

Miljøprojekt Nr. 647 2001

Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening

Måling af indtrængningen af
gasformige forbindelser fra forurenede
jord til indeluften: Foliemetoden.
Del 2. Felttest

Karsten Fuglsang og Flemming Mikkelsen
DK-Teknik Energi & Miljø

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

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

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

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
2 FREMGANGSMÅDE VED MÅLING PÅ GULVAREALER	13
2.1 Måleprincip	13
2.2 Målemetode	13
3 FELTTEST	17
3.1 Formål	17
3.2 Beskrivelse af lokaliteter	17
3.3 Måleprogram	18
3.4 Målemetoder	18
3.4.1 Måling af flux	18
3.4.2 Måling af koncentrationer i poreluft	22
3.4.3 Måling af koncentrationer i indeluft	22
3.4.4 Måling af sekundære parametre	22
4 RESULTATER	25
4.1 Koncentrationer i poreluft, indeluft og udeluft. Luftsifte	25
4.2 Flux fra åbne gulvarealer	27
4.2.1 Måling af flux ved folieafdækning	27
4.2.2 Beregning af bidrag fra gulvareal til indeluften ud fra den målte flux.	29
4.2.3 Beregning af bidrag til indeluften efter Miljøstyrelsens anvisninger.	30
4.3 Flux fra gulvarealer med særlig høj indtrængning til indeluften	31
4.4 Massebalance for PCE	34
5 VURDERING	37

5.1	Folietoden anvendt på åbne gulvarealer.....	37
5.2	Folietoden anvendt på gulvarealer med særlig høj indtrængning til indeluftten.	39
5.3	Sammenligning af målt og beregnet flux	41
5.4	Massebalance for PCE	42
6	KONKLUSION	43
7	LISTE OVER FORKORTELSER OG SYMBOLER	45
8	REFERENCER.....	47

Bilagsoversigt.

Bilag A	Procedurebeskrivelse
Bilag B	Målesteder
Bilag C	On-site analyse med gaschromatograf
Bilag D	Samlet oversigt over målte, flygtige organiske forbindelser
Bilag E	Måling af luftskifte
Bilag F	Massebalance for PCE

Forord

Miljøstyrelsen iværksatte i 1998 udviklingen af en ny metode til at udføre måling af fluxen af flygtige forbindelser fra gulvarealer. Formålet med metoden er at gøre det muligt direkte at bestemme fluxen af flygtige forbindelser fra forurenede jord under gulv til indeluften.

Projektet er iværksat og finansieret af Miljøstyrelsens Teknologiprogram for Jord- og Grundvandsforurening.

I 1998-2000 blev der udført en laboratorieundersøgelse med det formål at teste metodens anvendelighed. Laboratorieundersøgelsen er beskrevet i rapporten "Måling af indtrængningen af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluften: Foliemetoden. Del 1: Laboratorietest".

Denne rapport beskriver en test af metoden under feltforhold. Rapporten indeholder endvidere en procedurebeskrivelse for metoden.

Projektet er blevet gennemført af dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ v/Karsten Fuglsang og Flemming Mikkelsen. Projektet har været tilknyttet en styregruppe bestående af

Irene Edelgaard, Miljøstyrelsen
Preben Bruun, Miljøstyrelsen
Ove Nielsen, By- og Boligministeriet
Lars Gunnarsen, Statens Byggeforskningsinstitut
Jes Holm, GEO
Astrid Zeuthen Jeppesen, Amternes Videntcenter for Jordforurening
Vibeke Meno, Frederiksborg Amt
Tommy Jacobsen, Teknologisk Institut
Flemming Mikkelsen, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Karsten Fuglsang, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

Sammenfatning og konklusioner

Denne rapport beskriver en ny målemetode, der har til formål at bestemme afdampningen af flygtige organiske forbindelser fra betongulve, hvorunder der er forurenet jord.

Målemetoden er udviklet og testet som et led i et projekt under Miljøstyrelsens Teknologiprogram for Jord- og Grundvandsforurening.

Foliemetoden baseres på, at et veldefineret areal afdækkes med en folie, som danner et kammer over arealet. Folien fæstnes til betonen ved hjælp af tape, og der tilføres ren, kulfiltreret luft under folien. Gasser, der transporteres gennem betongulvet fra forurening under gulv, opblandes med luften under folien, og mængden af den tilførte forurening bestemmes ved måling på den luft, der blæser ud af folien.

Metoden er udviklet og afprøvet i forbindelse med projektets laboratorietest, som er rapporteret særskilt /1/. Denne rapport beskriver en test af metoden under feltbetingelser med det formål at evaluere metoden og med henblik på at vurdere den målte flux i forhold til det beregnede bidrag efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og 7 af 1998 /2/, /3/.

Felttesten blev udført i kælderen under et tidligere renseri beliggende på Frederiksberg. Renseriets lå i stueetagen i en 5-etages bygning i perioden 1955-1991. Under betongulvet i kælderen var der her en forurening af perchlorethylen (PCE). Med foliemetoden blev der udført målinger af fluxen fra fritliggende gulvarealer, og som et supplement blev der udført måling af indtrængningen af PCE gennem synlige revnedannelser i gulvet, bl.a. omkring gennemføring af kloakrør. Endvidere inkluderede testen udeluft- og indeluftmålinger, poreluftmålinger, luftskiftmålinger samt måling af sekundære parametre såsom differenstryk og temperaturer. Endvidere blev der til sammenligning udført måling på et betongulv i kælderen i en nærliggende, ikke-forurenet bygning.

Ud fra felttesten vurderes metodens repeterbarhed at være af størrelsesordenen $\pm 20\%$ - $\pm 30\%$. Variationer af fluxen over et gulvareal vurderes i praksis at være langt større, og repeterbarheden vurderes derfor at være fuldt acceptabel i forbindelse med målinger i felten.

Der var i to af de fire målepunkter en god overensstemmelse mellem den målte flux og den flux, der beregnedes efter Miljøstyrelsens JAGG-model. De store variationer af koncentrationen af PCE i poreluften under gulv gør det imidlertid vanskeligt at vurdere den reelle flux ved beregning. De store variationer tillægges, at jorden under gulvet er meget lerholdig.

Ved pålægning af folie omkring en gennemføring af et kloakrør kunne det påvises, at gulvarealet omkring kloakrøret var en meget væsentlig kilde til forekomsten af PCE i indeluften i kælderlokalet. Det vurderes ud fra on-line målinger over en uge på fluxen fra rørgennemføringen, at der er en væsentlig indflydelse af temperaturforskellen udeluft/indeluft på fluxen via revner i gulvet. Dette tillægges især en kraftig opdrift i etageejendommen, der på

grund af en "skorstenseffekt" i bagtrappen medførte et betydeligt undertryk i kælderen. Variationer i barometerstanden vurderes i måleperioden at have en noget mindre indflydelse på trykforskellen under/over gulv på den pågældende lokalitet.

Det konkluderes, at det lokaliserede område omkring gennemføring af kloakrør er en helt dominerende enkeltkilde til PCE i kælderlokalet på den forurenede lokalitet. Der er risiko for, at en lignende situation kan forekomme på andre forurenede lokaliteter, især når der er tale om gulve med rørgennemføringer mod forurenede zone. Bidrag til indeluften fra afgrænsede gulvarealer med særlig høj indtrængning - såsom områder med større revner og sprækker i gulve - kan være vanskelige at forudsige ved brug af Miljøstyrelsens JAGG-model. Dette skyldes, at det ofte er vanskeligt at lokalisere og opmåle gennemgående revner i betongulvet. Endvidere kræves det for beregning af bidraget, at poreluftkoncentrationen under det afgrænsede gulvareal er kendt. Da poreluftmåling af praktiske hensyn kan være vanskelig at udføre direkte under områder omkring rørgennemføringer, vil data for poreluftkoncentrationen ofte skulle estimeres ud fra poreluftmålinger udført andre steder under betongulvet. Dette øger risikoen for fejlvurdering ved beregning af bidraget.

Med projektet er der udviklet en metode til måling af fluxen af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluften. Der er endvidere beskrevet en procedure til brug for måling med foliemetoden til måling på åbne gulvarealer. Tentative forsøg med afdækning af folie omkring områder med særligt høje bidrag har vist, at metoden har et stort potentiale som værktøj til kortlægning af indtrængning af forurening til indeluften via revner i gulve, omkring rørgennemføringer o.l. Endvidere har målinger vist, at et ganske lokalt område med revner omkring en rørgennemføring kan udgøre en helt dominerende kilde og dermed give et meget væsentligt bidrag til koncentrationen af forurening til indeluften.

Summary and conclusions

This report describes a new method for determination of the emission of gaseous compounds from polluted soil to indoor air in buildings. The method has been developed and evaluated through a project supported by the Danish Environmental Protection Agency.

The measurement method is based on the enclosure with an inert film of an area of the floor over the polluted soil. The film is attached to the floor by means of an adhesive tape, and clean, filtered air is pumped into the enclosure. The compounds that are transported from the area covered by the film will be mixed with the air pumped into the enclosure, and the compounds are removed by an outlet flow. The emission from the area can be determined by measurement of the emission of pollutants through the outlet air.

The method was developed and tested under laboratory conditions in the first phase of this project. The results of the laboratory test has been described in a separate report /1/. The present report describes an evaluation of the method under field conditions. Furthermore, a comparison of the measured and the calculated flux of gaseous pollution to the indoor climate from soil pollution was done. The calculation was done by means of the JAGG-model according to guidelines from the Danish EPA /2/, /3/.

The field test was performed on a contaminated site in Copenhagen. The contamination consisted of perchloroethylene (PCE) in the soil under a 5 storeys building, where a former laundry had been situated in the 1st floor. The field test was performed in the basement of the building. With the film enclosure method, emission flux measurements were performed on the concrete floor and, supplementary, emission flux measurements were performed on "hot spots", i.e. around the penetration of a sewage pipe, where cracks were found in the concrete floor. Furthermore, the test included measurement of indoor and ambient concentrations, air exchange rate, soil air measurements, and secondary parameters such as differential pressures and temperature. A series of measurements were also performed at a non-contaminated "reference-site".

On the basis of the field test, the repeatability of the method is estimated to be $\pm 20\%$ - $\pm 30\%$. Under field conditions, the found variation in the repeatability will be quite small compared to the spatial variations in the flux through a floor placed on contaminated soil.

Out of the 4 measurement points, where emission flux measurements were performed, the results from 2 points showed a good agreement with the flux calculated according to the JAGG-model. However, there is a large horizontal variation in the concentration of PCE in the soil air under the floor, and this makes it difficult to determine the flux of PCE by calculation. The variation in soil air concentrations is probably due to the high content of clay in the soil.

The measurement of emissions of PCE from cracks in the concrete around the sewage pipe showed that this hot spot was a very significant source of

PCE. From on-line measurements performed over a period of one week, the difference in temperature inside/outside the building was found influence the measured flux from concrete cracks in the floor. This is due to the buoyancy of the air in the building, creating a flow of air from the basement through the backstairs and upward, and causing a vacuum in the basement, especially during periods with low outdoor temperatures. During the measurement period, variations in barometric pressures were found to have a minor influence on the flux through cracks as compared to the difference in temperature inside/outside the building.

It is concluded that the cracks in the concrete floor around the sewage pipe penetration is the predominant source to PCE in the indoor air in the basement. There is a risk that a similar situation can be found at other contaminated sites, especially where pipes penetrate the floor at polluted zones. It is generally difficult to estimate the flux of VOC from hot spots such as larger cracks and fissures are present in the floor by calculation as suggested by the Danish EPA. This is due to the difficulties in the identification and measurement of cracks that are open throughout the concrete floor. The soil air concentration directly under the spots can also be difficult to measure due to practical hindrances, especially when hot spots are located close to sewage pipes etc. This increases the uncertainty of the calculation of contributions from hot spots.

Through this project, a method has been developed for determination of the flux of volatile compounds from polluted soil to indoor air. A procedure for the performance of measurements on concrete floors has been described. Tentative experiments with the film enclosure method used on hot spots has shown that the method has a high potential as a tool for tracking and quantifying major sources to harmful pollutants in indoor air in buildings at contaminated sites.

1 Indledning

Folietmetoden til måling af fluxen blev udviklet og afprøvet i forbindelse med laboratorieundersøgelsen, der blev udført i 1999-2000. Resultatet indikerede tydeligt, at metoden kan anvendes til måling af hvor meget TCE (trichlorethylen) og toluen, der transporteres til indeluften fra forurenede jord gennem et betongulv. Usikkerheden blev ud fra testen estimeret til at være mindre end $\pm 50\%$, bestemt som præcisionen ud fra gentagne målinger under samme betingelser. Testen blev udført under forhold, hvor transporten gennem betonen skete ved diffusion, og sammenligninger mellem den beregnede diffusive transport efter Miljøstyrelsens vejledning og den målte flux viste god overensstemmelse. Det antages, at metoden vil være generelt anvendelig for flygtige forbindelser.

Som et led i testen af metodens anvendelighed besluttede Miljøstyrelsen ultimo 2000 at gennemføre en test af metoden under feltforhold, hvor transporten ikke blot vil ske ved diffusion, men også ved konvektion via revner og sprækker i betonen. Det var i samme forbindelse et ønske at afprøve, om folieafdækning kunne benyttes til målinger på afgrænsede områder på gulve, hvor der kan forventes at forekomme en særlig høj flux.

Lokaliteten til felttesten blev valgt ud fra følgende kriterier:

- En forurening med chlorerede opløsningsmidler under betondæk blev foretrukket. Årsagen hertil er det forholdsvis store antal tilfælde, hvor renserier giver anledning til potentielle indeklimaproblemer.
- En kælder med et ældre betongulv blev foretrukket. Ældre betontyper skønnedes at være mest repræsentative for de lokaliteter, hvor indeklimaproblemer findes.
- En lokalitet, hvor der ikke længere foregik forurenende produktion, blev foretrukket, da et eventuelt bidrag fra produktionen kunne komplicere en beregning af stoftransporten til og fra kælderen unødigt.

Med hjælp fra Amternes Videncenter for Jordforurening og Frederiksberg Kommune blev der fundet en passende lokalitet på Frederiksberg. I stueetagen i en ældre etageejendomme har der på lokaliteten været et kemisk renseri i perioden 1955-1991. Dette renseri har i kælderlokalerne under bygningen haft oplag af rensesvæske PCE (perchloroethylen, også kaldet tetrachloroethylen), og faldstammen fra renseriets afløb går gennem kælderen betondæk. Et konsulentfirma har i 1999 og 2000 udført forureningsundersøgelser på det tidligere renseri, og disse undersøgelser har påvist relativt høje koncentrationer af PCE i og under kælderlokalerne.

2 Fremgangsmåde ved måling på gulvarealer

2.1 Måleprincip

Foliemetoden baseres på, at et veldefineret areal afdækkes med en folie, som danner et kammer over arealet. Kammeret beluftes, d.v.s. det tilføres ren, kulfiltreret luft. Figur 1 skitserer metoden. Folien fæstnes til betonen ved hjælp af tape. For at opnå at der sker en god opblanding af den indblæste luft, sker beluftningen jævnt langs det afdækkede areals 4 sider og ind mod midten af arealet. Indblæsningen sker via en række jævnt fordelte huller i en perforeret slange, der ligger langs de 4 sider. For at undgå lokale områder med undertryk anvendes der er ikke mekanisk ventilation under folien.

Princippet for foliemetoden er beskrevet i detaljer i rapporten "Måling af indtrængningen af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluften: Foliemetoden - Del 1. Laboratorieundersøgelse" /1/.

2.2 Målemetode

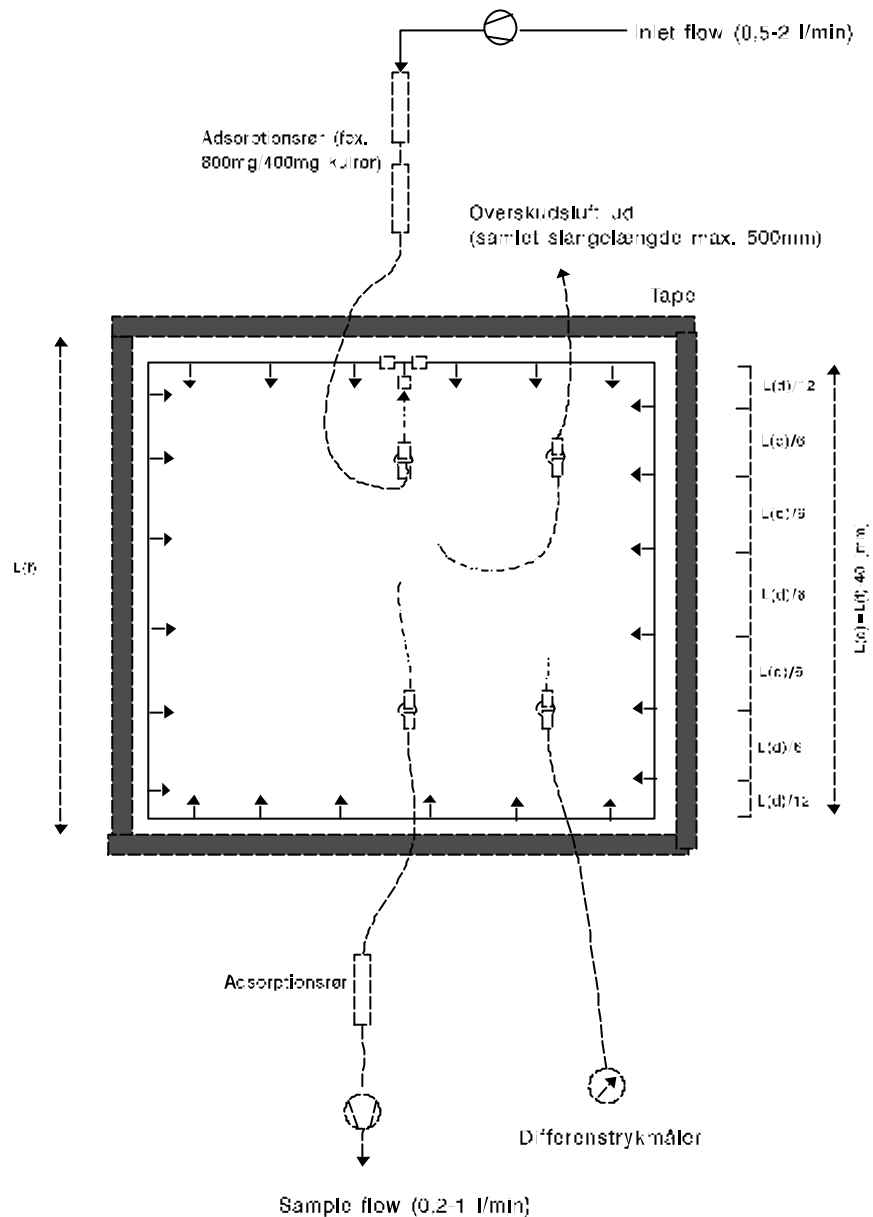
Bilag A indeholder en detaljeret beskrivelse af den procedure, der anbefales ud fra laboratorie- og feltforsøgene. Bilag A indeholder endvidere en nærmere beskrivelse af det anvendte måleudstyr.

I forbindelse med feltforsøgene blev der til måling på gulvarealet anvendt folie af TEDLAR udkåret i størrelsen 0,7 m x 0,7 m. Der blev som vist på figur 1 monteret 4 stk. slangegennemføringer på folien, hvorigennem der kunne føres teflonslanger med en ydre diameter på 6mm.

Til forskel fra laboratorieforsøgene blev der ikke udsuget et bypass flow. Dette skyldes, at betongulvet var betydeligt mere ujævnt end den fremstillede betonplade i laboratorieforsøgene, og tætningen mellem tape og gulv var derfor meget varierende. Dette resulterede i, at overskudsluften i højere grad end under laboratorieforsøgene passerede ud under tapen. For at sikre at der under folien er et svagt (måleligt) overtryk, blev det under feltforsøgene undladt at trække bypass flow aktivt ud af folien via pumpe. Det målte overtryk under folien er angivet i afsnit 4.2.1.

Ud fra erfaringerne med laboratorieforsøgene er der til udførelse af beluftning anvendt perforerede doseringssonder af rustfrit stål med indre diameter 6 mm og med 36 perforeringshuller á 0,8 mm fordelt som vist på figur 1. Doseringssonden fulgte kanten af folien 1-3 cm fra yderkanten af arealet.

Figur 1. Måling af flux ved folieafdækning. Principskitse med beskrivelse af flowforhold som anvendt under feltforsøgene.



De pågældende gulvarealer blev rensede ved, at betonoverfladen blev fejtet, børstet med en stålbørste og støvsuget. Tapen blev gentagne gange påført og taget af rundt om foliearealet for at fjerne tilbageværende støvpartikler, der kunne hindre klæbningen mod betonen. Efter 1-3 ganges klæbning mod de arealer, der skulle hæftes mod, blev en ny tape lagt på, idet det sikredes, at vedhæftningen mod overfladen var så god, at tapen ikke uden videre kunne løsnes langs yderkanten.

Den perforerede stålsonde placeredes på gulvarealet, og derefter blev folien lagt over og fastgjort med tape. Det øvrige udstyr monteredes som vist på figur 1.

Herefter blev der tilført beluftning med rensset luft med et flow på 2 l/min., svarende til et arealspecifikt flow på 0,24 m³/m²/h. Denne luft forsynedes under laboratorieforsøgene fra et trykluftanlæg, og luften blev inden dosering rensset ved hjælp af aktivt kul (2 stk. seriekoblede kulrør 400 mg/200 mg). Den indblæste luft blev udsuget til prøvetagning for VOC på et 400 mg/200 mg kulrør med et flow på 1 l/min. Den tilbageværende halvdel af den indblæste luft blev dels ledt til rumluften via en slange til ”overskudsluft”, og dels til rumluften via utætheder langs kanten af tapen, jf. figur 3.

Prøvetagningen på kulrør blev foretaget over ca. 24 timer, og kulrør til indblæsning blev skiftet inden prøvningens start og efter hvert prøveskift.

Alle prøver fra fluxmåling ved afdækning på gulvarealer blev analyseret ved gaschromatografi med massespektrometrisk detektion på Teknologisk Institut.

3 Felttest

3.1 Formål

Felttestens formål var at foretage en vurdering af den målte flux i forhold til det beregnede bidrag efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og 7 af 1998 /2/, /3/. Endvidere ønskedes metoden evalueret ved feltafprøvning, bl.a. med henblik på at vurdere metodens repeterbarhed.

Feltundersøgelsen blev foretaget ved samtidig udførelse af fluxmåling, poreluftmåling, luftskiftemåling, måling af indeluftkoncentrationen samt baggrundskoncentrationen. Endvidere var det formålet med felttesten af afprøve, om foliemetoden kan benyttes til at kvantificere emissioner fra særligt forurenende områder såsom revner eller sprækker omkring rørgennemføringer.

Felttesten blev gennemført i en etageejendom på Frederiksberg. Som reference – på en lokalitet, der ikke er forurenet med PCE – blev der udført målinger i en tilsvarende ejendom. I det følgende beskrives målestederne.

3.2 Beskrivelse af lokaliteter

Forurenet lokalitet "GK179"

Ejendommen over den forurenede lokalitet er opført i 1877. Der har i ejendommens stueplan været et renseri i perioden 1955-1991.

Rensermaskinen har været placeret i stueplan, men der har angiveligt foregået håndtering og oplag af PCE i kælderlokalerne under renseriet. Over det tidligere renseri, der nu huser en butik, er der lejligheder til beboelse i 4 etager. Felttesten er udført i kælderlokalerne under det tidligere renseri. Rummet, hvori felttesten er udført, består af to sammenhængende lokaler samt et gangareal som vist i figur B-1, bilag B. Det ene lokale benyttes som cykelkælder, det andet benyttes som værksted. Værkstedet rummer en del bøtter med maling, herunder terpentinholdig maling, men der blev ikke fundet oplag af produkter med indhold af chlorerede opløsningsmidler. Det samlede areal af cykelkælder, værksted og gang er 88 m². Gulvet i kælderen er et frilagt, ubehandlet betondæk.

Det skal bemærkes, at der både i cykelkælderen og i værkstedet under ejendommen er vinduer mod gården. Utætheder langs vinduesrammerne vil øge luftskiftet i kælderen, især i cykelkælderen, hvor der som erstatning for det ene fag er sat en spånplade op. Spånpladen dækker ikke hele vinduesfaget, og der er derfor en 5 mm sprække mod det fri langs spånpladens ene side. Da der under hele måleperioden var et undertryk i kælderen i forhold til udeluften i området 4 Pa - 17 Pa, må der især forventes at være et flow af udeluft ind i cykelkælderen.

Den forurenede lokalitet betegnes i det følgende "GK179".

Ikke forurenede lokalitet "GK172"

Ejendommen, hvori referencemålinger er udført, er opført i 1880. Ejendommen er beliggende ca. 150 meter fra den forurenede lokalitet. Frederiksberg Kommune oplyser, at der fra 1903 har været et jern- og metalstøberi på grunden, men at dette formodentlig har ligget i baggården. Der er ikke registreret forurening på grunden. Ligesom på den forurenede lokalitet er gulvet i kælderen et frilagt, ubehandlet betondæk.

Figur B-3 i bilag B viser placeringen af målestederne. Den ikke forurenede lokalitet betegnes i det følgende "GK172".

3.3 Måleprogram

Der blev udført måling for PCE samt – for at kontrollere eventuelle nedbrydningsprodukter og andre forureninger – for 1,1,1 trichlorethan, chloroform, 1,1-dichlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, tetrachlormethan, trichlorethylen, benzen, toluen, xylener, ethylbenzen samt C9 – C10 aromater og alifater. I forbindelse med måling af koncentrationer i poreluft og under folieafdækninger på særligt forurenende områder blev der dog kun målt for PCE.

Målingerne blev udført efter programmet beskrevet i tabel 1. De udførte indeluftmålinger følger de anvisninger, der er anbefalet i vejledningen "Måling af stoffer i indeluften fra forurening i jorden" fra Bygge- og Boligstyrelsen /4/. Der er udført måling på såvel den forurenede lokalitet som på en uforurenede lokalitet.

Udeluftmålingerne blev på såvel GK172 som GK179 udført i et cykelskur i baggården, d.v.s. uden direkte påvirkning fra trafik.

Tabel 1. Måleprogram for feltforsøg.

	1. uge					2. uge					3. uge			
	ons	tors	fre	lør	søn	mar	tir	ons	tors	fre	lør	søn	man	tir
	21-03-01	22-03-01	23-03-01					28-03-01	29-03-01	30-03-01			02-04-01	03-04-01
GK172 (Reference)														
Fluxmåling	opstart	1 stk.	1 stk.											
Indeklimamåling		1 stk.												
Udeluftmåling		1 stk.												
GK179														
Fluxmåling								opstart	2x2 stk.	2x2 stk.	beluften	beluften	2x2 stk.	2x2 stk.
"hot spot" fluxmåling omkring rør mv. (ppbRAE/GC/kulrør)	3-4 stk.	1 stk.	1 stk.					1 stk.	1 stk.	1 stk.			1 stk.	1 stk.
Poreluftmåling (GC)	5-8 stk.													2 stk.
Indeklimamåling									2 stk.	2 stk.			2 stk.	
Udeluftmåling									1 stk.	1 stk.			1 stk.	
Luftskiftmåling									1 stk.	1 stk.			1 stk.	

3.4 Målemetoder

3.4.1 Måling af flux

3.4.1.1 Måling af flux fra gulvarealer

Der blev ud fra de opnåede erfaringer i laboratorietesten udarbejdet en procedure, der beskriver fremgangsmåden ved benyttelse af foliemetoden til måling af fluxen fra fire gulvarealer. For en detaljeret beskrivelse af

fremgangsmåden henvises til bilag A, der beskriver proceduren for foliemålingen på gulvarealer.

I forhold til laboratorietesten var der ændret på indblæsningen således, at der i stedet for indblæsning via en perforeret teflonslange blev benyttet en ramme af rustfri stålør med en indre diameter på 6 mm og med 36 perforeringshuller á 0,8 mm. Der blev benyttet et arealspecifikt flow på ca. $0,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. Dette er inden for det flowområde, der blev testet og fundet anvendelig under laboratorietesten.

Figur 2 viser fluxmålinger med folieafdækning udført på gulvareal.

Figur 2. Måling af fluxen fra gulvareal i kælderen under tidligere renseri. Målepunkt F3 og F4 i cykelkælder, lokalitet GK179.



3.4.1.2 Måling af flux fra områder med risiko for særlig høj indtrængning

Utætheder i bygningskonstruktioner mod jord såsom sprækker omkring rørgennemføringer, revner langs vægge o.l. vides at være en potentiel og væsentlig kilde til indtrængning af dampe fra jordforureninger til indeluften /5/. Der findes i dag ingen kendte metoder til at måle indtrængningen fra utætheder af denne art.

Det er derfor i forbindelse med felttesten vedtaget at undersøge, om foliemetoden kan benyttes til at bestemme størrelsen af bidraget fra sådanne utætheder.

Afprøvningen er sket ved at udføre tentative målinger på to områder med synlige, store revner (større end 0,5 mm) i betongulvet på den forurenede lokalitet.

Målingerne på de særligt forurenende områder betragtes som egentlige emissionsmålinger, da en beregnet flux pr. arealenhed ikke skønnes at give megen mening, når der overvejende er tale om en transport, der er lokaliseret til små delområder af arealet under folien – d.v.s. sprækker eller revner – og ikke hele det område, der dækkes af folien. Derfor er resultatet af fluxmålingerne på de særligt forurenende områder beregnet som emissionen fra det enkelte område i enheden mg/time.

Identifikation af særligt forurenende områder

Særligt forurenende områder blev identificeret ved hjælp af en særlig følsom fotoionisationsdetektor (PI-detektor) af mærket ppBRAE. Denne detektor er

ikke selektiv over for PCE, men vil give et udslag for bl.a. en række chlorerede og aromatiske hydrocarboner. På grund af krydsfølsomhed over for andre gasformige forbindelser, der typisk forekommer i indeluften, vil det erfaringsmæssigt være vanskeligt at lokalisere særligt forurenende områder, der giver anledning til en koncentration på mindre end $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE umiddelbart over kilden. Med PI-detektoren blev luften umiddelbart over potentielt kraftige kilder målt. Der blev målt på en række samlinger ved gulv omkring rørgennemføringer og på store revner i betongulvet. PI-detektoren viste ved måling den 23. marts 2001 et udslag på $50\text{-}90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i såvel rumluften og $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i udeluften. Der blev imidlertid 2 steder fundet et signifikant udslag på detektoren: $600\text{-}700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ umiddelbart over en revne ved gennemføring af kloakrør mod gulvet (cykelkælder, punkt F-HS1, jf. figur B-1 i bilag B) og $200\text{-}500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ umiddelbart over et beskadiget område af betongulvet i cykelkælderen (punkt F-HS2). Punkt F-HS2 ses i figur 3.

Figur 3. Klargøring til foliepålægning omkring et potentielt særligt forurenende område, punkt F-HS2: Beskadiget område i betongulvet.



Afdækning og tætning omkring særligt forurenende områder

I forhold til måling på plane gulvarealer er det en vanskeligere opgave at gennemføre en afdækning med folie omkring et rør eller mod en gulvflade med dybe revner. Afdækningen bør være så tæt, at der ikke opstår "kanaldannelser" under den tape, der skal fastgøre folien mod rør eller gulv. Hvis en betydelig kanaldannelse opstår, vil den indblæste luft kunne passere ud gennem kanaler, inden der er opnået en tilfredsstillende opblanding af luften under folien.

Det var muligt at opnå en god tætning mod revner og ujævne overflader ved at lægge en "kant" af dekorationsler langs gulvet. Der blev benyttet folie af typen Nalophan. Forinden var overfladerne, mod hvilke der skulle tætnes, rengjort ved at børste grundigt med en stålbørste og ved at støvsuge efterfølgende. Folien blev pålagt som vist på figur 4, således at kanten af folien netop gik ud over lerkanten, og folien blev presset mod leret. Efterfølgende blev folien klæbet mod gulvet ved hjælp af Nichiban tape. Dekorationsleret tørrede ind og var synligt tør visse steder på overfladen efter 3-4 dages beluftning. Målingen blev fortsat i 6 døgn upåagtet, at der under udtørring af leret kunne ske en øget kanaldannelse langs kanten.



3.4.2 Måling af koncentrationer i poreluft

Poreluftmåling for flygtige organiske forbindelser er foretaget ved boring gennem betonfundament og nedramning af spyd bestående af rør af rustfrit stål. Rørene blev tætnet mod betonen. Poreluften umiddelbart under fundament blev suget op via slanger af teflon og analyseret on-site ved hjælp af en transportabel gaschromatograf som beskrevet i bilag C.

Målingerne af poreluft i punkterne C1-C3 og V1-V3 blev udført 7 døgn inden starten af fluxmålingerne og indeluftmålingerne. Gulvet blev retableret ved, at de borede huller blev lukket umiddelbart efter poreluftmålingen. På denne måde blev det søgt undgået, at indeluftmålingerne blev påvirket af en eventuelt øget flux via de borede huller i gulvet.

Ved poreluftmåling i punkterne F1-F4, hvor fluxmåling blev foretaget på åbne gulvarealer, blev der først boret huller i gulvet og udført poreluftmåling efter, at fluxmålingen var afsluttet.

3.4.3 Måling af koncentrationer i indeluft

Flygtige organiske forbindelser i indeluften blev opsamlet på adsorptionsrør indeholdende aktivt kul af mrk. SKC (400 mg/200 mg). Den efterfølgende analyse blev foretaget ved gaschromatografi med massespektrometrisk detektion af 1,1,1 trichlorethan, chloroform, 1,1-dichlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, tetrachlormethan, trichlorethylen, perchlorethylen, benzen, toluen, xylener, ethylbenzen samt for alifatiske kulbrinter (petroleumsforbindelser) og aromatiske kulbrinter (målt som C_9 - og C_{10} -alkylbenzener).

Målingerne i indeluften på lokaliteten GK179 blev udført før poreluftmåling for at undgå et "falsk" højt bidrag fra borede huller i betongulvet.

3.4.4 Måling af sekundære parametre

Til brug for en nærmere vurdering af resultaterne og til beregning af massestrømmen af PCE i kælderlokalerne blev der målt sekundære parametre som luftskifte, temperatur og trykdifferens. Målemetoderne beskrives i det følgende kort.

Data for udelufttemperatur og lufttryk er indhentet fra Danmarks Meteorologiske Institut fra station Københavns Lufthavn (lufttryk) og station Landbohøjskolen (temperatur).

3.4.4.1 Luftskeftemåling

Luftskefte er målt i cykelkælderens ved hjælp af henfaldsmetoden. Der blev benyttet SF₆ som sporgas. Dosering blev foretaget ved at 100 ml 100% v/v SF₆ blev injiceret i portioner fordelt efter kælderrummenes volumen, og ved at der samtidigt blev benyttet ventilatorer til opblanding af SF₆ i de to lokaler inden og under målingen. Måling af SF₆ blev udført ved hjælp af fotoakustisk infrarød detektion (PAIR) med instrument mrk. Brüel & Kjær 1302, idet der blev udført absorptionsmåling ved bølglængden 10,6 µm.

Beregning af luftskeftet blev udført efter (I):

$$q_v = \frac{\ln\left(\frac{c_0}{c_t}\right)}{(t_t - t_0)} \quad (I)$$

hvor q_v = luftskefte [h⁻¹]
 t = tiden for målingens begyndelse (t₀) og slutning (t_t) [h]
 c = koncentrationen af SF₆ [ppm]

3.4.4.2 Temperaturmåling

Temperaturmåling blev udført i top/bundkammer ved hjælp af en Pt100 føler (måleområde 0°C -100°C), hvis signal blev opsamlet på en datalogger af mærket Grant.

3.4.4.3 Trykdifferensmåling

Trykdifferensmålinger blev udført ved hjælp af et elektronisk mikromanometer af mærket Zephyr, der har et måleområde på -1000 Pa - +1000 Pa, og en opløsning på 0,1 Pa.

4 Resultater

I det følgende præsenteres felttestens resultater. De målte indeluft- og poreluftkoncentrationer præsenteres sammen med det målte luftskifte. Herefter fremlægges resultaterne af den målte og beregnede flux fra gulvarealer. Endelig præsenteres resultatet af de tentative målinger ved folieafdækning over revner i betongulvet og ved rørgennemføringer.

4.1 Koncentrationer i poreluft, indeluft og udeluft. Luftskifte

De udtagne prøver er analyseret for en lang række komponenter, herunder andre chlorerede forbindelser end perchlorethylen, som er den primære forureningskomponent på den forurenede lokalitet GK179. De samlede resultater for målte, flygtige organiske forbindelser er vist i bilag D. Den udførte felttest bekræfter, at perchlorethylen er den overvejende forureningskomponent på GK179. For overskuelighedens skyld er det valgt at præsentere data for to af de målte komponenter: Perchlorethylen og toluen. Toluen er inddraget som en "tracer" for bidraget til indeluften fra andre kilder end jordforurening, herunder bidrag fra udeluften og eventuelle kilder i kælderlokalerne.

De målte koncentrationer af PCE og toluen i indeluft og udeluft på GK179 og GK172 (referencemåling) er vist i tabel 2.

Tabel 2. Resultater af målinger af PCE og toluen i indeluft og udeluft. Enhed: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Komponent	Måling nr.	Dato, kl.	Målingens varighed	Indeklima			Udeluft	
				GK179 værksted	GK179 cykelkælder	GK172 (reference)	GK179 v/ cykelskur i gård	GK172 v/ cykelskur i gård
	nr.	start	timer					
PCE	Ref-1	22-03-01 14:38	20			< 0,1		< 0,2
	1	29-03-01 11:21	25	7,9	20		< 0,1	
	2	30-03-01 11:54	21	6,4	45		< 0,4	
	3	02-04-01 09:52	25	22	89		< 0,1	
Toluen	Ref-1	22-03-01 14:38	20			17		2,8
	1	29-03-01 11:21	25	3,8	3,4		2,4	
	2	30-03-01 11:54	21	3,2	9,6		4,1	
	3	02-04-01 09:52	25	5,0	5,8		5,3	

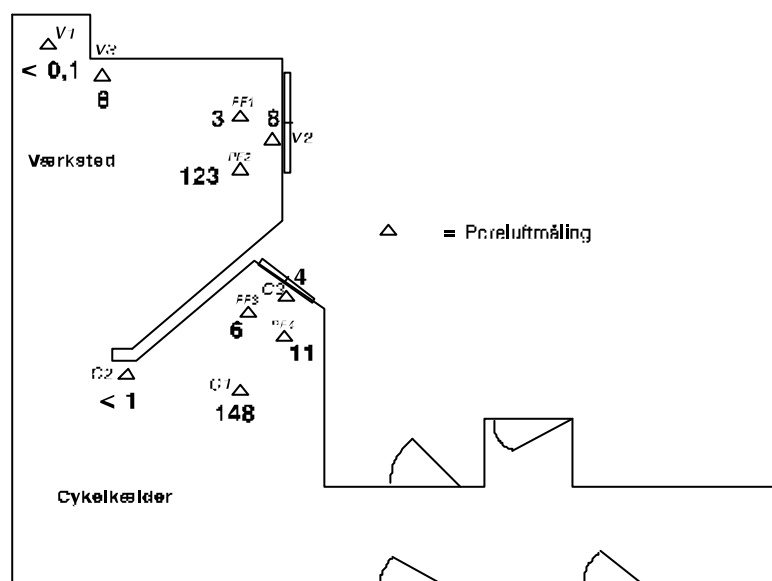
Tabel 3 og figur 6 viser de målte poreluftkoncentrationer.

Tabel 3. Resultater af målinger af PCE i poreluft udført på GK179. Målinger foretaget lige under betondæk. Enhed: mg/m³.

Note 1: I punkt C1 var der en beskadigelse af betongulvet, idet betonen var hugget op. Se figur 3.

Målepunkt		Dato, kl.	Tykkelse af betondæk [mm]	PCE [mg/m ³]
Værksted	PL-V1	21-03-01 10:33	250	< 1
	PL-V2	21-03-01 11:54	250	8
	PL-V3	21-03-01 14:29	200	3
	PL-F1	04-04-01 11:14	150	3
	PL-F2	04-04-01 11:54	150	123
Cykelkælder	PL-C1	21-03-01 15:07	Note 1	148
	PL-C2	21-03-01 14:50	100	< 1
	PL-C3	21-03-01 15:32	100	4
	PL-F3	04-04-01 12:18	100	6
	PL-F4	04-04-01 12:36	130	11

Figur 6. Resultater af poreluftmålinger og oversigt over fordeling af målte koncentrationer af PCE under gulv, GK179. Målested markeret med kursiveret skrift. Enhed: mg PCE/m³.



Luftskiftet i lokalet blev målt under udførelse af fluxmålinger på dagene 29.-30. marts samt den 2. april. Detaljerede resultater for luftskiftemålingen er vist i bilag E. Tabel 4 viser det gennemsnitligt målte luftskifte. Til sammenligning er temperaturer målt i inde- og udeklimaet vist, og det målte differenstryk mellem ude- og indeluft er vist.

Table 4. Målt temperatur, differenstryk og luftskifte i kælderen under GK179.

Dato, kl.	Temp. indeluft [°C]	Temp. udeluft [°C]	Differens-tryk Δp inde-ude [Pa]	Målt luftskifte [h ⁻¹]
29-03-01 13-14	16,0	3,1	-12	4,9
30-03-01 12-13	18,5	5,4	-5	3,4
02-04-01 11-12	19,0	5,4	-6	3,5

4.2 Flux fra frit liggende gulvarealer

Fluxen af flygtige organiske forbindelser fra jordforureningen under gulvet på GK179 – primært bestående af PCE fra den tidligere renserivirksomhed – er målt på frilagte gulvarealer ved hjælp af foliemetoden. Resultater heraf beskrives i afsnit 4.2.1. Samtidigt beskrives resultatet af fluxmålinger udført på et gulv på det uforurenede område i kælderen på lokaliteten GK172. Der blev ved målingen fundet en forholdsvis høj flux af toluen fra gulvoverfladen. Disse resultater er ligeledes rapporteret i afsnit 4.2.1.

Til sammenligning med den målte flux på GK179 er fluxen af PCE beregnet efter Miljøstyrelsens anvisninger ud fra de udførte poreluftmålinger. Disse beregninger beskrives i afsnit 4.2.2.

4.2.1 Måling af flux ved folieafdækning

Folietoden er benyttet som beskrevet i bilag A. Der er udført målinger i ét punkt på den uforurenede lokalitet, og i 4 punkter på den forurenede lokalitet. Med henblik på stabilisering inden målingen er der indledningsvis foretaget beluftning i 24 timer inden igangsættelse af den første måling på hvert målested.

Table 5 viser det målte overtryk under folien og beskriver målepunkterne med hensyn til revnedannelse, betontykkelse og udseende.

Table 5. Målt differenstræk under folie under beluftning og måling af flux på lokalitet GK179. Beskrivelse af målepunkter for fluxmåling på gulvarealer.

Målepunkt	Revner i beton	Tykkelse af betondæk	Beskrivelse af gulvareal i øvrigt	Målt differenstræk $p_{\text{folie}} - p_{\text{rum}}$ under folie [Pa]
F1	Ingen synlige revner	150 mm	Jævn overflade	0,0-0,1
F2	Ingen synlige revner	150 mm	Jævn overflade	0,7-1,4
F3	850 mm lang revne, heraf 300 mm under folie. Revnetykkelse 0,1 mm-0,3 mm	100 mm	Ujævn overflade	0,0-0,1
F4	Ingen synlige revner	130 mm	Ujævn overflade. 100 mm x 500 mm olieagtig plet langs kant	0,0-0,3

Table 6 viser resultaterne for PCE og toluen. Resultaterne for en række andre målte VOC'er er vist i bilag E. Det skal bemærkes, at der kun er fundet spor af andre chlorerede forbindelser end PCE, idet der er fundet TCM og TCA i punkt F3 og til dels i F1.

Table 6. Flux af PCE og toluen til indeluft fra gulvareal målt på lokalitet GK179 og GK172 (reference).

Målepunkt	Måling nr.	Dato, kl. start	Målingens varighed h	PCE $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
F1	1	29-03-01 15:23	20	0,09	5,6
	2	30-03-01 11:04	22	0,08	2,9
	3	02-04-01 08:36	26	0,13	0,7
	4	03-04-01 10:56	23	0,14	0,4
F2	1	29-03-01 15:25	20	0,17	6,5
	2	30-03-01 11:08	22	0,15	1,3
	3	02-04-01 08:38	26	0,22	0,1
	4	03-04-01 10:57	23	0,23	0,1
F3	1	29-03-01 15:28	20	1,8	1,9
	2	30-03-01 11:10	22	6,9	5,5
	3	02-04-01 08:39	26	12,5	2,1
	4	03-04-01 11:04	23	11,0	0,8
F4	1	29-03-01 15:30	20	2,2	16
	2	30-03-01 11:13	22	1,4	6,8
	3	02-04-01 08:42	26	3,8	1,6
	4	03-04-01 11:07	23	4,1	1,0
Reference GK 172	1	22-03-01 14:23	20	< 0,003	2,1
	2	23-03-01 10:35	7	< 0,01	1,6

4.2.2 Beregning af bidrag fra gulvareal til indeluften ud fra den målte flux.

Bidraget til indeluften fra et givent areal med fluxen J kan beregnes ud fra (II):

$$C_B = \frac{J}{Lh \cdot Ls} \quad (\text{II})$$

Ønskes det samlede bidrag fra gulvet beregnet ud fra fluxmålinger, skal gulvarealet inddeles i repræsentative arealer, hvorpå der derefter udføres måling. Beregning af det samlede bidrag fra gulvet beregnes derefter efter (III):

$$C_B = \frac{E_{\text{total}}}{V_{\text{rum}} \cdot Ls} = \frac{J_1 \cdot A_1 + J_2 \cdot A_2 + \dots + J_n \cdot A_n}{V_{\text{rum}} \cdot Ls} \quad (\text{III})$$

Tabel 7 viser det beregnede bidrag af PCE til indeluften i kælderen under det tidligere renseri på lokalitet GK179. De beregnede værdier kan ikke umiddelbart sammenlignes med målinger i indeluften, idet de repræsenterer bidraget til luftrummet mellem gulv og loft over det folieafdækkede areal.

Tabel 7. Bidrag af PCE til indeluften fra åbne gulvarealer efter (II), bestemt ud fra fluxmålingerne i de enkelte punkter F1, F2, F3 og F4. Til sammenligning er poreluftkoncentrationer målt lige under betondæk den 04-04-2001 vist. Loftshøjden $Lh = 1,9$ meter. Beregningerne viser det hypotetiske bidrag til den del af rumvoluminet, der ligger som en "søjle" mellem gulv og loft over hver af de afdækkede arealer.

Målepunkt	Måling nr.	Start fluxmåling Dato, kl.	Luftskifte Lh [h-1]	PCE Poreluftkonc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PCE Bidrag til indeluftkonc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$
F1	1	29-03-01 15:23	4,9	3.000	0,01
	2	30-03-01 11:04	3,4		0,01
	3	02-04-01 08:36	3,5		0,02
	4	03-04-01 10:56	3,5		0,02
F2	1	29-03-01 15:25	4,9	123.000	0,02
	2	30-03-01 11:08	3,4		0,02
	3	02-04-01 08:38	3,5		0,03
	4	03-04-01 10:57	3,5		0,03
F3	1	29-03-01 15:28	4,9	6.000	0,2
	2	30-03-01 11:10	3,4		1,1
	3	02-04-01 08:39	3,5		1,9
	4	03-04-01 11:04	3,5		1,7
F4	1	29-03-01 15:30	4,9	11.000	0,2
	2	30-03-01 11:13	3,4		0,2
	3	02-04-01 08:42	3,5		0,6
	4	03-04-01 11:07	3,5		0,6

En egentlig beregning af det samlede bidrag fra gulvet kan foretages under antagelse af, at de fire afdækkede områder f.ex. repræsenterer den gennemsnitlige flux fra 4 lige store arealer i kælderrummet. I så tilfælde kan det samlede bidrag ud fra formel (III) beregnes til $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, idet der her er benyttet resultater af den fjerde fluxmåling.

4.2.3 Beregning af bidrag til indeluften efter Miljøstyrelsens anvisninger

Beregning af bidraget fra forureningen under gulvarealet er beregnet efter de anvisninger, der er givet i Miljøstyrelsens vejledning 6/98. Beregning efter disse anvisninger kan foretages efter JAGG-modellen, som er udgivet af Miljøstyrelsens Jordforureningskontor i form af et regneark med titlen "Risikovurdering af forurenede grunde", version 1.5. Regnearket kan downloades fra Miljøstyrelsens hjemmeside som en fil med titlen JAGG15.xls.

Regnearket indeholder en række default værdier, som benyttes i de tilfælde, der mangler data for f.ex. betonens egenskaber. For beregning af det totale diffusive og konvektive bidrag er følgende inddata benyttet:

Forureningsdata:

Stof: PCE

Koncentrationen i indeluften¹ $C(0) = 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Poreluftkoncentration $C(L) =$ Målt koncentration i de respektive målepunkter F1-F4.

Jordparametre:

Forurening 0 meter under gulv – ingen jordtype angivet.

Gulvdata:

Betontværsnit: Som beskrevet i tabel 5 for punkterne F1-F4.

Bygningsdata:

Loftshøjde: 1,9 meter

Gulvbredde: 4 meter (såvel for værksted som for cykelkælder)

Gulvlængde: 4 meter (såvel for værksted som for cykelkælder)

Luftskifte: 3,5 h⁻¹

Trykforskel over betondæk: +1Pa (overtryk under gulv)

Tabel 8 giver en oversigt over de beregnede bidrag ud fra de enkelte poreluftmålinger.

¹ Betegnes "Baggrundskoncentrationen C_0 " i JAGG-modellen /3/.

Tabel 8. Målt poreluftkoncentration og beregnet bidrag af PCE til indeluften fra gulvarealer efter Miljøstyrelsens JAGG-model. Beregningerne viser hvor meget bidraget til rummet ville være, hvis fluxen fra hele gulvarealet var den samme som det givne målepunkt.

Note 1: Ved default beregning er der anvendt default data for armeret beton, hvorved revnevidder og -længder beregnes automatisk. Data for luftskifte og loftshøjde er som under faktisk forhold.

Note 2: I Målepunkt F3 var der tydelige revner af bredde 0,1 mm-0,3 mm. Den samlede længde af denne revnetykkelse i rummet er i beregningen estimeret til 4 meter.

Målested	Inddata for revne-dannelse <i>Note 1.</i>	Revnevidde mm	Total revnelængde meter	Beregnet bidrag til indeluft $\mu\text{g}/\text{m}^3$
F1	Default beregning	0,1	19	0,3
	Faktiske forhold (indtastet værdi)	0	0	0,17
F2	Default beregning	0,1	19	11,0
	Faktiske forhold (indtastet værdi)	0	0	7,1
F3	Default beregning	0,1	32	1,0
	Faktiske forhold (indtastet værdi)	0,3	4	1,5 <i>(note 2)</i>
F4	Default beregning	0,1	23	1,2
	Faktiske forhold (indtastet værdi)	0	0	0,7

4.3 Flux fra gulvarealer med særlig høj indtrængning til indeluften

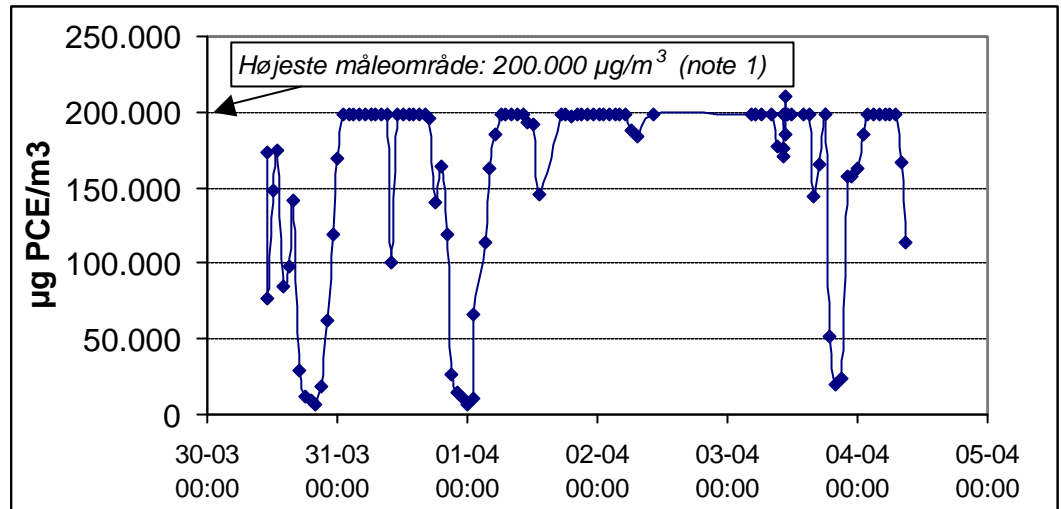
Resultaterne af målingerne i punkt F-HS1 fremgår af figur 7. Som beskrevet i afsnit 3.4.1.2 er målingerne i punkt F-HS1 udført over 5 døgn, idet der under folien er tilført en konstant, forureningsfri luftmængde, og idet der er udført en måling hver time på koncentrationen af PCE ud af folien. I figur 8 er de målte koncentrationer omregnet til den resulterende emission, idet de lokaliserede revner i gulvet omkring kloakrøret er regnet som en punktkilde. Omregning er sket efter (IV):

$$E = C \cdot Q \quad (\text{IV})$$

hvor E = emissionen af PCE [$\mu\text{g}/\text{time}$]
 C = den målte koncentration af PCE [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 Q = flowet ud af folien [m^3/time]

Som det fremgår af figur 7, er den øvre kvantifikationsgrænse overskredet i adskillige timer under måleperioden. Dette skyldes de overraskende og uventet høje koncentrationer ud af folien, som ikke kunne kvantificeres på trods af, at gaschromatografen blev indstillet med fuld dæmpning på detektorens udgangssignal.

Figur 7. Måling af PCE emission til indeluften fra revner omkring kloakrørs gennemføring mod gulv ved folieafdækning omkring faldstamme mod gulv.
Note 1: Udstyrets højeste måleområde var overskredet i flere perioder under målingen, og at koncentrationen af PCE i luften ud af folien derfor i disse perioder kun kan angives som minimumsværdier.



Bidraget til indeluften i kælderen kan beregnes efter (V):

$$C_B = \frac{E}{L_S \cdot V_R} \quad (V)$$

hvor C_B = Bidraget til koncentrationen i indeluften i kælderlokalet [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 E = Emissionen af PCE [$\mu\text{g}/\text{time}$]
 L_S = Luftskiftet i lokalet [timer^{-1}]
 V_R = Lokalets rumvolumen [m^3]

Fra den 02-04-01 er luftskiftet L_S antaget at være konstant = $3,5 \text{ h}^{-1}$. Rumvoluminet V_R er 88 m^3 , målt som det samlede volumen af cykelkælderen og værkstedet, der som vist i bilag B "hænger sammen" ved et 1 meter langt åbent gangareal uden dør.

Tabel 9 viser de målte middelværdier over de 5 døgn, under hvilken målingen af emissionen fra blev udført.

Table 9. Målte middelværdier af koncentrationer ud af folien og emissioner fra område F-HS1 (revner i gulv omkring faldstamme). i.m.: Ikke målt p.g.a. strømafbrydelse.

Note 1: Den målte koncentration var i perioder over kvantifikationsgrænsen, hvorfor resultatet kan være højere end angivet.

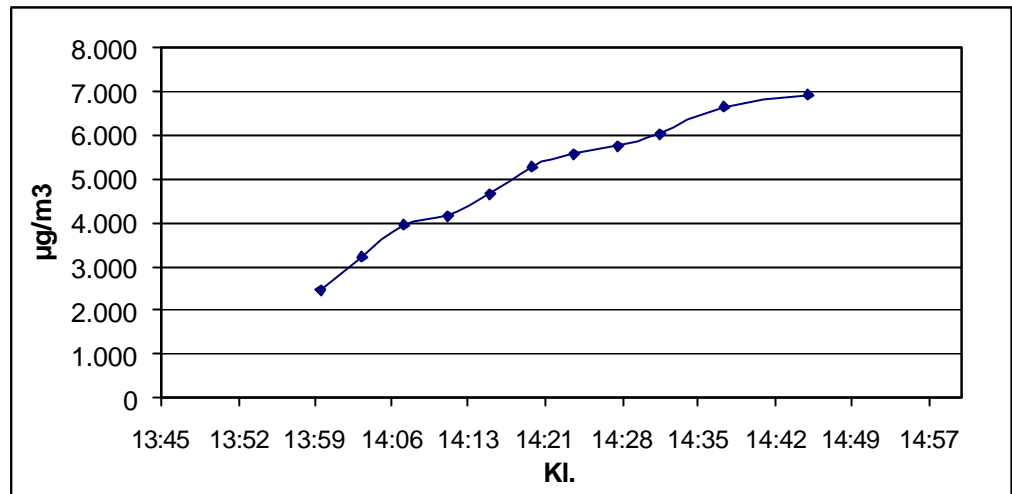
Start	Slut	Målt koncentration, middel $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Note 1	Emission $\mu\text{g}/\text{time}$	Bidrag til indeluft-koncentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$
29-03-01 15:25	30-03-01 11:08	124.844	6.646	15
30-03-01 11:08	31-03-01 09:00	129.918	6.916	23
31-03-01 09:00	01-04-01 09:00	134.994	7.186	23
01-04-01 09:00	02-04-01 11:00	194.262	10.341	33
02-04-01 11:00	16-07-00 13:27	i.m.	i.m.	i.m.
16-07-00 13:27	04-04-01 09:00	170.996	9.103	29

Der blev den 22. marts udført en kortvarig fluxmåling ved folieafdækning på et andet område med potentiel kraftig indtrængning af PCE. Dette område blev lokaliseret ved hjælp af en håndbåren PI-detektor og markeret F-HS2 (se figur 3). Tabel 10 og figur 8 viser resultaterne af målingen af koncentrationer og emission af PCE fra dette område. Bidraget til indeluften i tabel 10 er beregnet efter (V).

Table 10. Målt koncentration, emission og bidrag til indeluften af PCE fra område F-HS2. Relevante meteorologidata samt data til beregning af bidraget til indeluftkoncentrationen er vist. Tidspunkt for måling: 22-03-2001 kl. 14:45.

Målt konc. PCE $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Flow ind/ud af folie m^3/h	Emission PCE $\mu\text{g}/\text{h}$	Barometer stand hPa	Temp. ude/inde	Luftskifte h^{-1}	Vol. lokale m^3	Bidrag til indeluft fra F-HS2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6.908	0,036	249	1.005 (stigende)	3°C / 19°C	3,5	88	0,8

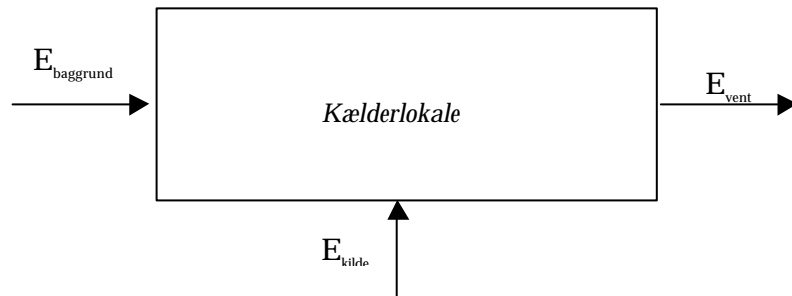
Figur 8. Målte koncentrationer af PCE ud af folie, fluxmåling på område F-HS2 (åbent hul i betongulv). Dato: 22. marts 2001.



4.4 Massebalance for PCE

Med henblik på at vurdere, om de opnåede resultater for fluxen af PCE ind i kælderlokalet kan eftervises ud fra de målte koncentrationer i indeluften, er der foretaget en massebalance for PCE transporten ind/ud af kælderen. Transporten af PCE ind i og ud af lokalet kan skitseres som på figur 9.

Figur 9. Transport af PCE til og fra indeluften i kælderlokalet.



Idet det antages, at transporten af PCE ind/ud af lokalet er stationær under de enkelte måleperioder (d.v.s. at der ikke er påvirkning fra ophobning eller afgivelse af PCE til/fra materialer i lokalet) kan massebalancen beskrives således:

$$E_{\text{ind}} = E_{\text{ud}}, \text{ d.v.s.} \\ E_{\text{baggrund}} + E_{\text{kilder}} = E_{\text{vent}} \quad (\text{VI})$$

hvor E_{baggrund} = Baggrundsbidraget via udeluften til koncentrationen af PCE i indeluften [$\mu\text{g}/\text{h}$]
 E_{kilder} = Det samlede bidrag fra andre kilder til PCE [$\mu\text{g}/\text{h}$]
 E_{vent} = Samlet emission af PCE ud af kælderlokalet via ventilation [$\mu\text{g}/\text{h}$]

Bidraget fra udeluften kan beregnes efter (VII):

$$E_{baggrund} = Q_{ind} \cdot C_{udeluft} = V_{rum} \cdot L_s \cdot C_{udeluft} \quad (VII)$$

hvor	Q_{ind}	=	Det samlede flow af udeluft ind i lokalet [m^3/h]
	$C_{udeluft}$	=	Koncentrationen af PCE i udeluften [$\mu g/m^3$]
	V_{rum}	=	Lokalets samlede rumvolumen [m^3]
	L_s	=	Luftskiftet i lokalet [h^{-1}]

Idet der henvises til figur 2 i delrapport 1 over laboratorietesten, kan det samlede bidrag E_{kilder} fra kilder til PCE i lokalet beregnes efter (VIII):

$$E_{Kilder} = E_{gulv} + E_{utæth} + E_{spild} + E_{\text{øvrige}} \quad (VIII)$$

hvor	E_{gulv}	=	Bidraget fra jordforurening via gulvarealer (og evt. ydervægge i kælder, der støder op forurenede jord) til koncentrationen af PCE i indeluften [$\mu g/h$]
	$E_{utæth}$	=	Bidraget fra jordforureningen til koncentrationen af PCE i indeluften fra områder med særlig kraftig indtrængning af PCE, d.v.s. områder med utætheder i gulvkonstruktionen, omkring rørgennemføringer m.v. [$\mu g/h$]
	E_{spild}	=	Bidraget fra arealer på gulv, hvor der tidligere er forekommet spild af PCE [$\mu g/h$]
	$E_{\text{øvrige}}$	=	Bidraget fra andre kilder i lokalet som f.ex. kemikalier, maling, møbler, fugemasser el.lign. [$\mu g/h$]

Når der foretages måling af fluxen fra åbne gulvarealer, kan bidraget E_{gulv} beregnes efter (IX):

$$E_{gulv} = A_{gulv} \cdot J_{gulv} \quad (IX)$$

hvor	A_{gulv}	=	Det samlede areale af gulvet [m^2]
	J_{gulv}	=	Den målte flux fra gulvet [$\mu g/m^2/h$]

$E_{utæth}$ dækker den samlede emission fra særligt forurenede områder såsom utætheder i gulvkonstruktionen i forbindelse med rørgennemføringer og store sprækker eller huller i betongulvet. $E_{utæth}$ måles direkte ved folieafdækning.

E_{spild} bestemmes på områder, hvor der er synlige spild, ved at måle fluxen J_{spild} . E_{spild} beregnes efter (X):

$$E_{spild} = A_{spild} \cdot J_{(spild)} \quad (X)$$

hvor	A_{spild}	=	Arealet af gulvet, som dækkes af foliemålingen over området med spild [m^2]
	J_{spild}	=	Den målte flux fra området med spild [$mg/m^2/h$]

E_{vent} , som er den samlede emission af PCE ud af lokalet, kan beregnes efter (XI):

$$E_{vent} = Q_{ud} \cdot C_{indeklima} = V_{rum} \cdot L_s \cdot C_{indeluft} \quad (XI)$$

hvor Q_{ud} = Det samlede flow af luft ud af lokalet [m^3/h]
 $C_{indeluft}$ = Koncentrationen af PCE i indeluften [$\mu g/m^3$]
 V_{rum} = Lokalets samlede rumvolumen [m^3]
 L_s = Luftsiftet i lokalet [h^{-1}]

Beregningen af massebalancen for PCE i kælderlokalet er vist i bilag F. Resultaterne er sammenfattet i tabel 11.

Tabel 11. Massebalance for PCE i kælderlokalet udført for de enkelte måledage. Enhed: $\mu g/time$.

Note 1: E(F-HS2) er sat til værdien 249 $\mu g/time$ (som målt den 22-03-01) under alle beregninger.

Note 2: $E_{baggrund}$ er sat = 0 ved summationen.

Dato	$E_{baggrund}$	E_{kilder}			$E_{ind} =$	$E_{ud} =$
		E_{gulv}	$E_{utæthed}$ (F-HS1)	$E_{utæthed}$ (F-HS2) Note 1	$E_{baggrund} + E_{kilder}$ Note 2	E_{vent}
29-03-01	i.m.	50	6.646	249	6.945	6.004
30-03-01	< 43	100	6.916	249	7.265	7.851
02-04-01	< 123	195	7.186	249	7.630	16.529
03-04-01	< 30	181	10.341	249	10.771	i.m.

5 Vurdering

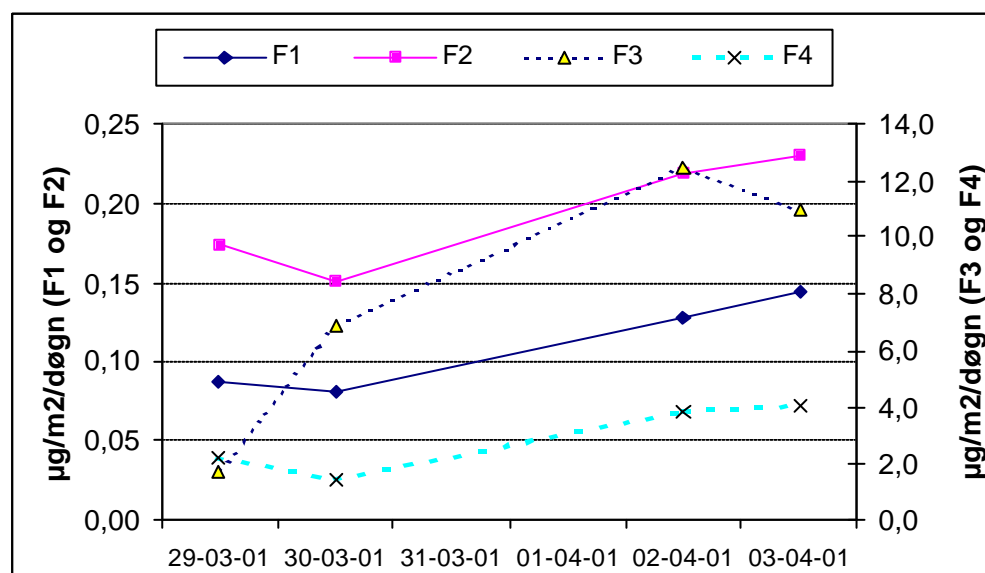
I det følgende afsnit vil de opnåede resultater blive vurderet. Afsnittet er opdelt i en vurdering af foliemetoden anvendt på åbne gulvarealer, foliemetoden anvendt på særligt forurenende områder og en sammenligning af den målte og den beregnede flux. Endvidere er resultatet af massebalancen vurderet.

5.1 Folietmetoden anvendt på åbne gulvarealer.

Felttesten giver mulighed for at vurdere metodens repeterbarhed, såfremt det kan antages, at den "sande" flux har været konstant i de enkelte målepunkter i hele måleperioden. Indeluftmålingerne viser, jf. resultatoversigten i tabel 2, at der har været lavere koncentrationer i kælderlokalet i de første to døgn, hvorunder der blev udført fluxmåling med folie på de åbne gulvarealer. Dette kan skyldes, at den samlede flux reelt er steget. Luftsiftet er relativt konstant i måleperioden og forklarer ikke stigningen i indeluftkoncentrationen.

Den målte flux af PCE er vist grafisk i figur 10. Stigningen i fluxen (og indeluftkoncentrationen) ses især i målepunkt F3, hvor der forekommer revner i betonen. Dette skyldes formodentlig, at transporten af PCE via punkt F1 og F2 primært er diffusiv og derfor må forventes at være mindre påvirket af variationer i trykdifferensen over betondækket.

Figur 10. Flux af PCE fra gulvarealer målt på gulvarealer i kælderen under det tidligere renseri på lokalitet GK179.



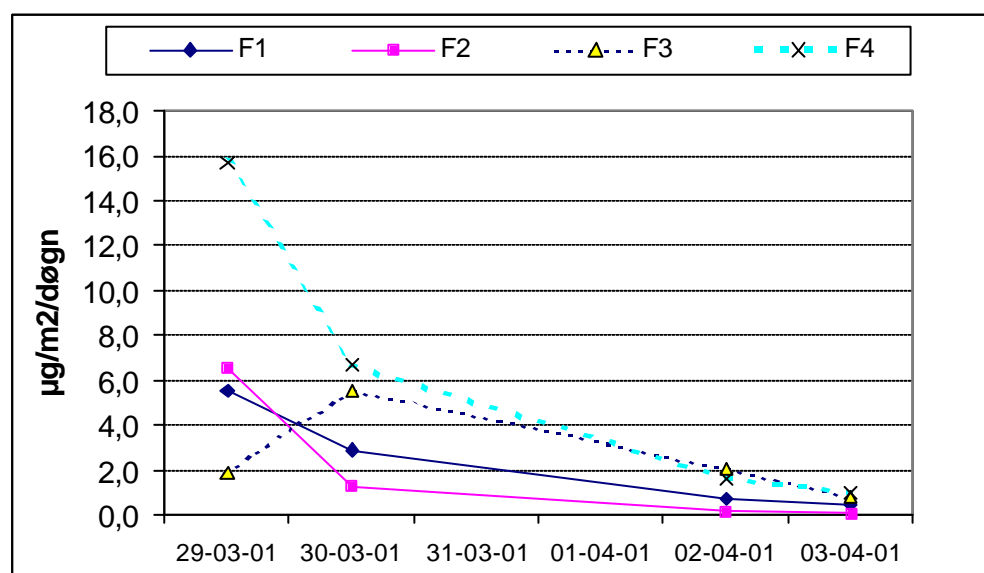
Både for F1, F2 og F4 gælder, at den målte flux i de første to døgn stort set er konstant. Der observeres et mindre fald fra det første døgn til det andet døgn. Efter yderligere to døgn beluftning stiger den målte flux af PCE i F1 og F2 i nogen grad (50%-60% stigning). I målepunkt F4 stiger den målte flux 170% fra den 30-03-01 til den 02-04-01, hvilket kan skyldes, at betonen på dette sted var tynd og af dårlig kvalitet, og at der derfor kan forekomme konvektiv

transport via revner på dette sted. Det kan dog ikke udelukkes, at en del af den observerede stigning skyldes faktorer, der hidrører fra foliemetoden. Her tænkes især på en mulig indflydelse af adsorptionseffekter til vægge.

Sammenfattende må det konkluderes, at en vurdering af metodens repeterbarhed kun er mulig under antagelse af, at den "sande" flux har været konstant over perioden, og at dette næppe er tilfældet i alle målepunkterne. Hvis det antages, at den "sande" flux var konstant i målepunkt F1 og F2, kan repeterbarheden beregnes ud fra standardafvigelsen mellem de 4 udførte målinger i hvert punkt. I punkt F1 og F2 er middelværdi \pm standardafvigelse henholdsvis $0,11 \pm 0,03 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{time}$ og $0,19 \pm 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{time}$. Dette svarer til en repeterbarhed på henholdsvis $\pm 20\%$ og $\pm 30\%$, og det er i god overensstemmelse med den fundne præcision i forbindelse med laboratorietesten.

Som vist i tabel 6 er den målte flux af toluen faldende over måleperioden. Dette illustreres tydeligt af figur 11. Faldet i den målte flux – og især størrelsen af fluxen i forbindelse med de første dages målinger – synes umiddelbart overraskende. Toluene forekommer ikke i indeluften som følge af forurening under gulv, men som følge af bidrag fra kilder i kælderlokalet, hvor der i værkstedet er et oplag af maling. Toluene kan også forekomme som følge af bidrag fra udeluften. Dette ses af fluxmålingerne på referencegrunden GK172, hvor fluxmålingerne ikke viste nogen målelige mængder PCE, men derimod toluene i mindre mængder. Også på GK172 var fluxen faldende fra den første måling til den anden, og de små mængder, der blev fundet ved referencemålingen, bestyrker troen på, at der er tale om en egentlig afdampning af adsorberet toluene fra betonoverfladen, og ikke en kontamination fra det anvendte prøvetagningsudstyr.

Figur 11. Flux af toluene målt på gulvarealer i kælderen under det tidligere renseri på lokalitet GK179.



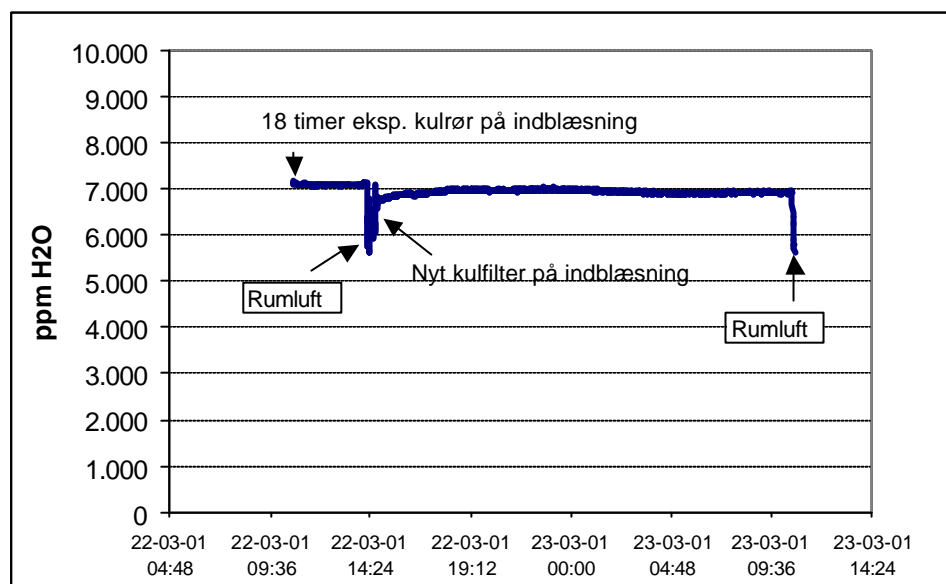
Fluxen af toluene er i de første døgn højere end fluxen af PCE. Der er ikke fundet nogen grund til at tro, at dette skulle skyldes en kontamination af adsorptionsrør eller udstyret i øvrigt. Alle Tedlarfolier er konditionerede ved $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ inden målingen, og der er kun benyttet rene teflonslanger og nye ampuller med kulfilter til rensning af indblæsningsluften. Ueksponerede

adsorptionsrør er analyseret sideløbende med prøverørene, og der er ikke fundet nogen spor af toluen i disse blindrør.

Faldet i fluxen af toluen tillægges, at betonoverfladen afhængig af koncentrationen i lokalet vil adsorbere toluen. Når der lægges en folie over betonen, og når folien beluftes med ren, toluenfri luft, vil betonen afgive toluen til luften under folien. At beton kan adsorbere store mængder toluen, er bl.a. vist i forbindelse med laboratorietesten.

En potentiel indflydelse på målingen kan komme fra vandindholdet i luften under folien. Når folien beluftes via et nyt kulfilter, kan vandindholdet falde i starten af beluftningen, da kulfilteret optager vand, indtil ligevægt med den aktuelle fugtighed er opnået. Dette kan influere på fluxen, da betonens overflade dermed kan udtørre, og ligevægten mellem adsorberet stof dermed ændres. Luftens vandindhold under folien er undersøgt i forbindelse med målingerne på referencelokaliteten GK172. Resultatet fremgår af figur 12.

Figur 12. Koncentrationen af vanddamp i luft under folie. Måling med PAIR, kælder under lokalitet GK172. Temperatur under folie: 16°C - 18°C.



Som det fremgår af figur 12, har luften under folien et noget højere vandindhold end rumluften. Rumluftens relative fugtighed var ca. 33%, hvorimod den relative fugtighed under folien var ca. 40%. Det højere vandindhold under folien skyldes indtrængning af vanddamp fra jorden under betonen. Effekten af at tilføre luft via et nyt kulfilter er lille og kortvarig. Det vurderes, at der kan observeres en ændring i vanddampkoncentrationen ved pålægning og beluftning af folie over betonen, men at den ikke er stor, og formodentlig ikke har en afgørende nogen betydning for den målte flux.

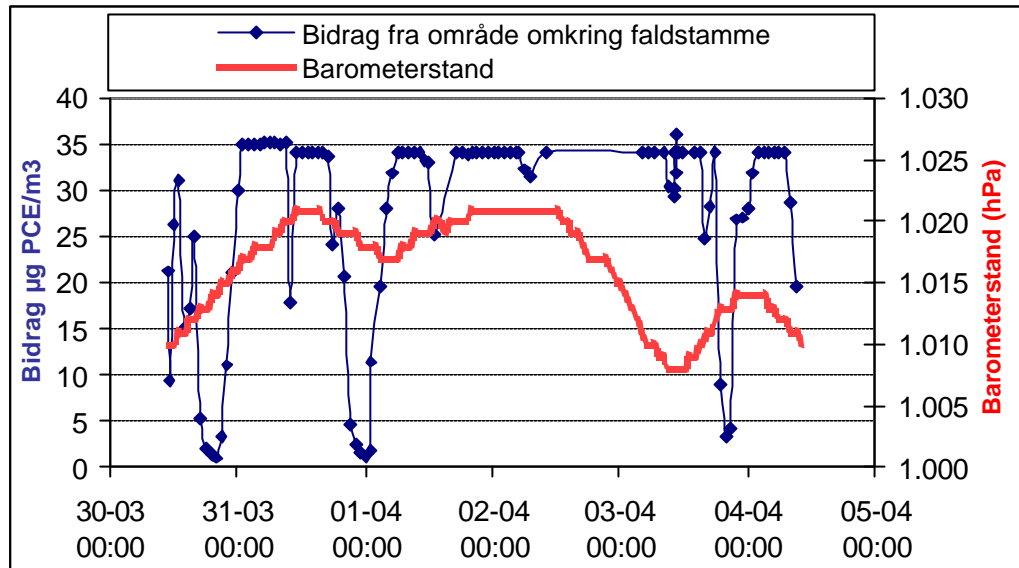
5.2 Foliemetoden anvendt på gulvarealer med særlig høj indtrængning til indeluften

Felttesten viser, at det helt overvejende bidrag af PCE til indeluften kommer fra afgrænsede områder med revner i betongulvet.

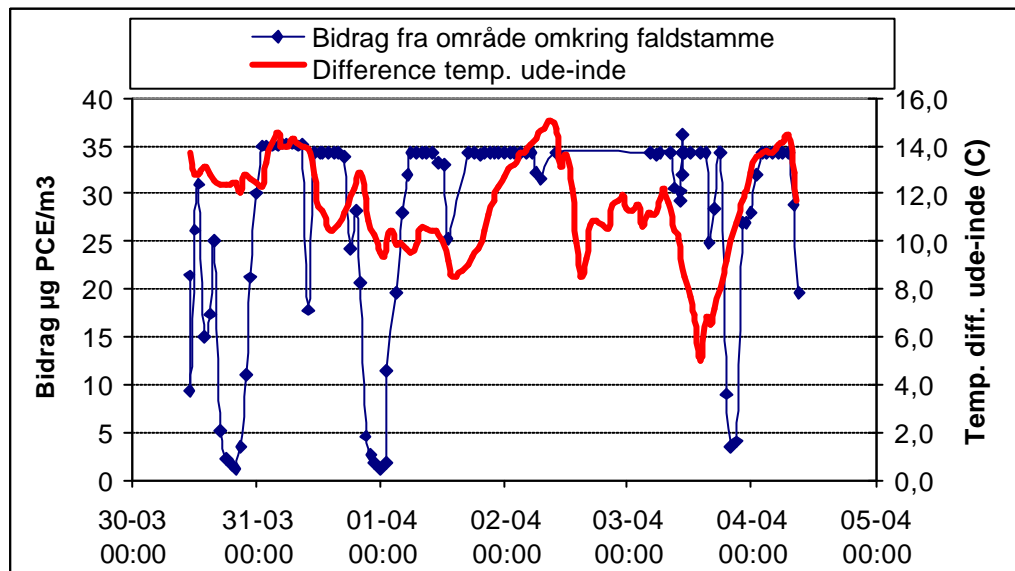
Samtidigt har målingerne på revner i betongulvet omkring rørgennemføringen vist, at fluxen via sådanne områder er stærkt varierende fra time til time og fra

dag til dag. Årsagen til disse variationer er undersøgt ved sammenligning med barometerstanden og med differencen mellem udeluft- og indelufttemperaturen. Resultatet af sammenligningen er vist grafisk i figur 13 og 14.

Figur 13. Bidrag af PCE til koncentrationen i indeluften fra målepunkt F-HS1 i kælder under tidligere renseri, lokalitet GK179. Sammenligning med barometerstand.



Figur 14. Bidrag af PCE til koncentrationen i indeluften fra målepunkt F-HS1 i kælder under tidligere renseri, lokalitet GK179. Sammenligning med differencen mellem udeluft- og indetemperatur.



Effekten af barometerstanden fremgår ikke entydigt af figur 13. Det er forventeligt, at et fald i barometerstanden medfører en øget flux som følge af en konvektiv transport via sprækker og revner. I måleperioden fra den 30-03 til den 02-04 observeres to perioder med fald i barometerstanden. Det kan ikke afvises, at disse fald i barometerstanden medfører en øget flux, men i givet fald synes det at ske med adskillige timers forsinkelse. Effekten af temperaturdifferencen ude-inde, der som nævnt i afsnit 4.4 vil medføre en varierende opdrift fra kælderen via ejendommens bagtrappe (og dermed et

varierende undertryk i kælderen), synes at have en mere tydelig – men ikke entydig - effekt på den målte flux fra punkt F-HS1.

Det konkluderes, at der ikke kan påvises en entydig sammenhæng mellem det stærkt varierende bidrag af PCE fra punkt F-HS1 og temperaturdifferencen ude/inde og barometerstanden. En nærmere fastlæggelse vil kræve en mere detaljeret undersøgelse med fokus på indtrængningen af forurening fra særligt forurenende områder på gulvet.

5.3 Sammenligning af målt og beregnet flux

Tabel 12 sammenfatter de målte og beregnede bidrag af PCE til indeluftkoncentrationen i kælderlokalet.

Tabel 12. Sammenligning mellem målte og beregnede bidrag af PCE til indeluften i kælderen under lokalitet GK179.

Note 1: Tal i parentes angiver beregning med default-værdier anvendt i regnearket "JAGG15.xls". Øvrige tal angiver resultat efter indtastning af faktiske revnevidder og -længder.

i.m.: Ikke målt.

i.b.: Ikke beregnet.

Målested	Målt poreluftkonc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Målt bidrag til indeluften ved hjælp af foliemetoden $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Beregnet bidrag til indeluften efter MST's vejledning <i>Note 1</i> $\mu\text{g}/\text{m}^3$
F1	3.000	0,02	0,17 (0,3)
F2	123.000	0,02	7,1 (11,0)
F3	6.000	1,7	1,5 (1,0)
F4	11.000	0,6	0,7 (1,5)
Område HS F1 (v/ faldstamme)	i.m.	15-29	i.b.
Område HS F2 (PL-C1) (åbent brud i gulv)	148.000	0,8	i.b.

Som det fremgår, er der god overensstemmelse mellem den målte og beregnede flux i punkt F3 og F4. I punkt F1 og især i punkt F2 er den målte flux betydeligt lavere end den beregnede. Den store variation imellem de målte koncentrationer under gulv i punkt F1 og F2 forklares af, at jorden under betonen var lerholdig, hvilket formodentlig medfører dannelse af "lommer" af forurening. Herved varierer poreluftkoncentrationerne meget horisontalt. Denne variation gør det vanskeligt at vurdere fluxen ved beregning ud fra poreluftmålinger, med mindre der foreligger et tætliggende net af poreluftmålinger.

Målingerne af fluxen af PCE fra områder med særligt høje bidrag viser, at det dominerende bidrag kommer fra større revner og sprækker i gulvet. Bidrag fra lokale områder med særligt høj indtrængning er vanskelige at forudsige ved hjælp af Miljøstyrelsens JAGG-model. Dette skyldes dels, at det på grund af risikoen for at beskadige installationer ved boring nær gennemføringer af rør o.l. ofte er praktisk umuligt at måle poreluftkoncentrationen nær

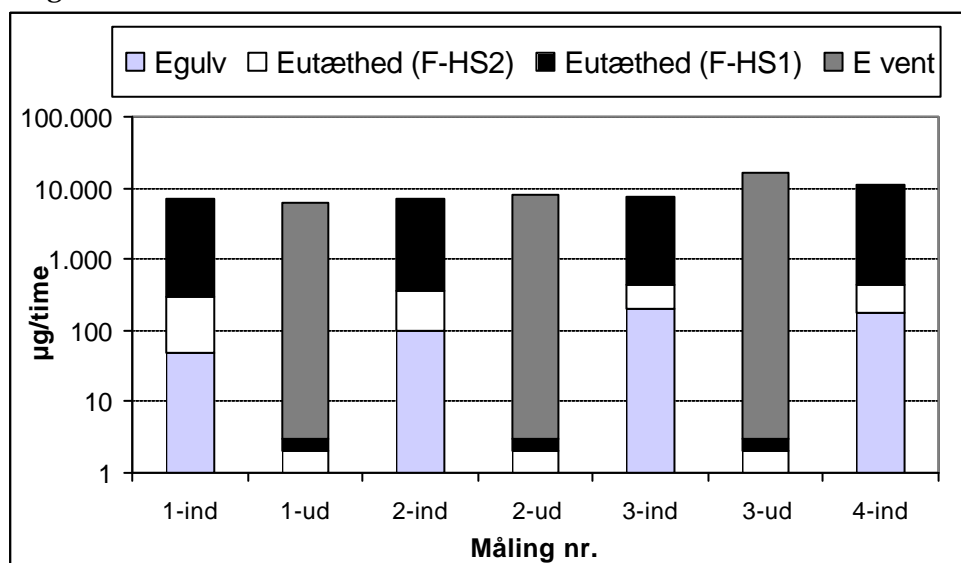
rørgennemføringer m.v., hvor der kan have forekommet spild under gulv på grund af utætheder. Hvor der forekommer lerholdig jord under gulv, kan koncentrationen under gulv være meget høj omkring lokale områder, og sådanne områder vil ikke afsløres uden et meget tæt netværk af poreluftmålinger. Endvidere er det vanskeligt at vurdere om en revne i betongulvet er gennemgående, og opmålingen af bredde og længder af gennemgående revner er også vanskelig at gennemføre i praksis.

5.4 Massebalance for PCE

Massebalancen vanskeliggøres af, at der er en tydelig spredning på koncentrationerne af PCE i indeluften i kælderen. Dette skyldes blandt andet, at der i cykelkælderen er en åben sprække langs kanten af et blændet kældervindue. Med de relativt store temperaturforskelle ude og inde i måleperioden vil "skorstenseffekten" i bagtrappen og i etagejendommen i øvrigt medføre et højt flow af udeluft ind i cykelkælderen. Flowet af udeluft ind i cykelkælderen var mærkbar langs den åbne sprække i det blændede vindue. Skorstenseffekten vil medføre et flow fra værkstedet mod cykelkælderen, som er nærmest trappeopgangen. Da luften fra værkstedet tilføres betydelige mængder udeluft fra det blændede vindue i cykelkælderen, og da fluxen af PCE fra gulvet i cykelkælderen er højest, er det vanskeligt at sammenligne de målte koncentrationer af PCE i indeluften i værkstedet og cykelkælderen. Ved beregning af emissionen af PCE ud af kælderen er der benyttet en middelværdi af de målte indluftkoncentrationer i værkstedet og cykelkælderen.

Resultatet af massebalancen fremgår af tabel 11. Figur 15 viser resultaterne grafisk. Der er i forbindelse med de første 2 målinger en god overensstemmelse mellem det målte bidrag ind i lokalet og det målte bidrag ud af lokalet. Kilderne til PCE ses i alle tilfælde helt overvejende at bestå af bidraget fra gulvarealet omkring faldstammen, benævnt målepunkt F-HS1.

Figur 15. Resultatet af massebalancen vist grafisk: Fordeling af ind- og udgående massestrømme under hver af de 4 fluxmålinger på GK172 (logaritmisk skala).



6 Konklusion

Det konkluderes, at foliemetoden er anvendelig til måling af fluxen fra åbne gulvarealer. Endvidere konkluderes det, at metoden har et stort potentiale til anvendelse til bestemmelse af fluxen fra afgrænsede gulvarealer med særligt høj indtrængning til indeluften.

Repetierbarheden vurderes ud fra felttesten at være af størrelsesordenen $\pm 20\%$ - $\pm 30\%$. På grund af en formodentlig reelt stigende flux i måleperioden er en nøjere vurdering af repeterbarheden vanskelig. Dette skal sammenholdes med den faktiske variation af fluxen under feltforhold. Den faktiske flux vil på samme gulv kunne afvige fra sted til sted med langt større variationer.

Målinger udført hver time af fluxen fra den mest dominerende kilde – gulvarealet omkring faldstammen – viste, at der formodentlig er en væsentlig indflydelse af temperaturforskellen udeluft/indeluft på fluxen via revner i gulvet. Dette tillægges især den kraftige opdrift, der var i etageejendommen, og som medførte et betydeligt undertryk i kælderen. Variationer i barometerstanden vurderes i måleperioden at have en noget mindre indflydelse på trykforskellen under/over gulv på den pågældende lokalitet.

Der var i to af de fire målepunkter en god overensstemmelse mellem den målte flux og den flux, der beregnedes efter Miljøstyrelsens JAGG-model. De store variationer af koncentrationen af PCE i poreluften under gulv gør det imidlertid vanskeligt at vurdere den reelle flux ved beregning.

Det konkluderes, at det dominerende bidrag af PCE fra jordforureningen til indeluften i kælderen under det tidligere renseri kommer fra større revner og sprækker i gulvet. Bidrag fra sådanne områder på gulvet kan i praksis være vanskelige at forudsige ved beregning efter Miljøstyrelsens JAGG-model. Dette skyldes, at det ofte er vanskeligt at lokalisere og opmåle gennemgående revner i betongulvet, ligesom det af praktiske årsager være vanskeligt at udføre boringer gennem gulv nær rørgennemføringer. Ved beregning af indtrængningen efter JAGG modellen kan det derfor være svært at opnå tilstrækkeligt gode data for poreluftkoncentrationen under områder med særlig høj indtrængning til indeluften.

Med projektet er der udviklet en metode til måling af fluxen af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluften. Der er endvidere beskrevet en procedure til brug for måling med foliemetoden til måling på åbne gulvarealer. Tentative forsøg med afdækning af folie omkring områder på gulvet med revner og sprækker i betonen har vist, at metoden har et stort potentiale som værktøj til kortlægning af indtrængning af forurening til indeluften fra særligt forurenende områder på gulve. Endvidere har målingerne på sådanne områder vist, at ganske lokale revner og sprækker kan udgøre en helt dominerende kilde til bidraget af forurening til indeluften.

7 Liste over forkortelser og symboler

EPA	Environmental Protection Agency.
Flux	Massestrøm. Betegner hastigheden hvormed et stof bevæger sig gennem en given flade. Eksempel på enhed: $\text{mg/m}^2/\text{sek}$.
GC	Gaschromatograf.
JAGG	Som en hjælp til at gennemføre de beregninger, som indgår i en risikovurdering, har Miljøstyrelsen udviklet et PC-baseret regneark, "JAGG" (Jord, Afdampning, Gas, Grundvand). Regnearket kan beregne afdampning fra jordforurening til indeluft og udeluft.
Nalophan	Folie fremstillet af PET (polyethylen terephthalat ester).
PAIR	Fotoakustisk infrarød spektrometri.
PCE	Perchlorethylen. Betegnes også tetrachlorethtylen. Benyttes bl.a. til rensning af tekstiler på kemiske renseserier.
PID	Fotoionisationsdetektor.
SF ₆	Svovlhexafluorid. Et stof der er inert og inaktivt i forhold til overfladeinteraktioner. Benyttes af samme grund ofte som sporstof i forbindelse med undersøgelse af luftbevægelser.
TCA	1,1,1 -trichlorethan. Benyttes som metalaffedtningsmiddel i industrien og som opløsningsmiddel i produkter som maling og lim.
TCM	Tetrachlormethan. Et chloreret opløsningsmiddel. TCM kan have været anvendt til specielle formål på renseserier i tidligere tider. TCM kan også have forekommet i mindre mængder som en urenhed i andre chlorerede opløsningsmidler.
TEDLAR®	Folie fremstillet af PVF (polyvinyl fluorid).
VOC	Forkortelse for "Volatile Organic Compunds", en samlet betegnelse for flygtige organiske forbindelser. Den amerikanske EPA (USEPA) definerer VOC som organiske forbindelser med damptryk, der er højere end 0,13 Pa.

8 Referencer

-
- 1 Måling af indtrængningen af gasformige forbindelser fra forurenede jord til indeluften: Foliemetoden - Del 1. Laboratorieundersøgelse. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen.
 - 2 Miljøstyrelsen (1998). Oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledning Nr. 6, 1998.
 - 3 Miljøstyrelsen (1998). Oprydning på forurenede lokaliteter – Appendikser. Vejledning Nr. 7, 1998.
 - 4 Måling af stoffer i indeluften fra forurening i jorden. Vejledning fra Bygge- og Boligstyrelsen (1994).
 - 5 Undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner. Vejledning fra Bygge- og Boligstyrelsen (1993).



INDHOLD

1 Formål	49
2 Måleprincip	49
3 Udstyr	50
4 Fremgangsmåde	51
5 Beregningsmetode	54
6 Fejlmuligheder og måleusikkerhed	55

1 Formål

Procedurebeskrivelsens formål er at beskrive den fremgangsmåde, der er udviklet til bestemmelse af fluxen fra betonoverflader i forbindelse med laboratorieafprøvninger i projektet for Miljøstyrelsen "Udvikling af metode til måling af fluxen af gasformige forbindelser til indeklimate fra forurenede jord". Proceduren er beskrevet ud fra de erfaringer med laboratorie- og feltforsøg, der er opnået i projektet.

2 Måleprincip

Fluxen er et udtryk for den mængde, der afdamper pr. tidsenhed og pr. arealenhed. Derfor vil en måling af fluxen fra gulvet i bygningen være et direkte udtryk for, hvor stort bidraget er fra forurening under huset til de målte indeklimatekoncentrationer. Forureningen kan stamme fra forurening i betonen under gulvet – typisk opstået som følge af spild på gulvet - og fra forurening i jorden under gulvet. Den målte flux vil være et udtryk for summen af disse bidrag til indeklimatekoncentrationen.

I det følgende antages, at afdampningen af flygtige organiske komponenter såsom chlorerede forbindelser eller BTEX ønskes målt.

Denne metode anvender en folie til afdækning af det areal, der ønskes undersøgt. Der kan i princippet anvendes folier i vilkårlige størrelser. dk-TEKNIK har udført en række test på foliestørrelsen 700 mm x 700 mm. Det afdækkede areal beluftes ved, at der blæses ren, kulfiltreret luft ind under folien. Luften blæses ind langs foliens 4 sider som vist på figur 1, så den fordeles over hele arealet. Samtidigt udsuges fra midten af folien ca. 50% af den luft, der blæses ind. En

delstrøm af den udsugede luft udtages til analyse. Den overskydende luft vil primært passere via en udgang placeret i foliens midte (mærket "overskudsluft" på figur 1). Da der kan forekomme små kanaldannelser mellem tapen og betongulvets overflade, vil der næppe være fuldstændig tæthed langs tapen. En del af overskudsluften vil derfor til en vis grad kunne "sive" ud langs sådanne utætheder. Ved at have et relativt stort overskudsflow sikres, at forureningskomponenter fra omgivelserne ikke trænger ind i kammeret og derved påvirker målingen.

For at sikre stabile koncentrationsforhold under folien startes målingen tidligst 12 timer efter påbegyndelse af beluftningen. Målingen kan foretages on-line ved hjælp af direkte visende instrument (for eksempel med en transportabel gaschromatograf, der kan anvendes til analyse af en række flygtige organiske komponenter), eller ved opsamling på adsorptionsrør med efterfølgende analyse i laboratoriet. Med mindre der er tale om ganske høje bidrag til koncentrationen i indeklimaet fra den forurenede jord, vil det være nødvendigt at udføre målingen ved opsamling på adsorptionsrør. Det skønnes, at langt de fleste feltmålinger vil skulle udføres ved opsamling på adsorptionsrør.

3 Udstyr

Figur 1 viser måleopstillingen.

Med henvisning til figur 1 kræves til gennemførelse af målingen:

- Folie af Tedlar® eller Nalophan
- Tape af typen Nichiban RNI 116-G, PE-coated lærred, med en gummibaseret klæbeside. Det anbefales, at der anvendes tape med en bredde på 75 mm eller 150 mm.
- Teflonslanger med indre diameter 4 mm.
- Doseringsrør af rustfrit stål med indre diameter 6 mm med 36 perforeringshuller á 0,8 mm fordelt som vist på figur 1.

- Pumpe til beluftning med ren luft, flowområde 0,5 l/min. – 2 l/min. Flow skal kunne tilføres konstant med en max. variation på $\pm 5\%$
- 2 seriekoblede adsorptionsrør til rensning af indblæsningsluft¹ (rørene skiftes efter stabilisering og mellem hver prøveudtagning)
- Pumpe til udsugning af luft fra volumen under folie, flowområde 0,2 l/min. – 1 l/min. Flow skal kunne udsuges konstant med en max. variation på $\pm 5\%$
- Bælggasmåler (Q_{\min} 0,016 m³/h; Q_{\max} 2,5 m³/h)
- Sæbebobleflowmeter
- Differenstrykmåler til måling af differenstryk i området 0-5 Pa
- Temperaturmåler til registrering af omgivelsestemperatur
- Barometer
- Adsorptionsrør til prøveopsamling (f.eks. kulrør eller Tenax TD) efter aftale med analyselaboratoriet.

Udstyrskomponenter som kommer i berøring med prøvegassen skal være af teflon eller rustfrit stål.

¹ Adsorptionsrørene skal have en passende stor kapacitet over for de pågældende forureningskomponenter og med det pågældende eksponeringsvolumen. To seriekoblede 800 mg/400 mg kulrør kan i denne forbindelse med fordel anvendes til fjernelse af en lang række af de mest hyppigst forekommende VOC'er.

4 Fremgangsmåde

4.1. Forberedelser

Der anvendes et foliestykke af enten Nalophan eller Tedlar tilpasset størrelsen af det areal, der ønskes målt på. Folien skal være fri for forureningskomponenter, således at disse ikke frigøres under målingen. Folien kan eventuelt renses termisk i en ovn ved en temperatur op til 150°C i ca. 1 time. Folien påmonteres 4 stk. slangegennemføringer, hvor igennem ¼ " teflonslange kan føres igennem.

Til dosering af ren beluftningsluft anvendes perforeret doseringssonde af rustfrit stål eller teflon med en indre diameter på 6 mm. Doseringssonden fremstilles i en geometri, således at den følger kanten af folien, f.eks. rund eller firkantet. Der fremstilles perforeringer fordelt som vist på figur 1. Perforeringerne udføres i form af i alt 36 huller, hver med en diameter på 0,8 mm. Hullerne skal vende ind mod midten af det foliedækkede areal.

Slange eller rør, der kommer i forbindelse med prøvegas eller doseringsluft, skal være fri for forureningskomponenter. Rengøring kan eventuelt ske ved gennemblæsning med varm kulfiltreret luft (max. 200 °C). Rengjort udstyr (slanger, folie m.m) opbevares i lufttæt emballage for at undgå kontamination inden prøvetagningen.

4,2 Opstilling af måleudstyr

Betongulvets overflade skal på målestedet være fri for synlige olie- eller kemikaliespild. Gulvets overflade rengøres for støv og snavs, ved at betonoverfladen fejes, børstes grundigt langs kanten (hvor tapen skal påføres) med en stålbørste og støvsuges. Inden folien pålægges, checkes det, om vedhæftningen mod overfladen er så god, at tapen ikke uden videre kan løsnes langs yderkanten. Om nødvendigt påføres tapen gentagne gange rundt om foliearealet for at fjerne tilbageværende støvpartikler, der kan hindre vedhæftningen mod betonen. Når god vedhæftning opnås, placeres rør til dosering af doseringsluft på den ønskede overflade, og folien lægges over arealet. En ny tape klæbes rundt om folien, idet den trykkes grundigt fast mod gulvet.

Det er vigtigt, at der ikke opstå folder i hverken tape eller folie langs kanten, jf. afsnit 6. Øvrigt udstyr monteres som vist på figur 1.

4.3 Stabilisering/beluftning

Formålet med stabilisering er, at der er stabile forhold under folien, d.v.s at koncentrationen af forureningskomponenter under folien skal være stabil inden den egentlige prøvetagning. Dette kræver, at den gas, der transporteres gennem betonen og ind under folien, ideelt set er helt opblandet med det luftvolumen, der er mellem betonen og folien. Endvidere skal de indvendige overflader under folien være i ligevægt med forureningskomponenterne – overfladerne under folien skal "mættes" i videst mulig grad, inden målingen påbegyndes.

Når folien lægges over et gulvareal på et forurenede område, og når voluminet under folien beluftes, vil koncentrationen typisk falde til et lavere niveau, idet luftskiftet over det givne areal forøges væsentligt, når folien lægges på og beluftes, og idet der tilføres luft fri for de forurenende stoffer.

Til kontrol af om der under prøvetagningen har været stabile forhold under folien, kan der udføres dobbeltbestemmelse ved udførelse af to prøver i umiddelbar forlængelse af hinanden.

4.4 Start af beluftning

Beluftning foretages på samme måde som den egentlige prøvetagning, d.v.s med samme flowbetingelser ind og ud af folien.

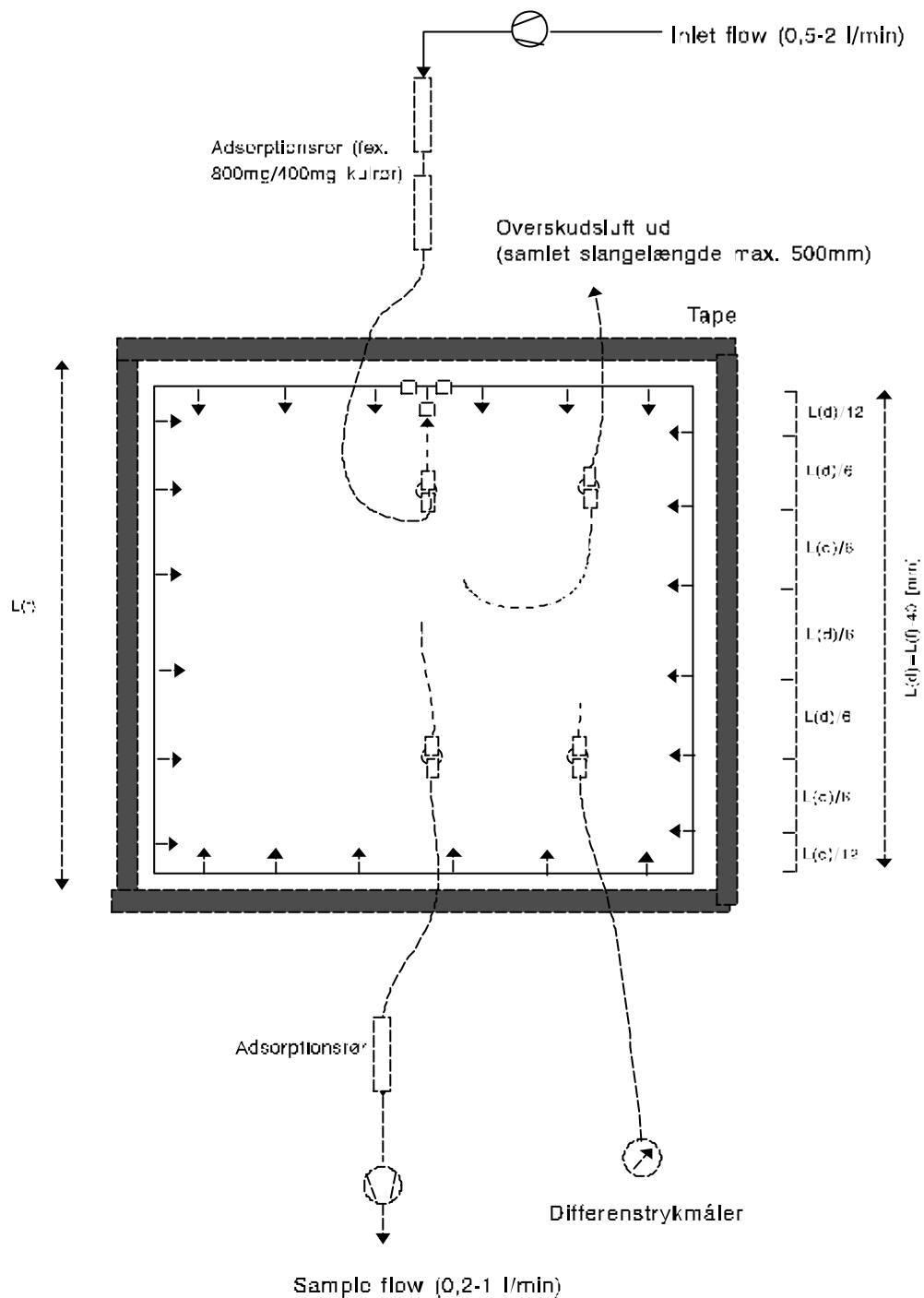
- Inlet flow: 1-2 l/min/m² folie. Der monteres på inlet flow to seriekoblede adsorptionsrør, jf. afsnit 3.
- Sample flow : Afhængig af prøveopsamlingsmedie.
- Bypass flow: Indstilles således at differenstrykket over folie (trykforskel $p_{RUM} - p_{FOLIE}$) er mindre end 2 Pa. Der må under ingen omstændigheder opstå undertryk under folien. Eventuelt udelades bypass flow.

Det sikres ved hjælp af et sæbebobleflowmeter, at der er et flow fra folien mod omgivelserne.

Med henblik på stabilisering henstår beluftningen i mindst 12 timer inden målingen startes.

Figur 1. Måleopstilling.

L(f) er længden på foliens kvadratiske sider, og L(d) er længden på doseringsrammens kvadratiske sider. Målene til højre viser afstanden mellem doseringshullerne på doseringsrammens sider.



4.5 Måling

Målingen startes tidligst 12 timer efter start af beluftning. Dette gøres ved at udskifte adsorptionsrørene på indblæsningssiden og indsætte et adsorptionsrør til prøveudtagning i sample udtaget², jf. figur 1 og afsnit 3. Det kontrolleres, at flowene ind og ud af kammeret er på samme niveau som under beluftningen.

Følgende registreres ved målingens start og afslutning:

- Gasmåler visning
- Inlet flow og sample flow
- Temperatur inde/ude
- Barometertryk, vindretning, vindhastighed, nedbørsmængde
- Differenstryk ude/inde

Endvidere noteres relevante bygningsdata, og eventuelle oplag af kemikalier eller genstande, der kan forventes at afgive dampe til indeklimaet, registreres. Et eksempel på et skema til brug for registrering af måledata fremgår af appendix 1.

Efter endt prøvetagning forsegles adsorptionsrørene og analyseres på kemisk laboratorium.

4.6 Analyse

4.6.1 Opsamling på adsorptionsrør.

I forbindelse med planlægning af målingen aftales den optimale analysemetode med analyselaboratoriet. Analysemetoden vil afhænge af det eller de pågældende forureningskomponenter og af det valgte adsorptionsmedie. Det er i den forbindelse væsentligt på forhånd at have fastlagt det minimale og maximale eksponeringsvolumen. Dette gøres ud fra analyselaboratoriets aktuelle kvantifikationsgrænse, og ud fra gennembrudsvoluminet for det pågældende stof på adsorptionsmediet.

4.6.2 Måling med transportabel gaschromatograf.

Det mest egnede, direkte visende instrument til måling af specifikke VOC'er i forbindelse med feltmålinger vurderes at være en transportabel gaschromatograf. I princippet kan en lang række forskellige instrumenter benyttes, men af hensyn til de normalt store krav til detektionsgrænsen vil gaschromatografi formodentlig ofte være det bedst egnede analyseinstrument.

Måling med transportabel gaschromatograf kan være egnet i de tilfælde, hvor afdampningen er tilstrækkelig høj. Der kan ikke gives en generel retningslinje for, hvor høj afdampningen skal være, for at en transportabel gaschromatograf kan benyttes. Eventuelt kan Miljøstyrelsens model til til beregning af bidraget til indeklimaet benyttes, idet man i givet fald kan estimere C_B (bidraget til indeklimakoncentrationen) ud fra poreluftkoncentrationen under gulv. C_{folie} (den resulterende koncentration under folien) kan herefter beregnes ud fra formel (III), afsnit 5.

5 Beregningsmetode

5.1 Beregning af den målte flux

Den mængde stof, der er opsamlet på adsorptionsrøret analyseres, og ved at forholde resultatet til den indblæste luftmængde og gulvarealet under folien kan fluxen J beregnes efter (I):

² Såfremt der benyttes en transportabel GC (gaschromatograf) til on-site analyse, kan dennes sample indtag indskydes i T-stykke på sample slangen. Det skal samtidigt sikres, at det samlede, aktivt udsugede flow er mere end 75% af den indblæste luftmængde.

$$J = \frac{c_{\text{folie}} \cdot F_{\text{ind}}}{A_f} \quad (\text{I})$$

hvor	J	=	fluxen [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$]
	c_{folie}	=	koncentrationen målt under folien [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	F_{ind}	=	flowet af ren luft, der blæses ind under folien [m^3/h]
og	A_f	=	det gulvareal, som folien dækker [m^2]

5.2 Beregning af bidraget fra jord til indeklima

Ud fra luftskiftet og loftshøjden i de givne lokaler kan der til sidst foretages en beregning af, hvor meget bidrag der kommer til indeklimaet fra gulvet. Det antages ved denne beregning, at fluxen er den samme over hele gulvet som i det målte punkt. Beregningen foretages efter (II):

$$c_B = \frac{J}{L_h \cdot L_s} \quad (\text{II})$$

hvor	c_B	=	jordforureningens (d.v.s. gulvarealets) bidrag til lokalets koncentration af det pågældende stof [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	L_h	=	loftshøjden i det pågældende lokale [m]
og	L_s	=	luftskiftet i det pågældende lokale [h^{-1}]

5.3 Beregning af forventet koncentration under folie (kan foretages inden måling).

Med henblik på at vurdere hvilken målemetode, der bør benyttes til den pågældende måling (jf. afsnit 4.4) kan Miljøstyrelsens model til beregning af bidraget til indeklimaet benyttes, idet man i givet fald kan estimere c_B ud fra poreluftkoncentrationen under gulv. c_{folie} (den resulterende koncentration under folien) kan herefter beregnes ud fra formel (I) og (II):

$$c_{\text{folie}} = \frac{c_B \cdot A_f}{L_h \cdot L_s \cdot F_{\text{ind}}} \quad (\text{III})$$

På grund af manglende data for poreluftkoncentration og data vedrørende gulv og bygningskonstruktion vil beregningen måske kun give et indledende skøn, men beregningen kan alligevel være nyttig at udføre i forbindelse med planlægningen af målingen.

6 Fejlmuligheder og måleusikkerhed

6.1 Fejlmuligheder

Det er vigtigt, at der ikke dannes folder i hverken folien eller i tapen, når tapen klæbes til gulvarealet, idet der kan ske en uforholdsmæssig stor udsivning af overskudsluft via luftkanaler i sådanne folder.

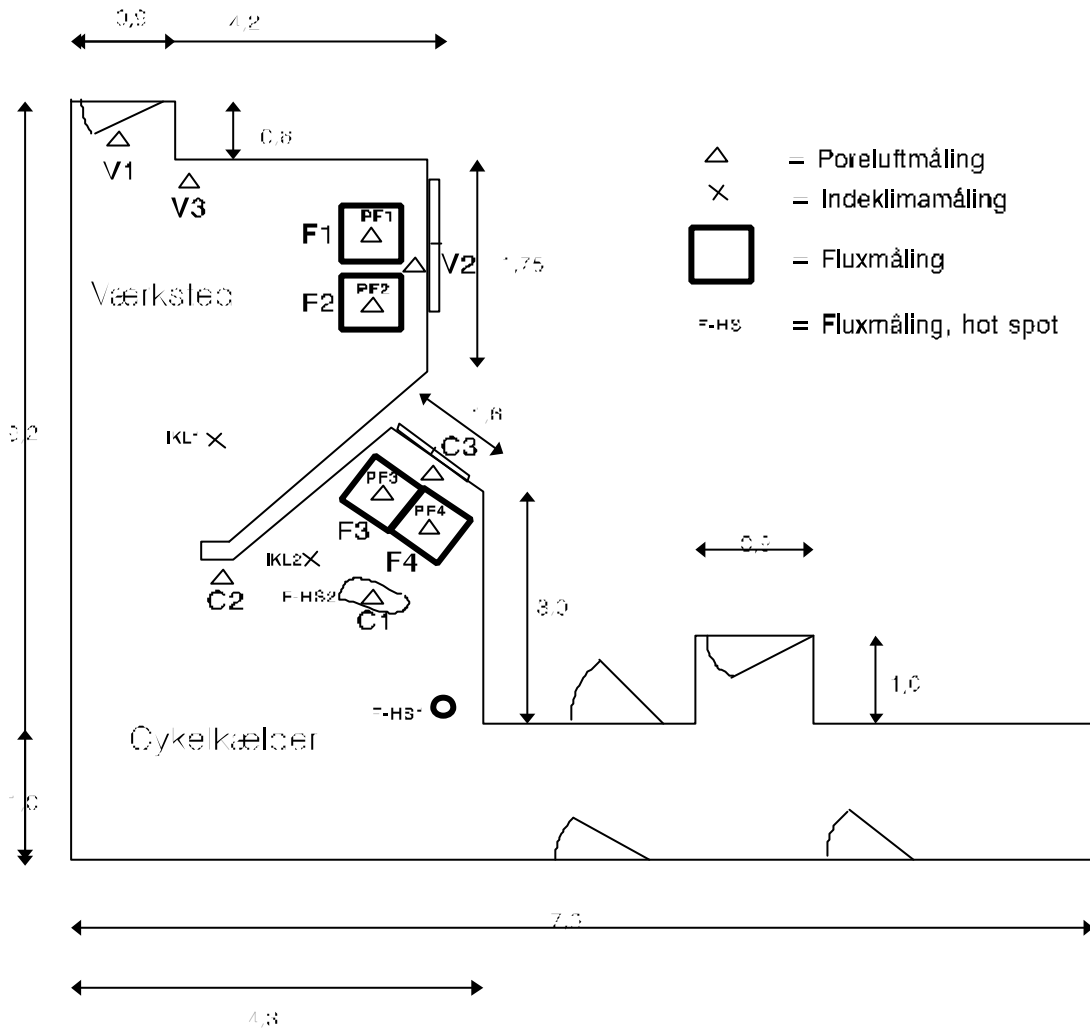
Hvis der benyttes perforerede teflonslanger til beluftning under folien, er det meget vigtigt, at alle perforeringshullerne er boret op til 0,8 mm, og at der ikke sidder materiale i hullerne i form af grater. Ellers vil indblæsningsflowet ikke blive fordelt jævnt langs kanten.

6.2 Måleusikkerhed.

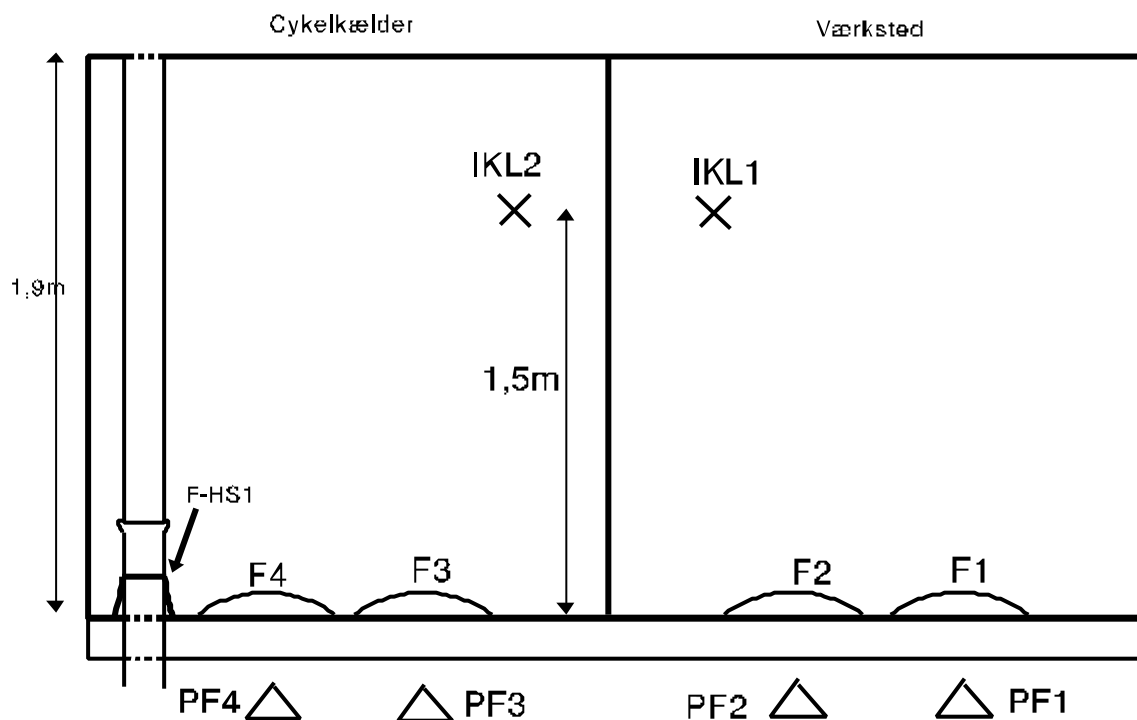
Måleusikkerheden kan ikke på nuværende tidspunkt vurderes. Laboratorie- og feltundersøgelser har for typiske forureningstyper som TCE, PCE og toluen vist, at der med den beskrevne procedure kan opnås en præcision af størrelsesordenen ± 20 til $\pm 50\%$. Typisk vil måling af et lavere koncentrationsniveau medføre en større relativ usikkerhed. Usikkerheden kan variere fra stof til stof.

Skitse af målesteder.

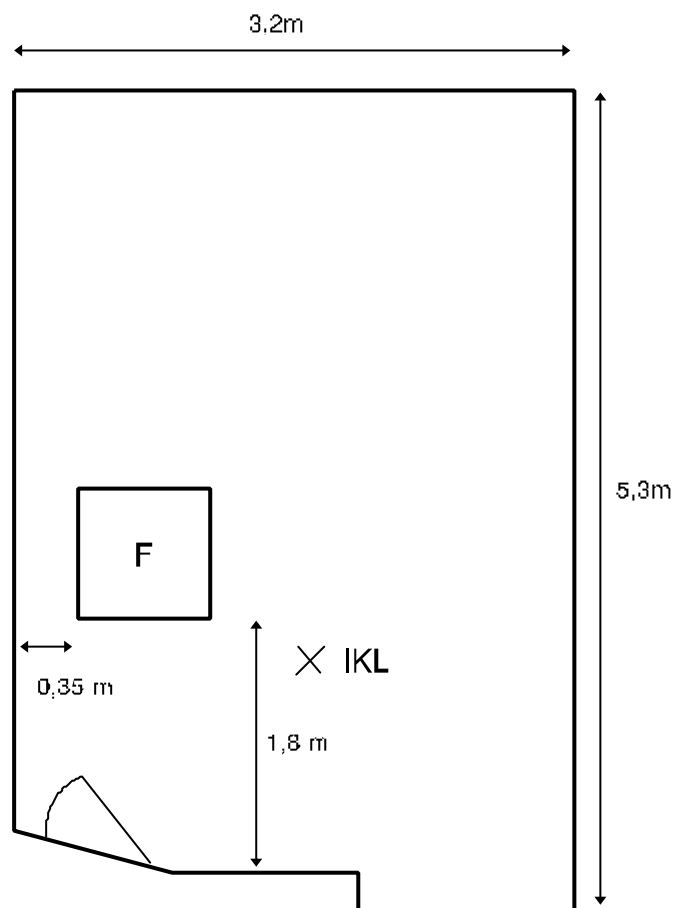
Figur B-1. Målesteder, kælder under tidligere renseri på Frederiksberg. Lokaltet betegnet GK179.



Figur B-2. Principskitse, placering af fluxmålinger (F1-F4), indeklimate målinger (IKL1-IKL2), poreluftmålinger (PF1-PF4) og måling på "hot spot" område med særlig kraftig indtrængning (rørgennemføring) (F-HS1). Lokaltitet GK179.



Figur B-3. Målesteder, referencemåling, kælderum under referencelokalitet, GK172.



On-site analyse af PCE i poreluft og under fluxmåling på hot spots.

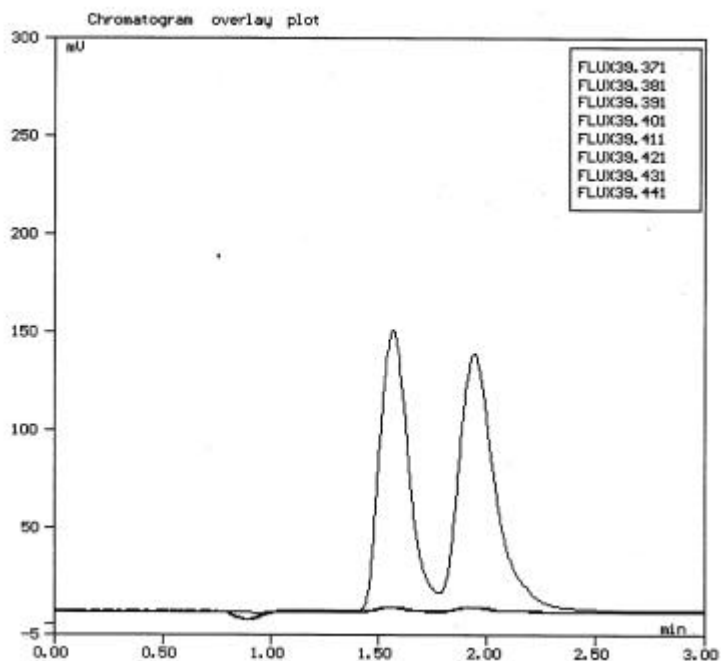
Til måling af PCE benyttedes en transportabel gaschromatograf mrk. HNU 311. Med gaschromatografen er der udført en automatisk prøvetagning (sample flow 250 ml/min.) og analyse af PCE og toluen hver time. Den målte respons på GC'ens PI-detektor opsamles på en computer, der ved hjælp af et integrationsprogram automatisk identificerer PCE ud fra retentionstiden. Koncentrationen bestemmes ud fra tophøjden. Der er udført gentagne kalibreringer under ved hjælp af statiske fortyndinger af PCE i rent kvælstof (N_2 renhedsgrad 5.0) i koncentrationerne 0,4 mg/m³, 40,5 mg/m³, 81 mg/m³, 405 mg/m³, 810 mg/m³ og 1620 mg/m³.

Betingelser for analyse af PCE med on-site gaschromatograf var under feltforsøgene:

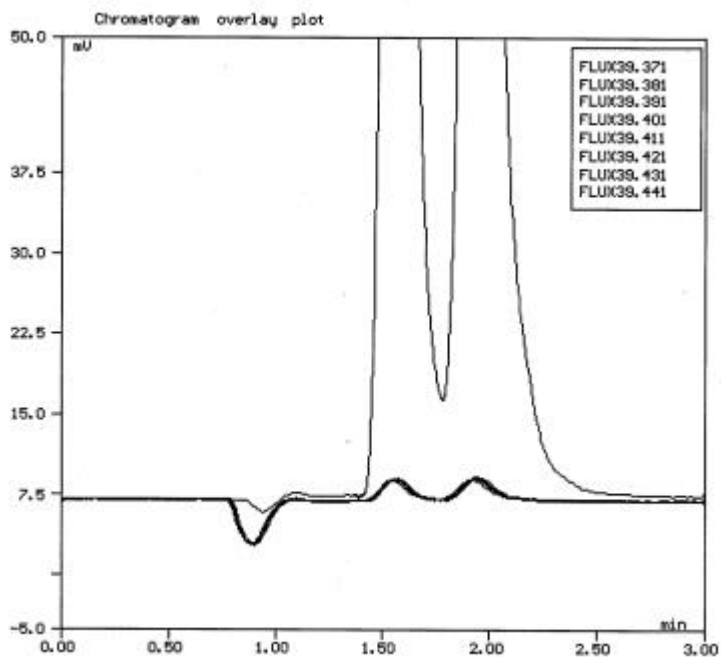
Gaschromatograf	HNU 311
mrk.:	
Kolonne:	Kapillar 0,53 mm
Type:	WCOT
Stationær fase:	CP-SIL – 8 CB
Længde:	25 m
Film:	8 µm
Bæregas:	N_2 5,0
Forkolonne:	1 m WCOT/CP-SIL – 8 CB/8 µm
Bæregas tryk :	10 psi
Ovn:	115 °C isotherm
Detektor/injektor:	125 °C
Detektor:	PID 10,6 eV lampe
Sample loop,	1 ml
volumen:	
Kvantifikationsgræns	30 µg TCE/m ³
e	30 µg toluen/m ³

Eksempler på chromatogrammer er vist på figur B.1 og B.2:

Figur B.1. Chromatogrammer, TCE ($R_t = 1,6$ min) og toluen ($R_t = 1,9$ min). Højeste toppe viser målinger foretaget i bundkammer, laveste toppe viser målinger i topkammer.



Figur B.2. Samme chromatogrammer som vist i figur A.1, zoom på målte toppe.



Samlet oversigt over resultater af målte, flygtige organiske forbindelser.

INDEKLIMA- OG UDELUFTMÅLINGER.

Målested: **Miljøstyrelsen
GK179 (tidligere renseri)
Ude- og indeklimatemåling
2.-3. april 2001**

Beregnete resultater:

Koncentrationer (20grC, 1013 hPa):			Udeluft	Indeklima	Indeklima
			Cykelskur	Cykelkælder	Værksted
Chloroform	µg/m ³	<	0,7 <	0,3 <	0,3
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,7	0,6 <	0,3
Benzen	µg/m ³	<	0,7 <	0,3	0,9
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³		4,6 <	0,3	2,3
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,7 <	0,3 <	0,3
Toluen	µg/m ³		5,3	5,8	5,0
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³	<	0,1	88,7	21,8
Ethylbenzen	µg/m ³		0,9	1,5	1,8
Xylener	µg/m ³		2,9	5,0	5,3
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	1,4 <	0,6 <	0,6
Alifater	µg/m ³	<	3,4	6,7	14,0
Aromater C9-C10	µg/m ³	<	3,4	11,6	18,2
Sum *	µg/m ³		14	120	69

< Betyder mindre end detektionsgrænsen (som er angivet)

Målested: **Miljøstyrelsen**
GK179 (tidligere renseri)
Ude- og indeklimatemåling
30.-31. marts 2001

Beregnete resultater:

Koncentrationer (20grC, 1013 hPa):			Udeluft	Indeklima	Indeklima
			Cykelstur	Cykelkælder	Værksted
Chloroform	µg/m ³	<	1,8 <	0,3 <	0,3
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	1,8	0,4 <	0,3
Benzen	µg/m ³	<	1,8 <	0,3 <	0,3
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	<	1,8	2,5 <	0,3
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	1,8 <	0,3	2,4
Toluen	µg/m ³		4,1	9,6	3,2
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³	<	0,4	44,6	6,4
Ethylbenzen	µg/m ³	<	1,8	1,7	1,0
Xylener	µg/m ³		2,8	5,1	3,0
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	3,6 <	0,6 <	0,6
Alifater	µg/m ³	<	8,9	5,1	4,5
Aromater C9-C10	µg/m ³	<	8,9	10,8	8,3
Sum *	µg/m ³		6,9	80	29

< Betyder mindre end detektionsgrænsen (som er angivet)

Målested: **Miljøstyrelsen**
GK179 (tidligere renseri)
Ude- og indeklimatemåling
29.-30. marts 2001

Beregnete resultater:

Koncentrationer (20grC, 1013 hPa):			Udeluft	Indeklima	Indeklima
			Cykelskur	Cykelkælder	Værksted
Chloroform	µg/m ³	<	0,3 <	0,6 <	0,3
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,3 <	0,6 <	0,3
Benzen	µg/m ³		1,7 <	0,6	1,6
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³		2,2	4,2	2,5
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,3 <	0,6 <	0,3
Toluen	µg/m ³		2,4	3,4	3,8
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³	<	0,1	20,0	7,9
Ethylbenzen	µg/m ³		0,5	0,7	1,3
Xylener	µg/m ³		1,2	2,0	4,1
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	0,5 <	1,2 <	0,6
Alifater	µg/m ³	<	1,4	11,2	13,2
Aromater C9-C10	µg/m ³	<	1,4	1,9	12,6
Sum *	µg/m ³		8,0	43	47

< Betyder mindre end detektionsgrænsen (som er angivet)

Målested: Miljøstyrelsen
GK172 (reference)
Fluxmåling,
Dato: 22.-23. marts 2001

Beregnete resultater:

Koncentrationer:			Rumluft	Udeluft
Chloroform	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3 <	0,9
TCA (1,1,1-trichlorethan)	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3 <	0,9
Benzen	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3 <	0,9
TCM (tetrachlormethan)	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		2,7	5,8
TCE (trichlorethylen)	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3 <	0,9
Toluen	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		17,0	2,8
PCE (tetrachlorethylen)	mg/m³(20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,2
Ethylbenzen	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		1,4	0,9
Xylener	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		5,1	2,0
1,1-dichlorethylen	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,7 <	1,8
Alifater	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		2,7 <	4,5
Aromater C9-C10	mg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		7,8 <	4,5

< Betyder mindre end detektionsgrænsen (som er angivet)

FLUXMÅLING PÅ GULVAREALER.

Målested: **Miljøstyrelsen
GK179 (kælder under tidligere renseri)**
Fluxmåling,
Dato: **3.-4. april 2001**

Beregnete resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):

		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,09
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1	0,2 <	0,1
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,8 <	1,0 <	0,1 <	0,89
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1	0,6 <	0,1
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,1
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	2,6	0,5	4,1	5,49
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,9	1,2	53,1	23,0
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1	0,4	0,1
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,3	0,3	1,8 <	0,1
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,2 <	0,2 <	0,2 <	0,2
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	11,4	10,7	17,7	12,4
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	13,1	6,4	19,5	22,1

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):

		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,016
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02	0,04 <	0,02
Benzen	µg/m ² /time <	0,13 <	0,19 <	0,02 <	0,16
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02	0,12 <	0,02
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,02
Toluen	µg/m²/time	0,42	0,09	0,84	0,970
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time	0,14	0,23	10,97	4,07
Ethylbenzen	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02	0,07	0,02
Xylener	µg/m ² /time	0,05	0,06	0,37 <	0,02
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time <	0,03 <	0,04 <	0,04 <	0,03
Alifater	µg/m ² /time	1,83	2,11	3,66	2,19
Aromater C9-C10	µg/m ² /time	2,10	1,27	4,02	3,91
Loftshøjde (Lh)	m	1,9	1,9	1,9	1,9
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1	3,5	3,5	3,5	3,5

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:

		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ <	0,002 <	0,003 <	0,003 <	0,002
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ <	0,002 <	0,003	0,006 <	0,002
Benzen	µg/m ³ <	0,020 <	0,029 <	0,003 <	0,024
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ <	0,002 <	0,003	0,019 <	0,002
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ <	0,002 <	0,003 <	0,003 <	0,002
Toluen	µg/m³	0,063	0,014	0,127	0,146
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³	0,022	0,035	1,650	0,611
Ethylbenzen	µg/m ³ <	0,002 <	0,003	0,011	0,003
Xylener	µg/m ³	0,007	0,010	0,055 <	0,002
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ <	0,004 <	0,006 <	0,006 <	0,005
Alifater	µg/m ³	0,276	0,317	0,550	0,329
Aromater C9-C10	µg/m ³	0,315	0,190	0,605	0,588

Målested: Miljøstyrelsen
GK179 (kælder under tidligere renseri)
Fluxmåling,
Dato: 2.-3. april 2001

Beregnete resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):

			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,08
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1	0,3 <	0,1
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,08
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1	0,5 <	0,1
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,1
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		4,3	0,7	10,0	9,27
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,8	1,1	60,0	21,6
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,2 <	0,1	0,3	0,1
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,4	0,2	1,1	0,5
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,2 <	0,2 <	0,2
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		13,6	5,6	7,4	20,1
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		16,4	26,8	32,3	29,3

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):

			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ² /time	<	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,014
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time	<	0,01 <	0,02	0,05 <	0,01
Benzen	µg/m ² /time	<	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,01
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time	<	0,01 <	0,02	0,11 <	0,01
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time	<	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,01
Toluen	µg/m²/time		0,70	0,14	2,08	1,63
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time		0,13	0,22	12,46	3,80
Ethylbenzen	µg/m ² /time		0,03 <	0,02	0,06	0,02
Xylener	µg/m ² /time		0,06	0,04	0,22	0,09
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,03 <	0,03 <	0,03
Alifater	µg/m ² /time		2,20	1,10	1,53	3,53
Aromater C9-C10	µg/m ² /time		2,67	5,23	6,71	5,16

Lofthøjde (Lh)	m		1,9	1,9	1,9	1,9
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1		3,5	3,5	3,5	3,5

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:

			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³	<	0,0017 <	0,0025 <	0,0024 <	0,0020
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,0017 <	0,0025	0,0082 <	0,0020
Benzen	µg/m ³	<	0,0017 <	0,0025 <	0,0024 <	0,0020
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	<	0,0017 <	0,0025	0,0169 <	0,0020
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,0017 <	0,0025 <	0,0024 <	0,0020
Toluen	µg/m³		0,1048	0,0216	0,3130	0,2457
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³		0,0192	0,0330	1,8777	0,5732
Ethylbenzen	µg/m ³		0,0042 <	0,0025	0,0096	0,0033
Xylener	µg/m ³		0,0098	0,0066	0,0337	0,0135
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	0,0035 <	0,0051 <	0,0048 <	0,0041
Alifater	µg/m ³		0,3317	0,1652	0,2311	0,5323
Aromater C9-C10	µg/m ³		0,4016	0,7879	1,0111	0,7779

Målested: Miljøstyrelsen
GK179 (kælder under tidligere renseri)
Fluxmåling,
Dato: 30.-31. marts 2001

Beregnede resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,09
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1	0,2	0,2	0,2
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1	0,5	0,46
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,5 <	0,1	0,8	0,8
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,1
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	17,3	7,1	27,0	38,30
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,5	0,8	33,6	8,0
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,2	0,2	0,5	0,2
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	0,8	0,7	1,9	1,1
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa) <	0,2 <	0,2 <	0,2 <	0,2
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	11,2	25,6	20,5	20,1
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	18,1	41,8	33,6	32,8

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,016
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time <	0,01	0,04	0,05	0,04
Benzen	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02	0,10	0,08
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time	0,09 <	0,02	0,16	0,13
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time <	0,01 <	0,02 <	0,02 <	0,02
Toluen	µg/m²/time	2,90	1,28	5,53	6,77
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time	0,08	0,15	6,87	1,42
Ethylbenzen	µg/m ² /time	0,03	0,03	0,10	0,04
Xylener	µg/m ² /time	0,14	0,12	0,38	0,19
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time <	0,03 <	0,04 <	0,04 <	0,03
Alifater	µg/m ² /time	1,88	4,62	4,20	3,55
Aromater C9-C10	µg/m ² /time	3,04	7,56	6,87	5,80
Loftshøjde (Lh)	m	1,9	1,9	1,9	1,9
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1	3,4	3,4	3,4	3,4

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:		F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ <	0,002 <	0,003 <	0,003 <	0,003
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ <	0,002	0,007	0,007	0,006
Benzen	µg/m ³ <	0,002 <	0,003	0,015	0,013
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	0,014 <	0,003	0,025	0,021
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ <	0,002 <	0,003 <	0,003 <	0,003
Toluen	µg/m³	0,450	0,199	0,859	1,052
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³	0,013	0,023	1,067	0,220
Ethylbenzen	µg/m ³	0,004	0,005	0,015	0,006
Xylener	µg/m ³	0,021	0,019	0,059	0,030
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ <	0,005 <	0,007 <	0,006 <	0,005
Alifater	µg/m ³	0,293	0,718	0,652	0,551
Aromater C9-C10	µg/m ³	0,473	1,175	1,067	0,901

Målested: **Miljøstyrelsen
GK179 (kælder under tidligere renseri)**
Fluxmåling,
Dato: **29.-30. marts 2001**

Beregnete resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,10
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1	0,2	0,3
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1	1,1 <	0,10
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1	0,9 <	0,1
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1 <	0,1 <	0,1 <	0,1
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		32,8	32,5	45,5	91,50
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,5	0,9	41,4	12,9
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,2	0,3	0,8	0,5
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		1,1	1,6	2,7	2,0
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,2 <	0,2	0,4 <	0,2
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		8,6	26,7	38,1	45,7
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		13,5	37,2	51,3	71,6

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,02 <	0,00 <	0,017
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,02	0,01	0,05
Benzen	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,02	0,05 <	0,02
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,02	0,04 <	0,02
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time	<	0,02 <	0,02 <	0,004 <	0,02
Toluen	µg/m²/time		5,6	6,5	1,9	15,8
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time		0,09	0,17	1,76	2,23
Ethylbenzen	µg/m ² /time		0,04	0,07	0,03	0,09
Xylener	µg/m ² /time		0,18	0,33	0,12	0,34
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time	<	0,03 <	0,05	0,02 <	0,03
Alifater	µg/m ² /time		1,46	5,34	1,62	7,88
Aromater C9-C10	µg/m ² /time		2,30	7,43	2,18	12,33

Loftshøjde (Lh)	m		1,9	1,9	1,9	1,9
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1		4,9	4,9	4,9	4,9

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:			F1	F2	F3	F4
Chloroform	µg/m ³	<	0,002 <	0,003 <	0,000 <	0,002
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,002 <	0,003	0,001	0,006
Benzen	µg/m ³	<	0,002 <	0,003	0,005 <	0,002
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	<	0,002 <	0,003	0,004 <	0,002
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,002 <	0,003 <	0,000 <	0,002
Toluen	µg/m³		0,605	0,705	0,210	1,708
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³		0,009	0,019	0,191	0,241
Ethylbenzen	µg/m ³		0,004	0,007	0,004	0,010
Xylener	µg/m ³		0,020	0,035	0,013	0,037
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	0,004 <	0,005	0,002 <	0,004
Alifater	µg/m ³		0,158	0,579	0,175	0,854
Aromater C9-C10	µg/m ³		0,249	0,805	0,236	1,337

Målested: Miljøstyrelsen
GK172 (reference)
Fluxmåling,
Dato: 23. marts 2001

Beregnete resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):			F (Ref)
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		8,1
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,3
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,8
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,5
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		10,2
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		6,0

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):			F (Ref)
Chloroform	µg/m ² /time	<	0,05
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time	<	0,05
Benzen	µg/m ² /time	<	0,05
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time	<	0,05
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time	<	0,05
Toluen	µg/m²/time		1,65
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time	<	0,01
Ethylbenzen	µg/m ² /time	<	0,05
Xylener	µg/m ² /time		0,16
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time	<	0,11
Alifater	µg/m ² /time		2,07
Aromater C9-C10	µg/m ² /time		1,22

Loftshøjde (Lh)	m		1,93
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1		0,5

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:			F (Ref)
Chloroform	µg/m ³	<	0,055
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,06
Benzen	µg/m ³	<	0,1
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	<	0,1
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,1
Toluen	µg/m³		1,71
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³	<	0,01
Ethylbenzen	µg/m ³	<	0,1
Xylener	µg/m ³		0,2
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	0,1
Alifater	µg/m ³		2,1
Aromater C9-C10	µg/m ³		1,3

Målested:	Miljøstyrelsen GK172 (reference)
	Fluxmåling,
Dato:	22.-23. marts 2001
Sagsnr.	13.587
Måling af	Flux via gulv ved hjælp af foliemetoden
Analyse, opløsningsmidler	TI/Kemiteknik

Beregnete resultater:

Koncentrationer, luft ud af fluxkammer (C):			F (Ref)
Chloroform	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
Benzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,1
Toluen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		10,5
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,02
Ethylbenzen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,1
Xylener	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		0,5
1,1-dichlorethylen	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)	<	0,2
Alifater	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		7,4
Aromater C9-C10	µg/m ³ (20grC, 1013 hPa)		6,8

Målt flux = C*F(ind)/A

Målt flux (J):			F (Ref)
Chloroform	µg/m ² /time	<	0,016
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ² /time	<	0,016
Benzen	µg/m ² /time	<	0,016
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ² /time	<	0,016
TCE (trichlorethylen)	µg/m ² /time	<	0,016
Toluen	µg/m²/time		2,124
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m²/time	<	0,003
Ethylbenzen	µg/m ² /time		0,023
Xylener	µg/m ² /time		0,098
1,1-dichlorethylen	µg/m ² /time	<	0,033
Alifater	µg/m ² /time		1,503
Aromater C9-C10	µg/m ² /time		1,389

Loftshøjde (Lh)	m		1,93
Luftskifte (estimeret, worst case) (Ls)	h-1		0,5

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv = J/Lh/Ls

Målt bidrag til indeklimakoncentration fra flux via gulv:			F (Ref)
Chloroform	µg/m ³	<	0,017
TCA (1,1,1-trichlorethan)	µg/m ³	<	0,02
Benzen	µg/m ³	<	0,0
TCM (tetrachlormethan)	µg/m ³	<	0,0
TCE (trichlorethylen)	µg/m ³	<	0,0
Toluen	µg/m³		2,20
PCE (tetrachlorethylen)	µg/m³	<	0,003
Ethylbenzen	µg/m ³		0,0
Xylener	µg/m ³		0,1
1,1-dichlorethylen	µg/m ³	<	0,0
Alifater	µg/m ³		1,6
Aromater C9-C10	µg/m ³		1,4

Måling af luftskifte.

Målested: Målested: GK179
 Måledato: 1994.08.23
 Måling 1, d. 29/3

Tidspkt. Kl.		Målt konc. SF6 ppb	Måleperiode timer	Beregnet luftskifte h-1
29-03-01 13:26	C(o) =	387	0	
29-03-01 13:31		287	0,08	3,60
29-03-01 13:36		207	0,17	3,76
29-03-01 13:41		58,2	0,25	7,59
29-03-01 13:46		56,7	0,33	5,77
29-03-01 13:51		56,5	0,42	4,62
29-03-01 13:56		34,1	0,50	4,86
29-03-01 14:01		22,4	0,58	4,89
29-03-01 14:06		15,6	0,67	4,82
29-03-01 14:11		22,4	0,75	3,80

Luftskifte, middelværdi: **4,9**

Måling 2, d. 30/3

Tidspkt. Kl.		Målt konc. SF6 ppb	Måleperiode timer	Beregnet luftskifte h-1
30-03-01 11:51	C(o) =	1060	0	
30-03-01 11:55		800	0,08	3,40
30-03-01 12:00		590	0,17	3,53
30-03-01 12:05		445	0,25	3,48
30-03-01 12:10		343	0,33	3,39
30-03-01 12:15		252	0,42	3,45
30-03-01 12:20		195	0,50	3,39
30-03-01 12:25		141	0,58	3,46
30-03-01 12:30		106	0,67	3,46
30-03-01 12:35		83,5	0,75	3,39
30-03-01 12:40		58,4	0,83	3,48
30-03-01 12:45		44,6	0,92	3,46
30-03-01 12:50		39,9	1,00	3,28
30-03-01 12:55		26,7	1,08	3,40
30-03-01 13:00		26,9	1,17	3,15
30-03-01 13:05		22	1,25	3,10

Luftskifte, middelværdi: **3,4**

Måling 3, d. 2/4

Tidspkt. Kl.		Målt konc. SF6 ppb	Måleperiode timer	Beregnet luftskifte h-1
02-04-01 10:58	C(o) =	1050	0	
02-04-01 11:03		787	0,08	3,57
02-04-01 11:08		604	0,17	3,37
02-04-01 11:13		439	0,25	3,53
02-04-01 11:18		320	0,33	3,60
02-04-01 11:23		232	0,42	3,65
02-04-01 11:28		179	0,50	3,56
02-04-01 11:33		131	0,58	3,59
02-04-01 11:38		104	0,67	3,48
02-04-01 11:43		77,6	0,75	3,49
02-04-01 11:48		65,4	0,83	3,34
02-04-01 11:53		48,3	0,92	3,37
02-04-01 11:58		36,7	1,00	3,37

Luftskifte, middelværdi: **3,5**

Massebalance for PCE.

1. Beregning af samlet emission fra kilder til PCE i kælderlokalet.

Start måling Dato, kl.	Målepunkt	J _{gulv} - målt flux [µg PCE/m ² /time]		Samlet gulvareal [m ²]	E _{gulv} [µg/time]	E _{utæthed} [µg/time]		E _{kilde} = E _{gulv} + E _{utæthed(F- HS1) + E_{utæthed(F-HS2)} [µg/time] (note 2)}
		Måling over et døgn	Middel, hele lokalet (Note 1)			E(F-HS1) målt emission	E(F-HS2) målt emission	
22-03-01	F-HS2	-	-	-	-	i.m.	249	-
29-03-01	F1	0,09	1,06	47	50	6.646	i.m.	6945
	F2	0,17						
	F3	1,76						
	F4	2,23						
30-03-01	F1	0,08	2,13	47	100	6.916	i.m.	7265
	F2	0,15						
	F3	6,87						
	F4	1,42						
02-04-01	F1	0,13	4,15	47	195	7.186	i.m.	7630
	F2	0,22						
	F3	12,5						
	F4	3,80						
03-04-01	F1	0,14	3,85	47	181	10.341	i.m.	10771
	F2	0,23						
	F3	11,0						
	F4	4,07						

Note 1: Det er ved beregning af middelværdien antaget, at de enkelte fluxmålinger repræsenterer fluxen fra lige store andele af det samlede gulvareal.

Note 2: E(F-HS2) er sat til værdien 249 µg/time (som målt den 22-03-01) under alle beregninger.

2. Beregning af emission af PCE ud af kælderlokalet.

Dato	Ls [h-1]	V _{RUM} m ³	C _{indeklima} [µg/m ³]			E _{vent} [µg/time]
			Værksted	Cykelkælder	Middel	Middel
29-03-01	4,9	88	7,9	20	14	6.004
30-03-01	3,5	88	6,4	45	25	7.851
02-04-01	3,4	88	22	89	55	16.529

3. Beregning af emission af PCE til kælderlokalet fra udeluften.

Dato	Ls [h ⁻¹]	V _{RUM} [m ³]	C _{udeluft} [µg/m ³]	Q _{ind} [µg/time]
29-03-01	4,9	88	< 0,1	< 43
30-03-01	3,5	88	< 0,4	< 123
02-04-01	3,4	88	< 0,1	< 30

