

# De Nul-decipoalkamer

## Een kamer voor het trainen van mensen in het beoordelen van de luchtkwaliteit

*The Zero-decipol Room*

*A room for training persons to evaluate perceived air quality*



*Dr. Ir. Philomena M. Bluysen\**

### Inleiding

De belangrijkste reden van ventilatie in niet-industriële gebouwen is het leveren van lucht die voor de mens acceptabel is. Met de menselijke neus is het mogelijk om de kwaliteit van de resulterende binnenlucht te beoordelen. Een paar jaar geleden heeft Prof. P.O. Fanger uit Denemarken twee eenheden voor luchtverontreiniging geïntroduceerd: de bronsterkte in olf en de waargenomen luchtverontreiniging oftewel de waargenomen luchtkwaliteit in decipol [1].

De traditionele manier om te bestuderen hoe de luchtkwaliteit in bestaande gebouwen is, is mensen op hun eigen werkplek vragen wat zij vinden van de kwaliteit van de lucht. Zulke enquêtes kunnen worden beïnvloed door bijvoorbeeld psycho-sociale factoren, waardoor het vergelijken van gebouwen onderling moeilijk is. Een andere manier is het inschakelen van onafhankelijke ongetrainde panelen, die de gebouwen bezoeken en de luchtkwaliteit beoordelen. Een klein panel bestaande uit getrainde personen is een mogelijk alternatief [2]. Het trainen van zo'n panel behoort plaats te vinden in een ruimte die een zo laag mogelijk achtergrondniveau met betrekking tot luchtverontreiniging heeft. Tevens dient deze kamer een temperatuurregeling te bevatten.

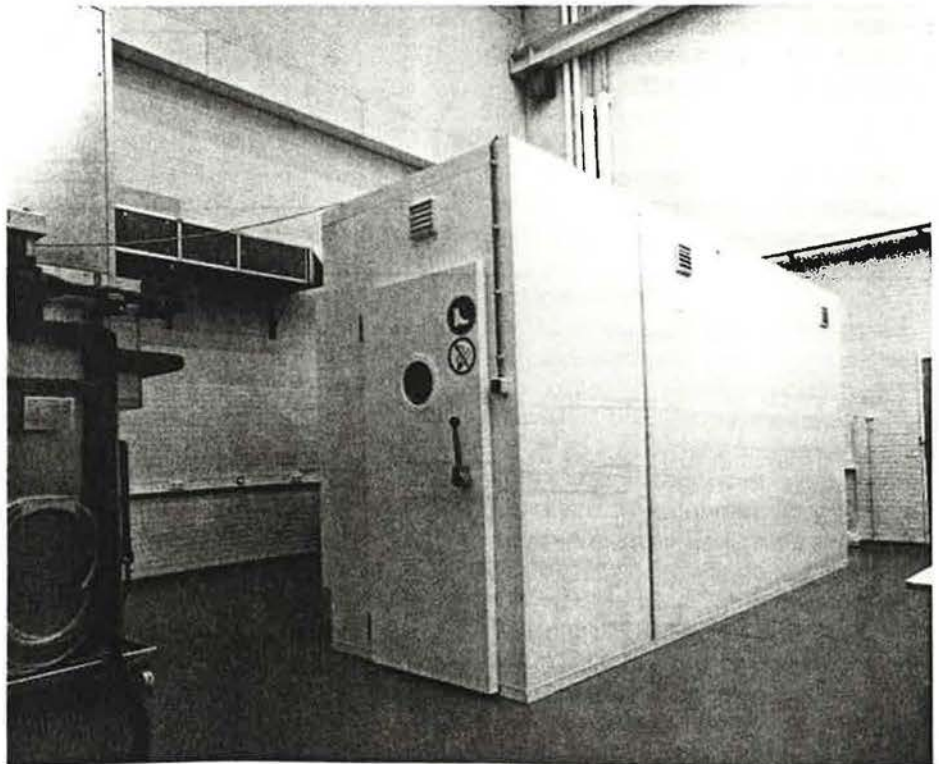
In deze publicatie wordt een beschrijving gegeven van de opbouw van de Nul-decipoalkamer die in 1992 bij TNO-Bouw werd gebouwd (Figuur 1), speciaal bedoeld voor het trainen van mensen in de beoordeling van de luchtkwaliteit in decipol [3].

### Samenvatting

Een methode om mensen te trainen de waargenomen luchtkwaliteit in decipol te kunnen beoordelen is een paar jaar geleden ontwikkeld. Het trainen van zo'n panel behoort plaats te vinden in een ruimte die een zo laag mogelijk achtergrondniveau met betrekking tot luchtverontreiniging heeft. Bij TNO-Bouw werd daarom de Nul-decipoalkamer gebouwd. Verschillende gepresenteerde studies, tonen de bruikbaarheid van deze kamer aan.

### Summary

Some years ago, a method to train persons to evaluate perceived air quality in decipol was developed. The training of such a panel should take place in a space where the background perceived air pollution level is zero decipol. Therefore, at TNO-Building and Construction Research, the so-called 'Zero-decipol Room' was constructed. Several investigations presented, show the capacities and the use of this room.



**Figuur 1. Nul-decipoalkamer**

\* TNO-Bouw, Afdeling Binnenmilieu, Bouwfysica en Installaties, Delft

## Opbouw

De Nul-decipolkamer is gesitueerd in hal A van het TNO-gebouw aan de Leeghwaterstraat 5, te Delft. In Figuur 2 zijn de opbouw van de kamer en de installatie globaal weergegeven. De gehele opstelling bestaat uit een aanzuigsectie op het dak, een luchtbehandelingskast (waarvan de koelinstallatie in de kelder staat), een extra filtersectie, een meetsectie en de Nul-decipolkamer. De Nul-decipolkamer bestaat uit een cel, met een ingebrachte vloer, en een voorruimte.

## Afmetingen

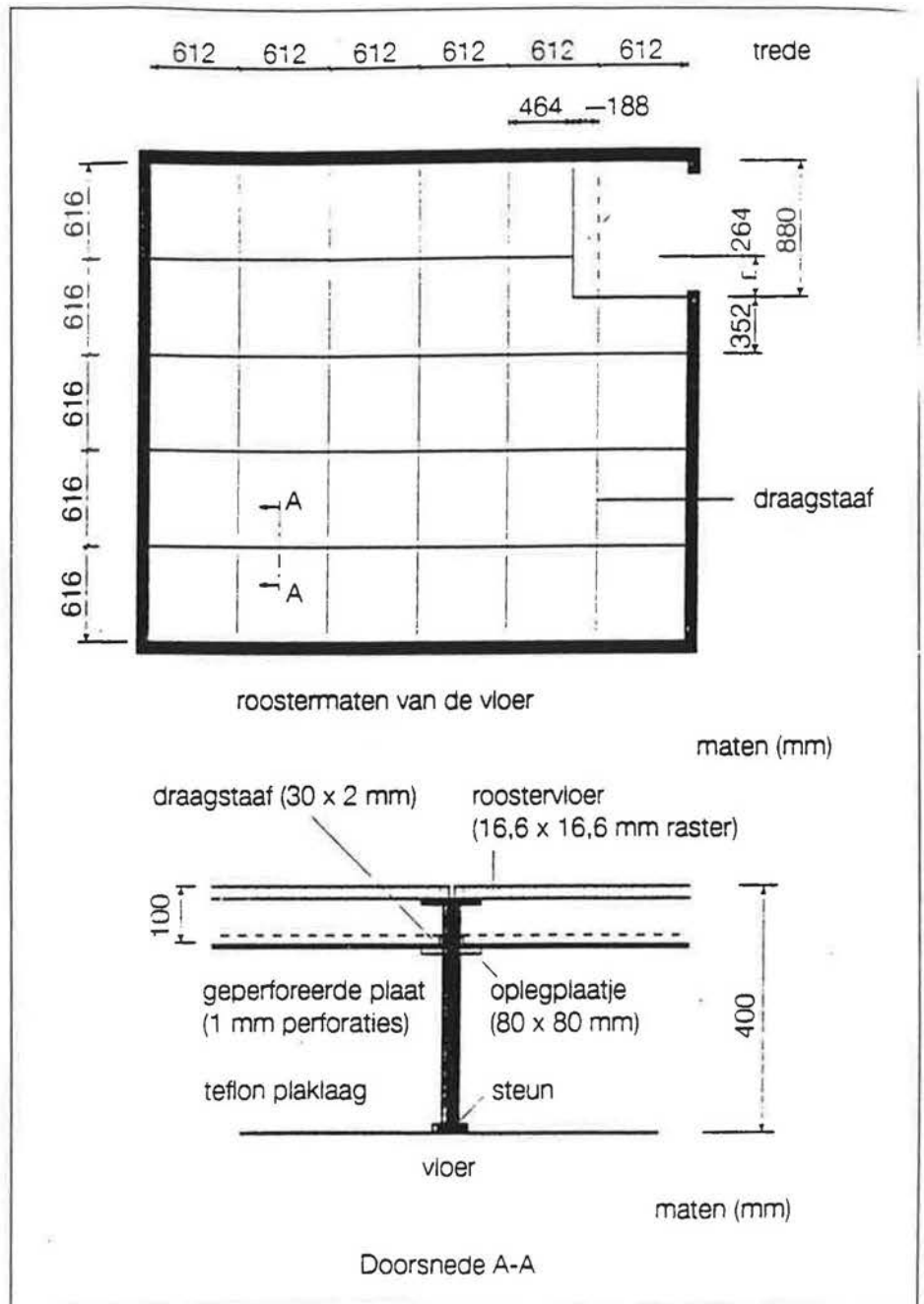
De afmetingen van de kamer zijn zo gekozen dat er ruimte is voor tenminste vier personen plus de apparatuur vereist om de training cq. het onderzoek te kunnen uitvoeren. De inwendige afmetingen van de cel bedragen 3100 x 3700 x 2650 mm en van de voorruimte 1300 x 1100 x 2650 mm. De ingebrachte vloer heeft een totale hoogte van 400 mm, zodat de beschikbare vrije hoogte in de cel 2250 mm bedraagt.

## Materiaal

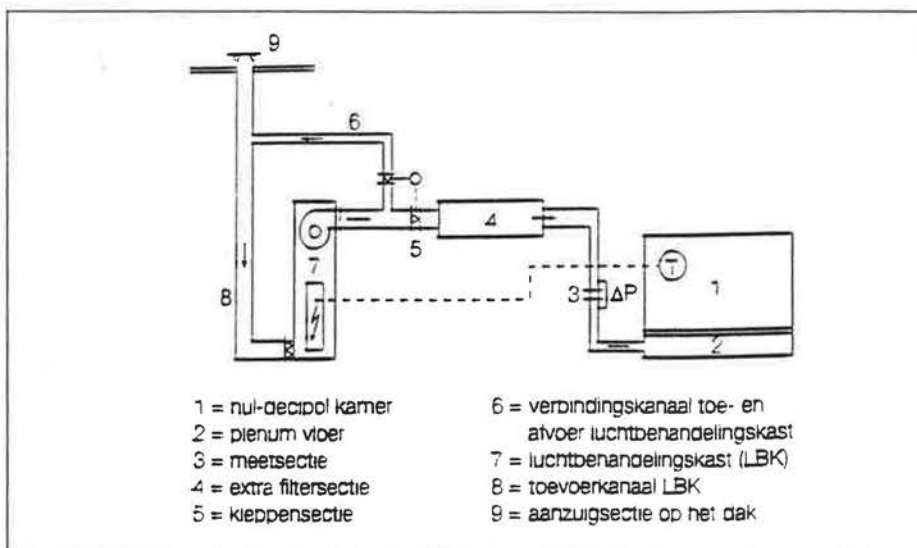
De cel en de voorruimte zijn uit standaard elementen opgebouwd. De binnenkant van de cel is in zijn geheel afgeplakt met teflon (inclusief vloer van de hal waarop de cel is neergezet). Teflon is een materiaal dat niet of nauwelijks verontreinigingen ad(ab)sorbeert cq. desorbeert. De vloer van de cel bestaat uit een plenum, geperforeerde platen en een roostervloer van geanodiseerd aluminium (Figuur 3).

## Verlichting

De verlichting van de kamer is boven het plafond van de cel geplaatst (Figuur 4). Hiertoe zijn twee doorvoeringen



Figuur 3. Opbouw van de vloer



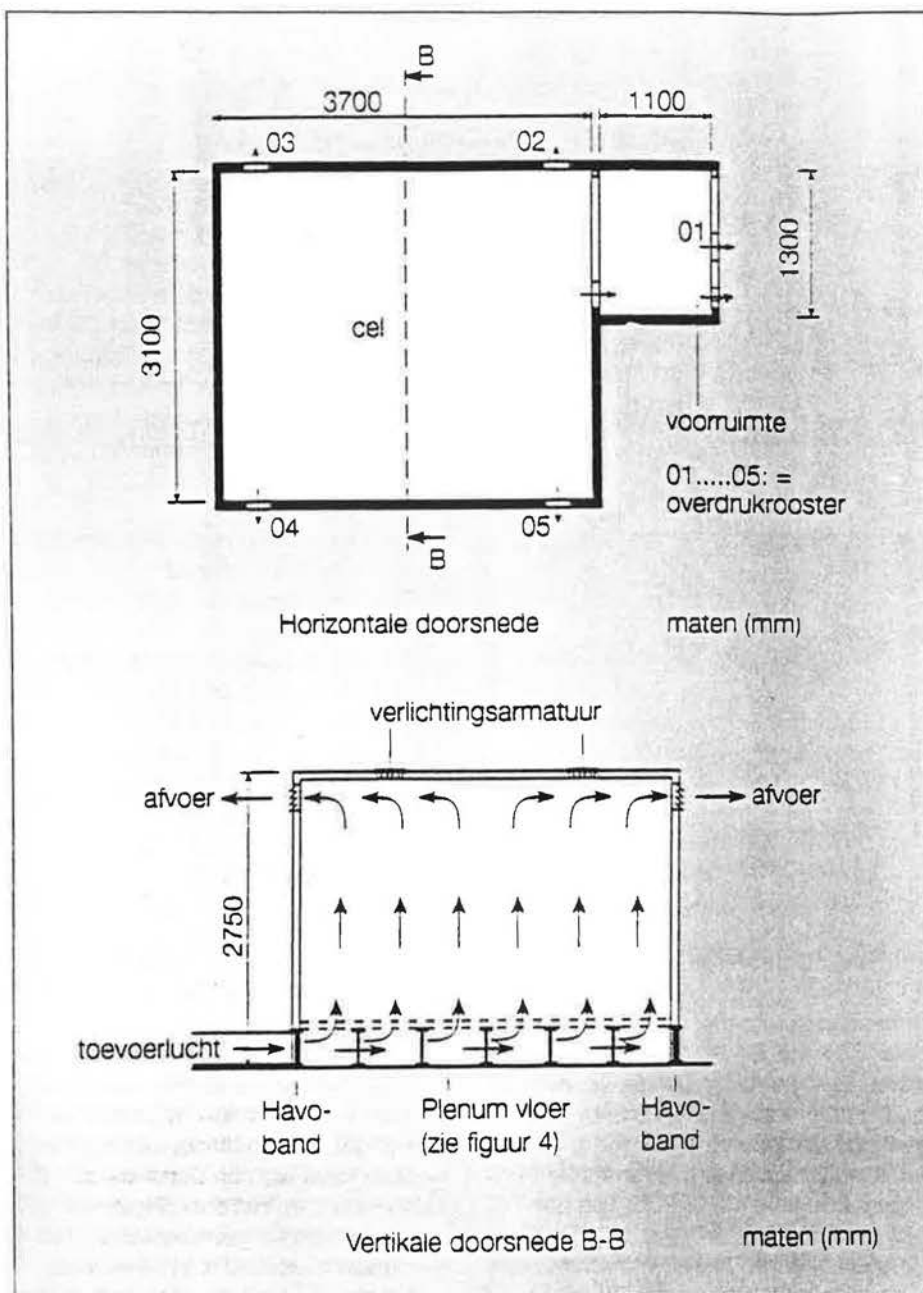
Figuur 2. Globale opbouw van de nul-decipolkamer en de bijbehorende installatie

gemaakt, die afgedicht zijn met glas. Vervolgens zijn de aansluitingen van het glas met de cel afgeplakt met teflon. Op deze manier wordt de bijdrage van de verlichting aan de warmtebelasting van de kamer geminimaliseerd.

## Luchtfilters

Ten behoeve van het filteren van de buitenlucht is gekozen voor een grof filter, klasse EU4, bij de aanzuigopening op het dak van de hal (no. 9, Figuur 2), plus een extra filtersectie net voordat de lucht naar de kamer wordt gevoerd (no. 4, Figuur 2). De filtersectie is onder andere voorzien van een koolstoffilter, zodat vluchtige organische componenten uit de lucht kunnen worden gehaald.





Figuur 4. Opbouw en ventilatie van de nul-decipolkamer

#### Meetsectie

De hoeveelheid toegevoerde lucht wordt gemeten in de meetsectie. De meetsectie bestaat uit een meetflens, een buis met een stromingsegalisator, en een aansluitflens, en is tussen de filtersectie en het plenum van de vloer geconstrueerd. De constructie is uitgevoerd volgens ISO 5167 (1980) en DIN 1952 (1982).

#### Ventilatie

Er is gekozen voor het verdringingsventilatieprincipe zonder recirculatie (Figuur 4). Deze manier van ventileren heeft tot gevolg dat bij het produceren van verontreinigingen in de kamer deze met de richting van de toegevoerde lucht naar buiten worden afgevoerd. De afvoer van

de lucht vindt plaats met vier overdrukroosters net onder het plafond van de cel. Deze overdrukroosters zijn regelbaar en voorzien van horizontale lamellen, die dichtvallen indien geen lucht wordt toegevoerd.

Om te zorgen dat bij het betreden van de cel geen verontreinigde lucht van buiten de cel naar binnen kan komen werd gekozen voor een portaal (voorraimte) net voor de toegangsdeur van de cel. Deze voorruimte wordt geventileerd via het plenum onder de vloer van de cel.

Ten behoeve van het regelen van de ventilatiehoeveelheid werd een kleppensectie net voor de extra filtersectie aangebracht, plus een extra verbinding tussen het uit- en ingangskanaal van de

luchtbehandelingskast met een kleppensectie. Deze onderling in verbinding staande kleppensecties kunnen worden gebruikt om de luchthoeveelheid fijner te regelen (handbediening). Daarnaast werd gekozen voor een ventilator met een 2-toerenregeling. Hiermee kan de luchthoeveelheid tweeledig worden geregeld. De hoeveelheid toegevoerde lucht bij respectievelijke de hoge (790 m<sup>3</sup>/h) en de lage (360 m<sup>3</sup>/h) ventilatorstand resulteert in een ventilatievoud van 26 en 12 per uur (bij een celvolume van circa 30 m<sup>3</sup>).

#### Stromingspatroon

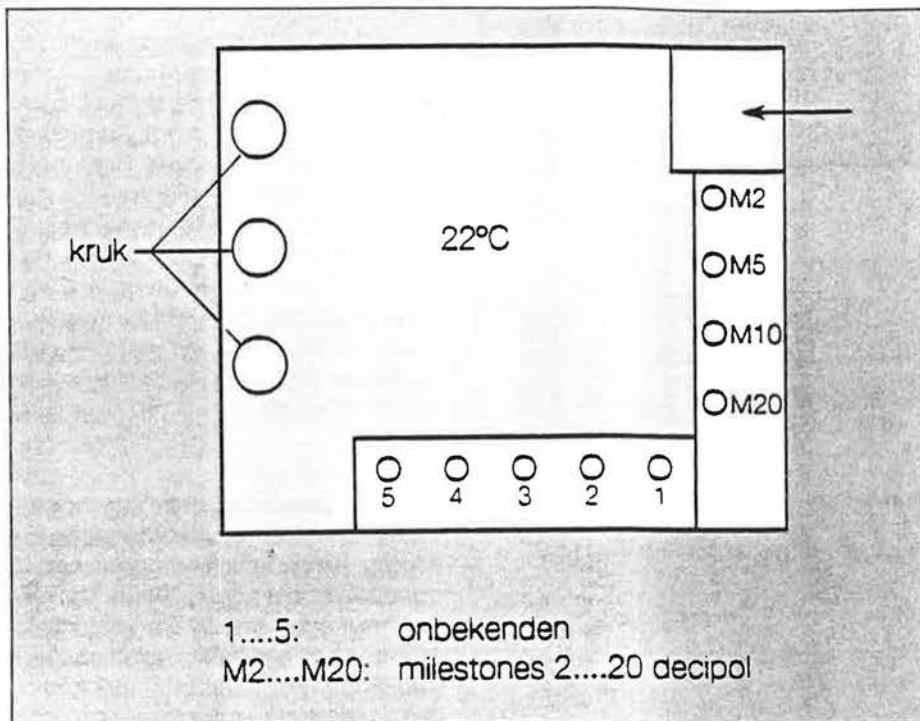
Ter verificatie van het stromingspatroon werd in de kamer op verschillende hoogten en op verschillende lokaties, bij de ventilatorstand hoog (790 m<sup>3</sup>/h), de luchtsnelheid gemeten. De gemiddelde gemeten luchtsnelheden variëerden van circa 6 tot 10 cm/s, hetgeen duidt op een goed verdeeld stromingspatroon.

#### Concentratieverdeling

Verder werd nagegaan hoe de concentratieverdeling is, indien er een bekende verontreinigingsbron in de kamer wordt geplaatst. Hiertoe werd 2-propanon met behulp van een decipolmeter (Figuur 5), staande op een tafel in de kamer, gebracht. De concentratie net boven de decipolmeter, op neushoogte voor de decipolmeter en op neushoogte op de plaats waar de panelleden normaal zitten, werden geregistreerd. Geconcludeerd werd dat alleen net boven de decipolmeter een positieve concentratie kon worden gemeten. Op alle andere lokaties werd de 2-propanon concentratie nul bevonden, hetgeen betekent dat de door de decipolmeter geproduceerde 2-propanon meteen uit de reukzone wordt afgevoerd.

#### Luchtkwaliteit

Om na te gaan in hoeverre het koolstoffilter de buitenlucht 'schoon' maakt, werden gedurende enkele maanden luchtmonster voor en na het koolstoffilter genomen (nadat deze was vervangen). Tijdens deze meetperiode stond de ventilatorstand op hoog, met uitzondering van enkele dagen waarop de analyses werden uitgevoerd. Uit de resultaten volgde dat vooral de afvang van toluene sterk afneemt in de tijd. Na 600.000 m<sup>3</sup> wordt de percentuele afvang zelfs negatief (het koolstoffilter desorbeert toluene). Ter verificatie van deze conclusie werd besloten om de metingen te herhalen. Het koolstoffilter werd opnieuw vervangen en gedurende twee maanden werden elke twee weken luchtmonsters



**Figuur 5. Set-up van de nul-decipolkamer t.b.v. training**

voor en na het koolstoffilter genomen. In deze tweede meetperiode begon het afvangen van toluen na circa 300.000 m<sup>3</sup> gepasseerde lucht een reductie te vertonen. Bij circa 500.000 m<sup>3</sup> bedroeg het afvangpercentage toluen zo'n 70%. Aangenomen werd dat indien deze reductie zich op dezelfde wijze voorzet, bij circa 800.000 m<sup>3</sup> het nulpunt zal worden bereikt. Wordt verder aangenomen dat het gemiddelde nulpunt van beide meetperiodes circa 700.000 m<sup>3</sup> bedraagt en een maximaal aanvaardbare concentratie van 60 µg/m<sup>3</sup> toluen in de toevoerlucht (geurgrens) bij een maximaal gemeten toluenconcentratie van 104 µg/m<sup>3</sup> in de buitenlucht, dan volgt dat een minimale afvangpercentage van 42% bij een hoeveelheid gepasseerde lucht van 400.000 m<sup>3</sup> zal optreden. Bij een constante hoge ventilatorstand betekent dit vervangen na circa 20 dagen en bij een constante lage ventilatorstand vervangen na circa 50 dagen.

### Temperatuurregeling

De temperatuur wordt op basis van de celtemperatuur geregeld. In de cel hangt daarom een verplaatsbare temperatuuropmeter, die verbonden is met de regelkast van de luchtbehandelingskast. Het temperatuurbereik met de huidige installatie bedraagt 15 tot 40°C, afhankelijk van de ingestelde hoeveelheid toevoerlucht naar de cel. Volgens de specificaties is de nauwkeurigheid van de regeling circa 0,5 K, uitgaande van 5

personen en een warmte-instraling van ca. 200 W incl. straling van de TL-verlichting, bij een minimale luchthoeveelheid van 850 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil tussen toe- en afvoer van 3K.

Ter verificatie van het temperatuurverschil in de cel en de nauwkeurigheid van de temperatuurregeling werden verschillende metingen verricht. Uit de metingen volgde dat:

- de temperatuurvariatie rond het gemiddelde circa 0,2°C is (op een vast meetpunt),
- het stabiliseren na het veranderen van de insteltemperatuur van 20 naar 30°C circa 1 uur in beslag neemt en van 30 naar 20°C circa 2 uur,
- de temperatuurverdeling in de cel goed is. Verschillen tussen temperaturen blijven beneden de gewenste grens (3°C),
- bij de aanwezigheid van vijf zittende personen in de kamer geen verschil in luchttemperatuur werd geregistreerd (in vergelijking met het geval dat geen personen aanwezig zijn). Het trainen van 3 tot 4 personen zal naar verwachting geen invloed op de temperatuurregeling en -verdeling hebben.

### Set-up training

De set-up van de nul-decipolkamer gedurende een trainingssessie bestaat uit twee tafels met een hoogte van 0,65 m, vier 'milestones' op één van die tafels, vier krukken voor de panelleden en verschillende decipolmeters met

onbekende bronnen van verontreiniging (hetzij 2-propanon of iets anders) (Figuur 5). Alle glazen potten van de decipolmeters zijn afgedekt met aluminium folie zodat men de inhoud ervan niet kan zien, slechts ruiken. De temperatuur van de lucht in de nul-decipolkamer wordt op circa 22°C gehouden. De vier 'milestones' (2, 5, 10 en 20 decipol), bestaande uit vier decipolmeters met elk verschillende 30-ml flesjes gevuld met 20 ml 2-propanon, zijn standaard in de kamer aanwezig. Voor meer informatie over de training van personen: zie [2] (Figuur 6).

### Toepassingen

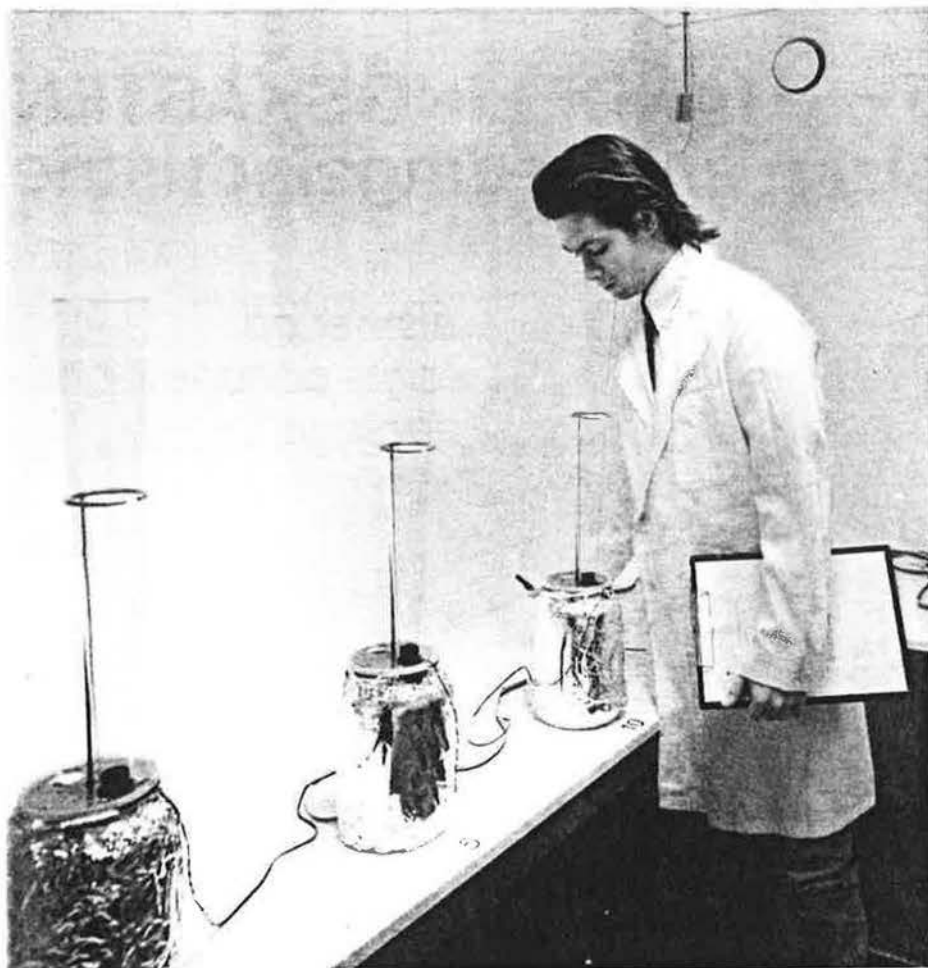
*Vergelijking van de verdunningsmethode en de decipolmethode*  
Bij IMETTNO wordt de 'verdunningsmethode' gebruikt voor de beoordeling (geur) van de kwaliteit van de buitenlucht. Interessant is de vraag of de verdunningsmethode ook geschikt is voor het beoordelen van de kwaliteit van de binnenlucht. Een vergelijking met de decipolmethode was gewenst. In 1991 en 1992 werden panels getraind en toegepast in een onderzoek waarin de decipolmethode werd vergeleken met de verdunningsmethode [4,5].

### EC-IAQ-Audit project

In 1991 werd actief meegedaan aan een EG-symposium over 'Indoor Air Quality Management' in Lausanne, waarin aan de orde kwam in hoeverre onderzoek op het gebied van binnenluchtkwaliteit gedaan moet worden opdat de binnenluchtkwaliteit en het energiegebruik in met name kantoorgebouwen kan worden geoptimaliseerd [6,7]. Met deze gegevens werd in het eerste halfjaar van 1992 een voorstel ingediend bij de Europese Gemeenschap DG XII in het kader van het Joule II programma. Dit voorstel werd samen met 11 andere instituten en bedrijven uit 8 Europese landen ingediend en goedgekeurd. In dit project, dat 1 december 1992 van start is gegaan, zullen getrainde panels worden toegepast om de luchtkwaliteit in bestaande kantoorgebouwen te onderzoeken [8].

### Decipolverdeling en computersimulaties

De binnenluchtkwaliteit in niet-industriële gebouwen wordt sterk beïnvloed door de aanwezige verontreinigende bronnen en de ventilatie. Verontreinigende bronnen in een gebouw kunnen zijn: mensen, activiteiten (schoonmaken, roken, ...), bouwmaterialen, ventilatiesysteem, buitenlucht, en interieur (apparatuur, meubilair). Ventilatievoorschriften zijn tot



Figuur 6. Trainingssessie in de Nul-decipolkamer

op heden veelal gebaseerd op het aantal personen dat aanwezig is. De andere aanwezige verontreinigende bronnen worden hierbij verwaarloosd. Uit onderzoek op basis van de menselijke perceptie blijkt dat al deze bronnen moeten worden beschouwd om tot een bepaalde ventilatiehoeveelheid te komen [9]. Er is echter niet voldoende informatie beschikbaar over de verspreiding van deze verontreinigingen binnen het gebouw en in een specifiek vertrek. Binnen TNO-Bouw, afd. BBT, is een Computational Fluid Dynamics model (WISH3D) ontwikkeld, waarmee luchtstromingen, temperatuurverdelingen en concentratieverdelingen kunnen worden voorspeld binnen een ruimte [10]. WISH3D werd geschikt gemaakt voor de voorspelling van de verdeling van de luchtkwaliteit in decipol zoals die door 'getrainde' bezoekers wordt ervaren. Vervolgens werd een standaard kantoorvertrek geselecteerd en ingericht met standaard meubilair. De luchtstroming van het gekozen kantoorvertrek werd met behulp van WISH3D gesimuleerd. Een panel van 10 personen werd geselecteerd en getraind om luchtkwaliteit in decipol te kunnen beoordelen. Verschillende extra

verontreinigende bronnen worden in de kantoorruimte geplaatst en de luchtkwaliteit werd door het getrainde panel op verschillende lokaties in die ruimte beoordeeld. De resultaten werden vergeleken met de decipol-verdeling gesimuleerd door WISH3D voor elk van de toegevoegde verontreinigende bronnen [11].

#### Olf-catalogus

Verontreinigende bronnen kunnen worden beoordeeld op gezondheids- en/of comforteffecten. De bronsterkte kan worden beïnvloed door materiaal- en omgevingsparameters, zoals temperatuur, vochtigheid, luchtsnelheid, adsorptie- en desorptiekenmerken en leeftijd van de bron. Hoe deze parameters de bronsterkte beïnvloeden is niet of nauwelijks bekend. Er is behoefte aan een soort database waarin voor elke verontreinigende bron de comfort- en gezondheidseffecten bij variërende parameters is gepresenteerd. Onderzoek naar de structuur van zo'n database, het bepalen van de meest belangrijke parameters, en het selecteren van de meest belangrijke verontreinigende bronnen is vereist. Een getraind panel zal worden toegepast om het verontrei-

nigende effect van verschillende bronnen bij verschillende omgevings- en materiaalparameters te bepalen. Uiteindelijk is de bedoeling dat deze studies zullen resulteren in een olf-catalogus, waarin voor elk bouw materiaal een olf-waarde is gegeven.

#### Referenties

1. Fanger, P.O. *Olf and decipol - the units for perceived air quality*. *Klimaatbeheersing* 17, 1988, nr. 2, p. 38-41.
2. Bluysen, P.M. *Het evalueren van de luchtkwaliteit met behulp van getrainde personen*, *Klimaatbeheersing*, 20, nr. 5, mei 1991, p. 153-158.
3. Bluysen, P.M. *De Nul-decipolkamer*, TNO-rapport 93-BBI-RO468, 24 mei 1993.
4. Bluysen, P.M. J. Walpot, *Geurdrempelmethode en decipolmethode, twee sensorische methoden ter bepaling van de waargenomen luchtkwaliteit: een vergelijkingsonderzoek*, TNO-rapport B-92-0408, 22 april 1992.
5. Bluysen, P.M. J. Walpot, *Sensory evaluation of perceived air quality: a comparison of the threshold and the decipol method*, *Proceedings of Indoor Air'93*, vol. 1, Helsinki, Finland, July 1993, p. 65-70.
6. Roulet, C.A. *Proceedings Workshop on Indoor Air Quality Management*, Lausanne, CEC, Directorate General XII, Swiss Federal Office of Energy, May 1991.
7. Bluysen, P.M. *Indoor Air Quality Management: A State of the Art Review and Identification of Research Needs*, *Indoor Environment* 1992, 1, p. 326-334.
8. Bluysen, P.M. *European IAQ-Audit project: a European project to optimize indoor air quality and energy consumption in office buildings*, CIB W77, Helsinki, June 1993.
9. Fanger, P.O., Lauridsen, J. Bluysen, P. Clausen, G. *Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit*, *Energy and Buildings*, 12, 1988, pp. 7-19.
10. Lemaire, A.D., *A numerical study of the air movement and temperatures in large atria and sunspaces*, *Roomvent'90*, session A1, Aalborg, Denmark, June 1990.
11. Bluysen, P.M., T. Lemaire, *The distribution of the perceived air quality in an office space. Computer simulations and sensory evaluations*, *Proceedings of Roomvent'92*, Aalborg, September 1992.