

# Duurzaam bouwen en facility management

Een programma van eisen voor de nieuwbouw van een gebouw dat door een duurzaam denkende facility manager wordt opgesteld zou kunnen worden samengevat in een 'mensvriendelijk gebouw' dat 'flexibel indeelbaar' is en 'lage exploitatiekosten' heeft. Zo op het eerste gezicht heeft dit niets te maken met duurzaam bouwen. In dit artikel kunt u lezen dat het tegendeel waar is.

► de heer R.W. van der Plas

## mensvriendelijk gebouw en duurzaam bouwen

Een duurzaam gebouw is bovenal mensvriendelijk. Als dat namelijk niet het geval is dan zal na een relatief korte periode het gebouw aangepast of zelfs gesloopt moeten worden, hetgeen een flinke milieubelasting oplevert. Een mensvriendelijk gebouw kenmerkt zich door laagdrempeligheid, openheid en goede combinaties van materiaalafwerking en kleuren. Kortom goede gebouw- en interieurarchitectuur. Daarnaast kenmerkt een mensvriendelijk gebouw zich in een behaaglijk binnenklimaat in alle weersomstandigheden en een optimaal welbevinden ten aanzien van daglicht en kunstverlichting.

## flexibele indeling en duurzaam bouwen

De indeling van een gebouw wordt over het algemeen na een vrije korte tijd aangepast. Om een flexibel in te delen gebouw te realiseren dient het gebouw bouwkundig een heldere structuur te bevatten en de infrastructuur van de installatie moet hierop zijn afgestemd. Indien dit niet het geval is zal veel materiaal gedurende de looptijd van het gebouw moeten worden ingebracht en verwijderd. Dit materiaalgebruik heeft directe invloed op de duurzaamheid van het gebouw.

## lage exploitatiekosten en duurzaam bouwen

Een duurzaam gebouw heeft een directe relatie met de exploitatiekosten. Lage exploitatiekosten worden vooral verkregen indien het gebouw met z'n technische voorzieningen zodanig wordt ontworpen

dat het energieverbruik is geminimaliseerd. Dit heeft direct invloed op de duurzaamheid. Daarnaast zal weinig onderhoud tot gevolg hebben dat hiervoor weinig materiaal behoeft te worden gebruikt. Hoe minder materiaalgebruik des te meer duurzaam het gebouw is. Ook noemen we de storings- en beheerskosten. Gebouwinstallaties met veel storingen vragen veel aandacht van de beheerder en zullen over het algemeen meer energie vragen dan stabiel draaiende installaties. Ook deze exploitatiekostenelementen hebben dus invloed op de totale duurzaamheid van een gebouw.

## van programma van eisen naar oplossingen

Een ontwerp voor een mensvriendelijk en flexibel in te delen gebouw met zo laag mogelijk exploitatiekosten kan de volgende kenmerken hebben:

- minimaliseren warmte en koude vraag;
- optimaal gebruik van de zon;
- hightech of eenvoudige installatievoorzieningen.

## minimaliseren warmte en koude vraag

In gebouwen waarin de warmte en koude vraag nul is zullen klimaatinstallaties overbodig zijn. Dit is een utopie, maar het streven om de warmte en koude vraag zo laag mogelijk te houden heeft direct tot gevolg dat zo min mogelijk warmte en koude energie behoeft te worden geleverd aan het gebouw. De warmte en koude vraag kan worden geminimaliseerd door de volgende maatregelen:

- goede isolatie van de schil van het gebouw;
- via de gevel en dak de zonnewarmte

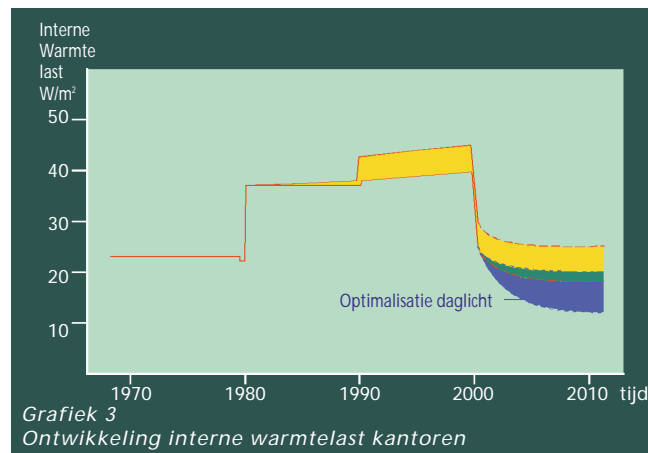
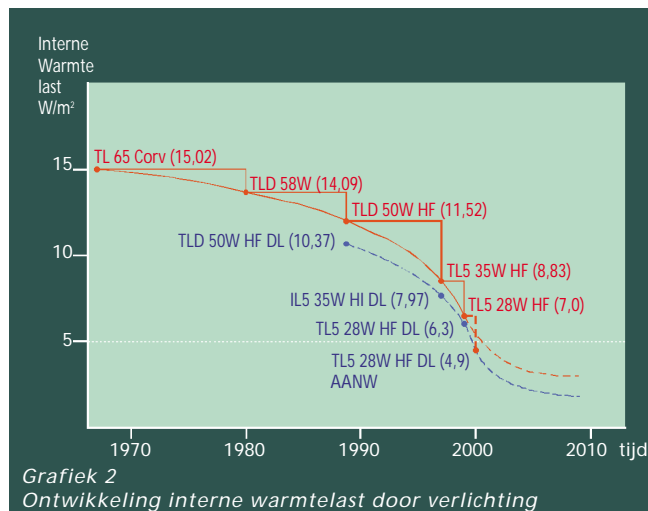
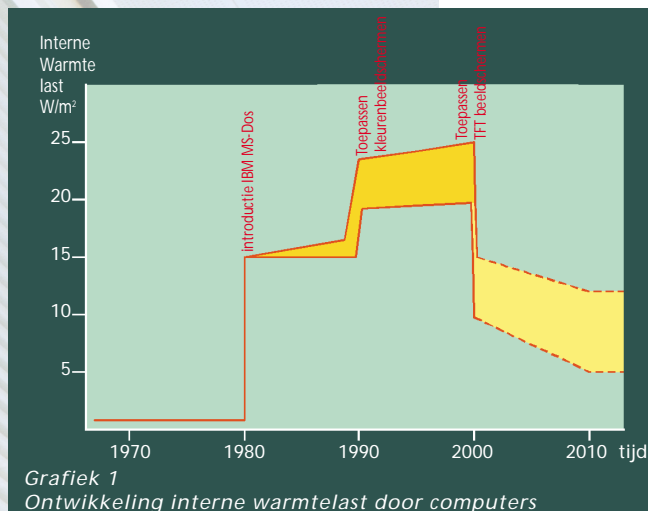


doorlaten bij warmtevraag en weerkaatsen bij koudevraag;

- het daglicht zoveel mogelijk en zo efficiënt mogelijk in de gebruikersruimte binnen laten;
- de interne warmtelast door verlichting, personen en computers vooral in zomertijd te minimaliseren.

## minimaliseren warmtelast

Om een beeld te krijgen hoe interne warmtelasten kunnen worden geminimaliseerd is een kleine terugblik in de geschiedenis en een blik in de toekomst noodzakelijk. De interne warmtelast in kantoorgebouwen wordt veroorzaakt door computers, verlichting en personen. De toename van de interne warmtelast wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de ontwikkeling van de personal computer, zie grafiek 1. In 1980 heeft IBM de personal computer geïntroduceerd met het MS-DOS besturingssysteem. Deze computers verbruikten ongeveer 150 W. Bij één persoon per 10 m<sup>2</sup> geeft dit een interne warmtelast van 15 W/m<sup>2</sup>. Eind jaren 80 is een forse toename in de interne warmtelast



door computers ontstaan door het globaal gebruik van kleurenbeeldschermen. Hierna is een relatief geringe toename ontstaan door de steeds snellere processoren en krachtigere machines. De huidige configuraties verbruiken tussen de 200 en 250 ofwel 20 à 25 W/m<sup>2</sup>. In de huidige ontwikkeling is echter gebleken dat door de Thin Film Transistor (TFT) monitors de interne warmtelast sterk kan teruglopen. Een vergelijk is bijvoorbeeld:

	power consumption		power save mode
17 inch beeldbuismonitor	140 W	<	12 W
18,1 inch TFT monitor	48 W	<	3 W

(gegevens ontleend van de technische specificaties van leveranciers)

De interne warmtelast wordt hierdoor verlaagd tot 10 à 15 W/m<sup>2</sup>. Een verdere afname kan worden gerealiseerd als de 'power save mode' van de computer actief wordt gemaakt. Deze worden door de systeembeheerders niet actief ingesteld. Indien de 'power save mode' wordt geacti-

veerd dan zal de gemiddelde interne warmtelast verder afnemen en zal, afhankelijk van het gebruikpercentage, de interne warmtelast tussen de 5 en 12 W/m<sup>2</sup> kunnen gaan bedragen. Ook de ontwikkeling van de verlichting heeft een enorme invloed op de interne warmtelast. De ontwikkeling van de verlichting is weergegeven in grafiek 2. Hier zien we dat het elektrisch vermogen en dus ook de interne warmtelast door verlichting tussen 1970 en heden is gehalveerd van 15 W/m<sup>2</sup> naar 7 W/m<sup>2</sup>. Indien daglichtregeling en aanwezigheidsschakelingen worden toegepast dan is een verlaging met de huidige techniek zelfs mogelijk tot 5 W/m<sup>2</sup>. Overdag is de interne warmtelast door verlichting zelfs tot nul terug te brengen indien optimaal gebruik gemaakt wordt van het daglicht. Tenslotte is de interne warmtelast van personen door de jaren heen onveranderd ca. 8 W/m<sup>2</sup> bij één persoon per 10 m<sup>2</sup>.

#### technisch in staat

Indien we de ontwikkeling van de interne warmtelasten door computers, verlichting

en personen bij elkaar optellen ontstaat grafiek 3. Uit deze grafiek blijkt dat wij nu al technisch in staat zijn om de interne warmtelast gelijk of zelfs lager dan voor de introductie van de PC te krijgen. Hierdoor krijgen gebouw- en installatieconcepten die voor 1980 werden toegepast weer een kans.

#### optimaal gebruik van de zon

De zon is de bron van alle energie. De primaire vormen van de energie die wij direct op aarde ervaren zijn het daglicht en de stralingswarmte. Deze twee primaire energievormen worden op natuurlijke wijze direct omgezet in de secundaire energievormen windenergie, waterkringloop en groei van de flora en fauna. Eeuwenlang heeft de zon zorg gedragen voor accumulatie van energie in de aardbodem in de vorm van fossiele energie waarvan wij in de afgelopen eeuw dankbaar gebruik hebben gemaakt. De laatste decennia zijn wij bewust geworden dat er roofoverbouw wordt gepleegd op deze voorraad energie, die van oorsprong zonne-energie moet zijn geweest. Om deze roofoverbouw een halt

ZONNE-ENERGIE VORMEN		BRUIKBARE ENERGIEVORMEN KORTE TERMIJN		BRUIKBARE ENERGIE- VORMEN LANGE TERMIJN
PRIMAIR WARMTE	SECUNDAIR	DIRECT opwarmen gebouwen via ramen, serres en atria natuurlijke ventilatie geforceerde ventilatie via wind 'GEK'	INDIRECT warmte uit zonnecollectoren	
	WIND		elektriciteit via windmolens	
	WATER- KRINGLOOP		elektriciteit via watermolens en stuwdammen	fossiele energie
LICHT + WARMTE	GROEI		warmte en elektriciteit via verbranding van hout en biogassen	
LICHT		daglichtgebruik		

toe te roepen moeten we zoveel mogelijk direct of indirect gebruik maken van de primaire en secundaire zonne-energie die op de aarde beschikbaar is. De mogelijkheden om van de zonne-energie gebruik te maken in de gebouwde omgeving zijn velerlei en is in het schema op pagina 24 aangegeven. Het Nederlandse landoppervlak ontvangt direct een hoeveelheid zonne-energie die overeenkomt met 40 à 50 maal ons jaarlijks energieverbruik. Binnen de dampkring gezien geeft de zon in één uur meer energie dan de hele mensheid in één jaar verbruikt. Daarnaast beweren wetenschappers dat zonne-energie pas over 5 miljard jaar ophoudt. Het hiervoor gestelde geeft aan dat primaire en secundaire zonne-energie direct en indirect voldoende aanwezig is om zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen, gebouwen te voorzien van alle benodigde energie. Zonne-energievormen die in en aan gebouwen kunnen worden toegepast zijn:

- foto voltaïsche zonne-energie (de belangrijkste duurzame energiebron van de 21e eeuw) waarbij licht wordt omgezet in elektriciteit;
- zonnecollector waarbij zonnewarmte wordt gebruikt om water op te warmen;
- windmolen energie (de tweede belangrijkste duurzame energiebron van deze eeuw) waarbij wind wordt omgezet in elektriciteit;
- wind gedreven ventileren waarbij positieve en negatieve winddrukken worden gebruikt om een gebouw zonder gebruik van mechanische ventilatoren te ventileren;
- zonnewarmte en zonnelicht die door

transparante delen van het gebouw kunnen worden doorgelaten.

Voor al het optimaal gebruik van zonnewarmte en zonlicht dat door de transparante delen van het gebouw geregeld kan worden doorgelaten is een eis die aan duurzame gebouwen moet worden gesteld.

### daglicht en zonnewarmte

Verlichting in gebouwen verbruikt ongeveer 25% van al onze elektrische energie. Het paradoxale is dat verlichting vaak wordt ingeschakeld om helderheidsverschillen te compenseren, en dat op momenten van de dag waarbij de zon zeer veel daglicht beschikbaar stelt. Verlichting is duur, duurder dan de meeste mensen zich realiseren. De kosten bestaan niet alleen uit de kosten voor de aanschaf van armaturen, het verwisselen van lampen en de energie. In kantoren moet ook nog eens 10% van de totale kosten worden besteed aan koeling en ventilatie voor het afvoeren van de warmte die bij de ingeschakelde verlichting vrijkomt. De zon schijnt in Nederland circa 1500 uur per jaar. Voor daglichtberekeningen onderscheiden we 3 soorten hemels, namelijk de heldere hemel (minder dan 30% bewolking) de bewolkte hemel (tussen 30% en 70% bewolking) en de bedekte hemel (meer dan 70% bewolking).

### daglicht en welzijn

Een mens presteert bij daglicht beter dan bij kunstlicht. Onderzoeken hebben aangetoond dat mensen bij gebruik van daglicht minder snel moe worden en minder fouten maken, dan bij gebruik van kunstlicht. Dit wordt veroorzaakt doordat dag-

licht het volledige spectrum van licht bevat. Volgens de wettelijke voorschriften dienen ruimten waarin mensen langer dan twee uur kunnen verblijven, voorzien te zijn van tenminste één buitengevel met één raam, zodat visueel contact met de buitenomgeving mogelijk is en daglicht kan toetreden in de ruimte. Qua verlichtingsprincipe is een ruimte goed ontworpen indien de helderheidsverschillen zo klein mogelijk zijn en het daglicht zo gelijkmatig en diep mogelijk de ruimte kan binnendringen. Helderheidsverschillen worden geoptimaliseerd door het toepassen van neutrale, lichte kleuren in het interieur en een goede lichtwering in de gevel.

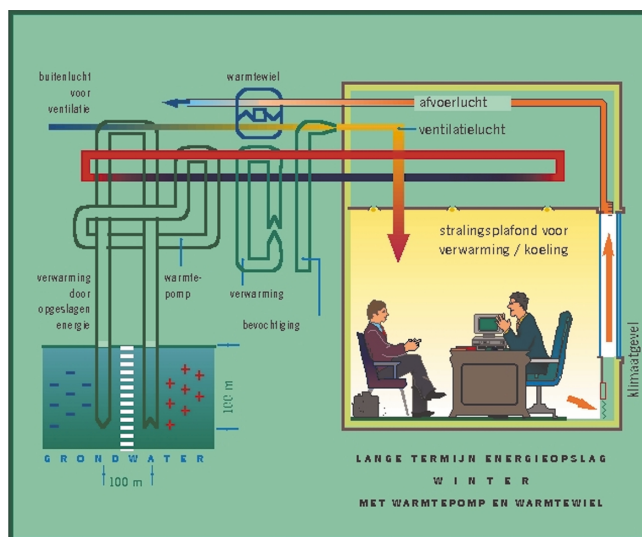
### optimalisatie van daglicht

Om via de gevel een gelijkmatig daglichtniveau diep in het vertrek te kunnen bereiken zijn een aantal bekende oplossingen voorhanden, zoals een lichtzwaaier, translucente materialen, prismatoepassingen en spiegelende lamellen. Van belang bij het toepassen van deze oplossingen is dat bij het doorlaten van daglicht door de gevel de warmte in de zomer wordt geweerd en in de winter juist wordt doorgelaten. In een door Halmos in 1998 uitgevoerde studie blijkt dat het toepassen van spiegelende lamellen de beste resultaten oplevert. De spiegelende lamellen kunnen zodanig worden gestuurd dat zonnewarmte wordt doorgelaten of juist terug naar buiten wordt gespiegeld. Ook kan de hoeveelheid doorgelaten daglicht met de lamellen worden gestuurd.

Het blijkt dat met een smal en hoog raam een beter daglichtresultaat wordt bereikt in de binnenruimte dan met een breed en minder hoog raam. De bovenkant van het raam moet bij voorkeur aansluiten op het plafond. Een raam van 1,2 m breed en 1,8 m hoog per 1,8 m gevel stramien is de optimale maatvoering. Eeuwen geleden was dit al bij architecten bekend, denk bijvoorbeeld aan de hoge statige ramen, van gebouwen uit de 17e eeuw.

### daglicht, kunstlicht en energie

Kunstlicht dat goed is afgestemd op een daglichtsysteem is van groot belang. Een algemene verlichting om de helderheidsverschillen in de ruimte kleiner te maken is vaak belangrijker dan het verlichtingsniveau per werkplek te verhogen. Over het



algemeen wordt een minimaal verlichtingsniveau van 400 lux op de werkplek geëist. Uit onderzoek is gebleken dat een verlichtingsniveau van 300 lux in een bij daglicht verlichte ruimte met geringe helderheidsverschillen als voldoende wordt ervaren. Resultaat hiervan is dat het kunstlicht minder vaak wordt ingeschakeld. Door optimalisatie van daglichtgebruik kan op het elektrisch verbruik van kunstverlichting aanzienlijk worden bespaard. Voor kantoren kan de besparing bij gebruik van daglicht maximaal oplopen tot zo'n 60 à 70% op de verlichtingsenergie.

### hightech of eenvoudige installatie voorzieningen

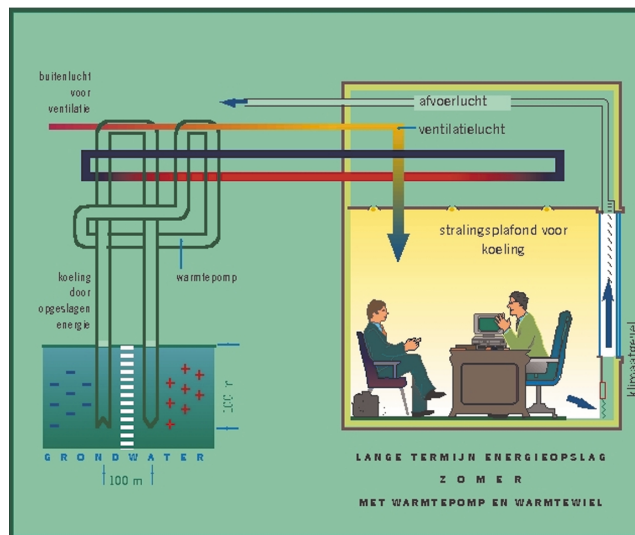
De keuze voor een hightech-, of een eenvoudige installatievoorziening was tot voor kort geleden relatief eenvoudig, namelijk in een kantoorgebouw waar veel met computers wordt gewerkt, is mechanische koeling een noodzaak. Echter door nieuwe technieken op computergebied en steeds energiezuinigere verlichting en door de huidige visies op daglichtsturing door gevels kan de keuze weer moeilijker worden. Het zal echter altijd zo blijven dat een gebouw in een langere warme periode (langer dan 5 dagen) te warm wordt indien geen koeling wordt toegepast. Bijvoorbeeld het instellen van andere werktijden (tropenrooster) kan dan een mogelijke oplossing bieden. Indien voor natuurlijke ventilatievarianten wordt gekozen dan moet men zich realiseren dat door het ontbreken van warmterugwinmogelijkheden het energieverbruik en dus de duurzaamheid nadelig kan worden beïnvloed. Dit kan zelfs slechter zijn dan

bij een mechanische luchttoevoer en een afvoersysteem met warmterugwinning en koeling.

### klimaatkwartet

Als de eis wordt gesteld dat het klimaat in het gebouw te allen tijde optimaal en het energieverbruik zo laag mogelijk moet zijn, dan kan alleen met een hightechinstallatie aan die eis worden voldaan. Een voorbeeld van een dergelijk installatievariant is het klimaatkwartet. Dit klimaatkwartet bestaat uit de toepassing van een klimaatgevel, een klimaatplafond, lange termijn energieopslag met integratie van een warmtepomp. Met deze combinatie wordt een optimaal resultaat bereikt doordat deze systemen door de gematigde temperatuurniveaus zeer geschikt zijn om goed samen te werken. Een klimaatgevel met een klimaatplafond geeft namelijk een optimaal comfort doordat de stralingstemperatuur zeer gelijkmatig over de ruimte verdeeld is. De samenwerking met een klimaatplafond met energieopslag en warmtepomp is optimaal omdat met een relatief hoge watertemperatuur wordt gekoeld (15/18°C) en een relatief lage watertemperatuur wordt verwarmd (30/40°C).

Bij deze temperatuurniveaus werkt een energieopslagsysteem in de bodem en een warmtepomp optimaal. Een installatie zoals in het hierboven omschreven klimaatkwartet is circa 60 à 70% energiezuiniger dan een installatie met HR-ketels, mechanische koelmachines en een ventilatieinstallatie met warmterugwinning. Dergelijke installaties vragen wel meer inspanning van de gebouwbeheerder en



vragen meer onderhoud dan eenvoudige natuurlijke ventilatiesystemen.

### conclusies

In het kader van dit artikel kan natuurlijk niet worden ingegaan op alle aspecten ten aanzien van duurzaam bouwen en facility management. Wel kunnen we enkele conclusies maken.

- Mensvriendelijkheid is de belangrijkste duurzaamheidsfactor van een gebouw;
- Flexibele indeelbaarheid kan bijdragen aan de duurzaamheid van een gebouw;
- Hoe lager de exploitatiekosten des te duurzamer het gebouw is;
- Het bouwen (ontwerpen) op de zon heeft een positieve invloed op de exploitatie en dus de duurzaamheid van het gebouw;
- Het beleid op aanschaf en gebruik van computers heeft een directe relatie op de duurzaamheid van een gebouw en kan daarmee tevens de keuze van het installatieprincipe bepalen;
- De moderne technieken bij computers en verlichting geeft mogelijkheid tot het toepassen van andere keuzen van klimaatinstallaties;
- Een te hoog gestelde eis met betrekking tot het binnenklimaat in het gebouw kan onnodig dure en complexe installaties opleveren.

De auteur is adviseur/directeur van Halmos b.v. Adviseurs.  
Internet: [www.halmos.nl](http://www.halmos.nl).