

# Erfaringsopsamling – Passiv ventilation under huse

Henrik Husum Nielsen, Nanna Muchitsch  
og Anders G. Christensen

NIRAS A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>15</b>
1.1 BAGGRUND	15
1.2 FORMÅL	15
1.3 RAPPORTENS OPBYGNING	16
<b>2 METODE</b>	<b>17</b>
2.1 INDSAMLING AF KVANTITATIVE DATA (BRUTTOLISTE)	17
2.2 INDSAMLING AF KVALITATIVE DATA (LOKALITETS-SPECIFIKKE SKEMAER)	18
<b>3 TEORETISK GRUNDLAG</b>	<b>21</b>
3.1 SPREDNINGSVEJE OG DRIVKRÆFTER	21
3.2 PRINCIP FOR PASSIV VENTILERING UNDER HUSE	23
<b>4 ANLÆGSTYPER</b>	<b>25</b>
4.1 VENTILATION UNDER EKSISTERENDE GULV	25
4.2 VENTILATION UNDER NY GULVKONSTRUKTION	27
4.3 VENTILATION AF KRYBEKÆLDER	28
<b>5 OVERBLIK OVER ANLÆG MED PASSIV VENTILATION UNDER HUSE I DANMARK</b>	<b>29</b>
<b>6 GENNEMGANG AF UDVALGTE SAGER MED PASSIV VENTILATION UNDER HUSE</b>	<b>35</b>
6.1 BESKRIVELSE AF FORURENINGSSITUATIONEN	36
6.2 FORMÅL MED ETABLERING AF ANLÆG	36
6.3 BYGGETEKNISKE FORHOLD	37
6.4 FORUNDERSØGELSER OG DIMENSIONERINGSGRUNDLAG	38
6.5 BESKRIVELSE AF ANLÆG	41
<b>6.5.1 Opbygning af anlæg</b>	<b>41</b>
<b>6.5.2 Materiale valg</b>	<b>56</b>
<b>6.5.3 Udlægning af membran</b>	<b>56</b>
<b>6.5.4 Monitoringsmuligheder</b>	<b>58</b>
6.6 DRIFT OG MONITERING	60
<b>6.6.1 Udførte målinger ved drift og monitorering</b>	<b>60</b>
<b>6.6.2 Monitoringsfrekvens</b>	<b>62</b>
<b>6.6.3 Supplerende undersøgelser i forbindelse med drift og monitorering</b>	<b>62</b>
6.7 OPNÅET EFFEKT VED PASSIV VENTILATION	69
6.8 ØKONOMI	78
<b>7 SAMMENFATNING AF ERFARINGER MED PASSIV VENTILATION UNDER HUSE</b>	<b>81</b>

<b>8</b>	<b>KONKLUSION OG ANBEFALINGER</b>	<b>85</b>
8.1	KONKLUSION	85
8.2	ANBEFALINGER	86
<b>9</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>91</b>

Bilag A Bruttoliste (ikke udfyldt)

Bilag B Lokaltetspecifikt skema (ikke udfyldt)

Bilag C Bruttolister (udfyldte)

Bilag D Lokaltetspecifikke skemaer (udfyldte)

# Forord

Indenfor de seneste 10 år er passiv ventilation under huse etableret som afværgetiltag på mange lokaliteter i forbindelse med indeklimasikring. Ved etablering af passiv ventilation søges afdampningen af forureningskomponenter fra jorden til indeluften i bygningen reduceret. Formålet med passiv ventilation under huse er herved primært at sikre indeklimaet i boligen.

Målsætningen med projektet har været at præsentere en status for metoden og dens anvendelse i Danmark. I den forbindelse præsenteres et billede af teknikkens udbredelse, anvendelse, effekt og økonomi, og der er udarbejdet nogle anbefalinger for de videre arbejder med afværgetilstanden ”passiv ventilation under huse”.

For at sammenholde erfaringer fra de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse, er der under Miljøstyrelsens Teknologioprogram og i samarbejde med Region Sjælland foretaget en indsamling og gennemgang af data fra anlæg med passiv ventilation under huse. Erfaringsopsamlingen dækker udelukkende ventilation under huse og dermed ikke ventilation af kælderrum eller lignende.

Data fra relevante sager med passiv ventilation under huse er indsamlet ved at rette henvendelse til Regionerne, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og de større rådgivende firmaer, der arbejder med jord- og grundvandsforurening. Vi skal i den forbindelse takke samtlige, der har været behjælpelige med indsamling af data til projektet.

Projektet er gennemført med støtte fra Miljøstyrelsens Teknologiudviklingspulje og har været fulgt af en følgegruppe bestående af Peder Johansen og Marianna Engberg Pedersen, Region Hovedstaden, Susanne Pedersen, Henrik Jannerup og Lotte Tombak, Region Sjælland samt Ole Kiilerich, Miljøstyrelsen.

Rapporten er udarbejdet af Henrik Husum Nielsen, Nanna Muchitsch og Anders G. Christensen, alle fra NIRAS.



# Sammenfatning og konklusioner

I forbindelse med undersøgelser på forurenede grunde identificeres der ofte problemer i forhold til en uacceptabel afdampning af forureningskomponenter til indeklimaet. For at afværge mod denne påvirkning af indeklimaet, er der gennem de seneste ca. 10 år etableret en række afværgetiltag baseret på passiv ventilering under huse. Ved etablering af passiv ventilation under huse er formålet at reducere afdampningen af forureningskomponenter til indeklimaet. Dette søges opnået ved passiv ventilation, hvor luftskiftet under huset øges og dermed giver en fortynding, samt ved reduktion af en eventuel trykgradient over gulvkonstruktionen, hvorved den advektive transport reduceres.

Formålet med denne erfaringsopsamling er at skabe et overblik over de erfaringer, der er gjort med passiv ventilation under huse gennem de seneste ca. 10 år.

I forbindelse med erfaringsopsamlingen er der indsamlet materiale om de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse ved at rette henvendelse til Regionerne, Oliebranchens Miljøpulje (OM) samt de større rådgivende firmaer, der arbejder med jord- og grundvandsforurening. Den empiriske dataindsamling er inddelt i indsamling af kvantitative og kvalitative data. Ved indhentning af de kvantitative data er der indhentet en række overordnede oplysninger for i alt 125 anlæg, mens der ved indsamling af de kvalitative data er indhentet mere detaljerede oplysninger omkring fx anlægsofbygning, monitoring og effekt for 38 anlæg.

Indsamlingen af kvantitative data har vist, at de 125 anlæg med passiv ventilation under huse generelt er jævnt fordelt på de 5 danske regioner. Det ses dog, at der findes lidt flere anlæg i Region Syddanmark end i de øvrige regioner. For langt de fleste sager er der tale om passiv ventilation af det kapillarbrydende lag. På enkelte anlæg ses ventilation af krybekælder eller lignende oftest i kombination med ventilation af kapillarbrydende lag.

Ca. 20% af anlæggene er etableret i forbindelse med nybyggeri, mens den resterende andel er etableret i eksisterende byggeri. For sagerne etableret i eksisterende byggeri, er der på ca. halvdelen af lokaliteterne etableret en ny ventileret gulvkonstruktion, mens den anden halvdel er etableret under eksisterende gulv.

Ved indsamlingen af de kvantitative data er det for over 60% af sagerne oplyst, at de virker efter hensigten, mens 20% ikke eller kun delvist virker. Der er altså for i alt ca. 80% af sagerne taget stilling til anlæggets effekt. For ca. 60% af sagerne er det angivet, at der findes et godt datagrundlag. Dette må betyde, at det for flere anlæg gælder, at vurderingen af anlæggets effekt er baseret på et dårligt datagrundlag, hvorfor der for flere anlæg er usikkerhed omkring grundlaget for denne vurdering.

Ved indsamlingen af kvalitative data er der udvalgt 38 sager til en mere detaljeret gennemgang. Sagerne er udvalgt således, at de repræsenterer forskellige anlægstyper samt både eksisterende byggeri og nybyggeri. Desuden

er der lagt vægt på at belyse variationen i effekten af de etablerede anlæg med passiv ventilation.

Ved gennemgangen af de kvalitative data for 38 udvalgte sager med passiv ventilation under gulv, er der overordnet 4 typiske anlægsopbygninger. Disse er følgende:

- Dobbelt drænsystem med ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vinddreven ventilationshætte på tag samt luftindtag i kapillarbrydende lag via svanehals e.l. (under eksisterende og nyt gulv)
- Ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vindreven ventilationshætte på tag – anlæg uden luftindtag (under eksisterende og nyt gulv).
- Dobbelt drænsystem forbundet til svanehalse e.l. Ventilationen er baseret på, at trykforskelle mellem 2 facader af bygningen driver en svag luftstrømning (primært under nyt gulv).
- Ventilation af krybekælder (eksisterende).

Gennemgangen af de udvalgte sager har vist, at der kun i få tilfælde er udført dimensionerende forundersøgelser inden etableringen af den passive ventilation. Ofte hviler det etablerede anlæg alene på risikovurderinger udført i forbindelse med gennemførte forureningsundersøgelser. På mange af sagerne med passiv ventilation er det dermed ikke muligt at vurdere, på hvilket grundlag anlæggene er dimensioneret, samt hvilke overvejelser, der ligger til grund for dimensionering og design af det enkelte anlæg. Det vurderes af stor betydning for sikring af anlæggenes effekt, at der forud for projektering og etablering af anlæggene tilvejebringes et detaljeret designgrundlag.

I ca. ¼ af de udvalgte 38 sager er der udlagt R.A.C. membran i forbindelse med etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion. Generelt er der i forbindelse med udlægning af membran ikke udført undersøgelser af membranens tæthed. I nogle enkelte sager er denne undersøgelse udført, og undersøgelserne har vist, at der har været flere utætheder ved hjørner, langs vægge og ved samlinger.

Omkostninger ved etablering af passiv ventilation under huse varierer meget og afhænger dels af størrelsen af ejendommen, hvor den passive ventilation skal etableres, og omfanget af de etablerede foranstaltninger. Således er omkostningerne typisk væsentligt mindre ved etablering af ventilation under et eksisterende gulv end ved etablering under en ny gulvkonstruktion.

For 23 af de 38 udvalgte sager er der angivet oplysninger om økonomien for etableringen samt drift og monitoring. Hovedparten af de 23 anlæg, hvor der findes oplysninger om økonomien, har haft anlægsomkostninger mellem 100.000 til 500.000. For 3 anlæg har udgifterne til etableringen været større end 1.000.000, mens ventilationen på 4 lokaliteter er etableret for mindre end 100.000. Alle beløb er DKK, excl. moms.

Drifts- og monitoringsomkostningerne varierer mindre, da det i store træk er de samme aktiviteter, der gennemføres i forbindelse med drift og monitoring på de 23 anlæg. Typisk ligger de årlige drifts- og monitoringsomkostningerne i intervallet fra 20.000 til 40.000 DKK, excl. moms.

Efter etablering af anlægget er monitoringsfasen primært rettet mod at dokumentere, at indeklimaet er sikret ved det etablerede anlæg med ”passiv



ventilation under huse". Således er den primære dokumentationsmetode indeklimate målinger. I visse tilfælde, hvor der kan være risiko for andre kilder til påvirkning af indeklimaet, er der ofte alene udført poreluftmålinger under gulv. Det drejer sig primært om anlæg ved olieforureningerne, idet der er mange andre kulbrintekilder i husene og udeluft som kan bidrage til indeklimaet.

Andre centrale monitoringsparametre er måling af luftflow og forureningskomponenter i afkastluft. Ved måling af luftflow er det muligt at estimere, hvor stort et luftskifte, der er opnået i det ventilerede lag ved etablering af passiv ventilation under huse. Sammenholdt med indholdet af forureningskomponenter i afkastluften kan emissionen beregnes og vurderes. Ved måling af luftflowet er der dels gennemført punktmålinger dels kontinuerede målinger over perioder på uger. Ved gennemførelse af punktmålinger fås et øjebliksbillede af luftflowet under de aktuelle vindforhold. Ved de kontinuerede målinger er der mulighed for at tegne et billede af det gennemsnitlige luftflow og således medregne de perioder, hvor der er et begrænset luftflow, svarende til perioder med svag vindpåvirkning.

På baggrund af den gennemførte erfaringsopsamling er der udarbejdet nogle anbefalinger for de videre arbejder med afværgemetoden "passiv ventilation under huse".

- Med udgangspunkt i det generelt begrænsede dimensioneringsgrundlag for de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse anbefales det, at der arbejdes videre med et redskab til en indledende vurdering af teknikken egnethed, hvor teknikken eksempelvis vurderes i forhold til de aktuelle koncentrationer af forureningskomponenter i poreluften under huset.
- I denne erfaringsopsamling har det været svært at sammenligne de udførte luftflowmålinger, da de er gennemført under forskellige vindforhold og ved forskellige anlægsopbygninger. For at få et bedre billede af det forventede luftflow anbefales det, at der arbejdes videre med en detaljeret undersøgelse af sammenhængen mellem vindpåvirkning og det genererede luftflow ved passiv ventilation under huse.
- Viser det sig, at passiv ventilation under huse kan være en egnet afværgemetode, anbefales det, at der opstilles en konceptuel model til beskrivelse og forståelse af de mulige spredningsveje til indeklimaet i bygningen. Den konceptuelle model kan understøttes af oplysninger fra en byggeteknisk gennemgang. Den konceptuelle model er vigtig for at målrette designet af den samlede afværgeløsning fra projektets start.
- I etableringsfasen bør der ved etablering af en diffusionshæmmende R.A.C. membran i en ny ventileret gulvkonstruktion fokuseres på dokumentation af membranens tæthed. Derudover bør der i muligt omfang gennemføres en dokumentation af ventilationssystemets funktion ved gennemførelse af eksempelvis en ventilations- og eller tracertest.
- For dokumentation/monitoring af anlæggenes effekt anbefales som udgangspunkt indeklimate målinger i kombination med monitoring af poreluft i det ventilerede lag. Særligt i forbindelse med indeklimate målinger ved anlæg for afværge mod olieforureninger skal man være opmærksom på andre bidrag. Erfaringsmæssigt er det svært ved olieforureninger at

skelne bidraget fra afdampning under et hus fra andre bidrag i husene (rengøringsmidler, brændeovne, m.v.). I det tilfælde kan være hensigtsmæssigt alene at dokumentere effekten med udgangspunkt i monitorering af poreluft i det ventilerede lag for at undgå eventuelle fejlkilder.

- For dokumentation af ventilationen i det ventilerede lag anbefales det, at der udføres målinger af luftflowet. Det anbefales, at der udføres kontinuerte målinger for at medregne perioder med lavt luftflow under svage vindforhold. For sammenligning anbefales det, at der i samme periode måles vindhastighed lokalt eller alternativt indhentes oplysninger fra nærmeste målestation. Herved vil der tegne sig et billede af den forventede gennemsnitlige ventilation af det ventilerede lag.
- Samtidig anbefales det, at der gennemføres monitorering af indholdet af forureningskomponenter i afkastluft. Sammenholdt med det målte luftflow vil emissionen kunne estimeres og vurderes.
- Derudover anbefales det, at der udvikles en metode til udførelse af differenstrykmålinger mellem det ventilerede lag og indeluften for at sandsynliggøre, at der ikke er et drivtryk, der kan drive en advektiv gastrasport fra det ventilerede lag ind i huset.
- Da de opnåede monitoringsresultater på de enkelte lokaliteter varierer meget gennem monitoringsperioden, vurderes det, at der inden monitoreringen indstilles, bør monitoreres flere gange under forskellige forhold efter etableringen af passiv ventilation under gulv for at dokumentere anlæggets effekt.
- For at understøtte arbejderne med dimensionering, design, etablering og monitorering af anlæg med passiv ventilation under huse anbefales det, at der udarbejdes et metodekatalog. I metodekataloget kan der samles anvisninger og beskrivelser af praktiske værktøjer/metoder, der kan anvendes ved dimensionering, design, etablering og monitorering af anlæg med passiv ventilation under huse.

# Summary and conclusions

In connection with investigations on contaminated sites, problems with unacceptable vapour intrusion to buildings are often identified. To reduce contaminant impact on the indoor air, a number of mitigation measures based on “passive ventilation under buildings” have been established during the last 10 years. The objective is to reduce vapour intrusion by passive ventilation, whereby the air exchange between atmosphere and the soil gas under the building (subslab soil vapours) is increased thereby causing a dilution of pollutant concentrations in the soil gas. Furthermore, the pressure gradient over the floor construction (slab) is reduced, whereby reducing the advective transport into the building.

The purpose of this report is to provide an overview of experience gained applying passive ventilation under buildings as a remediation technique to reduce vapour intrusion during the last 10 years.

In connection with the preparation of this report, information on existing systems for passive ventilation under buildings has been collected by contacting the Danish Regions, the Danish Petroleum Industry’s Association for Remediation of Retail Sites (OM), and the larger consulting engineering companies working in the field of soil and groundwater pollution. The empiric data collection was then sorted into quantitative and qualitative data. Quantitative data for a total of 125 remediation systems was collected, while more detailed qualitative data on for example the construction of the systems, monitoring, and remedial effect was collected for 38 systems.

The 125 remediation systems for passive ventilation under buildings are located equally divided among the 5 Danish regions, however with a slight predominance in Region South Denmark. In most cases, the passive ventilation is established in the capillary break layer (subslab fill) under the house. For some of systems, ventilation of the crawl space or an equivalent structure is established in combination with ventilation of the capillary break layer.

Approximately 20% of the passive ventilation systems are established in connection with the construction of new buildings, while the rest are established in existing buildings. In half of the systems in existing buildings, a new ventilated floor construction has been established, while in the other half, the systems was established under the existing floor.

According to the quantitative information received, more than 60% of the passive ventilation systems provide the intended protective effect, but that 20% of the systems are ineffective or provide no protection. In other words, the effectiveness of the remediation system has only been evaluated for 80% of the passive ventilation systems. For approx. 60% of the systems, it was stated that there were a good data basis. This implies that the assessment of the effect for a number of the systems is based on an inadequate and uncertain data basis.

38 cases were selected for a more detailed examination of the qualitative data. These cases were selected, so that they represent different types of passive ventilation systems in existing as well as in new buildings. Furthermore, the selection was made with a view to assess variation in the performance of the passive ventilation systems.

Examination of the qualitative data for the 38 selected systems for passive under floor-ventilation identified 4 typical constructions systems for passive ventilation:

- Double drain system with the ventilation drain in the capillary break layer connected to a wind driven ventilation rotor on the roof and air inlet in the capillary break layer through a gooseneck inlet pipe or similar structure (under the existing or new floor).
- Ventilation drain in the capillary break layer connected to a wind driven ventilation rotor on the roof, but without air inlet (under existing or new floor).
- Double drain system connected to gooseneck inlet pipe or similar structure. The driving force for the ventilation is based on a method whereby pressure differences between 2 sides of the building produce a weak air flow (primarily established under new floors).
- Ventilation of crawl space (existing floors).

The examination of the selected cases has shown that pilot investigations to enable design and dimensioning prior to the establishment of the passive ventilation were only carried out in few cases. Often, the basis for establishment of the passive ventilation system is solely the risk assessment carried out in connection with preliminary site investigation. For many of the passive ventilation systems is it therefore impossible to assess the design basis and which considerations have been taken into consideration for the dimensioning and design of the individual system. To ensure the performance of the passive ventilation systems, it is of great importance that a detailed design basis be produced prior to the design and establishment of the systems.

In approx. 25% of the 38 selected cases, a R.A.C. membrane has been laid out in connection with the establishment of a new ventilated floor construction. After the laying of the membrane, generally no investigations of the airtight seals and integrity of the membrane have been carried out. In a few cases, however, such investigations have been carried out, and they have then shown leaks at corners, along walls, and along connections.

The costs for the establishment of a passive ventilation system under a building vary greatly and depend partly on the size of the building, and partly on the scale of the remedial measures required. The costs for establishment of a passive ventilation system under an existing floor are typically much less than establishment of ventilation under a new floor construction.

For 23 of the 38 selected cases, information was available concerning the economy for the establishment of the system and for operation and monitoring. The costs to establish a passive ventilation system lies between 100,000 – 500,000 DKK for 16 of 23 systems for which there is information on the economy. For 3 of the systems, the establishment costs exceed

1,000,000 DKK, while the ventilation on 4 sites is established for less than 100,000 DKK. All amounts are in DKK, excl. VAT.

There is less variation in the operation and monitoring costs as there is little variation in activities carried out in connection with operation and monitoring of the 23 systems. Typically, the annual operation and monitoring costs lie in the interval from 20,000 to 40,000 DKK, excl. VAT.

After the establishment of the system, the aim of monitoring phase is primarily to document that “passive ventilation under buildings” is sufficient to ensure observance of indoor air quality criteria. Thus, the primary documentation method is by measurement of the indoor air quality. In certain cases, where there is a risk that other pollution sources can have an impact on the indoor air quality, soil gas measurements are often made under the floor only. This problem primarily concerns systems established to prevent vapour intrusion due to subslab oil pollution, since other sources of hydrocarbons in the indoor and outdoor environment can affect indoor air quality.

Other central monitoring parameters are measurements of air flow and pollution components in exhaust air. By measuring the air flow, it is possible to estimate the air exchange achieved in the ventilated capillary break layer by establishment of passive ventilation under buildings. Based on the content of pollution components in the exhaust air, the amount of pollution removed over time (emission) can be calculated and assessed. In connection with the measurements of the air flow, point measurements and continuous measurements over periods of several weeks have been carried out. Point measurements achieve a momentary value of the air flow under the actual wind conditions. Continuous measurements provide a description of the average air flow and thus reveal periods with less air flow, corresponding to periods with weak wind conditions.

On basis of the experiences collected in this study, recommendations for further activities with the remediation method “passive ventilation under buildings” have been prepared.

- Due to the generally limited dimensioning basis for the established systems for passive ventilation under buildings, it is recommended that an evaluation tool to assist in the preliminary assessment of the potential suitability of the remediation method in relation to the actual concentrations of pollution components in the soil gas under the building be developed.
- In this study, it has been difficult to compare the air flow measurements as they are made under different wind conditions and for different types of passive ventilation systems. In order to get a better description of the expected air flow, it is recommended that future activities focus on a detailed investigation of the correlation between the wind action and the air flow generated by passive ventilation under buildings.
- If passive ventilation under buildings proves to be a suitable method of remediation, it is recommended that a conceptual model be prepared to describe and improve understanding of the possible spreading routes to the indoor climate in the building. The conceptual model can be supported by information from a technical examination of the building.

The conceptual model is important in order to target the design of the overall remediation solution before implementation.

- In the establishment phase, in the case of laying of a diffusion limiting R.A.C. membrane in a new ventilated floor construction, more focus should be placed on the documentation of the air tightness of the membrane. Furthermore, the function of the ventilation system by for example ventilation and/or a tracer test should be documented as well as can be achieved.
- For documentation/monitoring of the effect of the system, it is recommended that measurements of the indoor air quality in combination with monitoring of soil gas in the ventilated layer be carried out. Especially, in connection with indoor air measurements in connection with remediation systems to reduce oil pollution, it is important to be aware of other contributions. Empirically, it is difficult in the case of oil pollution to distinguish contributions from vapour intrusion under a building from other contributions within the building (household cleaning agents, wood burning stoves etc.). In such cases, it may be more appropriate to only document the effect based on monitoring of the soil gas in the ventilated layer in order to avoid sources of error.
- For documentation of the ventilation in the ventilated layer, it is recommended that measurements of the air flow are carried out. It is further recommended that continuous measurements are made in order to include periods with a low air flow under weak wind conditions. For comparison, it is recommended in the same period to measure the wind speed locally or alternatively collect data from the nearest measuring station. This will help define expectations concerning the average level of ventilation achievable in the ventilated layer.
- At the same time, it is recommended that monitoring of the content of pollution components in the exhaust air be carried out. Compared with the air flow measured, the amount of pollution removed over time (emission) can be estimated and assessed.
- Furthermore, it is recommended that a method for carrying out differential pressure measurements between the ventilated layer and the indoor air be prepared in order to be able to assess the absence of a driving force producing advective gas transport from the ventilated layer into the house.
- Monitoring results achieved for the individual sites during the monitoring period demonstrate large variations, and therefore, in order to document the effect of the system, it is recommended that monitoring should be carried out several times under different conditions after the establishment of passive ventilation under floor before the monitoring is completely stopped.
- To support future application of the remediation method, it is recommended that a method catalogue be prepared. This catalogue can include guidelines and descriptions of practical tools/methods for dimensioning, design, establishment, and monitoring of systems for passive ventilation under buildings.

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

I forbindelse med undersøgelser på forurenede grunde identificeres ofte problemer med en aktuel eller potentiel uacceptabel afdampning af forureningskomponenter til indeluften i bygninger. Ofte er det forureninger med oliekomponenter eller chlorerede opløsningsmidler.

For at afværge mod denne uacceptable afdampning af forureningskomponenter til indeluften er der gennem de seneste 10 år etableret en række anlæg baseret på afværgemetoden ”passiv ventilation under huse”.

Ved anlæg med ”passiv ventilation under huse” forstås anlæg, der ventilerer et kapillarbrydende lag, krybekælder eller lignende under en bygning. Ventilationen genereres fra ventilationshætter på tag eller ved udluftning gennem svanehalse eller lignende tilsluttet det ventilerede medie under bygningen. Ventilationen sker således uden anvendelse af mekanisk ventilation.

Ved etablering af passiv ventilation under huse søges det at reducere afdampningen af forureningskomponenter under en bygning og videre til indeluften i bygningen. Afdampningen reduceres som følge af den fortynding, der sker ved et øget luftskifte under huset ved ventilationen. Derudover reduceres en evt. trykgradient over terrændækket, hvorved luftstrømningen fra under bygningen til indeluften reduceres.

Efter etablering af de første anlæg med passiv ventilation under huse er design, funktion, drift og økonomi overordnet beskrevet i ”Afværgekatalog - tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning” /1/. I ”Undersøgelse af passiv ventilation af det kapillarbrydende lag” /2/ er detailforhold vedr. forureningsfordeling og ventilationseffekt i det kapillarbrydende lag beskrevet for 2 udvalgte lokaliteter. En mere detaljeret gennemgang af design- og etableringsfasen er gennemført i ”Håndbog – Byggetekniske foranstaltninger i forbindelse med byggeri på forurenede lokaliteter” /3/.

Da metoden i praksis er relativt udbredt i forbindelse med indeklimasikring, og ofte indgår som metode i afværgeprogrammer, skitse- og detailprojekter, er det relevant at få et samlet overblik over erfaringer med metoden og dens anvendelse i Danmark, så de tekniske, økonomiske og praktiske aspekter kan blive belyst og formidlet.

## 1.2 Formål

Projektets overordnede mål er at skabe et overblik over de erfaringer, der er gjort med metoden i perioden 1999-2009, således at der kan etableres et forbedret beslutningsgrundlag for fremtidige projekter.

### 1.3 Rapportens opbygning

I rapportens kapitel 2 beskrives metoden til indsamling af data til erfaringsopsamlingen. Der er udført en indsamling af kvantitative data, hvor nøgledata for så mange sager med passiv ventilation under huse som muligt, er indsamlet. Derudover er der udført en indsamling af kvalitative data, hvor en række sager er udvalgt, og der er indhentet specifikke informationer. Fremgangsmåden i forbindelse med disse to dataindsamlinger beskrives i kapitel 2.

I kapitel 3 beskrives det teoretiske grundlag for passiv ventilation under huse kort. Forureningens spredningsveje fra under bygningen til indeluften samt de drivkræfter, der driver spredningen, skitseres. Desuden gives en kort beskrivelse af princippet for passiv ventilation under huse, og det skitseres, hvordan forureningsspredningen til indeklimaet kan reduceres ved brug af denne afskærende metode.

I rapportens kapitel 4 beskrives 3 overordnede anlægstyper, der bygger på princippet passiv ventilation under huse. Her beskrives ventilation under en eksisterende gulvkonstruktion, ventilation af en ny gulvkonstruktion samt ventilation af krybekælder.

Der er i alt indsamlet data om 125 sager med passiv ventilation under huse i forbindelse med den kvantitative dataindsamling. Nøgledata for disse 125 sager sammenfattes og præsenteres i kapitel 5.

I kapitel 6 gennemgås data indsamlet ved den kvalitative dataindsamling. Her sammenfattes erfaringer fra 38 udvalgte sager med passiv ventilation under huse. I afsnittet sammenfattes oplysninger om fx byggetekniske forhold, forundersøgelser, typiske anlægsopbygninger, drift og monitorering samt opnået effekt og økonomi. Ved sammenfatningen af erfaringerne fra de forskellige sager fremhæves både generelle tendenser og særlige forhold for de udvalgte sager.

Med udgangspunkt i de opnåede resultater ved erfaringsopsamlingen i kapitel 5 og 6 er der i kapitel 7 gennemført en sammenfatning af erfaringer med passiv ventilation under huse. Rapporten afsluttes i kapitel 8 med en konklusion og anbefalinger, hvor hovedresultaterne fra erfaringsopsamlingen præsenteres, og med baggrund i de opnåede erfaringer gives anbefalinger til de videre arbejder med udvikling og dokumentation af afværgemetoden "passiv ventilation under huse".



## 2 Metode

Der er udført en empirisk indsamling af data omkring de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse ved at rette henvendelse til Regionerne, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og de større rådgivende firmaer, der arbejder med jord- og grundvandsforurening.

Den empiriske dataindsamling er delt i en indsamling af kvantitative og kvalitative data. Ved indsamling af kvalitative data er der udarbejdet en bruttoliste, der for alle de etablerede anlæg indeholder standardiserede oplysninger om de etablerede anlægs geografiske placering samt overordnede design og funktion. I alt er der indhentet oplysninger for 125 anlæg med passiv ventilation under huse.

På baggrund af oplysningerne fra bruttolisten er der udvalgt 38 anlæg til en mere detaljeret gennemgang. For den kvalitative gennemgang er der udarbejdet et lokalitetsspecifikt skema, der giver respondenten mulighed for, inden for nogle overordnede rammer, detaljeret at beskrive grundlag og formål med etablering af anlæg, design, etablering og effekt af anlæg samt økonomi for etablering og drift.

I det følgende er givet en nærmere beskrivelse af indsamlingen af de kvantitative og kvalitative data.

### 2.1 Indsamling af kvantitative data (bruttoliste)

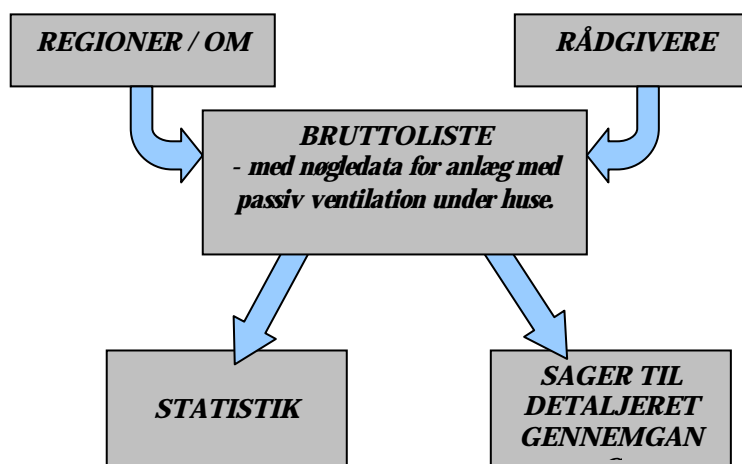
Bruttolisten er udarbejdet som et afkrydsningsskema, hvor nøgleoplysninger for hver lokalitet med passiv ventilation kan indføres. I afkrydsningsskemaet indsamles oplysninger om følgende for hver lokalitet (afkrydsningsskemaet findes i bilag A):

- Adresse
- Bygherre
- Hvad ventileres (kapillarbrydende lag, krybekælder, andet)
- Er der tale om nybyggeri
- Er ventilationen etableret under nyt eller eksisterende gulv
- Virker anlægget efter hensigten
- Er anlægget overgået til aktiv ventilation
- Findes der målinger under gulv eller fra indeklimaet før opstart af anlægget
- Findes der et godt datagrundlag for anlægget
- Eventuelle bemærkninger

Regionerne, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og rådgiverne er blevet bedt om at udfylde skemaet for alle de sager med passiv ventilation under huse, de har kendskab til. Formålet er at få en bruttoliste med oplysninger om så mange sager som muligt, og at kunne sammenholde de indsamlede data statistisk. Bruttolisten med alle sager om passiv ventilation skal ligeledes danne grundlag

for en udvælgelse af et antal sager til en mere detaljeret gennemgang (kvalitative data).

Proceduren ved indsamling og behandling af de kvantitative data er vist i figur 2.1.

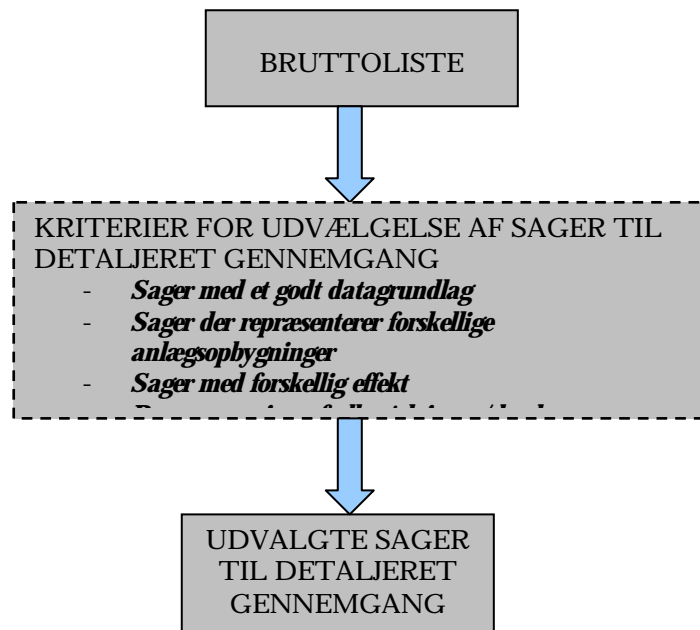


Figur 2.1: Indsamling af data til bruttoliste.

## 2.2 Indsamling af kvalitative data (lokalitetsspecifikke skemaer)

På baggrund af bruttolisterne fra Regionerne, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og rådgiverne er 38 sager udvalgt til en detaljeret gennemgang.

Ved udvælgelsen af de 38 anlæg er der lagt vægt på, at det er veldokumenterede anlæg. Derudover er der lagt vægt på, at de repræsenterer forskellighederne i anlægstype således, at både nybyggeri og eksisterende byggeri samt ventilation af ny og eksisterende gulvkonstruktion er repræsenteret. Derudover er der lagt vægt på at belyse variationen i effekt af de etablerede anlæg. Derfor er der udvalgt sager, hvor den passive ventilation har virket ud fra oplysningerne i bruttolisterne, men også sager, hvor det ikke har virket, for derved at få belyst begge typer. For yderligere at belyse variationen i de etablerede anlæg er sagerne endeligt udvalgt, så sager fra alle rådgivere og bygherrer er repræsenteret. Processen for udvælgelse af sager til detaljeret gennemgang er vist i figur 2.2.



Figur 2.2: Proces for udvælgelse af sager til detaljeret gennemgang.

Til den detaljerede gennemgang af de udvalgte sager er der udarbejdet et lokalitetsspecifikt skema, som Regioner, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og rådgivere er blevet bedt om at udfylde for hver sag (skemaet findes i bilag B). Desuden er Regioner, Oliebranchens Miljøpulje (OM) og rådgivere blevet bedt om at vedlægge relevante referencer. Den detaljerede gennemgang af hver sag skal, jf. bilag B, indeholde følgende oplysninger:

- Beskrivelse af forureningssituation
- Formål med etablering af anlæg
- Byggetekniske forhold
- Forundersøgelser og dimensioneringsgrundlag
- Beskrivelse af anlæg
- Drift og monitoring
- Opnået effekt ved passiv ventilation
- Økonomi
- Konklusion
- Referencer

For at støtte og sikre en rimelig ensartet udfyldelse af de lokalitetsspecifikke skemaer er der knyttet en vejledning til skemaet. Vejledningen fremgår af bilag B.

Efter indsamlingen af data for de udvalgte sager er alt materialet gennemgået. Derefter er materialet sammenfattet ved at fremhæve enkelte sager, der enten repræsenterer en overordnet og generel tendens eller er afvigende i forhold til anlægstype, monitoring osv.



## 3 Teoretisk grundlag

I dette kapitel er givet en kort beskrivelse af de teoretiske betragtninger, der ligger bag etableringen af anlæg med passiv ventilation under huse.

Først er der givet en beskrivelse af de spredningsveje og drivkræfter, der er afgørende for spredning af forurening under huse til indeluften i huse.

Derefter følger en beskrivelse af princippet for etablering af passiv ventilation under huse. Herunder beskrives princippet for teknikken reduktion af spredning af forurening under huse til indeluften.

### 3.1 Spredningsveje og drivkræfter

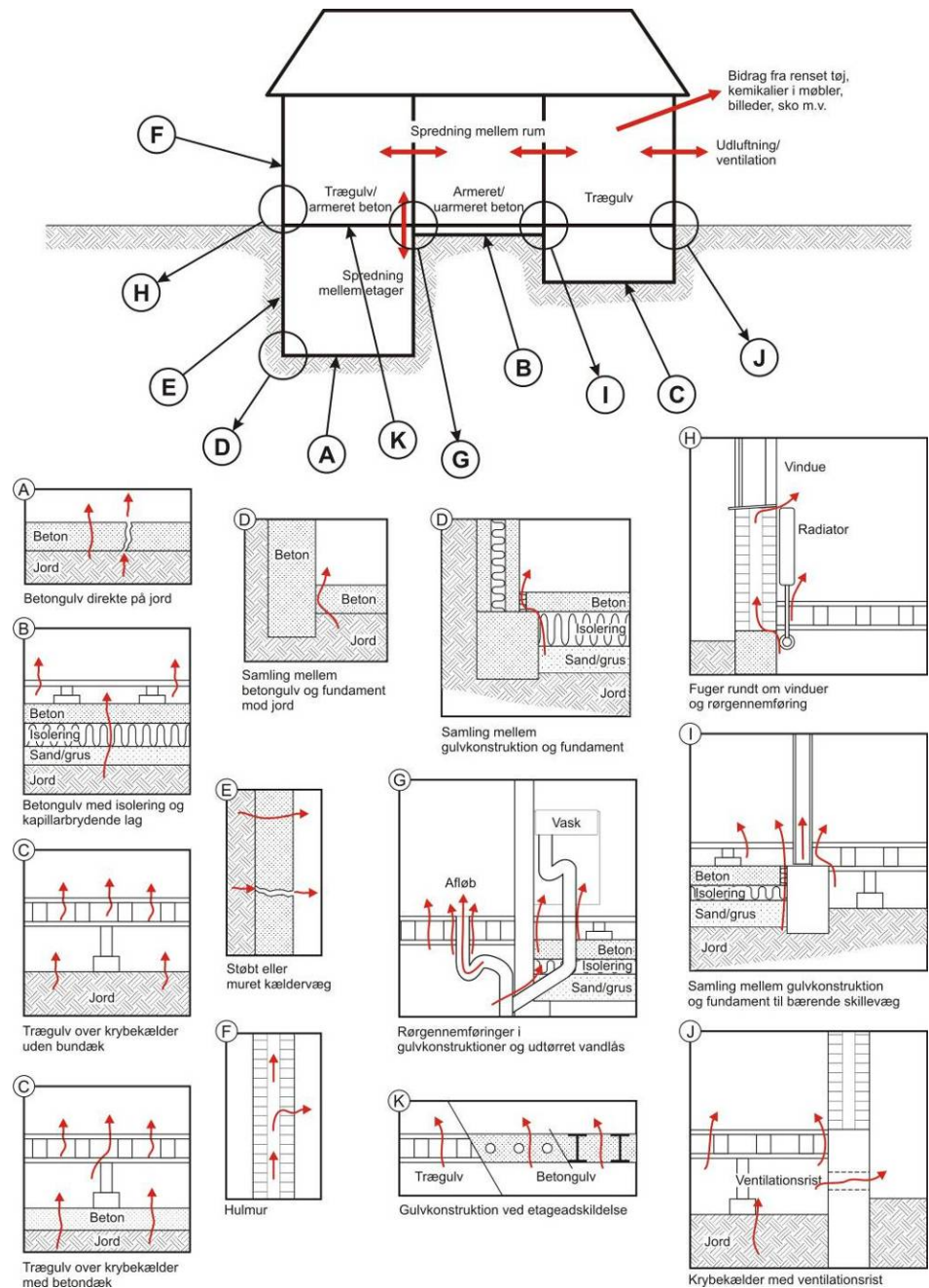
Flygtige forureningsstoffers spredning til indeluften i bygninger afhænger primært af bygningsmæssige udformninger, bygningens stand samt forureningsstofferne fysiske og kemiske egenskaber. I den umættede zone over grundvandsspejlet kan den del af forureningen, der her findes på gasform, spredes og give anledning til påvirkning af indeklimaet.

Transportforholdene under en bygning vil ofte være gunstige, da jordlagene her er tørre, hvilket giver mulighed for en øget gastransport. Desuden vil tilstedeværelsen af et kapillarbrydende lag under en gulvkonstruktion kunne danne grundlag for spredning af forureningsstoffer umiddelbart under gulvet og via revner i betondæk e.l. til indeluften i bygningen. Der findes mange potentielle utætheder i bygningskonstruktioner, som kan være spredningsveje for flygtige forureningsstoffer. En række af disse er listet nedenfor, men vil ikke blive beskrevet mere indgående.

Forureningsspredningen gennem utætheder i bygningskonstruktionen til indeluften i bygningen er illustreret i figur 3.1.

Potentielle utætheder i bygningskonstruktioner /3/ (bogstaver henviser til tilsvarende på figur 3.1):

- A Utæthed i betongulv direkte på jord
- B Utæthed i betongulv med isolering og kapillarbrydende lag
- C Trægulv over krybekælder uden bunddæk
- C Trægulv over krybekælder med betondæk
- D Samling mellem betongulv og fundament mod jord
- D Samling mellem gulvkonstruktion og fundament
- E Utætheder i støbt eller muret kældervæg
- F Utæthed i hulmur
- G Rørgennemføringer i gulvkonstruktioner
- H Fuger rundt om vinduer og rørgennemføringer
- I Samling mellem gulvkonstruktion og fundament til bærende skillevæg
- J Krybekælder med ventilationsrist
- K Gulvkonstruktion ved etageadskillelse



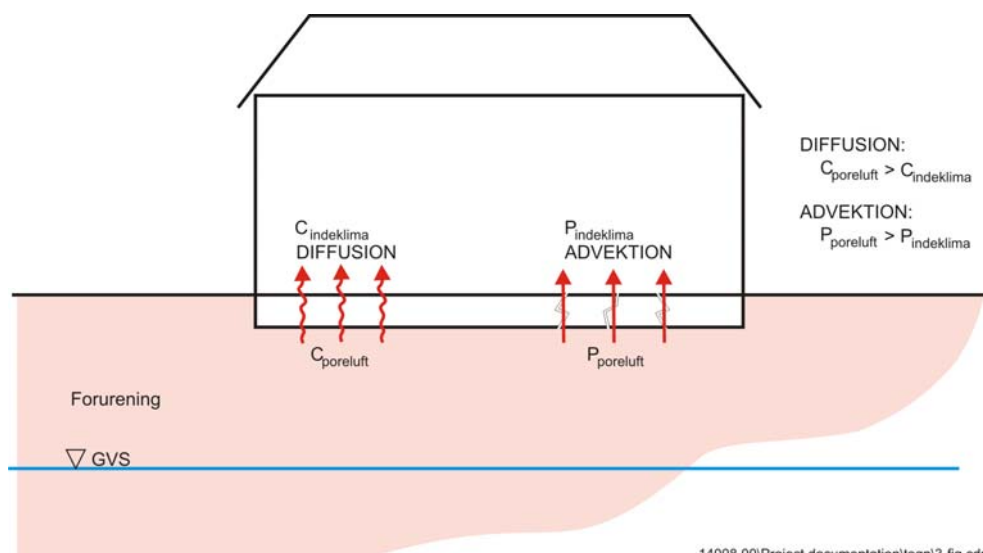
Figur 3.1: Spredning af forurening gennem utætheder i bygningskonstruktioner /3/.

Der er to drivkræfter for spredning af forurening fra jorden/kapillarbrydende lag til indeluften i en bygning – spredning drevet af trykforskelle (advektion) og spredning drevet af koncentrationsforskelle (diffusion).

Ofte vil der i bygninger være et svagt undertryk på 1-5 Pa, der primært skyldes temperaturforskelle mellem inde- og udeluft samt vindpåvirkning af bygningen /3/. Derudover kan der være mekanisk ventilation inde i bygningen (eks. udluftning i bad/wc og køkken/emhætte). Undertrykket vil drive en advektiv transport ind i bygningen. Trykforskelle mellem poreluften i jorden og indeluften kan ligeledes påvirkes af ændringer i atmosfæretrykket. Variationer i atmosfæretrykket forplantes gennem jorden med en vis forsinkelse, mens trykkudligningen mellem atmosfæren og indeluften stort set

sker momentant /3/. Herved kan ændringer i atmosfæretrykket påvirke den advective transport ind i en bygning.

Spredning af flygtige forureningskomponenter til indeklimaet kan desuden ske ved diffusion, der drives af koncentrationsforskelle mellem indeluften og poreluften under gulvet. Diffusion vil potentielt kunne ske gennem bygningsmaterialer, og er derfor ikke udelukkende betinget af utætheder i konstruktionen. De fleste bygningskonstruktioner vil dog hæmme diffusionen. Principperne for spredning ved advektion og diffusion ind i en bygning er vist i figur 3.2.



Figur 3.2: Illustration af forureningsspredning ved advektion og diffusion.

### 3.2 Princip for passiv ventilering under huse

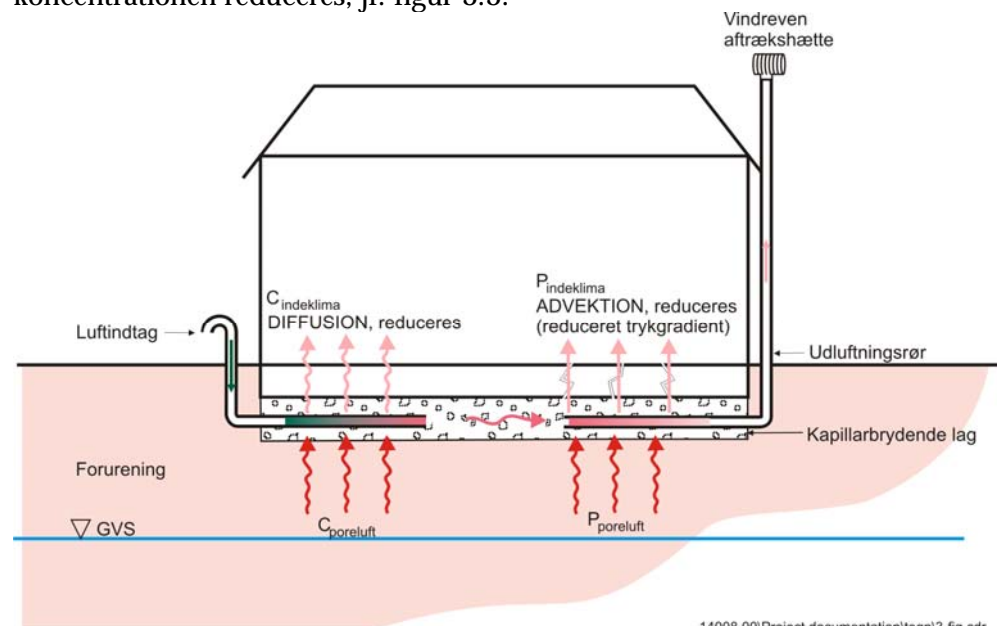
Formålet med passiv ventilation under en bygning er at øge luftskiftet umiddelbart under gulvkonstruktionen. Herved vil der ske en bortledning af flygtige forureningskomponenter til atmosfæren, og forureningskoncentrationen, der potentielt kan spredes til indeluften i huset, vil blive reduceret.

Passiv ventilation under huse er betinget af, at der findes et højpermeabelt lag, der kan ventileres (fx et kapillarbrydende lag eller et hulrum). Det er desuden en mulighed at benytte passiv ventilation i krybekældre. Princippet for passiv ventilation under huse er dog det samme, hvad enten det er et kapillarbrydende lag eller en krybekælder, der ventileres.

Det overordnede princip ved passiv ventilation er at reducere de drivkræfter, der styrer gastransporten. Dette gøres ved at skabe kontakt mellem poreluften under bygningen og atmosfæren. Denne kontakt skabes ved at etablere et ventilationssystem i det ventilerbare medie (kapillarbrydende lag, hulrum, krybekælder) med kontakt til atmosfæren. Denne kontakt vil primært bevirke, at den advective transport, der styres af trykgradienten over gulvkonstruktionen, reduceres eller vendes. For at øge ventilationseffekten kan ventilationssystemet tilsluttes en vinddreven ventilationshætte på bygningens tag, jf. figur 3.3.

Ved at etablere ventilationssystemet som et dobbelt drænsystem kan der ligeledes opnås en reduktion af den diffusive transport. Dette sker, da det ene

drænsystem vil fungere som luftudsugning, mens det andet drænsystem vil fungere som luftindtag. Herved øges luftskiftet i det ventilerbare lag og koncentrationen reduceres, jf. figur 3.3.



Figur 3.3: Princip ved passiv ventilation med vindreven ventilationshætte. Reduktion af advektion og diffusion.

14008.00\Project documentation\tegn\3-fig.cdr



## 4 Anlægstyper

I dette kapitel gives en generel beskrivelse af de anlægstyper, der hører under afværgeteknikken "passiv ventilation under huse". I denne erfaringsopsamling vil der udelukkende blive fokuseret på passiv ventilation af kapillarbrydende lag under både ny og gammel gulvkonstruktion samt passiv ventilation af krybekælder, jf. kapitel 1. Mere specifikke beskrivelser af anlægstyperne er givet i kapitel 6 under gennemgangen af de udvalgte sager.

Afværgetiltag baseret på passiv ventilation kan desuden suppleres med tætning af forskellige konstruktioner i bygningen, hvilket ikke vil blive beskrevet yderligere.

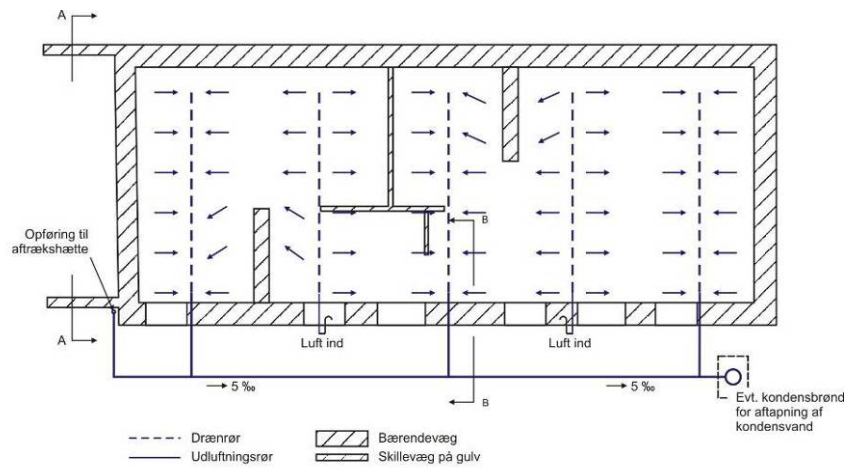
For en mere detaljeret gennemgang af de byggetekniske forhold i forbindelse med etablering af afværgeforanstaltninger baseret på passiv ventilation henvises til /3/.

Omfanget af nødvendige afværgeforanstaltninger vil afhænge af de specifikke forhold på den enkelte lokalitet i forhold til forureningssituationen samt tætheden og tilstanden af en eventuelt eksisterende bygning.

### 4.1 Ventilation under eksisterende gulv

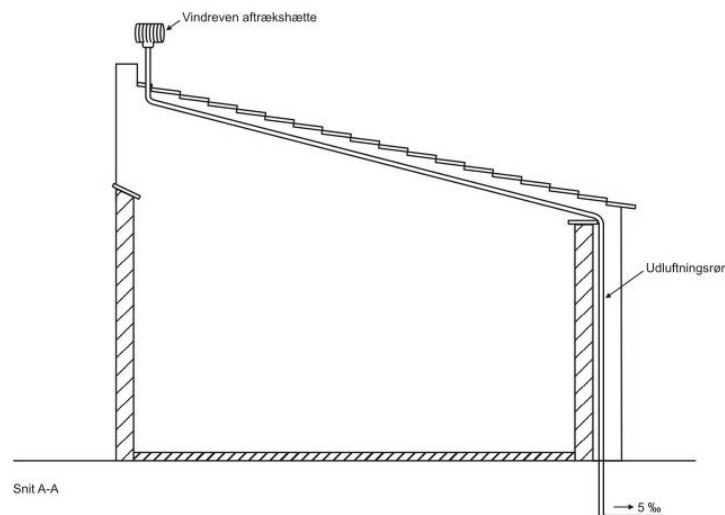
Etablering af ventilation under eksisterende gulve kræver, at der findes et ventilerbart lag med en relativ høj effektiv porøsitet. Der findes flere muligheder for etablering af ventilation under et eksisterende gulv, som dog alle er baseret på principperne med reduktion af diffusion og advektion beskrevet i afsnit 3.2.

En forholdsvis simpel måde at etablere passiv ventilation under en gulvkonstruktion er at gennembore fundamentet og herved skabe kontakt mellem poreluften i det kapillarbrydende lag og atmosfæren, hvilket teoretisk vil reducere den advektive stoftransport til indeluften pga. trykudligningen mellem atmosfæren og det kapillarbrydende lag. Samtidig giver gennemboringen mulighed for yderligere gennemstrømning af luft under gulvet, hvilket vil have en fortyndende effekt og dermed reducere diffusionen op gennem gulvet. Trykforskellen mellem bygningens modstående facader vil ved vindpåvirkning drive ventilationen, således at der suges luft ud ved den ene facade, mens der slippes luft ind ved den anden. Teoretisk kan der skabes en bedre kontrol med luftstrømmene under gulvet ved at føre drænrør ind i det kapillarbrydende lag. Dette kan være med til at optimere influensområdet for den passive ventilation. I figur 4.1 er der angivet en principskitse i plan for etablering af ventilation med drænrør under gulv.



Figur 4.1: Principskitse i plan for etablering af ventilation med drænrør under gulv /3/

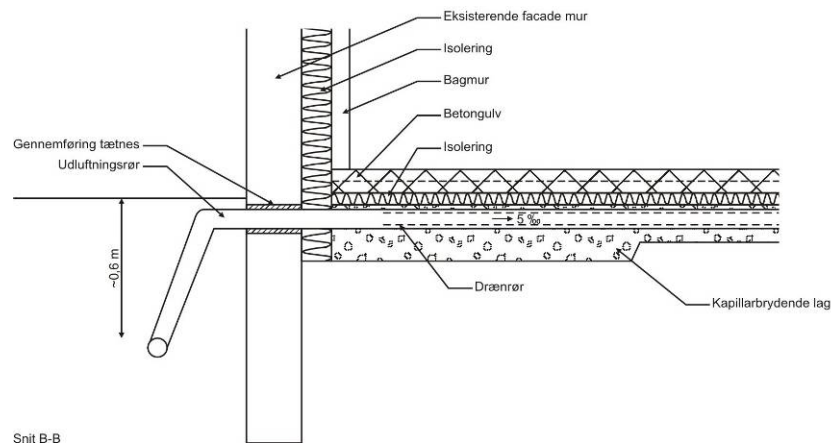
I tæt bebyggede områder eller hvis der kræves større luftflow under gulvkonstruktionen, er ventilation drevet af vindtryk muligvis ikke tilstrækkeligt. Ventilationssystemet kan i sådanne situationer udbygges med en vinddrevet aftrækshætte, der placeres på bygningens tag, jf. figur 4.2.



Figur 4.2: Vinddrevet aftrækshætte på bygningens tag. Snit A-A i figur 4.1.

Viser det sig, at den vinddrevne aftrækshætte ikke giver et tilstrækkeligt luftskifte under gulvet, kan den passive ventilation erstattes af aktiv mekanisk ventilation, hvor anlægget udbygges med en elektrisk ventilator, hvilket falder uden for denne erfaringsopsamling.

I figur 4.3 ses et eksempel på passiv ventilation med drænrør under gulv. Snittet svarer til snit B-B i figur 4.1.



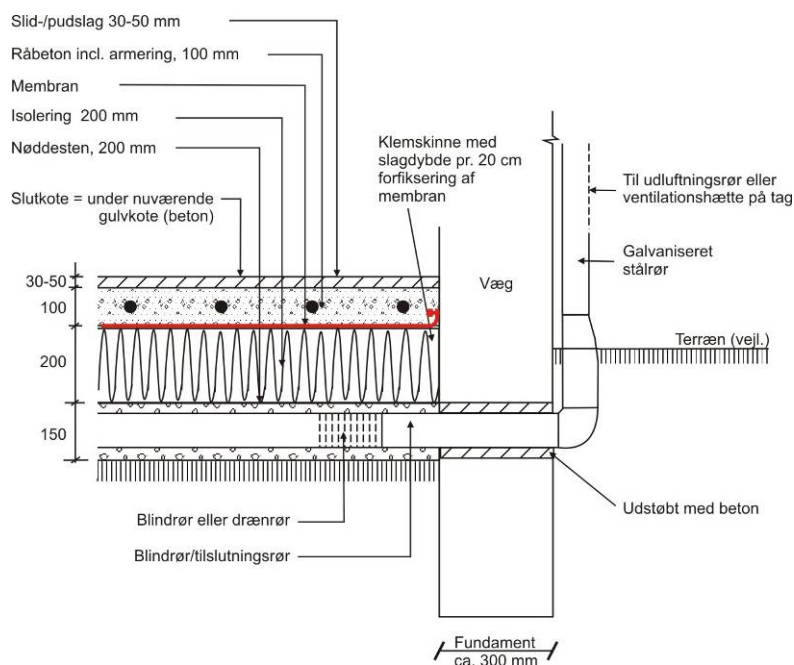
Snit B-B

Figur 4.3: Eksempel på opbygning af ventilation under eksisterende gulv. Snit B-B i figur 4.1.

## 4.2 Ventilation under ny gulvkonstruktion

Ved etablering af en ny gulvkonstruktion reduceres både den advective og diffusive stoftransport, som følge af at gulvkonstruktionen bliver tættere.

Når der alligevel etableres en ny gulvkonstruktion, kan afværgoeffekten øges ved samtidig at etablere et kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen, der kan ventileres. I det kapillarbrydende lag placeres drænrør til luftindtag og luftafkast. Desuden kan der monteres en diffusionshæmmende membran i gulvkonstruktionen. I figur 4.4 er der givet et eksempel på en opbygning af en ny gulvkonstruktion med ventilerbart kapillarbrydende lag samt diffusionshæmmende membran.

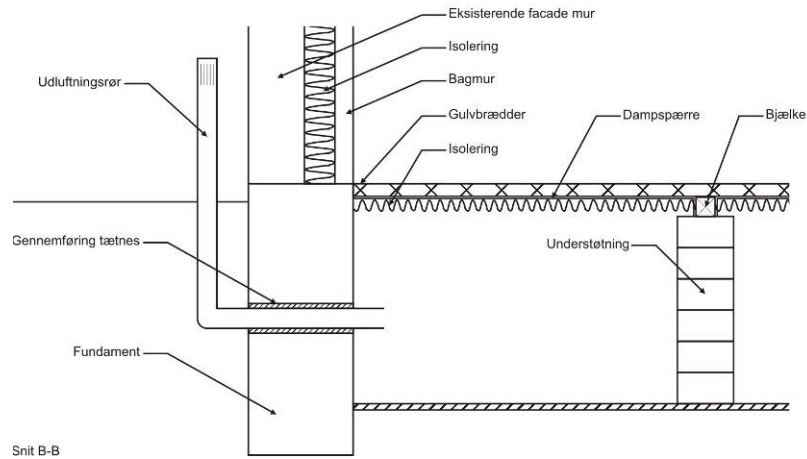


Figur 4.4: Eksempel på opbygning af ny gulvkonstruktion /3/.

Afhængigt af forureningsudbredelsen under bygningen samt gulvets tilstand, kan der etableres ny gulvkonstruktion i hele eller dele af en eksisterende bygning.

### 4.3 Ventilation af krybekælder

Princippet for passiv ventilation i en krybekælder er det samme som for ventilation af et kapillarbrydende lag. Ventilationen vil altså kunne reducere både den diffusive og advektive stoftransport. I figur 4.5 ses en principskitse for ventilation af krybekælder.



Figur 4.5: Eksempel på ventilation af krybekælder /3/.

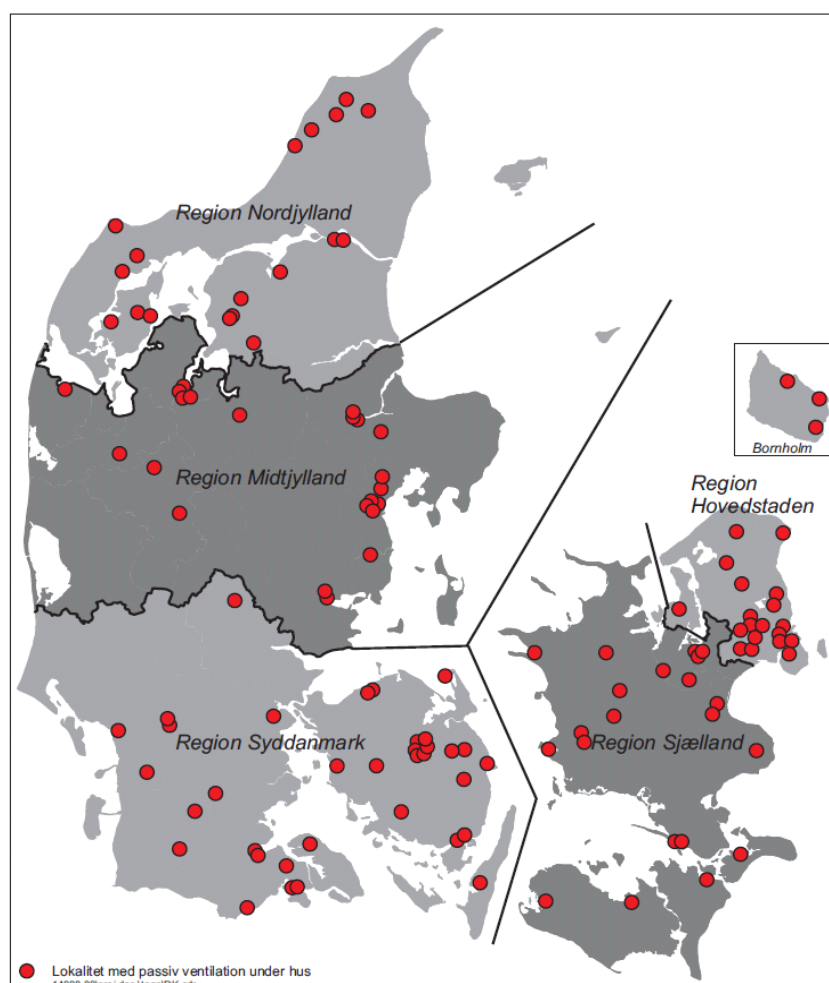
Som for ventilation af kapillarbrydende lag kan ventilationen af en krybekælder være drevet af vindens drivtryk ved, at der etableres åbninger på modstående sider af krybekælderen. Ventilationen kan desuden drives af en vindreven aftrækshætte, hvilket kræver, at der etableres et antal ind- og udsugningspunkter. Disse kan enten etableres gennem krybekældernes sider eller gennem gulvet til den overliggende etage.

Ved etablering af passiv ventilation i en krybekælder er det vigtigt at tage højde for, at ventilationen kan skabe fodkulde samt fugtproblemer i den overliggende gulvkonstruktion.

## 5 Overblik over anlæg med passiv ventilation under huse i Danmark

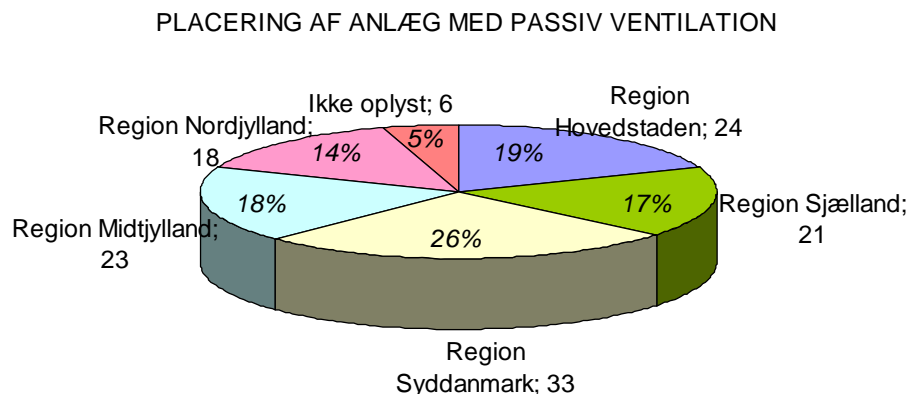
Afværgemetoden passiv ventilation under huse er relativt udbredt i Danmark i forbindelse med indeklimasikring. I forbindelse med denne erfaringsopsamling er der indhentet oplysninger om sager med passiv ventilation under huse fra de større rådgivende ingeniørfirmaer, Oliebranchens Miljøpulje (OM) samt fra regionerne (bruttolister). Det er lykkedes at indhente oplysninger om i alt 125 forskellige sager, hvor der er etableret passiv ventilation under huse. For alle disse sager har rådgiverne og regionerne udfyldt et overordnet skema, hvor enkelte oplysninger om de forskellige anlæg er angivet. Oplysningerne fra disse skemaer vil blive sammenfattet og præsenteret i det følgende. De samlede oplysninger fra skemaerne findes i bilag C.

Ved at placere alle sagerne med passiv ventilation på et danmarkskort, fremgår det, at anlæggene er nogenlunde jævnt fordelt på de 5 regioner.



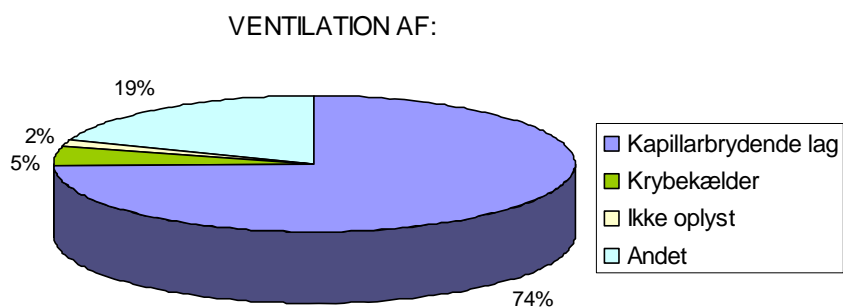
Figur 5.1: Placering af sager med passiv ventilation under huse i Danmark.

Ved at opstille antallet af anlæg for hver region i et diagram, jf. figur 5.2, ses det dog, at Region Syddanmark har lidt flere anlæg end de øvrige regioner. For 6 anlæg er det ikke oplyst, hvor i landet anlægget ligger.



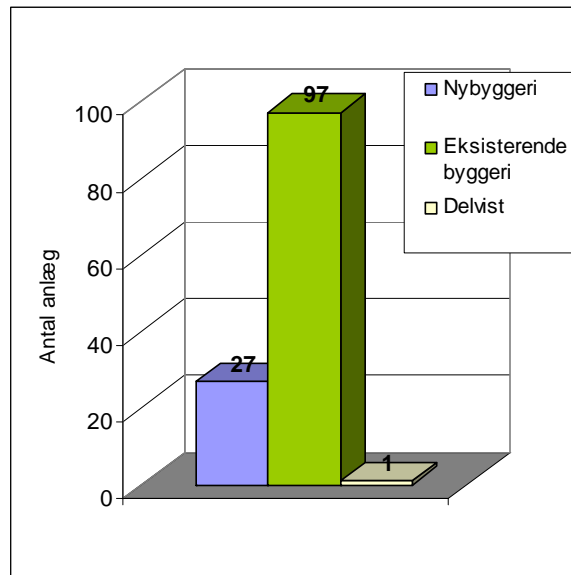
Figur 5.2: Anlæg med passiv ventilation under huse fordelt på regioner. Tallet efter navnet på regionen angiver antal sager i regionen.

For langt de fleste anlæg med passiv ventilation under huse er der tale om ventilation af et kapillarbrydende lag, jf. figur 5.3. For 19 % af anlæggene er det andet end det kapillarbrydende lag, der ventileres. For flere af disse anlæg gælder, at der sker ventilation af det kapillarbrydende lag i kombination med ventilation af fx krybekælder, hulmur eller etageadskillelse.

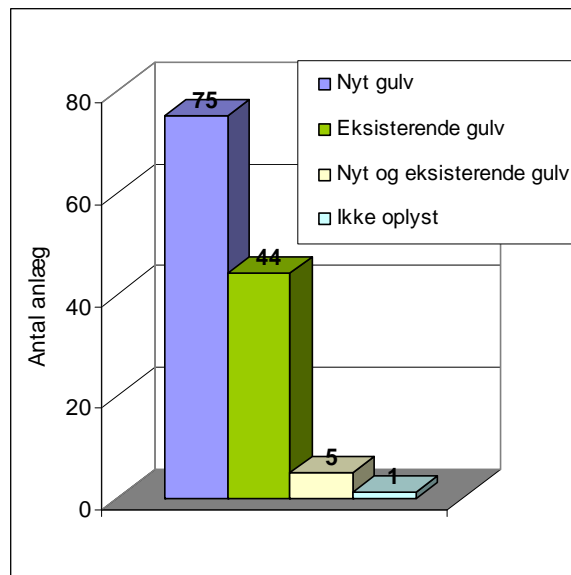


Figur 5.3: Angivelse af hvad der ventileres for de forskellige anlæg.

Ca. 20% af anlæggene med passiv ventilation er etableret i nybyggeri, mens den resterende del er etableret i eksisterende byggeri, jf. figur 5.4. Lidt under halvdelen af de anlæg, der er etableret i et eksisterende byggeri, er etableret under det eksisterende gulv, jf. figur 5.5.

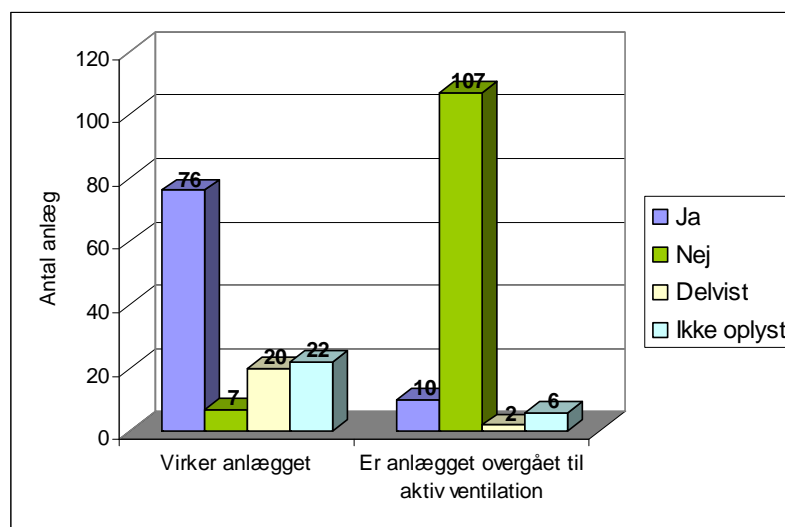


Figur 5.4: Angivelse af hvor mange anlæg med passiv ventilation, der er etableret i nybyggeri og eksisterende byggeri.



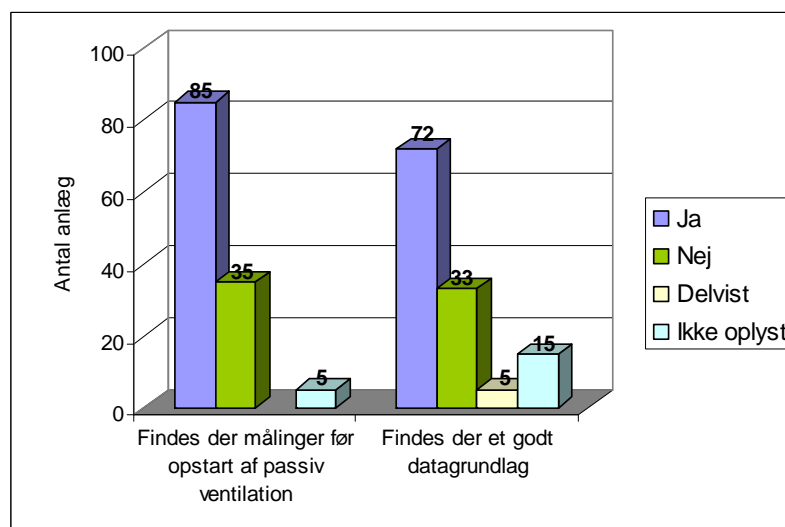
Figur 5.5: Angivelse af hvor mange anlæg med passiv ventilation, der er etableret under nyt gulv.

For over 60% af anlæggene er det oplyst, at de virker efter hensigten, mens 22% enten ikke virker eller kun delvist virker, jf. figur 5.6. For de resterende anlæg med passiv ventilation er det ikke oplyst, hvorvidt de virker eller ej, hvilket kan være en indikation af, at man ikke kender effekten af anlægget. 8% af anlæggene er overgået til aktiv ventilation, hvilket derfor ikke omfatter alle de anlæg, der kun delvist eller slet ikke virker efter hensigten.



Figur 5.6: Angivelse af hvor mange anlæg med passiv ventilation, der virker efter hensigten, samt hvor mange, der er overgået til aktiv ventilation.

For næsten 70% af anlæggene med passiv ventilation er der udført målinger (poreluft/indeklimamålinger), før opstart af ventilationen. For 35 anlæg, svarende til 30%, findes der ingen målinger før opstarten. Sammenholdes dette med, hvor mange af disse anlæg, der er udført ved nybyggeri, er der en tydelig sammenhæng. Af de i alt 27 anlæg, der er etableret i nybyggeri, findes der for de 21 ingen målinger før opstart. Dette betyder, at ca. 2/3 af de anlæg, for hvilke der ikke findes målinger før opstart, er anlæg etableret i nybyggeri.



Figur 5.7: Angivelse af for hvor mange anlæg, der findes målinger før opstart af passiv ventilation, samt hvorvidt der findes et godt datagrundlag for lokaliteten og anlægget.

Det må forventes, at der kræves et godt datagrundlag for at kunne vurdere, hvorvidt et anlæg virker eller ej. Det er dog for næsten 60% af anlæggene med passiv ventilation anført, at der findes et godt datagrundlag, mens det for en langt større andel er vurderet, hvorvidt anlægget virker eller ej.

Som det fremgår af figur 5.7. findes der et godt datagrundlag for 72 anlæg, mens det af figur 5.6 fremgår, at der for 103 anlæg er taget stilling til, hvorvidt anlægget virker. Dette må betyde, at effekten af flere anlæg er vurderet på et relativt dårligt grundlag. Det fremgår da også af de udfyldte skemaer, at det for ca. 20 anlæg er angivet, at anlægget virker, mens det samtidig er angivet, at



der ikke findes et godt datagrundlag. Denne sammenhæng viser altså, at de indsamlede data for, om anlægget virker eller ej, kan være usikre, da der for flere sager måske ikke er tilstrækkeligt datagrundlag til at vurdere dette.



## 6 Gennemgang af udvalgte sager med passiv ventilation under huse

Dataindsamlingen til denne erfaringsopsamling er foregået i samarbejde med de større danske rådgivende ingeniørfirmaer samt de 5 danske regioner og Oliebranchens Miljøpulje (OM). Dataindsamlingen resulterede i første omgang i en bruttoliste med 125 sager med passiv ventilation under huse (præsenteret i kapitel 5). På baggrund af denne bruttoliste, hvor enkelte centrale oplysninger om hver sag er angivet, er 38 sager udvalgt til en mere detaljeret gennemgang. Udvælgelsen af disse sager er sket på baggrund af de oplysninger, der er angivet i bruttolisten. De sager, der er udvalgt, er primært sager, hvor der findes et godt datagrundlag. Desuden er det forsøgt både at udvælge sager, hvor den passive ventilation har haft den tilsigtede effekt, men også sager, der ikke har. For yderligere at belyse variationen i de etablerede anlæg er sagerne endeligt udvalgt, således at sager fra alle rådgivere og bygherrer er repræsenteret.

Af de 38 udvalgte sager er der 29 sager med ventilation af det kapillarbrydende lag og 1 med ventilation af krybekælder, mens de resterende 8 er med ventilation af både kapillarbrydende lag og krybekælder, ventilation af etageadskillelse e.l. I tabel 6.1 er det angivet, hvordan de 38 sager er fordelt i forhold til, om det er nybyggeri (underforstået eksisterende byggeri ved nej), om der er etableret nyt gulv (underforstået passiv ventilation etableret under eksisterende gulv ved nej), om anlægget virker og om det er overgået til aktiv ventilation. Fordelingen stemmer nogenlunde overens med den fordeling, der er set for samtlige sager med passiv ventilation under huse, jf. kapitel 5.

Tabel 6.1: Grunddata for de 38 udvalgte sager, oplysninger fra bruttolister.

	Ja	Nej	Delvist	Ikke oplyst
Nybyggeri	4	33	1	
Er der etableret nyt gulv	21	16	1	
Virker den passive ventilation efter hensigten	21	5	10	2
Er anlægget overgået til aktiv ventilation	5	31	2	

Indsamlingen af de detaljerede oplysninger om de 38 udvalgte sager er foregået ved at rådgivere og regioner har udfyldt et skema for hver sag, hvor følgende oplysninger er angivet:

- Beskrivelse af forureningssituation
- Formål med etablering af anlæg
- Byggetekniske forhold
- Forundersøgelser og dimensioneringsgrundlag
- Beskrivelse af anlæg
- Drift og monitoring
- Opnået effekt ved passiv ventilation
- Økonomi
- Konklusion
- Referencer

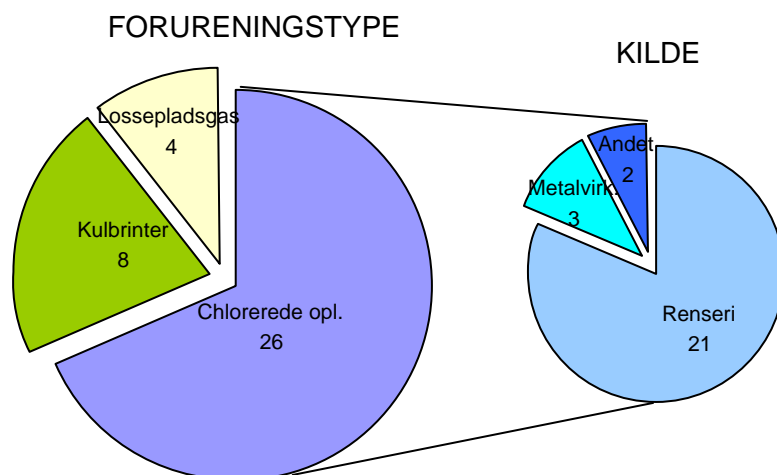
I det følgende vil data fra de 38 udvalgte sager blive sammenfattet og gennemgået. Det gøres ved at benytte en opbygning af afsnittet med udgangspunkt i dispositionen fra det lokalitetsspecifikke skema. I gennemgangen vil lighedspunkter og forskelle mellem de forskellige sager blive belyst, og forskellige sager vil blive fremhævet som eksempler. Alle skemaer med indsamlede data findes i bilag D.

### 6.1 Beskrivelse af forureningssituationen

Over 2/3 af de 38 udvalgte anlæg med passiv ventilation er etableret i forbindelse med forurening med chlorerede opløsningsmidler. Forureningen stammer primært fra rensrier. Passiv ventilation er derefter anvendt som afskæring i forhold til efterladt restforurening beliggende under bygninger.

8 af de 38 sager er etableret ved forurening med kulbrinter – primært fyringsolie af villatanke. For disse sager gælder det, at der ofte er sket afgravning af hotspot, hvorefter der er etableret passiv ventilation i forhold til restforurening under bygningen.

Der er desuden få sager, hvor den passive ventilation er etableret under bygninger beliggende på eller ved tidligere lossepladser.



Figur 6.1: Udvalgte sager inddelt i forureningstype og kilde.

### 6.2 Formål med etablering af anlæg

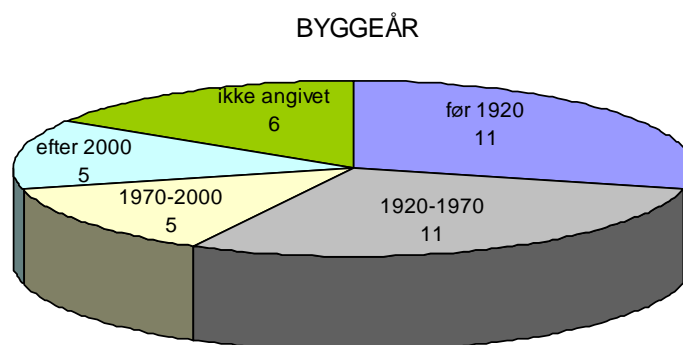
Formålet med passiv ventilation under huse er for stort set samtlige sager at sikre indeklimaet i bygningerne ved at reducere spredningen af forureningskomponenter fra jorden under bygningen til indeluften i bygningen. Anlæggene har karakter af permanente afskærende foranstaltninger ved enten eksisterende byggeri eller nybyggeri.

For én af de udvalgte sager har formålet med etablering af den passive ventilation, ud over indeklimasikring, været at opfylde kravene i en §8-tilladelse. I en enkelt sag har formålet med ventilationen ikke være

indeklimasikring, men at fjerne en mindre olieforurening under en bygning og derved undgå, at grunden blev V2-kortlagt.

### 6.3 Byggetekniske forhold

Byggeåret for de bygninger, hvor der er etableret passiv ventilation, er meget forskellige, og der ses ikke nogen særlig tendens til, at metoden primært benyttes i bygninger etableret inden for en bestemt årrække.



Figur 6.2: Byggeår for bygninger med passiv ventilation.

Etableringen af passiv ventilation under huse er afhængig af den byggeskik, der er karakteristisk for byggeåret.

Karakteristisk for huse bygget før 1970 er, at bygningernes terrændæk generelt er etableret direkte på den underliggende jord /3/. Dette har betydning ved etablering af passiv ventilation under huse. Er den underliggende jord således et lavpermeabelt jordlag, eksempelvis et lerlag, vil det være nødvendigt at opbryde det eksisterende gulv for at etablere et kapillarbrydende lag, hvori den passive ventilation kan etableres. Huse bygget efter 1970 er generelt etableret på et kapillarbrydende lag. Her vil passiv ventilation typisk kunne etableres, uden at den eksisterende gulvkonstruktion skal opbrydes.

De ovenstående kendetegn afspejler sig i de udvalgte sager, hvor passiv ventilation under huse i bygninger fra før 1970 primært er etableret ved, at den eksisterende gulvkonstruktion er opbrudt og en ny gulvkonstruktion med et ventilerbart kapillarbrydende lag er etableret. I 6 af tilfældene er eksisterende kældergulv opbrudt. I de få tilfælde i denne periode, hvor passiv ventilation under huse er etableret under eksisterende gulv, er det i tilfælde, hvor bygningerne er bygget direkte oven på et oprindeligt sandlag. I andre enkeltstående tilfælde er der tale om etablering af passiv ventilation under senere tilbygninger og under tidligere renoverede gulve, mens der under én bygning er kortlagt et ventilerbart hulrum mellem jord og gulv. I et enkelt tilfælde er der etableret passiv ventilation under et eksisterende gulv uden kendskab til, om der var et ventilerbart kapillarbrydende lag.

Krybekældre er karakteristiske for huse bygget før 1960. Ofte ses det, at der kun er krybekælder under en del af husene /3/. Passiv ventilation under huse med krybekælder vil derfor ofte være en kombination af ventilation af krybekælder og ventilation under gulv. I de udvalgte sager er der 4 tilfælde af ventilation af krybekælder. I 2 af tilfældene er ventilation af krybekælder kombineret med ventilation under gulv. I et enkelt tilfælde er der gennemført ventilation i et eksisterende sandlag under en krybekælder.

For husene bygget efter 1970 er der i de udvalgte sager alene etableret passiv ventilation under eksisterende gulv, svarende til ventilation af et eksisterende kapillarbrydende lag. Efter år 2000 er passiv ventilation under huse overvejende etableret i forbindelse med selve byggeriet. For de fleste sager, hvor der etableres ventilation under et eksisterende gulv, findes der oplysninger om det kapillarbrydende lag. Dette består oftest af sand, grus eller lecanødder og har en tykkelse på 20-50 cm.

For kortlægning af de byggetekniske forhold er der i ca. en tredjedel af sagerne med eksisterende byggeri gennemført en egentlig byggeteknisk gennemgang af bygningen. I andre sager med eksisterende byggeri er der med fokus på kortlægning af eksisterende gulvopbygning gennemført prøveboringer eller prøvegravninger. Der er desuden for flere sager udført geotekniske undersøgelser forud for etablering af afværgetiltaget.

#### 6.4 Forundersøgelser og dimensioneringsgrundlag

For stort set samtlige sager, hvor der er tale om eksisterende byggeri, er der før etableringen af en afværgeforanstaltning med passiv ventilation udført en forureningsundersøgelse. Afhængigt af forureningsudbredelsen, er der udført undersøgelse af forureningen i både jord, grundvand, poreluft og indeklima.

I sager med eksisterende byggeri forurenet med chlorerede opløsningsmidler er passiv ventilation iværksat på baggrund af risikovurderinger, der bygger på poreluftmålinger og/eller indeklimatemålinger.

Kendetegnende for sager med eksisterende byggeri forurenet med olieprodukter er, at passiv ventilation er iværksat på baggrund af risikovurderinger, der bygger på poreluftmålinger og/eller jordprøver og ikke indeklimatemålinger.

I sager, hvor der er tale om nybyggeri, er der oftest kun udført jordanalyser til dokumentation af restforurening. Disse analyser er derefter benyttet i en risikovurdering i forhold til indeklimaet.

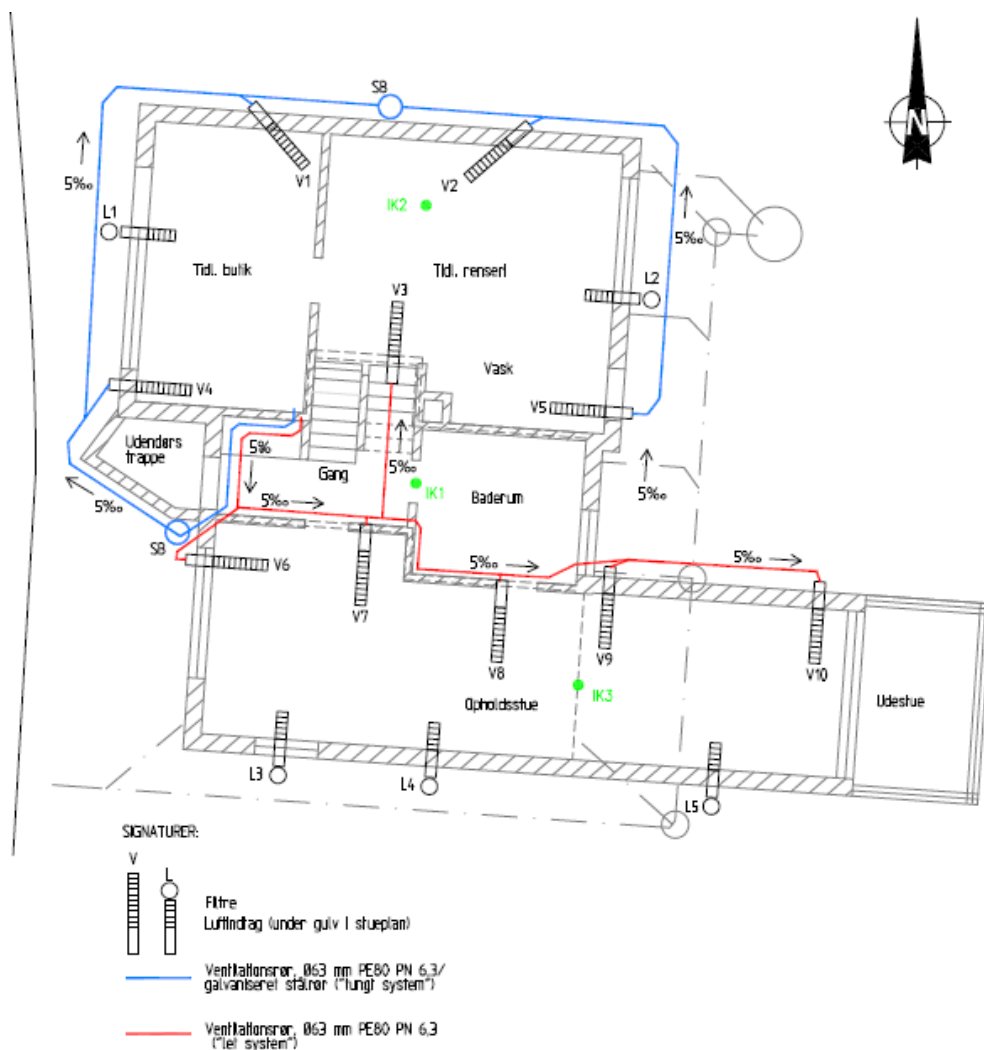
Data fra de 38 uvalgte sager viser, at der ikke normalt udføres fx ventilationstests, tracertests eller andre tests i forbindelse med dimensionering af anlægget. For en enkelt sag er det beskrevet, at der ved poreluftmåling under gulv er målt modtryk for at vurdere, hvorvidt gruslaget under gulvet kunne ventileres.

I det følgende beskrives nogle af de få sager, hvor der er udført tests forud for etablering af den passive ventilation.

I forbindelse med etablering af passiv ventilation under kældergulv på Absalonsgade i København, er der grundet højtliggende grundvand etableret en 3 cm grundmursplade, der fungerer som både dræn- og ventilationslag, i stedet for et drænlag af eksempelvis 15 cm nøddesten. Inden etableringen er der opstillet en prøvestand, hvor det er testet, om luftrummet mellem grundmurspladen og underlaget forblev intakt efter udstøbning af nyt gulv samt gulvbelastning. Testen viste et tilfredsstillende resultat og anlæg blev etableret med grundmursplade som ventilationslag.

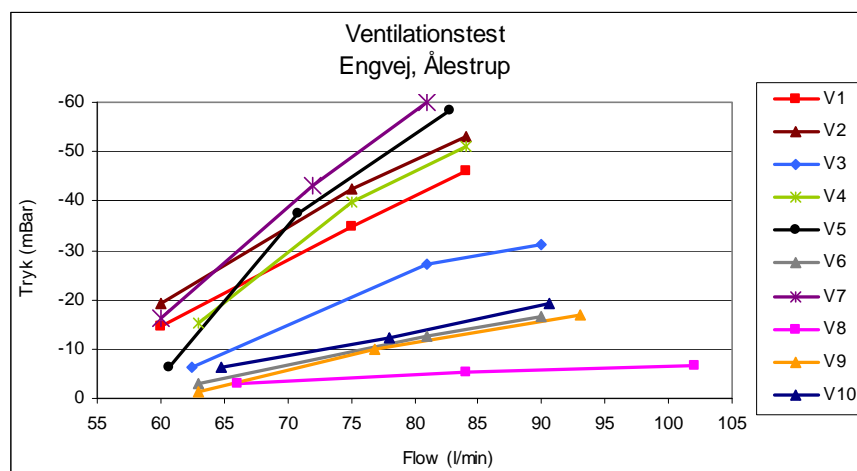
For lokaliteten Langebro i Aabenraa, hvor der er tale om et nybyggeri på en tidligere losseplads, er anlægget dimensioneret efter et gennemsnitligt ønsket luftskifte i det kapillarbrydende lag på 10-20 gange pr. dag. Her er det vurderet, at én drænstreng vil kunne ventilere op til 240 m<sup>3</sup>/time ved høje vindhastigheder og ca. 6 m<sup>3</sup>/time ved lave vindhastigheder. På baggrund af disse vurderinger samt udbredelsen af det kapillarbrydende lag, der ønskes ventileret, er antallet af drænstrengte bestemt.

På lokaliteten Engvej i Ålestrup er der efter etablering af ventilationsdræn og luftindtag udført ventilationstest på samtlige filtre i drænet, V1-V10, jf. figur 6.3.



Figur 6.3: Situationsplan med ventilationsdræn og luftindtag på Engvej, Ålestrup.

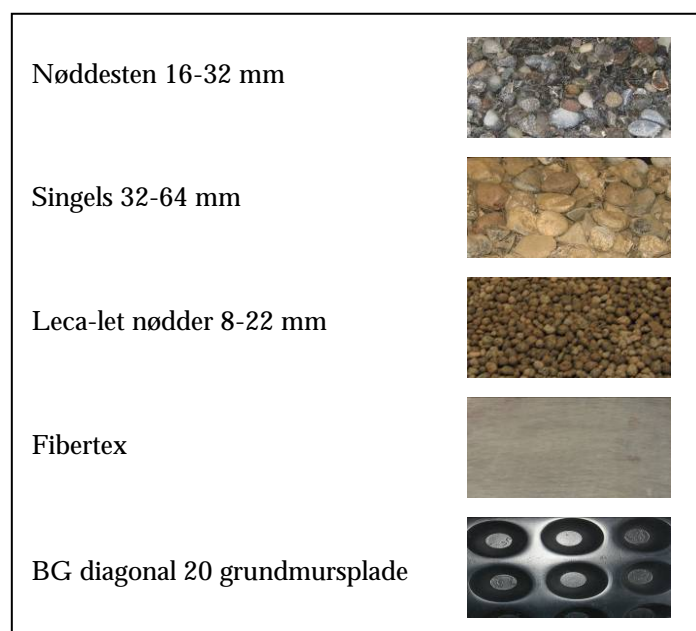
Ventilationstesten viste, at der generelt var et signifikant større modtryk i filtrene under det tidligere renseri, V1-V5, end i filtrene i den øvrige del af bygning, jf. figur 6.4. Dette skyldtes, at materialet i det kapillarbrydende lag var forskelligt under de to dele af bygningen. Under det tidligere renseri bestod det kapillarbrydende lag af sand og silt, mens det under resten af bygningen bestod af sand og murbrokker.



Figur 6.4: Resultat af ventilationstest på Engvej i Ålestrup.

Resultatet af ventilationstesten førte til, at ventilationsdrænene blev opdelt i to systemer, hvor filtrene under det tidligere renseri blev samlet i ét system, mens de resterende filtre blev samlet i et andet system. Dette ville gøre det muligt at etablere aktiv ventilation under det tidligere renseri, mens den resterende del stadig kunne ventileres passivt.

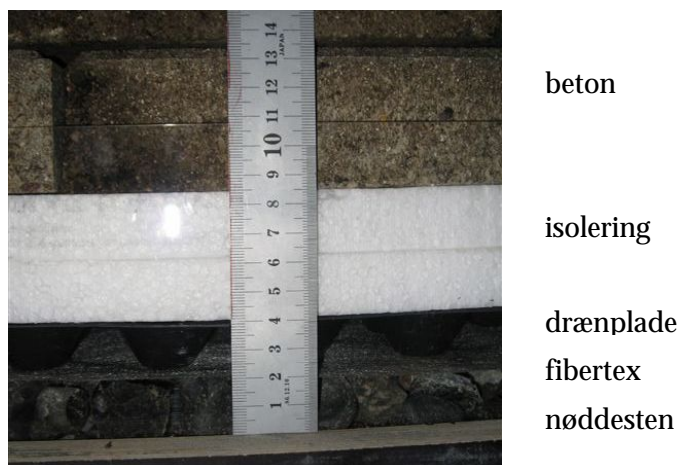
På en anden sag – Østergade, Skuldelev, er der udført en test for at finde det bedst egnede materiale for anvendelse ved opbygning af et kapillarbrydende lag i en ny ventileret gulvkonstruktion. Formålet med testen var at undersøge materialerne nøddesten, singels og lecanødder som materiale i det kapillarbrydende lag i forhold til sætninger ved udstøbning af betongulv.



Figur 6.5: Materialer benyttet til test af gulvopbygning, Østergade, Skuldelev.

Der er udført én testopstilling for hvert af materialerne. For alle de 3 opstillinger gælder, at testmaterialet ligger nederst, herefter ligger fibertex, 2 cm grundmursplade, 4,5 cm isolering og 15 cm beton, jf. figur 6.6.





Figur 6.6: Forsøgsopstilling med nøddesten.

Testen viste, at der ikke ses sætninger i belægning eller grundmursplade ved brug af nøddesten og singels. Ved brug af lecanødder sås der derimod en sætning i lecanødderne på 2 mm efter belastning med 15 cm beton.

## 6.5 Beskrivelse af anlæg

### 6.5.1 Opbygning af anlæg

I kapitel 4 er der givet en generel beskrivelse af de anlægstyper, der hører under afværgeteknikken passiv ventilation under huse. Ved gennemgang af de 38 udvalgte sager ses der med reference til kapitel 4 overordnet 4 typiske opbygninger af anlæg til passiv ventilation. Disse 4 typer er:

- Dobbelt drænsystem med ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vinddreven ventilationshætte på tag samt luftindtag i kapillarbrydende lag via svanehals e.l. (under eksisterende og nyt gulv)
- Ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vindreven ventilationshætte på tag – anlæg uden luftindtag (under eksisterende og nyt gulv).
- Dobbelt drænsystem forbundet til svanehalse e.l. Ventilationen er baseret på at trykforskelle mellem 2 facader af bygningen driver en svag luftstrømning (primært under nyt gulv).
- Ventilation af krybekælder (eksisterende).

Der er udvalgt 4 eksempler til beskrivelse af disse 4 typiske opbygninger af anlæg med passiv ventilation under huse. Derudover er der givet eksempler på anlægsopbygninger, der afviger fra de generelle anlægsopbygninger.

#### **6.5.1.1 Dobbelt drænsystem med vindreven ventilationshætte med luftindtag**

På lokaliteten Frederiksbjerg Torv i Århus, hvor der tidligere har været et renseri, er der etableret passiv ventilation under bygningen til afværge for chlorerede opløsningsmidler i forhold til indeklimaet.

Ejendommen er i 5 etager inkl. kælder. Kældergulvet er brudt op og der er udført afgravning af forurenede jord under gulvet for etablering af et kapillarbrydende lag ved etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion. Da ejendommen er bygget uden sokkel, er der foretaget understøbning af de bærende vægge forud for afgravning.

Ventilationsdræn og luftindtag er udført som ø80 mm PVC blind- og drænrør. Desuden er der etableret målepunkter i det kapillarbrydende lag i ø6 mm kobberør, der er afsluttet med et ca. 0,5 m drænrør afproppet i begge ender. Ventilationsdræn, luftindtag og målepunkter er udlagt på 5-10 cm lecanødde, der er efterfyldt med lecanødde, så det kapillarbrydende lag i alt er ca. 25 cm, jf. figur 6.7. Ventilationsdræne er ført gennem kældergulvet som blindrør. Over gulvet er rørføringen udført i ø80 mm galvaniseret stålør, der anvendes som afkastrør. Samlingen mellem de to rørtyper er støbt ind i betonsoklen. Der er i alt etableret 4 ventilationsdræn. Afkastrørene fra disse samles to og to i et monitoringskab i kælderen, og herfra føres rørene gennem opgangen til 3. sal og gennem tagkonstruktionen. På taget er rørene afsluttet med to vinddrevne ventilationshætter over tagryggen. I monitoringskabet er der på afkastrørene etableret monitoringsstudser til prøvetagning. Kobberørerne fra målepunkterne er ført ubrudte gennem kældergulvet og afsluttet med en kuglehane i et separat monitoringskab.



Figur 6.7: Kapillarbrydende lag af lecanødde med udlagte ventilationsdræn samt samling af afkastrør på Frederiksbjerg Torv i Århus.

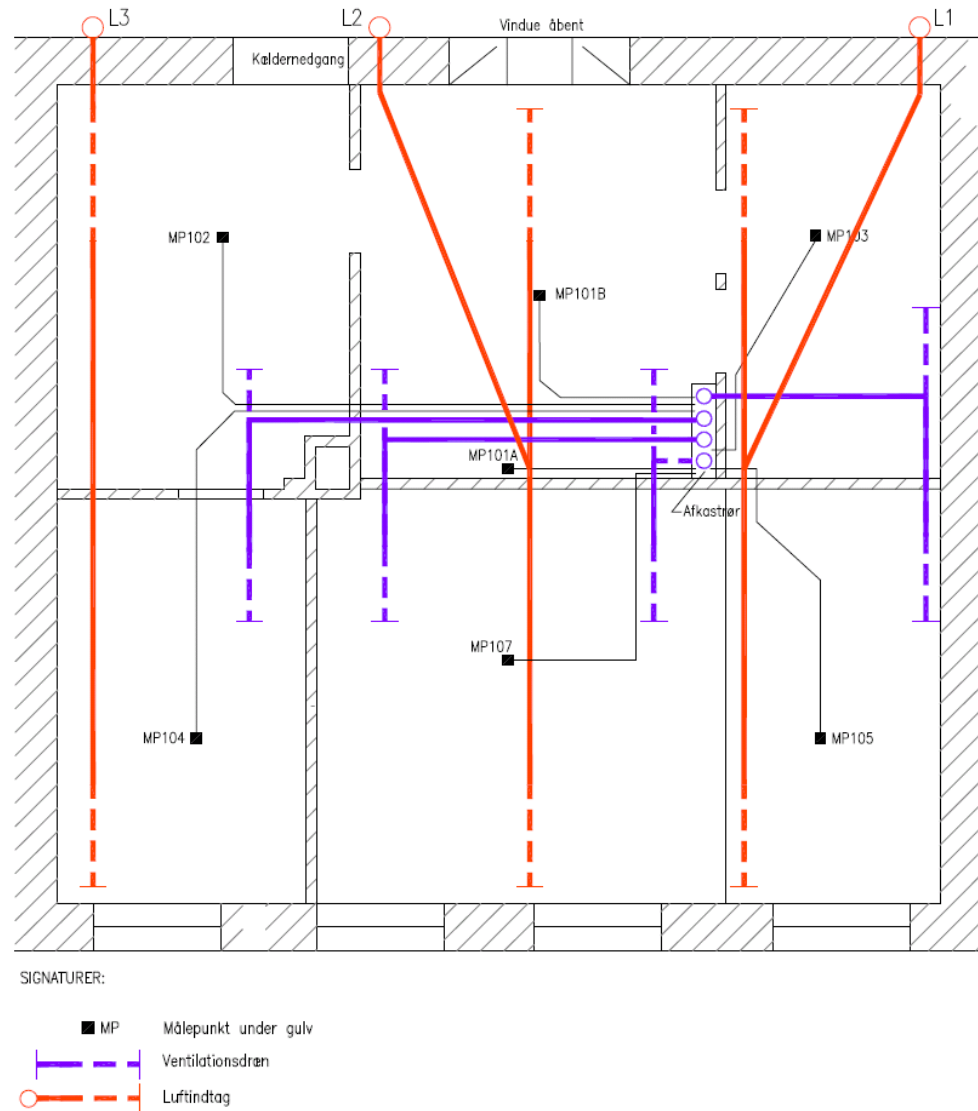
Der er i alt etableret 3 luftindtag. Disse er som blindrør ført under soklen og afsluttet med et lodret slidset galvaniseret stål rør i baggården, jf. figur 6.8.



Figur 6.8: Luftindtag i galvaniseret stål. Frederiksbjerg Torv i Århus.

Efter etablering af ventilationsdræn, luftindtag og målepunkter i det kapillarbrydende lag, er der udlagt isolering. Over isoleringen er der udlagt en R.A.C. membran, der er armeret med diffusionshæmmende alufolie. Membranen er opbygget af flere lag for at sikre den mod dannelse af revner. Membranen er fastgjort til kældervæggen. For at sikre tæthed mellem membranen og kældervæggen, er den nederste del af væggen pudset, før membranen er fastgjort med fiberklemliste. Over membranen er der udlagt armering og støbt et 10 cm betongulv.

I figur 6.9. ses en skitse af opbygningen af ventilationsdrænene, luftudtagene og målepunkterne under gulv. Som det fremgår af skitsen, er der etableret 3 luftindtag og 4 ventilationsdræn, hvilket vil betyde, at der sker luftskifte i det kapillarbrudende lag ved at der trækkes luft ud via drænene, der er forbundet til vindhætterne, mens der kan trækkes atmosfærisk luft ind via luftindtagene.



Figur 6.9: Opbygning af anlæg med ventilationsdræn, luftindtag og målepunkter under gulv. Frederiksbjerg Torv i Århus

Den generelle opbygning af anlægget er som nævnt typisk for anlæg med et dobbelt drænsystem med ventilationsdræn koblet til vinddrevne ventilationshætte. På denne lokalitet er der etableret nyt gulv samt membran. På lokaliteter, hvor der etableres ventilation under et eksisterende gulv, etableres dræn og luftindtag ofte ved styret underboring eller underpresning og uden membran. De fleste anlæg med afkastør ført til tag har monteret en monitoringsstuds på røret, mens det ikke er alle anlæg, der har målepunkter under gulv.

### 6.5.1.2 Ventilationsdræn forbundet til vinddreven ventilationshætte uden luftindtag

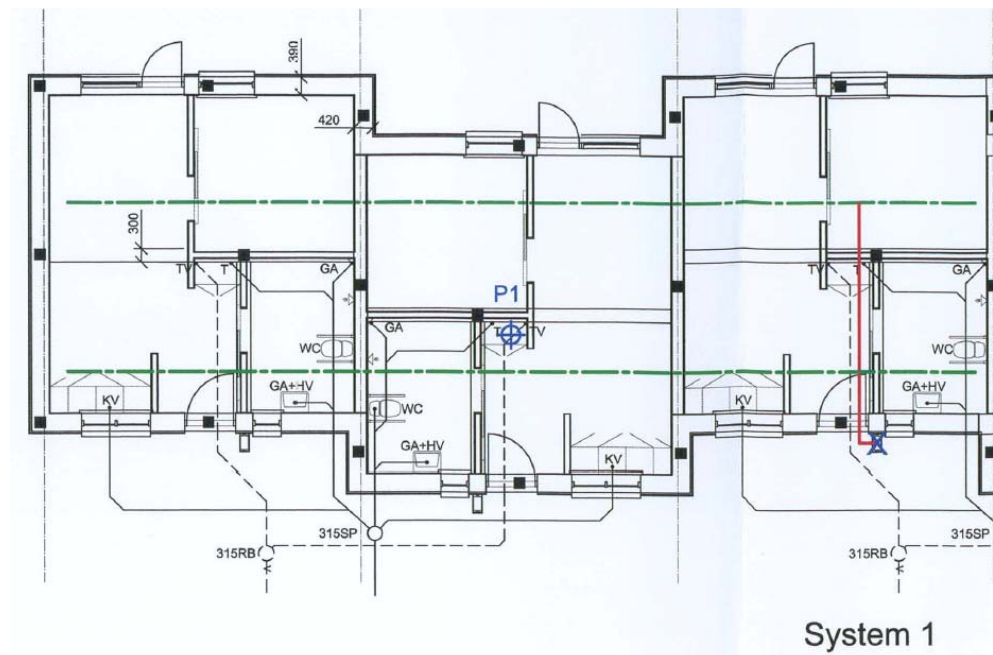
Lokaliteten Levisonsvej i Kolding har tidligere været anvendt til produktion af træbeskyttelsesprodukter samt været anvendt til garageanlæg for DSB. Dette har givet anledning til en jordforurening med diverse olieprodukter. Forureningen har ligeledes spredt sig til grundvandet, der er beliggende så højt, at det ikke er muligt at udtage prøver af poreluften.

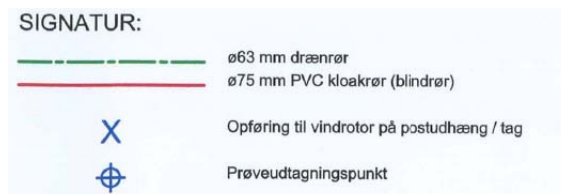
En risikovurdering i forhold til indeklimaet har vist, at afdampning af benzen og kulbrinter kan give anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i en række projekterede boliger. I forbindelse med opførelsen af de nye boliger, er der etableret passive ventilationsdræn under gulvet i bygningen. Drænene, der er udført som  $\varnothing 50$  mm PVC drænrør, er udlagt i et lag bestående af 150 mm singles.



Figur 6.10: Udlægning af drænslinger under bygning. Levisonsvej i Kolding

Der er i alt etableret 5 separate drænsystemer under den ca.  $800 \text{ m}^2$  store bygning. Der er i alt udlagt ca. 200 m drænrør. Hvert drænsystem består af 2 strenge, der er samlet under gulvet og ført til taget. Hvert drænsystem er tilsluttet en vindhætte på taget.





Figur 6.11: Opbygning af anlæg på Levisonsvej i Kolding. System 1 er vist som eksempel.

På opføringsrøret fra drænet til vindhætten er der monteret en kuglehane, en monteringsstuds samt en fastkobling med 2" gevind og storz slutdæksel, jf. figur 6.12. Dette er udført således, at anlægget kan konverteres til aktiv ventilation ved tilkobling på de monterede storz koblinger. Der er desuden etableret en prøvetagningsstuds gennem gulvet, jf. figur 6.12.



Figur 6.12: Opføringsrør fra dræn til vindhætte på tag samt monteringsstuds gennem gulv placeret i teknikskab.

Da der ikke er etableret et luftindtag i systemet, fungerer den passive ventilation udelukkende ved den udsugning, der sker fra dræne via den vinddrevne ventilationshætte på bygningens tag. Den luft, der erstatter den udsugede luft fra det kapillarbrydende lag, må således forudsættes at komme gennem utætheder i fundament og terrændæk.

### **6.5.1.3 Dobbelt drænsystem baseret på trykforskel mellem facader**

På den ene af de to lokaliteter på Fasanvej i Skuldelev er der etableret passiv ventilation baseret på, at ventilationen drives af trykforskel mellem 2 facader. I Skuldelev har en tidligere metalvirksomhed forårsaget en forurening med chlorerede opløsningsmidler, der via kloaksystemet har spredt sig over et større område i byen. Indeklimamålinger udført på Fasanvej har påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler over Miljøstyrelsens kvalitetskriterie for følsom arealanvendelse. Den passive ventilation etableres med det formål at reducere den uacceptable påvirkning af indeklimaet på ejendommen.

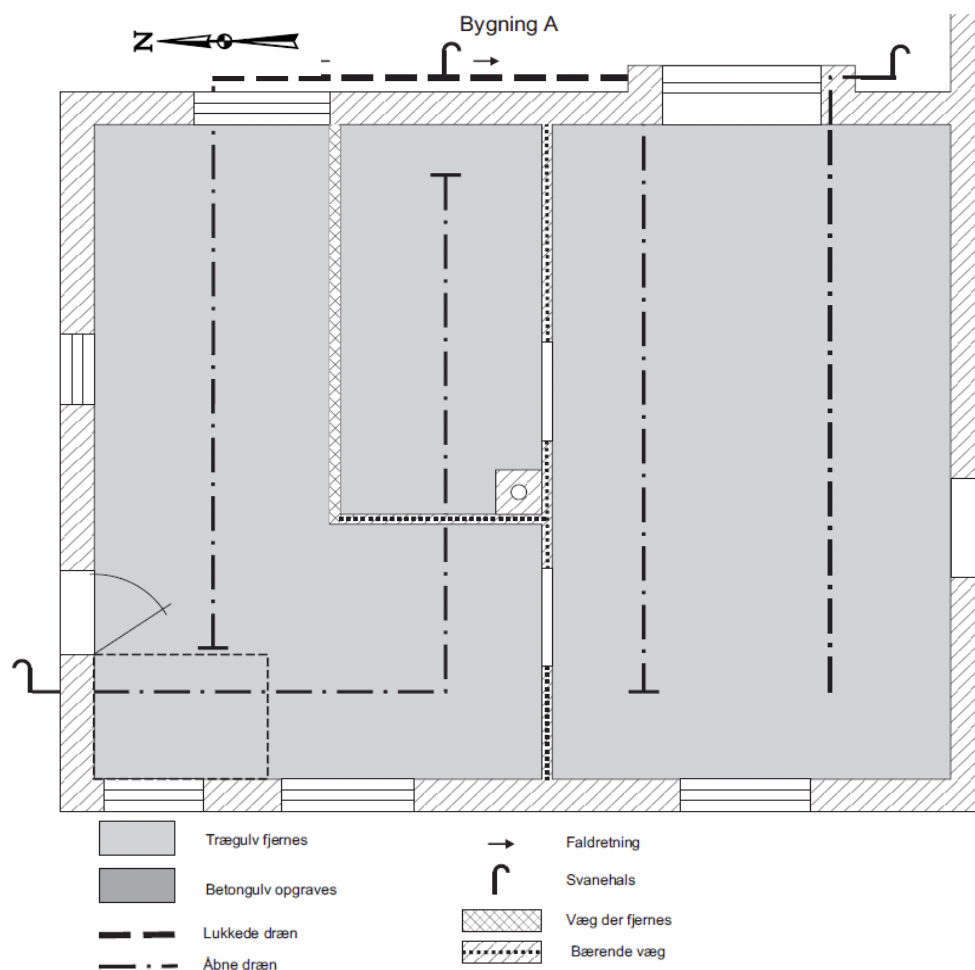
Bygningen er opdelt i 2 dele. Bygning A er den oprindelige del af huset fra 1875, mens bygning B er en tilbygning fra 1980.

I bygning A er den eksisterende gulvkonstruktion opbrudt ned til et betondæk ca. 35 cm under gulvet, og den nye gulvkonstruktion er opbygget oven på dette betondæk. Der er udlagt ca. 80 mm lecanødder, hvori der er etableret et dobbelt drænsystem.



Figur 6.13: Udlægning af kapillarbrydende lag af lecanødder i bygning A, Fasanvej i Skuldelev

Drænene, der er udført som  $\varnothing 65/75$  mm PVC rør, er udlagt for ind- og udsugning. Drænene er forbundet til svanehalse ( $\varnothing 70$  mm galvaniseret stål) på hhv. den nordlige og østlige facade af huset, jf. figur 6.14.

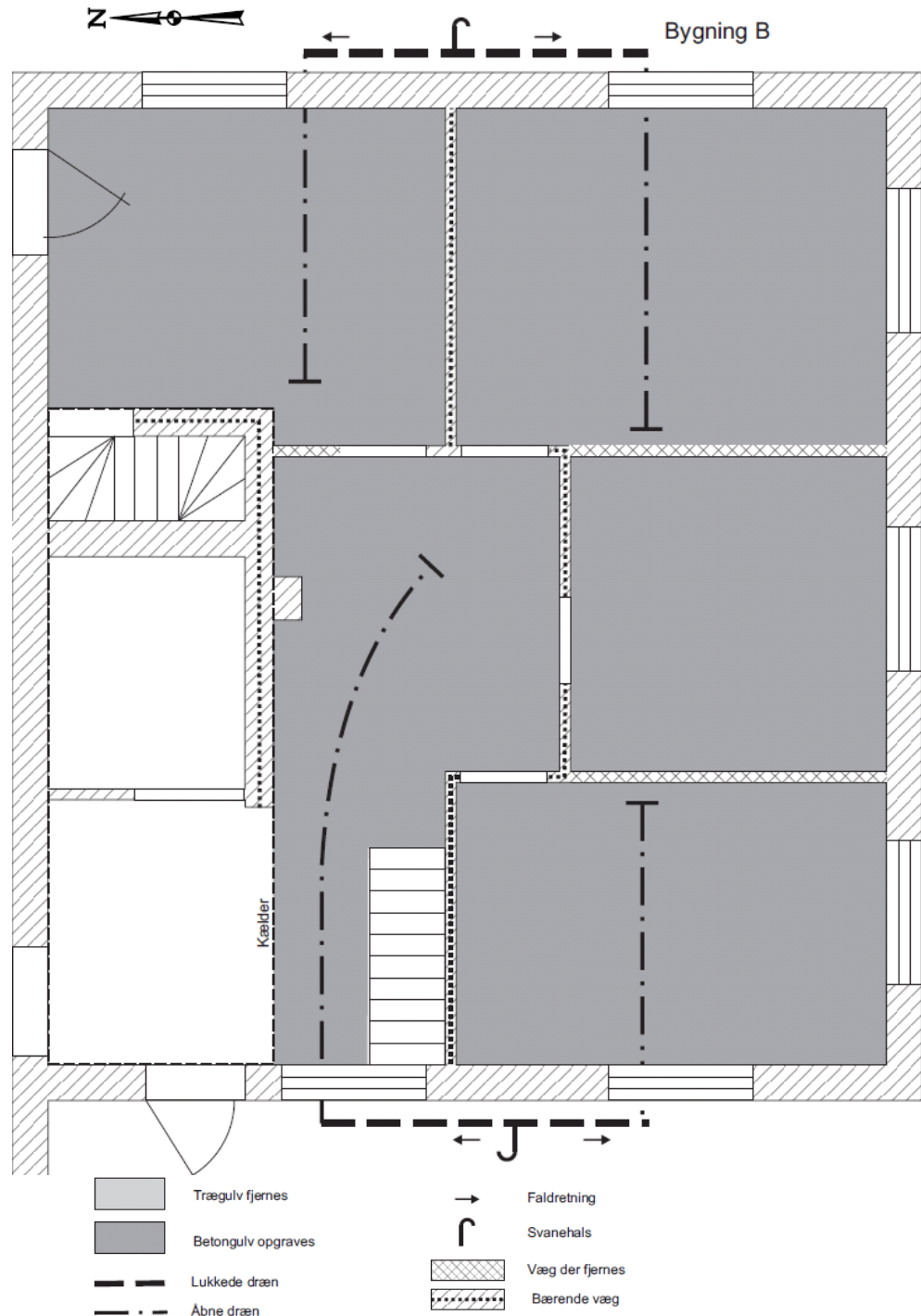


Figur 6.14: Opbygning af dobbelt drænsystem i bygning A på Fasanvej i Skuldelev.

Over det kapillarbrydende lag er der udlagt 80 mm isolering, hvorover der er udlagt et 70 mm armeret betondæk. Der er mellem isoleringen og betondækket udlagt en R.A.C. membran. Denne er svejset i samlingerne og

fastgjort til væggen med fiberklemskinne. Hvor der har været ujævnheder på væggen, er denne glatpudset.

I bygning B, der er en nyere tilbygning, fandtes der i den eksisterende gulvkonstruktion allerede et 200-250 mm kapillarbrydende lag af lecanødder. For at etablere ventilationsdræn i det eksisterende kapillarbrydende lag, er det overliggende betondæk brudt op i render. Drænene er lagt for ind- og udsugning og er forbundet til svanehalse på hhv. den østlige og vestlige facade, jf. figur 6.12.



Figur 6.15: Opbygning af dobbelt drænsystem i bygning B på Fasanvej i Skuldelev.

Ved retableringen af renderne i betondækket er armeringen forstærket. Desuden er pudslaget på hele betondækket fjernet og der er udlagt R.A.C. membran. Membranen er svejset i samlingerne og fastgjort til væggene med fiberklemskinne. Oven på membranen er der afsluttet med et 3-5 mm pudslag.



Figur 6.16: Bygning B – opbrydning af betondæk i render samt udlægning af R.A.C. membran. Fasanvej i Skuldelev.

Der er ikke etableret målepunkter under gulvet, men der kan dog udtages prøver fra det kapillarbrydende lag via svanehalsene.

#### **6.5.1.4 Ventilation af krybekælder**

På lokaliteten Birkevænget i Slagelse er der etableret passiv ventilation af eksisterende krybekælder baseret på, at ventilationen drives af trykforskelle mellem 2 facader.

På ejendommen har der tidligere været drevet renseri. Renseri-driften har givet anledning til en forurening af poreluften med chlorerede opløsningsmidler. Ved indeklimamålinger er der desuden påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler over Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for følsom arealanvendelse. Den passive ventilation etableres med det formål at skabe en permanent afskærende foranstaltning. For at øge ventilationen i krybekælderen er der etableret 4 ventilationsriste gennem fundamentet til krybekælderen. Deres placering fremgår af figur 6.17.





Figur 6.17: Placering af ventilationsriste i fundament for udluftning af krybekælder. Birkevænget i Slagelse.

Ventilationsristene er udført i galvaniseret stål jf. figur 6.18.



Figur 6.18: Ventilationsrist i fundament for udluftning af krybekælder. Birkevænget i Slagelse.

På en anden lokalitet, Nørregade i Farsø, er krybekælder ventileret ved ventilationshætte på tag. I stedet for ventilationsriste i fundament er der etableret rørføring fra nogle af gennemføringerne i fundament til ventilationshætter på tag, i lighed med anlægget beskrevet under afsnit 6.5.1.1.

For luftindtag er der til nogle af gennemføringerne i fundamentet til krybekælderen etableret rørføring frem til svanehalse.

#### **6.5.1.5 Eksempler på afvigende anlægsopbygninger**

I dette afsnit gives eksempler på nogle anlæg med passiv ventilation, der afviger i forhold til de generelle anlægsopbygninger præsenteret i afsnit 6.5.1.1 til 6.5.1.4.

##### ***Ventilation af grundmursplade***

På Absalonsgade i København er der under et nyt kældergulv etableret passiv ventilation af en grundmursplade.

I kælderen er der konstateret højtliggende grundvand under det eksisterende kældergulv. For etablering af den passive ventilation under et nyt kældergulv er der for at undgå problemer med grundvand i et nyetableret drænlag efter opbrydning af det eksisterende kældergulv i stedet udlagt en 3 cm tyk grundmursplade.

Grundmurspladen fungerer både som dræn- og ventilationslag. For ventilation af grundmurspladen er der efter opbrydning af det eksisterende kældergulv udlagt et traditionelt dobbelt drænsystem på jorden. Drænpladen er da udlagt omkring det etablerede drænsystem. Over drænsystemet er der udlagt isolering, hvorpå der er støbt et nyt betongulv.

På figur 6.19 er vist drænsystem, grundmursplade og isolering.



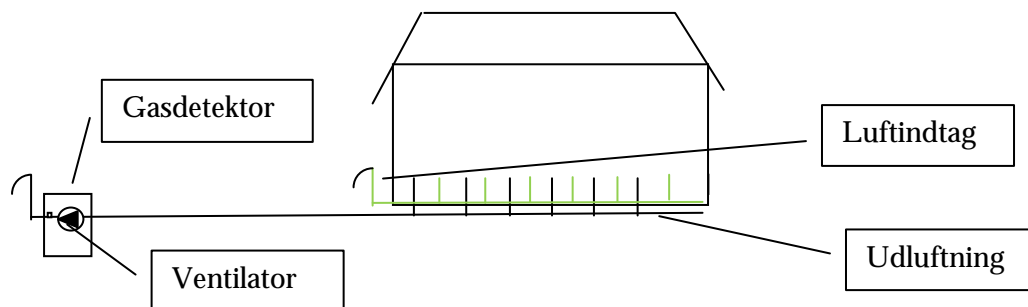
Figur 6.19: Drænsystem, grundmursplade og isolering på Absal onsgade i København.

##### ***Anlæg med gasdetektor og SRO-anlæg***

På lokaliteten Hertalund, Slagelse, er der etableret passiv ventilation som afværgeforanstaltning i forhold til lossepladsgas. I forbindelse med udskiftning af dæklaget (øvre jordlag) på ejendommen er der udført 10-15 gennemboringer af fundamenterne i niveau med det kapillarbrydende lag. Der er etableret to separate systemer under hver bygning med hhv. luftindtag og udluftning. Luftindtagene er samlet i et fælles rør, som er afsluttet med en

svanehals. Udluftningssystemet er ligeledes samlet i et rør, som er ført ud til en brønd i skel, se figur 6.20. I denne brønd er der monteret en gasdetektor og en lille kanalventilator. Kanalventilatoren er monteret for at skabe et svagt undertryk, således at der er en lille men konstant luftstrøm omkring gasdetektoren.

Anlægget er koblet til en SRO-hovedstation, hvor der er indsat alarmgrænser for metankoncentrationer (lav alarm 5%, høj alarm 20% af Lower Explosion Limit (LEL)) samt alarm for manglende driftssignal fra ventilatorer.



Figur 6.20: Anlægsopbygning på Hertalund i Slagelse.

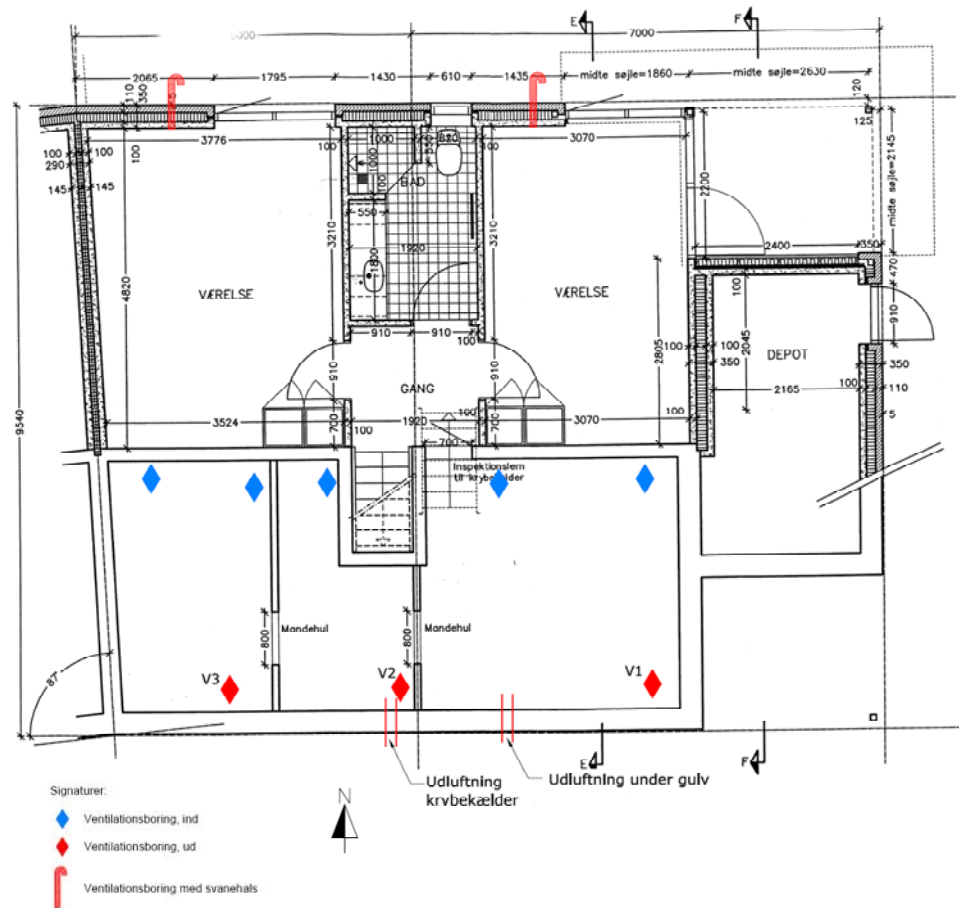
Selve anlægsopbygningen på lokaliteten Hertalund minder meget om et dobbelt drænsystem baseret på trykforskelle på facader. Det anderledes ved dette anlæg er gasdetektoren og opkoblingen til en SRO-enhed.

#### **Anlæg med vertikale ventilationsboringer med baro-ball kontraventiler**

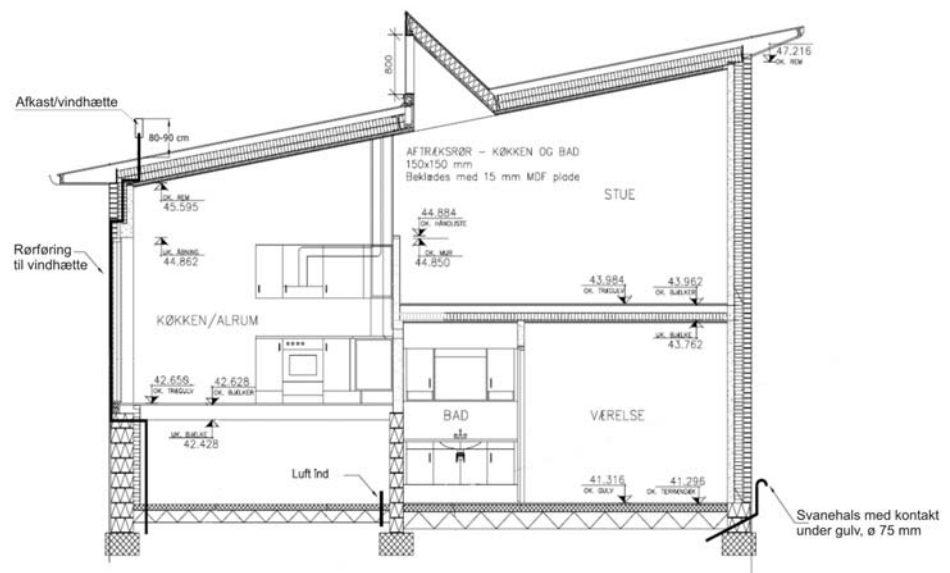
På lokaliteten Stevneskovvej, Svendborg, er der i 3 boliger etableret passiv ventilation af krybekælderen i et eksisterende byggeri. I den ene bolig foregår den passive ventilation ved, at luften i krybekælderen via 5 nordligt placerede vertikale ventilationsboringer, filtersat i et 2-4 m tykt gruslag under krybekælderen, suges ned under gulvet i krybekælderen. Herfra trækkes luften under hele kældergulvet til 3 sydligt placerede ventilationsboringer, se figur 6.21 og 6.22.

Luften fra de 3 sydligt placerede ventilationsboringer ledes op til afkast i form af en vinddreven ventilationshætte, som er placeret over taget af huset.

De 3 boringer langs den sydlige væg er etableret med T-stykke (mulighed for at åbne boringen via T-stykke), prøvetagningshane og kugleventil og er via en rørføring koblet sammen i én samlet rørføring, idet der efter sammenkoblingen er etableret et langt lige rørstykke, hvorpå det efterfølgende er muligt at koble en kanalventilator ind, hvis det under indkøringen vurderes at være nødvendigt at gå fra passiv til aktiv ventilering.

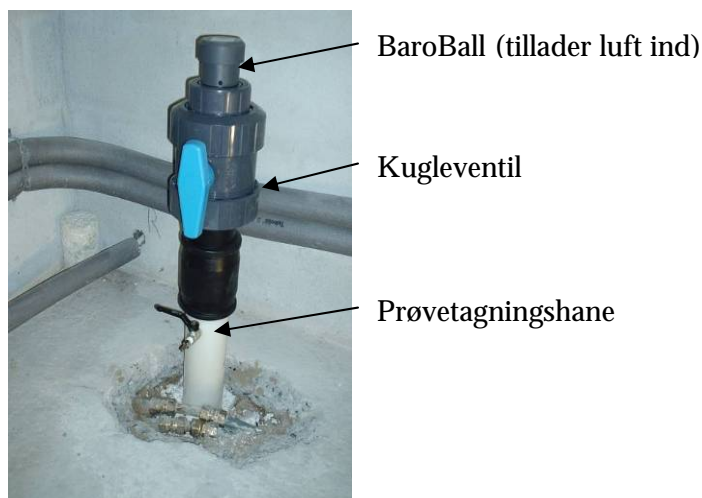


Figur 6.21: Oversigt over ventilationsboringer. De blå er ventilationsboringer med kugleventil, hvor Luften trækkes under gulvet ud til de 3 røde sydligt placerede ventilationsboringer. Stevneskovvej, Svendborg.



Figur 6.22: Snit over ventilationsboringer. Stevneskovvej i Svendborg.

De 5 borer langs den nordlige væg er etableret med kugleventil, prøvetagningshane og kontraventil af typen "baroBall" for at forurenset luft fra gruslaget ikke skal spredes til krybekælderen, jf. figur 6.23.



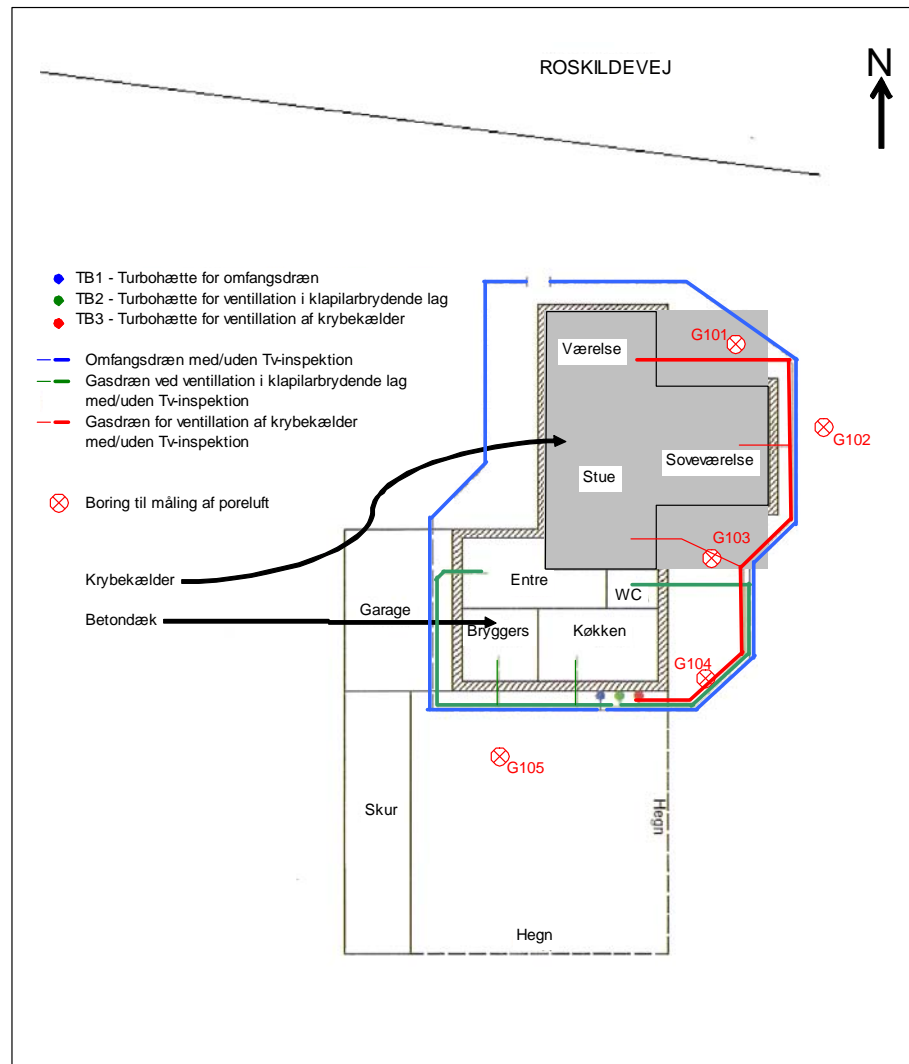
Figur 6.23: Foto af ventilationsboring med kontraventil (luftindtag). Stevneskovvej i Svendborg.

#### ***Anlæg med ventilation af omfangsdræn, kapillarbrydende lag og krybekælder***

På lokaliteten Roskildevej i Hvalsø er der etableret passiv ventilation som afværgeforanstaltning over for lossepladsgas. Under en del af bygningen er der krybekælder.

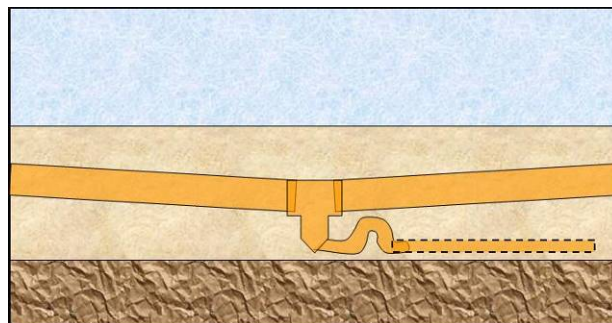
Den passive ventilation er etableret som 3 dele. Den passive ventilation af det kapillarbrydende lag samt af krybekælderen er opbygget med ventilationshætte uden luftindtag som beskrevet i afsnit 6.5.1.2. Det, der er afvigende i denne sag i forhold til de øvrige udvalgte sager, er den passive ventilation af omfangsdrænet.

Omfangsdrænet er etableret i en dybde af ca. 70 cm under terræn og består af 2 strenger - én for hver halvdel af huset. Drænstrengene er samlet til én streng og ført til vindhætte på tag. Ventilationssystemet består dermed af 3 separate ventilationssystemer koblet til hver sin vindhætte, jf. figur 6.24.



Figur 6.24: Skitse af ventilationsanlæg på Roskildevej, Hvalsø.

Ved en kontrol af luftflowet i de 3 systemer ca. 1 år efter etableringen af anlægget, er det konstateret, at der ikke er noget flow i nogle af systemerne. En TV-inspektion af strengene viste, at strengene var fyldt med kondensvand, således at der ikke længere var fri luftpassage. Strengene er derefter udbedret ved at montere dræn og vandlås på samlestrengene til bortledning af kondensvand, jf. figur 6.25.



Figur 6.25: Illustration af vandlås og dræn til bortledning af kondensvand fra samlestrengene. Roskildevej i Hvalsø.

Monitering af luftflow i de 3 systemer i 2009 efter udbedringen af samlestrengene har vist, at der er luftgennemstrømning i omfangsdrænet og i

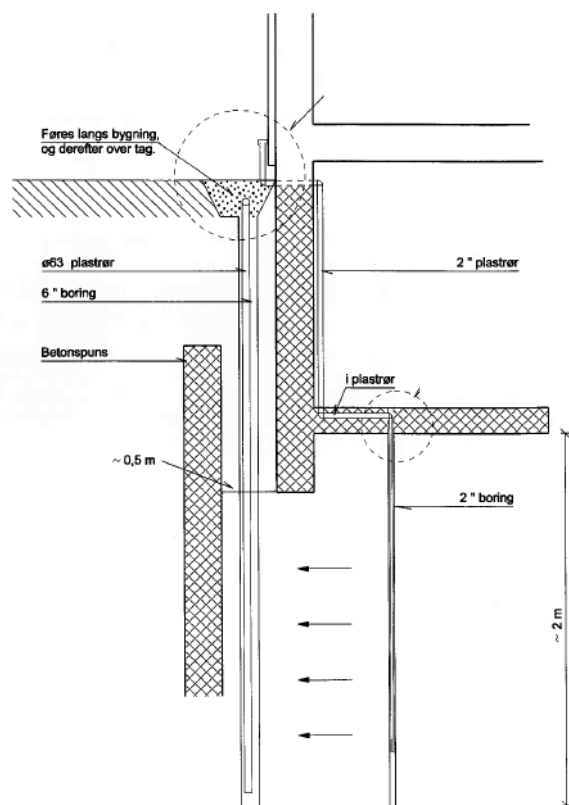
ventilations-systemet i krybekælderen. Der er dog intet flow i systemet i det kapillarbrydende lag, og årsagen til dette er stadig ukendt.

Lignende tiltag for afledning af kondensvand fra ventilationssystemerne er etableret på Engvej i Aalestrup og Nørregade i Køge.

### **Anlæg med vertikale ventilationsboringer til reduktion af jordforurening**

På lokaliteten Midtager, Brøndby, hvor der ligger en erhvervsjendom, er der konstateret en mindre olieforurening mellem en betonspuns og et kælderrum. En nedgravet tank er fjernet og den forurenede jord omkring tanken er bortgravet. En mindre del af olieforureningen er spredt ind under kælderrummet og kunne derfor ikke umiddelbart fjernes.

For at fjerne restforureningen under kælderen til et forureningsniveau, hvor grunden ikke V2-kortlægges, er der etableret en afværgeforanstaltning baseret på passiv ventilation. Afværgeforanstaltningen er altså i dette tilfælde ikke etableret som indeklimasikring.



Figur 6.26: Skitse af anlægsopbygning. Midtager, Brøndby.

Der er etableret 6 stk. 2" borer i den forurenede jord under kælderen. Disse borer er koblet til udendørs luftindtag, jf. figur 6.26. Mellem bygningen og betonspunsen er der etableret i alt 5 stk. 6" borer, der er forbundet til en vindhætte på bygningens tag. Der skabes hermed en ventilation af området mellem borerne under kældergulvet og borerne udenfor bygningen. Herved vil olieforureningen i poreluften blive fjernet fra jordmatricen, og der vil sandsynligvis ligeledes ske naturlig nedbrydning af oliekomponenterne i jorden.

### 6.5.2 Materiale valg

Materialevalget for det kapillarbrydende lag varierer mellem singles, lecanødder, nøddesten og grus. Tykkelsen af det kapillarbrydende lag varierer fra 80-400 mm.

Ventilationsdræn og blindrør under terræn er typisk etableret som PE- eller PVC-rør i størrelser varierende fra  $\varnothing 50$  til  $\varnothing 110$  mm. Rørføringer over terræn som fx afkastrør er typisk udført som  $\varnothing 70$ -80 mm galvaniserede stålrør.

I anlæg med luftindtag er luftindtaget typisk etableret enten som svanehals eller som slidsede galvaniserede stålrør. For anlæg med vinddreven ventilationshætte monteret på tag er typen SupaVent 10" typisk benyttet.



Figur 6.27: Eksempler på luftindtag og vinddreven ventilationshætte.

### 6.5.3 Udlægning af membran

For ca.  $\frac{1}{4}$  af de 38 udvalgte sager er der udlagt en diffusionshæmmende R.A.C. membran i forbindelse med etablering af den passive ventilation. Da der er etableret ny gulvkonstruktion i 21 af de udvalgte sager, er der ikke i alle disse etableret membran. Det er dog for flere sager ikke oplyst, hvorvidt der er udlagt membran eller ej, hvilket betyder, at der er en vis usikkerhed omkring antallet.

Generelt er der ikke udført undersøgelse af membranens tæthed efter montering.

På lokaliteten Frederiksbjerg Torv, Århus, er der efter montering af membranen målt med photoioniseringsdetektor (PID) af typen ppBRAE langs samlingen mellem membranen og væggen. Der er i enkelte hjørner påvist indtrængning af flygtige stoffer, hvorefter disse områder er limet igen uden at fjerne klemlisterne. Efterfølgende er der ikke detekteret flygtige stoffer med ppBRAE.

For lokaliteten Østergade, Skuldelev, er tætheden af en udlagt R.A.C. membran undersøgt ved hjælp af termografi. Undersøgelsen er baseret på temperaturmålinger udført samtidig med, at der er etableret et undertryk i rummene, hvor membranen er etableret. Temperaturafvigelser som fx afkølede overflader og utætheder registreres med et termografisk kamera.

Før udførelse af den termografiske undersøgelse blev mulige steder for utilsigtede luftstrømme lukket. Centralvarmen var desuden lukket forud for målingen, og vandløse var fyldte. Undertrykket i rummene skabes med en blower door, jf. figur 6.28.





Figur 6.28: Blower door (tv.) og membran ved undertryk på 50 Pa (th.). Østergade i Skuldelev.

Af hensyn til nøjagtigheden af målingen af lufttætheden med blower door kan målingen kun udføres, hvis vindhastigheden udendørs ikke er over 6 m/s. Overflader påvirket af sollys under undersøgelsen bliver af hensyn til undersøgelsens nøjagtighed ikke termograferet.

<p><b>Foto 1</b></p>	<p><b>Termografi 1</b></p> <p>2008-06-27 10:44:57 e=0.96</p>
<p><b>Bemærkninger</b></p> <p>Pilangivelse på foto svarer til pilangivelse på termografisk billede</p>	<p><b>Bemærkninger</b></p> <p>Termografi udført ved 50 Pa med traditionelt udstyr – Skinnekant stiptet linie        Refleksion (blå pil)        Utæthed under skinne (rød pil)        Luftindtrængen i utæt letklinkertag (sort pil)</p>

Figur 6.29: Eksempel på foto og termografisk billede af klemskinne. Østergade i Skuldelev.

Der blev fundet mange utætheder af membranen ved disse målinger, jf. figur 6.29 og 6.30.



Nøgle		Kælderplantegning er ikke i mål	
	Utæthed ved hjørne		Kældervindue
	Utæthed ved skinne		Blowerdoor i kælderdoor
	Utæthed ved butyltætning		Letklinkervæg i garagedørhul
	Utæt membran		Vindueshul, blændet
	Utæthed ved rørgennemføring		
	Utæthed ved væg		
	Luftstrøm bag vægisolering		
	Tallet i cirklen angiver ved hvilken undersøgelse utætheden blev konstateret		

Figur 6.30: Oversigt over registrerede utætheder. Østergade i Skuldelev.

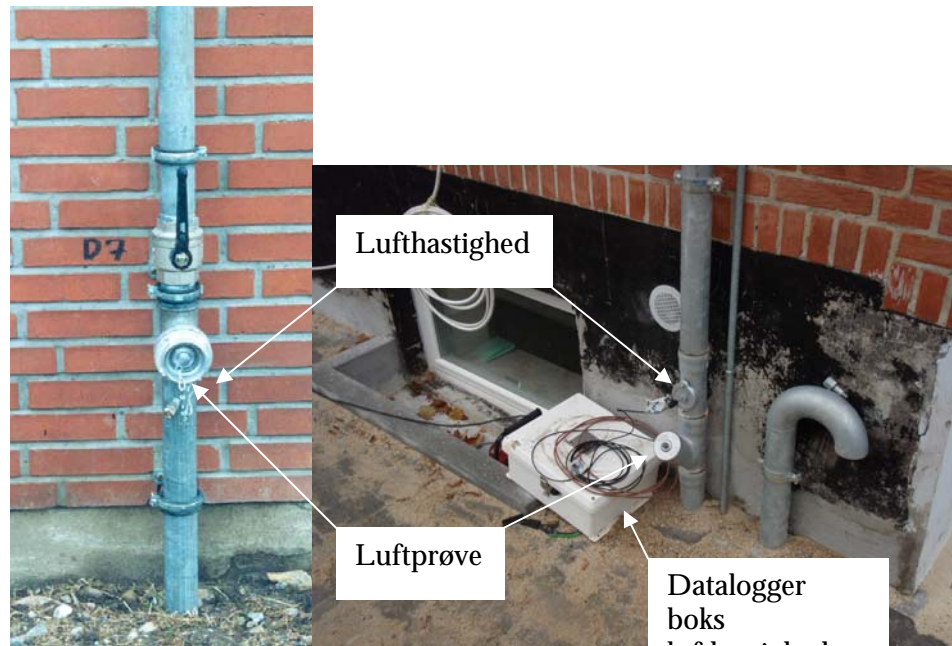
De fleste utætheder er fundet, hvor membranen er fastgjort til væggen med klemskinne samt ved utætheder i hjørner.

Efter tætning af de registrerede utætheder er undersøgelsen gentaget for dokumentation af membranens tæthed.

#### 6.5.4 Monitoringsmuligheder

På de udvalgte sager er der mulighed for at gennemføre indeklimamålinger.

For stort set samtlige udvalgte sager er der mulighed for monitoring i ventilationssystemet. For anlæg med vindhætte på tag findes der typisk et monitoringsstykke med mulighed for måling af lufthastighed/luftflow i afkastrøret samt udtagning af luftprøve af afkastluften. Eksempler på udformning af monitoringsstykker på Langebro i Aabenraa og Østergade i Skuldelev er vist i figur 6.31.



Figur 6.31: Monitoringsstykker på afkastrør.

For at kunne sammenholde de målte luftflow i ventilationssystemet med vindhastigheden er der på en række af ejendommene indhentet oplysninger om vindmålinger fra DMI på nærliggende målestationer. I enkelte tilfælde er der gennemført vindmålinger lokalt på lokaliteterne.

På lige over 1/3 af lokaliteterne er der etableret monitoringsmuligheder under gulvet. For anlæg drevet af trykforskel mellem facader er det muligt at udtage en luftprøve gennem afslutningen over terræn (ofte svanehals) og herved få en prøve, der tilnærmelsesvis repræsenterer luften i det kapillarbrydende lag.

På lokaliteten Frederiksbjerg Torv, Århus, er der etableret monitoringspunkter i form af  $\varnothing 6$  mm kobberør udlagt under gulv og ført samlet op langs væggen og afsluttet med kuglehane i monitoringsskab, jf. figur 6.32.



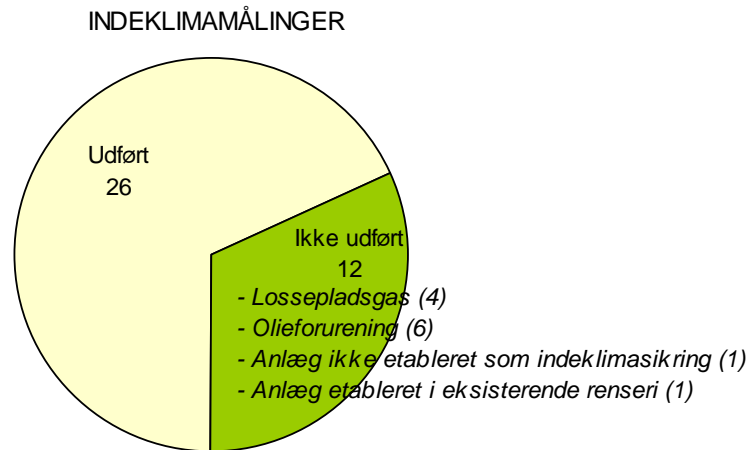
Figur 6.32: Eksempel på etablering af monitoringspunkter under gulv.

For en mere detaljeret beskrivelse af etablering og monitorering fra monitoringspunkter under gulv henvises til /2/.

## 6.6 Drift og monitorering

### 6.6.1 Udførte målinger ved drift og monitorering

Den mest almindelige monitoringsmetode i forbindelse med drift og monitorering af anlæg med passiv ventilation under gulv, er indeklimatemålinger, jf. figur 6.33. Gennemgangen af de udvalgte sager viser, at der generelt er udført indeklimatemålinger i samtlige sager, hvor der er tale om forurening med chlorerede opløsningsmidler. For kun en enkelt sag med forurening med chlorerede opløsningsmidler er der ikke udført indeklimatemålinger, da der fortsat er udlevering af rensede tøj i lokalerne, hvilket kan give et bidrag af chlorerede opløsningsmidler til indeluften.



Figur 6.33: Monitorering ved indeklimatemålinger.

I sager, hvor den passive ventilation er etableret som indeklimatemåling for lossepladsgas eller oliefurening, udføres der normalt ikke indeklimatemålinger. I sager med lossepladsgas er risikoen typisk forbundet med eksplosionsfare. Risikoen for at der opkoncentreres metan i et detekterbart niveau i indeklimateet er lille, hvorimod en opkoncentrering i hulrum eller sprækker under gulv er større. For oliestoffer er der stor sandsynlighed for, at en indeklimatemåling for fx benzen vil ligge over afdampningskriteriet, da indholdet i udeluften typisk vil ligge over dette niveau. Måling af indholdet af total kulbrinter i indeluften, kan ligeledes være påvirket af andre faktorer end afdampning fra forureningen, da produkter, der benyttes i husholdningen, kan bidrage til indholdet af total kulbrinter i indeluften.

På 26 af de udvalgte lokaliteter er ventilationssystemet etableret med vindhætte på bygningens tag. Som nævnt i afsnit 6.5.4, er der for de fleste af disse typer anlæg etableret et monitoringsstykke på afkastret, hvor det vil være muligt at udtage luftprøver og måle luftflow. Der er udført luftflowmålinger i forbindelse med monitoreringen på 20 af de 26 lokaliteter. På 10 af lokaliteterne er foretaget vindmålinger eller indhentet vindoplysninger fra en af DMI's målestationer for sammenligning med de gennemførte luftflowmålinger.

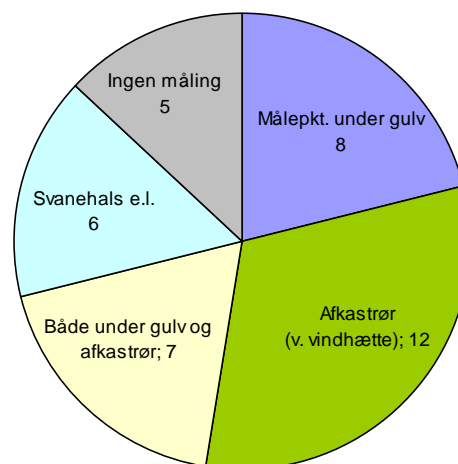
For anlæg med passiv ventilation etableret som dobbelt drænsystem baseret på trykforskelle mellem facader, er der typisk ikke etableret en monitoringsstud med mulighed for luftflowmåling.

De udførte luftflowmålinger er gennemført under forskellige vindforhold, hvorfor det er svært at sammenligne resultaterne af målingerne. Derudover er flowmålingerne på nogle af anlæggene udført som punktmålinger, mens de på andre er gennemført som kontinuerte målinger. Med udgangspunkt i de forskellige forhold, hvorunder flowmålingerne er gennemført, ses der generelt et luftflow på mellem 0-10 m<sup>3</sup>/time ved en variation i vindhastigheden på mellem 0-10 m/sek. På enkelte anlæg er der observeret væsentligt højere luftflow på op til over 200 m<sup>3</sup>/time ved vindhastigheder på 10 m/sek. Der er ikke umiddelbart nogen forklaring på, hvorfor der på enkelte anlæg opnås væsentligt højere luftflow. Forhold som modstand i ventilationssystemet, herunder særligt i det ventilerede lag og i selve rørsystemet, vil have betydning for det luftflow den vinddrevne ventilationshætte kan generere. Derudover vil læffekter ved placering af ventilationshætten også have betydning.

Der er generelt ikke gennemført trykmålinger for vurdering af den passive ventilations effekt på den advective transport fra det ventilerede lag til indeluften. På 2 af de 38 sager er der udført differenstrykmålinger mellem det ventilerede lag og udeluften (atmosfæren), hvorimod der ikke er foretaget differenstrykmålinger mellem det ventilerede lag og indeluften på nogen de 38 anlæg.

For størstedelen af anlæggene er der udtaget prøver af afkastluften eller af luften under gulvet. I figur 6.34 er de forskellige monitoringsmetoder ved prøvetagning af luften i ventilationssystemet illustreret.

MÅLING PÅ LUFT I VENTILATIONSSYSTEMET



Figur 6.34: Monitoringsmetode ved prøvetagning af luft i ventilationssystemet.

På de 26 anlæg etableret med vindhætte monitoreres alene koncentrationen i luften i afkstrøret på de 12 anlæg. På 7 af anlæggene med vindhætte monitoreres både på luften i afkstrøret og i monitoringspunkter under gulvet.

På 4 af de 26 anlæg med vindhætte monitoreres alene i målepunkter under gulv, mens der i 3 af de 26 anlæg ikke monitoreres på luften i ventilationssystemet. I de 3 tilfælde gennemføres der dog indeklimate målinger.

I 6 af de 38 sager prøvetages luften i ventilationssystemet gennem de monterede svanehalse eller lignende luft-ind/udtag. På 3 af anlæggene med

passiv ventilation gennem monterede svanehalse eller lignende luft-ind/udtag er der alene monitoreret i målepunkter under gulv. På 1 af anlæggene med passiv ventilation gennem monterede svanehalse eller lignende luft-ind/udtag monitoreres ikke på luften i ventilationssystemet. Her er der i stedet gennemført radon/thoron-målinger for vurdering af ventilationseffekten samt udført indeklimamålinger.

I forbindelse med de gennemførte monitoringer af afkastluften er der ikke oplysninger om, at der er gennemført beregninger af anlæggenes emissioner ved eksempelvis OML-beregninger. Der foreligger heller ikke oplysninger om, at der gennemføres rensning af afkastluften inden udledning på nogle af anlæggene.

På en enkelt sag med udluftning af en krybekælder fra ventilationsriste i fundament er der ikke udført målinger på ventilationsluften, men alene gennemført indeklimamålinger.

Kendetegnende for alle 38 gennemgåede sager er, at der er gennemført indeklimamålinger, målt på luften i systemet eller begge dele.

#### 6.6.2 Monitoringsfrekvens

I hovedparten af de udvalgte sager er der monitoreret gennem en periode på mere end et år efter etableringen. I 8 sager er der monitoreret i mindre end et år efter etableringen. For disse sager gælder det typisk, at der er udført 2 målerunder i indeklimaet eller ved prøvetagning under gulv umiddelbart efter etableringen af den passive ventilation. Har indeklimamålingerne og målingerne under gulv vist hhv. koncentrationer under afdampningskriteriet eller koncentrationer under 100 x afdampningskriteriet, er monitoreringen indstillet, da anlægget vurderedes at fungere.

I de øvrige sager, hvor der typisk er monitoreret gennem mere end et år, har monitoringsfrekvensen for 24 sager været hvert år eller flere gange pr. år, mens der for 5 sager er monitoreret hvert andet år eller sjældnere. I en enkelt sag er anlægget relativt nyt, hvorfor monitoringsfrekvensen ikke kan vurderes.

#### 6.6.3 Supplerende undersøgelser i forbindelse med drift og monitorering

I flere af de udvalgte sager er der i forbindelse med monitoreringen udført supplerende undersøgelser. For de fleste af disse sager er de supplerende undersøgelser udført, da monitoringsresultaterne har vist, at den passive ventilation ikke har nedbragt koncentrationerne til et acceptabelt niveau.

##### ***Fasanvej i Skuldelev (chlorerede opløsningsmidler)***

På den ene af de to lokaliteter på Fasanvej i Skuldelev viste indeklimamålinger udført efter etableringen af den passive ventilation en markant stigning i koncentrationerne. Der blev derfor iværksat en række supplerende undersøgelser samt etableret midlertidig aktiv ventilation. De supplerende undersøgelser har omfattet:

- Pejling af grundvandsstand i sekundært magasin
- Lokalisering af spredningsveje med sniffermetoden
- Kortlægning af forureningsbillede i umættet zone med Gore-Sorber
- Lokalisering af spredningsveje ved sporgasmålinger

Grundvandsspejlet, der er beliggende 2-3 m u.t., er pejlet for at undersøge, om variationer har kunnet medvirke til en øget afdampning af chlorerede stoffer til indeklimaet. En stigning i grundvandsspejlet vurderes at kunne give anledning til en øget afdampning, da afdampningen vil ske nærmere terræn og forurenede poreluft presses op under fundamenter og gulvkonstruktioner og derved trænge ind i bygningen.

For at lokalisere spredningsveje efter etablering af anlæg med passiv ventilation, er der gennemført en kortlægning ved hjælp af sniffermetoden. Metoden går i sin enkelthed ud på, at der ved hjælp af et særligt mundstykke suges luft til detektion i en gasmåler fra udvalgte målesteder. Målestederne er valgt ud fra kendskabet til typiske mulige spredningsveje, eksempelvis ved afløb og langs paneler.

For at få et bedre billede af forureningsintensiteten af chlorerede opløsningsmidler i den umættede zone og dermed bl.a. et billede af, hvorfra der kan forventes den største afdampning til indeklimaet, er der gennemført en undersøgelse med Gore-Sorber® Screening Survey.

Gore-Sorber® Screening Survey er en passiv poreluftmåling, hvor forureningskomponenter i poreluften adsorberes til sorbermaterialet ved naturlig luftbevægelse i jordlagene. Gore-Sorber modulerne består af en lille tynd "sok" af vandafvisende e-PFTE materiale (ekspanderende polytetrafluoroethylen eller i daglig tale GoreTex®), der er permeabel for dampe. Modulet indeholder et adsorberende materiale, som kan optage en lang række almindeligt forekommende forureningskomponenter, f.eks. kulbrinter, chlorerede kulbrinter, tjærestoffer, PCB og pesticider. Modulerne placeres i jorden i ca. 1 meters dybde, hvor de i ca. 2 uger eksponeres for de forureningskomponenter, som er til stede i jord og/eller grundvand på lokaliteten.

For at undersøge, om indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet i stueetagen stammer fra en spredning fra kælderen, er der udført en sporgasundersøgelse ved PFT-metoden. På baggrund af sporgasundersøgelsen er luftskiftet desuden bestemt. PFT-metoden er en passiv multi-sporgasmetode efter konstant-doserings princippet. En sporgas frigives kontinuert med en kendt rate og passivt fra nogle små sporgaskilder. Registreringen af den gennemsnitlige sporgaskoncentration i rumluften sker ved passiv opsamling i adsorptionsrør.

De supplerende undersøgelser gav ikke umiddelbart resultater, der kunne forklare de stigende koncentrationer i indeluften efter etableringen af afværgetiltaget. Der blev imidlertid lokaliseret et gammelt afløbsrør, der stak ud af kældervæggen. Afløbsrøret havde tidligere været anvendt som afløb til et nedsivningsanlæg i haven, inden ejendommen blev tilsluttet offentlig kloak. Afløbsrøret kunne være spredningsvej for forureningen fra poreluften under bygningen til kælderen. Ved afpropning af røret blev koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i kælderen nedbragt markant, hvilket videre nedbragte koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i selve beboelsen.

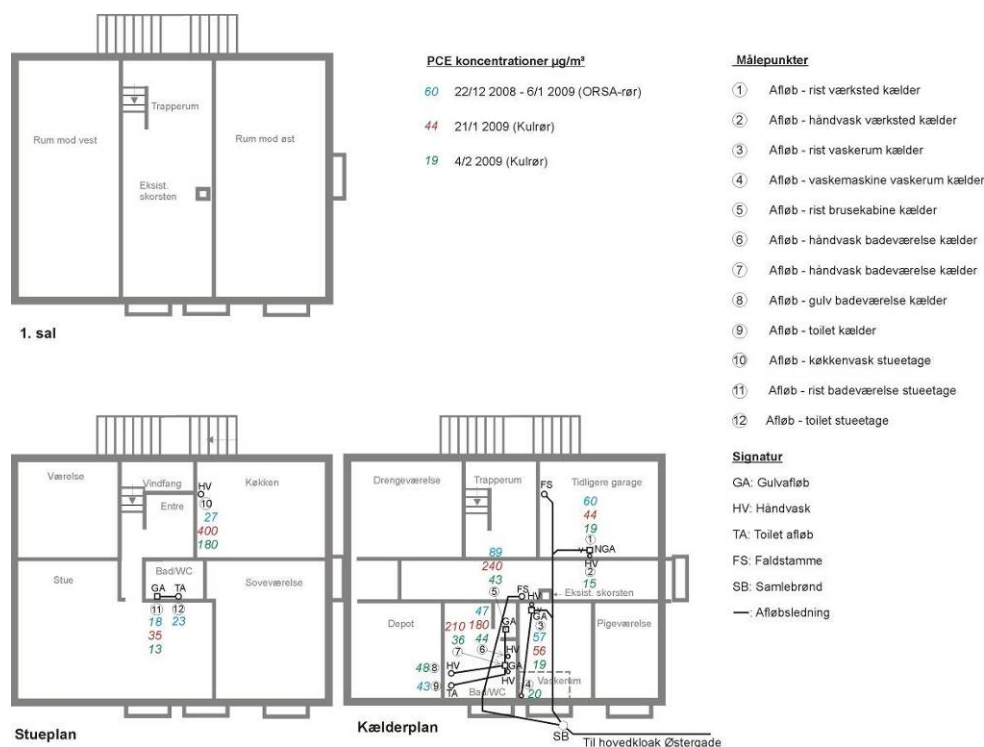
#### ***Østergade, Skuldelev (chlorerede opløsningsmidler)***

På Østergade i Skuldelev er der etableret en ny ventileret gulvkonstruktion i kælderen. Ventilationssystemet er etableret som et dobbelt drænsystem med ventilationshætte på taget. Efter etablering af denne foranstaltning er der udført indeklimamålinger i beboelsen. Målingerne viste, at indholdet af

chlorerede opløsningsmidler i indeluften var reduceret markant efter etableringen af den passive ventilation, dog ikke til under afdampningskriterierne. For at vurdere effekten ved at øge ventilationen i det kapillarbrydende lag under kældergulvet, blev der etableret midlertidig aktiv ventilation. Den aktive ventilation gav dog ikke anledning til en yderligere reduktion af koncentrationerne i indeklimaet i forhold til passiv ventilation. Ved monitoringen blev der således påvist højere koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i kælderen end i udsugningsluften under gulv. Dette indikerer, at en del af forureningsspredningen til indeklimaet skyldtes andre spredningsveje end gennem den etablerede gulvkonstruktion i kælderen.

Fokus blev herefter rettet mod bygningens afløbssystem, hvor der blev påvist væsentlige indhold af chlorerede opløsningsmidler i såvel hovedkloak som i stikledningen ind til ejendommen.

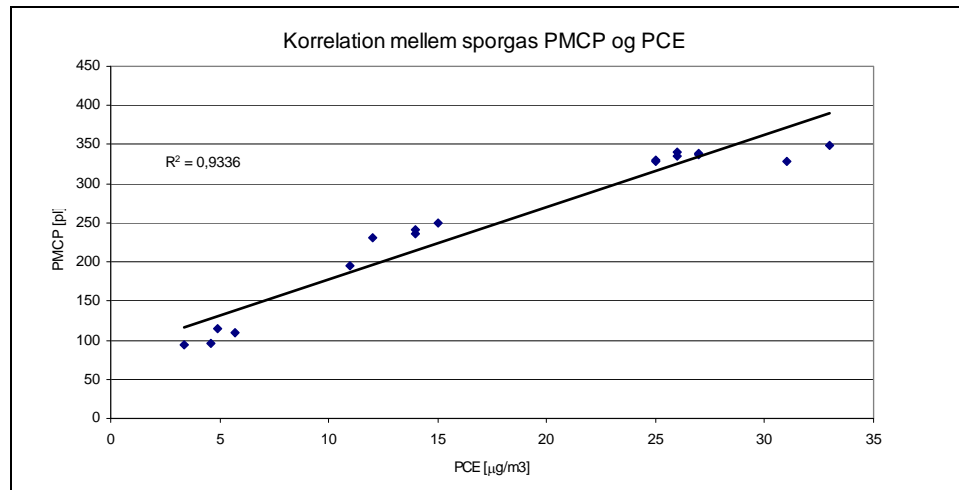
Som udgangspunkt forudsættes afløbssystemet at være lufttæt (vandlås). Der blev udtaget luftprøver af luften i afløbene inde i bygningen. Disse viste, at luften fra afløbene indeholdt chlorerede opløsningsmidler, hvilket indikerer, at der sker en forureningsspredning fra hovedkloakken til indeluften i bygningen, selvom afløbssystemet som udgangspunkt kan forudsættes lufttæt, jf. figur 6.35.



Figur 6.35: Indhold af PCE i luft fra afløbssystem. Østergade, Skuldelev.

For at undersøge forureningsspredningen via kloakken nærmere, blev der udført en sporgasundersøgelse ved PFT-metoden, kombineret med indeklimamålinger. Der blev ophængt en sporgaskilde i en samlebrønd udenfor bygningen. Inde i bygningen blev der ophængt opsamlere for måling af indholdet af sporgas. Desuden blev der i samlebrønden og inde i bygningen ophængt ORSA-rør for måling af indholdet af chlorerede opløsningsmidler i luften. Resultatet af målingerne viste en fin korrelation mellem den påviste sporgas (PMCP) og indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften, jf. figur 6.36. Der er på den baggrund en tydelig indikation af, at der sker en spredning af chlorerede opløsningsmidler fra kloakken til indeluften.



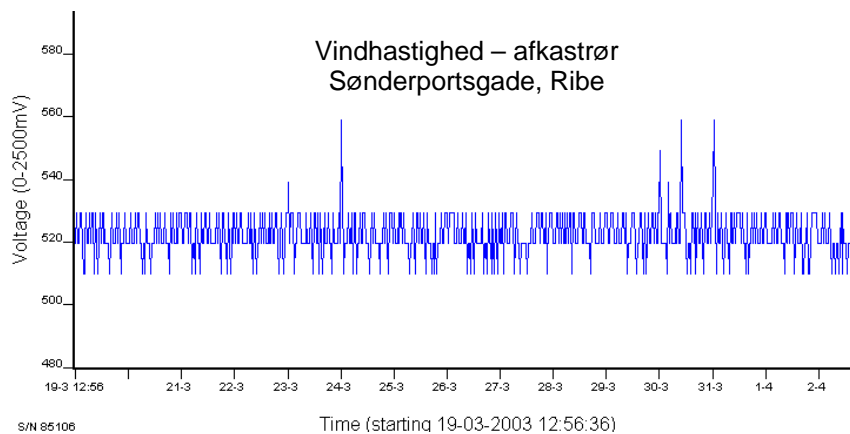


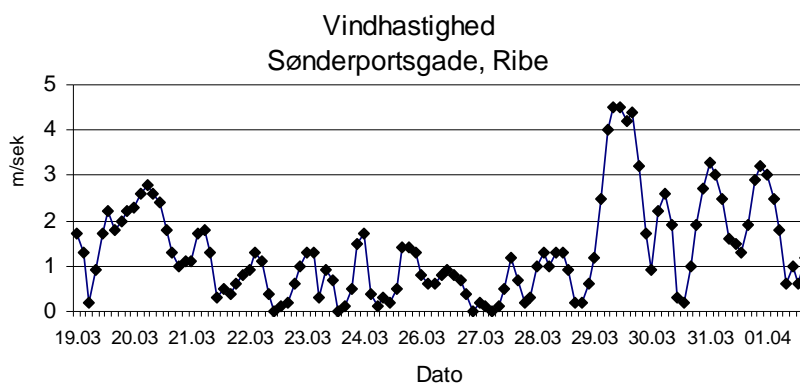
Figur 6.36: Korrelation mellem sporgas og PCE. Østergade, Skuldelev.

Efterfølgende er der gennemført tiltag for at afskære lufttilstrømningen gennem afløbssystemet til indeluften i bygningen.

**Sønderportsgade, Ribe (chlorerede opløsningsmidler)**

På Sønderportsgade i Ribe er der etableret et ventilationssystem som et dobbelt drænsystem med vindhætte på bygningens tag. Efter etableringen af den passive ventilation er der udført indeklimamålinger. Disse viser, at den passive ventilation ikke er tilstrækkelig til at nedbringe koncentrationerne til under afdampningskriteriet. For at vurdere, hvorvidt dette kan skyldes, at luftflowet i systemet er for lav, er lufthastigheden i afkastørret samt vindhastigheden på lokaliteten målt over en periode på 14 dage, jf. figur 6.37. Hastighedsmåleren logger en værdi i mVolt, der kan omsættes til en hastighed i m/sek.





Figur 6.37: Øverst: måling af vindhastighed i afkastør. Nederst: måling af vindhastighed på lokaliteten, Sønderportsgade, Ribe.

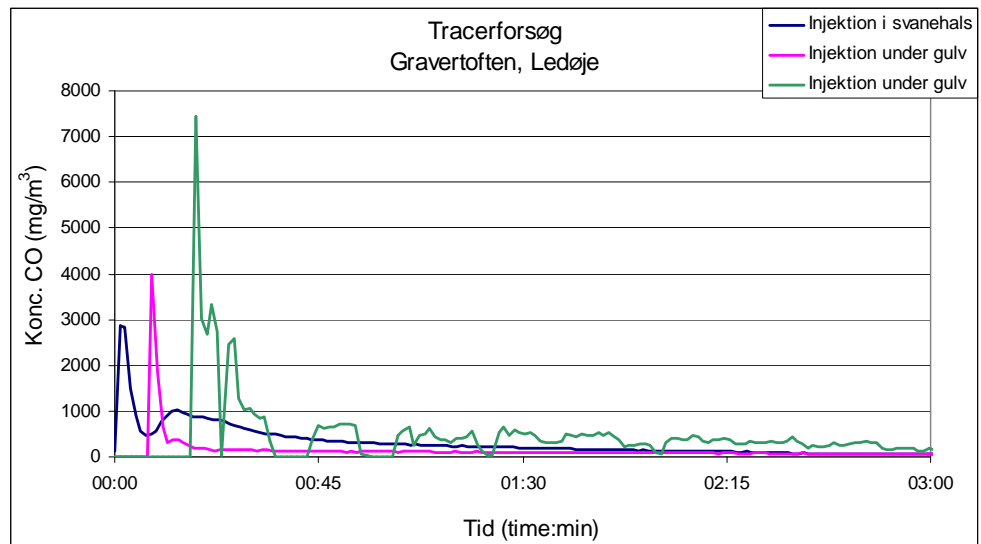
Hastighedsmålingerne i afkastøret øverst på figur 6.37 viser loggede værdier i mVolt svarende til hastighedsmålerens nulpunkt (omkring 520 mVolt). Generelt har måleperioden været præget af svag vind bortset fra de sidste dage, hvor vejret generelt var præget af kraftig blæst. På trods af den kraftige vind i slutningen af perioden, har vindstyrken lokalt ved Sønderportsgade ikke på noget tidspunkt været højere end 4,5 m/s (29. marts til 2. april). Ud fra de udførte målinger af lufthastigheden i afkastøret, er det vurderet, at det ikke er muligt, at opnå en tilstrækkelig ventilering af det kapillarbrydende lag under gulvene ved passiv ventilation, og at dette skyldes vindforholdene på lokaliteten. Anlægget er efterfølgende konverteret til aktiv ventilation.

#### ***Gravertoften, Ledøje (lossepladsgas)***

På Gravertoften i Ledøje er en række parcelhuse bygget på et opfyldt område, og der er etableret afværgeforanstaltninger i form af passiv ventilation til afværge over for lossepladsgas. Jorden på Gravertoften synker pga. sætninger i det underliggende lossepladsfyld. Parcelhusene, der er funderet på piller, synker dog ikke. Dette giver risiko for brud på de omkringliggende kloak- og drænrør, der er fastgjort til huset.

På et af parcelhusene på Gravertoften blev der udført en tilstandsvurdering af afværgeforanstaltningen ca. 10 år efter etableringen. Tilstanden af drænrørssystemerne blev undersøgt visuelt ved at frigrave samlinger mellem de under- og overjordiske rør (med forbindelse til ventilationshætter på tag). I denne forbindelse blev det konstateret, at samlingen mellem et af drænrørene og udluftningsrøret var beskadiget, hvilket kan skyldes de nævnte sætninger af jorden. Efter reparationen af samlingen blev der udført tracertests for at dokumentere, at der er forbindelse mellem drænrørene og ventilationshætterne på taget.

Tilstanden af drænrørssystemerne er afprøvet ved 3 tracerforsøg, hvor der er injiceret en mindre mængde sporgas i 2 målesonder under gulvet samt i svanehalen, der er etableret som luftindtag til drænrørene. Samtidig er koncentrationen af sporgas og lufthastigheden registreret i de tilhørende målepunkter på de overjordiske rør med forbindelse til ventilationshætterne på taget.



Figur 6.38: Resultat af tracertest. Tiden angiver tid efter injektionen af sporgassen. Gravertoften, Ledøje.

Resultatet af tracertesten viste, at alle 3 injektionspunkter har forbindelse til de tilhørende opføringsrør til ventilationshætterne. Forskellen på størrelsen af de målte koncentrationer af sporgassen (kulmonoxid, CO), og dermed højden af toppene i figur 6.38, hænger sammen med fortyndingen af gassen under transporten fra injektionspunktet til målepunktet.

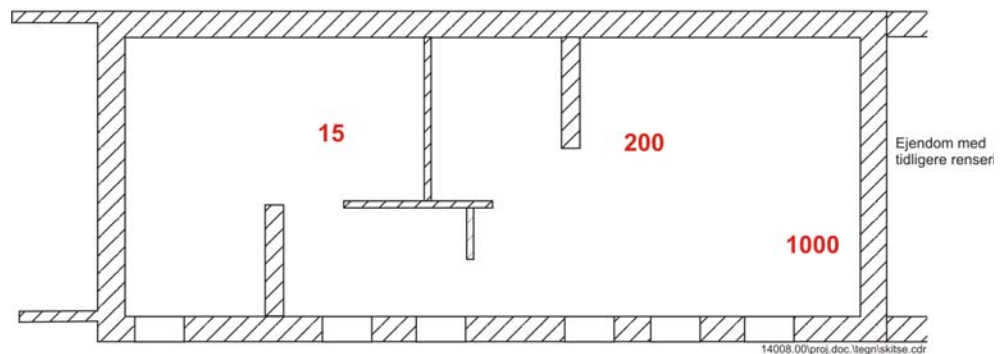
#### **Nørregade, Køge (chlorerede opløsningsmidler)**

Driften af renseri i en ejendom på Nørregade i Køge har givet anledning til en forureningsspredning i jord, poreluft og grundvand med chlorerede opløsningsmidler, primært trichlorethylen (TCE), til under et baghus på naboejendommen.

Baghuset er i ét plan med et terrændæk opbygget af et kapillarbrydende lag af lecanødder, isolering og betongulv.

I forbindelse med udtagning af luftprøver fra det kapillarbrydende lag er der påvist store variationer i indholdet af chlorerede opløsningsmidler. Således er der påvist markant stigende koncentrationer i retning ind mod ejendommen med det tidligere renseri, hvorfra forureningen er spredt.

Koncentrationsbilledet i det kapillarbrydende lag er vist i figur 6.39.



Figur 6.39: Koncentrationsbillede i det kapillarbrydende lag, TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nørregade, Køge.

I baghuset er der etableret et ventilationssystem som et dobbelt drænsystem i det kapillarbrydende lag (lecanødder) under det eksisterende gulv. Ventilationssystemet er forbundet til en vinddreven ventilationshætte på bygningens tag.

Efter ventilationsanlæggets etablering er der gennemført nye indeklimalmåliger. De nye indeklimalmåliger indikerer, at koncentrationen af TCE i indeklimaet er steget i forhold til de tidligere måliger. For kontrol af ventilationssystemets funktionsdygtighed er der gennemført en tracertest af ventilationssystemet i lighed med den beskrevne for Gravertoften i Ledøje.

Tracertesten identificerede et problem med opstuvning af kondensvand i ventilationssystemet. Kondensproblemet var forudset, hvorfor der var etableret en kondensbrønd i forbindelse med etablering af anlægget, hvor der var mulighed for manuel aftapning af kondensvand. Omfanget af kondensdannelsen var imidlertid noget større end forventet. Problemet er løst ved at montere en "vandlås" i kondensbrønden, der i princippet fungerer i lighed med den, der er vist på figur 6.25.

Tracertesten er gentaget efter afhjælpning af kondensproblemet, og resultatet af tracertesten viste, at der var en ventilationseffekt i det kapillarbrydende lag fra luftindtag til udsugningsdræn.

Efterfølgende er der imidlertid under driften af den passive ventilation fortsat påvist forhøjede indhold af chlorerede opløsningsmidler i indeluften.

Der er derfor gennemført en midlertidig aktiv ventilation for at vurdere effekten ved et højere luftskifte i det kapillarbrydende lag. Under den midlertidige aktive ventilation ses en reduktion i indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften. Der ses imidlertid stadig en mindre overskridelse af afdampningskriterierne. Den opnåede effekt ved den aktive ventilation er således noget mindre end forventet.

På den baggrund er der noget, der indikerer, at der lokalt i det kapillarbrydende lag kan være et område(r) med høje poreluftkoncentrationer, der dårligt ventileres. Område(r), der med udgangspunkt i det kortlagte forureningsbillede i det kapillarbrydende lag, må kunne forventes at være i området ind mod Nørregade 39.

I kombination hermed kan der evt. være nogle ukendte spredningsveje, der ikke har kunnet kortlægges i forbindelse med den byggetekniske gennemgang, der er gennemført forud for etablering af den passive ventilation. For at forsøge at kortlægge evt. ukendte spredningsveje, er der gennemført en termografisk undersøgelse i lighed med den i afsnit 6.5.3 beskrevne.

I stedet for at kontrollere membranens tæthed undersøges i stedet luftindtrængning gennem utætheder i bygningskonstruktionen. De påviste utætheder sammenholdes da med kendskabet til bygningens konstruktion for vurdering af potentielle spredningsveje fra det kapillarbrydende lag til indeluften.

Ved den termografiske metode blev der påvist en potentiel spredningsvej fra det kapillarbrydende lag gennem hulmur til utætheder ved vindueskonstruktioner. Ligeledes blev der påvist potentielle spredningsveje fra

det kapillarbrydende lag gennem utætheder ved gulv samt ved elinstallationer, jf. figur 6.40.



Figur 6.40: Tydelige luftstrømme mellem fodpanel og gulv samt stikkontakt. Nørregade, Køge.

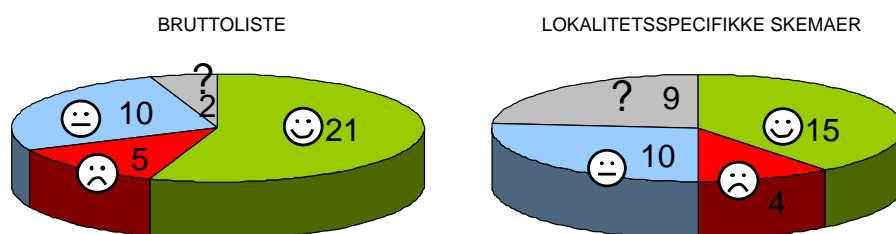
### 6.7 Opnået effekt ved passiv ventilation

Vurderingen af den opnåede effekt i de udvalgte sager tager udgangspunkt i de beskrivelser og vurderinger, der er givet i de lokalitetsspecifikke skemaer. Med dem som udgangspunkt er der foretaget en kategorisering af anlæggene efter om de virker, ikke virker, delvist virker, eller anlæg, hvor det er svært at vurdere effekten.

Den gennemførte kategorisering kan sammenholdes med oplysningerne fra bruttolisterne.

I denne forbindelse skal det bemærkes, at de udvalgte sager ikke nødvendigvis udgør et repræsentativt udsnit af samtlige sager med passiv ventilation. Ved udvælgelsen af de i alt 38 sager er sagerne som nævnt i kapitel 2 blandt andet udvalgt således, at både sager/anlæg, der virker og ikke virker, er repræsenteret.

I figur 6.41 og tabel 6.2 er vist kategoriseringen for de 38 udvalgte sager med udgangspunkt i hhv. vurderingerne ud fra de lokalitetsspecifikke skemaer og vurderingerne fra bruttolisterne.



Figur 6.41: Effekt af anlæg med passiv ventilation.

Sammenlignes vurderingen af sagerne fra bruttolisterne med den gennemførte kategorisering ud fra oplysningerne i de lokalitetsspecifikke skemaer, ses det, at disse to ikke stemmer overens, jf. figur 6.41 og tabel 6.2.

Således er der i 15 af sagerne en forskel i vurderingerne fra bruttolisterne og den gennemførte kategorisering ud fra oplysningerne i de lokalitetsspecifikke skemaer.

Den mest markante forskel i vurderingerne er, at der i den gennemførte kategorisering ud fra oplysningerne i de lokalitetsspecifikke skemaer er flere anlæg, hvor det er svært at vurdere effekten, i forhold til i bruttolisterne. Af figur 6.41 og tabel 6.2 ses det, at de fleste af de anlæg, hvor det er svært at vurdere effekten, primært er anlæg, der i bruttolisterne er vurderet at virke.

Ud fra oplysningerne i de lokalitetsspecifikke skemaer er det således under halvdelen af anlæggene, der vurderes at virke, mens det i bruttolisten er over halvdelen, der vurderes at have den tilsigtede effekt.

Derudover afspejler forskellene i høj grad nuancer i vurderingerne af anlæggenes effektivitet.

I det følgende er der givet eksempler på vurderingerne af de enkelte sager ud fra oplysningerne i de lokalitetsspecifikke skemaer.

Tabel 6.2: Effekt af anlæg med passiv ventilation.

Lokalitet	Bruttoliste	Lokalitetsspecifikke skemaer
Absalonsgade, København	Ja	Ja
Albanigade, Odense	Ja	Delvist
Birkevænget, Slagelse	Ja	Ja
Engvej, Aalestrup	Nej	Delvist
Fasanvej, Skuldelev (lokalitet 1)	Delvist	Delvist
Fasanvej, Skuldelev (lokalitet 2)	Nej	Nej
Fredericiagade, Aalborg	?	Delvist
Frederiksbjerg Torv, Århus	?	Delvist
Gravertoften, Ledøje	Ja	Ja
Havnefronten, Bogense	Ja	Ja
Hedekovvej og Bystævnet, Lystrup	Ja	Ja
Herman Stillings Vej, Randers	Ja	Ja
Hertalund, Slagelse	Delvist	?
Holmevej, Farsø	Ja	Ja
Højerup Bygade, St. Heddinge	Ja	?
Kolsnaplundvej, Vojens	Delvist	Ja
Langebrosvej, Aabenraa	Ja	Ja
Levisonsvej, Kolding	Ja	Ja
Lundtoftevej, Dianalund	Delvist	?
Midtager, Brøndby	Ja	Ja
Nyborgvej, Ullerslev	Delvist	Delvist
Nørregade, Farsø	Delvist	?
Nørregade, Køge	Nej	Nej
Roskildevej, Hvalsø	Delvist	?
Skattergade, Svendborg	Ja	Ja
Spedalsø, Horsens	Ja	Delvist
Stevneskovvej, Svendborg	Ja	Ja
Storegade, Holsted	Ja	Ja
Søndergade, Viby Sjælland	Delvist	Delvist
Søndergade, Toftlund	Ja	Nej
Søndergade, Aabenraa	Nej	Delvist
Sønderportsgade, Ribe	Nej	Nej
Tislumvej, Sindal	Ja	?
Toldboderne, Sakskøbing	Ja	?
Vesterbro, Odense	Delvist	?
Vikærsvej, Risskov	Ja	Ja
Østergade, Skuldelev	Delvist	Delvist
Åvænget, Tåstrup	Ja	?
Ja		
Nej		
Delvist		
?		

De 9 sager, hvor effekten af den passive ventilation ikke er vurderet, er især sager, hvor der både er udført bortgravning af forurening samt etableret passiv ventilation under bygningen. I disse tilfælde findes der typisk ikke dokumentation af effekten af bortgravningen i sig selv, hvorfor det ikke kan vurderes, hvorvidt den reducerede afdampning til indeklimaet skyldes bortgravningen eller den passive ventilation. Andre forhold, der gør det svært at vurdere effekten, er, hvis der er udført aktiv ventilation i kombination med den passive ventilation (Nørregade i Farsø) eller hvis passiv ventilation er etableret, mens der stadig pågår aktiviteter som på Vesterbro i Odense, hvor der stadig er renseridrft.

På Roskildevej i Hvalsø har kondensdannelse i ventilationssystemet nedsat effekten, og det er uklart, hvordan systemet fungerer efter at problemet er afhjulpet. I forbindelse med afværge over for en olieforurening på Tislumvej i Sindal er der usikkerhed om, hvorvidt den opnåede effekt skyldes den etablerede ventilation eller naturlig nedbrydning af olien. En problematik, der vurderes at være generel ved etablering af passiv ventilation som afværgeforanstaltning mod afdampning fra olieforureninger.

For flere anlæg kan effekten af anlægget være svær at vurdere, da man ikke kender situationen uden det etablerede anlæg. Et eksempel på en sådan situation er lokaliteten Hertalund i Slagelse, hvor der er etableret et ventilationssystem under en række bygninger for at mindske ophobning af lossepladsgas (særligt metan). Opbygningen af ventilationssystemet er tidligere beskrevet i afsnit 6.5.1.5. Da anlægget har en gasdetektor koblet til et SRO-system, ved man, at koncentrationen ikke på noget tidspunkt har været mere end 20% af LEL (Lower Explosion Limit), medmindre der har været tale om fejl på gasdetektorerne. På denne baggrund vurderes anlægget at virke efter hensigten. Der er dog ingen viden om, hvilke metankoncentrationer, der ville være under bygningerne, hvis ventilationen ikke var blevet etableret.

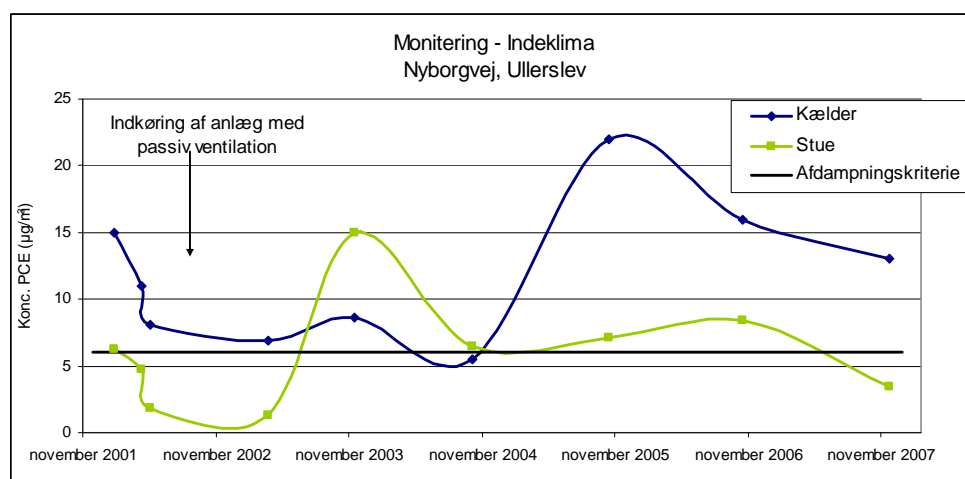
De 10 sager, hvor den passive ventilation kun delvist har haft den tilsigtede effekt, er primært sager, hvor ventilationen har reduceret afdampningen til indeklimaet, men hvor reduktionen ikke har været tilstrækkelig til at nedbringe koncentrationen i indeklimaet til under afdampningskriteriet. For nogle af disse sager har supplerende undersøgelser i forbindelse med monitoringen resulteret i en kortlægning af andre spredningsveje end dem, der kan påvirkes ved passiv ventilation. Eksempler på sådanne sager er en af sagerne på Fasanvej samt på Østergade i Skuldelev, hvor supplerende undersøgelser viste spredning via hhv. et ikke afproppet afløbsrør i kælderen og kloakken, jf. afsnit 6.6.3.

Andre sager, der delvist vurderes at have den tilsigtede effekt, er sager, hvor det har været nødvendigt at konvertere en del af ventilationen til aktiv ventilation. Et eksempel på dette er Fredericiagade i Aalborg, hvor en del af bygningen har fuld kælder, mens den resterende del har krybekælder. Der er ved at skære render i kældergulvet udlagt ventilationsdræn i et eksisterende kapillarbrydende lag af singels under kældergulvet. I krybekælderen var der ingen gulvbelægning og planum bestod af sand. I krybekælderen er der udgravet render, hvor ventilationsdrænen er udlagt. I både kælder og krybekælder er der udlagt en R.A.C. membran. Ventilationsdrænene er koblet til ventilationsledninger, der er afsluttet med enten en rist i fundamentet eller en studs til luftindtag uden for bygningen. 4 måneder efter etableringen af ventilationssystemet er koncentrationerne i indeklimaet i ejendommen ikke

faldet signifikant. Der udføres derfor en test af aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag under kælderen og krybekælderen. På baggrund af ventilationstesten konkluderes det, at der bør etableres aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag under krybekælderen, mens det er tilstrækkeligt med passiv ventilation under kældergulvet.

Lokaliteten Nyborgvej, Ullerslev, er ligeledes et eksempel på et anlæg med passiv ventilation, der delvist vurderes at have den tilsigtede effekt. På lokaliteten er der etableret passiv ventilation under kældergulv samt under gulv i et tidligere renseriafsnit. Drænene er samlet i et fælles afkastrør, der er ført til ventilationshætte placeret over tag. Ventilationssystemet er etableret i starten af 2002, hvorefter der er monitoreret 9 gange over en periode på ca. 6 år. Der er udført indeklimate målinger i bygningens kælder (der ikke er godkendt til beboelse) samt i stuen, jf. figur 6.42.

Af monitoringsresultaterne fremgår det, at koncentrationen af tetrachlorethylen (PCE) i kælderen generelt har ligget over afdampningskriteriet siden etableringen af anlægget. I stuen har koncentrationen af PCE svinget mellem 1,3 og 15  $\mu\text{g PCE}/\text{m}^3$  gennem de 9 monitoringsrunder. Gennemsnittet gennem de 9 monitoringsrunder er 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket svarer til afdampningskriteriet for PCE.



Figur 6.42: Resultater af indeklimate målinger. Nyborgvej, Ullerslev.

Anlægget vurderes at have en positiv virkning i forhold til at reducere afdampningen til indeluften. Anlægget har dog ikke entydigt resulteret i, at koncentrationen af PCE i indeluften er blevet nedbragt til under afdampningskriteriet, hvorfor anlægget kun delvist vurderes at have den tilsigtede effekt.

På lokaliteten Søndergade, Viby Sjælland, er der grundet forurening med primært PCE etableret en ny gulvkonstruktion i beboelsens stueplan i hovedbygningen. Gulvkonstruktionen er opbygget som støbt betongulv med indbygget diffusionshæmmende R.A.C. membran og et underliggende kapillarbrydende lag med et ventilationssystem for passiv ventileret fra 3 svanehalse.

Som det fremgår af tabel 6.3, er der før etablering af den passive ventilation påvist en overskridelse af luftkvalitetskriteriet for PCE på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i stue og køkken. Efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger i efteråret 2006 ses ved indeklimate målinger i marts 2008 stadig en mindre overskridelse



af kvalitetskriteriet for PCE i 2 af målepunkterne (køkken og tilbygning). Ved målingerne i juni 2008 ses en markant stigning i koncentrationen af PCE i indeluften med op til en faktor 35 i alle 4 målepunkter. I alle 4 målepunkter ses således en betydelig overskridelse af kvalitetskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  med op til en faktor 20. Målingerne skønnes imidlertid at være fejlbehæftede.

Tabel 6.3: Resultater af indeklimamålinger – PCE  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Søndergade, Viby Sj.

Opsætning	Nedtagning	Punkt 1 (Ude ref.)	Punkt 2 (Stue)	Punkt 3 (Køkken )	Punkt 4 (Renseri/ soveværelse)	Punkt 6 (Tilbygning)
17/6-2002	4/7-2002	<0,11	2,7	2,8	1,4	i.m.
11/4-2005	18/4-2005	<0,30	4,8	5,0	3,9	i.m.
24/11- 2005	1/12-2005	1,6	<b>11,0</b>	<b>11,0</b>	1,6	i.m.
10/3-2008	25/3-2008	<0,10	2,0	<b>7,9</b>	2,3	<b>6,9</b>
4/6-2008	18/6-2008	<0,10	<b>65</b>	<b>72</b>	<b>82</b>	<b>120</b>
24/7-2008	7/8-2008	<0,10	2,8	2,6	<b>9,7</b>	3,9
2/2-2009	16/2-2009	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
16/3-2009	30/3-2009	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

i.m.: Ikke målt

**Fed:** Overskridelse af kvalitetskriterium for PCE på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Raster: Målinger før etablering af passiv ventilation.

Målingerne er derfor gentaget i juli/august 2008, hvor der er påvist koncentrationer af PCE i indeluften på niveau med de tidligere målinger (målinger juni 2008 undtaget). Ved de seneste målinger i februar og marts 2009 er der i modsætning til de tidligere målinger ikke påvist chlorerede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i nogen af ophængningspunkterne. Grundejer har oplyst, at der under målingerne i februar 2009 dagligt er gennemført en betydelig udluftning i 15-60 minutter. Grundejer er derfor forud for målingerne i marts 2009 blevet informeret om kun at udluften i normalt omfang. Målingerne i marts 2009 viser dog stadig indhold af PCE i indeluften under detektionsgrænsen.

Ved de sidste 3 indeklimamålinger er der samtidig udtaget luftprøver fra luften i drænsystemet gennem ventilationssystemets 3 svanehalse.

Tabel 6.4: Resultater af indhold af PCE og TCE i det kapillarbrydende lag. Søndergade, Viby Sjøland

Pkt.	Tidspunkt	Rør	TCE	PCE
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Svanehals 1	24/7 2008	Kulrør	<1,0	<b>67</b>
	2/2 2009	Kulrør	<b>5,1</b>	<b>230</b>
	16/3 2009	Kulrør	<1,0	<b>14</b>
Svanehals 2	24/7 2008	Kulrør	<1,0	<b>12</b>
	2/2 2009	Kulrør	<b>3,4</b>	3
	16/3 2009	Kulrør	<1,0	<b>12</b>
Svanehals 3	24/7 2008	Kulrør	<1,0	<b>140</b>
	2/2 2009	Kulrør	<1,0	<b>51</b>
	16/3 2009	Kulrør	<1,0	<b>11</b>
Kvalitetskriterium for luft			1	6

**Fed:** Overskridelse af kvalitetskriterium for luft

Som det fremgår af tabel 6.4, er der observeret betydelige variationer i koncentrationen af PCE i luften udtaget fra drænsystemet gennem svanehalsene.

Der er således ikke noget entydigt billede af koncentrationsfordelingen i det kapillarbrydende lag.

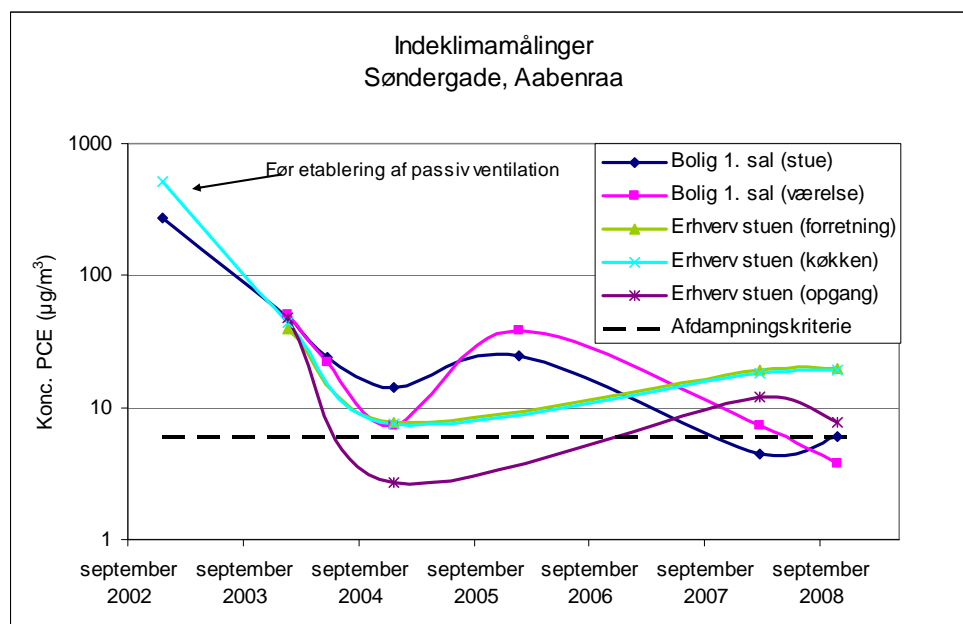
Ved de seneste målinger i marts 2009 er der ikke påvist koncentrationer af PCE over  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i luftprøverne fra det kapillarbrydende lag. Ved at sammenholde resultatet af de gennemførte indeklimamålinger med prøver fra luften i drænsystemet kan det ikke udelukkes, at koncentrationsfaldet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften ved de seneste målinger kan hænge sammen med en reduceret afdampning til det kapillarbrydende lag fra den forurenede jord under bygningen og ikke en øget effekt af de etablerede byggetekniske foranstaltninger.

På den baggrund vurderes det, at anlægget kun delvist har haft den tilsigtede effekt.

I flere sager minder monitoringsresultaterne og den opnåede effekt ved ventilationen om hinanden. Der er dog forskel på vurderingen af anlæggenes effekt. For nogle anlæg er det vurderet, at anlægget delvist har den tilsigtede effekt, mens det for andre anlæg er vurderet, at anlægget ikke virker efter hensigten. Anlægget for passiv ventilation på Søndergade i Aabenraa er et af de anlæg, der delvist er vurderet at virke efter hensigten, men hvor vurderingen kunne have været, at det ikke virker (som vurderet i bruttolisten) – afhængigt af hvordan man ser på resultaterne.

På Søndergade, Aabenraa, er der i 2003 etableret en ny ventileret gulvkonstruktion. Ventilationssystemet er opbygget som et dobbelt drænsystem med vinddreven ventilationshætte. I bygningens stueetage er der erhverv, mens der på 1. sal er beboelse.

Der er udført indeklimamålinger til dokumentation af anlæggets effekt. Der er i ét punkt på 1. sal og ét punkt i stueetagen udført indeklimamålinger før etableringen af anlægget. Der blev påvist en koncentration af PCE i indeluften på  $510 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i stueetagen og  $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på 1. sal, hvilket svarer til markante overskridelser af afdampningskriteriet for PCE på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , jf. figur 6.43.



Figur 6.43: Indeklimamålinger (logaritmisk skala). Søndergade, Aabenraa.

I juni 2004 – ca. et halvt år efter etableringen af den passive ventilation under gulvet, er indeklimakoncentrationerne faldet med omkring en faktor 10 i beboelsen, men er stadig over afdampningskriteriet. Koncentrationerne i indeluften i både erhvervs- og beboelseslokalerne ligger stadig over afdampningskriteriet i flere målepunkter 4-5 år efter etableringen af anlægget.

I vurderingen af anlæggets effekt kan der fokuseres på, at den passive ventilation har reduceret indeklimakoncentrationerne signifikant. Ses der udelukkende på dette resultat, må anlægget vurderes at have virket. Reduktionen af koncentrationerne har dog ikke været tilstrækkeligt til at reducere koncentrationerne til under afdampningskriteriet. Fokuseres der udelukkende på dette, må det vurderes, at anlægget ikke har virket. Afhængigt af, hvordan man ser anlæggets effekt, kan man komme frem til forskellige konklusioner, hvilket betyder, at det er svært at sammenligne anlæggene på baggrund af, om det er anført, at anlægget virker, at det delvist virker eller at det slet ikke virker. For sagen på Søndergade, Aabenraa, har vurderingen med udgangspunkt i ovenstående betragtninger været, at anlægget delvist har haft den ønskede effekt (men ikke tilstrækkelig effekt).

På Søndergade i Toftlund er der etableret et anlæg med passiv ventilation, hvor effekten ca. 4 år efter etableringen ikke er vurderet at være tilstrækkelig, hvorfor anlægget er konverteret til aktiv ventilation. Det passive ventilationssystem var etableret som et dobbelt drænsystem med ventilationshætte på bygningens tag. Ved konverteringen af anlægget til aktiv ventilation er ventilationshætten og afkastørret fra terræn til ventilationshætte fjernet. På ventilationssystemet er der monteret en membranpumpe, et kulfilter samt kondensatbeholder, og opsat et nyt slidset afkastør ca. 80 cm over terræn.

Som det fremgår af tabel 6.5, lå koncentrationen af PCE i indeklimaet efter etableringen af den passive ventilation over afdampningskriteriet for PCE på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det blev vurderet nødvendigt at konvertere anlægget til aktiv ventilation, hvorefter koncentrationerne af PCE i indeklimaet er reduceret til under afdampningskriteriet.

Tabel 6.5: Indeklimamålinger før og efter konvertering til aktiv ventilation. Søndergade, Toftlund.

Målepunkt	Målested	Indhold af PCE i $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Jan. 2004	Sept. 2005	Juni 2007	Aug. 2008
ATD 1	Kælderrum	<b>36</b>	<b>35</b>	6,7	1,7
ATD 2	Værelse i tidl. renseri	<b>42</b>	<b>14</b>	0,78	0,56
ATD 3	Værelse på 1. sal	<b>16</b>	<b>12</b>	1,2	0,73
ATD 4	Udeluft	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt	0,33

Raster: Efter konvertering til aktiv ventilation.

**Fed:** Overskridelse af afdampningskriteriet.

I forbindelse med indeklimasikringen er der også gennemført poreluftmålinger under gulv. Ved at sammenholde poreluftmålingerne under gulv med indeklimamålingerne, under forudsætning af en reduktionsfaktor på 100 over terrændækket, vurderes det ikke, at der er opnået en signifikant effekt ved etablering af den passive ventilation. Ved udfyldelsen af bruttolisten for denne sag er det dog anført, at anlægget har virket efter hensigten, hvilket derfor må være vurderet i forhold til den aktive ventilation.

På lokaliteten Nørregade i Køge er der ligeledes etableret et anlæg med passiv ventilation af det kapillarbrydende lag, som ikke vurderes at virke efter hensigten, jf. afsnit 6.6.3. Anlægget er etableret som et dobbelt drænsystem med ventilationshætte på tag. Anlægget vurderes ikke at virke efter hensigten, da det ikke er lykkedes at nedbringe koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften ved etablering af den passive ventilation.

Anlægget baseret på passiv ventilation på lokaliteten Levisonvej i Kolding er et anlæg, der er etableret i forbindelse med nybyggeri på en forurenede grund. På baggrund af risikovurderinger baseret på mælte jord- og grundvandskoncentrationer på lokaliteten, er det vurderet, at afdampning af benzen og kulbrinter kunne give anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boligerne. Der er derfor etableret et passivt ventilationssystem af typen "ventilationsdræn forbundet til vinddreven ventilationshætte uden luftindtag" – anlæggets opbygning er tidligere præsenteret i afsnit 6.5.1.2.

Der er etableret monitoringspunkter under gulv til udtagning af luftprøver fra det kapillarbrydende lag. Der er udtaget luftprøver både før og efter at ventilationsanlægget er sat i drift, mens der ikke er målt tryk eller luftflow i anlægget.

Moniteringen af luften i det kapillarbrydende lag har givet resultaterne præsenteret i tabel 6.6. Som det fremgår af tabellen, ligger indholdet af benzen på samme niveau både før og under drift af den passive ventilation, mens indholdet af total kulbrinter var højere før etablering af den passive ventilation.

Tabel 6.6: Indhold af benzen og total kulbrinter i det kapillarbrydende lag, Levisionsvej, Kolding.

	Før drift af passiv ventilation	Under drift af passiv ventilation	Afdampningskriterie	Baggrunds-niveau i indeluft
Benzen	0,1-4,8 µg/m <sup>3</sup>	0,1-4,8 µg/m <sup>3</sup>	0,13 µg/m <sup>3</sup>	0,80 µg/m <sup>3</sup>
Total kulbrinter	200-37.000 µg/m <sup>3</sup>	200-5.200 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	275 µg/m <sup>3</sup>

Baggrunds-niveau angivet som medianværdi på svagt forureningspåvirkede lokaliteter i Danmark /5/

I forbindelse med byggeriet på grunden er der givet en §8-tilladelse, hvor der er stillet det krav, at 3 på hinanden følgende målinger skal vise, at koncentrationerne i poreluften under gulv ikke overstiger 100 gange afdampningskriteriet. Der er indtil nu udført én monitoringsrunde, og da resultaterne viser, at dette kriterie overholdes, vurderes anlægget at sikre indeklimaet i boligerne og dermed at have den tilsigtede effekt. Selv om anlægget vurderes at have den tilsigtede effekt, er der en række usikkerheder, der ikke er belyst. Da der ikke er målt luftflow i ventilationssystemet, vides det reelt ikke, hvorvidt der er flow i systemet. Der er ligeledes intet kendskab til koncentrationerne i indeklimaet, hvorfor det ikke kan vurderes, om andre spredningsveje kan forårsage, at forureningen spredes til indeklimaet. Da der er tale om en olieforurening, er det ved indeklimatemålinger vanskeligt at skelne, hvad der reelt skyldes afdampning fra forureningen og hvad der skyldes påvirkning fra andre kilder i indeklimaet og udeluften (baggrunds-niveauer).

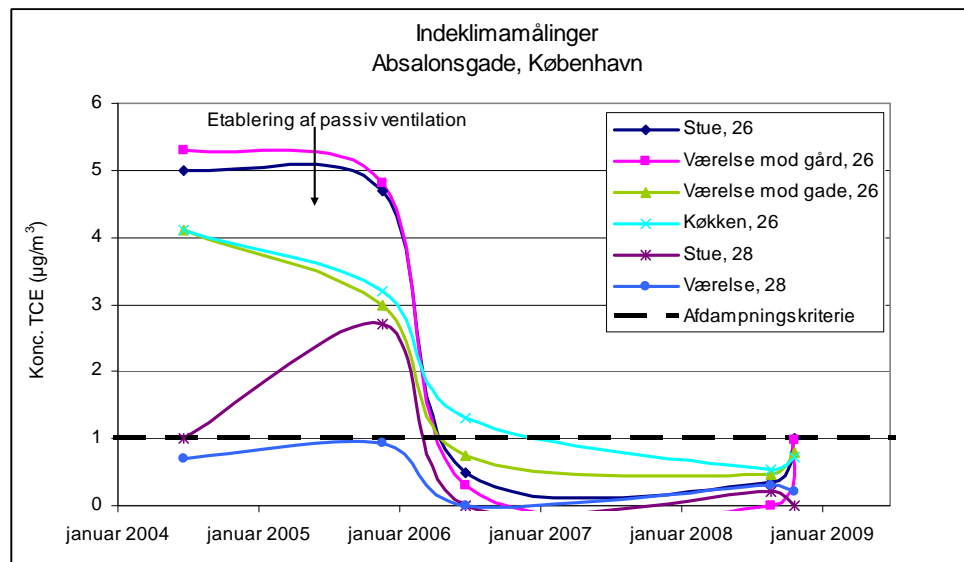
Som eksempel på at det er svært at skelne mellem, hvad der skyldes afdampning fra forurening og hvad der skyldes påvirkning fra kilder i indeklimaet, er der i tabel 6.6. medtaget medianværdier for baggrunds-niveauer målt i indeluft af benzen og total kulbrinter på lokaliteter i Danmark. Som det fremgår, er medianværdierne for benzen og total kulbrinter i indeklimaet højere end afdampningskriterierne. Således er det ikke usædvanligt, at man på sager, hvor man ønsker at afværge over for en afdampning af oliekomponenter til indeluften, samtidig vil kunne opleve et baggrunds-niveau af oliekomponenter i indeluften over afdampningskriteriet, der ikke skyldes afdampning. Baggrunds-niveauet kan stamme fra emissioner fra trafik, cigaretrøg, brændeovne, malervarer, fortynder m.v.

Sagen på Levisionsvej i Kolding er et typisk eksempel på en sag, hvor der er etableret passiv ventilation i forbindelse med en olieforurening. For at undgå de mange fejkilder, der findes ved indeklimatemålinger for BTEX'er og total kulbrinter, vælger man typisk ikke at udføre indeklimatemålinger. Dette kan være medvirkende til, at vurderingen af anlæggets effekt udelukkende er baseret på målinger af luften i det kapillarbrydende lag. Findes der andre spredningsveje end via gulvkonstruktionen, vil dette ikke blive belyst og indeklimateforanstaltningen kan vurderes effektiv uden dog at være tilstrækkelig til at sikre, at forureningen ikke giver anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet.

På Absalonsgade i København er der etableret passiv ventilation i kælder og under kældergulv, jf. afsnit 6.5.1. Anlægget er etableret som et dobbelt drænsystem med ventilationshætter over tag. Monitoringen af anlæggets effekt er udført ved indeklimatemålinger samt måling på afkastluften i systemet.

Indeklimatemålinger fra flere lejligheder i ejendommen på Absalonsgade viser, at koncentrationen af TCE i indeklimaet er faldet efter etableringen af den

passive ventilation. Målingerne udført ca. ½ år efter etableringen af ventilationen viser, at stort set samtlige målinger dog stadig ligger over afdampningskriteriet. Efter ca. 1 års drift af den passive ventilation viser stort set samtlige indeklimate målinger, at koncentrationen ligger under afdampningskriteriet, og denne tendens ses fortsat ved de efterfølgende monitoringsrunder, jf. figur 6.44.



Figur 6.44: Indeklimamålinger. Absalonsgade, København.

Sagen på Absalonsgade i København er et eksempel på en sag med passiv ventilation, der har haft den ønskede effekt – og hvor koncentrationerne i indeklimaet er nedbragt indenfor det første år efter etableringen. På denne lokalitet er der ikke udført andre afværgetiltag, der vurderes at have en effekt i forhold til afdampningen til indeklimaet. Reduktionen af koncentrationen af TCE i indeklimaet må derfor skyldes effekten af den passive ventilation.

Ved vurdering af anlæggenes effekt er det generelt svært at kvantificere effekten ved at etablere passiv ventilation under en ny gulvkonstruktion med indbygget diffusionshæmmende R.A.C. membran mod at etablere passiv ventilation under et eksisterende gulv. Lokale forhold såsom tilstanden af det eksisterende gulv og det kapillarbrydende lags beskaffenhed vurderes således at have stor betydning for den effekt, der opnås ved etablering af passiv ventilation under en ny diffusionshæmmende gulvkonstruktion i forhold til at etablere passiv ventilation under den eksisterende gulvkonstruktion.

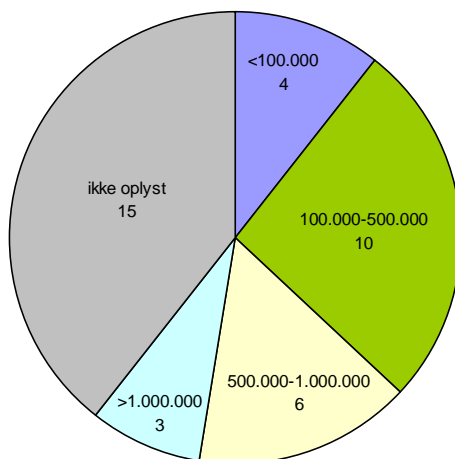
På Vikærsvej i Riskov er den ønskede afskærende effekt opnået efter udskiftning af et eksisterende trægulv i køkkenet med et nyt betongulv. Modsat er det svært at kvantificere, hvilken effekt, det ville have haft at etablere et nyt diffusionshæmmende betongulv på eksempelvis Nørregade i Køge, da dette skal sammenholdes med øvrige kortlagte spredningsveje, jf. afsnit 6.6.3.

## 6.8 Økonomi

For de udvalgte sager er der indhentet oplysninger om økonomien i forhold til den passive ventilation. I den forbindelse ses der på anlægsomkostningerne, hvilke som udgangspunkt dækker udgiften til entreprenøren og dermed ikke indeholder honorar til rådgiveren for projektering, tilsyn osv.

Som det fremgår af figur 6.45, er anlægsomkostningerne for 15 af de 38 anlæg ikke oplyst. Hovedparten af de sager, hvor der findes oplysninger om økonomien, har haft anlægsomkostninger mellem 100.000 - 500.000. For 3 anlæg har udgifterne til etableringen været større end 1.000.000, mens ventilationen på 4 lokaliteter er etableret for mindre end 100.000. Alle beløb er i DKK, excl. moms.

ANLÆGSOMKOSTNINGER

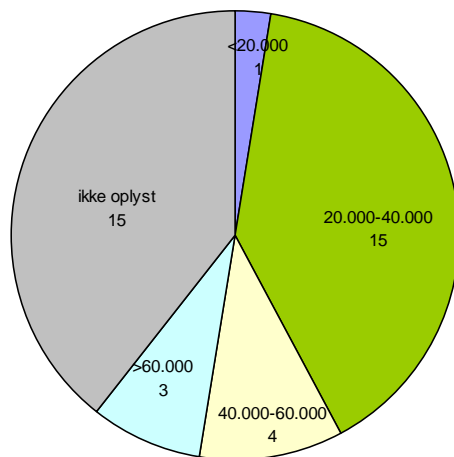


Figur 6.45: Anlægsomkostninger. Beløb er angivet i DKK, excl. moms.

Der er stor forskel på omfanget af de byggetekniske afværgeforanstaltninger, der er udført i de forskellige sager, og for flere sager dækker anlægsomkostningerne over etablering af passiv ventilation under flere ejendomme. Derfor er det vanskeligt at sammenligne omkostningerne direkte, uden samtidig at se på omfanget af det anlæg, der er etableret. Figur 6.45 giver dog en god indikation af det overordnede niveau for anlægsomkostningerne for anlæg med passiv ventilation.

For drifts- og monitoringsomkostningerne er det nemmere at sammenligne udgifterne for de forskellige sager direkte, da drift og monitoring på anlæggene med passiv ventilation overordnet indebærer de samme aktiviteter. Som det fremgår af figur 6.46, er de årlige drifts- og monitoringsomkostninger for 15 af de 38 anlæg ikke oplyst.

ÅRLIGE DRIFTS- OG MONITERINGSOMKOSTNINGER



Figur 6.46: Årlige drifts- og monitoringsomkostninger. Beløb er angivet i DKK, excl. moms.

For 15 af de 38 anlæg ligger de årlige drifts- og monitoringsomkostninger i intervallet fra 20.000 - 40.000, for 7 anlæg er udgifterne større end 40.000 årligt, mens de for et enkelt anlæg er mindre end 20.000 pr. år. Alle beløb i DKK, excl. moms.



## 7 Sammenfatning af erfaringer med passiv ventilation under huse

I forbindelse med den gennemførte erfaringsopsamling er der indhentet oplysninger om 125 etablerede anlæg med passiv ventilation under huse.

Indsamlingen af kvantitative data med nøgledata for 125 sager med passiv ventilation under huse har vist, at sagerne overordnet er ligeligt fordelt mellem de 5 danske regioner. Dog findes ca. 1/4 af lokaliteterne i Region Syddanmark.

Dataindsamlingen viser desuden, at der for de 125 sager med passiv ventilation under huse primært er tale om ventilation af det kapillarbrydende lag. Ventilationen er på de fleste lokaliteter etableret i eksisterende byggeri, og ca. halvdelen af disse anlæg er etableret under en eksisterende gulvkonstruktion, mens den anden halvdel er etableret i en ny gulvkonstruktion.

For lidt over 2/3 af anlæggene er der før etableringen udført målinger under gulv eller indeklimamålinger. Hovedparten af anlæggene, hvor disse målinger ikke er udført før etableringen, er etableret i forbindelse med nybyggeri.

For ca. 60% af anlæggene er det oplyst, at der findes et godt datagrundlag for dokumentation af anlægget. Dette betyder samtidig, at der for ca. 40% af anlæggene ikke findes et godt datagrundlag eller, at der ikke foreligger oplysninger om datagrundlagets kvalitet. For over 80% af anlæggene er der taget stilling til, hvorvidt anlægget virker. Effekten af flere af anlæggene må dermed være vurderet på et relativt dårligt grundlag, hvorfor der kan være usikkerhed omkring vurderingerne af anlæggenes effekt.

Indsamlingen af kvalitative data, hvor 38 sager er gennemgået mere detaljeret, har givet mulighed for at sammenligne anlæggene med passiv ventilation under gulv på flere og andre områder end den kvantitative gennemgang. Sagerne er udvalgt, så de repræsenterer forskellige anlægstyper samt både eksisterende byggeri og nybyggeri. Derudover er der lagt vægt på at belyse variationen i effekt af de etablerede anlæg.

For de 38 udvalgte sager er der typisk tale om etablering af passiv ventilation under huse i forbindelse med forurening med chlorerede opløsningsmidler. Formålet har i forbindelse med langt de fleste anlæg været ved passiv ventilation at sikre indeklimaet i huse ved at reducere spredning af forurening fra jordens poreluft til indeklimaet.

Anlæggene med passiv ventilation repræsenteret ved de udvalgte sager viser, at byggeåret for de huse, hvor anlæggene er etableret, er meget varierende og strækker sig fra før 1920 og frem til efter år 2000. Etableringen af den passive ventilation afhænger af den byggeskik, der er karakteristisk for byggeåret, hvilket også fremgår af de udvalgte sager. Anlæg etableret i huse bygget før 1970 er typisk etableret ved at opbygge en ny ventileret gulvkonstruktion. Dette hænger sammen med, at bygningens terrændæk i denne periode

generelt er etableret direkte på den underliggende jord, hvorfor der ikke i forvejen har været et ventilerbart lag under bygningerne. I bygninger bygget efter 1970 er der generelt etableret passiv ventilation under eksisterende gulv, hvilket hænger sammen med, at terrændæk i bygninger efter 1970 generelt er etableret med et kapillarbrydende lag, der kan ventileres.

Gennemgangen af de udvalgte sager har vist, at der kun i få tilfælde er udført dimensionerende forundersøgelser inden etableringen af den passive ventilation. Ofte hviler det etablerede anlæg alene på risikovurderinger udført i forbindelse med gennemførte forureningsundersøgelser. På mange af sagerne med passiv ventilation er det dermed ikke muligt at vurdere, på hvilket grundlag anlæggene er dimensioneret, samt hvilke overvejelser, der ligger til grund for dimensionering og design af det enkelte anlæg.

Gennemgangen af de 38 sager viser, at der generelt benyttes 4 grundlæggende anlægsopbygninger i forbindelse med etablering af passiv ventilation under huse. Der er tale om følgende anlægstyper:

- Dobbelt drænsystem med ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vinddreven ventilationshætte på tag samt luftindtag i kapillarbrydende lag via svanehals e.l. (under eksisterende og nyt gulv)
- Ventilationsdræn i kapillarbrydende lag forbundet til vindreven ventilationshætte på tag – anlæg uden luftindtag (under eksisterende og nyt gulv)
- Dobbelt drænsystem forbundet til svanehalse e.l. Ventilationen er baseret på at trykforskelle mellem 2 facader af bygningen driver en svag luftstrømning (primært under nyt gulv).
- Ventilation af krybekælder (eksisterende)

De to anlægstyper med dobbelt drænsystem er opbygget med både luftindtag og luftudsugning. Herved vil disse anlæg både have en fortyndende effekt i det ventilerede lag samt reducere den advektive transport ind i bygningen, ved reduktion af trykgradienten mellem det ventilerede lag og luften i bygningen. Ved ventilationssystemet uden luftindtag vil der kun trækkes atmosfærisk luft til systemet via revner og sprækker i bygningskonstruktionen, og dermed vil ventilationens fortyndende effekt være relativt mindre end ved etablering af luftindtag. For denne type anlæg vurderes det, at det vil være svært at styre luftstrømmene, og at der ved anvendelse af denne anlægstype er risiko for, at kun et mindre område omkring drænstrengene påvirkes af ventilationen. Ved ventilation af krybekælder etableres luftindtag og luftudsugning gennem fundamentet til krybekælderen, og ventilationsprincippet er det samme som for anlæg med dobbelt drænsystem forbundet til vinddreven ventilationshætte, svanehalse eller lignende.

I ca. 1/4 af de 38 sager er der udlagt R.A.C. membran i forbindelse med etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion. Der er dog ikke i alle nye gulvkonstruktioner etableret membran. Der er desuden usikkerhed om, i hvor mange sager, der er udlagt membran, da der ikke er angivet oplysninger om udlægning af membran for alle sager. Generelt er der ikke i forbindelse med udlægning af membran udført undersøgelser af membranens tæthed. I nogle enkelte sager, er denne undersøgelse dog udført, og undersøgelserne har vist, at der har været flere utætheder ved hjørner, langs vægge og ved samlinger.

Den mest almindelige monitoringsmetode i forbindelse med drift og monitorering af anlæg med passiv ventilation er indeklimamålinger.

Indeklimamålinger benyttes især, når der er tale om forurening med chlorerede opløsningsmidler. Ved olieforureninger er indeklimamålinger kun sjældent anvendt, idet der vurderes at være store usikkerheder omkring resultaterne, da forskellige produkter anvendt i husholdningen kan give bidrag til indholdet af total kulbrinter i indeluften, ligesom der kan være et baggrundsniveau i udeluften.

En anden almindelig monitoringsmetode er at udtage en luftprøve fra ventilationssystemet. Prøven tages enten i monitoringspunkter under gulv eller gennem afkastrøret. I forbindelse med olieforureninger, hvor der som nævnt sjældent udføres indeklimamålinger, benyttes luftprøven fra ventilationssystemet til risikovurdering i forhold til indeklimaet. Gennemgangen af de 38 sager har vist, at der ofte måles luftflow i ventilationssystemerne tilsluttet vinddreven ventilationshætte (20 af 26 sager). Derimod er der ikke gennemført luftflowmålinger på anlæg baseret på udluftning ved udnyttelse af trykforskelle mellem 2 facader af bygninger. På de anlæg, hvor der ikke udføres luftflowmålinger, vil det være svært at vurdere luftskiftet i det ventilerede medie og derved få et billede af effektiviteten af ventilationssystemet.

De udførte luftflowmålinger på anlæg med vinddrevne ventilationshætter er gennemført under forskellige forhold, hvorfor det er svært at sammenligne resultaterne af målingerne. Generelt ses der et luftflow på mellem 0-10 m<sup>3</sup>/time ved en variation i vindhastigheden på mellem 0-10 m/sek. På enkelte anlæg er der observeret væsentligt højere luftflow på over 200 m<sup>3</sup>/time ved vindhastigheder på 10 m/sek. Forhold som modstand i ventilationssystemet, herunder særligt i det ventilerede lag og i selve rørsystemet, vil have betydning for det luftflow, den vinddrevne ventilationshætte kan generere. Derudover vil læeffekter ved placering af ventilationshætten også have betydning.

Der er ikke gennemført målinger af differenstryk mellem det ventilerede lag og indeluften for dokumentation af reduktionen i den advektive forureningstransport ved etablering af passiv ventilation.

I forbindelse med monitoringen på nogle af anlæggene med passiv ventilation under huse, hvor der ikke er opnået en tilfredsstillende effekt, er der gennemført supplerende undersøgelser. Der er bl.a. udført undersøgelser for at kortlægge andre spredningsveje til indeluften. For kortlægning af andre spredningsveje er der eksempelvis anvendt den såkaldte sniffermetode, sporgasmålinger og termografi.

Derudover er anlæggenes effektivitet undersøgt ved anvendelse af tracertest og luftflowmålinger, ligesom effekten ved konvertering til aktiv ventilation er undersøgt. I nogle tilfælde er der desuden gennemført supplerende undersøgelser af forureningspåvirkningen ved og i det ventilerede lag ved anvendelse af bl.a. Gore-Sorber og poreluftmålinger.

Monitoringsfrekvensen for anlæggene med passiv ventilation er for 24 af de 38 sager mindst én monitorering pr. år. Det bør dog i denne forbindelse bemærkes, at de 38 udvalgte sager primært udgøres af sager med et godt datagrundlag, hvorfor denne monitoringsfrekvens ikke kan antages at være en generel monitoringsfrekvens for sager med passiv ventilation. På nogle lokaliteter er der udført 2-3 monitoringsrunder efter etableringen af den passive ventilation. Har disse monitoringsrunder vist tilfredsstillende resultater, er monitoreringen indstillet.

Sammenfattes alle konklusioner på, hvorvidt de 38 udvalgte anlæg med passiv ventilation har haft den tilsigtede effekt, ses, at dette kun gælder for 15 anlæg. Her skal det ligeledes bemærkes, at de udvalgte sager ikke nødvendigvis udgør et repræsentativt udsnit af samtlige 125 sager med passiv ventilation under huse. Der vurderes dog at være relativt mange sager/anlæg, der ikke har haft den tilsigtede effekt eller som kun delvist har virket efter hensigten. For flere af de anlæg, der kun delvist vurderes at have den ønskede effekt gælder, at indeklimakoncentrationerne er blevet reduceret efter etableringen af anlægget – men ikke tilstrækkeligt til, at koncentrationen er nedbragt til under afdampningskriteriet. I flere af disse sager har supplerende undersøgelser i forbindelse med monitoreringen resulteret i kortlægning af andre spredningsveje end de, der påvirkes ved passiv ventilation, eksempelvis gennem kloak/afløbssystemet.

I nogle sager er det ikke muligt at vurdere effekten af den passive ventilation, da der fx er udført bortgravning samtidig med etableringen af den passive ventilation. Det vil ikke her være muligt at skelne mellem effekten af bortgravningen og ventilationen. Det kan derfor heller ikke vurderes, hvorvidt bortgravningen i sig selv ville være tilstrækkelig til at sikre indeklimaet i den pågældende ejendom.

Af flere af de præsenterede monitoringsresultater fremgår det, at de målte koncentrationer i både indeklima og ventilationssystem kan variere meget gennem monitoringsperioden. Variationen kan både hænge sammen med vejrforholdene og udluftningen i boligen under de enkelte monitoringsrunder.

Omkostninger ved etablering af passiv ventilation under huse varierer meget. Variationen hænger ofte sammen med størrelsen af ejendommen, hvor den passive ventilation skal etableres, og omfanget af de etablerede foranstaltninger. Således er omkostningerne typisk væsentligt mindre ved etablering af ventilation under et eksisterende gulv end ved etablering under en ny gulvkonstruktion.

Hovedparten af sagerne, hvor der findes oplysninger om økonomien, har haft anlægsomkostninger mellem 100.000 - 500.000. For 3 sager har udgifterne til etableringen været større end 1.000.000, mens ventilationen på 4 lokaliteter er etableret for mindre end 100.000. Alle beløb er i DKK, excl. moms.

Drifts- og monitoringsomkostningerne varierer mindre, da det i store træk er de samme aktiviteter, der gennemføres i forbindelse med drift og monitorering på de 38 anlæg. For 15 af de 38 anlæg ligger drifts- og monitoringsomkostningerne i intervallet fra 20.000 - 40.000, for 7 anlæg er udgifterne større end 40.000 årligt, mens de for et enkelt anlæg er mindre end 20.000 pr. år. Alle beløb i DKK, excl. moms.

# 8 Konklusion og anbefalinger

## 8.1 Konklusion

Nærværende projekt har haft det overordnede mål er at skabe et overblik over de erfaringer, der er gjort med metoden passiv ventilation under huse i perioden 1999-2009, så der kan etableres et forbedret beslutningsgrundlag for fremtidige projekter.

Erfaringsopsamlingen har vist, at det på trods af teknikken relativt simple princip er svært at opnå den ønskede effekt. Med udgangspunkt i oplysningerne fra de lokalitetsspecifikke skemaer er det under halvdelen af de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse, der vurderes at have den tilsigtede effekt.

Denne manglende effekt vurderes primært at hænge sammen med et begrænset dimensioneringsgrundlag ved etablering af anlæggene. Ofte er anlæggene alene etableret på baggrund af risikovurderinger udarbejdet i undersøgelsesfasen.

Det vurderes derfor, at sikkerheden for at opnå den ønskede effekt ved passiv ventilation under huse vil øges væsentligt, hvis der fremadrettet investeres i at udarbejde et bedre design/beslutningsgrundlag for etablering af anlæggene.

Således kan der med fordel foretages en indledende vurdering af teknikken egnethed i forhold til de aktuelle koncentrationer af forureningskomponenter i poreluften under huset på den enkelte ejendom. Ligeledes vurderes det vigtigt, at mulige spredningsveje til indeklimaet i bygningen belyses for at målrette designet af den samlede afværgeløsning fra projektets start.

Andre vigtige faktorer at have for øje i designfasen er risikoen for sinks, andre kilder til afdampning til indeluften og udeluftkoncentrationer, der overskrider afdampningskriterierne. Ved sinks forstås adsorption af forureningskomponenter i bygningsmaterialer eller lignende, der efter ophør af de forurenende aktiviteter frigives til indeluften. Ved sinks er der således risiko for, at der afgives forureningskomponenter til indeluften, der overstiger afdampningskriterierne, hvorfor effekten ved etablering af passiv ventilation under huse kun vil have en begrænset effekt, så længe der er en sinkeffekt. Andre kilder til afdampning til indeluften kan eksempelvis være en række produkter, der anvendes i husholdningen, samt rensesøj, maling, rygning og optænding i brændeovn. Tilsvarende vil passiv ventilation under huse kun have en begrænset effekt, hvis der i udeluften er et indhold af forureningskomponenter, der overskrider afdampningskriterierne.

I etableringsfasen er der ved etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion særlig fokus på udlægning af den diffusionshæmmende R.A.C. membran. Kun i enkelte tilfælde er der udført undersøgelser af membranens tæthed. Disse få undersøgelser har imidlertid vist flere utætheder ved hjørner, langs vægge og ved samlinger i membranen. Andre fokusområder i etableringsfasen kan være dokumentation af ventilationssystemernes effekt.

Moniteringsfasen er primært rettet mod at dokumentere, at indeklimaet er sikret ved det etablerede anlæg ”passiv ventilation under huse”. Således er den primære dokumentationsmetode indeklimamålinger. I visse tilfælde, hvor der kan være risiko for andre kilder til påvirkning af indeklimaet, er der ofte alene udført poreluftmålinger under gulv. Det drejer sig primært om anlæg ved olieforureninger.

Andre centrale monitoringsparametre er måling af luftflow og forureningskomponenter i afkastluft. Ved måling af luftflow er det muligt at estimere, hvor stort et luftskifte, der er opnået i det ventilerede lag ved etablering af passiv ventilation under huse. Ved de udførte luftflowmålinger på anlæg med vinddrevne ventilationshætter ses der generelt et luftflow på mellem 0-10 m<sup>3</sup>/time ved en variation i vindhastigheden på mellem 0-10 m/sek. På enkelte anlæg er der observeret væsentligt højere luftflow på over 200 m<sup>3</sup>/time ved vindhastigheder på 10 m/sek. På anlæg der, hvor luftstrømningen drives af trykforskel mellem 2 facader af bygningen, er der ikke gennemført luftflowmålinger. Med udgangspunkt i de målte luftflow ved denne erfaringsopsamling er det imidlertid svært at estimere et forventet luftflow ved etablering af et anlæg med passiv ventilation under huse, da målingerne er gennemført under forskellige vindforhold og ved forskellige anlægsopbygninger. Forhold som modstand i ventilationssystemet, herunder særligt i det ventilerede lag og i selve rørsystemet, vil have betydning for det luftflow, den vinddrevne ventilationshætte kan generere. Derudover vil læffekter ved placering af ventilationshætten også have betydning.

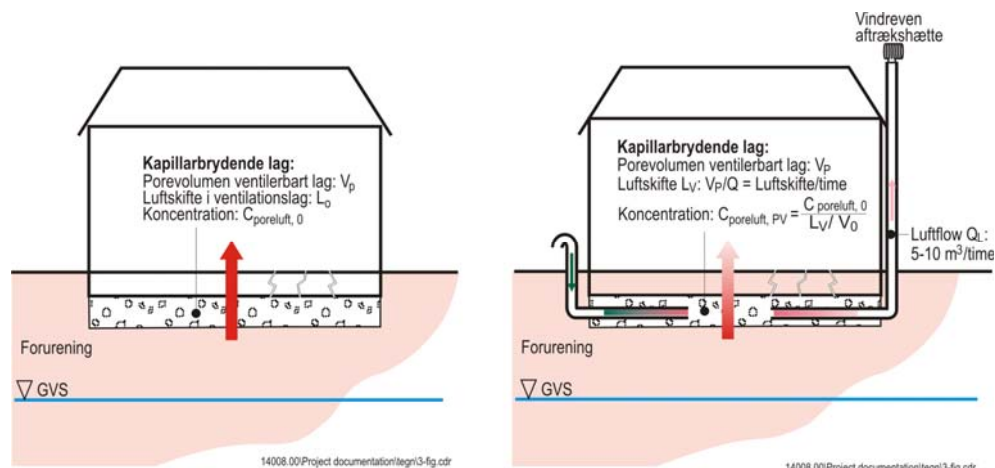
Sammenholdt med indholdet af forureningskomponenter i afkastluften kan emissionen beregnes og vurderes. Ved måling af luftflowet er der dels gennemført punktmålinger dels kontinuerte målinger over perioder på flere uger. Ved gennemførelse af punktmålinger fås et øjebliksbillede af luftflowet under de aktuelle vindforhold. Ved de kontinuerte målinger er der mulighed for at tegne et billede af det gennemsnitlige luftflow og således medregne de perioder, hvor der er et begrænset luftflow, svarende til perioder med svag vindpåvirkning.

## 8.2 Anbefalinger

Med udgangspunkt i det generelt begrænsede dimensioneringsgrundlag for de etablerede anlæg med passiv ventilation under huse anbefales det, at der arbejdes videre med en metode til en indledende vurdering af teknikken egnethed. Herved sikres det, at teknikken vurderes i forhold til de aktuelle koncentrationer af forureningskomponenter i poreluften under huset og at beslutningsgrundlaget for at arbejde videre med ”passiv ventilation under huse” som afværgeteknik styrkes.

Den indledende vurdering kan eksempelvis tage udgangspunkt i den kortlagte forureningspåvirkning i undersøgelsesfasen, hvorfra der kan udarbejdes et estimat på de forureningskoncentrationer, der kan forventes i det lag, der skal ventileres. Med udgangspunkt i de estimerede koncentrationer, naturligt luftskifte i ventilationslag (uden passiv ventilation) og forventet luftflow i anlæg med passiv ventilation under huse, kan der foretages en vurdering af, hvorvidt passiv ventilation under huse kan være en tilstrækkelig afværgemetode til at afskære forureningspredningen til indeluften i bygningen. Med andre ord kan der foretages et estimat af den fortynding af koncentrationen af forureningskomponenter i det ventilerede lag, der kan

opnås ved etablering af passiv ventilation, jf. figur 8.1. Den fortyndede koncentration kan derefter sammenholdes med den reduktionsfaktor, man kan forvente over den pågældende gulvkonstruktion /4/.



Figur 8.1: Indledende vurdering af passiv ventilation under huse som afværgemetode.

For vurdering af det naturlige luftsufte i det ventilerede lag kan der bl.a. henvises til /3/. For en vurdering af det naturlige luftsufte i det ventilerede lag anbefales det dog, at der tilvejebringes et mere detaljeret datagrundlag, herunder for forskellige ventilerede medier.

Som tidligere nævnt har det i denne erfaringsopsamling været svært at sammenligne de udførte luftflowmålinger, da de er gennemført under forskellige vindforhold og ved forskellige anlægsopbygninger. For at få et bedre billede af det forventede luftflow anbefales det derfor, at der arbejdes videre med en detaljeret undersøgelse af sammenhængen mellem vindpåvirkning og det genererede luftflow ved passiv ventilation under huse.

Viser det sig, at passiv ventilation under huse kan være en egnet afværgemetode, anbefales det, at der opstilles en konceptuel model til beskrivelse og forståelse af de mulige spredningsveje til indeklimaet i bygningen. Den konceptuelle model kan understøttes af oplysninger fra en byggeteknisk gennemgang. Den konceptuelle model er vigtig for at målrette designet af den samlede afværgeløsning fra projektets start.

Med udgangspunkt i den konceptuelle model undersøges de mulige spredningsveje for design af den samlede afværgeløsning fra projektets start. Til kortlægning af spredningsvejene kan anvendes nogle af de metoder, der tidligere er omtalt i forbindelse med supplerende undersøgelser af spredningsveje på anlæg, der ikke har haft den tilsigtede effekt. Det drejer sig bl.a. om sniffermetoden, sporgasundersøgelser og termografi kombineret med "blower door".

Ved kortlægning af spredningsvejene undersøges det, om passiv ventilation evt. skal etableres i kombination med andre afværgemetoder eller helt forkastes, hvis det viser sig at være andre kilder/spredningsveje end spredning gennem terrændæk, der er styrende for påvirkningen af indeklimaet. I forbindelse med vurderingen af andre kilder/spredningsveje skal risikoen for sinks, andre kilder til afdampning til indeluften samt udeluftkoncentrationer, der overskrider afdampningskriterierne, belyses.

Kortlægning af sinks er mulig ved udtagning af materialeprøver. Under forudsætning af, at andre spredningsveje til indeluften er kortlagt, kan sinkeeffekten eksempelvis også undersøges ved radonmåling, hvor radonmålinger under bygningen og i indeluften kan sammenholdes med kendskabet til indholdet af forureningskomponenter under bygningen og i indeluften. Er dæmpningsfaktoren for radon væsentligt større end for forureningskomponenterne, er der indikation af en sinkeeffekt /6/. Andre kilder til afdampning er særligt interessante ved afværge over for olieforureninger, hvor afdampning fra eksempelvis produkter i husholdningen kan give anledning til bidrag til indeluften over afdampningskriterierne for total kulbrinter.

I etableringsfasen bør der ved etablering af en diffusionshæmmende R.A.C. membran i en ny ventileret gulvkonstruktion fokuseres på dokumentation af membranens tæthed. Samtidig bør der i muligt omfang gennemføres en dokumentation af ventilationssystemets funktion ved gennemførelse af eksempelvis en ventilations- og eller tracertest.

For dokumentation/monitoring af anlæggenes effekt anbefales som udgangspunkt indeklimate målinger i kombination med monitoring af poreluft i det ventilerede lag. Særligt i forbindelse med indeklimate målinger ved anlæg for afværge mod olieforureninger skal man være opmærksom på baggrunds niveauer i indeluften, der kan stamme fra emissioner fra trafik, cigaretrøg, brændeovne, malerverer, fortynder m.v. Erfaringsmæssigt er det svært at skelne bidraget fra afdampning under huse fra andre bidrag. I så tilfælde kan det, for at undgå eventuelle fejlkilder, vise sig at være hensigtsmæssigt at dokumentere effekten med udgangspunkt i monitoring af poreluft i det ventilerede lag alene. Denne problemstilling er også belyst i /7/.

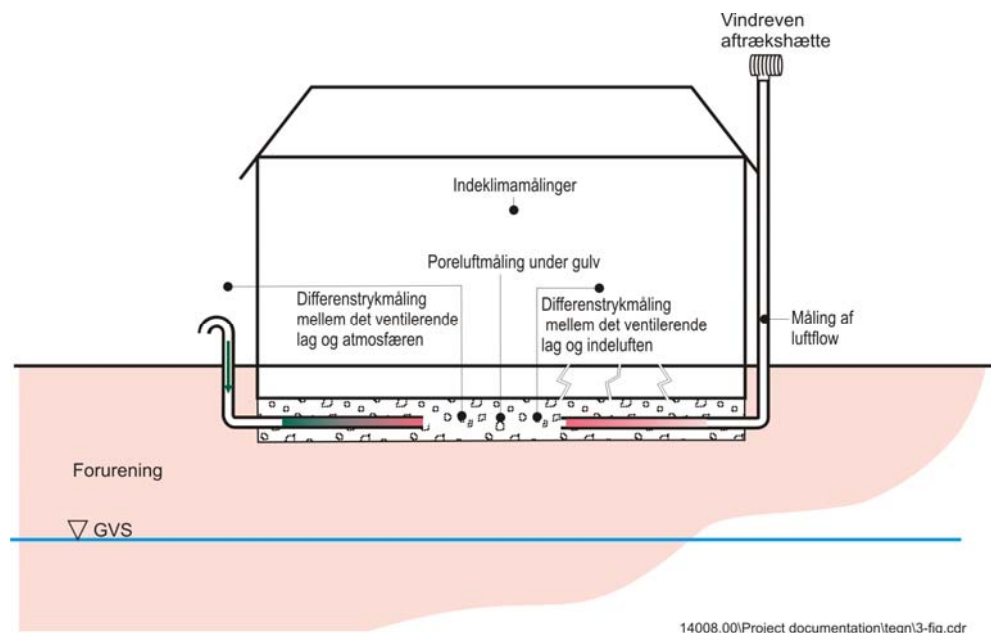
For dokumentation af ventilationen i det ventilerede lag anbefales det, at der udføres målinger af luftflowet. Det anbefales, at der udføres kontinuerte målinger for at medregne perioder med lavt luftflow under svage vindforhold. For sammenligning anbefales det, at der i samme periode måles vindhastighed lokalt, eller alternativt indhentes oplysninger fra nærmeste målestation. Herved vil der tegne sig et billede af den forventede gennemsnitlige ventilation af det ventilerede lag.

Samtidig anbefales det, at der gennemføres monitoring af indholdet af forureningskomponenter i afkastluften. Sammenholdt med det målte luftflow vil emissionen kunne estimeres og vurderes. Om nødvendigt kan anlægget efterfølgende udbygges med rensning af den ventilerede luft.

Derudover anbefales det, at der udvikles en metode til udførelse af differenstrymålinger mellem det ventilerede lag og indeluften for at sandsynliggøre, at der ikke er et drivtryk, der kan drive en advektiv gastransport fra det ventilerede lag og ind i huset.

Den anbefalede dokumentation/monitoring af anlæg med passiv ventilation under huse fremgår af figur 8.2.





Figur 8.2: Monitoring af anlæg med passiv ventilation under huse.

Som det fremgår af flere af de præsenterede monitoringsresultater, kan de målte koncentrationer i både indeklima og ventilationssystem variere meget gennem monitoringsperioden. Variationen kan både hænge sammen med vejrforholdene samt udluftningen i boligen under monitoringen. Det vurderes derfor, at der bør monitoreres flere gange under forskellige forhold (efter etableringen af passiv ventilation under gulv) for at dokumentere anlæggets effekt inden monitoringen indstilles.

For at understøtte arbejderne med dimensionering, design, etablering og monitoring af anlæg med passiv ventilation under huse anbefales det, at der udarbejdes et metodekatalog. I metodekataloget kan der samles anvisninger og beskrivelser af praktiske værktøjer/metoder, der kan anvendes ved dimensionering, design, etablering og monitoring af anlæg med passiv ventilation under huse. Således vil der i muligt omfang kunne gives praktiske anvisninger til at undersøge og belyse de problematikker, der fremgår af denne erfaringsopsamling, eksempelvis undersøgelse af kortlagte spredningsveje i den konceptuelle model. I takt med, at der udvikles nye metoder, vil metodekataloget kunne opdateres og udbygges.



## 9 Referencer

- /1/ Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. Afværgekatalog - tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning. Miljøprojekt nr. 750, 2003.
- /2/ Undersøgelse af passiv ventilation af det kapillarbrydende lag. Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration nr. 2 2007.
- /3/ Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. Håndbog – Byggetekniske foranstaltninger i forbindelse med byggeri på forurenede lokaliteter. Miljøprojekt nr. 1147, 2007.
- /4/ Indeklimapåvirkning fra forurenede grunde. Modelberegninger og indeklimate målinger. Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration nr. 1 2002.
- /5/ TEMADAG. Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet? Indlæg vedr. sammenfatning af målte baggrundsværdier i Danmark for bl.a. benzen og PCE i indeklima og udeluft som led i en prioritering af indeklimatiltag på kortlagte ejendomme. ATV VINTERMØDE 2009
- /6/ TEMADAG. Poreluft og indeklima – hvordan er de to koblet? Indlæg vedr. brug af radonmålinger til bestemmelse af dæmpningsfaktoren over en gulvkonstruktion og til vurdering af transportveje. ATV VINTERMØDE 2009.
- /7/ Undersøgelse og oprensning af forurening fra villaolietanke. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2 2009.



Erfaringsopsamling –  
Passiv ventilation under huse

Bilagsrapport









**Skema for lokalitetsspecifik beskrivelse af anlæg med passiv ventilation**

Lokalitetens adresse:	Bygherre:  Region:
-----------------------	--------------------------

Beskrivelse af forureningssituation:
--------------------------------------

Formål med etablering af anlæg:
---------------------------------

Byggetekniske forhold:
------------------------

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Beskrivelse af anlæg:

Skitse af anlæg:

Drift og monitorering:

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Økonomi:

Konklusion:

Referenceliste:

## Generelt

Ved anlæg med passiv ventilation forstås ventilation af kapillarbrydende lag eller lign. under gulvkonstruktion uden anvendelse af mekanisk ventilation. Ventilationen drives typisk ved anvendelse af vinddrevne ventilationshætter eller ved udluftning gennem svanehalse, hvor ventilationen drives af den trykforskel, der dannes på modstående facader af en bygning som følge af vindpåvirkning.

## Beskrivelse af forureningssituation:

Der gives en kort beskrivelse af forureningen og dennes opståen.  
Forureningsstofferne beskrives.  
Forureningsudbredelsen beskrives.  
Der vedlægges kortbilag.  
Referencer anføres.

## Formål med etablering af anlæg:

Formål med etablering af anlæg med passiv ventilation beskrives.  
Er det som en afskærende foranstaltning ved eksisterende byggeri eller ved nybyggeri?  
Er det som en midlertidig eller permanent foranstaltning?

## Byggetekniske forhold:

Der gives en kort beskrivelse af bygningens konstruktion, tilstand og alder.  
Beskrivelse af gulvopbygning med det kapillarbrydende lag, der ventileres samt materiale for det kapillarbrydende lag.  
Gerne suppleret med en skitse.  
Tykkelse af kapillarbrydende lag og andre materialer i gulvopbygning anføres.  
Det anføres som der er etableret membran eller ej. Hvis der er etableret membran anføres det om denne er tæthedsprøvet.  
Referencer anføres.

## Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Formål med etablering af anlæg med passiv ventilation beskrives.  
Kildestyrken af forureningskomponenter i og omkring det kapillarbrydende lag samt forureningskoncentrationer i indeluften beskrives.  
Er der gennemført indledende test eksempelvis ventilationstest i kapillarbrydende lag, tracertests, radon-målinger, udtagning af materialeprøver fra det kapillarbrydende lag for vurdering af homogenitet, vandindhold etc.?  
Referencer anføres.

## Beskrivelse af anlæg:

Det beskrives, hvordan anlægget er opbygget.  
Rørføring, dimensioner og materialevalg anføres.  
Etablerede monitoringsmuligheder beskrives (eksempelvis indstøbte monitoringspunkter i kapillarbrydende lag og monitoringspunkter ved udsugningsluft)  
Hvordan er anlægget designet i forhold til de gennemførte forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag?  
Placering af dræn og anden rørføring, membran og evt. brønde mv. beskrives.  
Referencer anføres.

## Skitse af anlæg:

Anlæggets opbygning skitseres i plan og snit.  
Målepunkter for monitoring angives.  
Selvstændige tegninger kan vedlægges med henvisninger.

## Drift og monitoring:

Den gennemførte drifts- og monitoringskontrol og resultater beskrives.  
Det beskrives hvor og hvordan der monitoreres.  
Er der gennemført målinger af tryk og luftflow i anlægget?  
Findes der vinddata for anlægget?

Er der gennemført målinger af koncentrationen af forureningskomponenter i udsugningsluften (ATD/ORSA-rør, kulrør, PID)?

Er der gennemført rensning af luften inden udledning til atmosfæren?

Er der gennemført indeklimamålinger?

Frekvensen af den gennemførte drifts- og monitoringskontrol beskrives.

Er der variationer i monitoringsresultaterne?

Vedlæg referencer med dokumentation af målinger, målepunkter og måleforhold.

Referencer anføres.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Den opnåede effekt ved etablering af passiv ventilation beskrives.

Er det lykkedes at nedbringe koncentrationen af forureningskomponenter i indeluften til under kvalitetskriterierne for luft/afdamningskriterierne?

Er effekten evt. målt på en anden måde end ved indeklimamålinger?

#### Økonomi:

Anlægsomkostningen og den årlige drifts- og monitoringsudgift anføres i runde tal (inkl. alle udlæg til analyser, kørsel etc.).

#### Konklusion:

Den opnåede effekt ved etablering af passiv ventilation sammenholdes med formålet med etablering af anlæg med passiv ventilation. Har det etablerede anlæg virket efter hensigten? Vurdering af eventuelle årsager til, at det ikke har virket efter hensigten

#### Referenceliste:

Referencer anføres i kronologisk rækkefølge.

Relevant sagsmateriale fremsendes iht. referencer, gerne elektronisk.

Ved fremsendelse af referencer bør der fokuseres på referencer til dokumentation af målinger/monitoring, placering af målepunkter, måleforhold o.l.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Midtager, Brøndby	Santa Maria	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		X		Passiv ventilation.
Nærum Hovedgade	Københavns Amt/Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X		X (delvist)	X			X			X	X		Aktiv ventilation, evaluering. Prøve med passiv. Aktiv igen. Der er monitoreret
Levisonsvej	Hanson & Knudsen Vest A/S	Kapillarbrydende lag	x		x		x				x		x	x		Passiv ventilation (vindrotor)
Havnefronten, Bogense	MS-Totalbyg	Kapillarbrydende lag	x		x		x				x		x	x		Passiv ventilation (vindrotor)
Storegade, Holsted	Ribe Amt	Kapillarbrydende lag		X		X (delvist)	X			X (delvist)		X		X		
Langebro, Åbenrå	Lidl	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X		
Landlystvej, Randers	Region Midt	Mur		X		X	Vides ikke				X	X				Passiv ventilation (riste i ydermure) Moniteringen er ikke påbegyndt endnu.
Turø (Rekord Rens)	Roskilde Amt	Kapillarbrydende lag		X		X	X			X	X			X		Vakuumentilering Vides ikke om der stadig monitoreres, amtet overtog
AAB Moters	AAB Moters			X		X	X			X (semiaktiv)		X		X		Vakuumentilering, passiv ventilering
Elmegade, Kalundborg	Lidl		x		X		Vides ikke				X		X		X	Passiv ventilation Der er ikke monitoreret

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Thrane & Thrane A/S Lundtoftegårdsvej 2800 Kgs. Lyngby	Thrane & Thrane A/S	kapillarbrydende lag	X		X		(X)				X		X			Det er ikke vist at anlægget ikke virker efter hensigten
Industriparken 2750 Ballerup	De gule sider	kapillarbrydende lag	X		X		(X)				X		X			Det er ikke vist at anlægget ikke virker efter hensigten
Grønnehave Plejecenter Sundtoldvej 3000 Helsingør	Helsingør Kommune	kapillarbrydende lag	X		X		(X)				X		X			Det er ikke vist at anlægget ikke virker efter hensigten
Roskildevej, Hvalsø	Region Sjælland	kapillarbrydende lag krybekælder		X		X			X*		X		X		X*	Anlægget er opført for Roskilde Amt i 2006 til sikring mod lossepladsgas. I forbindelse med monitoring i 1008 er der udført forbedringer på anlægget. Effekten af forbedringerne kendes p.t. ikke
Københavnsvej, 4000 Roskilde	Roskilde Kommune	kapillarbrydende lag	X		X		(X)				X		(X)		X	Det er ikke vist at anlægget ikke virker efter hensigten. Multihal med sikring mod lossepladsgas
Holstebro Gasværk, Dansens Teater, Holstebro	Dansens Teater v. Peter Schaufuss	-kapillarbrydende lag	X		X				X		X		X		X	Etableringen af passiv ventilation er foretaget som ekstra foranstaltning. Der er ikke foretaget, monitoring af foranstaltningens effektivitet. Bygningen har en kraftig og effektiv aktiv rumventilation hvorfor den passive afværgeforanstaltningen næppe reelt er nødvendig.



Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Kjelstrupvej, Thisted	Region Nord	Kapillarbrydende lag		X	X	X	X				X	X			X	Fyringsolie
Frederiksgade, Thisted	Region Nord	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		X		Renseri, Sagen er netop opstartet. Moniteres.
Esbjergvej, Holsted	Topdanmark/OM	Kapillarbrydende lag		X	X	X	X				X	X		X		Fyringsolie
Herman Stillingsvej, Randers	Region Midt	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Renseri, moniteres p.t.
Hedeskovvej, Lystrup, Århus	Region Midt	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		X		Renseri, Sagen er netop opstartet, moniteres.
Rosengade, Odder	Region Midt	Kapillarbrydende lag		X		X		X			X	X			X	Renseri. Moniteres.
Vikørsvej, Risskov, Århus	Region Midt	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Renseri.
Nordre Strandvej Tjæreborg	Topdanmark/OM	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X			X	Fyringsolie
Tislumvej, Sindal	Topdanmark/OM	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X	X	X		Fyringsolie
Skagen Landevej, Bjergby	Topdanmark/OM	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X	X	X		Fyringsolie

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Sydhavnen	Privat	krybekælder	x		x		x				x	x			x	Nybyggeri, opstartes april, Chlorerede
København	Privat	krybekælder	x		x						x	x		x		Projekteret byggeri, industri

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Elsøvej, Elsø	OM/RN	Under eksisterende gulv		x		x	x				x	x			x	
Holmevej, Farsø	OM	Under eksisterende gulv		x		x	x				x	x			x	
Birkkærvej, Tæbring	OM	Ca. 1,0 m under eksisterende gulv		x		x	x				x	x			x	
Riisvej, Givskud	OM	1,3 m under eksisterende gulv		x		x	x				x	x			x	
Birkevænget, Slagelse	RS	Ventilation af krybekælder		X		X	X				X	X			X	
Sorø Kulturhus	Sorø Kommune	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X		X	
Abildgårdsvej, Byrsted	OM	Under eksisterende gulv		x		x		x	x			x			x	Forureningen er efterfølgende bortgravet.
Hamborgvej, Hanstholm	OM	Kapillarbrydende lag		x	x		x				X		X		X	
Oremosevej, Sindal	OM	1,2 m under eksisterende gulv		x		x	x				x	x			x	

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Åvænge Taastrup	Privat og Kbh. Amt	Lecanødder mellem 2 betondæk.		X	X		X				X	X		X		
Sibbevej Græsted	Privat	jord/ kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X			X	
Idræts- og kulturhus på Nørrebro	Kbh. Kommunes Ejendomme	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X		Drænstreng afluttet i drænbrønd eller svanehalse
Smutten	OM	Kapillarbrydende lag		X	X		?	?	?		X	?		X (?)		
Norgesvej, Løkken	OM	Kapillarbrydende lag		X	X		?	?	?		X	Ja – så vidt jeg husker		X (?)		
Nyvej, Jyderup	Region Sjælland	Kapillarbrydende lag		x		x					x	x			x	Nyt anlæg, endnu ingen kontrol
Ågade i Lemvig	Ringkjøbing Amt	Drænrør i kapillarbrydende lag		x	x				x	x		x		x		(Amtet) Regionen varetager selv driften/monitoringen i dag. Vi kender derfor ikke status. Børge Hvidbjerg fra Region Midtjylland har flere gange holdt foredrag om projektet.
Møllegade (sidebygning), Århus	Bo Bendixen	Drænrør i kapillarbrydende lag		x	x		x				x	x			(x)	Bygherre har selv forestået etablering af ”anlæg”. Vi har monitoreret med indeluftmålinger 2 gange.
Møllegade (hovedbygning), Århus	Just Consult	Drænrør i kapillarbrydende lag med RAC-membran		x	x		x				x	x		(x)		Bygherre har selv forestået etablering af ”anlæg”. Vi har monitoreret med indeluftmålinger 2 eller 3 gange.
Dronningeparken Randers	Ejendomsselskabet 1950	Udluftning af drænplade	X		X								X			
Lundtoftevej, Dianalund	Region Sjælland	Hulrum under gulv		x		x			nyeta bleret		x	x		x		

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Sønderportsgade, Ribe	Ribe Amt/Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag		X		X		X		X		X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Nye gulve er etableret i en af bygningerne i forbindelse med, at anlægget er overgået til aktiv ventilation.
Slotsgade, Gråsten	Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag Hulmur		X	X		X			X		X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Kantmembran indbygget
Kolsnaplundvej, Vojens	Sønderjylland Amt	Kapillarbrydende lag Hulmur		X	X				X		X		X		X	Gasolieforurening. Diffusionshæmmende membran indbygget
Borggade, Gråsten	Sønderjylland Amt	Kapillarbrydende lag Hulmur		X	X		X				X		X		X	Chlorerede opløsningsmidler. Diffusionshæmmende membran indbygget
Finderupvej, Århus	Finderupparken ApS	Kapillarbrydende lag	X		X						X		X		X	Ventilationsdræn indbygget som beredskab og derfor ikke i brug.
Gl. Århusvej, Viborg	Arne Andersen A/S	Kapillarbrydende lag	X		X						X		X		X	Ventilationsdræn indbygget som beredskab og derfor ikke aktuelt i brug.
Engvej, Aalestrup	Viborg Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag		X		X		X		X		X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Dræn iboret eksisterende kapillarbrydende lag samt sand/silt-lag under beboelse.
Ågade, Nykøbing Mors	Viborg Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag Etageadskillelse		X	X		X				X		X		X	Chlorerede opløsningsmidler. Diffusionshæmmende membran indbygget
Peder Kællers Vej, Horsens	Boligfonden Kuben	Kapillarbrydende lag	X		X						X		X		X	Dræn indbygget som radonsikring i forbindelse med test af forskellige radonsikringsmetoder
Frederiksbjerg Torv, Århus	Region Midtjylland	Kapillarbrydende lag		X	X							X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Afgravning af forurennet jord. Monitering endnu ikke udført. Diffusionshæmmende membran indbygget.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Varhedevej Aulum	Region Midtjylland	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X			X	Gasolieforurening. 1. monitoringsrunde udført. Afgravning af forurenede jord foretaget. Endvidere foretages der kemisk oxidation af restforureningen på lokaliteten.
Smedebakken, Mørke	Oliebranchens Miljøpulje	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X		X		X	Anvendt som akut afværge i forbindelse med gasolieforurening. Afventer Kommunens endelige påbud.
Skattergade, Svendborg	Fyns Amt	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Afgravning af forurenede jord. Diffusionshæmmende membran indbygget.
Nørregade, Assens	Fyns Amt	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Afgravning af forurenede jord. Diffusionshæmmende membran indbygget. Grundejer har idriftsat ventilation i boligerne (genveks).
Lindevej, Odense	Fyns Amt/Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag.		X		X				X				X		Aktuelt anvendt som akut afværge i forbindelse med gasolieforurening. Der iværksættes i 2009 udskiftning af gulv og passiv ventilation af nyt kapillarbrydende lag. Gennemføres med COWI som rådgiver.
Hunderupvej, Odense	Fyns Amt	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X			X	Chlorerede opløsningsmidler. Dræn gravet ned i eksisterende kapillarbrydende lag.
Læssøgade, Odense	Fyns Amt	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X			X	Chlorerede opløsningsmidler. Dræn gravet ned hhv. underboret i eksisterende kapillarbrydende lag.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Albanigade, Odense	Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Diffusionshæmmende membran indbygget.
Odensevej, Langeskov	Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag		X	X							X		(X)		Chlorerede opløsningsmidler. Diffusionshæmmende membran indbygget. Etableres i 2009 med NIRAS som rådgiver.
Lundhøjvej , Hjørring	Nordjyllands Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		Delvist		Tidligere losseplads. Afværge over for lossepladsgas.
Nørregade, Farsø	Nordjyllands Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag og krybekælder		X		X			X		X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Udført i kombination med vakuumelekstraktion. Godt datagrundlag for hele afværgeperioden
Fredericiagade, Aalborg	Nordjyllands Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag		X		X			Uvist pt		X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Udlagt i kombination med RAC- membran. Ventilationstest af dræn udføres januar 2009 med henblik på at vurdere om anlægget skal overgå til aktiv ventilation.
Fredericiagade, Aalborg	Nordjyllands Amt/Region Nordjylland	Kapillarbrydende lag		X	X				Uvist pt.		X	X		X		Chlorerede opløsningsmidler. Udlagt i kombination med RAC- membran. Tre monitoringsrunder udføres i 2009.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Søndergade, 4130 Viby Sjælland	Region Sjælland	Kapillarbrydende lag		X	X				X		X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran
Nørregade, 4600 Køge	Region Sjælland	Kapillarbrydende lag		X		X		X			X	X		X		Der er ikke udlagt R.A.C. membran
Vordingborgvej, 4681 Herfølge	Region Sjælland	Kapillarbrydende lag		X		X		X			X	X			X	Der er ikke udlagt R.A.C. membran Ikke passiv ventilation under kældergulv. Aktiv ventilation i kælder.
Storegade, 4780 Stege	Region Sjælland	Kapillarbrydende lag		X	X			X			X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran
Fasanvej, Skuldelev 4050 Skibby	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X	X			X		(X)		X		X		Der er udlagt R.A.C. membran. I øjeblikket er anlægget tilsluttet en midlertidig aktiv ventilation.
Fasanvej, Skuldelev 4050 Skibby	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag / Kælder		X	X			X			X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran. I øjeblikket afventer anlægget evt. etablering af ventilation i kælder
Østergade, Skuldelev 4050 Skibby	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X	X			X			X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran. Anlæg under indkøring.
Prins Valdemars Allé, 3400 Allerød	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		X		Der er ikke udlagt R.A.C. membran.
Absalonsgade, 1658 København V.	Region Hovedstaden	Drænplade		X	X		X				X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran.
Gribskovvej, 3400 Hillerød	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran.
Gravertoften 2765 Smørum	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X		X		Der er ikke udlagt R.A.C. membran. Lossepladsgas.
Hvissingegade 2600 Glostrup	Region Hovedstaden	Kapillarbrydende lag		X	X		X				X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran.



Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Udbakken 2750 Ballerup	Region Hovedstaden	Hulrum under gulv		X		X	X				X	X		X		Der er ikke udlagt R.A.C. membran. Lossepladsgas.
Østergade, 5900 Rudkøbing	Region Syddanmark	Kapillarbrydende lag		X	X				X		X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran.
Nørresand, 3760 Gudhjem	OM Villatank	Kapillarbrydende lag		X	X				Ved ikke		X		X		X	Der er udlagt R.A.C. membran Dokumentationsprøver ikke udtaget.
Kannikegårdsvej, 3730 Nexø	OM Villatank	Kapillarbrydende lag		X	X				Ved ikke		X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran. Effekt dokumenteret ved JAGG. Målinger under gulv før opstart.
Lille Plads , 3740 Svaneke	OM Villatank	Kapillarbrydende lag		X	X				Ved ikke		X	X		X		Der er udlagt R.A.C. membran. Effekt dokumenteret ved JAGG. Målinger under gulv før opstart.
Højerup Bygade 4660 Store Heddinge	OM Villatank	Kapillarbrydende lag/ krybekælder		X	X		X				X	X		X		Der er ikke udlagt R.A.C membran. Poreluftmålinger under gulv før etablering. Luftmåling i ventilationsdræn efter etablering.
Gallelosevej, 4900 Nakskov	OM Villatank	Kapillarbrydende lag		X	X		(X)				X		X		X	Gl. Falkenberg sag som NIRAS har overtaget, idet kommune ikke har godkendt den gennemførte afværge - membran udlagt. Restforurening efterladt. Indeklimaet er efterfølgende verificeret v/hj poreluftmålinger, konklusion ingen risiko for boliganvendelse.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger	
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej		
Toppen	OM/Top Danmark	kapillarbrydende lag		x		x	x				x	x					Der er desuden udført opgravning af olieforurenede jord på lokaliteten
Kærvej	OM/Top Danmark	kapillarbrydende lag		x		x	x				x	x					Der er desuden udført opgravning af olieforurenede jord på lokaliteten
Harevej	OM/Top Danmark	kapillarbrydende lag lecanødde		x	x				x		x		x				Der er desuden udført opgravning af olieforurenede jord på lokaliteten
Svendborgvej	OM/Top Danmark	kapillarbrydende lag lecanødde		x		x	x				x		x				Der er desuden udført opgravning af olieforurenede jord på lokaliteten

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Englandsvej, Tårnby	Essex	Nyetableret krybekælder samt skorstene	x		x		x				X		X	x		Anlægget er ikke færdigbygget
Lilleøbakken, Korsør	Ejendomsinvest	Krybekælder samt skortene	x		x							x		x		
Herthalund, Slagelse	Vestsjællands Amt	Ventillationsrør i kapillarbrydende lag med skorstene og svanehalse til gennemluftning		x		x			x	x		x		x		Der er etableret ventilation for at være sikker på at luften passerer forbi sensorer, der giver alarm hvis der er forhøjet methan
Nyborgvej, Ullerslev	Fyns Amt	Nyetableret kapillarbrydende lag under 50% af huset og eksisterende sandlag under kælder i 50% af huset							X		X		X			En del af eksisterende bygning blev nedrevet og genopført med ventilation af det kapillarbrydende lag, mens der under den eksisterende bygning med kælder blev udført understyret boring til etablering af ventilationsdræn. Den passive ventilation under nyt gulv fungerer fint, mens det er varierende effekt af den resterende del.
Søndergade, Toftlund	Sønderjyllands Amt	Kapillarbrydende lag		x	x		x			x		x		X		
LIDL, Skive	LIDL	Kapillarbrydende lag	X				x				x		X			
Nybodalen Holstebro	Ringkjøbing Amt	Understyret boring under eksisterende gulv		x			x				x		X			
Mejerivej, Odense	Fyns Amt	Kapillarbrydende lag		X			x				x	x				Etableret i 10 år gl. byggeri
Marius Jensens Vej, Skive	Viborg Amt	Afværgedræn i vejareal og omkring huse		x	x	x	x				x		x			Afværge overfor indtrængende gas fra en nærliggende losseplads

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Møllegade Stubbekøbing	RS	Kapilarbrydende lag		x		x			x	x		x		x		Sagsbehandler HEJ Rådgiver: Orbicon
Håndværkervænget, Greve	Roskilde Amt	Under kælder		x		x					x	x			x	Sagsbehandler LB, Rådgiver: Jeg SRP mener det var Orbicon der havde sagen, det var Lisbeth der havde den i Amtet (hun husker ikke noget). Der blev gravet jord væk ved siden af huset, der er analyser af luften fra svanehalsene – hvis der skal flere oplysninger skal vi finde det gamle materiale.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Adelgade, 5400 Bogense, Nordfyn Kommune	Fyns Amt	- kapillarbrydende lag		X	X	X			X		X	X		X		
Valsbølgade, Bov, 6330 Padborg, Aabenraa kommune	Sønderjyllands Amt	- kapillarbrydende lag		X		X	X				X		X	(X)		
Bovrup Kirkevej, Bovrup, 6200 Aabenraa, Aabenraa kommune	Sønderjyllands Amt	- kapillarbrydende lag		X		X	X				X		X		X	
Koldkådvej 6240 Løgumkloster, Tønder kommune	Sønderjyllands Amt	- kapillarbrydende lag		X		X	X				X		X		X	
Ridepladsen , Nordborg, Sønderborg kommune	Sønderjyllands Amt	- kapillarbrydende lag		X		X	X				X	X			(X)	
Søndergade, 6200 Aabenraa, Aabenraa kommune	Sønderjyllands Amt	- kapillarbrydende lag		X	X			X			X	X		X		
Vesterbro Odense	RSD	Kapillarbrydende lag		X		X	X	X			X	X		X		Vindhætteventilation. Ingen sammenhæng mellem vindhastighed og flow.
Grønnegade, Faaborg	RSD	Sand/fyldlag		X		X			X		X	X		X		Vindhætteventilation
Dalumvej Odense	RSD	Kapillarbrydende lag		x	x				X		X	X		X		Vindhætteventilation
Søndergade, Glamsbjerg	RSD	Kapillarbrydende lag		x	x		x				x	x		x		Vindhætteventilation

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
BSB Vordingborg Sydhavn	Vordingborg Kommune	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X	X	4 monitoringsrunder, ingen førdata for poreluft, ATD-rørs-målinger i nærliggende kælder. Systemet er etableret som ekstra sikring med mulighed for overgang til aktiv.
Fuglebakken , Vordingborg	Vordingborg Kommune	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X		X	1 monitoringsrunde samt 1 ATD-rørsmåling i boliger. Systemet er etableret som ekstra sikkerhed med mulighed for overgang til aktiv.
Toldboderne etape 2 - Saksøbing	Guldborgsund Kommune	Kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X	X	3 målerunder i få punkter. Der er ældre poreluftmålinger på grund før byggeri. Stor hot-spot afgravning inden etablering af bygninger. Systemet er etableret som ekstra sikkerhed med mulighed for overgang til aktiv. Systemet har afkast over tag.
Tværvej Ørbæk på Fyn	Region Syddanmark	Krybekælder samt under krybekældergulv.		X	X							X			X	Projektet er i opstartsfasen. I løbet af ½ år foreligger data.

Adresse	Bygherre	Ventilation af: - kapillarbrydende lag - drænplade - krybekælder - evt. andet	Nybyggeri		Gulv (sæt X)		Virker anlægget efter hensigten (sæt X)			Er anlægget overgået til aktiv ventilation (sæt X)		Findes målinger under gulv/indeklima før opstart af passiv ventilation (sæt X)		Findes der et godt datagrundlag for projektet (sæt X)		Bemærkninger
			Ja	Nej	Nyt	Gammelt	Ja	Nej	Delvist	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
Amagerbrogade København	Miljøkontrollen / Region Hovedstaden	- umættede sandlag under kapillarbrydende lag		X		X			X		X	X		X	X	Er overgået fra aktiv ventilation til passiv ventilation. Størstedelen af datamaterialet er fra den aktive ventilation. Boligejendom med erhverv (renseri) i stuen – chlorerede opløsningsmidler
Stevneskovvej 5700 Svendborg	Fyns Amt / Region Syddanmark	- kapillarbrydende lag - krybekælder	X		X		X				X	X		X		Der er i 3 ens boliger (kædehuse) etableret passiv ventilering under gulv. Afværgeforanstaltningerne er etableret efter, at byggeriet var færdiggjort. Forurening med chlorerede opløsningsmidler. Løbende dataserier over flere år fra målinger under gulv (ventilationssystem) og op gennem bygningen (krybekælder til flere rum i de tre boliger)
Poulsgade 7400 Herning	KPC-Byg A/S	- kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X		Haus – Erhverv møbelforretning
Odgaardsvej Skive (Odgaardsparken)	Sønderåen A/S	- kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X		
Nykøbing Havn Morsø kommune	Lokal bygherre	- kapillarbrydende lag	X		X		X				X		X	X		
Spedalsø , Horsens	Region Midtjylland	- kapillarbrydende lag		X		X	X				X		X	X	X	Lang måleserie findes. Ikke voldsom dokumentation inden anlægget etableres. Anlæg har i en kort periode kørt med aktiv ventilation. Umiddelbart efter ejendommen er opført erkendes forureningen. Dræn etableret ved styret underboring. Der er således ikke optaget gulv mv. ved etableringen, men anlægget har (stort set) samme alder som bygningen.





Lokalitetens adresse:  Absalonsgade, 1658 København V	Bygherre: Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Nu Region Hovedstaden  Region: Region Hovedstaden
---	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>I baghuset til Absalonsgade X har der tidligere været diverse forurenende aktiviteter, herunder autoværksted, trykkeri, galvaniseringsvirksomhed og metalfarvning. Disse aktiviteter har foregået i en nu nedrevet bygning, som dannede baghus til det i dag tilbageværende forhus, Absalonsgade X.</p> <p>Grunden var kraftigt forurenede, og der er således ved tidligere undersøgelser konstateret forurening af både overjord, poreluft, sekundært og primært grundvand. Forureningen omfattede chlorerede opløsningsmidler.</p> <p>I 2001 er der gennemført et afværgeprojekt, som bestod i dels at udgrave ”hotspottet” i gården bag nr. X og dels i etablering af afværgeboringer til det primære grundvandsmagasin. Der oppumpes stadig fra det primære grundvandsmagasin.</p>
---

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med etablering af anlægget med passiv ventilation er at reducere spredningen af forurenede luft til boligen.</p> <p>Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Bygningerne er 4 etages ejendomme fra århundredeskiftet med kælder. Der er dyb fundering i bæredygtige istidsaflejringer.</p>
--

<p>Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:</p> <p>I juni 2004 /1/ er der udført poreluftmålinger for klorede opløsningsmidler, primært tetraklorethylen, i området. Målingerne viste store overskridelser af luftkvalitetskriteriet i kældrene under nr. X og under halvdelen af baghuset til nr. Y. Denne halvdel er benævnt Y, se oversigtskortet i bilag 1.</p> <p>I juli 2004 /1/ er der udført egentlige målinger af indeluften ved passiv opsamling i ophængte ATD-rør i stuelejlighederne i nr. X og Y. Målingerne viste, at koncentrationen af tetraklorethylen overstiger Miljøstyrelsens afdampningskriterium op til 5 gange.</p> <p>Det blev besluttet både at udføre udluftning under kældergulv og udluftning af kældre.</p>
---

Der er så vidt vides ikke udført yderligere i forhold til dimensioneringsgrundlag.

#### Beskrivelse af anlæg:

Renoveringen af kældergulve omfattede en opbrydning og bortkørsel af de eksisterende gulve med efterfølgende etablering af nye betongulve med indbygget membran. Under membranen er udlagt udluftningsrør med afkast over tag. Idet der blev konstateret højtliggende grundvand under kældergulve, blev der udført en alternativ gulvopbygning, hvor udluftningselementet af et 15 cm tykt nøddestenslag med ilagte luft ind- og udtagsrør blev erstattet af en ca. 3 cm tyk grundmursplade, der fungerer både som drænlag og luft ind- og udtagsrør. Systemet er opbygget med hovedledninger af tætte PE rør og grenledninger af PE rør med huller (drænrør). Rørene er samlet i en ledning, der føres gennem en ubenyttet skorsten til over tag.

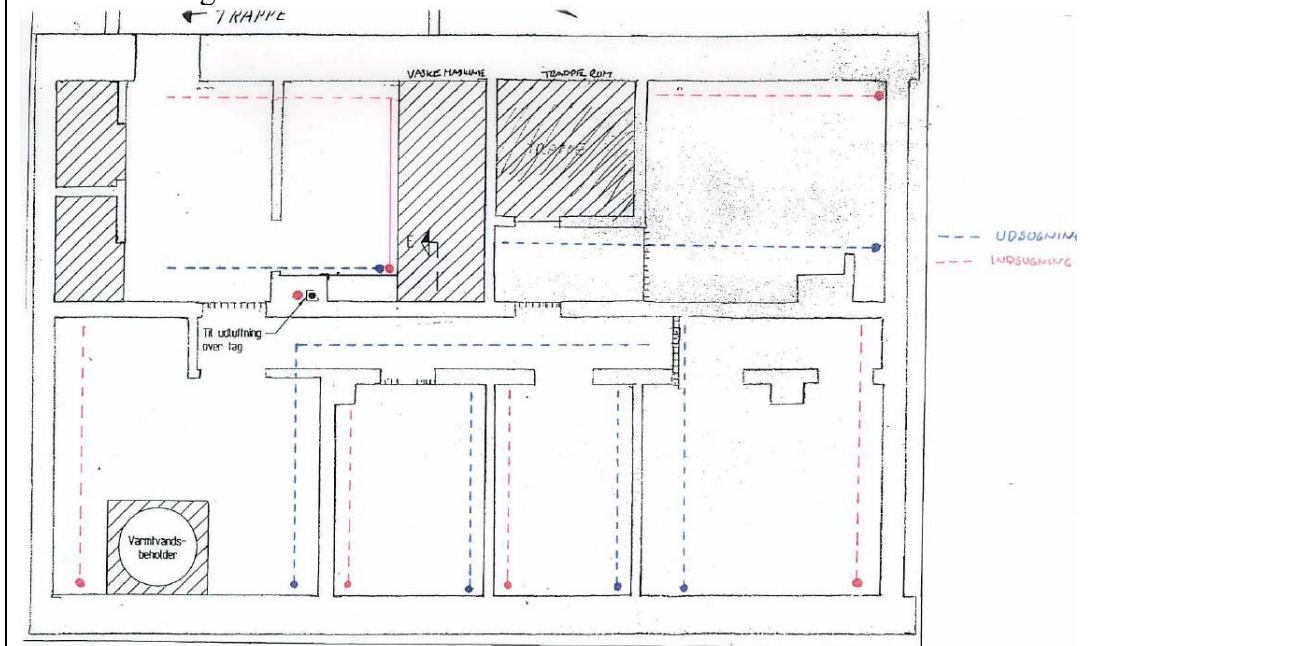
Endvidere er der etableret udluftning fra kælderrummene under nr. Y til over tag. I kælderen under nr. X er der ikke etableret udluftning fra kælderrummene, idet der er etableret mekanisk ventilation i forbindelse med byfornyelsesprojektet sidst i 90'erne.

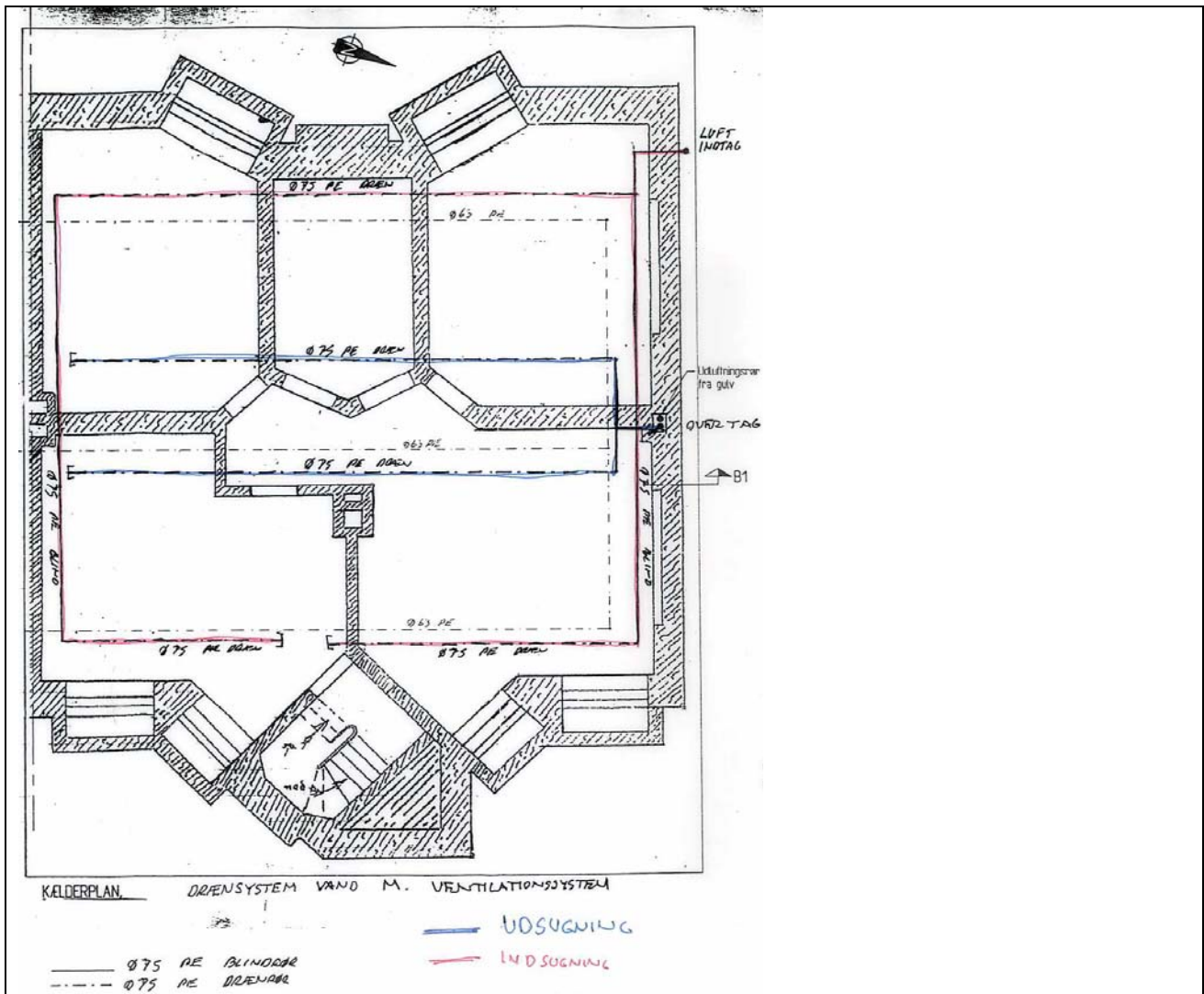
Udsugning sker med vinddrevne ventilationshætter over tag.

For yderligere oplysninger vedr. materialevalg m.m. henvises til udbudsmaterialets "Særlig Arbejdsbeskrivelse" /4/.

Endelig er etageadskillelserne mellem kælder og stueetage i nr. X og Y gennemgået for utætheder. Etageadskillelsen er dog ikke tætnet efterfølgende.

#### Skitse af anlæg:





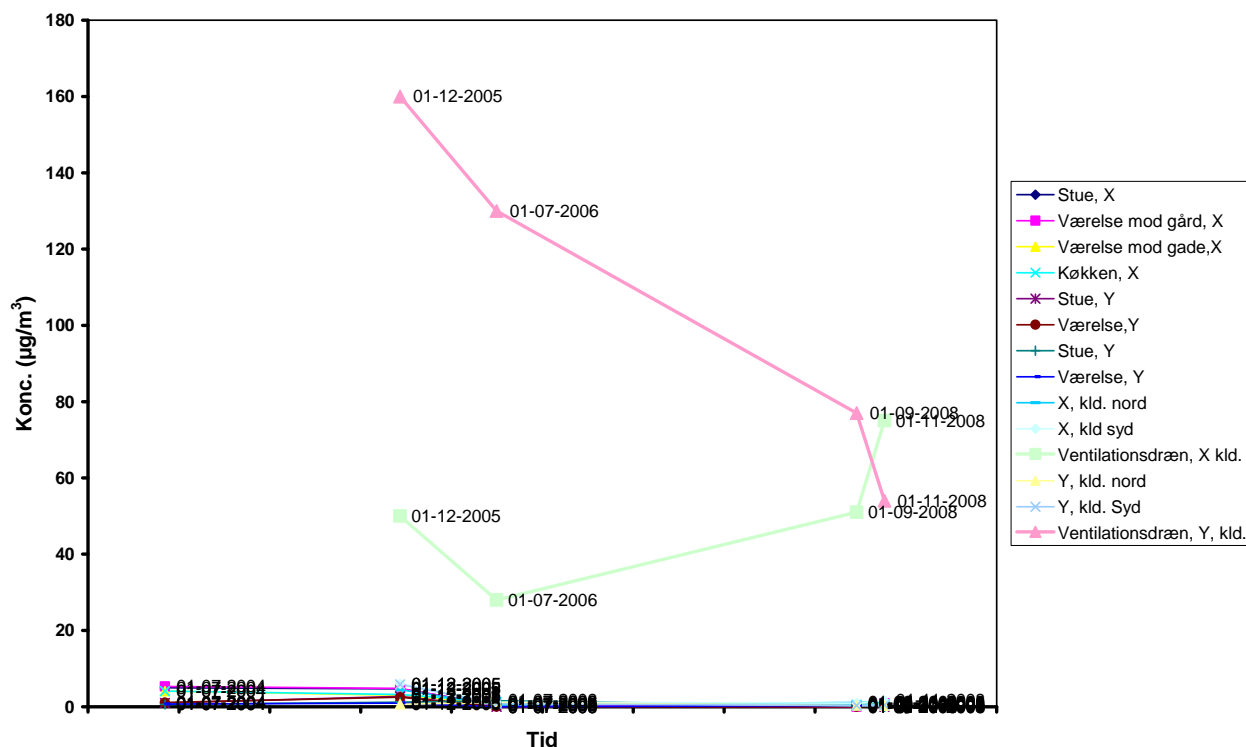
### Drift og monitorering:

Der er gennemført indeklimamålinger i lejlighederne (juli 2004, december 2005 og juli 2006) /1,2/. Herudover er der gennemført indeklimamålinger i september og november 2008 /3/.

Ved hver monitoringsrunde er der anvendt ATD-rør til passiv opsamling af forureningsstoffer i luften. I lejlighederne er ATD-rørene placeret samme sted ved hver monitorering. Derudover er der udført måling i hver af kældrene samt i selve ventilationssystemet. Også her er samme placering som tidligere valgt.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Resultater for TCE er afbildet i figur 1.



Figur 1. Udvikling i koncentrationen af TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) over tid.

Der påvises i 2008 ikke længere forhøjet indhold af TCE i lejligheden. Dette hænger godt sammen med, at koncentrationen af TCE i kælderen også har været relativt lav siden 2006.

Målingerne for hhv. stue og værelse mod gård ligger dog lige omkring afdampningskriteriet, og målingerne i kælderen ligger fortsat lige over afdampningskriteriet.

Der ses stadig en forhøjet koncentration af TCE i ventilationsdrænet, og koncentrationen er faktisk steget siden juli 2005, se figur 1. Dette viser, at jorden under bygningen fortsat er kraftigt forurenet, og det kan ikke udelukkes, at den restforurening, som er efterladt i jorden i gården, kan have spredt sig i den umættede zone ind under huset.

Der kan ikke længere påvises TCE i udeluften i gården.

Der har aldrig været påvist PCE over afdampningskriteriet i hverken lejlighed, kælder eller ventilationsdræn.

Der påvises heller ikke længere forhøjede koncentrationer af TCE i lejlighederne Y st. tv. og st. th. i 2008. Dette hænger godt sammen med, at koncentrationen af TCE i kælderen er faldet markant i forhold til 2006, hvor der sås overskridelser af afdampningskriteriet i indeklimaet. Der påvises

heller ikke længere forhøjede koncentrationer i kælderen under lejlighederne.

Der ses stadig en forhøjet koncentration af TCE i ventilationsdrænet, men koncentrationen er faldet over tiden, se figur 1. Dette tyder på, at koncentrationen af TCE i jorden under bygningen er faldet, men at der dog fortsat findes en kraftig forurening med TCE under huset.

Der har aldrig været påvist PCE over afdampningskriteriet i hverken lejlighed, kælder eller ventilationsdræn.

#### *Afværgeforanstaltninger i kældrene*

I ventilationsdrænet under gulvet i nr. X er påvist koncentrationer af TCE på 51 og 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved målingerne i hhv. september og november 2008. I selve kælderrummet er der i de samme perioder påvist koncentrationer af TCE på maksimalt 1,1 og 1,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Reduktionen mellem koncentrationen, der måles i kælderen, og koncentrationen i ventilationssystemet (under gulvet) har derved ligget på omkring 46 gange.

I ventilationsdrænet under gulvet i nr. Y er der påvist koncentrationer af TCE på 77 og 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I selve kælderrummet er der i samme perioder påvist TCE indhold på maksimalt 0,34 og 0,43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Reduktionen mellem koncentrationen, der måles i kælderen, og koncentrationen i ventilationssystemet (under gulvet) har derved ligget på omkring 125-225 gange.

#### Økonomi:

Anlægsomkostninger (entreprenør): DKK 1.230.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 50.000, excl. moms, incl. 2 x monitorering og afrapportering.

#### Konklusion:

Det konkluderes, at afværgeforanstaltningerne i kældrene fortsat reducerer bidraget til indeklimaet i kældrene betydeligt. Ved målingerne i 2008 ses således en reduktion over kældergulvet i nr. X med en faktor ca. 46 og med en faktor  $>125$  i nr. Y. Dermed vurderes ventilationsdrænet og gulvopbygningen med membran at fungere tilfredsstillende.

Der ses dog fortsat lettere forhøjede koncentrationer af TCE i kælderen under nr. X, hvorfor det kunne overvejes, om den naturlige ventilation i kælderen kunne øges.

Der ses ikke forhøjede koncentrationer i kælderen under nr. Y.

Der ses ikke længere forhøjede koncentrationer af TCE i stuelejlighederne i nr. X og Y. Det vurderes derfor, at forureningen ikke udgør en risiko for indeklimaet i lejlighederne. Der vurderes ligeledes, at der ikke er behov for yderligere tætning mellem etagerne.

I lejligheden i nr. X ses det, at koncentrationerne af TCE ligger lige akkurat under afdampningskriteriet på 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , og at koncentrationen i kælderen ligger lige over. Det anbefales derfor, at der fortsat monitoreres to gange årligt i kælder og lejlighed i Absalonsgade nr. X. Beboerne

i lejligheden nr. X st. opfordres endvidere til at lufte hyppigt ud.

For Absalonsgade nr. Y ses derimod relativt lave koncentrationer af TCE i både kælder og lejligheder, og det vurderes, at der her ikke er behov for fortsat monitoring.

Referenceliste:

- /1/ Miljøkontrollen 2005. Absalonsgade X og Y. Afværgeprojekt i kældre. Som udført notat udarbejdet af NIRAS, dec. 2005.
- /2/ Miljøkontrollen 2006. Supplerende monitoringsrunde for indeklimaet Absalonsgade X-Y. Notat udarbejdet af NIRAS, 5. december 2006.
- /3/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø, 2009. Absalonsgade X og Y. Monitoring af indeklimaet. Notat udarbejdet af NIRAS, 7. januar 2009.
- /4/ Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Absalonsgade X og Y, Kbh. V. Afværgeprojekt i kældre. Særlige betingelser (SB) og Arbejdsbeskrivelse. NIRAS, oktober 2004.

Lokalitetens adresse:  Albanigade, Odense	Bygherre: Fyns Amt/Region Syddanmark  Region: Fyns Amt/Region Syddanmark
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der har været renseri i ejendommen fra 1941 til 1974. Aktiviteten har medført forurening af grundvand, jord og poreluft med tetrachlorethylen (perchlor PCE) fra tidligere renseri. Der er en kraftig forurening af poreluften under størstedelen af ejendommen. Desuden er der forurenede bygningsdele som murværk og fundament ligesom forureningen er trængt ind i skunke o.l. der er udfyldt med isolering. (ejendommen er efterisoleret). Den kraftige poreluftforurening har givet anledning til afdampning af PCE op i ejendommens indeklima. Der er erhverv i stueetage og bolig på 1. og 2. sal.

Ukendt kilde til forureningen, men sandsynligvis spild via afløbssystem og fra kondensationsrør uden for bygningen.

Formål med etablering af anlæg:

Sikring af indeklimaet i beboelsen. Der skal ikke foretages kildefjernelse.

Byggetekniske forhold:

Bygningen er en byejeendom, hvor flere boligenheder er bygget sammen i en karré. Bygningen er opført af mursten funderet på sylsten. Bygningen er formentlig opført før 1900. Bygningen indeholder erhverv i stueetage og beboelse på 1. og 2. sal. Oprindelig gulvopbygning var trægulv på strøer på jord. Etageadskillelse, bærende bjælker med trægulv over og gipsloft under.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Forureningen blev konstateret i forbindelse med Fyns Amts V2 undersøgelser af tidligere renserier. Der er gennemført omfattende undersøgelser til belysning af forureningsudbredelsen i hhv. indeklima, poreluft, jord og grundvand. I indeklimaet er der konstateret indhold af PCE i beboelsedelen på op til 330 µg/m<sup>3</sup> PCE i erhvervslokalerne og op til 250 µg/m<sup>3</sup> i beboelsedelen. I poreluften er der målt op til 130.000 µg/m<sup>3</sup> PCE under erhverv/beboelse, op til 180 mg/kg TS PCE i 5 m's dybde og op til 87.000 µg/l PCE i det terrænnære grundvand (gvs ca. 2,5 m u.t.) .

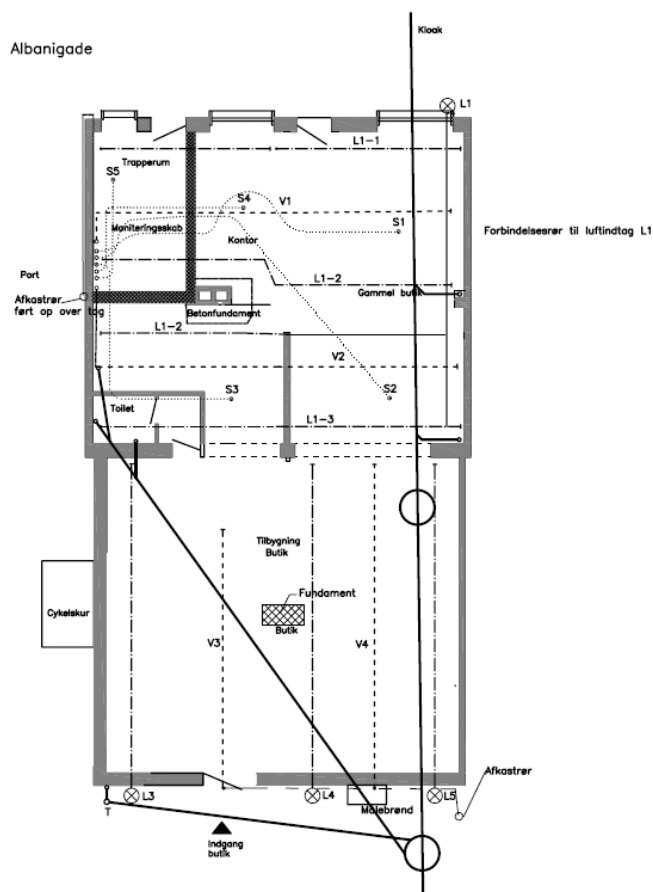
Efter etablering af afværgeanlægget i 2006 er der løbende fulgt op med monitoring 1 til to gange pr. år.

## Beskrivelse af anlæg:

Under den ældste del af bygningen er den gamle gulvkonstruktion brudt op og fjernet. Der er kun fjernet jord i det omfang den nye gulvkonstruktion kræver det. Der er genopfyldt med lecanødder og ilagt ventilationsdræn og luftindtagsrør. Afslutningsvis er der udstøbt nyt betongulv samt udlagt diffusionshæmmende membran under betongulvet. Luftsiftet drives ved passiv ventilation i form af vindhætte suppleret med termisk drift og trykforskel.

Under tilbygningen, som er i åben sammenhæng med hovedbygningen, er der indboret ventilationsdræn i det kapillarbrydende lag. Ventilationsdræn er tilsluttet egen vindhætte. Afslutningsvis er der udstøbt nyt betongulv samt udlagt diffusionshæmmende membran under betongulvet.

## Skitse af anlæg:



### SIGNATURER:

- Kloakledning
- ..... ø6 mm kobber
- Ventilationsrør (blind, ex. PE 100)
- · - · - Ventilationsrør under gulv, indblæsning (ex. Wavin drører ø113 mm)
- · - · - Ventilationsrør under gulv, udsugning (ex. Wavin drører ø113 mm)

█ Eksist. mur/fundament



Drift og monitoring:

### Måling i målesonder (Sx) under gulv samt ventilationsrør (Vx)

Målepunkt	jan-07		maj-07		aug-07		dec-07		nov-08		jun-09	
	TCE	PCE	TCE	PCE	TCE	PCE	TCE	PCE	TCE	PCE	TCE	PCE
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Gammel del af butik i stueetage												
S1	3,4	580	6,6	460	7,8	1.800	-	130	4,9	490	2,8	340
S2	1.700	20	12	1.000	33	2.800	5,5	500	8,3	740	7,8	810
S3	0,55	340	-	84	0,53	92	-	44	-	16	-	21
S4	3,7	2.700	-	-	56	2.500	32	250	23	50	26	30
S5	3,4	12.000	28	7.600	41	21.000	8,6	1.400	8,3	350	14	250
V1	5,9	24.000	23	16.000	41	65.000	7,7	13.000	8,1	3.700	11	6.900
V2	2,9	960	8,5	1.800	19	4.700	2,7	1.200	3,7	640	5,2	960
Tilbygning til butik i stueetage												
V3	1,2	210	1,1	180	0,8	110	-	35	0,63	36	1,3	64
V4	<0,51	5,4	0,97	47	1,6	39	-	44	5,1	220	1,4	74
Uderef.	<0,38	<0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Indeluftmålinger (ATD-rør)

Sted	Juni 2002	Dec. 2002	Nov. 2004	Marts 2005		Maj 2007	Dec. 2007	Nov. 2008	Juni 2009
	PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>		PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>	PCE µg/m <sup>3</sup>
<b>Stueetage, erhverv</b>					Etablering af afværgeanlæg				
Butik, gammel del			<b>71</b>			<b>13</b>	5,1	<b>6,6</b>	1,9
Butik gl. del, WC			<b>100</b>						
Tilbygning		<b>330</b>				<b>8</b>	5,2	5,1	1,2
Gård bag tilbygning (uderef.)		0,38				0,41	0,22	0,3	<0,2
Y-rør (afløb fra køkken 1. sal)				<b>460</b>					
<b>Beboelse 1. og 2. sal</b>									
Trappeopgang	<b>680</b>	<b>290</b>	<b>130</b>			<b>65</b>	<b>49</b>	<b>100</b>	<b>8,2</b>
Soveværelse	<b>58</b>	<b>250</b>	<b>21</b>	<b>260</b>		4,1	3	<b>20</b>	0,55
Spisestue	<b>71</b>					<b>11</b>	<b>8,4</b>	<b>17</b>	3,9
Intern trappe til 2.sal			<b>110</b>						4,5
Badeværelse over gulvafløb				<b>58</b>		5	<b>6,1</b>	<b>12</b>	2,6
Værelse mod Albanigade			<b>75</b>	<b>34</b>					1,6
Stue mod Albanigade				<b>38</b>		<b>15</b>	<b>7,9</b>	<b>15</b>	
Værelse mod gård				<b>58</b>	<b>6,2</b>	<b>7,4</b>	3,3		
Skunk ud mod Albanigade				<b>36</b>					

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Der er sket en reduktion i indholdet af PCE i indeluften i stueetagens erhvervsdel til næsten på niveau med kvalitetskriteriet for indeklima i beboelse.

I beboelsen, 1. og 2. sal samt trappeopgang er der ligeledes sket reduktion, men ikke i så stor grad. Værdierne for PCE i indeluften ligger på niveau med eller op til en faktor 2 over kvalitetskriteriet frem til juni 2009. Målingen her er nok årstidsbestemt og i den lave ende. Målinger gentages til oktober 2009, hvor der forventes lidt højere værdier.

Målingen i november 2008 forventes at være en "singularitet", idet det har vist sig, at vindhætten ikke fungerede, og har ikke fungeret i måske et halvt år. Vindhætten er skiftet ved årsskiftet 2008/2009, og målinger fra juni 2009 viser et betydeligt fald i værdier.

I forbindelse med søgning af årsag til de højere værdier i november er der foretaget en sniffermåling i trappeopgangen langs sammenstøbning mellem gulv og væg. Der blev konstateret steder med opsvivende PCE. Disse revner udbedres. Opsivningen er næppe alene årsag til de væsentlig forhøjede værdier, men i mindre grad medvirkende.

#### Økonomi:

Forundersøgelser: DKK 290.000, excl. moms

Supplerende undersøgelser: DKK 185.000, excl. moms

Projektering, tilsyn med etablering af afværge: DKK 135.000

Entreprenørarbejder afværge: DKK 550.000, excl. moms

Drift og monitorering til og med 2009: DKK 150.000, excl. moms

#### Konklusion:

Afværganlægget i form af passiv ventilation under gulv kombineret med ny gulvkonstruktion af beton til erstatning for trægulv har vist sig at virke effektivt, og over 2 – 5 år vil indholdet af PCE i indeklimaet i beboelsen formentlig være mindre end kvalitetskriteriet. Dermed kan monitoreringen formentlig standses.

#### Referenceliste:

- /1/ Industrikortlægning Odense Kommune. Indledende undersøgelse på tidligere renseri og industrilakering og nuværende autoværksted og metalliseringsvirksomhed, Albanigade X, Odense. Rambøll og Fyns Amt, juli 2003.
- /2/ Odense. Albanigade X. Afgrænsende forureningsundersøgelse og afværgeprogram. Forurennet lokalitet nr. 461-00213. NIRAS og Fyns Amt, oktober 2003.
- /3/ Afværgeforanstaltninger. Særlige betingelser og Særlig arbejdsbeskrivelse. Albanigade X, Odense. Forurennet lokalitet 461-213. NIRAS og Fyns Amt. Februar 2006.
- /4/ Odense. Albanigade X. Drifts og monitoringsrapport, 2007. Forurennet lokalitet 461-213. NIRAS og Region Syddanmark. Juni 2008.
- /5/ Odense. Albanigade X. Monitoring af afværgeanlæg 2008. Forurennet lokalitet 461-213. NIRAS og Region Syddanmark. Januar 2009.

Lokalitetens adresse:  Birkevænget, 4200 Slagelse	Bygherre: VSA  Region: Region Sjælland
---	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>I februar 2006 udfører Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) for Vestsjællands Amt / Region Sjælland en orienterende forureningsundersøgelse på ejendommen, hvor der konstateres forurening med tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE) i poreluftprøver, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterier med på til hhv. ca. en faktor 70 og 5.</p> <p>DMR har efterfølgende i december 2006 udført en supplerende indeklimaundersøgelse på ejendommen for Vestsjællands Amt/Region Sjælland for at afklare, om den konstaterede forurening udgør en risiko for indeklimaet i beboelsen. Der blev i december 2006 konstateret indhold af PCE i indeklimamålingerne på niveau med Miljøstyrelsens afdampningskriterier /3/.</p> <p>Efterfølgende har Region Sjælland anmodet DMR om at udføre endnu en supplerende indeklimaundersøgelse på ejendommen. Formålet med undersøgelsen var at verificere, om det tidligere målte niveau af PCE i indeklimaet er et udtryk for et maximumindhold af PCE i indeluften. Undersøgelsen blev udført i marts-april 2007. Ved denne undersøgelse blev der konstateret indhold af PCE på samme niveau som ved undersøgelsen udført i 2006 /4/.</p> <p>På baggrund af de konstaterede indhold af PCE har Region Sjælland anmodet DMR om at udføre endnu en supplerende indeklima- og poreluftundersøgelse med formål at få data til at kunne vurdere spredningsveje samt for at foretage en nøjere vurdering af indeklimakoncentrationerne i den vestlige del af beboelsen, hvor der er konstateret de højeste koncentrationer.</p> <p>Der er den 10. maj 2007 udført 4 poreluftmålinger og i perioden 1. juni 2007 til 11. juni 2007 foretaget otte indeklimamålinger på ejendommen. Der konstateres indhold af PCE i indeklimamålingerne, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium med op til en faktor 3. På baggrund af seneste målinger etablerer grundejer selv 4 ventilationsriste i tilbygningen for tidligere strygestue, hvorefter Amtet rekvirerer to ekstra målerunder for at dokumentere virkningsgraden af ventilationen.</p> <p>I september og november 2007 udføres 3 indeklimamålinger i tidligere strygestue, hvor højeste koncentrationer tidligere er målt. Målingerne overholder Miljøstyrelsens afdampningskriterium, og ventilationen vurderes at virke.</p>
---

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med de 4 ventilationsriste er at skabe en permanent afskærende foranstaltning.</p>
---



Drift og monitorering:

Der er ingen igangværende monitorering på anlægget.

Der er ikke foretaget målinger af tryk og flow i anlægget.

Der er ikke foretaget målinger af udsugningsluften.

Der renses ikke på luften inden den udledes.

Der er i september og november 07 efter etablering af ventilationsriste udført målerunder, der overholder Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter etablering af ventilationsriste, er det lykkedes at nedbringe indeluftkoncentrationerne af PCE til under Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

Effektiviteten er målt udelukkende vha. ATD-målinger af indeluften.

Økonomi:

Konklusion:

Referenceliste:

Lokalitetens adresse:  Engvej, Aalestrup	Bygherre: Viborg Amt  Region: Viborg Amt /Region Nordjylland
--	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Tidligere renseri i bygningen. Omfattende forurening med chlorerede opløsningsmidler (PCE). Forureningen stammer formentlig fra spild og/eller utætheder i kloaksystemet. Har ikke været muligt at lokalisere, hvor spild eller lignende er sket. Poreluftforurening i umættet zone under bygningen giver anledning til uacceptabel afdampning til indeklima.</p> <p>Tidligere udført oprensning af området ved vakuumeekstraktion og airsparging, pga. forureningsspredning til grundvandet og indeklimaproblemer i bygninger langs hele Engvej.</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Sikring af indeklima i beboelsen. Permanent foranstaltning.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Bygningen anvendes til bolig. Bygningen er opført i 1950'erne. I 1969 blev der opført en tilbygning til ejendommen (østlige del af stuen). Bygningen er opført i flere plan med kælder under den midterste del. Gulvet i kælderen er udført af ca. 10 cm beton, delvist belagt med fliser og tæpper. Betongulvet er støbt ud på sand. Lofthøjden i kælderen er ca. 2,0 m. I den nordlige del af beboelsen er gulvet udført med 7-8 cm beton. Der er tæppe/vinyl på gulvene. Betongulvet er udstøbt på en 30-40 cm sandpude. Lofthøjden i denne del af beboelsen er ca. 2,5 m. I den sydlige del af beboelsen er gulvet hævet i forhold til nordlige del. Under en del af den sydlige del findes kælderen. Gulvet i den sydlige del af beboelsen er udført med ca. 10 cm beton. Der er tæppe/vinyl på gulvene. Under betongulvet findes dels kælderen dels sand. Lofthøjden i denne del af beboelsen er ca. 2,35 m. Fundamentet ca. 30 cm tykt. I den del af bygningen, hvor der ikke er kælder, har fundamentet en dybde på ca. 0,9 m. I den del af bygningen, hvor der er kælder, har fundamentet under kælderen en dybde på ca. 0,5 m.</p>
---

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Sikring af indeklima i beboelsen. Permanent foranstaltning.

Kildestyrke: Efter vakuumelekstraktion og airsparging er forureningspåvirkningen under gulvet nedbragt til  $1.750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I jordluften ses en påvirkning på op til  $7.600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I indeklimaet er påvist  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Materialer fra det kapillarbrydende er undersøgt i forbindelse med udførte målepunkter under gulv.

Ventilationstest er udført i indborede dræn, efter etablering.

Beskrivelse af anlæg:

Anlægget er udformet med 10 ventilationsdræn indboret under bygningen. Ventilationsdræne er fordelt på 2 streng, med afkast over tagryg. 5 luftindtag.

Ventilationsdræn og luftindtag under gulv: Ø63 mm PE dræn med 1 mm slidser, åbent areal ca. 10 %. Filterlængde 0,5 m.

Blindrør under gulv, som benyttes til ventilationsrør og luftindtag, udføres som ø63 mm PE.

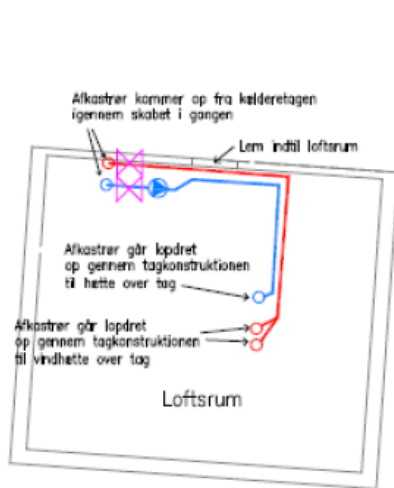
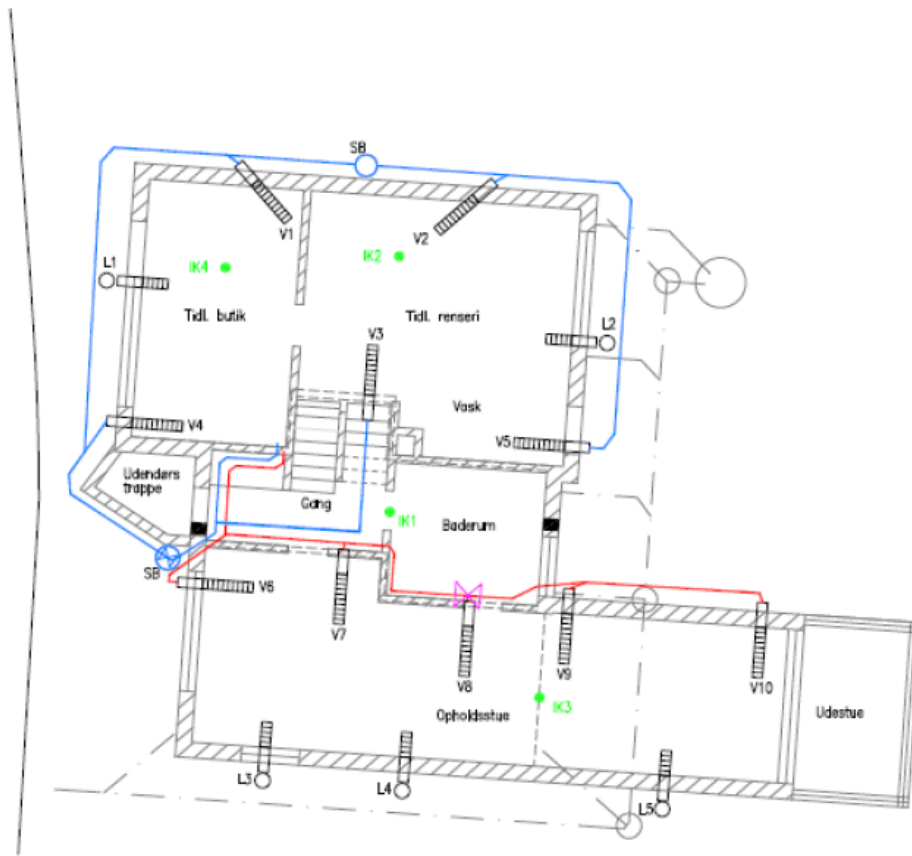
Som afkastør (over terræn/ i bygning) er anvendt ø70 mm galvaniserede LORO-X.

Oprensning og indeklimasikring er gennemført ved følgende tiltag:

- Oprensning af området ved vakuumelekstraktion og air sparging. 1997-2004.
- Etablering af passiv (vindreven) ventilation under gulv. Maj 2005.
- En del af det passive ventilationssystem suppleres med en aktiv ventilator. December 2006.
- Adskillelse af rørsystemerne (system 1 og 2) for opnåelse af bedre flow. November 2007. Ventilation af det kapillarbrydende lag under gulvet i stueetagen. Ventilationssystem 1 drives af en eldreven ventilator, med afkast over tag, mens ventilationssystem 2 drives passivt af to vindhætter placeret over tag.
- Etablering af vandudskillere på ventilationssystemet for aftømning af nedsivende overfladevand, som trækkes med ind i ventilationssystemet ved undertrykket fra ventilatoren. November 2008.



Skitse af anlæg:



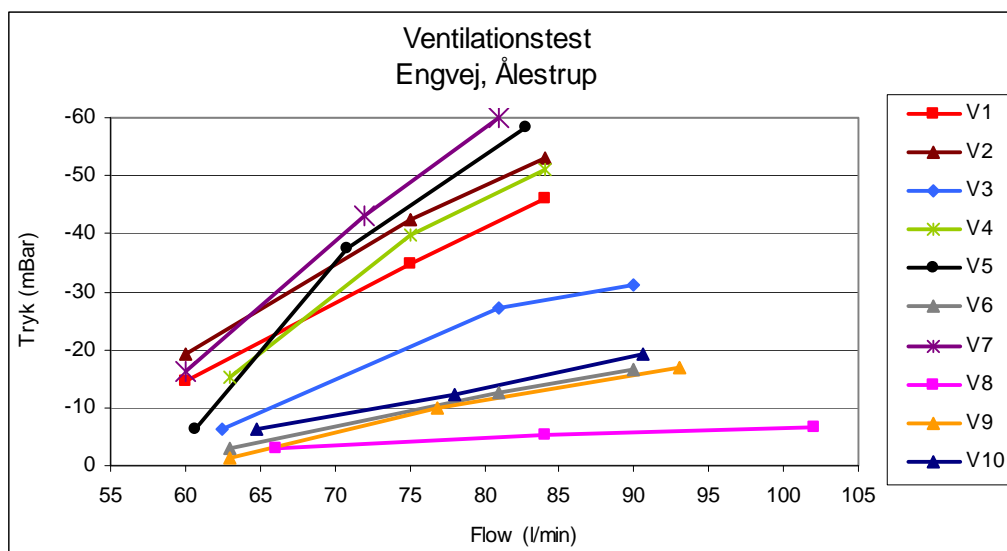
Bemærk: Loftsrum ikke målfast

SIGNATURER:

- V Ventilationsdræn
- Luftindtag (under gulv i stueplan)
- Ventilationer system 1
- Ventilationer system 2
- Alkostrer i loftsrum
- Målepunkt, hvor der i perioder ophænges målerer
- SB Sølmebrand. Med ventiler og målestude
- Reguleringsventil
- Rit i væg/vindue i kælderen
- Ventilator
- Vindudsætter

## Drift og monitoring:

### Ventilationstest.



### Flowmålinger i afkastrør og vindmåling:

	August 2005 Samlet afkast	December 2005 System 1	Januar 2006 System 2
Flow i afkastrør m <sup>3</sup> /t	1,4-14	0,7-6,7	0,7-6,7
Vindmåling lokalt (Engvej) m/s	0-1,8	0-3,0	0-2,0
Vindmåling, DMI (Karup) m/s	0-9,0	0-12,0	0-6,5

Dato	Driftsstatus			Kælder	Stueplan, tidl. renseri mv.		Hævet stueplan
					Renserilokale	Butik	
	Aktiv ventilation	Passiv ventilation	Vakuumentilation <sup>2)</sup>	IK1	IK2	IK4	IK3
1.-15. december 2003	Før aktiv ventilation	Før passiv ventilation	11. mdr. pause	20	24	i.m.	15
6. maj-1.juni 2004	Før aktiv ventilation	Før passiv ventilation	3,5 mdr. pause	4,3	i.m.	i.m.	i.m.
8.-17. august 2005	Før aktiv ventilation	3 mdr. passiv drift	18 mdr. pause,	11	10	i.m.	2,2
13. dec. 2005 – 6. januar 2006	Før aktiv ventilation	7 mdr. passiv drift	22 mdr. pause	17	16	i.m.	2,3
19. marts-2. april 2007	3 mdr. aktiv drift	22 mdr. passiv drift	37 mdr. pause (anlæg fjernet og boringer sløjfet)	5,2	3,5	i.m.	20
6.-20. december 2007	12 mdr. aktiv drift 1 mdr. adskillelse af ventilationssystem	31 mdr. passiv drift	46 mdr. pause (anlæg fjernet og boringer sløjfet)	2,4	1,8	1,8	1,3
4.-18. december 2008	24 mdr. aktiv drift 13 mdr. adskillelse af ventilationssystem	43 mdr. passiv drift	58 mdr. pause (anlæg fjernet og boringer sløjfet)	1,5	1,5	1,1	1,6
Kvalitetskriterium <sup>1)</sup>				6			

1) Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 6 1998, "Oprydning på forurenede lokaliteter".

Rastemarkering: overskridelse i forhold til Miljøstyrelsens afdampningskriterium på 6 µg/m<sup>3</sup>

2) Før ventilation under gulvet har der pågået en oprensning i området ved vakuumentrækning. Vakuumentrækningen er slukket i 2004 og fjernet i 2006. i.m. Ikke målt

**Tabel 1: PCE i indeklimaet, µg/m<sup>3</sup>**

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Da begge systemer var passive havde anlægget ikke den ønskede effekt formentlig pga. et siltholdigt kapillarbrydende lag, hvori den ene drænstreng var indboret. Efter udbygning af systemet med en passiv streng og en aktiv streng er alle kriterier overholdt i indeklimaet.

#### Økonomi:

Etablering af passiv ventilation: DKK 170.000, excl. moms, 2005.

Drift- og monitoringsudgifter 1 år efter etablering ca. DKK 70.000, excl. moms, 2005.

#### Konklusion:

Etablering af passiv vent.: Ja, for område med sandlag som kapillarbrydende lag. Nej, for område med siltlag som kapillarbrydende lag.

Udbygning med aktiv vent. i område med siltlag som kapillarbrydende lag: Ja, for begge områder.

#### Referenceliste:

Lokalitetens adresse:  Fasanvej X, Skuldelev, 4050 Skibby	Bygherre: Region Hovedstaden  Region: Hovedstaden
---	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>På lokaliteten Vestergade 5, Skuldelev, har der i perioden 1969-1983 været en metalvirksomhed. Virksomhedens aktiviteter har givet anledning til en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE), af jord og grundvand på og omkring lokaliteten.</p> <p>Forureningen har spredt sig i jord, poreluft og grundvand ind under en række ejendomme, herunder Fasanvej X. Ud fra den kortlagte forurening i grundvandet er det vurderet, at der kan være en potentiel risiko for en uacceptabel afdampning fra grundvandet til indeluften i bygningen på Fasanvej X.</p> <p>I forbindelse med efterfølgende indeklimateundersøgelser /1,2,3,4/, er der påvist en uacceptabel påvirkning af indeklimaet på Fasanvej X med PCE.</p> <p>På Fasanvej X er der tidligere påvist koncentrationer af PCE i indeluften på op til 25 µg/m<sup>3</sup> og TCE på 1,4 µg/m<sup>3</sup> i stueplan. I kælderen under en del af bygningen er der påvist koncentrationer af PCE i indeluften på op til 58 µg/m<sup>3</sup> og TCE på 3,9 µg/m<sup>3</sup>.</p>
---

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med etablering af anlægget med passiv ventilation er væsentligt at reducere transporten af forurenede poreluft med chlorerede opløsningsmidler fra jorden under bygningen til indeluften i bygningen.</p> <p>Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.</p>
--

#### Byggetekniske forhold:

Der er ikke gennemført en egentlig byggeteknisk gennemgang af ejendommen.

Huset er fra 1875 og er udbygget af flere omgange. Senest omkring 1980, hvor der er lavet en større tilbygning.

Den oprindelige bygning er benævnt Bygning A, mens Bygning B er en tilbygningen fra omkring 1980. Under en del af bygning B er der kælder.

#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

For kortlægning af udgravningsgeometrien er der gennemført en geoteknisk undersøgelse.

Der er udført målinger af forureningskoncentrationerne under gulv inden etablering af anlæg /1,2,3,4/.

Der er ikke gennemført ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.

#### Beskrivelse af anlæg:

De etablerede afværgeforanstaltninger har omfattet etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion i kælderen. Afværgeforanstaltningerne er etableret i perioden maj – oktober 2006.

Afværgeforanstaltningerne er beskrevet i /5,6/.

Bygningen er opdelt i 2 dele: bygning A og B. Bygning A er den oprindelige del af huset, mens bygning B er en tilbygning.

#### Bygning A:

Ca. 35 cm under den eksisterende gulvoverflade findes et eksisterende sammenhængende betondæk. Den eksisterende gulvkonstruktion er opbrudt ned til dette betondæk.

Oven på det eksisterende betondæk er den nye gulvkonstruktion opbygget. Der er udlagt et ca. 80 mm kapillarbrydende lag af lecasten. I dette lag er der etableret et dobbelt drænsystem. Drænene (ø65/75 mm PVC rør) er lagt skiftevis for ind sugning og udsugning. Drænene er forbundet i 2 systemer til 2 svanehalse (ø70 mm galvaniseret) hhv. på den nordlige og østlige facade.

Over det kapillarbrydende lag er der udlagt 80 mm trykfast isolering, hvorover der er udlagt 70 mm armeret betondæk. Mellem isolering og betondæk er der udlagt en R.A.C. membran. Membranen er svejst i samlingerne og fastgjort til væggene med fiberklemskinne fuget med Abokol. Steder, hvor væggen var ujævn, er der glatpudset inden etablering af membranen.

Ventilationen af det kapillarbrydende lag sikres ved naturlig ventilation gennem de etablerede svanehalse, hvor trykforskelle på de 2 facader af huset sikrer ventilationen.

### Bygning B:

I denne del af huset fandtes allerede et 200-250 mm kapillarbrydende lag af lecasten i den eksisterende gulvkonstruktion.

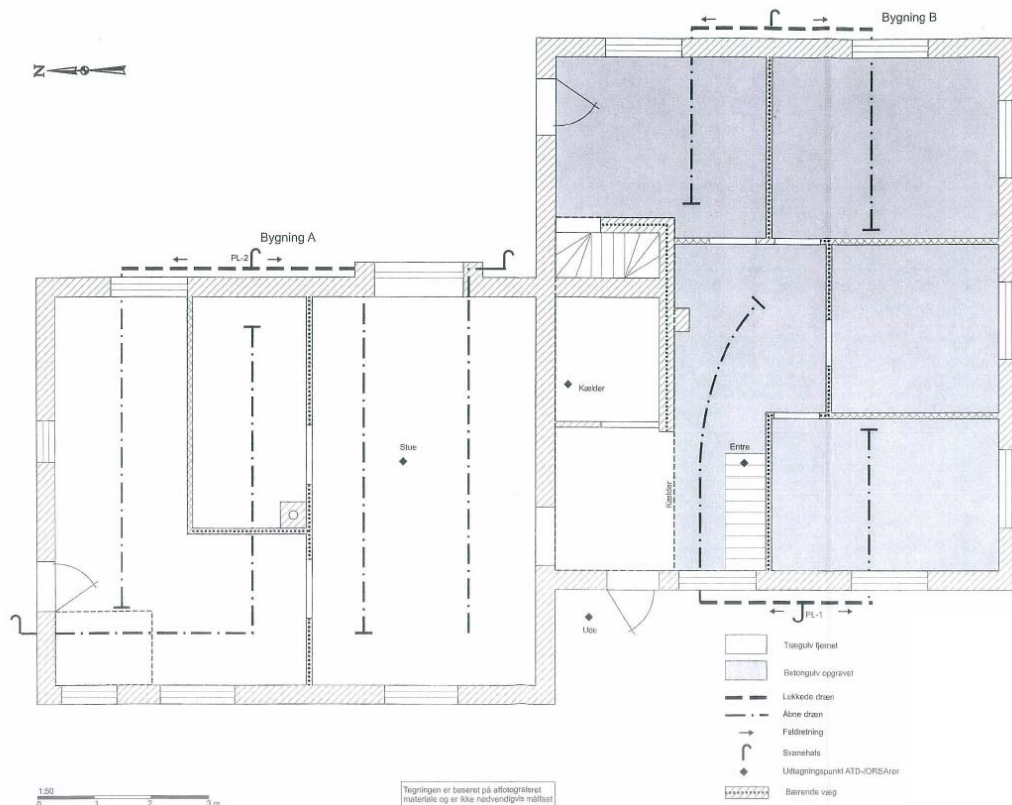
Det eksisterende armerede betondæk på 100 mm blev opbrudt i render. I renderne er der i det kapillarbrydende lag etableret et dobbelt drænsystem. Drænene (ø65/75 mm PVC rør) er lagt skiftevis for ind sugning og udsugning. Drænene er forbundet i 2 systemer til 2 svanehalse (ø70 mm galvaniseret) hhv. på den østlige og vestlige facade.

Ved retablering af renderne er den eksisterende armering i betondækket forstærket. Efter etablering af drænene er hele pudslaget på hele det eksisterende betondæk opbrudt og der er udlagt en R.A.C. membran. Membranen er svejst i samlingerne og fastgjort til væggene med fiberklemskinne fuget med Abokol.

Oven på R.A.C. membranen er der afsluttet med et 3-5 mm pudslag.

I kælderen under en del af bygning B er betondækket opbrudt og der er etableret et tyndt afretningslag af ikke skarpe materialer. Oven på dette er etableret membran og betondækket er genstøbt. Der er således ikke etableret ventilation under kældergulvet.

### Skitse af anlæg:



Drift og monitorering:

Driften af anlægget er opstartet i takt med at anlægget er etableret.

Umiddelbart efter anlæggets etablering er der gennemført nye indeklimatemålinger i november 2006 /6/.

Indeklimatemålingerne viser en markant stigning i koncentrationen af PCE og TCE i stueetagen til 83 µg/m<sup>3</sup> og 6,8 µg/m<sup>3</sup>. Det er bemærkelsesværdigt set i lyset af de etablerede afværgeforanstaltninger.

Der er ikke gennemført måling af luftflowet ud af svanehalene, og dermed en indirekte vurdering af luftskiftet i det kapillarbrydende lag.

Indeklimatemålingerne er gentaget i maj og juni 2007. Målingerne i maj og juni 2007 har vist en yderligere stigning i indholdet af PCE og TCE /7/.

De gennemførte indeklimatemålinger fremgår af nedenstående tabel.

Fasanvej X		Rør	Chloroform	1,1,1-TCA	TCM	TCE	PCE
			µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Kælder	apr-06	ATD	<0,69	<0,83	<0,75	3,9	58
	nov-06	ATD	0,39	<0,20	0,19	57	620
	maj-07	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	>670	>1300
	jun-07	ATD	0,41	<0,20	0,29	670	8.600
	jun-07	ORSA	0,28	0,17	0,33	560	5.300
Entré	nov-06	ATD	0,17	<0,20	0,25	6,8	83
	maj-07	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	30	>220
	jun-07	ATD	0,14	<0,20	0,31	7,9	130
	jun-07	ORSA	0,14	<0,10	0,34	10	100
Værelse	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	0,77	15
Stue	mar-05	ATD	<0,20	<0,20	<0,20	1,4	25
	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	0,48	11
	nov-06	ATD	0,19	<0,20	0,2	3,7	47
	maj-07	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	11	>100
	jun-07	ATD	<0,20	<0,20	0,28	2,7	35
	jun-07	ORSA	0,14	0,18	0,34	2,8	27
Ref. Ude	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	<0,098	0,21
	maj-07	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	<0,099	0,71
	jun-07	ATD	<0,20	<0,20	0,32	<0,20	0,75
	jun-07	ORSA	<0,10	0,18	0,35	<0,10	0,27
Kvalitetskriterium for luft			20	500	5	1	6

Indeklimatemålinger april 2006 – juli 2007. **Fed: kvalitetskriterium for luft overskredet**

Med udgangspunkt i de stigende koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet efter etablering af afværgeforanstaltningerne har Region Hovedstaden iværksat en række supplerende undersøgelser for at kortlægge mulige årsager til de stigende koncentrationer. For at nedbringe koncentrationsniveauet i indeklimaet har Region Hovedstaden desuden etableret et midlertidigt afværgetiltag, mens undersøgelserne gennemføres. Ved det midlertidige afværgetiltag ventileres aktivt under gulv i stueetagen og i kælderens.

De supplerende undersøgelser har omfattet /8/:

- Pejling af grundvandsstand i sekundært magasin
- Lokalisering af spredningsveje med sniffermetoden
- Kortlægning af forureningsbillede i umættet zone med Gore-Sorber
- Lokalisering af spredningsveje med sporgasmålinger

#### Pejling af grundvandsstand i sekundært magasin

Der er gennemført pejlinger i 4 udvalgte borer placeret i området omkring Fasanvej X. Boringerne er alle filtersat i 2 niveauer i det sekundære magasin.

Grundvandsspejlet er pejlet for at kortlægge evt. variationer, der har kunnet medvirke til en øget afdampning af chlorerede opløsningsmidler til indeluften på Fasanvej X. En stigning i grundvandsspejlet vurderes således at kunne give anledning til en øget afdampning, dels fordi afdampningen fra forureningskomponenterne i det sekundære grundvand vil ske nærmere terræn dels fordi stigningen i vandspejlet vil kunne give anledning til, at forurenede poreluft langsomt presses op under fundamenter og gulvkonstruktioner og evt. strømmer igennem revner og andre utætheder i konstruktionen.

Ved de gennemførte pejlerunder ses vandspejlsvariationer på op til 25 cm. Da der ikke umiddelbart er observeret et markant stigende vandspejl i det sekundære magasin, vurderes de stigende koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet på Fasanvej X ikke at kunne skyldes et stigende vandspejl i det sekundære magasin.

#### Lokalisering af spredningsveje med sniffermetoden

For at lokalisere evt. spredningsveje for chlorerede opløsningsmidler efter etablering af afværgeforanstaltningerne på Fasanvej X er der gennemført en kortlægning af indtrængning af tetrachlorethylen PCE i kælder og stueetage ved sniffermetoden.

Der er konstateret indtrængning af PCE i 4 punkter i kælderen og i 2 punkter i det sydøstlige hjørne af ejendommen.

I de punkter, hvor der er lokaliseret indtrængning af PCE til kælderen, vurderes spredningsveje primært at være utætheder i støbeskellet mellem kældervægge og det nye kældergulv. I de punkter, hvor der er lokaliseret indtrængning af PCE i stueetagen, kan indtrængning langs vægge eksempelvis ske, hvis den diffusionshæmmende membran ikke er hæftet forskriftsmæssigt.

#### Kortlægning af forureningsbillede i umættet zone med Gore-Sorber

For at få et bedre billede af forureningsintensiteten af chlorerede opløsningsmidler i den umættede zone og dermed bl.a. et billede af, hvorfra der kan forventes den største afdampning til indeklimaet, er der gennemført en undersøgelse med Gore-Sorber® Screening Survey.

Resultatet af undersøgelsen viser, at koncentrationsbilledet i store træk er i overensstemmelse med det billede, der tidligere er set i det sekundære grundvand og i poreluften. De højeste indhold af



PCE er således påvist på den sydlige del af ejendommen. Derudover er der påvist relativt høje indhold af PCE ved kloakbrønden i Fasanvej.

Omkring bygningen på Fasanvej X er der ikke påvist særligt høje indhold af PCE. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at den samtidige drift af midlertidig aktiv ventilation under gulv kan have påvirket mængden af chlorerede opløsningsmidler, der er adsorberet på Gore-Sorber modulerne omkring bygningen.

#### Lokalisering af spredningsveje med sporgasmålinger

For at få et billede af, hvor meget af bidraget af forureningskomponenter i stueetagen, der kan henføres fra spredning fra kælderen, har Region Hovedstaden gennemført sporgasmålinger ved PFT-metoden. Målingen er gennemført i en periode, hvor den midlertidige aktive ventilation under gulv og i kælder har været i drift. Lemmen til kælderen fra stueetagen har været lukket.

Resultatet af sporgasmålingerne viser, at der i gennemsnit er en luftoverføring fra stueetagen til kælderen på ca.  $10 \text{ m}^3/\text{time}$ , mens der ikke forekommer luftoverføring fra kælderen til stueetagen.

Tilførslen af udeluft til kælderen er ca.  $16 \text{ m}^3/\text{time}$ , svarende til et luftskifte i kælderen på ca. 0,8 gange/time, mens tilførslen af udeluft til beboelsen er ca.  $118 \text{ m}^3/\text{time}$ , svarende til et luftskifte på ca. 0,27 gange/time. Der er således en samlet lufttilførsel til kælderen på  $26 \text{ m}^3/\text{time}$  fra udeluft og luft fra stueetagen.

#### Midlertidig aktiv ventilation

Den midlertidige aktive ventilation under gulv er etableret ved at suge med en vakuumpumpe på det eksisterende drænsystem under gulvet. I kælderen er der opstillet et udsugningsanlæg for midlertidig ventilation af luften i kælderen. Luftafkastet fra vakuumpumpen og udsugningsanlægget er tilsluttet kulfilter, hvor den opsugete luft renses inden det udledes til atmosfæren.

Fra drænsystemerne under gulv og fra kælderen er der samlet udsuget omkring  $100 \text{ m}^3/\text{time}$ . I perioden fra den 14. september 2007 – 15. februar 2008 er der i alt udsuget omkring  $250.000 \text{ m}^3$  luft fra drænsystemerne under gulv. Fra kælderen er der i perioden 19. oktober 2007 – 15. februar 2008 i alt udsuget omkring  $80.000 \text{ m}^3$  luft.

Moniteringen af koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften har givet følgende hovedresultater:

- Koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen før opstart af den midlertidige aktive ventilation vurderes som udgangspunkt ikke at give anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i stueetagen på Fasanvej X.
- Efter opstart af den midlertidige aktive ventilation ses en stigning af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften fra det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen. Stigningen vurderes at kunne hænge sammen med, at der ved den øgede ventilation trækkes luft til fra områder med højere koncentrationer.

- Koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften fra det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen er efter ca. 2 måneders midlertidig aktiv ventilation faldet til niveauet før opstart af den aktive ventilation.
- Koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i luften i kælderen efter etablering af afværgetiltag har været markant stigende, hvilket indikerer, at der ved ventilationen trækkes forurenede luft til kælderen ved den øgede ventilation.
- For kontrol af luftbalancen blev lufttilstrømningen gennem luftindtaget til kælderen målt. Her blev det konstateret, at der strømmede under 5 m<sup>3</sup>/time ren udeluft til kælderen. Ved en udsugning på omkring 30 m<sup>3</sup>/time kommer der således 25 m<sup>3</sup>/time andet steds fra.
- Det kan f.eks. være gennem revner i kældervægge og ved installationsgennemføringer. Da der er etableret et nyt kældergulv med difussionshæmmende membran, vurderes spredning gennem kældergulv ikke at være en væsentlig spredningsvej. Ved sniffermålingerne er der lokaliseret spredning af forurening i støbeskellet mellem kældervægge og det nye kældergulv.
- Der blev lokaliseret et gammelt afløbsrør, der stak ud af kældervæggen. Afløbsrøret har ifølge grundejer tidligere været anvendt som afløb til et nedsivningsanlæg i haven, inden ejendommen blev tilsluttet offentlig kloak. Forureningen vurderes at kunne spredes fra poreluften under bygningen gennem utætheder i afløbsrøret til kælderen.
- Afløbsrøret blev monteret med en prop og koncentrationen af PCE i udsugningsluften fra kælderen falder efterfølgende til under 40 µg/m<sup>3</sup>.
- Det ikke afproppede afløbsrør vurderes således at være en væsentlig spredningsvej for forureningen under og omkring ejendommen til kælderen.

Ved den midlertidige aktive ventilation i perioden frem til 15. februar 2008 er der estimeret en fjernet mængde af chlorerede opløsningsmidler på omkring 1.750 gram.

Der er ikke påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i den opsugede rensede luft, der udledes til atmosfæren.

I forbindelse med den midlertidige aktive ventilation er der gennemført 2 runder med indeklimamålinger i kælder og stueetage.

Den første runde er gennemført umiddelbart inden opstart af midlertidig aktiv ventilation i kælder for at vurdere effekten af en øget ventilation af ventilationssystemet under gulv alene. Målingen viser, at der ikke er den store forskel på koncentrationsniveauet i kælder og i stueetage. Grundejer har efterfølgende oplyst, at lemmen mellem kælder og stueetage periodevist har stået åben. Det vurderes derfor, at koncentrationsniveauet i stueetagen i høj grad har været påvirket af afdampning fra kælderen, hvorfor det ikke er muligt at vurdere effekten af en øget ventilation af ventilationssystemet under gulv alene.

Den anden runde er gennemført ca. halvanden måned efter opstart af den midlertidige aktive ventilation i kælder for at vurdere effekten af en øget ventilation under gulv kombineret med en

ventilation af kælderen. Målerunden er gennemført efter afpropning af afløbsrør i kælder og samtidig med sporgasmålingerne. I perioden har lemmen mellem kælder og stueetage været lukket.

Resultatet af den anden runde viser, at koncentrationsniveauet af PCE og TCE i kælderen er nedbragt til et indhold på hhv. 23 og 5,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I stueetagen er koncentrationsniveauet af PCE og TCE nedbragt til under kvalitetskriterierne.

Ventilation af kælderen kombineret med afpropning af afløbsrør har således medført en markant reduktion i koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i luften i kælderen. Kombineret med, at lemmen mellem kælder og stueetage har været lukket og aktiv ventilation under gulv, er afdampningsbidraget til stueetagen fra kælder og jorden under gulv i stueetagen reduceret til under kvalitetskriterierne for chlorerede opløsningsmidler.

Sporgasmålingerne har vist, at der i forbindelse med de sidste indeklimatemålinger ikke har været luftoverføring fra kælderen til stueetagen. På den baggrund vurderes det, at de koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler, der er påvist i stueetagen ved den anden runde af indeklimatemålinger (under kvalitetskriterierne), i høj grad alene kan henføres til spredning fra under gulv i stueplan. Mulige spredningsveje kan være langs vægge, eksempelvis hvis fastgørelse af den diffusionshæmmende membran på væg/sokkel ikke er tilstrækkelig tæt.

Efterfølgende er den midlertidige aktive ventilation stoppet i december 2008. Samtidig blev afløbsrøret i kælderen sløjftet permanent ved at kældervæggen blev opbrudt ved afløbsrøret og afløbsrøret afskåret uden for væggen og monteret med en permanent prop og væggen muret op igen. Ligeledes blev der opgravet uden for bygningen, hvor der blev gravet ned til afløbsrøret, hvor det blev afskåret og monteret med en permanent prop.

Efterfølgende er der i februar 2009 gennemført nye indeklimatemålinger i en periode, hvor lemmen mellem kælder og stueplan har været åben.

Ved indeklimatemålingerne er der påvist et meget ensartet indhold af PCE i kælder, stueplan og på 1. sal på 8 – 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der er ikke påvist indhold af TCE ved indeklimatemålingerne.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter afpropning af gammelt kloakrør til kælderen er det lykkedes at nedbringe koncentrationerne af PCE i indeluften ved etablering af passiv ventilation under bygning til omkring afdampningskriteriet, mens der ikke detekteres andre chlorerede opløsningsmidler.

Økonomi:

Anlægsomkostning (entreprenør): DKK 800.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 30.000, excl. moms

#### Konklusion:

Efter etablering af passiv ventilation under bygningen er det ikke lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE og TCE til under afdampningskriterierne i indeluften i bygningen. Tværtimod stiger koncentrationerne meget markant.

Supplerende undersøgelser retter fokus mod et gammelt afløbsrør, der stak ud af kældervæggen. Afløbsrøret har ifølge grundejer tidligere været anvendt som afløb til et nedsivningsanlæg i haven, inden ejendommen blev tilsluttet offentlig kloak.

Efter afpropning af afløbsrøret er det lykkedes at nedbringe koncentrationerne af PCE i indeluften ved etablering af passiv ventilation under bygning til omkring afdampningskriteriet, mens der ikke detekteres andre chlorerede opløsningsmidler.

#### Referenceliste:

- /1/ Frederiksborg Amt. Vestergade 5, Skuldelev. Indeklimaundersøgelse. 11. april 2005. NIRAS
- /2/ Frederiksborg Amt. Fasanvej Y og X, Skuldelev. Indeklima og poreluftmålinger. November 2005. NIRAS
- /3/ Frederiksborg Amt. Vestergade 5, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. Juli 2006. NIRAS
- /4/ Frederiksborg Amt. Fasanvej X, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. September 2006. NIRAS
- /5/ Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø. Fasanvej Y og X, Skuldelev. Afværgetiltag. Særlige Betingelser (SB) og Særlige Arbejdsbeskrivelser (SAB). April 2007. NIRAS
- /6/ Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø. Fasanvej X, Skuldelev. Afværgeforanstaltninger. Afslutningsrapport. November 2006. NIRAS
- /7/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Fasanvej X, Skuldelev. Frederikssund Kommune. Supplerende indeklimaundersøgelse. 27. juli 2007. NIRAS
- /8/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Fasanvej X, Skuldelev. Frederikssund Kommune. Supplerende undersøgelser og midlertidig aktiv ventilation. 1. april 2008. NIRAS

Lokalitetens adresse: Fasanvej Y, Skuldelev, 4050 Skibby	Bygherre: Region Hovedstaden  Region: Hovedstaden
---	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>På lokaliteten Vestergade 5, Skuldelev, har der i perioden 1969-1983 været en metalvirksomhed. Virksomhedens aktiviteter har givet anledning til en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE), af jord og grundvand på og omkring lokaliteten.</p> <p>Forureningen har spredt sig i jord, poreluft og grundvand ind under en række ejendomme, herunder Fasanvej Y. Ud fra den kortlagte forurening i grundvandet er det vurderet, at der kan være en potentiel risiko for en uacceptabel afdampning fra grundvandet til indeluften i bygningen på Fasanvej Y.</p> <p>I forbindelse med efterfølgende indeklimateundersøgelser /1,2,3,4/, er der påvist en uacceptabel påvirkning af indeklimaet på Fasanvej Y med PCE.</p> <p>I stueplan på Fasanvej Y er der tidligere påvist koncentrationer af PCE på op til 33 µg/m<sup>3</sup>.</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med etablering af anlægget med passiv ventilation er væsentligt at reducere transporten af forurenede poreluft med chlorerede opløsningsmidler fra jorden under bygningen til indeluften i bygningen.</p> <p>Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.</p>
--

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Der er ikke gennemført en egentlig byggeteknisk gennemgang på ejendommen.</p> <p>Bygningen er fra starten af 1900-tallet og er funderet på kampesten/syltsten.</p> <p>Bygningen er i 2 etager og med stråtag.</p> <p>For kortlægning af udgravningsgeometrien er der gennemført en geoteknisk undersøgelse.</p> <p>Der er udført målinger af forureningskoncentrationerne under gulv inden etablering af anlæg /1,2,3,4/.</p> <p>Der er ikke gennemført ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.</p>
---

#### Beskrivelse af anlæg:

De etablerede afværgeforanstaltninger har omfattet etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion i stueplan. Afværgeforanstaltningerne er etableret i perioden maj – oktober 2006.

Afværgeforanstaltningerne er beskrevet i /5,6/.

I forbindelse med etableringen er det eksisterende gulv opbrudt og bortskaffet.

Efter opbrydning af den eksisterende gulvkonstruktion er der gravet ud i hele husets areal til ca. 60-70 cm under det tidligere gulvniveau.

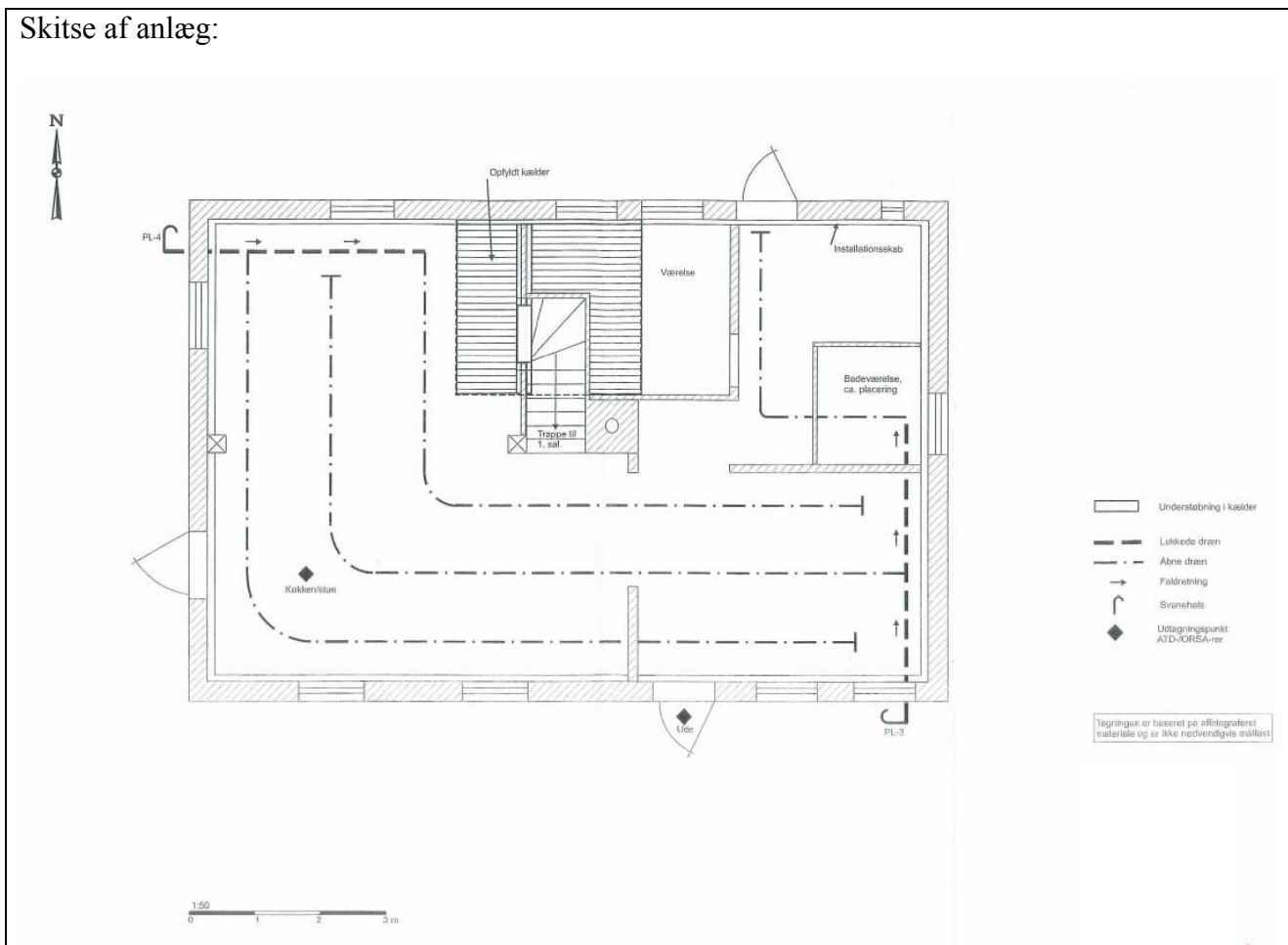
Det eksisterende fundament består primært af syltsten. Langs alle ydervægge samt langs bærende indervægge er der foretaget forstærkning af fundamentet i form af sektionvis skrå støbning fra overkant af fundamentet til bund af gulvkonstruktion.

Der er udlagt et 200 mm kapillarbrydende lag i form af nøddesten. I det kapillarbrydende lag er der etableret et dobbelt drænsystem. Drænene (ø65/75 mm PVC rør) er lagt skiftevis for indsugning og udsugning. Drænene er forbundet i 2 systemer til 2 svanehalse (ø70 mm galvaniseret) hhv. på den sydlige og vestlige facade.

Over det kapillarbrydende lag er der udlagt 2x150 mm trykfast isolering, hvorover der er udlagt 140 mm armeret betondæk med gulvvarme. Mellem de 2 lag af isolering er der udlagt en R.A.C. membran. Membranen er svejst i samlingerne og fastgjort til væggene med fiberklemskinne fuget med Abokol. Steder, hvor væggen var ujævn, er der glatpudset inden etablering af membranen.

Ventilationen af det kapillarbrydende lag sikres ved naturlig ventilation gennem de etablerede svanehalse, hvor trykforskelle på de 2 facader af huset sikrer ventilationen.

## Skitse af anlæg:



## Drift og monitoring:

Driften af anlægget er opstartet i takt med at anlægget er etableret.

Umiddelbart efter anlæggets etablering er der gennemført nye indeklimate målinger i november 2006 /6/.

Indeklimate målingerne viser et fald i koncentrationen af PCE i stueetagen til  $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrationen er således ikke under afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Der er ikke gennemført måling af luftflowet ud af svanehalsene, og dermed en indirekte vurdering af luftskiftet i det kapillarbrydende lag.

Indeklimate målingerne er gentaget i maj 2007 /7/. Målingerne i maj 2007 har vist stigende indhold (ca. en faktor 5) af chlorerede opløsningsmidler (primært tetrachlorethylen PCE og trichlorethylen TCE) i indeluften i bygningen i forhold til målingen i november 2006. Det er bemærkelsesværdigt set i lyset af de etablerede afværgeforanstaltninger.

Nye indeklimate målinger er udført i juli 2007 og de gennemførte indeklimate målinger fremgår af nedenstående tabel. Målepunkterne fremgår af skitse af anlæg.

Fasanvej Y		Rør	Chloroform	1,1,1-TCA	TCM	TCE	PCE
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Kontor	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	0,17	15
Køkken/ Stue	mar-05	ATD	<0,20	<0,20	<0,20	0,68	33
	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	0,5	0,37	33
	nov-06	ATD	0,17	<0,20	0,2	0,19	8,5
	maj-07	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	3,2	40
	jul-07	ATD	<0,20	<0,20	0,21	0,74	15
	jul-07	ORSA	0,13	0,16	3	1,1	12
Ref. Ude	aug-05	ATD	<0,46	<0,55	<0,50	<0,099	0,13
	jul-07	ATD	<0,20	<0,20	0,25	<0,10	0,16
	jul-07	ORSA	0,13	0,16	0,31	<0,10	0,15
Kvalitetskriterium for luft			20	500	5	1	6

*Indeklimamålinger august 2005 – juli 2007.*

Fed: kvalitetskriterium for luft overskredet

Ved de seneste målinger i juli 2007 ses et fald i koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i forhold til målingerne i maj 2007. På trods af faldet ved de seneste analyser, er indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i køkken/stue stadig over en faktor 2 højere end Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterier for afdampning.

For at vurdere sammenhængen mellem koncentrationerne i indeluften på Fasanvej Y og koncentrationerne i poreluften i det kapillarbrydende lag er der efter etablering af afværgeforanstaltningerne gennemført målinger af indholdet af chlorerede opløsningsmidler i luften fra svanehalsene fra drænsystemet i det kapillarbrydende lag. Luften fra svanehalsene forudsættes at repræsentere poreluften i det kapillarbrydende lag under ejendommen. I nedenstående tabel er vist indholdet af chlorerede opløsningsmidler i luften fra svanehals PL-3 og PL-4. Svanehalsenes placering fremgår af skitse af anlægget.

Fasanvej Y		Rør	Chloroform	1,1,1-TCA	TCM	TCE	PCE
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PL-3	November 2006 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	<1	12	1.100
	April 2007 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	1,2	410	4.300
	Juni 2007 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	<1	6	290
PL-4	November 2006 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	<1	<1	8
	April 2007 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	<1	<1	5,9
	Juni 2007 <sup>3)</sup>	Kulrør	<1	<1	<1	<1	11

*Analyseresultater for luftmålinger i svanehalse*

Analyselaboratorium: <sup>1)</sup> AnalyCen <sup>2)</sup> Eurofins <sup>3)</sup> MILANA

Sammenhængen mellem de påviste koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i det kapillarbrydende lag og i indeluften efter etablering af afværgeforanstaltninger svarer til en reduktionsfaktor på omkring 100 over gulvkonstruktionen. Det er på niveau med den reduktionsfaktor, der anvendes som tommelfingerregel for forholdet mellem forurening i luft umiddelbart under gulv og forureningen i indeluften for et betongulv.



De stigende koncentrationer i det kapillarbrydende lag efter etablering af afværgeforanstaltninger underbygger indikationen af, at der efter etablering af afværgeforanstaltningerne er mobiliseret en øget afdampning af chlorerede opløsningsmidler til det kapillarbrydende lag, der videre har øget den potentielle afdampning til indeluften på Fasanvej Y.

Region Hovedstaden har iværksat supplerende undersøgelser for at kortlægge mulige årsager til stigende koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet på Fasanvej Y på trods af de etablerede afværgeforanstaltninger.

For at nedbringe koncentrationsniveauet i indeklimaet har Region Hovedstaden desuden etableret et midlertidigt afværgetiltag, mens undersøgelserne gennemføres. Ved det midlertidige afværgetiltag ventileres aktivt under gulv i stueetagen.

De supplerende undersøgelser har omfattet:

- Pejling af grundvandsstand i sekundært magasin
- Lokalisering af spredningsveje med sniffermetoden
- Kortlægning af forureningsbillede i umættet zone med Gore-Sorber

#### Pejling af grundvandsstand i sekundært magasin

Der er gennemført pejlinger i 4 udvalgte boringer placeret i området omkring Fasanvej Y. Boringerne er alle filtersat i 2 niveauer i det sekundære magasin.

Grundvandsspejlet er pejlet for at kortlægge evt. variationer, der har kunnet medvirke til en øget afdampning af chlorerede opløsningsmidler til indeluften på Fasanvej Y. En stigning i grundvandsspejlet vurderes således at kunne give anledning til en øget afdampning, dels fordi afdampningen fra forureningskomponenterne i det sekundære grundvand vil ske nærmere terræn dels fordi stigningen i vandspejlet vil kunne give anledning til, at forurenede poreluft langsomt presses op under fundamenter og gulvkonstruktioner og evt. strømmer igennem revner og andre utætheder i konstruktionen.

Ved de gennemførte pejlere ses vandspejlsvariationer på op til 25 cm. Da der ikke umiddelbart er observeret et markant stigende vandspejl i det sekundære magasin, vurderes de stigende koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeklimaet på Fasanvej Y ikke at kunne skyldes et stigende vandspejl i det sekundære magasin.

#### Lokalisering af spredningsveje med sniffermetoden

For at lokalisere evt. spredningsveje for chlorerede opløsningsmidler efter etablering af afværgeforanstaltningerne på Fasanvej Y er der gennemført en kortlægning af indtrængning af tetrachlorethylen PCE i stueetagen ved sniffermetoden.

Der er konstateret indtrængning af PCE i 2 punkter i det nordøstlige hjørne af ejendommen ved dørtrin mellem værelse og bryggers og på bryggersgulv.

I det punkt, hvor der er lokaliseret indtrængning af PCE ved dørtrin, kan indtrængning eksempelvis ske, hvis den diffusionshæmmende membran ikke er hæftet forskriftsmæssigt.

Indtrængning af PCE direkte gennem bryggersgulvet kan ikke umiddelbart forklares, da der er etableret en ny gulvkonstruktion med en diffusionshæmmende membran i bryggers.

Indtrængning af PCE er lokaliseret i den nordøstlige del af ejendommen, der er tættest på området omkring kloakken i Fasanvej, hvor der er kortlagt forhøjede koncentrationer af PCE ved undersøgelse af umættet zone med Gore-Sorber.

#### Kortlægning af forureningsbillede i umættet zone med Gore-Sorber

For at få et bedre billede af forureningsintensiteten af chlorerede opløsningsmidler i den umættede zone og dermed bl.a. et billede af, hvorfra der kan forventes den største afdampning til indeklimaet, er der gennemført en undersøgelse med Gore-Sorber<sup>®</sup> Screening Survey.

Resultatet af undersøgelsen viser, at koncentrationsbilledet i store træk er i overensstemmelse med det billede, der tidligere er set i det sekundære grundvand og i poreluften. De højeste indhold af PCE er således påvist på den sydlige del af ejendommen.

Derudover ses det, at der er påvist forhøjede indhold af PCE ved kloakbrønden i Fasanvej. De høje koncentrationer indikerer en kilde, der ikke er kortlagt ved de tidligere undersøgelser i poreluft og grundvand.

Omkring bygningen på Fasanvej Y er der ikke påvist særligt høje indhold af PCE. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at den samtidige drift af midlertidig aktiv ventilation under gulv kan have påvirket mængden af chlorerede opløsningsmidler, der er adsorberet på Gore-Sorber modulerne omkring bygningen.

#### Midlertidig aktiv ventilation

Den midlertidige aktive ventilation under gulv er etableret ved at suge med en vakuumpumpe på det eksisterende drænsystem i det kapillarbrydende lag under gulv. Luftafkastet fra vakuumpumpen er tilsluttet et kulfilter, hvor den opsugede luft renses, inden det udledes til atmosfæren.

Fra drænsystemet under gulv er der udsuget omkring 30-35 m<sup>3</sup>/time. I perioden fra den 14. september 2007 – 15. februar 2008 er der i alt udsuget omkring 125.000 m<sup>3</sup> luft fra drænsystemet under gulv.

Moniteringen af koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften har givet følgende hovedresultater:

- Koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen før opstart af den midlertidige aktive ventilation vurderes som udgangspunkt at kunne give anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i stueetagen på Fasanvej Y.
- Efter opstart af den midlertidige aktive ventilation ses en stigning af chlorerede

opløsningsmidler i udsugningsluften fra det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen. Stigningen vurderes at kunne hænge sammen med, at der ved den øgede ventilation trækkes luft til fra områder med højere koncentrationer.

- Koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften fra det eksisterende drænsystem under gulvet i stueetagen er efter ca. 2 måneders midlertidig aktiv ventilation faldet til niveauet før opstart af den aktive ventilation.
- Koncentrationsniveauet i luften i det kapillarbrydende lag er således ikke faldet på trods af den øgede ventilation.

Ved den midlertidige aktive ventilation i perioden frem til 15. februar 2008 er der estimeret en fjernet mængde af chlorerede opløsningsmidler på omkring 2.400 gram. Det svarer til en fjernelsesrate på omkring 5,5 kg chlorerede opløsningsmidler om året.

Fjernelsesraten er meget høj og er på niveau med hvad der ses i forbindelse med oprensninger af umættet zone med vakuumventilation. Det indikerer, at der ved den aktive ventilation under gulv trækkes luft til fra en kilde, sandsynligvis ved kloakbrønden i Fasanvej.

Der er ikke påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i den opsugede rensede luft, der udledes til atmosfæren.

I forbindelse med den midlertidige aktive ventilation er der gennemført 2 runder med indeklimatemålinger i stueetagen.

Den første runde er gennemført i oktober 2007 i en periode, hvor koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften har været stigende til omkring 6.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af PCE og 900  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE.

Den anden runde er gennemført i december 2007 i en periode, hvor koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler igen er faldet til omkring 1.500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af PCE og 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE.

Det ses, at koncentrationsniveauet af PCE og TCE i stueetagen ved den første målerunde er over kvalitetskriterierne for luft. Kvalitetskriterierne er overskredet med en faktor 2 for såvel PCE og TCE. Med en koncentration i det kapillarbydende lag på 6.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af PCE og 900  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE svarer det til en reduktionsfaktor på op til 500. Det er noget højere end den reduktionsfaktor på 100 over gulvkonstruktionen, der er observeret inden igangsætning af den midlertidige aktive ventilation. Den øgede reduktionsfaktor kan evt. hænge sammen med, at den etablerede midlertidige aktive ventilation har reduceret den konvektive transport mellem det kapillarbrydende lag og indeluften yderligere.

Ved den anden målerunde er koncentrationsniveauet af PCE og TCE i stueetagen faldet til under kvalitetskriterierne for luft. Med en koncentration i det kapillarbydende lag på 1.500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af PCE og 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE svarer det til en reduktionsfaktor på op til 2.500. Der er således observeret en væsentligt større reduktionsfaktor ved den anden målerunde i forhold til ved den første.

Der er efterfølgende gennemført en undersøgelse af et muligt hotspot ved kloakbrønden i Fasanvej

/9/. Undersøgelsen har ikke kunnet påvise et egentligt hotspot, men der er påvist 77 mg/m<sup>3</sup> af PCE ved den østlige gavl ud mod Fasanvej.

Den midlertidige aktive ventilation pågår stadig i juni 2009.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Det er ikke lykkedes at nedbringe koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften ved etablering af passiv ventilation under bygning fra udluftning gennem svanehalse. Efter etablering af en midlertidig aktiv ventilation er det lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE i indeluften til under afdampningskriteriet.

Økonomi:

Anlægsomkostning (entreprenør): DKK 400.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 30.000, excl. moms

Konklusion:

Efter etablering af passiv ventilation under bygningen fra svanehalse er det ikke lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE til under afdampningskriteriet i indeluften i bygningen.

Der er noget, der indikerer, at der efter etablering af afværgeforanstaltningerne er mobiliseret en øget afdampning af chlorerede opløsningsmidler til det kapillarbrydende lag, der videre har øget den potentielle afdampning til indeluften på Fasanvej Y.

Efter etablering af en midlertidig aktiv ventilation som erstatning af den passive ventilation er det lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE i indeluften til under afdampningskriteriet. Den midlertidige aktive ventilation pågår stadig i juni 2009.

Referenceliste:

- /1/ Frederiksborg Amt. Vestergade 5, Skuldelev. Indeklimaundersøgelse. 11. april 2005. NIRAS
- /2/ Frederiksborg Amt. Fasanvej Y og X, Skuldelev. Indeklima og poreluftmålinger. November 2005. NIRAS
- /3/ Frederiksborg Amt. Vestergade 5, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. Juli 2006. NIRAS
- /4/ Frederiksborg Amt. Fasanvej Y, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. September 2006. NIRAS
- /5/ Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø. Fasanvej Y og X, Skuldelev. Afværgetiltag. Særlige Betingelser (SB) og Særlige Arbejdsbeskrivelser (SAB). April 2007. NIRAS
- /6/ Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø. Fasanvej Y, Skuldelev. Afværgeforanstaltninger. Afslutningsrapport. November 2006. NIRAS

- /7/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Fasanvej Y, Skuldelev. Frederikssund Kommune. Supplerende indeklimaundersøgelse. 28. august 2007. NIRAS
- /8/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Fasanvej Y, Skuldelev. Frederikssund Kommune. Supplerende undersøgelser og midlertidig aktiv ventilation. 16. maj 2008. NIRAS
- /9/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Skuldelev. Belysning af hotspots ved Fasanvej. April 2009. NIRAS

Lokalitetens adresse: Fredericiagade, Aalborg	Bygherre: Region Nordjylland
--	---------------------------------

Beskrivelse af forureningssituation:

På Fredericiagade X er der påvist høje forureningskoncentrationer i poreluft, jord og grundvand med olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler. Den primære forureningskomponent udgøres af tetrachlorethylen, PCE.

Forureningen medfører risiko for indeklimaet i beboelserne i stueetagen, 1. og 2. sal.

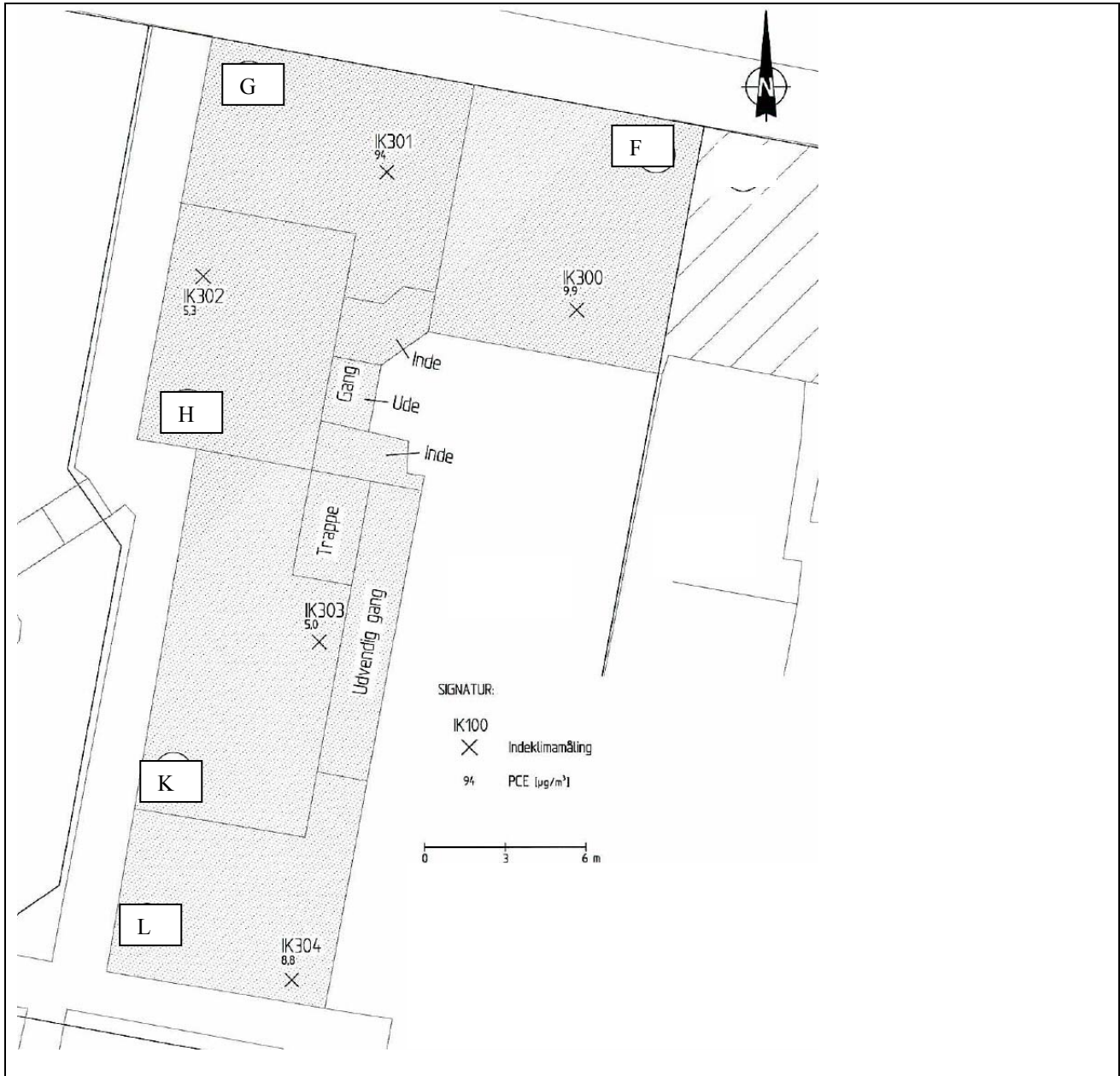
Formål med etablering af anlæg:

Sikring af indeklimaet i beboelserne, som afskærende løsning.

Byggetekniske forhold:

Stuehus i rødt murværk i 3 etager med delvis kælder. En del af bygningen har fuld kælder, mens resten af bygningen har krybekælder. Bygget i 1987-1988 på tidligere renserigrund. Under gulvet er der under kældergulvet udlagt singels som kapillarbrydende lag, mens der under krybekældergulvet er udlagt sand. På det kapillarbrydende lag har der som udgangspunkt været et 10 cm lag af beton i kælderen, mens der i krybekælderen ikke har været afdækning af sandet.

Indretning af bygning fremgår af nedenstående situationsplan.



#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er gennemført en række forureningsundersøgelser i området omkring Fredericiagade, jf. /ref. 1 og 2/. I den forbindelse er der påvist forurening primært med chlorerede opløsningsmidler (TeCe, TCE, og nedbrydningsprodukter) og desuden med olieprodukter (benzen) i jord, poreluft og grundvand.

Der er gennemført en supplerende forureningsundersøgelse på Fredericiagade X i december 2004/januar 2005.

På Fredericiagade X er der i poreluften under gulv i kælderen og i krybekælderen under Fredericiagade X målt TeCe i koncentrationer mellem 4.500-40.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens TCE niveauerne er mellem 100-2.100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der er kun påvist begrænsede koncentrationer af de øvrige chlorerede opløsningsmidler inklusiv nedbrydningsprodukter. Der er endvidere påvist benzen og C<sub>9</sub>-C<sub>10</sub>

aromater på op til hhv. 6,7 og 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , jf. /ref. 1/.

Ved de gennemførte målerunder er der i indeklimaet i kælderen til Fredericiagade X målt TeCE på 120-240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I krybekælderen, hvor der ikke er gulv, er der målt TeCE på 170-500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der er kun fundet lave koncentrationer af de øvrige chlorerede opløsningsmidler, mens der ikke er påvist indhold af vinylchlorid over detektionsgrænsen.

I stueetagen, Fredericiagade X, A – E, er der i de enkelte lejligheder målt TeCE mellem 11-350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De højeste værdier er fundet i lejlighederne, Fredericiagade X, A og B, som er beliggende over krybekælderen.

På 1. sal, Fredericiagade X, F – H, K og L, er der i de enkelte lejligheder målt TeCE mellem 5-94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Den højeste værdi er fundet i lejligheden, Fredericiagade X, G, som er beliggende over Fredericiagade X, B.

Ved målerunden i december 2004 er der i indeklimaet i kælder, krybekælder og stueetage påvist indhold af TeCE på niveau med de tidligere målinger, jf. /ref.1/. På baggrund heraf vurderes det, at der fortsat er risiko for arealanvendelsen i relation til indeluften på Fredericiagade A – E.

I december 2004 er der udført indeklimamålinger på 1. sal, dvs. Fredericiagade F-L, hvilket ikke er udført tidligere. Indholdet af TeCE i indeluften i Fredericiagade F, H, K og L ligger på niveau med afdampningskriteriet på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , og det vurderes på baggrund heraf, at der ikke er risiko for den aktuelle anvendelse i relation til indeluften.

På Fredericiagade X, G er der påvist indhold på 94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket overskrider afdampningskriteriet væsentligt. På baggrund heraf vurderes det, at der er risiko for arealanvendelsen i relation til indeluften på Fredericiagade G.

I udeluften er der i december 2004 påvist indhold af TeCE på 0,47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er under afdampningskriteriet. Endvidere er det, jf. /ref.1/, vurderet at de konstaterede indhold af TeCE i poreluften ikke udgør en risiko for arealanvendelse på Fredericiagade X i relation til udeluften.

Ved de tidligere undersøgelser er der i jorden påvist indhold af TeCE på 2.700  $\mu\text{g}/\text{kg}$  3,5 m u.t. og 29.000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  5,5 m u.t. I forbindelse med byggeriets gennemførelse blev der udskiftet jord til 3,1 m u.t.

Forureningen er, jf. /ref. 1/, ikke afgrænset 16 m u.t.

I grundvandet er der påvist væsentlige indhold af TeCE. I boringer, som er filtersat i toppen af magasinet 2,5-4,5 m u.t. er der konstateret 850 - 210.000  $\mu\text{g}/\text{l}$  TeCE. De 210.000  $\mu\text{g}/\text{l}$  indikerer, at der kan forekomme fri fase TeCE i området. Dybere i magasinet er der påvist op til 190  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Der er ligeledes påvist indhold af chlorerede nedbrydningsprodukter.

I toppen af grundvandsmagasinet er der endvidere påvist total kulbrinter, herunder benzen på hhv. 200.000 og 4,4  $\mu\text{g}/\text{l}$ , som kan stamme fra terpentin.

Det vurderes på baggrund af de gennemførte undersøgelser, at det konstaterede indhold af TeCE i



poreluft og indeklima udgjorde en risiko for arealanvendelsen på Fredericiagade X i relation til indeklimaet i boligerne i bygningen. På baggrund heraf blev det anbefalet, at der blev iværksat afværgeforanstaltninger med henblik på at reducere indklimapåvirkningen på Fredericiagade X.

#### Beskrivelse af anlæg:

I kælderen er der skåret ca. 0,3 m brede render i det eksisterende kældergulv. Under det eksisterende gulv er der konstateret et kapillarbrydende lag, som består af singels. I det kapillarbrydende lag er der udgravet render i et tracé for ventilationsdrænet.

I krybekælderen var der ikke tidligere nogen gulvbelægning og planum bestod af sand tilkørt i forbindelse med boligbyggeriet tilbage i 1988. Der er derfor udgravet ca. 0,3 m brede render i planum i et tracé for ventilationsdrænet.

I de udgravede render, i både kælder og krybekælder, er der udlagt en fiberduk, hvorpå der er etableret et drænlag bestående af 150 mm letklinker. Heri er ventilationsdrænene, af typen Wavin Special, lagt i. For yderligere detaljer henvises til /ref. 3/.

I kælderen er ventilationsdrænene S1-S3 og I1 koblet til ø70 mm Loro-X rør (ventilationsledninger), som er ført op gennem membran, og gulv Loro-X rørene er udført med svejste samlinger.

Ventilationsdræn I2 er ført ind i krybekælderen og koblet til ø75 mm PVC trykrør (ventilationsledning), som er ført op gennem membran og gulv.

Ventilationsledningerne er ført op langs væggen i hhv. kælder og krybekælder og ud gennem fundament. Rørgennemføringen er tætnet med elastisk fugemasse af typen M20 fra Ljungdahl A/S.

To af ventilationsledningerne (tilkoblet dræn S1+S2 og S3) er af æstetiske hensyn afsluttet med en rist på ydersiden af fundament. To af ventilationsledningerne (tilkoblet dræn I1 og I2) er afsluttet med udluftningsstuds i galvaniseret stålrør (luftindtag), der er ført ca. 0,5 meter over terræn. For at hindre ukontrolleret udsivning af forurenede poreluft fra under gulv til udeluften er ventilationsledningerne midlertidig afproppet. Ventilationsledninger, der er afsluttet med en rist, er afproppet for enden af ventilationsledningen. Ventilationsledninger, der er afsluttet med udluftningsstuds, er afproppet i en 90-grader PVC-bøjning under terræn. Inde i krybekælderen er ventilationsdrænene (S4+S5, S6+S7, I3+I4 og I5) koblet til ø75 mm PVC trykrør (ventilationsledning), som er ført op gennem membran og gulv.

Ventilationsledningerne er ført op langs ydervæg og ud gennem fundament. Rørgennemføringen er tætnet med elastisk fugemasse af typen M20 fra Ljungdahl A/S.

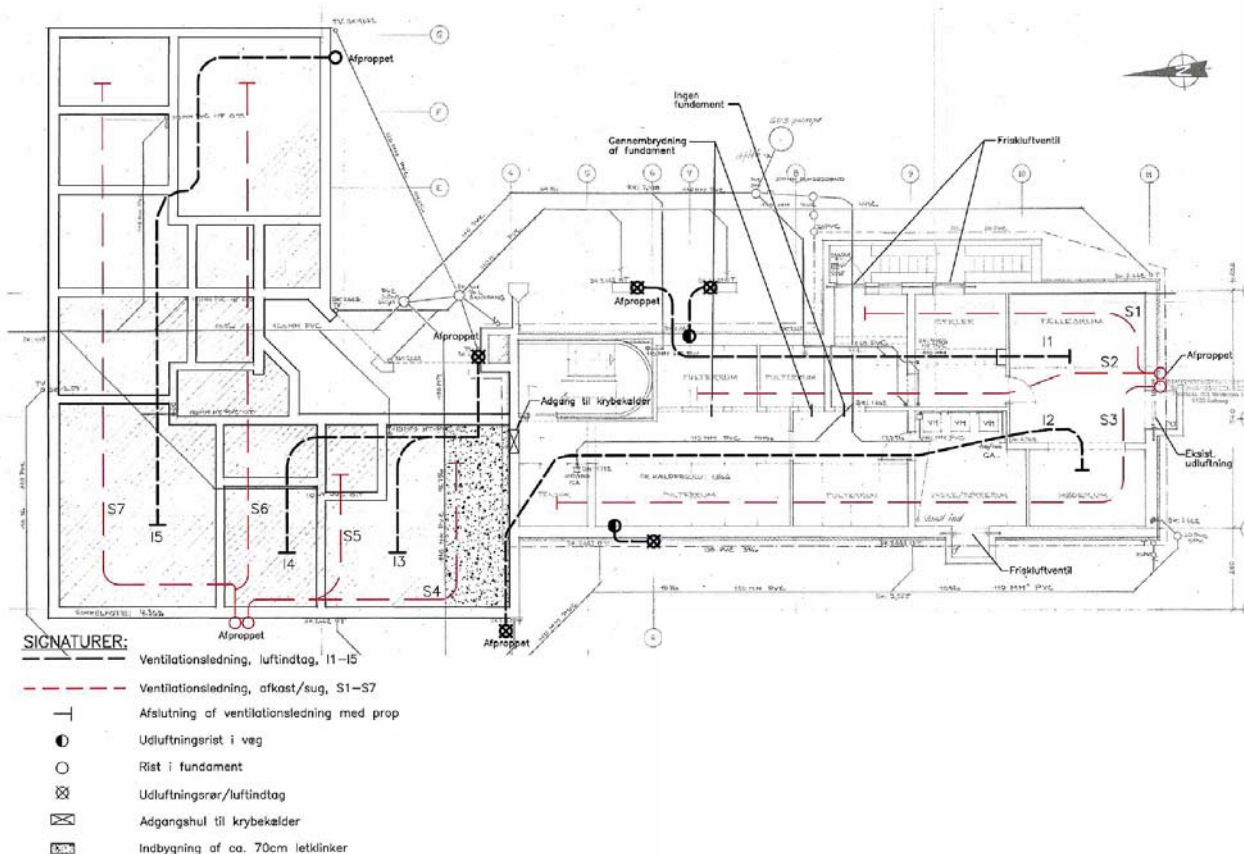
Ventilationsdrænene er koblet til ventilationsledninger, som er ført op gennem membran og gulv og afsluttet med enten en rist i fundament eller en studs til luftindtag. For at hindre ukontrolleret udsivning af forurenede poreluft fra under gulv til udeluften er ventilationsledningerne midlertidig

afproppet.

Herefter er de skårede render i det eksisterende kældergulv støbt til og oven på kældergulvet er der lagt diffusionstæt membran af typen RAC fra Monarflex (0,8 mm) med et lag af nålevævet fiberdug på begge sider. Oven på membranen er det støbt et ca. 3 cm lag af flydemørtel til beskyttelse af membranen.

I krybekælderen er der oven på planum lagt en diffusionstæt membran af typen RAC fra Monarflex (0,8 mm) med et lag af nålevævet fiberdug på begge sider. Oven på membranen er der støbt et ca. 5-6 cm lag af specialbeton til beskyttelse af membranen.

Skitse af anlæg:



Drift og monitorering:

#### Lukkede dræn:

##### *Kælder*

I kælderen (IK100) er der i november 2007 påvist indhold af TeCE på  $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er på niveau med indholdet påvist i kælderen før etablering af membranen ( $120\text{-}240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Det relativt lave indhold af TeCE, fundet ved den første målerunde efter etablering af membranen ( $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), genfindes således ikke.

##### *Krybekælder*

I krybekælderen (IK101 og IK208) er der november 2007 påvist indhold af TeCE på  $540\text{-}810 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er højere end indholdet påvist i krybekælderen før etablering af membranen ( $170\text{-}500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Det relativt lave indhold af TeCE, fundet ved den første målerunde efter udlægning af membranen ( $25,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), genfindes således ikke.

##### *Stueetage*

I lejlighederne i bygningens stueetage er der i november 2007 påvist indhold af TeCE på mellem  $43\text{-}110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I lejligheden Fredericiagade XA er der således påvist  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  TeCE (IK103), hvilket er på niveau med det tidligere påviste indhold af TeCE på  $110\text{-}260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XB er der påvist TeCE på  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK106), hvor der tidligere er påvist  $19\text{-}350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XC er der påvist TeCE på  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK104), hvor der tidligere er påvist  $11\text{-}41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XD er der påvist TeCE på  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK105), hvor der tidligere er påvist indhold på  $24\text{-}83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I F13E er der påvist et indhold af TeCE på  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK107), hvor der tidligere er påvist  $15\text{-}91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ved målerunden i november 2007 er der således påvist indhold af TeCE i indeklimaet, der ligger over Miljøstyrelsens afdampningskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i alle lejlighederne i bygningens stueetage. De påviste indhold af TeCE ligger på niveau med de tidligere påviste indhold før afværgeforanstaltningerne.

##### *1. sal*

I lejlighederne på bygningens 1.sal er der i november 2007 påvist indhold af TeCE på mellem  $0,63\text{-}45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I lejligheden XF er der således påvist indhold af TeCE i målepunktet IK300 på  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er på niveau med de tidligere målte indhold på  $1,1\text{-}9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XG er der påvist et indhold af TeCE på  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK301), hvor der tidligere er påvist indhold på  $9,1\text{-}94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XH er der påvist TeCE på  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK302), hvor der tidligere er påvist  $4,1\text{-}7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XK er der påvist TeCE på  $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK303), hvor der tidligere er påvist  $1,3\text{-}5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I XL er der påvist indhold af TeCE på  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IK304), hvor der tidligere er påvist  $0,51\text{-}8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ved 3 ud af 5 målinger på 1. sal er der således påvist indhold af TeCE, der ligger over Miljøstyrelsens afdampningskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De påviste indhold af TeCE ligger på niveau med eller lidt over de tidligere påviste indhold.

##### *Udeluft*

I udeluftmålingen (UL101) er der truffet et indhold af TeCE på  $0,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dvs. på samme niveau som tidligere ( $0,15\text{-}0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### *Poreluftforurening under gulv*

Med henblik på at dokumentere poreluftforureningen under bygningens gulvkonstruktion efter etablering af membranen og inden åbning af ventilationssystemet er de 5 tidlige monitoringspunkter benævnt P1, P3 og P5 i den almindelige kælder og P6 og MP100 i krybekælderen blevet genetableret d. 2. april 2008. Placering af målepunkter fremgår af situationsplan u. ”byggetekniske forhold”.

Der er efterfølgende foretaget to runder poreluftmålinger fra de 5 målepunkter, med to ugers interval, hhv. d. 2. april og d. 14. april 2008.

Prøverne er udført samtidig med monitorering af indeklimaet i bygningen.

### *Indeklima i kælder, krybekælder og lejligheder*

Med henblik på at dokumentere indeklimakoncentrationerne i bygningen, inden åbning af ventilationssystemet under gulv, og effekten af de nu monterede ventilationsriste i lejlighederne, er der i perioden fra d. 1. april til d. 25. april 2008 foretaget en runde indeklimamålinger i samtlige målepunkter i kælder, krybekælder og lejligheder (stuen, 1. og 2. sal) samt en udeluftreference.

Prøverne er benævnt IK 100 og IK 500 (kælder), IK101 og IK 208 (krybekælder), IK 103-IK 107 (stuen), IK 300-IK 304 (1. sal), IK 501-IK 505 (2. sal), UL 1 (udeluftreference). Placering af målepunkterne fremgår af situationsplan u. ”byggetekniske forhold”.

### *Åbning af ventilationssystemet (etape 2a)*

D. 14. april 2008 er propperne blevet fjernet fra ventilationssystemets terrænopføringer, således at det kapillarbrydende lag under gulv kommer i direkte forbindelse med udeluften.

Trykdifferencer mellem poreluft og indeluft vurderes således at kunne udlignes mere direkte gennem ventilationsstrengene også i situationer hvor topjorden er vandmættet og evt. frosset.

Åbningen af ventilationssystemet er fulgt op af en ny målerunde poreluft og indeklima i kælder og krybekælder efter ca. 1 måneds henstand.

Således er der i perioden fra d. 14. maj til d. 26. maj 2008 foretaget en runde indeklimamålinger i kælder (IK 100 og IK 500), krybekælder (IK 101 og IK 208) samt udeluftreference (UL 1).

I forbindelse med nedtagning af indeklimamålingerne er der foretaget poreluftmålinger i de 5 målepunkter (P1, P3, P5, P6 og MP100).

På baggrund af resultaterne af de ovenover nævnte målerunder blev det i juni 2008, i samråd med Region Nordjylland, besluttet at lave indeklima- og poreluftmålinger i kælder og krybekælder efter ca. 4 måneders henstand.

Således er der i perioden fra d. 7. august til d. 22. august 2008 foretaget indeklimamålinger i kælder (IK 100 og IK 500) og krybekælder (IK 101 og IK 208) samt udført udeluftreference (UL 1).

I forbindelse med nedtagning af indeklimamålingerne er der foretaget poreluftmålinger i de 5 målepunkter (P1, P3, P5, P6 og MP100).

## Resultater:

### *Poreluft under gulv*

#### *Krybekælder*

I poreluften under gulv (membran) i krybekælderen (MP100) er der i foråret 2008 i de 2 første målerunder påvist et indhold af TeCE på henholdsvis 240.000 og 300.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter ca. 1 måneds aktivering (maj 2008) af ventilationssystemet under gulv er der påvist indhold af TeCE på 360.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I august måned, ca. 4 måneder efter aktivering af ventilationssystemet, er der påvist indhold af TeCE på 370.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De påviste indhold ligger ca. 10 gange højere, end hvad der er målt i perioden fra 2003 til 2004, hvor membran og ventilationsdræn ikke var etableret. I denne periode blev der påvist indhold af TeCE på 30.000-40.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I målepunktet P6, ligeledes under gulv i krybekælderen, er der i de 2 første målerunder i foråret 2008 påvist indhold af TeCE på henholdsvis 16.000 og 29.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter 1 (26. maj 2008) og 4 måneders (22. august 2008) aktivering af ventilationssystemet er der påvist indhold af TeCE på henholdsvis 32.000 og 28.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Der er tidligere i årene 1996, 1998, 1999 og 2002-2004 blevet påvist indhold på 390-142.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i de to målepunkter.

Indholdet af de øvrige komponenter af chlorerede opløsningsmidler udgør kun en lille andel af forureningen. Der er dog fundet TCE på 310-1.100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### *Kælder*

I poreluften under gulv (membran) i kælderen (P1, P3 og P5) er der i den første målerunde i foråret 2008 påvist indhold af TeCE på henholdsvis 1.300, 780 og 890  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I anden målerunde er der påvist indhold af TeCE på henholdsvis 540, 290 og 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter 1 måned med åbent ventilationssystem (26. maj 2008) er der i de 3 målepunkter (P1, P3 og P5) målt indhold af TeCE på henholdsvis 380, 310 og 460  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter 4 måneder med åbent ventilationssystem er der d. 22. august 2008 påvist indhold af TeCE i de 3 målepunkter på henholdsvis 550, 360 og 990  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Niveauerne under gulv før og efter aktivering af ventilationssystemet ligger således på samme niveau.

Før afværgeforanstaltningernes gennemførelse er der i 1996, 1998, 1999 og 2002-2004 i de 3 målepunkter påvist indhold på 167-174.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvor de højeste niveauer er målt i 1996.

Niveauerne under gulv efter etablering af membran og ventilationsrør er således markant lavere.

De øvrige komponenter af chlorerede opløsningsmidler, som er konstateret, udgør kun en lille andel af forureningen. Der er dog fundet TCE på 5,6 - 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### *Indeklimamålinger*

##### *Krybekælder*

I indeklimaet i krybekælderen (IK 101 og IK 208) er der ved målerunden i april 2008 påvist indhold af TeCE på hhv. 640 og 610  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De påviste indhold svarer nogenlunde til niveauet målt både før og efter afværgeforanstaltningernes gennemførelse i årene 2003-2007.

De højeste indhold af TeCE ses i krybekælderen, hvor der er påvist indhold på 640 og 610  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter ca. 1 måneds aktivering af ventilationssystemet er indeklimamålingerne gentaget i maj 2008, hvor der i krybekælderen (IK 101 og IK 208) blev påvist indhold af TeCE på henholdsvis 97 og 310  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette er et fald i forhold til den foregående målerunde før aktivering af ventilationsdrænene.

I august 2008, 4 måneder efter aktivering af ventilationssystemet, er der i krybekælderen (IK 101 og IK 208) målt indhold af TeCE på henholdsvis 950 og 390  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket, for IK 101's vedkommende er det højeste niveau, der er målt gennem årene.

##### *Kælder*

I indeklimaet i kælderen (IK 100 og IK 500) er der ved målerunden i april 2008 påvist indhold af TeCE på hhv. 230 og 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Efter ca. 1 måneds aktivering af ventilationssystemet (maj 2008) blev der i kælderen (IK 100 og IK 500) målt indhold af TeCE på henholdsvis 2,3 og 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette er et kraftigt fald i forhold til målerunden i april 2008 og er under Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterium.

I august 2008, 4 måneder efter aktivering af ventilationssystemet, er der i kælderen (IK 100 og IK 500) målt et indhold af TeCE på henholdsvis 470 og 330  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket ligeledes er det højeste niveau, der er målt gennem årene.

Det har således ikke været muligt at genfinde de lave niveauer i krybekælderen og kælderen, som blev påvist i målerunden i maj 2008, svarende til 1 måned efter aktivering af ventilationsdrænene.

##### *Stueetage*

Med henblik på at dokumentere indeklimakoncentrationerne i stueetagen inden åbning af ventilationssystemet under gulv og effekten af de nu monterede ventilationsriste i lejlighederne er der foretaget indeklimamålinger i samtlige lejligheder i april 2008 (efter etablering af ventilationsdræn og membran).

Målepunkterne er benævnt IK 103-IK 107, og der blev påvist indhold af TeCE på mellem 15 og 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er en overskridelse af Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterium på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Niveauerne ligger under eller på niveau med tidligere målinger både før og efter afværgeforanstaltningernes gennemførelse i årene 2003-2007.

Således er der i lejlighed nr. X, A (IK 103) målt et indhold af TeCE på  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvor der tidligere er målt mellem  $110\text{-}260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Samtidig er der i lejlighed nr. X, D (IK 105) målt et indhold på  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvor der i den foregående målerunde blev påvist et indhold på  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De øvrige chlorerede opløsningsmidler, som er konstateret i målerunden fra april 2008, udgør kun en lille andel af TeCE forureningen og er alle under Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterier.

#### *1. sal*

Der er ligeledes foretaget en runde indeklimamålinger i samtlige lejligheder på 1. sal i april 2008.

Målepunkterne er benævnt IK 300-IK 304, og der blev påvist indhold af TeCE på mellem  $2,3\text{-}18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se bilag 1.

Der er påvist overskridelser af Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i lejlighed nr. X, G (IK 301), X, H (IK 302) og X, L (IK 304).

De målte indhold ligger på niveau med, hvad der tidligere er påvist både før og efter afværgeforanstaltningernes gennemførelse i årene 2004-2007.

De øvrige komponenter af chlorerede opløsningsmidler, som er konstateret i målerunden fra april 2008, udgør kun en lille andel af forureningen og er alle under Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterier.

#### *2. sal*

I april 2008 er der ligeledes foretaget indeklimamålinger i samtlige lejligheder på 2. sal, hvor der ikke tidligere er blevet målt.

Målepunkterne er benævnt IK 501-IK 505 og der er påvist indhold af TeCE på mellem  $4,3\text{-}19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De målte niveauer, med undtagelse af niveauet i lejlighed 13P (IK 503), er en overskridelse af Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De øvrige komponenter af chlorerede opløsningsmidler, som er konstateret i målerunden fra april 2008, udgør kun en lille andel af forureningen og er alle under Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterier.

#### Konklusion efter åbning af dræn:

Der er behov for aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag. Der er på den baggrund udført to ventilationstest, hvor effekten af ventilation af det kapillarbrydende lag er dokumenteret.

#### Konklusion efter ventilationstest:

Der er behov for aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag under krybekælderen.

Efter etablering af ventilationsdræn og membran i kælderen er der konstateret et indhold af PCE på 290 – 1.300 µg/m<sup>3</sup>. Før afværgeforanstaltningernes gennemførelse er der i 1996, 1998, 1999 og 2002-2004 i de 3 målepunkter påvist indhold på 167-174.000 µg/m<sup>3</sup>. Ved aktiv ventilation under krybekælderen er det således tilstrækkeligt med passiv ventilation af det kapillarbrydende lag under kælderen.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Reduktion i koncentrationen af PCE i indeklimaet i kælderen til Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE (med samtidig aktiv ventilation af det kapillarbrydende lag under kælderen)

#### Økonomi:

DKK 925.000, inkl. membran mv.

#### Konklusion:

Der er ikke længere risiko for indeklimaet fra den underliggende forurening med PCE. Der konstateres ikke nogen målbar effekt under kældergulvet fra den aktive ventilation af det kapillarbrydende lag under krybekælderen, hvorfor effekten i poreluften under gulv og i indeklimaet i kælderen sandsynligvis kan tilskrives den passive ventilation.

#### Referenceliste:

- /1/ Nordjyllands Amt. Supplerende forureningsundersøgelse, nedlagt renseri, Fredericiagade, Aalborg. Lokalitetsnummer 851-117. NIRAS, oktober 2004.
- /2/ Fredericiagade X, Aalborg. Vurdering af restforurening – risikovurdering, december 1996. Nordjyllands Amt. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S.
- /3/ Dokumentationsrapport for afværgeforanstaltninger. Fredericiagade X, Aalborg. Lokalitetsnummer: 851-0117. Februar 2006, NIRAS for Nordjyllands Amt.
- /4/ Nedlagt Renseri, Fredericiagade X, 9000 Aalborg. Statusnotat, monitoring efter indbygning af membran. NIRAS for Region Nordjylland. 21. januar 2008.



Lokalitetens adresse: Frederiksbjerg Torv, 8000 Århus C	Bygherre: Region Midtjylland  Region: Region Midtjylland
--	--

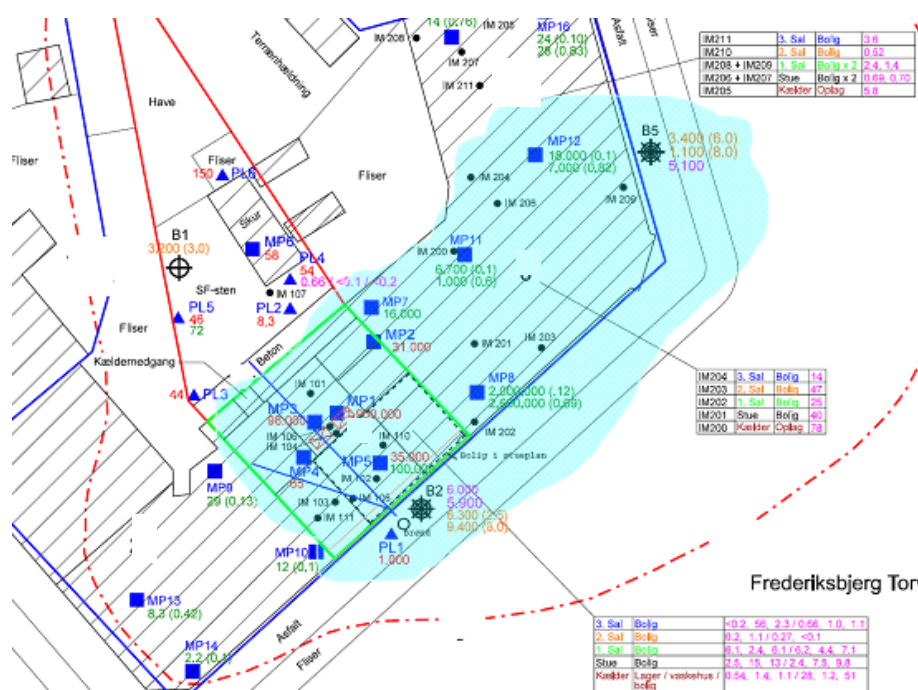
<p>Beskrivelse af forureningssituation (inden afværg):</p> <p><i>Grundvand</i> Der er udført to filtersatte boringer (B2 og B5).</p> <p>Der er konstateret en kraftig grundvandsforurening med PCE indhold fra 5.100 – 6.000 µg/l i B2 og B5. Forureningen er knyttet til et vandførende sandlag ca. 6,0 m u.t. Boringerne er meget lavtydende, og i de omkringliggende boringer B6-B9 er der ikke fundet vandførende lag. Det vurderes derfor, at der ikke er tale om et egentligt grundvandsmagasin. Det må dog forventes, at der periodevis foregår vandtransport i sandlaget ca. 6 m u.t. Denne strømning vil resultere i en vandbaseret spredning af forureningen.</p> <p><i>Jord</i> Der er udført i alt 7 boringer (B1, B2 og B5-B9).</p> <p>I kildeområdet under bygningen er der ved sudan IV påvist indhold af fri fase PCE. Der er ved analyse påvist indhold af PCE på op til 240 mg/kg TS.</p> <p>Der er påvist relativt høje indhold af chlorerede opløsningsmidler i jordprøver fra 3 boringer i nærheden af kildeområdet (B1, B2 og B5) med koncentrationer af PCE fra 1,1 – 9,4 mg/kg TS. Forureningen er konstateret med en spredning til relativ stor dybde ned til 8,0 m u.t. I B2, som er ført til 8,0 m u.t., er bund af forureningen ikke påvist, og det må forventes, at forureningen i dette område er spredt vertikalt til mere end 8,0 m u.t.</p> <p>B9 er placeret mod NNØ i større afstand af kildeområdet. Der er målt et indhold af PCE på 1,1 mg/kg TS over et fugtigt sandlag 6,0 m u.t. i boringen. Det vurderes, at forureningsindholdet i jorden skyldes, at der periodisk sker en vandbaseret spredning af PCE i denne dybde.</p> <p>I B6-B8 er der ikke påvist forureningsindhold. Disse boringer angiver en afgrænsning af området med jordforurening mod øst til nordnordøst.</p> <p><i>Poreluft</i> Der er udført i alt 18 poreluftmålinger under gulv (MP1-MP18) og 7 poreluftmålinger under udearealer (PL1-PL7).</p> <p>I forbindelse med et poreluftprojekt for AVJ i 2007 er der genmålt i et enkelt målepunkt under gulv på Frederiksbjerg Torv 8.</p> <p>Ved poreluftmålinger under gulv er der konstateret et kildeområde under Frederiksbjerg Torv X og Y med meget kraftige forureningsindhold af PCE fra 6.700 – 2.600.000 µg/m<sup>3</sup>. De kraftige</p>
--

forureningsindhold er fundet i MP1-MP3, MP4, MP5 og MP7-MP12. Kildeområdets udstrækning dækker næsten hele det bebyggede areal på de to ejendomme.

På de tilstødende ejendomme er der alene målt lave forureningsindhold i poreluften med indhold af PCE på op til 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Disse forureningsindhold vurderes ikke at være af betydning for anvendelse af ejendommene.

Ved poreluftmålinger under udearealer er der målt et højt indhold af PCE i det kildenære målepunkt PL1 på 1.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I de øvrige målinger under udearealer (PL2 – PL7) er der alene målt relativt lave værdier af PCE fra 8,3-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det skal bemærkes, at PL4-PL7 er udtaget meget terrænnært fra 0,5 – 0,7 m u.t. Prøverne kan derfor være fortyndet med falsk luft via nedtrækning af udeluft langs poreluftsonden. Den terrænnære prøvedybde skyldes sandsynligvis, at de underliggende lerlag er så lavpermeable, at poreluftprøver ikke kan udtages.

Figur 1 viser et udsnit af situationsplanen. Kildeområdets afgrænsning er skitseret i figuren.



Figur 1: Forurening i kildeområdet /ref. 2/. Situationsplanen er gengivet i fuld størrelse i bilag 2.

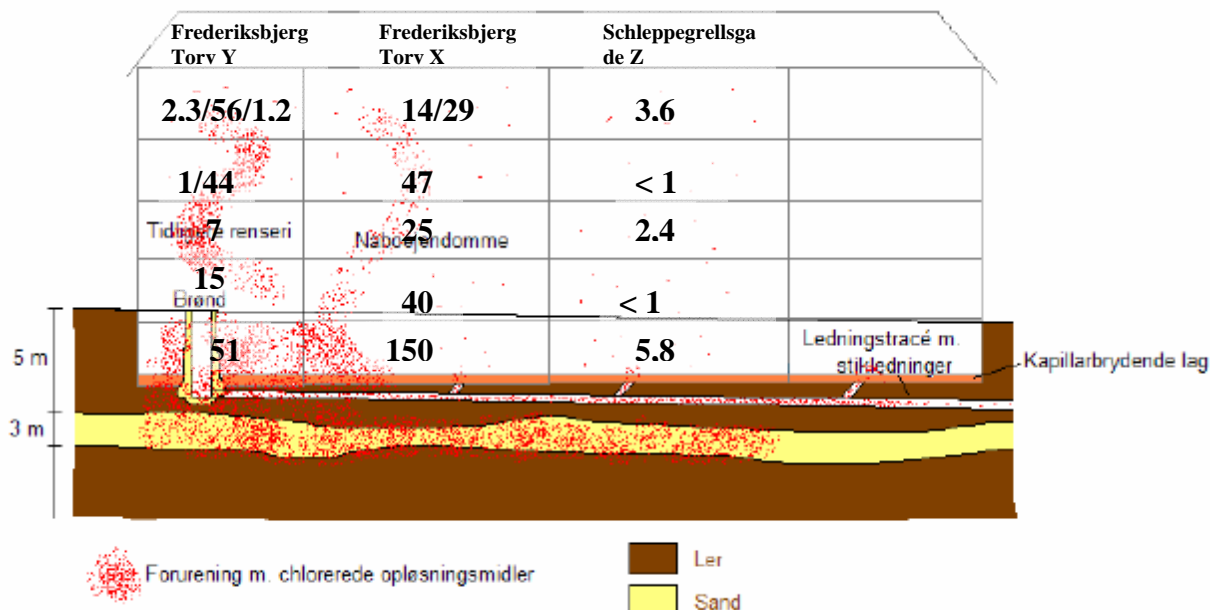
### Indeklimamålinger

Der er udført indeklimamålinger 13 steder på Frederiksbjerg Torv X, 6 steder på Frederiksbjerg Torv Y og 7 steder på Schleppegrellsgade Z. På Frederiksbjerg Torv X er alle målinger udført 2-3 gange.

I forbindelse med et poreluftprojekt for AVJ i 2007 er en enkelt måling genmålt på Frederiksbjerg Torv X.

I figur 2 er de maksimale værdier fra indeklimamålinger vist for Frederiksbjerg Torv X,

## Frederiksbjerg Torv Y og Schleppegrellsgade Z.



Figur 2: Maksimale forureningskoncentrationer i indeklima (brønd placeret i fortovet)/ref. 2/

De målte koncentrationer i indeklimaet overstiger Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på alle etager i de 2 ejendomme. De højeste koncentrationer er målt i kælderetagen. På Schleppegrellsgade Z er der ingen overskridelser af afdampningskriteriet.

De målte indhold i indeklimaet er lavere end forventet ud fra de meget kraftige koncentrationer under gulv. Specielt i kælderetagen var højere koncentrationer forventet. Ved den byggetekniske gennemgang er der konstateret tegn på, at der konstant udluftes i kælderetagen via åbne vinduer, hvilket kan være en af forklaringerne på de lavere indhold.

### Indeklimamålinger og måling over vandlås (kulrør)

Der er foretaget indeklimamålinger ved kulrørsmålinger i afløbene lige over vandlåsen samt i de tilhørende badeværelser (3 lejligheder). Målingerne er udført for at verificere de målinger, der blev foretaget med ppbRAE'en i forbindelse med den byggetekniske gennemgang.

	Frederiksbjerg Torv Y 3. sal		Frederiksbjerg Torv X 2. sal		Frederiksbjerg Torv X 3. sal	
	Badeværelse IK101	Over vandlås IK201	Badeværelse IK103	Over vandlås IK 203	Badeværelse IK102	Over vandlås IK202
Kulrør	29	33	44	56	1,2	31
PbbRAE	105-180	16-76	220-223	213-216	107-151	4--55

Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  /ref. 7/

i.m. Ikke målt

Raste Overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterium for følsom arealanvendelse /ref. 7./

Tabel 1: Indhold af PCE over afløbet og i indeklimaet,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Som det fremgår af ovenstående tabel 4, er der i alle de udførte målinger over vandlåsen i afløbet påvist indhold af PCE, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium for følsom

arealanvendelse.

I de tilhørende badeværelser er der alle steder målt lidt lavere værdier. I IK101 og IK103 overskrider indholdene Miljøstyrelsens afdampningskriterium for følsom arealanvendelse.

Formål med etablering af anlæg:

Det overordnede formål med afværgetiltagene på lokaliteten er at nedbringe forureningspåvirkningen i lejlighederne i ejendommene Frederiksbjerg Torv X. Det er ikke et mål at nedbringe forureningsniveauerne i andre ejendomme.

Afværgeteknikkerne er således alene rettet mod den del af poreluftforureningen, der vurderes at trænge ind i bygningerne Frederiksbjerg Torv X.

Byggetekniske forhold:

Ejendommen på Frederiksbjerg Torv X er opført omkring 1901.

I 1985 blev stuelejligheden renoveret.

Kloakken i kælderetagen er delvist renoveret i 2006. Ved opbrydning af gulve blev det konstateret, at renoveringen var foretaget med ”grå kloakrør”, som udelukkende bør anvendes over terræn. Den resterende del af kloaksystemet var udført i betonrør og meget utæt.

Dele af kælderen anvendes til beboelse, med direkte adgang via en åben trappeopgang til stueetagen.

Ejendommen anvendes som beboelsesejendom. Hver etage (over kælderniveau) er indrettet med én lejlighed.

Gulvene i kælderetagen er de eksisterende uarmerede betongulve, som er støbt direkte på den intakte lerjord. Ejendommen er udført uden fundament.

Etageadskillelserne er udført i en let trækonstruktion.

Bygningen er opført i mursten, uden hulmur.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Undersøgelse af jord, grundvand, poreluft og indeklima. Se beskrivelse af forureningsituation

#### Beskrivelse af anlæg:

Efter afgravning af forurenede jord samt reovering af kloakkerne på lokaliteten er der udlagt ventilationsdræn (V1-V4), luftindtag (L1-L3) og målepunkter (Mp101A, MP101B og MP102-MP10x) i det kapillarbrydende lag.

Ventilationsdræn og luftindtag er udført som ø80 mm blind- og drænrør. Målepunkter er udført i ø6 mm kobberrør, som er afsluttet i det kapillarbrydende lag med et ca. 0,5 m drænrør, der er afproppet i begge ender.

Ventilationsdræn, luftindtag og målepunkter er udlagt på ca. 5-10 cm lecanødder. Ventilationsdræn og luftindtag er udlagt med bagfald, således at evt. kondens vil løbe ud mod drænerne og ikke samles i blindrørene. Efter udlægning af ventilationsdræn, luftindtag og målepunkter er der efterfyldt med lecanødder, således at det kapillarbrydende lag i alt er ca. 25 cm.

Ventilationsdræne er ført som blindrør igennem kældergulvet. Over gulvet er rørføringen udført i ø80 mm galvaniseret stålrør, som anvendes til afkastrør. Samlingen mellem PVC rør og galvaniseret stålrør er støbt ind i betonsoklen. Over gulvet bliver V1 og V2 samt V3 og V4 samlet til henholdsvis afkastrør 1 (A1) og afkastrør 2 (A2). Samlingen sker i monteringskabet, hvor der ligeledes er placeret kuglehaner til prøvetagning, monteringsstudser.

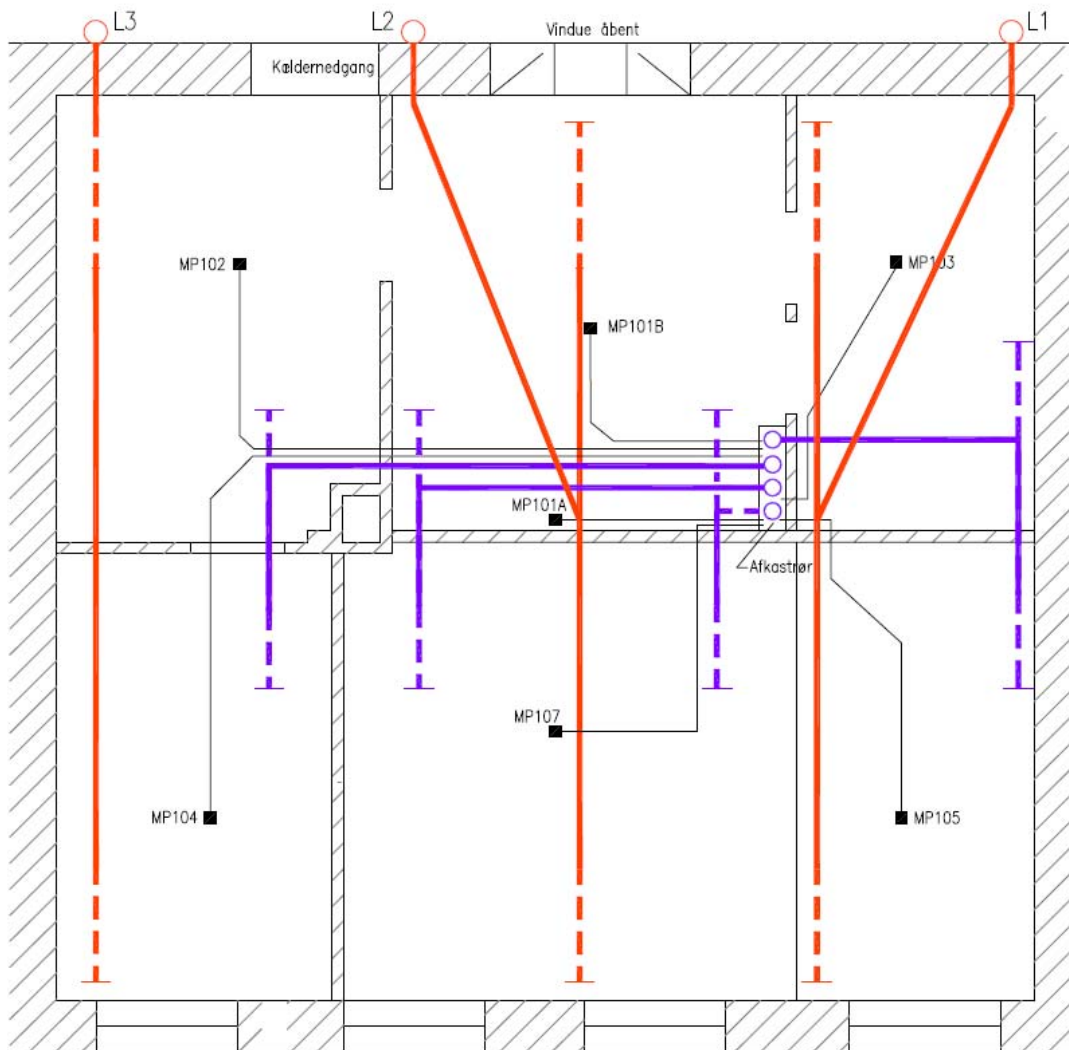
Afkastrørene bliver ført fra kælderetagen igennem trappeopgangen til 3. sal. På 3. sal bliver afkastrørene ført gennem tagkonstruktionen og afsluttet med 2 vindhætter over tagryggen.

Luftindtagene er som blindrør ført under soklen og er afsluttet over terræn i baggården med en afslutning i galvaniseret stål.

Målepunkterne er ført ubrudte gennem kældergulvet og afsluttet med en kuglehane i monteringskabet placeret i vaskerummet.

Der er støbt 12 cm armerede betongulve og udlagt en R.A.C membran. Membranen er fastgjort på kældervæggen, og der er støbt en hulkel omkring.

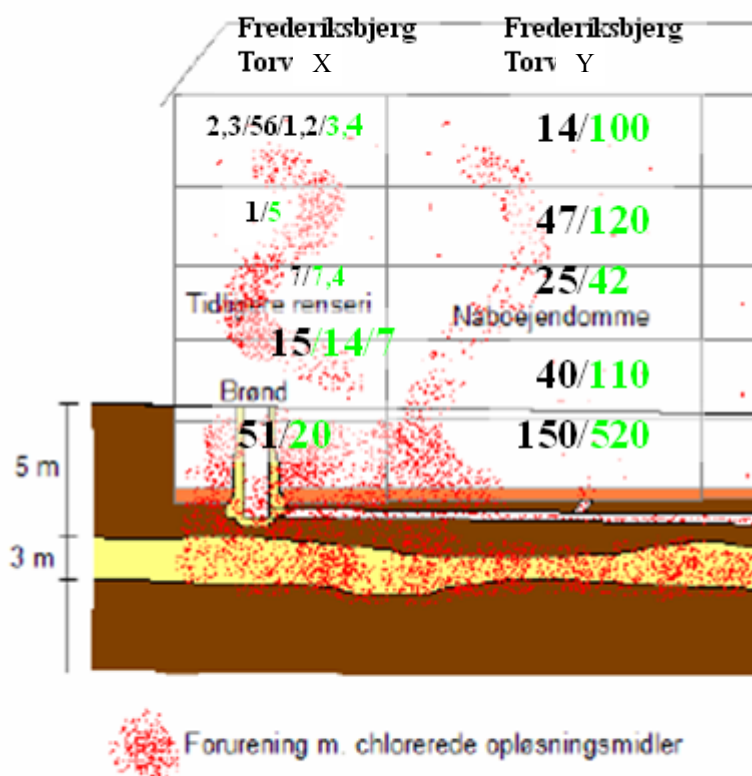
Skitse af anlæg:



SIGNATURER:

- MP Målepunkt under gulv
- Ventilationsdræn
- — Luftindtag

Drift og monitoring:



20 Resultater af indeklimamålinger efter etablering af passiv ventilation.

Resultater fra målinger under gulvet: Højeste påvist koncentration  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Resultater fra kloak: Højeste påviste koncentration i kloakken efter udførte foranstaltninger:  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE.

Stadig direkte adgang mellem beboelse i kælder og stueetage. Der er limet gulvbelægning på i beboelsen i kælderetagen. Ifølge Eurofins kan det ikke udelukkes, at dette har haft en påvirkning af indeklimamålingerne.

Målingerne er udtaget efter ca.  $1\frac{1}{2}$  måneders drift. Der kan være sket en opkoncentrering i boligen under gravearbejdet af fri fase PCE.

Koncentrationer i afkastrør på op til  $6.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE.

Måling af thoron og radon med og uden drift af den passive ventilation viser en effekt på 99% overfor radon i det kapillarbrydende lag. I forbindelse med at ventilationsdrænene har været slukket, er der målt radon over og under gulvet i vaskekælderen. Vinduerne står ofte åbne i vaskekælderen, men i en periode på 3-4 dag har de været lukkede. Her er der påvist en tilbageholdelse af radon i indeklimaet på en faktor 50-100.

Der foretages endnu en målerunde i september 2009, hvor der også registreres flow i afkastrør.

Afværgeforanstaltninger i Frederiksbjerg Torv Y igangsættes i 2009.06.08

Opnået effekt ved passiv ventilation:

En reduktion i det kapillarbrydende lag på en faktor 20.000.

En reduktion i indeklimaet på en faktor 2 (mener at der kan være sinks samt påvirkning fra gulvbelægning, samt generelt forhøjede indhold se Frederiksbjerg Torv Y)

En reduktion i kloakkerne (over vandlåsen) på en faktor 11-18.

Økonomi:

Entreprenørudgifter: DKK 800.000, excl. moms

Honorar: DKK 200.000, excl. moms

Konklusion:

Ønsket effekt i det kapillarbrydende lag er opnået.

Effekt i indeklima er opnået, dog med forventning om lavere indhold ved 2. målerunde.

Referenceliste:

- /1/ Tidligere renseri Frederiksbjerg Torv, Århus. Supplerende undersøgelser og afværgeprogram (revideret). Udført for Region Midtjylland af NIRAS. 18. januar 2008.
- /2/ Afværgeforanstaltninger Frederiksbjerg Torv X, Århus. Passiv ventilation af kapillarbrydende lag mv. Særlige Betingelser (SB). Særlige Arbejdsbetingelser (SAB). Udført for Region Midtjylland af NIRAS. Maj 2008.
- /3/ Dokumentationsrapport. Frederiksbjerg Torv X, Århus.
- /4/ Diverse analyseresultater monitoringsrunde i marts 2009.



Lokalitetens adresse:  Gravertoften, Ledøje-Smørum	Bygherre: Københavns Amt  Region: Hovedstaden
--	---

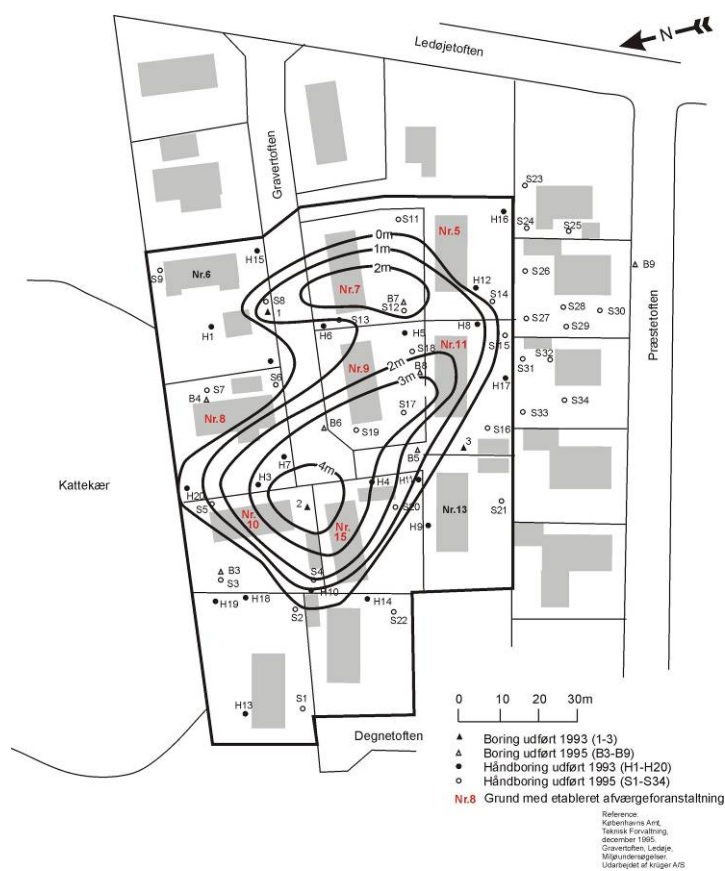
### Beskrivelse af forureningssituation:

Matriklerne ligger på en tidligere losseplads, hvor der fortrinsvis er deponeret husholdningsaffald med fylde tykkelser på op til 5 meter, jf. nedenstående figur.

I forbindelse med tidligere udførte miljøundersøgelser er der konstateret forhøjede koncentrationer af lossepladsgas og tungmetaller, samt relativt begrænsede koncentrationer af smøre-/motorolie i jorden.

På matriklerne er der bygget parcelhuse og mindre skur-/carportkonstruktioner. Den resterende del af matriklerne er anlagt som have med flisebelagte og beplantede arealer. Parcelhusene med tilhørende haver anvendes til beboelse, og der er således følsom arealanvendelse på matriklerne. Parcelhusgrundene er anlagt, hvor der tidligere har ligget en sø og mose. Opfyldningen er foregået i perioden mellem 1954 og 1959 og igen omkring 1974.

De målte gaskoncentrationer ved tidligere udførte miljøundersøgelser blev vurderet til at udgøre en potentiel risiko ved evt. gasindtrængning i parcelhusene på depotet.



#### Formål med etablering af anlæg:

Afværgeprojektet har omfattet etablering af ventilationsgrøfter omkring 7 parcelhuse på Gravertoften.

Ventilationsgrøfterne er etableret for at afværge mod evt. indtrængende lossepladsgas. Herved undgås en ophobning af lossepladsgas under parcelhusene.

#### Byggetekniske forhold:

Afværgeforanstaltningerne blev etableret i 1997.

Ventilationsgrøften er gravet til 1,5 m.u.t. I bunden af ventilationsgrøften er der udlagt et skråtstillet lag af nøddesten, hvori der i en dybde af ca. 1 m.u.t. er udlagt et gasdræn. Der er endvidere etableret gasdræn, som er ført gennem husets fundament til ca. 2-3 m ind under gulvkonstruktionen.

Gasdræn i grøft og under gulv er forbundet til overjordiske udluftningsrør, der er ført op langs husmur og inde langs tagspær, og forbundet til udluftningshætter på hustaget. Der er etableret 2 udluftningshætter på hvert parcelhustag. Den ene hætte ventilerer udelukkende gasdræn i grøft og den anden hætte ventilerer udelukkende gasdræn under gulv.

#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der blev foretaget undersøgelser af lossepladsgas på deponeringsområde samt registreringsundersøgelse i 1993.

Der blev foretaget miljøundersøgelser i 1995.

#### Beskrivelse af anlæg:

På en ejendom på Gravertoften er gasdrænene i grøften og drænene under gulv forbundet til 4 overjordiske udluftningsrør, der er afsluttet umiddelbart over terræn.

For de øvrige ejendomme på Gravertoften, hvor der er etableret passiv ventilation, er gasdræn i grøft og under gulv desuden forbundet til et overjordisk luftindtagsrør til evt. justering af luftstrømmen gennem gasdrænet.

På den ene ejendom på Gravertoften er der på den nordlige husgavl etableret ventilationshuller med rist i fundamentet, der på dette sted er næsten helt frit. Disse ventilationshuller, er etableret som alternativ til indskudte gasdræn, der blev vurderet til ikke at være påkrævet, idet forholdene på dette sted indikerede tilstedeværelse af et større hulrum under husets gulvkonstruktion.

Gasdræn i ventilationsgrøfter er tilsluttet rense-/spulebrønde for vedligeholdelse. Der er etableret i alt 17 rense-/spulebrønde.

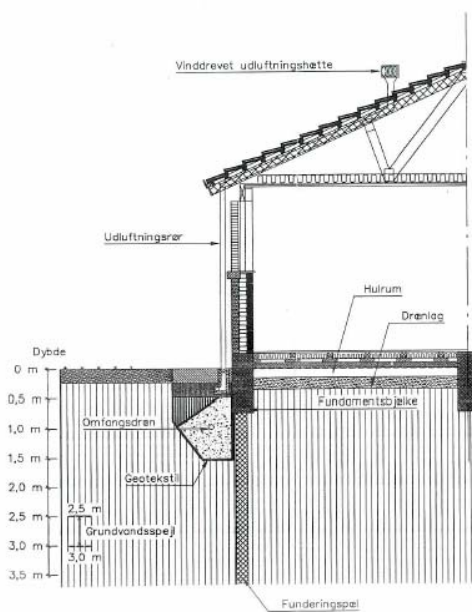
Til monitoring af gaskoncentrationer under de i alt 7 parcelhuse er der etableret i alt 26 gasmålesonder. På Gravertoften er der to forskellige steder etableret 2 målesonder, der er ført hhv. ca. 1 m ind under gulvkonstruktionen (H), og skråt ind under huset til en dybde på ca. 2 m.u.t (D).

Til monitoring af gaskoncentrationer i gasdrænen er der ca. 0,5 m.o.t på samtlige overjordiske udluftningsrør, der forbinder gasdrænen med udluftningshætter på hustag, etableret en monitoringsstuds (AH og AG).

### Skitse af anlæg:

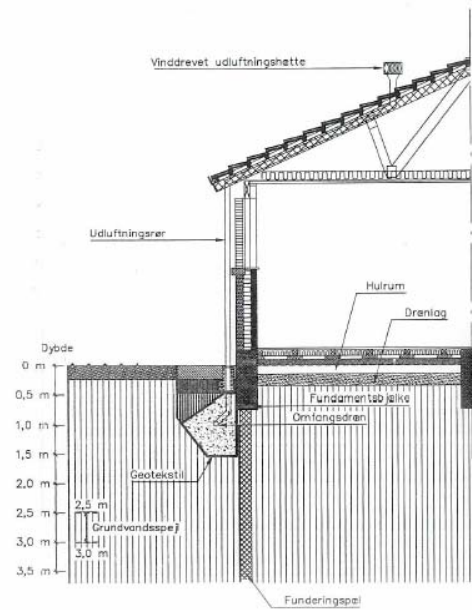
**SNIT 2**

Principdetail af udluftningsrør og afkast til hulrumsdræn



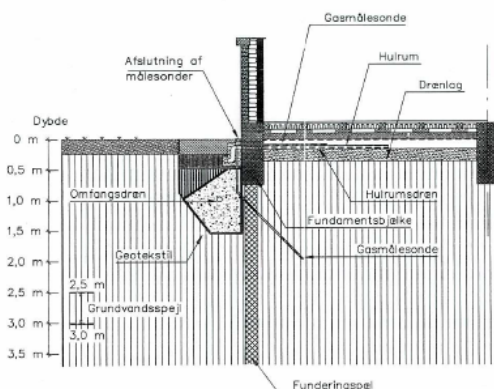
**SNIT 1**

Principdetail af udluftningsrør og afkast til omfangsdræn



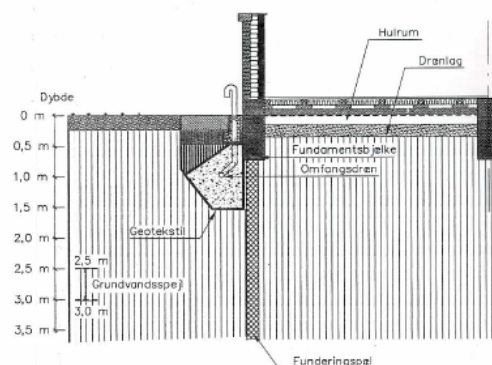
**SNIT 3**

Principdetail af hulrumsdræn og pejlesonde



**SNIT 4**

Principdetail af luftindtag til omfangsdræn



#### Drift og monitorering:

Der blev foretaget en revurdering af afværgeforanstaltningerne i 2005, hvor der blev samlet op på monitoringsresultater fra perioden 1999-2003.

Der blev ikke registreret metan i de målesonder, som er etableret under parcelhusenes gulvkonstruktion, med undtagelse af en enkelt målesonde, hvor der er registreret en koncentration på 0,25 %, hvilket dog er under den vejledende grænse på 0,5 %. Der blev ligeledes ikke registreret metan i de overjordiske udluftningsrør, som forbinder gasdræn under gulvkonstruktion med udluftningshætter på hustag. I de overjordiske udluftningsrør, som forbinder gasdræn i grøfterne omkring husene med udluftningshætter på hustagene, blev der i målesonderne registreret metan-koncentrationer på 0-2 %, hvilket er under den vejledende grænse på 5 %. Der blev registreret metan (0,2-59,4 %) i 7 af de 13 målesonder, som er etableret 2 m.u.t. i lossepladsfyldet.

I samtlige af de 13 målesonder under gulv blev der registreret relativt små koncentrationer (maks. 0,8–12,7 %) af kuldioxid. I samtlige 12 overjordiske udluftningsrør blev der ligeledes registreret relativt små koncentrationer (0,1-6,9 %) af kuldioxid. Der blev registreret relativt høje koncentrationer af kuldioxid (maks. 1,7-47,9 %) i samtlige 13 målestationer, som er etableret 2 m.u.t. i lossepladsfyldet.

De registrerede metan- og kuldioxidkoncentrationer lå indenfor de vejledende intervaller, undtagen i målesonde H5-1 under gulv, hvor der i februar 1999 blev registreret en kuldioxidkoncentration på 12,7 %. Der blev vurderet, at der ikke er en risiko, selvom de vejledende intervaller blev overskredet. Det skyldes, at der kun var en enkelt måling for henholdsvis kuldioxid og metan, der overskred de opstillede intervaller, og at overskridelserne var små.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Konklusionen på revurderingen i 2005 var at afværgeforanstaltningerne er velfungerende og afværger risikoen for gasindtrængning i husene.

I 2007 blev der foretaget en tilstandsvurdering på Gravertoften X pga. beskadigede rørsamlinger på drænsystemet under gulv. Jorden synker på grund af sætninger i det underliggende lossepladsfyld. Parcelhusene, der er funderet på pæle, synker dog ikke. Dette giver risiko for brud på de omkringliggende kloak- og drænrør, der er fastgjort til huset.

#### Økonomi:

De samlede drifts- og vedligeholdelsesudgifter har været mellem DKK 24.500 og knap DKK 47.000 pr. år i årene 2000-2002.

Anlægsomkostningerne var ca. DKK 1 mio.

Konklusion:

På baggrund af de gennemførte tracerforsøg samt målinger af gaskoncentrationer i 2007 vurderes tilstanden af de eksisterende afværgeforanstaltninger at være god. Herudover har tracerforsøgene vist, at afværgeforanstaltningerne selv ved forholdsvis lave lufthastigheder i udluftningsrørene fungerer tilfredsstillende.

Referenceliste:

Københavns Amt, Gravertoften, Ledøje-Smørum Kommune, Afslutningsrapport, Afværgeforanstaltninger mod lossepladsgas, Nelleman, Nielsen & Rauschenberger A/S, december 1997.

Københavns Amt, Gravertoften, Ledøje-Smørum Kommune, Revurdering af afværgeforanstaltninger, NIRAS, oktober 2005.

Region Hovedstaden, Gravertoften X i Ledøje, Tilstandsvurdering af afværgeforanstaltninger, NIRAS, januar 2008.

Lokalitetens adresse: Havnefronten, Bogense	Bygherre: MS-Totalbyg  Region: Region Syddanmark
--	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Grunden var oprindelig strand. Fra 1852 til slutning af 1970'erne har der været have, tilhørende Bogense Jernstøberi og maskinfabrik. Fra ca. 1980 og 6-8 år frem blev grunden været anvendt til mekanisk værksted.</p> <p>I marts 2003 /1/ er der etableret 2 boringer ved den tidligere benzinudskiller på den østlige del af grunden. I den ene boring konstateres en terrænnær forurening med tungere kulbrinter. Ingen tegn på forurening fra benzinudskilleren.</p> <p>I maj 2003 /2/ er der udført en supplerende forureningsundersøgelse på grunden, dels omkring overfladeforureningen ved den tidligere benzinudskiller og dels i fyldjorden på resten af grunden. Kulbrinteforureningen omkring benzinudskilleren afgrænses. Der er derudover konstateret fyldforurening i 3 af 4 boringer (benz(a)pyren op til 0,61 mg/kg TS og bly op til 150 mg/kg TS).</p> <p>I juni 2007 /3/ er der udført yderligere en forureningsundersøgelse til anvendelse i forbindelse med en ændring af arealanvendelsen til bolig. Der udføres 14 boringer på grunden. I en af boringerne blev der konstateret indhold af benz(a)pyren på 0,57 mg/kg TS i fyldjorden. I de resterende boringer er der ikke konstateret forurening i fyldjorden.</p> <p>Ved undersøgelsen blev der ligeledes udtaget 5 poreluftprøver fra 0,9-1,3 m u.t. i det kommende byggefelt. I poreluften blev der konstateret indhold af kulbrinter (240-410 µg/m<sup>3</sup>) og benzen (0,47-1,8 µg/m<sup>3</sup>) i alle målepunkter. Derudover blev der i 3 af målepunkterne konstateret indhold af TCE (7,9-54 µg/m<sup>3</sup>).</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med anlægget er at sikre indeklimaet i nybygget boligbyggeri.</p> <p>Der er tale om en permanent foranstaltning.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Bygningen er bygget i 2008 (ca. 500 m<sup>2</sup>). Bygningen er direkte funderet.</p> <p>Drænene er ø63 PEH-drænrør med filtersok.</p> <p>Drænene er udlagt i 0,3-0,4 m kapillarbrydende lag (ral) og bundet op i armeringsnettet. Over</p>
---

markeringsnettet er udlagt Sundolittplader.

Gulvet er 120 mm jernbeton.

Der er ikke etableret membran.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er ikke foretaget forudgående tests.

Beskrivelse af anlæg:

Der er etableret 7 ventilationsdræn under bygningen, i alt ca. 90 m Ø63 mm PEH-drænrør. Drænstrængene er placeret midt i et 0,3-0,4 m kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen.

Ventilationsdrænene er tilsluttet 3 vindrotorer af typen SupaVent 10" på tag. Drænene er samlet 2, 2 og 3 under terræn og ført via et Ø63 mm PE-rør blindrør via en skakt til tag og tilsluttet vindrotorer. Vindrotorerne er etableret 0,5 m over tagrende.

På loftsrummet er der på de enkelte rør, der skal føres til vindrotor, monteret en kobling til luftudtag for mulig udtagning af luftprøver, en stopkuglehane mellem luftudtag og afkast (vindrotor) samt en storz fastkobling med 2" gevind og storz slutdæksel mellem luftudtag og stopkuglehane. Princippet herfor er vist på nedenstående foto, der dog kun er et principfoto, idet materialer, placering mv. er anderledes i det aktuelle projekt. Alle 3 enheder er placeret så tæt som muligt.



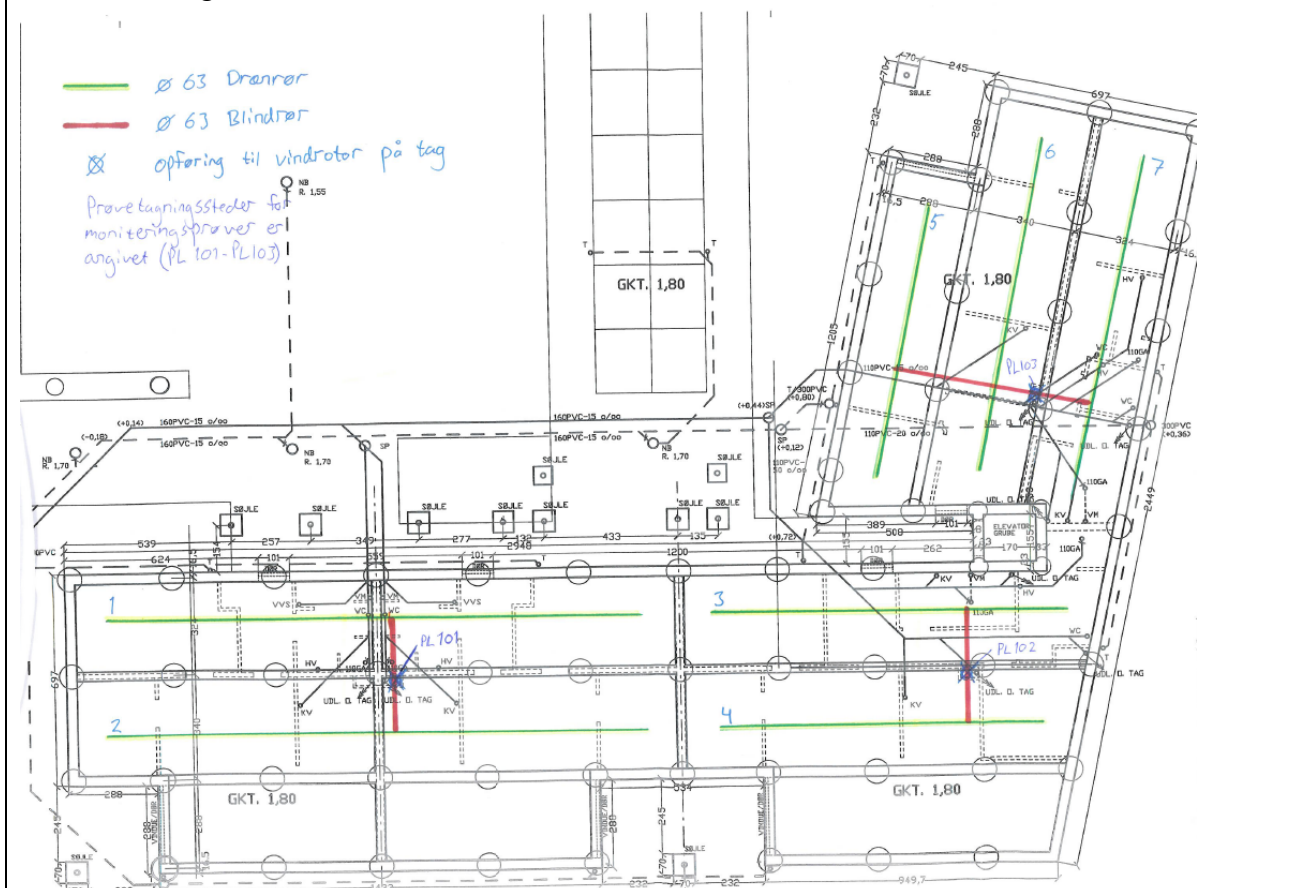
Stopkuglehane (PPE 301-8)

Storz fastkobling m. 2" gevind  
(AL.1403.0030) og storz slutdæksel  
(ALC 1403.0050)

Kobling til luftudtag  
(PPMA 121-3)



## Skitse af anlæg:



## Drift og monitorering:

Der er udført kontrol med anlægget før ibrugtagning (sept. 2008) /4/, og 3 måneder efter ibrugtagning (feb. 2009) /5/. Næste monitorering er i slutningen af 2009.

Der monitoreres i de dertil etablerede koblinger til luftudtag.

Der er udtaget luft på kulrør til analyse for indhold af kulbrinter, BTEX'er og chlorerede opløsningsmidler /4/, /5/. Ved første målerunde /4/ er der ligeledes målt for indhold af chlorerede nedbrydningsprodukter.

Resultaterne er som følger:

Totalkulbrinter: <61-120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  /4/ og <37-38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  /5/

Benzen: 0,89-1,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  /4/ og 1,2-1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  /5/

PCE: under detektionsgrænsen /4/ og /5/

TCE: 0,17-0,25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  /4/ og under detektionsgrænsen /5/

Der blev ikke påvist indhold af chlorerede nedbrydningsprodukter.

Der er ikke målt tryk og luftflow i anlægget, og der findes ingen vinddata.

Det blev vurderet, at det ikke var nødvendigt at udføre indeklimamålinger.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Formålet med ventilationsanlægget er at sikre indeklimaet i boligerne.

Der er i §8-tilladelsen stillet krav om monitorering indtil 3 på hinanden følgende målinger viser, at koncentrationerne i poreluften under gulv ikke overstiger 100 x afdampningskriterierne.

Da de to første kontrolmålinger viser, at dette krav overholdes, vurderes anlægget indtil videre at virke efter hensigten.

Økonomi:

???

Konklusion:

Anlægget virker, og det har ikke været nødvendigt at opgradere til et aktivt anlæg.

Referenceliste:

- /1/ Carl Bro, Vestergade, Bogense, Begrænset forureningsundersøgelse, marts 2003.
- /2/ Carl Bro, Vestergade, Bogense, Supplerende forureningsundersøgelse, maj 2003.
- /3/ Grontmij | Carl Bro, Havnefronten, Bogense, Forureningsundersøgelse, juni 2007.
- /4/ Grontmij | Carl Bro, Havnefronten, Bogense, Miljøtilsyn, okt. 2008.
- /5/ Grontmij | Carl Bro, Havnefronten, Bogense, Monitorering, februar 2009.

Lokalitetens adresse: Hedekovvej og Bystævnet, 8520 Lystrup	Bygherre: Region Midtjylland  Region: Region Midtjylland
--	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der er konstateret indhold af PCE i poreluften under et tidligere renseri, samt under naboledigheden i samme ejendom. I poreluften er der konstateret indhold af PCE på op til 51.000 µg/m<sup>3</sup>. Forureningsudbredelsen fremgår af vedlagte bilag.

I indeluften i det tidligere renseri og i nabobeboelsen er der konstateret indhold af PCE på op til hhv. 55 og 78 µg/m<sup>3</sup>.  
Ref. /1/ og /2/.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med de byggetekniske foranstaltninger er at sikre indeklimaet i eksisterende beboelse, Hedekovvej.

Byggetekniske forhold:

Ejendommen er på ca. 567 m<sup>2</sup> og omfatter adresserne Bystævnet X og Y samt Hedekovvej A, B og C.

Bygningen er opført i 1968 og er en 2-etagers bygning med ydervægge af mursten og indervægge af beton. Under ejendommen findes en kælder, dog ikke under A og X, hvor der er konstateret indeklimaproblemer. Det tidligere renseri var beliggende i nr. X, i stueplan.

Bygningen fremstår i god stand. Etageadskillelser og skillevægge er af beton og har diverse rørgennemføringer. Det er ikke dokumenteret, hvorvidt der er et egentligt kapillarbrydende lag under gulvene.  
Ref. /2/.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er udført orienterende og supplerende undersøgelser, inklusive en byggeteknisk gennemgang med bl.a. ppBRAE.  
Ref. /1/ og /2/.

## Beskrivelse af anlæg:

Der er under terrænniveau, igennem gavlfundament, monteret 2 stk. filterrør til luftindtag på bygningens østside, under beboelsen Hedeskovvej A. Filterrørerne er afsluttet med svanehals over terræn. Disse filterrør, der fungerer som "luftindtag", er alm. Ø63 mm PE filtre á 2 meter.

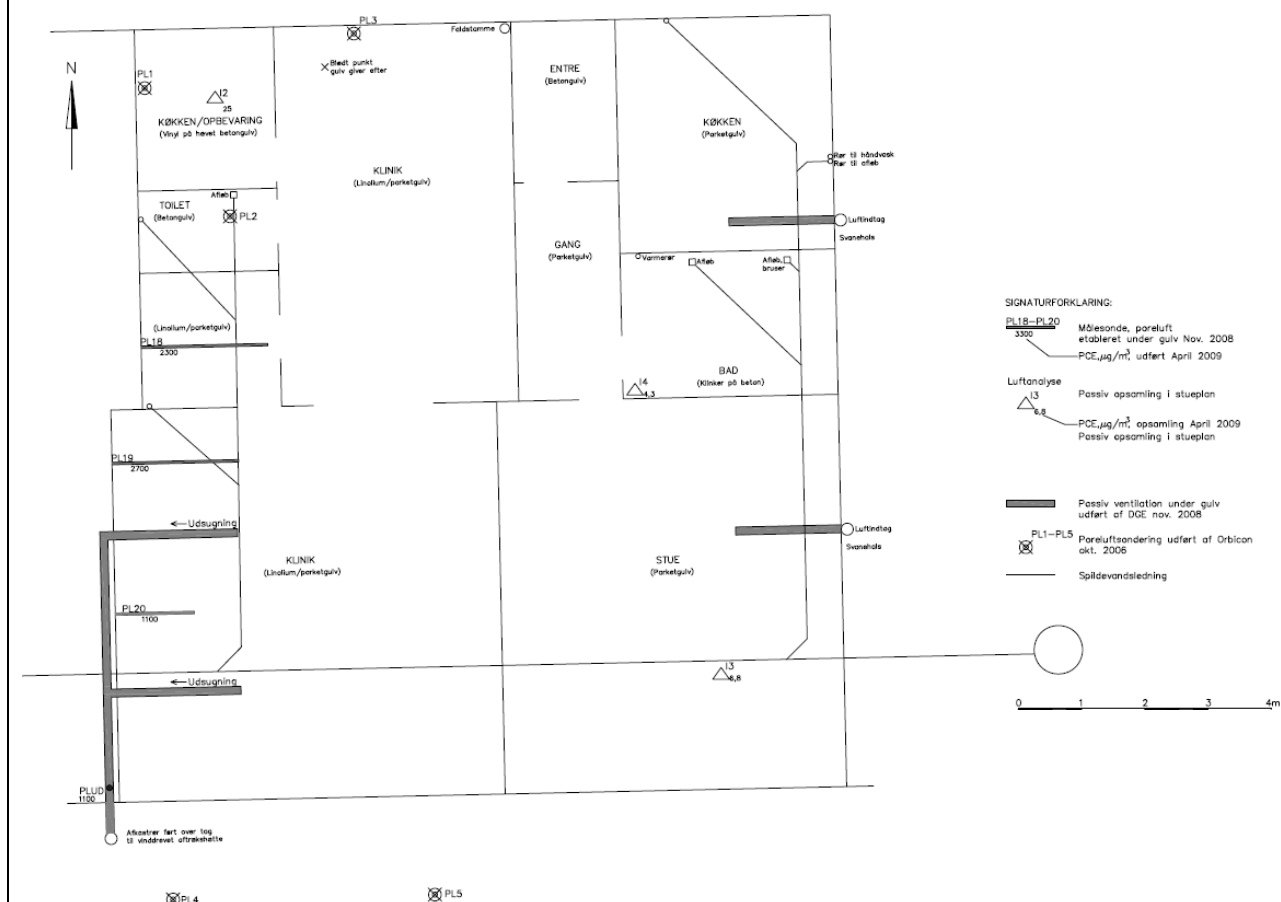
Under det tidligere renseri er der endvidere etableret 2 stk. filterrør under gulv. Disse er ført ud til afkastrør på sydvendt facade og afsluttes over tagudhæng med en vinddreven aftrækshætte. Igen er filtrene alm. Ø63 mm PE filtre á 2 meter, der er boret fra tilstødende kælder ind under tidligere renseri. Aftræksrør er Ø70 mm galvaniserede rør af samme type som eksisterende nedløbsrør på ejendommen (æstetisk hensyn).

Endeligt er der monteret 3 stk. poreluftsonder under tidligere renseri til monitoring af anlægget. Her er anvendt alm. Ø10 mm aluminiumsporeluftsspyd, der er banket ca. 2 meter ind under tidligere renseri.

Ref. /3/

## Skitse af anlæg:

Ref. /3/.



#### Drift og monitorering:

Driften overvåges ved manuelle målinger af luftstrømningen i afkastet samt ved differenstryk målinger.

Efter ca. 5 måneder er første monitorering af indeluften udført, hvorefter der ses en halvering af PCE-indholdet i det tidligere renseri, mens der kun ses ca. en 1/10 i beboelsen (fald fra 78 til 6,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Monitorering af afkastluft viser efter 5 måneders drift samme PCE-indhold som ved opstart (1.100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved begge monitoringer).

Monitoreringen af poreluften viser endnu ingen entydig tendens i PCE-niveauet (430-3.300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Der er pt. ikke aftalt et videre monitoringsforløb med regionen.

OBS: Af byggetekniske årsager er der ikke ”bagfald” på hele systemet. Der er derfor etableret en vandudskiller til kondensvand. Der er indenfor de første måneder af tappet 3,5 liter kondensvand herfra. Dette er aftaget til ca. 0,1 liter de seneste måneder.

Ref. /3/ og /4/.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter 5 måneder er indholdet af PCE i indeluften i beboelsen nedbragt fra 43-78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til 4,3-6,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### Økonomi:

Anlægsudgifter incl. projektering = DKK 100.000

Monitorering er ikke fastlagt, men anslås til DKK 25.000/år

#### Konklusion:

Formålet med at sikre indeklimaet i nabobeboelsen er opfyldt efter ca. 5 måneders drift af den passive ventilation under gulv.

Det anbefales at forsætte monitorering i 1-2 år eller til at der tillige kan konstateres en tydelig faldende tendens i poreluftkoncentrationerne.

#### Referenceliste:

/1/ Orienterende forureningsundersøgelse. Lokaltet 751-4396 Bystævnet, 8520 Lystrup. Orbicon, 6/10 2006.

/2/ Rapport om supplerende undersøgelse. Bystævnet og Hedeskovvej, 8520 Lystrup. DGE-0801180/2, april 2008.

- /3/ Tilsynsrapport, udførelse af afværgeforanstaltninger. Bystævnet og Hedeskovvej , 8520 Lystrup. DGE-0801357, december 2008.
- /4/ Monitoringsnotat 1, Bystævnet og Hedeskovvej, 8420 Lystrup. DGE-0801357/1, 11/6 2009.

Lokalitetens adresse: Herman Stillings Vej, 8900 Randers	Bygherre: Århus Amt/Region Midtjylland  Region: Region Midtjylland
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der er konstateret indhold af PCE i poreluften under et tidligere renseri, samt under tilstødende vaskekælder, depotrum mv. I poreluften er der konstateret indhold af PCE på op til 450.000 µg/m<sup>3</sup>. I en enkelt jordprøve under gulv er der konstateret et PCE-indhold på ca. 500.000 mg/kg TS. Forureningsudbredelsen fremgår af vedlagte ref. /1/ og /2/.

I indeluften i kælderen i det tidligere renseri er der konstateret indhold af PCE på op til 270 µg/m<sup>3</sup>. I beboelserne på hhv. stueetagen og 1. sal er der konstateret indhold af PCE på op til hhv. 130 og 100 µg/m<sup>3</sup>.  
Ref. /3/.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med de byggetekniske foranstaltninger er at sikre indeklimaet i eksisterende beboelser i stueetagen og 1. sal, efter afgravning af hotspot og etablering af nyt kældergulv.

Byggetekniske forhold:

Ejendommen er en større beboelsesejendom med et tidligere renseri i kælderetagen i den sydlige ende af bygningen.

Ejendommen er opført i perioden 1942-1945. Bygningen fremstår i god stand. Etageadskillelser består af træ og 6 cm lerindskud. Ref. /4/.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er udført orienterende og supplerende undersøgelser, inklusive en byggeteknisk gennemgang med bl.a. ppBRAE.  
Ref. /2/ og /4/.

Beskrivelse af anlæg:

Indledningsvist er udført en bortgravning af tilgængelig jordforurening under kælder gulv i efteråret 2006.

I forbindelse med genindbygning af rent sand, er der udlagt et drænsystem bestående af Ø63mm PEH filterrør. Drænsystemet ventileres via Ø100 m spirorør. Spirorøret er udvendigt forbundet til

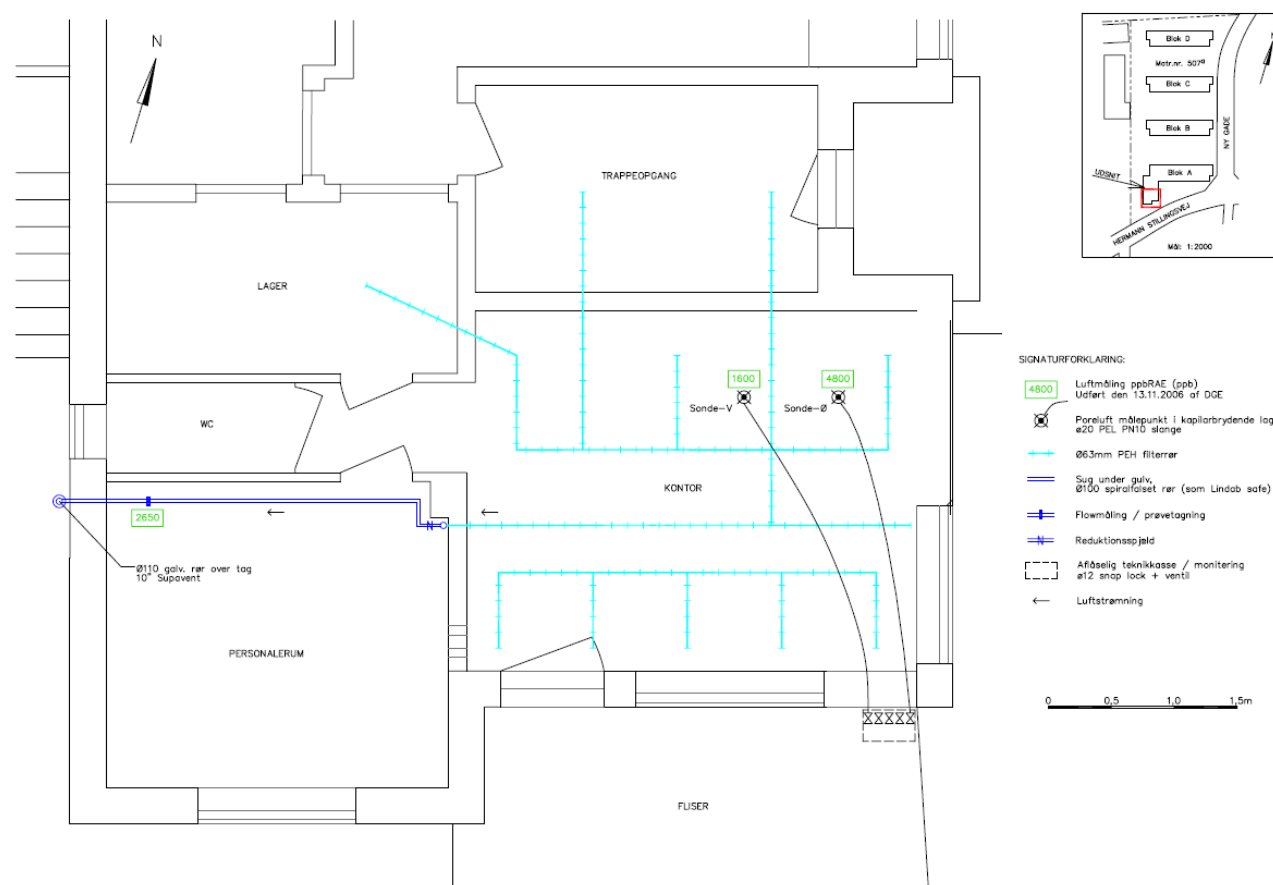
et Ø100 mm galvaniseret rør (Lurdex), der er ført over ejendommens tag, ca. 12 m over terræn. På afkastet er monteret en 10" supavent (vinddreven ventilation).

Et lignende system til ventilering af indeluften i kælderen er udført herefter. Dette system drives af en særskilt vindhætte over ejendommens tag.

Endvidere er der monteret 2 stk. poreluftsonder under tidligere renseri til monitoring af anlægget. Her er anvendt alm. Ø25 mm poreluftsonder fra Rotek.

Ref. /5/

### Skitse af anlæg:



Ref. /5/.

### Drift og monitoring:

Driften overvåges ved manuelle målinger af luftstrømningen i afkastet samt ved differenstrymålinger.

Der måles én gang årligt i en 6-årig periode på indeluften i kælderen samt i 2 poreluftsonder i perioden frem til og med 2012.

I 2007, 2008 og 2009 er der konstateret indhold af PCE i kælderluften på hhv. 3, 1 og 0,5 µg/m<sup>3</sup>.



Moniteringen af poreluften viser endnu ingen entydig tendens i PCE-niveauet (94-1.400 µg/m<sup>3</sup>).  
Ref. /6/ og /7/.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Ved første monitering er indholdet af PCE i indeluften ikke over Miljøstyrelsens  
afdampningskriterium.

Økonomi:

Anlægsudgifter incl. projektering = DKK 350.000  
Monitering er ikke fastlagt men anslås til DKK 12.000/år

Konklusion:

Formålet med at sikre indeklimaet er opfyldt efter ca. 4 måneders drift af den passive ventilation  
under gulv.

Moniteringen fortsætter til 2012 år eller til at der tillige kan konstateres et tydelig faldende (eller  
stabil) tendens i poreluftkoncentrationerne.

Referenceliste:

- /1/ Supplerende Miljøundersøgelse. Lokalitet 731-0094, Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0601162/2, 7/4 2006.
- /2/ Gennemgang af mulige afværgeløsninger. Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0601326/1, 23/5 2006.
- /3/ Opstilling af luftrensere og kontrol af effekt. Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0401383/1, 1/12 2004.
- /4/ Supplerende forureningsundersøgelse, Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0401244/2, 7/6 2004.
- /5/ Tilsynsrapport, Oprensning af forurennet jord og sikring af indeklima, Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0601424/1, 24/11 2006.
- /6/ Monitoringsnotat, Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0701146/2, 30/3 2007.
- /7/ Monitoringsnotat 2, Vedr. Herman Stillingsvej, 8900 Randers. DGE-0801554/2, 16/4 2009.

Lokalitetens adresse:  Hertalund, Slotsallén 4200 Slagelse	Bygherre: Vestsjællands Amt  Region: Region Sjælland
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Hertalund er et villakvarter fra omkring 1970. Ejendommene er beliggende ved/på en gammel opfyldt lergrav, der efter endt graveaktivitet er anvendt som losseplads til blandt andet formålet husholdningsaffald.

Selve lossepladsen ligger under et dæklag på 0,5-3 m tykkelse. Dæklaget er hovedsagligt forurenet med tungmetaller og kulbrinter.

Den øverste meter dæklag er fjernet omkring de eksisterende bygninger.

*Ref. Vestsjællands Amt. Supplerende forureningsundersøgelse. Hertalund Slagelse. Hedeselskabet 1995.*

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med ventilationssystemerne under bygningerne er at hindre ophobning af lossepladsgas (metan). Afværgeforanstaltningerne er udført således, at kriteriet for metan for følsom arealanvendelse (bolig) kan overholdes i forhold til afdampningen fra jorden.

Ventilationssystemerne er udført som afskærende foranstaltninger på eksisterende byggeri.

Byggetekniske forhold:

Der er etableret passiv ventilation under 8 parcelhuse opført omkring 1970. Da bygningerne er placeret på en losseplads, formodes det, at fundamenterne til alle 8 bygninger er piloteret ned til 7-8 m under terræn.

Det er anført i afrapporteringen af afværgeforanstaltningerne, at der under de 8 bygninger er kapillarbrydende lag under bygningernes gulv. Der er ingen beskrivelse af gulvopbygning eller kapillarbrydende lag.

Der er ikke udlagt membran.

*Ref. Vestsjællands Amt, Afrapportering af afværgeforanstaltninger. Hertalund Slagelse. Hedeselskabet november 1997.*

#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Formålet med ventilationssystemerne under bygningerne er at hindre ophobning af lossepladsgas (metan) under bygningerne, således at kriteriet for metan for følsom arealanvendelse (bolig) kan overholdes i forhold til afdampningen fra jorden.

Der er ikke udført indledende test i forbindelse med dimensioneringen af ventilationssystemerne.

#### Beskrivelse af anlæg:

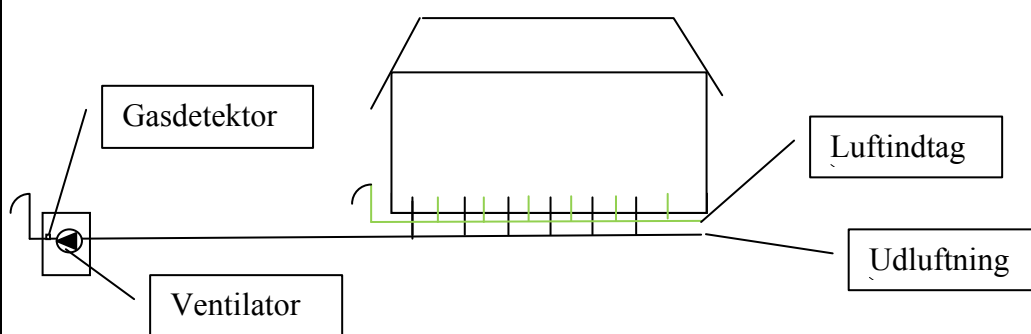
Under hver bygning er der i forbindelse med udskiftning af dæklaget boret igennem bygningsfundament i niveau med det kapillarbrydende lag. Der er udført mellem 10 og 15 gennemboringer af fundamentene på hver bygning.

Der er etableret to separate systemer under hver bygning, henholdsvis ”luftindtag” og ”udluftning”. ”Luftindtagene” er samlet i et fælles rør, som er afsluttet med en svanehals.

”Udluftningssystemet” er ligeledes samlet til et fælles rør, som er ført ud til en brønd i skel.

I brøndene er der monteret en gasdetektor og en lille kanalventilator. Kanalventilatoren er monteret for at skabe et svagt undertryk i udluftningssystemet, således at der er en lille men konstant luftstrøm omkring gasdetektoren.

#### Skitse af anlæg:



Anlægget har siden opstart være koblet til En SRO-hovedstation placeret hos bygherre. Der har været indsat alarmgrænser for metankoncentrationer (lav alarm 5%, høj alarm 20 % af LEL) samt alarm for manglende driftssignal fra ventilatorer.

#### Drift og monitorering:

Der udført to faste årlige tilsyn med anlægget. Der er udført enkelte flowmålinger på udluftnings-systemerne. Flowet har været indreguleret til ca. 10 m<sup>3</sup>/h.

Der er udført årlig service på gasdetektorerne, herunder kalibrering.

Herudover har der været udført tilsyn ved alarmer.

Der er ikke udført målinger af indeklima.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Der har siden anlægget blev sat i drift ikke været målt koncentrationer på mere end 20 % af LEL i udluftningssystemerne. Ved alarmer på høje gaskoncentrationer har det altid vist sig at være fejl på gasdetektorerne.

Det vurderes derfor, at afværgeforanstaltningerne har virket efter hensigten. Dog er der ingen viden om, hvilke gaskoncentrationer, der kunne være opstået uden ventilationssystemerne.

#### Økonomi:

Da afværgeforanstaltningerne er udført tilbage i 1997, er der ikke arkivmateriale hos Orbicon, som viser noget om anlægsomkostningerne, som før nævnt også omfattede afgravning af 0,5 til 1 m dæklag og retablering af haver, indkørsler etc.

De årlige driftsomkostninger til energi, telefon, og service af gasdetektore vurderes til at være ca. DKK15.000 til 20.000. Hertil kommer udskiftning af ventilatorer og gasdetektorer på ca. 5-10.000.

Udgifter til rådgiver (tilsyn, service, afrapportering) andrager årligt ca. DKK 25.000.

#### Konklusion:

Det vurderes derfor, at afværgeforanstaltningerne har virket efter hensigten. Dog er der ingen viden om, hvilke gaskoncentrationer, der kunne være opstået uden ventilationssystemerne.

#### Referenceliste:

Afværgeforanstaltningerne er beskrevet i Drifts- og monitoringsmanual, Hertalund, Hedeselskabet, december 1997.

Afrapportering Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, december 1997.

Detailprojekt, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, februar 1997.

Statusnotat 1998, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, januar 1999.

Statusnotat 1999, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, marts 2000.

Statusnotat 2000, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, februar 2001

Statusnotat 2001, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, december 2001

Statusnotat 2002, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, januar 2003

Statusnotat 2003, Hertalund, Slagelse, Hedeselskabet, januar 2005

Lokalitetens adresse: Holmevej, Farsø	Bygherre: Topdanmark / OM Region: Region Nordjylland
--	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Oliefyret og olietanken står i kælderen. Mellem tanken og fyret var kobberøret nedstøbt i gulvet. Forureningen er opstået fordi kobberøret var tæret.</p> <p>Efter en forureningsundersøgelse og en delvis oprensning blev der efterladt restforurening under kælderen. Restforureningen er beliggende fra ca. 1,0 til ca. 2,5 meter under gulvniveauet i kælderen, under et areal på ca. 40-60 m<sup>2</sup>. Der er ca. 50-75 tons forurenede jord i området. Antages gennemsnitskoncentrationen af fyringsolie i jorden at være ca. 2.000 mg/kg TS, svarer dette til en samlet mængde fyringsolie på ca. 120-180 liter.</p> <p>Reference: Topdanmark Forsikring A/S, 2005 Statusrapport Holmevej, Farsø 7. februar 2005 Dansk Miljørådgivning A/S</p>
---

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet var at reducere risikoen for at restforureningen skulle give en uacceptabel afdampning til indeklimaet. Anlægget er permanent og virker som afskærende foranstaltning.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Ejendommen er opført i 1916. Der er fuld kælder under huset. Der er betongulv i hele kælderen. Kælderen fremtræder tør og huset var i en god vedligeholdelsesmæssig stand.</p> <p>De nye betongulve er opbygget således:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klinker, hvor der langs væggene er der lagt en olieresistent fuger.</li> <li>• 40 mm slidlag, hvor der langs væggene er der lagt en olieresistent fuger.</li> <li>• 120 mm fiberarmeret beton, hvor der langs væggene er der lagt en olieresistent fuger.</li> <li>• 160 mm Sundolitt.</li> <li>• Ventilationsdræn udlagt i 300-400 mm grus.</li> </ul> <p>Der er ikke etableret membran. Ref 2.</p>
---

### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Formålet var at reducere risikoen for at restforureningen skulle give en uacceptabel afdampning til indeklimaet.

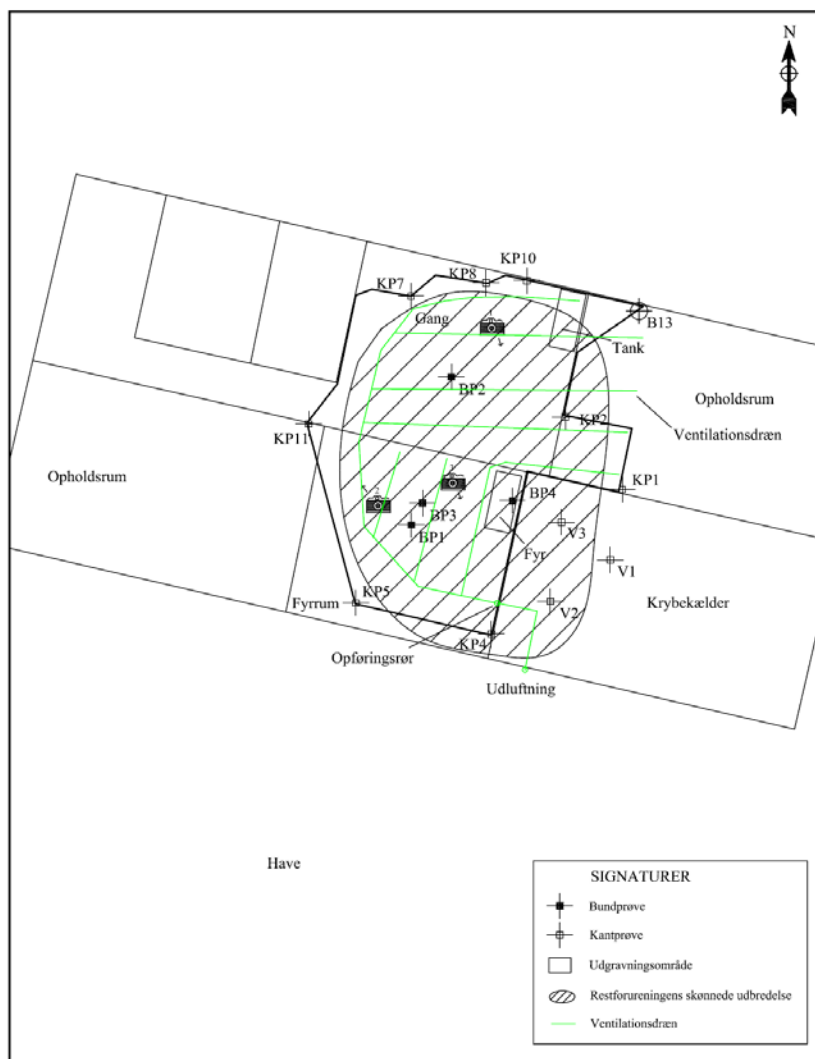
Der er efterladt restforurening med totalindhold af kulbrinter på op til 7.200 mg/kg TS og sum af BTEX'er på op til 17 mg/kg TS.

### Beskrivelse af anlæg:

Ventilationssystemet er lavet med 113 mm drænrør, som ligger i et gruslag på 30-40 cm.

Monitering foretages udendørs, hvor udluftningen er ført ud af huset.

### Skitse af anlæg:



Eneste målepunkt er "udluftning" på sydsiden af huset.

#### Drift og monitorering:

Første monitorering blev foretaget to måneder efter at ventilationsdrænene blev etableret. Ved denne monitorering var TVOC på  $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og sum af BTEX'er på  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Efter yderligere tre måneder var TVOC på  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og sum af BTEX'er på  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Herefter blev monitoreringen indstillet.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Poreluftkoncentrationer reduceret væsentlig jf. ovenstående.

#### Økonomi:

Anlægsudgifter: DKK 6.000, excl. moms.

Ingen driftsudgifter.

Monitorering og afrapportering: DKK 20.000, excl. moms.

#### Konklusion:

Tilfredsstillende effekt. Koncentrationen faldt hurtigt til et niveau, hvor monitoreringen kunne afsluttes.

#### Referenceliste:

- /1/ Topdanmark Forsikring, 2004. Forureningsundersøgelse, Holmevej, Farsø, 6. maj 2004.  
Dansk Miljørådgivning A/S
- /2/ Topdanmark Forsikring A/S, 2005. Statusrapport, Holmevej, Farsø, 7. februar 2005.  
Dansk Miljørådgivning A/S



Lokalitetens adresse: Højerup Bygade, St. Heddinge	Bygherre: OM/Top Danmark  Region: Sjælland
--	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Undersøgelser og gravearbejdet har vist, at forureningen fra den utætte overjordiske tank har spredt sig nord for bygningen i nogle vandførende sandlommer beliggende 1,0-1,5 m u.t. Tæt på den utætte tank har forureningen ligeledes spredt sig i det øvre muldlag. På grund af det opfyldte materiale nord for bygningen har forureningsspredningen været meget inhomogen.

Under bygningen har forureningen spredt sig i et vandførende lag ca. 1,5-2,5 m.u.t. Forureningen har i samme vandførende lag spredt sig vest for bygningen i et mindre område. /Ref. 1/

Den forurenede jord uden for bygningen er i januar/februar 2003 afgravet til 1,2-1,6 m.u.t. Afgravningen er delvist foretaget i opfyld fra et tidligere gadekær bestående af en blanding af jord og affald, herunder gamle dunke, dåser m.v. Der er uden for bygningen opgravet og bortskaffet i alt 539 tons forurenede jord. /Ref. 1/

På baggrund af indeklimavurderingerne blev der iværksat en udskiftning af forurenede jord under køkkenet og siden hen under stuen. I køkkenet er der gravet til ca. 2,0-2,5 meter under gulv. Ved køkkenets bagvæg er der efterladt en restforurening op mod skorstensfundamentet samt en mindre restforurening i hjørnet mod den lille entre.

I stuen er der gravet til ca. 2,4-2,5 meter under gulv. Der er gravet til rene gravefronter og bund, dog er der omkring skorstensfundamentet efterladt en restforurening. I værelset er der afgravet til ca. 0,6 meter under gulv for etablering af en gulvopbygning bestående af et kapillarbrydende lag, isolering og betongulv. Der er ikke afgravet yderligere forurening i dette rum. Der er under bygningen opgravet og bortskaffet i alt 150 tons forurenede jord. /Ref. 1/

Formål med etablering af anlæg:

Afskærende foranstaltning i eksisterende byggeri.

Byggetekniske forhold:

Der er etableret kapillarbrydende lag af nøddesten samt dræn under gulv i dele af den eksisterende bygning.

Drænrørene er ført til svanehalse over terræn.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er udtaget 18 stk. poreluftprøver til afklaring af forureningens påvirkning af indeklimaet (PL1-PL18). Poreluftmålingerne er udtaget inden opbrydning af gulve og afgravning af forurening og har dannet baggrund for den videre beslutning om afgravning. Analyseresultaterne fremgår af nedenstående tabel.

Prøve (poreluft)	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL10
Udtagningsdato/ Rum	5/2-03 Under bad	5/2-03 Under køkken	28/2-03 Under køkken	28/2-03 Under køkken	28/2-03 i køkken- skab	28/2-03 i køkken- skab	13/3-03 Under stue	13/3-03 Under stue	13/3-03 Under stue	13/3-03 Under bad
Prøvevolumen (liter)	110	100	20	20	125	124	20	20	20	50
Kulrørsanalyse (GC-MS)										
Benzen	0,005	0,003	<b>0,055</b>	0,0026	<b>0,002</b>	<b>0,0014</b>	<b>0,039</b>	<b>0,075</b>	0,0016	0,0007
Toluen	0,7	0,3	0,46	0,0038	0,06	0,040	0,34	0,13	0,17	0,74
Ethylbenzen	0,07	0,05	0,035	0,05	0,007	0,015	0,65	0,024	0,004	0,003
Xylener	0,4	0,3	1,2	0,15	0,030	0,065	3,35	1,15	0,17	0,014
Napthalen	0,1	0,06	0,16	0,0055	0,002	<b>0,079</b>	<0,05	<0,05	<0,05	0,002
C9-C10 aromater	2,1	1,8	<b>8,6</b>	1,5	<b>0,082</b>	<b>0,29</b>	<b>11</b>	<b>6,1</b>	2,1	0,06
Total kulbrinter (GC-FID)	<b>72</b>	<b>61</b>	<b>1000</b>	<b>305</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>1150</b>	<b>950</b>	<b>335</b>	<b>15</b>

Prøve (poreluft)	PL11	PL12	PL13	PL14	PL15	PL16	PL17	PL18	Luftkvali- tetskrite- rie for af- dampning til ovenstå- ende luft	Accept- niveau for Afdamp- ning under betongulv til indeluft*
Udtagningsdato/ Rum	13/3-03 Under bad	9/4-03 Under entre	9/4-03 Under værelse	9/4-03 Under værelse	9/4-03 Under værelse	9/4-03 Under lille entre	9/4-03 Under entre	9/4-03 Under entre		
Prøvevolumen (liter)	20	50	100	100	121	100	100	100		
Kulrørsanalyse (GC-MS)										
Benzen	<0,01	<b>0,016</b>	0,0037	0,00075	0,0005	0,0006	0,0004	0,0004	0,000125	0,0125
Toluen	0,1	0,038	0,014	0,87	0,19	1,55	0,34	0,79	0,4	40
Ethylbenzen	0,065	0,018	0,0025	0,0019	0,001	0,0036	0,002	0,0018		
Xylener	0,55	0,42	0,045	0,0061	0,076	0,018	0,014	0,0075	0,1	10
Napthalen	0,017	0,006	<0,05	<0,05	0,003	0,0029	0,0009	0,001	0,04	4
C9-C10 aromater	<b>5,1</b>	1,56	0,037	0,0091	0,45	0,12	0,047	0,028	0,03	3
Total kulbrinter (GC-FID)	<b>900</b>	<b>160</b>	<b>61</b>	7,85	<b>45</b>	5,14	1,24	1,33	0,1	10

*Analyseresultater for olieforbindelser i poreluft ved GC-MS og GC-FID. Analyseresultater er angivet i µg/l. (eller mg/n i.p. = ikke påvist. \*Acceptniveau for afdampning til indeluft er 100 gange Miljøstyrelsens vejledende luftkvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft (værdier der overskrider dette acceptniveau er markeret med fed skrift). For PL5 og PL6 (udtaget i køkkenskab) er værdier, der overskrider luftkvalitetskriteriet, markeret med fed skrift.*

Der er ikke gennemført ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.

JAGG-beregninger har vist, at poreluftforureningen kan give anledning til koncentrationer i indeklimaet, der overskrider luftkvalitetskriteriet. /Ref. 1/

### Beskrivelse af anlæg:

Efter tilfyldning er gulvkonstruktionerne i køkken, stue og værelse opbygget af et ca. 20 cm kapillarbrydende drænlag bestående af nøddesten. I det kapillarbrydende lag er der udlagt slidsede ø63 PE-drænrør ca. 2-2,5 meter ind under bygningens gulve, målt fra ydervæggene. Der er udlagt 3 drænrør under stuen, 3 drænrør under køkkenet, 3 drænrør under værelset samt 2 drænrør under badeværelset. Alle med en indbyrdes afstand på ca. 1 meter. Drænrørene er ført gennem en tæt gennemføring i fundamentet, hvor de via et uslidset ø63 PE-rør føres til en udluftningssvanehals med luftudtag til det fri. Der er etableret en udluftningssvanehals for hver 3 drænrør.

Under baderummet er der i krybekælderen ligeledes etableret 2 stk. udluftningssvanehalse. Da der ikke er afgravet i dette rum, er der ikke ført Ø63 PE- drænrør ind under gulvet. Udluftningssvanehalsene har dog kontakt til stabilgruslaget i krybekælderen.

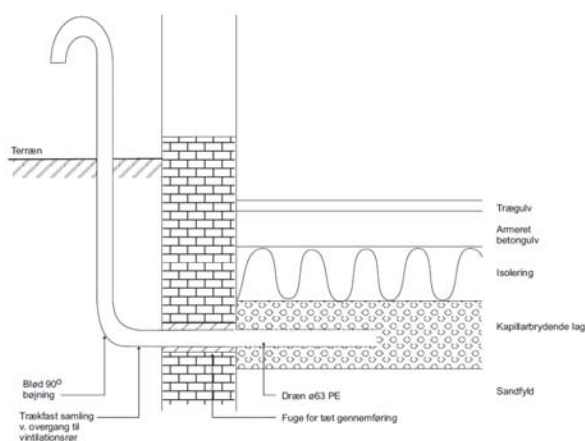
Over det kapillarbrydende drænlag er der i køkken, stue og værelse udlagt 30 cm isolerende polyesterplader.

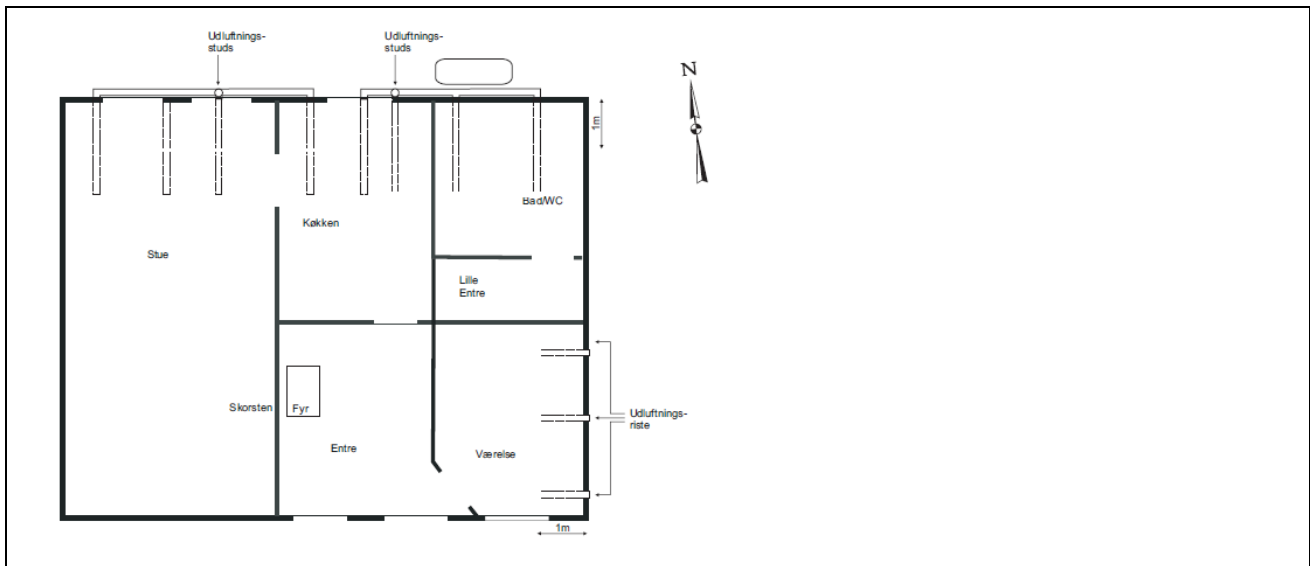
Herover er der pladsstøbt et 10 cm armeret betongulv. Det indlagte armeringsnet har dimensionen 100x100x4 mm.

Afslutningsvis er der udlagt nye trægulve i køkken, stue og værelse.

/Ref. 1/

### Skitse af anlæg:





### Drift og monitorering:

Der er udført 2 monitoringsrunder på luften i svanehalsene efter etableringen af anlægget.

### Monitorering januar og november 2004

Tabellen viser kulbrinteindholdet i luftprøverne udtaget fra udluftningsdrænene under bygningen.

Prøve (luft) Udtagningsdato	Luft 1 (20/1-04)	Luft 1 (29/11-04)	Luft 2 (20/1-04)	Luft 2 (29/11-04)	Luft 3 (20/1-04)	Luft 3 (29/11-04)	Luftkvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft	Acceptniveau for Afdampning under betongulv til indeluft*
Rum	Under stue/ køkken	Under stue/ køkken	Under køkken/ bad	Under køkken/ bad	Under værelse	Under værelse		
Prøvevolumen (liter)	100	100	103	75	100	100		
<b>Kulrørsanalyse (GC-MS)</b>								
Benzen	0,00026	0,0005	0,0005	0,0012	0,00017	0,0013	0,000125	0,0125
Toluen	0,0016	0,0019	0,023	0,018	0,5	0,17	0,4	40
Ethylbenzen	<00001	0,00015	0,004	0,0030	0,0012	0,00072		
Xylener	0,00041	0,0006	0,023	0,015	0,0055	0,0027	0,1	10
Napthalen	<0,0005	<0,00050	<0,0005	0,0015	<0,0005	0,0025	0,04	4
C9-C10 aromater	0,0015	0,00052	0,019	0,015	0,009	0,025	0,03	3
Total kulbrinter (GC-FID)	<0,05	<0,050	0,055	0,067	4,4	0,88	0,1	10

**Analyseresultater for olieforbindelser i luftprøver ved GC-MS.** Analyseresultater er angivet i  $\mu\text{g/l}$ . (eller  $\text{mg/m}^3$ ).

\*Acceptniveau for afdampning til indeluft er 100 gange Miljøstyrelsens vejledende luftkvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft. (værdier der overskrider dette acceptniveau er markeret med fed skrift).

Der er i de analyserede luftprøver udtaget fra udluftningsdrænene den 20. januar og den 29. november 2004 ikke påvist indhold af kulbrinter, der overstiger acceptkriteriet for afdampning til indeklima (100 x luftkvalitetskriteriet). Acceptkriteriet er anvendt, da der i alle rum er nye betongulve med en tykkelse på minimum 10 cm.

/Ref. 2 og 3/

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Der måles ikke oliekomponenter i luften i det kapillarbrydende lag, der vurderes at kunne give anledning til indeklimaproblemer. Det er dog vanskeligt at vurdere, hvorvidt dette skyldes den passive ventilation eller bortgravningen af jorden, da der ikke er udført poreluftmålinger umiddelbart efter bortgravning af jorden under bygningen.

#### Økonomi:

Anlægsomkostninger – entreprenør inkl. bortgravning af forurenede jord under og underfor bygningen: DKK 1.500.000, excl. moms

#### Konklusion:

Det er vanskeligt at vurdere anlægget for passiv ventilation, da der både er udført bortgravning af forurenede jord under bygningen og etableret passive ventilationsdræn på samme tid.

#### Referenceliste:

- /1/ Oliebranchens Miljøpulje. Højerup Bygade, St. Heddinge. Villaolietank – udførte foranstaltninger. NIRAS. Juli 2003. Incl. bilagsrapporter.
- /2/ Oliebranchens Miljøpulje. OM sags. nr. 4660-80-449 Højerup Bygade, St. Heddinge. Monitorering nr. 1 - indeklima og drænvand. NIRAS. Februar 2004.
- /3/ Oliebranchens Miljøpulje. OM sags. nr. 4660-80-449 Højerup Bygade, St. Heddinge. Monitorering nr. 2 - indeklima og drænvand. NIRAS. Januar 2005.

Lokalitetens adresse: Kolsnaplundvej, Vojens	Bygherre: Sønderjyllands Amt  Region: Syddanmark
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:  
  
Poreluft- og indeklimaforurening fra gasolieforurening i jorden i forbindelse med spild fra en fyringsolietank. Udbredelse i poreluften i det meste af boligen.

Formål med etablering af anlæg:  
  
Sikring af indeklimaet i beboelsen.

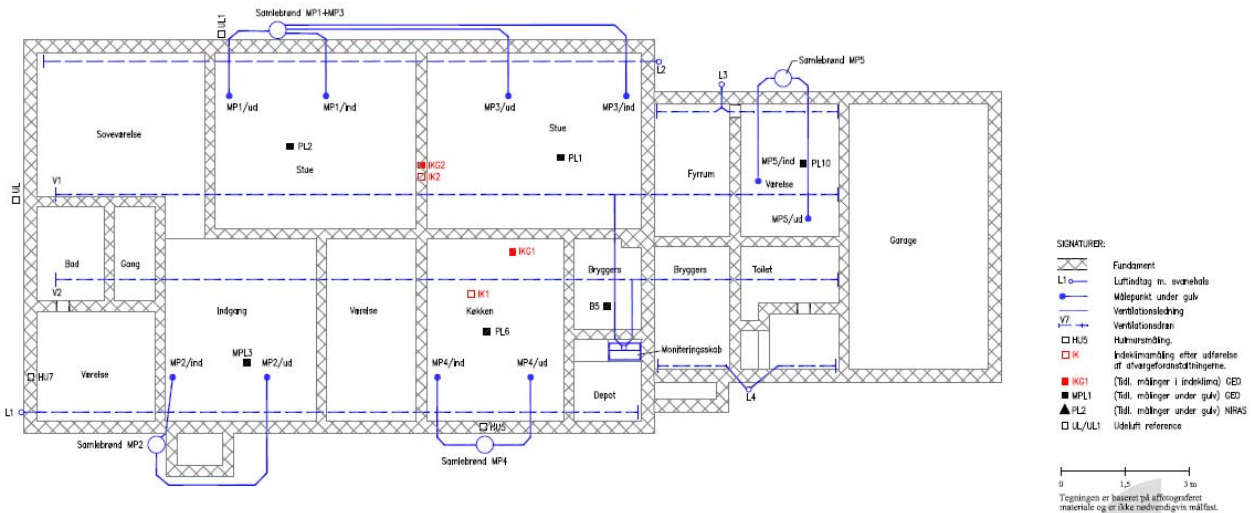
Byggetekniske forhold:  
  
Stuehus i rødt murværk i 2 etager. Bygget i 1964 på tidligere møddingplads som en del af en tidligere landbrugsejendom. Ejendommen har et bebygget areal på 180 m<sup>2</sup>. Bygningen er opført med stuegulv ca. 0,5 m over terræn. Under gulvet er der fyldt op med brokker og sand. På murbrokkerne er der støbt et 10 cm lag af cementblandet sand/grus. Laget har ikke karakter af beton og indeholder ikke armering. Herpå er der lagt et lag plastfolie inden der er lagt et klaplag af cementmørtel (ca. 2,5 cm). Trælægte langs kanter i stuen.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:  
  
Kildestyrke: Der er inden afværgeforanstaltninger målt benzen i indeklimaet på 1,1 µg/m<sup>3</sup> og TVOC på 130 µg/m<sup>3</sup>. Under gulvet er der påvist indhold af benzen og TVOC på hhv. 2,8 µg/m<sup>3</sup> og 100.000 µg/m<sup>3</sup>.

Beskrivelse af anlæg:  
  
Anlægget er udformet med to ventilationsdræn placeret i hele bygnings længde på hver side af den bærende hovedskillevæg. Langs ydermuren er der i hver side placeret luftindtag.  
  
Ventilationsdræn og luftindtag under gulv udføres som ø80 mm PVC dræn, 1,5 mm slidser. Blinddør, som benyttes til ventilationsrør og luftindtagsrør, udføres som ø75 PE.

## Skitse af anlæg:

Se tegning for nærmere beskrivelse.



## Drift og monitorering:

Flowmålinger i afkaststrøm: 0,2-2,9 m/s

Vindhastighed: 7-25 m/s

Målepunkt	C <sub>9</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>10</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	TVOC [µg/m <sup>3</sup> ]	Benzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Toluen [µg/m <sup>3</sup> ]	Ethylbenzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Xylener <sup>1)</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]
V1 (B)	27	28	3.100	11	1,9	91	430
V1 (C)	7,8	13	2.000	0,57	53	12	46
V2 (B)	7,1	9,7	2.000	1,0	1,1	67	315
V2 (C)	1,2	1,1	420	0,47	0,61	7,8	26
Afdampningskriterium <sup>2)</sup>			100	0,13	400		100

" - " Under Detektionsgrænse.

"i.p." Ikke påvist.

"1)" Sum af o-, m- og p-xylen.

"2)" Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 6 1998, "Oprydning på forurenede lokaliteter".

*Afkastluft*

Målepunkt Før afvæрге/efter afvæрге/ målerunde		C <sub>9</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>10</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	TVOC [µg/m <sup>3</sup> ]	Benzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Toluen [µg/m <sup>3</sup> ]	Ethyl- benzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Xylener <sup>1)</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]
IKG1 (før)	Køkken	i.m.	i.m.	50	1,2	5,6	1,1	4,1
IK1 (efter/A)		i.m.	i.m.	i.m.	0,63	i.m.	i.m.	i.m.
IK1 (efter/B)		7,1	9,7	2.000	<0,20	2,5	23	113
IK1 (efter/C)		<0,50	<0,50	<80	0,20	<0,20	<0,20	<0,40
IKG2 (før)	Stue	i.m.	i.m.	28	1,1	2,5	0,69	2,77
IK2 (efter/A)		i.m.	i.m.	i.m.	0,71	i.m.	i.m.	i.m.
IK2 (efter/B)		8,7	4,8	1.400	0,83	5,4	23	127
IK2 (efter/C)		2,4	0,76	740	0,52	15	5,6	32,9
UL (før)	Have	i.m.	i.m.	<9,7	0,38	<0,49	<0,49	<0,51
UL1 (efter/A)		i.m.	i.m.	i.m.	0,50	i.m.	i.m.	i.m.
UL1 (efter/B)		<0,40	<0,40	<60	<0,20	0,30	<0,20	0,26
UL2 (efter/C)		<0,50	<0,50	<80	0,58	0,55	<0,20	<0,51
Afdampningskriterium <sup>2)</sup>				100	0,13	400		100

" - " Under Detektionsgrænse.

"i.p." Ikke påvist.

"1)" Sum af o-, m- og p-xylen.

"2)" Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 6 1998, "Oprydning på forurenede lokaliteter".

### Indeklimamålinger

Målepunkt Før afvæрге/ efter afvæрге/ målerunde		C <sub>9</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>10</sub> aromater [µg/m <sup>3</sup> ]	TVOC [µg/m <sup>3</sup> ]	Benzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Toluen [µg/m <sup>3</sup> ]	Ethyl- benzen [µg/m <sup>3</sup> ]	Xylener <sup>1)</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]
PL2 (før)	Stue	-	-	i.p.	-	-	-	-
MP1 (efter/B)		2,9	<0,40	680	0,62	2,7	12	45
MP1 (efter/C)		<0,50	<0,50	200	0,53	0,74	2,8	5,4
MPL3 (før)	Gang	i.m.	i.m.	<0,11	0,1	i.m.	i.m.	i.m.
MP2 (efter/B)		1,8	<0,40	1.700	1,8	1,3	74	440
MP2 (efter/C)		<0,50	<0,50	330	0,52	0,73	3,7	17,9
PL1 (før)	Stue		-	i.p.	0,29	-	0,21	0,44
MP3 (efter/B)		1,4	<0,40	270	0,22	1,3	7,1	30,2
MP3 (efter/C)		i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>	i.m. <sup>3)</sup>
PL6 (før)	Køkken	-	12	230	<0,20	<0,10	<0,20	0,20
MP4 (efter/B)		0,50	<0,40	1.200	1,2	<0,98	22	91
MP4 (efter/C)		<0,50	<0,50	400	0,33	0,44	3,3	9,4
PL10 (før)	Fyrrum/ værelse	<95	<95	i.p.	1,3	<0,95	<0,19	<0,19
MP5 (efter/B)		1,6	0,55	380	0,17	1,4	7,2	29,2
MP5 (efter/C)		0,48	<0,50	130	0,41	1,6	1,3	2,78
Vejledende grænseværdi <sup>2)</sup>				10.000	13	40.000		10.000

" - " Under Detektionsgrænse.

"i.p." Ikke påvist.

"i.m." Ikke målt.

"1)" Sum af o-, m- og p-xylen.

"2)" Grænseværdi for indhold under 100 mm betongulv (reduktionsfaktor 100)

"3)" Måleresultatet mangler pga. strømsvigt i måleboks

### Målinger i det kapillarbrydende lag

Målerunder 2 og 6 måneder efter etablering.



Opnået effekt ved passiv ventilation:

På baggrund af de gennemførte driftsmonitoringer er der nedenfor foretaget en sammenfattende vurdering.

Der er i målepunkterne under gulvet (målerunde B, målerunde med svagt flow) påvist indhold af TVOC og benzen, der ligger på niveau eller lidt højere end de tidligere målinger før udførelsen af afværgeforanstaltningerne, hvilket sandsynligvis delvist kan forklares ved, at der i forbindelse med anlægsarbejdet er sket en mobilisering af TVOC og benzen fra jordforureningen til poreluften.

Målinger i det kapillarbrydende lag er gennemført dels i en periode med svag vind (relativt lavt luftskifte i det kapillarbrydende lag) og dels i en periode med moderat blæst (moderat luftskifte). Effekten pga. bortventilering/fortynding/undertryk er derved undersøgt under varierende forhold.

Under gangen er der tidligere påvist et indhold af TVOC på 100.000 ug/m<sup>3</sup> – hvilket er højere end de senest påviste indhold. Det nuværende ensartede kapillarbrydende lag kan bevirke, at ”lokale højere forureningskoncentrationer” nu lettere får mulighed for at sprede sig over et større ensartet område. De højere forureningsindhold i visse punkter kan derfor evt. skyldes dette fænomen. Endvidere skal det bemærkes, at der erfaringsmæssigt kan være meget store koncentrationsforskelle ved måling i forskellige målepunkter /ref. 5/ - selv over korte afstande. Det kan derfor være vanskeligt at sammenligne tidligere resultater med resultaterne fra de efterfølgende driftsmonitoringer, da målepunkterne ikke er ”ens placeret” i henholdsvis det gamle og det nye gulv.

De to drifts- og monitoringsrunder peger med en enkelt afvigelse (benzen, MP5) tydeligt i retning af jo højere luftskifte – jo lavere forureningskoncentration i poreluften under gulvet.

#### Indeklima

I indeklimaet er der efter etablering af afværgeforanstaltningerne sket en reduktion i indholdet af benzen, svarende til en reduktion på mellem 53 og 83 %. I stuen er der i indeklimaet (IK2, målerunde B) påvist et mindre koncentrationsfald. Sammenholdes indholdet i stuen med de påviste indhold under gulvet, ses der under gulvet dog et væsentligt lavere indhold end i indeklimaet. Dette kunne tyde på, at den påviste påvirkning i stuen ikke stammer fra den underliggende forurening, men evt. fra fyrrummet, hvor der er et idriftværende oliefyr.

I indeklimaet er der samtidig påvist indhold af TVOC, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium for følsom arealanvendelse. Indholdet af TVOC stammer dog hovedsageligt fra terpener og glycoler, der kan relateres til bl.a. de nye trægulve, maling mv. i forbindelse med renovering af huset. Indholdet af TVOC er endvidere højere i indeklimaet end under gulvet. Ved seneste målerunde (C) er indholdet påvist at være faldende i forhold til målerunde B.

#### Udeluft

Der er i alle udeluftmålinger påvist indhold af benzen, der overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterium for følsom arealanvendelse. Det påviste indhold i udeluften vurderes at stamme fra almindelig baggrundspåvirkning (benzinmotordrift, forbrændingsgas mv.) uden

påvirkning fra jordforureningen. Da der naturligt vil ske en stor lufttilførsel til boligen udefra, må det forventes, at noget af det indhold af benzen, der er påvist i indeklimaet, netop stammer fra udeluften.

#### Hulmur

I hulmurene påvises forureningsindholdet af benzen i målerunde B at være reduceret med op til 65 % i forhold til før etablering af en passiv ventilation. Ved seneste målerunde C blev modsat påvist stigende indhold (over ”før-niveauet”). Det ses dog ved sammenligning af benzenmålingerne med udeluften, at disse forureningskoncentrationer i hver målerunde stort set ligger på samme niveau, hvormed benzenmålingerne i hulmuren ikke kan forventes lavere end i udeluften.

I hulmuren påvises i perioder indhold af TVOC, der er højere end ”før-niveauet”, hvilket vurderes at skyldes, at vinduerne nær målepunkterne er udskiftet og tætnet med ekspanderende skum, der kan indeholde flygtige stoffer. Samlet set vurderes potentialet for spredning af forurening via hulmuren dog at være reduceret.

#### Økonomi:

DKK 600.000, excl. moms, 2006

#### Konklusion:

Ja, det virkede efter hensigten.

#### Referenceliste:

Moniteringsrapport: NIRAS. Januar 2007. Kolsnaplundvej

Lokalitetens adresse: Langebrosvej, Aaberaa	Bygherre: LIDL Danmark K/S  Region: Region Syddanmark
--	---

Beskrivelse af forureningssituation:

Der er tale om en gammel bylosseplads. Lossepladsen er udbredt over stort set hele grunden.

I 2000 /1/ er der udført en poreluftundersøgelse på grunden (10 målepunkter, hvor der er målt for indhold af metan (CH<sub>4</sub>), kuldioxid (CO<sub>2</sub>) og ilt (O<sub>2</sub>), BTEX'er, chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter (vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, 1,2-trans dichlorethylen, 1,2-cis dichlorethylen, trichlorethylen (PCE), 1,1,1-trichlorethan og tetrachlorethylen (PCE)). Målingerne er foretaget med en felt GC.

Der er konstateret forhøjede indhold af CO<sub>2</sub> (1-9 vol%) og CH<sub>4</sub> (1-11 vol%) i flertallet af målepunkterne.

I et af målepunkterne er der påvist 0,12 mg/m<sup>3</sup> PCE. Dette punkt ligger under den nuværende parkeringsplads.

Derudover er der ikke påvist indhold af de undersøgte komponenter over detektionsgrænsen.

I 2003 /2/ er der udført en forureningsundersøgelse på grunden. Der er ved denne undersøgelse konstateret indhold af slagger i den øverste 1-1,5 m fyldjord. Der er primært konstateret forurening med tungere kulbrinter, men også med PAH'er og bly. Der er dog også konstateret forurening med gasolie.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med anlægget er at sikre indeklimaet i nybygget dagligvarebutik.

Der er tale om en permanent foranstaltning.

Byggetekniske forhold:

Bygningen er bygget i 2005 (ca. 1.400 m<sup>2</sup>). Den er etableret på pæle og er med selvbærende gulvkonstruktion.

Drænene er ø63 PEH-drænrør med filtersok.

Drænene er udlagt i 0,5 m kapillarbrydende lag (ral) og bundet op i armeringsnettet. Over markeringsnettet er udlagt polystyrenplader.

Gulvet er 200 mm beton.

Der er ikke etableret membran.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er ikke foretaget forudgående tests.

En drænstreng vurderes at kunne fjerne op til 240 m<sup>3</sup>/h ved høje vindhastigheder og ved lave vindhastigheder ca. 6 m<sup>3</sup>/h. Med 11 drænstrengene svarer dette til, at der sker en luftudskiftning i det kapillarbrydende lag på omkring 2 gange pr. dag ved lave vindhastigheder og op til 70 gange pr. dag ved høje vindhastigheder. Gennemsnitlig luftudskiftning i det kapillarbrydende lag vurderes at være af størrelsesordenen 10-20 gange pr. dag.

Beskrivelse af anlæg:

Der er etableret 11 ventilationsdræn under bygningen, i alt ca. 300 m Ø63 mm PEH-drænrør. Drænstrængene er placeret midt i et 0,5 m kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen, i alt ca. 900 m<sup>3</sup>. Se vedlagte tegning 52 (3.305B).

Ventilationsdrænene er tilsluttet 6 vindrotorer af typen SupaVent 10" på tag. Drænene, undtagen dræn 3, samles parvis under terræn og føres via T-stykke over i et Ø50 mm PE-rør. Ø50 mm PE-rørene er ført til tag og tilsluttet vindrotor. Dræn 3 føres separat til taget af bygningen og tilsluttes vindrotor. Vindrotorerne er etableret 0,5 m over tagrende.

Tæt over terræn (ca. 0,2 m) monteres på de enkelte rør, der skal føres til vindrotor, en kobling til luftudtag for mulig udtagning af luftprøver, en stopkuglehane mellem luftudtag og afkast (vindrotor) samt en Storz fastkobling med 2" gevind og Storz slutdæksel mellem luftudtag og stopkuglehane. Princippet herfor er vist på nedenstående foto, der dog kun er et principfoto, idet materialer, placering mv. er anderledes i det aktuelle projekt. Alle 3 enheder placeres så tæt som muligt.

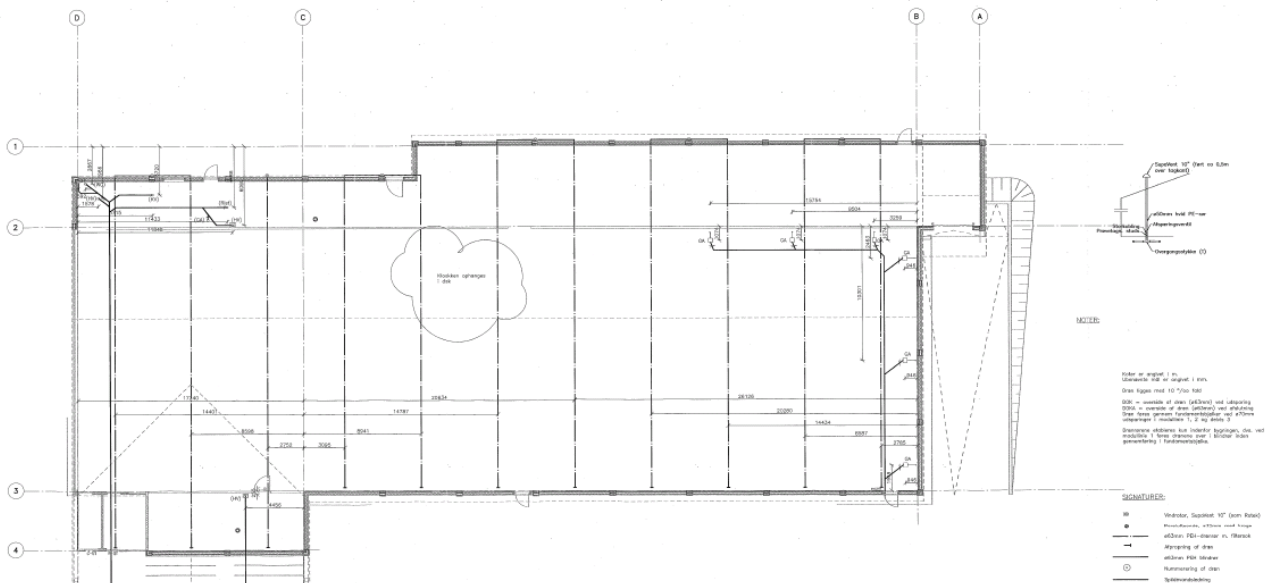


Stopkuglehane (PPE 301-8)

Storz fastkobling m. 2" gevind (AL.1403.0030) og storz slutdæksel (ALC 1403.0050)

Kobling til luftudtag (PPMA 121-3)

Skitse af anlæg:



#### Drift og monitorering:

Der er udført kontrol med anlægget 2 år efter ibrugtagningen (jan 2007)

Der monitoreres i de dertil etablerede koblinger til luftudtag

Der er målt CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> med gasmåler og udtaget luft på kulrør til analyse for indhold af kulbrinter, BTEX'er og chlorerede opløsningsmidler /3/.

Resultaterne er som følger:

CH<sub>4</sub> 0-0,2 vol%

CO<sub>2</sub> 0-0,4 vol%

Totalkulbrinter 48-150 µg/m<sup>3</sup>

Benzen 0,23-0,51 µg/m<sup>3</sup>

PCE under detektionsgrænsen

TCE < 0,092-0,18 µg/m<sup>3</sup>

Der er ikke målt tryk og luftflow i anlægget, og der findes ingen vinddata.

Det blev vurderet, at det ikke var nødvendigt at udføre indeklimamålinger.

Der skal foretages endnu en kontrolmåling i jan. 2010.

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Det umiddelbare formål med ventilationsanlægget er at sikre, at der ikke ophober sig metan under bygningen.

Da kontrolmålinger viser et lavt indhold af metan i den luft, der trækkes ud under bygningen, vurderes anlægget at virke efter hensigten.

Der er ikke opstillet kriterier for indeluften.

#### Økonomi:

#### Konklusion:

Anlægget virker, og det har ikke været nødvendigt at opgradere til et aktivt anlæg.

#### Referenceliste:

- /1/ Hedeselskabet Miljø og Energi as, Langebro, Aabenraa, geoteknisk og miljøteknisk undersøgelse, juni 2000.
- /2/ Carl Bro as, Langebro, Aabenraa, Kombineret Miljø- og geoteknikundersøgelse, maj 2003.
- /3/ Carl Bro, Langebro, Aabenraa, Afrapportering af poreluftundersøgelse, jan. 2007.

Lokalitetens adresse: Levisonsvej, Kolding	Bygherre: AAB, Kolding  Region: Region Syddanmark
---	---

Beskrivelse af forureningssituation:

Projektet omfattede opførelse af nye boliger.

Lokaliteten har tidligere været anvendt til produktion af træbeskyttelsesprodukter (Goriværk). En del af lokaliteten har endvidere været anvendt til garageanlæg for DSB.

I 2007 blev der udført en miljøteknisk undersøgelse.

I forbindelse med undersøgelsen er der udført tre kombinerede miljø- og geotekniske boringer samt to miljøtekniske boringer.

Ved undersøgelsen er der konstateret jordforurening med diverse olieprodukter, herunder kulbrinter karakteriseret som petroleum, benzin og diesel-/fyringsolie.  
I jordprøver er der konstateret indhold af totalkulbrinter på op til 2.200 mg/kg TS.

I grundvandsprøver blev der konstateret indhold af totalkulbrinter på op til 1.300 µg/l og mindre indhold af BTEX'er, herunder benzen og xylener på op til hhv. 2,8 og 9,1 µg/l.  
Pga. højtstående grundvand kunne der ikke udtages poreluftprøver på lokaliteten. I stedet blev der udført en risikovurdering for indeklimaet på baggrund af målte koncentrationer i jord og vand.

Risikovurderingen viste, at afdampningen af benzen og kulbrinter kunne give anledning til en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boligerne.  
/1/ Grontmij | Carl Bro, Levisonsvej, Kolding, Forureningsundersøgelse, november 2007.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med anlægget er at sikre indeklimaet i nybygget boligbyggeri.

Der er tale om en permanent foranstaltning.

Byggetekniske forhold:

Bygningen er opført i 2008 (ca. 800 m<sup>2</sup>). Bygningen er pælefunderet.

Drænene er ø50 PVC-drænrør.

Drænene er udlagt i 0,3-0,4 m kapillarbrydende lag (ral).

Gulvet er 120 mm jernbeton.

Der er ikke etableret membran.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er ikke foretaget forudgående tests.

Beskrivelse af anlæg:

Der er etableret 5 separate drænsystemer under bygningerne, i alt ca. 200 m Ø50 mm PVC-drænrør.

Drænstrængene er placeret midt i et 0,15 m singles-lag under gulvkonstruktion og isoleringsplader (Sundolit).

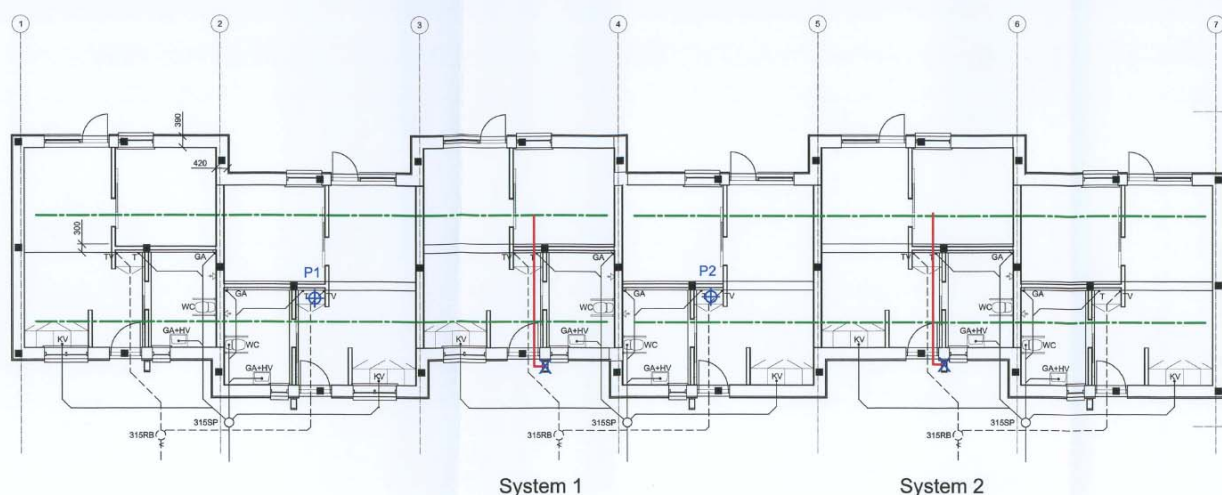
Hvert drænsystem består af 2 strenge, som er samlet under gulvet og ført til taget af bygningen via et Ø50mm PVC-blindrør

Ventilationsdrænenene er tilsluttet 5 vindrotorer over tag.

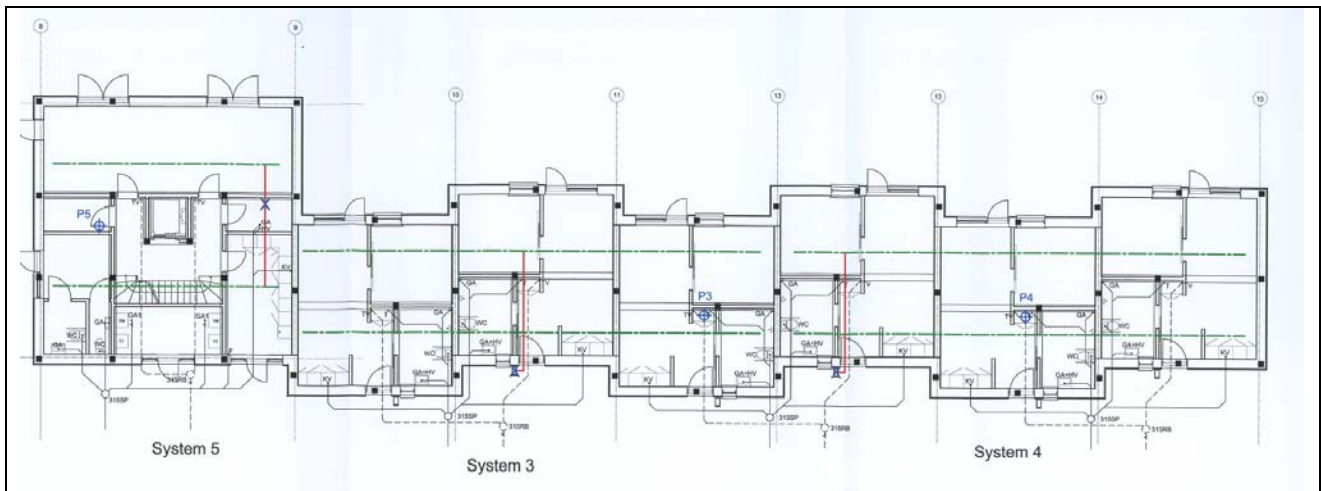
Mellem drænsystemet under gulvet og vindrotoren på taget er der monteret en stopkuglehane, et luftudtag samt en Storz fastkobling med 2" gevind og Storz slutdæksel.

Systemet er udført således, at det kan ændres til aktiv ventilation ved tilkobling på de monterede Storz koblinger.

Skitse af anlæg:







#### Drift og monitoring:

Der er udført fem faste prøvetagningsstudser gennem gulvet til udtagning af luftprøver fra det kapillarbrydende lag.

Der er udtaget luftprøver før og efter idriftsætning af ventilationsanlægget.

Næste monitoringsrunder planlægges udført i juni 2009 og december 2009.

Der er udtaget luft på kulrør til analyse for indhold af kulbrinter og BTEX'er.

Resultaterne er som følger:

##### Før idriftsætning af anlæg:

Totalkulbrinter: 200-37.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Benzen: >0,1-4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

##### Efter idriftsætning af anlæg:

Totalkulbrinter: 200-5.200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Benzen: >0,1-4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Der er ikke målt tryk og luftflow i anlægget, og der findes ingen vinddata.

Det blev vurderet, at det ikke var nødvendigt at udføre indeklimamålinger.

/2/ Grontmij | Carl Bro, Levisonsvej, Kolding, Miljøtilsyn og monitoring, okt. 2008

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Formålet med ventilationsanlægget er at sikre indeklimaet i boligerne.

Der er i §8-tilladelsen stillet krav om monitoring indtil 3 på hinanden følgende målinger viser, at koncentrationerne i poreluften under gulv ikke overstiger 100 x afdampningskriterierne.

Den første kontrolmåling viser, at dette krav overholdes.

#### Økonomi:

Ukendt

Konklusion:

Anlægget virker, og det har ikke været nødvendigt at opgradere til et aktivt anlæg.

Referenceliste:

- /1/ Grontmij | Carl Bro, Levisonsvej, Kolding, Forureningsundersøgelse, november 2007.
- /2/ Grontmij | Carl Bro, Levisonsvej, Kolding, Miljøtilsyn og monitorering, okt. 2008.

Lokalitetens adresse: Lundtoftevej, Dianalund	Bygherre: Region Sjælland Natur og Miljø Alléen 15 4180 Sorø
--	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation: Fra 1969 og frem til 1993 har der været renseri på grunden. Ejendommen anvendes i dag til bolig.</p> <p><b>Øvre grundvand</b> Der er konstateret en udbredt forurening med chlorerede opløsningsmidler i det terrænnære grundvand, som udgår fra kildeområdet ved den tidligere rensesmaskine. Området, hvor der kan påvises koncentrationer på &gt;100 µg/l, vurderes at udgøre ca. 250 m<sup>2</sup>, hvoraf hotspot-området (&gt;1000 µg/l) udgør ca. 25 m<sup>2</sup> sydøst for den tidligere rensesmaskine, med en mindre del beliggende under huset. Vurderede udbredelser af grundvandsforureningen fremgår af bilag 9 /1/ sammen med GEOs skøn af udbredelsen af poreluftsforureningen. Ved en tidligere olietank nordvest for huset er der konstateret en kraftig olieforurening i det terrænnære grundvand ved den tidligere udførte boring B3.</p> <p><b>Poreluft</b> Der er konstateret en udbredt poreluftsforurening med chlorerede opløsningsmidler, som udgår fra kildeområdet ved den tidligere rensesmaskine. Området, hvor der kan påvises indhold i poreluften på mere end 10 mg PCE/m<sup>3</sup>, svarende til hotspot-området, vurderes at udgøre ca. 25 m<sup>2</sup>, hvoraf kun en lille del er beliggende under huset. Omkring hotspot-området er der konstateret et område med kraftig poreluftsforurening i et niveau på mellem 1 og 10 mg/ m<sup>3</sup>. Udbredelsen af dette areal vurderes til ca. 75 m<sup>2</sup>, primært under beboelsen på Lundtoftevej 17. Herudover må der til en vis grad forventes poreluftsforurening i samme område som den udbredte forurening i det sekundære grundvand.</p> <p><b>Jord</b> I boring B1 ved den tidligere rensesmaskine er der konstateret kraftig jordforurening med PCE til 4,0 á 5,0 m u.t. I boring/rammesondering 102 placeret tæt på skel mod Lundtoftevej 15 er der konstateret kraftig jordforurening med PCE fra 2,5 m u.t. og til afslutning af sondering 4,0 m u.t. Den kraftige forurening er ikke genfundet i borerne 105 og 106 under beboelsen på Lundtoftevej 17. 105 står meget tæt på B1, som er forurenede fra terræn, og det vurderes derfor, at den terrænnære forurening er afgrænset til området udenfor beboelsen. Det kan dog ikke afvises, at der under den aktuelle boreddybde for 105/106 kan konstateres højere indhold i tørve- og gytjeaflejringerne. Hotspot-området for jordforureningen vurderes at være afgrænset mod syd af sondering 107, hvor den kraftige forurening ikke er genfundet i prøverne udtaget mellem 2,5 og 4,0 m u.t. Det vurderes, at hotspot-området for jordforureningen følger udbredelsen af den kraftige poreluftsforurening (&gt;10.000 µg/m<sup>3</sup>). Derudover må der forventes jordforurening omkring kloakken, der løber mellem skel mod Lundtoftevej 15 og boligen på Lundtoftevej 17. Ved en tidligere olietank nordvest for huset er der konstateret en kraftig olieforurening i jorden ved den tidligere udførte boring B3 /1/.</p> <p><b>Indeklima</b> I indeklimaet er der ved målinger i 1999 og 2006 konstateret forurening med chlorerede opløsningsmidler, der overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående</p>
--

luft. I indeklimamålingerne 101-103 er der ved undersøgelsen i 2006 /2/ konstateret et indhold af vinylchlorid på mellem 0,22 og 0,44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft med mellem en faktor 6 og 11. I indeklimamåling 103 er der målt et indhold af PCE på 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft med ca. en faktor 3. Indeklimamåling 103 er udtaget over det område, hvor der forventes kraftigst forurening i jord og terrænnært grundvand. Der er ikke påvist indhold af PCE i de øvrige indeklimamålinger, der overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft. Ved indeklimaundersøgelsen i 1999 er der i alle 3 indeklimamålinger påvist indhold af PCE, der overskrider Miljøstyrelsens nuværende kvalitetskriterie for afdampning til ovenstående luft med op til en faktor 10 /1/.

I 2008 gennemføres afværgeforanstaltninger omfattende:

- Fjernelse af forurenede jord til mellem 4,5 og 7,0 m u.t. i hot spot området. Jorden er fjernet med storformatboringer (permafotrængningsboringer) og ved bortgravning.
- Etablering af passiv ventilation under dele af boligen på Lundtoftevej 17. Ventilationsudtag er tilsluttet ventilationshætte.

Formål med etablering af anlæg:

At reducere kildestyrken i hotspot-området således, at forureningsfanen i det terrænnære grundvand reduceres og afdampningen til indeklimaet på Lundtoftevej 17 nedbringes.

Byggetekniske forhold:

Bygningen på Lundtoftevej 17 er funderet på betonfyldte brøndringe med et armeret betondække.

På baggrund af gennemboringerne af gulv i forbindelse med undersøgelserne kunne det konstateres, at huset står på en armeret betonplade, som i husets østlige del er mellem 25 og 35 cm tyk. Under den armerede betonplade er der et hulrum på ca. 25 cm, som sikkert skyldes sætninger på grund af bløde aflejringer.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Resultater af kemiske analyser af poreluftsprøver. Resultater fra indeklimamålinger fra tidligere undersøgelse (udtaget samme sted) er også medtaget. Enhed for resultater er  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Fed skrift markerer overskridelse af Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft.**

Prøvenr.	101 2006/2007	Spisestue 1999	P105 2006	102 2006/ 2007	Stue Gl. renseri 1999	103 2006/ 2007	Toilet 1999	104 2006	Udeluft 1999	Kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft /6/
Rørtype	ATD	ATD	Kulrør	ATD	ATD	ATD	ATD	ATD	ATD	
Luftmængde (l)	Passiv/ 12	Passiv	47	Passiv/ 13	Passiv	Passiv/ 15	Passiv	Passiv	Passiv	
Chloroform	<0,09	i.a.	4,5	<0,09	i.a.	<0,09	i.a.	<0,09	i.a.	20
1,1,1-Trichlorethan	<0,1	i.a.	<0,21	<0,1	i.a.	<0,1	i.a.	<0,1	i.a.	500
Tetrachlormethan	<0,09	i.a.	<0,21	<0,09	i.a.	<0,09	i.a.	<0,09	i.a.	5
Trichlorethylen (TCE)	<0,09	0,28	<b>310</b>	<0,09	0,20	<0,09	0,33	<0,09	<0,1	1
Tetrachlorethylen (PCE)	0,49	<b>47</b>	<b>15.000</b>	1,0	<b>45</b>	<b>17</b>	<b>63</b>	<0,09	<0,1	6
Vinylchlorid	<b>0,44</b>	i.a.	i.a.	<b>0,22</b>	i.a.	<b>0,38</b>	i.a.	i.a.	i.a.	0,04

Fra GEO. Rapport 1 /2/. Vedlagt.

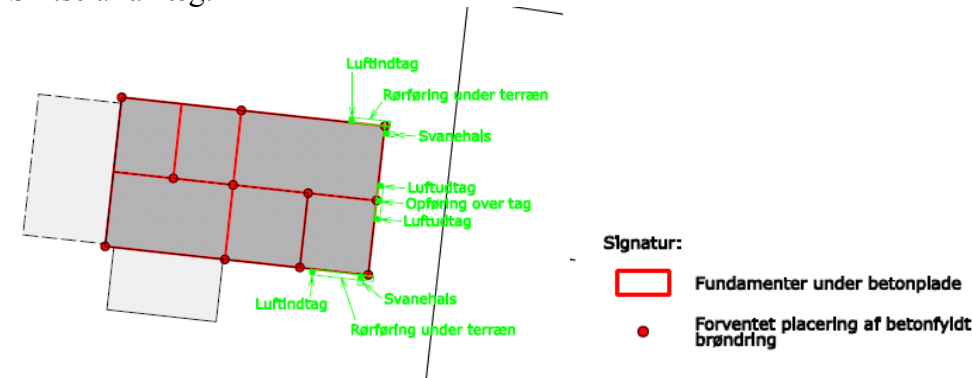
Dimensionering. Ikke dimensioneret da der kun er målt små overskridelser.  
Der er ikke udført tests.

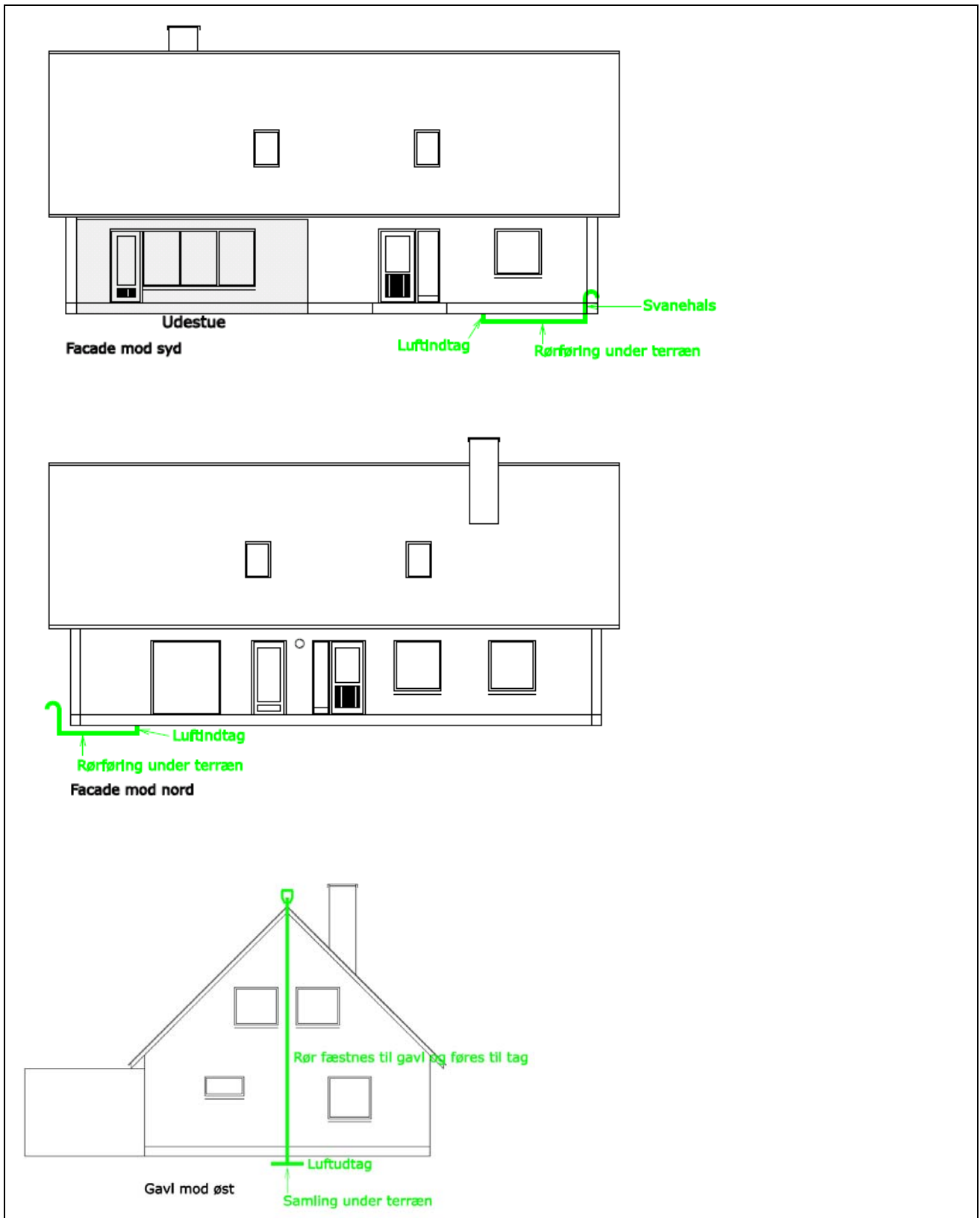
Beskrivelse af anlæg:

Til opsamling af forurening under den betonplade, som beboelsen på Lundtoftevej 17 er bygget på, er der etableret en delvis udluftning af rummet mellem betondække og fundamenter. Til sikring af udluftning er der etableret 2 luftindtag og 2 luftudtag. I forbindelse med etablering af luftindtag og luftudtag er fundament gennemboret ca. 0,3 m under terræn. Til gennemboringen for luftindtag er fastgjort en  $\varnothing 75\text{mm}$  PVC-rørføring, som er ført under terræn og afsluttet med svanehal over terræn. Det gælder for luftudtag på østvendt gavl, at de er samlet under terræn inden opførelse til tag.

Det lodrette ventilationsrør ( $\varnothing 75\text{mm}$  rustfrit afløbsrør) er fastgjort til mur med rørholdere. Ventilationsrør er ført udenom tagryg og afsluttet med ventilationshætte (Rotek A/S, TurboVentura 6") ca. 0,3 m over tagryg. På ventilationsrør er der monteret prøvetagningsstuds. Prøvetagningsstudsene er monteret under den nederste rørholder (spændebånd).

Skitse af anlæg:





Drift og monitoring:

1 runde efter etablering

Resultater af kemiske analyser af poreluftsprøver. Resultater fra indeklimamålinger fra tidligere undersøgelse (udtaget samme sted) er også medtaget. Enhed for resultater er  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Fed skrift markerer overskridelse af Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft.**

Prøvenr.	101 marts 2009	101 2006/ 2007	101/ spisestue 1999	102 marts 2009	102 2006/ 2007	102/ stue gl. renseri 1999	103 marts 2009	103 2006/ 2007	103/ toilet 1999	Kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft /4/
Rørtype	Orsa	ATD	ATD	Orsa	ATD	ATD	Orsa	ATD	ATD	
Luftmængde (l)	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	
Chloroform	<0,1	<0,09	i.a.	<0,1	<0,09	i.a.	<0,1	<0,09	i.a.	20
1,1,1-Trichlorethan	<0,1	<0,1	i.a.	<0,1	<0,1	i.a.	<0,1	<0,1	i.a.	500
Tetrachlormethan	<0,1	<0,09	i.a.	<0,1	<0,09	i.a.	<0,1	<0,09	i.a.	5
Trichlorethylen (TCE)	<0,1	<0,09	0,28	<0,1	<0,09	0,20	<0,1	<0,09	0,33	1
Tetrachlorethylen (PCE)	<1,0	0,49	<b>47</b>	<1,0	1,0	<b>45</b>	<1,0	<b>17</b>	<b>63</b>	6
Vinylchlorid	<0,04	i.a.	i.a.	<0,04	i.a.	i.a.	<0,04	i.a.	i.a.	0,04
1,1-Dichlorethylen	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	10
1,2-trans-Dichlorethylen	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	400
1,2-cis-Dichlorethylen	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	
1,1-Dichlorethan	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	<0,1	i.a.	i.a.	-
Rørtype	ATD	ATD		ATD	ATD		ATD	ATD		
Luftmængde (l)	10	12		10	13		10	15		
Vinylchlorid	<0,05	<b>0,44</b>	i.a.	<0,05	<b>0,22</b>	i.a.	<0,05	<b>0,38</b>	i.a.	0,04

-: Intet kvalitetskriterium, i.a.: Ikke analyseret

I indeklimamålingerne 101-103 er der hverken i de passive eller aktive målinger påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler eller chlorerede nedbrydningsprodukter, der overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft.

2009-03-11 og 2009-03-25 er der målt et flow i det passive ventilationssystem. 2009-03-11 var flowet lavere end 0,1 m/s og 2009-03-25 var flowet mellem 0,05 og 0,12 m/s. Gennemsnitligt flow vurderes til omkring 0,1 m/s, svarende til ca. 38 m<sup>3</sup>/dag ved en diameter i rørsystemet på 75 mm.

Det passive ventilationssystem trækker luft fra et område under gulv på ca. 45 m<sup>2</sup>. Sandsynligvis er det luften i det frie rum under gulv og i det første sammenfaldne opbygningsmateriale, der skiftes, svarende til 0,25-0,5 m under gulv. Hvis der regnes med 0,15 m frit rum og 0,25 m sammenfaldent grus med et luftvolumen på 0,3, svarer det til et luftskifte under gulv på ca. 4 gange dagligt.

Resultaterne af den analyserede prøve fra luften i det passive ventilationssystem fremgår af nedenstående tabel.

Resultater af kemiske analyser af luft fra passiv ventilationsanlæg. Enhed for resultater er  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Fed** skrift markerer overskridelse af Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft.

	Passiv ventilation marts 2009	Kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft /4/
Rørtype	kulrør	
Luftmængde (l)	105	
Chloroform	1,3	20
1,1,1-Trichlorethan	<0,095	500
Tetrachlormethan	<0,095	5
Trichlorethylen (TCE)	<b>99</b>	1
Tetrachlorethylen (PCE)	<b>3.000</b>	6
Vinylchlorid	<0,095	0,04
1,1-Dichlorethylen	<0,095	10
1,2-trans-Dichlorethylen	<0,095	400
1,2-cis-Dichlorethylen	65	
1,1-Dichlorethan	<0,095	-

-: Intet kvalitetskriterium, i.a.: Ikke analyseret

Opnået effekt ved passiv ventilation:

I indeklimamålingerne er der ikke påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler eller chlorerede nedbrydningsprodukter, der overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for afdampning til ovenstående luft. De tidligere påviste indhold af PCE og vinylchlorid har således ikke kunne genfindes efter udførelsen af afværgeforanstaltningerne.

Det vurderes således, at restforureningen under bygningen på Lundtoftevej 17 ikke udgør en risiko for indeklimaet på Lundtoftevej 17, så længe anlægget til passiv ventilation er i drift.

Økonomi:

Etablering af passiv ventilation: ca. DKK 50.000, excl. moms.

Konklusion:

Kraftig jordforurening er delvis oprenset uden for bygning. Der er efterladt forurennet jord under bygning, som giver en fortsat poreluftforurening.

Påvirkningen af indeklimaet er reduceret til under MST's afdampningskriterie.



Referenceliste:

- /1/ Dianalund. Lundtoftevej. Tidligere renseri. Skitseprojekt. Rapport 2, 2007-12-03. GEO
- /2/ Supplerende undersøgelse på Lundtoftevej, Tersløse. Rap. 1, 2007-04-23. GEO

Lokalitetens adresse: Midtager, 2605 Brøndby	Bygherre: Santa Maria AB  Region: Region Hovedstaden (Københavns Amt)
---	---

Beskrivelse af forureningssituation:

På erhvervsejendommen Midtager i Brøndby er der konstateret en mindre olieforurening imellem et kælderfundament og en betonspuns samt under et kælderrum i den østlige del af bygningen.

Den væsentligste del af den konstaterede olieforurening er fjernet i forbindelse med et afværgeprojekt udført april til juni 2004, hvor en nedgravet olietank og alt forurenet jord omkring olietanken uden for bygningen blev opgravet og bortkørt. Uden for bygningen blev forurenet jord afgravet ned til 5,5 m u.t. Ind mod bygningen blev forureningen afgravet/opboret indtil 30 cm fra fundamentet.

En mindre del af olieforureningen havde spredt sig ind under et kælderrum i den østlige del af bygningen og kunne derfor ikke umiddelbart bortgraves. Forud for gennemførelse af afværgeprojektet i foråret/sommeren 2004 blev det estimeret, at der i et afgrænset jordvolumen er efterladt cirka 60-70 kg olie imellem kælderfundament og betonspuns samt under kælderrummet i den østlige del af bygningen. Forureningen bestod primært af kulbrinter >n-C10 – n-C25 og ikke i væsentligt omfang BTEX'er.

Formål med etablering af anlæg:

I foråret 2005 blev der etableret et in-situ afværgeprojekt med henblik på inden for nogle få år at nedbringe forureningen under kælderbygningen til et forureningsniveau, hvor myndighederne ikke vil V2-kortlægge ejendommen som forurenet på grund af den konstaterede olieforurening.

Projektets formål har altså ikke været at ventilere et kapillarbrydende lag under kældergulvet med henblik på at sikre indeklimaet, men at fjerne en mindre olieforurening i jorden ca. 1 m under kældergulvet.

Byggetekniske forhold:

Bygningen var en nyere fabriksbygning med intakt og 'tæt' betongulv. Under gulvet var et mindre kapillarbrydende lag med legasten. Forureningen fandtes ca. 1 m under kældergulvet i sandet ler.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Det blev vurderet, at det var muligt passivt at bortventilere/reducere forureningen 1 m under kældergulvet.

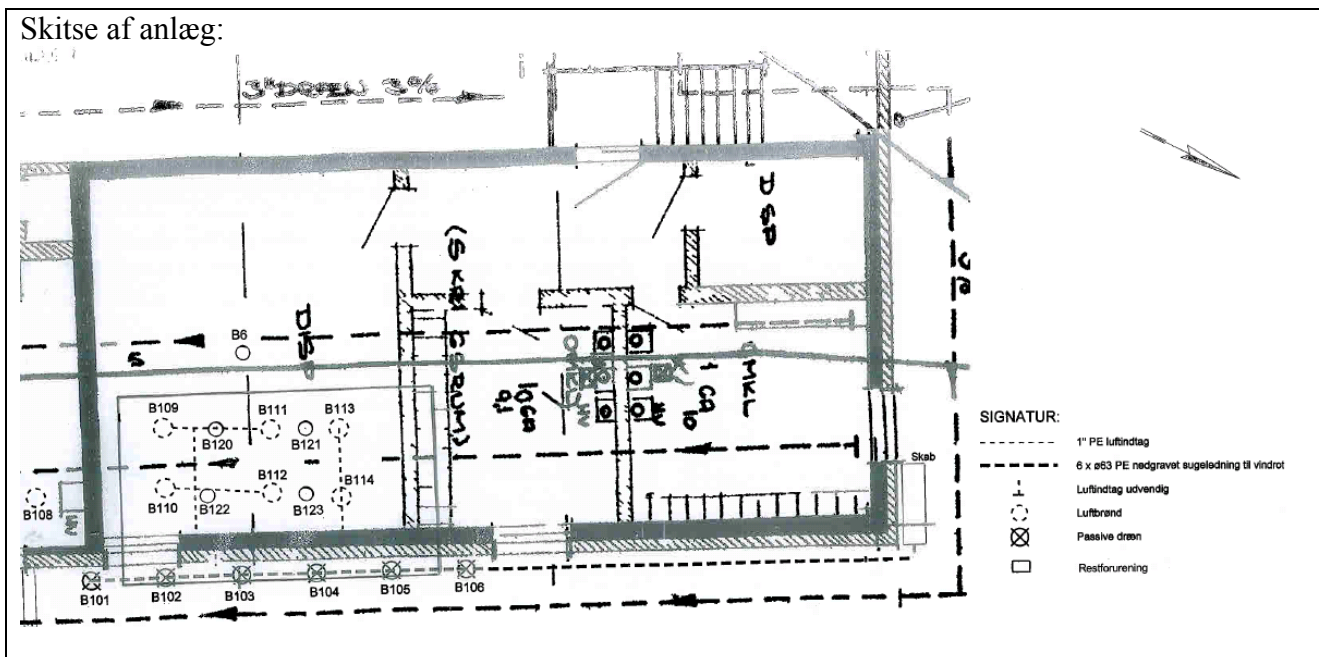
I den forurenede jordmatrice blev der konstateret kulbrinter >n-C10 – n-C25 i koncentrationer fra 1.000 til 5.000 mg/kg TS.

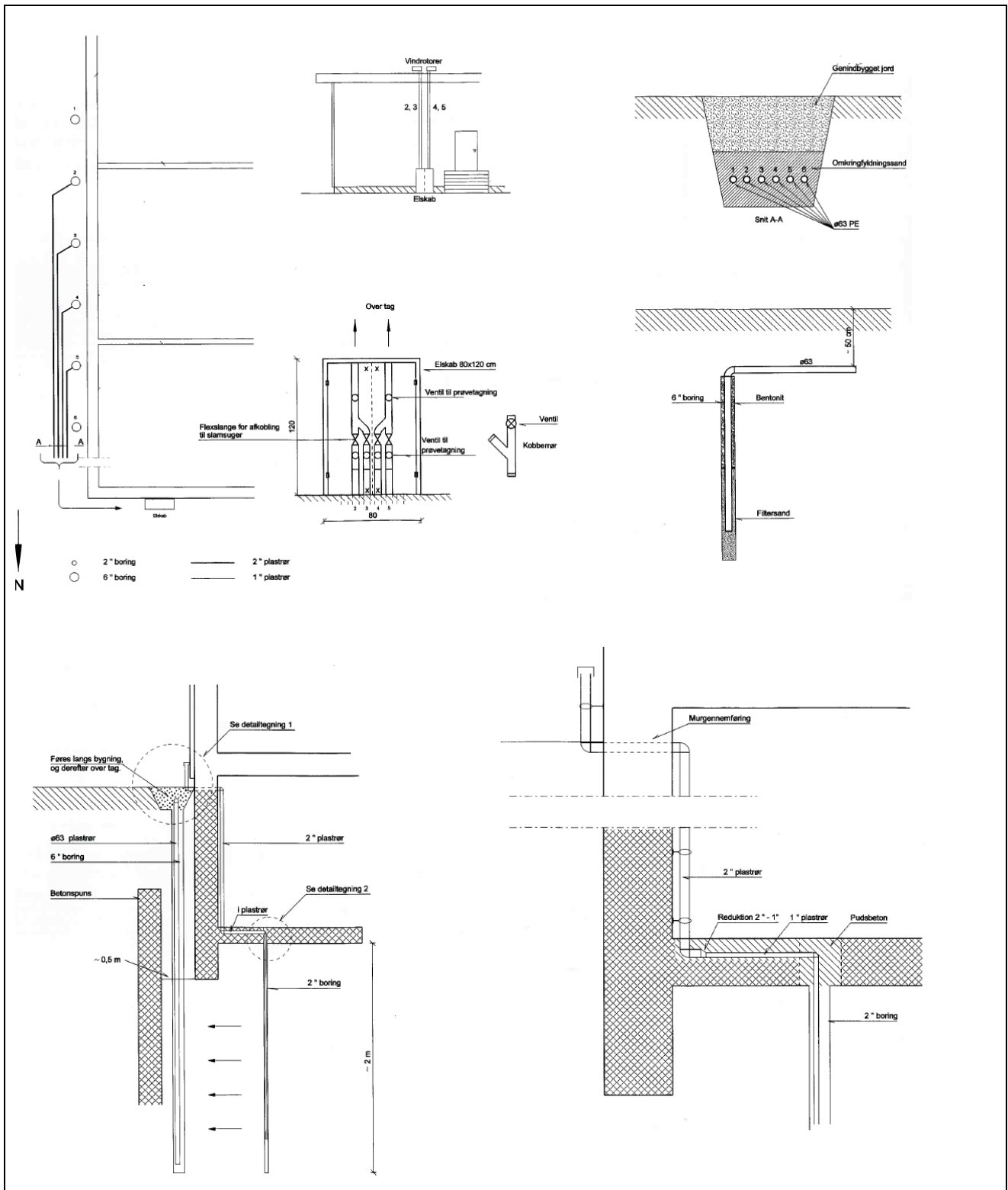
### Beskrivelse af anlæg:

I den forurenede jordmatrice mellem fundamentet og spunsen blev der etableret 4 vertikale passive dræn (B102-B105), som blev tilsluttet 2 vindrotorer over bygningens tag.

I den forurenede jordmatrice under kælderens er der etableret 6 luftbrønde (B109-B114) med indtag af frisk udendørs luft.

### Skitse af anlæg:





### Drift og monitorering:

I december 2006 er der udført borer og udtaget jordanalyser af den forurenede jordmatrice. I 8 jordprøver blev der konstateret koncentrationer over acceptkriteriet, svarende til en gennemsnitlig koncentration på ca. 2.000 mg/kg TS, i et meget velafgrænset jordvolumen.

Sammenholdt med en gennemsnitlig koncentration på ca. 3.000 mg/kg TS ved opstart af anlægget 1,5 år tidligere i 2005 svarer det til en reduktion på ca. 33 %.

Ved monitorering af afkastluften i december 2005 og november 2006 er der konstateret væsentligt indhold af kulbrinter i drænene, hvilket indikerer, at in-situ anlægget fjerner forurening fra den forurenede jordmatrix.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

På baggrund af ovennævnte målinger og forureningsreduktion vurderes det i april 2008, at restforureningen udgør 11-19 kg, hvilket ligger inden for det interval på 10-20 l, som Københavns Amt udmeldte som bagatelgrænse for V2-kortlægning ved in-situ afværgeprojektets start i foråret 2005. Afværgeprojektet blev afsluttet og grunden ikke V2-kortlagt.

Økonomi:

Anlægsomkostningen har samlet set været ca. DKK 100.000

Årlige driftsomkostninger som gennemsnit over 3 år ca. DKK 25.000

Konklusion:

Projektet formål blev opfyldt med henblik på at undgå V2-kortlægning af jordforureningen, fordi restforureningen blev reduceret til under Region Hovedstadens bagatelgrænse.

Referenceliste:

Lokalitetens adresse: Nyborgvej, Ullerslev	Bygherre: Daværende Fyns Amt  Region: Syddanmark
---	--

**Beskrivelse af forureningssituation:**

Forureningen omfatter chlorerede opløsningsmidler, primært PCE, under det tidligere renseri på grunden. Der er påvist en kraftig jordforurening i området under det tidligere renseri. I hotspot findes forureningen fra terræn til ca. 8 m u.t. i koncentrationer på op til 120 mg/kg TS PCE. Forureningen aftager i alle retninger, således at koncentrationen ca. 3 m fra centrum af hotspot er reduceret væsentligt ligesom forureningen er afgrænset til ca. 5 m u.t. Ca. 6 m fra centrum af hotspot har forureningen en vertikal udbredelse på ca. 1 m, ca. 4,5-5,0 m u.t., hvor gennemsnitskoncentrationen er ca. 6 mg/kg TS.

Kilden vurderedes at udgøre en trussel imod indeklimaet i bygningen og imod de nærliggende vandindvindingsboringer på Ullerslev Nordre Vandværk, idet der allerede er påvist en infiltration til det primære magasin i en boring, der er beliggende i skel ved den forurenede lokalitet i retning imod vandindvindingsboringerne.

Det blev anbefalet, at kilden fjernes ved kombineret boring/bortgravning af hot spot og at der etableredes ventilationsdræn under ejendommen til sikring af indeklimaet.

**Formål med etablering af anlæg:**

Afskæring af indsvivning fra restforurening under den gamle renseribygning og op mod dele af beboelsens kælder, for sikring af indeklimaet. Anlægget er udlagt som passivt udluftningsanlæg, der dels er lagt under ny gulvkonstruktion i renseribygningen og dels udluftningsdræn, der er ført ind under eksisterende kældergulv i hovedbygningen. Anlægget er udlagt som en permanent passiv foranstaltning. Mulighed for at gøre det aktivt med vacuumpumpe.

**Byggetekniske forhold:**

Ejendommen er oplyst etableret i 1955 og har fungeret som privat beboelse og med tilhørende salg af olie- og benzinprodukter fra tilbygningerne. Desuden har der været renseri i en periode. Beboelsen er etableret i 2 plan og med kælder. Bygningstilstanden vurderes generelt som mellemgod. Kældergulve var i dårlig forfatning med svindrevner og manglende hæftninger ved ydermure mv.

Eksisterende gulvopbygning i kælder: ca. 4-10 cm på sand/ler  
Ny gulvopbygning i renseriafsnit og del af beboelsens kælder: 100 mm beton på min. 100 mm lecanødder og afrettet komprimeret sand (min. 200 mm).

Der er ikke suppleret med membran.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Dimensioneringsgrundlaget baseres på vurdering af forureningsomfang og kildestyrkervurdering fra forundersøgelser i 1999 og supplerende forureningsundersøgelser med henblik på specifik afværge, 2002.

Kildestyrkerne baseres primært på poreluftkoncentrationerne i og op til hotspot området ved renseribygningen. Højeste registrerede koncentrationsniveau her var 13.000 mg/m<sup>3</sup>.

Dimensioneringen af afværgen er baseret på at sigte efter en homogen dækning af influens fra de enkelte afvægedræn, hhv. i nyt kapillærbrydende lag i renseribygningen og i den eksisterende underbygning af sand under hovedbygningens kælder.

Der er ikke foretaget indledende ventilationstests mv. Der er ikke udtaget materialeprøver ud over jordprøver til analyse for forurenende komponenter under gulv mv. Disse vurderet med henblik på skøn over jordtype under kældergulv.

Beskrivelse af anlæg:

Udluftningssystemet er udlagt som et passivt ventilationssystem. Systemet er forberedt på en evt. ombygning til aktiv udluftning ved påmontering af eldreven ventilator.

Drænene er placeret vandret hhv. under kældergulv i beboelsen samt i det kapillærbrydende lag under gulv i det tidligere renseriafsnit og værkstedet. Drænene er udført i ø63 mm PE-rør. Rørene er slidsede under gulvfladen indtil ca. 1,0 m fra fundamentskant. Slidsearealet på rørene udgør ca. 5 % af den samlede udvendige røroverflade. Rørene er ilagt filterstrømpe af vasket polyester.

Hvert af drænene henholdsvis under kældergulv og under gulv i det tidligere renseriafsnit og værksted er forbundet til en udvendig måle- og kontrolkasse, hvor de er samlet i et fælles afkastør med ventilationshætte, som er ført over tag. På hvert af drænene er der monteret afspærringsventiler og envejsventil i måle- og kontrolskab på nordsiden af huset samt i hjørnet mellem værksted og det tidligere renseriafsnit. Envejsventilen består af en indsats i den enkelte sugestreg, hvori en bevægelig ventilplade sikrer, at luftstrømmen alene foregår mod de fælles afkastør.

#### **Renseriafsnittet:**

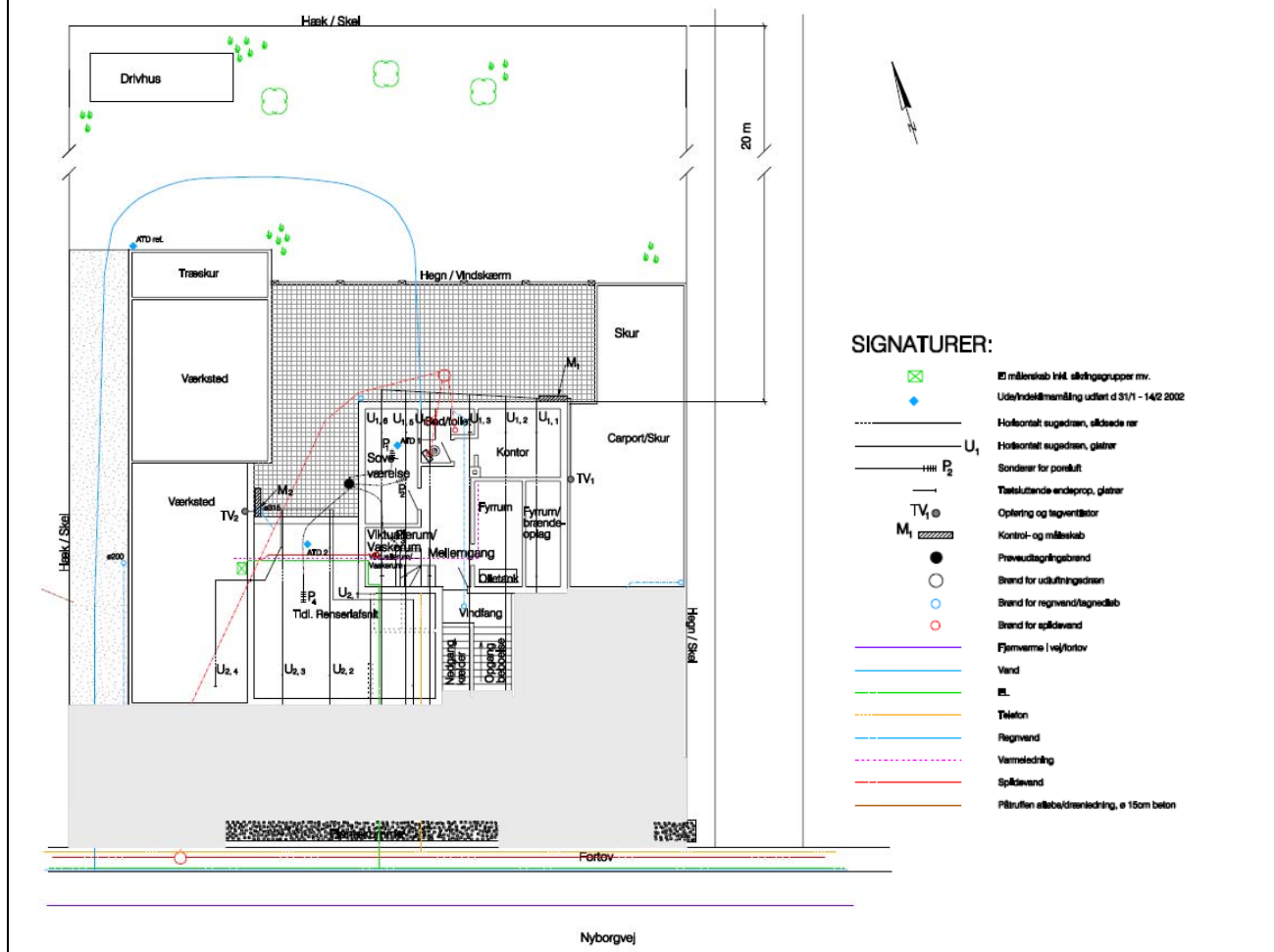
I det tidligere renseriafsnit og værkstedet er drænene udlagt i forbindelse med retablering af betongulv og underbygning for dette. Drænene er her ilagt i underkant af det kapillærbrydende lag under isoleringen, ca. 40 cm under top-gulv. Drænene er ført igennem soklen via indstøbt forerør i denne. De 4 sugedræn under renseriafsnittet er ført ud til brønd, som er etableret på sydsiden af ejendommen, og afsluttet i tæt endeprop. I værkstedet er ventilationsdrænet afsluttet ved endeprop indenfor soklen. På nordsiden af renseriafsnittet er de enkelte drænledninger ført horisontalt i jorden langs med sokkel frem til kontrol- og målekassen, hvor de er ført lodret op gennem bunden af denne.

#### **Kælder i hovedbygning:**

Drænene er etableret under kældergulv ved retningsbestemt boring, udført fra nordsiden af boligen. Udborede materialer fra borehuller er ført væk fra borehullet via et spulemedie, der består af

bionedbrydeligt polysaccharid, med typebetegnelsen Xanthan Gum. Drænene er afsluttet med tæt endeprop i brønd ved terræn på sydsiden af ejendommen. På den nordlige side af ejendommen er de enkelte drænledninger ført i jorden langs med sokkel frem til kontrol- og målekassen, hvor de er ført lodret op gennem bunden af denne.

### Skitse af anlæg:



### Drift og monitorering:

Udluftningssystemet er etableret i efteråret 2001 og indkørt primo 2002.

Systemet er udlagt som et passivt ventilationssystem. Ved vindpåvirkning af ventilationshætterne eller ved solindfald på de sorte afkastrør genereres en luftbevægelse i sugestregene, og luften ledes til afkast ca. 1 m over tagniveau henholdsvis på den tidligere renseribygning og på beboelsesdelen.

Systemet kan ombygges til aktiv udluftning ved påmontering af eldreven ventilator.

### Målepunkter, prøveudtag

I de to måleskabe er der på hver sugestreg mulighed for prøveudtagning samt registrering af flow. I de to afkastrør, TV<sub>1</sub> og TV<sub>2</sub>, som er ført over tag, er der ligeledes etableret mulighed for



registrering af flow, UA<sub>1</sub> og UA<sub>2</sub>.

Umiddelbart under kældergulv er der etableret 3 prøveudtag til udtagning af poreluft, P1-P3, og umiddelbart under gulvet i det tidligere renseri er der tilsvarende etableret et prøveudtag til udtagning af poreluft, P4.

Prøveudtagene P1-P4 er samlet i en målebrønd, der er etableret umiddelbart vest for beboelsedelen og nord for det tidligere renseri.

#### *Opstart og indkøring*

Systemet er opstartet primo 2002 og indkørt i april-maj 2002.

Under opstart og indkøring er der udtaget kontrolprøver af poreluften under henholdsvis kældergulv, P1, under gulv i det tidligere renseri, P4, samt i sugestregene fra henholdsvis boligdelen, U<sub>1,1</sub>-U<sub>1,6</sub>, og sugestregene under det tidligere renseri, U<sub>2,1</sub>-U<sub>2,4</sub>.

Måling	Målested	Måleperiode	TCE (µg/m <sup>3</sup> )	PCE (µg/m <sup>3</sup> )
Bolig med kælderafsnit				
P1	Under beton 10 cm	14.02.02	12	7.900
	Under beton 10 cm	17.04.02	3,1	1.900
	Under beton 10 cm	24.05.02	4,3	1.600
	Under beton 10 cm	19.11.02	20	46.000
	Under beton 10 cm	10.04.03	2,9	6.300
	Under beton 10 cm	19.11.03	53	27.000
	Under beton 10 cm	20.10.04	62	26.000
	Under beton 10 cm	18.10.05	2,4	1.700
	Under beton 10 cm	31.10.06	20	7.800
	Under beton 10 cm	28.11.07	2,2	1.200
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Samtlige resultater for målepunkt under kældergulv*

Måling	Målested	Måleperiode	TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Tidl. renseriafsnit				
P4	Under beton 10 cm	14.02.02	<0,25	13
	Under beton 10 cm	24.04.02	<0,24	20
	Under beton 10 cm	24.05.02	<0,25	16
	Under beton 10 cm	19.11.02	<0,23	8,1
	Under beton 10 cm	10.04.03	<0,23	3,7
	Under beton 10 cm	19.11.03	<0,25	8,1
	Under beton 10 cm	10.10.04	<0,25	12
	Under beton 10 cm	18.10.05	<0,25	13
	Under beton 10 cm	31.10.06	<0,25	12
	Under beton 10 cm	28.11.07	<1,0	13
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Samtlige resultater for målepunkt under tidligere renserigulv*

Måling	Målested	Måleperiode	TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Sugestrenge				
U <sub>1,1</sub> -U <sub>1,6</sub>	Opr. boligafsnit	14.02.02	7,9	6.200
	Opr. boligafsnit	24.04.02	0,46	210
	Opr. boligafsnit	24.05.02	1,9	2.900
	Opr. boligafsnit	19.11.02	1,6	1.000
	Opr. boligafsnit	10.04.03	<0,37	84
	Opr. boligafsnit	19.11.03	5,9	2.500
	Opr. boligafsnit	10.10.04	5,4	2.300
	Opr. boligafsnit	18.10.05	0,3	120
	Opr. boligafsnit	31.10.06	2,8	1.200
	Opr. boligafsnit	28.11.07	<0,70	190
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Samtlige resultater for sugestregene under oprindeligt boligafsnit*

Måling	Målested	Måleperiode	TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Sugestrenge				
U <sub>2,1</sub> -U <sub>2,4</sub>	Tidl. renseriafsnit	14.02.02	<0,25	16
	Tidl. renseriafsnit	24.04.02	<0,25	15
	Tidl. renseriafsnit	24.05.02	<0,25	22
	Tidl. renseriafsnit	19.11.02	<0,25	13
	Tidl. renseriafsnit	10.04.03	<0,29	2,0
	Tidl. renseriafsnit	19.11.03	<0,25	25
	Tidl. renseriafsnit	10.10.04	<0,25	7,0
	Tidl. renseriafsnit	18.10.05	<0,25	0,62
	Tidl. renseriafsnit	02.11.06	<0,25	6,5
	Tidl. renseriafsnit	28.11.07	<1,0	<1,0
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Samtlige resultater for sugestregene under tidligere renseri*

Måling	Målested	Måleperiode	TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Bolig med kælderafsnit				
Indeluft	I kælder	31.01.02-14.02.02		15
	I kælder	17.04.02-24.04.02	<0,21	11
	I kælder	08.05.02-24.05.02	<0,09	8,1
	I kælder	28.03.03-10.04.03	<0,11	6,9
	I kælder	19.11.03-02.12.03	0,18	8,6
	I kælder	10.10.04-20.10.04	<0,15	5,5
	I kælder	18.10.05-01.11.05	<0,10	22
	I kælder	20.10.06-31.10.06	<0,14	16
	I kælder	28.11.07-12.12.07	<0,20	13
Indeluft	I stue	31.01.02-14.02.02		6,2
	I stue	17.04.02-24.04.02	<0,21	4,7
	I stue	08.05.02-24.05.02	0,19	1,8
	I stue	28.03.03-10.04.03	<0,11	1,3
	I stue	19.11.03-02.12.03	<0,11	15
	I stue	10.10.04-20.10.04	<0,15	6,5
	I stue	18.10.05-01.11.05	<0,10	7,1
	I stue	20.10.06-31.10.06	<0,14	8,4
	I stue	28.11.07-12.12.07	<0,20	3,4
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Resultater for indeluftmålinger i boligafsnit med kælder*

Måling	Målested	Måleperiode	TCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PCE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Tidligere renseriafsnit				
Indeluft	I mellemgang	31.01.02-14.02.02		5,9
	I mellemgang	31.01.02-14.02.02	<0,21	0,73
	I mellemgang	08.05.02-24.05.02	0,12	1,0
	I mellemgang	28.03.03-10.04.03	0,14	1,1
	I mellemgang	19.11.03-02.12.03	0,19	2,4
	I mellemgang	10.10.04-20.10.04	<0,15	1,3
	I mellemgang	18.10.05-01.11.05	<0,10	4,7
	I mellemgang	20.10.06-31.10.06	<0,14	4,0
	I mellemgang	28.11.07-12.12.07	<0,20	0,15
Udeluft				
Udeluft		31.01.02-14.02.02	-	<0,11
		28.03.03-10.04.03	<0,11	<0,12
		19.11.03-02.12.03	<0,11	0,20
		10.10.04-20.10.04	<0,15	<0,15
		18.10.05-01.11.05	<0,10	0,2
		20.10.06-31.10.06	<0,14	0,66
		28.11.07-12.12.07	<0,20	<0,20
Kvalitetskriterie /7/			1	6

*Resultater for indeluftmålinger i boligafsnit uden kældere samt udeluft*

Opnået effekt ved passiv ventilation:

I stueetagen i det oprindelige boligafsnit er der påvist et indhold af PCE i indeluften på  $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved den seneste monitoring, hvilket er lavere end afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ved de 4 forrige monitoringer har indholdet af PCE i indeluften ligget over afdampningskriteriet.

I kælderen, som ikke er godkendt til bolig, er der ved den seneste monitoring påvist indhold af PCE i indeluften på  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket svarer til ca. 2 gange afdampningskriteriet. På nær én gang tidligere, i oktober 2004, har indholdet af PCE i indeluften ligget over afdampningskriteriet ved de gennemførte monitoringer.

I poreluften under gulv samt i sugestregene under det oprindelige boligafsnit ses faldende koncentrationer af PCE i forhold til 2006. Overordnet ses der gennem hele monitoringsperioden ingen faldende tendens i indholdet af PCE i poreluften under kældergulvet.

I sugestregene under det tidligere renseri og i indeluften observeres faldende koncentrationer i forhold til monitoringen i 2006. Overordnet viser poreluftmålingerne under gulvet i renseriafsnittet imidlertid PCE-koncentrationer på stort set samme niveau gennem hele monitoringsperioden.

Udluftningssystemet under beboelsen vurderes kun at medføre en beskedent reduktion af restforureningen i jorden, idet det er langsomme diffusionsprocesser, der styrer stoftransporten i

jorden. Udluftningssystemet må derfor forventes at skulle være i drift i en længere årrække.

Da koncentrationerne i indeluften i den del af ejendommen, der er godkendt til bolig, er mindre end afdampningskriteriet, vurderes der ikke at være en sundhedsmæssig risiko ved anvendelse af boligdelen.

Økonomi:

Anlægsomkostninger: ca. DKK 125.000

Driftsøkonomi: Primært monitoring, årligt ca. DKK 20 - 22.000

Konklusion:

Drænene under gulvet i beboelsen vurderes at have positiv virkning i forhold til udligning af trykforskelle mellem jorden under gulv og udeluften. Effekten i forhold til indeklimaet vurderes som positiv, men er vanskelig at kvantificere i forhold til udefra kommende faktorer som f.eks. regelmæssig udluftning, gennemtrængeligheden i kældergulve mv.

Effekten af drænene i forhold til en reduktion af forureningskilden vurderes som begrænset.

Referenceliste:

Lokalitetens adresse: Nørregade, Farsø	Bygherre: Region Nordjylland
---	---------------------------------

Beskrivelse af forureningssituation:

Undersøgelser har påvist en forurening med chlorerede opløsningsmidler (primært PCE) i den umættede zone (0-12 m u.t.). Undersøgelsesområde på ca. 100x100 m. Forureningen er forårsaget af en tidligere renseridrift i bygningen på Nørregade X i perioden 1966 til 1980.

Der er i okt. 1999 etableret aktiv vakuumeekstraktion i den umættede zone omkring Nørregade X og Y samt aktiv ventilation under gulve på Nørregade XA, D-E og Y. Vakuumeekstraktionen tændes fortsat jævnligt (ca. hvert 2. år i 3-4 uger).

Den aktive ventilation er i aug. 2006 erstattet af passiv ventilation – som fortsat kører i dag.

Formålet med afværgeforanstaltningerne er, at bygningerne på den tidligere renserigrund (Nørregade X) og nabogrunden (Nørregade Y) fortsat kan anvendes til følsom arealanvendelse som bolig uden risiko for indeklimaet. Det er ligeledes hensigten at reducere forureningsspredningen i den umættede zone til de øvrige naboejendomme. Endvidere ønskes en reduktion af forureningsspredningen til det sekundære grundvandsmagasin.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med etablering af den passive ventilation har ikke været at oprense poreluftforureningen under gulv, men i stedet at opretholde et lavt koncentrationsniveau af PCE i poreluften under gulv og dermed forebygge indeklimaproblemer på kort og lang sigt. Effektiviteten af den passive ventilation afhænger af de aktuelle vindforhold på lokaliteten samt af modtrykket i ventilationsledningerne.

Etablering af den passive ventilation har således haft en positiv effekt i forhold til koncentrationen af PCE i indeluften på Nørregade XE og Y, idet tilbageslaget ikke er sket med samme hastighed i forhold til de tidligere tilbageslag. Hvorvidt den passive ventilation er tilstrækkelig til at bibeholde et acceptabelt lavt indhold af PCE i indeluften på lang sigt, kan ikke vurderes på det foreliggende grundlag.

*Fra /ref. 3/.*

#### Byggetekniske forhold:

Fundamentet gennembøres, og der føres filterrør 1 meter ind under bygningen i det kapillarbrydende lag under gulvene.

I forbindelse med de tidligere undersøgelser træffes der lokalt sandet fyld til ca. 1 m u.t. Herunder træffes fin- til mellemkornet sand med varierende indhold af silt og grus til boringernes bund. Der er især fra 1,5 til 3,0 m u.t. truffet siltede-/lerede materialer. Ca. 12 m til GVS.

Nørregade X, A-B-C består af 3 lejligheder af ca. 50 m<sup>2</sup>. Ca. 30 år. Ingen kælder. Kun dræn under XA, hvor gulvet består af 10 cm beton udlagt på 75 cm pladebatts.

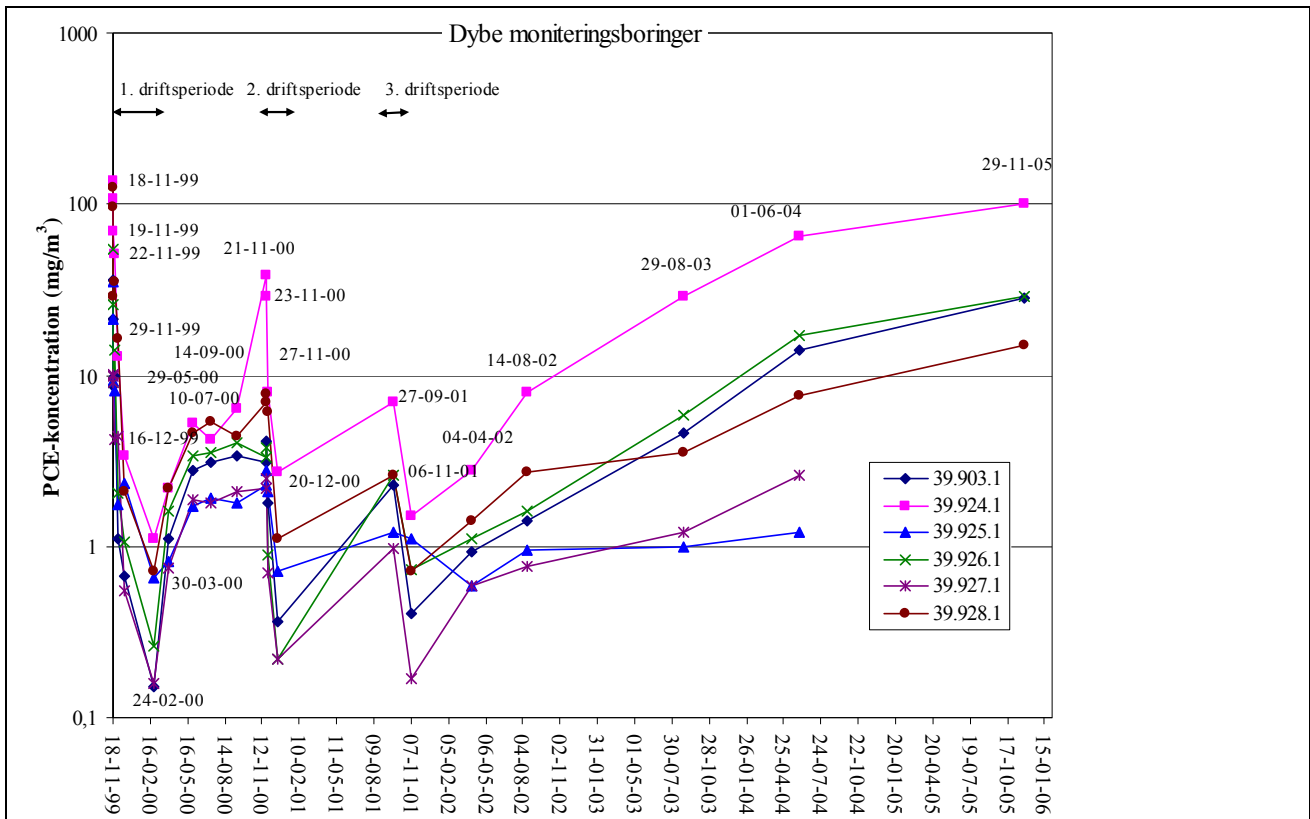
Nørregade X E, stueplan, 2 lejligheder. I alt ca. 200 m<sup>2</sup>. Ca. 50-70 år. Gulvkonstruktionen (betonlaget) er målt til 15 cm. Krybekælder under den østlige del (120 m<sup>2</sup>) af stueplanet på ca. 20 cm højde - ventileres direkte.

Nørregade Y på ca. 240 m<sup>2</sup>. Ca. 50-70 år. Gulvkonstruktion er målt til 15 cm. Der er kælder under den vestlige del af bygningen. Lejlighed i kælder.

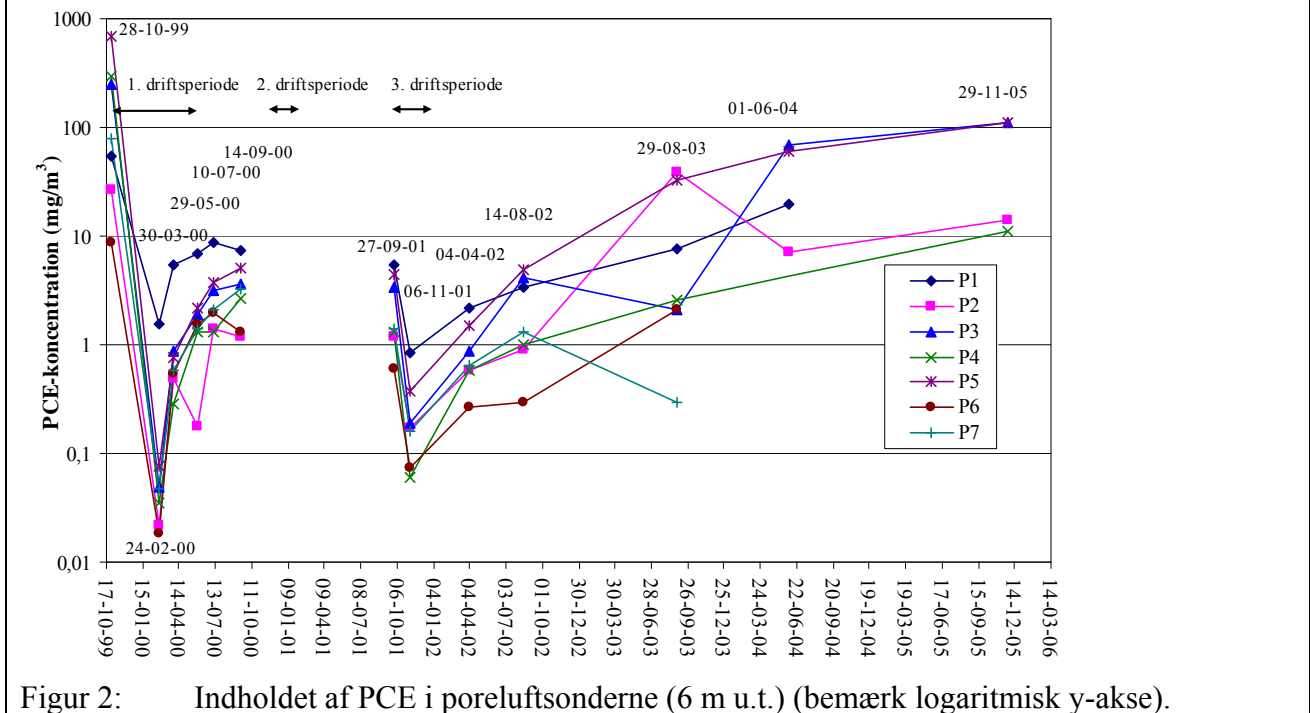
#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Formålet med etablering af den passive ventilation har ikke været at oprense poreluftforureningen under gulv, men i stedet at opretholde et lavt koncentrationsniveau af PCE i poreluften under gulv og dermed forebygge indeklimaproblemer på kort og lang sigt. Effektiviteten af den passive ventilation afhænger af de aktuelle vindforhold på lokaliteten samt af modtrykket i ventilationsledningerne.

Nedenstående 2 figurer er fra /ref. 1/. De beskriver PCE-udviklingen i de dybe og højtliggende jordlag **INDEN** etablering af passiv ventilation.



Figur 1: Indholdet af PCE i de dybe vakuumekstraktionsboringer (8-14 m u.t.) (bemærk logaritmisk y-akse).



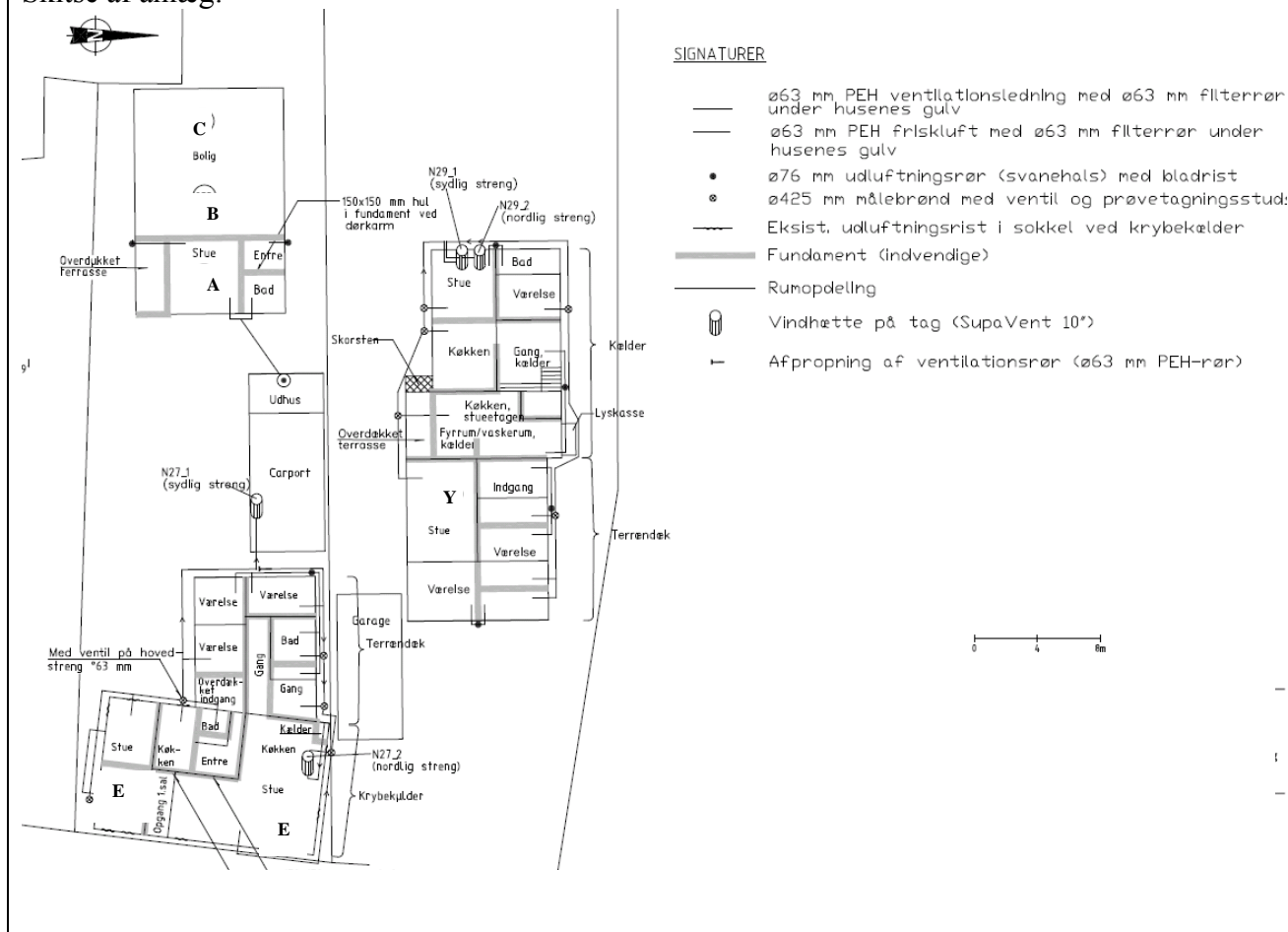
Figur 2: Indholdet af PCE i poreluftsonderne (6 m u.t.) (bemærk logaritmisk y-akse).



## Beskrivelse af anlæg:

Se skitse

## Skitse af anlæg:



## Drift og monitorering:

***Nedenstående stammer fra side 1-12 i /ref. 3/ og beskriver udviklingen i indeklimakoncentrationer i de berørte bygninger.***

### **Udførte undersøgelser og risikovurdering (Nørregade XE, Y og Z)**

For dokumentation af effekten af den passive ventilation, er der gennemført en supplerende målerunde med måling under gulv samt i indeklimaet i Nørregade XE, Y og Z.

For en generel dækning er der udtaget poreluft under gulv fra de samme målepunkter som ved den seneste målerunde i september 2007. Det har dog ikke været muligt at udtage poreluftprøve fra MP23, da der her er etableret nyt gulv/gulvtæppe. Der er desuden ved denne undersøgelse udtaget poreluftprøver fra målepunkter under gulv i Nørregade Z. Der er således udtaget prøver fra MP1-MP3, MP7, MP9-MP11, MP16, MP20-MP22 - i alt 11 stk. Poreluftprøverne er udtaget den 30. og 31. oktober 2008.

Der er desuden udført 13 indeklimamålinger fordelt på Nørregade XE, Y og Z. Det har ikke været muligt at udføre indeklimamålingerne (IK5 og IK24) i kælderen i Nørregade Y, da denne lejlighed skulle udlejes på måletidspunktet og ejeren derfor ikke ønskede at der skulle udføres målinger. Der er udført en ekstra indeklimamåling (IK26) i kælderen (værkstedet) på Nørregade Z.

Der er som reference udført en udeluftmåling (UL20) umiddelbart vest for Nørregade XE (ved garagen).

Indeklima- og udeluftmålingerne er udført i perioden fra den 31. oktober til 12. november 2008.

Ved tilsyn den 12. november 2008 er samtlige synlige afkastrør gennemgået med henblik på at sikre, at alle samlinger er tætte. Enkelte samlinger er i denne forbindelse tætnet med vejrbestandigt silikone. Det er endvidere observeret, at den højest siddende vindhætte på Nørregade Y er lidt løstsiddende.

I det efterfølgende er de udførte undersøgelser, analyseresultater samt risikovurderinger opdelt på de tre ejendomme Nørregade XE, Y og Z.

Det skal bemærkes, at der som tidligere kun er gennemført målinger i stueplan i Nørregade XE, der består af to lejligheder beliggende hhv. th. og tv. Nørregade XD er beliggende på 1. sal over Nørregade XE og er derfor ikke medtaget i det efterfølgende.

#### *Risikovurdering, Nørregade XE*

##### *Udførte undersøgelser og analyseresultater*

Der er udtaget i alt 5 luftprøver på kulrør fra poreluften under gulv på Nørregade XE (MP1-MP3, MP20-MP21). Det skal bemærkes, at luftprøverne fra MP1 og MP21 er udtaget direkte fra krybekælderen, mens de øvrige luftprøver er udtaget fra poreluften under gulv.

Der er endvidere udført 6 indeklimamålinger ved Nørregade XE (IK6-IK8, IK20-IK22) samt 1 udeluftmåling (UL20). Målingerne er udført som passive opsamlinger på ATD-rør over ca. 13 døgn.

Analyseresultater fra denne samt tidligere undersøgelser er sammenfattet i tabel 1 og 2.

Samtlige poreluft- og indeklimamålinger er analyseret akkrediteret for chlorerede opløsningsmidler af Eurofins.

Nørregade nr.	XE,th	XE,tv				
		MP1	MP2	MP3	MP20	MP21
15.12.97		470				
18.06.98		2.690	3.420			
08.01.99	5,12		4.800*			
08.02.99	25,6					
28.10.99 <sup>1)</sup>	2,6	3.990	9.930			
18.11.99	Opstart 1. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
17.02.00 <sup>2)</sup>	1,3	0,7	13,6			
24.02.00	Stop 1. driftsperiode					
20.11.00	Opstart 2. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
04.01.01	Stop 2. driftsperiode					
27.09.01 <sup>4)</sup>	5	560	750			
01.10.01	Opstart 3. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
06.11.01	Stop 3. driftsperiode					
04.04.02 <sup>5)</sup>	2,3	230	140			
14.08.02 <sup>6)</sup>	14	380	310			
29.08.03 <sup>7)</sup>	11	540	660			
01.06.04 <sup>8)</sup>		540	270			
29.11.05 <sup>9)</sup>		170	610			
09.08.06	Opstart af passiv ventilation					
12.09.06 <sup>10)</sup>	23**	350	2600	420	46**	
17.10.06 <sup>11)</sup>	81**	210	2600	390	20**	
01.12.06 <sup>12)</sup>	180**		2200			
06.08.07	Opstart 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
18.09.07	Stop 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
26.09.07 <sup>13)</sup>	1,3**	66	75	29	1,3**	
30.10.08 <sup>14)</sup>	4,6**	40	500	41	4,1**	

\* Prøver udtaget den 11. januar 1999.

\*\* Luftprøver udtaget direkte fra krybekælderen.

1) 1 måned før start af 1. driftsperiode.

2) 1 uge inden stop af 1. driftsperiode.

3) Før stop af 2. driftsperiode.

4) Før start af 3. driftsperiode (vakuumeekstraktionsanlæg har stået stille i 9 måneder).

5) 5 måneder efter stop af 3. driftsperiode.

6) 9 måneder efter stop af 3. driftsperiode.

7) 22 måneder efter stop af 3. driftsperiode.

8) 31 måneder efter stop af 3. driftsperiode.

9) 48 måneder (4 år) efter stop af 3. driftsperiode.

10) 1 måned efter etablering af passiv ventilation.

11) 2 måneder efter etablering af passiv ventilation.

12) 4 måneder efter etablering af passiv ventilation.

13) 1 uge efter stop af 4. driftsperiode samt 14 måneder efter etablering af passiv ventilation.

14) 1 år efter stop af 4. driftsperiode samt 2 år efter etablering af passiv ventilation.

Tabel 1: Målte koncentrationer af PCE under gulv på Nørregade XE (enheder i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Nørregade nr.	XE,tv				XE,th		XE
	Målepktnr.	IK6	IK7	IK20	IK21	IK8	IK22
Dato	stue/ køkken	værelse	værelse	værelse	stue	køkken	vest for 27E, ved garage
01.06.04 <sup>1)</sup>	25	14					
29.11.05 <sup>2)</sup>	4,1	4,2			31		
09.08.06	Opstart af passiv ventilation						
17.10.06 <sup>3)</sup>	2,7	5,3	5,2	4,1	9,0	9,0	
01.12.06 <sup>4)</sup>	3,3	3,3	3,4	3,9	22	19	
06.08.07	Opstart 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion						
18.09.07	Stop 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion						
29.09.07 <sup>5)</sup>	0,53	0,55	0,94	0,57	0,84	0,97	
31.10.08 <sup>6)</sup>	1,6	2,1	7,8	3,5	4,2	3,8	<0,20

- 1) 31 måneder efter stop af 3. driftsperiode. Prøver udtaget på ATD-rør.
- 2) 48 måneder (4 år) efter stop af 3. driftsperiode. Prøver udtaget på ATD-rør.
- 3) 2 måneder efter etablering af passiv ventilation. Prøver udtaget på ATD-rør.
- 4) 4 måneder efter etablering af passiv ventilation. Prøver udtaget på ATD-rør.
- 5) 1 uge efter stop af 4. driftsperiode samt 14 måneder efter etablering af passiv ventilation (ATD-rør).
- 6) 1 år efter stop af 4. driftsperiode samt 2 år efter etablering af passiv ventilation (ATD-rør).

Tabel 2: Målte indeklimakoncentrationer samt udeluft af PCE på og i Nørregade XE (enheder i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### Risikovurdering

Det skal bemærkes, at MP1 og MP21 er udtaget direkte fra luften i krybekælderen. Adskillelsen mellem krybekælderen og boligerne består af trægulv på ca. 3 cm.

Som det fremgår af analyseresultaterne, er der ved forrige målerunde i september 2007 i alle målepunkter konstateret et markant fald til 1,3-75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i poreluften under gulv, umiddelbart efter stop af 4. driftsperiode med vakuumeekstraktionsanlægget.

Ved denne målerunde, ca. 1 år efter stop af 4. driftsperiode, er niveauet i poreluften under gulv (i stueplan) steget til 4,1-41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE, når der ses bort fra MP3, der er taget i krybekælderen i køkkenet ved XE, tv. Det skal bemærkes, at der ved MP3 er konstateret en stigning fra 75 til 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i poreluften under gulv i samme periode.

Til sammenligning er niveauet i poreluften under gulv ved denne undersøgelse væsentligt lavere end ca. 9 måneder efter 3. driftsperiode i år 2001, hvor der er fundet 14-380  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i poreluften under gulv (i stueplan). Det vurderes, at den reducerede stigning skyldes effekten af den passive ventilation.

Ved Nørregade XE, tv. og XE, th. er der i 6 indeklimamålinger, 1 år efter stop af 4. driftsperiode, konstateret mellem 1,6-7,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i indeluften i stueetagen, hvilket er på niveau med Miljøstyrelsens afdampningskriterie for indeluft på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Der er til sammenligning ikke konstateret chlorerede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i udeluften (UL20).

### Risikovurdering, Nørregade Y

#### Udførte undersøgelser og analyseresultater

Der er udtaget i alt 4 luftprøver på kulrør fra poreluften under gulv på Nørregade Y (MP7, MP9, MP10 og MP22). Der er endvidere udført 4 indeklimamålinger ved Nørregade Y (IK3-IK4, IK23 og IK25). Målingerne er udført som passive opsamlinger på ATD-rør over ca. 13 døgn. Samtlige poreluft- og indeklimamålinger er analyseret akkrediteret for chlorerede opløsningsmidler af Eurofins.

Nørregade nr.	Y, kælderplan			Y, stueplan		
Målepkt nr.	MP7	MP9	MP22	MP10	MP23	MP24
13.07.98	39.700					
03.12.98	177.000	76.400		93.700		
08.02.99		3.780		13.600		
28.10.99 <sup>1)</sup>	22.100	1.100		2.540		
18.11.99	Opstart 1. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
17.02.00 <sup>2)</sup>	5,1	<0,5		1,9		
24.02.00	Stop 1. driftsperiode					
20.11.00	Opstart 2. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
04.01.01	Stop 2. driftsperiode					
04.01.01 <sup>3)</sup>	<0,3	<0,3		<0,3		
27.09.01 <sup>4)</sup>	390	71		380		
01.10.01	Opstart 3. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
06.11.01	Stop 3. driftsperiode					
04.04.02 <sup>5)</sup>	140	39		120		
14.08.02 <sup>6)</sup>	170	36		480		
29.08.03 <sup>7)</sup>	1200	36		830		
01.06.04 <sup>8)</sup>	1600	37		270		
29.11.05 <sup>9)</sup>	6000	130		1100		
09.08.06	Opstart af passiv ventilation					
12.09.06 <sup>10)</sup>	12000	780	280	1700	420	26
17.10.06 <sup>11)</sup>	18000	540	1200	2000	100	7,6
01.12.06 <sup>12)</sup>	16000	230	540	4000		*
06.08.07	Opstart 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
18.09.07	Stop 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
26.09.07 <sup>13)</sup>	220	21	1,2	130	2,7	*
30.10.08 <sup>14)</sup>	360	42	0,63	270	*	*

\* Ikke muligt at udtage pga. nyt gulv/gulvtæppe.

- 1) 1 måned før start af 1. driftsperiode.
- 2) 1 uge inden stop af 1. driftsperiode.
- 3) Før stop af 2. driftsperiode.
- 4) Før start af 3. driftsperiode (vakuumeekstraktionsanlæg har stået stille i 9 måneder).
- 5) 5 måneder efter stop af 3. driftsperiode.
- 6) 9 måneder efter stop af 3. driftsperiode.
- 7) 22 måneder efter stop af 3. driftsperiode.
- 8) 31 måneder efter stop af 3. driftsperiode.
- 9) 48 måneder (4 år) efter stop af 3. driftsperiode.
- 10) 1 måned efter etablering af passiv ventilation.
- 11) 2 måneder efter etablering af passiv ventilation.

- 12) 4 måneder efter etablering af passiv ventilation.  
 13) 1 uge efter stop af 4. driftsperiode samt 14 måneder efter etablering af passiv ventilation.  
 14) 1 år efter stop af 4. driftsperiode samt 2 år efter etablering af passiv ventilation.

Tabel 3: Målte koncentrationer af PCE under gulv på Nørregade Y (enheder i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Nørregade nr.	Y, stueplan			Y, kælderplan		
	Målepktnr.	IK3	IK4	IK23	IK5	IK24
Dato	værelse	værelse	stue	stue/ køkken	sove- værelse	vaske- rum
07.12.98	206			263		
18.11.99	Opstart 1. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
24.02.00	Stop 1. driftsperiode					
20.11.00	Opstart 2. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
04.01.01	Stop 2. driftsperiode					
01.10.01	5,4			0,14		
01.10.01	Opstart 3. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
06.11.01	Stop 3. driftsperiode					
04.04.02 <sup>1)</sup>	4,3			0,038		
14.08.02 <sup>2)</sup>	5,0			0,16		
29.08.03 <sup>3)</sup>	42			0,13		
01.06.04 <sup>4)</sup>	64	18		1,4		
29.11.05 <sup>5)</sup>	40	48		5,4		
09.08.06	Opstart af passiv ventilation					
17.10.06 <sup>6)</sup>	6,9	5,5	7,2	0,57	0,70	3,9
01.12.06 <sup>7)</sup>	18	9,0	20	<0,20	0,69	2,1
06.08.07	Opstart 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
18.09.07	Stop 4. driftsperiode, vakuumeekstraktion					
17.10.07 <sup>8)</sup>	0,83	0,51	1,2	<0,080	<0,080	<0,080
31.10.08 <sup>9)</sup>	6,7	6,2	9,0	*	*	0,33

\* Ikke muligt at udtage pga. udlejning af lejligheden.

- 1) 5 måneder efter stop af 3. driftsperiode.  
 2) 9 måneder efter stop af 3. driftsperiode.  
 3) 22 måneder efter stop af 3. driftsperiode.  
 4) 31 måneder efter stop af 3. driftsperiode. Prøver udtaget på ATD-rør.  
 5) 48 måneder (4 år) efter stop af 3. driftsperiode. Prøver udtaget på ATD-rør.  
 6) 2 måneder efter etablering af passiv ventilation. Prøver udtaget på ATD-rør.  
 7) 4 måneder efter etablering af passiv ventilation. Prøver udtaget på ATD-rør.  
 8) 1 uge efter stop af 4. driftsperiode samt 14 måneder efter etablering af passiv ventilation.  
 9) 1 år efter stop af 4. driftsperiode samt 2 år efter etablering af passiv ventilation (ATD-rør).

Tabel 4: Målte indeklimakoncentrationer af PCE på Nørregade Y (enheder i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### Risikovurdering

Som det fremgår af analyseresultaterne, er der ved forrige målerunde i september 2007 i alle målepunkter konstateret et markant fald til 1,2-220  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i poreluften under gulv, umiddelbart efter stop af 4. driftsperiode med vakuumeekstraktionsanlægget.

Ved denne målerunde, ca. 1 år efter stop af 4. driftsperiode, er niveauet i poreluften under gulv generelt steget til et niveau på 0,63-360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE. Det skal bemærkes, at niveauet ved målepunkt MP22 er faldet fra 1,2 til 0,63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i samme periode, hvilket skyldes, at målepunktet er beliggende umiddelbart ved siden af et filterrør.

Til sammenligning lå niveauet i poreluften (kun 3 målepunkter) under gulv 9 måneder efter 3. driftsperiode i år 2001 på 36-480  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE, jf. tabel 3. Det vurderes, at den reducerede stigning skyldes effekten af den passive ventilation.

Det skal bemærkes, at det ved denne målerunde ikke har været muligt at udføre poreluftmålinger under gulv ved to målepunkter (MP23 og MP24) pga. hhv. nyt gulvtæppe og gulv.

Ved Nørregade Y er der i 4 indeklimatemålinger 1 år efter stop af 4. driftsperiode konstateret mellem 0,33-9,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PCE i indeluften, hvilket er en mindre overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterie for indeluft på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Det skal bemærkes, at det ved denne målerunde ikke har været muligt at udføre de to tidligere udførte indeklimatemålinger (IK5 og IK24) pga. udlejning af lejligheden. Der er dog ikke tidligere konstateret indhold af PCE over afdampningskriteriet (6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i disse indeklimatemålinger.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

#### **Vurdering af den passive ventilation (Jf. side 13 i /ref. 3/).**

Formålet med etablering af den passive ventilation har ikke været at oprense poreluftforureningen under gulv, men i stedet at opretholde et lavt koncentrationsniveau af PCE i poreluften under gulv og dermed forebygge indeklimateproblemer på kort og lang sigt. Effektiviteten af den passive ventilation afhænger af de aktuelle vindforhold på lokaliteten samt af modtrykket i ventilationsledningerne.

Generelt er tilbageslagets størrelse af PCE i poreluften under gulv 1 år efter 4. driftsperiode mindre end tilbageslagets størrelse 9 måneder efter 3. driftsperiode. Denne forskel skyldes formentlig den passive ventilation, der har været i drift både før, under og efter 4. driftsperiode.

Etablering af den passive ventilation har således haft en positiv effekt i forhold til koncentrationen af PCE i indeluften på Nørregade XE og Y, idet tilbageslaget ikke er sket med samme hastighed i forhold til de tidligere tilbageslag. Hvorvidt den passive ventilation er tilstrækkelig til at bibeholde et acceptabelt lavt indhold af PCE i indeluften på lang sigt, kan ikke vurderes på det foreliggende grundlag.

Det skal bemærkes, at drift med vakuumelekstraktionsanlægget (containeren) ved alle driftsperioderne har medført et markant fald i poreluftkoncentrationen i området.

Økonomi:

Oprindelig etablering af aktiv ventilation i 1999 = DKK 500.000

Konvertering fra aktiv ventilation til passiv ventilation i 2006 = ca. DKK 100.000

Konklusion:

Hvorvidt den passive ventilation alene er tilstrækkelig til at bibeholde et acceptabelt lavt indhold af PCE i indeluften på lang sigt, kan ikke vurderes på det foreliggende grundlag. Det kan ikke afvises, at der på længere sigt igen vil blive behov for etablering af aktiv ventilation.

Referenceliste:

- /1/ Statusrapport for forureningssituationen (lige inden etablering af passiv ventilation). Statusrapport, 31. marts 2006.
- /2/ Statusrapport for passiv ventilation (flowtest mv.). Statusnotat, 13. februar 2008.
- /3/ Statusnotat (seneste statusnotat), 6. april 2009.



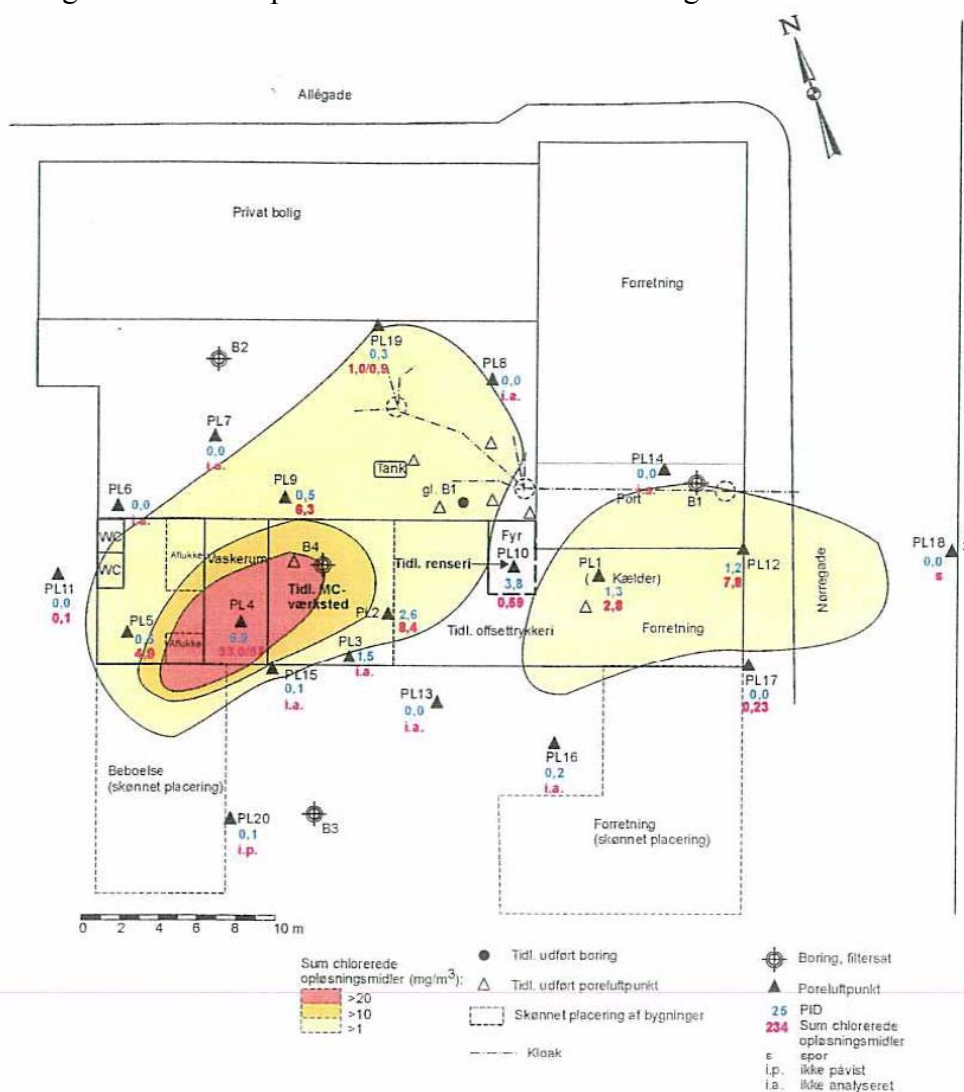
Lokalitetens adresse:  Nørregade X, 4600 Køge	Bygherre: Region Sjælland  Region: Sjælland
---	---

Beskrivelse af forureningssituation:

På lokaliteten Nørregade Y, Køge, har der i perioden fra omkring 1939 til omkring 1968 været drevet renseri. Driften af renseriet har givet anledning til forurening af jord, poreluft og grundvand med chlorerede opløsningsmidler, primært trichlorethylen (TCE), i området omkring Nørregade Y, herunder Nørregade X, Køge /1/.

Umiddelbart nord for Nørregade X er der påvist op til 55 mg/m<sup>3</sup> af TCE i poreluften.

Forureningsudbredelsen i poreluft er vist i nedenstående figur.



Ved indeklimatemålinger i ejendommen Nørregade X er der påvist forhøjet indhold af TCE i indeluften. En forhøjelse, der vurderes at skyldes afdampning fra forurening under bygningen /2,3/.

Ved indeklimatemålingerne er der målt indhold af TCE på 4,2 og 3,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , højest i den nordlige ende af bygningen ind mod kilden på Nørregade Y, Køge.

Grundejer er fraflyttet ejendommen pga. forureningsproblematikken og ejendommen er i dag udlejet til erhverv efter dispensation fra Køge kommune.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med etablering af anlægget med passiv ventilation er at reducere spredningen af forurenede luft til boligen /3/.

Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.

Byggetekniske forhold:

#### Beskrivelse af ejendommen

Ejendommen Nørregade X er beliggende i baggården til Nørregade X A.

Ejendommen består af én bolig på 72 m<sup>2</sup>. Ejendommen er bygget om i 1951 med etablering af indvendige gasbetonvægge på bagsiden af de eksisterende murede vægge. Der er ingen kælder under bygningen. Husets gavl støder op til bagsiden af den gamle bygning i Nørregade nr. Y, hvor der i dag er dueslag (tidligere motorcykelværksted og renseri). Huset har sin egen gavl med brandkam.

#### Fundamenter og terrændæk

Terrændækket er opbygget med 160 mm lecanødder (240 mm langs facader), 50 mm isolerende Rockwool terrænbatts og et 100 mm armeret betondæk med indstøbt gulvvarme. Der i forbindelse med ombygningen ikke udført nye fundamenter.

Terrændækket gennembrydes i køkken og baderum af vand- og afløbsinstallationer. Afløbet føres direkte fra boligen ud til kloak i gården.

#### Facader og hovedskillevægge

Bygningens gamle facader er helstensmure. Indvendige gasbetonmure er 7,5 cm tykke. Der er isoleret mellem de to vægge.

Der er ikke registreret nogen gennembrydninger i bygningens gavl ind til den gamle bygning i Nørregade Y (dueslaget).

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er ikke gennemført yderligere forundersøgelser ud over de tidligere refererede forureningsundersøgelser /1,2,3/.

Der er således ikke udført målinger af forureningskoncentrationerne under gulv, gennemført

ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.

Der er således ikke udarbejdet et egentligt dimensioneringsgrundlag før etablering af anlæg.

#### Beskrivelse af anlæg:

For at reducere afdampningen til indeluften på Nørregade X er der etableret passiv ventilation af det kapillarbrydende lag under bygningen.

For etablering af passiv ventilation under bygningen er fundamentsbjælken mod gården gennembrudt 5 steder, og der er presset ventilationsrør (ø63 mm PE-filtorrør PN10 med 0,3 mm slidsebredde) ind i det kapillarbrydende lag.

To af ventilationsrørene er via blindrør (ø63 mm PE PN10) forbundet til to svanehalse (ø63 mm stål) placeret op ad facaden for luftindtag.

De resterende 3 ventilationsrør er sammenkoblet med et udluftningsrør, der vha. nødvendige fittings er tilkoblet et udluftningsrør (ø63 mm PE PN10), som løber parallelt med fundamentet i en afstand af ca. 1,0 meter og i en dybde på ca. 0,6 meter under terræn.

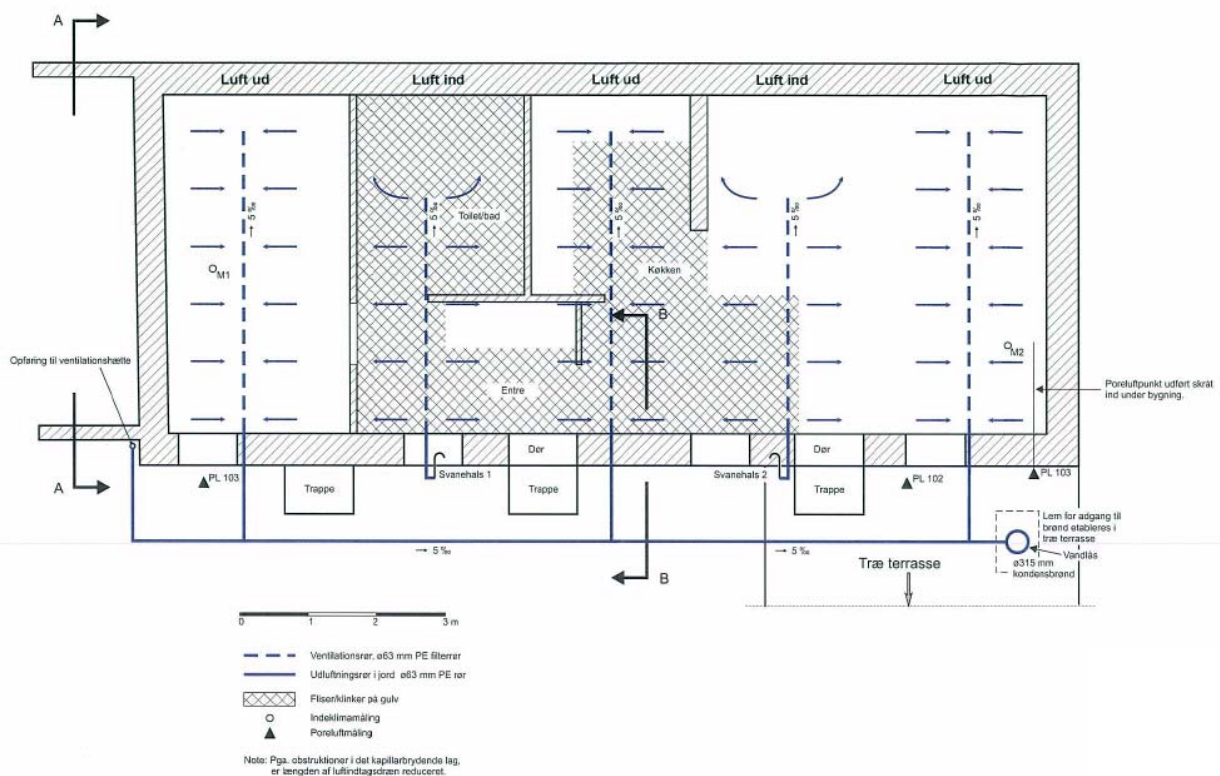
Udluftningsrøret i jord er fremført til det sted, hvor det samles med overjordisk udluftningsrør (ø70 mm galvaniserede stålfløbsrør) for opføring til ventilationshætte (vinddreven ventilator som fa. SupaVent 10"). Det er vindhætten, der skaber en luftstrømning ud ad de 3 ventilationsrør.

Umiddelbart over terræn er der etableret monitoringsmulighed for luftflow i udluftningsrør og indhold af forureningskomponenter i udsugningsluften.

For aftapningsmulighed af kondensvand fra rørsystemet er der etableret en kondensbrønd.

Etablering af ventilation under bygningen er nærmere beskrevet i /4/.

## Skitse af anlæg:



## Drift og monitorering:

Efter ventilationsanlæggets etablering er der i februar/marts 2007 gennemført nye indeklimatemålinger /5/. De nye indeklimatemålinger indikerer, at koncentrationen af TCE i indeklimaet er steget i forhold til de tidligere målinger.

For kontrol af ventilationssystemets funktionsdygtighed har Region Sjælland i sommeren 2007 gennemført en tracertest af ventilationssystemet /6/.

Tracertesten identificerede et problem med opstuvning af kondensvand i ventilationssystemet. Problemet er løst ved i november 2007 at montere en "vandlås" i stedet for kuglehaneventil i kondensbrønden.

Tracertesten er gentaget i efteråret 2007 og resultatet af tracertesten viste, at der var en ventilationseffekt i det kapillarbrydende lag under hele bygningen. Der er i forbindelse med indkøringen af anlægget i februar/marts 2007 målt et samlet gennemsnitligt luftflow i systemet på omkring  $2 \text{ m}^3/\text{time}$ , svarende til et luftskifte i det kapillarbrydende lag på en gang hver 3,5 time /5/.

Efter montering af vandlås i kondensbrønden er der i marts 2008 gennemført nye indeklimatemålinger /7/. Resultatet af indeklimatemålingerne viste indhold af TCE i indeluften på niveau eller svagt stigende i forhold til hvad der tidligere er målt før afværgeanlægget med passiv ventilation er etableret.

Der er således noget, der indikerer, at den opnåede ventilation i det kapillarbrydende lag ved den passive ventilation ikke er tilstrækkelig til at reducere afdampningen til indeluften til under afdampningskriteriet for TCE.

Region Sjælland iværksatte derfor supplerende undersøgelser med henblik på at optimere afværgeforanstaltningerne for sikring af indeklimaet på Nørregade X i Køge /8/.

De supplerende undersøgelser har omfattet følgende aktiviteter:

- Målinger under gulv uden drift af afværgeanlæg
- Indeklimamålinger uden drift af afværgeanlæg
- Midlertidig aktiv ventilation

#### Målinger under gulv uden drift af afværgeanlæg

Der er gennemført monitoring af koncentrationsniveauet af chlorerede opløsningsmidler i det kapillarbrydende lag under gulv uden drift af afværgeanlægget.

Monitoringen er gennemført med henblik på at belyse koncentrationsfordelingen og koncentrationsniveauet af chlorerede opløsningsmidler i det kapillarbrydende lag.

Målingerne i det kapillarbrydende lag har vist, at der er en betydelig variation i koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i det kapillarbrydende lag. Således er der påvist markant stigende koncentrationer i retning ind mod Nørregade Y.

I svanehals 1 længst væk fra Nørregade Y er der påvist  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE, mens der i svanehals 2 tættere på Nørregade Y er påvist  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE. Umiddelbart ind mod Nørregade Y er der påvist  $1.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  af TCE i det kapillarbrydende lag.

#### Indeklimamålinger uden drift af afværgeanlæg

For at få et aktuelt billede af koncentrationsniveauet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften uden drift af afværgeanlæg er der efter frakobling af anlægget med passiv ventilation gennemført indeklimamålinger.

Indeklimamålingerne har vist, at koncentrationsniveauet i indeluften er uændret i forhold til de tidligere målinger, hvor anlægget med passiv ventilation har været i drift.

Der er således noget, der indikerer, at den opnåede ventilation i det kapillarbrydende lag ved passiv ventilation ikke er tilstrækkelig til at reducere afdampningen til indeklimaet til under kvalitetskriteriet for TCE.

#### Midlertidig aktiv ventilation

For at vurdere, om en evt. kraftigere aktiv ventilation kan reducere afdampningen til indeluften på Nørregade X er anlægget efterfølgende tilsluttet aktiv ventilation i en periode på ca. 1 måned.

Under driften af den midlertidige aktive ventilation er der udsuget ca.  $35 \text{ m}^3/\text{time}$ , hvilket svarer til, at luftskiftet i det kapillarbrydende lag er øget med en faktor 15 ved den midlertidige aktive ventilation i forhold til under den passive ventilation.

Under driften af den midlertidige aktive ventilation er der ikke noget, der indikerer, at der trækkes forurening til fra mere forurenede områder (Nørregade Y) ved at konvertere anlægget fra passiv til aktiv ventilation.

Under driften af den midlertidige aktive ventilation er der opnået en reduktion i koncentrationen af TCE i indeluften på op til en faktor 5. Der ses imidlertid stadig en mindre overskridelse af kvalitetskriteriet for TCE med op til en faktor 2.

Den opnåede effekt ved aktiv ventilerings er noget mindre end forventet. Til sammenligning vil der ved oprensning ved vakuumentilation kunne forventes en reduktion i koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler i det kapillarbrydende lag på >90 %. En reduktion, der vurderes at ville resultere i overholdelse af kvalitetskriteriet for luft på Nørregade X.

Der er således noget, der indikerer, at der lokalt i det kapillarbrydende lag kan være et område(r) med høje poreluftkoncentrationer, der ventileres dårligt. Område(r), der med udgangspunkt i det kortlagte forureningsbillede i det kapillarbrydende lag, må kunne forventes at være i området ind mod Nørregade Y. I kombination hermed kan der evt. være nogle ukendte spredningsveje, der ikke har kunnet kortlægges i forbindelse med den byggetekniske gennemgang.

Eventuelle ukendte spredningsveje er efterfølgende forsøgt kortlagt ved anvendelse af en termografisk metode. Ved termografi anvendes et infrarødt kamera, hvor temperaturforskelle på overflader kan registreres. Kameraet kan vise temperaturudsving ned til 0,2 grader celsius. Ved at påtrykke et vakuum på bygningen, kan termografi med stor sandsynlighed gøre det muligt at registrere utætheder og derved potentielle spredningsveje til indeluften i bygningen på Nørregade X.

Ved den termografiske metode blev der påvist en potentiel spredningsvej fra det kapillarbrydende lag gennem hulmur til utætheder ved vindueskonstruktioner. Ligeledes blev der påvist potentielle spredningsveje fra det kapillarbrydende lag gennem utætheder ved gulv og ved elinstallationer. /9/

Sagen er uafsluttet. I øjeblikket afventer tilbagemelding fra grundejer om at ejendommen permanent kan anvendes og udlejes til erhverv.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Det er ikke lykkedes at nedbringe koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften ved etablering af passiv ventilation under bygning. Selv med etablering af en midlertidig aktiv ventilation er det ikke lykkedes at nedbringe koncentrationen af TCE i indeluften til under kvalitetskriteriet for luft.

Økonomi:

Anlægsomkostning (entreprenør): DKK 300.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 30.000, excl. moms

Konklusion:

Efter etablering af passiv ventilation under bygningen er det ikke lykkedes at nedbringe koncentrationen af TCE til under afdampningskriteriet i indeluften i bygningen.

Der er noget, der indikerer, at der lokalt i det kapillarbrydende lag kan være et område(r) med høje poreluftkoncentrationer, der ventileres dårligt. Område(r), der med udgangspunkt i det kortlagte

forureningsbillede i det kapillarbrydende lag, må kunne forventes at være i området ind mod Nørregade Y.

I kombination hermed kan der evt. være nogle ukendte spredningsveje, der ikke har kunnet kortlægges i forbindelse med den byggetekniske gennemgang.

#### Referenceliste:

- /1/ Roskilde Amt. Nørregade Y, Køge. Supplerende undersøgelser og risikovurdering. December 2004. NIRAS.
- /2/ Roskilde Amt. Nørregade Y, Køge. Indeklimamålinger. Januar 2005. NIRAS.
- /3/ Roskilde Amt. Nørregade Y, Køge. Indeklimamålinger og byggeteknisk gennemgang, Nørregade X. Juni 2005. NIRAS.
- /4/ Roskilde Amt. Udbudsmateriale. Nørregade X, Køge. Afværgetiltag over for indeklima. Juni 2006. NIRAS.
- /5/ Region Sjælland. Indeklimamålinger og anbefalinger. Nørregade X, Køge. Marts 2007. NIRAS.
- /6/ Region Sjælland. Tracertest. Nørregade X, Køge. Juli 2007. NIRAS.
- /7/ E-mail fra NIRAS til Region Sjælland dateret 22. april 2008.
- /8/ Region Sjælland. Supplerende undersøgelser med henblik på optimering af indeklimasikring. Nørregade X, Køge. 17. oktober 2008. NIRAS.
- /9/ Nørregade X, Tæthedsvurdering af indeklimasikring. BMT, Bygge- og Miljøteknik A/S. 25. August 2009.

Lokalitetens adresse: Roskildevej, Hvalsø	Bygherre: Region Sjælland (Roskilde Amt)  Region: Sjælland
--	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Ejendommen er beliggende op til den tidligere nu nedlagte Stengårdens losseplads.

Der er ikke foretaget opfyldning på selve ejendommen, men på grund af meget sandede aflejringer siver lossepladsgassen (CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub>) ind på ejendommen. I monitoringsboringer, som er placeret tæt på bygningerne, er der i poreluften målt moderat høje koncentrationer af lossepladsgas (op til 36% CH<sub>4</sub> og 31% CO<sub>2</sub>). /1/.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med anlægget er, at opsivende gas under bygningen kan bortventileres, således at der ikke vil ske indsivning af kritiske gaskoncentrationer i den eksisterende bygningen.

Foranstaltningen er en permanent foranstaltning.

Udover selve ventilationsløsningen er der opsat gasalarm i bygningen.

Byggetekniske forhold:

Ejendommen består af et fritliggende enfamiliehus opført i 1931. Boligarealet er på ca. 80 m<sup>2</sup>, og bygningen er i et plan.

Cirka 45 m<sup>2</sup> af bygningen er opbygget på traditionel vis med en krybekælder med en højde på ca. 30-50 cm. Denne del af bygningen indeholder stue og 2 værelser. Krybekælderen har intet gulv. Etageadskillelsen mellem krybekælder og beboelse er af træ. Udluftningen af krybekælderen sker ved riste i fundamentet.

De resterende ca. 35 m<sup>2</sup> er en tilbygning (opførelsesår er ukendt), som er etableret med støbt betondæk. Denne del af bygningen indeholder køkken, toilet, fyrrum og entre. Ejendommen ligger i et område med grusgravning. Der er mere end 10 m umættet zone under bygningen. Det må derfor formodes, at der ikke er etableret kapillarbrydende lag, men at betondækket er etableret på en afrettet overflade af oprindelige sandede/grusede aflejringer. /2/



#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Det fremgår ikke af det materiale, som COWI er i besiddelse af, hvad der præcist er dimensioneringsgrundlaget for anlægget. (Watertech, og Arkil har dimensioneret anlægget).

Der er udført poreluftmålinger i januar 2006. Resultatet af disse målinger er ikke nærmere refereret i det materiale, som COWI er i besiddelse af. Nye monitoringsboringer omkring bygningen er etableret samtidigt med etableringen af afværgedrænene. /2/

#### Beskrivelse af anlæg:

Anlægget er inddelt i tre dele:

1) Omfangsdrænet har en samlet længde på ca. 50 m. Drænet er udlagt i en dybde af ca. 70 cm u.t. Det består af to strenge (en for hver halvdel af huset), som samles i en vindhætte (turbohætte).

2) En udluftning af krybekælderen. Fra krybekælderen under hvert af de tre rum (stue, og 2 værelser) er der etableret et udluftningsrør. De tre udluftningsrør er ført i frostfri dybde, og samles til et enkelt rør, der fører til en vindhætte.

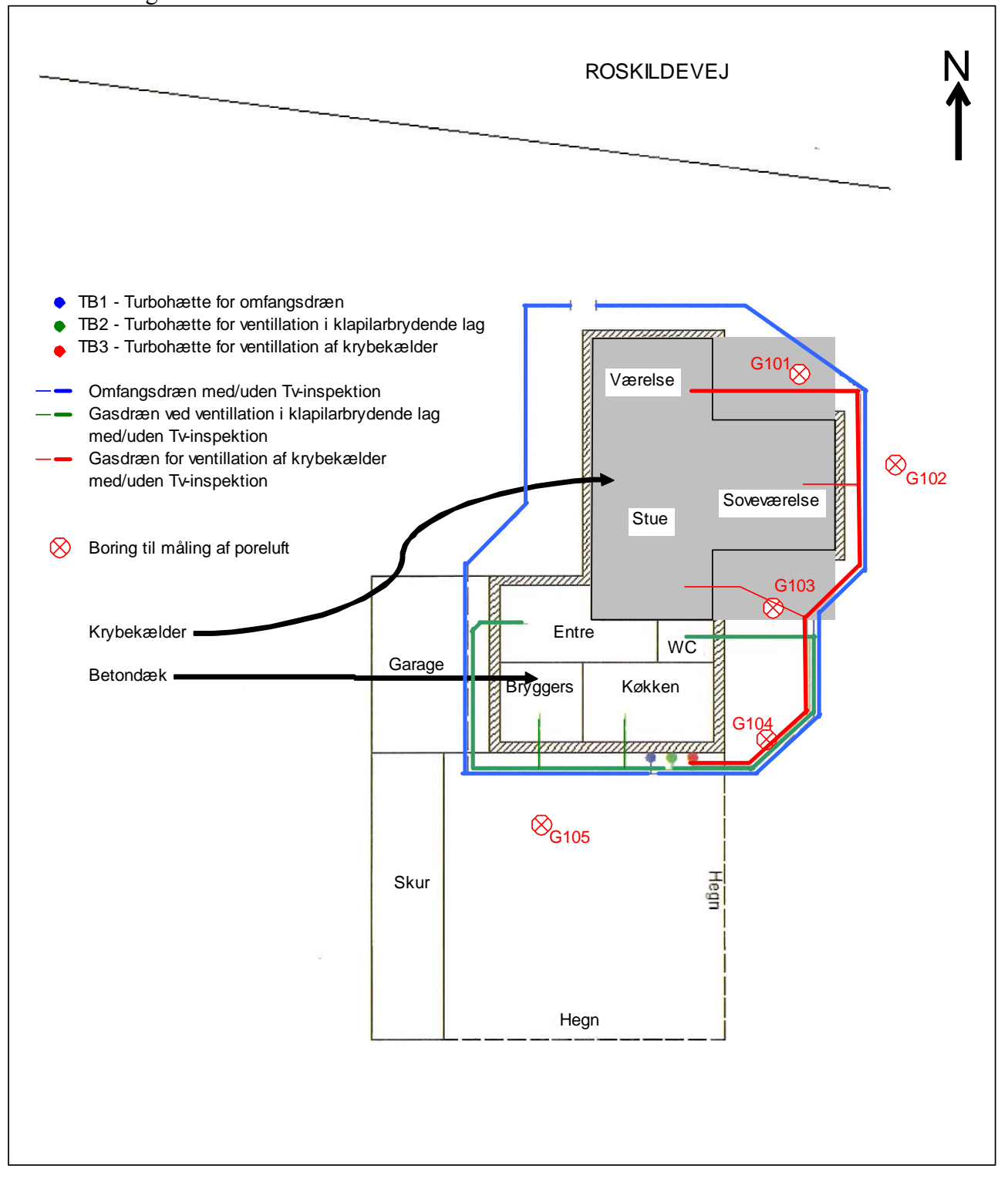
3) Udluftning af gruslaget under tilbygningen. I tre punkter under tilbygningen er der etableret en et udluftningsrør. Udluftningsrørene skal udlufte gruslaget under betongulvet. De tre udluftningsrør er ført i frostfri dybde, og samles til et enkelt rør, der fører til en vindhætte.

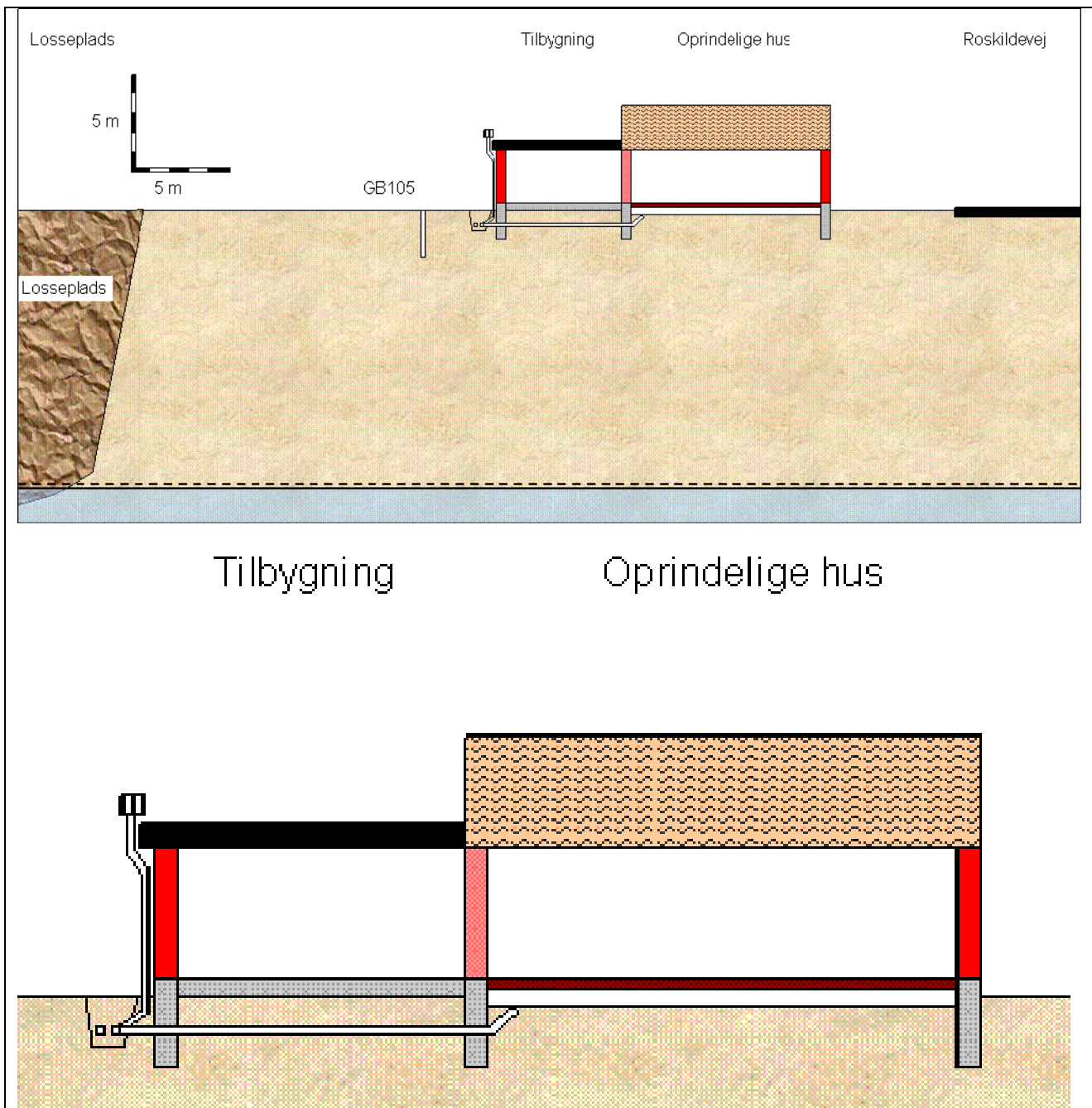
Omfangsdrænet og andre drænstrenge er udført i almindelig ø80 mm drænslange. Rørforbindelsen mellem krybekælderen og udluftningen er etableret i bløde korrugerede rør (røde kabelrør), ø90 mm udvendig diameter. Det samme er rørforbindelsen fra tilbygningen til udluftningen.

Udluftningerne er udført i LindabSafe rør ø80mm. Herpå er monteret 10" turbohætte af typen SuperVent forhandlet af ROTEK. De tre vind-/turbohætter er placeret ved siden af hinanden. Alle tre vindhætter er placeret over tag.

Anlægget er etableret uden at foretage opbrydning af gulve i bygningen. /2/

Skitse af anlæg:





#### Drift og monitoring:

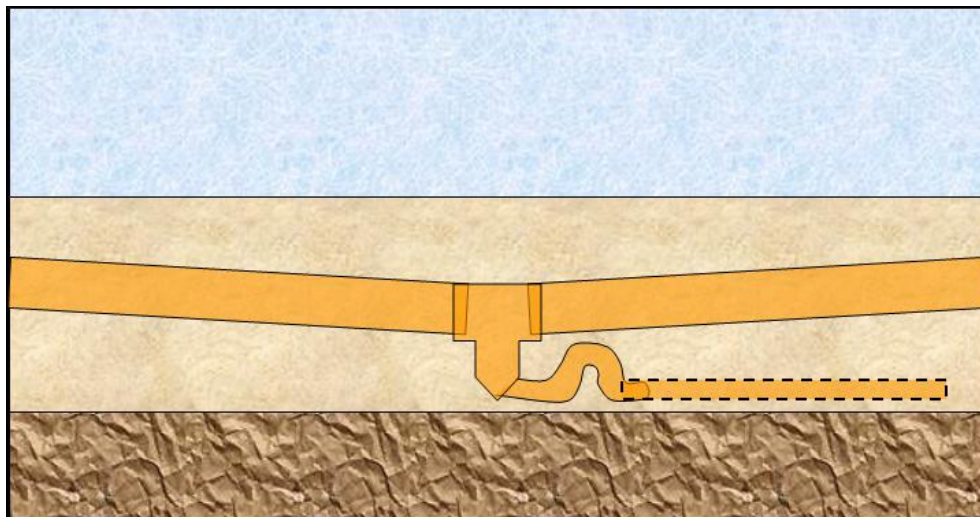
Der sker ingen egentlig drift af anlægget. Drift sker udelukkende ved vindens påvirkning af anlæggets vindhætter. Anlægget er sat i drift november 2006.

Der er udarbejdet en monitoringsinstruks, som foreskriver, at der foretages fire monitoringer i 2007, hvor der måles luftflow i anlægget, og poreluftkoncentrationer i borerne omkring bygningen.

Første monitoring efter effektkontrollen i november 2006 blev foretaget i september 2007. Denne kontrol viste, at der ikke var luftflow i nogen af de tre dele af anlægget.

En TV-inspektion af samlestrengene viste, at strengene var fyldt med vand således, at der ikke længere var fri luftpassage.

I sommeren 2008 blev strengene udbedret med montering af vandudskillere i hver streng.



*Figur 1: Illustration af vandlås og dræn til bortledning af kondensvand fra samlestrengene.*

Regionen har først ønsket, at der skulle foretages monitoring på foranstaltningen i sommeren 2009. Monitoringen har vist, at der er luftgennemstrømning i omfangsdrænet og i udluftningen fra krybekælderen, mens der ikke er luftflow i udluftningen af gruslaget under tilbygningen. Årsagen hertil kendes ikke.

### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Af Watertech's materiale fremgår det, at der i 2006 blev målt, at ved en moderat vindhastighed på 2,66 m/s, kunne turbohætterne levere et flow på mellem 3,6 og 12,1 m<sup>3</sup> pr. time, ved et modtryk på mellem ÷39 og ÷73 Pa. (se tabel 1) Ved den første kontrolmåling COWI udførte, var det muligt at måle luftflow på grund af tilstopning og vand i drænene, men turbohætterne kan heller ikke levere et undertryk, som modsvarer det Watertech har målt. Ved COWI's målinger er ved en vindstyrke på ca. 1,0 m/s målt modtryk på kun ÷1 til ÷2 Pa. Hvorfor ydelsen på turbohætterne tilsyneladende er faldet, vides ikke. Ved COWI's anden måling blev der i omfangsdrænet og i drænet fra krybekælderen målt samme flow som ved Watertech's målinger, mens der ikke kunne måles flow fra tilbygningen. De modtryk, som kunne måles, var også væsentligt lavere, maksimalt ÷12 Pa.

	Watertech (nov 2006)		COWI (august 2009)	
	Lufthastighed (m/s)	Luftflow (m <sup>3</sup> /time)	Lufthastighed (m/s)	Luftflow (m <sup>3</sup> /time)
Omfangsdræn	0,67	12,1	0,66	11,9
Krybekælder	0,38	6,9	0,39	7,1
tilbygning	0,20	3,6	0	0
Vindhastighed	2,66	-	7,2	-

Tabel 1. Målte lufthastigheder.

### Udluftning af krybekælderen

Krybekælder under den ældre del af bygningen har et areal på ca. 45 m<sup>2</sup>. Krybekælderen har sandsynligvis en højde på ca. 30 cm, hvilket giver et samlet luft volumen i kælderen på ca. 13 m<sup>3</sup>. COWI har for Oliebranchens Miljøpulje foretaget sporgsmål af luftstrømmen i et hus med samme gulvopbygning som den ældre del af huset på Roskildevej. Undersøgelserne viste, at ca. 1/3 af luften i boligen stammede fra krybekælderen, og at den luft, der passerer gennem ristene til krybekælderen, fortsætter fra krybekælderen til beboelsesdelen. Hvis man overfører denne erfaring til huset på Roskildevej, kan det beregnes, at der passerer ca. 12 m<sup>3</sup> pr. time fra krybekælderen og ind i bygningen, svarende til at luftskiftet i krybekælderen er på ca. 1 gang i timen.

Det antages, at luftskifte i bygningen på 1/3 gang i timen, (som er det luftskifte man anvender ved JAGG beregninger) så har man et luftskifte i den gamle del af bygningen på ca. 37,5 m<sup>3</sup> pr timen.

$$45\text{m}^2 \cdot 2,5\text{m} \cdot 1/3\text{gang/time} = 37,5\text{m}^3/\text{time}$$

Cirka 1/3 af denne luft stammer fra krybekælderen, svarende til 12 m<sup>3</sup> pr. time. Luftvolumen i krybekælderen er ca. 13 m<sup>3</sup>, hvorfor luftskiftet i krybekælderen er ca. 1 gang i timen.

Af tabel 1 fremgår det, at afværgeforanstaltningen giver et sug fra krybekælderen på ca. 6 m<sup>3</sup> pr. time, hvilket bevirker, at luftskiftet i krybekælderen øges fra 12 m<sup>3</sup> til 18 m<sup>3</sup> pr. time. Selv når turbohætten virker efter hensigten, har foranstaltningen kun en moderat effekt. Luftskiftet i en bygning varierer både over døgnet og over året. Turbohætten har derfor en effekt i og med, at den

skaber et luftskifte i krybekælderen, specielt i de perioder, hvor luftskiftet i krybekælderen er lavt. Afværgeforanstaltningen er med til at sikre, at der til stadighed er et luftskifte i krybekælderen, også i perioder hvor luftskiftet i krybekælderen ellers ville være minimalt. Foranstaltningen er derved med til at sikre, at eventuelt opsivende metan fortyndes og bortventileres, også i perioder der ellers kunne være kritiske.

#### Udluftning under tilbygningen

Tilbygningen, der er ca. 30 år gammel, har et areal på ca. 18 m<sup>2</sup>. Tilbygningen har et terrændæk af beton, men det er i denne del af bygningen, at de fleste rør og ledningsføringer er, som giver mulighed for revner og sprækker, hvor rør og ledninger er ført gennem gulvet. Hovedparten af luftskiftet i denne del af bygningen må forventes at stamme fra udeluft og fra den ældre del af bygningen, men en mindre del kan stamme fra indsivning langs sprækker i betongulvet. I JAGG sammenhæng anvendes ofte en faktor 100 som fortyndingsfaktor over et ikke opsprækket betongulv. En faktor 100 betyder, at den luft, der kommer via sprækker i gulvet, udgør en hundrededel af luftskiftet i bygningen. Luftskiftet i tilbygningen udgør ca. 15 m<sup>3</sup> pr. time, hvis der regnes med et luftskifte på 1/3 gang i timen. Med en reduktion på en faktor 100 giver dette et luftskifte på 0,3 m<sup>3</sup> pr. time i det kapillarbrydende lag under gulvet, svarende til et luftskifte på ca. 1/8 gang i timen.

Det antages, at luftskifte i bygningen på 1/3 gang i timen, (som er det luftskifte man anvender ved JAGG beregninger) så har man et luftskifte i tilbygningen på ca. 30 m<sup>3</sup> pr timen.

$$35\text{m}^2 \cdot 2,5\text{m} \cdot 1/3\text{gang/time} = 30\text{m}^3/\text{time}$$

Cirka 1/100 af denne luft stammer fra det kapillarbrydende lag under gulvet, svarende til 0,3 m<sup>3</sup> pr. time. Luftvolumen i kapillarbrydende er ca. 2,3 m<sup>3</sup>, hvis der regnes med en højde af laget på 0,2 m og en porøsitet på 1/3.

$$35\text{m}^2 \cdot 0,2\text{ m} \cdot 1/3\text{m}^3/\text{m}^3 = 2,3\text{ m}^3$$

Luftskiftet i det kapillarbrydende lag er 0,128 gange i timen (0,3 m<sup>3</sup>/time delt med 2,3 m<sup>3</sup>).

Af Watertech's målinger fremgår det, at afværgeforanstaltningen giver et sug fra det kapillarbrydende lag på ca. 3,6 m<sup>3</sup> pr. time, hvilket bevirker, at luftskiftet øges fra 0,15 m<sup>3</sup> til 3,7 m<sup>3</sup> pr. time eller en forøgelse på ca. 20 gange. Når turbohætten virker efter hensigten, har foranstaltningen derfor en tydelig effekt. Dette kræver dog, at luftskiftet fordeles jævnt under bygningen, og at der ikke er døde punkter. I ingen af COWI's målinger er der målt flow fra denne del af afværgeforanstaltningen.

#### Omfangsdrænet

Af både Watertech's og COWI's målinger fremgår det, at afværgeforanstaltningen giver et sug fra drænet på ca. 12 m<sup>3</sup> pr. time, hvilket svarer til ca. 0,24 m<sup>3</sup> pr. time pr. meter dræn, hvis suget er jævnt fordelt. Dette svarer til at poreluften bliver skiftet i en afstand af 0,5 m fra drænet.

Hvis det i stedet antages, at flowet falder jævnt fra maksimum tæt ved udluftningen til nul for enden af drænet, så vil flowet nær udluftningen være det dobbelte, ca. 0,5 m<sup>3</sup> pr. time pr. meter

dræn, hvilket svarer til at poreluften bliver skiftet i en afstand af ca. 0,68 m fra drænet.

Når turbohætten virker efter hensigten, kan omfangsdrænet lede terrænnær lossepladsgas bort. Drænet har dog en begrænset indflydelsesradius, men specielt i situationer, hvor overfladen er lukket af vand og/eller frost, har drænet en berettigelse.

#### Økonomi:

Anlægsomkostninger kendes ikke, men har sandsynligvis været omkring kr. 100.000

Driftsomkostninger: DKK 0 pr. år

Monitering: DKK 30.000 i 2007 og 2009, og DKK 0 i 2008

I 2008 blev der foretaget udbedringer af anlægget for DKK ca. 60.000

#### Konklusion:

Der var helt klart problemer med kondensvand i forhold til anlæggets form med U-formede rørføringer. Og anlægget var pga. kondensvand lukket til i løbet af mindre end 1 års drift.

Der er fortsat problemer med den ene del af anlægget. Desuden kan man godt rejse tvivl om, hvorvidt anlægget giver den ønskede sikkerhed.

#### Referenceliste:

/1/ Notat til Region Sjælland. Københavnsvej, Hvalsø. TV-inspektion af dræn og afværgeforanstaltning. COWI, 7. december 2007.

/2/ Dokumentationsrapport til Roskilde Amt. Roskildevej, Hvalsø. Etablering af gasafværgeforanstaltninger. Watertech, november 2006.

Lokalitetens adresse: Skattergade, Svendborg	Bygherre: Fyns Amt  Region: Fyns Amt/Region Syddanmark
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Forurening af grundvand, jord og poreluft med tetrachlorethylen (perchlor PCE) fra tidligere renseri. Desuden forurenede bygningsdele, murværk og fundament. Forureningen har medført forurening i ejendommens indeklime. Beboelse i stue og 1. sal.

Oplag af renseriaffald kilde til forureningen.

Formål med etablering af anlæg:

Sikring af indeklimaet i beboelserne.

Byggetekniske forhold:

Bygningen er en byejeendom, hvor flere boligenheder er bygget sammen i en karré. Bygningen er opført af mursten funderet på sylsten. Bygningen er formentlig opført før 1900. Bygningen indeholder beboelse i stueetage og 1. sal. Oprindelig gulvopbygning: Trægulv på strøer på jord. Etageadskillelse: Bærende bjælker med trægulv over og gipsloft under.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Ved renovering af bygningen i 1988 konstateredes kraftig forurening i jord og bygningsdele. Der blev ikke foretaget indledende undersøgelser, men iværksat bortgravning af forurenede jord og udskiftning af forurenede bygningsdele.

Efter etablering af afværgeanlægget er der i 2003, 2005 og 2007 foretaget supplerende undersøgelser, herunder undersøgelser af indeluftens indhold af PCE. Undersøgelsen i 2005 omfatter screening af gulvareal samt hulrumsmålinger for identificering af evt. ukendte spredningsveje for PCE.

Beskrivelse af anlæg:

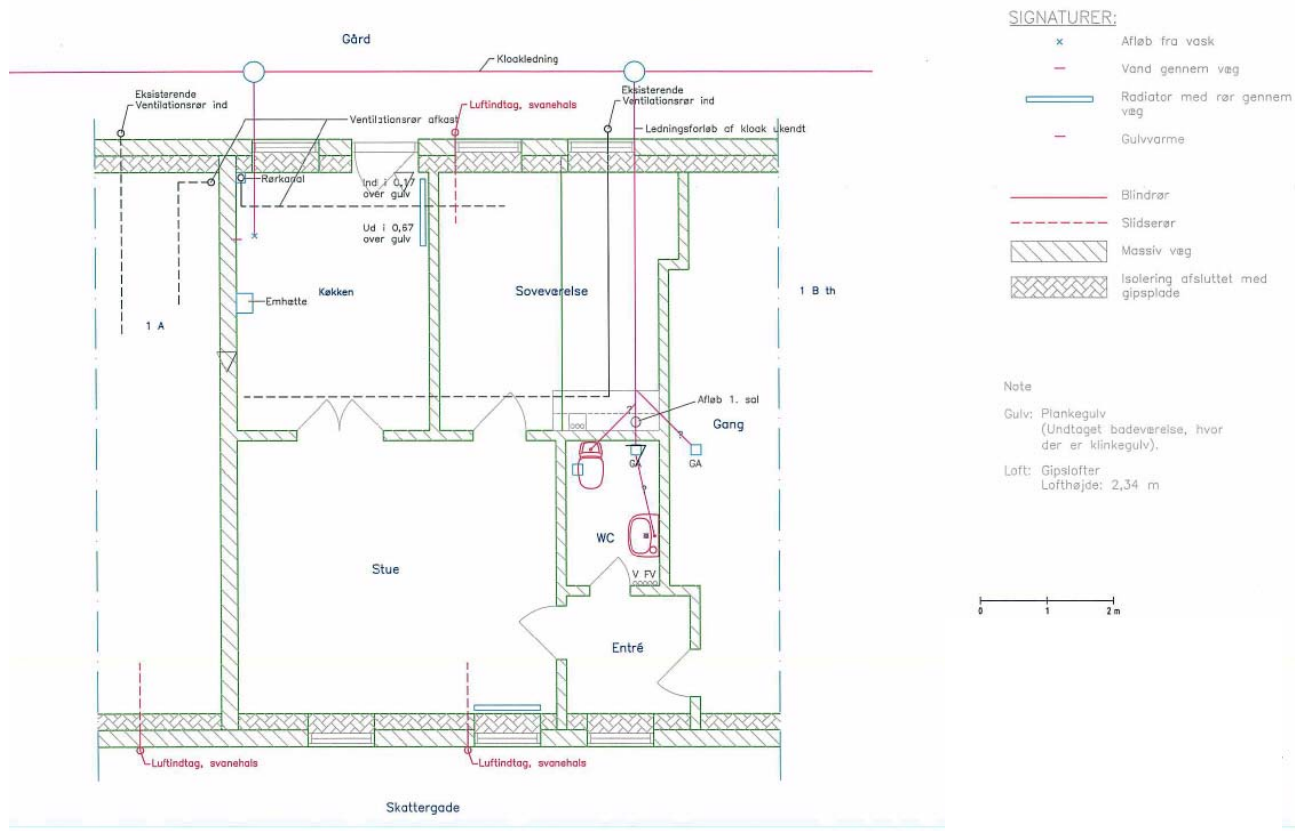
Afværgeanlæg etableret i 1989. Forurenede murværk er fjernet. Bygningens indvendige beklædning, herunder gulv og etageadskillelse er brudt op og fjernet. Der er afgravet forurenede jord i begrænset omfang. Der er genopfyldt med lecanødder og ilagt et ventilationsdræn og et luftindtagsrør. Luftudskiftning ved trykforskel og termisk drift.



Afslutningsvis er der udstøbt nyt betongulv samt udlagt diffusionshæmmende membran under betongulvet.

På baggrund af de supplerende undersøgelser i 2005 suppleres afværgeanlægget i 2007 med indboring af luftindtagsrør, således at en større del af gulvfladen kan udluftes.

Skitse af anlæg:



Drift og monitoring:

Luftflow i indtagrør: 35- 40 m<sup>3</sup>/t. (afkastrør er skjult i indervæg, derfor måling i indtagrør).

Indhold af PCE i afkastrør.

Parameter	Tidspunkt					
	18-08-89	06-09-89	22-01-90	19-09-90	10-09-91	14-09-92
PCE (µg/m <sup>3</sup> )	395.000	3.800	9.800	4.300	6.300	2.300
TCE (µg/m <sup>3</sup> )	3.300	<1.000	<1.000	<1.000	<2.000	<1.000
Opsamlet luftmængde (m <sup>3</sup> /t)	0,3	7,0	3,0	5,0	4,2	4,2

Indhold af PCE og TCE i ventilationsrør (afkastrør) på Skattergade.

Målepunkt	Målested	Marts 2007 PCE (µg/m3)	Maj 2005 PCE (µg/m3)	Juni 2004 PCE (µg/m3)	Februar 2003 PCE (µg/m3)	
<b>IK13</b>	<b>Stueetage tv., soveværelse</b>	1,7			<b>17</b>	
IK1	Stueetage, stue		5,5	4,9		
IK2	Stueetage, køkken		<b>6,5</b>			
<b>IK3</b>	<b>Stueetage, soveværelse</b>		<b>14</b>	5,3		
IK4	Stueetage, toilet		<b>9,9</b>			
IK5	Stueetage, bad/håndvask		<b>10</b>			
IK6	Stueetage, bad/GA		<b>8,9</b>			
IK7	Trappeopgang		2,8			
<b>IK14</b>	<b>1. sal, køkken</b>	1,5			<b>14</b>	
<b>IK8</b>	<b>1. sal, stue/køkken</b>		1,9	<b>9,2</b>		
IK9	1. sal, soveværelse		2,1			
IK10	1. sal, entre		1,7	<b>12</b>		
IK11	1. sal, bad/håndvask		1,9			
IK12	1. sal, bad/GA		1,7			
Ref 1	1. sal, ude, vindue		<0,2			
Ref 2	Ude, gård		<0,2	0,8		
Ref 3	Ude, gård	0,32				
Kvalitetskriterier for PCE i indeluft						6

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Udgangspunktet for iværksættelse af afværgeforanstaltningen i form af indeklimamålinger før oprensning foreligger ikke. Målinger udført 14 år efter etablering af afværge viste indhold af PCE i indeklimaet på op til en faktor 3 over kvalitetskriteriet for PCE og en faktor 2 for TCE.

Opfølgende kontrolmålinger har vist en aftagende effekt på indholdet af PCE i indeluften til et niveau, der er mindre end kvalitetskriteriet for indeluft.

Økonomi:

Etableringsomkostninger ukendte.

Tilsyn og monitoring: kr. 200.000 ekskl. moms

Konklusion:

Kombinationen af en omfattende restaurering af bygningen med fjernelse af bygningsdele, der i mange år kunne have givet sinkeffekt samt etablering af nyt betongulv med ventilation under området med forventet kraftigst jord og poreluftforurening har samlet medført, at påvirkningen af indeklimaet med PCE holdige dampe er bragt ned til et acceptabelt niveau.

Referenceliste:

- /1/ Forureningsundersøgelse på renserrgrund, Korsgade /Skattergade, Svendborg. N&R Consult, November 1988.
- /2/ Udbudsprojekt. Skattergade, Svendborg. N&R Consult. April 1989.
- /3/ Supplerende forureningsundersøgelse. Korsgade/ Skattergade , Svendborg Kommune. Forurennet lokalitet nr. 479-28. Hedeselskabet, Fyns Amt. Juli 2003.
- /4/ Afklaring af indeluftpåvirkning. Skattergade, Svendborg. NIRAS og Fyns Amt. Februar 2005.
- /5/ Vurdering af afværgeanlæg. Skattergade, Svendborg. NIRAS og Region Syddanmark. April 2008.

Lokalitetens adresse: Spedalsø, Horsens	Bygherre: Vejle Amt / Region Midtjylland  Region: Region Midtjylland
--	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der er udført forureningsundersøgelser på ejendommene Spedalsø, Horsens, og omliggende ejendomme.  
Der er jordforurening med bly, PAH'er og chlorerede opløsningsmidler.  
Der er udført en opgravning i 1996 til 1997.  
Der er opført en ny beboelse på Spedalsø. Efterfølgende er der etableret et anlæg til passiv ventilation af det kapillarbrydende lag på ejendommen.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med anlægget er at forhindre forureningsdampe i jorden i at sive ind i huset og give indeklimaproblemer.  
Anlægget er tiltænkt at være en permanent foranstaltning.

Byggetekniske forhold:

Bygningen er en bygning opført i 1990'erne.  
Bygningen er etableret på sandpude, der formodentlig også udgør det kapillarbrydende lag.  
Terrændæk er beton, tykkelse ukendt. Det vides ikke, om der er udlagt membran.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Forundersøgelser ikke umiddelbart tilgængelige. Dog kendes en måling under gulv fra juli 1997 (TCE 1,5 µg/l, PCE 37 µg/l).  
Herunder er vist indeklimamålinger i stue og værelse før etablering.

Dato	Opsamlingsmetode	Stue		Værelse		Anlægs-status
		TCE	PCE	TCE	PCE	
13.11.96	3M fra TI	<0,005	<b>0,51</b>	<0,005	<b>0,99</b>	Ikke etableret
20.02.97	3M fra TI	<b>0,013</b>	<b>0,24</b>	<0,005	<b>0,23</b>	Ikke etableret
24.07.97	3M fra TI	<0,005	<b>0,087</b>	<0,005	<b>0,023</b>	Ikke etableret

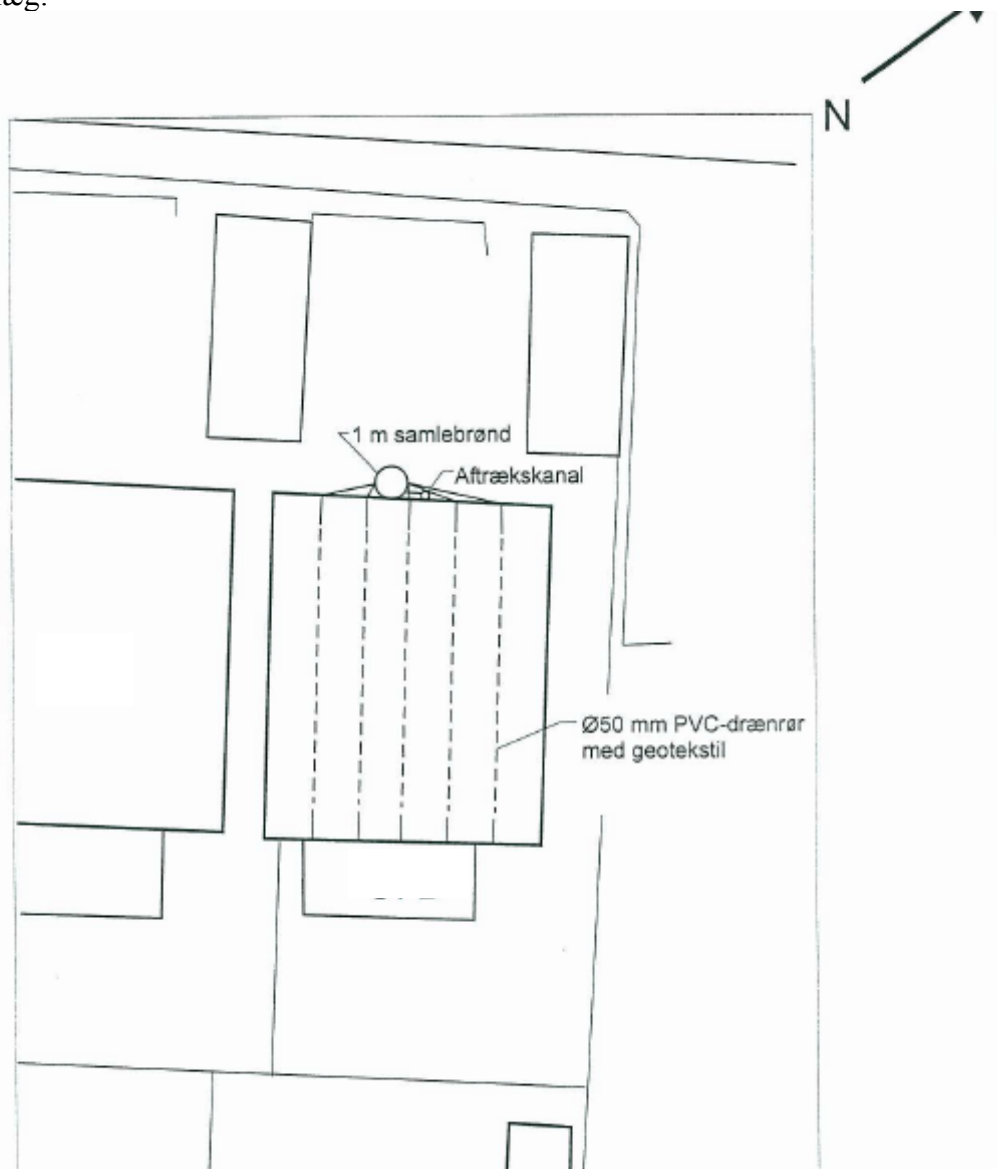
### Beskrivelse af anlæg:

Anlæg er etableret i sandpude 0,9 m under overkant af gulv i bygningen. Rør er boret ind under bygning i eksisterende kapillarbrydende lag.

Der er anvendt 5  $\varnothing$ 3 PE filterrør med slidse diameter 0,3 mm og 4 slidser pr. røromgang. Rørene er betrukket med polyesterstrømpe før indboring. 1 m ud mod fundament er blindrør.

Alle ventilationsdræn er samlet i brønd udenfor bolig. Herfra er afkast ført i 6" rør til turboventuar 0,5 m over tagryg.

### Skitse af anlæg:



Drift og monitoring:

Moniteringsresultater

Dato	Opsamlings- metode	Stue		Værelse		Anlægs-status
		TCE	PCE	TCE	PCE	
13.11.96	3M fra TI	<0,005	<b>0,51</b>	<0,005	<b>0,99</b>	Ikke etableret
20.02.97	3M fra TI	<b>0,013</b>	<b>0,24</b>	<0,005	<b>0,23</b>	Ikke etableret
24.07.97	3M fra TI	<0,005	<b>0,087</b>	<0,005	<b>0,023</b>	Ikke etableret
09.03.99	3M fra TI	<b>0,0042</b>	<b>0,067</b>	0,00005	0,00076	Drift
28.06.99	3M fra TI	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Drift
25.11.99	3M fra TI	<0,002	<b>0,006</b>	<0,002	0,003	Drift
07.02.00	3M fra TI	0,00067	<b>0,011</b>	<0,0006	<b>0,0063</b>	Drift
15.01.01	3M fra TI	<0,0017	<b>0,0087</b>	<b>0,0043</b>	<b>0,011</b>	Drift
17.04.02	3M fra TI		0,0029		0,0027	Drift
10.01.03	3M fra TI	0,00062	<b>0,012</b>	0,00055	<b>0,0097</b>	Lukket
04.04.03	3M fra TI	0,00025	<b>0,017</b>	0,00023	<b>0,016</b>	Lukket
26.03.04	3M fra TI	0,00032	0,0032	0,00037	0,0035	Drift
03.09.04	3M fra TI	0,00025	0,00067	0,00025	0,0006	Drift
04.05.05	3M fra TI	0,00080	<b>0,0095</b>	0,00051	0,00051	Lukket
03.04.06	3M fra TI	0,00054	0,0052	0,00037	0,0038	Drift
20.04.07	3M fra TI	0,00006	0,00075	0,00006	0,00062	Drift
15.02.08	3M fra TI	-	0,0012	-	0,0006	Drift
15.12.08	3M fra TI	<0,0001	<0,0003	<0,0001	<0,0003	Lukket ½ år
	ATD-rør	<0,00007	0,00099	i.a.	i.a.	inden monitoring
Miljøstyrelsens afdampnings- kriterier		0,001	0,006	0,001	0,006	

Fed      Overskridelser af Miljøstyrelsens afdampningskriterier.  
 ". "      Under detektionsgrænsen.  
 i.a.      Ikke analyseret.

Tabel 3.1      Målinger af PCE og TCE i indeluften (mg/m<sup>3</sup>).

Opsamling i 4 uger på 3M kapsler fra Teknologisk Institut.

Måling udføres i stue og værelse.

Anlægget har i perioder været lukket. Oplysninger om drift fremgår af skema herover.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Generelt ses et markant fald i koncentrationen af PCE og TCE i indeklima efter opstart af anlæg. Koncentrationen i indeklima er under MST afdampningskriterier.

Ovenstående ses også i perioder, hvor anlægget ikke er i drift.

Økonomi:

Anlægsøkonomi kendes ikke.

Moniteringsøkonomi pr. år ca. DKK 25.000, excl. moms.

Konklusion:

Ventilation har virket. Det undersøges pt. om anlægget kan nedtages.

Referenceliste:

- Beskrivelser og betingelser for hovedentrepriseudbud
- Drift og monitoringsinstruks

Lokalitetens adresse: Stevneskovvej X 5700 Svendborg	Bygherre: Rambøll  Region: Region Syddanmark
--	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der har på lokaliteten Stevneskovvej X tidligere ligget en destruktionsanstalt (kødfoderfabrik), hvor der i produktionen er benyttet både benzin og tetrachlorethylen (PCE). Fabrikken har afstedkommet en forurening med PCE i området.

Der er på store dele af grunden påvist forhøjede koncentrationer af PCE i den terrænnære poreluft, mens der er påvist et hotspot placeret ved garagerne tilhørende Stevneskovvej X B og X C. PCE forureningen under bygningerne medførte, at der i 2006 i fire af boligerne på Stevneskovvej (XA, XB, XC og XF) blev påvist PCE i indeluften i koncentrationer, der overskrider Miljøstyrelsens luftkvalitetskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Formål med etablering af anlæg:

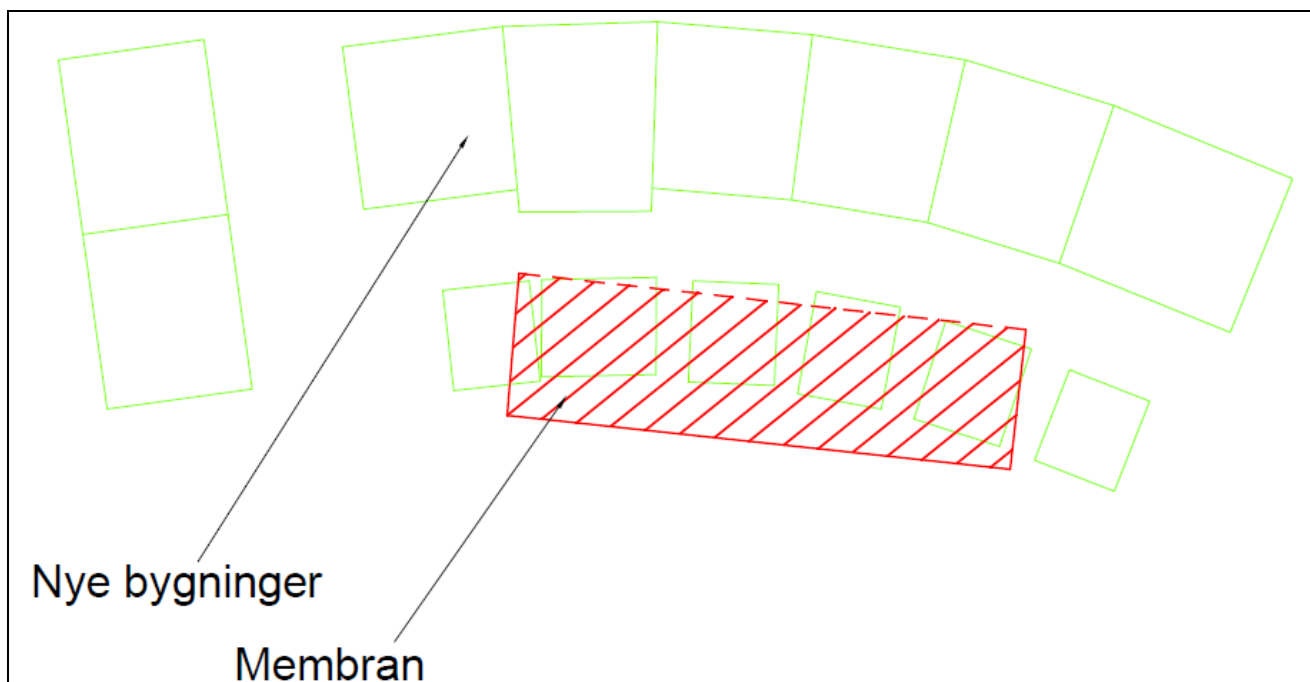
PCE forureningen medfører en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boligerne på Stevneskovvej XA, XB, XC og XF. Formålet med etablering af passiv ventilering under gulv i boligerne er at foretage en afskæring af forureningen og dermed sikre boligerne mod en uacceptabel afdampning med PCE til indeluften.

Anlægget er etableret i eksisterende byggeri som en permanent foranstaltning. Monitoringen af anlægget er dog midlertidig, da denne vil stoppe, når forureningen under boligerne ikke længere udgør en risiko i forhold til afdampning til indeluften.

Byggetekniske forhold:

I 2002-2003 blev der opført 6 nye huse på Stevneskovvej X A-F. Husene blev opført på området nord for den tidligere fabriksbygning. Syd for husene blev terrænet reguleret, dvs. der blev påfyldt ca. 1 m jord. Umiddelbart syd for husene er der opført garager. Under garagerne samt under belægningen (skærver) syd herfor er der udlagt en membran (ligger nu ca. 0,8 m u t.) for at hindre, at nedsivende regnvand udvasker den tilbageblevne jordforurening. Endvidere er der nedlagt dræn på den sydlige side af husene.





Alle skitser af bygningskonstruktioner ses under afsnit ”Skitse af anlæg”

Husene på Stevneskovvej X er bygget ind i skråningen, således at man fra syd går ind i køkken og bryggers med gulv kote ca. 42,5. Herfra er der trappe ned til stue mod nord med gulv i kote ca. 41, dvs. i niveau med terrænet nord for bygningen.

I midten af boligen er etableret et fundament, hvorpå der er en skillevæg bestående af 100 mm letbeton. Skillevæggen adskiller gulvet i krybekælderen fra gulvet under den øvrige (nordlige) del af boligen. Rummet i krybekælderen er ca. 1,2 m højt. Etageadskillelsen mellem køkken/bryggers og krybekælderen består af en trækonstruktion med isolering. Adgang til krybekælderen sker via en dør placeret under trappen centralt i huset.

Huset på Stevneskovvej XF afviger fra de øvrige ved, at der på den østlige facade er foretaget en mindre udbygning med tilhørende underliggende depotrum.

#### Gulve:

Bygningerne er bygget med svømmende gulve. Det betyder, at gulvene ikke er fæstnet til fundamentene, men kun hviler ovenpå underlaget. På Stevneskovvej X er bygningerne placeret på fyldjord i det tidligere gårdareal bag den tidl. fabriksbygning. Der er her udlagt et afretningslag bestående af komprimeret grusfyld, med en mægtighed på ca. 1 meter (ventileret lag ved etablering af passiv ventilation). Ovenpå gruset er der i krybekælderen udlagt 160 mm G 60 polystyren (flamingo) terrænbats, hvorpå der er støbt et 80 -100 mm betongulv. Under den øvrige (nordlige) del af boligerne er der oven på gruslaget udlagt 225 mm G 60 polystyren (flamingo) terrænbats, hvorpå der er støbt et 100 mm betongulv med gulvvarmerør. Herover er der udlagt en 20 mm trægulvbelægning. Der er ikke udlagt nogen former for membraner i gulvkonstruktionen.

Andet:

I forbindelse med opførelsen af byggeriet er der i krybekældrene etableret en passiv ventilation i form af to 70 mm PVC-rør, som er ledt op i et afkast under tagkonstruktionen. Ventilationen er en selvstændig rørføring, som er ført op gennem hulmuren, og således kan anvendes direkte i forbindelse ventilationsløsning i kælderen.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

### **Resultater fra under gulv målinger**

Ved undersøgelsen af forureningen i poreluften under gulv i krybekældrene den 27. januar 2006 er der i boligerne XA, XC, XD og XE foretaget to målinger, mens der i XF kun er foretaget en måling. Der er ikke foretaget under gulv målinger i boligen XB. Prøverne er analyseret på GC i mobillaboratorium for indhold af chlorerede opløsningsmidler inkl. nedbrydningsprodukter i form af cis-DCE. Tetrachlorethylen (PCE) er påvist som den dominerende forureningskomponent. Endvidere blev der noteret målt modtryk (ca. 200 mbar ved samtlige målinger) i forbindelse med udtagningen af poreluftprøverne under gulv.

Der er ved målingerne under gulv påvist indhold af PCE i boligerne XA, XC, XD, XE og XF på op til hhv. 4.000, 700, 200, 70 og 100  $\mu\text{g PCE}/\text{m}^3$ . Der er således i alle boligerne påvist højere forureningskoncentrationer under gulv end i indeluften i kælderen, hvilket også var forventet, grundet betongulvets reducerende effekt. Reduktionsfaktoren over kældergulvet er dog i flere af boligerne forholdsvis beskedne (der er beregnet en reduktionsfaktor på 1,5-50 i boligerne). Et betongulv af den type og alder forventes erfaringsmæssigt at have en reduktionsfaktor på omkring 100. Ved besigtigelsen af krybekældrene blev der observeret en del svindrevner i betonen, hvilket kan være en del af forklaringen på den beskedne forureningsreduktion over betongulvet.

### **Resultater fra indeluftmålinger (ATD-rør)**

Der er af to omgange i hhv. august 2005 og januar 2006 ophængt ATD-rør i boligerne Stevneskovvej X. Som udgangspunkt er der i hver af boligerne ophængt fire ATD-rør placeret i hhv. krybekælder, soveværelse, stue og køkken.

Ved begge målerunder er rørene eksponeret over en periode på omkring to uger og efterfølgende analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler inkl. nedbrydningsprodukter. Tetrachlorethylen (PCE) er ved begge målerunder påvist som den dominerende forureningskomponent.

Ved de udførte indeklimamålinger i bygningerne i august 2005 er der ikke konstateret indhold af forureningskomponenter i de rum, der anvendes til beboelse i koncentrationer, der overskrider af kvalitetskriteriet.

Med undtagelse af målingerne Stevneskovvej XD er der generelt en tendens til at indholdet af PCE er større i krybekældrene end i de øvrige undersøgte rum. De højeste indhold af PCE er påvist i krybekældrene på Stevneskovvej XA, XC og XF (hhv. 180, 12 og 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), hvilket er en overskridelse af kvalitetskriteriet for PCE på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ved de udførte indeklimamålinger i bygningerne i januar 2006 er der målt forhøjede indhold af forureningskomponenter i boligerne XA, XB, XC og XF. De højeste indhold af PCE er målt i krybekældrene, hvor der er påvist koncentrationer i intervallet fra 27 til 82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Til forskel fra målerunden i august 2005 er der ved målerunden i januar 2006 i boligerne XA, XB, XC og XF påvist overskridelser af kvalitetskriteriet for PCE i rummene, der anvendes til beboelse. Der er i rummene, der anvendes til bolig, XA, XB, XC og XF, således målt koncentrationer af PCE på op til hhv. 20, 53, 9,5 og 24  $\mu\text{g PCE}/\text{m}^3$ .

#### **Dimensioneringsgivende test mv.**

Der er ikke udført nogen egentlige former for dimensioneringsgivende tests før etablering af afværgeforanstaltningerne. Feltdata (modtryk ved udtagning af poreluftsprøver under gulv) er dog anvendt i vurderingen af, om ventilering af gruslaget kunne være en brugbar afværgeløsning.

Med baggrund i ovenstående forholdsvis beskedne overskridelser af afdampningskriterierne for PCE i indeluften, samt feltdata og observationer fra udførelse af under gulv målinger, blev det valgt at foretage etablere en passiv ventilation af gruslaget under bygningerne, da denne afværge vurderes som tilstrækkelig. Afværgen er etableret, så den senere nemt kan gøres aktiv, såfremt der opstår behov herfor.

#### Beskrivelse af anlæg:

Den passive ventilation i boligen XF er færdigetableret d. 20. juni 2006 og foregår ved, at luften i krybekælderen via 5 nordligt placerede ventilationsboringer suges ned under gulvet i krybekælderen, hvorfra luften trækkes under hele kældergulvet til 3 sydligt placerede ventilationsboringer (V1-V3). Fra de 3 sydligt placerede ventilationsboringer ledes luften op til afkast i form af en vindhætte, som er placeret over taget af huset. Der er endvidere etableret to ventilationsboringer gennem boligens fundament langs den nordlige facade. Boringerne er afsluttet med en svanehals, og drives ligeledes ved passiv ventilation.

De 5 boringer langs den nordlige væg etableres med kugleventil, prøvetagningshane og kontraventil som af typen "baroball".

Løsningerne i boligerne XA og XC er færdigetableret d. 1. juni 2007 med baggrund i erfaringerne fra indeklimasikringen af boligen Stevneskovvej XF, idet der er foretaget enkelte tilpasninger. I boligerne XA og XC er det, af hensyn til de mange gulvvarmerør, som er indstøbt og fremført i gulvet i krybekælderen, undladt at etablere de 5 ventilationsboringer midt i bygningen. Ventilationsboringerne på den nordlige facade er etableret som beskrevet for boligen XF.

Samtlige ventilationsboringer i XA, XC og XF er etableret med Ø90 mm PE filter med kontakt til det underliggende gruslag.

De 3 boringer langs den sydlige væg i kælderen er etableret med T-stykke (mulighed for at åbne til boringen via T-stykke), prøvetagningshane og kugleventil og er via en rørføring (120 mm ventilationsrør) koblet sammen i en samlet rørføring, idet der efter sammenkoblingen etableres et

langt lige rørstykke, hvor det efterfølgende er muligt at koble en kanalventilator ind, hvis det under indkøringen vurderes at være nødvendigt at gå fra passiv til aktiv ventilering. Endelig kobles den samlede rørføring på den eksisterende rørføring i form af et 70 mm PVC-rør, som i hulmuren er ledt op i et afkast over tag afsluttet med en vindhætte.

Der er på den nordlige side af bygning etableret to skrå ventilationsboringer ind under bygningen. Boringerne er afsluttet med svanehalse. Ventilationsboringerne er etableret, så de har kontakt til gruslaget under gulvet i den nordlige del af bygningen. Materialerne til svanehalse er valgt, så de passer ind med de eksisterende byggematerialer ”galvaniseret jern”.

I boligen XA er der i august 2008 etableret en ekstra udluftning af krybekælderen som følge af, at der ved de tidligere monitoringer er påvist en fortsat uacceptabel påvirkning af indeklimaet i boligen. Udluftningen i krybekælderen er etableret med rørføring gennem kældervæg, således at rørføringen er ført direkte op langs endevæg, hvor den udvendigt er afsluttet med en svanehals med gitter.

# Skitse af anlæg:

**TACKONSTRUKTION:**  
 33x100 mm  
 Toppen på taget 90x266  
 Spar 45 x 205 mm bjælkespar pr. 818 mm  
 Sparer med udhæng i h.t. tegning.  
 Spar fastgøres til renn med BMF sømestog.  
 Løftplader 15 mm OSB/3 monteret i h.t. tegning.  
 Tagpap listefastgørelse m. lister pr. 610 mm.

**LOFT MOD TAG:**  
 2x100 mm mineraluld mellem spær,  
 15 mm mineraluld mellem m. og taget, særligt på  
 45 mm forskalling pr. 300 mm 55 mm bred  
 ved sømlingerne.  
 Loft 13 mm gips plank.

**OVENLYS:**  
**TACKONSTRUKTION:**  
 Tagpapbeslag  
 15 mm OSB/3 tagplader  
 15 mm mineraluld mellem spær pr. 818 mm  
 Hydratide dampspærre  
 22x100 mm forskalling  
 13 mm gipsplade.

**GALE:**  
 15 mm OSB/3 tagplade  
 15 mm mineraluld mellem spær  
 15x45 mm træskel  
 Hydratide dampspærre  
 22x100 mm forskalling  
 13 mm gipsplade.

**TACKONSTRUKTION:**  
 33x100 mm  
 Toppen på taget 90x266  
 Spar 45 x 205 mm bjælkespar pr. 818 mm  
 Sparer med udhæng i h.t. tegning.  
 Spar fastgøres til renn med BMF sømestog.  
 Løftplader 15 mm OSB/3 monteret i h.t. tegning.  
 Tagpap listefastgørelse m. lister pr. 610 mm.

**LOFT MOD TAG:**  
 2x100 mm mineraluld mellem spær,  
 15 mm mineraluld mellem m. og taget, særligt på  
 45 mm forskalling pr. 300 mm 55 mm bred  
 ved sømlingerne.  
 Loft 13 mm gips plank.

**Etableres i materialer som eksisterende afkast over tag.**

Ny 1 stk.

Ny 1 stk.

Ny 1 stk.

Ny 6 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

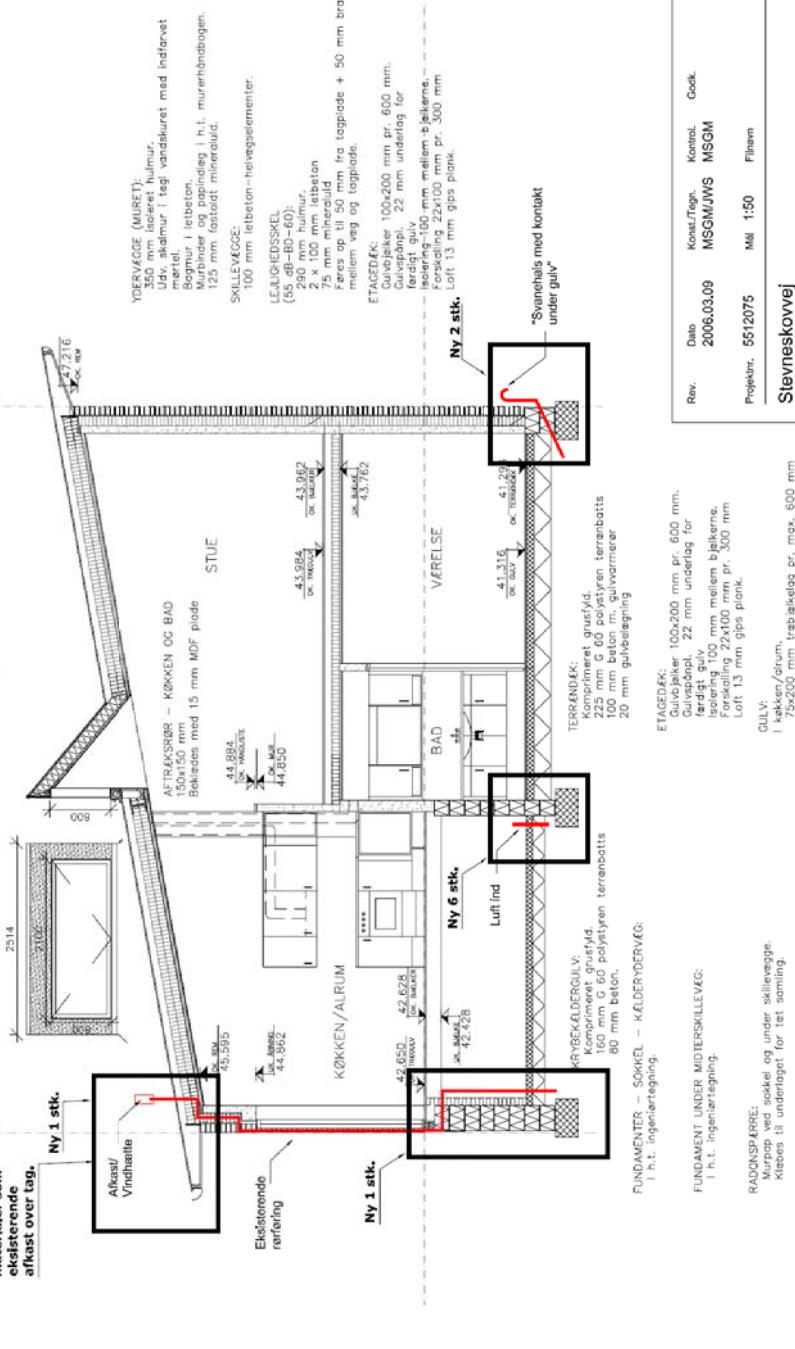
Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.

Ny 2 stk.



**TAGLØSNING FACADER OG GAVL:**

Spar tildannes som vist på tegning.  
 Der monteres 45x120 mm kontagte langs  
 loftet.  
 Løftplader 22x53 mm hv. faset og mølet.

**TACKANTER FACADER OG GAVL:**

Ved laveste tagkant monteres tegrende i  
 zink nr 12 i rørdjærn IPA 41828 tilslut 400.  
 Rørdjærn nedfrieses i tagpladerne.  
 Ved tagrende monteres løbkl. med  
 100 mm afsl. alle monteres afrundet  
 tagkant i zink nr. 14

**YDERVERGÆ (MURET):**

350 mm isoleret hulmur,  
 Udv. skalmur i læg vandskuret med indfæret  
 murmur.  
 Bogmur i letbeton.  
 Murbinder og papindlæg i h.t. murerhåndbogen.  
 125 mm fastlæst mineraluld.

**SKILLEVÆGGE:**

100 mm letbeton-helvegselementer.

**LELIGHEDSSKEL**

(59-60-61-62)  
 200 mm hulmur  
 2 x 100 mm letbeton  
 75 mm mineraluld  
 Fæses op til 50 mm fra tagplade + 50 mm brandbatts  
 mellem væg og tagplade.

**ETAGEDÆK:**

Gulvbjælke 100x200 mm pr. 600 mm.  
 Gulvbjælke 22 mm underlag for  
 Gulvbjælke  
 Isolering-100 mm mellem bjælkerne.  
 Forskalling 22x100 mm pr. 300 mm  
 Loft 13 mm gips plank.

**FUNDAMENTER – SØKKEL – KÆLDERVÆG:**

i h.t. ingeniørtegning.

**FUNDAMENT UNDER MIDTERSKILLEVÆG:**

i h.t. ingeniørtegning.

**RADONSPÆRRE:**

Murpap ved søkkel og under skillevægge.  
 Klæbes til underlaget for tæt sømning.

**ETAGEDÆK:**

Gulvbjælke 100x200 mm pr. 600 mm.  
 Gulvbjælke 22 mm underlag for  
 Gulvbjælke  
 Isolering-100 mm mellem bjælkerne.  
 Forskalling 22x100 mm pr. 300 mm  
 Loft 13 mm gips plank.

**GULV:**

i h.t. ingeniørtegning.  
 75x200 mm træbjælke pr. max. 600 mm  
 Gulvbjælke 22 mm underlag for  
 færdigt gulv

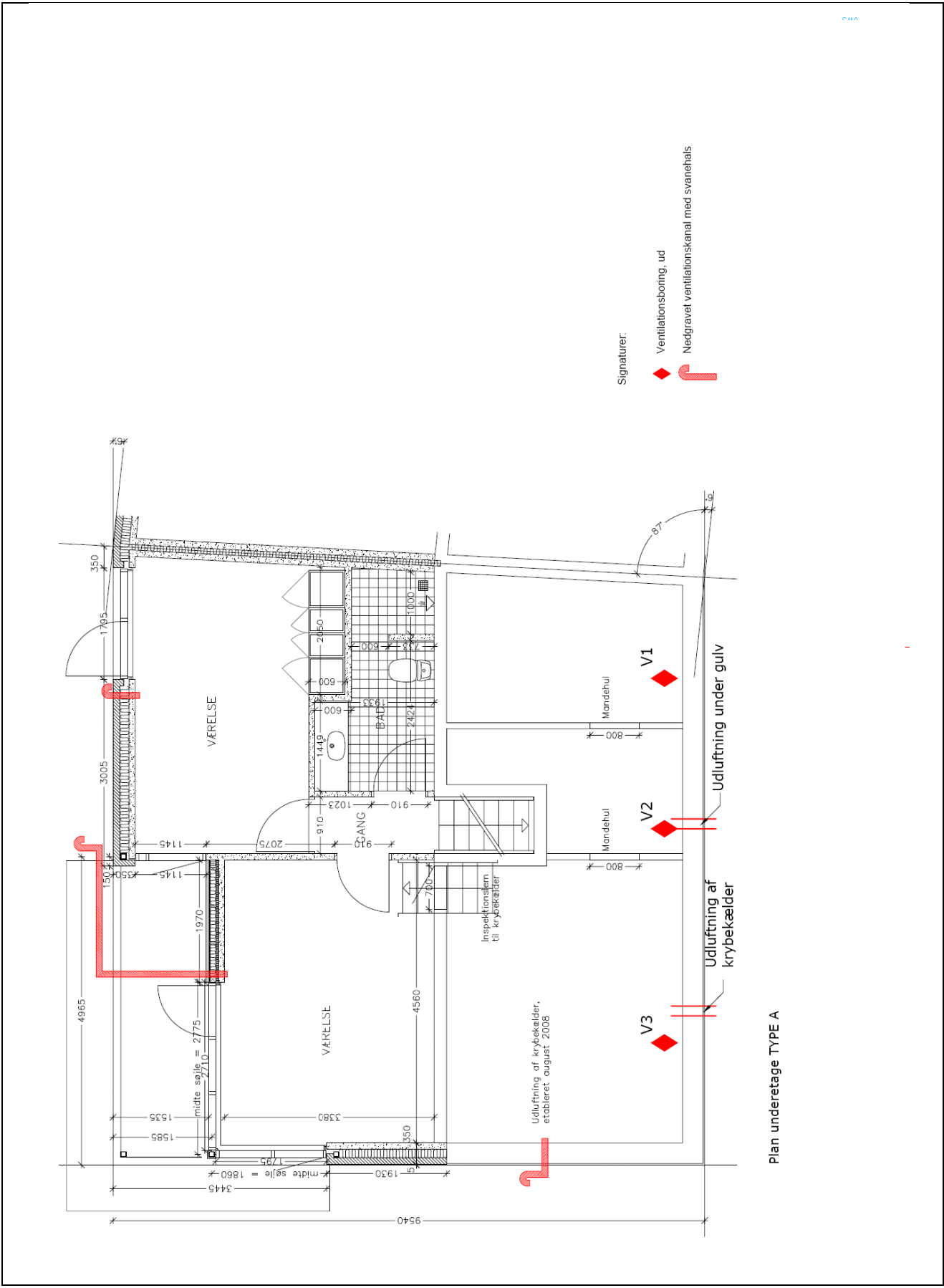
Rev.	Dato	Kont./Tegn.	Kontrol	Godk.
	2006.03.09	MSGMJWS	MSGM	
Projekt.	5512075	Mil	1:50	Filnavn
<b>Stevneskovvej</b>				
<b>Situationsplan, snit</b>				

**RAMBOLL**  
 Teknikerbyen 31  
 2830 Virum  
 Tlf. 4598 6000  
 Fax 4598 6700  
 Tegning nr.

**Bilag**

2006-04-21 11:3847 P:\E\_M\2005\5512075 Stevneskovvej\CAD\Ny\_Snit\_A4.dwg

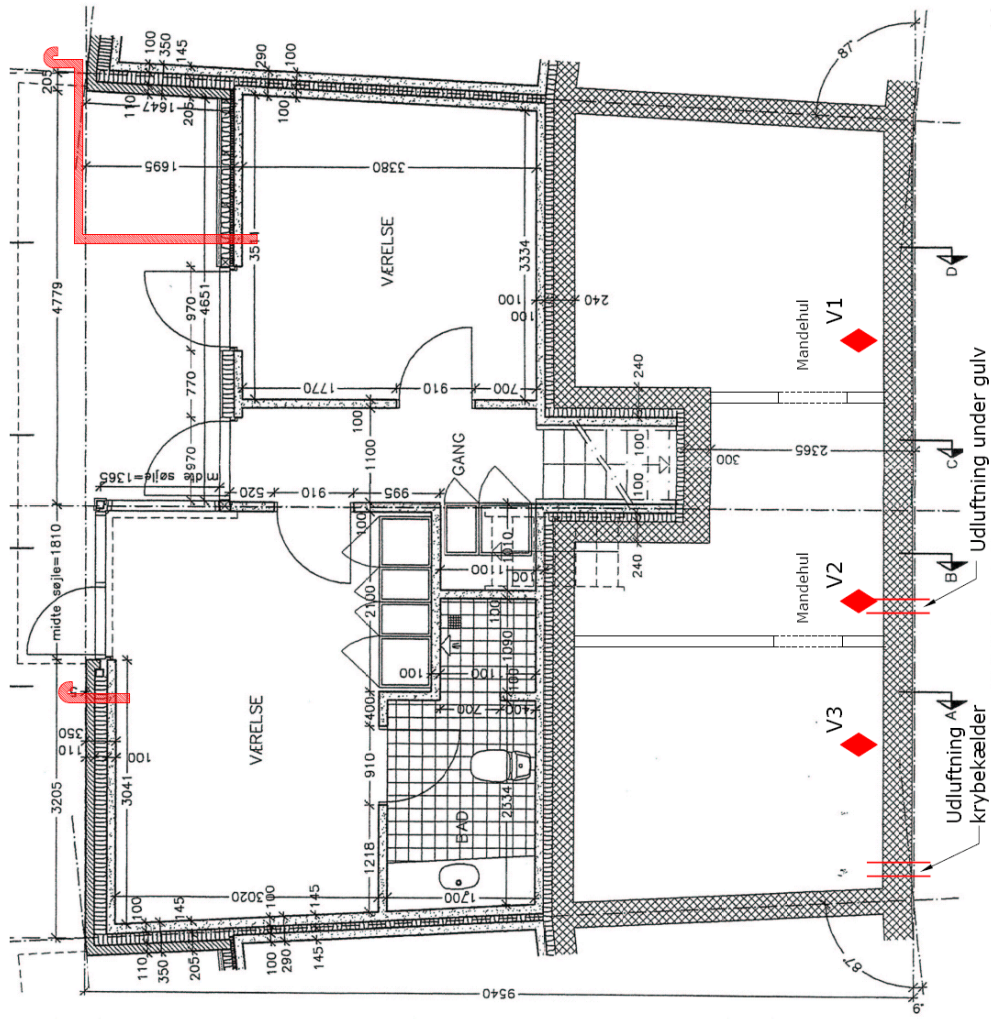




Signaturer:

- ◆ Ventilationsboring, ud
- └┘ Nedgravet ventilationskanal med svanehals

Plan underetage TYPE A



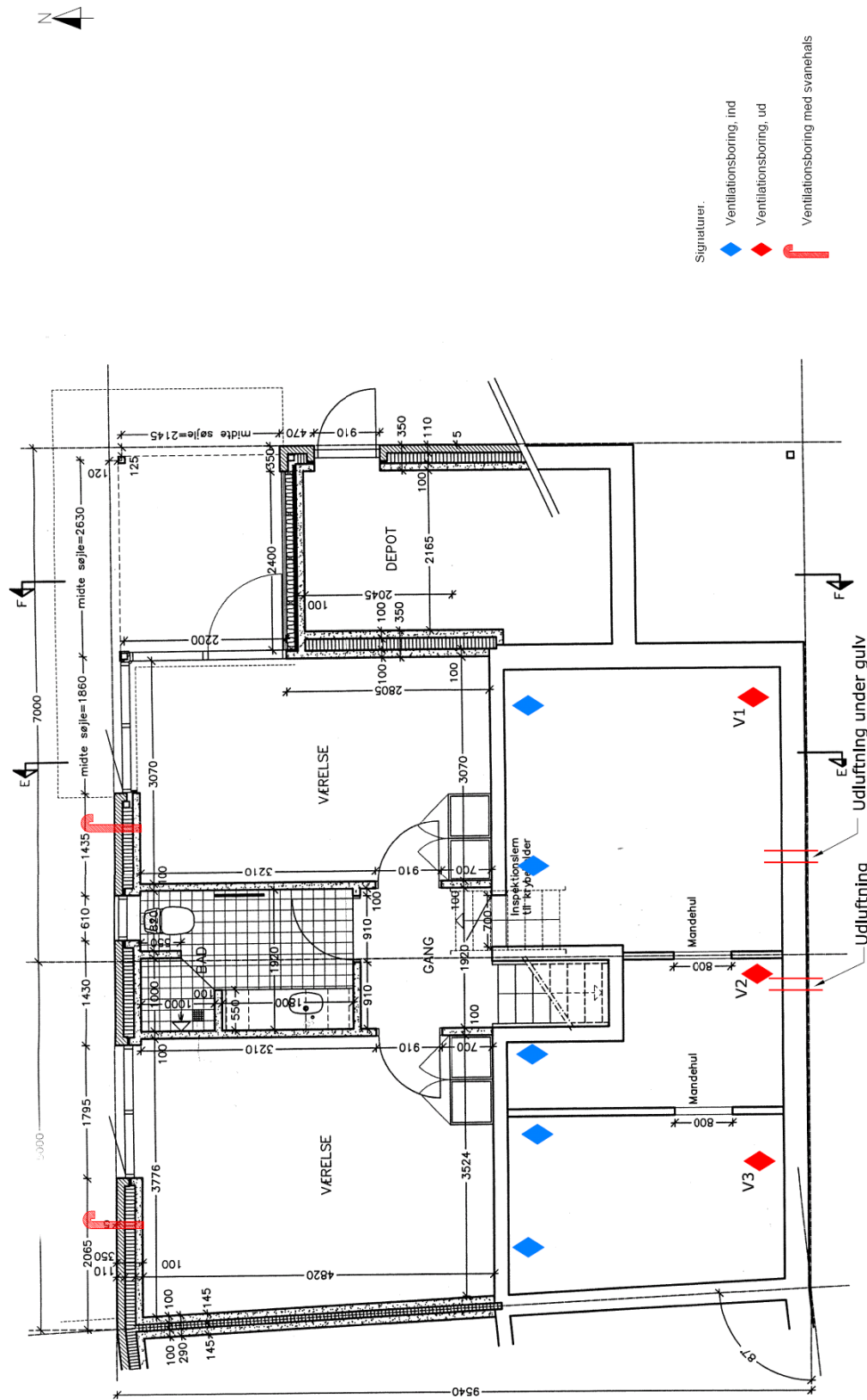
Signaturer:

◆ Ventilationsboring, ud

└ Nedgravet ventilationskanal med svanehals

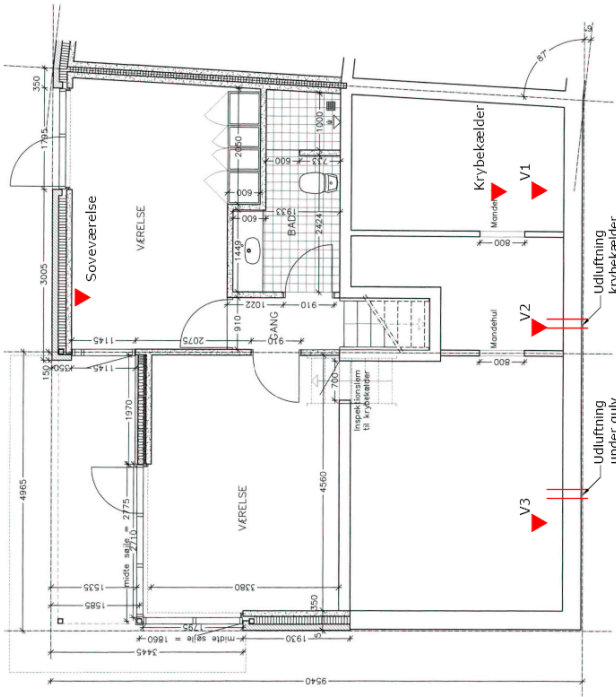
Plan underetage TYPE B



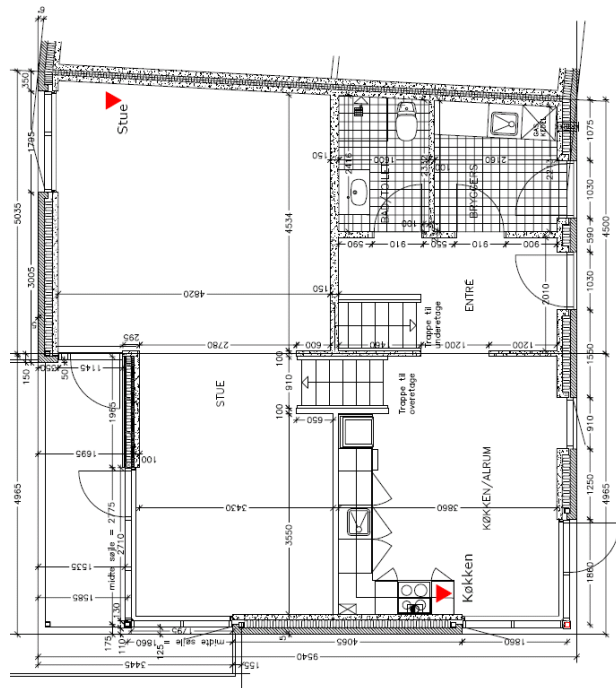


- Signaturer.
- ◆ Ventilationsboring, ind
  - ◆ Ventilationsboring, ud
  - J Ventilationsboring med svanehals

Plan underetage TYPE C



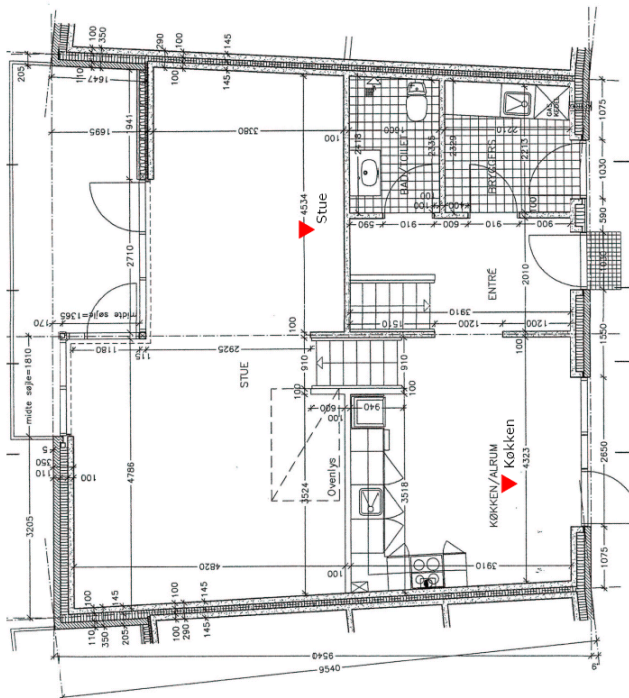
Plan underetage TYPE A



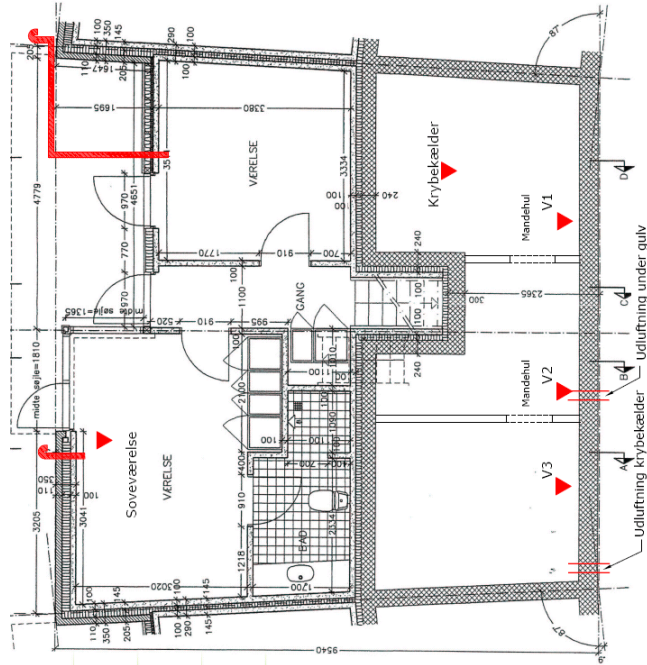
Plan stue- og overetage TYPE A

Signaturer:

▶ ATD-rør

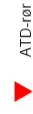


Plan stue- og overetage TYPE B



Plan underetage TYPE B

Signaturer:



ATD-rør



## Etablering af afværgeforanstaltninger, boligen Stevneskovvej XF.



F1: Stevneskovvej X



F2: Stevneskovvej XF



F3: Borearbejde, krybekælder



F4: Gennemboring af gulv i krybekælder



F5: Ventilationsboring med prøvetagningshane, kugleventil og kontraventil



F6: Ventilationsboring med prøvetagningshane, kugleventil og kontraventil



F7: Ventilationsboring med prøvetagningshane, kugleventil og kontraventil



F8: Ventilationsboring, ind, færdigetableret.



F9: Ventilationsboring 1, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



F10: Ventilationsboring 2, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



F11: Ventilationsboring 3, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



F12: Afkast fra ventilationsboringer i krybekælder



F13: Afkast fra krybekælder over tag, færdigetableret



F14: Udgravning til svanehals ved nordligt fundament



F15: Udgravning til svanehals ved nordligt fundament



F16: Rørføring gennem fundament ved svanehals



F17: Svanehals



F18: Svanehalse, færdigetablerede



## Eablering af afvægeforanstaltninger, boligen Stevneskovvej XA.



A1: Etablering af svanehals ved nordligt fundament



A2: Rørføring gennem fundament ved svanehals



A3: Etablering af svanehals ved nordligt fundament



A4: Svanehalse, færdigetablerede



A5: Ventilationsboring 1, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



A6: Ventilationsboring 2, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



A7: Ventilationsboring 3, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



A8: Krybekælder ved ventilationsboring 2, ud

## Eablering af afværgeforanstaltninger, boligen Stevneskovvej XC.



C1: Etablering af svanehals ved nordligt fundament



C2: Rørføring gennem fundament ved svanehals



C3: Etablering af svanehals ved nordligt fundament



C4: Rørføring gennem fundament ved svanehals



C5: Ventilationsboring 1, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



C6: Ventilationsboring 2, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



C7: Ventilationsboring 3, ud, samt rørføring, prøvetagningshane og kugleventil



C8: Afkast fra ventilationsboringer i krybekælder

#### Drift og monitorering:

Der er ikke gennemført målinger af tryk og luftflow i anlægget i de tre boliger Stevneskovvej XA, XC og XF og der findes ingen vinddata for anlægget. Luften renses pt. ikke før udledning til atmosfæren.

Indeklimaet og luften i ventilationsanlægget (ventilationsboring V1, V2 og V3) i de tre boliger XA, XC og XF er monitoreret ved ophængning af ATD-rør. Der er som udgangspunkt foretaget to målinger i boligerne (sommer og vinter) for at monitorere på årstidsvariationen med stor ventilering af boligerne (åbne døre og vinduer) i sommerperioden, mens det modsatte er tilfældet i vinterperioden. Analyseresultaterne for PCE er samlet i nedenstående grafer for de tre boliger. Samtlige ATD-rør er sendt til analyse hos akkrediteret analyselaboratorium "Eurofins" for indhold af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter heraf.

Ejeren af boligen XB har ikke ønsket at få etableret afværgeforanstaltninger. Der er udført flere indeluftmålinger i boligen XB, men disse er ikke medtaget her.

#### **Boligen Stevneskovvej XA**

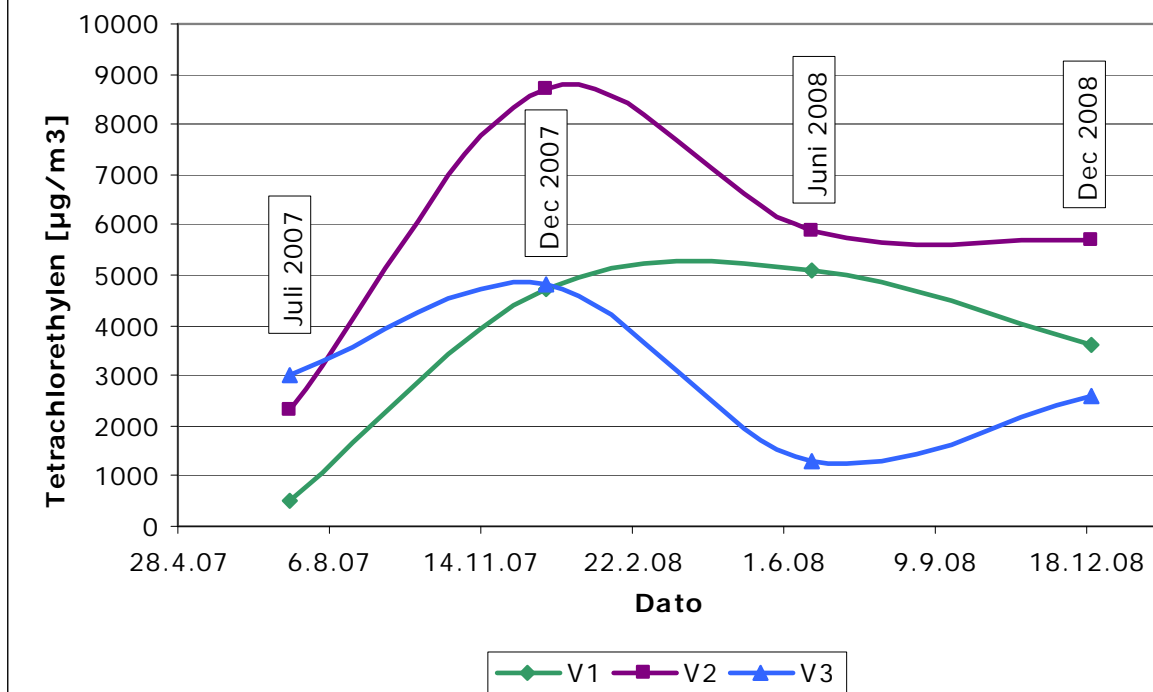
Nedenstående tabel viser en oversigt over målepunkter ved monitoreringerne. Der er dels hængt rør op i selve boligen og krybekælder, dels i de tre ventilationsboringer. Placering af punkterne fremgår af oversigtsplan vedlagt under skitse af anlæg.

Boligen XA
Måleperioder, 2008: 20. maj – 3. juni 8. – 22. december
Soveværelse
Krybekælder
Stue
Køkken
V1 (ventilationsboring, ud)
V2 (ventilationsboring, ud)
V3 (ventilationsboring, ud)

Oversigt over målepunkter for ATD-rør samt måleperiode ved de to indeklimatemålinger i boligen XA

Som det ses af nedenstående graf over målingerne i de tre ventilationsboringer i boligen XA, observeres for V2 og V3 et fald i forureningskoncentrationen fra december 2007 til juni 2008, mens der i samme periode sker en svag stigning i V1. Fra juni til december 2008 observeres et fald i V1, en stagnering i V2 og en stigning i V3. At der ikke ses en markant stigning fra juni til december 2008 i alle boringerne, kan skyldes, at der i monitoringsperioden i december 2008 ikke var samme grad af frost som i monitoringsperioden i 2007. Frost kan, som nævnt i forbindelse med monitoreringen i 2007, give højere værdier, da jorden bliver mindre permeabel i vintermånederne, og dermed er vanskeligere at ventilere, fordi udvaskningen/lækagen til terræn bliver mindre.

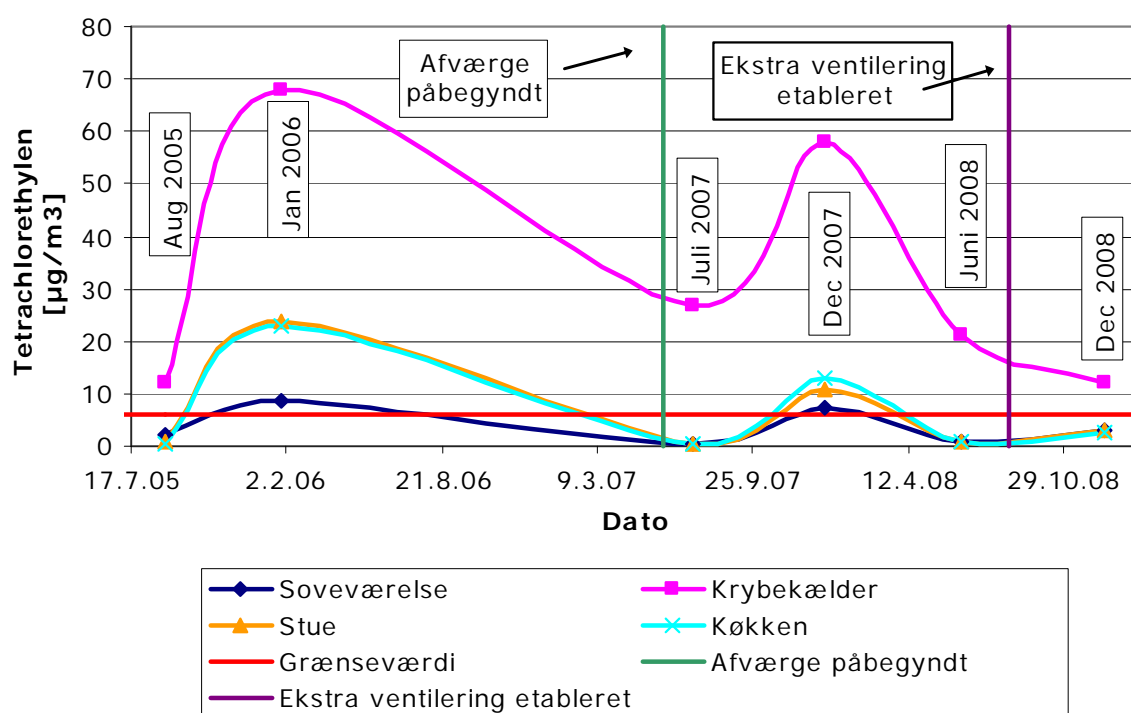
### Tetrachlorethylen (PCE) målt i ventilationsboringerne, A



Stevneskovvej X A, PCE-koncentration målt i de tre ventilationsboringer V1, V2 og V3.

Nedenstående figur viser monitoringsresultaterne for luftmålingerne inde i boligen XA. Figuren viser generelt en højere PCE-koncentration i indeluften ved vintermonitoringerne i forhold til sommermonitoringerne, hvilket er forventet og skyldes en generel mindre udluftning af boligen i vintermånederne. Endvidere viser resultaterne, at PCE-niveauet i indeluften er faldet efter etableringen af den passive ventilering i maj/juni 2007.

### Tetrachlorethylen (PCE) målt i indeluften, 'A



PCE forureningen i indeluften i boligen XA.

Den nyligt etablerede ekstra ventilering af krybekælderen ser ud til at have haft en positiv effekt på reduktionen af PCE-koncentrationerne i krybekælderen og boligen. Sammenlignes målingerne fra december 2008 med dem fra december 2007, ses det, at afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nu overholdes for boligen i vintermånederne, hvilket hidtil kun har været tilfældet i sommermånederne. I hele 2008 har forureningsniveauet overalt i boligen XA således ligget under Miljøstyrelsens kvalitetskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

For målingen i krybekælderen ses det, at koncentrationen ikke er steget fra juni til december 2008, men tværtimod er faldet til det laveste niveau siden august 2005. Det til trods for, at der i samme periode er observeret en stagnering/stigning i PCE-koncentrationen under gulv repræsenteret ved de to ventilationsboringer V2 og V3.

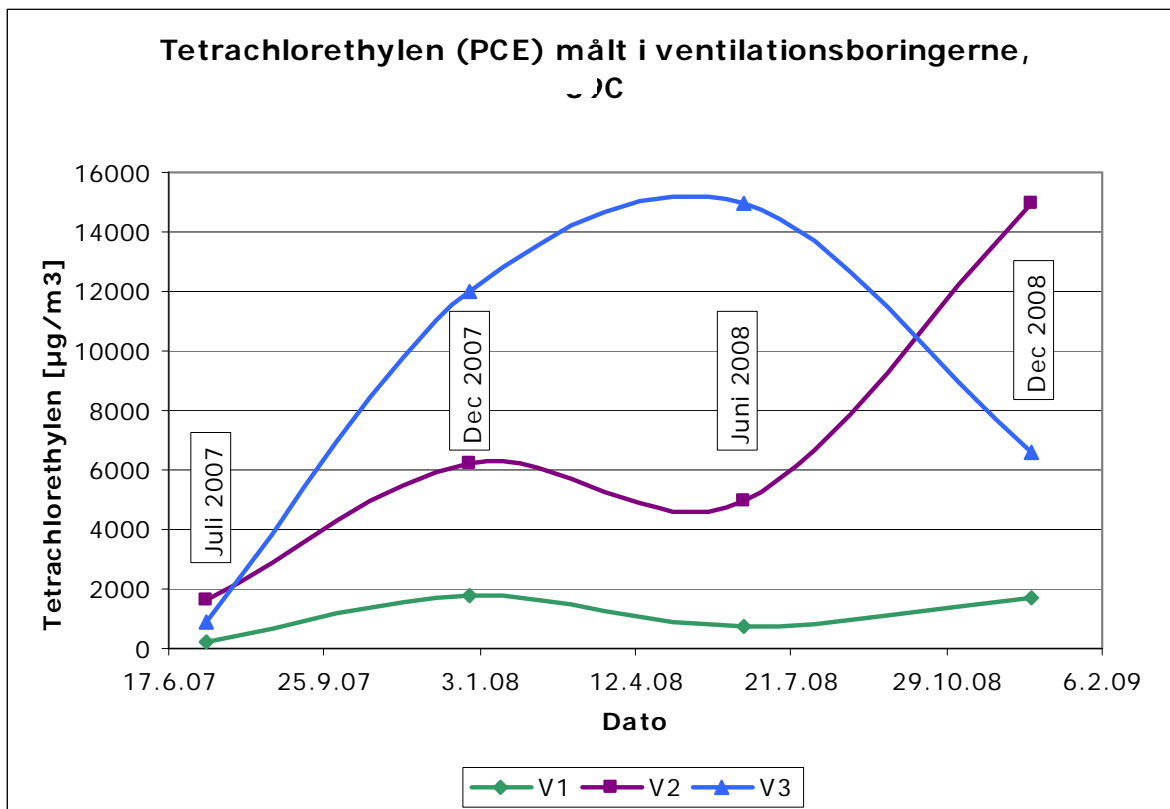
### Boligen Stevneskovvej XC

Nedenstående tabel viser en oversigt over målepunkter for ATD-rør ved monitoringerne i Stevneskovvej XC. Der er dels hængt rør op i selve boligen og krybekælderen, dels i de tre ventilationsboringer. Placering af punkterne fremgår af oversigtsplan vedlagt under skitse af anlæg.

Boligen XC
Måleperioder, 2008: 20. maj – 3. juni 8. – 22. december
Soveværelse
Krybekælder
Stue
Køkken
V1 (ventilationsboring, ud)
V2 (ventilationsboring, ud)
V3 (ventilationsboring, ud)

Oversigt over målepunkter for ATD-rør samt måleperiode ved de to indeklimate målinger i boligen XC

I nedenstående figur ses en graf over målingerne i de tre ventilationsboringer i boligen XC. Figuren viser, at forureningsniveauet i V1 er forholdsvis konstant og således ligger på samme niveau som i december 2007. I perioden fra juni til december 2008 observeres der for V2 en kraftig stigning fra 5.000 til 15.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og for V3 et kraftigt fald fra 15.000 til 6.600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det kunne se ud til, at både V2 og V3 har kontakt til det kraftige forureningsområde, der giver koncentrationerne på 15.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

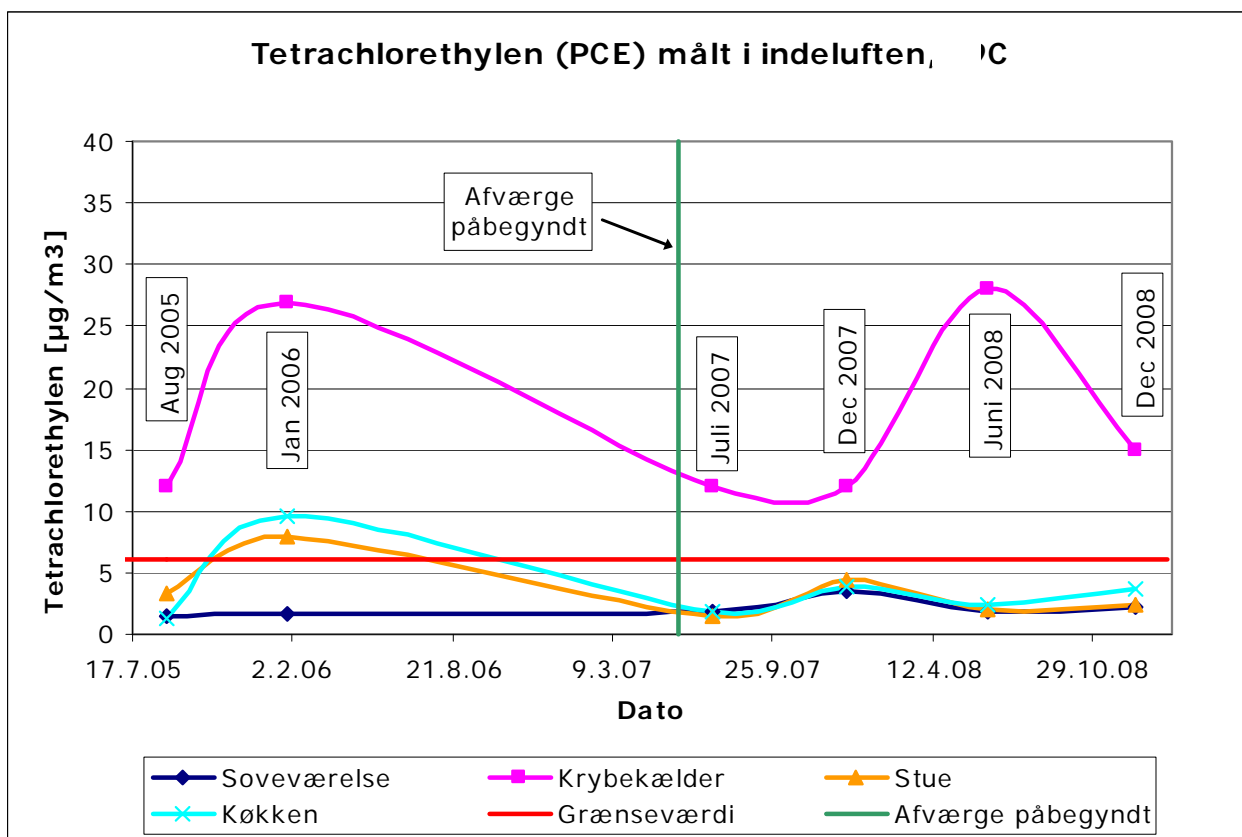


Stevneskovvej X C, PCE-koncentrationen målt i de tre ventilationsboringer V1, V2 og V3.

Nedenstående figur viser en graf over resultatet af den passive ventilering i boligen XC. Som det fremgår af figuren, ses forureningsniveauet at falde efter etableringen af den passive ventilering i krybekælder og under gulv i maj/juni 2007. Ved målingen i juni 2008 observeres dog en markant stigning i forureningsniveauet i krybekælderen, hvor der i de andre monitoringspunkter observeres



et fald, således som det vil forventes ved en sommermonitering. Stigningen i forureningsniveauet i krybekælderen kan muligvis forklares med stigningen i forureningsniveauet under gulv i V3 påvist ved samme monitering.



PCE forureningen i indeluften i boligen XC

I december ses forureningsniveauet i krybekælderen igen at falde markant, mens der observeres en stagnering i niveauet i boligen.

Siden etablering af afværgeforanstaltningerne i boligen har forureningsniveauet overalt i boligen ligget under miljøstyrelsens kvalitetskriterium på 6 µg/m<sup>3</sup>, mens der i krybekælderen fortsat måles værdier, der ligger lidt over kvalitetskriteriet.

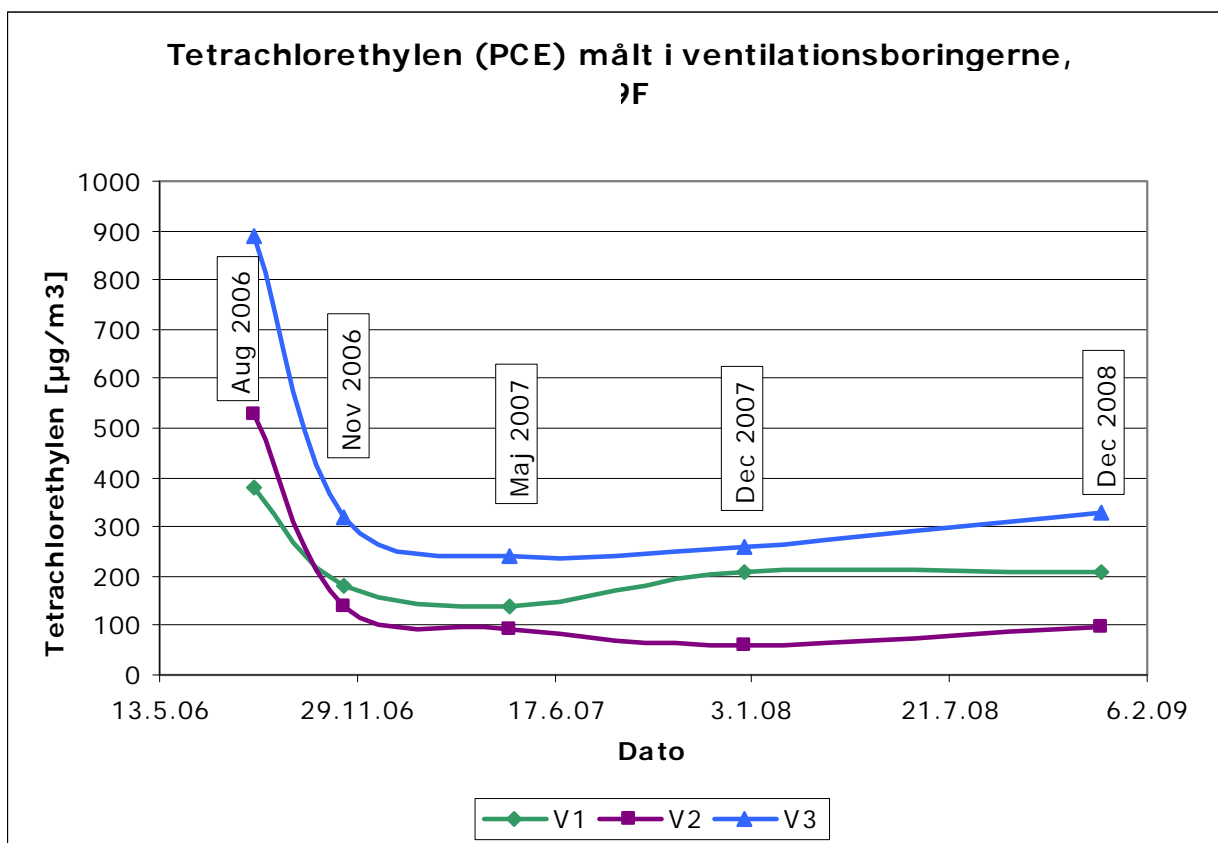
### Boligen XF

Nedenstående tabel viser en oversigt over målepunkter for ATD-rør ved monitoringerne. Der er dels hængt rør op i selve boligen og krybekælderen, dels i de tre ventilationsboringer. Placering af punkterne fremgår af oversigtsplan vedlagt under skitse af anlæg.

Boligen XF
Måleperiode, 2008: 8. – 22. december
Soveværelse
Krybekælder
Stue
Køkken
V1 (ventilationsboring, ud)
V2 (ventilationsboring, ud)
V3 (ventilationsboring, ud)

Oversigt over målepunkter for ATD-rør samt måleperiode ved monitoringen i boligen XF

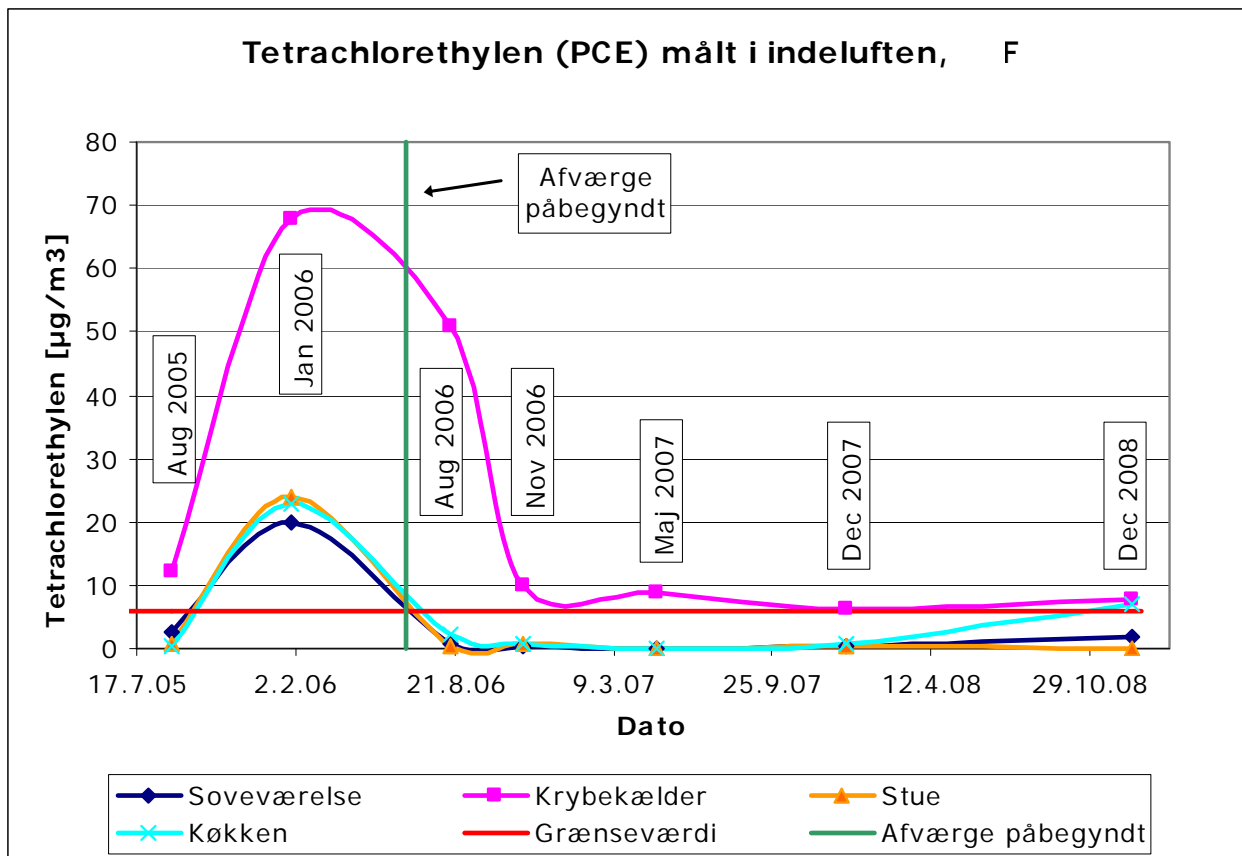
Nedenstående figur viser en graf over målingerne i de tre ventilationsboringer i boligen XF. Som det ses af figuren, observeres en svag stigning i forureningsniveauet fra december 2007 til december 2008 i V2 og V3, mens niveauet i V1 er konstant. Forureningskoncentrationen er dog fortsat langt under de niveauer, der observeres i boligerne XA og XC, og langt under de koncentrationer, der blev påvist i august 2006 kort efter afværgens opstart.



Stevneskovvej X F, PCE-koncentration målt i de tre ventilationsboringer V1, V2 og V3.

Nedenstående figur viser en graf over resultatet af den passive ventilering i boligen XF. Figuren viser, at forureningsniveauet er steget svagt fra december 2007 til december 2008. I krybekælder og køkken måles i december 2008 værdier på henholdsvis 7,6 og 7,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket er en lille overskridelse af Miljøstyrelsens kvalitetskriterium på 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Forureningskoncentrationerne må dog siges at ligge på samme niveau som ved monitoringen i december 2007. Målingerne i soveværelse og stue viser fortsat et forureningsniveau under miljøstyrelsens grænseværdi. Der er

ikke umiddelbart nogen forklaring på stigningen i forureningsindholdet for målingen i køkkenet. Fremtidige monitoringer i 2009 vil afklare, om det er en permanent stigning, eller om der er tale om et enkeltstående tilfælde.



PCE forureningen i indeluften i boligen XF.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Resultater af den passive ventilering i de tre boliger Stevneshovvej XA, XC og XF viser, at det, med undtagelse af nogle enkelte meget meget beskedne overskridelser, er lykkedes at nedbringe forureningskoncentrationerne i boligerne til under Miljøstyrelsens kvalitetskriterium på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Økonomi:

Omkostninger for etablering og drift af passiv ventilering på Stevneshovvej XA, XC og XF angivet i DKK, excl. moms.

Etablering af afværge i XF: 100.000

Etablering af afværge X A og XC: 210.000 (inkl. dokumentationsrapport)

Ca. årlige driftsudgifter alt inkl.: 120.000 (inkl. rapportering)

#### Konklusion:

Det etablerede anlæg i de tre boliger har virket fint, og der er opnået den ønskede effekt og dermed sikring af indeklimaet i de tre boliger. Det var dog forventet, at koncentrationerne i de tre ventilationsboringer i de tre anlæg ville falde med tiden, og ikke stige som det er tilfældet for ventilationsboringerne på Stevneskovvej XA og XC. Dette har medført en beslutning om at indsætte et kulfilter på anlægget, så luften renses før udledning til det fri. Grundet forventet tryktab over kulfilteret er det valgt at gøre ventilationen aktiv i forbindelse med etableringen af kulfilter.

#### Referenceliste:

- /1/ Fyns Amt. Supplerende forureningsundersøgelser på Stevneskovvej X A-F. Rapport udarbejdet af Rambøll, 2005.
- /2/ Fyns Amt. Afværgeforslag i forhold til sikring af indeklima, Stevneskovvej X, Svendborg. Notat udarbejdet af Rambøll, 22. marts 2006.
- /3/ Fyns Amt. Beskrivelse af afværgeløsninger i forhold til sikring af indeklima, Stevneskovvej X, Svendborg. Notat udarbejdet af Rambøll, 24. april 2006.
- /4/ Fyns amt. Status for afværgeforanstaltningerne på adressen Stevneskovvej XF, Svendborg. Rambøll, 9. januar 2007
- /5/ Fyns Amt. Beskrivelse af afværgeløsninger i forhold til sikring af indeklima, Stevneskovvej XA og XC, Svendborg. Notat udarbejdet af Rambøll, 23. marts 2007.
- /6/ Region Syddanmark. Stevneskovvej X, Svendborg. Samlet dokumentationsrapport for etablerede afværgeforanstaltninger. Rambøll, marts 2008.
- /7/ Region Syddanmark. Stevneskovvej X, Svendborg. Monitoringsrapport 2008. Rambøll, maj 2009.

Lokalitetens adresse:  Storegade Z 6670 Holsted	Bygherre: Ribe Amt  Region: Daværende Ribe Amt, nuværende Region Syddjylland
--	---

Beskrivelse af forureningssituation:

På lokaliteten har der i perioden 1978 - 1986 været renseri i Storegade X, A. Der er ved de udførte undersøgelser i 2000 påvist koncentrationsniveauer på op til 240.000 mg/m<sup>3</sup> tetrachlorethylen i poreluften under bebyggelsen. Forureningen har spredt sig under Storegade Y til Z.

Storegade Y: Påvist mellem 2,7 og 150 µg/m<sup>3</sup> i indeklima og mellem 1,0 og 70.000 µg/m<sup>3</sup> i poreluft under gulv.  
Storegade X, A: Påvist mellem 270 og 29.000 µg/m<sup>3</sup> i indeklima og 6.400.000 µg/m<sup>3</sup> i poreluft under gulv. Der er derudover påvist 11.000 mg/kg TS i en jordprøve 0,5 m u.t.  
Storegade Z: Påvist mellem 0,95 og 13 µg/m<sup>3</sup> i indeklima og mellem <0,43 og 33 µg/m<sup>3</sup> i poreluft under gulv.

Resultater for jord, vand og poreluft kan ses i vedlagte tegninger.

Reference: /1/, /2/ og /3/

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med afværgeforanstaltningerne er akut at afskære forureningen, der afdamper til indeklimaet fra jorden under bygningerne.

Byggetekniske forhold:

Storegade Y er opført i 1960.  
Storegade X er opført i 1898 med senere tilbygninger og ændringer. Seneste ændring er sket i 1988 (jf. [www.ois.dk](http://www.ois.dk)).  
Storegade Z er opført i 1905 (hovedbygning) med tilbygninger i 1960.

Ved de gennemførte undersøgelser er der foretaget en registrering af kælder og krybekælderarealer, gulvbelægninger etc. Tværsnit er vedlagt.

Ved undersøgelse af krybekældrene under Storegade Z og X, B blev følgende observeret:

- ”Gulv” i krybekældrene udgøres af sand og diverse fyldmaterialer.
- Fundamenter til bærende vægge i bygningerne er synlige i krybekældrene. Generelt er de udført af granitsten.
- Der er trægulve over krybekældrene. Trægulvenes bjælker understøttes af søjler udført i mursten.

- Det er muligt at komme ind i alle krybekældre via smalle passager i den bærende konstruktion. Dog er krybekælderen under Storegade X, A ikke inspiceret. Det antages, at forholdene er tilsvarende Storegade X, B og Z.
- Rørføringer er generelt ophængt under trægulvene. Enkelte rørføringer ligger på sandbunden.

Kælderarealet under Storegade Z har betongulv og etageadskillelsen udgøres af et trægulv, som er beklædt med gipsplader (ca. 0,5 cm tykke) eller pudset.

Kælderarealet under Storegade X, A har betongulv og etageadskillelsen udgøres af et trægulv, som er pudset.

Der er generelt truffet mellemkornet sand, stedvist gruset, til 2-3 m under terræn. Herunder er der truffet moræneler, der ikke er gennemboret i de udførte boringer, ca. 6 m under terræn. I 2 boringer er der truffet et interglacialt tørvelag.

Det terrænnære grundvandsspejl er den 16. oktober 2001 pejlet til at være beliggende 2-3 m under terræn. Der er tale om et sekundært vandspejl som følge af den lavpermeable leroverflade. Vandspejlet må således forventes at kunne være stærkt varierende, afhængig af årstid og nedbørsmængder.

Grundvandets strømningsretning vurderes at være syd til sydsydøstlig.

Efter afværgeforanstaltningerne er der lagt betondæk (mellem 0,1 og 0,3 m) i krybekældrene.

Reference: /3/

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Koncentration i kapillarbrydende lag: 6.400.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tetrachlorethylen ved hotspot i Storegade X, A.

Koncentration i indeklime: 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tetrachlorethylen i indeklime og 1.700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tetrachlorethylen i krybekælder.

Der er ikke foretaget indledende test i det kapillarbrydende lag.

Referencer: /1/, /2/, /3/

## Beskrivelse af anlæg:

Ved Storegade Y etableres ventilationsdræn under bygningen, der tilsluttes aktiv ventilering ved anvendelse af low flow vakuumpumpeanlæg (QC-standard).

Ved Storegade X bortgraves den stærkt forurenet jord i hotspot (kildereduktion). Derudover etableres ventilationsdræn under bygningen, der tilsluttes aktiv ventilering ved anvendelse af QC-standard-driftsenhed. Der udstøbes beton i krybekældrene for at effektivisere afskæringen mod beboelsen.

Ved Storegade Z etableres ventilationsdræn under bygningen, der tilsluttes passiv ventilering ved anvendelse af vindrotor. Der udstøbes beton i krybekældrene for effektivisering af afskæringen mod boligen.

### **Detaljeret beskrivelse**

Ventilationsdrænen er etableret ved retningsstyret underboring, hvor en mindre boreenhed er placeret i en pressegrube på ca. 1 x 1 x 1 m. Gennemføring af fundamenter er udført ved hulboring. Efter gennemboring og fremføring af borehoved (Ø150), er der påmonteret et forerør (Ø110/70), som er trukket med tilbage fra modtagergruben for beskyttelse af filterrør og sok. Herigennem er filterrøret trukket, og til sidst er forerøret trukket ud igen. Forerøret er anvendt for at sikre, at der ikke sker skader på filtersokken på drænrøret.

Der er anvendt en selvnedbrydende borevæske, således at gennemstrømmeligheden i jorden ikke er blevet forringet.

Drænene er generelt lagt med bagfald, dvs. fald væk fra driftsenhederne for at forhindre lunger og dermed, at der forekommer vandlommer umiddelbart inden pumperne.

Hovedparten af drænene er ført frem til de standardiserede driftsenheder (QC-standard), der består af vakuumpumpe, vandudskillere, kulfilter og måleudstyr i form af manometer og flowmåler. Efter de enkelte dræn har passeret måleudstyr, samles de i en manifold og ledes via aktiv kul til afkast.

Opgravet muldjord fra presse- og modtagergruber er ikke genindbygget. Der er udtaget en blandeprøve som dokumentation for, at jorden er ren.

### **Storegade Y**

Ved Storegade Y er der udført ca. 60 m ventilationsdræn, som slidsede Ø63 mm drænrør med filtersok.

Der er udført 2 dræn under Y, B, V12 - V13. Drænene er placeret under hensyntagen til kloakledninger mv. under bygningen. V13 er placeret 0,6 á 0,8 m under overside af gulvkonstruktion (m u.o.g.), mens V12 er placeret 0,5 á 0,6 m u.o.g. Drænene er ført frem til en driftsenhed P4, som er placeret på nordsiden af huset.

Der er udført 3 dræn under Y, C/D, V9 - V11, der ligeledes er placeret under hensyntagen til eksisterende kloakledninger mv. Drænene er placeret ca. 0,6 á 0,8 m u.o.g. Drænene er ført frem til driftsenheden P3 på vestsiden af bygningen.

Langs hele bygningen er det observeret, at denne er funderet på store kampesten. Det har derfor været nødvendigt at fjerne nogle af disse for at få borehovedet igennem.

Efter tilbagetrækningen af drænene er hullerne i fundamenterne på sydsiden af bygningen lukket med beton for at opnå en optimal effekt af drænene.

Der er endvidere udført kloakinspektion under bygningen inden etablering af dræn, idet eventuelle brud på kloakken vil kunne give vand i drænene. Inspektionen viste dog, at der ikke er større utætheder ved kloakrørene. Mindre utætheder ved samlinger kan dog ikke afvises, men vil næppe resultere i, at drænenes effektivitet påvirkes.

### **Storegade X**

Ved Storegade X er der udført ca. 52 m ventilationsdræn under krybekældrene. Drænene er udført som slidsede ø60/50 mm drænrør med filtersok.

Drænene V7 og V8 er udført fra kælderen, Storegade X, mens drænene V5 og V6 er udført fra pressegruber placeret ved sydsiden af nr. X.

Drænene V5 og V6 er lagt ca. 0,7 á 1,1 m u.o.g., mens drænene V7 og V8 er lagt 1,0 á 1,3 m u.o.g. Drænenes vertikale placering er bestemt under hensyntagen til opfyldningsniveauer i krybekældrene mv.

Drænene V5 – V6 er ført til driftsenheden P2, placeret ved det sydvestlige hjørne af huset, mens drænene V7 – V8 er ført til P1 placeret ved østsiden af bygningen.

Efter etablering af drænene er der udstøbt mellem 0,1 og 0,3 m beton i krybekældrene. Betonen skal mindske afdampningen op gennem gulve og maksimere drænenes effekt, dvs. sikre, at der kan etableres en nedadrettet luftstrømning fra krybekælder til dræn. En del af krybekælderen umiddelbart under tandklinikken er dog ikke udstøbt med beton, dels var denne sandfyldt, dels er der betongulv over krybekælderen.

Efter endt udstøbning af krybekælder er der opsat affugtere, der skal hindre, at overliggende trægulve tager skade.

Efter tilbagetrækningen af drænene er hullerne i fundamenterne på sydsiden af bygningen lukket med beton for at opnå en optimal effekt af drænene.

### **Storegade Z**

Ved Storegade Z er der udført ca. 40 m ventilationsdræn, som slidsede ø60/50 mm drænrør med filtersok. Drænene er udført samtidig med drænene under nr. X, dvs. eksempelvis er V1 og V5 udført i samme boring, hvorefter 2 adskilte drænslinger er trukket på plads. Drænene V1 - V4 er lagt ca. 1,0 á 1,2 m u.o.g. under hensyntagen til eksisterende forhold, herunder opfyldningsniveauer i krybekældrene.

Drænene er ført gennem væggene til de egentlige kælderrum, hvorfra de er samlet i ét rør og ført til vindrotor på taget af bygningen.

Krybekældrene er efterfølgende udstøbt med beton – dog med undtagelse af rum J, som var opfyldt med sand. Efter endt udstøbning er der opsat affugtere.

### **Opstart af ventilationsanlæg**

Samtlige dræn, der er ført til driftsenheder, er slamsuget den 8. januar 2002. Alle drænene er suget



tomme for vand mv. – der var dog ingen vand i V7 og V8. Ved påsætning af vakuum på drænene kunne det observeres, at der ved sug på ét dræn ligeledes kunne mærkes sug på de nærmest liggende dræn. Drænene har således den forventede effekt.

Efter slamsugning af samtlige dræn er disse koblet til driftsenhederne, og ventilationsanlæggene er opstartet den 4. januar 2002.

### **Retablering**

Efter udførelsen af afværgeprojektet er alle arealer retableret.

Udendørsarealer er generelt retableret som eksisterende.

Pumpesumpen i kælderen er retableret, og der er isat et lufttæt dæksel, således at der ikke kan trænge flygtige stoffer op gennem dette. Boring B7 er bibeholdt i kælderen for eventuel senere udtagning af vandprøver.

Ved Storegade Z er det aftalt med grundejeren, at vægge i kælderen ikke pudses op, ligesom fundamenter udvendigt ikke retableres yderligere.

Det er muligt at monitere gennem permanente poreluftmålepunkter udført til det kapillarbrydende lag. Derudover kan der monitoreres på drænledningerne.

Reference: /4/

## Skitse af anlæg:



## Drift og monitoring:

Der er monitoreret på indeklima, poreluft i de permanentere poreluftpunkter, afkast, tryk og flow fra drænrør.

Der er monitoreret i 2002, 2004 og 2005. Efter dette overtog Ribe Amt anlægget, og det vides ikke hvorledes monitoreringen er sket herefter.

Opsummering af monitoringerne kan ses i /5/.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

### *Sammenfatning indeluft*

I bygningen mod syd, Storegade Y, A-D, har der i perioden fra oktober 2001 til februar 2005 generelt været en reduktion i indholdet af PCE i indeklimaet, som en følge af det igangværende afværgeanlæg. Der ses generelt reduktioner i indholdet af PCE, således at afdampningskriteriet kan overholdes i disse boliger. Dog påvises der i Storegade Y, A fortsat en mindre overskridelse af afdampningskriteriet på seneste målinger, svarende til en overskridelse af afdampningskriteriet for PCE med en faktor 1,5. Gennemsnitskoncentrationen af 6 akkrediterede målinger efter idriftsættelse af afværgeanlægget er  $3,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvilket vurderes at være tilstrækkelig dokumentation for, at afdampningskriteriet gennemsnitligt er overholdt.

Ved forureningens centrum, Storegade X, A-B og Storegade X, 1. sal th. og tv., har der i perioden fra oktober 2001 til februar 2005 generelt været en væsentlig reduktion i indholdet af PCE i indeklima som følge af det igangværende afværgeanlæg. Det påviste indhold af PCE overskrider dog afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Afdampningskriteriet overskrides med op til en faktor 3,5 ud fra de seneste akkrediterede analyser.

I Storegade Z er der ligeledes påvist en reduktion i indholdet af PCE baseret på de akkrediterede målinger udført ved opstart i oktober 2001 og i februar 2005. Afdampningskriteriet har ikke været overskredet i denne bolig siden oktober 2001, baseret på de udført akkrediterede målinger.

### *Sammenfatning poreluft*

De udførte poreluftmålinger viser, at der fortsat er højere poreluftmålinger under gulv ved forureningens centrum under Storegade X, A og X, B. Der er således en overskridelse af Miljøstyrelsens risikovurderingsmodel under kælder- og krybekældergulvet i ejendommen. JAGG-beregninger viser ligeledes, at der teoretisk vurderes fortsat at være en påvirkning fra forureningen til indeklimaet i stueplan og på 1.sal.

Der er et varierende, men faldende koncentrationsniveau i poreluften under gulv. De varierende koncentrationsniveauer kunne tyde på, at QC-anlægget (lowflow-anlægget) har vanskeligt ved at skabe en tilstrækkelig barriere i forhold til den afdampning, der er fra den efterladte restforurening under kælderen af Storegade X, A og X, B. Ved at øge antallet af poreluftgennemstrømninger under gulv opnås en bedre nedbringelse af den akkumulerende poreluftforurening under gulv.

Dette afspejler sig også i de udførte indeluftmålinger udført i hele ejendommen ved Storegade X, hvor der ikke er tilstrækkelig reduktion af PCE i forhold til afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Poreluftkoncentrationerne under ejendommen Storegade Y, A-D viser et faldende indhold af PCE. Det vurderes, at QC-anlægget under denne ejendom har skabt en tilstrækkelig barriere i forhold til afdampningen fra restforurening, så anlægget hindrer en afdampning til indeklimaet i hele ejendommen. Dette afspejler sig i indeluftkoncentrationerne for PCE, idet der ikke kan påvises en overskridelse af afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dog er der i Y, A en mindre stigning i koncentrationsniveau, hvilket primært vurderes at skyldes bidrag gennem vægge og lignende. Idet denne ejendom er opbygget med gipsplade vægge, må der forventes en koncentrationsudligning i indeklimaet på tværs af lejlighederne.

## *Driftsenhederne*

### **Driftsenhed P1 og P2**

Driftsenhederne P1 og P2 er knyttet til ejendommen Storegade X, A-B. De målte koncentrationsniveauer i drænene (V7, V8, V5 og V6) er reduceret fra 4.300-6.200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i januar 2002 til 1.100-1.300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i driftsenhed P1 og P2. Gennemsnitskoncentrationen under bygning Storegade X, A-B vurderes at være på niveau med niveauet i drænstrengene på ca. 1.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Driftsenhed P3 og P4**

Driftsenhederne P3 og P4 er knyttet til ejendommen Storegade Y, A-D. De målte koncentrationsniveauer i drænene (V9, V11, V12 og V13) er reduceret fra op til 5.800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i januar 2002 til niveauer mellem 32-350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i nogle af drænene ved driftsenhed P3 og P4. Et enkelt dræn adskiller sig (V10), hvor der er påvist op til 9.100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved anlæggets opstart, og hvor der fortsat påvises 6.300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved seneste monitorering. Det tyder på, at dette dræn har kontakt til jordforurening ved forureningens centrum i indkørslen og ved Storegade X, A-B.

Gennemsnitskoncentrationen under bygning Storegade Y, A-D vurderes at være på niveau med niveauet i gennemsnitsniveauet i drænstrengene på ca. 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dog adskiller V10 sig i dette dræn ved at have et væsentlig højere koncentrationsniveau.

Der observeres fortsat kondensvandsdannelse i drænene, hvilket tilskrives de intakte jordlags indhold af silt.

Ud fra de målte poreluftkoncentrationer og indeluftkoncentrationer vurderes der at være etableret en tilstrækkelig barriere ved drift af anlæggene P3 og P4.

Ved drift af anlæggene P1 og P2 etableres der en barriere, og der vurderes at være en fortsat reduktion af koncentrationsniveauet. Den etablerede barriere er dog ikke tilstrækkelig til at nedbringe koncentrationen af PCE i indeluften i stueplan til et niveau omkring afdampningskriteriet.

Dette kan skyldes,

- at der er efterladt væsentlig mere restforurening under kældergulv end antaget efter etablering af afværgeanlægget
- at det højtliggende grundvand også giver et bidrag til indeklimaet
- at der foregår en transport gennem fundamenter og op gennem husets vægge til indeklimaet i stueplan

For at nedsætte koncentrationsniveauet ved Storegade X, A og X, B vurderes der at være behov for at øge det antal gange, jordens porer gennemstrømmes med luft.

Dette kan gøres ved at koble yderligere en membranpumpe på de to anlæg P1 og P2, eller der kan tilkobles en slamsuger, som ad hoc øger gennemstrømningen af det forurenede poreluftvolumen.

### Afkast

Der er i februar 2005 i afkastene på anlæggene ikke målt indhold af PCE over  $0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . På baggrund heraf er der ikke tegn på gennembrud, og det vurderes derfor, at kullene pt. stadig er funktionsdygtige.

Reference: /5/

### Økonomi:

Økonomien alt incl.: DKK 795.000

### Konklusion:

Der vurderes at være en god effekt af det etablerede afværgeanlæg på dele af arealet ved Storegade Y, A - Storegade Z.

Der vurderes at være opnået en god barriereeffekt ved ejendommen Y, A-Y, D.

Ved forureningens centrum Storegade X, A-X, B vurderes der ikke at være opnået en tilstrækkelig reduktion af de målte poreluft- og indeluftkoncentrationer. Der vurderes at være en barriereeffekt af afværgeanlægget, men barrieren er ikke tilstrækkelig til at hindre afdampning op gennem bygningen til boligerne i stueplan og på 1. sal.

Der kan være tale om, at de væsentligste transportveje til stueplan og 1. sal er gennem vægge og fundamenter af dårlig beskaffenhed, der har direkte kontakt til restforureningen i jord og grundvand eller afdampning fra grundvand, der stiger op i væggene ved kapillarkræfter, eller at den restforurening, der er efterladt under bygningen, er væsentlig mere omfattende end antaget, og at grundvandets naturlige fluktuationer bevirker, at restforureningen lejlighedsvis fritlægges, og at der dermed skabes en større umættet zone, og øget afdampning.

### Referenceliste:

- /1/ Kortlægningsundersøgelse ved renseri T.S. Jeppesen, matr. nr. 10aq, Sdr. Holsted by, Storegade X, Holsted. Lok. nr. 56978002. Rambøll, september 2000.
- /2/ Supplerende indeklimamålinger i forbindelse med kortlægningsundersøgelse ved renseri T.S. Jeppesen, matr. nr. 10aq, Sdr. Holsted by, Storegade X, Holsted. Lok. nr. 56978002. Rambøll, november 2000.
- /3/ Storegade Y-Z, Holsted – Supplerende undersøgelser og afværgestrategi. Carl Bro, oktober 2001.

/4/ Gennemførte afværgesforanstaltninger – Storegade Y-Z, Holsted. Carl Bro, maj 2002.

/5/ Resultater af monitoringsrunde februar 2005. Grøntmij | Carl Bro, 2005.

Lokalitetens adresse:  Søndergade, 4130 Viby Sjælland	Bygherre: Region Sjælland  Region: Sjælland
---	---

Beskrivelse af forureningssituation:

På ejendommen Søndergade i Viby Sjælland, er der ved tidligere gennemførte forureningsundersøgelser, jf. /1-6/, konstateret en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler (primært tetrachlorethylen, PCE) af jord, poreluft og sekundært grundvand. Forureningen vurderes at stamme fra driften af et renseri i perioden fra 1967-1985.

Som konsekvens af forureningen er der konstateret overskridelse af Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE i indeklimaet i beboelsen. Der er således målt indhold i indeluften op til 11 µg/m<sup>3</sup>.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med etablering af anlægget med passiv ventilation er væsentligt at reducere transporten af forurenede poreluft med chlorerede opløsningsmidler fra jorden under bygningen til indeluften i bygningen.

Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.

Byggetekniske forhold /5/:

Der er den 18. august 2006 gennemført en byggeteknisk gennemgang med henblik på at vurdere muligheden for at nedsætte afdampning af chlorerede opløsningsmidler fra jorden til boligen /5/.

Generelt

Ejendommen er opført ca. 1912, med senere tilbygning af en havestue med overliggende altan. Karnappartiet mod gaden er ligeledes en senere tilbygning.

Bygningen er forsynet med et baghus, som oprindeligt har været vaskehus m.m., og som nu indeholder bad og fyrrum. Der er udført en overdækning langs baghusets ene side, mod haven. Bygningens facader er murede med puds og maling og bygningens sokler er udført i beton. Desuden er der gennemføring for afløb fra køkken samt varme- og vandinstallation fra baghuset. Der er etableret krybekælder under hele bygningen, inklusive havestue-tilbygningen. Der er dog ikke krybekælder under baghuset.

Indvendige skillevægge er murede og murværk er ført helt til jord.

I stuen mod Sdr. Gade er der placeret et stort støbt fundament, antagelig for tidligere renserimaskine. Fundamentet er udstøbt i beton, med "vægge" af mursten.

### Igangværende renovering

Der pågår på nuværende tidspunkt (august 2006) en større renovering af ejendommen. Renoveringen omfatter bl.a. optagning af alle gulve i stueetagen, og krybekælderen var ved besigtigelsen således blotlagt over alt, undtagen i køkken og entré.

Det er ejers plan, at krybekældre nedlægges i hele stueetagen, og erstattes med nye støbte terrændæk på polystyrenisolering og afretningslag af grus. Der indlægges gulvvarme i de nye dæk. Installationer for varme, vand og afløb udskiftes over alt, og føres i jorden under terrændækket. Baghuset vil fremover ikke indeholde opholdsrum, men stadig bad og fyrrum. Det nuværende badeværelse renoveres. Fyrrum bibeholdes stort set uændret. Overdækningen langs baghusets haveside fjernes.

Dørhullet i baghuset mod indkørslen opmures / blændes.

### Krybekælder

Krybekælderens højde har været ca. 55 cm i stue og entré, og er ca. 45 cm i køkken. Bjælkelaget understøttes af punktfundamenter af mursten, og har vederlag i sokler og tværgående skillerumsfundamenter.

Der er desuden et tværgående fundament for den oprindelige gavl mod haven. Gavlen er fjernet i forbindelse med etablering af havestuen, men fundamentet er bevaret.

Krybekælderen har været ventileret med udluftningsriste i soklen. Der er placeret 2 riste på gadeside, men ristene er delvist lukkede. På haveside er der placeret en udluftningsrist ved siden af afløbsgennemføring fra køkken. Eventuelle andre udluftningsriste er ikke observeret. Havesiden var ikke tilgængelig pga. oplag af byggematerialer.

Ventileringen har været mangelfuld, og endvidere forværret af de tværgående fundamenter for skillerum og den tidligere gavl ved havestuen.

### Sokler

Sokler ved ydervægge er udført i beton, støbt mod forskalling ind mod krybekælderen. Soklerne fremstår derfor med relativt jævne og rette overflader.

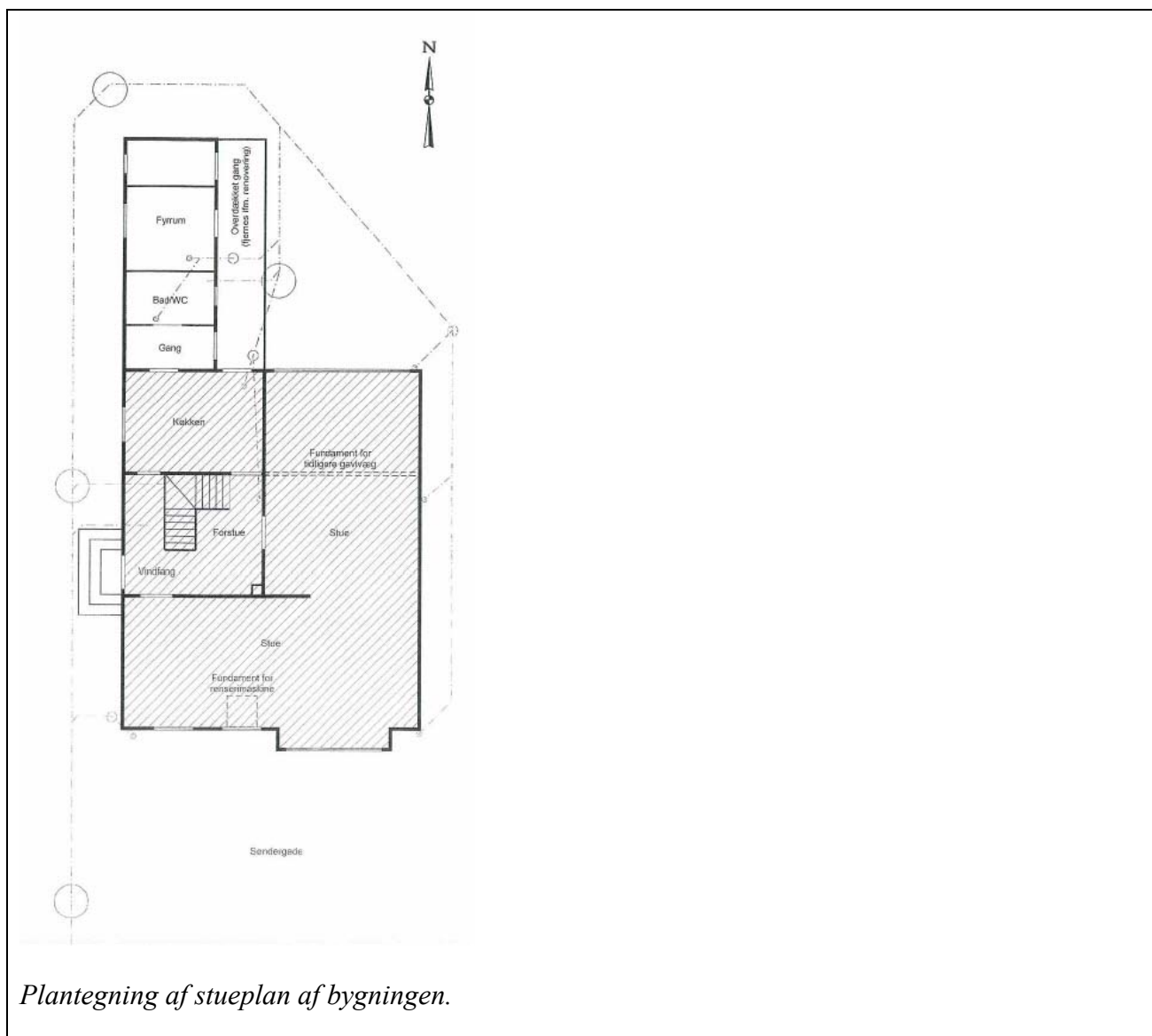
Der ses ingen særlige afskalninger eller forvittringer af betonen. Dog er der enkelte sætningsrevner. Sokler i krybekælder under entré og køkken er ikke besigtiget.

### Baghus, terrændæk

Baghuset er udført med støbt terrændæk. Alderen taget i betragtning, må det antages, at betonlaget er udstøbt direkte på jord, og af en tykkelse på 8-10 cm. Betonkvaliteten er antagelig ikke særlig god.

I gangarealet lige ud for køkkenet er betongulvet malet. Der ses revne ved støbeskel ved døråbning. I bad er gulvbelægningen fliser. I fyrrum er gulvbelægningen mosaikstifter, og der er et parti med fritlagt beton. Gennemføringer for installationer og gulvafløb vurderes ikke at være tætte. I det overdækkede areal langs baghuset er belægningen havefliser.





#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er udført målinger af forureningskoncentrationerne under gulv inden etablering af anlæg /1,2,3,4/.

Der er ikke gennemført ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.

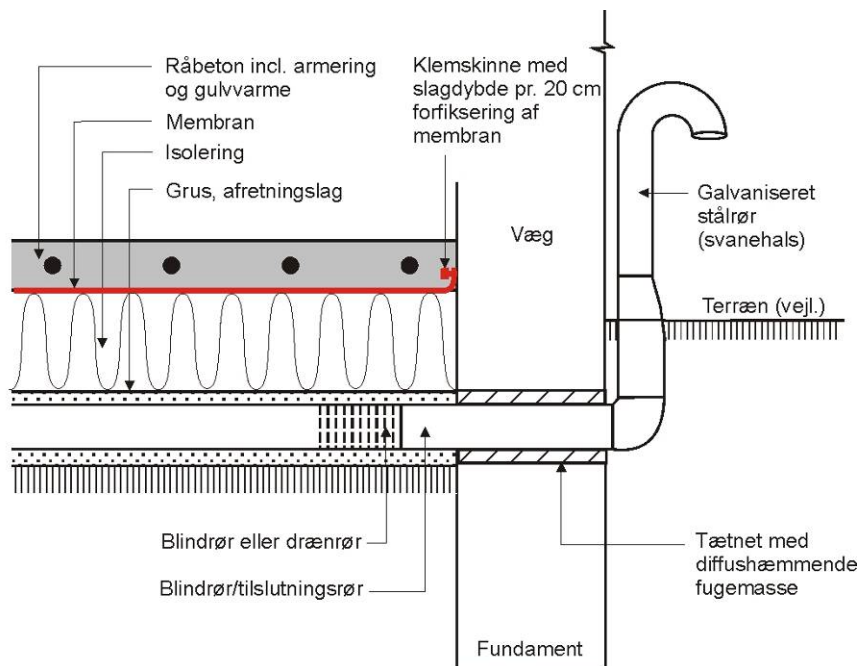
#### Beskrivelse af anlæg /6/:

Etableringen af byggetekniske afværgetiltag blev gennemført i september og oktober 2006. På tidspunktet for etableringen var grundejer i gang med en større renovering af ejendommen, der bl.a. omfattede, at den eksisterende krybekælder skulle sløjfes og erstattes af et nyt støbt terrændæk i hele bygningens stueplan, bortset fra baghuset.

Grundejeren forestod derfor selv opbrydning og bortskaffelse af eksisterende gulve, udlægning af

grus-/afretningslag, isolering og udstøbning af beton.

Gulvkonstruktionen blev opbygget som støbt betongulv med indbygget diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran og et underliggende kapillarbrydende lag med et ventilationssystem for passiv ventilering. En principtegning for opbygningen af gulvkonstruktionen fremgår af nedenstående figur.



### Ventilationssystem

I forbindelse med udlægning af grus-/afretningslag forestod entreprenørfirmaet Arkil Miljøteknik udlægning af et ventilationssystem i det kapillarbrydende lag, gennemboring af indvendige og udvendige fundamenter for rørgennemføringer samt opsætning af udvendige svanehalse.

Ventilationssystemet, der blev etableret, består af et drænsystem af henholdsvis PE-drænrør  $\varnothing 63$  mm og PE-blindrør  $\varnothing 63$  mm. Ventilationsrørene blev ført gennem fundamenter til udvendige svanehalse af galvaniseret stål.

Ventilationssystemet blev etableret ud fra det princip, at den trykforskel, der dannes på modstående facader af en bygning som følge af vindpåvirkning, vil drive ventileringen. Systemet er dog ligeledes etableret således, at der på et senere tidspunkt kan etableres aktivt sug i en del af drænledningerne for derved at øge luftudskiftningen i det kapillarbrydende lag, hvis det skønnes nødvendigt.

Aktivt sug kan etableres ved at føre afkastrøret op udvendigt langs huset og afslutte det over taget med en vindreven ventilator (aftrækshætte). Viser det sig, at forholdene ikke er gunstige for ventilation med ventilationshætte, kan en elektrisk ventilator desuden relativt nemt og billigt monteres til systemet.

### Diffusionshæmmende membran

Mellem isoleringen af polystyren og betongulvet blev der udlagt en diffusionshæmmende og



### Drift og monitorering /7,8/:

Driften af anlægget er opstartet umiddelbart efter anlæggets etablering i oktober 2006. Efter etablering af de byggetekniske afværgeforanstaltninger er der i marts, juni og august 2008 samt i februar og marts 2009 gennemført en monitorering for at belyse effekten.

I forbindelse med monitoreringen er der gennemført indeklimamålinger og målinger af luften under gulv.

#### Indeklimamålinger

Resultaterne af de gennemførte indeklimamålinger fremgår af nedenstående tabel. Da det alene er PCE, der er påvist over kvalitetskriteriet for luft ved de tidligere indeklimamålinger, er kun PCE-indholdet angivet i tabellen.

I tabellen er desuden vist indholdet af PCE i indeluften i ophængningspunkterne ved de tidligere gennemførte målinger inden etablering af de byggetekniske afværgeforanstaltninger samt ved monitoreringen efter etablering af de byggetekniske afværgeforanstaltninger.

Opsætning	Nedtagning	Punkt 1 (Ude ref.)	Punkt 2 (Stue)	Punkt 3 (Køkken)	Punkt 4 (Renseri/ soveværelse)	Punkt 6 (Tilbygning)
17/6-2002	4/7-2002	<0,11	2,7	2,8	1,4	i.m.
11/4-2005	18/4-2005	<0,30	4,8	5,0	3,9	i.m.
24/11-2005	1/12-2005	1,6	<b>11,0</b>	<b>11,0</b>	1,6	i.m.
10/3-2008	25/3-2008	<0,10	2,0	<b>7,9</b>	2,3	<b>6,9</b>
4/6-2008	18/6-2008	<0,10	<b>65</b>	<b>72</b>	<b>82</b>	<b>120</b>
24/7-2008	7/8-2008	<0,10	2,8	2,6	<b>9,7</b>	3,9
2/2-2009	16/2-2009	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
16/3-2009	30/3-2009	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

i.m.: ikke målt

**fed:** overskridelse af kvalitetskriterium for PCE på 6 µg/m<sup>3</sup>

Raster: målinger før afværge

#### *Tabel Indeklimamålinger. Indhold af PCE µg/m<sup>3</sup>*

Som det fremgår af tabellen, er der før etablering af de byggetekniske afværgeforanstaltninger påvist en overskridelse af luftkvalitetskriteriet for PCE på 6 µg/m<sup>3</sup> i stue og køkken.

Efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger i efteråret 2006 ses ved indeklimamålinger i marts 2008 stadig en mindre overskridelse af kvalitetskriteriet for PCE i 2 af punkterne (køkken og tilbygning).

Målingerne er gentaget i juni 2008. Ved målingerne i juni 2008 ses en markant stigning i koncentrationen af PCE i indeluften med op til en faktor 35 i alle 4 punkter. I alle 4 punkter ses således en betydelig overskridelse af kvalitetskriteriet på 6 µg/m<sup>3</sup> med op til en faktor 20.

På den baggrund er mulige fejlkilder til indeklimamålingerne i juni 2008 efterfølgende undersøgt. Det er imidlertid ikke lykkedes at identificere mulige fejlkilder. Ved målingerne i juli/august 2008,

er der påvist koncentrationer af PCE i indeluften på niveau med de tidligere målinger (målinger juni 2008 undtaget). Således er der alene ved målingen i punkt 4 (renseri/soveværelse) påvist en mindre overskridelse af luftkvalitetskriteriet for PCE på 6 µg/m<sup>3</sup>.

Ved de seneste målinger i februar og marts 2009 er der i modsætning til ved de tidligere målinger ikke påvist chlorerede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i nogle af ophængningspunkterne. Grundejer har oplyst, at der under målingerne i februar 2009 dagligt er gennemført en betydelig udluftning i 15 - 60 minutter. Grundejer er derfor forud for målingerne i marts 2009 blevet informeret om kun at udlufte i normalt omfang.

#### Luftmålinger under gulv af hovedbygning

For at vurdere koncentrationsniveauet af chlorerede opløsningsmidler under gulvet af hovedbygningen er der udtaget luftprøver fra svanehalsene, der er tilsluttet drænsystemet i det kapillarbrydende lag under gulvet. Luftprøverne er udtaget som punktmålinger på kulrør, der er sendt til akkrediteret analyse. Inden udtagning af luftprøverne er drænsystemet renpumpet. Luften fra svanehalsene forudsættes således at repræsentere luften under gulv af hovedbygningen under drift af anlægget med passiv ventilation. Resultatet af luftprøverne er imidlertid et gennemsnit af den luft/koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler, der findes langs drænene. Resultatet af luftprøverne må derfor forventes at kunne afspejle betydelige variationer i koncentrationen af chlorerede opløsningsmidler langs drænene.

Resultaterne af luftprøverne udtaget i juli 2008 samt februar og marts 2009 er gengivet i nedenstående tabel.

Pkt.	Tidspunkt	Rør	Chloroform	1,1,1-TCA	TCM	TCE	PCE
			µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Svanehals 1	24/7 2008	Kulrør	2,4	<1,0	<1,0	<1,0	<b>67</b>
	2/2 2009	Kulrør	5,3	1,4	<1,0	<b>5,1</b>	<b>230</b>
	16/3 2009	Kulrør	6,1	<1,0	<1,0	<1,0	<b>14</b>
Svanehals 2	24/7 2008	Kulrør	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<b>12</b>
	2/2 2009	Kulrør	<1,0	5,0	<1,0	<b>3,4</b>	3
	16/3 2009	Kulrør	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<b>12</b>
Svanehals 3	24/7 2008	Kulrør	4,9	<1,0	<1,0	<1,0	<b>140</b>
	2/2 2009	Kulrør	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<b>51</b>
	16/3 2009	Kulrør	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<b>11</b>
Kvalitetskriterium for luft			20	500	5	1	6

Fed: overskridelse af kvalitetskriterium for luft

#### *Tabel Chlorerede opløsningsmidler i luft under gulv i hovedbygning*

Af tabellen fremgår det, at der er ved målingerne er en betydelig variation i koncentrationen af PCE i luften fra hhv. svanehals 1, 2 og 3.

Der er således ikke noget entydigt billede af koncentrationsfordelingen af PCE i det kapillarbrydende lag, da koncentrationen i svanehalsene varierer mellem målerunderne.

Det skal i den forbindelse bemærkes, at det ikke er usædvanligt at observere betydelige variationer i koncentrationen af forureningskomponenter selv inden for små afstande i homogene kapillarbrydende lag.

Ved de sidste målinger i marts 2009 er der ikke påvist koncentrationer af PCE over  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i de 3 svanehalse. Ved de tidligere målinger er der i svanehals 1 og 3 påvist koncentrationer af PCE på op til hhv. 230 og  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger viser indeklimamålinger indhold af PCE i indeluften i hoved- og tilbygningen på Søndergade lige omkring kvalitetskriteriet for luft på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (målinger juni 2008 undtaget). Således viser nogle af målingerne indhold lige over kvalitetskriteriet, mens andre viser indhold lige under kvalitetskriteriet.

Ved de seneste 2 monitoringsrunder i februar og marts 2009 er der imidlertid ikke påvist indhold af PCE over detektionsgrænsen i hoved- og tilbygningen på Søndergade.

Økonomi:

Anlægsomkostning (entreprenør): DKK 70.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 30.000, excl. moms

Konklusion:

Efter etablering af passiv ventilation under bygningen fra svanehalse er det lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE til under afdampningskriteriet i indeluften i bygningen.

Det kan ikke udelukkes, at koncentrationsfaldet i indeluften kan hænge sammen med en reduceret afdampning til det kapillarbrydende lag fra den forurenede jord under bygningen.

Referenceliste:

- /1/ Roskilde Amt, Søndergade, Viby Sj. Kortlægnings-undersøgelse, Dansk Miljørådgivning A/S, Maj 2003.
- /2/ Roskilde Amt, Notat over indeklimaundersøgelse, Dansk Miljørådgivning A/S, Juli 2003.
- /3/ Roskilde Amt, Søndergade, Viby Sj., Værditabssag, Supplerende undersøgelser, Erik K. Jørgensen A/S, Oktober 2005.
- /4/ Roskilde Amt, Søndergade, Viby Sj., Supplerende undersøgelser, Erik K. Jørgensen A/S, Maj 2006.

- /5/ Roskilde Amt, Sdr. Gade Viby Sj., Ramsø Kommune, Afværgeforanstaltninger, Notat vedr. skitsering af afværgedesign, NIRAS A/S, August 2006
- /6/ Roskilde Amt, Søndergade Viby Sjælland, Notat vedr. etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger, NIRAS A/S, 31. januar 2008
- /7/ Region Sjælland, Søndergade Viby Sjælland, Notat vedr. monitoring efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger, NIRAS A/S, 18. november 2008
- /8/ Region Sjælland, Søndergade Viby Sjælland, Notat vedr. monitoring i februar og marts 2009 efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger, NIRAS A/S, 21. april 2009

Lokalitetens adresse:  Søndergade, Toftlund	Bygherre: Daværende Sønderjyllands Amt  Region: Syddanmark
---	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Resultater af tidligere gennemførte forureningsundersøgelser viser, at driften af rensriet på Søndergade har medført en forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE (tetrachlorethylen). Forureningen er påvist i både jord, poreluft, terrænnært grundvand og det øvre grundvandsmagasin.</p> <p>Det vurderes, at forureningen kan udgøre en sundhedsmæssig risiko for indeklimaet i boligen. Det vurderes endvidere, at der kun er en meget lille risiko for, at forureningen vil spredes til dybereliggende primære grundvandsmagasiner, hvorfra der foregår vandindvinding.</p> <p>Forureningens kildeområde er afgrænset til et ca. 90 m<sup>2</sup> stort område under og omkring det nordvestlige hjørne af den tidligere rensribygning. Forureningen er spredt med terrænnært grundvand i en betydelig afstand nedstrøms (nordøst) for Søndergade.</p> <p>I boringer udført under den vestlige ende af den tidligere rensribygning er der i et muldlag 0,8-1,3 m under gulvniveau påvist indhold af PCE på op til 79 mg/kg TS. Herunder aftager forureningsintensiteten hurtigt. I 3,2 meters dybde er indholdet af PCE således kun 1,8 mg/kg TS.</p> <p>I større dybder (4 - 8 m under gulvniveau i den tidligere rensribygningen) er der dog atter påvist stigende indhold af PCE i jorden – op til 35 mg/kg TS.</p> <p>I boringer udført udenfor den tidligere rensribygning nordvestlige hjørne er de højeste forureningskoncentrationer registreret fra ca. 3,5 - 14 meters dybde. Her er der påvist indhold af PCE i koncentrationer på 180 mg/kg TS 5,5 m u.t. og 8,4 mg/kg TS 14 m u.t. Jordbundsforholdene (moræneler med et varierende indhold af sandstriber og -linser) betyder, at der selv over korte afstande må forventes at være store variationer i jordens indhold af chlorerede opløsningsmidler.</p> <p>Det vurderes, at forureningen i jorden umiddelbart under gulvet i den tidligere rensribygning skyldes spild fra rensmaskinen og aktiviteter i selve rensribygningen. Forureningen vurderedes overvejende at være sorberet i muldlaget 0,8-1,3 m under gulvet. Den dybereliggende forurening under og udenfor den tidligere rensribygning vurderes derimod at hidrøre fra udsivning fra en utæt kloak samt spild på jordoverfladen og evt. nedgravet rensriaaffald ved det nordvestlige hjørne af den tidligere rensribygning.</p>
---



#### Formål med etablering af anlæg:

Afskæring af indsivning fra restforurening under den gamle renseribygning og op mod dele af beboelsen, for sikring af indeklima. Anlægget er udlagt som passivt udluftningsanlæg, der dels er lagt under ny gulvkonstruktion i den del af bygningen, der tidligere var renseri.

#### Byggetekniske forhold:

I en del af bygningerne på ejendommen har der i en periode indtil ca. 1970 været drevet renseri. Driften af renseriet har medført en forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært PCE (tetrachlorethylen). Forureningen er påvist i både jord, poreluft, terrænnært grundvand og det øvre primære grundvand 25 m under Søndergade.

Ejendommen er beliggende i et område med almindelige drikkevandsinteresser, hvorfra Toftlund Vandværk indvinder. I ejendommen er der konstateret forhøjede indeluftkoncentrationer af primært PCE.

#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Dimensioneringsgrundlaget baseres på vurdering af forureningsomfang og kildestyrkervurdering fra forundersøgelser i 1999 og supplerende forureningsundersøgelser med henblik på specifik afværgelse i 2002.

Forureningens kildeområde er afgrænset til et ca. 90 m<sup>2</sup> stort område under og omkring det nordvestlige hjørne af den tidligere renseribygning. Forureningen er spredt med terrænnært grundvand i en betydelig afstand nedstrøms (nordøst) for Søndergade.

I boringer udført under den vestlige ende af den tidligere renseribygning er der i et muldrag 0,8-1,3 m under gulvniveau påvist indhold af PCE på op til 79 mg/kg TS. Herunder aftager forureningsintensiteten hurtigt. I 3,2 meters dybde er indholdet af PCE således kun 1,8 mg/kg TS.

I større dybder (4 - 8 m under gulvniveau i den tidligere renseribygning) er der dog atter påvist stigende indhold af PCE i jorden – op til 35 mg/kg TS.

I boringer udført udenfor den tidligere renseribygning nordvestlige hjørne, er de højeste forureningskoncentrationer registreret fra ca. 3,5 - 14 meters dybde. Her er der påvist indhold af PCE i koncentrationer på 180 mg/kg TS, 5,5 m u. t. og 8,4 mg/kg TS, 14 m u. t. Jordbundsforholdene (moræneler med et varierende indhold af sandstriber og -linser) betyder, at der selv over korte afstande må forventes at være store variationer i jordens indhold af chlorerede opløsningsmidler.

Der er ikke foretaget indledende ventilationstests mv., idet gulvet udskiftes.

Ud fra de registrerede fysiske forhold blev der valgt en afværgestrategi omfattende en kombineret opgravning og opboring af forurenede jord ned til ca. 9,0 m u. terræn i kildeområdet udenfor renseribygningen og opgravning af forurenede jord indtil ca. 1,5 m under gulv i selve renseribygningen.

Oprensningen udenfor bygningen suppleres med tilsætning af oxidationsmidlet kaliumpermanganat i indbygningsmaterialerne i den mættede zone. Formålet hermed er, at oxidationsmidlet vil reagere med og nedbryde den omkringliggende restforurening.

Der indbygges desuden en R.A.C membran i gulvkonstruktionen samt et passivt ventilationssystem under hele gulvfladen i renseriafsnittet. Sidstnævnte med henblik på, at der så vidt muligt ikke etableres mekaniske anlæg, der kræver aktiv drift.

Beskrivelse af anlæg:

### **Udluftningsanlægget**

Udluftningssystemet er udlagt som et passivt ventilationssystem. Systemet er forberedt på en evt. ombygning til aktiv udluftning, ved påmontering af eldreven ventilator.

Der er etableret et udluftningssystem bestående af hhv. 3 parallelle horisontale udluftningsdræn og 2 ventilationsdræn. Udluftningsdræne er benævnt U1-3 og ventilationsdræne V1-2.

Udluftnings- og ventilationsdræne under gulvfladen er udført dels som  $\varnothing$  63 mm slidsede PEH rør, dels i glatrør. Rørene er udlagt i undersiden af det kapillarbrydende lecalag. Hvert af de 3 udluftningsdræn er ført enkeltvis gennem soklen, mens de 2 ventilationsdræn er samlet i et fælles rør indenfor soklen. Sokkelgennemføringerne er udført som tætte gennemføringer i forborede huller og tætning med gummiring, indstøbt i beton.

Glatrørene fra udluftningsdræne er samlet i fælles  $\varnothing$  75 mm PEH afgangsrør udenfor soklen og ført til en måle- og kontrolbrønd. I måle-kontrolbrønden er der monteret separat afspærringsventil samt prøvestuds (S1) for prøveudtagning og evt. flowmåling på afgangsrøret. I brønden er desuden monteret prøvestuds for en separat prøvesonde fra hvert af de 3 udluftningsdræn. Disse er benævnt PU1-3. Afgangsrøret er ført frem til det eksisterende  $\varnothing$  75 mm afkastør m. vindhætte, monteret på nordvesthjørnet af bygningen.

Afgangsrøret fra ventilationsdræne er ligeledes ført til brønden og påmonteret en afspærringsventil i denne. Røret er herfra ført videre til nyt  $\varnothing$  75 mm opføringsrør m. svane Hals, der er placeret i skel.

Systemet er udlagt som et passivt udluftningssystem. Ved vindpåvirkning af ventilationshætten eller ved solindfald på det lodrette afkastør genereres en luftbevægelse i dræne og luften ledes til afkast ca. 1 m over tagniveau på den tidligere renserybygning.

Der er udlagt 2 stk. 12 mm PEH poreluftsonder mellem udluftnings- og ventilationsdræne i det kapillarbrydende lag. Indtagene til sonderne er udlagt i niveau med overkant af udluftnings- og ventilationsdræne. Prøveudtag for hver sonde, benævnt hhv. P1 og P2, er placeret i måle- og kontrolbrønden.

Systemet er forberedt på en evt. ombygning til aktiv udluftning ved påmontering af eldreven ventilator i monitoringsbrønden.

### **Gulvkonstruktionen**

Gulvkonstruktionen er genopbygget, i omfang og dimensioner, som angivet i retningslinjerne i /5/, med den ændring, at isoleringsmaterialet Sundolitt samt Fibertex fiberdugen er erstattet med 50 + 75 mm Rockwool terræn bats. Skiftet i isoleringsmaterialet skyldtes, at Sundolitt ikke kunne give en endelig produktgaranti for materialets resistens overfor eventuelle større koncentrationer af chlorerede forbindelser.

Den aktuelle gulvopbygning er således følgende:

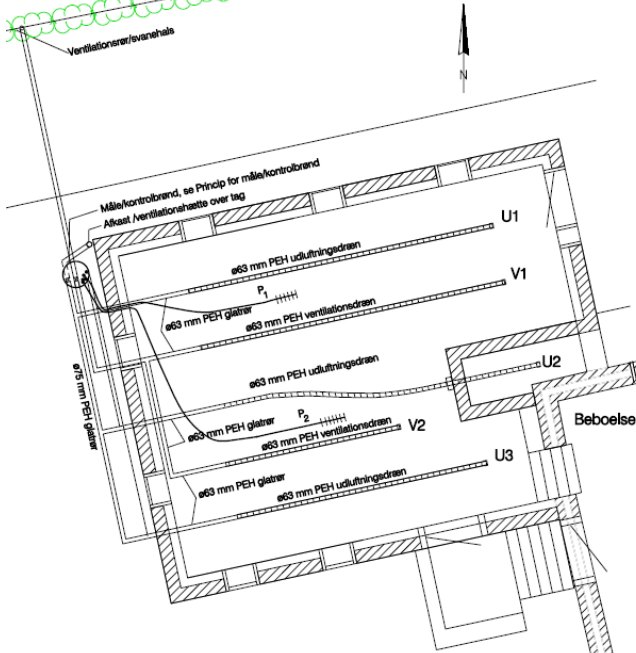
300 mm coatede lecanødder  
75 mm Rockwool terræn bats  
R.A.C. membran  
50 mm Rockwool terræn bats  
100 mm beton inkl. Rionet og membranstykke  
I baggang inkl. gulvvarmeslanger  
I legerum uden gulvvarmeslanger

Samme gulvopbygning som i legerum blev udført i det lille ekstra rum.

På grund af den aktuelle vægopbygning i både legerum og baggang viste der sig at være meget lidt plads for montering af R.A.C membranen på sokkelindersiden. Hæftningspunkterne for membran og membranstykket blev herefter sænket ca. 75 mm i forhold til oprindeligt niveau i de yderste ca. 50 cm mod fundamentet. Med ændringen reduceredes lagtykkelsen af den underliggende leca tilsvarende.

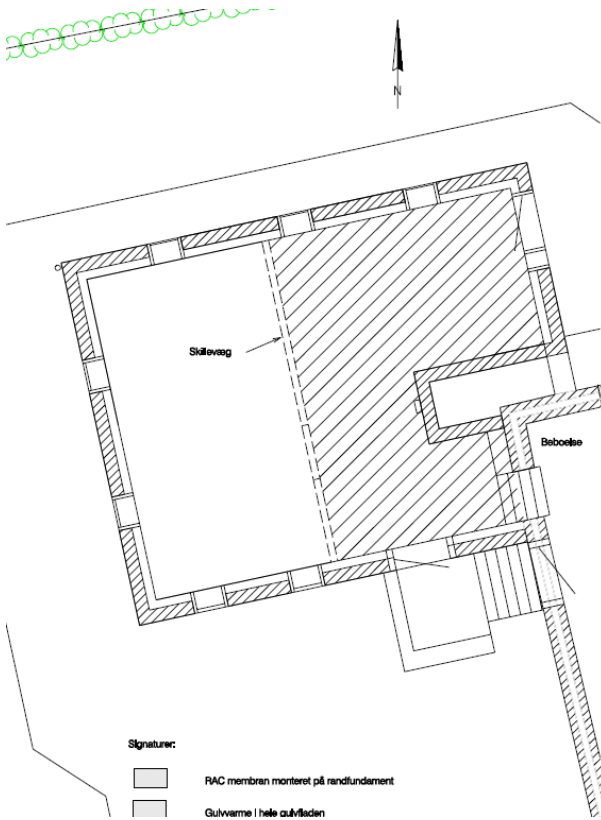
Hele fundamentsundersiden blev afrenset for jordrester mv. i forbindelse med fjernelsen af forurenede jord, og de områder på fundamentet, hvor membranens klemmelister skulle monteres, blev påført et plant pudslag for en plan hæftningsflade for klemmelister og membran.

# Skitse af anlæg:



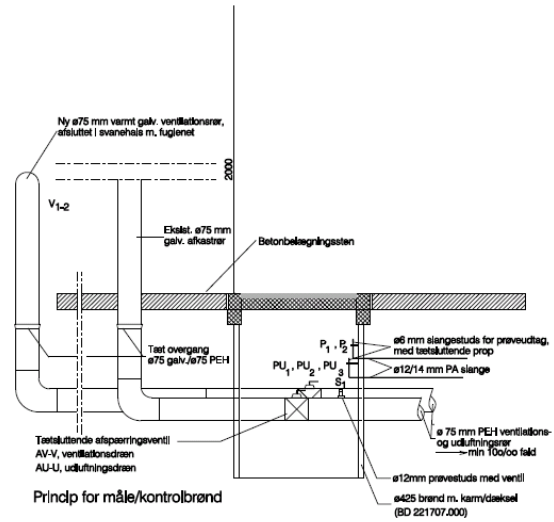
Signaturer:

- U = Udluftningsdræn
- V = Ventilationsdræn
- Pu = Prevedug, udluftningsdræn
- P = Prevedug, porelutsønder
- ||||| Porelutsønder under gulv (i kapillarbrudende lag)



Signaturer:

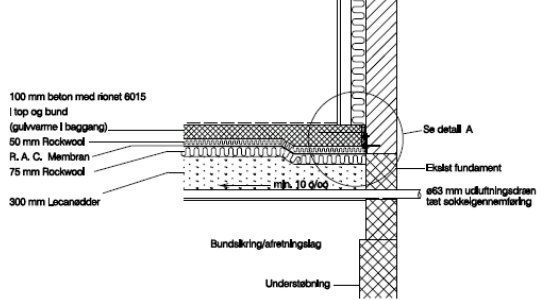
- RAC membran monteret på randfundament
- Gulvvarme i hele udluftsløbet



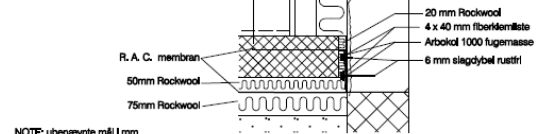
Princip for måle/kontrolbrønd

NOTE: ubenævnte mål i mm

## Princip for gulvpbygning og membran Mål 1:20



## Detail A Mål 1:10



NOTE: ubenævnte mål i mm

#### Drift og monitorering:

Udluftningssystemet var oprindeligt konstrueret til, under normal drift, at udføre kontinuert passiv ventilation af den øverste del af jordvolumenet og det kapillarbrydende lag under det nyetablerede gulv i den tidligere renseribygning, og kørte som passivt ventilationssystem frem til efteråret 2006. Indekonzentrationerne for PCE i beboelsen var dog generelt forhøjede i forhold til kravværdierne, hvorfor det blev besluttet at gøre systemet aktivt. Ventilationsdræn og udluftningsdræn kan afspærres ved brug af to afspærringsventiler (AV-V og AV-U) i måle- og reguleringsbrønden. Ved afspærring af ventilationsdræne fungerer udluftningssystemet udelukkende som sugedræn, og med begge ventiler åbne, er der adgang til atmosfærisk luft i ventilationsdræne under bygningen, således at der kan foregå et luftskifte med tilgang af atmosfærisk luft under gulv.

Udluftningsdræne blev i efteråret 2006 tilsluttet en membranpumpe for at skabe permanent undertryk under gulvet. Ændringerne bestod samlet af følgende elementer:

- Montering af membranpumpe af typen YP70, lev. ROTEK A/S.
- Montering af aktiv kulfilter med filterkapacitet på ca. 30 l.
- Montering af kondensatbeholder med samlet volumen på ca. 30 l.
- Nedtagning af det eksisterende lodrette afkastør med vindhætte på husgavlen. Opsætning af nyt afkastør med opslidsninger, afsluttet ca. 80 cm over terræn.

Sugesiden af pumpen er tilsluttet udluftningsrøret foran afspærringsventilen AU-U. Afgangen fra pumpen er ført til hhv. kondensatbeholderen, herefter kulfiltret og tilsluttet udluftningsrøret bag AU-U. Ventilen er sat i lukke position, således at der ikke forekommer kortslutning i udluftningsrøret mellem indtaget og afgang fra pumpen.

Prøveudtagningsstudsene for hhv. poreluft (P1 og P2) og de 3 udluftningsdræn (U1, U2 og U3) er bevaret og opsat på brøndsiden.

I forbindelse med opstarten af pumpedriften var der en del problemer med støj i det oprindelige afkastør og højtstående grundvand i bunden af brønden. Disse forhold blev udbedret, og pumpen har kørt i permanent drift siden starten af april 2007. I juni 2008 medførte driftsproblemer, at pumpen var ude af drift i ca. en måned. En ny Pumpe blev installeret. Inden monitoreringen den 19. august 2008 havde den nye Pumpe været i drift i 25 dage.

#### *Målepunkter, prøveudtag*

Prøveudtagningsstudsene for hhv. poreluft (P1 og P2) og de 3 udluftningsdræn PU1-3 (U1, U2 og U3) er benyttet gennem hele monitoringsperioden, først under den passive drift og efter 2006 i den aktive drift.

#### *Opstart og indkøring*

Systemet er opstartet primo 2002 og indkørt i april-maj 2002. Vedr. monitoringsprogram, se nedenstående.

#### **Monitoringsprogram, passivt anlæg**

Der er udtaget blandeprøve fra de to poreluftssonder (P1-2) under gulv samt blandeprøve fra udluftningsdræne (PU1-3). Prøverne er analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler.

Blandingsprøverne fra PU1-3 og P1-2 er udtaget ved opugning af ens luftvolumen fra hhv. hver

poreluftsonde og hvert udluftningsdræn. Luften er opsamlet på kulrør og analyseret ved gaskromatografi (GC/ECD) for indhold chlorerede opløsningsmidler.

Desuden er der registreret lufthastighed/flow i afkastrøret (S1) for vurdering af aktuell lufttransport i udluftningsdrænene. Flowmålingerne er suppleret med opsamlede vejrdata.

Der er ophængt 3 stk. ATD rør, hhv. 1 stk. i kælderen, 1 stk. i renseribygningens vestlige ende og 1 stk. i et af børneværelserne på 1. sal. ATD-rørene har hængt i sammenhængende 14 døgn i perioden 21.01 – 04.02.2004. Målinger er udført ved passiv opsamling.

Overordnet består programmet af følgende:

#### Aktivitet:

- Check af vindrotordrift.
- Check af ventilstillinger AV-V og AV-U. De var i åben position.
- Udtagning af poreluft, P1 - 2.
- Udtagning af prøve fra afkastluft, PU1 - 3.
- Ophængning og nedtagning af 3 stk. ATD rør, hhv. i renseribygningens kælder, tidl. legerum samt i værelse på 1. sal.
- Registrering af lufthastighed/flow i fælles afkastør fra udluftningsdrænene.

Ved overgangen til aktiv drift er vindobservationerne udgået af monitoringen.

#### **Monitering på grundvand**

Der er generelt udtaget vandprøver fra monitoringsboringer B1, B4 og B7 på grunden ved bygningen.

Vandprøverne er analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler inkl. nedbrydningsprodukter. I forbindelse med prøvetagningen er der registreret ledningsevne, pH, temperatur og iltindhold.

Da der ikke har været nogen farveindikation for indhold af kaliumpermanganat i vandprøverne for monitoringsrunden fra september 2005, er der ikke foretaget farvebestemmelse af vandprøverne i senere monitoringsrunder.

Foruden udtagning af grundvandsprøver er der foretaget pejling af grundvandsspejl i 3 (4) nærliggende kontrolboringer i området.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

#### **Poreluft og indeklima**

Nærværende monitoringsrunde er den tredje, der udføres efter afværgeren i 2002, og den anden efter at ventilationsanlægget blev gjort aktivt i april 2007.

#### **Poreluft under gulv:**

Indhold af trichlorethylen og tetrachlorethylen i poreluften under gulv ved såvel tidligere udførte poreluftmålinger som ved målingen i august 2008 er vist i nedenstående tabel.

Det skal bemærkes, at målingerne i perioden 2000-2007 er foretaget som blandingsprøver af poreluften fra poreluftsonde P1 og P2, mens målingerne i 2008 er udført som separate målinger på henholdsvis poreluftsonde P1 og P2. Resultaterne er derfor ikke direkte sammenlignelige.

Målepunkt	Måletidspunkt	Trichlorethylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tetrachlorethylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Under gulv i kælder	Februar 2000	128	2.400
Under gulv i tidligere renseri	Februar 2000	58	1.860
	Januar 2001	25	1.600
	2. maj 2001	88	4.000
	28. maj 2001	6,8	400
	Januar 2004	7,0	960
	September 2005	33	2.800
	Maj 2007	<0,25	<0,25
	August 2008	10-12 <sup>1</sup>	230-710 <sup>1</sup>

1) Poreluftprøverne er i 2008 udtaget som separate prøver fra henholdsvis poreluftsonde P1 og P2. Tidligere prøver blev udtaget som blandingsprøver fra de to poreluftsonder.

*Tabel 1: Indhold af trichlorethylen og tetrachlorethylen i poreluften under kældergulv og under gulv i tidligere renseribygning.*

De registrerede poreluftkoncentrationer under den tidligere renseribygning har varieret betydeligt over tiden. Indholdene frem til og med 2004 kan dog ikke sammenholdes entydigt, da prøvetagningssteder, metode mv. ikke var ens. Poreluftprøverne fra januar 2004, september 2005 og juni 2007 er derimod udtaget på samme sted og efter samme metode, således at de nu refererer til de samme omgivelser. Poreluftprøverne fra 2004 og 2005 er dog udtaget før ventilationsanlægget i april 2007 blev gjort aktivt.

Måleresultaterne fra september 2008 kan muligvis være påvirket af, at den aktive ventilation var stoppet en periode i juni-juli 2008, samt at megen nedbør i august måned (ca. dobbelt så meget som normalnedbøren i august) formentlig har medført en meget høj grundvandsstand på måletidspunktet.

#### **Ude- og indeluft**

I tabel 2 på næste side er resultaterne fra indeluftmålingerne ved de seneste 4 monitoringsrunder sammenholdt. Da der er anvendt samme målesteder for ATD-rørene, vurderes resultaterne på de enkelte målesteder derfor at være sammenlignelige med hensyn til den fysiske placering. Ændringen fra passiv til aktiv ventilation skete i april 2007.

Forhold som den aktuelle udluftning i bygningens rum, atmosfæriske forhold på måletidspunkterne mv. gør dog, at de registrerede koncentrationer kun må betragtes som retningsvisende.

Målepunkt	Målested	Indhold af PCE i $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Jan. 2004	Sept. 2005	Juni 2007	Aug. 2008
ATD 1	Kælderrum	36	35	6,7	1,7
ATD 2	Værelse i tidl. renseri	42	14	0,78	0,56
ATD 3	Værelse på 1. sal	16	12	1,2	0,73
ATD 4	Udeluft	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt	0,33

**Tabel 2:** Indhold af PCE i inde- og udeluft i perioden januar 2004 til august 2008.

Det fremgår af tabellen, at indeluftens indhold af PCE ved den seneste monitoring på alle tre målesteder i huset er det laveste, der er målt i perioden 2004-2008. Ved alle tre målesteder er indholdet af PCE lavere end afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for følsom arealanvendelse.

Det store fald i PCE-indholdet i indeluften fra september 2005 til juni 2007 vurderes i al væsentlighed at skyldes overgangen til aktiv udluftning under gulv.

Der er ved monitoringen i august 2008 konstateret indhold af PCE i poreluften og udluftningsdrænene under gulvet i den tidligere renseribygning på henholdsvis  $230-710 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $<0,25-4.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Indholdet af PCE i poreluften, ligger indenfor de niveauer, der er målt ved de seneste 3 monitoringsrunder. Resultaterne fra monitoringen i august 2008 kan muligvis være forhøjet på grund af et højt vandindhold i jorden og en formodet meget høj grundvandsstand på måletidspunktet.

Indeluftmålinger i august 2008 viser PCE-koncentrationer på  $0,56 - 0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i den tidligere renseribygning, mens der i kælderafsnittet blev påvist et indhold på  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Den seneste monitoringsrunde viser således en entydig reduktion i indeluftens indhold af chlorerede opløsningsmidler i forhold til tidligere indeluftmålinger. I samtlige målepunkter er indeluftens indhold af PCE mindre end afdampningskriteriet på  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for følsom arealanvendelse.

Årsagen hertil vurderes overvejende at skyldes igangsætningen af den aktive udluftning af det kapillarbrydende lag i april 2007. Andre fysiske forhold som udluftningsrutiner mv. kan også påvirke ændringerne i koncentrationsniveauet. For specielt den tidligere renseribygning er faldet i koncentrationen af PCE i indeluften efter april 2007 så markant, at der vurderes at være en sammenhæng med den igangsatte pumpedrift.

Ved de 4 monitoringsrunder i 2004, 2005, 2007 og 2008 har indeluftkoncentrationen af PCE i kælderen været markant højere end i værelset og på 1. sal i den tidligere renseribygning. Koncentrationsniveauerne i 2007 og 2008 er dog væsentligt lavere end de tidligere år, hvilket formodes at skyldes en forbindelse fra udluftningssystemet under renseridelen til jordvoluminet under kældergulvet. Dette er dog ikke eftervist.

Da der er en åben forbindelse mellem de to bygningsdele, er der umiddelbart mulighed for en udveksling af luft med kælderen og hermed også udligning af større koncentrationsforskelle, såfremt dørene er åbne jævnligt.



Indeluftmålingerne viser, at der stadig forekommer indsvivning af chlorerede opløsningsmidler til specielt kælderen. Niveaulet er dog lavere end ved de tidligere monitoringsrunder. Faldet i koncentrationsniveauet ser ud til især at slå igennem i værelserne i stueniveauet og 1. salen i den tidligere renseribygning.

Det forventes, at der fortsat kan ske en vis indsvivning fra de underliggende jordlag til kælderrummet. Desuden kan der fortsat forekomme en indsvivning til rummene generelt via den sinkeffekt, der stammer fra ophobede chlorerede opløsningsmidler i fundamenter, vægge mv. som beskrevet i monitoringsrapporten fra 2004 /10/.

### Grundvand:

Analyseresultaterne fra øvre grundvand i borerne B1, B4 og B7 i 2007 fremgår af nedenstående tabeller. Placeringen af borerne på grunden ses af vedlagte plan.

Boring	Chloroform µg/l	Tetrachlormethan µg/l	1,1,1- tri- chlorethan µg/l	Trichlor- ethylen µg/l	Tetrachlor- ethylen µg/l
B1	0,027	<0,02	<0,02	1,1	88
B4	<0,02	<0,02	<0,02	0,077	9,5
B7	<0,02	<0,02	0,021	0,64	8,3

Målte indhold af chlorerede opløsningsmidler i vandprøver

Boring	Vinylchlorid µg/l	1,1- dichlor- ethylen µg/l	T-1,2-di- chlorethylen µg/l	C-1,2-di- chlorethylen µg/l	Chlorid, filtreret µg/l
B1	<0,02	<0,02	<0,02	0,023	im
B4	<0,02	<0,02	<0,02	0,032	im
B7	<0,02	<0,02	<0,02	0,36	im

Målte indhold af chlorerede nedbrydningsprodukter i vandprøver

Boring	Ledn.evne µS/cm	Temp. °C	pH	Ilt mg/l	Ilt %	Bem.*
B1	555-589	12,4- 12,6	6,2- 7,3	1,0-1,9	9,9- 18,2	Uklar brunlig
B4	298-305	11,0- 11,9	5,9- 6,1	1,3-5,6	12,5- 52	Uklar brunlig
B7	602	12,4	7,3	4,1	40	Uklar brunlig *

Observationer fra vandprøvetagningen

\* Flere målinger ikke mulig p.g.a. lav kapacitet i boring

Vandanalyserne viser generelt indhold af chlorerede opløsningsmidler i øvre grundvand i alle 3

boringer, hovedsageligt PCE og TCE. Som i de tidligere monitoringsrunder observeres det højeste koncentrationsniveau i B1, hhv. 88 µg/l PCE og 1,1 µg/l TCE. I de to øvrige boringer B4 og B7 er koncentrationsniveauet hhv. 9,5 og 8,3 µg/l PCE samt 0,08 og 0,6 µg/l TCE.

I længere tid har koncentrationsniveauet af PCE i boring B1 ligget omkring 120 -130 µg/l. Ved den seneste monitoringsrunde i maj 2007 blev der registreret 88 µg/l PCE i boringen, hvilket kan indikere et begyndende fald. For boringerne B4 og B7 er koncentrationsniveauet ved den seneste monitoringsrunde ikke væsentlig ændret i forhold til de tidligere. TCE synes generelt at være faldende for alle 3 boringer ved den seneste monitoringsrunde.

Indholdet af nedbrydningsprodukter er under detektionsgrænsen i alle boringer og for alle målte parametre, bortset fra C-1,2-di-chlorethylen, hvor der er målt koncentrationsniveauer på 0,023 – 0,36 µg/l i de 3 boringer.

Af de målte parametre på vandprøverne konstateres en iltprocent på hhv. 10-18% i B1 og 13-52% i B4 samt 40% i B7.

#### Økonomi:

Anlægsomkostninger: ca. DKK 160.000, inkl. membran

Driftsøkonomi: Primært monitoring, årligt ca. DKK 22 - 24.000 (én årlig monitoringsrunde)

#### Konklusion:

Drænene under gulvet i beboelsen vurderes generelt at have positiv virkning i forhold til udligning af trykforskelle mellem jorden under gulv og udeluften. Effekten i forhold til indeklimaet vurderes som positiv, men er vanskelig at kvantificere i forhold til udefra kommende faktorer som f.eks. regelmæssig udluftning, gennemtrængeligheden i kældergulve mv. Det kan konstateres, at grænseværdierne for PCE har været overskredet i driftsperioden for det passive udluftningssystem.

Efter etableringen og start af pumpen på udluftningssystemet er de registrerede indeklimaværdier for PCE og TCE faldet markant, specielt i beboelsedelen.

Det forventes, at effekten er blivende for beboelsedelen, såfremt pumpeanlægget holdes i kontinuer drift.

Om den aktive udluftning under renseribygningen med tiden også kan skabe en øget randvirkning ind under kældergulvet er usikkert, men ikke urealistisk.

Referenceliste:

- /1/ Notat vedr. tidligere gennemført afværge på renserrgrund, Søndergade, Toftlund. Udarbejdet af Rambøll for Sønderjyllands Amt, oktober 2001.
- /2/ Forureningsundersøgelse, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, juni 2001.
- /3/ Supplerende forureningsundersøgelse, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, 27. november 2001.
- /4/ Forslag til afværgeforanstaltninger, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, 19. december 2001.
- /5/ Notat vedr. supplerende forureningsundersøgelse, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, 8. maj 2002.
- /6/ Detailprojekt for afværgeforanstaltninger, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, 8. juli 2002.
- /7/ Dokumentation for afværgeforanstaltninger, Søndergade, Toftlund, lokalitet nr. 525-2001. Udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø og Energi as for Sønderjyllands Amt, 8. juli 2003.

Lokalitetens adresse:  Søndergade 6200 Aabenraa	Bygherre: Sønderjyllands Amt  Region: Syddanmark
--	--

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Der har fra 1964 og i en periode (uvist hvor længe) herefter været drevet renseri på grunden (ref. 1). I forbindelse med gennemførelsen af afværgeprojektet blev resterne af to oprindelige rensekar samt kloakrør herfra fundet i det kraftigst forurenede område. Vægge og bund i karrene var støbt i beton, men som to selvstændige elementer. Tætning mellem delelementerne bestod af trælist. Kloakken bestod af dårligt sammenhængende teglrør. Forureningen vurderes hovedsagligt af stamme fra utæthederne i kar og kloak (ref. 5).</p> <p>Forureningen består af PCE og TCE samt nedbrydningsprodukter heraf. Stofferne er fundet i jord, grundvand, poreluft under gulv og i indeklima. Nedenfor er de maksimale påviste koncentrationer på Søndergade 11C angivet.</p> <p>Jord:           PCE:           380 mg/kg TS                   TCE:           120 mg/kg TS</p> <p>Forureningen i jorden er ikke afgrænset i en dybde af 5 m ut.</p> <p>Grundvand: PCE:           140.000 µg/l                   TCE:           6.400 µg/l                   Cis-1,2 DCE: 20.000 µg/l                   Trans-1,2 DCE: 150 µg/l                   Vinylchlorid 4.200 µg/l</p> <p>Forureningen af det terrænnære grundvand har en begrænset udbredelse, og der er ikke en egentlig forureningsfane i grundvandet.</p> <p>Poreluft:   PCE:           790.000 µg/m<sup>3</sup>                   TCE:           44.000 µg/m<sup>3</sup></p> <p>Der er desuden påvist forurening af poreluften på flere nabogrunde, og der er målt påvirkning af indeklimaet i stueetagen i to af nabohusene. Påvirkningen er dog lille og stueetagen i nabohusene anvendes til erhverv. Der er derfor ikke foretaget yderligere på nabogrundene.</p>
---

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med etablering af anlægget er at afskære forureningen fra at trænge ind i den eksisterende bygning på Søndergade og dermed at sikre indeklimaet i bygningens beboelse på 1. sal (stueetagen anvendes til erhverv). Anlægget er permanent.</p>
--

#### Byggetekniske forhold:

Ejendommen er opført ca. 1850 og er omfattende renoveret ca. 1987. Ejendommen er generelt i rimelig god stand, men udvendigt ses der dog en del revner i murværket, hvilket kan skyldes sætninger pga. underliggende tørveaflejringer. Ældre byggetekniske tegninger tyder på, at bygningen er pælefunderet. Den maksimale revnevidde er målt til 1,6 mm (ref. 3).

Ejendommen har et bebygget areal på 70 m<sup>2</sup>, hvoraf de 30 m<sup>2</sup> er opført med kælder (ref. 3).

Kælder og stueetage anvendes til erhverv, mens 1. sal anvendes til beboelse (ref. 3).

Gulv i kælder består af ca. 12 cm beton uden belægning. Der er ikke kendskab til beskaffenheden af et eventuelt kapillarbrydende lag.

Gulv i stueetagen består af 6 til 12 cm beton. Det underliggende kapillarbrydende lag består af sand med indhold af tegl og natursten. Laget har en tykkelse på ca. 0,5 m (ref. 3).

#### Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Formålet med etableringen af afværgeforanstaltningen var

- at fjerne så meget forurenet jord ved og under bygningen som forholdene tillod
- at nedbringe forureningskoncentrationen i poreluften under huset ved ventilation af nyt kapillarbrydende lag
- at afskære forurenet poreluft under bygningen fra indtrængning i dette ved indbygning af diffusionshæmmende membran i nyt gulv

Under oprindeligt gulv i stueetagen, tæt på kilden, er der i poreluften påvist koncentrationer af PCE på op til 790.000 µg/m<sup>3</sup> og TCE på op til 44.000 µg/m<sup>3</sup>. Under gulv i kælder er der påvist koncentrationer af PCE højere end 1.900.000 µg/m<sup>3</sup> og af TCE på op til 78.000 µg/m<sup>3</sup> (ref. 2).

Ved indeklimamålinger er der i boligdelen påvist koncentrationer af PCE på op til 270 µg/m<sup>3</sup>, af TCE på op til 16 µg/m<sup>3</sup>, og af Cis-1,2-DCE på op til 12 µg/m<sup>3</sup>. I erhvervsdelen er der påvist koncentrationer af PCE på op til 840 µg/m<sup>3</sup>, af TCE på op til 87 µg/m<sup>3</sup>, og af Cis-1,2-DCE på op til 94 µg/m<sup>3</sup> (ref. 2).

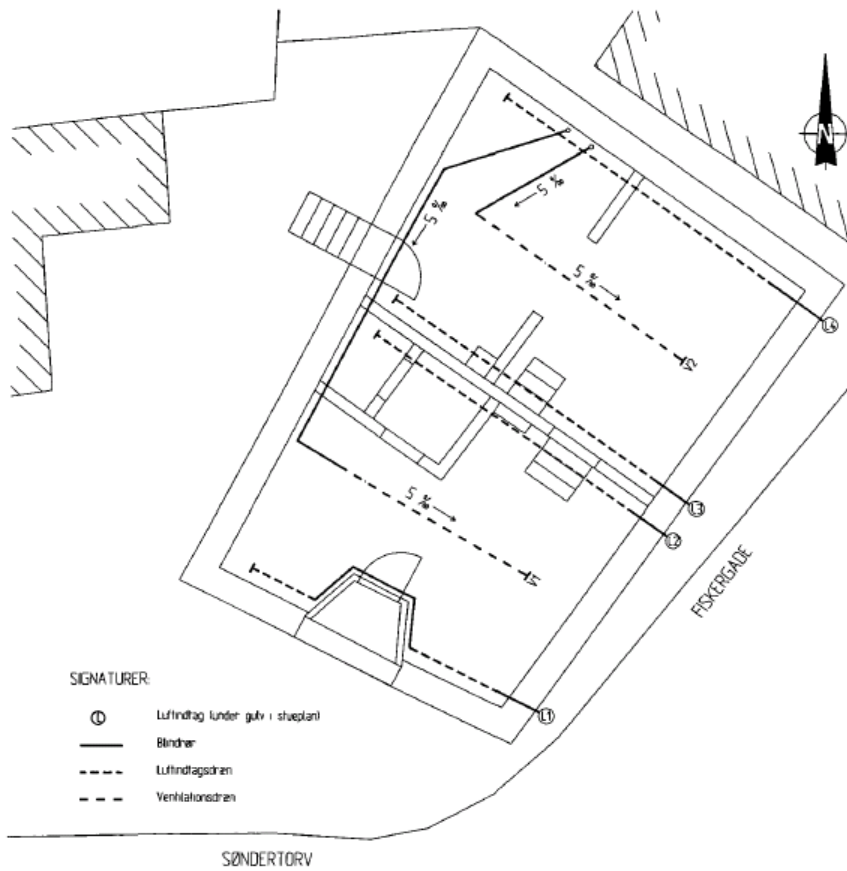
Der er ikke lavet indledende ventilationstest mv. af eksisterende lag, da alle gulve i bygningen blev udskiftet i forbindelse med etableringen af anlægget.

#### Beskrivelse af anlæg:

Se ref. 4. – tegninger fra ref. 4 er indsat i ”Skitse af anlæg”

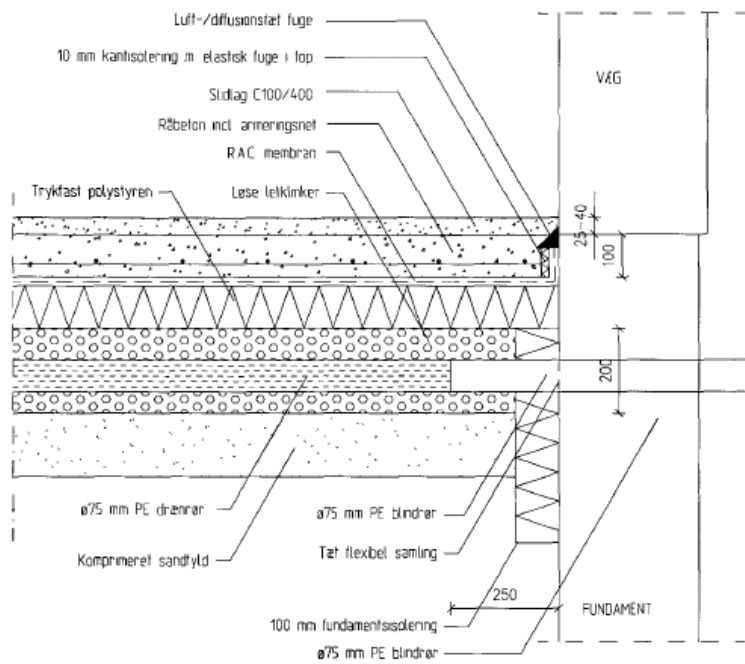
NB! Grundejer har efter første monitoringsrunde efter etablering af anlægget selv foranstaltet, at der i boligens ydervægge blev isat ventilationsriste.

Skitse af anlæg:



SIGNATURER:

- Ⓛ Luftindtag under gulv i stueplan
- Blindør
- - - Luftindtagsdræn
- - - Ventilationsdræn



/ref. 4/

## Drift og monitoring:

Efter gennemførelse af afværgeprojektet er der foretaget målinger af indeklimaet seks gange mellem februar 2004 og november 2008. De første målinger i boligen viste koncentrationer af PCE på 48 og 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og af TCE på 3,6 og 4,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I stueetagen blev der målt koncentrationer i samme størrelsesorden. Ved de efterfølgende monitoringer er koncentrationerne (på nær én gang) faldet fra gang til gang. Ved de seneste to monitoringer er der målt svage overskridelser af PCE-indholdet på 1. sal (7,3 og 6,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mens der måles 19 og 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i stueetagen (ref. 6-9).

## Monitoringen består af:

- monitorering af indeklimate opsamlet på ATD-rør over 14 dage i stue og værelse i bolig på første sal
- monitorering af indeklimate opsamlet på ATD-rør over 14 dage i opgang til bolig
- monitorering af indeklimate opsamlet på ATD-rør over 14 dage i forretning, og køkken i stueetagen
- monitorering af afkastluft opsamlet på ATD-rør over 14 dage fra ventilationsstrengene V1 og V2
- flowmåling over 14 dage (hvis muligt) centralt i afkastrøret.

## Indeklima:

### IK 4

Stue (1. sal)	Jan. 2003	Feb. 2004	Jun. 2004	Jan. 2005	Feb. 2006	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	270	48	24	14	25	4,5	6,1
TCE	16	3,6	2,9	1,2	1,9	0,29	0,33

### IK 5

Værelse (1. sal)	Feb. 2004	Jun. 2004	Jan. 2005	Feb. 2006	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	51	22	7,4	38	7,3	3,8
TCE	4,0	3,0	0,57	2,5	0,5	<0,2

### IK1

Forretning (stuen)	Feb. 2004	Jan. 2005	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	39	7,8	19	20
TCE	3,6	0,73	1,3	0,99

### IK 2

Køkken (stuen)	Jan. 2003	Feb. 2004	Jan. 2005	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	510	44	7,6	18	19
TCE	36	3,8	0,69	1,1	0,84

### IK3

Opgang (stuen)	Feb. 2004	Jan. 2005	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	48	2,7	12	7,7
TCE	4,1	0,35	0,86	0,52

Skorsten	Jan. 2005
PCE	6,7
TCE	0,57

Rød tekst Overskridelse af kvalitetskriterium

Grøn tekst Kvalitetskriterium overholdes

Bolig

Erhverv

Ventilation:

**Målinger af afkast fra ventilationsrør**                      **Målt i: µg/m<sup>3</sup>**

**V1**

<b>Forretning</b>	Feb. 2004	Feb. 2006	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	2.500	2500	210	3000
TCE	1.300	811	26	270

**V2**

<b>Krybekælder</b>	Feb. 2004	Feb. 2006	Mar. 2008	Nov. 2008
PCE	230	5,7	770	3400
TCE	15	1,9	56	160

Da der ikke foretages rensning af afkastluften, måles der udelukkende forureningskoncentrationer i de to ventilationsstrengene.

Inden projektering af afværgeprojektet er der i maj 2003 foretaget vindmåling i baggården på lokaliteten. Der er desuden gennemført logning af vindhastigheden i baggården i februar 2004.

Det var oprindeligt planlagt at monitere 2 gange årligt, men frekvensen har i perioder været plaget af beskæring af budget pga. gennemførelse af andre og økonomisk tunge projekter.

Det er undersøgt, om skorsten og hulmur kan være spredningsveje for forureningen til 1. sal. Der blev ikke fundet sammenhængende hulmur, og ved analyse af en prøve udtaget i skorsten (fra krybekælderen) blev der fundet koncentrationer i samme niveau som i krybekælderen i øvrigt jf. /ref. 6/.

Der blev ved de første monitoringer af afkastet fra ventilationsstrengene målt store forskelle i koncentrationerne i strengene, hvorfor fordelingen af luftindtaget mellem strengene er blevet justeret, så der i dag måles næsten ens koncentrationer i de to strengene (ref. 9).

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Se ovenstående.

Økonomi:

Anlægsomkostninger (entreprenør):                      DKK 457.000

Årlig drifts- og monitoringsudgifter (2009):      DKK 33.500

Konklusion:

Seneste indeklimamålinger viser kun minimale overskridelser af afdampningskriteriet for PCE, men det har taget 4-5 år fra etableringen af anlægget at nå målet.



Sinkeffekt kan sandsynligvis forklare en del af den manglende succes i den første periode. Fordelingen af luftindtag mellem de to ventilationsstrengene er to gange blevet justeret for at få en mere ensartet oprensning under gulvet, hvilket måske har bidraget til at bringe koncentrationerne yderligere ned.

Det er uvist, hvilken effekt grundejers isætning af ventilationsriste i boligens ydervægge har haft, da vi ikke har kendskab til, i hvor stort omfang de skiftende lejere har ristene stående åbne.

Der har også været flere forskellige lejere af stueetagen. I øjeblikket lejes lokalerne af en tatovør, og det er uvist, hvilke kemikalier, der anvendes i den forbindelse.

#### Referenceliste:

- /1/ Orienterende forureningsundersøgelse, NIRAS, maj 2001
- /2/ Supplerende undersøgelser. NIRAS, maj 2003
- /3/ Afværgeprogram og projektforslag. NIRAS, juli 2003
- /4/ Udbudsmateriale. NIRAS, august 2003
- /5/ Dokumentationsrapport. NIRASs, oktober 2004
- /6/ Monitoringsnotat. NIRAS, maj 2005
- /7/ Monitoringsnotat. NIRAS, marts 2006
- /8/ Monitoringsnotat. NIRAS, juni 2008
- /9/ Monitoringsnotat. NIRAS, marts 2009

Lokalitetens adresse: Sønderportsgade X, Ribe	Bygherre: Sønderjyllands Amt Region: Sønderjyllands Amt/Region Syddanmark
--	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>På lokaliteten Sønderportsgade X har der i perioden fra 1951 til ca. 1980 været drevet renseri og møntvask, Tri-renseriet. Renseri har været beliggende i bygningen XC, og der har været opbevaring af rensevæsker i bygningen XA.</p> <p>Der er tidligere gennemført forureningsundersøgelser på lokaliteten, hvor der er påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler, primært tetrachlorethylen (PCE), i både jord, sekundært grundvand, poreluft og indeklima.</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Sikring af indeklima i eksisterende byggeri. Ejendommen anvendes til beboelse /udlejningsejendom. På nuværende tidspunkt anvendes stueetagen og 1. sal i ejendommen XA som bolig. I ejendommen XB anvendes 1. og 2. sal til bolig, mens stueetagen anvendes til hudklinik. I ejendommen XC anvendes stueetage, 1. og 2. sal til bolig, mens kælderen er ubenyttet.</p>
--

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Bygningerne anvendes til bolig. XB og XC er fredede bygninger. Arkæologer fra Ribe Museum har vurderet, at XC kan dateres til ca. år 1400. XA er opført langt senere og er ikke fredet.</p> <p>I XA udgøres gulvet af ca. 18 cm beton, belagt med henholdsvis træ eller klinker. Betongulvet er støbt ud på ca. 20 cm sand. Under sandet er der placeret en plastmembran. Under plastmembranen er der ca. 5 cm ral, hvorunder der findes kulturjord med indhold af sand, ler, sten og brokker. Gulvet i garagen er armeret.</p> <p>Gulvet i XB består af trægulv direkte på jord.</p> <p>I XC er der kælder under den del af huset, der vender ud mod gaden. Gulvet i kælderen er belagt med brosten. Etageadskillelsen over kælderen består af et træbjælkelag. Gulvopbygningen i den del af 21C, hvor der ikke er kælder, er undersøgt ved prøveboringer. I gangen udgøres gulvet af klinker udlagt på et 8 cm tykt betondæk. Under betongulvet findes 10 cm mineraluld, hvorunder der er sand, iblandet leca indtil minimum 0,4 meter under gulv. I køkkenet består gulvet af 3 cm træ, hvorunder der er 10 cm mineraluld. Herunder findes et betondæk på ca. 10 cm, hvorunder der ligeledes er sand, iblandet leca indtil minimum 0,3 m.u.g.</p> <p>Bygningernes fundamentsforhold er fastlagt ved prøvegravninger. Der er udført prøvegravninger</p>
--

fire steder. Ved sydgavlen af XC, ved vestgavlen og på nordsiden af XA og ved sydgavlen af XB.

XA er funderet på minimum 50 cm betonfundament med en fundamentsbredde på mellem 30 og 60 cm. Fundamentet er armeret.

XB og XC er funderet på ca. 30 cm syldsten. Fundamentsbredden er ukendt.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Kildestyrke er inden afværgeforanstaltningerne kontrolleret i hhv. den umættede zone uden for bygningerne, PCE op til  $265 \text{ mg/m}^3$ , og i indeklimaet op til  $170 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

Beskrivelse af anlæg:

Ventilationssystemet er etableret som to uafhængige systemer, der tilsammen dækker SPGXA og SPGXC (SPG=Sønderportsgade).

Hvert ventilationssystem består af et system til udluftning af den konstaterede poreluftforurening i det kapillarbrydende lag under gulvet. Der suges i udvalgte punkter, og for at sikre en kontrolleret luftbevægelse/luftstrømning under gulvet, er der samtidig etableret "luftindtag" i flere punkter.

De to systemer til bortledning af poreluften under gulv, består af i alt 9 ventilationsdræn (benævnt V1-V9) og 9 luftindtag (benævnt L1-L9). Det ene ventilationssystem består af V1-V5 og L2-L6 (SPGXA), mens det andet system består af V6-V9 og L1, L7-L9 (SPGXA og SPGXC).

Ventilationsdrænene er ført ind under gulvet i bygningerne gennem fundamentet og ca. 1,3 meter ind i det kapillarbrydende lag under gulvet. Drænene er udført som  $\varnothing 63$  mm PE-rør med 1 mm slidser. Filtrene er påmonteret 2 lag filtervæv med en maskevidde på 0,25 mm.

Ventilationsdrænene forbindes via  $\varnothing 50$  mm PE-rør til et  $\varnothing 70$  mm udluftningsrør. Udluftningsrøret afsluttes med en vinddreven afkasthætte på tag. Drivkraften for ventilationen under gulvene er således vindkraft. Rørføring frem til udluftningsrør er ført underjordisk.

Ventilationsrørene V8 og V9 (SPGXC) er samlet umiddelbart opstrøms inspektionsbrønden VB1 og fremført samlet til brønden. I VB1 samles V8 og V9 med V7. Henholdsvis V8/V9 og V7 er i samlebrønden påmonteret reguleringsventiler og prøvetagningsstudse. Efter VB1 er V6 tilsluttet umiddelbart nedstrøms inspektionsbrønden. Udluftningsrøret, som samler afkastet fra V6-V9, er etableret i henhold til beskrivelsen i /ref.4/, og er derved ført langs husmuren og op under tag til ventilationshætte nær kip.

Luftindtagene er udført ved et lodret slidset galvaniseret stålrør og ført ca. 0,4 meter over terræn. Under jorden er luftindtagene ført gennem fundamentet og ind til det kapillarbrydende lag under gulv. Luftindtaget i kælderen SPGXC (L9) er ført vandret ind under gulv og ligeledes udført i galvaniseret stål.

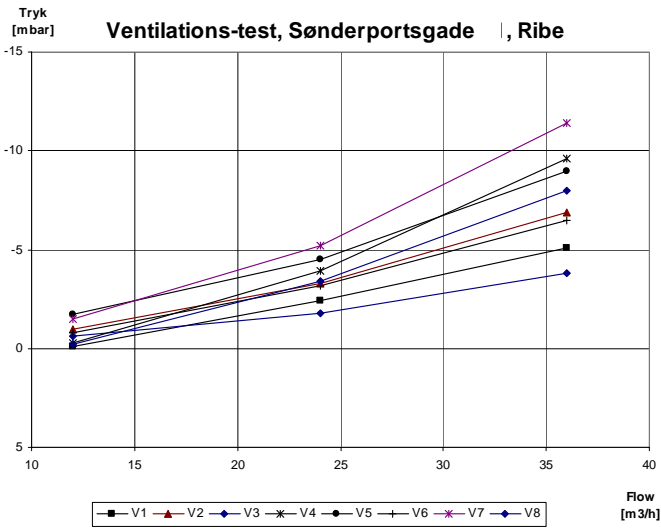
I kælderen i SPGXC og trappeopgang i SPGXB er der etableret mekanisk rumventilation.

### Skitse af anlæg:



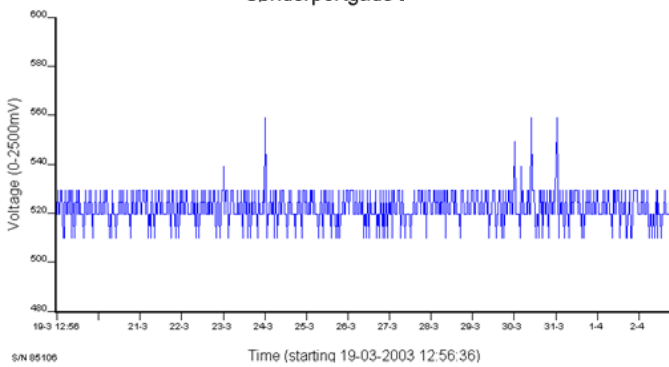
### Drift og monitoring:

Den passive ventilation er søgt dokumenteret ved måling af lufthastighed og forureningskoncentration i afkastsrørene for den passive ventilation, samtidige udedørs vindmålinger og samtidige indeklimamålinger i de overliggende bygninger.

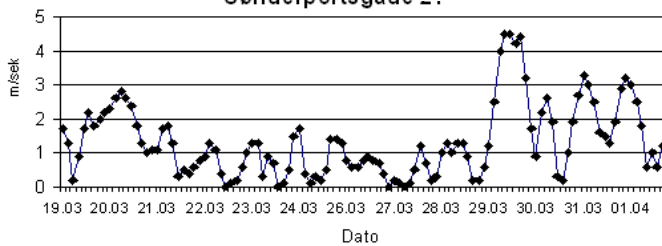


**Lufthastighed**

Sønderportsgade :



**Vindhastighed**  
Sønderportsgade \_ .



Figur 3.3: Lufthastigheden i V6-V9 og vindmåling (19. marts til 2. april 2003).

Ejendom Afkast		SPG XA V1-V5		SPG XA og XC V6-V9	
		PCE	TCE	PCE	TCE
Før	November 2002	19.000	130	830	280
I drift	Februar 2003	20.000	160	710	220
	Marts 2003	35.000	280	1.600	230

Tabel 3.4: Afkastluft, indhold af PCE og TCE i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ejendom Etage	XA		XB				kælder	XC			
	st.	1.	st.	1.	2. sal stue	gang		stue	sovev.	1. sal th.	tv.
Aug. 1999	33	91	11	5,2	12	i.a.	16	170	i.a.	3,2	5,4
Sep. 2001	i.a.	i.a.	i.a.	6,7	8,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Feb. 2003	58	65	4,7	26	7,8	8,4	2,8	50	48	37	21

Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE:  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /ref. 5/.

i.a. Ingen analyse.

*Tabel 3.6: Indeklimamålinger, indhold af PCE i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

Ejendom Etage	XA		XB				kælder	XC			
	st.	1.	st.	1.	2. sal stue	gang		stue	sovev.	1. sal th.	tv.
Aug. 1999	0,34	0,16	0,52	0,14	0,39	i.a.	1,0	4,6	i.a.	<0,1	0,16
Sep. 2001	i.a.	i.a.	i.a.	0,28	0,42	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Feb. 2003	2,0	1,2	0,4	0,73	0,47	0,53	0,24	2,3	2,3	0,9	0,6

Miljøstyrelsens afdampningskriterium for PCE:  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /ref. 6/.

i.a. Ingen analyse.

*Tabel 3.7: Indeklimamålinger, indhold af TCE i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

#### Opnået effekt ved passiv ventilation:

På baggrund af de udførte målinger vurderes det, at anlægget ikke har haft den ønskede effekt for bortledning af forureningskomponenter. Den nedsatte effekt vurderes primært at skyldes, at vindforholdene på lokaliteten ikke egner sig til at drive det udførte anlæg ved anvendelse af vindhætter som drivkraft. De lave vindhastigheder ved bygningen, hvor vindhætterne er monteret, vurderes at skyldes, at de omliggende bygninger skærmer for vinden, så anlægget kommer til at ligge i en "vindstille gryde".

På baggrund af ovenstående anbefales det, at den passive ventilation af SPGXA og SPGXB ændres til en aktiv ventilation for derved at sikre, at der sker en tilstrækkelig ventilering af det kapillarbrydende lag under bygningerne.

Anlægget er ved udgangen af 2008 ændret til aktiv ventilation. Gulvet i SPGXC er i den forbindelse valgt udskiftet med nyt tæt betongulv og nye ventilationsdræn samt målepunkter i kapillarbrydende lag.

#### Økonomi:

Etableringsomkostninger: DKK 140.000, excl. moms, 2002.

Monteringsomkostninger 1 år efter etablering: DKK 175.000, excl. moms, 2003.

Konklusion:

Nej. Virkede ikke efter hensigten.

På baggrund af de udførte målinger vurderes det, at anlægget ikke har haft den ønskede effekt for bortledning af forureningskomponenter. Den nedsatte effekt vurderes primært at skyldes, at vindforholdene på lokaliteten ikke egner sig til at drive det udførte anlæg ved anvendelse af vindhætter som drivkraft. De lave vindhastigheder ved bygningen, hvor vindhætterne er monteret, vurderes at skyldes, at de omliggende bygninger skærmer for vinden, så anlægget kommer til at ligge i en "vindstille gryde"

Referenceliste:

Detailprojekt 2002: vedhæftet "detail04.bnk.doc"

Dokumentationsrapport 2003: vedhæftet "rap.dok.afværg.sønderport.tfc.rev.doc"

Monitering 2005: vedhæftet "not.måleresultater december 2005..pdf"

Til orientering er vedhæftet, ændring til aktiv ventilation, udbudsmateriale:  
"samlet.udbud.sønderportsgade.ribe.endeligt.pdf"

Lokalitetens adresse: Tislumvej	Bygherre: OM Myndighed: Hjørring Kommune  Region: Region Nordjylland
------------------------------------	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Fyringsoliespild i fyrrum midt i beboelsen. Spildets størrelse er væsentligt, men kan ikke opgøres. Der er gravet i kildeområdet til 1,7 m u.t. Der efterlades indhold af fyringsoliekomponenter på op til 44.000 mg/kg 1,7 m u.t. i kildeområdet og op til 30.000 mg/kg 1,0 m u.t. udenfor kildeområdet, under gulvet i bygningen. Forureningen strækker sig mere end 5 m u.t., hvor der er påvist et totalkulbrinteindhold på 5.800 mg/kg.</p> <p>Grundvandsspejlet er pejlet til 10,2 m u.t. Der er ikke påvist oliekomponenter i grundvandet. Sindal Kommune (nu Hjørring Kommune) udsteder påbud om afværgelse af forureningens konflikt i forhold til omgivelserne.</p> <p>Ref. /1/</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med de byggetekniske foranstaltninger er at sikre indeklimaet i eksisterende beboelsejendom.</p>
---

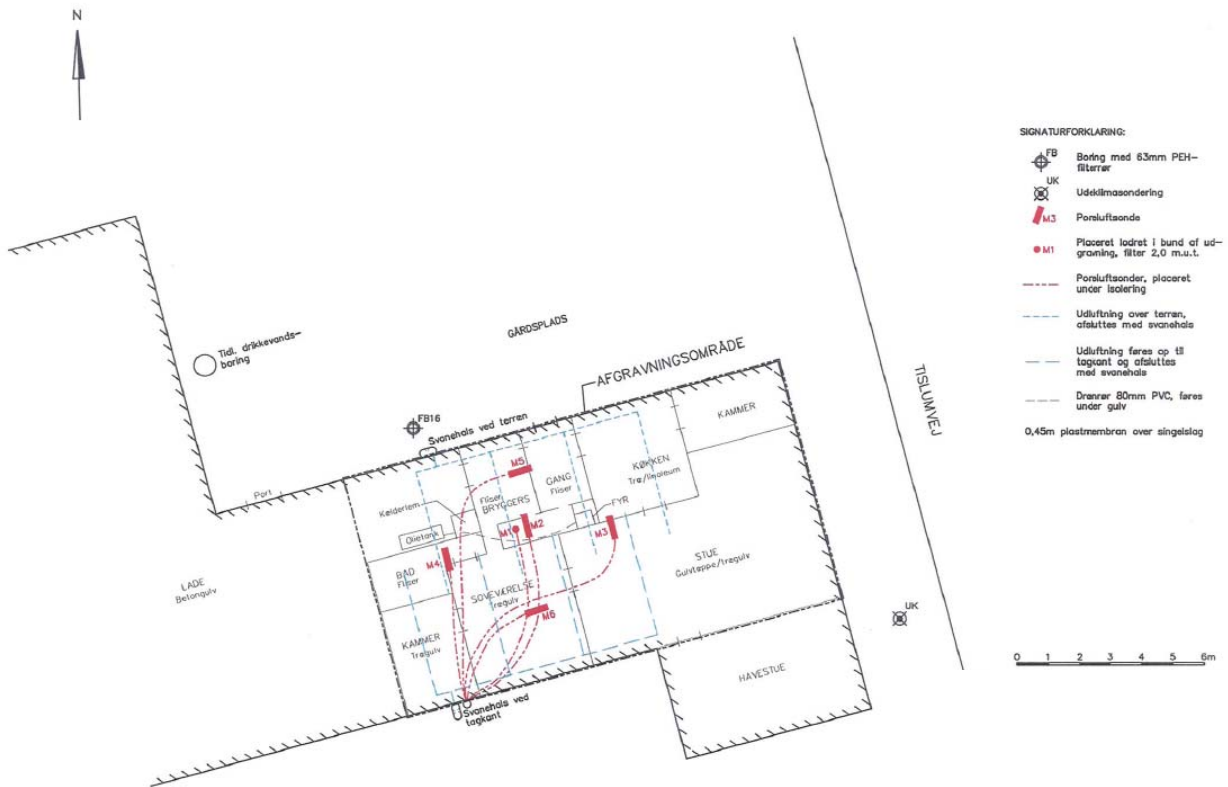
<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>Der er tale om et delvist nedlagt landbrug. Beboelsen er i grundplan ca. 114 m<sup>2</sup> + en havestue.</p> <p>Beboelsen er opført i 1982 og er en 2-etagers bygning med yder- og indervægge af mursten. Under en mindre del af ejendommen findes en "kartoffelkælder".</p> <p>Ref. /1/.</p>
---

<p>Beskrivelse af afværgelse og anlæg:</p> <p>Kælderen fyldes op med sand og kildeområdet midt i beboelsen bortgraves til 1,7 m u.t. Udgravningen opfyldes med "søsten" (singels). Gulvet i hele beboelsen fjernes ud til soklen og jorden under gulvet bortgraves til 0,55 m u.t., hvorefter der udlægges 150 mm singelslag (ventilationslag) i hele området. I singelslaget udlægges i alt 8 stk. drænrør i 80 mm PVC, 4 stk. i hver side af bygningen. Udmundingen af drænrørene er afsluttet på nordsiden af bygningen med en svanehals ca. 0,3 m u.t. og på sydsiden af bygningen ved tagkant.</p> <p>I ventilationslaget udlægges 6 målesonder til efterfølgende monitorering af afværgens effekt. Over ventilationslaget udlægges en 0,45 mm plastfolie (dampspærre), herover 160 mm isolering og et 120 mm betongulv. Gulv og ventilationslag er ført under alle skille vægge og under indervæggen,</p>
---

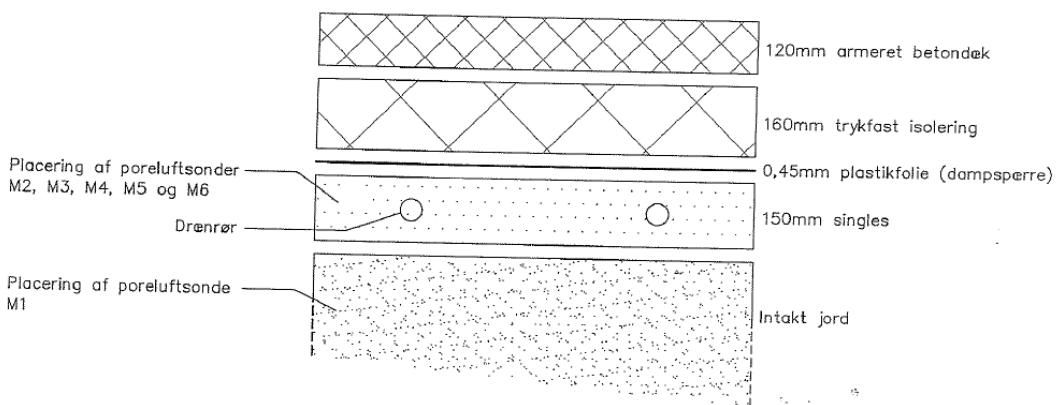


således at der med stor sikkerhed er lukket ned til forureningsområdet.  
 Ref. /1/.

Skitse af anlæg:



GENOPBYGNING AF GULV



Ref. /1/.

## Drift og monitoring:

Efter at gulvet og beboelsen er reetableret, er der udført 3 runder med kontrolmålinger af indholdet af totalkulbrinter og BTEX på 5 af de 6 udlagte sonder under gulvet i bygningen. Målingerne er udført den 4/7-2002, 16/12.2005 og den 2/2-2009. Resultatet af målinger ses i nedenstående tabel:

Prøve nr.	Prøvetagningsdato	Total kulbrinter $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xylener $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C9-C10 Aromater $\mu\text{g}/\text{m}^3$
M2	4.7.2002	1.300	0,98	3,9	241	140
	16.12.2005	530	0,17	0,49	2,19	23,7
	2.2.2009	1.900	0,65	<0,48	1,4	2,2
M3	4.7.2002	3.500	1,2	2,4	242	630
	16.12.2005	16.000	0,65	0,57	52,4	660
	2.2.2009	1.100	0,84	<0,50	0,63	1,18
M4	4.7.2002	920	0,62	2,1	180	97
	16.12.2005	<50	0,16	0,61	0,30	<0,50
	2.2.2009	<47	0,65	<0,47	0,25	<0,56
M5	4.7.2002	41.000	6,1	84	1180	4100
	16.12.2005	330	0,32	0,25	0,94	15,3
	2.2.2009	1.200	0,36	<0,50	3,0	2,87
M6	4.7.2002	1.700	0,44	1,7	200	320
	16.12.2005	7.300	0,50	0,58	16,4	300
	2.2.2009	<50	0,89	<0,50	0,44	<0,60
UK	4.7.2002	-	-	-	-	-
	16.12.2005	<50	0,15	0,35	0,21	<0,50
	2.2.2009	<49	1,7	0,89	0,38	<0,58
Luftkvalitetskriterier, afdampning		100	0,13	400	100	30

Det fremgår, at poreluftkoncentrationen af totalkulbrinter er steget i målesonderne M2 og M5 fra  $530 \mu\text{g}/\text{m}^3$  til  $1.900 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og fra  $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$  til  $1.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , men at koncentrationen er faldet markant i de øvrige sonder. I M4 er indholdet af totalkulbrinter fortsat under detektionsgrænsen

Der ses et entydigt fald i koncentrationen af toluen, xylener og C9-C10-aromater. Indholdet af benzen i udeluften "UK" er højere end det kraftigste indhold på  $0,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der er målt under bygningen.

Poreluftkoncentrationen af totalkulbrinter er steget i målesonderne M2 og M5 men faldet i M3 og M6. Dette forhold var omvendt ved sidste målerunde i 2005. Forholdet kan som ved sidste målerunde i 2005 formodentlig forklares ved, at luften under bygningen flytter sig rundt i det kapillarbrydende ventilationslag, bl.a. afhængigt af de atmosfæriske forhold, således at det kan variere, hvor koncentrationen på måledagen er kraftigst.

Den højeste koncentration af totalkulbrinter, der er påvist ved sidste målerunde, overskrider luftkvalitetskriterierne for afdampning til indeklimaet med en faktor 19. Indholdet af benzen

overskrider luftkvalitetskriterierne med en faktor 7. De øvrige påviste indhold af toluen, xylener og C9-C10-aromater, overholder alle luftkvalitetskriterierne. Anvendes Miljøstyrelsens betragtning vedr. afdampningsreduktion igennem et standard betongulv uden synlige revner på mindst 100 gange, overholdes alle luftkvalitetskriterierne for afdampning til indeklimaet med en meget bred margen.

Sagen er herefter godkendt af Hjørring Kommune og påbudssagen er afsluttet.

Ref. /2/.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Indeklimaet er sikret. De flygtige og lugtpotente forureningskomponenter i poreluften er udluftet og/eller nedbrudt.

Økonomi:

Anlægsudgifter incl. projektering = ca. DKK 800.000

Monitering incl. Rapport: ca. DKK 25.000

Konklusion:

Formålet med at sikre indeklimaet i beboelsen i forhold til en meget kraftig restforurening er opfyldt.

I dag vurderes den passive ventilation reelt at kunne undværes.

Referenceliste:

/1/ Oprensning af forurenede jord. Tislumvej. OM sags nr. 9870-80-284. DGE 16.09.2002.

/2/ 3. runde kontrolmålinger af poreluft og grundvand i oprensningsområde. Tislumvej. OM nr. 9870-80-284. DGE 05.02.2009.

<p>Lokalitetens adresse:</p> <p>Toldboderne (-etape 2), Sakskøbing havn</p>	<p>Bygherre: Guldborgsund Kommune (for miljødelen)</p> <p>Region: Region Sjælland</p>
---	---

Beskrivelse af forureningssituation:

Sagen er en §8-sag, hvor der ønskes bygget boliger på et tidligere havneareal. Der har på arealet været "havneaktiviteter" og efter sigende ligget et mindre skibsværft på et delområde. Reference 1: Brev til Storstrøms Amt fra S&J af 31/1-2006: Toldboderne, Sakskøbing Havn – etape 2, Præsentation af undersøgelsesresultater og anmodning om en §8-tilladelse.

Der er påvist kulbrinter på  $>200.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  inden afgravning af meget stort hotspot-område.

Forud for etablering af den ene boligblok er et stort hotspot-område gravet af. Reference 2: Rapport fra S&S: Guldborgsund Kommune, Sakskøbing Havn, Toldboderne – etape 2, Jordhåndtering – status august 2007, September 2007.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med etableringen er opfyldelse af et vilkår i §8-tilladelsen. Den passive ventilation er en ekstra sikring mod indeklimapåvirkning fra eventuel tilbageværende restforurening på grunden. Der er skabt mulighed for monitoring i en række ekstra punkter i forhold til det krævede, og der er ligeledes skabt mulighed for ændring til aktiv ventilation, såfremt det blev nødvendigt.

Byggetekniske forhold:

Der er tale om et nybyggeri med singelslag under gulv. Der er ikke udlagt membran under gulv.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Grundet sagens natur som et nybyggeri med en §8-tilladelse foreligger der ikke før-målinger efter, at hotspot-forureningen er fjernet. Anlægget er alene etableret som en ekstra sikkerhed. Der er ikke lavet tracer tests eller radon målinger. Der er ikke lavet indeklimamålinger.

Beskrivelse af anlæg:

Jf. reference 3 – tegninger fra reference 3 ses under "skitse af anlæg"



Drift og monitoring:

**Tabel 1: Resultater fra 1. målerunde**

	Enhed	P2-Øst	P3-Vest	P4-Nord	P-Ref	Afdampningskriterier
Benzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	1,6	0,13
Toluen	µg/m <sup>3</sup>	0,46	<0,40	0,44	1,3	400
Ethylbenzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	0,19	<0,20	100
o-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	100
m+p-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,20	0,18	0,64	0,63	100
TVOC	µg/m <sup>3</sup>	140	130	<90	120	100
Chloroform	µg/m <sup>3</sup>	<0,70	<0,70	<0,70	<0,80	20
1,1,1-Trichlorethan	µg/m <sup>3</sup>	<0,70	<0,70	<0,70	<0,80	500
Tetrachlormethan	µg/m <sup>3</sup>	<0,70	<0,70	<0,70	<0,80	5
Trichlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,70	<0,70	<0,70	<0,80	1
Tetrachlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,70	<0,70	<0,70	<0,80	6

**Tabel 1: Resultater fra 2. målerunde**

	Enhed	P2-Øst	P3-Vest	P4-Nord	P-Ref	Afdampningskriterier
Benzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	0,13
Toluen	µg/m <sup>3</sup>	<0,83	<0,83	<0,83	<0,83	400
Ethylbenzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	0,22	<0,17	100
o-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	100
m+p-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	0,32	<0,17	100
TVOC	µg/m <sup>3</sup>	150	250	97	<83	100
Chloroform	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	20
1,1,1-Trichlorethan	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	500
Tetrachlormethan	µg/m <sup>3</sup>	0,56	0,62	0,60	0,66	5
Trichlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	1
Tetrachlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	6

**Tabel 1: Resultater fra 3. målerunde**

	Enhed	P2-Øst	P3-Vest	P4-Nord	P-Ref	Afdampningskriterier
Benzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	0,62	0,92	1,2	0,13
Toluen	µg/m <sup>3</sup>	<0,83	<0,83	0,99	1,4	400
Ethylbenzen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	0,45	0,28	100
o-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	0,24	0,23	100
m+p-Xylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	0,33	0,35	100
TVOC	µg/m <sup>3</sup>	<83	<0,83	<0,83	<83	100
Chloroform	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	20
1,1,1-Trichlorethan	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	500
Tetrachlormethan	µg/m <sup>3</sup>	0,47	0,49	0,58	0,59	5
Trichlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	1
Tetrachlorethylen	µg/m <sup>3</sup>	0,18	<0,17	<0,17	<0,17	6

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Anlægget har opfyldt det ønskede formål ved, at det sammen med hotspot-afgravningen er sikret, at der ikke er uacceptable indeklimapåvirkninger.

De før hotspot-afgravningen målte værdier i poreluften udenfor hotspot-området kan være resultatet af spredninger fra hotspot-forureningen (forureningsfane eller poreluftsky). Det kan derfor ikke siges, at ventilationsanlægget alene har nedbragt koncentrationen i disse områder til de observerede niveauer.

Økonomi:

Entreprenøren har ikke faktureret et udspecificeret beløb til den passive ventilation. Gulvopbygningen var i forvejen indregnet i entreprenørens byggepris.

Konklusion:

Anlægget har virket efter hensigten som ekstra sikkerhed, men det er ikke dokumenteret, at ventilationen alene har nedbragt koncentrationerne.

Referenceliste:

Reference 1

Brev til Storstrøms Amt fra S&J af 31/1-2006: Toldboderne, Sakskøbing Havn – etape 2, Præsentation af undersøgelsesresultater og anmodning om en §8-tilladelse.

Reference 2

Rapport fra S&S: Guldborgsund Kommune, Sakskøbing Havn, Toldboderne – etape 2, Jordhåndtering – status august 2007, September 2007.

Reference 3

Notat fra S&J til Guldborgsund Kommune af 16/1-2007: Notat vedrørende udførelse af ventilation under bygninger på Toldboderne i Sakskøbing. Vedlagt som beskrivelse af byggetekniske foranstaltninger.

Toldboderne – 1. Monitoringsrunde

Toldboderne – 2. Monitoringsrunde

Toldboderne – 3. Monitoringsrunde

Lokalitetens adresse: Vesterbro, Odense	Bygherre: Fyns Amt 1998-2006  Region Syddanmark fra 2007
--	---

Beskrivelse af forureningssituation:

Kraftig forurening med PCE fra renseri i drift. Forureningen er sivet ud i jord fra en opsamlingsbrønd, som ikke har været tæt. Der var fri fase PCE under opsamlingsbrønden og i afløbsledning. Der var kraftig poreluftforurening under mange ejendomme omkring rensriet, og forureningen medførte overskridelse af indeklimakriteriet i en række boliger omkring rensriet. Forureningen er oprenset i sandlag over grundvandsspejlet i 2002 ved termisk oprensning og forurening omkring grundvandsspejlet er oprenset i 2003 ved kemisk oxidation. Ved oprensningen i sandlaget er der fjernet ca. 290 kg PCE. Det er vurderet, at over 95% af forureningen i sandlaget blev fjernet. Ved den kemiske oxidation er der efterladt restforurening i siltede lag, samt dybere end 1 meter under grundvandsspejlet.

Medio 2002 blev den egentlige oprensning i sandlaget afsluttet, og der blev etableret et lille ventilationsanlæg for at hindre påvirkning fra en mindre restforurening i kildeområderne. Forureningsindholdet i den opsugede luft er faldende tydende på, at restforureningen bliver mindre og mindre. Der foreligger statusnotat for driften af det lille ventilationsanlæg, dateret 30. oktober 2006. Notatet viser, at massefjernelsen er faldet fra 6 g/døgn i 2002 til 1 g/døgn ultimo 2007. Tilbageslagsmålinger i forbindelse med stop af den begrænsede ventilation viser, at der kun findes en ret begrænset restforurening i sandlaget.

Formål med etablering af anlæg:

I forbindelse med oprensningen blev der etableret dræn i det kapillarbrydende lag under Vesterbro X, som ligger lige op af kildeområdet. Drænene er i 2007 forbundet til vindhætter for at sikre Vesterbro X mod indeklimapåvirkning fra formodet restforurening i de øverste 2-3 meter af jorden, som ikke blev opvarmet til dampetemperatur i forbindelse med den termiske oprensning.

Byggetekniske forhold:

Drænene er nedlagt i eksisterende kapillarbrydende lag ved ophugning af betongulv og efterfølgende tilstøbning.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Den specifikke kapacitet af drænene er bestemt til 2,1 – 5 m<sup>3</sup>/pa vakuum.  
De etablerede dræn i det kapillarbrydende lag er vurderet velegnede til ventilation via vindhætter.



### Beskrivelse af anlæg:

Drænrørene blev udført som 110/97 mm Wavin dobbeltvæggede PE-drænrør. Én af strengene fungerer som luftindtag og de 2 andre strenge som sugestrenge.

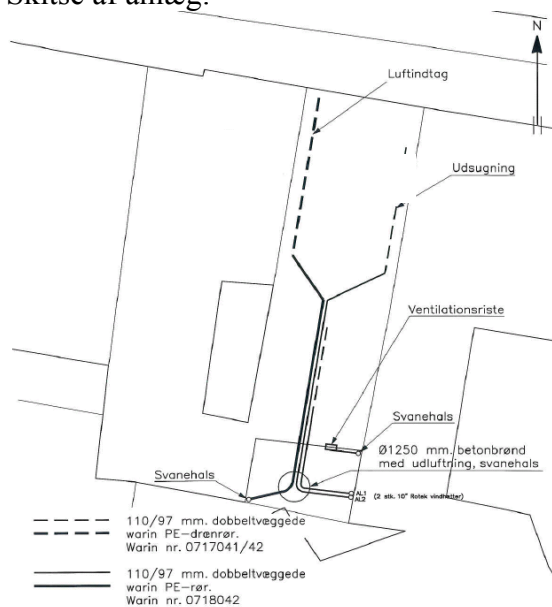
*Foto 3.1-3.3 Etablering af dræn under gulv i Vesterbro X (udført i 2001).*



Drænrørene er ført gennem fundamenterne mod syd og ført op i baggård til Vesterbro X. I baggården blev alle ledninger samlet i en  $\varnothing 1250$  mm betonbrønd forsynet med  $\varnothing 160$  mm udluftning, der blev tilsluttet svanehals ca. 0,7 m over terræn.

De 2 udsugningsdræn er fra brønden forbundet til 10" Rotek vindhætter via  $\varnothing 125$  mm spiro afkastrør. Afkastrørene er ført op langs østlig facadevæg i baggården.

### Skitse af anlæg:



### Drift og monitoring:

### Begrænset ventilation

Der er gennem en årrække monitoreret flow og forureningsindhold i den udsugede luft fra det begrænsede ventilationsanlæg.

Der er i 2008 gennemført tilbageslagsmåling i forbindelse med genopstart af den begrænsede ventilation efter et stop på et halvt år. Tilbageslagsmålingen gentages efter yderligere 10 måneders stop af den begrænsede ventilation.

### Ventilation af kapillarbrydende lag under Vesterbro X

Der er monitoreret i afkastluften fra drænrørene. Indholdet ligger under  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Flowmålinger viser et begrænset flow i drænene. Der er ikke sammenhæng mellem flow i drænene og vindhastigheden. Det er derfor usikkert, om vindhætteventilationen bidrager til sikring mod indeklimapåvirkning i Vesterbro X. Der gennemføres nye flowmålinger i 2009 til supplerende dokumentation af eventuel effekt af vindhætteventilationen.

Der er ikke monitoreret på indeklimaet, idet der fortsat er udleveringssted for rensed tøj på Vesterbro X. I forbindelse med de oprindelige indeklimamålinger er der monitoreret for både PCE og radon for at kunne skelne mellem påvirkning fra henholdsvis renseridrift og afdampning fra jorden.

### Opnået effekt ved passiv ventilation:

Forureningen vurderes ikke længere at udgøre en risiko for indeklimaet i boliger over og omkring det tidligere renseri på Vesterbro Y. En endelig vurdering afventer resultatet af tilbageslagsmåling i 2009, som gennemføres for at sikre, at poreluftforureningen ikke længere er tiltagende som følge af stop for den begrænsede ventilation.

Vurdering af effekten af den passive ventilation fremgår af ovenstående afsnit.

Økonomi:	DKK
Termisk oprensning	5.100.000
Kemisk oxidation	400.000
<u>Teknologiprojekt</u>	<u>1.300.000</u>
I alt oprensning	6.800.000
Begrænset ventilation, amtet	400.000
<u>Begrænset ventilation, regionen</u>	<u>150.000</u>
Begrænset ventilation i alt	550.000
Passiv ventilation, regionen	100.000

Konklusion:

Referenceliste:

Oprensningen er dokumenteret i følgende rapporter:

Teknologiprojekt nr. 823

Teknologiprojekt nr. 824

Teknologiprojekt nr. 872

Den begrænsede ventilation er dokumenteret i

Vesterbro X-Y. Statusnotat for begrænset ventilation – 6 års drift – 8. marts 2009-05-14

Den passive ventilation er dokumenteret i :

Vesterbro X. Prøvepumpning på dræn – 18. december 2006

Vesterbro X. Dokumentation for etablering af passiv ventilation, samt driftskontrol og monitorering

Lokalitetens adresse:  Vikørsvej XB 8240 Risskov	Bygherre: Region Midtjylland  Region: Region Midtjylland
---	--

Beskrivelse af forureningssituation:

Der er konstateret indhold af PCE i poreluften under naboledigheden til et tidligere renseri. I poreluften er der konstateret indhold af PCE på op til 83 µg/m<sup>3</sup>. Forureningsudbredelsen fremgår af Ref /1/.

I indeluften i nabobeboelsen er der konstateret indhold af PCE på op til 34 µg/m<sup>3</sup>.  
Ref. /1/ og /2/.

Formål med etablering af anlæg:

Formålet med de byggetekniske foranstaltninger er at sikre indeklimaet i eksisterende beboelse, Vikørsvej XB, der er nabo til et tidligere renseri, Vikørsvej X.

Byggetekniske forhold:

Ejendommen er en mindre tilbygning med 2 beboelseslejligheder i stueplan og på 1. sal.

I lejligheden i stueplan ses trægulve på strøer i køkkenet og værelse.

Bygningen fremstår i mindre god stand.

Gulvet i køkkenet er fjernet, hvorefter der er etableret passiv ventilation under nyt betongulv.  
Ref. /2/.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Der er udført supplerende undersøgelser, inklusive en byggeteknisk gennemgang med bl.a. ppBRAE. Ref. /2/.

Beskrivelse af anlæg:

Eksisterende gulv er i marts 2008 fjernet til ca. 0,8 m u.g. i køkkenet, mens der ikke udskiftes gulve i andre rum i lejligheden.

Gulvet er herefter opbygget af 400 mm leca, hvori der er etableret drænrør for både luftindtag og luftudtag. Drænrøret består af almindeligt korrugeret Ø80 mm drænrør. Luftindtaget er ført gennem fundament, og afsluttet med svanehal over terræn. Luftudtaget er ført gennem fundament



På grund af det lave indhold af PCE i indeluften er der pt. ikke aftalt et videre monitoringsforløb med regionen.

Ref. /4/.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter udskiftning af trægulv er indholdet af PCE i indeluften i beboelsen nedbragt fra 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til maksimalt 2,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Moniteringen har endnu ikke vist begyndende fald i indholdet af PCE i poreluften.

Økonomi:

Anlægsudgifter incl. projektering = DKK 95.000  
Monitering er ikke fastlagt, men anslås til DKK 20.000

Konklusion:

Formålet med at sikre indeklimaet i nabobeboelsen er opfyldt alene ved udskiftning af trægulv med betongulv.

Der er ved monitoringen efter 7 måneder endnu ikke tillige set en tydeligt faldende tendens i poreluftkoncentrationerne. Der monitoreres ikke yderligere.

Referenceliste:

- /1/ Orienterende forureningsundersøgelse. Vikærsvej X og XB, 8240 Risskov. Carl Bro, oktober 2004.
- /2/ Rapport om screening af indeluft. Vikærsvej XB, 8240 Risskov. DGE-0701340/2, september 2007.
- /3/ Tilsynsrapport, udførelse af afværgeforanstaltninger. Vikærsvej XB, 8240 Risskov. DGE-0701340/3, april 2008.
- /4/ Monitoringsnotat 2, vedr. Vikærsvej XB, 8240 Risskov. DGE-0701340/4, 13/10 2008.

Lokalitetens adresse: Østergade, Skuldelev, 4050 Skibby	Bygherre: Region Hovedstaden  Region: Hovedstaden
--	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>På lokaliteten Vestergade 5, Skuldelev har der i perioden 1969-1983 været en metalvirksomhed. Virksomhedens aktiviteter har givet anledning til en kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler, primært tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE), af jord og grundvand på og omkring lokaliteten.</p> <p>Forureningen har spredt sig i jord, poreluft og grundvand ind under en række ejendomme, herunder Østergade. Ud fra den kortlagte forurening i grundvandet er det vurderet, at der kan være en potentiel risiko for en uacceptabel afdampning fra grundvandet til indeluften i bygningen på Østergade.</p> <p>I forbindelse med efterfølgende indeklimaundersøgelser /1,2,3,4/ er der påvist en uacceptabel påvirkning af indeklimaet på Østergade med PCE og TCE.</p> <p>I kælderen på Østergade er der tidligere påvist koncentrationer af PCE og TCE på op til 1000 og 150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, mens der i stueetagen og på 1. salen er påvist koncentrationer af PCE og TCE på op til 220 og 35 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>.</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Formålet med etableringen af anlægget med passiv ventilation er at sikre, at der ikke sker en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i denne ejendom som følge af afdampning af chlorerede stoffer til indeklimaet fra den konstaterede jord-, grundvands- og poreluftforurening. Da kælderen ikke er godkendt til beboelse, er afværgeforanstaltningerne alene rettet mod sikring af indeklimaet i stueetagen og på 1. salen.</p> <p>Anlægget har karakter af en permanent afskærende foranstaltning ved et eksisterende byggeri.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold /5/:</p> <p><u>Beskrivelse af ejendommen</u> Ejendommen er et enfamiliehus (parcelhus) opført i 1961, med et bebygget areal på 112 m<sup>2</sup>. Der er fuld kælder under ejendommen. Bygningen er i 1 etage med delvist udnyttet tagetage. Tagetagen er p.t. under ombygning til beboelse.</p>
---

## Overordnet beskrivelse af konstruktioner

### Facader:

Blankt murværk i røde sten.

Murtykkelsen er målt til ca. 35 cm, og sammenholdt med bygningens alder antages det, at de er udført som hulmure. Mod sidehaven er der en let facade med vindues- og dørparti. Udvendigt beklædt med brædder, under vinduer.

### Tag:

Sadeltag med belægning af bølgeeternit.

### Vinduer:

I stue- og tagetage er vinduer ældre malede trævinduer med mørtelfuger. Sålbenke er klinker.

I kælder er vinduer nyere termovinduer af træ, malede, med mørtelfuger. Der er støbte lyskasser ved kældervinduer på gadeside, haveside og sidehave.

### Udvendige trapper:

Støbt trappe til hoveddør. Beklædt med klinker.

Støbt trappe til kælder, placeret på havesiden. Trappen løber langs bygningen. Støbte trappevanger.

Trætrappe/terrasse ved terrassedør fra stuen, i sidehaven.

### Skorsten:

Muret skorsten, placeret inde i bygningen.

### Etagedæk over kælder:

Bjælkelag med puds på forskallingsbrædder på undersiden (loft i kælder).

På oversiden generelt beklædt med parketgulve.

### Sokler/fundamenter:

Støbte betonsokler. Over terræn er sokler pudset og malet/tjæret.

Der er monteret isolering på indvendig side af kælderydervægge, undtagen i tidligere garage og vaskekælder. I disse rum er kælderydervæggene pudset og malet.

I den tidligere garage er den gamle garageport udmuret med lecablokke.

Underkant fundament ved kælderydervægge er ved ophugning i tidligere garage målt til max. 5 cm under underside af terrændæk.

### Gennembrydninger i kælderydervægge:

Vandstik er ført ind gennem kælderydervæggen mod gaden.

### Indvendige kældervægge:

Indvendige kældervægge er alle murede halvtstensvægge, med puds og maling.

Ved ophugningen er skillevæggen monteret ovenpå betondækket.

Underkant fundament ved skillevægge er således svarende til underside betondæk.

### Terrændæk i kælder:

Ca. 10-15 cm råbeton inkl. afretnings-/pudslag (opmålt ved ophugning).

Betondækket er uarmeret, med tilslag af store sten – op til ca. ø10 cm.

Betonlaget er ved ophugningen udstøbt på et underlag af ca. 10 cm muldjord, derunder ler. Der er således ikke et egentligt kapillarbrydende lag.

Der er overalt i kælderen lagt fliser på betongulvet, med undtagelse af den tidligere garage.



Der er etableret nyt badeværelse i kælderen, inklusive nyt terrændæk. Grundejer har oplyst følgende opbygning af terrændæk i badeværelset:

- 15 cm stabilgrus
- 5 cm sand
- 15 cm flamingo
- 1 mm plastikfolie
- 15 cm beton
- 5 mm fliseklæber
- Fliser

Gennembrydninger i terrændækket:

Der er gennembrydninger i terrændækket for toilet-faldstamme ved siden af skorstenen, og køkken-faldstamme placeret i den tidligere garage.

Endvidere er der etableret gulv afløb i vaskerum og i badeværelse. I badeværelset er der endvidere gennemføring for toiletafløb.

Fra vaskerum til badeværelset er der ført vand- og gulvvarmeslanger under skillevæggen.

Ventilering af kælderen:

Kælderen er ventileret ved  $\varnothing 100$  mm hul med udvendig rist i vaskerummet.

I badeværelset er der forberedt for mekanisk udsugning via  $\varnothing 100$  mm hul. Udsugningen er endnu ikke etableret, og hullet er p.t. tilstoppet.

I den tidligere garage er der ligeledes et tilstoppet  $\varnothing 100$  mm hul.

På udvendig side ved begge facader ses flere riste i soklerne, men ventileringen er ikke ført gennem den indvendige vægbeklædning.

Opvarmning af kælderen:

Kælderen er opvarmet ved radiatorer i værelser, samt gulvvarme i badeværelset.

Varmefordelingsrør til radiatorer er ført ned i kælderen oppe fra.

Indvendige vægge, stueetage:

Alle indvendige vægge i stueetagen er murede halvstensvægge, med undtagelse af skillevæg mellem stue og soveværelse. Denne væg er en let pladevæg.

Indvendige vægge, tagetage:

Alle oprindelige indvendige vægge i tagetagen er fjernet. Der pågår p.t. opbygning af nye skillevægge, som gipspladevægge på stålregler.

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

Forud for detailprojekteringen er der gennemført den føromtalte byggetekniske gennemgang /5/.

Der er også gennemført en geoteknisk undersøgelse for at vurdere forhold omkring afgravning og understøbning af kælder for etablering af ventilerbart kapillarbrydende lag /6/.

Derudover er der gennemført testforsøg for at finde det bedst egnede materiale for anvendelse ved opbygning af det kapillarbrydende lag i den nye ventilerede gulvkonstruktion /7/.

Der er ikke udført målinger af forureningskoncentrationerne under gulv, gennemført ventilationstest, tracertest eller lignende inden etablering af anlæg.

#### Beskrivelse af anlæg:

De etablerede afværgeforanstaltninger har omfattet etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion i kælderen. Afværgeforanstaltningerne er etableret i perioden februar – september 2008.

Afværgeforanstaltningerne er beskrevet i /8/.

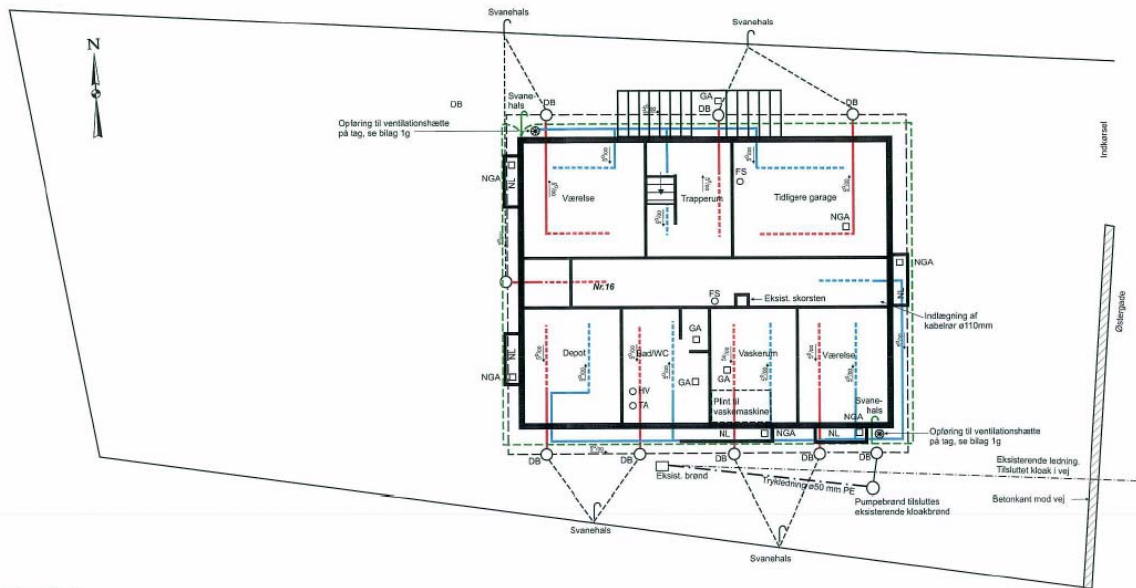
I forbindelse med etableringen er det eksisterende kældergulv opbrudt, og der er afgraved i og omkring kælderen for etablering af understøbning af kælderens yder- og indervægge. Efter understøbning er der afgraved for etablering af en ny ventileret gulvkonstruktion. I gulvkonstruktionen er desuden indarbejdet en R.A.C. membran. Ventilationen er etableret ved at udlægge ventilationsdræn (ø63 mm PE PN10 slidsebredde 3 mm) i et nyetableret kapillarbrydende lag.

Ventilationen sikres ved tilslutning af drænsystemet til 2 vinddrevne ventilationshætter (vinddrevne ventilator som fa. SupaVent 10") på bygningens tag. Ventilationshætterne er tilsluttet drænsystemet via udluftningsrør i jord (ø63 mm PE PN10), så de hver ventilerer hhv. den nordlige og sydlige del af det kapillarbrydende lag under det nye kældergulv – benævnt nordligt og sydligt drænsystem. Udluftningsrør i jord er fremført til de 2 steder, hvor de samles med overjordiske udluftningsrør (ø70 mm galvaniserede stålafløbsrør) for opføring til de 2 ventilationshætter på tag. Umiddelbart over terræn er der etableret monitoringsmulighed på udluftningsrørerne for luftflow og indhold af forureningskomponenter i udsugningsluften.

Omkring kælderen er der desuden etableret en ventileret drærende, der udluftes fra ventilationsdræn (ø63 mm PE PN10 slidsebredde 0,3 mm) tilsluttet svanehalse.

For sikring mod opstuvning af grundvand i det nyetablerede kapillarbrydende lag fungerer ventilationsdrænene i det kapillarbrydende lag også for dræning af vand. Ventilationsdrænene i kælderen er tilsluttet et omfangsdræn. Omfangsdrænet er tilsluttet en pumpebrønd, hvorfra drænvand pumpes til kloak i Østergade.

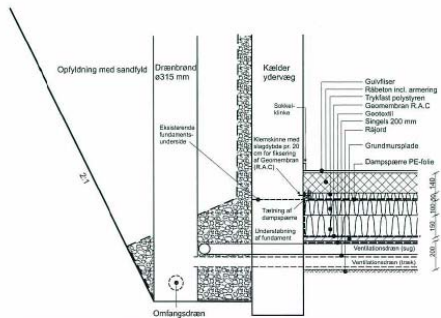
# Skitse af anlæg:



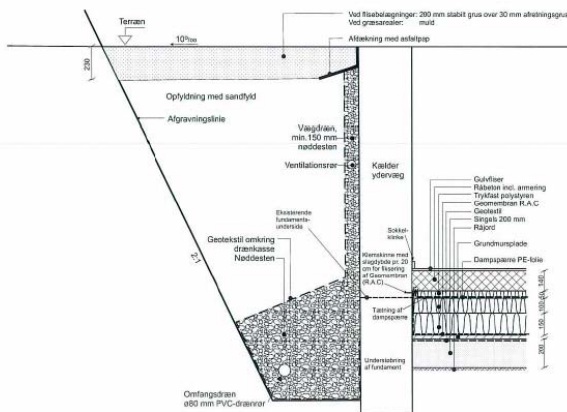
Note:  
Eksisterende ledninger se bilag 1h

- Lukket ventilationsrør (blå) i kælder og i jord udenfor kælder (ø63mm PE). Under bad/WC monteres dette ved underborings teknik
- Åben ventilationsrør (sug) i kælderbrydende lag i kælder (ø63mm PE). Under bad/WC monteres dette ved underborings teknik
- Lukket drænrør (blå) i kælderbrydende lag i kælder (ø63mm PE). Under bad/WC monteres dette ved underborings teknik
- Åben drænrør (blå) i kælderbrydende lag i kælder (ø63mm PE). Under bad/WC monteres dette ved underborings teknik
- Åben ventilationsrør i jord (6 drærende)
- Udledningsrør fra drænbånd (ø63 mm PE)
- Omfangsdræn (ø80mm PVC)
- Lukket rør (ø80 mm PVC)
- DB Drænbånd (ø315mm PVC)
- FS Eksist. faldslammegennemføring
- GA Eksist. gulvaflob
- TA Eksist. toiletfløb gennem gulv
- HV Eksist. afløb fra håndvæk
- NL Ny lyskasse
- NGA Nyt gulvaflob

1:100  
0 1 2 3 4 5 m



Snit i kælderydervæg ved drænbånd og ventilationsdræn



Snit i kælderydervæg ved omfangsdræn

Drift og monitorering:

Efter ventilationsanlæggets etablering er indkøringen opstartet i september 2008. Indkøringen er ikke afsluttet i juni 2009.

Indkøringen er beskrevet i /9/.

Ved opstarten af indkøringsperioden er der monitoreret på anlægget med passiv ventilation. Ved monitoreringen af anlægget med passiv ventilation viser det sig, at koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften reduceres markant i forhold til før etablering af afværgeforanstaltninger men ikke til under afdampningskriterierne i stueplan og på 1. sal.

For at vurdere effekten ved at øge ventilationen i det kapillarbrydende lag under kældergulvet etableres en midlertidig aktiv ventilation, der i denne periode erstatter den passive ventilation. Ved den aktive ventilation ses imidlertid ikke en betydende reduktion i indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i stueplan og på 1. sal i forhold til under den passive ventilation. Under såvel den passive og aktive ventilation er der registreret højere koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i kælderen end i udsugningsluften fra det kapillarbrydende lag under kældergulvet. Det peger i retning af, at der kan være andre kilder til de påviste indhold af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i bygningen end spredning gennem den etablerede gulvkonstruktion i kælderen.

Det retter fokus mod afløbssystemet i bygningen. Som udgangspunkt forudsættes et afløbssystem fra en bygning som værende lufttæt. Det viser sig imidlertid, at der sker en forureningsspredning fra hovedkloakken i Østergade til indeluften i kælder, stueplan og på 1.sal gennem utætheder i afløbssystemet inde i bygningen.

For at kontrollere, at der ikke sker en forureningsspredning af chlorerede opløsningsmidler fra den offentlige vandforsyning, er der udtaget en vandprøve af ledningsvandet til analyse.

Til at afskære forureningsspredningen fra kloakken i Østergade til indeluften i kælder, stueplan og på 1. sal er det overvejet at etablere en pumpebrønd for spildevand. Etablering af pumpebrønd er endnu ikke afklaret.

Indkøringen har omfattet følgende hovedaktiviteter:

- Monitorering af anlæg med passiv ventilation
- Monitorering af anlæg med aktiv ventilation
- Kortlægning af forureningsspredning gennem kloak

#### **Monitorering af anlæg med passiv ventilation**

##### ***Luftflow i ventilationssystem under kældergulv.***

Ved monitoreringen af luftflowet i de 2 udluftningssystemer er der målt følgende:

	Gennemsnitligt luftflow i udluftningsrør [m <sup>3</sup> /time]	Maks. luftflow i udluftningsrør [m <sup>3</sup> /time]	Min. luftflow i udluftningsrør [m <sup>3</sup> /time]	Gennemsnitlig vindhastighed målestation 06170 [m/sek.]	Gennemsnitligt luftskifte [luftskifte/time]
Nordligt drænsystem 19/11 2008 – 3/12 2008	7,0	24,9	1,4	5,2	2,4
Sydligt drænsystem 23/12 2008 – 6/1 2009	5,3	36,3	2,4	2,7	1,3

*Nøgletal for ventilationssystem i indkøringsperioden*

### **Indhold af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluft fra ventilationssystemet**

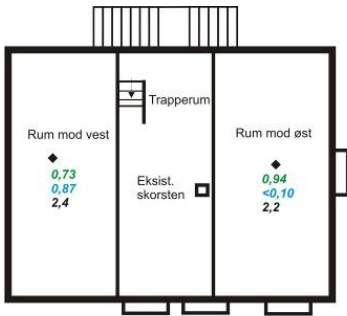
Moniteringen er foretaget ved at nedsænke en passiv opsamler af typen ORSA-rør i de etablerede 45° grenrør. ORSA-rørene har siddet i en periode på ca. 14 dage. ORSA-rørene har i ophængningsperioden været kraftigt påvirket af kondens i udluftningsrørene. Da kondens nedsætter ORSA-rørenes evne til at absorbere de chlorerede opløsningsmidler er målingerne gentaget ved 2 punktmålinger, hvor der er udtaget luftprøver på kulrør til analyse for indhold af chlorerede opløsningsmidler.

	Dato	Rør	PCE [µg/m <sup>3</sup> ]	TCE [µg/m <sup>3</sup> ]
Nordligt drænsystem	19/11 2008 – 3/12 2008	ORSA	<1,0	<0,10
	22/12 2008 – 6/1 2009	ORSA	5,9	<0,10
	9/1 2009	Kulrør	8,9	0,63
	19/1 2009	Kulrør	39	3,4
Sydligt drænsystem	19/11 2008 – 3/12 2008	ORSA	10	0,66
	22/12 2008 – 6/1 2009	ORSA	5,9	<0,10
	9/1 2009	Kulrør	16	1,3
	19/1 2009	Kulrør	11	0,78

### *PCE og TCE i udsugningsluft*

Med forbehold for de usikkerheder, der er på målingerne, tegner der sig et generelt billede af et mindre indhold af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften fra de 2 drænsystemer på under 50 µg/m<sup>3</sup>.

# Indeklimamålinger

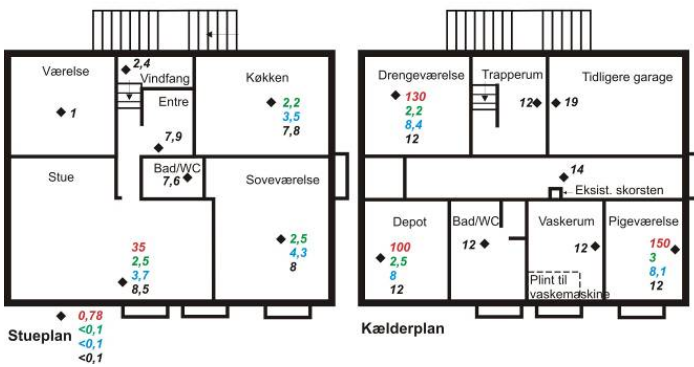


◆ Ophængningspunkt, ORSA-rør

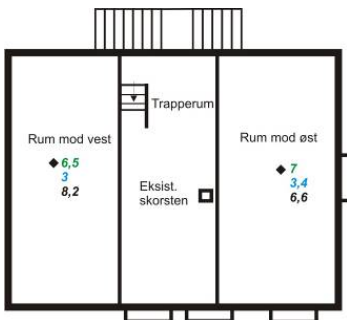
### Indhold af TCE

- 35 Juli 2007 (for afværg)
- 2,2 23/10 - 6/11 2008 (efter afværg, for ventilation)
- 8,4 19/11 - 3/12 2008 (efter afværg, med passiv ventilation)
- 12 22/12 2008 - 6/1 2009 (efter afværg, med passiv ventilation)

1. sal



Kælderplan

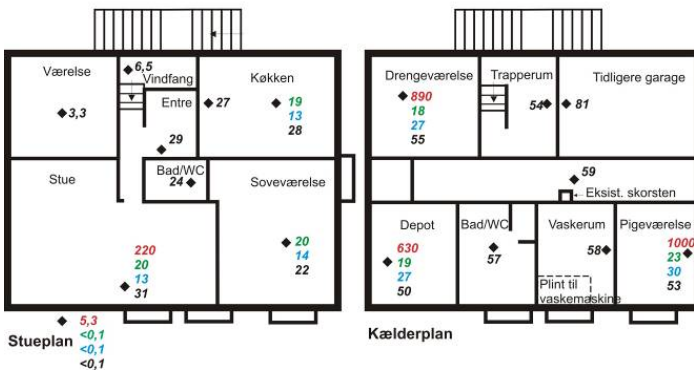


◆ Ophængningspunkt, ORSA-rør

### Indhold af PCE

- 35 Juli 2007 (for afværg)
- 2,2 23/10 - 6/11 2008 (efter afværg, for ventilation)
- 8,4 19/11 - 3/12 2008 (efter afværg, med passiv ventilation)
- 12 22/12 2008 - 6/1 2009 (efter afværg, med passiv ventilation)

1. sal



Kælderplan

# Indeklimamålinger

## **Monitering af anlæg med midlertidig aktiv ventilation**

### ***Luftflow i ventilationssystem***

Vakuumpumpen tilsluttet drænsystemerne mod syd og nord yder ca. 60 m<sup>3</sup>/time ved et modtryk på omkring 100 mbar. Systemet er reguleret, så der suges lige meget luft fra hvert af de 2 drænsystemer (ca. 30 m<sup>3</sup>/time).

I perioden fra den 21/1 – 18/2 2009 er der i alt udsuget omkring 40.000 m<sup>3</sup> fordelt på omkring 20.000 m<sup>3</sup> fra hvert af de 2 drænsystemer.

De udsugede luftmængder svarer til et luftskifte i det kapillarbrydende lag på mellem 7 og 10 gange i timen.

### ***Indhold af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluft fra ventilationssystemet***

I nedenstående tabel er vist indholdet af PCE og TCE i udsugningsluften fra det nord- og sydlige drænsystem ved den gennemførte monitering under driften af den midlertidige aktive ventilation.

	Dato	Rør	PCE [µg/m <sup>3</sup> ]	TCE [µg/m <sup>3</sup> ]
Nordligt Drænsystem	21/1 2009 (start)	Kulrør	29	2,9
	21/1 2009 (2 timer)	Kulrør	21	2,3
	23/1 2009	Kulrør	16	1,6
	27/1 2009	Kulrør	12	1,1
	4/2 2009	Kulrør	5,3	0,88
	11/2 2009	Kulrør	8,2	<0,91
	18/2 2009	Kulrør	17	<1,0
Sydligt Drænsystem	21/1 2009 (start)	Kulrør	22	2,5
	21/1 2009 (2 timer)	Kulrør	24	2,7
	23/1 2009	Kulrør	28	3,3
	27/1 2009	Kulrør	28	2,5
	4/2 2009	Kulrør	12	1,9
	11/2 2009	Kulrør	24	4,0
	18/2 2009	Kulrør	16	1,5

### ***PCE og TCE i udsugningsluft***

Af tabellen fremgår det, at indholdet af PCE og TCE i udsugningsluften fra de 2 drænsystemer i lighed med den passive variation udviser en vis variation. Indholdet af PCE og TCE i udsugningsluften afviger ikke markant fra de koncentrationer, der er påvist under den passive ventilation. Således tegner der sig i lighed med forholdene under den passive ventilation et generelt billede af et mindre indhold af chlorerede opløsningsmidler i udsugningsluften fra de 2 drænsystemer på under 50 µg/m<sup>3</sup>.

### ***Indeklimamålinger***

Under driften af den midlertidige aktive ventilation er der gennemført indeklimamålinger. Af indeklimamålingerne fremgår det, at koncentrationerne af PCE er faldet lidt, mens koncentrationerne af TCE i indeluften er uændret i forhold til den seneste måling (22/12 2008 – 6/1

2009) under driften af den passive ventilation. Koncentrationerne af PCE er imidlertid på niveau med hvad der er påvist tidligere (19/11 – 3/12 2008) under driften af den passive ventilation. Således er der stadig påvist indhold af PCE og TCE i stueetagen og på 1. sal over afdampningskriterierne under driften af den aktive ventilation.

På den baggrund forventes det ikke, at der kan opnås en tilstrækkelig effekt ved at konvertere anlægget med passiv ventilation til en kraftigere aktiv ventilation for at reducere indholdet af PCE og TCE i indeluften i stueetagen og på 1. sal på Østergade.

### **Kortlægning af forureningsspredning gennem kloak**

#### ***Indhold af chlorerede opløsningsmidler i luft fra afløbssystem***

Der er udtaget luftprøver fra afløbssystemet inde i bygningen. Luftprøverne er analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler og der er indikationer på, at der sker en spredning fra hovedkloakken i Østergade til indeluften i kælder, stueplan og på 1. sal.

#### ***Indeklimamålinger og sporgasundersøgelse***

At der sker en spredning fra hovedkloakken i Østergade til indeluften i kælder, stueplan og på 1.sal bekræftes af indeklimamålinger og sporgasundersøgelse ved PFT-metoden.

Der er ophængt en sporgaskilde i en samlebrønd uden for bygningen. Samlebrønden har tilløb fra afløbet i bygningen og afløb mod hovedkloakken i Østergade. I samlebrønden er ligeledes ophængt ORSA-rør for måling af indholdet af chlorerede opløsningsmidler i luften i samlebrønden.

Inde i bygningen er ophængt opsamlere for måling af indhold af sporgassen og ORSA-rør for måling af indhold af chlorerede opløsningsmidler. Resultatet af målingerne viser, at der er en fin korrelation mellem den påviste sporgas og indholdet af chlorerede opløsningsmidler i indeluften i bygningen. Der er således en tydelig indikation af, at der sker en spredning fra hovedkloakken i Østergade til indeluften i kælder, stueplan og på 1.sal.

#### ***Undersøgelse af utætheder i afløbssystem i bygning med sporgas***

For nærmere at undersøge, hvorfra spredningen fra kloakken til indeluften sker, er der gennemført en sporgasundersøgelse.

Princippet for sporgasundersøgelsen er at injicere en gas i kloaksystemet og detekttere utætheder med en gasdetektor.

Gasdetektor:

- Digitron DGS10
- Detektoren sidder for enden af en fleksibel arm, med indbygget lys
- Semikvantitativt resultat, både lys og lyd
- Muligt at indstille følsomhed ifht. baggrunds niveau



Gas:

- 5-% H<sub>2</sub> og 95% N<sub>2</sub>

Testen blev overordnet gennemført på følgende måde:

Først blev det tilgængelige kloaksystem gennemgået med henblik på lokalisering af spredningsveje fra kloak (synlige utætheder, samlinger, fungerende vandlåse etc.). Samtidig er der noteret, hvorvidt der er et baggrundsniveau (fugt) ved de interessante steder (gastektoren kan være fugtfølsom)....

Hvor der er målt et baggrundsniveau, er det noteret, at målingen er usikker.

Derefter blev testen gennemført ved at led gassen (9 l/min) ind i kloaksystemet fra samlebrønden uden for bygningen. For at sikre mod at gassen strømmer tilbage ud i kloakbrønden, er der monteret spærreballon i udløb fra bygningen.

Derefter er de interessante mulige spredningsveje, der er lokaliseret ved den første gennemgang, tjekket for utætheder med Digitron.

På den måde er det lykkedes at identificere en række utætheder i afløbssystemet både i kælderen og i stueetagen.

Herefter er afløbet fra bygningen afproppet i en periode og der er gennemført nye indeklimatemålinger. Indeklimatemålingerne viser, at indholdet af chlorerede opløsningsmidler i stueetagen og på 1. sal er under afdampningskriterierne.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Efter at have afskåret muligheden for indtrængning af chlorerede opløsningsmidler gennem afløbssystemet er det ved etablering af passiv ventilation under bygning lykkedes at nedbringe koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften til under afdampningskriterierne.

Økonomi:

Anlægsomkostning (entreprenør): DKK 2.500.000, excl. moms

Årlig drifts- og monitoringsudgift (estimeret): DKK 30.000, excl. moms

Konklusion:

Efter etablering af passiv ventilation under bygningen er det i første omgang ikke lykkedes at nedbringe koncentrationen af PCE og TCE til under afdampningskriterierne i indeluften i bygningen. Undersøgelser i indkøringsfasen har imidlertid peget på, at der efter etablering af passiv ventilation sker en indtrængning af chlorerede opløsningsmidler fra hovedkloakken i Østergade til indeluften i bygningen.

Efter at have afskåret muligheden for indtrængning af chlorerede opløsningsmidler gennem afløbssystemet er det ved etablering af passiv ventilation under bygning lykkedes at nedbringe koncentrationerne af chlorerede opløsningsmidler i indeluften til under afdampningskriterierne.

#### Referenceliste:

- /1/ Frederiksborg Amt. Vestergade 5, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. Juli 2006. NIRAS
- /2/ Frederiksborg Amt. Østergade, Skuldelev. Poreluft- og indeklimaundersøgelse. September 2006. NIRAS
- /3/ Frederiksborg Amt. Østergade, Skuldelev. Supplerende poreluft- og indeklimaundersøgelse. November 2006. NIRAS
- /4/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Østergade, Skuldelev. Supplerende indeklimaundersøgelse. 28. august 2007. NIRAS
- /5/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Østergade, Skuldelev, 4050 Skibby. Byggeteknisk gennemgang. 23. oktober 2007. NIRAS
- /6/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Østergade, Skuldelev, 4050 Skibby. Geoteknik. Udgravning af forurening under hus. 18. december 2007. NIRAS
- /7/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Testresultater af forsøgsopstilling på gulvopbygning til Østergade, Skuldelev. 5. december 2007. NIRAS
- /8/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Østergade, Skuldelev. Afværgetiltag. Sikring af indeklima. Særlige Betingelser (SB) og Særlige Arbejdsbeskrivelser (SAB). December 2007. NIRAS
- /9/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Østergade, Skuldelev. Afværgeforanstaltninger. Indkøring af anlæg. xx. 2009. NIRAS

<p>Lokalitetens adresse:</p> <p>Åvænget, Høje Taastrup</p>	<p>Bygherre:</p> <p>Undersøgelser: Københavns Amt</p> <p>Etablering: Grundejer</p> <p>Region: Hovedstaden</p>
--	---

<p>Beskrivelse af forureningssituation:</p> <p>Tidligere renseri og vaskeri – ombygges til bolig.</p> <p>2 kildeområder ved kloakker udenfor bygningen bortgravet 2004.</p> <p>Påvist kraftig forurening med tetrachlorethylen (PCE) i jord og grundvand ved et tidligere gulvafløb i bygning.</p> <p>I 2006 generelt fjernet 1,0 m jord i bygning og 3,5 á 4,5 m ved hotspot.</p> <p>Ref. GEO. Rapport 1, 2006-08-29.</p>
--

<p>Formål med etablering af anlæg:</p> <p>Permanent sikring af indeklima i forbindelse med renovering af hus.</p>
---

<p>Byggetekniske forhold:</p> <p>I eksisterende ældre hus – en etage – er renseri nedlagt. Bygningen fremstod ”slidt” med bl.a. dårlig tagkonstruktion, ingen vinduer og døre og intet gulv.</p> <p>Etablering af armeret betongulv 20 cm – 20 MPa. 1 m under tidligere gulv.</p> <p>Etablering af 2 passive luftindtag samt 2 udtag til vindhætter i 80 cm ventileret lag med LECA-nødder. Plan vedlagt.</p> <p>Etablering af nyt armeret betongulv 20 cm – 20 MPa. I niveau med tidligere gulv.</p> <p>Ingen membran.</p> <p>Loftshøjde: Ca. 2,55</p> <p>Forventet ”normalt” luftskifte i fremtidig beboelse.</p>
---

Forundersøgelser/dimensioneringsgrundlag:

*Tabel 1. Poreluftmålinger under gulv efter jordbortgravning. PCE. Enhed mg/m<sup>3</sup>*

Prøvetagningsdato	Prøvetagningsrunde	P1 - Ny	P2 - Ny	Gennemsnit
2006-05-31	5	6,6	5,7	~6,2
2006-07-06	6	1,7	0,14	~0,9

Fra GEO. Rapport 1, 2006-08-29. Vedlagt.

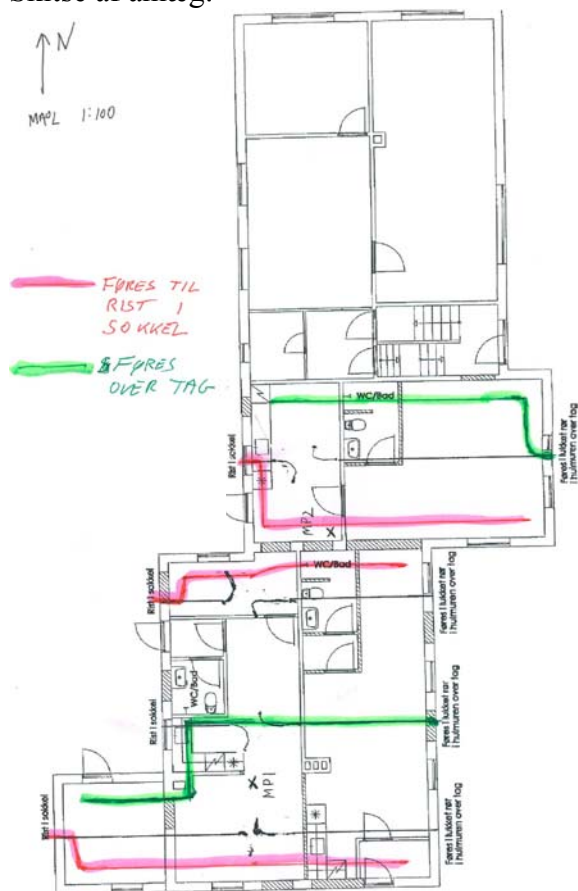
Dimensionering ved JAGG-beregninger.  
Der er ikke udført tests.

Beskrivelse af anlæg:

Etablering af armeret betongulv 20 cm – 20 MPa. 1 m under tidligere gulv.  
Etablering af 2 passive luftindtag samt 2 udtag til vindhætter i 80 cm ventileret lag med LECA-nødder. Plan vedlagt.  
Dimension ventilationsrør: Ø200 mm (usikkert !)  
Dimension: Blindrør og vindhætte: ukendt.

Etablering af nyt armeret betongulv 20 cm – 20 MPa. I niveau med tidligere gulv.

Skitse af anlæg:



Drift og monitorering:

Målinger under gulv og indeluft februar 2007.

Enhed µg/m <sup>3</sup>	Chloroform	1,1,1-trichlorethan	Tetrachlormethan	Trichlorethylen	Tetrachlorethylen
Stue	<0,1	0,23	1,2	0,16	0,22
Under Gulv A	0,15	0,37	2,7	1,3	6,2
Under Gulv B	<0,1	0,4	2,9	0,86	11
MST	20	500	5	1	6

Målinger under gulv og indeluft maj 2007.

Enhed µg/m <sup>3</sup>	Chloroform	1,1,1-trichlorethan	Tetrachlormethan	Trichlorethylen	Tetrachlorethylen
Stue	<0,10	<0,10	0,59	0,56	0,11
Under Gulv A	<0,10	<0,10	0,37	0,72	37
Under Gulv B	<0,10	<0,10	0,35	1,2	49
MST	20	500	5	1	6

Drift af vindhætte er ikke monitoreret.

Opnået effekt ved passiv ventilation:

Passiv ventilation og ”nedre” betondæk reducerer indeklimabidraget til under MST’s afdampningskrit.

Der er ikke sammenlignelige data med situation før afværge.

Økonomi:

Grundejer har selv etableret anlæg i forbindelse med renovering af bygning.  
Økonomi er ikke kendt.

Konklusion:

Kraftig jordforurening er delvis oprenset inde i bygning til 3,5 á 4,5 m u.t. Der er efterladt forurenede jord under bygning, som giver fortsat poreluftforurening.  
Etablering af 2 betondæk med indskud af dræn sikrer, at afdampning er mindre end MST’s afdampningskrit.

Referenceliste:

Bilag a3 og bilag a4.

GEO. Rapport 1, 2006-08-29.

Bilag 3 JAGG-beregninger.

Plan med skitse af anlæg.

Målinger under gulv og indeluft februar 2007.

Målinger under gulv og indeluft maj 2007.