

Utveckling och test av ett FTIR-mätsystem för arbetsmiljömätningar

Ett mätsystem utvecklades i detta projekt som möjliggör mätning av halten av flera olika ämnen i luft, kontinuerligt i flera mätpunkter, med hjälp av ett enda instrument. Mätsystemet bygger på ett mobilt FTIR-instrument (fourier-transform-infraröd-instrument). Detta instrument mäter absorptionen i hela IR- (infraröd-)spektrumet. Med hjälp av ett kraftfullt dataprogram kan uppmätta spektra utvärderas och flera olika ämnen analyseras ur ett och samma spektrum.

FTIR-instrumentet har kopplats till en provväxlare och datalogger. Det innebär att mätning kan göras i flera olika mätpunkter, genom att luft dras från en mätpunkt i taget och analyseras av instrumentet. Upp till 16 mätpunkter kan kopplas in via provväxlaren. FTIR-instrumentet har hög förmåga att särskilja vitt skilda typer av ämnen i gasform. Det kan användas för att samtidigt mäta halterna av t ex olika lösningsmedel, koldioxid, kolmonoxid, kväveoxider, ammoniak.

Projektet har genomförts vid Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning.

BAKGRUND

Under flera decennier var arbetsmiljömätningarna huvudsakligen inriktade mot att kartlägga enskilda individers exponering för kemiska ämnen. Mätningar gjordes främst på de ämnen som var lätta att mäta och vilkas effekter var väl kända, t ex damm och en del vanliga lösningsmedel.

I dag har mätningarna utvecklats och blivit mer komplexa. Man kan mäta på hundratals ämnen, och det har blivit möjligt att mäta mycket låga halter. Även mätstrategierna har utvecklats. Från att ha varit koncentrerade mot enskilda och grupper av individer och deras exponering, har mätstrategier av mer tekniskt inriktad karaktär utvecklats. En starkt bidragande faktor till denna utveckling har varit utvecklingen av mobila, direktvisande instrument. Tack vare dessa kan man lätt följa hur halterna varierar under en tidsperiod, och det ger

goda möjligheter att relatera halten till delar av t ex en processcykel.

Förutom att instrumenten ska vara mobila, har det också funnits ett stort behov att samtidigt och kontinuerligt kunna mäta i flera mätpunkter. Ett sådant mätsystem, ett dataloggersystem, har tidigare utvecklats vid IVL. Det system, som nu används och som här har kompletterats med ett FTIR-instrument (fourier-transform-infraröd-instrument) är den tredje generationen av IVLs datalogger.

FÖRDELAR MED FTIR

Med FTIR-tekniken finns det möjlighet att samtidigt och med ett enda direktvisande instrument mäta ett flertal olika ämnen som absorberar infrarött (IR-)ljus.

FTIR är ingen ny analysteknik. Den har använts i olika applikationer under flera decennier. FTIR har en längre tid varit en standardmetod på

För innehållet svarar

Klas Ancker

och

Bo Galle

Institutet för Vatten

och Luftvårdsforskning,

IVL,

Box 210 60,

100 31 Stockholm,

telefon 08-729 15 00,

telefax 08-31 85 16.

kemiska laboratorier för analys av vätskor och gaser. De instrument, som funnits tillgängliga på marknaden, har dock varit stationära och mycket känsliga för störningar från den omgivande miljön, t ex vibrationer.

I dag finns flera väl fungerande, mobila instrument på marknaden. Under de senaste åren har det skett en avsevärd utveckling av såväl hård- som mjukvara. Särskilt detektorer och elektronik har utvecklats. FTIR-instrumenten har blivit alltmer robusta och fältmässiga, vilket har öppnat helt nya möjligheter att använda FTIR för arbetsmiljömätningar, eftersom dessa företrädesvis görs på plats i industrimiljöer.

På mjukvarusidan har det också skett en mycket positiv utveckling. Programvaran har blivit mycket snabbare än tidigare, vilket är en förutsättning för att den ska kunna kopplas till en portföljdator och ett flerkanaligt dataloggersystem.

En nackdel med FTIR-instrumentet är att det är relativt dyrt. Sammantaget är dock fördelarna med FTIR-mätsystemet många. Med ett enda mätinstrument kan man mäta halterna av flera olika ämnen i flera mätpunkter. Mätsystemet har en god förmåga att skilja mellan olika ämnen.

Mätsystemet kan användas för att mäta halter av ämnen, som redan från början är kända, men också för att leta efter okända ämnen. I ett spektrum är det möjligt att undersöka om de kända ämnena är de enda eller dominerande, eller om det förekommer andra, okända ämnen. Mätsystemet kan också användas för att mäta ämnen för vilka det saknas andra mätmetoder.

MÅL

Projektets mål var att bygga upp och testa ett mätsystem, som består av ett FTIR-instrument kopplat till en provväxlare. Mätsystemet skulle testas i minst två olika miljöer, dels i en miljö med känd sammansättning av luftföroreningar, dels i en miljö med förekomst av helt eller delvis okända

luftföroreningar. Speciellt skulle utvärderas hur snabbt instrumentet kan växla mellan olika punkter och hur hanterbart det är att arbeta med.

UPPBYGGNAD AV MÄTSYSTEMET

Ett FTIR-instrument införskaffades och anpassades till ett befintligt dataloggersystem. Det sammankopplade FTIR-dataloggersystemet gör det möjligt att samtidigt mäta kontinuerligt på flera olika ämnen i flera mätpunkter. Detta nya mätsystem är unikt och är så vitt känt inte tidigare beskrivet i litteraturen.

Mätsystemet är uppbyggt av följande tre delar:

- Ett *FTIR-instrument*, BOMEM MB-100. Till instrumentet har valts en gaskyvet med fast strålgång på 10 meter med volymen 2,3 liter. FTIR-instrumentet mäter ljusintensiteten över en stor del av IR-spektra till skillnad från konventionella IR-instrument, som oftast mäter vid en enda våglängd i taget. Ett absorbansspektrum beräknas med hjälp av ett referensspektrum, oftast "ren" luft. Absorbansspektrumet utvärderas sedan mot ett bibliotek med olika spektra.
- Ett *provväxlar-system*, med vars hjälp mätningar kan göras i flera punkter, semikontinuerligt, samt lagra mätdata. Halten av luftföroreningar, som ska analyseras, mäts i provpunkt efter provpunkt. Från dessa leds slangar till var sin kanal på provväxlaren. Systemet är konstruerat så att luften kontinuerligt sugas via samtliga kanaler i provväxlaren, dvs även dem, där mätning inte görs. Det innebär att "färsk" provtagningsluft alltid finns tillgänglig invid instrumentets mätkyvet. Väntetiden blir därför kort, innan mätning kan påbörjas efter växling till en ny mätpunkt. Väntetiden bestäms i första hand av tiden det tar att byta

ut luften i mätkyvetten och att spola rent mätsystemet samt tiden för instrumentets dator att beräkna halten av ett i förväg bestämt ämne.

- *Programvaror*. För att kunna använda och styra systemet, har det varit nödvändigt att utveckla datorprogram. Dessa styr instrumentet och provväxlaren och är utformade att arbeta tillsammans med ett utvärderingsprogram, Spectra Calc. De sammankopplade datorprogrammen utvärderar halterna av ett i förväg fastställt ämne under mätningens gång. Det kan också utvärdera ett eller flera andra ämnen i efterhand.

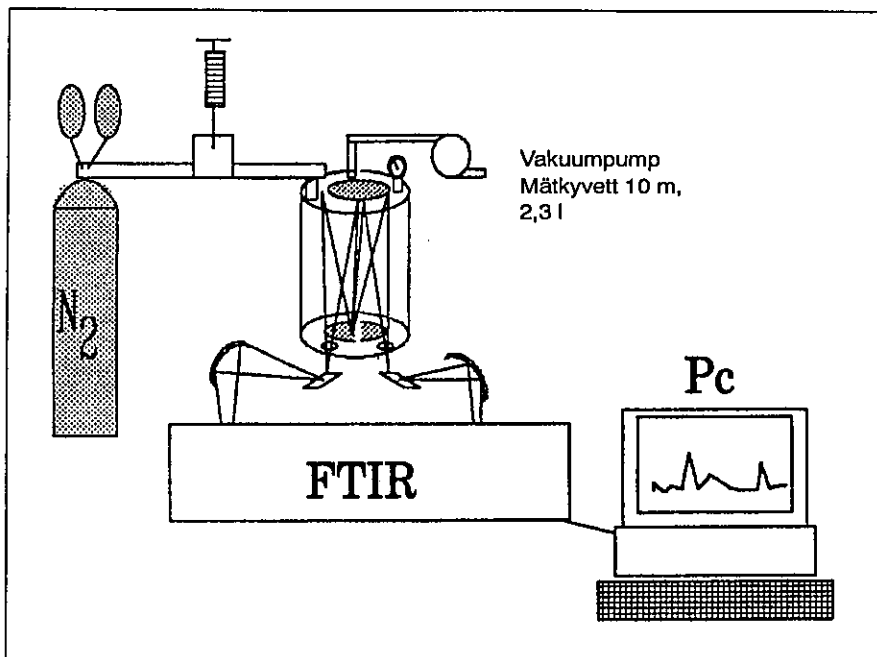
RESULTAT

Mätsystemet utvecklades för arbetsmiljömätningar, men kan också användas för mätning av emissioner till den yttre miljön. Systemet testades i miljöer där flera olika kända ämnen förekommer. Mätning gjordes på flera ämnen samtidigt i flera olika mätpunkter och också i en miljö med okända ämnen. Genom användning av ett referensbibliotek med spektra för olika ämnen, som kan köpas till FTIR-instrumentet, identifierades olika från början okända ämnen i luften. Mätsystemet användes även för mätning av ett ämne, etyl-laktat, där utvärderad mätmetod saknades.

Mättiden i varje mätpunkt var cirka två minuter. Kortare mättid kan tänkas, om en högre detektionsgräns kan accepteras. Med en 2,3 liters kyvet med 10 meters strålgång är detektionsgränsen låg, mellan 0,1 och 1 ppm, beroende på vilket ämne som analyseras.

Referensbiblioteket används för utvärdering och bestämning av uppmätta halter. Ingen ny kalibrering krävs efter flyttning av instrumentet. Instrumentet kan kalibreras på laboratoriet för nya ämnen, se figur 1.

Systemet visade sig fungera bra. Det är förhållandevis lätt att arbeta med, trots att instrumentet är avancerat.



Figur 1. Schematisk skiss av laboratorieuppställning för registrering av kalibrerspektrum för FTIR-mätning.

rat. Det är robust och flyttbart och möjligt att använda även ute på "tunga" industrier.

SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Det uppbyggda mätsystemet fungerar som det var tänkt och är relativt enkelt att använda. Trots att FTIR-instrumentet är avancerat, krävs det ingen lång upplärningstid för att kunna använda instrumentet. FTIR är dock mer komplicerat att använda än t ex IR-instrumentet Miran. Styrningen av provväxlare och instrument är

helt datoriserade med självinstruerande program. Mätsystemet är robust och flyttbart.

FTIR-instrumentet har hög förmåga att urskilja mellan vitt skilda typer av gaser eller förångade ämnen. Vid mätningen erhålls en textfil med datum, klockslag, mätpunkt och mätvärde, samt r^2 -värde för hur väl det uppmätta spektrumet stämmer överens med ett utvalt intervall i referensspektrumet. Textfilen går enkelt att använda i de flesta kalkylprogram som finns på marknaden,

om man vill rita kurvor t ex över hur de uppmätta halterna varierar under en tidsperiod eller räkna ut medelvärden. Dessutom lagras samtliga spektra vid mätning, vilket möjliggör vidare analys med det manuella eller automatiska utvärderingsprogrammet.

Mätningar liknande dem som genomfördes i projektet kunde delvis men inte helt ha genomförts med andra mätmetoder. De alternativa metoder som står till buds skulle dock ha blivit mycket besvärliga eller kostsamma att utföra.

En nackdel med FTIR-tekniken är att fönstren till instrument och mätcell består av fukt känsligt kaliumbrom (KBr). Mätsystemet måste alltså hållas torrt. Fönstrens material kan bytas ut mot zinkselen (ZnSe), vilket är mindre fukt känsligt. En annan nackdel är att den kvävekylda detektorn i nuvarande utformning kräver påfyllning av flytande kväve efter 6–8 timmar. Påfyllningssystemet kan dock automatiseras för längre kontinuerliga mätningar, där kan vara svårt eller obekvämt med passning och underhåll.

RAPPORTEN

Utveckling och test av ett FTIR-mätsystem för arbetsmiljömätningar, IVL-publikation B 1125 (24 sidor), kan beställas från IVL, Biblioteket, Box 210 60, 100 31 Stockholm, tel 08-729 15 00, fax 08-31 85 16. Pris: 100 kronor + moms.

Sammanfattning 1715 Februari 1995
Pnr 90-0933 Kemiska problemområden, allmänt (10)

Arbetsmiljöfonden

Postadress Box 1122, 111 81 Stockholm **Besöksadress** Olof Palmes Gata 31 **Tel** 08-791 03 00 **Fax** 08-791 85 90