

## Masseflowtest "in disguise" – En game changer til kvantificering af bidrag fra kloakker

Poul Larsen<sup>1</sup>, Nanna Muchitsch<sup>1</sup>,  
Per Loll<sup>1</sup>, Dorte Jakobsen<sup>2</sup>

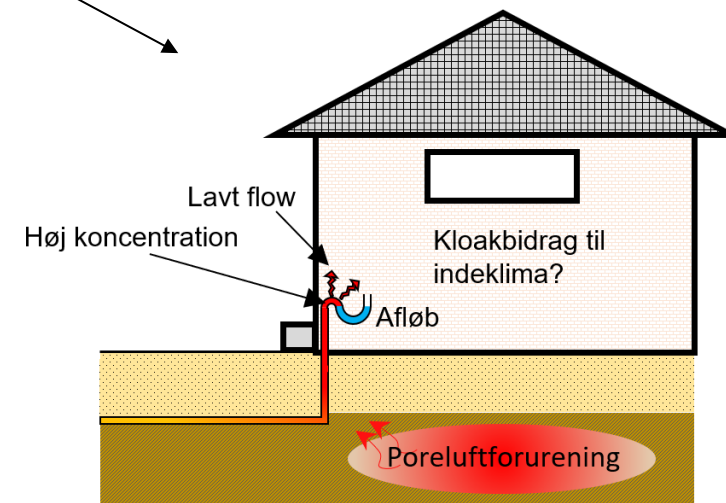
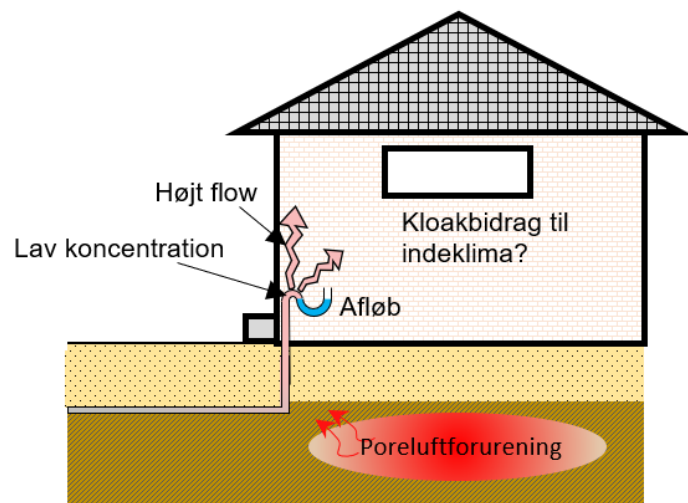
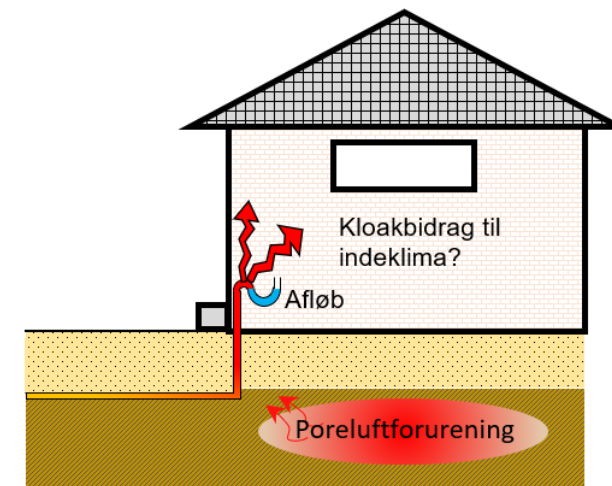
<sup>1</sup>Dansk Miljørådgivning A/S

<sup>2</sup>Region Hovedstaden



# Problemstilling: Koncentrationer vs. bidrag fra kloak

- Vi starter typisk med luftkoncentrationer i afløb.
- Høj konc. i afløb ikke altid = højt bidrag til IK.
- Høj koncentration men lavt flow = risiko for indeklima?
- Lav koncentration men højt flow = risiko for indeklima?
- Vi mangler redskab til at bestemme bidrag!



# Problemstilling: Typiske koncentrationer i afløb

- Der findes (endnu) ikke en erfaringsopsamling om baggrunds niveauer i afløb.
- Vores erfaringer: At det ikke er ualmindeligt at måle koncentrationer i afløb på:
  - TVOC: 500-3.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (5-30 x ADK).
  - Benzen: 0,6-4,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (5-30 x ADK).
  - PCE: 30-600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (5-100 x ADK).
- Skal man være helt fri for subjektive vurderinger kan man p.t. kun afvise risiko for indeklimaet hvis koncentrationen er under ADK (svarende til en situation hvor al indeluften kommer fra kloakken).



# Subjektiv vurdering af indeklimalarisiko ud fra konc.

- Vi tager udgangspunkt i at poreluftkoncentrationer af benzen på  $>13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kan give anledning til uacceptable bidrag til indeklimaet ( $>100$  gange afdampningskriteriet – 1% af indeluften fra kloak).
  - 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  $q$  = luftflux ind i bygning ( $\text{m}^3/\text{t}$ )  
 $C_{\text{kilde}}$  = konc. på kildested ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
 $C_{\text{ik}}$  = resulterende indeklimakonc. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
 $A$  = Areal ( $\text{m}^2$ ) =  $10 \times 12 \text{ m}$  eller  $3 \times 4 \text{ m}$   
 $L_h$  = Loftshøjde ( $\text{m}$ ) =  $2,3 \text{ m}$   
 $L_s$  = Luftskifte ( $\text{t}^{-1}$ ) =  $0,3 \text{ t}^{-1}$

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 bølgen baderværelset

- Dvs. mellem 83 og 830 L/t kan give et uacceptabelt indeklimabidrag.
- Er det meget? Der lugter ikke – i sidste ende er det en subjektiv vurdering.

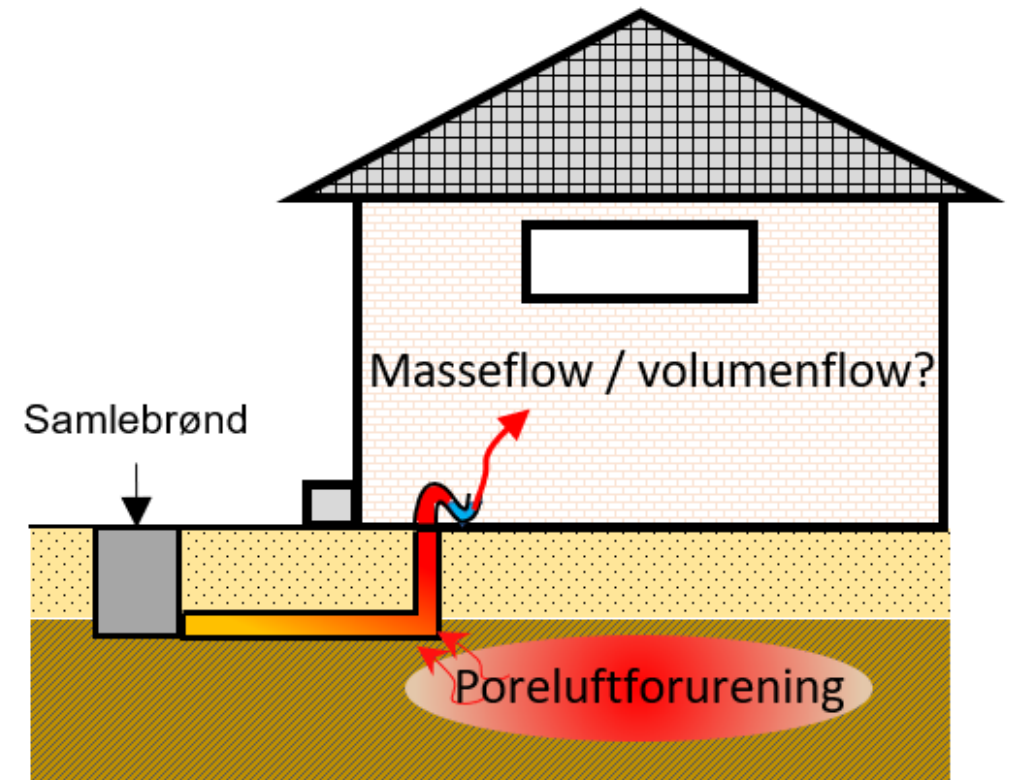
# Direkte måling af bidrag fra afløb

- Der er lavet forsøg med anvendelse af sporgas (PFT).
- Metode ikke færdigudviklet.
- Vanskeligt at bestemme hvor kraftig kilden i faldstammen skal være – hvor stort luftskiftet i faldstammen er.
- Ny metode baseret på masseflow er testet i dette projekt.



# Termer: Volumenflow vs. masseflow

- Volumenflow er i denne kontekst et mål for hvor meget gas, målt i  $\text{m}^3/\text{t}$ , der kommer ind i bygningen.
- Masseflow er i denne kontekst et mål for hvor meget stof (eks. TVOC eller PCE), målt i  $\mu\text{g}/\text{t}$ , der kommer ind i bygningen.
- Når vi måler flow er det som regel volumenflow vi måler, og masseflowet er noget vi estimerer ved at gange med en koncentration, målt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Det gør vi også her.

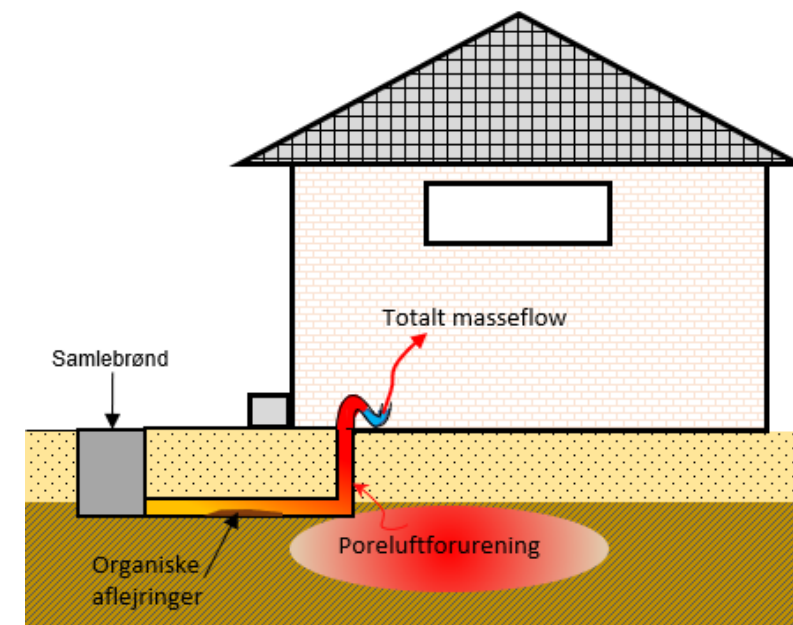


# Masseflowtesten i afløb

- Meget svært at måle hvor meget gas der trænger ud gennem en evt. revne i afløbet inde i bygningen.
- Nemt at overse en skjult revne.
- I stedet undersøges hvor meget TVOC afløbet maksimalt kan bidrage med til indeklimaet.
- Totalbidrag fra afløbet inkluderer:
  - Interne kilder fra afløbet.
  - Bidrag fra poreluftforureningen via revner i kloakken.
  - Bidrag fra indeklimaet via huller/revner.
- Hvis totalbidrag er under afdampningskriteriet er der ikke indeklimarisiko.

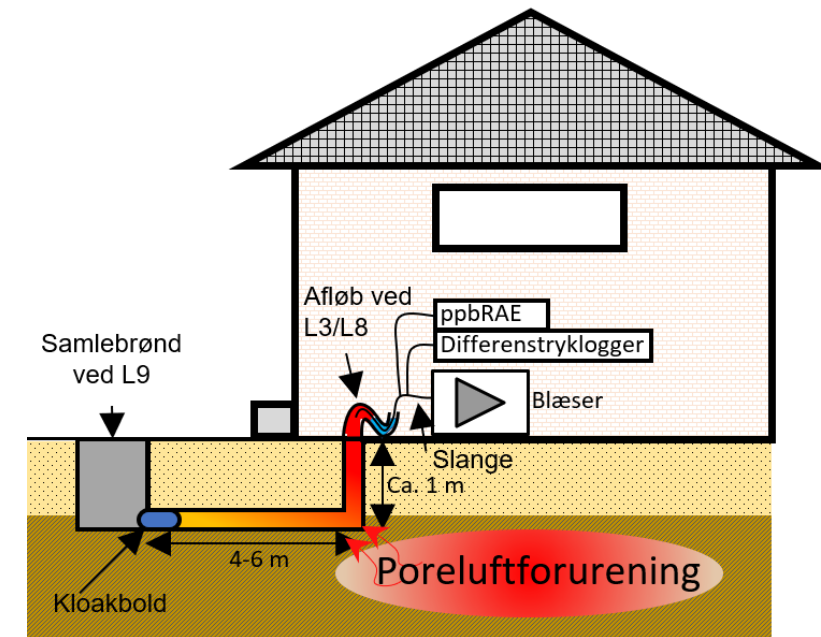


Flow/bidrag  
fra revne?



# Masseflowtesten i afløb

- Afskæring af relevant kloakstreng for at maksimere bidrag fra poreluften.
- Eks. afpropning med kloakbold i brønd, så der kun suges på den relevante del af kloakstrengen.
- Der suges i tre trin (stigende flow) med samtidig logning af differenstryk og PID-måler.
- $DP > 2 \text{ Pa}$  sikrer konvektivt flow via eventuelle revner ind i kloakken fra poreluft.
- Ved monitoring af VOC sikres, at akkredite-rede prøver tages ved stabile TVOC-niveauer.



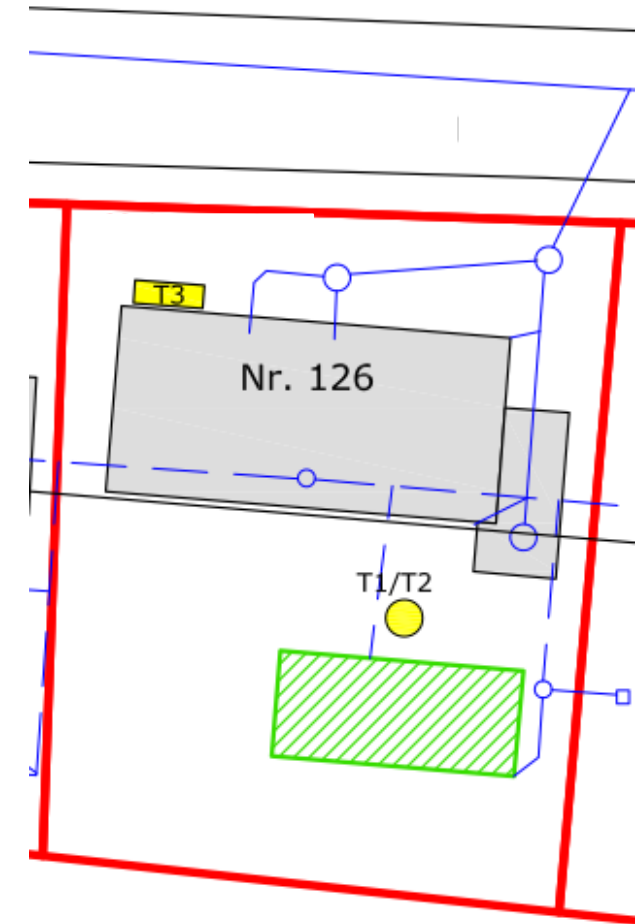
# Udstyr og tidsforbrug

- Luft suget ud af kloakken med poreluftpumper.
- Differenstryk overvåges med differenstryklogger der måler i intervallet 0-500 Pa.
- TVOC overvåget med ppbRAE.
- Volumen i kloakken skiftes minimum 3 gange inden udtagning af kulrørsprøver.
- Tætheden af afløb testes med sporgastest ( $H_2/N_2$ ).
- Test ok, så længe  $dP > 2$  Pa, som sikrer indadrettet konvektivt flow fra alle eventuelle revner.
- Der er tale om et totalt bidrag dvs. inkl. eventuelle interne bidrag = konservativt.
- Et afløb kan med lidt øvelse undersøges på 4-6 timer.



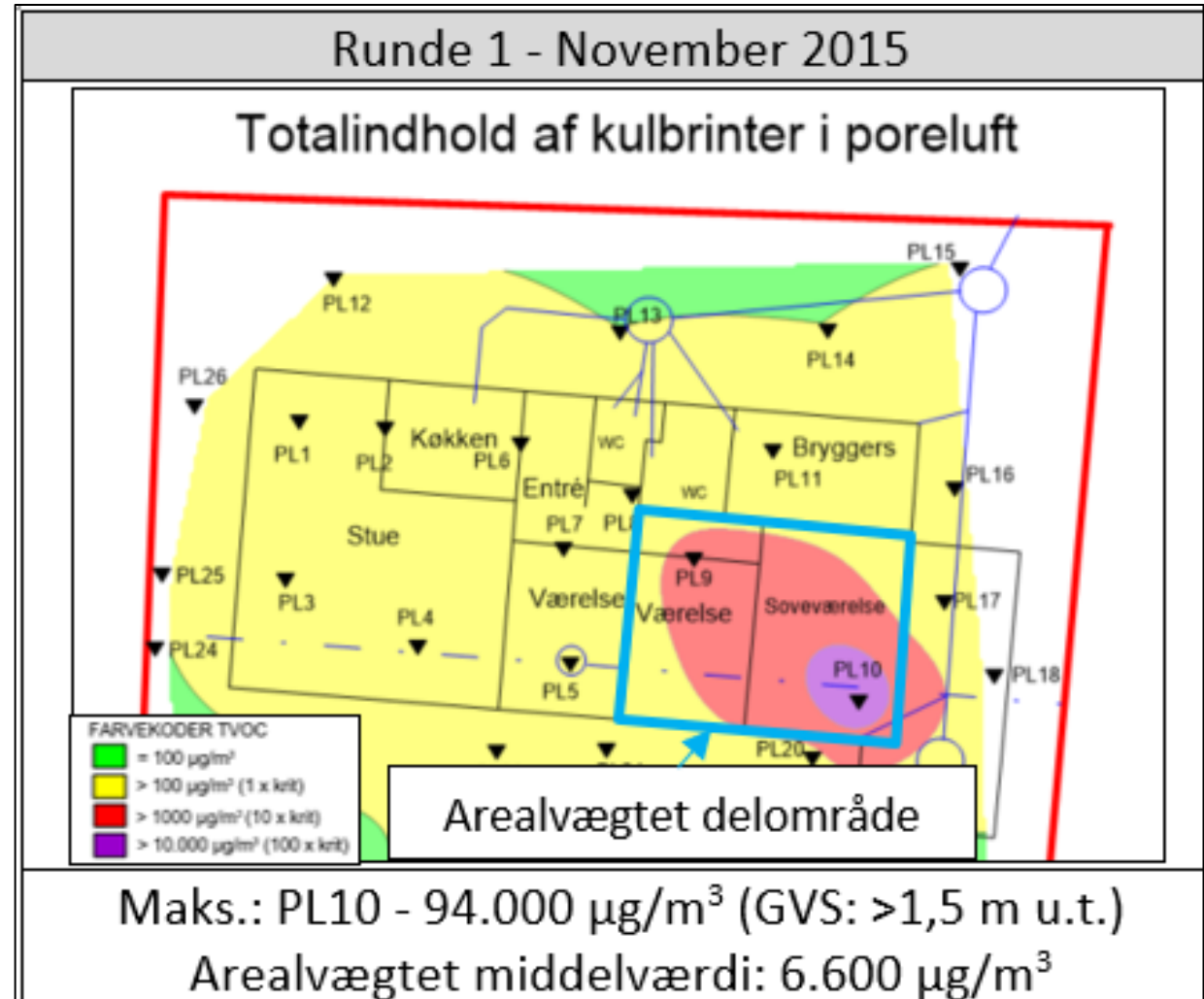
# Testlokalitet: Konceptuel model

- Almindelig villa på 120 m<sup>2</sup> fra 1960 érne uden kælder.
- Utæthed fra fyringsolietank T2 i baghave ledte til jord- og grundvandsforurening.
- Undersøgelse fokuseret på risiko for indeklima.
- Potentielle spredningsveje via:
  - Gulv.
  - Afløb i bygning.
- Indledende poreluftundersøgelser viste at TVOC driver risikovurdering.



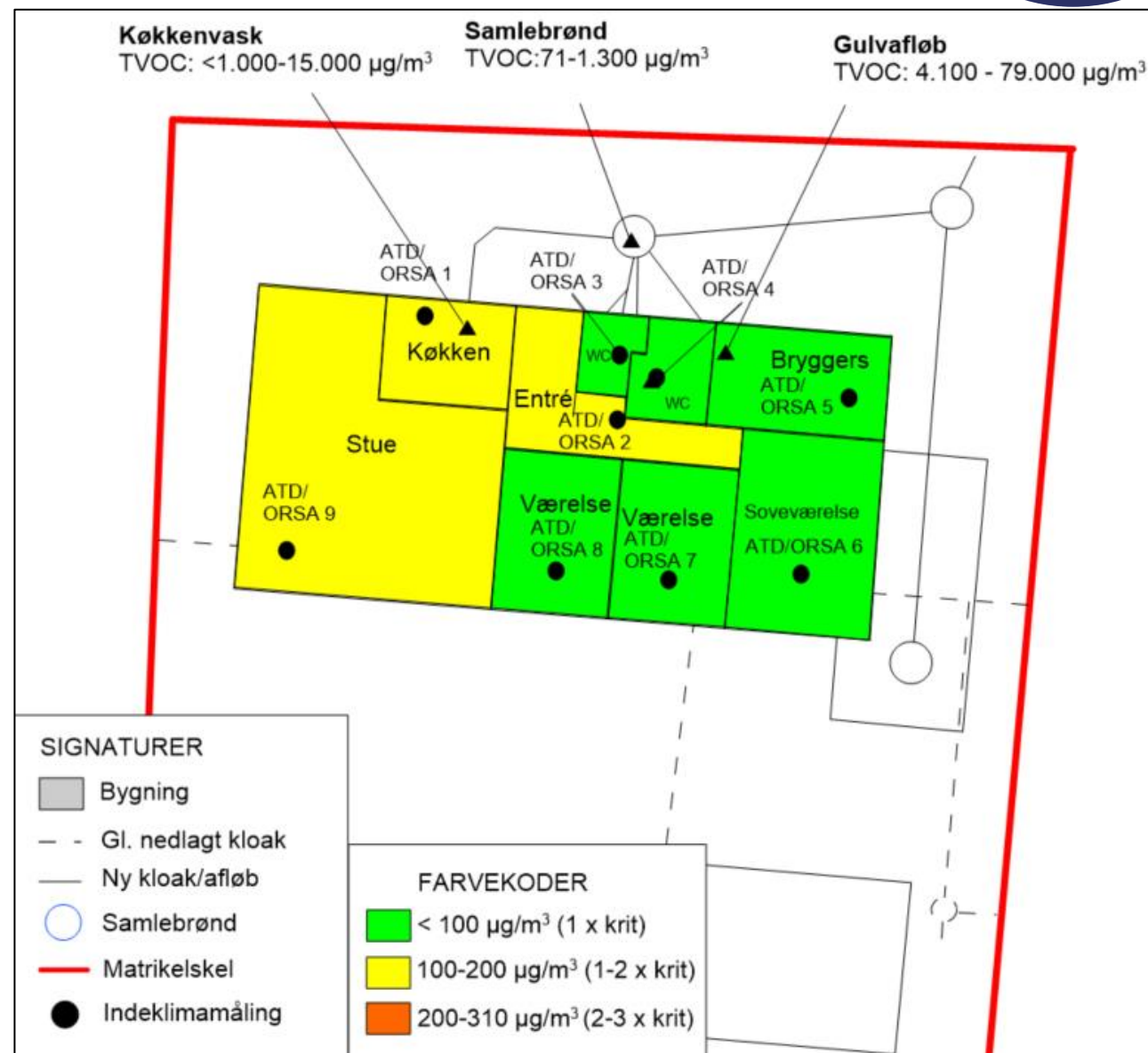
# Testlokalitet: Konceptuel model

- 4 runder med poreluftmålinger under gulv.
- Poreluftundersøgelse under bygningen viste, at spredning over gulv ikke medfører risiko for indeklimaet.
  - Maks poreluftkoncentration eller arealvægtet middelværdi er under 100·ADK.
  - Aftagende indhold over tid.
  - Vurdering er robust overfor variationer i grundvandsspejl.



# Koncentration af TVOC i afløb

- Op til 79.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Højst IK mod vest.
- Lav konc. i afløb ikke altid = lavt bidrag til IK.
- Høj konc. i afløb ikke altid = højt bidrag til IK.
- Fokus på gulvafløb i bryggers og køkkenvask.
- L3 er tilkoblet en vaskemaskine – skyllemiddel?
- Risiko kan ikke afvises ved koncentrationer alene.

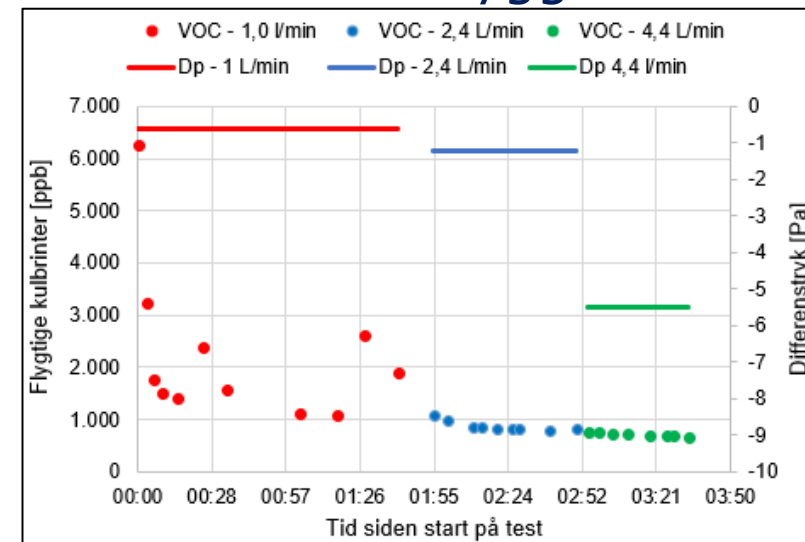


# Resultater

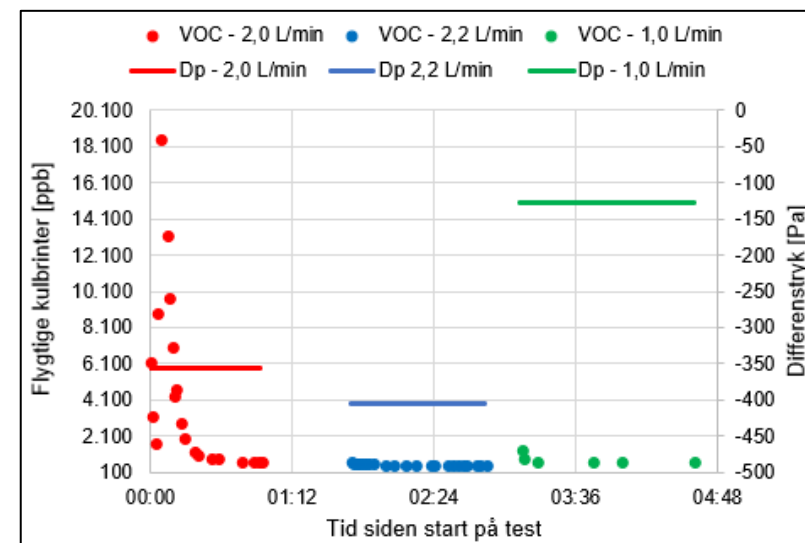


- TVOC falder hurtigt efter start af pumper – betydning for luftprøver?
- Relativt stabile TVOC-niveauer efter ca. 15 min i bryggers og efter ca. 22 min i køkkenafløb.
- Ved 4,4 L/min stiger dP til 5,5 Pa i bryggers og ligger generelt over ca. 130 Pa i køkken.
- Der blev udtaget kulrørsprøver i duplikater efter hvert pumpetrin.
- I køkkenafløb kunne der maksimalt suges med 2,2 L/min. Højere flow resulterede i at vandlåsen trak falsk luft (blop-lyde).

## Resultater fra bryggers



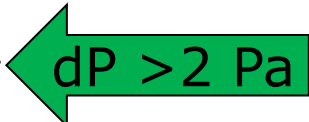
## Resultater fra køkken

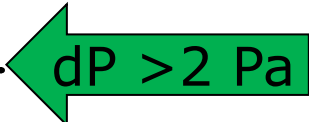


# Beregning af kloakbidrag

- Masseflow ( $\mu\text{g/t}$ ) = Volumenflow ( $\text{m}^3/\text{t}$ ) · koncentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Bidrag ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) = masseflow ( $\mu\text{g/t}$ ) / [(luftskifte ( $\text{t}^{-1}$ ) · volumen af rum ( $\text{m}^3$ )).

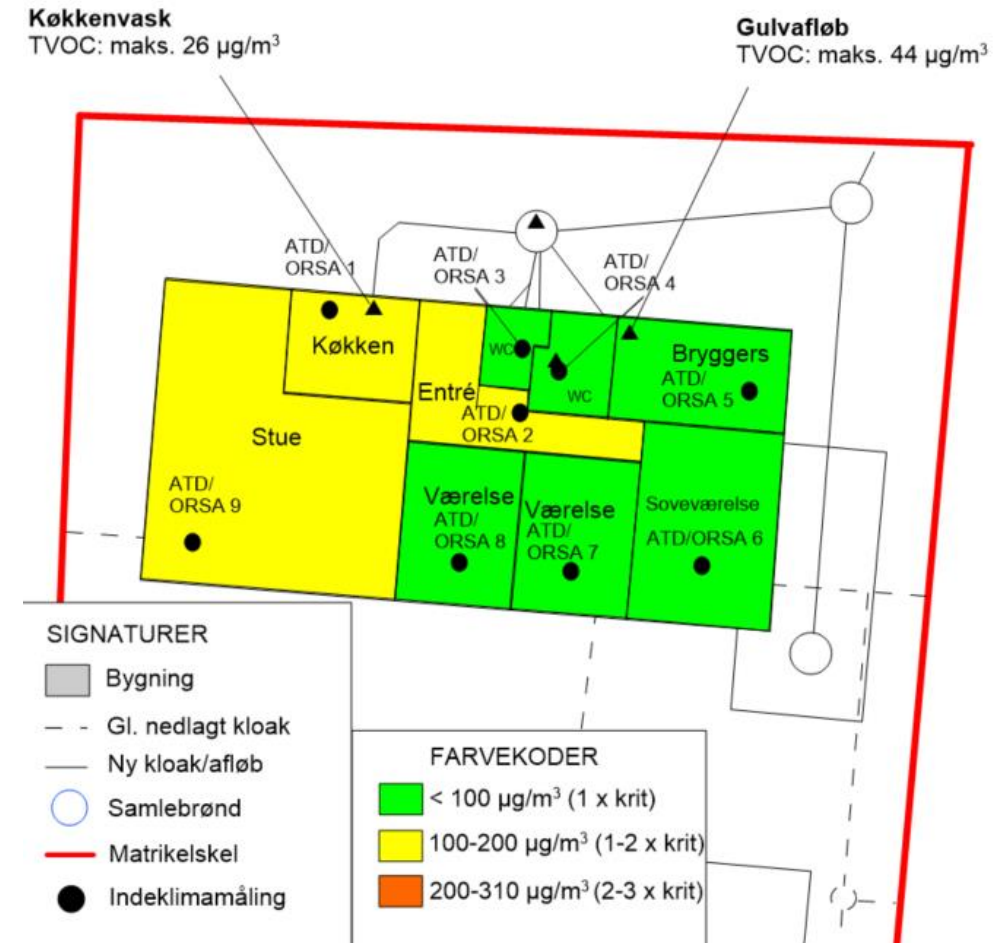
|          |                      | Beregning af masseflow |               |           | Beregning af bidrag |       |            |            |        |
|----------|----------------------|------------------------|---------------|-----------|---------------------|-------|------------|------------|--------|
|          | dP                   | Flow                   | Koncentration | Masseflow | Areal               | Højde | Rumvolumen | Luftskifte | Bidrag |
|          | Pa                   | L/min                  | µg/m³         | µg/t      | m²                  | m     | m³         | t⁻¹        | µg/m³  |
| Bryggers | -0,6                 | 1,1                    | <1.000        | 66        | 15                  | 2,3   | 35         | 0,3        | 6,4    |
|          |                      |                        | <1.000        | 66        |                     |       |            |            | 6,4    |
|          | -1,2                 | 2,4                    | <1.000        | 144       |                     |       |            |            | 14     |
|          |                      |                        | <1.000        | 144       |                     |       |            |            | 14     |
|          | -5,5                 | 4,4                    | <1.000        | 264       |                     |       |            |            | 26     |
|          |                      |                        | <1.000        | 264       |                     |       |            |            | 26     |
| Køkken   | -356                 | 2,0                    | 2.500         | 300       | 11                  | 2,3   | 25         | 0,3        | 40     |
|          |                      |                        | 2.700         | 324       |                     |       |            |            | 43     |
|          | -404                 | 2,4                    | 2.300         | 331       |                     |       |            |            | 44     |
|          |                      |                        | 1.200         | 173       |                     |       |            |            | 23     |
|          | -128                 | 1,0                    | <1.000        | 60        |                     |       |            |            | 8,1    |
|          |                      |                        | 1.400         | 84        |                     |       |            |            | 11     |
|          | Afdampningskriterium |                        |               |           |                     |       |            |            |        |

dP > 2 Pa

dP > 2 Pa

# Opsamling på bidrag fra afløb

- Maksimalt bidrag fra afløb af:
  - TVOC: 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Afdampningskriteriet skal holdes op mod summen af bidrag fra spredningsveje.
  - Sum = bidrag fra afløb + bidrag fra terrændæk.
- Maks. arealvægtet poreluftkoncentration af TVOC er 6.600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Indtastet i JAGG resulterer det i et bidrag på ca. 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Sum = 44 + 43 = 87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ikke risiko for indeklimate idet  $87 < 100$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



- 

