

# Ny sporgasmålemetode til luftskiftemålinger

Af Akademiingeniør Niels C. Bergsøe  
Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for indeklimateknik



Efter energikrisen i begyndelsen af 70'erne har man fokuseret stærkt på at gøre klimaskærmen tæt i såvel eksisterende bygninger som i nybyggeriet. Formålet har ikke udelukkende været at mindske ventilationen, men at reducere infiltrationen gennem klimaskærmens tilfældige utætheder. Herved kan der opnås forbedrede muligheder for styring af ventilationen efter behovet, samt for sikring af hensigtsmæssig luftfordeling i bygningen.

Med henblik på udvikling, afprøvning og kontrol af ventilationstekniske løsninger, som drager nytte af disse forbedrede muligheder, stilles øgede krav til metoder til ventilationsmålinger i felten. Der er behov for feltmåleudstyr, hvorved man på en enkel måde kan måle den gennemsnitlige specifikke lufttilførsel mens bygningen er i normal brug, den gennemsnitlige specifikke lufttilførsel i flere rum samtidig samt luftudvekslingen mellem forskellige rum eller zoner i bygningen.

På denne baggrund har Statens Byggeforskningsinstitut etableret en samarbejdsaftale med det amerikanske forskningscenter Brookhaven National Laboratory (BNL) blandt andet med det formål at undersøge og afprøve måleudstyr udviklet af BNL. Metoden, som betegnes BNL/AIMS - Air Infiltration Measurement System, bygger på simultan anvendelse af flere forskellige sporgastyper og opsamling af sporgassen i adsorptionsrør.

SBI har undersøgt og afprøvet en nyudviklet sporgasmålemetode til måling af bygningers ventilationsforhold. Teoretisk gør metoden det muligt på en enkel måde at måle såvel en bygningens totale specifikke udelufttilførsel, som specifik udelufttilførsel til rum eller zoner i bygningen samt luftudveksling mellem disse.

Metoden bygger på passiv udsendelse og opsamling af flere forskellige sporgasser i felten og efterfølgende gaschromatografisk analyse i laboratoriet.

Undersøgelser af metodens beregningsgrundlag har vist, at metoden er behæftet med en systematisk fejl, som det dog synes mulig at korrigere for.

Praktisk afprøvning af metoden har vist, at metoden er nem at anvende, og at gode resultater kan opnås.

På grundlag af de positive erfaringer har SBI anskaffet laboratorieudstyr, som forventes indkøbt i slutningen af 1988.

## Flere sporgastyper

Målinger af ventilationsforhold i bygninger foretages almindeligvis ved hjælp af sporgasteknik, og kun én sporgastype bringes i anvendelse. Herved er det muligt at bestemme en bygningens totale specifikke udelufttilførsel og/eller udelufttilførsel til de enkelte rum i bygningen. I ventilationsmæssig sammenhæng bør en bygning imidlertid ofte betragtes som bestående af zoner. I boliger kan det fx. være en opholdszone og en sovezone, i børneinstitutioner kan det fx. være én eller flere grupperumzoner og en fællesrumzone. Ved simultan anvendelse af flere forskellige sporgastyper, som udsendes i bygningens forskellige zoner, kan man ud fra en registrering i alle zonerne af rumluftens indhold af hver enkelt sporgastype, opstille et ligningssystem, hvorved det er muligt at bestemme såvel samtlige zoners infiltration og exfiltration som alle interne luftbevægelser i bygningen.

## Måleudstyr

BNL/AIMS er en sporgasmålemetode efter konstant-dosering princippet. Feltmåleudstyret omfatter passive sporgaskilder til udsendelse af sporgas og adsorptionsrør til passiv opsamling af sporgas. Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet.

En sporgaskilde består af et aluminiumshylster (32x6,6 mm), som indeholder 0,4 ml sporstof. Sporstofferne er forskellige organiske forbindel-

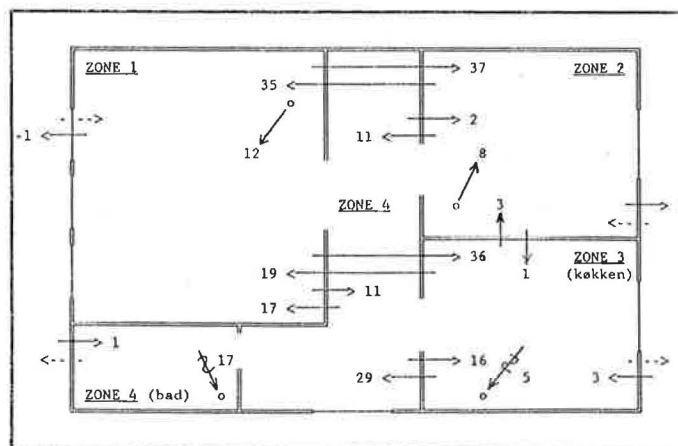


Fig. 1. Zone-til-zone infiltrations- og exfiltrationsvolumenstrømme, (l/s pr. m<sup>2</sup>). Interne døre åbne.

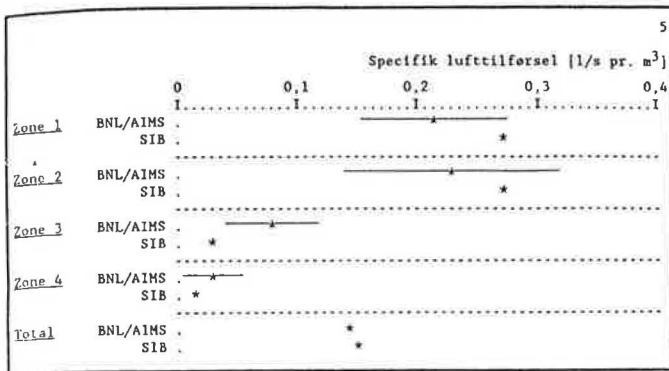


Fig. 2. Specifik lufttilførsel (l/s pr. m<sup>3</sup>). Interne døre åbne. SIB: Statens Institut för Byggnadsforskning. De vandrette streger ved BNL/AIMS målingerne angiver spredningen.

ser af perfluoralkylcycloalkan familien. Hylstret er lukket med en siliconeprop. Ved konstant temperatur diffunderer sporstoffet med konstant hastighed gennem proppen. Sporgaskilderne anbringes i en bygning således, at der er mindst én kilde pr. ca. 50 m<sup>2</sup> beboet areal. Herved skabes typisk en sporgaskoncentration på 10–50 picoliter sporstof pr. l rumluft (picoliter pr. liter = 10<sup>-12</sup> l/l). Levetiden for en kilde er, afhængig af sporgastypen, 2–7 år.

De passive adsorptionsrør består af et lille glasrør (64 x 6,4 mm) indeholdende en adsorbent beslægtet med aktivt kul. Adsorptionsrørerne anbringes som kilderne dog mindst 1–2 m fra nærmeste kilde. Rørene er ikke sporgastype-afhængige, d.v.s. at rørene opsamler alle de sporgasser, som er i anvendelse. En måling kan vare fra én dag til adskillige måneder.

(Foto som i VVS nr. 5, 1987 - s. 24, Branche Nyt) (Billedet vendes 180 grader!)

Separation og bestemmelse af mængden af hver enkelt adsorberet sporgastype i adsorptionsrørene foretages ved termisk desorption og gaschromatografi. Analyseproceduren og dele af analyseudrustningen er udviklet af BNL. Desuden har Princeton University i samarbejde med BNL udviklet en forenklet udgave af apparaturet.

## Usikkerhed og fejlkilder

BNL/AIMS forudsætter, at der igennem måleperioden både doseres og adsorberes en konstant sporgasmængde pr. tidsenhed, og at der er en

ensformig sporgasfordeling i rummet eller zonen.

BNL har gennemført undersøgelser af reproducerbarheden af kildernes emissions-hastighed både ved konstant og ved varierende omgivende temperatur, af reproducerbarheden af adsorptionsrørens adsorption, af adsorptionen i forskellige retninger i forhold til en given luftretning og endelig af adsorptionens afhængighed af omgivelsernes temperatur. Undersøgelserne viste at

omkring 20–25°C ændres sporgasemissionen ca. 4 pct. pr. grad men at de øvrige undersøgte parametre i praksis ingen indflydelse har på målingen.

Derimod har varierende ventilationsforhold en betydning. Ved stationære forhold gælder, at infiltrationen er lig med produktet af den tilførte sporstofmængde og det reciprokke af sporgaskoncentrationen. Fra analyse af adsorptionsrørene fås gennemsnitskoncentrationen af sporgas i måleperioden. Det reciprokke af gennemsnitskoncentrationen er altid mindre end gennemsnittet af reciprokke enkeltkoncentrationer. Dette betyder, at BNL/AIMS er behæftet med systematisk fejl, idet BNL/AIMS vil undervurdere den specifikke lufttilførsel. Fejlens størrelse afhænger dels af størrelsen af udsvingene (amplituden) i den specifikke lufttilførsel, som i praksis især skyldes udluftninger af boligerne, dels varigheden og hyppigheden (frekvensen) af udluftningerne. Kortvarige,

hyppige udluftninger vil bevirke en lille fejl, hvorimod længerevarende udluftninger øger fejlen. Kendskab til udluftningsvaner gør det muligt at estimere måleusikkerheden.

## Afprøvning af metoden

SBI har foretaget afprøvnin-ger af BNL/AIMS for at indhente erfaringer i anvendelsen af måleudstyret og for at skabe et grundlag for en vurdering af metodens anvendelighed blandt andet i forbindelse med undersøgelser af luftskifte til et stort antal boliger. I samarbejde med Statens Institut for Byggnadsforskning (SIB) i Sverige er der foretaget målinger i en fuldskala testlejlighed opstillet i SIB's laboratorium. Det primære formål med målingerne i lejligheden var at afprøve BNL/AIMS under kontrollerede laboratorieforhold. Samtidig udførte SIB målinger med lejlighedens permanent installerede laboratoriemåleudstyr.

Der blev udført målinger i den ubeboede lejlighed med interne døre henholdsvis åbne og lukkede. Ved begge målinger blev lejligheden behandlet som et 4-zone tilfælde. Hver måling varede 3 døgn. Den mekaniske udsugning fra køkken og bad (henholdsvis 18,6 og 7,8 l/s) var aktiv under målingerne. Udeluft blev tilført gennem åbninger i loftet i stuen og soveværelset. Der blev foretaget omrøring med små ventilatorer under begge målinger.

## Interne døre åbne

Måleresultaterne indikerer, at der i måleperioden har forekommet en ensformig sporgasfordeling i hele lejligheden, og som det fremgår af figur 1, forekom en betydelig luftudveksling mellem zonerne uden entydig strømningsretning. Luften der tilføres zone 1 og zone 2, kommer ind dels gennem åbningen i loftet dels gennem utætheder i klimaskærmen. Fra zone 3 og zone 4 fjernes luften dels ved mekanisk udsugning dels ved exfiltration gennem klimaskærmens utætheder.

Af figur 2 ses at der er en acceptabel overensstemmelse mellem metoderne, specielt med hensyn til den specifikke

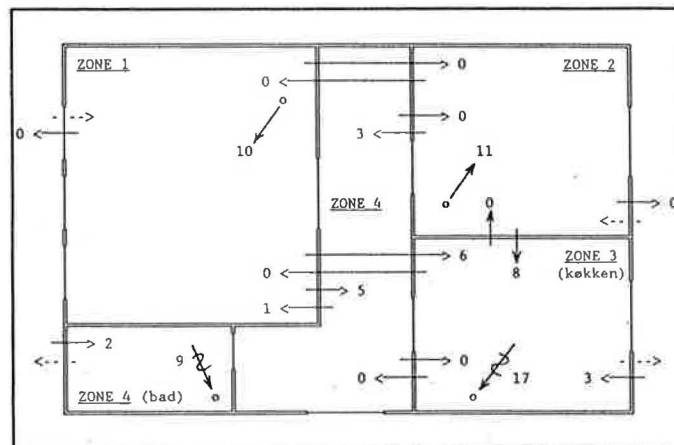


Fig. 3. Zone-til-zone samt infiltrations- og exfiltrationsvolumenstrømme (l/s pr. m<sup>3</sup>). Interne døre lukkede.

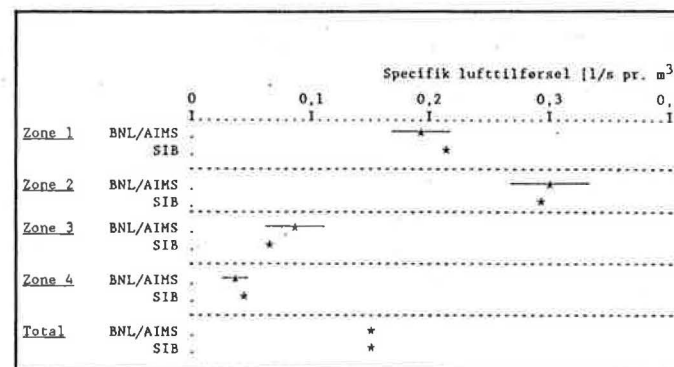


Fig. 4. Specifik lufttilførsel (l/s pr. m<sup>3</sup>). Interne døre lukkede. SIB: Statens Institut för Byggnadsforskning. De vandrette streger ved BNL/AIMS målingerne angiver spredningen.

volumenstrøm til hele lejligheden (lejligheden betragtet som én enkelt zone). Spredningen på BNL/AIMS måleresultaterne hidrører fra usikkerheder på kildernes sporgasafgivelser (kalibrering, bestemmelse af gennemsnitlig zonetemperatur i måleperioden), fra usikkerhed på bestemmelse af zonevolumener samt fra forskelle i registreringen af sporgaskoncentrationen i en zone.

## Interne døre lukkede

Alle interne døre var lukkede med en spalteåbning på ca. 10 mm over dørene.

Figur 3 viser at der forekom lufttransport fra zone 1 til zone 3 og 4 og fra zone 2 til zone 3 og 4. Luften, der fjernes fra zone 3 (exfiltration og mekanisk udsugning), er målt til 16,8 l/s, og luften, der fjernes fra zone 4, er målt til 9,0 l/s. Begge måleresultater svarer godt til SIB's forindstillede udsugningsluftmængder (henholdsvis 18,6 og 7,8 l/s).

Af figur 4 ses en god overensstemmelse mellem de to målemetoder, endog bedre

end ved tilfældet med de interne døre åbne.

## Afslutning

Med de passive adsorptionsrør registreres gennemsnitskoncentrationen af sporgas, og dermed den gennemsnitlige specifikke lufttilførsel til en bygning. Metoden skal derfor ses som et supplement til kendte metoder, som ved kontinueret registrering kan måle øjebliksværdier i lufttilførslen.

På grund af feltmåleudstyrets små fysiske dimensioner vil kilder og opsamlingsrør anbragt i en bygning være om trent usynlige. Samtidig arbejder udstyret lydløst, og det vil derfor ikke være til gene for beboerne. Udstyrets ringe størrelse gør det desuden muligt at sende det med posten sammen med instruktion i opsætning og nedtagning. Måling kan således foretages, uden at teknikere behøver adgang til boligen, og et stort antal boliger kan undersøges under samme udeklimatiske for-

hold. Pålideligheden af målinger foretaget uden kyndig bistand i forbindelse med opsætning af udstyret er dog endnu ikke afprøvet.

SBI har foretaget andre afprøvninger af udstyret, blandt andet i samarbejde med Teknologisk Institut. Resultaterne af disse afprøvninger rapporteres senere.

På grundlag af de indhentede erfaringer har SBI iværksat projekter hvor metoden tages i anvendelse. Blandt andet undersøges ventilationsforholdene i ca. 150 danske boliger.

Teoretisk og under laboratorieforhold er metodens muligheder vist. Videregående undersøgelser af både teoretisk og praktisk art er dog nødvendige, og SBI's afdeling for indeklimateknik har planer om i fremtiden at undersøge mulighederne for såvel videreudvikling af metoden som for nye anvendelsesområder. Som et led i dette arbejde har SBI anskaffet laboratorieudstyr til analyse af adsorptionsrør. Ud-

styret forventes at være indkøbt til brug fra varmeperioden 1988/89.

## Litteratur

1. Evaluation through field measurements of BNL/AIMS amultiple tracer gas technique for determining air infiltration rates. Niels Bergsøe  
Paper præsenteret på den 8. AIVC konference, Überlingen, Vesttyskland, 1987.
2. Anvendelse af perflourcarbon sporgas til luftskiftmålinger i boliger. Forundersøgelse  
Niels Bergsøe  
Intern SBI-rapport, afdelingen for indeklimateknik, 1988.

## New Track Gas Measuring Method for Air Change Measurements

Bergsøe N. C., VVS Denmark, June 88, Vol. 24, No. 8.

The Danish Building Research Institute has examined and tested a newly developed track gas measuring method for the measuring of building ventilation conditions. Theoretically the method makes it possible, in a simple way, to measure both the total, specific outdoor air supply to a building and the specific outdoor air supply to rooms or zones in the building as well as the exchange of air between these.

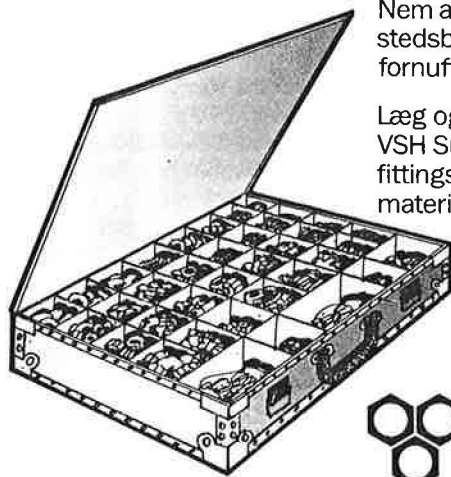
The method is based on passive emission and collection of a number of various track gases in the field and subsequent gas chromatographic analyses in the laboratory.

Examinations of the calculation basis of the method has proved that the method is vitiated with a systematic error for which it, however, seems possible to adjust.

Practical tests of the method have shown that the method is easy to use and that good results can be achieved.

# Her er en praktisk og overskuelig fitting-løsning

Spar tid og penge – og få orden på dine kompressionsfittings. Denne sortimentskasse indeholder et udvalg af de mest anvendte fittings.



Nem at have med i værkstedsbilen og samtidig til en fornuftig pris.

Læg også mærke til at VSH Super kompressionsfittings er høj kvalitet i materiale, design og forarbejdning.

Til vand, varme og gas.

Godkendt af myndighederne.



**VSH Super kompressionsfittings**

– gør det nemt for dig!

Ring og hør nærmere



**HARALD V. LASSEN I/S**

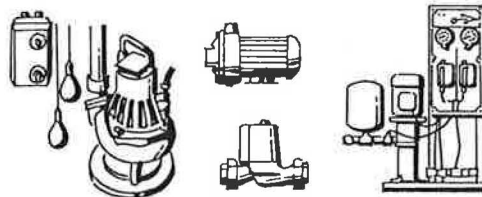
Trekronergade 126, 2500 Valby Tlf.: 01 30 99 66

# ”Vi satser på kvalitet i vort firma – derfor bruger vi Flygt pumper.”



”Kvaliteten i højsædet – det er filosofien i vort firma. Så når vi vælger leverandører, er det væsentligt for os, at vi kan stole på både produkternes kvalitet og på den service, leverandøren kan tilbyde. Flygt lever til fulde op til disse krav. Og med introduktionen af den nye ROBBY grundvandspumpe har vi fået et nyt produkt, der lever op til vore ønsker om kvalitet.”

ROBBY 1 grundvandspumpe er fremstillet i rustfrit stål og glasfiber-armeret Noryl. Den har justerbar svømmerkontakt for automatisk drift og er særdeles let at installere. Flygt har desuden et omfattende program i større grundvands-pumper, spildevandspumper, trykforøgningsanlæg m.v., som leveres gennem din sædvanlige VVS-grossist.



**FLYGT**



**Flygt**

IIT Fluid Technology Corporation

København 02 96 23 33    Odense 09 16 35 55    Rødskov 04 66 27 00    Åbybro 08 24 20 00    Århus 06 24 14 00

Illustration: G. St.

Ingeniør Kristian Jensen, VVS Pedersen & Nielsen A/S, Hedehusene har stor erfaring med marketingopgaver og totalentrepriser inden for VVS-området.