke lige!
- Det faktiske bidrag opstår som **koncentration** · **luftflow** (=masseflow), ved opblanding i **luftskiftet i indeluften** (f.eks. i badeværelse)



Massebalance

$$C_{kloak} \cdot Q_{kloak} = C_{ik,kloak} \cdot A \cdot L_h \cdot L_s$$

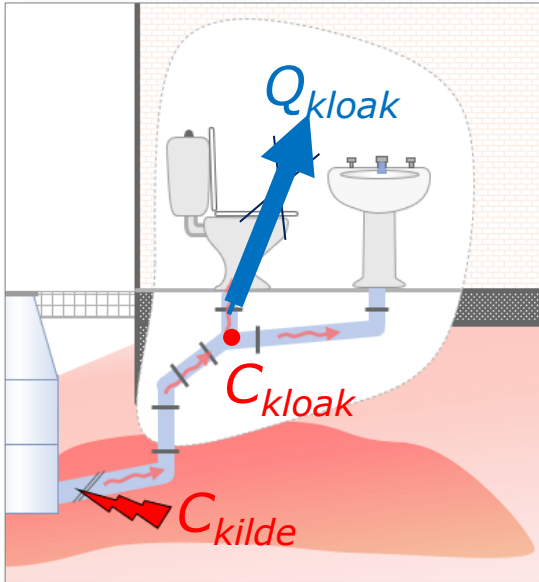
$$C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$$

Badeværelse	
L	3 m
B	2 m
A	6 m ²
L _h	2,35 m
L _s	0,3 t ⁻¹

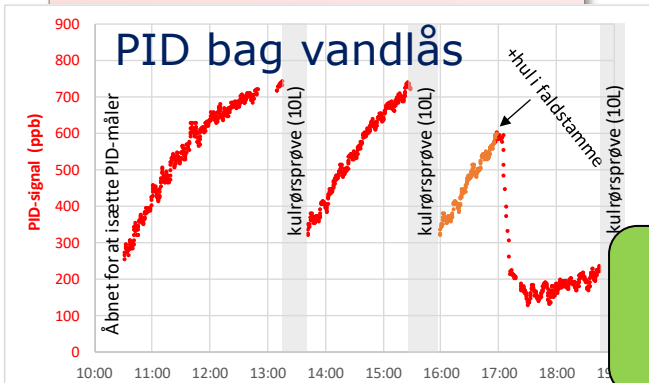
- **Koncentration** og **luftflow** er i princippet lige "farlige" (ved opblanding i et givent rum/luftskifte)
- Vi kan måle **koncentrationen**, men **luftflowet** er meget svært at få et håndtag på.

To grundlæggende problemstillinger ift. kloakbidrag

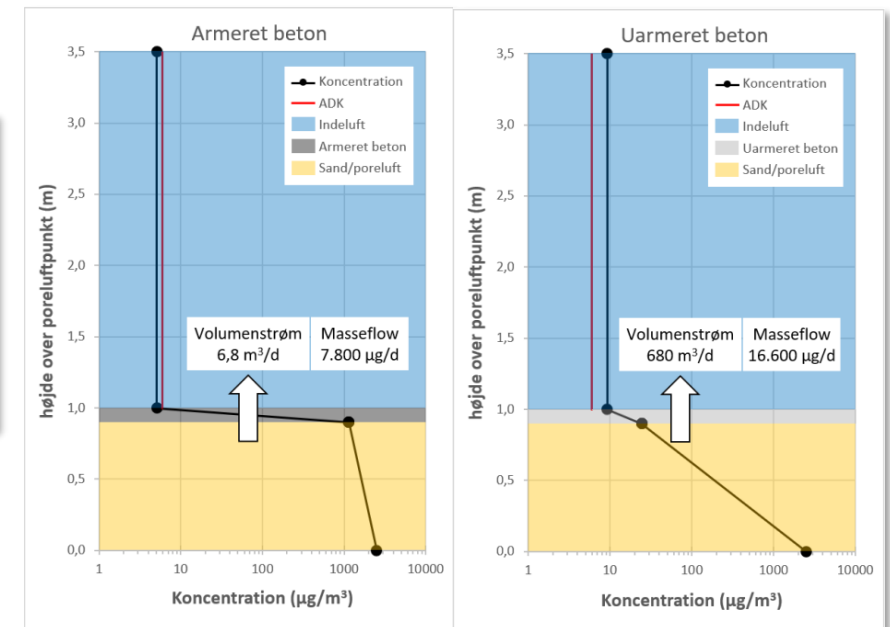
- Vi prøver at betragte et kloaksystem, hvor der ikke er en uendelig hurtig tilførsel ($\sim$ diffusionsbegrænset ⚡).



- Ved $Q_{kloak} \rightarrow 0$ forventer vi at $C_{kloak} \rightarrow C_{kilde}$ (forureningen kan ikke slippe ud).
- Ved Q_{kloak} = "høj" forventer vi at $C_{kloak} \rightarrow$ lav (kildens tilførsel kan ikke "følge med").
- Analog til poreluftbidrag:



OBS: Fjernelse medfører lavere koncentration!



Så hvor står vi nu?

- Kloakbidrag kan erfaringsmæssigt give bidrag $>ADK$.
- Kloakbidrag kan være betydende for videre undersøgelsesfokus og eventuel afværge.
- Tidslige variationer i kloakkoncentrationer kan være "ekstreme" (2-3 dekader).
- Den bedste metode (branchestandard) til undersøgelse af kloakkoncentrationer (kulrør, 10 L) er følsom overfor tidslige variationer.
- Koncentrationen er kun én del af ligningen, og luftflowet er ikke sådan lige til at måle.
- Koncentration og luftflow er formentlig omvendt proportionale i et eller andet omfang.

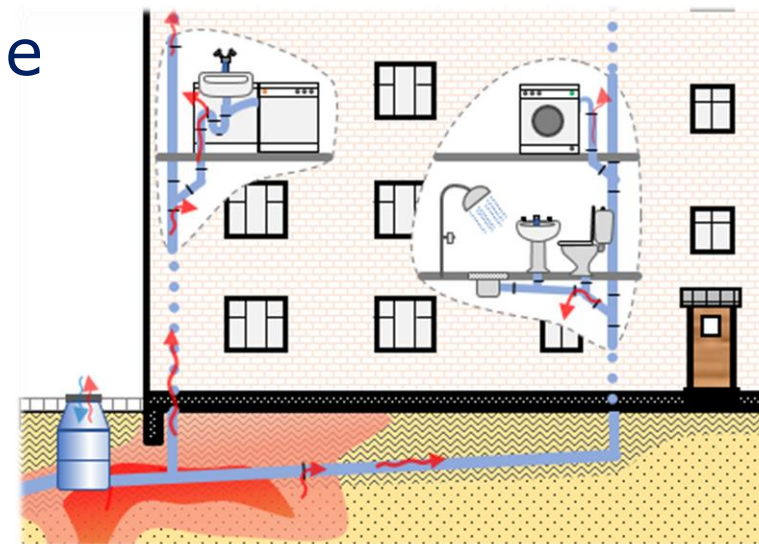


Idéen bag det nye værktøj

- Indeluftmålinger omfatter det totale bidrag via alle spredningsveje.
- Den del af det totale bidrag, der kommer fra kloak/faldstamme, indeholder allerede både **koncentration** og **luftflow** – og er allerede omregnet til et bidrag via. luftskiftet i rummet.
- Vi ser på ét vådrum ad gangen:

Indeluftbidrag fra kloak (i vådrum) $C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$ ← Masseflow fra kloak/faldstamme
← Rummet's betydning (fortyndning)

- Men medmindre hele bidraget til indeluften kommer fra kloakken/faldstammen, så er vi lige vidt ...
- Så hvad gør vi?



Det nye værktøj



- Vi tager udgangspunkt i branchestandarderne ift. målinger:
 - Passiv opsamling på ORSA-rør i indeluft (~14 dage)
 - Aktiv opsamling på kulrør bag vandlås (10 L) **x2**
- Idéen:
 - Vi ser på C_{kloak} og IL-konc. i vådrummet på samme tid
 - Vi går ikke efter et kvantitativt bidrag – men et kvalitativt "udfald"
- Disclaimer:
 - Det er ikke tænkt som et værktøj, der skal bruges på alle sager
 - Det er blot et nyt værktøj til den samlede værktøjskasse
 - Måske kan det specielt bruges på sager, der ellers kan være svære at tolke



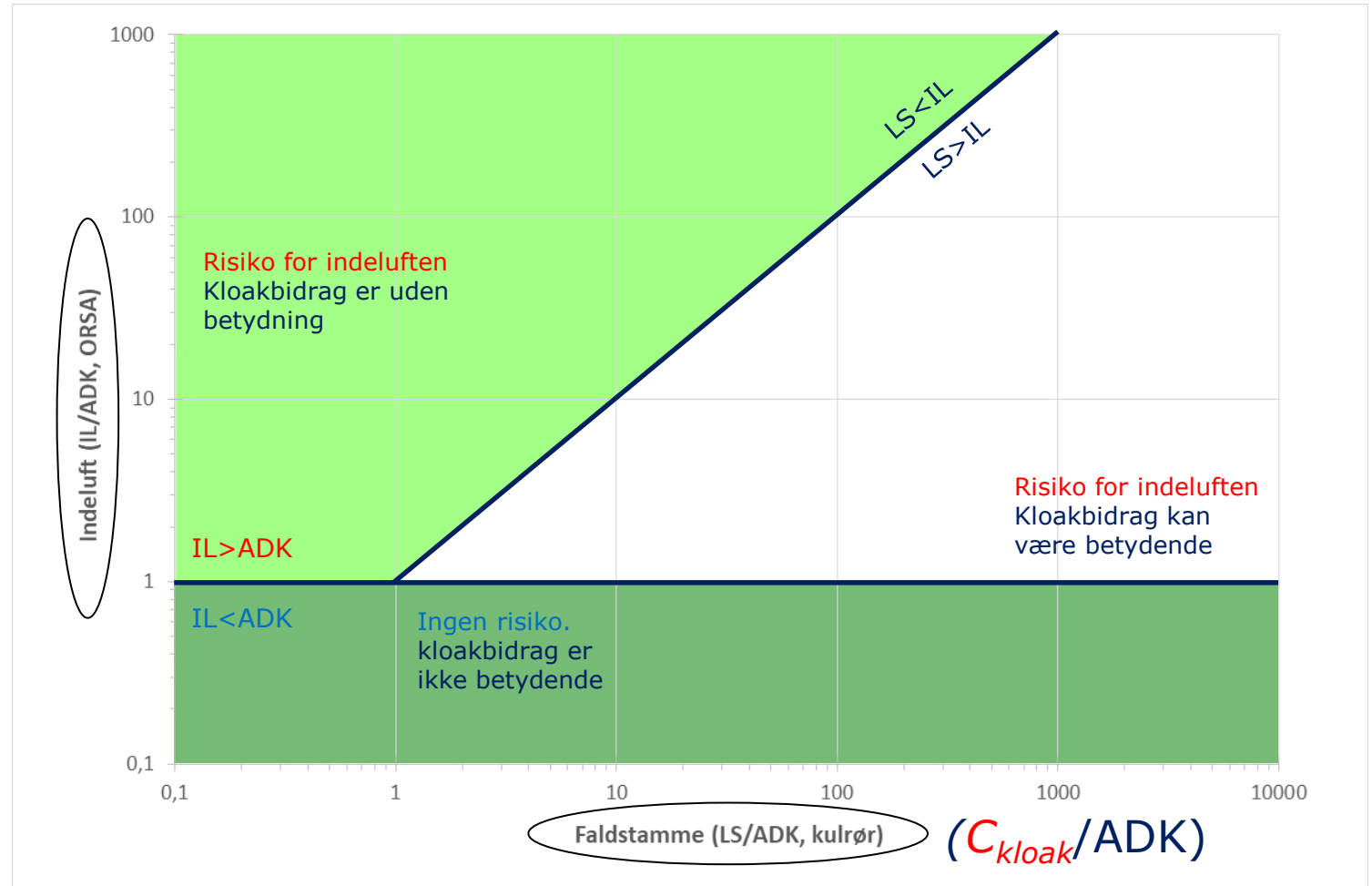
Værktøjet (ver. 0.2)

Indeluftbidrag fra kloak (til vådrum)

$$C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$$

Vi tager udgangspunkt i at målingerne er retvisende

og at $C_{ik} \text{ (total)} \geq C_{ik,kloak}$



Værktøjet (ver. 0.2)

Indeluftbidrag fra kloak (til vådrum)

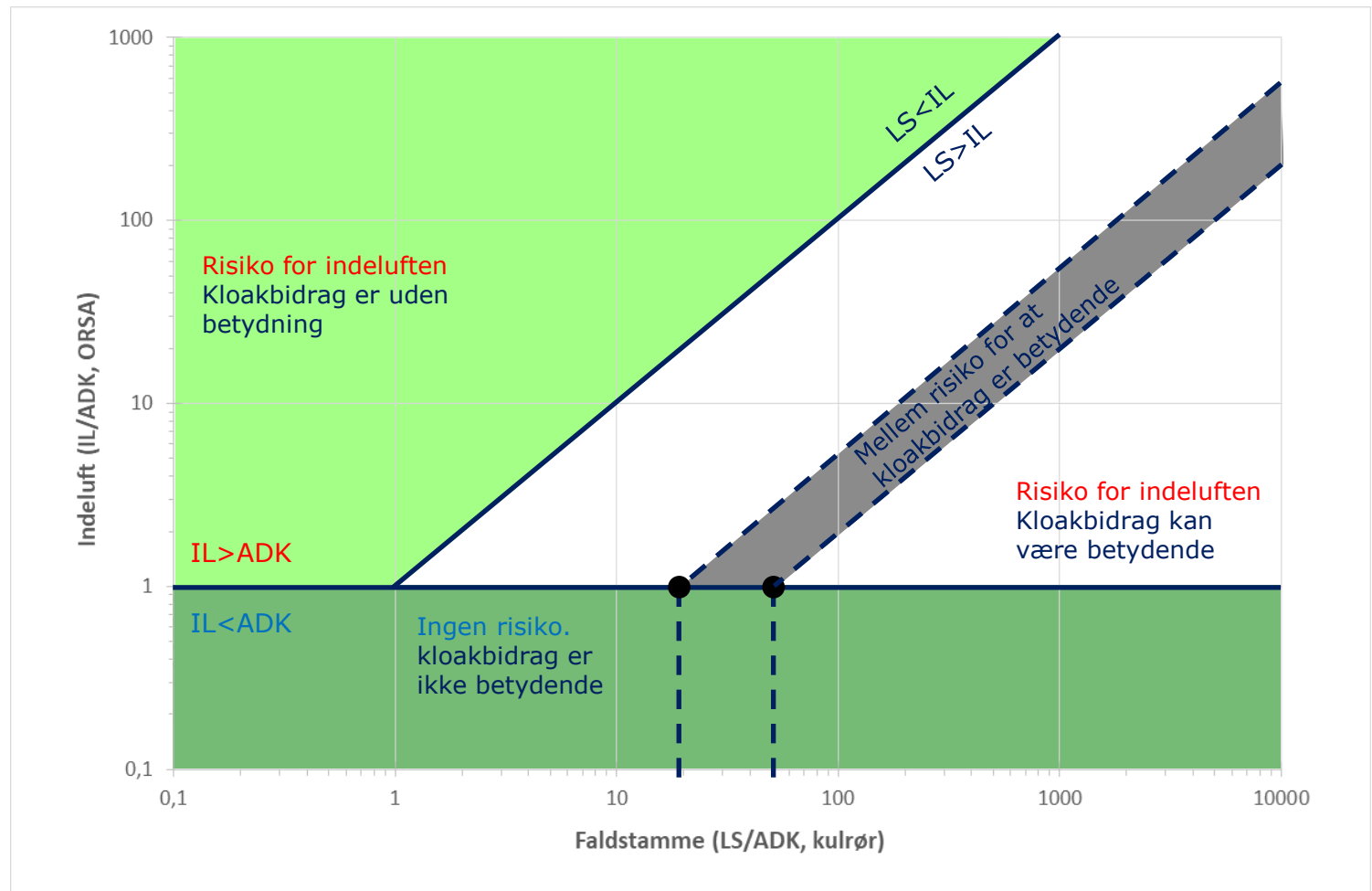
$$C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$$

Vi tager udgangspunkt i at målingerne er retvisende

og at $C_{ik} \text{ (total)} \geq C_{ik,kloak}$

Indhold i kloak 20-50·ADK

2-5% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken
($LS=20-50 \cdot IL$)



Værktøjet (ver. 0.2)

Indeluftbidrag fra kloak (til vådrum)

$$C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$$

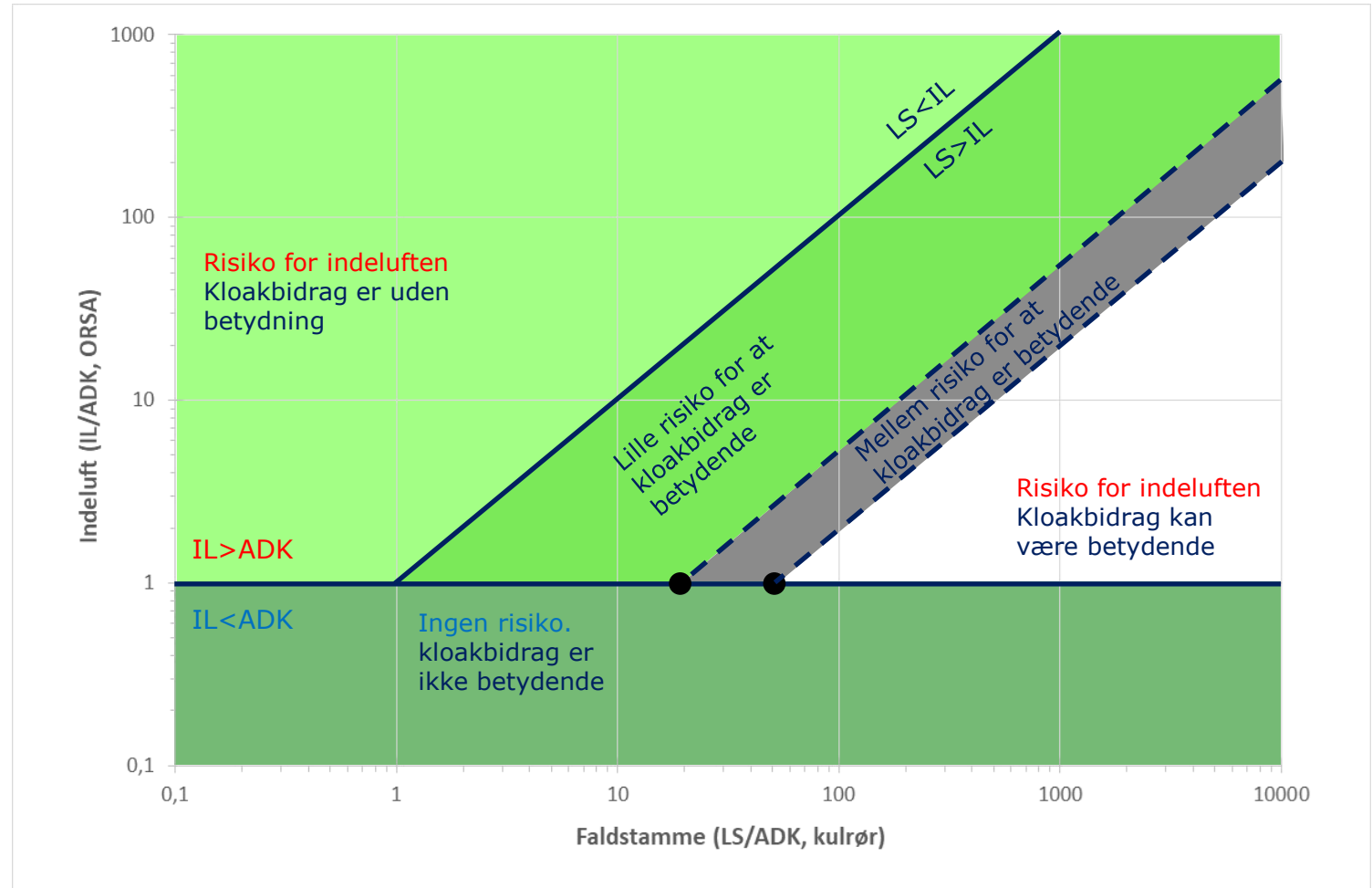
Vi tager udgangspunkt i at målingerne er retvisende

og at $C_{ik} \text{ (total)} \geq C_{ik,kloak}$

Indhold i kloak 20-50·ADK

2-5% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken (LS=20-50·IL)

5-100% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken (LS=1-20·IL)



Værktøjet (ver. 0.2)

Indeluftbidrag fra kloak (til vådrum)

$$C_{ik,kloak} = \frac{C_{kloak} \cdot Q_{kloak}}{A \cdot L_h \cdot L_s}$$

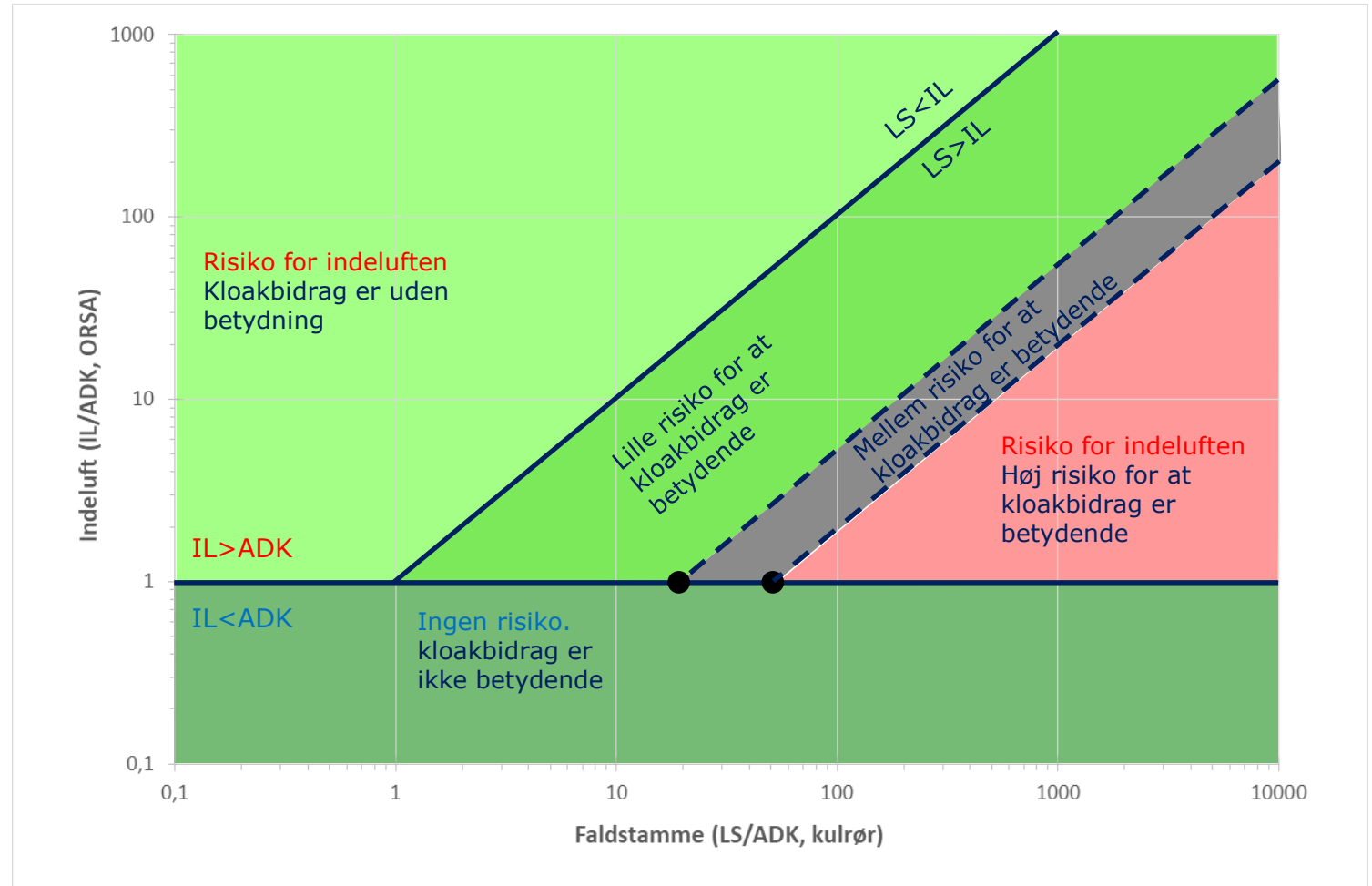
Vi tager udgangspunkt i at målingerne er retvisende

og at $C_{ik} \text{ (total)} \geq C_{ik,kloak}$

Indhold i kloak 20-50·ADK

2-5% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken (LS=20-50·IL)

5-100% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken (LS=1-20·IL)



<2% af luften i vådrummet skal komme fra kloakken (LS>50·IL)

Værktøjet (ver. 0.2)

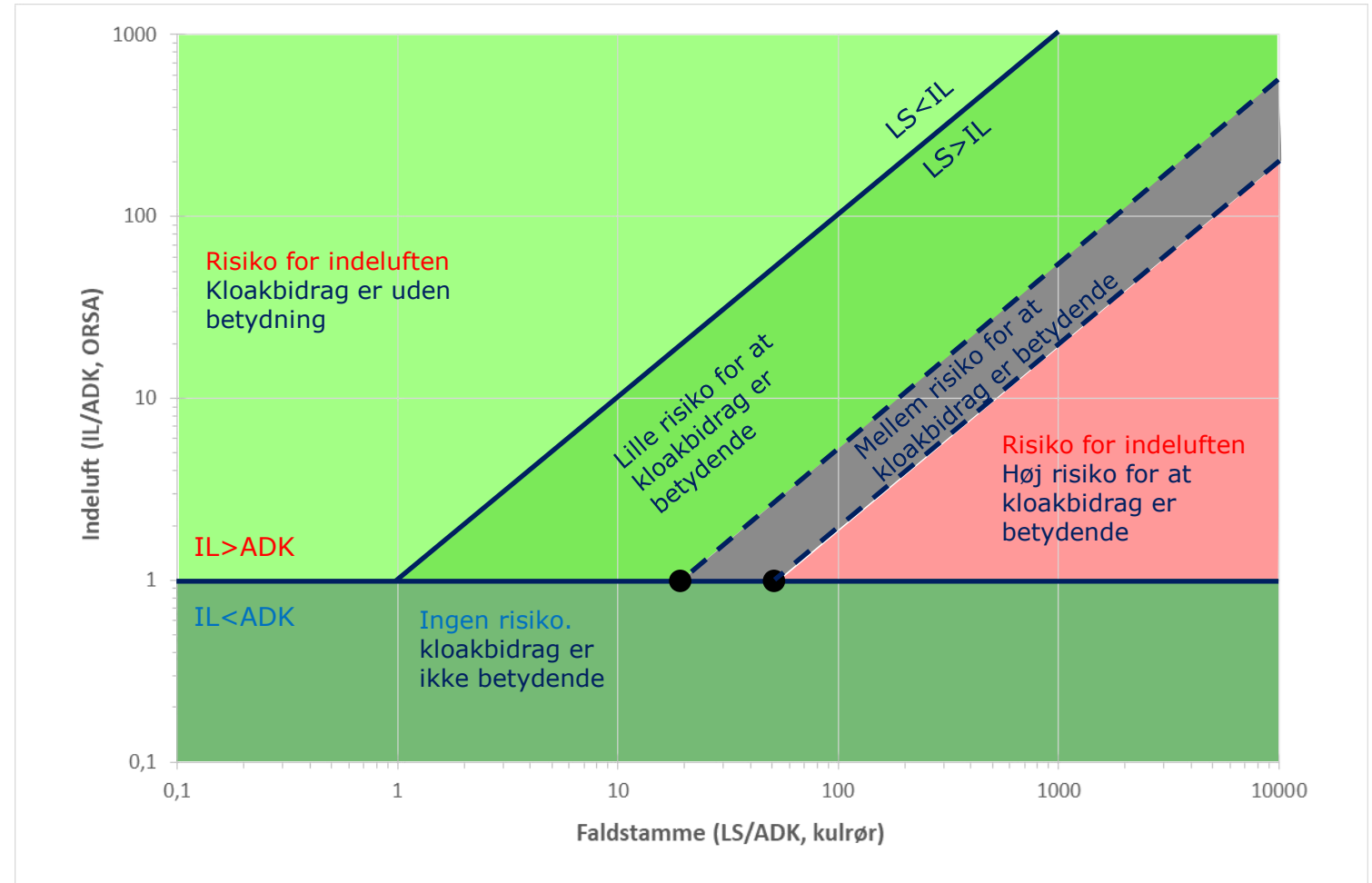
$LS < IL$

(kloakluften vil "fortynde"
andre bidrag)

5-100% af luften i vådrummet
skal komme fra kloakken
($LS = 1-20 \cdot IL$) *Lille risiko*

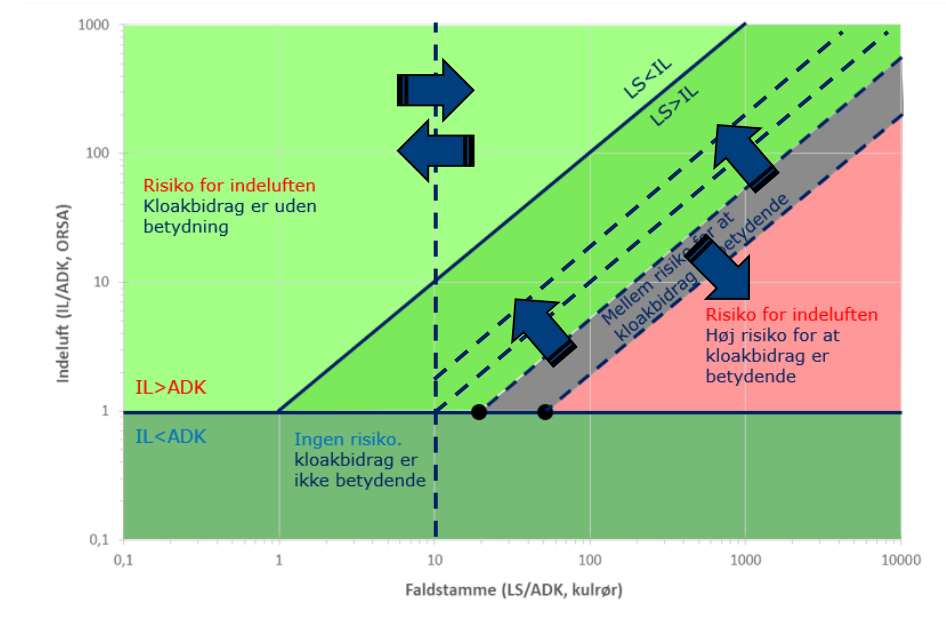
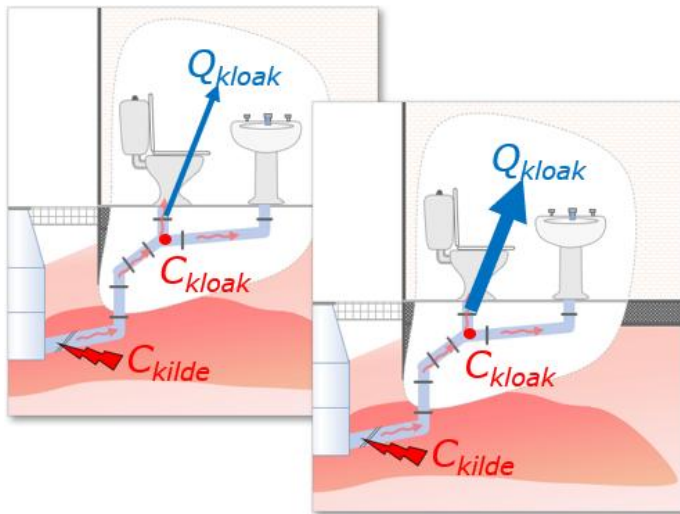
2-5% af luften i vådrummet
skal komme fra kloakken
($LS = 20-50 \cdot IL$) *Mellem risiko*

<2% af luften i vådrummet
skal komme fra kloakken
($LS > 50 \cdot IL$) *Høj risiko*



Der arbejdes videre ad to spor

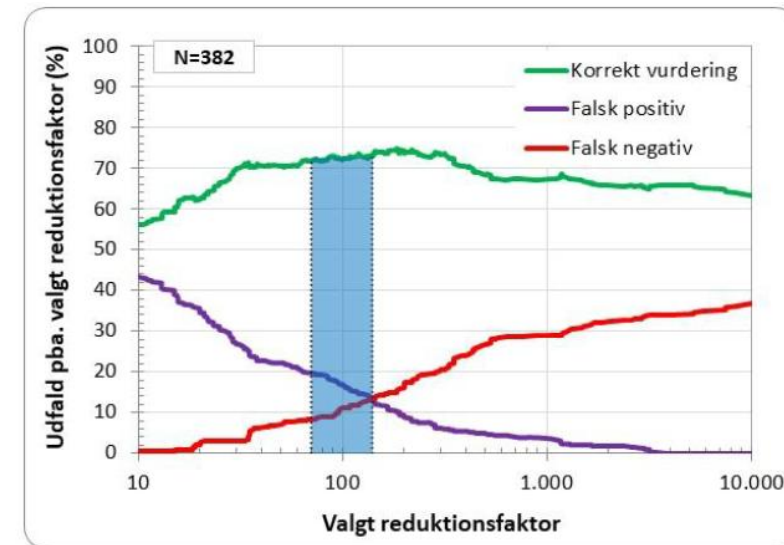
- A. Grænserne i modellen kalibreres til virkelige data - analogt til "erfaringsbaserede reduktionsfaktorer"
- Balance imellem Q_{kloak} og C_{kloak} på virkelige sager.



- Alle regioner har indvilliget i at bidrage med data fra eksisterende/afsluttede sager (samtidige LS og IL) i vådrum
- Der udarbejdes konceptuelle tolkningsmodeller til understøttelse af tolkning (forsk. udfald) via redskabet
- Arbejdet påbegyndes "nu" 😊

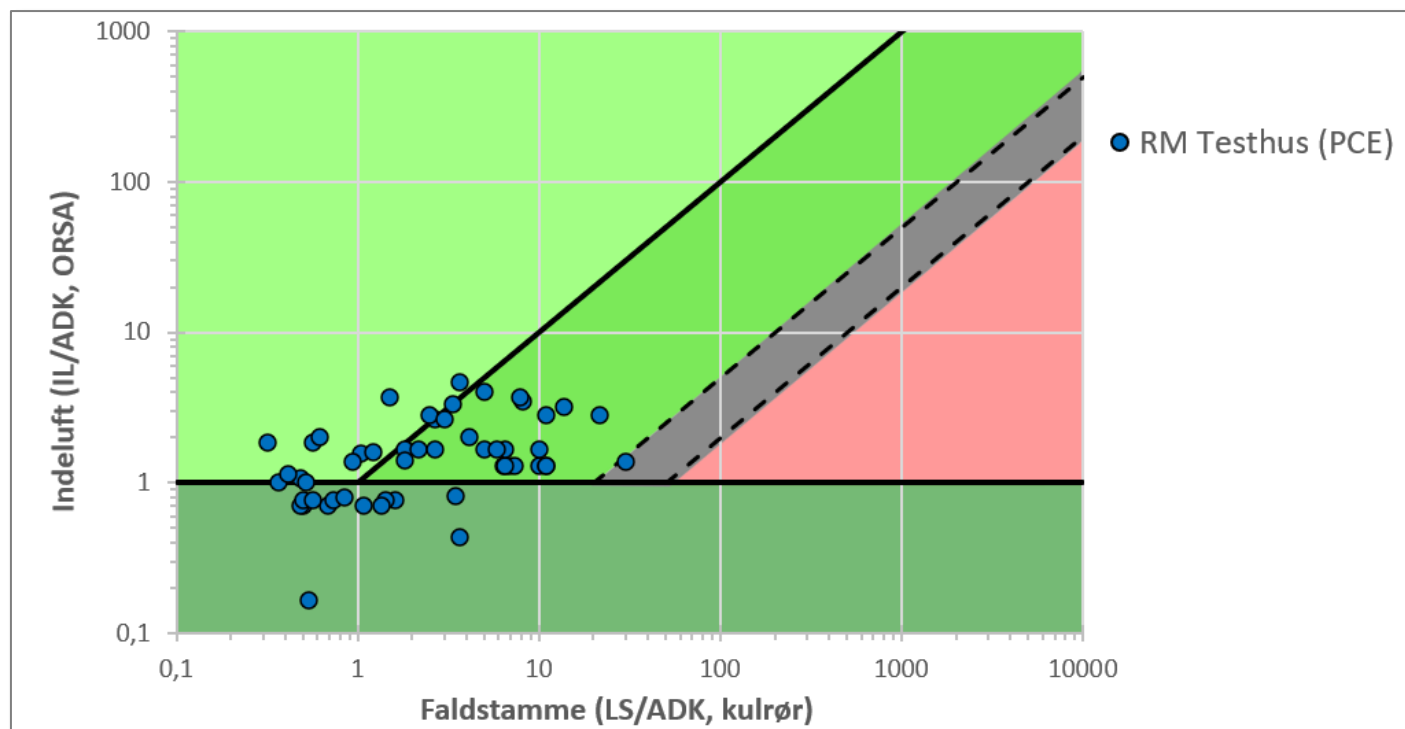
Erfaringsbaserede reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeluften når der er in-situ støbt betondæk - Erfaringer fra 161 danske lokaliteter

Teknik og Administration
Nr. 1 2023



Spor A indtil videre

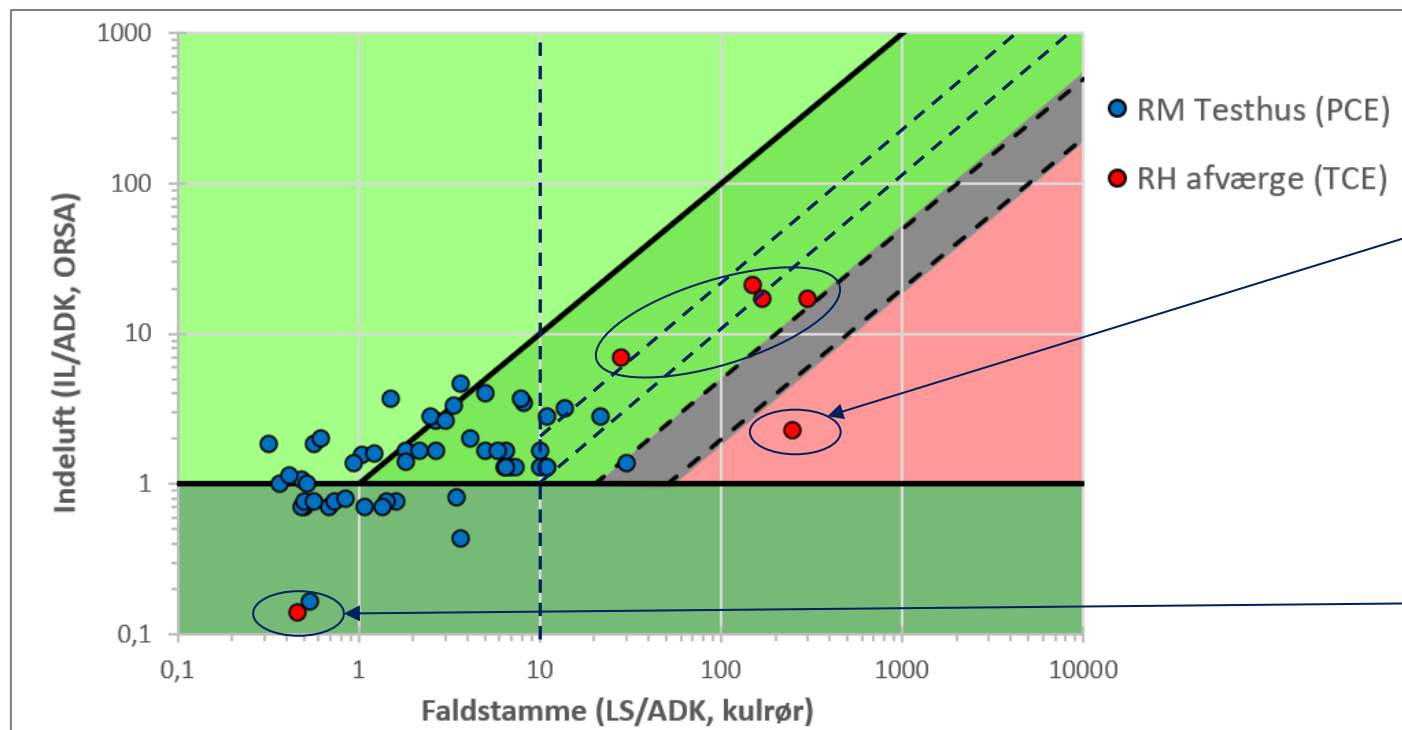
- Sammenstilling af sager med egnede data og en god konceptuel forståelse af forureningsbidragene.
- Konceptuel kalibrering af tolkningsgrænserne:
 - Sager hvor den konceptuelle forståelse tilsiger "ingen kloakbidrag"
 - Sager hvor der var kloakbidrag, som blev løst ved målrettet afværge



- Et års samhørende data fra LS/IL

Spor A indtil videre

- Samling af forskellige sager hvor vi har egnede data og har en god konceptuel forståelse af forureningsbidragene.
- Konceptuel kalibrering af tolkningsgrænserne:
 - Sager hvor den konceptuelle forståelse tilsiger "ingen kloakbidrag"
 - Sager hvor der var kloakbidrag, som blev løst ved målrettet afværg



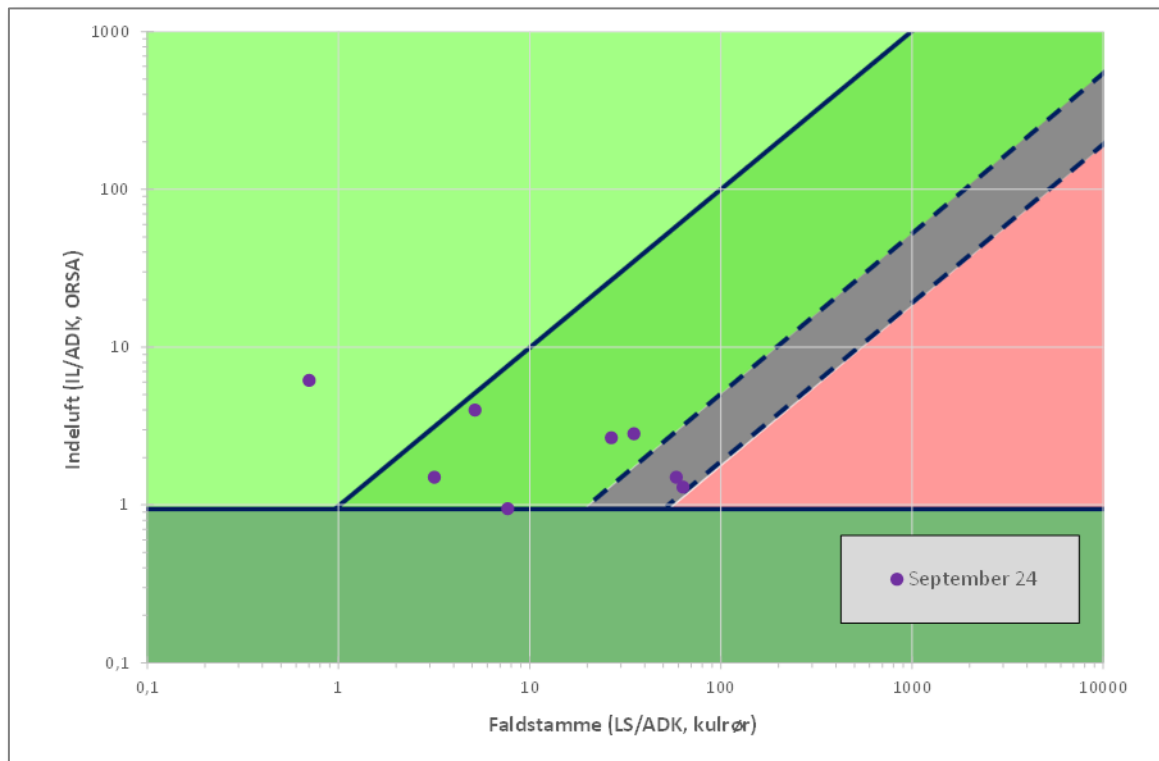
Spor B indtil videre

- B. Kvantificering af den tidslige robusthed i fremtidige vurderinger vha. værktøjet (især relateret til variationer i LS-indhold):
- Hvor sikre kan vi være på en given vurdering?
 - Hvor mange målerunder skal der til for at få en given sikkerhed?
 - Vi har det sidste år monitoreret gentagne gange på tre sager (RN, RM, RSD (i alt 11 samhørende "punkter" – LS og IL).
 - Desværre med begrænset succes – mange praktiske benspænd:
 - Målepunkter der blev glemt
 - Prøver der gik tabt
 - Installationer, der er blevet fjernet
 - Indeluftoverskridelser, der var der, men forsvandt
 - Lejere, der ikke længere vil være med ...
 - RH har tilkendegivet, at de vil indgå i projektet med flere sager med fremadrettet monitoring.

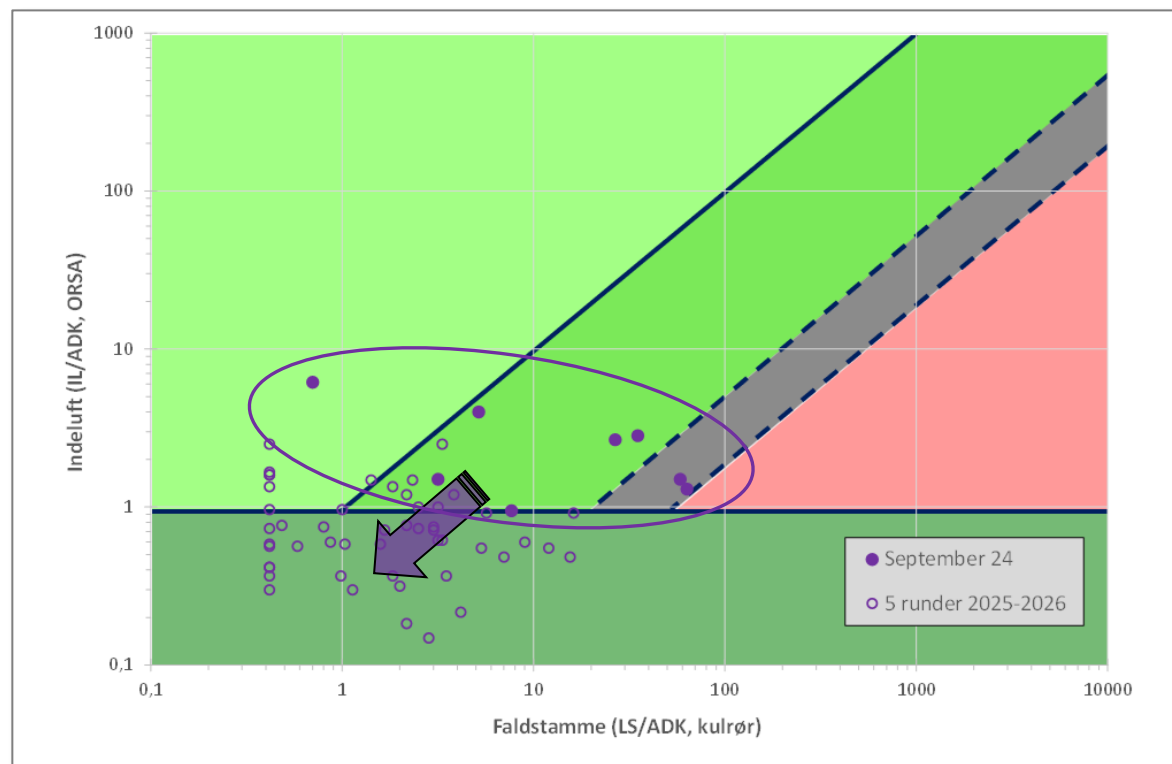


Spor B indtil videre

- Eksempel fra RM
 - 7 positioner i etageejendom med IL-koncentrationer af PCE >ADK



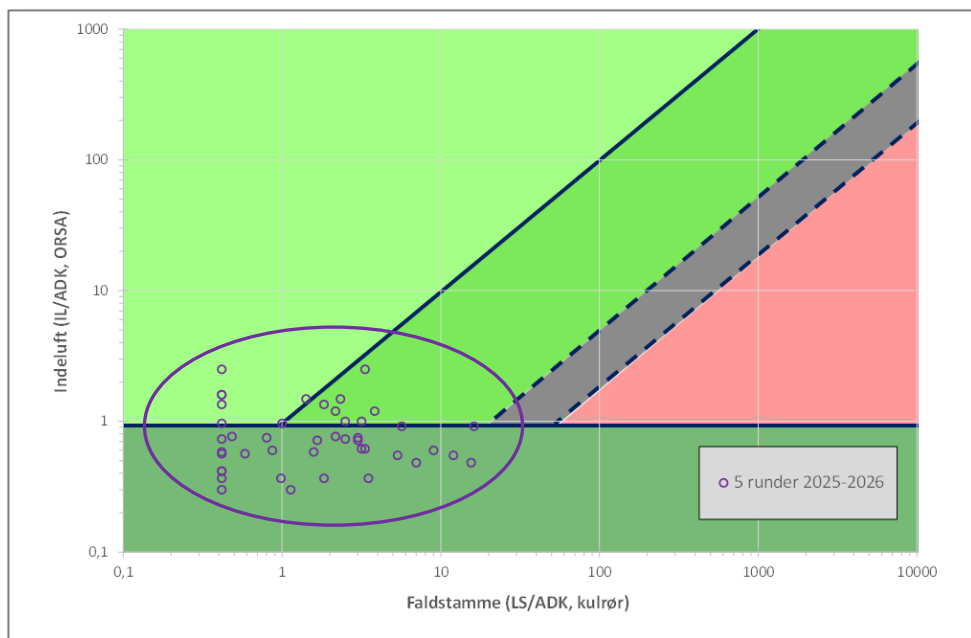
+ 5 målerunder (ORSA + kul op/ned)



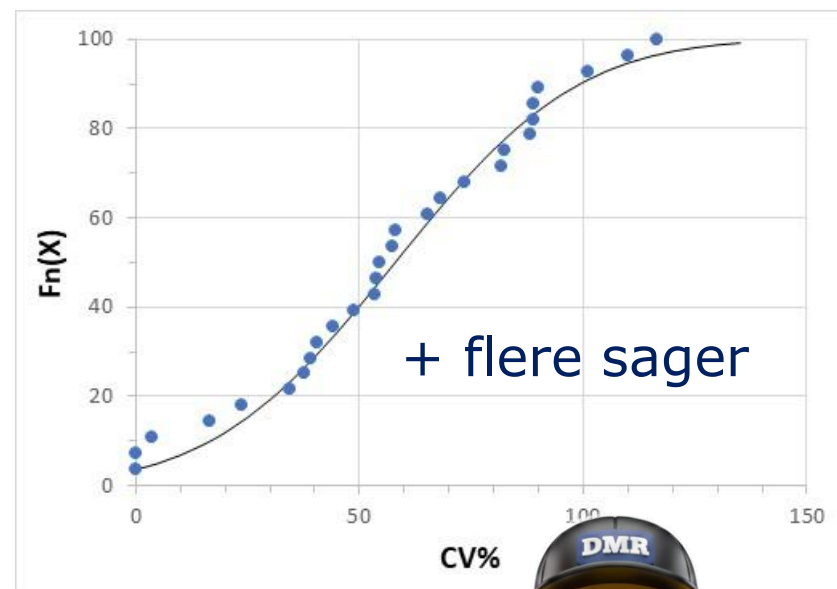
- Ikke det vi havde håbet på, men heller ikke ubrugeligt

Spor B indtil videre

- Indledende tanker om det fremadrettede arbejde med robusthedsvurdering ift. enkelte datapar (ORSA+kul op/ned).



- Der er information i variationerne
- CV på datapar (kulrør)
- CV er stdafv./gns.



Fremadrettet:

- CV og gns. beregnes for et datapar
- Bruges til at gætte på sandt gns. og usikkerhed herpå – evt. via samlet CV-fordelingsfunktion



-
- The image displays the logos of the five Danish regions. At the top left is the logo for Nordjylland, featuring a circle with the letter 'r' and the text 'Region Nordjylland'. Below it is the logo for Midtjylland, with the word 'midt' in a large, bold, red, lowercase font, followed by 'Region Midtjylland' in a smaller, black, sans-serif font. To the right of the 'midt' logo is the logo for Syddanmark, consisting of a green square with a white outline of the region and the text 'Region Syddanmark'. Below the 'midt' logo is the logo for Hovedstaden, featuring a blue square with the word 'REGION' in white, vertical text, and a large blue 'H' shape, followed by the text 'Region Hovedstaden'. At the bottom is the logo for Sjælland, with the text 'REGION SJÆLLAND' in a blue, sans-serif font, followed by a cluster of blue dots of varying sizes.



- Vi har taget fat på en "lidt" svær problemstilling, som vi står med på rigtig mange af regionernes indeluftundersøgelser:
 - Robust vurdering af bidrag fra kloakker/faldstammer til indeluften
- Vores redskaber har ikke flyttet sig væsentligt siden 2015

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

hvor q = luftflux ind i bygning (m^3/t)
 C_{inde} = konc. på kildersteden ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 C_{ik} = resulterende indeklimatekonc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 A = Areal (m^2) = $10 \times 12 \text{ m}$ eller $3 \times 4 \text{ m}$
 L_h = Loftshøjde (m) = $2,3 \text{ m}$
 L_s = Luftskifte (t^{-1}) = $0,3 \text{ t}^{-1}$

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

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

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

hele boligen bader værelset

- Vi er på vej og har nogle idéer til hvordan vi skal løse opgaven
- Turbo på dataindsamling og arbejdet med de to spor

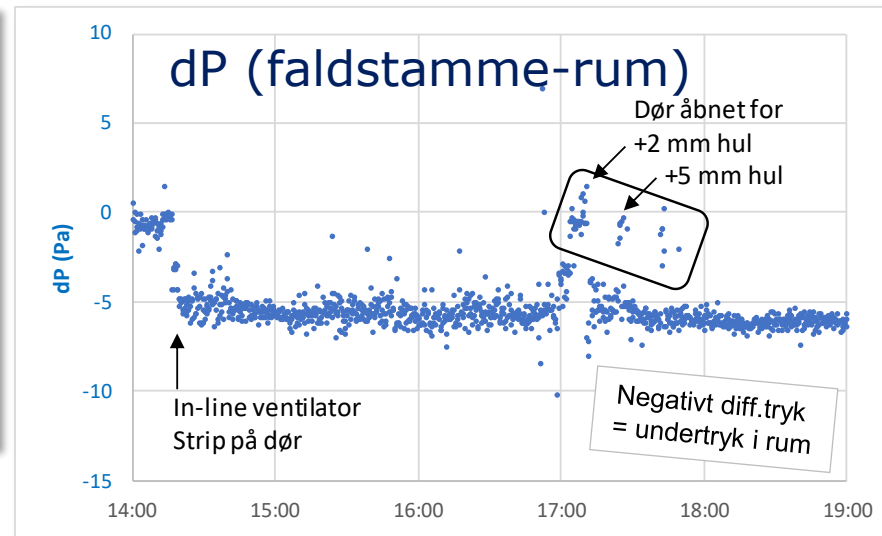
- Husk: Det bliver nok ikke en silver bullet, "bare" et nyt værktøj til kassen:



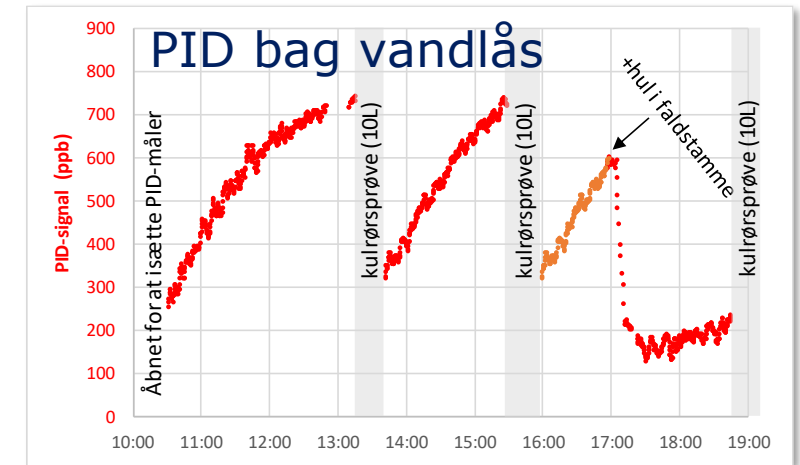
Tak ?

To grundlæggende problemstillinger ift. kloakbidrag

- Vi har desværre ikke ret megen viden om luftflowet ud af faldstammer (det er svære undersøgelser).
- På Obduktionsprojektet (RSD, 2018) undersøgte vi effekten af mekanisk ventilation ~ vådrumsventilation ($51 \text{ m}^3/\text{t}$; $L_s = 8,6 \text{ t}^{-1}$).



Differenstryk på ca. 5 Pa
(faldstamme -> toiletrum)



- Vådrumsventilator og 2 hhv. 5 mm hul medfører flow $< 5,5 \text{ L/min}$ ($< 330 \text{ L/t}$) ud af faldstamme ($< 1\%$ af samlet flow/luftskifte).

OBS: Fjernelse medfører lavere koncentration!