

Eenvoudig evalueren van zomercomfort

Dit artikel beschrijft de zoektocht naar een geschikte methode voor de evaluatie van het zomercomfort van eengezinswoningen, toepasbaar voor architecten in de vroege ontwerpfase. Onderzocht is of de toepassing van het EPB-rekenmodel per zone een geschikte benadering is voor een eerste indicatie van het zomercomfort. Daarnaast is een andere stationaire rekenmethode toegepast voor een schatting van de binnentemperatuur per uur in elke zone gedurende een zomermaand. Beide methoden zijn geëvalueerd in een vergelijkende analyse met een multizonale dynamische simulatie in Trnsys voor een referentiewoning.

L. (Lieve) Weytjens - Ph.D. Candidate, Provinciale Hogeschool Limburg (PHL, Dpt. Arts & Architecture)/UHasselt, Diepenbeek, België; dr.ir-arch. G. (Griet) Verbeeck - assistant professor, Provinciale Hogeschool Limburg (PHL, Dpt. Arts & Architecture), Diepenbeek, België

Er zijn heel veel gebouwsimulatieprogramma's beschikbaar om het energiegebruik en thermisch comfort van een gebouw te evalueren. Maar de meeste vergen een zeer gedetailleerde input of zijn complex in gebruik. Voor architecten zijn ze niet toegankelijk om in de vroege ontwerpfase toe te passen. Terwijl juist dan de belangrijkste beslissingen over energie en comfort worden genomen. Parameters zoals oriëntatie, gebouwwolume en compactheid worden in deze fase vastgelegd.

Er is een methode in ontwikkeling om deze evaluatie toegankelijker te maken voor architecten. Onderzocht wordt hoe vanaf de vroege ontwerpfase relatief nauwkeurige output kan worden gegeven, rekening houdend met de beperkte inputdata. Deze evaluatiemethode is in eerste instantie bestemd voor woongebouwen. Dit artikel concentreert zich op de bepaling van een geschikte methode voor de evaluatie van het zomercomfort bij eengezinswoningen, toepasbaar voor architecten in de vroege ontwerpfase.

In Vlaanderen geldt sinds 2006 de

EPB-wetgeving ('EnergiePrestatie en Binnenklimaat'). Deze wetgeving is ingevoerd in het kader van de Europese 'Energy Performance of Buildings Directive' (EPBD) [1]. In het EPB-model wordt zomercomfort geëvalueerd aan de hand van de 'oververhittingsindicator', die gebaseerd is op de overtollige warmtewinsten. Deze indicator biedt architecten een zeer eenvoudige en duidelijk te interpreteren globale indicatie van het te verwachten zomercomfort. De meeste Vlaamse architecten zijn vertrouwd met de EPB-methode en de oververhittingsindicator. Een uitbreiding van de methode kan dus een goede optie zijn om deze toe te passen in de vroege ontwerpfases. Het EPB-rekenmodel volgt echter een stationaire benadering op maandbasis, waarbij het volledige gebouw als één thermische zone wordt beschouwd. Dit heeft tot gevolg dat bij goede resultaten in de EPB mogelijk toch problemen op het gebied van zomercomfort optreden in bepaalde ruimten van het woongebouw. Een evaluatie van het zomercomfort kan daarom het

beste op kamerniveau plaatsvinden. Hiervoor bestaan geavanceerde dynamische rekenmodellen, zoals Trnsys of ESP-r. Maar deze rekenmodellen zijn doorgaans te complex en te gedetailleerd voor gebruik door architecten in vroege ontwerpfases.

Daarom wordt onderzocht of de toepassing van het EPB-rekenmodel op het niveau van een kamer of van een dag- en nachtzone een goede eerste indicatie geeft van het zomercomfort in de vroege ontwerpfase. Parallel worden ook de mogelijkheden van een stationaire rekenmethode op uurbasis geanalyseerd voor de inschatting van de binnentemperatuur in elke zone gedurende de maand juli. De geschiktheid van beide eenvoudige benaderingen wordt geëvalueerd in een vergelijkende analyse met een multizonale dynamische simulatie in Trnsys.

Dit artikel beschrijft de eerste resultaten van deze vergelijkende analyse voor een referentiewoning. Zowel de toepassing van het EPB-model per zone als de eenvoudige stationaire bepaling van de binnentemperatuur voorspel-

len voor het te verwachten zomercomfort
gelijkaardige tendensen als Trnsys. Na een
korte beschrijving van de rekenmodellen en de
onderzoeksmethode, gaat dit artikel dieper in
op de resultaten. Daarna volgen een discussie
en conclusies.

EENVOUDIGE REKENMODELLEN

Het EPB-rekenmodel

In de EPB-rekenmethode voor residentiële
gebouwen [2] wordt zomercomfort geëvalu-
eerd aan de hand van de 'oververhittingsin-
dicator'. Deze wordt bepaald op basis van de
jaarlijkse, genormaliseerde overtollige warm-
tewinsten ten opzichte van de insteltempera-
tuur voor verwarming. Het EPB-rekenmodel
werkt stationair, op maandbasis met standaard
klimaatgegevens voor de buitentemperatuur
en de bezonning, een vaste binnentemperatuur
van 18 °C (insteltemperatuur voor verwar-
ming) en forfaitaire interne warmtewinsten.
De jaarlijkse overtollige warmtewinsten
vormen de som van de maandelijkse waarden,
waarvoor de volgende formule geldt:

$$(1) I_{\text{overh,seci}} = Q_{\text{excessnorm,a}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{excessnorm,month}}$$

waarbij:

$$(2) Q_{\text{excessnorm,month}} = \frac{(1 - \eta_{\text{util,month}}) \cdot Q_{\text{gain,month}}}{H_{T,\text{month}} + H_{V,\text{month}}} \cdot \frac{1000}{3.6}$$

$\eta_{\text{util,month}}$ staat voor de benuttingsfactor van de
maandelijkse warmtewinsten (zonnwinsten
+ interne winsten). Deze factor is afhankelijk
van de tijdsconstante van het gebouw (τ) en
de verhouding tussen de warmtewinsten en
-verliezen. De tijdsconstante hangt af van de
thermische capaciteit van het gebouw (C),
het volume (V) en het specifiek warmtever-
lies door transmissie en ventilatie. Voor de
bepaling van de thermische capaciteit van
een gebouw worden vier constructietypen
onderscheiden: 'zwaar', 'halfzwaar', 'matig
zwaar' en 'licht'.

$$(3) \eta_{\text{util,month}} = \frac{1 - \left(\frac{Q_{\text{gain,month}}}{Q_{\text{loss,month}}}\right)^a}{1 - \left(\frac{Q_{\text{gain,month}}}{Q_{\text{loss,month}}}\right)^{a+1}}$$

$$\text{met } a = 1 + \frac{\tau_{\text{month}}}{54000}$$

en

$$(4) \tau_{\text{month}} = \frac{C \cdot V}{H_{T,\text{month}} + H_{V,\text{month}}}$$

NOMENCLATUUR

$I_{\text{overh,seci}}$	oververhittingsindicator
$Q_{\text{excess,norm,a}}$	jaarlijkse genormaliseerde overtollige warmtewinsten t.o.v. de insteltemperatuur voor verwarming
$Q_{\text{excess,norm,month}}$	maandelijkse overtollige warmtewinsten t.o.v. de insteltemperatuur voor verwarming
$\eta_{\text{util,month}}$	benuttingsfactor van de maandelijkse warmtewinsten
$Q_{\text{gain,month}}$	maandelijkse warmtewinsten door bezonning en interne warmteproductie
$H_{T,\text{month}}$	maandelijks specifiek warmteverlies door transmissie
$H_{V,\text{month}}$	maandelijks specifiek warmteverlies door ventilatie
$Q_{\text{loss,month}}$	maandelijkse warmteverliezen door transmissie en ventilatie
a	numerieke parameter
τ_{month}	tijdsconstante
C	thermische capaciteit
Φ_s	warmtewinsten ten gevolge van bezonning [W]
Φ_i	interne warmtewinsten [W]
Φ_v	ventilatieverliezen [W]
Φ_T	transmissieverliezen [W]
θ_i	binnentemperatuur

De maandelijkse interne winsten worden
forfaitair bepaald op basis van het totaal
beschermd volume en de lengte van de maand.
Voor de oververhittingsindicator werden een
drempelwaarde (8.000 Kh) en een maximaal
toegelaten waarde (17.500 Kh) vastgelegd.
Bij een oververhittingsindicator lager dan
de drempelwaarde is de kans op zomerse
oververhitting zeer gering. Bij een waarde
hoger dan de maximaal toegelaten waarde
zal quasi onvermijdelijk zomerse oververhit-
ting optreden en moet de ontwerper verplicht
ontwerpmaatregelen nemen om het risico
terug te dringen. Tussen de drempelwaarde en
de maximaal toegelaten waarde blijft er echter
een reëel gevaar bestaan van oververhittings-
problemen. Tussen deze waarden wordt een
fictief koelverbruik gehanteerd, om rekening te
houden met de reële kans dat achteraf actieve
koeling wordt bijgeplaatst. De netto energie-
behoefte voor koeling wordt berekend op basis
van de kans op plaatsing van actieve koeling
en de overtollige warmtewinsten boven de
instelwaarde voor koeling (23 °C).
In dit onderzoek wordt de EPB-rekenmethode
toegepast op kamerniveau.

Stationaire benadering

In deze tweede, eenvoudige, stationaire be-
nadering wordt de binnentemperatuur voor elke
thermische zone afzonderlijk berekend per uur
over de periode van één zomermaand (i.e. juli).
De resultaten geven de evolutie van de binnen-
temperatuur gedurende de maand juli weer,
waarvoor een schatting kan worden gemaakt
van het risico op te hoge binnentemperaturen
tijdens de zomer.

Per uur wordt aan de hand van de warmte-
balans de binnentemperatuur van elke zone

afzonderlijk berekend (zie formule 5). Deze
is afhankelijk van de buitentemperatuur, de
warmtewinsten (zonnwinsten en interne
winsten), de warmteverliezen (transmissiever-
liezen en ventilatieverliezen) en de warmte-
capaciteit van het gebouw. Warmtestromen
door de scheidingsconstructies van twee
aangrenzende zones worden buiten beschou-
wing gelaten.

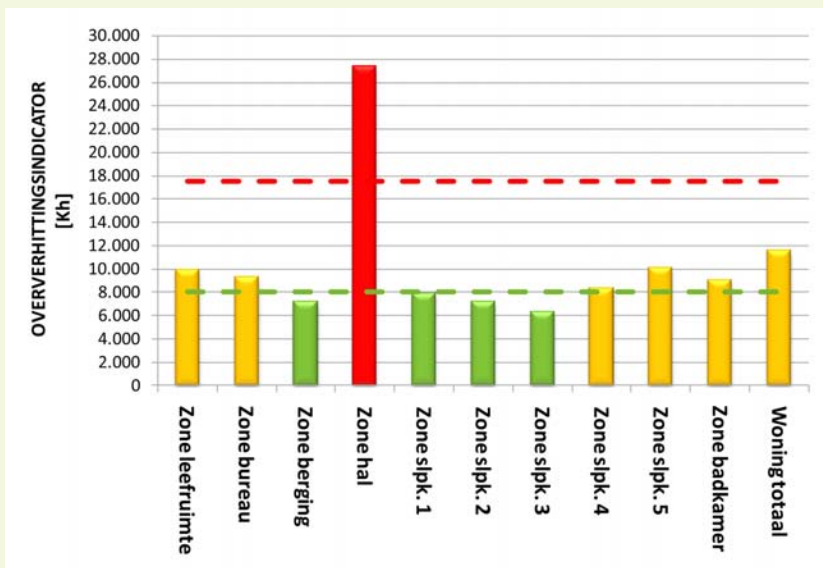
$$(5) \theta_{i,x} = \theta_i + \frac{\Phi_s + \Phi_i - \Phi_v - \Phi_T}{\sum (\rho \cdot c \cdot d \cdot A)} \cdot 3600$$

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van een
initiële binnentemperatuur van 20 °C. De
klimaatgegevens per uur zijn die van het 'Test
Reference Year voor Ukkel', zoals ook in Trnsys
toegepast.

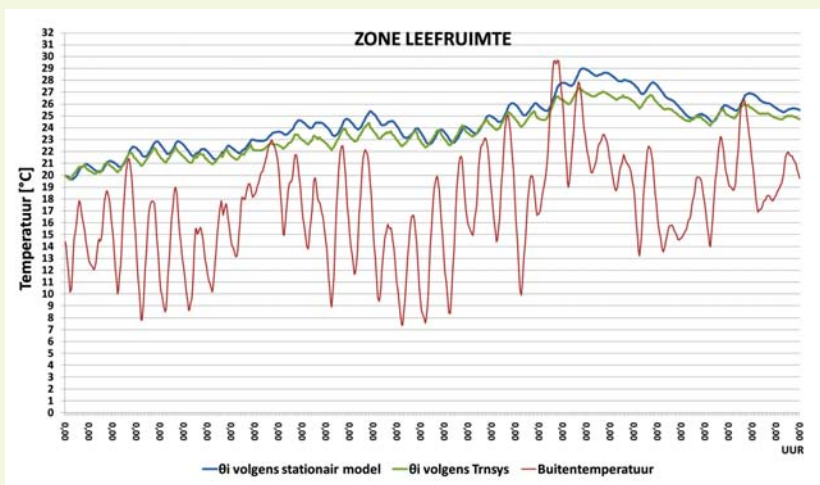
METHODOLOGIE

Algemeen

De toepasbaarheid van deze eenvoudige
rekenmethoden voor een eerste indicatie van
het zomercomfort in vroege ontwerpfases,
werd onderzocht in een vergelijkende analyse
met een multizonale dynamische simulatie
in Trnsys van één referentiewoning. Voor elke
afzonderlijke ruimte van deze woning werd
de oververhittingsindicator bepaald volgens
de EPB-benadering en de binnentemperatuur
gedurende de maand juli berekend volgens de
stationaire methode, zoals hiervoor beschre-
ven. Daarnaast werd een multizonale simulatie
van de woning uitgevoerd in Trnsys voor de
maand juli, met een tijdstap van één uur en
een begintemperatuur van 20 °C.
De inputdata van de verschillende modellen
werden in deze analyse zoveel mogelijk op



-Figuur 1- De oververhittingsindicator per zone, berekend volgens de EPB-software



-Figuur 2- Binnentemperatuur per uur in 'zone leefruimte' (maand juli)

elkaar afgestemd. Zo werd voor de interne warmtewinsten gebruik gemaakt van de gegevens volgens de EPB-methode. Daarbij werd geen rekening gehouden met de functie van de zone, noch met het verschil tussen dag- en nachtregrime. Ook voor het ventilatievoud werd een constante waarde opgelegd volgens de EPB-methode. In principe is dit een sterke vereenvoudiging van de realiteit. Maar tegelijkertijd heeft dit als voordeel dat de verschillende modellen onderling beter kunnen worden vergeleken. De bedoeling van deze vergelijkende analyse was immers om na te gaan of de verschillende modellen bij gelijke randvoorwaarden een gelijkaardige uitspraak kunnen doen over het zomercomfort van de woning, zonder daarbij absolute nauwkeurigheid na te streven. Verder onderzoek moet echter uitwijzen welke waarden (o.a. voor

het ventilatievoud en de interne winsten) het beste gehanteerd kunnen worden. De gemiddelde U-waarde per zone die nodig is voor de stationaire berekening van de binnentemperatuur, werd afgeleid uit de EPB-berekeningen. Omdat warmteverliezen naar de grond anders berekend worden in de EPB dan in Trnsys, kan dit een bepaalde impact hebben op de resultaten. Voor de bepaling van de oververhittingsindicator werd gebruik gemaakt van het EPB-rekenmodel met de klimaatgegevens en de rekenwaarde voor de gemiddelde binnentemperatuur, zoals oorspronkelijk bepaald in het EPB-besluit [2]. Ook deze gegevens moeten nog verder worden afgestemd met Trnsys, waarna een detailanalyse tussen de EPB en Trnsys mogelijk is (bijvoorbeeld voor de netto energiebehoefte voor koeling).

Keuze referentiewoning

De referentiewoning, een open bebouwing uit 2006, betreft een lage-energie woning waarvoor uurgemiddelde meetgegevens van het binnenklimaat beschikbaar zijn. Deze meetgegevens dienen als vergelijkingsbasis voor de zomercomfortprestaties. Het is niet de bedoeling hiermee de modellen echt te valideren.

De woning heeft een redelijk open planopbouw. Op benedenverdieping van de woning bevindt zich een leefruimte met open keuken. De hal van de benedenverdieping loopt over in de eerste verdieping en staat in verbinding met de zolder via een vide en een trapgat. In de hal bevindt zich een grote glaspartij die op het zuiden is georiënteerd. De eerste verdieping van de woning bestaat verder uit vijf slaapkamers en een badkamer. De zolder wordt momenteel niet gebruikt.

RESULTATEN

De oververhittingsindicator

Figuur 1 geeft een overzicht van de resultaten voor de oververhittingsindicator per thermische zone, berekend volgens de EPB-software. Naast de berekening per zone, is ook de oververhittingsindicator voor de woning in zijn geheel weergegeven (laatste kolom). De groene stippellijn in de grafiek geeft de drempelwaarde van 8.000 Kh aan en de rode stippellijn de maximaal toelaatbare waarde van 17.500 Kh.

Volgens de EPB-methode scoort de woning in zijn geheel relatief goed op gebied van zomercomfort. De drempelwaarde wordt weliswaar overschreden, maar de oververhittingsindicator ligt nog ver onder de maximaal toelaatbare waarde. Dit globale resultaat biedt de architect echter geen duidelijke informatie. Immers, de kans op oververhitting zal vermoedelijk geen aanleiding geven om het architectonisch ontwerp te herzien. De waarde ligt namelijk ver onder de maximale waarde. Bovendien toont deze globale waarde niet waar in het ontwerp zich de grootste problemen voordoen. Beschouwen we de resultaten voor de verschillende zones afzonderlijk, dan springt de probleemzone (de hal) eruit. De maximaal toegelaten waarde wordt voor deze zone ruimschoots overschreden, vermoedelijk vanwege de grote glasoppervlakten op het zuiden. De andere ruimten scoren relatief goed volgens deze methode. Voor een aantal zones (i.e. de berging, slaapkamer 1, 2 en 3) blijft de oververhittingsindicator zelfs onder de drempelwaarde.

Stationair en Trnsys

Figuren 2 tot en met 4 tonen voor enkele zones de evolutie van de binnentemperatuur op

uurbasis over een periode van één zomermaand (juli), berekend volgens de stationaire benadering en volgens Trnsys. Figuur 2 toont de evolutie van de binnentemperatuur voor de leefruimte. Voor deze zone geven de stationaire benadering en de simulatie met Trnsys gelijkaardige resultaten. De binnentemperatuur volgens de stationaire methode ligt over het algemeen wel iets hoger dan de temperatuur volgens Trnsys. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Zo worden de warmteverliezen naar de grond in beide methoden anders berekend. Ook is er een verschil in de berekening van de zonnewinsten van de serre naar de leefruimte en de transmissieverliezen naar de serre. Verder onderzoek moet uitwijzen welke methode hiervoor het meeste geschikt is.

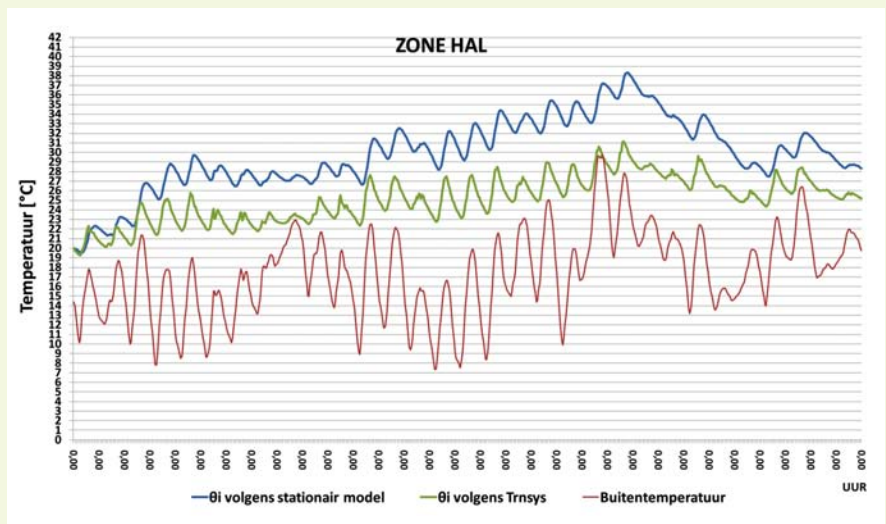
Voor de hal (figuur 3) volgt de binnentemperatuur volgens de stationaire methode dezelfde tendens als de binnentemperatuur volgens Trnsys, maar de temperatuursverschillen tussen beide modellen zijn hier veel groter. Dit kan te maken hebben met het feit dat de stationaire benadering geen warmteoverdracht tussen aangrenzende zones beschouwt. De hogere temperaturen in de hal (vanwege de grote glaspartijen op het zuiden) zorgen er namelijk voor dat een deel van de warmte afgevoerd wordt naar andere zones. De hal grenst aan een aantal zones, zowel op de benedenverdieping, als op de eerste verdieping en zolder.

Voor slaapkamer 4 (figuur 4) lijkt de evolutie van de binnentemperatuur volgens de stationaire benadering sterk op die volgens Trnsys. De temperatuur in Trnsys is iets hoger dan in de stationaire methode. Dit heeft vermoedelijk te maken met de extra warmtewinsten van de aangrenzende hal.

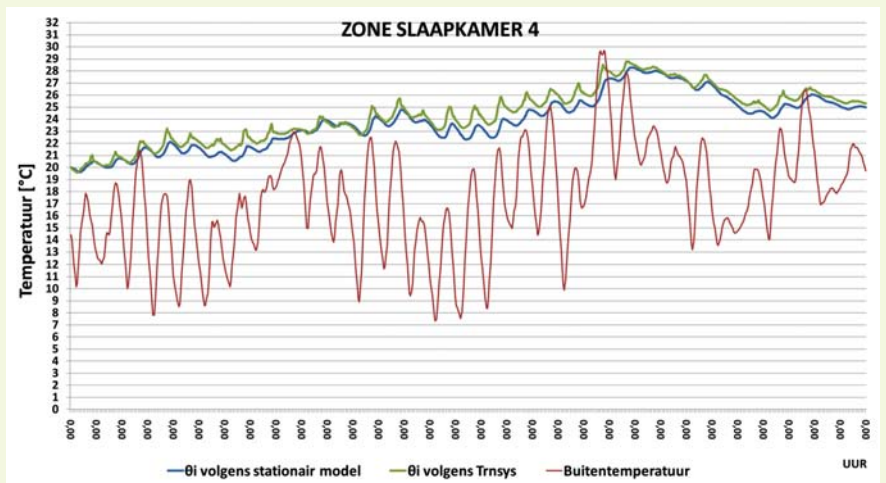
Ook voor de andere ruimten van deze woning was er een sterke overeenkomst tussen de resultaten van beide rekenmethodes. Dit blijkt ook uit figuur 5. Deze figuur geeft voor de verschillende zones de gemiddelde binnentemperatuur met de standaarddeviatie weer, volgens de stationaire methode en Trnsys. Uit deze figuur blijkt opnieuw het grote verschil voor de hal. Ook voor de leefruimte liggen de gemiddelde temperatuur en de standaarddeviatie iets hoger bij de stationaire berekening. Voor de slaapkamers en de badkamer ligt de gemiddelde temperatuur net lager ten opzichte van de gemiddelde temperatuur volgens Trnsys. Dit heeft vermoedelijk te maken met de warmtewinsten vanuit de hal.

DISCUSSIE EN CONCLUSIES

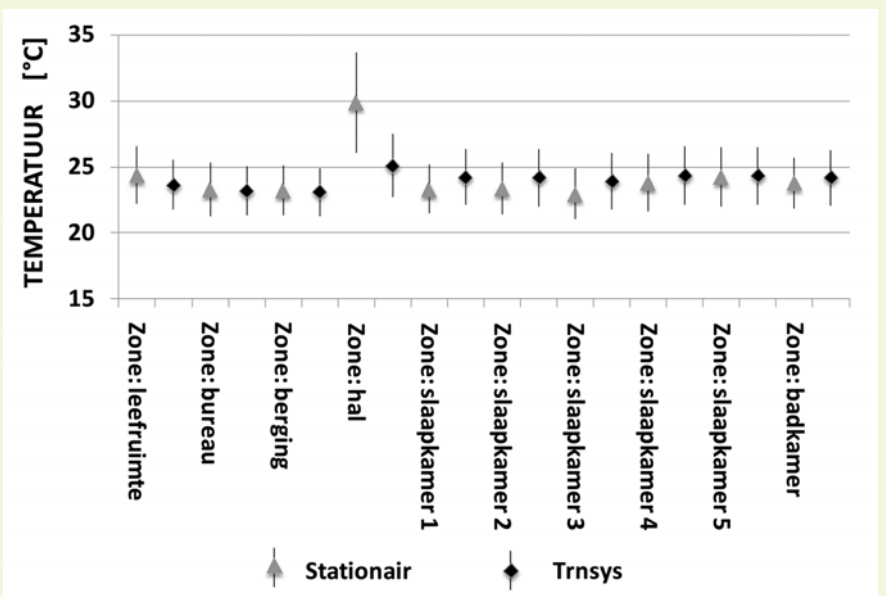
Deze studie richt zich op de bepaling van een geschikte methode voor de evaluatie van het zomercomfort van eengezinswoningen,



-Figuur 3- Binnentemperatuur per uur in 'zone hal' (maand juli)



-Figuur 4- Binnentemperatuur per uur in 'zone slaapkamer 4' (maand juli)



-Figuur 5- Gemiddelde binnentemperatuur en standaarddeviatie per zone

toepasbaar voor architecten in de vroege ontwerpfase. Er zijn drie verschillende evaluatiemethoden onderzocht: het EPB-rekenmodel op het niveau van een ruimte, een stationaire benadering voor de bepaling van de binnentemperatuur gedurende een zomermaand en, ter controle, een multizonale simulatie in Trnsys. Een algemene vergelijking van de resultaten van deze drie toegepaste rekenmethodes leidt tot de volgende vaststellingen: Ten eerste valt op dat de hal volgens beide eenvoudige benaderingen zéér slecht scoort op zomerse oververhitting. De oververhittingsindicator volgens de EPB overstijgt de maximaal toegelaten waarde aanzienlijk en volgens de stationaire benadering loopt ook de binnentemperatuur zeer hoog op. Volgens Trnsys blijkt ook de hal het slechtst te scoren maar niet zo uitgesproken als bij de eenvoudige benaderingen. Dit heeft vermoedelijk te maken met het feit dat Trnsys wél warmteoverdracht tussen aangrenzende zones in rekening brengt, terwijl dit niet het geval is bij de eenvoudige methoden. Toch zijn de tendensen voor de hal volgens de drie methoden redelijk gelijkaardig. Ook in Trnsys komen immers oververhittingsproblemen naar voren, aangezien de temperaturen tijdens een warme periode al snel oplopen tot meer dan 30 °C. Zowel de gemiddelde temperatuur als de standaarddeviatie zijn bovendien het grootst voor deze zone. Voor de leefruimte geeft de EPB een matig risico op oververhitting. De binnentemperatuur volgens de stationaire benadering volgt een gelijkaardige trend als de temperatuur volgens Trnsys, maar ligt gemiddeld wel iets hoger. De gemiddelde temperatuur ligt volgens de stationaire benadering op 24,4 °C en de standaarddeviatie bedraagt 2,2 °C. Over het algemeen is het te verwachten zomercomfort dus relatief goed, maar in een warme week loopt de maximumtemperatuur wel op tot 29 °C. De temperatuur volgens Trnsys daarentegen, blijft ook in de warme week binnen aanvaardbare comfortgrenzen (maximaal 27 °C). De oorzaken voor dit temperatuurverschil liggen mogelijk bij het verschil in de berekening voor de warmteverliezen naar de grond en in de berekening van de zonnewinsten en transmissieverliezen bij de serre. Voor de zone 'bureau', de badkamer, slaapkamer 4 en slaapkamer 5 voorspellen de drie modellen relatief gelijkaardige trends. Volgens de EPB is er in deze ruimten een matig risico op oververhitting. De binnentemperaturen van deze ruimten blijven volgens de stationaire methode en Trnsys de meeste tijd binnen aanvaardbare comfortgrenzen, maar in de warmste periode lopen de temperaturen op tot 28 °C of meer. Voor de badkamer blijft de maximumtemperatuur wel iets lager volgens

de stationaire methode (27 °C). Ook voor de zone 'bureau' blijft de maximumtemperatuur beperkt tot 27,3 °C volgens de stationaire methode en slechts 26,5 °C volgens Trnsys. Dit laatste verschil heeft mogelijk te maken met de warmteverliezen naar de grond. Ook voor de berging is de trend volgens de drie methoden gelijkaardig en heerst er nauwelijks risico op oververhitting. Hier blijft de temperatuur zelfs gedurende de warmste periode beperkt tot 26,6 °C volgens de stationaire benadering, en 26,2 °C volgens Trnsys. Voor slaapkamer 1, 2 en 3 ten slotte, is het risico op oververhitting zeer laag volgens de EPB-methode. Ook de binnentemperatuur volgens de stationaire methode blijft binnen een aanvaardbare comfortkwaliteit. In Trnsys ligt de temperatuur gemiddeld iets hoger voor deze ruimten en loopt de maximale temperatuur op tot 28 °C. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de extra warmtewinsten die van de hal afkomstig zijn. Aangezien het probleem van de hal duidelijk naar voren komt in de eenvoudige methoden, kunnen architecten hierop tijdig anticiperen. Het aanpakken van dit probleem heeft vermoedelijk een gunstige invloed op de temperaturen in deze slaapkamers, omdat de extra warmtewinsten dan kleiner worden. Dit zal in toekomstig onderzoek nader worden geanalyseerd. De globale, voorlopige conclusie is dat de drie methoden gelijkaardige tendensen laten zien voor het te verwachten zomercomfort van de bestudeerde woning. Op basis van deze eerste vergelijkende analyse lijken de eenvoudige comfortmodellen op het eerste zicht dan ook geschikt voor toepassing in de vroege ontwerpfase. Dit geldt met name voor de EPB-methode per zone en de stationaire bepaling van de binnentemperatuur. Rekening houdend met de opzet, de doelstelling en de beschikbare inputdata, is het in eerste instantie vooral van belang dat architecten snel een idee krijgen van de te verwachten ontwerpprestatie per kamer of zone. Absolute nauwkeurigheid is daarbij van ondergeschikt belang. Een andere conclusie is dat de oververhittingsindicator per zone een grondigere en duidelijker evaluatie van het zomercomfort geeft dan de huidige EPB-methode. Het is duidelijker waar zich de grootste problemen voordoen. Dit biedt architecten gerichtere informatie om tijdig hun ontwerp bij te sturen. Een verdere detailanalyse is echter nodig om na te gaan in welke mate de EPB-methode per zone overeenstemt met de resultaten van Trnsys. Dit zal gebeuren via een vergelijking van de netto energiebehoefte voor koeling volgens beide methoden. Toekomstig onderzoek moet ook uitwijzen of de EPB-methode het beste op het niveau van een ruimte wordt toegepast of

dat toepassing op het niveau van een dag- en nachtzone voldoende is voor de vroege ontwerpfase. Daarnaast is een gedetailleerdere vergelijking noodzakelijk tussen Trnsys en de stationaire bepaling van de binnentemperatuur. Dan kunnen de verschillen die optraden voor de hal en leefruimte mogelijk beter worden verklaard.

■ ACKNOWLEDGMENT

Dit onderzoek is gefinancierd met een specialisatiebeurs van het Instituut voor de Aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen (IWT-Vlaanderen).

■ REFERENTIES

1. <http://www.epbd-ca.org>
2. EPB Besluit Bijlage I. Bepalingsmethode van het peil van primair energiegebruik van woongebouwen. (2005)