



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Sporing af indtrængningsveje for poreluft til indeklimaet i boliger ved blowerdoor, termografi, PID og sporgas

Teknologiprogram for jord-
og grundvandsforurening

Miljøprojekt nr. 1589, 2014

Titel:

Sporing af indtrængningsveje for poreluft til indeklimaet i boliger ved blowerdoor, termografi, PID og sporgas

Redaktion:

Majbrith Langeland, Grontmij A/S
Winnie Hyldegaard, Grontmij A/S
Søren Kreilgaard, Grontmij A/S

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2014

ISBN nr.

978-87-93178-81-6

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	9
1. Indledning	12
1.1 Baggrund	12
1.2 Formål	15
1.3 Undersøgelsesstrategi	15
2. Beskrivelse af anvendte metoder	17
2.1 Byggeteknisk gennemgang	17
2.2 Trykdifferensmålinger	17
2.3 Blowerdoor	19
2.4 Termografi	20
2.5 Avanceret PID-måler (ppb-PID)	21
2.6 Sporgas	22
3. Beskrivelse af lokaliteter	23
3.1 Anlægsvej 5, Vinderup	23
3.2 Bredgade 3, Videbæk	24
3.3 Østergade 5B, Rødding	25
3.4 Frederiksbjerg Torv, Århus	26
4. Resultater af undersøgelser samt vurdering	27
4.1 Trykdifferensmålinger og blowerdoor	27
4.2 Termografi	28
4.3 Avanceret PID-måling (ppb-PID)	30
4.4 Sporgas	34
5. Diskussion	37
6. Konklusion og perspektivering	45
Referencer	47

BILAGSLISTE

- Bilag 1 Instrumentbeskrivelse for Photo Ioniserings Detektor- Ppb-RAE
- Bilag 2 Metodebeskrivelse for blowerdoor
- Bilag 3 Metodebeskrivelse for termografi
- Bilag 4 Metodebeskrivelse sporgas
- Bilag 5 Tjekliste ved byggeteknisk gennemgang, fra /2/
- Bilag 6 Grafer fra trykdifferensmålinger

APPENDIKS

- Appendiks 1 Datanotat for Anlægsvej 5, Vinderup
- Appendiks 2 Datanotat for Bredgade 3, Videbæk
- Appendiks 3 Datanotat for Østergade 5B, Rødninge
- Appendiks 4 Datanotat for Frederiksbjerg Torv 8, Århus

Forord

I denne rapport præsenteres og beskrives 3 metoder, der kan anvendes til lokalisering af indtrængningsveje for flygtige forureningskomponenter fra poreluften under gulv til indeklimaet.

Projektet er gennemført i perioden maj 2010 til oktober 2011 og opstiller metodebeskrivelser for de anvendte metoder og afprøvningen af metoderne på 4 forskellige lokaliteter med bygninger af forskellig type, stand og byggeår. Der er tale om forurenede lokaliteter i Region Midtjylland, hvor der er påvist indeklimapåvirkning med chlorerede opløsningsmidler eller benzin-/oliekomponenter, eller hvor der er behov for at dokumentere, at der ikke er indtrængningsveje i forhold til en påvist forurening i grundvandet under bygningen.

Projektet er gennemført af Grontmij A/S for Region Midtjylland under Miljøstyrelsens teknologiudviklingsprogram for jord og grundvandsforurening.

Undersøgelserne i nærværende rapport er udført af Grontmij, projektet er koordineret af Region Midtjylland ved Børge Hvidberg. Der er i alt undersøgt 3 sporingsmetoder med og uden anvendelse af blowerdoor på 4 forskellige lokaliteter.

Ud over de i denne rapport nævnte metoder er der sideløbende undersøgt en 4. metode; Sporing af indtrængningsveje ved thoron-målinger /19/.

Der er endvidere udarbejdet et opsamlingsprojekt, hvor der er foretaget sammenligning mellem forskellige metoder til sporing af indtrængningsveje, /20/.

Sammenfatning

Baggrund

I sager, hvor indtrængende forureningsdampe fra underliggende jord- eller grundvandsforureninger giver anledning til en påvirkning af indeklimaet, kan et grundigt kendskab til flygtige stoffers indtrængningsveje åbne mulighed for anvendelse af simple metoder, som afværgemetoder for at hindre en spredning til indeklimaet.

I projektet undersøges og præsenteres følgende 3 metoder til fastlæggelse af indtrængningsindtrængningsveje: termografi, PID og sporgas. Alle metoder er undersøgt hhv. med og uden anvendelse af blowerdoor.

Formålet med projektet er at søge en bredere afklaring af metodernes anvendelsespotentiale; herunder at afklare og beskrive metodernes styrker og svagheder, blandt andet i forskellige bygningstyper.

Undersøgelserne

Grontmij A/S har gennemført undersøgelser ved anvendelse af 3 enkeltstående metoder til sporing af indtrængningsveje; termografi, PID-måling (gas-screening) og sporgas.

Anvendelse af de 3 metoder undersøges både under naturlige trykforhold og under kunstigt skabt undertryk. Undertrykket skabes og reguleres ved anvendelse af en stor blæser monteret i en lufttæt ramme og kaldes en blowerdoor.

Der er gennemført undersøgelser på i alt 4 lokaliteter i Region Midtjylland, tre tidligere renserilokaliteter, hvor PCE eller TCE er den primære forureningskilde og en lokalitet, hvor den primære forurening er olieprodukter, herunder totalkulbrinter og benzen. De 4 lokaliteter repræsenterer 4 forskellige bygningstyper med forskellig tilgængelighed og adgangsforhold samt byggeår. Metoderne er sammenlignet ved at udføre flere metoder på den samme lokalitet. For hver af metoderne er anvendt udstyr og udførelse beskrevet, således at andre udførende kan tage metoden i anvendelse og med baggrund i de erfaringer, der er opøvet, foretage kvalitative valg af hvilken metode, der mest hensigtsmæssigt kan anvendes for en given lokalitet. Der er ligeledes peget på hvilke metoder eller kombination af metoder, der bedst afdækker indtrængningsvejene for de undersøgte bygningstyper. For hver metode er styrker og ulemper beskrevet, og der er angivet prisniveau for anvendelse af metoderne.

Hovedkonklusioner

Det er ved undersøgelserne vist, at termografi ikke er anvendelig til påvisning af indtrængningsveje gennem revner (utætheder), idet termografi både med og uden blowerdoor, ikke kunne afdække betydende indtrængningsveje i de 4 bygningstyper, der er undersøgt.

Avanceret PID-måling og sporgas har begge vist sig velegnet til sporing af indtrængningsveje. Ved kombination med blowerdoor har begge metoder vist sig meget velegnet til sporing af indtrængningsveje. Hvis der blot tilføres et undertryk på i størrelsesorden 10 Pa, påvises der flere indtrængningsveje, som er aktive og som ellers ikke ville være blevet fundet ved anvendelse af sporingsmetoderne uden anvendelse af blowerdoor.

Tidsforbrug og prisniveau

Baseret på erfaringerne fra udførsel af undersøgelser med anvendelse af blowerdoor, så vurderes sporingsmetoderne termografi, sporgas og avanceret PID-måling til fastlæggelse af indtrængningsindtrængningsveje at kunne udføres inden for en halv til en dags feltarbejde for to feltmedarbejder. Dertil kommer planlægning, rapportering etc. På baggrund af de gennemførte undersøgelser er det Grontmijs erfaring, at mindre undersøgelser kan gennemføres for omkring 8.000 kr., mens større undersøgelser (indenfor én dags feltarbejde) kan gennemføres for mellem 15.000 til 25.000 kr. uden brug af blowerdoor. Anvendes sporingsmetoderne i kombination med blowerdoor kan mindre undersøgelse gennemføres for omkring 18.000 kr., mens større undersøgelser kan gennemføres for mellem 25.000 til 45.000 kr.

Projekresultater

På baggrund af de gennemførte undersøgelser er der foretaget en tematisk sammenstilling af en række væsentlige erfaringer, hvoraf nogle er opsummeret i de følgende afsnit.

Almindelige indtrængningsveje

På samtlige sager er der konstateret indtrængning via støbeskel imellem betongulv og bærende vægge, eller imellem støbte betongulve i forskellige rum, under dørtrin, og hvor der i betonareal har været foretaget ophugning af betonen f.eks. ved kloakrør, der er etableret senere end bygningen.

Påviste indtrængningsveje

De påviste indtrængningsveje er typisk meget små revner som ikke er mulige at identificere uden sporingsmetoderne. Der er ikke tale om revner med en horisontal, synlig udstrækning, men et afgrænset sted, et indtrængningspunkt, frem for en horisontal udstrakte revner. Det gør indtrængningsvejene vanskeligere at påvise med sporingsmetoderne uden brug af blowerdoor.

Der er på 2 lokaliteter påvist spredning over hele gulvarealer. Dette skyldes at gulvets betonkvalitet er ringe eller udlægningstykkelser af betonen er tynd.

Der er på en lokalitet påvist meget store og gennemgående svindrevner fra udstøbning af beton, men ved undersøgelserne er det påvist, at størstedelen af disse ikke er betydende indtrængningsveje.

Blowerdoor

Kombinationen, hvor bygningen tilføres undertryk, giver et meget sikkert resultat, idet bygningens varierende trykforhold og ydre påvirkninger kan simuleres. Det vurderes, at valg af metode primært afhænger af de lokalitetsspecifikke forhold.

Med baggrund i de udførte undersøgelser, vurderes anvendelse af blowerdoor at være en meget velegnet metode til at simulere undertryk i bygninger af forskellig type og standard. Undersøgelserne viser ligeledes, at det er muligt at anvende blowerdoor-metoden til at opnå undertryk, som er realistisk for den konkrete bygning, idet det påførte undertryk kan vælges i intervallet fra 0-60 Pa. Ved at påføre en bygning et lille undertryk f.eks. 5-10 Pa vil det kunne sikres, at alle indtrængningsveje, som jævnligt er aktive, kan afdækkes ved brug af en af de forskellige sporingsmetoder. Undersøgelserne indikere, at ved at påføre et varierende undertryk med blowerdoor og brug af en sporingsmetode, så vurderes det muligt at påvise den potentielle variation i indeklimapåvirkningen af en bygning. Det kan med de anvendte metoder hurtigt afdækkes og dokumenteres, om der er tale om betydende indtrængningsveje eller ej, også i forhold til den tidlige og stedlige variation i poreluften omkring bygningen. Det betyder, at der ved anvendelse af blowerdoor ved undersøgelserne vil kunne opnås det koncentrationsinterval som er karakteristisk for den pågældende bygning set over en længere tidsperiode

Avanceret PID-måling og sporgas

De udførte undersøgelser har vist, at både avanceret PID-måling og sporgas er velegnede til sporing af indtrængningsveje både med og uden brug af blowerdoor.

Termografi

Det vurderes at anvendelse af termografi til påvisning af indtrængningsveje er begrænset til forholdsvis store indtrængningsveje, som også kan afdækkes ved grundig visuel byggeteknisk gennemgang. Metoden er ikke velegnet til afdækning af indtrængningsveje, da der ikke er tilstrækkeligt temperaturforskel i de omkringliggende materialer til at kunne identificere de relevante utætheder.

Summary

Background and objective

In cases where the intrusion of contaminant soil vapours from subsurface soil or groundwater contamination give a contamination of the indoor climate, can thorough knowledge of the intrusion pathways of volatile contaminants open the possibility of including simpler methods in the selection of actions aimed at preventing intrusions to the indoor climate.

The following three methods were investigated and presented for determination of intrusion pathways: termography, PID and tracergas. All of the methods are investigated both with and without the use of BlowerDoor.

The primary purpose of the project is to describe and test the methods on different building types in order to be able to assess the methods in relation to each other.

The investigations

In connection with the project, Grontmij A/S carried out investigations using three specified methods and in combination with natural pressure and depressurization of the building in question. The depressurization is achieved by using the method called BlowerDoor. The locations are all situated in Central Denmark Region.

There are performed investigations on 4 locations in Central Denmark Region, at three former dry cleaner sites where PCE or TCE are the primary sources of contamination and at one locality where the primary sources of contamination are NAPLs including total hydrocarbons and benzene. The 4 locations represent 4 different buildingtypes with different availability and accessibility and year of construction.

Through the investigations at the four selected localities, three easily accessible methods were examined for detection of intrusion pathways from the subsurface to indoor air in four different types of buildings with different accessibility and access conditions as well as construction years. The methods were compared. For each of the methods, the equipment and execution process were described so that other investigators can apply the method and based on the experience gathered make a qualitative choice of the method that can or should be used at a given locality. The most suitable methods or combination of methods for identifying intrusion pathways in the investigated building types were also identified. For each method strengths and disadvantages were described including the cost of using the method.

Main conclusions

This investigation has showed that termography is not suitable for finding intrusion cracks (leakage), as the method could not identify points of intrusion in the 4 types of buildings in the project.

Advanced PID-measurement and tracergas have both proved suitable for finding intrusion pathways. In combination with BlowerDoor both methods are very suitable for finding intrusion pathways. With a pressure of 10 Pa it is possible to find multiple intrusion points which wouldn't have been found without BlowerDoor.

Time and cost

Based on the experience with investigations by use of BlowerDoor, it is assessed that the tracing methods of thermography, tracer gas and ppb-RAE (gas screening) can be carried out in one or half a day of fieldwork by two field workers. To this should be added the cost of planning, reporting etc. Based on the conducted investigations, it is our experience that minor investigations without BlowerDoor can be performed at a cost of around DKK 8,000, whereas more comprehensive investigations (within one day of field work) can be performed at a cost of DKK 15,000-25,000. Minor investigations with BlowerDoor can be performed at a cost of around DKK 18,000, whereas more comprehensive investigations (within one day of field work) can be performed at a cost of DKK 25,000-45,000.

Project results

Based on the investigations performed, a thematic compilation of important experiences was made; some of these are summarized in the following.

Common intrusion pathways

At all locations intrusion via joints between concrete floors and bearing walls was detected or between concrete floors in different rooms, under door thresholds and in places where concrete areas have been repaired, e.g. wiring.

Identified intrusion pathways

The identified diffusion pathways are typically very small micro-cracks and points, which are difficult to detect with the detection methods without the use of BlowerDoor.

At two localities floor areas were identified with poor concrete quality or insufficient concrete thickness or condition.

At one of the localities very large and through-going contraction cracks stemming from the casting process were identified, but the investigations showed that the major part of these cracks were not significant intrusion paths.

BlowerDoor

The combination of methods in which the building is depressurized gives a very reliable result as the building's varying pressure conditions and external impacts can be simulated by carrying out the investigations under depressurization.

Based on the performed investigations, it is assessed that BlowerDoor is a well suited method for simulating the different pressure conditions that the building is exposed to and consequently ensuring that all intrusion pathways are located by means of the different measuring methods. This means that if the method is used systematically at localities where it is assessed that the indoor climate is affected, it will be possible to obtain highly reliable risk assessments by using BlowerDoor and a tracing method. It will be possible to quickly detect and document whether there are significant intrusion pathways or only minor leakages – intrusion pathways. It is assessed that the method can be used to determine the variation in contaminated soil vapor impact on indoor air quality.

Ppb-PID and tracer gas

The investigations showed that both ppb-PID and tracer gas are suitable for finding intrusion pathways.

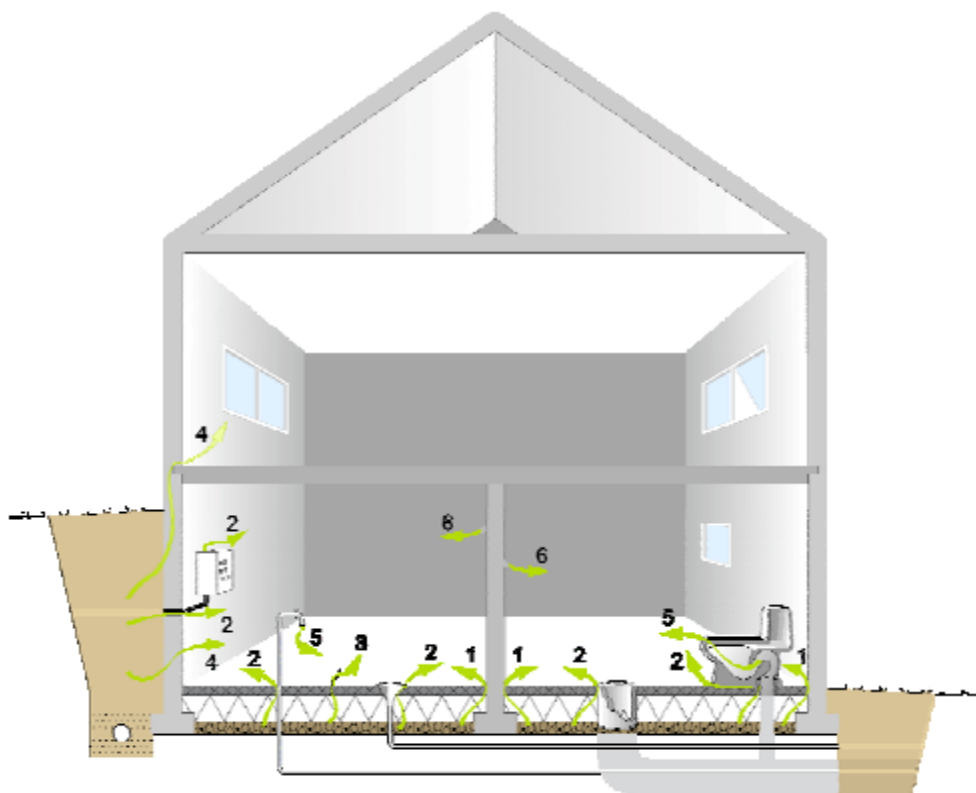
Thermography

It is assessed that the use of thermography for detection of leakages is limited to relatively large intrusion pathways, which can also be identified through a careful visual structural inspection. The method is not suited for identifying intrusion pathways / leakages involving intrusion of volatile contaminants or radon.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Transporten af flygtige forureninger fra poreluften under gulv til indeluften i en bygning sker hovedsageligt ved konvektiv transport igennem utætheder, såsom små revner og sprækker og andre indtrængningspunkter i gulv- og vægkonstruktionen mod jord.



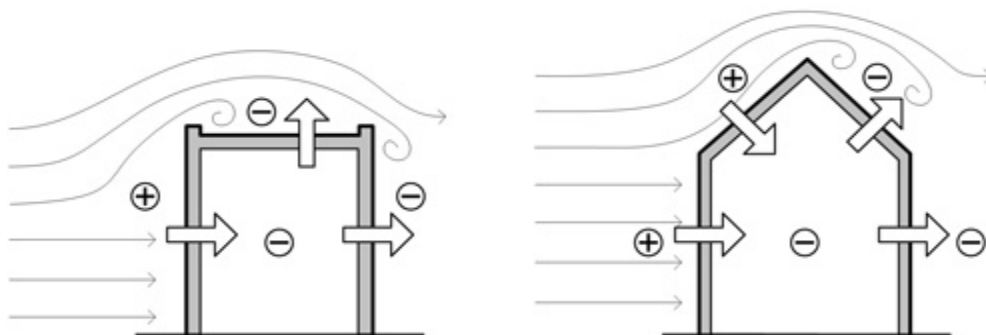
FIGUR 1
FRA /7/. ILLUSTRERER POTENTIELLE INDRÆNGNINGSVEJE TIL INDEKLIMAET.

Der er en stigende erkendelse af, at tætning af disse indtrængningspunkter kan være en effektiv og billig metode til at nedbringe påvirkningen af indeklimate fra forurenet poreluft eller radon. Når der er indeklimapåvirkning fra en underliggende flygtig forurening, er der ofte tale om begrænsede overskridelser af de gældende afdampningskriterier.

Det vurderes, at tætning af indtrængningsveje (utætheder) vil være tilstrækkeligt til at nedbringe indeklimapåvirkningen til under afdampningskriteriet på mange forurenede lokaliteter og/eller hindre betydende radonspredning fra undergrunden, jf. /9/, /10/.

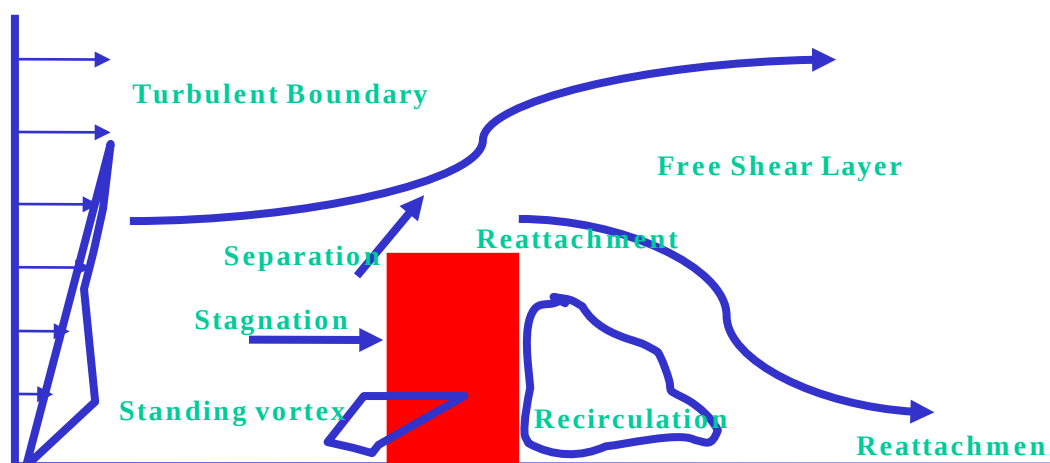
Erfaringer med måling af trykdifferens mellem indeklima og under gulv har vist, at meteorologiske forhold (temperatur, trykforhold, vind og nedbør) sammen med bygningens anvendelse (opvarmning, udluftning og lignende.) har stor betydning for, om luftstrømningen er opadrettet eller nedadrettet; altså om der er en trykdrevet luftstrømning fra poreluften under gulv til indeklimate eller omvendt. Opvarmning af boligen giver en skorstenseffekt, der medvirker til, at der i en stor del af tiden over et år, vil være et relativt undertryk i boligen og dermed en luftstrømning

ind i boligen. Som udgangspunkt kan der i danske boliger derfor forventes en svag opadrettet luftstrømning størstedelen af tiden. En anden væsentlig faktor for luftstrømningerne er vindpåvirkninger på bygningen, /11/. På nedenstående figur 2 er vist trykfordelingen omkring et hus ved en given vindretning.



FIGUR 2
TRYKFORDELINGEN PÅ ET HUS VED EN GIVEN VINDRETNING. /11/

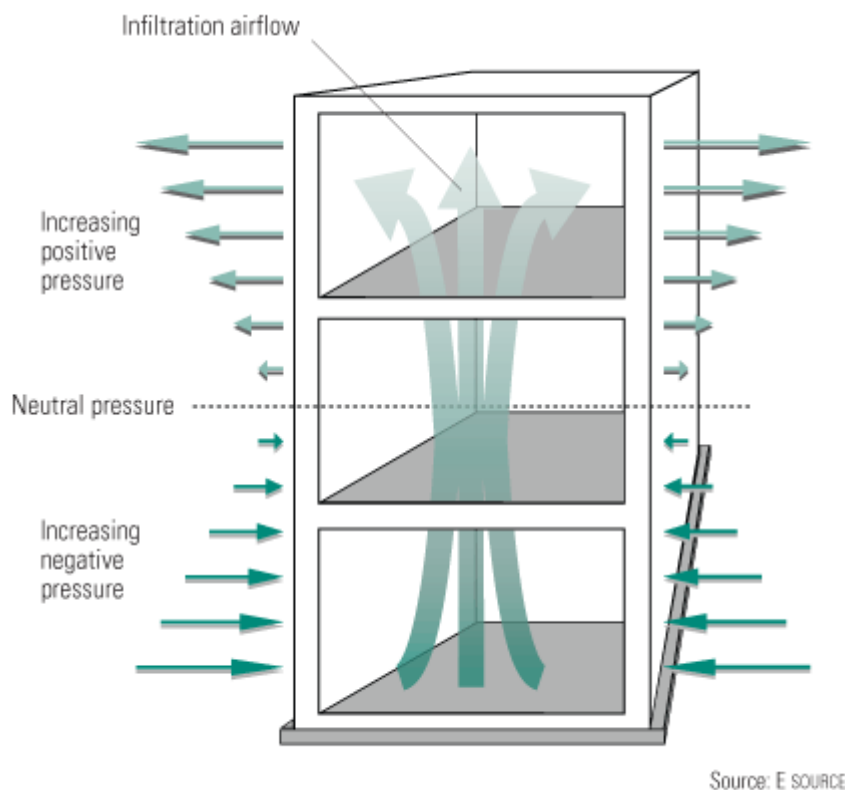
Figuren viser trykfordelingen meget principielt. Type og faser af forskellige hændelser er vist på nedenstående figur 3. Ved skiftende vindpåvirkninger og ændringer i de atmosfæriske trykforhold vil trykfordelingen i en bygning ændre sig markant.



FIGUR 3
VINDPÅVIRKNINGEN PÅ EN BYGNING, SOM VIL GIVE FORSKELLIGE TRYKFORDELINGER I OG OMKRING BYGNINGEN.

NOTE:
 TURBULENT
 BOUNDARY LAYER: TURBULENT OVERGANGSLAG
 FREE SHEAR LAYER: FRI LUFTSTRØM
 SEPARATION: LUFTSTRØM FRIGØRER SIG FRA OBJEKT
 REATTACHMENT: LUFTSTRØM BINDER SIG TIL OBJEKT
 STAGNATION: STILLESTÅENDE LUFT
 STANDING VORTEX: HVIRVLENDE LUFTSTRØM
 RECIRCULATION: HVIRVLENDE LUFTSTRØM

Hvis der er tale om et etagebyggeri, er trykfordeling i bygningen principielt, som angivet på nedenstående figur 4.



FIGUR 4
TRYKFORDELINGSFORHOLDET I ET ETAGEBYGGERI MED 3 ETAGER /13/.

NOTE:

INFILTRATION AIRFLOW:	INDTRÆNGENDE LUFTSTRØM
INCREASING POSITIVE PRESSURE:	STIGENDE POSITIV TRYKNIVEAU (OVERTRYK I BYGNINGEN)
NEUTRAL PRESSURE:	NEUTRALT TRYKNIVEAU
INCREASING NEGATIVE PRESSURE:	STIGENDE NEGATIVE TRYKNIVEAU (UNDERTRYK I BYGNINGEN)

Figur 4 viser et andet væsentligt forhold, som gør sig gældende i etagebyggerier. I et etagebyggeri vil der indstille sig et neutralplan. Neutralplanet vil indstille sig i bygningen som en følge af skorstenseffekter i rørføringer, ledningsføringer, trappeskakter, ventilationsdrift og brugsadfærd, men er karakteriseret ved at have et positivt trykniveau på de øverste etager og mindre eller negativt trykniveau på de nederste etager.

Hvis bygningen har mikroskopiske utætheder mellem gulv og vægge, revner i gulve, indtrængningsveje fra kloak og rørføringer, mangler på kloakudluftninger etc., vil dette påvirke bygningens trykniveau væsentligt og dermed, hvor neutralplanet (neutral trykniveau) indstiller sig i etagebyggeriet. På grund af forskellige meteorologiske forhold og brug af bygningerne, er trykforholdene i en bygning ofte varierende. I bygninger, hvor der måles i indeklimaet over flere etager, vil de ovennævnte mekanismer også afspejles i indeklimalmålingernes koncentrationsniveauer, hvorfor der vil kunne måles en væsentlig variation op gennem en etageejendom. /16/

Indeklimamålinger foretages derfor bedst over en periode (f.eks. 14 dage), så der kan opnås en repræsentativ variation i ind- og udstrømning fra indtrængningsvejene.

Spredning af forurennet poreluft eller radon til indeklimaet i en bolig sker, når trykket i bygningen er lavere end trykket i poreluften under gulv (opadrettet gradient). Ved anvendelse af blowerdoor kan der kunstigt skabes og fastholdes et givet undertryk i huset, og dermed bliver det lettere at spore indtrængningspunkter ved brug af forskellige sporingsmetoder.

Små mikroskopiske revner som ikke er synlige (i størrelsesordenen fra 0,05 mm) kan være en betydende indtrængningsvej til indeklimaet. Det er derfor væsentligt, at der anvendes sporgingsmetoder til påvisning af disse indtrængningsveje frem for visuel vurdering.

1.2 Formål

Formålet med projektet har været at

- undersøge, om termografi som metode i kombination med og uden blowerdoor er velegnet til lokalisering af indtrængningspunkter.
- undersøge, om avanceret PID-måling (ppb-PID) som metode i kombination med eller uden blowerdoor er velegnet til lokalisering af indtrængningspunkter.
- undersøge, om sporgas kombineret med eller uden blowerdoor er velegnet til lokalisering af indtrængningspunkter.

1.3 Undersøgellesstrategi

På alle 4 lokaliteter er der lavet en grundig byggeteknisk gennemgang. På baggrund af den byggetekniske gennemgang er der udvalgt en række interesse-/målepunkter, som skal danne grundlag for sammenligning af de forskellige metoder i forhold til situationen med og uden blowerdoor. Ved anvendelse af sporgas, ppb-RAE og termografi er omfanget af målepunkter, der kan gennemføres målinger på, egentligt ubegrænset. Antallet af interesse-/målepunkter er fastsat, for at gennemførelse af thoronmålinger i et antal målepunkter kan udføres i forhold til feltarbejdets varighed. Thoronmålinger kræver udvælgelse af et begrænset antal punkter, da måletiden for metoden er begrænsende.

Der er opsat 3-4 trykdifferensmålere på hver lokalitet i en periode på ca. 1 måned. Selve undersøgelserne med sporing af indtrængningsveje er udført ca. midt i måleperioden, hvor der også udføres trykdifferensmålinger, således at der foreligger trykdifferensdata både før og efter undersøgelserne.

På hver af de 4 lokaliteter er der lavet undersøgelser med termografi og ppb-RAE i kombination med og uden blowerdoor.

Der er endvidere lavet undersøgelser med sporgas på 2 af de 4 lokaliteterne.

2. Beskrivelse af anvendte metoder

I det følgende er der lavet en kortfattet beskrivelse af de valgte metoder til sporing af indtrængningsveje i forbindelse med dette projekt. I bilag 1-5 findes uddybende beskrivelser af metoderne.

2.1 Byggeteknisk gennemgang

De potentielle indtrængningsveje kortlægges ved en detaljeret byggeteknisk gennemgang, hvor hele bygningen gennemgås og registreres.

For at kunne foretage en byggeteknisk gennemgang, hvor relevante forhold om indtrængningsveje registreres, er det vigtigt, at den udførende har kendskab til både forskellige bygningskonstruktioner samt erfaring med registrering af potentielle indtrængningsveje for lufttransport. Det er erfaringen, at en traditionelt udført byggeteknisk gennemgang ikke vil afdække potentielle indtrængningsveje.

I /2/ er der lavet en tjekliste, som med fordel kan anvendes ved en byggeteknisk gennemgang. Tjeklisten er også vedlagt i bilag 4. I /2/ er der endvidere givet nogle generelle beskrivelser og definitioner vedrørende byggeskik i perioden fra før 1900-tallet og frem til nutidens byggerier.

I illustreret byggeordbog findes mange gode illustrationer af forskellige detaljer i byggeri fra forskellige byggeperioder. /14/ og /15/

2.2 Trykdifferensmålinger

Den konvektive lufttransport er styret af trykforskellene mellem to områder, idet lufttransporten vil foregå fra områder med højt tryk til områder med lavere tryk. Såfremt der er lavere tryk inde i en bygning end i poreluften under bygningen, vil der ske en lufttransport fra undersiden af gulv til indeluften.

Det samme forhold vil gøre sig gældende, hvis der er en trykforskel mellem kloak og indeluft, se figur 7.

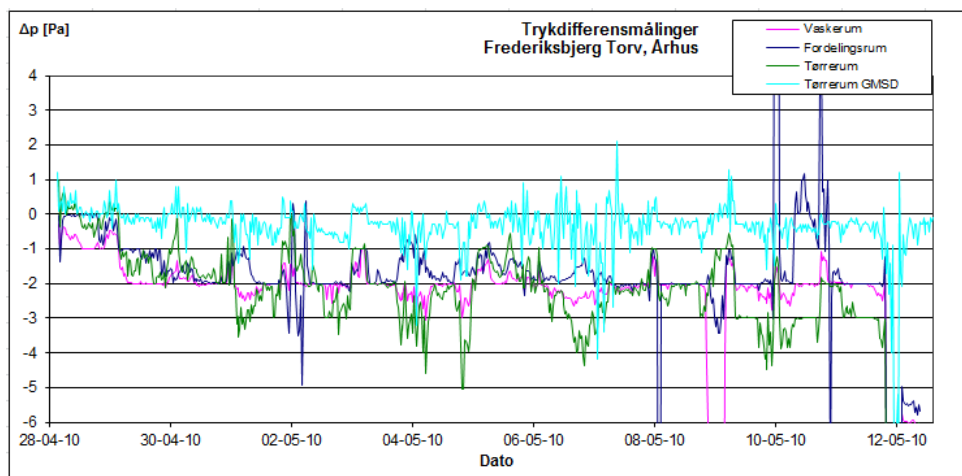
Trykdifferensmålinger registrerer trykforskellen mellem to målepunkter. Det kan for eksempel være mellem underside gulv og indeklima, se figur 6.

Hvis der logges over en længere periode, kan strømningsretningen bestemmes ved forskellige vejrforhold og ved forskellige anvendelser af bygningen. Ved analyse af trykdifferensmålinger udført i en bolig bør der derfor altid foretages en sammenstilling med de meteorologiske forhold for vind, temperatur, lufttryk og nedbør.

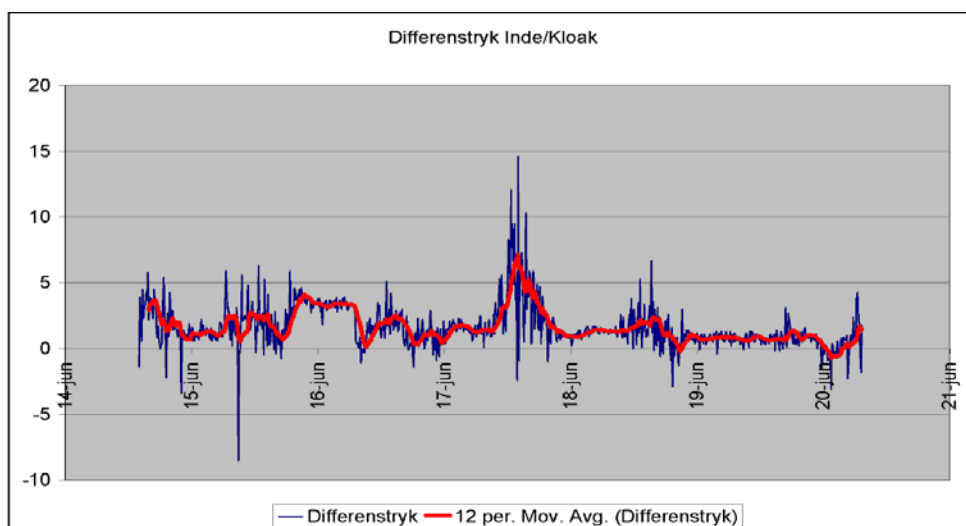


FIGUR 5
MÅLING AF TRYKFORSKELLE MELLEM UNDERSIDE AF GULV OG INDEKLIMA. TRYKDIFFERENSMÅLINGERNE AFSPEJLER RET PRÆCIST DE VARIERENDE TRYKFORHOLD, SOM ER I EN BYGNING OVER KORT OG LÆNGERE TID.

Endvidere bør brugernes adfærd i bygningen registreres, så eventuelle udsving på trykdiffere­nsmålingerne som følge af menneskelig påvirkning kan forklares. Hvis der f.eks. hver dag kl. 07.00 er en betydende trykvariation, kan dette skyldes forhold som udluftning af bygningen eller tilsvarende. Som det fremgår af figur 6, er der svingende tryk­differens i bygningen i måleperioden, hvilket betyder at der er perioder med overtryk og perioder med undertryk i bygningen.



FIGUR 6
TRYKDIFFERENSMÅLINGER OVER EN PERIODE PÅ 14 DAGE. MÅLT MELLEM INDELUFT OG UNDER GULV I BYGGERI FRA 1901. NEGATIV TRYKDIFFERENS BETYDER, AT DER ER UNDERTRYK I BOLIGEN. GRAFEN KAN SES I STOR STØRRELSE I BILAG 6.



FIGUR 7
TRYKDIFFERENSMÅLINGER OVER EN PERIODE PÅ 6 DAGE. MÅLT MELLEM KLOAK I BADEVÆRELSE OG INDELUFT. EN POSITIV TRYKDIFFERENS SVARER TIL ET OVERTRYK I BYGNINGEN I FORHOLD TIL KLOAKKEN. GRONTMIJS KONTOR I AALBORG. BYGGERIET ER FRA 1988. GRAFEN KAN SES I STOR STØRRELSE I BILAG 6.

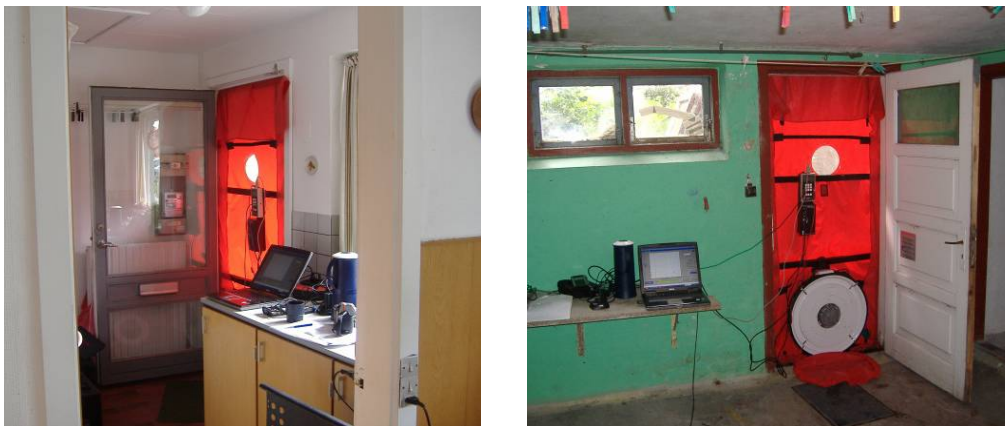
I kapitel 5 er der i figur 20-27 vist trykdifferebmålinger for de 4 undersøgte bygningstyper. Som det fremgår af disse figurer kan trykdifferebmålingerne også anvendes til at give en indikation af, hvor tæt bygningen er, samt om der generelt er et opadgående eller nedadgående luftstrømning mellem underside gulv og indeklima.

2.3 Blowerdoor

Metoden blowerdoor udføres ved at der sættes sug på bygningen, hvorved der skabes et undertryk i bygningen.

Metoden er standardiseret af byggebranchen og anvendes for at måle og beregne en bygnings luftskifte, samt dokumentere hvor stor en lækage der kan måles på bygningen. Det gældende bygningsreglement stiller krav om, at huse bygget efter august 2006 skal overholde nogle mindstekrav for tæthed af hensyn til bygningens energiforbrug. Bygningsreglementet har krav om, at klimaskærmen (ydre "skal" samt gulv og vægge mod jord) i et hus skal være så tæt, at bygningens luftskifte ikke overstiger 1,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved en trykprøvning med 50 Pa over- eller undertryk i bygningen. /3/

I byggebranchen kontrolleres bygningens ind-/udsvining blandt andet ved anvendelse af blowerdoor-metoden. Metoden består af en kunstig dør i form af en aluminiumsramme overtrukket med en nylondug. I nylondugen er der monteret en blæser, en såkaldt blower, der kan etablere enten et overtryk eller et undertryk. Blowerdoor monteres i en eksisterende døråbning i bygningen, som vist på nedenstående fotos, figur 8. Med et computerprogram laves en serie af målinger for eksempelvis trykforholdene indendørs og udendørs. Programmet kan herefter beregne luftskiftet i bygningen og dermed bygningens tæthed.



FIGUR 8
EKSEMPLER PÅ MONTERING AF BLOWERDOOR I YDERDØR.

For mere uddybende metodebeskrivelse af blowerdoor henvises til bilag 2.

Erfaringer fra USA har vist, at der kan være en forøgelse af koncentrations-niveauerne i indeluften på op til 3-6 gange ved særlige meteorologiske forhold. /6/

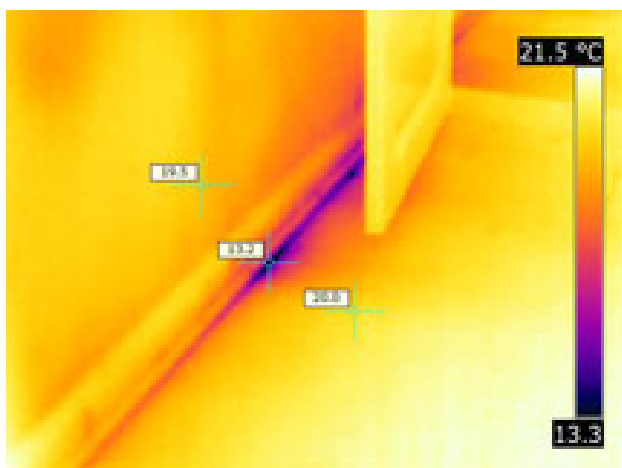
Ved at anvende blowerdoor bliver det muligt at skabe tilstrækkeligt undertryk i bygningen til at simulere en 'kunstig' undertrykssituation, som også vil kunne skabes ved en f.eks. ved kraftig blæst. Ved at påføre et mindre undertryk bliver det lettere at spore indtrængningsveje for forurenede poreluft, sporgas eller radon med forskellige sporingsmetoder. Ved anvendelse af blowerdoor kan der også tilføres meget store undertryk, helt op til 50 Pa. I dette projekt er det valgt at undersøge tilførsel af relativt lave undertryk, som vil være inden for en normal variation for en bygning over en periode, samt gennemføre undersøgelser med relativt høje undertryk på op til 50 Pa, som kun meget sjældent vil forekomme i en bygning, f.eks. ved storm eller orkan.

2.4 Termografi

Termografi er en varmeteknisk undersøgelse som viser temperaturforskelle på flader. Termografi anvendes som standard i byggebranchen til undersøgelse af f.eks. bygningers isolering, el-/varmeinstallationer eller utætheder af en vis størrelse.

Termografimetoden er oprindeligt udviklet til at identificere forskelle mellem varme og kolde overflader; og anvendes i byggebranchen i kombination med blowerdoor til at finde utætheder i bygninger.

Termografiundersøgelse baserer sig på infrarød stråling fra materialer og udføres ved, at man gennemgår huset med et temperaturfølsomt kamera, som kan registrere temperaturforskelle ned til 0,05-0,1 grader. Nedenfor er vist et eksempel, figur 9, hvor der i en bygning trækker kold luft ind mellem gulv og fodliste.



FIGUR 9
TERMOGRAFI VISER, AT DER TRÆKKER KOLD LUFT IND, /4/.

Kameraet registrerer temperaturforskellen mellem materialerne i området. Forsøget med anvendelse af termografi til sporing af indtrængningsveje baseres på, at luften under bygningerne er koldere end normal indeluft temperatur. Indvendige materialeoverflader i en bygning forventes som minimum at have temperaturer mellem 14-19 grader celsius. Der forventes derfor en temperaturforskel på i størrelsesorden 7-12 grader celsius, idet det antages, at jordluften under gulv i bygninger, der ikke har gulvvarme, er ca. 7 grader varmt.

Hvis der sker spredning af kold luft fra underside gulv, forventes det at der vil ske en mindre nedkøling af det omkringliggende bygningsmateriale. Det er denne nedkøling, som derefter registreres ved anvendelse af det temperaturfølsomme termografikamera. Kameraet kan ikke registrere temperaturforskelle i luften, kun mellem overflader på materialer. Det er derfor vigtigt, at der er en temperaturforskel mellem bygningsmaterialerne og luften under gulvet. Derudover skal man tage hensyn til, at der vil være en responstid, før en evt. nedkøling af bygningsmaterialerne kan observeres.

2.5 Avanceret PID-måler (ppb-PID)

Ppb-PID er et feltinstrument, som er en videreudvikling af et almindeligt PhotoIonerings Detektor instrument (PID-måler). Ppb-PID instrumentet har en lavere detektionsgrænse end et almindeligt PID-instrument for en række flygtige stoffer, som har ioniseringspotentialer under 10,2-10,6 eV svarende til instrumentets måleområde. Som følge af ppb-PID instrumentets følsomhed, er metoden anvendelig til at påvise lave koncentrationsniveauer i og omkring indtrængningsveje.



FIGUR 10
MÅLING VED BRUG AF PPB-PID INSTRUMENT AF TYPEN PPB-RAE VED OVERGANG MELLEM GULV OG VÆG I ET
BADEVÆRELSE.

Ved brug af det avancerede PID- instrument måles koncentration af ioniserbare gasser i en luftprøve. Målingen sker ved at en lille pumpe i instrumentet suger luftprøven ind i ioniseringskammeret. Ved brug af ultraviolett lys udsendes protoner i ioniseringskammeret som ioniserer de gasmolekyler, der har et ioniseringspotential under eller svarende til den anvendte UV-lampe, typisk 10,6 eV. Ved ioniseringen afgives en energi (strøm), som registreres af et amperemeter, hvorved en relativ måling af indholdet af ioniserbare flygtige stoffer kan opnås. Instrumentet er nærmere beskrevet i bilag 1.

PID-instrumentet måler indhold af flygtige stoffer i luftprøven og kan detektere flygtige stoffer ned til meget lave koncentrationer. Ved måling med ppb-PID måles der på alle flygtige stoffer i målepunktet, og metoden er ikke stofspecifik over for specielle stoffer. Målingen er momentan, og indenfor få sekunder observeres der et udslag på ppb-niveau. Detektionsgrænsen for ppb-PID er på 1 ppb (parts per billion) svarende til $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ved indeværende projekt er anvendt en ppb-PID af typen ppb-RAE PLUS PGM-7240 med en UV lampe på 10,6eV. I bilag 1 er vedlagt apparaturbeskrivelse. Målinger udført med avanceret PID-måler beskrives som ppb-RAE måling i efterfølgende afsnit.

2.6 Sporgas

Sporgasmetoden har også sin oprindelse i byggebranchen som en metode, der bliver anvendt som supplement til visuel byggeteknisk gennemgang for vurdering af, om svindrevner i beton f.eks. er gennemgående eller blot overfladiske.

Sporgasundersøgelse til sporing af spredning fra under gulv udføres ved, at der injiceres sporgas under gulv i bygningen. Efterfølgende gennemgås bygningen med en detektor for at registrere, hvor der trænger gas ind. Der etableres en række kontrolpunkter for at sikre, at sporgassen har spredt sig under hele gulvpladen. For mere uddybende metodebeskrivelse af sporgas henvises til bilag 4.

Responstiden for måling med sporgas kan variere fra få minutter til timer, alt efter hvordan geologien og føringsvejene under bygningen er.

3. Beskrivelse af lokaliteter

I forbindelse med projektets gennemførelse er der udført undersøgelser på 4 lokaliteter i Region Midtjylland. Lokaliteterne er udvalgt, så de repræsenterer forskellige byggeperioder og byggeteknikker. I det følgende er der givet en overordnet præsentation af lokaliteterne.

3.1 Anlægsvej 5, Vinderup

Nedenfor er der vist et billede af Anlægsvej 5 sammen med fakta for ejendommen.



FIGUR 11
ANLÆGSVEJ 5, VINDERUP.

Parcelhus fra 1973 i ét plan.

Har været bolig siden opførelsen. Betongulv og hulmur.

Der har været renseri på naboejendom.

Forurening med chlorerede opløsningsmidler.

Der er ikke foretaget afværgeforanstaltninger.

I appendiks 1 er vedlagt datanotat for denne lokalitet, der beskriver den byggetekniske gennemgang for ejendommen. Alle gulve er belagt med gulvtæppe, linoleum eller klinker. Ved den byggetekniske gennemgang er der påvist få synlige revner jf. situationsplan i appendiks 1.

3.2 Bredgade 3, Videbæk

Nedenfor er der vist et billede af Bredgade 3 sammen med fakta for ejendommen.



Bygning fra 1950 i 3 etager, inkl. kælder. Kældergulv af beton. Vægge opbygget af mursten.

Der har været renseri i perioden 1953 - ca. 1982.

Forurening med chlorerede opløsningsmidler.

Afværge i form af ventilation af kælder er udført i 2003.

FIGUR 12
BREDGADE 3, VIDEBÆK.

I appendiks 2 er vedlagt datanotat for denne lokalitet, der beskriver den byggetekniske gennemgang for ejendommen. Kældergulv er af beton. Ved den byggetekniske gennemgang er der påvist få synlige revner. Der er påvist synlige revner omkring skorstensfundament jf. situationsplan i appendiks 2.

3.3 Østergade 5B, Rødning

Nedenfor er der vist et billede af Østergade 5B sammen med fakta for ejendommen.



Bygning fra 1914 i 2 etager, uden kælder.
Gulv af beton. Vægge opbygget af mursten.

Der har været elværk i perioden 1914 - ca. 1960. Herefter renoveret til bolig.
Der er mange barrierer i form af maskinfundamenter og gamle opfyldsområder under gulv.

Forurening med oliekomponenter fra nedgravet tank.

Der er ikke foretaget afværgeforanstaltninger.

FIGUR 13
ØSTERGADE 5B, RØDDING.

I appendiks 3 er vedlagt datanotat for denne lokalitet, der beskriver den byggetekniske gennemgang for ejendommen. I dele af huset er gulvet af beton i 2 lag adskilt af ca. 5 cm sand. Der er mange sprækker i gulvet. I en del af bygningen er der gulvtæpper, vinyl eller klinker, og i den resterende del af bygningen er der kun beton. Ved den byggetekniske gennemgang er der påvist en del synlige revner og sætningsskader, hvilket er vist på situationsplan i appendiks 3.

3.4 Frederiksbjerg Torv, Århus

Nedenfor er der vist et billede af Frederiksbjerg Torv sammen med fakta for ejendommen.



Etagebyggeri fra 1901 i 3 etager og kælder. Kældergulv af beton. Vægge opbygget af mursten med hulmur.

Der har tidligere været renseri på naboejendom.

Forurening med chlorerede opløsningsmidler.

Der er efter denne undersøgelse foretaget afværgeforanstaltninger i kælderen.

FIGUR 14
FREDERIKSBJERG TORV, ÅRHUS

I appendiks 4 er vedlagt datanotat for denne lokalitet, der beskriver den byggetekniske gennemgang for ejendommen. Kældergulv er af beton. Ved den visuelle byggetekniske gennemgang vurderes gulvet at være i generelt god stand uden synlige revner jf. appendiks 4.

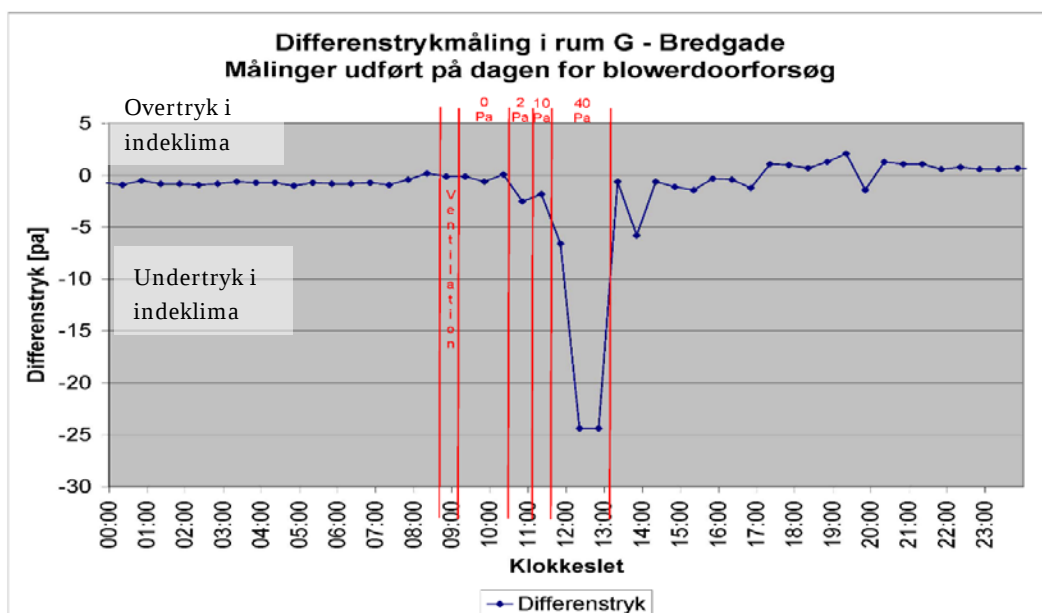
4. Resultater af undersøgelser samt vurdering

I det følgende er der givet en sammenfattende beskrivelse af undersøgelsesresultaterne for hver metode baseret på resultaterne fra de 4 undersøgelseslokaliteter. Metodernes anvendelighed er vurderet, og der er oplistet en række fordele/ulemper. For sporgasundersøgelser er der kun lavet feltmålinger på 2 af lokaliteterne.

I appendiks 1-4 er der vedlagt tekniske notater for hver af de 4 undersøgelseslokaliteter, der præsenterer de udførte undersøgelser og resultaterne heraf.

4.1 Trykdifferensmålinger og blowerdoor

I nedenstående figur 15 er vist udviklingen i trykdifferens ved anvendelse af blowerdoor på en af de undersøgte lokaliteter. Trykdifferensen er her forskellen i tryk mellem to målepunkter i indeluft og under gulv i bygningen. Det påførte undertryk med blowerdoor er trykdifferensen mellem indeluft og udeluft. Der henvises til appendiks 1-4 for yderligere detaljer.



FIGUR 15

UDVIKLINGEN I TRYKDIFERENS (INDE/UNDER GULV) VED ANVENDELSE AF BLOWERDOOR VED FORSKELLIGE UNDERTRYKNIVEAUER FRA 0-40 PA INDE/UDE. DEN BLÅ LINJE I FIGUREN ER DEN MÅLTE TRYKDIFERENS OG DET ER DEN AKTUELLE TRYKFORSKEL PÅ MÅLETIDSPUNKTET.

Alle udførte afprøvninger af sporingemetoder er udført ved stigende undertryk.

I appendiks 1- 4 kan de detaljerede differenstrykmålinger ses for hver af de 4 lokaliteter.

Ved anvendelse af blowerdoor skabes der et øget undertryk i bygningerne. Som det fremgår af figur 15 er det tilførte undertryk foretaget trinvis, med henblik på vurdering af om der afdækkes flere indtrængningsveje ved øget undertryk i bygningen.

Erfaringsmæssigt er det påvist, at indstrømningen af forurenede poreluft fra underside gulv til indeluften i en bygning er meget afhængig af trykdifferencen mellem overside og underside gulv. Trykdifferencen over en gulvplade er primært påvirket af de meteorologiske forhold, anvendelsen af bygningen, omfanget af utætheder i gulvpladen og størrelsen af disse.

Af figur 15 fremgår det, at der er tilført op til 40 Pa i undertryk i indeluften i forhold til udeluften ved anvendelse af blowerdoor. Der måles mindre trykdifferens mellem inde/under gulv målingen. Dette skyldes, at der i denne bygning må være utætheder i gulvet som hindre opbygning af et større differenstryk over gulvet.

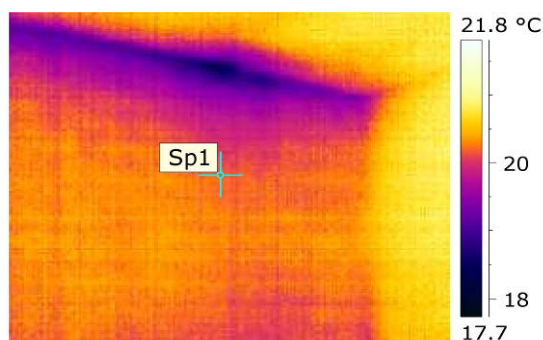
4.2 Termografi

I bilag 3 er en beskrivelse af termografi og den anvendte metode.

Jydsk Termografi har udført termografiundersøgelserne på de 4 lokaliteter. På baggrund af undersøgelserne vurderes det, at termografi kun har begrænset anvendelse til sporing af indtrængningsveje for forurenede poreluft til en bygning. Der er taget mere end 600 termografifotos på 4 lokaliteter. Termografikameraet er anvendt i forskellige tryksituationer; Normal, 2 Pa, 5 Pa, 15 Pa, 20 Pa, 25 Pa, 40 Pa, 50 Pa og 60 Pa. Der blev med baggrund i de udførte undersøgelser kun påvist indtrængningsveje med termografikameraet som var synlig med det blotte øje eller som kunne mærkes med hånden som en direkte luftstrømning.

For anvendelse af termografikamera er det væsentligt, at der er en temperaturforskel. Når der er tale om spredning af jordluft fra underside bygning til indeluft, så vurderes temperaturforskellen at være rimelig konstant, idet det antages at indtrængende jordluft vil have en temperatur omkring 7 grader, og at der i indeluft i en bolig ligeledes holdes en nogenlunde stabil temperatur over året, f.eks. omkring 20 grader, /8/

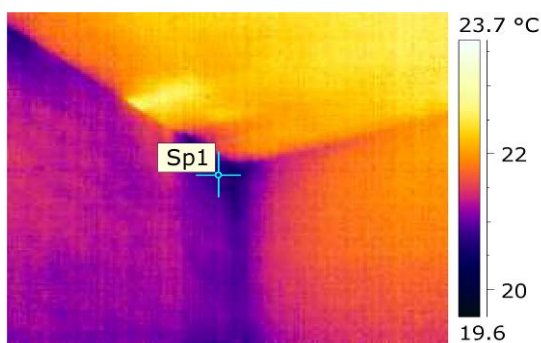
På nedenstående figur 16 er vist et termografibillede fra Anlægsvej 5, Vinderup hvor der ses spredning af kold udeluft.



FIGUR 16
TERMOGRAFIBILLEDE OPTAGET MED ET PÅFØRT UNDERTRYK PÅ 2 PA. DER KAN SES LAVERE TEMPERATURER VED EN BYGNINGSSAMLING

Det var ved brug af ppb-RAE og sporgas muligt at konstatere, at der er en indtrængningsvej i dette område til indeluften.

Figur 17 viser udviklingen efter tilførsel af yderligere undertryk i bygningen for det samme område.



FIGUR 17
TERMOGRAFI BILLEDE OPTAGET EFTER TILFØRSEL AF UNDERTRYK PÅ 40 PA I BYGNINGEN PÅ ANLÆGSVEJ 5, VINDERUP.

Det skal bemærkes at temperaturskalaen er forskellig på figur 16 og 17.

Det fremgår af billede figur 17, at den største overflade gøres koldere, mens det oprindelige kuldeområde reduceres væsentligt. Forskellen mellem figur 16 og 17 er således ikke tegn på at der er påvist en utæthed, men en ændring af målebetingelserne på termografikameraet.

Der er taget mere end 600 billeder og gennemført mange samtidige vurdering af om termografikameraet kan påvise, de samme indtrængningsveje som de øvrige sporingsmetoder.

Det fremgår af den generelle rapportering fra Jydsk Termografi, at der i flere tilfælde ved påføring af undertryk har kunnet konstateres en fysisk luftstrømning ind i bygning, men at det ikke har været muligt visuelt, at dokumentere dette ved brug af termografikameraet.

Baseret på de mange udførte undersøgelser i 4 forskellige bygningstyper, vurderes termografi ikke at være anvendelig til påvisning af indtrængningsveje til indeklimaet. Termografi vurderes at være svarende til en detaljeret visuel bygningsgennemgang, og indtrængningsveje mindre end 1-5 mm kan ikke dokumenteres med metoden.

Det vil sige, at der bør anvendes andre metoder for at dokumentere eventuelt betydende indtrængningsveje eller utætheder, idet termografi vurderes primært at være egnet til vurdering og dokumentation af større områder med lækage og kulde.

Ved undersøgelsen blev der ikke observeret tegn på spredning af kold poreluft, hverken ved normal situationen eller ved påføring af kunstigt undertryk ved hjælp af blowerdoor.

Samlet set er resultat af undersøgelserne i nærværende projekt og i forprojektet udført henholdsvis i maj-juni 2011 og i marts 2009 ens. Termografi kan anvendes til at spore større utætheder, men kan ikke påvise indtrængningsveje til indeklimaet fra underside gulv.

I nedenstående tabel 1 er angivet fordele og ulemper med termografimetoden til sporing af indtrængningsveje for poreluft.

Fordele	Ulemper
Visuel dokumentation i form af fotos	Ikke anvendelig til påvisning af indtrængningsveje til indeklimaet
Alle overflader kan undersøges, og der kan laves et stort antal registreringer på en undersøgelsesdag. Metoden kan derfor anvendes på større arealer/overflader	Viser spredning af kold luft fra under gulv, hvilket ikke nødvendigvis er ensbetydende med spredning af forurenede poreluft er ikke egnet til sporing af indtrængningsveje
Hurtig registrering	Bør udføres af erfaren person, da der er risiko for fejlfortolkning.

TABEL 1
FORDELE OG ULEMPER VED TERMOGRAFI-METODEN.

Baseret på undersøgelser af i alt 4 bygninger fra forskellige byggeperioder og med meget varieret bygningsstand samt et stort antal undersøgelser udført under forskellige trykforhold i bygningerne, vurderes det, at termografi generelt ikke er egnet til sporing af indtrængningsveje til indeklimaet i en bygning.

4.3 Avanceret PID-måling (ppb-PID)

Ved påføring af undertryk i bygningen har de 4 forsøg vist, at der generelt opnås øget udslag ved avanceret PID-målinger (ppb-RAE) ved indtrængningspunkterne. Der er påvist øget udslag ved måling med ppb-RAE på op til en faktor 100 højere end før tilførsel af undertryk.

Målingerne viser, at der påvises flere indtrængningsveje, når der påføres et undertryk på mellem 2-40 Pa til bygningen.

Oftest ses stigningen allerede ved at forøge undertrykket fra 0 til 10 Pa i bygningen.

Samlet set viser undersøgelserne i de 4 bygninger, at der ved tilførsel af undertryk kan påvises forurenede poreluft ved indtrængningsveje.

Når der tilføres undertryk ses der ved indtrængningspunktet en forøgelse af den målte koncentration med ppb-RAE instrumentet. Der er opnået typisk en ændring på mellem 2-10 gange i forhold til det koncentrationsniveau der var før tilførsel af undertryk. Der er i et enkelt tilfælde målt op til en faktor 100 højere end før tilførsel af undertryk.

Kun i enkelte tilfælde er der ikke påvist koncentrationsændringer i ppb-RAE udslaget ved de lave tilførte undertryk, f.eks. Bredgade 3, Videbæk. Der er derimod en koncentrationsforøgelse ved højest tilførte undertryk på 40 Pa.

Ppb-RAE målingerne afspejler kildens udbredelse under bygningen. Dette er en af metodens styrker, idet der kun påvises betydende indtrængningsveje i områder, hvor der faktisk er forurenede poreluft tilstede.

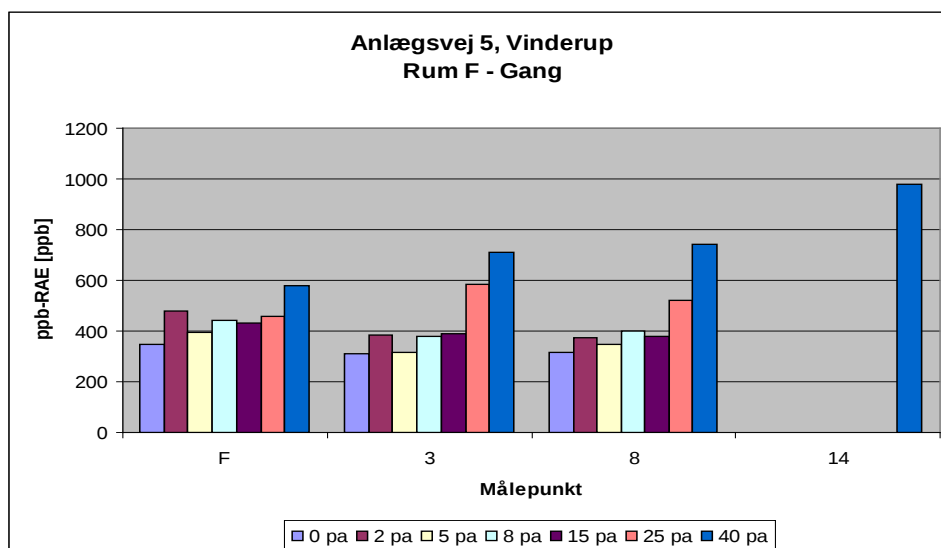
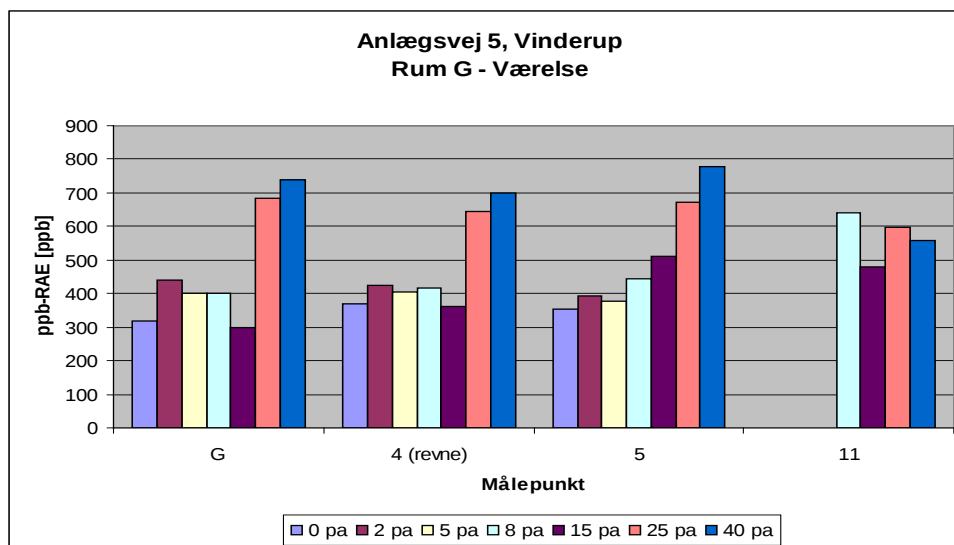
Poreluftforureningen er forskelligt fordelt under og ved bygningerne. Der kan derfor *ikke* forventes homogenitet af forureningen under gulv efter tilførsel af undertryk. Hvor der påvises væsentligt forhøjede udslag, er der potentielt risiko for indtrængning under forskellige vejrforhold svarende til, at et påført undertryk med blowerdoor simulerer trykændringer i bygningen fra 2-40 Pa, hvilke normalt vil være trykændringer som ses, når vindtryk ændre bygningens trykforhold.

Området fra 2-5 Pa i undertryk kan opstå ved helt almindelige døgnvariationer og mindre ændringer af vindforholdene omkring bygningen eller ændringer i brugsadfærd i bygningen. Hvorimod højere undertryk fra 10-40 Pa kan opstå ved, f.eks. kraftig vind, storm eller lignende.

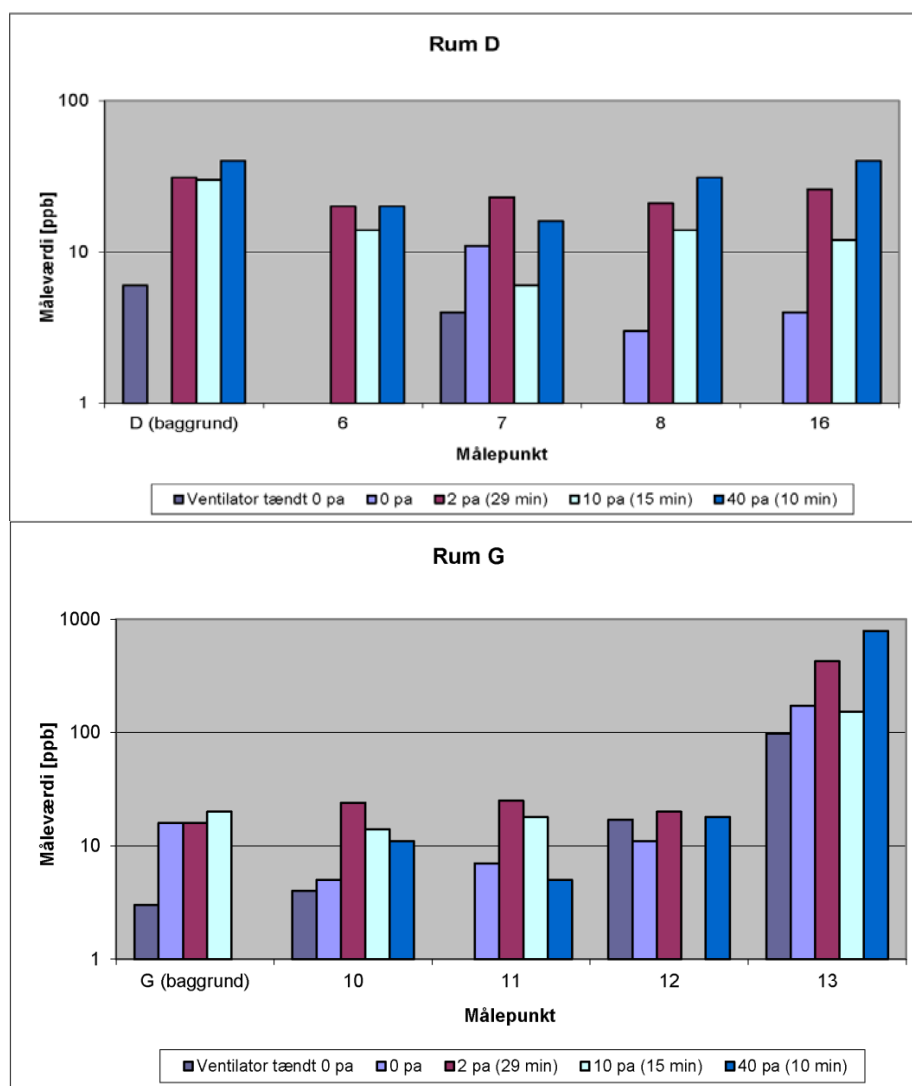
På flere lokaliteter er der påvist flere indtrængningsveje under påføring af kunstigt undertryk ved blowerdoor-forsøget. Dette ses ved, at der efter påføring af undertryk opnås øget udslag på ppb-RAE instrumentet.

Figur 18 og 19 viser, hvordan udviklingen af ppb-RAE målingerne er under varierende undertryk på bygningen i forskellige målepunkter for henholdsvis Anlægsvej 5, Vinderup og Bredgade 3, Videbæk. Det ses tydeligt, at øget undertryk giver en øget påvirkning af indeklimaet. I f.eks. målepunkt 14 i figur 18, ses der ikke indtrængning ved undertryk mindre end 40 Pa. Ved tilførsel af 40 Pa i undertryk påvises et udslag med ppb-RAE instrumentet på ca. 980.

Der er dog også målepunkter, hvor der ikke ses en udvikling f.eks. målepunkt 10 i figur 19, hvor der ved 40 Pa ses et fald i det målte koncentrationsniveau med ppb-RAE instrumentet. Dette fald i koncentrationsniveauet kan tolkes som, at der tale om en begrænset kilde til den flygtige forurening under gulv. Ved brug af ppb-RAE målinger er dette netop metodens styrke, idet kun de indtrængningsveje, hvor der måles forhøjede PID-udslag, identificeres som indtrængningspunkter. Og denne viden kan anvendes til at vurdere om der er tale om betydende indtrængningsveje i forhold til poreluftforureningens fordeling under bygningen. Dette er en fordel, idet der kan foretages en sortering i hvilke indtrængningsveje, der ønskes tætnet og hvilke indtrængningsveje som ikke vurderes som væsentlige.



FIGUR 18
UDVIKLINGEN AF PPB-RAE MÅLINGERNE UNDER TILFØRSEL AF UNDERTRYK PÅ ANLÆGSVEJ 5, VINDERUP I TO FORSKELLIGE RUM I BYGNINGEN. RUM G ER TÆTTEST PÅ FORURENINGEN MED CHLOREREDE OPLØSNINGSMIDLER FRA NABOEJENDOMMEN.



FIGUR 19
UDVIKLINGEN AF PPB-RAE MÅLINGERNE UNDER TILFØRSEL AF UNDERTRYK PÅ BREDGADE 3, VIDEBÆK I TO FORSKELLIGE RUM I BYGNINGENS KÆLDER. MÅLEPUNKT 13 ER I ET OMRÅDE MED ET BETONGULV I DÅRLIG STAND. NB. LOGARITMISK SKALA.

Der henvises til det detaljerede materiale i appendiks 1-4 for yderligere dokumentation.

I nedenstående tabel 2 er angivet fordele og ulemper ved anvendelse af avanceret PID-måling (ppb-RAE) til sporing af indtrængningsveje.

Fordele	Ulemper
Hurtig registrering	Følsom over for mange standardting i boligen (f.eks. kloakgas, rengøringsmidler, strømførende kabler m.m.)
Der kan laves et stort antal målinger på en undersøgelsesdag, da målingen er momentan. Metoden kan derfor anvendes på større arealer/overflader	Ikke stofspecifik
Direkte visning af hvor der indtrænger forurenede poreluft	Kræver en vis erfaring med brug af instrumentet for korrekt vurdering af ppb-udslag
Kan anvendes relativt til vurdering af om indtrængningsvejen er betydende i forhold til underliggende forurening som ikke er homogent fordelt.	Instrumentet er følsomt over for større temperaturændringer
Nem at anvende	Kan blive nødvendigt med kalibrering undervejs
Ppb-RAE er særligt velegnet til måling af chlorerede opløsningsmidler (PCE og TCE)	Mindre egnet til mindre eller gamle olieforureninger

TABEL 2
FORDELE OG ULEMPER VED AVANCERET PID-MÅLINGER (PPB-RAE).

4.4 Sporgas

Sporgas er en velafprøvet metode til sporing af indtrængningsveje og kan anvendes på de fleste lokaliteter /5/. Grontmij har oplevet, at metoden kan have begrænset anvendelse på lokaliteter med grundvand i det kapillarbrydende lag under gulvet, da grundvandet hindrer udbredelsen af gassen.

Endvidere kan ukendte fundamenter, skillerums fundamenter, sandwichgulve og lignende hindre, at gassen spreder sig under gulvet. Dette kan betyde, at der går længere tid inden sporgassen er spredt under gulvet, og det kan være nødvendigt at injicere en stor mængde gas, før der kan registreres udslag. Det er vigtigt, at sikre, at sporgassen breder sig under hele bygningens gulv, hvorfor der altid etableres kontrolpunkter for at sikre at sporgassen er spredt under bygningen. Ovennævnte forhold kan fejlagtigt vurderes, som, at der ikke er indtrængningsveje til indeluften.

Konklusionerne ved indeværende projekt er begrænset til forsøg på 2 lokaliteter, hhv. Anlægsvej 5, Vinderup og Bredgade 3, Videbæk. På begge lokaliteter er der særlige byggetekniske forhold, der har betydet begrænsninger for metoden. På Anlægsvej 5, Vinderup er der ikke påvist væsentlige utætheder. På Bredgade 3, Videbæk har sporgas i kombination med blowerdoor givet et retvisende billede af, at der var tale om et betongulv af dårlig kvalitet og et betongulv i to lag.

Det vurderes, at der ved påføring af kunstigt undertryk i bygningen skabes en øget indtrængning af poreluft til indeluften. Derved kan spredningen af sporgas detekteres hurtigere. Det vurderes med baggrund i de to afprøvninger, at sporgasmetoden forbedres ved kombination med blowerdoor.

Fordele	Ulemper
Hurtig registrering ved lys og lyd	Kræver viden om gennemgående vægge og dybe fundamenter og lignende, der kan påvirke fordelingen af gassen
Der kan laves et stort antal målinger på en undersøgelsesdag, da måling er momentan, når først sporgassen har spredt sig under gulvfladen. Metoden kan derfor anvendes på større arealer/overflader	Begrænset anvendelse ved grundvand i kapillarbrydende lag. Det kan være svært at få sporgassen udbredt under hele bygningen.
Forholdsvis nem opstilling, detektor og gas er nem at anvende	Kræver gennemboring af gulve til etablering af kontrolpunkter, for at sikre gasudbredelsen
Direkte visning af spredning af luft fra under gulv	Der undersøges kun i de dele af bygningen, hvor gassen har spredt sig til.
Metoden kan let kombineres med mere direkte visende gasdetektorer, således at det kan oplyses, hvor stort et udslag angivet i volumen procent, der kan detekteres af gassen. Der kan f.eks. anvendes en håndholdt multi-RAE IR-måler.	Den anvendte gas-detektor kan justeres i niveau. Det betyder, at det er væsentligt at vælge et niveau for gasdetektion ved sine undersøgelser. Ved f.eks. fordeling af gassen under gulv kan justering af instrumentets følsomhed være en fordel. Men det vurderes som en ulempe, at gasdetektorens følsomhed kan justeres, idet dette kræver opmærksomhed ved vurdering af undersøgelsesernes resultater.

TABEL 3
FORDELE OG ULEMPER VED SPORGAS

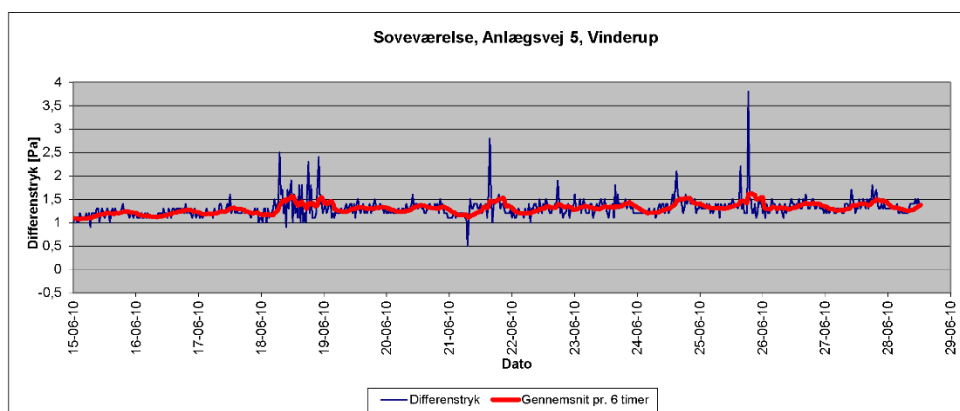
5. Diskussion

Der er lavet undersøgelser på 4 lokaliteter, hvor der er påvist forurening med chlorerede opløsningsmidler på de 3 lokaliteter. På den sidste lokalitet er der påvist en forurening med olie.

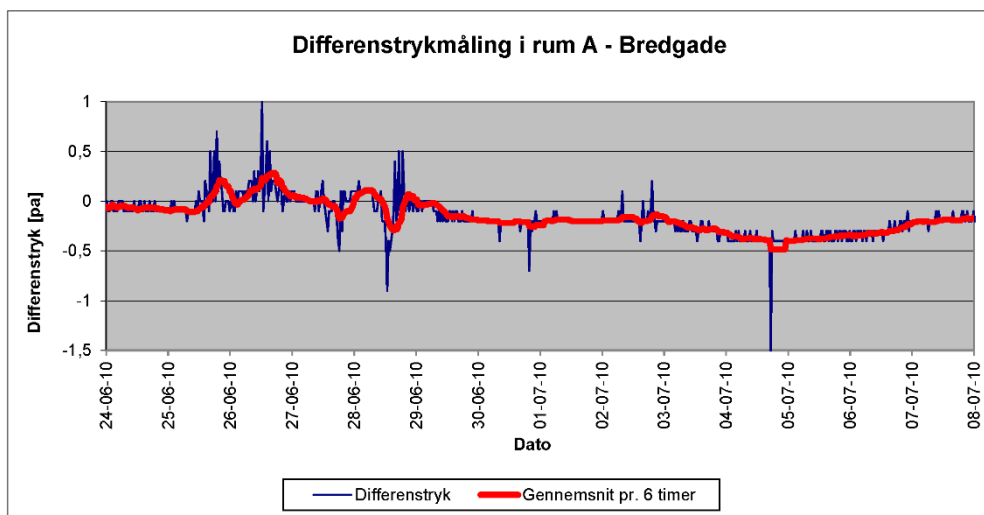
Der er valgt 4 lokaliteter, hvor bygningerne er opført fra 1901 til 1973. Der har således været anvendt meget forskellig byggestil og materialer på de undersøgte lokaliteter. Ældre bygninger er oftest mindre tætte end nyere bygninger. Effekten ved anvendelse af blowerdoor bliver derfor mindre i ældre bygninger. Desuden er udformningen af bygningerne forskellig, da der er kælder under 2 af bygningerne, mens de 2 andre bygninger er opført uden kælder. Endvidere er der forskel mellem antal etager i bygningerne. Den store spredning i bygningstyper giver indikation af hvilken kombination af undersøgelsesmetoder, som er bedst egnet til meget forskellige bygningstyper.

I alle bygninger er der lavet 3-4 langtidsmålinger af differenstrykket mellem indeklima og under gulv eller mellem indeklima og hulmur. Generelt observeres der variationer i differenstrykket over måleperioden, hvilket primært skyldes de meteorologiske forhold, såsom vindpåvirkning, temperatur, lufttryk og nedbør. Endvidere påvirkes differenstrykket af anvendelsen af bygningen med udluftning, opvarmning og lignende.

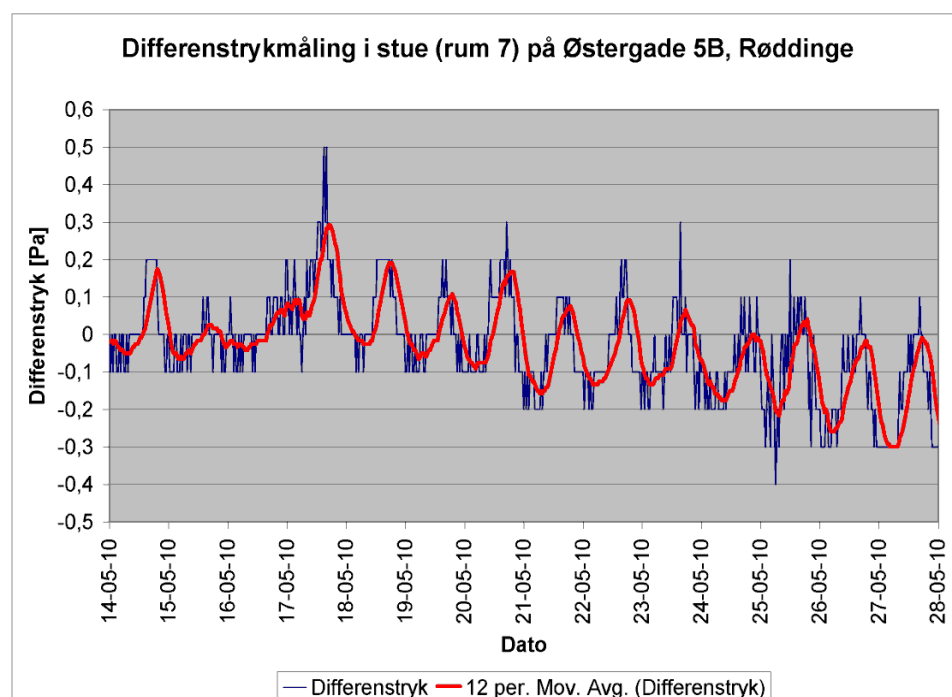
På figur 20, 21, 22 og 23 er vist, hvor forskellige differenstrykmålinger der opnås i de 4 bygningstyper. Negativt differenstryk betyder, at der er lavere tryk i indeklimaet end under gulv, altså opadrettet trykgradient og dermed indstrømning af luft til indeklimaet



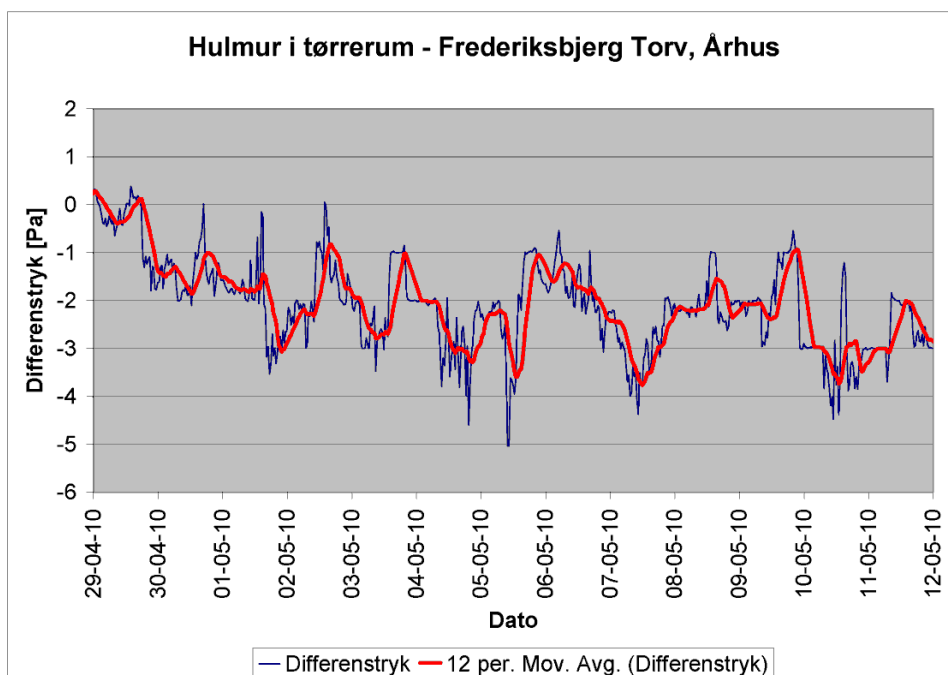
FIGUR 20
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR ANLÆGSVEJ 5, VINDERUP OVER 14 DAGE. DATO SVARER TIL KL. 0.00.
NEGATIVT DIFFERENSTRYK BETYDER AT DER ER OPADRETTET TRYKGRADIENT.



FIGUR 21
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR BREDGADE 3, VIDEBÆK OVER 14 DAGE. DATO SVARER TIL KL. 0.00. NEGATIVT DIFFERENSTRYK BETYDER AT DER ER OPADRETTET TRYKGRADIENT.



FIGUR 22
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR ØSTERGADE 5B, RØDDINGE OVER 14 DAGE. DATO SVARER TIL KL. 0.00. NEGATIVT DIFFERENSTRYK BETYDER AT DER ER OPADRETTET TRYKGRADIENT.



FIGUR 23
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR FREDERIKSBJERG TORV 8, ÅRHUS OVER 14 DAGE. DATO SVARER TIL KL. 0.00.
NEGATIVT DIFFERENSTRYK BETYDER AT DER ER OPADRETTET TRYKGRADIENT.

Differenstrykmålinger er på alle 4 lokaliteter udført i perioden 28. april – 9. juli. Variationen i differenstrykmålinger ligger mellem 1 Pa til -5 Pa i perioden. For Anlægsvej figur 20 ses, at der generelt er overtryk i bygningen med mindre udsving, hvilket tyder på, at bygningens klimaskærm er forholdsvis tæt. Et overtryk i en bygning kan kun opretholdes, hvis bygningen er forholdsvis tæt, idet f.eks. temperaturforskellene mellem inde- og udeluften over et døgn normalt vil betyde ændringer i differenstrykket. Hvorimod Østergade figur 21 viser, at der er forholdsvis ens udsving over det enkelte døgn beliggende omkring et differenstryk på 0 Pa, hvilket indikerer at differenstrykket er styret af svingninger i temperaturforskellene mellem inde- og udeluften over døgnet i en utæt bygning, der er ubeboet og uopvarmet. På Frederiksbjerg Torv ses der også udsving i forhold til, temperaturudsvingene i løbet af dagen og hvordan rummene benyttes.

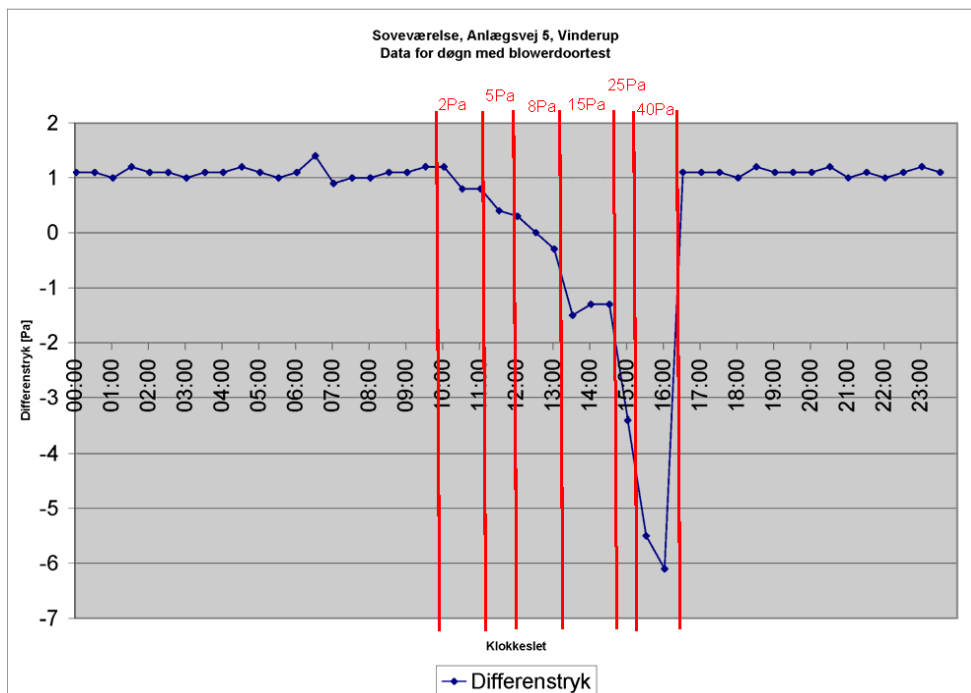
Differenstrykmålinger vil f.eks. afspejle brug af nærvedliggende rum, idet luftskiftet og dermed luftstrømningerne i bygningen vil ændre sig. Bredgade er ikke styret af den daglige temperaturvariation i samme grad som de øvrige bygninger. Dette skyldes formentlig, at der er installeret aktiv ventilation i kælderen.

Målingerne er udført i en årstid, hvor der er forholdsvis høje temperaturer. Det betyder, at varm indeluft i mindre grad stiger til vejrs og dermed skabes der i mindre grad et relativt undertryk i konstruktionens nederste del. Dette kan forklare, hvorfor der i mange målinger er påvist et mindre overtryk inde i bygningen i forhold til under gulv.

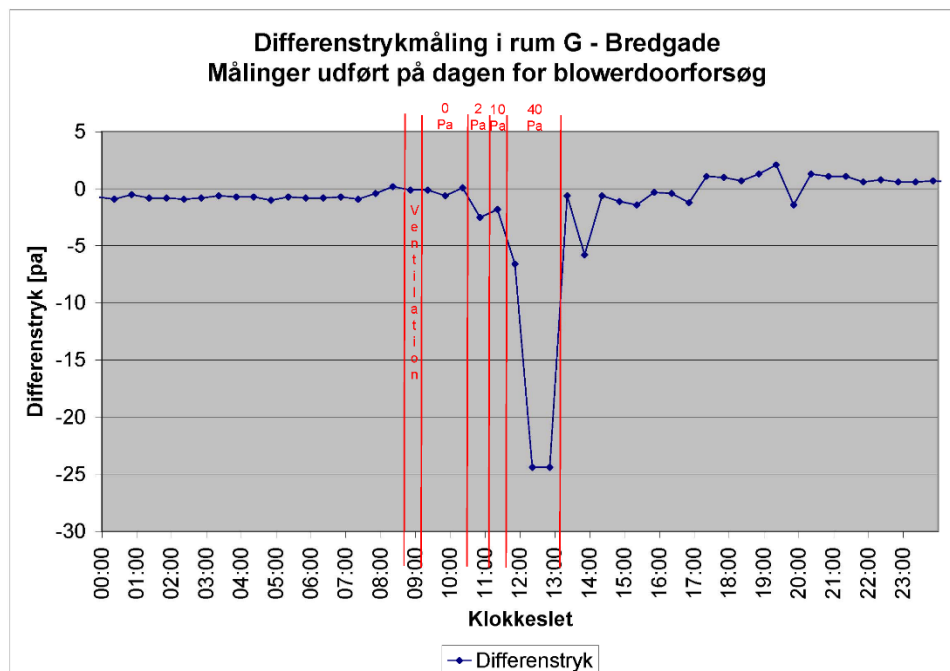
De mange udførte differenstrykmålinger viser en tydelig variation i trykforholdene over og under gulvfladen i de undersøgte bygninger. For de fleste målinger ses store udsving i perioder, som kan henledes til variationer i de meteorologiske forhold ved at sammenholde enkelte dage med DMI-data, /19/. Der er således store variationer for luftstrømningerne i bygningerne, da de skifter mellem at være opadrettede og nedadrettede. Dette viser tydeligt, at de meteorologiske forhold (døgnvariationer) har stor effekt med hensyn til, om der sker en opadrettet luftstrømning af poreluft til indeluften, eller om strømningen i stedet for er nedadrettet.

Ved at anvende blowerdoor under forsøget med sporing af indtrængningsveje bliver det muligt at afprøve flere undertrykshændelser. Blowerdoor sikrer, at der på undersøgelsestidspunktet er en opadrettet trykgradient, hvorved de faktiske trykforhold som følge af meteorologiske forhold og anvendelse af bygningen under forsøget elimineres. Dermed er det bygningens utætheder som vurderes ved indtrængningsundersøgelsen.

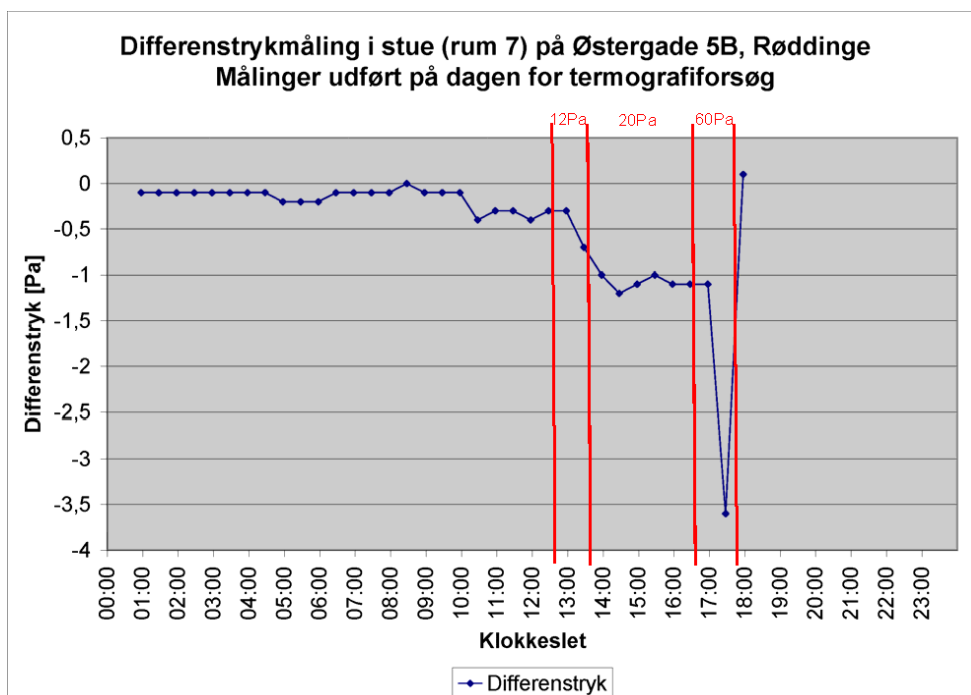
Nedenstående figurer viser differenstrykmålinger foretaget under blowerdoor forsøgene.



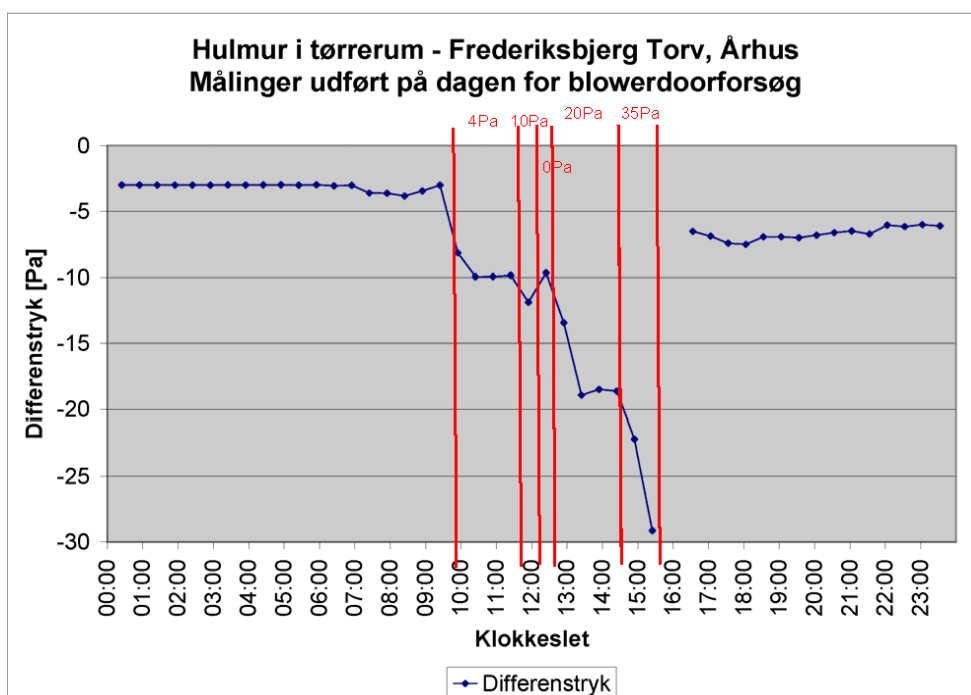
FIGUR 24
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR ANLÆGSVEJ 5, VINDERUP VED PÅFØRSEL AF UNDERTRYK PÅ OP TIL 40 PA.



FIGUR 25
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR BREDGADE 3, VIDEBAEK VED PÅFØRSEL AF UNDERTRYK PÅ OP TIL 40 PA.



FIGUR 26
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR ØSTERGADE 5B, RØDDING VED PÅFØREL AF UNDERTRYK PÅ OP TIL 60 PA.



FIGUR 27
DIFFERENSTRYKMÅLINGERNE FOR FREDERIKSBJERG TORV 8, ÅRHUS VED PÅFØREL AF UNDERTRYK PÅ OP TIL 35 PA.

Af figurerne fremgår det også, hvor store utætheder der er tale om, se figur 24 og figur 26. Der ses i begge tilfælde kun et mindre fald i differenstrykket i forhold til at der er påført undertryk på op til 50 Pa. Østergade, figur 26 vurderes ved den byggetekniske gennemgang at være i den dårligste stand og der er store revner i gulvene. Selv om der påføres et undertryk på op til 60 Pa kan der kun måles en ændring i differenstrykket på -3.5 Pa. Det vurderes at store revner etc. gør, at der ved

målepunktets placering ikke ses en væsentlig forøgelse af undertrykket. På figur 25 og 27, som begge er måleserier udført i kælderen af disse bygninger ses derimod et differenstryk næsten svarende til det etablerede undertryk i bygningen. På begge lokaliteter vurderes kældergulvene at være af nogenlunde stand, dog med visuelt synlige revner. Som det fremgår af figur 21 og 23 kan der allerede ved tilførsel af 5-10 Pa undertryk konstateres væsentlige differenstryk ændringer i målepunktet under gulv på hhv. -7 Pa og -10 Pa.

Adresse	Bygnings-tilstand Visuel gennemgang	Maksimal påført undertryk ved blowerdoor Pa	Maksimalt målt differenstryk under gulv centralt i bygningen Pa
Anlægsvej 5, Vinderup	Få synlige revner, dog er mange gulve ikke mulige at vurdere pga. tæpper	40 Pa	-6 Pa
Bredgade, 3, Videbæk	Få synlige revner	40 Pa	-25 Pa
Østergade, Rødning	Mange synlige revner	60 Pa	-3,5 Pa
Frederiksberg Torv, Aarhus	Få synlige revner	35 Pa	-30 Pa

TABEL 4
SAMMENHÆNG MELLEM VISUEL BYGGETEKNISK GENNEMGANG OG BLOWERDOOR UNDERTRYK SAMT RESPONS I DIFFERENSTRYKMÅLINGER OVER GULV.

Anvendelsen af blowerdoor viser at der er væsentlige utætheder i de to bygninger, på Anlægsvej 5 og Østergade i Rødning.

For Bredgade 3, Videbæk er der efterfølgende gennemført et tætningsarbejde og det har vist sig at et større parti betongulv i en anden del af bygningen kun var af minimal tykkelse og dermed ikke tæt.

På baggrund af de udførte undersøgelser vurderes det, at det altid vil være en fordel at anvende blowerdoor sammen med en metode til sporing af indtrængningsveje. I disse undersøgelser er der anvendt ret høje undertryk på op til mellem 35 og 60 Pa. Som det fremgår af appendiks 1-4, ses der væsentlige forøgelse af de målte koncentrationer med f.eks. ppb-RAE allerede ved undertryk på 2-5 Pa. Ved tilførsel af høje undertryk på mere end 30 Pa, er der en risiko for, at der kan skabes indtrængningsveje, som ikke ville have været til stede i bygningen, før tilførsel af et højt undertryk. Denne risiko vurderes dog minimal, idet erfaring fra måling af differenstryk på flere lokaliteter viser, at almindelige efterårsstorme i Danmark, kan ændre differenstrykket mellem underside gulv til indeklimaet på op til - 75 Pa. Det vurderes, at tilførsel af undertryk op til 50 Pa, ikke kan skabe undertryk som introducerer flere indtrængningsveje. Vurderes det at være en risiko, i forhold til bestemte lokaliteter, så vil det være muligt at understøtte sporingsmetoderne med et væsentlig lavere undertryk, f.eks. op til 10 Pa, i det dette har vist sig at give en bedre påvisning af indtrængningsveje for både avanceret PID-måling (ppb-RAE) og sporgas.

Med baggrund i de udførte undersøgelser, så vurderes anvendelse af blowerdoor, at være en velegnet metode til at sikre en opadrettet trykgradient. Det betyder, at hvis metoden systematisk anvendes på lokaliteter, hvor der vurderes at kunne være en indeklimapåvirkning af boligen, så vil

det kunne dokumenteres om der er tale om betydende indtrængningsveje til indeklimaet, og der vil kunne opnås meget solide risikovurderinger ved anvendelse af differenstrykmålinger for bygningen over en periode, kombineret med anvendelse af en sporingsmetode og blowerdoor.

Differenstrykmålingerne vil kunne redegøre for om bygningen har et lille overtryk eller om der generelt set er et lille undertryk i bygningen etc. Sporingsmetoden og blowerdoor vil kunne redegøre for hvilke aktive indtrængningspunkter, der er i bygningen, når der er undertryk i bygningen.

De udførte undersøgelser har vist, at både avanceret PID (ppb-RAE) og sporgas er anvendelige til sporing af indtrængningsveje.

Det vurderes, at anvendelse af termografi er begrænset til påvisning af forholdsvis store indtrængningsveje, som også kan afdækkes ved grundig visuelt byggeteknisk gennemgang. Metoden er ikke velegnet til afdækning af betydende indtrængningsveje/utætheder, hvor der er tale om spredning af flygtige stoffer fra underside gulv.

Det vurderes, at valg af metode primært afhænger af de lokalitetsspecifikke forhold.

Ved både avanceret PID-måling (ppb-RAE) og sporgas kan der udføres et stort set ubegrænset antal målinger, da registreringen ved begge metoder er momentane. Dette er en fordel, da det er vigtigt også at registrere revner som ikke kan findes uden undersøgelse af aktive indtrængningsveje og ikke kun visuelt synlige revner lokaliseret ved den byggetekniske gennemgang.

Ved sporgas er der fundet begrænsninger ved højtstående grundvandsspejl, og man skal være opmærksom på, at skjulte fundamenter og lignende kan påvirke udbredelsen af sporgas under gulvfladen.

Ved anvendelse af avanceret PID- måling (ppb-RAE) skal man være opmærksom på andre ydre påvirkninger, som kan give et udslag på instrumentet, som fejlagtigt kan tolkes som spredning af forurenede poredluft fra et indtrængningspunkt.

Tidsforbrug og prisniveau

Planlægning af undersøgelser der inkluderer en eller flere af de behandlede metoder er betydende, og derfor mere tidskrævende end ved traditionelle undersøgelser.

Visuel detaljeret byggeteknisk gennemgang kan erfaringsmæssigt gennemføres på 2-4 timer.

Forud for de egentlige feltarbejder er der opsat differenstrykmålere i de udvalgte bygninger. Ved de gennemførte forsøg vurderes tidsforbruget for etablering af målepunkter til en differenstrykmåler, at være i størrelsesordenen 0,5-1 time.

Der bør opsættes mellem 2-4 differenstrykmålere i bygningerne, forud for feltarbejderne.

For avanceret PID-måling (ppb-RAE) er der en kort opstartstid, så der vil kunne afdækkes et stort antal målepunkter i inden for en tidsramme af 2-3 timer.

For sporgas er det nødvendigt at foretage mellem 3-5 gennemboringer af gulvet, for at etablere injektions-og kontrolpunkter. Tidsforbruget ved en undersøgelse med sporgas er afhængig af hvordan sporgassen spredes under bygningen, bygningens størrelse samt af geologien under bygningen, hvorfor varigheden af fordelingen af sporgassen kan være mellem 1-4 timer.

Det er vores erfaring, på baggrund af de gennemførte undersøgelser, at hvis der kun udføres sporgas eller ppb-RAE målinger uden brug af blowerdoor og der er tale om mindre undersøgelser, så kan disse gennemføres for i størrelsesorden 8.000 kr., mens større undersøgelser (inden for én lang feltdag) kan gennemføres for mellem 15.000 til 25.000 kr.

Anvendes sporingsmetoderne ppb-RAE og sporgas i kombination med blowerdoor kan mindre undersøgelser gennemføres for omkring 18.000 kr., mens større undersøgelser kan gennemføres for mellem 25.000 til 45.000 kr.

Tidsmæssigt er opstilling og klargøring af blowerdoor fastlagt til mellem 1-2 timer pr. lokalitet, under det udførte feltarbejde.

6. Konklusion og perspektivering

Ud fra de udførte undersøgelser med måling med ppb-RAE, sporgas og termografi, både med og uden blowerdoor, vurderes det, at valg af metode er afhængig af de lokalitetsspecifikke forhold. På baggrund af de udførte undersøgelser vurderes det, at indtrængningsveje for forurenede poreluft med stor sikkerhed kan påvises med ppb-RAE og sporgas på de fleste lokaliteter.

Blowerdoor kan sikre en opadrettet trykgradient i en bygning. Ved at anvende blowerdoor i forbindelse med sporing af indtrængningsveje bliver det muligt at gøre målingerne uafhængige af de konkrete differenstryk i bygningen på måledagen og dermed sikres, at der er en opadrettet trykgradient, således at sporingsmetoderne afdækker de betydende indtrængningsveje i bygningen. Det betyder, at en række indtrængningsveje kan afdækkes ved gennemførelse af en samlet undersøgelse.

Ppb-RAE er en hurtig metode, der ikke kræver nogen forberedelse på lokaliteten og metoden kræver ikke etablering af kontrolpunkter i bygningsgulve. Da målingerne er momentane, kan der udføres kontinuerte målinger over de fleste flader mod jord, både med og uden brug af blowerdoor. Det er således muligt også at måle i områder, hvor der ikke visuelt er identificeret potentielle indtrængningsveje, såsom synlige revner og rørgennemføringer. Ved brug af blowerdoor kan der påvises flere indtrængningsveje, idet koncentrationen i indtrængningsvejene øges med luftstrømning ind i bygningen.

Sporgassen er som regel også en hurtig metode, der dog er langsommere at igangsætte i felten end målinger med ppb-RAE. Det er nødvendigt at etablere injektions- og kontrolpunkter gennem gulv. Det er muligt at anvende målepunkter, hvor der er udført poreluftmålinger under gulv. Der kan dog være bygninger, hvor det ikke er muligt at etablere et tilstrækkeligt antal injektions- og kontrolpunkter under gulv. Detektion af sporgassen kan udføres kontinuert, uden at det er nødvendigt at kende mulige indtrængningsveje på forhånd. Det er dog altid en fordel at udføre en indledende byggeteknisk gennemgang af bygningen, således at undersøgelserne kan målrettes.

De udførte forsøg viser, at termografi ikke er anvendelig til bestemmelse af indtrængningsveje for poreluft. Dette skyldes, at der inden for undersøgelsestiden ikke kan skabes en tilstrækkelig temperaturforskelle i bygningsmaterialerne ved indtrængningsvejene, selv ved anvendelse af blowerdoor.

Differenstrykmålinger kan benyttes til at vurdere, om der er en opadgående luftstrømning fra under gulv til indeklimaet, idet undertryk i indeklimaet vil betyde en luftstrømning fra underside gulv. Dette giver en indikation af, at der er risiko for, at flygtige stoffer trænger ind i indeklimaet, og differenstrykmålinger kan derfor anvendes som supplement til sporingsmetoderne til at vurdere om der er en risiko for spredning til indeluften fra underside gulv. Hvis der ikke anvendes blowerdoor, er differenstrykmålinger nødvendige, idet indtrængningsveje kun kan findes når der opadrettet luftstrømning til bygningen.

Forsøgene med at påføre et undertryk i bygningen, når der måles med ppb-RAE eller sporgas, har vist, at der med fordel kan påføres et undertryk på ca. mellem 2-10 Pa, hvorved der ses en markant forøget indtrængning ved målinger med ppb-RAE. Det undertryk, der skal påføres en given bygning afhænger af tætheden af gulvet. Hvis gulvet er utæt skal der påføres et højere undertryk for at skabe en trykgradient, der er tilfredsstillende for at kunne finde indtrængningspunkterne.

Der blev dog ikke påvist en entydigt forhøjet påvisning af sporgas ved undertryk i indeklimaet ved de to udførte forsøg.

Prismæssigt vurderes sporingsmetoderne at kunne udføres inden for en prisramme af 8.000 - 25.000 kr. Anvendes der blowerdoor i tilknytning til sporingsmetoderne, så vurderes arbejdet at kunne udføres inden for en prisramme af 18.000 – 45.000 kr. ekskl. moms.

Det vurderes, at blowerdoor også vil kunne anvendes til at påvise den maksimale indeklimapåvirkning af en bygning, f.eks. i kombination med on-site målinger i indeluften af forurening fra poreluften. Der kunne også være tale om at påføre en bygning et bestemt undertryk som er aflæst af differenstrykmålingerne over en længere periode. Ved at tilføre bygningen netop dette undertryk, og samtidig opsamle indeluftmålinger kontinueret i måleperioden, så ville det være muligt at vurdere koncentrationsintervallet i indeluften i den pågældende bygning, inden for en meget kort tidsperiode.

Referencer

- /1/ Thoronmålinger til identifikation af indtrængningsveje fra poreluft til indeklima. Miljøprojekt nr. 1453, 2012, Miljøstyrelsen.
- /2/ Håndbog – Byggetekniske foranstaltninger i forbindelse med byggeri på forurenede lokaliteter. Miljøprojekt nr. 1147, 2007, Miljøstyrelsen
- /3/ Bygningsreglement, BR10.
<http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk>
- /4/ <http://www.dktermografi.dk/termografi.html>
- /5/ Sporgasundersøgelser til fastlæggelse af aktive transportveje til indeklimaet. Miljøprojekt nr. 1352, 2010, Miljøstyrelsen
- /6/ Foredrag Temadag ATV Vintermøde 2009
Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet?
Mitigation of VOC through the building foundation and lessons learned from the detailed field investigation of the vapour intrusion process at Altus and Hill Airbases
Thomas E. McHugh, Ph.D., GSI Environmental, Inc., Houston, TX, USA
- /7/ Radon – kilder og måling. SBI-anvisning nr. 232, 2011
- /8/ Transport af gasformig forurening i umættet zone og i bygninger.
Teknik og Administration nr. 7 2004, Miljøstyrelsen
- /9/ Variationer i poreluftens forureningsindhold. Spor 1 Opstilling af modelscenarier, udvælgelse af modeller og modelberegninger.
Miljøprojekt nr. 1326, 2010, Miljøstyrelsen
- /10/ Radonsikring af nye bygninger. SBI Anvisning 233 1.udg. 2011
- /11/ Wind Pressure Effects
<http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-014-airflow-control-in-buildings/>
- /12/ Foredrag Temadag ATV Vintermøde 2009
Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet?
Luftstrømme i etagebyggeri og modellering af luftkvalitet
Per Heiselberg, Aalborg Universitet
- /13/ Air-Leakage control
http://www.esource.com/escrc/0013000000DP22YAAT/BEA1/OMA/OMA_BuildingEnvelope/OMA-02
- /14/ Altomhus – Illustreret byggeordbog <http://www.altomhus.dk/viden/installationer/>
- /15/ Illustreret byggeordbog. Ulrik Hovmand. Huset Hovmand, 1998. ISBN: 978-87-987034-0-2

- /16/ Foredrag Temadag ATV Vintermøde 2009
Poreluft og indeklime – hvordan er de to koblet?
Indtrængningssikring af eksisterende bygninger
Majbrith Langeland, Grontmij A/S
- /17/ Anvendelse af ppb-RAE som feltmåler ved poreluftundersøgelser og påvisning af
indtrængningspunkter til indeklime <http://www.atv-jord-grundvand.dk>
- /18/ Kortlægning af PCB i materialer og indeluft, samle rapport, dec. 2013
- /19/ Anvendelse af radonmålinger som tracer for påvirkning af indeklime fra en forurening under
gulv. Miljøprojekt nr. 1442, 2012, Miljøstyrelsen
- /20/ Metoder til sporing af indtrængningsveje for poreluft til indeklime
Miljøprojekt nr. 1590, 2014, Miljøstyrelsen

Instrumentbeskrivelse for Photo Ioniserings Detektor – Ppb-RAE

PpbRAE PLUS er en avanceret Photo Ioniserings Detektor. Det er en lille, håndbåren detektor med en meget lav responstid, hvilket gør den velegnet bl.a. til anvendelse i feltet.

PID-apparater generelt virker ved, at en ultraviolet lampe(UV) ioniserer molekylerne i en luftmængde, som suges ind til detektor af en lille vakuumpumpe. Den energi, der kræves for at flytte en elektron i et molekyle og dermed ioniserer dette, kaldes ioniseringspotentialt. Ioniseringspotentialt måles i elektronvolt (eV). Detektoren er i princippet et amperemeter som måler den energi, der frigives.

Forskellige stoffer har forskellige ioniseringspotentialer. Det er UV-lampens styrke, der bestemmer hvilke stoffer, der kan måles på. Detektoren er ikke selektiv, men giver i princippet et respons for alle molekyler, som er i den luftmængde, der måles på. Hvis UV-lampen har et ioniseringspotentialt på 10,2 eV, ioniseres alle stoffer, der har et ioniseringspotentialt under 10,2 eV.

Standard UV-lamper har typisk et ionisationspotentialt mellem 10,2 eV-10,6eV.

Det skal bemærkes, at instrumentets respons over for de enkelte gasser er stofafhængig, idet et indhold af mange forskellige flygtige stoffer vil påvirke instrumentets evne til at ionisere luftmængden.

I nedenstående er vist en række flygtige stoffer, som har et ioniseringspotentialt under 10,6 eV, og som kan påvises af en Photo Ioniserings Detektor:

- Aromater (benzen, toluen, xylener)
- Ketoner og aldehyder(stoffer der indeholder en C=O binding)
- Aminer (stoffer der indeholder nitrogen (N))
- Chlorerede opløsningsmidler (tertachlorethylen (PCE))
- Svovlholdige stoffer
- Alkohol
- Mættede hydrocarboner (oktan, butan)
- Nogle uorganiske stoffer



Man kan ikke måle bl.a.:

- Radioaktivitet
- Luft
- Naturlige gasser (methane, ethan)
- Syrer (HCl, HNO₃)
- Andre gasser (freon, ozon)

Grontmij's ppb-RAE-instrument er en ppbRAE PLUS PGM-7240 med en UV lampe på 10,6eV.

PCE har et ionisationspotentiale på 9,32eV, og da ppb-RAE-detektoren vides at have en høj respons over for PCE, er den velegnet til byggetekniske gennemgange, feltarbejde og lign. på lokaliteter, hvor der findes forureninger med chlorerede opløsningsmidler.

Atmosfærisk luft vil i "ren" tilstand ikke give respons, idet såvel N₂, O₂, Ar, CO₂ og H₂O alle har et ionisationspotentiale over 10,6 eV. Da ppb-RAE'en kan måle meget lave koncentrationer ppb (parts-per-billion) er det vigtigt at lave en nul-kalibrering af apparatet. Det gøres bedst med en "ultranul"-gas bestående af 21 % ilt og 79 % nitrogen. Det interval som ppb-RAE'en kan måle indenfor er fra 1 ppb op til 2000 ppm (parts-per-million). Ppb-RAE'en har sammenlignet med andre PID-apparater en kort responstid, høj respons overfor chlorerede opløsningsmidler samt lav følsomhed for vanddampe.

Ved anvendelse af et ppb-RAE-instrument er det væsentligt at huske, at:

- Ppb-RAE-instrumenter kan ikke give en måling på nul (0). Dette skyldes, at der i omgivelserne altid vil være et vist indhold af flygtige stoffer, indenfor ioniseringspotentialet.
- Ppb-rae instrumentet er et amperemeter og vil give falske positive målinger ved f.eks. stikkontakter pga. tilstedeværelsen af frie elektroner.
- Ppb-RAE-målinger angiver ikke et specifikt stof, men summen af alle tilstedeværende flygtige stoffer (gasser) i luften, der måles på.



Metodebeskrivelse for BlowerDoor

Blowerdoor er en metode, som er udviklet i byggebranchen for undersøgelse af eksisterende bygningers tæthed.

Ifølge Bygningsreglementet må luftskiftet gennem en bygnings klimaskærm (vægge, gulv, tag etc.) ikke overstige 1,5 l/s/m² ved en trykprøvning på 50 Pa. Målingen af en bygnings luftskifte kan foretages ved hjælp af BlowerDoor-testen.

BlowerDoor-testen afslører utætheder i dampspærre, ved inddækninger, el-installationer, samlinger mellem rem og mur, døre og vinduer samt andre utilsigtede utætheder, som kan være skjult for øjet af tapet, lister og anden overfladebehandling.

BlowerDoor-testen kombineres normalt med termografi, vindmåler eller røggas, for at lokalisere evt. utætheder i en bygning.

Indenfor byggebranchen anvendes metoden rutinemæssigt til tæthedsundersøgelse eller trykprøvning af bygninger.

Til at udføre en BlowerDoor-test skal der anvendes en ventilator, en "kunstig dør", en trykmåler og en computer.

Testen foregår ved, at en kunstig dør monteres i karmen i en yderdør, terrassedør eller i et vindue. Herefter lukkes alle ventilationskanaler, aftræk og andre åbenlyse ventilationssteder.

Computerens software styrer nu udførelsen af BlowerDoor-testen. Ventilatoren kan enten suge eller trykke luft ind i den "tætte bygning". Ved anvendelse af undertryk vil der langsomt ske en sænkning trykket i bygningen til 50 Pa under trykket udenfor.

Samtidig aflæses luftforbruget ved at holde bygningens undertryk på 50 Pa. Bygningens luftforbrug har en lineær sammenhæng med ventilatorens flowhastighed og dermed med det undertryk eller overtryk, der opbygges i bygningen.

Ved en traditionel bygningstæthedsprøvning foretages der også en test i overtrykssituationen. Her vendes ventilatorens flow, og derved øges trykket i bygningen langsomt til 50 Pa over trykket udenfor. Også her aflæses luftforbruget, og gennemsnittet for luftforbruget ved overtryk og undertryk udregnes. Luftforbruget over tid samt sat i forhold til bygningsarealet angiver bygningens lækage eller bygningens luftskifte.

Anvendelse af overtryk ved BlowerDoor-testen er mest normalt, hvor der undersøges for varmetab på en bygning.

For undersøgelse af, om der er aktive spredningsveje fra undergrund, hulmure eller bygningsledningskanaler til bygningens indeklima, udføres BlowerDoor-testen normalt ved etablering af undertryk i bygningen eller undersøgelsesområdet.

BlowerDoor-testen tager normalt mellem 4-8 timer afhængig af bygningsarealet og bygningens tilstand.

Ved meget kraftige vindhastigheder eller ekstreme vejrforhold giver det anvendte udstyr normalt en begrænsning, idet forskellen mellem trykniveauet udendørs og det ønskede undertryk, der ønskes opnået indendørs, vil være væsentligt større. Dermed kan det være vanskeligt at opnå f.eks. et stabilt undertryk på 50 Pa.

Sammenfatning

BlowerDoor-metoden er anvendelig til på kort tid at simulere en række vejrligsforhold. Ved at påføre en bygning eller et afgrænset bygningsareal et undertryk på op til 50 Pa er det muligt at finde aktive spredningsveje som f.eks. under normale forhold, og anvendelse af bygningen vil kun lejlighedsvis give periodisk spredning af f.eks. en underliggende forurening eller ikke vil være .

Når der køres med undertryk, vil der komme luft ind alle de steder, som ikke er tætte, og dermed kan de utætte områder lokaliseres med røg, vindmåler eller termografering.



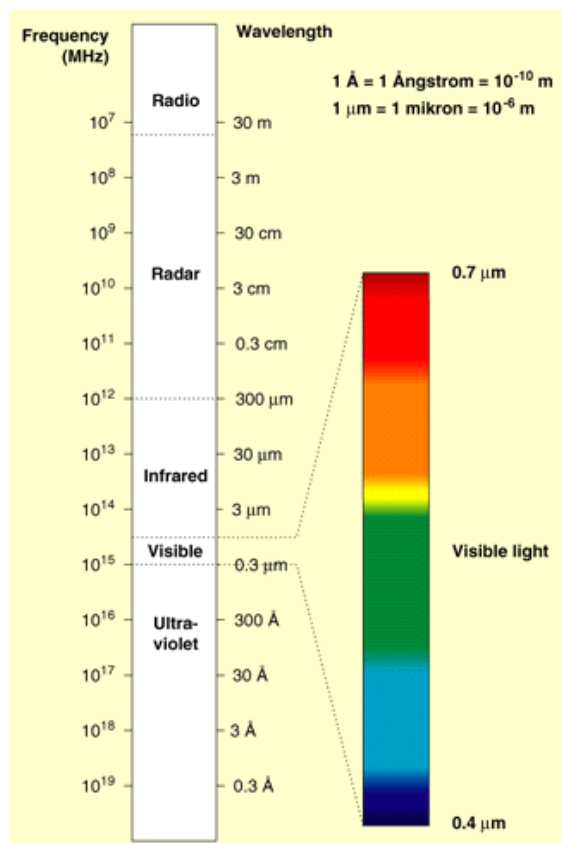
Eksempel på opsætning af BlowerDoor i en yderdør.

Metodebeskrivelse for termografi

Alle genstande udsender infrarød stråling fra dens overflade. Strålingens intensitet er afhængig af den aktuelle temperatur.

Ved hjælp af termografisk måleudstyr kan den infrarøde stråling registreres og omsættes til et temperaturbillede.

Omformningen af den infrarøde stråling foretages med en IR-chip, der typisk fungerer efter et princip, hvor varmestrålingen via optikken registreres på chippen. Kun på de "gode" termografikameraer er den absolutte målenøjagtighed rimelig god i forhold til et infrarød termometer, men termografikameraet udmærker sig ved at kunne registrere ganske små temperaturforskelle imellem de enkelte pixel, helt ned til en forskel på 0,08 °C imellem 2 pixel. Dermed vil det billede, man kan se, være en yderst præcis visning af temperaturforskellen på materialer.



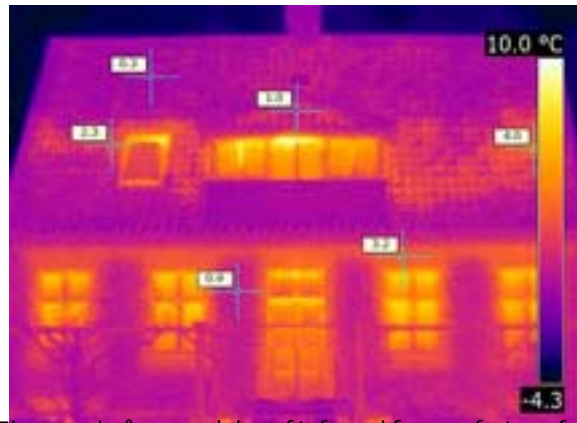
Det elektromagnetiske spektrum. www.virtuالتanzania.dk

Øjet kan kun registrere stråling indenfor et snævert interval af det elektromagnetiske spektrum.

Udenfor de synlige bølgelængder repræsenterer termografi altså en udvidelse af vort "synsfelt", og de giver adgang til yderligere informationer om virkeligheden omkring os.

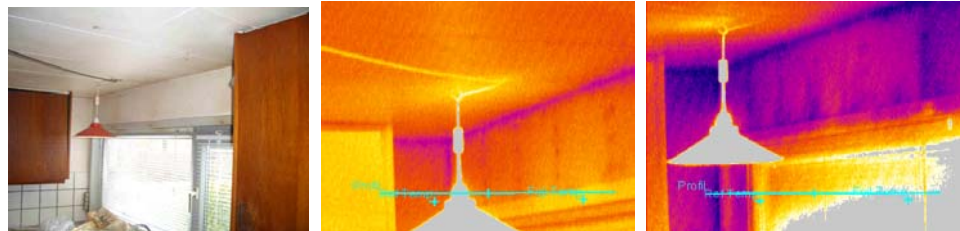
Elektromagnetisk stråling fra en overflade er enten reflekteret lys (refleksion) eller en udstråling, som overfladen selv udsender (emission). Reflekteret sollys kan af gode grunde kun måles i dagslys, mens emissionen kan måles uafhængig af dagslys.

Forskellige materialer har meget forskellig stråling, og det er derfor væsentligt at vide hvilke materialer, der måles på. I kameraet oversættes den "infrarøde" måling til temperaturforskelle mellem eller på materialet.



Eksempel på anvendelse af infrarød fotografering af varmetabet på en bygning.

Dette muliggør, at der visuelt kan produceres et billede svarende til et digitalt foto, som viser temperaturforskellen på materialet.



Eksempel på udslag efter trykændring foretaget med blowerdoor.

For at termografi udstyr kan anvendes til f.eks. at vurdere om der er utætheder i en bygning er det væsentligt at der er mulighed for at der er en temperaturforskel mellem de materialer som termograferes.

For at opnå en afkøling af f.eks. beton eller mursten skal der derfor i en længere periode være en betydende temperaturgradient eller en væsentlig aktiv transportvej ind eller ud af bygningen.

Ved undersøgelser udført med termografisk kamera er det derfor vigtigt at kende kameraets opløsning, måle emissionen fra det pågældende materiale, samt at der reelt er en temperaturforskel mellem de undersøgte materialer.

Vedlagt specifikation for det anvendte termografikamera af typen

Se også <http://www.americaninfrared.com/ProductDetail.asp?ID=75>



(315) 369-6004 Info@AmericanInfrared.com

[Home](#) [About Us](#) [Contact Us](#) [Camera Gallery](#) [Infrared Camera Rentals](#)
[Predictive Maintenance](#) [Research & Development](#) [Surveillance & Security](#) [Process Control](#)
[IR Camera Accessories](#) [Medical Usage](#) [Used Cameras](#) [Infrared Terms](#) [Infrared Camera Lease](#)

by **PRICE**

\$4,000 - \$11,000

Go

by **APPLICATION**

Predictive Maintenance

Go

by **MANUFACTURER**

American Infrared

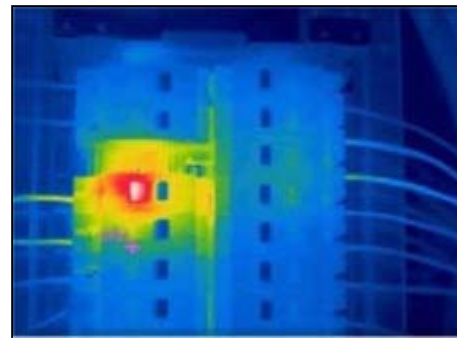
Go

Need **ACCESSORIES?**

Need **TRAINING?**

Product Detail

FLIR 550, Agema 550



The FLIR ThermoCam PM 550, FLIR 550, thermal infrared cameras are FLIR short wave, handheld, Focal Plane Array cameras that are capable of temperature measurement. These cameras are best suited for Preventive Maintenance, Research and Development, and Medical Applications. These Cameras store images on a PCMCIA Card, and the images can be analyzed using one of several available FLIR software packages (FLIR Reporter 2000 Software, Researcher 2000...). These units are used FLIR infrared cameras.

Email Us

Call Us

Product Specifications

System Type	Focal Plane Array
Spectral Range	Short Wave Infrared
Detector	320 X 240
Detector Material	Platinum Silicide
Measurement Accuracy	2 % or 2 Degrees C
Measurement Range	-20 to 1500 C
With Filter	-20 to 1500 C
Field View	20 X 15 Degrees
Cooling	Stirling Cycle
Spatial Resolution	Lens Dependent
Thermal Sensitivity	<0.10 at 30 Degrees C
Detector Refresh Rate	30 Hz
Dynamic Range	12 Bit

Emmissivity Adjustment	.10-1.00
Palettes	Multiple Color and B&W
Display Type	Eye Piece or LCD
Image Storage Capacity	700 images / Card
Storage Medium	PCMCIA Card
Operating Temperature	-15 C to 50 C
Camera Weight	5 Lbs.
Camera Size	8.7 X 5.2 X 5.5 Inches
Focus Distance	18 Inches to Infinity
Video Output	60 Hz NTSC
Power Supply	Battery or A/C
Voice Annotation	Yes
Available Accessories	FLIR Lenses, PCMCIA Cards, FLIR Software, FLIR Batteries...

[\(315\) 369-6004](tel:3153696004) Info@AmericanInfrared.com

**[Home](#) [About Us](#) [Contact Us](#) [Camera Gallery](#) [Infrared Camera Rentals](#)
[Predictive Maintenance](#) [Research & Development](#) [Surveillance & Security](#) [Process Control](#)
[IR Camera Accessories](#) [Medical Usage](#) [Used Cameras](#) [Infrared Terms](#) [Infrared Camera Lease](#)**

American Infrared

Phone: (315) 369-6004

email: info@americaninfrared.com

Metodebeskrivelse for sporgas

Sporgasundersøgelser kan anvendes til at lokalisere føringsveje for forurening under bygninger, undersøge tætninger af målepunkter og vurdere tætningsforanstaltninger i forbindelse med afværgeforanstaltninger. Derudover kan sporgas anvendes til at kontrollere tætheden af afløbssystemer i bygninger.

Sporgasundersøgelsen består kort fortalt i, at der injiceres en sporgas (normalt 95 % N_2 og 5 % H_2) igennem et injektionspunkt (IP), og indtrængningen af sporgas gennem utætheder måles herefter med en detektor.

Herefter benyttes undersøgelse om hele forløbet inkl. afrapportering, mens test angiver den praktiske udførsel.

Metode

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas med et flow på 0,5 - 2 L/min. Dernæst foretages en kvalitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, der afgiver et lyd- og lyssignal, hvor intensiteten afspejler gasniveauet.

Ved en typisk test etableres først et injektionspunkt - f.eks. i hot-spot for den konstaterede poreluftforurening - samt et antal kontrolpunkter ved gennemboring af gulvet og væggene i forskellige afstande og retninger fra injektionspunktet. Kontrolpunkterne afproppes, f.eks. med gummipropper, når der ikke måles i dem.

Inden gennemførelse af selve testen foretages dernæst en afsøgning med gasdetektoren i samtlige injektions- og kontrolpunkter samt i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende forventes testet. Denne afsøgning foretages for at registrere eventuelle forhøjede baggrunds niveauer, da der er tale om en uspecifik detektor, jf. afsnit 3.

Dernæst påbegyndes udledning/injektion af sporgas i det første injektionspunkt. Successivt igennem testen kan der evt. foretages en flytning af injektionspunktet til et af de tidligere kontrolpunkter for at opnå en bedre mætning af poreluften under/omkring de testede bygningsdele.

Afsøgningen med gasdetektoren foretages efterfølgende i de områder af bygningen, hvor der via kontrolpunkterne er skabt vished for, at sporgassen har spredt sig til den omkringliggende poreluft.

Udstyr

Der anvendes en sporgas fra Air Liquide; en specialgas bestående af 5 % brint og 95 % kvælstof. Denne gas er klassificeret som en inert gas. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til injektionspunktet. Der kan benyttes ler eller acrylfugemasse til at tætte mellem slange og betongulv.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10. Detektoren reagerer direkte (uden pumpe) på en række gasser (f.eks. methan, ammoniak, brint, butan, propan, acetone, kølemidler, hydrogensulfat, lak/fortynder, opløsningsmidler og flybrændstof).

Selve detektoren sidder på en fleksibel "arm", således at der kan måles "omkring hjørner" og på svært tilgængelige steder. Apparatet



afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet afspejler det relative gasniveau, idet detektoren kan indstilles i følsomhed, således at baggrundsniveauet afgiver tre til fire sekunder pr. "klik".

Afrapportering

De påviste indtrængningspunkter afbildedes på en tegning med forskellige gradueringer.

Gradueringerne fra testen er som følgende:

Grønt niveau = ikke forhøjet udslag.

Gult niveau = lettere forhøjet udslag.

Rødt niveau = forhøjet udslag.

Tjekliste ved byggeteknisk gennemgang fra /2/

Fra håndbogen Byggetekniske Foranstaltninger i forbindelse med byggeri på forurenede lokaliteter, Miljøprojekt nr. 1147, 2007, er der lavet en tjekliste, som med fordel kan anvendes ved gennemgang af bygninger. Der findes endvidere en række beskrivelser i ovenstående materiale, som vedrører byggeskik fra før 1900-tallet til nutidens byggerier.

Da tjeklisten er vedlagt som et uddrag af et Miljøprojekt nr. 1147, 2007, er der på bilaget angivet Bilag A. Se vedlagte.

Tjekliste eksisterende bygning: Byggeteknisk registrering

I nedenstående tjekliste er opført byggetekniske forhold, der eksempelvis kan undersøges i forbindelse med en registrering af potentielle spredningsveje i en bygning. Tjeklisten kan anvendes ved en gennemgang af dokumentationsmaterialet i konkrete sager. Tjeklisten tænkes anvendt sammen med figur 2.2 i kapitel 2. For en uddybende forklaring af de enkelte registreringspunkter henvises til kapitel 3.

Bygningsdel	Registrering	Er registrering foretaget?			Bemærkning
		Ja	Nej	Ikke relevant	
Fundering	Funderingsdybde Funderingstype Jordbundsforhold	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Gulv/terrændæk (figur 2A, B, C)	Gulvtype (beton, træ osv.) Etableringsår Gulvopbygning Gulvbelægninger Gulvenes tilstand Fordelingen af revner Revner i samlinger ml. gulv og væg Revnetype Konvektorgrav, installationsskakte mv. Evt. spild	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Kælderloft og -vægge (figur 2E, K)	Loftstype Etableringsår Loftets tilstand Loftets tæthed Tegn på nedtrængning af spild Ydervæggens konstruktion og tilstand Indvendige vægges konstruktion og tilstand Tæthedsvurdering for yder- og indervægge Spild der er trængt op i væggene	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Rør-/ledningsføring (figur 2G, H)	Typer, placering, antal og tilstand	☐	☐	☐	
Afløbsforhold (figur 2G)	Typer, placering og tilstand Vandlåse Anvendelse og brugsmønster	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT
(Tjekliste eksisterende bygning: Byggeteknisk registrering)

Bygningsdel	Registrering	Er registrering foretaget?			Bemærkning
		Ja	Nej	Ikke relevant	
Udluftning	Udluftningsventiler/riste/spjæld Udluftningsforhold Anvendelsesmønster	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Hulrum	Hulrum under/i gulvbelægning (f.eks. ved døråbninger) Hulrum i vægge, gennem murværksfuger, vinduesfuger, revner m.m. Hulrum i ventilationsskakte, ledningsskakte, skorstene mv.	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Bygningsindretning og særlige forhold	Størrelse, placering og anvendelse af rum (situationsplan) Loftshøjde Etageskillemure Daglige anvendelse Særlige forhold	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
Udvendig registrering	Opførelsesår Den generelle stand Forhold omkring evt. krybekælder (riste)	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
Erhvervsbyggeri	Placering af maskiner, kemikalieoplag mv. Evt. spild, sinks mv.	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	

Datanotat for Anlægsvej 5, Vinderup

Teknisk notat

Sporing af indtrængningspunkter for forurenede poreluft fra underside af hus til indeklimaet, Anlægsvej 5, Vinderup

30. marts 2011
Projekt: 30.6814.19

Udarbejdet	: Søren Kreilgaard
Kontrolleret	: Majbrith Langeland
Vedlagt	: Bilag 1: Situationsplan Bilag 2: Plan med målepunkter med ppb-RAE Bilag 3: Udvalgte sider fra rapport fra termografiforsøg Bilag 4: Resultat fra målinger med ppb-RAE Bilag 5: Resultater fra differensterkymålinger Bilag 6: Fotos

1 INDLEDNING

Dette notat er udarbejdet som et bilag til en overordnet rapport der beskriver og sammenfatter erfaringerne med de enkelte metoder.

Grontmij | Carl Bro A/S har afprøvet metoder til bestemmelse af indtrængningspunkter for forurenede poreluft gennem gulv eller andre føringsveje på Anlægsvej 5, 7830 Vinderup. Afprøvningen af metoder er udført under teknologiudviklingsprojektet mellem Region Midtjylland og Grontmij | Carl Bro. Udviklingsprojektets formål er at vurdere forskellige metoder til påvisning af føringsveje for forurening ind i bygninger.

Teknologiudviklingsprojektet på denne matrikel har omfattet:

Metode	Beskrivelse	Udført
Visuel byggeteknisk gennemgang	Brud, revner og andre visuelle føringsveje bestemmes. Det er ikke muligt, at vurdere om de er gennemgående	Ja
Undertryk udført af almindelige installationer	Undertrykket der kan leveres af almindelige ventilationer (emhætte, badeværelsesventilatorer) bestemmes. Undertrykket der leveres af disse installationer er lille og meget afhængig af bygningens tilstand.	Nej
Termografi (uden undertryk)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af om der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (uden undertryk)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (uden undertryk)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Nej
Termografi (med undertryk fra blowerdoor)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera ved forskellige undertryk for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af at der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (med undertryk fra blowerdoor)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter ved forskellige undertryk. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (med undertryk fra blowerdoor)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres ved forskellige undertryk. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Nej

Den byggetekniske gennemgang af bygningen er udført den 2. juni 2010. Under den byggetekniske gennemgang blev der opsat differenstrykmålere til at måle trykforskellen over og under gulv i bygningen. Differenstrykmålerne har målt trykforskellen i perioden 2. juni til 28. juni 2010.

Den 15. juni 2010 blev der udført test med BlowerDoor og termografiundersøgelse samt screening med ppb-RAE til bestemmelse af indtrængningspunkter.

2 BYGNINGSBESKRIVELSE OG BAGGRUND

2.1 Baggrund

Ejendommen er et parcelhus fra 1973 i et plan. Bygningen har været anvendt til bolig siden opførelsen. Der har tidligere været renseri i en nærliggende ejendom, hvilket har medført en poreluftforurening med chlorerede opløsningsmidler, der har spredt sig ind under gulv på Anlægsvej 5.

2.2 Bygningsbeskrivelse

Kun forhold relevant for projektet er beskrevet nedenfor.

En situationsplan over bygningen kan ses i bilag 1, og der kan ses billeder i bilag 6. Alle rummene i bygningen har fået et bogstav hvilket også kan ses på situationsplanen.

Bygningen er muret op med mursten. Der er betongulv i hele bygningen. Tykkelsen af betongulvet er ca. 16 cm og er opbygget med 3 cm slidlag og 13 cm lecabeton. Indvendige mure er enkeltstensmure, mens alle ydermure er hulmure.

Rum A – Værelse: Betongulv med tæppe. Værelset bliver benyttet til opbevaring, f.eks. af fryser.

Rum B – Entre: Betongulv med tæppe.

Rum C – Badeværelse: Der er fliser på gulv og vægge. Der er en brusekabine samt toilet i rummet. Der er en revne mellem gulv og væg ved ydermuren under radiatoren. Der er passiv ventilation samt gulvafløb i rummet.

Rum D – Udestue: Der er linoleum på betongulvet. Udestuen er en senere tilbygning fra 2006. Der er hulmur mellem udestuen og rum E (stue). Der er en yderdør.

Rum E – Stue: Betongulv med tæppe. Der er adgang til rum D (udestuen).

Rum F – Gang: Betongulv med tæppe. Der er åbne døre til rum E, G, H, I og K.

Rum G – Værelse: Betongulv med tæppe. Værelset benyttes som oplag og kontor. Der er en revne i skillevæggen mellem værelset og gangen (rum F)

Rum H – Soveværelse: Betongulv med tæppe. Tæppet ligger løst. Der er passiv ventilation i værelset.

Rum I – Køkken: Der er linoleum på betongulvet. Køkkenet har en emhætte.

Rum J – Baggang: Der er fliser på betongulvet. Der er en lem til loftsrummet. Der er en revne i gulvet under døren. Se fotos i bilag 6.

Rum K – Badeværelse: Der er fliser på gulv og vægge. Der er toilet og brusekabine. Der er passiv ventilation samt to gulvafløb i rummet.

På baggrund af den byggetekniske gennemgang er der udvalgt 14 interesse-/målepunkter til undersøgelsen.

3

DIFFERENSTRYKMÅLING

Der har været opstillet differenstrykmålere til at måle forskellen i trykforhold mellem under gulv eller i en hulmur og inde i bygningen i tre rum (rum A, D og H). I rum A er der endvidere foretaget målinger både mellem trykket i indeklimaet og under gulv samt i hulumuren. Differenstrykmåler M2, M3 og M5 måler trykforskellen mellem inde i bygningen og under gulv, mens differensstrykmåler M4 måler trykforskellen mellem indeklimaet og en hulmur. Placeringen af differenstrykmålerne kan ses i bilag 1. I bilag 6 er der billeder af målepunkterne.

I bilag 5 fremgår differenstrykmålinger. Differenstrykket er logget hver halve time, og er vist med blå kurve. Endvidere er det højeste og det laveste tryk i den foregående halve time angivet med hhv. den gule og den lyserøde kurve.

Følgende er vist i bilag 5:

Side 1: Differenstrykmålinger for hele perioden, hvor data fra opsætningsdagen samt dagen for BlowerDoor-testen er udeladt. Dette er gjort, da målerne giver høje udsving, når der bliver arbejdet ved måleinstrumentet som er tilfældet ved opsætningen. Dataene fra tidspunktet omkring BlowerDoor-testen er også fjernet, da de giver høje udslag, og det dermed kan være svært at se normaludsvingene i boligen på de andre dage.

Side 2: Differenstrykmålinger på 2 vilkårlige dage for at se variationen over døgnet.

Side 3: Differenstrykmålinger på dagen for BlowerDoor-testen.

Side 4: Differenstrykmålinger på perioden under BlowerDoor-testen.

Differenstrykket over hele perioden, bortset fra opsætningstidspunktet og tidsrummet for blowerdoortesten, viser at der er store regelmæssige udsving. Disse udsving skyldes den daglige brug af boligen. Der kan påvises udsving om morgenen, omkring 6.30-9.30, og om aftenen, omkring 17.00-21.00.

De 4 differenstrykmålepunkter viser at der generelt er overtryk i boligen med tidspunkter hvor der er undertryk. Differenstrykket ligger generelt mellem 0 og 0,5 Pa, bortset fra soveværelset, hvor differenstrykket ligger omkring 1 Pa. Der er dog påvist udsving der skaber negativt differenstryk i indeklimaet, hvilket betyder at der er undertryk i boligen. Der er generelt ikke forskel på differensstrykket mellem boligen og under gulv og mellem boligen og hulumuren i det ene værelse.

Differenstrykket viser god overensstemmelse i rum A (værelse) og D (udestue) under blowerdoortesten. Der er et højere differenstryk i rum H (soveværelset). Differenstrykket viser, at gulvet tilsyneladende er tættere i rum H (soveværelse) end ved de andre målesteder.

4

BLOWERDOOR

Der er udført en BlowerDoor-test den 14. juni 2010. Formålet har været at vurdere om forskellige undertrykspåvirkninger af bygningen vil skabe højere gennemtrængning af forurenende stoffer fra poreluften under gulvet samt om det derved vil være muligt at finde flere indtrængningspunkter.

BlowerDoor-testen er udført ved at bygningens ventilationsriste, døre og andre åbenlyse luftføringskanaler er tætnet med plastik/tape. Herefter er der lavet undertryk i bygningen ved BlowerDoor. Fotos fra BlowerDoor-forsøget kan ses i bilag 6.

Ved BlowerDoor-forsøget er der påført undertryk på hhv. 0 pa, 2 pa, 5 pa, 8 pa, 15 pa, 25 pa og 40 pa. Undersøgelsen blev udført kontinuert, således der ikke var pause mellem de forskellige trykforhold.

5

PPB-RAE

I forbindelse med den byggetekniske gennemgang er der udført målinger med en ppb-RAE måler, for at se om der kunne lokaliseres indtrængningspunkter for forurenede poreluft. På baggrund heraf er der udvalgt 14 interesse-/målepunkter til den videre undersøgelse. Placering af målepunkter kan ses i bilag 2 og resultater af målingerne under de forskellige trykforhold kan ses i bilag 4. Resultaterne er for de enkelte målepunkter vist som kolonner for hver trykpåvirkning. Endvidere er baggrundsniveauet målt i hvert rum og her er resultaterne angivet med det bogstav som fremgår af oversigtplanen i bilag 2.

I bilag 6 er der billeder af målepunkterne.

Ud fra ppb-RAE målingerne, kan det ses at der er relativt høje værdier i den sydlige del af bygningen (stuen (rum E) og værelset (Rum A)) samt ved dørkarmen i badeværelset (rum K).

Forsøget med ppb-RAE-målinger under forskellige undertryk i bygningen viser, at med stigende undertryk vil der generelt komme en øget gennemtrængning af påviselige stoffer fra under gulv. I rum B (entre) og rum C (badeværelse) sker der dog ingen signifikant stigning i baggrundskoncentrationen ved stigende undertryk.

Der er påvist en kraftig stigning i RAE-målingerne i rum D (udestuen) ved højere undertryk. De højere undertryk skete dog samtidig med at der blev varmere i udestuen pga. solen. Det viste sig, at linoleummet på gulvet afgav stoffer der blev opfanget med ppb-RAE-instrumentet jo varmere det blev. Resultaterne fra målingerne i udestuen vurderes derfor ikke at vise en eventuel øget indtrængning af stoffer fra under gulv.

Der er ikke påvist forhøjede udslag ved revnen i gulvet i rum J (baggang). Måleresultaterne er ikke afbilledet i bilag 4, men de afveg ikke fra baggrundsniveauet.

5.1 Vurdering

BlowerDoor-testen har vist, at det er muligt at måle forhøjede værdier med ppb-RAE når der laves undertryk i bygningen. De påviste forskelle i RAE-udslag ved varierende undertryk er dog ikke specielt store, og ligger i størrelsesorden op til en faktor 3.

Under BlowerDoor-testen blev der påvist 4 nye indtrængningspunkter, 2 i stuen, 1 i soveværelset og 1 i gangen.

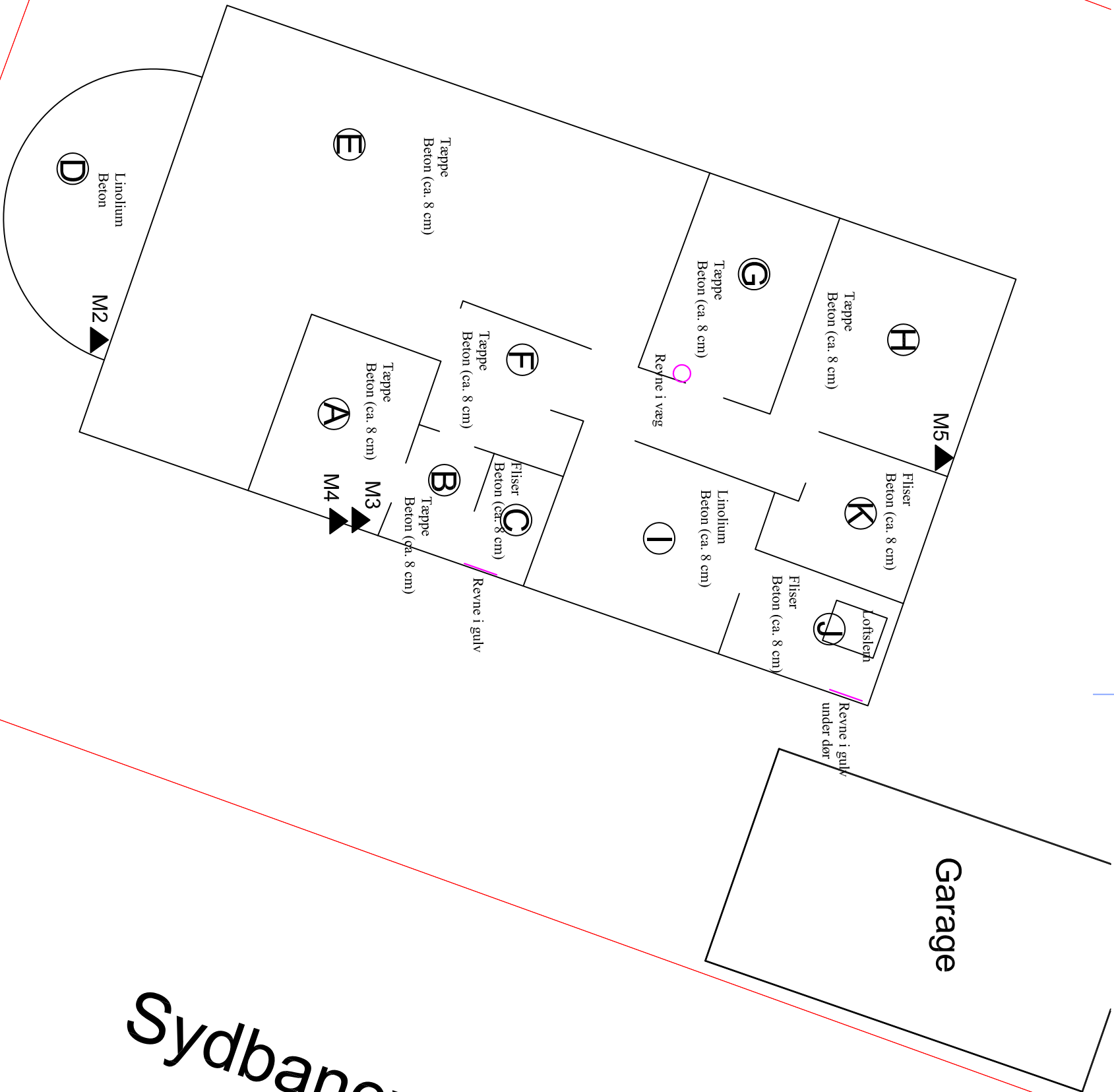
6 TERMOGRAFI

Jydsk Termografi har udført en termografiundersøgelse af bygningen før og under BlowerDoor-testen. Konklusionen fra termografiundersøgelsen kan ses i bilag 3. Der er vedlagt udvalgte sider fra rapporten i bilag 3. Rapporten er ikke vedlagt, men forefindes elektronisk ved Grontmij | Carl Bro.

6.1 Vurdering

Ud fra undersøgelsen er det vurderet, at det på den pågældende lokalitet og med de daværende vejrforhold ikke var muligt at se føringsveje fra under gulv til indeklimaet ved termografiundersøgelsen. De udslag som blev registreret under undersøgelsen viste kun indtrængning af luft ved vinduer og fra loftet. Resultaterne kan skyldes, at temperaturforskellen mellem luften lige under gulv og gulvet/væggene var for lille til at kunne registreres.

Bilag 1



Garage

H

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

K

Fliser
Beton (ca. 8 cm)

Loftslejt
J

Fliser
Beton (ca. 8 cm)

I

Linolium
Beton (ca. 8 cm)

G

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

Revine i væg

C

Fliser
Beton (ca. 8 cm)

F

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

B

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

A

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

M3

M4

E

Tæppe
Beton (ca. 8 cm)

D

Linolium
Beton

M2

Garage

Revine i gulv
under dør

Sydbanevej

SIGNATURFORKLARING

Matrikelgrænse

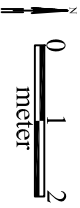
Bygning

Rumbetegnelse

Revine i gulv

Interessepunkt

M2 Målepunkt for differenstryk

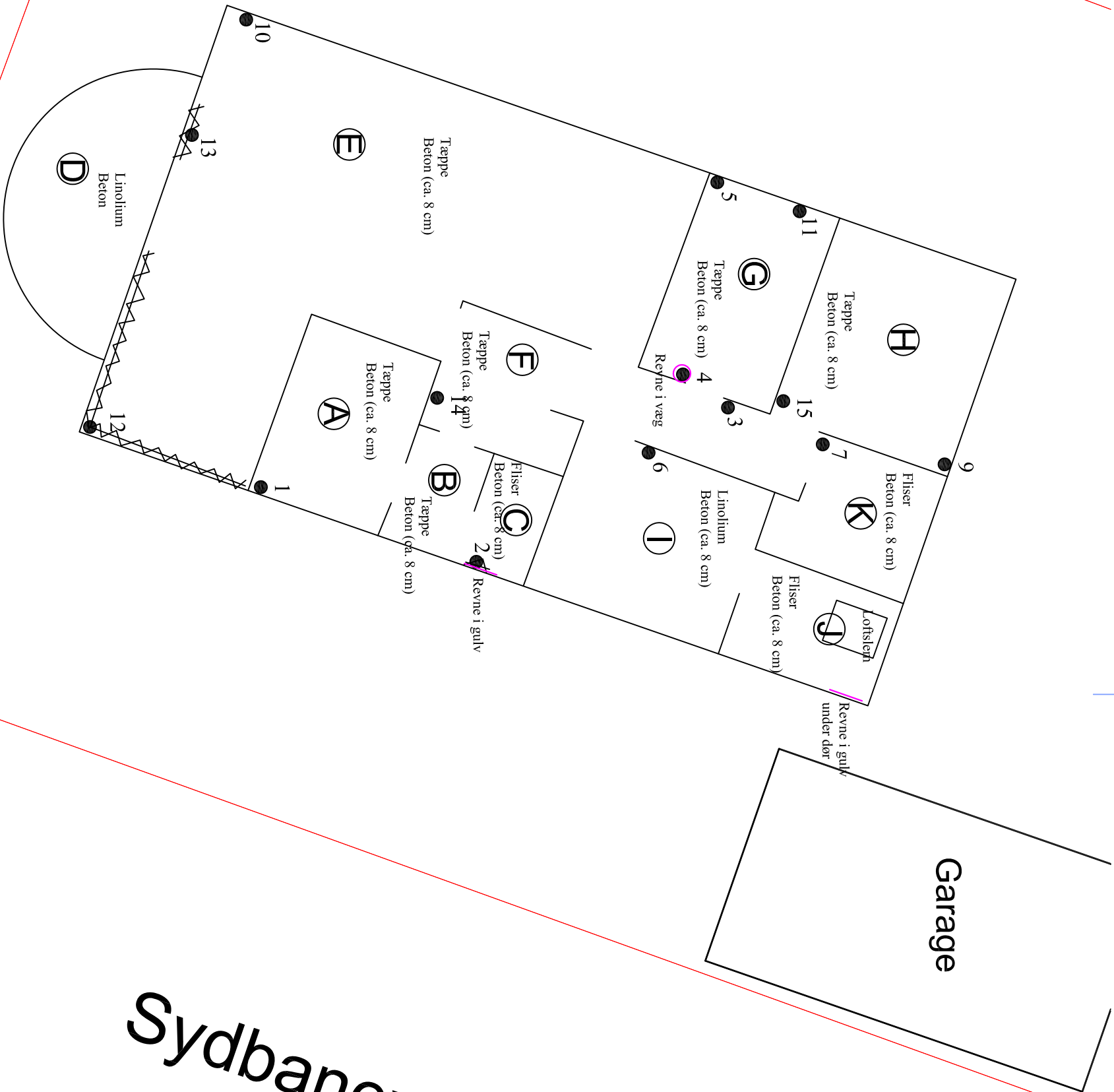


Anlægsgvej

Sag		Sag nr.		Dato	
Termografi og blowerdoor		30.6814.01		2011.04.04	
Emne		Tegn. nr.		Mål	
Anlægsgvej 5, Vinderup		0002		1:100	
Byggetekniske observationer				Tegner	
				SOI	

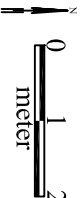
R:\Projects\AAL\30.30681401\CAD\Anlægsgvej\0002-Byggeteknisk.dwg

Bilag 2



SIGNATURFORKLARING

- Matrikelgrænse
- Bygning
- Rumbetegnelse
- Målepunkter for ppb-RAE
- Målepunkt over sammenhængende længde



Anlægsvej

Sydbanevej

Sag Termografi og blowerdoor		Sag nr.	Dato
Emne Anlægsvej 5, Vinderup		30.6814.01	2010.08.26
Målepunkter for ppb-RAE		Tegn. nr. 0003	Mål 1:100
Tegner SOI			

R:\Projects\AAL\3030681401\CAD\Anlægsvej\0003-ppb-RAE.dwg

Bilag 3

Jydsk Termograficenter

Termografi & Lækagesporing
www.jydskTermograficenter.dk



Konklusion efter trykprøvning af 4 adresser i jylland: Rødding, Århus, Vinderup og Videbæk.

Der blev sat undertryk på ejendommene, ved hjælp af en propel indsat i en dør (Blower door).
Trykket blev sat efter anvisning fra Grontmij| Carl Bro.

Under tryksætningen blev der taget billeder med et termografikamera, for at se om der kunne påvises luft transport ind i bygningerne med dette. Der var især interesse i lufttransport ind i huset fra gulvet.

Efter gennemgang af billederne, på stederne og hjemme, under udfærdigelsen af rapporterne, kunne der ikke ses luft indtrængning fra disse områder med kameraet.

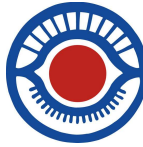
Der var flere steder, især i Rødding, hvor der kunne måles ret høje luftstrømme med et instrument der kunne måle m/sek. Selv på disse steder kunne der ikke ses noget med termografi.

I Århus blev der forsøgt med at lægge et stykke a4 papir, hen over et sted hvor der kunne måles luft indtrængning. Der kunne der ses opvarmning/ nedkøling af papirets overflade.

Men alt i alt mener jeg ikke at det er muligt at anvende termografi som indikator for luft indtrængning af luft gennem gulv.

Gennemgangen af de fire bygninger, blev udført af Lars Buch Nielsen, 28197612
Hvis der er spørgsmål til de medsendte rapporter, så kontakt venligst ovenstående.

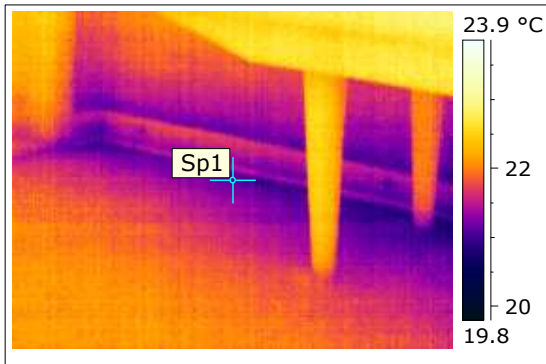
Med venlig hilsen
Jydsk Termograficenter
Alsikevej 10, 8900 Randers
Tlf: 86 42 94 08



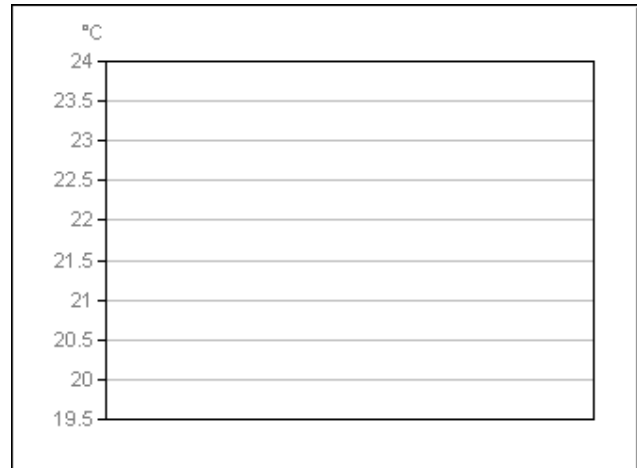
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5 uden tryksætning

Inspektions dato:
02-06-2010



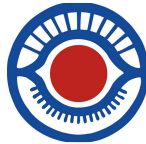
Date	02-06-2010
Max Temperature	23.3 °C
Min Temperature	20.4 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

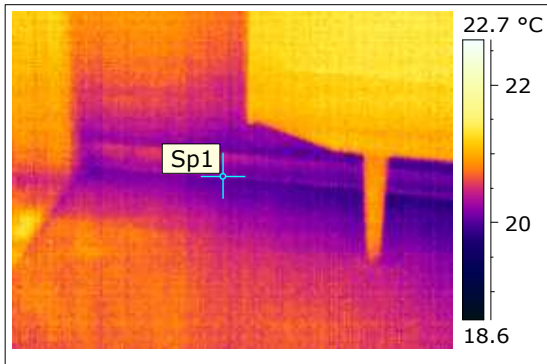
Lars Buch Nielsen



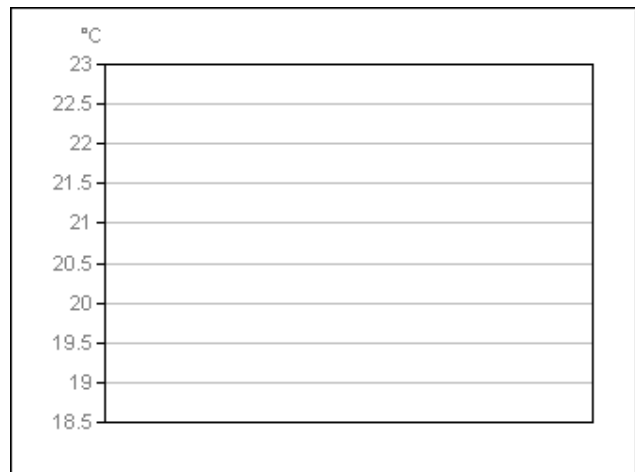
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til – 2 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



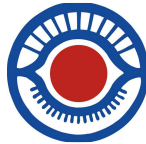
Date	14-06-2010
Max Temperature	22.1 °C
Min Temperature	19.6 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

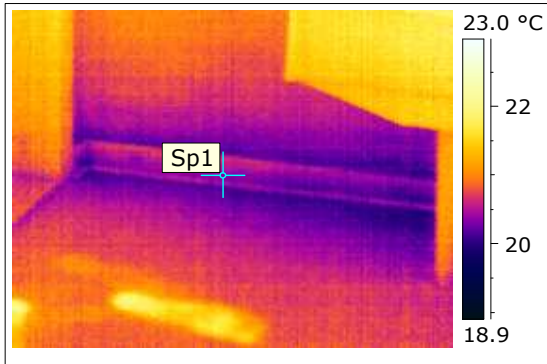
Lars Buch Nielsen



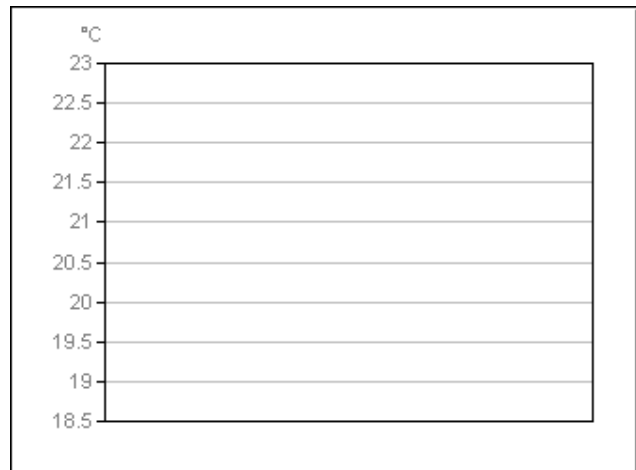
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til -5 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



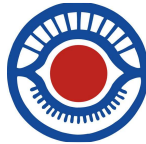
Date	14-06-2010
Max Temperature	22.3 °C
Min Temperature	19.8 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

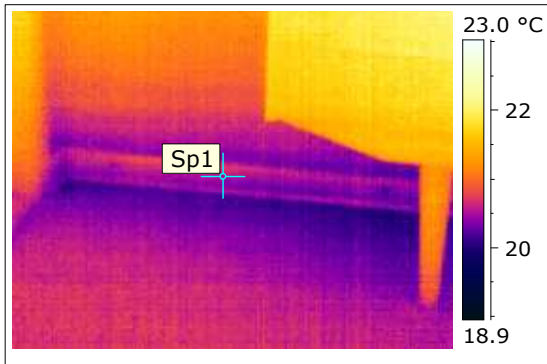
Lars Buch Nielsen



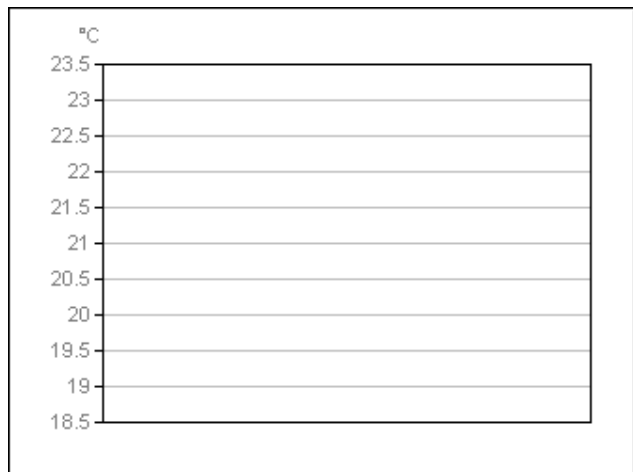
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til – 8 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



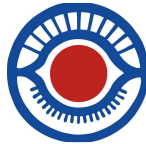
Date	14-06-2010
Max Temperature	22.7 °C
Min Temperature	19.8 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

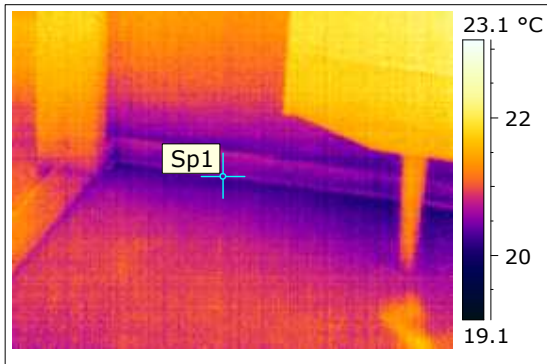
Lars Buch Nielsen



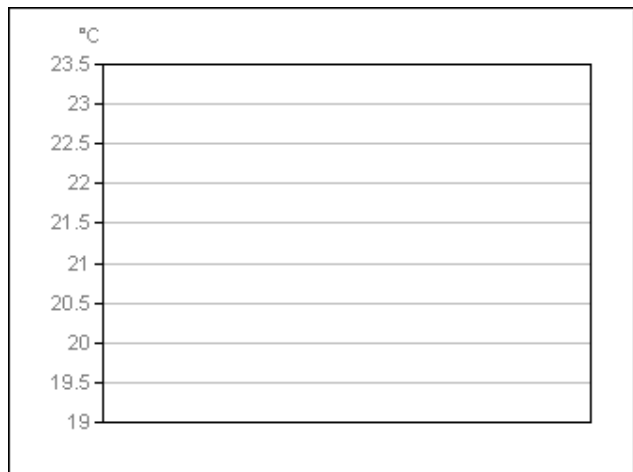
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til – 15 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



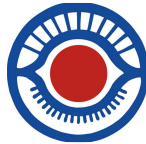
Date	14-06-2010
Max Temperature	22.8 °C
Min Temperature	19.8 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

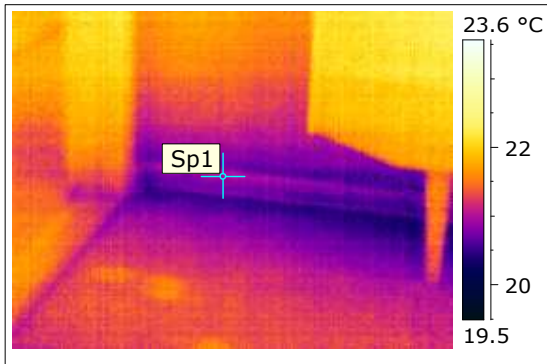
Lars Buch Nielsen



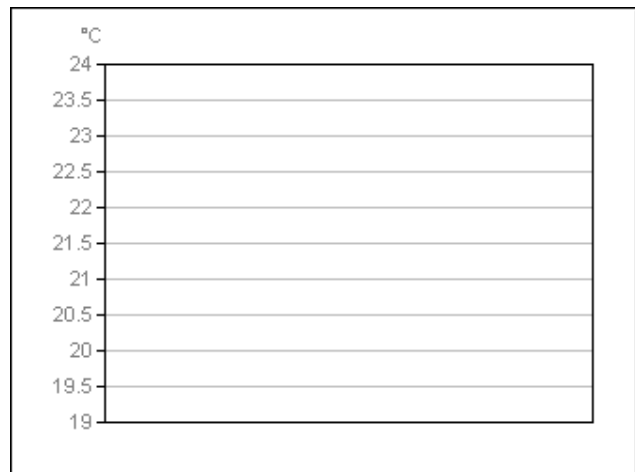
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til -25 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



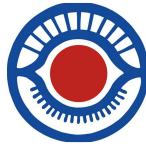
Date	14-06-2010
Max Temperature	22.9 °C
Min Temperature	20.1 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

Termografi operator:

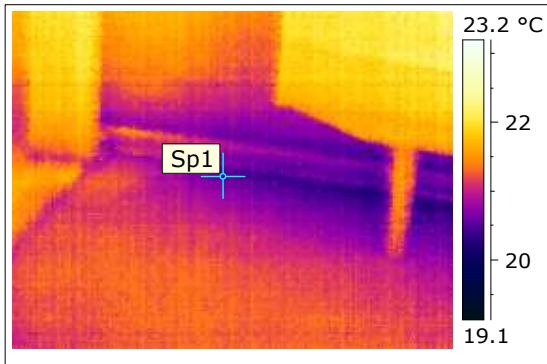
Lars Buch Nielsen



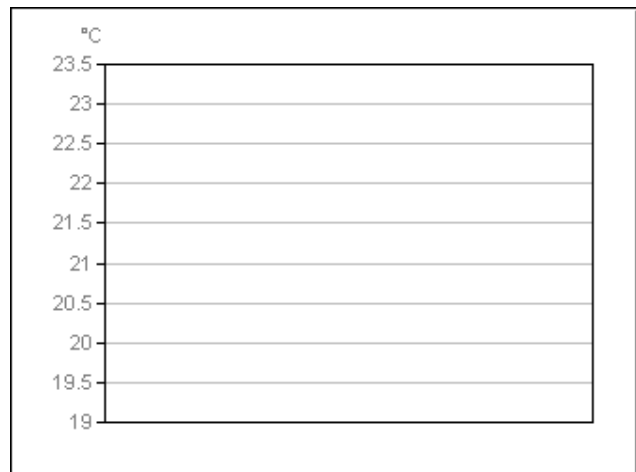
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Anlægsvej 5b tryksat til -40 Pascal

Inspektions dato:
14-06-2010



Date	14-06-2010
Max Temperature	22.7 °C
Min Temperature	19.8 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



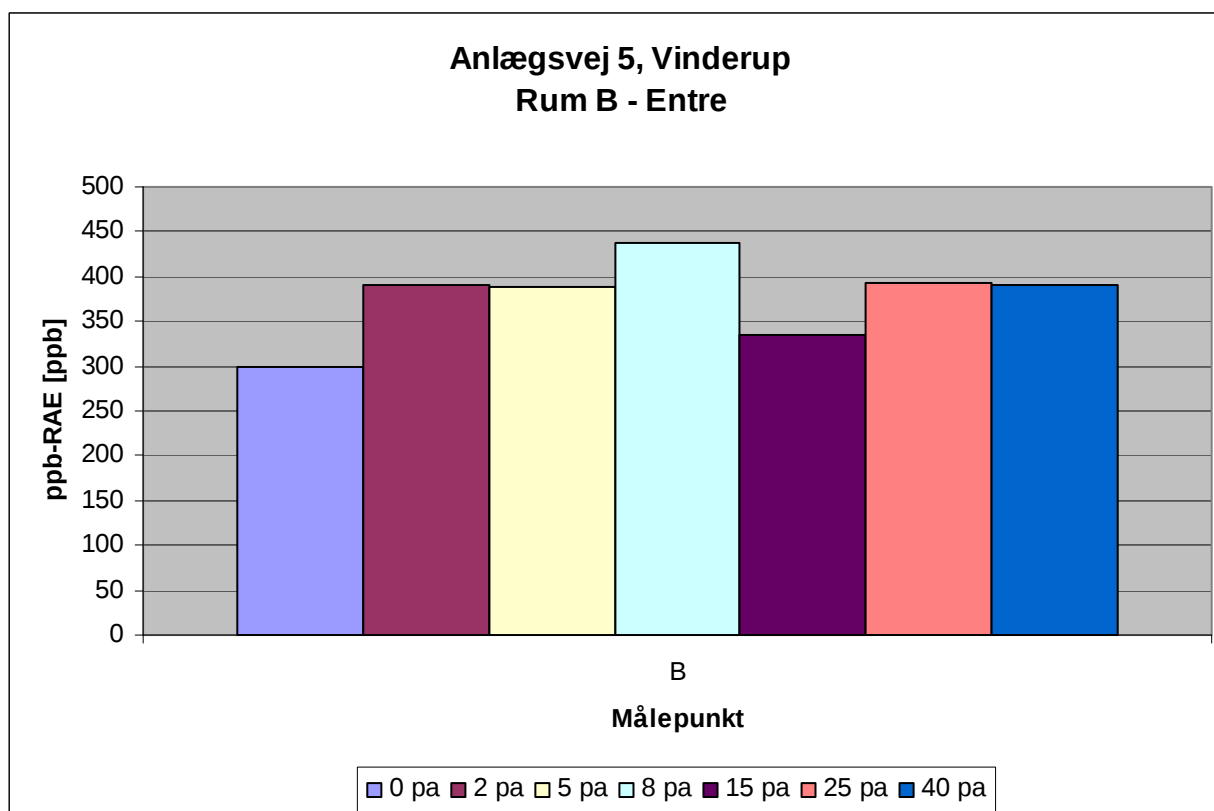
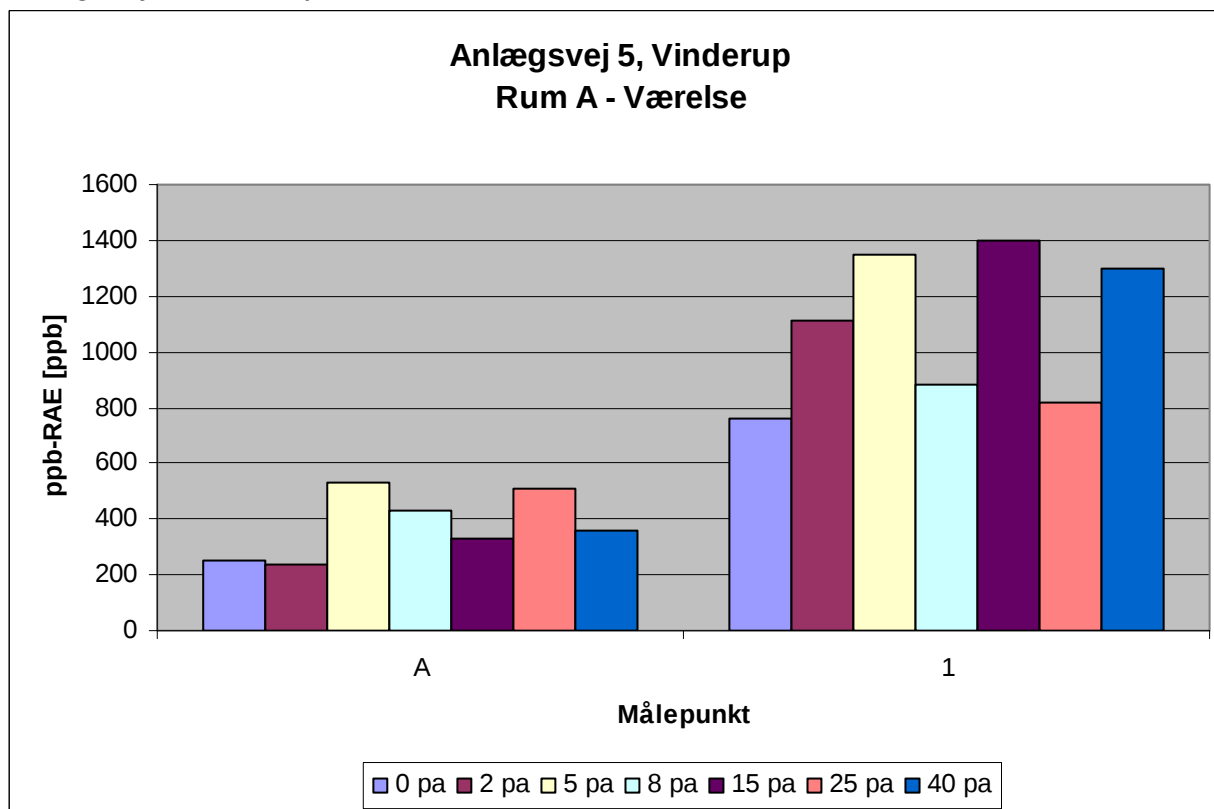
Bemærkninger:

Termografi operator:

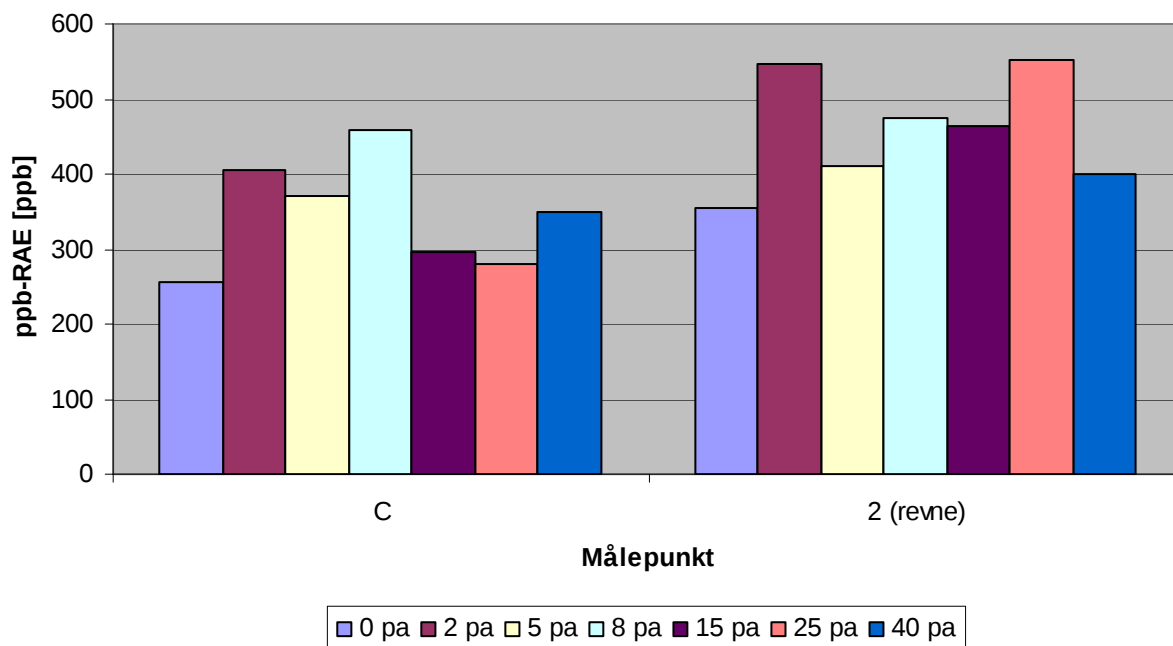
Lars Buch Nielsen

Bilag 4

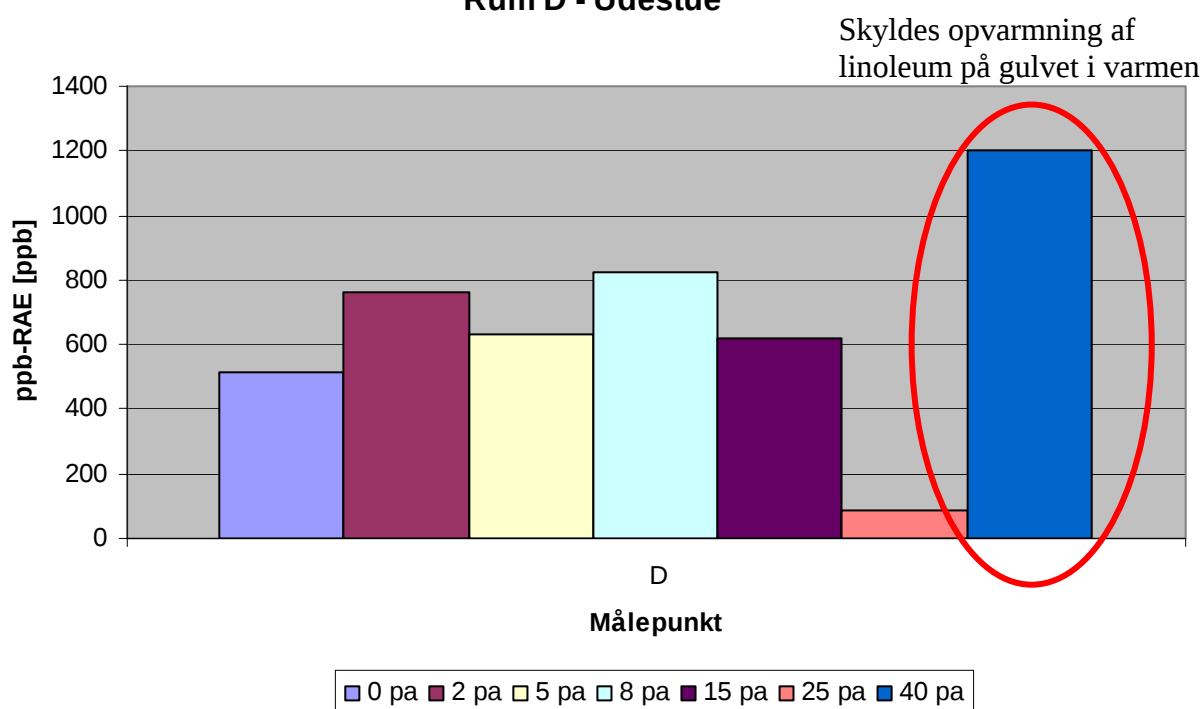
Resultater af ppb-RAE målingerne under blowerdoorforsøget den 14. juni 2010 på Anlægsvej 5, Vinderup.



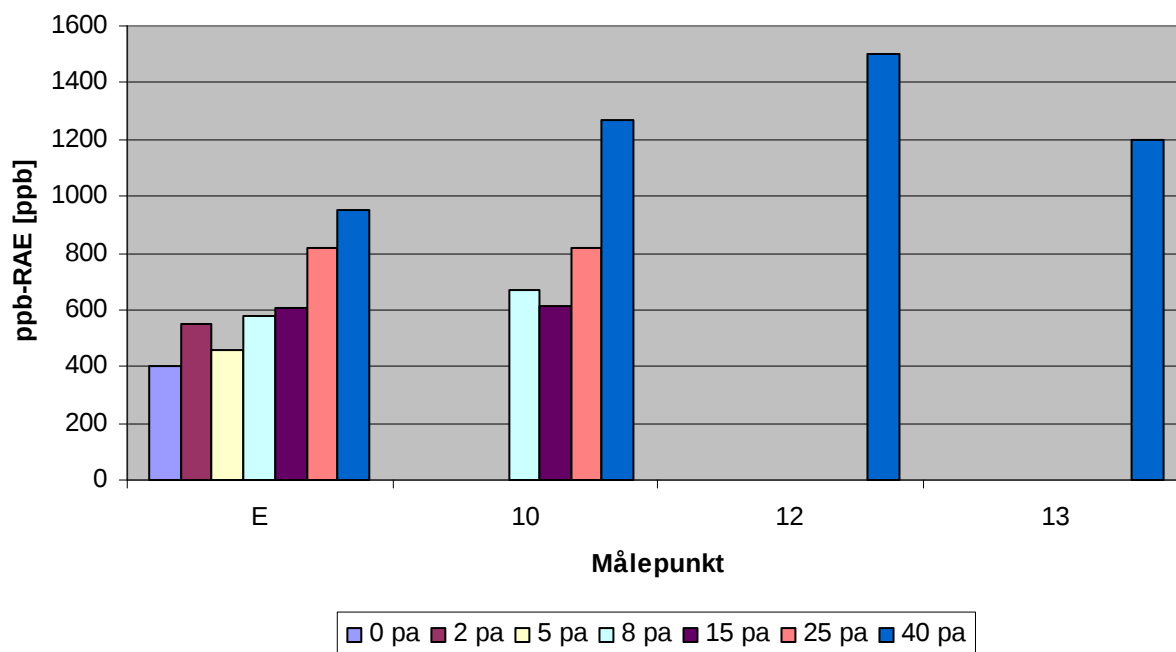
Anlægsvej 5, Vinderup Rum C - Badeværelse



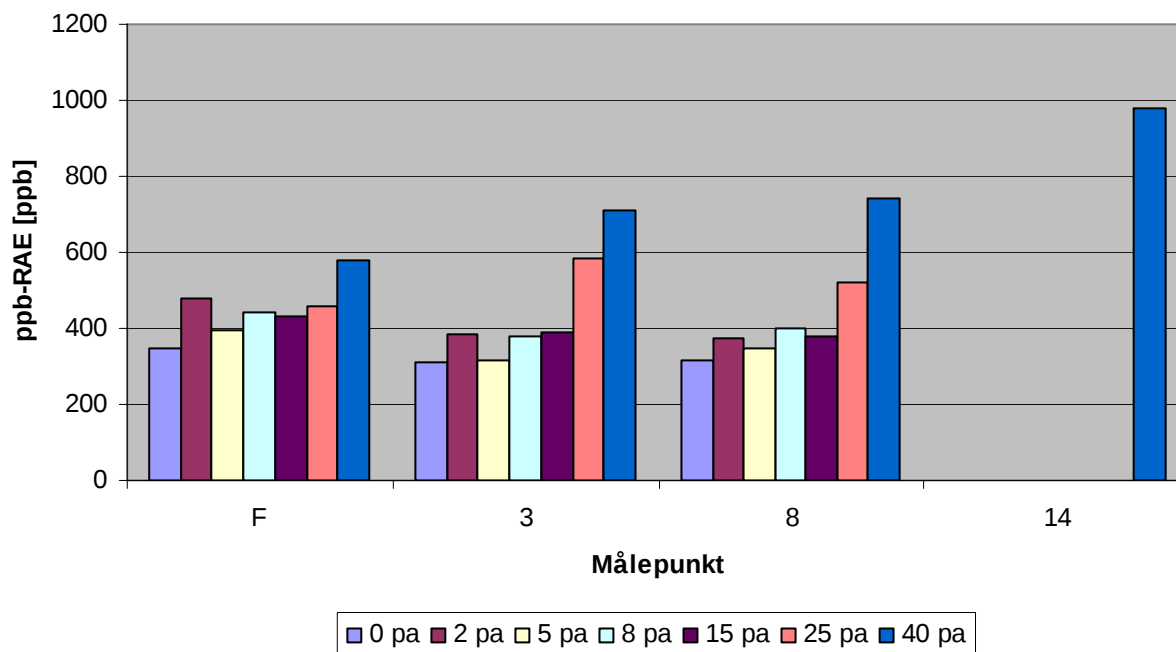
Anlægsvej 5, Vinderup Rum D - Udestue



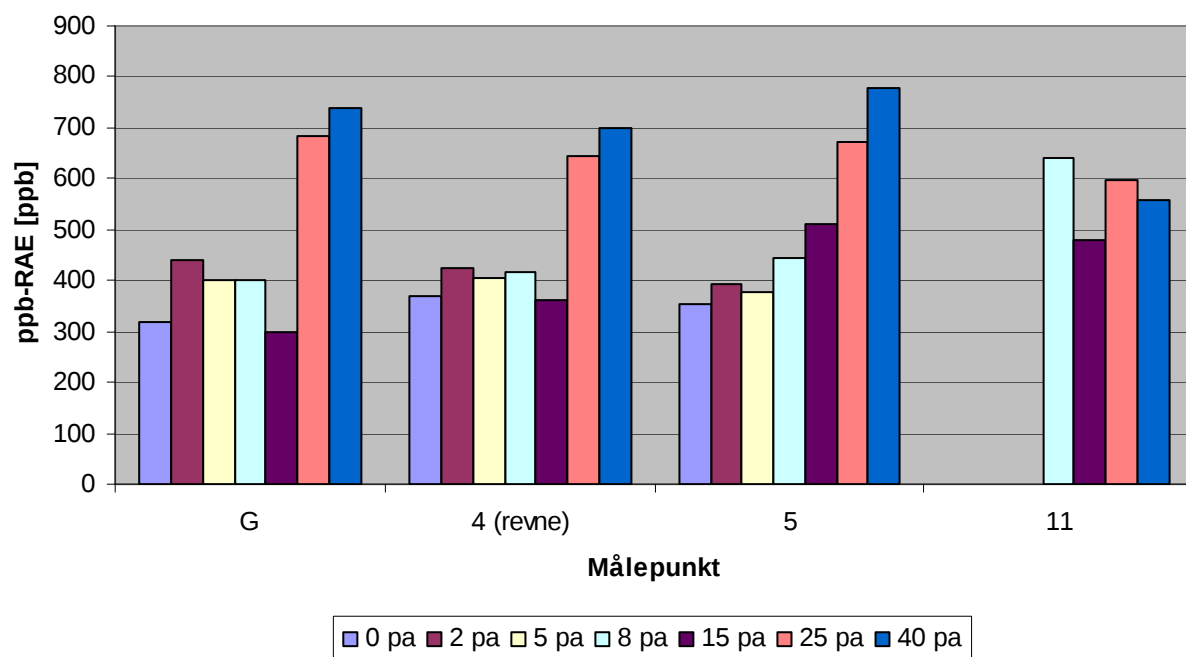
Anlægsvej 5, Vinderup Rum E - Stue



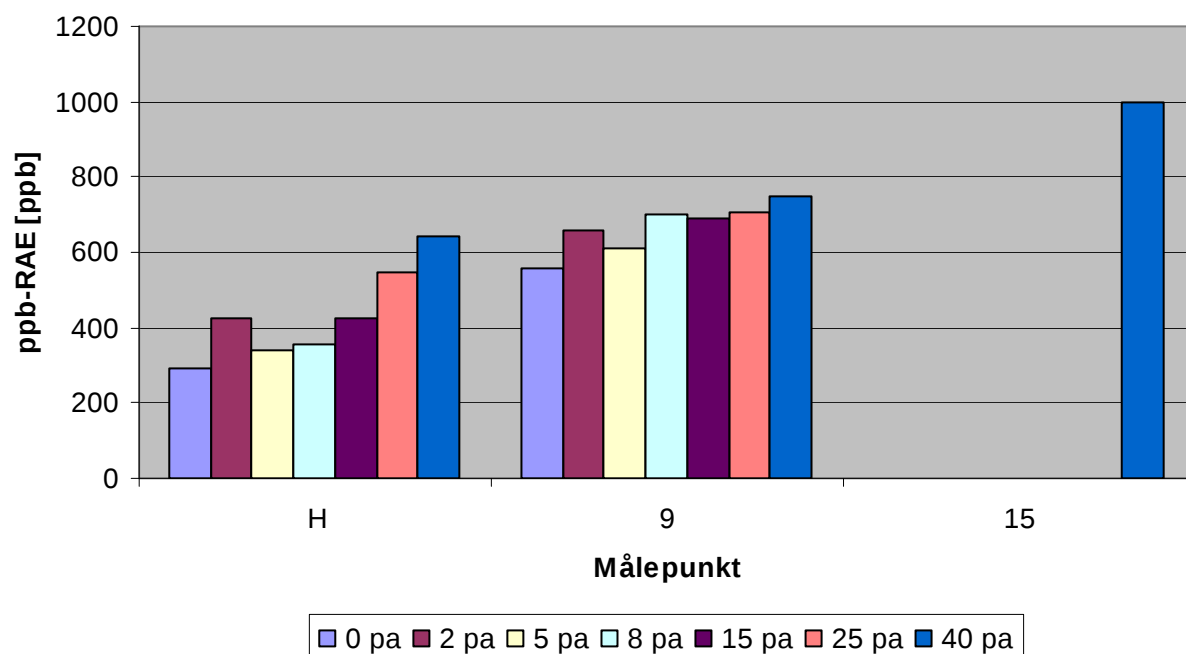
Anlægsvej 5, Vinderup Rum F - Gang



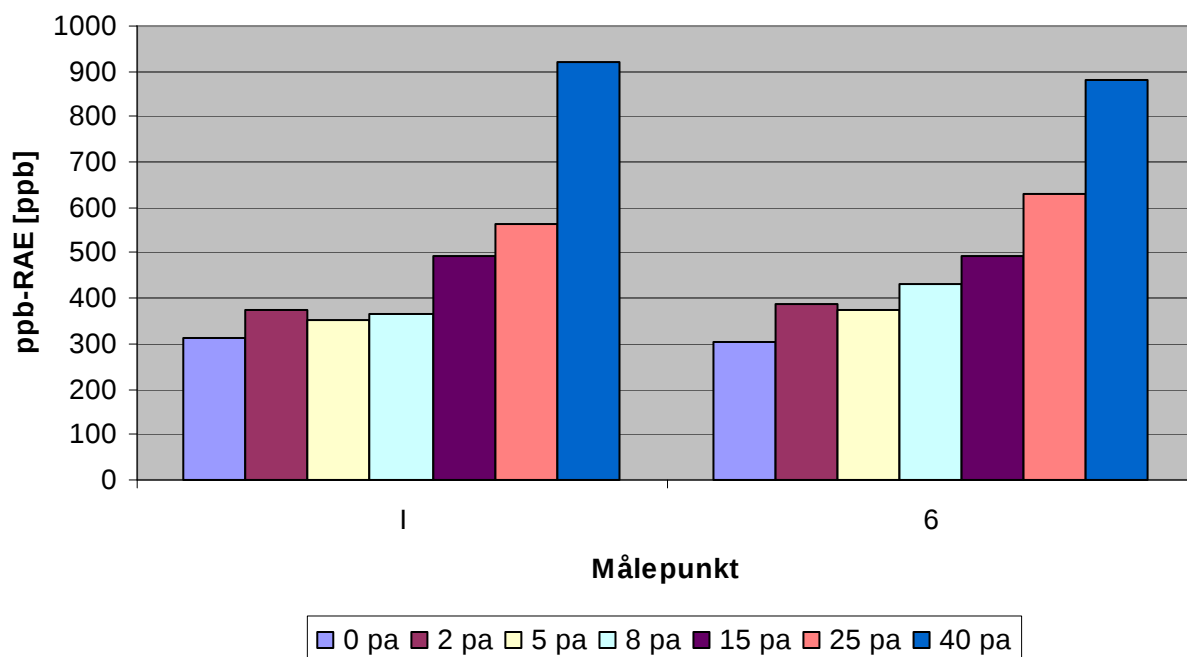
Anlægsvej 5, Vinderup Rum G - Værelse



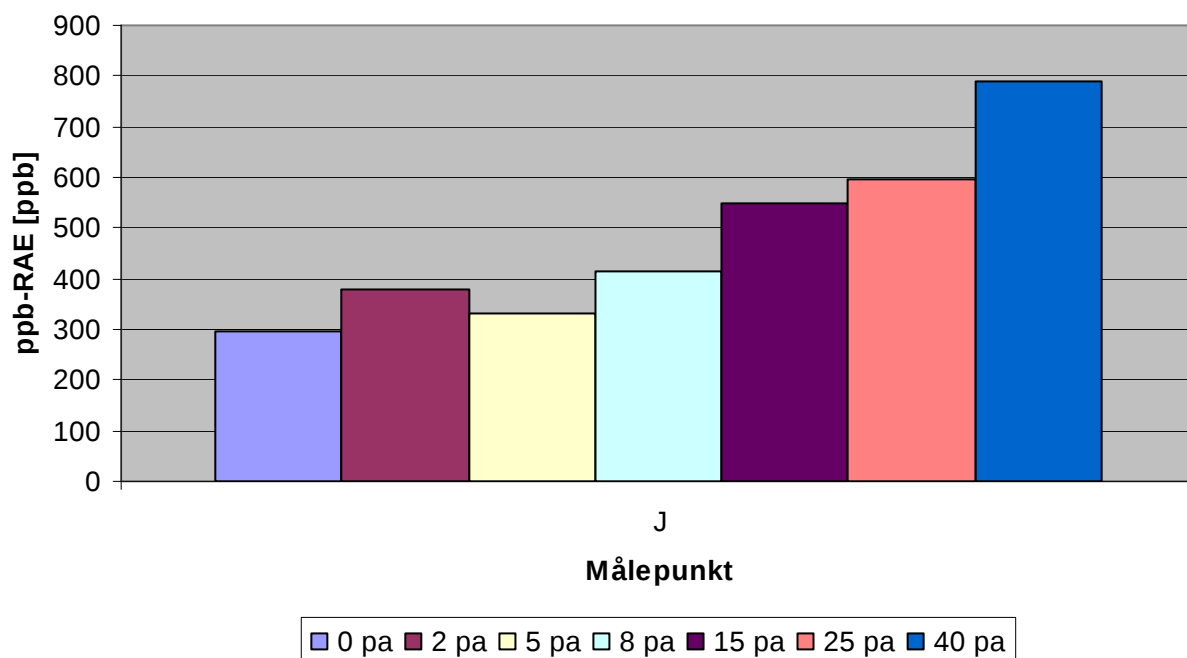
Anlægsvej 5, Vinderup Rum H - Soveværelse



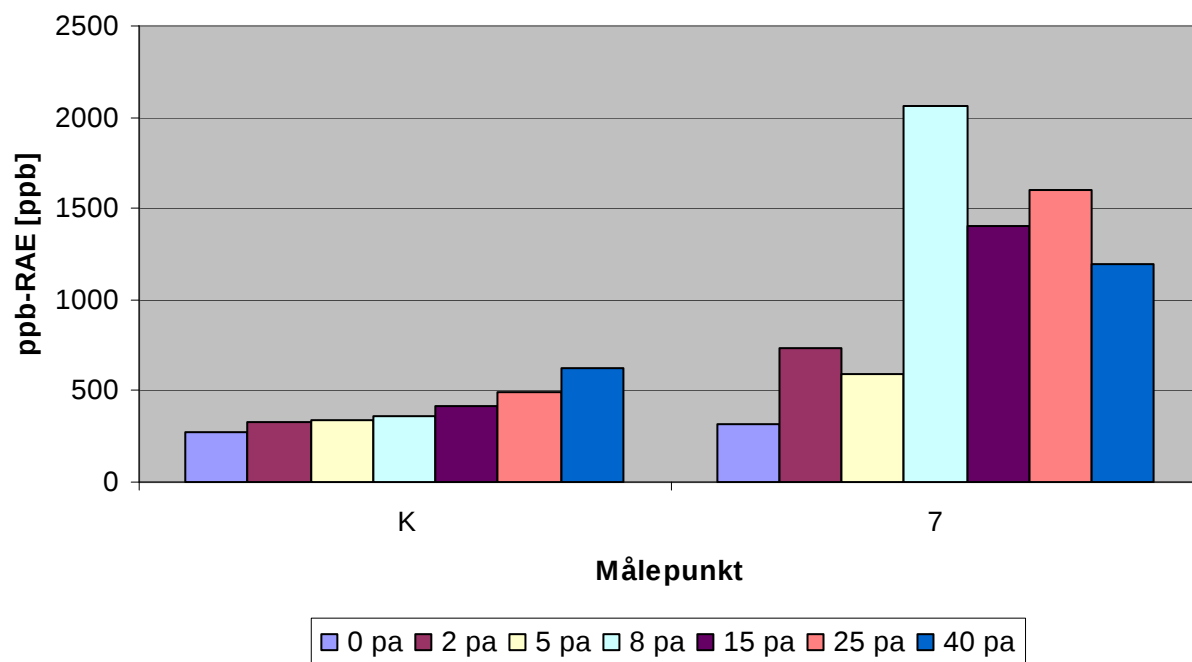
Anlægsvej 5, Vinderup Rum I - Køkken



Anlægsvej 5, Vinderup Rum J - Baggang

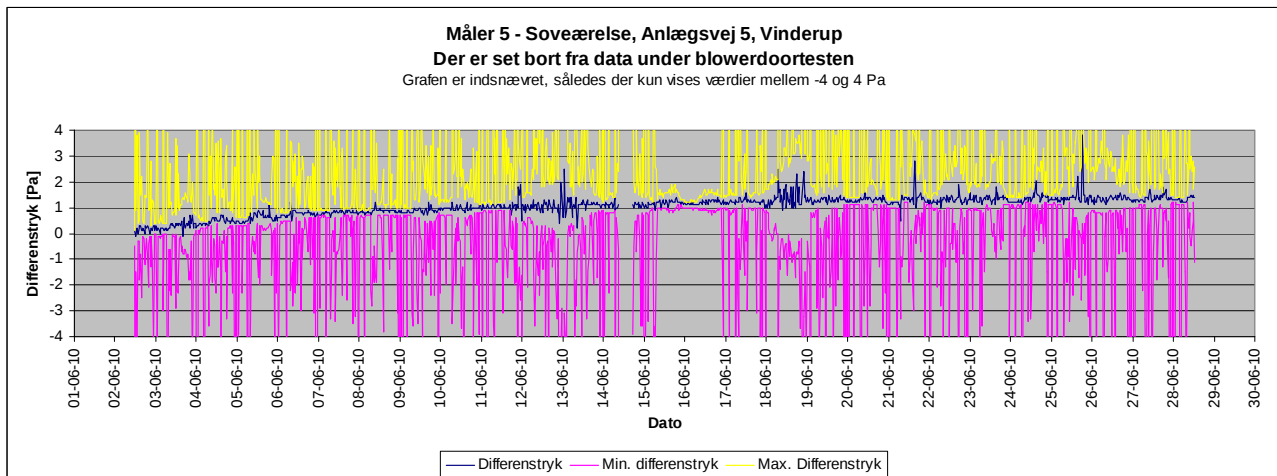
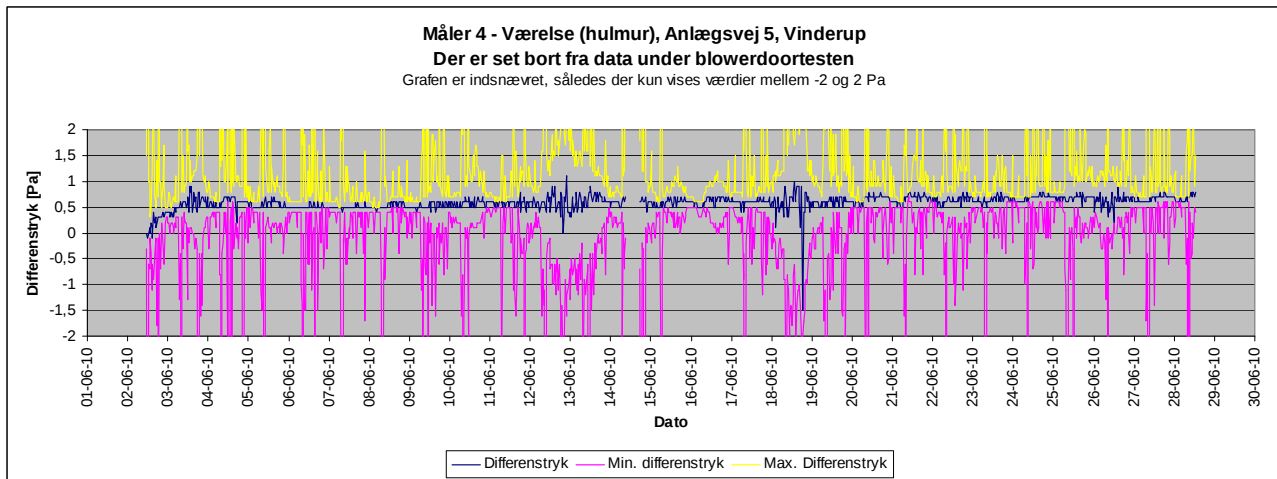
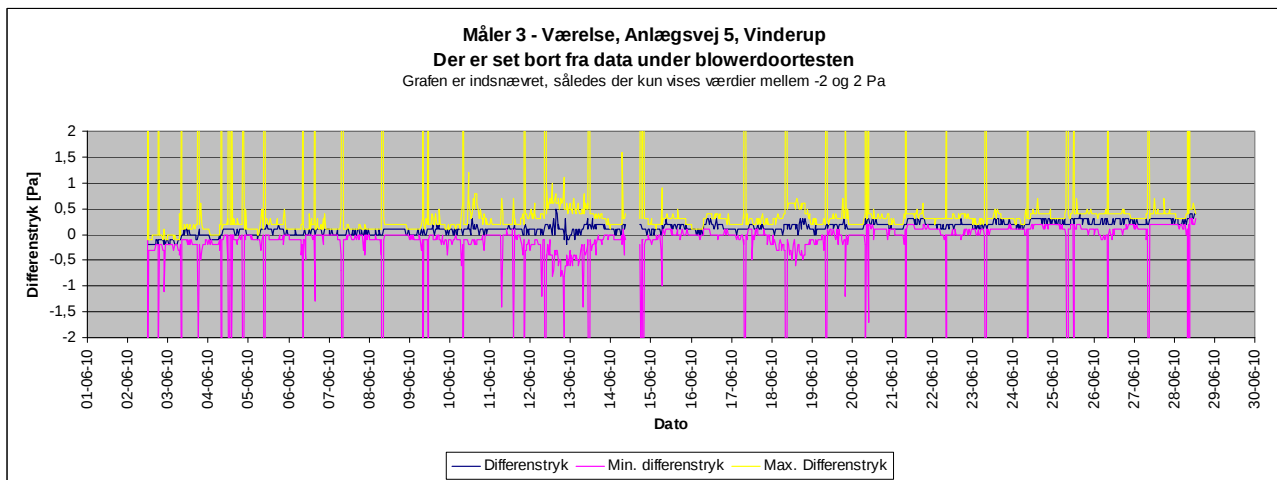
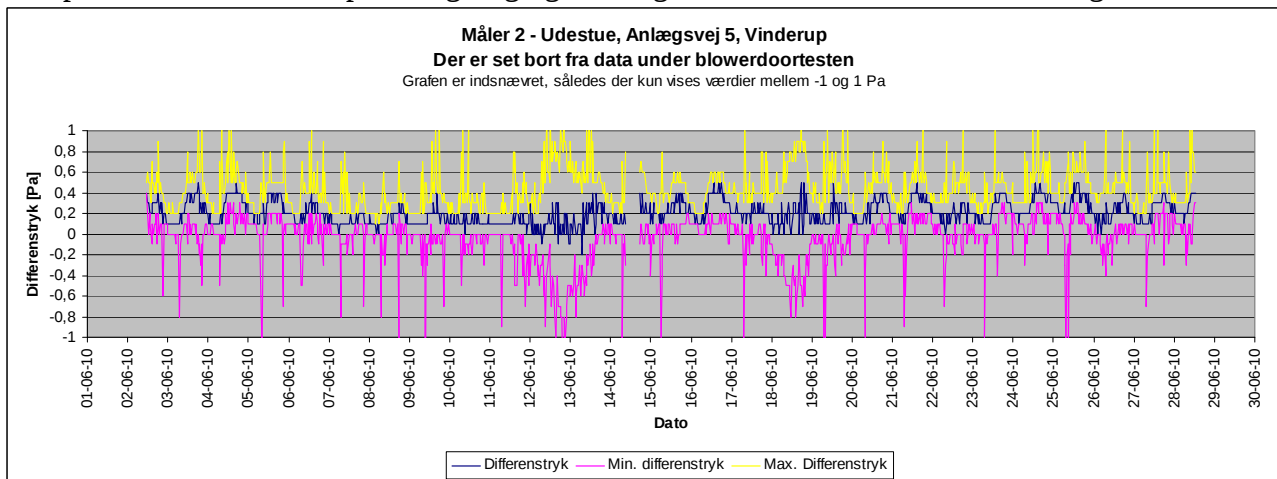


**Anlægsvej 5, Vinderup
Rum K - Badeværelse**

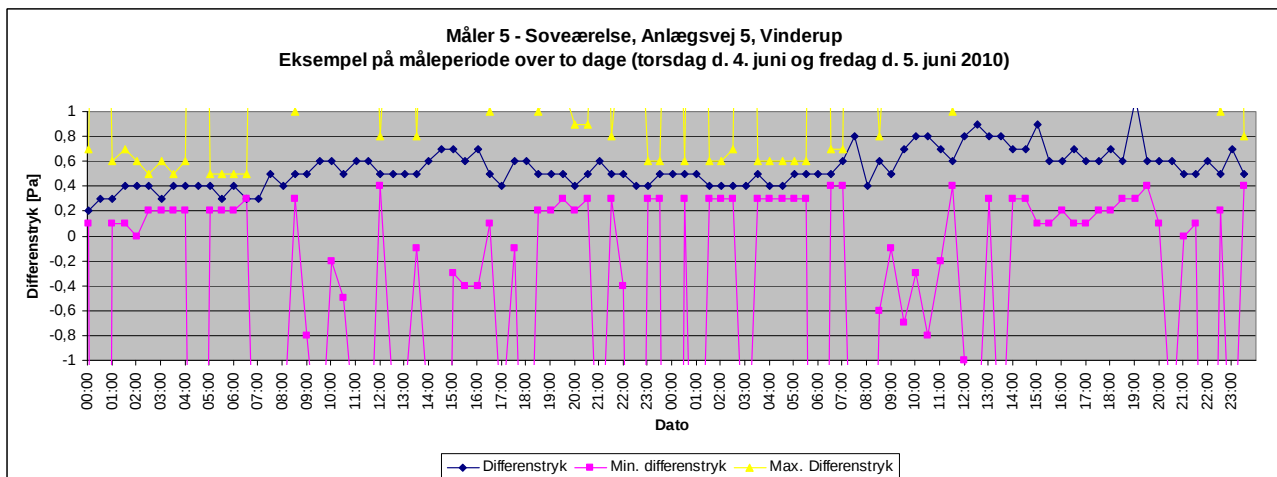
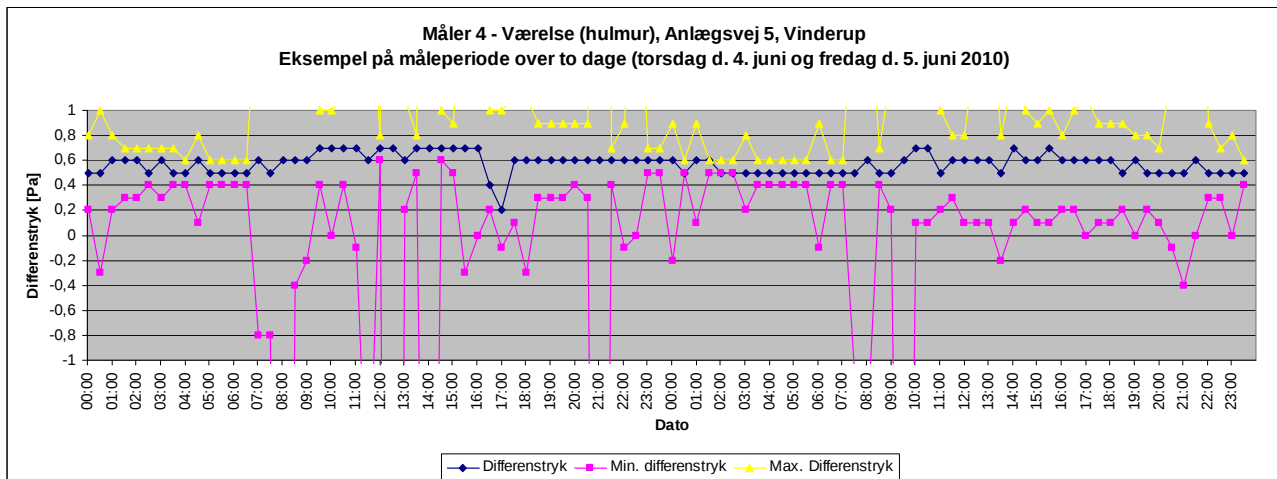
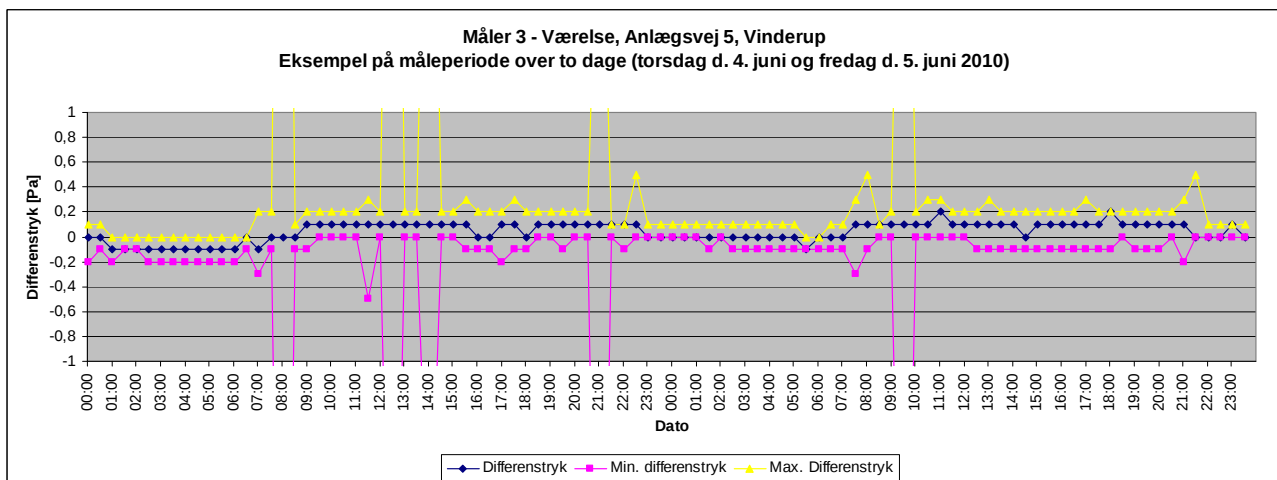
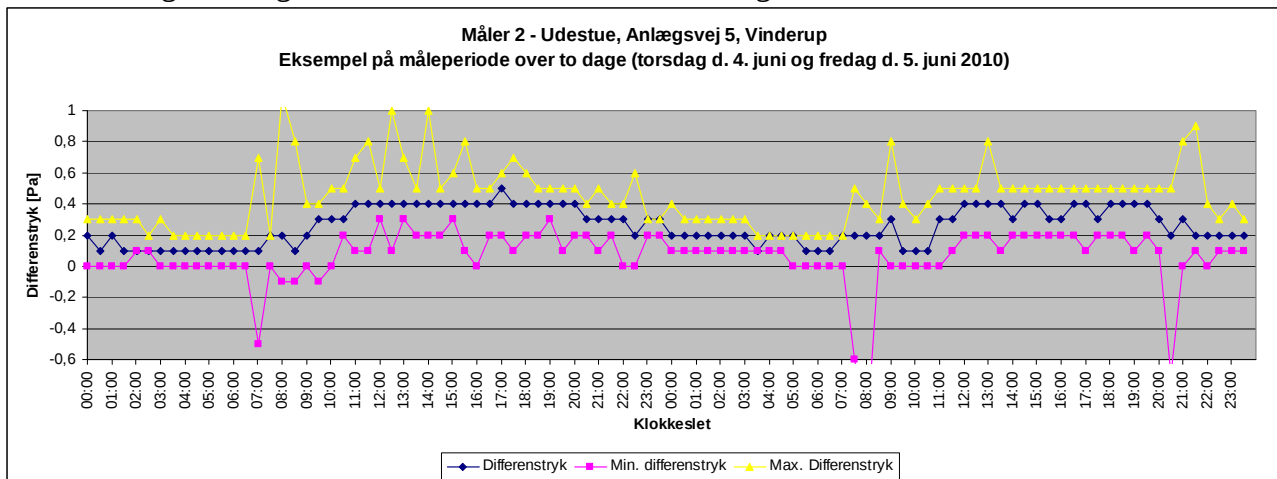


Bilag 5

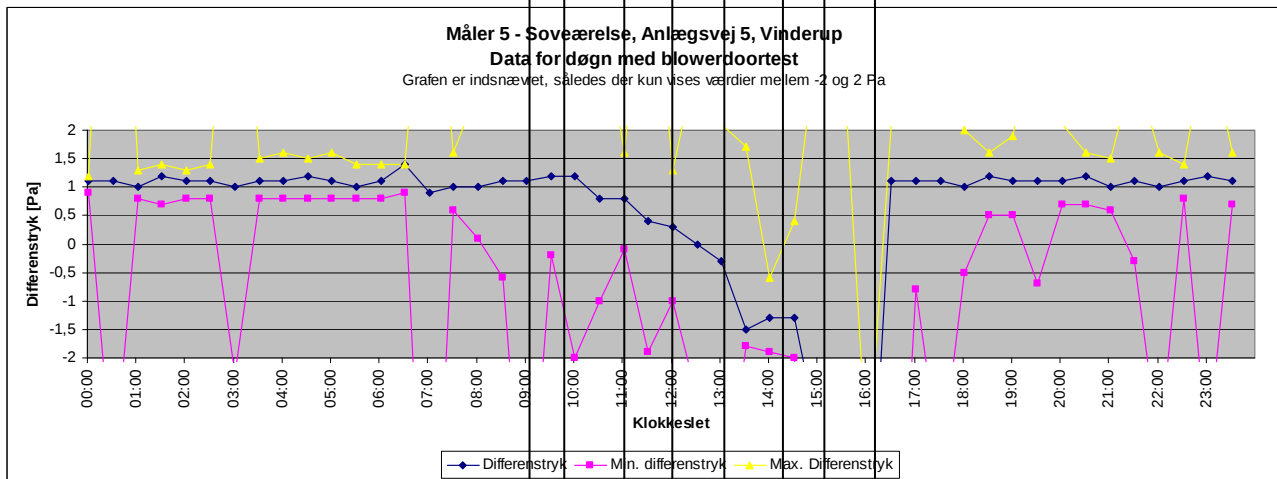
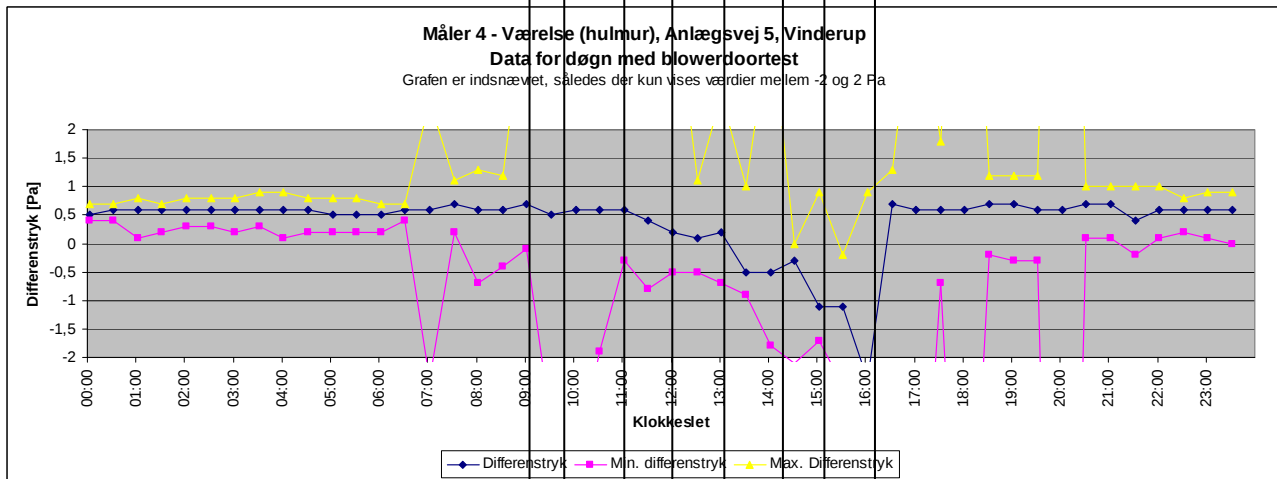
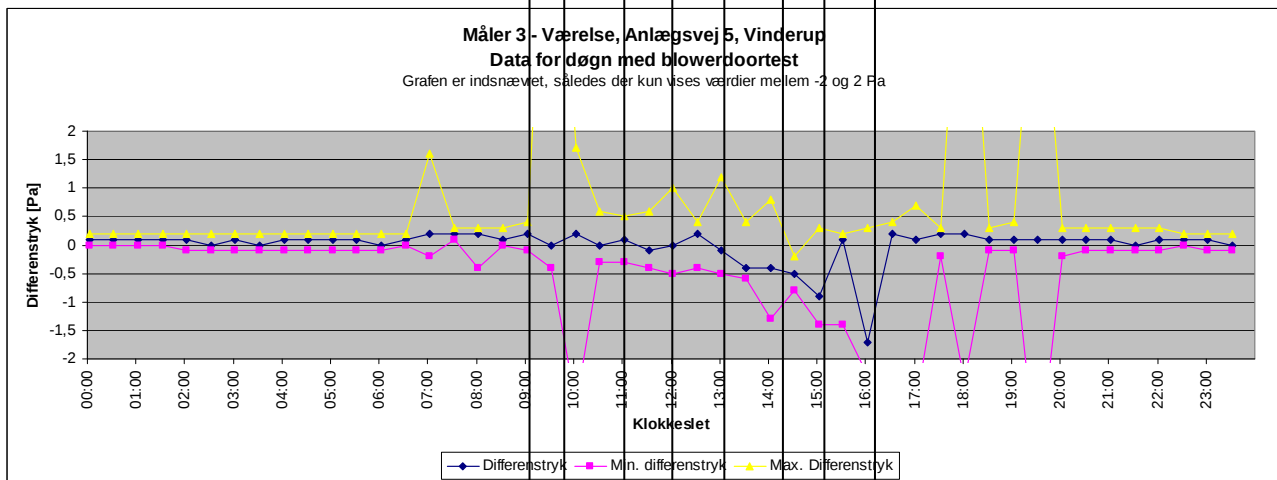
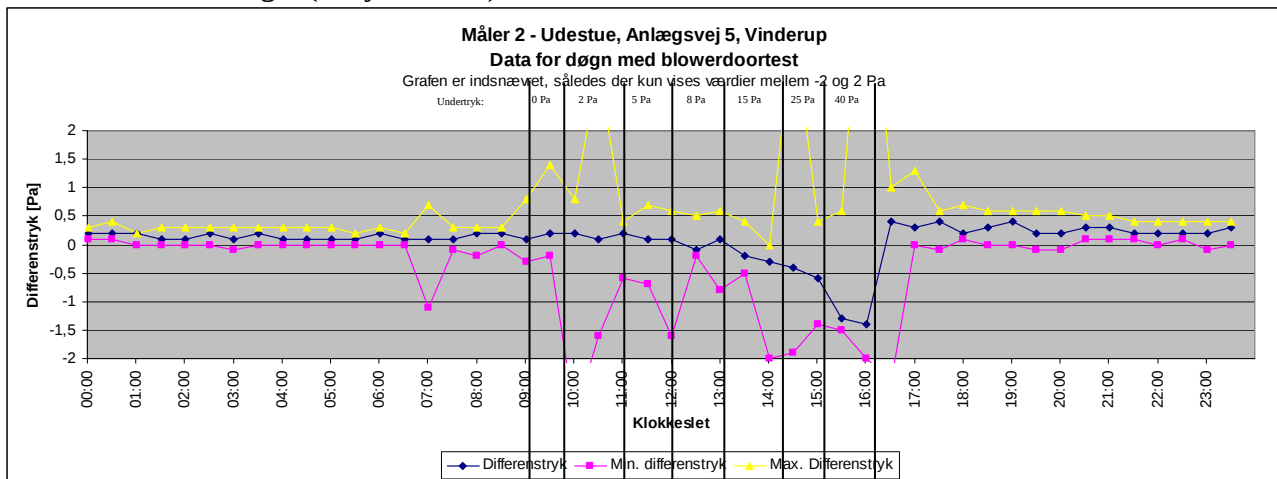
Resultater af differenstrykmåling på Anlægsvej 5, Vinderup. Graferne viser resultaterne over hele måleperioden, bortset fra opsætningsdag og den dag der blev udført blowerdoorforsøg.



Resultater af differenstrykmåling på Anlægsvej 5, Vinderup. Graferne viser resultaterne for to sammenhængende dage for at vise variationerne over et døgn.

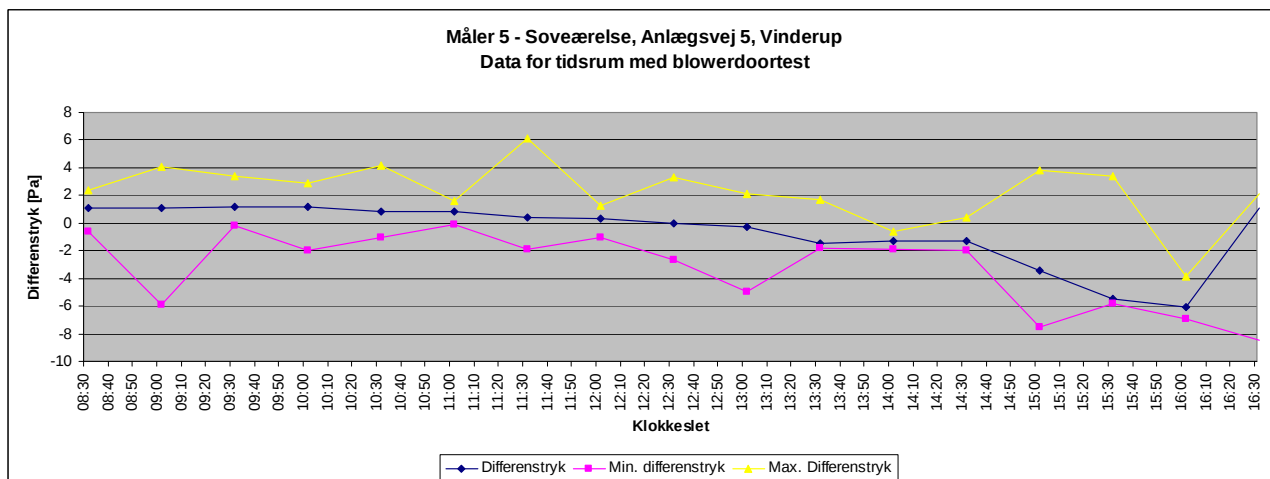
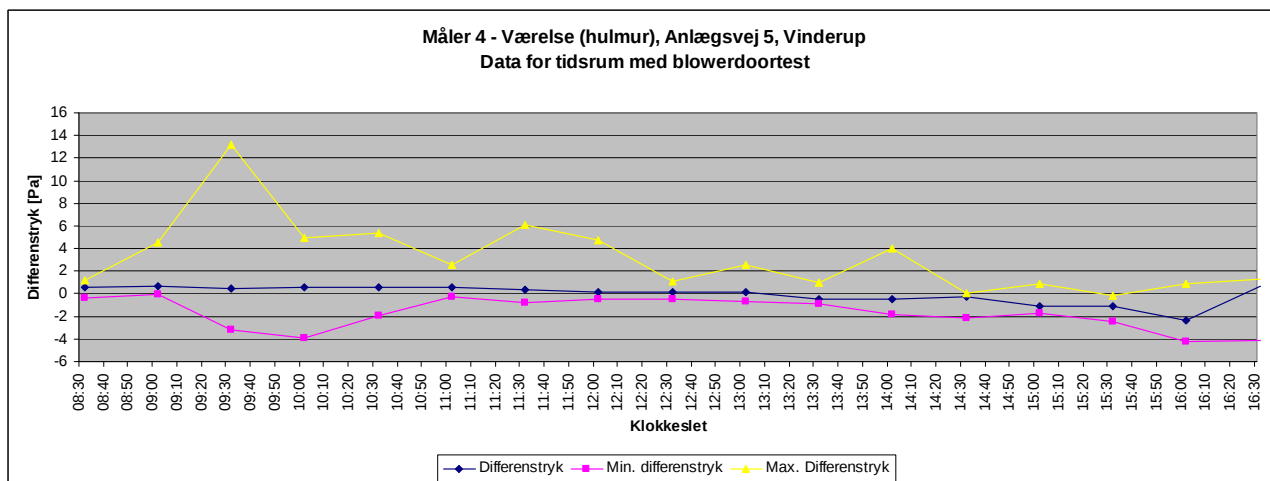
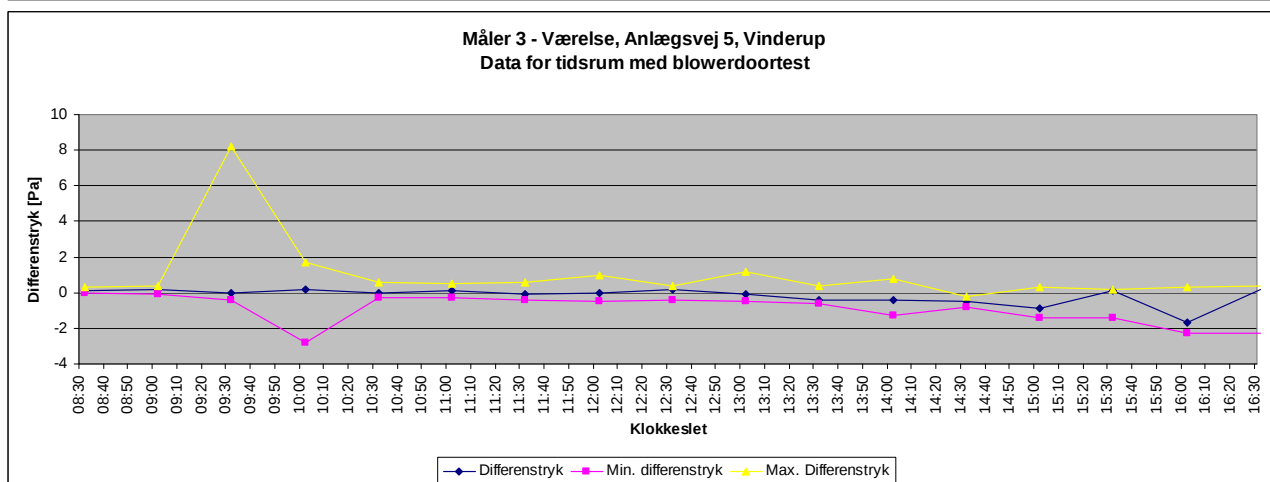
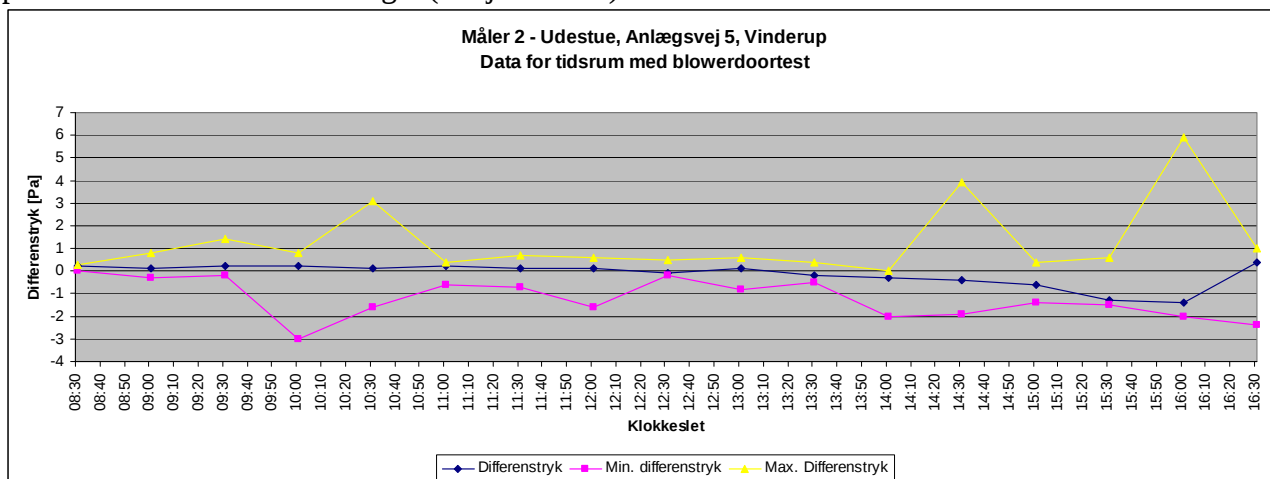


Resultater af differenstrykmåling på Anlægsvej 5, Vinderup. Graferne viser resultaterne for dagen for blowerdoorforsøget (14. juni 2010).



Udendstryk: 0 Pa 2 Pa 5 Pa 8 Pa 15 Pa 25 Pa 40 Pa

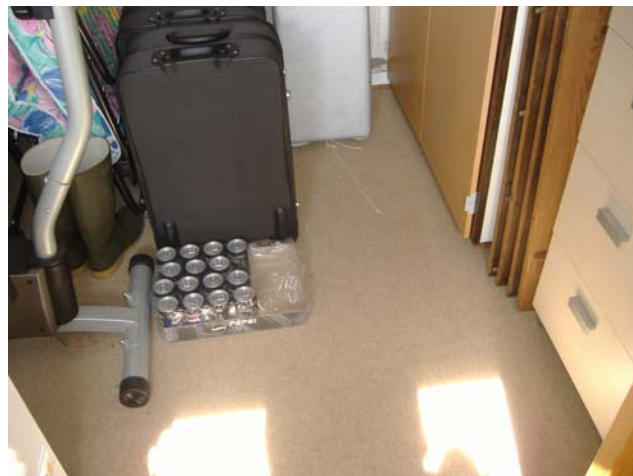
Resultater af differenstrykmåling på Anlægsvej 5, Vinderup. Graferne viser resultaterne for perioden for blowerdoorforsøget (14. juni 2010).



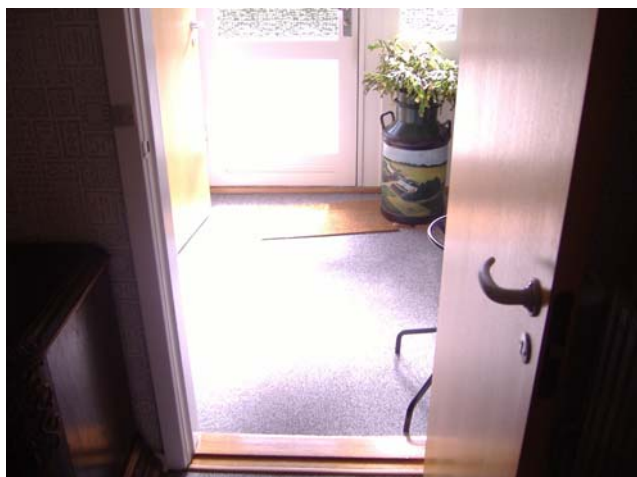
Bilag 6



Rum A - værelse



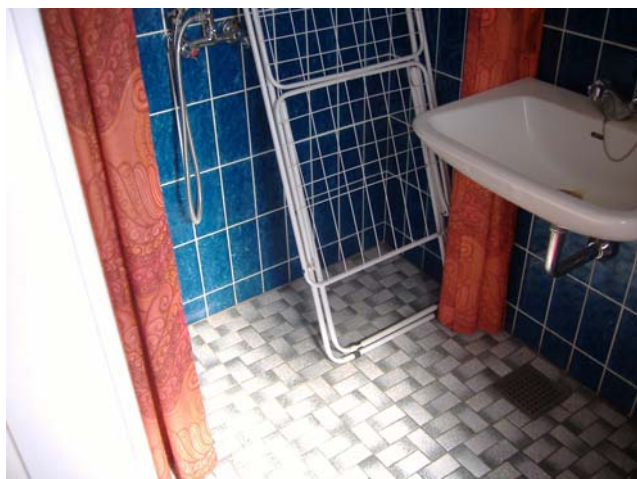
Rum A - værelse



Rum B - entre



Rum C - toilet



Rum C - bad



Rum C - udluftning



Revne ved overgang mellem gulv og væg i rum C



Rum D - udestue



Rum D - udestue



Rum E - stue



Rum E - stue



Rum E - stue



Rum F - gang



Rum F - gang



Rum G - værelse



Rum H - soveværelse



Rum H - udluftning i soveværelse



Rum H - soveværelse



Rum I - køkken



Rum I - køkken



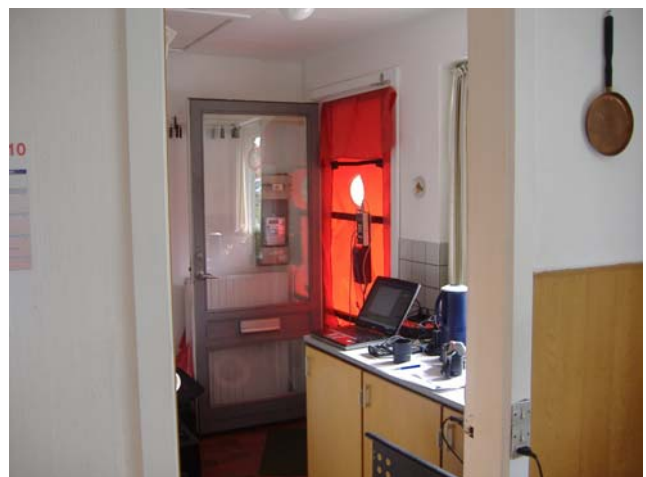
Rum J - baggang



Rum J - baggang



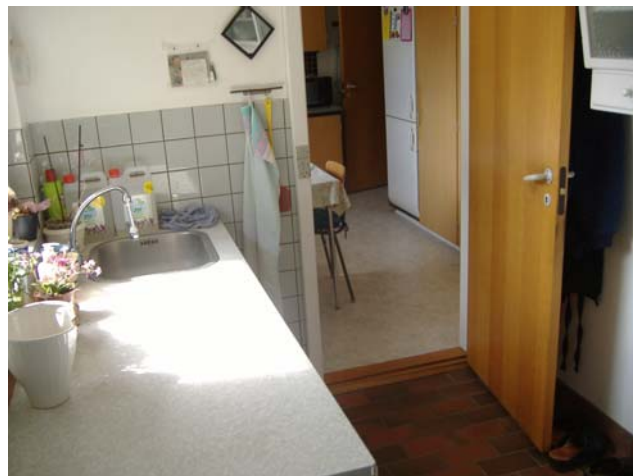
Rum J - loftslem i baggang



Bagdør med blowerdoor - rum J



Rum J - revne under dør i baggang



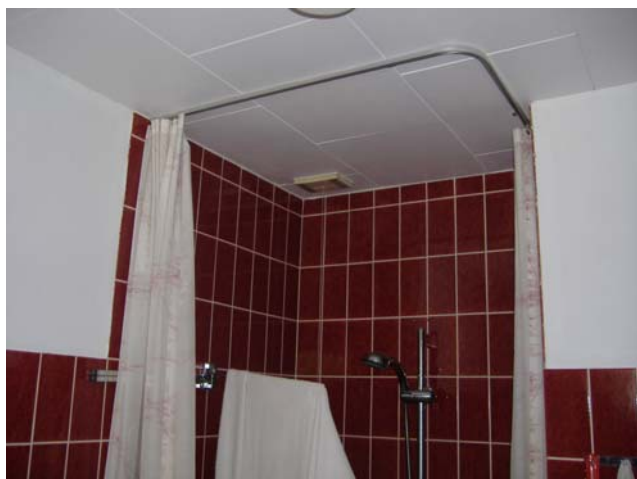
Rum J - baggang



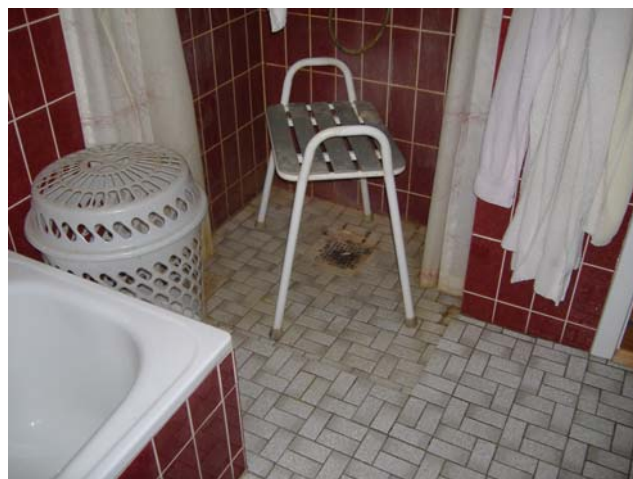
Rum K - badeværelse



Rum K - badeværelse



Rum K - badeværelse



Rum K - badeværelse



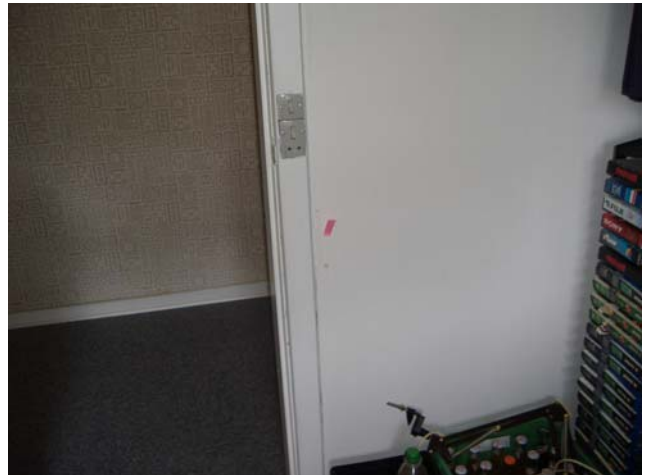
Målepunkt 1 i hjørne - rum A



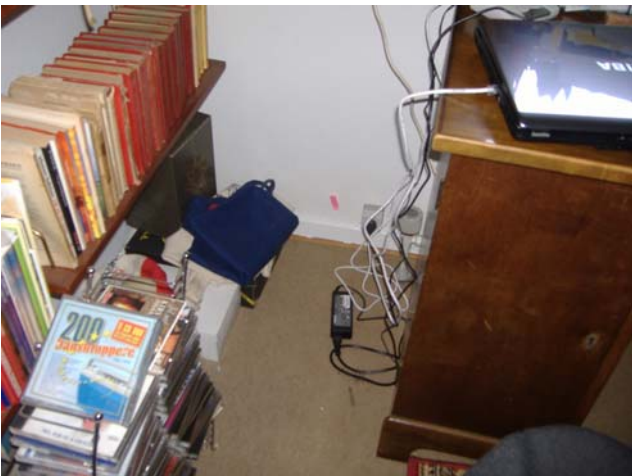
Målepunkt 2 ved revne - rum C



Målepunkt 3 ved dør - rum F



Målepunkt 4 ved revne i væg - rum G



Målepunkt 5 ved fodliste - rum G



Målepunkt 6 ved fodliste - rum G



Målepunkt 7 ved dørkarm - rum K



Målepunkt 8 ved dørkarm - rum F



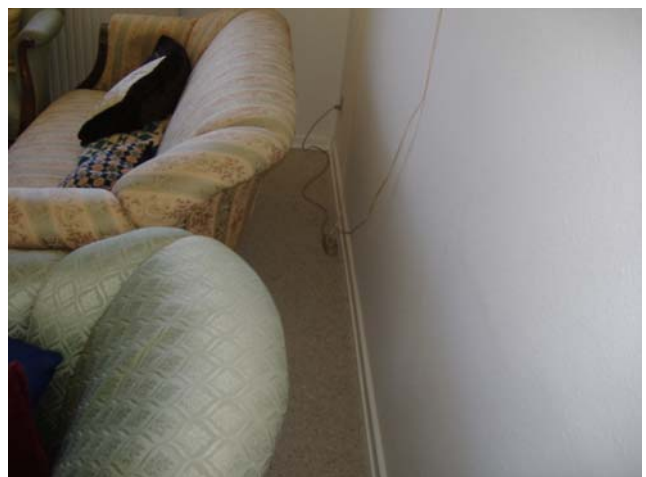
Målepunkt 9/differenstrykmålepunkt i rum H



Målepunkt 10 ved fodliste - rum E



Målepunkt 11 under radiator - rum G



Målepunkt 12 ved fodliste ud mod udestuen - rum E



Målepunkt 13 ved dør - rum E



Målepunkt 14 under radiator - rum F



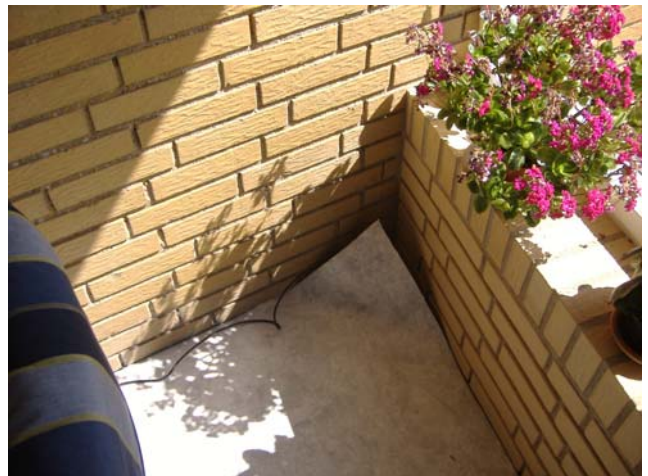
Differenstrykmålepunkter i rum A



Differenstrykmålepunkter i rum A



Differenstrykmålepunkt i rum H



Differenstrykmålepunkt i rum D

Datanotat for Bredgade 3, Videbæk

Teknisk notat

Sporing af indtrængningspunkter for forurenede poreluft fra underside af hus til indeklimaet, Bredgade 3, Videbæk

30. marts 2011
Projekt: 30.6814.19

Udarbejdet	: Søren Kreilgaard
Kontrolleret	: Majbrith Langeland
Vedlagt	: Bilag 1: Plan bemærkninger fra byggeteknisk gennemgang Bilag 2: Plan med målepunkter med ppb-RAE Bilag 3: Udvalgte sider fra rapport fra termografiforsøg Bilag 4: Resultat fra målinger med ppb-RAE Bilag 5: Plan med resultat fra sporgasforsøg Bilag 6: Resultater fra differenstrykmålinger Bilag 7: Metode for sporgasforsøg Bilag 8: Fotos Bilag 9: Resultater fra differenstrykmålinger med ventilatorer

1 INDLEDNING

Grontmij | Carl Bro A/S har afprøvet metoder til bestemmelse af indtrængningspunkter for forurenede poreluft gennem gulv eller andre føringsveje til indeklimaet på Bredgade 3, 6920 Videbæk. Afprøvningen af metoder er udført i under teknologiudviklingsprojektet mellem Region Midtjylland og Grontmij | Carl Bro. Teknologiudviklingsprojektets formål er at vurdere forskellige metoder til påvisning af føringsveje for forurening ind i bygninger.

Teknologiudviklingsprojektet på denne matrikel har omfattet:

Metode	Beskrivelse	Udført
Visuel byggeteknisk gennemgang	Brud, revner og andre visuelle føringsveje bestemmes. Det er ikke muligt, at vurdere om de er gennemgående	Ja
Undertryk udført af almindelige installationer	Undertrykket der kan leveres af almindelige ventilationer (emhætte, badeværelsesventilatorer) bestemmes. Undertrykket der leveres af disse installationer er lille og meget afhængig af bygningens tilstand.	Ja
Termografi (uden undertryk)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af om der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (uden undertryk)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (uden undertryk)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Ja
Termografi (med undertryk fra blowerdoor)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera ved forskellige undertryk for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af at der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (med undertryk fra blowerdoor)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter ved forskellige undertryk. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (med undertryk fra blowerdoor)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres ved forskellige undertryk. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Ja

Den byggetekniske gennemgang af bygningen er udført den 2. juni 2010. Under den byggetekniske gennemgang blev der opsat differenstrykmålere til at måle trykforskellen over og under gulv i bygningen. Differenstrykmålerne har målt trykforskellen i perioden 2. juni til 9. juli 2010.

Den 15. juni 2010 blev der udført test med BlowerDoor, termografiundersøgelse, sporgasundersøgelse samt screening med ppb-RAE til bestemmelse af indtrængningspunkter.

2 BYGNINGSBESKRIVELSE OG BAGGRUND

2.1 Baggrund

Ejendommen er fra 1950 i tre plan inklusiv kælder. Ejendommen har i perioden 1953 – ca. 1982 været anvendt som renseri. Sluttidspunktet for renseridriften kendes ikke. Bygningen anvendes nu til bolig med to lejligheder. Lejligheden på 1. sal stod tom på undersøgelsestidspunktet. Der er påvist en forurening med chlorerede opløsningsmidler stammende fra den tidligere renseridrift.

2.2 Bygningsbeskrivelse

Kun forhold relevant for projektet er beskrevet nedenfor.

En situationsplan med bemærkninger fra den byggetekniske gennemgang kan ses i bilag 1. Alle rummene i kælderen har fået et bogstav hvilket også kan ses på situationsplanen. Den følgende byggetekniske gennemgang koncentrerer sig om kælderen. Billeder af kælderen kan ses i bilag 8.

Kældervæggene er opbygget af mursten og der er betongulv. Adskillelsen mellem kælder og stueplan består af beton. Betongulvet har en tykkelse på ca. 8 cm.

Rum A – Indgang: Gulvet er af beton. Der er placeret en filtersat boring i rummet. Derudover er der en brønd til afløbssystemet. Gulvet er uden synlige revner. Ved afløbsbrønden har gulvet været brudt op og repareret igen. Rummet har en dør der fører ud til en udendørs trappe som fører op til haven. Derudover er der vinduer ud mod haven.

Rum B – Trappe til stueplan: Gulvet er af beton uden synlige revner. Trappen er ført op til baggangen i stueplan og til brug for lejligheden på 1. sal.

Rum C – Opbevaringsrum: Gulvet er af beton uden synlige revner. Der er rørføringer gennem loft og gulv med kloak fra lejligheden på 1. sal. Derudover er vandvarmeren til lejligheden også i rummet, samt et vindue ud til Bredgade 5.

Rum D – Gang/værksted: Gulvet er af beton uden synlige revner. I den ene væg er der en lem til en skorsten.

Rum E – Oplag: Gulvet er af beton uden synlige revner. I skillevæggen ind til rum F er der udhugget et hul, således en lampe kan oplyse begge rum.

Rum F – Oplag: Gulvet er af beton uden synlige revner. I skillevæggen ind til rum E er der udhugget et hul, således en lampe kan oplyse begge rum. Der er en åben rørføring til grundvandspejl i rummet. Der er et vindue ud mod Bredgade 1.

Rum G – Oplag/trappe til stueplan: Gulvet er af beton uden synlige revner. Der er en lem til skorsten, samt rørføringer gennem væggen med en kloakledning. Der er en aktiv ventilator i rummet.

Rum G – Oplag: Gulvet er af beton med synlige revner omkring indhakked ved skorstenen. Der er en aktiv ventilator i rummet, samt rørføring for vand og varme.

På baggrund af den byggetekniske gennemgang er der udvalgt 18 interesse-/målepunkter til undersøgelsen.

3

DIFFERENSTRYKMÅLING

Der har været opstillet differenstrykmålere til at måle forskellen i trykforhold mellem under gulv og inde i bygningen i tre rum (rum A, G og H). Det var oprindeligt planlagt at placere en differenstrykmåler for at måle trykforskellen mellem hulmur og inde i bygningen. Placeringen af differenstrykmålerne kan ses i bilag 6.

I bilag 6 fremgår differenstrykmålinger. Differenstrykket er logget hver halve time, og er vist med blå kurve. Endvidere er det højeste og det laveste tryk i den foregående halve time angivet med hhv. den gule og den lyserøde kurve.

Følgende er vist i bilag 6:

Side 1: Differenstrykmålinger for hele perioden, hvor data fra opsætningsdagen samt dagen for BlowerDoor-testen er udeladt. Dette er gjort, da målerne giver høje udsving, når der bliver arbejdet ved måleinstrumentet som er tilfældet ved opsætningen. Dataene fra tidspunktet omkring BlowerDoor-testen er også fjernet, da de giver høje udslag, og det dermed kan være svært at se normaludsvingene i boligen på de andre dage.

Side 2: Differenstrykmålinger på 2 vilkårlige dage for at se variationen over døgnet.

Side 3: Differenstrykmålinger på dagen for BlowerDoor-testen.

Side 4: Differenstrykmålinger på perioden under BlowerDoor-testen.

Ud fra side 2 i bilag 6 kan det ses at der er større variation i differenstrykket om dagen end om natten. Dette går igen for hele perioden hvor der måles, jf. side 1 i bilag 6. Den større variation om dagen skyldes det daglige brug af bygningen, opvarmning fra solen, og at der generelt er større trykforskelle om dagen.

Differenstrykkene viser at der generelt er overtryk i kælderen, dog med udsving der giver undertryk.

Differenstrykket ændrer sig kun lidt under blowerdoortesten i rum A og H. I rum H vurderes dette at skyldes de revner der befinder sig tæt ved målepunktet, og dermed skaber føringsveje. Målepunktet i rum A kan muligvis have haft en utæthed, eller den tætvedliggende skorsten udligner trykforskellen mellem indeklimaet og under gulv.

Differenstrykket over hele perioden, bortset fra opsætningstidspunktet og tidsrummet for blowerdoortesten, indikerer samme tendenser som målingerne under blowerdoortesten.

4 UNDERTRYK VED BYGNINGENS EGNE INSTALLATIONER

Der er i kælderen på Bredgade 3 opsat 2 ventilatorer i forbindelse med afværgeforanstaltninger for en forurening med chlorerede opløsningsmidler under gulv. Den 31. januar 2011 er der lavet målinger med to differensterikmålere i hhv. køkken og toilet i stueplan. Differensterikket er målet mellem in-deklimaet og kloakken. Resultater fra målingerne kan ses i bilag 9.

Under forsøget er der kørt med et gradvist højere flow på de to ventilatorer hver gang i 5 minutter. Det ses tydeligt at et højere flow giver et større differensterik. For sikre et konstant undertryk i kloakken, således der ikke sker indtrængning fra evt. utætheder i kloakledningerne, skal ventilatorerne køre på min. trin 3.

5 BLOWERDOOR

Der er udført en BlowerDoor-test den 15. juni 2010. Formålet har været at vurdere om forskellige undertrykspåvirkninger af bygningen vil skabe højere gennemtrængning af forurenende stoffer fra poreluften under gulvet samt om det derved vil være muligt at finde flere indtrængningspunkter.

BlowerDoor-testen er udført ved at bygningens ventilationsriste, døre og andre åbenlyse luftføringskanaler er tætnet med plastik/tape. Herefter er der lavet undertryk i bygningen ved BlowerDoor. Fotos fra BlowerDoor-forsøget kan ses i bilag 8.

Ved BlowerDoor-forsøget er der påført undertryk på hhv. 0 pa, 2 pa, 10 pa og 40 pa. Undersøgelsen blev udført kontinuert, således der ikke var pause mellem de forskellige trykforhold.

6 PPB-RAE

I forbindelse med den byggetekniske gennemgang er der udført målinger med en ppb-RAE måler, for at se om der kunne lokaliseres indtrængningspunkter for forurenede poreluft. På baggrund heraf er der udvalgt 18 interesse-/målepunkter til den videre undersøgelse. Placering af målepunkter kan ses i bilag 2 og resultater af målingerne under de forskellige trykforhold kan ses i bilag 4. Resultaterne er for de enkelte målepunkter vist som kolonner for hver trykpåvirkning. Endvidere er baggrundsniveauet målt i hvert rum og her er resultaterne angivet med det bogstav som fremgår af oversigtplanen i bilag 2.

I bilag 6 er der billeder af målepunkterne.

Indledningsvist er der kun påvist udslag over baggrundsniveau i rum A og G. Hurtigt efter opstart af BlowerDoor måles der forhøjede udslag i rum A, F, G og H.

Forsøget med ppb-RAE-målinger under forskellige undertryk i bygningen viser, at selv med et lille undertryk vil der komme en øget gennemtrængning af påviselige stoffer fra under gulv.

6.1 Vurdering

Blowerdoortesten har vist, at det er muligt at måle forhøjede værdier med ppb-RAE, når der laves undertryk i bygningen. Selv ved svagt undertryk er der observeret forhøjede udslag på ppb-RAE. Forsøget viser dog at et højere undertryk ikke giver signifikante højere udslag på ppb-RAE.

Det vurderes, at der ved denne grund ikke findes yderligere udslag med ppb-RAE ved højere undertryk i forhold til lave undertryk.

7 TERMOGRAFI

Jydsk Termografi har udført en termografiundersøgelse af bygningen før og under blowerdoortesten. Konklusionen fra termografiundersøgelsen kan ses i bilag 3. Der er vedlagt udvalgte sider fra rapporten i bilag 3. Rapporten er ikke vedlagt, men forefindes elektronisk ved Grontmij | Carl Bro.

7.1 Vurdering

Ud fra undersøgelsen er det vurderet, at det på den pågældende lokalitet og med de daværende vejrforhold ikke var muligt at se føringsveje fra under gulv til indeklimaet ved termografiundersøgelsen. De udslag som blev registreret under undersøgelsen viste kun indtrængning af luft ved vinduer og fra loftet. Resultaterne kan skyldes, at temperaturforskellen mellem luften lige under gulv og gulvet/væggene var for lille til at kunne registreres.

8 SPORGASFORSØG

Forsøg med sporgas udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under gulv til indeklimaet i bygningen. I bilag 7 kan der ses en beskrivelse af metoden for sporgasforsøg.

8.1 Udførte undersøgelser

Der er gennemført to injektioner på Østergade, med følgende modifikationer til den generelle metode beskrevet ovenfor. Injektions- og kontrolpunkterne er vist på situationsplanen i bilag 5. Punkterne er også benyttet til differens-trykmålingerne.

Ved alle test blev der målt i kontrolpunkter samt ved vægge og revner i gulv. Sporgasforsøget blev udført med de samme trykforhold som ppb-RAE-målingerne.

Nedenstående tabel viser hvor der er udført injektioner.

Test	Injektionspunkt	Placering	Bemærkning
1	IP1	Rum H (oplag)	Injiceret tæt ved revner i gulv
2	IP2	Rum A (indgang)	Injiceret tæt ved skorsten

Tabel 1. Injektionspunkter ved sporgasundersøgelse

Der blev ikke påvist forhøjede baggrundsmålinger før den første injektion af sporgas.

8.2 Resultater

Resultaterne fra sporgasundersøgelsen fremgår oversigtsmæssigt af bilag 5, mens specifikke observationer fra testene fremgår af nedenstående.

8.2.1 Test 1

Under test 1 blev der injiceret sporgas i IP1 (rum H).

Ved injektionen i IP1 blev der hurtigt påvist kraftige udslag i revnerne i gulvet, samt ved overgangen mellem væg og gulv. Der blev ikke observeret respons andre steder i bygningen.

Forhøjet udslag (rød)

- Revner
- Overgang mellem væg og gulv ind mod skorsten.
- Overgang mellem væg og gulv ind mod rum A

Lettere forhøjet udslag (gul)

- Ingen

8.2.2 Test 2

Under test 2 blev der injiceret sporgas i IP2 (rum A).

Test 2 viste ikke udslag, hverken ved gulv eller ved/i skorsten. Der blev ikke påvist respons i resten af huset.

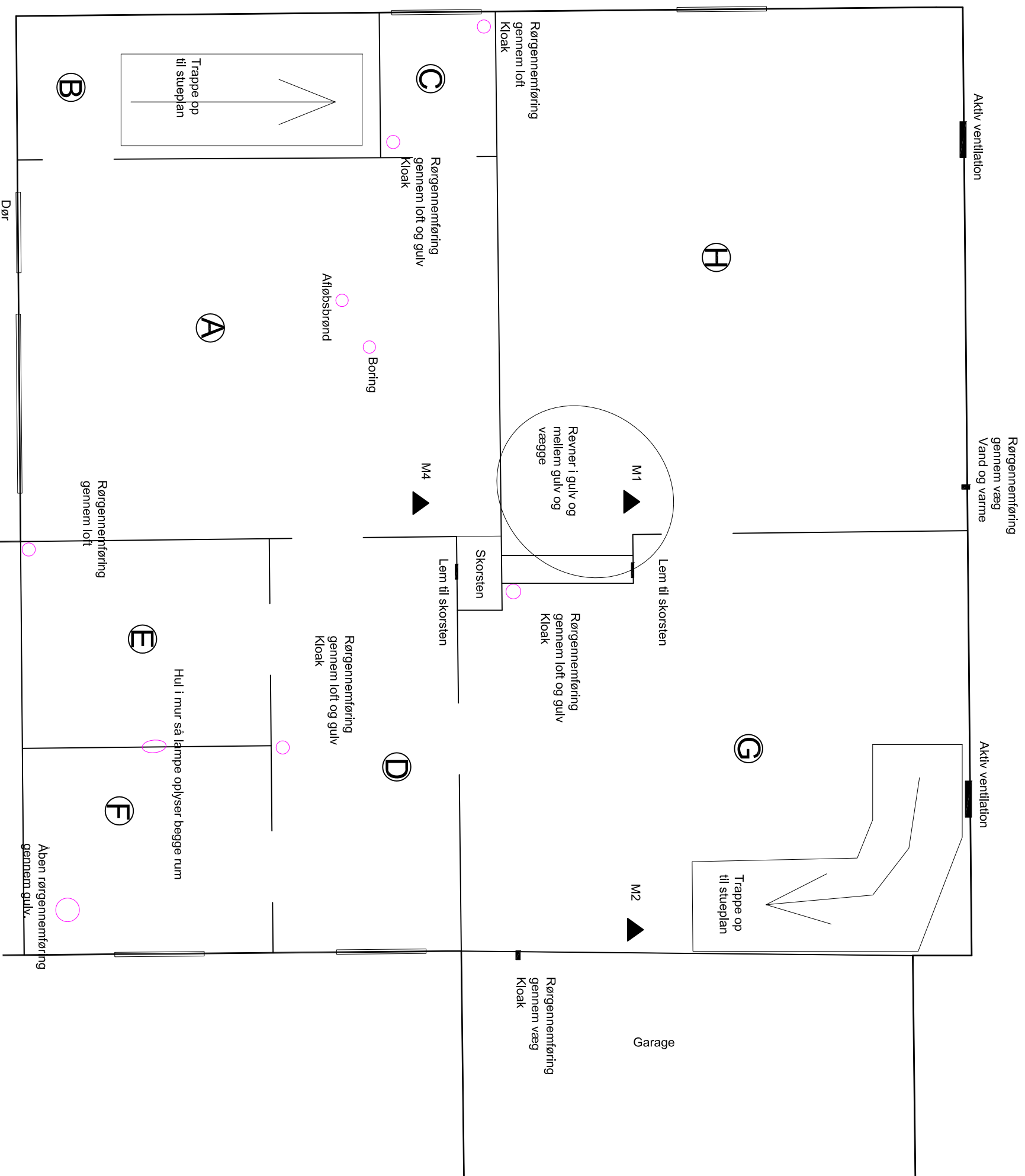
8.3 Vurdering

Sporgasundersøgelsen har vist, at der var hurtig responstid ved IP1 og meget lang responstid ved IP2. Der er endvidere fundet, at revnerne i gulvet i rum H er gennemgående. Der er ikke påvist øget gennemtrængning af sporgas ved højere undertryk i bygningen.

Efter undersøgelsen er udført er der lavet en opbrydning af betongulvet ved skorstenen. Her er det observeret, at betongulvet er opbygget som sandwichgulv med 2 separate betonlag. Dette ekstra betongulv har sandsynligvis stor påvirkning på udbredelsen af sporgas under gulvet og til.

Bilag 1

Beethoven



SIGNATUREFORKLARING

Matrikelgrænse

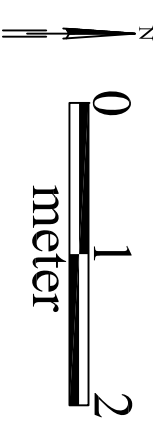
Bygning

Rumbetegnelsen

Rørgennemføring gennem væg

Interessepunkt

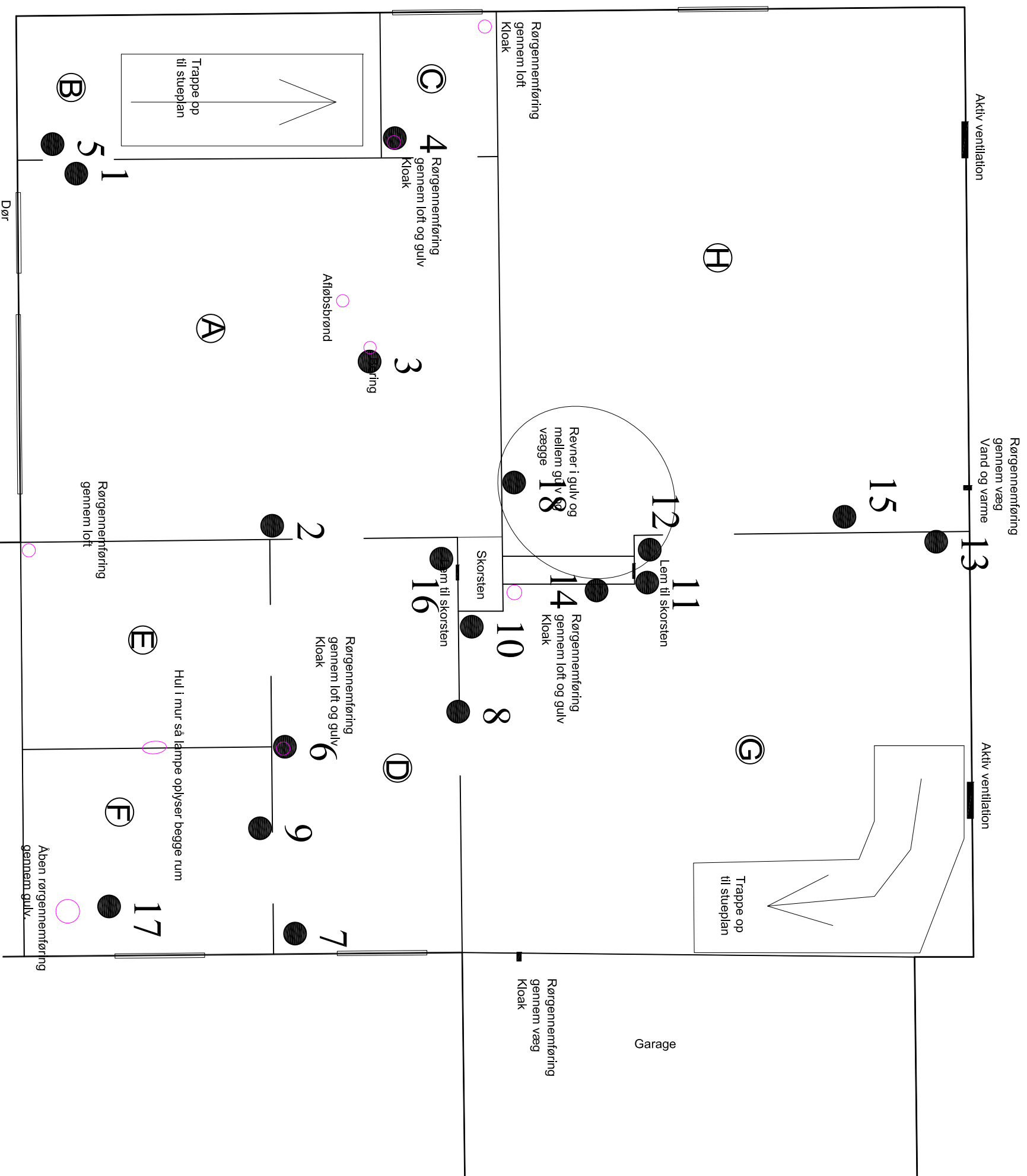
M2 ▲ Målepunkt for differenstræk



	Sag	Termografi og blowerdoor	Sag nr.	Dato	
	Emne	Bredgade 3, Videbæk	30.6814.01	Mål	2011.04.04
	Byggeteknisk gennemgang	Tegn. nr.	0002	Tegner	SOI

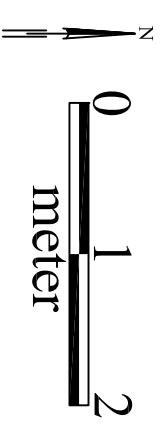
Bilag 2

Be



SIGNATURFÖRKLARING

- Matrikelgrense
Bygning
Rumbetegnelse
1
Malepunkter for ppb-RAE



	Sag	Termografi og blowerdoor	Sag nr.	Dato	
	Emne	Bredgade 3, Videbæk ppb-RAE målepunkter	30.6814.01	Mål	2010.09.09
			Tegn. nr.	Tegn	
			0003	1:50	SOI

Bilag 3

Jydsk Termograficenter

Termografi & Lækagesporing
www.jydskTermograficenter.dk



Konklusion efter trykprøvning af 4 adresser i jylland: Rødding, Århus, Vinderup og Videbæk.

Der blev sat undertryk på ejendommene, ved hjælp af en propel indsat i en dør (Blower door).
Trykket blev sat efter anvisning fra Grontmij| Carl Bro.

Under tryksætningen blev der taget billeder med et termografikamera, for at se om der kunne påvises luft transport ind i bygningerne med dette. Der var især interesse i lufttransport ind i huset fra gulvet.

Efter gennemgang af billederne, på stederne og hjemme, under udfærdigelsen af rapporterne, kunne der ikke ses luft indtrængning fra disse områder med kameraet.

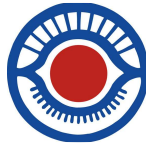
Der var flere steder, især i Rødding, hvor der kunne måles ret høje luftstrømme med et instrument der kunne måle m/sek. Selv på disse steder kunne der ikke ses noget med termografi.

I Århus blev der forsøgt med at lægge et stykke a4 papir, hen over et sted hvor der kunne måles luft indtrængning. Der kunne der ses opvarmning/ nedkøling af papirets overflade.

Men alt i alt mener jeg ikke at det er muligt at anvende termografi som indikator for luft indtrængning af luft gennem gulv.

Gennemgangen af de fire bygninger, blev udført af Lars Buch Nielsen, 28197612
Hvis der er spørgsmål til de medsendte rapporter, så kontakt venligst ovenstående.

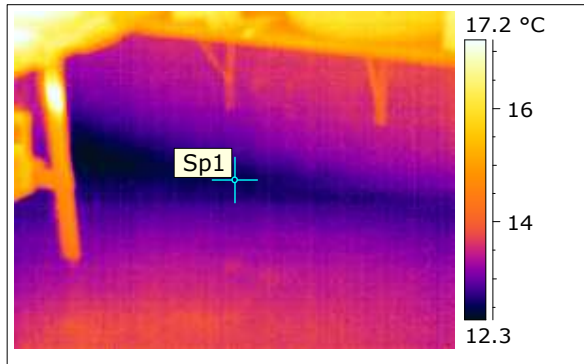
Med venlig hilsen
Jydsk Termograficenter
Alsikevej 10, 8900 Randers
Tlf: 86 42 94 08



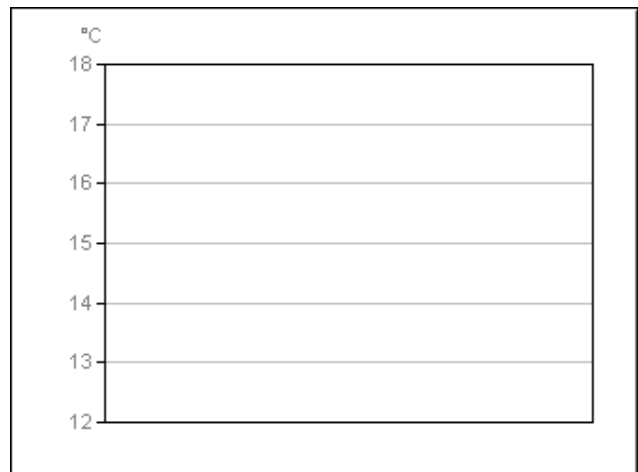
Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse:
Bredgade 3, 6920 Videbæk

Inspektions dato:
02-06-2010



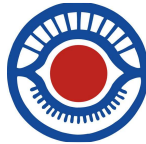
Date	02-06-2010
Max Temperature	17.9 °C
Min Temperature	12.1 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



Bemærkninger:

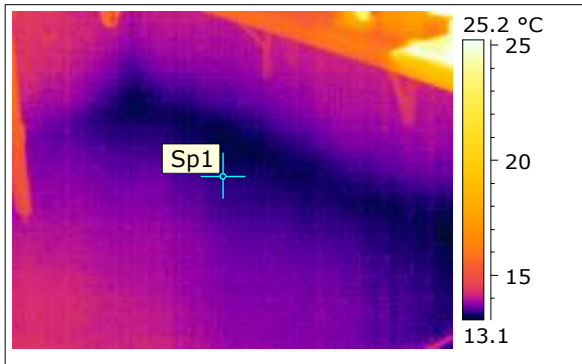
Termografi operator:

Lars Buch Nielsen

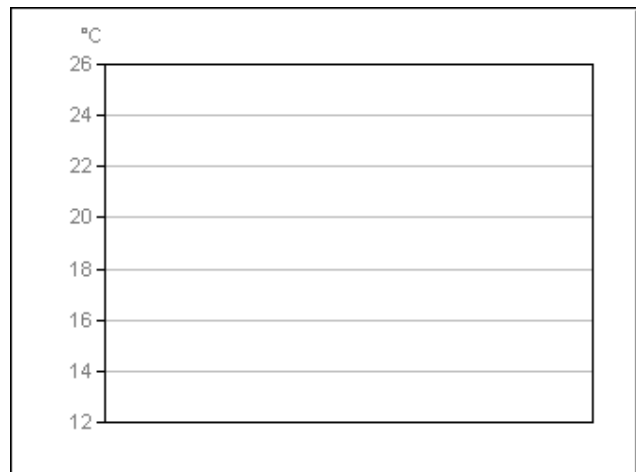


Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse: Bredgade 3 tryksat til – 2 Pascal	Inspektions dato: 15-06-2010
--	---------------------------------

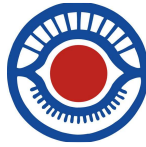


Date	15-06-2010
Max Temperature	37.7 °C
Min Temperature	12.8 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



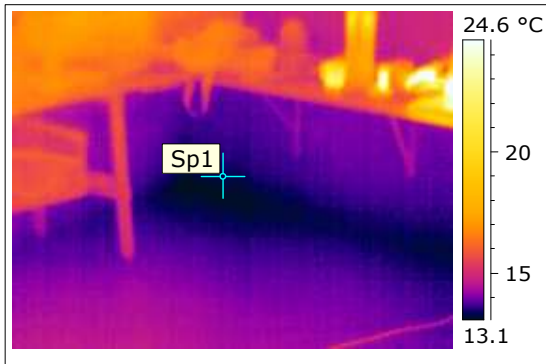
Bemærkninger:

Termografi operator:
Lars Buch Nielsen

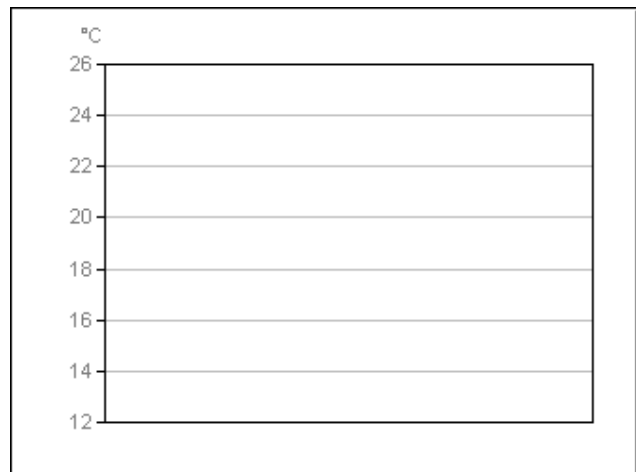


Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse: Bredgade 3 tryksat til -10 Pascal	Inspektions dato: 15-06-2010
--	---------------------------------

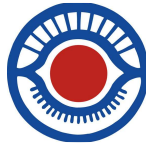


Date	15-06-2010
Max Temperature	34.4 °C
Min Temperature	12.9 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C



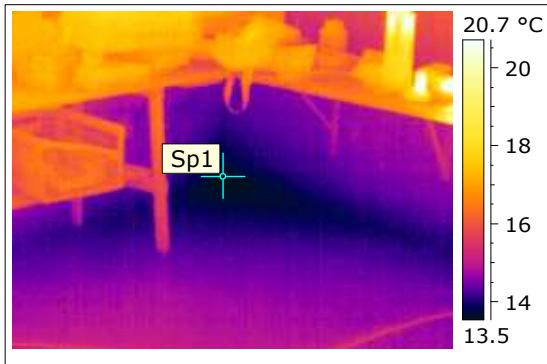
Bemærkninger:

Termografi operator:
Lars Buch Nielsen

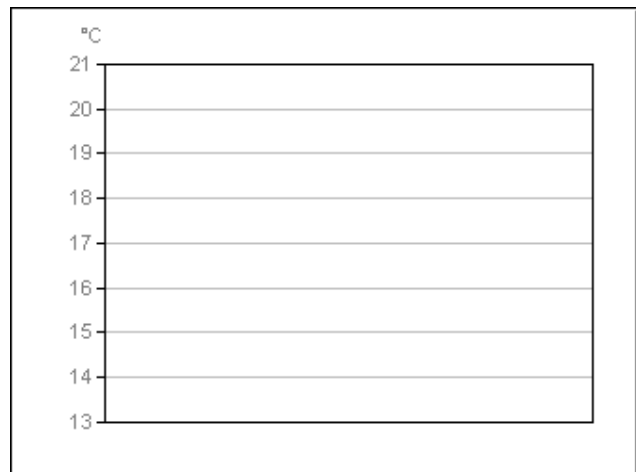


Bygnings-Termografirapport

Bygningens adresse: Bredgade 3 tryksat til -40 Pascal	Inspektions dato: 15-06-2010
--	---------------------------------



Date	15-06-2010
Max Temperature	29.6 °C
Min Temperature	13.4 °C
Image Camera Type	ThermaCAM T-360
Emissivity	0.90
Reflected Temperature	22.0 °C
Atmospheric Temperature	22.0 °C

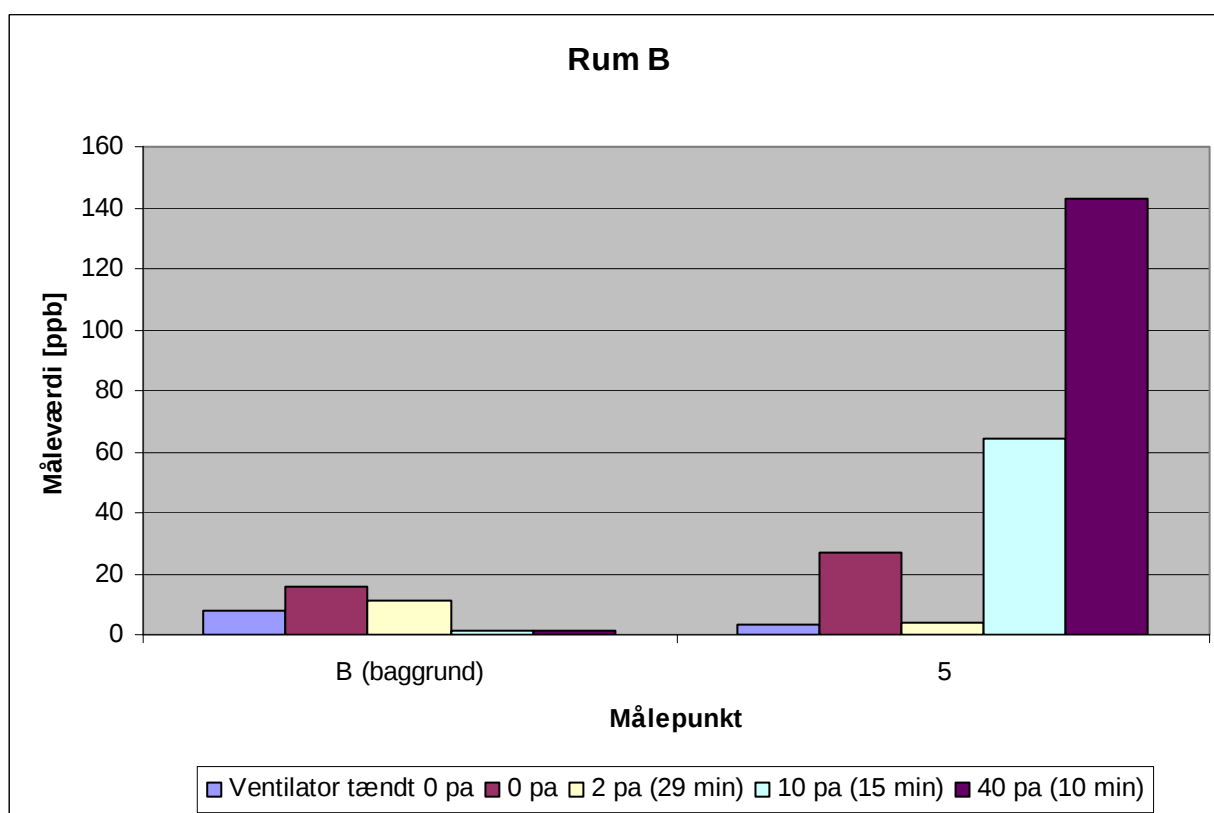
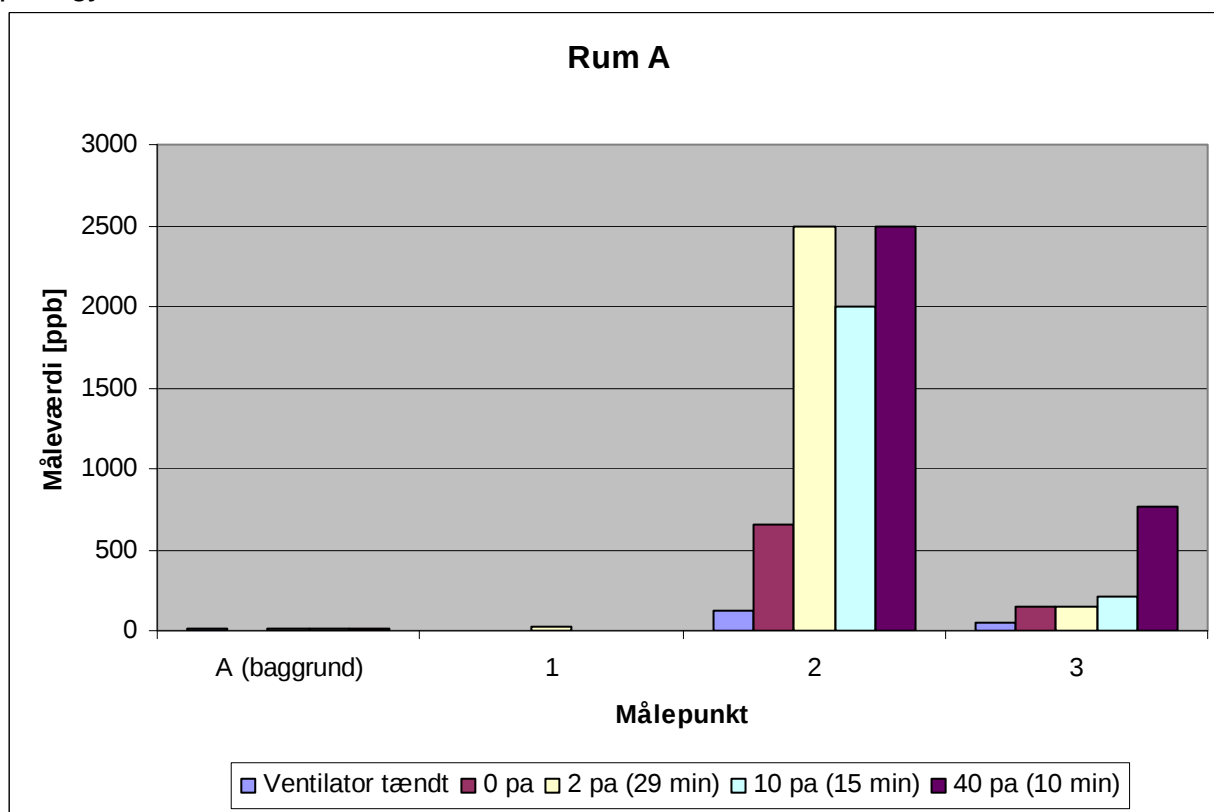


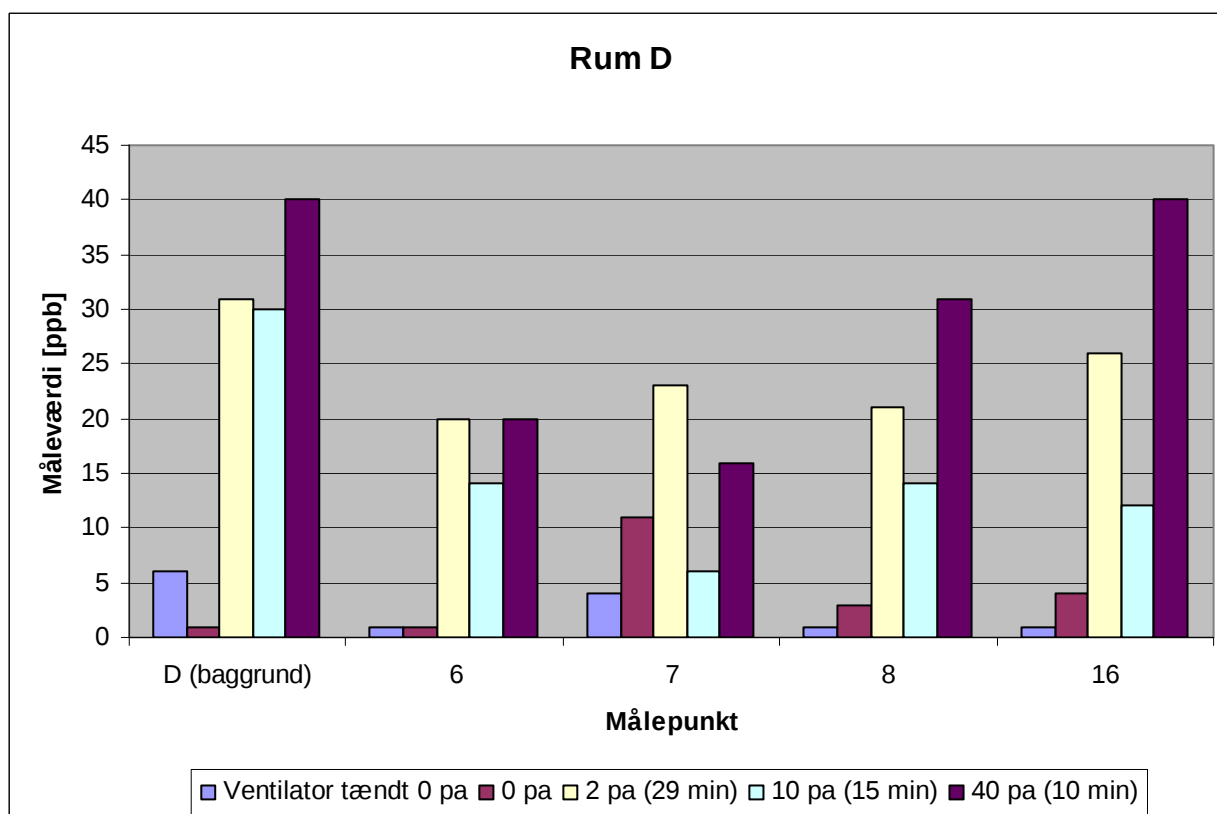
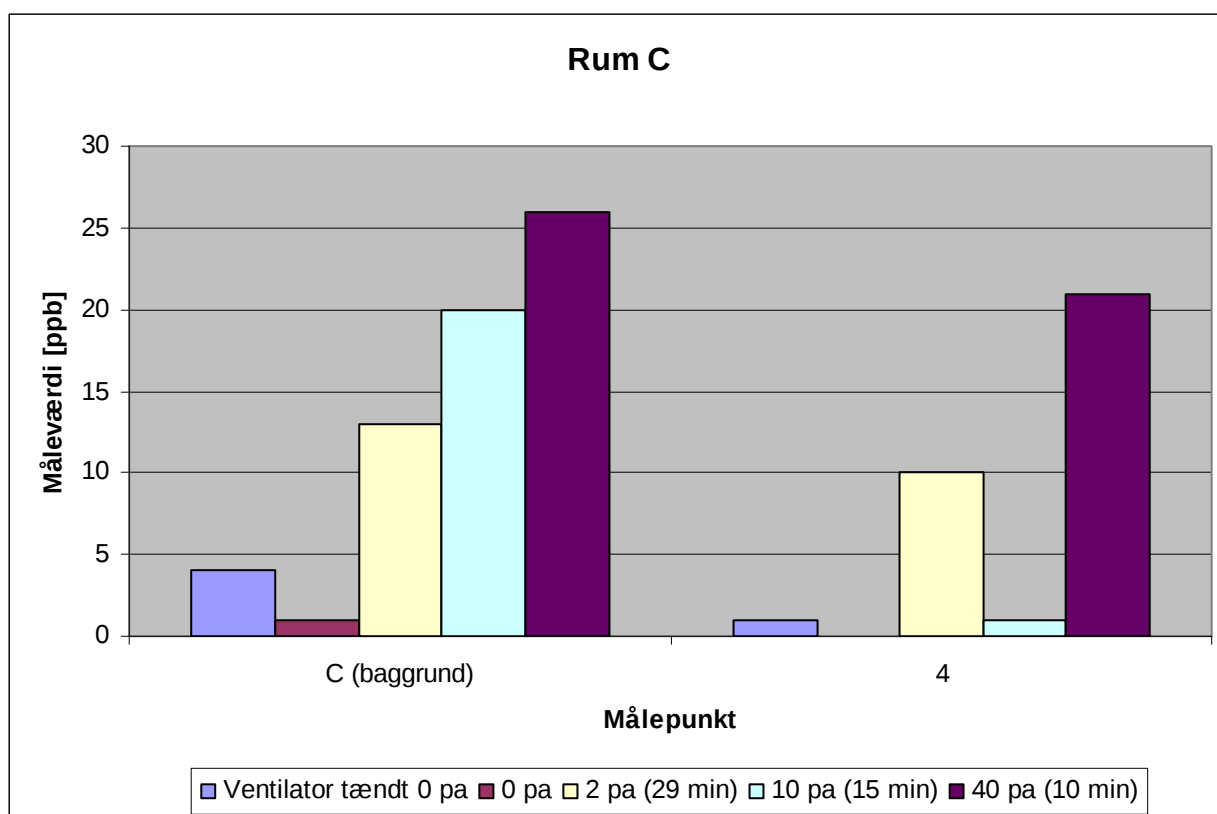
Bemærkninger:

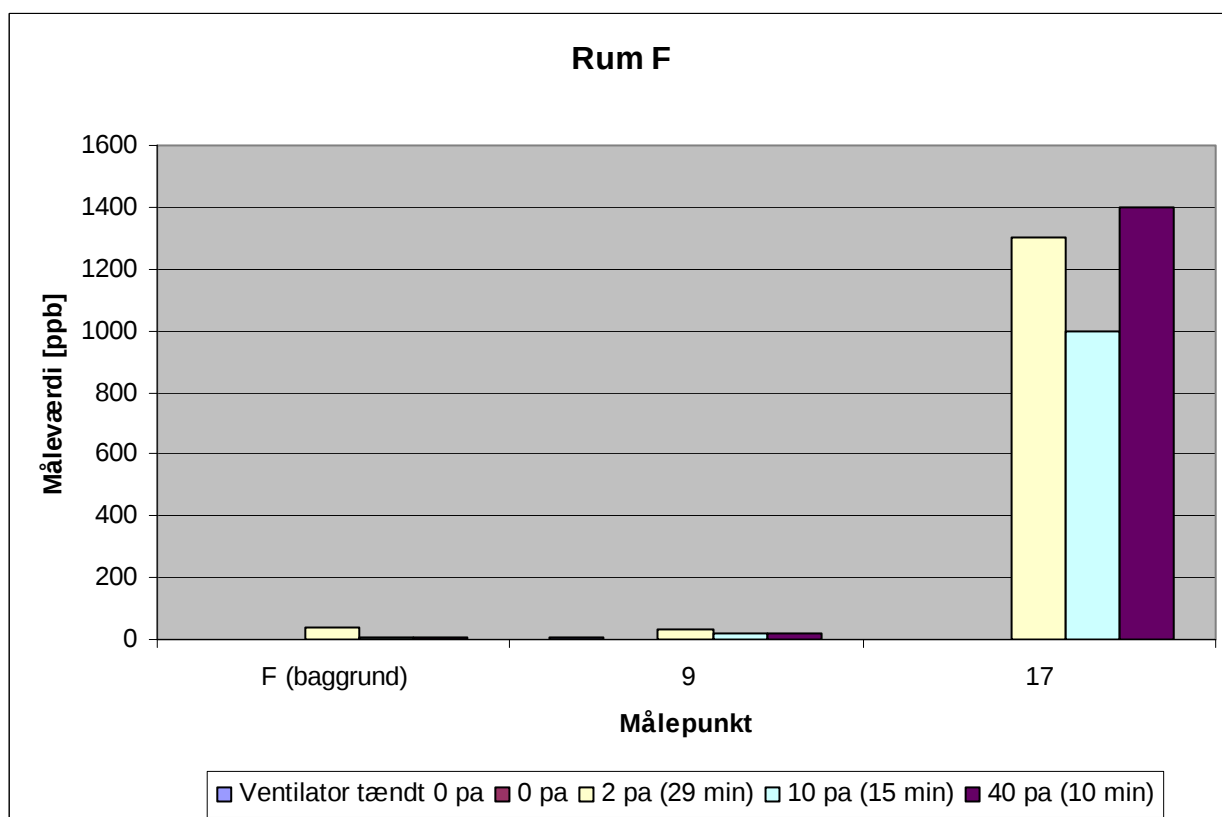
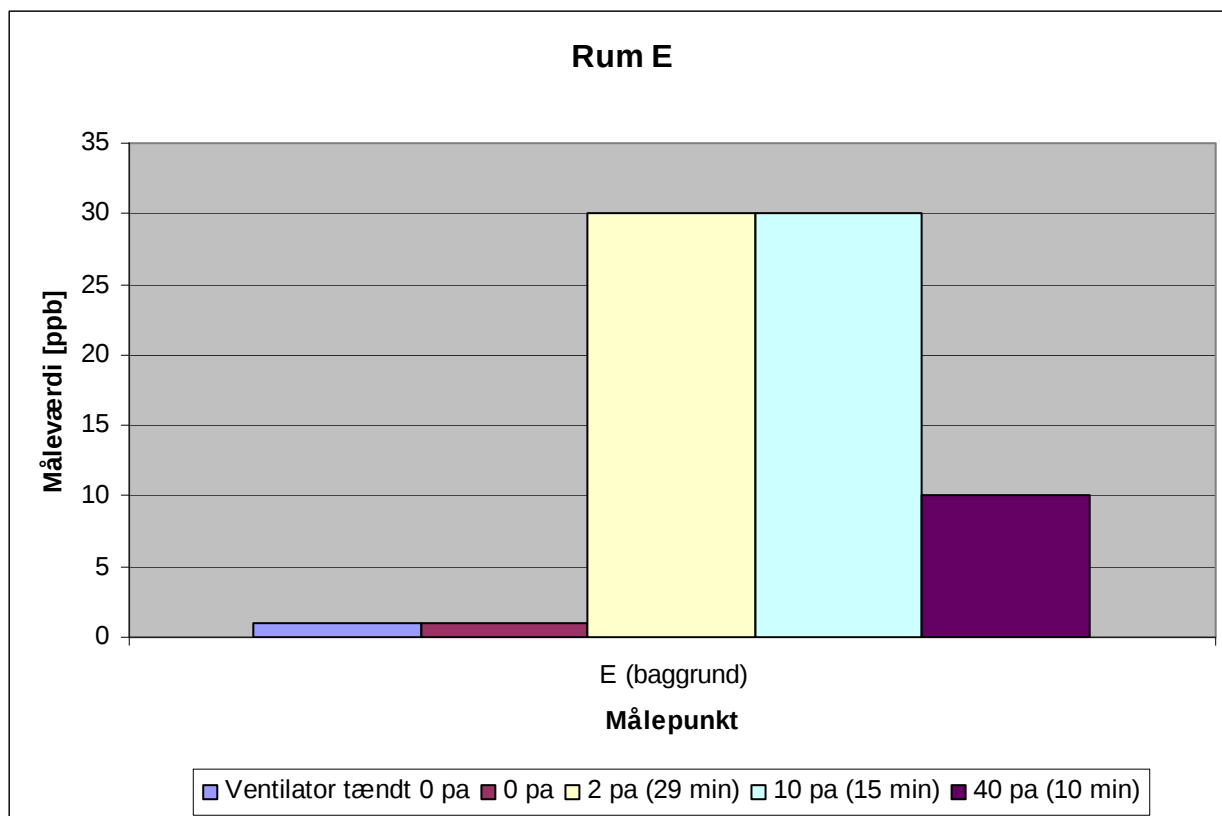
Termografi operator:
Lars Buch Nielsen

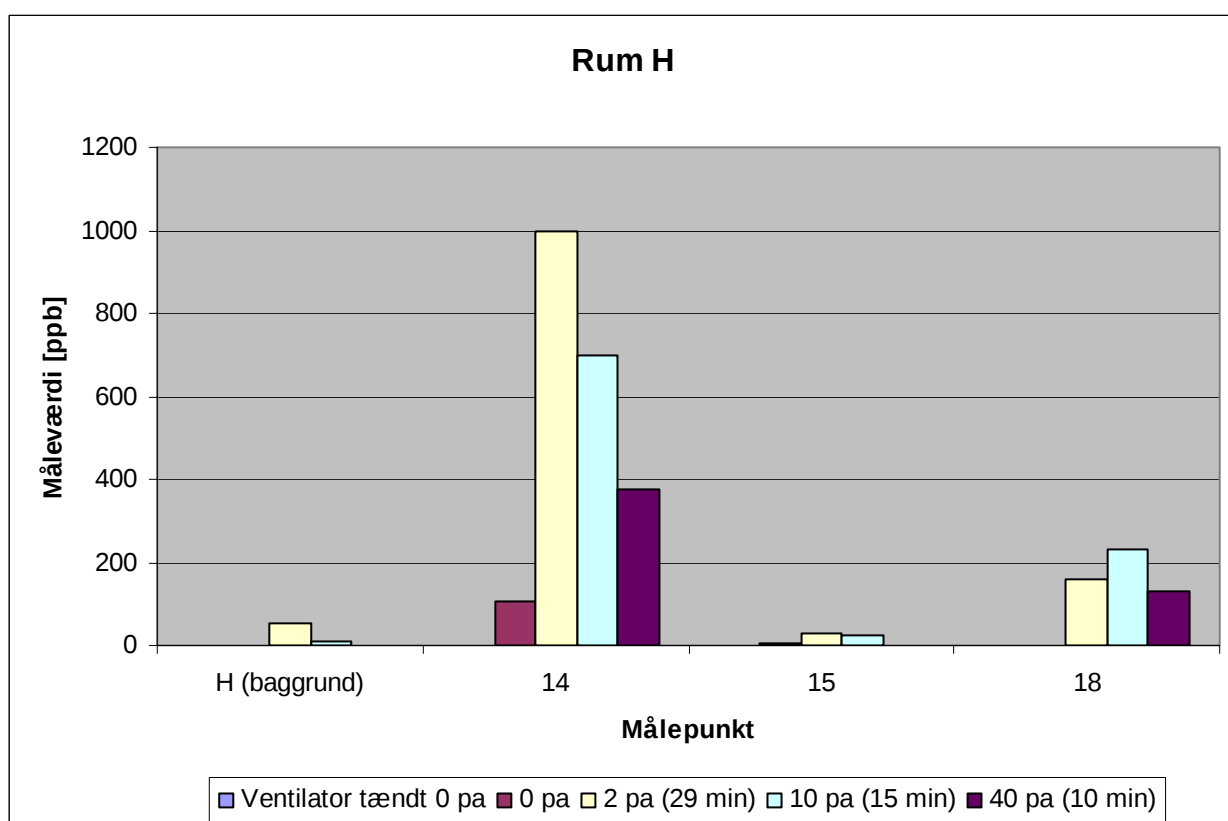
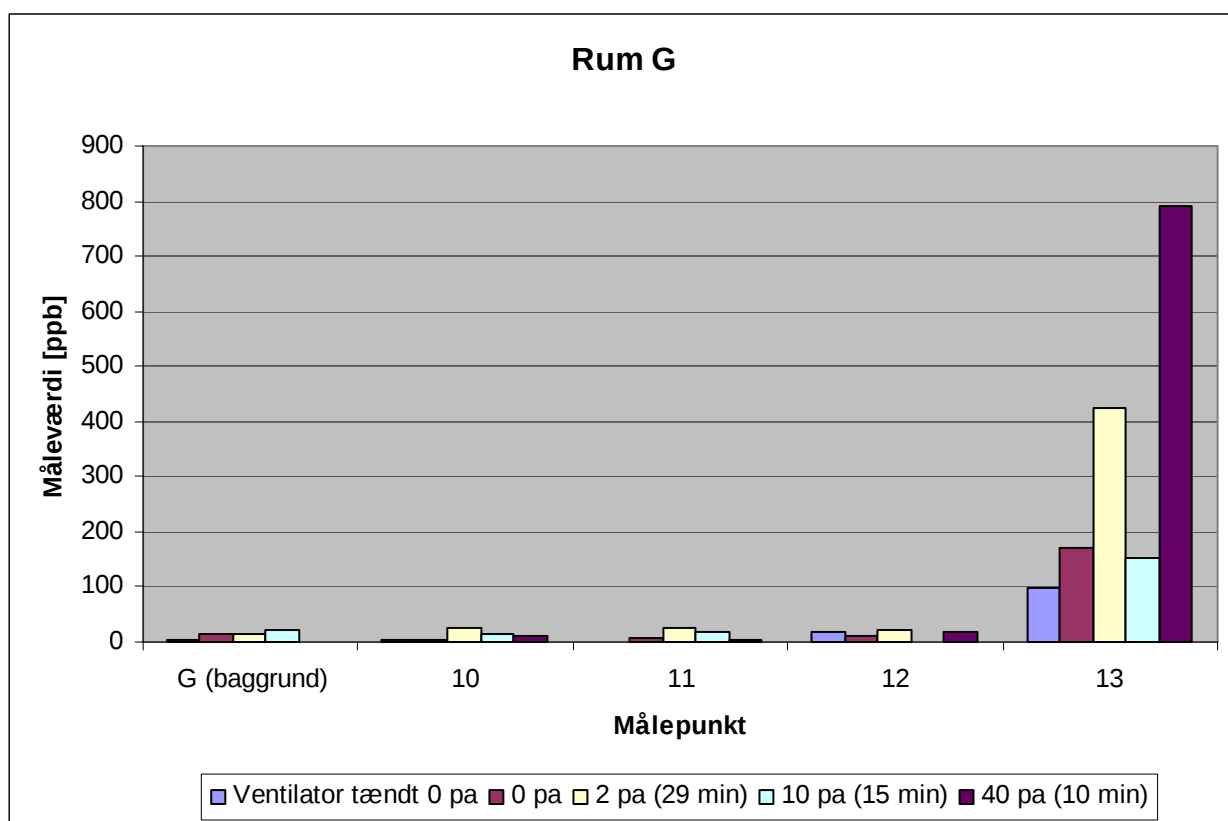
Bilag 4

Resultater af ppb-RAE målingerne under blowerdoorforsøget på Bredgade 3, Videbæk. Tidsangivelsen i parentes benævner den tid der har været undertryk før målerunden er påbegyndt.

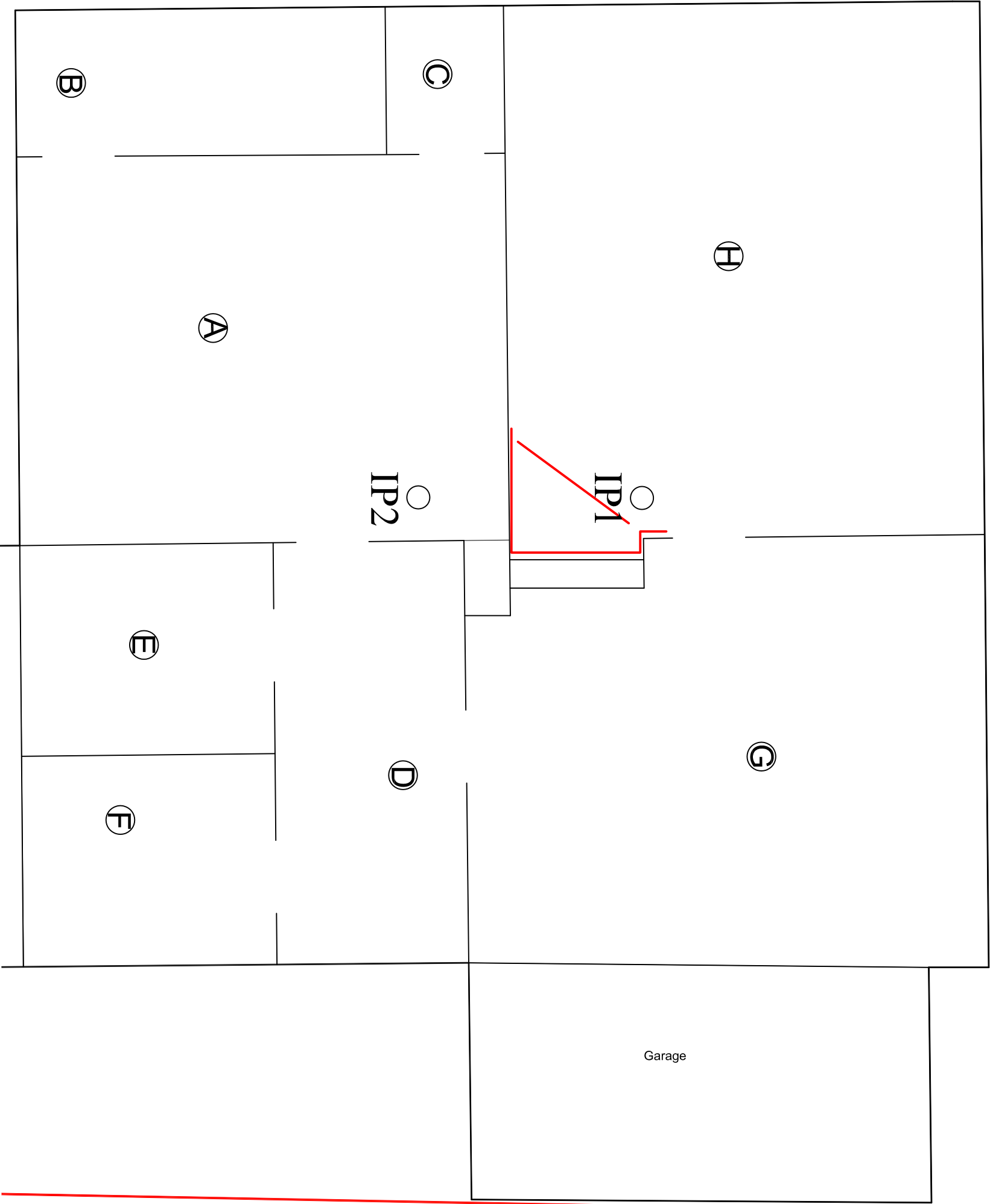






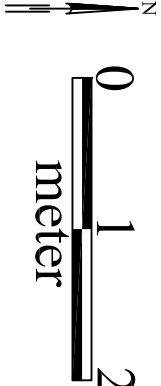


Bilag 5



SIGNATURFORKLARING

- Bygning
- Matrikel
- Bygning på nabomatrikel
- IP1 ○ Injektionspunkt for sporgas
- Forthøjet udslag

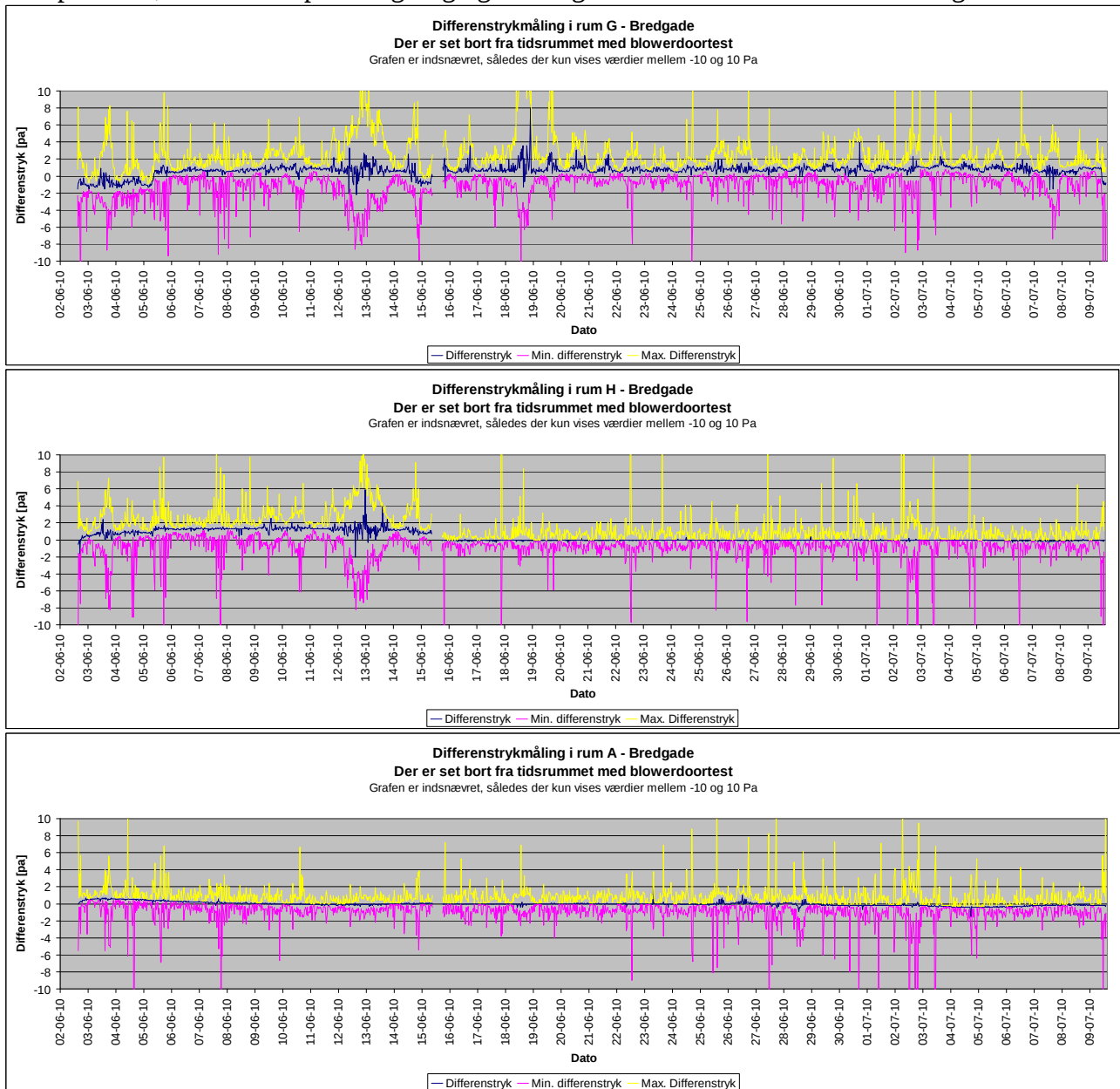


R:\Projects\AAL\30130681401\CAD\Bredgade\Tegn\0004-Sporgas.dwg

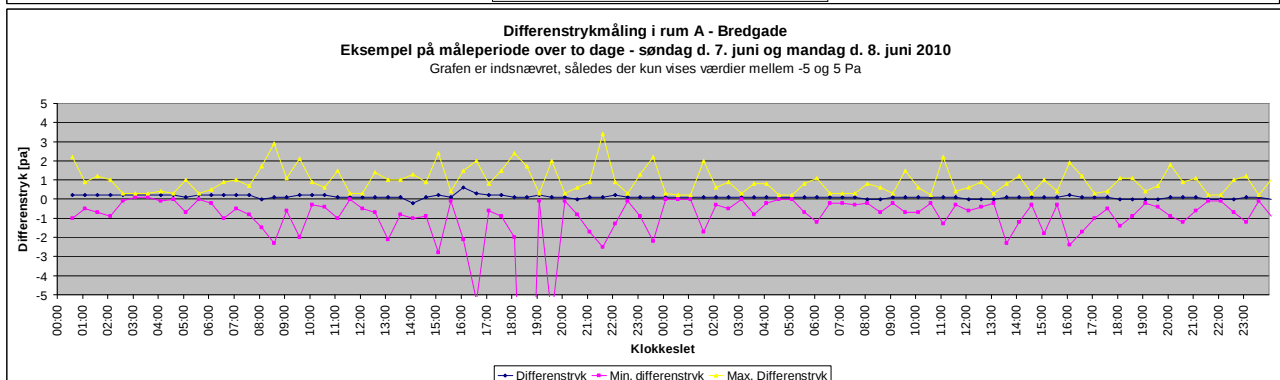
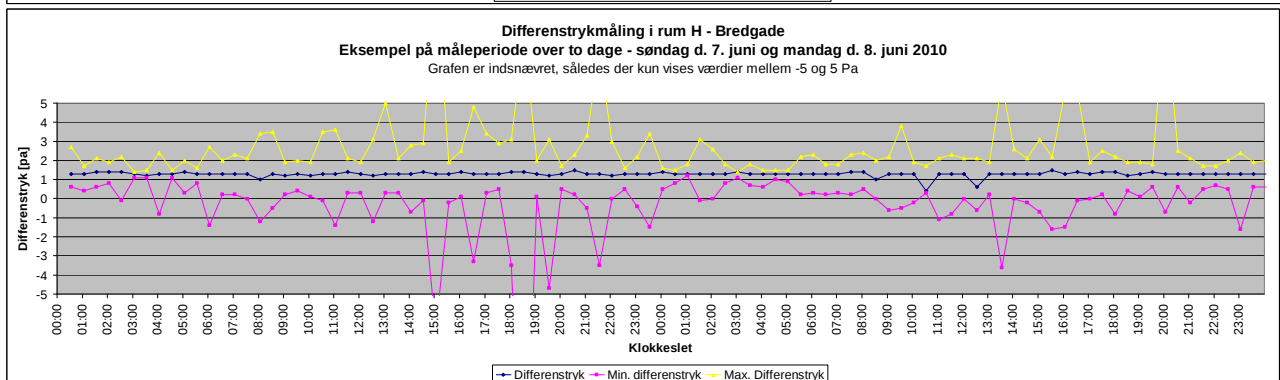
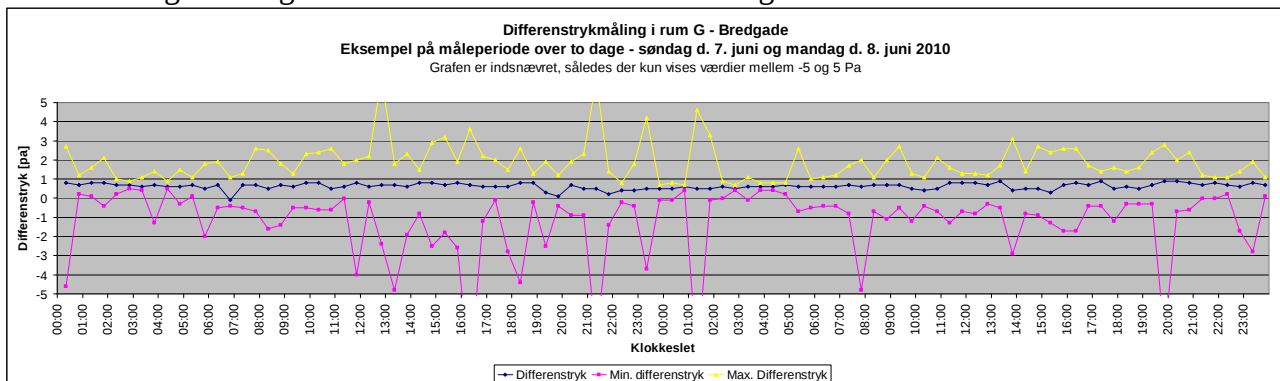
Sag	Termografi og blowerdoor	Sag nr.	30.6814.01	Dato	2010.09.09
Emne	Bredgade 3, Videbæk	Tegn. nr.	0004	Mål	1:50
Sporgas				Tegner	SOI

Bilag 6

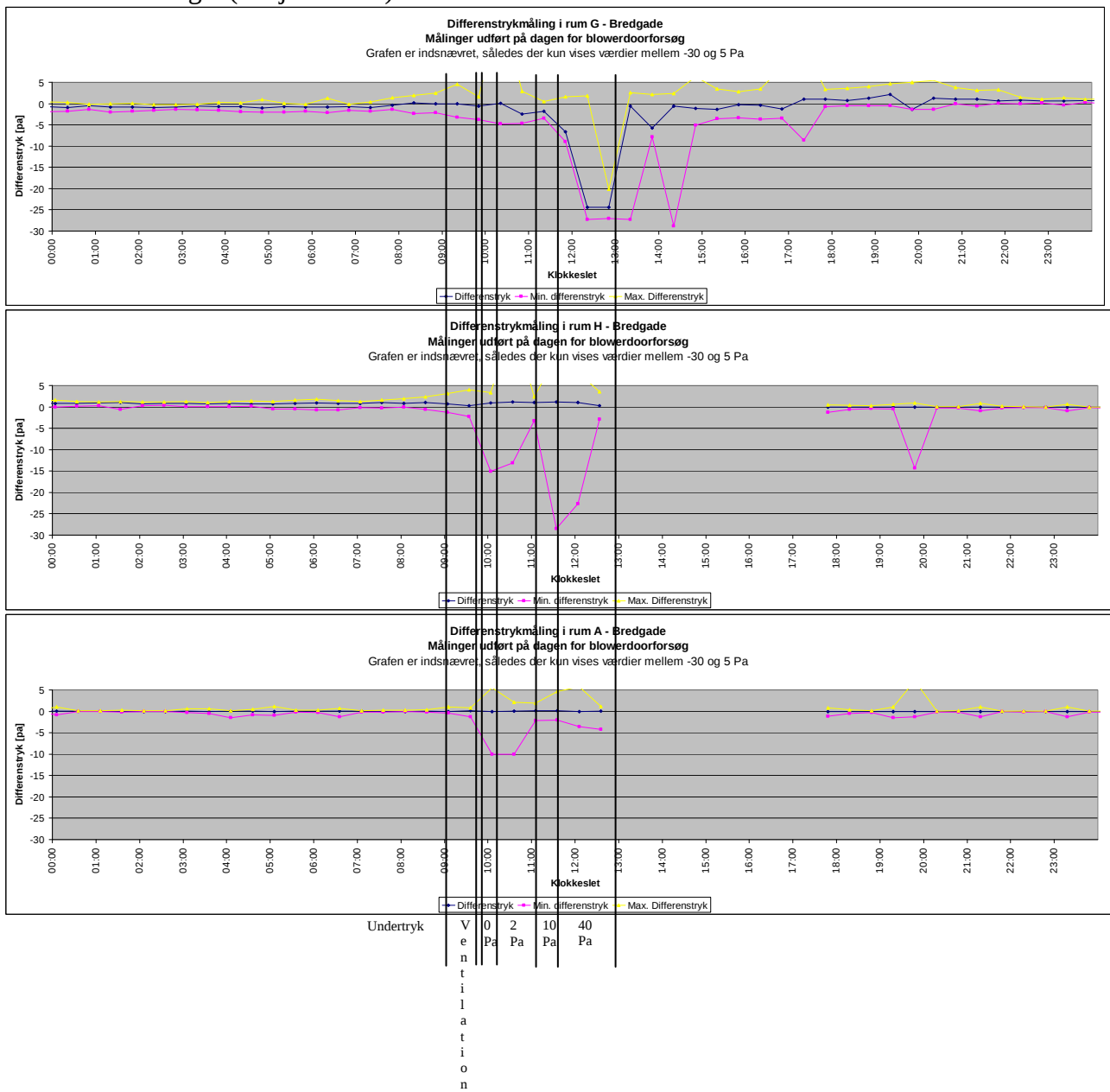
Resultater af differenstrykmåling på Bredgade 3, Videbæk. Graferne viser resultaterne over hele måleperioden, bortset fra opsætningsdag og den dag der blev udført blowerdoorforsøg.



Resultater af differenstrykmåling på Bredgade 3, Videbæk. Graferne viser resultaterne for to sammenhængende dage for at vise variationerne over et døgn.

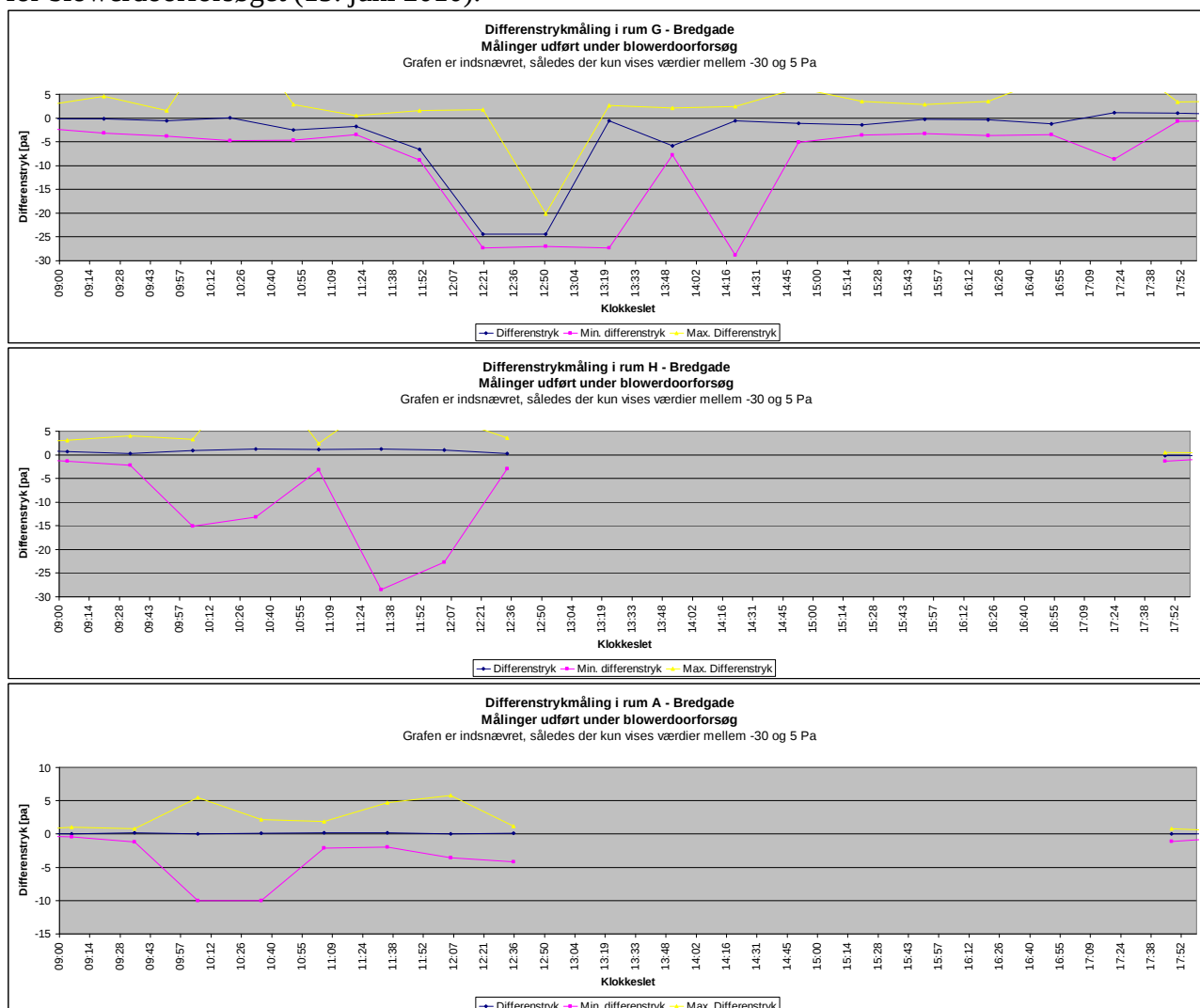


Resultater af differenstrykmåling Bredgade 3, Videbæk. Graferne viser resultaterne for dagen for blowerdoorforsøget (15. juni 2010).



Der er ikke målinger i rum A og H i en del af måleperioden, da disse punkter er anvendt som injektionspunkter i sporgasforsøget.

Resultater af differenstrykmåling på Bredgade 3, Videbæk. Graferne viser resultaterne for perioden for blowerdoorforsøget (15. juni 2010).



Der er kun målinger for en del af blowerdoorforsøgsperioden for rum A og H, da punkterne også er benyttet som injektionspunkter i sporgasforsøget.

Bilag 7

1

SPORGASFORSØG

Sporgasforsøg er en metode til at finde føringsveje for stoffer under gulv op i indeklimaet.

1.1

Metode

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas, med et flow på 0,5 - 2 L/min. Dernæst foretages en kvalitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, der afgiver et lyd- og lyssignal, hvor intensiteten afspejler gasniveauet.

Ved en typisk test etableres først et injektionspunkt – f.eks. i hot-spot for den konstaterede poreluftforurening – samt et antal kontrolpunkter ved gennemboring af gulvet og –væggene i forskellige afstande og retninger fra injektionspunktet. Kontrolpunkterne afproppes, f.eks. med gummipropper, når der ikke måles i dem.

Inden gennemførelse af selve testen foretages dernæst en afsøgning med gasdetektoren i samtlige injektions- og kontrolpunkter samt i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende forventes testet. Denne afsøgning foretages for at registrere eventuelle forhøjede baggrunds niveauer, da der er tale om en uspecifik detektor, jf. afsnit 3.2.

Dernæst påbegyndes udledning/injektion af sporgas i det første injektionspunkt. Successivt igennem testen kan der evt. foretages en flytning af injektionspunktet til et af de tidligere kontrolpunkter for at opnå en bedre mætning af poreluften under/omkring de testede bygningsdele.

Afsøgningen med gasdetektoren foretages efterfølgende i de områder af bygningen, hvor der, via kontrolpunkterne, er skabt vished for at sporgassen har spredt sig til den omkringliggende poreluft.

1.2

Udstyr

Der anvendes en sporgas fra Air Liquide; en specialgas bestående af 5 % brint og 95 % kvælstof. Denne gas er klassificeret som en inert gas. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til injektionspunktet. Der er benyttet ler til at tætnes mellem slange og betongulv.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10. Detektoren reagerer direkte (uden pumpe) på en række gasser (f.eks. methan, ammoniak, brint, butan, propan, acetone, kølemedier, hydrogensulfat, lak/fortynder, opløsningsmidler og flybrændstof).

Selve detektoren sidder på en fleksibel "arm", således at der kan måles "omkring hjørner" og på svært tilgængelige steder. Apparatet afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet afspejler det relative gasniveau, idet detektoren kan indstilles i følsomhed, således at baggrunds niveauet afgiver tre til fire sekunder pr. "klik".

Resultaterne fra sporgastesten graderes som:

- Grønt niveau = ikke forhøjet udslag.
- Gult niveau = lettere forhøjet udslag.
- Rødt niveau = forhøjet udslag.

Bilag 8



Rum A: Indgang fra havetrappe



Rum A: Brønddæksel og boring



Rum B: Trappe til stueplan



Rum C: Vandvarmer og kloakledning



Rum D: Gang og værksted



Rum D: Lem til skorsten



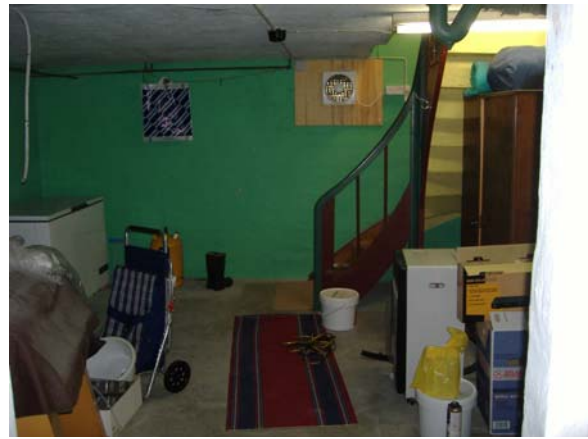
Rum E: Oplag



Rum E: Hul i mur til oplysning af rum E og F



Rum F: Oplag



Rum G: Ventilation og trappe til stueplan



Rum G: Skorsten og kloakgennemføring



Rum G: Skorsten og kloakgennemføring



Rum H: Oplag og ventilation



Rum H: Vandvarmer til hovedbolig



Rum H: Indhak ved skorsten



Rum H: Ventilation mellem rum H og B



Rum A: Målepunkt 1 (dørkarm)



Rum A: Målepunkt 2 (dørkarm)



Rum A: Målepunkt 3 (ved boring)



Rum C: Målepunkt 4 (rørgennemføring gennem gulv)



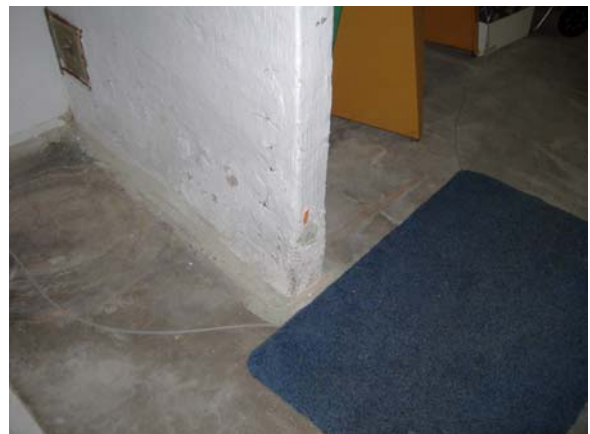
Rum B: Målepunkt 5 (dørkarm)



Rum G: Målepunkt 6 (rørgennemføring gennem gulv)



Rum G: Målepunkt 7 (overgang mellem gulv og væg)



Rum D: Målepunkt 8 (på væg ved afskallet maling)



Rum F: Målepunkt 9 (i væg mellem mursten)



Rum G: Målepunkt 10 (overgang mellem gulv og væg)



Rum G: Målepunkt 11 (overgang mellem gulv og væg)



Rum G: Målepunkt 12 (overgang mellem gulv og væg)



Rum G: Målepunkt 13 (overgang mellem gulv og væg)



Rum H: Målepunkt 14 (ved aflukket rørgennemføring)



Rum H: Målepunkt 15 (på væg ved afskalling)



Rum D: Målepunkt 16 (overgang mellem gulv og væg)



Rum E: Målepunkt 17 (ved/i rørgennemføring)



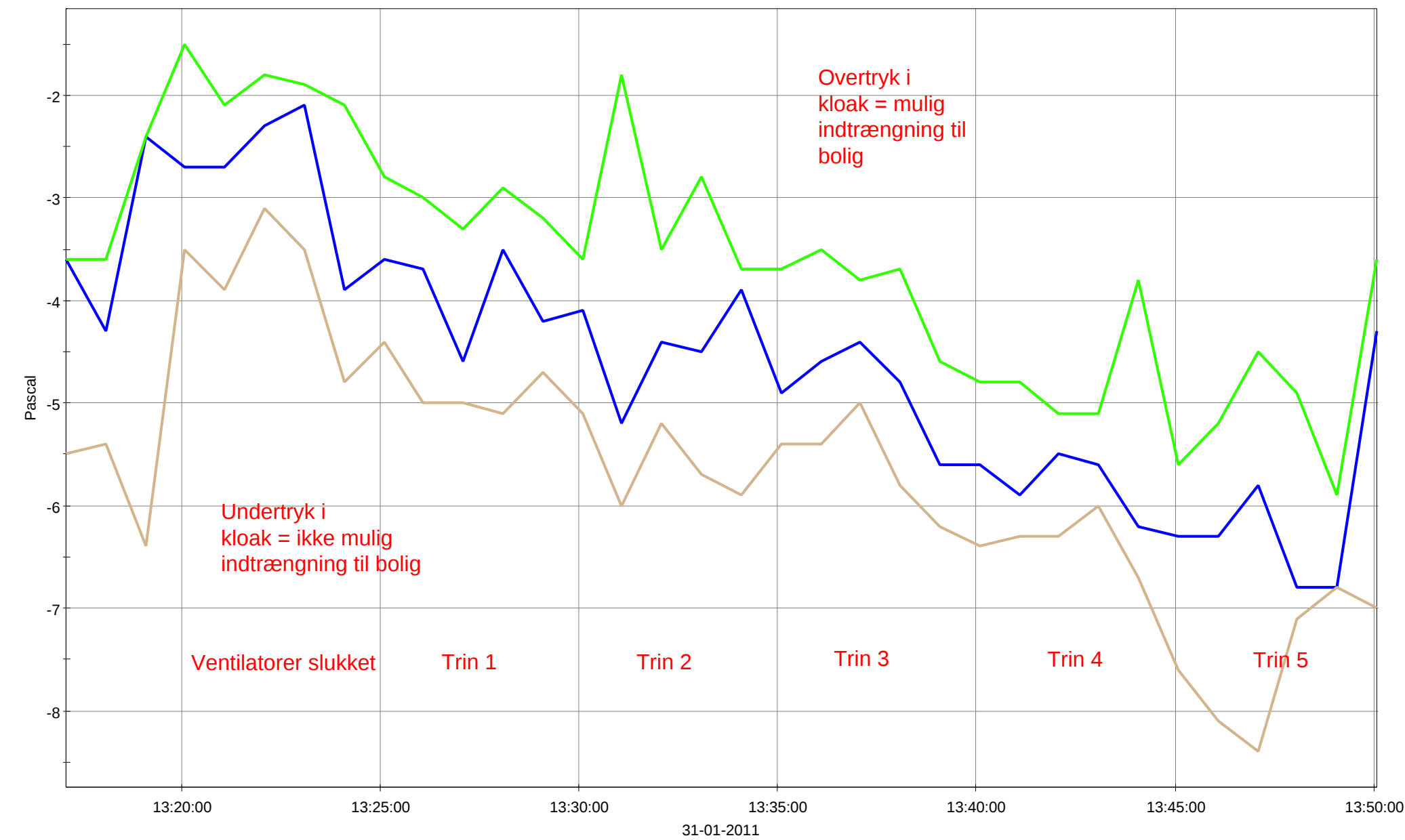
Rum H: Målepunkt 18 (overgang mellem gulv og væg)



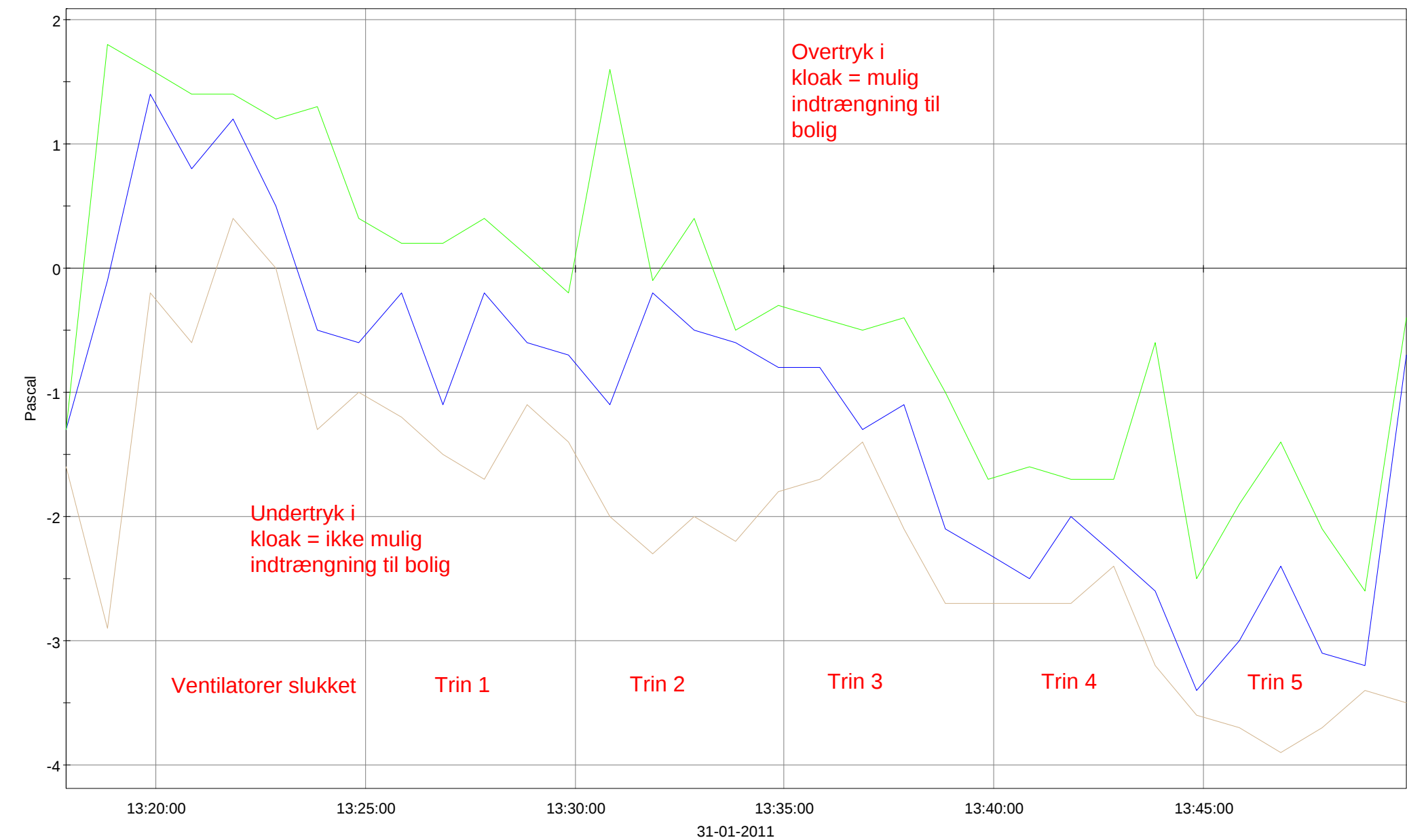
Rum A: Opstilling til blowerdoorforsøg

Bilag 9

Bredgade 3, Videbæk - måler 4 - Ventilationsforsøg, Køkken



Bredgade 3, Videbæk - Måler 11 - Ventilationsforsøg, toilet



Datanotat for Østergade 5B, Rødninge

Teknisk notat

**Sporing af indtrængningspunkter for forurenede poreluft
fra ubderside af hus til indeklimaet, Østergade 5B,
Rødninge**

30. marts 2011
Projekt: 30.6814.19

Udarbejdet	: Søren Kreilgaard
Kontrolleret	: Majbrith Langeland
Vedlagt	: Bilag 1: Plan med revner i stuegulv Bilag 2: Plan med målepunkter med ppb-RAE Bilag 3: Konklusion og udvalgte sider fra rapporter fra termografiforsøg Bilag 4: Resultat fra målinger med ppb-RAE Bilag 5: Plan med resultat fra sporgasforsøg Bilag 6: Resultater fra differenstrøkmålinger Bilag 7: Metode for sporgasforsøg Bilag 8: Fotos

1 INDLEDNING

Dette notat er udarbejdet som et bilag til en overordnet rapport der beskriver og sammenfatter erfaringerne med de enkelte metoder.

Grontmij | Carl Bro A/S har afprøvet metoder til bestemmelse af indtrængningspunkter for forurenede poreluft gennem gulv eller andre føringsveje på Østergade 5B, 7860 Spøttrup. Afprøvningen af metoder er udført under teknologiudviklingsprojektet mellem Region Midtjylland og Grontmij | Carl Bro. Udviklingsprojektets formål er at vurdere forskellige metoder til påvisning af føringsveje for forurening ind i bygninger.

Teknologiudviklingsprojektet på denne matrikel har omfattet:

Metode	Beskrivelse	Udført
Visuel byggeteknisk gennemgang	Brud, revner og andre visuelle føringsveje bestemmes. Det er ikke muligt, at vurdere om de er gennemgående	Ja
Undertryk udført af almindelige installationer	Undertrykket der kan leveres af almindelige ventilationer (emhætte, badeværelsesventilatorer) bestemmes. Undertrykket der leveres af disse installationer er lille og meget afhængig af bygningens tilstand.	Ja
Termografi (uden undertryk)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af om der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (uden undertryk)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (uden undertryk)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Ja
Termografi (med undertryk fra blowerdoor)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera ved forskellige undertryk for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af at der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (med undertryk fra blowerdoor)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter ved forskellige undertryk. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (med undertryk fra blowerdoor)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres ved forskellige undertryk. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Nej

Den byggetekniske gennemgang af bygningen er udført den 28. april 2010. Under den byggetekniske gennemgang blev der opsat differenstrykmålere til at måle trykforskellen over og under gulv i bygningen. Differenstrykmålerne har målt trykforskellen i perioden 28. april til 28. maj 2010.

Den 11. maj 2010 blev der udført test med BlowerDoor, termografiundersøgelse, sporgasundersøgelse samt screening med ppb-RAE til bestemmelse af indtrængningspunkter.

2 BYGNINGSBESKRIVELSE OG BAGGRUND

2.1 Baggrund

Ejendomme er fra 1914 i to plan, hvor tagetagen ikke er anvendt. Ejendommen har i perioden 1914 til ca. 1960 været anvendt til elværk. Bygningen har været anvendt til bolig fra ca. 1960 til 2009. Der er påvist en olieforurening stammende fra en nedgravet olietank. Bygningen skal efter udviklingsprojektets afslutning rives ned.

2.2 Bygningsbeskrivelse

Kun forhold relevant for projektet er beskrevet nedenfor.

En situationsplan med bemærkninger fra den byggetekniske gennemgang kan ses i bilag 1. Alle rummene i bygningen har fået et nummer hvilket også kan ses på situationsplanen. Billeder fra bygningen er vedlagt i bilag 8.

Bygningen er muret op med mursten, og der er ikke påvist hulmure. Der er betongulv i det meste af bygningen. Adskillelsen mellem stueplan og tagetage består af træ.

Tykkelsen af betongulvet er mellem 5 og 15 cm. Under det øverste betongulv er der ca. 5 cm sand hvorunder der er yderligere et betongulv der varierer mellem 10 til over 15 cm i tykkelse. De tykkeste betondæk er truffet, hvor der tidligere har stået motorer.

Rum 1 – Baggang: Der er fliser på gulvet og væggene, bortset fra den ene side, hvor der er et teknikskab. I skabet er der beton på gulvet og pudset mursten på vægen. Baggangen er sandsynligvis en senere tilbygning.

Rum 2 – Køkken: Der er vinyl over ca. 10 cm beton. Der er påvist et hul i gulvet ved den ene væg, men pga. vinylen var det ikke muligt at vurdere resten af gulvarealet. Køkkenet er sandsynligvis en senere tilbygning.

Rum 3 – Gang: ca. 10 cm betongulv med vinyl og tæppe over. Der er ikke påvist revner eller andre skader på betonen.

Rum 4 – Badeværelse: Fliser på gulv og vægge. Ca. 1/3 af arealet er benyttet til badekar. Der er en mindre revne i overgangen mellem badekar og gulv, samt en overfladisk revne i væggen mod rum 3.

Rum 5 – Værelse: Gulvet består af ca. 10 cm beton med tæppe. Der blev påvist huller i gulvet i hjørnerne mod ydermuren samt en revne i gulvet foran døren. Der var gulvtæppe i resten af rummet, og det kan derfor ikke vurderes om der er flere revner.

Rum 6 – Stue: Betongulv med mange revner. Gulvet er opbygget med to lag beton med sand imellem. Det var ikke muligt at gennembore det nederste lag beton. Betonen er hhv. 15 og mere end 15 cm tykt. Sandlaget er ca. 5 cm. Revnerne i gulvet er flere steder forsøgt repareret. Der er opstået nye revner i de tidligere reparerede revner.

Rum 7 – Stue: Betongulv med mange revner. Gulvet er opbygget med et lag beton på ca. 10 cm. Revnerne i gulvet er flere steder forsøgt repareret. I vindueskarmene i vinduerne ud mod Østergade er der tegn på at myrer har lavet gange. Der er opstået nye revner i de tidligere reparerede revner.

Rum 8 – Entre: Gulvet består af gasbetonblokke samt en betonkant ved væggen ind mod rum 7. Der er tæppe på gulvet.

Rum 9 – Værelse: Gulvet består af ca. 10 cm beton. Der er tæppe på gulvet. Der er tidligere udført borer i rummet. Borerne er lukket med beton. Der er kraftig lugt af olie i rummet. Lugten er kraftigst ved ydervæggen.

Rum 10 – Værelse: Gulvet er opbygget med to lag beton med sand imellem. Betonen er hhv. 5 og 10 cm tykt. Sandlaget er ca. 5 cm. Der er vinyl og tæppe på gulvet. Der er kraftig lugt af olie i det ene hjørne. Der er ikke påvist revner eller andre skader på betonen.

Rum 11 – Værksted: Gammelt værksted hvor der ikke er adgang inde fra resten af huset. Trappen til 1. sal findes i dette rum. Gulvet består af beton.

På baggrund af den byggetekniske gennemgang er der udvalgt 38 interesse-/målepunkter til undersøgelsen.

3

DIFFERENSTRYKMÅLING

Der har været opstillet differenstrykmålere til at måle forskellen i trykforhold mellem under gulv og inde i bygningen i fire rum (rum 2, 7, 9 og 10). Det var oprindeligt planlagt at placere en differenstrykmåler for at måle trykforskellen mellem en hulmur og inde i bygningen, hvilket er opgives, da bygningen ikke er opført med hulmur. Placeringen af differenstrykmålerne kan ses i bilag 1.

I bilag 6 fremgår differenstrykmålinger. Differenstrykket er logget hver halve time, og er vist med blå kurve. Endvidere er det højeste og det laveste tryk i den foregående halve time angivet med hhv. den gule og den lyserøde kurve.

Følgende er vist i bilag 6:

Side 1: Differenstrykmålinger for hele perioden, hvor data fra opsætningsdagen samt dagen for BlowerDoor-testen er udeladt. Dette er gjort, da målerne giver høje udsving, når der bliver arbejdet ved måleinstrumentet som er tilfældet ved opsætningen. Dataene fra tidspunktet omkring BlowerDoor-testen er også fjernet, da de giver høje udslag, og det dermed kan være svært at se normaludsvingene i boligen på de andre dage.

Side 2: Differenstrykmålinger på 2 vilkårlige dage for at se variationen over døgnet.

Side 3: Differenstrykmålinger på dagen for BlowerDoor-testen.

Side 4: Differenstrykmålinger på perioden under BlowerDoor-testen.

Der er ingen daglig variation i forbindelse med brug af boligen, da bygningen har stået tom i måleperioden. Der ses dog udsving om dagen. Disse skyldes en højere temperatur om dagen, hvilket skaber et højere differenstryk.

Der er generelt ikke et stort differenstryk, da den ligger og svinger lige omkring 0 Pa. Dette vurderes at skyldes at gulvene i stuen er utætte med store synlige revner.

Differenstrykket ændrer sig kun lidt under blowerdoortesten i rum 2 og 7 (køkken og stue). Dette vurderes at skyldes, at der er mange og/eller store føringsveje i disse rum, mens rum 9 og 10 (de to værelser) er mere tætte, hvilket kan ses på de større udsving i differenstrykket.

Differenstrykket over hele perioden, bortset fra opsætningstidspunktet og tidsrummet for blowerdoortesten, viser at der i rum 2 (køkkenet) og rum 7 (stuen) generelt er mindre udsving på trykforskellen end i værelserne. Dette indikerer igen at der er bedre føringsveje i rum 2 og 7 end i de andre målte rum.

4 UNDERTRYK VED BYGNINGENS EGNE INSTALLATIONER

Under blowerdoortesten er der lavet forsøg på lokaliteten med at tænde for alle ejendommens egne ventilationer (emhætte). Emhætten var tændt i ca. ½ time og effekten heraf er fulgt ved aflæsning af differenstrykmålerne.

Der blev ikke set nogen effekt på differenstrykket ved brug af emhætten

5 BLOWERDOOR

Der er udført en BlowerDoor-test den 11. maj 2010. Formålet har været at vurdere om forskellige undertrykspåvirkninger af bygningen vil skabe højere gennemtrængning af forurenende stoffer fra poreluften under gulvet samt om det derved vil være muligt at finde flere indtrængningspunkter.

BlowerDoor-testen er udført ved at bygningens ventilationsriste, døre og andre åbenlyse luftføringskanaler er tætnet med plastik/tape. Herefter er der lavet undertryk i bygningen ved BlowerDoor. Fotos fra BlowerDoor-forsøget kan ses i bilag 6.

Ved BlowerDoor-forsøget er der påført undertryk på hhv. 0 pa, 5 pa, 12 pa, 20 pa, 40 pa og 60 pa. Undersøgelsen blev udført kontinuert, således der ikke var pause mellem de forskellige trykforhold.

6

PPB-RAE

I forbindelse med den byggetekniske gennemgang er der udført målinger med en ppb-RAE måler, for at se om der kunne lokaliseres indtrængningspunkter for forurenede poreluft. På baggrund heraf er der udvalgt 38 interesse-/målepunkter til den videre undersøgelse. Placering af målepunkter kan ses i bilag 2 og resultater af målingerne under de forskellige trykforhold kan ses i bilag 4. Resultaterne er for de enkelte målepunkter vist som kolonner for hver trykpåvirkning. Endvidere er baggrundsniveauet målt i hvert rum og her er resultaterne angivet med det nummer som fremgår af oversigtplanen i bilag 2.

I bilag 8 er der billeder af målepunkterne.

Under nogle trykforhold (5 og 20 pa) er der målt to gange med ppb-RAE. Dette er gjort for at vurdere om en længere periode med undertryk i bygningen vil give et andet resultat end hvis der måles efter kort tid med undertryk.

Ud fra ppb-RAE målingerne, kan det ses at der er høje niveauer, ca. 1.000 ppb i værelset ved den tidligere olietank (rum 9) samt i det tilstødende værelse (rum 10). Der er niveauer under 100 ppb i resten af bygningen.

Blev BlowerDoor forsøget er der påvist stigning i ppb-udslag i rum 7, 8 og 9 og samt delvist rum 6 og 10.

6.1

Vurdering

Forsøget med at måle med ppb-RAE under forskellige undertryk i bygningen viser, at selv med et lille undertryk vil der komme en øget gennemtrængning af påviselige stoffer fra under gulv. Med øget undertryk viser det sig at der i nogle målepunkter er målt lavere værdier ved højere undertryk.

Generelt ses der en tendens til at en længere periode med undertryk giver øget indtrængning. Dette kan specielt ses ved lavt undertryk (5 pa).

Det vurderes, at ved større længerevarende undertryk, bliver de forurenende stoffer i poreluften umiddelbart under bygningen fjernet så hurtigt at der ikke kan tilføres nyt stof i tilstrækkelig mængde. Dette kan opleves i rum hvor der ikke er forurening under gulvet (Rum 1, 2, 3, 4, 5 og delvis 6). I de rum hvor der er en (kraftig) forurening under gulvet, vil der være en meget mindre, eller ikke eksisterende, dæmpning af måleresultaterne.

7

TERMOGRAFI

Jydsk Termografi har udført en termografiundersøgelse af bygningen før og under BlowerDoor-testen. Konklusionen fra termografiundersøgelsen kan ses i bilag 3. Der er vedlagt udvalgte sider fra rapporten i bilag 3. Rapporten er ikke vedlagt, men forefindes elektronisk ved Grontmij | Carl Bro.

7.1 Vurdering

Ud fra undersøgelsen er det vurderet, at det på den pågældende lokalitet og med de daværende vejrforhold ikke var muligt at se føringsveje fra under gulv til indeklimaet ved termografiundersøgelsen. De udslag som blev registreret under undersøgelsen viste kun indtrængning af luft ved vinduer og fra loftet. Resultaterne kan skyldes, at temperaturforskellen mellem luften lige under gulv og gulvet/væggene var for lille til at kunne registreres.

8 SPORGASFORSØG

Forsøg med sporgas udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i bygningen. I bilag 7 kan der ses en beskrivelse af metoden for sporgasforsøg.

8.1 Udførte undersøgelser

Der er gennemført to injektioner på Østergade, med følgende modifikationer til den generelle metode beskrevet ovenfor. Injektions- og kontrolpunkterne er vist på situationsplanen i bilag 5. Punkterne er også benyttet til differenstrykmålingerne.

Ved alle test blev der målt i kontrolpunkter, ved vægge og ved revner i gulv

Nedenstående tabel viser hvor der er udført injektioner.

Test	Injektionspunkt	Placering	Bemærkning
1	IP1	Værelse med olielugt (rum 9).	Injiceret ved siden af tidligere håndboring.
2	IP2	Stue ved gang (rum 7).	Injiceret relativt tæt på revner i gulvet

Tabel 1. Injektionspunkter ved sporgasundersøgelse

Der blev ikke påvist forhøjede baggrundsmålinger før den første injektion af sporgas.

8.2 Resultater

Ved de to injektioner blev der samlet brugt ca. 449 l sporgas.

Resultaterne fra sporgasundersøgelsen fremgår oversigtsmæssigt af bilag 5, mens specifikke observationer fra testene fremgår af nedenstående.

8.2.1 Test 1

Under test 1 blev der injiceret sporgas i IP1 (rum 9), med et flow på mellem 1 og 3 l/min over en periode på 88 min. Der blev brugt ca. 173 l sporgas.

Ved injektionen i IP1 blev der påvist udslag ved overgangen mellem gulv og væg under radiatoren. Der blev ikke observeret respons andre steder i bygningen.

Forhøjet udslag (rød)

- Intet.

Lettere forhøjet udslag (gul)

- Overgang mellem væg og gulv under radiator.

8.2.2

Test 2

Under test 2 blev der injiceret sporgas i IP2 (rum 7), med et flow på mellem 2 og 3 l/min over en periode på 114 min. Der blev brugt ca. 276 l sporgas.

Test 2 viste udslag i nogle af revnerne i stuen med injektionspunktet. Der blev ikke påvist respons i resten af huset.

Forhøjet udslag (rød)

- Intet

Lettere forhøjet udslag (gul)

- Revner i gulv i rum med injektionspunkt

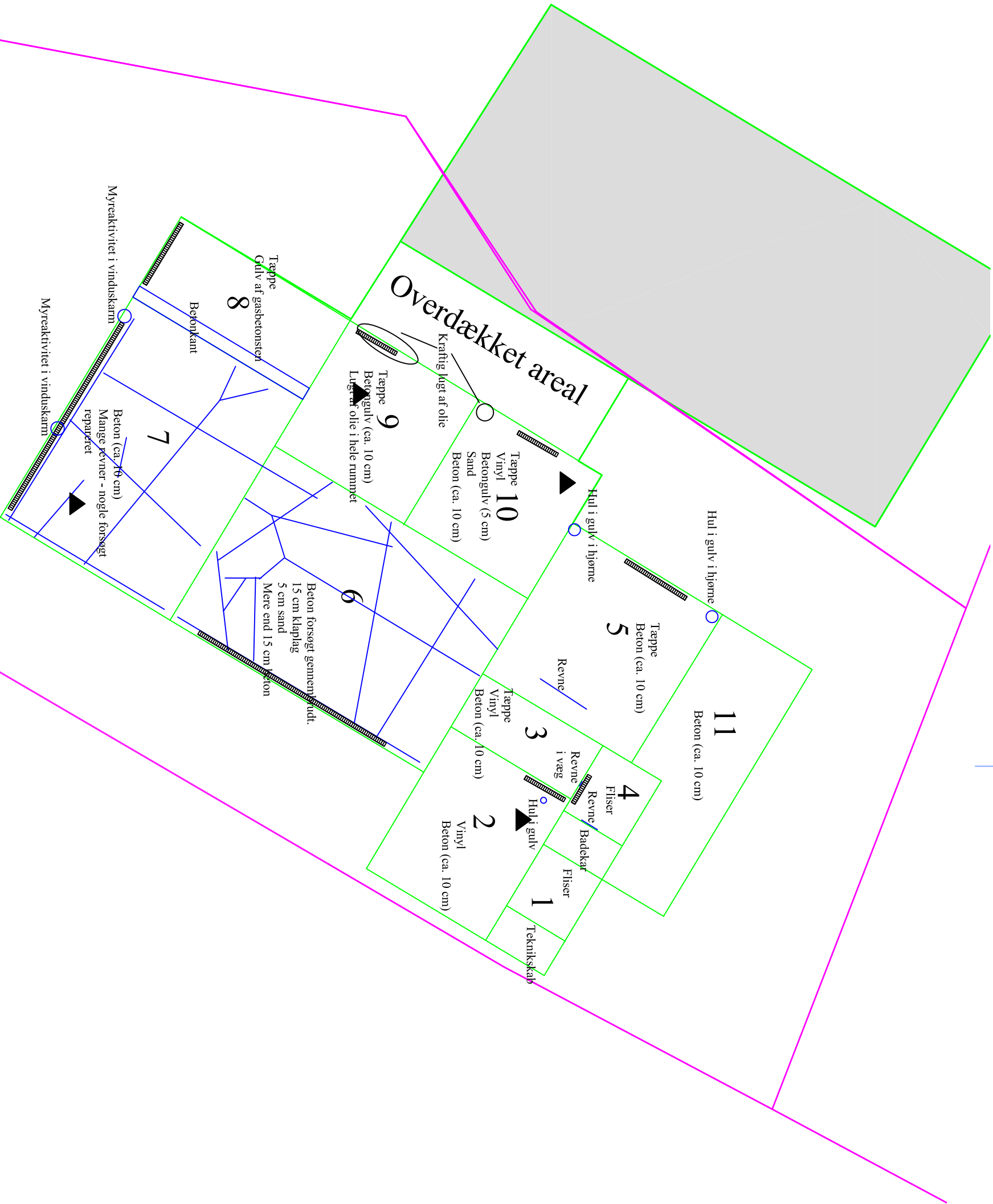
8.3

Vurdering

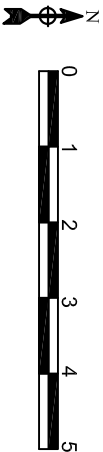
Sporgasundersøgelsen har vist, at der kun observeres udslag i nærheden af injektionspunkterne, og at der således skal være flere injektionspunkter, hvis det skal sikres, at hele gulvfladen dækkes tilstrækkeligt. Ved undersøgelsen er det påvist, at revnerne i stuegulvet (rum 7) er gennemgående, og der derfor er en føringsvej herigennem. Derudover er der påvist en føringsvej i værelse 9, hvor det også er muligt at lugte olien samt se indtrængningen på muren.

Under etableringen af kontrolpunkterne blev det observeret, at der er et kraftigt betongulv under det eksisterende gulv. Dette ekstra betongulv har sandsynligvis stor påvirkning på udbredelsen af sporgas under gulvet og til indeklimaet.

BILAG 1



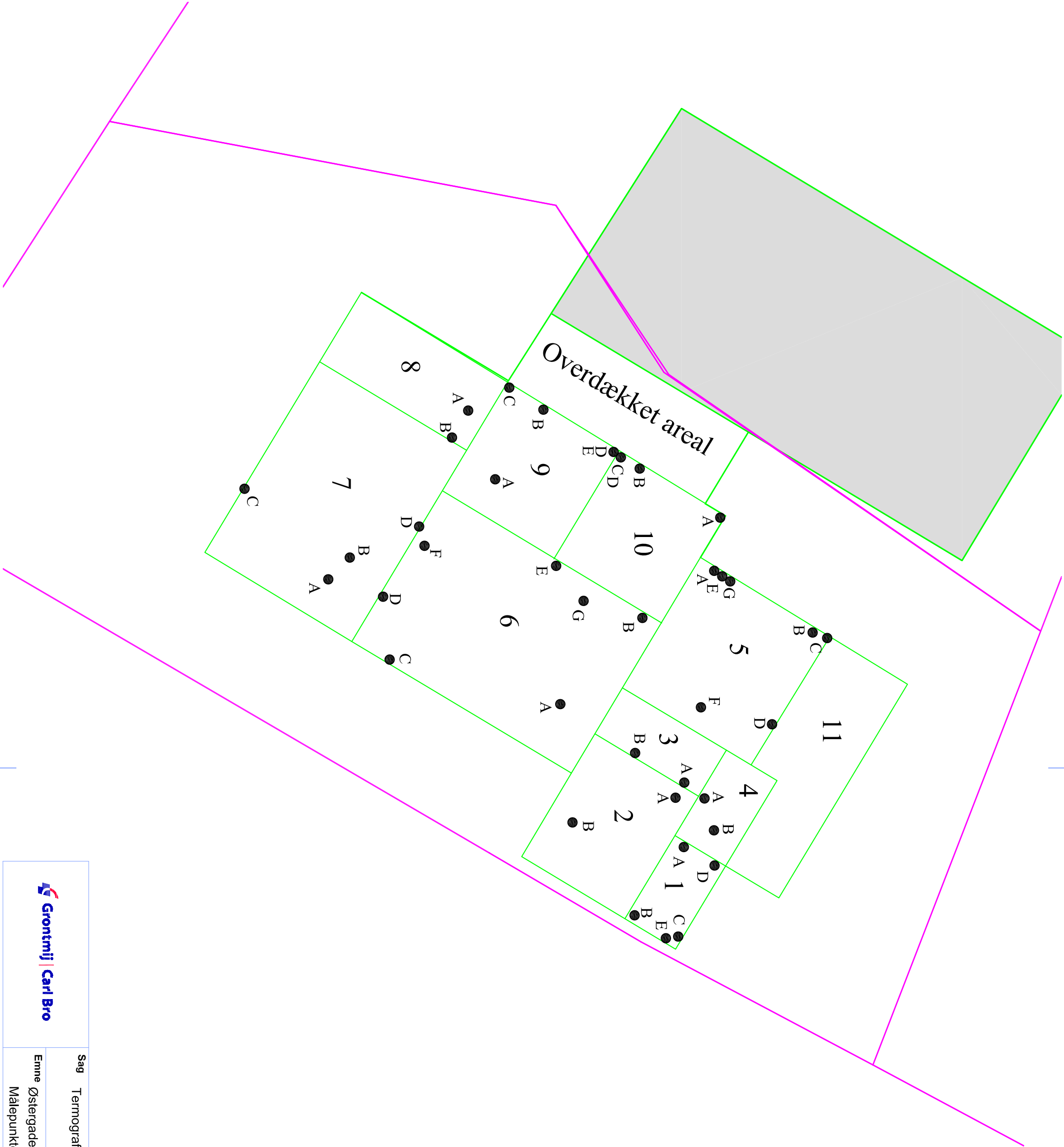
- Signaturforklaring**
- Bygning
 - Matrikel
 - Bygning på naboartikel
 - Radiator
 - Interessepunkt (hul eller andet)
 - Revine i gulv
 - Målepunkt for differenstryk



Sag Termografi og blowerdoor		Sag nr.	Dato	
Emne Østergade 5B, Rødding		30.6814.01	2010.08.19	
Byggeteknisk gennemgang		Tegn. nr.	Mål	Tegner
		0002	1:200	SOI

R:\Projects\AAL\30.30681401\CAD\Østergade\0002.dwg

BILAG 2



- Signaturforklaring
- Bygning
 - Matrikel
 - Bygning på nabomatrikel
 - Målepunkt for ppb-RAE

	Sag	Termografi og blowerdoor		Sag nr.	Dato	
	Emne	Østergade 5B, Rødding Målepunkter for ppb-RAE		30.6814.01	2010.08.13	
				Tegn. nr.	Mål	Tegner
				0001	1:200	SOI

R:\Projects\AAL\3030681401\CAD\Østergade\0001.DWG

BILAG 3

Jydsk Termograficenter

Termografi & Lækagesporing
www.jydskTermograficenter.dk



Konklusion efter trykprøvning af 4 adresser i jylland: Rødding, Århus, Vinderup og Videbæk.

Der blev sat undertryk på ejendommene, ved hjælp af en propel indsat i en dør (Blower door). Trykket blev sat efter anvisning fra Grontmij| Carl Bro.

Under tryksætningen blev der taget billeder med et termografikamera, for at se om der kunne påvises luft transport ind i bygningerne med dette. Der var især interesse i lufttransport ind i huset fra gulvet.

Efter gennemgang af billederne, på stederne og hjemme, under udfærdigelsen af rapporter, kunne der ikke ses luft indtrængning fra disse områder med kameraet.

Der var flere steder, især i Rødding, hvor der kunne måles ret høje luftstrømme med et instrument der kunne måle m/sek. Selv på disse steder kunne der ikke ses noget med termografi.

I Århus blev der forsøgt med at lægge et stykke a4 papir, hen over et sted hvor der kunne måles luft indtrængning. Der kunne der ses opvarmning/ nedkøling af papirets overflade.

Men alt i alt mener jeg ikke at det er muligt at anvende termografi som indikator for luft indtrængning af luft gennem gulv.

Gennemgangen af de fire bygninger, blev udført af Lars Buch Nielsen, 28197612
Hvis der er spørgsmål til de medsendte rapporter, så kontakt venligst ovenstående.

Med venlig hilsen
Jydsk Termograficenter
Alsikevej 10, 8900 Randers
Tlf: 86 42 94 08



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro

Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV

11-05-2010

Udført hos:

Hus

Østergade 5b

Rødding

7860 Skive

11-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Hus

Vejnavn Østergade 5b

Vejnavn 2 Rødding

By: 7860 Skive

Termografi Dato: 11-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

5 Pascal undertryk

Formål:

At gennemgå et hus der er tryksat til 5 pascal undertryk, med termografikamera. For at se om eventuelle luftindtrængninger kan ses med dette.

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Ved 5 Pascal undertryk kan der ses afkøling af konstruktion i loft og væg. Der er intet at se på gulvfladerne.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.: 1

Assistance:

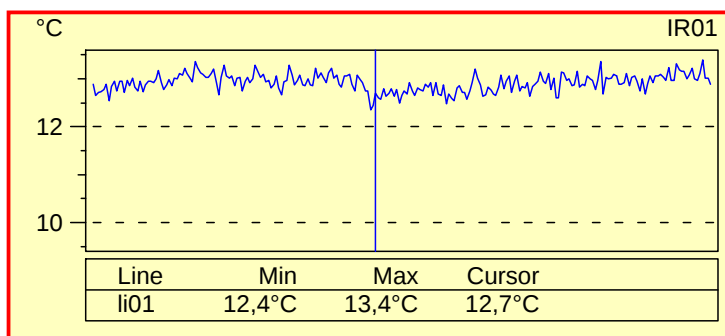
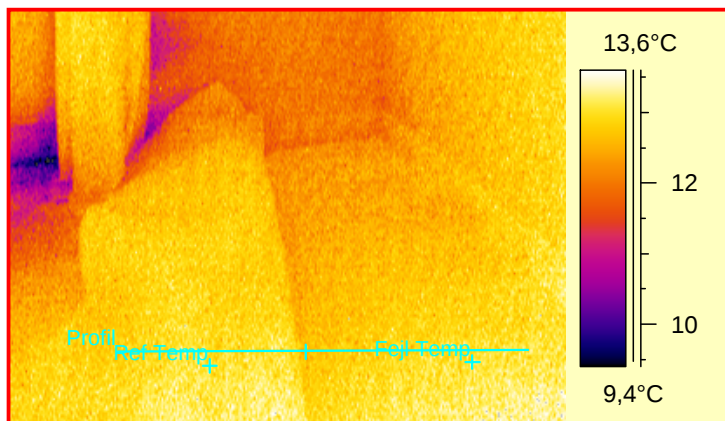
Fejl nr.: 1

Rekviren

Grontmij | Carl Bro

Dato: 11-05-2010

Lokalitet: Entre



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	13,1°C
Ref. temperatur	13,1°C
Differens temperatur	-0,0°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro

Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV

11-05-2010

Udført hos:

Hus

Østergade 5b

Rødding

7860 Skive

11-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Hus

Vejnavn Østergade 5b

Vejnavn 2 Rødning

By: 7860 Skive

Termografi Dato: 11-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Huset er tryksat til 12 pascal undertryk

Formål:

Forsøge at lokalisere luftindtrængning med termografikamera fra loft, væg og gulv.

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Der kan ses luftkøling af konstruktionen i loft og væg. Der kan ikke ses afkøling på gulvflader.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

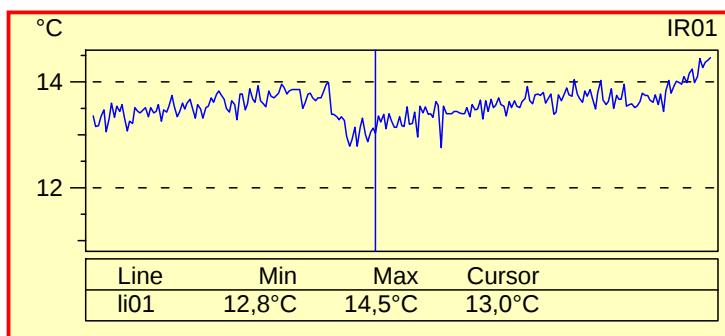
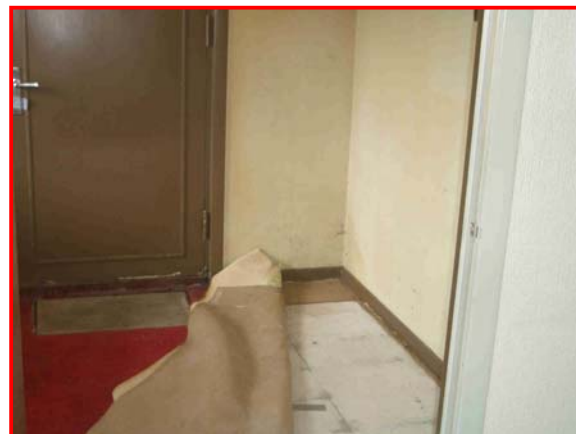
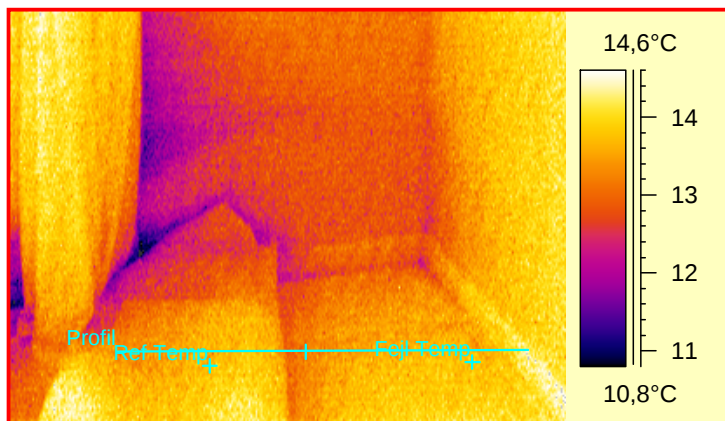
Bygningstermografirapport



Billede nr.: 1 Assistance: Fejl nr.: 1

Rekviren Grontmij | Carl Bro Dato: 11-05-2010

Lokalitet: Entre



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	13,8°C
Ref. temperatur	13,7°C
Differens temperatur	0,1°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

De blå streger" tunger" viser luftindtrængning fra dørparti.

Angående reparation:

Dato:_____ Fejl rettet af:_____

Bemærkninger:_____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro

Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV

11-05-2010

Udført hos:

Hus

Østergade 5b

Rødding

7860 Skive

11-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Hus

Vejnavn Østergade 5b

Vejnavn 2 Rødding

By: 7860 Skive

Termografi Dato: 11-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Huset er tryksat til 20 Pascal undertryk.

Formål:

At forsøge at lokalisere luftindtrængning fra loft, væg og gulv. Mens huset er tryksat til 20 pascal undertryk.

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Der kan ses luftindtrængning ved loft og væg. Der kan ikke ses luftindtrængning ved gulvet, selvom der kunne målet op til 5m/sek nogle steder.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.: 1

Assistance:

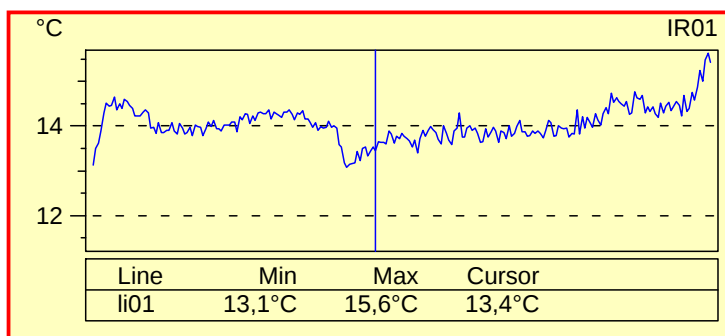
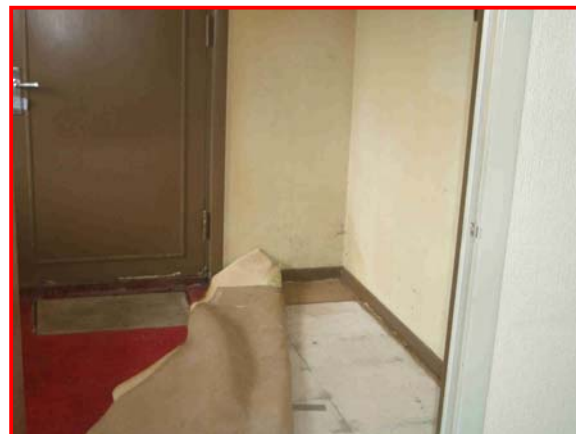
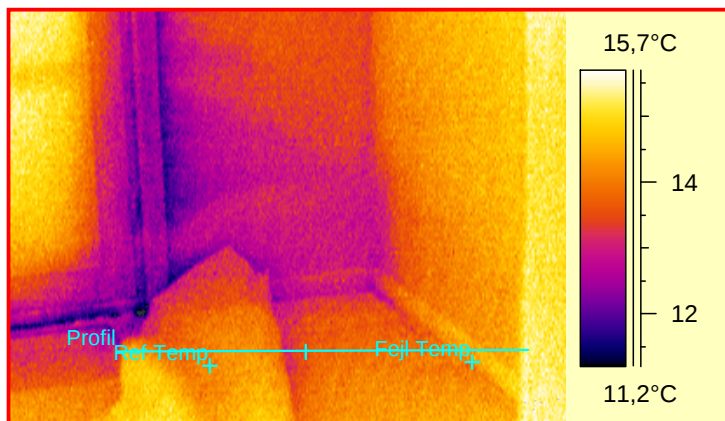
Fejl nr.: 1

Rekviren

Grontmij | Carl Bro

Dato: 11-05-2010

Lokalitet: Entre



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	14,0°C
Ref. temperatur	13,9°C
Differens temperatur	0,1°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro

Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV

11-05-2010

Udført hos:

Hus

Østergade 5b

Rødding

7860 Skive

11-05-2010

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Hus

Vejnavn Østergade 5b

Vejnavn 2 Rødning

By: 7860 Skive

Termografi Dato: 11-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

Formålet med undersøgelsen er, at afdække og fastslå kuldebroer samt dårlige isoleringsforhold i bygningen

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Hus blev tryksat til - 60 Pascal. Der kunne ikke ses afkøling ved luft indtrængning ved gulv. Samme resultat, som ved de lavere tryk trin.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.: 1

Assistance:

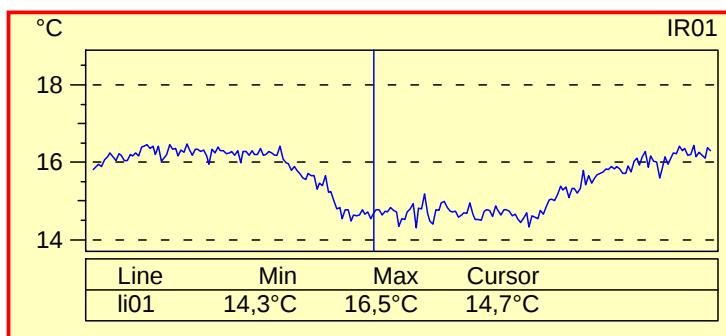
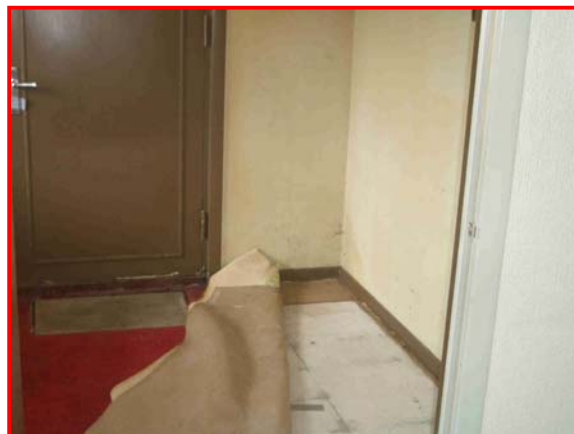
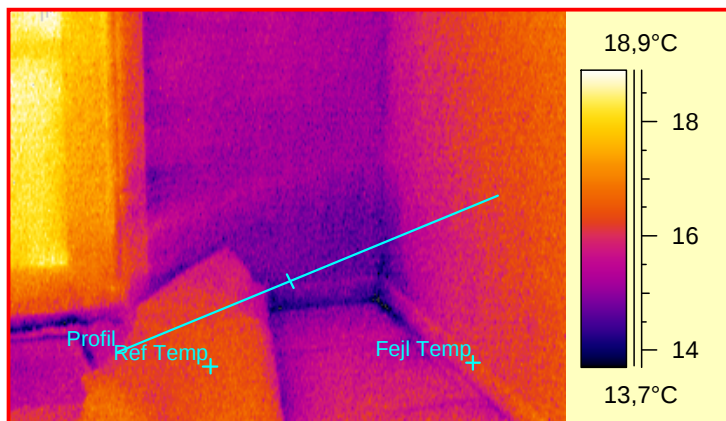
Fejl nr.: 1

Rekviren

Grontmij | Carl Bro

Dato: 11-05-2010

Lokalitet: Entre



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	16,3°C
Ref. temperatur	16,5°C
Differens temperatur	-0,3°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

Der ses afkøling ved dørkarm.

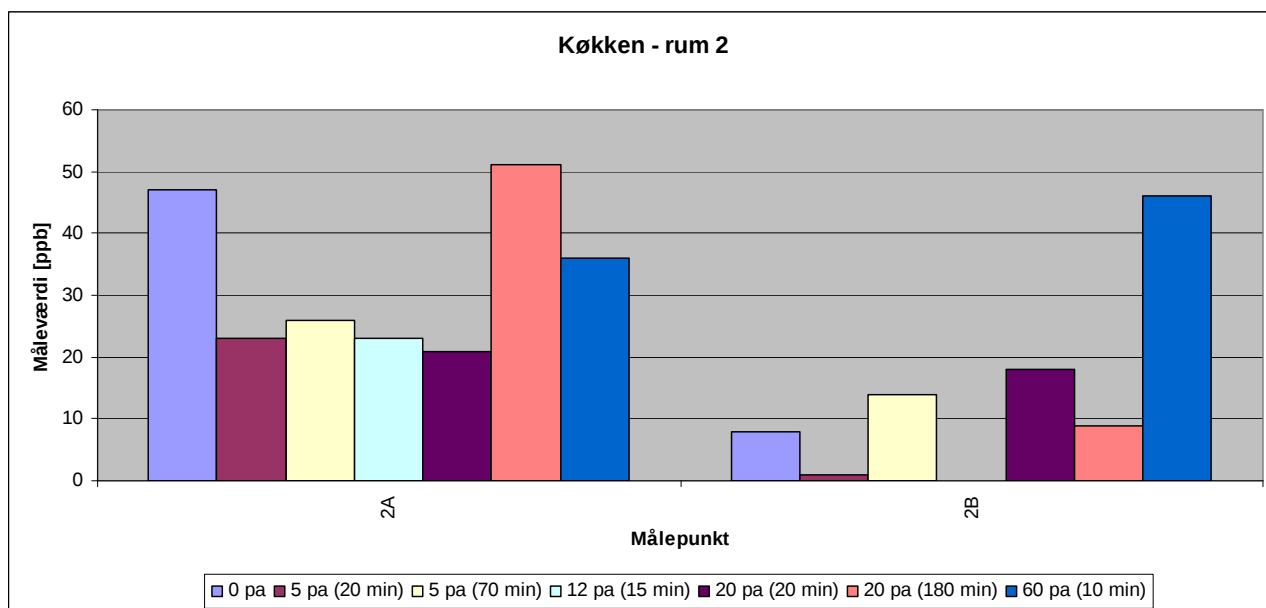
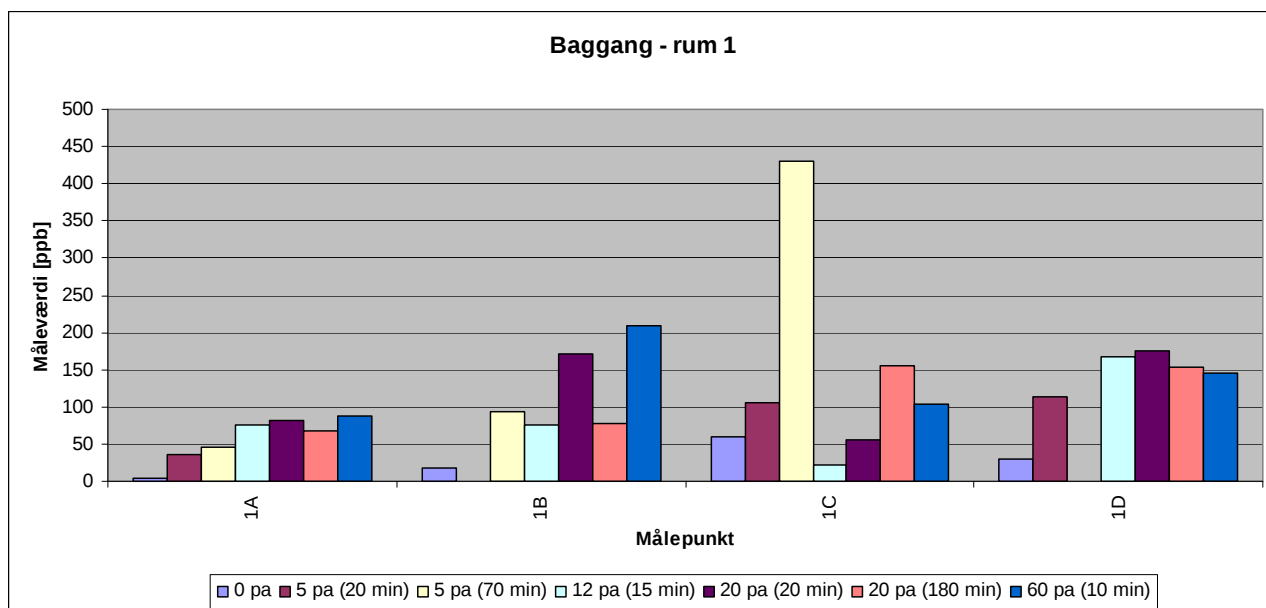
Angående reparation:

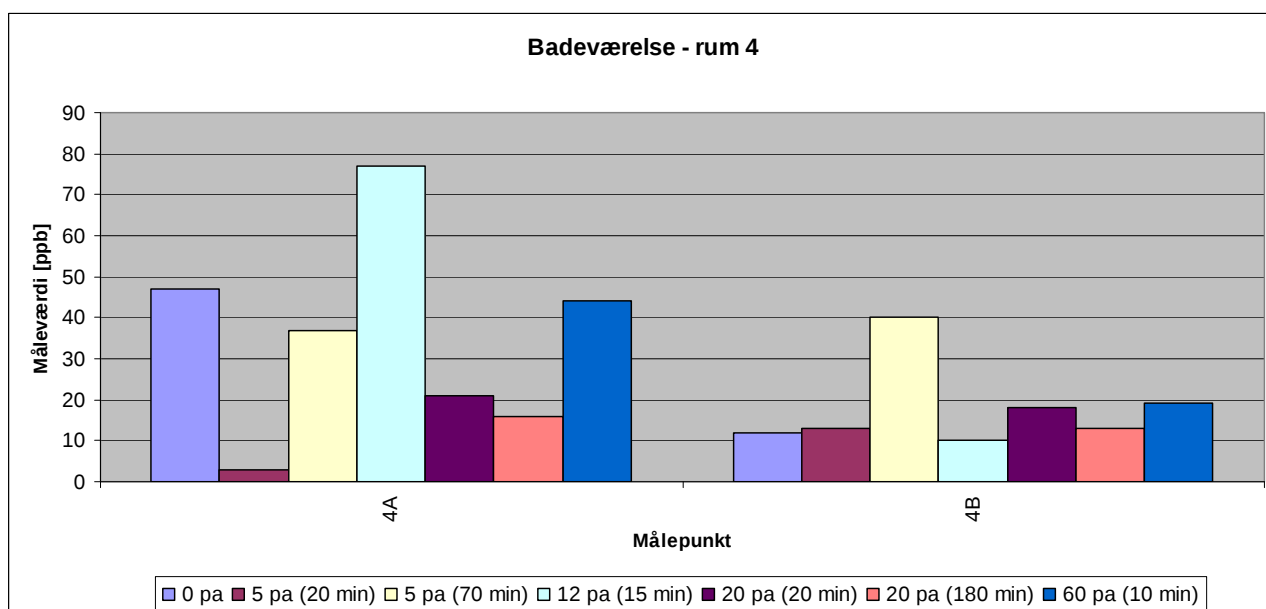
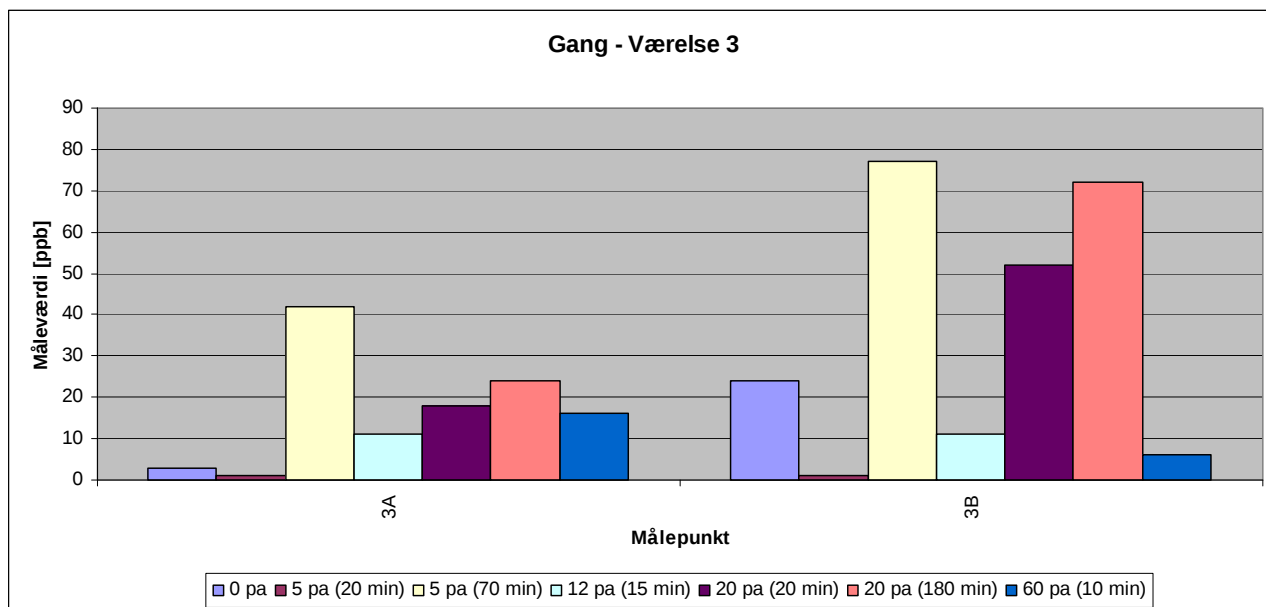
Dato: _____ Fejl rettet af: _____

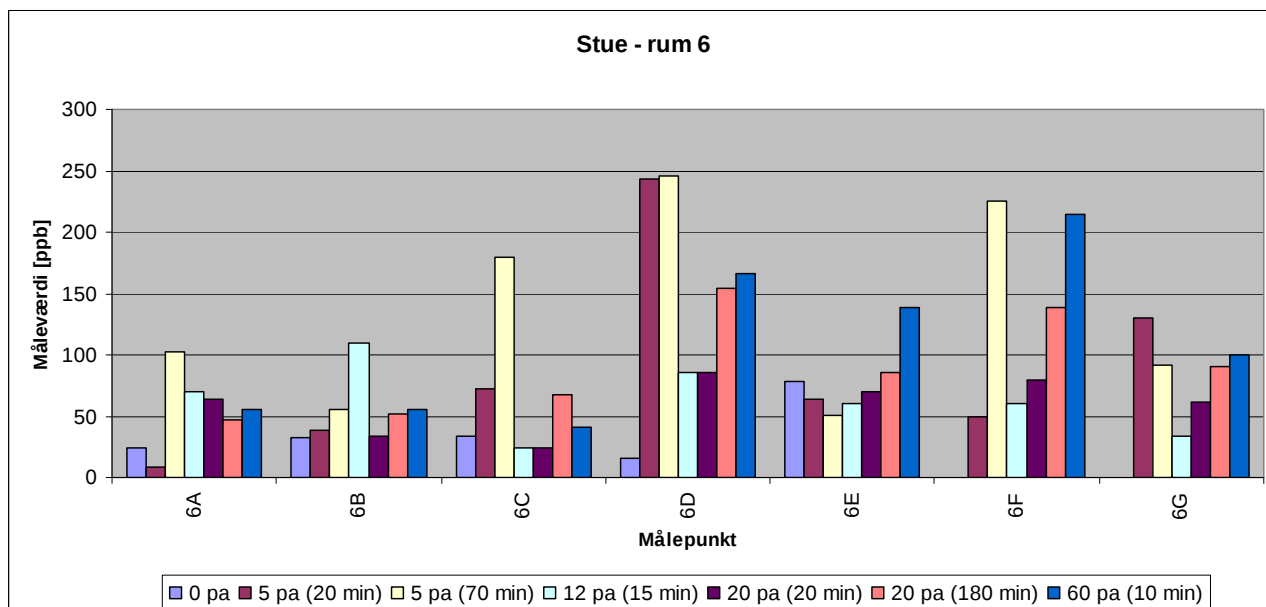
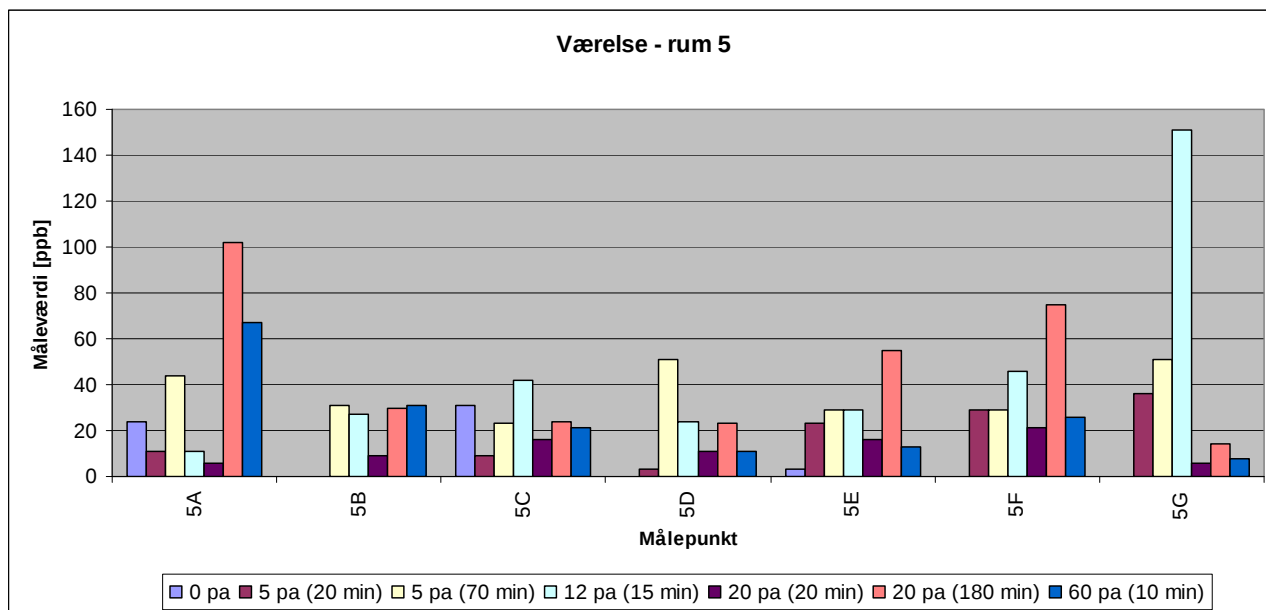
Bemærkninger: _____

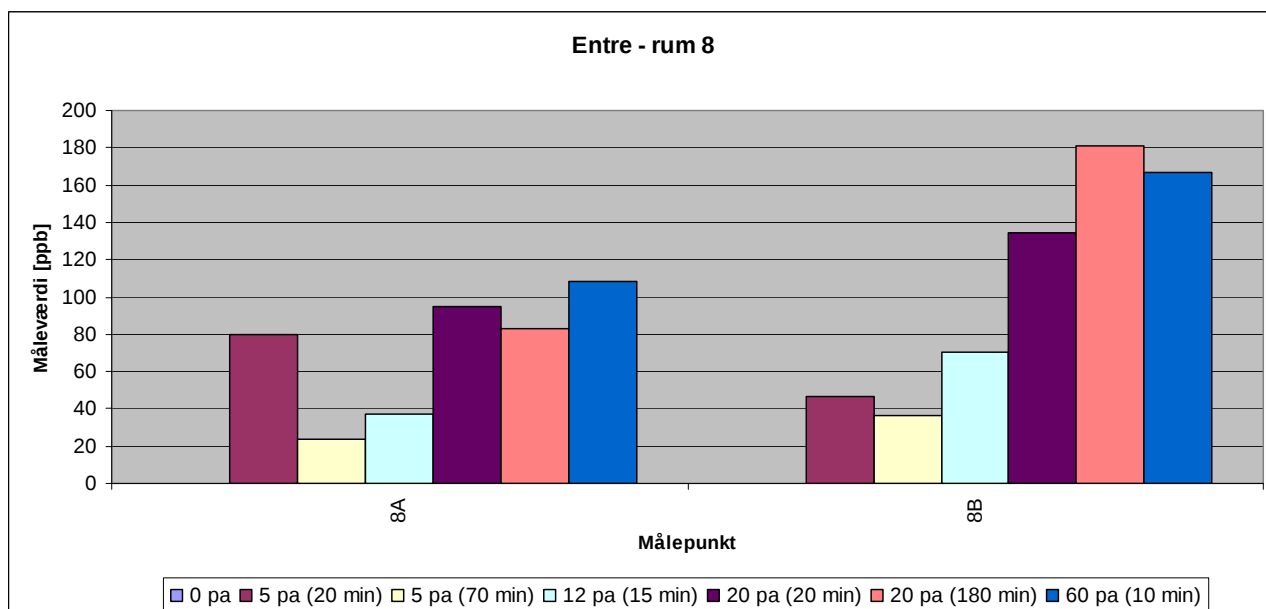
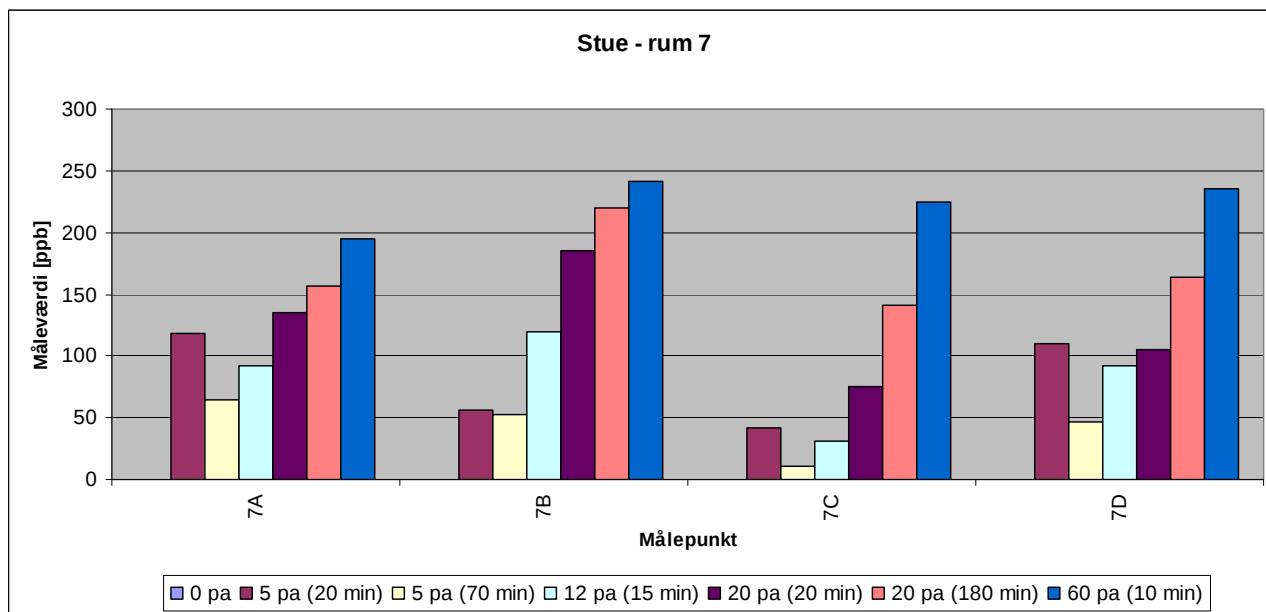
BILAG 4

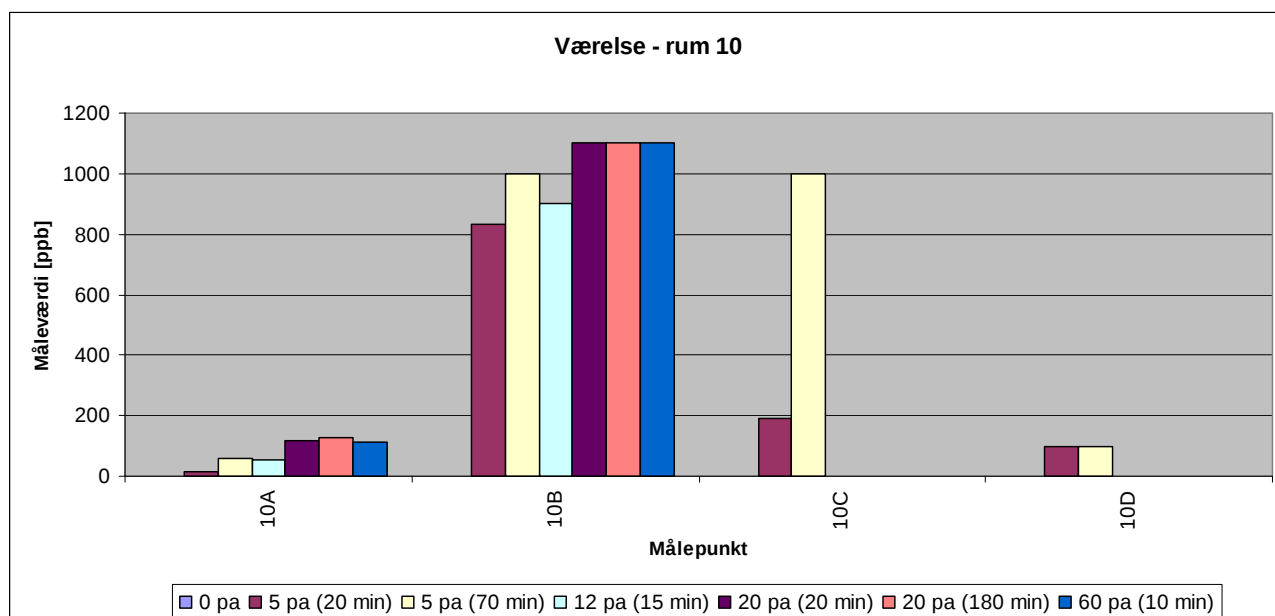
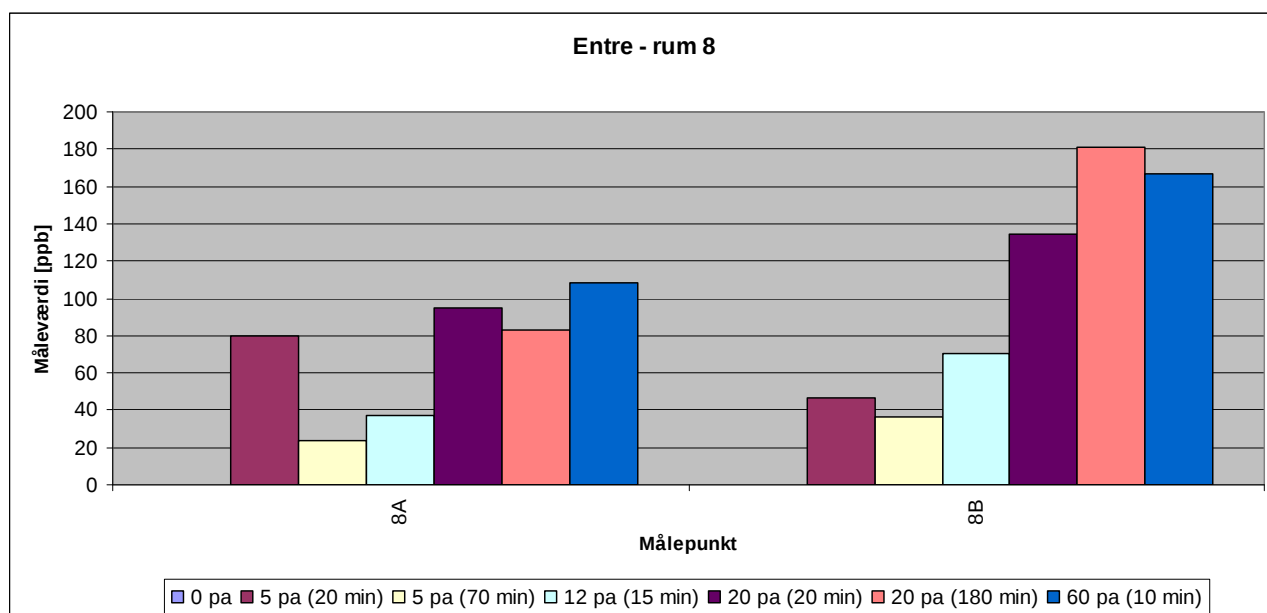
Ppb-RAE målinger under blowerdoorforsøg på Østergade 5, Rødning. Tidsangivelsen i parentes benævner den tid der har været undertryk før målerunden er påbegyndt.







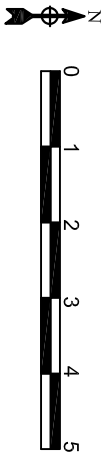




BILAG 5



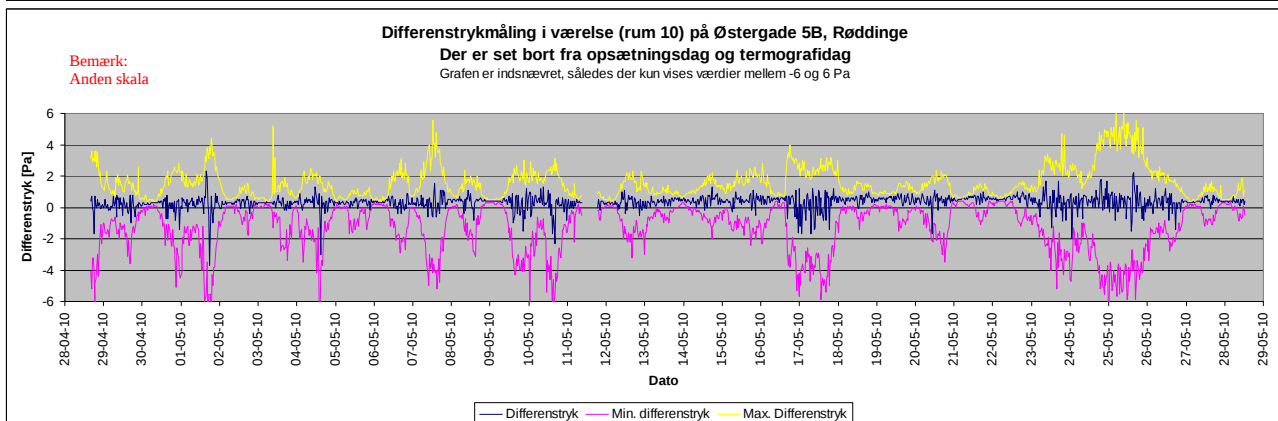
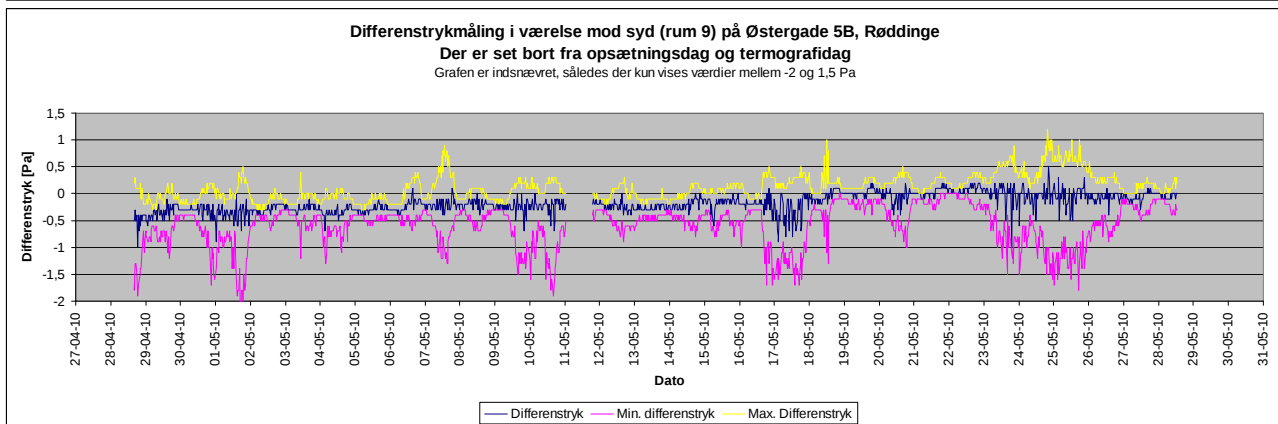
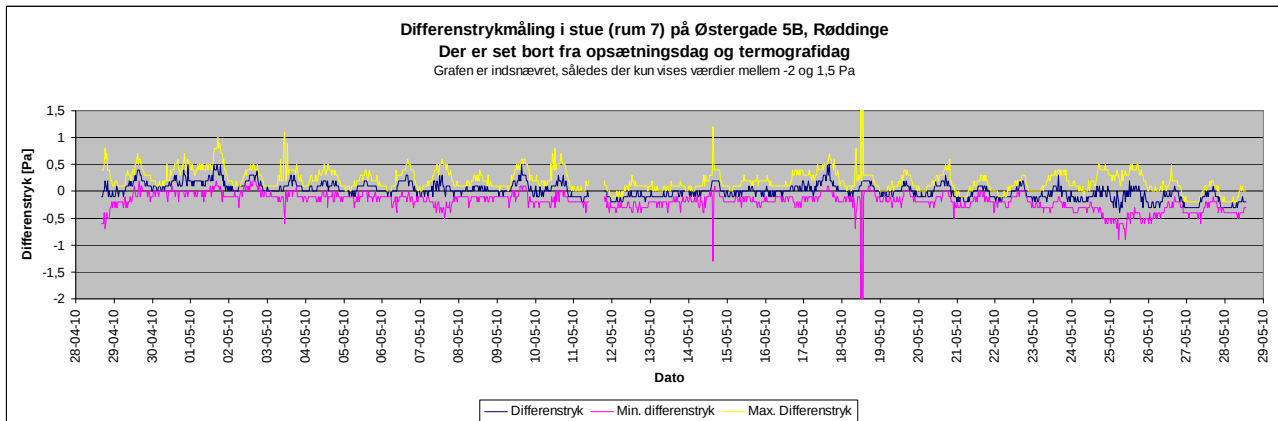
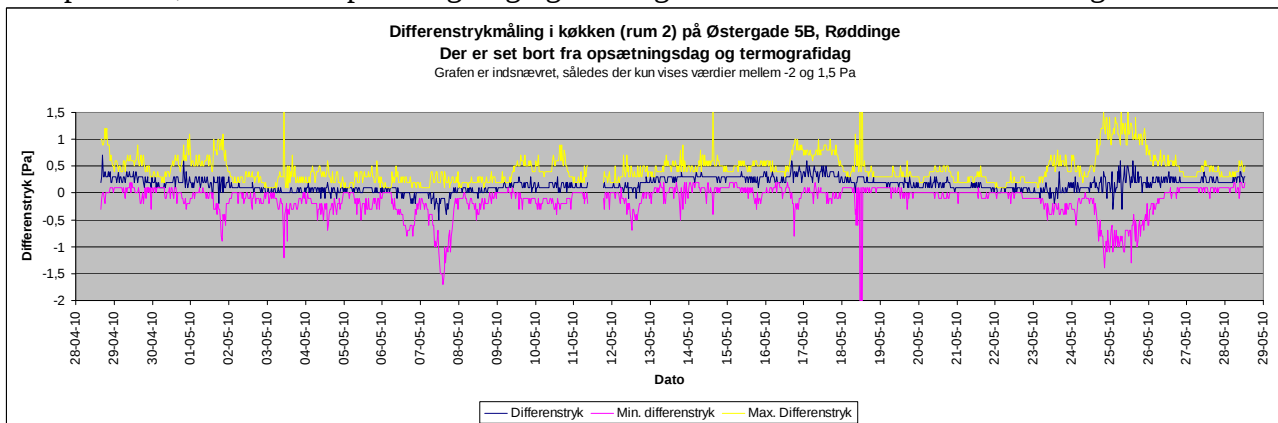
- Signaturforklaring**
- Bygning
 - Matrikel
 - Bygning på nabomatrikel
 - IP1
 - KP3
 - IP1
 - KP3
 - Lettere forhøjet udslag



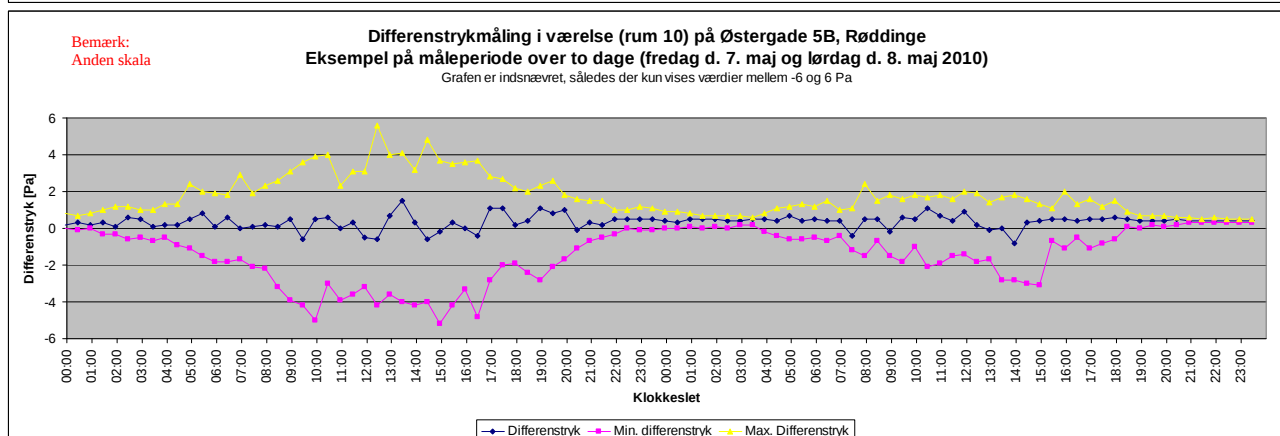
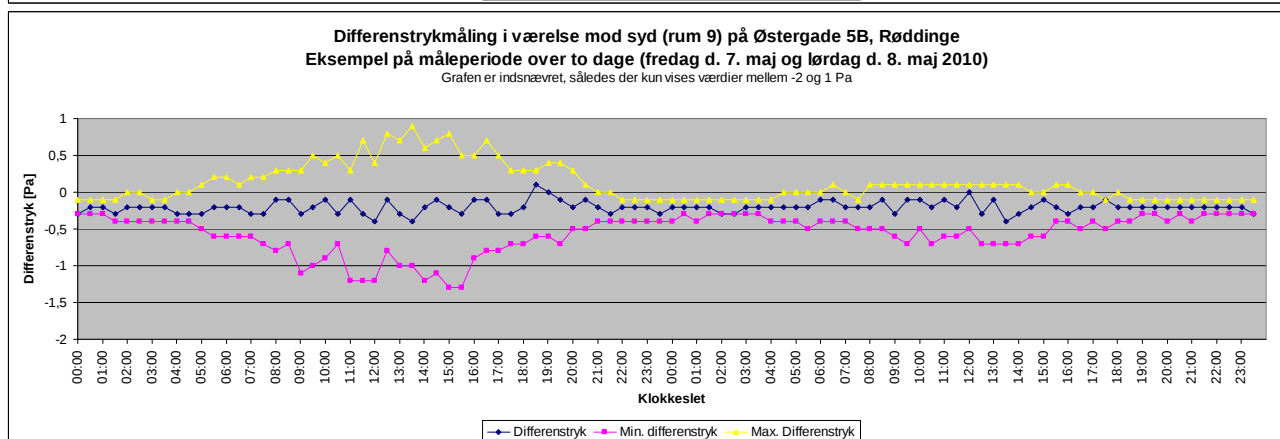
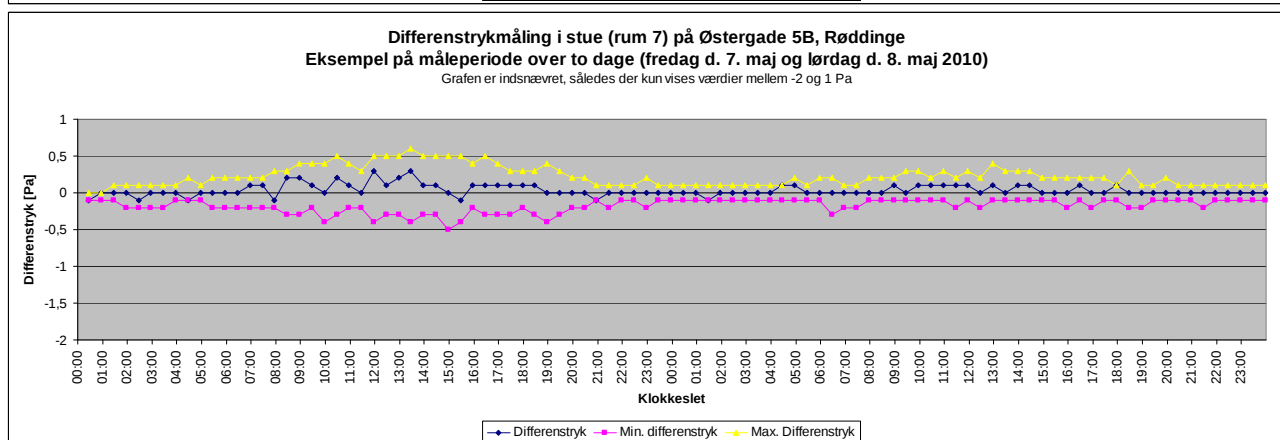
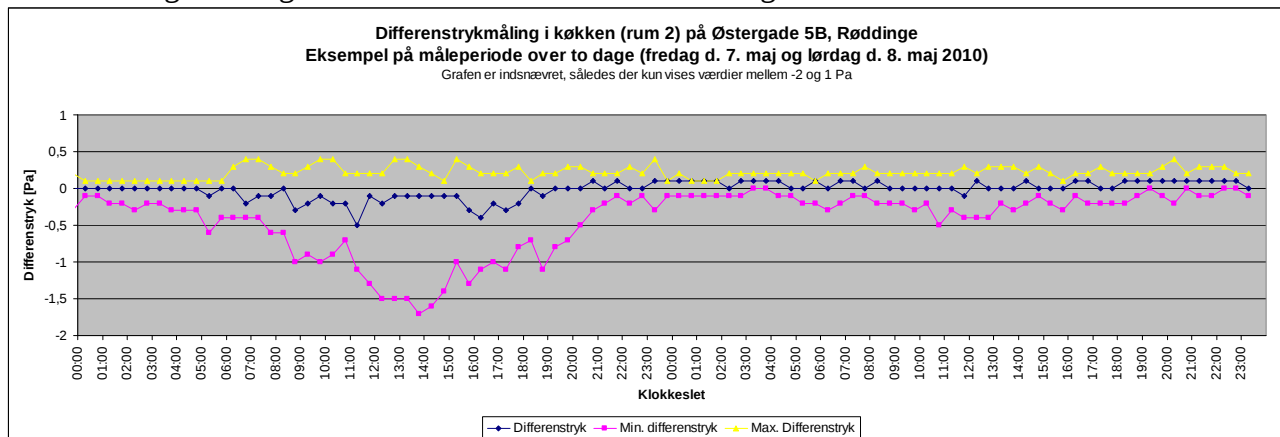
R:\Projects\AAL\3030681401\CAD\Østergade\0003.DWG		Sag nr.		Dato	
Sag		Termografi og blowerdoor		30.6814.01	
Emne		Østergade 5B, Rødding		Tegn. nr.	
Resultater fra sporgasforsøg		0003		Mål	
				1:200	
				Tegner	
				SOI	

BILAG 6

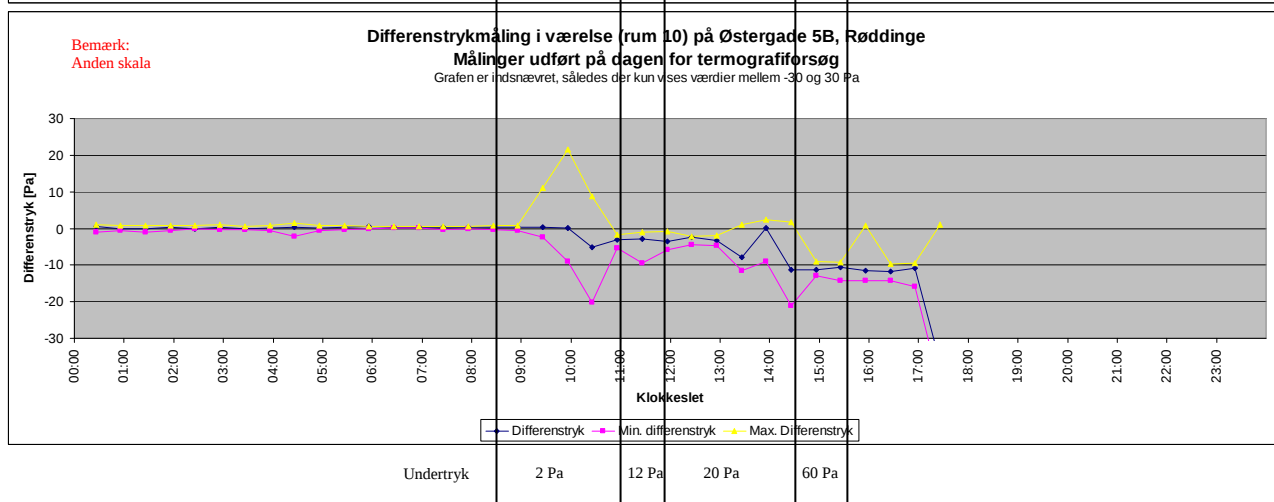
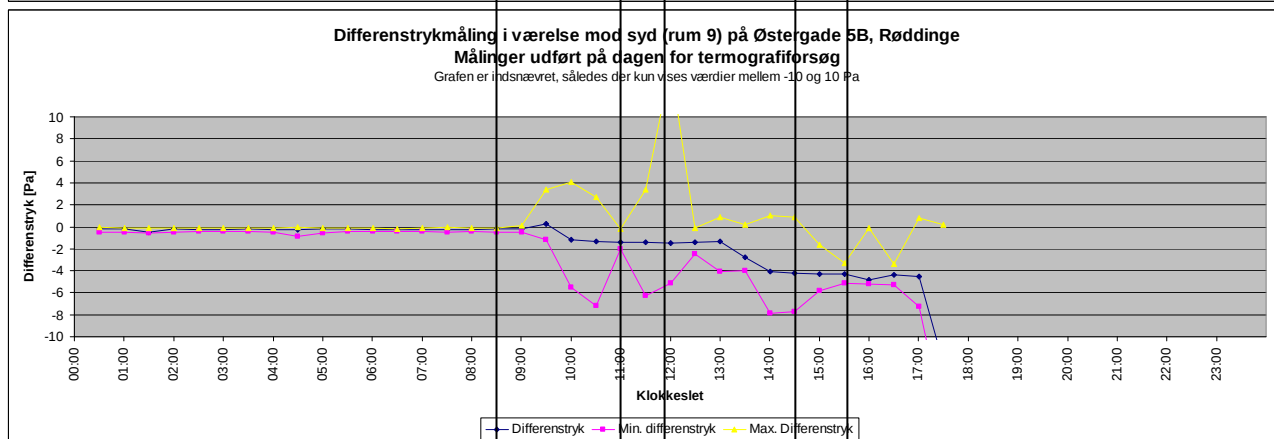
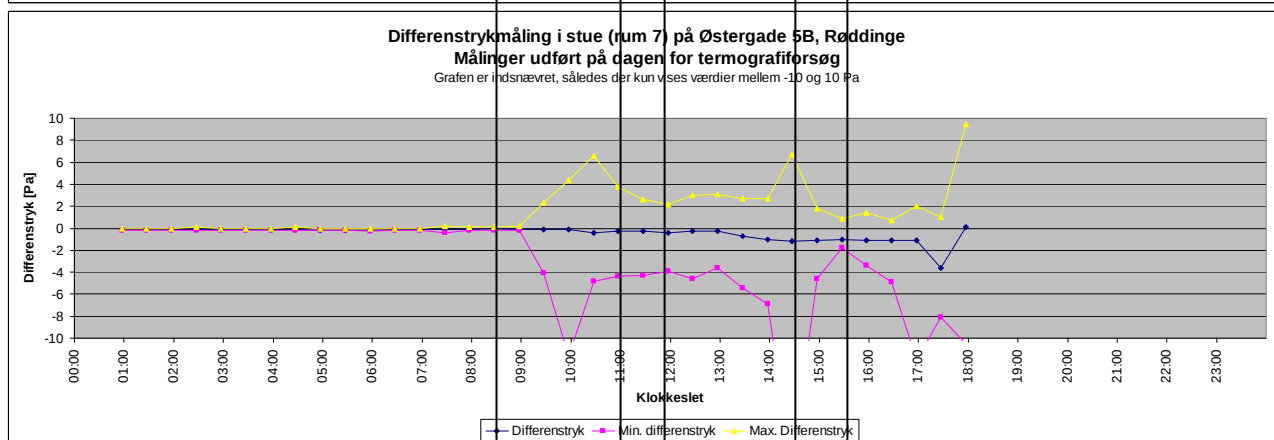
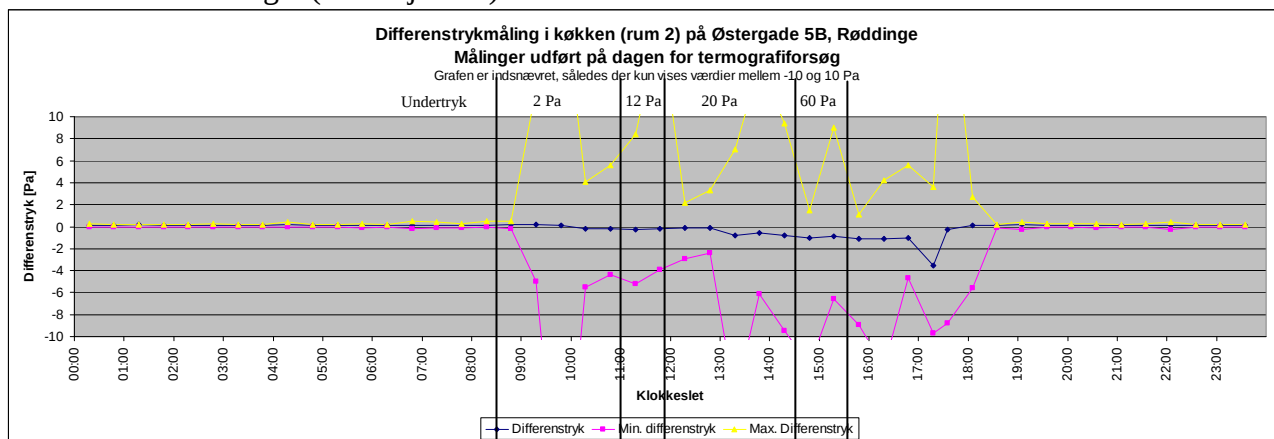
Resultater af differenstrykmåling på Østergade 5B, Rødning. Graferne viser resultaterne over hele måleperioden, bortset fra opsætningsdag og den dag der blev udført blowerdoorforsøg.



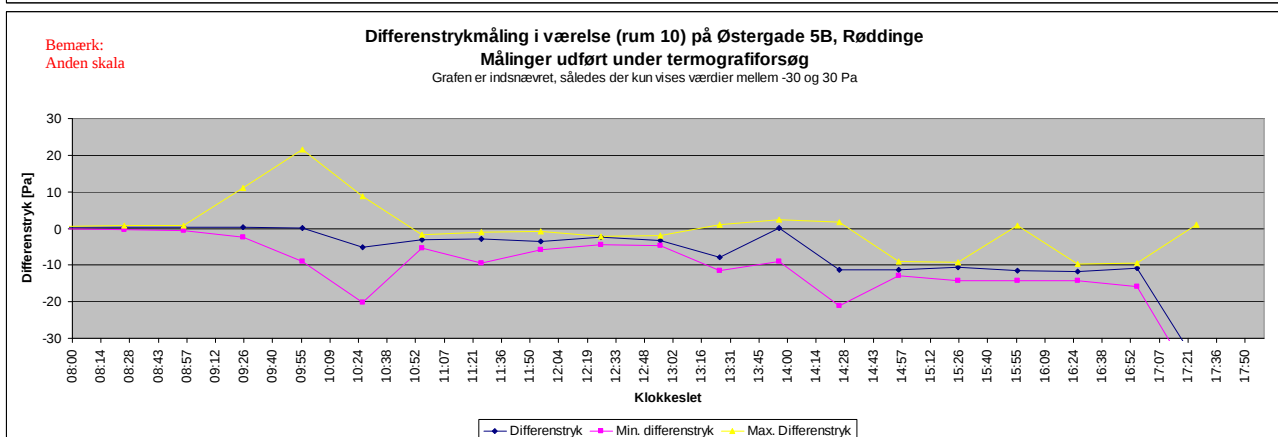
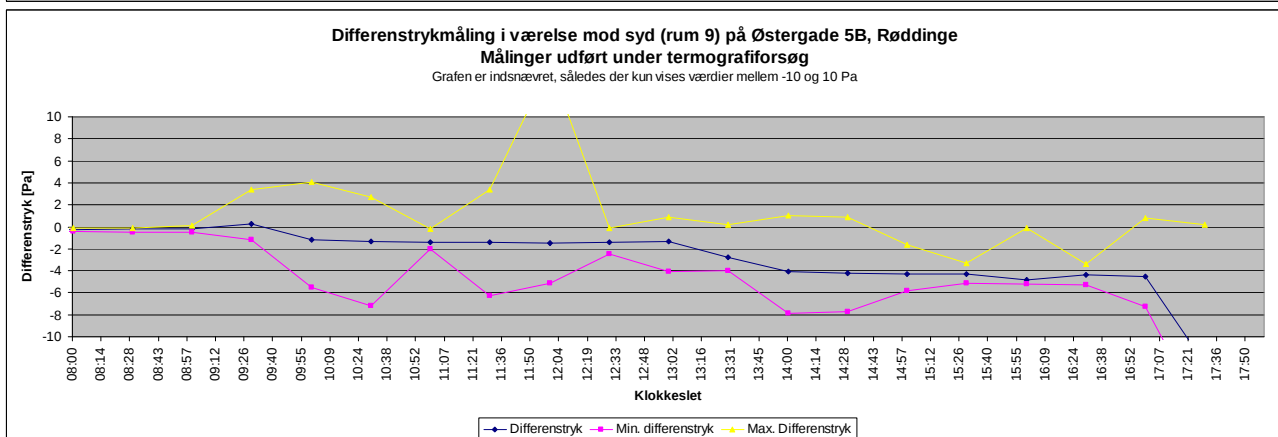
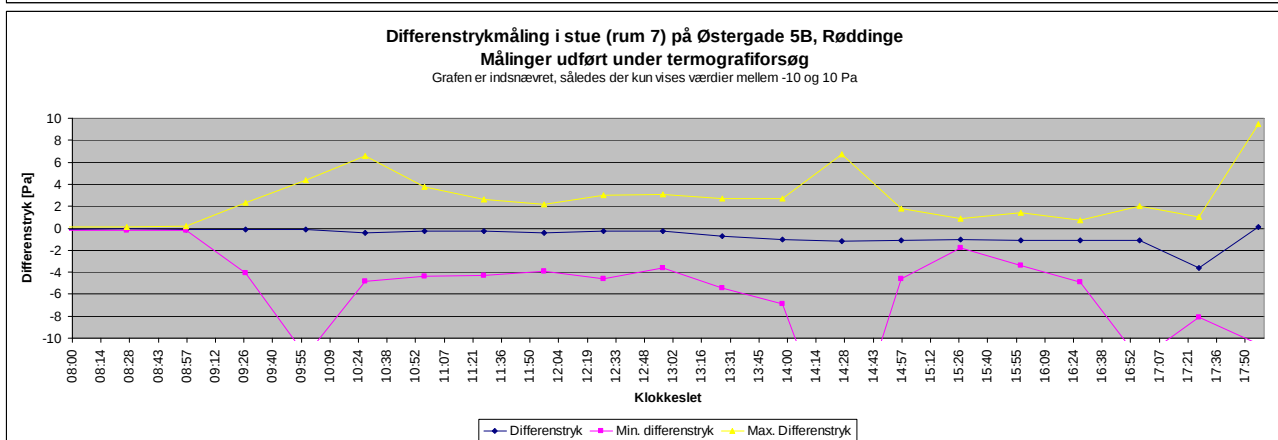
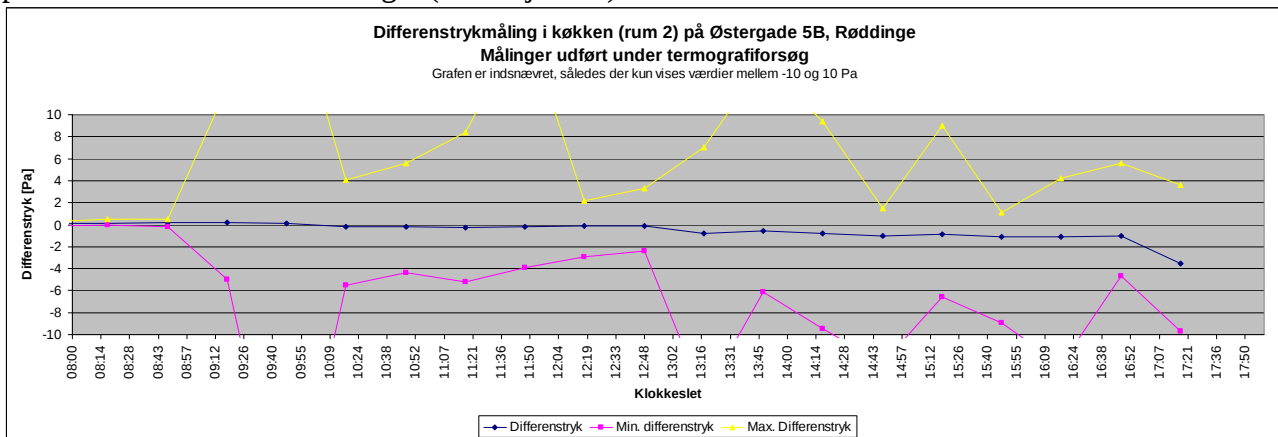
Resultater af differenstrykmåling på Østergade 5B, Rødning. Graferne viser resultaterne for to sammenhængende dage for at vise variationerne over et døgn.



Resultater af differenstrykmåling på Østergade 5B, Rødning. Graferne viser resultaterne for dagen for blowerdoorforsøget (11. maj 2010).



Resultater af differenstrykmåling på Østergade 5B, Rødning. Graferne viser resultaterne for perioden for blowerdoorforsøget (11. maj 2010).



BILAG 7

1

SPORGASFORSØG

Sporgasforsøg er en metode til at finde føringsveje for stoffer under gulv op i indeklimaet.

1.1

Metode

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas, med et flow på 0,5 - 2 L/min. Dernæst foretages en kvalitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, der afgiver et lyd- og lyssignal, hvor intensiteten afspejler gasniveauet.

Ved en typisk test etableres først et injektionspunkt – f.eks. i hot-spot for den konstaterede poreluftforurening – samt et antal kontrolpunkter ved gennemboring af gulvet og –væggene i forskellige afstande og retninger fra injektionspunktet. Kontrolpunkterne afproppes, f.eks. med gummipropper, når der ikke måles i dem.

Inden gennemførelse af selve testen foretages dernæst en afsøgning med gasdetektoren i samtlige injektions- og kontrolpunkter samt i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende forventes testet. Denne afsøgning foretages for at registrere eventuelle forhøjede baggrunds niveauer, da der er tale om en uspecifik detektor, jf. afsnit 3.2.

Dernæst påbegyndes udledning/injektion af sporgas i det første injektionspunkt. Successivt igennem testen kan der evt. foretages en flytning af injektionspunktet til et af de tidligere kontrolpunkter for at opnå en bedre mætning af poreluften under/omkring de testede bygningsdele.

Afsøgningen med gasdetektoren foretages efterfølgende i de områder af bygningen, hvor der, via kontrolpunkterne, er skabt vished for at sporgassen har spredt sig til den omkringliggende poreluft.

1.2

Udstyr

Der anvendes en sporgas fra Air Liquide; en specialgas bestående af 5 % brint og 95 % kvælstof. Denne gas er klassificeret som en inert gas. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til injektionspunktet. Der er benyttet ler til at tætnes mellem slange og betongulv.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10. Detektoren reagerer direkte (uden pumpe) på en række gasser (f.eks. methan, ammoniak, brint, butan, propan, acetone, kølemidler, hydrogensulfat, lak/fortynder, opløsningsmidler og flybrændstof).

Selve detektoren sidder på en fleksibel "arm", således at der kan måles "omkring hjørner" og på svært tilgængelige steder. Apparatet afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet afspejler det relative gasniveau, idet detektoren kan indstilles i følsomhed, således at baggrunds niveauet afgiver tre til fire sekunder pr. "klik".

Resultaterne fra sporgastesten graderes som:

- Grønt niveau = ikke forhøjet udslag.
- Gult niveau = lettere forhøjet udslag.
- Rødt niveau = forhøjet udslag.

BILAG 8



Rum 1: Baggang



Rum 1: Teknikskab i baggang



Rum 2: Køkken



Rum 2: Differenstrykpunkt i køkken



Rum 2: Målepunkt i køkken



Rum 2: Målepunkt i køkken (ved radiator)



Rum 3: Gang



Rum 3: Gang



Rum 4: Badeværelse



Rum 4: Revne mellem gulv og badekar



Rum 4: Revne i væg i badeværelse



Rum 5: Revne i gulv ved dør



Rum 5: Hul i gulv i hjørne (punkt A)



Rum 5: Hul i gulv i hjørne (punkt B)



Rum 6: Revner i stuegulv



Rum 6: Revner i stuegulv



Rum 6: Revner i stuegulv



Rum 6: Revner i stuegulv



Rum 7: Revner i stuegulv



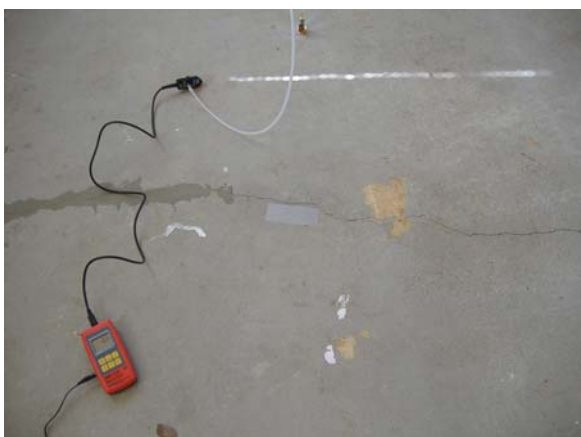
Rum 7: Revner i stuegulv



Rum 7: Revner i stuegulv



Rum 7: Revner og differensterypunkt



Rum 7: Differensterypunkt ved revner



Rum 7: Sporgasforsøg i stue



Rum 8: Entre



Rum 9: Differenstrykpunkt i værelse



Rum 9: Sporgasforsøg i værelse



Rum 10: Differenstrykpunkt i værelse

Datanotat for Frederiksbjerg Torv 8, Århus

Teknisk notat

**Sporing af indtrængningspunkter for forurenede poreluft
fra underside af hus til indeklimaet, Frederiksbjerg Torv
8, Århus**

30. marts 2011
Projekt: 30.6814.19

Udarbejdet : Søren Kreilgaard
Kontrolleret : Majbrith Langeland
Vedlagt : Bilag 1: Situationsplan
Bilag 2: Plan med målepunkter med ppb-RAE
Bilag 3: Konklusion og udvalgte sider fra rapporter fra termografiforsøg
Bilag 4: Resultat fra målinger med ppb-RAE
Bilag 5: Plan med placering af differenstrykmålere
Bilag 6: Resultater fra differenstrykmålinger
Bilag 7: Fotos

1 INDLEDNING

Dette notat er udarbejdet som et bilag til en overordnet rapport der beskriver og sammenfatter erfaringerne med de enkelte metoder.

Grontmij | Carl Bro A/S har afprøvet metoder til bestemmelse af indtrængningspunkter for forurenede poreluft gennem gulv eller andre føringsveje på Frederiksbjerg Torv 8, 8000 Århus C. Afprøvningen af metoder er udført under teknologiudviklingsprojektet mellem Region Midtjylland og Grontmij | Carl Bro. Udviklingsprojektets formål er at vurdere forskellige metoder til påvisning af føringsveje for forurening ind i bygninger.

Teknologiudviklingsprojektet på denne matrikel har omfattet:

Metode	Beskrivelse	Udført
Visuel byggeteknisk gennemgang	Brud, revner og andre visuelle føringsveje bestemmes. Det er ikke muligt, at vurdere om de er gennemgående	Ja
Undertryk udført af almindelige installationer	Undertrykket der kan leveres af almindelige ventilationer (emhætte, badeværelsesventilatorer) bestemmes. Undertrykket der leveres af disse installationer er lille og meget afhængig af bygningens tilstand.	Nej
Termografi (uden undertryk)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af om der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (uden undertryk)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (uden undertryk)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Nej
Termografi (med undertryk fra blowerdoor)	Gennemgang af bygningen med et termografikamera ved forskellige undertryk for at vurdere indtrængningspunkter ved hjælp af temperaturforskelle. Metoden er afhængig af at der er en temperaturforskel mellem indeklima, bygningsmaterialer, udeluft og luft under gulv.	Ja
ppb-RAE måling (med undertryk fra blowerdoor)	Måling med et ppb-RAE instrument på mulige indtrængningspunkter ved forskellige undertryk. Metoden giver momentant udslag, men er ikke stofspecifik.	Ja
Sporgasforsøg (med undertryk fra blowerdoor)	Der injiceres sporgas under gulv og mulige indtrængningspunkter identificeres ved forskellige undertryk. Denne metode er afhængig af geologien under bygningen og kan begrænses af højtstående grundvandsspejl.	Nej

Den byggetekniske gennemgang af bygningen er udført den 28. april 2010. Under den byggetekniske gennemgang blev der opsat differenstrykmålere til at måle trykforskellen over og under gulv i bygningen. Differenstrykmålerne har målt trykforskellen i perioden 28. april til 28. maj 2010.

Den 12.maj 2010 blev der udført test med BlowerDoor og termografiundersøgelse samt screening med ppb-RAE til bestemmelse af indtrængningspunkter.

2 BYGNINGSBESKRIVELSE OG BAGGRUND

2.1 Baggrund

Ejendommen er fra 1901 i 3 etager, med en kælder der benyttes til opbevaring og vaskekælder. Ejendommen har været anvendt til bolig siden opførelsen i 1901. Der er påvist en forurening med chlorerede opløsningsmidler under kældergulvet. Forureningen stammer fra et tidligere renseri på naboejendommen Frederiksbjerg Torv 10.

2.2 Bygningsbeskrivelse

Kun forhold relevant for projektet er beskrevet nedenfor.

En situationsplan med bemærkninger fra den byggetekniske gennemgang kan ses i bilag 1. Alle rummene i bygningen har fået et nummer hvilket også kan ses på situationsplanen. I bilag 9 er vedlagt billeder fra ejendommen.

Bygningen er muret op med mursten, og der er påvist hulmur i kældervæggen. Kælderen strækker sig under både Frederiksbjerg Torv 8 og Schleppegrellsgade 1. Det er dog muligt at lukke kælderen af mellem de to ejendomme. Der er betongulv i hele kælderen. Adskillelsen mellem kælder og stueplan består af pudsede lofter eller gipslofter.

Nedenstående beskrivelse af rum i kælderen er afgrænset til de rum, der er benyttet under BlowerDoor-forsøget.

Tykkelsen af betongulvet er mellem 8 og 10 cm, og gulvet ser generelt ud til at være i god stand.

Rum 1 – Indgang: Gulvet er af beton og er i god stand. Gulvet er malet. Der er adgang til trappeopgang til Frederiksbjerg Torv 8, Vaskekælder (rum 2), kælder under Schleppegrellsgade 1 samt til en yderdør til baggården. Der er ingen udluftning i rummet.

Rum 2 – Vaskekælder: Gulvet er af beton og generelt i god stand. Gulvet er malet. Der er et gulvafløb samt to afløb fra vaskemaskiner og vask. Derudover er der en udluftning fra tørretumbleren til ydersiden af huset. Vaskemaskinerne står på en opsats.

Rum 3 – Tørrerum: Gulvet er af beton og i generelt god stand. Gulvet er malet. Der er tegn på fugt i et hjørne og malingen på muren skaller. Der er opstillet en affugter i rummet.

På baggrund af den byggetekniske gennemgang er der udvalgt 31 interesse-/målepunkter til undersøgelsen.

3

DIFFERENSTRYKMÅLING

Der har været opstillet differenstrykmålere til at måle forskellen i trykforhold mellem under gulv og inde i bygningen i tre rum (rum 1, 2 og 3). Derudover var der opstillet en differenstrykmåler til måling af trykforskellen mellem indeklimaet og hulmur i rum 3. Placeringen af differenstrykmålerne kan ses i bilag 5.

I bilag 7 fremgår differenstrykmålinger. Differenstrykket er logget hver halve time og er vist med blå kurve. Endvidere er det højeste og det laveste tryk i den foregående halve time angivet med hhv. den gule og den lyserøde kurve.

Følgende er vist i bilag 7:

Side 1: Differenstrykmålinger for hele perioden, hvor data fra opsætningsdagen samt dagen for BlowerDoor-testen er udeladt. Dette er gjort, da målerne giver høje udsving, når der bliver arbejdet ved måleinstrumentet som er tilfældet ved opsætningen. Dataene fra tidspunktet omkring BlowerDoor-testen er også fjernet, da de giver høje udslag, og det dermed kan være svært at se normaludsvingene i boligen på de andre dage.

Side 2: Differenstrykmålinger på 2 vilkårlige dage for at se variationen over døgnet.

Side 3: Differenstrykmålinger på dagen for BlowerDoor-testen.

Side 4: Differenstrykmålinger på perioden under BlowerDoor-testen.

Differenstrykmålingerne viser at der generelt er undertryk i indeklimaet i kælderen. 3 af differenstrykmålerne viser et stigende undertryk i indeklimaet, hvilket ikke vises på den sidste differenstrykmåler. De tre målere der viser det ændrende differenstryk har derudover været udsat for en strømafbrydelse i 4 dage, og målingerne er muligvis fejlbehæftede.

Generelt er der mange kraftige udsving i måleperioden. Dette skyldes at kælderen er i brug og der går folk frem og tilbage samt benytter vaskemaskinerne, tørretumbleren og tørrerummet i kælderen.

Under blowerdoorforsøget viser alle måleresultater udsving under de forskellige trykforhold. Udsvingene er dog mest tydelige på målerne i rum 1, 2 og hulumuren i rum 3.

Der ses tydelige udsving når der laves større undertryk i kælderen. På baggrund af differenstrykmålingerne samt ppb-RAEmålingerne vurderes gulvene at være tætte i kælderen, bortset fra enkelte steder omkring den tværgående mur i kælderen.

4

BLOWERDOOR

Der er udført en BlowerDoor-test den 12. maj 2010. Formålet har været at vurdere om forskellige undertrykpåvirkninger af bygningen vil skabe højere gennemtrængning af forurenende stoffer fra poreluften under gulvet samt om det derved vil være muligt at finde flere indtrængningspunkter.

BlowerDoor-testen er udført ved at bygningens ventilationsriste, døre og andre åbenlyse luftføringskanaler er tætnet med plastik/tape. Herefter er der lavet undertryk i bygningen ved BlowerDoor. Fotos fra BlowerDoor-forsøget kan ses i bilag 7.

Ved BlowerDoor-forsøget er der påført undertryk på hhv. 0 pa, 4 pa, 10 pa, 20 pa og 35 pa. Undersøgelsen blev udført kontinuert, således der ikke var pause mellem de forskellige trykforhold. Dog var der en pause på 30 min. efter undertrykket på 10 pa.

5

PPB-RAE

I forbindelse med den byggetekniske gennemgang er der udført målinger med en ppb-RAE måler, for at se om der kunne lokaliseres indtrængningspunkter for forurenede poreluft. På baggrund heraf er der udvalgt 31 interesse-/målepunkter til den videre undersøgelse. Placering af målepunkter kan ses i bilag 2 og resultater af målingerne under de forskellige trykforhold kan ses i bilag 4. Resultaterne er for de enkelte målepunkter vist som kolonner for hver trykpåvirkning. Endvidere er baggrundsniveauet målt i hvert rum og her er resultaterne angivet med det nummer som fremgår af oversigtplanen i bilag 2.

I bilag 7 er der billeder af målepunkterne.

Under trykniveauet på 20 pa er der målt to gange med ppb-RAE. Dette er gjort for at vurdere om en længere periode med undertryk i bygningen vil give et andet resultat, end hvis der måles efter kort tid med undertryk.

Der er påvist høje udslag i rum 1 og 3, med enkelte punkter der giver høje værdier. I rum 1 er der påvist høje ppb-RAE målinger i punkt 1a, 2, 3, 6b, C og D. I tørrerummet (rum 3) er der påvist specielt høje værdier i målepunkt 19, 21, G samt til en vis grad punkt F. Disse målepunkter er placeret mod Frederiksbjerg Torv 10, hvor der tidligere har været et renseri.

Forsøget viser at de punkter, hvor der er påvist høje værdier ved ppb-RAE-målingerne, alle ligger langs den tværgående mur i kælderen under Frederiksbjerg Torv 8, bortset fra to punkter (C og 6b) der ligger ved døren til kælderen under Schleppegrellsgade 1.

5.1

Vurdering

BlowerDoor-forsøget har vist, at med højere undertryk vil den målte værdi stige i punkterne med de høje værdier, mens de målte værdier forbliver på et konstant niveau eller ligefrem falder i målepunkterne med relativt lave værdier.

Under målingerne med ppb-RAE instrumentet er der påvist punkter hvor der sker en høj gennemtrængning (f.eks. punkt H) efter en periode med undertryk. Samtidig er der punkter, hvor placeringen af målestedet flytter sig i løbet af undertryksperioden (f. eks. Punkt 6 til 6b).

Dette indikerer, at ved højere undertryk, bliver de forurenende stoffer i poreluften umiddelbart under bygningen fjernet så hurtigt at der ikke kan tilføres nyt stof i tilstrækkelig mængde.

6 TERMOGRAFI

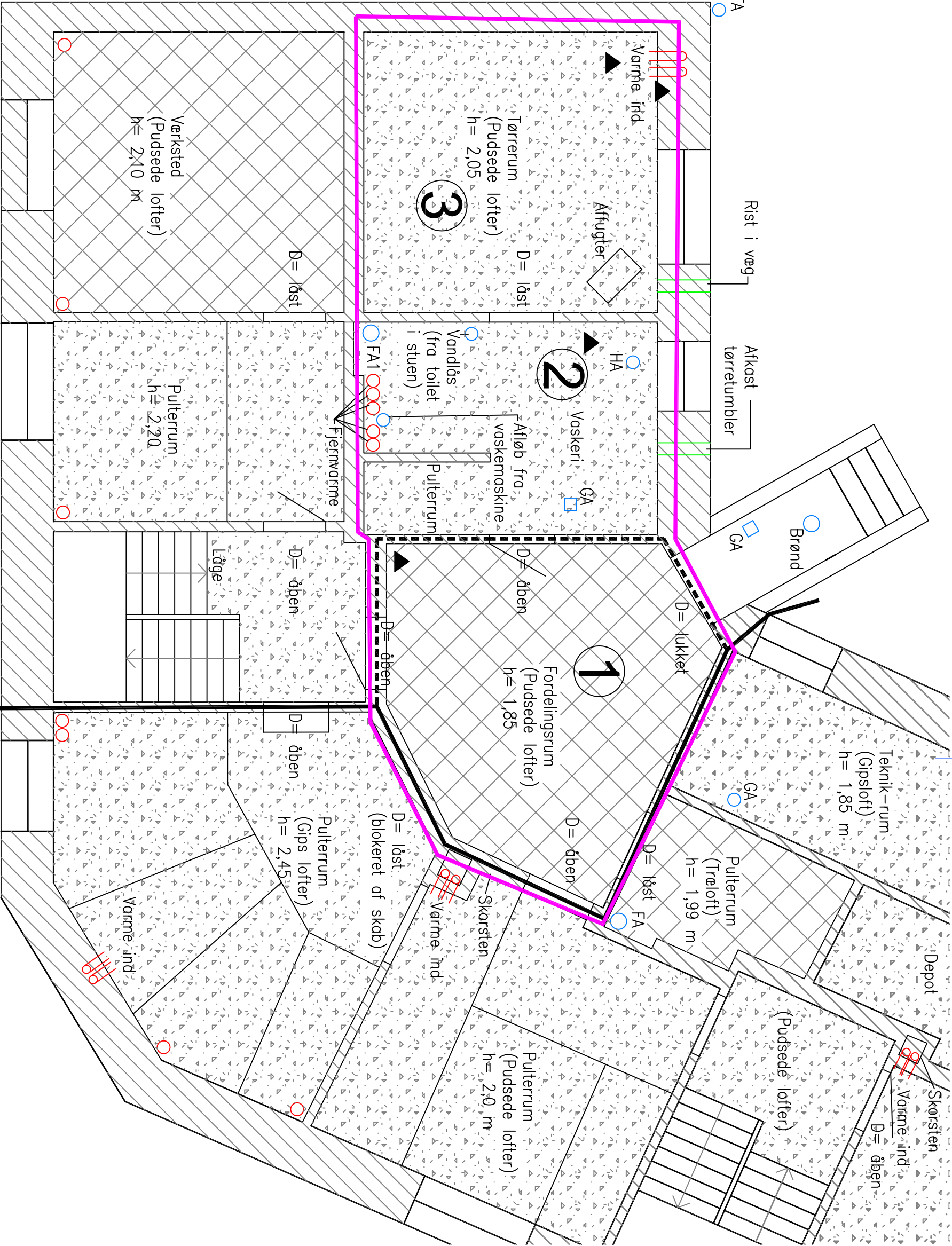
Jydsk Termografi har udført en termografiundersøgelse af bygningen før og under BlowerDoor-testen. Konklusionen fra termografiundersøgelsen kan ses i bilag 3. Der er vedlagt udvalgte sider fra rapporten i bilag 3. Rapporten er ikke vedlagt, men forefindes elektronisk ved Grontmij | Carl Bro.

6.1 Vurdering

Ud fra undersøgelsen er det vurderet, at det på den pågældende lokalitet og med de daværende vejrforhold generelt ikke var muligt at se føringsveje fra under gulv til indeklimaet ved termografiundersøgelsen. Resultaterne kan skyldes, at temperaturforskellen mellem luften lige under gulv og gulvet/væggene var for lille til at kunne registreres.

Der blev påvist indtrængning ved døre og vinduer af udeluft samt luft fra nabobygninger. Derudover blev der påvist indtrængning af varm luft fra nabokælderen på Frederiksbjerg Torv 10.

Bilag 1



Frederiksbjerg Torv 8

Schlepegrejsgade 1

SIGNATURFORKLARING

- Afløbsrør
- Varmerør
- TA
- Tagedløb
- FA
- Faldstamme
- GA
- Gulvafløb
- HA
- Afløb vask/håndvask

- Betongulv, nyere
- Betongulv, oprindeligt

- Murværk

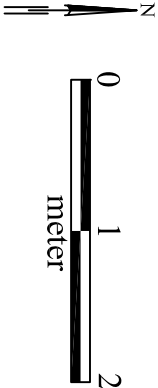
- Træskillevæg

- Område for blowerdoorforsøg

- Runnbetegnelse

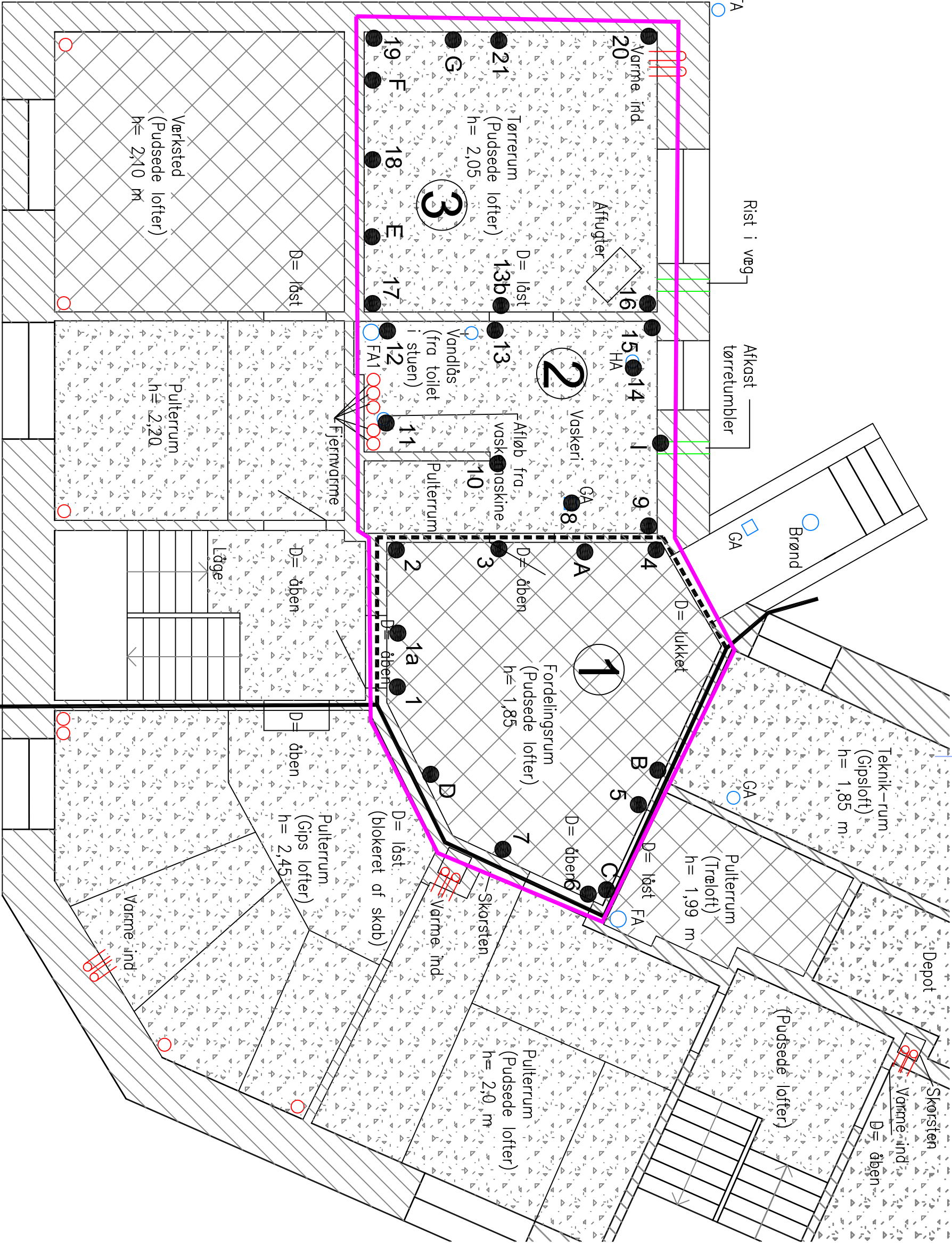
- Målepunkt for differensstryk

Tegningen er baseret på affotografert materiale og er ikke nødvendigvis målfast. Grundtegning er udført af Niras



R:\Projects\AAL\30.30681401\CAD\Frederiksbjerg Torv\Tegn\0001-Situationsplan.dwg	
Sag	Termografi og blowerdoor
Sag nr.	30.6814.01
Dato	2011.04.04
Emne	Frederiksbjerg Torv 8, Århus
Tegn. nr.	0001
Mål	1:200
Tegner	SOI

Bilag 2



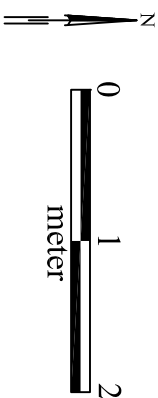
SIGNATURFORKLARING

- Aflebsrør
- Varmesrør
- TA Tagedløb
- FA Faldstamme
- GA Gulv afløb
- HA Afløb vask/håndvask

- Betongulv, nyere
- Betongulv, oprindeligt

- Murværk
- Træskillevæg
- 1 Område for blowerdoorforsøg
- 1 Rumbetegnelse
- 1 Målepunkt med pbb-RAE

Tegningen er baseret på afbotoferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast. Grundtegning er udført af Niras



Frederiksbjerg Torv 8

Schlepegrejsgade 1

R:\Projects\AAL\3030681401\CAD\Frederiksbjerg Torv\Tegn\0002-Målepunkter.dwg

Sag	Termografi og blowerdoor	Sag nr.	Dato
Emne	Frederiksbjerg Torv 8, Århus	30.6814.01	2010.08.26
Placering af målepunkter med pbb-RAE	0002	Tegn. nr.	Mål
		1:200	Tegner
			SOI

Bilag 3

Jydsk Termograficenter

Termografi & Lækagesporing
www.jydskTermograficenter.dk



Konklusion efter trykprøvning af 4 adresser i jylland: Rødding, Århus, Vinderup og Videbæk.

Der blev sat undertryk på ejendommene, ved hjælp af en propel indsat i en dør (Blower door). Trykket blev sat efter anvisning fra Grontmij| Carl Bro.

Under tryksætningen blev der taget billeder med et termografikamera, for at se om der kunne påvises luft transport ind i bygningerne med dette. Der var især interesse i lufttransport ind i huset fra gulvet.

Efter gennemgang af billederne, på stederne og hjemme, under udfærdigelsen af rapporterne, kunne der ikke ses luft indtrængning fra disse områder med kameraet.

Der var flere steder, især i Rødding, hvor der kunne måles ret høje luftstrømme med et instrument der kunne måle m/sek. Selv på disse steder kunne der ikke ses noget med termografi.

I Århus blev der forsøgt med at lægge et stykke a4 papir, hen over et sted hvor der kunne måles luft indtrængning. Der kunne der ses opvarmning/ nedkøling af papirets overflade.

Men alt i alt mener jeg ikke at det er muligt at anvende termografi som indikator for luft indtrængning af luft gennem gulv.

Gennemgangen af de fire bygninger, blev udført af Lars Buch Nielsen, 28197612
Hvis der er spørgsmål til de medsendte rapporter, så kontakt venligst ovenstående.

Med venlig hilsen
Jydsk Termograficenter
Alsikevej 10, 8900 Randers
Tlf: 86 42 94 08



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro
Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV
12-05-2010

Udført hos:

Ejendom
Fredriksbjerg Torv 8

8000 Århus C
12-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Ejendom

Vejnavn Fredriksbjerg Torv 8

Vejnavn 2

By: 8000 Århus C

Termografi Dato: 12-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

Formålet med undersøgelsen er, at afdække og fastslå kuldebroer samt dårlige isoleringsforhold i bygningen

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Billederne i denne rapport er taget uden at bygninger er tryksat.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.: 18

Assistance:

Fejl nr.: 18

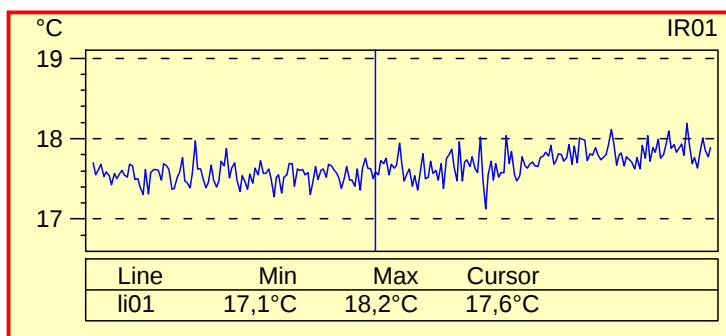
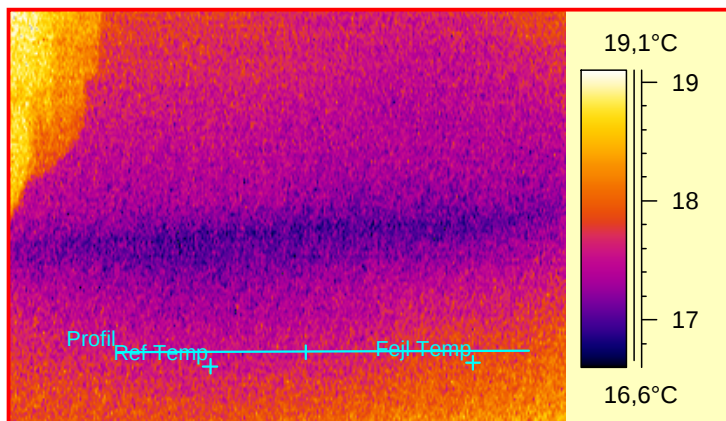
Rekviren

Grontmij | Carl Bro

Dato: 28-04-2010

Lokalitet:

Tørrerum



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	17,8°C
Ref. temperatur	17,7°C
Differens temperatur	0,1°C
Emmisionskonstant	0,77

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro
Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV
12-05-2010

Udført hos:

Ejendom
Frederiksbjerg Torv 8

8000 Århus C
12-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Ejendom

Vejnavn Frederiksbjerg Torv 8

Vejnavn 2

By: 8000 Århus C

Termografi Dato: 12-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

Formålet med undersøgelsen er, at afdække og fastslå kuldebroer samt dårlige isoleringsforhold i bygningen

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Bygningen er tryksat til 4 pascal. Der kan ikke ses forandring på gulv og vægge

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.:

6

Assistance:

Fejl nr.:

6

Rekviren

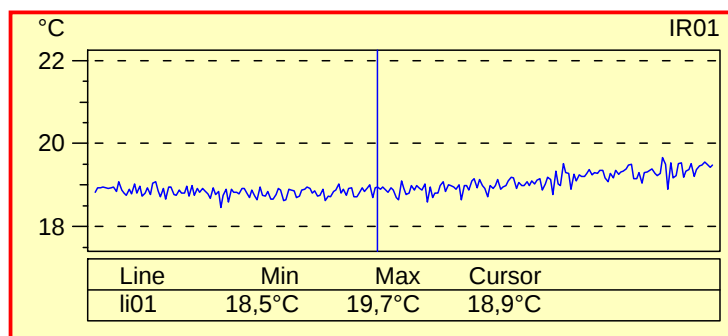
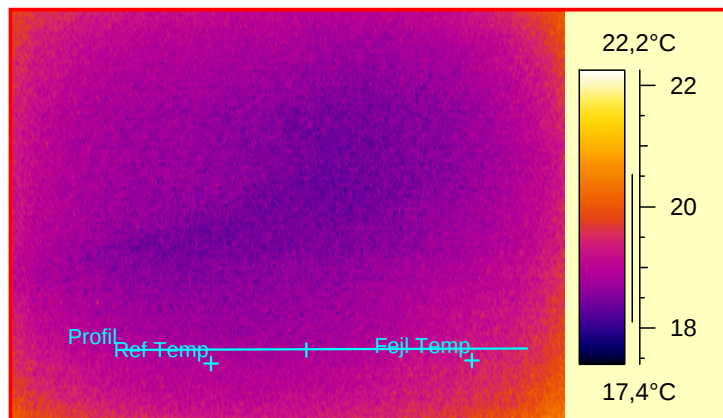
Grontmij | Carl Bro

Dato:

12-05-2010

Lokalitet:

Tørrerum



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur

19,3°C

Ref. temperatur

18,9°C

Differens temperatur

0,4°C

Emmisionskonstant

0,90

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro
Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg SV
12-05-2010

Udført hos:

Ejendom
Frederiksbjerg Torv 8

8000 Århus C
12-05-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Ejendom

Vejnavn Frederiksbjerg Torv 8

Vejnavn 2

By: 8000 Århus C

Termografi Dato: 12-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

At termografere bygningen under forskellige trykforhold

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Bygning tryksat til 10 Pascal

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.:

4

Assistance:

Fejl nr.:

4

Rekviren

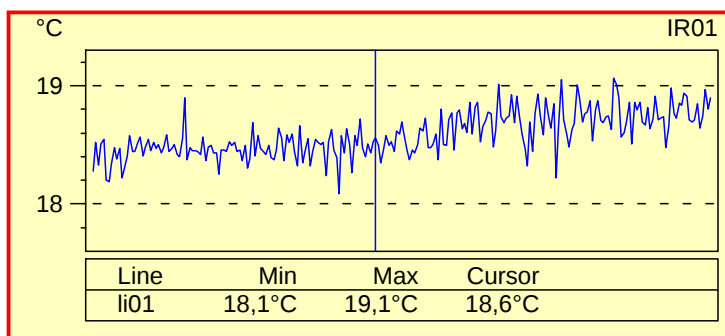
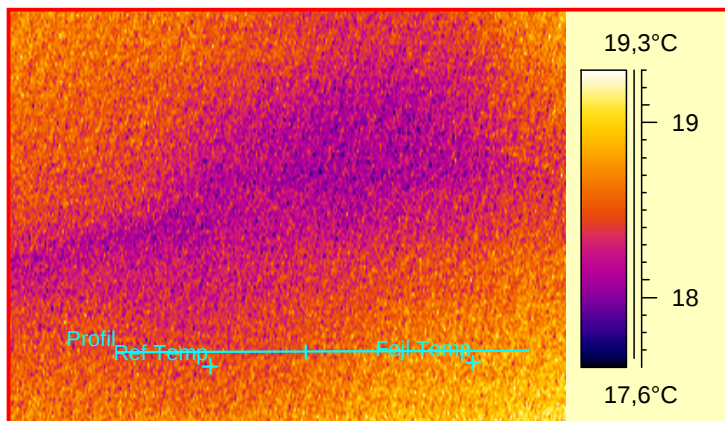
Grontmij | Carl Bro

Dato:

12-05-2010

Lokalitet:

Tørrerum



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur

18,7°C

Ref. temperatur

18,4°C

Differens temperatur

0,3°C

Emmissionskonstant

0,90

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Grontmij | Carl Bro
Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg
12-08-2010

Udført hos:

Ejendom
Frederiksbjerg Torv 8

8000 Århus C
12-08-2010

Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Rekvirent: Grontmij | Carl Bro

Kunde: Ejendom

Vejnavn Frederiksbjerg Torv 8

Vejnavn 2

By: 8000 Århus C

Termografi Dato: 12-08-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

Formålet med undersøgelsen er, at afdække og fastslå kuldebroer samt dårlige isoleringsforhold i bygningen

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Bygningen er tryksat til 20 Pascal

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Billede nr.: 20

Assistance:

Fejl nr.: 20

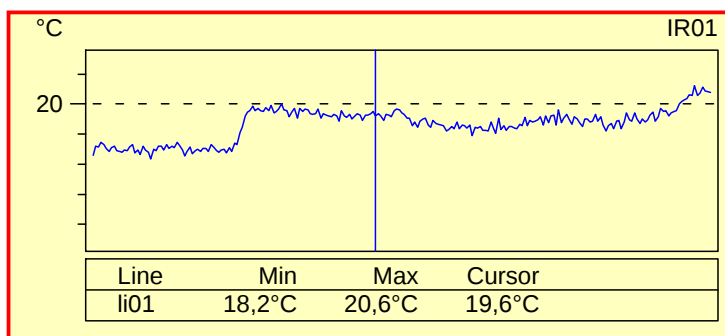
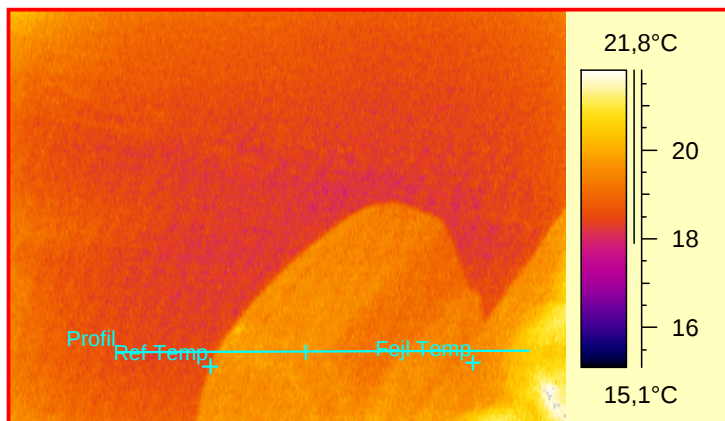
Rekviren

Grontmij | Carl Bro

Dato: 12-05-2010

Lokalitet:

Tørrerum



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	19,5°C
Ref. temperatur	18,8°C
Differens temperatur	0,7°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

Angående reparation:

Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____



Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekv. af:

Gronmij | Carl Bro
Sofiendalsvej 94

9200 Ålborg
12-05-2010

Udført hos:

Ejendom
Frederiksbjerg Torv 8

8000 Århus C
12-05-2010

Jydsk Termograficenter

Bygningstermografirapport



Rekvirent: Gronmij | Carl Bro

Kunde: Ejendom

Vejnavn Frederiksbjerg Torv 8

Vejnavn 2

By: 8000 Århus C

Termografi Dato: 12-05-2010

Ansvarlig:

Anvendt termografiudstyr: AGEMA THV 550 SN656205

Målebetingelser:

Undersøgelsen er udført ved udetemperatur:
undersøgelsen er udført ved indetemperatur:

Formål:

Formålet med undersøgelsen er, at afdække og fastslå kuldebroer samt dårlige isoleringsforhold i bygningen

Jydsk Termograficenter

Bygningtermografirapport



Dokumentation:

De fundende fejl er inført i denne rapport.

Konklusion:

Bygning tryksat til 35 Pascal. Der er kun afkøling ved døre og vinduer, ikke fra gulvflader selvom der blev målt luftindtrængen flere steder.

Anvendt fremgangsmåde for inspektionen:

1. Scanning af bygningen ved panorering hen over bygningens klimaskærm.
Varmetab afsløres umiddelbart i kameraets søger som en ændring i billedets farver.
2. Termografisk måling af fejlstedet, som viser temperaturforskelle i bygningens klimaskærm.
Digital fotografering af fejlstedet.
3. Fejlstedet dokumenteres ved termogram og digitalt fotografi i rapportform.

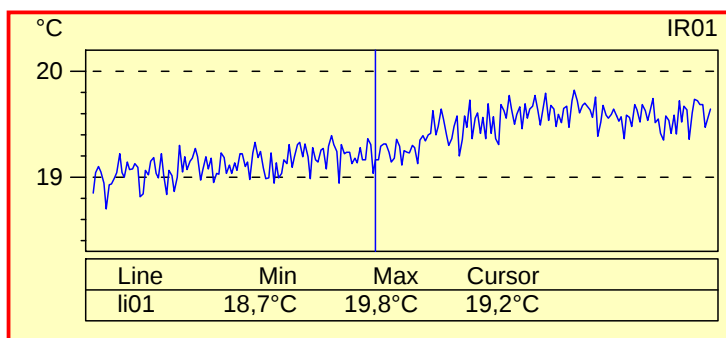
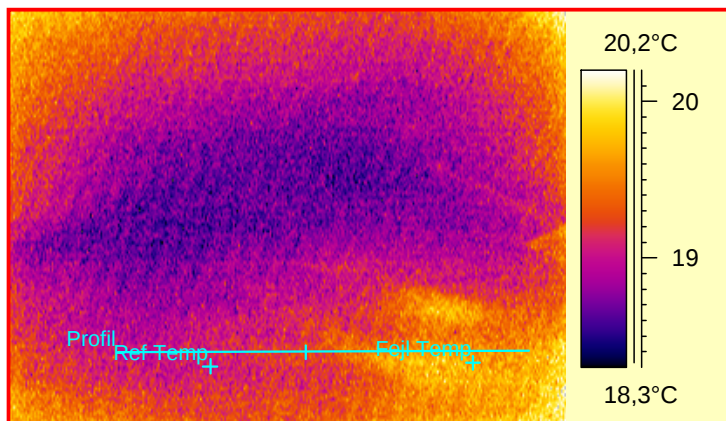
Jydsk Termograficenter Bygningstermografirapport



Billede nr.: 6 Assistance: Fejl nr.: 6

Rekviren Gronmij | Carl Bro Dato: 12-05-2010

Lokalitet: Tørrerum



Tilstand:

- 1 ☐ Bør kontrolleres omgående.
- 2 ☐ Bør kontrolleres snarest.
- 3 ☐ Bør kontrolleres nærmere.

Fejl temperatur	19,8°C
Ref. temperatur	19,1°C
Differens temperatur	0,7°C
Emmisionskonstant	0,90

Bemærkninger:

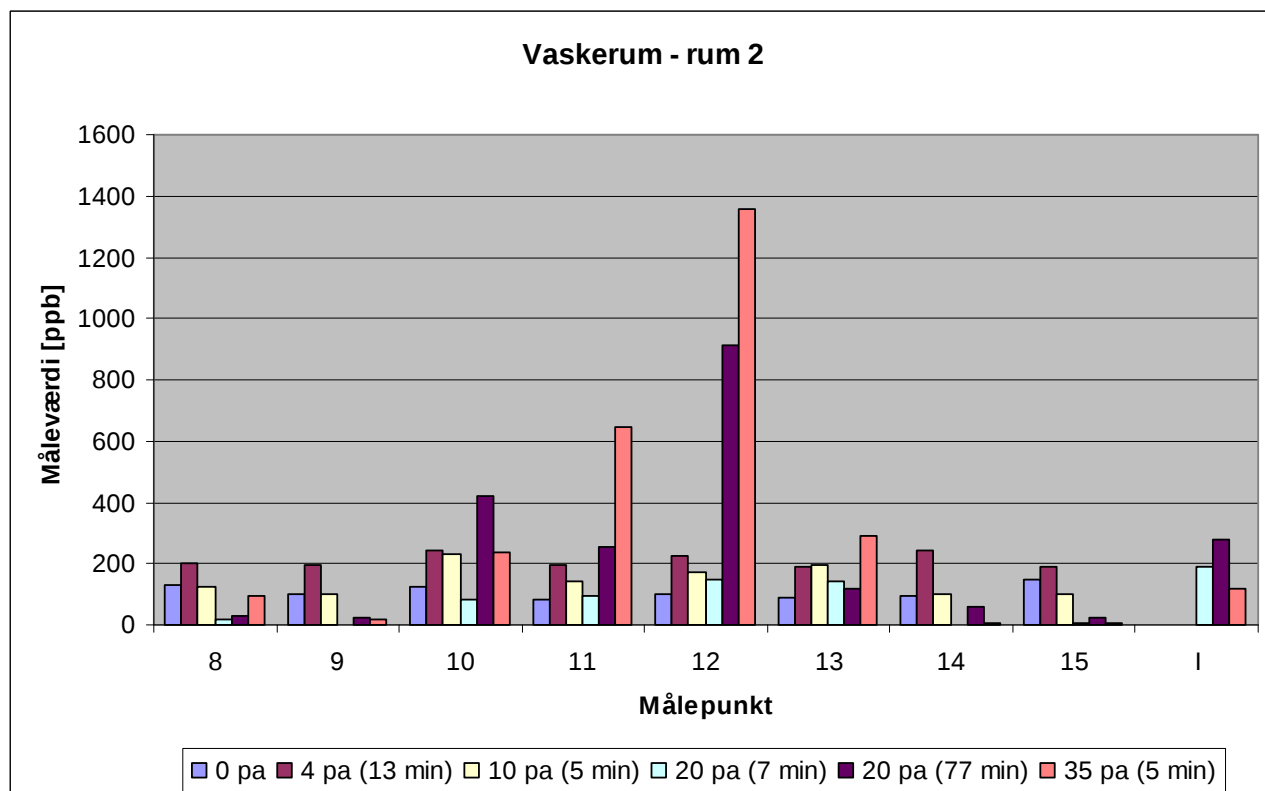
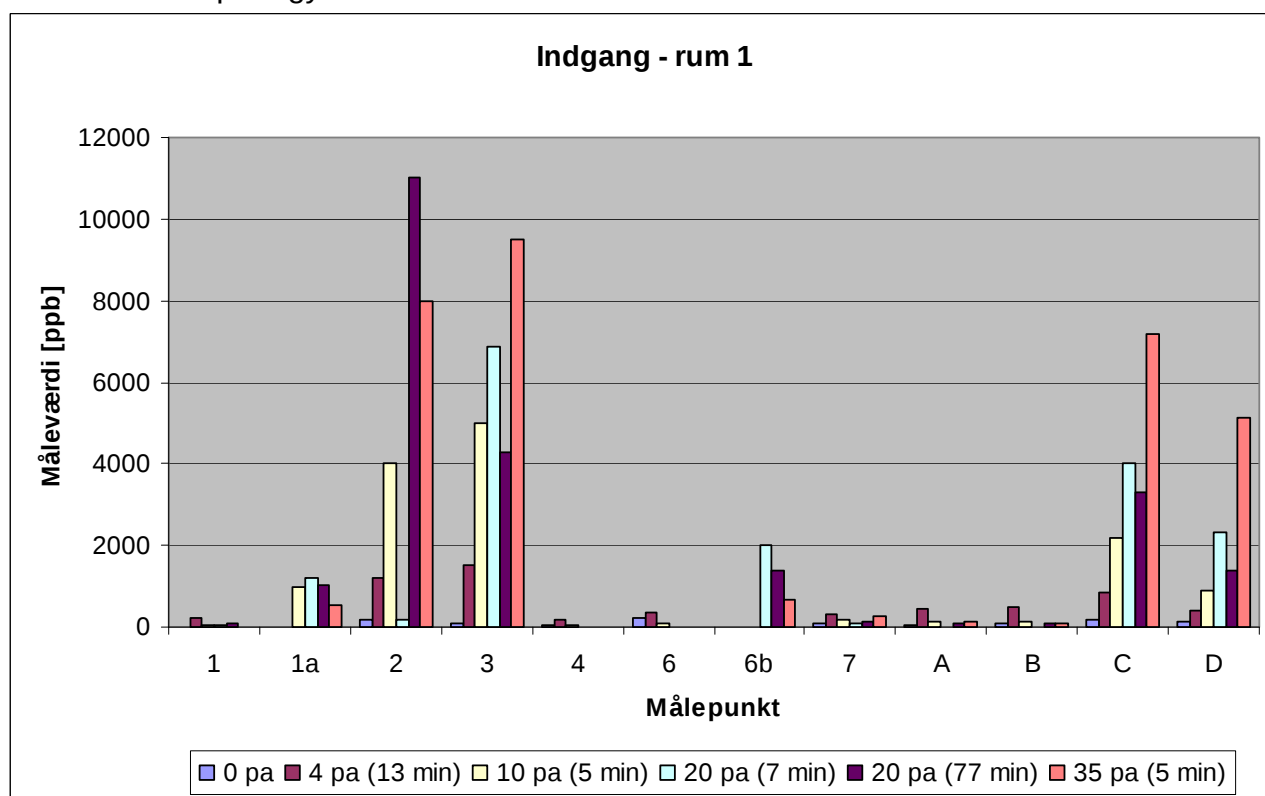
Angående reparation:

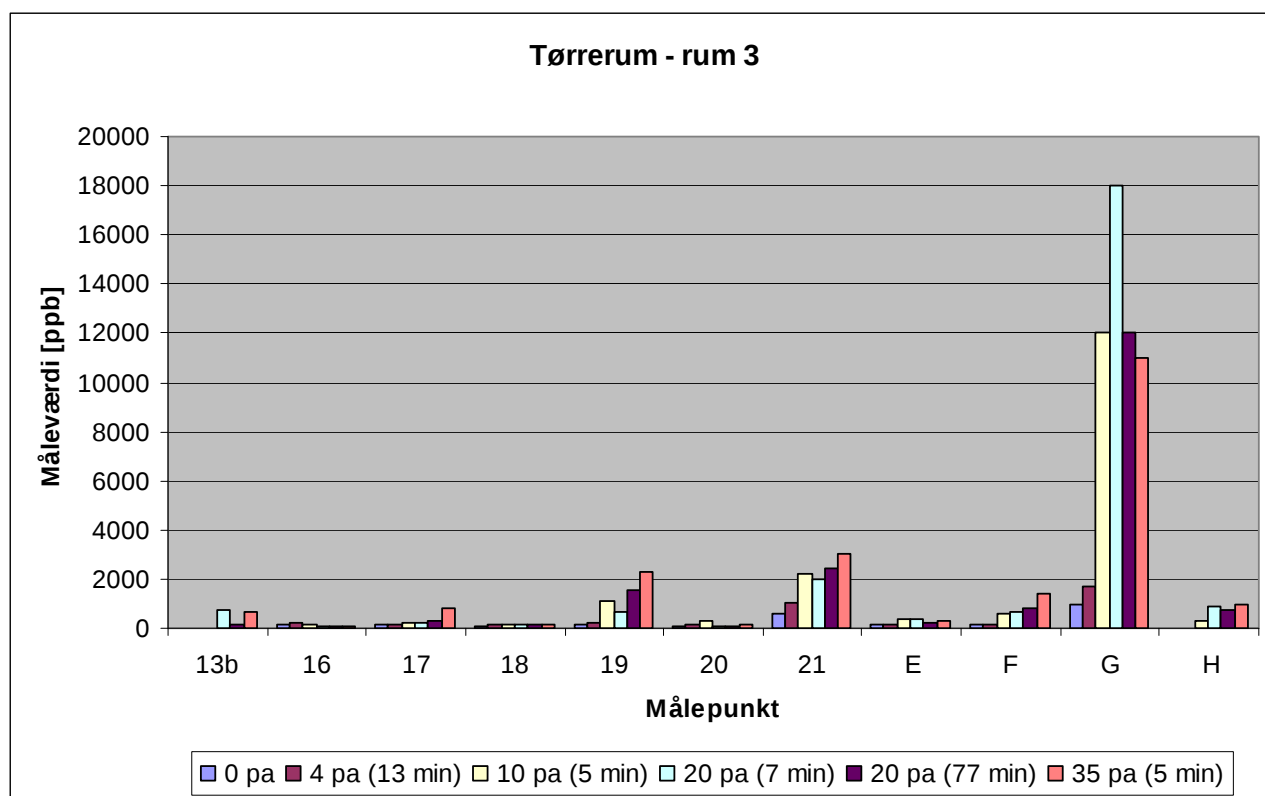
Dato: _____ Fejl rettet af: _____

Bemærkninger: _____

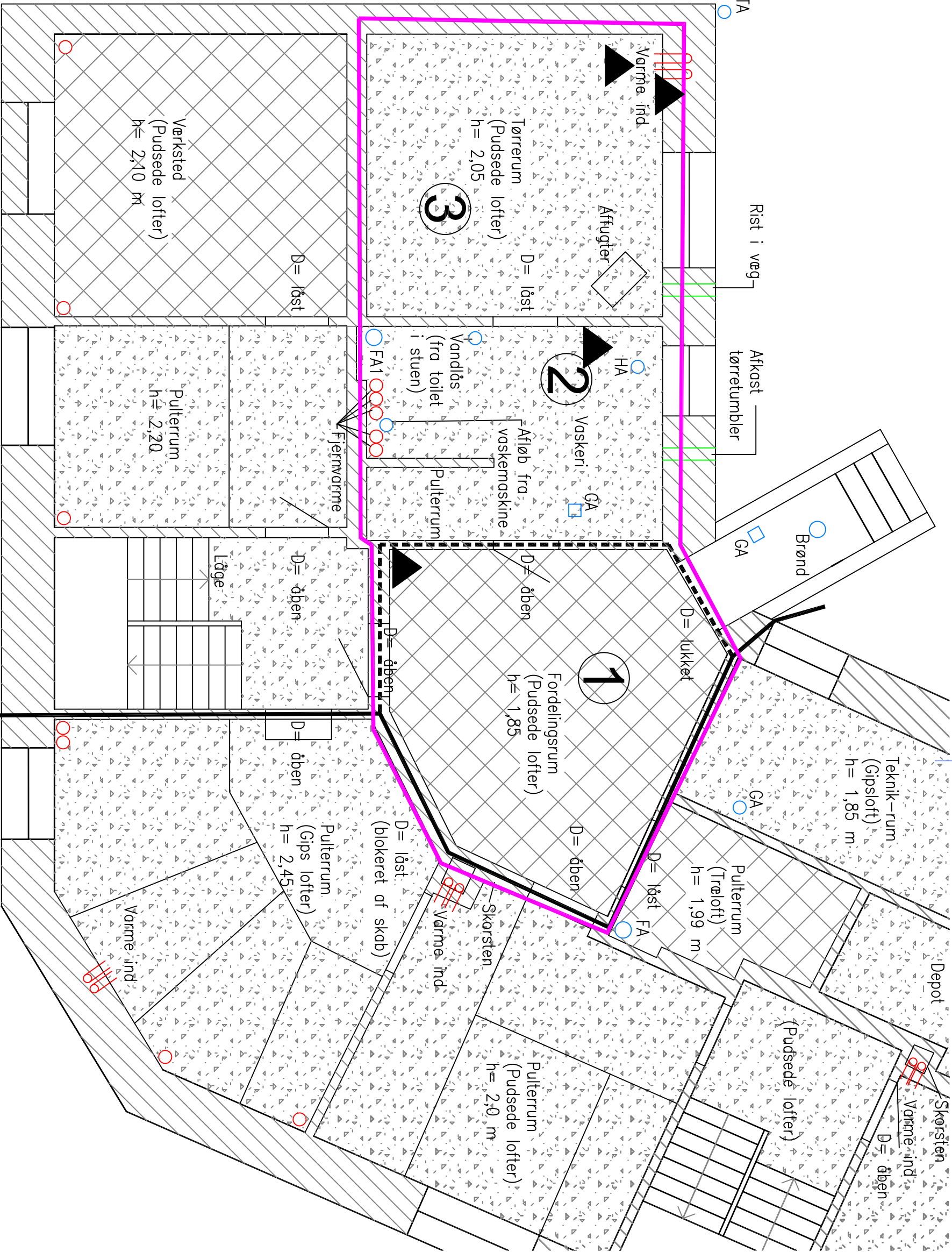
Bilag 4

Resultater af ppb-RAE målingerne under blowerdoorforsøget på Frederiksbjerg Torv 8, Århus. Tidsangivelsen i parentes benævner den tid der har været undertryk før målerunden er påbegyndt.





Bilag 5



Frederiksbjerg Torv 8

Schleppegrejsgade 1

SIGNATURFORKLARING

- Afløbsrør
- Varmeser
- Tagedløb
- Faldstamme
- Gulvaløb
- Afløb vask/håndvask

- Betongulv, nyere
- Betongulv, oprindeligt

- Murværk

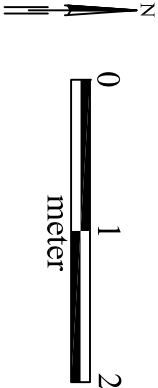
- Træskillevej

- Område for blowerdoorforsøg

- Rumbetegnelse

- Målepunkt for differenstræk

Tegningen er baseret på affotografert materiale og er ikke nødvendigvis målfast. Grundtegning er udført af Niras

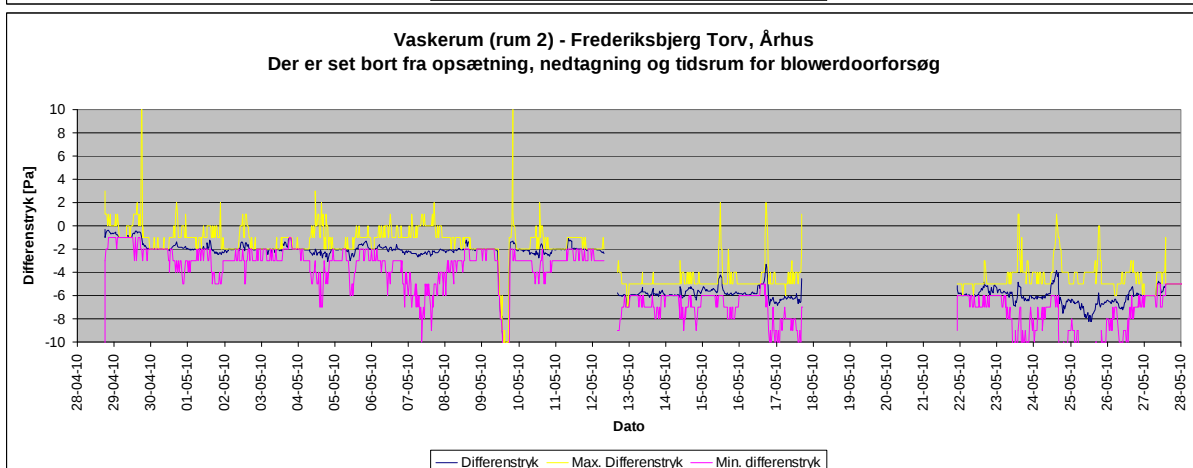
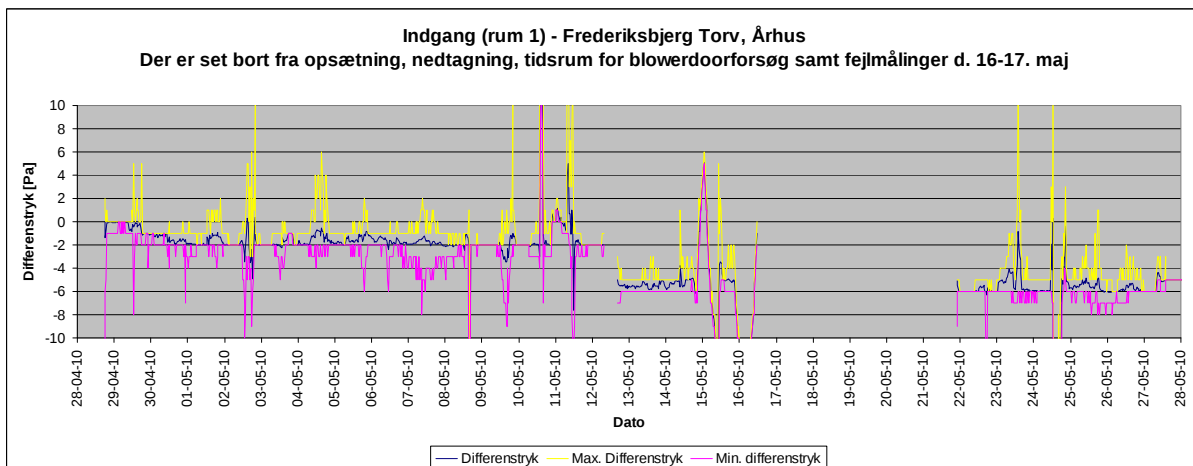
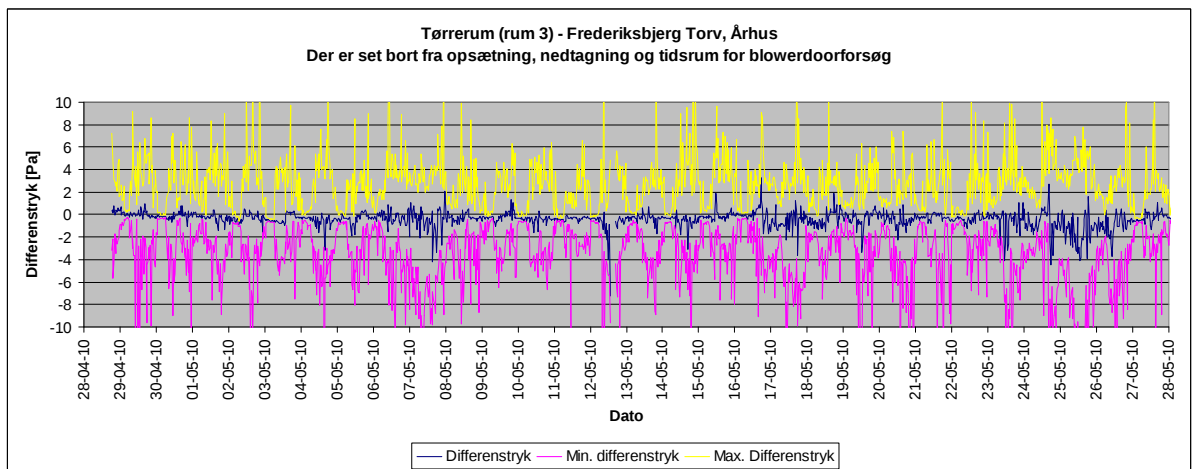
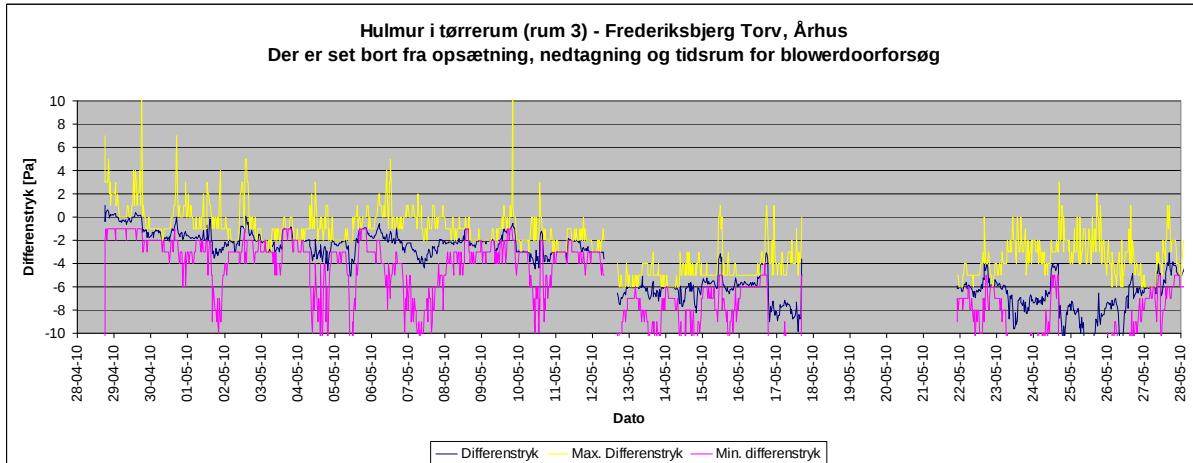


Sag		Sag nr.		Dato	
Termografi og blowerdoor		30.6814.01		2010.08.26	
Emne		Tegn. nr.		Mål	
Frederiksbjerg Torv 8, Århus		0003		1:200	
Målepunkter for differenstræk				Tegner	
				SOI	

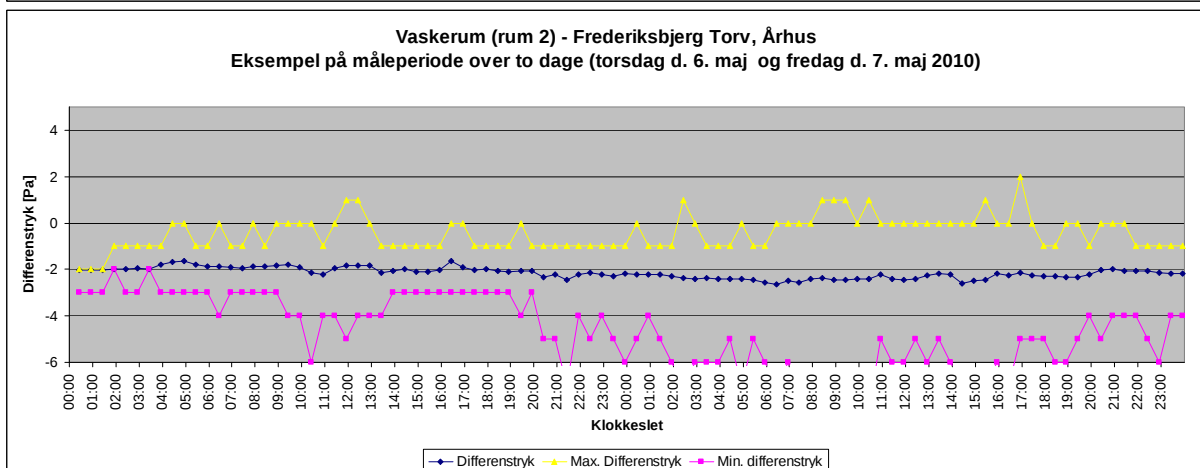
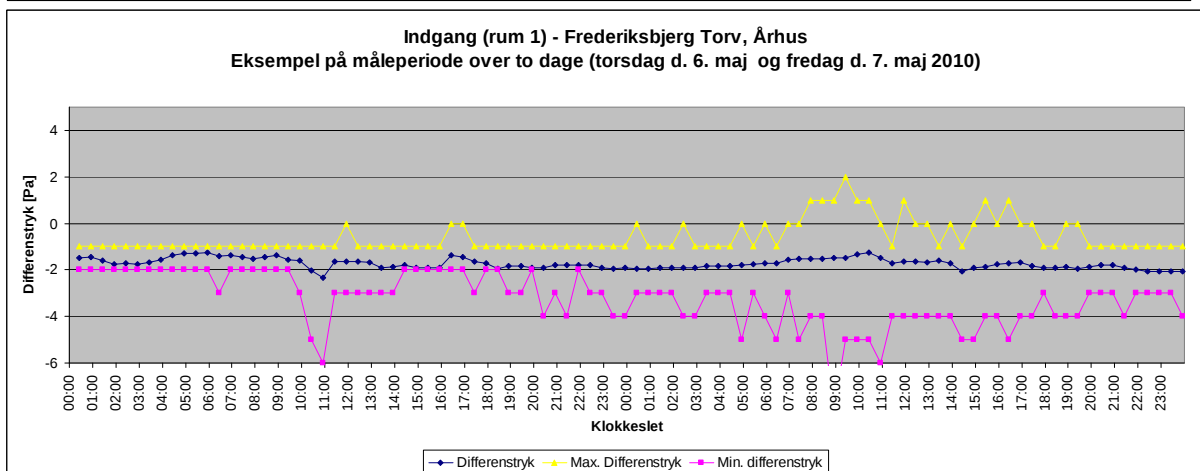
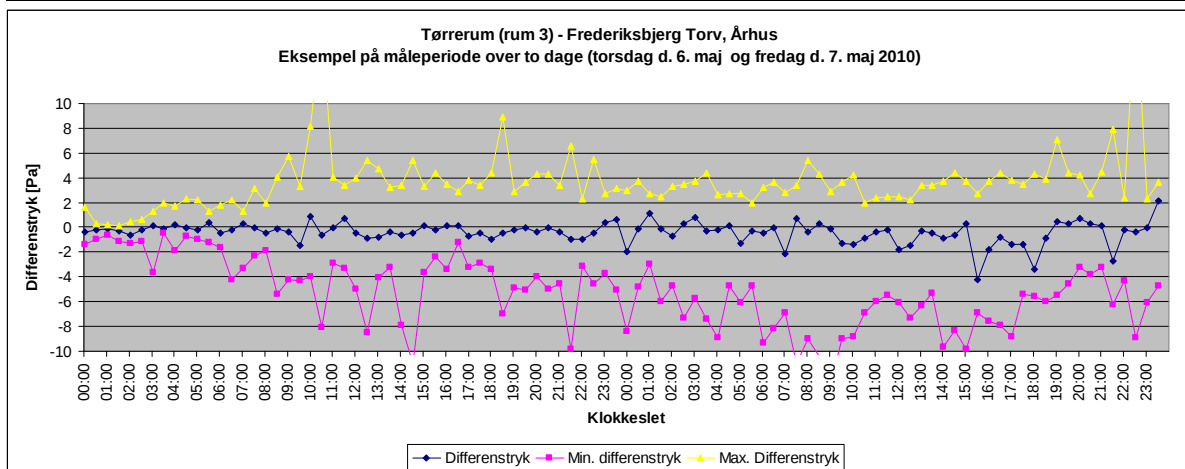
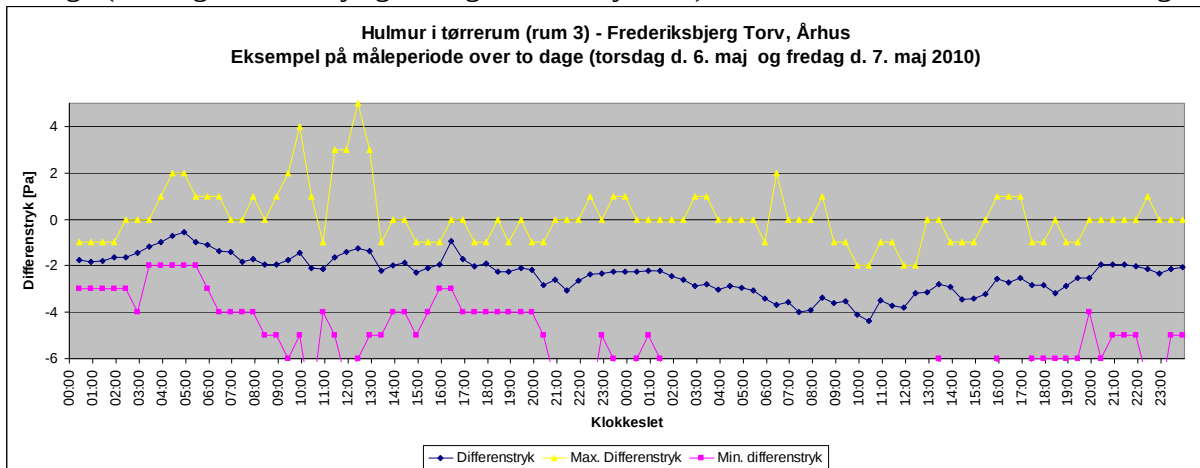
R:\Projects\AAL\3050681401\CAD\Frederiksbjerg Torv\Tegn\0003-Differenstræk.dwg

Bilag 6

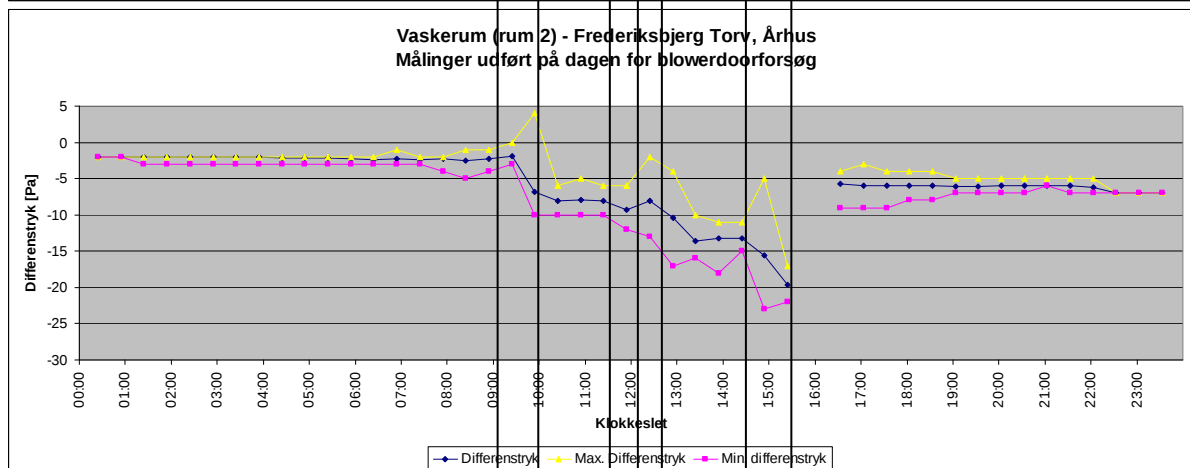
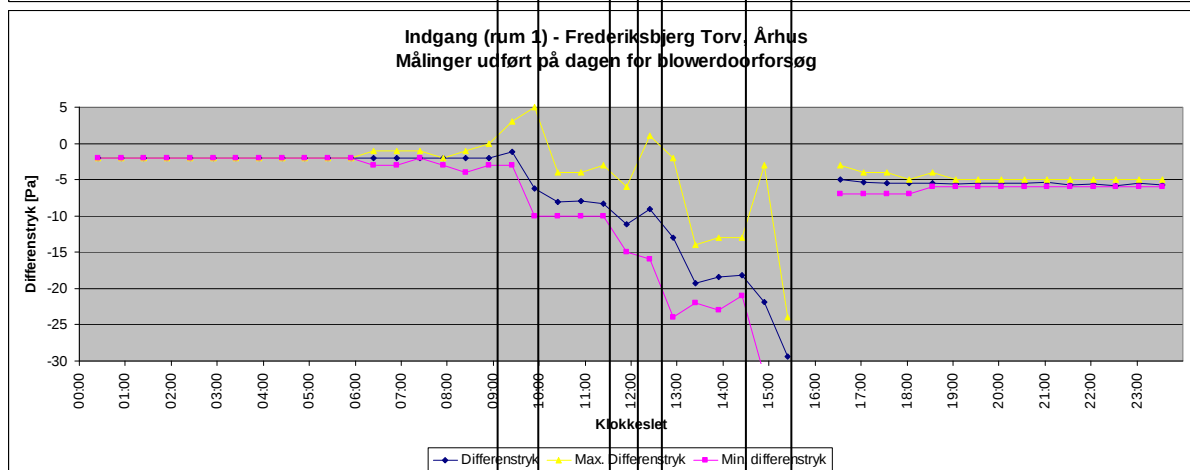
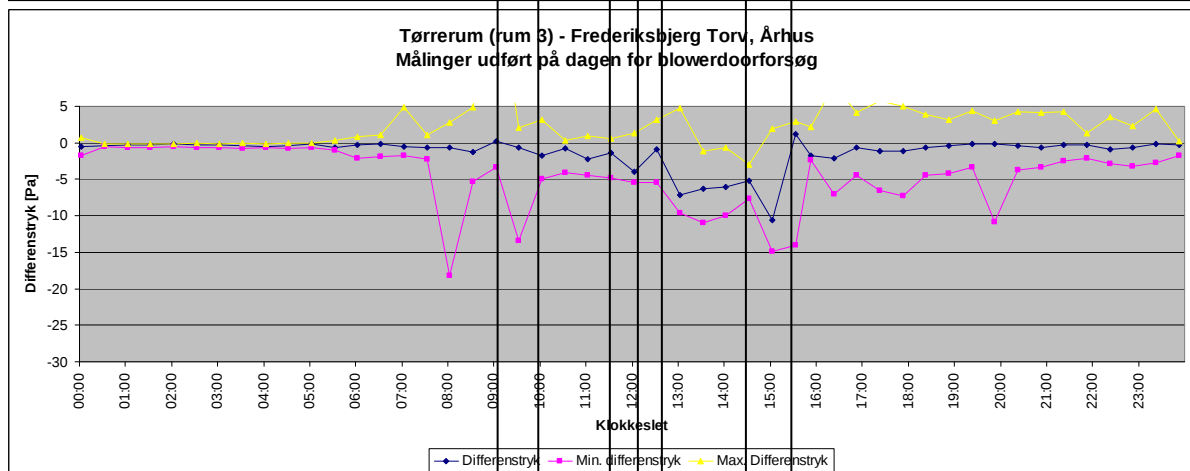
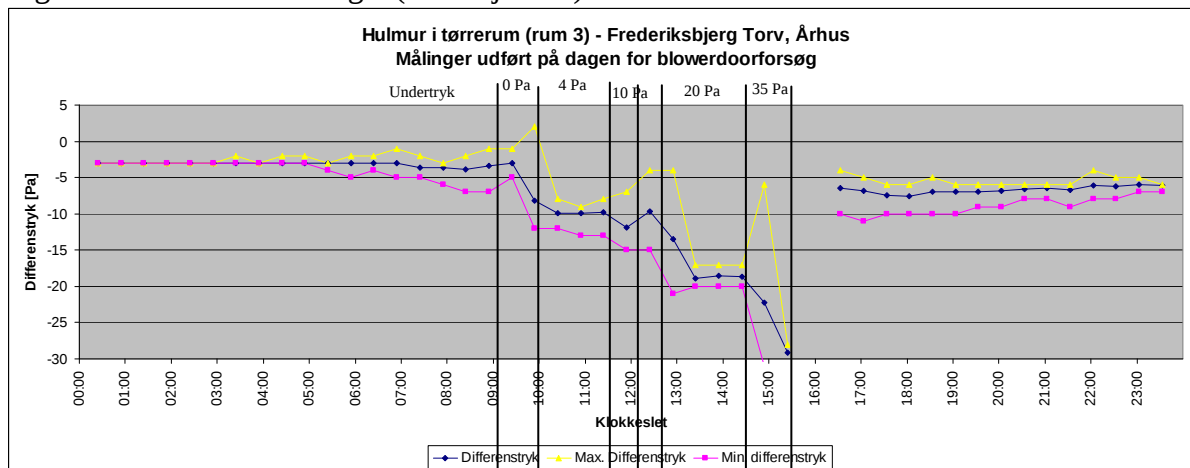
Resultater af differenstrykmåling på Frederiksbjerg Torv 8, Århus. Graferne viser resultaterne over hele måleperioden, bortset fra opsætningsdag og den dag der blev udført blowerdoorforsøg. For tre af målerne er der ikke data for perioden 18. til 22. maj, da målerne ved en fejl mistede strømmen.



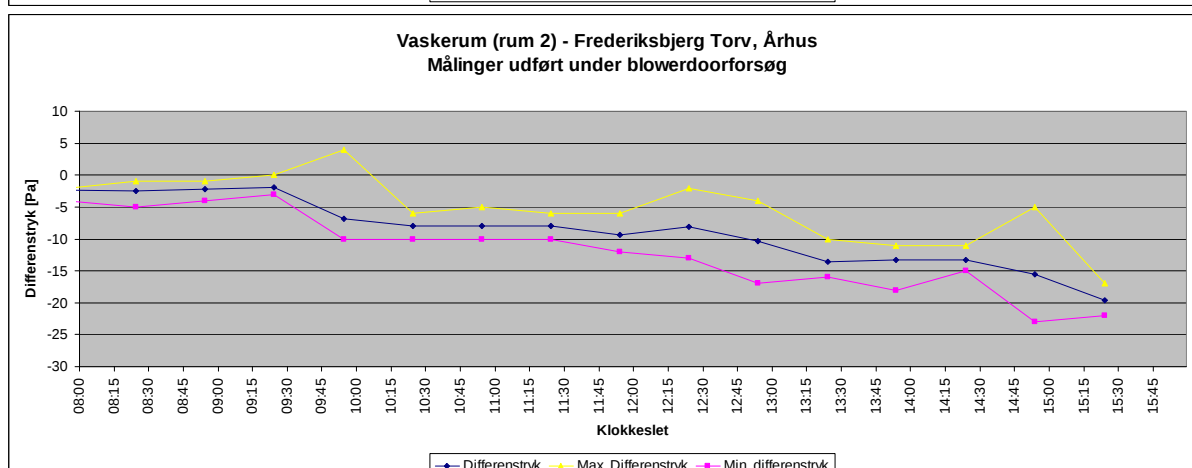
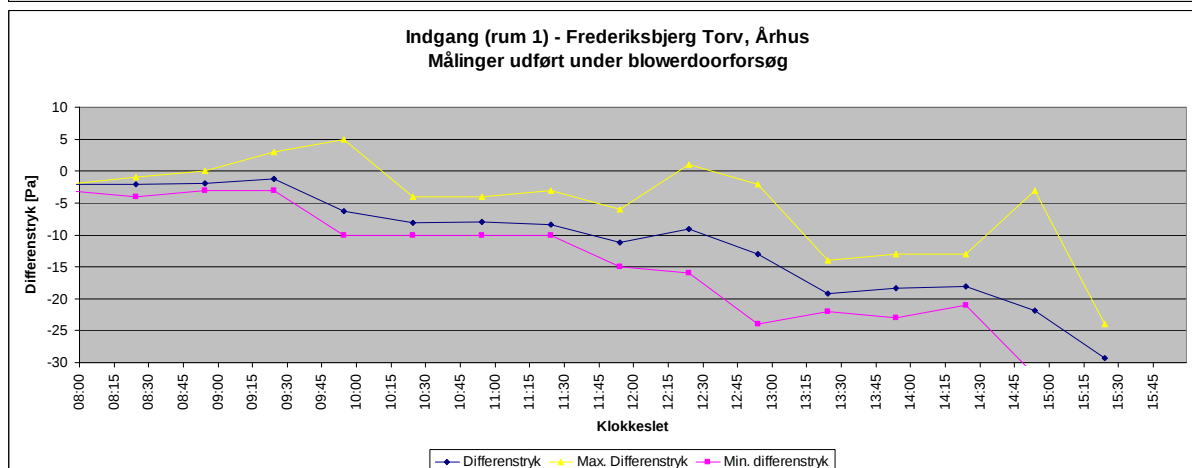
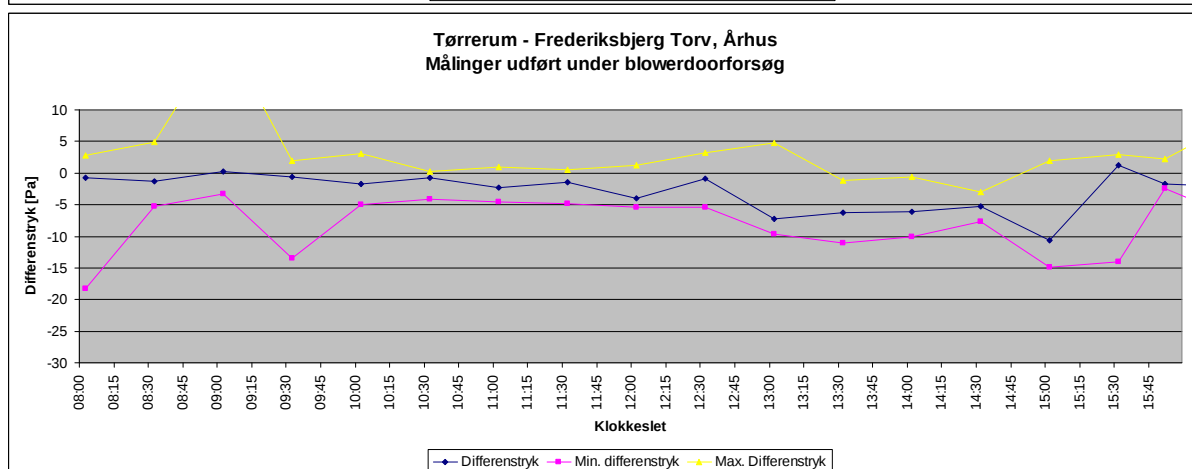
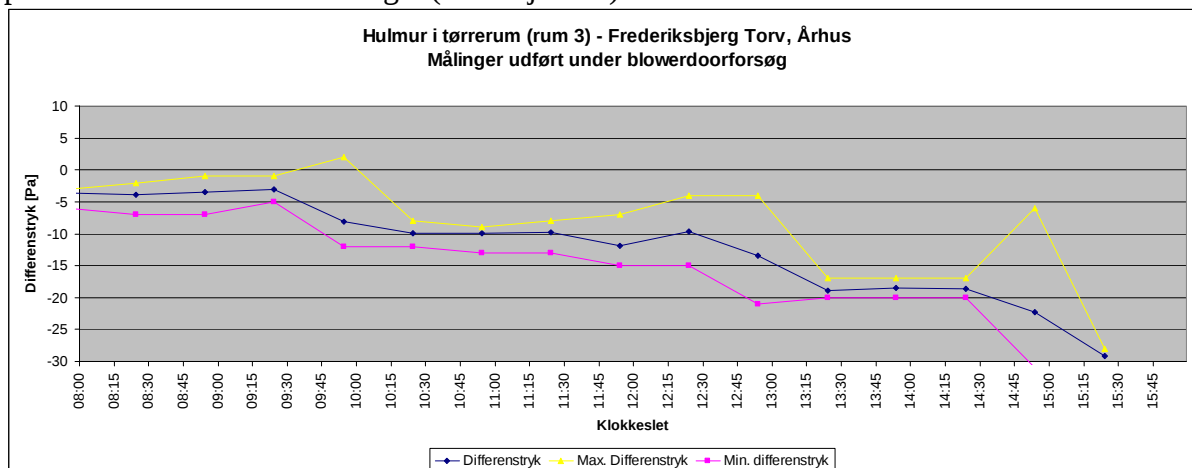
Resultater af differenstrykmåling på Frederiksbjerg Torv 8, Århus. Graferne viser resultaterne over to dage (torsdag den 6. maj og fredag den 7. maj 2010) for at vise variationerne over en døgn.



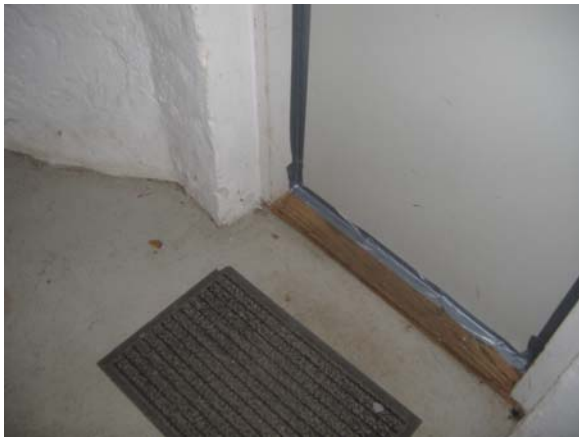
Resultater af differenstrykmåling på Frederiksbjerg Torv 8, Århus. Graferne viser resultaterne for dagen for blowerdoorforsøget (12. maj 2010).



Resultater af differenstrykmåling på Frederiksbjerg Torv 8, Århus. Graferne viser resultaterne for perioden for blowerdoorforsøget (12. maj 2010).



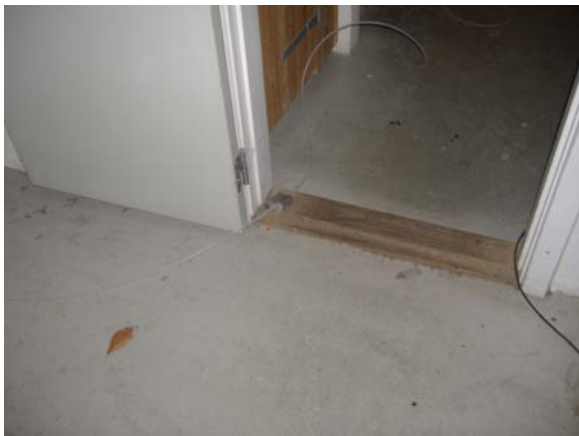
Bilag 7



Rum 1: Målepunkt 1 og 1A



Rum 1: Målepunkt 2



Rum 1: Målepunkt 3



Rum 1: Målepunkt A



Rum 1: Målepunkt 4



Rum 1: Målepunkt 5 og B



Rum 1: Målepunkt 6 og C



Rum 1: Målepunkt 7



Rum 1: Målepunkt D



Rum 2: Målepunkt 8



Rum 2: Målepunkt 9



Rum 2: Målepunkt 10



Rum 2: Målepunkt 11



Rum 2: Målepunkt 12



Rum 2: Målepunkt 13



Rum 2: Målepunkt 14 og 15



Rum 3: Målepunkt 16



Rum 3: Målepunkt 17



Rum 3: Målepunkt 18 og E



Rum 3: Målepunkt F



Rum 3: Målepunkt 19 og G



Rum 3: Målepunkt 20



Rum 3: Målepunkt 21

Sporing af indtrængningsveje for poreluft til indeklimaet i boliger ved blowerdoor, termografi, PID og sporgas

Undersøgelse af 3 metoders anvendelighed til sporing af indtrængningsveje for poreluft til indeklimaet i boliger. De 3 metoder har været anvendt på 4 lokaliteter der er forurenede med flygtige forureninger, hhv. chlorerede opløsningsmidler og flygtige oliekomponenter. De 3 metoder er endvidere afprøvet sammen med anvendelse af blowerdoor, hvor der påføres et undertryk i boligen, mens sporingsmetoden afprøves. Avanceret PID og sporgas har vist sig at være gode og brugbare metoder til påvisning af indtrængningsveje. Begge metoder styrkes ved brug af blowerdoor. Termografi er ikke brugbar til påvisning af indtrængningsveje for poreluft til indeklimaet i bygninger.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

[www. mst.dk](http://www.mst.dk)