Kantoorautomatisering en binnenklimaat (1)

Heroriëntatie op thermische belastingen?

In TVVL Magazine nr 4/'95 wordt een installatieconcept omschreven voor de klimaatregeling van kantoorgebouwen waarmee op flexibele wijze kan worden ingespeeld op de in ruimte en tijd wisselende behoefte aan koeling [1]. De behoefte aan koeling ontstaat door externe en interne thermische belastingen. De ontwerpwaarde van de externe belastingen kan voor één en hetzelfde gebouw wel als constant worden verondersteld. Dit geldt echter niet voor de interne belastingen die inderdaad zowel in ruimte als in tijd kunnen variëren. In ruimte door herindeling van een bepaald gebouw en/of wisseling van huurder. In tijd door variatie van de belasting tijdens de werkdag, maar ook door de technische ontwikkeling op het gebied van kantoorautomatisering gedurende het laatste decennium.

- door ing. B. Bronsema*

Tabel 1 geeft een indicatie van de spreiding in interne belastingen zoals deze anno 1995 in veel kantoorgebouwen wordt aangetroffen. Het is duidelijk de kantoorautomatisering die de grote verschillen veroorzaakt. Vijftien jaar geleden was hiervan nog geen sprake, en misschien zijn we nu al over het hoogtepunt heen. Worden in de toekomst personal computers voor de klimaatregeling van kantoren een verwaarloosbare factor?

EEN STUKJE GESCHIEDENIS

Toen begin tachtiger jaren de eerste beeldschermen op de werkplek verschenen, maakten we ons niet zo druk over de invloed ervan op het binnenklimaat. Het ging meestal om *domme terminals* aangesloten op de mainframecomputer van het bedrijf. De warmteafgifte was laag, en kon gemakkelijk worden opgevangen door de 3 à 5 Watt/m² die we bij koellastberekeningen van kantoorruimten hanteerden voor elektrische schrijfmachines, rekenmachines e.d. In de loop van 1984 begon duidelijk te worden dat we de zaak ernstiger moesten nemen. Een vooruitziende opdrachtgever uit de banksector confronteerde ons bij de planontwikkeling van een nieuw kantoorgebouw voor een verzekeringsdochter met de snelle ontwikkelingen op het gebied van kantoorautomatisering. Op grond van belastingmetingen aan een grote verscheidenheid van apparaten en een prognose van de te verwachten terminaldichtheid in de komende jaren, werd besloten uit te gaan van een warmteafgifte van 20 Watt/m² (200 Watt per werkplek van 10 m²). De hierbij gehanteerde prognose van de te verwachten terminaldichtheid zag er als volgt uit:

- 1990 - 1 op 2 werkplekken
- 1995 ... 2000 - 1 per werkplek

Deze prognose werd ondersteund door een Amerikaans onderzoek uit 1985 [2], waarin de verwachting werd uitgesproken dat in 1990 85% à 90% van de kantoorwerkers elektronische werkstations zouden gebruiken voor een deel van hun werk, met name het routinematige deel.
De penetratiegraad van personal printers was destijds nog gering, ca. 10%. De geruisloze laserprinter was nog niet op de markt.

Medio 1986 werd door ons een onderzoek uitgevoerd bij het ministerie van VROM. Doel hiervan was het verzamelen van informatie voor het Programma van Eisen t.b.v. de nieuwe Hoofdzetel in Den Haag.
De volgende ontwikkelingen werden hierbij gesignaleerd [3].

- terminaldichtheid op de werkplek 1:1;
- snelle verschuiving van monochroom- naar kleurenschermen;
- toenemend gebruik van intelligente terminalsystemen met lokale netwerken;
- toenemend gebruik van kleine printers op de werkplek.

Op basis van nieuwe belastingmetingen werden de specifieke thermische

* Ketel raadgevende Ingenieurs bv, Delft

noodzakelijk geworden om vast te leggen welke minimum kwaliteit tenminste moet worden gerealiseerd.

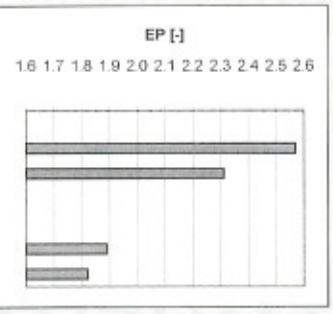
TENSLOTTE

In dit artikel is het effect getoond van een aantal bouwkundige en installatietechnische maatregelen op de EP. Aangegeven is dat door het toepassen van hoogrendementsbeglazing, HR-ketel, warmtewiel voor warmteterugwinning, terugregeling van het ventilatiedebiet (in de winterperiode), hoogfrequente verlichting in combinatie met veegschakeling (en soms dimlichtschakeling) en een beperkt raampercentage (< ca. 50%) in de gevel, aan de energieprestatie eis EP<1,9 zou moeten kunnen worden voldaan.
Voor de varianten die met het 'basis' aan EP<1,9 voldoen, zal voor een aantal gelden dat met wat minder energiebesparende maatregelen had kunnen worden volstaan dan die in het 'basispakket' zijn opgenomen.
Voor de onderzochte varianten is bevochtiging buiten beschouwing gelaten.
Het blijkt dat het percentage raam in de gevel een relatief groot effect kan hebben op de EP-waarde. Berekeningen aan wat complexere gebouwen leiden veelal tot de slotsom dat naast het bovengenoemde pakket van energiebesparende maatregelen inclusief verlichtingsregelingen, met 35% raam in de gevel en R_c-waarden voor dichte geveldelen van gevels en daken van 3,0 m^2K/W aan de energieprestatie-eis kan worden voldaan. In ieder geval geldt dit voor de klimatiseringssystemen topkoeling, VAV, vierpijpsinductie of fancoilsystemen en koelplafonds.
Hogere percentages raam zijn wel mogelijk als elders aanvullende energiebesparende maatregelen worden getroffen, zoals energiezuinige ventilatoren, meer terugregeling van het debiet in de winterperiode, toepassen van recirculatie (minder wenselijk vanuit het oogpunt van gezond bouwen), glas met een lagere U-waarde, hogere COP-waarden voor koelmachines ("gelijkwaardige oplossing"), maar ook bijvoorbeeld compact bouwen. Dit laatste kan leiden tot een totaal gewijzigd gebouwontwerp.

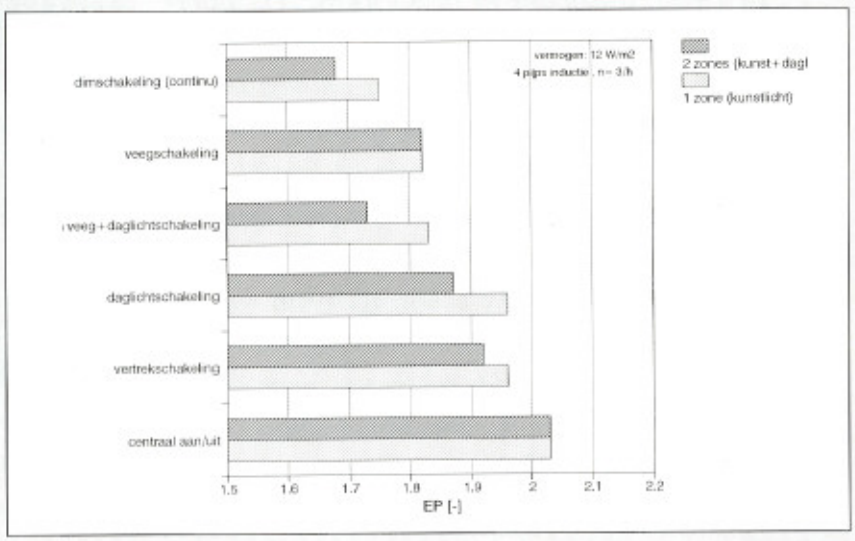
Om aan de energieprestatie-eis te kunnen voldoen zijn er verschillende bouwkundige en installatietechnische maatregelen die tot een goede oplossing kunnen leiden. Getracht moet worden hieruit die oplossing te selecteren, die acceptabel is bezien vanuit de architectuur, arbeidsomstandigheden, maar ook uit het oogpunt van de kosten (stichting en onderhoud). Voor ieder project ontstaat zo een "optimaal" pakket aan maatregelen.

Voetnoot: de energieprestatieberekeningen voor dit voorbeeldgebouw zijn uitgevoerd in opdracht van Novem bv.

	Varianten systeem VAV n = 5 [h^{-1}]	EP
	Reductie debiet (+ toerenregeling)	
1	zonder wtw, met reductie terugregeling debiet 20%	2.57
2	zonder wtw, met reductie terugregeling debiet 40%	2.31
	Warmteterugwinning	
3	zie 2, met warmteterugwinning (rendement 60%)	1.89
4	zie 2, met warmteterugwinning (rendement 70%)	1.82



EFFECT VAN WARMTETERUGWINNING EN TERUGREGELING VAN HET DEBIET
-FIGUUR 4-



EFFECT VAN VERLICHTINGSREGELINGEN EN DAGLICHT/KUNSTLICHTSECTOREN OP DE EP
-FIGUUR 5-

KADER 3: Gegevens over de energieprestatienorm in het Bouwbesluit

De toetsvoorwaarde voor de EP voor kantoren zal waarschijnlijk 1,9 worden (-).

De aangehouden waarden voor compensatie voor ventilatie, koeling en verliesoppervlakte zijn voor het voorbeeld: c_{vent}=135, c_{koel}=4, $c_{verlies}$=0,20.

Voor de minimum ventilatie voor kantoorgebouwen is aangehouden 1,3 dm^3/ (S. m^2 verblijfsgebied).

LITERATUUR

1 *ISSO-SBR 300 Energie-efficiënte kantoorgebouwen; binnenklimaat en energiegebruik*, Rotterdam, 1994
2 *NEN 2916 - Energieprestatie van Utiliteitsgebouwen; bepalingsmethode*, NNI, 1994
3 *NPR 2917 - delen 1 en 2: Energieprestatie van utiliteitsgebouwen, computerprogramma EPU versie V2.0 met handleiding en enkele uitgewerkte voorbeelden*, NNI, (publicatie verwacht in april-mei 1995)

belastingen (= warmteafgifte) bepaald, volgens tabel 2.
Op basis van dit onderzoek werd geadviseerd uit te gaan van een warmteafgifte van 20 W/m².
Een Duitse studie uit 1989 [4] gaf als slotconclusie van het onderzoek het advies uit te gaan van een warmteafgifte van 240-300 Watt per werkplek. Men baseerde dit mede op een verwachte toename van laserprinters, telefax, beeldtelefoon e.d. op de werkplek. Op een werkplek van 10 m² betekent dit 24-30 W/m², duidelijk hoger dan de eerdergenoemde cijfers. In Duitsland gaat men overigens uit van 12 m² per werkplek, waardoor de specifieke warmteafgifte in Watt/m² wordt gereduceerd.

Tenslotte wordt een onderzoek van DGMR uit 1990 gememoreerd, opgesteld in opdracht van de RGD [5]. Op basis van metingen en berekeningen kwam men voor verschillende vertrektypes en configuraties tot de warmteafgiften in Watt/m² volgens tabel 3.

Van 1985 tot 1990 is er in de kantoorautomatisering veel veranderd, maar onze eerste aanname voor de warmteafgifte van 20 Watt/m² (uit 1984) bleek er niet veel naast te zitten. Hoe is de stand nu, 10 jaar later? Het is belangrijk deze vraag onder ogen te zien, want de warmteafgifte van apparatuur in een dergelijke orde van grootte heeft grote invloed op het ontwerp en de capaciteit van de klimaatinstallatie, en op de kwaliteit van het binnenklimaat.

KANTOORAUTOMATISERING EN KLIMAATREGELING

Bij het begin van de bovengeschetste geschiedenis (1984) hadden we net een ontwikkeling achter de rug waarbij de klimaatregeling van kantoorgebouwen steeds eenvoudiger werd. Grote ramen, vaak met binnenzonwering, kenmerkend voor de jaren '60, waren geleidelijk vervangen door kleine ramen met een doeltreffende zonwering, waardoor de externe thermische belasting sterk werd gereduceerd. Hoge verlichtingsniveaus, 1.000 tot 1.500 Lux met inefficiënte armaturen werden, mede door sterk stijgende energiekosten, vervangen door niveaus van rond 500 Lux met hoogrendementsarmaturen, waardoor de interne thermische belasting sterk werd verminderd. Eenvoudige klimaatregelsystemen konden hierdoor populair worden, met name mechanische ventilatiesystemen, al dan niet uitgevoerd met topkoeling. Voor gebouwen met wat hogere thermische belastingen en/of hogere klimaateisen werd het variabel debietsysteem (VAV) favoriet. Door de ontwikkelingen in de kantoorautomatisering werd de behoefte aan koeling groter. En door de grote verschillen in de interne thermische

Thermische belasting Watt/m²				
Warmtebron	**Laag**	**Normaal**	**Hoog**	**Zeer hoog**
Personen	≤ 8	10	10	10
Verlichting	5	10	10	15
P.C.'s e.d.	≤ 7	15	25	≥ 35
Totaal	≤ 20 (57%)	35 (100%)	45 (129%)	≥ 60 (171%)

INTERNE THERMISCHE BELASTINGEN IN KANTOORRUIMTEN
-TABEL 1-

3-Persoonskamer - fno = 19,0 m² *	-	15 ÷ 25 Watt/m²**
2-Persoonskamer - fno = 15,5 m² *	-	8 ÷ 24 Watt/m²**
1-Persoonskamer - fno = 14,0 m² *	-	3 ÷ 13 Watt/m²**

* fno = functioneel nuttig oppervlak
** hoogste waarden: *intelligente terminals* + 1 printer per kamer
laagste waarden: *domme terminals* - geen printers

WARMTEAFGIFTE KANTOORAPPARATUUR ONDERZOEK **VROM**
-TABEL 2-

Vertrektype	Oppervlak fno (m²)	Vermogen per oppervlak (W/m²)			
		configuratie A		configuratie B	
1 persoonskamer	10	per	9	per	21
	12	unit	7	unit	18
	16	85	5	211	13
	20		4		11
2 persoonskamer	12	154	13	331	28*-23**
	14		11		23*-19**
3 persoonskamer	18	224	12	451	25*-22**
	20		11		23*-19**

* = bij 1 laserprint per kamer
**= bij 1 laserprint per 2 kamers

De samenstelling van configuratie A en B werd als volgt aangegeven:

A - 1 PC - XT per persoon
- 1 monochroom scherm per persoon
- 1 matrixprinter per kamer

B - 1 PC - AT per persoon
- 1 kleurenscherm per persoon
- 1 laserprinter per kamer

WARMTEAFGIFTE KANTOORAPPARATUUR VOLGENS [5]
-TABEL 3-

belastingen die per vertrek kunnen optreden (zie tabel 2 en 3) moest de koeling tevens goed regelbaar zijn. In eerste instantie losten wij dit probleem eenvoudigweg op door toepassing van VAV systemen met grotere capaciteit. De circulatiefrequentie (= luchtwisselingen per uur) werd verhoogd van rond 5 x per uur naar 7 à 8 x per uur en de inblaastemperatuur werd verlaagd van 15° à 16° naar 14°C of lager. Onder deze condities bleek echter zonder kunstgrepen een tochtvrije luchtverdeling nauwelijks meer te realiseren te zijn, waardoor de thermische behaaglijkheid geweld werd aangedaan. Bovendien moest ter besparing op het energiegebruik een groot deel van de lucht worden gerecirculeerd, wat negatief uitwerkt op de luchtkwaliteit. Eén en ander is uitvoeriger omschreven in ref. [6] en [7].

WAAR GAAT HET MET DE WARMTEAFGIFTE NAAR TOE?

Van meet af aan zijn er binnen en buiten ons vakgebied mensen geweest die zeiden dat het met de warmteafgifte van kantoorautomatiseringsapparatuur zo'n vaart wel niet zou lopen. Vaak was de wens hierbij de vader van de gedachte.

De volgende argumenten werden gehoord:

- De industrie zal heel spoedig energiezuiniger apparatuur gaan leveren, waardoor het probleem zichzelf op korte termijn opheft.
- Warmteproducerende apparatuur behoort in een separate ruimte, en niet in de kantoorruimte te worden opgesteld.
- De apparatenwarmte behoort niet in de ruimte terecht te komen, maar moet direct worden afgezogen.
- Computers zullen in de toekomst helemaal geen warmte meer afgeven, door toepassing van optische technieken en supergeleiding.

Al deze argumenten bevatten wel een kern van waarheid. De apparaten zijn inderdaad relatief een stuk zuiniger geworden, maar door kwaliteitsverbetering (o.a. kleur) en krachtiger systemen is desondanks de warmteafgifte niet afgenomen. Eerder is door een grotere penetratie van o.a. printers de warmteafgifte nog gestegen.
Het wordt verder als onpraktisch ervaren een *personal* printer elders op te stellen. En wat te denken van de *personal fax*, de *personal beeldtelefoon*, de *personal papierversnipperaar*, de *personal ionizer*, de *personal copier*, e.d.?

Directe afzuiging is in principe uitstekend, maar de apparaten zijn daarvoor normaliter niet geschikt, en de benodigde afzuiginstallatie is ingewikkeld en kostbaar, visueel niet erg aantrekkelijk en fnuikend voor de gewenste vrije plaatsing van meubilair.

Misschien krijgen we in de toekomst apparaten met een verwaarloosbare warmteafgifte. Maar voorlopig is het nog niet zover, en ik hoop vurig dat de mensen die op grond van deze verwachting gebouwen met behulp van *natuurlijke ventilatie* willen koelen de realiteit anno 1995 onder ogen zullen willen zien.

METEN IS WETEN

Tien jaar geleden kwamen we er al gauw achter dat het maximaal opgenomen vermogen van (beeldscherm) terminals e.d. veel kleiner was dan de fabrieksopgave volgens de naamplaatjes. Op grond van metingen aan vele apparaten werd destijds een gemiddelde belastingfactor van ruim 0,5 berekend (spreiding ca. 0,3...0,6). Latere metingen hebben dit bevestigd [3,5]. Blijkbaar heeft de fabrieksopgave uitsluitend betrekking op het netdeel en/of de interne zekering van het apparaat.

Bij de metingen bleek verder de belasting van terminals in stand-by en in operationele stand vrijwel gelijk te zijn. Direct nà inschakeling was de belasting iets hoger, maar dit was verder niet relevant. We gingen er daarom vanuit dat terminals de gehele werkdag waren ingeschakeld en dus warmte afgaven, conform de gemeten belastingen met hoogstens een onderbreking in de lunchpauze.

Voor printers werd wel een belangrijk verschil gemeten tussen de stand-by en de operationele stand. Op basis van een geschatte procentuele tijdverdeling tussen beide standen kon echter een gemiddelde belasting over de werkdag worden bepaald [5].
Over het invoeren van een gebruiks- en/of een gelijktijdigheidsfactor voor alle warmtebronnen in een ruimte tezamen is wel nagedacht, maar zover mij bekend is daarin weinig of geen onderzoek gedaan.
Een dergelijke factor zou de invloed kunnen weergeven van:

- het niet gelijktijdig optreden van de maxima van de verschillende interne warmtebronnen (apparatuur, verlichting en personen);
- glijdende werktijden, deeltijdwerk, afwezigheid, verzuim e.d.;
- werkelijke inschakeltijd van terminals e.d. door de gebruiker;
- wettelijke beperkingen op het aantal uren beeldschermarbeid per dag.

Recentelijk zijn de resultaten bekend geworden van in Zwitserland en de Verenigde Staten uitgevoerd onderzoek naar grootte en gelijktijdigheid van interne thermische belastingen in kantoorgebouwen. In deel (2) van dit artikel zal over dit onderzoek verslag worden uitgebracht. Tevens zal worden ingegaan op de ontwikkeling van een nieuwe generatie P.C.'s en monitoren met een zeer laag stand-by vermogen.

REFERENTIES

1 Bronsema B. (1995) *"Binnenklimaat op Maat: Idee en Realisatie"* TVVL Magazine nr. 4/'95

2 Stanford Research Institute (1985) *"Office Automation trends and opportunities"*

3 Ketel raadgevende ingenieurs bv *"Thermische belastingen door kantoorautomatisering"* Rapport V19/18 d.d. 18 juli 1986 (ongepubliceerd)

4 Oesterle Dr. Ing. Eberhard (1989) *"Des Büro der Zukunft und seine Einrichtungen-Auswirkungen auf Wärmelast von Innenräumen"* Tagungsband der Symposiums "Gestörtes Wohlbefinden in Innenräumen" 23-26 Oktober 1989

5 DGMR raadgevende ingenieurs bv (1990) *"Onderzoek warmteafgifte automatiseringsapparatuur in kantoorvertrekken"* Rapport nr. M.89.175 A d.d. 16 februari 1990

6 Bronsema B. (1993) *"Ontwikkelingen in de installatietechniek"* Binnenmilieu nr. 2/tweede jaargang - 25 februari 1993

7 Bronsema B. (1993) *"Plafondkoeling"* Binnenmilieu nr. 3/tweede jaargang - 1 april 1993