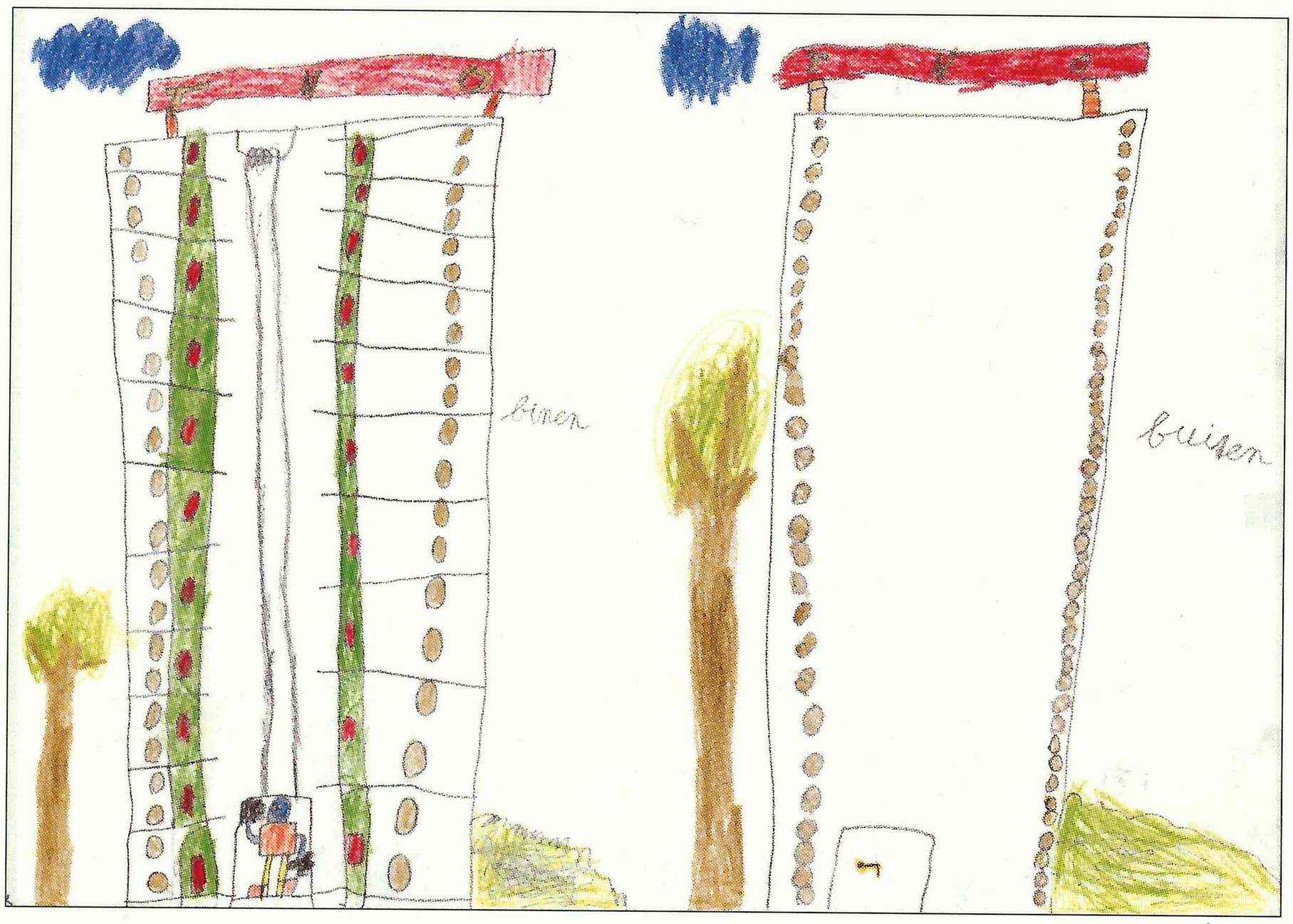
WAT NIET DEERT...?
WAT WEET!

Gebouwinstallaties, gevolg of onderdeel van architectonische vormgeving?

Prof.ir. P.G. Luscuere



Afbeelding op de omslag:

Tekening van een nieuw te bouwen kantoor van mijn zoon Wart. Naast aandacht voor installaties spreekt uit deze tekening een kinderlijke onbevangenheid, doordat zowel aan de binnenzijde als aan de buitenzijde van het gebouw in gelijke mate aandacht is geschonken. Dit in tegenstelling tot veel bouwkundigen die zich te weinig met het te realiseren binnenmilieu inlaten.

WAT NIET WEET, WAT NIET DEERT...?

EEN UITGAVE VAN het Publikatieburo Bouwkunde, Faculteit der Bouwkunde,
Technische Universiteit Delft, Berlageweg 1, 2628 CR Delft.
Telefoon (015) 784737

CIP-GEGEVENS Koninklijke Bibliotheek, Den Haag
ISBN 90-5269-114-2

COPYRIGHT ©1992 Faculteit der Bouwkunde

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

VORMGEVING Publikatieburo Bouwkunde
DRUK NKB Offset bv, Bleiswijk

WAT NIET WEET, WAT NIET DEERT...?

Gebouwinstallaties, gevolg of onderdeel van architectonische vormgeving?

Intreerede uitgesproken op 21 augustus 1992
door

Prof.Ir. P.G. Luscuere
hoogleraar Installaties aan de
Faculteit der Bouwkunde van de Technische Universiteit Delft

Publikatieburo Bouwkunde

Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap. Zeer gewaardeerde toehoorders, beste vrienden.

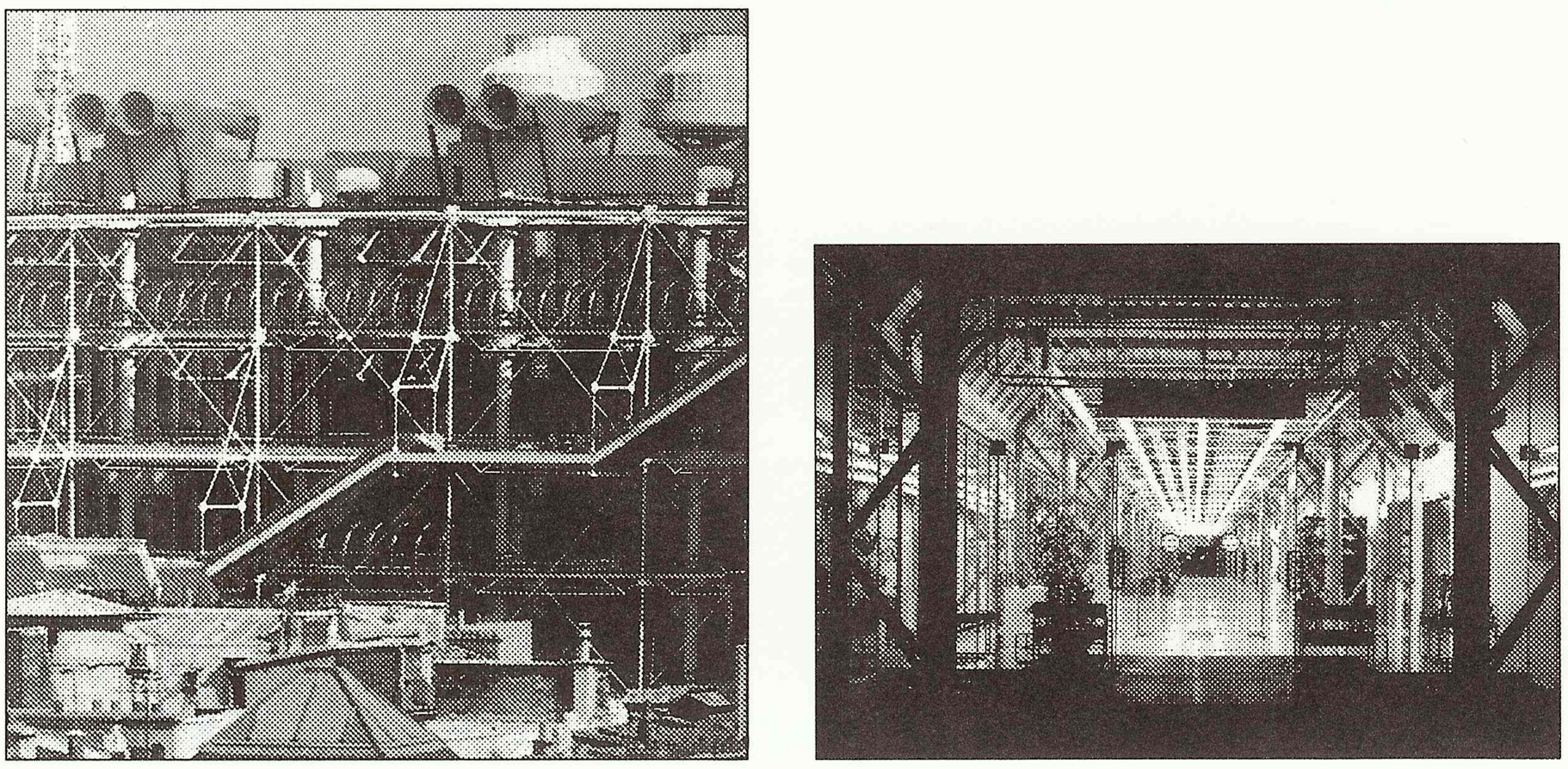
Dames en heren,

Toen ik, nu reeds een jaar geleden, mijn leerstoel aanvaardde en ik met een aantal collega's kennismaakte, voegde een nu reeds gepensioneerde collega mij toe: 'mooi dat deze benoeming, nu 23 jaar na dato, eindelijk plaatsvindt'.

Het mag duidelijk zijn dat niet alle 23 jaar even hard getracht is deze leerstoel te vervullen, noch dat er deze afgelopen 23 jaar geen aandacht besteed is aan installatietechniek binnen onderwijs en onderzoek aan de faculteit der Bouwkunde, toch geeft het aan welke prioriteit er tot nu toe gegeven is aan het vakgebied dat ik u hier vandaag presenteer.

Wat zijn gebouwinstallaties?

Voor ons gevoel bestaan gebouwen vooral uit beton, steen, hout en glas. Vandaag vraag ik uw aandacht voor een ander, minder zichtbaar en daardoor ook minder bekend aspect van gebouwen, te weten de installaties. Ik zal u hier niet vermoeien met academische verhandelingen rond de vraag of en wanneer iets tot het domein van gebouwinstallaties dan wel de bouwfysica behoort. Dat zijn zinloze discussies die slechts één gevolg hebben: het in de weg staan van hoogst noodzakelijke integratie! Of het nu de lift voor het verticale transport betreft, de klimaatinstallaties ten behoeve van verwarming, ventilatie of luchtbehandeling, de informatiesystemen ten behoeve van (data)communicatie en gebouwbeheersing, dan wel gas-, elektra- en watersystemen als ondersteunende voorzieningen voor de andere installaties òf verlichtingssystemen en akoestische maatregelen ten behoeve van een goede licht- en geluidssituatie; installaties zijn geen doel op zich, maar dienen in samenspel met en als integraal deel van het gebouw zo optimaal mogelijk de primaire functie welke zich erin afspeelt te ondersteunen: wonen, werken, recreëren, kortom léven.



Figuur 1. Voorbeelden waarbij installaties een interessant deel uitmaken van architectuur.
Le Centre Pompidou te Parijs (l) en de INMOS-fabriek te Newport (r).

Wat is het belang van gebouwinstallaties?

Financieel

De bouwproduktie in Nederland omvat -anno 1992- zo'n 25 miljard gulden waarvan grofweg de helft voor rekening komt van de utilitaire bouw en de andere helft voor rekening van de woningbouw. Het installatiegerelateerde deel hierin bedraagt voor woningen tegenwoordig zo'n 10-20% en voor utiliteitsbouw 25-30% met industriële uitschieters tot boven de 50%.

Het financiële belang van gebouwinstallaties is echter groter. Naast investeringskosten zijn er exploitatiekosten verbonden aan installaties, zoals energie- en onderhoudskosten alsmede vervangingsinvesteringen vanwege de kortere levensduur van installaties ten opzichte van gebouwen. Rekenstudies aan een modelgebouw met kentallen laten hierbij zien dat de som van alle installatiegerelateerde kosten ten opzichte van de totale kosten, rekenend over de levensduur van een gebouw, in voorkomende gevallen, de 50% kan bereiken of zelfs overschrijden.

Functioneel

Een gebouw heeft kwalitatieve aspecten, veelal onderscheiden in een esthetisch en een functioneel deel.

Hoe installaties een interessant deel uit kunnen maken van architectonische vormgeving is door architecten als Rogers en Piano aangetoond. Dit deel van installatietechniek, hoe interessant ook, is echter niet het onderwerp waarover ik het vandaag wil hebben.

Dat onderwerp betreft namelijk het tweede kwaliteitsaspect, te weten: de functionaliteit. Non-prestatie op dit aspect, hetzij door niet doordachte vervoerssystemen of inadequate bouwfysische dan wel installatietechnische oplossingen kunnen een aanzienlijk grotere schade tot gevolg hebben dan de huisvestings-

kosten in totaliteit. Bedenk hierbij dat de gemiddelde kosten van een kantoor-werkplek -anno 1992- in de orde van 20-25 KDFL per jaar bedragen, hetgeen in relatie gezien moet worden tot een gemiddelde werknemerskostenpost van 80 KDFL. Met betrekking tot bijvoorbeeld de klimaatinstallaties moet bedacht worden dat deze 'slechts' zo'n 10% van de genoemde werkplekkosten uitmaken, maar dat zij in hoge mate bepalen of de 80 KDFL zijn of haar werk naar behoren kan vervullen.

Installaties zijn dus van belang, zowel functioneel als financieel. Voeg daaraan toe, dat ze in sterke wisselwerking staan tot vele gebouweigenschappen en wij komen tot de essentie van de subtitel:

Gebouwinstallaties, gevolg of onderdeel van architectonische vormgeving?

Bespreking van alle voorkomende installaties is in het beperkte kader van een lezing als deze onmogelijk. Zonder een aantal installaties in concreto te beschouwen wordt het echter een tamelijk abstracte verhandeling. Tevens hebben sommige installaties aanmerkelijk grotere consequenties voor het gebouw (of is het juist andersom?) dan andere. Om beide redenen zal ik met name de zogenaamde klimaatinstallaties als voorbeeld nemen om de wisselwerking tussen gebouw- en installatieontwerp te bespreken. De klimaatinstallaties zijn in dit verband exemplarisch en uitermate geschikt ter illustratie, maar niet uniek. Andere voorbeelden, zoals liften, leidingsystematiek en verlichting zijn naar wat het probleemveld betreft sterk vergelijkbaar.

Klimaatinstallaties: doel is beheersing van het binnenmilieu

Wat is het binnenmilieu?

Een mogelijke indeling van het binnenmilieu die gerelateerd is aan zintuigen van de mens is: licht, geluid, thermisch klimaat en luchtkwaliteit. Bouwfysica en installatietechniek zijn traditioneel sterk gericht op deze aspecten en op de objectief meetbare grootheden, zoals licht, geluid, temperatuur, vochtigheid, luchtsnelheid en luchtsamenstelling die deze bepalen. Hierbij is de perceptie door de mens van doorslaggevende betekenis voor de waarde van de individuele bijdrage aan het binnenmilieu. Op deze manier kunnen de volgende vier binnenmilieu-aspectgebieden onderscheiden worden:

Lichtsituatie
Geluidssituatie
Thermisch Comfort
Luchtkwaliteit

Beheersing van deze aspectgebieden is een noodzakelijke, maar onvoldoende voorwaarde voor het individuele welbevinden van mensen. Bij het onderzoeken van probleemsituaties in gebouwen, veelal aangemerkt met de ongelukkige term 'Sick Building Syndrome' blijken onder andere psychologische en werkgerelateerde factoren te moeten worden meegenomen om steekhoudende verklaringsmodellen op te kunnen stellen.

Op de inhoudelijke kant van deze additionele aspectgebieden zal ik niet ingaan, wel op de noodzaak in de toekomst geïntegreerde onderzoeksactiviteiten te ondernemen.

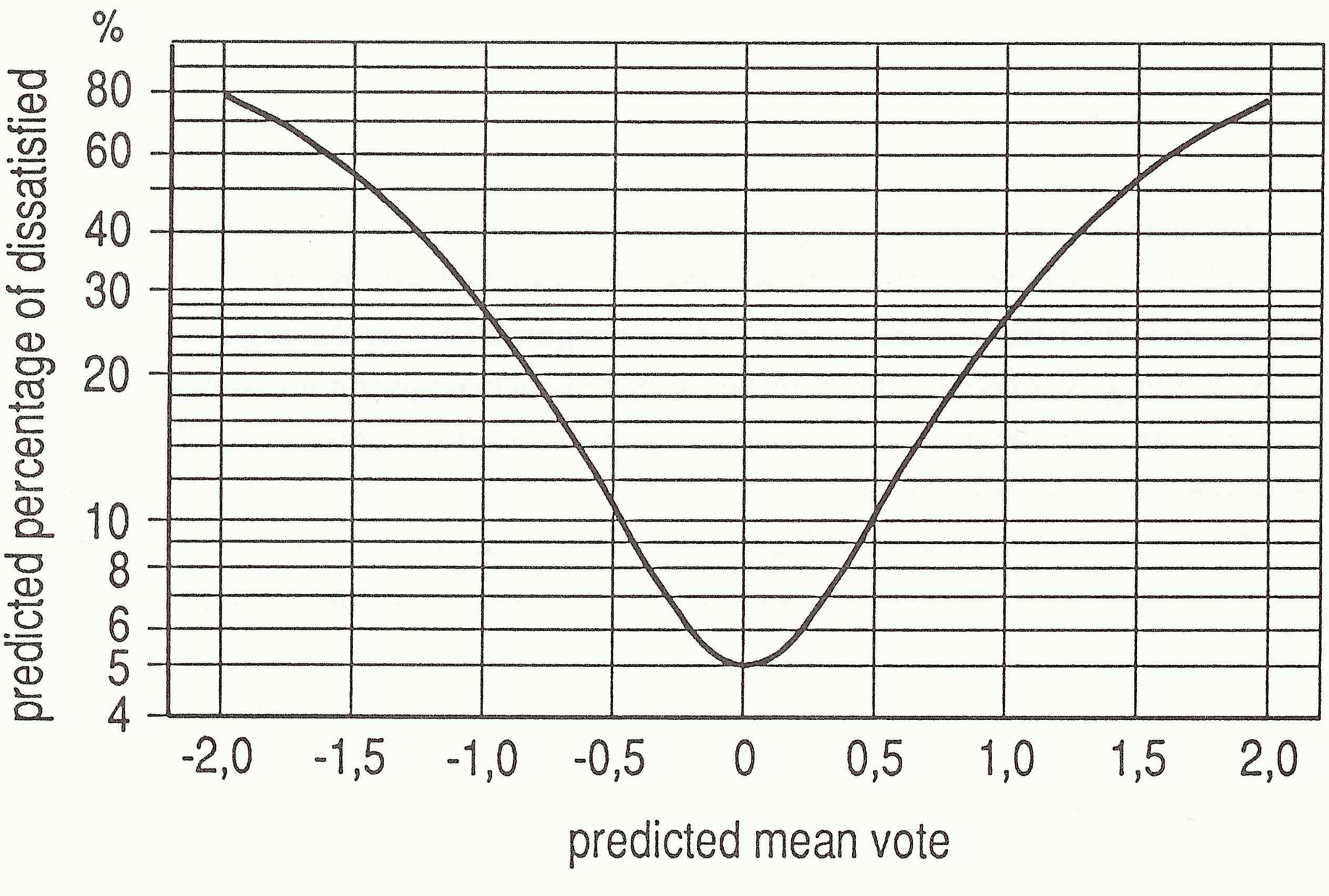
Parameterisering

Voor de vier genoemde aspectgebieden vindt parameterisering plaats, zowel in absolute zin als in relatieve zin waarbij met de specifieke gevoeligheden van de

menselijke zintuigen reeds rekening gehouden is. Zo wordt het geluidniveau uitgedrukt in Db(A), waarbij de A voor een correctie van het geluiddrukniveau staat die de specifieke gevoeligheidscurve van het menselijk oor omvat, evenzo is de verlichtingssterkte in lux gewogen volgens de relatieve spectrale ooggevoeligheid.

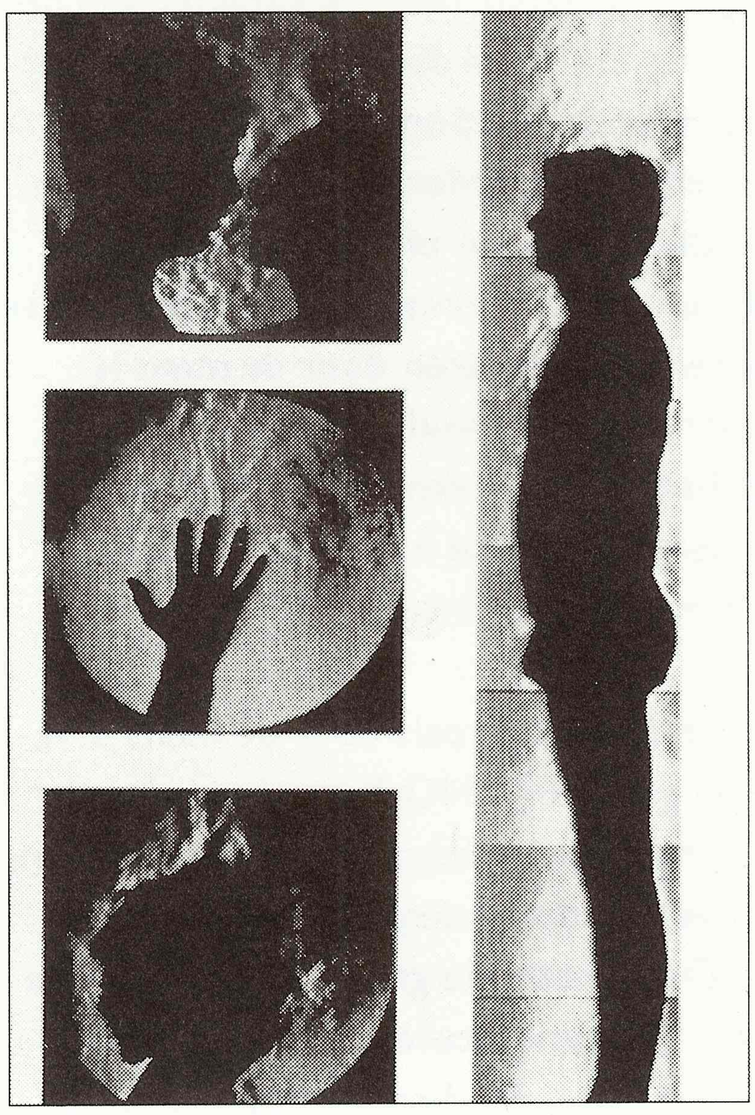
Beide aspectgebieden: lichtsituatie en geluidssituatie van het binnenmilieu kunnen hierdoor op een eenvoudige eendimensionale schaal vastgelegd worden. Ook het bepalen van acceptabele en niet-acceptabele niveaus is hierbij relatief eenvoudig, hoewel niet voldoende voor een akoestisch en lichttechnisch comfortabel binnenmilieu. Voorbeelden van afwijkingen in dit verband zijn: grote helderheidsverschillen, niet goed diffuserende verlichtingsarmaturen, uitzonderlijke geluidhinderbronnen en specifieke akoestische eisen.

Voor het thermisch milieu ligt een en ander nog wat gecompliceerder, hier is niet één specifiek zintuig aanwijsbaar voor de menselijke perceptie. Prof.P.O. Fanger uit Denemarken heeft in de zeventiger jaren wereldwijde bekendheid ver-



Figuur 2. Het aantal voorspelde ontevredenen in afhankelijkheid van de gemiddelde waardering van het thermisch binnenklimaat.

kregen met zijn model over het thermisch welbevinden van het menselijk lichaam. Hierbij worden een aantal externe klimaatfactoren onderscheiden zoals temperatuur, vochtigheid en luchtsnelheid en enkele aan de persoon gebonden grootheden, zoals kledingisolatie en metabolisme. Het door hem gevalideerde model beschrijft de statistische waarschijnlijkheid dat gegeven de bovengenoemde factoren een zeker percentage mensen uit een groep zich thermisch behaaglijk zal voelen. De maat die hiervoor gesteld is, is de zogenaamde Predicted Mean Vote of PMV-waarde en het volgens zijn model hierraan gekoppelde percentage ontevredenen is de zogenaamde Predicted Percentage of Dissatisfied of PPD-waarde. De methode is krachtig en geeft ons een mogelijkheid om een objectieve uitspraak te doen over het derde aspectgebied van het binnenmilieu, te weten het thermisch comfort. Op deze methode zijn in de loop der jaren vele aanvullingen gekomen die rekening houden met allerle afwijkingen van reële ten opzichte van de in de theorie gestileerde situaties, zoals asymmetrische straling, stratificatie en turbulentie van de lucht.



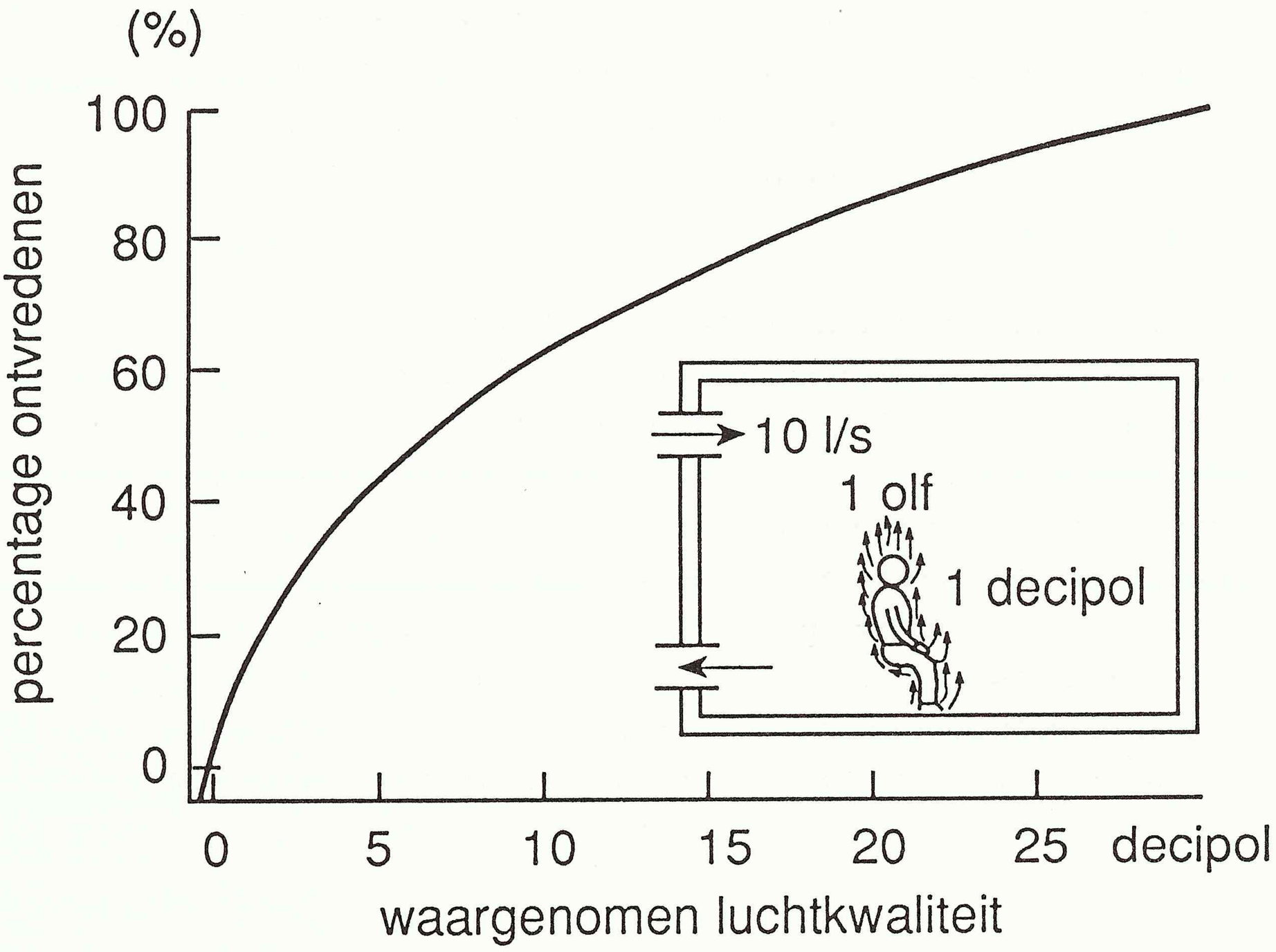
Figuur 3.
Door middel van 'Schlieren-fotografie' zichtbaar gemaakte luchtstromingen rondom de menselijke huid.

Naast meetbaarheid kan ook visualisatie een belangrijke rol spelen, zoals de Schlieren-fotografie ons ten aanzien van luchtbewegingen geleerd heeft. Met name is het goed mogelijk op deze wijze de grote dynamiek van de ons omringende luchtstromingen zichtbaar te maken.

Tenslotte het vierde aspectgebied: luchtkwaliteit. Een veelgebruikte methode bepaalde het percentage kooldioxide om vervolgens een uitspraak te doen over de 'luchtkwaliteit' als geheel. Dit impliceerde dat alleen de mens als vervuiler van het binnenmilieu gezien werd. Nadere studie en probleemanalysen brachten aan het licht dat het binnenmilieu in feite verontreinigd is met een zeer groot aantal fysische componenten en chemische verbindingen. Hoe nauwkeuriger men kijkt des te meer verontreinigingen men kan aantonen. Enkele veel voorkomende verontreinigingen in dit verband zijn: Koolmonoxyde, Radon, Ozon, Formaldehyde en asbestvezels.

Hierbij wordt het relevant een tweetal onderscheidingen aan te brengen. Een eerste met betrekking tot het al dan niet gezondheidsschadende karakter van de verontreinigingen, een tweede met betrekking tot het al dan niet waarneembaar zijn voor de mens. Voor de gezondheidsschadende componenten is onderzoek verricht waarbij maximaal toelaatbare concentratiewaarden vastgesteld zijn (zgn. MAC-waarden). Voor deze componenten zal immer een of andere vorm van chemische analyse de aangewezen weg zijn om verontreinigingen te kwantificeren dan wel te detecteren. Voor de luchtkwaliteit zoals ervaren door de mens is (nog) geen model beschikbaar, zoals het hiervoor genoemde thermische comfortmodel. Dit hangt enerzijds samen met het onbegrip van de sensorische werking van de menselijke reukorganen en anderzijds met de nagenoeg eindeloze variëteit van verontreinigingsbronnen en hun mogelijke interacties.

Toch is het mogelijk gebleken binnenluchtkwaliteit zoals door de mens ervaren te kwantificeren. Dr.P. Bluyssen uit mijn groep bij TNO-Bouw is op dit gebied gepromoveerd bij prof.P.O. Fanger; zij heeft een methode ontwikkeld waarbij een getraind panel een uitspraak doet over de door mensen waargenomen luchtkwaliteit van een zeker binnenmilieu. Deze methode gaat ervan uit dat elke optredende luchtkwaliteit, onafhankelijk van zijn samenstellende componenten, weergegeven kan worden op een eenduidige schaal, die direct gekoppeld is aan



Figuur 4. Het te verwachten percentage ontevredenen in relatie tot de waargenomen luchtkwaliteit in decipol.

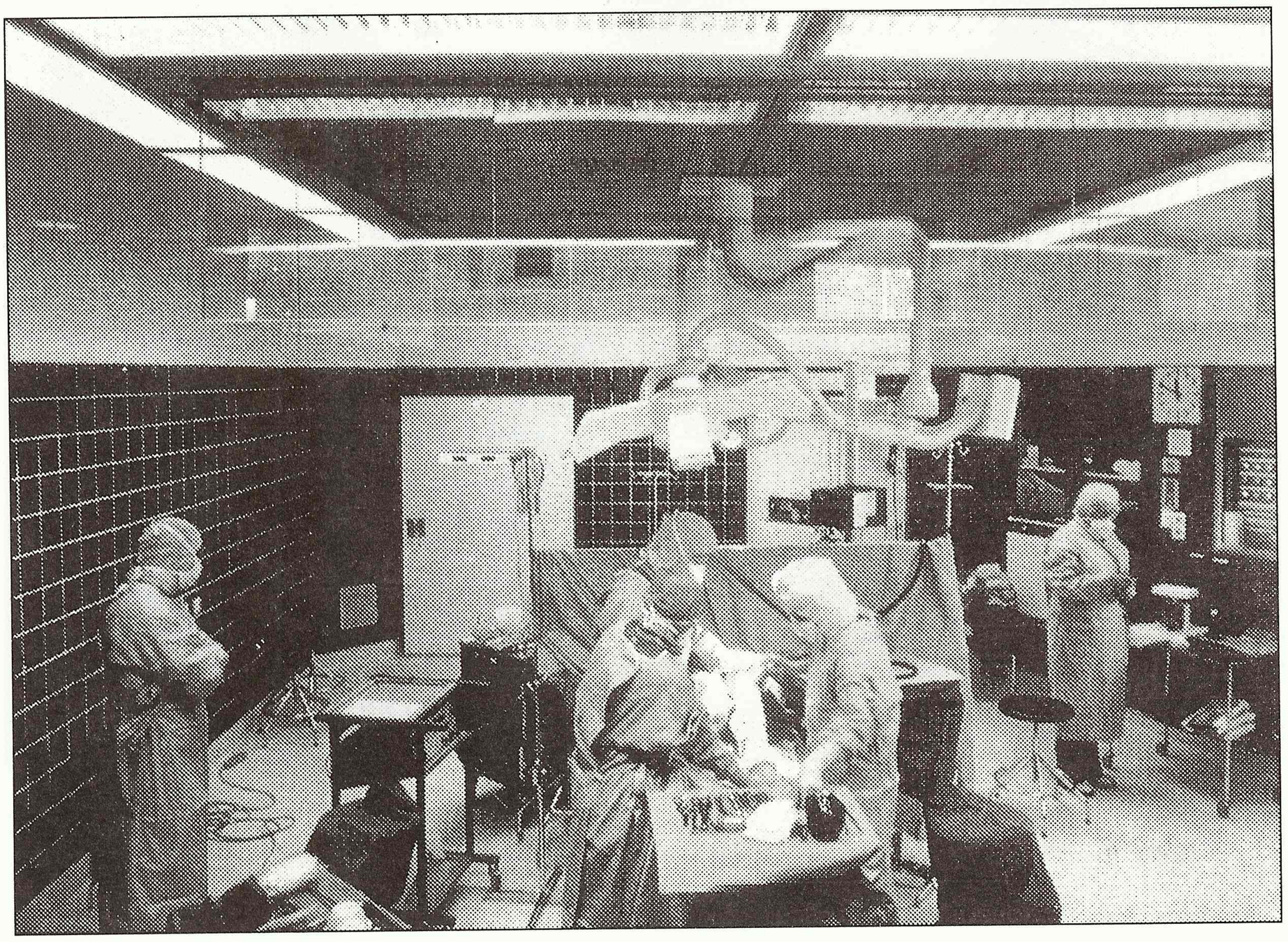
een voorspelbaar aantal ontevredenen. Als standaard voor bronsterkte wordt de geurbelasting genomen die een standaard persoon (0.7 bad per dag) met zijn effluenten veroorzaakt (1 olf). De waargenomen luchtkwaliteit is vervolgens gedefinieerd als die welke deze persoon veroorzaakt in een ruimte die met 10 l/s verse lucht doorstroomd wordt en wordt uitgedrukt in decipol, in dit voorbeeld 1 decipol.

Hiermee is een gereedschap ter beschikking gekomen dat in staat is het vierde binnenmilieuaspect, de 'feitelijke waargenomen luchtkwaliteit' op een eendimensionale schaal te meten en te relateren aan een te verwachten aantal ontevredenen. De methode is echter omslachtig aangezien zij een minimum van zo'n tien getrainde panelleden behoeft.

Onderzoek loopt naar de mogelijkheid sensoren te ontwikkelen die deze taak over kunnen nemen. Het genoemde onbegrip ten aanzien van de feitelijke geurwaarneming door de mens maakt dit echter een uiterst onvoorspelbare zaak. Wellicht bieden nieuw beschikbaar gekomen kennistechnologieën uitkomst om sensoren te léren ruiken zoals een mens doet. De methode stelt ons in ieder geval in staat anders dan tot nu toe gebruikelijk de benodigde ventilatie in verblijfsruimten af te stemmen op feitelijke behoeften en deze niet uitsluitend te relateren aan de daarin aanwezige of vermeend aanwezige personen. Zodra er voldoende onderzoek gedaan is naar emissies van individuele materialen die in gebouwen en installaties toegepast worden, zal deze methode ons voorts in staat stellen geurbelastingen in de ontwerpfase te voorspellen.

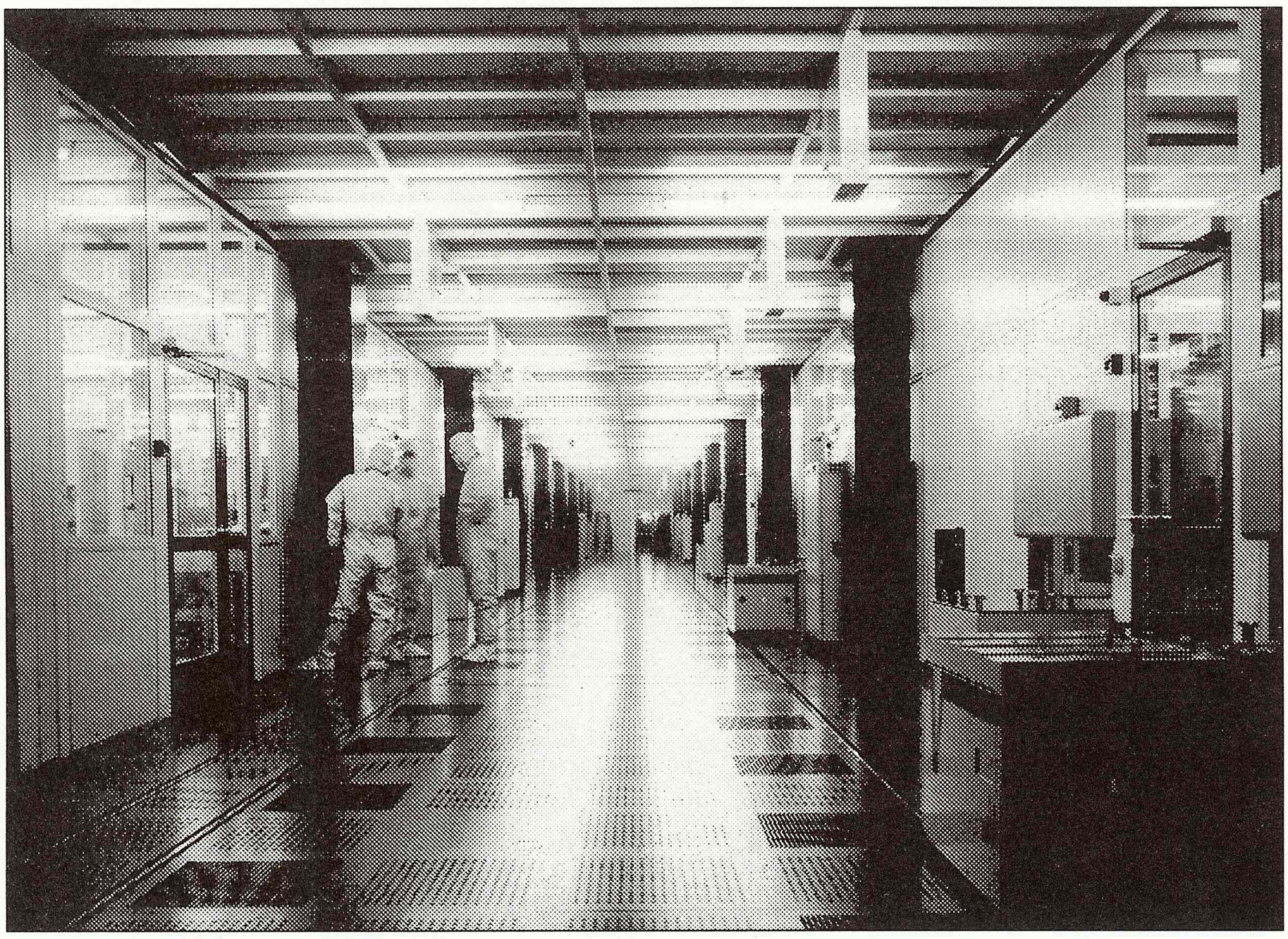
Gezondheidszorg en Industrie

De hiervoor besproken parameters geven een goed beeld van wat een persoon in een normale situatie aan omgevingscondities ervaart. Hier kunnen in de praktijk van alledag vele al dan niet exotische parameters aan toegevoegd wor-



Figuur 5. In een operatiekamer worden naast temperatuur en vochtigheid ook de hoeveelheid stof en aantallen bacteriën beheerst.

den, zoals (micro)biologische en bacteriologische verontreinigingen alsook ordinair stof; een combinatie van verontreinigingen die men in een operatiekamer van een ziekenhuis in de hand tracht te houden. In industriële situaties waarbij bepaalde procesomstandigheden dit noodzaken, zoals met name in de micro-



Figuur 6. Voorbeeld van een industriële stofarme ruimte

elektronica, kunnen stofeisen een dermate overheersende rol spelen dat hele gebouwconcepten hierop ontwikkeld worden. Hierbij kunnen vele extra eisen aan het te realiseren binnenmilieu gesteld worden, zoals de voorkomende elektromagnetische velden, mechanische trillingsniveaus en chemische samenstelling van de lucht of van inerte gasvullingen, alsmede eisen met betrekking tot verontreinigingen die balanceren tussen fysische (deeltjes) en chemische (moleculaire) verontreinigingen.

Wat is interactie met het gebouw?

Tijdens het ontwerpen van een gebouw worden er continu keuzen en afwegingen gemaakt, bijvoorbeeld ten aanzien van vormgeving, materialisatie en gevel-oriëntatie. Vele van de gekozen oplossingen beïnvloeden het uiteindelijk te realiseren binnenmilieu òf leggen beperkende randvoorwaarden op aan installaties die alsnog het gewenste klimaat moeten zien te realiseren.

Uiteindelijk bepalen alle componenten van een gebouw in hun onderlinge samenhang, gebruik en interactie met het macromilieu alle optredende binnenmilieuaspecten. Enkele voor de hand liggende voorbeelden zijn: de nabijheid van een autosnelweg als geluidhinderbron, kleine dan wel grote glasvlakken al dan niet op het zuiden georiënteerd en de kwaliteit van de gevel. Kennis en begrip van deze componenten, verbanden en interacties is dan ook van essentieel belang voor diegene die bovengenoemde ontwerpbeslissingen neemt. Zo deze kennis dan wel dit inzicht niet onmiddellijk aanwezig is, zullen er gereedschappen ten dienste moeten staan om deze interacties kwalitatief en voor zover zinvol mogelijk kwantitatief te onderzoeken.

Systeemkeuze

De kernvraag bij de keuze van installatiesystemen is hoe de gewenste beheersing van het binnenmilieu tot stand te brengen is, dus van: lichtsituatie, geluidssituatie, thermisch comfort en binnenluchtkwaliteit. Dit dient een samenspel te zijn van in het ontwerp vastgelegde keuzen (passieve aspecten) èn de daarnaast benodigde installatietechnische (actieve) voorzieningen om aan de gestelde uitgangs-punten te kunnen voldoen. Hiertoe staat een grote variëteit van installatietechnische oplossingen ter beschikking. Ook hier past het niet in te gaan op aard en eigenaardigheden van alle voorkomende systemen. Niet alleen vanwege de beperkte tijd, maar vooral ook vanwege het feit dat niet zozeer de installaties zelf, maar de interactie met het gebouwontwerp vandaag ter discussie staat.

Wat is interferentie met het gebouw?

Alle installaties in gebouwen kunnen als volgt conceptueel ingedeeld worden:

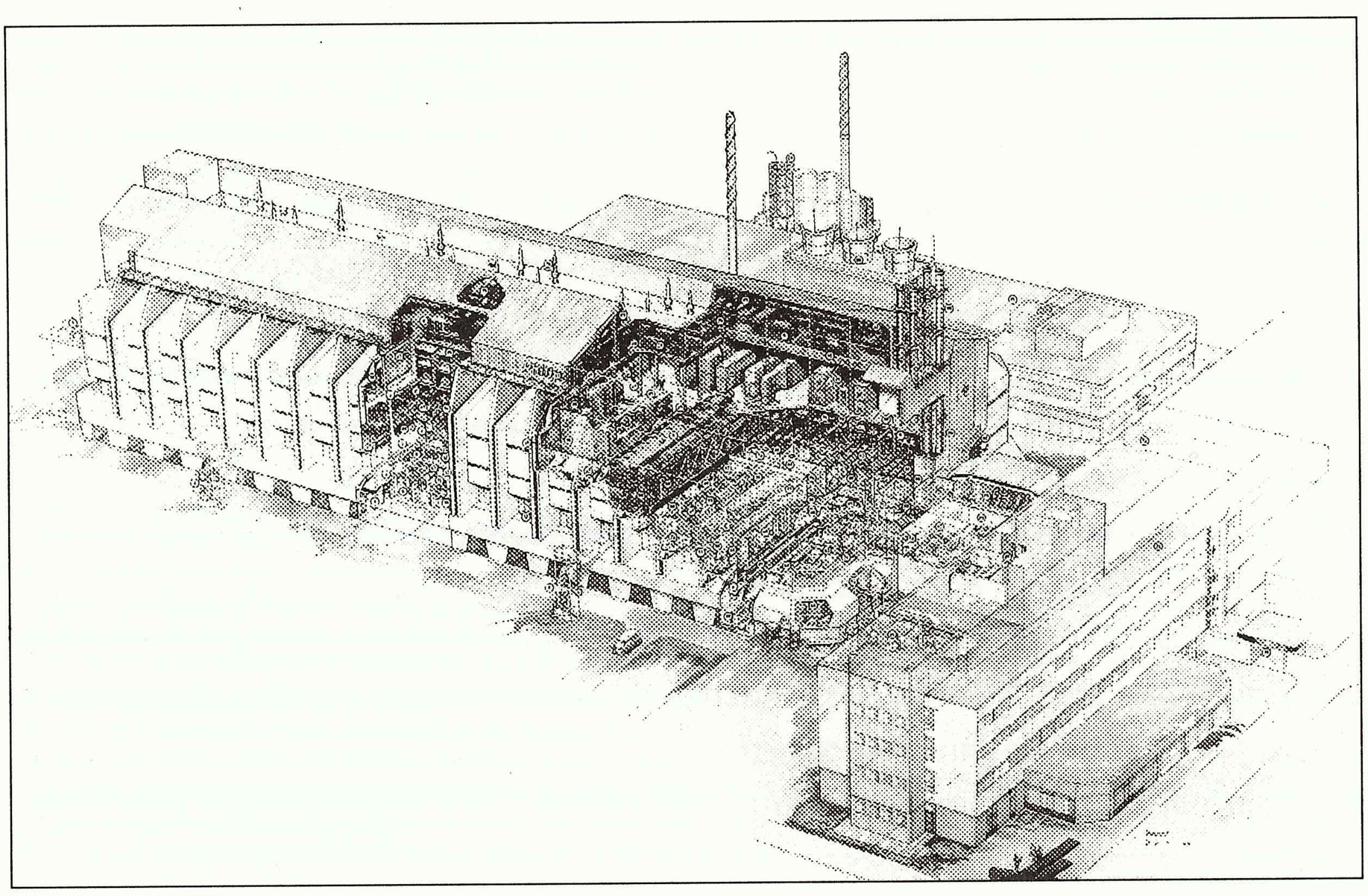
Centrale installatie
Distributie
Eindapparaten
Regeling

Denk hierbij aan een centrale verwarmingsinstallatie waarbij ketel, leidingnet, radiatoren en thermostaatregelaar de diverse hoofdcomponenten vormen.

Om te onderzoeken wat gebouwinterferenties zijn die samenhangen met verschillende installaties is deze indeling behulpzaam. De centrale installaties brengen veelal een m^2-behoefte met zich mee. De distributie daarentegen verlangt beschikbare inbouwhoogte in een verhoogde vloer of verlaagd plafond, maar ook beschikbare ruimte in verticale transportschachten. De eindapparaten behoeven wederom ruimte, in of op de vloer, aan de gevel en aan of in het plafond.

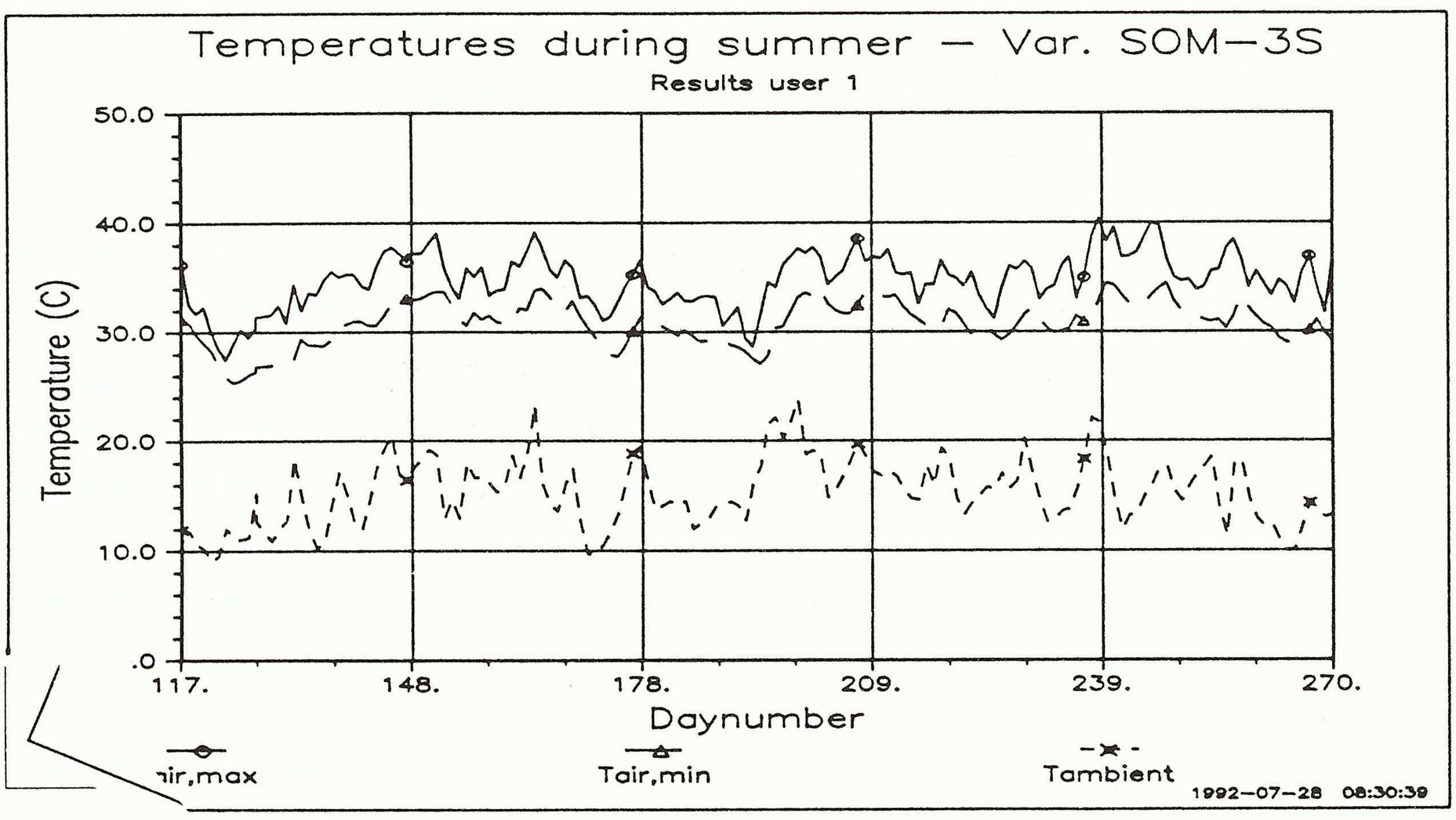
Met name de eindapparaten van klimaatinstallaties hebben een sterke wisselwerking met de gevel. Enerzijds vanuit de interactie, anderzijds vanuit de fysieke interferentie. De leidingdistributie ten behoeve van de eindapparaten interfereert nabij de gevel veelal met de draagconstructie. Keuzen met betrekking tot gevel en drager kunnen vanuit dit perspectief vele installatietechnische oplossingen onwerkbaar maken en omgekeerd geldt ook dat keuzen ten aanzien van installatiesystemen stringente randvoorwaarden kunnen stellen aan de drager of gevel.

Veel hangt ook af van aard en functie van het gebouw. Een extreem voorbeeld in dit verband zijn de IC-fabrieken voor de micro-elektronica met hun grote cleanrooms. Hierbij staat van een gebouw van ca. 30 meter hoog slechts drie meter als nuttige ruimte te boek. Alle overige ruimten bevatten ondersteunende installaties die ten behoeve van een extreem goed beheerst binnenmilieu met de rest van het gebouw een geïntegreerde eenheid moeten vormen.



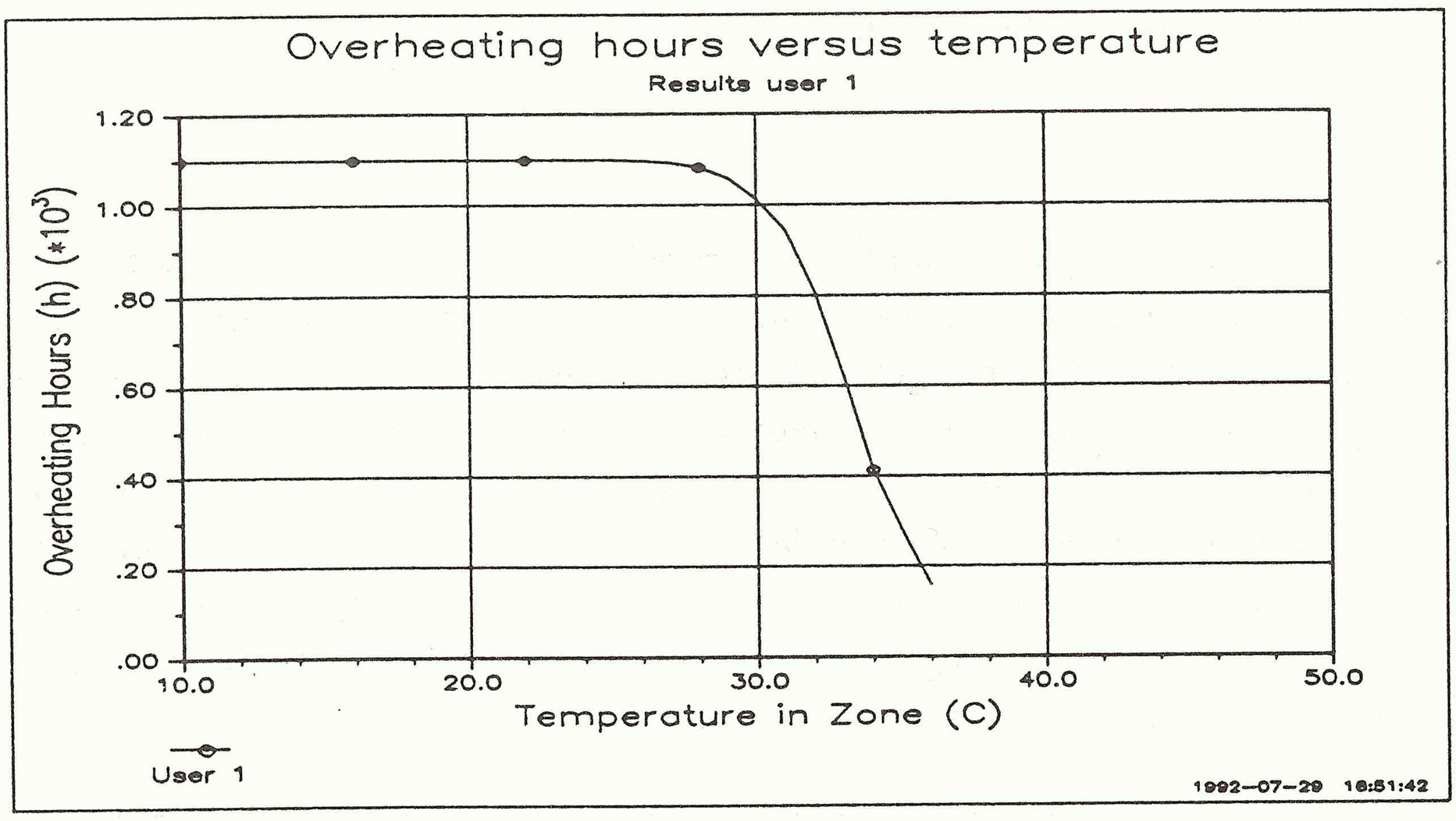
Figuur 7. IC-fabriek, Philips Nijmegen. Extreem voorbeeld van integratie van gebouw en installaties.

De wijze waaròp het binnenmilieu actief beheerst wordt, wordt hoofdzakelijk bepaald door de systeemkeuze, de mate waarìn door de dimensionering ervan. Deze dimensionering is een grotendeels rekenkundige aangelegenheid. Toen alles nog handmatig uitgerekend werd, werden de meeste berekeningen als stationair en daardoor aanzienlijk eenvoudiger te berekenen aangenomen. De revolutionaire ontwikkelingen ten aanzien van de beschikbare computerkracht heeft echter andere mogelijkheden gecreëerd. Het is met name de simulatie van het niet-stationaire warmtetransport in gebouwmassa's geweest die deze laatste jaren een enorme ontwikkeling heeft doorgemaakt.



Figuur 8. Temperatuuroverschrijdingsberekening, resultaatweergave temperatuur versus dag gedurende de zomer.

De hieruit voortgekomen temperatuuroverschrijdingsberekeningen simuleren voor een heel jaar met uurlijkse waarden binnenklimaatparameters voor een gemodelleerd gebouw en doen hiermee uitspraken over de te verwachten functio-

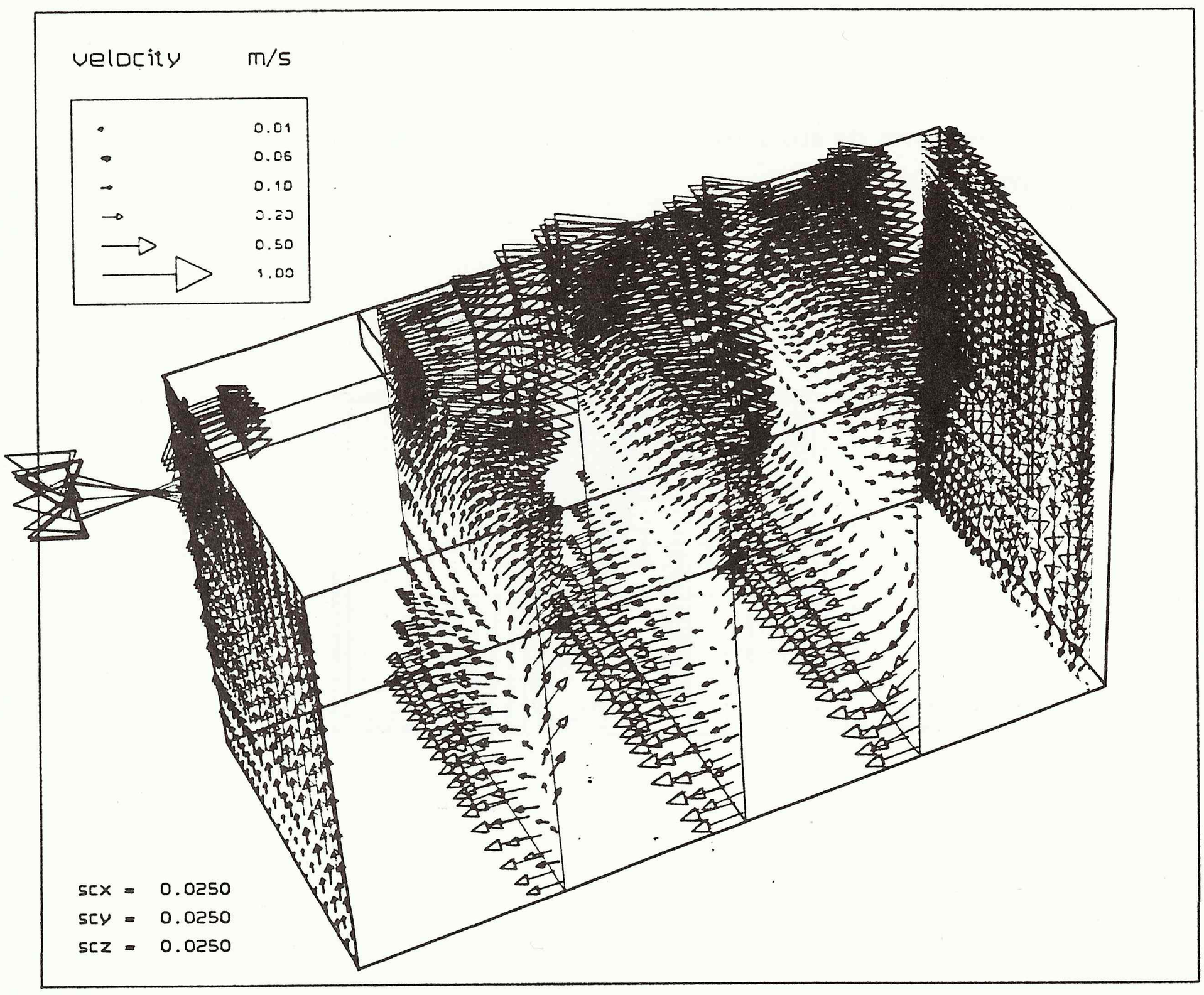


Figuur 9. Temperatuuroverschrijdingsberekening, resultaatweergave overschrijdingsuren versus de gerealiseerde temperatuur.

naliteit van het binnenmilieu, het energiegebruik etc. Een van de meest relevante resultaatpresentaties hierbij is de grafiek waarin het aantal uren dat een zekere binnenluchttemperatuur overschreden wordt, wordt gerelateerd aan deze gerealiseerde temperaturen. Afhankelijk van onder andere de aangenomen installatiecapaciteit buigt de grafiek plotseling sterk naar beneden. Dat is op zich prettig; er is blijkbaar sprake van een sterke relatie. Maar hij is hiermee ook uitermate gevoelig voor de nauwkeurigheid van de invoergegevens. Kleine interpretatieverschillen ten aanzien van de invoer leiden reeds tot substantiële verschillen.

Deze verschillen moeten overigens niet verward worden met de kwaliteitsverschillen tussen de diverse beschikbare rekenprogramma's zelf. Een slecht programma geeft immer slechte resultaten, hoe goed ook over de invoergegevens is nagedacht. Om de betrouwbaarheid van deze simulatieprogramma's te waarborgen dienen validaties plaats te vinden, waarop helaas lang niet alle beschikbare programmatuur kan bogen. Eerst dan is het ook zinvol programma's qua resultaten met elkaar te vergelijken. In dit kader wordt belangrijk werk verricht binnen het International Energy Agency-verband.

Het genoemde invoerprobleem geeft eveneens al aan dat het eerst zinvol is een T.O.-berekening in zijn huidige vorm uit te voeren als een behoorlijk nauwkeurig beeld van het ontwerp ter beschikking staat. Er is een duidelijk verschil tussen het beschikbare en gewenste detailniveau van informatie ten behoeve van de verschillende aggregatieniveaus van een ontwerp. De behoefte aan resultaten is echter ook duidelijk anders. In de conceptuele fase is meer behoefte aan een uitspraak over een trend bij diverse varianten dan aan harde kwantitatieve resul-

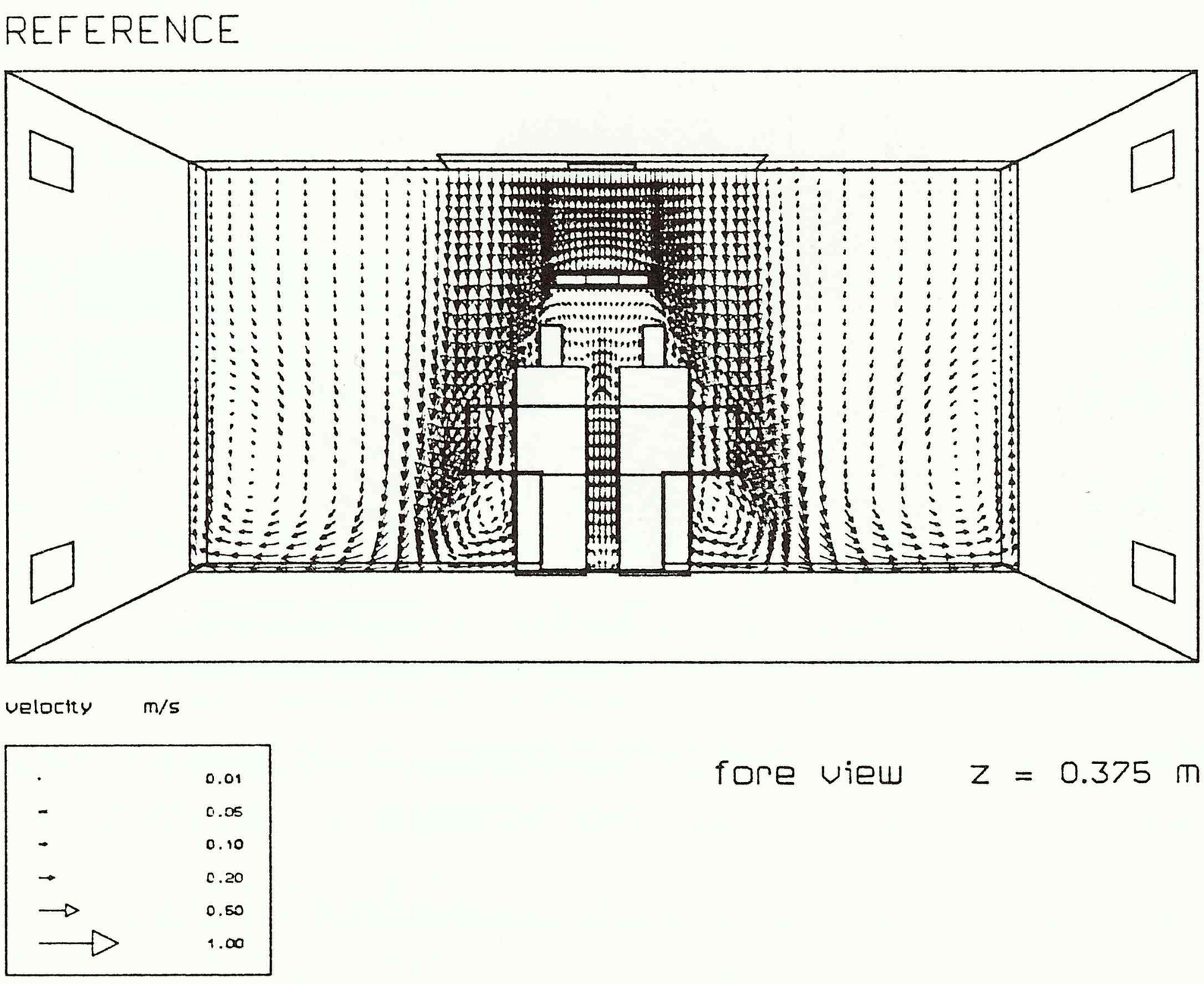


Figuur 10. Stromingsmodellering m.b.v. de computer, 3D-resultaatpresentatie van luchtsnelheidsvectoren in een gemodelleerde ruimte.

taten. In feite is er in zo'n fase meer behoefte aan een gevoeligheidsanalyse dan aan een echte simulatie.

Ook de beschrijving en voorspelling van luchtstromingspatronen in drie dimensies waarbij niet-isotherme situaties met of zonder turbulentie met hoge resolutie gesimuleerd, gevisualiseerd en bestudeerd kunnen worden, behoren sinds enkele jaren tot de hulpmiddelen die ons ten dienste staan.

Voorbeelden van toepassing hiervan zijn luchtstromingspatronen en temperatuurverdelingen binnen verblijfsruimten en atria. Ook ten behoeve van industrie en gezondheidszorg wordt deze methode met toenemend succes ingezet, onder andere daar waar het de stofarme omgevingen zoals cleanrooms en operatiekamers betreft.



Figuur 11. Stromingsmodellering m.b.v. de computer, gesimuleerd wordt het luchtstromingspatroon in een operatiekamer.

De hiervoor genoemde methoden zijn voorbeelden van op zich reeds complexe modelleringstechnieken. Bij de modellering is naast een behoorlijke natuurkundige en werktuigkundige kennis eveneens een behoorlijke portie wiskunde nodig. Het samenvallen van de sterke opkomst van dit soort simulatietechnieken met de verregaande desinteresse bij de faculteit Bouwkunde op wiskundig en natuurwetenschappelijk gebied in de zeventiger jaren maakt het begrijpelijk dat deze rekenmethoden niet allereerst zijn voortgekomen uit de groep der bouwkundigen en dat zij er, tot op de dag van vandaag, helaas onvoldoende mee bekend zijn. Het gevolg is een groot verschil tussen dat wat mogelijk is en dat wat architecten gebruiken ter evaluatie vooraf, met daaruit voortkomend een grote kans op disfunctionaliteit van gebouwen tot regelrechte probleemgebouwen aan toe! Voorts noodzaken de ontwikkelingen in de bouw ons met steeds grotere accuratesse de kwaliteit (en dus ook de prestatie van het binnenmilieu) vooraf te kunnen garanderen. Simulatietechnieken zijn hierbij onmisbaar.

Aan de andere kant heeft de ontwikkeling van deze simulatietechnieken bij andere faculteiten en disciplines tot gevolg gehad dat de tegenwoordig beschikbare programmatuur onvoldoende aansluit bij het creatieve ontwerpproces van architecten. Zij komen voort en sluiten het best aan bij de belevingswereld die deze andere groepen hebben ten aanzien van het bouwproces.

Het zou onzinnig zijn hier te spreken van een schuldvraag, in mijn ogen is het een ongewenste, maar historisch verklaarbare ontwikkeling die er mede de oorzaak van is dat installatietechniek heden ten dage te vaak een lapmiddel is voor reeds in de conceptuele fase verkeerde uitgangspunten dan wel op basis van te weinig informatie gekozen oplossingsrichtingen.

Wat is de realiteit van het bouwproces?

Ontwerpproces

Een aan een onderwijsdeel van Bouwkunde ontleende en voor mijn doel zeer geschikte indeling van het bouwproces onderscheidt het ontwerpproces naar een aantal na te streven doelen. Ieder architectonisch ontwerp dient in deze indeling een praktisch en een ideëel doel. Het praktische doel slaat op de functionaliteit van het gebouw, het ideële op de vormgeving en de maatschappelijke/sociale context. Om dit te realiseren dienen een aantal disciplines te worden geïntegreerd en in hun onderlinge samenhang te worden geoptimaliseerd. Beheersing van de aldus opgeroepen complexiteit in alle fases van het ontwerpproces completeert de indeling van na te streven doelen:

Praktisch doel
Ideëel doel
Integratie
Optimalisering
Beheersing complexiteit

Deze indeling spreekt mij dáárom zo aan, omdat zij in zuivere eenvoud laat zien wat het probleem- en spanningsveld tussen architectonische en installatietechnische vormgeving in de bouwpraktijk inhoudt. De architect geeft vorm aan een bouwwerk waaraan gelijktijdig eisen aan vormgeving en functionaliteit gesteld worden die mogelijk zelfs contradictoir zijn. Dit moet gebeuren door integratie van de bijdragen van meerdere disciplines waarbij diverse varianten tot optimale combinaties geïntegreerd moeten worden. Deze gecombineerde metaontwerpactiviteit dient tenslotte in alle fases van het ontwerpproces beheerst plaats te vinden.

In theorie zijn voor iedere bouwopgave oneindig veel oplossingen mogelijk. Gelukkig zijn er in de praktijk voor iedere discipline slechts een beperkt aantal oplossingsrichtingen relevant. Toch kan een integratie van vier disciplines -denk

aan vormgeving, draagconstructie, gevel met bouwfysisch concept en installatie-concept- met voor iedere discipline een viertal relevante varianten reeds een lastig integratieprobleem vormen, aangezien hier reeds sprake is van 256 combinatiemogelijkheden. Bedenk hierbij tevens dat het de integratie betreft van op zich reeds tamelijk complexe en ver ontwikkelde kennisgebieden!

Lastiger wordt het nog indien we de vraag stellen wat de optimale combinatie is?

Naar welke richting geoptimaliseerd?

De verschillende partijen die bij de bouw betrokken zijn, hebben duidelijk verschillende (primaire) belangen. Zo zal de gebruiker belang hebben bij goede functionaliteit en zijn organisatie bij lage totale exploitatiekosten. De opdrachtgever/financier daarentegen is veelal primair geïnteresseerd in lage initiële kosten en slechts in de operationele kosten indien deze de marktwaarde van het gebouw in kwestie beïnvloeden. De architect werpt zich traditioneel op als kampioen van de vormgevingscomponent, terwijl de adviseur veelal de functionaliteit nauw aan het hart gaat. De overheid tenslotte werpt zich op als verdediger van het macromilieu. Evenzovele hoofdaandachtsgebieden als hiervoor genoemd brengen het gevaar met zich mee dat evenzovele suboptimaliseringen plaatsvinden.

Het gaat niet aan alleen een minimale investering te realiseren of een gebouw met minimaal energiegebruik of juist met minimale exploitatiekosten. De variant met de laagste investering is zeker niet altijd de goedkoopste, degene met de grootste architectonische uitstraling hoeft niet de duurste te zijn, de prijstechnisch optimale niet de beste, de variant met het minimum energiegebruik niet de ecologisch meest verantwoorde en deze laatste past wellicht niet binnen het tijdskader van de opdrachtgever. Voor iedere situatie kan een andere optimaliseringsmix of -strategie de beste dan wel wenselijk zijn. Daarbij zijn tevens de gehanteerde normen niet constant. Bewoners willen meer en meer comfort, wat vandaag een acceptabel onderhoudskostenniveau is, is morgen achterhaald, maar bovenal is de milieubelasting die een gebouw met zich meebrengt een aan belang winnend aandachtspunt.

Wat tèlt, is alle varianten beheerst te kùnnen evalueren!

De optimalisering bestaat er vervolgens in, naar de behoeften van de opdrachtgever en gebruiker een gedifferentieerde optimalisering toe te passen die rekening houdt met externe randvoorwaarden zoals status en ontwikkeling van milieuwetgeving en bouwmarkt. Soms zal een zeer stringent tijdschema andere optimaliseringen onmogelijk maken, soms zal een financieel kader vele oplossingsrichtingen uitsluiten. Voor de overheid ligt hier de taak randvoorwaarden te definiëren vanuit maatschappelijk belang. Het gaat er hierbij niet om uitsluitend een verbodsbeleid te voeren zoals: 'Gij zult niet koelen' of 'Gij zult niet meer dan zus en zoveel procent glas in uw gevel toepassen!'. Gij zult immer een adequate oplossing bieden! Maar dan wel tegen acceptabele kosten, zowel individueel als maatschappelijk. Te denken valt in dit verband aan de energieprestatienormering.

In dit kader is ook een andere optimaliseringsstrategie interessant, te weten het installatiearm bouwen. Hoe interessant en leerzaam een dergelijke exercitie ook moge zijn, zij dient mijns inziens niet een direct belang. Het veelal beoogde doel, kostenminimalisatie, wordt geen recht gedaan door uitsluitend iets wèg te laten. Het zal altijd in samenhang gezien moeten worden met andere, mogelijk kostenverhogende, maatregelen die het weglaten van installaties met zich meebrengt om dezelfde functionaliteit te bereiken. Wèl interessant is het te bestuderen hoe binnen verschillende culturen in verschillende klimaatgebieden eeuwen van ervaring en ontwikkeling geleid hebben tot specifieke installatieloze bouwfysische concepten. Mogelijk kunnen principes vanuit deze observaties binnen onze cultuur waardevolle bijdragen leveren.

Bij vele projecten vertolkt de architect reeds langere tijd niet meer de complete rol van integrator en optimalisator zoals in het hiervoor beschreven, aan het Bouwkundeonderwijs ontleende, ideaalbeeld. De individuele kennisgebieden en onderlinge samenhangen zijn er eenvoudigweg te complex voor geworden. De grens is bereikt waarbij een bouwproject de som is van door individuele disciplines geoptimaliseerde delen. Wij zijn toe aan èchte integratie!

Tevens heeft de hedendaagse architect, zoals we in het hiervoorgaande hebben kunnen zien, zich ontwikkeld tot een vormgever die een relatief kleine affini-

teit heeft met kennis en ontwerpgereedschappen ten behoeve van het binnenmilieu en installaties. Toch merk ik regelmatig een gedrevenheid van deze zelfde architecten tot het minimaliseren van het aandeel techniek in een ontwerp.

De scepticus zou de kern van dit probleem kort en bondig kunnen relativeren met de titel van deze rede:

Wat niet weet, wat niet deert...?

Geachte toehoorders,

Het deert wel degelijk!

Eenieder bekend met het gebouw van Bouwkunde in een warme zomer als deze kan hierover meepraten. Niet vanwege een tekortschietend ontwerp. Zelfs niet vanwege geen of onvoldoende dimensioneringsberekeningen. Het gebouw is begin jaren zestig geëvalueerd met behulp van het bij de Technisch Physische Dienst ontwikkelde 'elektrisch analogon', een voor die tijd moderne, analoge voorloper van de huidige digitale computersimulaties. Diverse varianten werden doorgerekend, waarbij buitenzonwering als acceptabele oplossing uit de bus kwam. Omdat echter een koelmachine aanzienlijk goedkoper uit zou vallen dan een buitenzonwering werd een goedkoper alternatief gekozen: zonwering tussen de glasvlakken te zamen met de, nu noodzakelijk geworden, koelmachine. Aldus geschiedde, met dien verstande dat vervolgens om budgettaire redenen de koelmachine niet mocht worden aangeschaft!

Hier is helaas sprake van een typisch voorbeeld waar, gegeven een op zich goed doorlopen en geoptimaliseerd proces, uit budgetoverwegingen en hopelijk uit een zekere mate van onbekendheid met de gevolgen, een maatregel met verstrekkende gevolgen voor de functionaliteit van het gebouw getroffen is, hierbij eerdere afwegingen negerend en problemen voor jaren te volgen veroorzakend. Een alternatief voorstel om het blijkbaar opgetreden budgettekort te dekken door een deel van de gevel weg te laten of om de liften maar niet te installeren had met evenveel recht verdedigd kunnen worden.

Maar wellicht gezien onze calvinistische inslag is de 'luxe' koelmachine als eer-

ste aangepakt. Mogelijk is hierbij gedacht de toekomstige architectenkaders in hun opleidingsomgeving te stalen, opdat zij in hun werkzame leven een zekere hardheid aan de dag zouden leggen ten aanzien van al te decadente wensen.

Het heeft in ieder geval tot gevolg gehad dat het gebouw in warme periodes aanzienlijk minder goed bruikbaar is dan normaal. Aangezien toch de gehele installatie-infrastructuur is aangebracht, is er natuurlijk ook een zekere mate van kapitaalsvernietiging opgetreden. Maar het kwalijkst vind ik toch het defaitistische effect dat uitgaat van een gebouw waarin architecten in opleiding het veronachtzamen van een adequaat binnenmilieu via het hun aangeboden milieu aanleren.

Het gebouw van elektrotechniek is eenzelfde lot beschoren. Ook hier is uitgaande van een redelijk doordacht en zelfs uitgetest ontwerp een project gerealiseerd waarbij uiteindelijk een deel van de installatie wegbezuinigd is. Met alle gevolgen en problemen van dien!

Maar ook buiten de TU-wijk zijn helaas voorbeelden in overvloed te vinden van gebouwen en installaties die niet of onvoldoende de toets der functionele kritiek kunnen doorstaan. Voorbeelden zijn te noemen van het sinds een aantal jaren in zwang geraakte toepassen van atria. In Nederland is hierbij een mij bekend geval geweest waarbij als gevolg van een inadequaat ventilatieconcept de respectabele temperatuur van 57 ^{0}C gerealiseerd werd. Dit is vervolgens geen comfort- maar een veiligheidsprobleem. Het gevolg was overigens dat van het betreffende gebouw de bovenste, direct aan het atrium grenzende, etage gesloten moest worden! In diverse situaties is het mij bekend dat zonder koeling uitgevoerde projecten achteraf alsnog van de hoogst noodzakelijke koeling moesten worden voorzien. Dat dit, achteraf, tegen aanzienlijke meerkosten en slechts moeizaam geïntegreerd tot stand kan komen mag voor zich spreken.

Helaas is de bovenstaande bloemlezing uit te breiden tot een veelheid aan voorbeelden zowel op het gebied van liften, inadequate licht- en geluidssituaties en gebouwen waarin de geurbelasting tot in lengte van jaren problematisch is. De binnen mijn groep bij TNO-Bouw ontwikkelde analysemethode ten behoeve van probleemgebouwen draagt er zorg voor dat wij met een grote variëteit van deze problemen in aanraking komen.

Het is mijn vaste overtuiging dat een substantieel deel van de met 'Sick Building Syndrome' aangeduide vergaarbak van probleemgebouwen en probleemsituaties een direct gevolg is van de in deze lezing beschreven misaanpassingen tussen architecten- en installatiewereld, waaronder begrepen de wegbezuinigde koelmachines, de door bezuinigingswoede bijgestelde ontwerpschattingen en de investeringsminimalisaties met als gevolg toegenomen onderhoudsbehoeften die vervolgens niet worden uitgevoerd. De gebouwen die als gevolg hiervan probleemgebouwen geworden zijn, hebben echter geen ziekte opgelopen. Zij bezitten, de beeldspraak vervolgend, eerder een aangeboren afwijking! Hierbij kan het weglaten van een koelmachine in een gebouw dat geconcipieerd is als uit te voeren met koeling gevoeglijk gerangschikt worden onder de categorie ernstige hartafwijkingen.

Simpele ontwerpbeslissingen kunnen blijkbaar zeer grote invloed hebben op de (on)mogelijkheid een acceptabel binnenmilieu te creëren. In dit kader constateer ik een discrepantie tussen het kwaliteitsniveau dat architecten nastreven ten aanzien van het interieur en het exterieur dat zij vormgeven. Ik zou in dit verband een oproep aan alle architecten willen doen het tot hun verantwoordelijkheidsgebied te rekenen dat in het door hun ontworpen exterieur een goed binnenmilieu gerealiseerd kàn worden.

Er is hoop!

Mijn oudste zoon, Wart, tekende een gebouw naar aanleiding van een tekenwedstrijd voor een nieuwbouwproject van TNO-Bouw. De tekening is er een zoals van een zevenjarige te verwachten is, met dien verstande dat op zijn tekening de binnenzijde uitdrukkelijk van de buitenzijde van het gebouw is te onderscheiden. Deze onbevangen opvatting doet mij vermoeden en zelfs hopen dat de eenzijdige aandacht voor het exterieur die vaak bij bouwkundigen te constateren is, een aangeleerde en niet een aangeboren opvatting is.

Realisatieproces

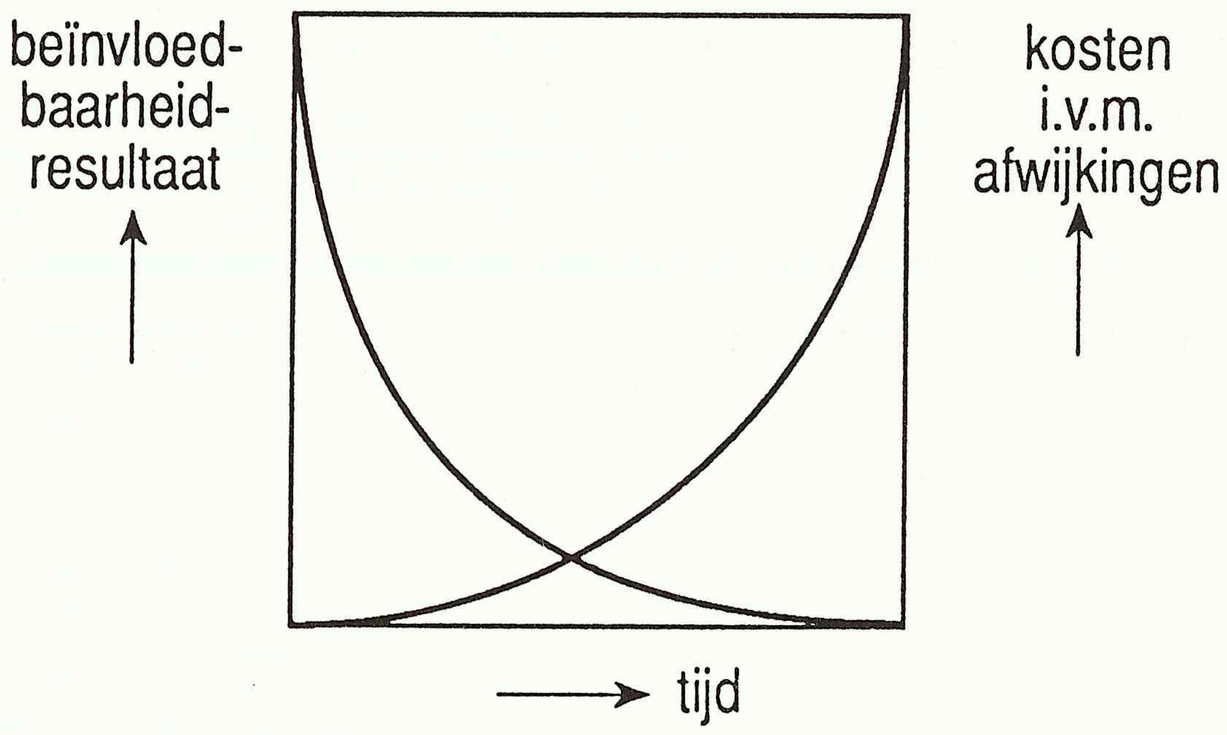
Een veelgebruikte benadering voor de beheersing van projecten onderscheidt een vijftal beheersaspecten:

Tijd
Geld
Kwaliteit
Informatie
Organisatie

Laat ik zeer in het kort de status van installatietechniek aan de hand van deze aspecten gedurende het realisatieproces beschrijven.

Tijd

Installatietechniek wordt veelal in een te laat stadium bij het bouwproces betrokken. Deze trend is niet beperkt tot het ontwerpproces, maar zet zich voort tijdens het feitelijke realisatieproces. Alle bij de bouw betrokken disciplines zijn bekend met de afnemende beïnvloedbaarheid of de toenemende meerkosten in verband met afwijkingen bij voortschrijdende projectrealisatie. Het feit dat voor installaties deze wetmatigheid niet of onvoldoende onderkend wordt, veroorzaakt onnodige meerkosten en extra misaanpassingen.



Figuur 12.
Afnemende beïnvloedbaarheid of toenemende meerkosten bij afwijkingen als functie van de tijd.

Geld

Doordat installatietechniek eerst relatief laat in het ontwerp- en realisatieproces betrokken wordt, worden ook vaak financiële tegenvallers uit eerdere fases op de installatietechniek afgewenteld. Men krijgt eenvoudigweg een taakstellende bezuinigingsopdracht mee en onder dwang van de omstandigheden worden oplossingen aanvaard die gegeven de oorspronkelijke uitgangspunten bij nadere bestudering wellicht niet acceptabel zouden zijn. Denk hierbij aan de wegbezuinigde koelmachines.

Kwaliteit

Bij het kwaliteitsaspect maak ik graag een onderscheid tussen de kwaliteit van het ontwerp en die van de uitvoering. Hoe goed de realisatie ervan ook moge zijn, een slecht ontwerp levert een slecht gebouw. Deze hele rede is te zien als een onderbouwing van de constatering dat het bouwproces, met name ten aanzien van de installatietechniek, onvoldoende geïntegreerd verloopt, waardoor kansen ten aanzien van optimaliseringsmogelijkheden gemist en probleemgebouwen gecreëerd worden.

De kwaliteit van de realisatie is er een die zich de laatste tijd begeeft in een richting van objectief vastgelegde en verifieerbare afspraken, tegenwoordig ook wel aangeduid als prestatiespecificaties. Deze positieve ontwikkeling maakt objectieve parameterisering en simulatie vooraf meer en meer noodzakelijk.
Het gehele bouwbesluit dat de bestaande wet- en regelgeving in Nederland op het gebied van de woningbouw vervangt, is zoveel mogelijk als prestatiespecificatie geformuleerd.

De wereld verinternationaliseert, hetgeen zijn gevolgen zal hebben op velerlei gebied, maar in dit kader is de normering met name van belang, hetgeen zijn beslag krijgt in internationale werkgroepen zoals de Technical Committees van de EEG- en EFTA-landen (CEN-TC's). Mijns inziens is de b.v.Nederland hier nog onvoldoende in vertegenwoordigd.

Informatie

De informatiestromen gedurende de bouw zijn veel en divers. Traditioneel disciplinair ingerichte organisaties werkten met discipline-eigen tekeningen, plattegronden en ontwerpen. Eerst bij de invoering van CAD-systemen is met veel pijn en moeite duidelijk geworden wat het voordeel is van het werken met dezelfde uitgangspunten en tekeningen.

De almaar toenemende informatiestroom te zamen met de noodzaak voor het uitwerken van meerdere alternatieven, het evalueren hiervan naar diverse optimaliseringsaspecten en dat alles in een steeds kortere tijd noodzaakt de opzet van een geïntegreerde informatiebeheersing waarbij met name op de traditioneel disciplinaire overgangen duidelijke afspraken gemaakt moeten worden. Veel en goed werk wordt momenteel verricht binnen het internationale 'Combine' verband, waarbij meerdere faculteiten, universiteiten en onderzoeksinstellingen aangesloten zijn. Nederland heeft hierin zijn vooruitstrevende eigen versie te weten DUS, waarbij over en weer met Combine vruchtbaar gebruik gemaakt wordt van resultaten.

Organisatie

Van de vijf beheersaspecten komen er slechts drie fysiek terug in het eindresultaat: Tijd, Geld en Kwaliteit. Beide andere zijn ondersteunende aspecten om deze drie uiteindelijk te kunnen realiseren. Zo dienen zij dan ook bezien te worden, niet als doel op zich, maar ondersteunend en als dienstverlening aan het primaire (bouw)proces als geheel. Niet interessant is wat voor organisatie wij kiezen, maar hoe de organisatie het beste de doelstellingen van het primaire proces ondersteunt. Ik zie het hier niet als taak de meest wenselijke organisatievorm te karakteriseren, maar ik hoop door middel van deze rede tevens een bijdrage te leveren aan de randvoorwaarden waaraan dergelijke organisatievormen moeten voldoen.

Beheersproces

Nadat een gebouw opgeleverd is en in gebruik is genomen, blijkt eerst òf en in hoeverre een gebouw aan zijn oorspronkelijke ontwerpdoelstellingen voldoet. Moderne facilitaire dienstverleners kunnen met behulp van intelligente gebouw-beheerssystemen meer en meer zicht krijgen in status en prestatie van systemen en installaties, zowel in het technische als in het financiële domein, zowel momentaan als historisch. Dit verruimde begrip verklaart ook de toenemende kennis en mondigheid van gebouwbeheerders inzake functionele en financiële prestatie van gebouwen en installaties.

Nadat een gebouw opgeleverd is, vinden echter ook regelrechte rampen plaats. Er worden aanzienlijk meer mensen in het gebouw geplaatst dan voorzien, de warmtebelasting is toch hoger dan gedacht, aanpassingen van gebouw en installaties geven problemen, filters worden niet vervangen en kanalen-systemen niet gereinigd. Veel van deze gebruiksfouten zijn te wijten aan een gebrek aan informatieoverdracht van conceptueel ontwerp naar de gebouwbeheerder. Veelal wordt wel voorzien in 'handleidingen' voor deelsystemen, maar in feite ontbreekt de handleiding voor het systeem 'gebouw'.

Dames en heren,

Dat er tot op de dag van vandaag relatief weinig aandacht is voor alle beschreven misaanpassingen voor een brede variëteit aan installaties in de diverse fases van het bouwproces is een direct gevolg van het feit dat de problemen zich eerst in de beheersfase openbaren en dat er dan veelal sprake is van een grotendeels andere 'bemanning' aan opdrachtgeverszijde. Deze mensen, die weinig of niets van het ontwerp en realisatieproces meegekregen hebben en die veelal geen specialisten zijn in het aan de orde stellen van probleemsituaties in gebouwen, accepteren ingebouwde disfunctionaliteit eerder als een gegeven waarmee men moet leren leven.

Tevens ontbreekt het aan terugkoppeling van operationele ervaringen naar architect, ingenieur en installateur. Het komt mij vreemd voor dat ontwerpbureaus niet of nauwelijks geïnteresseerd zijn in de beheersfase. Wat is uitdagen-

der en leerzamer dan het confronteren van de feitelijke operationele situatie met dat wat je zelf geconcipieerd had? Is 'the proof of the pudding' niet 'in the eating'? Deze wereld aan operationele ervaring kan, indien goed onderzocht, een schat aan informatie en optimaliseringsmogelijkheden opleveren.

Het werk bij Philips-AIB, onder de naam System Know How uitgevoerd, is hiervan een goed voorbeeld. Hierbij werden systematisch de conceptuele ontwerpen van IC-fabrieken en bijbehorende installaties geconfronteerd met de gerealiseerde operationele situaties. Dit leidde tot een duidelijk inzicht ten aanzien van functionaliteit en kosten, zowel initieel als operationeel, of het nu het gebouw als geïntegreerd geheel, een luchtbehandelingsinstallatie of een anderszins relevante installatie betrof. Basis voor alle onderzoekingen was kennis en inzicht zoals verkregen uit de operationele fase of beheersfase.

Onderwijs en Onderzoek

Op diverse plaatsen in deze rede, is grote afstand geconstateerd tussen architecten- en installatiewereld. Deze afstand is zowel oorzaak als gevolg van de hiermee in verband gebrachte problemen, kortom zij **is** het probleem. Een bijdrage leveren aan het weer bij elkaar brengen van beide werelden zie ik als een van de uitdagingen van mijn positie aan de faculteit der Bouwkunde. Grofweg kan deze bijdrage uit twee delen bestaan:

1. Het uitbreiden van het kennisdeel bij architecten om inzicht te verwerven in de gevolgen van hun ontwerpbeslissingen versus installatieconsequenties en vice versa.
2. Het doen van onderzoek op het gebied van creatieve processen om middels de zo verworven kennis randvoorwaarden te kunnen formuleren aan de hand waarvan betere gereedschappen ten behoeve van architecten ontworpen kunnen worden.

Zoals bij velen van u bekend is, heeft de faculteit der Bouwkunde niet mis te verstane kritiek gekregen van de verkenningscommissie Bouwkunde. De faculteit heeft de kritiek ter harte genomen en onder andere de zeer moedige beslissing genomen een geheel nieuw onderwijssysteem te adopteren, te weten het Probleem Gestuurd Onderwijs. Dit in potentie efficiënte onderwijssysteem gaat op dit moment zijn derde jaar in. Het heeft mij verbaasd te zien hoeveel moeite zo'n omvangrijke operatie kost. Ondanks de enorme inzet van het personeel van de faculteit, zal er echter nog veel moeten gebeuren voor deze operatie volledig achter ons ligt.

In het ontwikkelingstraject van deze onderwijsvernieuwing moeten momenteel verankeringspunten gevonden worden waarop de noodzakelijke kennisvermeerdering op het installatietechnische vlak zijn beslag krijgt. Een architect moet geen installatiedeskundige worden, er is echter een minimum aan kennis vereist om als gesprekspartner van andere deskundigen te kunnen fungeren en om de eigen beslissingen te kunnen evalueren. Het vaststellen en aanvullen tot dit mini-

mumniveau in samenhang met het ontwikkelen van een gevoel voor verhoudingen en ordegrootten is de eerste onderwijsopdracht waarvoor ik mij gesteld zie. De huidige 'ongecijferdheid' oftewel wiskundige ongeletterdheid van vele studenten moet hierbij bestreden worden, niet alleen door voldoende technische kennis in het programma op te nemen, maar ook door de architect van morgen gevoel voor mogelijkheden, onmogelijkheden, verhoudingen en orden van grootte van installaties in relatie tot zijn vormgevingsproces te geven.

De eerste onderzoeksopgave waarvoor ik mij gesteld zie, heeft betrekking op de ontwikkeling van evaluatiegereedschappen ten behoeve van de architect. Hierbij zullen wij ons moeten verdiepen in het creatieve vormgevingsproces zèlf om te onderzoeken wat essentiële voorwaarden zijn waaraan gereedschappen en kennisdragers moeten voldoen om zinvol toepasbaar te zijn in de diverse aggregatietoestanden van het ontwerpproces. Dat wil zeggen dat zij zinvolle informatie genereren in relatie tot de beslissingen die op **dat** moment voorliggen. De toekomstige hulpmiddelen zijn mijns inziens niet de goedbedoelde grafiekjes, plaatjes en tabelletjes, die slechts als een geprogrammeerde instructie uitgelezen hoeven te worden. Het moeten gereedschappen zijn die door de ontwerpers zelf gebruikt worden, logisch, als vanzelf en waarbij meerdere applicaties geïntegreerd opgenomen zijn. Er zijn reeds voorbeelden van goed geïntegreerde 'totaalpakketten', waarbij CAD fraai geïntegreerd is met reken- en simulatiemogelijkheden. De wetenschappelijke waarde van de fysische modellen is echter beperkt en daarmee de waarde van de resultaten die ermee verkregen worden. De gereedschappen die momenteel wel voldoende wetenschappelijke basis hebben en qua resultaten internationaal gevalideerd zijn, zijn echter nog steeds 'stand alone'-applicaties, waarbij veelal een academisch gevormd persoon vereist is om de juiste invoer te kunnen genereren en de uitvoer te kunnen interpreteren. Mogelijk bieden ook hier kennissystemen uitkomst bij het invoeren en interpreteren van gegevens binnen dergelijke geïntegreerde applicaties.

Dit onderzoek zal zich vanzelfsprekend niet tot de klimaatinstallaties beperken, maar een zo breed scala van gebouwinstallaties bestrijken als zinvol mogelijk is.

Een tweede mogelijke onderzoekslijn zie ik voor mij als geënt op de System Know How-methode zoals in het voorafgaande kort beschreven, maar dan toe-

gepast op niet-industriële gebouwen en installaties. Een mogelijke condensatiekern waaromheen een dergelijk onderzoek zich zou kunnen vormen zijn de lopende onderzoeksmethodieken ten behoeve van probleemgebouwen, waarbij terugkoppeling van de operationele met de geconcipieerde situaties reeds onderdeel is. Hierbij moet ook verdere integratie van omgevingsgerelateerde en werkgerelateerde factoren ten aanzien van het menselijk welbevinden plaatsvinden. Te veel is getracht problemen die in de dagelijkse praktijk een voortvloeisel zijn van een geïntegreerde omgeving en beleving te verklaren vanuit een monodisciplinair standpunt, of het nu de architectuur, de installatietechniek, de arbeidshygiëne of de psychologie betreft. We moeten leren wat de individuele bijdragen en onderlinge interacties zijn. Hiervoor is een geïntegreerde benadering èn kennis van operationele situaties onmisbaar.

Ik ben ervan overtuigd dat indien we in staat blijken de afstand tussen 'architecten-' en 'installatiewereld' te verkleinen, de installatietechniek weer tot onderdeel in plaats van tot gevolg van de architectonische vormgeving kan worden. Door deze invalshoek hoop ik naast een goede invulling van het onderwijs op Bouwkunde ten aanzien van alle relevante installaties ook de Bouwkundige inbedding van de nieuwe bloedgroep 'Installaties' binnen de Bouwkunde faculteit veiliggesteld te hebben.

Dames en heren,

Toen de uitnodigingen voor deze rede gedrukt waren en een van mijn schoonzussen de titel onder ogen kreeg, was zij zeer teleurgesteld. Zij had minstens iets verwacht waarvan zij de strekking niet zou begrijpen. Ik hoop, nu ik aan het eind van deze rede gekomen ben, drie doelen bereikt te hebben. Ten eerste, hoop ik met deze rede een bescheiden bijdrage aan het bijeenbrengen van architectuur en installatietechniek geleverd te hebben, ten tweede dat voor u mijn positie hierin duidelijk is en ten derde dat mijn schoonzus ten tweeden male teleurgesteld is doordat ik u hier allereerst een begrijpelijke, maar hopelijk ook een interessante lezing gebracht heb.

Tot slot wil ik graag nog enkele personen kort toespreken of noemen:

Hooggeleerde Boeke, beste Wim,

Jij was een van de eersten in Nederland die aan installatietechniek een wetenschappelijke inbedding gegeven heeft. Ook jij was het, die nadruk legde op het belang van een geïntegreerde aanpak van het ontwerpen van gebouwen. Het was jouw visie die ertoe leidde dat te zamen met Euser, Pelser en anderen de VABI werd opgericht. Dankzij jouw initiatieven mogen wij ons in Nederland gelukkig prijzen met dit internationaal gezien unieke platform. Wij hopen jou en Ulla nog lang in ons midden te hebben.

Hooggeleerde Brouwer, beste Jan

In jou dank ik heel de vakgroep Architectonische en Stedebouwkundige Technologie en de Faculteit der Bouwkunde in Delft voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik ben ervan overtuigd dat de faculteit ondanks alle problemen en vooral dankzij de enorme inzet van al haar werknemers zich zal weten om te vormen tot een opleidings- en onderzoeksinstituut waar het excelleren op het gebied van vormgeving op een evenwichtige manier gepaard zal worden aan een goede technische kennis en een goed technisch inzicht.

Hooggeleerde Kouffeld en Den Ouden, beste Rob en Cees

Ook jullie dank ik voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik ben overtuigd van de mogelijkheden en de noodzaak van intrafacultaire samenwerking. Dat dit niet

alleen tot het Delftse beperkt moet worden spreekt voor zich. Ik hoop hier in de toekomst ook mijn bijdrage aan te kunnen leveren.

Een woord van dank aan Philips als bedrijf is op zijn plaats. Het is immers daar waar in de dagelijkse praktijk van industriële en utilitaire bouwwerken de basis gelegd is voor vele van de ideeën die ik nu in onderwijs en onderzoek verder wil uitwerken en verdiepen. Van de vele personen die hierbij genoemd zouden kunnen worden wil ik toch met name het zogenaamde FAB87-team in de personen van Leo van Alphen, Arend-Jan Klinkhamer, Rik van Schuur en Hans Duinker danken voor de uitermate stimulerende discussies en ideeënuitwisselingen.

Beste ouders, en Frits & Noëla,

Het is nu zo'n tien jaar geleden dat jullie hier eveneens in Delft waren voor de uitreiking van mijn bul. In die tien jaar is veel veranderd, de kinderen zijn getrouwd, er zijn kleinkinderen geboren. Ik ben jullie alle vier dankbaar voor de steun die ik in alle jaren van jullie mocht ontvangen en ik ben blij dat met name jullie hier deze dag kunnen meemaken. Pa, je wilde altijd een van ons in het onderwijs en dat is je uiteindelijk gelukt. Wellicht wat anders dan je gedacht had, maar toch.

Tot besluit, lieve Mieke, Wart en Lars,

Het parallel opstarten van twee nieuwe deeltijdbanen heeft naar ik vrees ook mijn vader- en echtgenoot-zijn tot een deeltijdactiviteit gereduceerd. Hoewel daar nu een zekere verbetering in is gekomen, zullen beide banen samen toch aanzienlijk meer tijd blijven vragen dan een normale kantoorbaan. Ik dank jullie voor de steun die jullie mij hierbij geven.

Ik dank u voor uw aandacht.

Literatuurverwijzingen

- H. Baudet, 'De lange weg naar de Technische Universiteit Delft'
- 'Verkenningscommissie Bouwkunde Eindrapportage', Maart 1989
- 'Inleiding en Samenvatting Zelfstudie', Faculteit der Bouwkunde, 16 september 1988
- Cleanroom Technology Forum, Proceedings, p. 1 - 30. Microcontamination Conference 91. San Jose, California.
- M.D. Gross, S.M. Ervin, J.A. Anderson and A. Fleisher. 'Constraints: Knowledge representation in design'School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology, USA. Design Studies, Vol.9, No.3, July 1988.
- Documentatie Bouwtechniek, Bouwkunde Delft. (projectencollege dictaat gebouw Bouwkunde), oktober 1970
- E. Kleijer, G. de Vries, R. Sackman. Module schets A3, 'Gebouw en Techniek', Faculteit der Bouwkunde, mei 1992.
- John Allen Paulos, 'Innummeracy. Mathematical illiteracy and its consequences'.
- Prof.Dr. P.A. Vroon, 'Psychologische aspecten van ziekmakende gebouwen'.
- Statistisch jaarboek 1992. Centraal bureau voor de statistiek.

Bronnen van gereproduceerde afbeeldingen

Fig. 3,5. Thermal Biology Research Unit, King's College London, Dr. R.P. Clark.

Fig. 4 TNO-Bouw, Dr. P.M. Bluyssen.

Fig. 6. Philips, brochure CCPF.

Fig. 7. Philips Nijmegen, poster.

Fig. 8,9. TNO-Bouw, Ir. A.J.Th.M. Wijsman.

Fig. 10,11. TNO-Bouw, Ir. A.D. Lemaire.