



Aan het ministerie van binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Bussum: 28 februari 2019

Betreft: Consultatieronde lichte bouwmethoden i.r.t. BENG-regelgeving

Geachte heer, mevrouw,

Middels deze brief wil ik namens meerdere branches en een grote groep bedrijven, ernstige zorgen uiten over de gevolgen van de voorgestelde BENG-methodiek.

De branches en bedrijven zijn samen goed voor een jaarlijkse realisatie van enkele duizenden relatief lichte skeletwoningen dan wel het leveren van een belangrijk aandeel in woningen (puien, topgevels, binnen-spouwbladen en daken). Het gaat daarbij over zowel houtskeletbouw als staalskeletbouw/staalframebouw.

De zorgen zijn gebaseerd op enkele analyses die zijn gemaakt en gepresenteerd over de effecten van de voorgenomen nieuwe BENG-rekenregels resp. de daaraan gekoppelde bepalingmethode NTA 8800. Deze analyses zijn door DGMR gepresenteerd tijdens onder andere het congres 'EPG 2.0' d.d. 20 november jl. en tijdens een bijeenkomst op 7 februari jl. van de RVO-BENG-klankbordgroep.

Tevens zijn naar aanleiding daarvan inmiddels enkele gesprekken gevoerd met BENG-deskundigen en betrokkenen, zoals DGMR, Nieman R.I. en TNO.

### Het probleem

De analyses maken duidelijk dat lichte bouwwijzen zoals de skeletbouw (houtskeletbouw, staalframebouw en staalskeletbouw), fors worden benadeeld. Met name in BENG-1, in het bijzonder in relatie tot de generieke maximale verbruikseis van 70 kWh/m<sup>2</sup>/jaar<sup>1</sup>.

Dat leidt tot extra maatregelen die specifiek binnen deze lichte bouwwijzen zullen moeten worden doorgevoerd en die substantiële meerkosten met zich meebrengen. Denk aan de

---

<sup>1</sup> Uit onderzoek door o.a. DGMR blijkt dat een specifieke woning met een lichte draagconstructie (minder dan 250 kg/m<sup>2</sup>) tussen de 12 en 24 kWh/m<sup>2</sup>/jaar slechter scoort dan dezelfde woning met een zware draagconstructie (zwaarder dan 750 kg/m<sup>2</sup>). Let wel: uitsluitend op grond van warmte-accumulerend vermogen (specifieke interne warmtecapaciteit), de overige parameters zijn gelijk gehouden.

verplichte toepassing van zonwering, open / dichte geveldelen of (een combinatie van) andere concrete kostenverhogende maatregelen.

In extreme mate geldt dat voor vrijstaande woningen, een voor de ondertekenaars belangrijk marktsegment. Zo werd bij de RVO-BENG klankbordgroep een zeer courant lichtgebouwd woningtype gepresenteerd (een begane grond met kap). Een woning waarvan er jaarlijks enkele honderden worden gerealiseerd. Bij die voorbeeldberekening werd een ronduit schokkende conclusie getrokken. Namelijk dat deze woningen met geen enkele combinatie van extra maatregelen nog aan de voorgenomen BENG-1 eisen kunnen voldoen. Anders gezegd, deze woningen kunnen na het van kracht worden van de nu voorliggende BENG-eisen nooit meer worden vergund.

Deze vaststelling is ingrijpend en ernstig. De sector die op basis van lichte skeletbouwmethodes in totaal enkele duizenden woningen per jaar realiseert of daarin fors bijdraagt, wordt daarmee nu in haar bestaan bedreigd.

Nu zou dat nog verdedigbaar zijn als deze bouwwijze ook daadwerkelijk tot energie onzuinige woningen zou leiden, maar het tegendeel is waar. De bedoelde lichte skeletwoningen die nu 'state of the art' worden gerealiseerd worden naar tevredenheid comfortabel en gezond bewoond en kenmerken zich juist door een extreem laag energieverbruik. Skeletbouw scoort juist uitstekend en heeft ook die reputatie. Gemiddeld worden deze woningen beter geïsoleerd dan de traditioneel gebouwde 'zware' woningen, hetgeen heeft te maken met de extra fysieke ruimte die een skeletbouwwijze voor isolatie biedt. Dientengevolge hoeft er bij deze woningen minder duurzame energie te worden opgewekt om deze energieneutraal te maken.

Het is niet toevallig dat de eerste experimentele energie neutrale of zelfs energieleverende voorbeeldprojecten, juist in hoge mate lichte skeletwoningen zijn.

**We stellen dus vast dat op basis van de voorgenomen BENG-eisen en bepalingmethode, de skeletbouwsector die met een relatief lichte bouwwijze juist vooruitstrevend actief is met energiezuinig bouwen, ten onrechte ernstig wordt benadeeld en zelfs in haar voortbestaan wordt bedreigd.**

De realiteit en praktijk enerzijds en de modellen en theorie anderzijds zijn hier klaarblijkelijk met elkaar in tegenspraak. We concluderen daarmee dat het niet anders kan zijn dan dat de bepalingmethode een vertekend beeld geeft van de werkelijke energieprestatie van een (lichte) woning. En dat kan niet de bedoeling zijn.

In bijlage 1 van deze brief is onder de titel 'naderen beschouwingen' het bovenstaande verder uitgewerkt. Daarbij wordt ook ingegaan op de mismatch tussen de voorgestelde BENG-methodiek en de realiteit van energiezuinige woningen.

#### *Gevolgen onvoldoende getest*

Wat ons zeer verwondert is dat in het proces dat heeft geleid tot de voorliggende BENG-voorstellen, slechts weinig onderzoek heeft plaatsgevonden naar de gevolgen voor specifieke ontwerpen en bouwvormen. Voor zover wij weten zijn er welgeteld drie woningen vergelijkend doorgerekend. Daarmee ontbreekt een gedegen testfase waarmee, haast voorspelbaar, nog veel meer scheefheid en onwenselijkheden zijn te verwachten.

Daarnaast belemmert 1 aanwijsbaar innovatie, zoals bijvoorbeeld m.b.t.:

- de mogelijkheid van stralingsverwarming (een forfaitaire binnentemperatuur elimineert het specifieke voordeel van stralingswarmte);
- nachtventilatie (er wordt nu standaard uitgegaan van ventilatie systeem C1 waarmee de koelbehoefte (te) zwaar meeweegt in het resultaat van de berekening in geval van licht bouwen. Er wordt met nachtventilatie immers in de praktijk wel degelijk gekoeld, maar in de berekening telt dat niet mee;

- de toepassing van phase change materials (PCM's) wordt als thermische opslagcapaciteit nu niet erkend;
- een vernieuwend binnen zonweringsysteem dreigt niet te worden erkend, en indien wel dan onder strikte randvoorwaarden;
- Active House, een uit Denemarken overgewaaide beweging, is vooral gericht op comfort en gezondheid, zich uitend in onder andere hoog niveau daglicht en ventilatie. Deze benadering wordt bemoeilijkt of onmogelijk gemaakt;
- Het duurzaam opwekken van energie zoals met zonnepanelen valt buiten BENG-1, terwijl dit wel degelijk een gat in de energiebalans kan compenseren. Er zijn concepten, zoals Active House en HoTT waarbij het opwekken nu juist onderdeel is van de integrale visie. Dat wordt nu niet meegewogen en daarmee worden deze visies om zeep geholpen (zie ook bijlage 1 m.b.t. de trias energetica).

Noch de positie van diverse bouwvormen en bouwwijzen, noch die van zich aandienende (ook voor licht bouwen relevante) innovaties, zijn voor zover wij zijn geïnformeerd niet beschouwd en onderzocht. In elk geval conflicteren de huidige BENG en NTA 8800 daarmee. Dat kan de bedoeling niet zijn geweest.

Al met al vormt het beperkte onderzoek naar de invloed op bouwvormen en bouwwijzen alsmede op innovaties, geen basis om de regelgeving nu reeds als robuust te kunnen bestempelen.

### Software

Daarbij merken we op dat onderzoek voor belanghebbende bedrijven ook niet doenlijk is. Tijdens een debat in de Tweede Kamer dd. 21 februari jl. over energiebesparing resp. de energieprestatie van gebouwen, werd onder meer gesproken over beschikbare software. Alsof die er al zou zijn. Echter het betreft hier een ontoegankelijk rekenmodel in Excel dat niet actief ter beschikking is gesteld. De 'echte' software moet nog worden ontwikkeld. Slechts enkelingen zijn nu met genoemde Excel vertrouwd.

Er is jaren aan de EPBD gewerkt, maar de ontwikkeling van de NTA 8800 heeft in sneltreinvaart plaatsgevonden. Pas nu alles met de beschikbare Excel door enkele ingewijden integraal doorgerekend kan worden, wordt duidelijk dat lichtere bouwmethoden (skeletbouwmethoden op basis van hout of staal) veel slechter scoren in BENG dan in de EPC. Deze uitkomst was ook voor experts zoals van TNO, Nieman R.I. en DGMR een eye-opener en leidde tot verbazing.

Concluderend is een brede analyse gewenst om te voorkomen dat een overhaaste invoering tot onbedoelde, onterechte en ook ongewenste benadeling van specifieke bouwmethoden en daaraan gekoppelde branches en bedrijven zal leiden.

### Schadelijk

Een overhaaste invoering is niet alleen nadelig en schadelijk voor de betrokken branches, maar ook voor de maatschappij. Juist deze lichte bouwmethoden bieden namelijk openingen voor andere maatschappelijke problemen. Ze zijn industrieel en opschaalbaar om tot betaalbare woningen te komen, ze reduceren het materiaalgebruik en daarmee het transport en de embodied energy, ze bieden een basis voor circulaire oplossingen, door demontage, hergebruik en deels ook biobased. De skeletbouw biedt daarnaast mogelijkheden om CO<sub>2</sub> te binden. Verder zijn bouwmethodes en gebouwen uitgevoerd in skeletbouw van nature veel flexibeler, hetgeen ook een belangrijk duurzaamheidsaspect is. Zie ook bijlage 1.

### Vervallen reductiefactor

De skeletbouw komt, zeker in Nederland, zoals in de bijlage toegelicht industrieel tot stand. Met de nieuwe NTA 8800 leidt dit tot nog een nadeel voor de skeletbouw. Voorheen werd in de NEN 1068 een reductie factor berekend op de isolatiewaarde van constructies i.v.m. onnauwkeurigheden in relatie tot het te verwachten uitvoeringsniveau. Voor isolatie aangebracht op de bouwplaats werd een reductie van 5% doorberekend. Voor het aanbrengen van isolatie bij prefabricage, zoals gangbaar bij skeletbouw, bedroeg deze reductie slechts 2%. In de NTA 8800 is deze reductiefactor vervallen en wordt er nu voor alle bouwwerken een correctie doorberekend door het ophogen van de vereiste warmteweerstanden met 5%. Die gelden voor alle bouwsystemen, waarmee de skeletbouw als enige met een feitelijke aanscherping wordt geconfronteerd.

### Oplossingsrichting

In de NTA 8800 is een grafiek opgenomen met een vormfactorcorrectie voor het maximum energieverbruik van woningen. Met name geldt de correctie (versoepeling) voor woningen met een relatief groot omhullend oppervlak (o.a. om tiny houses en woonwagens niet de pas af te snijden). Zie de grafiek in bijlage 2. Beter onderzocht zou moeten worden, op basis van het doorrekenen van veel meer praktijkcasussen, of deze grafiek voldoet aan de praktijksituaties. Nu blijkt dat in geval van skeletbouw praktijk en rekenmethodiek niet matchen zou ons inzien daarop corrigerend gehandeld moeten worden. Voor tiny houses en woonwagens is dit kennelijk reeds wel onderkend. Daarmee wordt ons inziens tevens in meer algemene zin een opening geboden voor correctiemogelijkheden voor onredelijke gevallen. Concreet stellen we daarbij voor om de schuine lijn in bedoelde grafiek-70kWhm<sup>2</sup>.jpg (zie bijlage 2) naar links te verplaatsen cq. aan te passen. De mate waarin en de wijze waarop moeten dan uit de doorrekeningen en analyse blijken.

Onze indruk is dat de nu geformuleerde generieke eis (maximaal 70 kWh/m<sup>2</sup>) met name is gebaseerd op een groot deel van de woningbouwmarkt, nl. rijtjeswoningen en gestapelde woningen. De eis in BENG-1 is voor dit soort woningen wellicht zelfs wel weinig ambitieus. Wij steunen het idee om de eis voor dergelijke compacte woningtypes aan te scherpen en voor andere woningtypes zoals vrijstaande woningen en hoekwoningen deze grenswaarde juist op te hogen (niveaus door onderzoek nader vast te stellen). Daarmee wordt tevens deels tegemoet gekomen aan de wensen van VLA en NII.

Overigens zien we ook oplossingsrichtingen door de koellast, die in veel gevallen forfaitair is en niet strookt met de praktijkervaring, niet of minder af te straffen. Daarbij blijkt dat in een gematigd klimaat zoals het onze ook nauwelijks verschil is tussen de koellast bij lichte en bij zware gebouwen (zie Vaan et al.<sup>2</sup> en Hoes<sup>3</sup>).

Daarnaast kan compensatie worden gevonden door in de winter de mogelijkheid te introduceren om woningen partieel en tijdelijk te verwarmen en deze daarvoor met een realistische verlaging van het gebruik te honoreren.

Een optie is ook om de gehele koellast uit BENG-1 te halen. De ventilatie is al forfaitair gemaakt (C1). Waarom wordt niet ook de koellast uit BENG-1 verwijderd. Met zich aandienende oplossingen met warmtepompen met bodemopslag is koeling niet eens een issue omdat de bodem in de zomer nu eenmaal moet recupereren en er warmte uit de woning in de bodem moet worden opgeslagen. Iets wat je zou willen bevorderen wordt daarmee juist afgeremd.

---

<sup>2</sup> Vaan, C.F.M de, F.J.M Wiedenhoff en J.L.M. Hensen (2009) Massa is genuanceerde ballast, Bouwen met Staal nr.211, oktober 2009, p 42-46

<sup>3</sup> Hoes, Pieter-Jan (2014) *Computational performance prediction of the potential of hybrid adaptabel thermal storage concepts for lightweight low-energy houses* proefschrift, Bouwstenen 197, ISBN 978-90-386-3671-9

Bovendien is als je met dynamische modellen (uurgemiddelden) rekest het verschil tussen zwaar en licht zeer klein (zie hiervoor genoemde bronnen). In de NTA 8800 wordt met daggemiddelden en dus niet dynamisch gerekend.

### Voorstel

Ons voorstel is hoe dan ook dat de genoemde doorrekeningen en analyse van de resultaten op een zo kort mogelijke termijn alsnog worden uitgevoerd.

Voor zover dat de ondertekenaars raakt zijn wij meer dan bereid daarbij een actieve bijdrage te leveren.

Graag bereid zijnde tot een toelichting en in afwachting van uw reactie,

Hoogachtend,



Em. Prof. dr. ir. Jos JN Lichtenberg

Correspondentieadres:

NBVT, sectie VHSB

Postbus 24,

1400 AA Bussum

Initiatiefnemers voor deze brief zijn:

NBvT: Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie<sup>4</sup>

VHSB: Sectie Vereniging Houtskeletbouwers

BMS: Bouwen Met Staal<sup>5</sup>

MWA: Mineral Wool Association

Lichtenberg Consultancy

Medeondertekenaars:

VVNH: Koninklijke Vereniging Van Nederlandse Houtondernemingen

NBVG: Nederlandse Branchevereniging Gips

SKH|SHR: Wageningen

Fermacell BV, Wijchen

Morgo folietechniek, Zutphen

ITW Industry BV, Venlo

---

<sup>4</sup> De NBvT vertegenwoordigt 210 bedrijven uit de hout gerelateerde industrie zoals m.b.t. kozijnen, daken, gevels, trappen en complete houtskeletbouw.

<sup>5</sup> Bouwen met Staal vertegenwoordigt met 1400 individuele leden en 450 bedrijfsleden de gehele staalbouwbedrijfskolom van fabrikanten, handel, staalconstructiebedrijven, ontwerpers en opdrachtgevers.

Sustainer Homes, Utrecht

Tata Steel Nederland, IJmuiden

Salzgitter Mannesmann Staalhandel, Oosterhout

SNS: Samenwerkende Nederlandse Staalbouw, Zoetermeer

SFN: Staaifederatie Nederland, Nieuwegein

FME: Federatie Metaal- en Elektrotechnische Industrie, Zoetermeer

Barli BV, Uden

Bijlagen:

1. Nadere beschouwingen
2. Grafiek correctie vereiste energiestaat i.r.t. vormfactor
3. Artikel Vaan et al.

## Bijlage 1: Nadere beschouwingen

### Zwaar of licht bouwen

De discussie zwaar-licht wordt al decennia gevoerd. Een reden is dat wij in Nederland een cultuur hebben opgebouwd die is gebaseerd op 'zwaar' en dat alles wat anders is vragen oproept. Er zijn buitenlandse (bijvoorbeeld de VS) waar dat andersom is.

Altijd weer wordt de kathedraal erbij gehaald waar het 's zomers lekker koel is. Dat is zeker waar, maar het volledige verhaal is dat er in zware kerken nauwelijks interne warmtelast (zoninstraling, apparatuur) is en dat diezelfde kerk in de winter zeer traag en energieverslindend op te warmen is. In sommige kerken begint men op donderdag te stoken om op zondag een acceptabel klimaat te bereiken.

### Warmteaccumulatie heeft voordelen, maar ook nadelen

In woningen speelt op een andere schaal hetzelfde. Het klopt dat woningen met massa binnen de thermische schil trager opwarmen al zetten we daar in dit document ook kanttekeningen bij. Echter in de winter kun je bij een lichte woning energie besparen door de verwarming terug te draaien op plaatsen waar je tijdelijk niet bent ('s nachts, vakantie, op werkdagen overdag). De ene ruimte wel, de andere niet. Dit in de comfortabele wetenschap, dat afgekoelde ruimtes in zeer korte tijd weer zijn opgewarmd. In massieve woningen is dat niet zo. Daar blijven de oppervlaktes van de constructie nog lang koud met als gevolg discomfort en mogelijk zelfs oppervlakte condensatie. Het gevolg is dat men in die woningen de warmtevraag ook bij afwezigheid constant houdt om de opwarm procedure te voorkomen. Dat kost vanzelfsprekend energie.

Dit zal nog worden versterkt doordat in de praktijk woningen zullen worden voorzien van een warmtepomp, gekoppeld aan een Laag-Temperatuur-Afgiftesysteem. Met een lage  $\Delta T$  kost het veel meer tijd om veel massa te verwarmen dan een woning met een relatief lage massa.

Het raakt ons dat er in BENG-1 kennelijk wel mechanismen zijn ingebouwd om de koellast te voorkomen terwijl tegelijkertijd het hierboven aangegeven verschil in gedrag in de winter, niet wordt geadresseerd c.q. gehonoreerd.

### Forfaitaire waarden en werkelijk gedrag bewoners

- Het doorbelasten van een koellast en het niet belonen van energievoordelen in de winter is dubbel unfair omdat de koellast in feite virtueel is (daar waar een koellast wordt berekend is het lang niet altijd zo dat er ook actief wordt gekoeld), terwijl het energievoordeel van licht bouwen in de winter daarentegen hard is. De acceptatierijk (tolerantie) m.b.t. een te hoge temperatuur is in de zomer veel hoger en over een kortere periode dan de acceptatie van 'te koud' in de winter. De praktijk is dan ook dat het wel zo kan zijn dat er in de zomer een berekende koellast is, maar dat betekent, zeker in woningen, niet dat er ook daadwerkelijk actief wordt gekoeld. Woningen worden niet standaard met een koelinstallatie uitgerust (alleen i.g.v. warmtepomp is dat impliciet wel zo). Veel gebruikers volstaan met een ventilator en dat functioneert ook prima. Daarenboven kun je stellen dat een extra elektrisch kacheltje voor een massieve woning die in de winter moeilijk opwarmt ook niet wordt meegerekend.
- De basis van de virtuele modellen is een temperatuur overschrijding criterium. Het is maar de vraag of dat correct is. De koelbehoefte is namelijk ook gerelateerd aan het temperatuurverschil met buiten. Zolang men van buiten naar binnen komende ervaart dat het enkele graden koeler is, is dat voor gebruikers al behaaglijk. Bij gebruikers geldt veel minder dat er een vast temperatuurcriterium is. Anders gesteld: de behaaglijkheid ervaring

is niet alleen aan temperatuur gekoppeld. Wij vragen ons af in hoeverre de gebruikte voor ons nog niet inzichtelijke modellen andere variabelen meewegen?

In de NTA 8800 wordt koeling bepaald met een setpointtemperatuur van 24 °C. Dat is een lage temperatuur. Met die temperatuur wordt volledige koeling bepaald. De enige correctie die toegepast wordt is een weekendonderbreking. Dat kan uiteraard alleen voor kantoren etc. Niet voor woningen. De bepaling van de energiebehoefte voor koeling gebaseerd op volledige koeling met een setpointtemperatuur van 24 °C wordt door ons als niet realistisch gezien. Zoals elders gesteld wordt koeling tot 24 °C als het buiten 35 °C is bovendien niet eens als comfortabel gezien. De temperatuur hoeft bij hogere buitentemperaturen niet tot 24 °C terug gekoeld te worden. In de berekeningen is de TO nu wel zo bepaald.

- Nog afgezien van ons algemene commentaar of koeling wel moet worden beschouwd vragen we ons af waarom de berekening niet wordt gecorrigeerd bijvoorbeeld met een correctiefactor die wordt bepaald op basis van de adaptieve temperatuur grenswaarde methode (ATG-methode) zoals die wordt beschreven in de ISSO publicatie 74. Dan wordt beter recht gedaan aan de werkelijke temperatuurbeleving van personen in verblijfsruimten. Zoals de gemiddelde temperatuur voor verwarming in de NTA 8800 wordt gecorrigeerd voor niet verwarmde verblijfsruimten kan de setpointtemperatuur voor koeling maandelijks worden gecorrigeerd met een correctiefactor die gekoppeld is aan de ATG-methode.

### Werkzame thermische massa

- Gebouwen/woningen warmen op door het toevoegen van warmte. In de winter door verwarming, gedurende alle seizoenen door mensen en door restwarmte afkomstig van apparatuur en verlichting. En met name in de zomer tevens door zon instraling en door ventilatie met warme buitenlucht.  
Bij massieve gebouwen verloopt de opwarming inderdaad vertraagd. Echter alleen als de massa ook van binnenuit 'zichtbaar' is. Met een hoogpolig tapijt, een verlaagd akoestisch plafond en een voorzetwand met minerale wol vulling of een wandrek met boeken wordt het verschil met 'licht' al gereduceerd.
- Het lijkt erop dat BENG wel rekening houdt met mengvormen, maar hoe wordt de input in de modellen verzorgd. Zo wordt bij 'lichte' bouwwijzen vrijwel altijd gewoon een betonnen BG-vloer toegepast. En er zijn in geval van lichte bouwwijzen goede mogelijkheden om met PCM materiaal te werken, die naar ons is gebleken niet in het model passen. Het gaat bij het massa effect alleen om de van binnenuit zichtbare massa en dan ook nog eens slechts de eerste 40 mm omdat het werkelijke dynamische gedrag betekent dat bij een dag-nacht cyclus zodra een warmtegolf 40 mm naar binnen is gedrongen de buitenomstandigheden al weer zorgen voor een omkering van de stromingsrichting (hiernaar is onderzoek gedaan). In elk geval betekent het dat in een zware constructie dikker dan 40 mm (bijvoorbeeld vloeren) alleen de eerste 40 mm een rol vervullen. De rekenmodellen op basis van daggemiddelden in plaats van uurgemiddelden kunnen deze effecten niet in kaart brengen.  
Een aanvullend detail: Er wordt in de presentatie(s) van 20 november jl. gesproken over de thermische massa van de schil, echter de massa in het buitenblad speelt nauwelijks een rol bij de ontwikkeling van de binnentemperatuur.
- Daarnaast is er 'zwaar' en 'zwaar'. Daarmee wordt bedoeld dat licht nu wordt afgezet tegen een bouwwijze die al lang niet meer per se zwaar is. De meeste woningen worden gerealiseerd op basis van gemengde bouwtechniek. De casco's bestaande uit beton of kalkzandsteen zijn vaak nog wel zwaar, maar er zijn ook casco's van cellenbeton. Dat is ook



beton, maar het gedraagt zich thermisch totaal anders. Gevels bestaan heel vaak uit lichtgewicht puin of uit afgewerkte HSB binnenspouwbladen. Daken bestaan vrijwel altijd uit lichte constructies en bij binnenwanden is er een verschuiving gaande van steenachtig naar metal stud lichtgewicht wanden. Zeker waar die woningen in de middenklasse belanden is het geenszins zeker dat zij de BENG-1 eis doorstaan. Doorrekeningen zullen moeten uitwijzen of het conflict met BENG-1 niet veel breder is dan alleen voor lichte bouwwijzen.

#### Minder interne warmtebronnen (minder specifieke warmtelasten door apparatuur)

- De opwarming door apparatuur is reeds gedecimeerd. Wasmachines, koelkasten en audio/video zijn spectaculair energiezuiniger geworden. En zeker geldt dat voor verlichting op basis van LED. Dat werkt ook in de toekomst door. Woningen zullen zich daarom qua temperatuuroverschrijding in de toekomst beter gedragen dan nu wordt berekend. Hoe gaan we om met modellen die bepalend zijn voor bouwwerken die 50-100 jaar zullen functioneren, terwijl we weten dat de berekeningsuitgangspunten door de tijd veranderen?

De techniek staat niet stil. De warmte zal per saldo door effectievere (ook binnen-) zonweringen veel minder door zoninstraling binnenkomen en tevens minder door apparatuur worden gegenereerd, wel nog door de aanwezige mensen en tevens ventilatie, ook al zijn ook op dat gebied door grondbuizen en de slimme toepassing van warmtepompen en warmtewisselaars, reductiemogelijkheden. Het gaat per saldo in de toekomst 's zomers om aanzienlijk minder warmte, dus ook aanzienlijk minder opwarming en dus ook een aanzienlijk geringer verschil tussen zwaar en licht.

#### Koelgedrag in de praktijk

- Wij betwijfelen zeer of het lichte bouwen eerder tot een actieve koelvraag gaat leiden. Dit vanwege bovenstaande redenen, maar ook omdat we met nachtkoeling de temperatuur in een licht gebouw weer sneller terug kunnen brengen. I.g.v. massief werkt dat onvoldoende vanwege de traagheid. Lichte woningen zijn in de ochtend na nachtkoeling lager in temperatuur dan zware woningen. Waar wordt die kwaliteit in BENG-1 beloofd? Met een dynamisch model dat niet zoals nu op basis van daggemiddelden werkt, maar op basis van uurgemiddelden, zou dit zichtbaar zijn. Het voordeel is er wel degelijk, maar hier regeert het model, dat het voordeel niet zichtbaar maakt. Ook pleit dit argument voor het onderbrengen van de koellast bij BENG-4.
- Zware woningen warmen weliswaar trager op, maar in een periode van een hittegolf warmen ook deze per etmaal geleidelijk steeds verder op. Die hittegolven gaan we met de klimaatverandering steeds meer meemaken, ze zullen van een langere duur zijn en de gemiddelde temperatuur zal hoger (+2 °C) komen te liggen. De gemiddelde temperatuur van de constructie zal daarbij ook in geval van 'zwaar' oplopen. Eenmaal een grens gepasseerd moet je ook veel meer opgeslagen warmte weg koelen. 's Nachts de koeling uitzetten is in dat geval geen optie. Als je bij een lichte woning al een koelvraag hebt zal die slechts gedurende een deel van de dag (ca. de middag) optreden. Hoe komt dat toekomst gerichte gegeven in BENG tot uiting? Ook hier geldt dat er dynamische rekenmodellen (uurgemiddeldes in plaats van dag gemiddeldes) noodzakelijk zijn om dit effect zichtbaar te maken.

- Na afloop van een warme periode koelt een zwaar gebouw veel minder snel af. Omdat het buiten koeler is wordt dat als zeer onaangenaam ervaren. De relatief hogere temperatuur roept dan juist een koelvraag op die we i.g.v. lichte gebouwen niet hebben. Wel of niet koelen heeft in de praktijk vooral te maken met relatieve koelte (binnen iets koeler dan buiten).

In een lichte woning kun je de temperatuur 's nachts door nachtventilatie snel tot een acceptabel niveau terugbrengen. Het slaapcomfort is goed. In een massief opgewarmd gebouw zul je juist dan een koelbehoefte hebben.

Afgelopen zomer werden steenachtige gebouwen met name 's nachts als ondraaglijk warm ervaren, ook als het even twee nachten een beetje koeler werd. De warmte, eenmaal binnen, blijft namelijk langer hangen. Er werd zelfs buiten geslapen, maar is dat een robuuste oplossing?

- Wij krijgen de indruk dat bij de beoordeling van woningen nog niet wordt voorgesorteerd op het gegeven dat deze in de nabije toekomst grootschalig met een warmtepomp van energie worden voorzien. In geval van een warmtepomp met bodemwisselaar moet je in de zomer warmte de grond in pompen. Daarmee wordt impliciet gekoeld en werkt dit nivellerend in de zwaar-licht bouwen vergelijking.

In geval van een lucht-water warmtepomp kun je in combinatie met PV overdag zonder tussenopslag energieneutraal koelen. Zoals al aangegeven bestaat bij licht bouwen de koelvraag mat name overdag (als de zon schijnt). Ook dat is bij zwaar bouwen anders. Daar ontstaat de koelbehoefte ook 's avonds en 's nachts als er geen energieopbrengst is. PV (zonne energie) zit i.r.t. het trias energetica denken (zie hieronder) nog niet in ons systeem en niet in BENG, maar we realiseren ons nemen wij aan, dat we op relatief korte termijn ook niet grootschalig aan duurzaam opwekken zullen ontkomen. Waarom dan een regelgeving die niet inspeelt op deze nabije toekomst?

### Trias Energetica

Marktbreed en ook tijdens politieke debatten wordt de Trias Energetica nog steeds genoemd als een waarheid. Eerst het warmteverlies bestrijden, dan pas gaan denken aan duurzaam opwekken. Sterker nog, deze visie wordt gebruikt alsof die recent is bedacht. Wat de meesten zich niet realiseren is dat deze Trias stamt uit 1979 toen wind en zeker zonnestroom nog utopische en onbetaalbare alternatieven waren. De werkelijkheid heeft dat inmiddels ingehaald. Inmiddels is binnen de bouwtechniek de discussie levend dat isoleren ook zijn grenzen heeft. De huidige bouwbesluiten of net iets hoger zouden wel eens kort bij dit omslagpunt kunnen liggen. De laatste centimeters isolatie materiaal zijn minder effectief dan de eerste. En hoe dik je ook isoleert, er zal altijd voor onder andere ruimteverwarming een energievraag zijn. Energieneutraal kun je dus alléén worden door de benodigde energie duurzaam op te wekken. Bij iets minder isolatie moet je wat meer opwekken. Maar wat is erop tegen? Wetende dat we duurzame opwekking sowieso nodig gaan hebben om energieneutraal te kunnen worden dan is het toch verder een economische afweging of zonnepanelen aantrekkelijk zijn of niet. In de huidige opzet remt BENG die wijze van redeneren af.

We voegen daaraan toe dat om woningen gezond te krijgen meer ventilatie nodig is en ook daglicht speelt een belangrijke rol bij geestelijke gezondheid. Wat meer ventilatie en daglicht kosten uiteraard energie, maar die energie kan gemakkelijk met zonnestroom worden gecompenseerd. We maken dus met BENG-1 het creëren van gezondere woningen moeilijk of zelfs onmogelijk.

### CO<sub>2</sub>-besparing en lichter, industrieel en circulair bouwen

- Skeletbouw is vanwege de noodzaak om te komen tot een circulaire economie van grote betekenis. Skeletbouw is orde grootte 2 – 4 keer lichter dan conventionele steenachtige gebouwen. De gebruikte materialen zijn bovendien minder milieu belastend. Ze zijn herbruikbaar (cascaderen) en voor de gebruikte materialen geldt dat ze overwegend weer in de techno- of biocycle worden teruggebracht. Skeletbouw scoort op zowel reduce, reuse als recycle.
- In relatie tot de component materialen moeten we ook in ogenschouw nemen, dat bij een sterk gereduceerde energievraag de embodied energy maatgevend wordt. Die is voor lichte bouwwijzen factoren lager dan voor zware bouwwijzen. Waarin zien we de embodied energy terug? De geest van BENG is toch dat we de nationale energiebehoefte en daarmee de CO<sub>2</sub> uitstoot terugbrengen. Je kunt daarbij zaken niet los van elkaar zien.
- Skeletbouw geeft een enorme boost aan de verdere industrialisering van de bouw in Nederland. Meerdere aangesloten lidbedrijven zijn reeds op innovatieve wijze geautomatiseerd resp. gerobotiseerd. Door deze automatiseringsslag kan skeletbouw een belangrijke rol spelen om op een duurzame wijze de (woningbouw)productie op te schalen naar het gewenste niveau.

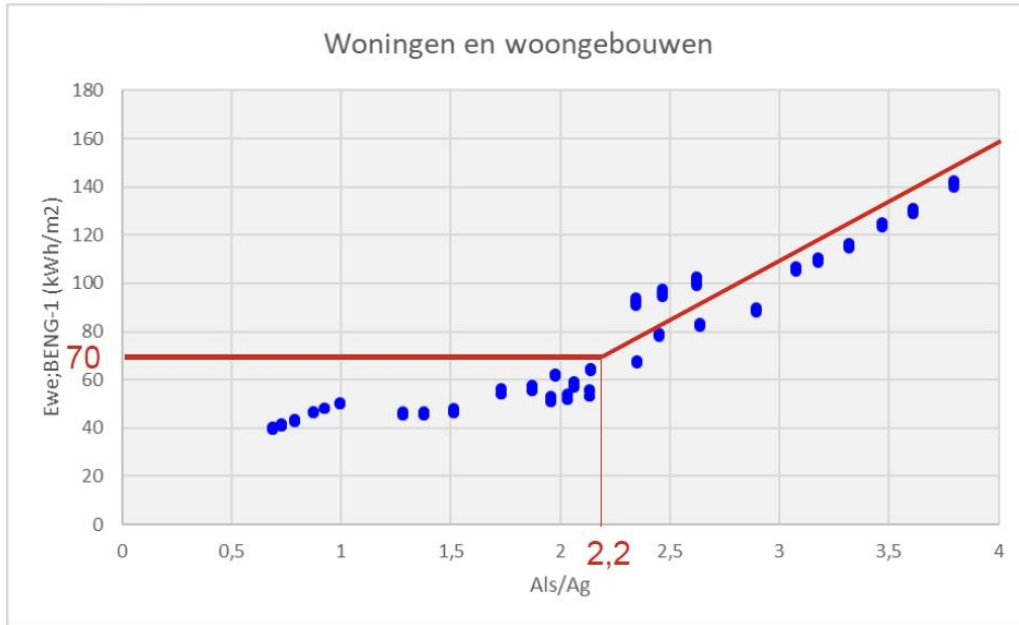
Skeletbouw kan dus vanwege de industriële opschaalbaarheid een belangrijke bijdrage leveren aan de nationale bouwproductie.

Skeletbouw draagt, zoals hierboven al beargumenteerd, tevens actief bij aan de nationale milieu doelstellingen en voldoet nu reeds aan de MPG eisen van morgen.

In dat licht is het ongewenst, dat de skeletbouw door BENG op ons inziens oneigenlijke gronden wordt belemmerd.



## Woningen: BENG 1



## BOUWFYSICA

ir. C.F.M. de Vaan, ir. F.J.M. Wiedenhoff en prof.dr.ir. J.L.M. Hensen

Christa de Vaan is werktuigbouwkundig ingenieur en duurzaamheidsadviseur bij Arup in Amsterdam. Jaap Wiedenhoff is directeur van Arup in Amsterdam. Jan Hensen is hoogleraar Gebouwprestatiesimulatie binnen de 'unit Building Physics & Systems' aan de TU Eindhoven.

**De bouwregelgeving spitst steeds meer toe op 'thermische massa'. Ook voor passieve gebouwen wordt thermische massa vaak afgeschilderd als een besparende maatregel op het energieverbruik van klimaatinstallaties. Maar de effectiviteit is van verschillende factoren afhankelijk en thermische massa kan zelfs averechts werken op het energieverbruik: een grotere massa moet immers opwarmen en afkoelen. In het tussenseizoen verbruikt een 'licht gebouw' meer energie, maar wanneer overwegend koeling of verwarming nodig is zal een 'zwaar gebouw' meer energie verbruiken. De 'massa-mythe' ligt genuanceerder.**

In een hotel kan energie worden bespaard met een licht gebouw door de (klimaat)installaties pas te activeren wanneer een gast arriveert, bijvoorbeeld met een detectie aan zijn kamersleutel. Het systeem heeft in een licht gebouw een vrij korte reactietijd, waardoor deze het grootste deel van de dag – zonder gasten – kan worden uitgeschakeld. Ook houdt de ruimte minder warmte vast en is het 's nachts koeler.

### Niet zomaar checklist

Duurzaamheid lijkt zoveel in te gaan houden als een checklist van maatregelen zoals natuurlijke ventilatie, grote ramen op het zuiden met overstekken, nachtventilatie, groene daken, hoge isolatiewaarden en meer gebouwmassa. Deze maatregelen kunnen

een gebouw, hoe langzamer de temperatuur in een gebouw stijgt of daalt. In het algemeen zijn er drie fysische processen waarop thermische massa van invloed is (afb. 1).

- 1) Vertraging in warmtetransport (warmtetransmissie) door ondoorzichtige gebouwomhullingen (gevels, daken, vloeren)<sup>[1]</sup>.
- 2) Vertraging in de omzetting van interne warmteproductie naar daadwerkelijk afgegeven warmte<sup>[1]</sup>.
- 3) Vertraging in afkoeling en opwarming van een gebouw na een verandering in de insteltemperatuur (setpoint).

### Dynamische vergelijking energieverbruik

Om het effect van thermische massa in rekening te brengen kan niet worden volstaan

# Massa is genuanceerde ballast

Thermische massa wordt vaak in één zin genoemd met energiebesparing, zonder dat dit voor een specifieke situatie is geanalyseerd. Zo is in Nederland het effect van thermische massa in de nieuwe energieprestatienorm (epn) opgenomen. Daartoe moeten voor de bepaling van de effectieve thermische capaciteit in utiliteitsgebouwen twee eigenschappen worden aangegeven: de massa van de vloerconstructie per m<sup>2</sup> gebruiksooppervlak en het soort plafond (gesloten, geen of open). Daarbij wordt geen rekening gehouden met het feit dat – bij bepaalde gebouwvormen en gebruiksfuncties – massa juist het energieverbruik negatief beïnvloedt.

echter voor verschillende klimaten, gebruiksfuncties en gebouwvormen niet onder één noemer worden geplaatst en daarom zal ieder gebouw moeten worden geanalyseerd. Daarbij moet de fysische achtergrond worden begrepen en niet in hokjes worden gedacht. Het technische gebouwconcept en -ontwerp moeten samen gaan. Klimaatinstallaties voor een zwaar gebouw moeten anders worden ontworpen dan voor een licht gebouw en zo zal bij een gebouwtype een lichte of juist zware uitvoering passen. Een licht gebouw verbruikt in tussenseizoenen meer energie, maar wanneer overwegend koeling of verwarming nodig is, zal een zwaar gebouw meer energie kosten.

### Wat is thermische massa?

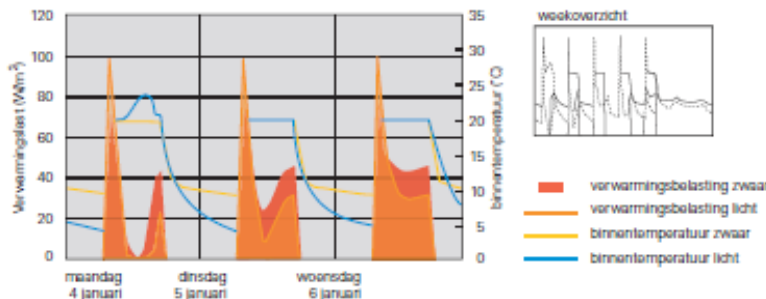
Thermische massa is de capaciteit voor het opslaan en afstaan van warmte. Het is over het algemeen afhankelijk van de massa van een materiaal; de massa is niet één-op-één hetzelfde als de opslagcapaciteit. In dit artikel wordt met thermische massa eenvoudigweg bedoeld: massa (of een zwaar gebouw) of het ontbreken daarvan bij een licht gebouw. Hoe hoger de thermisch massa van

met de berekening van de warmtestromen met de fysische parameters (temperaturen enzovoort) op één moment. Ook het effect van de voorgaande uren op dat specifieke moment moet worden ingecalculiseerd. Het is bijvoorbeeld voor de werking van de thermische capaciteit van belang of dat het voorgaande uur 5 °C of 25 °C is geweest. Of er dus in het voorgaande uur al warmte is afgegeven of juist opgeslagen. Het in rekening brengen van dit effect is het kenmerk van de 'dynamische stimulatie'.

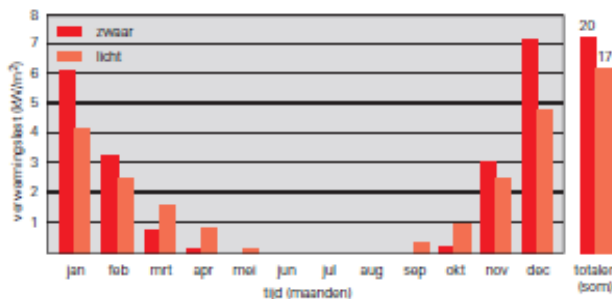
Om het totale effect van de thermische massa op de drie fysische processen te kunnen bepalen is een dynamische simulatie uitgevoerd op een zwaar en een licht kantoorgebouw via het programma IES Virtual Environment met dezelfde isolatiewaarde (R<sub>e</sub>) van 3 m<sup>2</sup>K/W. Klimaatdata voor Amsterdam zijn gebruikt, waarbij de verwarmings- en koelinstallaties 's nachts zijn uitgeschakeld. In de volgende paragraaf wordt beschreven wat de gevolgen zijn van thermische massa in andere klimaten. De resultaten zijn niet rechtlijnig door te trekken naar andere situaties. Een ander klimaat, gebouwvorm, gebruiksfunctie of



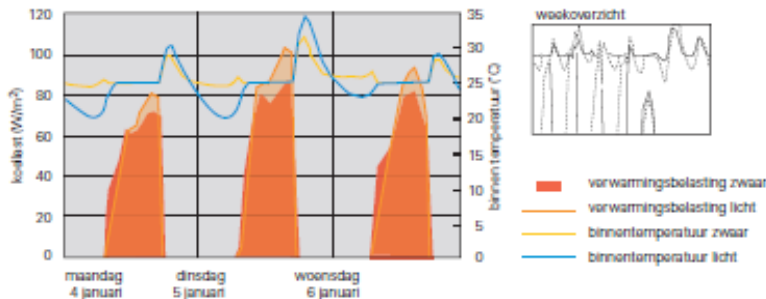
1. Drie fysische processen waarop de thermische massa van invloed is.



2. Vergelijking tussen de warmtevraag voor een zwaar en een licht gebouw voor enkele dagen in januari.



3. Vergelijking tussen de warmtevraag per maand voor een zwaar en een licht gebouw.



4. Vergelijking tussen de koellast voor een zwaar en een licht gebouw voor enkele dagen in juli.

systeemregeling zullen de resultaten beïnvloeden. Maar met de simulatie kunnen verschillen in het gedrag worden herleid, en doorbereid naar andere situaties.

#### Verwarming

's Avonds koelt een licht gebouw meer af dan een zwaar gebouw. Gecombineerd met de snellere geleiding van warmte door de con-

structie, leidt dat tot een verhoogde verwarmingsvraag (piek) in de ochtend (afb. 2). Het zware gebouw heeft echter in totaal meer energie nodig om 's ochtends zijn gehele massa op te warmen. Dit betekent dat de curve voor de verwarmingsvraag voor het zware gebouw in de ochtend lager en breder is. De overdag geproduceerde warmte (personen, apparatuur, verlichting en zonne-

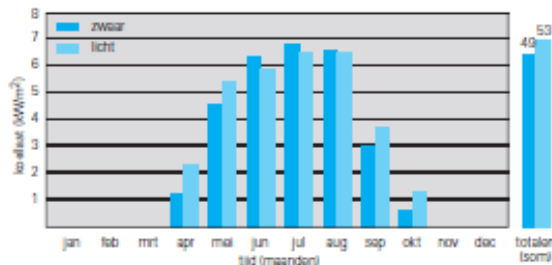
warmte) zal grotendeels pas in de nacht vrij komen bij een zwaar gebouw. Dit in tegenstelling tot een licht gebouw waar deze warmteproductie vrijwel direct nuttig zal zijn in het verlagen van de warmtelast, met als resultaat: een lager energieverbruik overdag (afb. 2).

In het tussenseizoen (herfst/lente) kan de snelle reactie van het lichte gebouw een negatief effect hebben op het energieverbruik voor verwarming (afb. 3). Als het in de nacht te ver afkoelt moet het 's ochtends worden opgewarmd tot de binnentemperatuur weer een graad of 20 is.

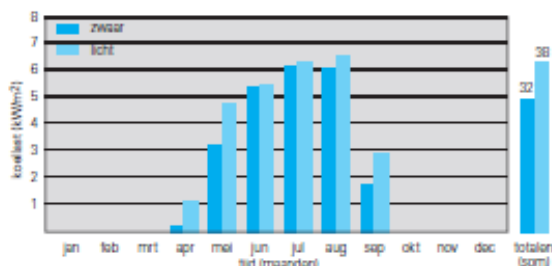
#### Koeling

Bij koeling kan de opslagcapaciteit van thermische massa voordelen bieden, aangezien een deel van de warmtelast en het warmte-transport door de gebouwmhulling pas vrij komt gedurende de nacht, als de koelinstallaties zijn uitgeschakeld. Dit resulteert in een lichte verlaging van de koelbehoefte in de nacht (afb. 4). Daarbij bestaat in het tussenseizoen het risico dat bij een licht gebouw 's ochtends een verwarmingsbehoefte ontstaat door afkoeling 's nachts terwijl op dezelfde dag door hoge binnentemperaturen en een hoge warmteproductie koelbehoefte is. Op zeer warme dagen wordt het verschil in energieverbruik tussen de twee concepten kleiner. Als de warmtelast verder toeneemt, wordt de thermische massa een ballast voor het gebouw. De massa raakt als 'verzadigd' waardoor het 's nachts moeilijker is alle warmte te verliezen en het gedurende de dag meer energie kost om te koelen. Op zulke momenten is ook de verhoogde afkoeling van het lichte gebouw tijdens de nacht een voordeel. Afbeelding 5 laat zien dat het verschil in energieverbruik voor koeling minder wordt in de maanden met hogere temperaturen en groter in de maanden met lagere temperaturen.

Nachtventilatie kan effectief zijn in de afkoeling van het gebouw gedurende de zomernacht (afb. 6). Een aantal aspecten speelt een rol bij de keuze voor nachtventilatie, zoals gebruikspatronen, veiligheid, windsnelheden, luchtvochtigheid, regen, systeemregeling en onderhoud. Ook dient bij natuurlijke ventilatie te worden onderzocht of deze (inclusief



5. Vergelijking tussen de koelbehoefte – zonder nachtventilatie – per maand voor een zwaar en een licht gebouw.



6. Vergelijking tussen de koelbehoefte – met nachtventilatie – per maand voor een zwaar en een licht gebouw.

eventueel later geplaatste tussenwanden) voldoende effectief is. Met andere woorden: zijn de luchtstroming en het temperatuurverschil voldoende om het gebouw 's nachts af te koelen? En in geval van mechanische ventilatie, weegt de energiebesparing voor koeling op tegen het extra energieverbruik voor ventilatie. Op sommige dagen en in sommige klimaatzones met een hoge luchtvochtigheid is het temperatuurverschil tussen de luchttemperatuur overdag en 's nacht niet groot. Dan zal bij een gebouw met een grote massa het langer duren voor deze massa is afgekoeld. Hoge lichtsnelheden zijn noodzakelijk en natuurlijke ventilatie is niet langer effectief. Met nachtventilatie kan een licht gebouw voordelen bieden.

#### Verskillende klimaten

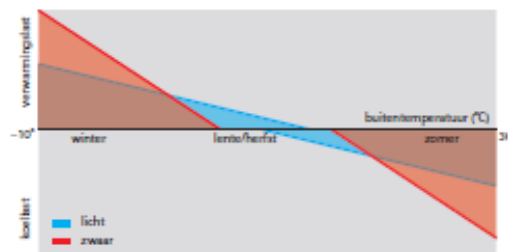
Het effect van de thermische massa op het energieverbruik van een gebouw is afhankelijk van het seizoen, maar ook van het klimaat. De bekendste klimaatclassificaties is die volgens Köppen-Geiger (afb. 9). Gebaseerd op de comfortbehoefte zijn daaruit voor gebouwtwerpen vier basist klimaat-

typen bepaald<sup>[4]</sup>: 1) koude klimaten, 2) gematigd klimaat, 3) warm-droog klimaat en 4) warm-vochtig klimaat.

De klimaatzone van West-Europa ligt in een overlapgebied, doordat er een gematigd vrij vochtig klimaat heerst. Daarom kan niet eenduidig een voorkeur voor een licht of een zwaar gebouw worden uitgesproken. In veel gevallen is ontvochtiging nodig voor comfortabele niveaus. Dit gebeurt met actieve koeling (latente koeling, zie p. 46). Het klimaat is relatief koud in de vroege avond, maar de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht blijft daarbij hoog. Later op de avond – zelfs wanneer de relatieve luchtvochtigheid zakt tot de bovengrens van het comfortgebied en de buitenluchttemperatuur en vochtigheid als comfortabel zal worden beschouwd – blijft de enthalpie (energie-inhoud) van de buitenlucht gelijk of zal groter zijn dan die van de binnenlucht. Dit betekent dat met buitenluchtventilatie weliswaar de temperatuur wordt verlaagd maar niet de enthalpie en daarmee de latente koellast. Dit kan zelfs leiden tot grotere



7. Indicatie van de invloed van thermische massa op het energieverbruik van een gebouw (- negatief, + positief).



8. Schematische weergave van de warmtevraag en de koelbehoefte voor een zwaar en een licht gebouw ten opzichte van de buitentemperatuur.

vochtconcentraties in het gebouw, doordat bouwmaterialen en meubels meer vocht uit de lucht absorberen. Later, gedurende de dag, zal daarbij de latente koellast nog verder stijgen door vocht en ventilatie van mensen, planten, machines enzovoort.

#### Nuancerende aspecten

De massa van een gebouw heeft soms positieve en soms negatieve invloed op het energieverbruik (afb. 7). In koude perioden heeft thermische massa overwegend een negatief effect. En in het tussenseizoen is thermische massa overwegend een voordeel. In afbeelding 8 staat dit seizoenafhankelijke effect grafisch weergegeven. In het tussenseizoen verbruikt het lichte gebouw meer energie, maar wanneer overwegend koeling of verwarming nodig is zal een zwaar gebouw meer energie gaan verbruiken. Afhankelijk van de frequentieverdeling van de buiten-temperatuur in een bepaald klimaat zal de effectiviteit van thermische massa ten opzichte van een licht gebouw veranderen. Zo zal een zwaar gebouw in een relatief koud klimaat minder energie verbruiken dan een



9. Klimaatclassificaties volgens Köppen-Geiger.

licht gebouw. Over het totale verschil in energieverbruik voor koeling en verwarming bij een zwaar gebouw en een licht gebouw kan geen algemene uitspraak worden gedaan, aangezien dit afhankelijk is van een aantal aspecten.

#### De functie

Afbeeldingen 7 en 8 gelden voor een kantoor en vergelijkbare functies. Echter in gebouwtypen waar een nachtverlaging of het volledig uitschakelen van het verwarmings- en koelsysteem niet wenselijk is, zal een licht gebouw overwegend minder positief zijn. Soms ligt dit nog iets complexer zoals bij een woning waarbij lagere nachttemperaturen voor de slaapvertrekken vaak comfortabel wordt gevonden, maar in de woonruimte juist niet.

#### De klimatisering

In een ongeklimateerd (zonder verwarming of koeling) gebouw of gebouwdeel zal het klimaat constanter zijn bij een gebouw met massa en heeft daardoor de voorkeur. In een zwaar gebouw worden de variaties in

dag- en nachttemperatuur uitgemiddeld over de tijd, bij een licht gebouw zullen de variaties in het binnenklimaat in grotere mate die van het buitenklimaat volgen.

#### Het klimaat

Het klimaat en met name de buitentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid is sterk van invloed op het effect dat thermische massa op het energieverbruik heeft. In het gematigde en relatief vochtige klimaat van West-Europa ligt dit nog eens extra gecompliceerd.

#### Latente koeling

Vanwege de hoge luchtvochtigheid en vochtproductie wordt de lucht in de meeste nieuwe utiliteitsgebouwen ontvochtigd. Hoe groter het aandeel is van deze latente koellast in het totale energieverbruik, des te kleiner is het verschil tussen het totale energieverbruik voor koeling voor een licht en een zwaar gebouw. Daarbij zal het effect van nachtventilatie worden verlaagd en kan de vochtabsorptie door massa negatief werken op de latente koellast.

#### Literatuur

1. 'Residential Cooling and Heating Load Calculations', *ASHRAE Fundamentals Handbook*, ASHRAE, Atlanta 2005.
2. *Guide A, Environmental design*, CIBSE, Londen 2006.
3. S. Visitsak, *An evaluation of the bioclimatic chart for choosing design strategies for a thermostatically controlled residence in selected climates*, Texas University 2007.
4. S.V. Szokolay, *Introduction to architectural science, the basis of sustainable design*, Elsevier, Amsterdam 2008.
5. K. A. Dornelles en M. Roriz, 'Thermal Inertia, Comfort and Energy Consumption in Buildings: A Case Study in São Paulo State - Brazil', *International Journal for Housing Science and Its Applications* 28, deel 2, p. 153-162.
6. B. Givoni, 'Man, Comfort, climate analysis and building design guidelines', *Energy and Buildings* 18 (1992), p. 11-23.
7. B. Givoni, 'Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures', *Energy and Buildings* 28 (1998), p. 25-32.

#### Gebouwworm

Hoe groter de verhouding van gebouwomhulling en vloeroppervlak hoe gunstiger een licht gebouw. Dit komt doordat er meer warmte- en koudeverlies optreedt waardoor het seizoen met overwegend koeling of verwarming (en niet het tussenseizoen) leidend wordt in de bepaling van het totale verbruik.

#### De klimaatregeling

De regeling van de klimaatinstallaties is kritisch voor een lichtgewicht gebouw. Het klimaat in een zwaar gebouw is constanter. Een slim regelsysteem voorkomt dat in het tussenseizoen (mede door nachtventilatie) zowel koeling als verwarming nodig is. Dit is ook de reden dat een licht gebouw lastiger is te stimuleren en de resultaten daardoor vaak ten onrechte negatief worden beoordeeld.

#### Isolatiewaarde

Door extra isolatie zullen lichte gebouwen meer voordelen krijgen. Het tussenseizoen wordt minder belangrijk voor het energieverbruik van het lichte gebouw en de koeling van zware gebouwen wordt kritischer. De



Interne warmte door verlichting, mensen, apparatuur en door zonnewarmte, blijft in het gebouw en zal in vele gevallen moeten worden afgevoerd (koeling). In de nacht koelt een goed geïsoleerd zwaar gebouw weinig af.

#### Hoge interne warmtelast

Bij een hoge interne warmtelast treedt een vergelijkbaar effect op als bij het verhogen van de isolatiewaarde. De massa verzadigt sneller omdat er meer warmte wordt gegenereerd, en de benodigde koelenergie is hoger.

#### Uitleg: latente koeling

Uit een Mollier-diagram (afb. 10) kunnen de eigenschappen van vochtige lucht bij verschillende temperaturen worden afgelezen. Lucht van een bepaalde temperatuur kan een maximaal aantal grammen waterdamp bevatten. De lucht is verzadigd, de relatieve luchtvochtigheid (RV) is 100%. Als bijvoorbeeld via verdamping blijvend waterdamp wordt toegevoerd, zal deze condenseren tot vloeibaar water. Bij elke temperatuur en vochtigheid hoort een bepaalde energie-inhoud of enthalpie. In het diagram zijn toestanden van gelijke enthalpie aangegeven als lijnen van linksboven naar rechtsonder. De mens kan boven een bepaalde temperatuur en vochtigheid (enthalpie) zijn warmte moeilijker kwijt via verdamping (zweeten). Hierdoor zal de lucht moeten worden ontvochtigd. Dit wordt latente koeling genoemd. •

10. Mollier (h-x-)diagram met daarin de uur-gemiddelde buitentemperaturen voor een geheel jaar voor Oslo, Amsterdam en Rome. Het oranje kader geeft de condities aan waarbinnen het buitenklimaat als 'comfortabel' wordt ervaren. In het oranje kader is theoretisch geen koeling of verwarming nodig. Het paarse gebied is een uitbreiding op het comfort-gebied door toevoeging van thermische massa met nachtventilatie. De zwarte stippen zijn de uren waarop de luchtsnelheid van de lucht te hoog is om het gebouw natuurlijk te kunnen ventileren; de effectiviteit van de thermische massa met nachtventilatie is vrij laag voor Amsterdam en Oslo. Zo'n inschatting van het potentieel van passieve maatregelen enkel met de buitentemperatuur wordt 'Bioclimatic design' genoemd<sup>66, 77</sup>.

