

Sporgasundersøgelser til fastlæggelse af aktive transportveje til indeklimaet

Per Loll, Poul Larsen, Maria Grøn, Tonny Jensen
og Claus Larsen

Dansk Miljørådgivning A/S

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.

Indhold

FORORD	5
SAMMENDRAG	7
BAGGRUND OG FORMÅL	7
UNDERSØGELSEN	7
HOVEDKONKLUSIONER	7
PROJEKTRESULTATER	8
ENGLISH SUMMARY	11
BACKGROUND AND STUDY PURPOSE	11
THE STUDY	11
MAIN RESULTS	11
1 INDLEDNING	13
1.1 BAGGRUND	13
1.2 FORMÅL	13
1.3 UNDERSØGELSE AF AKTUELLE REDUKTIONSFAKTORER	14
2 BESKRIVELSE AF SPORGASMETODEN	15
2.1 Udstyr	15
2.1.1 <i>Sporgassen</i>	15
2.1.2 <i>Ventil og poreluftspyd</i>	15
2.1.3 <i>Detektoren</i>	15
2.1.4 <i>Resultatklassificering</i>	16
2.2 FREMGANGSMÅDE – PORELUFT TIL INDEKLIMA	16
2.3 FREMGANGSMÅDE – OVER ETAGEADSKILLELSER	17
3 LOKALITETER OG ERFARINGER	19
3.1 LOKALITETSOVERSIGT	19
3.2 METODEMÆSSIGE ERFARINGER	20
3.2.1 <i>Hvilke spredningsveje identificeres?</i>	20
3.2.2 <i>Baggrundsniveauer og vandfølsomhed for detektoren</i>	23
3.2.3 <i>Specielle injektions-, kontrol- og målepunkter</i>	24
3.3 ERFARINGER VEDR. SPREDNINGSVEJE	25
3.3.1 <i>Fra poreluft til indeklima</i>	25
3.3.2 <i>Over etageadskillelser</i>	27
3.3.3 <i>By-pass over mellemliggende etager</i>	27
3.4 ERFARINGER VEDR. TÆTNINGSMATERIALER	28
3.5 ERFARINGER VEDR. AFVÆRGETILTAG	29
3.5.1 <i>Tætning ved terræn</i>	29
3.5.2 <i>Tætning af etageadskillelser</i>	31
4 REDUKTIONSFAKTORER OVER TO BETONGULVE	33
4.1 UDVALGTE LOKALITETER	33
4.2 SUPPLERENDE UNDERSØGELSER	34
4.2.1 <i>Slotsgade</i>	35
4.2.2 <i>Adelgade</i>	36
4.3 RESULTATER	37
4.3.1 <i>Slotsgade</i>	37
4.3.2 <i>Adelgade</i>	39

4.4	REDUKTIONSFAKTORER	41
4.4.1	<i>Datagrundlag</i>	41
4.4.2	<i>Estimer på baggrund af middelværdier</i>	41
4.4.3	<i>Estimer på baggrund af JAGG-beregninger</i>	42
4.4.4	<i>Sammenligning af estimer</i>	43
5	SAMMENFATNING OG VURDERINGER	45
5.1	SPORGASMETODEN	45
5.1.1	<i>Procedure</i>	45
5.1.2	<i>Udstyr</i>	45
5.1.3	<i>Metodens svagheder og styrker</i>	46
5.1.4	<i>Tidsforbrug og prisniveau</i>	47
5.2	NYTTIGE ERFARINGER PÅ BAGGRUND AF SPORGASUNDERSØGELSER	47
5.2.1	<i>Spredningsveje</i>	47
5.2.2	<i>Tætningsmaterialer</i>	48
5.2.3	<i>Afværgeløsninger</i>	49
5.3	REDUKTIONSFAKTORER	50
6	LITTERATURLISTE	51

Bilag A: Lokalteter

Forord

Denne rapport har til formål at præsentere og beskrive en metode, der kan bruges til lokalisering af aktive spredningsveje af flygtige forureningskomponenter fra poreluften til indeklimaet samt internt i indeklimaet.

Projektet er gennemført i perioden november 2008 til januar 2010 og udgøres i sin grundsubstans af en metodeanvendelse på seks forskellige sager for Region Nordjylland, hvor der er påviste indeklimaproblemer med chlorerede opløsningsmidler eller benzin-/oliekomponenter.

Der er endvidere gennemført opfølgende undersøgelser af den aktuelle reduktionsfaktor, fra poreluft til indeklima, på to af de lokaliteter, hvor der er gennemført sporgasundersøgelser, og hvor forudsætningerne for anvendelse af Miljøstyrelsens JAGG model ikke er opfyldt.

Projektet er gennemført af Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) for Region Nordjylland under Miljøstyrelsens Teknologipulje.

Sammendrag

BAGGRUND OG FORMÅL

I sager, hvor indtrængende forureningsdampe fra underliggende jord- eller grundvandsforureninger giver anledning til indeklimaproblemer kan et grundigt kendskab til dampenes spredningsveje åbne mulighed for et mere informeret valg af afværgemetode.

Traditionelt fastlægges dampenes spredningsveje via en todelt arbejdsproces. Først gennemføres en grundig byggeteknisk gennemgang for at fastlægge potentielle spredningsveje og dernæst udføres kemiske analyser i/ved potentielle spredningsveje for at undersøge hvilke spredningsveje, der er aktive.

I projektet undersøges og præsenteres en aktiv sporgasmetode til fastlæggelse af aktive spredningsveje, der kan ses som et supplement til traditionelle undersøgelsesmetoder.

Det primære formål med projektet er at opøve og beskrive en ”best practice” for anvendelse af sporgasmetoden. Det sekundære formål med projektet er, at søge en bredere afklaring af metodens anvendelsespotentiale; herunder at afklare og beskrive metodens styrker og svagheder.

Endelig er der gennemført en undersøgelse af reduktionsfaktorer, fra poreluft til indeklima, over eksisterende betongulve på to sager, hvor betingelserne for anvendelse af Miljøstyrelsens JAGG-model ikke er opfyldt, men hvor der, via de gennemførte sporgasundersøgelser, er opnået et godt kendskab til de faktiske spredningsveje.

UNDERSØGELSEN

I forbindelse med projektet har Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) gennemført sporgastest på seks udvalgte lokaliteter for Region Nordjylland i tilknytning til det almindelige forløb på sagerne. Der er således gennemført undersøgelser på fire tidligere renseri-lokaliteter, hvor PCE er problemstoffet, og på to lokaliteter, hvor problemstoffet er benzen.

Overordnet foretages testen via: (i) udledning af sporgas i et område som formodes at bidrage med dampe til indeklimaet, (ii) kontrolmålinger for at sikre, at sporgassen har den ønskede udbredelse i kildeområdet, og (III) semikvantitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor.

HOVEDKONKLUSIONER

Via udførelse af sporgasundersøgelser på seks udvalgte sager for Region Nordjylland, er der opøvet og opstillet en ”best practice” for anvendelse af metoden på sager med indeklimaproblemer, der skyldes jord- eller grund-

vandsforurening. Metoden og udstyret er beskrevet således at andre udførende parter kan tage den i anvendelse.

Metodemæssige styrker

Sporgasmetoden er baseret på anvendelse af udstyr, der er billigt at erhverve.

Metoden giver meget ”visuelle” resultater, der kan give den tilsynsførende en god direkte fornemmelse for de konvektive spredningsveje der er fra poreluft til indeklima samt internt i indeklimaet, f.eks. over etageadskillelser.

Der er desuden tale om en meget adaptiv test, hvor det er let at afprøve forskellige spredningshypoteser. Kombinationen af en meget let sporgas og en robust, direkte reagerende detektor, giver en meget hurtig responstid, og bidrager væsentligt til metodens styrke.

Metodemæssige ulemper

Metoden giver ikke umiddelbart indtryk af diffusive spredningsveje og egner sig bedst til identifikation af konvektive spredningsveje (revner, sprækker m.v.). Der er risiko for falsk negative resultater, hvis sporgassens udbredelse på kildesiden af konstruktionen ikke er som antaget, hvorfor det er vigtigt, at følge den anviste procedurebeskrivelse, hvor der tages højde for dette.

Der er risiko for falsk positive udslag på den anvendte detektor; f.eks. i meget våde miljøer eller miljøer hvor der opbevares kemikalier. Også dette er der taget højde for i den opstillede testprocedure.

Tidsforbrug og prisniveau

Samtlige gennemførte tests er gennemført indenfor en dags feltarbejde og der har været to medarbejdere tilknyttet feltarbejdet. På baggrund af de gennemførte sporgasundersøgelser er det vores erfaring, at små undersøgelser kan gennemføres for omkring 15.000 kr., mens større undersøgelser (indenfor én dags feltarbejde) kan gennemføres for mellem 25 og 30.000 kr.

Det aktuelle prisniveau på en given sag vil dog variere afhængigt af timeprisen for de anvendte medarbejdere, køretid/-afstand og krav til detaljeringsgraden i dokumentationsmaterialet.

PROJEKTRRESULTATER

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

Almindelige spredningsveje

På samtlige sager er der konstateret spredning via støbeskel imellem betongulv og bærende vægge, eller imellem støbte betongulve i forskellige rum, under dørrin. På fem sager er der endvidere konstateret gasindtrængning omkring rørgennemføringer igennem støbt betongulv/etageadskillelse; primært ved vand-, varme og spildevandsinstallationer.

På begge sager hvor fast inventar er nedboltet i betongulvet, er der konstateret indtrængning hvor betongulvet er helt eller delvist gennemboret, og hvor gulvkonstruktionen er svækket. På to andre sager er der konstateret indtrængning af sporgas igennem kældervægge ved radiatorophæng og kabelgennemføringer.

På tre sager er der konstateret spredning fra poreluft til hulmurskonstruktioner, hvorfra der kan ske videre spredning til indeklimaet på ovenliggende etager.

På to sager er der konstateret spredning via kabelføringsrør/elektrikerrør, til installationsskabe og til vægudtag for el/telefon i hhv. stueetage og 1. sal.

På tre sager er der konstateret indtrængning omkring eller gennem poreluftstationer og tidligere poreluftpunkter, og det vurderes at være problematisk at anvende mineralsk baserede produkter til lapning af poreluftpunkter.

Tætningsmaterialer

Det anbefales, at bruge elastiske fugemasser frem for mineralske produkter til tætning af poreluftpunkter. Dette skyldes, at der sker materialesvind under udhærdning af de mineralsk baserede produkter. Levetiden for de elastiske fugemasser er dog ukendt – om end dog tilsyneladende generelt er bedre end for de mineralske produkter. På to sager er der benyttet epoxybaserede produkter til tætning af gennemborede betongulve.

Spredningsveje som identificeres via gennemførelse af sporgastesten anbefales tætnet med elastiske fugemasser eller PU-skum, som ved omhyggeligt og professionelt udført arbejde har vist sig at være effektive til tætning af konstaterede spredningsveje – som minimum i op til 3-4 år. Den nøjagtige levetid for disse materialetyper er dog ukendt. Både fugemasser og PU-skum er dog forbundet med en afgasning af flygtige komponenter, som detektoren reagerer på, under ophærdningen, hvorfor der ikke kan foretages en efterkontrol af tætningens effektivitet umiddelbart efter tætning.

Afværgeløsninger

Fugeløsninger kan være meget effektive. Såvel vådrumsmembran, som epoxybelægning og RAC-membran vurderes generelt, at være effektive, om end de alle kan have svage punkter.

Samtlige tætningsløsningers effektivitet hænger dog uløseligt sammen med den omhu, der er udvist under udførelsen. Dette understreges af at der på samme sag, med samme tætningsmetode, kan være stor forskel på løsningens tætningsgrad.

Derfor anbefales det, at der *altid* foretages en grundig efterkontrol af udførte tætningstiltag; specielt set i lyset af, at der i samtlige tilfælde er konstateret utætheder (etageadskillelsen på Tranebærvej undtaget). I den forbindelse vurderes sporgasmetoden at være et særdeles godt alternativ til andre metoder.

Ved test af tætninger udført mod terræn, vurderes metoden, at være bedst egnet når det er muligt, at etablere kontrolpunkter, da områder, hvor der ikke konstateres gasindtrængning, med sikkerhed kan tilskrives, at konstruktionen er tæt og ikke blot, at gasudbredelsen ikke er som forudsat under gulvet. Metoden er særdeles velegnet til at identificere spredningsveje over etageadskillelser eller andre interne spredningsveje; specielt ifht. alternative metoder.

Aktuelle reduktionsfaktorer

To lokaliteter, hvor forudsætningerne for anvendelse af JAGG-modellen ikke er opfyldt, er udvalgt til opfølgende undersøgelser af aktuelle reduktionsfaktorer over betongulv. På begge lokaliteter er der foretaget samtidige målinger af

chlorerede opløsningsmidler i poreluften og i indeklimaet, og der er foretaget en måling af det aktuelle luftskifte.

På begge lokaliteter er opnået en større reduktionsfaktor end den faktor 100, som Miljøstyrelsen anser som værende konservativ ifht. poreluftkoncentrationens bidrag til indeklimaet i størstedelen af dansk boligbyggeri, forudsat at boligen har betongulv uden synlige revner eller utætheder ved rørgennemføringer eller lignende. Og dette er på trods af, at der i begge gulvkonstruktioner er konstateret faktiske spredningsveje som ikke opfylder betingelserne for anvendelse af en faktor 100 reduktion af poreluftens bidrag til indeklimaet.

English Summary

BACKGROUND AND STUDY PURPOSE

At sites where underlying soil or groundwater contamination leads to an unacceptable vapour intrusion (VI), a thorough understanding of the VI pathways can enable a better choice of remediation strategy.

Normally, VI pathways are investigated by performing a thorough building inspection followed by chemical analyses of vapours at identified potential pathways.

This project investigates and presents an active tracer gas method for tracking VI pathways. The presented method is an alternative to other investigation methods. An English version of the presentation can be found in /5/.

The primary purpose of the study is to describe a best practice for applying the method, whereas the secondary purpose is to seek a better understanding of the potential of the method, e.g. strengths and weaknesses.

Finally, attenuation factors across concrete floors were investigated at two of the sites where the prerequisites for applying the Danish EPA model JAGG are not met.

THE STUDY

Throughout the project, DMR A/S performed tracer tests at six sites at which the Region of Northern Jutland were performing other investigations. Four of the sites were former dry cleaning sites (PCE) and two of the sites had benzene as the contaminant of concern.

The tracer test is performed by: (i) injecting tracer gas into a suspected source area for vapour intrusion, (ii) performing control measurements to ensure that the tracer gas is distributed as required, and (iii) taking a semi-quantitative measurement of tracer gas intrusion by a hand held instrument.

MAIN RESULTS

By performing tracer gas tests at the six sites included in the study, a best practice has been established in which a small number of potential shortcomings of the method are countered by applying a systematic approach. The method and the equipment needed is described in detail so that other parties can easily adapt them to suit their particular needs.

Strengths of the active tracer gas test

The equipment needed for the test is inexpensive (tracer gas, leak detector and standard soil vapour investigation equipment).

The results are very “visual”, whereby the investigator is granted a very good direct sense of the advective vapour intrusion pathways at the site. The test is

very adaptive and different intrusion hypotheses can be tested “on the go”. The combination of a very buoyant tracer gas (5% hydrogen) and a robust and fast-reacting gas leak detector contributes significantly to the strength of the method.

Weaknesses of the active tracer gas test

The method is not suitable for investigating diffusive vapour intrusion pathways and there is a risk of false negative results if the tracer gas saturation on the source side of the construction is not as assumed. Hence, it is important to follow the established procedure, which takes this into account.

The leak detector used can yield false positive results in very wet environments or where household chemicals are kept. The test procedure takes this into account.

Duration and cost

All of the tests performed were conducted within one day by two persons. In our experience, tests at a small site can be carried out and documented within a budget of roughly 15,000 Danish krone, whereas larger sites (within one field day) will require about 20-30,000 Danish krone.

Of course, actual costs will vary depending on the hourly rate of the consultants involved, driving time and distance and the level of documentation required.

1 Indledning

1.1 BAGGRUND

I sager, hvor indtrængende forureningskomponenter fra underliggende jord- eller grundvandsforureninger giver anledning til indeklimaproblemer kan en effektiv sporing af de aktive spredningsveje lede til en værdifuld forståelse for hvordan indeklimaet i en bygning interagerer med en underliggende poreluftforurening, og i sidste ende eventuelt til et mere informeret valg af afværgemetode.

I en række tilfælde kan et grundigt kendskab til dampenes spredningsveje måske åbne mulighed for, at indeklimaet sikres via nogle relativt simple og billige afværgeforanstaltninger frem for at ”køre de store kanoner i stilling”.

Traditionelt fastlægges dampenes spredningsveje via en todelt arbejdsproces, hvor der først gennemføres en grundig byggeteknisk gennemgang. På baggrund af denne fastlægges en række potentielle spredningsveje. Dernæst kommer en dyr og langsommelig (ofte iterativ) proces, hvor der udføres målinger og kemiske analyser i/ved de potentielle spredningsveje for at finde ud af hvilke af spredningsveje, der er aktive.

Metoden skal primært ses som et supplement til traditionelle undersøgelsesmetoder, f.eks.:

- byggeteknisk gennemgang,
- kemiske analyser,
- luftskiftemålinger,
- folie- og snifferundersøgelser,
- PFT passive sporgasundersøgelser,
- tætningskontrol (f.eks. termografi).

Der er tale om en teknologioverførsel og adaption/videreudvikling af en teknik som egentlig er alment brugt ved lækagesporing i rørsystemer, herunder af LækageXperten, som var underentreprenør på den første af de inddragede sager.

1.2 FORMÅL

Det primære formål med projektet er at opøve og beskrive en ”best practice” for anvendelse af sporgasmetoden. Herunder er det intentionen at lave en så fyldestgørende beskrivelse af metoden, at andre rådgivere/entreprenører vil kunne tage metoden i anvendelse.

Det sekundære formål med projektet er, via anvendelse på seks forskellige sager, at søge en bredere afklaring af metodens anvendelsespotentiale; herunder at afklare og beskrive metodens styrker og svagheder. Endvidere er det intentionen, at uddrage og beskrive de erfaringer der opnås igennem anvendelse af metoden på seks ”eksempelsager”.

1.3 UNDERSØGELSE AF AKTUELLE REDUKTIONSFAKTORER

Slutteligt er to af sagerne efterfølgende udvalgt til undersøgelse af reduktionsfaktorer, fra poreluft til indeklima, over eksisterende betongulve. I begge sager er der tale om transport af PCE-poreluftforurening over betongulve, der ikke opfylder betingelserne for anvendelse af JAGG-modellen mht. armering og fravær af (synlige) revner/sprækker. Formålet med disse opfølgende undersøgelser er, at undersøge de aktuelle reduktionsfaktorer i nogle udvalgte sager, hvor JAGG-modellens forudsætninger beviseligt ikke er opfyldt, og hvor der, via de gennemførte sporgasundersøgelser, er opnået et godt kendskab til de faktiske spredningsveje.

2 Beskrivelse af sporgasmetoden

Herunder beskrives udstyret og der er opstillet procedurelister for sporing af transportveje fra hhv. poreluft til indeklima og igennem etageadskillelser.

2.1 Udstyr

2.1.1 Sporgassen

Der anvendes en specialgas bestående af 5 % brint og 95 % kvælstof, her i en 20 L trykflaske. Med et indhold af brint på under 5,7 % er gassen klassificeret som en inert gas. Gassen har en lav densitet og vil stige til vejrs igennem potentielle transportveje for forureningstransport.

2.1.2 Ventil og poreluftspyd

Gassen udledes via en klikventil til regulering af gasflowet indenfor det ønskede interval. I dette projekt er der benyttet to ventiler; én i intervallet 0,5 - 5 L/min, og én i intervallet 1 - 15 L/min. Fra ventilen ledes gassen typisk via en fleksibel slange til et kort poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballofix-haneventil og en slangestuds. Sporgasflaske med tilhørende udstyr er vist i figur 2.1.

2.1.3 Detektoren

Den anvendte lækagedetektor er af typen Digitron DGS-10, se figur 2.2. Detektoren reagerer direkte (uden pumpe) på en række gasser (f.eks. methan, ammoniak, brint, butan, propan, acetone, kølemidler, hydrogensulfat, opløsningsmidler og flybrændstof), og sidder for enden af en fleksibel arm, så der kan måles på svært tilgængelige steder. Apparatet afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet afspejler det relative gasniveau, idet detektoren indstilles i følsomhed, så baggrundsniveauet afgiver tre til fire "klik" pr. sekund. Det er flere gange konstateret, at detektoren reagerer på vanddamp, hvorfor der er risiko for falske positive udslag i meget fugtige miljøer. Den opstillede procedure tager dog højde for dette, jf. afsnit 2.2 og 2.3.



Figur 2.1: Gas, klikventil, slange og poreluftspyd til udledning af sporgas.



Figur 2.2: Gasdetektor, Digitron DGS-10.

2.1.4 Resultatklassificering

Resultaterne fra sporgastesten gradueres, i henhold til farveskalaen på detektoren:

- Grønt niveau = ikke forhøjet udslag (baggrund).
- Gult niveau = lettere forhøjet udslag.
- Rødt niveau = forhøjet udslag.

2.2 FREMGANGSMÅDE – PORELUFT TIL INDEKLIMA

I det følgende er der givet en punktformig beskrivelse af fremgangsmåden ved sporing af transportveje fra poreluften til indeklimaet. Listen er opstillet på baggrund af de samlede erfaringer (best practice), der er opnået via anvendelse på projektets 6 sager, jf. bilag A.

1. Gennemboring af gulvet til installation af injektionssonde (ø14 mm). Foretages i et område, hvor poreluftforureningen forventes at bidrage til indeklimaet; eksempelvis i poreluftforureningens hot-spot. Eksisterende poreluftstationer kan også anvendes.
2. Inden udledningen foretages en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætne imellem beton og poreluftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (f.eks. en acrylfugemasse).
3. Installation af injektionssonde (f.eks. ø12 mm aluspyd) med forbindelse til poreluften under gulvet. Der tættes omkring spyddet med teflontape og acrylfugemasse (figur 2.3a).
4. Etablering af kontrolpunkter ved gennemboring af gulvet (ø10 mm) til kontrol af gasudbredelsen under gulvet. Kontrolpunkterne etableres med afstand og retning til injektionspunktet, så der opnås vished for, at der er opnået en god dækning med sporgas under gulvet; specielt nær de områder der efterfølgende afsøges (jf. punkt 10). Kontrolpunkterne afproppes med gummipropper (figur 2.3b).
5. Evt. etablering af målepunkter til kontrol af formodede spredningsveje ved gennemboring til hulrum; f.eks. i hulmure, forsatsvægge og skorstene. Andre (åbne) spredningsveje kan være trækkanaler, kabelføringsrør og -skabe/-kasser m.v. (figur 2.3c).
6. Gennemgang af kontrolpunkter og planlagte afsøgningsområder med detektoren. Eventuelle punkter/områder med baggrundsudslag noteres, som punkter med usikre resultater. Der kan være tale om udslag på baggrundskemikalier eller udslag i forbindelse med vandfølsomhed i dampmættede miljøer. I forbindelse med de gennemførte sporgastest er der konstateret baggrundsudslag ved en reservedunk/plæneklipper, nye fugninger og skumninger, urensset kattebakke, samt vandfølsomhed i WC-kummer, ved gulvafløb og kondensafløb samt afløb og overløb i håndvask (figur 2.3d).
7. Check evt. baggrundsudslag på materialer – gerne udendørs, så der ikke sker en hævnning af baggrunds niveauet i afsøgningsområderne; test f.eks. benyttede fugemasser m.v. i Rilsan-pose (figur 2.3e).
8. Udledning af sporgas, med et flow, der afhænger af permeabiliteten/modstanden under gulvet. Jo højere permeabilitet, jo større umættet zone og jo større et område der skal mættes via injektionspunktet, jo høje-

re gasflow skal der benyttes. I de gennemførte tests er der benyttet flow på mellem 0,5 og 9 L/min (figur 2.3f).

9. Check tæthed af gasopstillingen (slanger, koblinger og tætning omkring injektionspunkt).
10. Gassens udbredelse under gulvet kontrolleres i de etablerede kontrolpunkter. Rødt niveau tilstræbes i kontrolpunkterne, så der ved identificerede aktive spredningsveje kan skelnes imellem gult og rødt niveau. Kontrolpunkterne afproppes med gummiproppe når de ikke er i brug.
11. Afsøgning i områder af bygningen, hvor sporgasniveauet er rødt under gulvet, jf. punkt 9 (figur 2.3g, h og i):
 - over gulvet generelt og langs støbeskel og revner,
 - ved rørgennemføringer og ved gulvnedløb,
 - i etablerede målepunkter til afdækning af potentielle spredningsveje (jf. punkt. 4).
12. Der føres løbende logbog over injektionstider og -flow, samt benyttede injektionspunkter og kontrolpunkter. Resultaterne (rød / gul / grøn) indtegnes løbende på en situationsplan og ved mere komplicerede opgaver kan der med fordel benyttes farvekridt til markering af indtrængningspunkter. Der tages digitale fotos/film til brug i fotodokumentation.
13. Injektionspunktet flyttes evt. til et andet punkt for at opnå en bedre dækning med sporgas til rødt niveau i relevante kontrolpunkter. Det tidl. injektionspunkt kan evt. benyttes som kontrolpunkt.



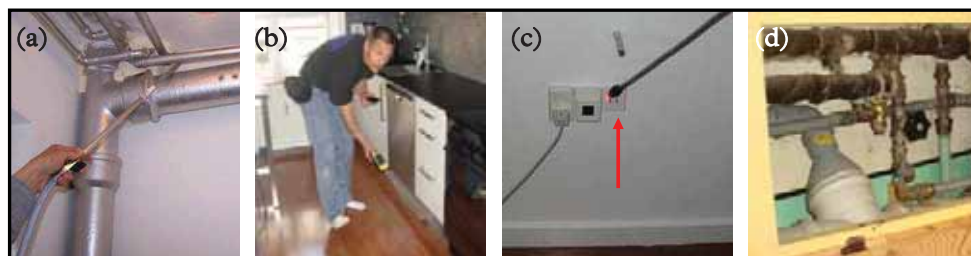
Figur 2.3: Eksempler på etablering af injektionspunkt og kontrolpunkter, samt baggrundscheck, sporgasinjektion, afsøgning af potentielle indtrængningspunkter og feltlog.

2.3 FREMGANGSMÅDE – OVER ETAGEADSKILLELSER

I det følgende er der givet en punktformig beskrivelse af fremgangsmåden ved sporing af transportveje over etageadskillelser. Listen er opstillet på baggrund af de samlede erfaringer (best practice), der er opnået via anvendelse på 5 af projektets 6 sager, jf. bilag A. Fremgangsmåden benytter to tilsynsførende; én

på underetagen og én på den overliggende etage, der er i løbende mobilkontakt vedr. undersøgelsens fremdrift og har en situationsplan hver.

1. Planlægning af udlednings- og afsøgningsrækkefølge fra punkt til punkt på under- og overetage, således at udledning og afsøgning sker simultant i korresponderende områder af under- og overetagen. Fælles nummerering af punkter på situationsplanerne.
2. Gennemgang af planlagte afsøgningsområder på overetagen med detektoren. Eventuelle punkter/områder med baggrundsudslag noteres, som punkter med usikre resultater.
3. Udledning af sporgas gennem slange og evt. spyd under loftet i underetagen, med et flow på ca. 0,5 - 1 L/min (figur 2.4a).
4. Ved konvektive spredningsveje kan der erfaringsmæssigt konstateres "gennembrud" i løbet af 2-5 sekunder fra start af udledning under loft i underetage til sporing på overetagen. Ved udledning kan der lægges en "gaspude" oppe under loftet, der erfaringsmæssigt kan holde i nogle minutter, afhængigt af ventilationsforholdene i underetagen.
5. Udledning i planlagte områder af underetagen og afsøgning i tilsvarende områder på overetagen (figur 2.4b, c og d):
 - over gulvet generelt,
 - langs støbeskel og inder-/ydervægge,
 - ved synlige sætningsrevner i/omkring etageadskillelsen,
 - ved rørgennemføringer.
6. Der føres løbende logbog over udledningstider og -flow. Resultaterne (rød / gul / grøn) indtegnes løbende på en situationsplan. Der tages digitale fotos/film af alle områder med relevante observationer til senere brug for udarbejdelse af fotodokumentation.



Figur 2.4: Eksempler på udledning af sporgas under etageadskillelse og afsøgning på ovenliggende etage ved skabe kabelføringsrør/tomrør og VVS-installationer.

3 Lokalteter og erfaringer

I forbindelse med projektets gennemførelse er der gennemført sporgastest på seks lokaliteter for Region Nordjylland. I det følgende er der givet en overordnet præsentation af de forhold, der gør sig gældende omkring hver sag, og der er foretaget en tematisk sammenstilling af en række væsentlige erfaringer, der er opnået ved gennemførelse af projektet.

3.1 LOKALITETSOVERSIGT

I tabel 3.1 er der opstillet en oversigt over de seks sager, hvoraf det fremgår hvad der er den primære forureningskomponent og hvornår i sagsforløbet sporgastesten er gennemført, samt hvilke spredningsveje der er undersøgt. Oversigten er opstillet i en rækkefølge, der svarer til den kronologiske gennemførelse af sporgastestene. Der er således tale om et ”produkt” under udvikling, hvor de anbefalede fremgangsmåder efter gennemførelse af tests på alle seks sager er opstillet i rapportens kapitel 2.

Tabel 3.1: Oversigt over de sager som er inddraget i projektet.

Nr.	Lokalitet	Forurening	Undersøgelsestidspunkt	Spredningsveje
1	Slotsgade	PCE	Supplerende undersøgelse & efterkontrol af afværgetiltag	Poreluft til indeklime og etageadskillelser
2	Gærumvej	Benzin/benzen	Supplerende undersøgelse	Poreluft til indeklime og etageadskillelser
3	Adelgade	PCE	Supplerende undersøgelse	Poreluft til indeklime og etageadskillelser
4	Tjørnevej	Fyringsolie/benzen	Efterkontrol af afværgetiltag	Poreluft til indeklime
5	Tranebærvej	PCE	Efterkontrol af afværgetiltag	Poreluft til indeklime og etageadskillelser
6	Fredericiagade	PCE	Efterkontrol af afværgetiltag	Poreluft til indeklime og etageadskillelser

Som det fremgår af tabel 3.1 er ca. halvdelen af undersøgelserne gennemført som supplerende undersøgelser og ca. halvdelen som efterkontrol af gennemførte afværgetiltag. For én af sagerne er sporgastesten gennemført både som supplerende undersøgelse og som efterkontrol af gennemførte afværgetiltag. Fem af undersøgelserne er gennemført på etageejendomme, hvorfor der er udført undersøgelser med fokus på såvel spredningsveje fra poreluft til indeklime som over ejendommens etageadskillelser.

I forbindelse med den almindelige sagsgang for hver af de seks sager er der udarbejdet materiale, som omfatter et bilag hvori testen, og baggrunden for denne, kort er beskrevet. Endvidere er den udførte sporgasundersøgelse og de opnåede resultater beskrevet, under henvisning til situationsplaner og fotobilag. Dette materiale fremgår af bilag A i nærværende rapport. De primære afværgetiltag gennemført på lokaliteterne fremgår af nedenstående tabel 3.2.

Tabel 3.2: Primære afværgetiltag gennemført på lokaliteterne.

Nr.	Lokalitet	Primære afværgetiltag
1	Slotsgade	Tætning af etageadskillelse mellem kælder og stueetage ved fugning og skumning. Intern luftrensning i kælder.
2	Gærumvej	Afværgetiltag er endnu ikke gennemført.
3	Adelgade	Afværgetiltag er endnu ikke gennemført.
4	Tjørnevej	Tætning af gulv mod terræn ved etablering af vådrumsmembran på eksisterende flisebelagt betongulv samt ca. 10 cm op ad væggen, udskiftning af div. gulv afløb til tætte plast-konstruktioner og fugning med elastisk fuge omkring rørgennemføringer og poreluftstationer.
5	Tranebærvej	I det tidligere renseri er der foretaget en tætning af betongulvet mod terræn, og ca. 10 cm op ad vægge, med udlægning af epoxymembran. I et tilstødende rum er der foretaget en tætning af støbeskel imellem gulv og væg med elastisk fuge. Tætning af etageadskillelse (både nedefra og ovenfra) med elastisk fugemasse.
6	Fredericiagade	Udlægning af diffusionshæmmende RAC-membran, samt tætning af denne ved vægge med elastisk fuge og klemsskinner. Membranen er tætnet med elastisk fuge, hvor membranbanerne overlapper hinanden. I den del af kælderen, hvor der ikke er krybekælder er der støbt et slidlag af beton ovenpå membranen. Omkring diverse rørgennemføringer i (krybe)kældervæg og -gulv er der ligeledes tætnet med elastisk fugemasse, ligesom etageadskillelsen imellem (krybe)kælder og de ovenliggende lejligheder er tætnet med elastisk fugemasse og/eller PU-skum. Der er udlagt ventilationsdræn under (krybe)kældergulvet.

Som det fremgår af tabel 3.2 udgør de gennemførte tætningstiltag alene, den primære løsning på to af de fire sager, hvor der er gennemført afværge i form af tætning, mens der ligeledes er projekteret (mulighed for) luftrensning eller ventilation i de to øvrige sager. I to af sagerne er der endnu ikke gennemført afværgetiltag.

3.2 METODEMÆSSIGE ERFARINGER

I det følgende er der foretaget en gennemgang af nogle af de væsentligste metodemæssige erfaringer, som vi har gjort under udførelsen af sporgastesten på de seks sager. Erfaringerne er opdelt i en række temaer, under henvisning til de relevante sager, således at der er mulighed for at hente yderligere oplysninger i baggrundsmaterialet i bilag A.

3.2.1 Hvilke spredningsveje identificeres?

Hidtil er det omtalt, at metoden kan benyttes til at identificere ”aktive” spredningsveje. Med udgangspunkt i en diskussion af de betydende faktorer for gassens transport igennem en konstruktion og de opnåede erfaringer fra projektet, diskuteres i det følgende hvilke spredningsveje metoden egner sig til at identificere.

3.2.1.1 *Drivende kræfter for gastransport med betydning for sporgastesten*

Generelt vil transporten af sporgas (og gasformige forureningskomponenter) igennem en given konstruktion kunne skyldes tre faktorer:

1. Diffusion – sporgassen transporteres igennem luften (drives af en koncentrationsforskel).
2. Densitet – sporgassen transporteres op igennem luften (da lette molekyler stiger til vejrs).
3. Konvektion – sporgassen transporteres med luften (drives af en trykforskel).

Den aktive ingrediens i sporgassen er brint (H_2), som er små molekyler med en meget lav densitet (ca. 1/15 del af atmosfærisk luft og halvdelen af helium). De små molekyler gør at gassen har en forholdsvis høj diffusionshastighed, hvorfor der før eller siden vil ske en diffusiv transport igennem stort set alle materialer. Med den lave densitet vil molekylerne ydermere have en tendens til at stige til vejrs, hvorfor metoden egner sig specielt godt til at identificere vertikale spredningsveje; nedefra og op. Det er disse egenskaber der gør, at gassen egner sig godt til formålet.

Da sporgassen således har andre egenskaber end gasformige forureninger (f.eks. benzen og chlorerede opløsningsmidler) kan det ikke afvises, at der kan forekomme forskelle imellem sporgassens transportveje og poreluftforureningers transportveje. Det er dog vores umiddelbare indtryk, at der er flere fordele end ulemper forbundet med anvendelse af den brintbaserede sporgas; jf. nedenstående diskussion.

I tillæg til den transport, der drives af gassens egenskaber lægges en eventuel konvektiv lufttransport, der drives af en trykforskel over den gulvkonstruktion, etageadskillelse eller kældervæg, der afsøges for spredningsveje. Trykforskellen er en meget dynamisk størrelse (kan skifte retning og størrelse flere gange indenfor få timer), der kan bevirke transport med eller imod den retning der undersøges for spredningsveje. Såfremt strømningsretningen går fra kildesiden mod receptorsiden, virker alle faktorer i samme retning, men hvis luftens strømningsretning går fra receptorsiden mod kildesiden vil lufttransporten modvirke en transport af sporgas ind i bygningen. Her vil molekylerne lave densitet og høje diffusionshastighed dog virke kraftigt i modsat retning. Præcist hvor balancepunktet imellem den ind- og udadrettede transport går, vides ikke, men grundet brintmolekylerne lave densitet og store diffusionshastighed findes ikke bedre gasser end brint til formålet.

Efter at have arbejdet med metoden siger vores ”fingerspidsfornemmelse” os, at hvis der *er* en revne, så finder gassen vej igennem. Dermed kan der være risiko eller mulighed for, at der ved testen identificeres revner/spredningsveje, som med den konkrete forureningssituation ikke vil bidrage med dampe til indeklimaet. I værste fald identificeres yderligere potentielle (ikke aktive) spredningsveje.

Desuden må man tage i betragtning, at alternative metoder som er tilgængelige i forhold til undersøgelse af samme problemstilling (f.eks. sniffermetoden og foliemetoden), langt hen ad vejen er påvirket af samme usikkerheder omkring trykgradientens retning, men ikke har fordelene af en brints lave densitet og høje diffusionshastighed. Disse metoder kræver således i højere grad end sporgasmetoden, at der foregår en konvektiv transport på prøvetagningstidspunktet, før der kan måles en transport.

Som eksempel kan nævnes, at lapning af porelufthuller i anden sammenhæng er checket med såvel ppbRAE (sniffermetoden) som med sporgasmetoden. Her vurderes sporgasmetoden, at give mere sikre resultater, idet der ikke nødvendigvis skal være tale om en opadrettet trykgradient på måletidspunktet for eventuelle utætheder kan detekteres. Til gengæld skal injektionshullet efterfølgende lappes/checkes – eller udføres f.eks. igennem sokkel (fra siden). Se i øvrigt afsnit 3.4 vedr. erfaringer med lapning af porelufthuller.

3.2.1.2 De opnåede erfaringer

På baggrund af de erfaringer, der er opnået igennem projektet vurderes de spredningsveje, som identificeres vha. metoden, primært at være ”motorveje” – dvs. spredningsveje af konvektiv natur (revner, sprækker m.v.), der vil kunne bringes i umiddelbar aktivering for transport af forureningskomponenter når der opstår en trykgradient over konstruktionen. Denne betragtning baseres dels på den meget hurtige responstid, der opnås fra gassen er udbredt på kildesiden af konstruktionen til den kan detekteres på rødt niveau på receptor-siden (typisk < 5 sek.), og dels på den meget store kontrast der opnås ved afsøgning af f.eks. et støbeskel imellem et støbt betongulv og en væg. Det er således vores erfaring, at indtrængningspunkter kan identificeres meget præcist (< +/- 0,5 cm), mens der slet ikke observeres forhøjet detektorudslag i punkter blot centimeter fra indtrængningspunktet.

I forlængelse af ovenstående skal det dog nævnes, at vi ved meget lange testvarigheder, med udledning af sporgas i samme injektionspunkt/område over mere end ca. 3 timer, kan se, at flere og flere transportveje aktiveres på gult niveau (erfaring fra Adelgade, bilag A.3). Dette betyder, at der over tid også (efterhånden) sker en transport af sporgas igennem diffusive og/eller mindre betydende konvekative spredningsveje; f.eks. revner i underliggende betongulv, hvor der er støbt et intakt betonlag ovenpå. I forhold til ovenstående analogi med motorvejene kan man sige, at landeveje og biveje efterhånden også bliver aktiveret. Når man opnår lidt erfaring med gennemførelse af sporgastest virker dette dog ikke som nogen begrænsning i metoden, idet man i det fleste tilfælde kan nå at afsøge meget store områder indenfor 1 – 1,5 time.

For at sætte ovenstående i relief kan det nævnes at der, indenfor de testvarigheder, der er benyttet i projektet (typisk 1 – 2 timer), ikke er observeret transport af sporgas igennem et tæppebelagt plankegulv – med synlige mellemrum imellem de enkelte planker – selvom sporgassen blev udledt direkte på undersiden af plankerne (Slotsgade, bilag A.1). Tæppet var i det aktuelle tilfælde et almindeligt væg-til-væg tæppe med skumbagside, som på ingen måde kan betragtes som diffusionshæmmende (figur 3.1a og 3.1b). Umiddelbart ved siden af, og igennem samme etageadskillelse, var der en tydelig konvektiv spredningsvej omkring en rørgennemføring, hvor der var umiddelbar gasdetektion (< 2 sek.).



Figur 3.1: Eksempler på, at tæppe og linoleum stopper gennemtrængning af sporgas.

Desuden er det i flere tilfælde konstateret, at linoleum er tæt overfor transport af sporgas, indenfor de testvarigheder, der er arbejdet med i projektet (op til 4 timer). Ofte konstateres der således gasindtrængning, hvor linoleummet er gennembrudt; f.eks. langs vægge/fodlister eller fast inventar (figur 3.1c), som belægningen er udlagt ”omkring” (Adelgade, bilag A.3). Det er således vores vurdering, at der i sager med udlagt tæppe eller linoleum er risiko for at fejltolke en *konstateret* gasindtrængning langs vægge m.v. som placering af en aktiv transportvej, mens der kan være tale om at gassen reelt trænger op igennem en revne midt på gulvet, for derefter at sive ud til den nærmeste gennem-brydning af gulvbelægningen – f.eks. langs en væg.

I forlængelse af ovenstående kan det bemærkes, at det på Adelgade (bilag A.3) er konstateret, at et parketgulv på første sal virker som en diffusor ifht. en gasindtrængning, der sker op igennem en tydelig sætningsrevne i etageadskillelsen. Ved udledning af sporgas på undersiden af sætningsrevnen (under loftet i stueetagen) er der således konstateret gult niveau i et større område umiddelbart omkring sætningsrevnen over parketgulvet på 1. sal.

3.2.2 Baggrunds niveauer og vandfølsomhed for detektoren

Som anført i afsnit 2.1 har detektoren vist sig, i nogle situationer, at reagere på vanddamp, hvilket kan vanskeliggøre målinger i meget fugtige miljøer. Endvidere er der tale om en uspecifik detektor, hvorfor der kan forekomme baggrundsudslag på forskellige kemikalier. De erfaringer, der opnået i projektet vedr. baggrundsudslag og vandfølsomhed er opsummeret i det følgende.

Ved de gennemførte sporgastests er der konstateret baggrundsudslag (gule til røde niveauer) ved en reservedunk/plæneklipper (figur 3.2a, Fredericiagade), nye fugninger (Gærumvej, Tjørnevej, Tranebærvej og Fredericiagade) og skumninger med PU-skum (Fredericiagade), ved en urensset kattebakke (formentlig pga. ammoniak, Tranebærvej), samt vandfølsomhed i WC-kummer, ved gulvafløb og kondensafløb samt afløb og overløb i håndvaske (figur 3.2b, Adelgade, Tjørnevej, Tranebærvej og Fredericiagade). Detektoren giver desuden udslag, hvis man ånder/puster på den, samt på flere almindelige husholdningskemikalier; bl.a. husholdningssprit og brun sæbe (figur 3.2c). Det er dog væsentligt, at der ikke altid konstateres baggrundsudslag i disse miljøer, hvorfor det er vigtigt at gennemføre et baggrundscheck inden gennemførelse af testen (jf. procedurelisterne i afsnit 2.2 og 2.3).



Figur 3.2: Eksempler på miljøer, hvor der er risiko for baggrundsudslag på detektoren.

På Gærumvej (bilag A.2) var der tale om en særdeles fugtig jordmatrice lige under kældergulvet, grundet meget finkornede sedimenter og et højtliggende kapillart vandspejl. Dette kom til udtryk ved at det kun var muligt, at udlede sporgas med et flow på 0,5 L/min under sporgastesten og at der ved udledning med 1 L/min blev skabt utætheder omkring injektionsspyddet. På trods af disse meget fugtige jordbundsforhold gav detektoren *ikke* baggrundsudslag (figur 3.3). På ingen af de seks sager er der konstateret baggrunds niveau grundet vandfølsomhed i nye kontrolpunkter etableret under gulv eller i jor-

den, hvorfor der ikke vurderes at være noget reelt problem i forbindelse med sporgasmålinger i våde jordmatricer. Under sådanne forhold er problemet snarere, at der ikke kan foretages en tilfredsstillende udledning af gassen.

På Fredericiagade (bilag A.6) var det ikke hensigtsmæssigt at etablere kontrolpunkter under kældergulvet, da der var udlagt RAC-membran. Derfor blev testen gennemført ved brug af eksisterende poreluftstationer, hhv. som målepunkter under gulvet og i poreluftsonder udenfor bygningen/på siden af kældervæggene. Der blev konstateret gule baggrunds niveauer i poreluftsonderne udenfor bygningen pga. kondensdannelse i og omkring sonden. Sonderne blev vurderet uegnede som kontrolpunkter.



Figur 3.3: Udledning under kældergulv i meget fugtig jord.

3.2.3 Specielle injektions-, kontrol- og målepunkter

På Fredericiagade (bilag A.6) var det ikke hensigtsmæssigt, at etablere injektionspunkter under kældergulvet, på grund af en udlagt RAC-membran. Derfor blev en del af testen gennemført ved udledning af sporgas igennem eksisterende ventilationsdræn, som tidligere er udlagt under kældergulvet, og med adgang via sokkelriste/ventilationshætter til fri luft. Injektionsslangen fra gasflasken blev, efter afmontering af sokkelriste/ventilationshætter, skubbet så langt ned i ventilationsrøret som muligt (figur 3.4a). Tætningen omkring injektionsslangen ved sokkelristen/ventilationshætten blev foretaget ved omvikling med en våd klud. Denne løsning fungerede efter hensigten, selv om det, pga. flere 90° bøjninger på ventilationsrørene, var svært at sikre, at gasslangen blev ført helt ned under kældergulvet.

På både Tjørnevej (bilag A.4) og Fredericiagade (bilag A.6) blev der foretaget injektion igennem eksisterende poreluftmålestationer i gulvet for ikke at foretage en gennem boring af membraner udlagt som en del af afværgeforanstaltninger på lokaliteten. De samme poreluftmålestationer blev endvidere benyttet som kontrolpunkter (figur 3.4b og c).



Figur 3.4: Eksempler på specielle injektionspunkter.

På Tjørnevej (bilag A.4) og Fredericiagade (bilag A.6) blev der ligeledes foretaget udledning af sporgas i poreluftsonder for at be- eller afkræfte hypoteser vedrørende specielle spredningsforhold for dampe af forureningskomponenter; hhv. igennem en muret sokkel af fundablokke til en ovenstående hulmur (Tjørnevej, bilag A.4) og på siden af en støbt kældervæg med henblik på at undersøge eventuelle spredningsveje igennem væggen (Fredericiagade, bilag A.6).

Ved måling i hulmur, gennemboret fra yderside, på Tjørnevej (bilag A.4) var det ikke muligt, at måle direkte på hullet pga. kraftigt blæsevejr. Derfor blev der foretaget en måling ved påmontering af en poreluftslange, tætnet med dekorationsler, tilsluttet en Ripo-pumpe. Afkastet fra Ripo-pumpen var ført til en pose, der fungerede som et gennemstrømningskammer, hvori detektorens føler også var isat (figur 3.5). Denne løsning fungerede fortrinligt og blev gentaget på Fredericiagade (bilag A.6), hvor en SKC-pumpe blev benyttet til at pumpe fra en slange ført til en svært tilgængelig poreluftstation i ejendommens krybekælder. Samme teknik vurderes at kunne være velegnet til måling i eksisterende poreluftstationer, hvor der er vist inaktivt volumen i rør/slanger m.v.



Figur 3.5: Pumpe og flowcelle til måling under specielle omstændigheder.

3.3 ERFARINGER VEDR. SPREDNINGSVEJE

I det følgende er der oplistet en række erfaringer med hensyn til spredningsveje, der er opnået via de sager som er inddraget i projektet.

3.3.1 Fra poreluft til indeklima

På samtlige sager er der konstateret spredning via støbeskel imellem betongulv og bærende vægge, eller imellem støbte betongulve i forskellige rum, under dørtrin (figur 3.6a).

På fire af de seks sager blev der konstateret gasindtrængning omkring rørgennemføringer igennem det støbte betongulv; primært ved vand- og spildevandsinstallationer (figur 3.6b). Herunder omkring et tidligere vandstik og gulvafløb (Gærumvej), ved faldstammer (Gærumvej og Tranebærvej), ved vandrør (Tjørnevej og Tranebærvej) samt ved gennemføring for en ventilationsstreng til afværgeanlæg (Fredericiagade).



FIGUR 3.6: Spredning via støbeskel og ved faldstammer/rørgennemføringer.

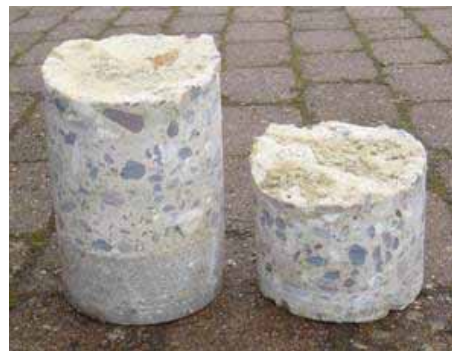
Dertil blev det på tre sager konstateret indtrængning gennem poreluftstationer/tidligere poreluftpunkter; hhv. på Slotsgade (bilag A.1) og Tjørnevej (bilag A.4) hvor en porelufthullapning var foretaget med et mineralsk baseret produkt, på Adelgade (bilag A.3), hvor der var foretaget en utilstrækkelig lapning med acrylfuge og på Tjørnevej (bilag A.4), hvor der var foretaget en utilstrækkelig fugning omkring faste poreluftstationer.

På Gærumvej (bilag A.2) og Fredericiagade (bilag A.6) er der konstateret indtrængning af sporgas igennem kældervægge; hhv. ved radiatorophæng (figur 3.7) og elkabelgennemføring (Gærumvej) og ved støbeskel, tilmurede væghuller og ved kabelgennemføring i væggen (Fredericiagade).



Figur 3.7: Indtrængning ved radiatorophæng på kældervæg.

På Slotsgade (bilag A.1) blev der konstateret sporgasindtrængning (rødt niveau) i et intakt udseende område af betongulvet, mens der i flere synlige revner ikke blev konstateret indtrængning af sporgas. Det vurderes, at indtrængningen i intakt udseende betongulv kan skyldes, at gulvet er støbt i flere lag (figur 3.8), og at der evt. er revner i det underliggende ikke-synlige lag. Tilsvarende kan nogle af de synlige revner være i det øverste (tynde) betonlag, mens der er tale om et solidt og intakt underliggende betonlag. Dette er blot hypoteser, men kunne give anledning til, at vi ikke tillægger den visuelle inspektion af betonkvaliteten – specielt i ældre ejendomme – entydig betydning ved vores risikovurderinger.



Figur 3.8: Betongulv støbt i flere lag af forskellig beskaffenhed.

På tre af sagerne er der konstateret spredning fra poreluft til hulmure. Herunder er der på Adelgade (bilag A.3) konstateret spredning via støbeskel ved ydervæg til en indvendigt opsat forsatsvæg – med videre spredning til støbeskel imellem etageadskillelse og ydervæg på 1. sal (figur 3.9). På Tjørnevej (bilag A.4) og Tranebærvej (bilag A.5) er spredningen sket direkte fra poreluft igennem soklen til hulmuren – med mulighed for videre spredning via gennembrydninger af hulmuren til indeklimaet.



Figur 3.9: Spredning via støbeskel til hulrum bag indvendigt opsat forsatsvæg.

På Tranebærvej (bilag A.5) er der konstateret spredning fra hulmuren (en tidligere ydervæg ved en tilbygning, der nu er en indvendig væg) til indeklimaet i såvel stueetagen som på 1. sal. Spredningen fra hulmuren er sket via en gennemgående ventilationskanal til udluftning, via vindues- og dørlysninger, via div. vægophæng (billeder, skabe, radiator og indvendig trappe).

På to sager (Gærumvej og Tranebærvej) er der konstateret gasindtrængning hvor hhv. fast inventar (frisørstole, figur 3.10) og en trappe er nedboltet i betongulvet; altså i punkter hvor betongulvet er helt eller delvist gennemboret, og hvor gulvkonstruktionen er svækket – med mulighed for revnedannelse ud fra.



Figur 3.10: Spredning gennem betongulv ved nedboltet inventar.

3.3.2 Over etageadskillelser

På tre sager blev der konstateret gasindtrængning omkring rørgennemføringer igennem etageadskillelser; primært ved varme- og vand-/spildevandsinstallationer (figur 3.11, Slotsgade, Gærumvej og Fredericiagade). På to ejendomme er der, i forbindelse med forudgående afværgetiltag, gennemført tætning af etageadskillelserne, herunder omkring div. rørgennemføringer m.v. (Tranebærvej og Fredericiagade), mens der ikke er nogen overetage på Tjørnevej (bilag A.4).



Figur 3.11: Spredning omkring rørgennemføringer igennem etageadskillelse.

På Slotsgade (bilag A.1) og Gærumvej (bilag A.2) er der konstateret spredning fra kælder til ovenliggende etager via en trappeopgang.

På Adelgade (bilag A.3) var etageadskillelsen imellem stueetagen og 1. sal et såkaldt Baumadæk (teglblokke med indlagt armering og udstøbt med beton). Der var flere sætningsrevner hhv. langs og i forlængelse af bærende bjælker i etageadskillelsen, som blev konstateret som aktive spredningsveje.

På Fredericiagade (bilag A.6) er der ligeledes konstateret spredning igennem etageadskillelsen fra krybekælder til stueetage i en etageejendom, ved en sætningsrevne i en bærende væg. Den indtrængende sporgas er konstateret ved fodpanelerne på hver side af sætningsrevnen.

På tre sager er der konstateret gastransport over etageadskillelser uden synlige revner eller sprækker i området, hverken i selve etageadskillelsen eller i ydermuren; Gærumvej (bilag A.2), Adelgade (bilag A.3) og Fredericiagade (bilag A.6).

3.3.3 By-pass over mellemliggende etager

På Slotsgade (bilag A.1) er der konstateret massiv indtrængning af sporgas til ejendommens kælder med efterfølgende transport via trappeopgang og installationskasser/-skabe til beboelse direkte på 1. og 2. sal.

På Tjørnevej (bilag A.4) havde RN's rådgiver en formodning om at der fandtes aktive spredningsveje fra jordforureningen/poreluften, igennem den murede sokkel og ind i hulmuren i ydervæggen – og derfra muligvis videre til boligens indeklima (figur 3.12). Soklen var etableret af Fundablokke (hule betonelementer med indlagt armering og udstøbt med beton). Der blev konstateret indtrængning af sporgas i hulmuren både ved udledning af sporgas under gulvet i bygningen og ved injektion af sporgas i en poreluftsonde etableret 1,1 m.u.t. umiddelbart udenfor soklen. I sidstnævnte tilfælde blev der konstateret gennembrud blot 2,5 min efter udledning af sporgas.



Figur 3.12: Spredning via hulmur.

På Tranebærvej (bilag A.5) er der konstateret indtrængning af sporgas i bunden af en skorsten (tidligere med jordbund), der er udstøbt med beton i forbindelse med tidligere afværgetiltag (figur 3.13). Skorstenen er ikke i brug, men har aftræk over tag, så den vurderes ikke umiddelbart at give anledning til videre spredning til indeklimaet.



Figur 3.13: Spredning via skorsten med tilmuret bund.

På Fredericiagade (bilag A.6) er der konstateret spredning af sporgas fra en krybekælder, der benyttes til installationskælder til fordeling af ejendommens el- og telefonledninger, via kabelføringsrør/elektrikerrør, direkte op til installationsskabe (med HFI-relæ m.v.), samt til vægudtag for telefon i både stueetagen og på 1. sal (figur 3.14). På Adelgade (bilag A.3) er der ligeledes konstateret gasindtrængning via en stikkontakt på 1. sal.



Figur 3.14: Spredning fra krybekælder til lejligheder i stueetage og på 1. sal via elektrikerrør.

3.4 ERFARINGER VEDR. TÆTNINGSMATERIALER

I det følgende er der videregivet nogle erfaringer vedr. valg af tætningsmaterialer; herunder til tætning af konstaterede spredningsveje.

Tætning af porelufthuller i betongulv med mineralske produkter (f.eks. flise-mørtel) kan ikke anbefales pga. materialesvind under udhærdning (jf. erfaringer fra Slotsgade, bilag A.1). Her anbefales klart elastiske fugemasser, om end levetiden for de elastiske fugemasser er ukendt. Der kan evt. benyttes fugemasse i bunden af hullet og en afslutning med et mineralsk baseret produkt, hvor dette skønnes æstetisk hensigtsmæssigt.

Det er fristende at foretage en umiddelbar tætning af de spredningsveje som konstateres via gennemførelse af sporgastesten; ofte med elastiske fugemasser (f.eks. af typen Sikaflex eller Sikacryl) eller PU-skum. Begge disse typer af materialer har, ved omhyggeligt og professionelt udført arbejde, vist sig at kunne være effektive til tætning af konstaterede spredningsveje – som minimum i op til 3-4 år (Tranebærvej, bilag A.5 og Fredericiagade, bilag A.6). Den nøjagtige levetid for disse materialetyper er dog ukendt.

Både fugemasser og PU-skum er dog forbundet med en afgasning af flygtige komponenter under ophærdningen – vel at mærke flygtige komponenter som detektoren (og en ppBRAE) reagerer på (figur 3.15). Derfor kan man ikke umiddelbart efter tætning med disse materialetyper foretage en efterkontrol af tætningsens effektivitet – og man bør i givet fald vende tilbage efter endt ophærdning. Der er i anden sammenhæng observeret afgasning fra elastiske fugemasser i op til 14 dage; dog med



Figur 3.15: Detektoren reagerer på afgasning fra PU-skum.

ppbRAE, som er væsentligt mere følsom end sporgasdetektoren.

På to af sagerne i projektet er der benyttet epoxybaserede produkter til tætning af gennemborede betongulve (Adelgade og Tranebærvej). Disse resultater indgår ikke i det aktuelle projekt, med går kort fortalt ud på, at der efter endt undersøgelse og retablering af undersøgelseshullerne er foretaget en efterkontrol med ppbRAE for at checke, at der ikke sker indtrængning af chlorede opløsningsmidler igennem de retablerede undersøgelseshuller. De benyttede epoxybaserede produkter har den fordel, at de hærdner meget hurtigt (< 12 timer) hvorefter de ikke er forbundet med nævneværdig afgasning af flygtige komponenter.

På Adelgade (bilag A.3) er der foretaget en gennemboring af gulvene med et kernebor (Ø150 mm) for udførelse af miljøtekniske boringer under gulvet. Efterfølgende er hullerne lukket med bentonit (i jordlagene), beton (i ca. 2/3 af gulvets tykkelse) og en trekomponent epoxy af typen Sikadur-42 Flydemørtel (til afslutning ved gulvoverflade).

På Tranebærvej (bilag A.5) er der tidligere foretaget en epoxytætning af gulvet i stueetagen i forbindelse med gennemførte afværgetiltag, hvorfor der efter endt sporgastest blev foretaget en retablering af injektions- og kontrolpunkter med en tokomponent epoxy, leveret af den oprindelige entreprenør på afværgeprojektet. I dette tilfælde blev borehullerne først fyldt op med fugemasse til ca. 1-2 cm under gulvoverflade, hvorefter der blev afsluttet med epoxy af typen Peran TCW.

3.5 ERFARINGER VEDR. AFVÆRGETILTAG

I det følgende er der redegjort for nogle af de erfaringer der er gjort i projektet vedr. effektiviteten af iværksatte afværgetiltag i form af diverse tætninger af spredningsveje – vurderet på baggrund af de gennemførte sporgastest. Som det fremgår af afsnit 3.1 er der tale om erfaringer fra et begrænset antal sager (fire stk.), hvilket naturligvis skal tages i betragtning ved vurdering af erfaringernes generelle validitet.

3.5.1 Tætning ved terræn

3.5.1.1 Vådrumsmembran

På Tjørnevej (jf. bilag A.4) er der etableret vådrumsmembran på eksisterende flisebelagt betongulv samt ca. 10 cm op ad væggen, og der er foretaget en udskiftning af div. gulvafløb til tætte plast-konstruktioner og fugning med elastisk fuge omkring rørgennemføringer og faste poreluftstationer (figur 3.16).

Ved sporgasundersøgelsen er der konstateret moderat gasindtrængning (gult niveau) langs støbeskel imellem gulv og ydervæg, samt under et dørrin (støbeskel mod badeværelse). Dertil er der konstateret massiv gasindtrængning (rødt niveau) i en svindrevne i membranen, samt ved et poreluft hul lappet med et mineralsk baseret mørtelprodukt. Der er konstateret massiv gasindtrængning på bagsiden af stort set



Figur 3.16: Mineralsk baseret vådrumsmembran.

samtlige fugede rørgennemføringer igennem gulvet.

Generelt virkede membranløsningen effektiv, dog med risiko for dannelse af svindrevner. Omhu er krævet ved overgangen imellem gulv og væg. Udførelsen af fugninger omkring rørgennemføringer var generelt kritisk.

3.5.1.2 Epoxybelægning vs. elastisk fuge ved støbeskel

På Tranebærvej (jf. bilag A.5) er der, bl.a. i det største centrale forretningslokale og tidl. Renseri, foretaget en tætning af betongulvet mod terræn (og ca. 10 cm op ad vægge) med ophugning/-fræsning og udsparpling af div. huller, revner m.v. med epoxybeton, udlægning af epoxygrunder, 1,5 mm epoxybelægning (EP Plexiplast), 1,5 mm polyurethanbelægning (PU Plexiplast) og afsluttet med 1 mm epoxy topforsegler (EP Plexiplast). En del af forretningslokalet har en dobbelt gulvkonstruktion med trægulv på strøer over en krybekælder med et klaplag af beton i bunden. Epoxybelægningen dækker såvel betongulv, som trægulvskonstruktionen samt skellet imellem disse. I et mindre, tilstødende rum er der ikke foretaget nogen tætning, da der via en snifferundersøgelse ikke blev konstateret optrængende PCE i dette lokale og i et andet mindre tilstødende rum er der foretaget en tætning af støbeskel imellem gulv og væg med elastisk fuge.

Ved sporgasundersøgelsen er der konstateret massiv gasindtrængning (rødt og gult niveau) langs støbeskel imellem gulv og væg i det tilstødende lokale, hvor der ikke er foretaget en tætning. I det lokale, hvor der er foretaget en tætning af støbeskel med elastisk fuge, er der konstateret to strækninger (hhv. på ca. 40 cm og 1,5 m) med moderat gasindtrængning (gult niveau), mens der i det store lokale tætnet med epoxy-/PU-belægning er konstateret ét mindre område med indtrængning af sporgas (rødt niveau), mens resten er konstateret tæt; herunder i den del af lokalet, hvor der er en trægulvskonstruktion.

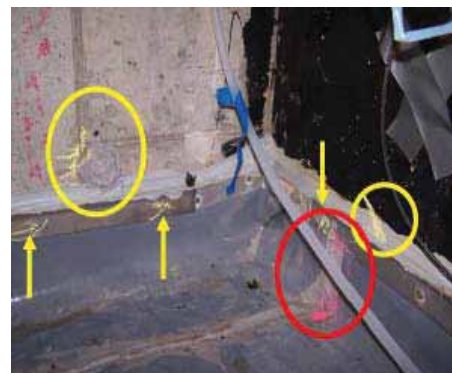
Overordnet set virker epoxyløsningen meget robust og effektiv, mens udførelsen af fugeløsningen tilsyneladende var problematisk i nogle områder. Begge løsninger udgjorde dog en klar forbedring ifht. ingen tætning.

3.5.1.3 RAC-membran

I Fredericiagade (jf. bilag A.6) er der udlagt RAC-membran med klemskinner på væg i hhv. en kælder og en krybekælder. Der er foretaget en fugning under klemskinnen, ved skruehuller og ved overlapningen imellem de enkelte membranbaner. I kælderen er der endvidere udstøbt et slidlag af beton ovenpå membranen.

Ved sporgasundersøgelsen er selve membranen konstateret tæt, mens der konstateret meget stor forskel i tætheden af fugningerne omkring klemskinner og skruehuller. I et område blev der konstateret mange punkter med gasindtrængning (rødt og gult niveau), mens der i andre områder slet ikke blev konstateret indtrængning (figur 3.17).

RAC-løsningen virkede generelt effektiv, men der observeredes kritiske områder i kælderen, hvor fugningerne ikke virkede efter hensigten, specielt ved



Figur 3.17: Område med mange indtrængningsveje gennem skruehuller og klemskinner.

skruehullerne til klemskinnerne. De observerede forskelle i den samlede løsnings tæthed i forskellige dele af kælderen vurderes at skyldes udførelsen.

3.5.2 Tætning af etageadskillelser

3.5.2.1 *Mellem kælder og stueetage*

På Slotsgade (jf. bilag A.1) er der foretaget en effektiv tætning af konstaterede aktive/konvektive spredningsveje i etageadskillelsen imellem en kælder (med massiv indsivning af PCE-dampe) og ejendommens stueetage. Tætningen er foretaget ved opsætning af væv på de dele af etageadskillelsen der består af planker, samt ved fugning og/eller skumning omkring samtlige rørgennemføringer m.v., der går igennem etageadskillelsen.

I henhold til afværgeoplægget blev der opsat luftrensere til fjernelse af PCE-dampene fra kælderen. De valgte luftrensere havde dog tilsyneladende ingen effekt, hvorfor der i stedet kunne konstateres en ophobning af dampe i kælderen ved at PCE-koncentrationen steg mærkbart. Efterfølgende kunne det konstateres, at ophobningen af PCE-dampe i kælderen medførte en aktivering af nye spredningsveje i ”periferien” af de tidligere spredningsveje, og udenom de gennemførte tiltag, samt en øget diffusiv transport igennem etageadskillelsen (pga. en højere koncentrationsgradient). Resultatet blev højere PCE-koncentrationer i boligens indeklima på de ovenliggende etager – vel at mærke selvom de gennemførte tætningstiltag havde den ønskede effekt.

3.5.2.2 *Mellem stueetage og 1. sal*

På Tranebærvej (jf. bilag A.5) er der foretaget en gennemgribende tætning af identificerede spredningsveje igennem etageadskillelsen ved fugning med elastisk fugemasse. Tætningen er foretaget såvel nedefra som ovenfra. Ved sporgastesten blev der slet ikke konstateret gasgennemtrængning af etageadskillelsen – og de gennemførte fugetætninger var meget effektive.

På Fredericiagade (bilag A.6) er der ligeledes foretaget omfattende fugninger imellem etagerne, som generelt er konstateret tætte. Der er således konstateret gennemtrængning i ét punkt omkring en synlig sætningsrevne i muren (betonelementer) og i ét punkt uden nogen synlig forklaring.

På Adelgade er der, i forbindelse med andre undersøgelser på lokaliteten, opboret kerner af betongulvet for at kunne udføre miljøtekniske borer under gulvet, og det kunne konstateres, at betongulvet var uarmeret og udstøbt i 2-3 lag af varierende kvalitet, jf. figur 3.8.

På baggrund af ovenstående observationer, er der i afsnit 3.3.1 opstillet en hypotese om, at der kan være forskel i kvaliteten af øvre og nedre (ikke-synlige betonlag), således at et intakt øvre lag med et opsprækket nedre lag kan give anledning til transport igennem et intakt udseende betongulv, mens det modsatte kan være tilfældet hvis der er synlige revner i det øvre lag og det nedre lag er intakt. Det er vores fornemmelse at sådanne flerlagede betongulve er forholdsvist almindelige i "gamle" bygninger - og i øvrigt ofte vil være af varierende kvalitet og tykkelser forskellige steder i samme rum og i forskellige rum i samme bygning.

På begge lokaliteter er der endvidere konstateret optrængning af sporgas igennem sprækker ved støbeskel imellem betongulv og bærende vægge.

I begge tilfælde er der således tale om transport af poreluftforurening med chlorerede opløsningsmidler over betongulve, der ikke opfylder betingelserne for anvendelse af JAGG-modellen mht. armering og fravær af (synlige) revner/sprækker. Undersøgelsens formål er at undersøge hvilke reduktionsfaktorer der opnås under de givne ikke-ideelle betingelser.

4.2 SUPPLERENDE UNDERSØGELSER

Strategien for de supplerende undersøgelser er at foretage samtidige målinger af chlorerede opløsningsmidler i poreluften og i indeklimaet i hhv. Slotsgade-kælderen og Adelgade-frisørsalonen. På de to lokaliteter er indeklimakoncentrationen målt med ATD-rør, mens poreluftkoncentrationen på begge lokaliteter er målt på tre tidspunkter med kulrør.

Da luftskiftet vil have stor indflydelse på den konstaterede reduktionsfaktor er der foretaget en måling af det aktuelle luftskifte midt i perioden på begge lokaliteter. Luftskiftemålingerne er udført ved udledning af CO₂ via tør is og logning af koncentrationshenfaldet med IR-måler /3/ samt fitning af ligning 4.1 til henfaldsdelen af de målte koncentrationsdata.

$$C_t = C_0 \cdot \exp(-Ls \cdot (t - t_0)) \quad (\text{ligning 4.1})$$

hvor, C_t [t] er CO₂-koncentrationen til tiden t [t], C_0 [%] er CO₂-koncentrationen til tiden t_0 [t], hvor CO₂ begynder at henfalde eksponentielt. Ls [t⁻¹] er luftskiftet.

De bestemte reduktionsfaktorer sammenlignes med reduktionsfaktorer beregnet vha. Miljøstyrelsens JAGG-model (selvom forudsætningerne for anvendelsen heraf *ikke* er opfyldt).

4.2.1 Slotsgade

4.2.1.1 Målinger i indeklima og poreluft

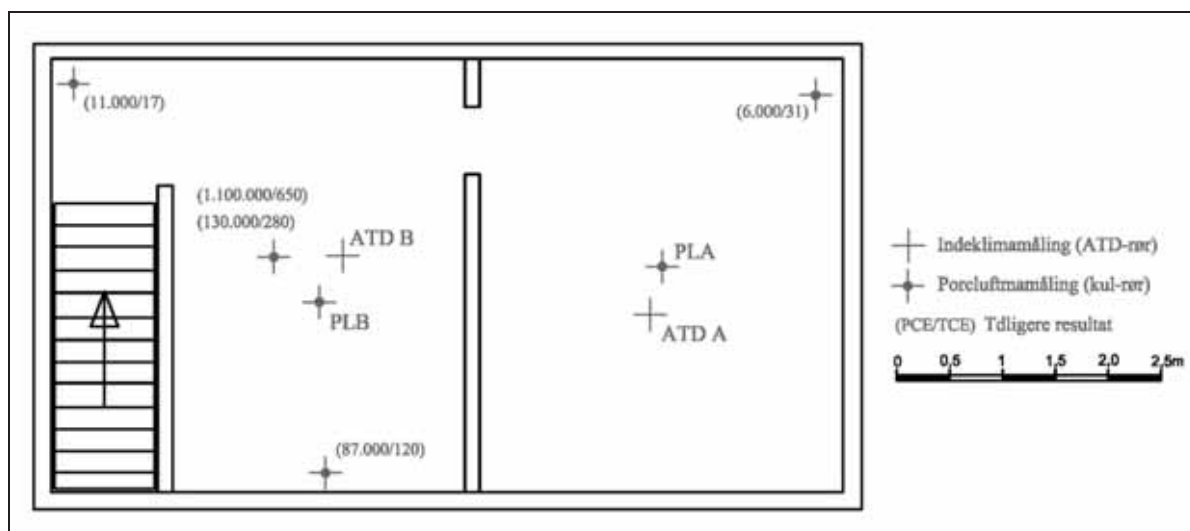
I kælderen på Slotsgade er der, over en periode på 13 dage, foretaget én indeklimamåling med ATD-rør i hver halvdel af kælderen (ATD A og ATD B). Rummene er adskilt af en væg uden dør.

I den samme periode er der, sideløbende med indeklimamålingen, udført poreluftmålinger på tre tidspunkter (dag 0, dag 7 og dag 13) i to poreluftstationer; én midt i hvert rum (figur 4.3). Prøvetagningsstederne er benævnt PLA og PLB og fremgår af figur 4.4, sammen med tidligere poreluftpunkter og koncentrationerne målt i disse. I forbindelse poreluftmålingerne er gulvtykkelsen bestemt til mellem 10 og 15 cm.

Samtlige prøver er analyseret for indhold af chlorerede kulbrinter.



Figur 4.3: Poreluftmåling under kældergulv på Slotsgade.



FIGUR 4.4: Placering af ATD-rør og poreluftstationer i kælderen på Slotsgade.

4.2.1.2 Luftskiftmåling

På dag 7 er der foretaget en luftskiftmåling i kælderen via udledning/-afgasning af CO_2 fra tørís, i henhold til beskrivelsen i /3/. Kælderens volumen er på ca. 52 m^3 og CO_2 -udledningen er foretaget via tilsætning af i alt 2,2 kg tørís i fire spande med vand. Under forsøget har der været opstillet fire rumventilatorer for at sikre en hurtig jævn fordeling af CO_2 i hele kældervolumenet. Ved tilsætningen er der stilet mod en maksimal koncentration af CO_2 i rumluften på mindre end 2,5 %. CO_2 -koncentrationen er efterfølgende målt med en IR-måler af typen GFM410 via en slange gennem etageadskillelsen til et ovenliggende lokale (figur 4.5).



Figur 4.5: Måling af luftskifte i kælderen igennem etageadskillelsen.

Som en del af afværgestrategien ifht. lejeboligerne i ejendommen har der i perioden op til ovenstående undersøgelser været opstillet to luftrensere (BL39) fra Østergaard Filter i kælderlokalerne (figur 4.6). Disse er blevet slukket tre dage forud for undersøgelserne, og har været slukket i hele undersøgelsesperioden, for ikke at påvirke resultaterne.

4.2.2 Adelgade

4.2.2.1 Målinger i indeklima og poreluft

I frisørsalonen i Adelgade er der, over en prøvetagningsperiode på 12 dage, foretaget tre indeklimate målinger med ATD-rør; to i selve frisørlokalet og én i baglokalet (ATD A, ATD B og ATD C). Baglokalet er adskilt fra frisørsalonen af en væg uden dør.

I den samme periode er der, sideløbende med indeklimate målingen, udført poreluftmålinger på tre tidspunkter (dag 0, dag 6 og dag 12) i fire poreluftstationer; én over hot-spot (PLD, figur 4.7) og tre arealmæssigt jævnt fordelt over resten af lokalerne. Prøvetagningsstederne er benævnt PLA – PLD og fremgår af figur 4.9, sammen med tidligere poreluftpunkter og koncentrationerne målt i disse. I forbindelse med de tidligere undersøgelser er der endvidere udført en poreluftscrening med PID-måler i 11 punkter (figur 4.8). I forbindelse med etablering af poreluftmålepunkterne er gulvtykkelsen bestemt til mellem 20 og 25 cm.

Samtlige prøver er analyseret for indhold af chlorerede kulbrinter.



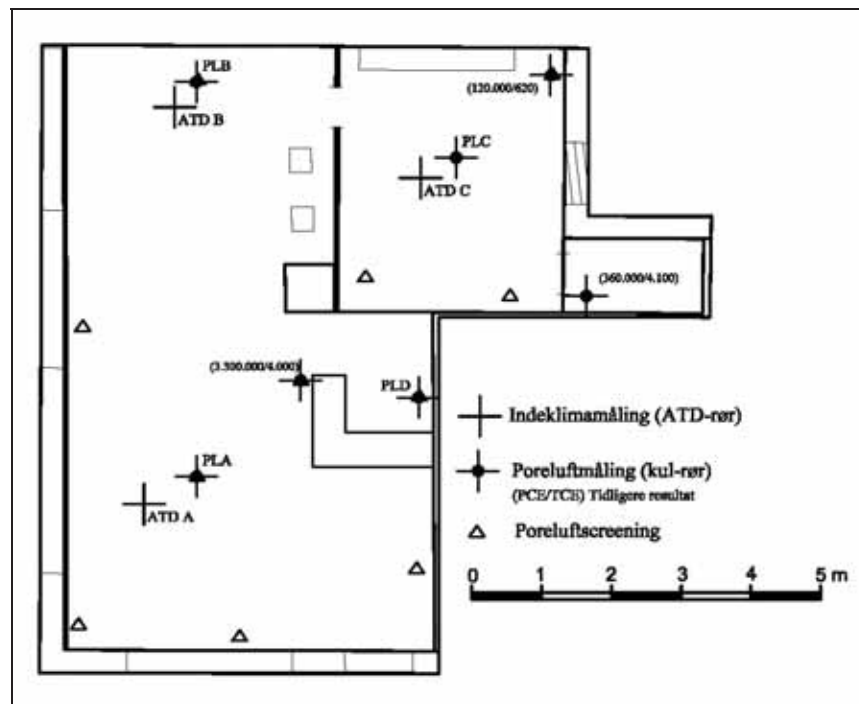
Figur 4.6: Luftrensere slukket under testen (Slotsgade).



Figur 4.7: Luftrensere slukket under testen (Adelgade).



Figur 4.8: Poreluftscrening med PID-måler (Adelgade).



FIGUR 4.9: Placering af ATD-rør og poreluftstationer i frisørsalonen på Adelgade.

4.2.2.2 Luftskeftemåling

På dag 6 er der foretaget en luftskeftemåling i frisørlokalerne via udledning/-afgasning af CO_2 fra tørnis, i henhold til beskrivelsen i /3/. Frisørsalonen er på alt 145 m^3 og CO_2 -udledningen er foretaget via tilsætning af i alt $7,6 \text{ kg}$ tørnis i fire spande med vand. Under forsøget har der været opstillet fem rumventilatorer for at sikre en hurtig jævn fordeling af CO_2 i hele rumvoluminet. Ved tilsætningen er der stillet mod en maksimal koncentration af CO_2 i rumluften på mindre end $2,5 \%$. CO_2 -koncentrationen er efterfølgende målt med en IR-måler af typen GFM410 via en slange ført igennem den elastiske fuge rundt omkring et af butiksvinduerne.

Som en del af afværgestrategien ifht. lejeboligerne på 1. sal på lokaliteten har der i perioden op til ovenstående undersøgelser været opstillet to luftrensere (BL39) fra Østergaard Filter i frisørlokalerne. Disse er blevet slukket tre dage forud for undersøgelserne, og har været slukket i hele undersøgelsesperioden, for ikke at påvirke resultaterne. Da frisørsalonen har holdt ferielukket i perioden er ovenstående resultater opnået uden den mekaniske ventilation, der normalt kører i salonens åbningstid.

4.3 RESULTATER

4.3.1 Slotsgade

Resultaterne af PCE- og TCE-målingerne fra Slotsgade fremgår af tabel 4.1, sammen med beregnede middelværdier.

TABEL 4.1: Resultater af indeklima- og poreluftmålinger for PCE og TCE på Slotsgade.

	PCE (µg/m³)				TCE (µg/m³)			
	ATDA	ATDB	PLA	PLB	ATDA	ATDB	PLA	PLB
Dag 0	2.700	2.400	5.800.000	330.000	5,9	5,0	93.000	670
Dag 7			3.300.000	390.000			>32.000	630
Dag 13			5.900.000	410.000			7.200	620
Middel	2.600		5.000.000	380.000	5,5		>44.000	640

4.3.1.1 Indeklima

Som det fremgår af ovenstående tabel 4.1 er der konstateret god overensstemmelse imellem indeklimakoncentrationen i de to kælderrum (ATD A og ATD B), hvilket stemmer godt overens med det faktum, at de to rum er delvist i kontakt med hinanden via en døråbning, og da der i forbindelse med luftskiftemålingen på dag 7 er foretaget en god mekanisk fordeling af luften i kælderen med fire opstillede ventilatorer. Tidligere monitoringsresultater fra kælderen viser også god overensstemmelse imellem målinger foretaget i de to tilstødende rum, ligesom det konstaterede koncentrationsniveau stemmer godt overens med middelniveauet fra fire tidligere monitoringsrunder på hhv. 2.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE.

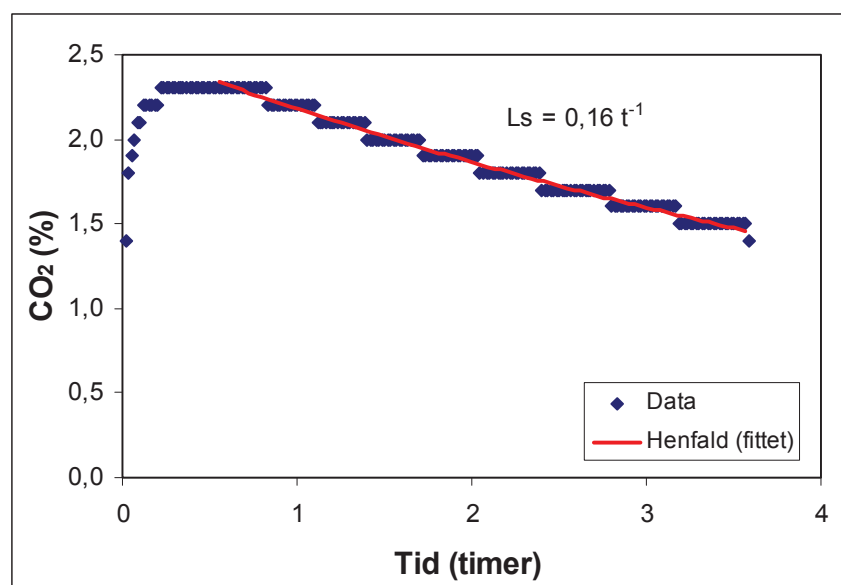
4.3.1.2 Poreluft

For poreluftkoncentrationerne er der – for det enkelte målepunkt – konstateret forholdsvis god overensstemmelse imellem resultaterne til forskellige måletidspunkter, mens der er konstateret relativt stor forskel på koncentrationsniveauerne i poreluftstation PLA og PLB. I forbindelse med tidligere poreluftundersøgelser er der, i yderligere fire poreluftpositioner, konstateret mellem 6.000 og 1.100.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PCE, og mellem 17 og 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ TCE, under kældergulvet (jf. figur 4.4).

Overordnet set er der konstateret store forskelle i poreluftkoncentrationen indenfor ganske korte afstande, og resultaterne i nærværende undersøgelse vurderes generelt at være mere repræsentative for hot-spot end de tidligere undersøgelsesresultater. Baseret på samtlige målinger/positioner (6 positioner, svarende til ca. én prøve pr. 4,9 m^2), vurderes den arealvægtede middelværdi i poreluften under kældergulvet at være 440.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og 2.800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE. Reduktionsfaktorestimater baseret på disse værdier vurderes at være mere realistiske (og mere konservative) end estimer baseret udelukkende på resultaterne fra nærværende undersøgelse.

4.3.1.3 Luftskifte

Resultaterne af luftskiftemålingen fremgår af figur 4.10, sammen med tolkningen heraf, i henhold til ligning 4.1.



FIGUR 4.10: Tolkning af luftskiftet via målt CO₂-henfald i kælderen på Slotsgade.

Som det fremgår af figur 4.10 er det passive luftskifte (L_s) i kælderen på Slotsgade estimeret til ca. $0,16 \text{ t}^{-1}$ på baggrund af det målte; svarende til ca. halvdelen af det passive luftskifte i Miljøstyrelsens JAGG-model /4/.

4.3.2 Adelgade

Resultaterne af PCE- og TCE-målinger fra Adelgade fremgår af hhv. tabel 4.2 og 4.3, sammen med beregnede middelværdier.

TABEL 4.2: Resultater af indeklimate- og poreluftmålinger for PCE på Adelgade.

	PCE (µg/m³)						
	ATDA	ATDB	ATDC	PLA	PLB	PLC	PLD
Dag 0	1.100	1.400	680	580.000	470.000	140.000	6.800.000
Dag 6				480.000	490.000	230.000	3.900.000
Dag 12				540.000	420.000	130.000	5.400.000
Middel	1.100			530.000	460.000	170.000	5.400.000

TABEL 4.3: Resultater af indeklimate- og poreluftmålinger for TCE på Adelgade.

	TCE (µg/m ³)						
	ATDA	ATDB	ATDC	PLA	PLB	PLC	PLD
Dag 0	0,64	0,71	0,52	2.400	2.400	960	14.000
Dag 6				2.000	2.600	1.500	4.900
Dag 12				2.400	2.300	920	12.000
Middel	0,62			2.300	2.400	1.100	10.000

4.3.2.1 Indeklima

Som det fremgår af ovenstående tabeller er der overordnet set konstateret god overensstemmelse imellem indeklimatekoncentrationen i ATD-rørene om end der er konstateret en noget lavere koncentration i baglokalet (ATD C) end i selve frisørsalonen (ATD A og ATD B). Der er god overensstemmelse imellem disse målinger og tidligere indeklimatemålinger, hvor der i to målerunder er konstateret middelniveauer i indeklimate på hhv. $1.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE.

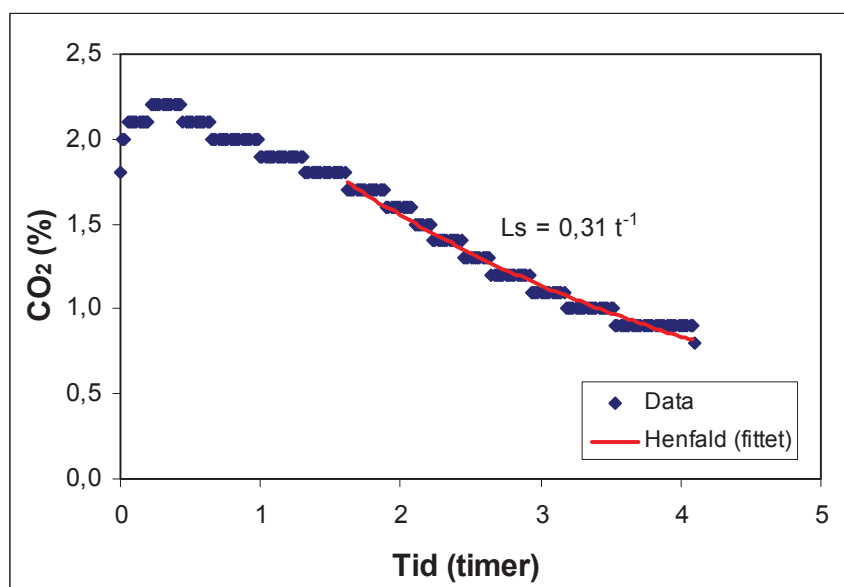
4.3.2.2 Poreluft

For poreluftkoncentrationerne er der – for det enkelte målepunkt – konstateret forholdsvis god overensstemmelse imellem resultaterne til forskellige måletidspunkter, mens der er konstateret relativ stor forskel på koncentrationsniveauerne i positionerne for PLA og PLB (midt i frisorlokalet) ifht. positionen for PLC (i baglokalet) og PLD (i hot-spot). Resultaterne stemmer godt overens med tidligere poreluftmålinger foretaget hhv. midt imellem positionen for PLA og PLD ($3.300.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $4.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE) og en position i baglokalet ($120.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $620 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE), samt på WC'et ($360.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $4.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE); jf. figur 4.4.

Ved at inddrage viden fra den gennemførte poreluftscrening (med PID-måler), jf. figur 4.3, vurderes den arealvægtede middelværdi i poreluften under betongulvet at være $530.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $2.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for TCE. Disse vægtede middelværdier er baseret på samtlige positioner (7 positioner, svarende til ca. én prøve pr. $7,9 \text{ m}^2$ – dog med større opløsning i den udførte poreluftscrening).

4.3.2.3 Luftskifte

Resultaterne af luftskiftemålingen fremgår af figur 4.11, sammen med tolkningen heraf, i henhold til ligning 4.1. På grund af den forholdsvis store mængde tør is der blev tilsat hver spand, er tørisen ”frosset sammen” i en klump med et forholdsvis lille overflade-volumenforhold og CO_2 -frigivelsen er kun foregået (langsomt) i en periode op til ca. 1,5 time. Derfor er fittet til henfaldsdelen af kurven først foretaget på den del af kurven, der ligger ud over 1,5 time.



FIGUR 4.11: Tolkning af luftskiftet via målt CO_2 -henfald i frisorsalonen på Adelgade.

Af figur 4.11 fremgår det, at det passive luftskifte (L_s) i frisorsalon og baglokalet på Adelgade er estimeret til ca. $0,31 \text{ t}^{-1}$ på baggrund af det målte CO_2 -henfald; svarende til det passive luftskifte i Miljøstyrelsens JAGG-model /4/. Estimeres luftskiftet i stedet til resultaterne fra 20 minutter til 1,5 time opnås ca. en halvering af luftskiftet. Forskellen dækker, som nævnt ovenfor, over en langsom frigivelse af CO_2 i tidsrummet frem til 1,5 time.

4.4 REDUKTIONSAKTORER

4.4.1 Datagrundlag

På begge lokaliteter er der, ifht. de målte indeklimakoncentrationer, konstateret en god overensstemmelse imellem nærværende resultater og tidligere undersøgelsesresultater, samt relativt enslydende koncentrationsniveauer i de forskellige zoner i bygningen, da der er mulighed for god luftudveksling imellem disse; hhv. i de to kælderrum på Slotsgade, og i salon og baglokale på Adelgade. På den baggrund vurderes det konstaterede middelniveau for begge lokaliteter, at være repræsentativt for det faktiske indeklimaniveau, og at udgøre et godt udgangspunkt for beregning af reduktionsfaktorer.

Til sammenligning er der på begge de undersøgte lokaliteter konstateret meget store forskelle i poreluftkoncentrationerne under gulvet indenfor relativt korte afstande, hvilket vurderes at skyldes, at hot-spots på de to lokaliteter har en relativt begrænset udbredelse.

Via sporgasundersøgelserne er der konstateret indtrængning i forskellige områder/punkter (jf. figur 4.1 og 4.2), og det er naturligvis samspillet imellem beliggenheden af indtrængningspunkter og poreluftkoncentrationen umiddelbart under disse, der er afgørende for bidraget til indeklimaet og dermed den reduktionsfaktor, der opnås på den enkelte lokalitet. Dette samspil imellem indtrængningspunkter og poreluftkoncentrationer – samt meget store variationer i poreluftkoncentrationerne under gulvet – bevirker, at der ikke er nogen entydig måde at estimere reduktionsfaktorer på.

For begge lokaliteter vurderes det bedste bud på reduktionsfaktoren at fremkomme ved at sætte middelniveauet i indeklimaet ifht. en arealvægtet middelværdi for poreluftkoncentrationen.

4.4.2 Estimerer på baggrund af middelværdier

Resultaterne af estimerer på reduktionsfaktoren fra poreluft til indeklima for hhv. PCE og TCE på de to lokaliteter fremgår af tabel 4.4.

TABEL 4.4: Resultater af estimerer på reduktionsfaktorer. De angivne koncentrationer er arealvægtede middelværdier for poreluften og middelværdier for indeklima.

Lokalitet	Komponent	Medie	Koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reduktionsfaktor
Slotsgade	PCE	Poreluft	440.000	170
		Indeklima	2.600	
	TCE	Poreluft	2.800	510
		Indeklima	5,5	
Adelgade	PCE	Poreluft	530.000	480
		Indeklima	1.100	
	TCE	Poreluft	2.300	3.700
		Indeklima	0,62	

Som det fremgår af ovenstående tabel ligger reduktionsfaktorerne for poreluftens bidrag til indeklimaet for PCE og TCE på de aktuelle sager på minimum 170 på Slotsgade og minimum 480 på Adelgade. Disse reduktionsfaktorer dækker over såvel diffusiv transport igennem betonen som konvektiv transport igennem faktiske revner og sprækker (jf. figur 4.1 og 4.2) under de faktiske forhold.

Det er bemærkelsesværdigt, at der er op mod en faktor 8 i forskel på de estimerede reduktionsfaktorer for PCE og TCE.

4.4.3 Estimerer på baggrund af JAGG-beregninger

I det følgende er der udført beregninger af indeklimabidraget fra de konstaterede poreluftforureninger med Miljøstyrelsens JAGG-model (version 1.5). Beregningerne er baseret på de arealvægtede middelporeluftkoncentrationer i tabel 4.4 og de faktisk målte middelbetontykkelser, rumopmålinger (bredde, længde og højde) samt de estimerede luftskifter (jf. figur 4.10 og 4.11). For de øvrige parametre er JAGG-modellens standardværdier benyttet; dvs. at der regnes på et standard-armeret betongulv med en trykforskel på 5 Pa.

Efterfølgende er reduktionsfaktorer beregnet som poreluftkoncentrationen divideret med det totale indeklimabidrag fra JAGG, og der er foretaget en sammenligning imellem de beregnede reduktionsfaktorer (JAGG) og de reduktionsfaktorer der er estimeret på baggrund af målte data (tabel 4.4).

4.4.3.1 Inddata for Slotsgade

For beregningerne på Slotsgade er gulvtykkelsen sat til 12 cm, svarende til middelværdien af betontykkelsen konstateret i forbindelse med poreluftundersøgelserne i kælderen. Luftskiftet er sat til $0,16 \text{ t}^{-1}$ ($= 4,44\text{E-}5 \text{ s}^{-1}$), jf. figur 4.10. Kælderen er 4 m bred og 7,4 meter lang, mens lofthøjden er sat til 1,75 meter, svarende til middelværdien i de to kælderrum.

4.4.3.2 Inddata for Adelgade

For beregningerne på Adelgade er gulvtykkelsen sat til 22,5 cm, svarende til middelværdien af betontykkelsen konstateret i forbindelse med poreluftundersøgelserne. Luftskiftet er sat til $0,31 \text{ t}^{-1}$ ($= 8,61\text{E-}5 \text{ s}^{-1}$), jf. figur 4.11. Der er benyttet en ækvivalent bredde på 6,25 m og længde på 8,8 m, mens lofthøjden er sat til 2,63 meter, svarende til middelværdien i lokalerne.

4.4.3.3 Resultater

TABEL 4.5: Resultater af JAGG-estimerer på indeklimakoncentrationer og reduktionsfaktorer.

Lokalitet	Komponent	Medie	Koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beregnet reduktionsfaktor
Slotsgade	PCE	Poreluft	440.000	120
		Indeklima	# 3.600	
	TCE	Poreluft	2.800	
		Indeklima	# 24	
Adelgade	PCE	Poreluft	530.000	1.000
		Indeklima	# 520	
	TCE	Poreluft	2.300	
		Indeklima	# 2,3	

= Indeklimakoncentrationer beregnet vha. JAGG-modellen.

Som det fremgår af ovenstående tabel kan der, via Miljøstyrelsens JAGG-model, og under de givne betingelser estimeres reduktionsfaktorer på hhv. 120 for Slotsgade og 1.000 for Adelgade. Disse reduktionsfaktorer dækker over en beregningsmæssig diffusiv transport igennem betonen og en beregningsmæssig konvektiv transport igennem beregnede revner under de faktiske forhold mht. gulv- og bygningsdata; dog under antagelse af at der er benyttet standardarmering i gulvet, samt med det målte luftskifte.

Havde man for Slotsgade benyttet JAGG-modellens standardluftskifte på $0,3 \text{ t}^{-1}$, svarende til en situation hvor det aktuelle luftskifte ikke var blevet målt, ville den estimerede reduktionsfaktor være blevet 230 i stedet for 120.

4.4.4 Sammenligning af estimater

For Slotsgade opnås der, via en JAGG-beregning, et lettere konservativt bud på den reduktion i poreluftbidraget som betongulvet medfører (en faktor 120, tabel 4.5), ifht. den reduktion betongulvet faktisk medfører; estimeret på baggrund af en arealvægtet middelværdi for poreluftkoncentrationen (en faktor 170, tabel 4.4). Havde det aktuelle luftskifte ($0,16 \text{ t}^{-1}$) ikke været målt i kælderen, og var JAGG-modellens standardværdi ($0,3 \text{ t}^{-1}$) benyttet ved beregningen af indeklimate bidraget, havde reduktionsfaktoren været lettere ikke-konservativ (en faktor 230).

For Adelgade opnås der, via en JAGG-beregning, et ikke-konservativt bud på den reduktion i poreluftbidraget som betongulvet medfører (en faktor 1.000, tabel 4.5), ifht. den reduktion betongulvet faktisk medfører; estimeret på baggrund af en arealvægtet middelværdi for poreluftkoncentrationen (en faktor 480, tabel 4.4). Med andre ord, ser de faktiske spredningsveje henover betongulvet ud til at medføre en dobbelt så stor masseflux til indeklimaet som den der beregnes i JAGG-modellen.

Overordnet set er der for Slotsgade opnået en minimal reduktionsfaktor (baseret på måledata) på 170, mens der for Adelgade er opnået en minimal reduktionsfaktor på 480. I begge tilfælde er der altså opnået en større reduktionsfaktor end den faktor 100, som Miljøstyrelsen anser som værende konservativ ifht. poreluftkoncentrationens bidrag til indeklimaet i størstedelen af dansk boligbyggeri, forudsat at boligen har betongulv uden synlige revner eller utætheder ved rørgennemføringer eller lignende /4/. Og dette er på trods af, at der i begge gulvkonstruktioner er konstateret faktiske spredningsveje som ikke opfylder betingelserne for anvendelse af en faktor 100 reduktion af poreluftens bidrag til indeklimaet.

5 Sammenfatning og vurderinger

I nærværende projekt er der gennemført en teknologioverførsel og adaptation/videreudvikling af en sporgasmetodik som ellers benyttes ved lækagesporing i rørsystemer.

Metoden er afprøvet som en hurtig, effektiv og billig metode til at fastlægge transportveje for forurenede dampe fra poreluft under gulv til indeklimaet i bygninger, samt internt i bygningerne. Metoden er et alternativ til en traditionel to-delt arbejdsproces, hvor dampenes spredningsveje fastlægges ved en grundig byggeteknisk gennemgang med fastlæggelse af potentielle spredningsveje, efterfulgt af kemiske analyser i/ved de potentielle spredningsveje for at identificere aktive spredningsveje.

5.1 SPORGASMETODEN

På baggrund af sporgasundersøgelser gennemført på seks sager for Region Nordjylland, er der opøvet og opstillet en ”best practice” for anvendelse af metoden på sager med indeklimaproblemer, der skyldes jord- eller grundvandsforurening. I det følgende er denne kort gengivet sammen med vores vurdering af svagheder og styrker ved metoden. Endelig er vores erfaringer vedr. tidsforbrug og prisniveau gengivet.

5.1.1 Procedure

I kapitel 2 er der opstillet detaljerede procedurebeskrivelser for anvendelse af metoden til sporing af aktive transportveje hhv. fra poreluft til indeklima og over etageadskillelser. Overordnet foretages testen via en fire-trins procedure:

1. Inden selv testen foretages der et baggrundscheck for eventuelt detektorudslag i de områder der forventes afsøgt. Eventuelle baggrundsudslag noteres.
2. Sporgas udledes i et område som formodes at bidrage med dampe til indeklimaet, f.eks. under gulvet i en bygning, hvor der er konstateret høje poreluftkoncentrationer af de aktuelle forureningskomponenter.
3. Kontrolmålinger gennemføres for at sikre, at sporgassen har den ønskede udbredelse i kildeområdet, f.eks. under hele gulvet.
4. Der foretages en semi-kvantitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, som afgiver et lyd- og lyssignal, hvor intensiteten afspejler gasniveauet. Resultaterne noteres løbende på en situationsplan.

5.1.2 Udstyr

Som sporgas anvendes en specialgas bestående af 5 % brint og 95 % kvælstof. Gassen har en lav densitet og vil stige til vejrs igennem potentielle transportveje for forureningstransport.

Den anvendte lækagedetektor er af typen Digitron DGS-10. Detektoren er uspecifik overfor en række gasser og apparatet afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet afspejler det relative gasniveau.

Resultaterne fra sporgastesten gradueres efter detektorens farveskala:

- Grønt niveau = ikke forhøjet udslag (baggrund).
- Gult niveau = lettere forhøjet udslag.
- Rødt niveau = forhøjet udslag.

5.1.3 Metodens svagheder og styrker

Metoden skal primært ses som et supplement til traditionelle undersøgelsesmetoder, f.eks. byggeteknisk gennemgang, kemiske analyser, luftskiftemålinger, folie- og snifferundersøgelser og termografi.

5.1.3.1 Svagheder

Metoden giver ikke umiddelbart indtryk af diffusive spredningsveje, f.eks. igennem et gulvtæppebelagt gulv, og er bedst til identifikation af konvektive spredningsveje (revner, sprækker m.v.).

Metoden egner sig bedst til afdækning af positive udslag, og der er risiko for falsk negative resultater, hvis sporgassens udbredelse på kildesiden af konstruktionen ikke er som antaget. Derfor er det uhyre vigtigt, at der er mulighed for at kontrollere sporgassens udbredelse og styrke på kildesiden; f.eks. via etablering af kontrolpunkter.

Der kræves et aktivt valg af målepunkter/-områder, og det er naturligvis ikke muligt at lokalisere aktive spredningsveje hvor der ikke måles. Derfor kan et godt kendskab til lokaliteten og potentielle spredningsveje – bl.a. via en forudgående grundig byggeteknisk gennemgang – være en fordel. Det kan dog endvidere være en fordel, at én der ikke kender lokaliteten på forhånd deltager ved sporgastesten; dvs. én der ikke er forudindtaget om hvor spredningen foregår. Vi har fundet, at kombinationen af en sagsbehandler og en miljøtekniker fungerer rigtigt godt.

Der er risiko for falsk positive udslag på den anvendte detektor; f.eks. i meget våde miljøer. Derfor er det vigtigt, at der foretages en indledende afsøgning – inden gennemførelse af selve testen – i områder der påtænkes afsøgt. Ved den indledende afsøgning fastlægges eventuelle punkter med baggrundsudslag, hvor senere eventuelle udslag er behæftet med usikkerheder.

5.1.3.2 Styrker

På baggrund af de gennemførte undersøgelser vurderes sporgasmetoden at være en meget ”visuel” test, der giver den tilsynsførende en god direkte fornemmelse for de konvektive/aktive spredningsveje der er fra poreluft til indeklima og internt i indeklimaet, f.eks. over etageadskillelser.

Overordnet set vurderes der at være tale om en meget adaptiv test, hvor det er let at afprøve forskellige spredningshypoteser og kombinationen af en meget let sporgas og en robust, direkte reagerende detektor, giver en meget hurtig responstid, og vurderes at bidrage væsentligt til metodens oplevede styrke.

Til sammenligning har der været forsøgt anvendt en metode baseret på helium og en detektor med en responstid på (kun) 1-2 sekunder. Denne løsning var upraktisk langsom til sporing af spredningsveje i bygninger, idet det var umuligt at lade detektoren ”løbe” langs eksempelvis et støbeskel af risiko for at overse spredningsveje.

Metoden bør ses som et alternativ til sniffermetoden, men med en meget robust og hurtigtreagerende detektor – og med mulighed for direkte design af tests, rettet mod specifikke spredningshypoteser. Specielt mht. spredning over etageadskillelser vurderes metoden at have fordele ifht. alternative teknologier.

5.1.4 Tidsforbrug og prisniveau

De seks sporgasundersøgelser er gennemført med anvendelse af mellem 2 og 5 timer til forberedelse/projektering (mest tid på de sager hvor vi har været inde som underleverandør), og mellem 3 og 8 timer til selve feltarbejdet (+ køretid og kilometerafregning). Der har været to medarbejdere tilknyttet feltarbejdet for samtlige tests. Dertil er der anvendt mellem 5 og 12 timer på af-rapportering/dokumentation.

Afhængigt af timeprisen for de anvendte medarbejdere, køretid/-afstand og krav til detaljeringsgraden i dokumentationsmaterialet kan prisniveauet naturligvis variere, men det er vores erfaring, at små undersøgelser kan gennemføres for omkring 15.000 kr., mens større undersøgelser (indenfor én dags feltarbejde) kan gennemføres for mellem 25 og 30.000 kr. (inkl. udlæg).

5.2 NYTTIGE ERFARINGER PÅ BAGGRUND AF SPORGASUNDERSØGELSER

På baggrund af resultaterne, opnået igennem projektet, er der endvidere foretaget en tematisk sammenstilling af en række væsentlige erfaringer, og der er givet en overordnet vurdering af de tætningstiltag der har været anvendt på de aktuelle sager. De væsentligste pointer er opsummeret i det følgende.

5.2.1 Spredningsveje

5.2.1.1 *Spredning fra poreluft til indeklima*

På samtlige sager er der konstateret spredning via støbeskel imellem betongulv og bærende vægge, eller imellem støbte betongulve i forskellige rum, under dørtrin.

På fem af de seks sager blev der konstateret gasindtrængning omkring rørgennemføringer igennem støbt betongulv; primært ved vand-, varme og spildevandsinstallationer.

På tre sager er der konstateret indtrængning omkring eller gennem poreluftstationer og tidligere poreluftpunkter. Det vurderes at være problematisk udelukkende at anvende mineralsk baserede produkter til lapning af porelufthuller, og det anbefales at benytte elastiske fugemasser, evt. med en afslutning af et mineralsk mørtelbaseret produkt.

På to sager er der konstateret indtrængning af sporgas igennem kældervægge; hhv. ved radiatorophæng og kabelgennemføringer, samt ved støbeskel og til-murede huller.

På tre sager er der konstateret spredning fra poreluft til hulmurskonstruktioner, hvorfra der kan ske videre spredning til indeklimaet via gennembrydninger af hulumuren (f.eks. via vindues- og dørlysninger og div. vægophæng) eller ved støbeskel imellem etageadskillelser.

På en af sagerne er der konstateret indtrængning i et intakt udseende område af betongulvet, mens der i flere synlige revner ikke blev konstateret indtræng-

ning af sporgas. Det vurderes, at indtrængningen i det intakt udseende betongulv kan skyldes, at gulvet er støbt i flere lag, og at der evt. er revner/sprækker i underliggende ikke-synlige lag. Tilsvarende kan der være synlige revner i det øverste betonlag, mens der er tale om et intakt underliggende betonlag. Dette er blot hypoteser, men bør måske give anledning til, at vi ikke tillægger den visuelle inspektion af betonkvaliteten – specielt i ældre ejendomme – entydig betydning ved vores risikovurderinger.

På to sager er der konstateret indtrængning hvor fast inventar er nedboltet i betongulvet; altså i punkter hvor betongulvet er helt eller delvist gennemboret, og hvor gulvkonstruktionen er svækket.

5.2.1.2 Spredning over etageadskillelse

På tre sager er der konstateret gasindtrængning omkring rørgennemføringer igennem etageadskillelser; primært ved varme- og vand-/spildevandsinstallationer.

På to sager er der konstateret spredning fra kælder til ovenliggende etager via en trappeopgang.

På én sag er der konstateret spredning via en sætningsrevne i etageadskillelsen, og på en anden sag er der konstateret spredning igennem etageadskillelsen ved en sætningsrevne i en bærende væg.

På tre sager er der konstateret gastransport over etageadskillelser i enkelte punkter uden synlige revner eller sprækker i området, hverken i selve etageadskillelsen eller i ydermuren.

5.2.1.3 Spredning med by-pass af mellemliggende etager

På en af sagerne er der konstateret massiv indtrængning i ejendommens kælder med efterfølgende transport via trappeopgang og installationskasser/-skabe til beboelse direkte på 1. og 2. sal; dvs. med by-pass af stueetagen.

På tre sager er der konstateret spredning til hulmurskonstruktioner, hvorfra der kan ske videre spredning til indeklimaet via gennembrydninger af hulmuren på ovenliggende etager.

På én af sagerne er der konstateret indtrængning i bunden af en skorsten. Skorstenen er ikke i brug, men har aftræk over tag, så den vurderes ikke at give anledning til videre spredning til indeklimaet i den aktuelle sag. På andre sager kunne skorstenen være afkortet eller afblændet i forbindelse med en tagrenovering, hvorfor situationen kunne være anderledes.

På to sager er der konstateret spredning via kabelføringsrør/elektrikerrør, til installationsskabe og til vægudtag for el/telefon i hhv. stueetage og 1. sal.

5.2.2 Tætningsmaterialer

På baggrund af resultaterne fra projektet anbefales det, at bruge elastiske fugemasser (f.eks. af typen Sikaflex eller Sikacryl), frem for mineralske produkter (f.eks. flisemørtel), til tætning af porelufthuller. Dette skyldes, at der i flere tilfælde er konstateret materialesvind under udhærdning af de mineralske baserede tætninger. Det bemærkes dog, at levetiden for de elastiske fugemasser er ukendt – men tilsyneladende generelt er bedre end de mineralske produkter. På to sager er der benyttet epoxybaserede produkter til tætning af gennembo-

rede betongulve; hhv. Sikadur-42 flydemørtel (tre-komponent) og Peran TCW (to-komponent).

Spredningsveje som identificeres via gennemførelse af sporgastesten anbefales tætnet med elastiske fugemasser eller PU-skum. Begge disse typer af materialer har, ved omhyggeligt og professionelt udført arbejde, vist sig at kunne være effektive til tætning af konstaterede spredningsveje – som minimum i op til 3-4 år. Den nøjagtige levetid for disse materialetyper er dog ukendt.

Både fugemasser og PU-skum er dog forbundet med en afgasning af flygtige komponenter, som detektoren reagerer på, under ophærdningen. Derfor kan man ikke umiddelbart efter tætning med disse materialetyper foretage en efterkontrol af tætningens effektivitet – og man bør i givet fald vende tilbage efter endt ophærdning. De anvendte epoxytyper har fordel af en meget hurtig udhærdningstid (< 12 timer) hvorefter de ikke længere er forbundet med en detektérbar afgasning.

5.2.3 Afværgeløsninger

Den overordnede erfaring vedr. fugeløsninger er, at de kan være meget effektive, som ved etageadskillelserne på Slotsgade, Tranebærvej og Fredericiagade, men at de også kan være nærmest værdiløse, som ved rørgennemføringerne på Tjørnevej og i mindre grad i det ene kritiske område af membranløsningen på Fredericiagade samt ved støbeskel i entréen på Tranebærvej.

Såvel vådrumsmembran, som epoxybelægning og RAC-membran vurderes generelt, at være effektive løsninger, om end de alle kan have svage punkter.

Samtlige tætningsløsningers effektivitet vurderes at hænge uløseligt sammen med den omhu, der er udvist under udførelsen. Dette understreges af at der på samme sag, med samme tætningsmetode, kan være stor forskel på løsningens tætningsgrad; f.eks. forskel på tætheden af fugerne i forskellige områder af samme rum på Tranebærvej og tætheden af RAC-membranløsningen i forskellige dele af (krybe)kælderen i Fredericiagade.

På baggrund af ovenstående erfaringer, anbefales det generelt, at foretage en efterkontrol af udførte tætningstiltag; specielt set i lyset af, at der i stort set samtlige tilfælde er konstateret utætheder (etageadskillelsen på Tranebærvej undtaget). Det vurderes i den forbindelse, at sporgasmetoden er et særdeles godt alternativ til andre metoder; f.eks. snifferundersøgelse med ppbRAE og termografi-undersøgelse.

Ved test af tætninger udført mod terræn, vurderes metoden, at være bedst egnet, hvis det er muligt, at benytte/etablere kontrolpunkter i forbindelse testens gennemførelse. Dette vil lede til de mest pålidelige resultater for områder, hvor der ikke konstateres gasindtrængning, da der kan skabes vished for at normale (grønne) udslag på detektoren skyldes at konstruktionen er tæt og ikke blot, at gasudbredelsen ikke er som forudsat under gulvet. Til gengæld er metoden særdeles velegnet til at identificere spredningsveje over etageadskillelser eller andre interne spredningsveje, hvor de alternative metoder vurderes at være mindre velegnede.

5.3 REDUKTIONSAKTORER

To af de undersøgte lokaliteter, Slotsgade (kælder) og Adelgade (frisørsalon), er udvalgt til opfølgende undersøgelser af reduktionsfaktorer, fra poreluft til indeklimate, over eksisterende betongulve. De bestemte reduktionsfaktorer er sammenlignet med reduktionsfaktorer beregnet vha. Miljøstyrelsens JAGG-model (selvom forudsætningerne for anvendelsen heraf *ikke* er opfyldt).

På begge lokaliteter er der foretaget samtidige målinger af chlorerede opløsningsmidler i poreluften og i indeklimaet. Indeklimakoncentrationen er målt med ATD-rør, mens poreluftkoncentrationen på begge lokaliteter er målt på tre tidspunkter med kulrør. Da luftskiftet vil have stor indflydelse på den konstaterede reduktionsfaktor er der foretaget en måling af det aktuelle luftskifte midt i perioden på begge lokaliteter, ligesom der er foretaget måling af betongulvets tykkelse og lokalernes dimensioner (længde, bredde og højde).

På begge lokaliteter er opnået en større reduktionsfaktor end den faktor 100, som Miljøstyrelsen anser som værende konservativ ifht. poreluftkoncentrationens bidrag til indeklimaet i størstedelen af dansk boligbyggeri, forudsat at boligen har betongulv uden synlige revner eller utætheder ved rørgennemføringer eller lignende /4/. Og dette er på trods af, at der i begge gulvkonstruktioner er konstateret faktiske spredningsveje som ikke opfylder betingelserne for anvendelse af en faktor 100 reduktion af poreluftens bidrag til indeklimaet.

For Slotsgade opnås der, via en JAGG-beregning, et lettere konservativt bud på den reduktion i poreluftbidraget som betongulvet medfører (en faktor 120), ifht. den reduktion betongulvet faktisk medfører; estimeret på baggrund af en arealvægtet middelværdi for poreluftkoncentrationen (en faktor 170).

For Adelgade opnås der, via en JAGG-beregning, et ikke-konservativt bud på den reduktion i poreluftbidraget som betongulvet medfører (en faktor 1.000), ifht. den reduktion betongulvet faktisk medfører; estimeret på baggrund af en arealvægtet middelværdi for poreluftkoncentrationen (en faktor 480).

6 Litteraturliste

- /1/ Per Loll, Claus Larsen og Maria Grøn.
Opløsningsmidlers transportvej til indeklimaet.
Vand & Jord, årg. 15, nr. 3, 2008.
- /2/ Per Loll.
Sporing af aktive transportveje: Poreluft til indeklima.
ATV Temadag: Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet?
9. marts 2009.
- /3/ Mads Møller, Søren Jensen og Jens Nonboe Andersen.
Udvikling af sporstoftest til vurdering af stoftransport, lækage på tanke,
rørføringer og industrianlæg.
ATV Vintermøde, Bind II, s. 261-278, 2005.
- /4/ Oprydning på forurenede lokaliteter, hovedbind og appendikser. Vejledning nr. 6 og 7.
Miljøstyrelsen, 1998.
- /5/ Per Loll, Poul Larsen and Claus Larsen.
Tracking Vapor Intrusion Pathways – an Active Tracer Gas Test.
Seventh International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Battelle 2010.

A Lokalteter

I dette bilag præsenteres de sager, som metoden er anvendt på under dette projekt. Der er tale om en progression af sager på baggrund af hvilken den anbefalede ”best practice”, i rapportens kapitel 2, er opstillet.

Bilaget består af det materiale, der er sendt til Region Nordjylland – og for to af sagernes vedkommende også til dennes rådgiver; hhv. Grontmij | Carl Bro A/S (Tjørnevej 14, Skagen) og NIRAS (Fredericiagade 13, Aalborg). For hver sag består materialet af et bilag med metodebeskrivelse og resultater, under henvisning til sagsbilag med fotodokumentation og situationsplaner.

Det oprindelige materiale er i nogen grad omdøbt/omstruktureret i forbindelse med anvendelse i denne rapport.

A.1 SLOSGADE 70, DRONNINGLUND (PCE)

På denne lokalitet er der gennemført sporgastest af to omgange; hhv. én i forbindelse med supplerende indeklimateundersøgelser og én efter gennemførelse af anbefalede afværgetiltag, for at kontrollere afværgetiltagens effektivitet. Sagsakterne vedr. sporgasundersøgelserne på lokaliteten indgår således dels i en rapport over supplerende undersøgelser og anbefalede afværgetiltag, samt i en efterfølgende statusrapport for de gennemførte afværgetiltag.

A.1.1 Test 1 – Supplerende indeklimateundersøgelse

Beskrivelsen af sporgasundersøgelsen (Test 1) fremgår af nedenstående bilag 1, mens fotodokumentation og situationsplaner hertil fremgår af hhv. bilag 3 og 6.

På baggrund af de supplerende undersøgelser; herunder resultaterne fra sporgastest 1, er det vurderet, at den primære spredningsvej går fra poreluften til indeklimateet i kælderen. Derfra spredes dampene primært via utætheder omkring kælderlemmen til bagtrappen og videre til loftsetagen. Desuden er der identificeret en aktiv spredningsvej via rørgennemføringer i etageadskillelsen imellem kælderen og stueetagen, dels til det tidligere renserum og dels til et træskab bag WC’et i stueetagen hvorfra der er mulighed for yderligere spredning til badeværelset i lejligheden 1. sal tv.

Med udgangspunkt i ovenstående, er der opstillet anbefalinger til afværgetiltag rettet imod at sikre indeklimateet i ejendommens bolig-

områder imod indtrængende dampe af chlorerede kulbrinter. Efter samråd med RN er følgende tiltag efterfølgende udført:

- Opstilling af to luftrensere fra AirManager Nordic, af typen *AS5-400* (på prøve) i kælderen for at mindske koncentrationen af PCE i kælderen indeklimate. Monitering af renseseffektiviteten.
- Tætning af konstaterede sprækker og åbninger i etageadskillelsen mellem kælderen og stueetagen med elastisk fuge, samt tætning af/omkring kælderlemmen. Konvektiv tætning af etageadskillelsen (bjælkelag) imellem den østlige del af kælderen og den overliggende del af stueetagen ved udsparthng og opsætning af membran, samt fugning med elastisk fuge langs alle kanter og installationer.

A.1.2 Test 2 – Kontrol af gennemførte afværgetiltag

Effekten af de udførte tætningstiltag blev efterfølgende undersøgt ved en opfølgende sporgastest (Test 2). Denne test illustrerede, at udførelsen af de første tætningstiltag var utilstrækkelig, og at der fortsat fandtes betydelige utætheder; herunder nye i ”periferien” af de tidligere konstaterede spredningsveje. På baggrund af resultaterne heraf er der gennemført en supplerende tætning af de konstaterede utætheder.

Fotodokumentationen tilhørende de iværksatte tiltag (før og efter tætning, under sporgastest 2, samt under efterfølgende anden tætning) fremgår af nedenstående bilag 7, mens fotovinkler fremgår af situationsplanen i bilag 8.1. Resultaterne af sporgastest 2 fremgår af situationsplanen i bilag 8.2.

I forlængelse af ovenstående er det endvidere konstateret, at de opstillede luftrensere fra AirManager Nordic ikke havde nogen dokumenterbar effekt i forhold til sænkning af indeklimakoncentrationen i kælderen, hvorfor de efterfølgende er tilbagesendt, og der er anbefalet en alternativ løsning baseret på opsætning af en varmevekslet ventilation af kælderen indeklimate.

I forbindelse med den anden effektive tætning af etageadskillelsen, samt den manglende effekt af de opstillede luftrensere, er der konstateret en ophobning af dampe i kælderen indeklimate, samt en efterfølgende aktivering af nye spredningsveje – i ”periferien” af de tidligere spredningsveje, og udenom de gennemførte tiltag.

Lektien i forbindelse med disse erfaringer synes således at være, at en passiv tætning alene (hvilket ikke var anbefalet i den aktuelle sag), blot vil føre til aktivering af nye spredningsveje, som tidligere ikke var i spil. Når dampene ikke kan finde vej væk ved det primære indtrængningspunkt/kilden, presses de ud til siden, og finder nye veje her.

For at identificere de aktive spredningsveje for dampe af chlorerede kulbrinter fra poreluften under gulv i kælderen til indeklimaet på Slotsgade 70 er der anvendt en sporgastest.

Ved testen indblæses en sporgas (formigas, der er en blanding af brint og kvælstof) under bygningen i områder der formodes at bidrage med chlorerede kulbrinter til indeklimaet i bygningen. Efterfølgende, og under kontinuert udblæsning af gassen, udføres der kvalitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, der afgiver et lyd- og lys-signal, hvis intensitet afspejler gasniveauet.

Til testen er der udvalgt to injektionspunkter i kælderen; hver for at dække et poreluftområde, der formodes at bidrage med chlorerede kulbrinter til indeklimaet.

Der er dels udvalgt et punkt under gulvet i kælderen, hvor der ved poreluftmåling (PL7) er konstateret det højeste indhold af chlorerede kulbrinter, samt et punkt igennem den østlige væg/sokkel i kælderen.

Testen er udført i samarbejde med Lækageexperten, Vamdrup.

Der er taget fotos under udførelsen af sporgastesten, der fremgår af bilag 3. Fotovinkler ses på situationsplanerne i bilag 6.1 og 6.2.

På situationsplanen i bilag 6.10 er områderne, hvor der er målt med detektoren samt resultatet af sporgastesten angivet.

1 Injektion under gulv

Efter injektion under gulv i kælderen er der særligt fokus på rummene over kælderen, trappeopgangen (herunder WC'et i trappeopgangen) samt i skunken på loftsetagen.

1.1 Kælderen

Under testen blev det konstateret, at gassen generelt trak op igennem betongulvet i "tilfældige" punkter via ikke-synlige sprækker. Der er således ikke en tendens til at gassen specielt trækker op ved synlige sprækker eller støbeskel. I et område ved den nordlige væg blev det dog konstateret at gassen trak op igennem støbeskellet mellem væg og gulv.

1.2 Stueetagen (over kælderen)

Detektorerne gav ikke udslag i rummet over den østlige del af kælderen hvor etageadskillelsen består af planker, belagt med parket og gulvtæppe. Der var heller ikke udslag langs fodlisterne i dette område. I rummet over den del af kælderen, hvor der er betondække i etageadskillelsen blev der konstateret udslag ved en rørgennemføring til vandrør i betondækket mellem kælderen og stueetagen, jf. foto 74 i bilag 3.

1.3 Trappeopgangen

Der var et tydeligt udslag fra detektoren ved sprækkerne omkring lemmen til kælderen. Desuden blev der konstateret udslag ved træpanelerne, hvor rør fra kælderen går, i rummet med WC'et. Ved rørføring i skabet ved repos mellem stueetagen og 1. sal blev der også konstateret tydeligt udslag fra detektoren. I badeværelset i lejligheden 1. tv., der er ligger op til bagtappen og har vindue ud til bagtrappen blev der konstateret udslag ved rørføringen til håndvasken, der går ned i skabet ved repos mellem stueetagen og 1. sal.

Omkring rørføringerne i trappeopgangen, der bl.a. ses i skabene på repos på 1. sal i bagtrappen og der går gennem etageadskillelserne er der ikke konstateret udslag.

1.4 Skunken/loftsetagen

Der blev ikke konstateret forhøjede udslag fra detektoren i skunke eller ved rørføringer i rummet med WC'et.

2 Injektion igennem sokkel

Efter injektion igennem den østlige kældervæg er der særligt fokus på rummet over den østlige del af kælderen.

2.1 Stueetagen

Detektorerne gav ikke udslag over gulv i rummet over den del af kælderen, hvor der er tæppebelagte planker i etageadskillelsen eller i den østlige del af butikken. Der var efter noget tid svagt forhøjet udslag fra detektoren langs fodlisterne ved den sydlige ydermur og ved muren mellem det tidligere renserum og rum med tøjpresser.

DMR-sagsnr.: 2006-302 / 2008-1059.



#71: Detektoren.



#72: Injektion af sporgas under gulvet i kælderen.



#73: Der blev målt med detektoren ved støbeskel, over gulvet samt ved rørføringer, der går gennem vægge og gulv.



#74: Der blev målt med detektoren ved rørføringerne, der går gennem betondækket. Betondækket udgør etageudskillelsen mellem en del af kælderen og tidligere rum med rensemaskine.



#75: Der blev målt med detektoren over gulvet og langs kanter i den del af butiklokalet der er over kælderen.



#76: Der blev målt med detektoren ved rørforinger i bagtrappen.



#77: Der blev målt med detektoren i badeværelse (1. sal tv.), der har vindue ud til bagtrappen. Skab med rørforinger er under badeværelset.



#78: Der blev målt med detektoren i skunken på loftsetagen.. Der er også udført en ATD-rørs måling.



#79: Der blev målt med detektoren i skunken på loftsetagen.. Der er også udført en ATD-rørs måling.



#80: Der blev målt med detektoren i skunken på loftsetagen.. Der er også udført en ATD-rørs måling.



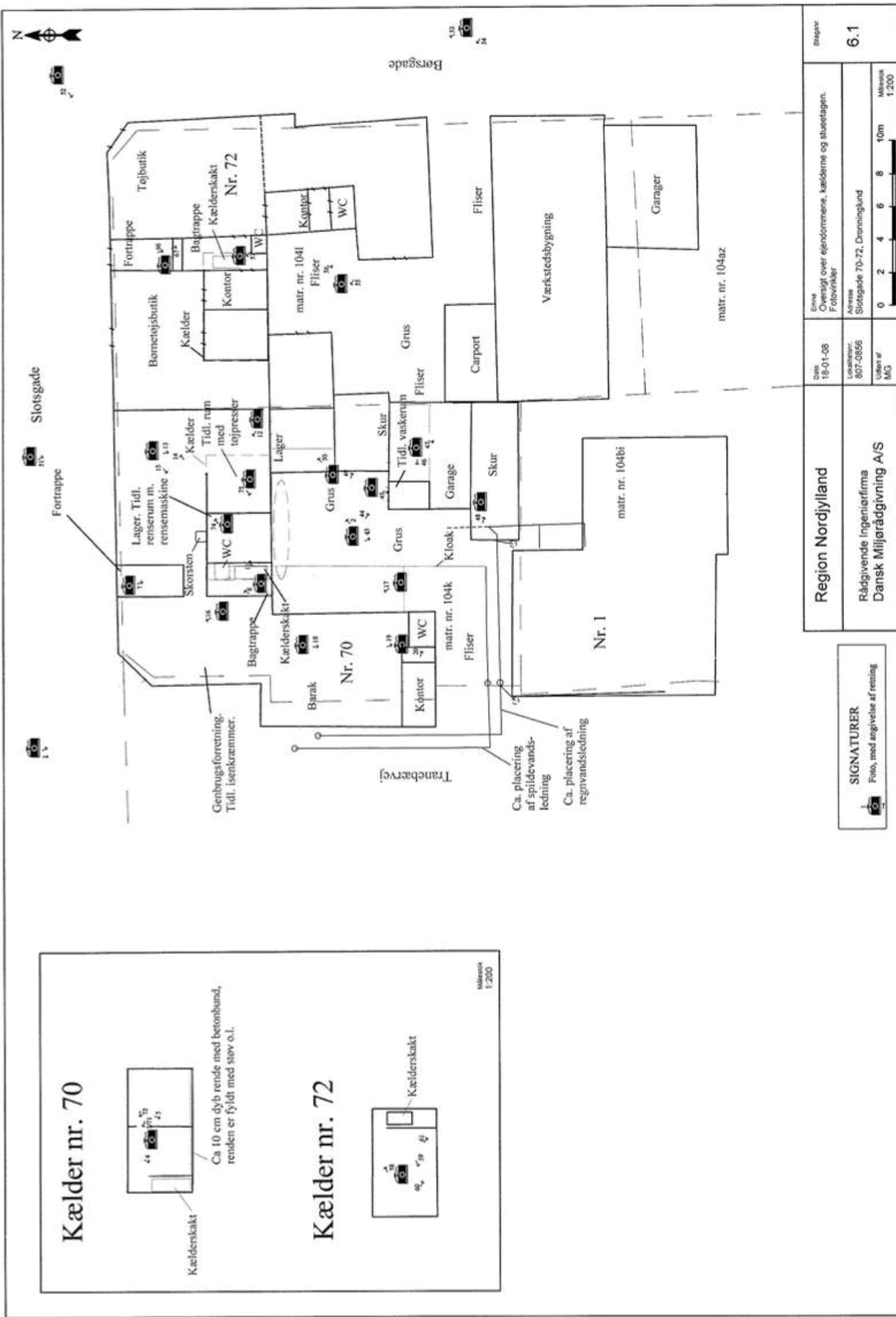
#81: Der blev målt med detektoren i skunken på loftsetagen.



#82: Der blev målt med detektoren i skunken på loftsetagen.



#83: Der blev målt med den i skunken på loftsetagen.

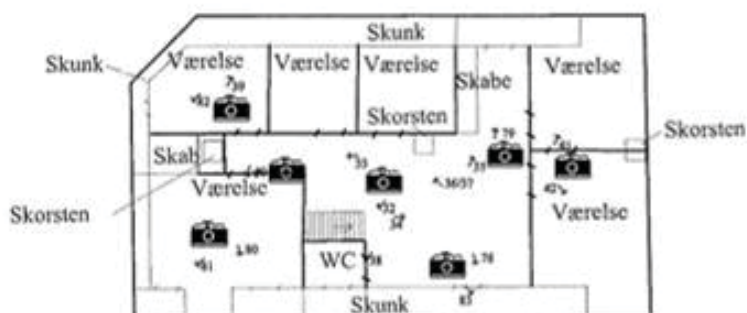




1. sal (beboelse)



Loftsetagen (beboelse)



SIGNATURER



Foto, med angivelse af retning

Region Nordjylland

Dato
18-01-08

Emne
1. sal og loftsetagen på Slotsgade 70. Fotovinkler

Blagov

Rådgivende Ingeniørfirma
Dansk Miljørådgivning A/S

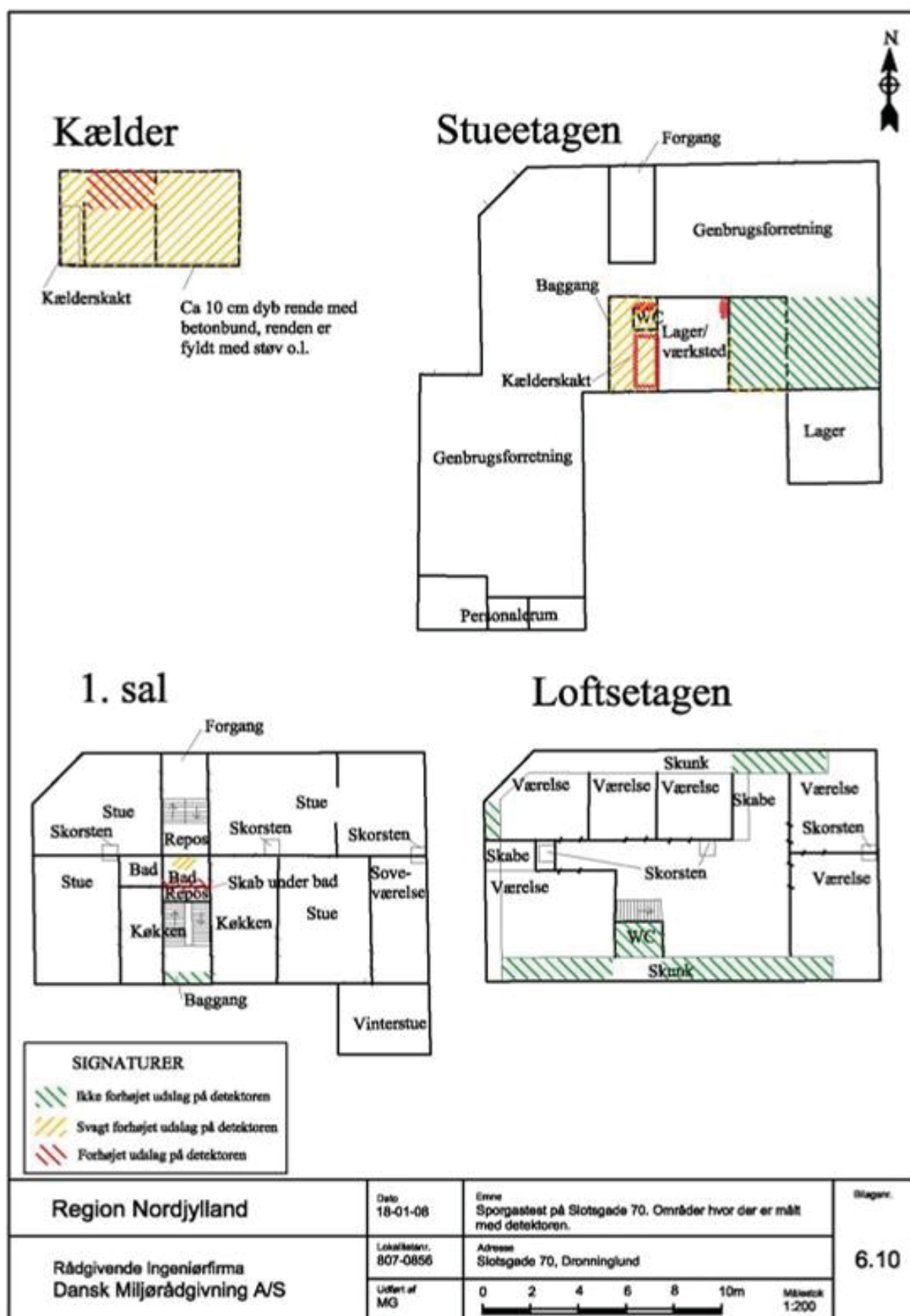
Lokalfelt
807-0856

Adresse
Slotsgade 70, Dronninglund

6.2

Udvalgt af
MG

0 2 4 6 8 10m Målestok
1:200



DMR-sagsnr.: 2006-302 / 2008-1059.



#1: Ejendommen set fra NV.



#2: Før tætning: Lem/trappe ned til kælder.



#3: Før tætning: Lemmen set nedefra.



#4: Før tætning: Rørgennemføringer i nordvestligt hjørne af kælder.



#5: Før tætning: Træloft i det østligste rum.



#6: Før tætning: Rørgennemføringer i det vestligste kælderrum.



#7: Før tætning: Rørgennemføring fra lille WC i stueplanet.



#8: Før tætning: Sprække ved kælderlem.



#9: Fra sporgasforsøg: Injektion af sporgas i kældergulv.



#10: Fra sporgasforsøg: Rørgennemføring syd for kælderlem hvor der kunne detekteres sporgas.



#11: Fra sporgasforsøg: Rørføringer som leder ind til rørgennemføringer syd for kælderlem.



#12: Fra sporgasforsøg: Detektion i skorsten.



#13: Efter første tætning: Fugning/skumning af rørgennemføringer i det nordvestlige hjørne af kælder.



#14: Efter anden tætning: Opsat tætningskasse omkring rørgennemføringer i det nordvestlige hjørne af kælderen.



#15: Efter tætning: Fugning ved rør der leder ind i trækasse.



#16: Efter tætning: Fugning ved afløb fra WC.



#17: Efter tætning: Fugning/skumning ved rør der leder hen til rørgennemføring syd for kælderlem.



#18: Efter tætning: Fugning ved rørgennemføringer syd for kælderlem.



#19: Efter tætning: Træramme monteret på eksisterende konstruktion ved kælderlem.



#20: Efter tætning: Fugning omkring træramme.



#21: Efter tætning: Anslagsplader monteret på kælderlem.



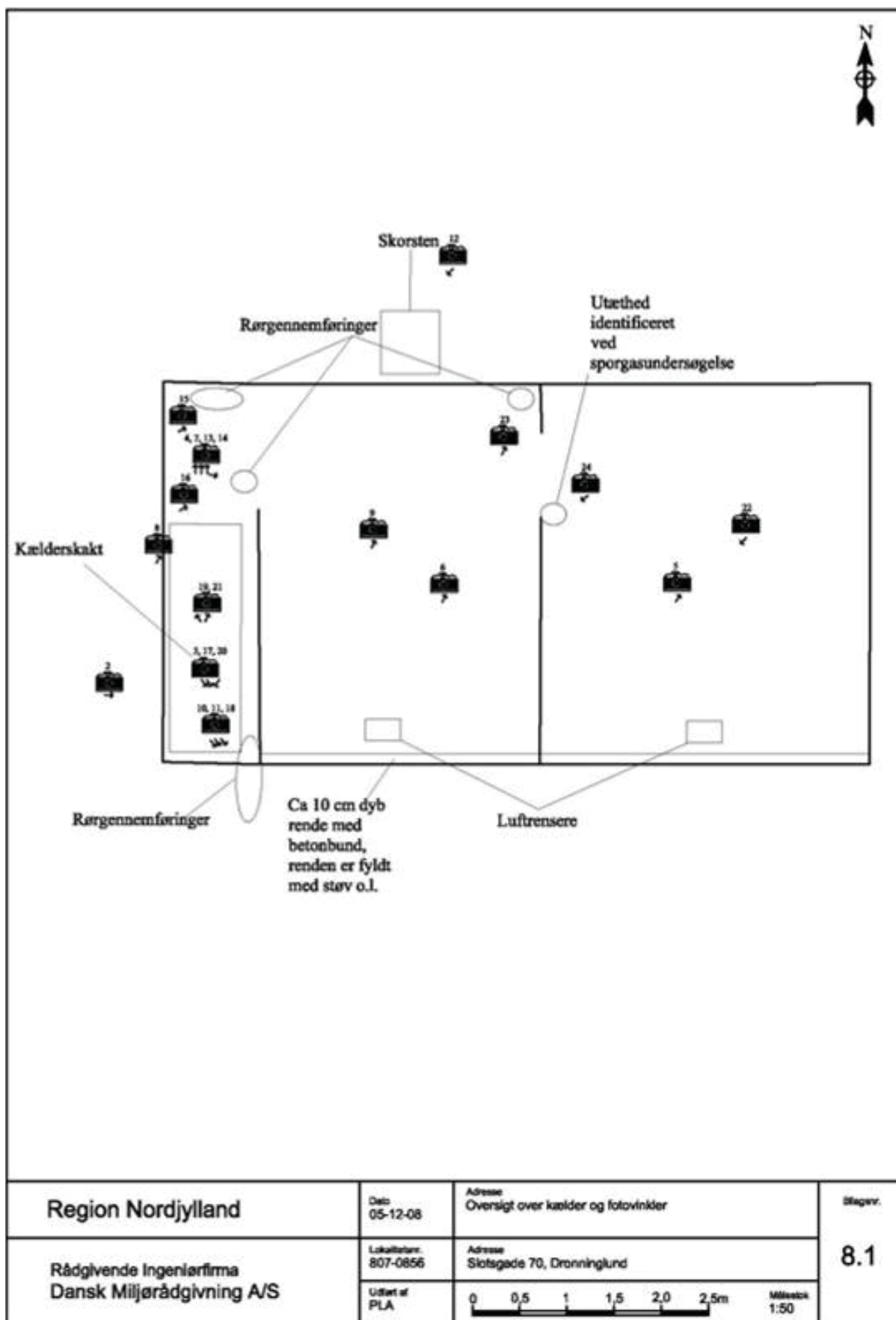
#22: Efter tætning: Beklædning opsat på underside af kælderloft.

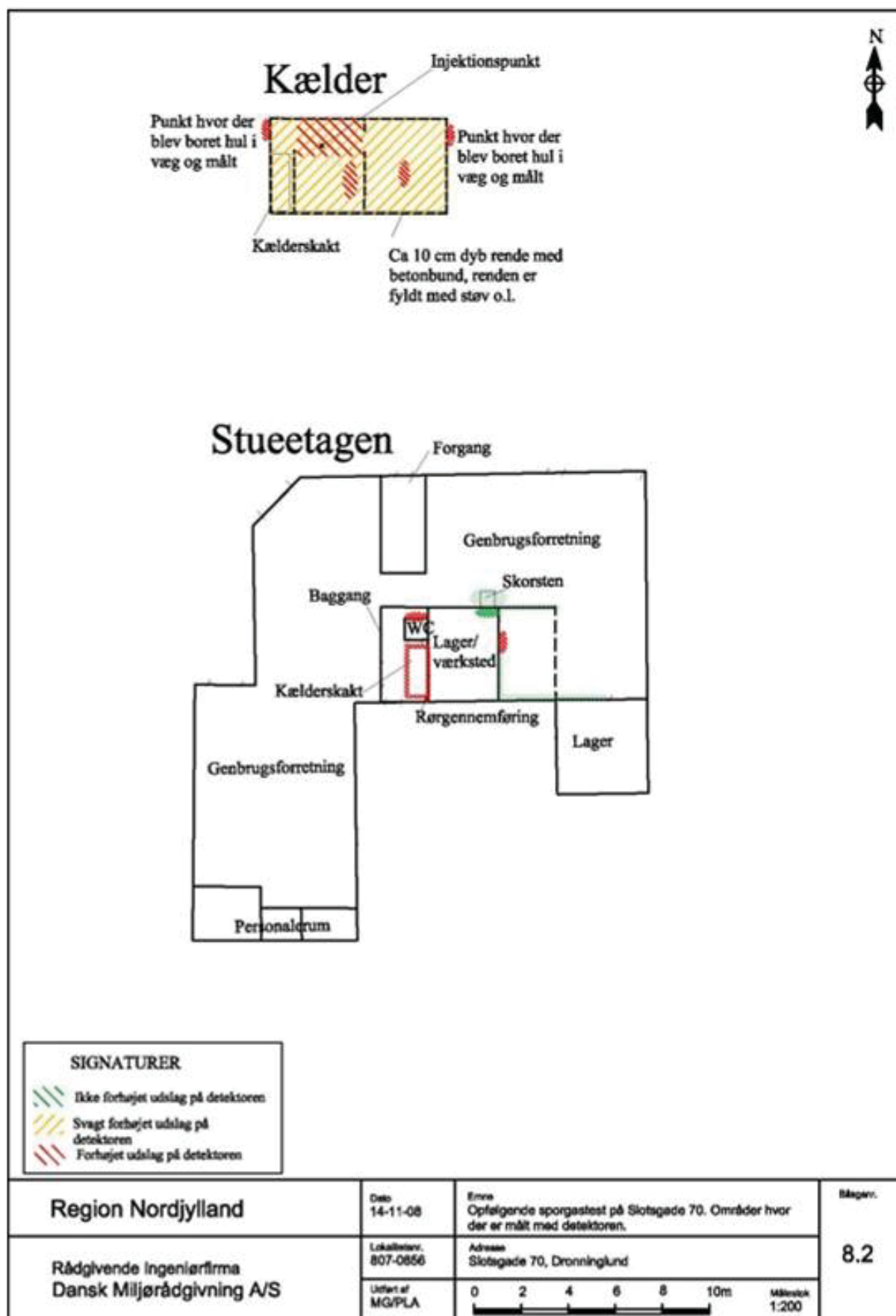


#23: Efter tætning: Fugning ved rørgennemføringer.



#24: Efter tætning: Fugning ved støbeskel i loft.





A.2 GÆRUMVEJ 38, FREDERIKSHAVN (BENZIN)

Sagsakterne vedr. sporgasundersøgelsen på denne lokalitet indgår i en rapport over supplerende undersøgelser gennemført på lokaliteten. Beskrivelsen af sporgasundersøgelsen fremgår af nedenstående bilag 1, mens fotodokumentation fremgår af bilag 3 og situationsplanerne fremgår af bilag 6.

For at identificere aktive spredningsveje for dampe af kulbrinter fra poreluften under kældergulvet til indeklimaet i boligen på Gærumvej 38A, Frederikshavn, er der anvendt en sporgastest. En tidligere lignende anvendelse af sporgastesten er beskrevet i /1/.

1 Bygningsbeskrivelse og baggrund

Bygningen er med kælderetage og stueetage samt 1. sal. Stueetagen og 1. sal anvendes til beboelse, mens der er hhv. vaskerum/bryggers, opmagasinering og teenageværelse i kælderrummene.

Inden sporgastesten er der ved to runder af indeklimamålinger konstateret forhøjede indhold af kulbrinter (BTEX, C9/C10-aromater og totalindhold af kulbrinter) i indeklimaet på ejendommen; dels i fire rum i kælderen og dels i tre rum i stueetagen og tre rum på 1. sal. Der er ligeledes konstateret kraftigt forhøjede poreluftkoncentrationer umiddelbart under kældergulvet.

Der er endvidere udført en grundig byggeteknisk gennemgang med henblik på at identificere potentielle spredningsveje; dels potentielle spredningsveje fra poreluften under bygningen og dels interne spredningsveje i bygningen /2/. På baggrund af denne bygningsgennemgang er de primære potentielle spredningsveje fra poreluften til boligens indeklime vurderet at gå igennem kælderen, og videre fra kælderen til boligen i stueetagen og på 1. salen via div. rørgennemføringer og trappehalsen imellem etagerne. Der er ikke identificeret direkte spredningsveje fra poreluften under bygningen til boligen på stueetagen og 1. sal /2/.

2 Generelt om sporgastesten

2.1 Metode

Selve testen udføres for at identificere aktive konvektive spredningsveje fra poreluften til boligens indeklime, samt for at identificere aktive konvektive spredningsveje fra kælderen og videre til boligen i stueetagen.

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas, med et flow på 0,5 eller 1 L/min. Dernæst foretages en kvalitativ måling af indtrængende gas i bygningen med en håndholdt detektor, der afgiver et lyd- og lyssignal, hvis intensitet 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 kældergulvet og – væggene i forskellige afstande og retninger fra injektionspunktet. Kontrolpunkterne afprøves med gummiprøpper når der ikke måles i dem. Successivt igennem testen kan der 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.

2.2 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 og er leveret i en 20 L trykflaske med en påsat klikventil til at regulere gasflowet imellem 0,5 og 5 L/min. Gassen udledes via en fleksibel slange til et afkortet poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballofix-haneventil og en slangestuds. Forinden er der foretaget en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætte imellem beton og pore-

luftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (eksempelvis en acrylfugemasse). Sporgas med tilhørende udstyr er vist i figur 1.



Figur 1: Gas, slange og poreluftspyd til udledning af sporgas.



Figur 2: Gasdetektor, DGS-10.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10 (jf. figur 2). 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 baggrundsniveauet afgiver et til to "klik" pr. sekund.

3 Den aktuelle test

På den aktuelle lokalitet er testen gennemført i to dele, på to principielt forskellige måder:

1. Første del af testen er foretaget ved udledning af sporgas under kældergulvet, hvor der er konstateret forhøjede indhold af kulbrinter, herunder BTEX'er, som antages at bidrage med kulbrinter til indeklimaet i bygningen. Målinger er foretaget langs støbeskel (ved vægge, dørtrin, trappe, gulv afløb, tidl. kerneboringer m.v.) samt over betongulvet generelt.
2. Anden del af testen er foretaget ved udledning af sporgas under kælderloftet ved identificerede potentielle spredningsveje imellem etagerne (rørgennemføringer m.v.), mens målinger er foretaget ved de tilsvarende potentielle spredningsveje på stueetagen.

Samlet set er der anvendt ca. 100 L gas ved de gennemførte tests.

Der er taget fotos under udførelsen af sporgastesten, som fremgår af bilag 3, mens fotovinkler ses på situationsplanen i bilag 6.1. Resultaterne af sporgastesten fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 6.2.

3.1 Udledning under kældergulv

Gulv kvalitet, anvendelse og adgangsforhold i de fire kælderrum er meget varierende og er kort opsummeret i det følgende:

- Det sydvestlige værelse anvendes til computerspil og opmagasinering. Gulvet er beton belagt med gulvtæppe. Adgangsforholdene er således, at der kan skabes adgang til alle betonskel langs væggene – evt. at flytte rundt på møbler, tæpper m.v.
- Det sydvestlige værelse anvendes til opmagasinering og har klædeskabe på hele den østlige væg (væg til væg og gulv til loft), samt reoler, kasser m.v. til opmagasinering i den sydlige del af rummet. Gulvet er epoxymalet beton belagt med gulvtæppe. Adgangsforholdene er særdeles vanskelige i dette rum.
- Det nordøstlige rum er med indgang udefra via en kælderhals. Der er trappe til stueetagen og et lille toilet med håndvask. Gulvet er beton med mosaikfliser. Der er gode adgangsforhold i dette rum.
- Det nordvestlige rum fungerer som vaskerum, fyrrum og tørrerum. Gulvet er epoxymalet beton. Der er forholdsvis gode adgangsforhold i rummet, bortset fra det nordøstlige hjørne hvor vaskemaskine og tørretumbler er opstillet samt i det sydøstlige hjørne, hvor fyret er opstillet.

Der er foretaget i alt otte gennemboringer af kældergulvet og -væggene hhv. til udledning af sporgas og kontrol af sporgassens udbredelse i poreluften omkring kælderen. De otte punkter er benævnt position 1-8 og fremgår af situationsplanen i bilag 6.1. Pos. 1-5, samt 8, er etableret med henblik på at skabe kontakt til poreluften under kældergulvet, mens pos. 6 og 7 er etableret med henblik på at skabe kontakt til poreluften bag hhv. den vestlige og sydlige del af kældervæggen.

Ved gennem boringen af gulvet blev det konstateret, at jorden under kældergulvet var finkornet og meget fugtig (med lav permeabilitet).

Resultater:

Der blev successivt foretaget udledning af sporgas i tre punkter (pos. 1, 2 og 5) under gulvet i kælderen, med efterfølgende monitorering af gassens udbredelse i de øvrige punkter. Udledningen er foretaget med et flow på 0,5 L/min over samlet set ca. 2,5 time; i alt med et gasforbrug på ca. 70 L. Ved forsøg på at opnå en hurtigere udbredelse af sporgassen ved et flow på 1 L/min opstod der gentagne gange utætheder omkring injektionsspyddet (fugemassen boblede op).

Ved udledning gennem pos. 1 blev der, indenfor ca. en halv time, konstateret udbredelse til de øvrige kontrolpunkter i kælderen. Mens der i positionerne på den sydlige side af den gennemgående bærende væg (pos. 2, 3, 6 og 7) opnåedes et forholdsvis kraftigt udslag var der et mærkbart lavere "gennemslag" i kontrolpunkterne på den nordlige side af den bærende væg (pos. 4 og 5).

Efterfølgende blev der foretaget en udledning igennem pos. 2, hvilket gav et kraftigere "gennemslag" i positionerne på den nordlige side af den bærende væg (pos. 4 og 5).

Slutteligt blev der foretaget en udledning igennem pos. 5, hvorefter der blev konstateret fuldt gennemslag i kontrolpunktet ved pos. 4.

Det vurderes, at den bærende væg – i kombination med en meget fugtig, finkornet jord under kældergulvet, og et forholdsvis højt beliggende vandspejl (ca. 1,5 meter under gulvniveau) – er årsagen til at der opleves en vis dæmpning af sporgassignalet i poreluften fra den sydlige til den nordlige del af kælderen. På den anden side vidner det dæmpede signal om at der

selv under forholdsvis lavpermeable forhold er forbindelse imellem poreluften på tværs af den bærende væg.

I værelset blev der konstateret indtrængende sporgas ved et støbeskel under radiatoren på den vestlige væg (foto 12 i bilag 3) samt gennem kældervæggen ved radiatorophænget (foto 13 i bilag 3). Der blev endvidere konstateret indtrængende sporgas ved et tidligere støbepjens-vandstik, der nu anvendes som jordspyd (foto nr. 9 i bilag 3), samt ved et kabelrør, som formodes at være anvendt i forbindelse med den tidligere drift af tankanlægget (foto nr. 10 i bilag 3). Dertil konstateredes et kraftigt signal ved støbeskel i det sydøstlige hjørne af værelset og et mindre signal ved støbeskel under dørtrinnet imellem de to sydlige rum (foto 2 i bilag 3).

I pulterrummet, som ligger i det sydøstlige hjørne af kælderetagen, blev der ikke konstateret aktive spredningsveje til kælderen, men her var arbejdet ekstremt vanskeliggjort pga. af opmagasinerede ting og væg-til-væg skabe.

I rummet ved trappen blev der ikke konstateret indtrængende sporgas, mens der i vaske-rummet placeret i det nordvestlige hjørne af kælderen blev konstateret indtrængende sporgas bag en faldstamme fra det ovenliggende køkken (foto 14 i bilag 3) og ved en afløbsrist i gulvet (foto 11 i bilag 3).

Bortset fra typiske utætheder identificeret ved støbeskel, rør- og kabelgennemføringer i gulv og væg og faldstammer blev der ikke konstateret indtrængende gas i rummene, og gulvet virkede generelt intakt og i god og intakt kvalitet.

3.2 Udledning under kælderloft

Etageadskillelsen imellem kælderen og stueetagen vurderes generelt at bestå af bjælkelag med puds på kælderloftet, og med planker og flydende parketgulv på gulvet i stueetagen. I pulterrummet er der endvidere påmonteret yderligere et træloft på undersiden af kælderloftet. Gulvet på toilettet er flisebelagt.

Resultater:

Der blev foretaget udledning af sporgas under kælderloftet ved identificerede potentielle spredningsveje imellem etagerne (rørgennemføringer m.v.), mens der blev afsøgt med dektoren i tilsvarende punkter på stueetagen. Udledning og afsøgning blev foretaget med mobilkontakt imellem den tilsynsførende som udledte gas og den som foretog afsøgningen.

Udledningen er foretaget med et flow på 1 L/min over ca. 0,5 time; i alt med et gasforbrug på ca. 30 L. Generelt kunne der observeres gennemslag på stueetagen indenfor 3-5 sekunder efter start af udledning af sporgas under kælderloftet.

I stuen som udgør den sydligste del af stueetagen blev der fire steder langs med fodlisten samt ved dørtrinnet imellem stuen og gangen konstateret aktive spredningsveje fra kælderen. Der blev endvidere konstateret gasindtrængning ved én rørgennemføring til en radiator. Gasindtrængningen langs fodlisten på den vestlige endevæg i stuen (foto 15 i bilag 3) er konstateret over et sted hvor et varmerør fra kælderen går ind i muren (foto 16 i bilag 3) – frem for direkte op igennem etageadskillelsen. Det vurderes at der kan være tale om et varmerør til 1. salen, og at der muligvis er en direkte spredningsvej fra kælderen til værelset på 1. sal ved denne rørgennemføring. Resultaterne fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 6.2.

I rummet ved trappen blev der konstateret indtrængende sporgas ved en rørgennemføring ved en radiator (foto 17 i bilag 3) samt omkring døren ned til kælderen hvor der var en sprække under døren (foto 18 i bilag 3).

I køkkenet, som er placeret i det nordvestlige hjørne af stueetagen, blev der konstateret forhøjede indhold i skabe i nærheden af to faldstammer som er placeret langs med den nordvendte væg.

Det generelle indtryk er at der er forholdsvis mange og kraftige aktive spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem kælderen og stueetagen, og at dette bevirker en effektiv spredning af dampe fra indeklimaet i kælderen til indeklimaet i boligen. Det er vores indtryk, at der ligeledes sker en spredning fra stueetagen til 1. sal.

3.3 Afslutning

Samtlige gennemboringer er efterfølgende afproppet ved injektion af betongrå, fleksibel og vandbestandig fugemasse med fungicid, af typen Sikasil-C. Der er endvidere foretaget en "afpropning" af de aktive spredningsveje konstateret i det sydvestlige kælderværelse hhv. ved det gamle vandrør og ved kabelgennemføringen i væggen (foto 9 og 10 i bilag 3).

Referencer:

- /1/ Opløsningsmidlers transportvej til indeklimaet.
Per Løll, Claus Larsen og Maria Grøn.
Vand & Jord, årg. 15, nr. 3, 2008.
- /2/ Region Nordjylland.
Bygningsgennemgang, Gærumvej 38, Frederikshavn.
Lok. nr. 813-0891.
Dansk Miljørådgivning A/S. Juli 2008.

DMR-sagsnr.: 2008-0706 / 2008-1059.



#1 Kontrol-/injektionspunkt 1 (værelse).



#2 Kontrol-/injektionspunkt 2 (værelse).



#3 Kontrolpunkt 3 (pulterrum).



#4 Kontrolpunkt 4 (ved trappe).



#5 Kontrol-/injektionspunkt 5 (vaskerum).



#6 Kontrolpunkt 6 og støbeskel med kraftig gasindtrængning (værelse).



#7 Kontrolpunkt nr. 7 (værelse).



#8 Kontrolpunkt nr. 8 (værelse).



#9 Gl. vandror, nu jordstik (værelse).



#10 Kabelgennemføring i væg (værelse).



#11 Gulvaflob (vaskerum).



#12 Støbeskel under radiator (værelse).



#13 Radiatorophæng (værelse).



#14 Faldstamme (vaskerum).



#15 Indtrængning ved fodliste (stuen).



#16 Rørgennemføring til væg (værelse).

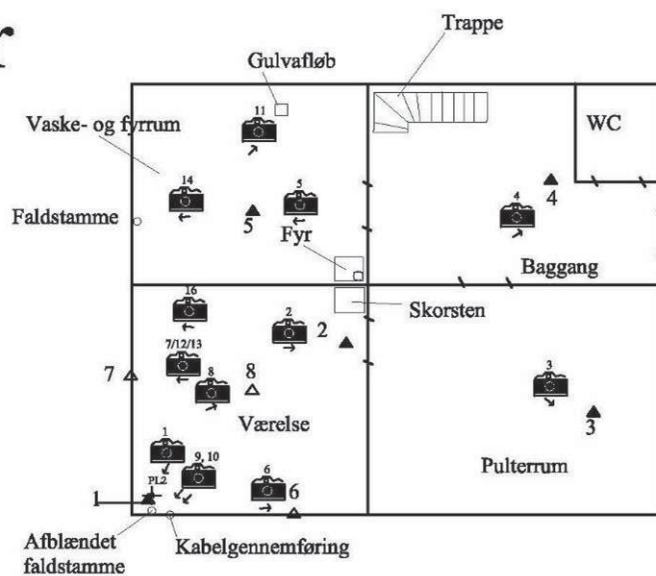


#17 Indtrængning ved radiatorrør (gangen i stueetagen).

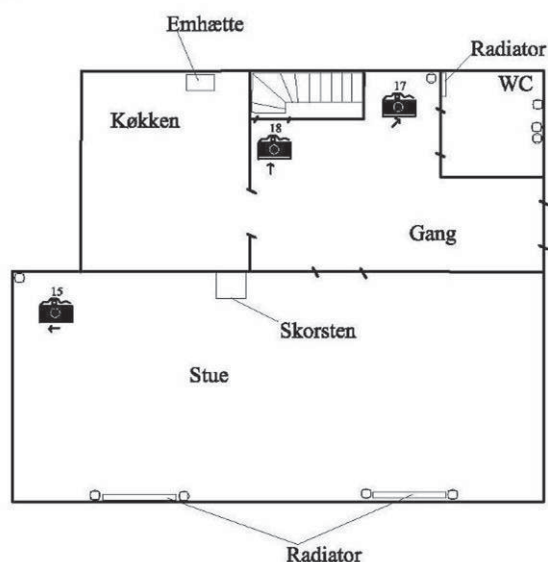


#18 Indtrængning ved dør til kælderen (gangen i stueetagen).

Kælder



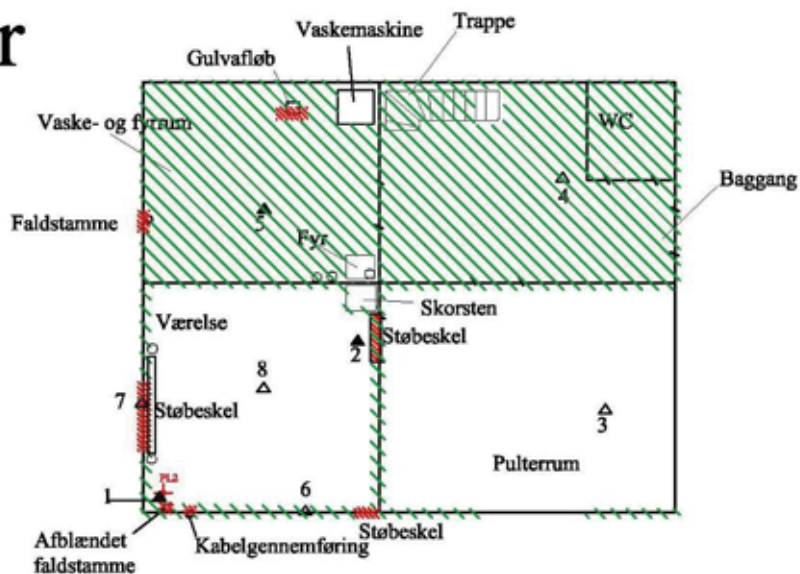
Stueetagen



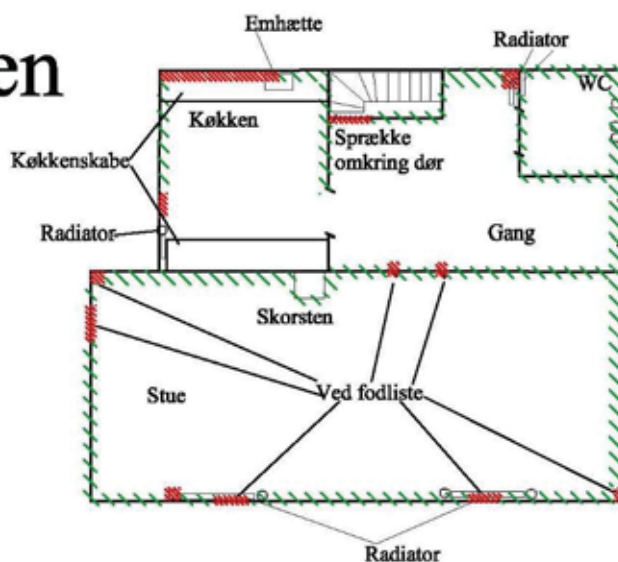
SIGNATURER

- Rørgennemføring
- △ Kontrolpunkt
- ▲ Kontrol/injektionspunkt

Region Nordjylland	Dato 29/01 2009	Emne Injektions-/kontrolpunkter og fotovinkler til bilag 1.2	Bilag nr. 6.1
Rådgivende Ingeniørfirma Dansk Miljørådgivning A/S	Lokallistenr. 813-0891	Adresse Gærumvej 38, Frederikshavn	
	Udført af PLA	0 1 2 3 4 5m Målestok 1:100	



Stueetagen



Farvekode  Ikke forhøjet udslag på detektoren  Forhøjet udslag på detektoren	SIGNATURER  Rørgennemføring  Kontrolpunkt  Kontrol/injektionspunkt  Område afsøgt med detektoren
---	--

A.3 ADELGADE 5, HOBRO (PCE)

Sagsakterne vedr. sporgasundersøgelsen på denne lokalitet indgår i en rapport over supplerende undersøgelser gennemført på lokaliteten. Beskrivelsen af sporgasundersøgelsen fremgår af nedenstående bilag 1, mens fotodokumentation fremgår af bilag 3 og situationsplanerne fremgår af bilag 4.

For at identificere aktive spredningsveje for dampe af kulbrinter fra poreluften under gulvet i stueplanet, hvor der på den overliggende etage er beboelse, på ejendommen beliggende Adelgade 5, Hobro, er der anvendt en sporgastest. En tidligere lignende anvendelse af sporgastesten er beskrevet i 1/.

1 Bygningsbeskrivelse og baggrund

Bygningen er med stueetage og 1. sal. Stueetagen anvendes til erhverv, mens 1. sal anvendes til beboelse og erhverv. I den del af bygningen, hvor der er beboelse på 1. sal, er der i stueplanet umiddelbart nedenunder, frisersalon og fotoforretning. Ved siden af frisersalonen i stueplanet er der bodega, mens der ved siden af lejligheden 1. sal th. er translatorvirksomhed.

Inden sporgastesten er der ved to runder af indeklimate målinger konstateret forhøjede indhold af chlorerede kulbrinter (tri- og tetrachlorethylen) i indeklimaet på ejendommen; dels i de to beboelseslejligheder 1. sal th. og 1. sal tv. og dels i frisersalonen, fotohandleren og bodegagen i stueetagen. Der er ligeledes konstateret kraftigt forhøjede poreluftkoncentrationer umiddelbart under gulvet i stueplanet.

Der er endvidere udført en grundig byggeteknisk gennemgang med henblik på at identificere potentielle spredningsveje; dels potentielle spredningsveje fra poreluften under bygningen og dels interne spredningsveje i bygningen. På baggrund af denne byggetekniske gennemgang er de primære potentielle spredningsveje fra poreluften til bygningens indeklima i stueplanet vurderet at være langs med støbeskel og ved div. rørgennemføringer. Fra stueplanet og til beboelsen på 1. sal er det vurderet, at hulrum bag indvendige forsatsvægge kan fungere som "skorsten" helt nede fra støbeskellet, til etageadskillelsen, og videre til boligerne på 1. sal. Endvidere er det vurderet at de konstruktionsmæssige detaljer omkring etageadskillelsen (baumadæk) medfører at der kan forekomme sætningsrevner. Endeligt kan rørgennemføringer igennem etageadskillelsen lede til aktiv spredning af forureningskomponenter. Der er ikke identificeret direkte spredningsveje fra poreluften under bygningen til boligen på 1. sal.

2 Generelt om sporgastesten

2.1 Metode

Selve testen udføres for at identificere aktive konvektive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i stueplanet, samt for at identificere aktive konvektive spredningsveje fra stueplanet og videre til boligen på 1. sal.

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, hvis intensitet 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 med gummipropper når der ikke måles i dem. Successivt igennem testen kan der 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.

2.2 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 og er leveret i en 20 L trykflaske med en påsat klikventil til at regulere gasflowet imellem 0,5 og 5 L/min. Gassen udledes via en fleksibel slange til et afkortet poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballofix-haneventil og en slangestuds. Forinden er der foretaget en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætte imellem beton og poreluftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (eksempelvis en acrylfugemasse). Sporgas med tilhørende udstyr er vist i figur 1.



Figur 1: Gas, slange og poreluftspyd til udledning af sporgas.



Figur 2: Gasdetektor, DGS-10.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10 (jf. figur 2). 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 baggrundsniveauet afgiver tre til fire "klik" pr. sekund.

3 Den aktuelle test

På den aktuelle lokalitet er testen gennemført i to dele, på to principielt forskellige måder:

1. Første del af testen er foretaget ved udledning af sporgas under gulvet i stueplanet, hvor der er konstateret forhøjede indhold af chlorerede kulbrinter, som bidrager med chlorerede kulbrinter til indeklimaet i bygningen. Målinger er foretaget langs støbeskel (ved vægge, dørtrin, gulv afløb m.v.). Der er ikke målt over gulvet generelt, da det vurderes, at gulvbelæggningerne i stueplanet vil medføre spredning af gassen under belæggningen med fejlkonklusioner til følge.
2. Anden del af testen er foretaget ved udledning af sporgas under loftet i stueplanet ved identificerede potentielle spredningsveje imellem etagerne (rørgennemføringer m.v.), mens målinger er foretaget ved de tilsvarende potentielle spredningsveje på 1. sal.

Samlet set er der anvendt ca. 210 L gas ved de gennemførte tests.

Der er taget fotos under udførelsen af sporgastesten, som fremgår af Bilag 3, mens fotovinkler ses på situationsplanerne i bilag 4.4-4.5 sammen med oversigt over resultaterne af sporgastesten. Resultaterne på situationsplanen er graderet som; ikke forhøjet udslag (grønt skraveret), lettere forhøjet udslag (gult skraveret) og forhøjet udslag (rødt skraveret).

3.1 Udledning under gulv i stueplanet

Gulv kvalitet, anvendelse og adgangsforhold i frisørsalonen og fotohandleren er meget varierende og er kort opsummeret i det følgende:

- Det nordøstlige lokale i frisøren anvendes som frisørsalon. Gulvet er beton belagt med linoleum. Adgangsforholdene er således, at der langs med den nordøstvendte væg er en forsatsvæg af gips. Langs med alle vægge er der fodlister.
- Det sydøstlige lokale i frisørsalonen anvendes til baglokale. Gulvet er betonbelagt med linoleum. Adgangsforholdene er vanskelige i dette rum.
- Syd for baglokalet til frisørsalonen er der et WC, hvor gulvet er belagt med fliser.
- Det sydvestlige lokale i fotohandleren er selve forretningslokalet, hvor gulvet er beton belagt med parket. Der er meget dårlige adgangsforhold i fotohandleren pga. omfattende vareudstilling.
- Øst for forretningslokalet er der et mindre baglokalet, hvor gulvet ligeledes er beton belagt med parket.
- Umiddelbart nord for baglokalet er der et toilet hvor gulvet er beton belagt med klinke.

Der er foretaget i alt 14 gennemboringer af gulvet i stueplanet og tre gennemboringer af forsatsvæggen i frisørsalonen hhv. til udledning af sporgas og til kontrol af sporgassens udbredelse fra poreluften til hulrummet. De 14 punkter er benævnt position 1-14 og fremgår af situationsplanen i bilag 4.4.

Ved gennemboringen af gulvet blev der kun i ringe grad konstateret fyldsand, men derimod vurderes det, at det overvejende var finkornede og tørre intakte sandaflejringer. På baggrund af gasudledningen og den konstaterede gasudbredelse under gulvet i hhv. frisørsalonen og fotoforretningen vurderes permeabiliteten under fotoforretningen generelt at være betydeligt højere end under frisørsalonen.

Resultater:

Der blev successivt foretaget udledning af sporgas i 5 punkter (pos. 1, 3, 5, 6 og 9) under gulvet i frisørsalonen og fotohandleren, med efterfølgende monitorering af gassens udbredelse i de øvrige punkter. Udledningen er foretaget med et flow på 0,5-2 L/min over samlet set ca. 4 timer; i alt med et gasforbrug på ca. 150 L.

Ved udledning gennem pos. 1 blev der, indenfor ca. en halv time, konstateret udbredelse til kontrolpunkt nr. 2 og 3 i stueplanet. Mens der i de resterende positioner kun i mindre grad eller slet ikke blev konstateret positivt signal.

Efterfølgende blev der foretaget en udledning igennem pos. 3, hvilket gav et kraftigere "gennemsøg" i nordlig retning mod Adelgade. Der blev konstateret kraftige gennembrud i den nordøstlige ende af frisørsalonen ved udledning i pos. 5. Ingen af de benyttede injektionspunkter resulterede i tilfredsstillende signal i kontrolpunkterne i baglokalet til frisørsalonen hvorfor der blev injiceret i pos. 6, med kraftige signaler i kontrolpunkt nr. 7 og 8 til følge.

Slutteligt blev der foretaget en udledning igennem pos. nr. 9 i fotohandleren, hvorefter der blev konstateret fuldt gennemsøg i kontrolpunkterne i pos. nr. 10-14.

Den markante forskel på signalstyrken ved måling i kontrolpunkterne i baglokalet til frisørsalonen, ved injektion henholdsvis i frisørsalonen (pos. 1, 3 og 5) og i baglokalet (pos 6) kan indikere, at der er fundamenter eller lignende under gulvet ved skillevæggen som adskiller de to lokaler.

I frisørsalonen blev der konstateret indtrængende sporgas ved støbeskel bag forsatsvæggen på den nordvestvendte væg. Præcis hvor gassen trængte ind var ikke muligt at vurdere, idet der blev målt igennem huller i forsatsvæggen (foto 3 og 4 i Bilag 3). Der blev endvidere konstateret indtrængende sporgas i et område omkring ekspeditionsdisken (foto 5 i Bilag 3) og omkring den formodede afblændede skorsten (foto 6 i Bilag 3). I baglokalet til frisørsalonen blev der i det sydligste hjørne, hvor der var et hul i væggen (foto 7 i Bilag 3) konstateret positivt signal med gasdetektoren. I frisørsalonen blev der endvidere konstateret lettere forhøjede udslag bag radiatoren ved det sydvestvendte vindue, i et område langs med ekspeditionsdisken og under de to hårvaskestole, hvor linoliummet var fjernet. I toilettet, der hører til frisørsalonen blev der konstateret lettere forhøjet indtrængen af sporgas over hele klinkearealet.

I fotohandleren var der generelt dårlige adgangsforhold pga. vareudstilling. Der blev ved en bærende metalsøjle, som var støbt ned i betongulvet under parketgulvet, konstateret indtrængning af sporgas (foto 8 i Bilag 3). I baglokalet til fotohandleren blev der endvidere, ved en kabelbakke, konstateret forhøjet udslag på detektoren. I et område ved døren og ved det ene forretningsvindue mod vest blev der konstateret lettere forhøjet udslag på detektoren.

Generelt kan det ikke afvises, at gas der trænger op i områder under linoleumsbelægningen på betongulvet i frisørsalonen strømmer af under linoleumsbelægningen og bliver ledt ud til støbeskellet eller områder hvor linoleummet er fjernet. Dette kan potentielt lede til fejlvurdering af hvor de konventive spredningeveje findes, omvendt er det sandsynligt at linoleummet kan have samme effekt på de chlorerede kulbrinter.

3.2 Udledning under loft i stueplanet

Etageadskillelsen imellem stueplanet og 1. sal er ved bygningsgennemgangen vurderet at være opbygget som et baumedæk. På toilettet til frisørsalonen og fotohandleren er der opsat et underloft sandsynligvis bestående af gips. Der vurderes at der i hulrummet imellem baumedækket og underloftet er omfattende rørføringer/faldstammer m.v. til installationerne i badeværelser og køkkener på 1. sal.

I mellemgangen som leder ind til de to lejligheder på 1. sal er gulvet beklædt med tæppe. I lejligheden 1. th. er gulvet beklædt med gulvtæppe i soveværelse, børneværelse og gang, mens det er beklædt med parket i stuen og linoleum i toilet/bad og køkken.

I lejligheden 1. tv. Er gulvet beklædt med linoleum i toilet/bad, køkken og gang, mens der er tæppe i stuen og i soveværelset.

Resultater:

Der blev foretaget udledning af sporgas under loftet i stueplanet ved identificerede potentielle spredningsveje imellem etagerne (rørgennemføringer m.v.), mens der blev afsøgt med detektoren i tilsvarende punkter på stueetagen. Udledning og afsøgning blev foretaget med mobilkontakt imellem den tilsynsførende som udledte gas og den som foretog afsøgningen.

Udledningen er foretaget med et flow på 1 L/min over ca. 1 time; i alt med et gasforbrug på ca. 60 L. Generelt kunne der observeres gennemslag på stueetagen indenfor 5-10 sekunder efter start af udledning af sporgas under loftet på stueplanet.

I mellemgangen blev der konstateret kraftigt forhøjet udslag på detektoren langs med den vestligste væg og henimod det vestligste hjørne, mens der i tre punkter langs med den østligste væg blev konstateret lettere forhøjet udslag med detektoren.

I soveværelset i lejligheden 1. sal th., som udgør den vestligste del af lejligheden, blev der boret to kontrolpunkter i forsatsvæggen (foto 12 i Bilag 3) med henblik på at undersøge, om der er en aktiv transportvej fra hulrummet bag forsatsvæggen i frisørsalonen og til hulrummet bag forsatsvæggen på 1. sal via etageadskillelsen. Der blev bag forsatsvæggen mod vest konstateret lettere forhøjet udslag på detektoren. Endvidere blev der i det nordøstlige hjørne af soveværelset ved et hul i forsatsvæggen konstateret forhøjet udslag på detektoren, mens der hen langs med væggen mod Adelgade var lettere forhøjet udslag på detektoren. Ved en stikkontakt blev der konstateret kraftigt forhøjet udslag på detektoren (foto 13 i Bilag 3).

I stuen i lejligheden 1. sal th. blev der to steder langs med den sydøstlige væg (foto 14 og 16 i Bilag 3) og ved en stikkontakt på denne væg konstateret kraftigt forhøjet udslag på detektoren (foto 17 i Bilag 3). Endvidere blev der i et område over gulvet, og langs med den østlige og den nordlige væg konstateret lettere forhøjede udslag på detektoren (foto 15 i Bilag 3). Området over gulvet blev fundet positivt ved samtidig udledning af sporgas ved en sætningsrevne i loftet i frisørsalonen.

I køkkenet i lejligheden 1. sal th. blev der ved en stikkontakt konstateret forhøjet udslag på detektoren. Afsøgning af den resterende del af køkkenet var vanskeliggjort af mange skabe langs med væggen.

Ved dørtrinet imellem badeværelset og gangen (foto 18 i Bilag 3) blev der konstateret forhøjet udslag med detektoren ved samtidig udledning af sporgas ved en sætningsrevne i fotohandleren.

I lejligheden 1. sal tv. blev der konstateret generelt forhøjet indhold i hele badeværelset, hvilket vanskeliggjorde egentlig identifikation af de aktive spredningsveje.

I køkkenet blev den indvendige forsatsvæg gennemboet for etablering af et kontrolpunkt ved samtidig udledning umiddelbart nedenunder. Der blev ikke konstateret forhøjet udslag på detektoren i dette kontrolpunkt.

I stuen i lejligheden 1. tv. blev der konstateret lettere forhøjet udslag på detektoren i et område langs med væggen mod vest ved samtidig udledning ved en sætningsrevne umiddelbart nedunder i stueetagen. En del af stuen i lejligheden t. sal tv. var vanskelig at afsøge pga. møblering og opmagasinering.

I soveværelset i lejligheden 1. tv. blev der konstateret kraftigt forhøjet udslag på detektoren ved samtidig udledning af sporgas ved en sætningsrevne konstateret i stueetagen (foto 10 i Bilag 3). Der var endvidere lettere forhøjet udslag på detektoren langs med den nordlige væg i området tæt på det nordvestlige hjørne (foto 11 i Bilag 3).

Det generelle indtryk er, at der er forholdsvis mange og kraftige aktive spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem stueetagen og 1. sal, og at dette bevirker en effektiv spredning af dampe fra indeklimaet i stueetagen til indeklimaet i beboelseslejlighederne. Overordnet vurderes specielt etageadskillelsen langs med væggen i nordlig retning ud mod Adelgade, samt sætningsrevner, hulrum bag forsatsvægge og rør til føring af elkabler til stikkontakter, at være aktive spredningsveje.

3.3 Afslutning

Samtlige gennemboringer er efterfølgende afproppet ved injektion af betongrå, fleksibel og vandbestandig fugemasse med fungicid, af typen Sikasil-C.

Reference:

- /1/ Opløsningsmidlers transportvej til indeklimaet.
Per Loll, Claus Larsen og Maria Grøn.
Vand & Jord, årg. 15, nr. 3, 2008.

DMR-sagsnr.: 2008-0710 / 2008-1059.



#1: Injektionspunkt nr. 1 ved frisør.



#2: Kontrolpunkt nr. 2 i gulv ved frisør.



#3: Kontrolpunkt i væg ved frisør.



#4: Detektion af sporgas bag skalvæg ved frisør.



#5: Område ved disk i frisørsalon med positivt signal.



#6: Formodet afblændet skorsten i frisørsalon.



#7: Hjørne i baglokale i frisørsalon med positivt signal.



#8: Positivt signal ved jernstolpe i fotohandler.



#9: Kontrolpunkt nr. 14 i fotohandler.



#10: Område bag seng i 1. tv. med positivt signal.



#11: Område i hjørne af soveværelse med positivt signal.



#12: Kontrolpunkt i væg i 1. th. i soveværelse.



#13: Stikkontakt i soveværelse 1. th. med positivt signal.



#14: Område i 1. th. over sætningsskade i frisørsalon med positivt signal.



#15: Område i 1. th. over sætningsskade i frisørsalon med positivt signal.



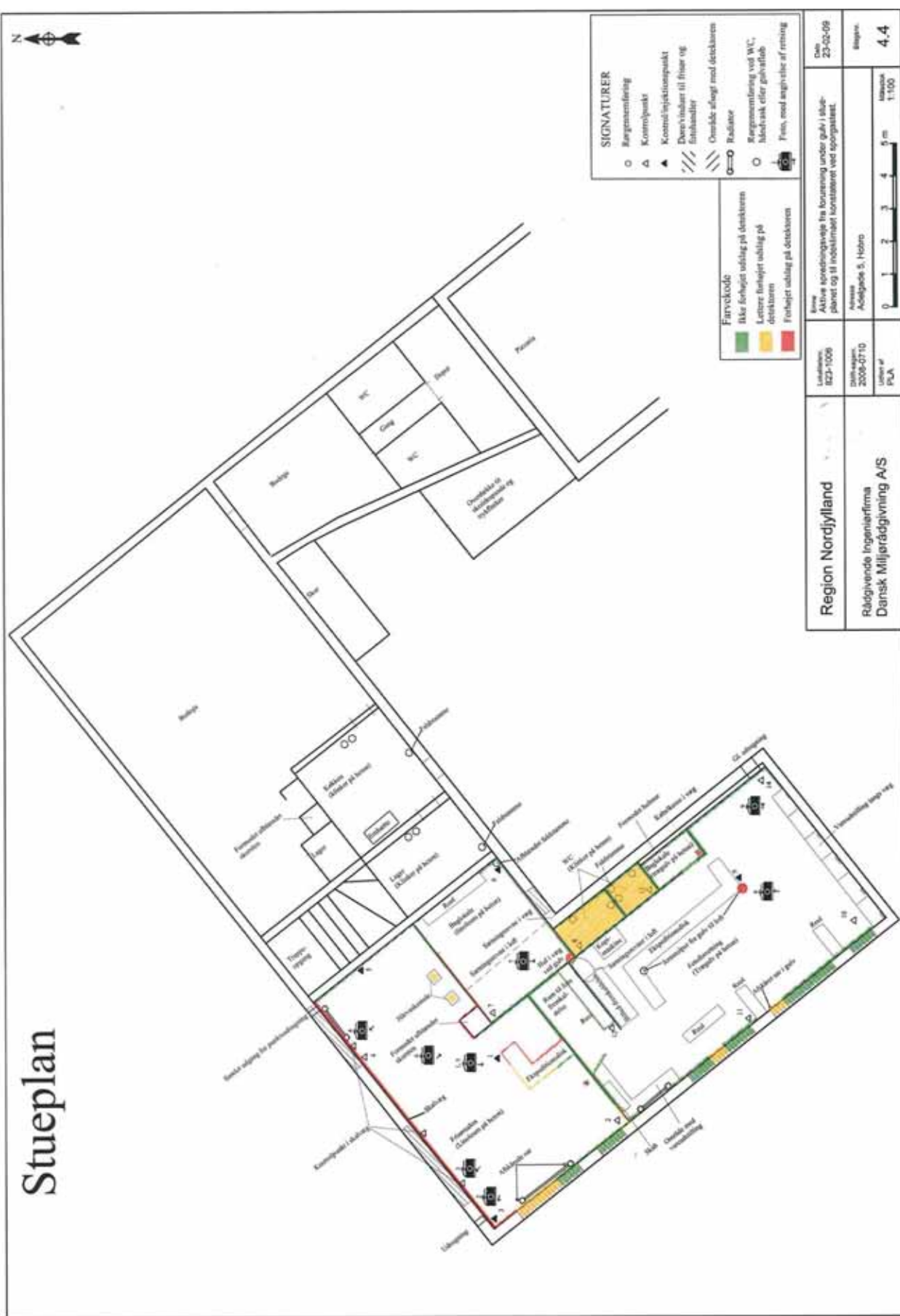
#16: Område langs fodliste i 1. th. med positivt signal.



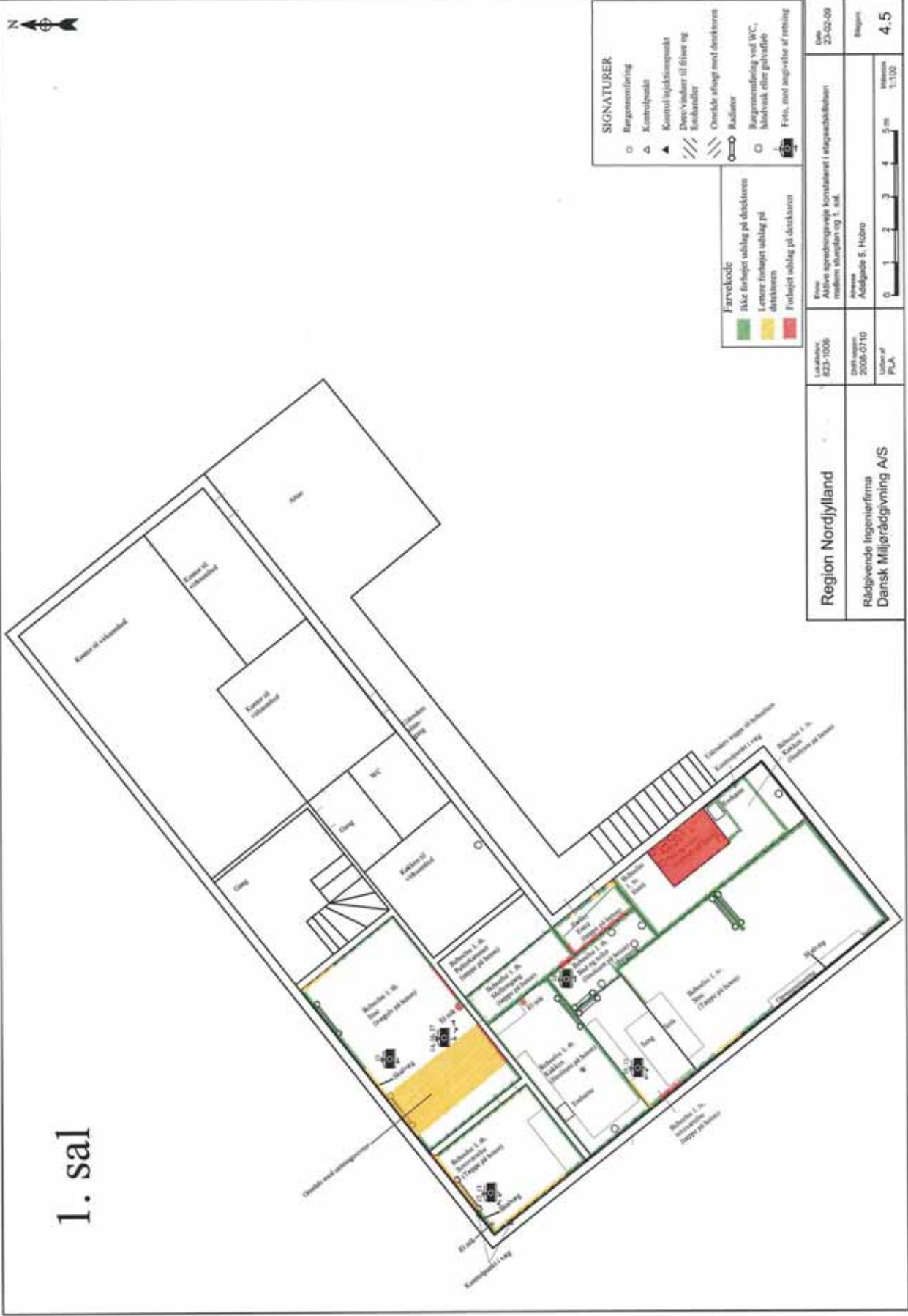
#17: Stikkontakt i stue i 1. th. med positivt signal.



#18: Punkt ved dørrin i 1. th umiddelbart over sætningsskade i fotohandler, med positivt signal.



1. sal





Rådgivende Ingeniørfirma

Dansk Miljørådgivning A/S

Grøntmij | Carl Bro A/S
Sofiendalsvej 94
9200 Aalborg SV
Att.: Søren Kreilgaard

DMR-sgasnr.:
2008-1059

Dato:
8. juni 2009

Vedr. Resultater for sporgasundersøgelse på lokaliteten Tjørnevej 14, Skagen.

Efter aftale fremsendes hermed et eksemplar af den udarbejdede dokumentation vedr. den udførte sporgasundersøgelse på ovennævnte lokalitet til Deres kommentar.

Har De spørgsmål eller kommentarer til det fremsendte er De velkommen til at kontakte undertegnede.

Med venlig hilsen
Dansk Miljørådgivning A/S

Per Loll
Civilingeniør, Ph.D.

Bilag:

- Bilag 1. Sporgasundersøgelse.
- Bilag 2. Situationsplaner.
- Bilag 3. Fotobilag.

Kopi til:

Grøntmij | Carl Bro A/S, Att: Majbrith Langeland.
Region Nordjylland, Regional Udvikling, Att: Henrik Nordtorp.
Region Nordjylland, Regional Udvikling, Att: Ann Steen Jensen.

☐ Industrivej 10a	8680 Ry	Tlf. 86 95 06 55	Fax 86 95 06 51	ry@dmr.as
☐ Karolinevej 17	4200 Slagelse	Tlf. 58 52 24 11	Fax 58 52 24 33	slagelse@dmr.as
☐ Fanøgade 17	9740 Jerslev	Tlf. 70 22 06 55	Fax 70 22 06 51	jerslev@dmr.as
☐ Hvidovrevej 80a	2610 Rødovre	Tlf. 48 22 24 00	Fax 48 22 24 01	hvidovre@dmr.as
☐ Vejlevej 163	6000 Kolding	Tlf. 76 32 65 00	Fax 76 32 65 01	kolding@dmr.as
☐ Håndværkervej 8	7470 Karup	Tlf. 97 43 06 55	Fax 97 43 06 51	karup@dmr.as

DMR har for Region Nordjylland og Grøntmij | Carl Bro A/S udført sporgastest på ejendommen Tjørnevej 14, Skagen med henblik på at identificere aktive spredningsveje for dampe af kulbrinter fra poreluften under/omkring en tilbygning på ejendommen til indeklimaet i tilbygningen.

Sporgastesten er gennemført som en del af et projekt som DMR gennemfører for Region Nordjylland under Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogram. Status for anvendelse af testen på undersøgelsestidspunktet er beskrevet i /1/.

1 Bygningsbeskrivelse og baggrund

Der er tale om et parcelhus i ét plan, hvor der grundet en konstateret fyringsolieforurening under en tilbygning, er foretaget afværgetiltag for at sikre indeklimaet mod indtrængning af kulbrinter, herunder benzen, til indeklimaet. Der er et toilet/bad i tilbygningen, der ellers benyttes som bryggers, med opstilling af en kummefryser, en vaskemaskine og husets vandinstallationer. En situationsplan over tilbygningen fremgår af bilag 2.1.

Det er oplyst, at de gennemførte afværgetiltag bl.a. omfatter udskiftning af kloakker, udspartling af en diffusionstæt belægning på betongulvet i tilbygningen og tætning omkring div. rørgennemføringer, gulvaløb m.v.

Inden sporgastesten er der tidligere udført poreluftmålinger under gulv, poreluftmålinger med spyd udenfor bygningen samt poreluftmålinger i hulmurskonstruktionen og indeklimamålinger, hvor der er konstateret forhøjede indhold af kulbrinter, herunder benzen.

Der er etableret fire faste poreluftstationer med forbindelse til poreluften under gulvet, som er benævnt MP1b, MP4, MP101 og MP102. Der er endvidere etableret tre poreluftstationer med forbindelse til hulmurskonstruktionen, som er benævnt Mur1 – Mur3. I forbindelse med testen er der endvidere etableret tre midlertidige poreluftstationer/poreluftspyd udenfor bygningen (ca. 1,1 m.u.t.), som er benævnt PL101 – PL103. Placeringen af samtlige målepunkter fremgår af situationsplanen i bilag 2.1.

2 Generelt om sporgastesten

Selve testen udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i tilbygningen.

2.1 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 baggrundsniveauer, da der er tale om en uspecifik detektor, jf. afsnit 2.2.

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 kon-

trolpunkter 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.

2.2 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 og er leveret i en 20 L trykflaske med en påsat klikventil til at regulere gasflowet imellem 0,5 og 5 L/min. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til et afkortet poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballofix-haneventil og en slangestuds. Forinden er der foretaget en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætte imellem beton og poreluftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (eksempelvis en acrylfugemasse). Sporgas med tilhørende udstyr er vist i figur 1.



Figur 1: Gas, slange og poreluftspyd til udlledning af sporgas.



Figur 2: Gasdetektor, DGS-10.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10 (figur 2). 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 baggrundsniveauet afgiver tre til fire "klik" pr. sekund.

Resultaterne fra sporgastesten graderes som:

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

3 De aktuelle tests

Der er gennemført tre tests på den aktuelle lokalitet, med følgende modifikationer til den generelle metode beskrevet ovenfor. Injektions- og kontrolpunkterne er vist på situationsplanen i bilag 2.1, og fotos taget i forbindelse med sporgastesten fremgår af bilag 3:

1. Test 1 og 2 er foretaget ved udledning af sporgas under gulvet i tilbygningen med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under gulvet til indeklimaet i bygningen. Grundet den udførte tætning af gulvkonstruktionen, er der ikke foretaget gennemboringer af gulvet, og der er foretaget successiv udledning af sporgas i to af de faste poreluftstationer (MP101 og MP102), mens de øvrige poreluftstationer er benyttet som kontrolpunkter (MP1b, MP4, MP101 og MP102). Under disse to tests er der foretaget en afsøgning langs støbeskel (ved vægge, dørtrin, m.v.), ved rørgennemføringer, gulvafløb, poreluftstationer og over et område af gulvet, hvorunder det er oplyst, at der løber en kabelgang. Der er yderligere foretaget måling i de tre udendørs poreluftpunkter (PL101 - PL103) samt i målepunkterne i hulmuren (Mur1 - Mur3).
2. Test 3 er foretaget ved udledning af sporgas i den udendørs poreluftstation (PL101; 1,1 m.u.t.) med henblik på at undersøge om der sker en spredning af sporgas fra poreluften under/omkring bygningens sokkel (der er oplyst etableret af fundablokke) til hulrummet i ydermurene, hvorfra gassen eventuelt kan spredes til bygningens indeklima. Under Test 3 er målepunkterne i hulmuren (Mur1 - Mur3) benyttet som kontrolpunkter og der er foretaget en afsøgning langs skillefladen imellem hulmursvæggene og loftet, omkring vindues- og dørlysningerne samt ved stikkontakter i tilbygningen.

Injektions- og kontrolpunkter samt øvrige målepunkter fremgår af situationsplanen i bilag 3, jf. foto 1 - 6.

Da det, grundet kraftig blæst, ikke var muligt at foretage retvisende målinger af sporgassen med gasdetektoren direkte på hullerne i hulmurene ved punkterne Mur1 - Mur3, samt i poreluftsonderne PL101-PL103, er afsøgningen i disse punkter foretaget ved pumpning med en Ripo-pumpe, hvor afkastet er ledt gennem en lille jordpose, hvori detektoren blev sat ind, jf. foto 16. Inden nedskrivning af niveauer bestemt på denne måde, er pumpe og slanger ren-pumpe med atmosfærisk luft.

3.1 Adgangsforhold og registrering af baggrunds-niveauer

Gulvet i tilbygningen er belagt med linoleum, og grundet placeringen af en (fyldt) kumme-fryser, en vaskemaskine og en reol har det ikke været muligt at foretage en generel afsøgning af hele gulvarealet. Der er dog foretaget en afsøgning i områder, hvor det var muligt at slå linoleumsbelægningen til side.

Med henblik på at registrere eventuelle forhøjede baggrunds-niveauer er der, inden gennemførelse af selve testen, foretaget en afsøgning med gasdetektoren i de ovenfor anførte målepunkter og i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende testes. Der er konstateret forhøjede baggrunds-niveauer (fugtfølsomhed og/eller baggrunds-niveau af gasser som detektoren reagerer på) følgende steder:

- Poreluftsonde PL103 i skur bag bryggers (gult niveau); foto 6.
- Målepunkt Mur3 i hulmur mellem skur og bryggers (gult niveau); foto 6.
- Ved afløb og overløb fra håndvask på badeværelset (rødt niveau); foto 7.
- Ved kondens afløb fra vandinstallationer i bryggers (rødt niveau); foto 8.

Der er ligeledes foretaget en baggrundsmåling i et poreluftspyd placeret i haven – væk fra det forurenede område – med luftindtag i samme dybde (1,1 m.u.t.) som PL101-PL103. Niveauet i dette spyd var grønt.

4 Resultater

Ved de tre tests er der anvendt en samlet mængde sporgas på ca. 90 L.

Resultaterne fra sporgastesten fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 2.2, mens specifikke observationer fra testene fremgår af nedenstående, under henvisning til fotos i bilag 3.

4.1 Test 1 og 2 - Udlledning under gulv i tilbygningen

Under Test 1 er der foretaget en udlledning af sporgas i MP101 med et flow på 0,5-1 L/min over en periode på 1:45 timer. Test 2 er foretaget med udlledning af sporgas i MP102 med et flow på 1 L/min over en periode på 0:40 timer. Det samlede gasforbrug var på ca. 78 L.

Ved udlledning gennem MP101 blev der, indenfor ca. 2 minutter, konstateret udbredelse til kontrolpunkt MP4 og efter ca. 10 minutter til MP1b (begge rødt niveau). Selv efter 1:45 timer blev der maksimalt konstateret gult niveau i kontrolpunktet MP102, hvorfor Test 2 blev gennemført med injektion i dette punkt for at opnå bedst mulig sporgasdækning under gulvet af den del af bryggers og toilet/badeværelset der vender ind mod resten af boligen.

Efter ca. 10 minutters udlledning i MP102 er det, bl.a. på baggrund af gennembrud til Mur1 (gult niveau), og gennemslag ved støbeskel under dørtærskel til badeværelset og radiator under vinduet i bryggerset (gule niveauer), vurderet at der er opnået en tilstrækkelig dækning af poreluften med sporgas under hele tilbygningen.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.2 er der under Test 1 og 2 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 1) Ved fugetætning omkring poreluftstationer MP101 og MP1b (rødt niveau); foto 1 og 3.
- 2) På bagsiden af samtlige rørgennemføringer tilhørende vandinstallationer i bryggers (rødt niveau); foto 9.
- 3) Ved lappet poreluft hul, svindrevne og støbeskel ved væg i område over kabelgang (rødt niveau); foto 10.
- 4) Ved rørgennemføring til kondens afløb igennem skillevæg imellem bryggers og badeværelse, samt et fuget hul og flisefuge i skillevæggen på bad-siden (rødt niveau); foto 11 og 12.
- 5) Ved støbeskel under ved dørkarm ved teræssedør (rødt niveau) og støbeskel ved ydermur til terrasse (gult niveau); foto 13.
- 6) Ved støbeskel under dørtærskel og dørkarm ved til badeværelset (gult niveau); foto 14.
- 7) Ved støbeskel under radiator under bryggersvindue (gult niveau); ingen foto.
- 8) Dertil er der konstateret "gennembrud" i poreluftspyddene PL101-PL103 (ca. 1,1 m.u.t.) og målepunkterne i hulmurene Mur1 - Mur3 (gule niveauer), jf. foto 5 og 6. Det bemærkes dog at baggrundsniveauerne i Mur1 og PL103 – inden testen – var gult.
- 9) Ved støbeskel imellem garagegulv og fuldmuret væg imellem garage og bryggers (gult niveau); foto 15.
- 10) Der er muligvis konstateret en lille forøgelse af signalet ved håndvasken i badeværelset (lidt højere lydintensitet indenfor rødt niveau), om end denne observation er usikker på grund af et højt baggrundsniveau, jf. afsnit 3.1.

I forhold til ovenstående resultater, der i overvejende grad er selvforklarende, bemærkes det specielt, at der tilsyneladende foregår en transport af poreluft op igennem (hul)muren/skillevæggen imellem bryggerset og badeværelset. Denne konklusion er baseret på observationerne under punkt 4.

Desuden bemærkes det, at det ikke var muligt at foretage en generel afsøgning af hele gulvarealet på grund af linoleumsbelægning, samt opstillet inventar og hårde hvidevarer. Det er således ikke afklaret om observationerne under punkt 3 er begrænset til området over den oplyste kabelgang, eller evt. er mere generelle. Det kan dog bemærkes, at der i dette område var fuldstændig overensstemmelse imellem synlige tegn på potentielle spredningsveje og konstaterede aktive spredningsveje, idet der ikke blev konstateret gasoptrængning igennem gulvarealet generelt i området vist på foto 10 i bilag 3.

4.1 Test 3 - Udlledning i PL101

Test 3 er foretaget med udlledning af sporgas i PL101 ca. 1,1 m.u.t. med et flow på 1 L/min over en periode på ca. 0:10 timer; i alt med et gasforbrug på ca. 10 L.

Ved udlledning gennem PL101 blev der, indenfor ca. 2,5 minutter, konstateret udbredelse til kontrolpunkt Mur1 (rødt niveau) og efter ca. 10 minutter blev der ligeledes konstateret udbredelse til Mur2 og Mur3 (rødt niveau).

Det bemærkes, at Test3 er udført umiddelbart efter gennemførelse af Test 2, hvorfor startniveauet for testen ikke var grønt, men gult.

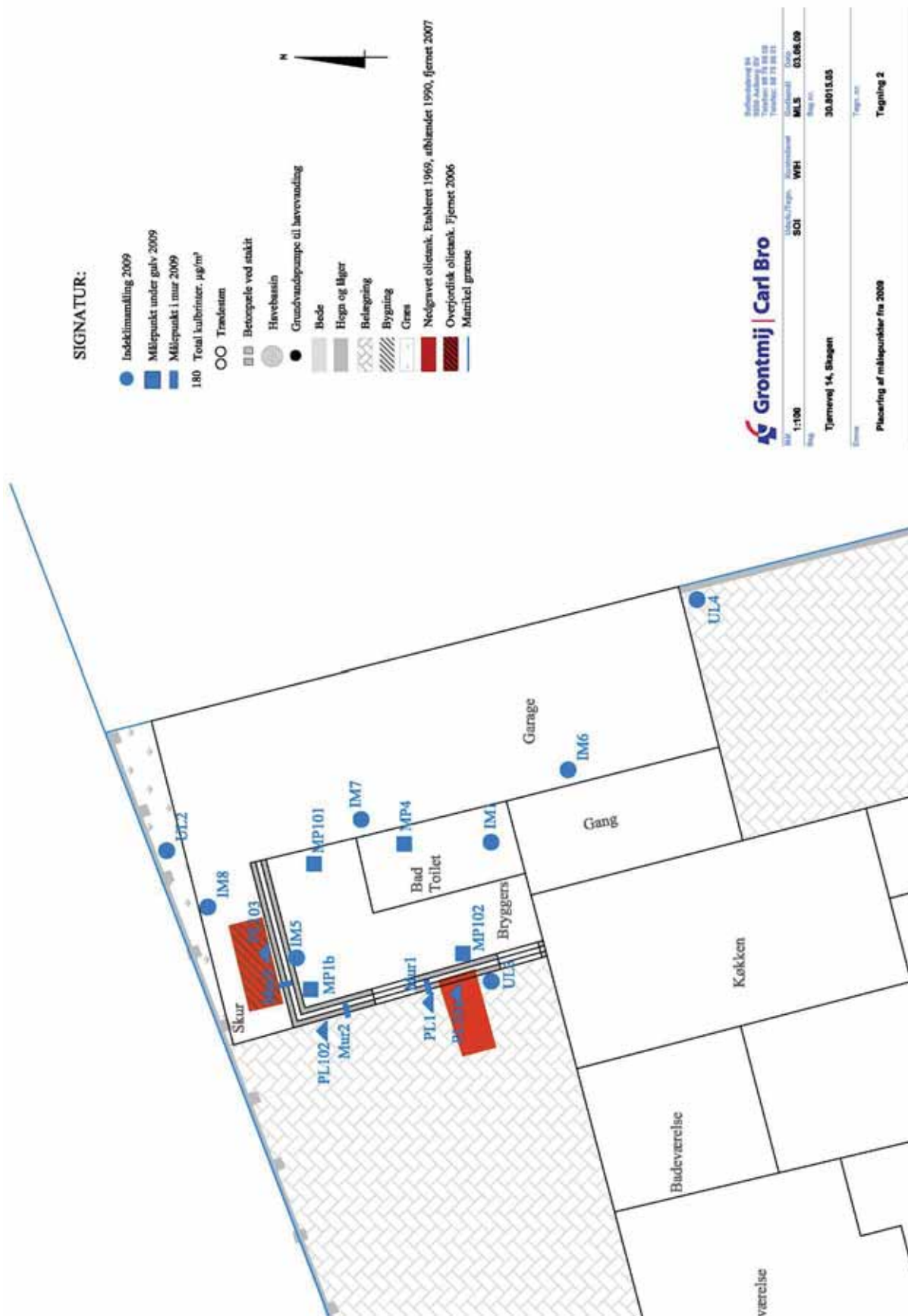
Under Test 3 er der gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 11) Hurtigt gennembrud fra poreluften omkring PL101 ca. 1,1 m.u.t. til hulmuren i målepunkterne Mur1 – Mur3 (gult/rødt niveau); foto 5 og 6.
- 12) Der kunne ikke konstateres indtrængning af sporgas fra hulmuren til indeklimaet via vindues- eller dørlysningsne (foto 5), ved stikkontakter eller ved afsøgning imellem hulumsvæggene og loftet.

På baggrund af observationerne fra Test 3 har det været muligt at påvise en meget aktiv transportvej fra poreluften under/omkring bygningen til ydervæggens hulrum. Det har dog ikke været umiddelbart muligt at påvise transportveje fra hulmuren til bygningens indeklima.

Reference:

- /1/ Per Loll.
Spørg af aktive transportveje: Poreluft til indeklima.
ATV Temadag: Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet?
9. marts 2009.





Dato	Erne	Resultater fra sporcasttest	Blagene
3/6 2009	Resultater fra sporcasttest	Adresse	2.2
DMS-Sag nr.	Adresse	Tjenestev. 14, Skagen	
2008-1059	Udsat af	PL	
Region Nordjylland			
Rådgivende Ingeniørfirma			
Dansk Miljørådgivning A/S			

DMR-sagsnr.: 2008-1059.



#1 Udlledning af sporgas i MP101. Gasindtrængning konstateret omkring poreluftstationen (rødt niveau).



#2 Kontrol-/injektionspunkt MP102.



#3 Kontrolpunkt MP1b. Gasindtrængning konstateret omkring poreluftstationen (rødt niveau).



#4 Kontrolpunkt MP4.



#5 Poreluftstationer PL101 og PL102, og Mur1 og Mur2.



#6 Poreluftstation PL103 og Mur3.



#7 Håndvask på badeværelse med baggrundsudslag (rødt niveau).



#8 Kondensaflob i bryggers med baggrundsudslag (rødt niveau).



#9 Gasindtrængning ved rørgennemføringer – på bagsiden (rødt niveau).



#10 Gasindtrængning ved lappet poreluft-hul, stobeskel og svindrevne (rødt niveau).



#11 Rørgennemføring tilhørende kondensaflob (rødt niveau).



#12 Rørgennemføring tilhørende kondensaflob, fuget hul og flisefuge (rødt niveau).



#13 Gasindtrængning ved dørkarm til teras-sedør (rødt niveau) og stobeskel, yder-mur (gult niveau).



#14 Gasindtrængning ved stobeskel under dør til badeværelse (gult niveau).



#15 Gasindtrængning ved stobeskel imel-lem garagegulv og skillevæg imellem garage og bryggers (gult niveau).



#16 Målesystem med Ripo-pumpe, jordpo-se og detektor til måling på Mur1 – Mur3 og PL101 – PL103.

Sporgasundersøgelse

Bilag 1

DMR har for Region Nordjylland udført sporgastest på ejendommen Tranebærvej 1, Dronninglund med henblik på at identificere aktive spredningsveje for dampe af chlorerede kulbrinter (primært PCE) fra poreluften under bygningen til indeklimaet i forretningslokalerne i stueetagen, samt fra stueetagen til indeklimaet i lejligheden/boligen på 1. sal.

Sporgastesten er gennemført som en del af et projekt som DMR gennemfører for Region Nordjylland under Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogram. Status for anvendelse af testen på undersøgelsestidspunktet er beskrevet i /1/.

1 Bygningsbeskrivelse og baggrund

Bygningen er med stueetage og 1. sal. Stueetagen anvendes til erhverv (forretning med rideudstyr og brudekjoler), mens 1. sal anvendes til beboelse. I stueetagen er der endvidere et enkelt værelse, samt en åben trappeopgang tilhørende lejemålet på 1. sal. En oversigt over ejendommen og ruminddelingen fremgår af situationsplanen i bilag 2.1.

Under og omkring bygningen er der konstateret forhøjede indhold af chlorerede kulbrinter, og der er tidligere gennemført afværgetiltag med henblik på at hindre/hæmme indtrængning af dampe fra poreluften til indeklimaet i bygningen; herunder specielt til lejligheden på 1.sal. De gennemførte afværgetiltag består af en tætning af konstaterede aktive spredningsveje for dampe af chlorerede kulbrinter fra poreluften under bygningen til indeklimaet i såvel stueetagen som til lejemålet på 1. sal; herunder er der udført en tætning af potentielle spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem stueetagen og 1. salen. De gennemførte tiltag er afleveret i /2/.

Efter de gennemførte passive afværgetiltag er der efterfølgende gennemført en monitorering af indeklimakoncentrationerne i hhv. stueetagen og på 1. sal. Efter en periode med faldende koncentrationsniveauer i indeklimaet er der, ved den seneste monitoringsrunde, konstateret en markant stigning i indeklimakoncentrationerne af PCE i stueetagen, samt niveauer i beboelsesrummene, der over de to seneste monitoringsrunder ligger på niveau med de konstaterede indeklimakoncentrationer inden afværgetiltagenes udførelse /3/.

Nærværende undersøgelse gennemføres med henblik på at foretage en kontrol af afværgetiltagenes effektivitet ca. 2 år og 8 mdr. efter tiltagenes udførelse, og finder sted som ét af flere tiltag rettet mod at projektere supplerende tiltag til sikring af boligens indeklima, jf. /4/.

2 Generelt om sporgastesten

Testen udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i stueplanet, samt for at identificere aktive spredningsveje fra stueplanet og videre til 1. sal.

2.1 Metode

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas, med et flow på 0,5 - 2 L/min. Dernæst foretages en semi-kvantitativ 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 indledningsvist 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 2.2. Dernæst påbegyndes 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. Det tilstræbes, at der observeres rødt niveau i kontrolpunkterne, så der ved identificerede aktive spredningsveje kan skelnes imellem gult og rødt niveau, jf. afsnit 2.2.

2.2 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 og er leveret i en 20 L trykflaske med en påsat klikventil til at regulere gasflowet imellem 0,5 og 5 L/min. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til et afkortet poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballotix-haneventil og en slangestuds. Forinden er der foretaget en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætte imellem beton og poreluftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (eksempelvis en acrylfugemasse). Sporgas med tilhørende udstyr er vist i figur 1.



Figur 1: Gas, slange og poreluftspyd til udledning af sporgas.



Figur 2: Gasdetektor, DGS-10.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10 (figur 2). 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 "klik" pr. sekund.

Resultaterne fra sporgastesten graderes som:

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

3 De aktuelle tests

Selve testen udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i stueplanet, samt for at identificere aktive spredningsveje fra stueplanet og videre til boligen på 1. sal.

I forbindelse med de øvrige tiltag på lokaliteten er der foretaget en gennemboring af gulvet i 12 punkter med henblik på at kortlægge forureningsniveauet under gulvet efter de gennemførte tætningstiltag. For ikke at foretage yderligere gennemboringer af gulv/membraner under udførelse af sporgastesten, er der taget udgangspunkt i disse punkter ved gennemførelse og planlægning af sporgastesten. Poreluftpunkterne fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 2.2.

Under udførelsen er det konstateret, at det var vanskeligt at opnå en tilfredsstillende udbredelse af sporgas til rødt niveau til kontrolpunkter beliggende blot 3-4 meter fra injektionspunktet, hvilket formodes at skyldes et forholdsvis stort volumen umættet sand, med meget høj gaspermeabilitet, under gulvet (jf. afsnit 4.1). Derfor er der gennemført injektion under gulv i forholdsvis mange punkter på den aktuelle lokalitet, med henblik på at opnå en tilstrækkelig dækning med sporgas til rødt niveau under gulvet i et forholdsvis lokalt område. Fotos taget i forbindelse med sporgastesten fremgår af bilag 3. Fotovinkler fremgår af situationsplanen i bilag 2.1. Følgende ni tests er gennemført:

1. Test 1 er gennemført med successiv udledning af sporgas i PL10 og PL1, i området for det tidligere hot-spot for poreluftforureningen – centralt i forretningslokalerne; foto 1. Punkterne PL1, PL2 og PL21 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter. Der er ligeledes foretaget en gennemboring af hulmuren ved PL1 til etablering af kontrolpunkt C, foto 1.
2. Test 2 er gennemført med successiv udledning af sporgas i PL12 og PL21, i den bagerste, østlige del af det centrale forretningslokale; foto 2. Punkterne PL21, PL11, PL20 og PL10 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter. Der er ligeledes foretaget en gennemboring af den østlige hulmur til etablering af kontrolpunkt A; foto 3.
3. Test 3 er gennemført med udledning af sporgas i PL20, i det centrale, sydlige pulterrum, tilstødende det centrale forretningslokale; foto 4. Punkterne PL2, PL21, PL11 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter. Der er foretaget en gennemboring af den vestlige hulmur (mod trappeopgangen) til etablering af kontrolpunkt B, foto 5.
4. Test 4 er gennemført med udledning af sporgas i PL11, i det bagerste, østlige rum, tilstødende det centrale forretningslokale (rum med indgang fra syd); foto 6. Punkterne PL20, PL21, PL12 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter. Under testen blev der opbevaret brudekjoler under afdækning af plastic i den østlige halvdel af lokalet, hvorfor der ikke kunne foretages en afsøgning i denne del af lokalet; foto 6.
5. Test 5 er gennemført med udledning af sporgas i PL3, i bryggerset; foto 7. Punkterne PL1, PL8 og PLF i hulmuren var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter.
6. Test 6 er gennemført med successiv udledning af sporgas i PL8 og PL7, hhv. i det tidligere frisørlokale (nu ubenyttet forretningslokale) og i den forreste, vestlige del af det centrale forretningslokale; foto 8 og 9. Pga. en dobbelt gulvkonstruktion, med trægulv (hhv. linoleumsbelagt og epoxy-/tæppebelagt) på strøer over et hulrum, og med betongulv nedenunder, er injektionen foretaget til hulrummet, med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra hulrummet til indeklimaet i forretningslokalerne. Punkterne PL3, PL7, PL8 og PL10 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter.

7. Test 7 er gennemført med successiv udledning af sporgas i PL6 og PL9, hhv. i pulterkammeret tilhørende lejemålet og i trappeopgangen tilhørende lejemålet; foto 10 og 11. Punkterne PL6 og PL9 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter.
8. Test 8 er gennemført med udledning af sporgas i kontrolpunkt B, i hulmuren i det centrale, sydlige pulterkammer, tilstødende det centrale forretningslokale (rum med opmagasinering og massagebriks); foto 5. Poreluftpunktet PLC i hulmuren (i trappeopgangen) er benyttet som kontrolpunkt; foto 11.
9. Test 9 er gennemført med udledning af sporgas ved loftet i stueetagen (foto 12) med henblik på at identificere spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem stueetagen og lejligheden på 1. sal.

3.1 Adgangsforhold og registrering af baggrunds niveauer

Generelt har adgangsforholdene på lokaliteten været gode, om end der i nogle områder har været opmagasinering/opstillet objekter, der har vanskeliggjort en tilbunds gående afsøgning med detektoren. I følgende områder har afsøgningen været vanskeliggjort:

- Under Test 2 i den nordøstlige del af det centrale forretningslokale, pga. opmagasinering af hestedækkere m.v., foto 13.
- Under Test 3 i det centrale, sydlige tilstødende lokale til det centrale forretningslokale, pga. opmagasinering; foto 14.
- Under Test 4 i det bagerste, østlige rum, tilstødende det centrale forretningslokale, pga. opbevaring af brudekjoler under plastic; foto 6.
- Under Test 7 i pulterkammeret og under trappen tilhørende lejemålet, pga. opmagasinering og opstilling af køleskab (pulkammer) og reol (opgang); foto 10, 11 og 15.
- Under Test 9 i lejemålet på 1. sal, pga. opstillede reoler, indbyggede skabe, badekar m.v.; foto 16-19.

Grundet gulvbelægningen har det ikke været muligt, at foretage en generel afsøgning af gulvfladerne i det centrale forretningslokale og i de sydlige tilstødende rum (gulvtæppe), samt i den tidligere firsørsalon (linoleum) og i pulterkammeret og entreen tilhørende lejemålet (gulvtæppe), da tidligere resultater har vist, at sporgassen ikke trænger igennem disse belægningstyper indenfor de benyttede testvarigheder.

Med henblik på at registrere eventuelle forhøjede baggrunds niveauer er der, inden gennemførelse af selve testen, foretaget en afsøgning med gasdetektoren i de ovenfor anførte målepunkter og i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende testes. Der er konstateret forhøjede baggrunds niveauer (fugtfølsomhed og/eller baggrunds niveau af gasser som detektoren reagerer på) følgende steder:

- Håndvask i bryggerset - område for Test 5 (rødt niveau); foto 7 og 20.
- PLA i væggen, pga. midlertidig acryllapning imellem poreluftprøvetagning og sporgasundersøgelse; foto 5. Derfor er kontrolpunkt B etableret ved siden af.

4 Resultater

Resultaterne fra sporgastesten fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 2.2, mens specifikke observationer fra testene fremgår af nedenstående, under henvisning til fotos i bilag 3. Ved de udførte tests er der anvendt en samlet mængde sporgas på ca. 810 L.

4.1 Test 1-5 - Udlledning under betongulv i stueetagen

Under Test 1-5 er der foretaget en successiv udlledning af sporgas i poreluftpunkterne PL10, PL1, PL12, PL21, PL20, PL11 og PL3 med et injektionsflow på mellem 1 og 5 L/min over en samlet periode på 3 timer. Indledningsvist er der forsøgt benyttet et flow på mellem 1 og 3 L/min, hvorefter der primært benyttet et injektionsflow på 5 L/min. Det samlede gasforbrug var på ca. 560 L.

Generelt er det konstateret, at der forholdsvist hurtigt opnås gult niveau i de nærmeste kontrolpunkter 2-3 meter fra injektionspunktet (inden for 5 min), men at der skulle benyttes et forholdsvist højt injektionsflow på 5 L/min for at opnå rødt niveau i de nærmeste kontrolpunkter. Det er ligeledes observeret, at de røde niveauer i kontrolpunkterne forholdsvist hurtigt "damp-er af" ved ophør af injektion i det nærliggende injektionspunkt (indenfor 5-10 min). Disse observationer vurderes at indikere, at der er en forholdsvist høj gaspermeabilitet i (sand)aflejringerne under gulvet.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.2 er der under Test 1 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 1) Under Test 1, ved støbeskel langs skillevæggen imellem det centrale forretningslokale og bryggerset, samt i et enkelt punkt ved den tidligere skillevæg, nær PL1 (rødt niveau); foto 21. Resultaterne er bekræftet ved check med Vaporcover og ppbRAE; foto 31.
- 2) Under Test 3 i det centrale, sydlige pulterrum, ved kontrolpunkt B i hulumuren (rødt niveau); foto 22, ved en murgennemført udluftningsventil i ydervæggen (gult niveau); foto 23, og ved rørføringssskab (gult niveau); foto 24.
- 3) Under Test 5 i bryggerset, i et hjørne indeni skorstenen (gult niveau); foto 25, i et område af gulvarealet imellem PL3 og skabet (gult niveau); foto 26, og ved rørgennemføringer i gulvet på WC'et; foto 27 og 28.

I forhold til ovenstående resultater, bemærkes det, at der – via resultatet fra kontrolpunkt B – er opnået en bekræftelse på, at hulumuren imellem det centrale, sydlige pulterkammer og trappeopgangen, er en aktiv transportvej. Det er i forlængelse heraf konstateret, at der ikke forekom indtrængning af sporgas ved den foretagne tætning omkring den tilstødende murhvelving (i det centrale forretningslokale); foto 29, samt ved rørgennemføringer igennem hulumuren (foto 30). I modsætning hertil er der konstateret gasindtrængning (gult niveau) ved den murgennemførte udluftningsventil (foto 23), der formodes at have kontakt til hulrummet.

Endvidere er der konstateret forholdsvist få aktive spredningsveje fra poreluften under gulvet til indeklimaet i stueetagen; herunder langs støbeskel – både hvor der er foretaget en tætning med epoxymembran og hvor der ikke er foretaget epoxytætning (i bryggerset). Der er således kun konstateret gasindtrængning i nogle afgrænsede områder ved PL1, på badeværelset (rødt niveau) og i et gulvområde i bryggerset, i et punkt i bunden af skorstenen og i et rørføringssskab i pulterkammeret (gult niveau).

Generelt kan det således konstateres, at de udførte tætningstiltag, inkl. tætninger udført med elastisk fugemasse ved vindueslysninger og dørkarme, har været udført betryggende og har haft den ønskede effekt op til 2,5-3 år efter tiltagenes udførelse.

4.2 Test 6 - Udlledning i gulvkonstruktioner med hulrum

Under Test 6 er der foretaget en udlledning af sporgas, i hulrummet imellem den dobbelte gulvkonstruktion, i poreluftpunkterne PL7 og PL8. Der er benyttet et injektionsflow på 5 L/min over en samlet periode på ca. 0:30 timer. Gasforbruget var på ca. 130 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.2 er der under Test 6 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 4) I to punkter under vinduet i den tidligere frisørsalon (rødt niveau); foto 32.

Der er ikke konstateret indtrængning af sporgas i øvrige punkter langs vægge m.v. over den dobbelte gulvkonstruktion.

4.3 Test 7 – Udledning under betongulv i stueetagen af lejemålet

Under Test 7 er der foretaget en udledning af sporgas i PL6 og PL9 med et flow på 5 L/min over en samlet periode på 0:15 timer. Gasforbruget var på ca. 40 L.

Ved udledning i PL6 kunne der efter ca. 2 min konstateres gult niveau i PL9. Der kunne ikke opnås rødt niveau ved injektion i PL6, hvorfor der efterfølgende blev foretaget udledning i PL9 for at opnå en betryggende dækning af poreluften under gulvet med sporgas i rummet med trappeopgangen. Under Test 7 er der gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas, jf. bilag 2.2:

- 5) Ved støbeskel i pulterrummet, hhv. ved den nordlige væg mod det centrale forretningslokale (rødt niveau) og under radiatoren/vinduet på den vestlige væg (rødt og gult niveau); foto 33.
- 6) Ved støbeskel langs nordlig skillevæg imellem pulterrum og trappeopgangen (gult niveau); foto 34.
- 7) Omkring forankringspunkter for trappens vanger, ved gulv (rødt niveau); foto 35.
- 8) Ved støbeskel langs den sydlige ydervæg, under trappen og ved siden af yderdøren, i trappeopgangen (gult niveau); foto 36.

Ifht. observationerne under Test 7 er det væsentligt at bemærke, at der ikke er foretaget tætning af gulvene med epoxymembran i disse lokaler, men udelukkende en tætning med fugemasse langs støbeskel imellem gulv og væg – og kun i lokalet med trappeopgangen, jf. /2/.

4.4 Test 8 – Udledning i hulmur imellem pulterkammer og trappeopgang

Under Test 8 er der foretaget en udledning af sporgas i kontrolpunkt A i hulumuren imellem pulterkammeret, tilstødende det centrale forretningslokale, og trappeopgangen. Udledningen er foretaget med et flow på 5 L/min over en periode på 0:06 timer. Gasforbruget var på ca. 30 L.

Ved udledning i kontrolpunkt A kunne der efter mindre end 1 min konstateres rødt niveau i (kontrolpunkt) PLC. Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.2 er der under Test 8 ikke konstateret aktive spredningsveje fra hulumuren til indeklimaet i trappeopgangen, herunder er der ikke konstateret gasindtrængning ved trappens forankringspunkter i væggen (grønt niveau); foto 37.

4.5 Test 9 – Udledning under loft i stueetagen

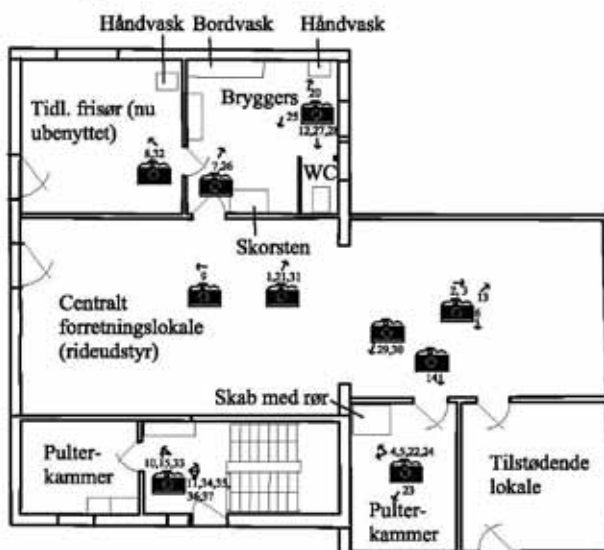
Under Test 9 er der foretaget en udledning af sporgas under loftet i den vestlige del af stueetagen, hvor der er lejlighed ovenover, med et flow på 1 L/min over en periode på ca. 0:50 timer. Gasforbruget var på ca. 50 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.2 er der under Test 9 ikke konstateret indtrængning af sporgas igennem etageadskillelsen til lejligheden, og det vurderes at de udførte tætningstiltag, jf. /2/ har haft den ønskede effekt, og stadig er effektive ca. 2,5-3 år efter udførelse.

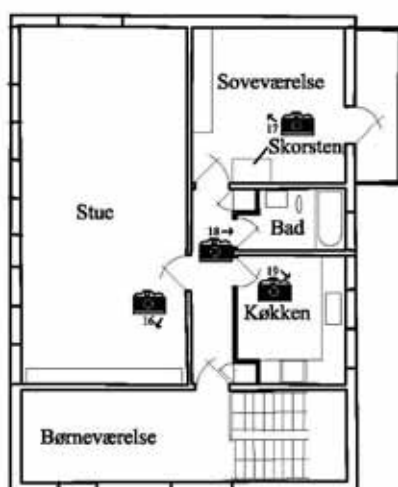
Reference:

- /1/ Per Loll.
Sporing af aktive transportveje: Poreluft til indeklima.
ATV Temadag: Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet?
9. marts 2009.
- /2/ Status for afværgetiltag på ejendommen Tranebærvej 1, Dronninglund.
Tranebærvej 1, Dronninglund.
Lok nr. 807-0855.
Dansk Miljørådgivning A/S.
15. december 2006.
- /3/ Status for 6. monitoringsrunde efter udførte afværgetiltag på Tranebærvej 1, Dronninglund.
Lok nr. 807-0855.
Dansk Miljørådgivning A/S.
15. maj 2009.
- /4/ Oplæg til supplerende tiltag på Tranebærvej 1, Dronninglund.
Lok nr. 807-0855.
Dansk Miljørådgivning A/S.
18. maj 2009.

Stueetagen



1. sal



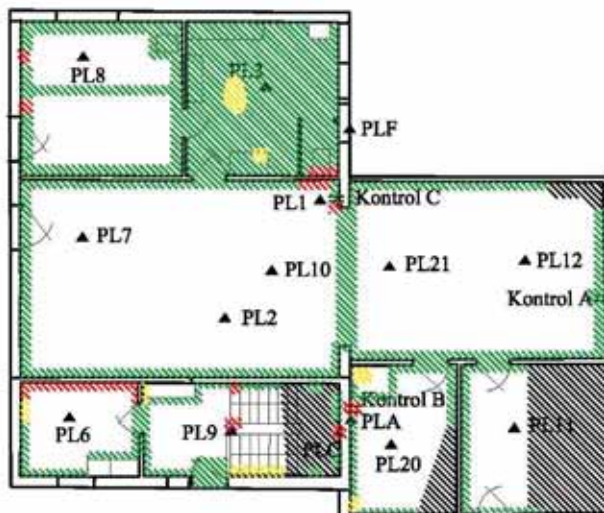
SIGNATUR



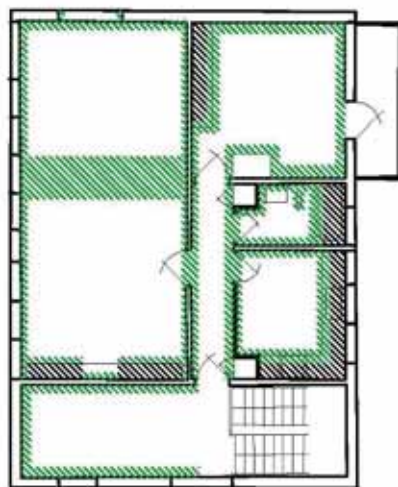
Foto, med angivelse af retning

Region Nordjylland	Dato 30-06-09	Emne Oversigtstegning med fotovindier	Bilag nr.
Rådgivende Ingeniørfirma Dansk Miljørådgivning A/S	Lokalitet nr. 807-0855	Adresse Tranebærvvej 1, Dronninglund	2.1
	Udstart af PL	0 1,5 3 4,5 6 7,5m Målestok 1:150	

Stueetagen



1. sal

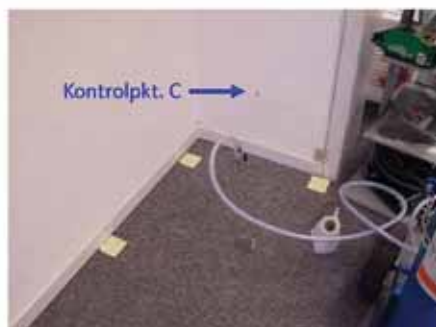


SIGNATURER

- ▲ Kontrol/injektionspunkt
- ▨ Område ikke af søgt med detektoren
- ▦ Ikke forhøjet udsalg på detektoren
- ▧ Let forhøjet udsalg på detektoren
- ▩ Forhøjet udsalg på detektoren

Region Nordjylland	Dato 30-06-09	Emne Sporgasresultater og injektions-/kontrolpunkter	Bilag nr. 2.2
Rådgivende Ingeniørfirma Dansk Miljørådgivning A/S	Lokalitet nr. 807-0855	Adresse Tranebærvvej 1, Dronninglund	
	Udført af PL	0 1,5 3 4,5 6 7,5m Målestok 1:150	

DMR-sagsnr.: 2005-749 / 2008-1059.



#1 Test 1: Udledning af sporgas med poreluftspyd i PL1. Kontrolpunkt C i hulmur.



#2 Test 2: Udledning af sporgas i PL12 og kontrol af tætning omkring injektionsspyd.



#3 Test 2: Kontrolpunkt A i den østlige bagvæg (hulmur) i forretningslokalet.



#4 Test 3: Udledning af sporgas under betongulv i PL20.



#5 Test 3: Poreluftpunkt PLA og kontrolpunkt B i hulmur mod trappeopgangen. Pkt. B er benyttet til udledning i Test 8.



#6 Test 4: Poreluftpunkt PL11, hvor udledning af sporgas er foretaget i Test 4. Opmagasineret af brudekjoler.



#7 Test 5: Udledning af sporgas under bryggersgulv i PL3.



#8 Test 6: Udledning af sporgas i hulrum imellem underliggende betongulv og øvre trægulv (PL8).



#9 Test 6: Poreluftpunkt PL7, hvor udledning af sporgas er foretaget i hulrum i gulvkonstruktionen.



#10 Test 7: Pulterkammer i stueetagen tilhørende lejemålet, udledning er foretaget i PL6.



#11 Test 7: Udledning af sporgas i PL9 i trappeopgangen. PLC er benyttet som kontrolpunkt i Test 8. Opmagasineret under trappen.



#12 Test 9: Udledning af sporgas ved loft i stueetagen. Her ved tætnede rørgennemføringer på WC i stueetagen.



#13 Vanskelige adgangsforskel i den nord-østlige del af det centrale forretnings-lokale (Test 2).



#14 Vanskelige adgangsforskel i det centrale, sydlige tilstødende lokale (Test 3).



#15 Vanskelige adgangsforskel langs den nordlige væg i opgangen (Test 9).



#16 Vanskelige adgangsforskel langs den sydlige væg i stuen (Test 9).



#17 Vanskelige adgangsforskel langs den vestlige væg i soveværelset (Test 9).



#18 Vanskelige adgangsforskel i badeværelse (Test 9).



#19 Vanskelige adgangsforhold i køkken (Test 9).



#20 Baggrundsudslag (rødt niveau) ved håndvask i bryggers (Test 5).



#21 Test 1: Indtrængning ved støbeskel og i punkt ved tidligere skillevæg (rødt niveau). Kontrolpunkt C (grønt niveau).



#22 Test 3: Kontrolpunkt B (rødt niveau).



#23 Test 3: Indtrængning ved udluftningsventil (gult niveau). Ingen indtrængning ved vinduesåbning (grønt niv.).



#24 Test 3: Indtrængning ved samlinger i kabelskab (gult niveau).



#25 Test 5: Indtrængning i det venstre forreste hjørne indeni bunden af skorstenen (gult niveau).



#26 Test 5: Optrængning igennem gulvet i bryggerset (gult niveau).



#27 Test 5: Indtrængning bag faldstamme (rødt niveau).



#28 Test 5: Indtrængning bag faldstamme til WC og ved gl. vandrør (rødt niveau).



#29 Test 3: Der er ikke konstateret gasindtrængning ved den afblændede og tætnede murhvelving (grønt niveau).



#30 Test 3: Der er ikke konstateret gasindtrængning ved tætninger omkring rørgennemføringer igennem hulmur (grønt niveau).



#31 Test 1: Kontrol af indtrængningspunkter ved PL1 med ppbRAE og Vaporco-ver i område med rødt niveau.



#32 Test 6: Indtrængning af sporgas i to punkter under vindue i den tidligere frisørsalon (rødt niveau).



#33 Test 7: Indtrængning af sporgas langs støbeskel, i pulterkammer tilhørende lejemalet (rødt og gult niveau).



#34 Test 7: Indtrængning langs støbeskel ved skillevæg imellem pulterkammer og trappeopgang (gult niveau).



#35 Test 7: Indtrængning af sporgas i punkter hvor trappens vanger er forankret i gulvet (rødt niveau).



#36 Test 7: Indtrængning langs støbeskel ved sydlig ydervæg ved siden af døren og under trappen (gult niveau).



#37 Test 8: Ingen indtrængning ved trappens forankringspunkter i hulmur imellem (grønt niveau).



Rådgivende Ingeniørfirma

Dansk Miljørådgivning A/S

NIRAS
Åboulevarden 80
Postboks 615
8100 Århus C
Att.: Jesper Alrø Steen

DMR-sagsnr.:
2008-1059

Dato:
24. juni 2009

Vedr. Resultater for sporgasundersøgelse på lokaliteten Fredericiagade 13, Aalborg.

Efter aftale fremsendes hermed et eksemplar af den udarbejdede dokumentation vedr. den udførte sporgasundersøgelse på ovennævnte lokalitet til Deres kommentar.

Har De spørgsmål eller kommentarer til det fremsendte er De velkommen til at kontakte undertegnede.

Med venlig hilsen
Dansk Miljørådgivning A/S

Per Løll
Civilingeniør, Ph.D.

Bilag:

- Bilag 1. Sporgasundersøgelse.
- Bilag 2. Situationsplaner.
- Bilag 3. Fotobilag.

Kopi til:

Region Nordjylland, Regional Udvikling, Att: Henrik Nordtorp.
Region Nordjylland, Regional Udvikling, Att: Ann Steen Jensen.

☐ Industrivej 10a	8680 Ry	Tlf. 86 95 06 55	Fax 86 95 06 51	ry@dmr.as
☐ Karolinevej 17	4200 Slagelse	Tlf. 58 52 24 11	Fax 58 52 24 33	slagelse@dmr.as
☐ Fanøgade 17	9740 Jerslev	Tlf. 70 22 06 55	Fax 70 22 06 51	jerslev@dmr.as
☐ Hvidovrevej 80a	2610 Rødovre	Tlf. 48 22 24 00	Fax 48 22 24 01	hvidovre@dmr.as
☐ Vejlevej 163	6000 Kolding	Tlf. 76 32 65 00	Fax 76 32 65 01	kolding@dmr.as
☐ Håndværkervej 8	7470 Karup	Tlf. 97 43 06 55	Fax 97 43 06 51	karup@dmr.as

DMR har for Region Nordjylland og NIRAS udført sporgastest på ejendommen Fredericiagade 13, Aalborg med henblik på at identificere aktive spredningsveje for dampe af chlorerede kulbrinter fra poreluften under bygningen til hhv. krybekælder og kælder, samt fra krybekælder og kælder til indeklimaet i ovenliggende (udvalgte) lejligheder.

Sporgastesten er gennemført som en del af et projekt som DMR gennemfører for Region Nordjylland under Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogram. Status for anvendelse af testen på undersøgelsestidspunktet er beskrevet i /1/.

1 Bygningsbeskrivelse og baggrund

Der er tale om en etageejendom med hhv. kælder og krybekælder (i forskellige dele af ejendommen) og tre ovenliggende etager med lejligheder. Under og omkring bygningen er der konstateret forhøjede indhold af chlorerede kulbrinter, og der er tidligere gennemført afværgetiltag med henblik på at hindre/hæmme indtrængning af dampe fra poreluften til indeklimaet i bygningen.

De gennemførte afværgetiltag består bl.a. af udlægning af en diffusionshæmmende RAC-membran, samt tætning af denne ved vægge med elastisk fuge og klæmskinner. RAC-membranen er ligeledes tætnet med elastisk fuge hvor membran-banerne overlapper hinanden. I den del af kælderen, hvor der ikke er krybekælder er der støbt et slidlag af beton ovenpå membranen. Omkring diverse rørgennemføringer i (krybe)kældervæg og -gulv er der ligeledes tætnet med elastisk fugemasse, ligesom etageadskillelsen imellem kælder/krybekælder og de ovenliggende lejligheder er tætnet med elastisk fugemasse og/eller PU-skum.

Der er udlagt ventilationsdræn under (krybe)kældergulvet; hhv. friskluftdræn og sugedræn. Ventilationspumperne har været slukket forud for og under gennemførelse af sporgastesten.

Det er oplyst, at ejeren i lejlighed 13G (1. sal) har bemærket, at der er lugt af røg i soveværelset (ved målerskab) når der ryges i andre lejligheder.

2 Generelt om sporgastesten

Selve testen udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i krybekælderen og kælderen samt videre til indeklimaet i ovenliggende lejligheder.

2.1 Metode

Testen foretages under kontinuert udledning af en sporgas, med et flow på 0,5 - 2 L/min. Dernæst foretages en semi-kvantitativ 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 gummiprop, når der ikke måles i dem.

Inden gennemførelse af selve testen foretages indledningsvist 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 baggrundsniveauer, da der er tale om en uspecifik detektor, jf. afsnit 2.2.

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 kon-

trolpunkter for at opnå en bedre mætning (rødt niveau) 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. Det tilstræbes, at der observeres rødt niveau i kontrolpunkterne, således at der ved identificerede aktive spredningsveje kan skelnes imellem gult og rødt niveau, jf. afsnit 2.2.

2.2 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 og er leveret i en 20 L trykflaske med en påsat klikventil til at regulere gasflowet imellem 0,5 og 5 L/min. Gassen udledes typisk via en fleksibel slange til et afkortet poreluftspyd fra RIPO Engineering (ø12 mm aluminium; 40 cm længde), med en påsat Ballofix-haneventil og en slangestuds. Forinden er der foretaget en gennemboring af betongulvet med et ø14 mm betonbor. For at tætte imellem beton og poreluftspyd omvikles poreluftspyddet først med teflontape, og der foretages en efter-tætning ved gulvoverfladen med en elastisk fugemasse (eksempelvis en acrylfugemasse). Sporgas med tilhørende udstyr er vist i figur 1.



Figur 1: Gas, slange og poreluftspyd til udlledning af sporgas.



Figur 2: Gasdetektor, DGS-10.

Det anvendte måleudstyr er en gaslækagedetektor af typen Digitron DGS-10 (figur 2). 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 "klik" pr. sekund.

Resultaterne fra sporgastesten graderes som:

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

3 De aktuelle tests

Selve testen udføres for at identificere aktive spredningsveje fra poreluften til indeklimaet i kælder og krybekælder og videre til én udvalgt lejlighed i stueetagen og én lejlighed på 1. sal.

For ikke at foretage gennemboringer af gulv/membraner under udførelse af sporgastesten, er der taget udgangspunkt i allerede eksisterende ventilationsdræn og poreluftsonder/-stationer ifht. injektion af sporgas og udførelse af kontrolmålinger. Ventilationsdræn (hhv. luftindtag og sugeledninger) fremgår af situationsplanen i bilag 2.1, mens poreluftstationer og -sonder fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanen i bilag 2.2.

Der er gennemført syv tests på den aktuelle lokalitet, med følgende formål og modifikationer til den generelle metode beskrevet ovenfor. Fotos taget i forbindelse med sporgastesten fremgår af bilag 3:

1. Test 1 er gennemført med udledning af sporgas under krybekælderen igennem ventilationsledningen I3/I4, jf. bilag 2.1 og foto 1. Slangen fra gasflasken er ledt ca. 4 meter ned i ventilationsledningen og tætningen omkring injektionspunktet er foretaget med en våd klud, jf. foto 2. Test 1 er foretaget med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under de sydlige rum i krybekælderen til selve krybekælderen; hhv. igennem den tætnede gulvkonstruktion og kældervæggene (herunder igennem støbehuller) samt omkring div. rørgennemføringer. Poreluftstationen P6 og poreluftsonden PL1004 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter.
2. Test 2 er gennemført med injektion i ventilationsdræn I5, jf. bilag 2.1 og foto 3. Slangen fra gasflasken er ledt ca. 2 - 2,5 meter ned i ventilationsrøret og tætningen omkring injektionspunktet er foretaget med en våd klud. Test 2 er foretaget med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under den nordøstlige del af krybekælderen til indeklimaet i krybekælderen; hhv. igennem den tætnede gulvkonstruktion og kældervæggen omkring injektionspunktet samt omkring div. rørgennemføringer. Poreluftstationen MP100 og poreluftsonderne PL1002 og PL1003 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkter.
3. Test 3 er gennemført med injektion igennem poreluftsonden PL1003 med henblik på at identificere aktive spredningsveje igennem kældervæggen ud for poreluftsonden, jf. bilag 2.1 og foto 4. Injektionsslangen er ført ca. 5 cm direkte ned i poreluftsonden (hhv. ydre og indre diameter var ens). Der er etableret to kontrolpunkter A og B igennem kældervæggen ca. 0,75 meter på hver side af PL1003, jf. bilag 2.3. Kontrolpunkterne er etableret ca. 0,5 meter under udendørs terræn.
4. Test 4 er gennemført med injektion i poreluftstationen MP100 (jf. foto 4 og 5) med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under den nordlige del af krybekælderen til indeklimaet i krybekælderen; hhv. igennem den tætnede gulvkonstruktion og kældervæggen omkring injektionspunktet samt omkring div. rørgennemføringer. PL1007 var tiltænkt en rolle som kontrolpunkt.
5. Test 5 er gennemført med udledning af sporgas ved loftet i krybekælderen under hjørnelejlighed 13B i stueetagen (jf. foto 6) med henblik på at identificere spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem krybekælderen og stueetagen.
6. Test 6 er gennemført med udledning af sporgas ved loftet i lejlighed 13B i stueetagen (jf. foto 7) med henblik på at identificere spredningsveje igennem etageadskillelsen imellem stueetagen og lejlighed 13G (på 1. sal).
7. Test 7 er gennemført med udledning af sporgas under kælderen igennem ventilationsledningen til S1/S2, jf. bilag 2.1 og foto 8. Slangen fra gasflasken er ledt ca. 2 - 2,5 meter ned i ventilationsrøret og tætningen omkring injektionspunktet er foretaget

med en våd klud. Testen er foretaget med henblik på at identificere aktive spredningsveje fra poreluften under de sydlige kælderrum til selve kælderen; hhv. igennem den tætnede gulvkonstruktion og kældervæggene (herunder igennem støbehuller) samt omkring div. rørgennemføringer. Poreluftstationerne P1 og P3 er benyttet som kontrolpunkter.

Under Test 1 er måling i kontrolpunktet P6 foretaget ved pumpning med en SKC-pumpe, hvor afkastet er ledt gennem en Riisanpose, hvori detektoren blev sat ind. Under Test 1 er der foretaget måling med ppBRAE ved de identificerede indtrængningspunkter for at undersøge om der kunne konstateres indtrængning af flygtige kulbrinter på testtidspunktet.

Ved udførelse af Test 2 (injektion i ventilationsdræn I5) og Test 7 (injektion i ventilationsdræn S1/S2) var det ikke muligt at nedføre injektionsslangen mere end ca. 2 - 2,5 meter, hvilket formodes at svare ca. til bøjningen under hhv. krybekælder og kældergulvet, jf. foto 9 og 10. Da sporgassen er betydeligt lettere end luft, og da der ikke var særligt god dækning med kontrolpunkter er det uvist præcist hvor god gasudbredelsen under gulvene/membranerne har været under disse tests.

3.1 Adgangsforhold og registrering af baggrunds niveauer

Generelt har adgangsforholdene på lokaliteten været gode, om end der i nogle områder har været opstillet objekter, der har vanskeliggjort en tilbundsgående afsøgning med detektoren. I følgende områder har afsøgningen været vanskeliggjort:

- Den vestlige del af rummet i den sydlige del af kælderen, markeret "møderum" på situationsplanen i bilag 2.3, pga. opmagasinerede genstande, jf. foto 11.
- I køkken og soveværelse ved indbyggede skabe/elementer (lejlighed 13B og 13G), jf. foto 12 og 13, samt ved vaskemaskine i badeværelse.

Med henblik på at registrere eventuelle forhøjede baggrunds niveauer er der, inden gennemførelse af selve testen, foretaget en afsøgning med gasdetektoren i de ovenfor anførte målepunkter og i de områder, hvor gasindtrængningen efterfølgende testes. Der er konstateret forhøjede baggrunds niveauer (fugtfølsomhed og/eller baggrunds niveau af gasser som detektoren reagerer på) følgende steder:

- Poreluftsonde PL1002, PL1003, PL1004, PL1005 og PL1006 (ustabile gule niveauer), formentlig pga. kondensdannelse i og omkring poreluftsonderne. Samtlige poreluftsonder er vurderet uegnede som kontrolpunkter.
- Afløb og rørgennemføring i køkken (jf. foto 14) og gulv afløb i bruseniche på badeværelse 13B og 13G (gult niveau).
- Punkt med anderledes fugemasse i krybekælder (gult niveau), jf. bilag 2.3.
- Under udførelse af Test 4 blev kontrolhullerne A og B (Test 3) skummet med rødt PU-skum, hvorfor baggrunds niveauet var hævet betydeligt (gult til rødt niveau). Den sydlige del af krybekælderrummet (ved MP100) kunne derfor ikke afsøges.
- Under udførelse af Test 7 var baggrunds niveauet i den sydlige del af kælderen, i områderne markeret "møderum", "fællesrum" og "cykler" på situationsplanen i bilag 2.3, hævet betydeligt (gult til rødt niveau) på grund af en opmagasineret plæneklipper (og reservedunk), jf. bilag 2.3 og foto 15. Der var en tydelig lugt af benzin i disse områder.

4 Resultater

Ved de udførte tests er der anvendt en samlet mængde sporgas på ca. 1,5 m³.

Resultaterne fra sporgastesten fremgår oversigtsmæssigt af situationsplanerne i bilag 2.3 (krybekælder og kælder), bilag 2.4 (lejlighed 13B i stueetagen) og bilag 2.5 (lejlighed 13G på 1. sal), mens specifikke observationer fra testene fremgår af nedenstående, under henvisning til fotos i bilag 3.

4.1 Test 1 - Udledning under gulv i den sydlige del af krybekælderen

Under Test 1 er der foretaget en udledning af sporgas i ventilationsdræn I3/I4 med et flow på 9 L/min over en periode på 1:15 timer. Gasforbruget var på ca. 675 L.

Efter 38 min kunne der konstateres gult niveau i kontrolpunkt P6. Det var ikke muligt, at opnå højere udslag end gult niveau i dette kontrolpunkt, hvorfor det vurderes, at resultater opnået under denne test i den fjernere liggende del af krybekælderen er usikre. Rødt niveau tilstræbes, således at der ved identifikation af aktive spredningsveje kan skelnes imellem gult og rødt niveau, jf. afsnit 2.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.3 er der under Test 1 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 1) I området tættest på injektionspunktet er der konstateret mange punkter med indtrængning af sporgas på gult og rødt niveau ved fuger imellem overlappende RAC-membraner og ved klemskinne, samt ved skruenhuller til klemskinne (jf. foto 16 - 19) og ved et fuget hul i kældervæggen (foto 18 og 19). Samtlige punkter med konstateret indtrængning er markeret med farvet kridt på lokaliteten.
- 2) Ved tilmuret hul i krybekældervæg (gult og rødt niveau); foto 20.
- 3) Ved vægsamling bag faldstamme (rødt niveau); foto 21.
- 4) Støbeskel i krybekældervæg, samt skruenhul og punkt på membranen (gult niveau); foto 22. Det er uvist om det rigtige niveau i dette område er gult eller rødt, idet niveauet i det nærmeste kontrolpunkt (P6) var gult.
- 5) Ved kabelgennemføring imellem krybekælder og teknikrum (rødt niveau); foto 23.

I forhold til ovenstående resultater, bemærkes det, at der tilsyneladende er forholdsvis mange aktive spredningsveje igennem fuger og skruenhuller ved klemlisterne, specielt i området tæt ved injektionspunktet, hvor der med sikkerhed er rødt niveau under gulvet. Der er ligeledes generelt konstateret indtrængning i punkter på krybekældervæggen hvor huller er lukket med tilstøbning/udspartling med cementbaserede produkter eller hvor der er deciderede støbeskel i væggen.

Det bemærkes, at der ikke er konstateret indtrængning ved nogle af de støbehuller, der er lukket med rødt PU-skum (foto 20) – samtlige huller i det sydlige krybekælderrum er checket.

På baggrund af det massive input af sporgas, uden at det er konstateret muligt, at opnå højere end gult niveau i kontrolpunkt P6, vurderes forholdene under gulvet generelt at være præget af en høj permeabilitet (= et stort "tab" af gas i relativ kort afstand fra injektionspunktet).

Der er foretaget en test af om der med ppbRAE kunne konstateres indtrængning af flygtige kulbrinter i ovenstående punkter med konstateret sporgasindtrængning. Der kunne ikke konstateres forhøjede niveauer i de undersøgte punkter. På baggrund af foreløbige resultater fra en analyserunde gennemført umiddelbart inden sporgastesten vurderes der dog generelt at være forholdsvis lave niveauer af chlorerede kulbrinter i de nærmeste målepunkter P6, PL1001 og PL1004.

4.2 Test 2 - Udlledning under gulv i den nordøstlige del af krybekælderen

Under Test 2 er der foretaget en udlledning af sporgas i ventilationsdræn I5 med et flow på 9 L/min over en periode på 0:35 timer. Gasforbruget var på ca. 315 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.3 er der under Test 2 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 6) Ved støbeskel/vægsamling i det sydvestlige hjørne af krybekælderrummet (gult niveau); foto 24.

Der er ikke konstateret indtrængning af sporgas i øvrige punkter på krybekældervæggene; herunder i støbehuller lukket med rødt PU-skum, eller ved fuger imellem membranbanerne og klæmskinne; foto 25.

Som beskrevet i afsnit 3 er det, grundet injektionsslangens placering og mangel på kontrolpunkter i dette område, uvist præcist hvor stor gasudbredelsen under denne del af krybekælderen har været under testen. På baggrund af resultaterne fra Test 1 samt konstateringen af et indtrængningspunkt i det modsatte hjørne af krybekælderrummet (jf. observation 6) vurderes det dog overvejende sandsynligt, at eventuelle utætheder (specielt) i umiddelbar nærhed af injektionspunktet ville være blevet identificeret såfremt de havde været til stede i samme omfang som i krybekælderrummet under Test 1.

4.3 Test 3 – Injektion i PL1003

Under Test 3 er der foretaget en udlledning af sporgas i poreluftsonde PL1003 (ca. 1,1 m.u.t.) med et flow på 2 - 4,5 L/min over en periode på 0:15 timer. Gasforbruget var på ca. 35 L.

Efter 2 min kunne der konstateres rødt niveau i de etablerede kontrolpunkter A og B, jf. bilag 2.3. Under Test 3 er der gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 7) Ved støbeskel/vægsamling i det sydvestlige hjørne af krybekælderrummet (rødt niveau); foto 24.

Der er ikke konstateret indtrængning af sporgas i øvrige punkter på krybekældervæggene; herunder i støbehuller lukket med rødt PU-skum; foto 26.

4.4 Test 4 – Injektion i MP100

Under Test 4 er der foretaget en udlledning af sporgas i poreluftstation MP100 (under gulv) med et flow på 5 L/min over en periode på 0:30 timer. Gasforbruget var på ca. 155 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.3 er der under Test 4 ikke konstateret aktive spredningsveje i det krybekælderrum, hvor MP100 er etableret; hverken ved fuger imellem membranbanerne, ved klæmskinne eller omkring målepunktet. Der er heller ikke konstateret indtrængning i støbeskel ved skillevæggene, i øvrige punkter på krybekældervæggene, eller i støbehuller lukket med rødt PU-skum; foto 27.

Som nævnt i afsnit 3.1 blev kontrolhullerne A og B (etableret i forbindelse med Test 3) skummet med rødt PU-skum, hvorfor baggrundsniveauet under Test 4 – igennem testens udførelse blev hævet betydeligt (gult til rødt niveau). Derfor er den sydlige del af krybekælderrummet ikke afsøgt.

4.5 Test 5 – Udledning ved krybekælderloft under lejlighed 13B

Under Test 5 er der foretaget en udledning af sporgas under loftet i den del af krybekælderen der befinder sig umiddelbart under lejlighed 13B i stueetagen, med et flow på 1 L/min over en periode på ca. 0:55 timer. Gasforbruget var på ca. 55 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.4 er der under Test 5 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 8) Ved en sætningsrevne ca. midt på den sydlige væg i stuen, samt ca. 1 meter til hver side langs fodliste (rødt niveau); foto 28. Udledning af sporgas er foretaget ved gennemføring af en kabelbakke i de underliggende krybekældervægge; foto 29.
- 9) Ved kabel-/målerskab i soveværelse (rødt niveau); foto 30. Udledning af sporgas er foretaget ved loftgennemføring i det underliggende krybekælderrum; foto 31.
- 10) Via telestik bag natbord i soveværelse (rødt niveau); foto 32. Udledning af sporgas er foretaget direkte ind i elektriskerrør i det underliggende krybekælderrum; foto 31.

Der er ikke konstateret indtrængning af sporgas igennem etageadskillelsen i et afsøgt område ud for sætningsrevnen (lejlighed 13B), ved udledning af sporgas under/imellem betonelementerne i krybekælderen. Der er heller ikke konstateret indtrængning af sporgas omkring rørgennemføringer tilhørende hhv. gulv afløb i bruseniche og WC; foto 33 og 34.

4.6 Test 6 – Udledning ved loft i lejlighed 13B

Under Test 6 er der foretaget en udledning af sporgas under loftet i lejlighed 13B (stueetagen), umiddelbart under lejlighed 13G på 1. sal, med et flow på 1 L/min over en periode på ca. 0:45 timer. Gasforbruget var på ca. 45 L.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.5 er der under Test 6 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

- 11) Ved kabel-/målerskab i soveværelse (rødt niveau); foto 35. Udledning af sporgas er foretaget i kabelskabet i lejlighed 13B; foto 30.
- 12) Via telestik i soveværelse (rødt niveau); foto 36. Udledning af sporgas er foretaget direkte ind i elektriskerrør i det underliggende krybekælderrum; foto 31.
- 13) I et meget begrænset område ved fodliste under TV langs den vestlige væg i stuen; foto 37. Udledning af sporgas er foretaget under loftet i det tilsvarende område i lejlighed 13B.

Der er ikke konstateret indtrængning af sporgas igennem etageadskillelsen i et afsøgt område i gangarealet i lejlighed 13G ved udledning af sporgas under/imellem betonelementerne i den underliggende lejlighed 13B, jf. bilag 2.5.

4.6 Test 7 – Udledning under gulv i den sydlige del af kælderen

Under Test 7 er der foretaget en udledning af sporgas i ventilationsdræn S1/S2 med et flow på 9 L/min over en periode på ca. 0:30 timer. Gasforbruget var på ca. 270 L.

Efter ca. 5 min kunne der konstateres rødt niveau i kontrolpunkt P1 og gult niveau i kontrolpunkt P3. Grundet et generelt højt baggrunds niveau i denne del af kælderen, jf. opbevaring af plæneklipper og reservedunk (afsnit 3.1), var det nødvendigt at nedjustere følsomheden på detektorerne, således at niveauet i kontrolpunkt P1 efterfølgende var gult.

Test 7 er således udført med nedsat følsomhed, og det vurderes at efterfølgende konstaterede gule niveauer kan svare til røde niveauer (med almindelig følsomhed på detektorerne).

Der er således risiko for at eventuelle gule niveauer (ved alm. detektorfølsomhed) ikke er blevet identificeret ved testen.

Som det fremgår af situationsplanen i bilag 2.3 er der under Test 7 gjort følgende observationer omkring aktive spredningsveje ved indtrængning af sporgas:

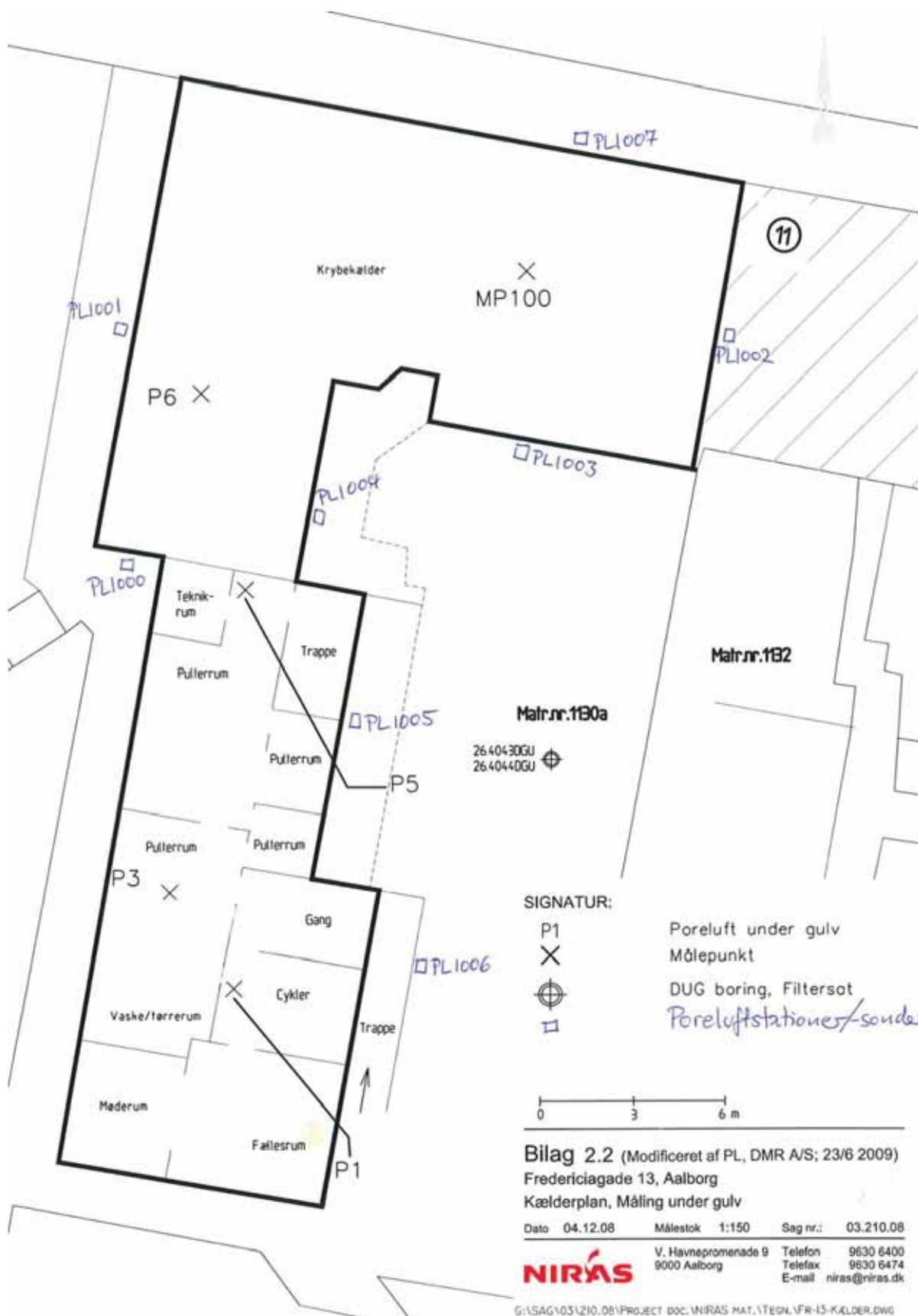
- 14) Via stikkontakt på væggen imellem de kælderrum, der er benævnt "Fællesrum" og "Møderum" på situationsplanen i bilag 2.3 (gult niveau med nedsat detektorfølsomhed); foto 38.

Der er ikke konstateret øvrige indtrængningspunkter i den sydlige del af kælderen.

Efter observation 14 blev der foretaget en afsøgning i teknikrummet i den nordlige ende af kælderen (mod krybekælderen) med henblik på evt. at kunne spore gastransport fra el-installationerne i teknikrummet til stikkontakten i den sydlige del af kælderen. Da kabelføringen er foretaget i etageadskillelsen var det ikke muligt direkte at følge et eventuelt kabelrør til teknikrummet. Der kunne ikke konstateres forhøjede udslag i teknikrummet.

Reference:

- /1/ Per Loll.
Sporing af aktive transportveje: Poreluft til indeklime.
ATV Temadag: Poreluft og indeklime – hvordan er de to koblet?
9. marts 2009.









DMR-sagsnr.: 2008-1059.



#1 Test 1: Udledning af sporgas i ventilationsdræn I3/I4.



#2 Test 1: Udledning af sporgas i ventilationsdræn I3/I4 – tætning med våd klud.



#3 Test 2: Sporgas udledt i ventilationsdræn I5.



#4 Test 3: Sporgas udledt i poreluftsonde PL1003. Test 4: Udledning i slange til MP100.



#5 Test 4: Udledning af sporgas via slange til MP100.



#6 Test 5: Udledning af sporgas under loft i krybekælder.



#7 Test 6: Udlledning af sporgas under loft i stuelejlighed 13B.



#8 Test 7: Udlledning af sporgas i ventilationsdræn S1 og S2.



#9 Ventilationsrør benyttet til injektion under Test 2 – injektionsslangen kunne ikke føres forbi bøjning under gulv.



#10 Ventilationsrør benyttet til injektion under Test 7 – injektionsslangen kunne ikke føres forbi bøjning under gulv.



#11 Rum med vanskelige adgangsforhold i den sydlige del af kælderen.



#12 Indbyggede skabe i soveværelse, lejlighed 13G (1. sal).



#13 Kokkenelementer i lejlighed 13G (1. sal)



#14 Rørgennemføringer i køkkenskab, lejlighed 13B (gult baggrundsniveau).



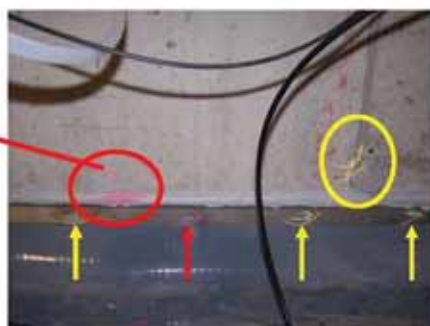
#15 Område med opmagasineret plæneklipper og hævet baggrunds niveau (gult til rødt baggrunds niveau).



#16 Test 1: Indtrængning igennem fuge ved overlappende membranbaner (gult og rødt niveau).



#17 Test 1: Indtrængning igennem fuge ved overlappende membranbaner og klemskinne samt skruehuller ved klemskinne (gult og rødt niveau).



#18 Test 1: Indtrængning igennem fuge og skruehuller ved klemskinne og (gult og rødt niveau), samt omkring fuge ved væghul (gult niveau).



#19 Test 1: Indtrængning igennem fuge og skruehuller ved klemskinne, samt omkring fuge ved væghul (gult niveau) og fuge ved overlappende membranbaner (rødt niveau).



#20 Test 1: Indtrængning ved tilmuret hul i krybekældervæg (gult og rødt niveau) og fuge ved overlappende membranbaner (gult). Der er ikke konstateret indtrængning ved støbehuller (grønt niv.).



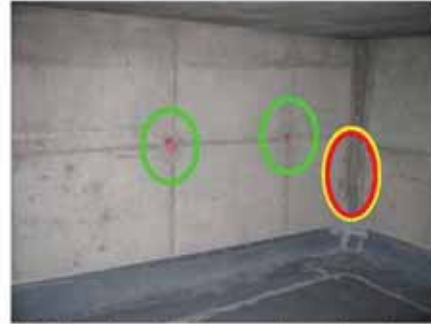
#21 Test 1: Indtrængning i vægsamling bag faldstamme (rødt niveau).



#22 Test 1: Indtrængning i krybekældervæg ved stobeskel, skruehul og punkt på membran (gult niveau).



#23 Test 1: Indtrængning ved kabelgennemføring imellem krybekælder og teknikrum (rødt niveau).



#24 Test 2 og 3: Indtrængning ved støbeskel i krybekældervæg (gult niveau ved Test 2 og rødt niveau ved Test 3). Der er ikke konstateret indtrængning ved støbehuller (grønt niv.).



#25 Test 2: Der er ikke konstateret indtrængning ved støbehuller lukket med rødt PU-skum, eller i øvrige punkter på væggen eller i membransamlinger (grønt niveau).



#26 Test 3: Der er ikke konstateret indtrængning ved støbehuller lukket med rødt PU-skum, eller i øvrige punkter på væggen (grønt niveau).



#27 Test 4: Der er ikke konstateret indtrængning ved fuger, eller ved støbehuller eller i øvrige punkter på gulv eller væg (grønt niveau).



#28 Test 5: Område omkring sætningsrevne i væg (lejl. 13B), hvor der er konstateret indtrængning af sporgas langs fodliste (rødt niveau).



#29 Test 5: Udledningsområde ved kabelbakkegennemføring i krybekældervæg under sætningsrevne i lejl. 13B.



#30 Test 5: Indtrængning af sporgas i kabelskab i soveværelsesskab (rødt niveau).



#31 Test 5: Udledningsområde ved loftsgennemføring under kabelskab i lejl. 13B.



#32 Test 5: Indtrængning af sporgas via telefonstik i soveværelse i lejlighed 13B (rødt niveau).



#33 Test 5: Udledning ved rørgennemføring til gulvaflob i bruser (lejl 13B).



#34 Test 5: Udledning ved faldstamme til WC (lejl 13B).



#35 Test 6: Indtrængning af sporgas i kabel-/målerskab i soveværelset i lejlighed 13G (rødt niveau).



#36 Test 6: Indtrængning af sporgas via telerestik i soveværelse i lejlighed 13G (rødt niveau).



#37 Test 6: Indtrængning af sporgas ved fodliste i stuen i lejlighed 13G (rødt niveau).



#38 Test 7: Gult niveau konstateret ved stikkontakt på skillevæg imellem kølderrum.