

Nyt om indeklima
- undersøgelsesmetoder og risikovurdering

15. september 2016



ATV JORD OG GRUNDTVAND

ATV Jord og Grundvand
Bygning 115, DTU, Bygningstorvet, 2800 Kgs Lyngby
Lisbeth Verner
tlf. 4525 2177
E-mail: atvlv@env.dtu.dk - www.atv-jord-grundvand.dk
CVR 20944838 - Danske Bank 1471 16636800

Indhold

Nye danske baggrundsniveauer for oliekuilbrinter i udeluft og indeklima fra 130 boliger

Udviklings- og projektleder, civilingeniør, ph.d. Per Loll, DMR A/S

Indeklimapåvirkning fra cigaretrøg

– feltmålinger og forsøg, der hænger sammen

Civilingeniør Hanne Kirk Østergaard, Region Nordjylland

Oliekuilbrinter: Adskillelse af interne bidrag og poreluftbidrag

– fremtidens laboratorieanalyse?

Udviklingschef Peter Mortensen, Eurofins

Blæs og sug

Indeklimaundersøgelser med BlowerDoor og volumenprøvetagning af poreluft

Civilingeniør Børge Hvidberg, Region Midtjylland

Luftskifte. Hvad ved vi og hvad kan vi?

Professor, sektionsleder Geo Clausen, DTU Byg

Til notater

NYE DANSKE BAGGRUNDSNIVEAUER FOR OLIEKULBRINTER I UDELUFT OG INDEKLIMA

Udviklingsleder Per Loll, DMR A/S, pl@dmr.dk
Projektleder Per Novrup, Region Midtjylland
Civilingeniør Børge Hvidberg, Region Midtjylland

Baggrund og formål

Region Midtjylland og DMR har gennemført et udviklingsprojekt, der har som primært formål at kortlægge baggrundsniveauet af olieculbrinter i ude- og indeluft på uforurenede boliglokalteter. Sekundære formål med projektet er at undersøge om der er en tidlig variation i baggrunds niveauerne, samt om forskellige faktorer har betydning for baggrunds niveauerne af olieculbrinter i udeluften og/eller indeluften, herunder tobaksrygning, brændeovn, bystørrelse, udlufts vaner mm.

Metode, teknik

I projektet er der gennemført to landsdækkende målerunder, hhv. i november-december 2015 og i april-maj 2016. Den første målerunde omfatter 131 danske boliger, mens den anden målerunde omfatter 142 boliger fordelt i hele landet. På hver lokalitet er der i ca. samme 14 dages periode ophængt ét ORSA-rør i en udereferenceposition og ét rør centralt i boligens stue. Sammen med rørene er der, for hver lokalitet, udfyldt et spørgeskema med oplysninger om området, boligen og brugsforhold. Samtlige rør er analyseret for indhold af BTEX, C9/C10-aromater og TVOC.

Alle prøver er opsamlet passivt på ORSA-rør over en 14 dages måleperiode, svarende til den metode, der pt. har størst anvendelse til indeklimateundersøgelser for olieculbrinter i Danmark. De kemiske analyser er udført akkrediteret under Regionernes nye rammeaftale for TVOC (C6-C35), BTEX, C9/C10-aromater og naphthalen.

Igennem projektet opstilles "normalkurver" for baggrunds niveauet i hhv. udeluft og indeklimate for de enkelte stoffer/stofgrupper. Det interne bidrag beregnes for hver lokalitet som indeluftkoncentrationen minus udeluftkoncentrationen, og der opstilles "normalkurver" for det interne bidrag for hver komponent/stofgruppe.

Resultater

Ca. 70% af de målte indeklimatekoncentrationer for TVOC ligger under Miljøstyrelsens afdampningskriterium, og er stort set uafhængig af årstiden. Stort set alle benzenkoncentrationer i udeluft og indeklimate overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium på $0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I den første målerunde er median udeluftkoncentrationen af benzen $0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens median indeluftkoncentrationen af benzen er $0,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I den anden runde er de tilsvarende værdier hhv. $0,28$ og $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For indeluft konkluderes at rygning i boligen bidrager signifikant til baggrunds niveauerne af TVOC og benzen, mens høje benzen- og TVOC-værdier er statistisk overrepræsenteret i hjem med brændeovn.

Konklusion og perspektivering

De nye baggrunds niveauer giver et forbedret datagrundlag for vores risikovurderinger, og giver os, sammen med tidligere erfaringer på området, mulighed for at designe intelligente undersøgelsesstrategier når vi skal undersøge olieforurenede lokaliteter ift. indeklimateisiko.

På baggrund af de høje baggrundsværdier for benzen er det intentionen, at udarbejde et debatindlæg, hvor der sættes spørgsmålstegn ved om det er hensigtsmæssigt at have et af-dampningskriterium, der ligger (væsentligt) over baggrundsniveauerne på uforurenede bolig-lokaliteter.

INDEKLIMAPÅVIRKNING FRA CIGARETRØG – FELTMÅLINGER OG FORSØG DER HÆNGER SAMMEN

Civilingeniør Hanne Kirk Østergaard, Region Nordjylland, hco@rn.dk
Civilingeniør, Ph.D Poul Larsen, DMR A/S
Udviklingsleder Per Løll, DMR A/S
Civilingeniør Claus Larsen, DMR A/S

Baggrund og formål

I forbindelse med en videregående indeklimaundersøgelse og efterfølgende afværgelse på en sag med kraftig benzinforurening i grundvandet under en bygning i Region Nordjylland er der observeret indikationer på, at rygning udgør et væsentligt bidrag til specielt benzen i indeklimaet. Region Nordjylland og DMR har derfor gennemført et udviklingsprojekt, med fokus på at undersøge bidraget af olieculbrinter herunder BTEX'er fra cigaretrykning til indeklimaet. Der konstateres ofte forhøjede niveauer af specielt benzen i lokaler, hvor der ryges.

Formålet med projektet er at etablere et kvantitativt vidensgrundlag for at vurdere, hvor stort et internt bidrag til indeklimaet der kan komme fra rygning af cigaretter (ca. fem stk. pr. døgn) indenfor i en beboelse. Dermed kan resultater fra indeklimamålinger i rygerhjem sættes i et mere realistisk perspektiv, så det bliver nemmere at vurdere det egentlige bidrag fra en poreluftforurening på sager med olieforurening.

Metode, teknik

Projektet er gennemført i to faser. Fase 1 omhandler en litteraturgennemgang med fokus på at kortlægge vidensgrundlaget på området og i fase 2 er der udført forsøg med henblik på at undersøge afdampningen af TVOC og BTEX'er fra samme cigaretmærke, som ryges på den aktuelle lokalitet (der var udgangspunktet for projektet).

Ved forsøgene blev der udført laboratorietests ved kammerforsøg, hvor én cigaret blev maskinrøget og røgen blev opsamlet på kulrør med henblik på at kvantificere indhold af TVOC og BTEX'er pr. cigaret. Desuden blev røgen fra én cigaret opsamlet på ATD-rør, med henblik på at kvantificere enkeltkomponenter af TVOC fra én cigaret ved GC/MS-screening. Da der ikke optages komponenter i lungerne ved maskinrykning, skal resultater fra kammerforsøget betragtes som et maksimalt internt bidrag fra cigaretter. Forsøgene blev derfor suppleret med en test, hvor der blev røget én cigaret af en forsøgsperson i et lukket veldefineret lokale, hvor baggrundsniveauet blev undersøgt først. Luften fra testlokalet blev analyseret for TVOC og BTEX'er.

På baggrund af de konstaterede indhold af TVOC og benzen i én cigaret og antagelser om passivt luftskifte, er der lavet estimater på, hvor meget rygning af fem cigaretter bidrager til indeklimaet, samt hvor længe der går, før koncentrationen kommer under afdampningskriteriet.

Resultater

På baggrund af litteraturgennemgangen blev det fundet, at rygning af én cigaret i gennemsnit kunne bidrage med ca. 300 µg benzen til indeklimaet. Ved kammerforsøget blev der konstateret ca. 500 µg/cigaret. Rygning kan dermed sammenholdt med afdampningskriteriet på 0,13 µg/m³ resultere i en væsentlig overskridelse af afdampningskriteriet for benzen. Bidra-

get af de resterende BTEX'er fra rygning vil derimod typisk ikke resultere i en overskridelse af afdampningskriterierne. Der blev ikke fundet brugbare bidrag af TVOC fra en cigaret i litteraturen, men ved forsøgene blev der konstateret indhold på 7.000-14.500 µg/cigaret, hvilket ofte vil resultere i overskridelse af afdampningskriteriet (afhængig af rumstørrelse og ventilation). Ved forsøget med rygning af én cigaret af en testperson blev der konstateret indhold af benzen i luften efter rygning på 7,2 µg/m³, hvilket er på niveau med, hvad der kan forventes ud fra kammerforsøget.

Ud fra de konstaterede bidrag pr. cigaret kunne det estimeres, at rygning af fem cigaretter kan resultere i indeklimakoncentrationer af benzen, C9-C10-aromater og TVOC på hhv. 6,3; 49 og 160 µg/m³ (døgnmiddel).

Konklusion og perspektivering

Samlet set er der fundet god sammenhæng mellem data fra litteraturen og kammerforsøg for at kvantificere bidraget fra én cigaret. Omregnes bidragene pr. cigaret til indeklimakoncentrationer stemmer det endvidere med, hvad der kan måles i et testlokale efter rygning. Det er samtidig på niveau med en gennemsnitlig koncentration, der kan estimeres ved rygning af 5 cigaretter pr. dag. På den konkrete sag kunne interne bidrag pr. cigaret forklare de forhøjede niveauer af benzen, sammenholdt med relativt lave koncentrationer af TVOC.

Resultaterne kan fremadrettet bruges til at tolke resultater fra indeklimamålinger på lokaliteter, hvor der er viden om rygning. Forholdet mellem relativt høj overskridelse af afdampningskriteriet for benzen i forhold til relativt lav overskridelse af afdampningskriteriet for TVOC kan endvidere bruges som et mønster for rygerhjem på lokaliteter, hvor der ikke på forhånd er kendskab til rygning.

OLIEKULBRINTER: ADSKILLELSE AF INTERNE BIDRAG OG PORELUFTBIDRAG – FREMTIDENS LABORATORIEANALYSE?

Udviklingschef, BU Manager Peter Mortensen,
Eurofins Miljø A/S
pm@eurofins.dk

Baggrund og formål

Bestemmelse af bidraget fra en jordforurening til indeklimaet i en overliggende bygning har været et omdiskuteret emne, lige siden de første forslag til vurderingskriterier blev publiceret midt i 1990'erne. Bestemmelse af bidraget til indeklimaet er helt centralt for vurderingen af de risici, som jordforureningen udgør for brugerne af bygningen, og spiller derfor også en afgørende rolle i forbindelse med planlægningen af eventuelle afhjælpende tiltag.

Måling af bidraget vanskeliggøres af, at de selvsamme stoffer, som kan afdampe fra en jordforurening, allerede kan findes i indeklimaet som følge af afdampning fra byggematerialer, baggrundskoncentration i udeluften, husholdningskemikalier og beboernes aktiviteter. Bestemmelsen vanskeliggøres endvidere af, at afdampningskriterierne for visse stoffer er betydeligt lavere end de baggrundskoncentrationer, som kan findes i et gennemsnit af danske boliger.

Baggrundskoncentration i vores huse har derfor indtil nu i en lang række tilfælde stort set umuliggjort en præcis kvantificering af bidraget fra jordforurening til indeklima. I stedet har man været henvist til indledningsvis at modellere afdampningen vha. f.eks. JAGG modellen og efterfølgende at gennemføre undersøgelser og eventuelle målinger på ad hoc basis, afhængigt af den enkelte lokation.

En ny generation af analysemetoder kan revolutionere denne modelbaserede og indirekte måde at opgøre indeklimabidraget på.

Metode, teknik

Eurofins Miljø A/S har gennem de sidste 3 år gennemført et udviklingsprojekt sammen med Københavns Universitet og Højteknologifonden (nu Innovationsfonden) på jordanalyseområdet. Projektet har mundet ud i en række nye analyseværktøjer, som markedsføres under navnet ChemFing®.

Metoden udnytter avanceret computerteknologi og multivariat data-analyse til identifikation af forureningsmønstre og til kvantificering af kildestyrker. Udgangspunktet er de samme prøvetyper og de samme kromatografiske analysemetoder, som allerede anvendes på miljøområdet i dag.

Resultater

De første indledende pilotundersøgelser har vist, at principperne bag jordanalysemetoderne med stor sandsynlighed lader sig overføre til luftområdet og dermed til kvantificering af indeklimabidrag.

Indlægget vil præsentere principperne bag de nye analysemetoder og resultatet af et af de første pilotstudier.

Konklusion og perspektivering

Indtil nu har risikovurdering af indeklimatekstrakter ofte været baseret på et modelredskab, hvor der er betydelig risiko for væsentlige fejl med potentielt store sundhedsmæssige og/eller økonomiske konsekvenser. Et nyt softwarebaseret værktøj til analyse af kromatografiske data kan ændre dette markant, idet det forventeligt vil være muligt at foretage kvantitative målinger selv i tilfælde med høje baggrundskoncentrationer.

Dette vil for det første muliggøre risikovurderinger baseret på objektive, kvantitative målinger og for det andet med stor sandsynlighed reducere de samlede omkostninger til risikovurdering af denne type indeklimatekstrakter.

BLOWER DOOR TEST TO EXAMINE IF VOC CONTAMINATION IN INDOOR AIR IS CAUSED BY INTERNAL SOURCE OR BY SUB-SLAB SOURCE

Børge Hvidberg, M.Sc., Central Denmark Region
boerge.hvidberg@ru.rm.dk
Karin Birn Nielsen, M.Sc., Central Denmark Region
karin.nielsen@ru.rm.dk

Often, it is important to know if an indoor air contamination of Volatile Organic Compounds (VOC) is caused by internal sources, or by sub-slab contamination, to decide whether or not remediation of the sub-slab contamination is relevant.

With a blower door test (building pressure control), the pressure differential across the blower can be controlled and thereby also the pressure differential across the slab. By measuring the indoor air concentrations of VOC under depressurization (upward gradient over the slab) and under pressurization (downward gradient over the slab), it can be determined if the sub-slab contamination contributes significant to the VOC concentration in indoor air.

The method has been applied at 3 sites in Central Denmark Region, and the results shows that a blower door test (building pressure control) is a quick, effective and price-favorable method to examine if VOC contamination in indoor air is caused by internal source or by sub-slab source.

With numerous measurement points in the indoor air the test can at some sites detect where the sub-slab contamination is situated.

Introduction: It is a well-known fact that VOC contamination in indoor air can be caused by evaporation from e.g. furniture, carpet, paint and wallpaper. Often BTEX are the dominant substances.

With oil-contamination under a house, it is often difficult to determine if the sub-slab contamination contributes significant to the VOC-concentration that has been found in indoor air, or if the indoor air concentration is caused by internal sources. It is important to know the source to an indoor contamination with VOC, to decide whether or not remediation of the sub-slab contamination is relevant.

With a blower door test (building pressure control), it is quite easily examined whether or not a VOC-content in indoor air is caused by sub-slab contamination, or by internal sources.

Methodology: A blower door test is a known test in the building industry, to determine the tightness of a house. With a blower door test the pressure differential across the blower can be controlled, and thereby also the pressure differential across the slab.

When the pressure inside the house is lowered (depressurization), there will be an upward pressure gradient across the slab, and both sub-slab contamination and internal sources will contribute to the VOC concentration in indoor air.

When the pressure inside the house is increased (pressurization), there will be a downward pressure gradient across the slab, and only internal sources will contribute to

the VOC concentration in indoor air. The sub-slab contamination will not contribute significantly, due to the downward pressure gradient.

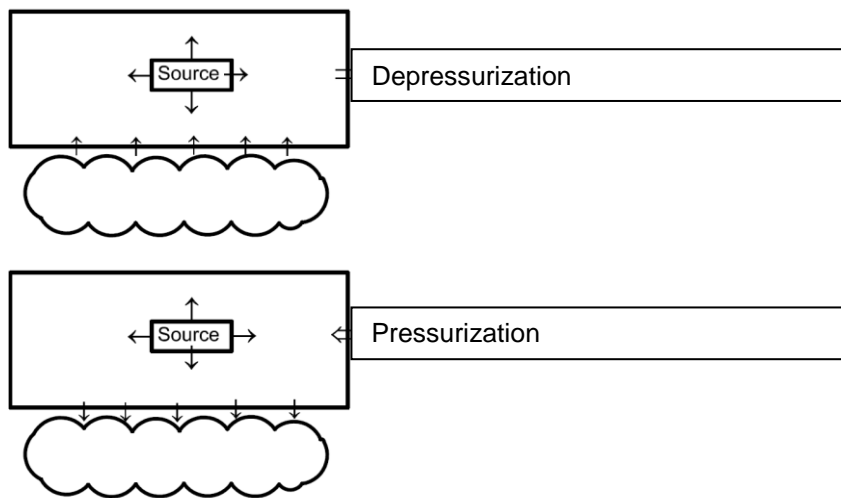


Figure 1. Contribution from internal source and sub-slab source under pressurization and depressurization

By measuring the indoor air concentrations of VOC, under depressurization (upward gradient over the slab) and under pressurization (downward gradient over the slab), it can be determined if the sub-slab contamination contributes significant to the VOC concentration in indoor air. It is as simple as that!

Theoretically, the results would be like figure 2.

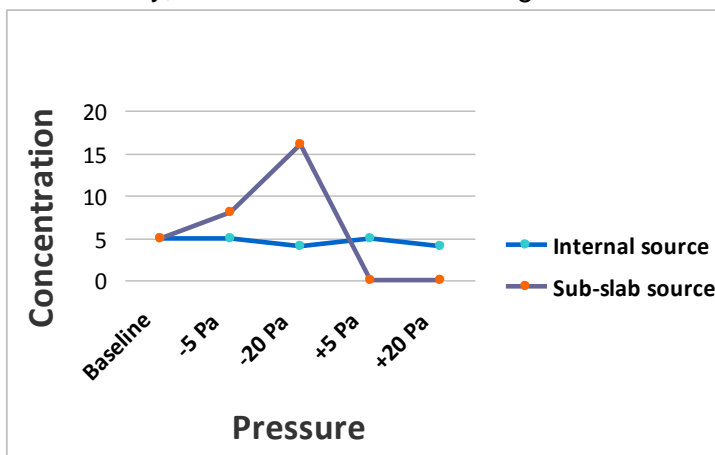


Figure 2. Theoretically indoor air concentration under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa)

Results: The method has been tested on 2 sites in Central Denmark Region, and has been used at 1 specific site.

On test site A, there is a perchlorethylen (PCE)-contamination in soil and in soil vapor sub-slab, which cause a significant PCE-concentration in indoor air. There is no BTEX or TVOC contamination in the sub-slab soil.

In the test, indoor air concentration was determined by active sampling on carbon-tubes for both upward and downward gradient over the slab, and both with and without an artificial internal source (a gasoline can) in the house. Sampling was conducted in 4

different places in the house with a pressure differential indoor/outdoor of +20, +5, -5, and -20 Pa by the blower door. The results are shown in figure 3.

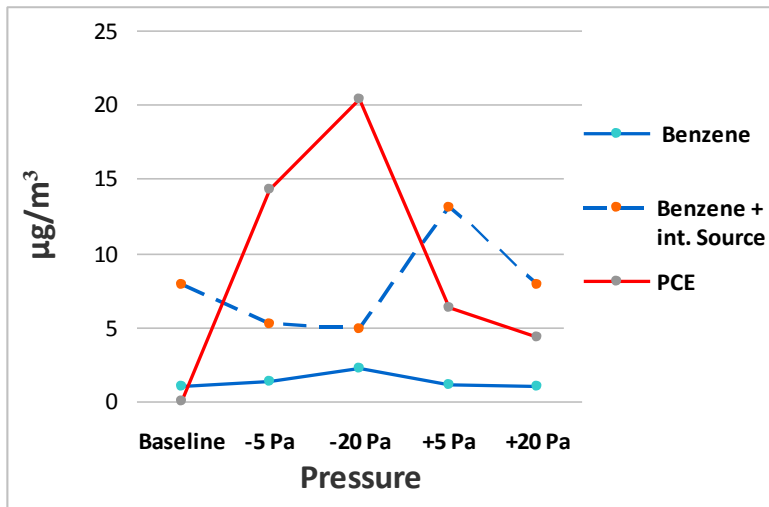


Figure 3. Test site A, indoor air concentration under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa), mean values of 4 sampling points

Figure 3 clearly shows an increase in PCE concentration under depressurization, indicating a sub-slab source. The benzene concentration is unaffected of the pressure. When an internal source is installed, the benzene concentration is substantially higher, and shows no sign of a sub-slab source (no increase in concentration under depressurization).

On test site B, there is an oil contamination in soil and soil vapor beneath parts of the house. The test was performed as in test site A. The results are shown in figure 4.

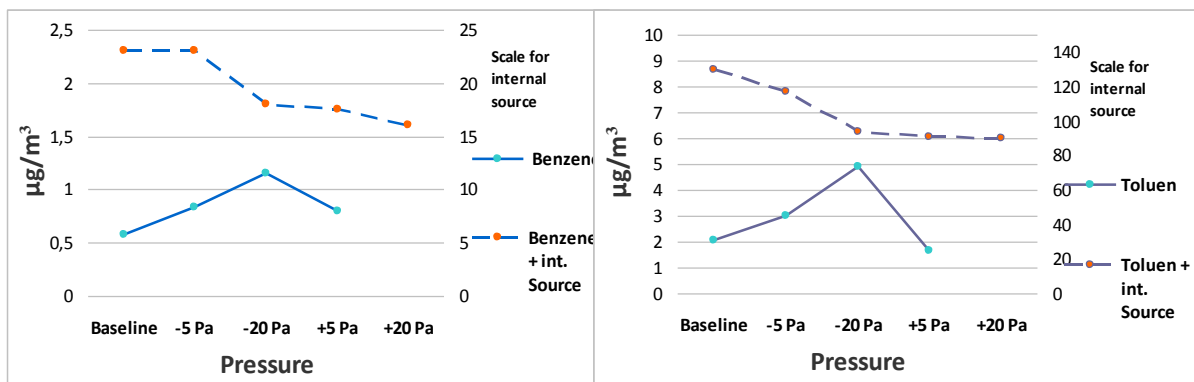


Figure 4. Test site B, indoor air concentration under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa), mean values of 4 sampling points, for benzene and toluene

Figure 4 shows an increase in benzene and toluene concentration under depressurization, indicating a sub-slab source. When an internal source is installed, the benzene and toluene concentrations are substantially higher, and over-shadows the intrusion from the sub-slab source.

Figure 5 shows the results for each sampling point at test site B.

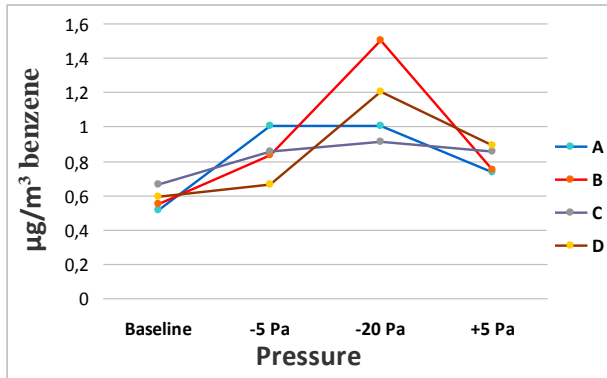


Figure 5. Test site B, indoor air concentration for benzene under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa), for each sampling point A, B, C and D

Figure 5 shows that the intrusion of benzene under depressurization is higher for sampling points B and D, showing that the sub-slab source is beneath the part of the house where sampling point B and D are situated. This corresponds very well with the investigation of the sub-slab contamination performed before the tests.

After the above-mentioned tests, the method has been applied on a site (site C), where there were quite high concentration of PCE and Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in indoor air. Investigations showed a minor PCE- sub-slab contamination below the east end of the house, but no TVOC-contamination. It was assumed that there were internal sources contributing to the indoor air concentration of TVOC and PCE, and it was important to determine if the intrusion of soil vapor from the sub-slab PCE-contamination was a significant contribution to the indoor air concentration. This was vital for the decision of which remediation methods should be applied.

A blower door test (building pressure control) was performed as described for test site A and B. At this site active sampling on carbon tubes were conducted in 6 different sampling points in the house. The blower door was installed in a door in the middle of the house. No artificial internal sources (gasoline can) were installed.

The results are shown at figure 6.

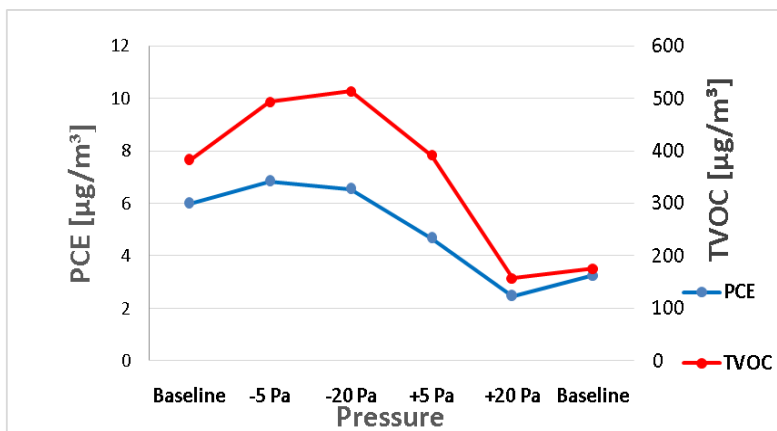


Figure 6. Site C, indoor air concentration under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa), mean values of 6 sampling points

The results shows that there is an increase in PCE and TVOC concentration under depressurization, which documents that there is sub-slab sources of both PCE and TVOC.

In figure 7 the mean values of the 2 east sampling points, and of the 2 west sampling points are shown for PCE and TVOC.

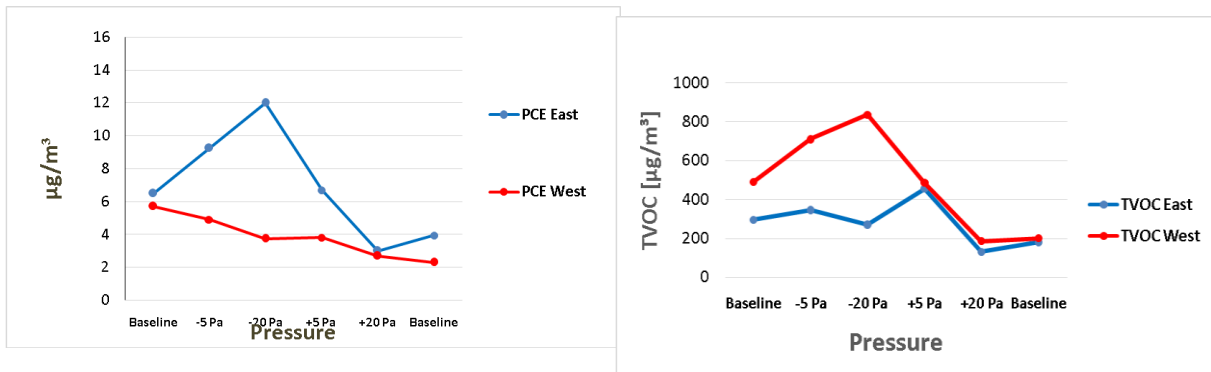


Figure 7. Site C, indoor air concentration of PCE and TVOC under depressurization (-5 and -20 Pa) and pressurization (+5 and +20 Pa), mean values of 2 sampling points east and of 2 sampling points west

Figure 7 shows that there is a sub-slab PCE contamination below the eastern part of the house, which contributes significantly to the indoor air PCE concentration. There is no sub-slab PCE-contamination below the western part of the house.

Figure 7 also shows that there is a TVOC contamination sub-slab below the western part of the house, but none below the eastern part of the house.

Conclusion: The tests shows that a blower door test (building pressure control) is a quick, effective and price-favorable methods to examine if VOC contamination in indoor air is caused by internal source or sub-slab source.

With numerous measurement points in the indoor air the test can at some sites detect where the sub-slab contamination is situated.

LUFTSKIFTE. HVAD VED VI OG HVAD KAN VI?

Professor Geo Clausen
Sektionen for Indeklima og Bygningsfysik
Institut for Byggeri og Anlæg
DTU
gc@byg.dtu.dk

Indeklimaet i vores boliger er under pres. Et vedvarende ønske om energibesparelse i bygninger har medført, at mange boliger tætnes, uden at sikre et tilstrækkeligt luftskifte på anden vis. Dette har en indvirkning på koncentrationen af forurenende stoffer inden døre. Koncentrationen af forurenende stoffer i et rum er en balance mellem hvad der tilføres fra kilder som f.eks. materialer og aktiviteter, og hvad der fjernes ved ventilation. Mindre ventilation resulterer således i højere koncentrationer af forurenende stoffer. Situationen forværres af, at en lang række nye forureningskilder finder vej til boligerne, som f.eks. forbrugerelektronik, der i nogle tilfælde afgiver flammehæmmere og andre stoffer til indeklimaet.

I præsentationen gennemgås forskellige metoder til at måle luftskifte og resultaterne af en stor dansk målekampagne med målinger i 500 danske boliger præsenteres, med særlig henblik på betydningen af brugeradfærd. Dynamiske forhold som luftskiftets variationer i tid og sted diskuteres. Til slut kommer krystalkuglen i spil for et kig ud i fremtidens ventilationsløsninger.

Luftskifte i 500 danske boliger

