



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# *Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG-eisen*

*In opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties*



**W/E rapport**

**Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen  
in relatie tot voorgenomen BENG eisen**

# Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG eisen

## **Opdrachtgever**

RVO  
Postbus 965, 6040 AZ Roermond

Bezoekadres: Slachthuisstraat 71, 6040 AZ Roermond  
Contactpersoon: E. Blankestijn  
M 0646 424 092 | E [ed.blankestijn@rvo.nl](mailto:ed.blankestijn@rvo.nl)

## **Opdrachtnemer**

W/E adviseurs  
Arthur van Schendelstraat 650, 3511 MJ Utrecht  
Jan van Hooffstraat 8<sup>E</sup>, 5611 ED Eindhoven

Contactpersoon: Pieter Nuiten, Cees Leenaerts  
T 040 - 235 8450 | M 06 2239 6192 | E [nuiten@w-e.nl](mailto:nuiten@w-e.nl)

## **Projectnummer**

W/E 9604



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
2.1	Aanleiding	5
2.2	Scope	5
2.3	Afbakening	5
2.4	Leeswijzer	6
<b>3</b>	<b>Bouwstenen</b>	<b>7</b>
3.1	Effect 'zomercomfort' op BENG-eisen	7
3.2	Beoordelingsmethodes zomercomfort	8
3.3	Buitenklimaat	13
3.4	Conclusie	16
<b>4</b>	<b>Berekeningen</b>	<b>17</b>
4.1	Aanpak	17
4.2	Uitgangspunten	17
4.3	Berekeningsresultaten: GTO-uren	21
4.4	Berekeningsresultaten: $TO_{juli}$	31
4.5	TO-uren versus GTO-uren	32
4.6	Berekeningsresultaten: BENG	33
4.7	Berekeningsresultaten: Verband GTO-uren, $TO_{juli}$ en BENG	34
4.8	Conclusies	37
<b>5</b>	<b>Mogelijke methoden voor grenswaarden</b>	<b>38</b>
5.1	Randvoorwaarden voor mogelijke criteria	38
5.2	Eis aan aantal TO- of GTO-uren	38
5.3	Zomercomfort conform NEN 7120	38
5.4	Eis $TO_{juli}$ , conform NEN 7120	39
5.5	Aparte eis BENG1_H aan $Q_{H,nd}$ en BENG1_C aan $Q_{C,nd}$	39
5.6	Aparte eis BENG1_H aan $Q_{H,nd,jan}$ en BENG1_C $Q_{C,nd,juli}$	39
5.7	Eis aan ZTA- en/of g-waarde glas	39
5.8	Eis aan combinatie glas-eigenschappen en oppervlakten per oriëntatie	40
5.9	Samenvattend	40
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>41</b>
6.1	Conclusies	41
6.2	Aanbevelingen	41
<b>Literatuur</b>		<b>43</b>
<b>Bijlage: Geometrie van de doorgerekende woningen</b>		<b>44</b>
<b>Bijlage: Interne warmtelast volgens GIW-ISSO</b>		<b>46</b>
<b>Bijlage: Resultaten GTO-berekeningen</b>		<b>48</b>
<b>Appendix: Aanvullende berekeningen <math>TO_{juli}</math></b>		<b>50</b>

# 1 Samenvatting

## Aanleiding

Ter voorkoming van het risico op oververhitting in nieuwe gebouwen wordt in de EPC-methodiek de koelbehoefte van gebouwen uitgerekend. Als er geen actieve koeling wordt toegepast wordt, met een fictief koelrendement, een energiegebruik voor koeling in rekening gebracht. Om verschillende redenen heeft het de voorkeur deze zomercomfortcorrectie uit de bepalingsmethode te halen. In deze studie is gezocht naar een methode (bepalingsmethode, indicator, eis) waarmee het risico op temperatuuroverschrijding in beeld kan worden gebracht op basis van input en resultaten die nodig zijn voor een EPG-berekening én waarmee in het Bouwbesluit aanvullende eisen gesteld kunnen worden om dat risico te beperken.

In deze studie is zoveel mogelijk gerekend met realistische, gemiddelde getallen. Dat betekent ook dat als gebouwen voldoen aan een eventuele eis, afgeleid uit de EP-berekening, ten behoeve van beperking van temperatuuroverschrijdingen dit niet automatisch betekent dat dat in alle omstandigheden of bij alle gebruikers het geval zal zijn.

## Risico op temperatuuroverschrijdingen: Methoden & criteria

Voor woningen vinden we de GTO-methode (gewogen temperatuuroverschrijdingsuren) de meest geschikt methode voor een nauwkeurige bepaling van het risico op oververhitting, zowel bij lichte als zware gebouwen. Bij deze methode wordt rekening gehouden met de mate van discomfort in een bepaald uur, waarbij een groter discomfort zwaarder meetelt. Een voorlopig richtgetal is maximaal 450 GTO-uren.

## Randvoorwaarden voor mogelijke criteria

Er is een aantal randvoorwaarden op te stellen waaraan een methode ter beperking van het aantal (G)TO-uren dient te voldoen: Er dient een correlatie te zijn met GTO-uren, de eis dient te leiden tot ontwerpen met kleiner risico op oververhitting, de eis moet voldoende onderscheidend zijn en mag niet leiden tot (veel) extra invoer tov EPG/NTA of tot grote aanpassingen van de bepalingsmethode.

## Conclusies

De voorgenomen BENG1-eis aan nieuwe gebouwen bevat nu de combinatie van energiebehoefte voor verwarmen en koelen. Invoeren van deze eis (als som van  $Q_{H,nd}$  en  $Q_{C,nd}$ ) voorkomt de meest extreme situaties qua koelbehoefte / oververhitting. Er is enige correlatie tussen BENG1 en het aantal GTO-uren, maar deze correlatie is onvoldoende om alleen op BENG1 te vertrouwen ter beperking van oververhitting in de zomer.

De berekende koudebehoefte  $Q_{C,nd}$  (of beter: BENG1\_C gedefinieerd als  $Q_{C,nd}/Ag$ ) blijkt een redelijke indicatie van risico op temperatuuroverschrijding. Toch is de koudebehoefte niet geschikt als indicator voor GTO-uren, het verband is 'te flauw': een kleine wijziging in BENG1\_C geeft een grote wijziging in het aantal corresponderende GTO-uren.

Een betere indicator lijkt het  $TO_{juli}$ -getal. Deze kan berekend worden op basis van invoer die nodig is voor de EPG- en BENG-berekeningen en ligt qua nauwkeurigheid tussen een EPC/BENG-berekening en een volledige TO-berekening. Er is een goede correlatie met het aantal GTO-uren.

Bovenstaande laat onverlet dat vanuit oogpunt van energiebesparing (wat niet per sé gelijk op gaat met beperken van oververhitting) eisen gesteld kunnen worden aan het beperken van de koudebehoefte.



### Aanbevelingen

Ter voorkoming van oververhitting kan er een eis worden gesteld aan  $TO_{juli}$ , als deze groter is dan een bepaalde drempelwaarde dan moet

- óf actieve koeling worden toegepast
- óf via een GTO berekening worden aangetoond dat het aantal GTO-uren kleiner is dan een nader te bepalen maximum (bijvoorbeeld 450 uur/jaar). Dit vereist wel dat wordt vastgelegd aan welke voorwaarden deze berekening dient te voldoen.

Als 450 uur als 'acceptabel' wordt beschouwd, is de corresponderende waarde voor  $TO_{juli}$  1,4.

In de beperkte tijd van dit onderzoek is het niet mogelijk geweest alle mogelijke variaties in gebouwtypen en gebouwmaatregelen die voldoen aan de BENG-eisen te onderzoeken. De keuze voor  $TO_{juli} = 1,4$  is gebaseerd op berekeningen met vier woningtypen. Mogelijk is ook de  $TO_{juli}$ -methode nog aan te passen voor een betere match met GTO-uren.

In de EPG- en GTO-berekening is de mate van spuiventilatie zeer bepalend voor het terugbrengen van binnentemperatuur in de zomer. Voor zowel buitenzonwering als spuiventilatie geldt dat het 'passieve maatregelen' zijn, maar die dienen door de gebruiker wel 'actief' beheerd te worden. Dat wil zeggen dat de gebruiker/bewoner zich bewust moet zijn van het bouwfysisch gedrag van de woningen en daarop zijn gedrag moet aanpassen. Dus actief gebruiken van buitenzonwering of deze automatisch regelen, actief benutten van spuiventilatie. Bijkomend probleem van spuiventilatie is dat te openen ramen en kleppen inbraakgevoelig kunnen zijn en in een geluidbelaste situatie tot geluidoverlast leiden en dus niet universeel toepasbaar is. Er zijn op de markt producten verkrijgbaar die hier aan voldoen. Er zouden dus nadere eisen gesteld kunnen worden aan de spuiventilatievoorzieningen indien deze gewaardeerd worden in de BENG berekening.

Interne warmtelast is een zeer belangrijke invloedsfactor. Zowel de hoogte van de warmtelast als de verdeling over de ruimten is bepalend voor het aantal GTO-uren. Voor een betere inschatting van het werkelijke aantal GTO-uren is het nodig meer inzicht te krijgen in de warmtelast in woningen.

## 2 Inleiding

### 2.1 Aanleiding

Onder het EPC-regime zijn gebouwen gerealiseerd die een goede energieprestatie hebben, maar niet altijd met een goed thermisch binnenklimaat. Dit is reden geweest voor de normcommissie om in het verleden een 'zomercomfort-correctie' te introduceren: Als er een koelbehoefte wordt berekend en er is geen koelapparatuur aanwezig, wordt, met een fictief koelrendement, een energiegebruik voor koeling in rekening gebracht. Zo is getracht te voorkomen dat woningen en gebouwen in zomersituatie te warm worden.

De nieuwe bepalingmethode NTA8800 heeft als doel om de energieprestatie van een gebouw/woning op een eenduidige manier vast te stellen: niet meer en niet minder. Bij de herziening van de energieprestatiebepalingmethode is besloten dat de beleidsmatige factoren uit de methode worden gehaald en rechtstreeks in wet- en regelgeving geplaatst worden. Eén van deze factoren is de zomercomforttoeslag.

De vraag is hoe het mogelijk is om het risico op oververhitting te beperken als de zomercomforttoeslag niet meetelt in het berekende gebruik waarop de indicatoren BENG 2 en BENG 3 zijn gebaseerd, zónder expliciet eisen te stellen aan de temperatuuroverschrijding (via bv TO-uren). Eén van de opties die door RVO is voorgesteld is het stellen van een grenswaarde aan de koelbehoefte. Deze eis is dan additioneel ten opzichte van de drie reeds bekende BENG-indicatoren. Er zijn ook andere manieren denkbaar:

- Toch een eis aan TO- of GTO-uren (en dan de benodigde parameters voor de rekenmethode voorschrijven)
- Handhaven van correctie voor zomercomfort conform NEN7120
- Handhaven van correctie voor zomercomfort conform NEN7120 maar met ander rendement
- Eis aan  $TO_{juli}$  conform NEN 7120
- Aparte eis aan de energiebehoefte voor verwarmen en/of koelen (BENG1\_H en BENG1\_C)
- BENG1 samenstellen uit  $Q_{H;nd\_jan}$  en  $Q_{C;nd\_juli}$
- Eis aan ZTA- en g-waarde glas
- Eis aan combinatie glas-eigenschappen en oppervlakten per oriëntatie

In dit rapport worden de verschillende mogelijkheden onderzocht waarmee eisen gesteld kunnen worden aan het gebouwwontwerp waardoor het risico op oververhitting kan worden beperkt. Uitgangspunt is dat 1) het criterium volgt uit de EPC/BENG-berekeningen en 2) dat de ontwerper weinig tot geen extra invoer nodig heeft specifiek voor deze eis.

### 2.2 Scope

Het risico op oververhitting treedt op in alle gebouwen en gebouwfuncties. Inschatting is dat voor utiliteitsgebouwen in de meeste gevallen een specifieke berekening / beoordeling van het binnenklimaat gemaakt zal worden door de betrokken ontwerpers en adviseurs. Voor woningen is dat veel minder vaak het geval. Deze studie richt zich daarom op zelfstandige woningen.

### 2.3 Afbakening

#### Gemiddeld energiegebruik versus risico op oververhitting

De EPC-eisen in het Bouwbesluit zijn geïntroduceerd om het energiegebruik van gebouwen te beperken. Dat is ook het doel geweest van de daarvoor aangewezen bepalingmethode, eerst de EPN (NEN 5128), nu EPG (NEN 7120) en straks NTA 8800. De invoer die nodig is voor het berekenen van de energieprestatie onder gestandaardiseerde omstandigheden (denk aan binnen- en

buitentemperaturen, bewonersgedrag) lijkt sterk op de invoer die nodig is voor TO-berekeningen. Toch is voor TO-berekeningen veel gedetailleerdere invoer nodig. Niet alle invoer is echter beschreven in de energiebepalingsmethoden. Ook is niet voor alle parameters in de literatuur terug te vinden hoe deze in de gemiddelde situatie zouden zijn (bv verdeling interne warmtelast over verschillende ruimten, metabolisme van personen).

De EP-methode kan beschouwd worden als een sterk vereenvoudigd model (op maandniveau) van energiesimulatieberekeningen op uur-niveau (of soms nog kleinere tijdschaal). Bovendien richt de EP-methode zich op een 'gemiddelde' situatie. Als het gaat om voorkómen van een slecht binnenklimaat moet eerder gekeken worden naar de extreme situaties. Als in de 'gemiddelde situatie' voldaan wordt aan de eisen voor een goed binnenklimaat kan ook grofweg de helft van de situaties juist niet voldoen aan de eisen. Een woning die voor een gezond iemand voldoet, hoeft dat niet te doen voor kwetsbare personen als kleine kinderen of ouderen.

In deze studie is zoveel mogelijk gerekend met realistische, gemiddelde getallen. Dat betekent ook dat als gebouwen voldoen aan een eventuele eis, afgeleid uit de EP-berekening, ten behoeve van beperking van temperatuuroverschrijdingen dit niet automatisch betekent dat dat in alle omstandigheden of bij alle gebruikers het geval zal zijn.

#### NEN 7120 versus NTA 8800

Voor deze studie is gebruik gemaakt van NEN 7120. In de toekomst zal NTA 8800 gebruikt gaan worden als bepalingmethode voor de energieprestatie van gebouwen. De resultaten zullen waarschijnlijk ongeveer gelijk zijn maar er kunnen zeker verschillen optreden tussen beide methoden. De manier waarop de koudebehoefte wordt berekend, met name via spuintilatie, is in NTA 8800 wezenlijk anders. De resultaten van deze studie zijn daarom niet 1-op-1 ook van toepassing op de resultaten van berekeningen met NTA 8800.

#### Gevoeligheidsanalyse

In de beperkte tijd van dit onderzoek is het niet mogelijk geweest alle mogelijke variaties in bouwtypen en bouwmaatregelen die voldoen aan de voorgenomen BENG-eisen te bekijken. In het hoofdrapport zijn een tussenwoning en een appartement beschouwd, in de appendix zijn de belangrijkste berekeningen toegevoegd voor een vrijstaande woning en een studio.

## 2.4 Leeswijzer

Dit rapport begint met een hoofdstuk met achtergrondinformatie, bouwstenen als de kwantificering van het effect van zomercomfort op de BENG-eisen en een overzicht van bestaande methoden om het risico op oververhitting te kwantificeren en in praktijk gehanteerde eisen daaraan.

Daarna volgt een hoofdstuk met berekeningsresultaten: TO-uren via een dynamisch rekenmodel, BENG-indicatoren via EPG-software. Beide voor verschillende woningtypen en verschillende varianten. De resultaten worden onderling in verband gebracht. Het volgende hoofdstuk beschrijft hoe deze resultaten uitpakken voor de mogelijke indicatoren voor temperatuuroverschrijdingen. Het laatste hoofdstuk geeft conclusies en aanbevelingen.



# 3 Bouwstenen

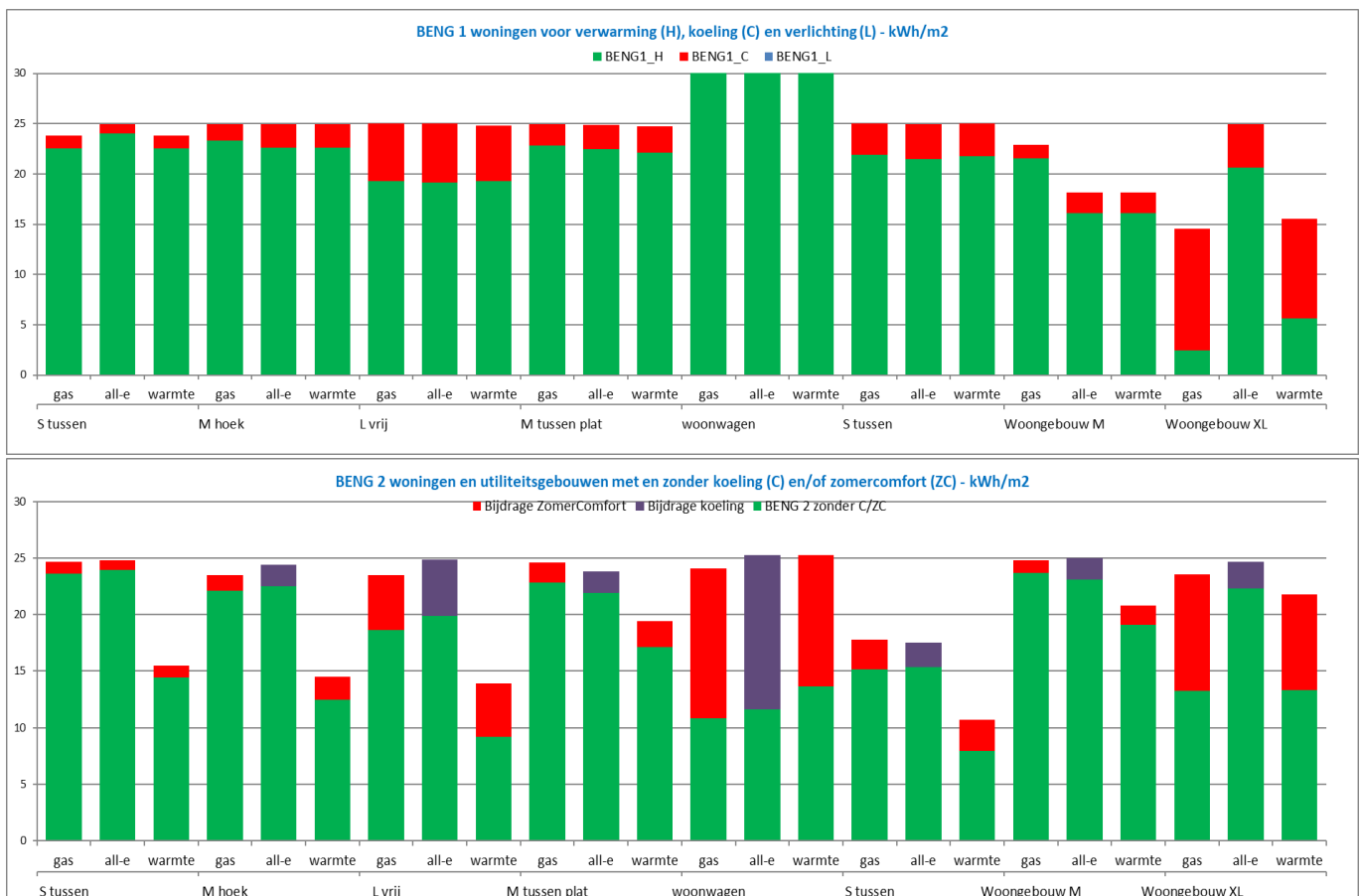
## 3.1 Effect 'zomercomfort' op BENG-eisen

Voor alle referentiegebouwen is bekeken welk aandeel 'zomercomfort' dan wel 'koeling' leveren aan de BENG-eisen voor energiebehoefte, primair energiegebruik en hernieuwbare energie. Er is gebruik gemaakt van de gebouwen als ontwikkeld door RVO<sup>1</sup>: 8 woningen/woongebouwen, 2 combinatiegebouwen (woning + utiliteit) en 23 utiliteitsgebouwen.

Voor elk van deze gebouwen is met behulp van Enorm 3.60 bepaald wat de berekende energiegebruiken zijn. De energiebehoefte voor koeling en voor verwarming ( $Q_{C,nd} + Q_{C,AHU}$  en  $Q_{H,nd} + Q_{H,AHU}$ ) zijn hier uitgedrukt als BENG1\_C en BENG1\_H, in kWh/m<sup>2</sup>, analoog aan BENG1. In het vervolg van dit rapport wordt met BENG1\_C verwezen naar  $Q_{C,nd}/Ag$  [kWh/m<sup>2</sup>] omdat in de woningbouw de post  $Q_{C,AHU}$  voor luchtbehandelingskasten niet van belang is).

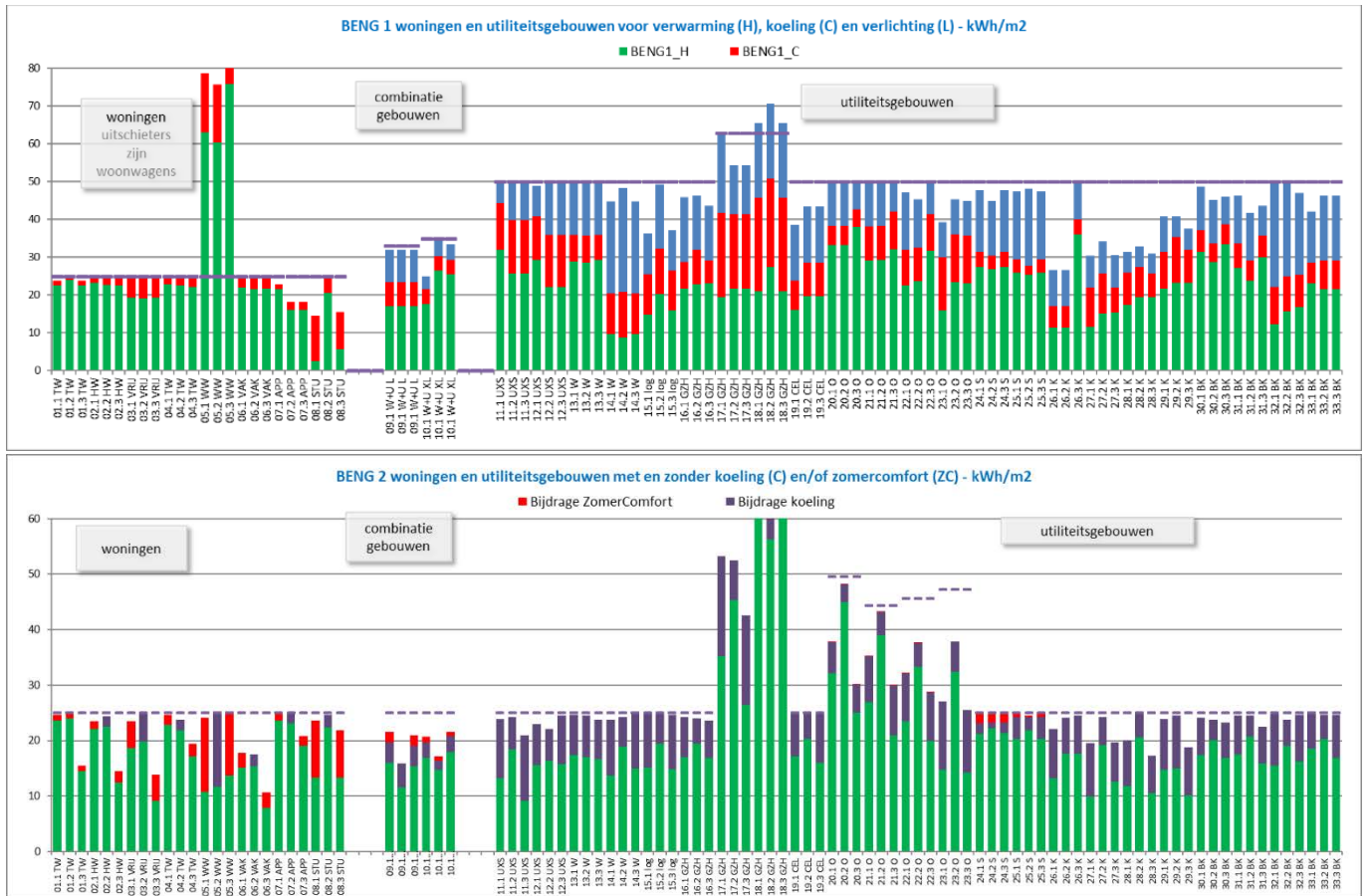
De referentiewoningen voldoen bijna allemaal precies aan BENG1, uitzondering zijn de woonwagens (midden in de grafiek; zie ook de volgende figuur) en het grote woongebouw. BENG1 wordt met name bepaald door de hoogte van de warmtevraag.

Ook aan BENG2 wordt vaak precies aan voldaan, maar met name de warmtegebouwen scoren hier veel beter. Enkele referentiewoningenzijn voorzien van actieve koeling (paarse balken in de grafiek BENG2) met behulp van een warmtepomp.



Figuur 1 Effect zomercomfort / koeling op BENG-indicatoren voor de RVO-referentiewoningen

<sup>1</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-beng/referentiegebouwen-beng>



Figuur 2 Effect zomercomfort / koeling op BENG-indicatoren voor de RVO referentiewoningen, combinatiegebouwen en utiliteit

### 3.2 Beoordelingsmethodes zomercomfort

Er zijn vele methoden in gebruik (gewest) om een indicatie te geven van het zomercomfort in woningen en andere gebouwen. In deze paragraaf wordt een opsomming van deze methoden met een korte achtergrond en hun belangrijkste kenmerken.

#### 3.2.1 Bepalingsmethoden, algemeen

##### PMV en PPD

De meeste methodes zijn op basis van de 'predicted mean vote', PMV<sup>2</sup>. De PMV is afgeleid uit de behaaglijkheidstheorie van Fanger en geeft aan welk percentage van gebruikers/bewoners ontevreden zal zijn over de kwaliteit van het thermisch binnenklimaat ('percentage of people dissatisfied', PPD). De PPD volgt uit de PMV die aangeeft hoe het thermisch binnenklimaat door de gemiddelde gebruiker wordt beoordeeld. Er wordt rekening gehouden met de volgende variabelen:

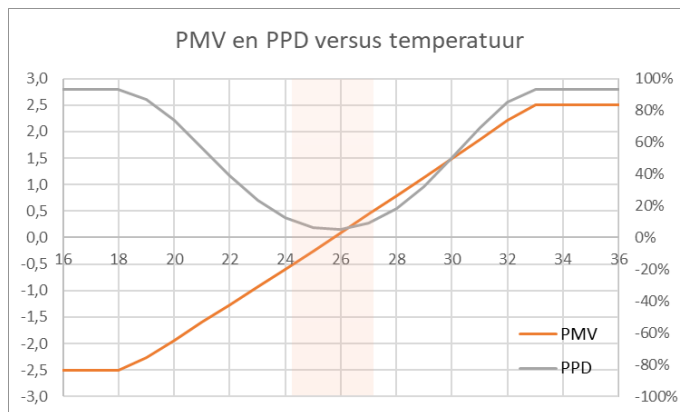
- activiteitsniveau van de gebruiker (metabolisme, uitgedrukt in 'met-waarde'; 1 met = 58 W/m<sup>2</sup>)
- warmteweerstand van de kleding (uitgedrukt in I<sub>clo</sub>-waarde)
- luchttemperatuur
- gemiddelde stralingstemperatuur
- relatieve luchtvochtigheid
- lichtsnelheid

<sup>2</sup> Zie bv [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_comfort](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort) voor een uitgebreide beschrijving van de PMV en PPD.

De PMV wordt uitgedrukt in een getal dat doorgaans ligt tussen - 3,0 (koud) en +3,0 (heet). Bij een PMV van 0,0 (= neutraal, niet te warm en niet te koel) zijn de gebruikers gemiddeld genomen het meest tevreden over de thermische behaaglijkheid in een ruimte. Als eis aan de 'behaaglijkheid' wordt meestal gesteld dat de PMV in een ruimte maar een bepaald aantal uren buiten de grens  $-0,5 < PMV < 0,5$  komen.

In de onderstaande figuur is de berekende PMV-waarde te zien die is berekend met als uitgangspunten een metabolisme van 1,1 met ( $65 \text{ W/m}^2$ ), een kledingweerstand  $I_{clo}$  van 0,5 (waarde voor zomersituatie, denk aan ondergoed, T-shirt, lichte broek, lichte kousen en schoenen), luchtvochtigheid van 50% en luchtsnelheid van 0,15 m/s. De lucht- en stralingstemperatuur zijn geacht gelijk te zijn aan elkaar.

Het comfortabele gebied ( $0,5 < PMV < 0,5$  ligt tussen ongeveer  $24,3 \text{ }^\circ\text{C}$  en  $27,2 \text{ }^\circ\text{C}$  met een optimum PMV = 0,0 bij  $25,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dat is een zone met vrij hoge temperaturen. De invloed van metabolisme en kleding is groot en bovendien sterk persoonsafhankelijk.



Figuur 3 Verband tussen PMV, PPD en temperatuur.

De oranje markering geeft het 'comfortabele gebied' weer met een PMV tussen  $-0,5$  en  $+0,5$

### TO-uren

Het aantal uren dat de PMV boven 0,5 ligt is aanvankelijk (voor kantooractiviteiten) vertaald naar een maximaal aantal overschrijdings-uren van een binnentemperatuur van  $25^\circ\text{C}$  en  $28^\circ\text{C}$ , met het klimaat van 1964 als referentie:

- $25^\circ\text{C}$  mag maximaal 100 uur per jaar worden overschreden
- $28^\circ\text{C}$  mag maximaal 20 uur per jaar worden overschreden

100 uur is dan 10% van de arbeidstijd in de zomermaanden.  $25^\circ\text{C}$  is de op een heel getal afgeronde waarde van de temperatuur ( $25,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) die bij gemiddelde kantooromstandigheden hoort bij PMV = 0,5. De grens van  $28^\circ\text{C}$  komt ongeveer overeen met PMV = 1; uitgaande van passende parameters voor de PMV ( $M = 1,2$  met,  $I_{clo} = 0,7$  (zomersituatie);  $v_{ar} = 0,1$  m/s, luchtvochtigheid = 50%).

### GTO-uren

De afkorting GTO staat voor gewogen temperatuuroverschrijdingsuren. Verschil met de 'gewone' TO-methode is dat niet alleen het aantal uur dat een bepaalde drempelwaarde wordt overschreden wordt geteld, maar ook de mate waarin. Een uur van  $30^\circ\text{C}$  telt zo zwaarder mee dan een uur van  $28^\circ\text{C}$ . In de GTO-methode wordt het aantal uren dat een bepaalde PMV overschreden wordt vermenigvuldigd met een weegfactor en gesommeerd. De GTO-methode is beschreven in ISO 32 [9].

Omdat de PMV (en daarmee ook de PPD en de GTO-uren) afhankelijk is van luchttemperatuur, stralingstemperatuur, relatieve vochtigheid, luchtsnelheid, metabolisme en kledingweerstand is er niet meer sprake van een vaste vergelijkingswaarde voor de temperatuur als bijvoorbeeld  $T > 25^\circ\text{C}$ .

De weegfactor is bepaald aan de hand van het PPD in dat uur. Uitgangspunt bij het samenstellen van de weegfactor was dat een uur met 10% ontevreden een gelijke waardering krijgt als een half uur met 20% ontevreden. Er wordt dus gewogen naar de PPD.

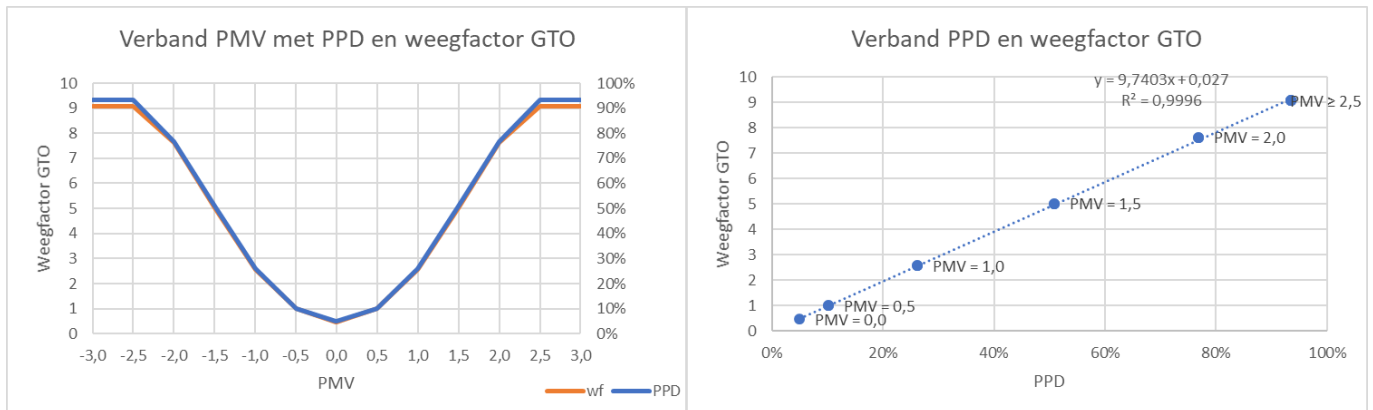
De weegfactor wordt berekend met de volgende formule:

$$\langle 1 \rangle \quad wf = 0,47 + 0,22 \cdot |PMV| + 1,3 \cdot |PMV|^2 + 0,97 \cdot |PMV|^3 - 0,39 \cdot |PMV|^4$$

De PMV is in de extremen ( $> 2,0$ ) minder betrouwbaar als index. In deze studie hebben we de PMV (en daarmee ook PPD en wf) begrensd op 2,5.

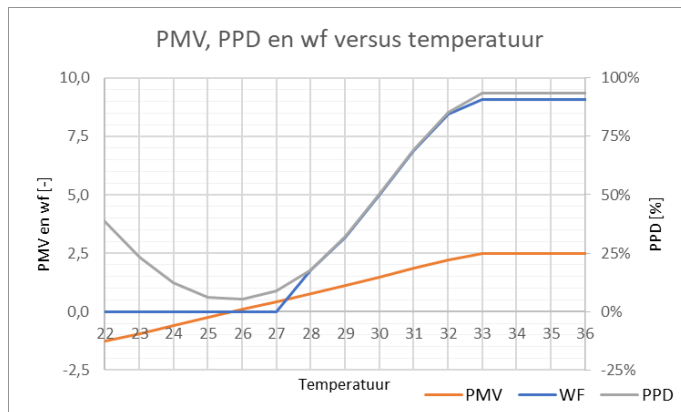
Onderstaande figuren geven het verband weer tussen PMV, PPD en de weegfactor. Te zien is dat een uur met een berekende PMV van 1 leidt tot een PPD van 2,57. Zo'n uur telt dus ruim 2,5x zwaarder dan een uur met een PMV van 0,5 (met een weegfactor van 1,0).

Het verband tussen PPD en weegfactor is vrijwel lineair.



**Figuur 4** Verband PMV, PPD en weegfactor GTO-uren

Ook de weegfactor kan worden uitgezet tegen de temperatuur, analoog aan Figuur 3 en met dezelfde parameters voor de PMV. Dat verband is te zien in Figuur 5. De weegfactor wordt pas relevant als de PMV groter wordt dan 0,5. Daarna loopt de weegfactor lineair op tot bij een temperatuur van 32,9 °C een PMV van 2,5 wordt bereikt. Daarboven is de PMV afgegrensd en neemt de weegfactor niet verder toe. Te zien is ook dat het aantal GTO-uren pas begint te tellen bij temperaturen boven de 27°C.



**Figuur 5** Verband PMV (linker-as), PPD (rechter-as), weegfactor GTO-uren (linker-as) en operationele temperatuur (horizontale as;  $M = 1,1$  met,  $I_{clo} = 0,5$  clo,  $v = 0,15$  m/s,  $RV = 50\%$ )

### ATG methode

De ATG-methode (adaptieve temperatuur grenswaarden) houdt rekening met gewinning van personen aan (hogere) buitentemperaturen. Als het buiten gedurende een langere periode warm is, wordt verondersteld dat hogere binnentemperaturen nog acceptabel zijn.

De grenswaarde van de binnentemperatuur (operatieve temperatuur) is afhankelijk van de 'Running Mean Outdoor Temperature', dit is een gewogen gemiddelde van de buitenluchttemperatuur (etmaaltemperatuur), van 'vandaag' en de afgelopen drie dagen. Grenswaarden zijn afhankelijk van gebouw/klimaatype. Er zijn drie klassen, klasse A met 90% acceptatie (gevoelige groep

gebouwegebruikers of gebouwen op A-locatie), klasse B met 80% acceptatie (algemeen toepasbaar) en klasse C met 65% acceptatie voor tijdelijke situaties.

De ATG-methode is in deze studie niet in beschouwing genomen.

### ISSO 32 - Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen

ISSO 32 is een achtergronddocument en geeft uitgangspunten voor dynamische temperatuur-berekeningen. Er is geen bepalingsmethode of eis in beschreven.

## 3.2.2 Bepalingsmethoden, criteria

### NEN-EN-ISO 7730 en NPR-CR 1752

Deze norm [1] 'Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid' geeft aanbevelingen voor een comfortabel binnenklimaat. Er worden drie comfortklassen onderscheiden:

Tabel 1 *Comfortklassen volgens ISO 7730*

Comfortklasse	PPD	PMV bandbreedte	operatieve temperatuur - bandbreedte
A	<6%	-0,2 < PMV < +0,2	23,5-25,5 °C
B	<10%	-0,5 < PMV < +0,5	23-26 °C
C	<15%	-0,7 < PMV < +0,7	22-27 °C

### Praktijkboek Gezonde Gebouwen

Het Praktijkboek Gezonde Gebouwen is het standaardwerk over gezondheid, comfort en productiviteit van gebouwgebruikers, gericht op utiliteitsgebouwen.

Tabel 2 *Comfortklassen volgens Praktijkboek Gezonde Gebouwen*  
*IB = individuele beïnvloedingsmogelijkheden*

Comfortklasse	PPD	PMV bandbreedte	operatieve temperatuur - bandbreedte
zeer goed	<10 % +IB	-0,5 < PMV < +0,5 +IB	23-26 °C +IB
Goed	<10%	-0,5 < PMV < +0,5	23-26 °C
minder goed	<15%	-0,7 < PMV < +0,7	22-27 °C

### Frisse scholen

Frisse scholen gaat voor scholen zonder actieve koeling uit van de ATG methode volgens NEN-EN 15251 'Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek' [3].

Voor scholen met actieve koeling wordt uitgegaan van NEN-EN-ISO 7730 [1]. In beide gevallen wordt onderscheid in eisen gemaakt tussen de drie klassen A, B en C uit Frisse Scholen overeenkomend met de drie klassen in beide normen.

### SWK (voorheen GIW-ISSO)

Binnen de garantieregeling van SWK (voorheen GIW) worden eisen gesteld aan TO-uren [11]:

#### Algemeen

*Het verblijfsgebied/de verblijfsruimten in het huis/het privégedeelte mag/mogen tijdens de zomer niet overmatig opwarmen.*

*Voor eengezinswoningen geldt als beoordelingscriterium:*

- indien de risicoklasse oververhitting volgens NEN 5128, 2004 / NPR 5129, 2006 (EPC berekening) boven het indicatiegetal 3 ligt (sneltoets) dient een temperatuur-overschrijdingsberekening (TO berekening) te worden gemaakt.

Voor appartementengebouwen geldt dat:

- altijd een TO-berekening moet worden gemaakt van het meest kritische appartement, tenzij deze als aparte zone is ingevoerd in de EPC berekening en het indicatiegetal (volgens NEN5128) 3 of lager is.
- indien het indicatiegetal 3 of lager is wordt voor een eengezinswoning en/of voor een als aparte zone ingevoerd appartement, voldaan aan de eis.
- indien een TO-berekening gemaakt moet worden, moet daaruit blijken dat het verblijfsgebied/de verblijfsruimten in het huis/het privégedeelte tijdens de zomer niet overmatig opwarmen. Daarbij geldt als norm dat de maximale PMV overschrijdingsuren > 0,5 niet meer dan 300 uur mag bedragen.

GIW-ISSO [12] schrijft exact voor van welke gebruiksomstandigheden moet worden uitgegaan (interne warmtelast per vertrek en per uur, metabolisme, kledingweerstand, schakelcriterium buitenzonwering). Deze uitgangspunten zijn ook gebruikt in deze studie. Zie de bijlage voor een toelichting op de kentallen voor de interne warmtelast.

#### NEN 5128, versies vóór 2004

Indicatieve bepaling van het aantal temperatuuroverschrijdingsuren. Preset criterium: 350 overschrijdingsuren van 25°C.

#### NEN 5128: 2004

TO<sub>juli</sub> getal voor de rekenzone als geheel. Zie verder bij NEN 7120.

#### NEN 7120

De EPG [8] geeft in paragraaf 17.8 een bepalingsmethode voor een indicatieve berekening van het risico van te hoge temperaturen: het TO<sub>juli</sub>-getal. Dit getal wordt bepaald per rekenzone en per oriëntatie (in NEN 5128 nog voor de rekenzone als geheel). Woningen hebben in de regel slechts één rekenzone (voorheen was opdeling van woningen in verschillende bouwlagen nog voorgeschreven, sinds de invoering van NEN 7120 mag een woning als één rekenzone beschouwd worden, al is ook opdeling in meerdere zones toegestaan). In het TO<sub>juli</sub> getal wordt de koudebehoefte Q<sub>C,nd</sub> gerelateerd aan de warmteverliezen door transmissie en ventilatie.

$$\langle 2 \rangle \quad TO_{juli;or,zi} = \frac{Q_{C,nd;juli;or,zi}}{(H_{tr,adj;juli;or,zi} + H_{ve,adj;juli;or,zi}) \times t_{juli}}$$

De factor Q<sub>C,nd;juli;or,zi</sub> wordt bepaald door de berekende koudebehoefte Q<sub>C,nd</sub> te verdelen over de verschillende oriëntaties.

De berekende getalswaarden voor TO<sub>juli</sub> moeten conform NEN 7120 als volgt geïnterpreteerd worden:

Tabel 3

#### Interpretatie getalswaarden TO<sub>juli</sub>

TO <sub>juli</sub> -getal	Risico oververhitting
0 – 2	onbekend
2 – 4	matig tot groot risico
4 of hoger	groot risico

#### ISSO 82.4 - Binnenmilieuprofiel woningen

In ISSO 82.4 wordt het 'Binnenmilieuprofiel woningen' beschreven, als een annex op het energieprestatieadvies. Oververhitting in de zomer wordt gekarakteriseerd als 'laag risico' - 'neutraal'

- 'verhoogd risico' (ook genoemd: 'goed', 'acceptabel', 'onvoldoende' met een buitencategorie 'onacceptabel').

Het risico op oververhitting in de zomer wordt afgeleid uit een TO-berekening volgens de EPN (NEN 5128), met behulp van rekenresultaten uit het energieprestatieadvies. Concreet is dit het TO<sub>juli</sub>-getal.

### **ISSO / SBR 300 – Energie-efficiënte kantoorgebouwen - binnenklimaat en energiegebruik**

Deze publicatie is een hulpmiddel bij het beoordelen van het thermisch binnenklimaat. Op basis van de GTO-methode (zie boven) zijn voor verschillende varianten van een kantoorvertrek de GTO-uren berekend. Er is gevarieerd in isolatiewaarde, type glas, type installatie (wel/geen actieve koeling), percentage glas, massa van de gevel, oriëntatie, interne warmtelast en ligging in het gebouw. Dat leidt tot zo'n 40 pagina's met tabellen met GTO-uren.

### **NOM-keur**

Het Handboek NOM-keur geeft richtlijnen voor temperatuuroverschrijding na renovatie van woningen tot Nul-Op-de-Meterwoningen die voldoen aan de criteria van de energieprestatievergoeding. De eis is dat er geen sprake is van méér temperatuuroverschrijding na renovatie dan er voor. Als advies wordt meegegeven dat er maximaal 300 TO-uren mogen zijn van een temperatuur > 25,5 °C.

### **TO-uren, GTO-uren**

Als richtwaarde voor het maximum aantal weeguren per jaar wordt voor kantoren 150 uur voor overschrijding van PMV = 0,5 worden aangehouden. Dit is afgeleid uit de volgende redenering: 2000 bedrijfsuren per jaar mogen maximaal 10% te warm of te koud zijn. Voor de zomersituatie is dat dus  $5\% * 2000 = 100$  TO-uren. Dit komt overeen met ongeveer 150 GTO-uren (gemiddelde weegfactor dus 1,5).

Voor woningen kan een vergelijkbare redenering worden opgesteld: De GIW-ISSO richtlijn is maximaal 300 TO-uren per jaar. Vermenigvuldigen we deze met dezelfde factor als bij kantoren, geeft een richtgetal van maximaal 450 GTO-uren als acceptabel.

## **3.3 Buitenklimaat**

### **NEN 5060**

In de hierboven genoemde TO-methoden wordt 1964 als referentiejaar aangehouden voor het buitenklimaat. In NEN 7120 en NTA 8800 wordt een synthetische klimaatjaar uit NEN 5060 gebruikt. Deze norm bevat referentieklimaatgegevens voor energiebehoefteberekeningen en voor koellastberekeningen. NEN 7120 is gebaseerd op NEN 5060:2008 [4], de NTA 8800 maakt gebruik van NEN 5060:2018. In deze studie refereren we naar een conceptversie van de ontwerp-norm [5].

NEN 5060 geeft referentieklimaatjaren voor verschillende doeleinden: bepalen van energiebehoefte, simulatieberekeningen ten behoeve van onder meer temperatuuroverschrijdingen en koellastberekeningen.

In zowel NEN 7120 als NTA 8800 wordt gebruik gemaakt van het referentieklimaatjaar bedoeld voor het bepalen van de energiebehoefte. Dat is een 'gemiddeld' jaar en daarmee in beginsel niet geschikt voor het bepalen van het risico op temperatuuroverschrijdingen; daarvoor moet immers rekening gehouden worden met juist de extremere situaties.

Daarnaast geeft NEN 5060 referentiejaar voor gebruik in koellastberekeningen. Er worden 2 scenario's beschreven<sup>3</sup>, met een 'overschrijdingskans' van 1% respectievelijk 5%. In het '1%-scenario' is er een kans van 1% dat op een willekeurig moment in de zomerperiode (april-september) de werkelijke temperatuur hoger ligt dan de temperatuur uit het referentiejaar. Het '1%-scenario' is dus

---

<sup>3</sup> In NEN 5060:2008 zijn het nog 3 scenario's, met overschrijdingskansen van 1%, 2% en 5%.

'extremer' dan het '5%-scenario'. Ook de scenario's voor koellastberekening zijn in beginsel niet bedoeld voor het uitvoeren van TO-berekeningen.

De conceptversie van de ontwerp NEN 5060:2018 geeft geen klimaatreferentiejaar voor simulatieberekeningen (waar NEN 5060:2008 dat nog wél deed). In Bijlage E (informatief) wordt echter wel een procedure beschreven hoe een klimaatreferentiejaar specifiek voor TO-berekeningen kan worden opgesteld. Er wordt in de bijlage ook een voorstel gedaan welke werkelijke maanden gecombineerd moeten worden om te komen tot een 1% of 5% scenario. De normsubcommissie schrijft dat ze verwacht binnen afzienbare termijn een referentieklimaatjaar te kunnen opstellen die geschikt is voor TO-berekeningen. In deze studie zijn we voor de dynamische berekeningen uitgegaan van het (voorlopige) '5%-scenario' voor TO-berekeningen uit de concept ontw. NEN 5066:2018 [5].

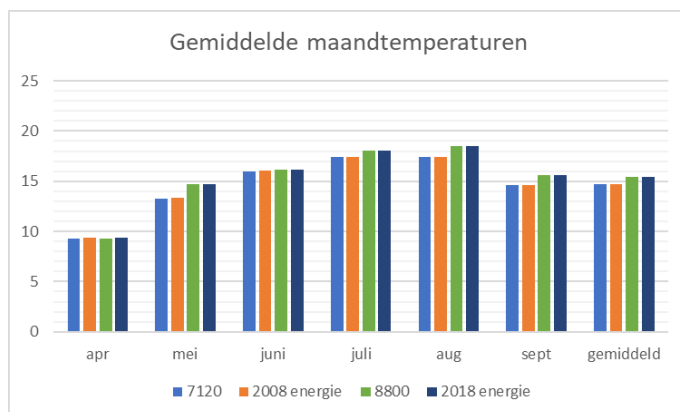
Onderstaande tabel en figuren geven een beeld van de verdeling van de gemiddelde maandtemperaturen volgens de verschillende klimaatjaren uit de beide versies van de NEN 5060 (2008 en 2018).

Tabel 4 *Gemiddelde maandtemperaturen volgens NEN 5060.*

	NEN 7120	NEN 5060:2008 energie	NEN 5060:2008 TO 1%	NEN 5060:2008 TO 2%	NEN 5060:2008 TO 5%	NTA 8800	NEN 5060:2018 energie	NEN 5060:2018 TO 1%	NEN 5060:2018 TO 5%
jan	2,6	2,57	-2,67	-1,22	2,55	2,61	2,64	-1,24	1,98
feb	5,0	5,03	-3,62	-0,71	1,41	4,82	4,96	0,51	0,51
mrt	6,8	6,84	8,69	8,42	8,23	5,91	5,90	6,57	2,45
apr	9,3	9,34	9,95	10,70	8,55	9,32	9,34	13,05	9,38
mei	13,3	13,32	15,56	14,71	14,32	14,73	14,72	14,93	14,50
juni	16,0	16,04	16,80	14,66	15,75	16,12	16,11	16,69	16,13
juli	17,4	17,45	20,05	18,54	18,86	18,05	18,04	22,31	19,18
aug	17,4	17,44	18,89	19,28	19,64	18,48	18,48	19,28	20,56
sept	14,6	14,62	15,00	17,33	15,22	15,63	15,64	15,68	17,37
okt	11,3	11,35	12,64	12,01	14,24	10,40	10,42	11,41	14,21
nov	7,1	7,07	5,88	6,68	6,83	7,99	7,98	5,83	6,68
dec	4,0	4,03	0,62	2,92	4,84	4,00	4,00	-1,15	2,24

Er zit een klein verschil tussen NEN 7120/NTA 8800 en 5060-energie. Om de overgang tussen de klimaatgegevens van afzonderlijk geselecteerde maanden geleidelijk te laten verlopen zijn de uurgemiddelde klimaatwaarden van de laatste 8 uur van de maand en de eerste 8 uur van de volgende maand door interpolatie op elkaar afgestemd.

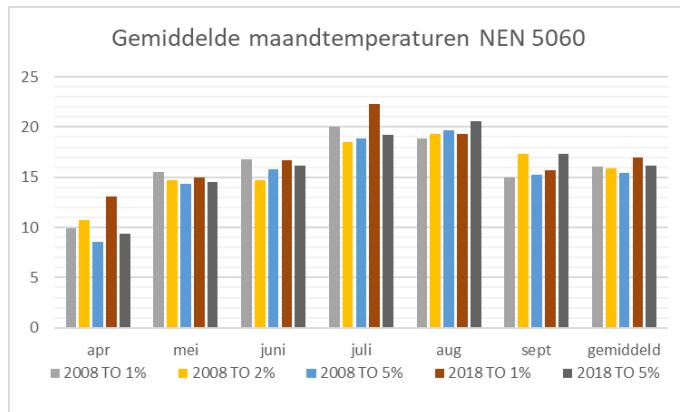
De berekeningen in deze studie zijn uitgevoerd met NEN 7120. De gemiddelde temperatuur in de zomermaanden/koelperiode ligt in de NTA 8800 iets hoger (14,7 °C versus 15,3 °C). De berekende koelbehoefte conform NTA 8800 zal daarom naar verwachting hoger uitvallen dan hier berekend.



Figuur 6 *Gemiddelde maandtemperaturen voor energiebehoefte- en energieprestatieberekeningen*

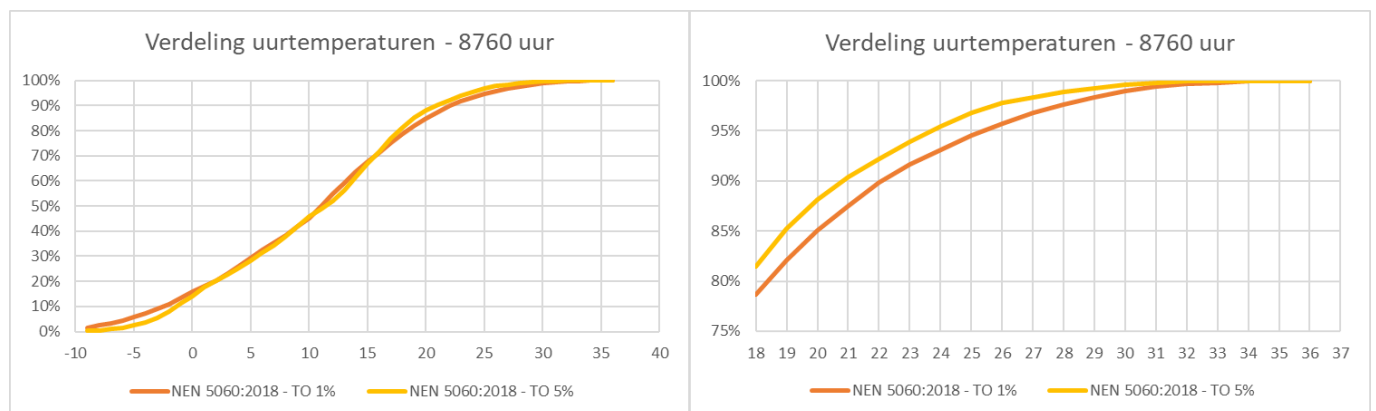


Ook in de klimaatjaren voor TO-berekeningen liggen de gemiddelden in de versie van 2018 iets hoger dan in de versie van 2008.



**Figuur 7** Gemiddelde maandtemperaturen voor TO-berekeningen

Onderstaande figuren geeft de verdeling van de voorkomende uurtemperaturen over het hele jaar. Te zien is dat het 1% scenario 'extremer' is dan het 5% scenario: In het 5% scenario is het bijvoorbeeld 15% van de uren 19°C of kouder, en dus 15% van de uren is het warmer dan 19 °C. In het 1% scenario is het 18% van de tijd warmer dan 19 °C.



**Figuur 8** Verdeling uurlijkse temperaturen in referentiejaren voor TO-berekeningen uit NEN 5060:2018

### Toekomstscenario's

Zoals bekend wordt door uitstoot van broeikasgassen het broeikas effect versterkt, wat diverse gevolgen heeft voor het buitenklimaat. Het KNMI heeft voor Nederland vier scenario's (G<sub>H</sub>, G<sub>L</sub>, W<sub>H</sub>, W<sub>L</sub>) opgesteld die weergeven hoe de luchttemperatuur en andere weervariabelen zich kunnen ontwikkelen tot 2085. De G-scenario's geven varianten weer onder een wereldwijde temperatuurstijging van 1,5 °C, de W scenario's gelden bij +3,5 °C wereldwijd.

De verwachte temperaturen staan in Tabel 5 op de volgende pagina. Hieruit kunnen we concluderen dat:

1. De gemiddelde temperatuur in de zomer kan toenemen met +1 °C tot +2,3 °C in 2050, en met +1,2 °C tot +3,7 °C in 2085 (zie tabel).
2. Het aantal zomerse dagen ( $T_{max} > 25$  °C) kan met de warmste zomerdag kan in 2050 met 20-70% stijgen en de temperatuur op de warmste zomerdag kan de temperatuur met +1,4 tot +3,3 °C. In 2085 worden deze stijgingen mogelijk nog een factor twee hoger.

Ook zal het aantal tropische nachten ( $T > 20$  °C) en kan de totale hoeveelheid zonnestraling licht toenemen. De relatieve vochtigheid daarentegen kan licht afnemen (+0,1 tot -2,5%)

**Tabel 5** *Verwachte wijzigingen in meteorologische variabelen in de KNMI klimaatscenario's*  
*Alleen zomerperiode. De waarden gelden voor het platteland. Voor stedelijke gebieden liggen de temperaturen hoger, ook door het urban heat island effect.*

Scenario	Klimaat 1981-2010	Verandering in klimaat rond 2050		Verandering in klimaat rond 2085	
		G <sub>L</sub>	W <sub>H</sub>	G <sub>L</sub>	W <sub>H</sub>
Gemiddelde temperatuur	17,0 °C	+1,0 °C	+2,3 °C	+1,2 °C	+3,7 °C
Dagmaximum	21,9 °C	+0,9 °C	+2,3 °C	+1,0 °C	+3,8 °C
Warmste zomerdag per jaar	24,7 °C	+1,4 °C	+3,3 °C	+2,0 °C	+4,9 °C
Aantal zomerse dagen (max temp ≥ 25 °C)	21 dagen	+22%	+70%	+50%	+130%
Aantal tropische nachten (min temp ≥ 20 °C)	0,1 dagen	+0,5%	+2,2%	+0,9%	+7,5%
Zonnestraling	153 kJ/cm <sup>2</sup>	+2,1%	+6,5%	+0,9%	+9,5%
Relatieve vochtigheid	77%	-0,6%	-2,5%	0%	-3%

Bij het stellen van eisen aan het risico op overschrijding van binnentemperaturen zou gekeken moeten worden naar de verwachte temperaturen in bijvoorbeeld 2050. Nieuwbouw uit 2020 zal dan immers nog steeds in gebruik zijn. Het KNMI beschikt over software<sup>4</sup> dat de tijdreeksen van de waargenomen temperatuur en neerslag omzet in tijdreeksen die passen bij het gekozen klimaatscenario. Voor 240 neerslagstations en 14 temperatuur- en globale stralingsstations in Nederland zijn reeksen voor de referentieperiode 1981-2010 al getransformeerd voor de KNMI'14-scenario's rond 2050 en 2085. Mogelijk kunnen deze tijdreeksen ook worden ingezet voor gebouwsimulatiestudies door deze te passen in het format van NEN 5060.

In deze studie is niet gerekend met toekomstige referentie jaren, maar zijn de gegevens uit de ontwerp NEN 5060:2018 [5] aangehouden. Overigens zouden behalve het buitenklimaat mogelijk ook andere parameters moeten worden aangepast voor berekeningen voor de toekomstige situatie. Het is goed mogelijk dat bewoners hun gedrag gaan aanpassen aan veranderende klimaatomstandigheden en bijvoorbeeld gemiddeld lichtere kleding gaan dragen, leidend tot een andere rekenwaarde voor  $I_{clo}$ . Ook kan het dalend elektriciteitsgebruik, kleinere huishoudens en energie-efficiëntere apparatuur leiden tot lagere waarden voor interne warmtelast

### 3.4 Conclusie

#### Methoden & criteria

Er zijn verschillende methoden en criteria in gebruik voor het kwantificeren van het risico op temperatuuroverschrijdingen. De meeste methoden zijn gericht op utilitaire functies (kantoren, onderwijs). Voor woningen vinden we de GTO-methode (gewogen temperatuuroverschrijdingsuren) het meest geschikt voor een nauwkeurige bepaling van het risico op oververhitting, zowel bij lichte als zware gebouwen. Bij deze methode wordt rekening gehouden met de mate van discomfort in een bepaald uur, waarbij een groter discomfort zwaarder meetelt. De wegingsfactor is afhankelijk van lucht- en stralingstemperatuur, relatieve vochtigheid, lichtsnelheid, metabolisme en kledingweerstand. Een voorlopig richtgetal is maximaal 450 GTO-uren.

#### Buitenklimaat

Hoewel het de verwachting is dat de gemiddelde buitentemperatuur zal gaan stijgen en woningen die nu gebouwd gaan worden daar in hun levensduur mee te maken gaan krijgen, is in deze studie gerekend met het zelfde buitenklimaat als in de NTA 8088, te weten het klimaatjaar uit de concept ontwerpversie van NEN 5060:2018 [5].

<sup>4</sup> [http://www.klimaatscenario's.nl/toekomstig\\_weer/transformatie/index.html](http://www.klimaatscenario's.nl/toekomstig_weer/transformatie/index.html)

## 4 Berekeningen

### 4.1 Aanpak

Voor 2 woningtypes (tussenwoning, appartement) en verschillende pakketten van isolatie en ventilatie zijn berekeningen gemaakt in een dynamisch rekenmodel. Dezelfde woningen en bouw pakketten zijn ook doorgerekend in de EPG.

Uitkomst van het dynamisch rekenmodel is de gemiddelde binnentemperatuur per uur, uit de EPG-berekening volgt een koelbehoefte in kWh/m<sup>2</sup> ( $Q_{C,nd}$ ) en volgt het  $TO_{juli}$ -getal. De resultaten uit het dynamisch rekenmodel zijn naar gewogen temperatuur overschrijdingsuren (GTO) geconverteerd (zie 3.2.1 voor een toelichting).

### 4.2 Uitgangspunten

#### 4.2.1 Rekenmodellen

##### Dynamisch rekenmodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met het gevalideerde gebouwsimulatieprogramma BSim<sup>5</sup>. Als klimaatjaar is het referentiejaar voor temperatuuroverschrijdingsberekeningen uit NEN 5060:2018 [5] met 5% overschrijdingskans gebruikt (zie ook 3.3). Alle berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 mei tot en met 30 september.

##### EPG

De koudebehoefte  $Q_{C,nd}$  is overgenomen uit EPG-berekeningen die zijn gemaakt in Enorm 3.60<sup>6</sup>. Voor de EPG-berekening zijn de woningen gemodelleerd als één rekenzone omdat dat in praktijk veruit het meest gebeurt. Onderverdeling in meer dan één zone is toegestaan, maar levert extra werk op en wordt daarom zelden gedaan voor woningen. Omdat dit in praktijk dus ook niet gedaan wordt, is ook voor deze studie geen onderverdeling in rekenzones gemaakt.

$Q_{C,nd}$  is afgeleid uit EPG-berekeningen die zijn gebaseerd op NEN 7120 en daarmee gebruik maken van het referentieklimaatjaar uit 2008. In paragraaf 3.3 is te zien dat de buitentemperaturen in het nieuwe referentieklimaatjaar uit 2018 hoger liggen. De koelbehoefte als berekend met NTA 8800 zal (bij verder gelijkblijvende methoden en parameters) dus hoger zijn dan in NEN 7120.

Het  $TO_{juli}$ -getal volgt niet rechtstreeks uit Enorm, deze resultaten zijn (voor dezelfde woningen) overgenomen uit Uniec 2.2<sup>7</sup>. Uniec levert wel  $TO_{juli}$ , maar niet rechtstreeks  $Q_{C,nd}$ .

#### 4.2.2 GTO-uren

Het aantal GTO-uren is bepaald op basis van PMV-waarden die berekend zijn met als uitgangspunten een metabolisme van 65 W/m<sup>2</sup>, een kledingweerstand  $I_{clo}$  van 0,5 en luchtsnelheid van 0,15 m/s. De  $I_{clo}$ -waarde is lager dan de  $I_{clo} = 0,7$  die gebruikelijk wordt aangehouden voor kantoor situatie. De aanname is dat personen zich in de thuissituatie gemiddeld lichter zullen kleden (bij hoge temperaturen) dan in een kantoor situatie. Dat leidt bij een bepaalde temperatuur tot een lagere (gunstigere) PMV dan wanneer gerekend wordt met  $I_{clo} = 0,7$ .

<sup>5</sup> Meer informatie is te vinden via <https://sbi.dk/bsim/Pages/About-BSim.aspx>

<sup>6</sup> Meer informatie is te vinden via <https://dgmsoftware.nl/enorm.php>

<sup>7</sup> Meer informatie is te vinden via <https://unie2.nl>



### 4.2.3 Woningen

De berekeningen zijn opgesteld voor de volgende BENG referentiewoningen van RVO<sup>8</sup>:

- eengezinswoning S tussen
- woongebouw M

De afmetingen zijn conform de referentiewoningen. In de bijlage is gedetailleerdere informatie opgenomen over de geometrie van de gebouwen.

Woongebouw M heeft spouwmuren als gevels, breedplaatvloeren met zwevende dekvloer en betonnen woningscheidende wanden. Van dit gebouw is een hoekwoning op een tussenverdieping beschouwd. Als variant is ook een hoekwoning onder het dak doorgerekend.

#### Zonering

Voor de EPG-berekening is strikt genomen geen zonering van de woningen nodig. Voor de dynamische berekeningen en met name voor het risico op temperatuuroverschrijding is dat wél zeer relevant. In de dynamische berekeningen zijn de woningen daarom in verschillende zones verdeeld.

Woning S tussen is in vier verschillende rekenzones opgedeeld:

- begane grond, één ruimte
- 1<sup>e</sup> verdieping, twee ruimten (met tegengestelde oriëntatie)
- 2e verdieping, één ruimte.

De oriëntatie van de voorgevel van woningtype S is noordoost (conform RVO referentiewoning). (G)TO-uren zijn bepaald voor de begane grond ('woonkamer'), eerste voor (2 slaapkamers) en eerste achter (slaapkamer + werkkamer). De tweede verdieping is beschouwd als zolder.

Als appartement is uit het Woongebouw M een hoekwoning op een tussenverdieping, met gevels op zuidoost en zuidwest doorgerekend. Er is ook een variant op de dakverdieping doorgerekend. De woning is in drie verschillende rekenzones opgedeeld:

- woonkamer
- slaapkamer
- entree + badkamer

(G)TO-uren zijn bepaald voor de ('woonkamer') en de slaapkamer.

#### Isolatie & luchtdichtheid

Isolatiewaarden conform de EPG-varianten woning S 01.1 resp. woongebouw M 07.2 ( $R_c$ -dak/gevel/vloer = 6/4,5/3,5 en  $U_w = 1,0 / g = 0,5$ ). Er is geen rekening gehouden met koudebruggen. Voor de infiltratie is standaard uitgegaan van een continu infiltratievoud van 0,1.

#### Ventilatie

Er is uitgegaan van balansventilatie met HT-WTW met 100% bypass. Voor de ventilatiecapaciteiten zijn de minimaal vereiste Bouwbesluit capaciteiten aangehouden.

#### Gebruikspatroom

Tussenwoning: Het aangehouden gebruikspatroom is conform ISSO 32 voor een gezin met twee volwassenen en twee kinderen.

Appartement: In het woongebouw is uitgegaan van 2 personen, waarvan er in de dagperiode (8-17 uur) een persoon gemiddeld 50% van de tijd aanwezig is.

#### Varianten

Er zijn verschillende varianten doorgerekend, met verschil in spuiventilatie, buitenzonwering, grootte van de ramen, infiltratie en interne warmtelast.

---

<sup>8</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-beng/referentiegebouwen-beng>



### Bouwmassa

Voor de eengezinswoning zijn 2 sets met varianten beschouwd, met afwijkende bouwmassa (zie EPG [7], tabel 12.1):

- Zwaar: spouwmuren als gevel, ankerloze spouwmuren als woningscheidende wand en breedplaatvloeren
- Licht: HSB-gevels, -vloeren en -woningsscheidende wanden

In de dynamische berekeningen is bij de variant 'licht' uitgegaan van een betonnen begane grondvloer. Volgens de letter van de EPG zou de woning (één rekenzone immers) dan beschouwd moeten worden als 'gemengd licht'. Er is echter gekozen om de woning als 'volledig houtskelbouw' te beschouwen. De berekende GTO-uren in de onderstaande grafieken en tabellen zouden voor een volledige HSB-woning hoger uitvallen. Voor een accurate EPG-berekening kan de woning ook in twee zones worden opgedeeld (zone BG als 'gemengd licht' en bovenliggende verdiepingen als 'licht').

### Interne warmtelast

De interne warmteproductie is een belangrijke factor voor het risico op temperatuuroverschrijdingen.

In NEN 7120 wordt een warmtelast aangehouden opgebouwd uit een startwaarde van 230 Watt, vermeerderd met een extra vermogen van 1,8 Watt per vierkante meter gebruiksoppervlakte.

In de ontwikkeling van de NTA 8800 is door RVO een inventarisatie gemaakt [15] van in praktijk gehanteerde kentallen. Er wordt geconcludeerd dat het totaal aan nuttige interne warmte productie gelijk is aan 2,91 W/m<sup>2</sup> voor apparatuur en 1,26 W/m<sup>2</sup> door personen; afgerond 4,2 W/m<sup>2</sup>. Omdat het verschil met NEN 7120 voor de gemiddelde woning niet heel groot is, is vooralsnog besloten de uitgangspunten van NEN 7120 over te nemen voor de NTA 8800.

Voor deze studie<sup>9</sup> is in de basis gerekend met een opgesteld vermogen voor verlichting en apparatuur van gemiddeld 200 W voor de tussenwoning en 150 W voor het appartement. De interne warmtelast door apparatuur wordt geheel opgesteld in respectievelijk de begane grond en de woonkamer van de beide gebouwen. In de slaapkamers is dus geen warmteproductie door apparatuur. Er is een variant doorgerekend waarbij de totale warmtelast door apparatuur 2x zo hoog is, en 75/25 wordt verdeeld over de woonkamer en de zolder (tussenwoning) of de entree/badkamer (appartement). De interne warmtelast is in de nachtperiode op 40% gesteld van de interne warmtelast in de dag- en avondperiode.

Voor de warmteproductie door bewoners is gerekend met een vermogen van 72 Watt (overdag/wakker) dan wel 50 Watt ('s nachts/slapend). Dat is lager dan de 100 Watt is onder meer wordt gebruikt in NEN 5067 (zie ook [15]). De 100 W aan vermogen die door personen wordt afgegeven is op te splitsen in voelbare warmte en latente warmte. Latente warmte is de warmte die in de vochtproductie zit (zweet en uitademen) en die pas vrij komt als het vocht weer condenseert. Omdat vochtige lucht wordt afgevoerd uit de woning, vindt die condensatie dus grotendeels ook plaats buiten de woning. De rest is voelbare warmte en draagt dus daadwerkelijk bij aan de interne warmtelast.

Voor de tussenwoning is ook een variant doorgerekend waarbij de interne warmtelast door apparatuur en personen geheel conform GIW-ISSO is aangehouden. Zie de bijlagen voor een overzicht van de warmtelasten per rekenzone over de dag.

---

<sup>9</sup> Getallen voor apparatuur zijn afgeleid uit GIW-ISSO, basis zijn de gemiddelde vermogens per uur van de dag. Zie de bijlage.

Tabel 6 *Interne warmtelast tbv GTO- en BENG-berekeningen*  
*Waarde voor apparatuur betreft huishoudelijke apparaten en verlichting.*

Woning	Ag	NEN 7120 230+1,8*Ag		Memo NTA 8800			Deze studie			
		Watt	W/m2	apparatuur W/m2	personen W/m2	totaal W/m2	apparatuur Watt	personen Watt	totaal Watt	totaal W/m2
Tussen	110	428	3,9	2,91	1,26	4,17	200	167	367	3,3
App	92	396	4,3	2,91	1,26	4,17	150	89	239	2,6
Tussen	110	Variant '400 W'					400	167	567	5,2
App	92	Variant '400 W'					300	89	389	4,2
Tussen	110	Variant 'GIW'					465	148	613	5,6
App	92	Variant 'GIW'					-	-	-	-

#### Spuiventilatie

Woning S tussen: In de varianten met spuiventilatie is uitgegaan van het open van ramen wanneer de binnentemperatuur hoger wordt dan 24°C; op de begane grond tussen 7 en 23 uur (voor de dagsituatie is rekening gehouden met 20% afwezigheid) en in de slaapkamers gedurende 24 uur per dag. De aangehouden spuiventilatiecapaciteit is conform de Bouwbesluit-eis voor verblijfsruimten. In de slaapkamers wordt 's-nachts de spuiventilatiecapaciteit gehalveerd (om tocht te voorkomen).

Woongebouw M: Spuiventilatie kan in de woonkamer tussen 7 en 23 uur voorkomen en in de slaapkamer gedurende 24 uur per dag. De aangehouden spuiventilatiecapaciteit is conform de Bouwbesluit-eis voor verblijfsruimten, met een correctie voor afwezigheid gedurende 50% van de dagperiode. In de slaapkamers wordt 's-nachts de spuiventilatiecapaciteit gehalveerd (om tocht te voorkomen).

De gemiddeld aangehouden spuiventilatiecapaciteit bedraagt 1,5 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor de tussenwoning en 1,1 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor het appartement in het woongebouw. NEN 7120 gaat uit van 0,8 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte.

In variantberekeningen is uitgegaan van een spuiventilatiecapaciteit conform de Bouwbesluit-eis voor verblijfsgebieden, met overigens dezelfde uitgangspunten.

#### Buitenzonwering

De buitenzonwering gaat omlaag als de binnentemperatuur minimaal 22°C bedraagt, en de via het betreffende raam binnenkomende hoeveelheid straling meer dan 150 W/m<sup>2</sup> bedraagt (300 W/m<sup>2</sup> op het raam vallende straling). De g-waarde van de zonwering inclusief het glas bedraagt 0,2 x de g-waarde van het glas. In de tussenwoning is er vanuit gegaan dat 10% van de tijd de zonwering niet omlaag gaat door afwezigheid overdag.

#### Geometrie

In de tussenwoning kunnen de ramen op de 1<sup>e</sup> verdieping aan de zonzijde 2 x groter worden dan basis of worden alle ramen 2 x groter dan basis. In het woongebouw kunnen de ramen 1,5 x groter worden dan basis. Voor het woongebouw is ook één variant opgenomen met een dak (ipv een tussenwoning).

### 4.3 Berekeningsresultaten: GTO-uren

In de volgende paragrafen laten we de resultaten zien in termen van GTO-uren van de verschillende varianten. We presenteren telkens de drie woningtypen (tussenwoning-zwaar, tussenwoning-licht en appartement-zwaar) voor elk van de gewijzigde aspecten. Als referentie gebruiken we de variant waarbij sprake is van buitenzonwering op ZO-ZW, spuiventilatie wordt toegepast en interne warmtelast volgens Tabel 6.

#### Referentiesituatie

Tabel 7 geeft de resultaten voor de referentiesituatie. Te zien is dat de 2 'zware' woningtypen veel minder GTO-uren hebben dan de lichte tussenwoning. Het gemiddeld aantal GTO-uren in de lichte woningen is bijna 500. (Het gemiddeld is het rekenkundig gemiddelde van de 3 (tussenwoning) of 2 (appartement) rekenzones, zonder rekening te houden met oppervlakte of bezettingsgraad).

Tabel 7 *Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, referentiesituatie*

Interne warmtelast tus	200 W
Interne warmtelast app	150 W
Spuien	ja
Buitenzonwering	ja, ZO-ZW
Raamopp.	standaard
Infiltratievoud	0,1
<b>Tussenwoning licht</b>	
Woonkamer	713
Slaap voor (NO)	211
Slaap achter (ZW)	337
Gemiddeld	420
<b>Tussenwoning zwaar</b>	
Woonkamer	81
Slaap voor (NO)	0
Slaap achter (ZW)	1
Gemiddeld	27
<b>Appartement zwaar</b>	
Woonkamer (ZO & ZW)	380
Slaapkamer (ZW)	0
Gemiddeld	190

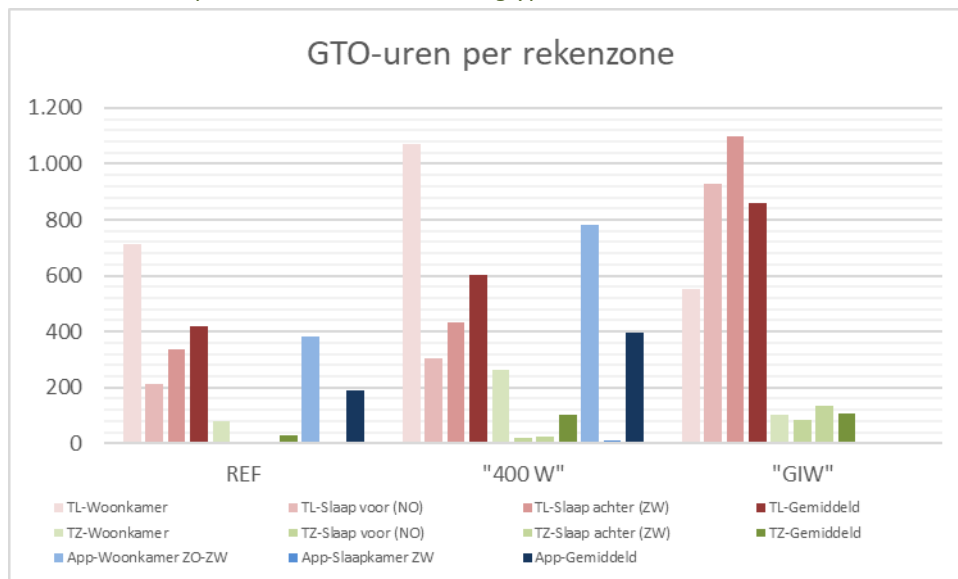
### Interne warmtelast

De eerste parameter die is gevarieerd is de interne warmtelast. Het effect op het aantal GTO-uren is duidelijk te zien. Bij verhogen van de warmtelast in het '400 W' scenario (warmtelast door apparatuur & verlichting in totaal verdubbeld, plus verdeling 72/25 over woonkamer/zolder of badkamer in plaats van 100% in woonkamer) is te zien dat het aantal GTO-uren in alle ruimten toeneemt. In de GIW-variant is de interne warmtelast in de woonkamer iets lager dan in de referentie, maar op de slaapkamers fors hoger. Ook dat is terug te zien in het aantal GTO-uren. Per saldo is de interne warmtelast één van de bepalende factoren. Er is ons geen recent onderzoek bekend naar de hoogte van de interne warmtelast in woningen of naar de verdeling daarvan over verschillende ruimten. Nader onderzoek hierover is gewenst om een juiste inschatting te kunnen maken van het risico van temperatuuroverschrijdingen in de zomer.

**Tabel 8** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van interne warmtelast  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

	200 W	400 W	GIW
Interne warmtelast tus	200 W	400 W	GIW
Interne warmtelast app	150 W	300 W	nvt
Spuien	ja	ja	ja
Buitenzonwering	ja, overal	ja, ZO-ZW	ja, ZO-ZW
Raamopp.	standaard	standaard	standaard
Infiltratievoud	0,1	0,1	0,1
<b>Woonkamer</b>	713	1.072	554
Slaap voor (NO)	211	303	930
Slaap achter (ZW)	337	432	1.098
Gemiddeld	420	602	861
<b>Tussen zwaar</b>			
Woonkamer	81	265	100
Slaap voor (NO)	0	19	85
Slaap achter (ZW)	1	22	135
Gemiddeld	27	102	107
<b>Appartement zwaar</b>			
Woonkamer (ZO & ZW)	380	781	
Slaapkamer (ZW)	0	11	
Gemiddeld	190	396	

**Figuur 9** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van interne warmtelast





### Spuiventilatie

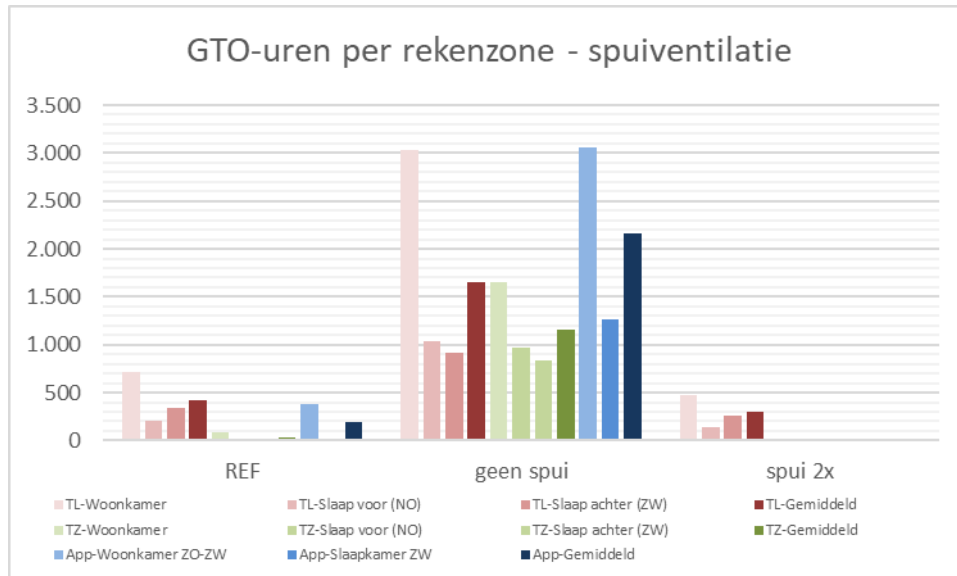
De tweede parameter waarvan de invloed op de GTO-uren is bekeken is de hoeveelheid spuiventilatie. Hier is duidelijk te zien dat het achterwege laten van spuien leidt tot een groot aantal GTO-uren.

Voor de lichte tussenwoning is met een dubbele hoeveelheid spuiventilatie het aantal GTO-uren redelijk te beperken. Voor de zware tussenwoning is extra spuien niet nodig omdat het aantal GTO-uren in de referentie al nagenoeg 0 is.

Tabel 9 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van spuiventilatie  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

Referentie			
Interne warmtelast tus	200 W	200 W	200 W
Interne warmtelast app	150 W	150 W	150 W
Spuien	ja	nee	ja 2x
Buitenzonwering	ja, overal	ja, overal	ja, overal
Raamopp.	standaard	standaard	standaard
Infiltratievoud	0,1	0,1	0,1
Tussen licht			
Woonkamer	713	3.033	476
Slaap voor (NO)	211	1.032	145
Slaap achter (ZW)	337	910	263
Gemiddeld	420	1.658	295
Appartement zwaar			
Woonkamer	81	1.651	-
Slaap voor (NO)	0	964	-
Slaap achter (ZW)	1	842	-
Gemiddeld	27	1.152	-
Appartement zwaar			
Woonkamer (ZO & ZW)	380	3059	-
Slaapkamer (ZW)	0	1258	-
Gemiddeld	190	2159	-

Figuur 10 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van spuiventilatie



### Buitenzonwering

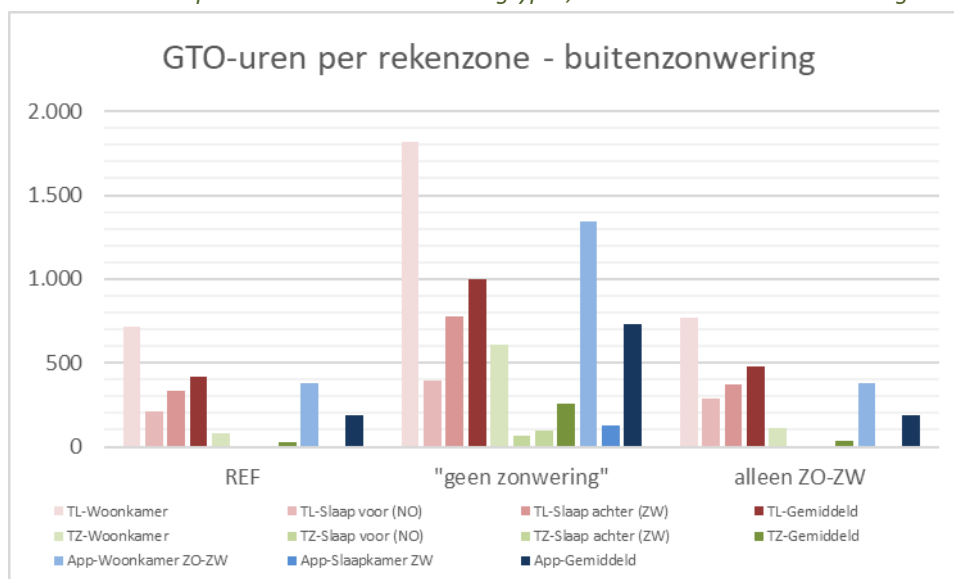
Een volgende parameter die van belang is, is de buitenzonwering. In de referentiesituatie is sprake van buitenzonwering op alle gevels. In de eerste variant is er nergens zonwering, in de twee variant alleen tussen ZO en ZW. Voor de tussenwoning is dat dan effectief de achterzijde van de woning op ZW, zonwering is dan aanwezig op één van de slaapkamers, de werkkamer en deels op de woonkamer. Het appartement heeft alleen ramen georiënteerd op ZO/ZW.

Geheel weglaten van de buitenzonwering leidt tot hogere aantallen GTO-uren. De zonwering alleen op ZO-Z-ZW maakt weinig verschil. Zonwering op NO voegt relatief weinig toe aan het beperken van de binnentemperatuur in de zomer.

Tabel 10 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van buitenzonwering  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

Interne warmtelast tus	200 W	200 W	200 W
Interne warmtelast app	150 W	150 W	150 W
Spuien	ja	nee	ja 2x
<b>Buitenzonwering</b>	<b>ja, overal</b>	<b>ja, overal</b>	<b>ja, overal</b>
Raamopp.	standaard	standaard	standaard
Infiltratievoud	0,1	0,1	0,1
<b>Woonkamer</b>			
Woonkamer	713	1.816	773
Slaap voor (NO)	211	398	287
Slaap achter (ZW)	337	778	373
Gemiddeld	420	997	478
<b>Tussen zwaar</b>			
Woonkamer	81	607	112
Slaap voor (NO)	0	68	0
Slaap achter (ZW)	1	93	2
Gemiddeld	27	256	38
<b>Appartement zwaar</b>			
Woonkamer (ZO & ZW)	380	1.345	380
Slaapkamer (ZW)	0	124	0
Gemiddeld	190	735	190

Figuur 11 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van buitenzonwering



### Geometrie (raam- en dakoppervlakte)

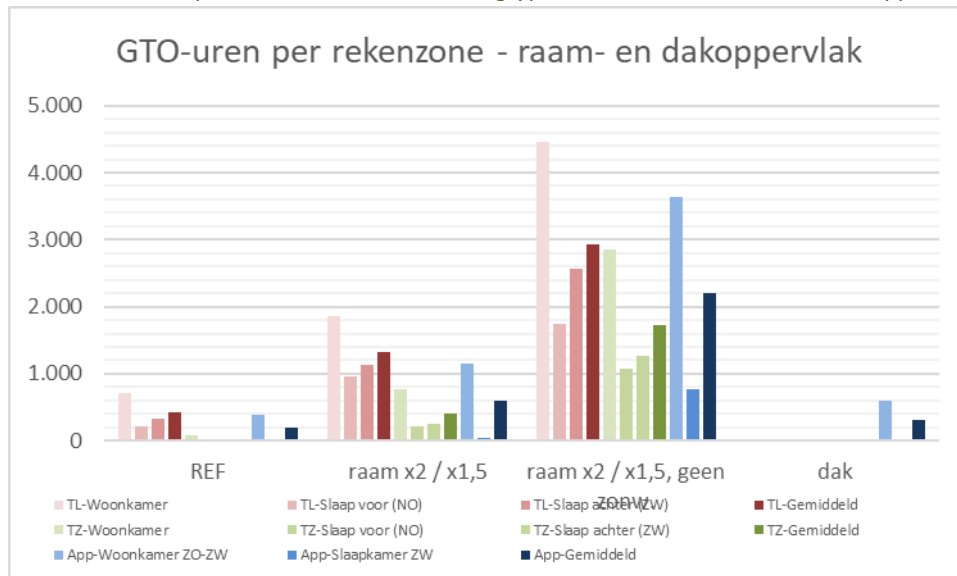
Voor de woning is gekeken naar het effect van grotere ramen op ZW. Voor de tussenwoning zijn de ramen 2x zo groot gemaakt, voor het appartement 1,5x zo groot. Daarnaast is er een voor de tussenwoning een variant met grotere ramen maar zonder zonwering, voor het appartement een variant waarbij de woning onder het dak ligt.

Grotere ramen op ZW leiden, zeker zonder zonwering tot hogere temperaturen. Het effect van vergroten van het oppervlak wordt voor een klein deel teniet gedaan door buitenzonwering.

Tabel 11 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van raam- en dakoppervlakte  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

var	REF	raam x2 of x1,5	raam x2, geen zonw.	dak
Interne warmtelast tus	200 W	200 W	200 W	200 W
Interne warmtelast app	150 W	150 W	150 W	150 W
Spuien	ja	ja	ja	ja
Buitenzonwering	ja, overall	ja, overall	nee	ja, overall
Raamopp.	standaard	Tus 2x App 1,5x	Tus2x	Standaard Met dak
Infiltratievoud	0,1	0,1 0,2 voor app	0,1 0,2 voor app	0,1
<b>Tussen licht</b>				
Woonkamer	713	1.867	4.454	
Slaap voor (NO)	211	953	1.745	
Slaap achter (ZW)	337	1.129	2.572	
Gemiddeld	420	1.316	2.924	
<b>Tussen zwaar</b>				
Woonkamer	81	770	2.860	
Slaap voor (NO)	0	213	1.065	
Slaap achter (ZW)	1	243	1.269	
Gemiddeld	27	409	1.731	
<b>Appartement zwaar</b>				
Woonkamer (ZO & ZW)	380	1.158	3.632	589
Slaapkamer (ZW)	0	42	773	16
Gemiddeld	190	600	2.203	303

Figuur 12 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van raam- en dakoppervlakte



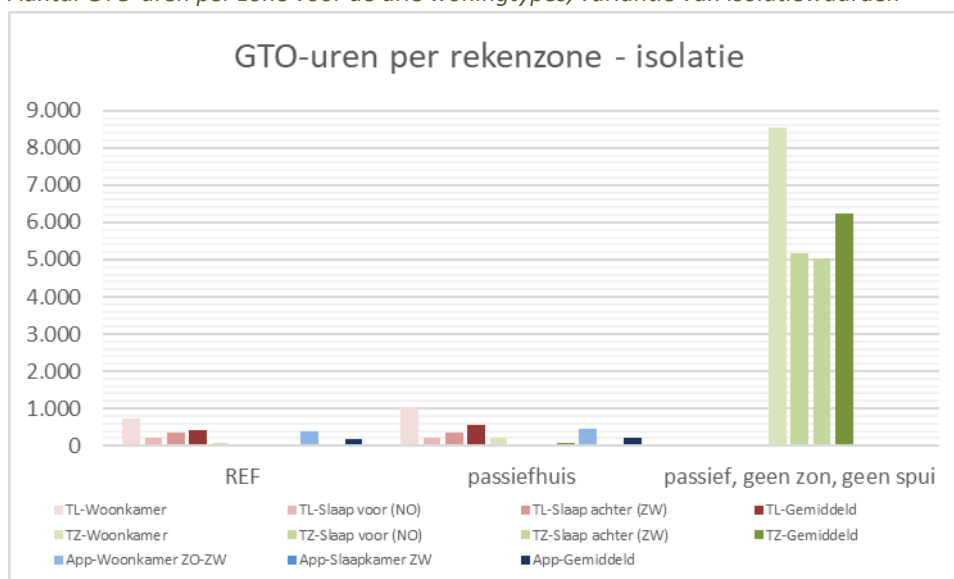
### Isolatie

Als het isolatieniveau van de woning verder wordt verhoogd (Rc voor vloer/gevel/dak naar 8/8/10, Uraam 0,8) daalt de warmtebehoefte van de woning. De koudebehoefte neemt iets toe, net als het aantal GTO-uren. Als echter buitenzonwering en voldoende spuiventilatie achterwege wordt gelaten, stijgt het aantal GTO-uren enorm (alleen doorgerekend voor de zware tussenwoning). Alle onderstaande varianten voldoen wel aan de BENG1-eis (< 25 kWh/m2).

**Tabel 12** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van isolatiewaarden  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

Interne warmtelast tus	200 W	200 W	200 W
Interne warmtelast app	150 W	150 W	150 W
Spuien	ja	ja	nee
Buitenzonwering	ja, overal	ja, overal	nee
Raamopp.	standaard	standaard	standaard
Infiltratievoud	0,1	0,05	0,1
<b>Tussen zwaar</b>			
Woonkamer	713	1.051	
Slaap voor (NO)	211	229	
Slaap achter (ZW)	337	362	
Gemiddeld	420	547	
<b>Appartement zwaar</b>			
Woonkamer	81	199	8.535
Slaap voor (NO)	0	0	5.156
Slaap achter (ZW)	1	1	5.023
Gemiddeld	27	67	6.238
<b>Appartement normaal</b>			
Woonkamer (ZO & ZW)	380	442	
Slaapkamer (ZW)	0	0	
Gemiddeld	190	221	

**Figuur 13** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van isolatiewaarden



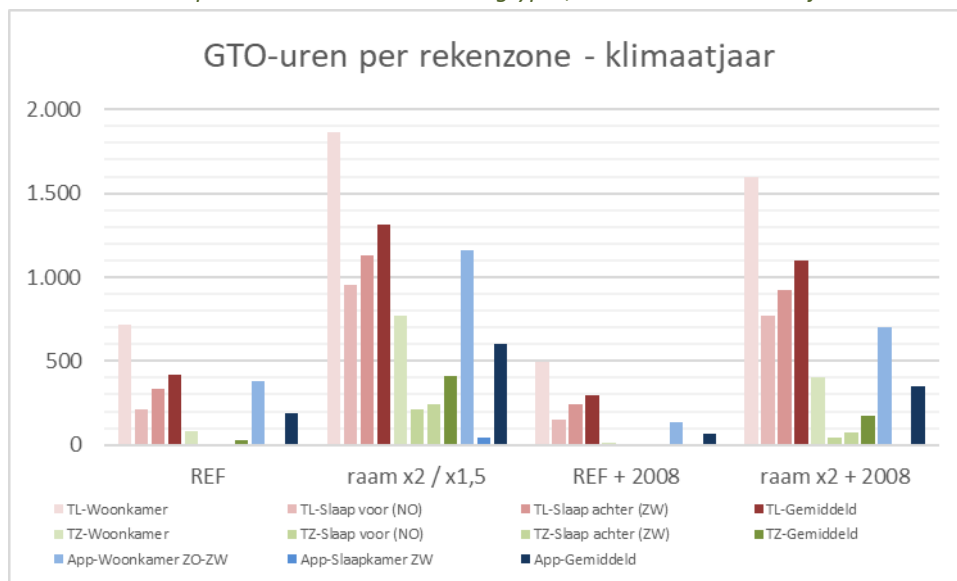
### Klimaatjaar

Er is voor twee situaties (referentie en variant met groter raamoppervlakte op ZW) een berekening met het referentieklimaatjaar uit NEN 5060:2008 (met 5% overschrijdingskans) gemaakt. Het gemiddelde aantal GTO-uren ligt met het nieuwe klimaatjaar uit 2018 aanzienlijk hoger dan met het referentieklimaatjaar uit 2008.

**Tabel 13** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van klimaatjaar en raamoppervlakte  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

REF + 2008				
Interne warmtelast tus	200 W	200 W	200 W	200 W
Interne warmtelast app	150 W	150 W	150 W	150 W
Spuien	ja	ja	ja	ja
Buitenzonwering	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal
Raamopp.	standaard	Tus 2x App 1,5x	Standaard	Tus 2x App 1,5x
Infiltratievoud	0,1	0,1	0,1	0,1
Klimaatjaar	2018	2018	2008	2008
<b>Woonkamer</b>				
Woonkamer	713	1.867	498	1.600
Slaap voor (NO)	211	953	152	769
Slaap achter (ZW)	337	1.129	242	925
Gemiddeld	420	1.316	297	1.098
<b>Tussen zwaar</b>				
Woonkamer	81	770	16	405
Slaap voor (NO)	0	213	0	42
Slaap achter (ZW)	1	243	0	75
Gemiddeld	27	409	5	174
<b>Appartement zwaar</b>				
Woonkamer (ZO & ZW)	380	1.158	132	702
Slaapkamer (ZW)	0	42	0	1
Gemiddeld	190	600	66	352

**Figuur 14** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van klimaatjaar en raamoppervlakte



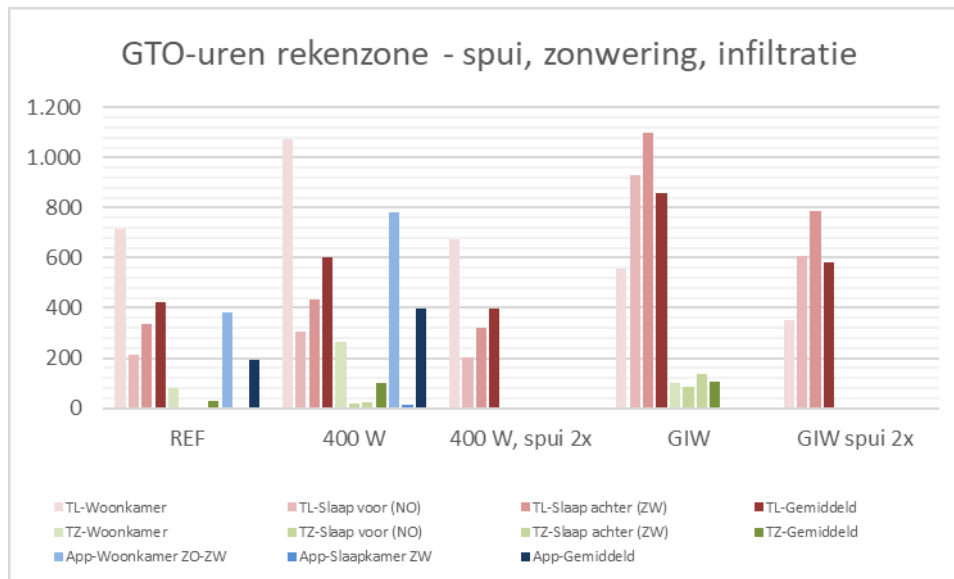
### Combinatie van interne warmtelast en spuiventilatie

Eerder is gebleken dat hogere interne warmtelast leidt tot hogere GTO-uren en dat méér spuiventilatie juist leidt tot lagere GRO-uren. Als beide effecten gecombineerd worden blijkt dat de hogere interne warmtelast (variant '400 W', dus 2x zo hoog als in referentie) grotendeels kan worden weggekoeld door dubbel zo veel spuiventilatie in te zetten.

**Tabel 14** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van klimaatjaar en raamoppervlakte  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

Interne warmtelast tus	200 W	400 W	400 W	GIW	GIW
Interne warmtelast app	150 W	300 W	300 W	Nvt	Nvt
Spuien	ja	ja	ja 2x	ja	ja 2x
Buitenzonwering	ja, overal	ja	ja, overal	ja, overal	ja, overal
Raamopp.	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard
Infiltratievoud	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Tussen licht</b>					
Woonkamer	713	1.072	672	554	350
Slaap voor (NO)	211	303	201	930	609
Slaap achter (ZW)	337	432	319	1.098	785
Gemiddeld	420	602	397	861	581
Woonkamer	81	265		100	
Slaap voor (NO)	0	19		85	
Slaap achter (ZW)	1	22		135	
Gemiddeld	27	102		107	
Woonkamer (ZO & ZW)	380	781			
Slaapkamer (ZW)	0	11			
Gemiddeld	190	396			

**Figuur 15** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van interne warmtelast, spuiventilatie



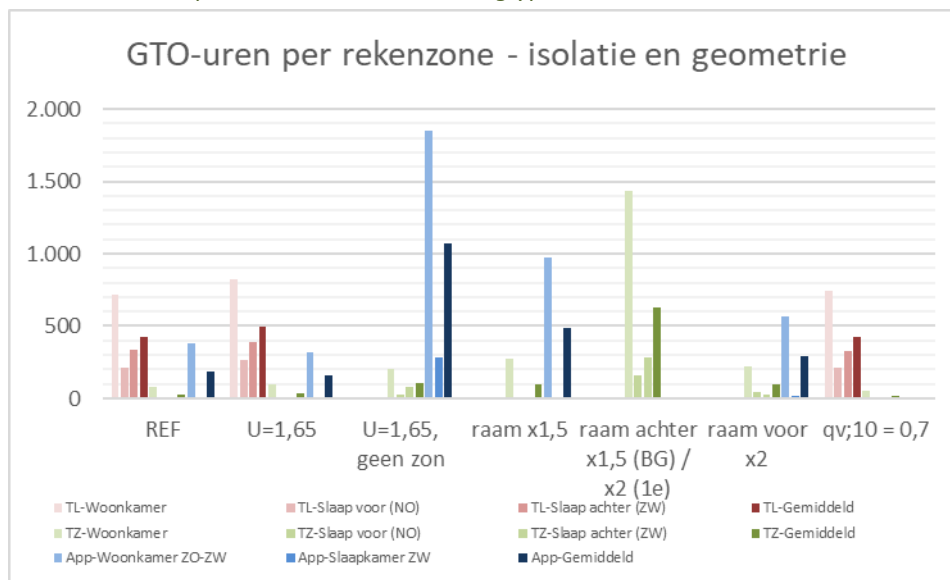
### Isolatie en geometrie

Tot slot zijn enkele varianten doorgerekend die voldoen aan de eerst BENG-eis, maar waarbij is gevarieerd in isolatiewaarde van glas, in luchtdichtheid en geometrie (raamoppervlak). Ook hier blijkt dat buitenzonwering grote invloed heeft, evenals de combinatie van oriëntatie en raamoppervlakte.

Tabel 15 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variatie van isolatiewaarden  
Niet vermelde parameters zijn gelijk aan de referentiesituatie

Buitenzonwering	ja, overal	ja, overal	nee	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal
Raamopp. EGW	standaard	standaard	standaard	achter bg 1,5x	achter 1,5/2x	voor 2x	standaard
Raamopp. MGW	standaard	standaard	standaard	zo gevel 1,5x	-	zw gevel 1,5x	-
Infiltratievoud (EGW/MGW)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1/-	0,1	0,35/-
isolatie	BB	U = 1,65	U = 1,65	BB	BB	BB	BB
<b>Tussen licht</b>							
Woonkamer	713	826					740
Slaap voor (NO)	211	267					212
Slaap achter (ZW)	337	390					331
Gemiddeld	420	494					428
<b>Tussen zwaar</b>							
Woonkamer	81	94	205	276	1.436	224	57
Slaap voor (NO)	0	0	30	3	162	45	0
Slaap achter (ZW)	1	3	79	11	280	24	0
Gemiddeld	27	32	105	97	626	98	19
<b>Appartement zwaar</b>							
Woonkamer (ZO & ZW)	380	321	1.851	970		566	
Slaapkamer (ZW)	0	0	287	11		20	
Gemiddeld	190	161	1.069	491		293	

Figuur 16 Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variantie van isolatiewaarden

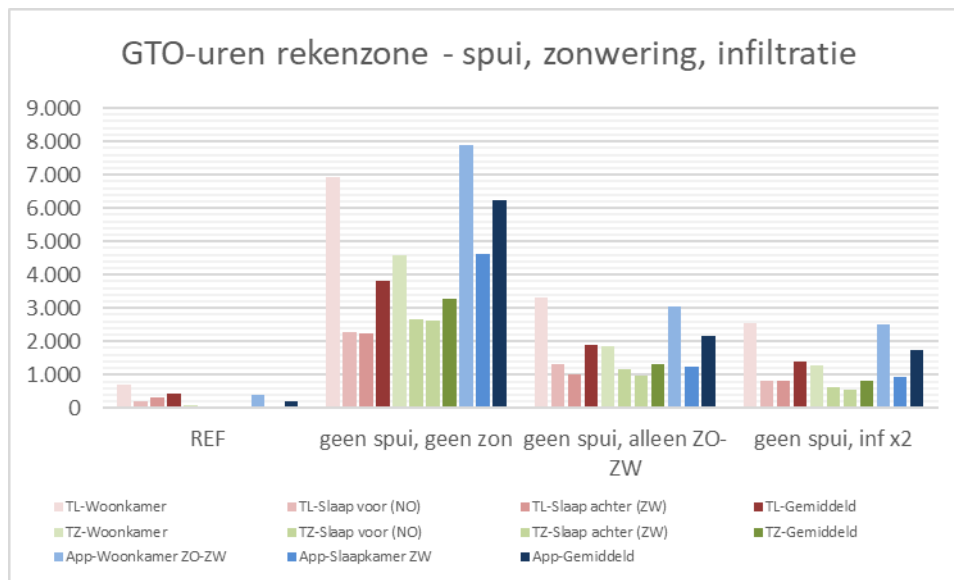


### Combinaties van overige parameters

In de bovenstaande tabellen en figuren is telkens één parameter gewijzigd. Er zijn ook verschillende combinaties van parameters doorgerekend. Onderstaande figuren geven de GTO-uren voor deze combinaties. In de bijlagen zijn alle bijbehorende getallen terug te vinden.

Als zowel spui-ventilatie als buitenzonwering achterweg wordt gelaten, stijgt het aantal GTO-uren tot het niveau dat sommige ruimten bijna het hele jaar te warm zijn.

**Figuur 17** Aantal GTO-uren per zone voor de drie woningtypes, variantie van spui-ventilatie, buitenzonwering en infiltratievoud



### GTO-resultaten, overall

In de resultaten is te zien:

- Er is een behoorlijk verschil in GTO-uren tussen de woonkamers en de slaapkamers. Dat is grotendeels te verklaren door de interne warmtelast. De hoogte en de verdeling van de interne warmtelast zijn beide bepalend. Omdat er weinig bekend is over de verdeling van de warmtelast over woonkamer, slaapkamers en zo voorts vinden we het gemiddeld aantal GTO-uren over de verschillende rekenzones een betere voorspellende indicator voor het risico op temperatuuroverschrijding *in een woning* dan het aantal GTO-uren *per rekenzone*.
- Vooral spui-ventilatie en in iets mindere mate buitenzonwering op de zonbelaste gevels tussen ZO en ZW verlagen het aantal GTO-uren drastisch. Gecombineerd blijft het aantal GTO-uren beperkt. In deze studie is specifiek gevarieerd met de spui-ventilatiecapaciteit. Nagenoeg hetzelfde effect kan echter ook bereikt worden door de basisventilatie over de hele dag en met name de nacht te vergroten.
- Licht bouwen (volledig houtskeletbouw, dus ook geen steenachtige vloeren) geeft onder verder dezelfde uitgangspunten een veel hoger aantal GTO-uren dan zwaar bouwen.
- Oriëntatie (voor/achter, dus noordoost/zuidwest) is relevant, maar het effect is in de meeste gevallen niet heel groot (uitzondering: groot glasoppervlak op zonzijde, vooral bij lichte bouw).
- De varianten waar het aantal GTO-uren beperkt blijft (tot bv 1000 uur/jaar) hebben gemeen dat er altijd sprake is van adequate spui-ventilatie. Ventilatie alléén is echter niet altijd voldoende, ook buitenzonwering of beperken van de infiltratievoud is vaak nodig.

Uit de resultaten valt op te maken dat interne warmtelast, ventilatiegedrag en buitenzonwering veel invloed hebben. Daarnaast is de bouwwijze van grote invloed: lichte bouw zorgt voor een veel hoger aantal GTO-uren dan zware bouw.

Interne warmtelast is een zeer belangrijke invloedsfactor. De interne warmtelast zorgt bij de gekozen verdeling over de ruimten voor hoge aantallen GTO-uren in de woonkamers. Bij verdubbeling van de



interne warmtelast in de woonkamer/keuken stijgt het aantal GTO-uren drastisch. Een hoge interne warmtelast in de woonkamer/keuken zorgt ook voor een significante stijging van de overschrijdingsuren in de slaapkamers. Door spuien is de invloed van een hogere interne warmtelast sterk te beperken.

Voor zowel buitenzonwering als spuiventilatie geldt dat het 'passieve maatregelen' zijn, maar die dienen door de gebruiker wel 'actief' beheerd te worden. Dat wil zeggen dat de gebruiker/bewoner zich bewust moet zijn van het bouwfysisch gedrag van de woningen en daarop zijn gedrag moet aanpassen. Dus actief gebruiken van buitenzonwering of deze automatisch regelen, actief benutten van spuiventilatie. Bijkomend probleem van spuiventilatie is dat te openen ramen en kleppen inbraakgevoelig kunnen zijn en in een geluidbelaste situatie tot geluidoverlast leiden en dus niet universeel toepasbaar is. Er zijn op de markt producten verkrijgbaar die hier aan voldoen. Er zouden dus nadere eisen gesteld kunnen worden aan de spuiventilatievoorzieningen indien deze gewaardeerd worden in de BENG berekening.

#### 4.4 Berekeningsresultaten: TO<sub>juli</sub>

De varianten waarvoor de GTO-uren zijn bepaald zijn ook doorgerekend in EPG-software. Met behulp van Uniec 2.2 is het TO<sub>juli</sub> getal vastgesteld voor de verschillende oriëntaties van de woningen. Er zijn hier minder varianten beschouwd dan voor het aantal GTO-uren omdat niet alle parameters in de EPG-berekening gewijzigd kunnen worden (denk bv aan interne warmtelast).

De tussenwoning heeft een voor- en achtergevel op NO en ZW. Het appartement heeft gevels op ZO en ZW, maar het woongebouw als geheel (waarvoor de EPG-berekening is gemaakt) heeft ook gevels op NO en NW.

Tabel 16 TO<sub>juli</sub> voor de referentie tussenwoning bij verschillende varianten (2 oriëntaties)  
De groen gearceerde vakken geven aan waar is afgeweken van de uitgangssituatie (variant 5)

var	raamopp.	Buiten- zonwering	spuien	infiltratie- voud	Lichte woning		Zware woning	
					NO	ZW	NO	ZW
1	standaard	Nee	Nee	0,1	1,54	5,42	0,27	4,14
1-passief	standaard	Nee	Nee	0,1	-	-	1,23	5,89
2	standaard	Nee	Ja	0,1	0,57	2,93	0,00	1,70
3	standaard	ja, ZO-ZW	Nee	0,1	1,93	2,97	0,59	1,62
4	standaard	ja, ZO-ZW	Ja	0,1	0,98	1,49	0,00	0,50
5	standaard	ja, overal	Ja	0,1	0,70	1,56	0,00	0,62
5-passief	standaard	ja, overal	Ja	0,1	0,84	1,76	0,00	0,71
6	standaard	ja, overal	Nee	0,1	1,48	3,04	0,14	1,71
7	standaard	ja, overal	Nee	0,2	1,35	2,81	0,44	1,39
8	standaard	Nee	Nee	0,2	1,38	5,03	0,06	3,71
9	2x	Nee	Ja	0,1	1,82	4,96	0,42	3,56
10	2x	ja, overal	Ja	0,1	1,70	2,44	0,42	1,16
11	1e achter 2x	Nee	Ja	0,1	0,36	3,79	0,00	2,47
12a	standaard	ja, overal	ja	0,1	0,82	1,65	0,00	0,65
12b	standaard	nee	ja	0,1	-	-	0,00	1,93
12c	achter bg 1,5x	ja, overal	ja	0,1	-	-	0,00	1,03
12d	achter 1,5/2x	ja, overal	ja	0,1	-	-	0,00	1,39
12e	voor 2x	ja, overal	ja	0,1	-	-	0,49	0,26
12f	standaard	ja, overal	ja	0,35	0,60	1,38	0,00	0,53

Tabel 17 *TO<sub>juli</sub> voor het referentie woongebouw bij verschillende varianten (4 oriëntaties)*  
*De groen gearceerde vakken geven aan waar is afgeweken van de uitgangssituatie (variant 4)*

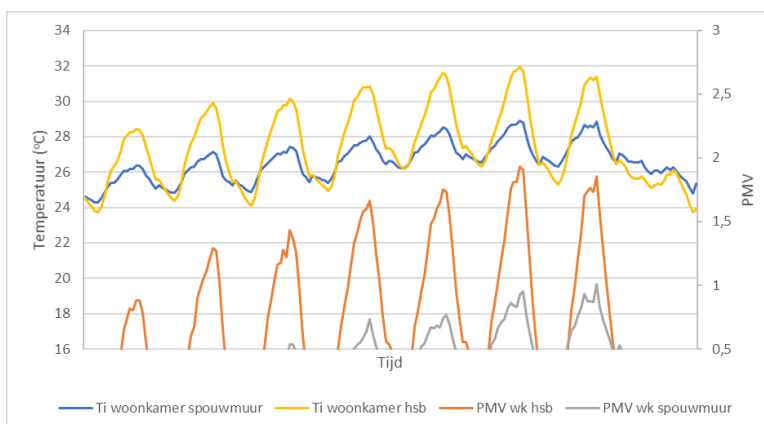
var	raamopp.	Buiten-zonwering	spuien	infiltratie-voud	NO	ZW	ZO	NW
1	standaard	nee	nee	0,1	2,75	6,43	6,46	4,16
2	standaard	nee	ja	0,1	0,28	2,04	2,05	0,67
3	standaard	ja	nee	0,1	1,65	3,01	3,03	2,95
4	standaard	ja	ja	0,1	0,19	0,60	0,61	0,57
4-passief	standaard	ja	Ja	0,1	0,29	0,80	0,79	0,78
7	standaard	ja	nee	0,2	0,18	1,82	1,83	0,51
8	standaard	nee	nee	0,2	2,20	5,46	5,49	3,37
9	1,5x	nee	ja	0,2	2,69	3,22	3,24	1,38
10	1,5x	ja	ja	0,2	1,78	0,85	0,86	0,84
11-dak	standaard	nee	ja	0,1	0,28	2,04	2,05	0,67
12a	standaard	ja	ja	0,1	0,32	0,67	0,66	0,63
12b	standaard	nee	ja	0,1	0,48	2,34	2,32	0,80
12c	zo gevel 1,5x	ja	ja	0,1	0,00	0,36	1,43	1,42
12e	zw gevel 1,5x	ja	ja	0,1	1,02	1,41	0,31	0,27

#### 4.5 TO-uren versus GTO-uren

De resultaten van de temperatuur overschrijdingen worden in GTO-uren opgegeven. Dit is met name gedaan omdat met GTO-uren de verschillen tussen lichte en zware bouw het beste tot uitdrukking komen. In Figuur 18 wordt dit geïllustreerd aan de hand van de berekende temperatuur en de bijbehorende PMV waarde op de begane grond van de lichte en de zware variant van de tussenwoning, in een warme periode in augustus. De gemiddelde temperatuur tussen beide varianten verschilt in deze periode slechts 0,8°C. Het aantal overschrijdingsuren van 25°C bedraagt 170 voor de lichte variant en 178 voor de zware variant en is dus in de zware variant zelfs groter dan in de lichte variant. Het aantal gewogen temperatuuroverschrijdingsuren (welke gekoppeld is aan de PMV-waarde, de maat voor de thermische behaaglijkheid) bedraagt in deze periode 322 voor de lichte variant en 76 voor de zware variant: Het laat zien dat het in de lichte woning veel onaangener wordt dan in de zware woning.

In de figuur is te zien dat in de hsb-woning de temperatuur overdag snel oploopt, waardoor er vaker een PMV van 0,5 wordt overschreden dan in een zware woning en vooral dat de overschrijding ook veel groter is. Met de GTO-uren wordt dit met 1 getal duidelijk gemaakt.

Dat zorgt dat we de GTO-uren een betere indicatie vinden voor het risico op temperatuur-overschrijdingen dan de TO-uren.



Figuur 18 *Temperatuur en PMV in de woonkamers van de lichte (hsb-)variant en de zware (spouwmuur) variant van de tussenwoning in een warme periode in augustus (variant met zonwering op de zonbelaste achtergevel en spuien).*

#### 4.6 Berekeningsresultaten: BENG

De volgende tabellen geven de resultaten van de BENG-berekeningen van de drie woningen (tussenwoning, tussen-licht en appartement). De tabellen geven de waarde voor BENG1 en de waarde BENG\_1C hier gedefinieerd als de bijdrage van koeling aan BENG1.

Tabel 18 *BENG1 en BENG1\_C voor de referentie tussenwoning bij verschillende varianten*  
De groen gearceerde vakken geven aan waar is afgeweken van de uitgangssituatie (variant 5)

var	raamopp.	buitenzonwering	spuien	infiltratievoud	Lichte woning		Zware woning	
					BENG1_C [kWh/m <sup>2</sup> ]	BENG1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	BENG1_C [kWh/m <sup>2</sup> ]	BENG1 [kWh/m <sup>2</sup> ]
1	standaard	Nee	Nee	0,1	19,8	40,9	8,8	28,2
1-passief	Standaard	Nee	Nee	0,1	-	-	13,0	23,0
2	standaard	Nee	Ja	0,1	16,9	38,0	3,9	23,3
3	standaard	ja, ZO-ZW	Nee	0,1	13,2	34,2	3,9	23,3
4	standaard	ja, ZO-ZW	Ja	0,1	11,3	32,4	1,6	21,0
5	standaard	ja, overall	Ja	0,1	10,7	31,7	1,3	20,7
5-passief	standaard	ja, overall	Ja	0,1	11,7	23,6	1,7	11,7
6	standaard	ja, overall	Nee	0,1	12,4	33,4	3,3	22,7
7	standaard	ja, overall	Nee	0,2	11,8	35,9	3,3	25,9
8	standaard	Nee	Nee	0,2	18,9	43,1	7,8	30,3
9	2x	Nee	Ja	0,1	33,2	54,6	14,8	34,1
10	2x	ja, overall	Ja	0,1	19,3	40,7	5,3	24,5
11	1e achter 2x	Nee	Ja	0,1	21,0	41,7	5,8	25,2

Tabel 19 *BENG1 en BENG1\_C voor het referentie woongebouw bij verschillende varianten*  
De groen gearceerde vakken geven aan waar is afgeweken van de uitgangssituatie (variant 4)

var	raamopp.	buitenzonwering	spuien	infiltratievoud	BENG1_C [kWh/m <sup>2</sup> ]	BENG1 [kWh/m <sup>2</sup> ]
1	standaard	nee	nee	0,1	14,9	27,3
2	standaard	nee	ja	0,1	6,5	18,8
3	standaard	ja	nee	0,1	6,8	19,2
4	standaard	ja	ja	0,1	2,3	14,7
4-passief	standaard	ja	Ja	0,1	2,9	9,3
7	standaard	ja	nee	0,2	5,6	21,7
8	standaard	nee	nee	0,2	12,8	28,9
9	1,5x	nee	ja	0,2	13,3	29,7
10	1,5x	ja	ja	0,2	4,8	21,2
11-dak	standaard	nee	ja	0,1	6,5	18,8

De (zware) woningen voldoen in de basis aan de eerste BENG-eis. In veel van de varianten wordt daar echter niet meer aan voldaan. Dat is in de (zware) tussenwoning het geval als de raamoppervlakte op zuid wordt vergroot zonder toepassing van buitenzonwering en als in een luchtdichte woning ( $q_{v;10} = 0,1$ ) niet gespuid kan worden. In de lichte tussenwoning is het patroon vergelijkbaar, maar ligt de koelbehoefte veel hoger. Het appartement ligt er tussen in.

Ook de varianten met isolatie op niveau van passiefwoningen voldoen aan de BENG1-eis.

#### Spuiventilatie in NEN 7120 / NTA 8800

We zien in onze berekeningen dat de optie 'maximale benutting van spui ventilatiecapaciteit' veel invloed heeft op BENG criterium 1. In NEN 8088 wordt in par. 5.6.2 opmerking 2 aangegeven dat hiervan mag worden uitgegaan bij de systemen A, B en C. In de formules gaat het dan om de 'Specifieke systeemgerelateerde ventilatiecapaciteit  $q_{ve; spec, spui}$ '

Voor de situatie met koudevraag is, ongeacht het ventilatiesysteem, uitgegaan dat de spuicapaciteit te realiseren is met de spuivoorzieningen zoals deze volgens Bouwbesluit aanwezig dienen te zijn bij gebruik gedurende een 'langere' tijd voor het afvoeren van warmte. Er wordt uitgegaan van een

spuicapaciteit van  $0,8 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$  bij een effectieve persoonsbezetting van 1. Dit is erop gebaseerd dat bij koudevraag de maximale spuicapaciteit bij gemiddelde meteocondities kan worden benut.

Concreet betekent dit dat de optie 'maximale benutting van spuiventilatiecapaciteit' altijd toegepast mag worden, omdat er van uitgegaan wordt dat de benodigde spuiventilatiecapaciteit aanwezig moet zijn vanuit andere bepalingen in het Bouwbesluit. Net als op andere onderdelen van de EPG wordt hier uitgegaan van correcte realisatie van deze spuiventilatiecapaciteit (vergelijkbaar met bijvoorbeeld correcte werking van een douche-WTW, correcte toepassing van isolatiemateriaal etc). Dat betekent niet dat de spuiventilatiecapaciteit altijd (24 uur per dag) volledig benut wordt. In NEN 7120 wordt gerekend met een waarde  $q_{\text{ve,spec;spui}}$  die niet overeen komt met de vereiste capaciteit uit het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit is gericht op een piekbelasting, om in korte tijd ernstig vervuilde lucht af te kunnen voeren met bv ook alle ramen open.

Bij de bepaling van de energieprestatie van de ventilatie is er vanuit gegaan dat de ramen een veel groter deel van het jaar gedeeltelijk open staan (kierstand). Er is dan strikt genomen ook geen sprake van spuiventilatie. Voor deze ventilatiestroom  $0,125 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  aangehouden. Voor het afvoeren van warme lucht in de zomer is een 'grotere capaciteit' aangehouden, in de norm is dat  $1,0 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  (vgl 5.22 in NEN 8088-1+C1:2012).

De ventilatiemethode in NTA 8800 is principieel anders. Spuien gaat daar meewegen in een (vereenvoudigde) massabalans op gebouwniveau. De resulterende volumestromen zijn echter wel van gelijke orde van grootte, verwachting is dat de berekende energiestromen die daarmee samenhang dus ook van gelijke orde zullen zijn.

#### 4.7 Berekeningsresultaten: Verband GTO-uren, $\text{TO}_{\text{juli}}$ en BENG

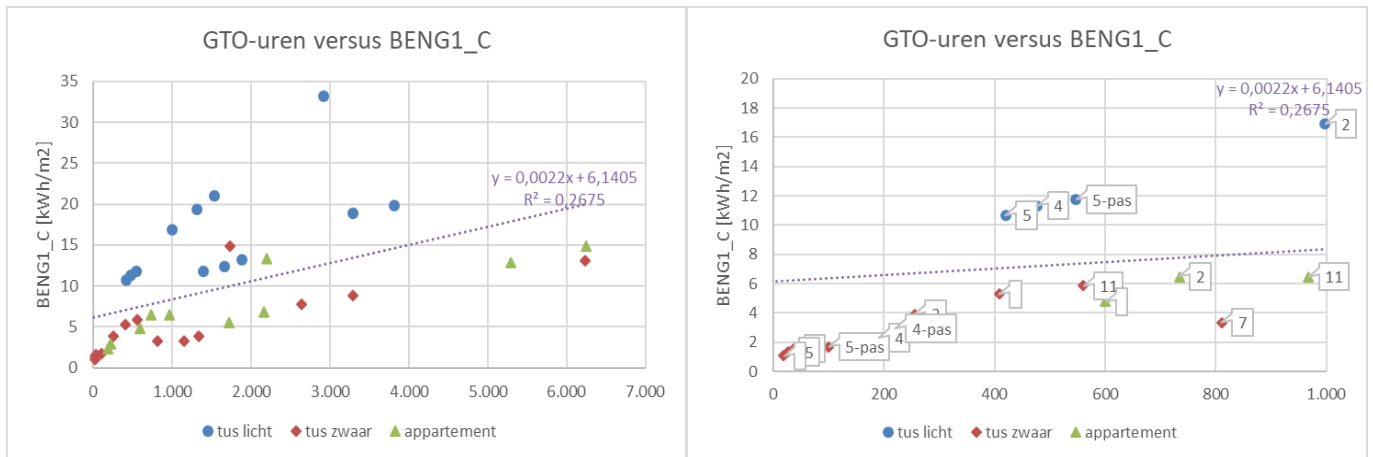
##### GTO en BENG

In Figuur 19 is het verband gegeven tussen het aantal berekende GTO-uren uit de dynamische berekeningen en de koelbehoefte ( $Q_{\text{C,nd}}$ ) uit de EPG berekening van de tussenwoning resp. het woongebouw. Figuur 21 geeft het verband tussen BENG 1 en GTO-uren. Bijna alle varianten die voldoen aan de voorgenomen BENG 1-eis ( $\leq 25 \text{ kWh}/\text{m}^2$ ) voldoen aan de (arbitraire) richtlijn van maximaal 450 GTO-uren; alleen wanneer er niet gespuid kan worden is er risico op wel voldoen aan BENG 1 en niet aan GTO-uren criterium.

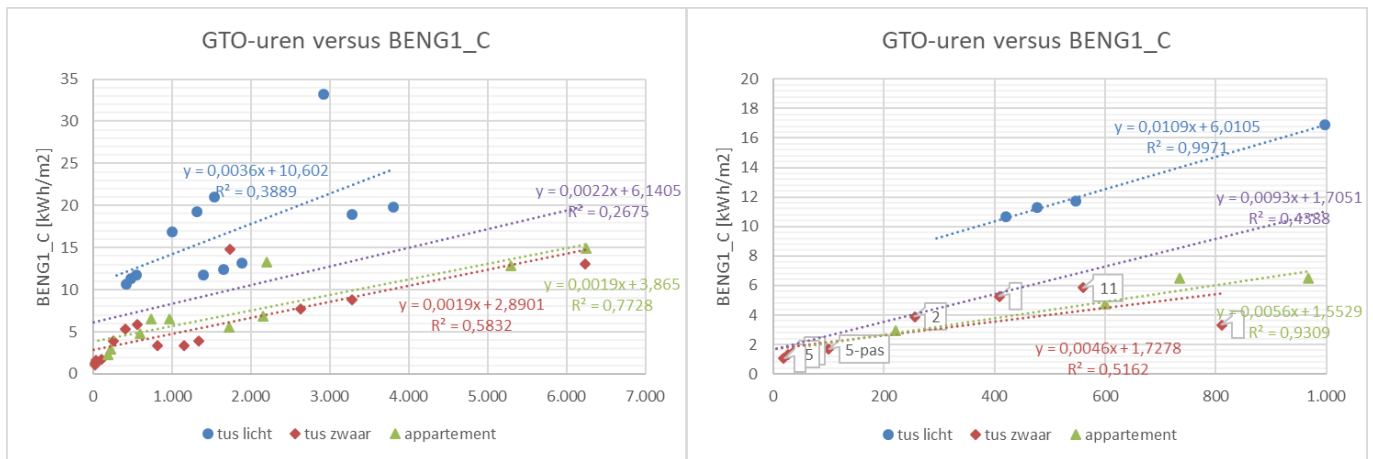
In de figuren is te zien dat er een redelijk tot goed (lineair) verband is tussen de resultaten van de GTO-berekeningen en de parameters uit de EPG berekeningen. De correlatie tussen GTO-uren en  $Q_{\text{C,nd}}$  (BENG1\_C) is uiteraard beter dan tussen GTO-uren en BENG-1; de correlatie is bij het appartement ook iets beter dan bij de tussenwoningen. Dát er wel enige correlatie is tussen GTO-uren en BENG1 is niet heel verrassend: De bijdrage van verwarming ( $Q_{\text{H,nd}}$ ) aan BENG 1 is in alle varianten ongeveer even groot, de spreiding in  $Q_{\text{H,nd}}$  is veel kleiner dan de spreiding in  $Q_{\text{C,nd}}$  in de beschouwde gevallen. Het verband is niet sterk (vrij lage waarde voor  $R^2$ ) en bovendien is het een flauwe helling: een kleine wijziging in BENG1\_C of BENG1 geeft een grote wijziging in het aantal corresponderende GTO-uren.

Het verband is iets sterker als niet gekeken wordt naar het totaal (combinatie lichte en zware woningen) maar naar de correlatie per woningtype. Dat is te zien in Figuur 20.

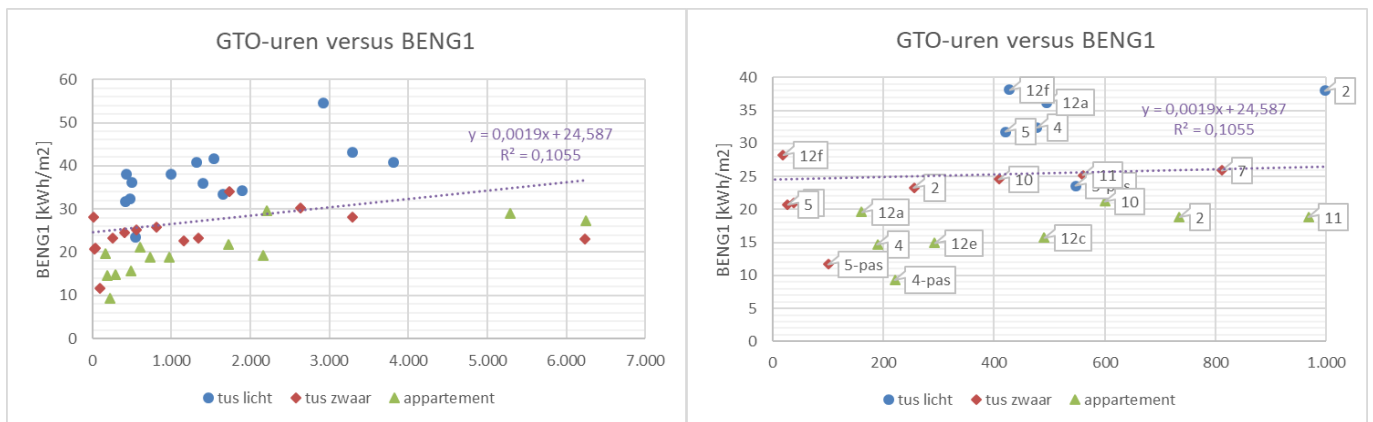
Er zijn verschillende varianten die wél voldoen aan BENG1 maar ook zeer veel GTO-uren hebben. Ook dat maakt dat BENG1 als indicator voor het risico op temperatuuroverschrijdingen niet voldoet.



**Figuur 19** Verband tussen BENG1\_C en GTO-uren (gemiddelde van de verschillende zones) voor alle doorgerekende varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement. De linkergrafiek toont alle varianten. De rechtergrafiek is begrensd op 1.000 GTO-uren. De labels verwijzen naar de bijbehorende variant.



**Figuur 20** Verband tussen BENG1\_C en GTO-uren (gemiddelde van de verschillende zones) voor alle doorgerekende varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement. De linkergrafiek toont alle varianten. Rechts alleen de varianten met minder dan 1.000 GTO-uren.

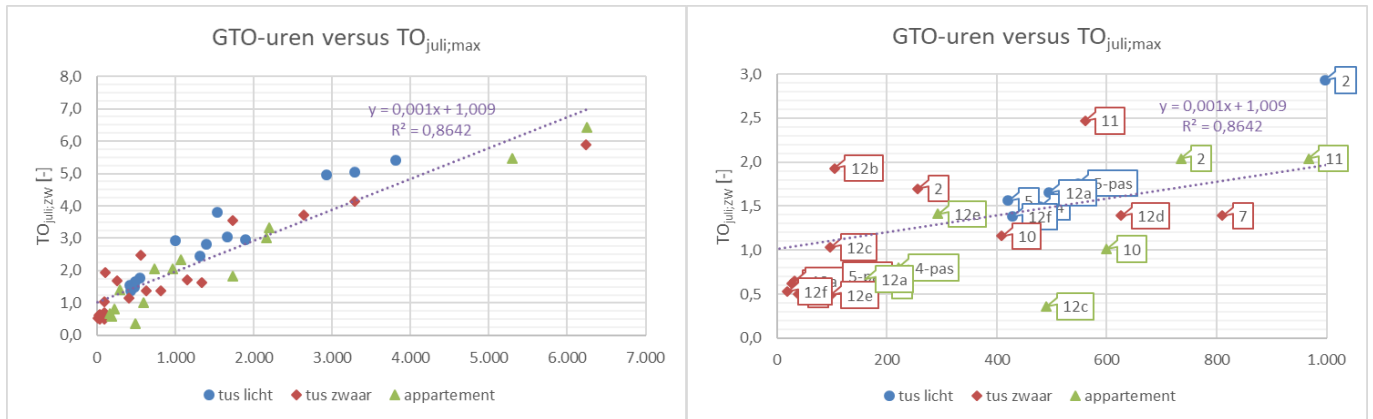


**Figuur 21** Verband tussen BENG1 en GTO-uren (gemiddelde van de verschillende zones) voor alle doorgerekende varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement. De linkergrafiek toont alle varianten. De rechtergrafiek is begrensd op 1.000 GTO-uren. De labels verwijzen naar de bijbehorende variant.

### GTO en TO<sub>juli</sub>

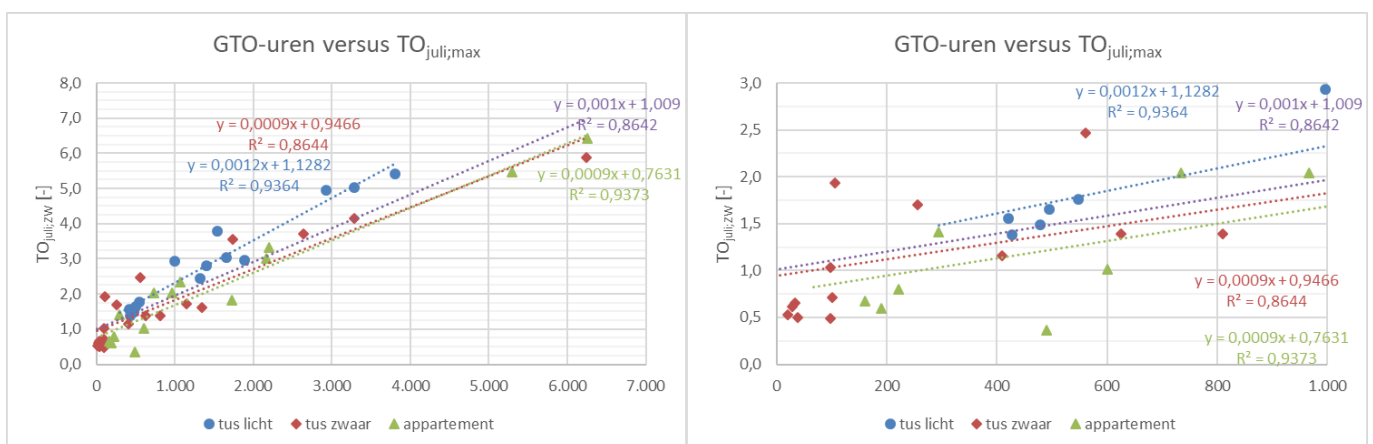
Ook bij de resultaten van TO<sub>juli</sub> is een verschil te zien tussen een zware en een lichte woning maar vooral tussen de verschillende oriëntaties. Voor de ZW-oriëntatie is er een goed tot zeer goed (lineair) verband te leggen tussen TO<sub>juli</sub> en het aantal GTO-uren, voor de NO-oriëntatie is die er nauwelijks (niet getoond in de grafieken). Het TO-getal is voor de ZW- en ZO-gevels ook hoger dan voor de NO- en NW-gevels. Dat betekent dat voor ZW een eis aan TO<sub>juli</sub> leidt tot beperken van het aantal GTO-uren, maar een vergelijkbare eis aan de NO-oriëntatie heeft weinig zin. Er kan een eis gesteld worden aan de hoogste TO-waarde van alle gevels.

Een TO-getal > 4 wordt beschouwd als 'groot risico' maar uit de berekening blijkt dat ook bij lagere TO-getallen er al een groot risico is op oververhitting, zeker bij lichte woningen. Een maximaal TO<sub>juli</sub>-getal van 1,4 leidt tot minder dan 450 GTO-uren.



**Figuur 22** Verband tussen het hoogste TO<sub>juli</sub>-getal en GTO-uren voor alle doorgekende varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement. De linker-grafiek toont alle varianten. De rechter-grafiek is ingezoomd tot 1.000 GTO-uren. De labels verwijzen naar de bijbehorende variant. TO<sub>juli</sub> voor de ZO-gevel van het appartement is bijna hetzelfde als voor ZW.

De correlatie tussen GTO-uren en het TO<sub>juli</sub>-getal is goed met een R<sup>2</sup> van 0,86 zoals te zien in Figuur 23 (paarse lijn voor alle woningen samen). De correlatie tussen TO<sub>juli</sub> en GTO-uren is voor elk van de beschouwde woningen afzonderlijk iets beter dan voor de combinatie van alle woningen.



**Figuur 23** Verband tussen het hoogste TO<sub>juli</sub>-getal en GTO-uren voor alle varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement. De linker-grafiek toont alle varianten. Rechts is ingezoomd tot 1.000 GTO-uren. TO<sub>juli</sub> voor de ZO-gevel van het appartement is bijna hetzelfde als voor ZW.



Uit de figuren blijkt ook dat de verhouding tussen GTO en  $TO_{\text{juli}}$  enigszins afhankelijk is van het woningtype (geometrie, verhouding tussen gebruiks- en verliesoppervlakte).

Als 450 uur als 'acceptabel' wordt beschouwd, correspondeert dat voor deze woningen met een  $TO_{\text{juli}}$  van ongeveer 1,4.

#### 4.8 Conclusies

Woningen zijn in berekeningen voor EPC of BENG nagenoeg altijd één rekenzone. Dat is voor het bepalen van het risico op te hoge temperaturen per definitie een grove benadering. Onderscheid in ligging in het gebouw (onder dak, boven vloer, kopgevel) is relevant, evenals oriëntatie. Om een accurate inschatting te geven van het risico op temperatuuroverschrijding is de modellering die volstaat voor een EPC/BENG-berekening te eenvoudig. Daar staat tegenover dat door de goede isolatie van de thermische schil er wel sprake is van thermische verevening binnen het gebouw: vergeleken met minder goed geïsoleerde woningen zijn er minder grote verschillen in binnentemperatuur tussen de diverse ruimten en oriëntaties.

De correlatie tussen GTO-uren en berekende koudebehoefte impliceert dat de berekende koudebehoefte ( $Q_{C,nd}$ , uitgedrukt in kWh/m<sup>2</sup>) een redelijke tot goede indicator is van de verwachte temperatuuroverschrijding in de zomer en daarmee mogelijk ook een geschikte indicator om deze temperatuuroverschrijdingen te beperken of te voorkomen. BENG1 (som van koude- en warmtebehoefte) valt af als indicator, omdat zeker bij goed geïsoleerde woningen (zie varianten passiefhuis) de warmtebehoefte zo laag is dat de hoogte van de koudebehoefte niet meer beperkt hoeft te worden om te voldoen aan BENG1. Het risico op temperatuuroverschrijding wordt daardoor ook niet beperkt (waarmee overigens niet wordt geïmpliceerd dat passiefwoningen per definitie te maken hebben met hoge binnentemperaturen, in de doorgerekende variant is die niet heel veel hoger dan in de referentie met Rc-waarden conform minimumeisen uit het Bouwbesluit).

Ondanks het verband tussen BENG1\_C en het aantal GTO-uren vinden we BENG1\_C geen geschikte indicator: het verband is niet sterk genoeg en het verband is ook te 'flauw': kleine wijziging in BENG1\_C geeft een (te) grote wijziging in GTO-uren. De indicator is daarmee te gevoelig.

Het beste verband tussen EP-indicatoren en GTO-uren is met het  $TO_{\text{juli}}$ -getal.

## 5 Mogelijke methoden voor grenswaarden

### 5.1 Randvoorwaarden voor mogelijke criteria

Er is een aantal randvoorwaarden op te stellen waaraan een methode ter beperking van het aantal (G)TO-uren dient te voldoen

- Correlatie met GTO  
De methode moet leiden tot een indicator die duidelijk gecorreleerd is aan het aantal uren waarin sprake is van te hoge temperaturen, bij voorkeur de GTO-uren.
- Leidt tot beperking van GTO  
Toepassing van de eis/grenswaarde aan een indicator moet ook leiden tot ontwerpen waar het risico op temperatuuroverschrijdingen lager is.
- Voldoende onderscheidend  
De indicator moet een onderscheid kunnen maken tussen gebouwen die wel of niet aan het GTO-criterium voldoen. Dat onderscheid moet voldoende duidelijk/voldoende groot zijn.
- Weinig tot geen extra invoer tov EPG/NTA  
De methode mag niet leiden tot (veel) extra invoer aan de zijde van de opstellers van EP-berekeningen, noch tot veel wijzigingen in de NTA 8800.

### 5.2 Eis aan aantal TO- of GTO-uren

De meest accurate methode is het stellen van een eis aan het aantal uren dat een bepaalde temperatuur overschreden zal worden. Deze eis stuit echter op een aantal (praktische) bezwaren:

- GTO-/TO-berekeningen worden uitgevoerd per vertrek of desnoods per verdieping. In de EPC/BENG-berekening wordt een woning beschouwd als één zone. Dat betekent dat geen rekening gehouden wordt met ligging in het gebouw, oriëntatie van glasvlakken et cetera.
- Er treden grote verschillen op binnen één en dezelfde woning. Zie voorgaand hoofdstuk. Het is goed mogelijk dat als een woning als één zone wordt beschouwd er geen problemen ontstaan met oververhitting, terwijl losse ruimten wel degelijk te warm kunnen worden.
- Er zal per woning en per ruimte aangegeven moeten worden met welke parameters gerekend moet worden. Denk aan interne warmtelast per ruimte (onderscheid woon/slaapvertrekken), ventilatievoud, spuicapaciteit, ... Al met al een behoorlijke toename van de benodigde invoer én van de complexiteit van de onderliggende bepalingsmethode.

→ *Geen geschikt criterium.*

### 5.3 Zomercomfort conform NEN 7120

Bij het bepalen van de primaire energiegebruiken die onderdeel zijn van de EPC wordt ook een fictief primair energiegebruik voor zomercomfort berekend. Uitgangspunt is de koelbehoefte van een woning  $Q_{C,nd}$  waarbij wordt uitgegaan van invulling van deze koelbehoefte door een (fictieve) compressie koelmachine/airco met een COP van 3. Om het zomercomfort meer 'gewicht' te geven in de berekening, kan deze COP verlaagd worden. Voordeel van deze methode is dat slechts een zeer beperkte aanpassing van de norm nodig is en dat er geen extra invoer vereist is. Nadeel is dat de fictieve energiestroom blijft gehandhaafd en dat er geen rekening wordt gehouden met verschillen binnen een woning. Daarbij stelt de post 'zomercomfort' an sich geen eisen aan de beperking van de koudebehoefte en dus ook niet tot de beperking van het aantal GTO-uren.

In het vorige hoofdstuk is gebleken dat de berekende koudebehoefte weliswaar gecorreleerd is met het aantal GTO-uren, maar ook dat dat weinig onderscheidend is: Kleine wijziging in koudebehoefte (en daarmee 1-op-1 ook zomercomfort leidt tot grote wijziging in GTO-uren.

→ *Geen geschikt criterium.*



#### 5.4 Eis TO<sub>juli</sub>, conform NEN 7120

De huidige EPG-norm geeft reeds een methode voor het inschatten van het zomercomfort. Het TO<sub>juli</sub>-getal volgt rechtstreeks uit de EPC/BENG-berekening (in een deel van de softwarepakketten althans). Evenals bij de eis aan het maximaal aantal TO-/GTO-uren geldt dat de modellering die gebruikt wordt voor EPC/BENG geen recht doet aan de werkelijke situatie in een woning. Doordat de zoninstraling bij deze methode wel per oriëntatie wordt beoordeeld zit deze methode qua nauwkeurigheid tussen een 'echte' simulatieberekening en de EP-berekeningen. De resultaten uit het vorige hoofdstuk geven aan de TO<sub>juli</sub> goed toepasbaar is voor dit doel.

→ *Mogelijk geschikt criterium.*

#### 5.5 Aparte eis BENG1\_H aan Q<sub>H,nd</sub> en BENG1\_C aan Q<sub>C,nd</sub>

De huidige BENG-eis aangaande energiebehoefte combineert de warmtebehoefte in de winter met de koudebehoefte in de zomer. Gevolg is dat in het ontwerp wordt geoptimaliseerd op het benutten van warmtewinsten in de winter (brengt BENG 1 omlaag, dus gunstiger), en dat deze warmtewinsten het 'winnen' van de ermee samenhangende koelbehoefte in de zomer (zorgt voor een hogere BENG 1, dus minder gunstig). Er zijn verschillende varianten die de wél voldoen aan BENG1 maar ook zeer veel GTO-uren hebben. Dat maakt dat BENG1 als indicator voor het risico op temperatuuroverschrijdingen niet voldoet. Dit kan ondervangen worden door eisen te stellen aan zowel de warmtebehoefte als aan de koudebehoefte. Voordeel: Geen extra invoer nodig, geen aanpassing van de methode nodig.

Uit de hier uitgevoerde berekeningen blijkt dat er een redelijk tot goed verband is tussen de berekende Q<sub>C,nd</sub> en het risico op oververhitting. Ondanks het verband tussen BENG1\_C en het aantal GTO-uren vinden we BENG1\_C geen geschikte indicator: het verband is niet sterk genoeg en het verband is ook te 'flauw': kleine wijziging in BENG1\_C geeft een (te) grote wijziging in GTO-uren. De indicator is daarmee te gevoelig.

→ *Geen geschikt criterium.*

#### 5.6 Aparte eis BENG1\_H aan Q<sub>H,nd\_jan</sub> en BENG1\_C Q<sub>C,nd\_juli</sub>

Om oververhitting te voorkomen kan een eis gesteld worden aan de koudebehoefte in de meest kritische maanden, meestal juli. Daarmee wordt de oriëntatie van het gebouw iets meer recht gedaan dan wanneer alleen gekeken wordt naar de jaartotalen. Bezwaren tegen de eenvoudige schematisering (woning als één zone) blijven gelijk aan de eerder beschreven criteria.

In deze studie is niet specifiek gekeken naar Q<sub>C,nd;juli</sub>. We verwachten echter dat de correlatie tussen GTO-uren en Q<sub>C,nd;juli</sub> vergelijkbaar zal zijn met Q<sub>C,nd</sub> en daarmee niet heel geschikt als criterium om temperatuuroverschrijding te beperken.

→ *Geen geschikt criterium.*

#### 5.7 Eis aan ZTA- en/of g-waarde glas

Er worden in het Bouwbesluit eisen gesteld aan de isolatiewaarden van dak, gevel en vloer ( $R_c \geq 6,0 / 4,5 / 3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ) en aan de warmtedoorlatendheid van glas ( $U$  voor elk kozijn  $\leq 2,2 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  en gemiddeld  $U \leq 1,65 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ). Deze eisen zouden uitgebreid kunnen worden met eisen aan de zontoetredingsfactor.

De zontoetredingsfactor of g-waarde van glas geeft aan welk deel van de opvallende zoninstraling wordt doorgelaten. De g-waarde voor enkel glas is 0,8; voor HR<sup>++</sup> glas is deze tussen 0,6 en 0,7. Een hogere g-waarde betekent meer zonnewarmte in de winter (gunstig, want beperkt de warmtebehoefte) maar ook meer zonnewarmte in de zomer (ongunstig, want verhoogt de

koudebehoefte). In goed geïsoleerde gebouwen, zeker met een groot aandeel glas in de gevel, is een lage g-waarde gunstig om een te hoge koelbehoefte te voorkomen.

In de EPG / NEN7120 wordt gerekend met de ZTA-waarde van glas. De g-waarde wordt bepaald bij loodrechte zoninstraling, de ZTA-waarde onder een hoek van 45°. NEN 7120 rekent de g-waarde (invoerparameter) om naar een ZTA-waarde.

Nadeel van deze methode is dat er een extra eis wordt gesteld op productniveau zonder dat gekeken wordt naar hoe het product wordt gebruikt in een gebouw. Er zijn situaties denkbaar waar een hogere ZTA- of g-waarde juist wel gewenst is. Door eisen te stellen aan een maximale ZTA- of g-waarde wordt dat onmogelijk gemaakt. De g-waarde is een eigenschap van glas, maar de zontoetreding door een raam kan ook worden beperkt door gebruik van buitenzonwering.

→ *Geen geschikt criterium.*

## 5.8 Eis aan combinatie glas-eigenschappen en oppervlakten per oriëntatie

Uitwerking van de methode uit ISSO / SBR 300. Vereist veel rekenwerk vooraf, maar geen aanpassing van de norm (NTA 8800). Bovendien is het de vraag of de vooraf denkbare varianten voldoende dekkend zullen zijn voor alle mogelijke varianten om met woningen te voldoen aan de BENG-eisen. Als ontwerpinstrument of richtlijn zou deze methode wel interessant kunnen zijn.

→ *Geen geschikte methode.*

## 5.9 Samenvattend

Onderstaande tabel geeft het overzicht van de beschouwde criteria ter voorkoming van oververhitting in de zomer in BENG-woningen. Het  $TO_{juli}$  getal lijkt de beste indicator.

Tabel 20 Overzicht mogelijke geschikte criteria

Criterion	Extra invoer	Correlatie (G)TOuren?	Voldoende onderscheidend	Aanpassing norm	Geschikt criterium
Eis aan aantal TO-/GTO--uren	Veel	Ja	Ja	Zeer uitgebreid	Nee, te uitgebreid
Zomercomfort conform NEN 7120	Geen	Redelijk	Nee	Overnemen uit NEN 7120, mogelijk andere kentallen	Nee, leidt niet tot beperken GTO-uren
Eis $TO_{juli}$ , conform NEN 7120	Geen	Goed	Ja	Overnemen uit NEN 7120	Mogelijk
Eis aan BENG1_H: $Q_{H,nd}$ en BENG1_C: $Q_{C,nd}$	Geen	Redelijk	Nee	Beperkt: toevoeging van de indicator	Nee, niet onderscheidend
BENG1 als $Q_{H,nd,jan} + Q_{C,nd,juli}$	Geen	Redelijk	Nee	Beperkt: toevoeging van de indicator	Nee, te compenseren via lage warmtebehoefte winter
Eis aan ZTA- en g-waarde glas	Geen	Ja	Ja	Nee	Nee, extra eisen op productniveau
Eis aan combinatie glas-eigenschappen en -oppervlakten per oriëntatie	Geen	Ja	Ja	Nee	Nee, moeilijk tot onmogelijk om alle woningvarianten af te dekken.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

De voorgenomen BENG1-eis aan de nieuwe gebouwen bevat nu de combinatie van energiebehoefte voor verwarmen en koelen. Invoeren van deze eis (als som van  $Q_{H,nd}$  en  $Q_{C,nd}$ ) voorkomt de meest extreme situaties qua koelbehoefte / oververhitting. Er is enige correlatie tussen BENG1 en het aantal GTO-uren, maar deze correlatie is onvoldoende om alleen op BENG1 te vertrouwen ter beperking van oververhitting in de zomer.

De berekende koudebehoefte  $Q_{C,nd}$  (of beter: BENG1\_C gedefinieerd als  $Q_{C,nd}/Ag$ ) blijkt een redelijke indicatie van risico op temperatuuroverschrijding. Toch is de koudebehoefte niet geschikt als indicator voor GTO-uren, het verband is 'te flauw': een kleine wijziging in BENG1\_C geeft een grote wijziging in het aantal corresponderende GTO-uren.

Een betere indicator lijkt het  $TO_{juli}$ -getal. Deze kan berekend worden op basis van invoer die nodig is voor de EPG- en BENG-berekeningen en ligt qua nauwkeurigheid tussen een EPC/BENG-berekening en een volledige TO-berekening. Er is een goede correlatie met het aantal GTO-uren.

Bovenstaande laat onverlet dat vanuit oogpunt van energiebesparing (wat niet per sé gelijk op gaat met beperken van oververhitting) er eisen gesteld kunnen worden aan het beperken van de koudebehoefte.

### 6.2 Aanbevelingen

Ter voorkoming van oververhitting kan er een eis worden gesteld aan  $TO_{juli}$ ; als deze groter is dan een bepaalde drempelwaarde dan moet

- Of actieve koeling worden toegepast
- Of via een GTO berekening worden aangetoond dat het aantal GTO-uren kleiner is dan een nader te bepalen maximum (bijvoorbeeld 450 uur/jaar). Dit vereist wel dat wordt vastgelegd aan welke voorwaarden deze berekening dient te voldoen.

Als 450 uur als 'acceptabel' wordt beschouwd, is de corresponderende waarde voor  $TO_{juli}$  1,4.

In de beperkte tijd van dit onderzoek is het niet mogelijk geweest alle mogelijke variaties in bouwtypen en bouwmaatregelen die voldoen aan de BENG-eisen te onderzoeken. In de appendix zijn voor een vrijstaande woning en een studio de belangrijkste berekeningen herhaald. De grens  $TO_{juli}$  van 1,4 bij 450 GTO-uren blijft daarmee ongewijzigd.

Mogelijk is ook de  $TO_{juli}$ -methode nog aan te passen voor een betere match met GTO-uren.

In de EPG- en GTO-berekening is de mate van spui ventilatie zeer bepalend voor het terugbrengen van binnentemperatuur in de zomer. Voor zowel buitenzonwering als spui ventilatie geldt dat het 'passieve maatregelen' zijn, maar die dienen door de gebruiker wel 'actief' beheerd te worden. Dat wil zeggen dat de gebruiker/bewoner zich bewust moet zijn van het bouwfysisch gedrag van de woningen en daarop zijn gedrag moet aanpassen. Dus actief gebruiken van buitenzonwering of deze automatisch regelen, actief benutten van spui ventilatie. Bijkomend probleem van spui ventilatie is dat te openen ramen en kleppen inbraakgevoelig kunnen zijn en in een geluidbelaste situatie tot geluidoverlast leiden en dus niet universeel toepasbaar is. Er zijn op de markt producten verkrijgbaar die hier aan voldoen. Er zouden dus nadere eisen gesteld kunnen worden aan de spui ventilatievoorzieningen indien deze gewaardeerd worden in de BENG berekening.

Interne warmtelast is een zeer belangrijke invloedsfactor. Zowel de hoogte van de warmtelast als de verdeling over de ruimten is bepalend voor het aantal GTO-uren. Voor een betere inschatting van het werkelijke aantal GTO-uren is het nodig meer inzicht te krijgen in de warmtelast in woningen.



Toenemende buitentemperaturen als gevolg van klimaatverandering, urban heat island effect en vergelijkbaar zullen leiden tot hogere binnen temperaturen. Voor het risico op oververhitting kan overwogen worden te rekenen met een toekomstig (verwacht) buitenklimaat.

## Literatuur

- [1] NEN-EN-ISO 7730 :2005  
"Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid", 1 december 2005
- [2] NPR-CR 1752:1999 en  
"Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden", 1 januari 1999
- [3] NEN-EN 15251:2007 en  
'Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek'
- [4] NEN 5060:2008  
'Hygrothermische eigenschappen van gebouwen - Referentieklimaatgegevens', december 2008
- [5] Ontw. NEN 5060:2018  
'Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens', ontwerpversie 2.0, januari 2018
- [6] NEN 5128:2004+A1:2009 nl  
"Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode", 1 mei 2009
- [7] NPR 5129+A2:2010v.2.2 nl  
"Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Rekenprogramma (EPW)", 1 december 2010
- [8] NEN 7120+C2:2012 inclusief wijzigingsbladen C3, C4 en C5  
"Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode", 1 oktober 2012
- [9] ISSO-publicatie 32  
"Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen", ISSO , 1 december 2010
- [10] ISSO-publicatie 82.4  
"Binnenmilieuprofiel woningen", ISSO , 1 januari 2010
- [11] SWK (voorheen GIW/ISSO), module II E, <http://www.swk.nl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=12>
- [12] GIW/ISSO-publicatie 2008  
"Installatie-eisen 2008; Ontwerp en montageadviezen nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen", ISSO 1 augustus 2008
- [13] Handboek NOM keur, 19 december 2016, Vereniging De Brede Stroomversnelling, <http://stroomversnelling.nl/wp-content/uploads/2017/02/Handboek-NOM-Keur.pdf>
- [14] '14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 2015 [http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure\\_KNMI14\\_NL.pdf](http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf)
- [15] Memo 'Nadere onderbouwing Interne Warmtelast woningen NTA 8800', Ed Blankestijn, RVO, 10 januari 2018



# Bijlage: Geometrie van de doorgerekende woningen

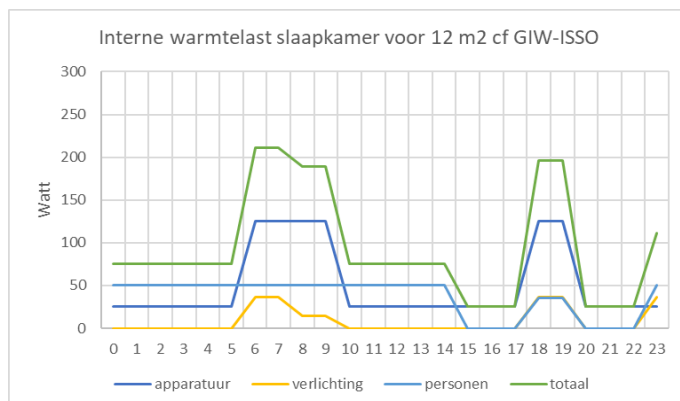
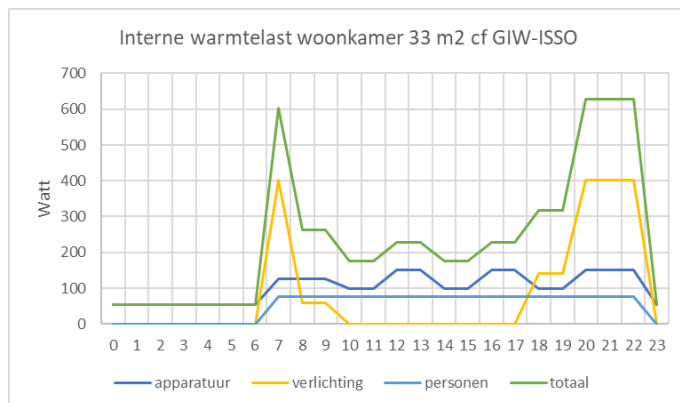
Type	1_Woning 5 tussen		b	l	h	aantal verdiepingen							
			5,4	9	11,01	3							
<b>AG</b>	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	woonfunctie; woonwagen	woonfunctie; andere	bijeenkomstfunctie	cefunctie; in cellengebouw	cefunctie; andere cefunctie	gezondheidszorgfunctie; met bedgebied	gezondheidszorgfunctie; andere	industriefunctie	kantoorfunctie	logiesfunctie; in logiesgebouw	logiesfunctie; andere	onderwijsfunctie	
verd 0	41,42												
verd 1	40,8												
verd 2	27,85												
verd 3													
<b>Gevels</b>	in te vullen in ENORM											<b>59,2</b>	
Gevel 1	orientatie	m2 dicht	m2 raam	m2 deur	lengte	m2 dicht	m2 raam	m2 deur					
voor	NO	22,54	4,56	2,47	5,1	22,5	4,56	2,47				29,6	
Gevel 2	orientatie	m2 dicht	m2 raam	m2 deur									
achter	ZW	19,02	10,56	0	5,1	19	10,6	0				29,6	
Gevel 3	orientatie	m2 dicht	m2 raam	m2 deur									
						0	0	0				0	
Gevel 4	orientatie	m2 dicht	m2 raam	m2 deur									
						0	0	0				0	
<b>Vloer</b>	in te vullen in ENORM											<b>41,4</b>	
	vloer 1	vloer 2	vloer 3	vloer 4									
m2 dicht	41,42										41,42		
perimeter	26,6										26,6		
<b>Dak</b>	in te vullen in ENORM											<b>63,7</b>	
Dak 1	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open				m2 dicht	m2 open				
voor	NO	65	23,42	1,24				23,4	1,24				24,7
Dak 2	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
achter	ZW	35	38,96	0				39	0				39
Dak 3	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
								0	0				0
Dak 4	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
								0	0				0
<b>Dakkapel</b>	in te vullen in ENORM											<b>0</b>	
wang	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open				m2 dicht	m2 open				
								0	0				0
Wang	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
								0	0				0
Wang	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
								0	0				0
Dak	orientatie	helling	m2 dicht	m2 open									
								0	0				0
<b>Lengte tapwaterpunten</b>	in te vullen in ENORM												
installatie	pos inst	lkeuken	lbadk 1	lbadk 2				lkeuken	lbadk				
Wp	bgg	4,3	4				4-6	4-6					
Hr ketel	verd 2	11,1	2,2				10-12	2-4					
Ext	bgg	1,73	2,2				0-2	2-4					
elek geis	bad/keu	0,5	0,5				0-2	0-2					
ind gest b	bgg	1,73	2,2				0-2	2-4					
<b>Koudebruggen</b>													
onderdeel	positie	lengte											
kozijn	boven	10,36											
kozijn	zij	21,6											
kozijn	onder	9,33											
voordeur	onder	1,03											
schuin dak dakvoet		10,2											
schuin dak nok		5,1											
schuin dak woningsch		24,95											
schuin dak zijgevel													
dakraam	boven	0,9											
dakraam	zij	2,8											
dakraam	onder	0,9											
vloer	voor-achte	6,07											
vloer	deur	1,03											
vloer	zijgevel	16											



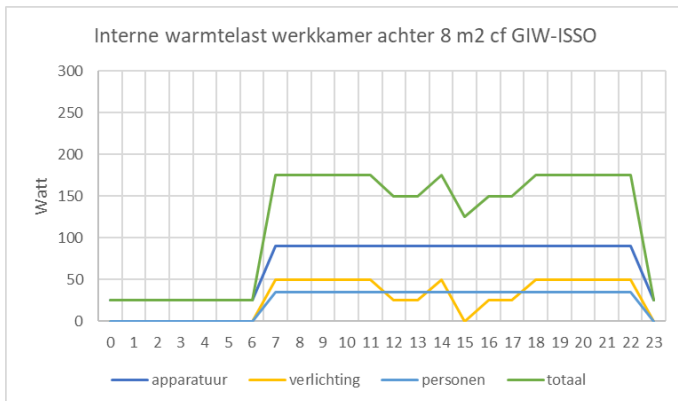
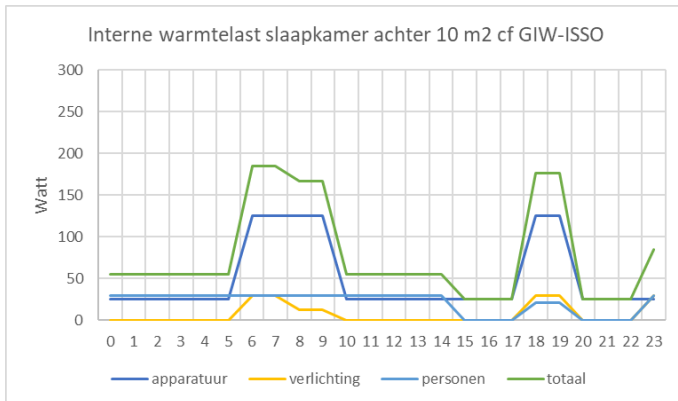
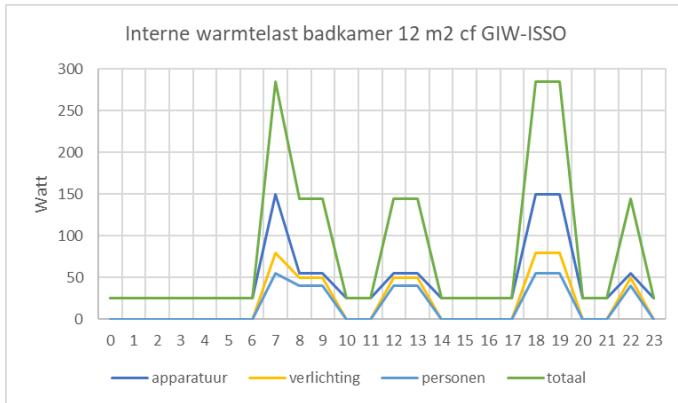
## Bijlage: Interne warmtelast volgens GIW-ISSO

Onderstaande tabel en figuren geven de (gemiddelde) interne warmtelast voor de tussenwoning als gebruikt in de variant 'GIW'.

Tussenwoning	apparatuur Watt	verlichting Watt	personen Watt	totaal Watt	opp m2	totaal Watt/m2
woonkamer BG	103	84	51	238	33	7,1
slaapkamer 1e voor	50	9	36	95	12	7,9
badkamer 1e voor	47	20	15	83	12	6,9
slaapkamer 1e achter	50	7	22	79	10	7,9
werkkamer 1e achter	68	27	23	119	8	14,8
<b>totaal</b>	<b>318</b>	<b>147</b>	<b>148</b>	<b>613</b>	<b>110</b>	<b>5,6</b>
woonkamer BG	103	84	51	238	33	7,1
1e voorzijde	97	29	51	177	24	7,4
1e achterzijde	118	34	45	198	18	11,0
<b>totaal</b>	<b>318</b>	<b>147</b>	<b>148</b>	<b>613</b>	<b>110</b>	<b>5,6</b>









## Bijlage: Resultaten GTO-berekeningen

var	REF	geen spui, geen zon	geen zonwering	geen spui, alleen ZO- ZW	alleen ZO- ZW	geen spui	geen spui, inf x2	geen spui, geen zon, inf x2	geen zon, raam x2, inf x2	raam x2 / x1,5	raam x2 / x1,5, geen zonw.	dak	400W, geen zon	400 W, allen ZO- ZW	spui 2x	400 W
	5	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	11a	2a	4a	5a	5b
interne warmtelast BG E	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	400 W	400 W	200 W	400 W
interne warmtelast b.g. I	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	300 W
spuien	ja	nee	ja	nee	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja 2x	ja
buitenzon-wering	ja, overal	nee	nee	ja, ZO-ZW	ja, ZO-ZW	ja, overal	ja, overal	nee	nee	ja, overal	nee	ja, overal	nee	ja, ZO-ZW	ja, overal	ja
raamopp. EGW	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	2x	2x	2x	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard
raamopp. MGW	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	1,5x	1,5x	1,5x	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard
infiltratie-voud EGW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
infiltratievoud MGW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
isolatie	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit
Dak MGW	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee	nee	nee	nee
<b>tussenwoning licht</b>																
TL-Woonkamer	713	6.916	1.816	3.330	773	3.033	2.549	6.028	4.454	1.867	4.454				476	1.072
TL-Slaap voor (NO)	211	2.279	398	1.321	287	1.032	838	1.848	1.745	953	1.745				145	303
TL-Slaap achter (ZW)	337	2.235	778	1.020	373	910	807	1.984	2.572	1.129	2.572				263	432
TL-Gemiddeld	420	3.810	997	1.890	478	1.658	1.398	3.287	2.924	1.316	2.924				295	602
<b>tussenwoning zwaar</b>																
TZ-Woonkamer	81	4.589	607	1.868	112	1.651	1.280	3.773	2.860	770	2.860		976	316		265
TZ-Slaap voor (NO)	0	2.649	68	1.166	0	964	616	2.052	1.065	213	1.065		177	34		19
TZ-Slaap achter (ZW)	1	2.624	93	982	2	842	536	2.083	1.269	243	1.269		199	30		22
TZ-Gemiddeld	27	3.287	256	1.339	38	1.152	811	2.636	1.731	409	1.731		451	127		102
<b>appartement zwaar</b>																
App-Woonkamer ZO-ZW	380	7.874	1.345	3.059	380	3.059	2.524	6.840	3.632	1.158	3.632	589				781
App-Slaapkamer ZW	0	4.626	124	1.258	0	1.258	932	3.745	773	42	773	16				11
App-Gemiddeld	190	6.250	735	2.159	190	2.159	1.728	5.293	2.203	600	2.203	303				396



var	400 W, spui 2x	GIW	GIW spui 2x	spui 2x + raam x2	spui 2x, raam 2x	REF + 2008	raam x2 + 2008	raam 1e achteracht er x2 geen zonw.	passiefhuis	passief, geen zon, geen spui	U=1,65	U=1,65, geen zon	raam x1,5	raam achter x1,5 (BG) / x2 (1e)	raam voor x2	qv;10 = 0,7
	5c	5d	5e	10a	10b	5-2008	10-2008	11	5g	standaard	12a	12b	12c	12d	12e	12f
interne warmtelast BG EGW	400 W	GIW	GIW	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W	200 W
interne warmtelast b.g. EGW	300 W	-	-	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	150 W	-	150 W	-
spuien	ja 2x	ja	ja 2x	ja 2x	ventilatie wk	ja	ja	ja	ja	nee	ja	ja	ja		ja	
buitenzon-wering	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal	nee	ja, overal	nee	ja, overal	nee	ja, overal	ja, overal	ja, overal	ja, overal
raamopp. EGW	standaard	standaard	standaard	2x	2x	standaard	2x	1e achter 2x	standaard	standaard	standaard	standaard	achter bg 1,5x	achter 1,5/2x	voor 2x	standaard
raamopp. MGW	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	standaard	o gevel 1,5x	- v gevel 1,5x	-	-
infiltratie-voud EGW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,35
infiltratievoud MGW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	
isolatie	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	passief	passief	U = 1,65	U = 1,65	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit	bouwbesluit
Dak MGW	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
<b>tussenwoning licht</b>																
TL-Woonkamer	672	554	350	1.100	994	498	1.600	1.946	1.051		826					740
TL-Slaap voor (NO)	201	930	609	653	634	152	769	588	229		267					212
TL-Slaap achter (ZW)	319	1.098	785	824	812	242	925	2.088	362		390					331
TL-Gemiddeld	397	861	581	859	813	297	1.098	1.541	547		494					428
<b>tussenwoning zwaar</b>																
TZ-Woonkamer		100		302		16	405	871	199	8.535	94	205	276	1.436	224	57
TZ-Slaap voor (NO)		85		32		0	42	185	0	5.156	0	30	3	162	45	0
TZ-Slaap achter (ZW)		135		67		0	75	625	1	5.023	3	79	11	280	24	0
TZ-Gemiddeld		107		134		5	174	560	67	6.238	32	105	97	626	98	19
<b>appartement zwaar</b>																
App-Woonkamer ZO-ZW				576		132	702		442		321	1.851	970		566	
App-Slaapkamer ZW				1		0	1		0		0	287	11		20	
App-Gemiddeld				289		66	352		221		161	1.069	491		293	

## Appendix: Aanvullende berekeningen TO<sub>juli</sub>

Ter onderbouwing van een mogelijke eis aan TO<sub>juli</sub> zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd voor een vrijstaande woningen en een studio. In deze appendix wordt een beschrijving gegeven van alle berekeningen die zijn gebruikt voor het verband tussen GTO-uren en TO<sub>juli</sub>.

De berekeningen zijn opgesteld voor de volgende BENG referentiewoningen van RVO<sup>10</sup>:

- eengezinswoning S tussen
- woongebouw M
- vrijstaande woning L
- woongebouw XL (met daarin studio XS)

De afmetingen zijn conform de referentiewoningen. In de bijlage is gedetailleerdere informatie opgenomen over de geometrie van de gebouwen.

De woongebouwen hebben spouwmuren als gevels, breedplaatvloeren met zwevende dekvloer en betonnen woningscheidende wanden. Binnen de woongebouwen is telkens een hoekwoning op een tussenverdieping beschouwd. Als variant is ook een hoekwoning onder het dak doorgerekend.

### 1 Woningen

#### Zonering

Voor de EPG-berekening is strikt genomen geen zonering van de woningen nodig. Voor de dynamische berekeningen en met name voor het risico op temperatuuroverschrijding is dat wél zeer relevant. In de dynamische berekeningen zijn de woningen daarom in verschillende zones verdeeld.

#### *Eengezinswoning S tussen*

Woning S tussen is in vier verschillende rekenzones opgedeeld:

- begane grond, één ruimte
- 1<sup>e</sup> verdieping, twee ruimten (met tegengestelde oriëntatie)
- 2e verdieping, één ruimte.

De oriëntatie van de voorgevel van woningtype S is noordoost (conform RVO referentiewoning). (G)TO-uren zijn bepaald voor de begane grond ('woonkamer'), eerste voor (2 slaapkamers) en eerste achter (slaapkamer + werkkamer). De tweede verdieping is beschouwd als zolder.

#### *Woongebouw M (appartement)*

Als appartement is uit het Woongebouw M een hoekwoning op een tussenverdieping, met gevels op zuidoost en zuidwest doorgerekend. Er is ook een variant op de dakverdieping doorgerekend. De woning is in drie verschillende rekenzones opgedeeld:

- woonkamer
- slaapkamer
- entree + badkamer

GTO-uren zijn bepaald voor de ('woonkamer') en de slaapkamer.

#### *Vrijstaande woning L*

De vrijstaande woning bestaat uit drie woonlagen. Voor de GTO-berekening worden vier zones onderscheiden:

- begane grond, één ruimte
- 1<sup>e</sup> verdieping, twee ruimten (met tegengestelde oriëntatie)
- 2<sup>e</sup> verdieping, één ruimte.

De oriëntatie van de voorgevel is NO (conform RVO referentiewoning).

---

<sup>10</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-beng/referentiegebouwen-beng>



### Woongebouw XL (Studio)

De studio in woongebouw XL bestaat uit één rekenzone. De studio heeft beglazing op één oriëntatie, in de referentie is dat ZO.

### Isolatie & luchtdichtheid

Isolatiewaarden conform de EPG-varianten woning S 01.1 resp. woongebouw M 07.2 ( $R_c$ -dak/gevel/vloer = 6/4,5/3,5 en  $U_w = 1,0 / g = 0,5$ ).

Tabel 21

Waarden voor isolatie en warmtedoorlatendheid in referentiesituatie

		Eengezins S tussen	Woongebouw M	Woongebouw XL	Vrijstaand L
Vloer	m <sup>2</sup> .K/W	3,5	nvt	3,5	6,0
Gevel	m <sup>2</sup> .K/W	4,5	4,5	4,5	8,0
Dak	m <sup>2</sup> .K/W	6,0	6,0	6,0	8,0
U <sub>w</sub>	W/m <sup>2</sup> .K	1,0	1,0	1,0	0,8
g-factor	-	0,5	0,5	0,5	0,5

Er is in de GTO-berekeningen geen rekening gehouden met koudebruggen. Voor de infiltratie is standaard uitgegaan van een continu infiltratievoud van 0,1.

### Ventilatie

Er is uitgegaan van balansventilatie met HT-WTW met 100% bypass. Voor de ventilatiecapaciteiten zijn de minimaal vereiste Bouwbesluit capaciteiten aangehouden.

### Gebruikspatroon

Tussenwoning / vrijstaande woning: Het aangehouden gebruikspatroon is conform ISSO 32 voor een gezin met twee volwassenen en twee kinderen.

Appartement: In het woongebouw is uitgegaan van 2 personen, waarvan er in de dagperiode (8-17 uur) een persoon gemiddeld 50% van de tijd aanwezig is.

Studio: Wordt gebruikt door 1 persoon die de hele dag aanwezig is, uitgezonderd tussen 9-17u, dan is de aanwezigheid 25%.

### Interne warmtelast

De interne warmteproductie is een belangrijke factor voor het risico op temperatuur-overschrijdingen.

Voor deze studie<sup>11</sup> is in de basis gerekend met een opgesteld vermogen voor verlichting en apparatuur van gemiddeld 200 W voor de eengezinstussenwoning, 250 W voor de vrijstaande woning en 150 W voor het appartement en de studio. De interne warmtelast door apparatuur wordt geheel opgesteld in respectievelijk de begane grond en de woonkamer van de woningen. In de slaapkamers is dus geen warmteproductie door apparatuur. Bij de vrijstaande woning wordt wel uitgegaan van een verdeling 200 W in de woonkamer op begane grond en 50 W op de tweede verdieping.

Voor alle woningen is een variant doorgerekend waarbij de totale warmtelast door apparatuur 2x zo hoog is, en 75/25 wordt verdeeld over de woonkamer en de zolder (tussenwoning) of de entree/badkamer (appartement). De interne warmtelast is in de nachtperiode op 40% gesteld van de interne warmtelast in de dag- en avondperiode.

Voor de warmteproductie door bewoners is gerekend met een vermogen van 72 Watt (overdag/wakker) dan wel 50 Watt ('s nachts/slapend). Dat is lager dan de 100 Watt is onder meer wordt gebruikt in NEN 5067 (zie ook [15]). De 100 W aan vermogen die door personen wordt afgegeven is op te splitsen in voelbare warmte en latente warmte. Latente warmte is de warmte die in de vochtproductie zit (zweet en uitademen) en die pas vrij komt als het vocht weer condenseert. Omdat vochtige lucht wordt afgevoerd

<sup>11</sup> Getallen voor apparatuur zijn afgeleid uit GIW/ISSO, basis zijn de gemiddelde vermogens per uur van de dag. Zie de bijlage.

uit de woning, vindt die condensatie dus grotendeels ook plaats buiten de woning. De rest is voelbare warmte en draagt dus daadwerkelijk bij aan de interne warmtelast.

Voor de tussenwoning is ook een variant doorgerekend waarbij de interne warmtelast door apparatuur en personen geheel conform GIW-ISSO is aangehouden. Zie de bijlagen voor een overzicht van de warmtelasten per rekenzone over de dag.

**Tabel 22** *Interne warmtelast tbv GTO- en BENG-berekeningen*  
*Waarde voor apparatuur betreft huishoudelijke apparaten en verlichting.*

	Woning	Eengezins S tussen	Woongebouw M	Woongebouw XL	Vrijstaand L
<b>gebruiksoppervlakte</b>	m2	110	92	27	181
<b>apparatuur</b>	Watt	200	150	150	250
<b>personen</b>	Watt	167	89	47	167
<b>totaal</b>	Watt	367	239	197	417
<b>totaal</b>	W/m2	3,3	2,6	7,3	2,3

## 2 Varianten

Er zijn verschillende varianten doorgerekend, met verschil in spuiventilatie, buitenzonwering, grootte van de ramen, infiltratie en interne warmtelast.

### Bouwmassa

Voor de eengezinswoning S zijn 2 sets met varianten beschouwd, met afwijkende bouwmassa (zie EPG [7], tabel 12.1):

- Zwaar: spouwmuren als gevel, ankerloze spouwmuren als woningscheidende wand en breedplaatvloeren
- Licht: HSB-gevels, -vloeren en -woningsscheidende wanden

In de dynamische berekeningen is bij de variant 'licht' uitgegaan van een betonnen begane grondvloer. Volgens de letter van de EPG zou de woning (één rekenzone immers) dan beschouwd moeten worden als 'gemengd licht'. Er is echter gekozen om de woning als 'volledig houtskeldebouw' te beschouwen. De berekende GTO-uren in de onderstaande grafieken en tabellen zouden voor een volledige HSB-woning hoger uitvallen. Voor een accurate EPG-berekening kan de woning ook in twee zones worden opgedeeld (zone BG als 'gemengd licht' en bovenliggende verdiepingen als 'licht').

### Spuiventilatie

Eengezinswoningen: In de varianten met spuiventilatie is uitgegaan van het open van ramen wanneer de binnentemperatuur hoger wordt dan 24°C; op de begane grond tussen 7 en 23 uur (voor de dagsituatie is rekening gehouden met 20% afwezigheid) en in de slaapkamers gedurende 24 uur per dag. De aangehouden spuiventilatiecapaciteit is conform de Bouwbesluit voor verblijfsruimten. In de slaapkamers wordt 's-nachts de spuiventilatiecapaciteit gehalveerd (om tocht te voorkomen).

Woongebouwen (appartement/studio): Spuiventilatie kan in de woonkamer tussen 7 en 23 uur voorkomen en in de slaapkamer gedurende 24 uur per dag. De aangehouden spuiventilatiecapaciteit is conform de Bouwbesluit voor verblijfsruimten, met een correctie voor afwezigheid gedurende 50% van de dagperiode. In de slaapkamers wordt 's-nachts de spuiventilatiecapaciteit gehalveerd (om tocht te voorkomen).

De gemiddeld aangehouden spuiventilatiecapaciteit bedraagt 1,5 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor de tussenwoning en 1,1 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor het appartement in het woongebouw. NEN 7120 gaat uit van 0,8 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte. Voor de studio is gerekend met 5,3 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup>.

In variantberekeningen is uitgegaan van een spuiventilatiecapaciteit conform de Bouwbesluit voor verblijfsgebieden, met overigens dezelfde uitgangspunten.

### Buitenzonwering

De buitenzonwering gaat omlaag als de binnentemperatuur minimaal 22°C bedraagt, en de via het betreffende raam binnenkomende hoeveelheid straling meer dan 150 W/m<sup>2</sup> bedraagt (300 W/m<sup>2</sup> op het raam vallende straling). De g-waarde van de zonwering inclusief het glas bedraagt 0,2 x de g-waarde van het glas. In de tussenwoning is er vanuit gegaan dat 10% van de tijd de zonwering niet omlaag gaat door afwezigheid overdag.

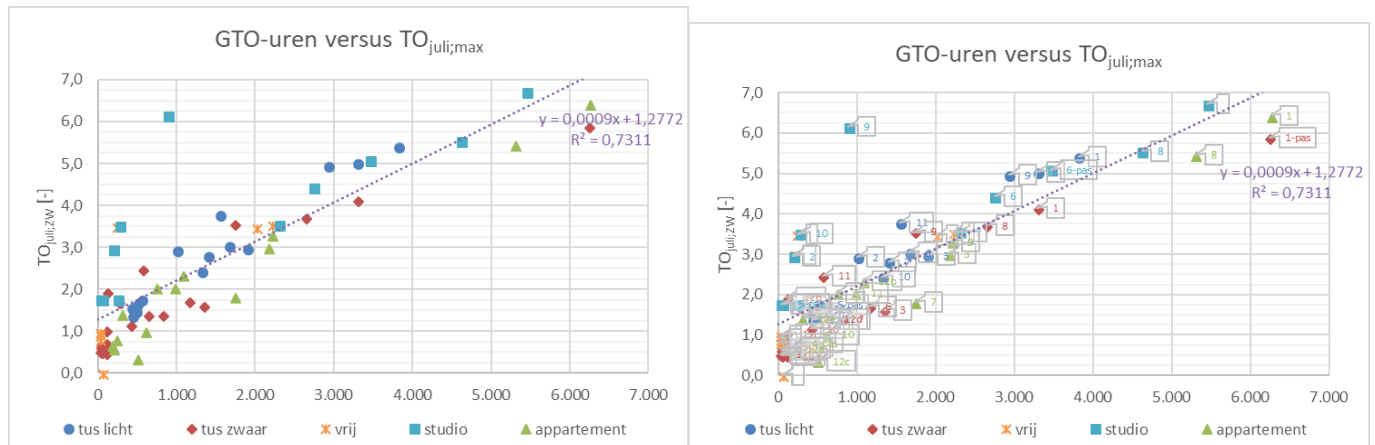
### Geometrie

In de tussenwoning kunnen de ramen op de 1<sup>e</sup> verdieping aan de zonzijde 2 x groter worden dan basis of worden alle ramen 2 x groter dan basis. In het woongebouw kunnen de ramen 1,5 x groter worden dan basis. Voor het woongebouw M is ook één variant opgenomen met een dak (ipv een tussenwoning).

## 3 Resultaten

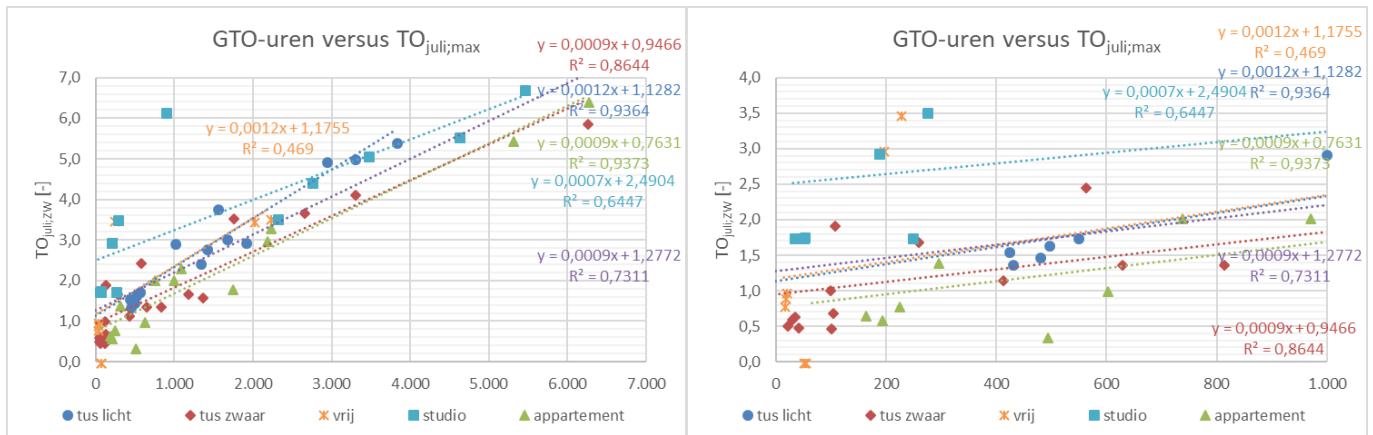
De onderstaande figuren laten het verband zien tussen TO<sub>juli</sub> en de berekende GTO-uren voor de verschillende woningtypes en voor alle woningen samen (parse punten/lijn).

Door toevoegen van extreme woningtypes (vrijstaand met Ag = 181 m<sup>2</sup> en een studio met Ag = 27 m<sup>2</sup>) wordt de correlatie tussen GTO en TO<sub>juli</sub> minder goed. Hierbij moet wel worden aangetekend dat deze extreme varianten even zwaar mee wegen als de 'gemiddelde' varianten die in praktijk natuurlijk veel vaker voorkomen.



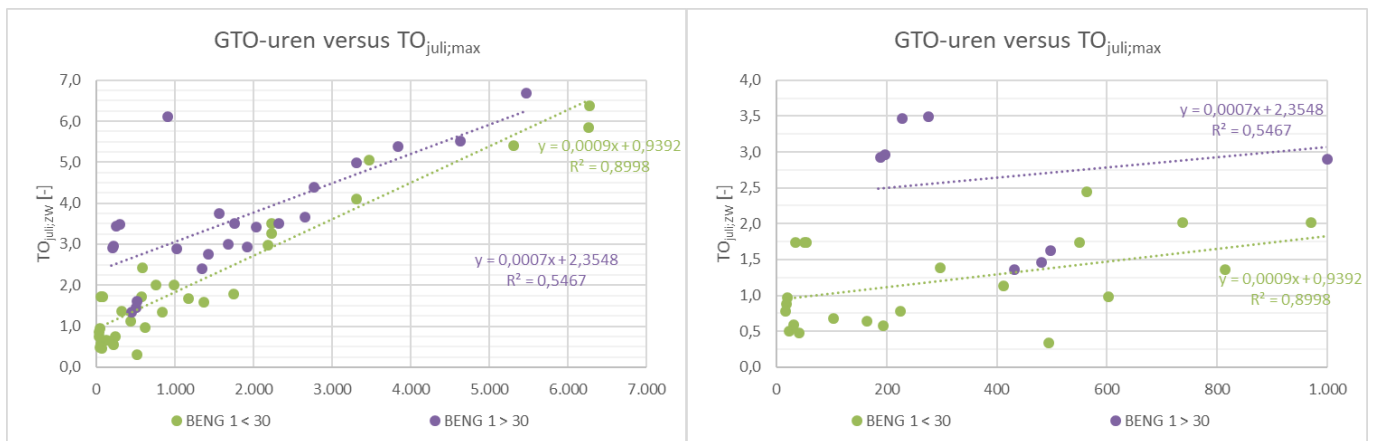
**Figuur 24** Verband tussen het hoogste TO<sub>juli</sub>-getal en GTO-uren voor alle doorgerekende varianten  
De linker- grafiek toont alle varianten. De rechtergrafiek is ingezoomd tot 1.000 GTO-uren. De labels verwijzen naar de bijbehorende variant.

De correlatie tussen GTO-uren en het TO<sub>juli</sub>-getal is goed met een R<sup>2</sup> van 0,73. Als we kijken naar de afzonderlijke woningen is het verband in de meeste gevallen een stuk sterker. Bij de extremere geometrieën (vrijstaande woning en studio) zien we een grote spreiding in GTO-uren (zie ook onderstaande tabel). Er zijn verschillende varianten met nauwelijks temperatuuroverschrijding en verschillende waar deze juist heel groot is. De correlatie tussen GTO en TO<sub>juli</sub> is hier dan ook wat minder.



**Figuur 25** Verband tussen het hoogste TO<sub>julij</sub>-getal en GTO-uren voor alle varianten  
De linker-grafiek toont alle varianten. Rechts is ingezoomd op 1.000 GTO-uren.

Maken we onderscheid naar woningen die (bijna) aan BENG1 voldoen en degenen die dat niet doen, zien we een betere correlatie bij de woningen met een lagere energiebehoefte.



**Figuur 26** Verband tussen het hoogste TO<sub>julij</sub>-getal en GTO-uren voor alle varianten met onderscheid naar BENG1  
De linker-grafiek toont alle varianten. Rechts is ingezoomd op 1.000 GTO-uren.

450 GTO-uren komt overeen met een TO<sub>julij</sub> van ongeveer 1,4. Stel dat daar de grens wordt gelegd, dan zijn er een paar varianten die wél aan de GTO-eis voldoen, een TO<sub>julij</sub> > 1,4 hebben. Dat zijn grotendeels de studio's. Andersom zijn er een paar varianten die een TO<sub>julij</sub> < 1,4 hebben maar meer dan 450 GTO uren. Hier is geen duidelijk verband te vinden tussen de varianten in deze categorie.



Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag  
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag  
T +31 (0) 88 042 42 42  
F +31 (0) 88 602 90 23  
E klantcontact@rvo.nl  
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties  
© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | December 2018  
Publicatienummer: RVO-213-1801/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Dit document is in opdracht van RVO.nl opgesteld.  
Neem contact met ons op als u een toegankelijkheidsprobleem ervaart.  
[www.rvo.nl/over-ons/contact](http://www.rvo.nl/over-ons/contact)  
Wij maken het dan graag alsnog voor u in orde!