

Miljøprojekt Nr. 750 2003
Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening.

Afværgekatalog - tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning

Mette Neerup Jeppesen
NIRAS Rådgivende Ingeniører og Planlæggere 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

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
1.1 LÆSEVEJLEDNING	12
2 PROJEKTFORMÅL	15
3 BAGGRUNDSMATERIALE	19
3.1.1 Amsafværge (chlorerede opløsningsmidler)	20
3.1.2 Radonafværge	24
3.1.3 Feltafprøvning	28
4 GENERELLE PROBLEMSTILLINGER	33
4.1 SPREDNINGSVEJE	33
4.2 EKSPONERINGSVEJE	34
4.3 ACCEPTKRITERIER	35
4.3.1 Praktisk anvendelse af acceptkriterier	36
4.4 FORURENINGSUNDERSØGELSER	37
4.4.1 Strategi	37
4.4.2 Metoder – anvendelighed og sårbarhed	39
5 OVERORDNET PRÆSENTATION	43
5.1 TIDLIG INDSATS – HVOR OG HVORNÅR	43
5.2 KARAKTERISTIKA	43
5.3 VALG AF TEKNIK	44
6 AFVÆRGEKATALOG	49
6.1 OVERORDNET BESKRIVELSE - NØGLEDATA	50
6.2 DATABLADE	52
6.3 DOKUMENTATION (DRIFT)	55
6.3.1 Formål	55
6.3.2 Konceptuel model	57
6.3.3 Metoder - anvendelighed og sårbarhed	57
6.4 MILJØVURDERING	58
6.4.1 Generelt	58
6.4.2 Belastninger	58
6.4.3 Gevinster	59
7 REFERENCER	61

BILAG

Bilag A	Spredningsveje – chlorerede opløsningsmidler	67
Bilag B	Byggetekniske forudsætninger – valg af metode	71
Bilag C	Checklister	73
Bilag D	Oversigtsskema – nøgledata	87
Bilag E	Datablade	89
	Oversigtsskema	
DB-1	Membran på kælderloft	91
DB-2	Maling af kælder	95
DB-3	Udskiftning af kældergulve <i>DB-3.1 (case)</i>	98
DB-4	Ventilation af kælderetage <i>DB-4.1 (case)</i>	103
DB-5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	108
DB-6	Luftrensning i kælderetage <i>DB-6.1 (case)</i> <i>DB-6.2 (case)</i>	111
DB-7	Luftrensning i stueetage <i>DB-7.1 (case)</i>	118
DB-8	Ventilation af krybekælder (aktiv) <i>DB-8.1 (case)</i> <i>DB-8.2 (case)</i>	123
DB-9	Ventilation af krybekælder (passiv)	130
DB-10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv, med luftindtag) <i>DB-10.1 (case)</i> <i>DB-10.2 (case)</i>	133
DB-11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, med luftindtag) <i>DB-11.1 (case)</i>	139
DB-12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, uden luftindtag) <i>DB-12.1 (case)</i>	144
DB-13	Ekstraktionsboringer (lodrette) <i>DB-13.1 (case)</i>	149
DB14	Dræn under gulve <i>DB-14.1 (case)</i>	155
Bilag F	Detailmateriale (fotos, tegninger, produktblade mv.)	161
	Oversigtsskema	
Bilag G	Tilsyns- og monitoringsstrategi – eksempler	275
Bilag H	Monitoring - aktivitet og metodevalg	281
Bilag I	Miljøbelastninger	285
Bilag J	Poreluftmåling under gulv - passiv opsamling	291
Bilag K	Luftskiftemålinger	295

Forord

Denne rapport er en beskrivelse og en vurdering af en række simple og billige afværgetiltag, der har til formål at eliminere og/eller reducere påvirkninger i indeklimaet opstået som følge af jord- og grundvandsforureninger. Beskrivelsen omfatter et afværgekatalog for samtlige relevante teknikker og er udarbejdet af NIRAS på vegne af Fyns Amt og Miljøstyrelsen.

I tilknytning i projektets gennemførelse har der været nedsat en styregruppe bestående af følgende:

Inger Asp FuglsangMiljøstyrelsen
Poul Lorenzen/Charlotte Moosdorf ... Miljøkontoret, Odense Kommune
Leif B. Jespersen..... Miljøcenter Fyn-Trekantområdet
Arne RokkjærAmternes Videntcenter for Jordforurening
Poul Kvist Pedersen..... Embedslægen (Fyns Amt)
Jakob Sønderkov WeberFyns Amt (formand)

Fra Fyns Amt har endvidere deltaget Inge Olsen, Hans Skou og Trine Korsgaard, og fra NIRAS har der været nedsat en dialoggruppe bestående af en række nøglepersoner med bred erfaring indenfor afværgeområdet, heriblandt Anders G. Christensen, Lisbet L. Walsted, Erling V. Fischer, Kirsten Kjær Nielsen, Mette Marie Nielsen, Tom Heron, Niels Lauge Sørensen og Jesper Steen Christensen.

Planlægning og gennemførelse af feltarbejder samt metodeudvikling er udført af NIRAS ved Jesper Steen Christensen, Michael Bach Andersen og Mette Neerup Jeppesen. Luftsiftemålinger er udført i samarbejde med By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut.

Erfaringsudveksling vedrørende teknikker anvendt som radonafværge er udført i samarbejde med Forskningscenter Risø, afdelingen for Nuklear Sikkerhedsforskning ved Claus E. Andersen.

Rapporten er udarbejdet af Mette Neerup Jeppesen, NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S.

Sammenfatning og konklusioner

Projektet er rettet mod lokaliteter, hvor der på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesforløbet konstateres en risiko for uacceptable indeklimapåvirkninger fra forureninger med flygtige stoffer (typisk tri- eller tetrachlorethylen) ved eller under en bolig eller bygninger med anden følsom anvendelse.

I projektet er en række simple og billige afværgetiltag til eliminering eller reduktion af indeklimapåvirkninger fra jord- og grundvandsforurening beskrevet og i visse tilfælde afprøvet. De beskrevne tiltag kan iværksættes på et meget tidligt tidspunkt i undersøgelsesforløbet, hvorved indeklimapåvirkningen hurtigt kan nedbringes, allerede inden et endeligt afværgeprogram er fastlagt.

Fra projektets start har det været et overordnet mål, at foranstaltningen på den enkelte grund skulle kunne etableres uden at medføre en nævneværdig fordyrelse af det samlede afværgeprojekt og uden at indskrænke valgmulighederne for eventuelle mere omfattende tiltag, som måtte skønnes at være nødvendige, efter at forureningskortlægningen er tilendebragt.

Det har ligeledes været et mål, at foranstaltningerne skulle kunne etableres på baggrund af et begrænset behov for undersøgelser og tests. Etableringsfasen skulle være kort og uden tekniske vanskeligheder af betydning. Driftsfasen skulle være kendetegnet ved et minimalt vedligehold og minimale driftsudgifter.

Samtlige målsætninger, på nær én, er for alle de beskrevne teknikker overholdt.

Efter en nærmere granskning af de mulige afværgeløsninger må det konkluderes, at den økonomiske målsætning med etableringsomkostninger mindre end ca. 30.000 pr. ejendom, ikke for alle de beskrevne afværgeløsninger kan opfyldes. De beskrevne foranstaltninger ligger i prisklassen fra 10.000 kr. til 170.000 kr. Samtidig skal det dog bemærkes, at viften af mulige løsninger altid vil være så bred at det, når det påkræves, vil være muligt at opfylde en målsætning med etableringsomkostninger under 30.000 kr.

De billigste løsningsforslag omfatter rumventilation i kældre og foranstaltninger, hvor der etableres betongulve i et mindre kælderareal (eksempelvis en viktualiekælder eller lign.). De dyreste løsningsforslag omfatter kraftig terrænnær ventilation i lodrette ekstraktionsboringer eller i dræn under gulve.

Afværgeteknikken med kraftig terrænnær ventilation er imidlertid primært omkostningstung, da udgifterne her bl.a. omfatter etablering af et ekstraktionsanlæg. Udgifterne til etablering af selve ekstraktionsanlægget beløber sig her til 100- 150.000 kr. Da ekstraktionsanlægget imidlertid kan anvendes på flere lokaliteter samtidig og efterfølgende, foretages afskrivningen

Three techniques are placed in the price area 50-60.000 DKK (ventilation of the capillary breaking layer), and the remaining techniques cost approx. 20-30.000 DKK.

Large reductions of the indoor climate nuisance (up to 99%) can be achieved with most of the techniques described. However, some of the techniques are subject to some uncertainty. This uncertainty is due to for example risks in connection with the establishment (e.g. bad joints at mounting of a membrane) or risks in connection with fundamental evaluations regarding spreading. If for example a sealing of the basement floor is carried out and it hereafter turns out that the spreading through the basement walls or the other floors is more marked than expected, the effect will be relatively smaller.

All the measures described can be established within a period of 1-2 weeks and certain techniques within a few days.

The need for monitoring is fairly homogeneous for the techniques described and typically involves two measuring rounds with indoor climate measurements or measurings under floor level. Common for all the techniques described is that the extent of the monitoring should be carefully considered, as this item otherwise can be economically dominant in the total account of the measure.

Totally all the remediation techniques are considered to be environmentally expedient, when quantity and quality as well as negative respectively positive environmental effects are compared. It has been evaluated that goals and criteria can be realised with limited means, without essential environmental strain.

Summary and conclusions

The project is directed towards localities where a risk of unacceptable indoor climate due to contamination with volatile substances (typically tri- or tetrachloroethylene) has been identified early in the course of an investigation either near or underneath a residence or buildings of sensitive application.

The project describes, and in some cases tests a series of simple and cheap remediation measures for elimination or reduction of indoor climate nuisance due to soil and groundwater contamination. The measures described can be initiated very early in the course of an investigation so that the indoor climate nuisance can be reduced very quickly, even before a final remediation program has been prepared.

From the beginning of the project, the overall goal has been that the action taken on each site should not result in a serious increase in the cost of the total remediation project, and that the options for more extensive measures, which might be necessary after the conclusion of the contamination mapping, should not be limited.

Furthermore, it should be possible to establish the measures on the basis of limited investigations and tests. The establishment phase should be short and without significant technical difficulties. The operation phase should be characterised by a minimum of maintenance and a minimum of operational expenditure.

All goals, except one, have been realised for all the techniques described.

After a close investigation of the possible remediation solutions, it can be concluded that the financial goal of preliminary expenses less than approx. DKK 30,000 per building cannot be realised for all the remediation solutions described. The described measures cost between DKK 10,000 – 170,000. However, attention should be drawn to the fact that the range of possible solutions is so wide that it will be possible to realise goals with preliminary expenses less than DKK 30,000 when necessary.

The cheapest solutions include room ventilation in basements and measures where concrete floors are established in small basement areas (e.g. a larder or similar). The most expensive solution includes ground ventilation in vertical extraction borings or in drains under floors.

However, the remediation technique using ground extraction is very expensive, as the costs of this technique include establishment of an extraction system. Establishment of extraction system alone costs about DKK 100-150,000. However, since the extraction system can be used later at other localities, the depreciation charge will be spread over several remediations. In this way the costs per building will be significantly lower.

Three techniques are the price range DKK 50-60,000 (ventilation of the capillary breaking layer), and the remaining techniques cost approx. DKK 20-30,000.

Large reductions in indoor climate nuisance (up to 99%) can be achieved with most of the techniques described. However, some of the techniques are subject to some uncertainty. This uncertainty is due to, for example, risks in connection with establishment (e.g. bad joints in membranes) or risks in connection with basic evaluations regarding spreading. For example, if a basement floor is sealed and it later turns out that the contamination spreading through the basement walls or the other floors is more significant than expected, the effect of sealing the floor will be smaller than expected.

All the measures described can be established within a period of 1-2 weeks, and certain techniques within a few days.

The need for monitoring is fairly homogeneous for the techniques described and typically involves two measuring rounds with indoor climate measurements or measurements below floor level. Common for all the techniques described is that the extent of monitoring should be carefully considered, as this item can otherwise become financially disproportionate compared to the total cost of the measure.

All the remediation techniques are considered to be environmentally expedient, when quantity and quality as well as negative and positive environmental effects are compared. It has been evaluated that goals and criteria can be realised with limited means, without involving environmental burdens.

1 Indledning

Gennem de senere år har amterne gennemført en omfattende kortlægning af muligt forurenede industrigrunde. Kortlægningens stade varierer mellem amterne, og arbejdet må forventes at pågå i yderligere en årrække. Parallelt med kortlægningen gennemføres forureningsundersøgelser på et stort antal lokaliteter udvalgt primært på baggrund af de mulige forureningskomponenters karakter samt ud fra lokaliteternes beliggenhed i forhold til boligbebyggelser og anden følsom anvendelse (børnehaver mv.) samt grundvandsressourcer af indvindingsmæssig interesse.

I undersøgelsesindsatsen tillægges brancher, hvor der er anvendt chlorerede opløsningsmidler, ofte en høj prioritet. Dette skyldes, at de chlorerede opløsningsmidler har haft en meget udbredt anvendelse i Danmark, og det har vist sig, at denne anvendelse i dag ofte udgør et væsentligt miljøproblem i forhold til grundvand og indeklima. Stofferne tri- (TCE) og tetrachlorethylen (PCE) er de mest anvendte og har gennem en lang årrække været anvendt til kemisk tøjrens og som affedningsmiddel i metalvareindustrien.

Ved undersøgelse af tidligere renserigrunde påvises typisk forurening over acceptkriterierne på mellem halvdelen og tre fjerdedele af lokaliteterne. De tidligere renserigrunde har ofte en bymæssig beliggenhed, og på en væsentlig del af lokaliteterne medfører forureningen uacceptable påvirkninger af indeklimaet på lokaliteten og nabomatrikler eller af grundvandet. Der gennemføres derfor supplerende forureningsundersøgelser og afværgeforanstaltninger på og omkring et stort antal af de tidligere renserier. Afværgetiltagene til sikring af arealanvendelsen, grundvandet og/eller recipienter sættes typisk i drift efter en tilbundsående forureningskortlægning og en tidskrævende fase med projektering, udbud og anlæg.

Dette medfører, at der ofte går et til to år fra en uacceptabel indeklimapåvirkning er identificeret til påvirkningen elimineres/reduceres. Dette tidsrum kan i mange tilfælde være sundhedsmæssigt problematisk og kan indebære betydelige psykiske belastninger for beboere på og nær den forurenede lokalitet. Udover de tidligere renserier iværksættes der ofte på tilsvarende vis foranstaltninger overfor forurening truffet på idriftværende renserier.

Nærværende projekt "Tidlig indsats" er netop rettet mod lokaliteter, hvor der på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesforløbet konstateres risiko for uacceptable indeklimapåvirkninger fra forurening med flygtige stoffer (typisk tri- eller tetrachlorethylen) ved eller under bygninger. I projektet er en række simple og billige afværgetiltag til eliminering eller reduktion af indeklimapåvirkninger fra jord- og grundvandsforurening beskrevet og i visse tilfælde afprøvet. Disse tiltag kan iværksættes på et meget tidligt tidspunkt i undersøgelsesforløbet uden at medføre en nævneværdig fordyrelse af det samlede projekt og uden at inddæmme valgmulighederne for eventuelle mere omfattende tiltag, som måtte skønnes nødvendige, efter at forureningskortlægningen er tilendebragt.

Som baggrundsmateriale for projektet er der foretaget en gennemgang af 60 amtslige projekter, 21 indenlandske projekter, etableret som afværge overfor radonpåvirkning (Forskningscenter Risø 1997) samt en bred erfaringsopsamling blandt udenlandske projekter. Endvidere er der foretaget feltafprøvning af tre afværgeteknikker.

Der er i projektet lagt vægt på billige men effektive teknikker, som kan etableres direkte på baggrund af specifikationer og beskrivelser vedlagt i bilag. De beskrevne tiltag kan anvendes under forskellige byggetekniske forhold, herunder nye og ældre huse, huse med og uden kælder osv.

1.1 Læsevejledning

Denne rapport tænkes anvendt som et opslagsværk i forbindelse med planlægning og etablering af billige, hurtige og simple afværgetiltag overfor forureninger med chlorerede opløsningsmidler, der giver anledning til uacceptable indeklimapåvirkninger.

I kapitel 2 ses en kort beskrivelse af projektets samlede formål.

I kapitel 3 ses en beskrivelse af det baggrundsmateriale, der ligger til grund for udarbejdelse af afværgekataloget. Herunder kan kort nævnes, at afværgekataloget er udarbejdet på baggrund af dels tidligere erfaringer for amtslige undersøgelses- og afværgeprojekter, dels ind- og udenlandske erfaringer omkring afværge overfor radonpåvirkninger i boliger (Forskningscenter Risø 1997) og dels erfaringer fra supplerende feltafprøvning af kendte og nye teknikker - udført som led i nærværende projekt.

I kapitel 4 beskrives en række af de generelle problemstillinger, der knytter sig til grunde forurenet med chlorerede opløsningsmidler. I kapitlet beskrives de mulige spredningsveje for forskellige forureningsscenarier med større eller mindre spild, med eller uden forekomst af fri fase stof samt under forskellige geologiske, pneumatiske samt hydrogeologiske forhold. Problemstillingerne vedrørende spredningsveje er i bilag illustreret ved en række skitser for udvalgte scenarier.

Kapitlet indeholder endvidere en beskrivelse af de typiske eksponeringsveje samt en beskrivelse af kvalitets- og acceptkriterier for jord, grundvand, poreluft, indeklima og udeluft. Dernæst indeholder kapitlet en beskrivelse af relevante forhold i forbindelse med planlægning og gennemførelse af forureningundersøgelse. Problemstillingen er medtaget, da undersøgelsesmetodikken og resultaternes validitet har afgørende betydning for beslutningsgrundlaget i afværgefasen. Specifikke problemstillinger for prøvetagningsmetoder og prøvetagningstidspunkter præsenteres og videreføres med anbefalinger gældende for afværgefasen.

I kapitel 5 gives en overordnet præsentation af forskellige relevante teknikker. Kapitlet indeholder en beskrivelse af hvor og hvornår "tidlig indsats teknikker" kan anvendes, hvad der er af overordnede kravspecifikationer og tekniske karakteristika for afværgeteknikkerne, og hvad der indledningsvis vil være bestemmende for valg af metode/teknik. Kapitlet indeholder endvidere en vejledning i, hvordan der foretages en indledende byggeteknisk gennemgang og en beskrivelse af, hvordan de byggetekniske forhold kan have betydning for det endelige valg af afværgeteknik.

Kapitel 6 indledes med en overordnet beskrivelse af hver af de enkelte teknikker - opstillet i skematisk form. For hver teknik er der i skemaet henvist til en efterfølgende uddybende beskrivelse. Hver enkelt teknik er teoretisk og teknisk beskrevet på hvert sit særskilte datablad, der er vedlagt i bilag. Databladene kan læses uafhængigt af hinanden. Udvalgte teknikker præsenteres endvidere ved eksempler, ligeledes på databladsform. Databladene er for nogle teknikker og eksempler, i bilag, vedlagt supplerende materiale fra tidligere projekter. Eksempelvis kan der være vedlagt kopi af relevante tegninger fra detailprojekt (situationsplan for dræn, teknisk detalje osv.), procesdiagram, eventuelle komponentspecifikationer, produktblade mv.

I kapitel 6 ses endvidere en beskrivelse og en kommentering af de måle- og analysemetoder, der typisk anvendes i forbindelse med dokumentation i afværge- og driftsfasen.

Sidst i kapitel 6 følger en overordnet miljø- og bæredygtighedsvurdering for tidlig indsats teknikkerne. Kapitlet indeholder primært beskrivelser vedrørende negative effekter, hvor den samlede miljøprofil er præsenteret på de enkelte datablade.

Rapporten kan anvendes som et opslagsværk, hvori der kan søges mere eller mindre detaljerede oplysninger om udvalgte emner. Ønskes eksempelvis en generel orientering om problemstillinger i forhold til spredningsveje og eksponeringsveje, læses (evt. alene) kapitel 4.1-4.2. Søges derimod en specifik afværgeløsning på et aktuelt forureningsproblem, læses indledningsvis kapitel 5 og den overordnede beskrivelse i kapitel 6, hvorefter der søges detaljer på relevante datablade og i de evt. tilhørende bilag.

2 Projektformål

Projektet er konkret foranlediget af en forureningsundersøgelse på et nuværende renseri i Odense (Dalumvej), hvor der er konstateret en kraftig jord- og grundvandsforurening på renserrigunden, og en terrænnær forureningsfane (poreluft), der påvirker ca. 4 nedstrømsliggende boligejendomme. Forureningsudbredelsen i poreluften ses af figur 2.1.



Poreluftforureningen er værst i kildeområdet og i et område nedstrøms, hvor afdampningen fra grundvandet får betydning.

Figur 2.1 Situationsplan – Dalumvej 34B, Odense

Problemstillingen i den konkrete sag har været, at man relativt tidligt i undersøgelsesfasen har påvist markante overskridelser af afdampningskriteriet og derved uacceptable indeklimapåvirkninger i flere ejendomme. Samtidig er det konstateret, at afværge ville være nødvendigt for at afhjælpe problemet. Forureningens spredning og kompleksitet har stillet betydelige krav til undersøgelser samt valg af afværgestrategi og endeligt design.

Med baggrund i dette - og da forureningen omfatter relativt mange ejendomme - har borgerinformation og borgerinddragelse haft en høj prioritet.

I sager som denne udgør tidsperspektivet for planlægning og gennemførelse af supplerende undersøgelser samt prioritering og detailprojektering/detailplanlægning af afværge imidlertid et problem i sig selv. På baggrund af de indbragte foreliggende resultater er det ofte nødvendigt at udvide undersøgelserne undervejs. Desuden er der ofte tale om teknisk vanskelige oprensninger, hvorfor der nødvendigvis medgår et øget tidsforbrug i program- og projekteringsfasen.

I det konkrete tilfælde (Dalumvej, Odense) har der været arbejdet kontinuert siden 1999, og først i efteråret 2002 (3 år senere) forventes afværge at være etableret. For ejendommene i kildeområdet forventes en målbar effekt umiddelbart efter opstart, hvorimod en effekt overfor ejendommene beliggende over fanen først forventes efter 10 år.

Dette tidsmæssige forløb er utilfredsstillende, da en offentliggørelse overfor berørte grundejere ofte giver anledning til helbredsmæssige bekymringer. Endvidere kan der opstå en tilhørende utilfredshed over, at myndighederne konstaterer et problem, uden at borgeren oplever, at myndighederne griber aktivt ind. Endvidere kan der i salgssammenhæng opstå usikkerhed hos grundejere, eventuelt kommende købere og finansieringsinstanser, som oplever stilstand og manglende afklaring.

Med baggrund i ovenstående er det vurderet relevant at undersøge muligheden for at fremskynde processen for iværksættelse af hurtige, billige og effektfulde afværgetiltag af midlertidig karakter.

Projektet har således haft til formål at tilvejebringe et fagligt grundlag, for på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesfasen at kunne etablere midlertidige, begrænsede og relativt billige foranstaltninger på boliggrunde med indeklimapåvirkninger. Foranstaltningerne skal tjene til at fjerne eller evt. blot reducere indeklimapåvirkninger på et tidligt tidspunkt – uden samtidig at fordyre de samlede afværgeforanstaltninger væsentligt.

Kravene til anvendelige teknikker for en tidlig indsats er:

- Begrænset behov for undersøgelser og tests til vurdering af teknikken anvendelighed.
- Etableringsomkostninger mindre end ca. 30.000 pr. ejendom.
- Hurtige at installere/etablere.
- Robuste i drift og lette at vedligeholde.
- Begrænsede gener for beboere ved etablering og drift.
- Ingen eller meget lave driftsomkostninger.
- Minimalt driftstilsyn evt. fra ejer eller vicevært.

- Tydelig visuel indikation eller lign. for beboere om drift/driftstop.

Parallelt med dette projekt har Fyns Amt gennemført et projekt, der har haft til formål at udarbejde generelt informationsmateriale og opstille en generel informationsstrategi overfor berørte boligejere med indeklimapåvirkninger fra chlorerede opløsningsmidler. Materialet beskriver perioden fra indledende undersøgelse til løbende afrapportering under drift af afværgeforanstaltning. For en nærmere beskrivelse henvises til (Amternes Videncenter for Jordforurening 2002a).

3 Baggrundsmateriale

Anlæg- og driftserfaringer indhentet fra amtslige afværgeprojekter, der er gennemført på grund af uacceptable indeklimapåvirkninger, har udgjort den primære del af baggrundsmaterialet for udarbejdelse af denne rapport.

Endvidere er der inddraget inden- og udenlandske erfaringer opnået i forbindelse med afværgeforanstaltninger overfor radonpåvirkninger i boligejendomme. Erfaringsopsamlingen er gennemført i samarbejde med Forskningscenter Risø, afdelingen for Nuklear Sikkerhedsforskning.

En tredje instans, der har gennemført relevante afværgeprojekter overfor indeklimapåvirkninger er Oliebranchens Miljøpulje. Der foreligger dog ikke i de gennemførte projekter dokumenterende målinger under drift, og det er derved ikke muligt at foretage en vurdering af effekten i hvert enkelt tilfælde. Det er derfor valgt ikke at inddrage disse projekter.

Som et supplement til det allerede foreliggende datamateriale er der udført feltafprøvning af tre teknikker.

Af nedenstående tabel 3.1 ses en samlet oversigt over den gennemførte erfaringsopsamling. I de to kolonner yderst til højre ses, hvilke teknikker der forelå brugbare data for, og hvilke teknikker der er udvalgt til feltafprøvning. Felter mærket "ingen data" betyder, at der ved projektets gennemførelse ikke forelå nogen projekter, hvor den pågældende teknik var afprøvet. Felter mærket "ingen granskning" betyder, at teknikken tidligere har været anvendt, men i kombination med en eller flere andre teknikker og uden særskilt dokumentation, hvorved det ikke har været muligt at foretage en specifik granskning med henblik på at vurdere opnåede effekter mv.

Afværgeprincip	Teknik		Relevante data i indsamlet materiale	Afprøvet indenfor projektet
	Nr.	Betegnelse		
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft	Ingen data	
	2	Maling af kælder	Ingen data	
	3	Udskiftning af kældergulve	Amtsafværgeprojekt	
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	Ingen granskning	Afprøvet
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	Ingen data	
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	Ingen data	Afprøvet
	7	Luftrensning i stueetage	Ingen data	Afprøvet
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekældre (aktiv)	Amtsafværgeprojekt	
	9	Ventilation af krybekældre (passiv)	Ingen data	
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)	Amtsafværgeprojekt	
	11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	Amtsafværgeprojekt	
	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)	Risø	
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	Amtsafværgeprojekt	
	14	Dræn under gulve	Amtsafværgeprojekt	Afprøvet

Tabel 3.1 Oversigt – erfaringsopsamling

Nedenfor ses en beskrivelse af det anvendte baggrundsmateriale, opdelt i materiale fra amterne, materiale vedrørende afværge overfor radon og erfaringer fra feltforsøg.

3.1.1 Amtsafværge (chlorerede opløsningsmidler)

Amternes Videncenter for jordforurening (AVJ) har foretaget en arkivgennemgang hos samtlige af landets amter i forbindelse med et nyligt gennemført projekt, der har haft til formål at foretage en erfaringsopsamling vedrørende indeklimaundersøgelser, (Amternes Videncenter for Jordforurening 2002a). Arbejdet har omfattet alle forurenings-sager, hvor der har været sat fokus på indeklimaet. I forbindelse med sagsgennemgangen er der foretaget en kopiering af alt relevant materiale og en samtidig systematisk registrering af alle relevante data (bygnings- og forureningsdata, detaljer vedrørende undersøgelsesomfang og metoder, overordnet beskrivelse af afværgeteknik, detaljer omkring monitoringsomfang, -metoder og -resultater mv.).

I forbindelse med nærværende projekt er AVJ's materiale gennemgået og viderebearbejdet. Indledningsvis er der foretaget en screening af det materiale, der vedrører afværgeprojekter overfor indeklimapåvirkninger. En del af disse projekter er udvalgt for en nærmere gennemgang og drøftelse med de respektive amter. Efter denne gennemgang er der foretaget en endelig udvælgelse af 8 projekter, der er gennemgået i detaljer.

Den indledende screeningsundersøgelse har haft til formål at opnå et samlet overblik over, hvilke teknikker der er anvendt som afværge, hvor stor

udbredelsen er af de enkelte anvendte teknikker, og hvilke erfaringer der er opnået vedrørende teknik, drift, monitorering, effekt osv. Det har ligeledes været et formål, ved den direkte kontakt til de enkelte amter, at få et indtryk af de generelle og specifikke problemer, der kan opstå i forbindelse med gennemførelse af afværgeprojekterne og endeligt har det, ved et samlet overblik, været et formål at udvælge en række repræsentative projekter til praktisk illustration af flere af de beskrevne teknikker i denne rapport.

Ved screeningsundersøgelsen er der foretaget en gennemgang af ca. 60 projekter. Af nedenstående tabel 3.2 ses en oversigt over den antalmæssige fordeling imellem de enkelte amter. Af tabel 3.2 fremgår endvidere, hvor mange projekter der efterfølgende er udvalgt til en nærmere granskning.

Amt	Screeningsundersøgelser	Granskning
Frederiksborg	2	
Fyn	7	2
Københavns Amt	3	
Københavns Kommune	4	
Nordjylland	5	
Ribe	4	2
Roskilde	8	
Sønderjylland	9	3
Vejle	7	
Viborg	6	1
Vestsjælland	1	
Århus	2	
Risø	21	3
I alt	79	11

Tabel 3.2 Antal undersøgte projekter

Ved den gennemførte granskning er der lagt vægt på at indhente oplysninger med henblik på at præsentere eksempler på følgende:

- Konkrete forureningssituationer, hvor der har været behov for at foretage afværgemæssige indgreb.
- Forskellige byggetekniske forhold og lignende forhold der har haft betydning for valg af afværgeteknik og driftsstrategi.
- Forskellige afværgetekniske løsninger. Samme princip/teknik kan udføres på vidt forskellig vis, afhængig af byggetekniske -, geologiske - og erfaringsmæssige forhold. Endvidere kan særlige hensyn overfor arealanvendelse spille en afgørende rolle.
- Forskellige driftsstrategier. Samme afværgekoncept kan drives på vidt forskellig vis. Endvidere vil tilsynsomfang, -frekvens og hvem der udfører tilsynet ligeledes variere.

- Forskellige scenarier for den monitorering, der udføres som dokumentation for foranstaltningens effekt under drift. Omfang og metoder varierer meget og kan have særdeles stor betydning dels for den tekniske evaluering undervejs og dels for de samlede økonomiske omkostninger.
- Den afværgemæssige effekt af de forskellige gennemførte tiltag. Den afværgemæssige effekt varierer noget imellem forskellige både sammenlignelige og ikke sammenlignelige tiltag.
- Det tidsmæssige forløb. Eksempelvis er der stor forskel på, hvor hurtigt et tiltag etableres, efter det er erkendt, at der er uacceptable indeklimapåvirkninger. Erkendelsen af at noget bør gøres indtræffer ofte på et relativt tidligt tidspunkt og ofte før de afgrænsende/uddybende undersøgelser er afsluttet, mens foranstaltninger måske først iværksættes efter 1-2 år. Samtidig bør det bemærkes at "tidlig indsatsiltag" ofte kan etableres indenfor en ganske kort tidshorison - typisk ½-2 måneder.
- Økonomiske forhold for forskellige tiltag, herunder særskilt etablering, drift og monitorering.

I forbindelse med udvælgelsen af eksempler/cases er der først og fremmest lagt vægt på, at de afværgeforanstaltninger, der er anvendt i det konkrete projekt, repræsenterer en eller flere relevante teknikker for tidlige indsatsprojekter, se evt. tabel 3.1.

Samtidig er der lagt vægt på, at der for det enkelte projekt kan foretages en vurdering af den opnåede effekt, herunder at hvert enkelt tiltag, som udgangspunkt, kan vurderes særskilt. Dette er i praksis ofte vanskeligt, da mange af de gennemførte projekter indeholder foranstaltninger udført som kombinerede løsninger. Eksempelvis kan der være foretaget en bortgravning af forurenede jord nær bygningerne, hvorefter der er etableret en passiv ventilation af det kapillarbrydende lag. I et sådant tilfælde vil det oftest ikke være muligt at foretage en særskilt vurdering af effekten af den passive ventilation. Afværge udføres af praktiske og økonomiske grunde ofte i et kontinuert forløb uden særskilte monitoringsrunder imellem de forskellige afværgetiltag. Sådanne sammensatte projekter har det ikke været muligt at inddrage i dette projekt. Med baggrund heri er en stor del af de gennemførte amtslige projekter frasorteret.

Alle de valgte eksempler på nær ét er "ikke kombinerede løsninger", hvorved effekten af hvert enkelt tiltag er vurderet særskilt. Et enkelt eksempel på en kombineret - men fortsat billig - løsning er medtaget for præsentation af dette. Blandt eksemplerne er medtaget projekter både med god og mindre god afværgemæssig effekt samt eksempler på veldokumenterede og mindre veldokumenterede drifts- og monitoringsforløb. For hvert enkelt eksempel er foretaget en sammenfattende vurdering.

Endvidere er medtaget eksempler på foranstaltninger, der er iværksat som "første fase" af en "flerfaset" afværgeplan. I sådanne tilfælde forsøges indledningsvis med et mindre indgreb, og afhængig af monitoringsresultaterne (effekten) udvides foranstaltningen i nødvendigt omfang.

Det har ikke været et formål at foretage en granskning af alle "granskningsegnede cases", men alene at udvælge en række projekter og dette

således, at der opnås en passende god bred repræsentation af de enkelte teknikker.

Projekter hvor foranstaltningerne er etableret under gulvniveau, og hvor bygningen samtidig tidligere har været anvendt til renseridrift, er udeladt, med mindre der er påvist næsten 100% reduktion eller overvågning (monitering) under gulvniveau. Dette er gjort med baggrund i den erfaring, at der kan ske en "lagring" af renevæsker i gulve og vægge, eksempelvis i forbindelse med spild inde i bygningen, som så senere afgives til rumluften (sinks). Hvis en sådan situation er til stede, vil den dokumenterende monitering ved indeklimamålinger ikke kunne anvendes til en vurdering af den afværgemæssige effekt overfor jord- og grundvandsforurening.

Blandt de 60 screenede afværgeprojekter er den hyppigste forureningsårsag renseridrift (41 stk.). Virksomheder som servicestationer, oliedepoter, farverier, kabelfabrikker, garverier, galvaniserings- og forkromningsanstalter og gasværker er dog også repræsenteret som årsag til forureningerne. Forureningskomponenterne har typisk været chlorerede opløsningsmidler, BTEX'er og lign.

Afværgeforanstaltningerne for de gennemgåede projekter er etableret i perioden 1993 – 2001, og der foreligger derved et erfaringsgrundlag med baggrund i driftsperioder på mellem ½ og 7 års drift.

Afværgeprojekterne er primært gennemført i forbindelse med en nuværende bolig beliggende på en tidligere industrigrund, men enkelte projekter omfatter også naboejendomme eller nedstrøms beliggende ejendomme over en grundvandsforureningsfane.

Af nedenstående tabel 3.3 ses en samlet skematisk oversigt over de lokaliteter, der endeligt er udvalgt for en nærmere granskning. Af tabellen ses endvidere udvalgte relevante data for de enkelte lokaliteter.

Af tabellen er det ligeledes anført, om det på baggrund af screeningsundersøgelsen er vurderet, at granskningsegnete cases har været tilstede. Beslutningsgrundlaget for at vurdere, hvorvidt der foreligger granskningsegnete projekter er som nævnt baseret på en screening af AVJ's datamateriale indsamlet som en del af (Amternes Videncenter for Jordforurening 2002a). Det er derved forudsat, at alle relevante amtslige afværgeprojekter er præsenteret i dette materiale og er udført som beskrevet. Ved nærmere interview med udvalgte amter har det dog vist sig, at afrapporteringen til AVJ i visse tilfælde er fejlbehæftet. Den overordnede vurdering i dette projekt kan derfor være behæftet med nogen usikkerhed. Det er dog valgt ikke at foretage fornyet forespørgsel til de enkelte amter, da resultatet af en sådan er vurderet ikke at kunne stå mål med indsatsen.

Afværgeprincip	Teknik		+/-	Lokalitet	Bygning	Forurening µg/m ³	Drift	Effekt
	Nr.	Betegnelse						
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft	-					
	2	Maling af kælder	-					
	3	Udskiftning af kældergulve	+	Gåskærgade 23 (SA)	Oprindelig (renseri)	130 (IK) 4000 (MP)	2000 -	middel
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	..2)					
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	-					
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	..2)					
	7	Luftrensning i stueetage (med kælder, udeluftpäv.)	..2)					
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekældre (aktiv)	+	Margårdsvej 26 (FA)	Oprindelig	1300 (IK) 4*10 ⁶ (MP)	2000 -	God
			+	Nørregade 88 (RA)	Oprindelig (nabo)	6100 1(IK) 3000 (MP)	1997 -	God
	9	Ventilation af krybekældre (passiv)	-					
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)		Ridepladsen 3 (SA)	Nyopført	430 (IK)	1999 -	God
			+	Vestergade 62 (SA)	Oprindelig (renseri)	36 (IK) 660 (MP)	2000 -	Dårlig
	11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	+	Nygårdsvej 42B (RA)	Oprindelig (nabo)	23.000 (IK)	1999 -	God
	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)	+	Hus nr. 4185	-	Radon	1995-	God
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	+	Engvej 9-24 (VA)	Oprindelig (over fane)	380 (MP)	1997-	God
	14	Dræn under gulve	+	Tværvej 3 (FA)	Nyopført	730 (IK)	2001-	God

RA: Ribe Amt, FA: Fyns Amt, SA (Sønderjyllands Amt) og VA (Viborg Amt)

IK: Indeklimamåling

MP: Målepunkt, poreluft under gulv

+/-: en vurdering af hvorvidt granskningsegnete cases har været til stede.

1) Kombineret løsning (gulvudskiftning og ventilation af kælder)

2)Afværgeteknikken er dokumenteret ved feltafprøvning som en del af projektet

Tabel 3.3 Oversigt – udvalgte lokaliteter

3.1.2 Radonafværge

Ud over drifts- og anlægserfaringer fra amtslige projekter er inden- og udenlandske erfaringer fra afværge overfor radonpåvirkninger i en familiehuse inddraget i projektet.

Radon er en naturlig forekommende radioaktiv luftart som dannes, når det radioaktive stof radium henfalder. Stoffet er findes overalt i jorden og i mange byggematerialer. Radon bidrager til den naturlige radioaktive baggrundsstråling med ca. 2/3 af den samlede baggrundsstråling (ekskl.

medicinsk stråling). Radon spredes til indeklimaet primært fra poreluften under bygninger men også i mindre omfang fra byggematerialer.

Spredningsvejene for radon (i poreluften) til overliggende bygninger er i princippet sammenlignelige med spredningsmønstrene for chlorerede opløsningsmidler. Det er derfor vurderet relevant at inddrage afværgemæssige erfaringer fra disse fagligt parallelle radonprojekter. Samtidig bør det bemærkes, at erfaringsgrundlaget for afværge overfor radon for udenlandske projekter dækker en længere årrække.

3.1.2.1 Baggrund

Forskningscenter Risø har i samarbejde med Bygge- og Boligstyrelsen og Statens Institut for Strålehygiejne ved flere lejligheder foretaget undersøgelse af radonpåvirkningen i danske boliger (Statens Institut for Strålehygiejne 1987) og (Statens Institut for Strålehygiejne 2001).

Undersøgelser tyder på, at radon i indeluften forøger risikoen for lungekræft, og at denne stråling formodes at være årsag til omkring 300 ekstra lungekræfttilfælde pr. år (Statens Institut for Strålehygiejne 1987).

Ved en kortlægningsundersøgelse gennemført i 2001 (Statens Institut for Strålehygiejne 2001) blev det vurderet, at omkring 4,6% af de danske enfamiliehuse (ca. 65.000 boliger) er påvirket af radon over Bygge- og Boligstyrelsens anbefalede højeste tilladelige indhold på 200 Bq radon/m³. I det nyeste bygningsreglement for småhuse (af 1998) blev der indført krav om, at "byggningskonstruktioner mod undergrunden skal udføres lufttætte". Samtidig blev det anbefalet "at iværksætte enkle og billige foranstaltninger, når radonindholdet i eksisterende boliger er mellem 200 og 400 Bq radon/m³, og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radonindholdet overstiger 400 Bq/m³. For nybyggeri anbefales det, at radonindholdet ikke overstiger 200 Bq/m³". (Bygge- og Boligstyrelsen 1998).

I 1997 blev iværksat en erfaringsopsamling med henblik på at undersøge effekten af forskellige metoder til reduktion af radonkoncentrationen i eksisterende danske enfamiliehuse (Forskningscenter Risø 1997).

Denne erfaringsopsamling er offentliggjort i rapporten "Radon-95: En undersøgelse af metoder til reduktion af radonkoncentrationen i danske enfamiliehuse". Erfaringerne er indsamlet på baggrund af feltafprøvninger (21 projekter) og dataindsamling fra udenlandske projekter. I Sverige, Storbritannien, USA og en række andre lande er der igennem de sidste 10 –15 år udført et omfattende arbejde med at udvikle metoder til at reducere radonkoncentrationen i det indendørs miljø. Eksempelvis har United States Environmental Protection Agency (Indoor, Air-Radon) udarbejdet indtil flere forbrugerguides om, hvordan radonindholdet i boligen nedbringes. Disse guides indeholder beskrivelser af, hvordan radonindholdet testes, hvordan man vælger den rette løsning og den rette entreprenør, hvordan de forskellige teknikker virker, og hvordan man efterfølgende vedligeholder "foranstaltningerne" i ens bolig, eksempelvis (United States Environmental Protection Agency 1988). Danmark har indirekte deltaget i det udenlandske udviklingsarbejde via forskellige internationale forskningsprojekter. "Radon-95" er imidlertid den første større danske undersøgelse af metoder til at nedbringe radonkoncentrationen i eksisterende danske enfamiliehuse.

De undersøgte metoder retter sig primært mod enfamiliehuse med høje radonniveauer (årsmiddelniveau større end 200Bq radon/m³).

3.1.2.2 Radon-95 præsentation

Projektets formål har dels været at undersøge, hvad der er af oplagte muligheder for at mindske radonkoncentrationen i almindelige enfamiliehuse og dels at afprøve udvalgte af disse metoder.

Rapporten dokumenterer projektets resultater og indeholder en diskussion af en række teknisk-videnskabelige aspekter af de undersøgte reduktionsmetoder. Rapporten er derimod ikke en praktisk vejledning i, hvorledes disse tiltag bedst gennemføres.

Radonkoncentrationen i et hus afhænger først og fremmest af jordens radonpotentiale. I aflejringer som moræneler, opsprækket granit og opsprækket kalk påvises oftest de højeste indhold. Endvidere afhænger radonkoncentrationen i boligen af henholdsvis jordens og bygningens "transportegenskaber".

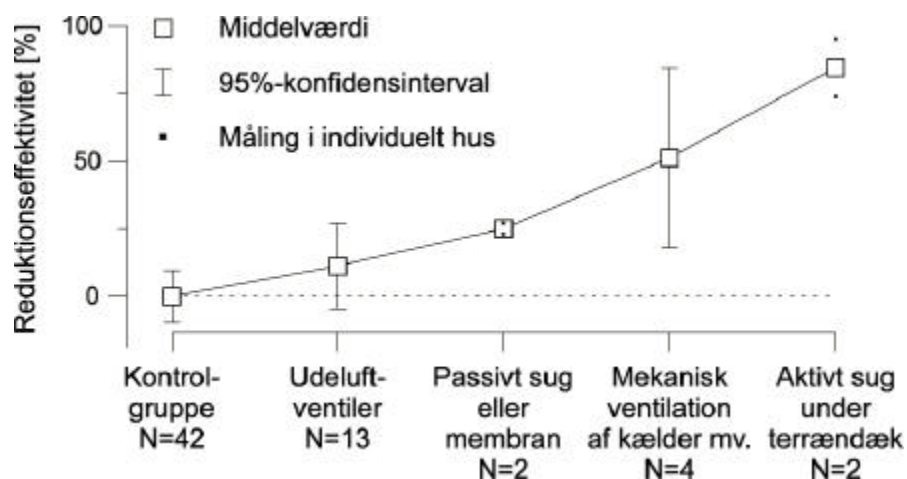
I undersøgelsen, der strakte sig over en 2-årig periode, indgik datamateriale fra 21 huse med feltafprøvninger af reduktionsforanstaltninger. Endvidere blev inddraget referencemålinger for radonindholdet i yderligere 42 huse (uden foranstaltninger). Referencegruppen blev inddraget for at bedre grundlaget for en mere nøjagtig vurdering af husenes "upåvirkede" årsmiddelværdier. Tidligere undersøgelser har bl.a. vist, at den indendørs radonkoncentration i stor udstrækning afhænger af temperaturforskellen mellem udendørs- og indendørsluften. Det har derfor været ønskeligt at korrigere for naturlige variationer mellem perioderne. For en nærmere beskrivelse af dette forhold henvises til kapitel 4.4.2 og (Forskningscenter Risø 1997). Radonmålingerne er primært foretaget ved en kontinuert logging over 1-2 måneders perioder. Målingerne er delvis suppleret med luftskiftmålinger udført af Bygge- og Boligstyrelsen.

Valget af forslag til reduktionsforanstaltning skete ud fra en vurdering af, hvilken metode det for det enkelte hus ville være mest hensigtsmæssigt at anvende under hensyntagen til byggetekniske, økonomiske og radonmæssige forhold. De afprøvede reduktionsmetoder kan opdeles efter, om de har haft til formål at hindre indtrængning af radon til huset (eller dets beboelsesdel), eller om de har haft til formål at forbedre husets ventilation.

3.1.2.3 Radon-95 resultater

Hovedkonklusioner og detailresultater fra den gennemførte undersøgelse er dels indarbejdet i dette projekt og præsenteres for hovedparten under beskrivelsen af de enkelte teknikker i afværgekataloget.

Nedenfor ses dog en kort sammenfatning af hovedkonklusionerne fra undersøgelsen. I figur 3.1 ses bl.a. en samlet oversigt over effekterne (reduceret indhold i indeluften) af de gennemførte feltafprøvninger.



Gennemsnitlige reduktionseffektiviteter for de undersøgte grupper af tiltag. N er antallet af huse i hver gruppe. 95 %-konfidensintervallet for gruppemiddelværdien er anført for de grupper, som indeholder mere end to huse. (Forskningscenter Risø 1997)

Figur 3.1 Opnåede reduktionseffekter (Radon-95)

Aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag, uden luftindtag (aktivt sug ved eldrevne ventilator) er afprøvet i to huse, og effekten er her påvist i overensstemmelse med erfaringer fra udlandet, hvor reduktionseffektiviteten bestemmes til omkring 85%. Metoden har til formål at hindre indtrængning af jordluft til huset. Ved at frembringe et undertryk i det kapillarbrydende lag under husets terrændæk, i forhold til husets rumluft, opnås en strømning af luft fra hus mod jord i stedet for det modsatte. Metoden er i Danmark alene afprøvet med dokumenterede målinger i forbindelse med gennemførelse af Radon-95. I udlandet herunder særligt Storbritannien, Sverige og USA er metoden imidlertid meget veldokumenteret. Metoden er nærmere omtalt i datablad DB12 og DB12.1.

Alternativt til denne metode kan undertrykket iværksættes ved en vinddreven ventilator. Teknikken er afprøvet i ét hus, hvor der samtidig er etableret en passiv rumventilation (udeluftventiler). Der observeres her en effekt på ca. 23%. I udenlandske undersøgelser rapporteres om typiske reduktionseffektiviteter omkring 60%. Metoden er nærmere omtalt i datablad DB12 og DB12.1, bilag E.

Membranoverdækning af gulvet er ligeledes afprøvet i ét hus, og her er samtidig udført en passiv rumventilation (udeluftventiler). Ved denne teknik udlægges en polyethylenmembran under de eksisterende tæpper i boligen. Der observeres her en effekt på ca. 27%, hvoraf en del muligvis kan tilskrives, at der samtidig blev opsat udeluftventiler i opholdsrummene. Undersøgelsen demonstrerer, at det kan være vanskeligt at gøre en gulvkonstruktion lufttæt mod jord, hvilket er i overensstemmelse med udenlandske erfaringer. I Storbritannien er det dog dokumenteret, at der ved anvendelse af membraner ved nybyggeri og tætning af revner i betondæk mv. i eksisterende huse kan forventes en effekt på op til 50%. For en nærmere beskrivelse af tekniske forhold mv. henvises til DB1, der beskriver den sammenlignelige teknik "membran på kælderloft".

Mekanisk udsugning fra ubeboede kælderrum er afprøvet i fire huse og har til formål at begrænse, at radon i rumluften i kælderen trænger op i husets beboelsesrum. Ved at montere en eller flere udsugningsventilatorer i kælderen er det hensigten at reducere trykdifferensen over etageadskillelsen mellem

kælderen og den ovenliggende beboelse, således at transporten fra kælderen til beboelsen minimeres. Ved feltafprøvning observeres her en effekt på op til 75%. I udenlandske undersøgelser rapporteres om typiske reduktionseffektiviteter omkring 10-90%. Metoden er nærmere omtalt i datablad DB4 og DB4.1, bilag E.

Opsætning af udeluftventiler i beboelsesrum har primært til formål at tilvejebringe en øget tilførsel af udeluft til huset, således at den indendørs radonkoncentration nedbringes ved fortynding. Opsætning af udeluftventiler kan dog samtidig medvirke til, at undertrykket i huset neutraliseres, således at indtrængningen af forurenede poreluft minimeres. Teknikken er afprøvet i 13 huse. Der blev observeret en effekt på omkring 11%. Ved udenlandske erfaringer påvises en effekt på 10-60%. Ved undersøgelsen konkluderes det, at et relativt simpelt indgreb, der ved den rette indbygning kan give ganske gode reduktionseffekter, i praksis ikke er helt så enkle at installere. I huse hvor det oprindelige luftskifte er ringe (markant lavere end 0,5 gange i timen), har foranstaltningen typisk en god effekt. Derimod ses en markant dårligere effekt, når foranstaltningen indbygges i huse, der i forvejen er velventilerede (United States Environmental Protection Agency, Indoor air-radon, 1997). For en nærmere beskrivelse af tekniske forhold mv. henvises til (Forskningscenter Risø 1997). Pga. metodens indtil videre relativt ringe effekt er den ikke beskrevet særskilt i dette afværgekatalog, men blot delvist omtalt som en del af beskrivelsen i datablad DB5 i bilag E (Ventilation af stueetage, aktiv).

Sammenfattende konkluderes det i undersøgelsen, at de aktive reduktionsmetoder baseret på mekanisk udsugning under terrændæk eller i kælderrum under beboelsesrum har vist en god effekt, medens de passive metoder baseret på naturlig ventilation eller tætning af terrændæk kombineret med naturlig ventilation har vist en effekt på ca. 25% eller mindre. Resultaterne for de passive metoder er behæftet med relativ stor usikkerhed. Sammenholdes resultaterne med erfaringer i f.eks. Sverige og Storbritannien, kan det konkluderes, at de opnåede reduktionseffektiviteter for de aktive metoder stemmer overens med nabolandenes resultater. For de passive metoder er de opnåede reduktioner tilsyneladende mindre end de resultater, der er opnået i nabolandene.

3.1.3 Feltafprøvning

Som supplement til den ovennævnte erfaringsopsamling, der er baseret på erfaringer fra tidligere gennemførte projekter, er der endvidere foretaget en feltafprøvning af tre teknikker.

De tre teknikker er valgt under hensyntagen til flere forhold. Efter en screening blandt de tidligere gennemførte projekter (amtslige og Risø) er der observeret en restgruppe bestående af 7 teknikker - for hvilke der ikke foreligger tilgængeligt datamateriale egnet for en nærmere granskning. Af økonomiske grunde har det i forbindelse med udvælgelsen til feltafprøvning været nødvendigt efterfølgende at foretage en prioritering blandt disse teknikker.

Vurderinger i rapportens senere kapitler omkring de resterende 4 teknikker (teknik nr. 1, 2, 5 og 9, jf. tabel 3.3), er således nødvendigvis baseret på skøn og teoretiske vurderinger.

De teknikker der i dette projekt er afprøvet er henholdsvis to nye teknikker (luftrensning) og en velkendt teknik (rumventilation).

Ideen med luftrensning er opstået i projektets indledende fase og er efterfølgende videreudviklet. Det har derfor været naturligt at foretage en feltafprøvning. Den velkendte teknik med aktiv ventilation af kælderetage er dels valgt afprøvet, da der ikke foreligger eksisterende projekter, hvor effekten af denne foranstaltning kan vurderes særskilt, og dels da teknikken var oplagt at anvende på én af de lokaliteter, det har været muligt at inddrage i projektet.

Teknikkerne afprøves på 3 forskellige lokaliteter og ved i alt 4 forskellige forsøgsopstillinger. Udvikling og feltafprøvning er udført af NIRAS og foretaget i perioden fra september 2001 til januar 2002.

For at dokumentere effekten af den iværksatte foranstaltning er der foretaget henholdsvis indeklimamålinger, udeluftmålinger og poreluftmålinger under gulv. Alle målinger, inkl. poreluftmåling under gulv, er udført ved en passiv opsamling over 6 dage. Målingerne til at dokumentere effekten er udført før og efter en periode med afværgeforanstaltninger i drift samt i to perioder under drift.

Passiv opsamling ved måling under gulv er en nyudviklet metode, og udvikling og afprøvning er sket i forbindelse med nærværende projekt. Det overordnede mål har været at foretage en videreudvikling af de traditionelle poreluftmålinger. Erfaringsmæssigt er disse ofte behæftet med stor usikkerhed pga. korttidsvariationer i temperatur og atmosfæretryk. Ved den passive måleteknik foretages måling over en længere periode, hvorved påvirkningen fra korttidsfluktuationerne minimeres. For en nærmere beskrivelse af metoden henvises til bilag J og kapitel 6.3 (dokumentation). Miljøstyrelsen planlægger endvidere at gennemføre yderligere afprøvning til eftervisning af målemetodens validitet.

Der er endvidere udført luftskiftmålinger til bestemmelse af luftudvekslingen/luftskiftet imellem de enkelte lokaler og etager i de enkelte boliger. Ved de valgte feltafprøvninger (luftrensning og rumventilation) sker der i begge tilfælde en påvirkning af luftbevægelsen i bygningerne. Målingerne har derfor haft til formål at dokumentere eventuelle ændringer henholdsvis med og uden drift af afværgeforanstaltninger. Undersøgelsen er gennemført i håbet om at forbedre datagrundlaget for de efterfølgende vurderinger omkring effekt og konsekvens for de valgte afværgeløsninger. Luftskiftmålingerne er udført i samarbejde mellem NIRAS og By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut.

På de lokaliteter der har indgået i feltafprøvningen, har der igennem længere tid pågået supplerende undersøgelser og projektering af større afværgeforanstaltninger. Foranstaltningerne har således været etableret som en tidlig indsats.

I nedenstående afsnit 3.1.3.1 og 3.1.3.2 gives en kort præsentation af feltafprøvningen for de tre teknikker.

3.1.3.1 Aktiv luftrensning i kælder og stueetage

Afværgemetoden med aktiv luftrensning - anvendt overfor chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet - har ikke tidligere været anvendt i Danmark. Teknikken er dog velafprøvet i flere andre sammenhænge, f.eks. ved rensning af kabineluft i entreprenørmaskiner og ved rensning af indeluft påvirket af tobaksrøg.

Metoden er enkel og bygger i princippet på, at der ved en ventilator skabes en svag luftcirkulation i opstillingslokalerne. Ventilatoren er indbygget i et kabinet og sikrer, at luften i opstillingslokalet suges ind i enheden. Luften passerer herefter et aktivt kulfilter, renses og udledes atter til lokalet. Luftrenseren placeres således, at der sker en naturlig strømning forbi luftrenseren fra hele rummet, f.eks. betinget af udluftning og opvarmning.

Der er udviklet to typer af luftrensere – henholdsvis en stor og en lille model. Den store model tænkes opstillet i ubeboede lokaler (pga. støj), eksempelvis i kælderlokaler og har en kapacitet på op til ca. 230 m³/t. Den lille model tænkes opstillet direkte i de i beboede lokaler og har en kapacitet på op til ca. 100 m³/t. Luftrensere er begge udviklet med et neutralt udseende og med en indbygget støjdemper. Renseenhederne er monteret med kulfilter med et volumen på op til ca. 4 kg kul.

Med en indeklimapåvirkning på 10-400 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 1 gang årligt (4 kg kulfiltre). Med en indeklimapåvirkning på 400-1.000 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 2 gange årligt (4 kg kulfiltre). Ovennævnte hyppigheder for kulskifte er vurderet ud fra kullets sorptionsevne, luftrensernes ventilationskapacitet, det anførte interval for indeklimakoncentrationen og en indlagt sikkerhedsfaktor på 2-4. Sikkerhedsfaktoren er bl.a. indlagt, da filtrene, foruden PCE, vil blive belastet af øvrige aktiviteter, som frigiver stoffer til indeklimaet.

Metoden og de afværgemæssige erfaringer er nærmere beskrevet i datablad nr. 9-12 og (Fyns Amt, 2002a).

Erfaringsgrundlaget er stadig spinkelt og bygger alene på erfaringer fra 3 forsøgsopstillinger med driftsperioder på op til 2½ måned. De foreløbige resultater er meget positive, og der observeres rensegrader på op til 90%. I øjeblikket afprøves metoden hos Storstrøms Amt på 1 lokalitet (11 lejligheder). Erfaringer fra disse projekter har det dog kun været muligt at inddrage i et begrænset omfang i dette projekt, da der endnu ikke foreligger nogen egentlig dokumentation.

Feltafprøvningen er gennemført på to forskellige lokaliteter. På den ene lokalitet er der en påvirkning af indeklimaet dels fra et forhøjet forureningsindhold i udeluften og dels fra et forhøjet forureningsindhold i poreluften under bygningen. På den anden lokalitet er der alene en påvirkning fra en poreluftforurening under bygningen.

I forbindelse med feltafprøvningen af aktiv luftrensning er der desuden foretaget luftskiftmålinger til undersøgelse af luftbevægelsen i boligen. Målemetoden og resultaterne er beskrevet i bilag K.

På lokaliteten - hvor der både er en udeluftpåvirkning og påvirkning fra poreluftforurening under bygningen - er metoden afprøvet ved opstilling af luftrensere henholdsvis i stueetagen (direkte i de beboede lokaler) og i kælderetagen. For en nærmere beskrivelse af teknikken og en præsentation af resultater fra de afprøvede forsøg henvises til datablad DB6, DB6.1, DB6.2, DB7 og DB7.1 og notaterne (Fyns Amt, 2002a) og (Fyns Amt, 2002b).

Lokaliteterne, der har været inddraget i forbindelse med feltafprøvningen, er henholdsvis Lykkeshåbs Allé 4 i Odense og Grønnegade 39 i Fåborg.

3.1.3.2 Aktiv ventilation af kælderetage

Der er endvidere foretaget feltafprøvning af aktiv ventilation af kælderetage på én lokalitet. På denne lokalitet stammer påvirkningen af indeklimaet alene fra

et forureningsindhold i poreluften under bygningen. I kælderen er der monteret standardrumventilatorer med en kapacitet på op til ca. 200 m³/t.

En nærmere teknisk beskrivelse og en præsentation af resultater fra det afprøvede feltforsøg ses på datablad DB4 og DB4.1 og endvidere i (Fyns Amt, 2002a) og (Fyns Amt, 2002b).

I forbindelse med feltafprøvningen af aktiv ventilation af kælderetage er der ligeledes foretaget luftskiftemålinger til undersøgelse af luftbevægelsen i boligen. Målemetoden og resultaterne er beskrevet i bilag K.

Lokaliteten der har været inddraget i forbindelse med feltafprøvningen er Lindevej 29 i Odense.

4 Generelle problemstillinger

I nedenstående kapitel beskrives en række af de generelle problemstillinger, der knytter sig til grunde forurenede med chlorerede opløsningsmidler. I kapitlet beskrives de mulige spredningsveje for forskellige forureningsscenarier med større eller mindre spild, med eller uden forekomst af fri fase stof samt under forskellige geologiske, pneumatiskke samt hydrogeologiske forhold. Problemstillingerne vedrørende spredningsveje er i bilag illustreret ved en række skitser for udvalgte scenarier.

Kapitlet indeholder endvidere en beskrivelse af de typiske eksponeringsveje samt en beskrivelse af kvalitets- og acceptkriterier for jord, grundvand, poreluft, indeklime og udeluft.

Dernæst indeholder kapitlet en beskrivelse af relevante forhold i forbindelse med planlægning og gennemførelse af forureningssundersøgelse. Problemstillingen er medtaget, da undersøgelsesmetodikken og resultaternes validitet har afgørende betydning for beslutningsgrundlaget i afværgefasen. Specifikke problemstillinger for prøvetagningsmetoder og prøvetagningstidspunkter præsenteres og videreføres med anbefalinger gældende for afværgefasen.

4.1 Spredningsveje

Overordnet set er de chlorerede opløsningsmidler karakteriseret ved et komplekst spredningsmønster, der ofte bevirker, at forureningen spredes i poreluften og grundvandet i et større område udenfor kildeområdet, og at spredningen samtidig giver anledning til uacceptable påvirkninger både på kildegrunden og på et større antal nabogrunde.

De chlorerede opløsningsmidler er karakteriseret ved specielle fysiske egenskaber såsom: høj densitet, lav viskositet, højt damptryk, høj Henrys konstant samt en betydelig opløselighed. I samspil med jordlagenes geologiske opbygning og mætningsforhold for vand og luft er disse egenskaber styrende for stoffernes spredning i jordmiljøet.

Helt overordnet er det sådan, at chlorerede opløsningsmidler på fri fase kan spredes gennem jordens umættede og mættede zone via poreskelettet i sandlag eller revner og sprækker i moræneler. Ved nedtrængning til finkornede lag med højt vandindhold eller til grundvandspejlet kan den lodrette spredning standses som følge af de kapillære kræfter, som fastholder grundvandet i jordens porer. Ved opbygning af en tilstrækkelig "pulje" af fri fase over det finkornede lag eller vandspejlet overvindes denne modstand, og spredningen kan herefter fortsætte nedefter. Når grundvandspejlet således er penetreret, kan spredningen af fri fase ske til stor dybde i magasinet afhængig af mængden af fri fase og jordlagssammensætningen.

Udslip af chlorerede opløsningsmidler på opløst form vil overordnet set udbredes svarende til infiltrerende regnvand. Den opløste spredning vil således ikke på samme måde som den frie fase hæmmes af lag med højt

vandindhold eller grundvandsspejlet. Til gengæld vil den opløste forurening ikke i sig selv have en tilbøjelighed til at spredes til større dybde i grundvandszonen.

Langs spredningsvejene for fri eller opløst fase af chlorerede opløsningsmidler efterlades et "spor" af stofferne sorberet primært til jordlagenes indhold af organisk stof, såkaldt residual jordforurening. Ved udslip af fri fase kan dette spor desuden bestå af små separate dråber af fri fase afsnøret i kornskelettet eller i mindre sprækker, residual fri fase.

Fra den residuale jordforurening, den residuale frie fase samt fra forurening på fri fase vil der ske en afdampning, hvorved der dannes en poreluftforurening i den umættede zone med chlorerede opløsningsmidler. Endvidere vil der kunne ske en spredning til den umættede zone fra den mættede zone pga. opløst grundvandsforurening. Poreluftforureningen udbredes diffusivt og konvektivt i den umættede zone, og under specielle jordlagsforhold er udbredelsen af en sådan poreluftforurening påvist i afstande af 50 – 300 meter fra kildeområdet - i enkelte tilfælde i afstande på op til flere kilometer. I andre tilfælde f.eks. ved en tynd og højpermeabel umættet zone, bortventileres poreluftforureningen til atmosfæren indenfor få meter. Faseovergangene mellem opløst og gasformig forurening bevirker, at en primær forureningsspredning via grundvandet kan medføre en tilsvarende udbredelse af gasformig forurening og omvendt.

Tilbøjeligheden for de chlorerede opløsningsmidler til at optræde og spredes på gasform i forholdsvis høje koncentrationer medfører, at der både på og omkring/nedstrøms mange tidligere rensrigrunde kan konstateres markante forureningsniveauer nær og under bygninger.

I bilag A ses en detaljeret beskrivelse af de mulige spredningsveje. Beskrivelsen omfatter 4 typiske forureningsituationer for forskellige jordlagsforhold og forureningsomfang – fra mindre spild til meget store spild.

De enkelte eksempler er illustreret ved spild med PCE, da dette ofte er den mest betydende forureningskomponent. Spredningsmønstret gælder endvidere for de øvrige gængse chlorerede opløsningsmidler, herunder eksempelvis TCE, dichlormethan osv.

4.2 Eksponeringsveje

De mulige direkte eksponeringsveje for forureningen overfor mennesker er:

- indtagelse af jord og støv
- hudkontakt med jord
- indånding af gasarter eller jordpartikler
- indtagelse af drikkevand.

Desuden kan forureningen føre til eksponering af planter og dyr med toksiske effekter, der igen ved indtagelse af planter, afgrøder og dyr kan aflede sundhedsmæssige effekter for mennesker. Endvidere kan forureningen føre til en direkte påvirkning af dyre- og fiskelivet.

Den aktuelle eksponering af mennesker afhænger af, hvilken arealanvendelse der er tale om, da der ved forskellige arealanvendelser vil opstå forskellige brugsmønstre.

Følgende forhold vil endvidere have betydning for risikoen ved den konkrete eksponering: forureningens tilgængelighed, eksponeringstiden, eksponeringsvejene samt følsomheden hos den aktuelle brugergruppe.

Følsomheden ved forskellige arealanvendelser inddeles i tre niveauer: meget følsom, følsom og ikke følsom. For en nærmere beskrivelse af forskellige arealanvendelsers eksponeringsmønstre henvises til (Miljøstyrelsen 1998a).

4.3 Acceptkriterier

På baggrund af sundhedsmæssige overvejelser har Miljøstyrelsen for en række stoffer og forskellige eksponeringsscenerier fastsat såkaldte kvalitetskriterier (Miljøstyrelsen 1998a). Disse kvalitetskriterier er Miljøstyrelsens anbefaling til fastsættelse af den maksimalt tilladelige påvirkning af mennesker fra forurening i jord, grundvand og poreluft ved følsom arealanvendelse. Miljøstyrelsens kvalitetskriterier er vist i tabel 4.1.

På baggrund af Miljøstyrelsens kvalitetskriterier kan amter, embedslæger og andre myndigheder fastsætte acceptkriterier, hvor der tages hensyn til den konkrete lokalitets brugsmønstre og fysiske beliggenhed.

I tabel 4.1 er for PCE anført Arbejdstilsynets kriterium og baggrundsværdier i uforurenede områder, (Miljøstyrelsen 2001b). I forbindelse med Miljøstyrelsens igangværende udarbejdelse af bekendtgørelse om etablering og drift af tekstilrenserier har Miljøstyrelsen (notat af 8. april 2002 vedlagt høringsbrev) vurderet, at det ikke pt. er muligt at bringe idriftværende renseriers bidrag til indholdet af tetrachlorethylen i naborum ned til luftkvalitetskriteriet på $0,006 \text{ mg/m}^3$. Udfra en samlet vurdering har Miljøstyrelsen fundet det acceptabelt, at bidraget fra idriftværende renserier til naborum i en kortere årrække overskrider luftkvalitetskriteriet med niveauer op til $0,1 \text{ mg/m}^3$. Det er fortsat Miljøstyrelsens intentioner, at renseriernes bidrag til tetrachlorindholdet i naborum skal ned til luftkvalitetskriteriet. Bekendtgørelsen er planlagt at ophøre efter 5 år. På dette tidspunkt forventes det, at Miljøstyrelsen har et bedre overblik over, hvilke bidrag renserierne med de nye indretnings- og driftvilkår reelt medfører, og der er mulighed for en revurdering af kravene i bekendtgørelsen.

		Kvalitetskriterier
		PCE
Jord (inden for arealanvendelsesdybden)		5 mg/kg ²⁾⁺⁴⁾
Grundvand		1 µg/l ¹⁾⁺²⁾
Indeklima/ udeluft		6,0 µg/m ³⁺²⁾
		Grænseværdier og baggrunds niveauer – PCE
B-værdi ¹⁾		10 µg/m ³
Arbejdstilsynets grænseværdier ved uundgåelig erhvervmæssig eksponering		70.000 µg/m ³
Baggrunds niveau på uforurenede grunde (tætte byområder) ³⁾		0,15 µg/m ³
Baggrunds niveau på uforurenede grunde (åbne boligområder, land, parcelhus mv.) ³⁾		0,027 µg/m ³

1) Det samlede indhold af chlorerede opløsningsmidler.

2) Miljøstyrelsen. Oprydning på forurenede lokaliteter, nr. 6, 1998 .

3) Miljøstyrelsen. Miljøprojekt 651, 2001. Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger.

4) Tager ikke højde for indeklima- og grundvandsrisici.

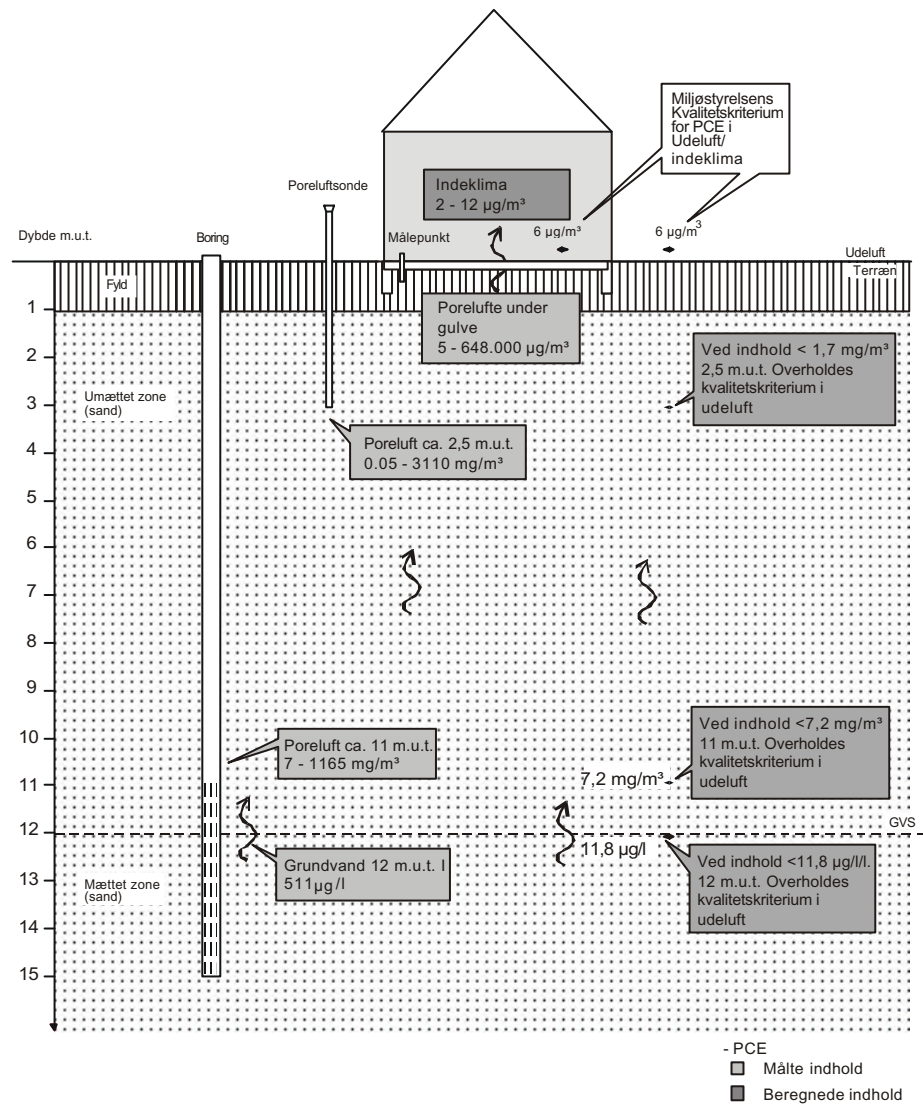
5) Brev fra Miljøstyrelsen til samtlige amter og kommuner af 5. juli 2001 vedr. ændring af kvalitetskriteriet for PCE.

Tabel 4.1 Kvalitetskriterier for PCE.

4.3.1 Praktisk anvendelse af acceptkriterier

De valgte acceptkriterier dokumenteres overholdt ved prøvetagning i et eller flere af følgende medier: jord, grundvand, poreluft under gulvet, poreluft over vandspejlet (eller tættere på terræn), indeklima og/eller udeluft.

Afhængig af den valgte prøvetagningsstrategi er det i visse tilfælde nødvendigt at foretage en teoretisk videre bearbejdning, eksempelvis vha. Miljøstyrelsens beregningsværktøj JAGG, (Miljøstyrelsen 1998a) og/eller ved simple ligevægtsbetragninger. Ved hjælp af diffusions- og konvektionsberegninger for forureningsspredning i det aktuelle miljø kan foretages en risikovurdering i forhold til den aktuelle arealanvendelse. I figur 4.1 ses et eksempel på en teoretisk beregning af indeklimapåvirkningen og bidraget til udeluften beregnet på baggrund af målte data i jord, grundvand og poreluft. Af figuren ses endvidere de beregnede acceptkriterier i jord- og grundvandsmiljøet baseret på lokalitetsspecifikke forhold som geologi og byggetekniske forhold (gulvtykkelse og revnevidde i betongulve, rumstørrelse mv.).

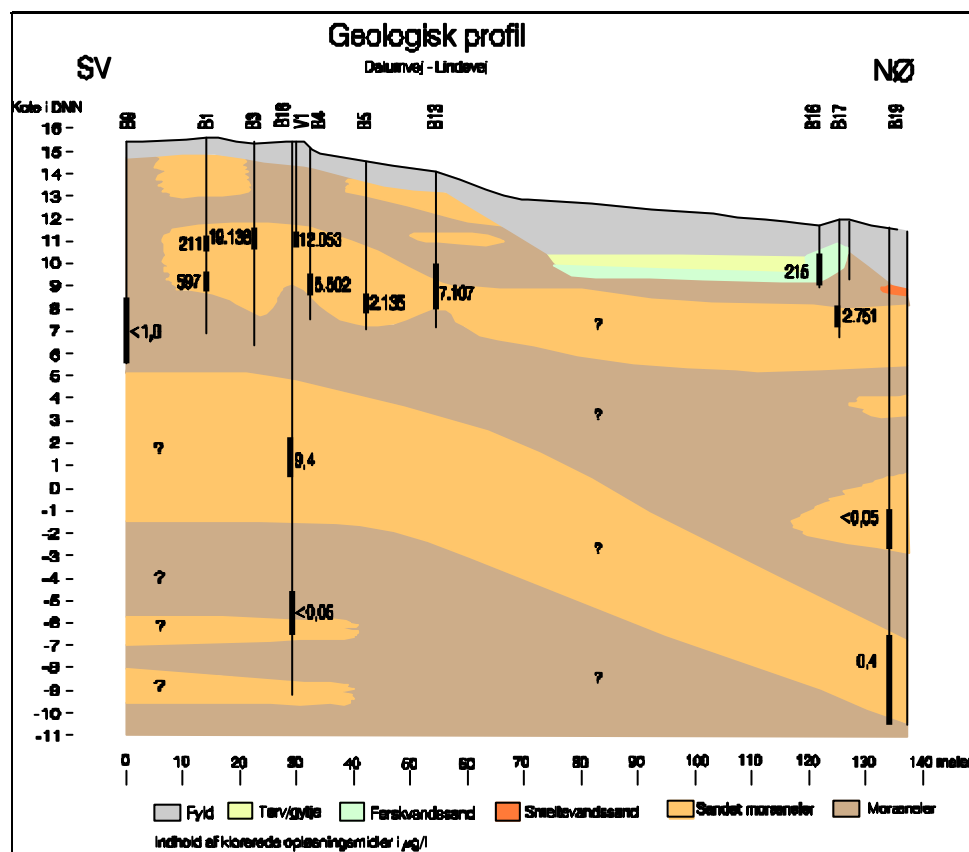


Figur 4.1 Eksempel – videre bearbejdning

4.4 Forureningsundersøgelser

4.4.1 Strategi

Tilrettelæggelsen af en forureningsundersøgelse bør altid tage afsæt i en simpel konceptuel model, da der ved undersøgelserne efterhånden som de skrider frem, akkumuleres en stor mængde oplysninger om lokaliteten, om den lokale geologi og hydrogeologi og om forureningens styrke og spredning. Modellens konkrete form kan bestå i en række simple geologiske snit, hvor feltobservationer indtegnes og søges interpoleret således, at de danner et sammenhængende billede af geologi, hydrogeologi og forureningsudbredelse. Et eksempel på en sådan model fremgår af figur 2.1 og nedenstående figur 4.2.



Figur 4.2 Eksempel på konceptuel model. Spredningsveje - Dalumvej 34 Odense.

Med afsæt i den simple konceptuelle model opnås relativt hurtigt, og i takt med at nye data genereres, et varigt overblik over hvilke ejendomme, der er/kan være påvirkede i betydelig grad og dermed skabes grundlag for planlægning af en passende borgerinformation og -inddragelse.

Modellen er ligeledes et vigtigt redskab i planlægningen af yderligere undersøgelser, revurdering af undersøgelsesmetoder og strategi, revurdering af beregningsforudsætninger og til kvalitetskontrol af eksisterende data. Eksempelvis kan opnås en kontrol af, om der er den forventede sammenhæng mellem forskellige måle/analysemetoder.

Endvidere er det vigtigt, at formålet med undersøgelsen og eventuelle delundersøgelser formuleres klart og entydigt. Så snart det er konstateret, at afværge er nødvendigt, om end i et ukendt omfang, er det vigtigt, at de forestående undersøgelser tilrettelægges under hensyntagen til dette. Ofte vil selv mindre supplerende undersøgelsestiltag have stor betydning for de efterfølgende vurderinger omkring valg af afværgekoncept, detailprojektering osv. Eksempelvis kan det være af stor værdi at supplere prøvetagningsprogrammet i forbindelse med borearbejde (forureningskortlægning) med en "vandindholdsbestemmelse" i de jordprøver, der allerede er planlagt udtaget, evt. et vingeforsøg, når man alligevel er på lokaliteten eller notere supplerende byggetekniske oplysninger fra "afværgechecklisten" (bilag C), når ejendommene alligevel besigtiges osv.

4.4.2 Metoder – anvendelighed og sårbarhed

Endvidere er det vigtigt, at undersøgelsesresultaterne fremstår som troværdige og robuste og om muligt er planlagt, så de med fordel kan inddrages i en eventuel senere monitoring under drift af afværge.

I nedenstående beskrivelse omtales primært prøvetagningsmetoder og -teknikker, der kan anvendes dels i undersøgelsesfasen og dels i driftsfasen for afværge. Metoder og teknikker, der alene anvendes i undersøgelsesfasen, omtales ikke.

Robuste undersøgelses- og driftsresultater er resultater, som kan dokumenteres, verificeres og reproduceres. Robustheden kan, et godt stykke hen ad vejen, tilvejebringes allerede i planlægningsfasen.

Dokumentation af metoder kan f.eks. opnås ved at tilrettelægge et kvalitetssikringsprogram, som redegør for nødvendige kontroller, kontrolfrekvens og godkendelseskriterier. Kvalitetssikringsprogrammet kan hensigtsmæssigt udformes som et skema, der er en obligatorisk del af det planlagte monitoring program. Herefter indføres de ønskede kontrolmålinger direkte i forbindelse med den gennemførte monitoring.

Verifikation af monitoringsresultater opnås ved at sammenholde målinger, som er direkte eller indirekte sammenlignelige. Poreluftmålinger kan f.eks. verificeres ved analyse af poreluft i samme punkt, ved sammenligning med poreluftmålinger indenfor et sammenligneligt område eller ved analyse af vandprøve fra et nærliggende grundvandsmagasin. Ved sammenligning af de fremkomne resultater skal det forhold dog inddrages, at der kan være store koncentrationsforskelle over kort afstand i jordlag med lav permeabilitet. Allerede ved planlægningen af den påtænkte monitoring kan der udpeges kritiske oplysninger, som bør verificeres, f.eks. ved at kombinere forskellige prøvetagningsmetoder.

Reproducerbare resultater er resultater, som kan bekræftes ved gentagne prøveudtagninger. Hvis monitoringen planlægges således, at den efterfølgende risikovurdering vil basere sig på måling i et enkelt punkt, vil det være hensigtsmæssigt, om målingen nemt kan gentages. Reproduktionen af en poreluftmåling kan f.eks. forbedres ved at etablere en permanent poreluftsonde (3/4" vandrør) i den umættede zone. Den efterfølgende monitoring kan således nemt gentages i dette punkt. På tilsvarende vis kan der ved poreluftmålinger under gulv, om muligt af hensyn til den aktuelle anvendelse, afsluttes med en tæt fastsiddende gummiprop, i stedet for at foretage tilfyldning med beton efter hver prøvetagningsrunde.

Variationer ved gentagne målinger i bl.a. poreluft kan være markante, men kan ikke altid alene forklares ud fra nedbørsvariationer o.lign. Ved gentagne målinger i samme punkt skal omstændighederne ved prøveudtagningen dokumenteres og vurderes meget nøje.

Feltundersøgelser af forureninger med flygtige chlorerede opløsningsmidler kan være forbundet med væsentlige metodiske usikkerheder. Stoffernes særegne karakteristika vanskeliggør udtagning af repræsentativt prøvemateriale og stiller en række særlige krav til

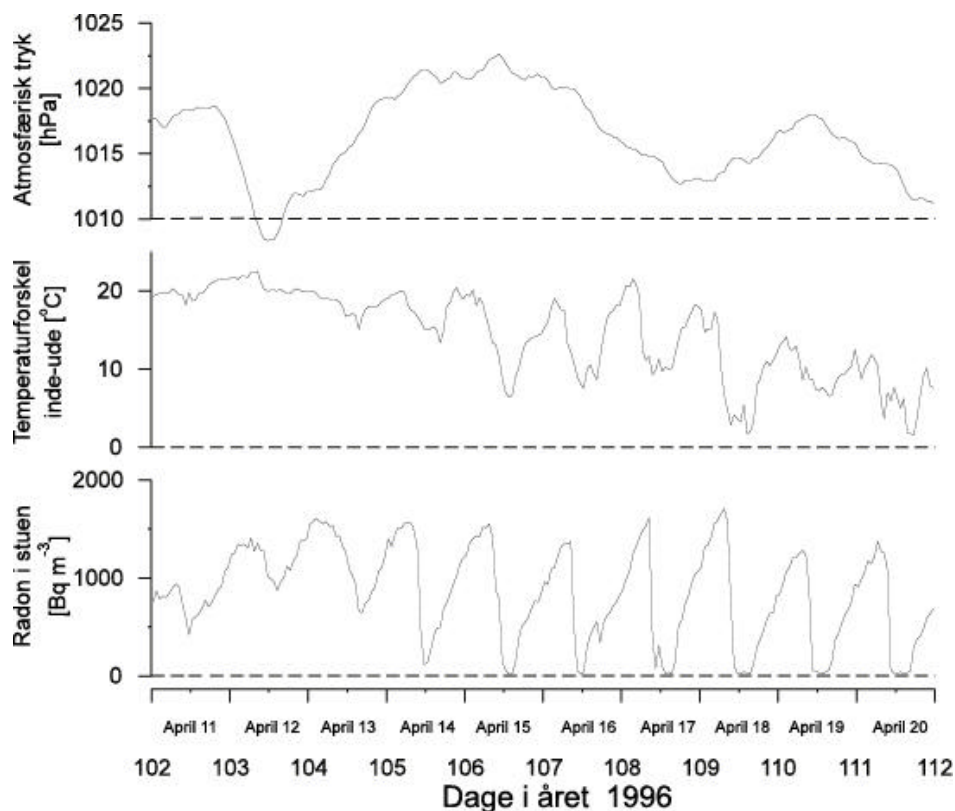
- prøveudtagningsproceduren
- prøveopbevaring og
- efterfølgende håndtering under analysearbejde.

Disse usikkerheder betyder, at der kan være behov for at anvende kombinationer af forskellige feltmetoder til en indbyrdes verifikation, for derigennem at opnå et troværdigt billede af forureningens aktuelle styrke.

Ud over ovennævnte problemstillinger, kan selve *prøvetagningstidspunktet* spille en meget væsentlig rolle. Følgende forhold vurderes i den sammenhæng at være særdeles relevante:

- *Variationer i det atmosfæriske tryk.* Ved vejrskifte, eksempelvis ved en højtrykspassage, vil der ske en trykudligning mellem trykket i atmosfæren og trykket i poreluften i formationen. Trykudligningen vil bevirke, at poreluften i formationen og derfor poreluften også under bygningen "sættes i bevægelse", og der er derved mulighed for, at der sker en kortvarig opkoncentrering eller fortynding af forureningen i enkelte punkter.
- *Variationer i temperatur.* Temperaturforskelle målt mellem inde- og udeluft kan have stor betydning for forureningskoncentrationen. Ved store temperaturforskelle (f.eks. om natten) kan observeres forhøjede indhold, pga. ændrede tryk- og strømningsforhold. Ved eksempelvis logning af radonkoncentrationer i indeluften er ofte påvist variationer på flere tidsskalaer: igennem døgnet (normalt med maksimum tidligt om morgenen), ugen (med særlige radonforhold mandag til fredag i forhold til lørdag til søndag), året (normalt med maksimum om vinteren) og fra år til år (normalt med maksimum i strenge vintre). Variationerne tilskrives ændringer i radonindtrængning og udeluftskifte forårsaget af ændringer i lokalklimaet (primært udetemperatur og vindpåvirkninger), beboervaner (udluftninger) og jorden under husene (fugtforhold herunder grundvandsspejlets dybde). På figur 4.3 ses et eksempel på variationer i radonindholdet som resultat af dels temperaturændringer og dels atmosfæriske trykforandringer.
- *Terrænnære vandspejlsvariationer.* Disse variationer vil - på grund af variationer i frigivelsesmønstret for den pågældende forurening - ligeledes spille en afgørende rolle for den aktuelle forureningskoncentrationen i den ovenliggende poreluft.

- *Udluftningsmønstre.* Ved indeklimamålinger vil det aktuelle udluftningsmønster i bygningen (åbne vinduer og o.lign.) spille en meget afgørende rolle. Målinger gennemført i henholdsvis vinter- og sommerperioder er sjældent sammenlignelige, da der naturligt nok på vore breddegrader foretages en markant større udluftning i sommerperioden end i vinterperioden. Tilsvarende ses markante dags- og ugevariationer med en typisk markant forøget udluftning i morgen-/ eftermiddagstimer og weekender i forhold til de øvrige tidspunkter.



Kontinuerte målinger af atmosfæretryk, indendørs-udendørstemperaturforskel og radonkoncentration i stuen for hus nr. 4185 i perioden fra den 11. til 20. april 1996. Bemærk, at variationerne af radonkoncentrationen i stor udstrækning følger temperaturændringerne. Ændringer i det atmosfæriske tryk ser i dette tilfælde ikke ud til at spille nogen væsentlig rolle for indtrængningen af radonholdig jordluft til huset i forhold til indtrængning af jordluft forårsaget af andre drivkræfter. Målingerne er foretaget, efter at det aktive sug under terrændæk var sat op, men i den angivne periode var anlægget slukket. (Forskningscenter Risø 1997).

Figur 4.3 Variationer i radonindholdet ved varierende tryk og temperatur

For en supplerende beskrivelse af undersøgelsesstrategier, målemetoder mv. henvises til afsnit 6.3, bilag G og H samt (Amternes Videncenter for Jordforurening 2001).

5 Overordnet præsentation

5.1 Tidlig indsats – hvor og hvornår

Som præsenteret under den samlede beskrivelse af projektets formål opstår der i forbindelse med større forureningssager af og til et utilfredsstillende tidsmæssigt forløb. I disse sager går der således relativ lang tid fra beslutningen om, at afværge er truffet og til, at beslutningen effektueres.

Dette giver ofte anledning til mange bekymringer hos de berørte grundejere/beboere, og en tilhørende utilfredshed over i længere tid at skulle afvente, at effektfulde tiltag iværksættes. Endvidere kan der i en købs-/salgssituation hos grundejer/køber ligeledes opleves stilstand og manglende afklaring.

Med baggrund i disse forhold vil det være relevant at fremskynde processen ved iværksættelse af en tidlig indsats til afhjælpning af indeklimaproblemer. Den tidligere indsats kan være relevant at anvende dels i bygninger beliggende i/nær kildeområder og/eller over en grundvandsfane, der giver anledning til en uacceptabel afdampning til indeklimaet.

”Tidlig indsats teknikker” er kendetegnet ved at være hurtige og billige at etablere. De enkelte teknikker er ved sammenligning varierende i effekt og dækker bredt fra moderat og usikker effekt til stor og sikker effekt. Ofte vil foranstaltningen have en midlertidig karakter og være udformet således, at der kan sættes ind parallelt med, at der detailprojekteres et større sammenhængende afværgetiltag, der har til formål at fjerne kilden til forureningsspredning. Teknikkerne kan dog også anvendes som permanente foranstaltninger i områder med moderate forureninger, hvor der ikke foretages en målrettet kildefjernelse eller i ”perifere områder”, hvor der foretages kildefjernelse, men eksempelvis ingen afværge overfor forureningsspredningen i grundvandet. I visse tilfælde kan anlæggene nedtages i forbindelse med den egentlige oprensning og genanvendes i efterfølgende sager.

5.2 Karakteristika

Tidlig indsats teknikker er overordnet karakteriseret ved følgende kravspecifikationer:

- Der skal være et begrænset behov for undersøgelser og tests til vurdering af anvendeligheden af den enkelte teknik.
- Etableringsomkostninger skal være mindre end ca. 30.000 kr. pr. ejendom.
- Anlæggene skal være hurtige at installere/etablere.
- Anlæggene skal være robuste i drift og lette at vedligeholde.
- Der må i forbindelse med etablering og drift kun opstå begrænsede gener for de berørte beboere.
- Driftsfasen skal være karakteriseret ved ingen eller meget lave driftsomkostninger.
- Driften af det enkelte anlæg må kun fordrage et minimalt tilsyn, der gerne skal kunne udføres af beboere, vicevært eller tilsvarende.

- Beboerne skal ved tydelig visuel eller lignende indikation kunne få status om de aktuelle driftsforhold (drift og driftstop).

De overordnede principper der ligger til grund for tidlig indsats teknikker er følgende:

- Tætning (ved udlægning af membran, tætning af rørgennemføringer eller lignende).
- Rumventilation (i kælder eller stueetage).
- Luftrensning (i kælder eller stueetage).
- Moderat ventilation af gulvkonstruktioner (krybekældre eller kapillarbrydende lag under gulve).
- Kraftig terrænnær ventilation (ventilation af den underliggende jord fra lodrette borer eller dræn under gulve).

Teknikken med etablering af overtryk i kældre er fravalgt, da der er risiko for råddannelse i trækonstruktioner ved indsugning af fugtig udeluft. Endvidere er bl.a. teknikken med udlægning af membran på eksisterende gulv i beboede lokaler undladt, da et af de overordnede mål har været at iværksætte foranstaltningerne med et minimum af beboergener.

5.3 Valg af teknik

Det endelige valg af afværgeteknik afhænger primært af to faktorer, først og fremmest af, på hvilke måder bygningen er påvirket og dernæst af de byggetekniske forhold.

Der kan være tale om en påvirkning, der alene stammer fra diffusiv – og/eller konvektiv forureningsspredning fra en poreluftforurening beliggende under bygningen, hvilket vil være den hyppigst forekommende forureningssituation. I særlige tilfælde kan der endvidere være tale om en påvirkning fra en udeluftforurening, og endelig kan der være tale om bidrag fra afdampning af forureningskomponenter adsorberet i den oprindelige renseribygningens gulve, vægge osv. (sinkbidrag). For en nærmere beskrivelse vedrørende sinkbidrag henvises til (Miljøstyrelsen 2001b). De 3 forskellige typer af påvirkning (poreluft under bygning, udeluftforurening og sinks) kan enten optræde enkeltvis eller i kombination.

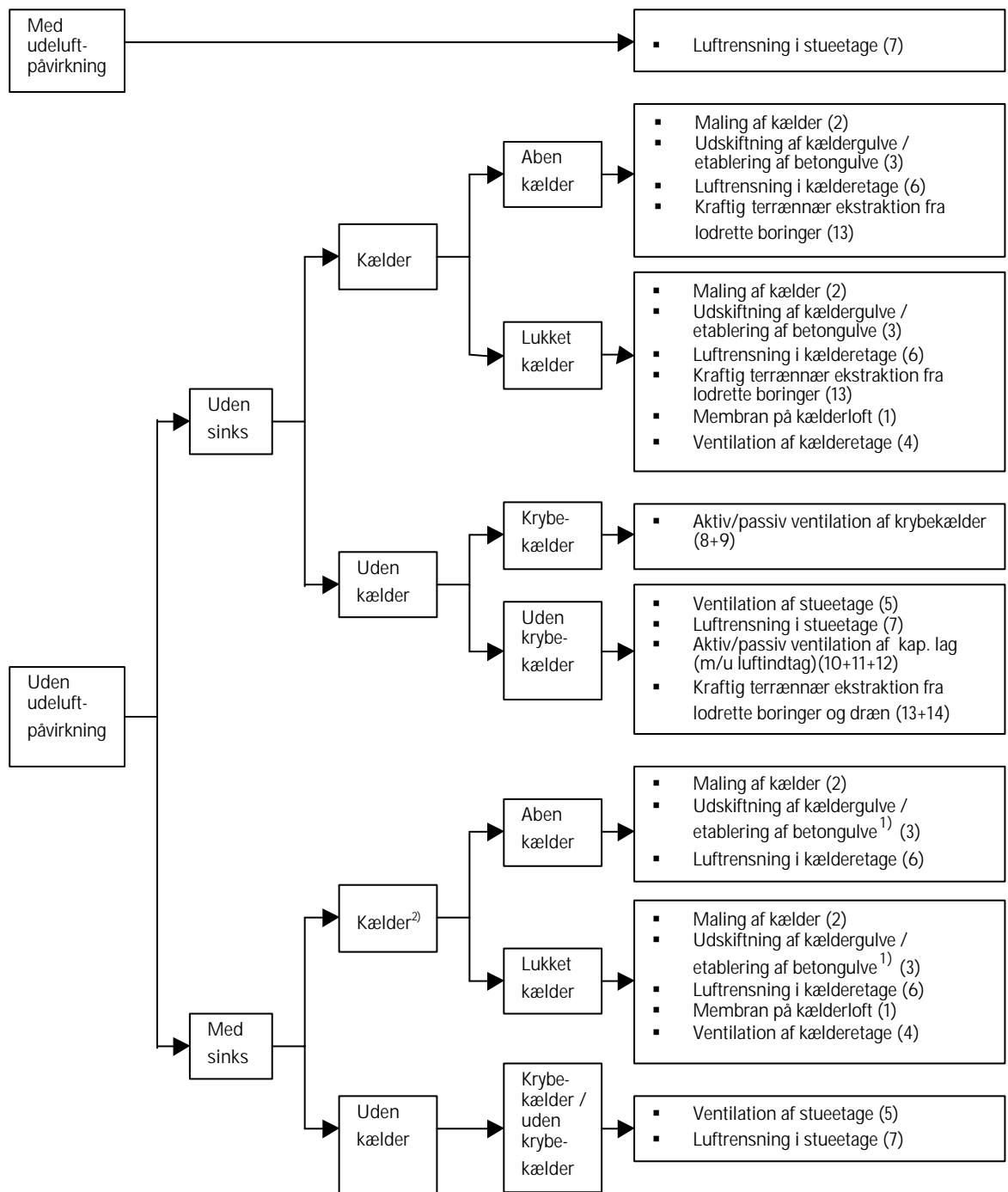
Såfremt der er tale om en bygning, der er påvirket af en udeluftforurening, vil der alene være mulighed for at foretage en afhjælpning af problemet ved at iværksætte luftrensning i bygningen, medmindre udeluftpåvirkningen er minimal set i forhold til eventuelle øvrige påvirkninger.

Hvis bygningen derimod alene er påvirket af en poreluftforurening, der trænger ind gennem bygningens gulvkonstruktion, vil der være en række mulige afværge løsninger. Den teknik, der i dette tilfælde vælges, vil i første omgang afhænge af de byggetekniske forhold.

Hvis bygningen endvidere er påvirket af bidrag fra sinks, vil der være visse begrænsninger i forbindelse med valg af metode og dernæst ved det specifikke valg af afværgeteknik. Samtidig kan det bemærkes, at bidrag fra sinks alene vil optræde i betydende mængder på selve kildegrunden i de oprindelige renseribygninger og derfor som påvirkning have en begrænset udbredelse.

Som hjælp i forbindelse med valg af metode kan anvendes flowdiagrammet i nedenstående figur 5.1.

Af flowdiagrammet figur 5.1 ses de overordnede betydende byggetekniske forhold skitseret og de deraf afledte mulige afværgeteknikker.



1) Kun relevant hvis bidrag alene stammer fra gulvkonstruktionen

2) Kun relevant hvis sinkbidrag alene hidrører fra kælderkonstruktionen

Tal anført i parentes refererer til det specifikke tekniknummer i henhold til tabel 6.1.

Figur 5.1 Byggetekniske forudsætninger – mulige afværgeteknikker

Af figur 5.1 vil det således eksempelvis for en bygning opført med en lukket kælder, hvor der ikke forekommer uacceptable udeluftpåvirkninger og bidrag fra sinks, være muligt at etablere "ventilation af kælderen" eller "luftrensning af kælderen".

Det vil her endvidere være muligt at etablere en lang række øvrige tiltag. En lukket kælder er her defineret ved en kælder uden direkte kontakt til stueetagen (eksempelvis det tilfælde hvor kælder og stueplan er adskilt af en kælderdoor eller kælderlem).

Netop teknikkerne "ventilation af kælderen" og "luftrensning af kælderen" vil det også være muligt at etablere i en åben kælder, dog med en væsentlig usikkerhed omkring de mulige afværgeseffekter. De to teknikker er begge afhængige af, at der kan foretages en velkontrolleret ventilering, hvilket er vanskeligt at iværksætte, hvor kælderen er åben.

Hvis en bygning er påvirket af dels bidrag fra poreluften og dels bidrag fra sinks, reduceres valget af mulige afværgeløsninger væsentligt. Generelt gælder det her, at ensidige tiltag med ventilation af gulvkonstruktioner og lign. ikke vil være mulige afværgeløsninger. En ventilationsløsning kan dog iværksættes som et supplement til de anførte teknikker i figur 5.1.

I bilag B er vedlagt en uddybende beskrivelse af mulige afværgeteknikker under forskellige forureningsmæssige påvirkninger og byggetekniske forhold. Bilag B indeholder de samme oplysninger som figur 5.1, men er suppleret med en beskrivelse af, hvad der vil være af mulige alternativer og en kort kommentering af, hvorfor disse alligevel oftest fravælges. Generelt gælder for både figur 5.1 og bilag B, at disse skal anvendes med omtanke, og at der kan opstå situationer, hvor det vil være relevant med flere "indgange" i diagrammet, eksempelvis for bygninger hvor der både er kælder og krybekælder. Et andet eksempel kan være, hvor en bygning både er påvirket af en udeluftpåvirkning og en poreluftforurening, men hvor poreluftforureningen er den dominerende. I et sådant tilfælde kan det være relevant at anvende teknikken opført under "uden udeluftpåvirkning" på trods af udeluftpåvirkningen.

Udover ovennævnte betydende forhold som "byggeteknik" og "påvirkningstype" vil en lang række øvrige byggetekniske forhold - og i visse tilfælde også geologiske forhold - være af afgørende betydning for valg af teknik. I bilag C1 er vedlagt en checkliste, der kan anvendes i forbindelse med den indledende besigtigelse og byggetekniske gennemgang af bygningen. Den byggetekniske gennemgang gennemføres helt eller delvist som beskrevet i bilag C1 afhængig af, hvilken teknik der umiddelbart vurderes relevant at anvende i den pågældende bygning. Den beskrevne byggetekniske gennemgang kan umiddelbart virke omfattende, men er i praksis relativt hurtig at gennemføre. Det anbefales derfor alene at foretage en reduceret gennemgang i de tilfælde, hvor beslutningsgrundlaget for valg af teknik på forhånd er veldokumenteret. Det anbefales samtidig, at den der forestår den byggetekniske gennemgang både har et godt kendskab til byggetekniske forhold og endvidere indgående kendskab samt en vis erfaring i forbindelse med valg og drift af afværgeforanstaltninger. Det tilrådes endvidere, at den byggetekniske gennemgang og den efterfølgende bearbejdning (valg, "projektering" mv.) udføres af samme person eller nært samarbejdende personer. Det er således vigtigt, at besigtigelsen foretages af en, der har en god

fornemmelse for det samlede projekt og er vant til at tænke i helheder i afværgemæssig sammenhæng.

Bilag C1 indeholder endvidere en beskrivelse af, hvad man skal være opmærksom på i forbindelse med vurdering og kortlægning af specifikke forureningskilder i, under og omkring bygningen. Til vurdering af forureningsstyrken fra eventuelle sinks kan der efter behov foretages supplerende målinger ved anvendelsen af "foliemetoden". For en nærmere beskrivelse af denne henvises til (Miljøstyrelsen 2001).

Som et supplement til den byggetekniske gennemgang kan der i visse tilfælde endvidere være et behov for at foretage en mere eller mindre detaljeret vurdering af de byggetekniske forhold vedrørende bygningens tæthed (langs vægge, rørgennemføringer osv.) og dermed vurderinger omkring de mulige konvektive spredningsveje. I større bygninger med flere lejligheder vil spredningsforholdene ofte være vanskeligere at overskue, og der kan derved her eksempelvis være behov for en nærmere gennemgang. Ved en sammenligning af analyseresultater fra måling under gulv og indeklimamålinger kan der foretages en vurdering af dæmpningsfaktoren, sinkbidrag mv. Sådanne vurderinger kan ligeledes anvendes som en rettesnor for, hvornår der vil være behov for uddybende undersøgelser af spredningsvejene i bygningen. Observeres der eksempelvis en lav dæmpningsfaktor, bør beslutningsgrundlaget uddybes ved en nærmere gennemgang.

I bilag C2 er vedlagt en kortfattet beskrivelse af en række særlige opmærksomhedspunkter vedrørende vurderinger omkring bygningens tæthed. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til (Bygge- og boligstyrelsen 1993).

For en nærmere beskrivelse af de enkelte teknikker og særlige forhold for disse henvises til kapitel 6 og databladene vedlagt i bilag E.

6 Afværgekatalog

Kapitel 6 indeholder indledningsvis en skematisk oversigt over de teknikker, det vurderes relevant at anvende som tidlig indsats teknikker (jf. tabel 6.1).

Afværgeprincip	Teknik	
	Nr.	Betegnelse
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft
	2	Maling af kælder
	3	Udskiftning af kældergulve
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage
	7	Luftrensning i stueetage
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekældre (aktiv)
	9	Ventilation af krybekældre (passiv)
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)
	11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)
	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)
	14	Dræn under gulve

Tabel 6.1 Oversigt – afværgeprincipper og teknikker

Kapitel 6 indledes med en overordnet beskrivelse af hver af de enkelte teknikker - opstillet i skematisk form (forudsætninger, økonomi, effekt mv.). For hver teknik er der i skemaet henvist til en efterfølgende uddybende beskrivelse (bilag D-F).

Dernæst følger i kapitel 6.2 en kort introduktion i anvendelse af de tekniske datablade, der er vedlagt i bilag E. Hver enkelt teknik er teoretisk og teknisk beskrevet på hvert sit særskilte datablad og kan læses uafhængigt af hinanden. Udvalgte teknikker præsenteres endvidere ved eksempler, ligeledes på databladsform i bilag E.

Databladene er for nogle teknikker og eksempler, i bilag F, vedlagt supplerende materiale fra tidligere projekter. Eksempelvis kan der være vedlagt kopi af relevante tegninger fra detailprojekt (situationsplan for dræn, teknisk detalje osv.), procesdiagram, eventuelle komponentspecifikationer, produktblade mv.

I kapitel 6.3 ses en beskrivelse og en kommentering af de måle- og analysemetoder, der typisk anvendes i forbindelse med dokumentation i afværge- og driftsfasen.

Sidst i kapitel 6.4 følger en overordnet miljø- og bæredygtighedsvurdering for tidlig indsats teknikkerne. Kapitlet indeholder primært beskrivelser vedrørende negative effekter, hvor den samlede miljøprofil er præsenteret på de enkelte datablade.

6.1 Overordnet beskrivelse - nøgledata

For hver af de enkelte teknikker, der kan anvendes som en tidlig indsats, er lavet en kort overordnet beskrivelse, præsenteret på skematisk form.

Beskrivelsen indeholder følgende hovedpunkter:

- grundlæggende forudsætninger (af byggeteknisk- og geologisk art)
- robusthed
- forventede effekter
- minimumsdokumentation
- økonomi
- tidsforbrug under etablering og
- særlige opmærksomhedspunkter (under etablering og drift).

Et uddrag af beskrivelsen - omfattende hovedpunkterne robusthed, effekt, økonomi og særlige opmærksomhedspunkter - ses af nedenstående tabel 6.2, hvorimod den samlede beskrivelse er vedlagt i bilag D. Af tabellen ses det endvidere, hvorvidt de anførte forhold/vurderinger omkring effekt, priser osv. er baseret på en granskning blandt tidligere gennemførte afværgeprojekter (G), en feltafprøvning (F) eller er baseret på erfaringsmæssige og teoretiske vurderinger (V) uden specifik dokumentation.

Generelt er nøglebeskrivelsen udformet således, at den alene omtaler udvalgte emner af relevante forhold. Det er således vigtigt at anføre, at beskrivelsen derved alene er tænkt som en indledende orientering om relevante problemstillinger, tekniske forhold, økonomi osv.

Nr.	Afværgeprincip / teknik	1)	Robusthed	Effekt (%)	Økonomi ²⁾	Særlige opmærksomhedspunkter
1	Tætning af gulve Membran på kælderloft	V	Lille	10-50	20.000 (e) 0.000 (d) 5.000 (m)	Indgreb vil være synligt i kælderrum. Ukorrekt montage af membran giver en væsentlig nedsat effekt.
2	Maling af kælder	V	Lille	10-50	25-50.000 (e) 0.000 (d) 5.000 (m)	Fugt i gulve og vægge giver vedhæftningsproblemer og dermed ringe holdbarhed og nedsat effekt. Relativt store beboergener i anlægsfasen.
3	Udskiftning af kældergulve	G	Moderat	20-80	10-25.000 (e) 0.000 (d) 5.000 (m)	Stor beboergene under anlæg. Evt. spredning gennem kældervægge håndteres ikke ved indgrebet.
4	Rumventilation Ventilation af kælderetage	F	Stor	40-95	15.000 (e) 1.000 (d) 5.000 (m)	Hvis fri luftbevægelse mellem lokalene ikke opretholdes, reduceres effekten væsentligt.
5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	V	Moderat	30-60	40.000 (e) 4.000 (d) 5.000 (m)	Dyr i drift pga. stort varmetab (træk), med mindre der installeres en opvarmning af udeluften. Hvis fri luftbevægelse mellem lokalene ikke opretholdes, reduceres effekten væsentligt.
6	Luftrensning Luftrensning i kælderetage	F	Stor	80-90	35.000 (e) 10.000 (d) 7.000 (m)	Hvis fri luftbevægelse mellem lokalene ikke opretholdes, reduceres effekten væsentligt. Renseenhed kan uden tilpasning genanvendes.
7	Luftrensning i stueetage	F	Moderat	60-90	35.000 (e) 7.000 (d) 7.000 (m)	Moderate støjgener. Hvis fri luftbevægelse mellem lokaler med luftindtag ikke opretholdes, reduceres effekten væsentligt. Renseenhed kan uden tilpasning genanvendes, har også effekt ved udeluftpåvirkning.
8	Moderat ventilation af Gulvkonstruktion Ventilation af krybekældre (aktiv)	G	Stor	80-99	20-40.000 (e) 3.000 (d) 5.000 (m)	Forkert placering af afkast giver risiko for indsugning af forurenede luft i bygningen Ventilationsanlæg kan genanvendes
9	Ventilation af krybekældre (passiv)	V	Moderat	40-95	20-40.000 (e) 0 (d) 10.000 (m)	Effekt afhænger af vind- og temperaturforhold. Ukorrekt placering af vindhætte giver nedsat effekt
10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)	G	Moderat	80-99	60.000 (e) 0 (d) 10.000 (m)	Effekt afhænger af vind- og temperaturforhold. Ukorrekt placering af vindhætte giver nedsat effekt
11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	G	Stor	80-99	60.000 (e) 2.000 (d) 5.000 (m)	Ukorrekt ventilering kan give fugt eller råd i gulvkonstruktionen.
12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)	G	Moderat	70-99	50.000 (e) 2.000 (d) 5.000 (m)	Ukorrekt ventilering kan give fugt eller råd i gulvkonstruktionen. Manglende luftindtag kan give nedsat effekt
13	Kraftig terrænnær ventilation Ekstraktionsboringer (lodrette)	G	Stor	70-80	150.000 (e) 7.000 (d) 5.000 (m)	Anlæg kan anvendes i flere projekter samtidig og efterfølgende
14	Dræn under gulve	G	Stor	80-99	170.000 (e) 10.000 (d) 5.000 (m)	Ukorrekt ventilering kan give fugt eller råd i gulvkonstruktionen. Anlæg kan genanvendes

1): G(granskning), F (feltafprøvning), V (vurdering).

2): Økonomi: (e): Etablering, (d): drift, (m): monitoring.

Tabel 6.2 Overordnet beskrivelse - nøgledata (uddrag af bilag D)

Beskrivelsen indeholder indledningsvis en beskrivelse af, hvilke grundlæggende forudsætninger der skal være opfyldt for at kunne gennemføre den enkelte teknik (ses af bilag D). Eksempelvis er det en grundlæggende forudsætning, at der ikke er problemer med indtrængning af grundvand/jordfugt i vægge og gulve, når der ønskes foretaget maling af kældergulve og -vægge.

For hver enkelt teknik er der endvidere foretaget en vurdering af teknikens robusthed. Der sonderes imellem ”stor”, ”moderat” og ”mindre” robusthed. En ”mindre robusthed” antyder, at der for den pågældende teknik vil være en del særlige forudsætninger, der skal være opfyldt for at opnå en god effekt. Omvendt betyder ”stor robusthed” at kun et relativt mindre antal særlige forudsætninger skal være opfyldt, for at projektet vil kunne gennemføres med succes. Denne type projekter er ligeledes behæftet med mindre uforudsigelighed.

Erfaringstal for opnåede effekter er ligeledes anført i den overordnede beskrivelse.

Den samlede beskrivelse i bilag D indeholder endvidere oplysninger om hvilken målemetode, der for den enkelte teknik typisk anvendes som dokumentation under drift samt med hvilken hyppighed denne udføres det første driftsår. Det samlede antal målinger omfatter alt fra målinger før opstart (1 runde), indkøring (typisk 2 runder) og målinger under drift (typisk ingen eller evt. 1 runde).

For hver teknik er anført en række økonomiske nøgletal for omkostninger til henholdsvis etablering og drifts- og monitorering i det første driftsår. Udgifterne til monitorering vil for de eventuelle efterfølgende driftsår typisk kunne reduceres væsentligt. De samlede udgifter er specificeret for tiltag etableret i en almindelig bolig standardstørrelse ca. 100-120 m² (ét plans hus) og 40-70 m² (2-3 plan). Det bør bemærkes, at for afværgeprincipperne ”luftrensning” og ”kraftig terrænnær ventilation” er indeholdt relativt store udgifter til indkøb af ”udstyr” (luftrenseenhed og mobilt ekstraktionsanlæg). Hovedparten af disse udgifter kan imidlertid afskrives over flere lokaliteter, da ”udstyret” nemt og uden tilpasning senere kan genanvendes på andre lokaliteter. Endvidere skal det bemærkes, at teknikker hvor afværgeprincippet ”rumventilation” anvendes vil give anledning til et ekstra varmetab. Denne udgift er ikke indeholdt i tabellen og bilaget, men er nærmere omtalt i de enkelte datablade. I bilag D ses endvidere et overslag over det forventede tidsforbrug til etablering.

Afslutningsvis er anført hvilke særlige forhold, der gør sig gældende for den enkelte teknik (”særlige opmærksomhedspunkter”). Eksempelvis skal man være opmærksom på, at opstilling af luftrensere direkte i de beboede lokaler kan give væsentlige støjgener eller eksempelvis, at effekten af en passiv ventilation i det kapillarbrydende lag varierer markant, afhængig af hvor meget det blæser, osv. I bilag D er alene anført et udvalg af de emner, for hvilke der skal udvises særlig opmærksomhed, hvorimod der på hvert enkelte datablad er opført samtlige relevante opmærksomhedspunkter.

6.2 Datablade

De enkelte teknikker listet i tabel 6.1 er beskrevet på særskilte tekniske datablade (vedlagt i bilag E), og kan læses uafhængigt af de øvrige datablade.

Hvis der er dokumentation for afprøvning af teknikken, er der supplerende præsenteret et eller to eksempler. Databladene er overordnet nummereret fra DB1 til DB15, og således at eventuelle eksempler/cases er nummereret med en efterfølgende undernummerering (DB1.1 osv.). I nedenstående tabel 6.3 ses en samlet skematisk præsentation, hvor teknikkerne er grupperet efter afværgeprincip.

Afværgeprincip	Teknik		Data- grund- lag ¹⁾	Datablad (teknik)	Datablad (case)	Projekttitle ²⁾
	Nr.	Betegnelse				
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft	V	DB 1	Ingen	
	2	Maling af kælder	V	DB 2	Ingen	
	3	Udskiftning af kældergulve	G	DB 3	DB 3.1	Gåskærgade 23 SA
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	F	DB 5	DB 5.1	Lindevej 29 FA
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	V	DB 6	Ingen	
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	F	DB 7	DB 7.1 DB 7.2	Grønnegade 39 FA Lykkeshåbs Allé FA
		Luftrensning i stueetage	V	DB 8	DB 8.1	Lykkeshåbs Allé FA
Moderat ventilation af Gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekældre (aktiv)	G	DB 9	DB 9.1 DB 9.2	Margårdsvej 26 FA Nørregade 88 RA
		Ventilation af krybekældre (passiv)	V	DB 10	Ingen	
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)	G	DB 11	DB 11.1 DB 11.2	Ridepladsen 3 SA Vestergade 62 SA
		11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	G	DB 12	DB 12.1
	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)	G	DB 13	DB 13.1	Hus nr. 4185 FR
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	G	DB 14	DB 14.1	Engvej 9-24 VA
	14	Dræn under gulve	G	DB 15	DB 15.1	Tværvej 3 FA

1): G(granskning), F (feltafprøvning), V (vurdering).
 FA Fyns Amt, SA Sønderjyllands RA Ribe Amt, VA Viborg Amt, FR Forskningscenter Risø
 DB-11 er henvisning til relevant datablad, her teknisk beskrivelse af teknik nr. 11
 DB-11.1 er henvisning til relevant datablad, her en case vedrørende teknik nr. 11

Tabel 6.3 Oversigt – datablade

Af tabellen ses det endvidere, hvorvidt de enkelte datablade er udarbejdet på baggrund en granskning blandt tidligere gennemførte afværgeprojekter (G), en feltafprøvning (F) eller er baseret på erfaringsmæssige og teoretiske vurderinger (V) uden specifik dokumentation.

Både de tekniske datablade og de eventuelle cases er opdelt i 9 punkter og er struktureret ens for alle de beskrevne teknikker.

De tekniske datablade er opdelt i følgende punkter:

- Funktion (teori, princippet og overordnede retningslinier)
- Anlæg (anlægstekniske specifikationer)
- Effekt (teori og erfaringstal)
- Miljøprofil (negative og positive effekter)
- Etablering (specifikationer vedrørende etablering)
- Drift (indkøring, justering, vedligeholdelse mv.)
- Monitoring (målemetoder og prøvetagningsfrekvenser)
- Økonomi (etablering, drift og monitoring)
- Særlige opmærksomhedspunkter.

Eventuelle cases er opdelt i følgende punkter:

- Forureningsscenario (niveauer mv.)
- Formål
- Bygning (byggetekniske detaljer)
- Afværge (anlægstekniske specifikationer)
- Dokumentation (målemetoder)
- Effekt
- Tilsyn og monitoring (detaljer)
- Tid (administration, anlæg og drift)
- Økonomi (etablering, drift og monitoring).

Endvidere er der på begge databladstyper foretaget en sammenfattende vurdering af teknikken.

På databladene henvises nederst til relevante bilag, der er vedlagt i bilag F (detailmateriale). Bilagene er opdelt teknikvis, og er for hver teknik vedlagt nogenlunde ensartet materiale (fotos, tegningsmateriale, evt. udbudsmateriale, evt. produktbeskrivelse mv.). De vedlagte fotos viser f.eks., hvilken type bygning tiltaget er anvendt i (ældre bygning, nyere parcelhus osv.). Det vedlagte tegningsmateriale er f.eks. en detaljeret situationsplan til illustration af, hvad der kan være behov for i udbudsfasen), et procesdiagram for ekstraktionsanlægget, en detailtegning af et prøvetagningssted osv. Det vedlagte tegningsmateriale indebærer i visse tilfælde supplerende oplysninger om de enkelte eksempler. Materialet er dog primært tiltænkt i forbindelse med "kommende udbud" og indeholder eksempler på tidligere anvendte detaljeringsgrader af f.eks. tegningsmaterialet. Endvidere indeholder materialet tekniske detaljer også af relevans for "kommende udbud". Produktblade præsenterer typisk detaljer vedrørende valgte ventilatorer, vakuumpumper, vindhætter, membraner mv. Dette bilag indeholder derved vigtige oplysninger i forbindelse med f.eks. "projektering" og etablering. Eksempelvis i forbindelse med etablering af en ventilation i en kælder er det relevant at kende specifikationerne (ventilationskapacitet, strømforbrug, størrelse, støjniveau mv.) fra tidligere anvendte ventilatorer. Ofte kan samme type anvendes i andre projekter, hvorved projekteringen på dette punkt kan begrænses til "et genvalg" af samme komponenttype. I etableringsfasen er det ligeledes af betydning at kende de nøjagtige mål, f.eks. på en ventilator, der skal monteres i en kældervæg eller et kældervindue. Endvidere er det nødvendigt at kende detaljer vedrørende strømforsyning osv. De vedlagte produktspecifikationer (produktblade) er medtaget som eksempler på materialer/produkter, der kan anvendes i forbindelse med etablering af den enkelte afværgeløsning. Det skal dog bemærkes, at der i de fleste tilfælde

findes andre alternative produkter på markedet, der opfylder de samme kravspecifikationer (ydelse, tilbageholdelsesevne osv.).

Alle priser anført på databladene er ekskl. moms, prisniveau 2002. Monitorering indeholder udgifter til analyser.

De enkelte datablade ses af bilag E og er indsat i den rækkefølge, de er anført i, se tabel 6.3.

6.3 Dokumentation (drift)

6.3.1 Formål

Overordnet set har monitorering i driftsfasen til formål at belyse, om der opnås den ønskede effekt ved det iværksatte tiltag. Endvidere har monitoreringen til formål at tydeliggøre, om afværgen teknisk set fungerer efter hensigten.

Det er dog vigtigt, som for undersøgelsesfasen, at delformål med monitoreringen formuleres klart og entydigt.

Generelt vil det være kendetegnende for den tidlige indsats, at der alene gennemføres en sparsom overvågning og monitorering. Et overdimensioneret monitoringsprogram vil hurtigt få stor økonomisk vægt i det samlede regnskab og kan derved nemt forvrænge billedet således, at foranstaltningen ikke længere, som ønsket, er omkostningslav.

Omvendt er det påkrævet nøje at overveje, hvad der som minimum skal til for at dokumentere, at tiltaget har den ønskede effekt. Monitoringsprogrammet sammensættes ofte med en mere "intens" overvågning - eksempelvis det første halve til hele år, hvorefter der foretages en minimal overvågning, planlagt således, at der kan foretages udvidelser i flere tempi afhængig af "driftssignalet" fra de igangværende aktiviteter.

Hvis eksempelvis resultater fra en prøvetagning på afkastet fra en passiv ventilation pludselig ændrer karakter (stigende indhold/faldende indhold), kan der i første omgang suppleres med en flowmåling i afkastrøret for at dokumentere, at der fortsat er det ønskede flow og dermed den ønskede luftudskiftning under gulvet. Hvis forholdene her er stabile, kan det stigende indhold være et udtryk for, at indholdet under gulvet af ukendte årsager er forhøjet i forhold til indkøringsperioden, hvilket for eksempel kan skyldes grundvandsspejlets variationer og dermed ændrede forhold for frigivelse af forureningskomponenterne til gasfasen. Teknikken vurderes derved at fungere som forventet. Monitoreringen udvides efterfølgende til at omfatte indeklimamålinger for at undersøge, om den igangværende foranstaltning har en tilstrækkelig afværgende effekt under de ændrede forureningsforhold.

Af bilag G ses for hver af de enkelte teknikker et eksempel på, hvordan drifts- og monitoringsprogrammet typisk vil se ud. Beskrivelsen er præsenteret skematisk og opdelt således, at først beskrives de aktiviteter, der typisk vil indgå i indkøringsfasen (første halve til hele år) og dernæst de typiske aktiviteter for den efterfølgende periode. For hver periode beskrives aktiviteter, delformål og monitoringsfrekvens.

Generelt forudsættes det for alle teknikker, at der foreligger dokumenterende målinger før opstart, der kan anvendes som en del af vurderingsgrundlaget i driftsfasen (referenceværdier).

Generelt gælder endvidere, at der i indkøringsfasen dels foretages en kontrol af, om tiltaget har den ønskede effekt, hvorved forureningsniveauet nedbringes til et tåleligt niveau og dels som en kontrol af den tekniske funktion. Det skal bemærkes, at det ikke altid er et mål i sig selv for den tidlige indsats at opnå et niveau under det gældende acceptkriterium, da disse projekter ofte iværksættes for at "tage toppen", mens undersøgelses- og projekteringsarbejdet færdiggøres for et endeligt og mere omfattende indgreb.

Af nedenstående tabel 6.4 ses ved eksemplet "luftrensning i kælderetage" et uddrag af de beskrevne aktiviteter i bilag G.

Teknik		Tiltag (indkøring af anlæg)		
Nr.	betegnelse	Aktivitet	Formål	Frekvens (indkøring)
6	Luftrensning i kælderetage	Indeklimamåling i kælder og ovenliggende beboelse.	Kontrol af effekt ved luftrensning	Efter opstart (2 gange)
		Udeluftmåling ¹⁾	Kontrol af bidrag fra udeluft	.
		Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af "kilde".	.
		Registrering af ventilatorydelse	Teknisk kontrol af påkrævet luftskifte og kontrolberegning af kapacitet i filter	.
			Kulskifte	Ca. Årligt

Teknik		Tiltag (efterfølgende drift)	
Nr.	betegnelse	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)
6	Luftrensning i kælderetage	Indeklimamåling (stue)	Årligt
		Byggeteknisk gennemgang til kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	
		Kulskifte	Ca. Årligt

1) Måling kan evt. undlades og kun medtages senere, hvis der viser sig at være behov for understøttende målinger

Tabel 6.4 Tilsyns- og monitoringsstrategi - luftrensning

Da tilsyns- og monitoringsaktiviteter, udover indkøringsperioden, har et meget begrænset omfang (typisk ét årligt tilsyn) kan det være en stor fordel, i det omfang det er muligt, at grundejere og/eller brugere, i et vist omfang, er aktive deltagere i den efterfølgende proces. For at skabe et seriøst grundlag for dette, er det en forudsætning, at ejere/brugere af de enkelte ejendomme forinden er velorienterede og i et vist omfang har været inddraget i den forudgående periode/proces. Derved kan der skabes grundlag for at ejere/brugere får en interesse for projektet og føler ansvarlighed for at orientere, hvis der foretages væsentlige ændringer i ejendommens brugsmønster, byggetekniske ændringer og/eller, hvis der observeres driftsstop af f.eks. vindhætte/ventilator eller lign.

6.3.2 Konceptuel model

Som for undersøgelsesfasen er det vigtigt nøje at tilrettelægge den monitoring, der skal udføres i driftssituationen.

Den konceptuelle model fra undersøgelsesfasen bør overvejes videreført og tilpasses til driftsfasen. For projekter anvendt som led i en tidlig indsats, og dermed ofte som simple midlertidige tiltag, vil den konceptuelle model ofte være simpel og kan eventuelt undlades. Det skal dog bemærkes, at enkelte af de tiltag, der kan anvendes i en tidlig indsats, faktisk har en oprensende effekt, hvorved forureningsbilledet over tid ændres.

6.3.3 Metoder - anvendelighed og sårbarhed

Som nævnt i kapitel 4.4 er det vigtigt, at såvel undersøgelses- som monitoringsresultater under drift fremstår som troværdige og robuste resultater.

Feltundersøgelser af forureninger med flygtige chlorerede opløsningsmidler kan være forbundet med væsentlige metodiske usikkerheder. Stoffernes særegne karakteristika vanskeliggør udtagning af repræsentativt prøvemateriale og stiller en række særlige krav til prøveudtagningsproceduren, prøveopbevaring og efterfølgende håndtering under analysearbejde. Endvidere kan selve *prøvetagningstidspunktet* spille en meget væsentlig rolle.

For en nærmere beskrivelse af relevante problemstillinger mv. henvises til kapitel 4.4.2.

I bilag H ses en samlet oversigt over de i bilag G nævnte monitoringsaktiviteter. For hver monitoringsaktivitet følger en kortfattet metodebeskrivelse omfattende oplysninger som: generel information om metoden (eksempelvis hvor monteres sorptionsmaterialet), sorbentspecifikationer, analysemetoder, detektionsgrænser, eventuel udstyrsspecifikation mv. For hver metode er endvidere tilknyttet relevante kommentarer, der omhandler metodens anvendelighed, sårbarhed, reproducerbarhed og øvrige forhold.

Der vil i hvert enkelt tilfælde være flere verifikationsmuligheder for bekræftelse af de påviste indhold ved indeklimamåling, traditionel poreluftmåling under gulv, passiv opsamling i afkastluft fra ventilationsdræn osv., og det er vigtigt i tvivlstilfælde, eller når der planlægges radikale ændringer, at foretage en granskning af, hvorvidt en verifikation ved inddragelse af alternative metoder er relevant.

På de enkelte datablade i bilag E ses både for den generelle beskrivelse og de eventuelle eksempler en uddybende beskrivelse af de specifikke tilsyns- og monitoringsaktiviteter.

6.4 Miljøvurdering

6.4.1 Generelt

I forbindelse med udarbejdelsen af afværgekataloget er der foretaget overordnede miljøvurderinger for afværgeløsningerne.

Ved en overordnet miljøvurdering indgår vurderinger af de belastninger og gevinster, som gennemførelsen af et afværgeprojekt medfører. I valg af afværgemetode og stopkriterium bør der overordnet set være en proportionalitet mellem miljøbelastningerne og den forventede miljøgevinst.

Miljøbelastningerne omfatter påvirkninger fra anlægsaktiviteter og materialeforbrug, der indgår i henholdsvis etablerings-, drift- og demonteringsfasen. Påvirkningerne herfra kan umiddelbart beskrives kvalitativt som et forbrug af energi- og materialeråstoffer, emissioner til luft og vand samt påvirkninger af arbejdsmiljø og naboer.

Såfremt der ønskes en højere dateringsgrad (detaljeret miljøvurdering), kan der foretages en viderebearbejdning, hvor kvantificerbare belastninger inddateres i et LCA værktøj (Livscyklus analyse værktøj som f.eks. Life 2000), (Banestyrelsen 2000). I dette projekt er dog alene foretaget en overordnet miljøvurdering, da belastningerne fra starten er vurderet som værende relativt små. Omfanget af miljøvurderingen vil naturligvis altid skulle tilpasses de iværksatte specifikke tiltag.

Under de enkelte datablade i bilag E ses en samlet miljøprofil, hvor såvel kvantitative som kvalitative miljøbelastninger er medtaget. I miljøprofilen er medtaget udvalgte parametre, repræsenterende de relativt største miljøbelastninger. Hvorvidt de også i det enkelte tilfælde er de væsentligste, skal vurderes fra sag til sag, f.eks. i lyset af lokalitetens/områdets følsomhed overfor emission fra f.eks. støj og forurenede afkastluft.

6.4.2 Belastninger

For at give et indtryk af ensartetheden af miljøpåvirkningerne for afværgeteknikkerne er nedenfor skitseret eksempler på den totale kvantitative miljøbelastning fra de to teknikker, der vurderes at have henholdsvis den største og mindste samlede negative miljøeffekt.

Kraftig terrænnær ventilation af dræn under gulve - aktiv (DB14)

Ved denne løsning er det væsentligste forbrug i etableringsfasen forbrug af diesel til maskiner og transport. Endvidere er der et forbrug af stål til bl.a. pumper, reguleringsventiler og flowmålere. I driftsfasen forbruges elektricitet til drift af vakuumpumpen, mens der i forbindelse med luftrensningen forbruges aktivt kul.

Ovennævnte forbrug bidrager alle til udledninger af bl.a. forbrændingsgasser fra elproduktion og transport (NO_x, CO₂ og CO) samt til en støjpåvirkning af beboelsen. De afledte miljøeffekter af afværgeløsningen er bl.a. forbrug af stenkul og bidrag til drivhuseffekten fra elproduktionen samt forbrug af nikkel fra produktionen af rustfrie stålrør.

Ventilation af det kapillarbrydende lag - passiv (DB10)

Ved denne løsning anvendes til sammenligning udelukkende vindenergi i driftsfasen og stort set ingen stål og kul. De kvantitative miljøbelastninger er

her således væsentligt mindre end ved aktiv ventilation. En skematisk præsentation af den overordnede miljøvurdering (belastninger) for de to teknikker ses i bilag I1 og I2.

Generelt indebærer de beskrevne afværgeforanstaltninger kun et mindre materialeforbrug og en begrænset anlægsteknisk aktivitet, hvorfor de affødte belastninger i reglen er relativt begrænsede. Afværgeforanstaltninger, der indebærer en aktiv drift af anlæg eller tilknyttede aktiviteter, eksempelvis ved drift af ventilator eller omfattende kørselsaktivitet til tilsyn, vil i reglen give anledning til de relativt største miljøpåvirkninger som følge af energiforbruget.

Den samlede belastning må dog generelt siges at indebære en begrænset negativ effekt på miljøet set i et større perspektiv.

6.4.3 Gevinster

De miljømæssige gevinster ved de beskrevne teknikker er meget sammenlignelige. For alle teknikker forbedres indeklimaet ved reduktion af forureningspåvirkninger. Der er dog forskel på, dels hvor stor effekt de enkelte tiltag på forhånd vurderes at have, og dels hvilken sikkerhed for god effekt, der er forbundet med de enkelte løsninger. Nogle teknikker forbedrer endvidere det generelle indeklima (bedre luftskifte), og ved andre igen foretages endvidere en lokal oprensning således, at foranstaltningen ikke er varig. Belastningerne i driftsfasen er dermed heller ikke varige, hvilket ligeledes betragtes som en positiv effekt.

Afværgeteknikkerne vurderes samlet set alle at være miljømæssigt hensigtsmæssige, når både kvantitative og kvalitative, henholdsvis negative og positive miljøeffekter sammenlignes. Mål og kriterier vurderes således at kunne opfyldes med begrænsede økonomiske midler, uden et væsentligt forbrug af mineraler og brændstof og med relativt små emissioner til luft og vand. Endelig indebærer teknikkerne alle en begrænset påvirkning af beboernes sociale og psykiske miljø.

7 Referencer

(Amternes Videncenter for Jordforurening 2001) Håndbog for undersøgelser af chlorerede stoffer i jord og grundvand, Teknik og administration.

(Amternes Videncenter for Jordforurening 2002a) Indeklimapåvirkning fra forurenede grunde – modelberegninger og indeklimamålinger.

(ATV Jord og grundvand 2000) Miljørigtig oprensning af forurenede grunde.

(ATV Jord og grundvand 2001) Afværgetiltag – den bedste løsning for både grundejere, samfund og miljø?

(ATV vintermøde om jord- og grundvandsforurening 2002) Risikovurdering af indeklima som følge af jord- og grundvandsforurening. Eliminering af uønskede bidrag.

(Banestyrelsen Rådgivning 2000) Miljørigtig projektering af forurenede jord og grundvand. Metodebeskrivelse. HOH Vand og Miljø A/S, NIRAS. Februar 2000.

(Bolig- og Byministeriet 1998) Bygningsreglement for småhuse.

(By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut 2002) Ventilationsmålinger med passiv sporgasteknik på Fyn.

(Bygge- og Boligstyrelsen 1993) Vejledning. Undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner.

(Bygge- og Boligstyrelsen 1994) Vejledning. Måling af stoffer i indeluften for forurening i jorden.

(Forskningscenter Risø 1997) Radon-95. En undersøgelse af metoder til reduktion af radonkoncentrationer i danske enfamiliehuse.

(Fyns Amt, 2002a) Notat. Tidlig indsats, Afværge af moderate indeklimapåvirkninger med chlorerede opløsningsmidler, 19. februar 2002.

(Fyns Amt, 2002b) Notat. Tidlig indsats, Afværge af moderate indeklimapåvirkninger med chlorerede opløsningsmidler, 19. marts 2002.)- undervejs

(Miljøstyrelsen 1990) Vejledning fra Miljøstyrelsen. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, nr. 6 1990.

(Miljøstyrelsen 1995a) Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 12 1995, Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og grundvand.

(Miljøstyrelsen 1995b) Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 18, 1995, Feltmetoder til jordforurening.

- (Miljøstyrelsen 1996) Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 15 1996, B-værdier.
- (Miljøstyrelsen 1998a) Vejledning fra Miljøstyrelsen. Oprydning på forurenede lokaliteter – hovedbind og appendiks, nr. 6 og 7 1998.
- (Miljøstyrelsen 2001a) Miljøprojekt nr. 646 2001. Måling af indtrængning af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluft: Foliemetoden, Del 1 og 2.
- (Miljøstyrelsen 2001b) Miljøprojekt nr. 651 2001. Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger.
- (Miljøstyrelsen 2002a) Projekt for bedre information på boliggrunde med indeklimapåvirkninger fra chlorerede opløsningsmidler.
- (Miljøstyrelsen 2002a) Udkast til Bekendtgørelse om etablering og drift af tekstilrensere. April 2002.
- (Statens Byggeforskningsinstitut 1992) Passiv sporgasmetode til ventilationsundersøgelser. Beskrivelse og analyse af PFT-metoden.
- (Statens Institut for Strålehygiejne 1987) Radon – boliger – strålingsdosis - lungekræftisiko. Sundhedsrisiko.
- (Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne 2001) Radon i danske boliger. Kortlægning af lands- amts- og kommuneværdier. Januar 2001
- (Sundhedsstyrelsen, Risø 2001) Radon i danske boliger. Kortlægning af lands-, amts- og kommuneværdier.
- (United States Environmental Protection Agency 1988) Radon reduction technical Guidance, second edition.
- (United States Environmental Protection Agency, Indoor Air-Radon 1997) Radon and Natural Ventilation in Newer Danish single-Family Houses.

Afværgekatalog - tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning

Bilag A-K

Bilagsoversigt

Bilag A:	Spredningsveje – chlorerede opløsningsmidler	67
Bilag B:	Byggetekniske forudsætninger	71
Bilag C:	Checklister	73
Bilag D:	Nøglebeskrivelse	87
Bilag E:	Datablade (for de enkelte teknikker og cases)	89
	DB 1: Membran på kælderloft	91
	DB 2: Maling af kælder	95
	DB 3: Udskiftning af kældergulve <i>DB 3.1 (case)</i>	98
	DB 4: Ventilation af kælderetage <i>DB 4.1 (case)</i>	103
	DB 5: Ventilation af stueetage (uden kælder)	108
	DB 6: Luftrensning i kælderetage <i>DB 6.1^F (case)</i> <i>DB 6.2^F (case)</i>	111
	DB 7: Luftrensning i stueetage <i>DB 7.1^F (case)</i>	118
	DB 8: Ventilation af krybekælder (aktiv) <i>DB 8.1^F (case)</i> <i>DB 8.2^F (case)</i>	123
	DB 9: Ventilation af krybekælder (passiv)	130
	DB10: Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv, med luftindtag) <i>DB 10.1 (case)</i> <i>DB 10.2 (case)</i>	133
	DB11: Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, med luftindtag) <i>DB 11.1 (case)</i>	139
	DB12: Ventilation af kapillarbrydende lag (aktivt, uden luftindtag) <i>DB 12.1 (case)</i>	144
	DB13: Ekstraktionsboringer (lodrette) <i>DB 13.1 (case)x</i>	149
	DB14: Dræn under gulve <i>DB14.1 (case)</i>	155
Bilag F:	Detailmateriale (for de enkelte teknikker og cases)	161
Bilag G:	Tilsyns- og monitoringsstrategi – eksempler	275
Bilag H:	Monitering – aktivitet og metodevalg	281
Bilag I:	Væsentligste miljøbelastninger	285
Bilag J:	Poreluftmåling under gulv – passiv opsamling	291
Bilag K:	Luftskiftemålinger	295

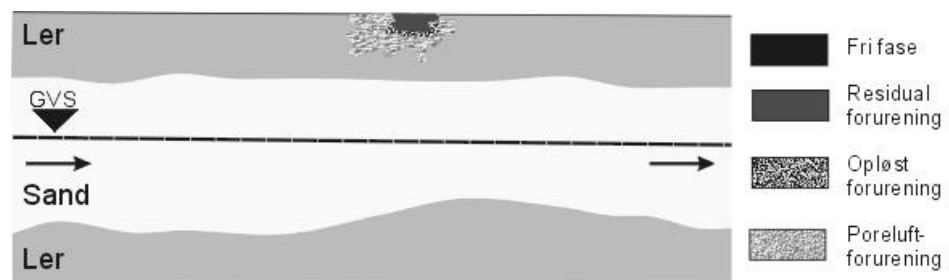
Bilag A:

Spredningsveje – chlorerede opløsningsmidler

Spredningsveje – chlorerede opløsningsmidler

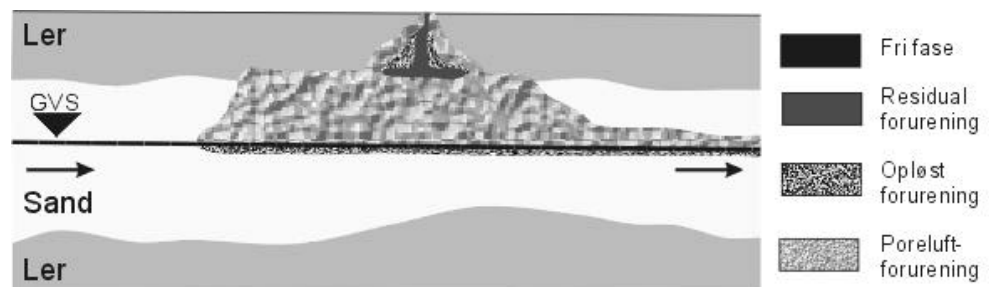
I nedenstående beskrivelse ses en detaljeret beskrivelse af de mulige spredningsveje. Beskrivelsen omfatter 4 typiske forureningssituationer for forskellige jordlagsforhold og forureningsomfang – fra mindre spild til meget store spild.

De enkelte eksempler er illustreret ved spild med PCE, da dette ofte er den mest betydende forureningskomponent. Spredningsmønstret gælder i endvidere for de øvrige gængse chlorerede opløsningsmidler, herunder eksempelvis TCE, dichlormethan osv.



Figur 3.1 Konceptuel model. Meget begrænset spild.

I figur 3.1 er situationen med en meget begrænset mængde fri fase eller en mindre mængde opløst PCE spildt ved terræn skitseret. En del af forureningen er fordampet til atmosfæren, og en del er trængt ned i de terrænnære jordlag (i dette tilfælde ler) gennem ormegange, rodhuller mv. Fra disse direkte spredningsveje er forureningen trængt ud i leren ved diffusion eller ved opløsning af fri fase samt blanding af opløst forurening i jordens porevand. Eventuel oprindelig fri fase er diffunderet ud i leren og optræder nu som residual jordforurening. Fordampning af PCE fra den residuale jordforurening samt fra opløst forurening i porevandet danner en poreluftforurening i den omkringliggende jordluft. Som følge af den lave pneumatisk ledningsevne i leren er udbredelsen heraf meget begrænset. Forureningen vil med tiden overføres til atmosfæren ved afdampning eller udvaskes til dybereliggende jordlag med infiltrerende regnvand.



Figur 3.2 Konceptuel model. Moderat spild.

I figur 3.2 er situationen med en moderat mængde fri fase eller opløst PCE spildt ved terræn, skitseret. Den væsentligste del af forureningen er trængt ned i den umættede zone gennem ormegange, rodhuller, sprækker eller sandede partier i

leren mv. På figuren har forureningen nået underkanten af lerlaget og den videre nedtrængning af fri eller opløst forurening er begrænset af, at de kapillære kræfter, der fastholder væsken i porerne, er større i leret end i det underliggende sand, som har større porer. Spildet har ikke været tilstrækkeligt til at opbygge en væskesøjle i leret af en tilstrækkelig størrelse til at denne kapillære modstand har kunnet overvindes. Den væskeformige forurening er derimod udbredt langs undersiden af leret.

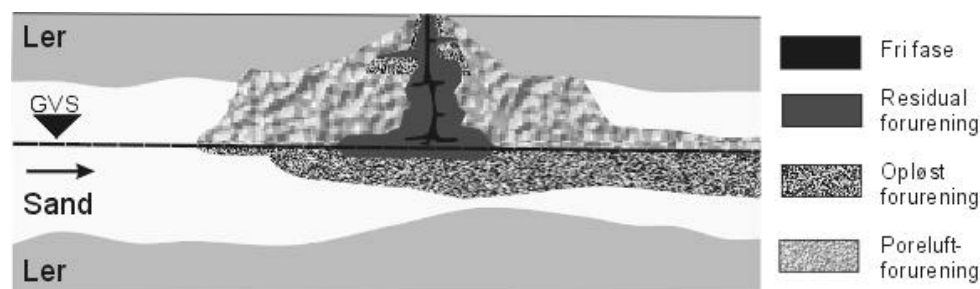
Som beskrevet under figur 3.1 er forureningen fra de direkte nedsivningsveje spredt diffusivt ind i leret således, at der ikke længere optræder fri fase i jordlagene. Fra residual og opløst forurening udbredes en poreluftforurening dels i leret og dels i det underliggende sandlag.

I sandlaget opnår poreluftforureningen en relativ stor udbredelse som følge af dette lags store porer og lave residuale vandindhold, hvilket giver en høj ledningsevne for luft.

Fra poreluftforureningen i det umættede sand opløses gasformige forureningskomponenter i kapillarzonen (toppen af grundvandszonen).

Ved ligevægt er denne fasefordeling beskrevet ved Henrys konstant for forureningskomponenten. Denne opløsning medfører, at der dannes en grundvandsforurening, som udbredes fra kildeområdet med den naturlige strømning i magasinet.

Fra grundvandsfanen kan der igen ske en afdampning af forureningskomponenter til poreluften i den umættede zone. Med tiden vil forureningen i leret således afdampe til poreluft og spredes fra lokaliteten på gasform eller som opløst forurening. Den egentlige og vedvarende kilde til forureningen er lokaliseret i leret. Tidshorizonten for fordampning og udvaskning af forureningen vil være adskillige årtier.

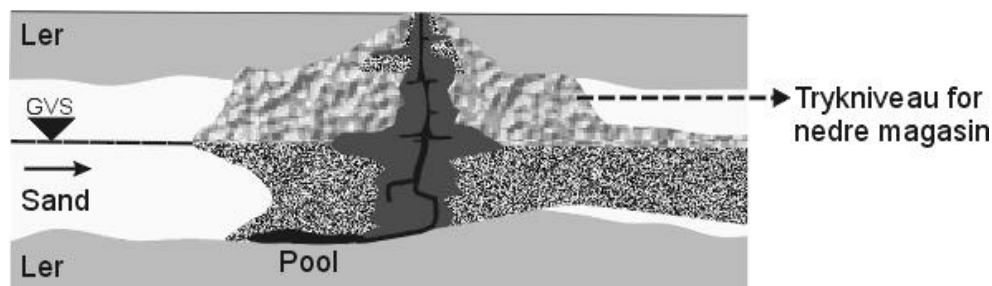


Figur 3.3 Konceptuel model. Mellem stort spild.

Figur 3.3 illustrerer forureningssituationen, hvor der er sket spild ved terrænet med en betydelig mængde fri fase PCE (flere liter eller mere). På figuren er forureningen trængt ned i den umættede ler, har gennembrudt den kapillære barriere mellem leret og det underliggende sand og er fortsat ned i sandet. Forureningen har truffet toppen af grundvandszonen (kapillarzonen). I denne zone er vandet fastholdt i porerne af kapillære kræfter, og vandets polaritet medfører, at der kræves et vist tryk for at fortrænge vandet fra porerne. I tilfældet her har mængden af den spildte forurening ikke været stor nok til, at der har kunnet opbygges en tilstrækkelig væskesøjle af fri fase til at fortrænge vandet fra porerne, og den vertikale spredning af forureningen er standset. Til gengæld er der sket en horisontal udbredelse af fri fase i toppen af kapillarzonen. Mængden af spildt fri fase er dog tilstrækkelig til, at der trods diffusion, opløsning og fordampning stadig er fri fase i jordmiljøet, selv mange år efter spildet.

Spredningsmekanismerne for opløst og gasformig forurening er i øvrigt som beskrevet for figur 3.2.

I figur 3.3 er den væsentligste del af forureningskilden lokaliseret i leret samt i toppen af grundvandszonen. Tidshorisonten for fordampning og udvaskning af forureningen vil være adskillige årtier eller århundreder.



Figur 3.4 Konceptuel model. Stort spild.

Forureningsituationen i figur 3.4 svarer til figur 3.3 bortset fra, at spildet af PCE i dette scenarium har været tilstrækkeligt til at overvinde de kapillære kræfter, som fastholder porevandet i toppen af grundvandszonen, og således har kunnet spredes til stor dybde i det øvre magasin. Forureningsudbredelsen er bremset i bundet af magasinet af et lavpermeabelt lerlag (kapillær barriere) og der er dannet en såkaldt pool af fri fase.

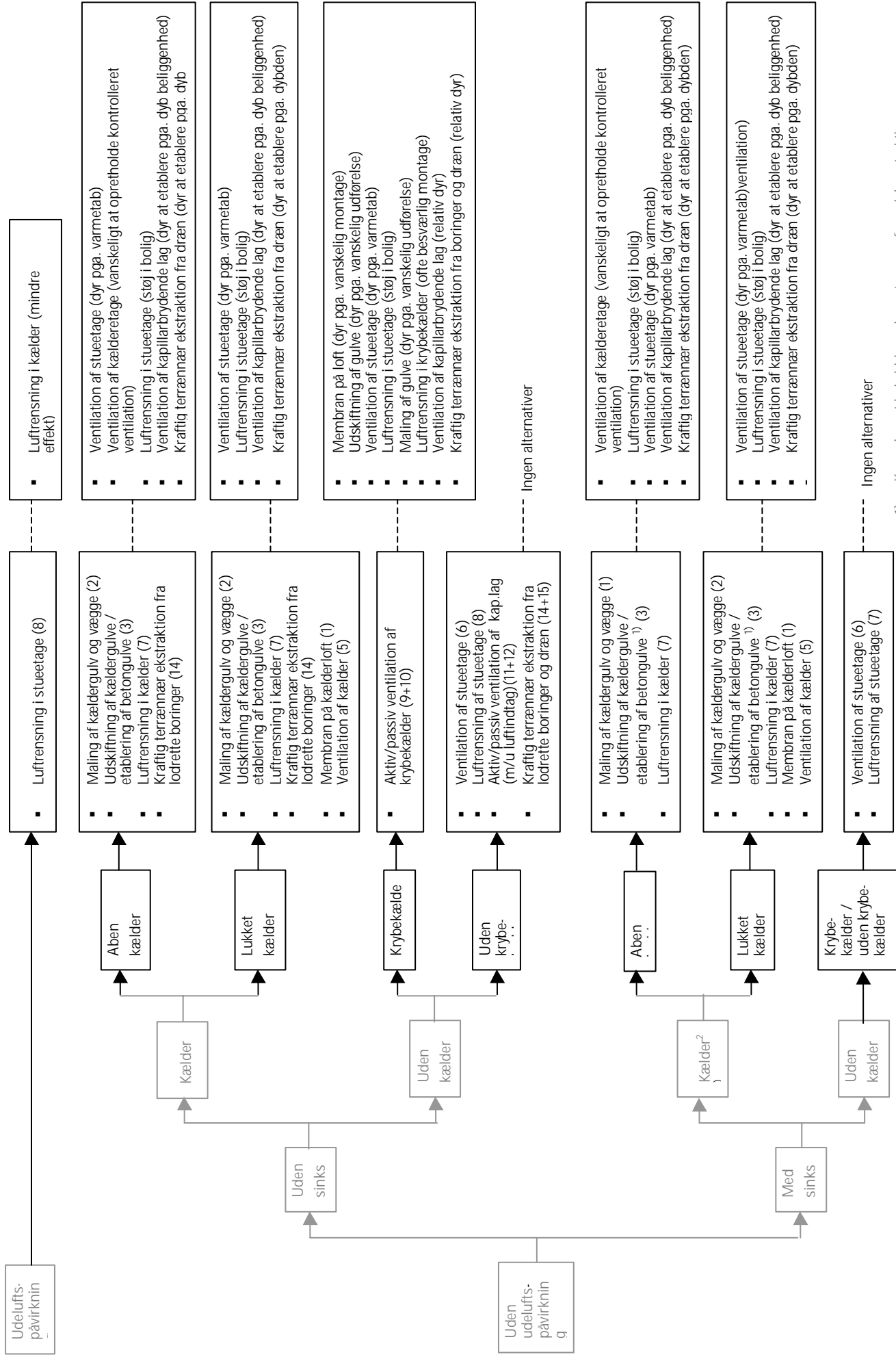
I dette scenarium er den største del af forureningen knyttet til top og bund af det sekundære grundvandsmagasin, som kan være påvirket med opløst PCE i op til flere århundreder.

Bilag B

Byggetekniske forudsætninger

Fravalgte muligheder

Oplagte muligheder



1) Kun relevant hvis bidrag alene stammer fra gulvkonstruktion
 2) Kun relevant hvis siksbidrag alene hidrører fra kælderkonstruktion

Bilag C: Checklister

Bilag C1:

Checkliste – byggeteknisk gennemgang

Checkliste

– byggeteknisk gennemgang

I forbindelse med besigtigelsen af bygningen bør der foretages observationer omkring nedenstående forhold. Registreringen foretages ved en skematisk registrering, en optegning, fotoregistrering og videoregistrering. Der foretages dels en indvendig registrering og dels en udvendig registrering. Samt om muligt registrering af betydende forhold vedrørende de tidligere aktiviteter i forbindelse med drift af renseriet.

1. Indvendig registrering

Der foretages en særskilt registrering i henholdsvis kælder, stue og evt. 1. sal. Registreringen foretages dels på baggrund af besigtigelse men også i høj grad på baggrund af interview med grundejeren, lejereren eller beboere. På hver etage registreres følgende:

Gulve/dæk

- *Gulvtype (beton, træ osv.).*
- *Gulvopbygning (kapilarbrydende lag, krybekælder, jordtype under gulv, konstruktion, tykkelse osv.).* Oplysningen indhentes i første omgang ved interview af ejeren. Oplysningen er central i forbindelse med projektering.
- *Gulvenes tilstand.* Det skal undersøges i hvilken stand gulvene er. Er der eksempelvis mange revner, hvad er størrelsen i givet fald på disse (længde og bredde) og er der mange eller få? Er revnerne jævnt fordelt over gulvfladen eller er de samlet i adskilte zoner? Der skal endvidere foretages en vurdering på stedet af årsagen til revnedannelsen (fugt, sætninger, aktiviteter i bygningen osv.). Hvis gulvene er belagt med tæpper eller lignende, foretages interview af grundejeren/lejereren/beboeren. Vurderingen suppleres ved en udvendig besigtigelse. (Generel vurdering af bygningens tilstand).
- *Alder.* En registrering af hvornår gulvene er udført. Der kan evt. være forskel på etableringstidspunktet for dele af bygningen, f.eks. hvis der er foretaget tilbygning, renovering, udbedring af kloakskader eller lign.
- *Gulvbelægninger (faste/løse tæpper, linoleum, klinker og lign).* Belægningstypen har betydning for en eventuel senere undersøgelse af, hvor gulvet evt. skal gennembøres - dels for kortlægning af byggetekniske forhold under gulvet og dels for måling af forureningsindhold under gulvet.
- *Konvektorgrav eller lignende.* Registreres da konstruktionen her kan give anledning til ændrede tæthedsforhold.
- *Spild.* En registrering af om der er synlige eller lugtbare spild af forurenende stoffer.

Lofter

- *Type.* En registrering af beklædningstypen og lofttypen generelt (gips, synlige bjælker, puds på rør osv.)
- *Alder.* Der foretages en vurdering af, om loftet/beklædningen er oprindelig, eller om der er foretaget eventuel renovering og dermed eventuelt etableret en større tæthed mod evt. overliggende etager.
- *Tæthed.* En vurdering af hvorvidt der vil ske en tilbageholdelse af forureningsdampe, og en vurdering af hvor den største lækage er. Hvis loftet eksempelvis er opført som ”puds på rør” (ældre hus) må der påregnes en generel stor lækage. I nyere bygninger kan lækagen derimod være koncentreret omkring de steder, hvor der er foretaget rørgennemføringer (vand, kloak, varme o. lign.)

- *Isoleringsforhold.*
- *Spild.* En registrering af om der er tegn på nedtrængning af "spild" fra aktiviteter i den ovenliggende lokaler.

Vægge

- *Tæthedsvurdering for optrængning af forureningsdampe igennem vægge.*
- *Spild.* En registrering af om der er synlige eller lugtbare spild af forurenende stoffer der er trængt op i væggene.

Rørgennemføringer

- *Typer, placering og antal.* Der foretages en samlet registrering med henblik på at vurdere og lokalisere lækagen i disse punkter.

Afløbsforhold

- *Typer og placering.* Der foretages en grundig registrering. Oplysningerne anvendes dels til en lokalisering af eventuelle lækagemuligheder mellem etagerne langs rørgennemføringer og dels til en vurdering af risikoen for indtrængning af forureningsdampe gennem kloaksystemet.
- *Vandlås.* Samtlige vandlåse registreres, og det undersøges om disse er udført korrekt og er vandfyldte. En ukorrekt vandlås giver mulighed for forureningsspredning gennem kloaksystemet.
- *Anvendelse.* Der foretages interview af grundejeren for fastlæggelse af det daglige brugsmønster. Er vandlåsen eksempelvis placeret i et varmt fyrrum, hvor der sjældent anvendes vand (ingen grovkøkken eller lign.), står vandlåsen ofte uden vand og virker derved ikke.

Udluftning

- *Udluftningsventiler/riste/spjæld.* Der foretages en registrering af placeringen af de enkelte spjæld og ved interview en registrering vedrørende det aktuelle anvendelsesmønster.

Bygningsindretning og anvendelse

- *Situationsplan.* Der foretages en registrering af størrelse og placering for de enkelte rum. Der tages eventuelt udgangspunkt i de oprindelige bygningstegninger.
- *Loftshøjde.*
- *Døre og vinduer.* Der foretages en registrering af placeringen i de enkelte rum.
- *Adgang mellem etager.* Der foretages en registrering af, hvordan adskillelsen til overliggende/underliggende etage er udført, hvilket er centralt i forbindelse med valg af metode.
- *Anvendelse.* Der foretages interview af beboere om den daglige anvendelse. Det er vigtigt at vide f.eks., om døren ned til kælderen normalt holdes lukket eller åben, hvilke vinduer der normalt anvendes til udluftning i kælderen osv. Disse oplysninger er centrale i forbindelse med valg af metode og projektering (placering af ventilatorer, renseenheder o.lign.)

Boligindretning

- *Indretning.* Der foretages en registrering af de enkelte rums anvendelser (soveværelse, stue osv.). Det er vigtigt at få oplysninger om, hvorvidt de enkelte rum anvendes til bolig, lager, værksted eller andet, da dette har afgørende betydning dels for at foretage en målrettet indsats og en målrettet projektering og dels for at undgå uønskede forstyrrelser i forbindelse med overvågning af effekt.
- *Møblering.* Ved fotografering registreres indretningen, hvilket vil være væsentligt f.eks. i forbindelse med etablering af luftrensning.

Særlige forhold

- *Interview med grundejeren/brugeren.* Ved interview med grundejeren/brugeren registreres om der er nogle særlige forhold der skal tages i betragtning. Eksempelvis om der har været vandindtrængning i kælderen, eller om der er problemer med kloaksystemet (lugtgener afslører at vandlåsen ikke er korrekt udført) eller om der eventuelt er planer om ombygning, eller ventilationsriste i krybekælderen der lukkes om vinteren pga. fodkulde osv. osv.

2. Forureningsforhold

- *Nye kilder.* Det undersøges om der i bygningen eller på grunden forefindes "nye" kilder, der kan give anledning til forurening af indeklimaet. Der kan være oplag i f.eks. kælderrum, værksted eller nye lakerede møbler, rensesøj og lign. Disse observationer er særligt vigtige i forbindelse med monitoring.

Generelt foretages der i forbindelse med besigtigelsen en kontrol af evt. eksisterende tegningsmateriale. Der vil ofte være uoverensstemmelse mellem tegningen og det faktisk udførte.

3. 2. Udvendig registrering

Der foretages en særskilt registrering på alle bygningens sider. Registreringen foretages primært på baggrund af besigtigelse, men også til dels på baggrund af interview med grundejeren, lejereren eller beboere. Der foretages følgende registrering:

4. Generelle forhold

- *Bygningens opførelsesår og tidspunkter for eventuelle tilbygninger.* Byggetidspunkter fortæller en del om bygningskarakteristikken i øvrigt, herunder eksempelvis specifikationer vedrørende konstruktionsdetaljer, anvendte materialer osv. Sådanne detaljer har væsentlig betydning i forbindelse med en vurdering af f.eks. ventileringssevnen i et kapillarbrydende lag, tætheder i gulvkonstruktioner osv.
- *Bygningens generelle tilstand.* Generel vurdering vedrørende bygningens udvendige tilstand giver som regel et godt billede af, hvad der eksempelvis kan forventes af revner i indvendige gulve (evt. skjult under belægninger og lign.) og vægge.
- *Krybekælder.* Der foretages en registrering af placering og udformning af udluftningsriste og lign.

5. Supplerende registreringer i tidligere renseribygninger.

- *Placering af maskiner o.lign.* Der foretages en registrering af den tidligere placering for de enkelte renserimaskiner, oplægspladser osv.
- *Spild.* Der foretages en registrering og en vurdering af hvor og hvorvidt de tidligere aktiviteter kan have givet anledning til spild, forureningsspredning o. lign.
- *Sinks.* Der foretages en vurdering af, hvilke lokaler der sandsynligvis vil være mest påvirkede af de tidligere aktiviteter, herunder en vurdering af sinks. (sinksbidrag er bidrag der stammer fra afdampning af forureningskomponenter adsorberet i den oprindelige renseribygningens gulve, vægge osv. For en nærmere beskrivelse henvises til (Miljøstyrelsen 2001b)

Bilag C2:

Checkliste – spredningsveje i bygningen

Checkliste – spredningsveje i bygningen

Som et supplement til den byggetekniske gennemgang kan der være et behov for at foretage en mere detaljeret vurdering af forhold vedrørende bygningens tæthed (langs vægge, ved rørgennemføringer osv.). Den supplerende gennemgang skal danne grundlag for en vurdering af de mulige spredningsveje for eventuelle forureninger under gulvet.

I bilaget er givet en kortfattet beskrivelse af hvor og hvordan en sådan detaljeret gennemgang udføres og målrettes.

Indledningsvist beskrives hvor i konstruktionen utætheder kan opstå. Beskrivelsen er overordnet opdelt i følgende: Vandrette flader, lodrette flader, samlinger, hulrum og installationer. Under de enkelte afsnit er en detaljeret beskrivelse af hvor lækagen kan opstå. Eksempelvis for en gulvkonstruktion af bræddegulve, betongulve eller træbaseret pladegulve. For hver enkelt beskrivelse henvises til en samlet bygningstegning, figur C1 (bogstaver i parentes). Endvidere ses en kort beskrivelse af de overordnede undersøgelsesmetoder og det relevante undersøgelsesapparat. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til (Bygge- og boligstyrelsen 1993).

6. Utætheder i konstruktioner

1.1 Vandrette flader

(A) Gulvkonstruktioner af beton eller letbeton

Gulve, klaplæg m.m. af beton støbt på stedet kan have revner, der er opstået på grund af udtørringssvind, mekanisk overlast eller støbeskel. Selvom revnerne dog er synlige på overfladen er de ikke nødvendigvis gennemgående og bevirker derfor ikke altid, at betonen er utæt.

Beton- og porebetonelementer er normalt tætte, men fugerne mellem elementerne kan være utætte på grund af svind, mangelfuld udstøbning m.m.

(B) Træbaserede pladegulve

Pladerne kan have utætheder, der er opstået under indbygning eller ved mekanisk overlast senere. Desuden kan pladernes samlinger være utætte. Det afhænger af samlingernes konstruktion og udførelse.

(C) Bræddegulve

Bræddegulve har mange samlinger, hvor brædderne kan bevæge sig i forhold til hinanden, når fugt og temperatur varierer.

1.2 Lodrette flader

(D) Vægge af beton, letbeton eller pudset murværk

Betonvægge støbt på stedet vurderes normalt at være tætte, men der kan forekomme revner i materialet som gør det utæt.

I konstruktioner af letbeton- eller betonelementer vurderes der normalt kun at være risiko for utætheder i elementsamlinger.

(E) Pladebeklædte vægge og elementvægge

Vægge af træbaserede plader eller gipsplader kan være utætte langs pladernes samlinger, afhængig af samlingernes konstruktion og udførelse. Pladerne kan desuden have utætheder opstået under indbygningen eller ved mekanisk overlast senere.

Betonelementer er normalt tætte, men fugerne mellem elementerne kan være utætte på grund af svind, mangelfuld udstøbning m.m.

Indbyggede elinstallationer kan give anledning til utætheder.

(F) Blankt murværk

Selv om de enkelte sten eller blokke i blankt murværk kan være tætte, vil fugerne ofte være utætte, og derfor kan gasser passere gennem konstruktionen.

I hulrum bag vægge, som står i forbindelse med f.eks. hulrum under gulvkonstruktioner, kan gasser passere fra jord til indeklima.

1.3 Samlinger

(G) Mellem vægge og støbte gulve af beton

Mellem væggen/fundamentet og betonpladen kan der være gennemgående revner og fuger. For at isolere mod kuldebroen fra fundamentet kan der eventuelt være et mellemrum med kantisolerings af polystyrol, mineraluld eller lign. Sådanne åbninger kan være skjult bag gulvtæpper, fejlister, fodpaneler, trægulv på strøer eller puds, som ikke giver tilstrækkelig tætning.

(H) Mellem vægge og trægulve

Samlinger mellem vægge og gulve kan være utætte. Utæthederne kan være skjult bag overfladebelægninger, fejlister, fodlister, fodpaneler eller puds, som ikke giver tilstrækkelig tætning.

(I) Mellem vægge og gulve af betonelementer eller porebetonelementer

Mellem væggen/fundamentet og betonpladen kan udstøbte fuger være utætte. Fugerne kan være skjult bag overfladebelægninger, fejlister, fodpaneler og trægulve på strøer, som ikke giver tilstrækkelig tætning.

1.4 Hulrum

(J) Omkring indvendige og udvendige døre

Gulvbelægninger afbrydes normalt under dørtrin. Herved dannes hulrum i gulvfladen, som kan give passage fra hulrum under gulv til indeklimaet.

(K) Omkring vinduer

Fuger rundt om vinduer kan være utætte, så der er passage fra hulrum i væg til indeklimaet.

(L) Pladebeklædte vægge

Pladebeklædte skillevægge er ofte monteret direkte fra betongulvet. Den del af pladevæggen, der er skjult under f.eks. et trægulv, er ofte ikke tæt. Utætheder kan opstå, hvis beklædningspladerne ikke slutter tæt til betonpladen, eller hvis der er lavet huller gennem væggen til f.eks. elledninger, vandrør og varmerør. På den måde kan der gennem væggen være passage fra hulrum under gulv til indeklimaet.

1.5 Installationer

(M) Gennemføringer

Der er ofte revner i beton, hvor installationer føres gennem, fordi beton ikke binder på f.eks. metalrør, plastrør og glaserede lerrør. Føres installationerne gennem et pladegulv eller en pladevæg, er der også ofte revner ved

gennembrydningen. Installationer i foringsrør/skakt kan bevirke utætheder mellem installationen og foringsrøret/skakt.

(N)Vandlåse

Passage gennem vandlåse kan opstå på flere måder. Vandlåse kan være udtørrede, hvis de benyttes meget sjældent. De kan også være konstruerede med løse enheder, så tætningsringe, pakninger m.m. ved upræcis samling forårsager utætheder, der går udenom vandlukket.

2. Undersøgelsesmetoder/-udstyr

2.1 Søgerblad og søgetråd

Både et søgerblad og en metaltråd kan måle en revnes eller en fuges dybde, hvis den har glatte sider. Ved ujævne overflader eller et hul er en metaltråd mest velegnet.

2.2 Konisk dorn

En konisk dorn kan måle revners bredde, også hvis de har ujævne overflader. Den stikkes ind, indtil den udfylder revnen, og bredden aflæses direkte på spidsen.

2.3 Optisk revneviddemåler

En optisk revneviddemåler, der består af en lup eller et mikroskop med indlagte måleskalaer, kan måle bredden af en åbning på en plan flade.

2.4 Spejl, lygte, lup m.m.

Et spejl og en lommelygte kan være nyttige, når man skal undersøge vanskeligt tilgængelige steder.

2.5 Teknoskop

Et teknoskop gør det muligt at undersøge hulrum gennem en meget lille åbning. Udstyret består af en slags kikkert og findes i en lang række varianter – fra det enkle og batteridrevne til det meget fleksible udstyr, der også kan kobles til fotografisk udstyr.

2.6 Røgampuller

Røgampuller kan bruges til at spore utætheder, hvis der enten kommer luft ind gennem utætheden, så røgstrålen afbøjes, eller hvis der går luft ud gennem den, så røgen suges med ud.

2.7 Sporgas

Et måleudstyr med en gasanalysator og sporgas, f.eks. SF₆ kan måle om luft bevæger sig fra et rum til et andet. (F.eks. fra en krybekælder til et overliggende opholdsrum). Udstyret kan i givet fald også måle, hvor meget luft det drejer sig om. Alternativt kan anvendes den naturligt forekommende radon i jorden som sporgas.

2.8 Ventilator

En kraftig ventilator kan skabe et over- eller undertryk i et eller flere rum, i forhold til bygningens yderskal. Når konstruktionens utætheder vurderes, kan den volumenstrøm, der går til at skabe en vis trykdifferens, indgå i vurderingen.

2.9 Sugeudstyr til lækager i tætte belægninger

Tynde revner og huller kan undersøges for gennemgående utætheder ved at hælde sæbevand over belægningen. Derefter suges luften ud af denne med en vakuumpumpe, der er tilsluttet en kasse med glasplade som låg. De bobler, der dannes herved, kan ses gennem glaspladen. Hvis boblerne hører op, er det tegn

på, at revnen eller hullet er tæt. Hvis boblerne bliver ved under fortsat vakuum, kan det være et symptom på, at bygningsdelen er utæt. Resultatet skal dog fortolkes med forsigtighed, idet sæbevandet ligeledes vil fortsætte med at boble såfremt revnerne eller hullerne blot fordeler sig langs overfladen uden at være gennemgående.

2.10 Vandtæthedsprøvning

En vandret flade kan undersøges for tæthed ved at stille et rør på fladen og tætn mellem røret og fladen, hvorefter der hældes vand i røret. Hvis vandet ikke forsvinder, er fladen vandtæt og dermed også lufttæt.

Det samme kan gøres på en lodret flade ved hjælp af en glasplade. Den sættes på fladen med f.eks. et klæbende fugebånd, så der dannes en beholder som fyldes med vand.

2.11 Kloakfjernsyn

Kloakfjernsyn er oprindeligt udviklet til at undersøge kloakker for skader, men kan også bruges til at undersøge andre utilgængelige bygningsdele, f.eks. krybekældre, terrændæk, ventilationskanaler m.m.

Bilag D:

Nøglebeskrivelse

Årvægeprincip	Teknik Nr.	Betegnelse	Særlige forudsætninger	Robusthed	Effekt	Dokumentation ⁽¹⁾ (min.)	Økonomi	Tid	Særlige opmærksomhedspunkter
									Beskrivelse
	1	Membran på kælderloft		Lille	10-50 %	IK (2)	20.000(e) ¹⁾ 0 (d) 5.000 (m)	2 uger	- Indgreb vil være synligt i kælderrum. Ukorrekt montage af membran langs rørgennemføringer og vægge giver betydende lækage og dermed væsentlig nedsat effekt.
Tætning af gulve	2	Maling af kældergulve ¹⁾	Betongulve og kældervægge skal være af relativ god stand.	Lille	10-50 %	IK (2)	25-50.000 (e) 0 (d) 5.000 (m)	2 uger	- Fugt i gulve og vægge giver vedhæftningsproblemer og dermed ringe holdbarhed og nedsat effekt. Relativt store beboeregener i anlægsfasen.
	3	Udskiftning af kældergulve ¹⁾		Moderat	20-80 %	IK (2)	10-25.000 (e) ³⁾ 0 (d) 5.000 (m)	1-2 uger	- Stor beboeregener under anlæg. Evt. spredning gennem kældervægge håndteres ikke ved indgrebet.
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	Lukket adskillelse mellem kælder og stue nødvendig	Stor	40-95 %	IK (2)	15.000 (e) 1.000 (d) 5.000 (m)	2 dage	- Hvis fri luftbevægelse mellem lokalerne ikke opretholdes reduceres effekten væsentligt.
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	Udeluft skal være uforurennet	Moderat	30-60 %	IK (2)	40.000 (e) 4.000 (d) 5.000 (m)	1 uge	- Dyr i drift pga. stort varmetab, med mindre der installeres en opvarmning af udeluften. Hvis fri luftbevægelse mellem lokalerne ikke opretholdes reduceres effekten væsentligt.
	6	Luftrensning i kælderetage	Størst effekt når udeluft er uforurennet, da rensning primært sker i opstillingslokalet/på etagen	Stor	80-90 %	IK (2)	35.000 (e) 10.000 (d) 7.000 (m)	1 dage	- Størst effekt når udeluft er uforurennet Moderate støjgener. Hvis fri luftbevægelse mellem lokalerne ikke opretholdes reduceres effekten væsentligt.
Luftrensning	7	Luftrensning i stueetage	Størst effekt når udeluft er uforurennet, da rensning primært sker i opstillingslokalet/på etagen	Moderat	60-90 %	IK og UK (2)	35.000 (e) 7.000 (d) 7.000 (m)	1 dage	+ Renseenhed kan uden tilpasning genanvendes. Moderate støjgener. Hvis fri luftbevægelse mellem lokalerne ikke opretholdes reduceres effekten væsentligt. Renseenhed kan uden tilpasning genanvendes. Har også effekt ved udeluftpåvirkning.

1) Tiltaget udføres oftest hvor kælderen kun udgør en mindre del af det bebyggede areal.

2) Baseret på hhv. 30 og 100 m² kælder

3) Baseret på hhv. 10 og 30 m² kælder

4) IK: Indeklimamåling, MP: Målepunkt, poreluft, under gulv. Den anførte dokumentation er minimumsdokumentation det første år. Evt. efterfølgende år vil have et reduceret omfang. Tal anført i parentes angiver det samlede antal målinger (ekskl. målinger før opstart) (e) Etablering, (d) drift, (m) monitoring.

5) Den samlede udgift er specificeret for tiltag etableret i en almindelig bolig standardstørrelse, 100-120 m² (etplans hus) og 40-70 m² (2.3 plan). (Evt. monitoringsudgift de efterfølgende år vil have en reduceret mfang

Afværge-princip	Teknik Nr.	Betegnelse	Særlige forudsætninger	Robusthed	Effekt	Dokumentation ⁴⁾ (min.)	Økonomi	Tid	Særlige opmærksomhedspunkter	
									+/-	Beskrivelse
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekældre (aktiv)	Fri luftbevægelse under hele bygningen en forudsætning	Stor	80-99 %	Afkast (2) eller IK (2)	20-40.000 (e) 3.000 (d) 5.000 (m)	1 uge	-	Forkert placering af afkast giver risiko for indsugning af forurenede luft i bygningen Ventilationsanlæg kan genanvendes
	9	Ventilation af krybekældre (passiv)	Fri luftbevægelse under hele bygningen en forudsætning	Moderat	40-95 %	Afkast (3) eller IK (3) og flowmåling	20-40.000 (e) 0 (d) 10.000 (m)	1 uge	-	Effekt afhænger af vindforhold. Ukorrekt placering af vindhætte giver nedsat effekt
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv)	Ventilerbart lag under gulv en forudsætning	Moderat	80-99 %	Afkast (3) eller IK (3) og flowmåling	60.000 (e) 0 (d) 10.000 (m)	1-2 uger	-	Effekt afhænger af vindforhold. Ukorrekt placering af vindhætte giver nedsat effekt
	11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	Ventilerbart lag under gulv en forudsætning	Stor	80-99 %	Afkast (2) eller IK (2)	60.000 (e) 2.000 (d) 5.000 (m)	1-2 uger	-	Ukorrekt ventilering kan give fugt og råd i gulvkonstruktionen.
Kraftig terræn-nær ventilation	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)	Ventilerbart lag under gulv en forudsætning	Moderat	70-99 %	Afkast (2) eller IK (2)	50.000 (e) 2.000 (d) 5.000 (m)	1-2 uger	-	Ukorrekt ventilering kan give fugt og råd i gulvkonstruktionen. Manglende luftindtag kan give nedsat effekt.
	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	Ventilerbart jordlag en forudsætning	Stor	70-80 %	IK (2) eller MP (2)	150.000 (e) 7.000 (d) 5.000 (m)	1-3 uger	+	Anlæg kan anvendes i flere projekter samtidig og efterfølgende.
	14	Dræn under gulve	Ventilerbart lag under gulv en forudsætning	Stor	80-99 %	IK (2) eller MP (2)	170.000 (e) 10.000 (d) 5.000 (m)	1-3 uger	+	Ukorrekt ventilering kan give fugt og råd i gulvkonstruktionen. Manglende luftindtag kan give nedsat effekt. Anlæg kan anvendes i flere projekter samtidig og efterfølgende.

Bilag D – Oversigtsskema - nøgledata

Bilag E:

Datablade (for de enkelte teknikker og cases)

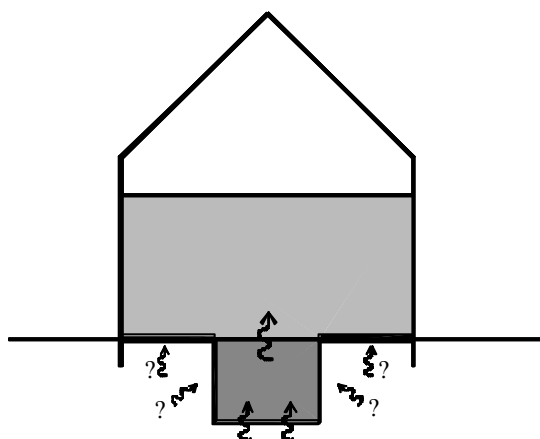
Afværgeprincip	Teknik		Datablad (teknik)	Datablad (case)	Projekt titler	Bilag	Side
	Nr.	Betegnelse					
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft	DB 1	Ingen		F1	91
	2	Maling af kælder	DB 2	Ingen		F2	95
	3	Udskiftning af kældergulve	DB 3	DB 3.1	Gåskærgade 23 SA	F3	98
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	DB 4	DB 4.1	Lindevej 29 FA	F4	103
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	DB 5	Ingen		F5	108
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	DB 6	DB 6.1 ^F DB 6.2 ^F	Grønnegade 39 FA	F6	111
					Lykkeshåbs Allé 4 FA		
	7	Luftrensning i stueetage	DB 7	DB 7.1 ^F	Lykkeshåbs Allé 4 FA	F7	118
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekælder (aktiv)	DB 8	DB 8.1 ^F DB 8.2 ^F	Margårdsvej 26 FA	F8	123
					Nørregade 88 RA		
	9	Ventilation af krybekælder (passiv)	DB 9	Ingen		F9	130
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv, med luftindtag)	DB 10	DB 10.1 DB 10.2	Ridepladsen 3 SA	F10	133
					Vestergade 62 SA		
11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, med luftindtag)	DB 11	DB 11.1	Nygårdsvej 42B RA	F11	139	
12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, uden luftindtag)	DB 12	DB 12.1	Hus nr. 4185 Risø	F12	144	
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	DB 13	DB 13.1	Engvej 9-24 VA	F13	149
	14	Dræn under gulve	DB 14	DB 14.1	Tværvej 3 FA	F14	155

Membran på kælderloft

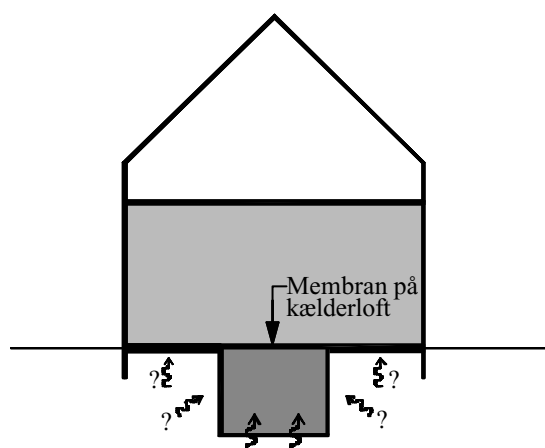
Funktion: Ved at etablere en forbedret tætning af etageadskillelsen mellem kælder og stueetage reduceres forureningsspredningen til stueetagen. Tætningen minimerer den diffusive og konvektive indtrængning gennem etageadskillelsen, men hindrer ikke, at der eventuelt, i det tilfælde hvor kælderen alene udgør en mindre del af det bebyggede areal, fortsat sker en forureningsindtrængning gennem bygningens terrændæk (øvrige gulve). Metoden anvendes typisk i de tilfælde hvor gulvene eksempelvis er præget af betydende svindrevner, sætningsrevner o.lign. og hvor kældervæggene ikke vurderes at yde nogen nævneværdig tilbageholdelse. Metoden kan anvendes både i de tilfælde hvor kælderen alene udgør en mindre del af det bebyggede areal og hvor gulvene i den øvrige del af bygningen vurderes at være relativt tætte og når kælderen udgør det fulde bebyggede areal. Metoden kan anvendes alene eller i kombination med eksempelvis udskiftning af gulve, ventilation, luftrensning eller lign. Metoden kan endvidere være et alternativ til den mere radikale løsning hvor der foretages en udskiftning af gulvene eller maling af kælderen. Metoden kan anvendes som en permanent særskilt afværge overfor ejendomme, der er påvirket i mindre til moderat grad og uden udeluftspåvirkning. Ved metoden foregår ingen kildefjernelse.

Anlægsbeskrivelse: Den eksisterende loftsbeklædning klargøres for montage af membranen. Klargøringen indebærer overordnet at overfladen gøres jævn og stabil (evt. løsthængende puds fjernes). En jævn overflade skabes eksempelvis ved at beklæde det eksisterende loft med en spredt forskalling i høvlede brædder (et stk. 22 x 100 mm forskallingsbræt pr. 40-90 cm). Ved meget ujævne kældervægge (øverste 10 cm af væggen) kan det være nødvendigt at foretage en pudsning for at opnå en jævn overflade (den jævne overflade mellem membran og væg er vigtig for at opnå en god tæthed). Som membran anvendes et diffusionstæt materiale der samtidig har en styrke der kan matche den aktuelle fysiske påvirkning (aktivite-

ter i kælderen). Som membran materiale kan eksempelvis anvendes en R.A.C membran (fabrikat Icopal eller Valutect (tysk membran, pt. uden forhandler i Danmark). R.A.C membranen er opbygget af en 0,4 mm. geomembran (giver membranen styrke for ydre fysisk påvirkning) og 12 mikron aluminiumsfolie samt 0,4 mm polyethylen film (diffusionstæthed overfor TCE, benzen mv.). Samme fabrikat leverer en anden membran benævnt Reflex. Membranen er tyndere og derved lettere at håndtere, men har ikke nær den samme tilbageholdelsesevne (anvendes primært som dampspærre i svømmehaller o.lign.). Valutect membranen er ligeledes en meget tynd membran. Denne er bl.a. tæthedstestet for PCE og anvendes i Tyskland ved opklæbning (som tapet) til lofts- og vægbeklædninger i idriftsværende renserier. Ved valg af eksempelvis R.A.C membranen monteres denne på førnævnte spredte forskalling, og fastholdes ved hjælp af endnu et lag spredt høvlet forskalling. Nederste lag spredt forskalling, under membranen, udføres med forborede skruehuller pr. ca. 30 cm. På klemmsiden (bagsiden) af brædderne påsmøres en diffusionstæt fugemasse i og omkring alle skruehuller. Brædderne fastskrues på det øverste lag spredte forskalling, med membranen imellem de to lag, således at konstruktionen udføres med "klemte samlinger" (derved vurderes lækagen i samlingerne at være minimal). Langs alle vægge og andre plane flader tilbageholdes nederste lag forskalling en fugesafstand. Mellem membranen og "væggen" udføres afslutningsvis en diffusionstæt elastisk fuges. Samtidig presses membranen ud mod væggen af fleksible klemmskinner (fiberlister som medleveres fra leverandøren). Klemmskinnerne fastgøres ved at bore listerne fast i væggen og dermed ved en perforering af membranen i borehullerne. Hullerne tætnes som beskrevet ovenfor. Alternativt udføres nederste lag forskalling langs vægge med fugebånd på kant mod væg, som klemmes ved opsætningen, og således presses membranen ud mod væggen. R.A.C membranen leveres enten i ruller af 2 meters bredde eller i færdigsvejst mål til-



Figur 1: Principskitse – spredningsveje for foranstaltningen



Figur 2: Principskitse – spredningsveje efter foranstaltningen

DB-1

passet de enkelte rum. Ved levering af membran i mål tilpasset det enkelte rum er tæthed sikret ved svejsning af samlinger i membranen. Hvis membranen alternativt leveres som banevare kan tæthed sikres med klemte og fugede samlinger. Ved alle samlinger af membranen udføres ca. 20 cm overlæg. Mellem de to overlæg påføres et lag diffusionstæt fugemasse eller lignende. Hvert overlæg sammenklemmes ved at fastskruer et bræt med forborede huller pr. ca. 30 cm. Perforeringen tætnes som beskrevet ovenfor. Det anbefales dog, hvor det er muligt at anvende færdig svejste membranflader. I større rum (over 15 m²) må det dog forventes at være nødvendigt at opdele membranen i mindre flader af hensyn til montagen. Et hvert overlæg udføres minimum med et tæthed som beskrevet ovenfor. Ved en indledende besigtigelse foretages en vurdering af hvordan montagen kan gennemføres. Placering af rørgennemføringer (faldstammer, vandrør, radiatorer mv.) kan være afgørende for om der kan anvendes færdigsvejste membranstykker (rumvis) eller om samling på stedet vil være nødvendig. Færdigsvejste membrankraver i passende dimensioner kan medleveres fra leverandøren. Montagen må efterfølgende ske i henhold til ovenstående. En øget tæthed i membranens samlinger kan opnås ved svejsning på stedet. Pga. en ringe udbredelse af teknikken (svejsning i R.A.C membraner) er dette i provinsen forbundet med relativt store ekstraudgifter. I hjørner må der ikke foretages tilskæring af membranen. Membranen foldes for derved at minimere risikoen for lækage i hjørnerne. Ved foranstaltningen reduceres den eksisterende frihøjde med ca. 5 cm. Foranstaltningen kan efter behov nemt udvides til at omfatte eksempelvis en ventilation af kælderen. For en nærmere beskrivelse af denne henvises til datablad DB4. Det skal bemærkes at samlinger ved overlæg på membranen, ved rørgennemføringer og langs lodrette flader er et meget sårbart punkt ved teknikken. Fejlagtig montage eller sjusk kan resultere i markant nedsat effekt eller evt. ingen effekt. Overordnet set kan etableringsarbejdet sammenlignes med en traditionel arbejdsbeskrivelse vedrørende indbygning af diffusionstætte membraner, udført med skærpet opmærksomhed, jf. ovenstående. Metoden (montage på kælderloft) er ikke tidligere afprøvet.

Effekt: Afværger vil have effekt umiddelbart efter anlægsarbejdet er afsluttet. Ved tætning med en diffusionstæt membran, vil det udførte arbejde i membransamlinger, tætninger langs rørgennemføringer og langs lodrette flader være foranstaltningens absolutte sårbare punkt. Metoden er derfor behæftet med nogen usikkerhed. Der kan ikke påregnes 100 % tætning. Metoden hvor der foretages montage på kælderloftet er ikke tidligere afprøvet, hvorfor der ikke foreligger praktiske erfaringer med foranstaltningen. Ved udenlandske projekter, hvor diffusionstætte membraner er udlagt under tæpper i beboelsen er påvist reduktionseffekter på op til 50%. Samtidig konkluderes det at det ved metoden er vanskelig at opnå en væsentlig højere effekt og dette primært pga. den vanskelige montage. Der påregnes derfor en fortsat diffusiv og konvektiv forureningsspredning visse ste-

der. Montage på kælderlofter vurderes at være behæftet med omtrent samme usikkerhed og samme effekt. Bl.a. på baggrund af dette vurderes det muligt at opnå reduktioner i indeklimapåvirkningen på 10-50 %. Vurderingen er behæftet med stor usikkerhed.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Foranstaltningen vil indebære, at beboerne udsættes for støjgener i begrænset omfang (etablering "forskalling"). I anlægsfasen må det forventes at adgang til kælderen kun er mulig i begrænset omfang (2 - 6 dage). Foranstaltningen er varig og synlig og kan i visse tilfælde virke visuelt skæmmende, med mindre der etableres en afsluttende afdækning af membranen (eksempelvis med listeloft eller lign.). *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Hvis der foretages en afsluttende afdækning af membranen kan afværger desuden medvirke til at forskønne kælderlokalerne og derved evt. give nye anvendelsesmuligheder (forbedret kældermiljø).

Etablering: Arbejdet udføres af en tømmere eller lign. Svejsearbejde i membranmaterialet kan kun udføres af en autoriseret entreprenør og i henhold til leverandørens anvisninger. Eventuelt pudsearbejde udføres af en murerentreprenør eller lign. I etableringsfasen kræves stor omhyggelighed og opmærksomhed for at opnå et godt resultat. Kælderens størrelse og indretning (et eller flere rum) har betydning for hvor hurtigt arbejdet kan afsluttes. Der kan dog typisk regnes med en samlet anlægsperiode på ca. 2 dage for et kælderareal på op til 15 m² og 6 dage for et kælderareal på op til 100 m².

Drift: Der er ingen driftsteknisk tilsyn eller vedligehold ved metoden. Løbende tilsyn med membranens generelle tilstand kan dog være nødvendig i visse tilfælde, da en evt. perforering pga. aktiviteter i kælderen kan ødelægge membranen og dermed give nedsat effekt.

Monitering: Moniteringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og evt. projektilpasning. *Indkøring.* Der er ingen indkøring af foranstaltningen. *Drift.* Indeklimamålinger før opstart af afværge og under drift (eksempelvis efter 1 og 6 md.). Indeklimamålingerne suppleres evt. med en poreluftmåling under gulv til belysning af kildestyrke. Da der evt. vil ske en målbar opkoncentrering af forureningsdampe i kælderen bør første dokumentationsmålerunde først gennemføres når der forventes at være indtruffet en ligevægtstilstand i forureningskoncentrationen. Ligevægtstilstanden forventes at være indstillet efter ½-1 måned hvorefter første monitoringsrunde gennemføres. Moniteringen udføres hurtigst muligt med henblik på at vurdere om foranstaltningen har haft den ønskede effekt eller om tiltaget evt. skal suppleres med yderligere indgreb. *Kommentar.* Indeklimamålinger (før og under drift) skal tilstræbes udført i en periode med begrænset udluftning (gerne efter-år/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig

udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne.

Økonomi: Priseniveauet for levering af membran er ca. 60-80 kr./m² (inkl. sammensvejsning af membranflade efter mål). For montage i ét rum (ca. 15 m² kælder) må påregnes ca. 2 arbejdsdage (2 mand). For montage i 100 m² kælder (4-5 rum) må påregnes ca. 6 arbejdsdage (2 mand), hvilket svarer til henholdsvis 100 kr./m² (1.500 kr. pr. 15 m²) og 50 kr./m² (5.000 kr. pr. 100 m²). Derved opnås en samlet pris for henholdsvis 15 m² og 100 m² på ca. 3.000 kr. og 13.000 kr. Ved svejsearbejde på lokaliteten (autoriseret membransvejsere) må påregnes en ekstraudgift på 7.000-10.000 kr. pga. transport til og fra København, logi mv. Klargøring af arbejdsområderne (nedtagning af puds og efterfølgende rengøring, pudsearbejde mv.) kan udgøre en væsentlig del af udgiften og kan i varierende omfang være en nødvendighed forud for montagen. Rydning af kælderarealer (opmagasinerede møbler og lign.) kan være nødvendigt i et vist arbejdsomfang for at opnå tilstrækkelig arbejdsplads. Sådanne ydelser er ikke indeholdt ovenfor, da omfanget vil variere i ukendt omfang. Som regel må det dog forventes at omfanget vil være minimalt. Såfremt arbejdet udbygges til at omfatte en afsluttende afdækning af membranen (eks. gipsbeklædning) skal påregnes en samlet mer arbejds- og materialepris på ca. 200 kr./m². Den afsluttende beklædning vil oftest være nødvendig af brand tekniske hensyn. I såfald vil tiltaget i større eller mindre grad øge ejendommens værdi, hvorfor det derfor ofte vil være muligt at inddrage grundejeren i de forberedende arbejder. For en eventuel senere projektudvidelse til eksempelvis aktiv ventilation af kælderen skal påregnes en ekstraudgift på 5-10.000 kr. *Drift.* Ingen udgifter. *Monitoring. 1. år:* (efter 1 og 6 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden/ spredningsvejene er væsentlig, da effekten af afværgen er betinget af, at indeklimapåvirkningen primært stammer fra en underliggende poreluftforurening og at denne primært spredes til beboelsen via kælderen. Ved den byggetekniske gennemgang er det endvidere vigtigt at der ved en besigtigelsen af kælderen foretages en byggeteknisk tilstandsvurdering af kælderloftet og herved en vurdering af omfanget for de nødvendige

forberedende arbejder. Endvidere foretages en vurdering af temperatur- og fugtforhold i kælderen kontra den overliggende etage. Ved stor temperaturforskel imellem de to etager kan der opstå problemer med kondensering på membranens overside (mellem membranen og kælderens oprindelige loftsflade). Der foretages en risikovurdering i hvert enkelt tilfælde. Ligeledes foretages en vurdering af de brand tekniske krav. Oftest vil en yderbeklædning (eks. gips) være nødvendigt (klasse 2 beklædning i henhold til gældende bygningsreglement). Valutect-membranen anvendes i Tyskland ved direkte opklæbning uden yderligere beklædning. Membranen er ikke brand teknisk godkendt for en sådan montage i Danmark. Alle ovenstående forhold er af vigtig karakter for en indledende vurdering af om metoden er egnet/uegnet. For at opnå en målbar reduktion af indeklimapåvirkningen skal der etableres en forbedret tæthed i kælderloftet. Materialevalg og arbejdsprocedurer hvorved dette opnås skal derfor vælges, tilrettelægges og udføres med omhu. R.A.C membranen (som fabrikat Icopal) vurderes p.t. at være det bedste danske bud for valg af diffusionshæmmende membran. Tilbageholdelseevnen er her væsentlig højere end ved anvendelse af både traditionelle dampspærre og særlig fugtdiffusionstætte membraner (som f.eks. Reflex, fabrikat Icopal). Membranens diffusionstæthed er testet ved forsøg hos DTI Institut for Plast Teknologi). Der er påvist diffusionstæthed overfor methan, toluen, xylene, acetone, TCE, m.fl. Diffusionstætheden for R.A.C membranen er for Methan ved gentagne forsøg påvist at være 0,0019 cm³/h*m². Reflex er påvist med en tæthed på ca. 2 cm³/h*m². Andre sammenlignelige membraner har en tæthed på 8-42 cm³/h*m². Tætheden afhænger fuldstændigt af tilstanden for den i membranen indbyggede aluminiumsfolie. Folien kan styrkemæssigt sammenlignes med en traditionel husholdnings aluminiumsfolie og er derfor følsom overfor stræk. Den armerede geomembran er medvirkende til at minimere risikoen for strækemæssige overbelastninger. Der bør dog i forbindelse med montagen tages hensyn til at membranen på dette punkt ikke lider overlast. Et alternativ til den danske membran kan være det tyske produkt Valutect.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværge overfor moderate indeklimapåvirkninger. Afværgen er ikke afhængig af geologiske forhold, men derimod afhængig af eksisterende og fremtidige bygningstekniske forhold (fysiske). Metoden er behæftet med relativ stor usikkerhed, da tiltaget alene er et begrænset indgreb iværksat i kælderen. Udgangspunktet for foranstaltningen er endvidere at den primære forureningsspredning til bygningen sker ved diffusiv og konvektiv transport af forurenede poreluft ind gennem kælderen. En forudgående fastlæggelse af spredningsvejene i bygningen vil imidlertid oftest være behæftet med nogen usikkerhed og i visse tilfælde stor usikkerhed, hvorved effekten af tiltaget ligeledes kan være behæftet med stor usikkerhed. Fejlbehæftede vurderinger omkring spredningsvejene i bygningen kan derfor bevirke en ringe resulterende afværgeeffekt. Viser det sig at membranen ikke yder tilstrækkelig tæthed er det relativt billigt at udbygge foranstaltningen til eksempelvis at omfatte en aktiv ventilation i kælderen. Endvidere skal det bemærkes, at der kan ske en betydende spredning op gennem væggene og ind ovenover membranen. Spredning ind gennem bygningens øvrige gulve (hvis kælderen ikke dækker det fulde bebyggede areal) kan ligeledes være betydende. Viser det sig derefter at spredningen gennem bygningens øv-

DB-1

rige gulve (hvor kælderen udgør et mindre areal) ligeledes er af afgørende betydning kan foranstaltningen udvides til eksempelvis en passiv/aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag (ca. 60.000 kr.). Metoden med membran på kælderloft kan typisk anvendes som en indledende foranstaltning i bygninger hvor kældergulvet er af middel til ringe stand (nedsat tilbageholdelsesevne over for forurenede poreluftbidrag) og hvor ventilation af kælderen ikke vurderes at være tilstrækkelig. Som en flertrinsløsning udvides foranstaltningen efter behov afhængig af de løbende monitoringsresultater. Ved metoden sker der ingen oprensning, det vil derfor være et permanent krav at membranen er intakt (tæt). Foranstaltningen er billig og hurtig at etablere. Effekten er relativt usikker. Membranen kan alternativt indbygges i et nyt kældergulv (betongulv) eller ved udlægning under de eksisterende tæpper i den eksisterende bolig. Førstnævnte løsning er nærmere omtalt på datablad DB3 (udskiftning af kældergulve). Metoden hvor der foretages en indbygning under tæpperne i den eksisterende bolig er ikke yderligere omtalt i afværgekataloget. Indgrebet er relativt omfattende da der vil være behov for genhusning af beboerne i forbindelse med etableringen. Dette får bl.a. betydning i form af væsentlige gener for beboerne og er derved ikke i overensstemmelse med projektets overordnede målsætning (minimum af gener for beboerne).

Bilag:

Produktblad. (R.A.C membran). Anvendelsesområder, produktbeskrivelse mv.

Produktblad. (Reflex) Anvendelsesområder, produktbeskrivelse mv.

Produktblad. (Valutect) Anvendelsesområder, produktbeskrivelse mv.

Se endvidere eksempeldatablad DB3.1, DB4.1 (ventilation af kælderetage), DB10.1, DB10.2, DB11.1, DB12.1 (ventilation af kapillarbrydende lag aktiv/passiv, med /uden luftindtag)

Maling af kælder

Funktion: Ved at etablere en forbedret tætning af kældergulve og -vægge reduceres den diffusive og konvektive indtrængning af forurenede poreluft til kælderen. Derved reduceres forureningspotentialer for spredning gennem kælderloft/trappeopgang til de overliggende etager. Det er en forudsætning at både gulve og vægge er i relativt god stand og ikke er påvirket af væsentlig fugtindtrængning, da dette kan vanskeliggøre behandlingen. Foranstaltningen udføres i ejendomme hvor gulvene eksempelvis er præget af betydende svindrevner pga. for hurtig afhærdning under udstøbning o. lign. Metoden anvendes typisk i ejendomme hvor kælderen alene udgør en mindre del af det bebyggede areal og hvor gulvene i kælderen er i dårligere stand end de øvrige gulve. Metoden kan dog også anvendes i ejendomme med fuld kælder og her typisk i det tilfælde hvor ventilation af kælderen (som eneste tiltag) ikke vurderes at have tilstrækkelig effekt (eksempelvis en "åben kælder"). Maling af kældergulve og -vægge er et oplagt alternativ til den mere radikale løsning hvor der foretages en udskiftning af gulvene. Metoden kan anvendes som en permanent særskilt afværge overfor ejendomme, der er påvirket i mindre til moderat grad og uden udeluftspåvirkning. Ved metoden foregår ingen kildefjernelse.

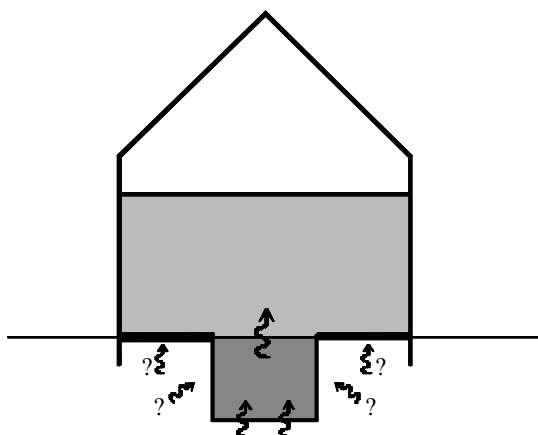
Anlægsbeskrivelse: Generelt påføres både gulve og vægge en diffusionshæmmende epoxybaseret maling. Forinden foretages klargøring i nødvendig omfang (gulve, vægge og alle grænseflader mellem disse). Ved sammenligning med teknikken "udskiftning af gulve" udføres tiltaget uden stabilitetsmæssige risici og uden ændring af eksisterende frihøjde, hvilket i visse tilfælde kan være af afgørende betydning for tilvalg af metoden. *Gulve.* Den eksisterende gulvbelægning rengøres, oftest ved slibning med karborundsliber eller lignende og støvsugning. Eventuelle skader udbedres ved pudning af gulvet. Herefter grundes gulvfladen med epoxycementmørtel og påføres ca. 2 mm belægning med tandspatel (epoxycementmørtel) over hele gulvets overflade (afhærdningstid ca. 36 timer). Afslutningsvis påføres 2 lag vandbaseret epoxymaling. *Vægge.* Behandling af kæl-

dervæggene udføres sædvanligvis i kældervæggens fulde

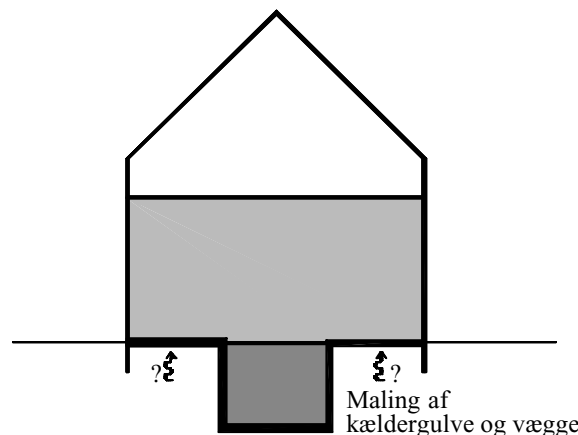
højde. I ældre ejendomme er indervæggene ofte kalkpudsede. For at opnå optimal vedhæftningsevne for den diffusionshæmmende maling fjernes pudsen og evt. løse

fuger fjernes hvorefter væggen afvaskes. Fuger efterfyldes og væggen spartles med en tæt epoxycement. Væggen topcoates til sidst med 2 lag vandbaseret epoxymaling. Ved fugt i vægge kan indtrængning hindres ved en indledningsvis coating af kældervæggene (vandtætning). En sådan tætning er dog behaftet med en vis risiko for optrængning af fugt i overliggende konstruktioner og dermed risiko for råddannelse i eksempelvis overliggende trægulvkonstruktioner mv. Den samlede hærdningstid for behandlingen, gældende for både vægge og gulve, er ca. 14 dage. Hærdningsprocessen er dog meget temperaturafhængig, hvor en lav rumtemperatur vil forlænge hærdningstiden væsentligt. Det anbefales at behandlingen foretages under temperaturforhold på mellem 15-20 °C, og frarådes udenfor intervallet 10-35 °C. Foranstaltningen har en levetid på maks. 10 år (svarende til slidgaranti i gangarealer) forudsat at gulve og vægge ikke udsættes for væsentlige fugtpåvirkninger (indtrængning af jordfugt) og at overfladen ikke lider fysisk overlast/beskadiges ud over almindelig slid. Metoden er ikke tidligere anvendt som eneste foranstaltning.

Effekt: Afværger har effekt umiddelbart efter anlægsarbejdet er afsluttet. Ved tætning med diffusionshæmmende maling kan ikke påregnes 100 % tætning. Der vil derfor fortsat ske en mindre diffusion gennem den samlede flade og evt. i samlinger mv. hvor overfladen evt. ikke er tætnet efter forskriften. Der vurderes at kunne opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på 30-50 %. Der foreligger ingen praktiske erfaringer med foranstaltningen, hvor det har været muligt at foretage en særskilt vurdering af effekten af at



Figur 1: Principskitse – spredningsveje før foranstaltningen



Figur 2: Principskitse – spredningsveje efter foranstaltningen

DB-2

male kældergulve og -vægge med diffusionshæmmende maling. Effekten af tiltaget er derfor vurderet ud fra teoretiske betragtninger og praktiske erfaringer med sammenlignelige afværgetiltag. Vurderingen er behæftet med særdeles stor usikkerhed.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Foranstaltningen vil indebære, at beboerne kan udsættes for støv (murstøv) og støjgener (slibearbejde) i forbindelse med klargøring af overflader. Omfanget af generne afhænger i høj grad af den byggetekniske tilstand for gulve og vægge (behovet for udbedring af skader, slibning osv.) og af den aktuelle anvendelse i kælderen (det kælderrum hvori der arbejdes, vil ikke være tilgængelig under arbejdets udførelse). Arbejde med vandbaseret epoxymaling som fab. Sikagard/Sikafloor er arbejdsmiljømæssigt klassificeret ved MAL-kode 00 – 5 (1993), hvilket fordrer ansigtsskærm (stænk i øjne) samt hansker, hætte og engangsdragt (hudkontakt). Åndedrætsværn er ikke påkrævet. Arbejdets udførelse er fra fabrikantens side oplyst til ikke at være forbundet med afdampningsmæssige gener. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Afværgeren vil desuden medvirke til at forskønne kælderlokalerne og derved evt. give nye anvendelsesmuligheder (forbedret kældermiljø).

Etablering: Produkterne er omfattet af epoxy- og polyuethanbekendtgørelsen, hvorfor alle der arbejder med produkterne skal gennemgå en særlig uddannelse, godkendt af arbejdstilsynet. Etableringsfasens længde afhænger i høj grad af klargøringsarbejdets omfang. Kælderens størrelse og indretning (et eller flere rum) har ligeledes betydning for hvor hurtigt arbejdet kan afsluttes. Den samlede anlægsperiode, hvor tørretider udgør den væsentligste del af perioden er ca. 14 dage (op til 100 m²). Største gene for beboerne under etablering er støv og støjgener i forbindelse med klargøringsarbejdet.

Drift: Der er ingen driftsteknisk tilsyn eller vedligehold ved metoden (dog maks. 10 års levetid ved alm. slid). Løbende tilsyn med kælderens generelle tilstand anbefales dog, da fugtindtrængning og lign. kan nedsætte "levetiden" /vedhæftningsevnen for den diffusionshæmmende maling.

Monitering: Moniteringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og evt. projektilpasning.

Indkøring. Der er ingen indkøring af foranstaltningen. *Drift.* Indeklimamålinger før opstart af afværge og under drift (eksempelvis efter 1 og 6 md.). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv til belysning af kildestyrke. Da der formodentlig vil ske en målbar opkoncentrering i jorden udenfor kælderen bør første dokumentationsmålerunde først gennemføres når der forventes at være indtruffet en ligevægtstilstand i forureningskoncentrationen. Ligevægtstilstanden forventes at være indstillet efter ½-1 måned hvorefter første monitorings-

runde gennemføres. Moniteringen udføres hurtigt muligt med henblik på at vurdere om foranstaltningen har haft den ønskede effekt eller om tiltaget evt. skal suppleres med yderligere indgreb. Et supplement kunne f.eks. være at iværksætte en aktiv ventilation i kælderen. Det kan være vanskelig på forhånd at fastlægge i hvilken grad der efter tætningen fortsat vil ske en spredning ind gennem eventuelt uopdagede revner eller lign. eller om diffusion ind gennem gulv og vægge fortsat er betydelig. Endvidere skal det bemærkes, at der kan ske en betydende spredning op gennem væggene og ind ovenover kældervægsniveau ("behandlet" niveau). Spredning ind gennem bygningens øvrige gulve (hvis kælderen ikke dækker det fulde bebyggede areal) kan ligeledes være betydende. *Kommentar.* Indeklimamålinger (før og under drift) skal tilstræbes udført i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. Ved eventuelle poreluftmålinger under gulv anbefales.

Økonomi: Prisniveauet for maling og klargøring ligger på mellem 225,- og 325,- kr./m² for kældergulve og på mellem 200,- og 400,- kr./m² for kældervægge. Klargøring af arbejdsområderne (rengøring, slibning, reparationsarbejde mv.) kan udgøre en væsentlig del af udgiften og er samtidig en nødvendighed for at opnå en passende overflade idet malerarbejdet påbegyndes. Rydning af kælderarealer (opmagasinerede møbler og lign.), demontering af fyringsolietanke mv. vil ligeledes øge omkostningerne. Sådanne ydelser er ikke indeholdt ovenfor. Malerarbejdet og "renoveringsarbejdet" vil i større eller mindre grad øge ejendommens værdi, hvorfor det derfor ofte vil være muligt at inddrage grundejeren i denne del af arbejdet. Alternativt bør metoden primært anvendes hvor kælderen er ubenyttet eller hvor en rydning relativt nemt kan gennemføres. For en eventuel senere projektudvidelse til eksempelvis aktiv ventilation af kælderen skal påregnes en ekstraudgift på 5-10.000 kr. *Drift.* Ingen udgifter. *Monitering. 1. år:* (efter 1 og 6 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden/ spredningsvejene er væsentlig, da effekten af afværgeren er betinget af, at indeklimapåvirkningen primært stammer fra en underliggende poreluftforurening og at denne primært spredes til beboelsen via kælderen. Ved den byggetekniske gennemgang er det endvidere vigtigt at der ved en besigtigelsen af kælderen foretages en byggeteknisk tilstandsvurdering af både vægge og gulve (forventet vedhæftningsevne, risiko for fremtidig fugtindtrængning, pørositetsvurdering/ overfladestabilitet mv.). Alle disse forhold er af vigtig karakter for en indledende vurdering af om metoden er egnet/uegnet. For at opnå en målbar reduktion af indeklimapåvirkningen skal der etableres en forbedret tæthed i gulve og vægge. Materialevalg og arbejdsprocedurer hvorved dette opnås skal derfor vælges, tilrettelægges og udføres med omhu. Epoxybaseret

maling (som fabrikat Sika) vurderes p.t. at være et af de bedste bud for valg af diffusionshæmmende overfladebehandling (gulve og vægge) når der samtidig skal tages hensyn til at påføring sker indendørs og i en beboet bolig (arbejds miljømæssige hensyn og beboerhensyn). Tilbageholdelsesevnen er her væsentlig højere end ved anvendelse af såkaldte "diffusion-

støtte" traditionelle gulvmalingstyper som "Fluret-han" "Epoxyd" mv. Der foreligger ingen målrettede kontrolforsøg af tilbageholdelsesevnen overfor chlorerede opløsningsmidler. Stoffet er specificeret for en 100 % tilbageholdelsesevne af væsker som ammoniak, benzin, mineralsk olie, saltsyre mv.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværge overfor moderate indeklimapåvirkninger. Afværgeren er ikke afhængig af geologiske forhold, men derimod i høj grad afhængig af eksisterende og fremtidige bygningstekniske forhold (fysiske). Metoden er behæftet med relativ stor usikkerhed, da tiltaget alene er et begrænset indgreb iværksat i kælderen. Kælderen udgør ofte ikke det fulde bebyggede areal. Udgangspunktet for foranstaltningen er endvidere at den primære forureningsspredning til bygningen sker ved diffusiv og konvektiv transport af forurenede poreluft ind gennem kælderen. En forudgående fastlæggelse af spredningsvejene i bygningen vil imidlertid oftest være behæftet med nogen usikkerhed og i visse tilfælde stor usikkerhed, hvorved effekten af tiltaget ligeledes kan være behæftet med stor usikkerhed. Fejlbehæftede vurderinger omkring spredningsvejene i bygningen kan derfor bevirke en ringe resulterende afværgeeffekt. Viser det sig at en transport ind gennem de behandlede kældergulve og -vægge er større end forventet, er det imidlertid relativt simpelt og billigt at udbygge foranstaltningen til at omfatte eksempelvis en ventilation af kælderen (5.000 - 10.000 kr.). Viser det sig derefter at spredningen gennem bygningens øvrige gulve (hvor kælderen er et mindre areal) ligeledes er af afgørende betydning må foranstaltningen nødvendigvis udvides til eksempelvis også at omfatte en passiv/aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag, hvilket ligeledes kan gøres relativt billigt. Foranstaltningen er dog noget mere omfattende end ventilering af kælderen og beløber sig til i størrelsesordenen ca. 60.000 kr. Metoden med maling af kældergulve og -vægge anvendes ofte som en indledende foranstaltning i bygninger med en lille kælder, hvor gulvet er af middel til ringe stand (nedsat tilbageholdelsesevne over for forurenede poreluftbidrag) og hvor ventilation af kælderen ikke vurderes at være tilstrækkelig. Som en flertrinsløsning udvides foranstaltningen efter behov afhængig af de løbende monitoringsresultater. For en nærmere beskrivelse af "ventilation af kælder" og "ventilation af kapillarbrydende lag, aktiv/passiv" henvises til databladene DB4 og DB10-12. Alternativt kan foretages en kraftig terrænnær ventilation dels umiddelbart under gulvniveau (dræn under gulvene) og dels i de terrænnære jordlag (lodrette borer). Ved disse to metoder foretages dels en afværge der hindrer indtrængning af forurenede poreluft, og dels en lokal oprensning i de terrænnære jordlag. De to metoder er nærmere omtalt i datablad DB13 og DB14. Ved metoden med maling af gulve og vægge sker der ingen oprensning, det vil derfor være et permanent krav at gulvkonstruktionen er intakt (tæt). Foranstaltningen er billig og hurtig at etablere. Der er en del gener i etableringsfasen, men samtidig ingen gener i driftsfasen og begrænset vedligeholdelse (levetid 10 år). Effekten er relativt usikker.

Bilag:

Arbejdsbeskrivelse. Overfladebehandling af kældervægge og -gulve i eksisterende byggeri med epoxybaseret maling.

Se endvidere eksempeldatablad DB3.1, DB4,1 (ventilation af kælderetage), DB10.1, DB10.2, DB11.1, DB12.1 (ventilation af kapillarbrydende lag aktiv/passiv, med /uden luftindtag)

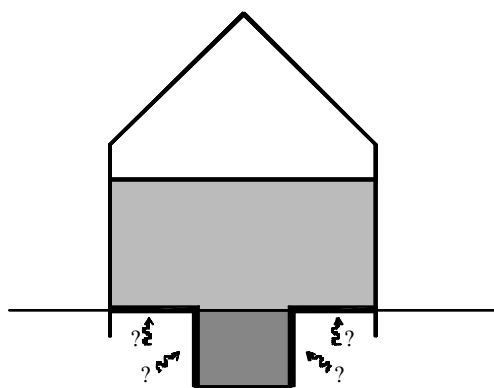
Udskiftning af kældergulve

Funktion: Ved at etablere en tætning af kældergulvet reduceres indtrængningen af forurenede poreluft til kælderen, hvilket bevirker at forureningspotentialet for spredning gennem kælderloft/ trappeopgang til de overliggende etager reduceres. Tætningen minimerer den konvektive og den diffusive indtrængning gennem kældergulvet, men hindrer ikke at der evt. fortsat sker en forureningsindtrængning gennem kældervæggene. I visse tilfælde kan det derfor være hensigtsmæssigt at foretage en udbedring af eventuelle markante revner i kældervæggene for derved at eliminere oplagte spredningsveje. Metoden med udskiftning af kældergulve anvendes typisk i de tilfælde hvor kældergulvet enten er ubefæstet eller hvor gulvets tilbageholdelsesevne er særdeles ringe, eksempelvis ved meget revnede betongulve, trægulve, pigstensbelægninger eller tilsvarende. Metoden anvendes typisk i ældre ejendomme hvor kælderen alene udgør en mindre del af det bebyggede areal og hvor gulvene i den øvrige del af ejendommen vurderes at være relativt tætte. Metoden kan anvendes som en permanent særskilt afværge overfor ejendomme, der er påvirket i moderat grad og uden udeluftpåvirkning. Ved metoden foregår ingen kildefjernelse.

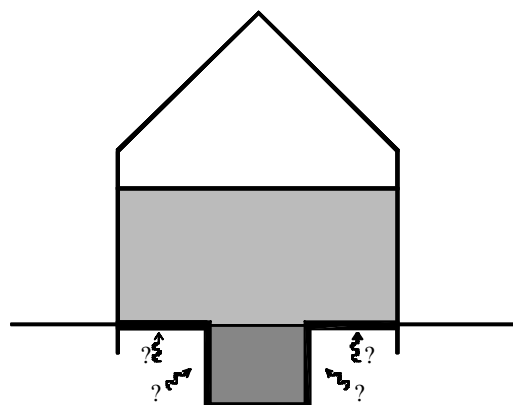
Anlægsbeskrivelse: Den eksisterende belægning fjernes (beton, træ, pigsten osv.). Indgrebet udføres under hensyntagen til bygningens stabilitetsmæssige forhold og i visse tilfælde kan det være nødvendigt at foretage udstøbning ovenpå det eksisterende gulv. I ældre ejendomme må de funderingsmæssige forhold i nogle tilfælde forventes at være uegnede for indbygning af gulvkonstruktioner med en tykkelse over 10-15 cm, såfremt den eksisterende frihøjde i kælderummet skal bibeholdes. Foranstaltningen vil som regel i højere grad have karakter af at være en udbedring/renovering af de eksisterende forhold end at være en "ombygning" (etablering af nyt gulv). Som en del af arbejdet foretages evt. en udskiftning af jorden under gulvet til gruspude (ca. 15 - 25 cm kapillarbrydende grus der komprimeres). Der udstøbes typisk 10-15 cm armeret betonplade (B25M, mode-

rat miljøklasse). Ovenpå betonpladen afsluttes evt. med 2 cm slidlag, alternativt færdiggiltes betonpladen. Langs alle kanter ilægges ca. 10 mm kantafgrænsning (som f.eks. lodretstående polystyrol). Betonpladen skal afdækkes for at undgå for tidlig udtørring med risiko for svindrevner. Efter en passende afhærdningsperiode på typisk 4 -8 dage ilægges langs alle kanter en diffusionstæt fuges. Som alternativ kan anvendes et ekspanderende fugebånd (diffusionstæt type). Dersom det eksisterende kældergulv har indbygget isolering suppleres gulvopbygningen evt. med udlægning af støbebatts (10-20 cm) under betonpladen. Tætheden i gulvet kan øges ved at foretage indbygning af en diffusionstæt membran (eks. RAC membran) under betonpladen. Eller alternativt ved afslutningsvist at male gulvet med en diffusionstæt maling. For en nærmere beskrivelse vedrørende "maling af kældergulve" henvises til datablad DB2. Ved indbygning af diffusionstæt membran er det vigtigt at leverandørens lægningsforskrifter nøje overholdes, herunder procedure for sammensvejsninger, rette overlæg længder og monteringsvejledning langs lodrette flader (vægge, rørgennemføringer osv.). Samlinger og afslutninger langs lodrette flader er et meget sårbart punkt ved teknikken og fejlagtig montage kan resultere i at effekten tilnærmelsesvis udebliver. Ofte fravælges indbygning af membran da spredning gennem kældervægge fortsat kan være en risiko og da anlægsudgifterne samtidig øges væsentligt. For nærmere beskrivelse af anvendelse af membran henvises til datablad DB1. Som supplement til renoveringen af kældergulvet foretages evt. en simpel tætning af revner og lignende i kældervæggene. Tætning udføres typisk ved indledningsvist at fjerne løsthængende puds og lign. Efterfølgende injiceres revnerne eksempelvis via skrå hulboringer ind til revnen. Injiceringen foretages med fugemasse gennem hullerne indtil revnen er udfyldt. Alternativt udføres revnetætningen under højt tryk med specialtætnende fugemasse.

Effekt: Afværge har effekt umiddelbart efter an-



Figur 1: Principskitse – spredningsveje før foranstaltningen



Figur 2: Principskitse – spredningsveje efter foranstaltningen

lægsarbejdet er afsluttet. En tætning af gulvkonstruktionen vil ofte bevirke at der sker en væsentlig opkoncentrering af forureningsdampe under gulvet. Det er derfor vigtigt at der er foretaget en vurdering af risikoen for den diffusive og konventive spredning gennem kældervæggene. Effekten af tiltaget afhænger i høj grad af dette forhold. Der vurderes at kunne opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på 20-80 %. Der foreligger ingen praktiske erfaringer med foranstaltningen, hvor det har været muligt at foretage en særskilt vurdering af effekten af at udskifte kældergulvet. Effekten af tiltaget er derfor vurderet ud fra teoretiske betragtninger og praktiske erfaringer med sammenlignelige afværgetiltag.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* En renovering af kældergulvene vil indebære, at beboerne udsættes for støv og støjgener under arbejdets udførelse. Omfanget af generne afhænger i høj grad af hvor adgangsvejen til kælderen er placeret i forhold til den øvrige del af beboelsen, hvor gode adgangsforholdene er (er der plads nok) og hvilket omfang arbejdet har. En opbrydning af et eksisterende beton vil være til større gene end det tilfælde hvor det eksisterende gulv er ubefæstet og udstøbningen kan ske direkte på det eksisterende gulv. Opbrydning af eksisterende gulve kan give anledning til væsentlige støjgener eksempelvis ved brug af lufthammer. Ved indbygning af en ny gulvkonstruktion kan der, hvis der ikke tages de rette konstruktionsmæssige hensyn være risiko for sætningsskader. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Afværgen vil i nogle tilfælde desuden medvirke til at forbedre kælderstrukturen og kælderens anvendelsesmuligheder (jævnt, rent kældergulv).

Etablering: Arbejdet kan udføres af en murerentrepreneur. Etableringsfasen længde afhænger i høj grad af arbejdets omfang. Klargøring af arbejdsområdet ved eksempelvis opbrydning af eksisterende betongulve forlænger typisk anlægsperioden med 1-3 dage. Kælderens størrelse og indretning (et eller flere rum) har ligeledes betydning for hvor hurtigt arbejdet kan afsluttes. Der kan dog typisk regnes med en samlet anlægsperiode på 5 -10 dage for et kælderareal på op til 30 m². Største gene for beboerne under etablering er støv og støjgener i forbindelse med en eventuel opbrydning af eksisterende gulve og ved transport af materialer i forbindelse med etablering af nyt gulv.

Drift: Der er ingen driftsteknisk tilsyn eller vedligehold ved metoden. Betongulvet har typisk en levetid der svarer til minimum bygningens samlede levetid.

Monitering: Moniteringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. *Indkøring.* Der er ingen indkøring af foranstaltningen. *Drift.* Indeklimamålinger før opstart af afværge og under drift (eksempelvis efter 1 og 6 md.). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv og udeklimamålinger til belysning af spred-

ningsveje og kildestyrke. Da der forventes at ske en opkoncentrering under det nye "tættere" kældergulv er det vigtigt at første dokumentationsmålerunde først gennemføres når der forventes at være indtruffet en ligevægtstilstand i forureningskoncentrationen i poreluften under gulvet. Ligevægtstilstanden forventes at være indstillet efter ½-1 måned hvorefter første monitoringsrunde gennemføres. Monitoringen udføres hurtigst muligt med henblik på at vurdere om foranstaltningen har haft den ønskede effekt eller om tiltaget evt. nødvendigvis skal suppleres med yderligere indgreb. Et supplement kunne f.eks. være at iværksætte en aktiv ventilation i kælderen. Det kan være vanskelig på forhånd at fastlægge i hvilken grad der efter gulvenes tætning vil ske en spredning ind gennem kældervæggene. Endvidere kan spredning ind gennem bygningens øvrige gulve være at større betydning end først antaget. Yderligere dokumentation udføres eksempelvis efter 6 måneder. *Kommentar.* Indeklimamålinger (før og under drift) skal tilstræbes udført i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. I forbindelse med monitorering til dokumentation af afværgens effekt er det vigtigt, at monitorering under drift først udføres når ligevægt mellem forureningsfrigivelse fra "kilden" og forureningsfjernelse ved den ændrede konvektiv spredning er opnået (jf. afsnit om effekt).

Økonomi: *Anlæg.* 7-12.000 kr. for et kælderareal på ca. 10 m² (700-1200 kr./m²) og alternativt 15-25.000 for et kælderareal på ca. 30 m² (500-800 kr./m²). Opbrydning af eksisterende gulve og indbygning af kapillarbrydende- og isolerende lag fordyrer anlægsudgifterne. Ydelserne er dog indeholdt i overslaget. Rydning af kælderarealer (opmagasinerede møbler og lign.), demontering af fyringsolietanke mv. vil ligeledes øge omkostningerne. Sådanne ydelser er ikke indeholdt ovenfor. Foranstaltningerne øger ejendommens værdi. Det vil derfor ofte være muligt at inddrage grundejeren i denne del af arbejdet. Ved indbygning af membran skal påregnes en ekstraudgift på ca. 300 kr./m². For en eventuel senere projektudvidelse til eksempelvis aktiv ventilation af kælderen skal påregnes en ekstraudgift på 5-10.000 kr. *Drift.* Ingen udgifter. *Monitering.* 1. år: (efter 1 og 3 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden er væsentlig, da effekten af afværgen er betinget af, at indeklimapåvirkningen primært stammer fra en underliggende poreluftforurening og at denne primært spredes til beboelsen via kælderen. Ved den byggetekniske gennemgang er det endvidere vigtigt at der ved en besigtigelse af kælderen foretages en byggeteknisk tilstandsvurdering af både vægge og gulve. Ved besigtigelse foretages endvidere en kvalitativ vurdering af i hvilket grad forureningsspredningen i den eksisterende bygning sker henholdsvis gennem væggene og gennem gulvet. Endvidere foretages en kvalitativ vur-

DB-3

dering hvorvidt en tætning af gulvene vil give anledning til en øget spredning gennem væggene. Alle ovenstående forhold er af vigtig karakter for en indledende vurdering af om metoden er egnet eller ej. Endvidere er det vigtigt at der ved den byggetekniske gennemgang foretages en vurdering af de eksisterende funderingsforhold i kælderen og en vurdering af de nuværende gulves konstruktionsmæssige opbygning. Vurderingen er vigtig i stabilitetsmæssig sammenhæng for bygningen og har afgørende betydning for planlægningen af hvordan og i hvilket omfang re-

noveringen skal udføres. For at opnå en målbar reduktion af indeklimapåvirkningen skal der etableres en god tæthed i det nye gulv. Materialevalg og arbejdsprocedurer hvorved dette opnås skal derfor vælges, tilrettelægges og udføres under hensyntagen til dette (tætte materialer, komprimering for at undgå sætningsrevner, langsom afhærdning uden betydende svindrevner, elastiske fuger i grænseflade mod eksisterende vægge osv.).

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværgelse mod indeklimapåvirkninger. Afværgelsen er ikke afhængig af geologiske forhold, men er derimod i høj grad afhængig af bygningstekniske forhold. Metoden er behæftet med relativ stor usikkerhed, da tiltaget alene er målrettet mod et indgreb i kælderen (typisk en relativt lille del af det bebyggede areal). Udgangspunktet for foranstaltningen er endvidere at den primære forureningsspredning til bygningen sker ved transport af forurenede poreluft ind gennem kælderen og her primært gennem kældergulvet. En forudgående fastlæggelse af spredningsvejene i bygningen vil imidlertid oftest være behæftet med nogen usikkerhed og i visse tilfælde stor usikkerhed, hvorved effekten af tiltaget ligeledes kan være behæftet med stor usikkerhed. Fejlbehæftede vurderinger omkring spredningsvejene i bygningen kan derfor bevirke en ringe effekt. Viser det sig at den diffusive og konvektive spredning ind gennem kældervæggene er større end først antaget, er det imidlertid relativt simpelt og billigt at udbygge foranstaltningen til at omfatte en ventilation af kælderen (5.000 - 10.000 kr.). Viser det sig derefter at spredningen gennem bygningens øvrige gulve ligeledes er af afgørende betydning må foranstaltningen nødvendigvis udvides til eksempelvis at omfatte en passiv eller aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag, hvilket ligeledes kan gøres relativt billigt. Foranstaltningen er dog noget mere omfattende end ventilering af kælderen og beløber sig til i størrelsesordenen 60.000 kr. Metoden med udskiftning af kældergulve anvendes ofte som en indledende foranstaltning i bygninger med en lille kælder, hvor gulvet er af særlig ringe stand (ringe tilbageholdelsesevne) og hvor en ventilation af kælderen ikke vurderes at være tilstrækkelig. Som en flertrinløsning udvides foranstaltningen efter behov afhængig af de løbende monitoringsresultater. For en nærmere beskrivelse af "ventilation af kælder" og "ventilation af kapillarbrydende lag, aktiv/passiv" henvises til databladene DB4 og DB10-12. Alternativt kan foretages en kraftig terrænnær ventilation dels umiddelbart under gulvniveau (dræn under gulvene) og dels i de terrænnære jordlag (lodrette borer). Ved disse to metoder foretages dels en afværgelse der hindrer indtrængning af forurenede poreluft og dels en lokal oprensning i de terrænnære jordlag. De to metoder er nærmere omtalt i datablad DB13 og DB14. Ved metoden med udskiftning af kældergulvene sker der ingen oprensning, det vil derfor være et permanent krav at gulvkonstruktionen er intakt (tæt). Foranstaltningen er en billig og hurtig at etablere. Der er en del gener i etableringsfasen, men samtidig ingen gener overhovedet i driftsfasen og ingen vedligeholdelse. Effekten er relativt usikker.

Bilag: Se bilag for eksempeldatablad DB2 (membran på kælderloft) DB3.1, DB4.1 (ventilation af kælderetage), DB10.1, DB10.2, DB11.1, DB12.1 (ventilation af kapillarbrydende lag aktiv/passiv, med /uden luftindtag)

Udskiftning af kældergulve

Gåskærgade 23, Haderslev, Sønderjyllands Amt

Forureningsscenario: I bygningen har der tidligere været drevet renseri. Driftsperioden er ukendt, men renseriet var i drift i 1964. Ejendommen anvendes i dag til bolig. Der er påvist en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE, jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Indeklimapåvirkningen vurderes primært at skyldes en afdampning fra en poreluftforurening under bygningen. Der er tidligere foretaget poreluftmålinger og vakuumelekstraktion til belysning af kildestyrken under gulvene. Der er derved dokumenteret en kraftig poreluftforurening under gulvene. Poreluftmålingerne er gennemført som korttidsporeluftmåling. Ved udeluftmålinger er endvidere dokumenteret et udeluftbidrag svarende til baggrunds niveauet. De terrænnære jordbundsforhold består primært af sandet muldholdigt fyld underlejret af sand. Vandspejlet står ca. 4 m.u.t.

Formål: Permanent foranstaltning der har til formål at nedbringe indeklimapåvirkning til et niveau under Miljøstyrelsens acceptkriterium.

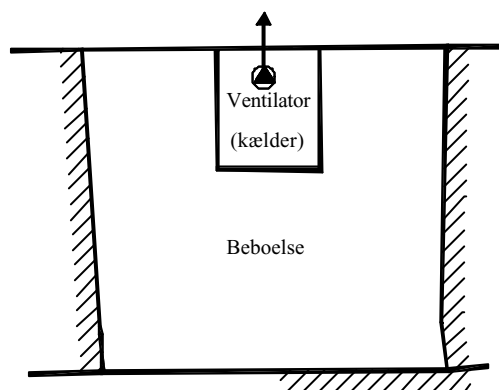
Bygning: Ejendommen er en ældre murstensvilla opført ca. 1750, i to plan. Ejendommen anvendes til bolig. Det samlede grundareal er ca. 90 m². Under beboelsen er der en mindre kælder (ca. 10 m²) med murstens gulve. Gulvet er nedbrudt og med huller til den underliggende jord. Kælderen er ubenyttet. Etageadskillelsen mellem kælderen og stueplan er udført som trægulve uden nogen forventet tilbageholdelsesevne overfor en evt. afdampning fra kælderen. I den øvrige del af bygningen er betongulve. Bygningen er generelt i middelgod stand.

Afværge: Afværgen er en kombineret løsning der er målrettet mod at nedsætte forureningsspredningen fra kælderen til den overliggende bolig. I kælderen er udstøbt 50 mm armeret betongulv. Udstøbningen er sket direkte ovenpå det eksisterende gulv. Kælderloftet er isoleret med 200 mm glasuld og bræddebeklædt

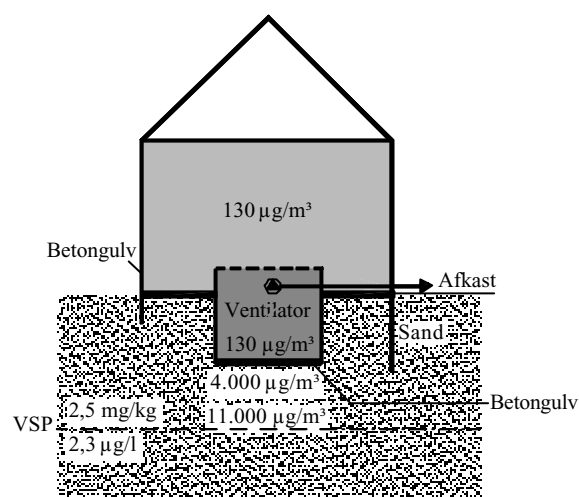
med indbygget dampspærre. Endvidere er installeret en rumventilation (undertryk) i kælderen. Der ventileres 12 minutter pr. time svarende til et luftskifte på ca. 1 gang pr. time. Ventilatoren er indledningsvist indstillet til en ventilationskapacitet på 125 m³/h. Ventilatoren kan ikke omdrejningsreguleres. Ydelsen justeres ved periodisk drift vha. en timer. Ventilatorens støjniveau er ukendt. Der er monteret én eldrevne ventilator og ingen luftindtag. Ventilatoren er monteret i kældervæggen ved siden af et eksisterende kældervindue og afkast er ført ud gennem kældervæggen. Afkastet fra ventilatoren er placeret umiddelbart på kældervæggens yderside. Der foretages løbende elafregning med amtet.

Dokumentation: *Primær dokumentation.* Indeklimamåling i stue- og kælderetage (IK). *Øvrig dokumentation.* Poreluftmåling under gulv (korttidsmåling) Monitorering til dokumentation af afværgens effekt er gennemført henholdsvis før og under drift af afværge.

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i kælderetagen på 38-60 % og en samtidig reduktion i stueetagen på 58-82%, jf. tabel 1. Den største effekt, i både kælder- og stueplan, opnås ved et luftskifte på ca. 1 gang pr. time. Modsat dette er den laveste effekt påvist ved et luftskifte på ca. 3 gange pr. time. Ved sammenligning af målinger gennemført henholdsvis "før" og "efter" skal det bemærkes at "før målingerne" er gennemført i marts måned, hvorimod "efter målingerne" er gennemført i henholdsvis maj og september måned med udeluftstemperaturer på op til 20° C. Det må derfor forventes at der i stueetagen kan være sket en øget udluftning i driftsperioden (åbne dører og vinduer). Tolkningen af resultaterne i stueetagen vil derved være behæftet med nogen usikkerhed. De påviste reduktioner i kælderen er opnået på baggrund af dels



Figur 1: Situationssplan



Figur 2: Forureningsscenario

DB-3.1

en ventilation i kælderetagen og dels en tætning af gulvkonstruktionen i kælderen. Reduktionen i stueetagen vurderes endvidere at skyldes der ved ventilationen etableres en ændret trykgradient, hvor strømningsretningen efter installationen permanent går fra stueetagen og ned mod kælderen (permanent undertryk i kælderen). Endvidere må det forventes at tætningen af etageadskillelsen mellem kælder og stueplan har en medvirkende effekt for opretholdelse af et konstant undertryk. Det kan dog også forventes at "membranen" bevirker, at der til kælderen indsuges relativt mere poreluft og dermed mere forurenede luft fra den omkringliggende jord, hvorved koncentrationen i kælderen bliver relativt højere end hvis "membranen" var undladt. Som konsekvens af de forhøjede indhold i stueetagen ved første målerunde (maj 2001) er luftskiftet ændret fra 1 til 3 gange i timen. Det ændrede luftskifte bevirker en ændret effekt i kælderetagen fra 60 % til 38 % og en ændret effekt i stueetagen fra 82% til 54 %. De gennemførte målinger tyder derud på undertrykket øges i kælderen (ved øget luftskifte) og derved resulterer i en øget indtrængning af opløsningsmidler til kælderen. Samtidigt ses undertrykket, i forhold til den overliggende stueetage, ikke er tilstrækkeligt til at hindre en øget forurenings-spredning til stueetagen. Denne vurdering er dog noget usikker da der formodentlig også sker spredning via bygningens terrændæk. Den bedst opnåede effekt (1 gang pr. time) resulterer ikke i at indeklimapåvirkningen under drift nedbringes til et niveau under det fastsatte afdampningskriterium. På baggrund af

dette overvejes løsningen pt. udvidet til at omfatte ventilationstiltag under bygningens terrændæk (øvrige gulve).

Position	Før ¹⁾ µg/m ³	Under drift µg/m ³		Reduktion (%) (Gennemsnit ifht. før/efter)
Under gulv (MP)	4.000			
Vakuume-kstraktion	11.000			
Kælder (IK)	130	56 ²⁾	80 ³⁾	60/38
Stue (IK)	130	24 ²⁾	54 ³⁾	82/58

¹⁾: (marts-måling).

²⁾: Luftskifte i kælderetg. på 1 gang pr. time (maj, 20 °C).

³⁾: Luftskifte i kælderetg. på 3 gange pr. time (september, 20 °C).

Tabel 1: PCE i indeklima, udeluft og under gulv.

Tilsyn og monitoring: Udført. Dokumentation ved IK er udført efter 2, 6 og 19 måneders drift. På grund af utilstrækkelig effekt er der efter 14 måneders drift foretaget justering af kælderventilatoren (ændret luftskifte). Fremtidig IK (halvårligt).

Tid: Før indsats. Anlæg etableret ca. 9 måneder efter at afværge er vurderet at være nødvendig. *Anlægsperiode.* 1 uge. *Driftsperiode.* Opstart januar 2001, fortsat i drift (juni 2002).

Økonomi: Etablering. 32.000 , 1. års monitoring. 8.000 kr. Drift. 100 kr./år.

Samlet vurdering: Anlægget har kørt uden driftstop. Der er ingen beboerklager over støj eller lign. Tiltaget er relativt hurtigt at installere men effekten er usikker. Foranstaltningen er fra starten en kombineret løsning (nyt gulv, aktiv ventilation, tætning af loft) hvor de samlede udgifter er relativt små. På grund af de dårlige gulve i kælderen vurderes dette at være bygningens absolutte "sårbare punkt", hvorfor tiltaget indledningsvist har været målrettet mod denne del af bygningen. Tiltaget er derfor fra starten planlagt iværksat som en "step by step"- løsning, hvor første tiltag har været foranstaltninger i kælderen. Dersom dette skulle vise sig at være utilstrækkelig er planlagt udvidelser med ventilation under bygningens øvrige gulve. "Kombinationsløsningen" i kælderen er valgt fremfor en mere intensiv monitoring og løbende projektudvidelse undervejs, da dette hurtigt vil blive relativt dyrere.

Bilag:

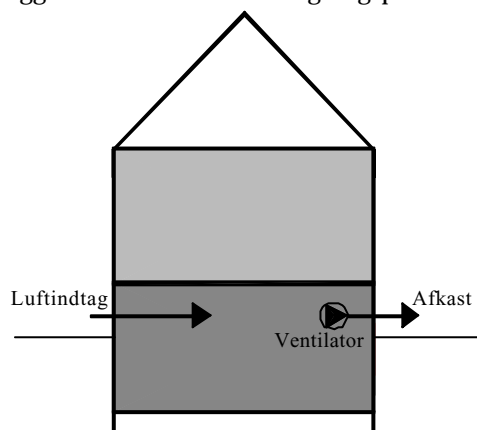
Fotos. Bygning, kælderen, afkast

Tegningsmateriale. Situationsplan af med angivelse af placering for rensermaskiner, samt planlagte tiltag fase 2.

Ventilation af kælderetage

Funktion: Ved at etablere en øget ventilation i kælderetagen bortventileres forurenede indeluft, hvorved indeklimapåvirkningen i kælderen og de øvrige etager reduceres (fortynding). Den øgede ventilation skaber samtidig et let undertryk i kælderetagen, hvorved der etableres en luftstrømning fra den øvrige bolig mod kælderen (spredning hindres). Strømningsretning og influenszoner, for den ventilerende luft, styres ved at kombinere "udsugning" med "luftindtag". I flere lokaler i kælderetagen etableres en kunstig lækage (luftindtag) med forbindelse til udvendigt terræn. Uden luftindtag vil lufttilførslen ske gennem tilfældige revner i fundamentet samt gennem revner og utætheder i gulvkonstruktionen. Antallet af udsugningspunkter svarer omtrent til antallet af luftindtag. Antallet af udsugningspunkter afhænger af forureningsgraden, de byggetekniske forhold og det nødvendige luftskifte i kælderen. Der skal påregnes et luftskifte på min. 1 gang pr. time. Metoden anvendes som en permanent afværge (kontinuerlig drift) overfor ejendomme, der er påvirket i moderat grad og uden udeluftspåvirkning. Ved metoden foregår der ingen oprensning af forureningskilden.

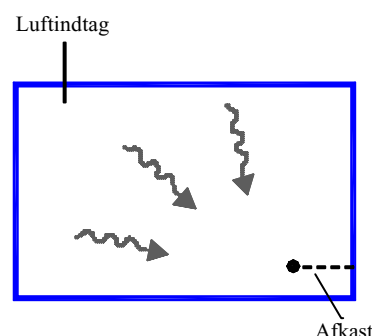
Anlægsbeskrivelse: Udsugningspunkter påmonteres el-ventilatorer og etableres eksempelvis i kældervinduer eller ved gennemboring af overjordisk fundament. Støjgener kan minimeres ved at placere ventilatoren i et eventuelt loftrum i ejendommen. Ved en sådan montage er det nødvendigt at etablere en rørføring fra kælder til loftsrum, hvorved anlægsudgiften øges markant. Ved montage af ventilator i loftsrum eller lign. er det vigtigt at montagen sker med diffusionsstætte samlinger, og at den valgte ventilator er tæt. I modsat fald kan der ske en opkoncentrering af forureningsdampe i loftsrummet og en evt. efterfølgende forureningsspredning til de beboede lokaler. Det skal endvidere bemærkes, at anvendelsen i kælderen sjældent fordrer særlige støjmæssige foranstaltninger. Ventilatorerne monteres med omdrejningsregulator (potentiometer, regulering af flow) og timetæller (registrering af driftstimer). Timetæller og potentiometer indbygges fx i en samlet styreboks, der monteres på væggen nær de enkelte udsugningspunkter (evt.



Figur 1: Principskitse – afværge installeret i kælderetage

aflåselig). For at undgå indsugning af luft med høj luftfugtighed kan evt. indbygges fugt- eller temperaturstyring (eksempelvis ingen indsugning ved udetemperatur over 18 °C). På ejendommens el-tavle indbygges evt. en selvstændig gruppe til forsyning af el-ventilatorerne. Alternativt installeres el-ventilatorerne med forsyning fra eksisterende stik-kontakter. Førstnævnte alternativ vil resultere i en merudgift på ca. 1.000 kr. Udsugningspunkter etableres med direkte forbindelse til udvendigt terræn og placeres så der sker en hensigtsmæssig bortledning og en naturlig fortynding af den bortventilerede forurenede luft. Ved placeringen tages der hensyn til eventuelle naboer og vinduer på overliggende etager, da der ellers kan ske indsugning af forurenede afkastluft. Som supplerende drivkraft kan det i nogle tilfælde udnyttes, at der på en af bygningens to modstående sider kan opstå relativt store trykforskelle (luf/læ). Det opståede differenstryk anvendes i såfald som supplerende drivkraft. Luftindtag etableres ved montage af rist i kældervinduer eller ved gennemboring af fundament. Luftindtag og udsugningspunkter placeres så risiko for kortslutning mellem to punkter minimeres, og således at der ikke opstår uventilerede zoner. Metoden med rumventilation er en velafprøvet teknik også i andre sammenhænge (fx ved ventilation af vådrum).

Effekt: Afværgen har effekt efter en ganske kort indkøringsperiode. En forurening under bygningen vil bevirke, at der sker en kontinuert frigivelse af forureningskomponenter og en ophobning i perioder uden ventilation. Ventilatoren dimensioneres efter, at der sker en løbende bortledning, hvorfor tiltaget først har fuld effekt efter, at der opnås ligevægt mellem fjernelsen og tilførslen af forureningskomponenter (typisk efter ca. 3 døgn drift, svarende til 75-150 luftudskiftninger i kælderetagen). En el-ventilator ventilerer typisk 100 m³/t (afhængig af model og regulering). Ved etablering af to ventilatorer i en kælderetage på ca. 60 m² og med en loftshøjde på ca. 2 meter opnås derved et luftskifte i kælderetagen ca. 15.000 gange pr. år. Ved en gennemsnitlig PCE koncentration på f.eks. 25 µg/m³ fjernes således ca. 45 g PCE/år.



Figur 2: Principskitse – luftbevægelse mod udsugningspunkt

DB-4

Ventilationen bevirker endvidere, at der etableres et svagt undertryk i kælderetagen i forhold til stueetagen, hvilket minimerer transporten af forurenede indeluft fra kælder- til stueetage. Ved et luftskifte på 1½-3 gange pr. time kan der opnås en reduktion af forureningsniveauet i kælderetagen på 30-40% og en reduktion af forureningsniveauet i den overliggende stueetage på 80-95% (feltafprøvning - Projekt tidlig indsats). I forbindelse med radonafværge (Radon-95) er på tilsvarende vis afprøvet en mekanisk udsugning i ubeboede kælderrum hvorved der er opnået en reduktion af forureningsniveauet (radon) i den overliggende stueetage på op til 76%. En forøgelse af luftskiftet i kælderetagen har minimal indvirkning på reduktionen af indeklimapåvirkningen. Tiltaget har størst effekt i ejendomme med lukket kælder, da metoden kræver velkontrollerede forhold for luftbevægelsen. Ved en ikke aflukket kælder (eks. åben trapperum uden kælderdør) kan det være påkrævet med ekstra kraftig ventilation for at opnå den ønskede luftudskiftning og det ønskede undertryk. Lækagen ved det åbne trapperum kan være så stor, at en luftudskiftning i hele kælderetagen ikke kan opnås.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Årligt elforbrug ca. 300 kWh, svarende til ca. 350 kr. pr. ventilator. Etablering af ventilation i kælderetagen vil indebære, at beboerne udsættes for et forhøjet støjniveau fra el-ventilatorerne. Støjen begrænser sig generelt til kælderetagen (50-60 dB(A)) og vil kun i sjældne tilfælde kunne registreres i stueetagen. Montage af ventilatorer i vinduer kan give øgede støjgener pga. vibrationer. Med henblik på at minimere svingninger i vinduesglasset skal en eventuel montage derfor udføres ikke-centralt i vinduesrammen. Som følge af den øgede ventilation kan beboerne opleve en nedkøling af beboelsen (særligt i vintermånederne), primært kælderetagen. Denne nedkøling kan give anledning til en ekstra årlig varmeudgift på ca. 1.000 kr. (ved 1 luftskifte pr. time i kælderetage på ca. 60 m², hvor den indsugede luft opvarmes til ca. 17°C). Udledning af forureningskomponenter og støj-emission kan være forbundet med gener for eventuelle naboer. Generne kan dog let minimeres ved en hensigtsmæssig placering af udsugningspunkterne. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Afværger vil desuden medvirke til at forbedre bygningens generelle indeklima (fx afhjælpning af fugtproblemer i kælderlokaler).

Etablering: Udsugningspunkter med montage af el-ventilator og luftindtag etableres i kældervinduer eller ved gennemboring af fundament. Installationen foretages af en elektriker i samarbejde med en glarmester/entreprenør. Kort etableringsfase. Installationen tager ca. 1 dag med et minimum af beboergener. Største gene for beboere er midlertidig udtagning af kældervinduer eller evt. gennemboring af fundament.

Drift: Indjustering af ydelse for el-ventilatorerne foretages inden etablering, idet der tages højde for antallet af udsugningspunkter og kælderetagens vo-

lumen. Efterfølgende foretages alene justering, såfremt monitoring viser, at den opnåede effekt er utilfredsstillende. Minimalt driftsteknisk tilsyn. Under den kontinuerte drift kan det driftstekniske tilsyn foretages i takt med monitoreringen (f.eks. hver halve år). *Vedligehold.* Tiltaget kræver ingen vedligeholdelse. *Levetid.* Ventilatoren har en levetid på 5-10 år.

Monitoring: Monitoringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning.

Indkøring. Indeklimamålinger før opstart af afværge og under drift (eksempelvis efter 1 og 3 måneder). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv og udeklimamålinger til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Første monitoring under drift udføres relativt kort tid efter installation af afværger (½-1 måned), med henblik på evt. justering eller dokumentation af afværgerens effekt.

Drift. Efter indkøringsperioden eksemplvis hver 6.-12. måned. *Kommentar.* Det bør tilstræbes at udføre indeklimamålinger (før og under drift) i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. I forbindelse med monitoring til dokumentation af afværgerens effekt er det vigtigt, at monitoring under drift først udføres, når der er opnået ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved rensning (jf. afsnit om effekt).

Økonomi: *Anlæg.* 10-20.000 kr. På en ejendom, hvor der i kælderetagen (60 m²) etableres 2 udsugningspunkter og 2 luftindtag, vil anlægsudgifterne beløbe sig til ca. 10.000 kr.

Ved montering af ventilator i loftsrum eller lignende og etablering af indvendig rørføring skal påregnes en ekstraudgift på ca. 10.000 kr. (jf. afsnit om anlægsbeskrivelse). *Drift.* To stk. ventilatorer (ca. 30 watt) resulterer i en årlig driftsudgift på ca. 700 kr. *Monitoring, 1. år* (efter 1, 3 og 12 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden er væsentlig, da effekten af afværger er betinget af, at indeklimapåvirkningen primært stammer fra en underliggende poreluftforurening. For at opnå en målbar reduktion af indeklimapåvirkningen skal ventilatorerne generere et luftskifte i kælderetagen på minimum 1 gang pr. time. For at sikre en optimal placering af udsugningspunkter og luftindtag er det vigtigt at foretage en bygningsgennemgang og en detailplanlægning med hensyn til de specifikke bygnings- og indretningsmæssige forhold inden etablering af afværger. Herved er det muligt at placere udsugningspunkter og luftindtag så influenszonen for afværger bliver størst mulig.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværgelse mod moderate indeklimapåvirkninger. Afværgelsen er ikke afhængig af geologiske og bygningstekniske forhold (gulvopbygning o. lign.) Effekten i den overliggende stueetage vil afhænge af, at der sker en kontrolleret ventilering i kælderetagen (tilstrækkelig luftudskiftning og undertryk). Hvilket kan være vanskeligt at etablere hvis der er åben forbindelse mellem kælderen og stueetagen (ingen tæt dør eller lign.). Ved metoden sker der ingen oprensning. Installationen er derfor permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er en billig og hurtig at etablere og har samtidig en stor driftssikkerhed. Et alternativ til metoden er eksempelvis "Luftrensning i kælderetage", jf. DB-6.

Bilag: Se eksempeldatablad DB4.1.

Ventilation af kælderetage

Lindevej 29, Odense, Fyns Amt

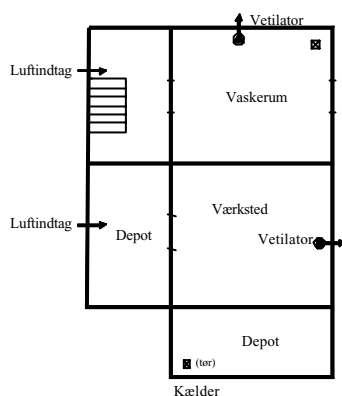
Forureningsscenarium: Bygningen er beliggende ca. 125 meter nedstrøms et kildeområde for en forurening med chlorerede opløsningsmidler. Der er ikke foretaget oprensning i kildeområdet. Der er påvist moderat forurening i indeklimaet i den aktuelle bygning. Indeklimapåvirkningen vurderes at stamme fra en kraftig forurening i poreluften under bygningen. De påviste forureningsniveauer i og under bygningen fremgår af tabel 1 og figur 2. Vandspejl ca. 2 m.u.t.

Formål: Indsats overfor moderat indeklimapåvirkning med PCE. Permanent foranstaltning.

Bygning: Ældre patriciervilla (mursten) fra ca. 1950, ca. 55 m² grundplan. Kælder, stue, 1. sal samt en udnyttet tagetage benyttes til beboelse. Fin stand. Betongulve i kælderetagen.

Afværge: Aktiv ventilation ved etablering af undertryk i kælderetage. Der er installeret 2 el-ventilatorer og 2 luftindtag, som alle er monteret i kældervinduerne på ejendommen. Ventilatorer og luftindtag er placeret som angivet på figur 1, under hensyntagen til at influensområdet skulle være så stort som muligt. De monterede ventilatorer var indledningsvist indstillet med en ventilationskapacitet på 90 m³/t, svarende til et luftskifte i kælderetagen på ca. 1½ gang pr. time. Ventilatorerne blev efterfølgende justeret til en ventilationskapacitet på 200 m³/t, svarende til et luftskifte i kælderetagen på ca. 3 gange pr. time. Støvniveauet for én el-ventilator er ifølge produktspecifikationen 57 dB (ikke målt).

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamåling i stue- og kælderetage (IK). Øvrig dokumentation. Poreluftmåling under gulv (MP), passiv opsamling) og udeklimamåling (UK) til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Monitoring til dokumentation af afværgens effekt er gennemført hhv. før og under drift af afværge.



Figur 1: Situationsplan.

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i kælderetagen på 28-36%. Der er samtidig opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i stueetagen på 95-96%. Ovennævnte reduktioner er opnået ved et luftskifte i kælderetagen på ca. 1,5-3 gange pr. time. Der kan således ikke påvises en forbedret virkningsgrad som følge af det øgede luftskifte, hvorfor en luftskifte på ca. 1,5 gang pr. time vurderes at være optimalt, på denne ejendom.

Position	Før µg/m ³	Under drift µg/m ³	Reduktion (%) (Gennemsnit ifht. før/efter)
Under gulv (MP)	24.000 27.000	33.000 39.000	-
Kælder (IK)	40 29	25 ¹⁾ 22 ²⁾	28 ¹⁾ 36 ²⁾
Stue (IK)	14 9,9	0,47 ¹⁾ 0,59 ²⁾	96 ¹⁾ 95 ²⁾
Udeluft (UK)	0,2 3,0	1,4 0,68	-

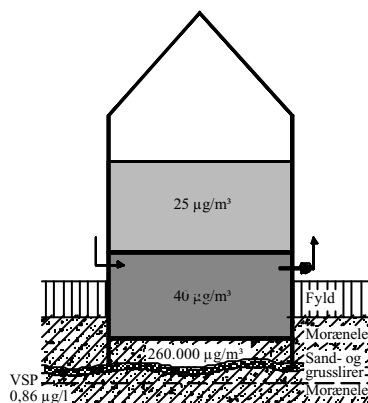
¹⁾: Ved et luftskifte i kælderetagen på ca. 1,5 gange pr. time.

²⁾: Ved et luftskifte i kælderetagen på ca. 3 gange pr. time.

Tabel 1: PCE i indeklima, udeluft og under gulv.

Tilsyn og monitoring: Udført. Monitoring af afværgens effekt er gennemført efter 1 og 2 måneders drift. Kapacitet af ventilatorer opjusteret efter 1½ måneders drift m.h.p. at undersøge om renseeffekten kunne forbedres (fra et luftskifte på ca. 1½ til ca. 3 gange pr. time). Der er desuden gennemført monitoring før opstart af afværge. Fremtidig. Kontrol af ventilatorer gennemføres halvårligt, og indeklimamålinger gentages evt. efter et år.

Til orientering kan det oplyses, at der medio 2002 foretages oprensning i kildeområdet. Indenfor de nærmeste år forventes oprensningen imidlertid ikke at have en mærkbar effekt nedstrøms på den aktuelle lokalitet.



Figur 2: Forureningsscenarium.

Tid: Før indsats. Anlægget er idriftsat 18 måneder efter at forurening er påvist og afværge er skønnet nødvendig. *Anlægsperiode.* 2 dage. *Drift.* Opstart, september 2001, fortsat i drift (maj 2002), midlertidigt afbrudt i 1 måned (december 2001).

I forbindelse med monitoringen af afværgens effekt er der på ejendommen gennemført luftskiftemålinger til belysning af luftstrømningen i bygningen. Ved disse målinger er der under drift af afværgen påvist et øget luftskifte i kælderetagen og en samtidig øget luftoverføring fra stue og 1. sal til kælderetagen. Den

påviste luftbevægelse er i overensstemmelse med den forventede funktion af afværgen (jf. DB-4).

Økonomi: *Etablering.* 8.000 kr. (for 2 stk. el-ventilatorer og 2 stk. luftindtag monteret i kældervinduer, inkl. tilslutning til separat gruppe på el-tavle), *1. års monitorering.* 4 målerunder (IK'er, MP og UK): 43.000 kr. (I henhold til anbefalet monitorering, jf. datablad DB-5, er der udført målinger før opstart af afværge samt efter 1 og 2 måneders drift). *Drift.* 700 kr. årligt (alene el-forbrug).

Samlet vurdering: Anlægget har kørt uden driftstop (midlertidigt driftstop indlagt i december 2001).

Afværgen med installation af el-ventilatorer/luftindtag og etablering af undertryk i kælderetagen er et relativt hurtigt, billigt og relativt effektivt tiltag. Ventilatorer og luftindtag integreres fint ved montage i eksisterende vinduer.

Ved den aktuelle afværge har det primært været muligt at reducere indeklimapåvirkningen i stueetagen. Det er ønskeligt med en bedre dokumentation for afværgens effekt i kælderetagen.

Ved fuld effekt ($\sim 200 \text{ m}^3/\text{t}$) udgør støjen fra el-ventilatorerne en gene for ejendommens beboere, men ved halv effekt ($\sim 100 \text{ m}^3/\text{t}$) vurderes der ikke at være væsentlige gener. På den aktuelle lokalitet er støjniveauet ikke påklaget, dog er det bemærket, at vinduesmontagen af elventilatorerne giver anledning til vibrationer og deraf følgende støj. Driften af afværgen har medført en nedkøling af boligen, særligt i vintermånederne.

Bilag:

Fotos. Ejendommen, luftindtag, ventilator (udsugningspunkter), reguleringsboks.

Tegningsmateriale. Situationsplan, der viser placeringen af luftindtag og udsugningspunkter.

Tegningsmateriale. Radonmålinger, der illustrerer effekten af afværgen i en åben kælder.

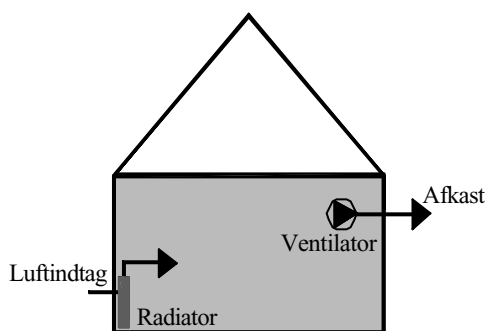
Udbudsbeskrivelse. Udbudsbrev.

Produktblade. Ventilator-Vort 15 (detaljer vedrørende størrelse, ydelse, elforbrug, støjniveau mv.)

Ventilation af stueetage

Funktion: Ved at etablere en øget ventilation i stueetagen bortventileres forurenede indeluft, hvorved indeklimapåvirkningen i stuen reduceres (fortynding). Den øgede ventilation skaber samtidig et undertryk i stueetagen, hvorved muligheden for en luftspredning til evt. overliggende etager minimeres. Strømningsretning og influenszoner, for den ventilerende luft, styres ved at kombinere "udsugning" med "luftindtag". I flere lokaler i stueetagen etableres en kunstig lækage (luftindtag) med forbindelse til udvendigt terræn. Uden luftindtag vil lufttilførslen ske gennem tilfældige revner i fundamentet samt gennem revner og utætheder i gulv- og loftsstrukturen. Antallet af udsugningspunkter svarer omtrent til antallet af luftindtag. Antallet af udsugningspunkter afhænger af forureningsgraden, de byggetekniske forhold og det nødvendige luftskifte i stueetagen. Der skal påregnes et luftskifte på min. 1 gang pr. time. Metoden anvendes som en permanent afværge (kontinuert drift) på ejendomme, der er påvirket i moderat grad og uden udeluftspåvirkning. Ved metoden foregår der ingen oprensning af forureningskilden.

Anlægsbeskrivelse: Udsugningspunkterne påmonteres el-ventilatorer og etableres eksempelvis i stuevinduer eller ved gennemboring af overjordisk fundament. Støjgener kan minimeres ved at placere ventilatoren i et eventuelt loftrum i ejendommen. Ved en sådan montage er det nødvendigt at etablere en rørføring fra stue til loftsrum, hvorved anlægsudgiften øges markant. Ved montage af ventilator i loftsrum eller lign. er det vigtigt at montagen sker med diffusionsstætte samlinger, og at den valgte ventilator er tæt. I modsat fald kan der ske en opkoncentrering af forureningsdampe i loftsrummet og en evt. efterfølgende forureningsspredning til de beboede lokaler. Ventilatorerne monteres med omdrejningsregulator (potentiometer, regulering af flow) og timetæller. (registrering af antal driftstimer). Timetæller og potentiometer indbygges f.eks. i en samlet styreboks, der monteres på væggen nær de enkelte udsugningspunkter (evt. aflåselig). På ejendommens el-tavle indbygges evt. en selvstændig gruppe til forsyning af el-ventilatorerne. Alternativt installeres el-ventilatorerne med forsyning fra eksisterende stikkontakter. Førstnævnte alternativ vil resultere i en merudgift på ca.



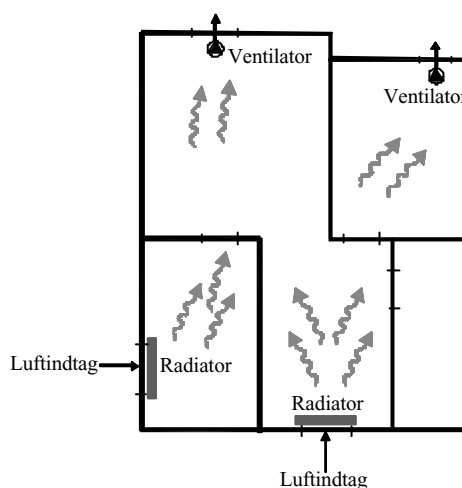
Figur 1: Principskitse – afværge installeret i kælderetage.

1.000 kr. Udsugningspunkter etableres med direkte forbindelse til udvendigt terræn og placeres så der sker en hensigtsmæssig bortledning og en naturlig fortynding af den bortventilerede forurenede luft. Ved placeringen tages der hensyn til eventuelle naboer og vinduer på overliggende etager, da der ellers kan ske indsugning af forurenede afkastluft. Som supplerende drivkraft kan det i nogle tilfælde udnyttes, at der på en af bygningens to modstående sider kan opstå relativt store trykforskelle (luv/læ). Det opståede differensstryk anvendes i såfald som supplerende drivkraft. Luftindtag etableres ved montage af rist efter gennemboring af ydervæg. Med henblik på at minimere nedkølingen af boligen som følge af indsugningen af udeluft installeres en luftgennemstrømningsradiator foran luftindtaget. Herved ledes den indsugede luft gennem radiatoren, hvor den forvarmes, før udstrømning til beboelsen.

Luftindtag og udsugningspunkter placeres så risiko for kortslutning mellem to punkter minimeres, og således at der ikke opstår uventilerede zoner.

Metoden med rumventilation er en velafprøvet teknik også i andre sammenhænge (f.eks. ved ventilation af vådrum).

Effekt: Afværger har effekt efter en ganske kort indkøringsperiode. En forurening under bygningen vil bevirke, at der sker en kontinuert frigivelse af forureningskomponenter og en ophobning i indeklimaet perioder uden ventilation. Ventilatoren dimensioneres efter at der sker en løbende bortledning, hvorfor tiltaget først har fuld effekt efter, at der opnås ligevægt mellem fjernelsen og tilførslen af forureningskomponenter (typisk efter ca. 4 døgn drift, svarende til 75-125 luftudskiftninger i stueetagen). En el-ventilator ventilerer typisk 100 m³/t (afhængig af model og regulering). Ved etablering af tre ventilatorer i en stueetage på 110 m² og med en loftshøjde på ca. 2,3 meter opnås der en luftudskiftning i stueetagen ca. 10.000 gange pr. år. Ved en gennemsnitlig PCE koncentration på f.eks. 25 µg/m³ fjernes således ca. 65 g PCE/år. Ventilationen bevirker endvidere at der



Figur 2: Principskitse – luftbevægelse mod udsugningspunkt.

etableres et svagt undertryk i stueetagen, hvilket minimerer transporten af forurenede indeluft til eventuelle overliggende etager.

Det vurderes, at det ved et luftskifte på 1 gang pr. time er muligt at opnå en reduktion af forureningsniveauet i stueetagen på 30-60%. Da der på nuværende tidspunkt ikke foreligger erfaringer fra drift af afværgen, er vurderingen af afværgens effekt alene baseret på et skøn ud fra erfaringerne med ventilation af kælderetage (jf. DB-4). Erfaringerne med ventilation af kælderetage viser at en forøgelse af luftskiftet fra 1½ til 3 gange pr. time har en minimal indvirkning af afværgens effekt.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Årligt elforbrug ca. 300 kWh, svarende til ca. 350 kr. pr. ventilator. Montage af ventilatorer direkte i stueetagen vil bevirke et forhøjet støjniveau fra elventilatorerne (ca. 50-60 dB (A)). Støjniveauet kan minimeres ved ekstern montage evt. i trappe-, loftsrum eller lignende. Montage af ventilatorer i vinduer kan give øgede støjgener pga. vibrationer. Med henblik på at minimere svingninger i vinduesglasset skal en eventuel montage derfor udføres ikke-centralt i vinduesrammen. Som følge af den forøgede ventilation vil beboerne opleve en nedkøling af beboelsen (særligt i vintermånederne). Denne nedkøling kan give anledning til en ekstra årlig varmeudgift på ca. 4.000 kr. (ved 1 luftskifte pr. time i stueetage på 110 m², hvor den ind sugede luft opvarmes til ca. 20°C). Udledning af forureningskomponenter og støj-emission kan være forbundet med gener for eventuelle naboer. Generne kan dog let minimeres ved en hensigtsmæssig placering af udsugningspunkterne. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Afværgen vil desuden medvirke til at forbedre bygnings generelle indeklima (via den større tilførsel af frisk luft).

Etablering: Udsugningspunkter med montage af el-ventilator etableres i vinduer eller ved gennemboring af ydervæg. Luftindtag etableres ved gennemboring af ydervæg. Foran luftindtaget i beboelsen installeres en luftgennemstrømsradiator. Radiatoren ombyttes evt. med en eksisterende radiator. Ved placeringen af luftindtagene tages der således højde for placeringen af de eksisterende radiatorer i beboelsen. Installationen foretages af en elektriker i samarbejde med en glarmester/entreprenør og en VVS-montør. Kort etableringsfase. Installationen tager ca. 1 uge, og er forbundet med et minimum af beboergener. Ved etableringen vil der dog være gener for beboerne i forbindelse med en midlertidig udtagning af vinduer og/eller gennemboring af ydervæg. Desuden skal der påregnes en midlertidig afbrudelse af ejendommens varmforsyning i forbindelse med tilslutning af luftgennemstrømsradiatorerne til det eksisterende varmforsyningssystem.

Drift: Indjustering af ydelse for el-ventilatorerne foretages inden etablering, idet der tages højde for antallet af udsugningspunkter og stueetagens volu-

men. Efterfølgende foretages alene justering, såfremt monitoring viser, at den opnåede effekt er utilfredsstillende. Minimalt driftsteknisk tilsyn. Under den kontinuerte drift kan det driftstekniske tilsyn foretages i takt med monitoringen (f.eks. hvert halve år). *Vedligehold.* Tiltaget kræver ingen vedligeholdelse. *Levetid.* Ventilatoren har en levetid på 5-10 år. Luftgennemstrømsradiatoren har en forventet levetid på ca. 30 år.

Monitoring: Monitoringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning.

Indkøring. Indeklimamålinger før opstart af afværgen og under drift (eksempelvis efter 1 og 3 måneder). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv og udeklimamålinger til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Første monitoring under drift udføres relativt kort tid efter installation af afværgen (½-1 måned), med henblik på evt. justering eller dokumentation af afværgens effekt.

Drift. Efter indkøringsperioden eksemplvis hver 6.-12. måned. *Kommentar.* Det bør tilstræbes at udføre indeklimamålinger (før og under drift) i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. I forbindelse med monitoring til dokumentation af afværgens effekt er det vigtigt, at monitoring under drift først udføres, når der er opnået ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved rensning (jf. afsnit om effekt).

Økonomi: *Anlæg.* 30-50.000 kr. På en ejendom, hvor der i stueetagen (110 m²) etableres 3 udsugningspunkter og 3 luftindtag med tilhørende radiatorer, vil anlægsudgifterne beløbe sig til ca. 40.000 kr. Ved montering af ventilator i loftsrum eller lignende og etablering af indvendig rørføring skal påregnes en ekstraudgift på ca. 10.000 kr. (jf. afsnit om anlægsbeskrivelse). *Drift.* Tre stk. ventilatorer (ca. 30 watt) resulterer i en årlig driftsudgift på ca. 1.000 kr. Installationen af luftindtag og de tilhørende luftgennemstrømsradiatorer, som er nødvendige for at opretholde rumtemperaturen i beboelsen, resulterer i et ekstra årlig varmeudgift på ca. 4.000 kr.. (denne driftsudgift kan mindskes ved montage af varmeveksler på luftafkastet) *Monitoring, 1. år* (efter 1, 3 og 12 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden er væsentlig, da effekten af afværgen er betinget af, at indeklimapåvirkningen primært stammer fra en poreluftforurening under bygningen. For at opnå en målbar reduktion af indeklimapåvirkningen skal ventilatorerne generere et luftskifte i kælderetagen på minimum 1 gang pr. time. For at sikre en optimal placering af udsugningspunkter og luftindtag er det vigtigt at foretage en bygningsgennemgang og en detailplanlægning med hensyn til de specifikke bygnings- og indretningsmæssige forhold inden etablering af afværgen. Herved er det muligt at placere udsugningspunkter

DB-5

og luftindtag så influenszonen for afværgen bliver størst mulig. I denne forbindelse er det også muligt at

tage stilling til om eksisterende radiatorer kan udskiftes med luftgennemstrømsradiatorer.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværge mod moderate indeklimapåvirkninger. Afværgen er ikke afhængig af geologiske og bygningstekniske forhold (gulvopbygning o. lign.). Effekten vil afhænge af at der sker en kontrolleret ventilering i stueetagen (tilstrækkelig luftudskiftning og undertryk) Ved metoden sker der ingen oprensning. Installationen er derfor permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er billig og hurtig at etablere og vurderes samtidig at have en stor driftssikkerhed. På det nuværende tidspunkt foreligger der ikke erfaringer med anvendelse af teknikken, hvorfor de angivne rensgrader er behæftet med nogen usikkerhed. I forbindelse med radonafværge (Radon 95) er registreret en gennemsnitlig effekt på 11%. Den ringe effekt vurderes bl.a. at skyldes at der i projektet blev anvendt en ny type udluftningsventil/rørføring og at der i den samlede installation opstod et for højt modtryk og dermed nedsat effekt under drift. Ved udenlandske undersøgelser (Finland, Sverige og Storbritannien) påvises en reduktionseffekt på 10-60%. Et andet alternativ til metoden er eksempelvis "Luftrensning i stueetage", jf. DB7.

Bilag:

Produktblade. Ventilator-Vort 15, (detaljer vedrørende størrelse, ydelse, elforbrug, støjniveau mv., vedlagt DB4.1)

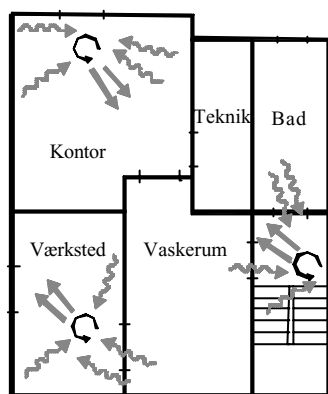
Produktblade. Udeluftventil (Fresh 98, detaljer vedrørende størrelse, ydelse og montage)

Produktblade. Luftgennemstrømsradiator (RIO-Comfort, detaljer vedrørende størrelse, ydelse, montage mv.)

Luftrensning i kælderetage

Funktion: Ved metoden renses forurenede indeluft, således at indeklimapåvirkningen reduceres (fortynding). Metoden kan anvendes som en midlertidig foranstaltning i forhold til ejendomme, hvis indeklima er påvirket i moderat grad. Metoden er ikke tiltænkt som afværge i forhold til et kildeområde, idet der ikke vil foregå en oprensning af kilden. En sådan oprensning skal i givet fald foregå på et senere tidspunkt. Afværgeforanstaltningen er permanent indtil oprensning eller anden afværge iværksættes. Metoden er ikke velegnet til afværge overfor meget kraftige indeklimapåvirkninger. Aktiv luftrensning i kælderetagen kan anvendes på ejendomme, hvor indeklimapåvirkningen primært vurderes at stamme fra en poreluftforurening under bygningen. På sådanne ejendomme er det muligt at undgå opstilling af luftrensere direkte i beboede lokaler, forudsat at kælderetagen ikke udnyttes til beboelse (soverum, stue o. lign.). Der opstilles en eller flere luftrenseenheder med henblik på at generere det nødvendige luftskifte på etagen. Der skal påregnes et luftskifte på min. 1 gang pr. time. Nuværende erfaringer viser, at et større luftskifte (min. 2 gange pr. time) øger rensgraden væsentligt (se afsnit om effekt). Luftrenseren i lokalet fungerer ved, at der skabes en luftcirkulation, hvor forurenede indeluft suges ind i renseenheden. Luften passerer her et aktivt kulfilter, renses og udledes via udblæsningsdyserne. Som afværge overfor et forureningspåvirket indeklima er metoden relativ ny, men aktiv luftrensning (vha. et kulfilter) er en velafprøvet teknik i flere andre sammenhænge (f.eks. ved rensning af kabineluft i entreprenørmaskiner).

Anlægsbeskrivelse: Luftrenseren er indbygget i en lydisoleret monteringsboks (60 x 40 x 25 cm) og består af følgende komponenter: Indsugningstragt, støvfilter, ventilatorenhed (56-176 W), aktivt kulfilter (typisk 4 kg), udblæsningsdyser, regulator og time-tæller. Anlægget drives ved kontinuert drift. Renseenhederne placeres så udblæsningsdyserne peger ud i lokalet, og på en måde så inventar ikke blokerer for indsugningstragtene. Med henblik på en di-

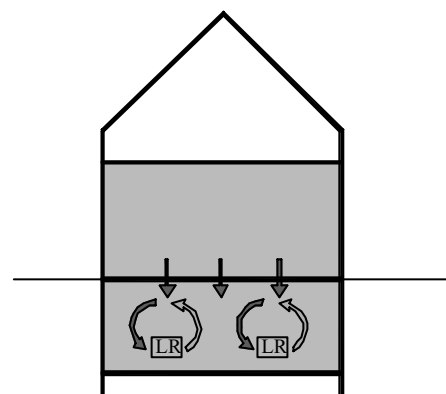


Figur 1: Principskitse – luftbevægelse omkring luftrensere i opstillingslokaler.

skret integrering i en eksisterende bolig er luftrenseenhederne fremstillet i en neutral lysegrå farve. For at minimere de æstetiske gener kan luftrenseenhederne med fordel anbringes i forlængelse af et sofa-, reol- eller skabsarrangement. Luftrenseren er en separat enhed, der alene kræver elttilslutning (230 V) og ingen yderligere indgreb i en eksisterende bygning. For at minimere støjgener kan luftrenseenhederne, i særlige tilfælde indbygges i et skab, på et loftsrum eller lign. I sådanne tilfælde vil installationen have visse byggetekniske konsekvenser (rørfremføring mv.). Der er p.t. udviklet to typer af luftrenseenheder, som er beregnet til opstilling i hhv. beboelses- (LR1) og ikke-beboelseslokaler (LR2). LR1 har en kapacitet på 34-95 m³/t. LR2 har en kapacitet på 95-229 m³/t. Da LR2 har et væsentlig højere støjniveau end LR1, kan LR2 mest fordelagtigt anvendes til reduktion af indeklimapåvirkninger i ikke-beboelseslokaler.

Effekt: Afværgeren har effekt umiddelbart efter opstart. Luftrenseenheden vil primært have en effekt i det lokale, hvor den er opstillet og i moderat omfang i nærliggende/adskilte lokaler. Ved opstilling af luftrenseenheder i kælderetagen kan der dog forventes en mærkbar effekt på overliggende etager.

I den forbindelse forudsættes det, at der, som følge af almindelige luftbevægelser i boligen, foregår en tilførsel af indeluft (renset luft) fra kælder- til stueetagen. Fra poreluftforureningen under bygningen vil der være en kontinuert frigivelse af forureningskomponenter, som via diffusiv og konvektiv transport tilføres indeklimaet. Det bevirker, at afværgeren har en indkøringsperiode, hvor der skal opnås ligevægt mellem fjernelsen og tilførslen af forureningskomponenter. Efter ca. 3 døgn drift (svarende til 75-150 luftskifter i lokalet) forventes en ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved luftrensning at være indstillet. Hver luftrenseenhed cirkulerer og renses 34-229 m³/t (afhængig af model og regulering). Ved en opstilling af to enheder i en kælderetage på 50 m² og med en loftshøjde på 2 meter opnås 6.000-40.000 luftudskiftninger i kælderetagen pr. år, svarende til at der ved en gennemsnitlig



Figur 2: Principskitse - luftcirkulation på opstillingsetagen og mellem etager.

DB-6

PCE-koncentration på 100 µg/m³ fjernes 60-400 g PCE/år.

Teoretisk vil luftrenseenheden kunne præstere en rensegrad på 95-98%. Rensegraden defineres som reduktionen af koncentrationsniveauet i den indsugete luft i forhold til koncentrationsniveauet i udblæsningsluften. I praksis sker der en konstant opblanding af rensed og urensed luft. Samtidig vil nogle områder være mindre vel-ventilerede og således under mindre påvirkning af renseprocessen. Dette bevirker, at reduktionen af forureningsniveauet på etagen bliver mindre end den teoretiske rensegrad. Ved opstilling af luftrenseenheder i en kælderetage, hvor formålet er at reducere indeklimapåvirkningen fra en underliggende poreluftforurening, vil der på etagen kunne forventes en reduktion i forureningsniveauet på i størrelsesordenen 80-90%. Den anførte reduktion beror på de nuværende erfaringer (2 lokaliteter) med kontinuerligt drift og luftskifter på 2-4 gange pr. time.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Trods støjdempering af luftrenseenheden skal der for LR1 påregnes et støjniveau på 33-38 dB(A) og for LR2 et støjniveau på 33-45 dB(A) (målt i 1 meters afstand). Opstillingen af luftrenseenheder kan virke arkitektonisk skæmmende, og det er givet, at beboerne skal vænne sig til enhedernes tilstedeværelse. Sammenholdt med en opstilling i stueetagen (direkte i beboelseslokaler), vil de negative effekter dog være væsentligt reduceret ved en opstilling i ubeboede kælderrum. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Luftrenserens støv- og kulfilter renser samtidig luften for støv og andre urenheder, og afværgen medvirker således til at forbedre bygningens generelle indeklima. En fordel ved anvendelsen af luftrenseenheder er, at enhederne, når formålet er opfyldt, umiddelbart kan genanvendes på en anden lokalitet.

Etablering: Luftrenseenhederne leveres færdige på lokaliteten. Enhederne er umiddelbart klar til opstilling, og det er ikke nødvendigt at foretage fysiske forandringer af bygningen. Kort etableringsfase (forudsat at luftrenseenhederne er leveret). Opstillingen af luftrenseenhederne tager ca. ½ time pr. stk., idet der alene skal foretages elttilslutning og en eventuel lettere ommøblering. Sidstnævnte kan indebære minimale beboergener i forbindelse med etableringen af afværgen.

Drift: Indjustering af ydelse foretages inden opstilling. Ydelsen afpasses i forhold til af opstillede luftrenseenheder, opstillingslokalets størrelse samt den ønskede luftcirkulation. Efterfølgende foretages alene justering, såfremt monitorering viser, at den opnåede renseseffekt er utilfredsstillende. Minimalt driftsteknisk tilsyn, typisk samtidig med evt. monitorering eller udskiftning af kulfiltre. Under den kontinuerlige drift kan det drifttekniske tilsyn foretages i takt med monitoreringen (f.eks. hver 3. måned). *Vedligeholdelse.* Afværgeteknikken fordrer et minimalt vedligehold. Der er alene behov for at foretage udskiftning af støvfiltret og

udskiftning/regenerering af kulfiltret. Med henblik på at registrere driftstiden for luftrenseenhederne anbefales det, at der udarbejdes en logbog, som følger den enkelte luftrenser. I logbogen anføres oplysninger om driftstid med tilhørende indeklimakoncentration (målt eller forventet). Desuden registreres tidspunkt for udskiftning af støv- og kulfiltre. Informationerne fra logbogen benyttes til at vurdere levetiden for kulfiltret, og er særlig påkrævet såfremt luftrenseenheden har været opstillet på flere forskellige lokaliteter (Et eksempel på en sådan logbog er vedlagt i bilag F6.1). *Levetid.* Ventilatoren i luftrenseenheden har en forventet levetid på 4-5 år. Med en indeklimapåvirkning på 10-400 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 1 gang årligt (4 kg kulfiltre). Det skyldes, at filtrene, foruden PCE, vil blive belastet af øvrige aktiviteter, som frigiver stoffer til indeklimaet. Med en indeklimapåvirkning på 400-1.000 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 2 gange årligt (4 kg kulfiltre).

Monitorering: Monitoringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning.

Indkøring. Indeklimamålinger før opstart af afværgen og under drift (eksempelvis efter 1 og 3 måneder). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv og udeklimamålinger til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Første monitorering under drift udføres relativt kort tid efter installation af afværgen (½-1 måned), med henblik på en eventuel justering og dokumentation af afværgens effekt. *Drift.* Efter indkøringsperioden kan monitoringsfrekvensen fastsættes til eksempelvis hver 6.-12. måned. *Kommentar.* Det bør tilstræbes at udføre indeklimamålinger (før og under drift) i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. I forbindelse med monitorering til dokumentation af afværgens effekt er det vigtigt, at monitorering under drift først udføres, når der er opnået ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved rensning (jf. afsnit om effekt).

Økonomi: *Anlæg.* 10.000 kr. pr. luftrenseenhed. I en kælderetage (ikke-beboelse) med en grundplan på ca. 90 m² opstilles 3 enheder (LR2), svarende til en samlet anlægsudgift på ca. 30.000 kr. Luftrenserne kan genanvendes på en anden lokalitet, og anlægsinvesteringen kan derfor afskrives over flere lokaliteter. Ved montering af ventilator i skab, på loftsrum eller lignende (adskilt fra beboelsen) skal der påregnes en ekstraudgift på ca. 15.000 kr. (jf. afsnit om anlægsbeskrivelse). *Drift.* El- og kulforbrug for LR1 svarer til ca. 5.000 kr./år (inkl. 1 udskiftning af kul- og støvfiltre, 3 enheder). El- og kulforbrug for LR2 svarer til ca. 9.000 kr./år (inkl. 1 udskiftning af kul- og støvfiltre, 3 enheder). *Monitorering.* 1. år efter 1 og 3 måneder): 5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden er væsentlig, da luftrenseenhederne således kan opstilles under hensyntagen til, om indeklimapåvirkningen hovedsageligt stammer fra udeluften eller fra en poreluftforurening under bygningen (opstilling i kælder (DB-6) eller i stueetage (DB-7)). Såfremt indeklimapåvirkningen er registreret i en etagedelt ejendom, og såfremt udeluftens bidrag til indeklimapåvirkningen er minimal opnås størst effekt ved opstilling i kælderetagen (eller

nederste etage). For at minimere støjgenerne fra luftrenserne er det vigtigt at foretage en bygningsgen-nemgang og inddrage de specifikke bygnings- og indretningsmæssige forhold i en detailplanlægning af hvordan luftrenseenhederne opstilles. Støjen kan eksempelvis forekomme særlig høj ved overgangen mellem to lokaler, hvori der i begge er opstillet luftrenseenheder (stereo-effekt). En gulvkonstruktion af beton og/eller et gulvtæppe i opstillingslokalerne vil medvirke til at reducere støjindtrykket.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværge af moderate indeklimapåvirkninger. Afværge er ikke afhængig af geologiske og bygningstekniske forhold (gulvopbygning o. lign.), idet indsatsen pågår direkte i de beboede lokaler, dog skal iagttagelser fra en byggeteknisk gennemgang inddrages ved placeringen af luftrenseenhederne. Der sker ingen oprensning af kilden. På grund af støjgener og indretningsmæssige gener har luftrenseenhederne af en midlertidig foranstaltning til afhjælpning af en aktuel indeklimapåvirkning.

Foranstaltningen er en god, billig, hurtig og meget fleksibel løsning og har samtidig en stor driftssikkerhed. Flexibiliteten (særligt med henblik på opstillingssted og antal) gør, at metoden kan tilpasses koncentrationsniveauet og oprindelsesstedet/kilden for indeklimapåvirkningen. Endvidere kan luftrenseenhederne umiddelbart genanvendes på en anden lokalitet uden teknisk tilpasning. Metoden er ny og er derfor alene baseret på et begrænset erfaringsgrundlag. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af kælderetage", jf. DB-4 og "Ventilation af stueetage", jf. DB-5.

Bilag: Se eksempeldatablad (DB6.1, DB6.2 og DB7.1).

Luftrensning i kælder- og stueetage (uden udeluftpåvirkning)

Grønnegade 39, Fåborg, Fyns Amt

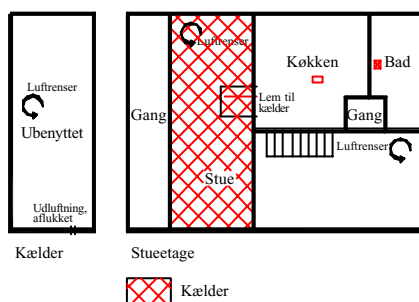
Forureningsscenarium: Bygningen er beliggende på nabogrunden til et tidligere renseri. Den tidligere renseriejendom udgør kildeområdet for en forurening med chlorerede opløsningsmidler. Der er ikke foretaget oprensning i kildeområdet. Moderat-kraftig forurening er påvist i indeklimaet. Indeklimapåvirkningen vurderes at stamme fra en kraftig forurening i porulften og grundvandet under bygningen. De påviste forureningsniveauer i og under bygningen fremgår af tabel 1 og figur 2. Vandspejl ca. 3 m.u.t.

Formål: Indsats overfor moderat-kraftig indeklimapåvirkning med PCE. Midlertidig foranstaltning.

Bygning: Ældre byhus (mursten) fra ca. 1900. Det bebyggede areal udgør ca. 45 m². Stue og 1. sal udnyttes til beboelse. På ejendommen er der desuden en ca. 15 m² ubenyttet kælder. Kældergulvet er ubefæstet (sand), og kældervæggene er muret op af en blanding af pig- og mursten. Der er trægulv i stuerne og betongulv i badeværelse og køkken.

Afværg: Aktiv luftrensning ved opstilling af 2 stk. luftrensere (LR2, 95-229 m³/t) i stueetage og 1 stk. luftrenser (LR2, 95-229 m³/t) i kælderetage. Luftrensere var placeret som angivet på figur 1, under hensyntagen til at influensområdet skulle være så stort som muligt. Alle de opstillede luftrensere var indstillet med en kapacitet på ca. 114 m³/t, svarende til et luftskifte i kælderetagen på ca. 4 gange pr. time og et luftskifte i stueetagen på ca. 2,5 gange pr. time. Støjniveauet for én luftrenseenhed ved ca. 114 m³/t, i 1 meters afstand, er målt til 39 dB(A).

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamåling i stue- og kælderetage (IK), ATD-rør. Øvrig dokumentation. Udeluftmåling (UL) til verifikation og belysning af spredningsveje, ATD-rør. Monitoring til dokumentation af afværgens effekt er gennemført hhv. før og under drift af afværgen.



Figur 1: Situationsplan

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i kælderetagen på 90-92%. Der er samtidig opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i stueetagen på 87-93%. Der er således påvist en høj reduktion af indeklimapåvirkningen, også for relativt høje koncentrationer af PCE i indeklimaet.

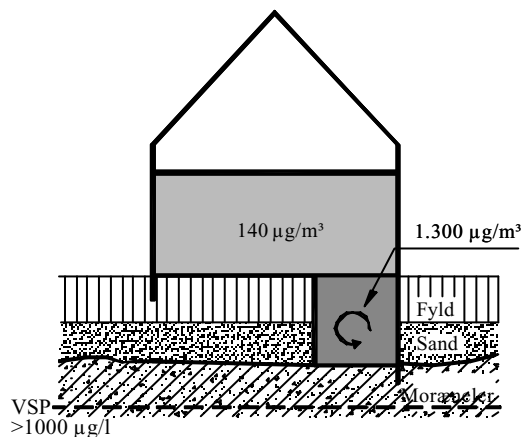
Position	Før µg/m ³	Under drift µg/m ³	Reduktion (%) (Gennemsnit ifht. før/efter)
Kælder (IK), ubenyttet	1.300 840	88 ¹⁾ 110 ¹⁾	92 90
Stue, øst (IK)	97 140	9,1 ¹⁾ 12 ¹⁾	92 90
Stue, vest (IK)	92 130	7,5 ¹⁾ 14 ¹⁾	93 87
Udeluft (UL)	0,2 -	- 0,58	- -

¹⁾ Ved et samtidigt luftskifte i kælder- og stueetagen på hhv. ca. 4 gange pr. time (kælder) og ca. 2,5 gange pr. time (stue).

Tabel 1: PCE i indeklima og udeluft.

Tilsyn og monitoring: Udført. Monitoring af afværgens effekt er gennemført efter 1 og 2 måneders drift. Der er ikke foretaget driftsjusteringer efter opstart. Der er desuden gennemført monitoring før opstart af afværg. Fremtidig. Ved en fortsat afværg videre drives anlægget under uforandrede driftsbetingelser og med en halvårlig udskiftning af støv- og kulfiltre på luftrensere i kælderetagen og en årlig udskiftning af støv- og kulfiltre på luftrensere i stueetagen. Efter 6-12 måneder bør udføres indeklimamålinger til monitoring af afværgens effekt.

Til orientering kan det dog oplyses, at der medio 2002 foretages oprensning i kildeområdet, hvorved der etableres ventilationsboringer under bygningen.



Figur 2: Forureningsscenarium

Tid: Før indsats. Anlægget er idriftsat 18 måneder efter at forureningen er påvist og afværge er skønnet nødvendig. *Anlægsperiode.* ½ dag, under forudsætning af at luftrenseenhederne er leveret. Alternativt skal der påregnes ca. 3 ugers leveringstid. *Drift.* Opstart, oktober 2001.

Økonomi: *Etablering.* 30.000 kr. (for 3 stk. luftrensere (LR2)). *Udført monitoring.* 46.000 kr. (4 målerun-

der med IK og UL). (I henhold til anbefalet monitoring, jf. datablad DB-6, er der således udført målinger før opstart af afværge samt efter 1 og 2 måneders drift). *Drift.* 9.000 kr. årligt (inkl. én udskiftning af støv- og kulfiltre).

Samlet vurdering: Afværgeren har kørt uden tekniske driftstop, dog har anlægget ved en fejl været slukket i en periode på ca. 1 uge under måleperiode under drift. På baggrund af denne erfaring anbefales det, at udforme installationen således at beboere eller andre ikke kan slukke for anlægget ved et uheld. Den indbyggede timetæller kan registrere den aktuelle driftstid. Afværgeren med installation af luftrensere er et hurtigt, fleksibelt, billigt og relativt effektivt tiltag. Endvidere kan luftrenseenhederne relativt nemt integreres i et eksisterende møblement. For den aktuelle lokalitet har beboeren udtrykt, at luftrenseenhederne optager megen plads, hvorfor det skal bemærkes, at afværgeren kan virke pladskrævende i en mindre beboelse. Som udgangspunkt bør luftrenseren (LR2, 95-229 m³/t) af støjhensyn, ikke opstilles i beboelseslokaler. Ved en kapacitet på ca. 114 m³/t er støjniveauet for én luftrenseenhed, i 1 meters afstand, målt til 39 dB(A). Alternativt kan der opstilles mindre enheder (LR1, 34-95 m³/t), hvilket forventeligt vil medføre en mindre reduktion af indeklimapåvirkningen. På den aktuelle lokalitet har støj fra luftrenseenhederne ikke udgjort en væsentlig gene/irritation for beboeren. Den aktuelle afværge, med opstilling af luftrensere i stue- og kælderetagen, har haft til formål at reducere indeklimapåvirkningen fra den underliggende poreluft- og grundvandsforurening. På den aktuelle lokalitet vurderes en del af indeklimabidraget til stueetagen at stamme fra en poreluft- og grundvandsforurening, som er beliggende under den østlige del af bygningen, hvor der ikke er kælder. Ved opstilling af en luftrenser i kælderetagen har det således kun været praktisk muligt at reducere den del af stuens indeklimabidrag, som stammer fra den underliggende kælderetage.

Bilag:

Fotos. Ejendommen, luftrensere opstillet i hhv. kælder- og stueetage.

Tegningsmateriale. Situationsplan, der viser placeringen af luftrenseenhederne.

Produktblade. Luftrenseenheder (reservedelsliste med komponentfortegnelse, prissat, december 2001).

Notat. Resultat af støjmålinger for luftrenseenhederne under forskellige ydelser.

Logbog. Eksempel på logbog til registrering af driftstid og indeklimakoncentrationer.

Luftrensning i kælderetage

Lykkehåbs Allé 4, Odense, Fyns Amt

Forureningsscenarium: Bygningen er beliggende på naboejendommen til et idriftværende renseri. Renseriejendommen udgør kildeområdet for en forurening med chlorerede opløsningsmidler. Der er ikke foretaget oprensning i kildeområdet. Moderat forurening er påvist i indeklimaet. Indeklimapåvirkningen vurderes primært at stamme en kraftig forurening i poreluften og grundvandet under bygningen. De påviste forureningsniveauer i og under bygningen fremgår af tabel 1 og figur 2. Vandspejl ca. 3 m.u.t.

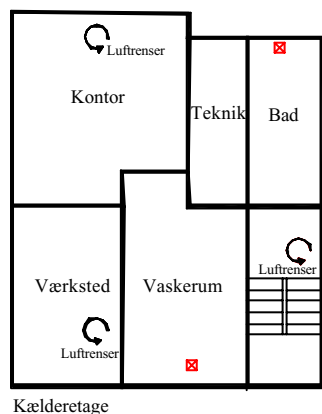
Formål: Indsats overfor moderat indeklimapåvirkning med PCE. Midlertidig foranstaltning.

Bygning: Patricia villa (mursten) fra ca. 1950, ca. 75 m² grundplan, ekskl. tilbygning. Kælder, stue og 1. sal udnyttes til beboelse. Fin stand (høj luftfugtighed i kælderetagen). Betongulve i kælderetagen (varierende tykkelse).

Afværge: Aktiv luftrensning ved opstilling af 3 stk. luftrensere i kælderetage (LR2, 95-230 m³/t). Luftrensere var placeret som angivet på figur 1, under hensyntagen til at influensområdet skulle være så stort som muligt. Badeværelse og vaskerum, der på lokaliteten blev benyttet som gennemgang, begrænsede opstillingsmulighederne for luftrenseenhederne. Alle luftrensere var indstillet med en kapacitet på ca. 114 m³/t, svarende til et luftsifte på etagen på ca. 2 gange pr. time. Støjniveauet for én luftrenser ved ca. 114 m³/t er, i 1 meters afstand, målt til ca. 39 dB(A).

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamåling i stue- og kælderetage (IK).

Øvrig dokumentation. Poreluftmåling under gulv (MP, passiv opsamling) og udeluftmåling (UL) til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Monitoring til dokumentation af afværgens effekt er gennemført hhv. før og under drift af afværge.



Figur 1: Situationsplan.

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i kælderetagen på 82%. Der er samtidig opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i stueetagen på 62

Position	Før µg/m ³	Under drift µg/m ³	Reduktion (%) (Gennemsnit ifht. før/efter)
Under gulv (MP)	1.600 1.400	-	-
Kælder (IK)	30 32	5,7 ¹⁾	82 ¹⁾
Stue (IK)	15 26	7,7 ¹⁾	62 ²⁾
Udeluft (UL)	2 32	9,3	-

¹⁾ Ved et luftsifte i kælderetagen på ca. 2 gange pr. time.

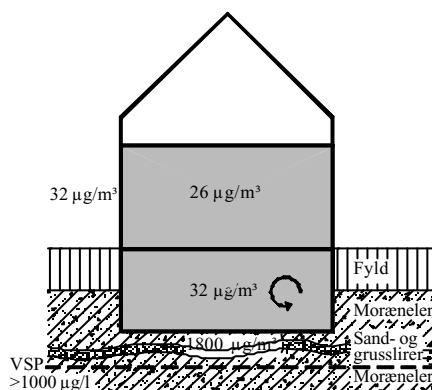
²⁾ Reduktion i stueetagen opnået som afledt effekt til luftrensningen i kælderetagen.

Tabel 1: PCE i indeklima, udeklima og under gulv.

Tilsyn og monitoring: Udført. Monitoring af afværgens effekt er udført efter 2 ugers drift. Der er ikke foretaget driftsjusteringer efter opstart. Der er desuden gennemført monitoring før opstart af afværge. Fremtidig. Anlægget er på nuværende tidspunkt demonteret (efter ønske fra grundejeren). Ved en fortsat afværgedrift skulle der have været foretaget en årlig udskiftning af støv- og kulfiltre på luftrensere i kælderetagen. Efter 6-12 måneder skulle der desuden have været gennemført indeklimamålinger til monitoring af afværgens effekt.

Til orientering kan det oplyses, at permanente afværgetiltag til sikring af bygningens indeklima er under projektering og forventes gennemført ultimo 2002.

Tid: Før indsats. Anlægget er sat i drift 6 måneder efter at forureningen er påvist og afværge er skønnet nødvendig. Anlægsperiode. ½ dag, under forudsætning af at luftrenseenhederne er leveret. Alternativt skal



Figur 2: Forureningsscenarium.

der påregnes ca. 3 ugers leveringstid.
Drift. Opstart i december 2001, anlæg reduceret i december 2001.

anbefalet monitoring, jf. datablad DB-6, er der alene udført målinger før opstart af afværge samt efter 2 ugers drift). *Drift.* 9.000 kr. årligt (inkl. én udskiftning af støv- og kulfiltre).

Økonomi: *Etablering.* 30.000 kr. (for 3 stk. luftrensere (LR2)). *Udført monitoring.* 32.000 kr. (3 målerunder med IK, MP og UL). (Til sammenligning med

Samlet vurdering: Afværgeren har kørt uden driftstop. Det anbefales, at udforme installationen således at beboere eller andre ikke kan slukke for anlægget ved et uheld. Den indbyggede timetæller kan registrere den aktuelle driftstid. Afværgeren med installation af luftrensere er et hurtigt, fleksibelt, billigt og relativt effektivt tiltag. Endvidere kan luftrensere relativt nemt integreres i et eksisterende møblement. Ved den aktuelle opstilling af luftrensere i kælderetagen har det været muligt at reducere indeklimapåvirkningen i såvel kælderen som på den overliggende stueetage. Såfremt den primære kilde til indeklimapåvirkningen udgøres af en poreduftforurening under bygningen, vurderes en opstilling af luftrensere i kælderetagen at være den mest optimale placering - både i forhold til en reduktion af indeklimapåvirkningen og i forhold til de medfølgende støjpåvirkninger. Støj fra luftrenseenhederne har ved den aktuelle opstilling i kælderetagen ikke været til væsentlig gene for beboerne.

Bilag:

Fotos. Ejendommen, luftrensere opstillet i kælderetage.

Tegningsmateriale. Situationsplan, der viser placeringen af luftrenseenhederne.

Produktblade. Luftrenseenheder (reservedelsliste med komponentfortegnelse, prissat, december 2001, vedlagt DB6.1).

Notat. Resultat af støjmålinger for luftrenseenhederne under forskellige ydelser (vedlagt DB6.1).

Logbog. Eksempel på logbog til registrering af driftstid og indeklimakoncentrationer (vedlagt DB6.1).

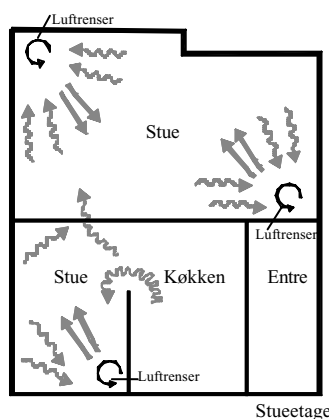
Luftrensning i stueetage (med udeluftpåvirkning)

Funktion: Ved metoden renses forurennet indeluft, således at indeklimapåvirkningen reduceres (fortyndes). Metoden anvendes som en midlertidig foranstaltning i forhold til ejendomme, hvis indeklima er påvirket i moderat grad. Metoden er ikke tiltænkt som afværge i forhold til et kildeområde, idet der ikke vil foregå en oprensning af kilden. En sådan oprensning skal i givet fald foregå på et senere tidspunkt. Afværgeforanstaltningen er permanent indtil oprensning eller anden afværge iværksættes. Metoden er ikke velegnet til afværge overfor meget kraftige indeklimapåvirkninger. Aktiv luftrensning i stueetagen kan anvendes på ejendomme, hvor indeklimapåvirkningen vurderes at stamme dels fra udeluften og dels fra en poreluftforurening under bygningen. På ejendomme, hvor en del af indeklimapåvirkningen stammer fra udeluften, vil det ikke være tilstrækkeligt at foretage luftrensning i kælderetagen, idet indtrængning af forurennet udeluft kan ske gennem vinduer, døre o. lign. Der opstilles en eller flere luftrenseenheder med henblik på at generere det nødvendige luftskifte på etagen. Der skal påregnes et luftskifte på min. 1 gang pr. time. Nuværende erfaringer viser, at et større luftskifte (min. 2 gange pr. time) øger rensgraden væsentligt (se afsnit om effekt). Luftrenseren i lokalet fungerer ved, at der skabes en luftcirkulation, hvor forurennet indeluft suges ind i renseenheden. Luften passerer her et aktivt kulfilter, renses og udledes via udblæsningsdyserne. Som afværge overfor et forureningspåvirket indeklima er metoden relativ ny, men aktiv luftrensning (vha. et kulfilter) er en velafprøvet teknik i flere andre sammenhænge (f.eks. ved rensning af kabineluft i entreprenørmaskiner).

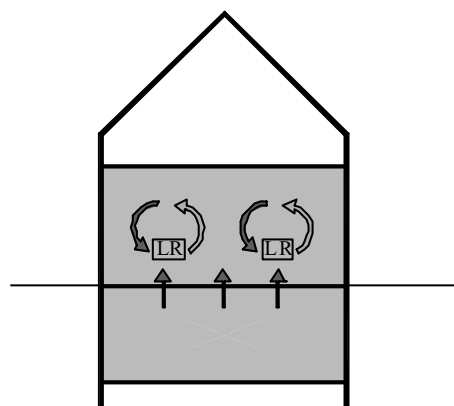
Anlægsbeskrivelse: Luftrenseren er indbygget i en lydisoleret monteringsboks (60 x 40 x 25 cm) og består af følgende komponenter: Indsugningstragt, støvfilter, ventilatorenhed (56-176 W), aktivt kulfilter (typisk 4 kg), udblæsningsdyser, regulator og time-tæller. Anlægget drives ved kontinuert drift. Renseenhederne placeres så udblæsningsdyserne pe-

ger ud i lokalet, og på en måde så inventar ikke blokerer for indsugningstragterne. Med henblik på en diskret integrering i en eksisterende bolig er luftrenseenhederne fremstillet i en neutral lysegrå farve. For at minimere de æstetiske gener kan luftrenseenhederne med fordel anbringes i forlængelse af et sofa-, reol- eller skabsarrangement. Luftrenseren er en separat enhed, der alene kræver eltilslutning (230 V) og ingen yderligere indgreb i en eksisterende bygning. For at minimere støjgener kan luftrenseenhederne, i særlige tilfælde indbygges i et skab, på et loftsrum eller lign. I sådanne tilfælde vil installationen have visse byggetekniske konsekvenser (rørfremføring mv.). Der er p.t. udviklet to typer af luftrenseenheder, som er beregnet til opstilling i hhv. beboelses- (LR1) og ikke-beboelseslokaler (LR2). LR1 har en kapacitet på 34-95 m³/t. LR2 har en kapacitet på 95-229 m³/t. Da LR2 har et væsentlig højere støjniveau end LR1, anvendes LR1 fortrinsvis til reduktion af indeklimapåvirkninger beboelseslokaler.

Effekt: Afværgeren har effekt umiddelbart efter opstart. Luftrenseenheden vil primært have en effekt i det lokale, hvor den er opstillet og i moderat omfang i nærliggende/adskilte lokaler. En opstilling af luftrenseenheder i stueetagen kan også forventes at have en reducerende effekt på indeklimapåvirkningen på overliggende etager. Fra poreluftforureningen under bygningen vil der være en kontinuert frigivelse af forureningskomponenter, som via diffusiv og konvektiv transport tilføres indeklimaet. Det bevirker, at afværgeren har en indkøringsperiode, hvor der opnås ligevægt mellem fjernelsen og tilførslen af forureningskomponenter. Efter ca. 3 døgn drift (svarende til 75-150 luftskifter i lokalet) forventes en ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved luftrensning at være indstillet. Hver luftrenseenhed cirkulerer og rens 34-229 m³/t (afhængig af model og regulering). Ved en opstilling af tre enheder i en stueetage på 75 m² og med en loftshøjde på ca. 2 meter opnås 6.000-40.000 luftudskift-



Figur 1: Principskitse - luftbevægelse omkring luftrensere i opstillingslokaler.



Figur 2: Principskitse - luftcirkulation på opstillingsetagen og mellem etager.

ninger i lokalet pr. år, svarende til at der ved en gennemsnitlig PCE-koncentration på 100 µg/m³ fjernes 60-400 g PCE/år. Teoretisk vil luftrenseenheden kunne præstere en rensesgrad på 95-98%. Rensegraden defineres som reduktionen af koncentrationsniveauet i den indsugede luft i forhold til koncentrationsniveauet i udblæsningsluften. I praksis sker der en konstant opblanding af renses og urenses luft. Samtidig vil nogle områder være mindre vel-ventilerede og således under mindre påvirkning af rensesprocessen. Dette bevirker, at reduktionen af forureningsniveauet på etagen bliver mindre end den teoretiske rensesgrad. Ved opstilling af luftrenseenheder i en stueetage, hvor formålet er at reducere indeklimapåvirkninger fra udeluften og/eller fra en underliggende poreluftforurening, vil der på etagen kunne forventes en reduktion i forureningsniveauet på i størrelsesordenen 60-90%. Den anførte reduktion beror på de nuværende erfaringer (2 lokaliteter) med kontinuert drift og et luftskifte på 1-2,5 gange pr. time.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Trods støjdempling af luftrenseenheden skal der for LR1 påregnes et støjniveau på 33-38 dB(A) og for LR2 et støjniveau på 33-45 dB(A) (målt i 1 meters afstand). Opstillingen af luftrenseenheder kan virke arkitektonisk skæmmende, og det er givet, at beboerne skal vænne sig til enhedernes tilstedeværelse. *Positiv effekt.* Indeklimapåvirkningen med forureningskomponenter reduceres. Luftrenserens støv- og kulfilter renser samtidig luften for støv og andre urenheder, og afværger medvirker således til at forbedre bygningens generelle indeklima. En fordel ved anvendelsen af luftrenseenheder er, at enhederne, når formålet er opfyldt, umiddelbart kan genanvendes på en anden lokalitet.

Etablering: Luftrenseenhederne leveres færdige på lokaliteten. Enhederne er umiddelbart klar til opstilling, og det er ikke nødvendigt at foretage fysiske forandringer af bygningen. Kort etableringsfase (forudsat at luftrenseenhederne er leveret). Opstillingen af luftrenseenhederne tager ca. ½ time pr. stk., idet der alene skal foretages eltilslutning og en eventuel lettere ommøblering. Sidstnævnte kan indebære minimale beboergener i forbindelse med etableringen af afværger.

Drift: Indjustering af ydelse foretages inden opstilling. Ydelsen afpasses i forhold til af opstillede luftrenseenheder, opstillingslokalets størrelse samt den ønskede luftcirkulation. Efterfølgende foretages alene justering, såfremt monitoring viser, at den opnåede renseseffekt er utilfredsstillende. Minimalt driftsteknisk tilsyn, typisk samtidig med evt. monitoring eller udskiftning af kulfiltre. Under den kontinuerte drift kan det driftstekniske tilsyn foretages i takt med monitoring (f.eks. hver 3. måned). *Vedligeholdelse.* Afværgeteknikken fordrer et minimalt vedligehold. Der er alene behov for at foretage udskiftning af støvfiltret og udskiftning/regenerering af kulfiltret. Med henblik på at registrere driftstiden for luftrenseenhederne anbefales det, at der udarbejdes en logbog, som følger den

enkelte luftrenser. I logbogen anføres oplysninger om driftstid med tilhørende indeklimakoncentration (målt eller forventet). Desuden registreres tidspunkt for udskiftning af støv- og kulfiltre. Informationerne fra logbogen benyttes til at vurdere levetiden for kulfiltret, og er særlig påkrævet såfremt luftrenseenheden har været opstillet på flere forskellige lokaliteter (Et eksempel på en sådan logbog er vedlagt i bilag F6.1). *Levetid.* Ventilatoren i luftrenseenheden har en forventet levetid på 4-5 år. Med en indeklimapåvirkning på 10-400 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 1 gang årligt (4 kg kulfiltre). Det skyldes, at filtrene, foruden PCE, vil blive belastet af øvrige aktiviteter, som frigiver stoffer til indeklimaet. Med en indeklimapåvirkning på 400-1.000 µg PCE/m³ og en luftcirkulation pr. luftrenseenhed på 35-230 m³/t skal der foretages kulskifte og udskiftning af støvfiltre 2 gange årligt (4 kg kulfiltre).

Monitoring: Monitoringsprogrammet kan minimeres til en indledende dokumentation og en begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning.

Indkøring. Indeklimamålinger før opstart af afværger og under drift (eksempelvis efter 1 og 3 måneder). Indeklimamålingerne suppleres evt. med poreluftmåling under gulv og udeklimamålinger til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Første monitoring under drift udføres relativt kort tid efter installation af afværger (½-1 måned), med henblik på en eventuel justering og dokumentation af afværgers effekt. *Drift.* Efter indkøringsperioden kan monitoringsfrekvensen fastsættes til eksempelvis hver 6.-12. måned. *Kommentar.* Det bør tilstræbes at udføre indeklimamålinger (før og under drift) i en periode med begrænset udluftning (gerne efterår/vinter). I modsat fald kan effekten af almindelig udluftning vanskeliggøre tolkningen af dokumentationsmålingerne. I forbindelse med monitoring til dokumentation af afværgers effekt er det vigtigt, at monitoring under drift først udføres, når der er opnået ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen ved rensning (jf. afsnit om effekt).

Økonomi: *Anlæg.* 10.000 kr. pr. luftrenseenhed. I en kælderetage (ikke-beboelse) med en grundplan på ca. 90 m² opstilles 3 enheder (LR2), svarende til en samlet anlægsudgift på ca. 30.000 kr. Luftrenserne kan genanvendes på en anden lokalitet, og anlægsinvesteringen kan derfor afskrives over flere lokaliteter. Ved montering af ventilator i skab, på loftsrum eller lignende (adskilt fra beboelsen) skal der påregnes en ekstraudgift på ca. 15.000 kr. (jf. afsnit om anlægsbeskrivelse). *Drift.* El- og kulforbrug for LR1 svarer til ca. 5.000 kr./år (inkl. 1 udskiftning af kul- og støvfiltre, 3 enheder). El- og kulforbrug for LR2 svarer til ca. 9.000 kr./år (inkl. 1 udskiftning af kul- og støvfiltre, 3 enheder). *Monitoring.* 1. år (efter 1 og 3 måneder inkl. udeluftmåling): 7.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående bestemmelse af forureningskilden er væsentlig, da

DB-7

luftrenseenhederne således kan opstilles under hensyntagen til, om indeklimapåvirkningen hovedsageligt stammer fra udeluften eller fra en poreluftforurening under bygningen (opstilling i kælder (DB-6) eller i stueetage (DB-7)). Såfremt indeklimapåvirkningen er registreret i en etagedelt ejendom, og såfremt udeluftens bidrag til indeklimapåvirkningen er minimal opnås størst effekt ved opstilling i kælderetagen (eller nederste etage). For at minimere støjgenerne fra luftrenserne er det vigtigt at foretage en bygningsgen-

nemgang og inddrage de specifikke bygnings- og indretningsmæssige forhold i en detailplanlægning af hvordan luftrenseenhederne opstilles. Støjen kan eksempelvis forekomme særlig høj ved overgangen mellem to lokaler, hvori der i begge er opstillet luftrenseenheder (stereo-effekt). En gulvkonstruktion af beton og/eller et gulvtæppe i opstillingslokalerne vil medvirke til at reducere støjindtrykket.

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet til afværge af moderate indeklimapåvirkninger. Afværgeren er ikke afhængig af geologiske og bygningstekniske forhold (gulvopbygning o. lign.), idet indsatsen pågår direkte i de beboede lokaler, dog skal iagttagelser fra en byggeteknisk gennemgang inddrages ved placeringen af luftrenseenhederne. Der sker ingen oprensning af kilden. På grund af støjgener og indretningsmæssige gener har luftrenseenhederne af en midlertidig foranstaltning til afhjælpning af en aktuel indeklimapåvirkning. Foranstaltningen er en god, billig, hurtig og meget fleksibel løsning og har samtidig en stor driftssikkerhed. Flexibiliteten (særligt med henblik på opstillingssted og antal) gør, at metoden kan tilpasses koncentrationsniveauet og oprindelsesstedet/kilden for indeklimapåvirkningen. Endvidere kan luftrenseenhederne umiddelbart genanvendes på en anden lokalitet uden teknisk tilpasning. Metoden er ny og er derfor alene baseret på et begrænset erfaringsgrundlag. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af stueetage", jf. DB-5.

Bilag: Se eksempeldatablad (DB6.1, DB6.2 og DB7.1).

Luftrensning i stueetage (med kælder og udeluftpåvirkning)

Lykkehåbs Allé 4, Odense, Fyns Amt

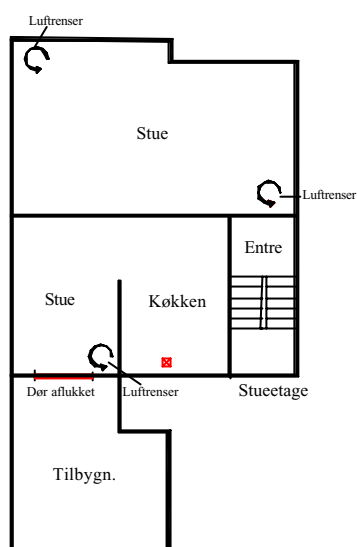
Forureningsscenario: Bygningen er beliggende på naboejendommen til et idriftværende renseri. Renseriejendommen udgør kildeområdet for en forurening med chlorerede opløsningsmidler. Der er ikke foretaget oprensning i kildeområdet. Moderat forurening er påvist i indeklimaet. Indeklimapåvirkningen vurderes primært at stamme en kraftig forurening i poreluften og grundvandet under bygningen. De påviste forureningsniveauer i og under bygningen fremgår af tabel 1 og figur 2. Vandspejl ca. 3 m.u.t.

Formål: Indsats overfor moderat indeklimapåvirkning med PCE. Midlertidig foranstaltning.

Bygning: Patricia villa (mursten) fra ca. 1950, ca. 75 m² grundplan, ekskl. tilbygning. Kælder, stue og 1. sal udnyttes til beboelse. Fin stand (høj luftfugtighed i kælderetagen). Betongulve i kælderetagen (varierende tykkelse).

Afværge: Aktiv luftrensning ved opstilling af 3 stk. luftrenserne i stueetage (LR1, 34-95 m³/t). Luftrenserne var placeret som angivet på figur 1, under hensyntagen til at influensområdet skulle være så stort som muligt. Alle luftrenserne var indstillet med en kapacitet på ca. 60 m³/t, svarende til et luftskifte på etagen på ca. 1 gang i timen. Støjniveauet for én luftrenser ved ca. 60 m³/t er, i 1 meters afstand, målt til ca. 33 dB(A).

Dokumentation: *Primær dokumentation.* Indeklimamåling i stue- og kælderetage (IK). *Øvrig dokumentation.* Poreluftmåling under gulv (MP, passiv opsamling) og udeluftmåling (UL) til belysning af spredningsveje og kildestyrke. Monitoring til



Figur 1: Situationsplan.

dokumentation af afværgens effekt er gennemført hhv. før og under drift af afværge og alle ved opsamling på ATD-rør.

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet i indeklimaet i stueetagen på 64% og en reduktion i kælderetagen på 55%. Det er uklart hvordan afværgen (luftrensning i stueetage) påvirker indeluftkoncentrationen i kælderetagen. Dette forhold er forsøgt belyst ved gennemførelse af luftskiftemålinger. Ved anvendelse af luftrenserne påvirkes teknikken til bestemmelse af boligens luftskifte (sporgasser sorberes til kulfilteret i luftrenseren). Det har derfor ikke været muligt at afklare ovennævnte forhold. Det vurderes dog, at luftrensernes influensområde har omfattet kælderetagen, idet der via en uafsluttet trappe er fri passage/udveksling af indeluft mellem kælder- og stueetage.

Position	Før opstart µg/m ³	Under drift µg/m ³	Reduktion (%) (Gennemsnit ifht. før/efter)
Under gulv (MP)	1.600 1.400	1.400 1.800	-
Kælder (IK)	30 32	9 ¹⁾ 19 ¹⁾	55 ²⁾
Stue (IK)	15 26	6,8 ¹⁾ 7,6 ¹⁾	64 ¹⁾
Udeluft (UL)	2 32	22 1,6	-

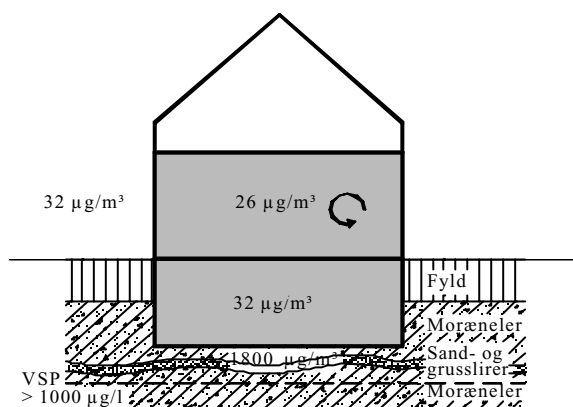
¹⁾ :Ved et luftskifte i stueetagen på ca. 1 gang pr. time.

²⁾ :Reduktion i kælderetagen opnået som sideeffekt til luftrensningen i stueetagen, jf. forklaring over tabel.

³⁾ : Stor variation i udeluftskoncentrationen vurderes primært at skyldes skiftende vindretninger

Tabel 1: PCE i indeklima, udeklima og under gulv.

Tilsyn og monitoring: *Udført.* Monitoring af afvær-



Figur 2: Forureningsscenario.

DB-7.1

gens effekt er udført efter 1 og 2 måneders drift. Der er ikke foretaget driftsjusteringer efter opstart. Der er desuden gennemført monitoring før opstart af afværge. *Fremtidig.* Anlægget er på nuværende tidspunkt demonteret, idet feltafprøvningen i forbindelse med projekt "Tidlig indsats" er afsluttet. Ved et ønske om fortsat afværge skulle anlægget have været opstillet i kælderetagen i stedet for i stueetagen. Se endvidere datablad DB-6.2.

Tid: *Før indsats.* Anlægget er idriftsat 6 måneder efter at forureningen er påvist og afværge er skønnet nødvendig.

Anlægsperiode. ½ dag, under forudsætning af at luftrensenehederne er leveret. Alternativt skal der påregnes ca. 3 ugers leveringstid. *Drift.* Opstart, september 2001. Anlæg demonteret, december 2001.

Økonomi: *Etablering.* 27.000 kr. (for 3 stk. luftrensere (LR1)). *Udført monitoring.* 44.000 kr. (4 målerunder med IK, MP og UL). (I henhold til anbefalet monitoring, jf. datablad DB-7, er der således udført målinger før opstart af afværge samt efter 1 og 2 måneders drift). *Drift.* 5.000 kr. årligt (inkl. én udskiftning af støv- og kulfiltre).

Samlet vurdering: Afværgen har kørt uden driftstop. Det anbefales, at udforme installationen således at beboere eller andre ikke kan slukke for anlægget ved et uheld. Den indbyggede timetæller kan registrere den aktuelle driftstid. Afværgen med installation af luftrensere er et hurtigt, fleksibelt, billigt og relativt effektivt tiltag. Endvidere kan luftrensere relativt nemt integreres i et eksisterende møblement. Støj fra luftrensenehederne har, trods støj-dæmpning (ca. 33 dB(A) målt for én luftrenser, 1 meter fra kilden), været en gene/irritation for beboerne. Støjen har virket særlig markant ved overgangen mellem stue og spisestue, hvor der i begge lokaler er opstillet luftrensere. Endvidere har støjen været en gene i de specifikke situationer, hvor der ikke har foregået andre aktiviteter i bygningen (f.eks. tv, legende børn, emhætte mv.). Den aktuelle afværge, med opstilling af luftrensere i stueetagen, har haft til formål at reducere indeklimapåvirkningen i stueetagen fra såvel udeluftbidrag (fra et nærliggende PCE/TCE-afkast) som fra bidrag fra en poreluftforurening under bygningen. Såfremt det på en given lokalitet vurderes, at der ikke er noget udeluftbidrag til indeklimapåvirkningen anbefales det, at opstille luftrensere i kælderetagen for derved at minimere støj og pladskrav og endvidere for at foretage afværge tættere på kilden. Derved kan afværgen have effekt på indeklimakoncentrationen i både kælder- og stueetagen (jf. DB-6.2 "Luftrensning i kælderetage").

Bilag:

Fotos. Ejendommen, luftrensere opstillet i stueetage.

Tegningsmateriale. Situationsplan, der viser placeringen af luftrensenehederne.

Produktblade. Luftrenseneheder (reservedelsliste med komponentfortegnelse, prissat, december 2001) (Vedlagt DB6.1).

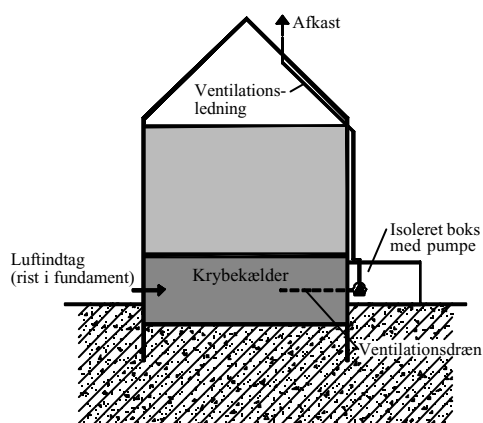
Notat. Resultat af støjmålinger for luftrensenehederne under forskellige ydelser (vedlagt DB6.1).

Logbog. Eksempel på logbog til registrering af driftstid og indeklimakoncentrationer (vedlagt DB6.1).

Ventilation af krybekælder (aktiv)

Funktion: Ved aktiv ventilation af krybekælder/-rum under bygningens gulve bortledes forurenede luft, hvorved indeklimapåvirkningen reduceres. Strømningsretning (for den ventilerende luft) og influenszoner styres ved at kombinere "sug" med "luftindtag" fra riste placeret i fundamentet over terræn. Ved metoden sker en fortynding af den forurenede luft, idet kryberummets naturlige ventilation øges. Antal af udsugningspunkter er som regel mindre end antal luftindtag. Metoden er egnet til afværge mod indeklimapåvirkninger. Den aktive ventilation kan relativt nemt ombygges til passiv ventilation.

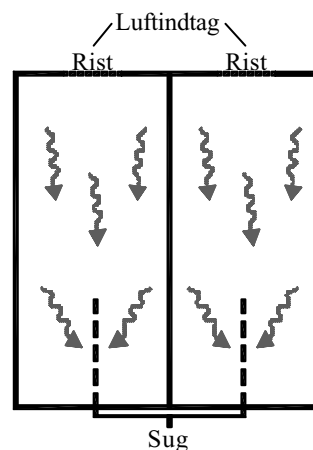
Anlægsbeskrivelse: Ventilationsanlægget monteres udvendigt eller indvendigt i bygningen. Ved indvendig montage placeres anlægget (ventilatoren) et sted hvor støjfølsomheden er mindst mulig, eksempelvis i en baggang, et skunkrum eller lignende. Ved montage af ventilator i loftsrum eller lign. er det vigtigt at montagen sker med diffusionstætte samlinger og at den valgte ventilator er tæt. Modsat kan der ske en opkoncentrering af forureningsdampe i loftsrummet og en evt. efterfølgende forureningsspredning til de beboede lokaler. Ved en udvendig montage indbygges anlægget i over- eller underjordisk boks, lyskasse eller lign. (mål ca. 0,8 x 0,8 x 0,8 m), der med fordel lyddæmpes. Den udvendige boks med ventilator mv. kan placeres på terræn opad bygningen i en carport el. lign. Anlægget indeholder typisk vakuumpumpe og evt. simpel styring (on/off og evt. timerstyring), omdrejningsregulering (for regulering af flow) og kondensudskillere. For at undgå ind sugning af varm udeluft (med høj fugtighed) kan der evt. indbygges fugt-/temperaturstyring på anlægget, hvorved ind sugning i disse perioder undgås (eksempelvis ved temperatur over 18° C) Med fordel monteres lyd-dæmpning på henholdsvis tilgangs- og afgangsrør fra ventilatoren. Evt. kondensvand bortledes manuelt urensset til offentlig kloak. Afkastluften udledes via afkasthætte over husets tag, eventuelt efter forudgående rensning via kulfilter. Typisk pumpestørrelse er 100-300 W med en tilhørende kapacitet på 10 -300m³/h.



Figur 1: Principskitse for den samlede installation

Anlægget kan drives ved pulserende eller kontinuert drift. Der kan pulseres på timebasis, anlægget kan stoppes om natten, eller der kan indbygges ventilationspauser af 1-2 måneders varighed. Driftsstrategien afhænger af de aktuelle forhold. Ved markant temperaturfald på gulvet, som følge af at varm fra boligen "suges" ned under gulvet, kan der indbygges varmeplader i risterne for luftindtag. Derved foretages en opvarmning af luften inden den ledes ud under gulvet. Der etableres ét eller flere udsugningspunkter med indtag under gulvet. Antal og placering afhænger af specifikke forhold som forureningskoncentration, byggetekniske forhold mv. Udsugningspunkterne etableres som ventilationsdræn indskudt i kryberummet under gulvet eller blot ved tilslutning af ventilationsledningen direkte på ventilationsristen i fundamentet. Ved placering af udsugningspunktet indvendigt i boligen kan installationen ligeledes etableres enten blot som en "perforering" af gulvet eller ved installation af ventilationsdræn under gulvet. Ventilationsledninger mellem udsugningspunkter og ventilator placeres over- eller underjordisk. Ventilatoren har en forventet levetid på ca. 5 år. Anlægget er meget driftssikkert og har en stor robusthed. Luftindtag etableres i den overjordiske del af fundamentet og placeres typisk jævnt fordelt rundt om bygningen. Ofte med inddrages de eksisterende ventilationshuller.

Effekt: Anlægget har effekt umiddelbart efter opstart. Der skal dog påregnes en kortere "indkøringsperiode", da der før opstart, pga. den kontinuerte forureningsfrigivelse fra jordmatricen og den samtidige tætte "overflade" ved beboelsens betongulve, og den relativt ringe luftudskiftning i krybekælderen, vil være sket en opkoncentrering af forureningsdampene under gulvene. Modsat dette sker der i driftsfasen en kontinuerlig bortledning af den forurenede poreluft i krybekælderen, hvorved "opkoncentreringen" vil være langt mindre udpræget, eller afhængig af den valgte driftsstrategi, evt. helt elimineret. Anlægget dimensioneres således mest hensigtsmæssigt for et



Figur 2: Principskitse for den samlede luftstrømning

DB - 8

lavere forureningsniveau end det i undersøgelserne påviste niveau. Når anlægget sættes i drift fjernes indledningsvist den opkoncentrerede "forureningsdyne" der står i kælderen og først herefter har foranstaltningen den fulde effekt. Indkøringsperioden må forventes at have en varighed af minimum en uge, hvorefter en "driftsligevægtstilstand" vil indstille sig. Driftsligevægtstilstanden er den tilstand hvor der er ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen. Tidspunktet for hvornår ligevægtstilstanden indtræffer afhænger dels af forureningspotentialet ved opstart og dels af med hvilken intensitet der ventileres. Der bortventileres typisk 10-300 m³/h, svarende til 1.000-50.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år. Jo mere målrettet et "sug" der etableres, jo mindre luftskifte vil der være behov for. Eksempelvis ved anvendelse af mere end ét udsugningspunkt der samtidig er placeret optimalt og evt. på baggrund af ventilationstest. Ved en optimalt placering er det ofte tilstrækkelig med en ventilation i størrelsesordenen 30-100 m³/h. Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 99 % (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 0,5 mg PCE/m³ fjernes ca. 100 g PCE pr. år). Anlægget har ingen oprensende effekt.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Det årlige elforbrug under drift er i størrelsesordenen 2.000 kWh (ved el-energi, et ressourceforbrug af kul og udledning af forbrændingsgasser). Arbejdsmiljømæssige gener kan forekomme, såfremt der skal foretages håndtering af brugt kul (kulfilter). Såfremt støjdæmpning undlades må påregnes et støjniveau fra ekstraktionsanlægget på omkring 30-40 dB(a). Pladskrav for anlægget (indvendig og udvendig montage) er ca. 1 m². Bygge teknisk gennemgang er nødvendig, da der kan opstå råd og lignende i trækonstruktionerne (under gulvet) som følge af ventilation. Der kan opstå træk og fodkulde over gulvene. *Positiv effekt.* Indeklimaet forbedres.

Etablering: Ventilationsanlægget leveres enten færdigt på pladsen eller monteres direkte (indvendig montage) på pladsen. Eventuelle ventilationsdræn føres om muligt ind gennem eksisterende fundamentshuller (ventilationsriste). Efter behov foretages supplerende gennemboring af fundamentet for etablering af nye huller. Ofte foretages en ventilationstest til kontrol af ventilationsevnen i de eksisterende riste, og der foretages udbygning efter behov. Overjordisk udvendig rørføring udføres i diskret farve og fastgøres eksempelvis med jordspyd. Underjordisk rørføring etableres ved rydning, udgravning, lægning og retablering i ledningstracéet. Afkastsrøret fra vakuumpumpen føres over husets tag og placeres i størst mulig afstand fra tagvinduer og ikke i læ af f.eks. skorsten eller lign. Indvendige installationer i bygningen kan undgås hvis dette er et krav. Der er en kort etableringsfase. Ved udvendig montage er den største gener når der etableres den underjordisk rørføring og afkastsrør fra vakuumpumpe monteres. Varighed for arbejdet er ca. 3-5 dage.

Drift: *Indkøring.* Evt. regulering af ydelsen for udsugningspunkterne udføres ved opstart. Flowet kan måles i afkastsrøret med simpelt mobil måleudstyr. *Drift.* Efterfølgende justeringer af anlægget kan evt. udelades. Dog kan optimering i nogle tilfælde medføre en øget effekt. Evt. driftskontrol af forureningsniveauet i afkastluften (kontrol af om der stadig ventileres som planlagt) udføres halv eller helårligt ved eksempelvis PID-måling eller evt. ATD-rør i kombination med nedenstående monitoring. Komponenterne i ventilationsanlægget er oftest vedligeholdelsesfri. Der udføres minimal særskilt driftsteknisk tilsyn (evt. hver 4-6 mdr.) eller evt. blot grundejerkontrol.

Monitoring: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller passiv opsamling i krybekælderen (alternativt på afkastluften). Første monitoring under drift udføres relativ kort tid efter installation af afværgen (½-1 md.) med henblik på evt. justering eller blot dokumentation af afværgens effekt og efterfølgende typisk efter ca. 3. måned. *Drift.* Derefter evt. halvårligt eller helårligt.

Økonomi: *Anlæg.* Montage af ventilator, udsugningspunkter, ventilationsriste, rørføring, mv. 20-30.000 kr. ekskl. moms. Overjordisk rørføring (mellem udsugningspunkter og ventilator) udgør en væsentlig besparelse. Projektet fordyres væsentligt med antallet af sugepunkter, da der derved bliver behov for øget rørføring, sammenløb mv. Endvidere skal der påregnes øgede udgifter på kr. 20-30.000 ekskl. moms til rydning og retablering for underjordisk rørføring og lydisoleret boks for ventilator. Selve ventilationsanlægget (ventilator og regulator) genanvendes nemt til afværge på andre lokaliteter. Anvendelse af erfaren entreprenør anbefales. *Drift.* Elforbrug 2-3.000 kr./år. Service 0 kr./år. *Monitoring* (1. år). 1.000 kr. ekskl. moms.

Særlige opmærksomhedspunkter: Der skal foretages en forudgående byggeteknisk gennemgang med henblik på en vurdering af risikoen for kondensering af varm luft under gulvet og efterfølgende råd af konstruktionen. Over trægulve kan det i visse situationer være relevant at udlægge en diffusionstæt membran (eks. RAC membran), for derved at sikre et ensartet undertryk i den ventilerede zone under gulvet. Ved stor lækage gennem trægulve, kan der opstå problemer med at kun dele af hulrummet under gulvet ventileres og dermed som følge, en nedsat afværgemæssig effekt. Endvidere er der, hvis luften varmluft "suges" fra boligen og ned under gulvet risiko for træk, fodkulde og råddannelse i trægulvkonstruktionen. Udlægning af membran fordyrer anlægsudgifterne væsentligt og giver betydelige gener for beboerne i anlægsfasen. Risikoen ved at undlade membran vurderes oftest at være minimal. Placering af tværgående fundamenter klarlægges, således at strømningsmønstrene kan fastlægges for forskellige ventilationsscenarioer. Behovet for rensning af afkastluften skal klarlæg-

ges for valg af ventilationsanlæg, ligesom behovet for etablering af varmeplader på riste for friskluftindtag vurderes.

Sammenfattende vurdering: Metoden er særdeles velegnet, når der ønskes gennemført afværgelse mod indeklima-påvirkning. Stor effekt. Stor driftssikkerhed. Begrænset investering, idet ventilationsanlægget meget nemt kan genanvendes på andre lokaliteter, ofte uden teknisk tilpasning. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. frekvens for evt. kulsulfid, vil være behæftet med relativ stor usikkerhed, hvilket dog som regel vil være af minimal økonomisk betydning.

Bilag: Se eksempeldatablad DB8.1 og DB8.2

Ventilation af krybekælder (aktiv)

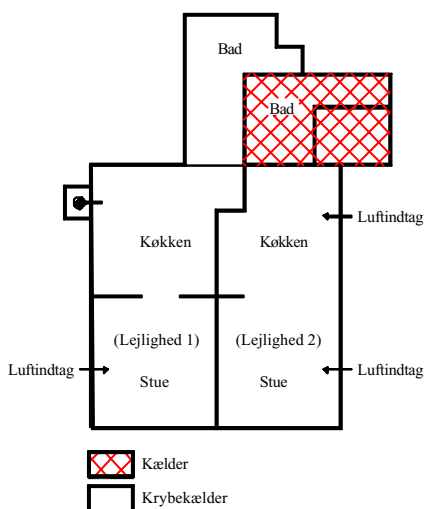
Margårdsvej 26, Nørre Aaby, Fyns Amt

Forureningsscenario: I bygningen har der i perioden 1968 til 1978 været drevet renseri. Herefter har ejendommen, indtil januar 2002, været opdelt i mindre lejligheder til udlejning. Ejendom er nedrevet i januar 2002 og der er efterfølgende foretaget en bortgravning af forurenede jord. Der er påvist en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE, jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Indeklimapåvirkningen vurderes primært at stamme fra bidrag under bygningen. Bidrag fra sinks er dog ikke undersøgt særskilt og kan være væsentlige. Der er ikke foretaget nogen bortgravning af forurenede jord i perioden før bygningen nedrives. Jordbundsforholdene består af moræneler under et mindre sandlag. Vandspejlet står ca. 1 m u.t.

Formål: Midlertidig aktiv ventilation af krybekælder med henblik på at reducere den massive indeklimapåvirkning indtil ejendommen nedrives.

Bygning: Ældre murstensvilla indrettet med mindre lejligheder, hvor lejlighed 1 og 2 er placeret i de tidligere renserilokaler. Under de to lejligheder er krybekælder (ca. 85 m²) samt en mindre kælder (13 m²). Der foreligger ingen oplysninger om, hvordan krybekælderen er opdelt (fundamentafsnit). Etageadskillelsen mellem krybekælder/kælder og stueetage er udført som trægulve.

Afværg: Aktiv ventilation af krybekælder med indsugningsriste. Det er forudsat at krybekælderen under huset er sammenhængende og at der ved ventilation (sug) alene i ét punkt sikres en tilstrækkelig luftudskiftning under hele huset. Der er suget fra ét punkt med Lindab kanalventilator (IRE 125 B) med en kapacitet på 300 m³/t, hvilket bevirker at der sker en luftudskiftning på ca. 50.000 gange pr. år i krybekælderen (krybekælders højde er forudsat at være ½ m).



Figur 1: Situationsplan.

Der er etableret luftindtag i 3 særskilte ventilationsriste, ligeledes placeret i krybekælderen. Der er ingen reguleringsmulighed på ventilatoren. Ventilatoren er placeret udvendigt i en lyd-dæmpet boks. Afkastluften er ført til udledning over tag via et Ø125 mm udvendigt ventilationsrør (stål- eller spirorør). Det er ikke vurderet nødvendigt med permanent rensning af afkastluften (kulfiltrering)

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamålinger (IK) er udført i stueplan ved passiv opsamling på ADT-rør. Ved målingen dokumenteres det at værgen har direkte effekt på indeklimaet Øvrige dokumentation. Ingen

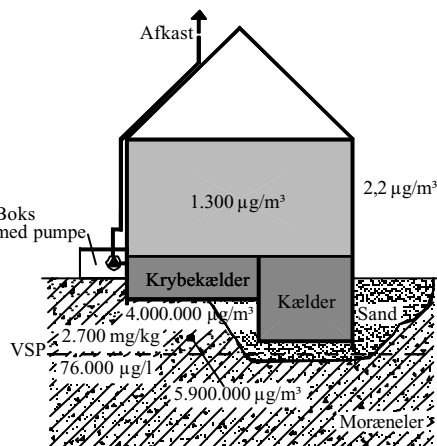
Effekt: Der er opnået en reduktion af PCE-indhold i indeklimaet i lejlighed 1 og 2 på 86 – 95 % jf. tabel 1. Den opnåede effekt resulterer dog ikke i at indeklimapåvirkningen under drift nedbringes til et niveau under det fastsatte afdampningskriterium.

Position	Før (µg/m ³)	Under drift (µg/m ³)	Reduktion (%) (gennemsnit i fht. før/efter)
Lejlighed 1			
Stue	540	48	91
Køkken	530	57	89
Gang	510	41	92
Lejlighed 2			
Stue	1.300	185	86
Køkken	1.300	185	86
Gang	480	26	95

Indeklimamåling (ATD)

Tabel 1: PCE i indeklima

Tilsyn og monitoring: Udført. Ingen driftsjusteringer efter opstart. Dokumentation ved IK målingerne er udført henholdsvis før opstart og efter 5 måneders drift. Der er ikke udført yderligere målinger eller monitoring. Fremtidig. Ingen, ejendommen nedrives.



Figur 2: Forureningsscenario.

Tid: Før indsats. Anlægget er etableret 3-4 uger efter beslutning om midlertidig afværge. *Anlæg.* Etablering – 1 uge *Drift.* Februar 2000 til januar 2002.

Økonomi: *Etablering.* 15.000 kr. ekskl. moms. *Drift.* 1.500 kr. ekskl. moms *Monitorering (1 år).* 8.000 kr. ekskl. moms.

Sammenfattende vurdering: Anlægget har kørt uden driftsstop indtil demontering og supplerende afværge blev iværksat (nedrivning af ejendommen). Ventilationspumpen har været svagt støjende, dog uden beboerklager. Støjgener ved ventilatoren kan minimeres væsentligt ved påmontering af lyddæmpere på henholdsvis til-/ og afgangsrør på pumpen. Ved den anvendte ventilator er opnået et relativt højt luftflow, hvilket kan give en øget risiko for træk- og støjgener og evt. råddannelse i trækonstruktioner under gulvniveau pga. kondensering af varm luft tiltrukket fra stueetagen til hulrummet under gulvet. Den opnåede afværgemæssige effekt kan formodentlig opnås ved et markant lavere luftskifte, da der alene vil være behov for at en løbende bortledning af de tilstrømmende forureningsdampe. Et luftskifte på 5.000-10.000 gange pr. år er oftest tilstrækkeligt. Rørføring fra ventilator til afkasthætte over tag er ført som synlige rør, hvilket i visse sager må forventes at kunne blive påklaget (visuel gene). Foranstaltningen er hurtig og billig at etablere og ventilationen kan nemt demonteres og genanvendes senere. Den valgte minimale monitorering vurderes at være fuldt tilstrækkelig for overvågning af anlægget.

Bilag:

Fotos. Ejendommen, ventilator og overjordisk rørføring.

Produktblad (ventilator). Nærmere detaljer vedrørende størrelse, strømføring, strømforsyning, opbygning, tætningsklasse, ydelse, støjniveau, vedligeholdelsesvejledning mv.

Ventilation af krybekælder (aktiv)

Nørregade 88 Vejen, Ribe Amt

Forureningsscenario: I nabobygningen har der i perioden 1963 til 1971 været drevet renseri. Ejendommen Nørregade 88 anvendes i dag til bolig og har ikke tidligere været anvendt til forurenende erhverv. Der er påvist en kraftig forurening med chlorede opløsningsmidler, primært PCE, jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Indeklimapåvirkningen vurderes alene at stamme fra bidrag under bygningen. Jordbundsforholdene består primært af sand og vand-spejlet står ca. 4 m.u.t.

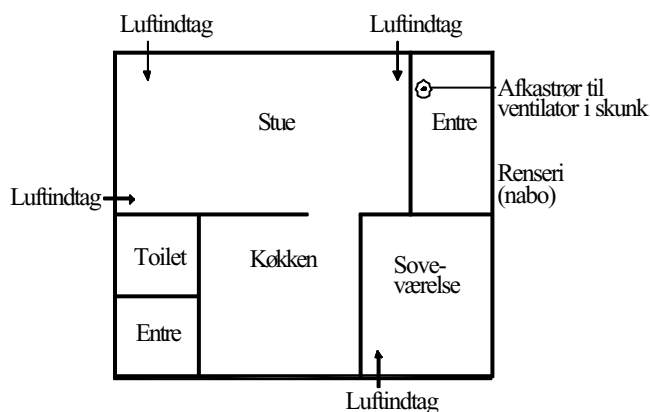
Formål: Foranstaltningen er oprindeligt planlagt som et midlertidigt tiltag med aktiv ventilation af krybekælder med henblik på at reducere en massiv indeklimapåvirkning. Bl.a. pga. en relativ god effekt har tiltaget ændret karakter til at være en varig foranstaltning.

Bygning: Ejendommen er en ældre murstensvilla i to plan, indrettet til bolig. Grundarealet ca. 110 m². Ejendommen har trægulve udlagt på strøer direkte på jorden. Hulrummet under trægulvet (lille krybekælder) er ca. 30 cm højt og er oprindeligt ventileret ved en passiv ventilation igennem to ventilationsriste indmuret i fundamentet. Der foreligger ingen oplysninger om, hvordan krybekælderen specifikt er opdelt (fundamentafsnit).

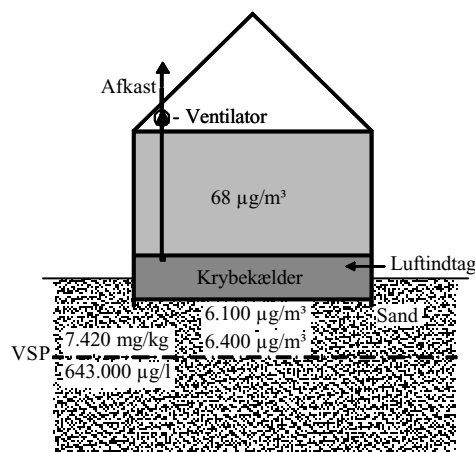
Afværg: Aktiv ventilation af krybekælder med luftindtag gennem ventilationsriste. Det er forudsat at krybekælderen under huset er sammenhængende og at der ved ventilation (sug) alene i ét punkt sikres en tilstrækkelig luftudskiftning under hele huset. Samtidig er det forudsat at der etableres luftindtag i flere punkter, jævnt fordelt under gulvet. Der er etableret udsugning i ét punkt i krybekælderen (under entreen) og luftindtag i 4 punkter i soklen. Et Spirorør (ventilationsrør), dimension $\varnothing 250$ mm er ført gennem gulvkonstruktionen i entreen og ned til hulrummet i krybekælderen. Fra krybekælderen føres afkastluften

op gennem et trapperum til et skunkrum på 1. sal, hvor udsugningsventilatoren (Lindab, IRE 400 F) er placeret. Ventilatoren er påmonteret lyddæmpere på henholdsvis indsugnings- og afkast siden. Ventilatoren har en kapacitet på 100-600 m³/t og er påmonteret en omdrejningsregulator (CORU 5.0) således at ventilatorens ydelse kan tilpasses de faktiske behov. Med den valgte ventilatorkapacitet er der mulighed for at foretage en luftudskiftning under bygningen på ca. 20.000-150.000 gange pr. år. Afkastsrøret fra ventilatoren er fra skunkrummet ført direkte ud gennem taget og afsluttet med et ca. 1 meter højt afkastsrør udvendigt på taget. Afkastpunktet er derved placeret ca. 1 meter under kibhøjde. Der er med den valgte ventilator vurderet at være en maksimal emission på 14,4 g PCE pr. time og maksimalt 24 mg/m³, hvorved massestrømgrænsen på 25 g/h, B-værdien på 10 mg/m³ og emissionsgrænsen på 1-5 mg PCE/N m³ er forventet at være overholdt. Ved afkastet ske der endvidere en hurtig fortynding af den forurenede luft. Det er derfor valgt ikke at påmontere anlægget kulfiltre til rensning af luften. Der er etableret i alt 4 luftindtag i soklen, hvor 2 oprindelige ventilationshuller er genanvendt. Luftindtagene er påmonteret ventilationsriste (dimension 10 x 15 cm).

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamålinger (IK) og poreluftmålinger under gulv (MP), begge udført som korttidsmålinger over få timer med opsamling på kulrør. Måling under gulv har til formål at dokumenterer afværgens effekt i porevolumenet under gulvet. Værdier omregnes efterfølgende til et teoretisk indhold i indeklimaet. Indeklimamålingerne anvendes som kontrol til verifikation af det målte indhold under gulvet. Øvrig dokumentation. Trykmåling i luftindtag til kontrol af om der opnås et ensartet "undertryk" i alle indsugningspunkterne i krybekælderen.



Figur 1: Situationsplan



Figur 2: Forureningsscenario

Effekt: Der er påvist en reduktion af PCE-indhold i indeklimaet på ca. 100 % jf. tabel 1. Den opnåede effekt målt ved IK viser en påvirkningen på et niveau der er under det fastsatte afdampningskriterium. Modsat repræsenterer måling ved MP fortsat forhøjede indhold i flere målepunkter. På baggrund af IK er det dog sammenfattende konkluderet at effekten har været tilstrækkelig.

Position	Før ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Under drift ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reduktion (%) (gennemsnit ifht. Før/efter)
Stue (IK) (MP)	68 ²⁾ 220 ²⁾	<0,2 ²⁾ 3,7 ¹⁾ 16 ²⁾	100 93
Soveværelse (IK) (MP)	71 ²⁾ 6100 ¹⁾ 831 ²⁾	0,7 ²⁾ 0,5 ¹⁾ 39 ²⁾ 1 ¹⁾	100 99

Indeklimamåling og måling under gulv – kort tidsmålinger

- 1) Vintermåling
2) Sommermåling

Tabel 1 PCE i indeklima og under gulv

Tilsyn og monitoring: Udført. Dokumentation ved IK og MP. Målingerne er udført henholdsvis før opstart (2 målerunder) og under drift efter 3 og 9 måneder. Ingen driftsjusteringer efter opstart. Der er ikke udført yderligere målinger eller monitoring. *Fremtidig.* Der udføres kontrol tilsyn for at se om pumpen kører ca. hver 6. måned. Der er ikke planlagt yderligere tilsyn eller monitoring.

Tid: Før indsats. Anlægget etableret 2 måneder efter det blev vurderet at påvirkningen var uacceptabel. *Anlæg.* Etablering – 1 uge *Drift.* Opstart maj 1997, fortsat i drift (juni 2002).

Økonomi: Etablering. 30.000 kr. ekskl. moms. *Drift.* 1.500 kr. ekskl. moms, pr. år. *Monitoring (1. driftsår).* 8.000 kr. ekskl. moms.

Sammenfattende vurdering: Anlægget har kørt med et enkelt driftsstop. Ventilatorens afbryder var i starten monteret på et "brugerpanel" opsat på skunkvæggens inderside (i boligen). Ved en fejl var anlægget blevet slukket af husets beboere. Afbryderen er derfor efterfølgende demonteret. Omdrejningsregulatoren var/er ligeledes monteret i boligen hvorved ukyndige har nem adgang til at ændre på den forindstillede ventilation. Ventilatoren har et bredt arbejdsområde (100 – 600 m^3/h), hvorfor luftskiftet kan variere meget markant hvis der ændres på indstillingen (7.000 – 40.000 gange pr. år). Samtidig bør det bemærkes at et luftskifte i størrelsesordenen 5.000-10.000 gange pr. år ofte er tilstrækkeligt. Regulatorens montage er fortsat uændret, hvorfor den vurderinger omkring forhold som opnået afværgeeffekt, risici vedrørende råd i gulvkonstruktionen, strømforbrug osv. er behæftet med stor usikkerhed. Det overvejes derfor at ændre montagen så regulatoren monteres eksempelvis inde i skunken ved pumpen. Beboerne i ejendommen har udtrykt meget stor tilfredshed med foranstaltningen, der tilsyneladende ud over den målbare effekt i forureningsindholdet også har haft en stor psykologisk effekt, hvor beboerne føler sig trygge. Beboerne har ikke påklaget negative effekter som træk og fodkulde. Byggetekniske forhold som f.eks. eventuelt begyndende råddannelse i gulvkonstruktionen er ikke undersøgt i driftsfasen. De byggetekniske sideeffekter er derfor ukendte. Dette overvejes dog gennemført. Ventilatorens montage i skunkrummet og den påmonterede lyd-dæmpning gør at anlægget er særdeles støjsvagt (ventilatoren kan ikke høres i boligen). Rørføringen fra ventilatoren til afkasthætten over taget er ført som synlige rør, hvilket i visse sager må forventes at kunne blive påklaget (visuel gene). Der kan i vindstille perioder være risiko for insugning af afkastluft, da afkasthætten er placeret relativt tæt på boligens tagvindue. Det har været overvejet at udlægge en diffusionstæt membran mellem gulvtæpperne og trægulvene for derved at sikre et ensartet undertryk under gulvet, hindre trækgener og for at minimere risikoen for råddannelse. Generne under etableringen er dog vurderet større end risikoen ved at undlade membranen. Indbygning er derfor undladt. For en nærmere beskrivelse af ovennævnte problemstillinger henvises til DB-9, der overordnet beskriver teknikken "aktiv ventilation af krybekældre". Foranstaltningen er generelt hurtig og billig at etablere og ventilationen kan nemt demonteres og genanvendes senere. Den valgte monitoring vurderes at kunne begrænses til enten IK eller MP og samtidig være fuldt tilstrækkelig for overvågning af anlægget.

Bilag

Fotos. Ejendommen og afkasthætte. Illustration af hvordan afkast er udført.

Produktblad (ventilator). Nærmere detaljer vedrørende størrelse, strømføring, strømforsyning, reguleringsmuligheder, opbygning, tætningsklasse, ydelse, støjniveau, vedligeholdelsesvejledning.

Produktblad (regulator). En nærmere beskrivelse af regulators muligheder, størrelse, betjeningsforhold, strømforsyning, farve mv.

Produktblad (membran). Se bilag vedrørende datablad DB1

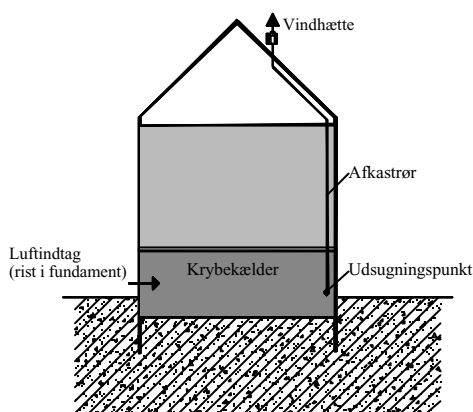
Ventilation af krybekældre (passiv)

Funktion: Ved passiv ventilation af krybekælder/-rum under bygningens gulve bortledes forurenede luft, hvorved indeklimapåvirkningen reduceres. Strømningsretning (for den ventilerende luft) og influenszoner styres ved at kombinere "sug" med "luftindtag" fra riste placeret i fundamentet over terræn. Ved metoden vil der ske en fortyndning af den forurenede luft, idet kryberummets naturlige ventilation øges. Antal af udsugningspunkter er som regel mindre end antal luftindtag. Metoden er egnet til afværge mod indeklimapåvirkninger. Ved passiv ventilation anvendes alene vedvarende energiformer (sol, vind m.v.) Den passive ventilation kan relativt nemt ombygges til aktiv ventilation. Der sker ingen oprensning ved metoden. Foranstaltningen vil derfor være permanent.

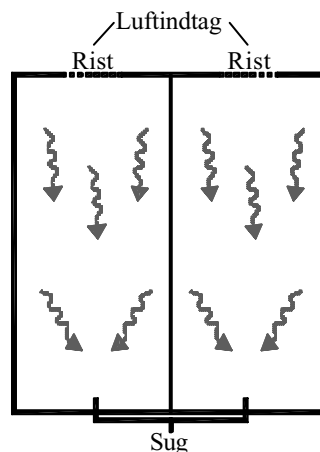
Anlægsbeskrivelse: Der etableres ét eller flere udsugningspunkter med indtag under gulvet. Antal og placering afhænger af specifikke forhold som forureningskoncentration, byggetekniske forhold mv. Udsugningspunkterne etableres som ventilationsdræn indskudt i kryberummet under gulvet eller blot ved tilslutning af ventilationsledning direkte på ventilationsristen i fundamentet. Ved placering af udsugningspunktet indvendig i boligen kan installationen ligeledes etableres enten blot som en "perforering" af gulvet eller ved installation af ventilationsdræn under gulvet. Ved markant temperaturfald på gulvet, som følge af at varme fra boligen "suges" ned under gulvet, kan der indbygges varmeplader i risterne for luftindtag (sjældent nødvendigt). Ventilationsrør ved terræn (mellem ventilationsdræn og aftræksrør) placeres enten over- /eller underjordisk. Aftræksrør (lodret) føres indvendigt eller udvendigt i bygningen. Ved indvendig rørføring udnyttes termisk opdrift (varm luft stiger opad) som supplerende drivkraft. Indvendig rørføring placeres så

evt. støjgener minimeres. Ved udvendig rørføring udføres røret i mørk farve og placeres typisk i solsidnen, for igen at udnytte termisk opdrift som supplerende drivkraft. Der anvendes typisk vinddrevne ventilatorer af typen Supa Vent 10". Ønskes en øget ventilation udskiftes vindhætte relativt nemt/billigt med motordrevet ventilator (aktiv ventilation). Vinddrevne ventilatorer er meget driftssikre og har stor robusthed. Vindhætter placeres nøje under hensyntagen til fremherskende læ- og luvforhold. Som alternativ drivkraft til vindhætter over tag, kan det i nogle tilfælde udnyttes, at der på en bygningens to modstående sider kan opstå relativt store trykforskelle (luvlæ). Ved denne metode skal det dog sikres at der ikke er risiko for indsugning af forurenede luft ved luftindtaget. Differenstrykket anvendes her som drivkraft. Placering af afkast skal nøje overvejes under hensyntagen til eksempelvis tagvinduer, hvor der kan ske indsugning af urensede aftræksluft. I det enkelte tilfælde skal overvejes om rensning af afkastluft er nødvendig (ved kulfiltrering). I givet fald kan det ofte, pga. modtryk i kulfilteret, blive nødvendigt at indbygge en motor-ventilator i stedet for vinddrevne ventilation (aktiv ventilation). Som reguleringsmulighed indbygges eventuelt ventiler på de enkelte - eller udvalgte ventilationsdræn. Anlægget er meget driftssikkert og har en stor robusthed. Luftindtag etableres i den overjordiske del af fundamentet og placeres typisk jævnt fordelt rundt om bygningen. Ofte med inddrages de eksisterende ventilationshuller. Der kan forventes en samlet levetid på ca. 10 år.

Effekt: Installationen har effekt stort set umiddelbart efter opstart. Der skal dog påregnes en kortere "indkøringsperiode", da der før opstart, pga. den kontinuerede forureningsfrigivelse fra jordmatricen og den samtidige tætte "overflade" ved beboelsens betongulve, og den relativt ringe luftudskiftning i krybekælde-



Figur 1: Principskitse for den samlede installation



Figur 2: Principskitse for den samlede luftstrømning under gulvet

ren, vil være sket en opkoncentrering af forureningsdampene under gulvene. Modsat dette sker der i driftsfasen en nogenlunde kontinuerlig bortledning af den forurenede poreluft i krybekælderen, hvorved "opkoncentreringen" vil være langt mindre udpræget. I længerevarende vindstille perioder kan der dog igen ske en vis opkoncentrering af forureningsdampe med forureningsspredning til bygningen som følge. Anlægget dimensioneres således mest hensigtsmæssigt for et lavere forureningsniveau end det i undersøgelserne påviste niveau. Når anlægget sættes i drift fjernes indledningsvist den opkoncentrerede "forureningsdyne" der står i kælderen og først herefter har foranstaltningen den fulde effekt. Indkøringsperioden må forventes at have en varighed af minimum en uge, hvorefter en "driftsligevægtstilstand" nogenlunde vil indstille sig (afhængig af vejrforholdene og vindhættens generelle vindpåvirkning). Driftsligevægtstilstanden er den tilstand hvor der er ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen. Tidspunktet for hvornår ligevægtstilstanden indtræffer afhænger dels af forureningspotentialet ved opstart og dels af med hvilken intensitet der ventileres. Der bortventileres i størrelsesordenen 2-10 m³/h, svarende til 1.000-5.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år. (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 5 mg PCE/m³ fjernes ca. 250 g PCE/år). Der vurderes at kunne opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 95 %. Praktiske erfaringer med foranstaltningen foreligger alene i forbindelse med radonafværge, hvorfor tiltagets effekt dels er vurderet ud fra disse og dels ud fra teoretiske betragtninger og praktiske erfaringer med lignende amtslige afværgetiltag.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Mindre risiko for støjgener i vindventilatoren og rørsystemet. Vindventilator og ud-/vindvendig rørføring kan virke visuelt skæmmende. Der kan opstå træk og fodkulde over gulvene (dog minimal risiko). Foranstaltningen er varig. *Positiv effekt.* Indeklimaet forbedres og virkningen er hurtig.

Etablering: Eventuelle ventilationsdræn føres om muligt ind gennem eksisterende fundamentshuller (ventilationsriste). Alternativt foretages blot tilslutning af "sug" på de eksisterende ventilationsriste. Efter behov foretages supplerende gennemboring af fundamentet for etablering af nye huller. Ofte foretages en ventilationstest til kontrol af ventilationsevnen i de eksisterende riste, og der foretages udbygning efter behov. Overjordisk udvendig rørføring udføres i diskret farve og fastgøres eksempelvis med jordspyd. Underjordisk rørføring etableres ved rydning, udgravning, lægning og retablering i ledningstracéet. Afkastrøret føres over husets tag. Indvendige installationer i bygningen kan undgås hvis dette er et krav. Kort etableringsfase. Ved udvendig montage er den største gene når der etableres den underjordisk rørføring og afkastør monteres. Varighed for arbejdet er ca. 3-10 dage afhængig af over-/underjordisk rørføring.

Drift: *Indkøring.* Evt. regulering af ydelsen for ventilationsdræn udføres ved opstart. Flowet kan måles i afkastørret med simpelt mobil måleudstyr. *Drift.* Efterfølgende justeringer af anlægget kan evt. udelades. Dog kan optimering i nogle tilfælde medføre en øget effekt. Evt. driftskontrol af forureningsniveauet i afkastluften (kontrol af om der stadig ventileres som planlagt) udføres halv eller helårligt ved eksempelvis PID-måling eller evt. ATD-rør i kombination med nedenstående monitoring. Komponenterne i ventilationsanlægget er oftest vedligeholdelsesfri. Der udføres minimal særskilt driftsteknisk tilsyn (evt. hver 6 mdr.) eller evt. blot grundejerkontrol. Vinddreven ventilator oftest vedligeholdelsesfri.

Monitoring: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller passiv opsamling i krybekælderen (alternativt passiv opsamling af afkastluft). Første monitoring under drift udføres relativt kort tid efter installation af afværgen (½-1 md.) med henblik på evt. justering eller blot dokumentation af afværgens effekt og efterfølgende typisk efter ca. 3. og 6. måned. *Drift.* Derefter evt. halvårligt eller helårligt.

Økonomi: *Anlæg.* Etablering af sugepunkter, ventilationsriste, rørføring, mv. ca. 20-30.000 kr. ekskl. moms. Overjordisk rørføring (mellem udsugningspunkter og vindhætte) udgør en væsentlig besparelse. Etablering af ventilationsdræn i krybekælderen fordyrer projektet væsentligt. Projektet fordyres endvidere væsentligt med antallet af sugepunkter, da der derved bliver behov for øget rørføring, sammenløb mv. Endvidere skal der påregnes øgede udgifter ved underjordisk rørføring til rydning og retablering. Anvendelse af erfaren entreprenør anbefales. *Drift.* 0 kr./år. *Monitoring* (1. år). 10.000 kr. ekskl. moms.

Særlige opmærksomhedspunkter: Der skal foretages en forudgående byggeteknisk gennemgang med henblik på en optimal placering af sugepunkterne under hensyntagen til tværgående fundamenter. Over trægulve kan det i visse situationer være relevant at udlægge en diffusionstæt membran (eks. RAC membran), for derved at sikre et ensartet undertryk i den ventilerede zone under gulvet. Ved stor lækage gennem trægulve, kan der opstå problemer med at kun dele af hulrummet under gulvet ventileres. Endvidere er der, hvis luften (varm luft) "suges" fra boligen og ned under gulvet, risiko for træk, fodkulde og råddannelse i trækonstruktionen. Udlægning af membran fordyrer anlægsudgifterne væsentligt og giver betydelige gener for beboerne i anlægsfasen. Risikoen ved at unnlade membran vurderes oftest at være minimal. Behovet for rensning af afkastluft skal klarlægges for valg af ventilatorenhed (passiv/aktiv) ligesom behovet for etablering af varmeflader på riste for friskluftindtag vurderes.

Sammenfattende vurdering:

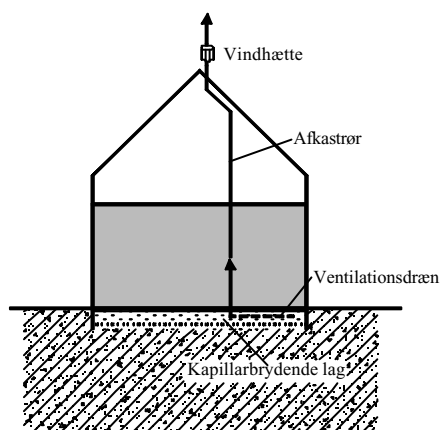
Metoden er særdeles velegnet når der ønskes gennemført afværge mod indeklimapåvirkninger. God effekt. Ved vindventilatorer dog varierende effekt. Det skal bemærkes at der ikke sker nogen oprensning og at foranstaltningen derfor er permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er en relativ billig og hurtig løsning, med stor fleksibilitet således at der nemt kan foretages udbygning til aktiv ventilation. Anlægget har samtidig en stor driftssikkerhed. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. fjernelsesrater vil dog være behæftet med relativ stor usikkerhed. Dette er dog ikke afgørende for valg af metode. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af krybekælder (aktiv)", jf. /DB-8,

Bilag: Se eksempeldatablad for passiv ventilation af kapillarbrydende lag (vindhætte) DB11.1

Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)

Funktion: Ved ventilation af det kapillarbrydende lag (højpermeabelt lag) under gulvet bortledes forurenede luft, således at indeklimapåvirkningen minimeres. De bedste strømningsforhold opnås under en tæt gulvoverflade (betongulv). Strømningsretning og influenszoner, for den ventilerede luft, styres ved at kombinere "sug" med "luftindtag". Der etableres kunstig lækage (luftindtag) i flere punkter under gulvet, med forbindelse til udvendigt terræn. Uden luftindtag vil lufttilførslen ske gennem tilfældige revner i fundamentet, revner og utætheder i gulvkonstruktionen og/eller lækage mod udvendigt terræn via ventilationsdrænene. Antal ventilationsdræn (sug) svarer omtrent til antal luftindtag. Luftindtagene placeres i samme dybde som ekstraktionsdrænene hvorved muligheden for at hele porevolumenet under bygningen gennemgår en løbende udskiftning (optimalt influensområde) bedres. Ved passiv ventilation anvendes alene vedvarende energiformer (sol, vind osv.) Metoden er relativ uafhængig af de geologiske forhold, når blot der i gulvopbygningen indgår et højpermeabelt lag (kapillarbrydende lag). Der sker ingen direkte oprensning ved metoden. Foranstaltningen vil derfor være permanent. Metoden med passiv ventilation af det kapillarbrydende lag er velafprøvet.

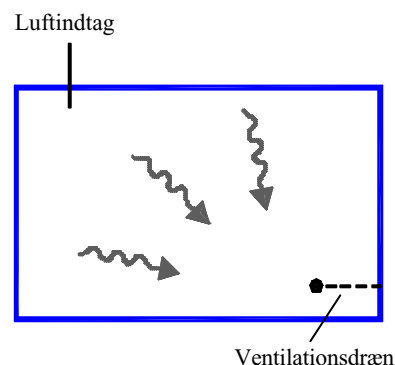
Anlægsbeskrivelse: Ventilationsdrænene placeres umiddelbart under gulv, midt i det kapillarbrydende lag. Ventilationsrør ved terræn (mellem ventilationsdræn og afkastrør) placeres enten over- /eller underjordisk. Afkastrør (lodret) føres indvendigt eller udvendigt i bygningen. Ved indvendig rørføring udnyttes termisk opdrift (varm luft stiger opad) som supplerende drivkraft. Indvendig rørføring placeres så evt. støjgener minimeres. Ved udvendig rørføring udføres røret i mørk farve og placeres typisk i solsiden, for igen at udnytte termisk opdrift som supplerende drivkraft. Der anvendes typisk vinddrevne ventilatorer af typen Supa Vent 10". Ønskes en øget ventilation udskiftes vindhætte relativt nemt/billigt med motordrevet ventilator. Vinddrevne



Figur 1: Principskitse for den samlede installation

ventilatorer er meget driftssikre og har stor robusthed. Vindhætter placeres nøje under hensyntagen til fremherskende læ- og luvforhold. Som alternativ drivkraft til vindhætter over tag, kan det i nogle tilfælde udnyttes, at der på en bygningens to modstående sider kan opstå relativt store trykforskelle (luv/læ). Ved denne metode skal det dog sikres at der ikke er risiko for indsugning af forurenede luft ved luftindtaget. Differenstrykket anvendes her som drivkraft. Placering af afkast skal nøje overvejes under hensyntagen til eksempelvis tagvinduer, hvor der kan ske indsugning af urensede aftræksluft. I det enkelte tilfælde skal overvejes om rensning af afkastluft er nødvendig (ved kulfiltrering). I givet fald kan det, pga. modtryk i kulfilteret, blive nødvendigt at indbygge en motorventilator i stedet for vinddrevne ventilation. Som reguleringsmulighed indbygges eventuelt ventiler på de enkelte - eller udvalgte ventilationsdræn. Der kan forventes en samlet levetid på ca. 10 år.

Effekt: Installationen har effekt stort set umiddelbart efter opstart. Der skal dog påregnes en kortere "indkøringsperiode", da der før opstart, pga. den kontinuerlige forureningsfrigivelse fra jordmatricen og den samtidige tætte "overflade" ved beboelsens betongulve, vil være sket en opkoncentrering af forureningsdampene under gulvene. Modsat dette sker der i driftsfasen en nogenlunde kontinuerlig bortledning af den forurenede poreluft i krybekælderen, hvorved "opkoncentreringen" vil være langt mindre udpræget. I længerevarende vindstille perioder kan der dog igen ske en vis opkoncentrering med forureningsspredning til bygningen som følge. Indkøringsperioden må forventes at have en varighed af minimum en uge, hvorefter en "driftsligevægtstilstand" nogenlunde vil indstille sig (afhængig af vejrforholdene og vindhætternes placering). Driftsligevægtstilstanden er den tilstand hvor der er ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen. Der bortventileres i størrelsesordenen 2-10 m³/h, svarende til 1.000-5.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år. (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 5 mg PCE/m³



Figur 2: Principskitse for den samlede luftstrømning under gulv

DB - 10

fjernes ca. 250 g PCE/år). Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 99 %.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Mindre risiko for støjgener i vindventilatoren og rørsystemet. Vindventilator og ud-/indvendig rørføring kan virke arkitektonisk skæmmende. I sjældne tilfælde kan observeres en svag støj op gennem gulvet, fra filtre placeret i det kapillarbrydende lag under gulvet. Foranstaltningen er varig. *Positiv effekt* Indeklima forbedres og virkningen er hurtig.

Etablering: Ventilationsdræn indbores ved håndboring. Fundamentet frigraves (mål ca. ½ x 1m) indtil 20 cm under indboringsdybden. De pneumatiske forhold testes i hvert enkelt dræn. Dræn med afvigende ringe ydelse kasseres og erstattes efter behov. Ventilationstest (kontrol af flow, modtryk og koncentration) danner grundlag for valg af ventilator (vind/motor) og danner endvidere beslutningsgrundlag for at vurdere om tilslutning af kulfilter er nødvendig. Udvendig rørføring fastgøres og leveres om muligt i sort farve. Etableringsfasen er kort, men forlænges dog lidt ved indvendig rørføring. Største gene for beboer er frigravning af fundamenter (jordarbejde) ca. 2 dage og evt. arbejde med indvendig rørføring. Samlet etableringsperiode 1-2 uger

Drift: *Indkøring.* Indjustering af ydelser imellem de enkelte dræn udføres ved opstart. Grundlag er ventilationstests og evt. felt-GC målinger under opstart. *Drift.* Efterfølgende, minimal justering (primært på baggrund af PID, evt. hver 2-6 md.). Minimal særskilt driftstekniks tilsyn (evt. hver 6. mdr.). Ventilator oftest vedligeholdelsesfri.

Monitering: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller poreluftmåling under gulv (alternativt ved passiv opsamling af afkastluft). Til fastlæggelse af forureningsniveauet i den ekstraherede luft kan endvidere foretages måling på

afkastluften ved passiv opsamling på kulrør eller felt-GC måling samt en periodisk logning af flowet i ekstraktionsdræne. Typisk efter 1, 3 og 6 måneder. *Drift.* Derefter halvårlig/årlig måling på samlet afkastluft for indhold af chl. (alternativt ved poreluftmåling under gulv eller indeklima). *Kommentar.*

Økonomi: *Anlæg.* 50-70.000 kr. Overjordisk rørføring (vandret mellem dræn og afkastsrør) vil udgøre væsentlig besparelse. Indvendig rørføring kan fordyre projektet. *Monitering (1. år).* 10.000 kr., inkl. indkøring. *Drift.* 0 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående byggeteknisk gennemgang er vigtig. Ved denne gennemgang skal det bekræftes at der er et højpermeabel lag under gulvet (kapillarbrydende lag) med en minimumstykkelse på 10 cm. Materiale fra finkornet sand og opefter i kornstørrelse. Det "kapillarbrydende lag" under ældre huse er af meget varierende karakter (fra ler til murbrokker). Placering af evt. tværgående fundamenter klarlægges for en vurdering af mulige strømningsmønstre ved forskellige scenarier for placering af ventilationsdræne. Tværgående fundamenter under bygningen lokaliseres, da disse kan hindre den ønskede strømning. De pneumatiske forhold, influensradier osv. skal derfor her overvejes nøje inden endelig metodevalg og design. Geologiske forhold for de øvre jordlag, vandspejlsniveau og -variationer er ligeledes betydende parametre for en vurdering af ventileringsmuligheder, strømningsmønstre, flowforhold, driftsstrategi mv. Endvidere skal det bemærkes at ved en kraftig ventilation under trægulve, kan utilstrækkelig luftindtag (kunstig lækage) bevirke at der sker en strømning af indeluft fra den ovenliggende bolig ned gennem revner og sprækker i gulvet. Kondensering af varm luft under gulvet kan efterfølgende forårsage råd i konstruktionen. Efter endt filterinstallation bør der gennemføres ventilationstests på de færdige ventilationsdræn inden valg af ventileringsenhed (vindhætter o.lign.) og færdig tilslutning.

Sammenfattende vurdering: Metoden er særdeles velegnet når der ønskes gennemført afværge mod indeklimapåvirkninger. God effekt i højpermeable zoner. Ved vindventilatorer dog varierende effekt. Det skal bemærkes at der ikke sker nogen oprensning og at foranstaltningen derfor er permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er en relativ billig og hurtig løsning, med stor fleksibilitet således at der nemt kan foretages udbygning til aktiv ventilation. Anlægget har samtidig en stor driftssikkerhed. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. fjernelsesrater vil dog være behæftet med relativ stor usikkerhed. Dette er dog ikke afgørende for valg af metode. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv)", jf. /DB-12, "Kraftig terrænnær ventilation (ekstraktionsboringer og dræn under gulve)" jf. /DB-14 og 15.

Bilag: Se eksempeldatablade for tekniske detaljer, DB10.1 og DB10.2

Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)

Nordborg, Ridepladsen 3, Sønderjyllands Amt

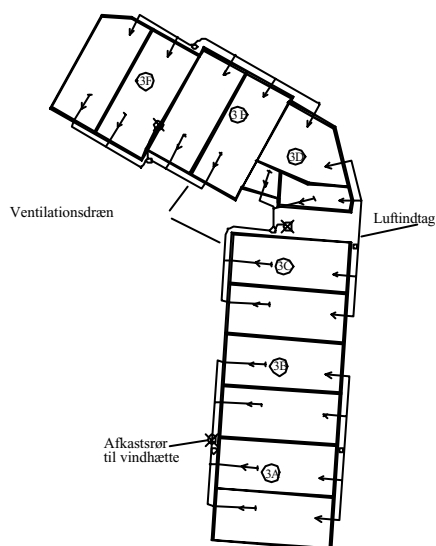
Forureningsscenario: Bygningen er nyopført i et kildeområde (tidligere renserigrund) uden forudgående afgravning af forurenede jord. Kraftig forurening i jord, poreluft og grundvand. Moderat til kraftig forurening er påvist i indeklimaet. Påvirkningen vurderes alene at stamme fra bidrag fra en poreluftforurening under bygningen. De påviste forureningsniveauer ses af nedenstående tabel 1 og figur 2. Vandspejl 10 m.u.t. Sand under bygningen.

Formål: Permanent indsats overfor moderat til massiv indeklimapåvirkning med PCE.

Bygning: Nyere lejlighedskompleks (1996). 6 beboelseslejligheder, ca. 70 m² (etplan). Fin stand. Betongulve med kapillarbrydende lag (15 cm småsten).

Afværg: Passiv ventilation af kapillarbrydende lag under gulv. 10 stk. ventilationsdræn (2 stk. pr. lejlighed), 50 mm filter. Installation ved håndboring. Placering 20 cm under gulvoverflade. En ventilator pr. 4 ventilationsdræn. Ventilator og afkastshætte monteret udvendig på tag. 10 stk. luftindtag (lodret slidset stålrør). Udvendig rørføring.

Dokumentation: *Primær dokumentation.* Poreluftmåling under gulv over kort tid (MP), passiv opsamling på kulrør af afkastluft, samlet prøvetagning for hver 4 dræn (PA). Måling under gulv har til formål at dokumentere afværges effekt i porevolumenet under gulvet. Værdien omregnes efterfølgende til et teoretisk bidrag i indeklimaet. Måling på afkast giver en fornemmelse af indholdet i den ekstraherede luft. Denne værdi forventes, under ensartede vejrforhold, at være omtrent konstant over tid. *Øvrig dokumentation.* Indeklimamåling (IK), periodisk logning af flow i afkastrør (samlet for 4 dræn). Indeklimamåling an-



Figur 1: Situationsplan

vendes som kontrol til verifikation af det målte indhold under gulvet.

Effekt: Der opnås en reduktion i indhold under gulv på 89-98 % og en teoretisk beregnes reduktion i indeklimaet 90-95 % i indeklimaet. Den opnåede effekt resulterer i at indeklimapåvirkningen under drift vurderes at være nedbragt til et niveau under det gældende afdampningskriterium. Effekten er som forventet.

		Før			Efter	
		µg/m ³	Gennemsnit (3 runder) µg/m ³	Reduktion (%)		
3A	IK	430	21	95		
	MP	118.000	3.450	97		
3B	IK	41	4	90		
	MP	11.200	1.211	89		
3C	IK	33	2,6	92		
	MP	9.000	400	96		
3D	IK	0,34	0,2	-		
	MP	99	2,5	97		
3E	IK	200	2,1	90		
	MP	54.162	872	98		
3F	IK	51	2,5	95		
	MP	13.944	1.428	89		

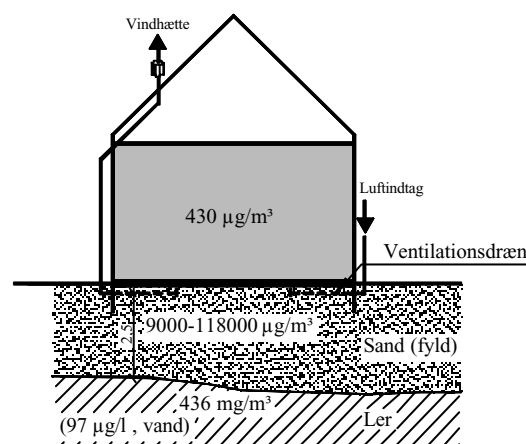
Indeklima (M3-monitor)

*Indeklima (lejlighed 3A) er ved én runde høj pga. tøjrøns eller lign. Generelt: Indeklima (før og én runder under drift) er beregnet, øvrige målt

Tabel 1 PCE i indeklima og under gulv

Ved flowmåling (stille og blæsende vejr, 11 dages måling) er påvist flow i afkast på 2,6 – 7,3 m³/h, svarende til en luftudskiftning på ca. 2-15 gange pr. døgn. Forhold omkring effekt i vindstille periode er yderlige søgt dokumenteret ved poreluftmåling under gulv over kort tid.

Tilsyn og monitoring: *Udført.* Dokumentation ved MP og PA efter 2, 4 og 6 måneders drift. Ingen drift-



Figur 2: Forureningsscenario

DB - 10.1

sjusteringer efter opstart. *Fremtidig.* Kontrol af vindhætter, Årlig kulrør fra afkast (PA). Hvis væsentlige afvigelser suppleres med indeklimamåling og evt. flowmåling. Ingen yderlig monitorering.

Tid: *Før indsats.* Anlæg etableret 4 måneder efter afværge vurderes at være nødvendig. *Anlæg.* 2 uger. *Drift.* Opstart maj 1999. Fortsat i drift (marts 2002).

Økonomi: *Etablering.* 65.000 pr. lejlighed. *Monitorering (1. år.)* 30.000 kr. pr. lejlighed (inkl. prøvetagning). *Drift.* 0 kr.

Samlet vurdering: Anlægget har kørt uden driftstop. Visuelt er hætterne iøjnefaldende. I kraftig blæst (storm) kan vindhætterne høres, dog ingen klager. Hurtigt, sikkert og effektivt tiltag, dog med nedsat effekt i vindstille perioder. Dokumentation overvejes ændret til passiv opsamling under gulv, så usikkerhed pga. variation over tid minimeres.

Bilag:

Fotos. Vindhætter, luftindtag, afkastsrør, monitoringsstuds og monitoringspunkt. Etableringsfasen. Eksempel på udstyr der alternativt kan anvendes såfremt håndboring ikke er mulig

Tegningsmateriale. Situationsplan. Eksempel på detaljeringsgrad ved udbud. Detailtegning – luftindtag. Detailtegning - monitoringsstuds

Produktblad (vindhætte). Nærmere detaljer vedrørende udformning, ydelser mv.

Ventilation af kapillarbrydende lag under gulve (passiv med luftindtag)

Vestergade 62, Tønder, Sønderjyllands Amt

Forureningsscenario: Bygningen er en tidligere renseribygning og har tidligere været anvendt til farveri og limfabrik. Den samlede driftsperiode er usikker, men dækker ca. perioden 1950 - 1970. Der er påvist en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE, jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Påvirkningen i bygningen stammer primært fra bidrag under bygningen, men sinkspåvirkning i bygningen kan ikke udelukkes. De terrænnære jordbundsforholdene består primært af sandet fyld og vandspejlet står ca. 1,5 m.u.t.

Formål: Permanent foranstaltning der har til formål at nedbringe indeklimapåvirkning til et niveau under Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

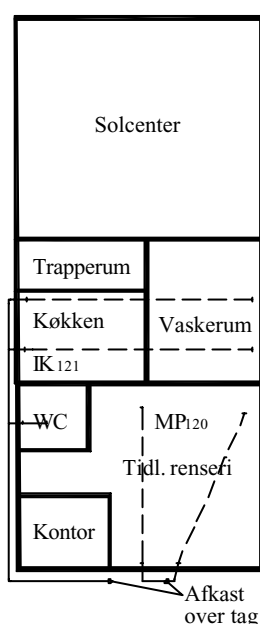
Bygning: Bygningen er den tidligere renseribygning. Bygningen er opført ca. 1940 og er delvis i to plan med et bebygget areal på ca. 70 m². Bygningen anvendes i dag til bolig. Ejendommen er i meget ringe stand med tynde betongulve med talrige revner (i vaskerummet også enkelte større huller).

Afværg: Passiv ventilation af kapillarbrydende lag under gulv. Der ventileres fra 5 ventilationsdræn (dimension $\varnothing 80$ mm, drænrør) beliggende horisontalt under bygningen. Ventilationsdrænenene er af varierende længde (1 til 6 meter lange). Drænenene er beliggende ca. 0,4 meter under indvendig gulvoverflade. Ventilationen er installeret således at alle dræn i starten anvendes til sug. Der er derved ikke tilsluttet nogen luftindtag. Hvis effekten af dette er for ringe ændres foranstaltningen til aktiv ventilation og halvdelen

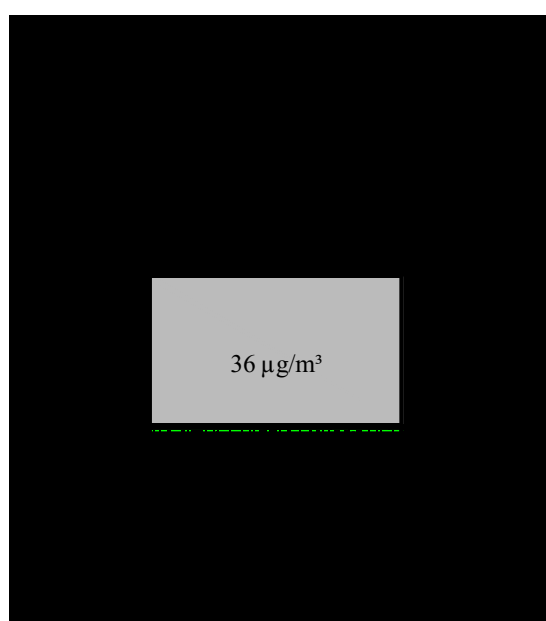
af de installerede dræn omdannes til luftindtag, der påkøbes svanehalse med forbindelse til fri luft. Alle ventilationsdræn er etableret ved en vandret indboring under gulvet (snegl påmonteret gravemaskine). Installationen forløb nogenlunde uproblematisk. Placeringen af de enkelte dræn er dog justeret noget i forhold til den planlagte placering pga. ukendte fundamenter og lign. Drænene er fremført i 2 grupper af henholdsvis 2 stk. og 3 stk. dræn til to separate afkastsrør. De to afkastsrør er 6 meter høje stålrør som er påmonteret vinddrevne ventilatorer (Supa Vent). Der foretages ikke rensning, da fortynding 6 m.o.t. er vurderet fuldt tilstrækkelig. Afkastspunkterne er placeret ved gavlen af bygningen (tilbygning i et plan).

Dokumentation: Primær dokumentation. Korttids-poreluftmåling under gulv. Øvrig dokumentation. Ingen.

Effekt: Der opnås ingen reduktion i indholdet af forureningskomponenter under gulvet ved den iværksatte ventilation. Ved målinger henholdsvis før og efter påvises derimod en stigning i indholdet af PCE under gulv på 430-1870 %.



Figur 1: Situationsplan



Figur 2: Forureningsscenario

DB-10.2

	Før	Efter			Reduktion
		1. runde (1. år)	2. runde (1. år)	3. runde (2. år)	
MP120	660 ¹⁾ (1,3)	13.000 (24,7)	3.500 (6,7)	3.300	ingen re- duktion
IK121	36 ²⁾			3,7 ³⁾ 3,7 ³⁾	88 % ⁴⁾

Tal i parentes angiver det beregnede bidrag til indeklimaet.

- 1) måling udført i forbindelse med undersøgelse. Senere målinger er foretaget i nyetableret målepunkt, omtrent samme sted.
- 2) Indeklimamåling (måling i marts) er foretaget ved passiv opsamling over 7 dage.
- 3) Indeklimamåling (måling i juli) er foretaget ved passiv opsamling over 17 dage.
- 4) Reduktionsfaktor behæftet med stor usikkerhed

Tabel 1 PCE under gulv og i indeklima

De store variationer i indholdet af PCE under gulv vurderes primært at skyldes ændringer i atmosfæretryk, temperatur og vindforhold samt det forhold at ventilationen kan igangsætte nye strømningsmønstre under gulvet. Derved kan målepunktet tilføres en forurening der ikke tidligere var "tilgængelig" for dette målested. Målingerne kan derved være vanskelige at anvende til en vurdering af effekten. Da gulvene er meget revnede kan målingerne endvidere være påvirkede af lækage under prøvetagningen. Første års drift indeholder ikke dokumenterende flowmålinger til afklaring af flowforholdene i ventilationsdrænene under forskellige vindforhold. Disse er planlagt udført, dersom gentagende poreluftmålinger påviser en uacceptabel effekt. Vurdering omkring første års drift

baseres således alene på korttidsporeluftmålinger under gulv (ét målepunkt). Efter første års drift er foretaget indeklimamålinger. Ved indeklimamålingerne påvises et fald i forureningskoncentrationen. Målingerne er udført i sommerperioden og derved behæftet med væsentlig usikkerhed pga. almindelig udluftning. Der er derfor planlagt gennemført et supplerende måling i vinterhalvåret. Samlet set vurderes det at være usikkert om tiltaget har den ønskede effekt, primært ved dette at der stadig påvises høje forureningskoncentrationer under gulvet.

Tilsyn og monitoring: Udført. Dokumentation ved MP efter 2, 6 og 19 måneders drift. Der er ikke udført driftsjusteringer efter opstart (anlægget er ikke installeret med reguleringsventiler). Efter første års drift. Dokumentationen er udvidet til at omfatte en indeklimamåling (sommermåling) suppleret med endnu en poreluftmåling under gulv (korttidsmåling), hvorefter der er foretaget en revideret risikovurdering. Som en del heraf er planlagt udført en supplerende vintermåling.

Tid: Før indsats. Anlægget er etableret ca. 9 måneder efter at det blev vurderet at afværge ville være nødvendig. *Anlægsperiode.* 14 dage. *Driftsperiode.* Opstart januar 2001, fortsat i drift (juni 2002).

Økonomi: Etablering. 60.000, 1. års monitoring. 8.000 kr. Drift. 0 kr.

Samlet vurdering: Anlægget er relativt hurtigt og billigt installeret. Effekten er fra starten vurderet at være noget usikker pga. risiko for lækage mod terræn (meget revnede gulve). Ved den passive ventilation må der endvidere i vindstille perioder forventes en nedsat effekt. Der er ikke foretaget ventilationstest i forbindelse med etableringen af ventilationsdrænene. De pneumatiske forhold i de enkelte dræn er derved ukendt. Tiltaget er fra starten planlagt iværksat som en "step by step"-løsning, hvor første tiltag har været installation af ventilationsdræn og opkobling på vinddrevne ventilatorer (passiv ventilation). Hvis denne foranstaltning viser sig at være utilstrækkelig kan anlægget relativt nemt udvides til en aktiv ventilation (eldreven ventilator med ensartet kontinuert drift). Det overvejes i øjeblikket (på baggrund af IK og MP) at foretage denne ændring. En ventilationstest i de enkelte ventilationsdræn vil give et bedre beslutningsgrundlaget for en ændring til aktiv ventilation. De to fritstående afkastører med påmonterede vindhætter er iøjnefaldende, men har ikke givet anledning til klager.

Bilag:

Fotos. Ejendommen, anlægsarbejde (installation af dræn), afkastører, vindhætter.

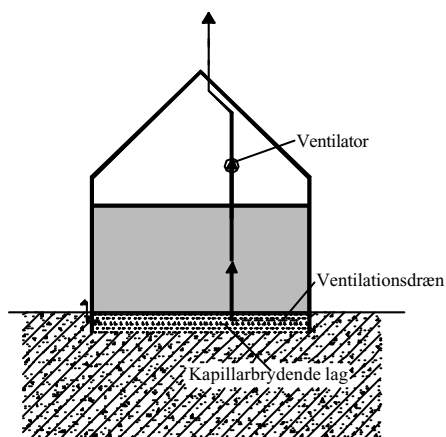
Tegningsmateriale. Situationsplanen med angivelse af oprindelig placering for dræn, samt en skitsering af evt. planlagte tiltag, fase 2.

Produktblad (ventilator). Vedrørende ventilatorspecifikationer se datablad DB10.1 - detaljer vedrørende størrelse, ydelser, støjniveau mv.

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)

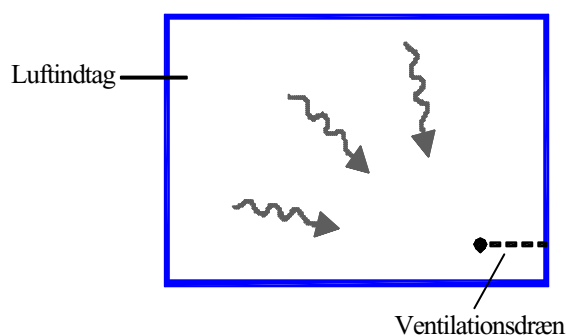
Funktion: Ved ventilation af det kapillarbrydende lag (højpermeabelt lag) under gulvet bortledes forurenede luft, således at indeklimapåvirkningen minimeres. De bedste strømningsforhold opnås under en tæt gulvoverflade (betongulv). Strømningsretning og influenszoner, for den ventilerede luft, styres ved at kombinere "sug" med "luftindtag". Der etableres kunstig lækage (luftindtag) i flere punkter under gulvet, med forbindelse til udvendigt terræn. Uden luftindtag vil lufttilførslen ske gennem tilfældige revner i fundamentet, revner og utætheder i gulvkonstruktionen og/eller lækage mod udvendigt terræn via ventilationsdræne. Antal ventilationsdræn (sug) svarer omtrent til antal luftindtag. Ved aktiv ventilation anvendes eldrevne ventilatorer. Metoden er relativ uafhængig af de geologiske forhold, når blot der i gulvopbygningen indgår et højpermeabelt lag (kapillarbrydende lag). Der sker ingen direkte oprensning ved metoden. Foranstaltningen vil derfor være permanent. Metoden med aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag er velafprøvet.

Anlægsbeskrivelse: Ventilationsdræne placeres umiddelbart under gulv, midt i det kapillarbrydende lag. Ventilationsrør ved terræn (mellem ventilationsdræn og aftræksrør) placeres enten over- /eller underjordisk. De enkelte ventilationsrør/ ventilationsdræn (eller udvalgte) påmonteres reguleringsventiler således at "suget" fra de enkelte dræn kan reguleres indbyrdes. Alternativt foretages montage uden reguleringsmulighed. Afkastsrør (lodret) føres indvendigt eller udvendigt i bygningen. Ved indvendig rørføring udnyttes termisk opdrift (varm luft stiger opad) som supplerende drivkraft. Indvendig rørføring placeres så evt. støjgener i røret minimeres. Ved udvendig rørføring kan røret evt. udføres i en mørk farve og placeres i solsiden, for igen at udnytte termisk opdrift som supplerende drivkraft. Der anvendes typisk eldrevne ventilatorer med en effekt på 0,1-0,2 kW (5-20 m³/h). Viser det sig at forholdene er gunstige for en lavere ventilationsgrad udskiftes motorventilatoren



Figur 1: Principskitse for den samlede installation

relativt nemt/billigt med eksempelvis en vinddreven ventilator. Den eldrevne ventilator placeres således at evt. støjgener minimeres, (længst væk fra soverum og lign.) og således at der ikke opstår unødigt vibration i ærtliggende konstruktioner (vandør og lign.). Ved indvendig montage placeres ventilatoren et sted hvor støjfølsomheden er mindst mulig, eksempelvis i en baggang, et skunkrum eller lignende. Ved montage af ventilator i loftsrum eller lign. er det vigtigt at monteringen sker med diffusionstætte samlinger og at den valgte ventilator er tæt. Modsat kan der ske en opkoncentrering af forureningsdampe i loftsrummet og evt. efterfølgende forureningsspredning til de beboede lokaler. Alternativt til indvendig montage kan foretages en udvendig montage hvor ventilatorerne indbygges i en over- eller underjordisk boks, lyskasse eller lign. (mål ca. 0,8x0,8x0,8 m), der med fordel lyddæmpes. Den udvendige boks kan placeres på terræn opad bygningen i en carport el. lignende. Anlægget indeholder typisk vakuumpumpe og evt. simpel styring (on/off og evt. timerstyring), omdrejningsregulering (for regulering af flow) og kondensudskiller. Med fordel monteres lyddæmpning på henholdsvis tilgangs- og afgangsrør fra ventilatoren. Ventilatorerne er meget driftssikre og har stor robusthed. Evt. kondensvand bortledes manuelt urensset til offentlig kloak. (ved permanente anlæg kan overvejes at etablere en underjordisk rørføring fra anlægget til afvandspunktet). Anlægget kan drives ved pulserende eller kontinuert drift. Der kan pulseres på timebasis, anlægget kan stoppes om natten, eller der kan indbygges ventilationspauser af måneders varighed. Driftsstrategien afhænger af de aktuelle forhold. Placering af afkast skal nøje overvejes under hensyntagen til eksempelvis tagvinduer, hvor der kan ske indsugning af urensset aftræksluft. I det enkelte tilfælde skal overvejes om rensning af afkastluft er nødvendig (ved kulfiltrering). I givet fald er det, pga. modtryk i kulfilteret ofte ikke muligt efterfølgende at foretage ombygning til en vinddreven ventilation. Der kan forventes en samlet levetid på ca. 10 år.



Figur 2: Principskitse for den samlede luftudstrømning under gulv

DB-11

Effekt: Installationen har effekt umiddelbart efter

opstart. Der bortventileres i størrelsesordenen 5-20 m³/h, svarende til 500-5.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år. (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 5 mg PCE/m³ fjernes ca. 500 g PCE/år). Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 99 %.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Et årligt elforbrug på ca. 2000kWh (ved elenergi derved et ressourceforbrug af kul og udledning af forbrændingsgasser). Mindre risiko for støjgener i ventilatoren og rørsystemet. Arbejdsmiljømæssige gener kan forekomme, såfremt der skal foretages håndtering af brugt kul (kulfilter). Såfremt støjdæmpning undlades må påregnes et støjniveau fra ventilationsanlægget på omkring 30-40 dB(A). Pladskrav for anlægget (indvendig og udvendig montage) er ca. 1 m². Ud-/indvendig rørføring kan virke arkitektonisk skæmmende. I sjældne tilfælde kan observeres en svag støj op gennem gulvet, fra filtre placeret i det kapillarbrydende lag under gulvet. Ved ventileringen i det kapillarbrydende lag indsuges i kolde perioder kold luft under gulvet, hvilket i visse tilfælde kan give anledning til en nedkøling af gulvet og derved evt. fodkulde. Foranstaltningen er varig. *Positiv effekt.* Indeklima forbedres og virkningen er hurtig.

Etablering: Ventilationsanlægget leveres enten færdigt på pladsen eller monteres direkte (indvendig montage) på pladsen. Ventilationsdræn indbores ved håndboring. Fundamentet frigraves (mål ca. ½x1m) og indtil 20 cm under indboringsdybden. De pneumatiske forhold testes i hvert enkelt dræn. Dræn med afvigende ringe ydelse kasseres og erstattes efter behov. Ventilationstest (kontrol af flow, modtryk og koncentration) danner grundlag for valg af ventilator og danner endvidere beslutningsgrundlag for at vurdere om tilslutning af kulfilter er nødvendig. Udvendig rørføring (lodret) fastgøres og om muligt i sort farve. Overjordisk udvendig rørføring (vandret) udføres i diskret farve og fastgøres eksempelvis med jordspyd. Underjordisk rørføring etableres ved rydning, udgravning, lægning og retablering i ledningstracéet. Etableringsfasen er kort. Forlænges dog lidt ved indvendig rørføring. Største gene for beboer er frigravning af fundamenter (jordarbejde) ca. 2 dage og evt. arbejde med indvendig rørføring.

Drift: *Indkøring.* Indjustering af ydelser imellem de enkelte dræn udføres ved opstart. Grundlag er ventilationstests og evt. felt-GC målinger under opstart. *Drift.* Efterfølgende justeringer af anlægget kan evt. udelades. Dog kan optimering i nogle tilfælde medføre en øget effekt. Evt. driftskontrol af forureningsniveauet i afkastluften (kontrol af om der stadig ventileres som planlagt) udføres halv eller helårligt ved eksempelvis PID-måling eller evt. ATD-rør i kombination med nedenstående monitoring. (primært på baggrund af PID, evt. hver 2-6 md.). Minimal særskilt driftstekniks tilsyn (evt. hver 6. mdr.), eller blot

grundejerkontrol. Ventilatoren er oftest vedligeholdelsesfri.

Monitoring: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller poreluftmåling under gulv. Til fastlæggelse af forureningsniveauet i den ekstraherede luft kan endvidere foretages måling på afkastluften ved passiv opsamling på kulrør eller felt-GC måling, alternativt ved måling under gulv eller udeluftmåling. Typisk efter 1 og 3 måneder. *Drift.* Derefter halvårligt/årligt måling på samlet afkastluft (indhold af chl.), alternativt ved måling under gulv eller udeluftmåling.

Økonomi: *Anlæg.* 50-70.000 kr. Overjordisk rørføring (vandret mellem dræn og afkastsrør) vil udgøre væsentlig besparelse. Indvendig rørføring kan fordyre projektet. Overjordisk rørføring (mellem udsugning-punkter og ventilator) udgør en væsentlig besparelse. Projektet fordyres væsentligt med antallet af ventilationsdræn, da der derved bliver behov for øget rørføring, sammenløb mv. Endvidere skal der påregnes øgede udgifter på kr. 20-30.000 ekskl. moms til rydning og retablering for underjordisk rørføring og lyd-isoleret boks for ventilator. Selve ventilationsanlægget (ventilator og regulator) genanvendes nemt til afværge på andre lokaliteter. Anvendelse af erfaren entreprenør anbefales. *Monitoring (1. år).* 5.000 kr., inkl. indkøring. *Drift.* 2.000 kr. (ekskl. kulskifte).

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående byggeteknisk gennemgang er vigtig. Ved denne gennemgang skal det bekræftes at der er et højpermeabel lag under gulvet (kapillarbrydende lag) med en minimumstykkelse på 10 cm. Materiale fra finkornet sand og opefter i kornstørrelse. Det "kapillarbrydende lag" under ældre huse er af meget varierende karakter (fra ler til murbrokker). Placering af evt. tværgående fundamenter klarlægges for en vurdering af mulige strømningsmønstre ved forskellige scenarier for placering af ventilationsdræne. Tværgående fundamenter under bygningen lokaliseres, da disse kan hindre den ønskede strømning. De pneumatiske forhold, influensradier osv. skal derfor her overvejes nøje inden endelig metodevalg og design. Geologiske forhold for de øvre jordlag, vandspejlsniveau og -variationer er ligeledes betydende parametre for en vurdering af ventileringsmuligheder, strømningsmønstre, flowforhold, driftsstrategi mv. Endvidere skal det bemærkes at ved en kraftig ventilation under trægulve, kan utilstrækkelig luftindtag (kunstig lækage) bevirke at der sker en strømning af indeluft fra den ovenliggende bolig ned gennem revner og sprækker i gulvet. Kondensering af varm luft under gulvet kan efterfølgende forårsage råd i konstruktionen. Over trægulve kan det bl.a. derfor i visse situationer være relevant at udlægge en diffusionstæt membran (eks. RAC membran), for derved at sikre et ensartet undertryk i den ventilerede zone under gulvet. Udlægning af membran fordyrer anlægsudgifterne væsentligt og giver

betydelige gener for beboerne i anlægsfasen. Risikoen nimal.
ved at undlade membran vurderes oftest at være mi-

Sammenfattende vurdering: Metoden er særdeles velegnet når der ønskes gennemført afværge mod indeklima-påvirkninger. God effekt i højpermeable zoner. Ved vindventilatorer dog varierende effekt. Det skal bemærkes at der ikke sker nogen oprensning og at foranstaltningen derfor er permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er en relativ billig og hurtig løsning, med stor fleksibilitet således at der nemt kan foretages udbygning til aktiv ventilation. Anlægget har samtidig en stor driftssikkerhed. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. fjernelsesrater vil dog være behæftet med relativ stor usikkerhed. Dette er dog ikke afgørende for valg af metode. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv)", jf. /DB-12, "Kraftig terrænnær ventilation (ekstraktionsboringer og dræn under gulve)" jf. /DB-13 og 14.

Bilag: Se eksempeldatablad DB11.1 for tekniske detaljer.

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)

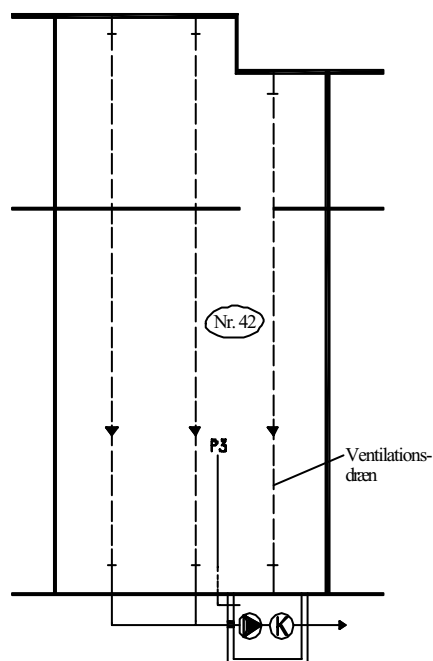
Nygårdsvej 42B, Esbjerg, Ribe Amt

Forureningsscenarium: Bygningen er beliggende i nærheden af et tidligere renseri. Det tidligere renseri er nedrevet og der er opført rækkehuse i området. Bygningen er beliggende ca. 6 meter fra de oprindelige renseri-bygninger. Der er påvist en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE, jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Påvirkningen i bygningen vurderes alene at stamme fra bidrag under bygningen. Jordbundsforholdene består primært af sand. Vandspejlet står ca. 12 m.u.t.

Formål: Permanent foranstaltning der har til formål at nedbringe indeklimapåvirkning til et niveau under Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

Bygning: Ejendommen er en del af et nyere lejlighedskompleks (boliganvendelse) fra 1987 og er opført i to plan. Grundplan ca. 90 m². Ejendommen er i god stand. Der er betongulve med kapillarbrydende lag (25 cm leca) under hele bygningen.

Afværge: Aktiv ventilation af kapillarbrydende lag under gulv. Der "suges" fra 3 ventilationsdræn (dimension $\varnothing 50$ mm, slidset PEH-rør), beliggende horisontalt under bygningen. Installation ved styret underboring. Drænene er fremført enkeltvis til underjordisk teknikkasse ved bygningen. I teknikkassen er monteret ventilator (230V, 0,09 kW), kulfilter (60 l.), reguleringsventiler og vandudskiller (60 l.) Gennem kulfilteret renses afkastluften inden den via et galvaniseret stålør føres til udledning ca. 5 m.o.t. (nær tagrende). I et kælderrum er monteret en kontrollampe, der lyser ved driftsstop.



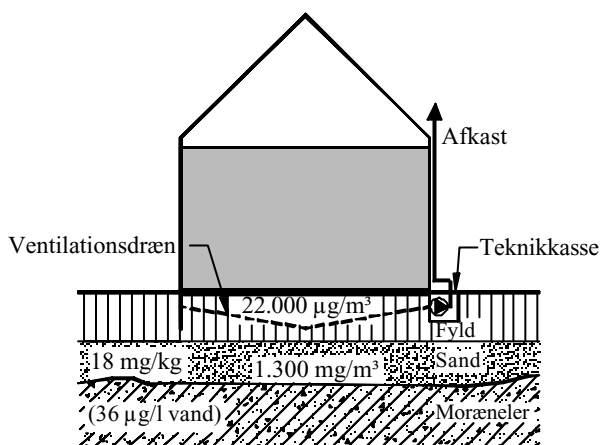
Figur 1: Situationsplan

Der er mulighed for at tilslutte luftindtag mens der ventileres. Luftindtag etableres ved at frakoble "sug" i et eller flere dræn så det/de frakoblede dræn har direkte kontakt til "fri luft". Denne mulighed er dog i driftsfasen ikke taget i brug.

Der ventileres med et konstant flow på ca. 5 m³/h ved ca. -100 mbar. Der er bortgravet ca. 13 m³ jord i forbindelse med etablering af teknikkassen. Støjniveau ca. 40 dB(A)

Dokumentation: *Primær dokumentation.* Korttids-poreluftmåling under gulv (dels 0,5 m under gulv i en poreluftslange der indføres langs med et af dræne, og dels i et traditionelt målepunkt gennem gulvet, MP). Målingerne under gulv har til formål at dokumenterer afværgens effekt i porevolumenet under gulvet. Værdier omregnes efterfølgende til et teoretisk indhold i indeklimaet. *Øvrig dokumentation* Korttids-flowmåling i hvert dræn. Målingen har til formål at kontrollerer at flowet er vedvarende og ensartet over tid og at der derved opretholdes en ensartet ventilering under gulvet.

Effekt: Der er opnået en reduktion i PCE-indholdet under gulvet på 99 %. Det skal dog bemærkes at vurderingerne alene er baseret på indirekte data (se tabel 1) da "før data" er udført ved traditionel måling under gulv og "efter data" er udført ved måling på afkastluften fra ventilationsdrænene. På baggrund af teoretiske beregninger (ingen indeklimamålinger) forventes der at være opnået en reduktion i indholdet af PCE under gulvene således at afdampningen til boligen under drift, nedbringes til et niveau under Miljøstyrelsens fastsatte afdampningskriterium. Effekten er som forventet. Ved flowmåling konstateres i de enkelte dræn et flow på 0,9 – 2,1 m³/h, svarende til et samlet flow på ca. 4,5 m³/h og en luftudskiftning på



Figur 2: Forureningsscenarium

ca. 1 gang pr. døgn og ca. 450 gange pr. år.

	Før ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Under drift ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Reduktion (%) (gennemsnit i fht. før/efter)
		Påviste indhold	Gennem- snit (2 runder)	
P3 (MP)	520.000	22.000 ¹⁾		
Afkast ³⁾ (AK)		1,6 1,0 ³⁾ 2.300 ¹⁾	1,3 ²⁾	99

¹⁾ Forhøjet indhold pga. driftsstop

²⁾ Resultater fra målerunder med driftsstop er ikke medregnet i det gennemsnitlige indhold "under drift"

³⁾ Før kulfilter

Alle målinger er baseret på en driftssituation hvor luftindtaget ikke har været taget i anvendelse

Tabel 1 PCE under gulv

Tilsyn og monitoring: Udført. Dokumentation ved MP udført efter 3, 6, 15 og 27 måneders drift. Ingen driftsjusteringer efter indkøring. *Fremtidig.* Løbende kontrol af om pumpen kører (ingen fjernovervågning). Halvårligt tilsyn med anlægget, herunder foretages bl.a. prøvetagning (AP) og justering af ventilerne mellem de enkelte dræn (dog kun hvis der viser sig at være en stor variation i forureningskoncentration imellem de enkelte dræn), Efter første års drift er tilsynsfrekvensen nedsat fra kvartalsvis til halvårlig.

Tid: Før indsats. Anlægget er etableret 1 år efter at det blev vurderet at afværge ville være nødvendigt. *Anlægsperiode.* 3 måneder. *Driftsperiode.* Opstart december 1999, fortsat i drift (juni 2002).

Økonomi: Etablering. 188.000 ekskl. moms., 1. års monitoring. 2.000 kr. Drift. 2.000 kr./år

Samlet vurdering: Anlægget har kørt problemfrit bortset fra et driftsstop, efter ca. 2 år drift. Hvis anlægget stopper pga. en defekt i pumpen eller lignende lyser en kontrollampe i husets kælder. Lampen overvåges af Boligselskabets visevært, der jævnligt kommer forbi. Et driftsstop i august - november 2001 blev imidlertid overset pga. en fejl i kontrollampen. Driftsstoppet skyldes at pumpen var brændt sammen. Årsag ukendt. Der er ikke observeret kondensvand i systemet i løbet af de første to års drift og det vurderes derfor heller ikke at blive aktuelt fremover. Under opstart af anlægget har der været klager fra beboerne pga. støjgener, hvorfor et aluminiumsdæksel over teknikkassen efterfølgende er blev lysisoleret. Det overvejes at untlade rensning vha. kulfilter, da B-værdien på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, emissionsgrænsen på 1-5 mg PCE/ Nm^3 og massestrømgrænse på 25 g PCE/h alle er overholdt ved de gennemførte målinger (lave indhold i afkast ved konstant ventilation). Anlægget har haft den forventede effekt. Foranstaltningen har været relativ dyr at etablere, primært pga. at ventilationsdræne er etableret ved styret under boring. Alternativt kunne dræne være etableret som korte ventilationsdræn indboret ved håndboring, hvilket ofte vil tilstrækkeligt og samtidig væsentligt billigere. Placering af ventilator, kulfilter mv. i loftsrum vil ligeledes ofte være at foretrække. Derved minimeres støjgenerne og de nødvendige støjdæmpende foranstaltninger. Endvidere undgås udgifter til etablering af teknikkassen, hvorved de samlede udgifter nedbringes markant. Den valgte monitoring vurderes efter første driftsår at kunne nedbringes til maksimalt én gang årligt og samtidig være fuldt tilstrækkeligt for overvågningen af anlægget.

Bilag:

Fotos. Dæksel til teknikkasse. Indhold i teknikkasse, afkastrør og afkasthætte, bygningen samt detaljer fra filterinstallationen (styret underboring)

Tegningsmateriale. Situationsplan - bygningsplacering i forhold til renseribygning. Planlægning - placering af dræn og teknikkasse. Teknikkasse - detaljer vedrørende indhold og placering. Snittegning - bygning.

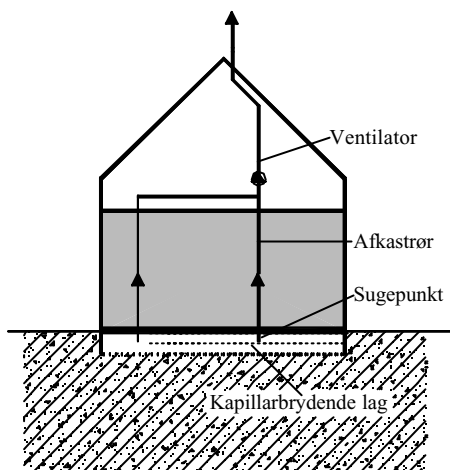
Produktblad (ventilator). Detaljer vedrørende størrelse, strømforsyning, strømforbrug, ydelser, støjniveau mv.

Produktblad (alternativ ventilatorenhed). Fotos af enhed, beskrivelse af referencer.

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)

Funktion: Ved ventilation af det kapillarbrydende lag under gulvet etableres et svagt undertryk i det kapillarbrydende lag. Ved undertrykket strømmer indeluften fra huset ned til det kapillarbrydende lag og minimerer derved indtrængningen af forurenede poreluft til huset. Ensartede strømningsforhold i det ventilerede jordlag er betinget af en ensartet tæthed i terrændækket og en ensartet permeabilitet i det ventilerede lag. Ved metoden anvendes ikke luftindtag som beskrevet ved den sammenlignelige teknik på DB 11. Eventuelle lokale lækager eksempelvis samlinger ved vægge, revner i gulvet, rørgennemføringer mv. kan derfor få afgørende betydning hvilke influenszoner der opnås. Dette kombineret med en eventuel inhomogeniteten i det ventilerede lag gør at metoden er behæftet med større usikkerhed end når der etableres "sug" i kombination med "luftindtag" (se evt. DB10 og DB 11). I ældre huse hvor der ofte ses stor uensartethed i det "kapillarbrydende lag", vil det således ofte være fordelagtigt at installere luftindtag som beskrevet i teknikken DB 10 og DB 11. Det er vigtigt at, der etableres en fleksibel lufttæt samling ved rørgennemføringer i gulvet ved sugepunktet, da der ellers er stor risiko for at der sker kortslutning således at ren luft fra boligen alene trækkes ned ved rørgennemføringen. Influensradius bliver derved meget lille. Der etableres et eller flere sugepunkter i det kapillarbrydende lag (ofte 2-4 stk.). De bedste strømningsforhold opnås under en tæt gulvoverflade (betongulv). Ved aktiv ventilation installeres en mekanisk ventilator som drivkraft. Metoden er relativ uafhængig af de geologiske forhold, når blot der i gulvopbygningen indgår et højpermeabelt lag (kapillarbrydende lag). Der sker ingen direkte oprensning ved metoden. Foranstaltningen vil derfor være permanent. Metoden med aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag uden luftindtag er velafprøvet.

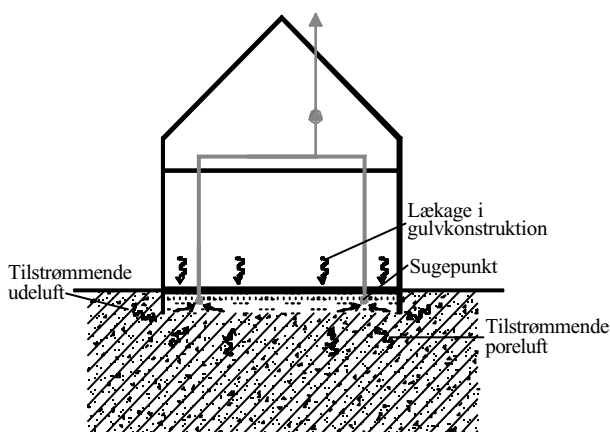
Anlægsbeskrivelse: Ventilationsugepunkterne placeres umiddelbart under gulv, midt i det apillarbry-



Figur 1: Principskitse for den samlede installation

dende lag. Fra sugepunktet/punkterne føres afkastsrør (ca. $\varnothing 63$ mm) enkeltvis eller fælles op gennem bygningen og tilsluttes én fælles ventilator placeret i bygningens loftsrums, skunkrum eller lignende. De enkelte aftræksrør monteres evt. reguleringsventiler således at "suget" fra de enkelte punkter kan reguleres indbyrdes. Alternativt foretages montage uden reguleringsmulighed. Ved indvendig rørføring udnyttes termisk opdrift (varm luft stiger opad) som supplerende drivkraft. En indvendig rørføring placeres så evt. støjgener minimeres. Alternativt kan røret føres udvendig og da i en mørk farve der om muligt placeres i solsiden, for igen at udnytte termisk opdrift som supplerende drivkraft. Viser det sig, at forholdene er gunstige for en lavere ventilationsgrad udskiftes motorventilatoren relativt nemt/billigt med en vinddrevne ventilator. Motor- og vinddrevne ventilatorer er meget driftssikre og robuste (for nærmere omtale af vindhætte henvises til DB 11). Den eldrevne ventilator placeres således at evt. støjgener minimeres, dvs. længst væk fra soverum og lignende og således at der ikke opstår unødigt vibration i nærliggende konstruktioner (vandrer eller lign.). Placering af afkast skal nøje overvejes under hensyntagen til eksempelvis tagvinduer, hvor der kan ske indsugning af urensede aftræksluft. I det enkelte tilfælde skal overvejes om rensning af afkastluft er nødvendig (ved kulfiltrering). Der kan forventes en samlet levetid på ca. 10 år.

Effekt: Installationen har effekt stort set umiddelbart efter opstart. Der skal dog påregnes en kortere "indkøringsperiode", da der før opstart, pga. den kontinuerede forureningsfrigivelse fra jordmatricen og den samtidige tætte "overflade" ved beboelsens betongulve, og den relativt ringe luftudskiftning i krybekælderen, vil være sket en opkoncentrering af forureningsdampene under gulvene. I driftsfasen sker der imidlertid en kontinuerlig bortledning af den forurenede poreluft, hvorved "opkoncentreringen" vil være langt mindre udpræget eller, afhængig af den valgte driftsstrategi, evt. helt elimineret. Anlægget dimensioneres



Figur 2: Principskitse for den samlede lufstrømning under gulv

således mest hensigtsmæssigt for et lavere forureningsniveau end det i undersøgelserne påviste niveau. Når anlægget sættes i drift fjernes indledningsvist den opkoncentrerede "forureningsdyne" der står i kælderen og først herefter har foranstaltningen den fulde effekt. Indkøringsperioden må forventes at have en varighed af minimum en uge, hvorefter en "driftsligevægtstilstand" vil indstille sig. Driftsligevægtstilstanden er den tilstand hvor der er ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen. Tidspunktet for hvornår ligevægtstilstanden indtræffer afhænger dels af forureningspotentialet ved opstart og dels af med hvilken intensitet der ventileres. Der bortventileres i størrelsesordenen 50-200 m³/h, svarende til 8.000-40.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år. (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 5 mg PCE/m³ fjernes ca. 4 kg PCE/år). Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 99 %.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Et årligt elforbrug på ca. 700 kWh (COWI) (ved elenergi, et ressourceforbrug af kul og udledning af forbrændingsgasser). Mindre risiko for støjgener i rørsystemet. Indvendig rørføring kan udgøre en æstetisk gene. I sjældne tilfælde kan observeres en svag støj op gennem gulvet, fra sugepunktet placeret i det kapillarbrydende lag under gulvet. Ved metoden øges luftskiftet i boligen da luft fra stueetagen trækkes ned under gulvet. Luftskiftet i boligen øges med i størrelsesordenen 20 % svarende til ca. 10-20 m³/h (100 m²). I kolde perioder vil dette give anledning til et øget varmetab. Ved stor luftnædtrængning gennem gulvet i bygningen (stor lækage) kan der opstå røggener i forbindelse med brug af åben pejs eller lign. Foranstaltningen er varig. *Positiv effekt.* Indeklima forbedres og virkningen er hurtig.

Etablering: Sugepunktet etableres ved at fjerne eventuelle belægninger hvor punktet/punkterne ønskes placeret. Gulvet gennembøres og "sugerøret" monteres med en tæt og fleksibel samling i rørgennemføringen. Sugepunkterne placeres jævnt fordelt i boligen og under hensyntagen til evt. tværgående fundamenter. De pneumatiske forhold testes evt. i hvert enkelt sugepunkt. Punkter med afvigende og ringe ydelse kasseres og erstattes efter behov. Ventilationstest (kontrol af flow, modtryk og koncentration) danner evt. grundlag for valg af ventilator og danner endvidere beslutningsgrundlag for at vurdere om tilslutning af kulfilter er nødvendig. Evt. udvendig rørføring udføres om muligt i sort farve. Etableringsfasen er kort (1-2 uger). Forlænges dog lidt ved indvendig rørføring. Største gene for beboerne er genboring af gulvet (ca. 2 dage) og evt. arbejde med indvendig rørføring.

Drift: *Indkøring.* Evt. indjustering af ydelser imellem de enkelte sugepunkter udføres ved opstart. Grundlag er ventilationstests og evt. felt-GC målinger under opstart. *Drift.* Efterfølgende, minimal justering (primært på baggrund af PID, evt. hver 2-6 md.). Mini-

mal særskilt driftstekniks tilsyn (evt. hver 6. mdr.). Ventilator oftest vedligeholdelsesfri.

Monitering: *Indkøring.* Moniteringen kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller poreluftmåling under gulv. Til fastlæggelse af forureningsniveauet i den ekstraherede luft kan endvidere foretages måling af afkastluften ved passiv opsamling på kulrør eller felt-GC måling, alternativt ved måling under gulv eller udeluftmåling. Typisk efter 1 og 3 måneder. *Drift.* Derefter halvårligt/årligt måling på samlet afkastluft, alternativt ved måling under gulv eller udeluftmåling.

Økonomi: *Anlæg.* 50.000 kr. *Monitering (1. år).* 5.000 kr., inkl. indkøring. *Drift.* 2.000 kr. Varmetab er ikke indregnet, da luftskiftet i boligen sjældent øges til mere end 0,5 gange i timen, hvilket Bygningsreglementet anbefaler for at sikre et godt indeklima (frisk lufttilførsel).

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående byggeteknisk gennemgang er vigtig. Ved denne gennemgang skal det bekræftes at der er et højpermeabelt lag under gulvet (kapillarbrydende lag) med en minimumstykkelse på 10 cm. Materiale fra finkornet sand og opefter i korntørrelse. Det "kapillarbrydende lag" under ældre huse er af meget varierende karakter (fra ler til murbrokker). Placering af evt. tværgående fundamenter klarlægges for en vurdering af mulige strømningsmønstre ved forskellige scenarier for placering af sugepunkterne. Tværgående fundamenter under bygningen lokaliseres, da disse kan hindre den ønskede strømning. De pneumatiske forhold, influensradier osv. skal derfor her overvejes nøje inden endelig metodevalg og design. Geologiske forhold i de øvre jordlag, vandspejlsniveau og -variationer er ligeledes betydende parametre ved en vurdering af ventileringsmuligheder, strømningsmønstre, flowforhold, driftsstrategi mv. Endvidere skal det bemærkes at der ved en kraftig ventilation under trægulve, vil ske en øget strømning af indeluft fra den ovenliggende bolig ned gennem revner og sprækker i gulvet. Kondensering af varm luft under gulvet kan efterfølgende forårsage råd i konstruktionen. Efter endt "installation af sugepunkter" udføres efter behov ventilationstests på sugepunkterne inden valg af ventileringsenhed og færdig tilslutning. Ved montage af ventilator i loftsrum eller lign. er det vigtigt at montagen sker med diffusionstætte samlinger og at den valgte ventilator er tæt. Modsat kan der ske en opkoncentrering af forureningsdampe i loftsrummet og en evt. efterfølgende forureningsspredning til beboende lokaler.

DB-12

Sammenfattende vurdering: Metoden er velegnet når der ønskes gennemført afværge mod indeklimapåvirkninger. Relativ god effekt i højpermeable zoner. Det skal bemærkes at der ikke sker nogen oprensning og at foranstaltningen derfor er permanent, med varige gener og tilsyn. Foranstaltningen er en relativ billig og hurtig løsning, med stor fleksibilitet. Anlægget har samtidig en stor driftssikkerhed. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med relativ god sikkerhed. Da der ved metoden ikke installeres "luftindtag" (modsat teknikken beskrevet i DB 11) vil der være relativ større usikkerhed vedrørende influensradier og dermed den opnåelige effekt. Lækageforholdene kan ikke fastlægges på forhånd. Forudgående kalkulationer vedr. fjernelsesrater vil ligeledes være behæftet med relativ stor usikkerhed. Dette er dog ikke afgørende for valg af metode. Det bør bemærkes at alle erfaringer p.t. er baseret på foranstaltninger etableret overfor radonpåvirkninger. Metoden er herhjemme undersøgt i 2 tilfælde, men erfaringerne har en god overensstemmelse med et større udenlandsk datagrundlag. Metoden indledes ofte som en passiv ventilation. Efter behov udvides metoden efterfølgende til aktiv ventilation. Som et alternativ til den beskrevne metode kan anvendes den såkaldte "smalrørsmetode". Metoden er et svensk udviklet koncept der i princippet er enslydende med ovenstående. I praksis anvendes mindre rørtyper (elektrikerrør, 20 mm). Der etableres væsentlig flere "sugepunkter", ca. et i hvert rum hvor det kapillarbrydende lag nedenunder adskilles af fundamenter for bærende vægge. Alternativer til metoden kan være "Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)", jf. /DB-11, "Kraftig terrænnær ventilation (ekstraktionsboringer og dræn under gulve)" jf. /DB-13 og 14.

Bilag: Se eksempeldatablad DB12.1 for tekniske detaljer.

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)

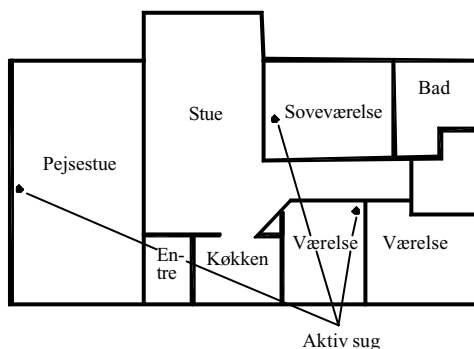
Hus nr. 4185 – Radon 95 (Risø)

Forureningsscenario: Bygningen er beliggende i et radonpåvirket område. Der er påvist en markant overskridelse af det fastsatte acceptable niveau på 200 Becquerel pr. kubikmeter (Bq/m^3) jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Påvirkningen stammer alene fra radon bidrag under bygningen.

Formål. Permanent foranstaltning der har til formål at nedbringe indeklimapåvirkning til et niveau under ($200 Bq radon/m^3$).

Bygning: Huset er et etplans parcelhus opført i 1970, med en tilbygning opført sidst i 1980'erne. Grundplan ca. $180 m^2$. Ingen kælder. Ejendommen er i almindelig pæn stand. Betongulve med kapillarbrydende lag (grus, skærver). Flere revner i gulvet. I tilbygningen er en konvektorgrav (radiator i gulv) langs facadepartiet.

Afværg: Aktiv ventilation af kapillarbrydende lag (uden luftindtag). 3 sugepunkter med en diameter på $\varnothing 110 mm$ (mindre dimension kan anvendes uden problemer, da tryktabet i installationen er relativt lille, eks. $\varnothing 63 mm$),. Sugepunkterne er installeret ved gennem boring af gulvet med diamantskærer og nedpresning af et plastrør i det kapillarbrydende lag. Omkring rørgennemføringen er ikke foretaget tætning, da lækagerisikoen ikke er vurderet at være betydende ved det aktuelle "sug". Røret er herefter ført synligt i bygningen fra hvert af de tre sugepunkter lodret op til loftetagen. De tre afkastsrør samles i loftsrummet og føres i et fællesrør hen til ventilatoren ($230 V$, $0,07 W$). I bryggerset er monteret en kontrolboks indeholdende omdrejningsregulator (regulering af ydelse) og vakuummeter fra kontrol af vakuum. Ventilatorens omdrejning reguleres trinløst. Maks. ydelse er $230 m^3/h$ (fritløbende) Beregnet ydelse under drift er ca. $150 m^3/h$ ved $1,2 mbar$. Der har ikke været påmonteret kulskifte da foranstaltningen er iværksat som radonforanstaltning. Kontrolboksen indeholder

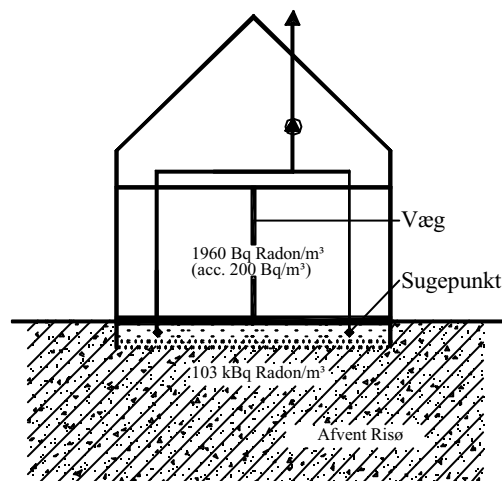


Figur 1: Situationsplan

omdrejningsregulator og vakuummeter og er monteret uafåst i husets bryggers. Der er ingen fjernovervågning eller alarmoverførsel ved driftsstop. Evt. kulfilter vil nedsætte ydelsen markant pga. et væsentligt øget modtryk. Støjniveauet i loftsrummet er ukendt.

Dokumentation: *Primær dokumentation.* Indeklimamålinger (IK-radon) og poreluftmålinger nær bygningen (PL). Indeklimamålingerne anvendes direkte som dokumentation af den opnåede effekt. Måling i poreluften nær bygningen har til formål at dokumenterer forureningsniveauet i bygningens nærområde. *Øvrig dokumentation.* Trykmåling og luftfaste måling i aftrækskanal. Trykmåling i poreluftsonder nær bygningen. Luftskiftemålinger i bygningen. Luftfaste måling i aftrækskanalen anvendes til beregning det aktuelle flow. Trykmålinger i poreluftsonder anvendes til at vurderer de opnåede influensradier som resultat af den igangsatte ventilation. Luftskiftemålinger anvendes som et supplement for vurdering af effekten.

Effekt: Der er i stueplan opnået en reduktion af radonindhold i indeklimaet på 95 % jf. tabel 1. Den opnåede effekt, målt ved IK, viser en afdampning til indeklima under drift af foranstaltningen på et niveau under det fastsatte acceptkriterium. I aftrækskanalen er påvist et undertryk på $1,2 mbar$ (flow ca. $150 m^3/h$). Der er påvist et undertryk på $0,0003 mbar$ ($3 Pa$) i en afstand af ca. $\frac{1}{2}$ meter fra bygningen (poreluftsonde $1 m$ u.t.), hvilket vurderes at dokumenterer en trykkobling (årsagssammenhængende trykforhold) imellem suget under bygningen og området omkring poreluftsonden. Der påvises under drift et øget luftskifte i bygningen ($+20\%$ svarende til ca. $+30 m^3/h$). Luftskiftet (stue og soveværelse) ændres under drift fra ca. $0,34$ gange pr. time til ca. $0,46$ gange pr. time.



Figur 2: Forureningsscenario

DB-12.1

Position	Før (Bq m ⁻³)	Under drift (Bq m ⁻³)	Reduktion (%) (gennemsnit ifht. Før/efter)
Arsmiddelværdier	990	50	95

Indeklimamåling - logning over 54 dage, anførte værdier er gennemsnitsberegninger over typisk 10 dages intervaller
Detaljerede måleresultater er vedlagt bilag F12.

Tabel 1 Radon i indeklima

Under drift ses et ændret luftskifte i pejsestuen (tilbygning med 15 år yngre gulv, konvektionsgrav). I 3 øvrige undersøgte rum påvises et svage faldende luftskifte. Under drift observeres et stigende indhold af radon i loftsrummet hvor ventilatoren er placeret, hvilket vurderes at skyldes lækage i samlingerne på pumpens trykside (vibrationsdæmpende gummikobling eller andre samlinger). Alternativt kan det stigende indhold skyldes indtrængning af forurenede afkastluft fra ventilatoren gennem tagkonstruktionen.

Tilsyn og monitoring: *Udført.* Dokumentation ved IK og PL. IK er udført som kontinuerede målinger, med en logning over ca. 40 dages drift og 15 dages driftspause (i alt 54 dage). PL er udført som kort-tidsmålinger over få timer. Ingen driftsjusteringer efter opstart. Endvidere er der foretaget trykmåling, lufthastighedsmåling og luftskiftemålinger. Den omfattende monitoring er alene udført for at opnå et detaljeret datagrundlag for vurdering af effekter i forbindelse med gennemførelse af det udførte projekt "Radon 95". *Fremtidig:* Der udføres ingen kontrol eller opfølgende monitoring.

Tid: *Anlæg.* Etablering, - 1 uge. *Drift.* Opstart maj 1997, fortsat i drift (juni 2002).

Økonomi: *Etablering.* 50.000 kr. ekskl. Moms. *Drift:* 1.000 kr. pr. år ekskl. moms. *Monitoring (1. driftsår):* 2.000 kr. ekskl. moms (2 radonmålinger)

Samlet vurdering: Anlægget har kørt uden driftsstop. Beboerne i ejendommen har udtrykt meget stor tilfredshed med foranstaltningen, der tilsyneladende ud over den målbare effekt i forureningsindholdet også har haft en stor psykologisk effekt, hvor beboerne føler sig meget trygge. Beboerne har ikke påklaget negative effekter som f.eks. støj. Rørføringen fra sugepunkterne til ventilatoren i loftsrummet er udført som synlige rør, hvilket i visse sager må forventes at kunne blive påklaget (visuel gene). Der er observeret stigende radonindhold i loftsrummet hvilket vurderes at skyldes lækage i installationen. Dette har dog ikke givet anledning til en forureningsspredning til de beboede lokaler i måleperioden. For fremtidige installationer anbefales det dog at installationen forbedres på dette punkt, da der ellers vil være risiko for en uacceptabel spredning. Endvidere skal afkastet placeres så fortynding sikres. De stigende indhold kan netop også forklares ved indtrængning af afkastluft til loftsrummet. Ved foranstaltningen er opnået flow på 150 m³/h ved 1,2 mbar hvilket er et relativt stort flow og et samtidigt meget lavt modtryk. Ved "sug" i det kapillarbrydende lag observeres ofte et væsentligt større modtryk. Det lave modtryk kan skyldes særdeles god permeabilitet i det ventilerede lag. Det kan dog evt. også skyldes at der er opstået u hensigtsmæssig lækage ved ventileringen. Da permeabiliteten kan variere meget fra hus til hus anbefales det altid at udføre en god tætning omkring "sugepunkterne" i gulvet, hvilket er undladt i dette tilfælde. Det skal dog bemærkes at på trods af en evt. lækage er der i måleperioden påvist en god reduktionsevne. Foranstaltningen er generelt hurtig og billig at etablere.

Bilag:

Fotos. Ventilator monteret i loftsrummet, kontrolboksen i bryggerstet.

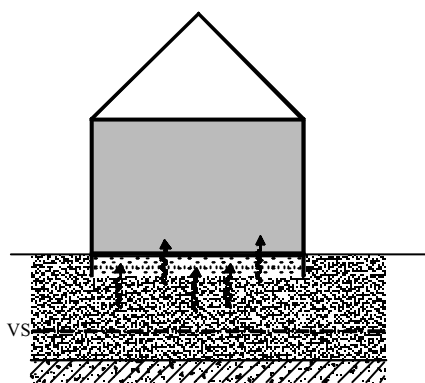
Figur. Uddybende datadokumentation (radonkoncentrationen målt ved logning over 54 dage i 3 rum i bygningen)

Ekstraktionsboringer (lodrette)

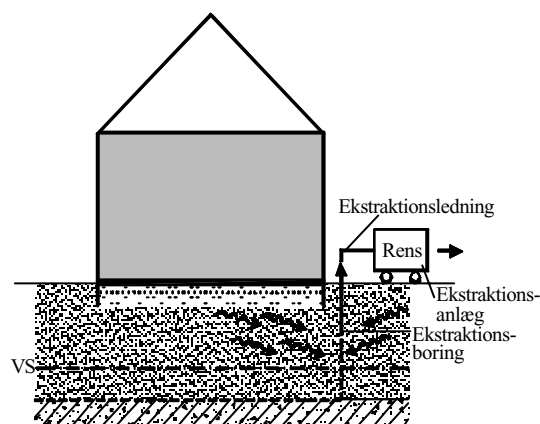
Funktion: Ved vakuumeekstraktion i de øvre permeable jordlag nær bygningerne foretages der en bortledning af forurenede poreluft hvorved potentialet for indeklimapåvirkningen reduceres. Uden vakuumeekstraktionen kan der opbygges kritisk høje forureningsniveauer under bygningens gulve. Bygningen og evt. omkringliggende befæstelse nedsætter den naturlige bortventilering af forureningskomponenter. Forureningen tilbageholdes i et vist omfang af gulvkonstruktionen. Tilbageholdelsen afhænger dog af gulvtypen (træ eller beton) og gulvenes generelle tilstand, samt tætningen ved vægge og rørgennemføringer. Størst tilbageholdelse sker under tætte gulve og ved tætte gennemføringer mv. Ved vakuumeekstraktionen sker der ud over en bortledning af tilbageholdt poreluftforurening samtidig en lokal oprensning af porevolumenet under/nær bygningen. Influenszonen for den enkelte boring vil være meget afhængig af de geologiske og pneumatiske forhold, ventileringsdybden, vandindhold og den aktuelle ventileringsintensitet (antal m³ bortventileret luft/h). Oftest foretages der alene opkobling af én boring af gangen, hvorfor strømningsretning for den ventilerede luft vil være entydig mod den aktive boring. Der etableres typisk 1-3 boringer pr. ejendom, primært afhængig af de geologiske og pneumatiske forhold. Ved gode influensforhold er én boring ofte tilstrækkeligt. Metoden er egnet til oprensning og afværge mod indeklimapåvirkninger i områder hvor forureningen stammer fra en poreluftforurening med oprindelse i enten en nærtliggende jordforurening (hotspot) eller ved af-dampning fra f.eks. en forureningsfane i den mættede zone. Metoden forudsætter at de øvre jordlag under/nær bygningerne er af højpermeabel karakter (sand). Metoden er velafprøvet.

Anlægsbeskrivelse: Ekstraktionsanlægget indbygges i en overdækket støj-dæmpet trailer (mål: ca. 1,5 x 3 x 2 m). Anlægget indeholder typisk komponenter som: Vakuumpumpe, kondensudskiller, kulfilter (20 kg, kulstype AP5-60) flowmåler og simpel SRO (Styring, regulering og overvågning). Ved kraftige forure-

ningsniveauer kan kulfiltreringen udbygges med tilslutning af et eksternt 100 kg kulfilter (anvendes typisk i opstartsfasen). Kondensvand bortledes typisk urensset til offentlig kloak (små mængder, i størrelsesordenen 5-100 l/år). Typisk pumpestørrelse er 1-2 kW. Anlægget etableres så der mulighed for en pulserende og/eller kontinuerlig drift. Der kan f.eks. pulseres på timebasis eller ved dag/natpause. Driftsstrategien afhænger af de aktuelle forhold (forureningsniveau, pneumatiske forhold, beboerønsker o.lign.). Ofte vælges dog en driftsform med kontinuert drift i 14 dage til 1 måned, hvorefter anlægget evt. flyttes til en ny nærliggende boring eller en anden ejendom beliggende over samme forureningsfane. Detaljer vedrørende længde for henholdsvis ekstraktionsperioder og -pauser fastlægges på baggrund af lokalitets specifikke forhold (diffusiv/konventiv transport) i undersøgelsesfasen og opstartsfasen for afværge. En vurdering af hvor hurtigt et tilbageslag i forureningskoncentrationen i poreluften indfinder sig vil i hvert enkelt tilfælde danne grundlag for den detaljerede driftsstrategi. Anlægget dimensioneres overordnet ud fra det forhold, at der ønskes en passende influensradius og, at der alene pågår kontinuert ekstraktion i begrænsede perioder. (løbende tilbageslag i forureningskoncentrationen). Fjernoverførsel af alarm ved driftsstop anbefales. Styring og overvågning bør generelt udformes simpelt, eksempelvis omfattende alarmer ved pumpeudfald, strømudfald, alarmudfald, indbrud i anlæg og kondensstømnings. Endvidere kan indbygges en fjernbetjeningsmulighed for vakuumpumpen (on/off) og evt. en temperaturføler til overvågning af rumtemperaturen i anlægget. Ekstraktionsanlægget er meget driftssikkert og har stor robusthed. Ekstraktionsanlægget tilsluttes ekstraktionsboringerne ved snapkobling i de enkelte boringer. Afhængig af de forventede influensforhold og bygningernes størrelse placeres der typisk 1-3 boringer pr. bygning ved et grundareal på 100-150 m². Boringerne bør placeres så tæt ved boligen som muligt for at minimere risikoen for lækage. Den tætte overflade bygningen udgør øger den horisontale udbredelse for ventilationen.



Figur 1: Principskitse for luftbevægelsen før ekstraktion



Figur 2: Principskitse for luftbevægelsen efter ekstraktion

DB-13

Ekstraktionsboringen/-erne filtersættes med filtertop min. 1,5 m u.t, dog gerne dybere. Risikoen for lækage minimeres med dybden til det øverste luftindtag. (filtertop). Samtidig skal der dog foretages en nøje vurdering af om en vakuume ekstraktion i en given dybde forventes at have den ønskede effekt i niveauet umiddelbart under gulvene. Boringerne afproppes ved terræn så risiko for lækage langs borehullet/fileret elimineres. Rørføringen mellem vognen og boringen etableres ved montering af en overjordisk fleksibel rørføring. Vognen parkeres typisk direkte over den enkelte boring eller i kort afstand derfra, hvorved den overjordiske rørføring bliver kort og med minimal gene for de daglige aktiviteter i området. Fastgørelse/overdækning af rørføringen er derved oftest unødvendig. Der etableres af hensyn til risiko for chikane mulighed for at fastlåse ekstraktionsanlægget med en kæde og hængelås til et fast øsken monteret under terræn i den enkelte boringsafslutning. Flere boringer kan være tilsluttet samtidigt. Dette gøres på en fælles manifold, der typisk placeres udenfor ekstraktionsanlægget. Manifoldden monteres i så fald reguleringsventiler, således at der kan foretages en indregulering imellem de enkelte boringer. Endvidere monteres der prøvetagningshaner for kontrol af forureningsindhold og modtryksforhold i ventilationsområdet. Der kan forventes en levetid for ekstraktionsanlægget på ca. 10 år.

Effekt: Anlægget har effekt umiddelbart efter opstart. Ekstraktionen etableres typisk som en periodisk ekstraktion over eksempelvis 14 dages perioder eller evt. op til 1 månedes ekstraktion. I ekstraktionsperioderne bortventileres i størrelsesordenen 30-100 m³/h, svarende til en luftudskiftning på 150-500 luftudskiftninger i influensområdet pr. måned. Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 5 mg PCE/m³ fjernes der derved ca. 200 g PCE/mdr. Da ekstraktionen pågår periodisk, vil der ske et tilbageslag i forureningskoncentrationen i den umættede zone. Ved monitoring og driftsovervågning er det derfor vigtigt at ekstraktionsperioderne tilrettelægges med en sådan frekvens at tilbageslaget ikke når at give anledning til problematiske indeklimapåvirkninger i perioderne uden ekstraktion. Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 80 %. Ekstraktionen har primært effekt overfor indeklimapåvirkninger. Er der alene tale om en terrænnær forurening til gene for indeklimaet, kan der eksempelvis opnås en oprensning indenfor 1-3 år. Er der derimod tale om en samtidig problematisk grundvandspåvirkning vil det, for at undgå at foranstaltningen bliver varig, være nødvendigt at iværksættes særskilte tiltag overfor denne.

Miljøprofil: *Negativ effekt:* Et årligt elforbrug på ca. 13.000 kWh (derved et ressourceforbrug af eksempelvis kul og en miljøbelastning ved udledning af forbrændingsgasser i forbindelse med elproduktion). Arbejdsmiljømæssige gener ved håndtering af brugt kul (kulfilter). Trods støjdemping skal påregnes et støjniveau fra ekstraktionsanlægget på 35-50 dB(A) (påklages sjældent). Pladskrav for anlægget er ca. 10 m² samt tilkørselsmulighed i forbindelse med opstil-

ling. Metoden kræver, at der foretages en byggeteknisk gennemgang, da der kan opstå råd og lign. i trækonstruktioner (under gulve) som følge af ventilation. *Positiv effekt:* Indeklimaet forbedres forureningsmæssigt mens oprensning pågår, hvorved foranstaltningen kun vil være nødvendig i en afgrænset tidshorisont. Ekstraktionsanlægget kan nemt genanvendes ved efterfølgende afværgeprojekter. I pauseperioder for ekstraktionen kan anlægget ligeledes sideløbende anvendes på andre forurenede lokaliteter. Ved indbygning i trailer foretages flytning nemt ved anvendelse af almindeligt køretøj med træk. Trailer kørekort er ikke påkrævet.

Etablering: Ekstraktionsanlægget leveres færdig på pladsen. Ekstraktionsboringer etableres ved tradition maskinel boreteknik. De pneumatiske forhold testes i hvert enkelt boring inden endelig etablering af boringsafslutninger mv. Boringer med afvigende ringe ydelse kasseres og erstattes efter behov. Ventilationsstest (kontrol af flow og modtryksforhold) danner endvidere grundlag for dimensionering af pumpe og flowmåler. Den overjordiske rørføring har en minimal udbredelse og fastgørelse vil sjældent være en nødvendighed. Ved metoden er der ingen indvendige installationer i bygningen. Etableringsfasen er kort. Den største gene beboerne i anlægsfasen vil bestå i selve borearbejdet og ved etablering af boringsafslutninger. Arbejdet på den enkelte lokalitet kan dog oftest afsluttes i løbet af ca. 2 arbejdsdage. Erfaren entreprenør anbefales. Det samlede arbejde kan afsluttes i løbet af 1-3 uger.

Drift: *Indkøring.* Indjustering af ydelser i de enkelte ekstraktionsboringer udføres ved opstart. Grundlag er ventilationstests og eksempelvis PID eller felt-GC målinger. *Drift.* De efterfølgende justeringer vil primært være baseret på baggrund af PID og evt. felt GC målinger (evt. hver 2-6 md.) og vil oftest være minimale i omfang da der kun etableres 1-3 boringer pr. lokalitet. Der føres sjældent særskilt driftstekniks tilsyn, da tilsyn føres samtidig med start og stop af ekstraktionen. Komponenterne i ekstraktionsanlægget er oftest vedligeholdelsesfrie. Der kan dog være tale om smørring af pumpe og udskiftning af luftfilter. Hvis ekstraktionsanlægget alene er i drift i den/de samme ekstraktionsboringer under hele forløbet, kan start og stop af pumpen kan udføres uden besigtigelse men blot ved fjernbetjening (opkald til operatørpanel). Ved anvendelse af 20 kg aktiv kul i opstartsfasen kan typisk påregnes 1-5 tømninger pr. år afhængig af de aktuelle forureningsmæssige forhold.

Monitoring: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Der udføres eksempelvis en dokumentation ved indeklimamålinger eller poreluftmåling opsamling under gulve. Eksempelvis efter 1. ekstraktionsrunde og evt. efter 1. længere ekstraktionspause (1 -6 måneders ekstraktionspauser). Endvidere foretages PID-målinger i forbindelse med henholdsvis start og stop af anlægget. Derved

opnås grundlag for at foretagen en indledende vurdering af hvor hurtigt de "kritiske" forureningsdampe fjernes, hvor hurtigt der vil ske betydende tilbageslag og om den valgte driftsstrategi har den ønskede effekt. *Drift*. Derefter halvårligt/årligt monitoring samt PID-målinger i forbindelse med hver start og stop af anlægget. Frekvensen for PID målingerne kan eventuelt minimeres hvis der alene ekstraheres fra den samme opkobling under hele forløbet (samme boring, samme ejendom) og anlægget derfor ikke flyttes under vejs.

Økonomi: *Anlæg*. Etablering af ekstraktionsboringer og boringsafslutninger ca. 10-15.000 kr. pr. ejendom (afhængig af boringsantal og boringsdybde) Etablering af ekstraktionsanlæg ca. 100-150.000 kr. Anlægget kan genanvendes til oprensning på senere lokaliteter, og bør derfor "indrettes" med stor fleksibilitet ved valg af f.eks. pumpe, flowmåler, kondensudskiller, manifold osv. Investeringen kan derved afskrives over flere afværgeprojekter. Anvendelse af erfaren entreprenør/installatør anbefales. *Drift*. El og kulforbrug 2-10.000 kr./år (afhængig af forureningskoncentrationen og ekstraktionshyppigheden/ intensiteten). Service 0 kr./år. *Monitoring (1. år)*.5.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående vurdering af dels de geologiske forhold, de pneumatiske forhold, samt forhold omkring risikoen for

lækage ved terræn er særdeles vigtige. Ved en kraftig terrænnær ventilation kan influensområdet blive for lille pga. den forøgede risikoen for lækage ved terræn, sammenlignet med traditionel vakuume ekstraktion hvor ekstraktionen typisk foregår direkte under boligen (befæstet overflade) eller i større dybde. Placering af evt. ledningstracher, nabobrønde o.lign. skal klarlægges for at foretagen en vurdering af om der er risiko for "lokal lækage" via disse. Der er en udpræget risiko for dette, hvis permeabiliteten i her adskiller sig markant fra de omkringliggende naturlige aflejringer. Risikoen for betydende inhomogenitet, og dermed risiko for lokale "skorstene", i dels naturlige aflejringer og/eller områder med opfyldning skal ligeledes vurderes. Endvidere skal der foretages en vurdering det lokale vandspejlsniveau og de mulige vandspejlsvariationer. Store variationer kan give periodiske driftsforstyrrelser med en begrænset ekstraherbar zone (vertikalt) og problemer med forøget ekstraktionsvand i ekstraktionssystemet. Der bør gennemføres ventilationstests på de færdige ekstraktionsdræn inden endelig pumpedimensionering.

Sammenfattende vurdering: Metoden er særdeles velegnet når der ønskes gennemført afværgemod indeklimapåvirkninger og samtidig en oprensning i et begrænset område i den umættede zone. Forureningspåvirkningen kan eksempelvis stamme fra afdampning fra en forureningsfane i grundvandet eller en poreluftfane der på gasform har spredt sig i et område væk fra kildeområdet. Metoden er i princippet baseret på at der gennemføres en ventilation i den umættede zone og forudsættes derfor at jordlag er af højpermeabel karakter. Metoden har stor effekt og der kan forventes en stor driftssikkerhed. Da ekstraktionsanlægget meget nemt vil kunne genanvendes på andre lokaliteter (nabolokaliteter eller blot tilsvarende forureningsager med moderate indeklimapåvirkninger) og ofte uden teknisk tilpasning vil de økonomiske udgifter til indkøb af ekstraktionsanlægget typisk blive afskrevet over flere sager. Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. mængder af kondensvand, pumpespecifikation, fjernelsesrater og frekvens for kulskifte vil dog være behæftet med relativ stor usikkerhed. Disse er dog ikke afgørende faktorer for valg metode. Et alternativ til metoden er "kraftig terrænnær ventilation fra dræn under gulve", jf. /datablade 14/.

Bilag: Se eksempeldatblade DB13.1

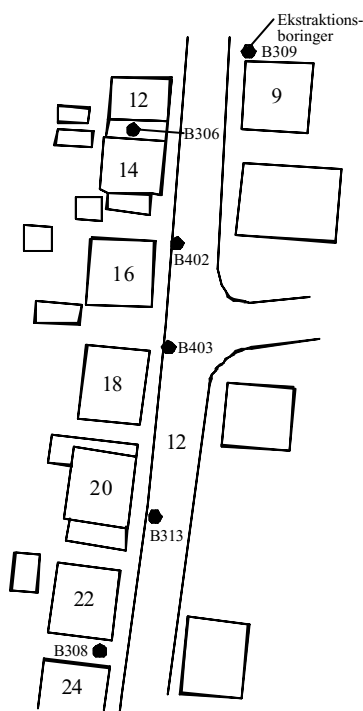
Ekstraktionsboringer (lodrette)

Engvej 9-24, Viborg Amt

Forureningsscenarium: Forureningen berører 8 ejendomme der er beliggende udenfor kildeområdet, men over en grundvandsfane forurenet med chlorerede opløsningsmidler. Der er påvist en kraftig forurening i poreluften og grundvandet jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Indeklimapåvirkningen vurderes alene at stamme fra bidrag under bygning (afdampning fra grundvandet). Vandspejlet står ca. 7 m u.t. Der er finkornet sand indtil niveau under grundvandspejlet. Afværge i kildeområdet (vakuumeekstraktion og airsparging samt afværgepumpning), pågår sideløbende med foranstaltningen.

Formål: Tiltaget er iværksat som en del af et større afværgeprojekt. Formålet har været at nedbringe en svag til moderat indeklimapåvirkning i en række bygninger over grundvandsfanen. Foranstaltningen er af "permanent" karakter (indtil endt oprensning)

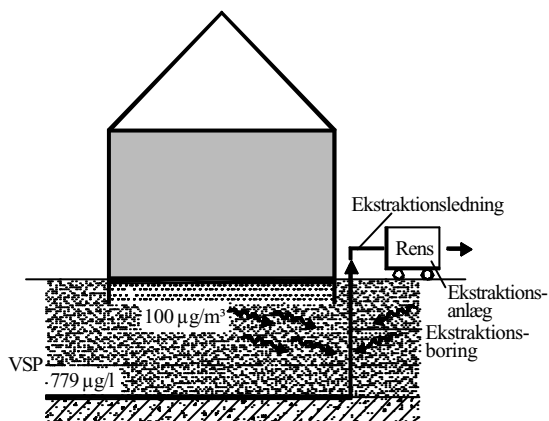
Bygning: De berørte ejendomme er alle ældre murstensvillaer, opført ca. 1930. Grundplan er gennemsnitligt ca. 110 m². Alle på nær én er opført med 1. sal og alle med kælder. Bygningerne er i varierende stand, fra god til meget ringe. Bygningerne i ringe stand har kraftige revner i gulve og vægge. Alle bygninger er opført med betongulve. Det kapillarbrydende lag er for alle bygningerne af varierende karakter.



Figur 1: Situationsplan

Afværge: Vakuumeekstraktion af de terrænnære jordlag indtil ca. 7 m u.t. Der er etableret 6 lodrette boringer til afværge og oprensning i den umættede zone under 8 ejendomme. Boringerne er etableret som traditionelle 6" snegleboringer, filtersat ca. 4-9 m u.t., filtermateriale i ø63 mm PEH, monteret 2 lag filtervæv. Boringsafslutningerne er etableret i ø 315 mm korrugeret opføringsrør med kegle og kørebanedækkel. Filterrøret er påmonteret snapkobling. Ekstraktionsanlægget er indbygget i en støjdamperet trækvogn (mål: ca. 0,8 x 1,5 x 1,5) med vakuumpumpe (0,37kW), kondensudskiller, kulfilter (20 kg, aktiv kul type WS45) og flowmåler. Der er ingen fjernovervågning af anlægget og ingen ventilation af selve vognen. Der er iværksat en periodisk ekstraktion med ca. 14 dages kontinuert ekstraktion i hver af de 6 boringer (ca. 30 m³/h ved -150 mbar). Det første år er der ekstraheret 3 gange i hver boring, først med en måneds pause, dernæst med 6 måneders pause. De efterfølgende år er der ekstraheret ca. én gang årligt i hver boring. Kondensvand afledes manuelt til kloak (ca. 1/4 liter pr. år). Støjniveauet er ca. 35-40 dB(A). Der foretages en udskiftning af poreluften under bygningerne ca. 100-150 gange pr. år ved 3-6 ugers ekstraktion pr. år. Ekstraktionsanlægget er ved alle boringer, undtagen én parkeret direkte over ekstraktionsboringerne. Den overjordiske rørføring er derved kort og med minimal gene for de daglige aktiviteter i området. Ekstraktionsanlægget forsynes med strøm fra de enkelte ejendomme og med en årlig elafregning til grundjerne.

Dokumentation: Primær dokumentation. PID-målinger og konstant logning af det samlede flow i ekstraktionsboringerne. PID-målingerne har til formål at dokumentere forureningsindholdet i ekstraktionsboringerne med henblik på fastlæggelse af ekstraktionsperiodernes længde og frekvens. Flowmålingen dokumenterer anlæggets ekstraktionsforløb. Øvrig dokumentation. Korttidsporeluftmålinger under gulv (senere afløst af passiv opsamling under gulv,



Figur 2: Forureningsscenarium

MP). Målingerne under gulv er et supplement til PID-målingerne og dokumenterer hvorvidt ekstraktionen skal genstartes. Det målte indhold under gulv er omregnet til et teoretisk indhold i indeklimaet. Målingerne er ikke gennemført i alle ejendommene, men derimod ved "stikprøver" i ca. hver anden ejendom over fanen.

Kommentarer. Ved opstart af anlægget er udført en ekstraktionsrunde med ca. 1 uges ekstraktion i hver boring. Ved henholdsvis start og stop af anlægget er PID-målingerne ved første runde suppleret med akkrediterede kulrørsanalyser (GC-ECD). Den indledende målerunde danner grundlag for en overordnet vurdering af ekstraktionsperiodernes nødvendige længde og den samtidige nødvendige ekstraktionsydelse. Endvidere giver de samtidige kulrørsanalyser og PID-målinger et indtryk af forureningsindholdet ved forskellige PID-niveauer, således at monitoringen efterfølgende primært kan baseres på PID-målinger, dog vel vidende at PID-målingerne kan have et vist udsving fra målerunde til målerunde (pga. apparaturets temperatur- og fugtfølsomhed). Når der observeres passende lave indhold stoppes ekstraktionen. I perioder uden ekstraktion, er der endvidere flere gange foretaget PID-målinger i alle borerer til kontrol af eventuelle tilbageslag. Ekstraktionen er indledningsvist afprøvet med driftsperioder af en uges varighed. I de fleste borerer viser dette sig ikke at være tilstrækkeligt. Ved PID-målinger er efterfølgende afprøvet ekstraktionsvarigheder af 14-20 dage, hvorved der derimod observeres markant faldende indhold.

Effekt: Ekstraktionen er iværksat i 1997, hvor amtets fastsatte acceptkriterium i poreluften under gulve var $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ved den første ekstraktionsrunde (1 uges ekstraktion fra hver af 6 borerer) er på baggrund af akkrediterede analyser vurderet samlet at være fjernet ca. 400 g PCE. På baggrund af PID-målinger og kulrørsanalyser (afkastluft) er 3 årlige ekstraktionsrunder af en varighed på 1-2 ugers ekstraktion i hver boring vurderet optimalt for den planlagte afværge. Ved ekstraktionen opnås en reduktion i forureningsindholdet under gulvene på op til 60-80% eller mere (det er ikke muligt at vurderet om effekten evt. er højere pga. detektionsgrænsen på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ved den opnåede effekt er indeklimapåvirkningen under drift vurderet at være nedbragt til et niveau under det fastsatte acceptkriterium. Ved en forsøgsvis 1-årig ekstraktionspause er der påvist et tilbageslag til det oprindelig

forureningsniveau eller højere (se tabel 1 måling mærket ²⁾ og ³⁾). Tilbageslaget er vedvarende.

Position	Før $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Under drift $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Reduktion (%) (gennemsnit ifht. før/efter)
Engvej 9 (MP7)	50	<20 ¹⁾ 170 ²⁾ 110 ³⁾	>60
Engvej 12 (MP9)	10	<20 ¹⁾ 10 ²⁾ 8 ³⁾	0
Engvej 16(MP11)	100	<20 ¹⁾ 900 ²⁾ 180 ³⁾	>80
Engvej 20(MP8)	20	<20 ¹⁾ 50 ²⁾ 2 ³⁾	0

- 1) Indhold efter 3 ekstraktionsrunder årligt
 2) Indhold efter et års ekstraktionspause
 3) Indhold efter et års ekstraktionspause, målerunden med måling under gulv er udført som en passiv opsamling over 14 dage. De øvrige målinger er udført som korttidsmålinger

Tabel 1. PCE under gulv

Tilsyn og monitorering: Udført. Dokumentation ved PID-måling (start og stop af hver ekstraktionsboring) samt MP løbende. Løbende driftsjusteringer på baggrund af PID-målinger (ekstraktionshyppighed, ekstraktionslængde mv.). Flowmåler registrerer flow (total). Kondensvand aftømmes sjældent (ca. hvert 2. år). Kulsifte ca. hvert 2. år. Ingen øvrig tilsyn eller monitorering. *Fremtidig.* På baggrund af revideret acceptkriterium ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under betongulve), samt et reduceret forureningsniveau i grundvandsfanen pga. airsparging i kildeområdet og afværgepumpning forventes ekstraktionen over grundvandsfanen at være afsluttet. Der er planlagte endnu én afsluttende målerunde med passiv opsamling under gulv.

Tid: Før indsats. Anlægget er etableret ca. 6 måneder efter afværge er vurderet at være nødvendigt. *Anlæg.* Etablering af borerer – 1 uge. Etablering af anlæg - 3 uger. *Drift.* Opstart marts 1997. Driften forventes at være indstillet.

Økonomi: Etablering. Ekstraktionsanlæg 90.000 kr., 6 borerer og boringsafslutninger 40.000 kr. (1997-priser). *Monitorering (1. år).* 4.000 kr. *Drift (1. år)* 3.000 kr. (el, service, ½ gang kulsifte). Heraf udgør elforbruget hovedparten.

Samlet vurdering: Bortset fra problemer med bortledning af varm luft fra vognen (overophedning) har anlægget kørt uden driftsproblemer. Oprindeligt har der ikke været indbygget rumventilation i vognen, hvilket har bevirket at ekstraktionen nødvendigvis har været stoppet i meget varme perioder pga. risiko for overophedning. Senere er der indbygget ventilation af vognen. Dette har imidlertid ikke været tilstrækkelig hvorfor væsentlige elektriske installationer har lidt skade. Det anbefales at vognen konstrueres i en lys farve og med relativ stor udluftningskapacitet. Der har ikke været beboerklager over støj, anlæggets placering, strømforsyning eller lignende. Tiltaget er relativt hurtigt etableret. I forbindelse med etablering af ekstraktionsanlægget skal der dog påregnes nogen leveringstid. Effekten er relativt hurtig. Ekstraktionsanlægget kan relativt nemt i "pauseperioderne" anvendes på sideløbende oprensninger/afværgeforanstaltninger andre steder. Når anlægget som her er indbygget i en trækvogn nødvendiggør flytning af anlægget transport på en ladvogn eller lignende. Den parallelle anvendelse af vognen på flere projekter giver mu-

DB-13.1

lighed for en afskrivning af udgifterne på flere afværgeprojekter. Det aktuelle anlæg er dog relativt forældet (lille vogn, ingen påkoblingsmulighed på anhængertræk, ingen fjernovervågning mv.) hvorfor der i det aktuelle tilfælde ikke er planer om senere genanvendelse.

Bilag:

Fotos. Ekstraktionsanlæg (udvendig og indvendig). Ekstraktionsboringer med tilkoblet vogn,

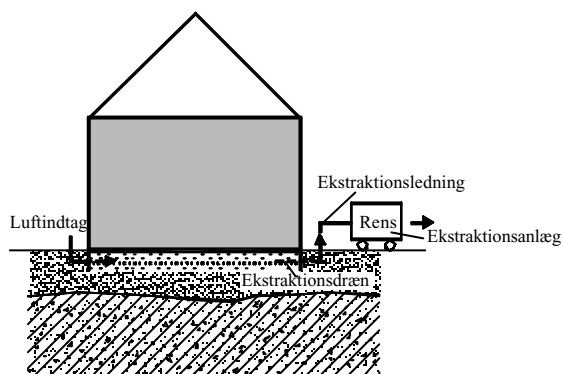
Tegningsmateriale. Situationsplan med ekstraktionsboringer og prøvetagningssteder. Indretningsplan for ekstraktionsanlægget. Procesdiagram. Ekstraktionsanlæg.

Produktblad. Vakuumpumpe

Dræn under gulve

Funktion: Ved vakuumeekstraktion i det permeable lag under bygningen bortledes forurenede luft hvorved forureningspotentialer under gulvene nedbringes og dermed også indeklimapåvirkningen. Samtidig foretages en lokal oprensning af porevolumenet under bygningen (svarende til få meter under bygningen). Strømningsretning og influenszoner, for den ventilerede luft, styres ved at kombinere "sug" med "luftindtag". Der etableres kunstig lækage i flere punkter under gulvet, med forbindelse til udvendigt terræn. Luftindtagene placeres i samme dybde som ekstraktionsdræne. Det sikres således at hele porevolumenet under bygningen gennemgår en løbende udskiftning og herved, at et optimalt influensområde for ventilationsopnås. Uden luftindtag vil lufttilførslen ske gennem tilfældige revner i fundamenter og gulvkonstruktionen og/eller via lækage mod udvendigt terræn via ekstraktionsdræne. Antal ekstraktionsdræn (sug) svarer omtrent til antal luftindtag. Metoden er velegnet til oprensning og afværge mod indeklimapåvirkninger i områder hvor de øvre jordlag under bygningerne (minimum ½ meters dybde) er af højpermeabel karakter (sand). Metoden er velafprøvet.

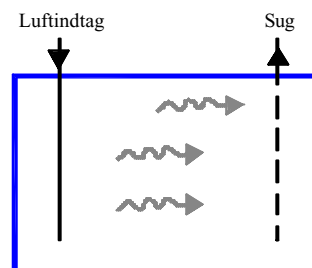
Anlægsbeskrivelse: Ekstraktionsanlægget indbygges i en overdækket støjdemper trailer (mål: ca. 1,5 x 3 x 2m.). Anlægget indeholder typisk komponenter som; vakuumpumpe, kondensudskillere, kulfilter/-filtre (kultype AP4-60) flowmåler og simpel SRO (Styring, regulering og overvågning). Kondensvand bortledes typisk urensset til offentlig kloak (små mængder, i størrelsesordenen 10-200 l/år). Typisk pumpestørrelse 1-2 kW. Der indbygges ventilation af vognen. Anlægget drives ved pulserende eller kontinuerlig driftsform. Der kan f.eks. pulseres på timebasis, eller der kan indbygges ekstraktionspauser af 1-2 måneders varighed eller blot natpause. Driftsstrategi afhænger af de aktuelle forhold (forureningsniveau, pneumatiske forhold, beboernes ønsker o.lign.). Fjernoverførsel af alarm ved driftsstop anbefales. Styring og overvågning bør udformes simpelt. Eksempelvis omfattende følgende alarmer; pumpeudfald, strømudfald, alarmudfald, indbrud i anlæg og kon-



Figur 1: Principskitse for den samlede installation

denstømning. Endvidere kan indbygges en fjernbetjeningsmulighed for vakuumpumpen (on/off) og evt. en temperaturføler til overvågning af rumtemperaturen i anlægget. Ekstraktionsanlægget er meget driftssikkert og har stor robusthed. Ekstraktionsanlægget tilsluttes ekstraktionsdræne via ekstraktionsledninger, der føres over eller underjordisk. Ekstraktionsdræn placeres umiddelbart under gulvet, ½-1 meter under indvendig gulvoverflade. Ved indløb i ekstraktionsanlægget (monteret som manifold), eller i brønde ved ekstraktionsdræne monteres reguleringsventiler, således at der kan foretages en indregulering imellem de enkelte dræn. Der kan forventes en levetid på ca. 10 år.

Effekt: Anlægget har effekt stort set umiddelbart efter opstart. Der skal dog påregnes en kortere "indkøringsperiode", da der før opstart, pga. den kontinuerlige forureningsfrigivelse fra jordmatricen og den samtidige tætte "overflade" ved beboelsens betongulve, vil være sket en opkoncentrering af forureningsdampene under gulvene. Modsat dette sker der i driftsfasen en kontinuerlig bortledning af den forurenede poreluft, hvorved "opkoncentreringen" vil være langt mindre udpræget eller, afhængig af den valgte driftsstrategi, evt. helt elimineret. Anlægget dimensioneres således mest hensigtsmæssigt for et lavere forureningsniveau end det i undersøgelserne påviste niveau. Når anlægget sættes i drift fjernes indledningsvist den opkoncentrerede "forureningsdyne" der står under gulvene og først herefter har foranstaltningen den fulde effekt. Indkøringsperioden må forventes at have en varighed af minimum en uge, hvorefter en "driftsligevægtstilstand" vil indstille sig. Driftsligevægtstilstanden er den tilstand hvor der er ligevægt mellem forureningsfrigivelsen fra "kilden" og forureningsfjernelsen. Tidspunktet for hvornår ligevægtstilstanden indtræffer afhænger dels af forureningspotentialer ved opstart og dels af med hvilken intensitet der ekstraheres. Oprensningen kan, afhængig af den lokale geologi, opfyldningsforhold osv., forventes at have en vertikal influenszone på 1½-2 meter og en horisontal influenszone svarende til minimum beboelsens udbredelse. Der bortventileres i



Figur 2: Principskitse for luftbevægelsen

DB-14

størrelsesordenen 50-100 m³/h, svarende til 5-20.000 luftudskiftninger under gulvet pr. år (Ved en gennemsnitlig koncentration på f.eks. 50 mg PCE/m³ fjernes 4 kg PCE/md.). Der kan opnås reduktioner i indeklimapåvirkningen på op til 99 %. Er der alene tale om en terrænnær forurening til gene for indeklimaet, kan der typisk opnås oprensning indenfor 1-3 år.

Miljøprofil: *Negativ effekt.* Et årligt elforbrug på ca. 13.000 kWh (ved elenergi, et ressourceforbrug af kul og udledning af forbrændingsgasser). Arbejdsmiljø-mæssige gener ved håndtering af brugt kul (kulfilter). Trods støjdæmpning skal påregnes et støjniveau fra ekstraktionsanlægget på 35-40 dB(A) (påklages sjældent). Pladskrav for anlægget er ca. 10 m² samt tilkørselsmulighed i forbindelse med opstilling. Metoden kræver, at der foretages en byggeteknisk gennemgang, da der kan opstå råd og lign. i trækonstruktioner (under gulv) som følge af ventilation. *Positiv effekt.* Indeklima forbedres og oprensning pågår, hvorved foranstaltningen kun vil være nødvendig i en afgrænset tidshorisont. Anlægget kan genanvendes ved efterfølgende afværgeprojekter.

Etablering: Ekstraktionsanlægget leveres færdig på pladsen. Ekstraktionsdrænen indbores ved håndboring. Fundamentet frigraves (ca. ½ x 1 m) til 20 cm under indboringsdybden. De pneumatiske forhold testes i hvert enkelt dræn. Drænen med afvigende ringe ydelse kasseres og erstattes efter behov. Ventilationstest (kontrol af flow og modtryksforhold) danner grundlag for dimensionering af pumpe og flowmåler. Overjordisk rørføring udføres i diskret farve og fastgøres eksempelvis med jordspyd. Ingen indvendige installationer i bygningen. Kort etableringsfase. Største gene er frigravning af fundamenter (jordarbejde) ca. 2 dage og evt. håndtering af forurenede jord. Konkurrence på arbejdet anbefales.

Drift: *Indkøring.* Indjustering af ydelser imellem de enkelte dræne udføres ved opstart. Grundlag er ventilationstests og eksempelvis felt-GC målinger. *Drift.* Efterfølgende justeringer primært på baggrund af PID og felt GC (evt. hver 2-6 md.). Efterjusteringer kan eventuelt undlades, dog kan en optimering i nogle tilfælde medføre øget oprensning og en hermed øget effekt. Det bør derfor overvejes at indkalkulere 1 - 2 ekstra tilsyn. Minimal særskilt driftstekniks tilsyn (evt. hver 6. mdr.). Komponenter i ekstraktionsanlægget er oftest vedligeholdelsesfri. Der kan dog være tale om smørring af pumpe og udskiftning af luftfilter. Pumpe start/stop kan udføres ved opkald til anlægget. Ved anvendelse af 100 kg aktiv kul i opstartsfasen kan typisk påregnes 2-4 tømninger pr. år.

Monitering: *Indkøring.* Programmet kan minimeres til en indledende dokumentation og begrænset efterfølgende kontrol og tilpasning. Eksempelvis dokumentation ved indeklimamålinger eller poreluftmåling under gulv, alternativt ved passiv opsamling på afkastluften. Typisk efter 1 og 3 måneder. *Drift.* Der efter halvårligt/årligt monitering.

Økonomi: *Anlæg.* 1. Etablering af ekstraktionsdrænen og øvrig rørføring ca. 40-70.000 kr. Overjordisk rørføring (mellem ekstraktionsdrænen og ekstraktionsanlæg) vil udgøre en væsentlig besparelse. Konkurrence på arbejdet anbefales. 2. Etablering af ekstraktionsanlæg ca. 100-150.000 kr. Anlægget kan genanvendes til oprensning på senere lokaliteter, og bør derfor "indrettes" med stor fleksibilitet ved valg af f.eks. pumpe, flowmåler, kondensudskillere, manifold osv. Investeringen kan derved afskrives over flere afværgeprojekter. Anvendelse af erfaren entreprenør/installatør anbefales. *Drift.* El og kulforbrug 5-15.000 kr./år. Service 0 kr./år. *Monitering (1. år).* 8.000 kr.

Særlige opmærksomhedspunkter: En forudgående byggeteknisk gennemgang er vigtig. Ved en kraftig ventilation under trægulve, kan utilstrækkelig luftindtag (manglende kunstig lækage) bevirke at der sker en strømning af indeluft fra den ovenliggende bolig ned gennem revner og sprækker i gulvet. Kondensering af varm luft under gulvet kan efterfølgende forårsage råd i konstruktionen. Placering af evt. tværgående fundamenter klarlægges for en vurdering af mulige strømningmønstre ved forskellige drænsvarianter. Tværgående fundamenter under bygningen lokaliseres da disse kan hindre den ønskede strømning. Geologiske forhold for de øvre jordlag, vandspejlsniveau og -variationer er ligeledes vigtige parametre for en vurdering af ekstraktionsmuligheder, strømningmønstre, pumpeydelse, driftsstrategi mv. Der bør gennemføres ventilationstests på de færdige ekstraktionsdræne inden endelig pumpe dimensionering.

Sammenfattende vurdering: Metoden er særdeles velegnet når der ønskes gennemført afværge mod indeklimapåvirkninger og samtidig en oprensning i et begrænset område under bygningen (eks. kilde/hotspot under bygning). Der forudsættes højpermeable jordlag. Stor effekt. Stor driftssikkerhed. Begrænset investering (ekstraktionsanlæg kan meget nemt genanvendes på andre lokaliteter, ofte uden teknisk tilpasning). Metodens egnethed og effekt på den specifikke lokalitet, kan på forhånd fastlægges med stor sikkerhed. Forudgående kalkulationer vedr. mængde-

der af kondensvand, pumpecifikation, fjernelsesrater og frekvens for kulsfifte vil dog være behæftet med relativ stor usikkerhed. Disse er dog ikke afgørende faktorer for valg metode. Et alternativ til metoden er "kraftig terræn-nær ventilation fra ekstraktionsboringer", jf. /DB-14.

Bilag: Se eksempeldatablad DB14.1.

Dræn under gulve

Tværvej 3, Aarup Fyns Amt

Forureningsscenario: Bygningen (bolig) er opført i et hotspotområde (tidligere renserigrund) uden forudgående afgravning af forurenede jord. Der er påvist en kraftig forurening i jorden, poreluften og grundvand er påvist jf. nedenstående figur 2 og tabel 1. Indeklimapåvirkningen vurderes alene at stamme fra bidrag under bygning. Vandspejlet er terrænnært. Der er fin til grovkornet sand under bygningen. Supplerende forureningsundersøgelser pågår. Der skal senere samlet afværges mod påvirkning overfor både indeklima og grundvand.

Formål: En hurtig indsats overfor en massiv indeklimapåvirkning. Foranstaltningen er midlertidig indtil permanente tiltag etableres.

Bygning: Nyere murstensvilla opført ca. 1990, bebygget areal ca. 80 m² (etplansvilla). Bygningen er i fin stand. Der er betongulve med kapillarbrydende lag (sand). Der er passive ventilationsspjæld i flere rum.

Afværgelse: Vakuumentilation af permeabelt lag under gulv. 7 ekstraktionsdræn, med en diameter på 63 mm monteret 2 lag filtervæv. Installation ved håndboring, 6 luftindtag (svanehalse). Overjordisk rørføring fra dræn til vogn. Ekstraktionsanlægget er indbygget i en støjdempet trailer med vakuumpumpe (1,5 kW), kondensudskiller, kulfilter (20+100 kg, aktiv kul type AP4-60), flowmåler, og fjernovervågning (on/off-betjening og alarm). Konstant ekstraktion (100 m³/h ved -80 mbar). Kondensvand afledes manuelt til kloak. Støjniveau 35-40 dB(A). Der foretages en udskiftning af porevolumenet under bygningen på ca. 5000 gange pr. år.

Dokumentation: Primær dokumentation. Indeklimamåling (IK) og konstant logning af flow i ekstraktionsdræn. Indeklimamåling har til formål at dokumentere afværgens direkte effekt på indeklimaet og er

gennemført hhv. før og under drift. Flowmåling dokumenterer anlæggets ekstraktionsforløb. Øvrig dokumentation. Ingen.

Effekt: Der opnås en reduktion i indeklimapåvirkningen på op til 99%. Den opnåede effekt resulterer i at indeklimapåvirkningen under drift nedbringes til et niveau stort set svarende til det fastsatte afdampningskriterium. Første monitoringsrunde er gennemført efter 1 måned drift.

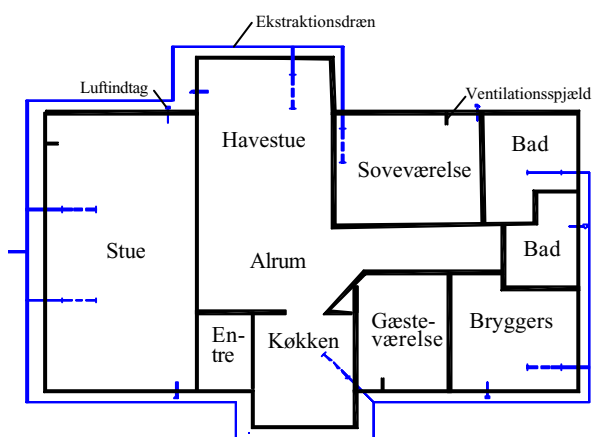
Position	Før µg/m ³		Under drift µg/m ³		Reduktion (%) (gennemsnit ifht. før/efter)
		Alm. udluftning ¹⁾	Vakuumentilation ²⁾		
Stue	200	91	3 0,6		99
Soveværelse	540	260	7 1,5		99
Gæsteværelse	140	130	4 0,3		98
Gæstetoilet	730	700	17 2,4		99

Indeklimamåling (ATD)

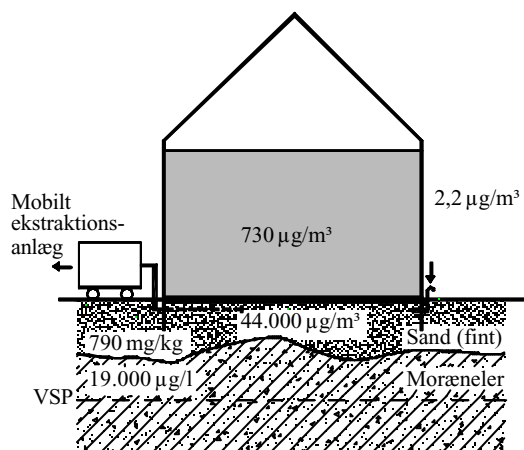
- 1) Grundlig udluftning, uden vakuumentilation (åbne vinduer, spjæld, døre) har ringe effekt
- 2) Uden udluftning (november og januar)

Tabel 1 PCE i indeklima

Tilsyn og monitoring: Udført. Dokumentation ved IK efter 1 og 3 måneders drift. Ingen driftsjusteringer efter opstart. Alarmenhed sikrer konstant drift. Flowmåler registrerer flow (aktuelt og total). Kondensvand aftømmes manuelt ca. hver 2. mdr. Kulskifte ca. hver 4 mdr. Ingen øvrig tilsyn eller monitoring. Fremtidig. Tømning af kondensbeholder ca. hver 2. md. og kulskifte ca. hver 6 md.



Figur 1: Situationsplan



Figur 2: Forureningsscenario

Tid: Før indsats. Anlæg etableret 3 måneder efter afværgen er vurderet nødvendigt. *Anlæg.* Etablering af dræn – 1 uge. Etablering af anlæg - 3 uger. *Drift.* Opstart september 2001, fortsat i drift (juni 2002). Forventet samlet driftsperiode ca. 1 år.

Økonomi: *Etablering.* 150.000 (ekstraktionsanlæg), 80.000 (dræn og øvrig rørføring). *Monitering (1. år).* 8.000 kr. (2 runder IK). *Drift (1. år)* 20.000 kr. (el, service, 2 x kulskifte). Af de samlede driftsudgifter udgør udgifter til elforbrug ca. 15.000 kr.

Samlet vurdering: Anlægget har kørt uden driftstop. Ingen tekniske problemer. Ingen beboerklager over eksempelvis støj og/eller visuelle gener pga. overjordisk rørføring ved sokkel. Hurtigt og effektivt tiltag. Ekstraktionsanlægget er efter endt drift planlagt anvendt på en ny lokalitet (udgifterne afskrives derfor over flere afværgeprojekter). Dette er muligt da anlægget er forberedt og udformet fleksibelt ved indbygning af en vakuumpumpe med en relativt "bred" pumpekaraktistik, valgmulighed for tilslutning af henholdsvis stort (100 kg) og lille (20 kg) kulfilter, flowmåler med stort måleområde (7-150 m³/h), mulighed for aktivering af kondensudskillere samt forberedelse for pulserende drift. Den valgte minimale monitering vurderes at være fuldt tilstrækkelig for overvågning af anlægget.

Bilag:

Fotos af ekstraktionsanlæg. Manifold og overjordisk rørføring. Situationsplan med prøvetagningssteder. Procesdiagram – ekstraktionsanlæg. I øvrigt henvises til samlet udbudsmateriale hos Fyns Amt. Ejendommens overjordiske rørføring, ekstraktionsanlæg med kulfilter samt manifold.

Tegningsmateriale. Situationsplan. Detaljer vedrørende dræn og luftindtag. Procesdiagram - ekstraktionsanlæg. *Produktblad* (Vakuumpumpe).

Bilag F

Detailmateriale (for de enkelte teknikker og cases)

Afværgeprincip	Teknik		Datablad (teknik)	Datablad (case)	Projektstitler	Bilag	Side
	Nr.	Betegnelse					
Tætning af gulve	1	Membran på kælderloft	DB 1	Ingen		F1	163
	2	Maling af kælder	DB 2	Ingen		F2	177
	3	Udskiftning af kældergulve	DB 3	DB 3.1	Gåskærgade 23 SA	F3	181
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	DB 4	DB 4.1	Lindevej 29 FA	F4	185
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	DB 5	Ingen		F5	195
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	DB 6	DB 6.1 ^F	Grønnegade 39 FA	F6	207
				DB 6.2 ^F	Lykkeshåbs Allé 4 FA		
	7	Luftrensning i stueetage	DB 7	DB 7.1 ^F	Lykkeshåbs Allé 4 FA	F7	217
Moderat ventilation af gulvkonstruktion	8	Ventilation af krybekælder (aktiv)	DB 8	DB 8.1 ^F	Margårdsvej 26 FA	F8	221
				DB 8.2 ^F	Nørregade 88 RA		
	9	Ventilation af krybekælder (passiv)	DB 9	Ingen		F9	227
	10	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv, med luftindtag)	DB 10	DB 10.1	Ridepladsen 3 SA	F10	229
				DB 10.2	Vestergade 62 SA	F10	
11	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, med luftindtag)	DB 11	DB 11.1	Nygårdsvej 42B RA	F11	241	
12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv, uden luftindtag)	DB 12	DB 12.1	Hus nr. 4185 Risø	F12	253	
Kraftig terrænnær ventilation	13	Ekstraktionsboringer (lodrette)	DB 13	DB 13.1	Engvej 9-24 VA	F13	257
	14	Dræn under gulve	DB 14	DB 14.1	Tværvej 3 FA	F14	265

Bilag F1:

Membran kælderloft

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F1

Membran på kælderloft

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Projekt Tidlig indsats



Membran monteret under tæppe i eksisterende bolig

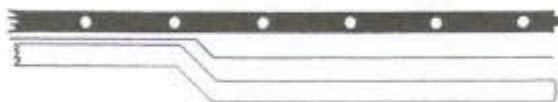


Overdækning af spredningsvej ml. fundament og terrændæk (radontætning)



Membranen udlagt på terrændæk (med påsvejsede membrankraver)

Specielt udviklet til anvendelse ved byggeri på jord, forurenet med kulbrinter og andre flygtige kritiske kemikalier. Den er resistent overfor de fleste forekommende kemikalier.



0,4 mm. armeret geomembran
12 mikron aluminiumsfolie
0,4 mm. polyethylene film

Afprøvet på Teknologisk Institut
for følgende:

Methandiffusion.
Diffusion af opløsningsmidlerne:
Toluen, Xylen, Acetone, Ethanol,
Chloroform, Trichlorethylen og
Benzen.

VAREDATA:

Råvare	:	LD Polyethylene Alufolie
Tykkelse	:	0,81 mm.
Farve	:	Grå
Bredde	:	2,00 meter
Rullelængde:		25,00 meter

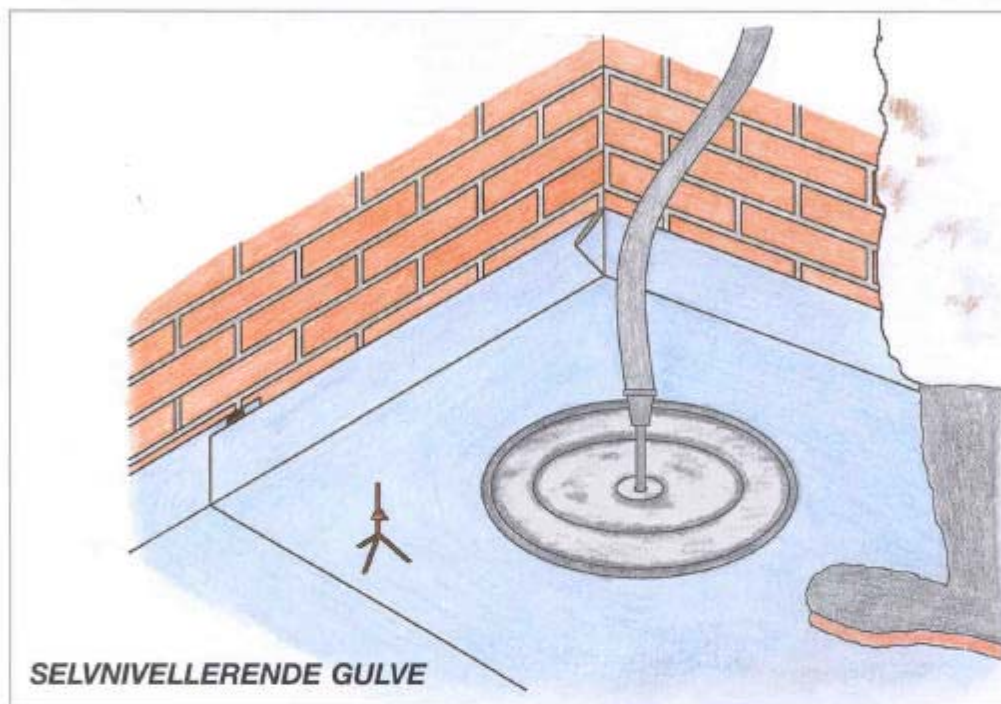
Konsulenttjeneste og
service-telf.: 44 94 35 55

Monarflex®

Monarflex Reflex

blå/grå

Stærk og effektiv damp- og fugtspærre



EGENSKABER

- Meget stor damptæthed.
- Stor bredde: Giver hurtig montage med få samlinger.
- Damp- og fugtspærre til aggressive miljøer.
- Tæthed overfor vanddampe og gasser. (Radon)
- Tilbehørsprogram sikrer tætte samlinger.

Miljø:

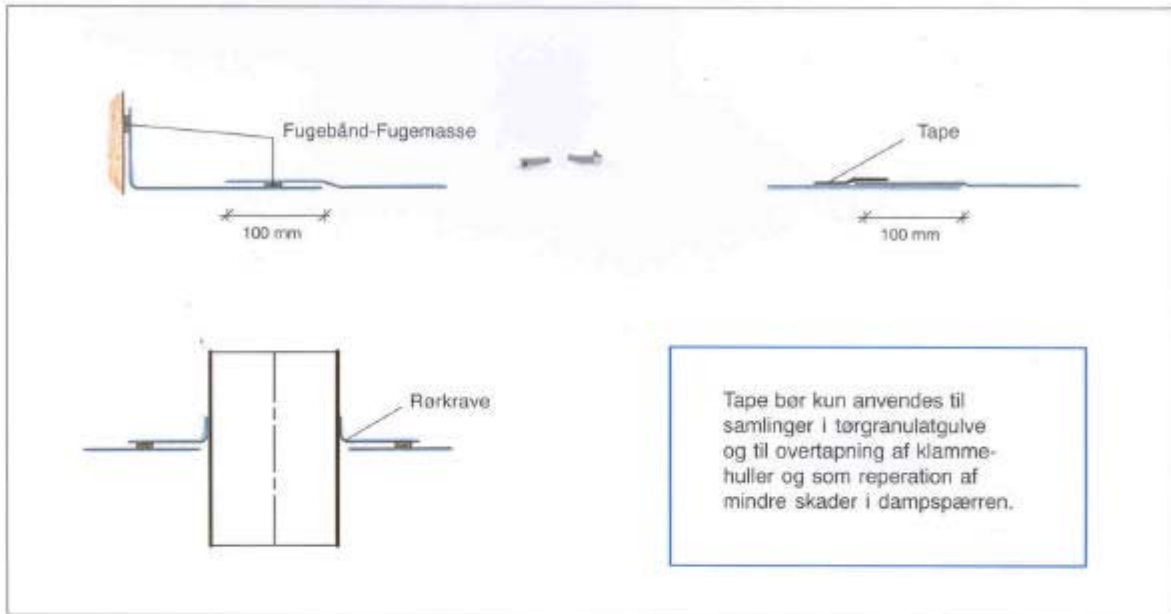
Monarflex Reflex er fremstillet af polyethylen, polypropylen samt aluminiumsfolie. Produktet indeholder ingen flygtige bestanddele eller blødgørere der kan udvaskes og forurene naturen. Produktet kan ikke regenereres, men forbrændes med samme brandværdi som olie. Forbrændingen er ren og kan sammenlignes med afbrænding af naturgas.

MONARFLEX®

Folier der skåner miljøet

Monarflex Reflex blå/grå

SAMLINGSDETALJER



VIGTIGT: MONARFLEX REFLEX anvendes som damp- og fugtspærre i konstruktioner med store krav til effektiv sikring mod damp- og fugtvandring. En effektiv damp- og fugtspærre kræver stor omhyggelighed ved alle gennembrydninger og samlinger.

TILBEHØR:

Monarfol Tape:
PE-Tape:
Ruller à 5 cm x 20 m.

Metalliseret
Polyestertape
5 cm x 30 m

Monarfol Forsegler:
Ruller à 3 cm x 5 m og 3 cm x 30 m.
Butyl - Dobbeltklæber.

Monarfol Tagfodtæpe:
Ruller à 1 cm x 22,5 m.
Butyl - Dobbeltklæber.

Monarfol Rørkrave:
Ø 70, 90, 110 og 140 mm.
100x100, 100x150, 150x150 mm.
samt uden udstandsning. Specialmål
op til Ø 500 mm efter aftale.
Epdm-gummi med Butyl klæber

VAREFAKTA

Vægt:	330 g/m ²
Tykkelse:	0,3 mm
Z-værdi:	43.000 (GPa s m ² /kg)
Brudstyrke L:	6,0KN/ m
Brudstyrke T:	6,0KN/ m
Brudforlængelse L:	16%
Brudforlængelse T:	12%
Anvendelsesområde:	-40°C - +80°C
Dimensioner:	1,25 x 50 m og 2,00 x 25 m.

**Monarflex Folier produceres af Icopal a/s,
Danmarks store tagvirksomhed. Øvrige produkter:
Icopal® Tagpap og Shingles, Decra®, Fastlock®, Icopal® Tagrender, Icopal® Undertage,
Icopal® Byggepapper, Hygrodiode® Dampspærre og Icopal® Undergulve.**

Icopal's kundetjeneste:

Tlf.: 44 88 55 22.

Forhandler:

Icopal a/s
Mileparken 38
2730 Herlev
Telefon 44 88 55 00
Telefax 44 53 24 53
tag@icopal.dk
www.icopal.dk



Informations for dry cleaners



A problem is solved: the insulatin foil Valutect

German laws claim from dry cleaners that a diffusion of solvents such as perchlorethylene into adjoining rooms being used as a place of residence or for food trade must be limited according to the latest state of engineering.

If dry cleaners wanted to rulfill this requisition, a normal wall of bricks or concrete should be up to 6 m thick: the insulation foil Valutect produces a reliable effect as a protection against perchlorethylene with thickness of only 0.3 mm.

Any decorator without special previous experience can work up the insulation foil Valutect in a single operation. Afterwards the rooms are immediately at the cleaner's service again.

Valutect is a robust insulation, resistant to water and safe even on fissures or joints in the wall.

The upper side is in decorative silky white which can easily be papered or painted. Remnants are to your disposal for years or can easily be thrown to normal garbage.

If the original state of the rooms should be necessary one day, Valutect can easily be removed like any other ordinary wallpaper.

with the environment certificate of the ZEWU (Center for energy-, water- and environmental technics, Hamburg) the dry cleaner gets a reliable document.

Recommendations for the rehabilitation of contaminated buildings

Valutect may be used to seal or coat large areas of buildings such as walls, ceilings and floors **for protection against immission of contaminants**, including halogen-organic compounds e.g. Per, Tri, PCB, PCP, chloronaphthalene and other pollutants e.g. nitrosamine and formaldehyde.

The indiscriminate use of such substances over a number of years, especially in the 1960's and 1970's led in some cases to extensive **contamination in buildings**. Such inherited pollution of indoor air is a hazard to human health. Even if the primary source, e.g. permanently elastic joints, is completely removed, hazardous secondary contamination remains.

Independent long-term laboratory tests indicated that even under extreme conditions Valutect provides an ideal barrier layer with a retardation capacity of not less than 99.5%. Valutect is considered to be **practically technically impermeable**, provides a **long-term solution for contaminated buildings** and offers major advantages. Other procedures which may be expensive and involve elaborate protection measures are no longer required.

Valutect has almost no subsequent effect on the **atmospheric environment** in schools or offices, for example. In any case, significant changes in the atmospheric environment can only be brought about by ventilation.

Valutect insulating wallpaper therefore provides a hitherto unknown and unique possibility for the rehabilitation of contaminated buildings. It is an easy, effective, long-term solution that can save considerable costs.

Valutect has a **very high tear strength** so that damage to the insulation by tearing or perforation is practically excluded.

Valutect is **odour-neutral, non-toxic** and **ecologically safe**.

No particular measures are required with regard to fire or explosion protection. The polyethylene content is subject to the German **fire classification B1**.

Residual material may be disposed of as normal **household waste**.

Technical Data Sheet

1. General Data

Product description	Insulating Foil 4 layers (Insulating wallpaper) for walls and ceilings	Insulating Foil 3 layers für floors	Insulating Foil 5 layers für floors and walls (under mortar or plas
Composition	Paper (brown) Polyethylene Aluminium Paper (white)	Polyethylene (white) Aluminium Polyethylene (white)	Paper (brown) Polyethylene Aluminium Paper (brown)
Thickness (approx.) (1 µm = 0,001mm)	200 µm	160 µm	280 µm
Basis weight	230 g/qm	170 g/qm	320 g/qm

2. Company designation

Valutect® Umwelttechnik Handels GmbH
 Schemmannstr. 47
 D-22359 Hamburg

3. Possible risks

does not apply

4. First aid measures

does not apply

5. Fire-fighting measures

all normal extinguishants

6. Measures in the event of unintentional release

does not apply

7. Storage and handling

no special measures necessary

8. Exposure limit and personal protection

no special measures necessary

9. Physical and chemical properties

odour: neutral
 explosion hazard: does not apply
 tear strength: damage to insulation by tearing or perforati
 practically be excluded

10. Toxicology

non-toxic

11. Ecology

Residue and package may be disposed of as normal house waste.

12. Transport

no hazardous product

13. Other indications

The above information is based on the current state of our knowledge and does not guarantee any particular character

Registered pattern

**Possible applications of Valutect
in the rehabilitation of contaminated buildings / Examples:**

Substance	Application (examples)	Occurrence (examples)
Per, Tri, Hydrocarbon solvents	cleaning agents and solvents, degreasing agents	dry-cleaners, metal-working industry, paint and lacquer stores
PCBs	joint fillers, fireproof coatings, adhesives, transformer and capacitor oil	especially buildings with concrete: schools, housings, buildings for technical use
PAHs / Carbolineum	floor adhesives, telegraph poles, railway sleepers	rooms with wooden beams in ceilings or framework
Formaldehyde	pressboard, floor covering	pavilion constructions, prefabricated buildings, walls and floors (chip board)
chloric naphthalines	wood preservatives, antifoulants	pavilion constructions, prefabricated buildings
DDT	insecticides, wood preservatives	roof extensions, rooms with wood panelling, prefabricated buildings
Dichlofluamid		
Lindan		
PCP		
pyrethroides		
nitrosamines	industrial processes	production and storage facilities for rubber products
benzole	petrol	houses with built-in or adjacent garages, petrol stations
toluene, xylene, dibromethane, N-butanol, acetone, undecane, N-decane, nonane, pentane a.o.	solvents, chemicals, pharmaceuticals	storerooms for paints and lacquers, chemicals, pharmaceuticals
radon	stones in ground and building materials	cellars and ground floors esp. in ore-mining areas
various contaminants	after fire damage	all types of buildings
various smells	keeping of pets/animals	sealings towards adjacent rooms,
animal smell	certain industrial and commercial activities	use alteration of buildings

Price List

valid from July 2002, all prices in EUR, excl. VAT (16 %)

Price range		Insulating Foil 4 layers for walls and ceilings (Insulating wallpaper)	Insulating Foil 5 layers für walls and floors (under mortar and plaster)	Strips of Insulating Foil 5 layers for floors and walls	Insulating Foil 3 layers for floors	Strips of Insulating Foil 3 layers for floors, for borders and joins
	No. of article	004	005	015	003	013
	Ordered quantity			EUR per roll		
1	1 – 9 rolls	273,00	294,00	33,00	246,00	27,60
2	10 rolls and more	267,00	288,00	packages of 10 rolls each: 30,00	238,00	packages of 10 rolls each: 24,90

Sizes

	Insulating Foil 4 and 5 layers	Insulating Foil 3 layers	Strips of Insulating Foil 3 and 5 layers
weight per roll (incl. tube)	8 – 10 kg approx.	6 - 7 kg approx.	0,7 – 1,0 kg approx.
Size of rolls:	width: 1 m length: 30 m surface: 30 qm		width: 0,1 m length: 30 m surface: 3 qm

Terms of Delivery:

within the EU (European Union) no delivery charge, incl. packing

Terms of payment:

Cash on delivery: ./.. 3 % discount
Cash in advance: ./.. 3% discount
Check in advance: ./.. 2% discount
Payment by creditcard: ./.. 2% discount

Time of Delivery:

approx. one week

Special Conditions:

only for commercial purposes
please send a written enquiry enclosing a convenient document (e.g. trading licence)

Instruction for use

Valutect® Insulating Wallpaper for walls and ceilings

Data:

- size of rolls:** 1 m wide, 30 m long (30 sq.m.)
- thickness:** approx. 200 µm (=0,2 mm)
- basis weight :** approx. 230 g/sq.m.
- weight/roll:** approx. 8,8 kg incl. tube
- tools:** wallpaper brush, velour or lambskin roller, rubber roller, wallpaper brush, spatula, sponge, cloth
- adhesive:** Ovalit T by Henkel and if necessary (in case of contamination by volatile pollutants like f.ex. solvents)
Ovalit V or B for overlapping areas
- required amount:** depends on undercoat, usually about 200 g/sq.m.
- required quantity:** surface of respective walls and ceilings to be covered plus 10% extra for overlapping and waste material (each 5%)

Application:

Surfaces covered with Valutect may be subsequently decorated as you like:

with ordinary paint, tiles, panels, or an additional wallpaper
use a light glue for additional wallpaper and /or insert a second undercoat to allow for easy future removal without damage to Valutect Insulating Wallpaper.

It may also remain without further treatment.

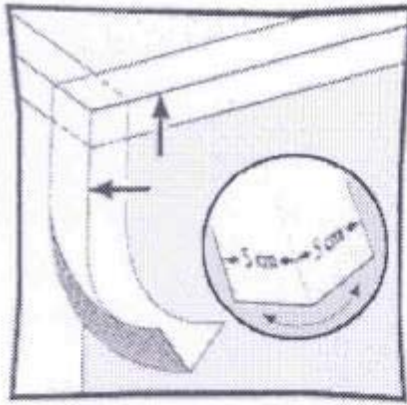


1.

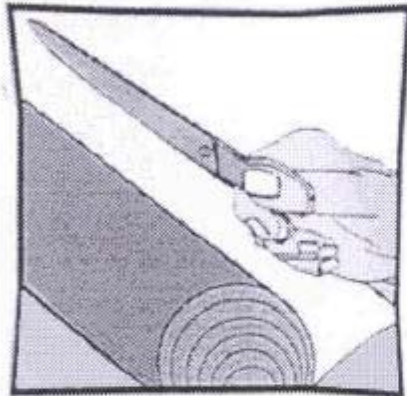
The undercoat should be prepared as for normal wallpaper; if necessary level out uneven patches with a filler, and provide heavily absorbent backgrounds with an undercoat.

2.

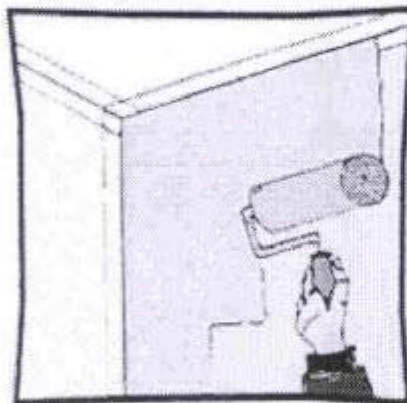
Cut strips of approx. 10 cm width and fold in the middle. Apply adhesive to all interfaces (f.ex.



between ceiling and wall or in corners of the room) with a margin of 5 cm to both sides and place strips onto the adhesive.



3. Cut Valutect Insulating Wallpaper to the required length. Roll up the wallpaper; do not fold or crease.



4. Starting from the top of the wall next to a corner apply adhesive to a section of the wall corresponding to a strip of Valutect Insulating Wallpaper (approx. 1 m). Due to strips applied beforehand there should be an overlap at every join. Give time to air.



5. Place first strip of wallpaper onto the adhesive (white side showing to the room) and press with a rubber roller or spatula to avoid formation of bubbles. If Valutect is not to be painted over, remove excess adhesive with a wet sponge.

6. Apply the adhesive for the following web on the wall

overlapping in from the edge approx. 5 cm. If necessary (eg. in the case of solvents) use a special glue for edgings (eg. Ovalit B or V). Apply all further strips with an overlap of 5 cm. If coating is to be applied smooth over overlapping edges.



Surfaces covered with Walutect may be subsequently decorated as you like: with ordinary paint, panels, or an additional wallpaper. Use a light glue for additional wallpaper and/or insert a second undercoat to allow for easy future removal without damage to Valutect Insulating Wallpaper.

Valutect Insulating Wallpaper may also remain without further treatment.

Bilag F2: Maling af kælder

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Niras A/S
Åboulevarden 80
8000 Århus C.

Att.: Mette Jeppesen

NIRAS		
Cirk.	Beh. af	Kopi
	- 5 JULI 2001	
Sag nr.		
Arkiv		

Deres ref.:

Vores ref.: SJ/ut

Dato: 04-07-01

Vedr.: Overfladebehandling - Tæt membran

Idet vi refererer til vor aftale, fremsendes herved vort forslag til "tæt membran" i kælderlokaler.

Vægge:

Rengøring

Væggene rengøres, så de fremstår rene og fri for kalkcementpuds og med fuger i murværk fjernet i min. 10-15 mm dybde.

Rengøring afsluttes med afvaskning med rent vand.

Fuger

Fuger fyldes, så disse er plane med mursten (skrabe-fuge). Fugning foretages med mørtel som KC 20/80/550.

Spartling

På den rengjorte overflade påføres Sikagard-720 EpoCem med spartel, stålbræt eller lignende.

Ved lagtykkelse på 2 mm kan første påføring med fordel udføres med ståltandspartel med 2 mm tænder. Dagen efter, eller når spartelmassen er bæredygtig, påføres 2. lag med stålbræt, således at sporene efter tandspartlen udfyldes.

For at opnå glat overfladefinish efterarbejdes Sikagard-720 EpoCem med en let fugtig svamp eller filtsebræt.

Gulve:

Forbehandling

Overfladen slibes med karborundum-slibemaskine, så cementslam og løse partikler fjernes. Herefter støvsuges overfladen omhyggeligt.

S:\BREVE\gal64001_071.doc

1

Sika Danmark A/S
Nordkranvej 17
Postbox 10
DK 3540 Lyngø

Telefon 48 18 85 85
Telefax 48 18 84 96
E-mail: Sika@Sika.dk

BG-Bank: 551-6560
Den Danske Bank:
3167 3167 145205
S.W.I.F.T.: DABADKKK

A/S reg.nr. 31.041
SE: DK 55 18 81 14



Grundning

Den rene og matfugtige overflade grundes med Sikafloor-80 EpoCem. Påføringen kan ske med pensel eller rulle.

Belægning

I den endnu klæbrige, men gangbare Sikafloor-80 EpoCem grunder, udlægges Sikafloor-82 EpoCem med tandspartel eller skraber. Umiddelbart efter udlægning pigrulles belægningen for at fjerne evt. luftporer.

Topcoat

Efter ca. 24 timer, eller når belægningen ikke længere er klæbrig, påføres Sikafloor-2530W med korthåret mohairrulle.

Vægge kan behandles med vandig epoxymaling, som f.eks. Sikagard Wallcoat. ~

Vi håber, ovenstående er fyldestgørende, men står i øvrigt til rådighed, hvis De ønsker yderligere oplysninger.

Med venlig hilsen
Sika Danmark A/S



Søren Jæger
Produktchef

Bilag: Datablade på de nævnte produkter.

BETON
4.02
01.01

Svømmemørtel til vandtætning af beton

- Vandtætning og beskyttelse i dybden
- Permanent aktiv
- Påføres overflader med aktivt eller passivt vandtryk
- Diffusionsåben
- Enkomponent, skal kun blandes med vand
- Testet for brug i drikkevandsbeholdere

Produktbeskrivelse

VANDEX SUPER er fremstillet på grå Portland cement. Bruges i vandbeholdere, renseanlæg, fiskebassiner, kældre m.m., enten alene eller sammen med **VANDEX PREMIX** på betonflader med jordtildfyldning. Kan efter påføring virke brunskjoldet grundet jernforbindelser i cementen.

VANDEX SUPER HVID er fremstillet på hvid Portland cement. Bruges på betonflader, hvor man ønsker en hvid stærk overflade efter behandling. F.eks. indvendig i kældre eller ingeniørgange.

VANDEX CONCRETE GREY er fremstillet på hvid Portland cement, tilsat en grå farve, der giver den færdige overflade en lys grå betonfarve. Bruges på betonflader, hvor man ønsker en færdig grå beton som på facader, ved støttemure, på søjler, bjælker, altaner m.m.

Egenskaber

Når **VANDEX** påføres konstruktionen, vil produktets kemiske komponenter reagere med den frie kalk og fugten, dybt ind i betonens kapillarsystem. Betonens kapillarer blokeres, så vand forhindres i at trænge ind i konstruktionen, selv under højt tryk. Betonen vil stadig være diffusionsåben. **VANDEX** beskytter mod saltvand, spildevand, aggressivt grundvand, en række kemiske opløsninger, mod frost/tø påvirkninger og tørsalts skadelige indflydelse. **VANDEX** produkterne er ugiftige og testet for brug i drikkevandsbeholdere og fiskebassiner.

Forbehandling

Alle flader afrenses omhyggeligt for kalkpuds, hvidtekalk, maling, asfalt, formolie m.m. Meget glatte flader gøres ru. Huller, revner stenreder m.m. udfyldes med sand/cementmørtel (3:1). Overfladen forvandes omhyggeligt, så den er fugtig men ikke våd, umiddelbart før påføring af **VANDEX SUPER**.

Sivende vand gennem revner, overflader m.m. stoppes først med **VANDEX PLUG** - Lyncement. (se datablad 4.08)

Blanding

25 kg **VANDEX SUPER** blandes med 8 liter rent vand (ca. 0,8 rumdele vand til 2 rumdele pulver). Mekanisk omrøring anvendes for at opnå en ensartet masse (Piskeris på en boremaskine). Blandingen skal hvile i tre minutter, hvorefter der røres igen. Bland ikke mere materiale, end der kan bruges indenfor 20 minutter. Hvis blandingen begynder at stivne røres igen. Der må aldrig tilsættes mere vand end det angivne.

Påføring

VANDEX SUPER påføres med kost eller egnet sprøjteudstyr (se datablad 9.01). Andet **VANDEX** lag påføres, mens det første lag stadig er fugtigt. Behandlingen foregår altid vådt i vådt.

Efterbehandling: De behandlede områder skal holdes fugtige i fem døgn og beskyttes mod sol, vind og frost.

Bemærk: Påfør ikke **VANDEX** ved temperaturer under +5°C eller på underafkølede flader. **VANDEX** kan ikke anvendes som tilsætningsmiddel til beton eller mørtel. Værktøj rengøres med vand.

Forbrug

Betonflader mod jord: Et lag **VANDEX SUPER** á 0,75 kg/m² efterfulgt af et lag **VANDEX PREMIX** (datablad 4.03) á 1,0 kg/m².

Indvendige behandlinger: To lag **VANDEX SUPER** á 0,75 kg/m².

Betondæk/gulve: **VANDEX SUPER** 1,5 kg/m² påført i svømmekonsistens på hærdet beton eller tørdrysset og

glittet på frisk beton, når denne er begynder at binde af.

Støbeskel/remselagsbeton:

VANDEX SUPER 1,5 kg/m² påført i svømme eller pulverkonsistens umiddelbart før støbning af dækkende beton. (**VANDEX SUPER** tørdrysset gennem en sigte).

VANDEX SUPER HVID påføres i to lag á 0,75 kg/m².

VANDEX CONCRETE GREY påføres i to lag á 0,75 kg/m².

Produktdata

Emballage

VANDEX SUPER leveres i 5 kg plastspand eller 25 kg plastforet papirsæk.

VANDEX SUPER HVID og **VANDEX CONCRETE GREY** leveres i 25 kg plastforede papirsække.

Opbevaring

Opbevares tørt. Holdbar i 12 måneder i uåbnet original emballage.

Sikkerhed

Produktet indeholder cement. Irriterer øjne og huden. Kan forårsage overfølsomhed ved hudkontakt. Opbevares utilgængeligt for børn. Undgå kontakt med hud og øjne. Brug egnede beskyttelsehandsker. Ved øjenkontakt, skyl øjeblikkeligt med rigeligt vand og søg læge. R-sætninger: R36/38, R43 S-sætninger: S2, S24/25, S26, S37 Faresymbol: Xi Lokalirriterende Mal-Kode: 00-4 (1993) Se desuden sikkerhedsdatabladet

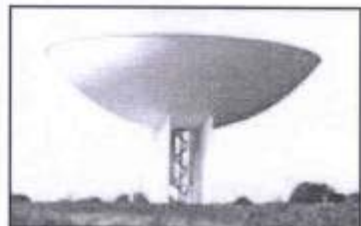
Teknisk data

VANDEX SUPER, VANDEX CONCRETE GREY

Konsistens: gråt pulver
Densitet: 1,25 kg/l
Potfile: 20 minutter
Afbindingslid: 60 minutter

VANDEX SUPER HVID

Konsistens: hvidt pulver
Densitet: 1,20 kg/l
Afbindingslid: 120 minutter



Vandtårn, Haderslev

Bilag F3:

Udskiftning af gulve

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F3.1

Udskiftning af kældergulve

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsaftværg, Projekt Tidlig indsats
Gåsekærgade 23, Haderslev



Ejendom (lille kælder midt under huset)



Kælder

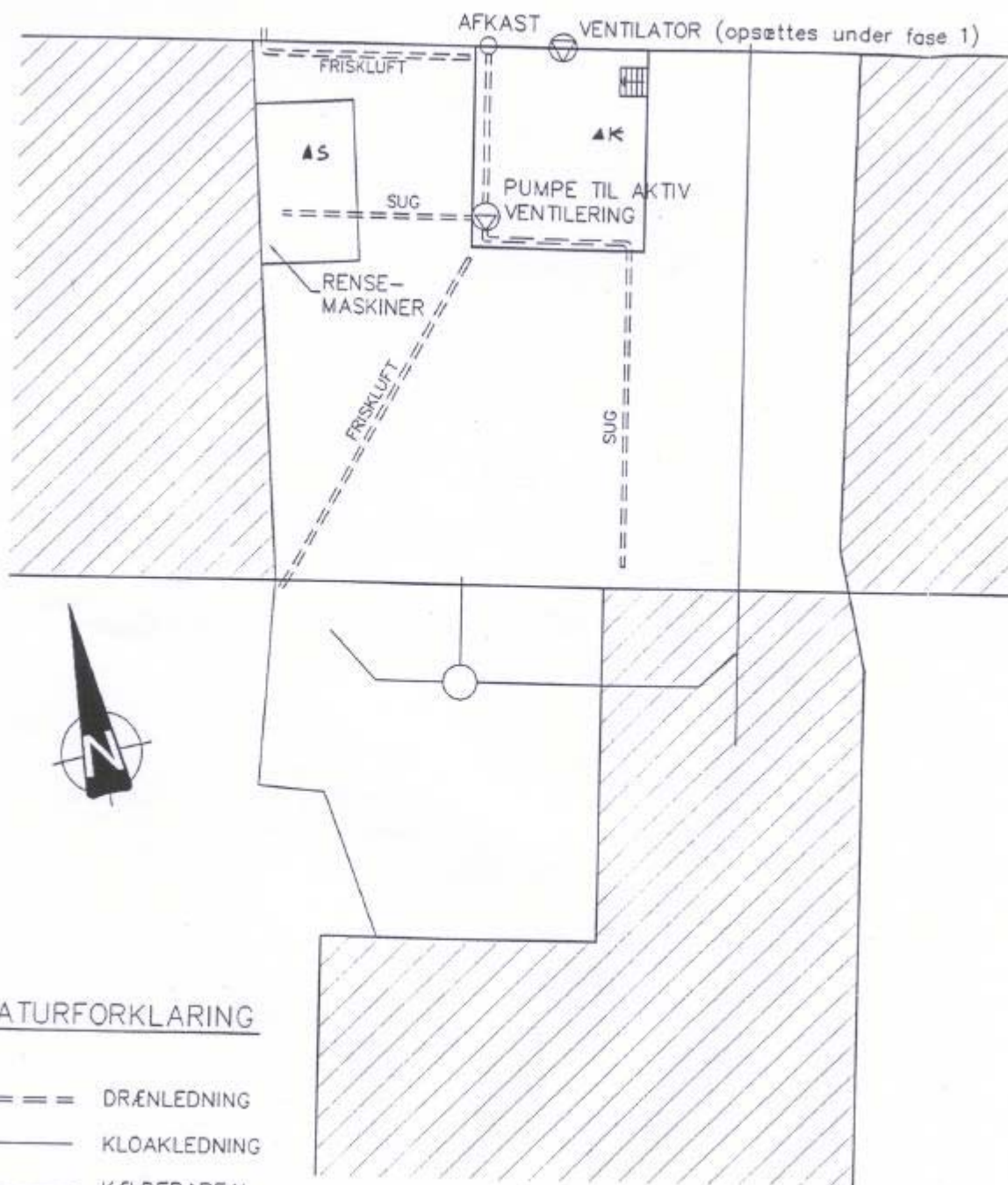


Kælder



Kælder

GÅSKÆRGADE



SIGNATURFORKLARING

- ===== DRÆNLEDNING
- KLOAKLEDNING
- KÆLDERAREAL

EVT. FASE 2

GÅSKÆRGADE 23, HADERSLEV
SITUATIONSPLAN – EVT. FASE 2

Bilag F4:

Ventilation af kælderetage

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F4.1

Ventilation af kælderetage.

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Feltafprøvning, Projekt Tidlig indsats
Lindevej 29, Odense SV



Patriciavilla - fuld kælder (aflukning til stueetage mulig)



Ventilator - vinduesmontage



Luftindtag - vinduesmontage



Reguleringsboks og timetæller

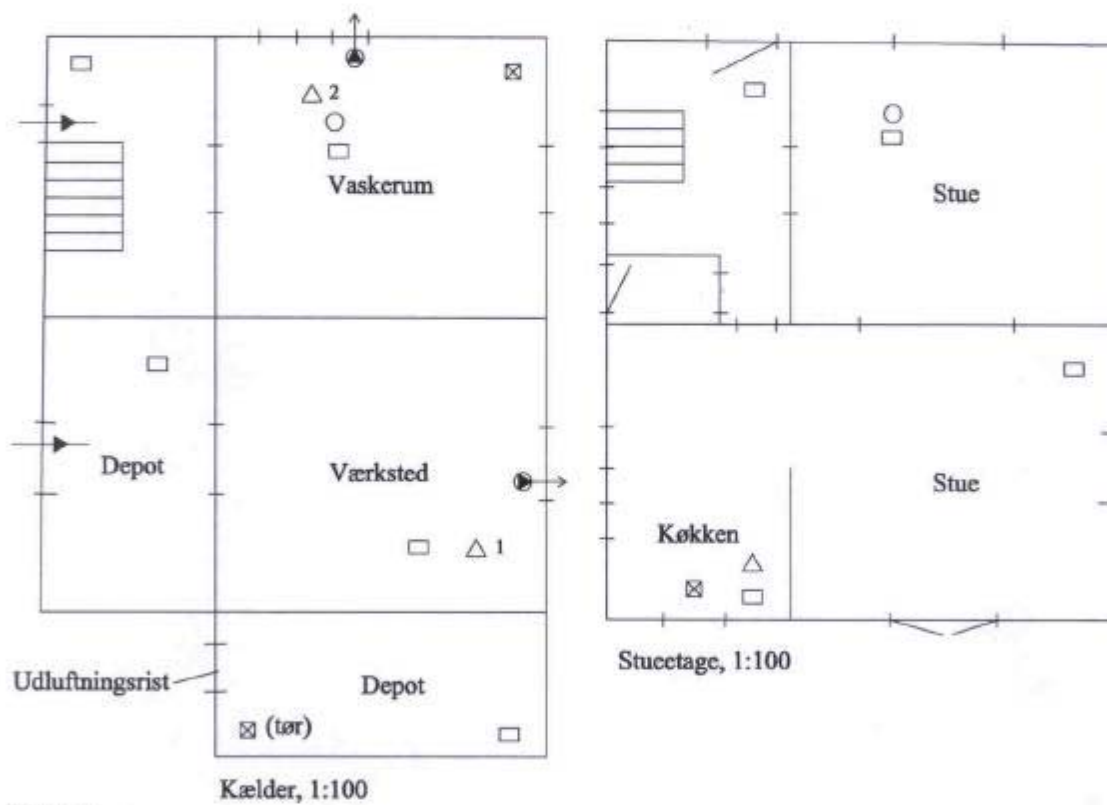
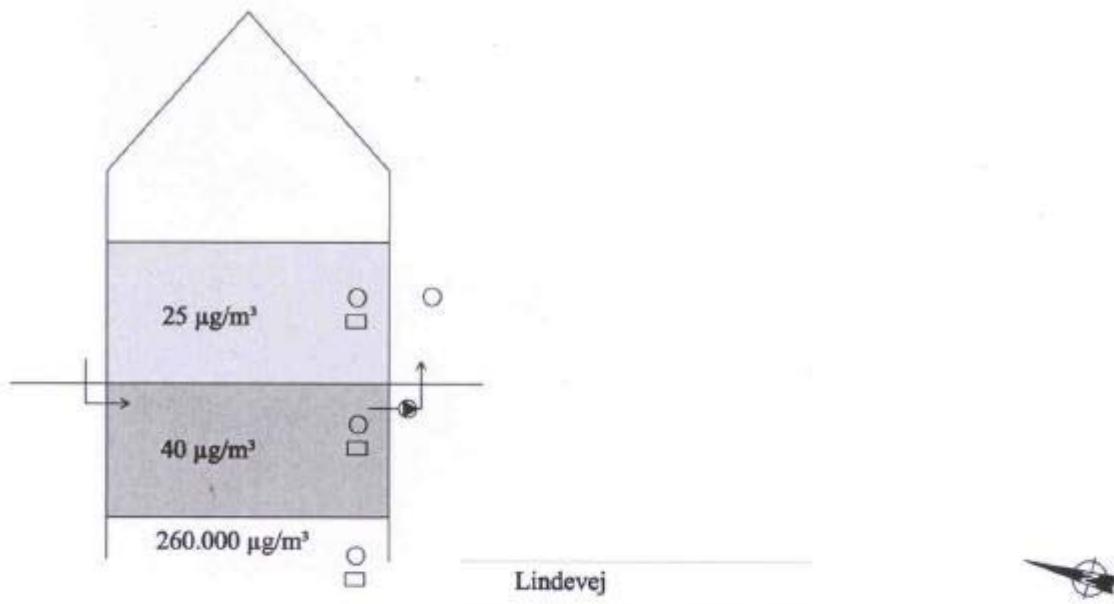


Ventilator – vinduesmontage, slukket



Ventilator – vinduesmontage, tændt

Lindevej 29 - Ventilation af kælder

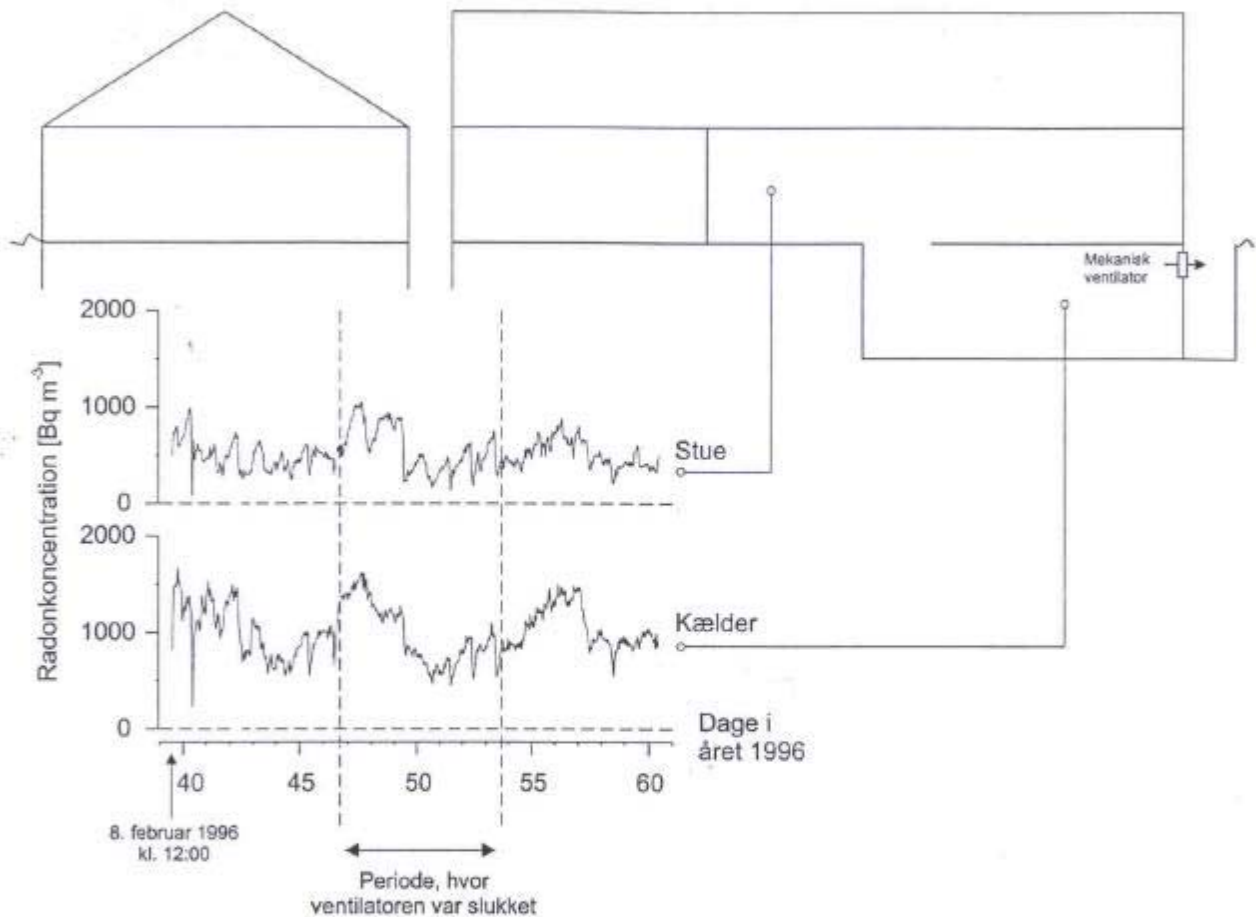


Signaturer:

- Beboelse
- Vaskerum, depot mv.
- Luftrens
- Passiv opsamling af chlorerede opløsningsmidler
- Tidligere passiv opsamling
- Luftskiftemåling
- Gulvafløb
- Ventilator
- Måleresultat (tænkt)
- Luftindtag m/rist

Bilag F4.1

Ventilation af kælderetage



Effekt af mekanisk ventilation i åben kælder:

Den åbne kælder, med mulighed for fri luftudveksling mellem stue- og kælderetage, bevirker, at effekten af den mekaniske ventilation reduceres.

De udførte målinger af radonkoncentrationen under ventilationsdrift og i en periode, hvor ventilatoren var slukket, dokumenterer ikke signifikant forskellige radonkoncentrationer.

Reference: (Forskningscenter Risø 1997)

Industri teknik I/S
Benediktsgade 34
5000 Odense C

Att. Niels Peter Mikkelsen

UDBUDSBREV

Afværgeforanstaltninger på Lindevej 29, 5250 Odense

På vegne af Fyns Amt indbydes De hermed, efter tilkendegiven interesse, til at afgive tilbud på nedennævnte entrepriser. Arbejdet udbydes i samlet entrepriser ved underhåndsbud fra 2 bydende parter.

- Levering og montering af 2 stk. el-ventilatorer i kældervinduer, se nedenstående beskrivelse.
- Levering og montering af 2 stk. luftindtag med rist i kældervinduer, se nedenstående beskrivelse.

Tilbudet skal mærkes: "Lindevej 29, Odense, afværgeforanstaltninger" og sendes til NIRAS, Åboulevarden 80, 8100 Århus C, att.: Jesper Steen Christensen. Til fremsendelse kan også benyttes fax: 87 32 32 70.

Tilbudet skal være NIRAS i hænde senest mandag d. 10. september 2001, kl. 12.00.

Tilbud afgives på grundlag af nærværende udbudsbrev. De bydende bedes kontrollere, at samtlige relevante informationer fremgår af det fremsendte materiale. Ved fremsendelse af tilbud attesterer den bydende for godkendelse af det modtagne materiale som værende fyldestgørende til afgivelse af bindende tilbud samt for, at materialet er gennemlæst.

Tilbudet skal omfatte samtlige ydelser og leverancer for entreprisens fuldstændige og konditionsmæssige færdiggørelse (fx glarmesterarbejde). Arbejdsforholdene skal besigtiges forud for tilbudsgivning.

Bygherren forbeholder sig ret til frit at vælge mellem de indkomne tilbud eller forkaste dem begge.

NIRAS

Rådgivende ingeniører
og planlæggere A/S

NIRAS
Åboulevarden 80
Postboks 615
DK-8100 Århus C

Telefon 8732 3232
Fax 8732 3200
E-mail niras@niras.dk

Direkte:
Telefon 87323277
E-mail jsc@niras.dk

CVR-nr. 37295728
Tilsluttet F.R.I

3. september 2001

For entreprisens udførelse gælder nærværende udbudsbrev, almindelige betingelser for arbejder i bygge- og anlægsvirksomhed, AB92 samt relevante normer, standarder og bekendtgørelser m.m.

Beskrivelse af udbudt arbejde

Der ønskes leveret 2 stk. el-ventilatorer af typen Thermor, VORT15, som monteres i 2 vinduer i kælderetagen på ejendommen Lindevej 29, Odense. Ventilatorerne monteres hhv. i værkstedet (vindue længst mod depot) og i vaskerummet (vindue mod Lindevej, nærmest vaskemaskine), jf. medsendte situationsplan.

Ventilatorerne monteres med reguleringsenhed (ikke reversibel). Desuden ønskes på begge ventilatorer monteret en timetæller til registrering af driftstiden.

De beskrevne ventilatorer forhandles af THERMOR A/S, tlf. 36 70 70 29.

Der ønskes endvidere leveret 2 stk. luftindtag med rist, som monteres i 2 vinduer i kælderetagen på ejendommen Lindevej 29, Odense. Luftindtagene monteres hhv. i trappenedgangen (vindue mod indkørsel) og i depotet (vindue mod indkørsel), jf. medsendte situationsplan.

Placeringen af ventilatorer og luftindtag fremgår af medsendte situationsplan.

Bilag til udbudsbrev:

- Situationsplan over ejendommen Lindevej 29, Odense.
- Navn, adresse og telefon på grundejer, til brug for besigtigelse.

Arbejdet forventes færdiggjort senest mandag den 24. september 2001.

Eventuelle spørgsmål til udbudsbrevet kan rettes til Jesper Steen Christensen, NIRAS, tlf. 87 32 32 32.

Med venlig hilsen

NIRAS

Jesper Steen Christensen



PROPEL-VENTILATORER

En komplet serie ventilatorer, der tilbyder en let og effektiv løsning på mange ventilationsproblemer. Beregnet til køkkener, kontorer og lignende lokaler.

Generel beskrivelse:

- Automatisk åbning og lukning af jalusi.
- Dobbeltsoleret.
- 230 V.
- Reversibel. (Vort 23-30)
- Monteres i mur eller vindue.
- Kan monteres i thermorude.
- VORT 15 - 23 - 30 kan også leveres til indbygning i mur.

VORT 15

- Kun til udsugning
- Snorbetjent jalusi med indbygget afbryder.
- Kan også leveres med automatisk jalusi.
- Monteres i mur eller vindue.
- Rude- eller murhul ø 185-190 mm.

VORT 23

- Reversibel.
- Reguleringsenhed med omskifter til ind- eller udsugning medleveres.
- Standard - kun til udsugning, uden regulering med snorbetjent jalusi.
- Rude eller murhul ø 257-262 mm.

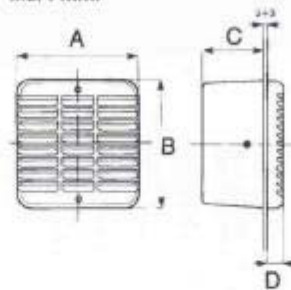
VORT 30

- Reversibel.
- Reguleringsenhed med omskifter til ind- eller udsugning medleveres.
- Monteres i mur eller vindue.
- Rude- eller murhul ø 324-329 mm.



Infrarød fjernbetjening VORT 23-30 reversibel.

VORT 15 - 23 - 30 Mål i mm.



	A	B	C	D
VORT 15	210	210	83	31
VORT 23	291	291	128	31
VORT 30	370	370	142	31

Tilbehør:

- Mørkekammerhætte (kun VORT 23).
- Murrør.
- Dobbeltrudepakning.



Mørkekammerhætte - Vort 23
Dobbeltrudepakning.

VORT 15 - 23 - 30 Indbygningsmodel Beregnet til planforsænkning i væg.

- 230 V.
- Automatisk åbning/lukning af jalusi.
- Indbygges i mur.

VORT 15 indbygning

- Kun til udsugning.
- Indbygningsmål: 280x320 mm.
- Murtykkelse min. 141 mm

VORT 23 indbygning

- Reversibel.
- Reguleringsenhed medleveres.
- Indbygningsmål: 360x370 mm.
- Murtykkelse min. 178 mm

VORT 30 indbygning

- Reversibel.
- Reguleringsenhed medleveres.
- Indbygningsmål: 440x480 mm.
- Murtykkelse min. 190 mm

VORT 15 - 23 - 30, indbygning Mål i mm.



	A	B	C	D	E	F
VORT 15	306	290	317	276	282	133
VORT 23	370	355	365	344	345	133
VORT 30	467	432	473	431	426	133

TYPE	VORT 15*	VORT 23	VORT 30
Tilslutning (V)	230	230	230
Wattforbrug	30-34	33-37	74
Reguleringsmulighed	TR15	Spec.	Spec.
Luftmængde m ³ /t ved 0 m/m V.S.	220	620/420	1100/750
Hastighed i omdr.	1820	1340/1260	1220/1080
Rumtemperatur max.	40°C	40°C	40°C
Temperatur af transporteret luft	40°C	40°C	40°C
Støjniveau (dB)	57	56	69
EAN-nr. Standard	8010300127804	8010300127903	-
EAN-nr. Automatisk/Reversibel	8010300126203*	8010300127606	8010300127705
EAN-nr. Indbygning	8010300127309	8010300127507	8010300127408

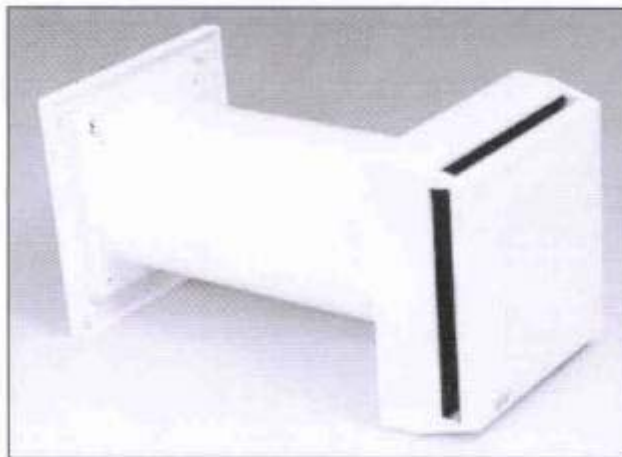
* Denne model leveres ikke reversibel.

Bilag F5:

Ventilation af stueetage

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

AIR VENTILATORS

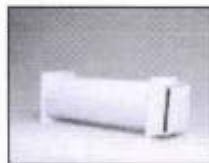


98P

Complete, modern air ventilator for wall mounting. The ventilator comes with built in tube, and louvred vent. The 98P is equipped with a condensation screen, filter and a variable precision damper for exact adjustment of the air flow. The damper is adjusted by a graduated regulator. The regulator can be replaced with a plate to lock the damper in a specific position. The

dispersion of air can be adjusted simply by mounting airplugs in to the outlet. Colour: white (RAL 9010).

Sound insulated ventilator R TL89PLr.



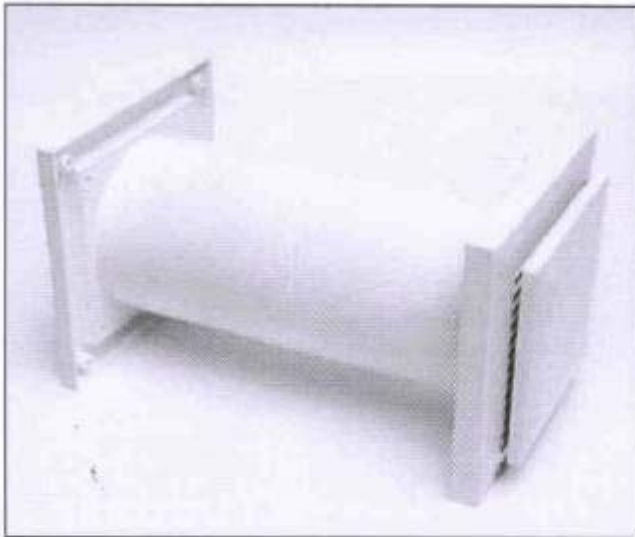
80R

Complete, classic air ventilator for wall mounting. The 80R comes with built in tube, and louvred vent. The ventilator is equipped with a condensation screen, filter and a three-step damper for adjustment of the air flow. If so desired, the air stream can be directed with an air director (accessorie). Allergy filter is also available.

Colour: white (RAL 9010).

Sound insulated ventilator R TL80RLr.

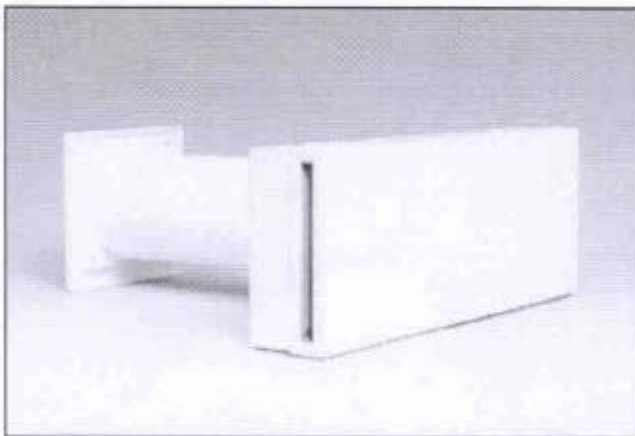




98E

Complete air ventilator for wall mounting comes with built in tube, fly screen and louvred vent. The ventilator is equipped with a condensation screened cover, working as an adjustable air director and a variable damper. The ventilator can be supplied to order with a filter.

Colour: white (RAL 9010).



98C **NEW**

Supplied air ventilator for highly effective filtering of flow-through air. For use to supply air from outside or with mechanically supplied (fan-based) air.

Filter class EU8

Allergy causing elements 0,01m - 0,1m, generally comes from car exhaust, tobacco smoke, pollen,

bacteria and dust mites. This filter catches up to 90% of these particles. This filter catches particles down to 0,02m.

The ventilator is equipped with a precision damper that is adjustable to any locked position. This works well in apartments with fan-based exhaust air as well as natural circulation. The damper is adjusted by a graduated regulator. The regulator can be replaced with a plate to lock the damper in a specific position. The dispersion of air can be adjusted simply by mounting airplugs in to the outlet.

For noisy environments, there is a noise reduction model called the R TL98CLr.

Colour: white (RAL 9010).

R TL-P



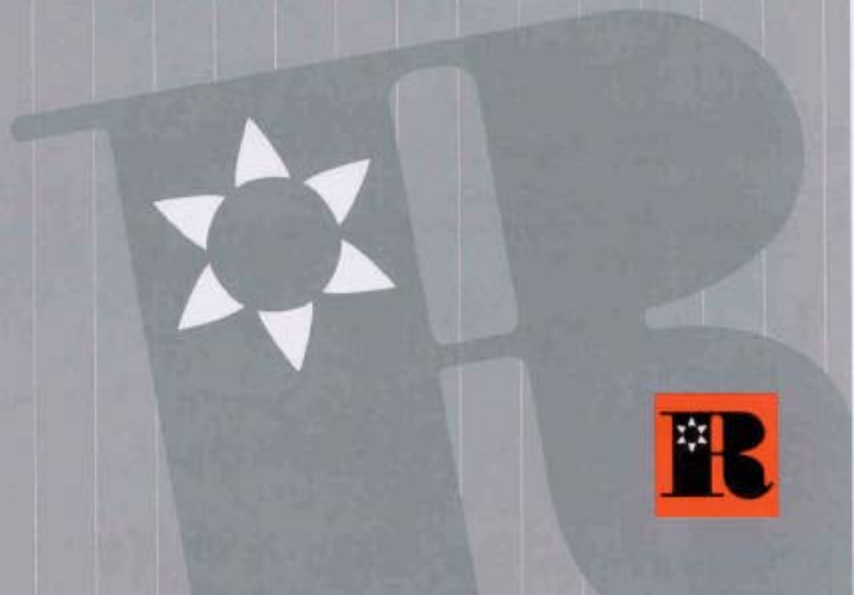
For mounting in an existing ventilation channel.

TECHNICAL DATA

<u>Description</u>	<u>Cap. 10 Pa</u>	<u>Art. No.</u>	<u>Hole diam.</u>	<u>Max. Wall thick.</u>
R TL80R	8,4 l/sec	14353	Ø 88 mm	310 mm*
R TL80RLr	8,4 l/sec	14362	Ø 150 mm	400 mm
R TL98P	8,8 l/sec	14203	Ø 105 mm	350 mm*
R TL98PLr	8,8 l/sec	14212	Ø 150 mm	400 mm
R TL98E	9,8 l/sec	14103	Ø 105 mm	250 mm*
R TL98C	8,0 l/sec	14602	Ø 105 mm	350 mm*
R TL98CLr	8,0 l/sec	14612	Ø 150 mm	400 mm
R TL-P		14293		

*= With thicker walls, use Reton connector pipes, see access.

RIO-Comfort



Produktbeskrivelse

RIO-Comfort er et helt nyt varmekoncept fra Ribe Jernindustri, der ikke blot sikrer en optimal varmeudnyttelse, men også frisk luft i boligen.

RIO-Comfort er lige så enkelt som det er effektivt. Konstruktionen er baseret på, at den kolde udeluft via en friskluftkanal tvinges ned til bunden af radiatoren og herfra videre op igennem konvektionspladerne i radiatoren.

Denne opbygning sikrer en optimal varmeoverførsel fra radiator til den kolde udeluft.

Til RIO-Comfort kan anvendes flere forskellige typer filtre som kan forebygge pollen-allergi.

RIO-Comfort betyder ikke kun en effektiv og behagelig varmeudnyttelse, men også et bedre indeklima med frisk opvarmet udeluft.

Det nye varmekoncept er enkelt at installere både i nybyggeri og i eksisterende boliger. RIO-Comfort delen kan ubesværet påmonteres en stor del af RIO-programmet, ligesom friskluftkanalen gennem ydermuren langt de fleste steder er helt ukompliceret at etablere.

Udvendigt kan friskluftindtaget skjules bag forskellige typer niste, der ikke misklæber huset.

Teknisk dokumentation

Rio Comfort ventiler er afprøvet på Sveriges Provings- og Forskningsinstitut AB.

Lidt om allergi og RIO-Comfort

Mange danskere lider af allergi i større eller mindre grad. En væsentlig årsag hertil er overfølsomhed overfor forurenede luft. Det kan skyldes bilers udstødning, nærliggende industrivirksomheder eller måske naboens brændeovn. Men allergien kan også have mere "naturlige" årsager. Mange blomster, planter og træer udsender pollen i store mængder på visse årstider. Også det kan fremkalde allergiske reaktioner hos mange.

Naturligvis er det muligt at gardere sig mere eller mindre effektivt inde i boligen ved at installere komplicerede og kostbare ventilations-systemer med indbyggede filtre. Resultaterne står ofte ikke mål med anstrengelserne og oveni risikerer man at indeklimaet forringes.

En anden lettere, mere effektiv og langt billigere løsning er at kombinere sit RIO-Comfort anlæg med et særligt klasse EU8 allergenfilter. Filtret placeres mellem væggenemføringen og radiatoren, og er konstrueret så luftgennemstrømningen næsten ikke reduceres og der kun opstår et minimalt tryktab.

Filtrering sker inden luften går ind i radiatoren.

Allergenfiltret består af fibre af polypropylen, polyester og bomuld i en kombination der sikrer en optimal formstabilitet. Filtret er ca. 90 pct. effektivt overfor alle partikler på 0,3 µm og derover - det vil bl.a. sige alle de såkaldte allergener.

Ved normal brug og normalt partikelindhold i luften holder filtret i 1-2 år. Det kan især udskriftes meget enkelt.

RIO-Comfort leveres som standard med et filter af polyesterskum med åbne celler. Standardfiltret skal normalt ikke udskiftes, men kan udtages og rengøres med almindeligt lunkent vand.





RIO-Comfort installation og vedligehold

Funktion:

RIO Comfort kan installeres i alle bygninger med udsugningsventilation eller naturligt aftræk. Udeluften tages ind via væggennemføringen, passerer filtret og ledes videre til radiatorens underkant, hvorfra den stiger op og forvarmes til en behagelig temperatur uden trækgener.

Montage:

Til standard væggennemføring bores minimum \varnothing 105 mm. Til lydæmpet væggennemføring bores minimum \varnothing 150 mm. Endvidere kan leveres rektangulære gennemføringer med murstensmål (se tegning). Væghullet bør have en hældning udad på ca. 1 mm pr. 100 mm.

- Væghullets centrum skal være 140 mm fra radiatorens overkant.
- Det frie mål fra radiatorens overkant til vinduets bundstykke skal være minimum 100 mm. af hensyn til rengøring og udskiftning af filter.
- Radiatorens bærebøjler skal have en afstand mellem sig på mindst 500 mm og en byggedybde på 66 mm. for at comfortdelen kan monteres.

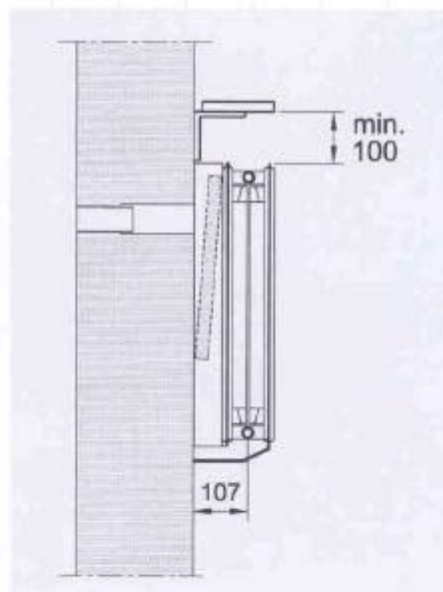
Rengøring og vedligehold:

Gennem renselågen øverst, samt nederste lem kan Comfort-delen, radiatoren og kanaler let rengøres med f. eks. en flex-slange.

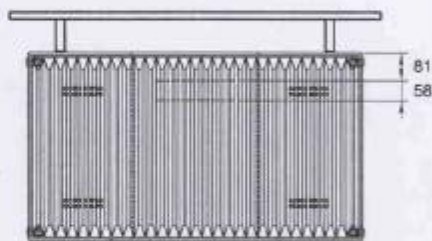
- Standardfilter (sort 10 PPI) vaskes i lunkent vand nogle gange om året.

- Allergenfilter (rosa klasse EU 8) bør udskiftes én gang om året.

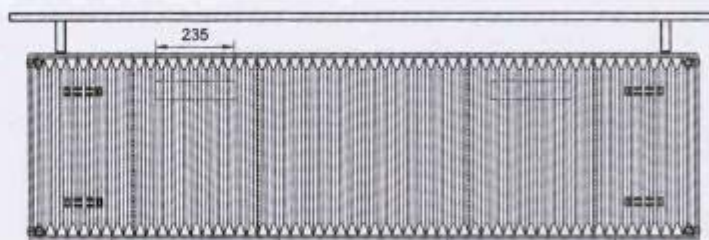
Intervallerne for rengøring og udskiftning af standardfiltre beror på bygningens beliggenhed.



Radiator med 1 friskluftventil



Radiator med 2 friskluftventiler



Friskluftventil

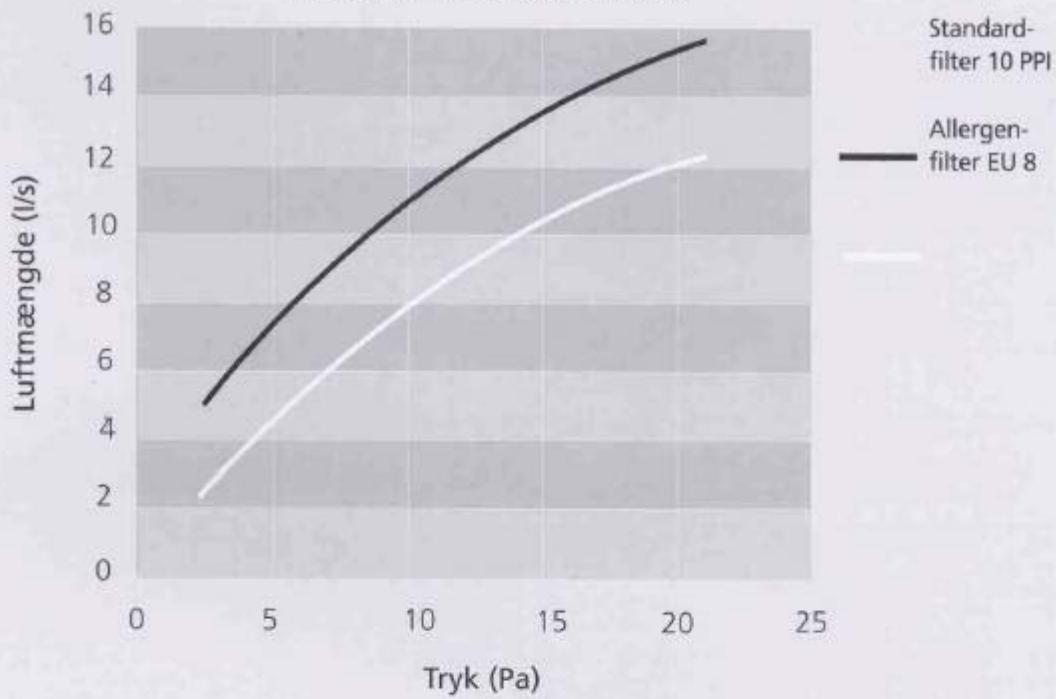
Varenr.	Beskrivelse	
2210 455	RIO Comfort RC-2 455	Friskluftventil for radiator 455 PK II
2210 555	RIO Comfort RC-2 555	Friskluftventil for radiator 555 PK II
2210 655	RIO Comfort RC-2 655	Friskluftventil for radiator 655 PK II

Tilbehør

Vare nr.	Beskrivelse	
2220020	Rekt. teleskopisk lyddæmpet kanal type LV-220, lille	
2220030	Rekt. teleskopisk lyddæmpet kanal type LV-330, stor	
2220075	Tilslutning til rekt. kanal type LV-75	
2220100	Væggennemføring - standard Ø 98/102 50 mm	
2220105	Væggennemføring - lyddæmpet Ø 98/145 400 mm	
2220110 2220150	Facaderiste ABS - 110x150 mm - 150x150 mm	
2220160 2220161 2220162	Facaderiste rund - ABS Ø 120 mm - Aluminium Ø 125 mm - Kobber Ø 125 mm	
2220180 2220205	Dækplade - ABS 180x180 mm - ABS 205x220 mm	
2220300	Luftfilter - standard 10 PPI (290x370x20 mm)	
2220310	Luftfilter - allergen, klasse EU 8 (145x370x22 mm pr. del)	
2002455 2002555 2002655	Click konsol, forstærket - model 455-66 Comfort - model 555-66 Comfort - model 655-66 Comfort	

NB! Vi fremstiller også specielt tilpassede løsninger.

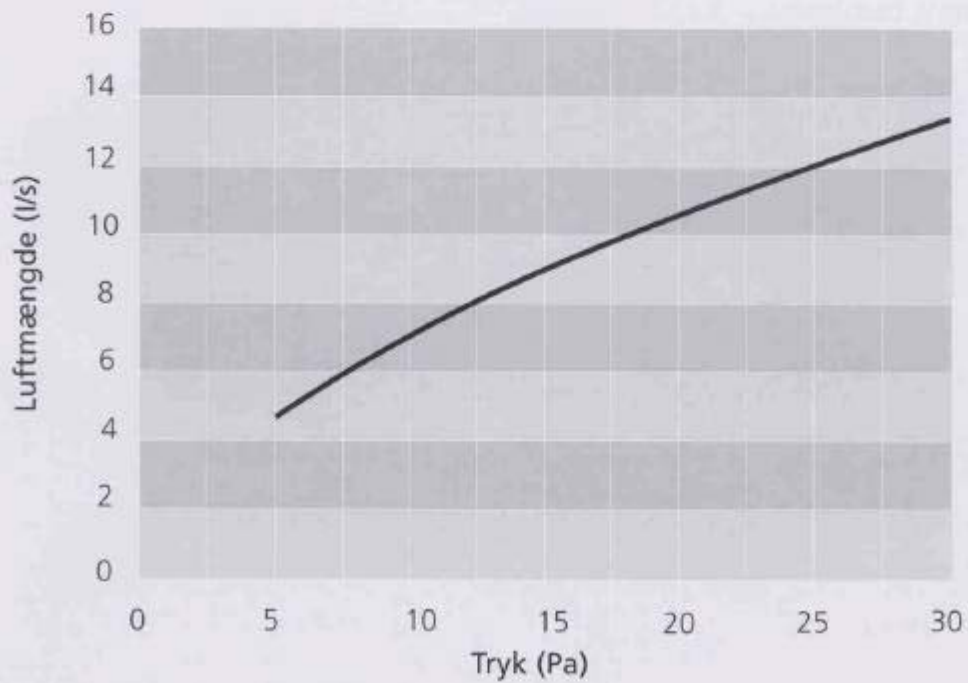
Tryktab med standardfilter 10 PPI eller allergenfilter EU 8 inkl. væggennemføring og facaderiste



Viser tryktabet over ventilen

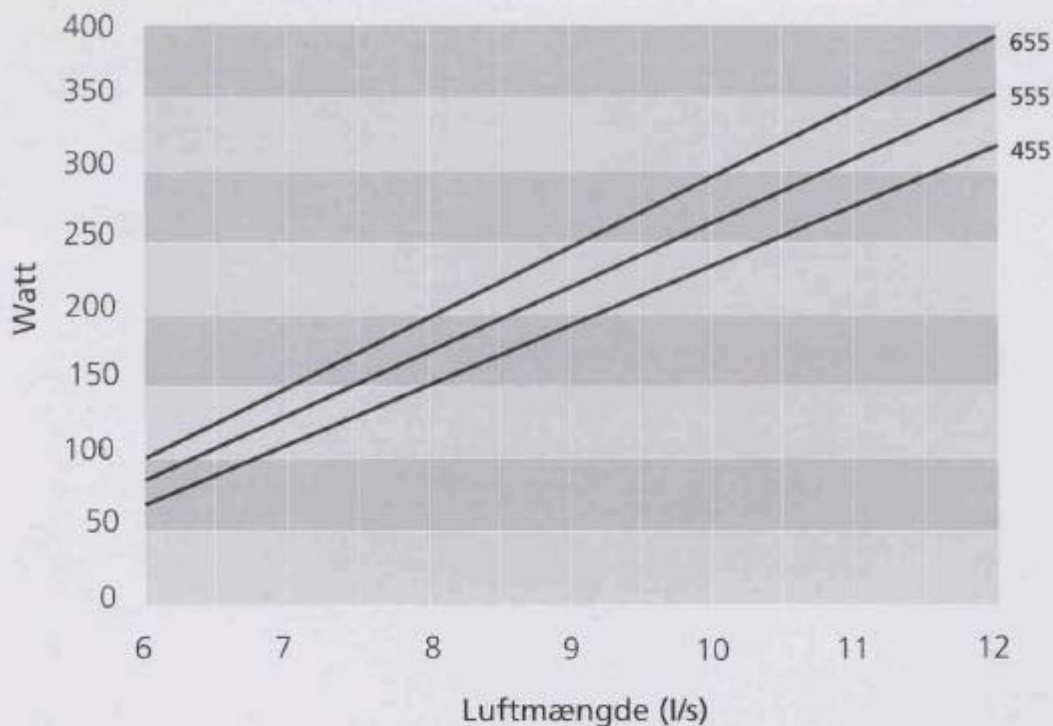
Tryktabdiagram

Ventil-sten med rektangulær kanal med 2 lydabfler inkl. standardfilter



Viser tryktabet over ventilen

Effekttilskud ved 55-45-20 / -15 C



Eks.:

Radiator højde = 655 mm

Luftmængde = 9 l/s

Effekttilskud = 250 Watt (aflæses på Y-aksen)

Ventilen vil give et effekttilskud på 250 watt. Dvs. en radiator med

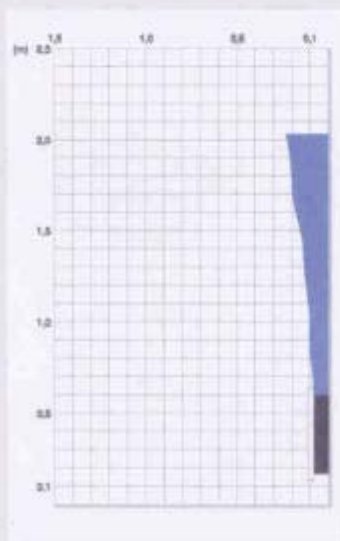
RIO-Comfort ventil vil have en merydelse på 250 watt ved temperatur-sættet

55 - 45 - 20 og en udetemperatur på - 15 C.

Korrigeringskema ved anden udetemperatur end -15 °C.

Udetemp. °C	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	-26	-28	-30
Omregningsfaktor	0,93	0,93	0,99	1,01	1,04	1,07	1,10	1,13	1,15	1,18	1,21

Grænseværdi for træk 0,15 m/s



Radiator set fra siden



Radiator set oppefra

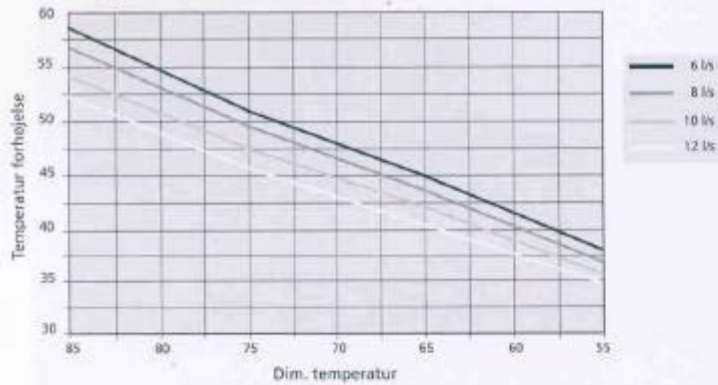
Luftmængde: 11 L/s

Udetemp.: -15 °C

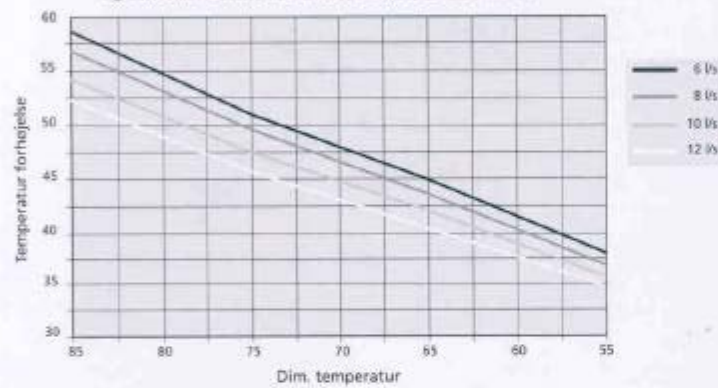
Driftstemp.: t 30 (55/45/20)

I den blå zone er luft-hastighed over 0,15 m/s.

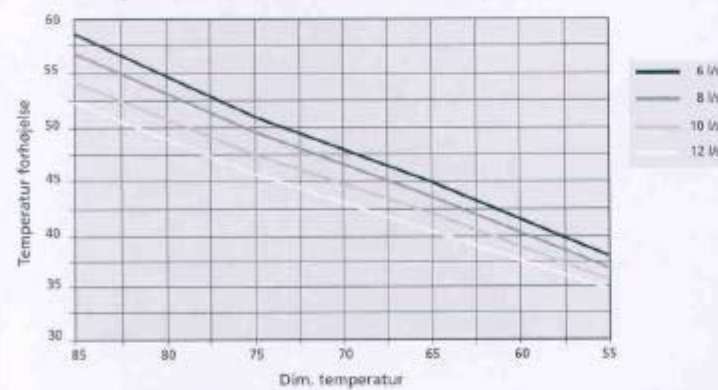
Luftens temperatur-forhøjelse igennem komfortradiatoren, RIO 455 PK II



Luftens temperatur-forhøjelse igennem komfortradiatoren, RIO 555 PK II



Luftens temperatur-forhøjelse igennem komfortradiatoren, RIO 655 PK II



Skemaet viser hvor mange grader C luften forhøjes, igennem RIO-Comfort ventilen, i forhold til den udefra kommende luft.

Eks.

Temperatur-sæt 55 - 45 - 20
Udetemperatur -15 C
Lufthastighed 6 l/s
Radiator 655 - PKII

Dim. temp:

Dim. temp. regnes ud som forskellen imellem middeltemp. over radiatoren og ude temperaturen.

Dim. temp.:
 $(55+45)/2 - (-15) = 65$

Temperatur-forhøjelse: = 45 C
(af læses på Y-aksen)

Dvs. at luftens temperatur forhøjes 45 C igennem ventilen og luftens temperatur over radiatoren vil være 45 - 15 = 30 C.



Aktieselskabet Ribe Jernindustri

6760 Ribe · Tlf 75 42 02 55 · Telefax 76 88 22 86

(Direkte linie til salgsafdelingen tlf. 76 88 22 00)

Bilag F6:

Luftrensning i kælderetage

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F6.1

Luftrensning i kælder- og stueetage.

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Feltafprøvning, Projekt Tidlig indsats
Grønnegade 39, Fåborg



Byhus med delvis kælder



Nedgang til lukket kælder



Trappe til aflukket 1. sal



Luftrensner i ubefæstet kælder



Luftrensner i stue - udblæsningsdyser rettet ud i lokalet



Udblæsningsdyser rettet ud i lokalet

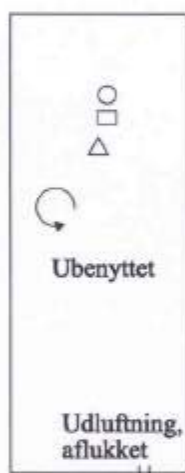
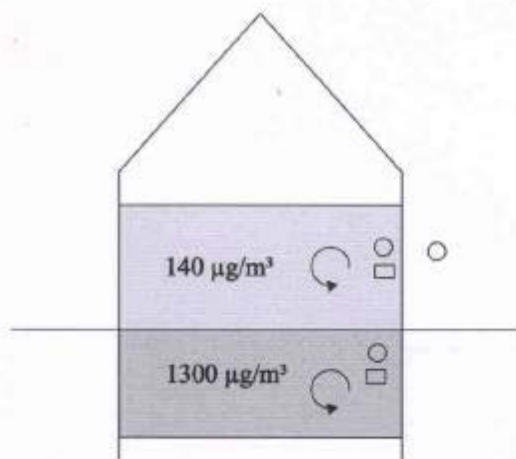


Diskret placering af luftrensner

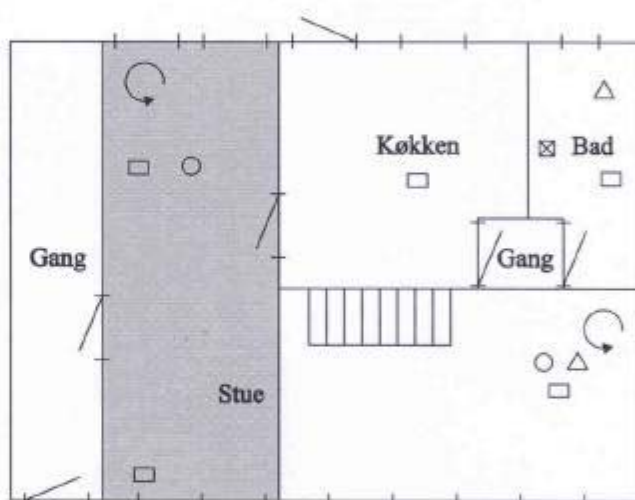


Udblæsningsdyser rettet ud i lokalet

Grønnegade 39 - Luftrensning i stue- og kælderetage



Kælder, 1:100



Stueetage, 1:100

Grønnegade

Signaturer:

- Beboelse
- Vaskerum, depot mv.
- Luftrens
- Passiv opsamling af chlorerede opløsningsmidler
- Tidligere passiv opsamling
- Luftsiftemåling
- Gulvafleb
- Ventilator
- Måleresultat (tænkt)
- Luftindtag m/rist

Reservedelsliste Luftreenser

pr. 1/12-2001.



Model:
TD350/125-ST



Filtre

T8XL	Mellefilter	250,-
T8XL-SP	spændejernssæt for filter	62,-
T8XL-SK	Grebskruer til spændejern (sæt)	35,-
NI21M	Aktivt kulfilter WS480 4,1kg. kul	1.175,-
NI21MRE	Genopladning af aktivt kulfilter	650,-



Rørdele til luftføring (ekstraudstyr.)

9073-0110192080	80mm Flexslange pr meter	137,50
TL80sp	Spændeband til Flexslange	14,-
353955080	80 mm indløbsstuds	35,-
TL8090G	80mm 90grader bøjning t. slange	78,-



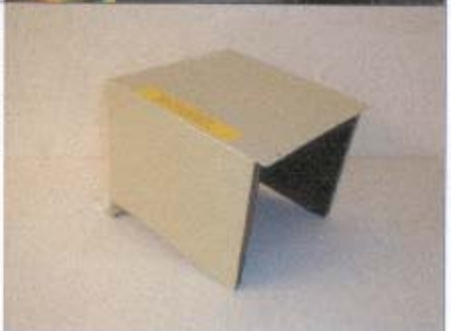
Eldele

TD 350/125	Thermex ventilator	1.130,-
5703472033501	Box for regulator og ur	289,-
4024092012174	Forskruning box	9,-
4024092012167	Forskruning box	9,-
5702950503246	3 ledet ledning pr. meter	8,-
5703302066334	Stikprop for 3 ledet ledning	38,-
5702950527402	1 ledet jordledning pr. meter	3,-
5703471101010	Regulator	480,-
5703302004176	Ramme for do.	15,-
854-346	Timetæller	165,-



Diverse dele

1109-4303008	Vibrationsdæmper med møtrik pr. stk	26,-
2250002502	Dupsko til bensæt pr. stk	1,-
TD 350/125-SK	Lyddæmpningsskærm til blæser	325,-
FLK	Komplet luftdyse med krave og popnitter	42,-



Vejl. udsalgspriser er excl. moms og levering.

Producent: Østergaard Filter Aps, Barmosevej 27, DK 4760 Vordingborg.
TLF: 55 34 68 15. FAX: 55 34 69 15. E-mail: Post@luftrens.dk

Notat



Rådgivende ingeniører
og planlæggere A/S

NIRAS
Aboulevarden 80
Postboks 615
DK-8100 Århus C

Telefon 8732 3232
Fax 8732 3200
E-mail niras@niras.dk

CVR-nr. 37295728
Tilsluttet F.R.I

Fyns Amt

LUFTRENSERE

Måling af støjemission fra luftrensere

27. februar 2002

1. Indledning

I forbindelse med udviklingen af luftrensere, har NIRAS foretaget bestemmelse af lydeffekten ved forskellige belastninger. Der er endvidere udført beregning af støjniveau fra luftrensere under givne forudsætninger.

Der er foretaget målinger og beregninger på to modeller, en model til opstilling i beboelseslokaler (LR1) og en model til opstilling i ikke-beboelseslokaler (LR2). Formålet med opgaven, er at fremskaffe oplysninger om støjforholdene fra luftrensere, som en del af det samlede dokumentationsmateriale.

2. De udførte målinger

Luftrensere blev opstillet på gulvet i et mødelokale, og støjniveauet i rummet blev bestemt over en periode på 2 minutter.

Med LR1 blev der udført målinger ved lufthastighederne 34, 60 og 88 m³/t. Med LR2 blev der udført målinger ved lufthastighederne 63, 78, 114, 145, 158 og 162 m³/t. Begge modeller er 2. generation, hvilket vil sige med lydæmpende skumforing i kassen.

Der blev ligeledes målt baggrundsstøj i lokalet, således resultaterne kunne korrigeres for indflydelse heraf.

Målerummets (mødelokalets) akustiske egenskaber blev bestemt ved måling af efterklangstiden.

Ud fra rummets fysiske mål, efterklangstid og baggrundsstøjkorrigerede lydtryk blev luftrenserens lydeffekt bestemt.

2.1 Måleresultater

De målte lydeffekter for LR1 og LR2 ved forskellige belastninger fremgår af tabel 2.1.

Frekvens	125	250	500	1000	2000	4000	A
Målinger udført 6. november 2001 Lyddæmpet udgave af LR1							
34 m ³ /t	18,5	27,2	43,9	26,9	13,8	11,3	44,1
60 m ³ /t	27,6	34,0	43,4	31,4	14,8	11,3	44,2
88 m ³ /t	30,8	37,6	47,8	36,0	18,8	4,5	48,5
Målinger udført 21. februar 2002 Lyddæmpet udgave af LR2							
63 m ³ /t	32,8	39,7	39,5	35,8	30,7	22,7	44,0
78 m ³ /t	35,5	42,3	42,2	39,3	34,1	27,8	46,9
114 m ³ /t	37,0	45,4	44,7	42,2	37,6	32,1	49,7
145 m ³ /t	39,4	48,6	47,0	44,6	40,5	35,8	52,4
158 m ³ /t	40,8	50,1	48,9	46,7	42,9	38,8	54,2
162 m ³ /t	40,7	50,6	49,3	46,8	43,1	38,7	54,6

Tabel 2.1: Målte lydeffekter for LR1 og LR2. De angivne lydeffekter er i dB re. 1 pW.

2.2 Anvendt måleudstyr

Udstyr til måling af lydeffekter fremgår af tabel 2.2. Måleudstyret er under løbende kontrol i henhold til retningslinierne fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger.

Nr.	Benævnelse	Fabrikat	Type	Kalibrering	
				Seneste	Næste
ANL 53	Frekvensanalysator	Brüel & Kjær	2144	10.2001	10.2003
ANL 16	½" mikrofon	Brüel & Kjær	4155	04.2001	04.2003
ANL 10	Kalibrator	Brüel & Kjær	4230	09.2001	09.2002

Tabel 2.2: Udstyr til måling af lydeffekter.

3. Beregninger

Lydeffektniveauerne, som fremgår af tabel 2.1, kan anvendes til at bestemme lydtrykniveauet under nogle fastlagte forudsætninger. I forbindelse med nærværende projekt er det valgt at beregne lydtrykket i tre situationer:

1. Ved placering af én luftrenser i en stue på 30 m² med normalt anvendt møblement. Rummets loftshøjde er fastsat til 2,40 m.
2. I 1 m afstand fra anlægget (frit felt over reflekterende plan).
3. I 3 m afstand fra anlægget (frit felt over reflekterende plan).

De to sidstnævnte beregnes, da det er normalt at angive ventilationskomponenters støjudsendelse enten ved lydeffektniveauet eller ved angivelse af lydtrykniveauet i en given (kort) afstand.

Resultaterne af de beregnede lydtrykniveauer for de tre situationer fremgår af tabellerne 3.1 – 3.3.

Frekvens	125	250	500	1000	2000	4000	A
Lyddæmpet udgave af LR1							
34 m ³ /t	12,1	19,7	36,4	19,4	4,7	2,3	36,6
60 m ³ /t	21,3	26,5	35,9	23,9	5,7	2,3	36,7
88 m ³ /t	24,5	30,1	40,3	28,5	9,8	-4,6	41,0
Lyddæmpet udgave af LR2							
63 m ³ /t	26,5	32,2	32,0	28,3	21,7	13,7	36,6
78 m ³ /t	29,1	34,8	34,7	31,8	25,1	18,8	39,4
114 m ³ /t	30,6	37,9	37,2	34,7	28,6	23,1	42,2
145 m ³ /t	33,0	41,1	39,5	37,1	31,5	26,7	44,9
158 m ³ /t	34,4	42,6	41,4	39,2	33,9	29,8	46,7
162 m ³ /t	34,3	43,1	41,8	39,3	34,1	29,7	47,0

Tabel 3.1: Beregnede lydtrykniveauer ved placering af luftrenser i en 30 m² stue, normal møbleret. De angivne lydtryk er i dB re. 20 µPa.

Frekvens	125	250	500	1000	2000	4000	A
Lyddæmpet udgave af LR1							
34 m ³ /t	7,5	16,2	32,9	15,9	2,8	0,3	33,1
60 m ³ /t	16,6	23,0	32,4	20,4	3,8	0,3	33,2
88 m ³ /t	19,8	26,6	36,8	25,0	7,8	-6,5	37,5
Lyddæmpet udgave af LR2							
63 m ³ /t	21,8	28,7	28,5	24,8	19,7	11,7	33,0
78 m ³ /t	24,5	31,3	31,2	28,3	23,1	16,8	35,9
114 m ³ /t	26,0	34,4	33,7	31,2	26,6	21,1	38,7
145 m ³ /t	28,4	37,6	36,0	33,6	29,5	24,8	41,4
158 m ³ /t	29,8	39,1	37,9	35,7	31,9	27,8	43,2
162 m ³ /t	29,7	39,6	38,3	35,8	32,1	27,7	43,6

Tabel 3.2: Beregnede lydtrykniveauer i 1 m afstand (frit felt over reflekterende plan). De angivne lydtryk er i dB re. 20 µPa.

Frekvens	125	250	500	1000	2000	4000	A
Lyddæmpet udgave af LR1							
34 m ³ /t	0,5	9,2	25,9	8,9	-4,2	-6,7	26,1
60 m ³ /t	9,6	16,0	25,4	13,4	-3,2	-6,7	26,2
88 m ³ /t	12,8	19,6	29,8	18,0	0,8	-13,5	30,5
Lyddæmpet udgave af LR2							
63 m ³ /t	14,8	21,7	21,5	17,8	12,7	4,7	26,0
78 m ³ /t	17,5	24,3	24,2	21,3	16,1	9,8	28,9
114 m ³ /t	19,0	27,4	26,7	24,2	19,6	14,1	31,7
145 m ³ /t	21,4	30,6	29,0	26,6	22,5	17,8	34,4
158 m ³ /t	22,8	32,1	30,9	28,7	24,9	20,8	36,2
162 m ³ /t	22,7	32,6	31,3	28,8	25,1	20,7	36,6

Tabel 3.3: Beregnede lydtrykniveauer i 3 m afstand (frit felt over reflekterende plan). De angivne lydtryk er i dB re. 20 µPa.

4. Vurdering af resultater

For luftrensere, LR1, vil støjniveauet i opholdrum (jf. tabel 3.1) ligge i intervallet 37 – 41 dB(A) afhængig af belastning af luftrenseren. For luftrensere, LR2, vil støjniveauet i opholdrum (jf. tabel 3.1) ligge i intervallet 37 – 47 dB(A) afhængig af belastning af luftrenseren. Støjniveau af denne størrelsesorden vurderes at være over det acceptable støjniveau i primære opholdsrum som opholdsstuer og soveværelser. I andre rumtyper vil denne støjbelastning sandsynligvis ikke virke generende, og med lukkede døre vil støjtransmissionen til omkringliggende rum være absolut minimal.

Med hensyn til acceptable støjniveauer kan der henvises til bygningsreglement 1995, hvor det i afsnit 9.2.4, stk. 1 er anført, at tekniske installationer ikke må give et støjniveau i beboelsesrum og køkkener på mere end 30 dB. Det vurderes, at det ved midlertidige installationer kan accepteres, at denne grænse overskrides. Denne overskridelse bør vurderes i de enkelte tilfælde, idet der tages højde for lokalernes anvendelse, behovet for luftrensning og risikoen for at beboerne fristes til at slukke for luftrenseren.

Afslutningsvis skal det bemærkes, at opstillingen af to luftrensere i samme rum (samme model og belastning) vil give anledning til en forøgelse af støjbelastningen på 3 dB. Tilsvarende vil opstilling af tre luftrensere i samme rum (samme model og belastning) give anledning til en forøgelse af støjbelastningen på 5 dB.

Bilag F6.2

Luftrensning i kælderetage.

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Feltafprøvning, Projekt Tidlig indsats
Lykkeshåbs Allé 4, Odense



Patriciavilla med fuld kælder



Luftrensner i befæstet kælder



Luftrensner i befæstet kælder



Udblæsningsdyser rettet ud i lokalet

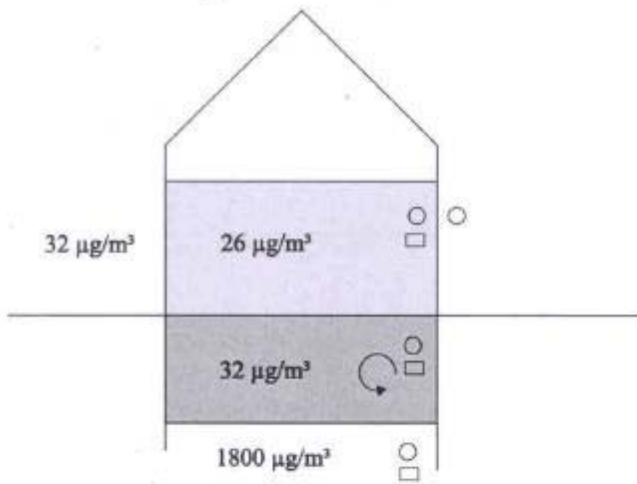


Trappenedgang til kælder

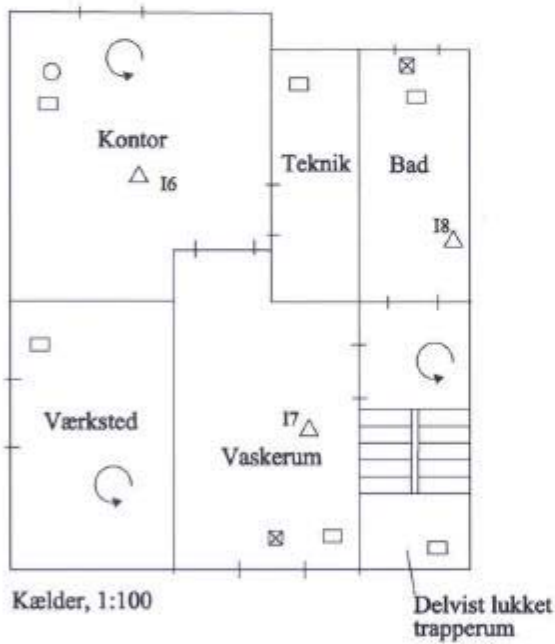


Luftrensner i befæstet kælder

Lykkehåbs Allé 4 - Luftrensning i kælderetage



Lykkehåbs Allé



Signaturer:

- Beboelse
- Vaskerum, depot mv.
- Luftrens
- Passiv opsamling af chlorerede opløsningsmidler
- Tidligere passiv opsamling
- Luftskiftemåling
- Gulvaføb
- Ventilator
- Måleresultat (tænkt)
- Luftindtag m/rist

Bilag F7:

Luftrensning i stueetage

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F7.1

Luftrensning i stueetage.

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Feltafprøvning, Projekt Tidlig indsats
Lykkeshåbs Allé 4, Odense



Patriciavilla med fuld kælder



Udestue/tilbygning aflukket under feltafprøvningen



Luftrensere opstillet i stue



Diskret placering af luftrensere

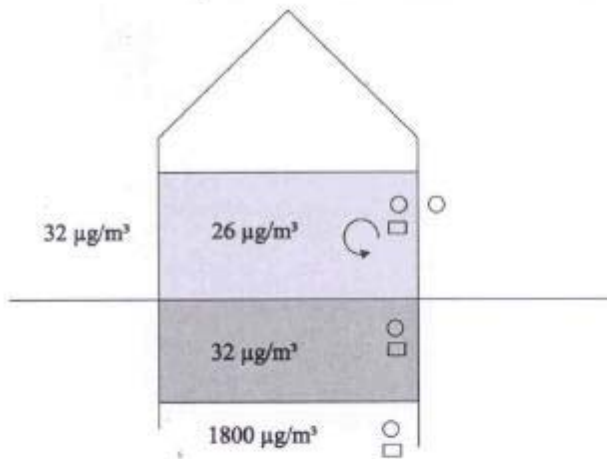


Opbygning af luftrensere (ventilatorenhed tv. og kulfilter th.)

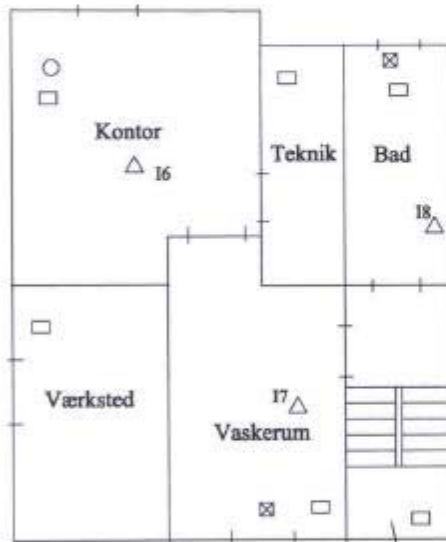


Indsugningstragt på luftrensere

Lykkehåbs Allé 4 - Luftrensning i stueetage



Lykkehåbs Allé



Kælder, 1:100

Delvist lukket trapperum



Stueetage, 1:100

Signaturer:

- Beboelse
- Vaskerum, depot mv.
- Luftrens
- Passiv opsamling af chlorerede opløsningsmidler
- Tidligere passiv opsamling
- Luftsiftemåling
- Gulvafløb
- Ventilator
- Måleresultat (tænkt)
- Luftindtag m/rist

Logbog – drift af luftrensere

Luftrensernr. _____

	Driftsperiode	Driftsperiode
	<i>dd.mm.år – dd.mm.år</i>	
Sagsnavn		
Formål		
Forureningstype, niveau		
Driftstimer/døgn		
Tilsyn		
Timetæller – start		
Timetæller - stop		
Driftstimer i alt		
Tidspunkt for opfyldning af kul		
Antal kg kul		
Kultype		
Sorbtiøsevne		
Forventet restkapacitet		
Leverandør (firma, telefonnr.)		
Lagerbeholdning af kul (kg)		
mv.		

Bilag F8: Ventilation af krybekælder

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F8.1

Ventilation af krybekælder (aktiv)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsafværg, Projekt Tidlig indsats
Margårdsvej 26, Nørre Aaby



Udvendig overjordisk rørføring (stålrør).



Lyddæmpet boks med ventilator (udvendig på bygningen).



Bygningen i to plan. Afkast er ført op over tag.

1

IRE250D, 315B, 400F



Beskrivelse

IRE250, 315 og 400 er isolerede kanalventilatorer, forsynet med enkeltsgående radialventilatorer, der er lette at rengøre. Motorerne er vedligeholdelsesfrie og kan omdrejningsreguleres fra 0-100%. Indbygget termosikring er standard. Ventilatorerne er fremstillet af galvaniseret stålplade og indvendigt lyd- og brandsoleret med 50 mm mineraluldsmåtter med vaskbar overflade. De angivne omgivelsestemperaturer relaterer til det laveste tryk på den fuldt optrukne kurve. Gummitætningerne, Lindab Safe, overholder tæthedsklasse C. Ventilatorerne er kapslet i klasse IP 44.

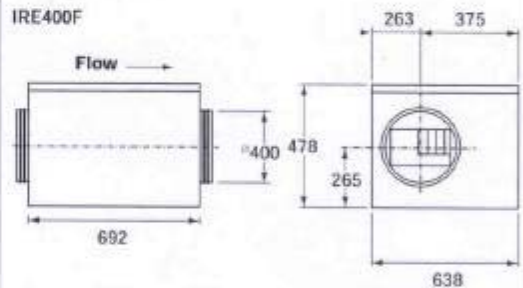
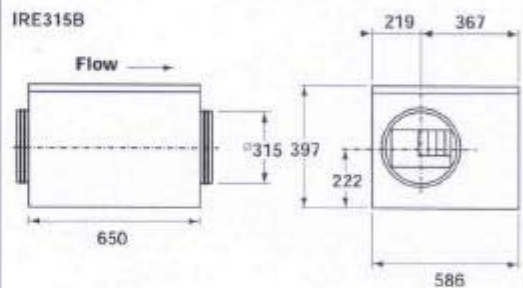
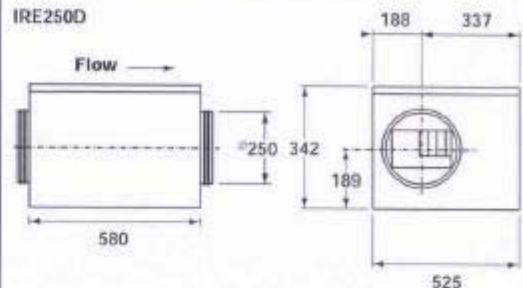
Regulering:	Trinløs	Flertrins
IRE250D:	CORU35	VRT25
IRE315B:	CORU35	VRTE50
IRE400F:	CORU50	VRTE50

Bestilling

Produktbetegnelse: IRE400F

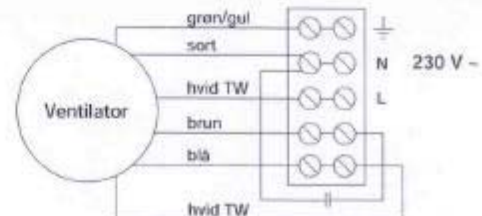
Type

Dimensioner



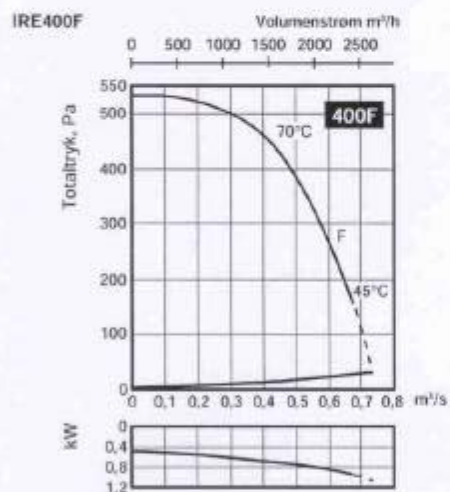
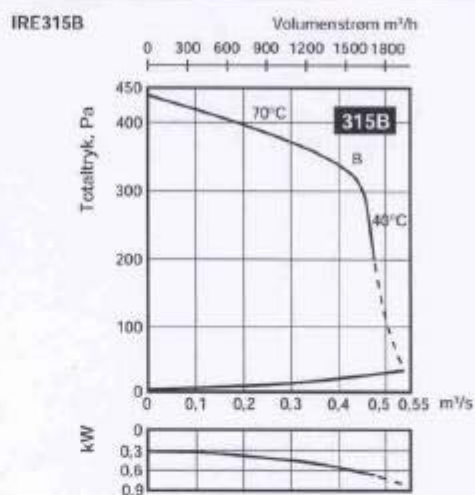
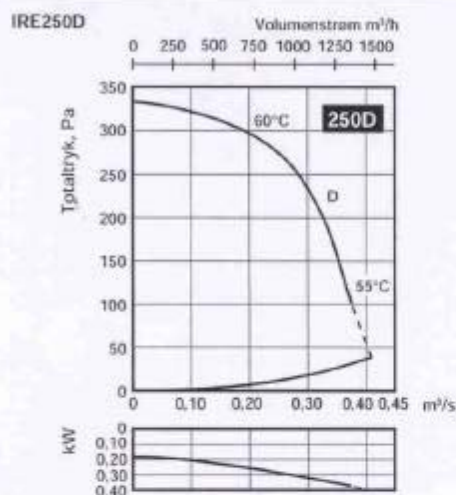
Tekniske data

Type		IRE 250 D	IRE 315 B	IRE 400 F
Spænding	V	230V	230V	230V
Mærkestrøm	A	1,72	2,76	4,00
Mærkeeffekt	W	378	620	860
Omdrejningstal	o/m	1420	1400	1400
Vægt	kg	32	40	55



Ret til ændringer forbeholdes.

Tekniske data



Max. tilladelig temperatur af den transporterede luft fremgår af diagrammet.

Lyddata

Type	Målepunkt	Volumenstrøm Totaltryk Pa	L _A dB (A)	L _{vA} tot	L _w (dB)							
					63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
IRE250D	Indløbskanal		49	53	61	62	58	50	40	34	33	30
	Udløbskanal	1.080 m ³ /h	66	70	57	66	64	64	65	63	60	54
	Omgivelser	160 Pa	33	37	45	45	40	34	30	26	18	19
IRE315B	Indløbskanal		52	56	56	62	58	52	50	43	43	39
	Udløbskanal	1.512 m ³ /h	68	72	59	66	65	67	68	64	63	60
	Omgivelser	325 Pa	38	42	52	52	48	35	31	27	20	21
IRE400F	Indløbskanal		58	62	66	66	64	61	51	49	40	38
	Udløbskanal	1.800 m ³ /h	72	76	63	71	71	72	72	69	66	61
	Omgivelser	390 Pa	42	46	50	53	49	42	39	35	34	23

L_m(A): Total A-vægtet lydeffektniveau i dB(A), ref. 10⁻¹² W
L_w: Lydeffektniveau i oktavniveau i dB, ref. 10⁻¹² W
L_p(A): A-vægtet lydtrykniveau, ref. 10 m² Sabine

Ret til ændringer forbeholdes.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

CORU35



CORU50



Beskrivelse

Omdrejningsregulator CORU35 er beregnet til trinløs regulering af ventilatorer og luftbehandlingsaggregater til max. 3,5 amp. Findes i 2 varianter med lysdiode for spænding, hvid (CORU35H) eller grå (CORU35).

Mål: H-B-D 102 x 75 x 65 mm.

Bestilling

Produktbetegnelse: **CORU35**

Type _____

Beskrivelse

Omdrejningsregulator CORU50 er beregnet til trinløs regulering af ventilatorer og luftbehandlingsaggregater til max. 5,0 amp. Betjeningspanel findes i 2 varianter med lysdiode for spænding, hvid (CORU50H) eller grå (CORU50).

Boks:
Mål: H-B-D 170 x 105 x 82 mm.

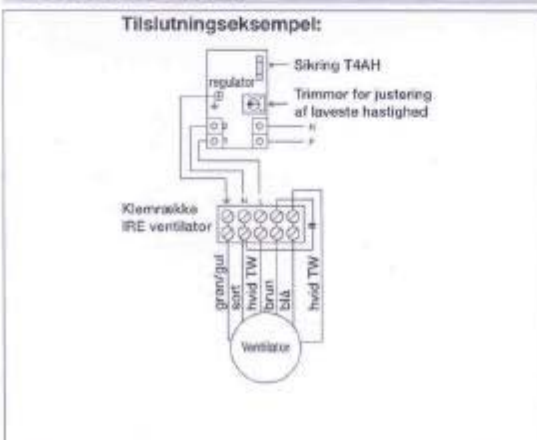
Eksternt betjeningspanel:
Mål: H-B-D 79 x 52 x 56 mm.

Bestilling

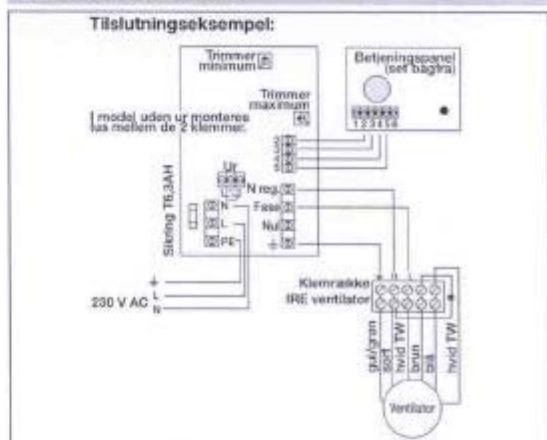
Produktbetegnelse: **CORU50**

Type _____

Tekniske data



Tekniske data



Ret til ændringer forbeholdes.

Bilag F8.2

Ventilation af krybekælder (aktiv)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsaftværg, Projekt Tidlig indsats
Nørregade 88, Vejen



Bygning i to plan med krybekælder



Afkast fra ventilator

Bilag F9:

Ventilation af krybekælder (passiv)

For detailmateriale henvises til datablad DB11.1 (passiv ventilation af kapillarbrydende lag med vindhætte)

Bilag F10:

Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F10.1, side 1

Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsaftværg, Projekt Tidlig indsats
Ridepladsen 3, Nordborg



Afkastrør fra ventilationsdræn samt luftindtag



Ventilationstest efter endt installation



Monteringsstuds, galvaniseret stål



Afkastrør og vindhætte

Bilag F10.1, side 2

Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsaftværg, Projekt Tidlig indsats
Ridepladsen 3, Nordborg



Frigravning – underjordisk rørføring



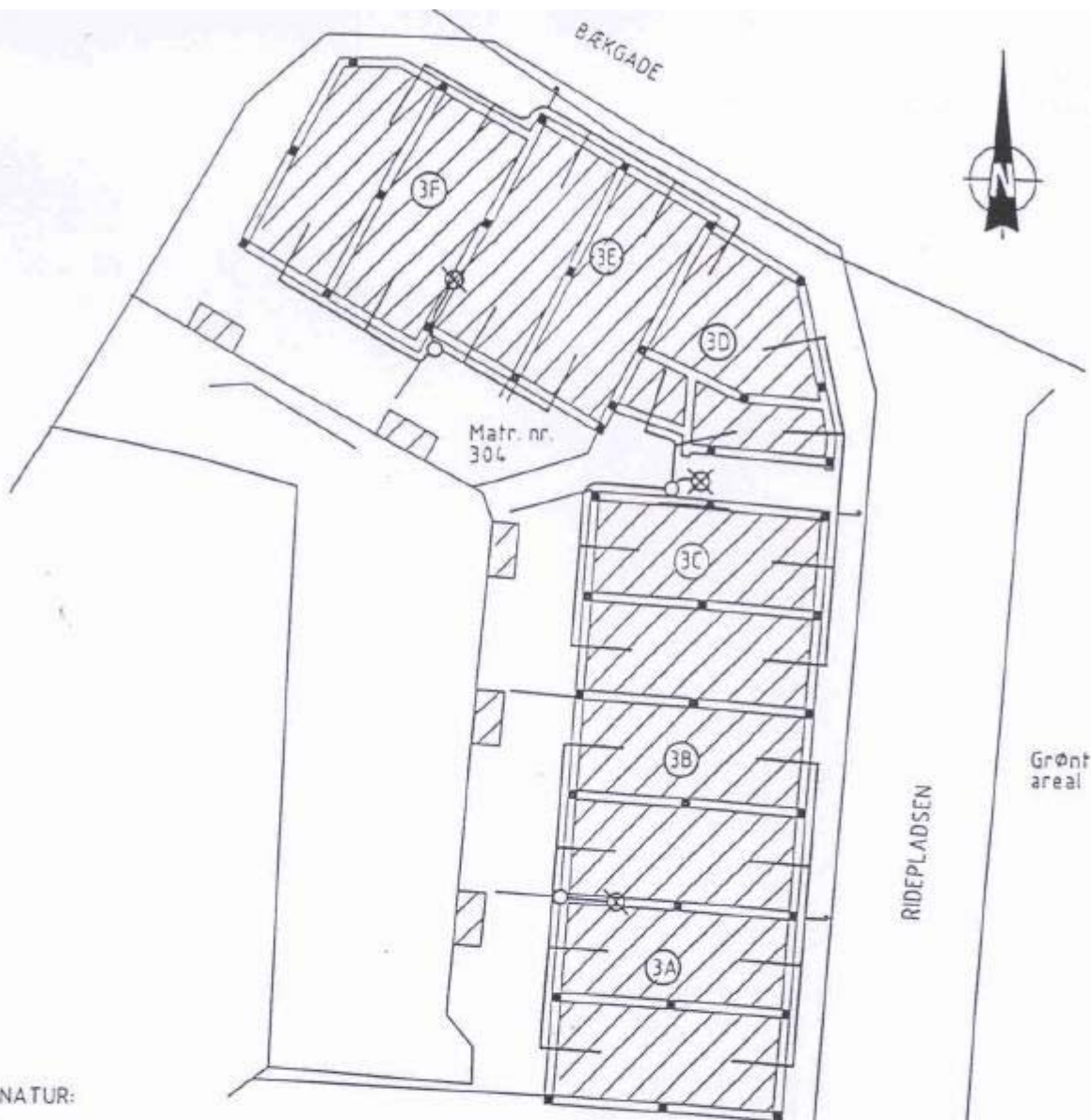
Frigravning af fundament (installation af dræn)



Underjordisk rørføring



Maskinel indboring af dræn



SIGNATUR:

- ⊗ Afkasthætte ført gennem tagudhæng
- Tilkobling af overjordiske udluftningsrør
- 1 Luftindtag
- └─ Ventilationsrør ført 2 m ind under bygning, koblet på rørsystem med afkast over tag
- ⊥ Pælefundering

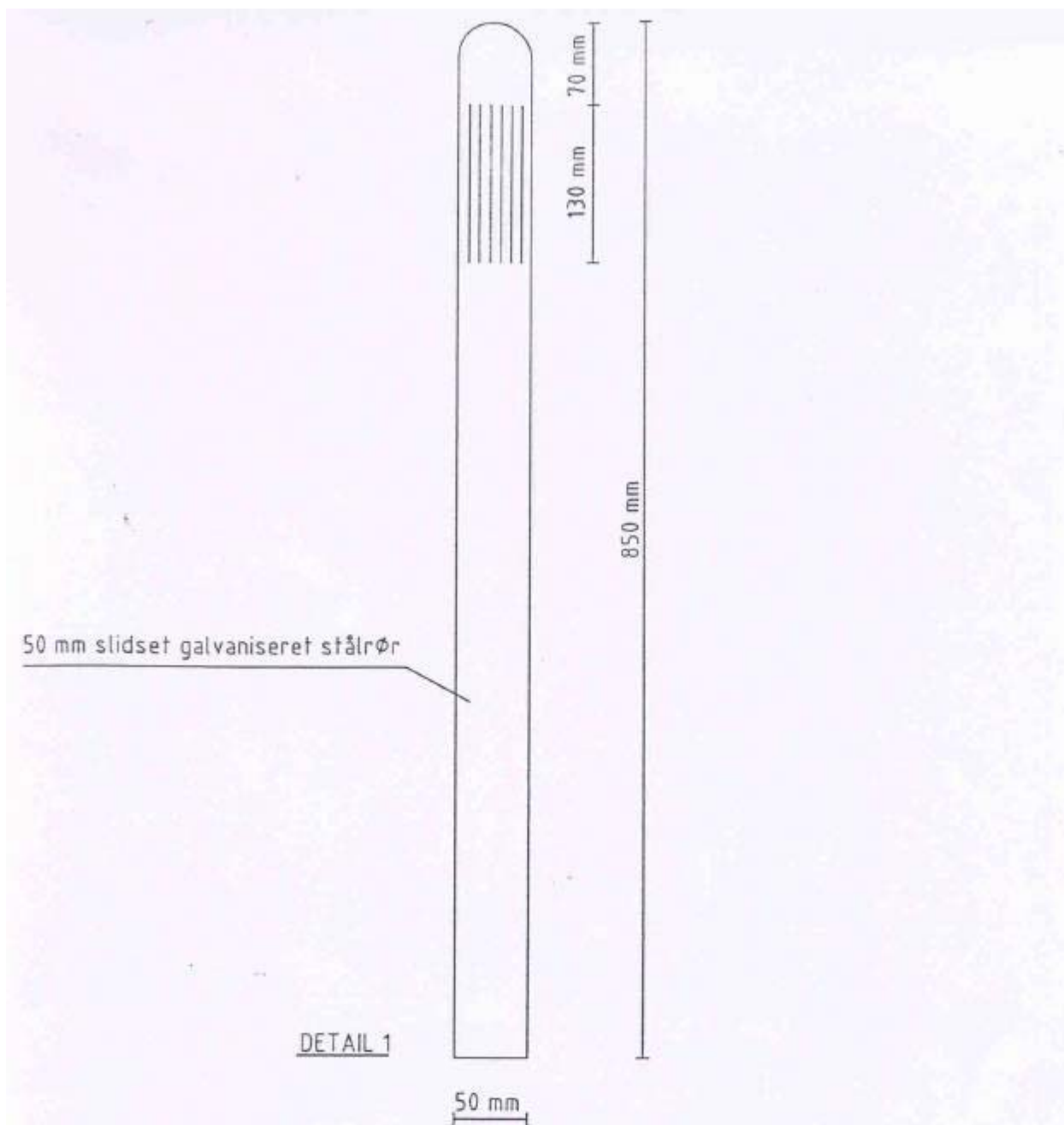
A	1. UDGAVE	12.03.99 MMN/Ann
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato Udført Kontrol Godkendt
Sag	Ridepladsen 3, Nordborg	Sag nr. 98.237.01
Emne	SITUATIONSPLAN – VENTILATION	Tegn nr., Udgave 2 A
Cod-File G:\SAG\98\237.01\teg\T02-1203		Målestok 1:250

NIRAS

Rødgivende Ingeniører

NIRAS
Digtelvejen 11
9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
E-mail niras@niras.dk



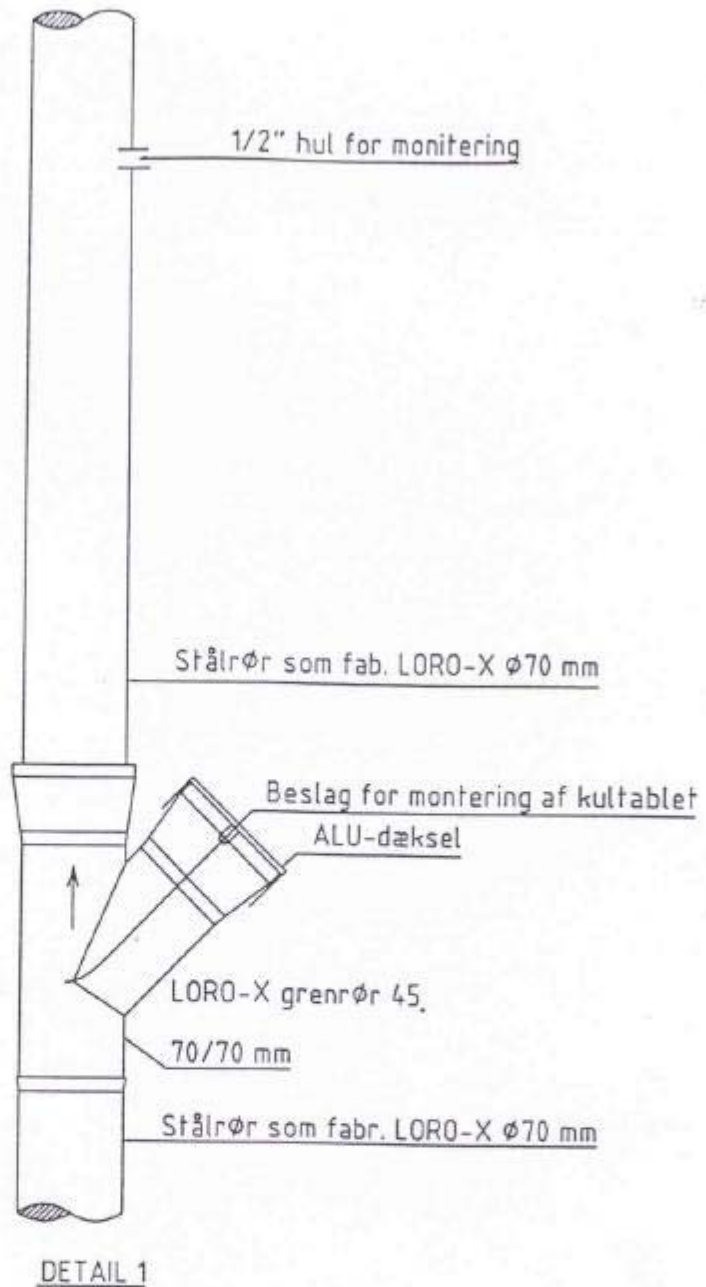
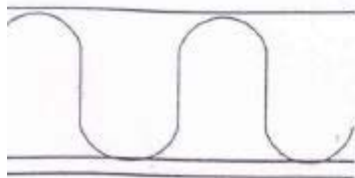
C	3. UDGAVE	12.09.00	MMN/Ann		
B	2. UDGAVE	10.02.00	MMN/Ann		
A	1. UDGAVE	12.03.99	MMN/Ann		
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt
Sag	Ridepladsen 3, Nordborg	Sag nr.	98.237.01		
Emne	PRINCIPSKITSE – LUFTINDTAG	Tegn nr., Udgave	4 C		
Cad-File	G:\SAG\98\237.01\teg\T-04.dwg	Målestok	ca. 1:10 /1:5		

NIRAS

Rådgivende ingeniører
og planlæggere A/S
Tilsluttet F.R.I.

NIRAS
Vestre Havnepromenade 9
9000 Århus

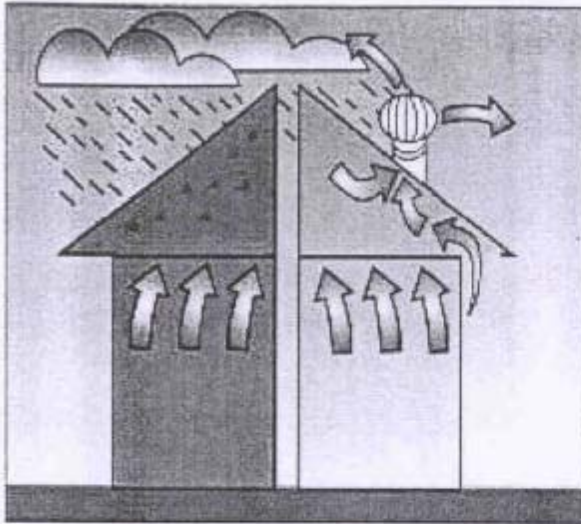
Telefon 9630 6400
Telefax 9630 6474
E-mail info@niras.dk



B	2. UDGAVE	10.02.00	MMN/Ann		
A	1. UDGAVE	12.03.99	MMN/Ann		
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt
Sag	Ridepladsen 3, Nordborg	Sag nr.	98.237.00		

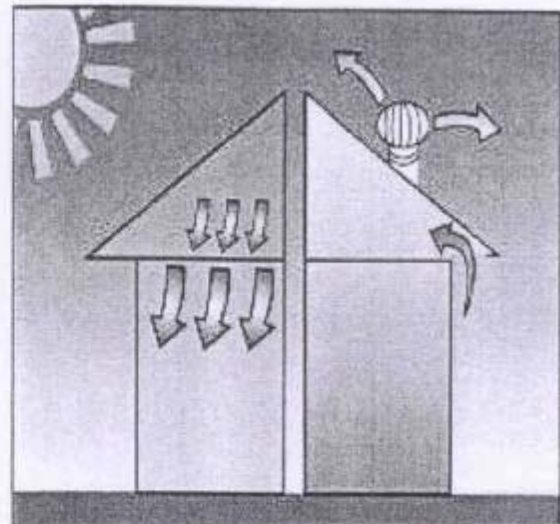
Emne	PRINCIPSKITSE – UDLUFTNING	Tegn nr., Udgave	3 B
Cad-File	G:\SAG\98\237.01\teg\T-03.dwg	Målestok	ca. 1:10 /1:5

Turbine Ventilation for Homes, Soils, Wells, Sewers, Etc.



Winter

Without ventilation, moisture air rises and condenses in roof spaces. Dampness is trapped



Summer

Without ventilation, heat from the roof space radiates into the home and can also limit the performance of insulation

Heat and moisture in roof spaces can affect personal comfort levels in the home and the condition of roof timbers.

Heat

During summer months temperatures in roof spaces can reach as high as 60°C. This heat radiates downwards causing discomfort in living areas and forcing air conditioners to work harder. Even the effectiveness of ceiling insulation can be reduced by the additional heat load.

Moisture

During the colder months, water vapour from showers and cooking is drawn into roof spaces and can condense to form up to 12 litres of moisture per day. This can render insulation ineffective, cause mildew on walls and ceilings and contribute to a damp environment.

Problems associated with heat and moisture in the roof can be avoided by the installation of adequate ventilation systems. We supply a range of quality turbine ventilators for homes including:

Other Applications

Our vents have been used in a variety of applications, including eco-toilets, portable toilets, public toilets, sewers, solid waste dumps, fume cupboards and sub-floor. Anywhere the environment is contaminated by pollutants and chemicals.

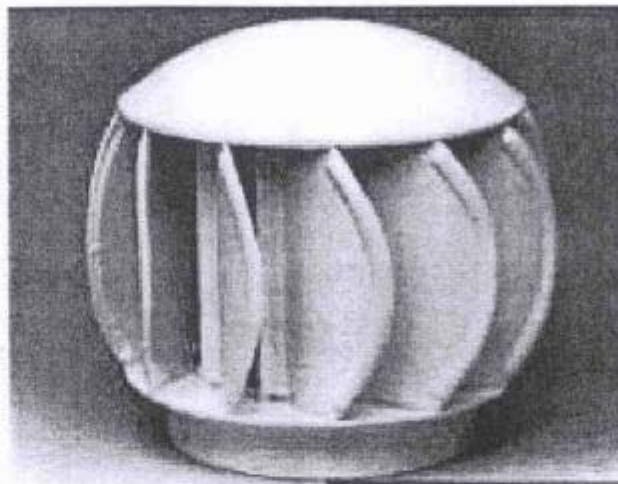
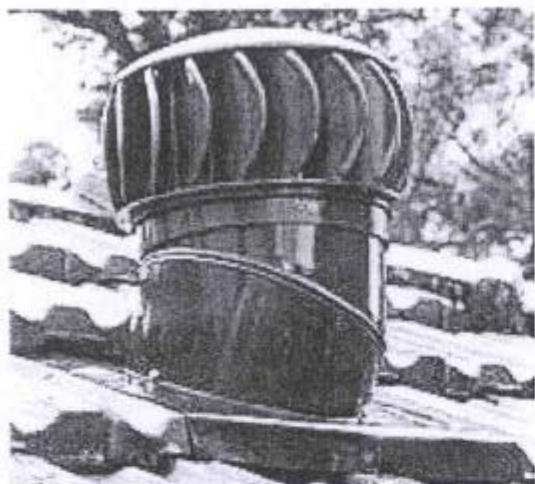
Skjernaavej 14 · Lønborg · DK-6880 Tarm · Tlf. + 45 97 37 42 92 · Fax + 45 97 37 47 48 · e-mail: mail@rotek.dk · <http://www.rotek.dk>

A/S reg. nr.: 190407 · Vat. no/SE-nr.: 14093699 · Reg.nr. 3231 · Kto.nr. 3483004575 · S.W.I.F.T. DABADKKK

1

SupaVent 10"

Our premier ventilator. SupaVent is a world first - manufactured from ABS polymer with a vertical vane design. It provides the following product advantages:



- Superior performance in light breezes.
- Attractive design complements most homes.
- Won't rust or corrode.
- Twin precision stainless steel bearings underpin 15 year warranty.
- Withstands severe wind (up to 240 km/h) and rain.
- Fits all roof types.
- Simple and inexpensive to assemble in export markets.

SupaVent 10" Capacity

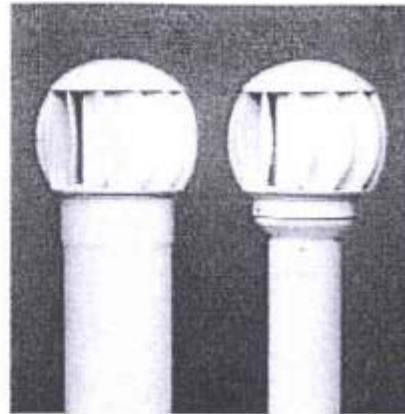
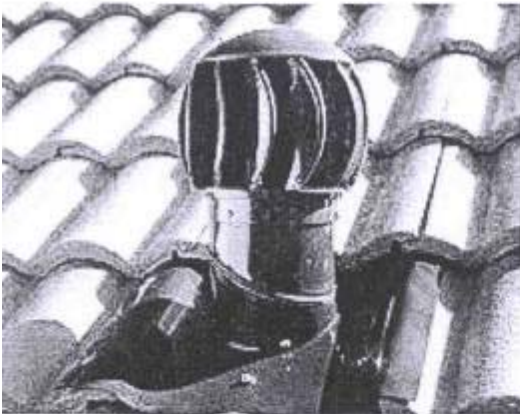
Wind speed (metres/sec.)	Exhaust volume (m3/hour)
1,7 m/s	616 m3/h
2,2 m/s	709 m3/h
3,3 m/s	911 m3/h
4,4 m/s	1116 m3/h
5,6 m/s	1358 m3/h

Cont...

Skjernaavej 14 · Lønborg · DK-6880 Tarm · Tlf. + 45 97 37 42 92 · Fax + 45 97 37 47 48 · e-mail: mail@rotek.dk ·
<http://www.rotek.dk>

A/S reg. nr.: 190407 · Vat. no/SE-nr.: 14093699 · Reg.nr. 3231 · Kto.nr. 3483004575 · S.W.I.F.T. DABADKKK

Turbo Ventura:



- A smaller version of the Supa Vent.
- Turbo Ventura is designed to operate efficiently at very low wind speeds.
- It is ideal for ventilation of smaller roof spaces or sheds.

Turbo Ventura 6" Capacity

Wind speed (metres/sec.)	Exhaust volume (m3/hour)
1,7 m/s	223 m3/h
2,2 m/s	255 m3/h
3,3 m/s	328 m3/h
4,4 m/s	403 m3/h
5,6 m/s	493 m3/h

Bilag F10.2

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Aftsafværg, Projekt Tidlig indsats
Vestergade 62, Tønder



Vestergade 62 - Tidligere renseri



Tidligere renseri



Vindhætte



Kraftige revner i eksisterende gulv



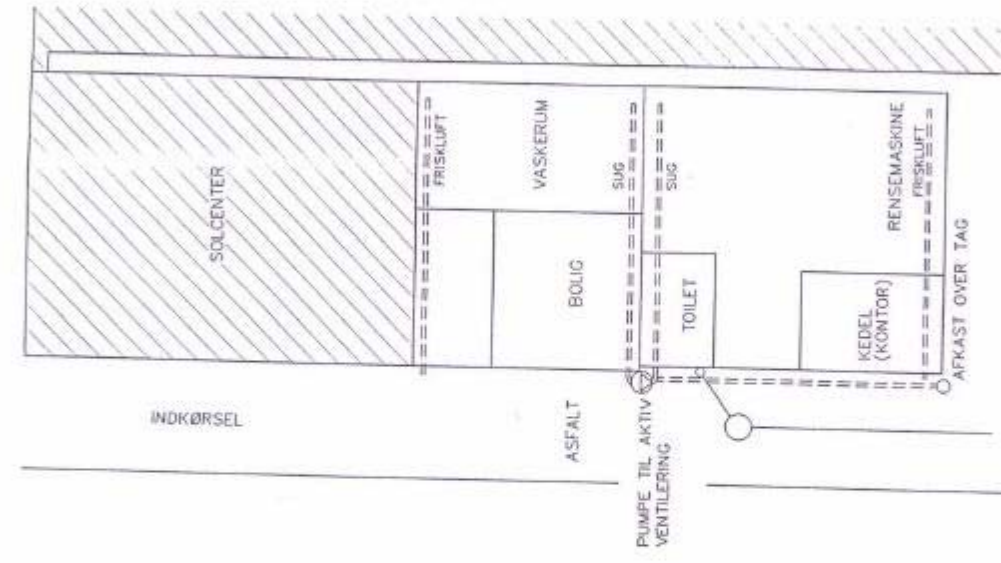
Delvis opbrudte gulve



Indvendig bygning



VESTERGADE

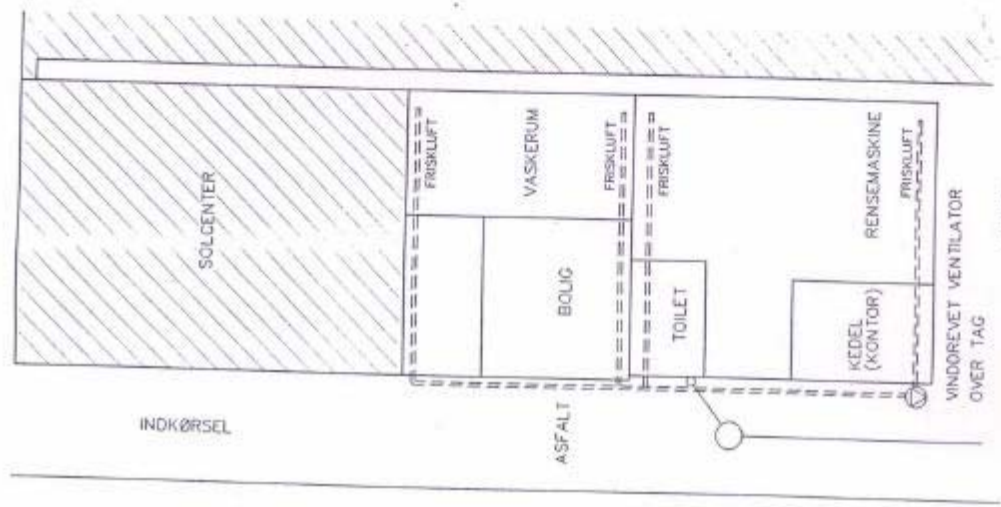


FLISER

EVT. FASE 2

RAMBØLL	
Jernbanegade 8 DK-8270 Tønder Tlf 74 72 26 94 Faks 74 72 12 33 Telex nr. BILAG 1A	
Udg.	3000-09-05
Date	3000-09-05
Udarb.	JAB/PJH
Kontrol	JBM
Godk.	FHE
Proj.	005628M
Mål	1:100
FR	FR
VESTERGADE 62, TØNDER	
SITUATIONSPLAN	

VESTERGADE



FLISER

FASE 1

Bilag F11:

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktivt med luftindtag)

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F11.1

Ventilation af kapillarbrudende lag (aktiv med luftindtag)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Amdsafværg, Projekt Tidlig indsats
Nygårdsvej 42B, Esbjerg



Lejlighedskompleks 1



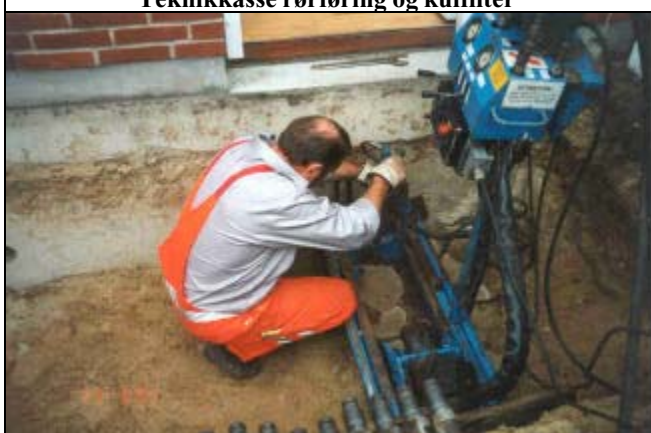
Lydisoleret dækplade i aluminium



Teknikkase rørføring og kulfilter



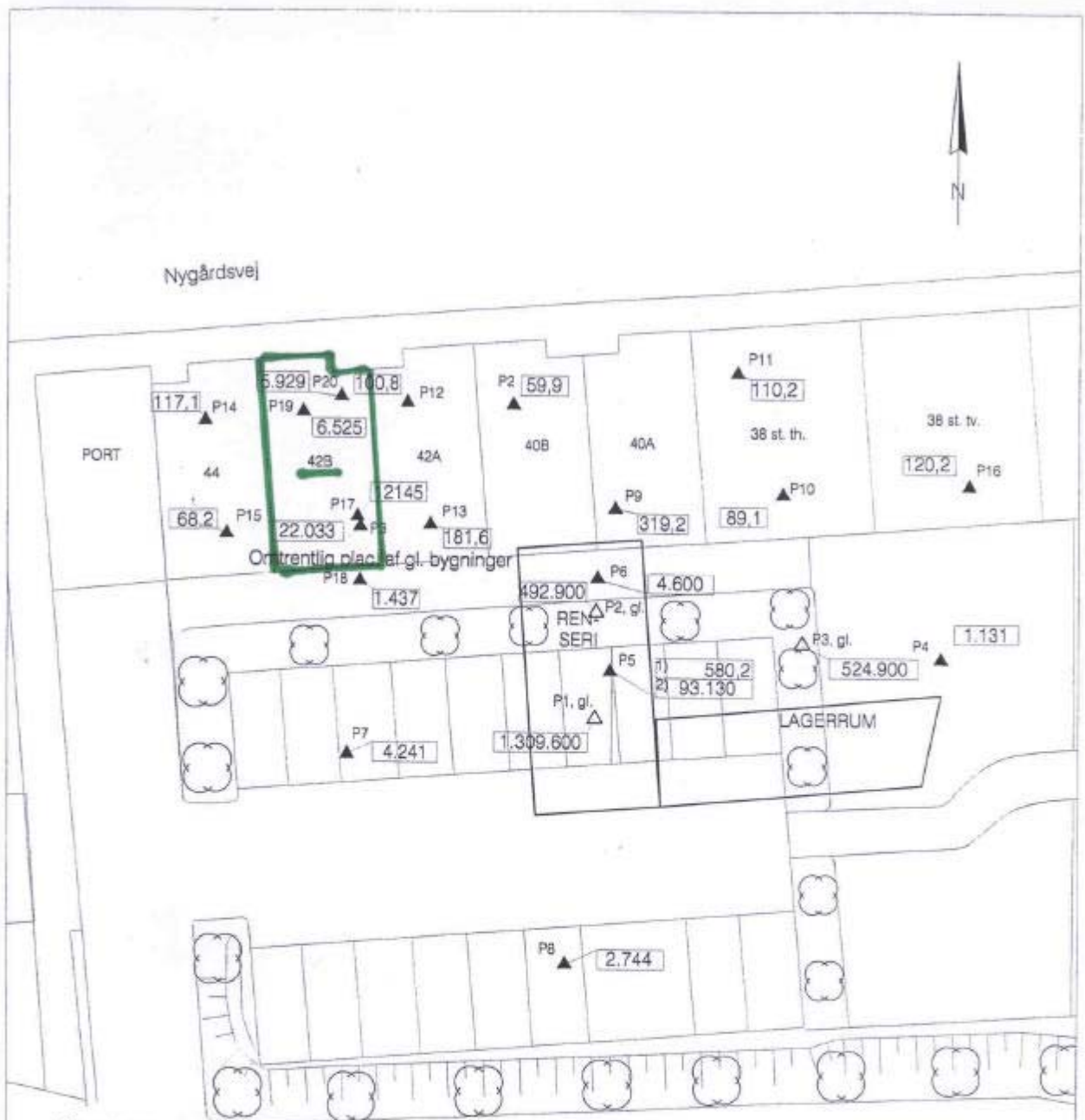
Filterinstallation



Installation ved styret underboring



Afkast ført over tagrende



Signaturer:

- P4 ▲ Poreluftprøve
- △ Tidl. poreluftprøve
- [1.131,4] Poreluftkoncentration, (sum af klorerede opløsningsmidler), $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 1) Pumpet 9,7 l luft 2) Pumpet 1,0 l luft

HEDESELSKABET

Miljø og Energi as
Viborg

Kiøstermarken 12
8800 Viborg

Telefon 86 67 61 11
Telefax 86 67 12 50



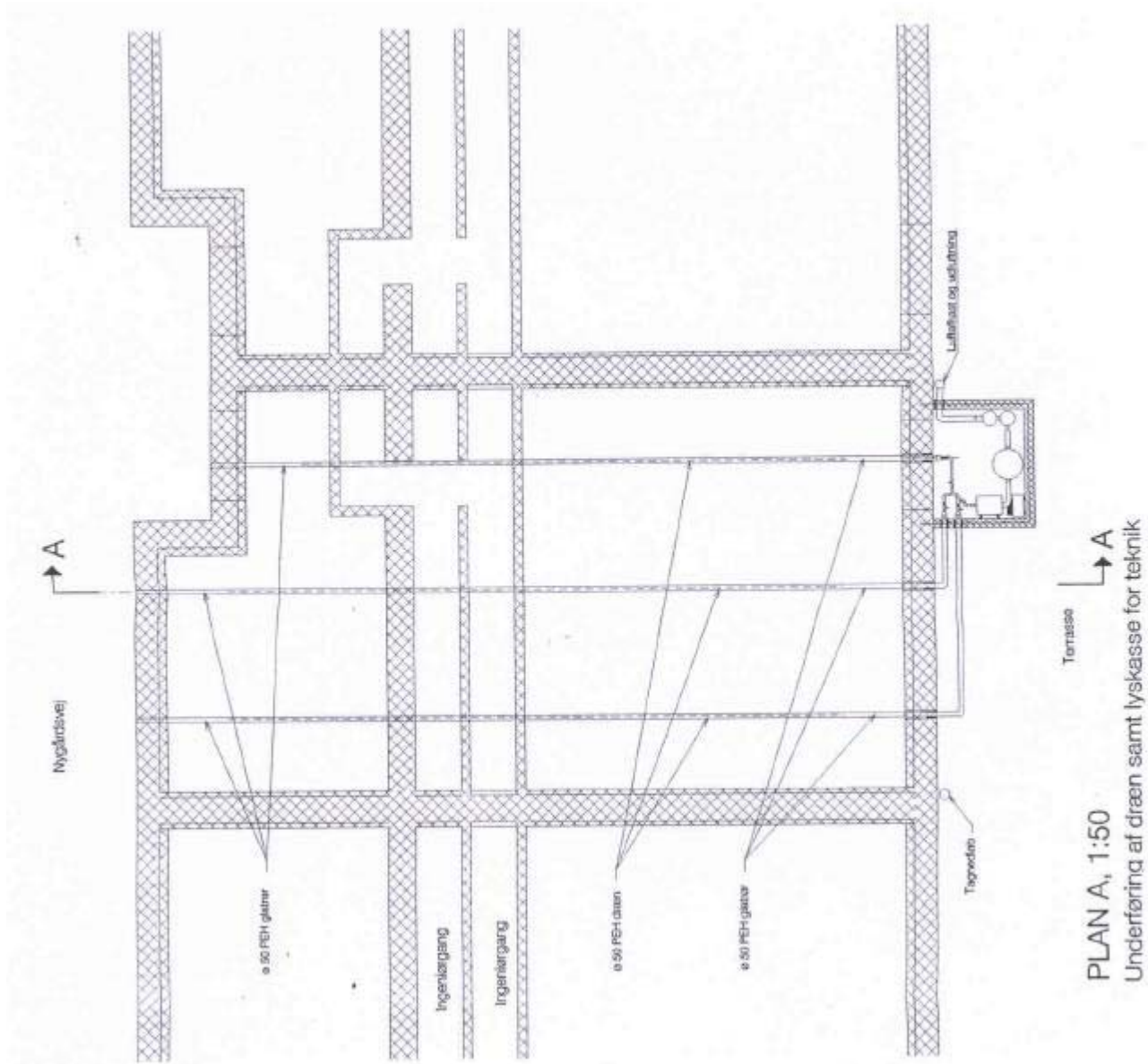
Sag: Skitseprojekt for afværgeforanstaltninger, Nygårdsvej 42B, Esbjerg

Sag nr: 22498039

Emne: Poreluftprøvetagningssteder og koncentrationer

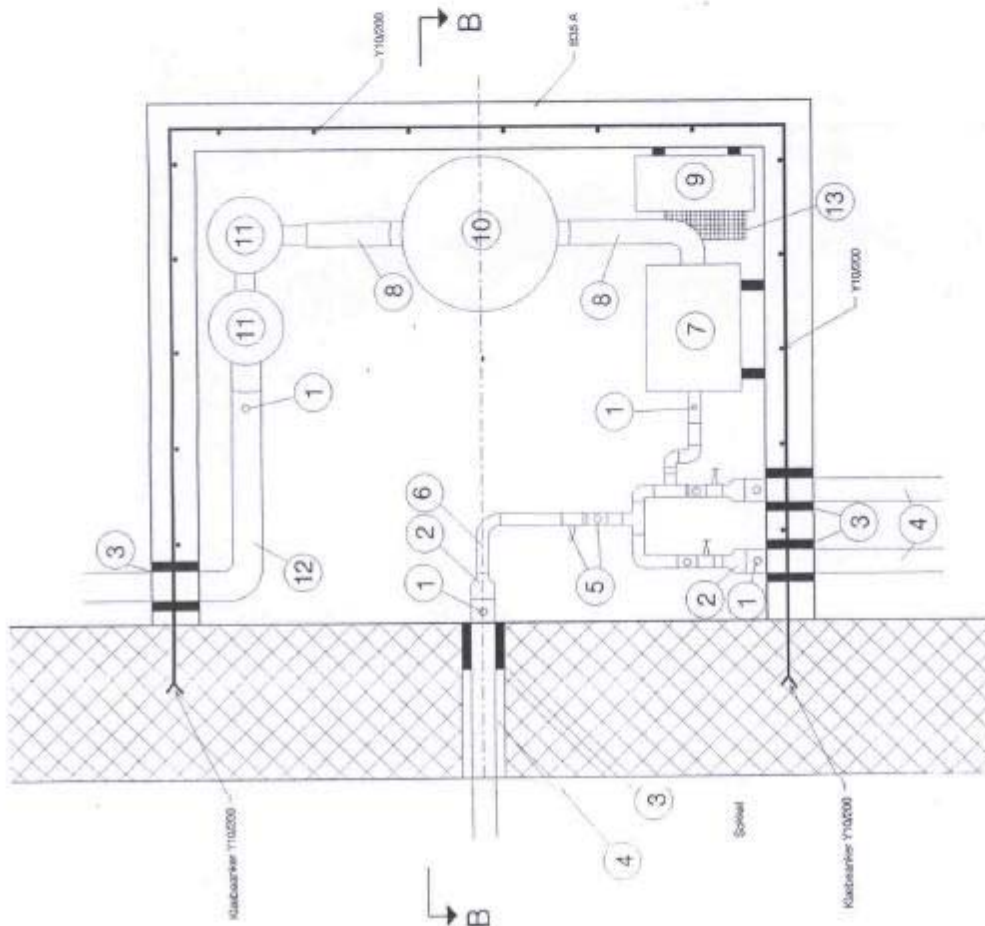
Mål: 1:250 Kote-system:

Dato: 19.03.99	Sagsbehandler: HRL	Tegnet: JON	Lidert:	Godkendt:	Kontrol:	Blag nr: 1	Rev: 0
----------------	--------------------	-------------	---------	-----------	----------	------------	--------



Pos.	Stk.	Emne
1	5	Slangestuds m. gevind, 1/2x14x12
2	3	Overgangsrippel 50x1"
3	6	ø50/100 gummitætningsring som Forshedda
4	3	ø50 mm PEH Udluftningsdræn
5	6	1" kugleventil som fabr. EGO TYP 3372-TN30, VWS nr. 419560
6	-	1" galv. rør, fittings, middelelvære
7	1	Membran-søjepumper som fabr. type Rotek-YP70
8	-	ø50 mm PE-flexlange, armeret
9	1	Elboks / Sikringsgruppe / Sikkerhedsafb.
10	1	Vandudløder
11	2	AKIM kulfiler, ø160, l=600, som fabr. Rotek
12	1	ø63 mm PEH glatrør for afkast luft
13	1	Afløbskål for gulvaflob, incl. vændlås og ø110 afløbsrør
14	1	Aluminiumsderklads, 1350x1150x4, hængesler v. mur på 50x50 aluminiumsmurprofiljern m. sænket låsebestag og håndtag
15	1	50 mm isolering, polyetyren
16	1	Nitril-gummi tætningsliste, pålimet underside derklade
17	2	ø160 mm PEH PN4, rør, L600
18	2	Tætsluttende aflageligt låg for pos. 17
19	2	Tætsluttende bund for pos. 17
20	1	Indgangsstuds ø40 mm
21	1	Forbindelsesrør mellem kulfiltre ø40 mm
22	1	Ålgangsstuds ø63 mm
23	2	Aftapningsstuds for kondens 3/4" incl. kugleventil
24	1	Ventilationshætte, som fabr. Lindab, type VH 100 galv.
25	1	Ventilationsrør PEH ø100

NOTE:
Alle ubenævnte mål i mm



Plan B-B, 1:10 Lyskasse for teknik.

149

Nygårdsvej 42B, Alvøergeforanstaltninger

Plan og snit for udluftningssystem

Ag. nr. 22498039

Skitse nr. 1:50, 1:10, 1:5

D/N/N

Tegn. nr. 03

Skævt. 03

Dato 09.07.1999

Supplering HRL

Projektering FEM

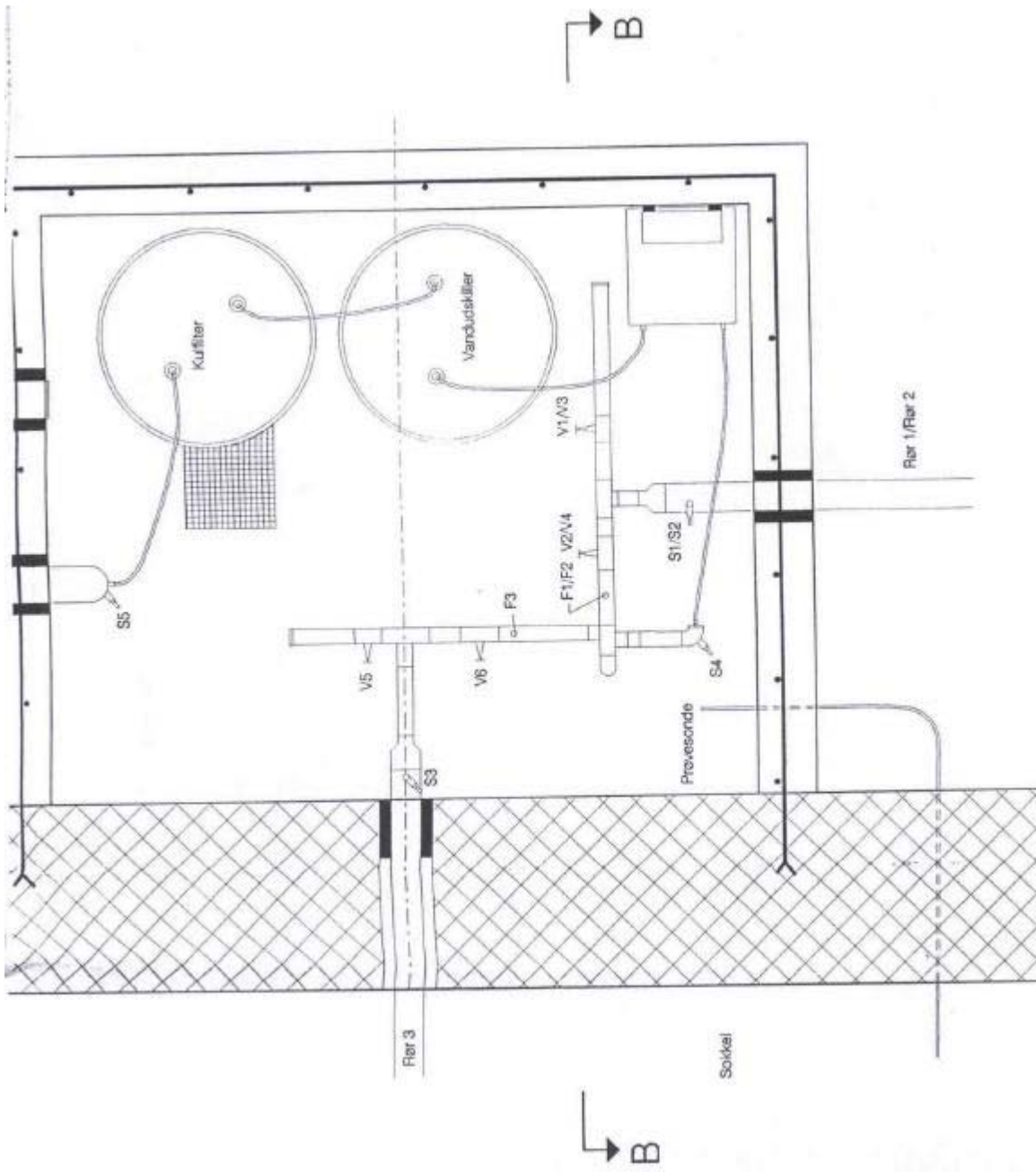
Typoset JCMF-SJ

General

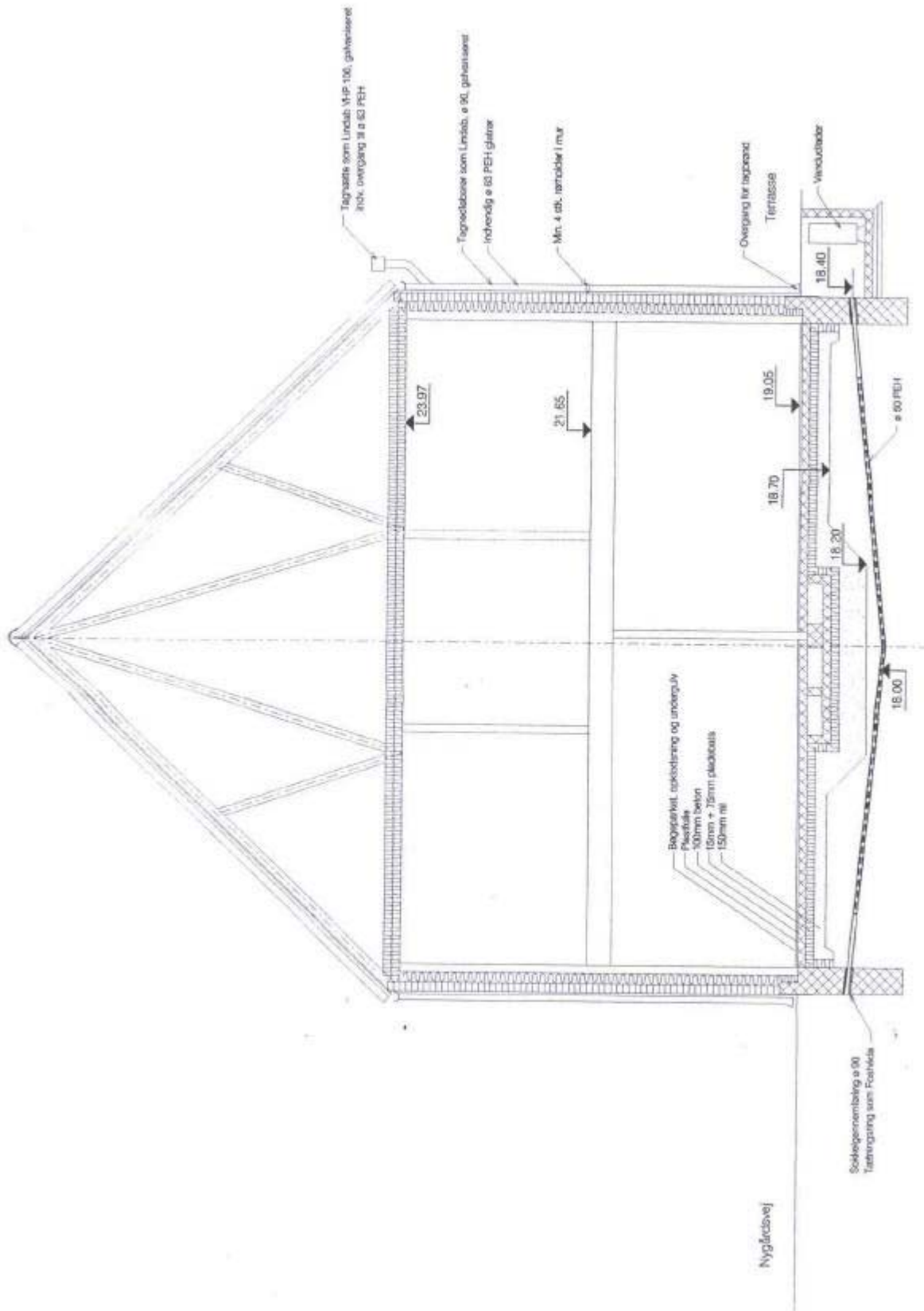
Udkædet

HEDELSKABET

Miljø og Energi as
Kløstermarken 12
8300 Viborg
Telefon 86 67 61 11
Telefax 86 67 61 01
www.hevelskabet.dk



Plan B-B, 1:10 Lyskasse for teknik.



SNIT A-A, 1:50

Underføring og sokkegennemføring af drænen, indgang til lyskasse for teknik

YP-50VC·60VC·70VC



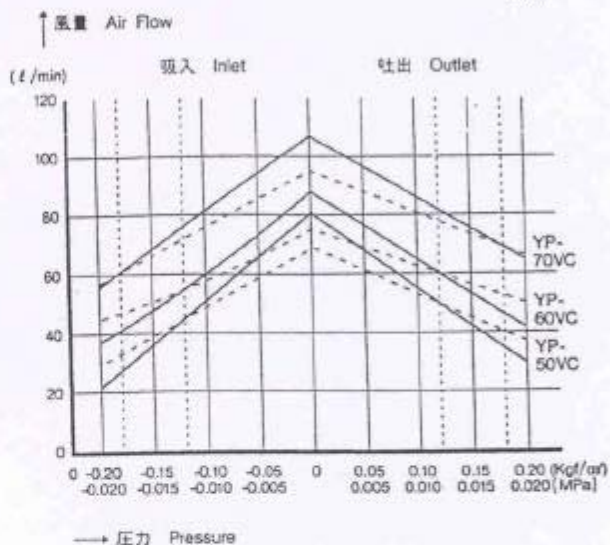
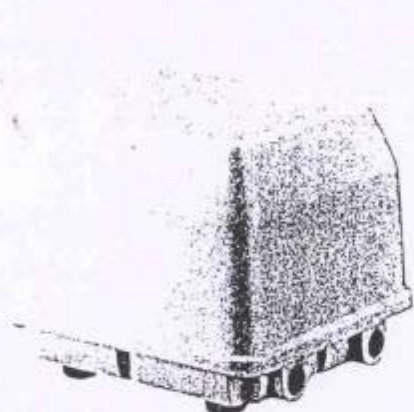
用途 Application

- 理化学装置 Physical and Chemical Appliances
- 気体分析装置 Gas Analyzing Unit
- 各種工業関係 Various Industrial Use

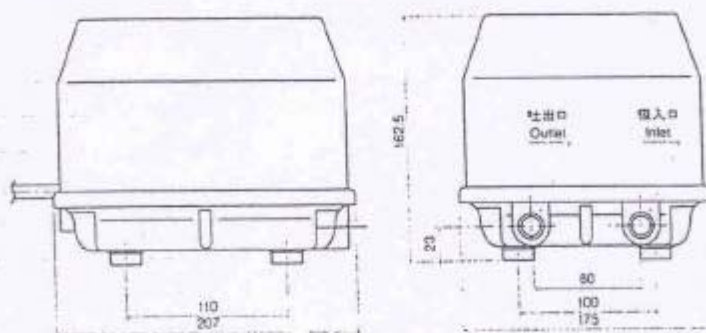
性能曲線 Performance Curve

YP-50VC·60VC·70VC

— 50Hz
 - - - 60Hz



主要寸法 Dimension



標準仕様 Specification

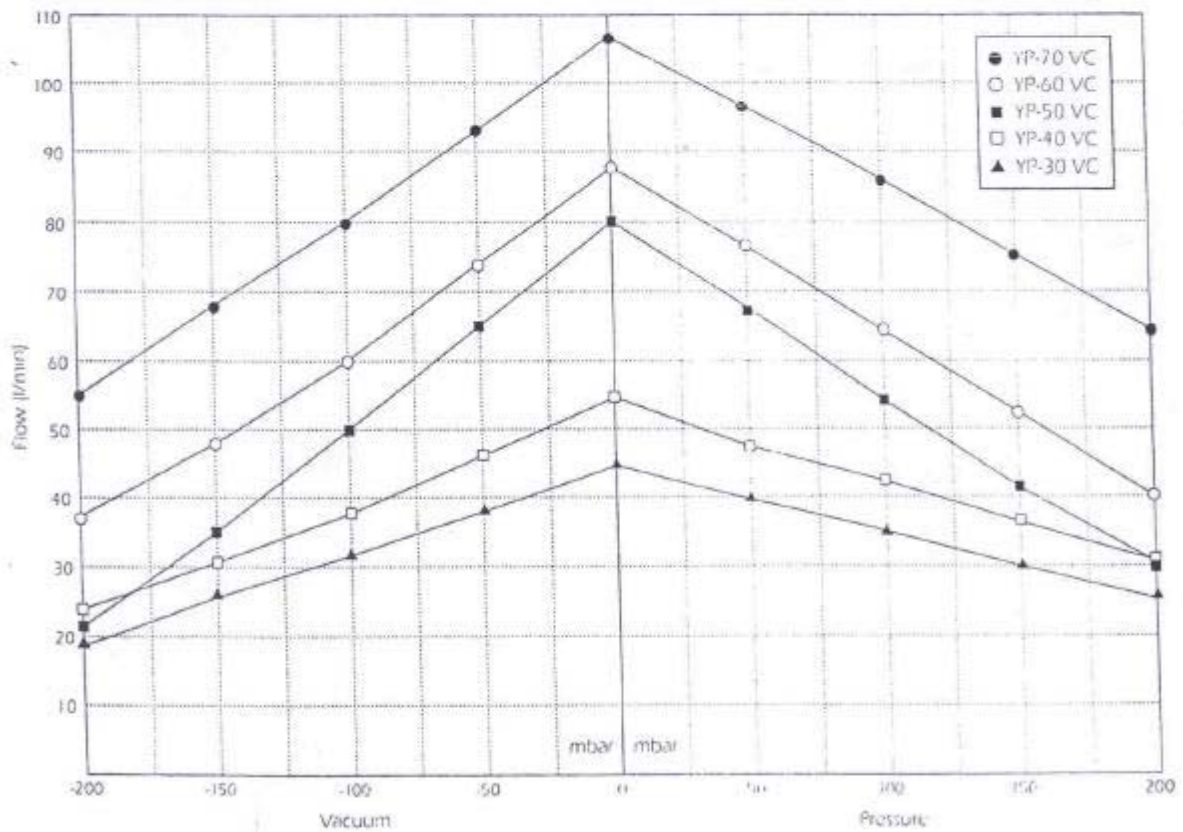
項目 Item	型式 Type	YP-50VC		YP-60VC		YP-70VC	
電圧 Voltage (V)		単相 AC100, 110, 115, 220, 230, 240					
周波数 Frequency (Hz)		50	60	50	60	50	60
定格圧力 Rated Pressure (kgf/cm²) (MPa)		0.12(-0.12) {0.012(-0.012)}		0.12(-0.12) {0.012(-0.012)}		0.18(-0.18) {0.018(-0.018)}	
入力 Input (W)		47	46	54	54	89	85
定格風量 Rated Flow (l/min)		50 (45)		60 (55)		70 (60)	
吸入吐出口径 Inlet and Outlet Dia. (in.)		PT 3/8		PT 3/8		PT 3/8	
重量 Weight (kg)		5.5		5.9		6.2	
騒音レベル Noise Level (dB)-2m		38		42		44	

Linear Compressors and Vacuum Pumps Series YP

Technical Data

Type	YP				
Type description	▲ YP-30 VC	□ YP-40 VC	■ YP-50 VC	○ YP-60 VC	● YP-70 VC
Part number 230 V/50 Hz	52500038	52500044	52500054	52500067	52500073
Part number 115 V/60 Hz					
Pneumatic Data					
	Flow l/min				
0	45	55	80	88	107
50	40	48	68	77	97
100	35	43	55	65	87
150	30	37	42	53	76
200	25	31	30	41	65
Max. pressure (mbar)	200	200	200	200	200
Vacuum (rel. mbar)					
	Flow l/min				
0	45	55	80	88	107
-50	38	46	65	74	92
-100	32	38	50	60	80
-150	25	31	35	48	68
-200	18	24	21	37	55
Max. vacuum (rel. mbar)	200	200	200	200	200
General Data					
Power input (W)	37	40	52	54	89
Noise (dB)-2m	33	36	41	42	44
Weight (kg)	4.2	4.2	5.5	5.5	6.2
Size (LxWxH) in mm	180 x 150 x 135	180 x 150 x 135	202 x 175 x 163	202 x 175 x 163	202 x 175 x 163
Inlet/outlet (inch)	1/4" NPT	1/4" NPT	1/4" NPT	1/4" NPT	1/4" NPT

Flow Curves



Kom og besøg ROTEK A/S på vores stand på Danmiljø hvor vi introducerer et nyt udstyr til:

Akut afskæring af forurening

Rotek A/S har i samarbejde med Carl Bro A/S udviklet et effektivt, og enkelt udstyr til akut afskæring af forurening, der afdamper til indeklime fra jorden under en bygning. Indeklimaproblemer kan med udstyret afhjælpes indénfor en kort tidshorisont og en meget **fordelagtig økonomisk** ramme. Metoden anvendes til vakuumentilering, der er afprøvet og vel-dokumenteret til oprensning af flygtige stoffer.



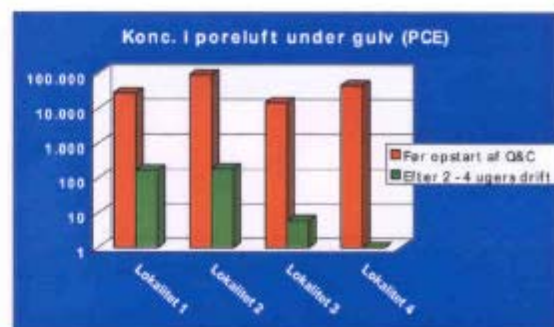
Udstyret:

Udstyret består af ventilationsdræn, der kobles til en standardiseret driftsenhed bestående af vakuumpumpe, vandudskiller, kulfilter, samt måleudstyr i form af vakuummeter og flowmåler. Ventilationsdræne etableres under bebyggelsen, typisk vha. retningsstyret underboring. Vha. vakuüm skabes en nedadrettet luftstrømning, hvorved afdampning fra forurening gennem bygningens gulv hindres.



Resultater:

Anlægget har været testet og afprøvet på en del lokaliteter. På nedenstående figur er resultater fra 4 forskellige lokaliteter vist, hvor den ene søjle repræsenterer koncentrationen før ventilering og den anden efter 2 – 4 ugers ventilering. På alle lokaliteter er forureningskoncentrationen nedbragt betydeligt og efter 1 – 6 måneder er miljøministeriets afdampningskriterium for indeklime opnået.



Fra: "ROTEK A/S - Poul-Erik Jakobsen" <poulerik@rotek.dk>
Til: Aarhus_AN_Dom.Aarhus_AN(MNJ)
Dato: 27. maj 2002 15:00:03
Emne: Vacuum-pumpe station

Kære Mette Nerup

Jeg har lidt data på vacuumpumpe stationen. Der kommer en komplet komponentliste i morgen.

Pumpe: Membranpumpe 70 l/min. Der kan monteres op til 4 stk., hvorved maks. ydelse bliver 280 l/min. Pumpe er forsynet med tørmosikring.

Timer: Såvel driftsperiode som stopperiode kan uafhængigt stilles mellem 0.6 sek og 60 min.

Rørføring: Kobberrør Ø15x12 mm

Hver enkelt streng er forsynet med flowmeter, vacuummeter og afspærringshane.

Hovedstrengen er forsynet med flowmeter og vacuummeter.

Vandudskiller og kulfilter i PEH Ø225 mm, højde 1000 mm.

Dimensioner på skab: 1200x1200x400 mm.

Pris med én pumpe: DKK 35.000

Håber i første omgang, at have informeret tilfredsstillende, er der spørgsmål, er jeg til disposition.

Med venlig hilsen/Kind Regards

ROTEK A/S

Poul-Erik Jakobsen

Tel omst./switchboard +45 9737 4292 Tel dir. +45 7589 0487 Fax dir. +45 7589 9487

e-mail: poulerik@rotek.dk www.rotek.dk

Bilag F12:

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F12.1

Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv uden luftindtag)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Radonafværge, Projekt Tidlig indsats
Hus nr. 4185 – Radon 95 (Risø)



Ventilator på loftsrum



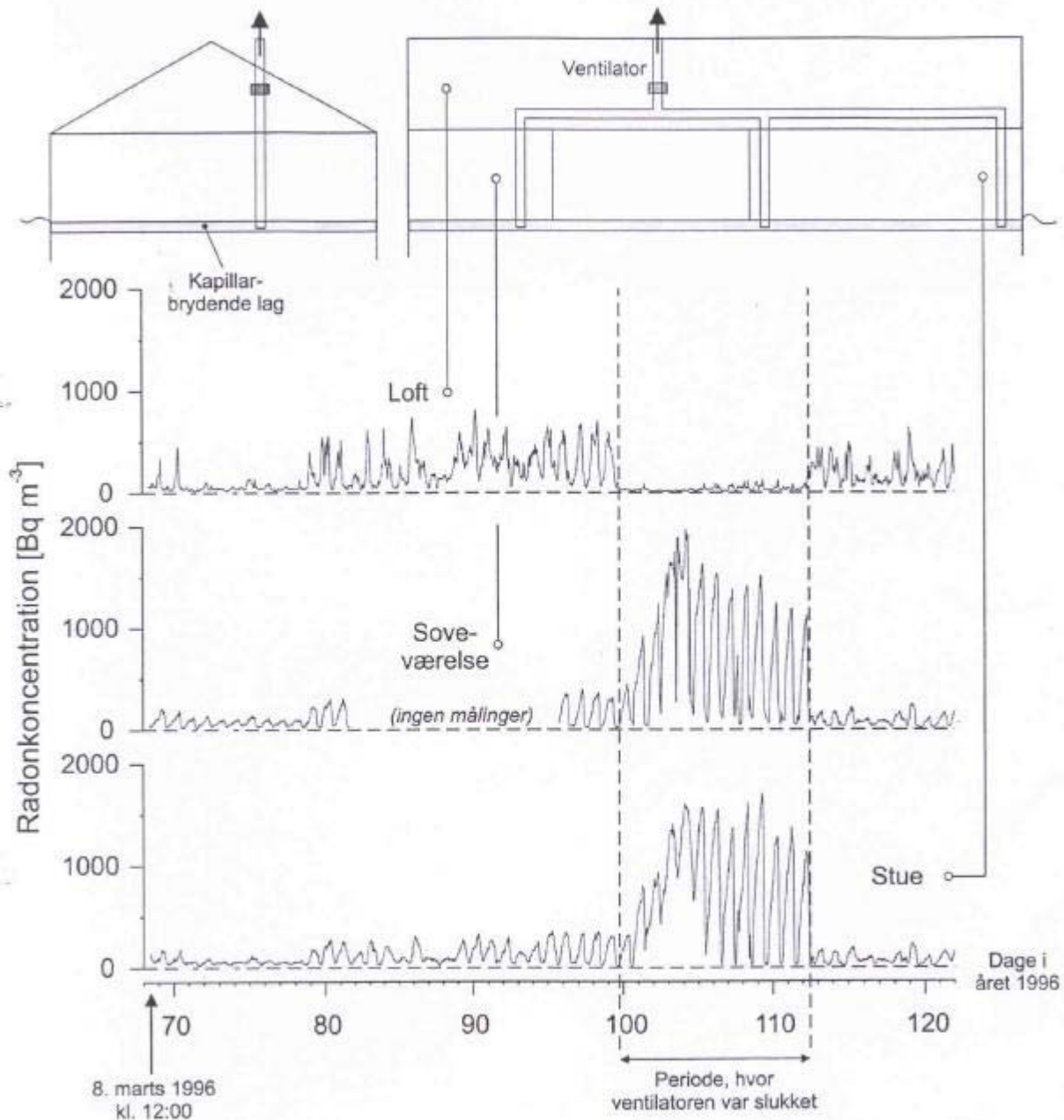
Kontrolboks med omdrejningsregulator og manometer,
monteret i bryggers



Afkastrør og ventilator ført under tag

Bilag F12.1

Ventilation af kapillarbrydende lag, aktiv – uden luftindtag



Uddybende datadokumentation for HUS nr. 4185 (Radon-95)

Tænd/sluk undersøgelse i hus nr. 4185. Målingerne strækker sig fra den 8. marts (dag nr. 68) til den 1. maj 1996 (dag nr. 122).

Det aktive sug under terrændæk var tændt i hele perioden på nær fra den 8. til 21. april. Bemærk, at radonkoncentrationen på loftet var høj (i gennemsnit 200 Bq m⁻³), når det aktive sug var tændt og lavt (40 Bq m⁻³), når det var slukket. For radonkoncentrationen i stue og soveværelse var forholdene omvendt, således at radonkoncentrationen der straks faldt, når suget blev tændt. Bemærk ligeledes, at radonkoncentrationen i stue og soveværelse varierede synkront og havde samme størrelse. Med suget slukket var radonkoncentrationen i stue og soveværelse i gennemsnit hhv. 719 og 751 Bq m⁻³. Med suget tændt var koncentrationen de samme steder hhv. 110 og 115 Bq m⁻³ for den første del af perioden (8. marts til 8. april) og 88 og 5 Bq m⁻³ for den sidste del af perioden (21. april til 1. maj).

Reference: (Forskningscenter Risø 1995)

Bilag F13:

Ekstraktionsboringer (lodrette)

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F13.1

Ekstraktionsboringer (lodrette)

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Amtsafværgen, Projekt Tidlig indsats
Engvej 9-24, Aalestrup



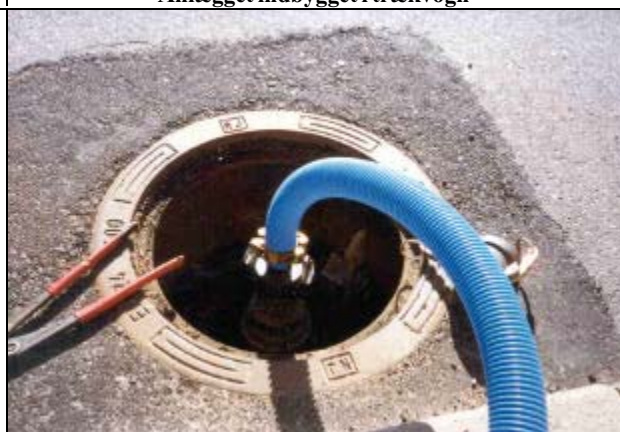
Ekstraktionsanlægget i drift



Anlægget indbygget i trækvogn



Anlægget parkeres direkte over boringen



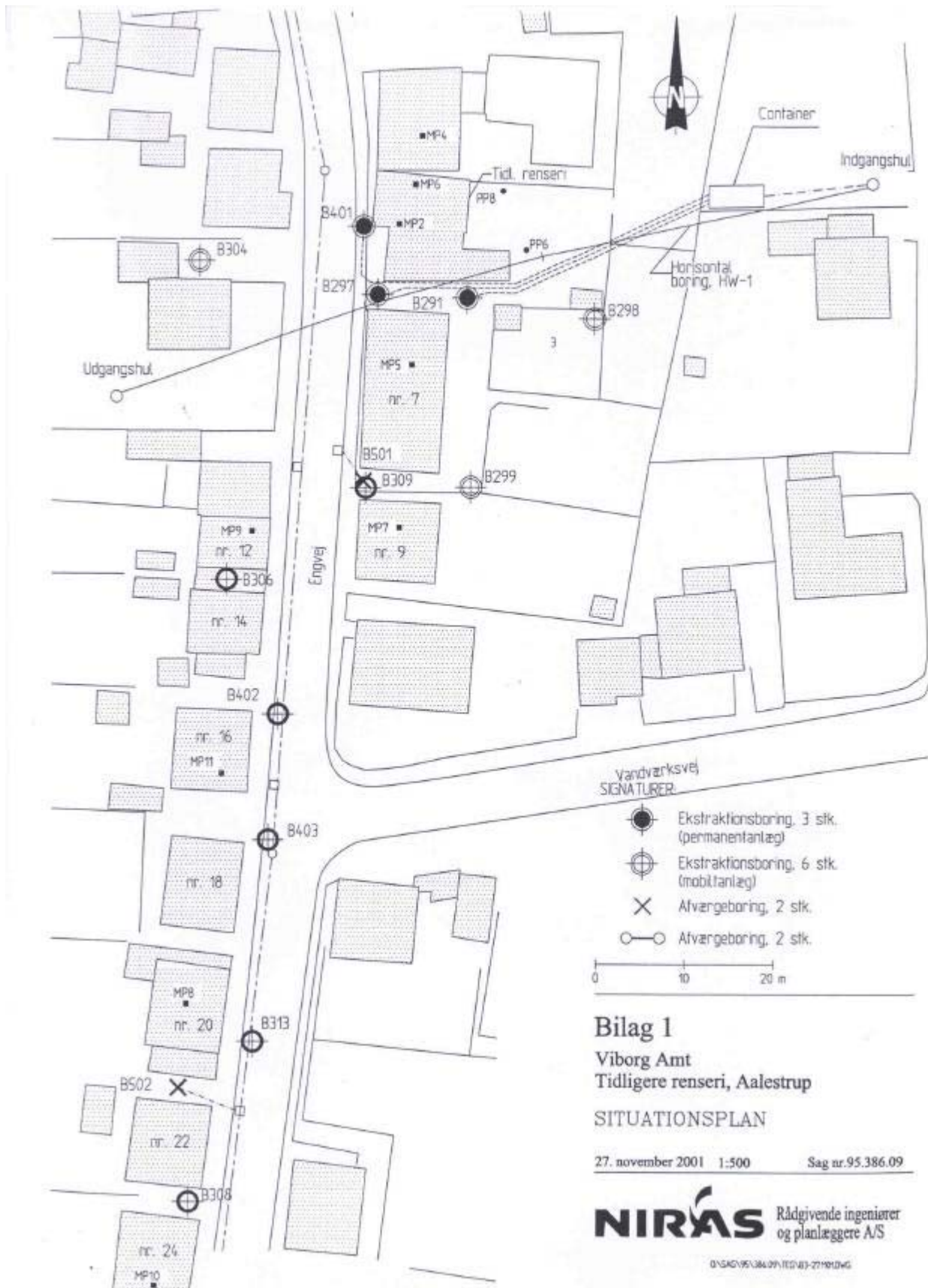
Tilkobling af ekstraktionsrør



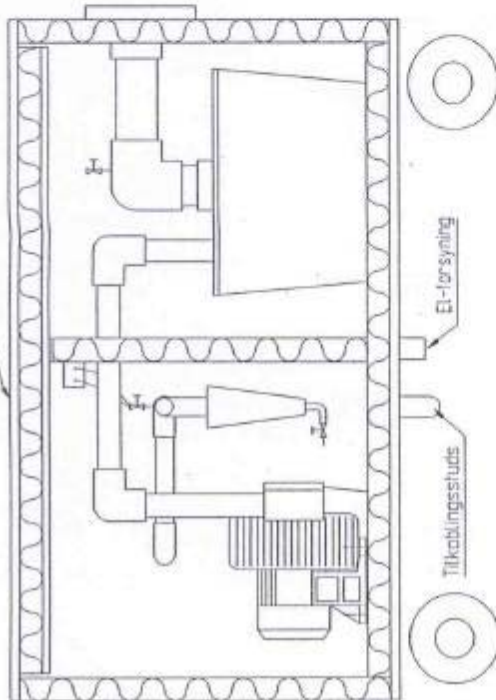
Vakuumpumpe, flowmåler mv.



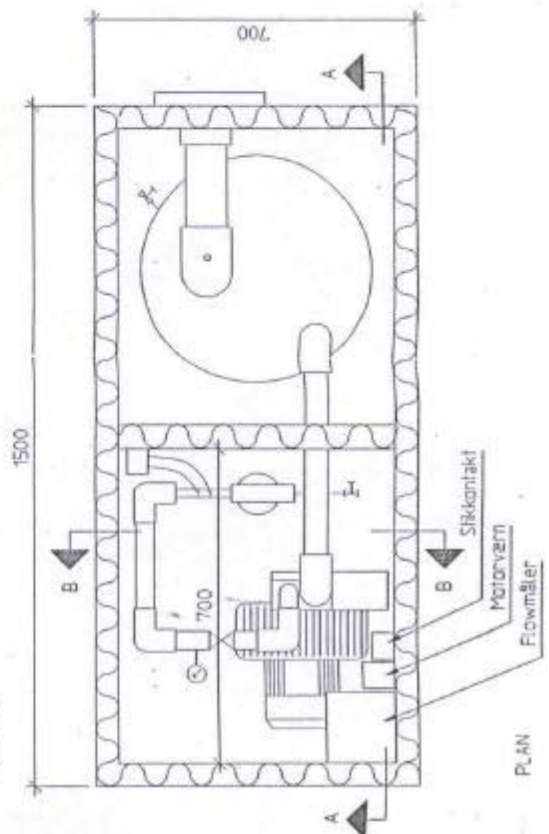
Kulfilter



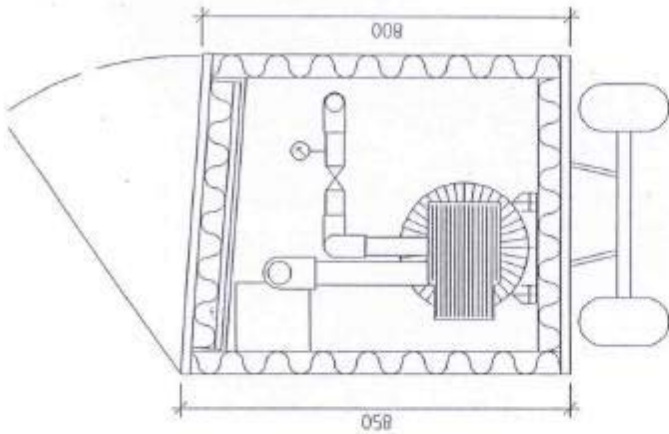
Isoleret låg med varm galv. hængsler



SMT A-A



PLAN



SMT B-B

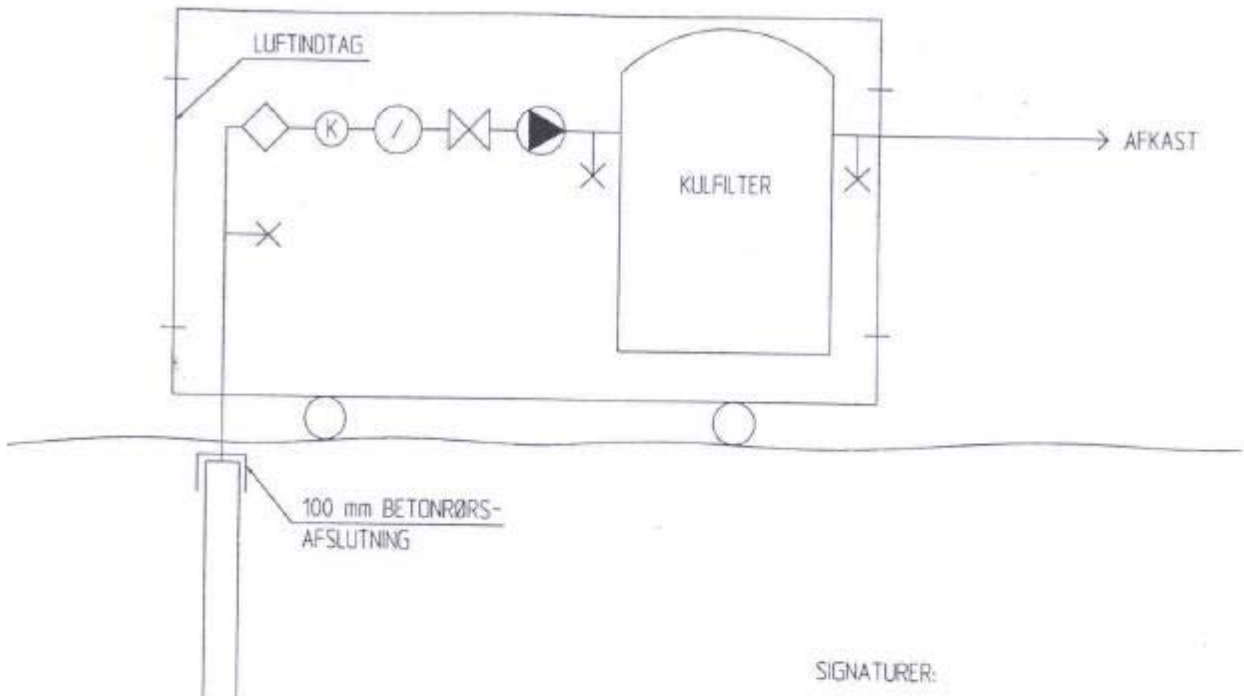
KASSEN ISOLERES SOM CONTAINER
 KASSEN MALES UDV. MED MØRK GRØN GORI
 KASSEN FORSYNES MED 2 STK GODKENDTE LÅSEBESLAG

A	96.02.30	ALJ	As. bull		Blad nr.
Rev.	Deto	Tegn.	Gork	Erst. for./af	
	96.11.18	ALJ	Mbl. 170		Højvid nr. 6188
VEBORG AMT In-situ anlæg, Ålestrup Mobil Vakuumekstraktionsanlæg					Tegn. nr. (58)105



Mija Contractors A/S
 Michael Drewsens Vej 23 8270 Højbjerg Telefon 8529 2177 Telefax 8529 0488

TRANSPORTABELT "VAKUUMEKSTRAKTIONSANLÆG"
(ANLÆG 5)



SIGNATURER:

-  Kondensudskiller
-  Pumpe
-  Flowmåler
-  Trykmåler
-  Aftapningshane
-  Ventil

1. UDGAVE		27.09.98	MNJ/Ann	EVP	BHO
Udgave	Betegnelse/Revision	Date	Udført	Kontrol	Godkendt
Sag	VIBORG AMT ENGVEJ 5, AALESTRUP	Sag nr. 95.386.05			
Erne	PROCESDIAGRAM, TRANSPORTABELT "VAKUUMEKSTRAKTIONSANLÆG"	Tegn nr. Udgave 08			
Målestok	-				

NNR Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg



Zweistufige Seitenkanal-vakuumpumpen. Volumenströme bis 170 m³/h, Differenzdrücke bis 410 mbar. Integrierte Schalldämpfung und Ansaugsieb. 4 verschiedene Anschlußstellungen.

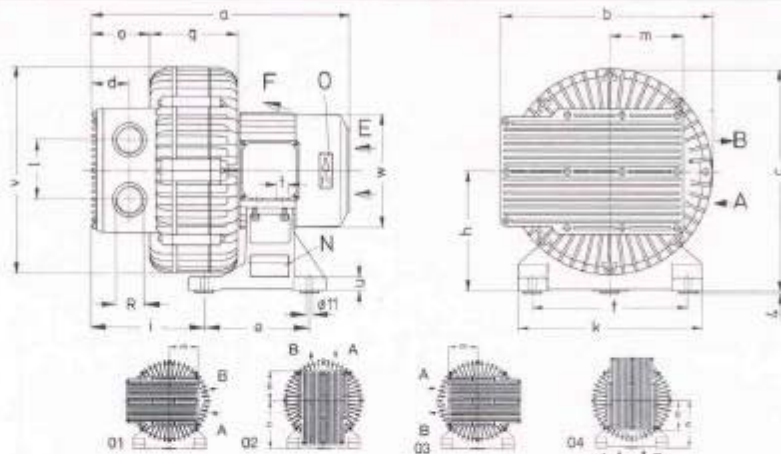
Two stage side channel vacuum pumps. Capacities upto 170 m³/hr, pressure differences upto 410 mbar. Integral silencer and suction mesh. Four different connection positions.

Turbines latérales à double flux, ayant des débits jusqu'à 170 m³/h et des pressions différentielles jusqu'à 410 mbar. Silencieux et filtre d'aspiration sont montés en série. Quatre positions de raccordement sont possibles.

Pompa per vuoto a canali laterali a due stadi in serie con portate fino a 170 m³/h. Pressioni differenziali fino a 410 mbar. Silenziatori integrati e filtro a rete sull'aspirazione. Quattro posizioni di collegamento a scelta.

SKG-2 V

SKG 160-2 V
SKG 180-2 V
SKG 200-2 V
SKG 230-2 V
SKG 250-2 V
SKG 275-2 V
SKG 300-2 V



01-04	Anschlußstellungen Normal-Ausführung Vakuum-Anschluß Abluft-Anschluß Kühlluft-Eintritt Kühlluft-Austritt Datenschild Drehrichtungsschild	Connection positions: Standard version Vacuum connection Exhaust air connection Cooling air entry Cooling air exit Data plate Direction of rotation	Positionnement Exécution normale Raccord dépression Raccord air d'échappement Entrée air refroidissement Sortie air refroidissement Etiquette caractéristique Flèche sens rotation	Posizioni di collegamento Esecuzione standard Collegamento aspirazione Raccordo aris di scarico Entrata aria di raffredd. Uscita aria di raffredd. Targhetta dati Targhetta senso rotazione
-------	---	--	---	--

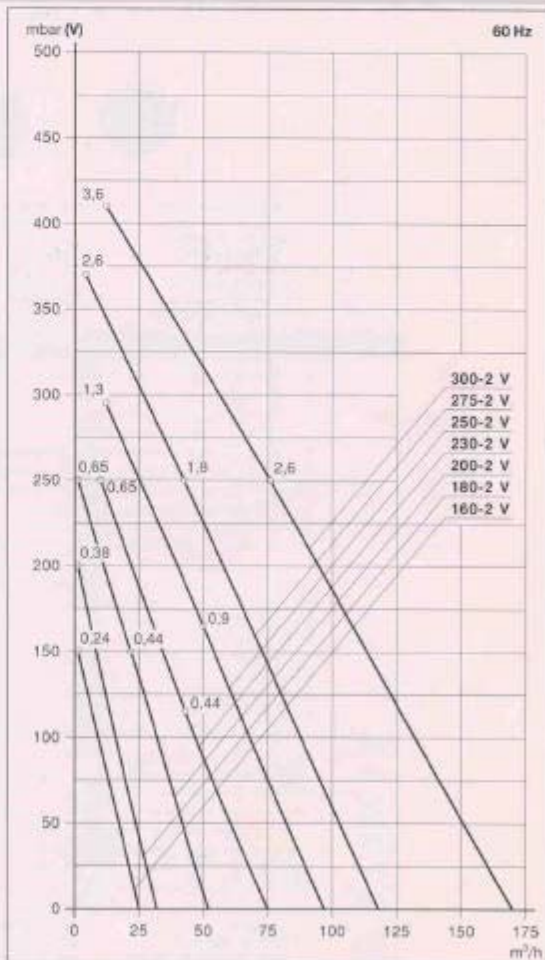
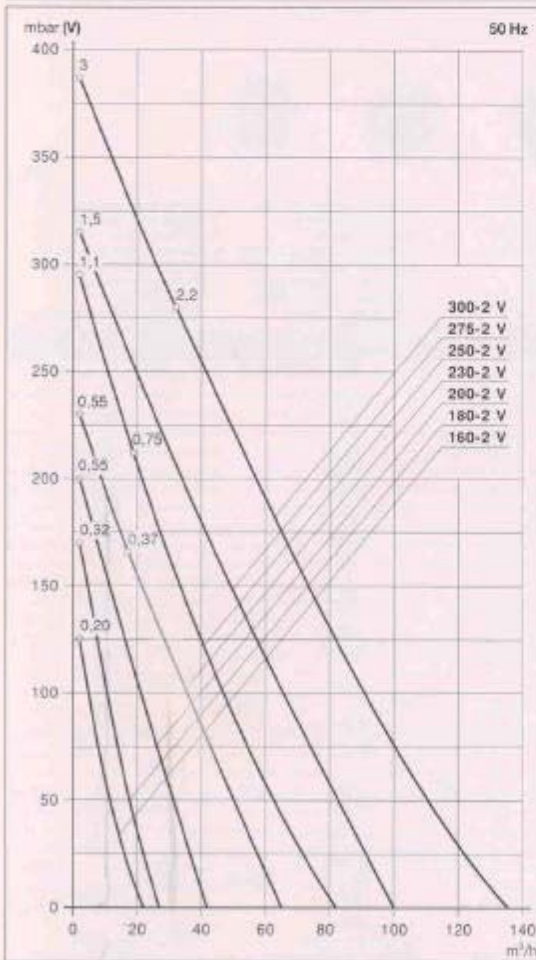
SKG...-2 V	160	180	200	230	250	275	300
[mm]							
a	3 ~ 307 1 ~ 307	313 331	342 362	344 364	416 438	458 481	508 516
b	216	234	258	298	321	345	366
c	218	239	267	302	325	353	404
d	34	34	49	49	58	59	67
e	140	140	150	150	160	160	230
f	175	175	200	200	235	235	320
h	125	125	140	160	175	185	220
i	96	102	138	140	171	179	179
k	210	210	240	240	280	280	380
l	50	60	70	78	90	90	120
m	75	84	91	100	110	117	128
o	46	46	68	67	89	98	102
q	97	103	119	122	133	142	167
t	Pg 11	Pg 11	Pg 13,5	Pg 13,5	Pg 13,5	Pg 16	Pg 16 Pg 21
u	15	15	20	16	25	25	35
Ø v	206	228	254	284	310	338	368
Ø w	126	126	143	160	175	175	175 212
R	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 2

ZRK	13 (03)	13 (03)	20 (03)	25 (03)	32 (03)	40 (03)	50 (03)
ZBS	50 Hz 20 60 Hz 20	20	20	32	32	40	40
ZVF	20 (52)	20 (52)	32 (51)	32 (52)	32 (53)	32 (54)	65 (51)
ZGD	13	13	20	25	32	40	50
ZFP	145 (11)	145 (11)	145 (11)	145 (06)	216 (07)	216 (06)	216 (01)
ZMS (50 Hz)	3 ~ # 1 ~ 24	16/10 # 24	24/16 40 # #	24/16 40/24 # # 40	40/24 60/40 # # 100	100/40 - -	100/60 160/100 - -
ZMS (60 Hz)	3 ~ 16/06 1 ~ #	24/16 # 40	# # # 40	# # 60/24 # #	# # # 100	# 160/100 -	160/100 160/100 -
ZWS	-	-	61 (00)	61 (02)	61 (04)	61 (05)	83 (02)

ZRK	Zubehör Rückschlagventil	Optional extras Non return valve	Accessories Clapet anti-retour	Accessori Valvola di non ritorno
ZBS	Saug-Begrenzungsventil	Vacuum limitation valve	Umiteur de dépression	Valvola limitatrice di aspir.
ZVF	Vakuumdichtes Ansaugfilter	Suction filter vacuum tight	Filtre d'aspiration étanche	Filtro aspirazione ermetico
ZGD	Zusätzlicher Schalldämpfer	Additional silencer	Silencieux complémentaire	Silenziatore supplementare
ZFP	Staubabscheider	Dust separator	Filtre séparateur d'air	Separatore polveri
ZMS	Motorschutzschalter	Motor starter	Disjoncteur moteur	Salva motore
ZWS	Wechselschaltung	Change over valve	Inverseur de débit	Valvola inversione flusso

SKG...-2 V	160	180	200	230	250	275	300
m ³ /h	22	27	42	66	82	100	138
60 Hz	25	32	52	75	97	118	170
mbar (V)	125	170	200	166	230	212	295
60 Hz	150	200	190	250	250	165	285
3 ~	230/400 V ± 10%						
60 Hz	220/380 V						
1 ~	230 V ± 10%						
60 Hz	220 V						
KW (3 ~)	0,2	0,32	0,37	0,55	0,37	0,55	0,75
60 Hz	0,24	0,38	0,44	0,65	0,44	0,65	0,9
KW (1 ~)	0,2	0,32	0,37	0,55	0,37	0,55	0,75
60 Hz	0,24	0,36	0,44	0,65	0,44	0,65	0,9
A (3 ~)	#	1,55/0,9	1,8/1,05	2,8/1,5	2,15/1,25	3,1/1,8	3,4/2,0
60 Hz	1,05/0,6	1,88/1,1	#	#	#	4,1/2,34	#
A (1 ~)	1,9	1,9	2,8	#	#	4,1	#
60 Hz	#	3,12	#	3,9	#	#	10
min ⁻¹	2850						
60 Hz	3450						
dB(A)	50	53	56	59	60	63	67
60 Hz	55	57	58	65	66	69	71
kg	3 ~	9	12	18	19	22	23
1 ~	9	12	19	20	23	24	28

m ³ /h	Volumenstrom	Capacity	Volume engendré	Portata volumetrica
mbar	Druckdifferenz	Pressure difference	Différence surpression	Differenza di pressione
V	Vakuumbetrieb	Vacuum operation	Fonction dépression	Esercizio in aspirazione
3 ~/1 ~	Motorausführung	Motor version	Exécution moteur	Esecuzione motore
KW	Motorkleistung	Motor rating	Puissance moteur	Potenza motore
A	Stromaufnahme	Current drawn	Intensité absorbée	Corrente nominale
min ⁻¹	Drehzahl	Speed	Vitesse rotation	Numero giri
dB(A)	mittlerer Schallpegel	Average noise level	Niveau sonore moyen	Rumorsità media
	Ausblausung über Schlauchleitung	Discharge connected to a pipeline	Rafoulement au travers d'un tuyau	Scarico tramite tubazione flessibile
kg	max. Gewicht	Weight max.	Poids maxi.	Peso massimo



Die Kurven haben eine Toleranz von ±10% und beziehen sich auf freie atmosphärische Luft von 1 bar (abs.) und 20° C. / The curves have a tolerance of ±10% and refer to free atmospheric air at 1 bar (abs.) and 20° C. / Les courbes ont une tolérance de ±10% et sont établies à l'atmosphère de 1 bar (abs.) à 20° C. / La curva hanno una tolleranza del ±10% e si riferiscono a pressione atmosferica di 1 bar (abs.) a 20° C.
 Technische Änderungen vorbehalten! / We reserve the right to alter technical information! / Sous réserve de modification technique. / Salvo modifiche tecniche!
 # auf Anfrage / # on request / # sur demande / # a richiesta

Bilag F14:

Dræn under gulve

Vedlagte produktblade mv. er blot eksempler på materialer/komponenter der kan anvendes

Bilag F14.1

Dræn under gulve

Fyns Amt/Miljøstyrelsen – Amdsafværg, Projekt Tidlig indsats
Tvæervej 3, Aarup



Overjordisk rørføring (passage v. hoveddøren)



Facade friholdt for overjordisk rørføring



Ekstraktionsanlægget (permanent placering)



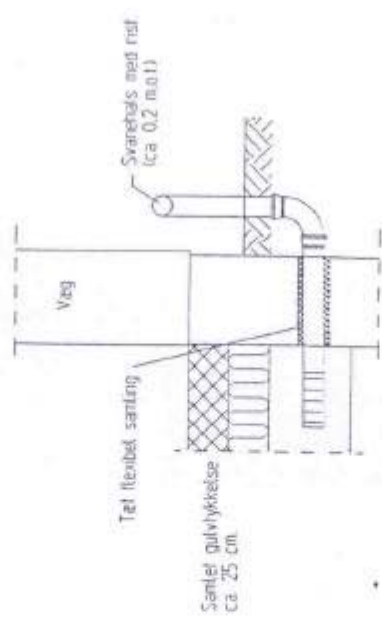
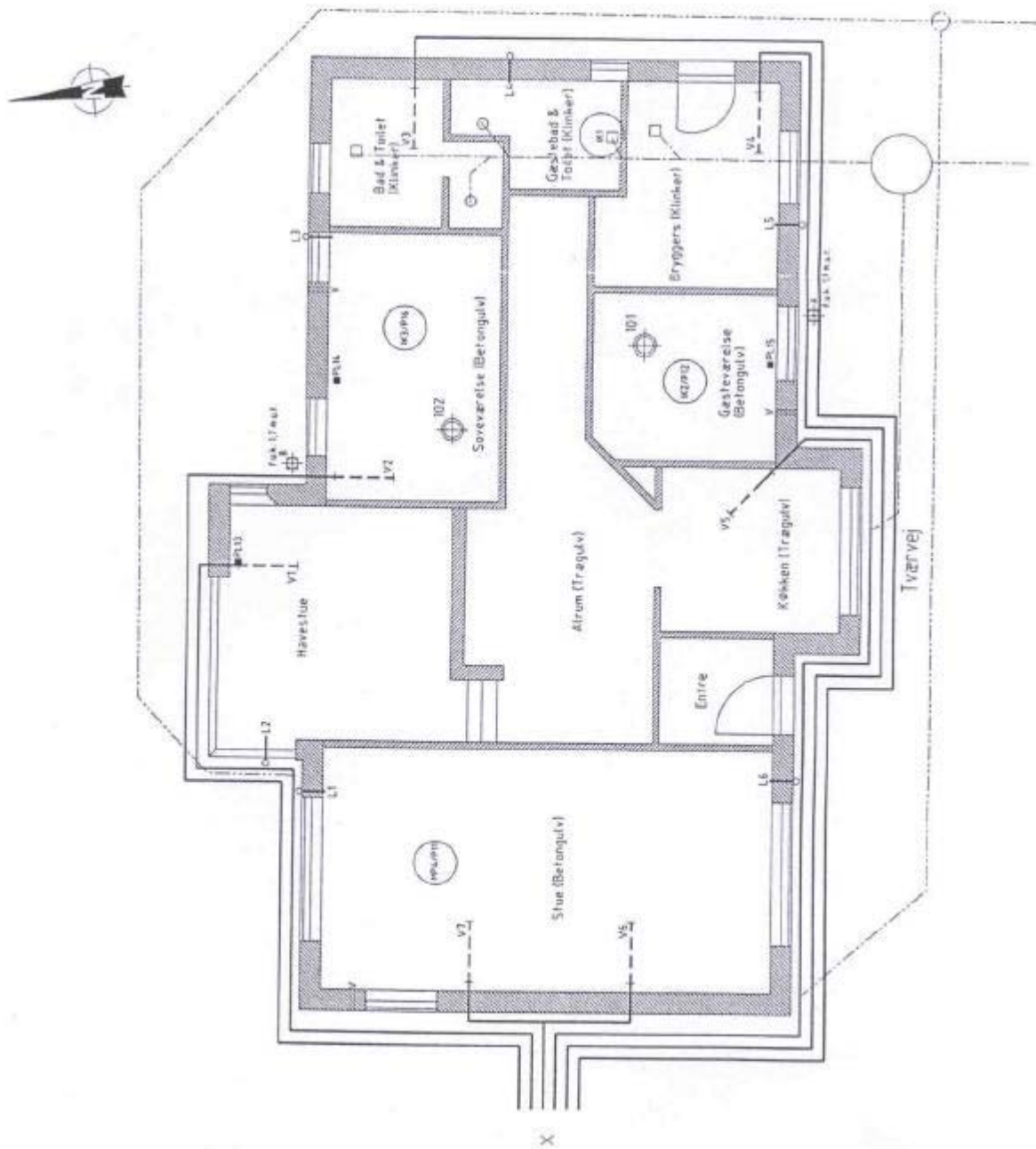
Manifold (7 stk. dræn i drift, forberedt for 10 stk.)



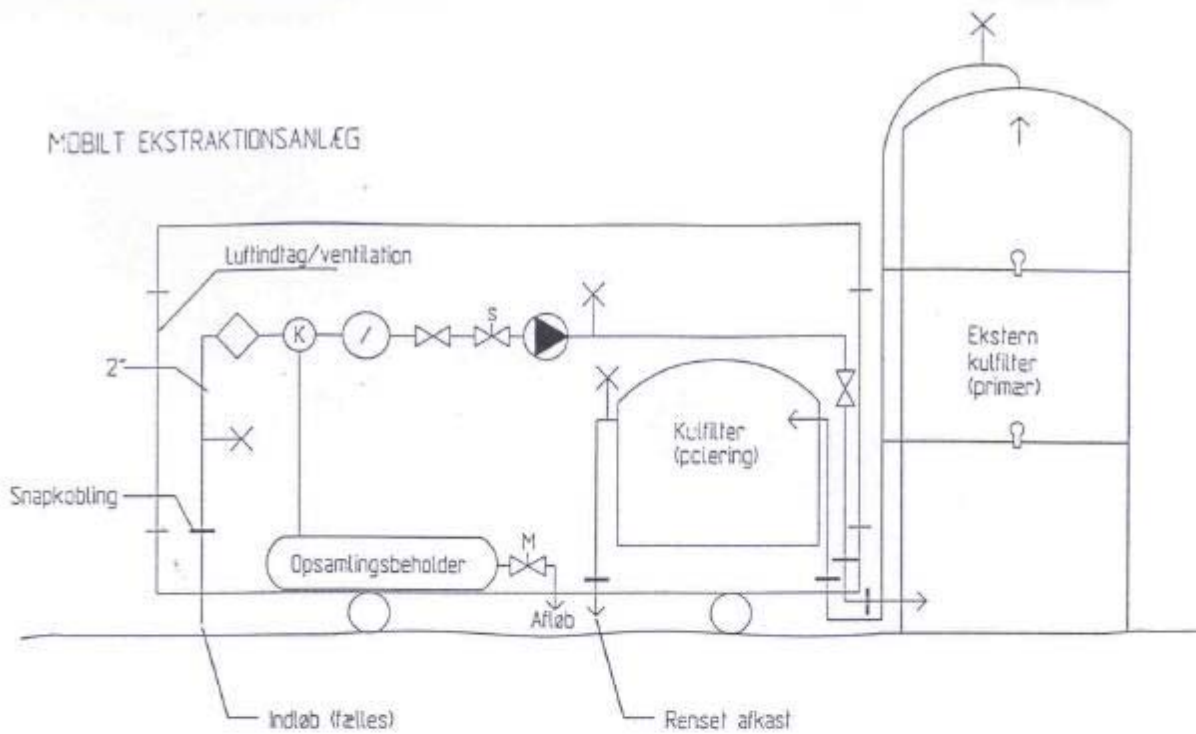
Rørføring og luftindtag (svane Hals)



Kulfilter, vakuumpumpe, SRO mv.



MOBILT EKSTRAKTIONSANLÆG



SIGNATURER:

- Kondensudskiller
- Pumpe
- Flowmåler
- Trykmåler

- Prøvetagningshane m. slængestuds
- Ventil
- Sugebegrænsningsventil
- Motorventil

BASIS		28.06.01 MNJ/KAB			
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt
Sog	FYNS AMT TVÆRVEJ 3, AARUP	Sog nr.	01.608.00		
Emne	PRINCIP – MOBILT EKSTRAKTIONSANLÆG	Tegn. nr.	Udgave		02
Cod file	T02-280601.dwg	Målestok	1:~		

NIRAS

Rådgivende ingeniører
og planlæggere A/S
Tilsluttet F.R.I

NIRAS
Åboulevarden 80
8000 Århus C

Telefon 8732 3232
Telefax 8732 3200
E-mail niras@niras.dk



Seitenkanal-
Vakumpumpen

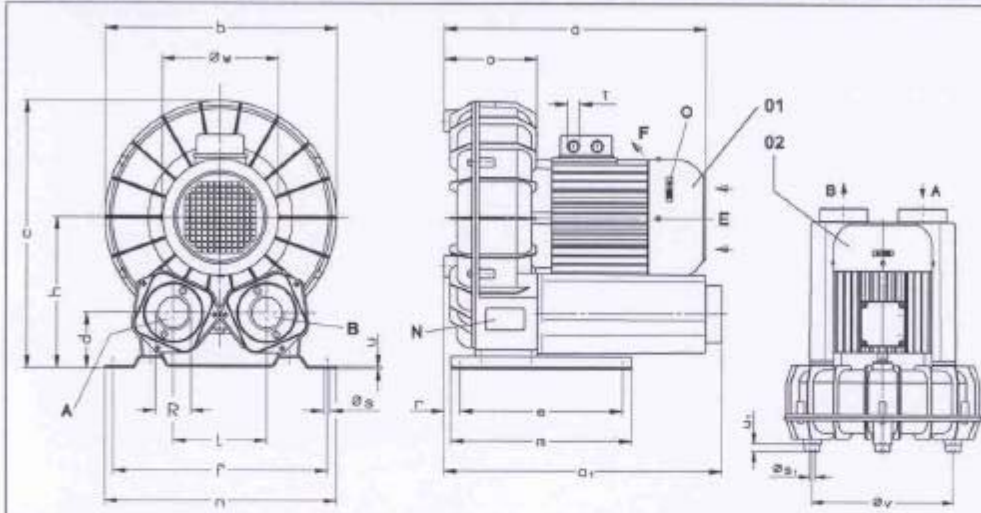
Side channel
vacuum pumps

Turbine latérale
vide

Pompe per vuoto
a canali laterali

SAP

BORA



01	Normal-Ausführung	Standard version	Exécution standard	Esecuzione standard
02	Vertikal-Ausführung	Vertical version	Exécution verticale	Esecuzione verticale
A	Vakuum-Anschluß	Vacuum connection	Raccord du vide	Attacco vuoto
B	Abluft-Anschluß	Exhaust air connection	Raccord air d'échappement	Raccordo aria di scarico
E	Kühlluft-Eintritt	Cooling air entry	Entrée air refroidissement	Entrata aria di raffreddamento
F	Kühlluft-Austritt	Cooling air exit	Sortie air refroidissement	Uscita aria di raffreddamento
N	Datenschild	Data plate	Etiquette caractéristique	Targhetta dati
O	Drehrichtungsschild	Direction of rotation	Flèche sens rotation	Targhetta senso rotazione

- SAP 50
- SAP 90
- SAP 110
- SAP 150
- SAP 180

SAP	50	90	110	150	180	
[mm]						
a	3- 1-	302 328	325 # 340	327 # 362	334 369 360 369	360 369 360 404
a ₁		301	332	345	345	391
b		234	251	262	262	332
c		267	296,5	322	322	381
d / h		58 / 150	68 / 171	68 / 181	68 / 181	80 / 215
e / f		220 / 226	220 / 226	220 / 226	220 / 226	270 / 275
m / n		240 / 246	240 / 246	240 / 246	240 / 246	300 / 306
l		104	110	110	110	133,5
o / r		102 / 26	118,5 / 24,5	127 / 19	133 / 19	126 / 23
ø _s / ø _{a1}		11 / M6	11 / M6	11 / M6	11 / M6	11 / M6
t		M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5
u / ü		2 / 20	2 / 20	2 / 20	2 / 20	3 / 20
ø _v		190	204	230	230	280
ø _w		139	139	157	157	177
R		G 1	G 1 1/2	G 1 1/2	G 1 1/2	G 2

ZRK		25 (03)	32 (03)	40 (03)	40 (03)	50 (03)
ZUV/ZBS	50 Hz	-	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 65
	60 Hz	ZUV 32	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 65
ZVF		32 (72)	32 (73)	40 (73)	40 (73)	50 (73)
ZGD		25 (06)	32 (06)	40 (06)	40 (06)	50 (06)
ZFP		145 (06)	216 (07)	216 (06)	216 (06)	216 (07)
ZMS (3-)	50 Hz	25/16	25/16	40/25	# 63/40	63/40
	60 Hz	25/16	25/16	40/25	# 63/40	63/40
ZMS (1-)	50 Hz	40	40	63	-	63
	60 Hz	40	40	63	-	63
ZWS		61 (10)	61 (11)	61 (12)	61 (12)	83 (10)

	Zubehör	Optional extras	Accessoires	Accessori
ZRK	Rückschlagventil	Non-return valve	Clapet anti-retour	Valvole di non ritorno
ZUV/ZBS	Saug-Begrenzungsventil	Vacuum limitation valve	Limiteur de dépression	Valvola limitatrice di aspirazione
ZVF	Vakuumdichter Ansaugfilter	Vacuum tight suction filter	Filtre d'aspiration étanche	Filtro aspirazione ermetico
ZGD	Zusätzlicher Schalldämpfer	Additional silencer	Silencieux complémentaire	Silenziatore supplementare
ZFP	Staubabscheider	Dust separator	Filtre séparateur	Separatore polveri
ZMS	Motorschutzschalter	Motor starter	Disjoncteur moteur	Interruttore magnetotermico
ZWS	Wechselschaltung	Change over valve	Inverseur de débit	Valvola di inversione

D 545/1

2.7.2000

**Werner Rietschle
GmbH + Co. KG**

Postfach 1260

79642 SCHOPFHEIM

GERMANY

☎ 07622 / 392-0

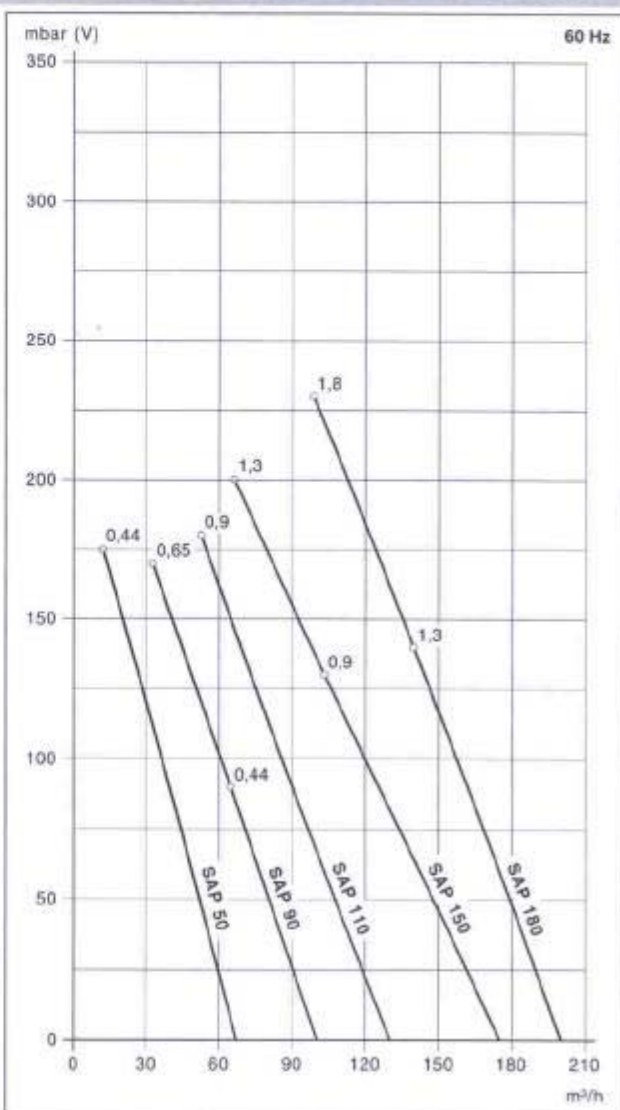
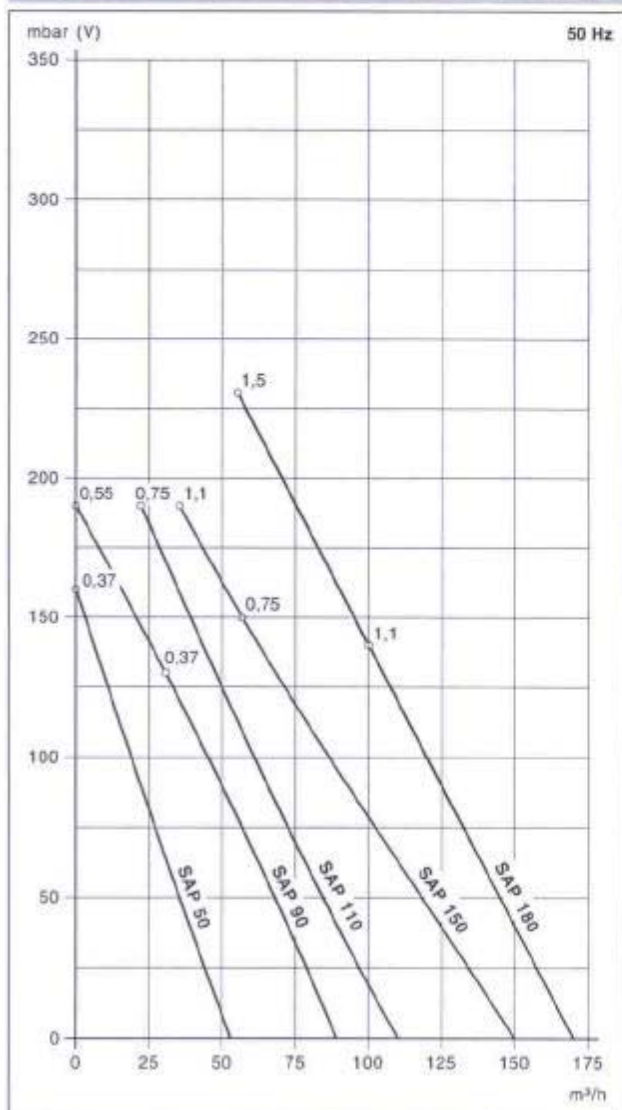
Fax 07622 / 392300

E-Mail: info@rietschle.com

http://www.rietschle.com

SAP		50	90	110	150	180					
m ³ /h	50 Hz	53	89	110	150	170					
	60 Hz	67	100	130	175	200					
mbar (V)	50 Hz	160	130	190	#	190	150	190	140	230	-
	60 Hz	175	90	170	#	180	130	200	140	230	-
3~	50 Hz	200-255/346-440V ± 5%									
	60 Hz	200-277/346-480V ± 5%									
1~	50 Hz	230V ± 10%									
	60 Hz	230V ± 10%									
kW	50 Hz	0,37	0,37	0,55	0,55	0,75	0,75	1,1	1,1	1,5	-
	60 Hz	0,44	0,44	0,65	0,65	0,90	0,90	1,3	1,3	1,8	-
A (3~)	50 Hz	2,1/1,20	2,3/1,3	3,0/1,75	#	4,3/2,5	4,3/2,5	5,75/3,3	5,75/3,3	8,7/5,0	-
	60 Hz	2,1/1,20	2,3/1,3	3,46/2,0	#	4,8/2,8	4,8/2,8	6,4/3,7	6,4/3,7	7,7/4,5	-
A (1~)	50 Hz	3,0	3,7	4,3	-	6,2	6,2	9,2	9,2	9,5	-
	60 Hz	3,0	3,5	5,8	-	7,4	7,4	9,9	7,9	#	-
min ⁻¹	50 Hz	2850									
	60 Hz	3450									
dB(A)	50 Hz	61	60	62	#	63	62	63	64	65	-
	60 Hz	63	64	65	#	66	65	66	67	68	-
kg	3~	15,5	15	17	#	20,5	23	24	27	32,5	-
	1~	16	15,5	18	#	24,5	24,5	24,5	27	34	-

m ³ /h	Volumenstrom	Capacity	Volume engendré	Portata volumetrica
mbar	Druckdifferenz	Pressure difference	Pression différentielle	Differenza di pressione
V	Vakuumbetrieb	Vacuum operation	Fonction dépression	Esercizio in aspirazione
3~/1~	Motorausführung	Motor version	Exécution moteur	Esecuzione motore
kW	Motorleistung	Motor rating	Puissance moteur	Potenza motore
A	Stromaufnahme	Current drawn	Intensité absorbée	Corrente nominale
min ⁻¹	Drehzahl	Speed	Vitesse rotation	Numero giri
dB(A) → DIN 45635	Mittlerer Schalldruckpegel (Ausbläsung über Schlauchleitung)	Average noise level (Discharge connected to a pipeline)	Niveau sonore moyen (Refoulement au travers d'un tuyau)	Rumorosità media (Scarico tramite tubazione flessibile)
kg	Max. Gewicht	Maximum weight	Poids maxi.	Peso massimo



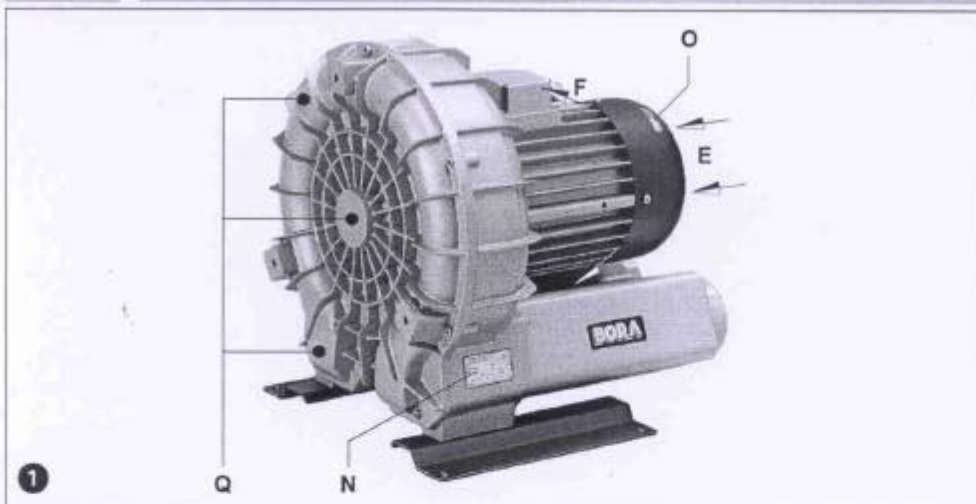
Die Kennlinien (Toleranz ±10%) gelten für den Zustand im Saugstutzen bei 20°C und einem Gegendruck von 1 bar (abs.). / The curves have a tolerance of ±10% and are related to inlet conditions at 20°C and back pressure of 1 bar (abs.). / Les courbes (tolérance ±10%) sont établies pour de l'air aspiré à 20°C et une pression au refoulement de 1 bar (abs.). / Le curve caratteristiche (toleranza ±10%) valgono per una temperatura di 20°C misurata alla bocca di aspirazione con una contropressione di 1 bar (ass.).
 Technische Änderungen vorbehalten! / We reserve the right to alter technical information! / Sous réserve de modification technique! / Salvo modifiche tecniche!
 # auf Anfrage # on request # sur demande # a richiesta



Sidekanalvakuumpumper / sidekanalkompressorer

SAP

BORA



SAP 50
SAP 90
SAP 110
SAP 150
SAP 180
SAP 220
SAP 300
SAP 380
SAP 450
SAP 530
SAP 710
SAP 1060
SAP 1500

Udførelser

Denne driftsvejledning gælder for følgende SAP sidekanalvakuumpumper og sidekanalkompressorer. Kapaciteter ved hhv. vakuum og overtryk er vist i databladene D 545/1, D 545/2, D 545/3 eller D 645/1, D 645/2, D 645/3.

Beskrivelse

SAP sidekanalvakuumpumper / sidekanalkompressorer arbejder efter det dynamiske princip med berøringsfrie roterende løbehjul, og kræver derfor kun minimal service. Motor og blæser danner en enhed, hvor motorfejlerne bærer løbehjulet. Ved størrelser t.o.m. SAP / 4 kW sørger motorventilatoren for køling af motor og hus (billede 1), mens det ved blæsere fra SAP / 5,5 kW desuden er køleventilator mellem motoren og blæserhuset (billede 2).

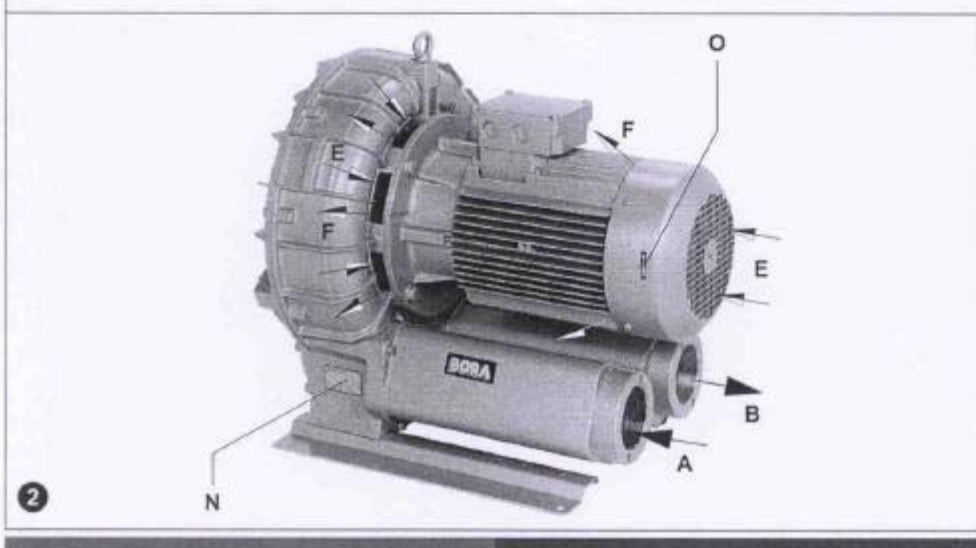
Der er monteret adsorptionslyddæmpere på sugeside og trykside. Lyddæmperindsatsen på sugesiden er forsynet med et net, der tilbageholder partikler over 5,0 mm. Blæserens gevindtilslutning på sugeside og trykside er rørgvind efter DIN ISO 228.

Som variant kan SAP leveres med magnetventil på sugesiden samt forskellige tilslutningsflanger på tryksiden.

Foruden motoraksel, motoranker og stator er hovedkomponenterne fremstillet i en aluminiumlegering.

Tilbehør efter behov: Suge- eller trykbegrænsningsventil, kontraventil, indsugningsfilter, motorværn samt skifteventil for tryk/vakuum.

Specialudførelse: PTFE-belægning til let aggressive medier og/eller gastæt udførelse.



BD 545

1.3.2001

Werner Rietschle GmbH + Co. KG

Postfach 1260
79642 SCHOPFHEIM
GERMANY

☎ 07622 / 392-0

Fax 07622 / 392300

E-Mail: info@rietschle.com

http://www.rietschle.com

Rietschle Scandinavia A/S

Tøstrupvej 11 / Postboks 185

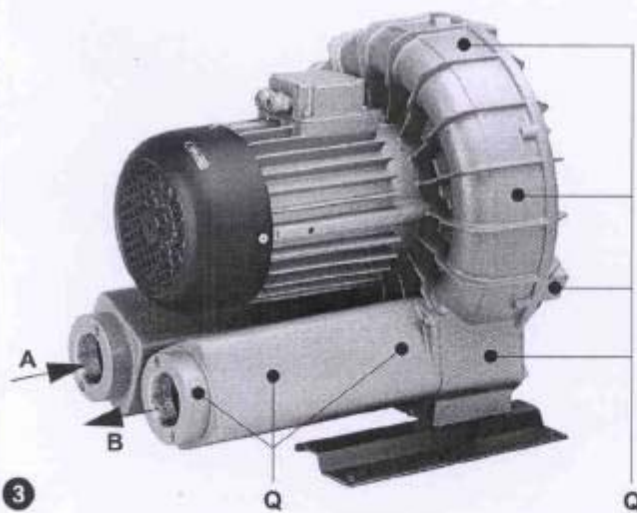
4300 HOLBÆK/DENMARK

☎ 059 / 44 40 50

Fax 059 / 44 40 06

E-Mail: rietschle@rietschle.dk

http://www.rietschle.dk



Anvendelse

! Maskinerne er beregnet for anvendelse i erhvervsmæssigt øjemed, hvilket betyder at sikkerhedsbestemmelser efter EN DIN 294 tabel 4 gældende for personer over 14 år er gældende.

SAP modellerne kan efter ønske anvendes til vakuum eller tryk, og de er beregnet til befording af luft med en relativ fugtighed på op til 90% samt tørre ikke aggressive gasarter. De gastætte udførelser kan leveres som variant, hvor akseltætningens konstruktion er udslagsgivende for maskinernes levetid og anvendelse.

! Der må ikke befordres luft iblandet farlige mængder af fx brændbare eller eksplosive gasser og dampe samt vanddamp eller aggressive gasser samt olie, olierdampe og fedt.

Ved befording af brændbare eller aggressive gasarter med specialudførelser skal sikkerhedsinstruktion XD 1 følges.

! Omgivelsestemperaturen og temperaturen på den ind sugede luft må ligge mellem 5 og 40°C. Ved temperaturer uden for dette område bedes De kontakte os.

Til befording af let aggressive gasser kan SAP leveres med PTFE belægning.

Den højst tilladte trykdifferens for luft (ved hhv. vakuum og overtryk) er afhængig af motorstørrelsen. Data for den aktuelle sidekanalblæser er angivet på typeskiltet (N) og spændinger/frekvenser kan for standardudførelser findes i følgende:

SAP 50, SAP 90, SAP 110, SAP 150 og SAP 180: se datablad D 545/1 eller D 645/1

SAP 220, SAP 300, SAP 380 og SAP 450: se datablad D 545/2 eller D 645/2

SAP 530, SAP 710, SAP 1060 og SAP 1500: se datablad D 545/3 eller D 645/3

Ved drift uden for de i databladene angivne tryk områder bliver motoren overbelastet. Da de angivne ydelser er angivet for atmosfærisk luft bedes De kontakte os, hvis der skal befordres luftarter med anden massefylde.

Da de angivne ydelser er angivet for atmosfærisk luft bedes De kontakte os, hvis der skal befordres luftarter med anden massefylde.

Hvis der er risiko for at SAP sidekanalvakuumpumpen / sidekanalkompressoren arbejder uden for de tilladte grænser i kortere tid, kan der monteres vakuum- eller trykbegrænsningsventil (tilbehør).

Standardudførelsen bør ikke anvendes i eksplosionsfarlige rum.

! Ved opstilling på steder, hvor utilsigtet stop eller havari af SAP sidekanalvakuumpumpen/- sidekanalkompressoren kan medføre skade på personer eller maskiner, skal de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger træffes af bruger.

Håndtering og opstilling (billeder 1, 2 og 3)

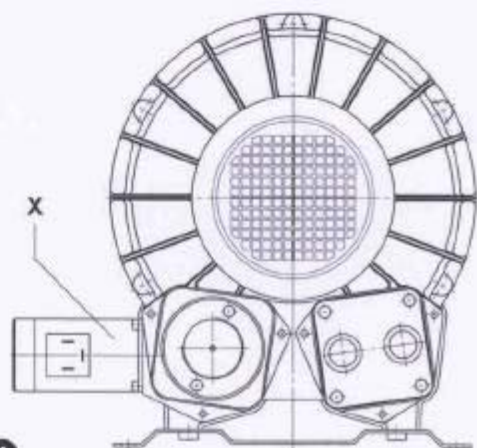
! I driftsvarm tilstand kan overfladetemperaturen ved delene (Q) overstige 70°C, og berøring skal derfor undgås.

Ved opstilling og især ved indbygning af sidekanalvakuumpumper/-kompressorer skal man være opmærksom på, at kølelufttilgangene (E) og køleluftafgangene (F) har mindst 10 cm afstand til omliggende vægge. Udgående køle- og afgangsluft skal kunne strømme frit og må ikke suges ind igen.

SAP kan monteres i forskellige positioner. Ved større maskiner skal motoren vende opad, kontakt os venligst for yderligere information.

SAP sidekanalvakuumpumpen/ -kompressoren behøver ikke ekstra fastspænding, når montage sker på fast grund. Ved indbygning i konstruktioner anbefales opstilling på svingningsdæmpere.

! Ved opstilling over 1000 m over havets overflade reduceres blæserens ydelse. I dette tilfælde bedes De kontakte os.



Installation (billede 1, 2 og 3)

! Ved installation skal de lokale myndigheders forskrifter overholdes.

1. Ved vakuumdriфт tilsluttes sugel dningen ved (A) og trykle dningen ved (B).

! Lange og/eller for tynde rørledninger nedsætter bl sers ydelse.

Hvis der er behov for skiftevis vakuum og tryk, kan sidekanalvakuumpumpen/ -kompressoren forsynes med skifteventil ZWS (tilbehør). I dette tilfælde er der kun en tilslutning for overtryk og vakuum.

2. Motordata er angivet på motorskiltet (N) samt på skiltet på motoren. Motoren er bygget efter DINE/VDE 0530 IP 55 isolationsklasse F. I klemmekassen er indlagt koblingskema (bortfalder hvis blæser leveres med kabel og stik). Sammenlign motordata med det aktuelle forsyningsnet (strømtype, spænding, frekvens, tilladeligt strømstyrke).

3. Tilslut motoren ifølge stærkstrømsbekendtgørelsen via motorværn (brug PG forskr ning) hhv. stik. Vi anbefaler anvendelse af motorværn med forsinket udkobling, da maskinen kortvarigt under start kan blive overbelastet.

Ved anvendelse af magnetventil hhv. skifteventil (ZWS) skal elektromagnet (X) tilsluttes. Kontroller sp ndingsdata på magneten.

! Elinstallation må kun udføres af autoriseret elinstallat r efter stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 204-1 (DS-EN 60204). Det er slutbrugers ansvar at sørge for installation af hovedafbryder.

Drift (billede 1 og 2)

1. Motoren startes kortvarigt for at kontrollere, om omdrejningsretningen stemmer overens med pilen (O).

2. Ved drosling af anlægget må det på typeskiltet (N) angivne differensstryk ikke overskrides.

Pas på! Hvor der er risiko for, at blæseren kan arbejde med lukket trykside hhv. sugeside, skal der monteres trykbegrænsningsventil ZBD, ZUV hhv. vakuumbegr nsningsventil ZBS, da motoren ellers vil blive overbelastet.

3. Det kan ikke anbefales at sammenligne den målte strømstyrke med den maksimale strømstyrke, der er angivet på typeskiltet (N), da denne er afhængig af spændingen.

Risiko for betjeningspersonale

Støjgener: Det højeste tilladelige støjniveau (værste retning og belastning) hhv. lydtryk målt efter DIN 45635 del 13 (svarende til 3.GSGV) er angivet i appendiks på næste side.

Vi anbefaler anvendelse af høreværn, hvis man i længere tid skal opholde sig ved blæseren, for at forebygge høreskader.

Vedligehold og service

! Når der skal foretages vedligehold eller service, må sidekanalvakuumpumpen/ -kompressoren ikke være tilsluttet elektrisk! Udfør ikke service på driftsvarm blæser

Foruden rensning af filtre kræver sidekanalvakuumpumper og -kompressorer ingen service.

! Manglende service på filtre nedsætter ydelsen for sidekanalvakuumpumpen/ -kompressoren!

1. Si på sugeside (34) i lydd mperhus:

Det er muligt at rense si gennem åbning ved (A) og (B).

2. Ekstra filter (tilbehør):

Indsugningsfilter (ZAF) skal have rensed filterpatron for hver 250 driftstimer, og udskiftet denne efter 3000 driftstimer. Ved filterskift fjernes vingem trik (m₁). Beskyttelseskappe (h) fjernes og filterpatron (f₁) kan tages ud for rensning med trykluft indefra, bankes ud i hånden eller udskiftning. Indbygning sker i omvendt rækkefølge (se billede 5).

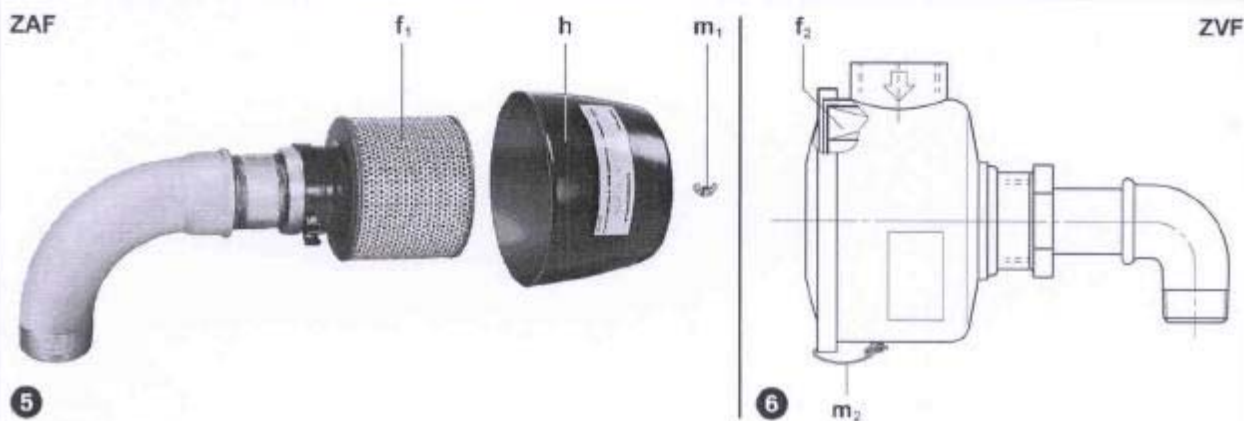
Filterpatronen i det vakuums tete filter (ZVF) skal renses eller udskiftes alt efter forureningsgraden af den befordrede luft. Filterpatronen (f₂) kan tages ud når snapl se (m₂) er løsnet (se billede 6).

3. Lejer:

Lejerne er livstidssmurte og forsynede med h jtemperaturfedt og kræver derfor ingen service.

! Ved befordring af brændbare eller aggressive gasarter med specialudførelser skal sikkerhedsinstruktion XD 1 følges.

ZAF



Fejl og afhjælpning

1. Sidekanalvakuumpumpen/ -kompressoren opnår ikke omdrejningstal:

- 1.1 Forsyningsnettes data stemmer ikke overens med motordata.
- 1.2 Motoren er forkert forbundet.

2. Blæseren kobler ud fordi motorværn slår fra

- 2.1 Fejl som under 1.1 og 1.2.
- 2.2 Motorværn er ikke korrekt indstillet.
- 2.3 Motorværn slår fra.
Afhjælpning: Anvend motorværn med tidsforsinkelse, brug motorværn efter VDE 0660 del 2 eller ISO 947-4.
- 2.4 Blæseren er overbelastet, dvs. differenstrykket er for højt.
Afhjælpning: Anvend rørledninger med større diameter for at reducere differenstryk. Indbyg begrænsningsventiler ZBS eller ZBD.
- 2.5 Der er valgt for lille motor.
Afhjælpning: hvis det er muligt, erstat med en blæser med større motor. Udskiftning af motor alene er ikke mulig.

3. Det ønskede differenstryk kan ikke opnås

- 3.1 Blæser eller motorstørrelse er valgt for lille.
- 3.2 Filtre er snavsede.
- 3.3 Tryktabet i rørene er for stort.
Afhjælpning: anvend større rør, undgå indsnævring og skarpe knæk.
- 3.4 Utæthed i system.

4. Blæseren bliver for varm:

- 4.1 Omgivelsestemperaturen eller temperaturen på den indsugede luft er for høj.
- 4.2 Differenstrykket er større end tilladt.
- 4.3 Køleluftstrømmen er blokeret.

5. Støjniveauet for højt:

- 5.1 Afhjælpning: Indbyg ekstra lydæmper ZGD (tilbehør).

6. Magnetventil hhv. skifteventil ZWS (tilbehør) arbejder ikke:

- 6.1 Strøm, spænding eller frekvens er forkert (se data på magnet)
- 6.2 Skifteventil er snavsset.
Afhjælpning: Adskil og rens ventil.

Appendiks:

Reparation: Ved reparation på stedet skal stærkstrømsbekendtgørelsen overholdes. Det anbefales bruger, at servicearbejde udføres af Rietschle Scandinavia A/S eller af værksteder, der er godkendt af os, hvilket især er vigtigt ved garantireparationer. Efter udført reparation følges anvisninger i denne driftsvejledning.

transport/flytning: SAP 180 til SAP 1500 er forsynet med løfteøje. Vægt er angivet i tabellen.

Lagring: SAP-blæserene skal lagres i tørre omgivelser med normal luftfugtighed. Ved en relativ fugtighed på over 80% anbefales det at blæseren lagres forseglet med et fugtabsorberende medie.

Skrotning: Sliddele angivet i reservedelslisten med „V” er specialaffald og skal bortskaffes efter de stedlige myndigheders forskrifter.

Reservedelsliste: E 545/1 • SAP 50 → SAP 300; SAP 380, 450, 530 (4 kW + 4,8 kW)
E 545/2 • SAP 380, 450, 530 (5,5 kW → 9 kW); SAP 710; SAP 1060; SAP 1500

SAP		50	90	110	150	180	220	300	380	450	530	710	1060	1500	
Støjniveau (max.)	dB(A)	50 Hz	75	81	81	87	86	88	87	86	91	93,5	92,5	96,5	94
		60 Hz	77	81	82	87	87	89,5	91	86	91	92	94	97	94
Lydtryk	dB(A)	50 Hz	-	-	-	91	94	98	95	92	99	100	99	107	104
		60 Hz	-	-	-	92	94	99	100	92	99	100	101	108	104
Vægt (max.)	kg	16	17	24,5	24,5	34	42	53	58	69	88	125	178	191	
Længde (max.)	mm	328	340	362	369	411	429	464	490	608	634	664	734	760	
Bredde	mm	234	251	282	282	332	370	366	432	450	471	534	534	534	
Højde	mm	267	297	322	322	381	414	443	486	525	561	617	639	606	

Bilag G:

Tilsyns- og monitoringsstrategi – eksempler

Afværgeprincip	Teknik nr.	Betegnelse	Tiltag (indkøring af anlæg)			Tiltag (efterfølgende drift)		
			Aktivitet	Delformål	Frekvens (indkøring)	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)	
Tætning af gulve	1-3	Mellem etageadskillelser	Indeklimamålinger, over og under hver etageadskillelse	Kontrol af tilbageholdelsesvæne	Efter opstart (2 gange)	Ingen	Ingen	
		Mod terræn	Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af tilbageholdelsesvæne				
	1-3	Ventilation af kælderetage	Indeklimamåling i overliggende beboede lokaler	Kontrol af effekt	Efter opstart (2 gange)	Ingen	Ingen	
Rumventilation	4	Ventilation af kælderetage	Indeklimamåling i kælder og overliggende beboede etager	Kontrol af effekt ved fortynding/undertryk		Indeklimamåling (stue.)		
			Poreluftmåling under kældergulv ¹⁾	Kontrol af "kilde".	Efter opstart (2 gange)	Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	Årligt	
			Udeluftsmåling ¹⁾	Kontrol af indhold i luftindtag.				
			Registrering af ventilatorydelse	Kontrol af luftsiftte			Indeklimamåling (stue.)	
	5	Ventilation af stueetage (uden kælder)	Indeklimamåling i stueetage.	Kontrol af effekt ved fortynding				
			Udeluftsmåling ¹⁾	Kontrol af indhold i luftindtag.				
			Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af "kilde".	Efter opstart (2 gange)	Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	Årligt	
			Registrering af ventilatorydelse	Kontrol af påkrævet luftsiftte og kontrolberegning af varmetab				

1) Måling kan evt. undlades. Kan medtages senere hvis der viser sig at være behov for understøttende målinger.

2) Målinger kan evt. undlades. Der foreligger dog pt. Ingen dokumentation af metoder.

3) Evt. kan den ene af de to metoder udelades

Afværgeprincip	Teknik nr.	Betegnelse	Tiltag (indkøring af anlæg)			Tiltag (efterfølgende drift)			
			Aktivitet	Delformål	Frekvens (indkøring)	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)		
Luftrensning	6	Luftrensning i kælderetage	Indeklimamåling i kælder og overliggende beboelse.	Kontrol af effekt ved luftrensning	Efter opstart(2 gange)	Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	Årligt		
			Udeluftsmåling ¹⁾	Kontrol af bidrag fra udeluft					
			Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af kildestykke.					
			Registrering af ventilatorydelse	Teknisk kontrol af påkrævet luftskifte og kontrolberegning af kapacitet i filter					
			Kulskifte					Ca. Årligt	Kulskifte
			Indeklimamåling i kælder og ovenliggende beboelse	Kontrol af effekt ved luftrensning					Indeklimamåling (stue.)
	7	Luftrensning i stueetage (med kælder), hvor påvirkning skyldes udeluft- og poreluftforurening	Udeluftsmåling	Kontrol af bidrag fra udeluft (kildeskontrol)	Efter opstart(2 gange)	Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	Årligt		
			Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af kildestykke.					
			Registrering af ventilatorydelse	Teknisk kontrol af påkrævet luftskifte og kontrolberegning af kapacitet i filter					
			Kulskifte					Ca. Årligt	Kulskifte
			Indeklimamåling i stueetage (beboelse)	Kontrol af effekt ved luftrensning					Indeklimamåling (stue.)
			Udeluftsmåling ¹⁾	Kontrol af bidrag fra udeluft					Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer
8	Luftrensning i stueetage (uden kælder)	Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af kildestykke.	Efter opstart(2 gange)	Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	Årligt			
		Registrering af ventilatorydelse	Teknisk kontrol af påkrævet luftskifte og kontrolberegning af kapacitet i filter						
		Kulskifte					Ca. Årligt	Kulskifte	
		Indeklimamåling i stueetage (beboelse)	Kontrol af effekt ved luftrensning					Indeklimamåling (stue.)	
		Udeluftsmåling ¹⁾	Kontrol af bidrag fra udeluft					Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	
		Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af kildestykke.					Byggeteknisk gennemgang for kontrol af at der ikke er sket væsentlige ændringer	

Afværgeprincip	Teknik nr.	Betegnelse	Tiltag (indkøring af anlæg)			Tiltag (efterfølgende drift)		
			Aktivitet	Delformål	Frekvens (indkøring)	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)	
Ventilation af gulvkonstruktioner	9	Ventilation af krybekælder (aktiv)	Passiv opsamling på afkastluft ³⁾	Kontrol af indhold i bortledt luft.	Efter opstart (2 gange)	Passiv opsamling på afkastluft eller indeklimatemåling (stue.)	Årligt	
			Indeklimamåling i stueetage ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning				
			Poreluftmåling under krybekælder ¹⁾	Kontrol af "kilde"				
			Registrering af ventilatorydelse og vakuummålinger.	Teknisk kontrol af aktuelt luftskifte og vakuumbredelse samt rensekapacitet (hvis kulfiler er tilsluttet).				
	10	Ventilation af krybekælder (passiv)	Kulskifte (hvis tilsluttet)	Kontrol af indhold i bortledt luft.	Ca. Årligt	Passiv opsamling på afkastluft eller indeklimatemåling (stue.)	Årligt	
			Passiv opsamling på afkastluft ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning				
			Indeklimamåling i stueetage ³⁾	Kontrol af "kilde"				
			Poreluftmåling under krybekælder ¹⁾	Teknisk kontrol af maks. og min. luftskifte og vakuumbredelse samt rensekapacitet (hvis kulfiler er tilsluttet).				
			Logning af flow og vakuummålinger.					
11	Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv med luftindtag)	Passiv opsamling på afkastluft ³⁾	Kontrol af indhold i bortledt luft.	Efter opstart (3 gange)	Passiv opsamling på afkastluft eller indeklimatemåling (stue.) eller passiv opsamling under gulv	Årligt		
		Indeklimamåling i stueetage ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning					
		Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af "kilde"					
		Logning af flow og vakuummålinger.	Teknisk kontrol af maks. og min. luftskifte og vakuumbredelse samt rensekapacitet (hvis kulfiler er tilsluttet).					

1) Måling kan evt. undlades. Kan medtages senere hvis der viser sig at være behov for understøttende målinger.

2) Målinger kan evt. undlades. Der foreligger dog pt. Ingen dokumentation af metoder.

3) Evt. kan den ene af de to metoder udelades.

Afværgeprincip	Teknik nr.	Betegnelse	Tiltag (indkøring af anlæg)			Tiltag (efterfølgende drift)		
			Aktivitet	Delformål	Frekvens (indkøring)	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)	
Moderat ventilation af gulvkonstruktioner	12	Ventilation af kapillarbrydende lag (aktiv med luftindtag)	Passiv opsamling på afkastluft ³⁾	Kontrol af indhold i bortledt luft.	Efter opstart (2 gange)	Passiv opsamling på afkastluft eller indeklimamåling (stue.) eller passiv opsamling under gulv	Årligt	
			Indeklimamåling i stueetage ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning.				
			Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af "kilde"				
			Registrering af ventilatorydelse og vakuummålinger.	Teknisk kontrol af luftskefte og vakuumbredelse samt renskapacitet (hvis kulfilter er tilsluttet).				
			Kulskifte (hvis tilsluttet)					Ca. Årligt
			Passiv opsamling på afkastluft ³⁾	Kontrol af indhold i bortledt luft.				Efter opstart (2 gange)
Indeklimamåling i stueetage ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning.							
Poreluftmåling under gulv ¹⁾	Kontrol af "kilde"							
Registrering af ventilatorydelse	Teknisk kontrol af luftskefte samt renskapacitet (hvis kulfilter er tilsluttet).							
Kulskifte (hvis tilsluttet)		Ca. Årligt						

1) Måling kan evt. undlades. Kan medtages senere hvis der viser sig at være behov for understøttende målinger.

2) Målinger kan evt. undlades. Der foretages dog pt. Ingen dokumentation af metoder.

3) Evt. kan den ene af de to metoder udelades.

Afværgeprincip	Teknik nr.	Betegnelse	Tiltag (indkøring af anlæg)			Tiltag (efterfølgende drift)				
			Aktivitet	Delformål	Frekvens (indkøring)	Aktivitet	Frekvens (efterfølgende drift)			
Kraftig terrænmær ventilation	14	Ekstraktionsboringer	PID-måling eller felt-GC måling på afkast	Kontrol af indhold i bortledt luft. Overvågning af forløb og beregning af fremtidige ekstraktionsperioder	Efter opstart (hver gang anlæg flyttes)	Poreluftmåling under gulv eller indeklimamåling	Årligt			
			Poreluftmåling under gulv	Kontrol af effekt ved bortledning / bortledning	Efter 1. ekstraktionsrunde og evt. efter 1. ekstraktionspause					
			Indeklimamåling ^{y)}	Kontrol af effekt ved ekstraktion	Efter opstart (2 gange)					
			Registrering af flow og vakuum	Teknisk kontrol af ventilation samt renskapacitet	Løbende					
			Kulskifte		Ca. kvartalsvis	Kulskifte	Ca. kvartalsvis			
			15	Dræn under gulve		PID-måling eller felt-GC måling eller passiv opsamling på afkast fra de enkelte dræn ¹⁾	Kontrol af indhold i ekstraheret luft	2 - 3 gange efter opstart	Passiv opsamling på afkastluft eller indeklimamåling (stue) / eller måling under gulv	Årligt
						Poreluftmåling under gulv ³⁾	Kontrol af effekt ved bortledning / bortledning	Efter opstart(2 gange)		
						Indeklimamåling ^{y)}	Kontrol af effekt ved ekstraktion	Efter opstart(2 gange)		
						Registrering af flow og vakuum	Teknisk kontrol af ventilation samt renskapacitet	Løbende		
						Kulskifte		Ca. kvartalsvis	Kulskifte	Ca. kvartalsvis

1) Måling kan evt. undlades. Kan medtages senere hvis der viser sig at være behov for understøttende målinger.

2) Målinger kan evt. undlades. Der foreligger dog pt. Ingen dokumentation af metoder.

3) Evt. kan den ene af de to metoder udelades.

Bemærkninger: For en nærmere beskrivelse af de enkelte teknikker henvises til afsnit xx.

Ovenstående program er forudsat at grundejer selv giver besked om såvel ændret brugsmønster som byggetekniske ændringer (ombygning, væsentlig ændret indretning).

Anlægstekniske tilsyn er stort set forudsat sammenfaldende med de øvrige tilsyn

Generelt gælder for ovenstående program - den efterfølgende drift, at programmet udvides efter behov, eventuelt for verifikation af enkelt resultater. Se eksempelvis datablad xx vedrørende passiv ventilation af kapillarbrydende lag (Nordborg).

Bilag H:

Monitering – aktivitet og metodevalg

Moniteringsaktivitet	i/s/a/u	Metodebeskrivelse	Relevante teknikker/principper	Eksempel ¹⁾	Bemærkninger
Forureningsindhold i afkastluft fra ventilationsanlæg (passiv)	i s a	Sorbent monteres i afkastrør, opsamlingsperiode ca. 14 dage. ATD-rør eller M2(tablet) monitor GC-ECD screening (0,1 µg/m ³)	Ventilation af gulv konstruktioner (9-13)	Ja	God metode, hvorved der opnås en midlet koncentration af afkastluften over en længere måleperiode. Serdeles vigtigt ved "passive" anlæg, da der kan være store udsving i den aktuelle ventilatorydelse og dermed den aktuelle effekt (vindafhængig), hvorfor flow og koncentrationer i afkastluften vil variere betydeligt.
Forureningsindhold i afkastluft fra ventilationsanlæg (aktiv)	i s a	Aktiv luftprøvetagning (opsamlingsstid f.eks. ½ time) Kulrør GC-ECD screening (0,01 µg/m ³)	Ventilation af gulv konstruktioner (9-13)	Nej	God metode. Ved en aktiv ventilation sker en konstant ensartet bortledning. Midling derved sjældent nødvendig.
Indeklimamåling (passiv)	i s a	Sorbent ophænges i bygningen (opsamlingsstid 14 dage) ATD-rør GC-ECD screening (0,1 µg/m ³)	Alle teknikker	Ja	God metode, hvorved der opnås en midlet koncentration af afkastluften over en længere måleperiode, men noget usikker da målingerne kan være påvirket af "uvedkommende" bidrag fra møbler, rensetøj, forurenet udeluft o. lign samt ved fortynding pga. udluftning. Udluftningshyppighed og vejforhold noteres.
Poreluftmåling under gulv (aktiv – traditionel metode)	i s a	Aktiv luftprøvetagning (opsamlingsstid f.eks. ½ time) Kulrør GC-ECD screening (0,01 µg/m ³)	Alle teknikker	Ja	Middel god metode, da målingen foretages ved korttidsprøvetagning og således er meget følsom overfor korttidsfluktationer. Der observeres ofte meget store udsving imellem ellers sammenlignelige målerunder. Metrologiske data og øvrige vejforhold bør som minimum noteres.
Poreluftmåling under gulv (passiv – ny metode)	i s a	Sorbent monteres i specialboks for registrering af indhold under gulv (opsamlingsstid 14 dage) ATD-rør GC-ECD screening (0,1 µg/m ³)	Alle teknikker	Ja	God metode, Nyudviklet koncept med foreløbig gode resultater. Ringe følsomhed overfor korttidsfluktationer. Måleopstilling kan i visse tilfælde være til gene for anvendelsen i måleperioden.
Vakuummålinger (øjebliksmåling)	i u	Der foretages måling i ventilerede rum/konstruktioner og/eller nabolokaler Måling i luftindtag eller tilsvarende Mikromanometer (0-100 mbar, +/- 0,5% af 100) Testo 520	Rumventilation (4-6) Moderat ventilation af gulv konstruktioner (9-13) Kraftig terrænnær ventilation (14-15)	Ja	Simpel og robust metode anvendt for verifikation af ændrede trykgradienter (under gulve, i boringer osv.)

For en nærmere beskrivelse af de enkelte teknikker henvises til afsnit 5.4., se endvidere oversigt i afsnit 5.4

Tal i parentes angiver de enkelte teknikkers numre i henhold til tabel 5.5 i afsnit 5.4

i: information om metode, s: oplysninger om sorbent, a.: analysemetode, u: oplysninger om udstyr

Aktivitet	i/s/a/u	Metodebeskrivelse	Relevante teknikker/prinsipper	Eksempel ¹⁾	Bemærkninger
Felt-GC måling på afkastluft (øjebliksmåling)	i a	Luftprøve opsamles på rilsan- eller tedlar pose GC-ECD screening (50 µg/m ³) Verifikation af metoden: GC-ECD screening af poreluft opsamlet på kulrør	Moderat ventilation af gulv konstruktioner (primært aktive) (9-13) Kraftig terrænnær ventilation (14-15)	Ja	God og relativt billig analysemetode, med resultater i felten således at indjusteringer kan foretages umiddelbart efter måling (samme dag).
PID måling på afkastluft (øjebliksmåling)	i a	Der foretages måling direkte på den oppumpede luft ved pumpens afkast. Photoioniserings detektor	Alle teknikker	Ja	Hurtig og meget billig. God til prøveudvælgelse. Relative målinger. Ikke stofspecifik Feltmålingerne kan være noget ustabile, da apparaturet er meget følsomt overfor en høj luftfugtighed, dels i atmosfæren og dels i den oppumpede luft.
Fotoakustisk måling på afkastluft (øjebliksmåling)	i a	Der foretages måling direkte på den oppumpede luft ved pumpens afkast. Fotoakustisk detektor (10-10 mg/m ³)	Alle teknikker	Nej	Hurtig og stofspecifik, relativt dyr. Der kan være interferensproblemer ved metoden
Flowmåling (logning)	a	Målesonde monteres centralt i røret 001/m ³ /h (stor målenøjagtighed). TSI flowmåling 0-100 m/s	Ventilation af gulv konstruktioner (9-13)	Ja	God og robust metode til kontrol af flowforhold

For en nærmere beskrivelse af de enkelte teknikker henvises til afsnit 5.4., se endvidere oversigt i afsnit 5.4

Tal i parentes angiver de enkelte teknikkers numre i henhold til tabel 5.5 i afsnit 5.4

i: information om metode, s: oplysninger om sorbent, a.: analysemetode, u: oplysninger om udstyr

Bilag I:

Væsentligste miljøbelastninger

Bilag I1:

Kraftig terrænnær ventilation – dræn under gulve

Væsentligste miljøbelastninger – Kraftig terrænnær ventilation – dræn under gulve, teknik nr. 14

Miljøbelastninger		
Aktiviteter	Påvirkninger	Potentielle effekter
Etablering	Forbrug	Ressourcer
Syv luftindtag Syv ekstraktionsdræn En trailer med ekstraktionsanlæg, SRO, måle- og reguleringsudstyr Entreprenørarbejder Tilsyn og kørsel	Diesel til arbejdsmaskiner: 50 liter Diesel til biltransport: 600 km Benzin til biltransport: 400 km Elektricitet: 13.200 kWh Stål: 65 kg PE-rør og slanger: 120 kg Aktiv kul ca. 240 kg	Stor effekt: ¹⁾ - Stenkul (drift) - Nikkel (etablering) Lille effekt: ¹⁾ - Råolie (etablering, drift) - Naturgas (etablering) - Aluminium (etablering) - Mangan (etablering)
Drift	Udledninger	Miljø
Drift af ekstraktionsanlæg i 1 år Monitering i nødvendigt omfang Tilsyn og kontrol	Forbrændingsgasser fra elproduktion (NO _x , CO ₂ , CO og SO ₄) Forbrændingsgasser fra arbejder og transport (NO _x , CO ₂ og CO) Støj fra anlæg	Stor effekt: ²⁾ - Drivhuseffekt (drift) - Farligt affald (drift) - Volumenaffald (drift) Lille effekt: ²⁾ - Persistent toksicitet (etablering, drift) - Forsuring (drift) - Slagger og aske (drift) - Fotokemisk ozondannelse ³⁾ (etablering, drift og demontering)
Demontering	Eksponering	Mennesker
Afpropning af luftindtag og ekstraktionsdræn Renovering af trailer med ekstraktionsanlæg Skrotning af kabler og rør	Ringe	Stressgener som følge af støj

¹⁾ Relativt i forhold til afværgeprojektets konkrete forbrug af den enkelte ressource sammenlignet med den årlige produktion af råstoffet pr. person i verden.

²⁾ Relativt i forhold til de til afværgeprojektet knyttede miljøeffekters størrelse sammenlignet med en gennemsnitspersons årlige belastning.

³⁾ Skyldes primært belastninger forbundet med transport (materialer, tilsyn mv.).

Bilag I2:

Passiv ventilation af kapillarbrydende lag

Væsentligste miljøbelastninger – Ventilation af kapillarbrydende lag (passiv), teknik nr. 10

Miljøbelastninger		
Aktiviteter	Påvirkninger	Potentielle effekter
Etablering	Forbrug	Ressourcer
Syv luftindtag	Diesel til arbejdsmaskiner: 60 liter	Stor effekt: ¹⁾
Syv ekstraktionsdræn	Diesel til biltransport: 500 km	- Ingen
En skorsten med vindhætte	Benzin til biltransport: 200 km	Lille effekt: ¹⁾
Entreprenørarbejder	Stål: 15 kg	- Råolie (etablering, drift)
Tilsyn og kørsel	PE-rør og slanger: 100 kg	- Jern (etablering)
Drift	Udledninger	Miljø
Monitering i nødvendigt omfang	Forbrændingsgasser fra arbejder og transport (NO _x , CO ₂ og CO)	Stor effekt: ²⁾
Tilsyn og kontrol	Svag støj fra anlæg	- Ingen
		Lille effekt: ²⁾
		- Fotokemisk ozondannelse ³⁾ (etablering, drift, demontering)
		- Farligt affald (etablering)
Demontering	Eksposering	Mennesker
Afpropning af luftindtag og ekstraktionsdræn	Ringe	Ringe
Afmontering af skorsten		
Skrotning af rør		

¹⁾ Relativt i forhold til afværgeprojektets konkrete forbrug af den enkelte ressource sammenlignet med den årlige produktion af råstoffet pr. person i verden.

²⁾ I kolonnen "Miljø" er effekten vurderet relativt i forhold til de til afværgeprojektet knyttede miljøeffekters størrelse sammenlignet med en gennemsnitspersons årlige belastning.

³⁾ Skyldes primært belastninger forbundet med transport (materialer, tilsyn mv.).

Bilag J:

Poreluftmåling under gulv – passiv opsamling

Poreluftmålinger under gulv (passiv opsamling)

1. Dokumentation af afværgetiltagene

I forbindelse med feltafprøvningen af afværgeteknikkerne aktiv luftrensning og aktiv ventilation af kælderetage (jf. rapportens kapitel 3.1.3.1 og 3.1.3.2) er der foretaget samtidige indeklimate- og udeluftmålinger samt målinger af poreluftforureningen under ejendommens gulv. Målingerne er gennemført med henblik på at kunne dokumentere effekten af afværgetiltagene. De samhørende målinger er gennemført i alt fire gange på de to lokaliteter.

2. Poreluftmålinger under gulv

Dette bilag præsenterer en ny metode til udførelse af poreluftmålinger under gulv. Metoden er udviklet på opfordring af og i samarbejde med Fyns Amt, som har konstateret en utilstrækkelighed ved den hidtidige udførelse af poreluftmålinger under gulv (jf. afsnit 2.1). Den nye metode er benyttet til påvisningen af poreluftforureningen i forbindelse med dokumentation af afværgeeffekten på de to lokaliteter omtalt ovenfor.

Den nye metode er på nuværende tidspunkt ikke valideret, men metoden er udviklet i en bestræbelse på at tilvejebringe et alternativ til den hidtidige metode, som er forbundet med flere usikkerheder.

Det vurderes således, at den nye metode under homogene geologiske forhold giver en bedre bestemmelse af det gennemsnitlige forureningsniveau i poreluften i et kapillarbrydende lag under gulvet.

I de følgende afsnit beskrives hhv. den traditionelle og den nye metode til udførelse af poreluftmålinger under gulv. Afslutningsvis præsenteres nogle af de aspekter, som bør/kan indgå i en validering af den nye metode.

2.1 Poreluftmålinger under gulv (traditionel metode/aktiv opsamling)

Målingerne under gulv gennemføres typisk ved aktiv luftsamling på kulrør over en kortere tidsperiode (ca. en times varighed). Dette medfører, at målingerne er meget følsomme overfor korttidsfluktuationer i forureningsniveauet, hvilket kan afspejles ved store variationer mellem enkelte målinger og målerunder (se endvidere beskrivelsen i kapitel 4.4.2).

2.2 Poreluftmålinger under gulv (ny metode/passiv opsamling)

Med henblik på at minimere indflydelsen fra korttidsfluktuationer i forureningsniveauerne målt under gulv, og for at øge sammenligneligheden af forureningsmålinger i indeklimaet og under gulvet, er der udviklet en måleboks, der muliggør anvendelse af passive opsamlere ved måling af forureningsniveauet under gulvet. Ved anvendelse af passive opsamlere (typisk ATD-rør) er det muligt at registrere det gennemsnitlige forureningsniveau under gulvet over en periode på 1 til 2 uger. Måleboksen er vist på figur 1.



Figur 1: Måleboks opstillet på betongulv.

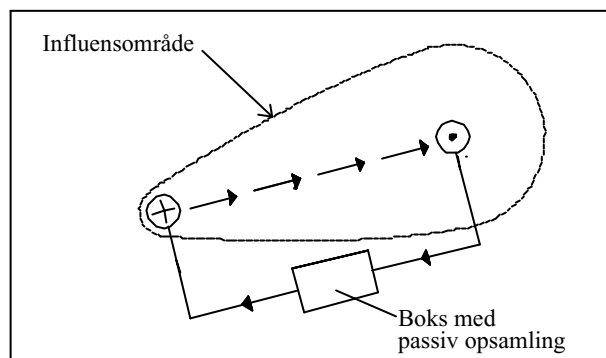
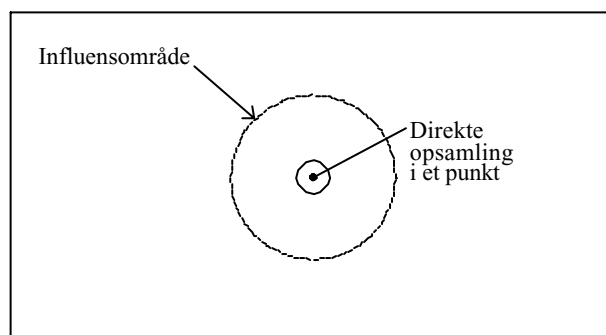
Målesystem

Måleteknikken er baseret på et system, hvor luft oppumpes fra det kapillarbrydende lag under gulvet, ledes til en målecelle med en passiv opsamler og herfra tilbage til det kapillarbrydende lag. Med et anvendt luftflow på 1 liter/minut er det tilstræbt at opretholde en konvektiv luftbevægelse i målecellen, uden at der introduceres trykdifferencer, som påvirker lufttransporten gennem gulvet. Den konvektive luftbevægelse er en forudsætning for anvendelsen af passiv måleteknik.

Afstanden mellem oppumpning og recirkulation til det kapillarbrydende lag tilstræbes at være 2-4 meter.

En repræsentativ luftprøve

Ved anvendelsen af den traditionelle metode til poreluftmåling under gulv opnås måleresultater, som repræsenterer et begrænset luftvolumen. Med den nye metode, hvor afstanden mellem oppumpning og recirkulation er 2-4 meter, er det tilstræbt at opnå måleresultater, der repræsenterer et væsentlig større luftvolumen under gulvet (se figur 2).



Figur 2: Figuren illustrerer poreluftmålingens influensområde ved den traditionelle og den nye målemetode.

For at begrænse usikkerheder introduceret på grund af kanaldannelse (preferential flow) bør metoden kun anvendes på lokaliteter, hvor der er et

homogent kapillarbrydende lag. Desuden bør måleopstillingen etableres på en sådan måde, at der ikke forventes at være gennemskærende fundamentet mellem oppumpnings- og recirkulationspunktet.

Erfaringer

Ved genmålinger (4 gange) på to specifikke lokaliteter inddraget i projektet er der, med anvendelsen af den nye målemetode, iagttaget en ensartethed i forureningsniveauet, som er påvist ved de enkelte målerunder. Denne iagttagelse understøtter hypotesen om, at den nye målemetode udjævner korttidsfluktuationer og i stedet giver en midlet værdi for forureningsniveauet under gulvet. Den større ensartethed giver dog ingen sikkerhed for, at målingerne repræsenterer hele det influensområde, som er illustreret på figur 2.

På nuværende tidspunkt er den nye metode desuden anvendt på 8 lokaliteter i Viborg Amt og Vestsjællands Amt. Der er således gennemført en teknisk afprøvning af metoden på i alt 8 lokaliteter (47 målinger).

Med henblik på at sammenligne den traditionelle og den passive metode til udførelse af poreluftmålinger under gulv er der på en lokalitet i Viborg Amt foretaget samtidige poreluftmålinger med de to målemetoder. Ved disse målinger har det ikke været muligt at dokumentere ovennævnte hypotese (se i øvrigt afsnit 2.3).

Økonomi

Anvendelsen af den passive metode fordrer to besøg på lokaliteten til hhv. opstilling og nedtagning af måleudstyret.

Der må desuden påregnes en udgift til leje af målecellen og til indkøb af rør til fremføringen af den oppumpede luftmængde. Det øvrige udstyr, så som opsamlingspumpe (fx SKC pumpe), pumpe til renpumpning (fx prenart pumpe), PID-måler, boremaskine og fittings er identisk for den nye og den traditionelle målemetode.

Når der skal foretages en sammenligning af de økonomiske aspekter omkring anvendelsen af den nye målemetode, bør det tages i betragtning, at der ved anvendelsen af den traditionelle målemetode ofte udføres genmålinger af forureningsniveauet i de enkelte målepunkter. Det indebærer derved tilsvarende to besøg på lokaliteten og analyse af to kulrør.

2.3 Validering af ny metode (passiv opsamling)

På nuværende tidspunkt er der ikke gennemført undersøgelser til validering af konceptet for den nye målemetode. I dette afsnit er omtalt nogle af de aspekter, som kan/bør belyses med henblik på en sådan validering.

Med henblik på at validere målekonceptet er det bl.a. vigtigt at få undersøgt:

- Om det anvendte luftflow introducerer en væsentlig forstyrrelse af forholdene i det kapillarbrydende lag. Kan det anvendte flow give anledning til kanaldannelse? og i givet fald er det et væsentlig problem?
- Om det anvendte luftflow genererer trykdifferencer over gulvet, som i tilfælde af mindre utætheder kan give anledning til evt. forurenede poreluft spredes til indeklimaet (nær recirkulationshullet) eller, at falsk luft fra indeklimaet påvirker poreluftmålingen (nær oppumpningshullet).
- Om det anvendte luftflow igangsætter en "ventilation/transport" af forureningen i det kapillarbrydende lag.

- Om den nye målemetode giver måleresultater, der repræsenterer et væsentlig større luftvolumen under gulv ? (Bestemmelse af influenszonen)

Det vil desuden have stor værdi, at gennemføre undersøgelser, hvor der foretages en sammenligning af den nye og den traditionelle målemetode.

Det overvejes i øjeblikket om disse og flere andre problemstillinger skal belyses via et udredningsprojekt under Miljøstyrelsens teknologiprogram. Der er i efteråret 2002 indgivet en ansøgning til et projekt vedrørende poreluft, som bl.a. indeholder en nærmere undersøgelse af den nye metode til udførelse af poreluftmålinger under gulv (passiv opsamling).

Bilag K:

Luftskiftemålinger

Luftskiftemålinger

3. Luftskiftemålinger

I forbindelse med feltafprøvningen af afværgeteknikkerne aktiv luftrensning (jf. rapportens afsnit 5.1.3.1) og aktiv ventilation af kælderetage (jf. rapportens afsnit 5.1.3.2) er der foretaget luftskiftemålinger på tre lokaliteter.

3.1 Formål

Formålet med luftskiftemålingerne har været at undersøge, hvordan de forskellige afværgeteknikker påvirker luftskiftet de aktuelle boliger, herunder luftbevægelsen mellem de enkelte lokaler. Desuden har formålet været at undersøge indtrængningen af poreluft gennem kældergulvet.

3.2 Måleteknik - PFT-metoden

Luftskiftet i boligerne er bestemt ved anvendelse af sporgasteknik. Det grundlæggende princip i sporgasteknik er, at en kendt og målelig luftart, en sporgas, tilsættes og opblandes med rumluften, hvorefter koncentrationsforløbet registreres. Ved at sammenholde målinger af doseringen af sporgas, koncentrationsforløbet og tiden, kan tilførslen af udeluft beregnes. Sættes udelufttilførslen i forhold til boligens nettovolumen, fås luftskiftet.

På de tre lokaliteter er boligernes luftskifte bestemt ved anvendelse af PFT-metoden, som er en passiv multi-sporgasteknik efter konstant-dosering princippet (Statens Byggeforskningsinstitut 1992). PFT står for PerFluorcarbon Tracer, idet de anvendte sporgasser er perfluorcarbon'er. Sporgas udsendes passivt fra sporgaskilder og opsamles passivt i adsorptionsrør. En sporgaskilde består af et lille metalhylster ($l = 32 \text{ mm}$, $d = 6,6 \text{ mm}$) lukket med en siliconeprop, hvorigennem sporgassen diffunderer (se figur 1). Ved konstant temperatur udsendes sporgas med konstant rate. Et adsorptionsrør består af et glasrør ($l = 64 \text{ mm}$, $d = 6,4 \text{ mm}$), som indeholder en adsorbent (Ambersorb 374) beslægtet med aktivt kul (se figur 2). Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet ved hjælp af termisk desorption og gaschromatografi.



Figur 1: Sporgaskilder



Figur 2: Adsorptionsrør.

Med PFT-metoden bestemmes den gennemsnitlige udelufttilførsel, og dermed det gennemsnitlige luftskifte, over en periode typisk i størrelsesordenen 1-3 uger. I en bolig anbringes 4-6 sporgaskilder og 6-8 adsorptionsrør. Sporgaskilderne anbringes, så der opnås en ensformig sporgasfordeling i boligen, og adsorptionsrørene anbringes, så de registrerer den gennemsnitlige sporgaskoncentration i måleperioden. Det er med PFT-metoden muligt at gennemføre målinger, mens boligen er i normal brug. Derved er det de i praksis forekommende ventilationsforhold, som bestemmes.

Simultan anvendelse af flere forskellige sporgastyper gør det muligt at bestemme såvel boligens gennemsnitlige totale udelufttilførsel, som udelufttilførslen til forskellige rum eller zoner i boligen samt luftudvekslingen mellem rummene eller zonerne.

Usikkerheden på en måling ved anvendelse af PFT-metoden indbefatter, foruden usikkerheder som knytter sig til funktionen af sporgaskilder, adsorptionsrør og analyseudstyr, også nogle fejlkilder, som kan henføres til metoden og dens beregningsmæssige grundlag. Ved målinger med PFT-metoden beregnes den gennemsnitlige udelufttilførsel i måleperioden på grundlag af en målt, gennemsnitlig sporgaskoncentration. Beregningsproceduren medfører en systematisk undervurdering af den gennemsnitlige udelufttilførsel, såfremt sporgaskoncentrationen ikke er konstant igennem måleperioden.

Det skønnes, at den systematiske undervurdering i praksis vil være højst 15%, og at den tilfældige fejl er \pm (10-15)%. En nøjere redegørelse for usikkerheder og fejlkilder ved måling med PFT-metoden findes i (Statens Byggeforskningsinstitut 1992), hvor også metodens udstyr og anvendelse er nærmere beskrevet. Ovenstående beskrivelse af PFT-metoden er i hovedtræk hentet fra (Forskningscenter Risø 1997).

3.3 Luftskeftemålinger - udførelse og resultater
PFT-metoden giver mulighed for at benytte tre forskellige sporgasser, hvorfor det kun er muligt at definere tre forskellige zoner til undersøgelse af luftbevægelsen i de aktuelle boliger. På denne baggrund har det ikke været muligt at undersøge luftbevægelsen mellem de enkelte lokaler i boligerne. I stedet er det valgt at undersøge luftbevægelsen mellem boligernes etager svarende til 2-3 definerede målezoner.

Lindevej 29, Odense: Aktiv ventilation af kælderetage

Med henblik på at bestemme luftudvekslingen mellem stue- og kælderetagen og med henblik på at bestemme indtrængningen af poreluft fra et kapillarbrydende lag under kældergulvet er det forsøgt at etablere tre målezoner hhv. under gulvet, i kælderetagen og i stueetagen på Lindevej 29 i Odense.

Der er udført ventilationsmålinger hhv. i en periode med aktiv ventilation og i en periode, hvor afværgedriften var indstillet.

I forbindelse med undersøgelsen af poreluftindtrængningen er der udlagt sporgaskilder under kældergulvet. Målingen af sporgaskoncentrationen under kældergulvet er foretaget samtidig med målingen af poreluftkoncentrationen af forureningskomponenter (chlorerede opløsningsmidler). Målingerne er foretaget i en målecelle, der cirkulerer luften under kældergulvet. Adsorptionsrørene, som har været anbragt i målecellen, indeholdt mere sporgas end analyseudstyret kunne håndtere, hvorfor det ikke har været muligt at uddrage konklusioner på baggrund af analyserne af disse rør (By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut). Det har således ikke været muligt at bestemme luftudvekslingen mellem kælderetagen og poreluften under kældergulvet. Det skal kort nævnes, at analyserne af forureningskomponenter ikke var forbundet med tilsvarende analyseproblemer.

Alternativt er det forsøgt at opnå/foretage en kvalitativ indikation af, om der overføres luft fra det kapillarbrydende lag under kældergulvet til kælderetagen. Det er påvist, at sporgas - udlagt i det kapillarbrydende lag - trænger ind i kælderetagen. Da der ikke er overensstemmelse mellem måleresultaterne fra to måleserier, gennemført under identiske forhold, er det ikke muligt at fastslå, om sporgassen fra det kapillarbrydende lag er trængt ind via diffusion gennem betongulvet, via konvektion gennem utætheder eller via provokerede utætheder med tilknytning til udlægningen af sporgaskilder og etableringen af

luftcirkulationen under kældergulvet (By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut). Ovennævnte bevirker, at måleresultaterne fra Lindevej 29, Odense tolkes som en 2-zone måling.

I perioden, hvor afværgedriften var indstillet, er der registreret en gennemsnitlig total udelufttilførsel på ca. 270 m³/h, svarende til et gennemsnitligt totalluftskifte i boligen på 0,60 h⁻¹. Hovedparten af udelufttilførslen sker til kælderen, mens exfiltrationen sker fra den overliggende beboelse. Netto er der således en luftoverføring fra kælderen til beboelsen.

I perioden med aktiv ventilation er der registreret en gennemsnitlig total udelufttilførsel på ca. 600 m³/h, svarende til et gennemsnitligt totalluftskifte på ca. 1,4 h⁻¹. Hovedparten af udelufttilførslen sker til kælderen. I kælderetagen er der påvist en exfiltration, som er lidt større end infiltrationen, således at der i gennemsnit er en nettoluftoverføring fra stueetagen/1. sal til kælderetagen.

Sammenlignet med situationen, hvor afværgedriften er indstillet, resulterer den aktive ventilation i kælderetagen således i en øget udelufttilførsel og en deraf følgende fortynding af forurenede indeluft. Desuden skabes et forøget luftskifte i boligen og en øget nettoluftoverføring fra stueetagen/1. sal til kælderetagen, hvorved spredningen af forurenede indeluft fra kælder- til stueetagen minimeres.

Lykkeshåbs Allé 4, Odense: Aktiv luftrensning i stueetage

Med henblik på at bestemme luftudvekslingen mellem stue- og kælderetagen og med henblik på at bestemme indtrængningen af poreluft fra et kapillarbrydende lag under kældergulvet er det forsøgt at etablere tre målezoner hhv. under gulvet, i kælderetagen og i stueetagen på Lykkeshåbs Allé 4 i Odense.

Der er udført ventilationsmålinger hhv. i en periode med aktiv luftrensning og i en periode, hvor afværgedriften var indstillet.

På Lykkeshåbs Allé 4 i Odense var undersøgelsen af luftbevægelsen mellem det kapillarbrydende lag under kældergulvet og kælderetagen forbundet med de samme analyse- og tolkningsvanskeligheder, som er beskrevet for Lindevej 29, Odense. Det resulterer i, at måleresultaterne fra Lykkeshåbs Allé 4, Odense tolkes som en 2-zone måling.

I perioden, hvor afværgedriften var indstillet, er der registreret en gennemsnitlig total udelufttilførsel på ca. 100 m³/h, svarende til et gennemsnitligt totalluftskifte i boligen på 0,35 h⁻¹. Hovedparten af luften infiltrerer og exfiltrerer i beboelsen, og der er en tendens til, at den interne luftoverføring mellem etagerne sker fra kælderen til beboelsen.

I perioden med aktiv luftrensning er det ikke muligt at foretage en pålidelig bestemmelse af udelufttilførslen og totalluftskiftet i boligen. Dette skyldes, at afværgedriften - med anvendelse af luftrensere - kan have en kritisk indvirkning på PFT-metoden og bestemmelsen af luftskiftet i boligen, som generelt overvurderes. By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut anfører, at det ikke i tilstrækkelig grad er undersøgt, i hvilken udstrækning tilstedeværelsen af luftrensere med aktivt kulfilter indvirker på funktionen af PFT-metoden. (By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut 2002). Den fysiske størrelse af det aktive kulfilter og volumenstrømmen gennem filtret sat i relation til mængden af adsorptionsmateriale i et af PFT-metodens adsorptionsrate leder til en umiddelbar antagelse om, at anvendelse af aktive luftrensere kan have en betydelig indvirkning på PFT-metodens funktion. Ovennævnte understøttes af en serie simple forsøg i luftkvalitetslaboratoriet ved By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut.

På denne baggrund må resultaterne af målingerne med PFT-metoden i måleperioden med aktiv luftrensning betragtes som usikre, og stor forsigtighed skal udvises ved vurderingen af boligens ventilationsforhold. By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut afholder sig således fra at konkludere på data, som stammer fra måleperioden med aktiv luftrensning.

Grønnegade 39, Fåborg: Aktiv luftrensning i stue- og kælderetage

Med henblik på at bestemme luftudvekslingen mellem 1. sal, stue- og kælderetagen er der etableret tre målezoner hhv. i kælder- og stueetagen samt på 1. sal på Grønnegade 39 i Fåborg.

Der er udført ventilationsmålinger hhv. i en periode med aktiv luftrensning og i en periode, hvor afværgedriften var indstillet. Måleresultaterne tolkes som en 3-zone måling.

I perioden, hvor afværgedriften var indstillet, er der registreret en gennemsnitlig total udelufttilførsel på ca. $60 \text{ m}^3/\text{h}$, svarende til et gennemsnitligt totalluftskifte i boligen på $0,33 \text{ h}^{-1}$. Boligen er alene ventileret i beboelsesdelen (stueetage og 1. sal). Infiltration, exfiltration og interne luftoverføringer, hvad angår kælderen, er ifølge By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut negligeable. Det skal dog nævnes, at der er registreret en mindre luftoverføring fra kælder- til stueetagen, hvorimod der ikke sker nogen luftoverføring i modsat retning.

I perioden med aktiv luftrensning er det ikke muligt at foretage en pålidelig bestemmelse af udelufttilførslen og totalluftskiftet i boligen.

Som anført for Lykkeshåbs Allé 4 kan anvendelsen af aktive luftrensere i hhv. kælder- og stueetagen have haft en kritisk indvirkning på PFT-metoden og bestemmelsen af luftskiftet i boligen på Grønnegade 39 i Fåborg. By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut afholder sig således fra at konkludere på data, som stammer fra måleperioden med aktiv luftrensning.

