

Indeluftundersøgelser

BEDRE KONCEPTUEL FORSTÅELSE

Test af forskellige metoder

Mette Algreen, Anders Krabbe Stephensen, Isak Hjort Dahm og Kresten Andersen, WSP
Helle Møller Jensen og Mads Georg Møller, Region Hovedstaden

Projektet er fulgt af:
Maiken Lundstad Nielsen, Miljøstyrelsen

Projekt og formål

Et TUP-projekt
Feltarbejdet er afsluttet
Rapporten er under revidering

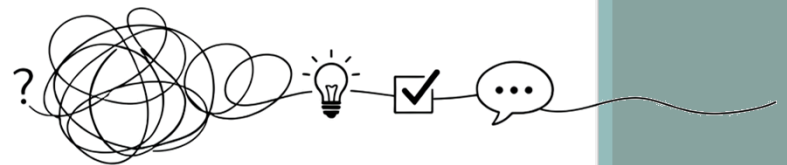
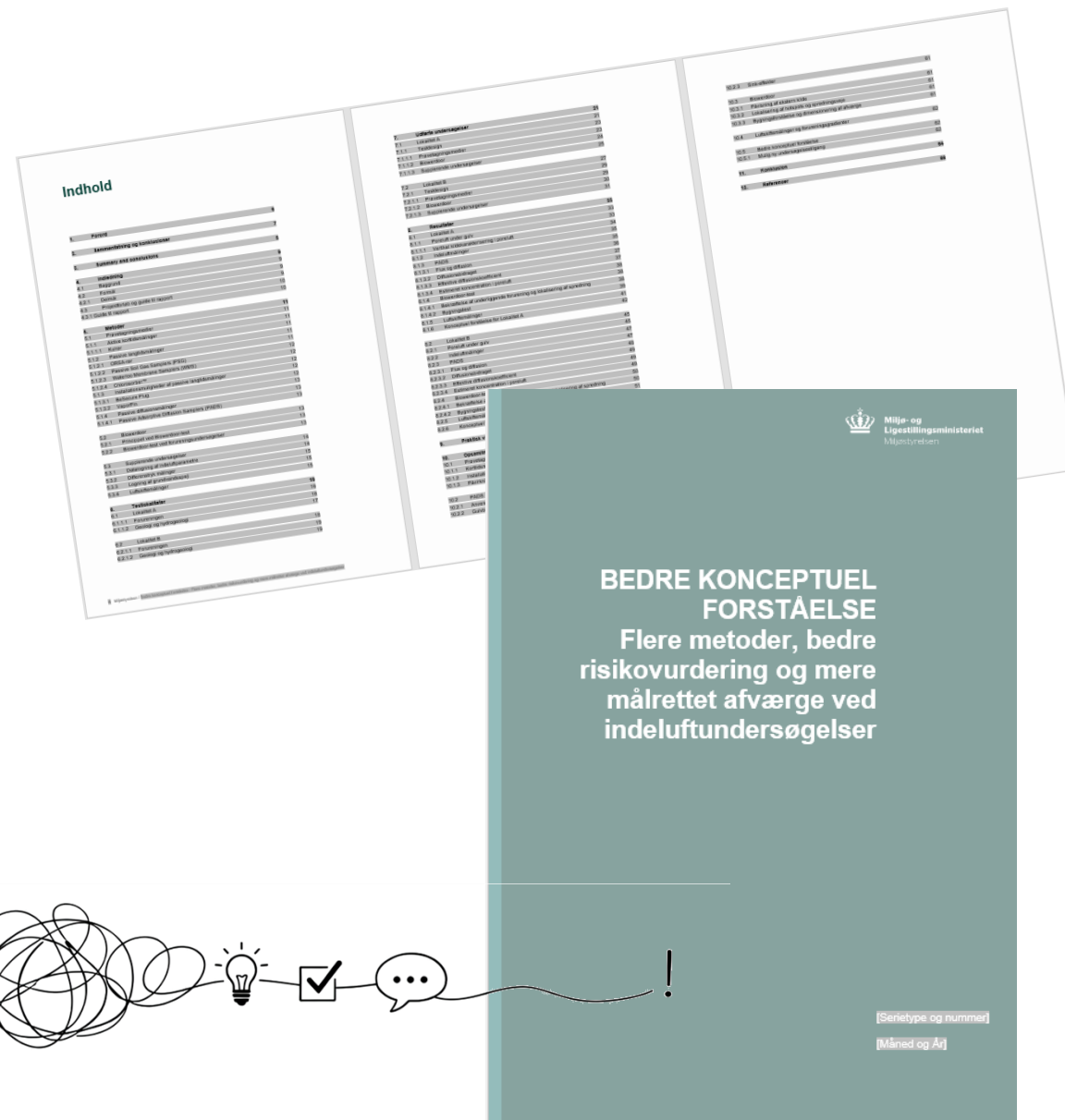
Formål:

Bedre konceptuel forståelse

Mere robust risikovurdering
Stærkere beslutningsgrundlag
- også med fokus på afværgelse

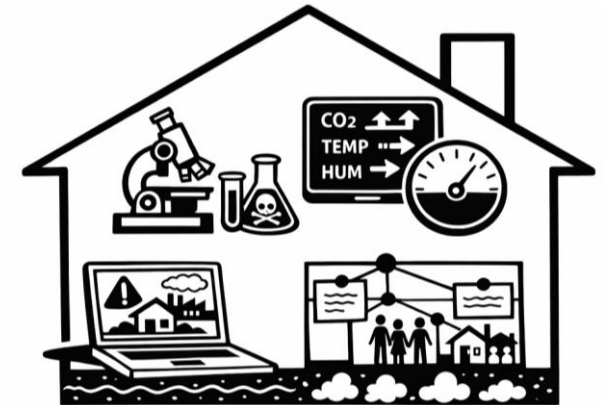


Styrke datagrundlaget
Test af forskellige metoder
Meget er testet



De forskellige metoder

- Indeluftprøvetagning på forskellige medier; ORSA, Chlorosorber, PSG
- Poreluftprøvetagning
 - Aktive korttidsmålinger (100 min.); standard SKC-kulrør
 - Passive langtidsmålinger (2 uger); ORSA, PSG, WMS, Chlorosorber
- PADS
- Blowerdoor
 - Undersøgelsesmetode
 - Bygningstest
- Luftskifte med CO₂
- Datalogning
(grundvandsspejl, trykdifferens, temperatur, fugtighed m.m.)



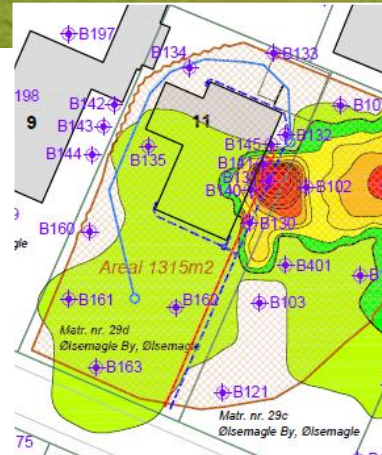
Feltarbejdet

To lokaliteter – to feltkampagner på hver

Lokalitet A



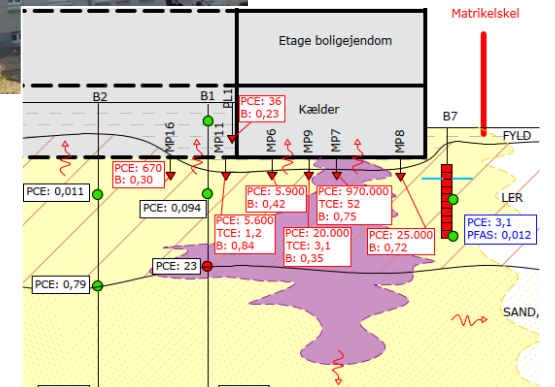
Parcelhus
Ingen kælder
Kapillarbrydende lag
TCE



Lokalitet B



Kælder i bolig blok
Intet kapillarbrydende lag
PCE



Ingen VC!

Agenda

- Gennemgang af udvalgte data fra projektet:
 - PADS
 - Blowerdoor

}

Metode
Resultater
Konceptuel forståelse
- Lidt om prøvetagningsmedier
- Den bedre konceptuelle forståelse
- Lidt at gå hjem på!
- *Udgangspunkt i resultater fra Lokalitet B*
 - Resultaterne fra lokalitet A viser samme tendenser som Lokalitet B*Eksempler på resultater vises*
 - Indflyvning til data i rapporten

PADS - Passive Adsorptive Diffusion Samplers

Metode

- En ny metode - *forsat under udvikling*
- Måler diffusionen igennem en flade
- Består af en skive med aktivt kul
- Beskyttes fra indeluften med alufolie
- Passiv målemetode
- Relativ nem at etablere og nedtage
- Men..... kan være udfordret af beskaffenheden



PADS - Passive Adsorptive Diffusion Samplers

Resultater (PCE)

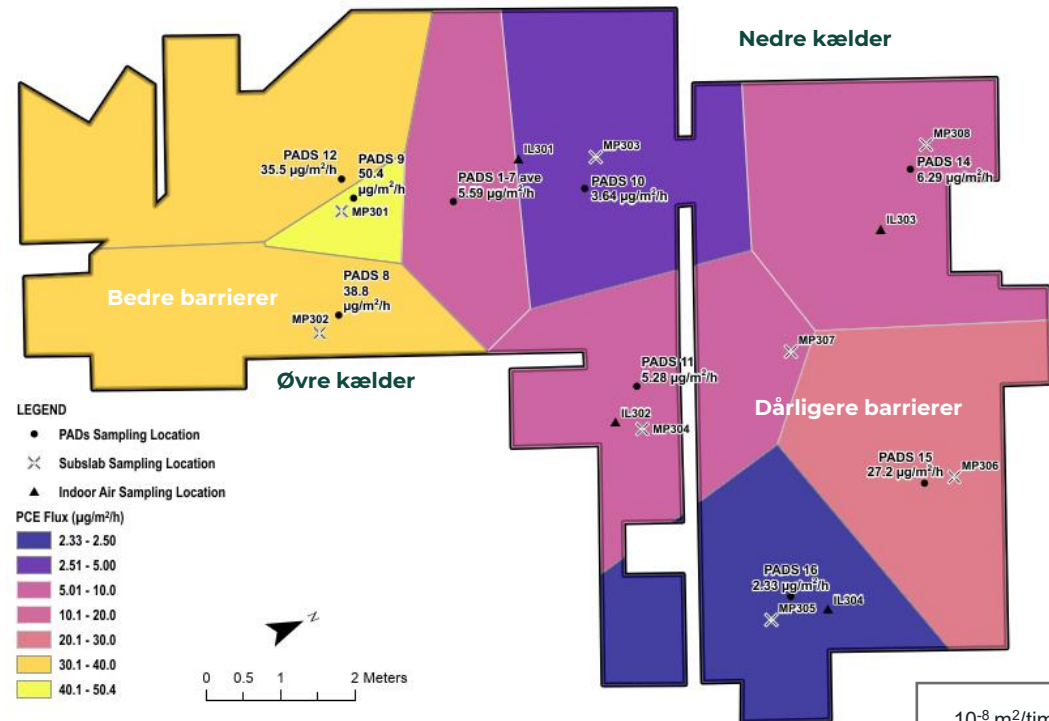
Et resultat med mange svar!

- Fluxen via betonen → Diffusionen
- Diffusionsbidraget til indeluften
 - $\text{Indeluft}_{\text{PADS}} = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - $\text{Indeluft}_{\text{ORSA}} = 62,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 15 % af bidraget er diffusion
 - Diffusionen udgør en risiko
- Betonens evne som barriere
- Estimat for poreluftkoncentrationen

Sample Name	Estimated PCE Subslab Concentration ^d ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PADS 1-7 ave	4,227
PADS 8	29,353
PADS 9	38,085
PADS 10	2,754
PADS 11	3,993
PADS 12	26,818
PADS 13 ^e	19,779
PADS 14	4,758
PADS 15	20,578
PADS 16	1,764

Hot spots
lokaliseres

Prøvepunkt	MP301	MP303	MP306
Placering	Øvre kælder	Grid	Nedre kælder
Flux [$\mu\text{g}/\text{time}/\text{m}^2$]	50,4	5,59	27,2



$10^{-8} \text{ m}^2/\text{time}$: tæt, intakt beton
 $10^{-4} \text{ m}^2/\text{time}$: revnet eller porøs

Prøvepunkt	MP301	MP303	MP306
Placering	Øvre kælder	Grid	Nedre kælder
Effektive diffusionskoefficient [m^2/time]	$4,52 \cdot 10^{-5}$	$1,52 \cdot 10^{-4}$	$3,80 \cdot 10^{-3}$

PADS - Passive Adsorptive Diffusion Samplers

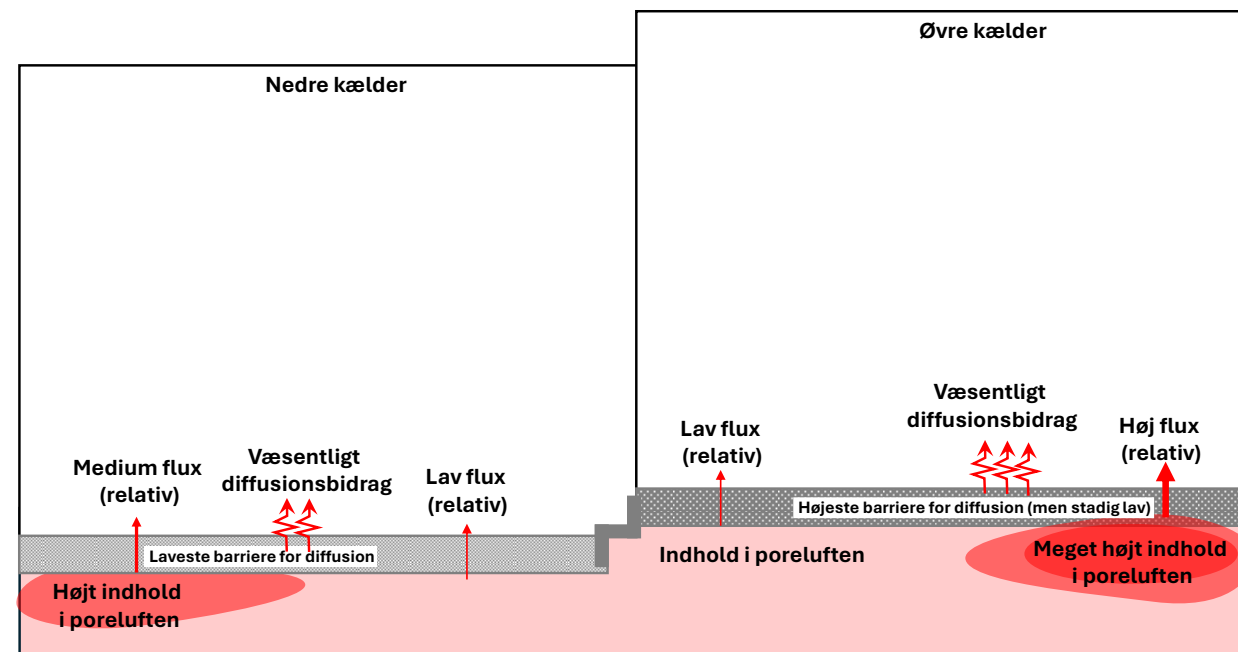
Resultater og konceptuel forståelse

Et resultat med mange svar!

- Fluxen via betonen → Diffusionen
- Diffusionsbidraget til indeluften
 - $\text{Indeluft}_{\text{PADS}} = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - $\text{Indeluft}_{\text{ORSA}} = 62,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 15 % af bidraget er diffusion
 - Diffusionen udgør en risiko
- Betonens evne som barriere
- Estimat for poreluftkoncentrationen

Sample Name	Estimated PCE Subslab Concentration ^d ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PADS 1-7 ave	4,227
PADS 8	29,353
PADS 9	38,085
PADS 10	2,754
PADS 11	3,993
PADS 12	26,818
PADS 13 ^e	19,779
PADS 14	4,758
PADS 15	20,578
PADS 16	1,764

Hot spots
lokaliseres

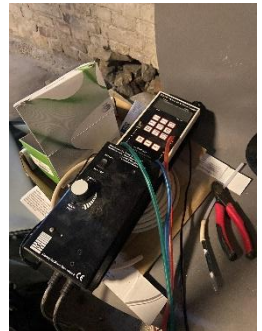
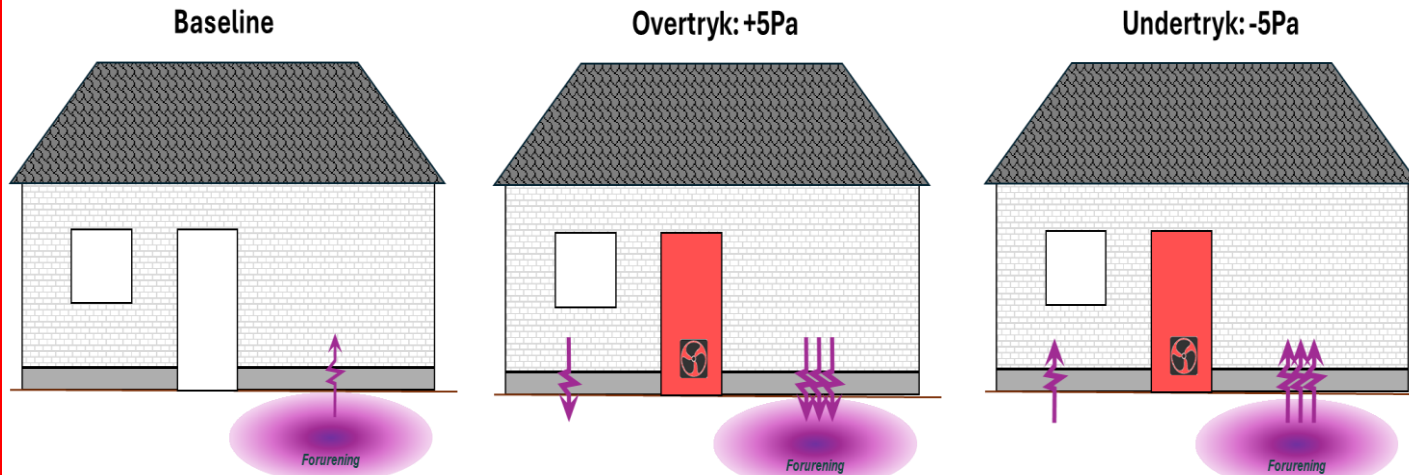


→ Relevant for den konceptuelle forståelse,
risikovurdering og ved beslutning om afværge!

Blowerdoor

Metode

- Metode til test af bygningstætheden
- Simulerer forskellige trykpåvirkninger af bolig
- I projektet anvendt som:
 - **Undersøgelsesmetode** med aktiv prøvetagning i indeluften under forskellige tryk

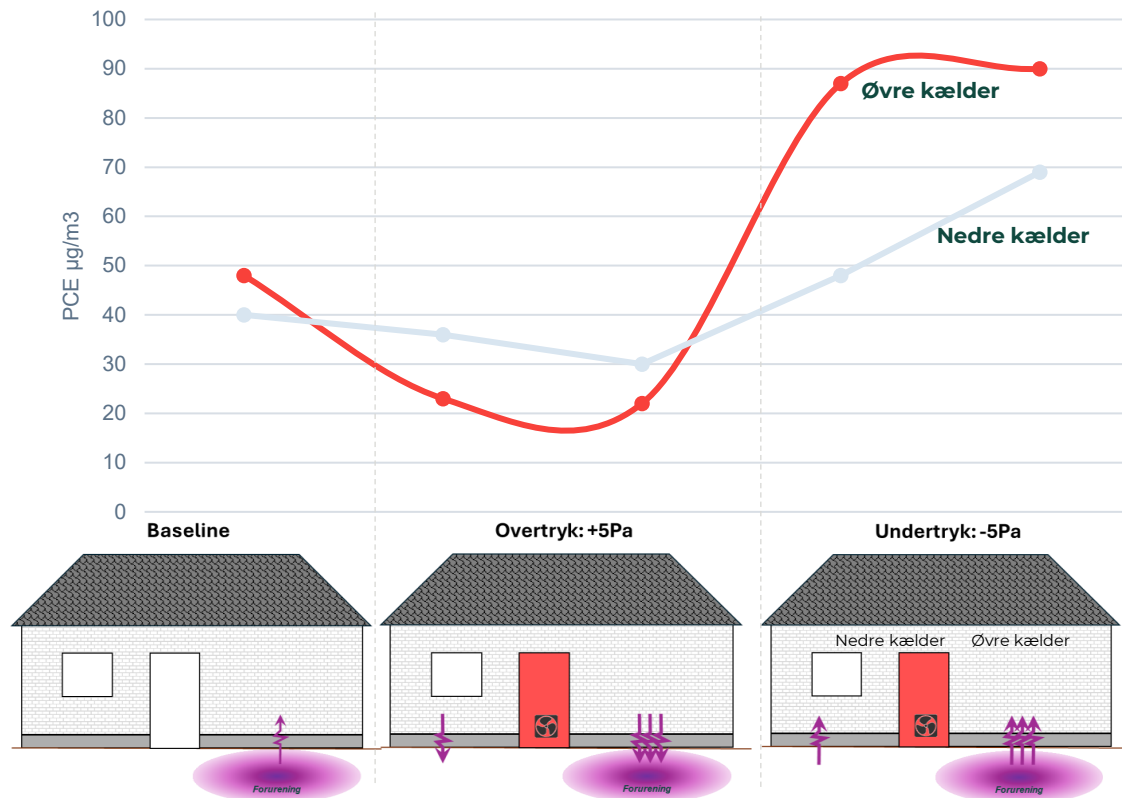


- **Bygningstest** – Vi er der jo alligevel

Blowerdoor

Resultater

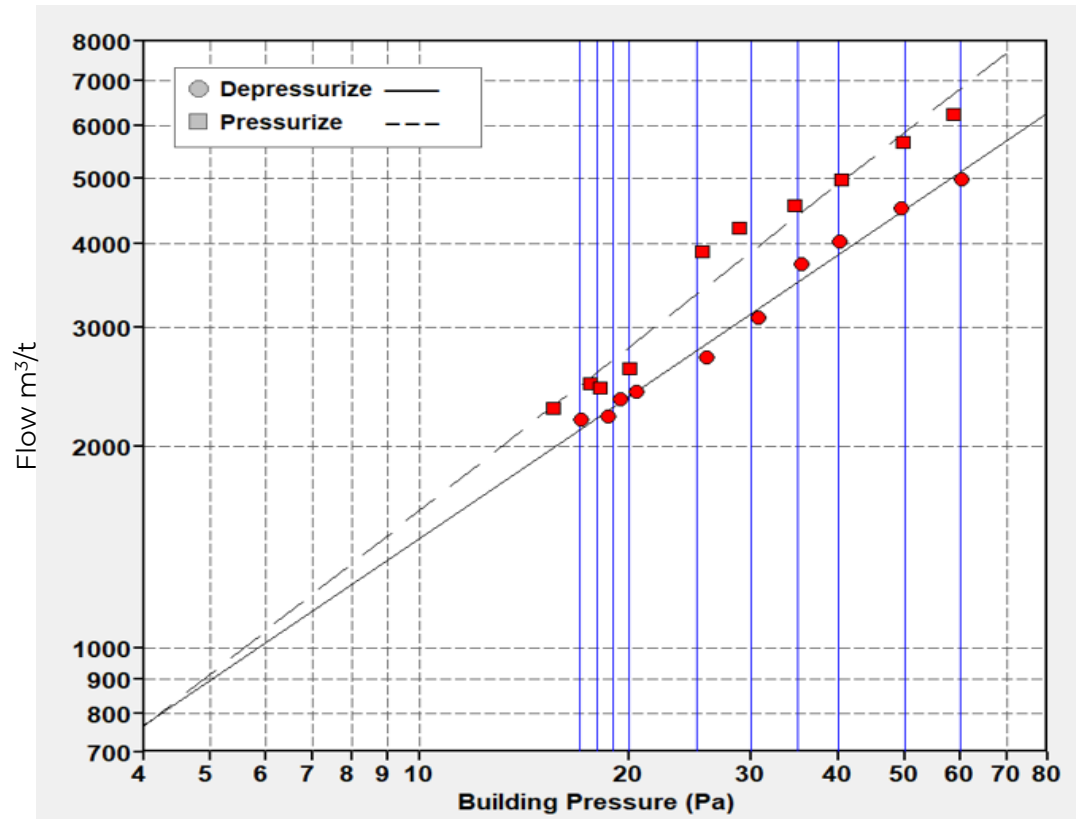
Aktive målinger under forskellige tryk



- ↓ koncentrationer ved overtryk +
↑ koncentrationer ved undertryk
= klar indikation på en ekstern kilde
- Områder med stort bidrag til
indeluften kan lokaliseres
→ målrette fokus

Blowerdoor Resultater

Bygningstest



- Asymmetri
 - Bygning af dårlig stand/utæt
 - Let påvirkelig af forskellige forhold
 - "Et system" der kan være svært at styre
- lækagekoefficienten CL og eksponenten n kan beregnes og nødvendigt luftflow - f.eks. undertryksløsning.

$n=0,7-0,8 \rightarrow$ store "huller"

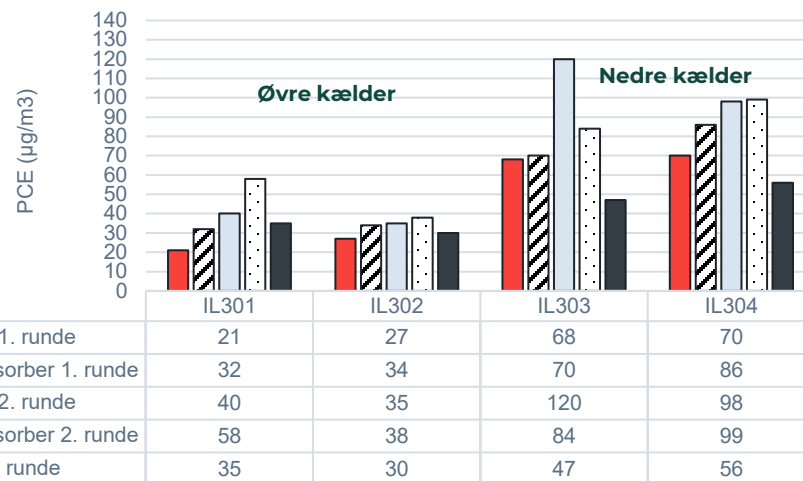
Trykforskel på 5 Pa $\rightarrow$ luftflow på ca. 900 m³/t.

Er undertryksløsning realistisk?

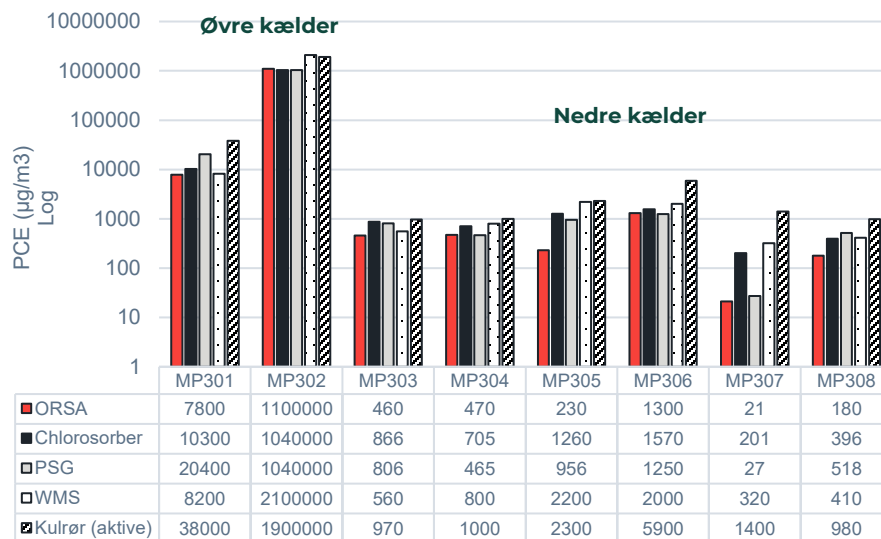
Prøvetagningsmedier

Resultaterne og konceptuel forståelse

Indeluftmålinger



Poreluftmålinger



Passive medier:
Chlorosorber

PSG

ORSA

WMS

Aktiv
SKC-rør

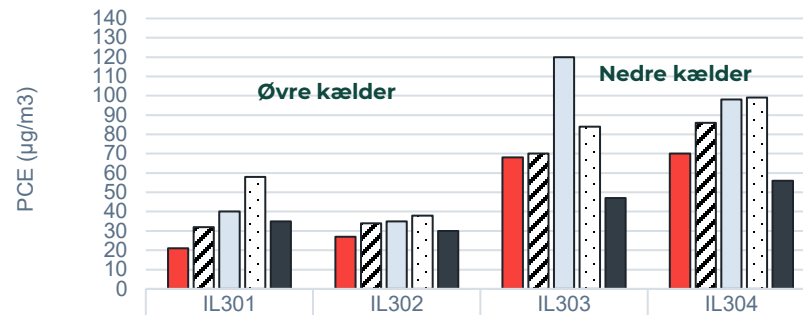


Eksempel på resultater!

Prøvetagningsmedier

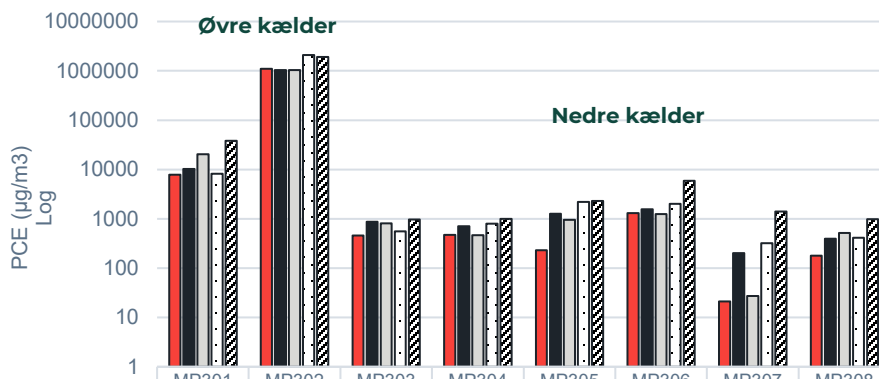
Resultaterne og konceptuel forståelse

Indeluftmålinger



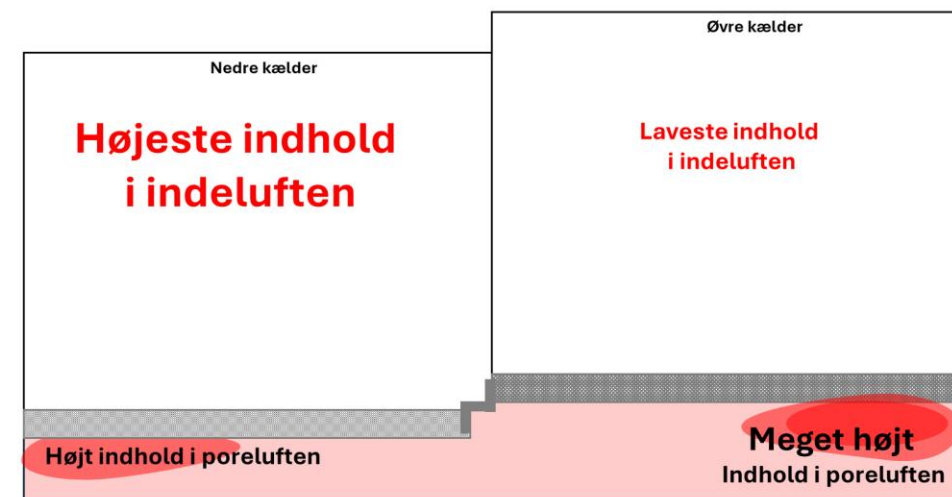
ORSA 1. runde	21	27	68	70
Chlorosorber 1. runde	32	34	70	86
ORSA 2. runde	40	35	120	98
Chlorosorber 2. runde	58	38	84	99
PSG 2. runde	35	30	47	56

Poreluftmålinger



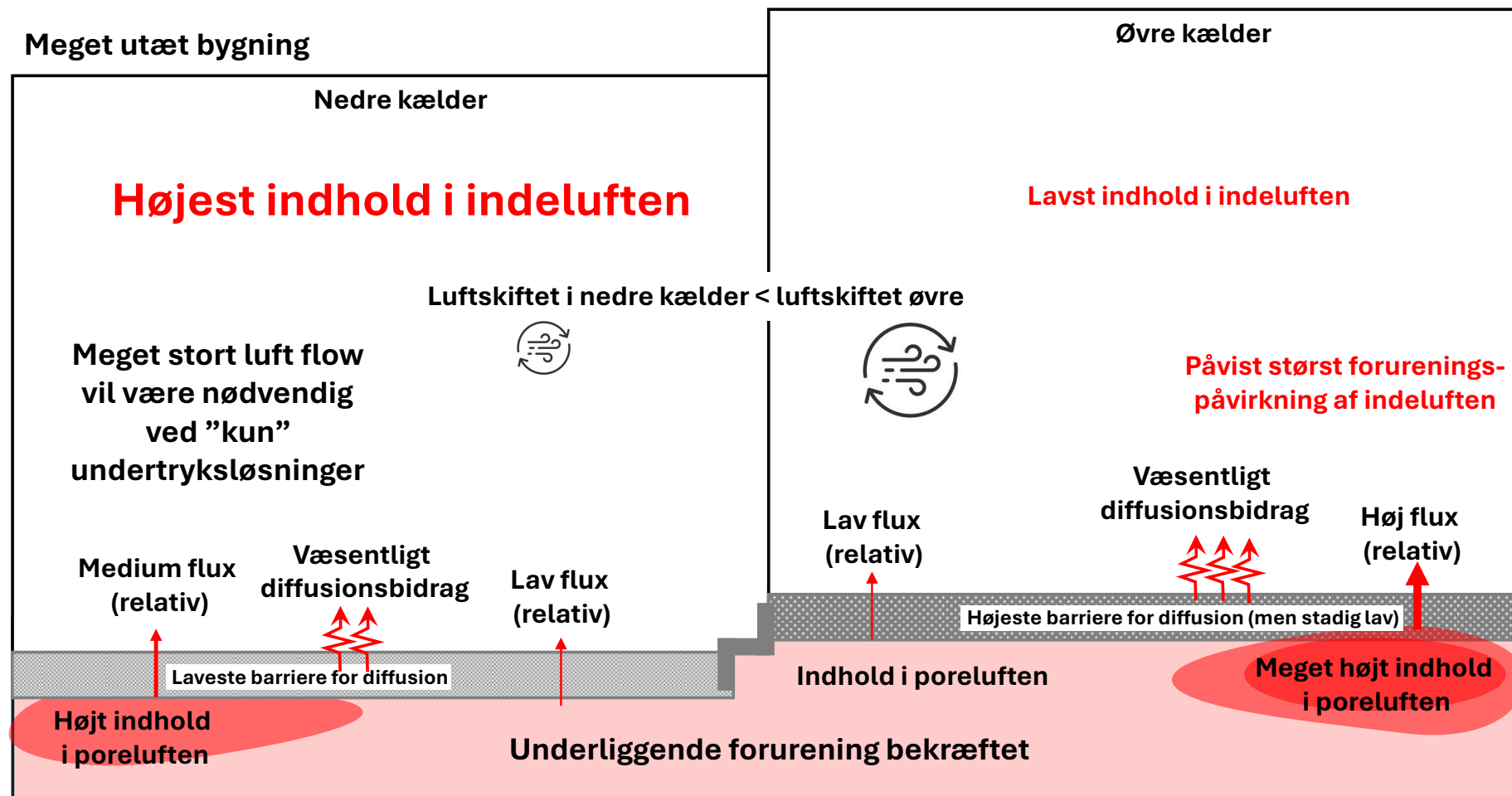
ORSA	7800	1100000	460	470	230	1300	21	180
Chlorosorber	10300	1040000	866	705	1260	1570	201	396
PSG	20400	1040000	806	465	956	1250	27	518
WMS	8200	2100000	560	800	2200	2000	320	410
Kulrør (aktive)	38000	1900000	970	1000	2300	5900	1400	980

- God sammenhæng imellem prøvetagningsmedier
- Variationer på tværs af prøvetagningsmedier og målepunkter
- Variationer vurderes i høj grad at skyldes måle- og analyseusikkerhed
- Alle metoder påviser niveauerne for forureningen



- Bidrager PL med uundværlig viden?
- Større sammenhæng og robusthed i datasættet opnås med simultane langtidsmålinger i poreluften og indeluften. Det vil styrke risikovurderingen!

Bedre konceptuel forståelse



→ Det er det samlede billede der giver den største værdi!

Tag med hjem.....

Bedre konceptuel forståelse, mere robust risikovurdering og stærkere beslutningsgrundlag

kan klart opnås ved at supplere undersøgelser med anvendelsen af PADS og Blowerdoor (samt luftskiftemålinger).

Konceptuel forståelse handler også om bygningen!

Værdien af den bedre konceptuelle forståelse øges i takt med øget kompleksitet på lokaliteten.

Opdatering af undersøgelsesparadigmet?

Signaturforklaring

Δ Passivt indeluftmålepunkt

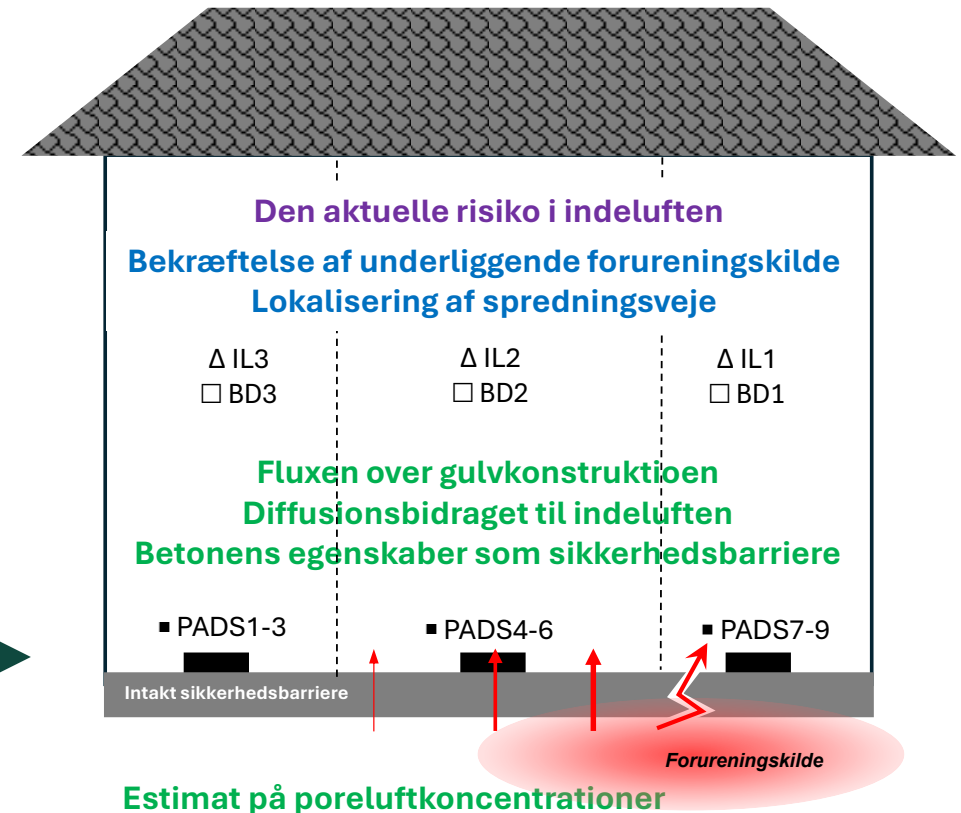
Uopnået viden på baggrund af indeluftmålinger

□ Aktiv prøvetagning ved blowerdoor

Uopnået viden på baggrund af blowerdoor

■ PADS målepunkt

Uopnået viden på baggrund af målinger med PADS





Tak til jer for at lytte med

Men også stor tak til:

- MST for at vise interesse i projektet
- RH for det gode samarbejde under projektet
- Jacobs og Beacon for støtte mht. test af PADS
- og alle andre der har hjulpet, stillet lokaliteter og data til rådighed m.m.

Kontakt: mette.algreen@wsp.com