



**NIEMAN**<sup>®</sup>

DE RAADGEVENDE INGENIEURS



KLIMAATADAPTATIE

VERDUURZAMING

GEBOUWDE OMGEVING

RVO / TKI URBAN ENERGY

27 februari 2025

---

## Rapportage

TSE6240004 - Klimaatadaptie en verduurzamingspakketten gebouwde omgeving

---

### Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl)

Graadt van Roggenweg 200  
3531 AH Utrecht

Vertegenwoordigd door: de heer ir. D. van Rijn  
mevrouw S. van Holsteijn MSc



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

---

### TKI Urban Energy

Arthur van Schendelsstraat 600  
3511 MJ Utrecht

Vertegenwoordigd door: de heer G. Mulder MSc



---

### Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle  
info@nieman.nl  
www.nieman.nl

Uitgevoerd door: De heer ing. T.G. Haytink  
De heer ing. J. Kaspers  
De heer ir. H.J.J. Valk

*Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). [Lees onze privacyverklaring.](#)*

---

Referentie: 20241014 / 33754

Status: Definitief

Datum: 27 februari 2025

---

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>		<b>4</b>
<b>Definities</b>		<b>7</b>
<b>Hoofdstuk 1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
<b>Hoofdstuk 2</b>	<b>KNMI klimaatscenario's 2023</b>	<b>11</b>
2.1	Klimaatscenario KNMI'23	11
2.2	Klimaatscenario NEN 5060	15
<b>Hoofdstuk 3</b>	<b>Analyse buitenklimaat</b>	<b>18</b>
3.1	Analyse zichtjaren	18
3.2	Analyse locatie	21
3.3	Analyse langdurige en extreme warmte	23
<b>Hoofdstuk 4</b>	<b>Rekenmethodieken en toetswaarde temperatuuroverschrijding</b>	<b>27</b>
4.1	Rekenmethodieken	27
4.2	Vershil GTO- en ATG-beoordeling	31
4.3	Aangehouden rekenmethodiek in onderzoek	32
<b>Hoofdstuk 5</b>	<b>Analyse binnenklimaat bij verduurzaming</b>	<b>34</b>
5.1	Effect warmtevraag op NTA8800	34
5.2	Uitgangspunten TO-berekeningen	36
5.3	Grondgebonden woning	37
5.4	Beperken van warmtevraag en effect buitenzonwering – grondgebonden woning	37
5.5	Appartement	42
5.6	Beperken van warmtevraag en effect buitenzonwering – appartement	43
<b>Hoofdstuk 6</b>	<b>Gevoeligheidsanalyse</b>	<b>49</b>
6.1	Ladder van koeling	49

6.2	Omgeving	50
6.3	Warmte weren	54
6.4	Passieve koeling	59
6.5	Actieve koeling	64
6.6	Koelbehoefte	70
6.7	Multicriteria analyse	72
<b>Hoofdstuk 7</b>	<b>Stedelijk hitte-eiland</b>	<b>73</b>
7.1	Inleiding	73
7.2	Aantal woningen in een stedelijk hitte-eiland	74
7.3	Bepaling stedelijk hitte-eiland	76
7.4	Effect buitenklimaat	78
7.5	Effect risico op temperatuuroverschrijding	80
7.6	Actieve koeling bij het stedelijk hitte-eiland	82
<b>Hoofdstuk 8</b>	<b>Scenario's toekomstig zomercomfort</b>	<b>83</b>
8.1	Overzicht scenario's	83
8.2	Renovatiescenario 1	83
8.3	Renovatiescenario 2	85
8.4	Renovatiescenario 3	88
8.5	Renovatiescenario 4	90
<b>Hoofdstuk 9</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>93</b>
9.1	Conclusie	93
9.2	Aanbeveling	95
<b>Bijlage 1 -</b>	<b>Analyse klimaatdata</b>	
<b>Bijlage 2 -</b>	<b>Energieconcepten</b>	
<b>Bijlage 3 -</b>	<b>Overzicht rekenresultaten gevoeligheidsanalyse</b>	
<b>Bijlage 4 -</b>	<b>Multicriteria analyse</b>	



## Samenvatting

Het klimaat in Nederland verandert, dat heeft consequenties voor alle bestaande gebouwen en zou meegenomen moeten worden met de planvorming van gebouwen die nu worden gebouwd of gerenoveerd. Het Nederlandse meteorologische instituut KNMI heeft in 2023 realistische scenario's gepubliceerd voor het toekomstige klimaat. Dat heeft gevolgen voor het thermisch comfort, koelbehoefte in woningen, de gezondheid van mensen en de beoordeling van het risico op oververhitting. In deze studie wordt specifiek ingegaan op consequenties van de toekomstige opwarming op het comfort in bestaande gebouwen. De bestaande gebouwvoorraad kent naast de klimaatverandering nog een uitdaging, namelijk de verduurzaming richting CO<sub>2</sub>-neutraliteit.

Het KNMI hanteert meerdere zichtjaren tot in een volgende eeuw aan toe. Voor de bestaande bouw zijn met name de ontwikkelingen op korte en middellange termijn van belang gezien de ontwerplevensduur van gebouwen. Daarom wordt gericht op de zichtjaren 2033 en 2050. Voor deze studie wordt inzicht gegeven in de gevolgen op vijf locaties: Alkmaar, Assen, De Bilt, Roermond en Zierikzee, waarbij de door het KNMI geprognosticeerde data in een NEN 5060-format beschikbaar is. Op zowel de korte (2033) als middellange termijn (2050) is een stijging van de buitentemperatuur zichtbaar. Deze opwarming leidt niet alleen overdag, maar zeker ook in de nachtperiode tot een hogere buitentemperatuur. Vanuit de studie komt naar voren dat er meer focus moet komen op de temperatuur in de nachtperiode, zeker in verstedelijkt gebied waarbij ook sprake is van het stedelijk hitte-eiland. De huidige beoordeling van het thermisch comfort in de gebouwde omgeving onderschat de toekomstige klimaatverandering en houdt geen rekening met het stedelijk hitte-eiland. De klimaatdata in NEN 5060 voor het berekenen van thermisch comfort in gebouwen moet op dit punt worden herzien.

Het isoleren van de bestaande bouw zonder warmte-werende voorzieningen zorgt voor een forse verslechtering van het thermisch comfort en een stijging van de koelbehoefte. Door de toepassing van bijvoorbeeld buitenzonwering kan het thermisch comfort aanzienlijk worden verbeterd en kan de stijging van de koelbehoefte worden gereduceerd. Bij een warmer wordend klimaat zorgt het isoleren van woningen naar een niveau beter dan de huidige Standaard voor woningisolatie juist voor een daling van de koelbehoefte en een beter thermisch comfort dan een woning die net voldoet aan de Standaard voor woningisolatie. De wijze van ventilatie en de effectieve beperking van de directe zoninstraling is daar een bepalende randvoorwaarde. Met andere woorden: dit onderzoek weerlegt de schijnbaar voor de hand liggende aanname dat isolatie de oorzaak is van oververhitting en dat minder isoleren het risico op oververhitting kan beperken. Het tegendeel is waar. Beter thermische isolatie in combinatie met warmte-werende maatregelen zoals zonwering is een effectieve aanpak om het risico op oververhitting te beperken.

Er gelden voor de bestaande bouw momenteel geen eisen aan het risico op temperatuuroverschrijding. Daarnaast is er diversiteit aan rekenmethodieken om het zomercomfort te bepalen. In deze studie is

zowel naar adaptieve indicatoren, als de piekmomenten overdag en overschrijdingen in de nachtperiode gekeken. De rekenresultaten zijn, onafhankelijk van de benadering, dusdanig hoog dat er in het beleid aandacht moet komen voor (passieve) warmte-werende maatregelen, al dan niet verplicht via de bouwregelgeving.

Om oververhitting in de bestaande woningbouw te beperken zijn er op basis van de ladder van koeling meerdere mogelijkheden. Gezien de diversiteit in geometrie, woningtypen, locatie, klimaatscenario en warmte werende maatregelen is geen eenduidig maatregelenpakket samen te stellen. Een 'one size fits all'-principe gaat niet op; projectgebonden maatwerk is noodzakelijk. Wel is in deze studie een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om het effect van verschillende individuele maatregelen en combinaties van maatregelen weer te geven. Hieruit komen de volgende punten naar voren:

- De beoordeling moet locatie-specifiek worden uitgevoerd. Er is een duidelijk verschil zichtbaar tussen de buitentemperatuur in de kustregio en in het binnenland.
- Een eerste verkenning ten aanzien van het stedelijk hitte-eiland geeft aan dat de invloed op een hogere buitentemperatuur in de nachtperiode substantieel is. Nader onderzoek naar het effect van de locatie, vegetatie en sky-view factor in verstedelijkt gebied is nodig om dit effect te kunnen kwantificeren en objectiveren.
- Het aanbrengen van passieve maatregelen vormt een eerste belangrijke stap op gebied- en gebouwniveau overeenkomstig de ladder van koeling; actieve koeling vormt het sluitstuk.
- Het is niet voor elke situatie mogelijk om met uitsluitend passieve maatregelen een acceptabel toekomstbestendig binnenklimaat te realiseren. Dit is mede afhankelijk van de locatie, het zichtjaar, verdere opwarming en spui/zonwerende mogelijkheden van het gebouw. Actieve koeling ligt dan voor de hand. Ook daarbij geldt dat de combinatie van actieve koeling met de Standaard voor woningsisolatie met buitenzonwering de koelbehoefte met een factor 2 á 3 kan verlagen.

Resumerend ontstaat er met de toekomstige klimaatscenario's van het KNMI nieuw inzicht, dat effect moet gaan hebben op het ontwerp/renovatie van de gebouwde omgeving. Daarvoor moet zowel op gebied, gebouw en bewonersniveau samengewerkt worden. Specifiek voor de bouw/installatietechniek vraagt dat om: 1) een herziening van de gebruikte klimaatdata in de bouwnormering, 2) beleid rondom warmte-werende maatregelen en 3) om specifieke aandacht voor de nachttemperatuur. Bovendien moeten grenswaarden voor oververhitting worden ontwikkeld of herijkt. Voor het stedelijk hitte-eiland is behoefte aan nader onderzoek om te komen tot een objectieve bepalingsmethode.

Voor de nabije toekomst adviseren wij op basis van dit onderzoek de volgende aspecten uit te werken in beleid en regelgeving :

- Versterken van de mitigerende maatregelen die CO<sub>2</sub>-uitstoot beperken, om zo temperatuurstijging tot een minimum te beperken.

- Het maken van beleid gericht op het beperken van de oververhitting in woningen en gebouwen ten gevolge van de onvermijdelijke temperatuurstijging.
- Bepalen van een rekenmethodiek en grenswaarden voor temperatuuroverschrijding in de bestaande bouw en herziening van deze methoden en grenswaarden voor de nieuwbouw.
- Op korte termijn actualiseren van de klimaatreferentie in de bouwregelgeving.
- Nader onderzoek uit te voeren naar het stedelijk hitte-eiland, zodat dit effect concreet kan worden meegenomen in beleid, regelgeving en planvorming.
- Stimuleren van innovatieve oplossingen voor warmtewerende maatregelen, zoals zonwering, zodat de toepassing hiervan eenvoudiger kan worden meegenomen in bouw- en renovatieplannen.

Zwolle, 27 februari 2025

**Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.**



J. Kaspers



T.G. Haytink

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG), [Lees onze privacyverklaring](#). De inhoud van dit document is vertrouwelijk en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n). Gebruik, openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan. Op al onze diensten en producten zijn onze [algemene voorwaarden](#) van toepassing.

## Definities

GTO	Gewogen Temperatuur Overschrijding
ATG	Adaptieve Temperatuur Grenswaarde
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
NTA	Nederlands Technische Afspraken
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
NEN	Nederlandse Normalisatie Instituut
NDH	Night Degree Hours
R <sub>mot</sub>	Running mean outdoor temperature
UHI / SHE	Urban heat island / Stedelijk hitte-eiland
AMOC	Atlantic Meridional Overturning Circulation
IWP	Interne Warmte Productie
CLO	De eenheid voor de thermische isolatie van kleding
MET	Metabolisme
T <sub>a</sub> -max	Maximale binnen temperatuur



## Hoofdstuk 1 Inleiding

*Klimaatadaptatie is in de bouw- en vastgoedsector een steeds urgenter onderwerp, aangezien de impact van klimaatverandering direct invloed heeft op de manier waarop gebouwen zouden moeten worden ontworpen, gebouwd, gerenoveerd en onderhouden. Een van de onderdelen van klimaatverandering vormt de toenemende en langer durende hitte in de komende decennia. Uit onderzoek van het KNMI<sup>1</sup> komt naar voren dat we te maken krijgen met een hogere buitentemperaturen, meer hittegolven en meer tropische nachten. Dit heeft effect op gebouwde omgeving, het energieverbruik voor verwarming en koeling en het thermisch comfort. Tegelijkertijd wordt vanuit de gezondheidswetenschap gewaarschuwd voor de risico's van de blootstelling aan hoge omgevingstemperaturen voor grote bevolkingsgroepen. Denk daarbij aan verminderde arbeidsproductiviteit, verminderde nachtrust en de gezondheidsrisico's van hittestress in het bijzonder voor kwetsbare mensen.*

In de verduurzamingsopgave van de gebouwde omgeving wordt momenteel nog weinig aandacht besteed aan het risico op temperatuuroverschrijding in de zomerperiode. Afgezien van de nieuwbouw, ontbreekt het in de bestaande bouw momenteel aan een wettelijk toetskader en aan eisen ten aanzien van thermisch comfort. Als er een beoordeling plaatsvindt van het thermisch comfort gebeurt dat op basis van klimaatdata die in het verleden verzameld is, dat geldt overigens ook voor nieuwbouw. De toekomstige koelbehoefte wordt momenteel onderschat, omdat het veranderende klimaat, het stedelijk hitte-eiland effect en de meteorologische variatie qua locatie nu niet worden meegenomen.

In de bestaande bouw, zowel tijdens beheer als bij renovatie, wordt het risico op temperatuuroverschrijdingen onderschat of worden er maatregelen getroffen die onvoldoende leiden tot een goed binnenklimaat. Dit leidt tot geschillen, rechtszaken en versnipperde aanpak van het probleem. Uit onderzoek van TNO<sup>2</sup> blijkt dat het aantal huishoudens met een vaste airconditioner de laatste jaren snel toeneemt. TNO schat dat in 2030 het elektriciteitsgebruik van airco's in Nederland bijna verdrievoudigt ten opzichte van 2022. Airco's en andere lucht/water en lucht/lucht-systemen, verplaatsen de warmte van binnen naar buiten en zijn daardoor contraproductief. Dit vraagt meer inzicht in de toekomstige warmteontwikkeling, bijbehorende koelvraag en mogelijkheden om een goed binnenklimaat te realiseren.

Door het KNMI zijn in 2023 klimaatscenario's<sup>3</sup> uitgewerkt voor een aantal zichtjaren om inzicht te geven in de toekomstige warmteontwikkeling en andere klimaateffecten, onder andere afhankelijk van de CO<sub>2</sub>-uitstoot op aarde. Deze klimaatscenario's zijn vervolgens in 2024 door het KNMI uitgewerkt in datasets

---

<sup>1</sup> <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/toekomstige-klimaatdata-voor-de-gebouwde-omgeving/>

<sup>2</sup> Schatting van de elektriciteitsvraag van airconditioners in Nederlandse woningen in 2021, 2022 en 2030; Vera Rovers

<sup>3</sup> KNMI, 2023: KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.

volgens het NEN5060-format. TKI en RVO hebben Nieman RI gevraagd om op basis daarvan toekomstige potentiële oververhittingsproblemen te kwantificeren en mogelijke effecten van maatregelen ter voorkoming van oververhitting – ook kwantitatief – in beeld te brengen in relatie tot de verduurzamingsopgave in de bestaande bouw.

## Doel

Deze verkennende studie naar de impact van de nieuwe klimaatdata op het thermisch comfort in de bestaande bouw heeft de volgende doelen:

1. Hoe verhoudt de verduurzaming van de bestaande bouw zich tot de nieuwe klimaatscenario's?  
Daarbij worden de volgende deelaspecten uitgewerkt:
  - a. Analyse van de klimaatscenario's, locaties en zichtjaren op het buitenklimaat.
  - b. Analyse van gebruikelijke rekenmethoden en toets grenswaarden.
  - c. Analyse van de klimaatscenario's, locaties en zichtjaren op het binnenklimaat.
  - d. Het effect van een lagere warmtebehoefte in relatie tot de nieuwe klimaatscenario's.
  - e. Het effect van maatregelen op het zomercomfort conform de ladder van koeling (omgeving, warmte werven, passieve en actieve koeling)
2. De impact van het stedelijk hitte-eiland inzichtelijk op het thermisch comfort.
3. Het combineren van uitgangspunten en maatregelen om zowel de warmte- als de koudevraag effectief te verlagen. Daarbij wordt op basis van de toekomstige klimaatdata van het KNMI inzicht gegeven bij een aantal veel voorkomende renovatiescenario's op het risico op oververhitting.

## Leeswijzer

Het rapport bestaat uit zeven hoofdstukken, waarbij naast de inleiding ingegaan wordt op de volgende onderwerpen:



**Hoofdstuk 2**  
KNMI klimaatscenario's  
2023



**Hoofdstuk 3**  
Analyse buitenklimaat  
KNMI klimaatscenario's



**Hoofdstuk 4**  
Rekenmethodieken  
temperatuuroverschrijding



**Hoofdstuk 5**  
Analyse binnenklimaat bij  
verduurzaming



**Hoofdstuk 6**  
Gevoeligheidsanalyse  
o.b.v. ladder van koeling



**Hoofdstuk 7**  
Stedelijk hitte-eiland



**Hoofdstuk 8**  
Scenario's toekomstig  
zomercomfort



**Hoofdstuk 9**  
Conclusie en  
aanbevelingen

## Hoofdstuk 2 KNMI klimaatscenario's 2023

In beoordelingen en ingreepsscenario's voor de gebouwde omgeving is het klimaat in Nederland lange tijd als relatief stabiel beschouwd. Er was daarom geen aanleiding om te twifelen aan de toepasbaarheid van historische data als beoordelingsmaatstaf. Vanaf het eind van 20<sup>e</sup> eeuw werd duidelijk dat het klimaat wereldwijd sneller dan voorheen aan veranderingen onderhevig is, met voor Nederland grofweg het beeld van 'hetere zomers en mildere winters'. Er waren echter geen wetenschappelijk verantwoorde gegevensbronnen beschikbaar om een meer gedetailleerd beeld te kunnen schetsen van deze klimaatverandering, die bruikbaar was voor een analyse van de consequenties voor de gebouwde omgeving in Nederland. Met de in 2023 door het KNMI gepubliceerde klimaatscenario's omgezet in een NEN5060 format is dat veranderd. Er is in dit onderzoek gebruik gemaakt van de KNMI data set "TKI\_built\_environment\_climate\_years" versie 1.0 gepubliceerd op 21 oktober 2024.

### 2.1 Klimaatscenario KNMI'23

Het KNMI heeft in oktober 2023 nieuwe klimaatscenario's voor Nederland gepubliceerd. Deze vervangen de eerdere scenario's uit 2014. De scenario's zijn een vertaling van de wereldwijde klimaatstudies vanuit het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) naar het Nederlandse klimaat<sup>4</sup>. De nieuwe scenario's schetsen hoe het toekomstige klimaat in Nederland eruit kan zien.

Het KNMI maakt onderscheid in meerdere klimaatscenario's. Deze zijn afhankelijk van de volgende grootheden:

- De globale opwarming afhankelijk van uitstootscenario aangeduid met L (laag), M (matig) en H (hoog).
- Het regionale effect aangeduid met n (nat) of d (droog).
- Het zichtjaar: 2050, 2100 of 2150. Ook is er een variant voor de korte termijn, namelijk het zichtjaar 2033.
- De locatie in Nederland.
- Klimaatjaar.

Een korte toelichting op de grootheden.

#### Ad a. Globale opwarming

Vanuit het IPCC is een verwachting geschetst voor de toename van de wereldwijde temperatuur. Omdat zowel de mate van klimaatverandering als de precieze effecten ervan een bepaalde onzekerheid hebben zijn er meerdere scenario's ontwikkeld op basis twee onzekerheden: de mondiale temperatuurstijging en veranderingen in het neerslagpatroon. Beide variabelen hangen af van de hoeveelheid broeikasgassen die nog zal worden uitgestoten en van de gevoeligheid van het klimaatsysteem. De uiteindelijke globale opwarming is dus in belangrijke mate afhankelijk van de toekomstige aanwezigheid van broeikasgassen in de atmosfeer. Niet alle mogelijke effecten daarvan zijn daarbij meegenomen door IPCC en KNMI. Het

---

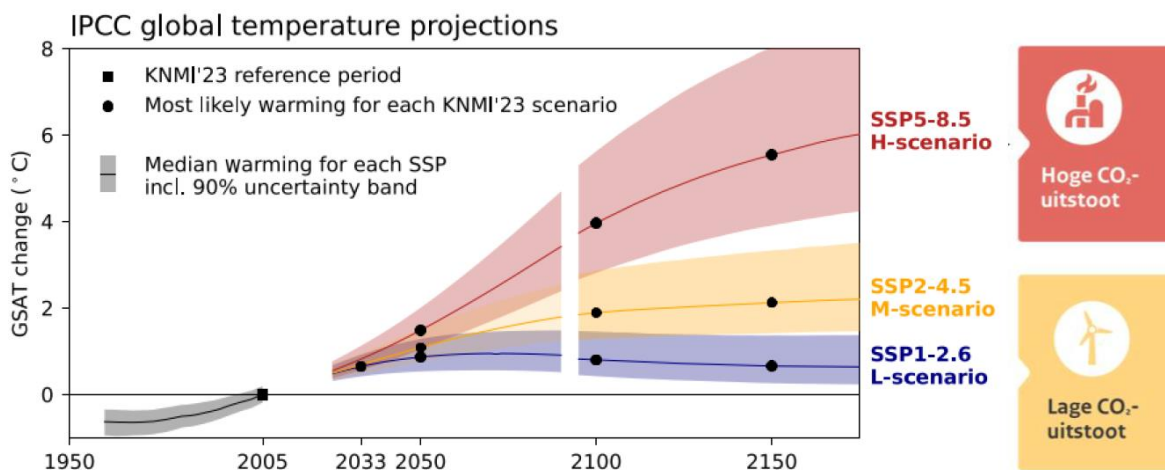
<sup>4</sup> Bron: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>

effect van het mogelijk stilvallen van de AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation), een belangrijk systeem van oceaanstromingen in de Atlantische oceaan, is bijvoorbeeld niet meegenomen in deze scenario's. Er zijn meerdere scenario's uitgewerkt qua opwarming van de aarde: laag, matig en hoog:

- Bij het hoge uitstootscenario wordt er vanuit gegaan dat de uitstoot in gelijke mate blijft toenemen tot 2080 en daarna afvlakt. De mondiale opwarming rond 2100 is dan +4,9°C.
- Bij het lage uitstootscenario wordt ervan uitgegaan dat de uitstoot snel wordt verminderd en dat de broeikasgassen die verwijderd worden uit de atmosfeer in lijn ligt met het Klimaatakkoord van Parijs. De mondiale opwarming rond 2100 is dan +1,7°C.
- Het midden scenario zit hier qua uitstoot tussenin.

In de externe publiciteit over de nieuwe scenario's is de nadruk gelegd op het hoge en lage scenario. In de onderliggende studies is ook het middenscenario uitgewerkt.

In figuur 1 is te zien dat er voor het lage scenario over de zichtjaren 2050, 2100, 2150 weinig verschil is in de globale temperatuur. Hierdoor heeft het KNMI besloten om het zichtjaar 2100 representatief te noemen voor de zichtjaren 2050 en 2150. Voor het klimaatjaar 2033L geldt een soortgelijke situatie, maar dan met een overeenkomst tussen de scenario's. De hoge, matige en lage scenario's verschillen voor 2033 weinig van elkaar. Vandaar dat deze zijn samengevoegd tot één scenario.



Figuur 1: Verandering temperatuur per KNMI scenario (bron: KNMI, 2023)

### Ad b. Droog en nat klimaat

Meer opwarming betekent dat de Nederlandse zomers droger en de winters natter worden, maar de mate waarin is nog onbekend. Dat komt door de vele variabelen die daarop invloed hebben, naast meer verdamping door directe temperatuurstijging, zijn er bijvoorbeeld effecten op ijsmassa's en in oceanen. Het KNMI heeft voor elk temperatuurscenario twee varianten' uitgewerkt, een droog en een nat klimaat:



- Een nat scenario (n) waarin winters sterk vernatten en zomers licht verdrogen
- Een droog scenario (d) waarin winters licht vernatten en zomers sterk verdrogen.

### Ad C. Zichtjaren

Het zichtjaar representeert het weer over een 30-jarig tijdvak dat geconcentreerd is rondom het betreffende zichtjaar. Het zichtjaar 2100h geeft dus aan hoe het klimaat van 2086-2115 verandert bij een bepaalde temperatuurstijging (die voor 'scenario H' in 2100 4°C) bedraagt.

Voor gebruik als basis voor beleidsvorming in o.a. de gebouwde omgeving, waarbij ook behoefte is aan een toekomstig klimaatscenario voor de korte termijn, is zichtjaar 2033 toegevoegd. Voor de samengestelde klimaatjaren geldt dat deze eens in de 10 jaar voorkomen of te wel een overschrijdingskans van 10% hebben<sup>5</sup>.

Bovenstaande grootheden leiden tot de volgende combinaties:

- Referentie weergave van het huidige klimaat
- 2033 L (laag scenario CO<sub>2</sub>-uitstoot), waarbij geen onderscheid is gemaakt in de neerslaghoeveelheid en verschillen in uitstoot.
- 2050 Hd;Hn;Md;Mn (hoog of midden scenario CO<sub>2</sub>-uitstoot in droog of nat scenario)
- 2100 Hd;Hn;Md;Mn (hoog of midden scenario CO<sub>2</sub>-uitstoot in droog of nat scenario)
- 2150 Hd;Hn;Md;Mn (hoog of midden scenario CO<sub>2</sub>-uitstoot in droog of nat scenario)

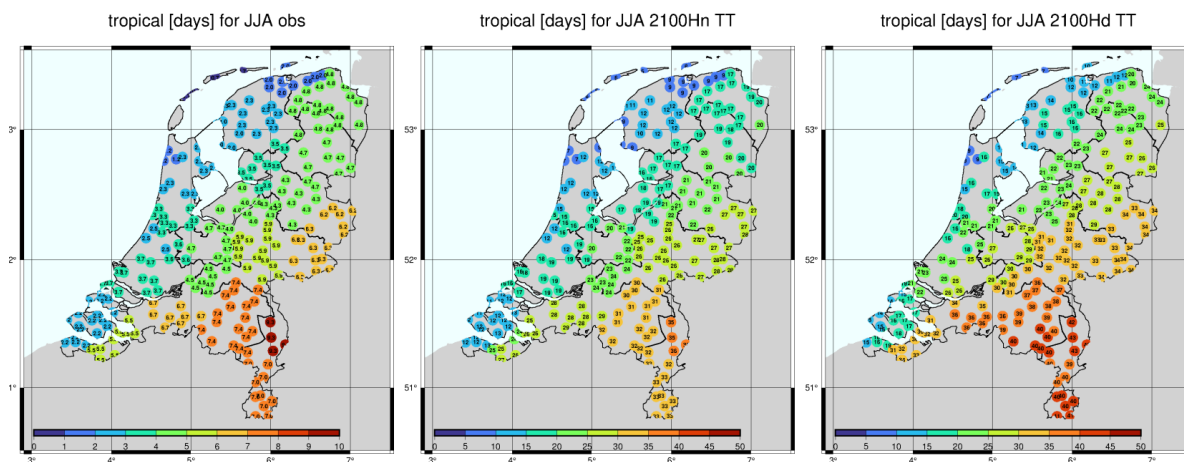
In deze studie richten wij ons met name op de referentie, 2033 en 2050. Daarvoor is gekozen om de referentie representatief te laten zijn voor het klimaat op korte termijn ('nu en de volgende jaren'). Na 2050 komt er voor alle bestaande gebouwen een nieuw moment voor een grote ingreep (of sloop/vervanging) waarbij te zijner tijd nieuwe keuzes kunnen worden gemaakt.

### Ad. D. Locaties

In de KNMI-scenario's zijn momenteel klimaatomstandigheden voor geheel Nederland beschikbaar, op een raster van 12x12 km. Voor heel Nederland betreft dit dus ongeveer 300 roosterpunten. In het toekomstige klimaat zijn afhankelijk van de locatie verschillen zichtbaar, waarbij de zomerse hitte in zuidoost-Nederland bijvoorbeeld extremer is dan in de noordelijke provincies. Als illustratie is in figuur 2 een beeld gegeven van het aantal tropische dagen op al deze punten, waarbij grofweg een verschuiving zichtbaar is van de lijn NW naar ZO met een toename van het aantal tropische dagen.

---

<sup>5</sup> De impact van klimaatscenario's op de warmte-en koudevraag voor de gebouwde omgeving; KNMI L. van Voorst en H. van den Brink 2024



*Figuur 2: Aantal tropische dagen in de maanden juni-juli-augustus; links huidige klimaat, midden en rechts klimaatscenario's 2100 met hoog uitstootscenario nat en droog (bron: KNMI, 2024)*

Ten tijde van deze studie is data in NEN 5060-format beschikbaar voor de volgende vijf locaties: Alkmaar, Assen, De Bilt, Roermond en Zierikzee. In Alkmaar en Zierikzee zijn de dagen koeler dan in De Bilt. In Roermond is het aantal tropische dagen meer dan in De Bilt. In Assen is het aantal tropische dagen iets minder dan in De Bilt. In hoofdstuk 3 is een uitgebreide analyse gemaakt van zowel uurlijkse temperaturen en zoninstraling tussen deze verschillende locaties en in relatie met de verschillende zichtjaren.

#### **Ad e. Klimaatjaren**

Vanuit het KNMI zijn drie klimaatjaren beschikbaar: koudevraag, warmtevraag en een gemiddeld klimaatjaar. Voor de beoordeling van de zomersituatie is in deze studie de koudevraag gehanteerd. Alleen voor het effect van de klimaatscenario's op de energieprestatieberekening (NTA8800) is het gemiddelde klimaatjaar gehanteerd. De meteorologische variabelen in de klimaatjaren zijn hetzelfde als in het NEN5060-klimaatjaar, waardoor inzicht ontstaat in de volgende variabelen:

- Temperatuur op 2 m (in 0,1°C)
- Straling (in W/m<sup>2</sup>), globale, diffuse, directe en directe normale zonnestraling
- Vochtigheid, relatief (in %) en absoluut (in 0.1 g/kg)
- Neerslag (in 0.1 mm)
- Wind, snelheid (in 0.1 m/s) en richting (in 0-360 graden)
- Bewolking (in achtsten)
- Zonneschijnduur (in 0.1 uur)
- Luchtdruk (in 0.1 hPa)

De meteorologische data is beschikbaar op uurlijkse resolutie.

## 2.2 Klimaatscenario NEN 5060

De huidige norm NEN 5060 geeft referentieklimaatjaren voor verschillende doeleinden: bepalen van energiebehoefte, simulatieberekeningen ten behoeve van onder meer temperatuuroverschrijdingen en koellastberekeningen. In deze studie worden de volgende twee klimaatgegevens uit NEN 5060 gebruikt:

- Het bepalen van de koudebehoefte voor het berekenen van het zomercomfort. In de NEN5060 zijn twee rekenbestanden voor het uitvoeren van temperatuuroverschrijdingsberekeningen: NEN5060:T01 (ontwerp 1%) en NEN5060:T05 (ontwerp 5%). Er worden twee scenario's beschreven, met een 'overschrijdingskans' van 1% en respectievelijk 5%. De toevoeging T05 wil zeggen dat er een kans is van 1 op de 20 jaar dat het warmer kan worden, terwijl bij T01 deze kans 1 op de 100 jaar is. Anders gezegd: 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 'extremer' dan het '5%-scenario'.
- Het klimaatjaar 'NEN5060 Energie' voor het bepalen van de energiebehoefte en TO-juli om het effect op de winterperiode te bepalen. In de NTA8800 worden de klimaatgegevens overigens als maandmethodiek gehanteerd, deze kijkt dus af van de uurlijkse beoordeling in deze studie.

Het klimaatjaar NEN5060:T05 wordt vanuit het Bbl via de Omgevingsregeling voorgeschreven voor het uitvoeren van temperatuuroverschrijdingsberekeningen bij nieuwbouw. Voor nieuwbouw van woonfuncties geldt de grenswaarde GTO < 450 uur.

Het NEN 5060 klimaatjaar is ontwikkeld op basis van historische weerobservaties van de afgelopen 20 jaar. Elke maand komt daardoor uit een ander jaartal, zie tabel 1 Hierdoor is een referentieklimaat beschikbaar dat dient als norm voor de bouwsector.

Tabel 1: Selectie van jaren voor het ontwerpjaar NEN5060:T01 en T05 (bron: NEN 5060)

Maand	NEN 5060:T05 (t.b.v. TO-berekeningen) overschrijdingskans 5%	NEN 5060:T01 overschrijdingskans 1%
januari	2013	1997
februari	1996	2012
maart	2013	2005
april	1996	2007
mei	2006	1998
juni	2011	2006
juli	2013	2006
augustus	1997	2003
september	1999	2005
oktober	2001	2011
november	1999	2010
december	2009	2010

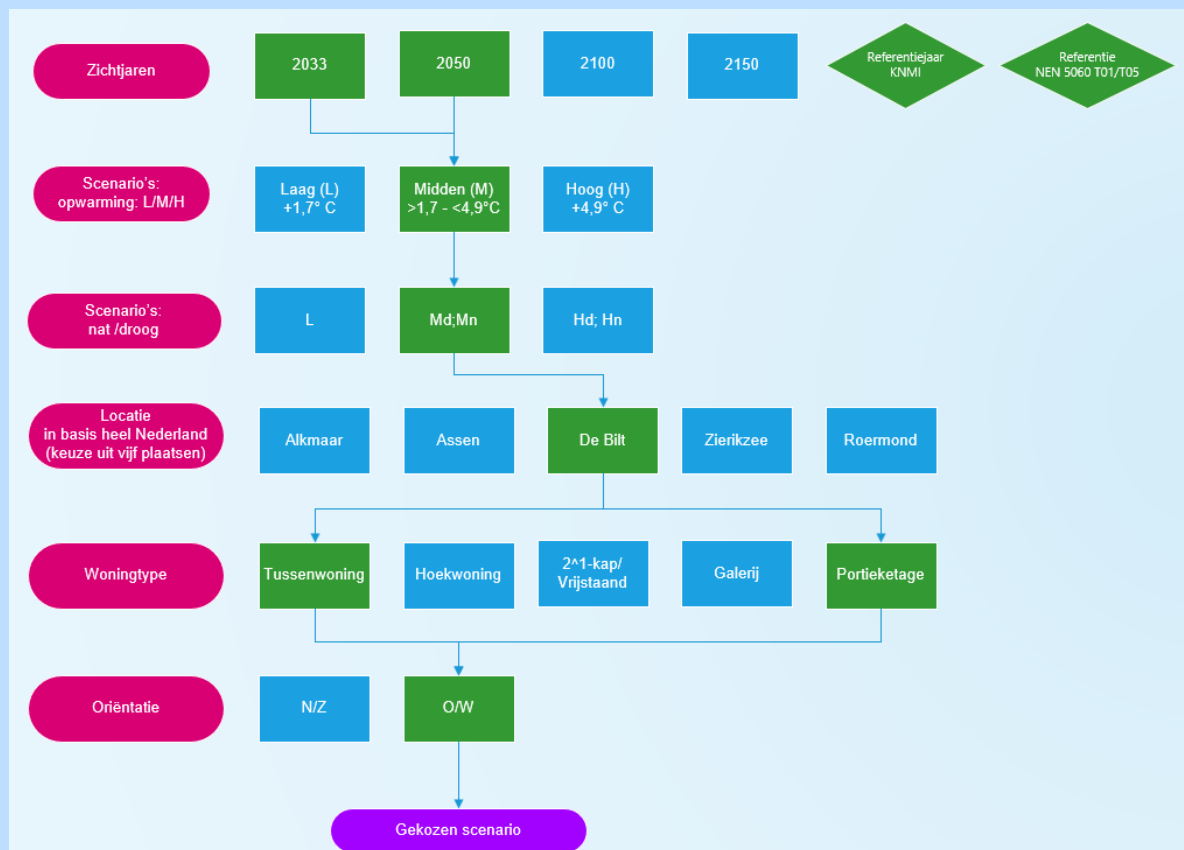
### **Analyse klimaatbestanden**

De klimaatbestanden van NEN5060 T05 en T01 hebben dus een andere overschrijdingskans. De NEN5060 T05 is de kans van 1 op de 20 jaar dat het warmer kan worden, terwijl bij T01 deze kans 1 op de 100 jaar is. De toekomstige klimaatjaren van KNMI zijn vastgesteld met een kans van 1 op de 10 jaar dat ze worden de temperatuur hoger ligt dan de temperatuur uit het referentiejaar. De klimaatjaren van NEN5060 T05 en T01 zijn op een andere manier samengesteld dan de toekomstige jaren. De vergelijking tussen deze overschrijdingskansen is daardoor niet op deze manier te maken maar alleen in de toepassing zoals in een gebouwsimulatie.

## Resumé

### Keuze klimaatscenario

Vanuit de klimaatdata van het KNMI zijn verschillende configuraties samen te stellen. In dit onderzoek hebben we keuzes gemaakt, waarbij vanuit de bestaande bouw geredeneerd de focus ligt op de dichtbij zijnde zichtjaren 2033 en 2050. De zichtjaren 2100 en 2150 zijn voor beoordeling van de huidige gebouwvoorraad minder realistisch en daarom ook minder relevant als basis voor beleid en besluitvorming over ingrepen in de komende jaren. Voor de scenario's is gekozen voor een gemiddelde opwarming (Md) en als referentielocatie -in dit voorbeeld- De Bilt. In onderstaande figuur zijn de verschillende configuraties zichtbaar, waarbij met groen is aangegeven welke keuzes zijn meegenomen in deze studie.

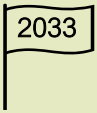

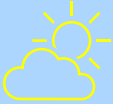






## Hoofdstuk 3 Analyse buitenklimaat

Om het binnenklimaat in de woning te kunnen interpreteren is inzicht in het buitenklimaat nodig. Denk daarbij aan de uurlijkse buitentemperatuur, de mate van opwarming en afkoeling gedurende de dag en nachtperiode, windsnelheid, windrichting en globale zoninstraling. De klimaatbestanden van het KNMI zijn voorzien van deze data op verschillende locaties en zichtjaren.

In dit hoofdstuk is specifiek gekeken naar de buitentemperatuur gedurende de dag- en nachtperiode bij verschillende zichtjaren en locaties. Bij deze analyse van het buitenklimaat is telkens een zomerseizoen (gedefinieerd als de periode van 30-april tot 28 september) gehanteerd overeenkomstig de berekeningen in gebouwsimulatiemodellen.

<p><b>a. Zichtjaren</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>-afgelopen jaren</li> <li>-KNMI referentie</li> <li>-2033</li> <li>-2050</li> <li>-2100</li> <li>-2150</li> </ul>	<p><b>b. Locatie</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- kustregio</li> <li>- regio binnenland</li> </ul>
<p><b>c. Buitentemperaturen overdag</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>T_{\text{buiten;overdag}} &gt; 24/26^{\circ}\text{C}</math></li> <li>- <math>R_{\text{mot}} &gt; 16^{\circ}\text{C}</math> en <math>22^{\circ}\text{C}</math></li> <li>- Aantal hittegolven</li> <li>- Globale zoninstraling</li> </ul>	<p><b>d. Buitentemperaturen nacht</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- aantal tropennachten</li> <li>- <math>T_{\text{buiten;nacht}} &gt; 20^{\circ}\text{C}</math>, etc.</li> </ul>
<p><b>e. Stedelijk hitte-eiland</b></p>  <p>Stijging temperatuur stedelijk gebied (hoofdstuk 7)</p>	

### 3.1 Analyse zichtjaren

In tabel 2 zijn temperaturen voor locatie De Bilt van de afgelopen jaren, de toekomstige zichtjaren en de NEN 5060 opgenomen. Hierbij zijn het aantal uren boven een bepaalde temperatuur in °C weergegeven. Daardoor ontstaat inzicht in het aantal uur per jaar dat de buitentemperatuur boven een bepaalde waarde uitkomt.

Tabel 2: Aantal uren met betreffende buitentemperatuur: afgelopen jaren, KNMI'23 scenario's en NEN 5060

T (°C)	KNMI De Bilt afgelopen jaren						Toekomstige zichtjaren					Huidige normen	
	De Bilt 2018 KNMI	De Bilt 2019 KNMI	De Bilt 2020 KNMI	De Bilt 2021 KNMI	De Bilt 2022 KNMI	De Bilt 2023 KNMI	De Bilt referentie	De Bilt 2033L	De Bilt 2050Md	De Bilt 2100Md	De Bilt 2150Md	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
24°C	428	257	304	140	321	317	297	471	550	874	532	405	577
26°C	201	168	203	47	174	160	168	284	349	284	344	201	366
28°C	100	112	122	12	99	74	90	159	202	159	204	105	211
30°C	40	67	62	1	44	17	38	78	101	78	93	40	90
32°C	23	27	22	0	9	0	5	22	43	22	24	4	29
34°C	11	16	0	0	6	0	0	3	9	3	4	0	7
36°C	0	10	0	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0

## Analyse

- Uit de resultaten van de afgelopen jaren valt op dat de jaren 2018, 2019, 2020, 2022 en 2023 vergelijkbaar zijn in het aantal uren met een hoge buitentemperatuur. Het jaar 2021 is aanzienlijk minder warm geweest. Het zomerseizoen 2021 wordt aangemerkt als een gemiddeld normaal jaar maar met een koele zomer<sup>6</sup>. De jaren daarvoor en daarna worden allemaal als recordwarm aangemerkt<sup>7</sup>.
- Uit de reeks toekomstige jaren valt op dat buitentemperatuur van de "referentie" redelijk in lijn is met jaar 2022 en vergelijkbaar is met een huidig "recordwarm klimaat" van afgelopen jaren. Het aantal uren > 24°C is de referentie aanzienlijk lager dan 2018, 2022 en 2023.
- Uit de reeks toekomstige zichtjaren is vanaf 2033 een stijging zichtbaar bij aantal uren > 24°C, 26°C en 28°C. Het aantal uren >30 °C (extreme warmte) is nog redelijk in lijn met de afgelopen jaren.
- Uit de reeks toekomstige zichtjaren is bij 2050Md een grote stijging te zien over de gehele lijn 24-36°C. Met name het aantal extreme temperaturen is aanzienlijk hoger dan de werkelijkheid in de afgelopen jaren.
- Het zichtjaar 2100 Md is vrijwel identiek aan 2033L met wel een aanzienlijk verschil in het aantal uren >24°C waarin een verdubbeling zichtbaar is.
- Het zichtjaar 2150 Md is vergelijkbaar met 2050 Md en zelfs in de gehele lijn iets milder.
- De huidige norm NEN5060 T05 is goed vergelijkbaar met het afgelopen jaar 2018 waarin alleen in 2018 nog het aantal extreme temperaturen hoger is. De NEN5060 T05 is over de gehele lijn warmer dan de "referentie" maar milder dan 2033L. De NEN5060 T05 lijkt daarmee beperkt en onvoldoende toekomstbestendig. Verdere analyse is benodigd om inzicht te krijgen in nacht en dag situaties en de duur van warme periodes zie hiervoor hoofdstuk 3.2 en 3.3.

<sup>6</sup> <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2021/jaar>

<sup>7</sup> <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2022/jaar>

- De NEN5060 T01 is in grote lijnen vergelijkbaar met 2050Md waarin alleen de extreme temperaturen bij 2050 Md nog iets hoger liggen. De NEN5060 T01 lijkt daarmee redelijk toekomstbestendig. Ook hier geldt dat verder analyse nodig is om dit vast te kunnen stellen zie hiervoor hoofdstuk 3.3.

## Zonnestraling

De analyse van de globale zonnestraling is in tabel 3 opgenomen. Het aantal uren met een hoge zonnestraling heeft effect op warmteontwikkeling buiten en in de woningen en is daarom nader geanalyseerd. Deze analyse vindt plaats op basis van de dataset van KNMI'23. Inmiddels is bekend dat de globale zonnestraling in 2025 door het KNMI wordt herzien en naar verwachting hoger wordt. De gecorrigeerde datasets zijn in de loop van 2025 beschikbaar. Globale zonnestraling is de som van directe en diffuse straling. Op een heldere dag tijdens de zomer kan de globale horizontale straling oplopen tot meer dan 900 W/m<sup>2</sup>.

Tabel 3: Aantal uren met betreffende horizontale globale zonnestraling: afgelopen jaren, KNMI'23 scenario's en NEN 5060

horizontale globale zonnestraling W/m <sup>2</sup>	KNMI De Bilt afgelopen jaren						Toekomstige zichtjaren					Huidige normen	
	De Bilt 2018 KNMI	De Bilt 2019 KNMI	De Bilt 2020 KNMI	De Bilt 2021 KNMI	De Bilt 2022 KNMI	De Bilt 2023 KNMI	De Bilt referentie	De Bilt 2033L	De Bilt 2050Md	De Bilt 2100Md	De Bilt 2150Md	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
400	857	805	837	689	907	864	665	802	816	944	696	744	836
500	647	574	615	487	677	646	417	556	591	674	465	524	619
600	454	377	399	296	435	422	236	355	384	433	272	350	413
700	281	225	222	162	232	250	96	176	215	243	142	183	243
800	119	85	95	71	91	107	91	44	47	54	21	50	91

## Analyse

- Uit de resultaten van de afgelopen jaren valt op dat de zonnestraling redelijk vergelijkbaar is, met uitzondering van het jaar 2021 dat ook aanzienlijk minder zonnig is geweest. Dat is ook goed zichtbaar in aanzienlijk lagere temperaturen in dat jaar. Het zomerseizoen 2021 wordt aangeduid als een gemiddeld normaal jaar maar met een natte en bewolkte zomer<sup>8</sup>. Het jaar 2018 was een uitzonderlijk zonnige zomer en herfst door veelvuldige invloed van hogedrukgebieden<sup>9</sup>.
- Uit de reeks toekomstige jaren valt op dat zonnestraling van "referentie" redelijk in lijn is met jaar 2021 en vergelijkbaar is met nat en bewolkt jaar. Het is een aanzienlijk minder zonnig jaar dan we de afgelopen jaren hebben gehad.

<sup>8</sup> <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2021/jaar>

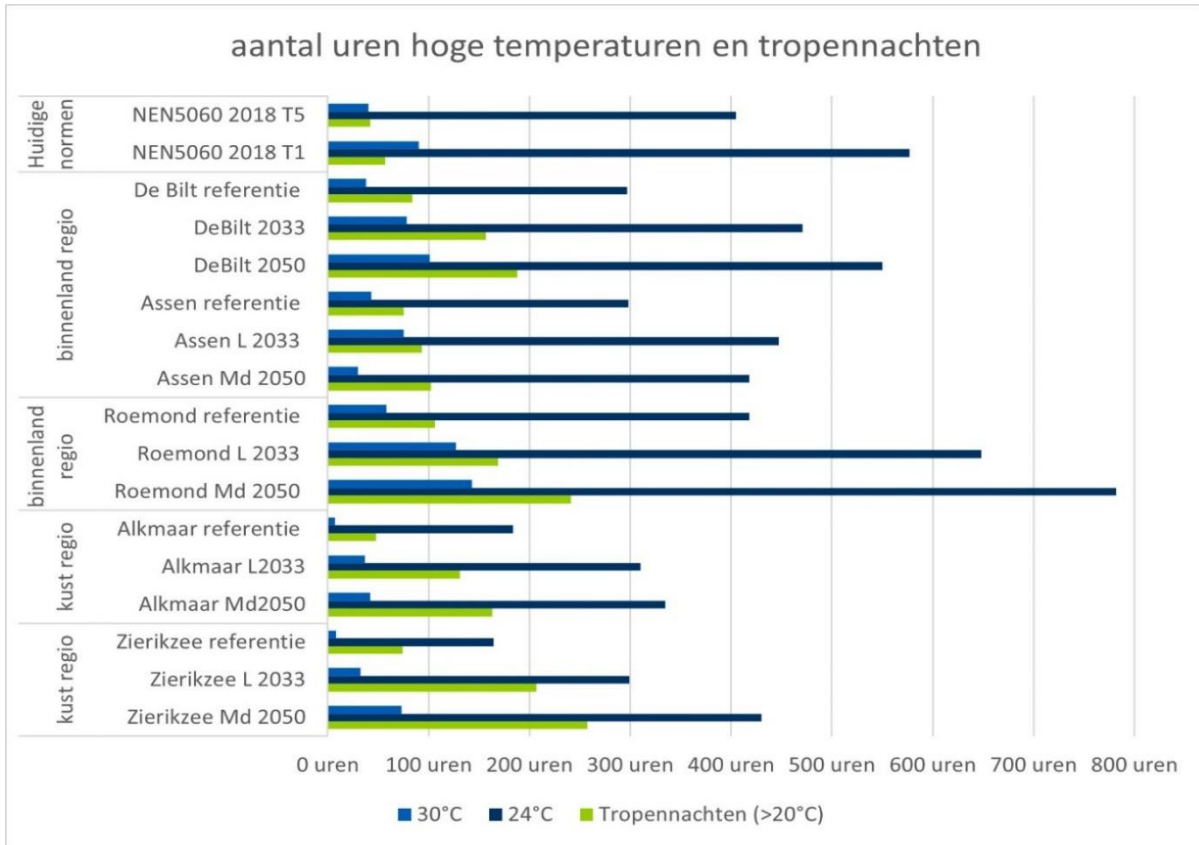
<sup>9</sup> <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/jaar>

- Uit de reeks toekomstige zichtjaren is 2033L al iets meer in lijn met de afgelopen jaren zoals bijvoorbeeld 2019. Maar toch nog minder aanzienlijk minder zonnig dan de rest van afgelopen jaren.
- Het zichtjaar 2050 is vergelijkbaar in zonnestraling met afgelopen jaren maar nog wel minder zonnig dan de extreem zonnige jaren zoals 2018 en 2023
- Het zichtjaar 2100 heeft veel zonnige uren in lagere intensiteit 400-600 W/m<sup>2</sup> de hogere intensiteit 600-900 W/m<sup>2</sup> is vergelijkbaar met afgelopen jaren.
- De NEN5060 T05 is in zonnestraling milder dan de afgelopen zes zonnige jaren en komt meer in de buurt van het bewolkte jaar 2021. NEN5060 T05 is wel zonniger dan het nieuwe "referentie jaar" en iets milder dan het toekomstige jaar 2033. De NEN5060 lijkt in zonnestraling niet voldoende toekomstbestendig.
- De NEN5060 T01 is in zonnestraling vergelijkbaar met de afgelopen jaren zoals 2020. En is zonniger dan de toekomstige jaren met uitzondering van jaar 2100. De NEN5060T01 lijkt in zonnestraling tot 2050 voldoende toekomstbestendig.

### 3.2 Analyse locatie

In figuur 3 is voor de zichtjaren: referentie, 2033 en 2050 voor vijf locaties het aantal uren weergegeven dat de buitentemperatuur boven de 24°C en 30°C ligt en dat het aantal uren >20°C in de nacht. Daarbij is het stedelijk hitte-eiland nog niet verwerkt maar is in hoofdstuk 7 apart geanalyseerd. Hoewel deze cumulatieve beoordeling nog niets zegt of deze temperatuur gedurende een korte of lange periode zich voordoet geeft het een eerste beeld tussen de locaties onderling. In bijlage 1 zijn de grafieken opgenomen van de nadere analyse per zichtjaar.





Figuur 3: Vergelijking 5 locaties met drie zichtjaren; aantal uren per jaar boven buitentemperatuur overdag (24/30°C) en tropennacht (> 20°C), exclusief stedelijk hitte-eiland

In figuur 3 is een vergelijking gemaakt tussen de locaties met een kustregio (Alkmaar, Zierikzee) en een binnenland regio (Assen, De Bilt, Roermond). Uit de analyse komt het volgende naar voren:

- Ten opzichte van de referentie klimaatjaar is bij alle vijf locaties bij de zichtjaren 2033 en 2050 een toename in het aantal uren zichtbaar dat de buitentemperatuur boven de 24°C en 30°C komt. Behalve bij Assen lijkt 2050 ten opzichte van 2033 geen toename zichtbaar te zijn in de uren > 24 en 30°C maar wel in tropennachten.
- De twee locaties aan de kust hebben minder overschrijdingsuren boven de 24°C en 30°C dan bij de drie locaties in het binnenland.
- Uit deze globale vergelijking is op te merken dat bij de locatie Roermond aanzienlijk meer overschrijdingen heeft dan de overige locaties. Dit komt overeen met figuur 2 waarop het aantal tropische dagen over Nederland is te zien.



- Tussen de twee kustregio's Alkmaar en Zierikzee valt op dat Zierikzee nog aanzienlijk meer tropennachten kent. Dit komt overeen met het beeld van dat KNMI geeft dat hoe meer zuidelijk en aan de kust hoe meer tropische nachten er op treden.<sup>10</sup>
- Wat opvalt is dat De Bilt een gemiddelde vormt tussen een warmer binnenland zoals Roermond en een koelere kustregio zoals Zierikzee.

### 3.3 Analyse langdurige en extreme warmte

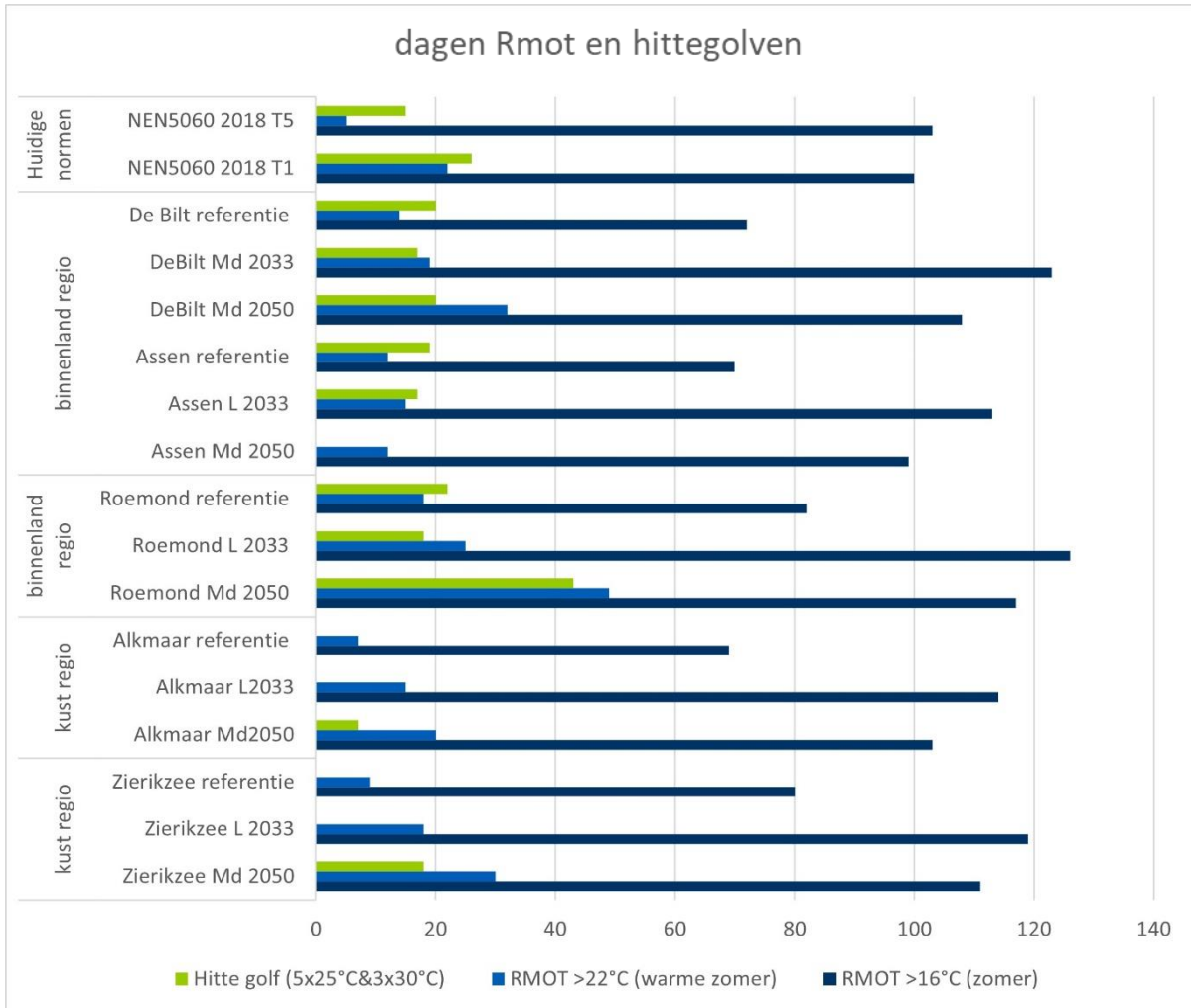
Om de langdurige warmte te onderzoeken zijn twee parameters geanalyseerd:

- Het aantal dagen waarbij  $R_{mot} > 16/22^{\circ}\text{C}$ .  
*R<sub>mot</sub>: de Running Mean Outdoor Temperature dit is een gewogen gemiddelde van de buitenluchttemperatuur (etmaaltemperatuur), van 'vandaag' en de afgelopen zeven dagen. De parameter geeft aan hoelang het aaneengesloten boven een gemiddelde buitentemperatuur boven de 16°C en 22°C is. De 16 °C is overeenkomend met een zomerperiode en de 22 °C met een warme zomerperiode.*
- Het aantal dagen van een hittegolf.  
*Het aantal dagen dat er een hittegolf is ofwel er is sprake van 5 dagen > 25°C waarbij 3 dagen > 30°C aanhoud tot de temperatuur zakt onder de 25°C.*

In figuur 4 staan voor de vijf locaties en de zichtjaren 'referentie', 2033 en 2050 deze twee parameters weergegeven.

---

<sup>10</sup> <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/warme-nachten>



*Figuur 4: Aantal dagen met langdurige zomerperiode Rmot >16°C en >22°C en hittegolf, exclusief stedelijk hitte-eiland*

In figuur 4 is een vergelijking gemaakt tussen de locaties met een kustregio (Alkmaar, Zierikzee) en een regio met een binnenland (Assen, De Bilt, Roermond).

Analyse aantal dagen met een hittegolf:

- Niet elke klimaatjaar heeft een hittegolf. Dit wil niet direct zeggen dat het niet warm kan worden maar dat de warme periode niet aaneengesloten is met 5 dagen > 25°C en 3 dagen 30°C.
- De zichtjaren voor locatie De Bilt hebben allemaal een hittegolf van in totaal circa 20 dagen. Roermond met zichtjaar 2050 heeft een totaal van 43 dagen hittegolf en is daarmee veel extremer dan de andere locaties.
- In de kustregio waar zowel de locatie Alkmaar als Zierikzee onder vallen is in het zichtjaar referentie en 2033 geen sprake van een hittegolf.

Analyse aantal dagen Rmot >16 °C en 22°C:

- Opvallend is dat de meeste dagen met Rmot >16°C voor komen in het zichtjaar 2033. Dit is bij alle locaties het geval. Het zichtjaar 2033 heeft dus veel aaneengesloten zomerdagen.
- Het zichtjaar 2050 heeft op alle locaties de meeste dagen met Rmot > 22°C zijnde een warme aaneengesloten zomerperiode.
- Locatie Assen met zichtjaar 2050 wijkt af ten opzichte van de andere locaties. Assen 2050 is aanzienlijk milder in RMOT 16 en 22 en heeft geen hittegolf dagen. Op de andere locaties is het in het zichtjaar 2050 meer dagen warm ten opzichte van 2033.
- In de kustregio valt op dat er evenveel dagen met Rmot >16 °C zijn als de andere klimaatjaren maar dat het aantal dagen Rmot >22°C aanzienlijk minder is.
- Locatie De Bilt blijkt uit deze analyse rekenkundig een gemiddelde te zijn tussen een mildere kustregio en een warmer landelijke regio zoals Roermond. In nadere analyse zal moeten worden beoordeeld of het verantwoord is dit gemiddelde te hanteren gezien de geconstateerde onderlinge verschillen tussen regio's.

In de onderstaande tabel zijn de Rmot waarden, tropennachten en temperaturen opgenomen van de afgelopen jaren, toekomstige zichtjaren en de huidige normen allemaal van locatie de Bilt. In dit overzicht wordt zijn van 2050 ook die droog / nat en hoog / midden scenario opgenomen. Door alle parameters in één overzicht wordt duidelijk hoe de verschillende klimaatjaren zicht tot elkaar verhouden.

Tabel 4: overzicht Rmot en tropennachten afgelopen jaren, toekomstige jaren en normen, exclusief stedelijk hitte-eiland

T (°C)	KNMI De Bilt afgelopen jaren						Toekomstige zichtjaren (koudevraag)						Huidige normen	
	DeBilt 2018	DeBilt 2019	DeBilt 2020	DeBilt 2021	DeBilt 2022	DeBilt 2023	DeBilt refer	DeBilt 2033L	DeBilt 2050Md	DeBilt 2050Mn	DeBilt 2050Hd	DeBilt 2050Hn	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
dagen														
RMOT 16	101	75	78	101	94	94	72	123	108	118	116	106	103	100
RMOT 22	7	6	9	0	1	1	14	19	32	11	37	20	5	22
Uren														
Tr.nacht>20°C	55	46	74	4	8	42	84	157	188	147	242	205	42	57
24°C	428	257	304	140	321	317	297	471	550	310	658	508	405	577
26°C	201	168	203	47	174	160	168	284	349	174	420	294	201	366
28°C	100	112	122	12	99	74	90	159	202	107	255	138	105	211
30°C	40	67	62	1	44	17	38	78	101	63	148	49	40	90
32°C	23	27	22	0	9	0	5	22	43	27	102	1	4	29
34°C	11	16	0	0	6	0	0	3	9	14	46	0	0	7
36°C	0	10	0	0	0	0	0	0	7	7	10	0	0	0

### Analyse

- De Bilt 2050 Md is een redelijk gemiddelde van de vier verschillende 2050 scenario's die er zijn. De Bilt 2050 Hd is aanzienlijk warmte op alle parameters. De Bilt 2050 Mn is iets milder dan 2050 Md in de aantal uren Rmot >22°C en tropennachten.
- Opvallend is dat toekomstige scenario's allemaal aanzienlijk meer tropische nachten (>20°C) bevatten dan de afgelopen jaren en de huidige normen.

- De NEN5060 T01 is in aantal uren  $R_{mot} > 16^{\circ}\text{C}$  en  $> 22^{\circ}\text{C}$  redelijk in lijn met 2033 en 2050 zichtjaren alleen op het aantal uren tropen nachten en hoge temperaturen iets milder.

### Resumé

In dit hoofdstuk is het buitenklimaat geanalyseerd ten aanzien van de zichtjaren, locatie en de buitentemperaturen overdag en 's nachts. Hierbij is het stedelijk hitte-eiland nog niet meegenomen.

Enkele punten die daarbij naar voren komen:

- De huidige norm NEN5060 T05 is goed vergelijkbaar met het afgelopen jaar 2018 waarin alleen in 2018 nog het aantal extreme temperaturen hoger is.
- De NEN5060 T05 is over de gehele lijn warmer dan de referentie die het KNMI op dit moment stelt maar milder dan 2033L. Wanneer ook naar de tropennachten wordt gekeken valt op dat de referentie van het KNMI aanzienlijk meer tropennachten en  $R_{mot} > 22^{\circ}\text{C}$  heeft dan NEN5060 T05. De NEN5060 T05 lijkt daarmee beperkt en onvoldoende toekomstbestendig.
- Uit de reeks toekomstige zichtjaren is vanaf 2033 een aanzienlijke stijging zichtbaar bij aantal uren  $> 24^{\circ}\text{C}$ ,  $26^{\circ}\text{C}$  en  $28^{\circ}\text{C}$ . Het aantal uren  $> 30^{\circ}\text{C}$  (extreme warmte) is nog redelijk in lijn met de afgelopen jaren. Kijkende naar de  $R_{mot} > 16^{\circ}\text{C}$  valt op dat 2033 de meeste warme zomerdagen bevat zelfs meer dan 2050 Md.
- Er is een duidelijk onderscheid te maken in locaties die liggen in een kustregio ten opzichte van een locatie meer in het binnenland.

## Hoofdstuk 4 Rekenmethodieken en toetswaarde temperatuuroverschrijding

In de afgelopen jaren zijn er verschillende 'warmterecords' gebroken. Zomers met een hoge buitentemperatuur, zowel tijdelijke pieken als langere warme perioden. Hoewel het beperken van oververhitting meestal wordt ingegeven door de wens een goed comfort te bieden, dringt ook de urgentie door vanuit de zorg voor de gezondheid. Met name kinderen, ouderen, zieken en mensen met overgewicht zijn kwetsbaar en ervaren bij hogere binnentemperaturen direct of indirect gezondheidsschade<sup>11</sup>.

Wat thermisch comfort is, is complex; het betreft een combinatie van fysica en de gebruiker:

- Fysica: operatieve temperatuur, stralings-asymmetrie, relatieve vochtigheid, lichtsnelheid, etc.
- Gebruiker: ervaring, wens en verwachting van de gebruiker, door de mogelijkheid om bij discomfort in te grijpen en door het vermogen om zich aan te passen. Bovendien is thermisch comfort afhankelijk van leeftijd, gender, gezondheid en persoonlijke voorkeur.

Om toch het thermisch comfort en mate van gezondheid te kwantificeren wordt aangesloten op bestaande rekenmethodieken ten aanzien van (dis)comfort. In dit hoofdstuk wordt een toelichting op de beschikbare rekenmethodieken gegeven en welke methodiek en toetsindicator is aangehouden in deze studie.

### 4.1 Rekenmethodieken

Er is een verscheidenheid aan rekenmethodieken voor het bepalen van de temperatuuroverschrijding in een gebouw of om hitte, hittestress of thermisch comfort uit te drukken. Deze verscheidenheid draagt niet bij aan een uniforme beoordeling. Lastig daarbij is dat de uitkomsten van de berekeningen vaak niet tot de verbeelding spreken en onderling niet goed vergeleken kunnen worden. Buiten de kaders van dit onderzoek is het zeer wenselijk dat zowel de rekenmethode, klimaatjaar als een toetsindicator en mogelijke grenswaarde in de bestaande bouw wordt vastgesteld. In tabel 5 zijn verschillende comfortparameters omschreven. In tabel 6 zijn verschillende rekenmethoden omschreven voor het maken van TO-berekeningen (temperatuur-overschrijdingsberekeningen).

---

<sup>11</sup> <https://www.rivm.nl/hitte/kwetsbare-groepen>



Tabel 5: Comfort parameters voor temperatuuroverschrijding

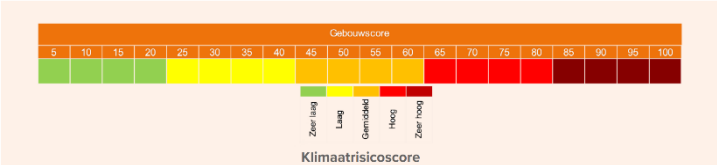
Indicator	Toelichting
TO <sub>Julii</sub>	Dit vormt een vrij grove indicator van het risico op oververhitting die volgt uit de berekening van de NTA8800. Deze beoordeling vindt plaats op woningniveau en met behulp van de maandmethode. Hierdoor is deze indicator geen goede voorspeller voor het risico op oververhitting in individuele ruimten. De betekenis van TO <sub>Julii</sub> is daarmee beperkt tot een eerste indicatie. Voor de nieuwbouw geldt voor de woningbouw een grenswaarde van $\leq 1,2$ .
PMV	De PMV-waarde is omschreven in de NEN-EN ISO 7730 en is ontleend uit klimaatkamer onderzoek van P.O. Fanger. De onderzoeksresultaten zijn vertaald in formules met zowel omgevingsvariabelen als persoonsgebonden variabelen. De PMV geeft een aantal klassen weer tussen de +3 (heet) tot -3 (koud). Een 0 waarde geeft een optimaal comfort. Uit de PMV-waarde wordt de PPD afgeleid. PPD betekent Predicted Percentage of Dissatisfied. Er blijft altijd een ontevreden aantal mensen over de temperatuur ook al wordt deze beoordeelt als "goed". Gebruikelijk is het om het percentage ontevreden onder de 10 procent te krijgen wat overeenkomt met een PMV tussen de -0,5 en +0,5.
Gewogen Temperatuur Overschrijding (GTO)	De GTO is een formule die de afwijking van het comfort bij (PMV = 0,5) berekent, waarbij afwijkingen van boven de PMV+0,5 gewogen worden. Hierbij tellen uren met een grotere overschrijding zwaarder mee zo telt één uur met 27,5 °C als 1 GTO-overschrijding waarbij één uur met 31°C als 7 GTO-uren kan tellen. Het nadeel is dat de berekende 'uren' geen echte tijdsindicatie meer zijn, maar een maatstaf voor de zwaarte van de temperatuuroverschrijding. Daarmee weegt een kleine overschrijding die lang aanhoudt even zwaar als een korte periode van zeer hoge binnentemperaturen. De beoordeling staat los van adaptatie aan buitentemperaturen.
Adaptieve Temperatuur Grenswaarde (ATG)	De berekening van de ATG is afgeleid van onderzoek naar gedragsmatige, psychologische en fysiologische adaptatie. Daarbij is de comforttemperatuur onder andere afhankelijk van de buitentemperatuur. Dat effect kennen we vanuit de praktijk, een buitenluchttemperatuur van 22°C voelt in het voorjaar als 'zomers warm' en na een hittegolf als 'herfstig'. Daarnaast speelt bij het bepalen van de ATG de aanwezige mogelijkheden die de gebruiker heeft om in te grijpen een rol in de beoordeling. Een gebouw met actieve regelbare koeling (Beta-gebouw) met strengere eisen beoordeeld dan een gebouw met passieve koeling (Alphá-gebouw). De ATG kent vier beoordelingsklassen, naar het percentage tevreden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse A: 95%</li> <li>• Klasse B: 90%</li> <li>• Klasse C: 85%</li> <li>• Klasse D: 75%</li> </ul>
Huurcommissie	Voor de bestaande bouw ontstaan er richtlijnen ontwikkeld vanuit procedures bij de Huurcommissie en Kantonrechter. Een van de grenswaarden die daarbij wordt gehanteerd is een maximale aantal uur van 300 uur boven de 26,5°C bij een gelijktijdige buitentemperatuur die 6 °C lager ligt. Daarbij moet voor de buitentemperatuur uitgegaan worden van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation. Door ook naar gelijktijdige buitentemperatuur te kijken wordt uitgesloten dat de buitentemperatuur de oorzaak is van oververhitting. Het gaat hier nadrukkelijk om een grenswaarde voor het onderzoeken van een gebrek.
Maximale luchttemperatuur	Een 'risico' indicator waarbij de maximale gemeten binnenluchttemperatuur wordt gebruikt. Denk daarbij aan een luchttemperatuur van 30°C of hoger.

Indicator	Toelichting
Nachttemperatuur (Night Degree Hour: NDH)	Dit betreft een simpele tijdsgebonden indicator die de uren overschrijding van de operationele temperatuur boven de 26°C tijdens de nachtperiode inzichtelijk maakt (tussen 22:00 en 6:00 uur). Omdat het graaduren zijn wegen hogere temperatuuroverschrijdingen zwaarder mee. Veelal wordt deze indicator getoetst ter plaatse van de slaapkamer.

De hierboven omschreven parameters zijn een greep uit de (inter)nationale parameters die er zijn om comfort te kwantificeren. De hierboven weergegeven parameters zijn gangbaar in Nederland. In tabel 6 zijn de meest gebruikelijke rekenmethoden omschreven. Met rekenmethode wordt bedoeld een volledige beschrijving van randvoorwaarden en uitgangspunten rondom het opstellen van een TO-berekening waarin met name het klimaatjaar, de wijze van gebruik van de woning en een toetswaarde tezamen een methodiek vormen.

Tabel 6: Rekenmethoden voor thermisch comfort in gebouwsimulaties

Rekenmethodiek	Toelichting
GIW/ISSO 2008	De GIW/ISSO publicatie; "Ontwerp en montageadviezen nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen" omschrijft een set van uitgangspunten rondom gebruik zoals interne warmtelast, spuien en teluren voor het opstellen van een TO-berekening. Daarbij is ook een klimaatjaar voorgeschreven zijnde zomer 1964 en een toetsingsgrenswaarde van maximaal 300 overschrijdingen van PMV +0,5. Deze methodiek wordt inmiddels niet tot nauwelijks gebruikt vanwege discutabele en verouderde uitgangspunten die niet meer geactualiseerd zijn zoals het klimaatjaar, verlichtingsvermogens, teluren van slaapkamers.
ISSO kennispaper beoordeling thermisch comfort in woningen	Stroomversnelling heeft in samenwerking met marktpartijen en de ISSO in 2019 een methode voor bepalen van thermisch comfort in woningen omschreven in een kennispaper. Hierin zijn de beperkingen vanuit de GIW/ISSO geüpdatet. Er wordt gerekend met actuele uitgangspunten rondom gebruik en interne warmtelast, gebruik van de woning, klimaatjaar en er is aangesloten op een andere toets grenswaarde zijnde de ATG-grenswaarde. De methodiek hanteert daarin drie klassen zijnde acceptabel, goed en zeer goed. <a href="https://kennisbank.issso.nl/kennispaper/kennispaper-thermisch-comfort/2019">https://kennisbank.issso.nl/kennispaper/kennispaper-thermisch-comfort/2019</a> De methodiek is na het intreden van de wettelijke kader rondom TO-juli en de GTO-methodiek beperkt in de markt gebruikt.
TO-juli en GTO-methodiek nieuwbouw woningen	De BENG-eisen met daarin de TO juli-indicator geven sinds 1 januari 2021 een wettelijk kader voor nieuwbouwprojecten. De grenswaarde voor de TO-juli is vastgesteld op 1,2. Deze grootheid geeft een indicatie van het risico op temperatuuroverschrijding en wordt bepaald aan de hand van de berekende koelbehoefte over de maand juli in de BENG-berekening volgens NTA 8800. Op basis van een aantal randvoorwaarden is er een correlatie met een GTO grenswaarde van 450 uur en de TO-juli van 1,2. De TO-juli eis is een toetsingsinstrument en is onvoldoende precies om gedurende het hele zomerseizoen thermisch comfort in beeld te brengen en te voorspellen. Daarbij is de GTO-beoordeling geïntroduceerd als alternatieve berekeningsmethode. De GTO-methodiek wordt omschreven in omgevingsregeling. De uitgangspunten en de grenswaarde van de GTO-methode staat omschreven in <a href="https://wetten.overheid.nl/BWBR0045528/2024-01-01#BijlageXVI">https://wetten.overheid.nl/BWBR0045528/2024-01-01#BijlageXVI</a> .

Rekenmethodiek	Toelichting																														
Hittelabel bestaande bouw (Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat)	<p>Het Hitte label kan worden gebruikt als risico indicator voor thermisch comfort in de bestaande bouw. Voor de bepaling van het hittelabel is aangesloten op de randvoorwaarden van de GTO-methodiek <sup>12</sup>met het verschil dat er in het hittelabel 3.0 bestaande bouw wordt getoetst aan drie criteria: ATG klassen A,B,C, NDH en de maximale luchttemperatuur. Het label kijkt zowel naar warmte op lange termijn, korte termijn en een risico indicator.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De ATG-methodiek met onderscheid in klasse AB en klasse C. De klassen geven een acceptatie van gebruikers van 95% /90% (A/B) en 80% (C). De overschrijding per klasse wordt voor het gehele jaar opgeteld en mag niet vaker dan 0% of 88 uur van alle uren overschreden worden.</li> <li>De night degree hour ofwel de uren overschrijding van operationele temperatuur boven 26°C 's nachts in de slaapkamer (tussen 22:00 en 6:00 uur). Voor grenswaarden tussen de NDH is 29 uur tot klasse C en 88 uur klasse D en E van de nachtelijke uren als grens genomen.</li> <li>De maximale luchttemperatuur met als grenswaarde 30°C voor label A, 31°C voor label B en 35°C voor label C en D.</li> </ul> <p><a href="https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/projecten/designing-future-cities/hitte-in-woningen.html">https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/projecten/designing-future-cities/hitte-in-woningen.html</a></p> <table border="1" data-bbox="459 1102 1297 1377"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">ATG (aantal uren)</th> <th>NDH (graaduren)</th> <th>Maximale luchttemperatuur (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>ATGAB</td> <td>0</td> <td>29</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>ATGAB</td> <td>0</td> <td>29</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>ATGAB</td> <td>88</td> <td>29</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ATGC</td> <td>88</td> <td>88</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>ATGC</td> <td>&gt;88</td> <td>&gt;88</td> <td>&gt;35</td> </tr> </tbody> </table>		ATG (aantal uren)		NDH (graaduren)	Maximale luchttemperatuur (°C)	A	ATGAB	0	29	30	B	ATGAB	0	29	31	C	ATGAB	88	29	35	D	ATGC	88	88	35	E	ATGC	>88	>88	>35
	ATG (aantal uren)		NDH (graaduren)	Maximale luchttemperatuur (°C)																											
A	ATGAB	0	29	30																											
B	ATGAB	0	29	31																											
C	ATGAB	88	29	35																											
D	ATGC	88	88	35																											
E	ATGC	>88	>88	>35																											
Gebouwscore DGBC	<p>De gebouwscore van de DGBC is niet gebaseerd op een gebouwsimulatie maar is indirect gebaseerd op resultaten vanuit het onderzoek van het hittelabel. Op basis van de omgevingscore en een gebouwscore kan vervolgens een klimaatrisicoscore voor het gebouw worden vastgesteld. Daarna is het doel het definiëren van gebieds- &amp; gebouwmaatregelen die kunnen helpen om de geconstateerde risico's tegen te gaan of weg te nemen. Door een puntensysteem die gekoppeld is aan gebouwkenmerken en maatregelen ontstaat er een optelling die leidt tot een klimaatrisicoscore. Met de score kan een indicatie worden gegeven van het risico. Het risico kan echter onvoldoende in kaart worden gebracht bij een beoordeling op ruimteniveau.</p> <p><a href="https://www.dgbc.nl/publicaties/framework-climate-adaptive-buildings-63">https://www.dgbc.nl/publicaties/framework-climate-adaptive-buildings-63</a></p> 																														

<sup>12</sup> <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2023/hittelabel-ontwikkeld-woningen/>

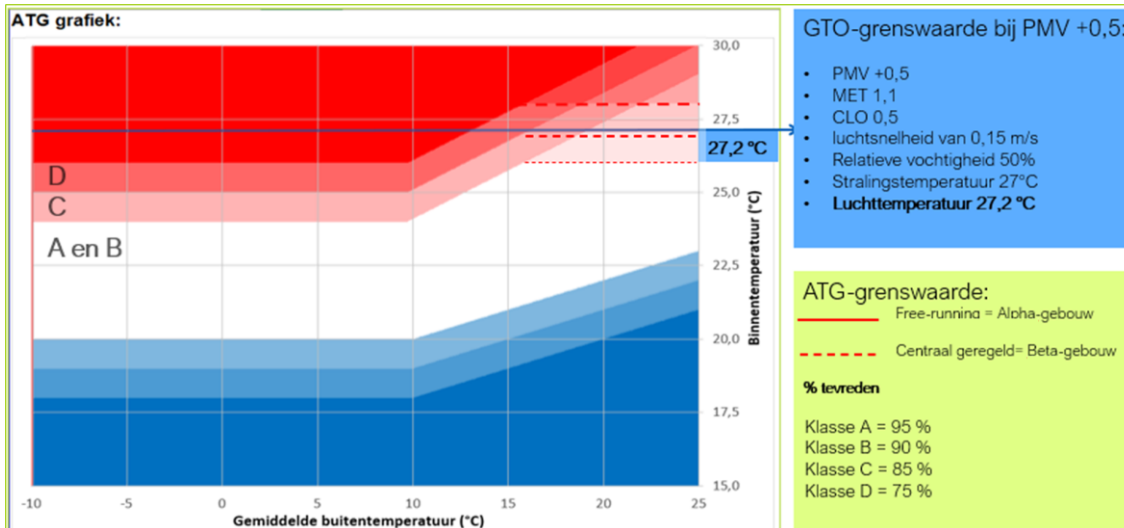
### **Beperkingen GTO-methodiek nieuwbouw**

Zoals aangegeven is de GTO-methodiek voor de nieuwbouw een complete methode met randvoorwaarden om thermisch comfort inzichtelijk te maken en te toetsen. De concrete randvoorwaarden zorgen ervoor dat de methode goed bruikbaar is en tot weinig discussie leidt. Er is een aantal onderdelen te benoemen die bij beoordeling van bestaande woningen op een andere manier beoordeeld kunnen worden.

- Bij nieuwbouw is het gebruikelijk om uitsluitend op het perceel te beoordelen en niet verder te kijken naar omliggende bebouwing of belemmeringen (bomen e.d.). Dit vindt zijn oorsprong in de methodiek van de bouwregelgeving. Zeker voor de bestaande bouw is toch wel zeer wenselijk om de omgeving mee te wegen in een beoordeling.
- De GTO-methodiek kent slechts één grenswaarde (450 GTO-uren). Dat is begrijpelijk vanuit het oogpunt van bouwregelgeving, maar doet geen recht aan de complexiteit van de praktijk. Daarom zou het beter zijn de uitkomsten op te delen in klassen waardoor ook onderscheid kan worden gemaakt in doelgroepen, zoals kwetsbare of juist minder kwetsbare personen.
- Bij nieuwbouw zijn specifieke bouwkundige gegevens die meegenomen dienen te worden in de berekening veel beter bekend dan bij bestaande bouw, zoals lineaire warmteverliezen in de constructies. Er is geen uitwerking beschikbaar hoe bij ontbrekende/onbekende gegevens moet worden omgegaan. Dit belemmert de toepassing van de GTO-methode voor bestaande situaties.
- De zienswijze rondom het gebruik van te openen ramen en de daarbij behorende spuidebieten is discutabel. De debieten zijn erg hoog terwijl de perioden van het gebruik zeer kort zijn. Dit geeft beperkingen bij het berekenen van het potentieel van afkoeling door middel van buitenlucht.
- Er is geen mogelijk te variëren in uitgangspunten rondom het gebruik van de woning. Er is één standaard gebruiker met één vastgestelde hoeveelheid interne warmteproductie verdeeld over 24 uur terwijl bij bestaande bouw meer bekend is over de gebruiker. Onderscheid maken in verschillende gebruiksprofielen kan overigens wel leiden tot moeilijk vergelijken van verschillende situaties.
- De GTO als indicator is een moeilijk communiceerbaar begrip die weinig tot de verbeelding spreekt doordat er geen sprake is van werkelijke uren. Daarnaast is deze zeer gevoelig voor hoge temperaturen en slaat dan getalsmatig hoog uit waardoor het risico van oververhitting soms onnodig groot lijkt. Het effect van adaptatie van de mens aan hogere temperaturen is niet meegenomen in deze wegging.

### **4.2 Verschil GTO- en ATG-beoordeling**

In de onderstaande grafiek is het verschil en verhouding zichtbaar tussen een GTO en een ATG-beoordeling. In de grafiek zijn de verschillende ATG-klassen en grenswaarden zichtbaar daarbij is de horizontale lijn de GTO-grenswaarde met een PMV 0,5 waarbij de persoonsfactoren en omgevingsfactoren zijn vastgezet.



Figuur 5: ATG-grafiek met GTO-grenswaarde

Uit deze grafiek komt duidelijk naar voren dat de grenswaarde van de ATG meeloopt met de buitentemperatuur waarbij de GTO-grenswaarde een horizontale grenswaarde vormt rond de 27,2 °C met een (kleine) fluctuatie afhankelijk van optredende uurlijkse vochtigheid en stralingstemperatuur.

De grenswaarde van de ATG is een lijn die afhankelijk van de buitentemperatuur oploopt. Het effect van fysieke adaptatie van het menselijk lichaam is daarmee verwerkt in deze grenswaarde. De hier genoemde buitentemperatuur is een  $R_{mot}$ -waarde zoals ook eerder in dit rapport is toegelicht. Adaptatie vindt dus alleen plaats indien er een langdurige hogere temperatuur optreedt. De berekende binnentemperatuur wordt dus op de x-as geplaatst afhankelijk van de gemiddelde temperatuur van de afgelopen 7 dagen van dat moment.

#### 4.3 Aangehouden rekenmethodiek in onderzoek

Bij het ontbreken van een wettelijke methodiek voor de bestaande bouw wordt in dit onderzoek aangesloten op een de wettelijke methodiek voor de nieuwbouw. Hiermee wordt het mogelijk om ook de vergelijking met de nieuwbouw inzichtelijk te maken. Daarbij zijn een aantal opmerkingen en aanvullingen gedaan om de hierboven genoemde beperkingen te overbruggen:

- Bij het opstellen van de TO-berekening is in varianten ook de omliggende bebouwing in kaart gebracht om het effect daarvan mee te nemen in de verdere uitwerking.
- Naast de GTO-uren worden ook de ATG-uren, klasse A/B, klasse C, NDH en de Maximale temperatuur in kaart gebracht. Er is bewust gekozen om niet nog een nieuwe onderverdeling te maken aangezien er al te veel verschillende classificaties en indicatoren zijn. Er is daarom aangesloten bij bestaande classificering overeenkomstig het hittelabel.

- Voor de bepaling van lineaire warmteverliezen zijn lengten en forfaitaire Psi-waarden kolom A vanuit bijlage I NTA 8800 aangehouden. Om de TO-berekening niet onnodig complex te maken is voor zowel bestaande situatie als gerenoveerde situatie deze Psi-waarde gelijk gebleven ondanks dat in werkelijkheid de Psi-waarde meer overeenkomen met de gerenoveerde situatie.
- Voor de spuidebieten is in basis het uitgangspunt zoals in de nieuwbouwmethodiek is omschreven aangehouden waarbij wat variaties in debieten is gemaakt in de variant berekeningen.
- Er is overeenkomstig de GTO-methodiek gerekend met één gebruiksprofiel. Er is geen onderscheid gemaakt in andere bewonersprofielen. Hierdoor ontstaat er beter inzicht in de effecten van afzonderlijke maatregelen.
- Om enige gradatie aan te brengen in de indicatoren wordt de onderverdeling volgens tabel 7. Dit is in lijn met de gradatie zoals die is aangegeven in het Hittelabel bestaande bouw.

Tabel 7: Classificatie risico indicatoren in de bestaande bouw (interpretatie op basis van hittelabel bestaande bouw)

GTO-uren	ATG <sup>1)</sup> klasse A/B	ATG <sup>1)</sup> klasse C	NDH > 26°C	Maximale temperatuur	Risico beoordeling binnenklimaat
<300 uren	0	0	< 29	<30°C	Zeer laag
<450 uren	1-88 uren			30-31°C	laag
450-900	88-180 uren	1-88 uren	29-88 uren	31-35°C	matig
900-1.800					groot
> 1.800	>180	>88	>88 uren	>35°C	Zeer groot

1. De indeling in ATG klasse is grotendeels gebaseerd op het hittelabel bestaande bouw, gezien de hoge uitkomsten qua ATG-klasse A/B en C is een getalsmatige grenswaarde toegevoerd voor het risico zeer groot. Gedefinieerd als 5% van de tijd uur van het zomerseizoen (circa 180 uur).

#### Resumé: rekenmethodiek en toetswaarde temperatuuroverschrijding

- Er ontbreekt een formele grenswaarde voor het beoordelen van het risico op temperatuuroverschrijding in de bestaande (woning)bouw.
- Er zijn verschillende methodes om het risico van temperatuuroverschrijding in kaart te brengen. Voor de nieuwbouw ligt er vanuit de publiekrechtelijke regelgeving een eis aan TOjuli en het aantal GTO-uren. Daarin is een methodiek met randvoorwaarden uitgewerkt die bestaat uit beleidsmatige gekozen uitgangspunten. Voor de toetsing van bestaande (woning)bouw moeten de randvoorwaarden worden aangevuld en moet overwogen worden of een gradatie van grenswaarden mogelijk moet worden gemaakt om zo beter de verschillende doelgroepen te kunnen bedienen.
- Er is een grote verscheidenheid aan methodieken beschikbaar voor het beoordelen van het thermisch comfort. Wij constateren een behoefte aan één methodiek, waarbij zowel het lange termijn effect (adaptieve gedrag) als de kortdurende (maximale) waarden gedurende de dag en nacht inzichtelijk wordt gemaakt.

## Hoofdstuk 5 Analyse binnenklimaat bij verduurzaming

De focus bij verduurzaming ligt traditioneel altijd op de winterperiode om de warmtebehoefte zo veel mogelijk te beperken. Veel maatregelen om de warmtevraag te beperken, hebben direct invloed in de zomerperiode en op het risico op oververhitting. In paragraaf 5.1 wordt ingegaan op het effect van de toekomstige klimaatscenario's op de warmtevraag in NTA 8800. Deze beperkte analyse richt zich op de maandmethode conform NTA 8800. De paragrafen 5.2 t/m 5.6 richten zich op de uurlijkse methodiek.

### 5.1 Effect warmtevraag op NTA8800

De nieuwe klimaatdata is van invloed op de zomer- en winterperiode. Alhoewel in dit onderzoek de focus met name ligt op de zomerperiode is een andere set klimaatdata ook van invloed op de netto warmtebehoefte. Immers een (gemiddeld) hogere buitentemperatuur zorgt voor een afname van de warmtevraag van de woning. Vandaar dat dit onderzoek de verschillen tussen de huidige en nieuwe warmtevraag  $E_{H;nd;nieuw}$  klimaatjaar en  $TO_{juli;nieuw}$  klimaatjaar inzichtelijk maken voor grondgebonden woningen met behulp van de validatietool NTA 8800.

Tabel 8: Gemiddelde maandelijkse temperatuur (bron: gemiddelde klimaatjaar De Bilt)

	NTA8800	KNMI referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
januari	2,61	4,6	5,0	4,5
februari	4,82	5,8	3,7	4,0
maart	5,91	8,0	7,3	7,5
april	9,32	9,8	10,5	10,7
mei	14,73	14,4	13,5	14,3
juni	16,12	15,8	15,7	18,7
juli	18,05	17,9	18,5	19,4
augustus	18,48	16,4	19,0	18,3
september	15,63	12,8	16,2	16,2
oktober	10,4	10,5	10,4	12,7
november	7,99	7,8	6,6	9,0
december	4	5,5	4,7	5,4
<b>Jaar gemiddelde</b>	<b>10,7</b>	<b>10,8</b>	<b>10,9</b>	<b>11,7</b>
<b>gem. 6 maanden (okt.-mrt)</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,3</b>	<b>7,2</b>
<b>gem. 3 maanden (dec.-feb.)</b>	<b>3,8</b>	<b>5,3</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>
<b>gem. 3 maanden (jun.-aug.)</b>	<b>17,6</b>	<b>16,7</b>	<b>17,7</b>	<b>18,8</b>
<b>juli</b>	<b>18,05</b>	<b>17,9</b>	<b>18,5</b>	<b>19,4</b>

### Analyse

- Jaargemiddeld is er in de referentie en 2033 weinig verschil zichtbaar. In 2050 is er sprake van een duidelijke stijging van 1°C ten opzichte van de huidige jaargemiddelde temperatuur.
- Beoordelen we de gemiddelde temperatuur van 6 maanden dan is in de winter een duidelijke stijging zichtbaar in de temperatuur. Als specifiek wordt gekeken naar het gemiddelde van de 3 maanden wintermaanden is de stijging nog beter zichtbaar.

- De maandelijkse buitentemperatuur in de zomer tussen de huidige NTA8800 en het zichtjaar 2033 verschilt maar zeer beperkt (0,1°C). In zichtjaar 2050 is dat aanzienlijk meer (1,2°C). In de maand juli is de stijging van de temperatuur ten opzichte van de huidige NTA8800 nog beter zichtbaar en zal tot uiting komen in de TO-juli.

### Effect warmtevraag – grondgeboden woning

Het effect van de toekomstige klimaatscenario's op de warmtevraag, koudevraag en TO-juli is met behulp van de NTA8800 rekentool inzichtelijk gemaakt. De volgende uitgangspunten zijn daarbij aangehouden:

- Voor het woningtype is de grondgeboden woning met de huidige situatie aangehouden (specificaties zijn verderop in hoofdstuk 5.3 uitgewerkt)
- Er is uitgegaan van het 'klimaatjaar gemiddeld' zoals gebruikelijk voor energieprestatieberekeningen (voor de zomer hanteren we "klimaatjaar koudevraag")
- Voor de warmtevraag wordt de maandmethodiek gehanteerd, conform de bepalingmethode NTA8800.
- Er is gerekend met de NTA8800 validatietool, versie d.d. 26 april 2024.
- Er is gerekend met de gemiddelde buitentemperatuur per maand en de globale zoninstraling op basis van de klimaatdata van het KNMI.

Tabel 9: Effect ander klimaatjaar op uitkomsten NTA8800 berekening

	NTA8800	KNMI referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
Warmtevraag ( $E_{\text{Hind;nieuw}}$ )	119 kWh/m <sup>2</sup>	111 kWh/m <sup>2</sup> (-7%)	113 kWh/m <sup>2</sup> (-5%)	104 kWh/m <sup>2</sup> (-13%)
Koudevraag ( $Q_{\text{C,nd}}$ )	4 kWh/m <sup>2</sup>	5 kWh/m <sup>2</sup> (+12%)	6 kWh/m <sup>2</sup> (+53%)	7 kWh/m <sup>2</sup> (+74%)
TO <sub>juli</sub> (voor/achtergevel)	0,66 / 0,57	1,04 / 0,91	1,23 / 1,06	1,31 / 1,17

### Analyse:

- Maandelijkse effect op de warmtevraag tot 2033 lijkt beperkt. In zichtjaar 2050 is toch een aanzienlijk afname zichtbaar van 13%. Met de kanttekening dat de analyse maar voor één woning is uitgevoerd.
- Het maandelijkse effect op de koudevraag stijgt getalsmatig zeer beperkt. Procentueel is dit in het zichtjaar met 74% toch aanzienlijk. Daarbij wordt opgemerkt dat uit ander onderzoek bekend is dat de huidige rekenmethode voor deze indicator de koudevraag sowieso onderschat<sup>13</sup>. Maandgemiddelde waarden zijn minder geschikt voor het beoordelen van klimaateffecten door oververhitting, omdat de dynamiek over 24 uur verloren gaat in het gemiddelde.
- In het indicatiegetal TO-juli is een duidelijke stijging zichtbaar. Waarbij in 2050 TO-juli getalsmatig bijna verdubbelt ten opzichte van de NTA 8800 nu. Gezien de ontwikkeling in de onderliggende cijfers is het de vraag of deze indicator bij een veranderend klimaat houdbaar is als maatgevende parameter.

<sup>13</sup> Onderzoek NTA 8800 Relatie tussen biobased bouwen en de bepaling van de energieprestatie van gebouwen, ARUP, 2024



- De verschillen in effecten die zichtbaar zijn tussen de maandgemiddelde resultaten uit tabel 9 en de constatering in de eerdere onderdelen van dit onderzoek die uurgemiddelde effecten beoordelen, geeft een indicatie dat een maandgemiddelde waarde voor de zomerperiode minder geschikt is in een veranderend klimaat.

## 5.2 Uitgangspunten TO-berekeningen

Om het effect van toekomstige klimaatjaren goed inzichtelijk te maken is er gebruik gemaakt van een gebouwsimulatie berekening waarbij de uurlijks aangeleverde klimaatdata ook uurlijks beoordeeld kan worden. Bij het opstellen van de gebouwsimulatie is uitgegaan van een aantal uitgangspunten. In basis is aangesloten op bijlage XVI bij artikel 5.31c van de Omgevingsregeling. Een nadere specificatie van de uitgangspunten is opgenomen in tabel 10.

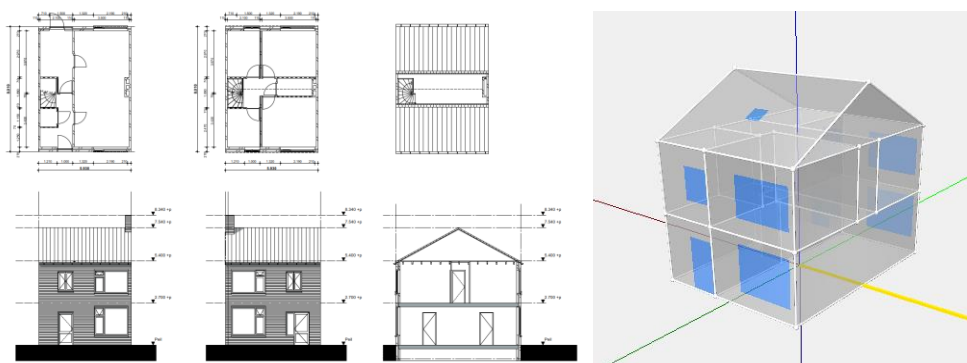
Tabel 10: Uitgangspunten TO-berekening

Uitgangspunten berekening	
Effect van beschaduwing	omliggende gebouwen meegerekend of anders indien aangegeven
Ligging	stadscentrum, beschutting is normaal
Klimaatgegevens	NEN 5060 TO5 (2018 ), of anders indien aangegeven
Rekendagen	zomerseizoen 30-04 tot 28-09 (152 dagen)
Grondtemperatuur	aangrenzende grond temperatuur is 12°C
Aangrenzende bebouwing	geen warmte uitwisseling "identieke ruimte"
Zonering van de ruimten	werkelijke ruimte afmetingen overeenkomend met ontwerp
Maatgevende typen	tussenwoning en portieketagewoning
Gebruik	
Ruimte	per verblijfsruimte niet per zone
Ruimte eisen ontwerptemperaturen	verwarmen : Dag: 20, koelen: 25°C
IWP Personen en woning	zomerkleding: 0,5 Clo, activiteit: 1,1 MET = (64W /m <sup>2</sup> ), NTA 8800 Par 7.5.2.1
IWP Apparaten	verwerkt in IWP woning
IWP Verlichting	verwerkt in IWP woning
Tijdschema (gebruik personen)	continue gehele dag
Tijdschema (gebruik apparatuur)	n.v.t.
Tijdschema (teluren)	continue gehele dag
Tijdschema (installatie en spuien)	open gedurende 07:00- 08:00 en 21:00 -23:00, overig is gesloten
Zonwering schakelmoment	Sluiten buitenzonwering bij 150 W/m <sup>2</sup>
Debiet spuien (dag )	6 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup> conform NEN1087:2019 of anders indien aangegeven
Voorwaarden spuien	openen bij binnentemperatuur > 24 °C en buiten > 13 °C en buiten temperatuur lager dan binnen
Ventilatieve koeling (nacht)	n.v.t. of anders indien aangegeven
Voorwaarden ventilatieve koeling	debiet conform NTA 8800, Bij > 13°C buiten en > 24 °C binnen

In het onderzoek zijn twee woningtypologieën onderzocht. Het betreft een grondgebonden woning en een portieketagewoning; deze zijn in paragraaf 5.3 en 5.5 nader beschreven.

### 5.3 Grondgebonden woning

Het betreft een tussenwoning uit 1967 die matig geïsoleerd is door enige verbetermaatregelen in de loop der jaren (spouwisolatie, conventioneel dubbel glas). Voor deze grondgebonden woning is als oriëntatie oost/west aangehouden. Dat is voor de beoordeling van het risico op oververhitting de maatgevende oriëntatie. De overige bouwkundige en installatietechnische maatregelen die van invloed zijn op de warmtevraag en temperatuuroverschrijding staan in tabel 11.



Figuur 6: Grondgebonden woning – jaren '60 / rekenmodel

### 5.4 Beperken van warmtevraag en effect buitenzonwering – grondgebonden woning

In tabel 11 is een overzicht opgenomen van de uitgangspunten die in deze studie zijn meegenomen voor de volgende drie verschillende energetische varianten:

- Huidige situatie: een matig geïsoleerde woning.
- Een maatregelenpakket waarbij voldaan wordt aan de Standaard voor woningisolatie.
- Een maatregelenpakket waarbij voldaan wordt aan een niveau voorbij de Standaard voor woningisolatie.

Tabel 11: Kenmerken huidige situatie, Standaard en Voorbij de Standaard voor woningisolatie

	Huidige situatie	Standaard woningisolatie	Voorbij de Standaard
Begane grondvloer	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	<b><math>R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>	<b><math>R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>
Langsgevel	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	<b><math>R_c = 4,70 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>
Hellend dak	$R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	<b><math>R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>	<b><math>R_c = 6,30 \text{ m}^2\text{K/W}</math></b>
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (conventioneel dubbel glas)	<b><math>U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K} - g_{gl}: 0,6</math> (HR<sup>++</sup>-glas)</b>	<b><math>U_w = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K} - g_{gl}: 0,5</math> (triple-glas)</b>
Infiltratie	$q_{v,10,ref} = 3,00 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$	<b><math>q_{v,10,ref} = 0,70 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2</math></b>	<b><math>q_{v,10,ref} = 0,50 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2</math></b>
Interne warmtecapaciteit	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk
Zonwerende voorzieningen	geen	geen	geen
Voordeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b><math>U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>	<b><math>U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Ventilatiesysteem <sup>1)</sup>	systeem C1	<b>systeem C4c</b>	<b>systeem D5c</b>
<b>Warmtevraag woning (Standaard: 64 kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>119 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>61 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>36 kWh/m<sup>2</sup></b>

1) Legenda ventilatiesystemen:

- C1: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (toevoer door roosters of ramen)

- C4c: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (toevoer door zelfregelende roosters, sturing op afvoer door CO<sub>2</sub>-meting in woonkamer en hoofslaapkamer)
- D5c: centrale WTW, sturing op toe- en afvoer door CO<sub>2</sub> in woonkamer en hoofslaapkamer met passieve koelregeling

### Ad a. Huidige situatie - tussenwoning

De eerste configuratie betreft de huidige matig geïsoleerde woning. In de volgende tabellen is eerst gerekend met de huidige methodiek NEN 5060:T05. Daarna zijn drie scenario's toegevoegd: De Bilt referentie, De Bilt 2033 en De Bilt 2050. Het risico op temperatuuroverschrijding is weergegeven voor de woonkamer en de slaapkamer.

Tabel 12: Huidige situatie – matig geïsoleerd, zonder warmte werende voorzieningen

Huidige situatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	1101	3130	4313	7542
ATG-uren klasse A/B	367	761	1307	1498
ATG-uren klasse C	136	495	782	1159
NDH > 26°C	165	282	282	523
T <sub>a-max</sub>	32	35	34	35
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	384	1972	2216	5006
ATG-uren klasse A/B	77	438	574	1063
ATG-uren klasse C	15	270	241	704
NDH > 26°C	100	221	221	490
T <sub>a-max</sub>	31	33	32	34

In de volgende tabel zijn de rekenresultaten opgenomen van de berekening waarbij de matig geïsoleerde woning is voorzien van buitenzonwering op alle ramen, met uitzondering van de deuren en het zijlicht van de achterdeur.

Tabel 13: Huidige situatie – matig geïsoleerd, met buitenzonwering

Huidige situatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	2	190	241	706
ATG-uren klasse A/B	0	0	8	65
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	2	73	102	196
T <sub>a-max</sub>	28	29	29	29
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	0	150	150	497
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	2
ATG-uren klasse C	0	0	0	0

NDH > 26°C	0	76	88	187
T <sub>a</sub> -max	27	29	28	29

### Analyse

- In basis heeft de woning in de huidige situatie een groot risico op oververhitting.. De toekomstige klimaatjaren leiden daarbij tot een aanzienlijke stijging van het aantal GTO/ATG-uren, NDH-uren en maximale binnentemperaturen, ten opzichte van het klimaatjaar NEN 5060 T05.
- Bijzondere aandacht vraag de nachtperiode, zichtbaar is dat het aantal uren boven de 26°C stijgt ten opzichte van het klimaatjaar NEN 5060 T05. Dit betekent dat de woning gedurende de nachtperiode minder kan afkoelen, waardoor het effect van zomernachtventilatie ofwel ventilatieve koeling vermindert. Dit is ook terug te zien in figuur 3 waarbij de tropennachten aanzienlijk stijgen tussen referentie, 2033 en 2050.
- Aangezien de huidige situatie al een groot risico op hitteproblematiek heeft, is in tabel 13 dezelfde woning met buitenzonwering toegevoegd. Daaruit volgt dat buitenzonwering een aanzienlijke bijdrage levert aan het verlagen van temperatuuroverschrijding. Er zijn meer mogelijkheden om warmte te weren, daarover meer in hoofdstuk 6.
- Op basis van tabel 13 'met buitenzonwering' is het risico op temperatuuroverschrijding bij de toekomstige klimaatjaren nog als matig risico te noemen gezien de stijging in uren NDH >26°C.

### Ad b. Verduurzaming naar de Standaard voor woningisolatie - tussenwoning

In de tweede configuratie is dezelfde tussenwoning verduurzaamd naar het niveau Standaard voor woningisolatie. De volgende maatregelen worden getroffen om de warmtevraag te beperken::

- Een lager ventilatiedebiet door het aanbrengen van CO<sub>2</sub>-gestuurde ventilatie
- Het verbeteren van de luchtdichtheid
- Het vervangen van het glas naar HR++-glas
- Het isoleren van de spouwmuur en het dak
- Het isoleren van de vloer, waardoor warmte uitwisseling met de kruipruimte/grond wordt verminderd

Tabel 14: Verduurzaming naar Standaard voor woningisolatie, zonder warmte werende voorzieningen

Standaard voor woningisolatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	3823	6161	11082	12549
ATG-uren klasse A/B	1335	1543	2673	2342
ATG-uren klasse C	790	1109	2261	1966
NDH > 26°C	454	436	866	752
T <sub>a</sub> -max	34	37	36	38
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	1904	4609	6961	10289
ATG-uren klasse A/B	626	989	2182	1900
ATG-uren klasse C	239	813	1420	1577

NDH > 26°C	317	362	786	665
T <sub>a-max</sub>	32	35	34	36

Tabel 15: Verduurzaming naar Standaard voor woningisolatie, met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	102	742	1042	2550
ATG-uren klasse A/B	1	93	172	621
ATG-uren klasse C	0	3	11	148
NDH > 26°C	80	163	285	455
T <sub>a-max</sub>	29	30	30	31
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	8	448	558	1755
ATG-uren klasse A/B	0	4	21	329
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	36	139	217	358
T <sub>a-max</sub>	28	29	29	30

### Analyse

- Er is sprake van een verhoging van het aantal overschrijding bij het niveau 'Standaard' ten opzichte van de huidige matig geïsoleerde situatie. Dat wil niet zeggen dat verduurzamen daarmee onwenselijk is, er is wel degelijk vraagbeperking nodig voor de energieprestatie in de winterperiode. Maar bij de keuze van verduurzamingsmaatregelen moet rekening worden gehouden met het thermisch comfort in de zomerperiode.
- Ook bij het niveau 'Standaard voor woningisolatie' levert buitenzonwering een belangrijke bijdrage aan reductie van het risico op temperatuuroverschrijding. Wel is zichtbaar dat met name bij het zichtjaar 2050 buitenzonwering onvoldoende is voor een laag risico op oververhitting. Aanvullende warmte werende maatregelen of actieve koeling zijn dan nodig. In hoofdstuk 6 is ook zichtbaar dat de omgeving hierin nog een belangrijke rol kan spelen.
- Maatregelen die een gunstig effect hebben op het reduceren van de warmtebehoefte hebben vaak een negatief effect op het risico op oververhitting. Andersom geldt, zij het vaak in mindere mate, ook: dat zonwerende maatregelen die getroffen worden om oververhitting te voorkomen hebben een negatief effect op de warmtebehoefte. Zoals bijvoorbeeld zonwerend glas.

### Ad c. Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie - tussenwoning

In de onderstaande configuratie is dezelfde tussenwoning verduurzaamd naar het niveau Voorbij de Standaard voor woningisolatie. Naast het nog beter isoleren van de constructies, en waarmee dus meer warmte wordt vastgehouden, zijn ook de volgende maatregelen van effect op warmteontwikkeling in de woning:

- Triple glas met een zontoetredingsfactor (0,5) die lager is dan HR<sup>++</sup> glas (0,6) en dus minder zontoetreding tot gevolg heeft;
- Een gebalanceerd ventilatiesysteem met CO<sub>2</sub> sturing met een passieve koelregeling waarbij de koelregeling zorgt voor meer ventilatie bij hogere binnen temperaturen in combinatie met lage(re) buitentemperaturen.

Tabel 16: Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie, zonder warmte werende voorzieningen

Voorbij de Standaard voor woningisolatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	2039	4307	6623	9736
ATG-uren klasse A/B	782	1123	2186	1981
ATG-uren klasse C	325	822	1435	1555
NDH > 26°C	321	351	761	685
T <sub>a-max</sub>	32	35	35	36
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	828	2920	3500	7290
ATG-uren klasse A/B	195	780	1162	1508
ATG-uren klasse C	19	465	480	1181
NDH > 26°C	225	298	606	584
T <sub>a-max</sub>	30	33	33	34

Tabel 17: Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie, met buitenzonwering

Voorbij de Standaard voor woningisolatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	5	318	425	1197
ATG-uren klasse A/B	0	2	11	87
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	19	108	175	304
T <sub>a-max</sub>	28	29	29	30
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	0	141	177	629
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	0
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	0	83	107	258
T <sub>a-max</sub>	27	28	28	29

### Analyse

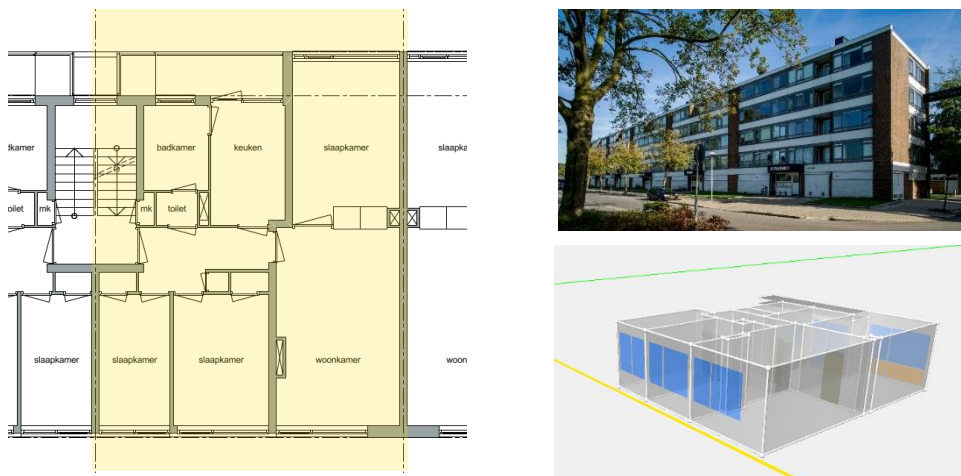
- Door het renoveren naar het niveau van voorbij de standaard is een minder grote stijging van overschrijdingen zichtbaar dan bij niveau van de standaard. Dit is een contra-intuïtief effect en volgt uit andere keuzes zoals het ventilatie systeem en beglazing.
- Uitsluitend het isoleren van de woning heeft een klein negatief effect op de opwarming door dat warmte langer in de woning blijft en sneller tot hoge temperaturen kan oplopen. Door maatregelen zoals een

passieve koelregeling op te nemen wordt automatisch meer geventileerd bij hoge binnentemperaturen waardoor warmte effectief kan worden afgevoerd.

- Ook bij dit niveau voorbij de standaard is het toepassen van buitenzonwering van groot effect het hoge aantal NDH >26°C blijven zowel bij de huidige situatie als niveau voorbij de standaard te hoog om te kunnen spreken van een laag risico op warmteproblemen.
- Opvallend is de stijging in het aantal GTO-uren tussen 2033 en 2050 terwijl het aantal ATG-uren niet stijgt tussen 2033 en 2050. Dit heeft te maken met het verschil in weging van beide parameters waarbij er in de ATG-grenswaarde het effect van adaptatie aan hogere buitentemperaturen zichtbaar wordt.

## 5.5 Appartement

Het betreft een portieketage-tussenwoning op de op één na hoogste bouwlaag. De portiekwoning uit 1960 is matig geïsoleerd door enige verbetermaatregelen in de loop der jaren (spouwisolatie, conventioneel dubbel glas). Voor het appartement is als oriëntatie oost/west aangehouden. De overige bouwkundige en installatietechnische maatregelen die van invloed zijn de warmtevraag en temperatuuroverschrijding staan in tabel 18.



*Figuur 7: Tussenappartement van portiekwoning – jaren '60*

## 5.6 Beperken van warmtevraag en effect buitenzonwering – appartement

In tabel 18 is voor het appartement eveneens een overzicht opgenomen van de uitgangspunten die voor de drie energieconcepten zijn aangehouden. Het betreft:

- Huidige situatie: een matig geïsoleerd woongebouw.
- Een maatregelenpakket waarbij voldaan wordt aan de Standaard voor woningisolatie.
- Een maatregelenpakket waarbij voldaan wordt aan het niveau voorbij de Standaard voor woningisolatie.

Tabel 18: Kenmerken huidige situatie, Standaard en Voorbij de Standaard voor woningisolatie

	Huidige situatie	Standaard woningisolatie	Voorbij de Standaard
Langsgevel	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 4,70 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 2,58 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 2,58 \text{ m}^2\text{K/W}$
Panelen	$U_p = 1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_p = 0,90 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_p = 0,90 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (conventioneel dubbel glas)	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} - g_{gl}: 0,6$ (HR <sup>++</sup> -glas)	$U_w = 1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} - g_{gl}: 0,5$ (triple-glas)
Infiltratie	$q_{v,10,ref} = 1,50 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v,10,ref} = 0,35 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v,10,ref} = 0,35 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Interne warmtecapaciteit	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk	Vloeren: zwaar, gevels: dragend metselwerk
Zonwerende voorzieningen	geen	geen	geen
Voordeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Balkondeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Ventilatiesysteem <sup>1)</sup>	systeem C1	<b>systeem C4c</b>	<b>systeem D5c</b>
<b>Warmtevraag woning (Standaard: 45 kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>101 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup></b>	<b>44 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup></b>	<b>24 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup></b>

1) Legenda ventilatiesystemen:

- C1: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (toevoer door roosters of ramen)
- C4c: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (toevoer door zelfregelende roosters, sturing op afvoer door CO<sub>2</sub>-meting in woonkamer en hoofdslaapkamer)
- D5c: centrale WTW, sturing op toe- en afvoer door CO<sub>2</sub> in woonkamer en hoofdslaapkamer

### Ad a. Huidige situatie – tussenappartement tussen laag

De eerste configuratie betreft een huidige matig geïsoleerd appartement op de tussenliggende bouwlaag met de oriëntatie O/W, zowel zonder als met buitenzonwering. Het stedelijk hitte-eiland is hierbij nog buiten beschouwing gelaten.

Tabel 19: Huidige situatie – matig geïsoleerd, zonder warmte werende voorzieningen

Huidige situatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	1908	4260	6871	9572
ATG-uren klasse A/B	641	1031	1906	1773
ATG-uren klasse C	315	744	1398	1497
NDH > 26°C	269	322	661	612
T <sub>a-max</sub>	32	35	35	36
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050



GTO-uren	1396	3730	5418	8329
ATG-uren klasse A/B	421	864	1529	1567
ATG-uren klasse C	204	606	984	1291
NDH > 26°C	202	309	596	548
T <sub>a-max</sub>	34	37	35	37

In de volgende tabel is het appartement voorzien van buitenzonwering op alle ramen, met uitzondering van de balkondeur.

Tabel 20: Huidige situatie – matig geïsoleerd, met buitenzonwering

Huidige situatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	28	527	661	1513
ATG-uren klasse A/B	0	36	74	247
ATG-uren klasse C	0	0	6	34
NDH > 26°C	29	123	166	278
T <sub>a-max</sub>	28	30	30	30
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	30	485	574	1351
ATG-uren klasse A/B	0	33	57	211
ATG-uren klasse C	0	2	4	41
NDH > 26°C	20	105	149	251
T <sub>a-max</sub>	28	30	30	31

### Analyse

- Net zoals bij de grondgebonden woning is in de huidige situatie al sprake van een groot risico op hitte in de woon en slaapkamers. In het appartement is dit nog in beperkte mate meer het geval dan bij de tussenwoning. De doorgerekende klimaatjaren leiden eveneens tot een aanzienlijke stijging van het aantal GTO/ATG-uren, NDH-uren en maximale binnentemperaturen, ten opzichte van het klimaatjaar NEN 5060 T05.
- Op basis van tabel 20 'met buitenzonwering' is het risico op hitte in de toekomstige klimaatjaren nog als matig te benoemen. Met uitzondering van het aantal NDH uren in de nacht.

### Ad b. Verduurzaming naar de Standaard voor woningisolatie – tussenappartement tussen laag

In de tweede configuratie is het appartement verduurzaamd naar het niveau Standaard voor woningisolatie. Hierbij is net als bij de grondgebonden woning met name maatregelen getroffen om warmtevraag te beperken die indirect van invloed zijn op het zomercomfort. Naast de Standaard voor woningisolatie moet nagedacht worden over aanvullende maatregelen om de koelvraag te verlagen, zoals buitenzonwering.

Tabel 21: Verduurzaming naar Standaard voor woningisolatie, zonder warmte verende voorzieningen

Standaard voor woningisolatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	4279	6653	12416	13111
ATG-uren klasse A/B	1550	1823	2877	2522
ATG-uren klasse C	930	1257	2408	2062
NDH > 26°C	535	532	909	770
T <sub>a-max</sub>	34	37	37	38
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	3168	5797	10146	11885
ATG-uren klasse A/B	1039	1307	2498	2134
ATG-uren klasse C	596	1020	2072	1809
NDH > 26°C	399	413	853	731
T <sub>a-max</sub>	34	38	37	39

Tabel 22: Verduurzaming naar Standaard voor woningisolatie, met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	114	923	1257	2903
ATG-uren klasse A/B	0	142	248	700
ATG-uren klasse C	0	9	25	237
NDH > 26°C	93	188	296	463
T <sub>a-max</sub>	28	30	31	31
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	79	832	1040	2559
ATG-uren klasse A/B	0	108	176	600
ATG-uren klasse C	0	7	11	184
NDH > 26°C	45	157	244	410
T <sub>a-max</sub>	29	30	31	31

### Analyse

- Er is net als bij de grondgebonden woning sprake van een verhoging van het aantal overschrijding bij het niveau 'Standaard' ten opzichte van de huidige matig geïsoleerde situatie. Bij de keuze van verduurzamingsmaatregelen moet rekening worden gehouden met het thermisch comfort in de zomerperiode.
- Ook bij het niveau 'Standaard voor woningisolatie' levert buitenzonwering een belangrijke bijdrage aan reductie van het risico op temperatuuroverschrijding. Het is niet voldoende om te kunnen spreken van een

laag risico op oververhitting. Het risico is nog een stuk hoger bij het appartement dan bij de grondgebonden woning. Er zijn aanvullende warmte werende / passieve maatregelen nodig of actieve koeling.

### Ad c. Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie – tussenappartement tussen laag

In de onderstaande configuratie is hetzelfde tussenappartement verduurzaamd naar het niveau Voorbij de Standaard voor woningisolatie, waarbij het effect met en zonder buitenzonwering is bepaald. Naast het beter isoleren van de constructies, zijn ook de volgende maatregelen getroffen:

- Triple glas met een zontoetredingsfactor (0,5) die lager is dan HR<sup>++</sup> glas (0,6) en dus minder zontoetreding tot gevolg heeft
- Een gebalanceerd ventilatiesysteem met CO<sub>2</sub> sturing met een passieve koelregeling waarbij de koelregeling zorgt voor meer ventilatie bij hogere binnen temperaturen.

Tabel 23: Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie, zonder warmte werende voorzieningen

Voorbij de Standaard voor woningisolatie				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	1962	4341	6881	9783
ATG-uren klasse A/B	838	1189	2235	1982
ATG-uren klasse C	317	812	1521	1567
NDH > 26°C	332	351	840	706
T <sub>a-max</sub>	32	34	35	35
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	1396	3770	5290	8565
ATG-uren klasse A/B	458	984	1734	1664
ATG-uren klasse C	168	660	1031	1368
NDH > 26°C	253	323	776	658
T <sub>a-max</sub>	32	35	34	36

Tabel 24: Verduurzaming Voorbij de Standaard voor woningisolatie, met buitenzonwering

Voorbij de Standaard voor woningisolatie met buitenzonwering				
Woonkamer	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	4	435	522	1377
ATG-uren klasse A/B	0	9	16	129
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	25	121	189	311
T <sub>a-max</sub>	28	29	30	30
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	De Bilt Referentie	De Bilt L2033	De Bilt Md2050
GTO-uren	2	392	434	1173
ATG-uren klasse A/B	0	8	11	89
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH > 26°C	14	108	153	281
T <sub>a-max</sub>	28	29	30	30

### Analyse

- Bij het appartement is door het renoveren naar het niveau van voorbij de standaard een kleine stijging van overschrijdingen zichtbaar ten opzichte van de huidige situatie. Het risico op hitte is hierbij dus ook aanzienlijk minder geworden ten opzichte van niveau van de standaard. Dit is een contra-intuïtief effect.
- Met name door maatregelen zoals een passieve koelregeling op te nemen wordt automatisch meer geventileerd bij hoge binnentemperaturen waardoor warmte effectief kan worden afgevoerd.
- Ook bij dit niveau voorbij de standaard is het toepassen van buitenzonwering van groot effect. Het hoge aantal NDH >26°C blijven zowel bij de huidige situatie als niveau voorbij de standaard te hoog om te kunnen spreken van een laag risico op warmteproblemen.

## Resumé: binnenklimaat bij verduurzaming

### Analyse warmtevraag/koudevraag:

- Bij het verduurzamen van een woning, zonder warmtewerende voorziening is over alle indicatoren sprake van een forse stijging c.q. overschrijding van de GTO, ATG en binnentemperaturen zowel overdag als 's nachts. Dit geldt nu en ook op termijn.
- Het klimaatjaar "referentiejaar" dat als het huidige klimaat wordt verondersteld door het KNMI leidt tot aanzienlijk meer overschrijdingen dan de huidige NEN5060 T05. Dit is te verklaren door met name het aantal dagen  $R_{mot} > 22^{\circ}\text{C}$  en meer tropennachten.
- Het klimaatjaar "2033" levert ten opzichte van de huidige NEN5060 T05 aanzienlijk meer overschrijdingen op. Ten opzichte van het KNMI-referentiejaar is de stijging relatief klein.
- Het klimaatjaar "2050 Md" levert ten opzichte van de huidige NEN5060 T05 ook aanzienlijk meer overschrijdingen op zichtbaar in alle indicatoren. Ten opzichte van "2033" is er op GTO-uren een stijging zichtbaar maar bij een adaptieve beoordeling op ATG-uren is er geen stijging zichtbaar. Dit heeft te maken met de adaptatie van het menselijk lichaam aan hogere temperaturen. Daarmee wordt ook het effect van een adaptieve weging van de ATG indicator zichtbaar. Dit verschil tussen de ATG en GTO weging verdwijnt weer naarmate er minder hoge temperaturen optreden (zonwering) en dus minder sprake is van adaptatie.
- Met name het aantal GTO-uren stijgt getalsmatig fors bij de varianten: De Bilt referentie, 2033 en 2050 ten opzichte van het huidige NEN5060:T05. Het stijgen van het aantal ATG-uren is meer rechtlijnig te noemen. Dit heeft te maken met de kwadratische weging waarmee het aantal GTO-uren wordt bepaald.
- Het verduurzamen naar het niveau 'Voorbij de Standaard' leidt doorgaans tot maatregelen die naast een positief effect op de warmtevraag ook een gunstig effect hebben op de koudevraag; zoals triple-glas met een lagere  $g_{gl}$ -waarde, buitenzonwering en een gebalanceerde ventilatie met passieve koeling. Het oog hebben op zowel de winter als zomerperiode is essentieel. Daarmee wordt een wijd verspreide aanname, dat meer isoleren leidt tot meer problemen met oververhitting, op zijn minst genuanceerd. Het lijkt goed mogelijk te zijn de warmtebehoefte te beperken en het risico op oververhitting te beheersen, mits een effectieve combinatie van maatregelen wordt gekozen.
- Het aantal uren in de nacht dat de temperatuur boven de  $26^{\circ}\text{C}$  ligt verdubbelt bij de zichtjaren 2033 en 2050. Het toekomstig klimaat zorgt ook voor aanzienlijke warmere nachten met minder afkoeling.

### Analyse buitenzonwering:

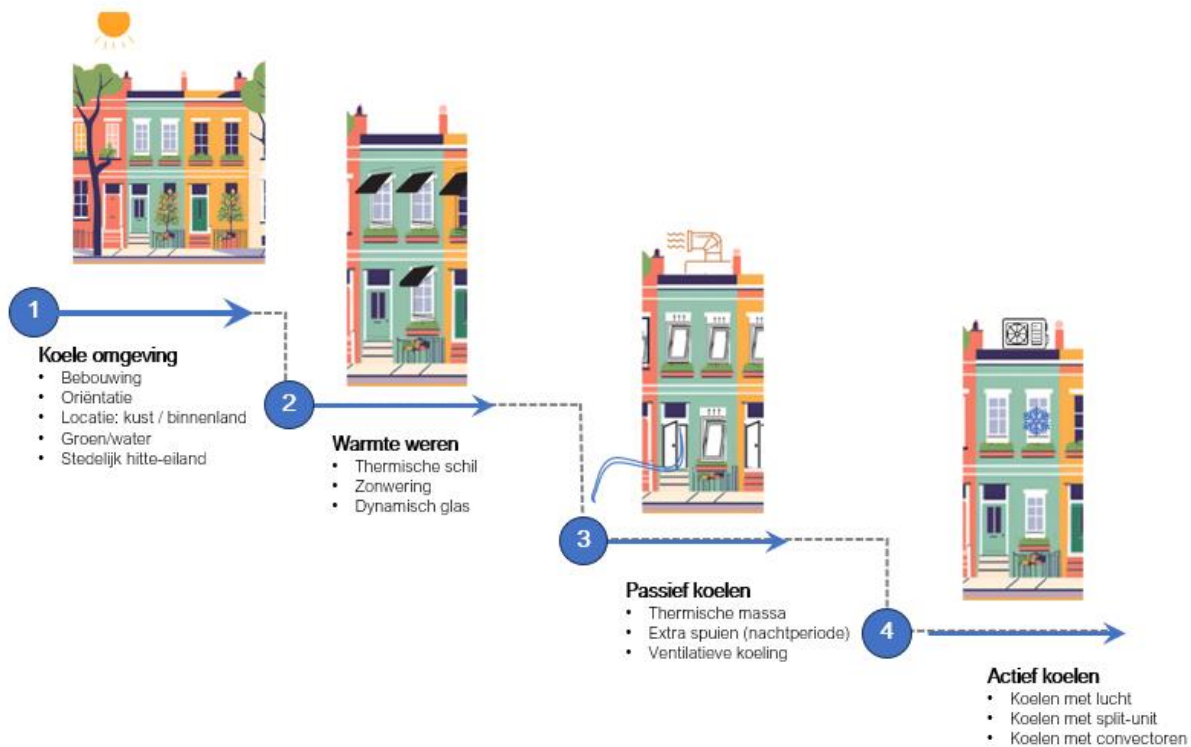
- Buitenzonwering draagt in belangrijke mate bij aan het verlagen van het risico op temperatuuroverschrijding. Bij het verduurzamen van woningen is de toepassing van buitenzonwering als noodzakelijk te beschouwen, gezien de toekomstige opwarming van het klimaat.
- Wel is zichtbaar dat het aantal uren dat de temperatuur in de nachtperiode boven de  $26^{\circ}\text{C}$  komt aandacht vraagt. Dit is nog zonder het stedelijk hitte-eiland. Een combinatie van een andere (passieve) maatregel, naast buitenzonwering, is voor het zichtjaar 2050 nodig.
- Met name bij het zichtjaar 2050 komen er kritische GTO, ATG en NDH-waarden naar voren.

## Hoofdstuk 6 Gevoeligheidsanalyse

Voor de grondgebonden woning is op basis van het meest kritische energieconcept 'de verduurzaming naar de Standaard voor woningsisolatie' een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In de hierna volgende paragrafen wordt aan de hand van de ladder van koeling voor de bestaande bouw het effect van warmte werende maatregelen toegelicht.

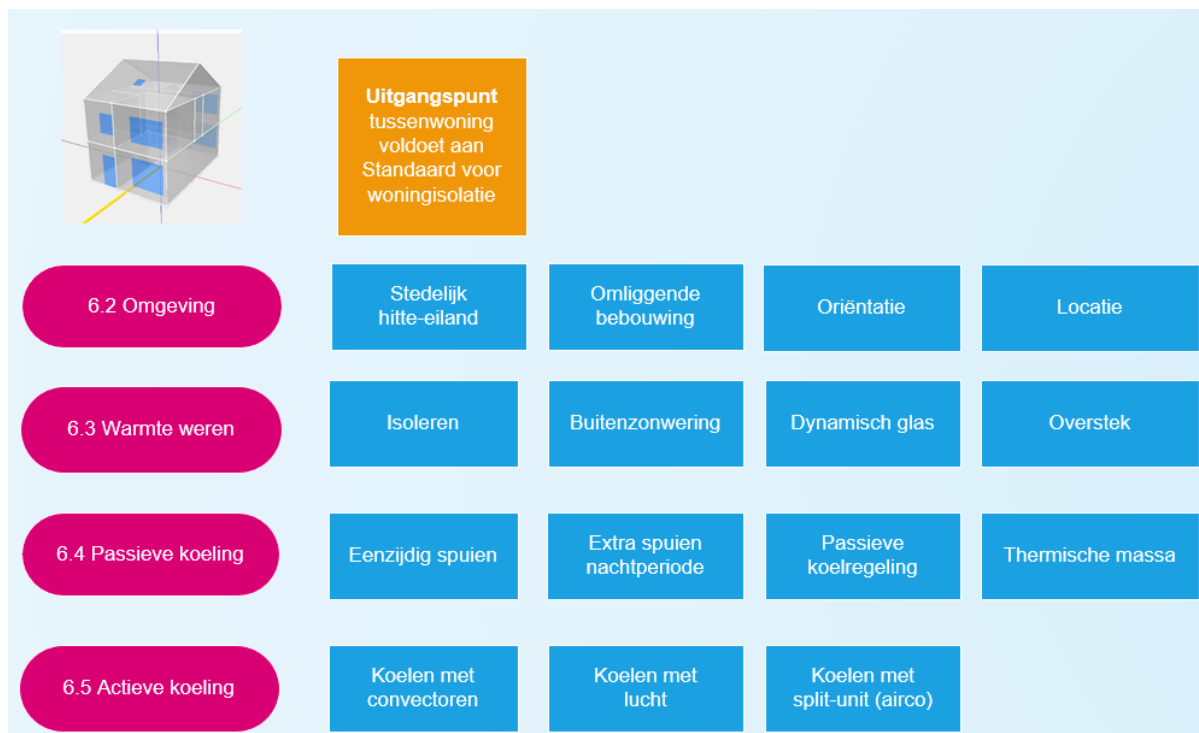
### 6.1 Ladder van koeling

Vanuit ISSO en OSKA (Overleg Standaarden Klimaatadaptatie) is een ladder van koeling opgesteld. Deze ladder van koeling hebben wij in de gevoeligheidsanalyse als kapstok gebruikt om verschillende maatregelen te ordenen.



Figuur 8: Ladder van koeling bestaande bouw (bron/inspiratie: ladder van koeling ISSO / OSKA)

De gevoeligheidsanalyse in de hierna volgende paragrafen is gebaseerd op de ladder van koeling. In het volgende schema zijn de configuraties weergegeven die voor de grondgebonden woning zijn geanalyseerd.



### Legenda tabellen

In de gevoeligheidsanalyse wordt gebruik gemaakt van tabellen, waarbij in de gekleurde cellen de resultaten in uren staan weergegeven. De kleur komt overeen met kleuren in tabel 7. Daarnaast is de grijze kolom het verschil weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie. Dit kan een positief effect zijn of een negatief effect. Een positief effect is met groen aangegeven en een negatief effect met rood.

Woonkamer	NEN 5060 T05	
GTO-uren	Resultaat in uren	Δ positief effect ten op van referentiesituatie
ATG-uren klasse A/B	Resultaat in uren	Δ negatief effect ten op van referentiesituatie
ATG-uren klasse C	Resultaat in uren	
NDH > 26°C	Resultaat in uren	
T <sub>a-max</sub>	Resultaat in uren	

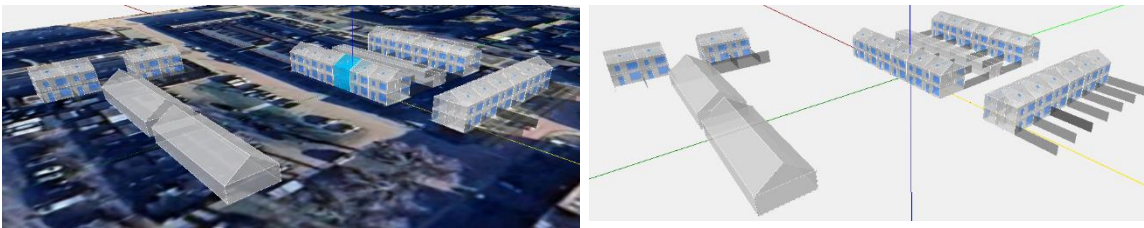
## 6.2 Omgeving

### Stedelijk hitte-eiland

Het effect van het stedelijk hitte-eiland op het binnenklimaat is in deze studie separaat beoordeeld en wordt in hoofdstuk 7 nader beschouwd.

### Omliggende bebouwing

De omgeving wordt in een simulatieberekening voor het bepalen van het risico op temperatuuroverschrijding doorgaans niet meegenomen. Aangezien deze studie zich richt op de bestaande bouw is onderzocht in welke mate de omliggende bebouwing van invloed is op de uitkomst. In deze analyse zijn de omliggende bouwblokken, bergingen en schuttingen gesimuleerd. Deze omliggende bebouwing zorgt voor afscherming, waardoor laagstaande zonnestraling wordt geweerd.



Figuur 9: Impressie omliggende simulatie van omliggende bebouwing in Vabi Elements

In tabel 25 is naast de rekenresultaten in de grijze kolom de reductie weergegeven ten opzichte van de referentie: de woning zonder omliggende bebouwing en schuttingen.

Tabel 25: Effect omliggende bebouwing/schutting

Standaard voor woningisolatie + omliggende bebouwing								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	2601	-1222	4687	-1474	7318	-3764	10364	-2185
ATG-uren klasse A/B	928	-407	1084	-459	2205	-468	1941	-401
ATG-uren klasse C	458	-332	841	-268	1627	-634	1594	-372
NDH > 26°C	360	-94	355	-81	765	-101	691	-61
T <sub>a-max</sub>	33	-1	36	-1	35	-2	37	-1
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	1122	-782	3248	-1361	3805	-3156	7830	-2459
ATG-uren klasse A/B	327	-299	791	-198	1324	-858	1538	-362
ATG-uren klasse C	66	-173	560	-253	572	-848	1261	-316
NDH > 26°C	250	-67	298	-64	637	-149	591	-74
T <sub>a-max</sub>	31	-1	34	-1	33	-2	35	-1

### Analyse resultaten

- Uit tabel 25 blijkt dat de door de bebouwing de laag staande zonnestraling worden afgeschermd door de tegenliggende bouwblok, schutting en/of andere belemmeringen. Het effect varieert per zichtjaar en grootheid, maar is veelal substantieel.
- Het effect is in dit geval inzichtelijk gemaakt bij een oost/west oriëntatie. Bij een noord/zuid oriëntatie zal het effect van beschaduwden van omliggende bebouwing minder substantieel zijn.



- In bovenstaande tabel wordt uitsluitend het positieve effect van afscherming weergegeven. Tegelijkertijd zorgt deze afscherming van zontoetreding in de warmtebehoefte van een woning ook voor een ongunstig effect, namelijk minder opwarming in de winterperiode.
- Gezien het grote effect van omliggende bebouwing is dit ook verdere varianten studie als basis meegenomen. In stedelijke omgeving zal er altijd sprake zijn van belemmeringen aan de horizon. De indicatie van oververhitting wordt hiermee realistischer in beeld gebracht.

### Oriëntatie

In de gevoeligheidsanalyse is de tussenwoning in basis georiënteerd op het oost/westen. Om inzicht te krijgen in het effect van een andere oriëntatie, is de oriëntatie gewijzigd naar noord-zuid. Daarbij is uitgegaan van het isolatieniveau naar de Standaard voor woningsisolatie, waarbij rekening is gehouden met de omliggende bebouwing. In tabel 26 is dus uitsluitend het effect zichtbaar van wijzigen van de oriëntatie. In de grijze kolom is de reductie weergegeven van dezelfde woning met een Noord zuid oriëntatie ten opzichte oost/west oriëntatie.

Tabel 26: Effect wijzigen oriëntatie van O/W naar N/Z

Standaard voor woningsisolatie + Oriëntatie N/Z								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	990	-1611	2029	-2658	3130	-4188	5837	-4527
ATG-uren klasse A/B	280	-648	584	-500	873	-1332	1332	-609
ATG-uren klasse C	65	-393	243	-598	400	-1227	873	-721
NDH > 26°C	242	-118	281	-74	516	-249	592	-99
T <sub>a-max</sub>	31	-2	32	-4	33	-2	33	-3
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	439	-683	1204	-2044	1990	-1815	4119	-3711
ATG-uren klasse A/B	74	-253	273	-518	459	-865	950	-588
ATG-uren klasse C	7	-59	68	-492	215	-357	564	-697
NDH > 26°C	174	-76	226	-72	335	-302	489	-102
T <sub>a-max</sub>	30	-1	31	-3	32	-1	32	-3

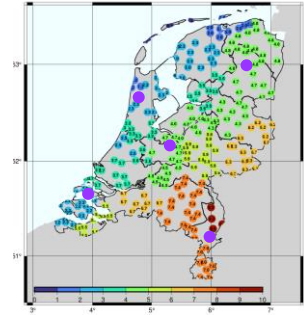
### Analyse resultaten

- Alhoewel de oriëntatie van bouwblokken in de bestaande bouw een vast gegeven is, is de oriëntatie van invloed op de zonbelasting. Een woning met een oost- en west gevel zorgt in de ochtend en avondperiode voor een hogere opwarming van de woning dan een woning die aan één zijde (zuidzijde) zonbelast wordt.
- Het verschil tussen een O/W-woning en een N/Z georiënteerde woning is aanzienlijk. De N/Z-woning is ten opzichte van de O/W-woning gunstiger qua zomercomfort, dit is zichtbaar in de reductie in de grijze kolom.
- In de kolom NEN5060 T05 is zichtbaar dat slaapkamer 1 voldoet aan de gestelde GTO-eisen voor nieuwbouw woningen (<450). Deze slaapkamer is gelegen op het zuiden. In de zichtjaren 2033 en 2050 is echter een forse overschrijdingen zichtbaar en voldoet deze niet meer aan de grenswaarde.

- In bijlage 3 is ook een tabel opgenomen van dit bouwblok dat gedraaid is met de voorgevel op het noordwesten. Hierbij is zichtbaar dat een O/W oriëntatie het meest maatgevend is en blijft in toekomstige zichtjaren 2033 en 2050.

### Locatie

In deze gevoeligheidsanalyse is voor de locatie uitgegaan van De Bilt als referentie. Vanuit de analyse in paragraaf 3.2 & 3.3 komt naar voren dat er regionaal sprake is van verschillen in buitentemperatuur en globale zoninstraling. Om dat effect te laten zien is in de twee volgende tabellen het zomercomfort in de regio Roermond en Alkmaar berekend. Roermond heeft een klimaat die overeenkomt met de regio binnenland. Alkmaar heeft een klimaat die meer overeenkomt met de kustregio.



Tabel 27: Locatie Roermond

Standaard voor woningisolatie + locatie: Roermond						
Woonkamer	Roermond Referentie		Roermond L2033		Roermond Md2050	
GTO-uren	5292	605	9273	1955	12142	1778
ATG-uren klasse A/B	1246	162	2453	248	2065	124
ATG-uren klasse C	922	81	1925	298	1782	188
NDH > 26°C	424	69	834	69	712	21
T <sub>a-max</sub>	36	0	35	1	37	1
Slaapkamer 1	Roermond Referentie		Roermond L2033		Roermond Md2050	
GTO-uren	3882	634	5312	1507	9995	2165
ATG-uren klasse A/B	829	38	1688	364	1731	193
ATG-uren klasse C	651	91	805	233	1516	255
NDH > 26°C	314	16	729	92	612	21
T <sub>a-max</sub>	34	0	33	1	35	0

Tabel 28: Locatie Alkmaar

Standaard voor woningisolatie + locatie: Alkmaar						
Woonkamer	Alkmaar Referentie		Alkmaar L2033		Alkmaar Md2050	
GTO-uren	3729	-958	6004	-1314	8620	-1744
ATG-uren klasse A/B	1044	-40	2110	-95	1863	-78
ATG-uren klasse C	749	-92	1448	-179	1435	-159
NDH > 26°C	333	-22	765	0	672	-19
T <sub>a-max</sub>	35	-1	33	-1	35	-1
Slaapkamer 1	Alkmaar Referentie		Alkmaar L2033		Alkmaar Md2050	
GTO-uren	2201	-1047	2698	-1107	5686	-2144
ATG-uren klasse A/B	677	-114	1048	-276	1346	-192
ATG-uren klasse C	403	-157	378	-194	1041	-220
NDH > 26°C	259	-39	536	-101	560	-31
T <sub>a-max</sub>	33	-1	32	-1	34	-2

## Analyse

- In tabel 27 is zichtbaar dat de resultaten in de regio binnenland (Roermond) aanzienlijk kritischer zijn ten opzichte van de regio De Bilt. Op alle indicatoren is een aanzienlijk stijging zichtbaar. In paragraaf 6.3 “warmte weren” komen beide steden nogmaals naar voren, waarbij het effect van buitenzonwering is meegenomen.
- In tabel 28 is zichtbaar dat de kustregio (Alkmaar) minder kritisch is dan De Bilt. Dit is lijn met het beeld dat naar voren komt uit hoofdstuk 3 analyse buitenklimaat.
- In tabel 27 en 28 is voor Roermond en Alkmaar in de grijze kolom de stijging of reductie weergegeven ten opzichte van de locatie: De Bilt.

## NEN5060:T05 en T01

Een vergelijkbare analyse als de locatie is verricht voor de huidige norm NEN 5060: T01 en T05. In tabel 29 is het verschil zichtbaar gemaakt tussen de NEN5060 T05 en NEN5060 T01. De NEN5060 T01 wordt beschouwd als een toekomstbestendig klimaatjaar met een 1% overschrijdingskans.

In tabel 29 is zichtbaar hoe het klimaatbestand NEN5060 T05 zich verhoudt ten opzichte van NEN5060 T01 en tot de locatie en zichtjaren uit tabel 27 en 28. Door NEN5060 T01 te vergelijken met Roermond (meest warm) en Alkmaar (milder) is zichtbaar dat de T01 zich ergens bevindt tussen het referentiejaar en 2033. Ook het strengere klimaatjaar NEN5060 T01 lijkt daarom maar beperkt toekomstbestendig.

Tabel 29: verschil tussen NEN5060:2018 T05 en T01

Woonkamer	NEN 5060 T05	NEN5060:T01
GTO-uren	2601	5510 2909
ATG-uren klasse A/B	928	1461 533
ATG-uren klasse C	458	1018 560
NDH > 26°C	360	508 148
T <sub>a</sub> -max	33	34 1
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05	NEN5060:T01
GTO-uren	1122	3225 2103
ATG-uren klasse A/B	327	875 548
ATG-uren klasse C	66	404 338
NDH > 26°C	250	417 167
T <sub>a</sub> -max	31	33 2

## 6.3 Warmte weren

### Isoleren / verbeteren luchtdichtheid

In paragraaf 5.4 is zichtbaar dat door de woningisolatie te verbeteren naar het niveau van de Standaard het risico op temperatuuroverschrijding toeneemt. Tegelijkertijd is zichtbaar dat als de woning nog verder

wordt verduurzaamd naar nieuwbouwniveau (Voorbij de Standaard) het risico op temperatuuroverschrijding maar beperkt toeneemt ten opzichte van huidige situatie. Het is dus van belang om te weten welke maatregel positief of negatief bijdraagt aan de opwarming.

In tabel 30 is inzicht gegeven in het effect van isolerende maatregelen. Hierbij is de vloerisolatie verbeterd van  $R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$  naar  $R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$  en dakisolatie van  $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$  naar  $R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Tabel 30: effect van isoleren vloer en dak

Huidige situatie met verbeteren thermische schil								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	884	220	2436	402	2981	649	5941	664
ATG-uren klasse A/B	263	75	553	72	939	188	1226	112
ATG-uren klasse C	101	39	366	90	463	170	915	132
NDH > 26°C	129	35	217	13	382	57	486	16
T <sub>a-max</sub>	32	1	34	1	33	1	35	1
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	223	34	1318	118	1180	121	3307	272
ATG-uren klasse A/B	30	5	290	36	233	32	722	45
ATG-uren klasse C	5	0	104	27	45	15	353	48
NDH > 26°C	69	8	159	5	234	15	428	18
T <sub>a-max</sub>	30	0	32	0	31	0	33	0

1. In de grijze kolom is het verschil weergegeven ten opzichte van een ongeïsoleerde vloer en dak naar een geïsoleerde vloer en dak (rood is een negatief effect)

## Analyse

- Uit tabel 30 komt naar voren dat isoleren van dak en vloer een klein negatief effect heeft op de warmteontwikkeling in de woning.
- Ook met een warmer wordend klimaat zoals in 2033 en 2050 blijft het isoleren van de vloer en dak een negatief effect opleveren.
- Het effect van isoleren is overigens afhankelijk van de oorspronkelijke situatie. Uitgaande van een niet-geïsoleerd dak als huidige situatie geeft het isoleren juist een verbetering op thermisch comfort. In hoofdstuk 6.6 is dit verder uitwerkt in de koudebehoefte.
- Met name de vloerisolatie levert een negatief effect op door het afschermen van de koelere grondtemperatuur in de zomerperiode. Vloerisolatie is vanuit thermisch comfort in de winter juist een zeer gewenste maatregel.

## Geïsoleerde voorzetwand

In de bestaande bouw van met name de vooroorlogse jaren is er geen spouw aanwezig of maakt de woning onderdeel uit van een beschermd stadsgezicht. In deze situatie wordt veelvuldig een geïsoleerde voorzetwand toegepast. Daarmee wordt de thermische massa afgeschermd. De thermische massa is van invloed op het warmte-accumulerende vermogen en daarmee op het zomercomfort.

Als er een geïsoleerde voorzetwand wordt toegepast is het effect op de binnen temperaturen marginaal. Door de thermische massa van een gevel in te pakken met een voorzetwand is de opwarming iets groter geworden. Dit kan worden voorkomen door het toevoegen van meer massa zoals een dubbele gipsplaat of cementgebonden plaat aan de binnenzijde. De tabel met resultaten van de voorzetwand met en zonder buitenzonwering is in bijlage 3 opgenomen.

### Buitenzonwering

Voor de grondgebonden woning is op alle ramen buitenzonwering/screens aangebracht, met uitzondering van de deuren en het zijlicht naast de achterdeur. Voor de buitenzonwering is gerekend met donkere screens die sluiten bij een zinstraling van 150 W/m<sup>2</sup>.

Tabel 31: Effect van buitenzonwering, bij locatie De Bilt

Standaard voor woningisolatie + buitenzonwering								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	78	-2523	707	-3980	792	-6526	2240	-8124
ATG-uren klasse A/B	0	-928	85	-999	91	-2114	531	-1410
ATG-uren klasse C	0	-458	3	-838	5	-1622	72	-1522
NDH > 26°C	71	-289	158	-197	260	-505	427	-264
T <sub>a-max</sub>	28	-5	30	-5	30	-5	31	-6
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-1122	378	-2870	378	-3427	1382	-6448
ATG-uren klasse A/B	0	-327	3	-788	4	-1320	98	-1440
ATG-uren klasse C	0	-66	0	-560	0	-572	0	-1261
NDH > 26°C	25	-225	123	-175	166	-471	334	-257
T <sub>a-max</sub>	27	-4	29	-5	29	-4	30	-5

Om aan te geven dat het effect van buitenzonwering per locatie kan verschillen, is in de volgende tabellen het effect van buitenzonwering op het binnenklimaat weergegeven voor de locaties Roermond en Alkmaar.

Tabel 32: Effect van buitenzonwering, bij locatie de Roermond

Woonkamer	Roermond Referentie		Roermond 2033		Roermond Md2050	
GTO-uren	1106	-4186	1303	-7970	3745	-8397
ATG-uren klasse A/B	183	-1063	207	-2246	827	-1238
ATG-uren klasse C	16	-906	20	-1905	262	-1520
NDH > 26°C	229	-195	339	-495	528	-184
T <sub>a-max</sub>	31	-5	31	-4	31	-6
Slaapkamer 1	Roermond Referentie		Roermond 2033		Roermond Md2050	
GTO-uren	682	-3200	682	-4630	2493	-7502
ATG-uren klasse A/B	17	-812	32	-1656	410	-1321
ATG-uren klasse C	0	-651	0	-805	3	-1513

NDH > 26°C	172	-142	233	-496	480	-132
T <sub>a-max</sub>	30	-5	30	-4	30	-5

Tabel 33: Effect van buitenzonwering, bij locatie Alkmaar

Woonkamer	Alkmaar Referentie		Alkmaar 2033		Alkmaar Md2050	
GTO-uren	256	-3473	398	-5606	1001	-7619
ATG-uren klasse A/B	8	-1036	19	-2091	143	-1720
ATG-uren klasse C	0	-749	0	-1448	2	-1433
NDH > 26°C	104	-229	179	-586	283	-389
T <sub>a-max</sub>	29	-6	29	-5	30	-5
Slaapkamer 1	Alkmaar Referentie		Alkmaar 2033		Alkmaar Md2050	
GTO-uren	82	-2119	130	-2568	412	-5274
ATG-uren klasse A/B	0	-677	0	-1048	0	-1346
ATG-uren klasse C	0	-403	0	-378	0	-1041
NDH > 26°C	58	-201	98	-438	227	-333
T <sub>a-max</sub>	28	-5	28	-4	29	-5

### Analyse

- Buitenzonwering draagt onafhankelijk van de locatie in belangrijke mate bij aan het verlagen van het risico op temperatuuroverschrijding.
- Geredeneerd vanuit de beoordeling van nieuwbouw eisen < 450 GTO is buitenzonwering op langere termijn niet voldoende voor goed zomercomfort in klimaatjaar De Bilt en Roermond. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het stedelijk hitte-eiland. Zeker voor het zichtjaar 2050 geldt dat er nog een aanzienlijke overschrijding plaatsvindt en buitenzonwering niet afdoende is.
- Ook is zichtbaar dat het aantal uren dat de temperatuur in de nachtperiode boven de 26°C komt aandacht vraagt. Een combinatie van een andere (passieve) maatregel, naast buitenzonwering, is voor het zichtjaar 2033 en 2050 nodig.
- Uit tabel 33 blijkt dat op de locatie Alkmaar met buitenzonwering een gunstiger binnenklimaat ontstaat. Door de toepassing van buitenzonwering wordt in de referentie, 2033 en ook bijna in 2050 voldaan aan de eisen voor nieuwbouw.

### Dynamisch glas

Dynamisch glas is glas waarvan de tint kan veranderen. Hierdoor wordt, afhankelijk van het seizoen, gevarieerd in de mate van zon- en lichttoetreding. In het glas zit een transparant vloeibaar kristalmengsel die wordt aangestuurd door lage spanning. De moleculen van dit kristalmengsel kunnen veranderen van oriëntatie en reguleren daarmee de hoeveelheid licht en warmte die er doorheen gaat. Dit is van invloed op de zontoetredingsfactor ( $g_{gl}$ -waarde) in de simulatieberekening.

Dynamisch glas heeft in basis een lagere  $g_{gl}$ -waarde dan standaard HR<sup>++</sup>-glas. Het ligt niet voor de hand om zonwerend glas in de bestaande bouw te plaatsen. Dit heeft namelijk ook energetisch een negatief effect in de winterperiode. Vandaar dat dynamisch glas een beter alternatief vormt.

In de gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van de volgende specificaties van het dynamisch glas:

- Helder:  $g_{gl}$ : 0,47 (dit is in basis dus al een lagere  $g_{gl}$ -waarde dan bij standaard HR<sup>++</sup>-glas)
- Donker:  $g_{gl}$ : 0,06

Tabel 34: *Dynamisch glas*

Standaard voor woningisolatie + dynamisch glas								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	447	-2154	1646	-3041	1875	-5443	4621	-5743
ATG-uren klasse A/B	84	-844	440	-644	521	-1684	1093	-848
ATG-uren klasse C	9	-449	165	-676	124	-1503	665	-929
NDH > 26°C	168	-192	254	-101	394	-371	498	-193
T <sub>a-max</sub>	30	-3	32	-4	32	-3	33	-4
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	111	-1011	954	-2294	904	-2901	2898	-4932
ATG-uren klasse A/B	4	-323	163	-628	108	-1216	685	-853
ATG-uren klasse C	0	-66	15	-545	6	-566	237	-1024
NDH > 26°C	88	-162	177	-121	269	-368	463	-128
T <sub>a-max</sub>	29	-2	31	-3	30	-3	32	-3

**Analyse:**

- Dynamisch glas kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van het risico op temperatuuroverschrijding.
- De prestaties van dynamisch glas zijn minder gunstig in vergelijking met buitenzonwering. Daarnaast heeft dynamisch glas als nadeel dat er ook warmte geweerd wordt tijdens de winterperiode door de lagere  $g_{gl}$ -waarde ten opzichte van regulier HR<sup>++</sup>-glas.

**Overstek**

Voor de ramen met een zuidoriëntatie is het zinvol om een overstek / horizontale lamellen te plaatsen. Met een overstek van circa 70 cm diep kan de zoninstraling van een raam van 2 meter hoogte al volledig afvangen. Met name overstekken als galerijen en balkons kunnen daarom bij een zuidoriëntatie net zoveel effect hebben als een buitenzonwering. Deze variant is voorsnog niet doorgerekend.

## 6.4 Passieve koeling

In deze paragraaf is een analyse van passieve maatregelen opgenomen die een positief of negatief effect hebben op het zomercomfort in de woning.

### Eenzijdig spuien

In de basisberekening wordt uitgegaan van een spuicapaciteit van 6 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup> gedurende 4 uur per etmaal, conform de GTO-methodiek. Dit komt voor de woonkamer overeen met circa 640 m<sup>3</sup>/h en voor de slaapkamer met circa 200 m<sup>3</sup>/h. Er zijn verschillende situaties denkbaar dat deze spuicapaciteit niet behaald wordt. Bijvoorbeeld bij eenzijdig georiënteerde appartementen of appartementen die geluidsbelast of inbraakgevoelig zijn. Corridor appartementen zijn in basis vaak eenzijdig georiënteerd. Maar ook bij grondgebonden woningen valt te denken aan eenzijdig geluidsbelasting van een drukke weg. Ramen worden aan die zijde niet geopend waardoor aanzienlijk minder warmte kan worden afgevoerd.

Om het effect van spuien inzichtelijk te maken is een variant doorgerekend met enkelzijdige ventilatie ofwel 3 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup> gedurende 4 uur per etmaal. Dit draagt niet bij aan het passief koelen van de woning, maar geeft wel een realistischer beeld dan de voorgeschreven waarden bij dergelijke woningen/appartementen.

Tabel 35: effect van eenzijdig spuien, zonder buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + eenzijdig spuien								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	3828	1227	5731	1044	9966	2648	12104	1740
ATG-uren klasse A/B	1258	330	1257	173	2606	401	2146	205
ATG-uren klasse C	787	329	979	138	2146	519	1872	278
NDH > 26°C	431	71	395	40	846	81	751	60
T <sub>a-max</sub>	34	1	36	1	35	1	37	1
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	1926	804	4198	950	5780	1975	9699	1869
ATG-uren klasse A/B	635	308	894	103	1976	652	1798	260
ATG-uren klasse C	219	153	767	207	1140	568	1521	260
NDH > 26°C	317	67	338	40	762	125	654	63
T <sub>a-max</sub>	32	1	34	1	33	1	36	1

Tabel 36 effect van eenzijdig spuien, met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + eenzijdig spuien met buitenzonwering								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	191	113	966	259	1240	448	3231	991
ATG-uren klasse A/B	8	8	168	83	225	134	821	290
ATG-uren klasse C	0	0	9	6	13	8	294	222
NDH > 26°C	159	88	225	67	327	67	490	63



T <sub>a-max</sub>	29	0	30	0	30	0	31	0
<b>Slaapkamer 1</b>	<b>NEN 5060 T05</b>		<b>De Bilt Referentie</b>		<b>De Bilt L2033</b>		<b>De Bilt Md2050</b>	
GTO-uren	22	22	536	158	577	199	2072	690
ATG-uren klasse A/B	0	0	8	5	13	9	443	345
ATG-uren klasse C	0	0	0	0	0	0	0	0
NDH > 26°C	48	23	150	27	232	66	397	63
T <sub>a-max</sub>	28	0	29	0	29	0	30	0

### Analyse

- Woningen waarbij er geen dwarsventilatie qua spuien kan plaatsvinden hebben een aanzienlijk hoger risico op oververhitting. Dit zijn woningen met aan één zijde de te openen ramen als gevolg van een eenzijdige oriëntatie, geluidbelasting of inbraakgevoeligheid.
- Ook in een warmer wordend klimaat zoals in 2050 blijft het openen van ramen nog effectief en noodzakelijk om warmte af te kunnen voeren.
- De oververhitting wordt met name veroorzaakt door zontoetreding en in veel mindere mate door eenzijdig ventileren van de woning blijkt uit tabel 35/36.

### Spuien in de nachtperiode

Veel bewoners zetten in de nachtperiode het draai/kiepraam open om gedurende de nachtperiode beperkt te spuien. Om dat effect inzichtelijk te maken is gerekend met een spucapaciteit van 1,5 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup> gedurende 12 uur. Het debiet is hierbij dus lager aangezien er op kiepstand wordt geventileerd. Dit komt overeen met het spuien van de woonkamer met circa 160 m<sup>3</sup>/h en voor de slaapkamer met circa 50 m<sup>3</sup>/h.

Tabel 37: Spuien in de nachtperiode

Standaard voor woningisolatie + spuien (nacht)								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	2345	-256	4605	-82	6990	-328	10219	-145
ATG-uren klasse A/B	863	-65	1116	32	2171	-34	1933	-8
ATG-uren klasse C	408	-50	841	0	1485	-142	1617	23
NDH > 26°C	289	-71	317	-38	674	-91	624	-67
T <sub>a-max</sub>	33	0	35	0	34	0	36	0
<b>Slaapkamer 1</b>								
GTO-uren	976	-146	3170	-78	3612	-193	7728	-102
ATG-uren klasse A/B	241	-86	801	10	1264	-60	1557	19
ATG-uren klasse C	44	-22	541	-19	498	-74	1251	-10
NDH > 26°C	218	-32	290	-8	539	-98	568	-23
T <sub>a-max</sub>	31	0	34	0	33	0	35	0

Tabel 38: Spuien in de nachtperiode , met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + spuien (nacht) met buitenzonwering								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	44	-34	553	-154	655	-137	1890	-350
ATG-uren klasse A/B	0	0	51	-34	57	-34	357	-174
ATG-uren klasse C	0	0	0	-3	0	-5	25	-47
NDH > 26°C	22	-49	97	-61	172	-88	325	-102
T <sub>a-max</sub>	28	0	30	0	30	0	30	0
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	0	288	-90	298	-80	1159	-223
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	-3	0	-4	27	-71
ATG-uren klasse C	0	0	0	0	0	0	0	0
NDH > 26°C	9	-16	83	-40	120	-46	284	-50
T <sub>a-max</sub>	27	0	29	0	29	0	29	0

### Analyse

- Het gebruik maken van te openen ramen om in de nacht de woning af te koelen heeft ook in de toekomstige warmere klimaat nog steeds een klein positief effect ondanks meer tropische nachten. Let op dat dit de resultaten zijn behorende bij een buitengebied zonder stedelijk hitte eiland.
- De combinatie met buitenzonwering zorgt ervoor dat er in de slaapkamers tot 2050 nog een laag risico kan worden behaald. De temperatuur in de nachten blijven echter nog langdurig te hoog.
- Het effect van alleen spuien in de nacht is minimaal te noemen in vergelijking met andere maatregelen.
- In de praktijk is het openen van ramen zeer afhankelijk van de gebruiker, hinder van geluid, inbraak en ongedierte zoals muggen. Dit zorgt ervoor dat het werkelijk ventileren met te openen ramen maar beperkt tot stand komt. Het plaatsen van horren zorgt daarbij ook weer tot het verlagen van de luchtsnelheid. Ook is het tijdens tropische nachten vaak sprake van windstil weer waardoor de luchtsnelheid zeker in stedelijk gebied zeer laag is.

### Passieve koelregeling

Om zo effectief mogelijk gebruik te maken van koelere buitenlucht is een passieve koelregeling mogelijk. Dit vraagt dus bij renovatie een gebalanceerd ventilatiesysteem. Deze koelregeling is standaard geïntegreerd in de nieuwste balansventilatieoestellen, daarvoor geldt de voorwaarde dat de temperatuur binnen hoger is dan 24°C en buiten meer dan 13°C. Vanaf dat moment gaat het ventilatiesysteem meer ventileren naar een vooraf ingesteld hoger ventilatiedebiet. In deze berekening is het debiet ingesteld op maximaal 250 m<sup>3</sup>/h in geval van koelbehoefte. Een groot voordeel van de koelregeling ten opzichte van ventileren met te openen ramen is dat dit niet afhankelijk is van de gebruiker, geluidbelasting buiten, inbraakgevoelige locaties en/of ongedierte zoals muggen. Het toepassen van een balansventilatiesysteem vraagt echter wel het inpassen van de unit en kanalen in bestaande vloeren en wanden. Alhoewel ook systemen op de markt zijn met minder kanaalwerk.

Tabel 39: Effect van passieve koelregeling 250 m<sup>3</sup>/h

Standaard voor woningisolatie + passieve koelregeling								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	1331	-1270	3129	-1558	4209	-3109	7486	-2878
ATG-uren klasse A/B	496	-432	796	-288	1453	-752	1526	-415
ATG-uren klasse C	179	-279	520	-321	827	-800	1180	-414
NDH > 26°C	233	-127	288	-67	564	-201	548	-143
T <sub>a-max</sub>	32	-1	35	-1	33	-1	35	-2
Slaapkamer 1								
GTO-uren	242	-880	1859	-1389	1849	-1956	4889	-2941
ATG-uren klasse A/B	73	-254	443	-348	491	-833	1082	-456
ATG-uren klasse C	10	-56	221	-339	122	-450	678	-583
NDH > 26°C	142	-108	232	-66	381	-256	504	-87
T <sub>a-max</sub>	30	-1	33	-1	32	-1	34	-2

In de volgende tabel is het effect van een passieve koelregeling weergegeven gecombineerd met buitenzonwering.

Tabel 40: Effect passieve koelregeling 250 m<sup>3</sup>/h , met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + passieve koelregeling met buitenzonwering								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	17	-61	463	-244	446	-346	1227	-1013
ATG-uren klasse A/B	0	0	20	-65	10	-81	136	-395
ATG-uren klasse C	0	0	0	-3	0	-5	1	-71
NDH > 26°C	20	-51	112	-46	164	-96	287	-140
T <sub>a-max</sub>	28	-1	30	0	29	-1	30	-1
Slaapkamer 1								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	0	208	-170	169	-209	631	-751
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	-3	0	-4	0	-98
ATG-uren klasse C	0	0	0	0	0	0	0	0
NDH > 26°C	4	-21	90	-33	97	-69	237	-97
T <sub>a-max</sub>	27	0	29	0	28	-1	29	-1

### Analyse

- Uit de tabellen hierboven is duidelijk dat een passieve koelregeling een aanzienlijk effect heeft in het verlagen van de temperaturen ondanks dat er in toekomstige zichtjaren meer tropische nachten zijn. Dit komt met name doordat op basis van actuele binnen-en buitentemperaturen wel of geen gebruik kan worden gemaakt van vrije koeling. Dit zorgt voor een optimale sturing onafhankelijk van gebruikersgedrag.
- De combinatie met buitenzonwering zorgt tot zichtjaar 2050 in de slaapkamers voor een laagrisico met uitzondering van de uren NDH >26°C.
- Een passieve koelregeling heeft ten opzichte van te openen ramen een aanzienlijk groter positief effect. Kijkend naar een zichtjaar met veel tropische nachten zoals De Bilt Md 2050 (zie figuur 3) De passieve

koelregeling verlaagt de NDH 26°C in de slaapkamer met 97 uren in de nacht waarbij te openen ramen in de nacht de helft verlagen, namelijk 50 uren.

- In de bijlage is een variant passieve koelregeling toegevoegd met een hoger ventilatiedebiet (350 m<sup>3</sup>/h). Daarmee is een verdere verlaging van de temperatuur mogelijk. Hierbij wordt het installatiegeluidsniveau van het toestel in de woning een aandachtspunt om hinder te voorkomen. Denk daarbij aan akoestische kanalen en dempers.

### Zware of lichte constructie koelregeling

Er is een variant doorgerekend waarbij voor de tussenwoning uitgegaan is van een houtskeletbouw woning in plaats van een steenachtig casco. In de bestaande bouw zijn relatief weinig woningen die volledig uit een HSB opbouw bestaan. Er is in de bestaande bouw wel regelmatig sprake is van een lichte opbouw, denk daarbij aan een zolder of een optopping.

In tabel 41 en 42 is het effect van deze lichtere bouwstijl nader onderzocht. In dit geval is de woning uitgevoerd met een passieve koelregeling. Hiermee is getracht ook het positief effect van afkoeling van woningen met een lichte bouwstijl in kaart te brengen. Het effect (in grijs) is ten opzichte van een zware woning met passieve koelregeling waardoor alleen het effect van de gebouw massa zichtbaar wordt. Zonder deze koelregeling in de lichte bouwstijl treden er namelijk aanzienlijk meer overschrijdingen op ten opzichte van een traditionele bouwstijl.

Tabel 41: Houtskeletbouwcasco – zonder buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + passieve koelregeling								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	4173	2842	4565	1436	7595	3386	8723	1237
ATG-uren klasse A/B	1037	541	1150	354	1633	180	1690	164
ATG-uren klasse C	763	584	860	340	1347	520	1393	213
NDH > 26°C	171	-62	217	-71	426	-138	463	-85
T <sub>a-max</sub>	39	7	41	7	40	7	43	8
Slaapkamer 1								
GTO-uren	1423	1181	2456	597	3598	1749	5044	155
ATG-uren klasse A/B	409	336	555	112	880	389	963	-119
ATG-uren klasse C	273	263	389	168	629	507	730	52
NDH > 26°C	137	-5	198	-34	362	-19	436	-68
T <sub>a-max</sub>	36	6	38	5	40	8	40	6

Tabel 42: Houtskeletbouwcasco – met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + passieve koelregeling met buitenzonwering								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	683	666	1331	868	1877	1431	2814	1587
ATG-uren klasse A/B	249	249	321	301	583	573	613	477
ATG-uren klasse C	120	120	174	174	293	293	373	372

NDH > 26°C	62	42	128	16	208	44	276	-11
T <sub>a-max</sub>	32	4	34	4	33	4	35	5
<b>Slaapkamer 1</b>								
GTO-uren	219	219	836	628	1022	853	1790	1159
ATG-uren klasse A/B	78	78	172	172	264	264	371	371
ATG-uren klasse C	29	29	71	71	118	118	202	202
NDH > 26°C	58	54	128	38	191	94	259	22
T <sub>a-max</sub>	30	4	32	3	32	3	34	5

### Analyse

- Zowel zware als lichte bouwconstructies hebben verschillende specifieke voor- en nadelen qua thermische comfort in de winter en zomerperiode. Een lichte constructie warmt sneller op, maar kan bijvoorbeeld in de nachtperiode ook sneller afkoelen. Dit wordt duidelijk uit tabel 41 zonder zonwering waarbij de temperaturen overdag hoger liggen maar in de nacht juist lager liggen dan in een zware woning.
- Ondanks de passieve koelregeling is in de lichte woning nog steeds sprake van meer overschrijdingen bij een weging op GTO en ATG. Het aantal uren NDH>26°C wordt wel aanzienlijk lager. Daar is het positieve effect van een passieve koelregeling in een lichte bouwstijl goed zichtbaar.
- Wanneer in zowel de zware als lichte bouwstijl buitenzonwering wordt toegevoegd, en dus de oorzaak van hitte in de woning wordt geëlimineerd, blijkt een zware bouwstijl iets gunstiger te zijn in het aantal uren NDH >26°C.
- Bij een lichte bouwstijl is het risico op oververhitting groter bij een warmer wordend klimaat. De oorzaak daarvan is dat er sneller hogere binnen temperaturen optreden bij lichtere bouwstijl als gevolg van minder accumulerend vermogen. Wel kan het accumulerend effect van een lichte bouwstijl snel worden vergroot door in de eerste centimeters van de constructie meer massa toe te voegen.
- Bij een lichte bouwstijl is het ventileren via bijvoorbeeld een passieve koelregeling of spuivoorzieningen van groot belang.

### 6.5 Actieve koeling

In deze paragraaf zijn een aantal koelsystemen doorgerekend die passend zijn in de bestaande bouw. Bij het toepassen van actieve koeling ontstaat er een ander verwachtingsniveau van de gebruiker en dat werkt ook door in de comfortgrenswaarden. De tot nu toe gehanteerde comfortgrenswaarden zijn niet afgestemd op grenswaarden die passend zijn bij een woning met actieve koeling. Daarom zijn in de tabellen met actieve koeling ook de ATG grenswaarden van een gebouw met actieve koeling opgenomen. Dit is in de ISSO 74 ook wel bekend als de bèta-grenswaarde behorend bij een gebouw met zichtbare actieve koeling. Bij de ATG-klasse A/B worden overschrijdingen dan zichtbaar bij 26 °C en de ATG-klasse C bij 27°C zie ook figuur 10.

### Koelen met convectoren in elke verblijfsruimte

Als de woning tijdens het verduurzamen wordt voorzien van een andere opwekker voor verwarming/koeling is het mogelijk om ook het afgiftesysteem te wijzigen. Eén van de mogelijke afgiftesystemen zijn condenserende/niet condenserende convectoren. Het aanbrengen van vloerkoeling of plafondkoeling is eveneens een optie, maar dat komt minder vaak voor in de bestaande bouw. In deze variant is uitgegaan van convectoren met een koelcapaciteit van 27 W/m<sup>2</sup>. Hiervoor is het nodig dat alle bestaande radiatoren worden vervangen door convectoren. Voor de woonkamer vraagt dat twee convectoren met minimaal 360 W aan koelvermogen. Deze niet condenserende convector heeft een aanvoertemperatuur van 16°C, retourtemperatuur van 21°C, dit vermogen is haalbaar bij 25°C.

Elk koelsysteem heeft specifieke voor- en nadelen, van drie actieve koelsystemen is dat inzichtelijk gemaakt in een multicriteria analyse. Deze komt in paragraaf 6.7 aan bod.

Tabel 43: Koelen met convectoren in elke verblijfsruimte

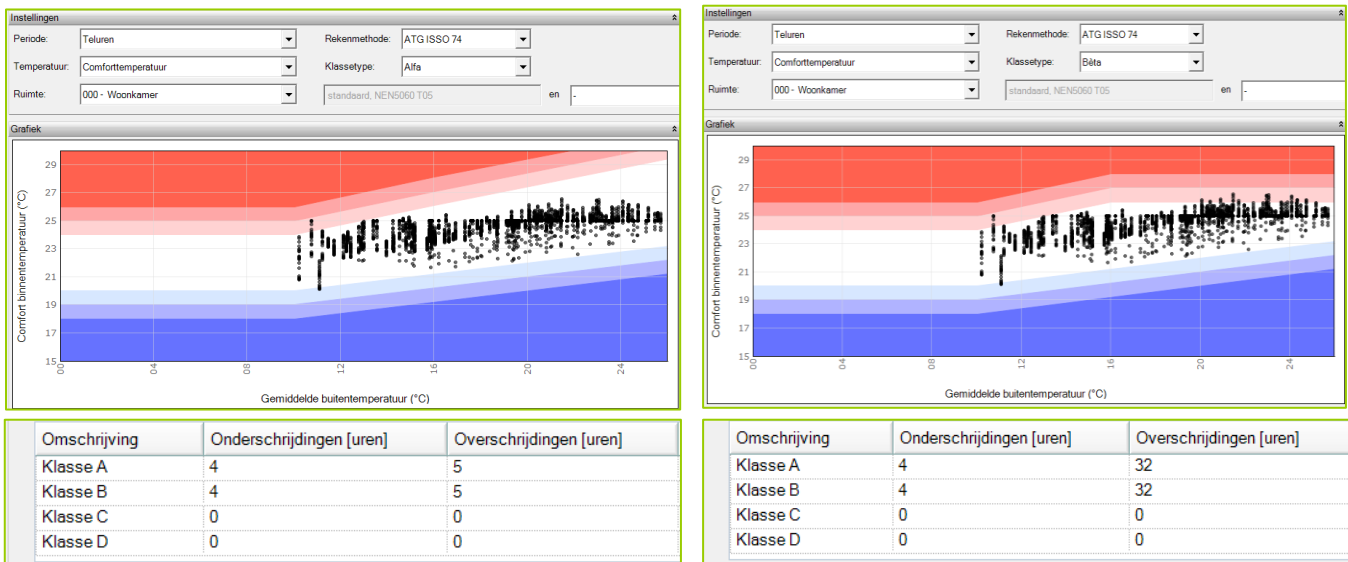
Standaard voor woningisolatie + koeling met convectoren								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-2601	0	-4687	0	-7318	0	-10364
ATG-uren klasse A/B	13	-915	13	-1071	32	-2173	5	-1936
ATG-uren klasse C	0	-458	0	-841	0	-1627	0	-1594
NDH > 26°C	0	-360	0	-355	0	-765	0	-691
T <sub>a-max</sub>	26,0	-7	26,2	-9	26,1	-9	26,5	-10
ATG-grenswaarden met actieve koeling gebouwtype Bèta (hoger verwachtingspatroon)								
ATG-uren klasse A/B (bèta)	13		21		35		32	
ATG-uren klasse C (bèta)	0		0		0		0	
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-1122	0	-3248	0	-3805	0	-7830
ATG-uren klasse A/B	0	-327	0	-791	0	-1324	0	-1538
ATG-uren klasse C	0	-66	0	-560	0	-572	0	-1261
NDH > 26°C	0	-250	0	-298	0	-637	0	-591
T <sub>a-max</sub>	25,3	-6	25,5	-8	25,3	-7	25,6	-9
ATG-grenswaarden met actieve koeling gebouwtype Bèta (hoger verwachtingspatroon)								
ATG-uren klasse A/B (bèta)	0		0		0		0	
ATG-uren klasse C (bèta)	0		0		0		0	
<b>Koude behoefte thermisch</b>	984 kWh th		1.152 kWh th		1.987 kWh th		2.248 kWh th	

### Analyse

- Uit de analyse blijkt dat het koelen met convectoren een aanzienlijk verlaging geeft op het risico op temperatuuroverschrijding. Hiermee kan tot en met het klimaat in 2050 worden voldaan aan nieuwbouw eisen.
- Het vermogen van een hoog temperatuur convector is beperkt maar kan de binnentemperatuur voldoende verlagen. Omdat er niet ontvochtigd wordt kan dit wel leiden tot een hoge luchtvochtigheid in de woning wat wel als warm kan worden ervaren. Dit komt in de gehanteerde indicatoren onvoldoende tot uiting. Met

een lage aanvoertemperatuur convector kan het vermogen worden verdubbeld naar 54 W/m<sup>2</sup> en wordt wel ontvochtigd. In dat geval moet er een condens afvoer worden gerealiseerd.

- Koeling door middel van convectoren heeft een groter positief effect dan de gehele woning voorzien van buitenzonwering. Logischerwijs kost het koelen van een volledige woning aanzienlijke hoeveelheid energie als er geen zonwerende maatregelen worden getroffen.
- Bij de bèta ATG-grenswaarde wordt zichtbaar dat hoewel er aan nieuwbouw eisen (GTO <450) wordt voldaan er nog een aantal overschrijdingen zichtbaar zijn. De aanwezigheid van een koelsysteem roept bij de gebruiker de verwachting op dat het comfort regelbaar is, een HT-koelsysteem biedt echter beperkt vermogen om aan die verwachting te voldoen.



Figuur 10: links: ATG-grafiek met alpha grenswaarde (2050Md) en rechts: ATG-grafiek met bèta grenswaarde (2050Md)

### Koelen met lucht (geïntegreerd in unit voor verwarming/warm tapwater)

In deze variant wordt een koelsysteem toegepast dat gekoelde lucht in de verschillende verblijfsruimten inblaast. Het koelelement kan de onttrokken warmte inzetten voor het bereiden van tapwater. Het balansventilatiesysteem wordt uitgevoerd met een geïntegreerd koelelement waarmee een inblaasttemperatuur tot 13°C, afhankelijk van de condities, kan worden gerealiseerd. Daarnaast is het toestel voorzien van een regeling zodat in geval van koelbehoefte (binnentemperatuur >24°C) het toestel een hoger ventilatiedebiet gaat toevoeren. In de berekening is rekening gehouden met 250 m<sup>3</sup>/h. In tabel 44 zijn de rekenresultaten opgenomen.

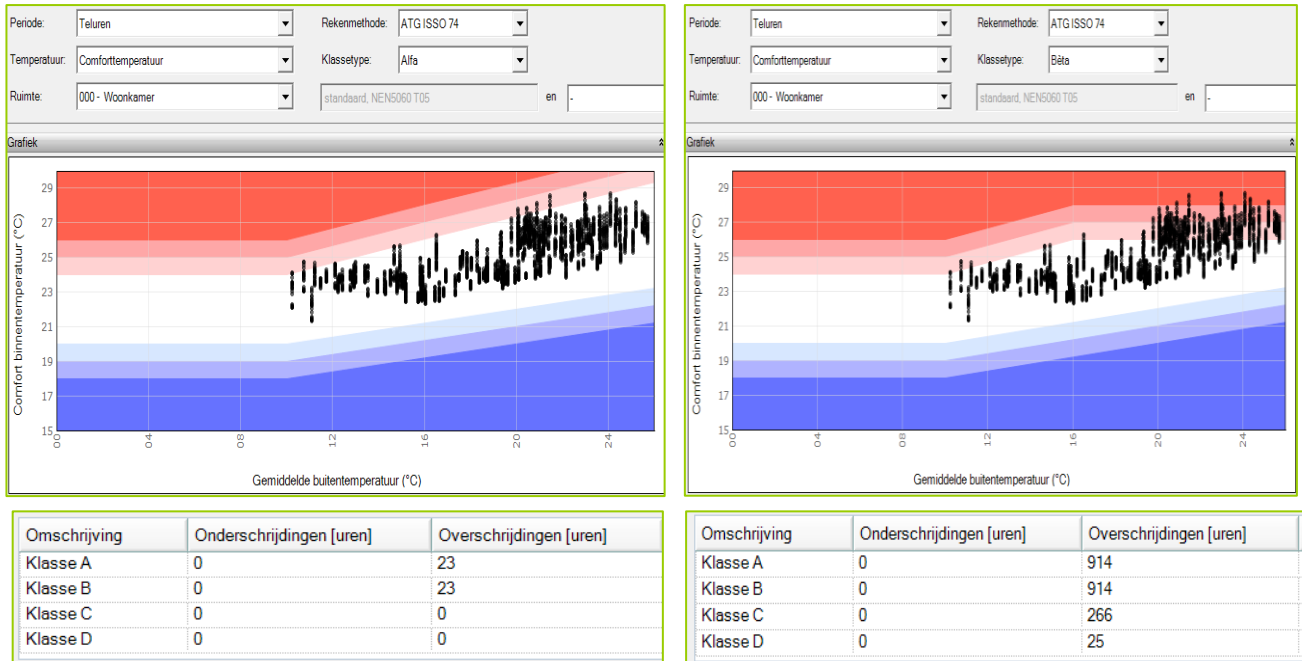
Tabel 44: Koelen met lucht

Standaard voor woningisolatie + koeling met ventilatielucht								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-2601	37	-4650	4	-7314	138	-10226
ATG-uren klasse A/B	8	-920	28	-1056	177	-2028	23	-1918
ATG-uren klasse C	0	-458	0	-841	10	-1617	0	-1594
NDH > 26°C	0	-360	53	-302	19	-746	113	-578
T <sub>a-max</sub>	27	-6	28	-7	28	-7	29	-8
ATG-grenswaarden met actieve koeling bouwtype Bèta (hoger verwachtingspatroon)								
ATG-uren klasse A/B (bèta)	135		427		677		914	
ATG-uren klasse C (bèta)	7		88		55		266	
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-1122	0	-3248	0	-3805	0	-7830
ATG-uren klasse A/B	0	-327	0	-791	0	-1324	0	-1538
ATG-uren klasse C	0	-66	0	-560	0	-572	0	-1261
NDH > 26°C	0	-250	0	-298	0	-637	0	-591
T <sub>a-max</sub>	26	-6	26	-8	26	-7	26	-9
ATG-grenswaarden met actieve koeling bouwtype Bèta (hoger verwachtingspatroon)								
ATG-uren klasse A/B (bèta)	0		1		0		15	
ATG-uren klasse C (bèta)	0		0		0		0	

## Analyse

- Uit de resultaten blijkt dat het koelen met ventilatielucht ook een aanzienlijk positief effect geeft op het verlagen van het risico op temperatuuroverschrijdingen. Hiermee kan tot en met het klimaat in 2050 worden voldaan aan nieuwbouw eisen. Zonwering kan daarbij aanzienlijk helpen om het aantal draaiuren van de koeling te verlagen en zo ook energie te besparen.
- De exacte hoeveelheid energie voor het koelen van deze woning met lucht is niet te bepalen doordat de software zowel de koelvermogens van vrijekoeling vanuit de buitenlucht en de daaraan toegevoegde energie om de lucht verder af te koelen bij elkaar optelt. De energiebehoefte komt echter overeen met die van HT convectoren.
- Bij de bèta ATG-grenswaarde wordt zichtbaar dat met name in de woonkamer nog aanzienlijk veel overschrijdingen zichtbaar zijn. In de slaapkamers is de bèta grenswaarde wel haalbaar.





Figuur 11: links: ATG-grafiek met alpha grenswaarde (2050Md) en rechts: ATG-grafiek met beta grenswaarde (2050Md)

### Koelen met multisplit-unit (airco)

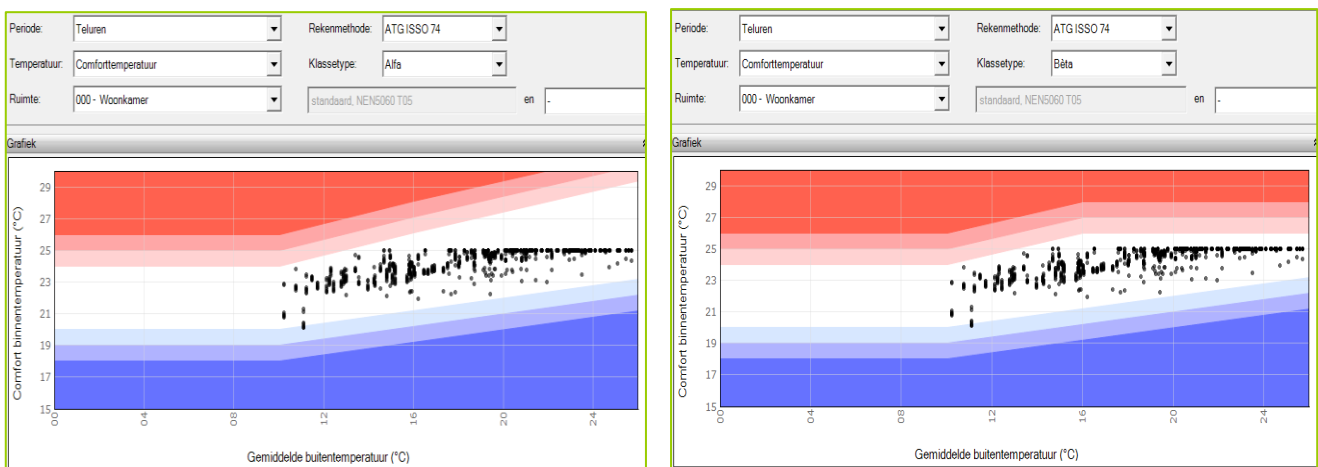
Een multisplit-unit is een type airconditioningsysteem dat meerdere binneneenheden aan één buitenunit koppelt. In deze variant is uitgegaan dat er naast de buitenunit twee binneneenheden worden geplaatst. Een binneneenheid op de begane grond en de andere eenheid op de eerste verdieping. Daarmee kan 80 W/m<sup>2</sup> worden gekoeld. Het uitgangspunt is dat de airco in de overloop via openstaande deuren voldoende koele lucht kan verspreiden over de slaapkamers. Daarnaast is er met name bij een airco een hoge verwachting van een regelbaar comfort met temperaturen die vaak nog lager liggen dan ATG beta grenswaarde klasse A (26°C). De setpoint temperatuur is ook hier ingesteld op 25,0 °C.

Tabel 45: Koelen met split-unit

Standaard voor woningisolatie + koeling met split-units								
Woonkamer	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-2601	0	-4687	0	-7318	0	-10364
ATG-uren klasse A/B	17	-911	14	-1070	34	-2171	5	-1936
ATG-uren klasse C	0	-458	0	-841	0	-1627	0	-1594
NDH > 26°C	0	-360	0	-355	0	-765	0	-691
T <sub>a-max</sub>	25	-8	25	-11	25	-10	25	-12
ATG-grenswaarden met actieve koeling gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)								
ATG-uren klasse A/B (beta)	0		0		0		0	
ATG-uren klasse C (beta)	0		0		0		0	
Slaapkamer 1	NEN 5060 T05		De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	0	-1122	0	-3248	0	-3805	0	-7830

ATG-uren klasse A/B	0	-327	0	-791	0	-1324	0	-1538
ATG-uren klasse C	0	-66	0	-560	0	-572	0	-1261
NDH > 26°C	0	-250	0	-298	0	-637	0	-591
T <sub>a</sub> -max	25	-6	25	-9	25	-8	25	-10
<b>ATG-grenswaarden met actieve koeling gebouwtype Bèta (hoger verwachtingspatroon)</b>								
ATG-uren klasse A/B (bèta)	0		0		0		0	
ATG-uren klasse C (bèta)	0		0		0		0	
<b>Koude behoefte thermisch</b>	1052 kWh th		1211 kWh th		2101 kWh th		2362 kWh th	

- Uit de resultaten blijkt dat het koelen met een airco aan alle gestelde grenswaarden inclusief bèta grenswaarden kan voldoen. Ook in de toekomstige zichtjaren 2050 kan dit comfort worden gerealiseerd. Hier tegenover staat natuurlijk een aanzienlijke hoeveelheid koelenergie. Door het plaatsen van buitenzonwering kan op koelenergie behoorlijk worden bespaard, zie volgende paragraaf.
- Op gebied van binnen comfort heeft een airco dus een zeer goed effect. Er zijn nog een aantal voor en nadelen te benoemen die zijn verder uitgewerkt in een multicriteria analyse in paragraaf 6.7. Een belangrijke daarvan is met name in stedelijk gebied dat bij massale toepassing van airco's invloed kan hebben op de temperatuur in de leefomgeving door de verplaatsing van warmte van binnen naar buiten toe. De mate waarin dit bijdraagt aan de opwarming vraagt nader onderzoek.



Figuur 12: links: ATG-grafiek met alpha grenswaarde (2050Md) en rechts: ATG-grafiek met bèta grenswaarde (2050Md)

## 6.6 Koelbehoefte

Vanuit de varianten met actieve koeling wordt duidelijk dat richting 2050 een verdubbeling van de koelbehoefte ontstaat. Bij gebruik van een airco zonder buitenzonwering is met NEN5060 T05 een 1.052 kWh th benodigd en dat wordt 2.362 kWh th in 2050. De koelbehoefte is aanzienlijk te verlagen door bijvoorbeeld buitenzonwering toe te passen. Ook de mate van isolatie is van invloed op de koelbehoefte. Vanuit de analyse van zowel de standaard als het niveau voorbij de standaard lijkt een renovatieconcept altijd een negatief effect te hebben op de opwarming in de woning ten opzichte van de huidige situatie. In tabellen 46 en 47 is de koelbehoefte van de eengezinswoning uitgewerkt bij verschillende mate van isolatie met en zonder buitenzonwering. Hierbij is dus uitsluitend wijzigingen aangebracht in de mate van isolatie en niet in ventilatie, infiltratie of glas.

Tabel 46: mate van isolatie en bijbehorende Rc-waarden

Mate van isolatie	Vloer	Gevel	Dak
ongeisoleerd	0,15 m <sup>2</sup> .K/W	0,35 m <sup>2</sup> .K/W	0,36 m <sup>2</sup> .K/W
huidig	0,15 m <sup>2</sup> .K/W	1,7 m <sup>2</sup> .K/W	2,0 m <sup>2</sup> .K/W
standaard	3,5 m <sup>2</sup> .K/W	1,7 m <sup>2</sup> .K/W	4,5 m <sup>2</sup> .K/W
beter	4,5 m <sup>2</sup> .K/W	4,7 m <sup>2</sup> .K/W	6,3 m <sup>2</sup> .K/W

Tabel 47: koudebehoefte bij verschillende mate van isolatie, zonder buitenzonwering

Koelbehoefte zonder buitenzonwering								
Gehele woning	NEN 5060 T05		De Bilt referentie		De Bilt 2033 L		De Bilt 2050 Md	
volledig ongeisoleerd	954 kWh th		1232 kWh th		2083 kWh th		2630 kWh th	
slecht geïsoleerd (huidig)	967 kWh th	1,4%	1146 kWh th	-7%	2003 kWh th	-4%	2305 kWh th	-12%
goed geïsoleerd (Standaard)	1052 kWh th	10%	1211 kWh th	-2%	2101 kWh th	0,9%	2362 kWh th	-10%
beter geïsoleerd (voorbij de standaard)	1142 kWh th	20%	1272 kWh th	3%	2174 kWh th	4%	2398 kWh th	-9%

### Analyse

- Uit tabel 47 blijkt dat wanneer vanuit de huidige norm (NEN5060 T05) wordt gekeken naar de mate van isoleren het beter isoleren zorgt voor een aanzienlijke stijging in koelbehoefte. Naar mate er in de toekomst buiten en binnen hogere temperaturen optreden wordt juist een daling van de koelbehoefte zichtbaar.
- Opvallend is dat er weinig verschil in de koudebehoefte zit tussen een slecht geïsoleerde woning en een beter geïsoleerde woning. Waarbij alleen het isoleren van de gevel en het dak dus tot de laagste koude behoefte leidt. Dit is in alle zichtjaren het geval.
- De lagere koudebehoefte bij de huidige situatie is te verklaren doordat de vloer niet is geïsoleerd waardoor daar het afkoelend effect het grootst is en dus een lagere koelbehoefte. Vanwege het beperken van de warmtebehoefte, voor het comfort in het stookseizoen en om bouwfysische problemen te voorkomen wordt in zijn algemeenheid het advies voor vloerisolatie echter gehandhaafd.

In de praktijk is het voor het beperken van het energiegebruik en comfort wenselijk bij een dergelijke hoge koelbehoefte gebruik te maken van buitenzonwering om deze koudebehoefte te kunnen verlagen. In de tabel 48 is daarom dezelfde analyse gedaan met buitenzonwering.

Tabel 48 koudebehoefte bij verschillende mate van isolatie, met buitenzonwering

Koelbehoefte met buitenzonwering								
Gehele woning	NEN 5060 T05		De Bilt referentie		De Bilt 2033 L		De Bilt 2050 Md	
volledig ongeïsoleerd	428 kWh th		612 kWh th		942 kWh th		1446 kWh th	
slecht geïsoleerd (huidig)	276 kWh th	-36%	399 kWh th	-35%	643 kWh th	-32%	970 kWh th	-33%
goed geïsoleerd (Standaard)	298 kWh th	-30%	413 kWh th	-33%	687 kWh th	-27%	974 kWh th	-33%
beter geïsoleerd (voorbij de standaard)	316 kWh th	-26%	406 kWh th	-34%	688 kWh th	-27%	953 kWh th	-34%

### Analyse

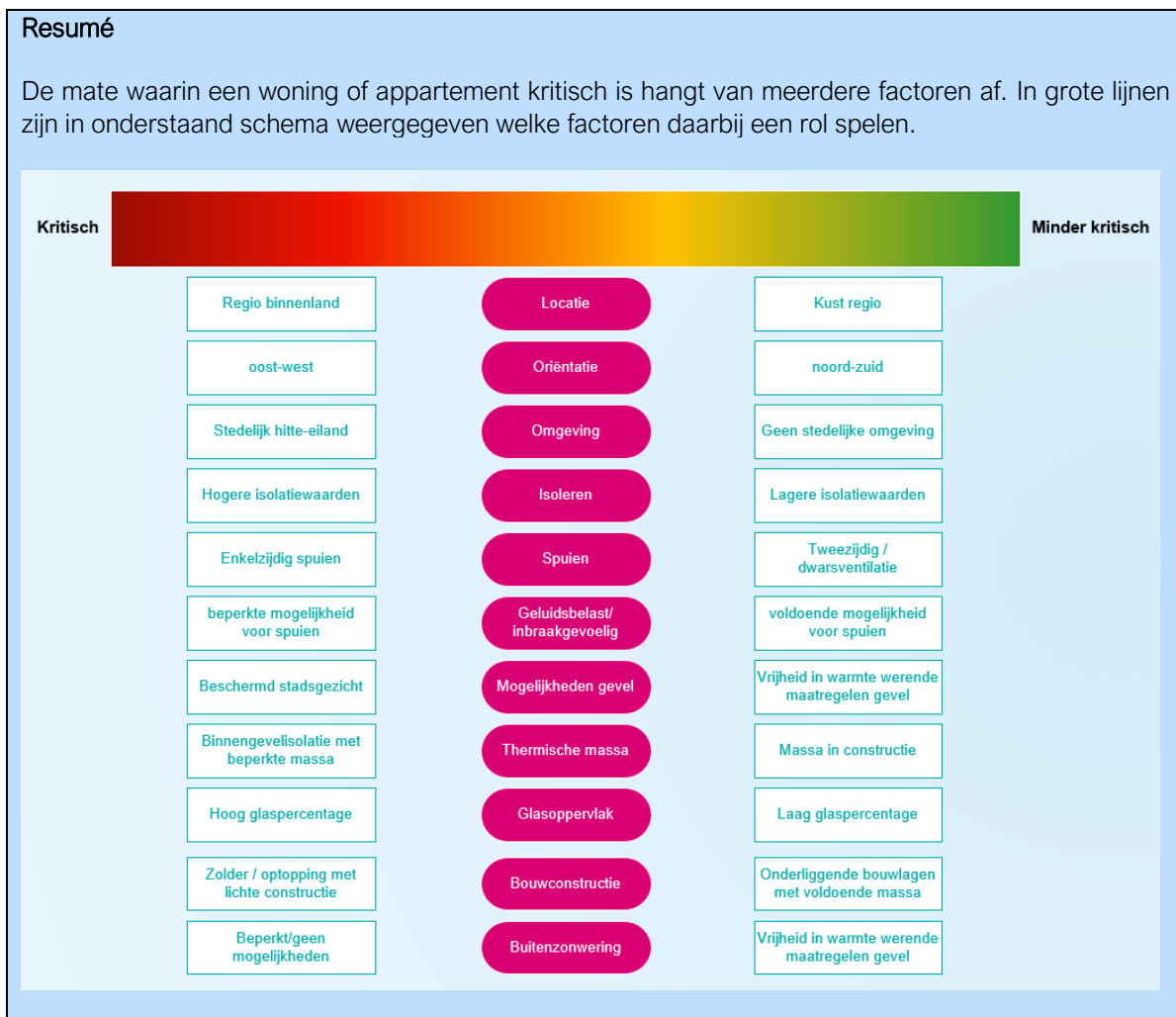
- Door deze analyse met buitenzonwering uit te voeren wordt duidelijk dat er een ander beeld ontstaat over het effect van isoleren. Het effect van isoleren is dus sterk gerelateerd aan de hoeveelheid warmte die als gevolg van zontoetreding binnen komt.
- Uit tabel 48 blijkt dat wanneer er vanuit de huidige norm wordt gekeken naar de mate van isoleren, het beter isoleren zorgt voor een aanzienlijke daling in koelbehoefte. Zonder buitenzonwering was zichtbaar dat het ging om een stijging van de koelbehoefte.
- Naar mate er in de toekomst buiten en binnen hogere temperaturen optreden is dit juist een daling van de koelbehoefte zichtbaar bij beter geïsoleerde woningen.
- In de discussie of het isoleren van gebouwen nou wel of niet wenselijk is, blijkt dus de mate van zontoetreding een doorslaggevende factor. Bij het isoleren van woningen is het aanbrengen van buitenzonwering zeer effectief om de koelbehoefte te verlagen.
- Bij een opwarmend klimaat is het toepassen van isolatie dus effectief in het verlagen van de koelbehoefte. Dit is volgens het huidige klimaat nog niet het geval alleen indien er buitenzonwering wordt toegepast leidt isoleren tot een verlaging van de koude behoefte.

## 6.7 Multicriteria analyse

Er zijn projectspecifiek verschillende mogelijkheden om de warmte in de woning te weren. Een maatregel die effect heeft op de zomerperiode heeft ook consequenties voor de energieprestatie, milieuprestatie, bewoner, etc. Vandaar dat voor de volgende warmte werende maatregelen een multicriteria analyse is opgesteld:

- Spuien / zomernachtventilatie
- Buitenzonwering
- Convectoren
- Koelen met lucht
- Split-unit

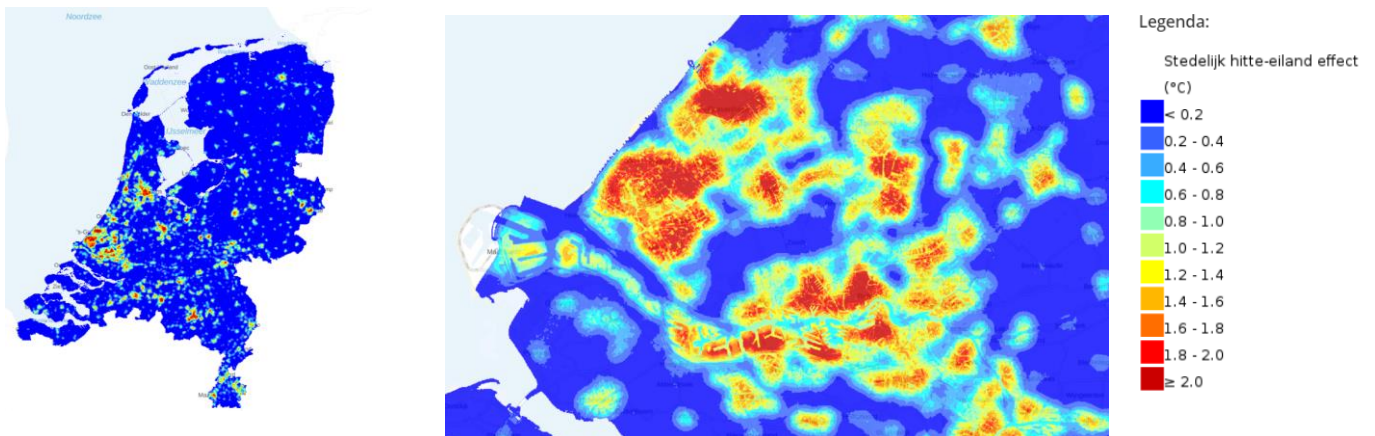
In het overzicht in bijlage 4 is aangegeven op welk onderdeel de maatregel een gunstig of ongunstig effect heeft.



## Hoofdstuk 7 Stedelijk hitte-eiland

### 7.1 Inleiding

In de bebouwde en versteende omgevingen is het vaak warmer dan in een groen buitengebied of dichtbij het water, dit wordt het stedelijk hitte-eiland effect (SHE) of urban heat island (UHI) genoemd. Dit komt doordat op versteende plekken energie van zonnestraling voornamelijk wordt omgezet in opwarming van de lucht en warmteopslag in stenen en de bodem, in tegenstelling tot een omgeving met water of natuur waar een aanzienlijk deel van de energie wordt gebruikt voor verdamping van vocht en er dus minder energie is voor opwarming.



Figuur 13: Hitte-eiland effect (bron: klimaateffectatlas)

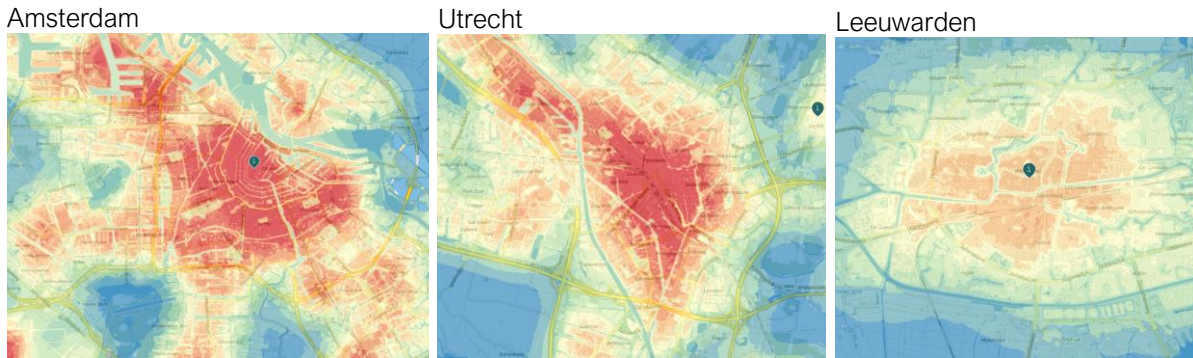
Uit het vooronderzoek van Wheaterimpact<sup>14</sup> volgt dat het stedelijk hitte-eiland (SHE) varieert van dag tot dag, als gevolg van grootschalige meteorologische situaties, binnen een dag, als gevolg van de dagelijkse gang in het weer en van plaats tot plaats, afhankelijk van de mate van versterking en groen. Afhankelijk van de meteorologische situatie kan het SHE variëren van minder dan 1°C tot (in extreme gevallen) meer dan 10°C graden verschil tussen stad en buitengebied. Voornamelijk situaties met veel zonneschijn en weinig wind leiden tot een groot SHE-effect<sup>15</sup>. De dagelijkse gang in het weer met hoge temperaturen en zonneschijn gedurende de dag zorgt ervoor dat het effect van een SHE meestal het grootst is in de vroege avond (paar uur na zonsondergang) doordat de bebouwing dan maximaal is opgewarmd door de zon en het buitengebied veel sneller afkoelt<sup>16</sup>. Daarentegen is het SHE het kleinst en soms zelfs negatief in de ochtend (paar uur na zonsopkomst). Voor de koelingsvraag is deze dagelijkse

<sup>14</sup> Impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving; S. Ligtenberg 2023

<sup>15</sup> A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe; N.E. Theeuwes et al 2017

<sup>16</sup> Cool city mornings by urban heat; N.E. Theeuwes et al 2015

gang belangrijk omdat het effect van een SHE dus het grootst is op het moment dat de koelingsvraag ook het grootst is; als bewoners willen gaan slapen.



Figuur 14: Hitte-eiland effect bij drie steden (bron: klimaateffectatlas)

## 7.2 Aantal woningen in een stedelijk hitte-eiland

Het is niet precies bekend hoeveel woningen in Nederland zich bevinden in een SHE of juist buiten een SHE. Om daar inzicht in te geven zijn het aantal woningen vanuit CBS<sup>17</sup> en de klimaateffectatlas<sup>18</sup> geanalyseerd. Het SHE is op de kaart in te delen in drie delen een randgebied, middengebied en de kern daarvan. Het is duidelijk dat hoe verder naar de kern hoe heftiger het SHE. Bij benadering is het aantal woningen opgedeeld waarbij 20% van de woningen aan de rand bevind, 70% in het middendeel en 10 % in de kern. Alle steden met een SHE van meer dan 2.0 (extreem) zijn in tabel 49 opgenomen. Deze waarden laten het temperatuurverschil zien tussen de stad en het platteland in Nederland. Dit betreft het gemiddelde temperatuurverschil voor het zomerseizoen (juni, juli, augustus) in graden Celsius (°C).

Tabel 49: Aantal woningen in Nederland met een SHE van meer dan 2,0 volgens klimaateffectatlas

Aantal woningen in verstedelijkt gebied (28 grote steden)							
Stad	woningen	rand		middendeel		kern	
Amsterdam	450.000	90.000	0,5-1,5	315.000	1,5-2	45.000	2-2,52
Rotterdam	300.000	60.000	0,5-1,5	210.000	1,5-2	30.000	2-2,52
Den Haag	300.000	60.000	0,5-1,5	210.000	1,5-2	30.000	2-2,52
Utrecht	200.000	40.000	0,5-1,5	140.000	1,5-2	20.000	2-2,52
Eindhoven	150.000	30.000	0,5-1,5	105.000	1,5-2	15.000	2-2,3
Tilburg	100.000	20.000	0,5-1,5	70.000	1,5-2	10.000	2-2,2
Groningen	100.000	20.000	0,5-1,5	70.000	1,5-2	10.000	2-2,1
Nijmegen	100.000	20.000	0,5-1,5	70.000	1,5-2	10.000	2-2,1
Haarlem	85.000	17.000	0,5-1,5	59.500	1,5-2	8.500	2-2,1
Arnhem	90.000	18.000	0,5-1,5	63.000	1,5-2	9.000	2-2,2
Enschede	90.000	18.000	0,5-1,5	63.000	1,5-2	9.000	2-2,1

<sup>17</sup> <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/cijfers-op-de-kaart>

<sup>18</sup> <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/kaartviewer>



Delft	50.000	10.000	0,5-1,5	35.000	1,5-2,24	5.000	2,24
Hilversum	40.000	8.000	0,5-1,5	28.000	1,5-2,16	4.000	2,16
Breda	80.000	16.000	0-1	56.000	1,5-2,15	8.000	2,15
Hengelo	40.000	8.000	0,5-1,5	28.000	1,5-2,13	4.000	2,13
Veenendaal	30.000	6.000	0,5-1,5	21.000	1,5-2,1	3.000	2,1
Amersfoort	70.000	14.000	0,5-1,5	49.000	1,5-2,1	7.000	2,1
Maastricht	60.000	12.000	0,5-1,5	42.000	1,5-2	6.000	2-2,1
Leiden	60.000	12.000	0,5-1,5	42.000	1,5-2,05	6.000	2,05
Helmond	40.000	8.000	0,5-1,5	28.000	1,5-2,03	4.000	2,03
Dordrecht	80.000	16.000	0,5-1,5	56.000	1,5-2,01	8.000	2,01
Apeldoorn	75.000	15.000	0,5-1,5	52.500	1,5-2	7.500	2,00
Ede	45.000	9.000	0,5-1,5	31.500	1,5-2,0	4.500	2
Zwolle	65.000	13.000	0,5-1,5	45.500	1,5-1,8	6.500	1,8
Alkmaar	50.000	10.000	0-1	35.000	1-1,72	5.000	1,72
Almere	80.000	16.000	0-1	56.000	1-1,62	8.000	1,62
Leeuwarden	50.000	10.000	0-1	35.000	1-1,53	5.000	1,53
Assen	35.000	7.000	0-1	24.500	1-1,44	3.500	1,44
<b>Globaal aantal</b>		<b>583.000</b>		<b>2.040.500</b>		<b>291.500</b>	

## Analyse

- Alhoewel de huidige data van het stedelijk hitte-eiland te beperkt is om het SHE goed te duiden is op basis van de klimaateffectatlas een globale schatting gedaan naar het aantal woningen die in meer of mindere mate te maken hebben met het SHE. Uit tabel 49 volgt de volgende grove verdeling in aantal woningen met een SHE, de mate waarin is sterk afhankelijk van de stad, verstedelijking, vegetatie, etc.:
  - Kern: grofweg 291.500 woningen in Nederland zijn met een SHE van 2,0 of meer;
  - Middendeel: grofweg 2.040.500 woningen in Nederland zijn met een SHE van circa 1,0 á 2,0;
  - Rand: grofweg 583.000 woningen in Nederland zijn met een SHE van circa 0 á 1,0;

Een nadere specificatie in aantal en mate van SHE vraagt nader onderzoek.

- Uit tabel 49 blijkt dat de grootste steden ook het hoogste SHE opleveren.
- Steden zoals Alkmaar, Almere, Leeuwarden en Assen hebben een aanzienlijk lager SHE. Dit is mogelijk te verklaren door minder stedelijke verdichting, ligging, windgebied en aanwezige groenvoorziening. Dit vraagt echter nader onderzoek.



### 7.3 Bepaling stedelijk hitte-eiland

Het KNMI heeft het stedelijk hitte eiland effect verwerkt in de klimaatbestanden. Dit is gedaan op basis van het onderzoek “A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands<sup>19</sup>”. De opwarming en afkoeling als gevolg van het stedelijk hitte eiland is uurlijks toegevoegd aan de beschikbaar gestelde klimaatdataset. Aangezien het effect per locatie en omgeving verschillend is, is voor nu uitsluitend voor de stad Utrecht het effect verwerkt. De onderstaande formule is gehanteerd om het effect van het hitte eiland te bepalen. Daarbij is op basis van “supplementary Material” de omrekening gedaan naar de uurlijkse waarden.

$$UHI_{max} = (2 - S_{vf} - F_{veg})^4 \sqrt{\frac{S^{\downarrow} * (T_{max} - T_{min})^3}{U}}$$

UHI max	= maximale opwarming als gevolg van het hitte eiland
Svf	= Sky view factor op basis van omliggende omgeving
F <sub>veg</sub>	= vegetatie fractie op basis van hoeveelheid groen in de omgeving
S	= dagelijks gemiddelde inkomende kortegolfstraling Wm <sup>-2</sup>
T <sub>max</sub>	= dagelijks gemiddelde maximale temperatuur °C
T <sub>min</sub>	= dagelijks gemiddelde minimale temperatuur °C
U	= dagelijks gemiddelde windsnelheid ms <sup>-1</sup>

In de huidige data is voor het UHI ofwel SHE het stadsprofiel van Utrecht aangehouden. Dit komt overeen met een Sky View Factor SVF = 0,61 en vegetatiefactoren f<sub>veg</sub> = 0,38 ofwel (2-SVF-f<sub>veg</sub>) = 1,01. Dit betekent dat dit profiel niet toepasbaar is voor elke andere locatie. Voor een specifiekere locatie gebonden beoordeling is meer variatie in SVF en F<sub>veg</sub>. Dat vraagt om meer profielen waarbij er verschil komt in steden en het verschil in positie binnenstad en rand van stad. Vooralsnog is in deze studie het stadsprofiel Utrecht geprojecteerd op de data van De Bilt.

---

<sup>19</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320303644>

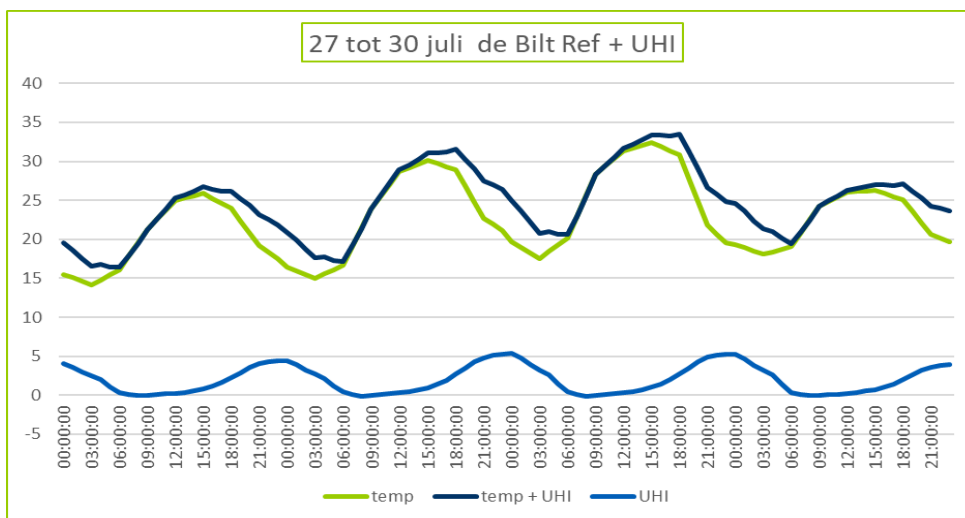
Tabel 50: vegetatiefactor en sky view factor bij verschillende steden (bron: Natalie E. Theeuwes, Gert-Jan Steeneveld, Reinder J. Ronda, Albert A.M.Holtslag. Meteorology and Air Quality Section, Wageningen University)

Stad	$f_{veg}$	$SVF$	$2 - SVF - f_{veg}$
Amsterdam	0.08	0.39	1.53
Oss	0.19	0.53	1.28
Nijmegen	0.20	0.52	1.28
Wageningen	0.21	0.57	1.22
Hoogeveen	0.36	0.72	0.92
Tilburg	0.37	0.60	1.03
Utrecht	0.38	0.61	1.01
Hoogezand	0.30	0.70	1.00
Groningen	0.39	0.66	0.95

$$UHI_{max} = (2 - S_{vf} - F_{veg}) + \sqrt{\frac{S^{\downarrow} * (T_{max} - T_{min})^3}{U}}$$

Omgeving
KNMI

Doordat het effect uurlijks verwerkt is in de databestanden wordt goed zichtbaar wanneer en in welke mate er temperatuurverschillen optreden. In de grafiek hieronder is het verschil zichtbaar ten opzichte van het buitengebied. Aangezien De Bilt zich in het buitengebied bevindt is hierdoor het verschil tussen de temperatuur in de stad Utrecht en locatie De Bilt goed zichtbaar.



Figuur 15: Buitentemperatuur incl. en excl. stedelijk hitte-eiland voor drie dagen/nachten in zomerperiode

### Analyse

- Uit de grafiek is zichtbaar dat de lijn van het stedelijk hitte-eiland overdag grotendeels gelijk is aan de buitentemperatuur en dat met name de nachten te maken krijgen met een hogere temperaturen.
- Er is een sinusvormig vertragend afkoelend effect zichtbaar.
- De eindtemperatuur op de dag is hoger als gevolg van het SHE.

### 7.4 Effect buitenklimaat

In hoofdstuk 3 is de buitentemperatuur weergegeven zonder stedelijk hitte-eiland. In tabel 51 is voor de toekomstige zichtjaren het effect van zonder als met het stedelijk hitte-eiland weergegeven. Hierbij is het aantal uren weergegeven met een betreffende buitentemperatuur bij De Bilt referentie, 2033 L en 2050 Md.

Tabel 51: Aantal uren met betreffende buitentemperatuur: KNMI'23 scenario's met en zonder SHE

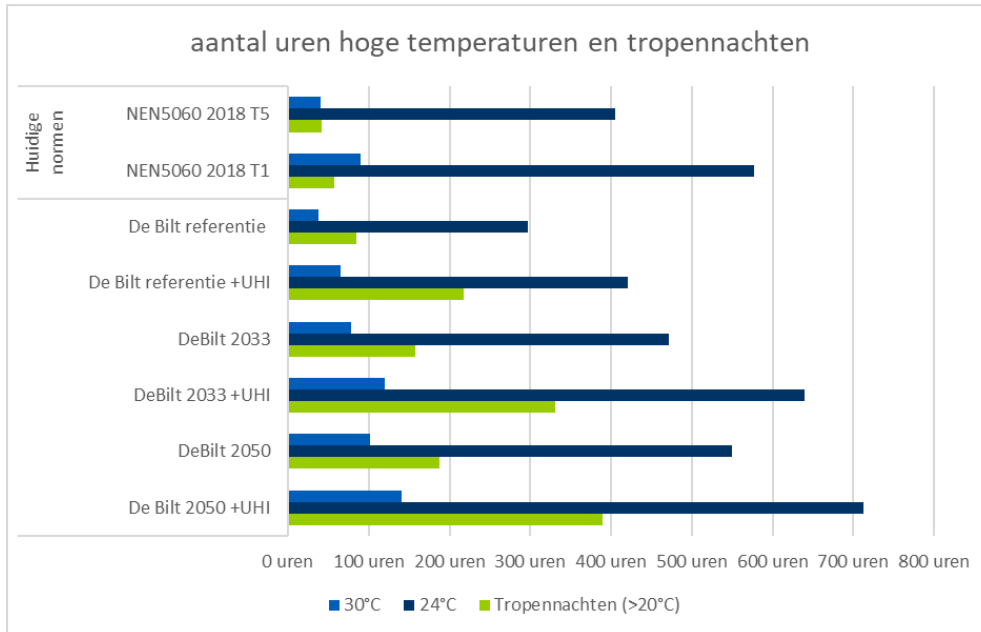
T (°C)	Toekomstige zichtjaren			+SHE (Stedelijk Hitte Eiland)			Huidige normen	
	De Bilt refer	De Bilt 2033L	De Bilt 2050Md	De Bilt refer	De Bilt 2033L	De Bilt 2050Md	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
24°C	297	471	550	420	640	712	405	577
26°C	168	284	349	256	384	463	201	366
28°C	90	159	202	135	221	272	105	211
30°C	38	78	101	65	120	140	40	90
32°C	5	22	43	22	38	71	4	29
34°C	0	3	9	1	5	21	0	7
36°C	0	0	7	0	0	8	0	0

### Analyse

- Het aantal uren met een buitentemperatuur boven de 24/26/28°C etc. stijgt als gevolg van het stedelijke hitte-eiland significant. Bij de referentie De Bilt is dat 120 uur langer boven de 24°C.
- Bij De Bilt 2033L is de stijging van het aantal uren bij 24°C nog hoger namelijk 170 uur.
- Bij De Bilt 2050 Md is de stijging van het aantal uren bij 24°C 160 uur.

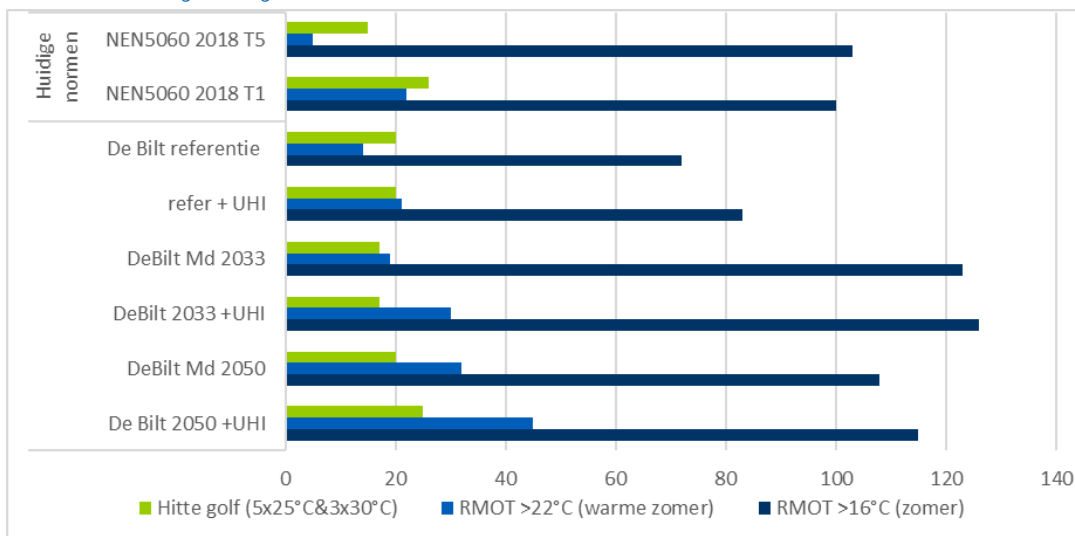
De waarden in tabel 51 geven nog geen beeld wanneer deze buitentemperaturen optreden. Daarom is hiervoor net als in hoofdstuk 3 ook het aantal uren waarbij sprake is van een tropennacht, het aantal dagen hittegolf en R<sub>mot</sub> >16 en > 22°C weergegeven in de volgende grafieken.

Tabel 52: aantal uren 24°C, 30°C en tropennachten met en zonder SHE



- Er is een grote stijging zichtbaar in het aantal tropennachten. In alle drie de zichtjaren is dan een verdubbeling als gevolg van het SHE.
- Het verschil in uren tropennachten tussen de referentie met SHE en 2050 met SHE is ook aanzienlijk namelijk een stijging van 80% met 170 uren.

Tabel 53: aantal dagen hittegolf, RMOT >16°C en RMOT > 22°C



- Het aantal dagen van een hittegolf wijzigt niet bij referentie en 2033L. Alleen bij zichtjaar 2050 Md treden er vijf dagen extra op met een hittegolf.

- Er treedt een kleine stijging op van het aantal dagen RMOT >16°C .
- Er treedt een aanzienlijke stijging op bij het aantal dagen RMOT >22°C. Dit is aanzienlijk aangezien veel aaneengesloten warme dagen veel effect hebben op hoge temperaturen in de woning omdat afkoeling dan tussen door moeilijk plaats kan vinden. De stijging in warme nachten is daar de oorzaak van.

## 7.5 Effect risico op temperatuuroverschrijding

Uit de analyse van de buitentemperatuur als gevolg van het stedelijk hitte eiland is een aanzienlijke stijging zichtbaar. In de tabel 54 is het effect weergegeven van het stedelijk hitte eiland in de woning. Hierbij is het uitgangspunt de eengezinswoning met “de standaard” als uitgangspunt. Het verschil is weergegeven ten opzichte van de situatie zonder SHE ofwel buitengebied. De arcering van deze waarden is in tabel 54 aangegeven met donkerrood, om te benadrukken dat deze uitkomsten aanzienlijk hoger liggen dan zonder stedelijk hitte-eiland.

Tabel 54: Effect van het Stedelijk hitte-eiland, zonder buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + stedelijk hitte-eiland zonder buitenzonwering						
Woonkamer	De Bilt Referentie		De Bilt 2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	6311	1624	10691	3373	12357	1993
ATG-uren klasse A/B	1253	169	2461	256	2101	160
ATG-uren klasse C	972	131	1973	346	1822	228
NDH > 26°C	432	77	858	93	747	56
T <sub>a-max</sub>	37,3	2	35,9	1	38,0	1
Slaapkamer 1	De Bilt Referentie		De Bilt 2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	4981	1733	6816	3011	10203	2373
ATG-uren klasse A/B	915	124	1838	514	1740	202
ATG-uren klasse C	778	218	1064	492	1480	219
NDH > 26°C	364	66	782	145	663	72
T <sub>a-max</sub>	35,5	2	34,1	1	36,5	2

Tabel 55: Effect van het Stedelijk hitte-eiland met buitenzonwering

Standaard voor woningisolatie + stedelijk hitte-eiland met buitenzonwering						
Woonkamer	De Bilt Referentie		De Bilt 2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	2182	1475	2253	1461	4925	2685
ATG-uren klasse A/B	387	302	380	289	946	415
ATG-uren klasse C	112	109	80	75	519	447
NDH > 26°C	299	141	459	199	557	130
T <sub>a-max</sub>	32,0	2	31,4	1	32,1	2
Slaapkamer 1	De Bilt Referentie		De Bilt 2033		De Bilt Md2050	
GTO-uren	1493	1115	1416	1038	3514	2132
ATG-uren klasse A/B	172	169	108	104	626	528
ATG-uren klasse C	11	11	6	6	110	110

NDH > 26°C	254	131	318	152	501	167
T <sub>a</sub> -max	31,0	2	30,4	2	31,2	2

- In de vergelijking in hoofdstuk 5.4 tussen de toekomstige scenario's en de huidige norm NEN5060 was al een forse stijging zichtbaar met de toekomstige zichtjaren maar met het effect van SHE wordt de stijging op alle indicatoren nog veel groter.
- Zelfs met volledige toepassing van buitenzonwering wordt het nieuwbouw niveau niet behaald bij alle zichtjaren.
- De opwarming in de woning komt los te staan van zontoetreding en is dus voor een veel groter deel afhankelijk geworden van de buitentemperatuur. Als gevolg van de verdubbeling van tropische nachten is ook zichtbaar dat bij de NDH uren >26°C een verdubbeling optreedt in de referentie en 2033L en een forse stijging bij 2050 Md.

#### Discussie

In dit onderzoek is een eerste verkenning meegenomen van het stedelijk hitte-eiland effect op de bestaande bouw. Er is vooralsnog alleen gerekend met het stedelijk hitte-eiland die het KNMI beschikbaar heeft gesteld ter plaatse van centrum Utrecht. Er is nader onderzoek en afstemming met het KNMI nodig om verschillende posities, mate van vegetatie, etc. beter te kunnen kwantificeren. Momenteel is er nog onvoldoende variatie op de positie: binnenstedelijk en randbebouwing.

## 7.6 Actieve koeling bij het stedelijk hitte-eiland

Wanneer er koeling wordt toegepast door bijvoorbeeld een airco dan is er afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen haalbaar om de temperatuur grenzen te behalen. Uitgaande van 80W/m<sup>2</sup> van een airco en een setpoint temperatuur van 25°C ontstaan de volgende temperaturen en bijbehorende koelbehoefte.

Tabel 56: Effect van het stedelijk hitte-eiland met actieve koeling op comfort

Standaard voor woningisolatie + stedelijk hitte-eiland met airco						
Woonkamer	De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt 2050 Md	
GTO-uren	0	-6311	0	-10691	0	-12357
ATG-uren klasse A/B	17	-1240	14	-2431	34	-2096
ATG-uren klasse C	0	-972	0	-1973	0	-1822
NDH > 26°C	0	-432	0	-858	0	-747
T <sub>a-max</sub>	25	-12	25	-11	25	-13
ATG-uren klasse A/B (beta)	0		0		0	
ATG-uren klasse C (beta)	0		0		0	
Slaapkamer 1	De Bilt Referentie		De Bilt L2033		De Bilt 2050 Md	
GTO-uren	0	-4981	0	-6816	0	-10203
ATG-uren klasse A/B	0	-915	0	-1838	0	-1740
ATG-uren klasse C	0	-778	0	-1064	0	-1480
NDH > 26°C	0	-364	0	-782	0	-663
T <sub>a-max</sub>	25	-11	25	-9	25	-12
ATG-uren klasse A/B (beta)	0		0		0	
ATG-uren klasse C (beta)	0		0		0	
<b>Koude behoefte thermisch</b>	1589 kWh th	+31%	2563 kWh th	+22%	2796 kWh th	+18%
<b>Koude behoefte thermisch + buitenzonwering</b>	658 kWh th	+59%	1021 kWh th	+49%	1317 kWh th	+35%

- De opwarming als gevolg van SHE leidt met een koelsysteem tot een hoge koelbehoefte. De koelbehoefte als gevolg van SHE is 20-30% hoger.
- Ten opzichte van de huidige methodiek NEN5060 T05 is in de referentie een stijging van 51% zichtbaar. Van 1.052 kWh naar 1.589 kWh th.
- Bij de vergelijking waarin in beide gevallen sprake is van buitenzonwering is een stijging van de koelbehoefte als gevolg van het SHE 35-59%.

## Hoofdstuk 8 Scenario's toekomstig zomercomfort

### 8.1 Overzicht scenario's

Uit de gevoeligheidsanalyse volgt dat de opwarming in de woning sterk afhankelijk is van de locatie, het zichtjaar, de mate van verduurzaming en de project specifieke omstandigheden. In dit hoofdstuk richten we ons op een combinatie van uitgangspunten waardoor voor de grondgebonden woning een scenario ontstaat zoals we die in de praktijk ook kunnen tegenkomen. De volgende vier scenario's zijn uitgewerkt.

Tabel 57: Renovatiescenario's

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Oriëntatie	O/W	N/Z	O/W	O/W
Locatie	vijf plaatsen in NL	vijf plaatsen in NL	vijf plaatsen in NL	De Bilt / Utrecht
Stedelijk hitte-eiland	nee	nee	nee	ja
Omliggende bebouwing	ja	ja	ja	ja
Verduurzaming	Standaard	Standaard	Standaard	Standaard
Zonwering	buitenzonwering	buitenzonwering	geen buitenzonwering	geen buitenzonwering
Passief koelen	nee	ja, 's nachts spuien	nee	nee
Actief koelen	nee	nee	ja	ja

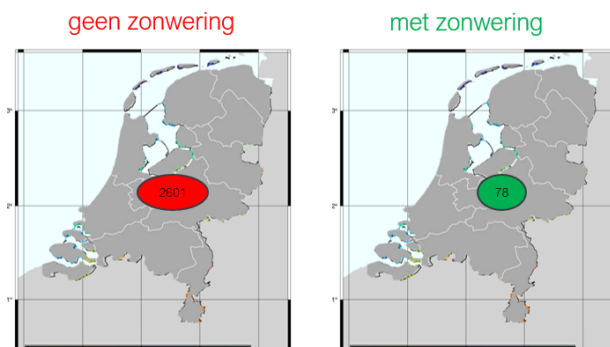
### 8.2 Renovatiescenario 1

De volgende kenmerken zijn voor renovatiescenario 1 aangehouden:

- Geen stedelijk hitte-eiland
- Ongunstige oriëntatie (Oost/west)
- Gerenoveerde woning niveau standaard
- Met buitenzonwering

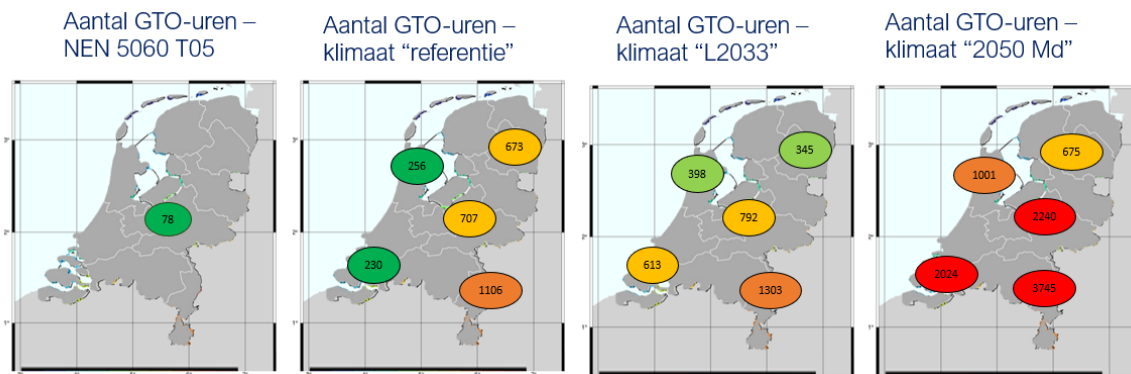
#### 8.2a. Huidige beoordeling NEN:5060 T05

Aantal GTO-uren – NEN 5060 T05

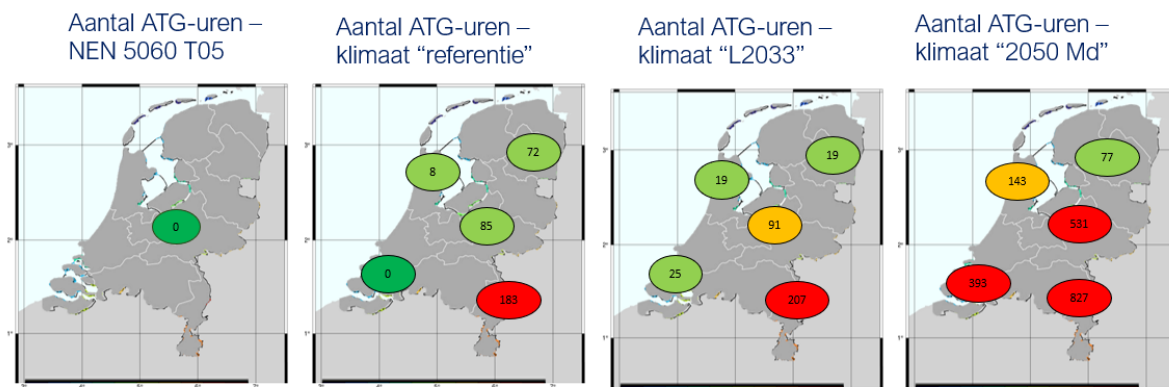




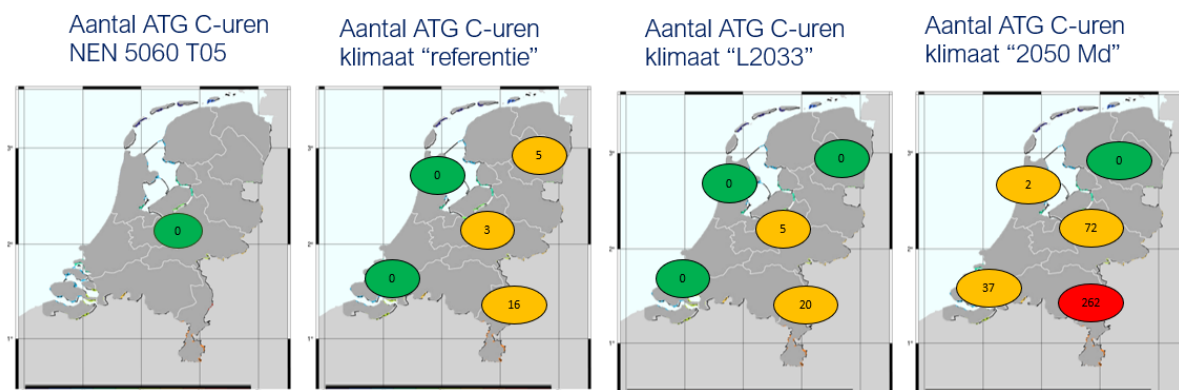
8.2b. GTO-uren woonkamers



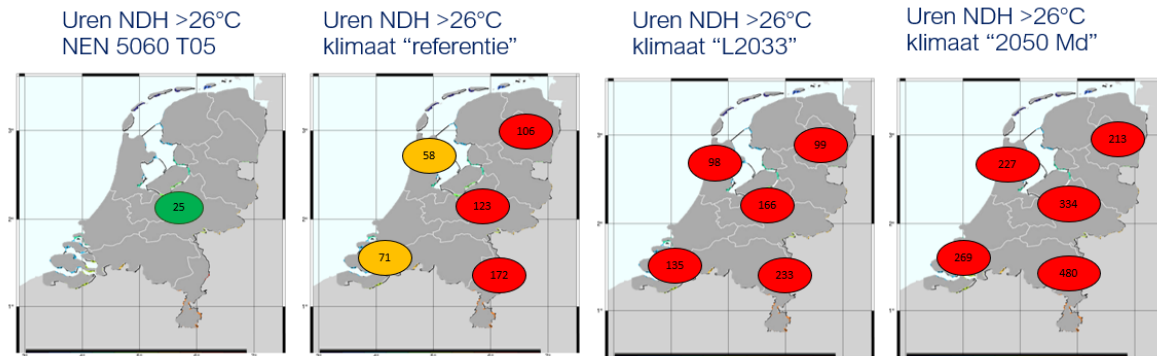
8.2c. ATG-uren klasse A woonkamers



8.2d. ATG-uren klasse C woonkamers



## 8.2e. Aantal uren >26°C 's nachts in de slaapkamers



### Deelconclusies renovatiescenario 1

- Op basis van figuur 8.2a is zichtbaar dat door de toepassing van buitenzonwering momenteel wordt voldaan aan een grenswaarde van maximaal 450 uur.
- De huidige beoordeling op basis van NEN5060:T05 geldt voor geheel Nederland en richt zich niet op de verschillen over Nederland. Figuur 8.2b geeft op basis van de berekende vijf locaties een gevarieerder beeld.
- Op basis van figuur 8.2b 'KNMI referentie' is een spreiding over Nederland te zien qua uitkomst en wordt met name in de regio binnenland niet voldaan aan de grenswaarde. Aanbeveling is om het risico op temperatuuroverschrijding locatiegebonden te beoordelen.
- Het treffen van passieve koelmaatregelen (in dit geval buitenzonwering) is in dit scenario voor 2050 onvoldoende.
- Het aantal overschrijdingsuren in de nachtperiode is nu (referentie), maar ook in de toekomst, hoog.

### 8.3 Renovatiescenario 2

De volgende kenmerken zijn voor renovatiescenario 2 aangehouden:

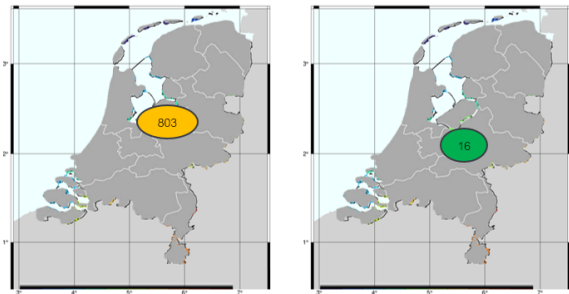
- Geen stedelijk hitte-eiland
- [Gunstige oriëntatie \(voorgevel zuid\)](#)
- Gerenoveerde woning niveau standaard
- [Met buitenzonwering](#)
- [Ramen open in de nacht gedurende 12 uur](#)

### 8.3a. Huidige beoordeling NEN:5060 T05

Aantal GTO-uren – NEN 5060 T05

geen zonwering

met zonwering



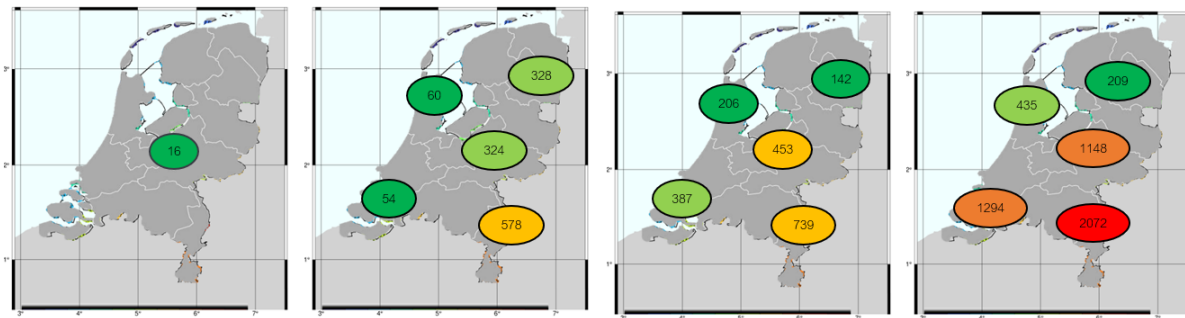
### 8.3b. GTO-uren woonkamers

Aantal GTO-uren –  
NEN 5060 T05

Aantal GTO-uren –  
klimaat “referentie”

Aantal GTO-uren –  
klimaat “L2033”

Aantal GTO-uren –  
klimaat “2050 Md”



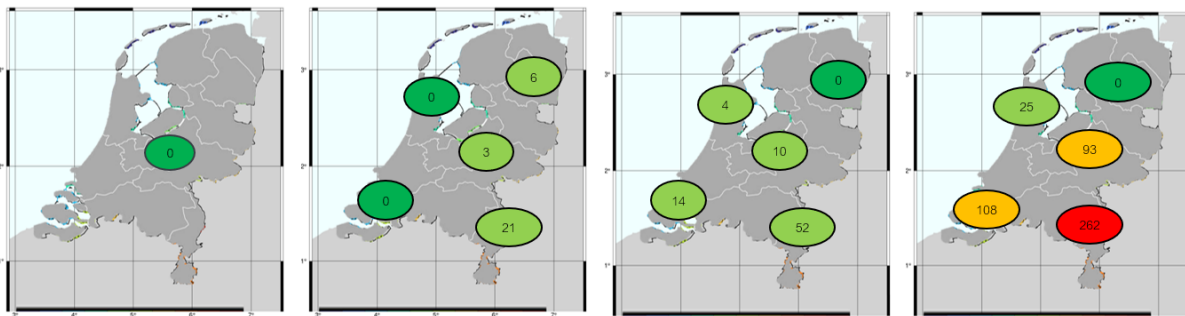
### 8.3c. ATG-uren klasse A woonkamers

Aantal ATG-uren –  
NEN 5060 T05

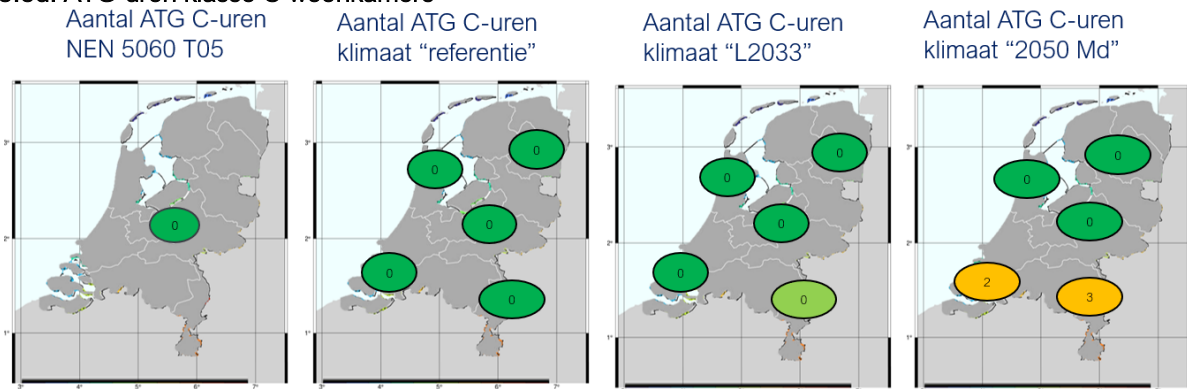
Aantal ATG-uren –  
klimaat “referentie”

Aantal ATG-uren –  
klimaat “L2033”

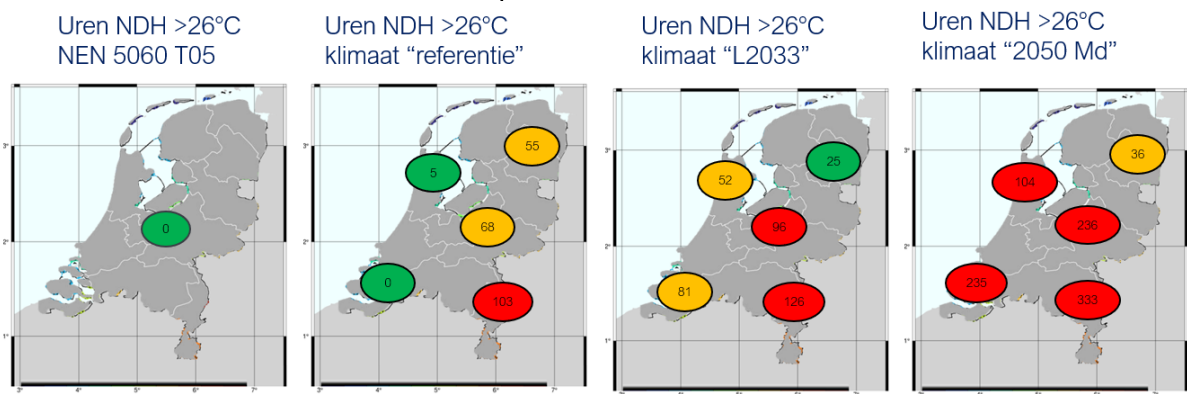
Aantal ATG-uren –  
klimaat “2050 Md”



### 8.3d. ATG-uren klasse C woonkamers



### 8.3e. Aantal uren >26°C 's nachts in de slaapkamers



### Deelconclusies renovatiescenario 2

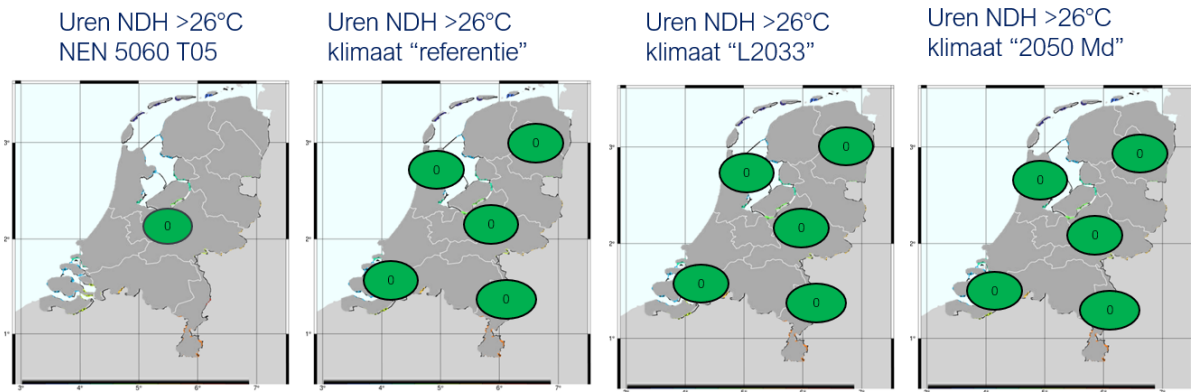
- Scenario 2 is voor de GTO-uren, ATG-klasse en NDH aanzienlijk gunstiger. De oriëntatie en het nachtelijk ventileren van de woning dragen bij aan een beter zomercomfort.
- Bij toetsing op ATG klasse C, de grenswaarde die het meest ruimte laat voor adaptatie en gewenning aan hogere temperaturen, is het zelfs met de toekomstige warme jaren zeer weinig overschrijdingen.
- Desondanks blijft het aantal uren in de nachtperiode met een NDH > 26°C een punt van aandacht.
- Vanuit de analyse van passieve koeling van de ladder van koeling is zichtbaar dat ook met een optimale nachtelijke ventilatie zoals met een passieve koelregeling de uren NDH >26°C niet onder de grenswaarde komen. Op locatie De Bilt is in zichtjaar 2050 Md dan nog 237 uur aan overschrijding zichtbaar.

## 8.4 Renovatiescenario 3

Voor renovatiescenario 3 is specifiek gekeken naar actieve koeling om het aantal uren in de nachtperiode te verlagen. Tegelijkertijd is gekeken naar het effect van buitenzonwering op de energievraag (KWh thermisch). De volgende kenmerken zijn voor renovatiescenario 3 aangehouden:

- Geen stedelijk hitte-eiland
- Ongunstige oriëntatie (Oost/west)
- Gerenoveerde woning niveau standaard
- **Geen buitenzonwering**
- **Actieve koeling**

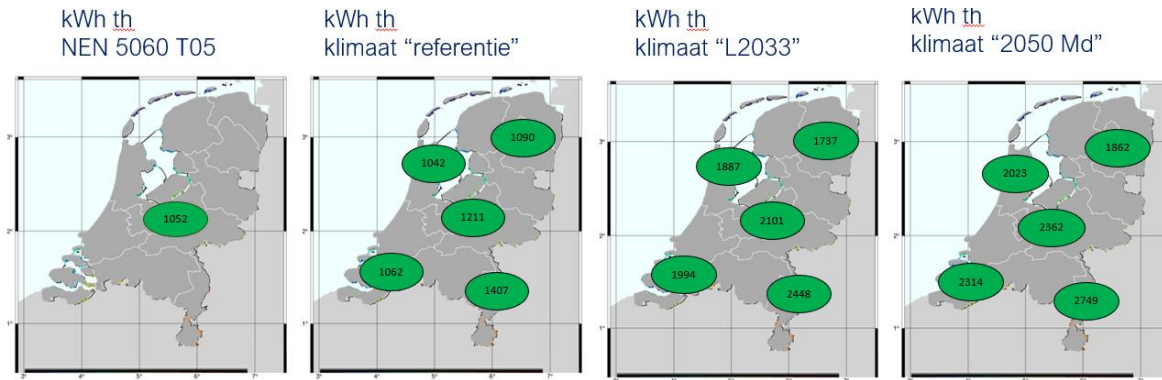
### 8.4a. Aantal uren >26°C 's nachts in de slaapkamers



Tabel 58: resultaten koude behoefte per locatie en zichtjaar

	NEN 5060:T05	Klimaat De Bilt 'Referentie'	Klimaat De Bilt 'L2033'	Klimaat De Bilt '2050Md'
Geen buitenzonwering	1.052 kWh <sub>th</sub>	1.211 kWh <sub>th</sub>	2.101 kWh <sub>th</sub>	2.362 kWh <sub>th</sub>
Met buitenzonwering	298 kWh <sub>th</sub>	413 kWh <sub>th</sub>	687 kWh <sub>th</sub>	974 kWh <sub>th</sub>
		Roermond referentie	Roermond 2033	Roermond 2050
Geen buitenzonwering		1.407 kWh <sub>th</sub>	2.448 kWh <sub>th</sub>	2.749 kWh <sub>th</sub>
Met buitenzonwering		521 kWh <sub>th</sub>	889 kWh <sub>th</sub>	1235 kWh <sub>th</sub>
		Alkmaar referentie	Alkmaar 2033	Alkmaar 2050
Geen buitenzonwering		1.042 kWh <sub>th</sub>	1.887 kWh <sub>th</sub>	2.023 kWh <sub>th</sub>
Met buitenzonwering		276 kWh <sub>th</sub>	495 kWh <sub>th</sub>	701 kWh <sub>th</sub>
		Zierikzee referentie	Zierikzee 2033	Zierikzee 2050
Geen buitenzonwering		1.062 kWh <sub>th</sub>	1.994 kWh <sub>th</sub>	2.314 kWh <sub>th</sub>
Met buitenzonwering		277 kWh <sub>th</sub>	565 kWh <sub>th</sub>	928 kWh <sub>th</sub>
		Assen referentie	Assen 2033	Assen 2050
Geen buitenzonwering		1.090 kWh <sub>th</sub>	1.737 kWh <sub>th</sub>	1.862 kWh <sub>th</sub>
Met buitenzonwering		368 kWh <sub>th</sub>	520 kWh <sub>th</sub>	628 kWh <sub>th</sub>

### 8.4b koude behoefte in kWh thermisch gehele EGW



### Deelconclusies renovatiescenario 3

- Bij de toepassing van koeling is onafhankelijk van de locatie eenvoudig te voldoen aan de geanalyseerde comfort eisen en ook de uren met NDH >26°C.
- Logischerwijs is ook de koelbehoefte per locatie aanzienlijk verschillend en is er een grote spreiding zichtbaar. Het grootste verschil is zichtbaar tussen Assen en Roermond. Dit pleit ook voor locatie afhankelijk eisen aan koelinstallaties.

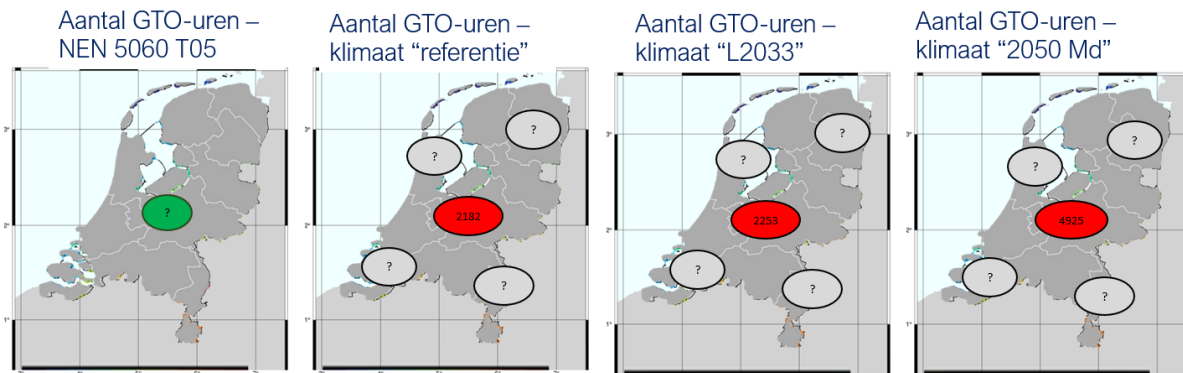
## 8.5 Renovatiescenario 4

In renovatiescenario 4 is uitgegaan van een extreem scenario inclusief het stedelijk hitte-eiland voor uitsluitend locatie De Bilt meegenomen. Er is vooralsnog geen SHE profiel gedefinieerd voor steden op de locaties Alkmaar, Zierikzee, Assen en Roermond. Wanneer hier een passend profiel voor is vastgesteld kunnen ook hiervan de effecten inzichtelijk worden gemaakt. Zoals aangegeven in hoofdstuk 7 stedelijk hitte eiland is dit per locatie, wijk of zelfs straat verschillend. De hier berekende situatie geldt dan dus ook heel specifiek voor de locatie waar dit stadsprofiel (samenstelling van Fveg en Sv<sub>f</sub>) van Utrecht mee overeenkomt dit komt dus niet overeen met geheel Utrecht.

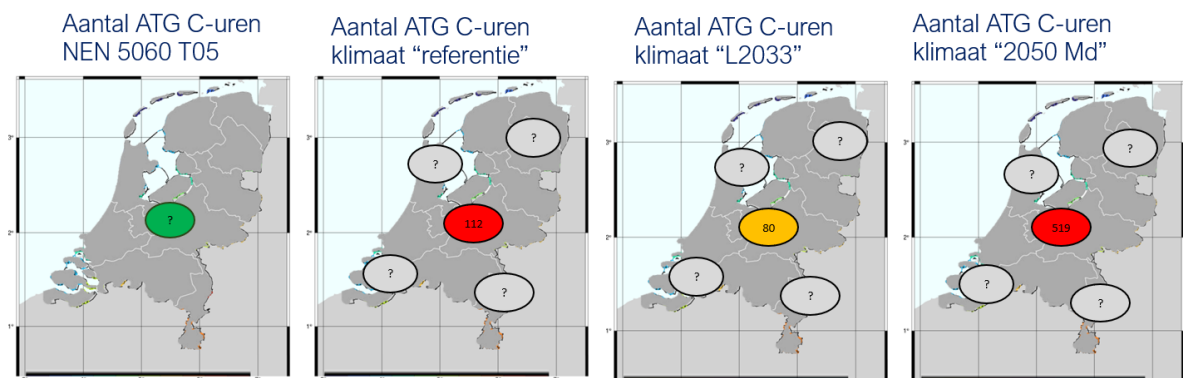
De volgende kenmerken zijn voor renovatiescenario 1 aangehouden:

- [Stedelijk hitte-eiland effect \(stadsprofiel Utrecht\)](#)
- Ongunstige oriëntatie (Oost/west)
- Gerenoveerde woning niveau standaard
- [Met buitenzonwering](#)
- [Geen actieve koeling](#)

### 8.5a. GTO-uren woonkamers

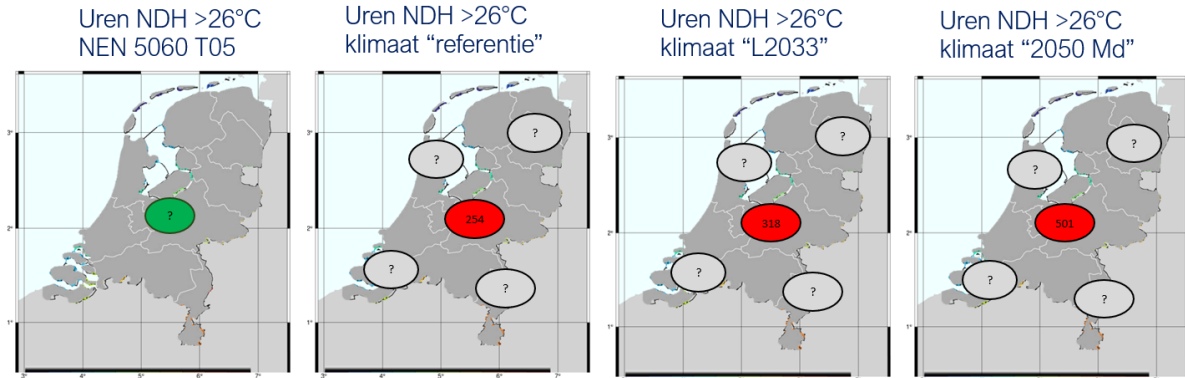


### 8.5b. ATG-uren klasse C woonkamers

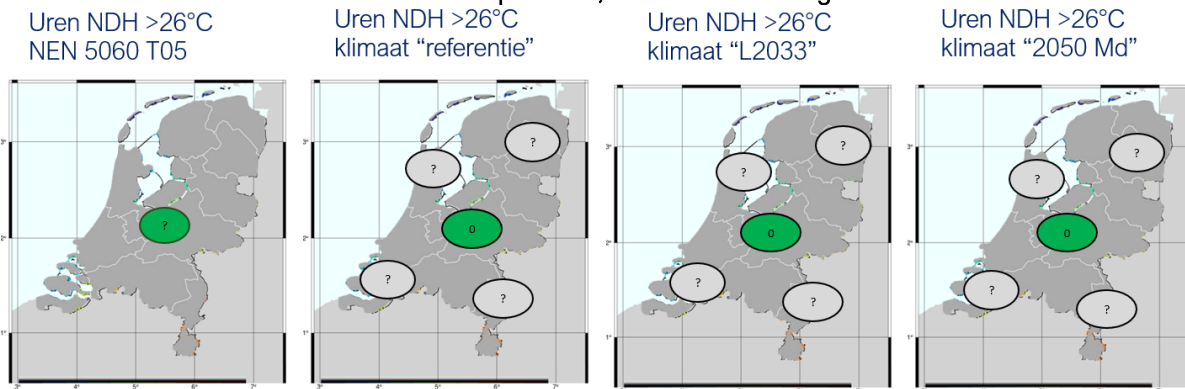




### 8.5c. Aantal uren >26°C 's nachts in de slaapkamers



### 8.5d. Aantal uren >26°C 's nachts in de slaapkamers, met actieve koeling



Als er actieve koeling wordt toegepast om het stedelijk hitte-eiland in de nachtperiode te verlagen zorgt dat voor een optimaal thermisch comfort ofwel aantal uren boven de 26°C is nul. Alleen dat vraagt wel inzet en daarmee verbruik van een koelmachine. De keuze van de opwekker bepaald de mate van efficiency waarmee de koelvraag wordt ingevuld.

Tabel 59: resultaten koude behoefte per locatie en zichtjaar

Koude behoefte	Klimaat 'Referentie'	Klimaat 'L2033'	Klimaat '2050Md'
Met koeling zonder zonwering	1.589 kWh <sub>th</sub>	2.563 kWh <sub>th</sub>	2.796 kWh <sub>th</sub>
Stijging koelbehoefte als gevolg van SHE t.o.v. buitengebied	+378 (31%)	+462 (+22%)	+434 (18%)
Met koeling met zonwering	658 kWh <sub>th</sub>	1.021 kWh <sub>th</sub>	1.317 kWh <sub>th</sub>
Stijging koelbehoefte als gevolg van SHE t.o.v. buitengebied	+245 (+59%)	+334 (+49%)	+343 (+35%)



#### Deelconclusies renovatiescenario 4

- Scenario 4 is een ongunstig samenstelling van uitgangspunten. Met name het stedelijk hitte eiland effect zorgt er voor dat in de referentie situatie met zonwering (2.182 GTO-uren) al niet wordt voldaan aan GTO-uren. Dit was in scenario 2 zonder SHE nog wel het geval.
- Bij de referentie valt ook op dat de nachtelijke uren zeer hoog zijn namelijk 254 uur, dat komt overeen met 31 nachten. Dit impliceert dat de woningen in de binnenstad van Utrecht daar op dit moment mee te maken krijgen. Richting 2050 verdubbelt dit aantal en zal dit 62 nachten kunnen zijn.
- Omgerekend naar een koelbehoefte betekent het dat dit voor woningen in een SHE een 18 tot 31% hogere koelbehoefte hebben dan buiten het SHE. In het geval dat er zonwering aanwezig is, is de stijging in koude behoefte in de referentie, 2033 en 2050Md als gevolg van SHE 59%, 49% en 35%.
- In de zichtjaren 2033 en 2050 zien we een minder mate van stijgende koelbehoefte. Dit is mogelijk omdat de koelbehoefte ook in buitengebied al aanzienlijk stijgt. Het verschil tussen stad en buitengebied wordt dus iets kleiner.

## Hoofdstuk 9 Conclusie en aanbevelingen

*Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in opdracht van RvO en TKI onderzoek verricht naar de gevolgen van de door het KNMI ontwikkelde toekomstige klimaatscenario's op het thermisch comfort in de bestaande bouw. Het doel van deze studie is om inzicht te geven in de impact van de nieuwe klimaatdata op het thermisch comfort.*

### 9.1 Conclusie

Op basis van deze verkennende studie naar de impact van de toekomstige klimaatscenario's op het binnenklimaat in de bestaande bouw worden de volgende conclusies geformuleerd:

#### 1. *Buitentemperatuur*

- Op zowel de korte (2033) als de middellange termijn (2050) is een stijging van de buitentemperatuur zichtbaar in de data van de klimaatscenario's van het KNMI.
- Dit resulteert in meer en langere perioden met hogere buitentemperaturen, hogere RMOT-waarden > 22°C en langere perioden van hittegolven. Deze opwarming leidt dus niet alleen overdag, maar zeker ook in de nachtperiode tot een hogere buitentemperatuur. Met name de temperatuurstijging in de nachtperiode is zorgwekkend.
- In de beoordeling van het zomercomfort, op basis van NEN5060:T05, worden deze effecten onderschat, waardoor die norm onvoldoende geschikt is om de toekomstige klimaatverandering correct te simuleren.

#### 2. *Samenhang met isolatie*

- De integrale verduurzamingsslag in de bestaande bouw naar een niveau van energiebehoefte die lager is dan de Standaard voor Woningisolatie is essentieel om de CO<sub>2</sub>-uitstoot vergaand te beperken en daarmee de bron voor klimaatverandering in de zomerperiode te beperken. Stop dus niet met isoleren van de bestaande bouw, maar verduurzaam zo goed mogelijk om een zo laag mogelijke energiebehoefte te realiseren.
- Het verduurzamen 'voorbij de Standaard' in combinatie met buitenzonwering of andere effectieve zonwerende maatregelen vormen een toekomstgerichte aanpak. Isoleren en verduurzamen zonder zonwerende voorzieningen zorgt voor een stijging van de koelbehoefte. Door zonwering toe te passen kan deze stijging nagenoeg te niet worden gedaan. Bij een warmer wordend klimaat zorgt isoleren juist voor een daling van de koelbehoefte. Effectieve beperking van directe zoninstraling is daarbij een bepalende randvoorwaarde.

#### 3. *Consequenties rekenresultaten*

- In dit onderzoek zijn meerdere rekenmethodieken en indicatoren gebruikt om het risico op oververhitting te duiden. Hierbij is zowel naar adaptieve indicatoren (waarbij het lichaam gewend raakt

aan hogere temperaturen), als de piekmomenten overdag en overschrijdingen in de nachtperiode gekeken. De uitkomst op de verschillende indicatoren is afhankelijk van het zichtjaar en de te treffen maatregelen die zijn meegerekend. De rekenresultaten zijn echter, onafhankelijk van de benadering, dusdanig hoog dat er in het beleid aandacht moet komen voor (passieve) warmte werende maatregelen, al dan niet verplicht via de bouwregelgeving.

- Buitenzonwering is daarbij essentieel voor zowel het thermisch comfort als het verminderen van de energie/elektriciteitsvraag van actieve koelsystemen.

#### **4. Toepassing actieve koeling**

- Om oververhitting in woningen ten gevolge van stijgende buitentemperaturen te verminderen zijn er op basis van de ladder van koeling meerdere mogelijkheden. Het aanbrengen van passieve maatregelen vormt daarbij de eerste stap en het aanbrengen van actieve koeling het sluitstuk.
- Het is niet voor elke situatie mogelijk om met uitsluitend passieve maatregelen een acceptabel binnenklimaat te blijven realiseren richting de toekomst. Dit is mede afhankelijk van de locatie het zichtjaar, verdere opwarming en mogelijkheden van het gebouw. Actieve koeling ligt dan voor de hand. Ook daarbij geldt dat de combinatie van actieve koeling met de Standaard voor woningisolatie met buitenzonwering de koelbehoefte met een factor 2 á 3 kan verlagen.
- In de bestaande bouw ligt een belangrijke koppelkans bij de vervanging van het technisch bouwsysteem voor verwarming (en het aardgasvrij maken) door een systeem dat de mogelijkheid geeft om actief te koelen. Uitgangspunt zou moeten zijn dat actieve koeling op een duurzame wijze wordt gerealiseerd.
- Het toepassen van airco's is als maatregel voor het verlagen van de binnentemperatuur zowel in de dag als nachtsituatie effectief. Maar airco's werken contraproductief doordat zij de buitentemperatuur rond de woning verhogen en zorgen voor een stijging van het elektraverbruik.

#### **5. Beoordeling thermisch comfort**

- De beoordeling van het thermisch comfort in de zomer moet locatie- en projectspecifiek plaatsvinden. Bij de beoordeling van projecten moet een koppeling gemaakt worden tussen de toekomstige uurlijkse klimaatdata en specifieke hitte risico's vanuit de omgeving. Zoals uit informatie over het stedelijk hitte eiland effect op de betreffende locatie.
- Er moet niet alleen aandacht komen voor het thermisch comfort overdag, maar ook voor het thermisch comfort in de nachtperiode. Een hogere buitentemperatuur in de nachtperiode zorgt er voor dat de woningen in de nachtperiode minder afkoelen, zeker bij zichtjaar 2033 en 2050. Dit leidt tot een slechter thermisch comfort in de gebouwde omgeving gedurende de zomernachtperiode.
- Bijzondere aandacht is nodig voor 'kritische' appartementen waarbij de mogelijkheid van doorspuien van de woning met koele buitenlucht zeer beperkt is. Dit betreft veelal appartementen met een eenzijdige oriëntatie, geluidsbelast of inbraakgevoelig zijn.

## 6. *Stedelijk hitte-eiland*

- Het stedelijk hitte-eiland levert een substantiële bijdrage aan opwarming van de gebouwde omgeving in de stad. Alhoewel in dit onderzoek vanuit het KNMI één stadsprofiel qua stedelijk hitte-eiland beschikbaar is, blijkt dat de buitentemperatuur met name in de nachtperiode met 1 à 5 °C kan stijgen. Dit leidt tot een forse stijging van de GTO-uren, ATG-klasse AB en C, de NDH en de maximale temperatuur overdag.
- De verschillende stadsprofielen dienen nader te worden uitgewerkt om hierin goede locatie afhankelijke beoordeling te kunnen geven. Hierbij zijn twee factoren van belang, namelijk de vegetatiefactor en de skyview-factor. Deze zijn nu nog voor onvoldoende locaties bekend.
- Als alternatief kan ook gezocht worden naar een systematiek om de twee meest bepalende factoren (vegetatiefactor en skyview-factor) objectief vast te stellen, zodat een gestandaardiseerd hitte-eiland-effect in locatiegerichte of projectspecifieke berekeningen kan worden betrokken.

## 9.2 Aanbeveling

Op basis van deze verkennende studie geven wij de volgende aanbevelingen:

1. **Mitigerende maatregelen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken.** De beste aanbeveling is het aanpakken van de bron, namelijk de uitstoot van CO<sub>2</sub> fors te reduceren. De mate waarin we de opwarming kunnen verminderen draagt bij om het risico op oververhitting te beperken. In deze studie is voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot uitgegaan van het midden scenario, daarmee wordt dus al voorbij gegaan aan de afspraken uit het Parijs Akkoord. Uitgaande van dit scenario qua CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn er op korte termijn (2033) al warmte werende maatregelen nodig in de gebouwde omgeving voor een acceptabel binnenklimaat.
2. **Het maken van beleid gericht op het beperken van de oververhitting in woningen en gebouwen, ten gevolge van de onvermijdelijke temperatuurstijging.** De rekenresultaten zijn voor nieuwbouw en bestaande bouw, onafhankelijk van de rekenmethodiek en indicator, dusdanig hoog dat er in het beleid aandacht moet komen voor (passieve) warmtewerende maatregelen, al dan niet verplicht via de bouwregelgeving.
3. **Bepalen rekenmethodiek en grenswaarden voor temperatuuroverschrijding in de bestaande bouw.** Er gelden momenteel geen publiekrechtelijke eisen aan het risico op temperatuuroverschrijding in de bestaande bouw. Daar komt bij dat er sprake is van een veelvoud aan methodieken en zichtjaren om het risico op temperatuuroverschrijding te bepalen. In deze studie zijn meerdere indicatoren gebruikt om de kortdurende pieken, maar ook het adaptieve karakter van zomercomfort te kunnen wegen. Dit leidt tot een veelheid in uitkomsten, waarbij nader onderzoek moet plaatsvinden welke indicator(en) bepalend is zodat eenduidigheid ontstaat. Wij bevelen aan om met verschillende marktpartijen de methodiek en grenswaarde

vast te stellen waarbij wij pleiten om naast de GTO of ATG-methodiek in ieder geval de nachttemperatuur mee te laten wegen. Bovendien adviseren we de momenteel gehanteerde grenswaarden voor nieuwbouw (GTO en TO-juli) te hertzien op basis van deze nieuwe inzichten.

Tegelijkertijd zijn door het KNMI diverse klimaatscenario's uitgebracht. Binnen de verschillende zichtjaren zijn ook variaties zichtbaar in mate van opwarming en droog/nat klimaat. De spreiding is dusdanig groot dat dit pleit voor nadere beschouwing tussen het KNMI en de bouwsector voor het meest realistische scenario voor het bepalen van de koudevraag.

Concreet betekent dit dat wij adviseren in elk geval de klimaatreferentie in de bouwregelgeving op korte termijn te actualiseren door herziening van NEN 5060 en deze te verrijken met de inzichten uit de klimaatscenario's door het toevoegen van een of meer toekomstige referentiejaren. Bovendien adviseren wij voor de toekomstige bepalingsmethode energieprestatie van gebouwen (de opvolger van NTA 8800:2024) uit te gaan van een van deze toekomstige referentiejaren.

- 4. Nader onderzoek stedelijk hitte-eiland.** In deze studie is een eerste verkenning van het stedelijk hitte-eiland meegenomen. Op basis van data van het KNMI is aan de hand van het stadsprofiel Utrecht een eerste indicatie gegeven van dit effect op het risico op oververhitting. Een globale inschatting laat zien dat het stedelijk hitte-eiland voor circa 2 à 2,5 miljoen woningen geldt, waarbij de mate waarin sterk afhankelijk is van de locatie en vegetatie. Tegelijkertijd vraagt het stedelijk hitte-eiland om nader onderzoek, bijvoorbeeld naar de invloed van het stadstype, vegetatie, sky view factor en het verschil in positie in en rondom de stad. Aan de hand van dit onderzoek kan dit effect concreet worden meegenomen in beleid, regelgeving en planvorming.
- 5. Innovaties.** Om warmte te weren op gebiedsniveau en gebouwniveau zijn al diverse maatregelen overeenkomstig de ladder van koeling beschikbaar. Toch zijn verdere innovaties wenselijk op het gebied van buitenzonwering, reflecterende daken, oplossingen voor wijken met een hoog risico op het stedelijk hitte-eiland, etc., zodat de toepassing hiervan eenvoudiger kan worden meegenomen in bouw- en renovatieplannen. Daarbij is een kijk naar Zuid Europese landen ook wenselijk voor inspiratie in bouwmethodiek en mitigerende maatregelen.



**Bijlage 1 - Analyse klimaatdata**

Analyse klimaatdata; aantal uren boven bepaalde temperatuur, aantal dagen RMOT

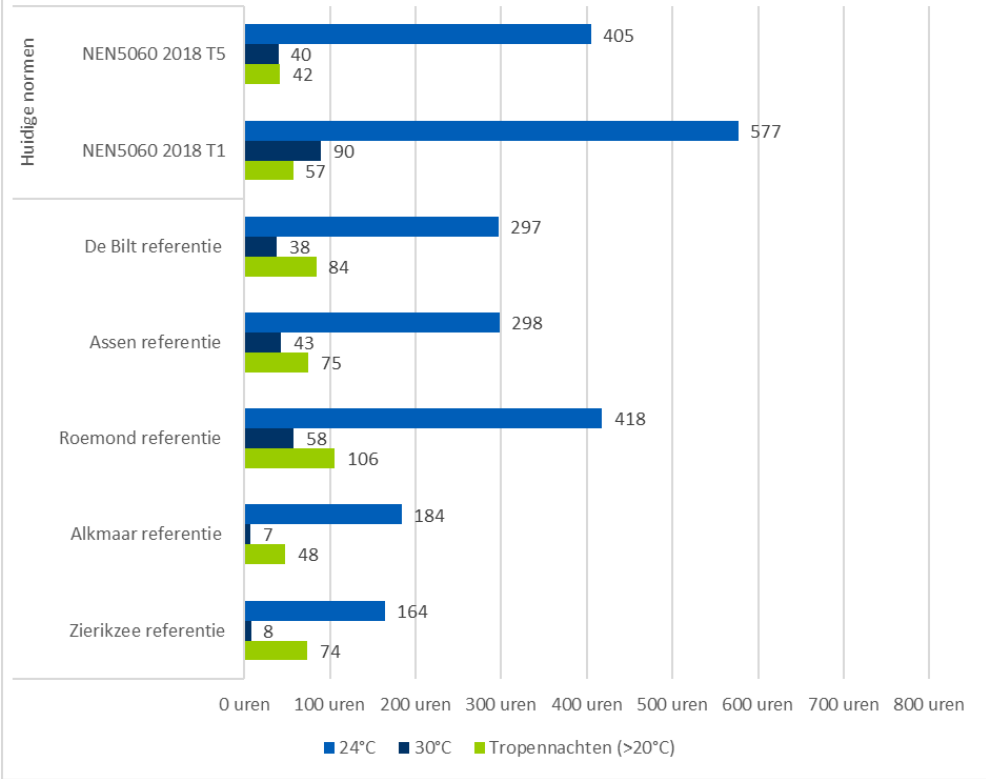
	KNMI De Bilt afgelopen jaren						Toekomstige zichtjaren (koudevraag)						Huidige normen	
T (°C)	DeBilt 2018	DeBilt 2019	DeBilt 2020	DeBilt 2021	DeBilt 2022	DeBilt 2023	DeBilt refer	DeBilt 2033L	DeBilt 2050Md	DeBilt 2050Mn	DeBilt 2050Hd	DeBilt 2050Hn	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
dagen														
RMOT 16	101	75	78	101	94	94	72	123	108	118	116	106	103	100
RMOT 22	7	6	9	0	1	1	14	19	32	11	37	20	5	22
Uren														
Tr.nacht> 20°C	55	46	74	4	8	42	84	157	188	147	242	205	42	57
24°C	428	257	304	140	321	317	297	471	550	310	658	508	405	577
26°C	201	168	203	47	174	160	168	284	349	174	420	294	201	366
28°C	100	112	122	12	99	74	90	159	202	107	255	138	105	211
30°C	40	67	62	1	44	17	38	78	101	63	148	49	40	90
32°C	23	27	22	0	9	0	5	22	43	27	102	1	4	29
34°C	11	16	0	0	6	0	0	3	9	14	46	0	0	7
36°C	0	10	0	0	0	0	0	0	7	7	10	0	0	0

Analyse klimaatdata; aantal uren boven bepaalde temperatuur

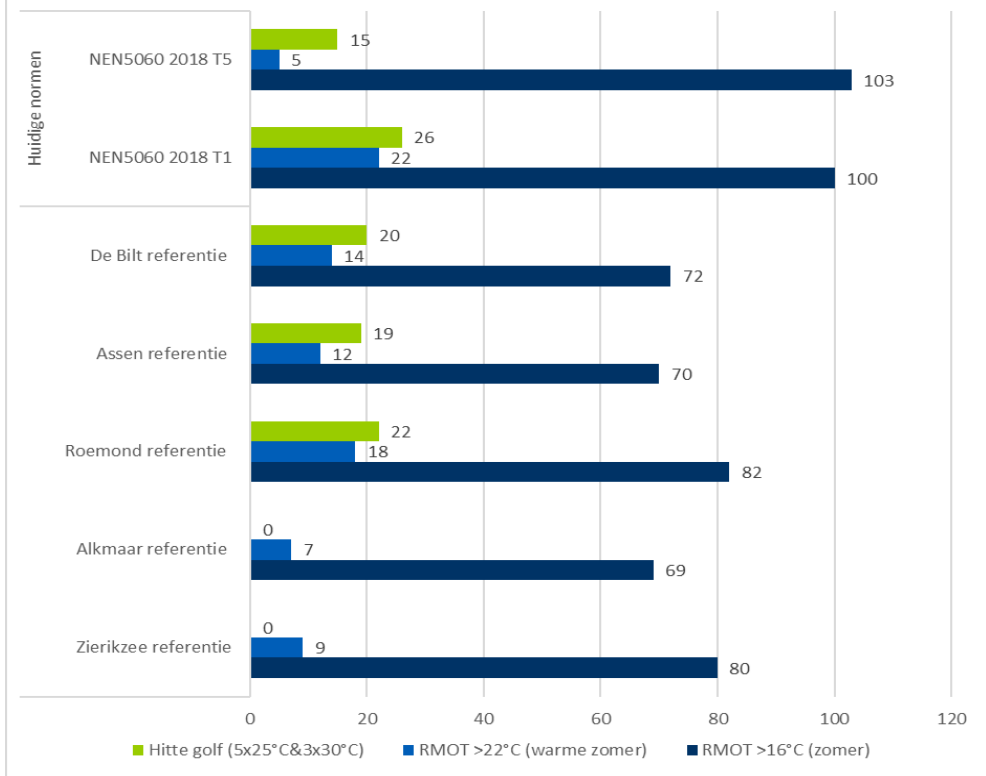
	referentie	2033	2050	2050	2050	2050	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2150	Huidige normen	
T (°C)	DeBilt refer	DeBilt 2033L	Md	Mn	Hd	Hn	Md	Mn	Hd	Hn	Ld	Ln	Md	NEN 5060 T05	NEN 5060 T01
24°C	297	471	550	310	658	508	874	652	1396	1706	439	467	532	405	577
26°C	168	284	349	174	420	294	284	348	961	1170	270	279	344	201	366
28°C	90	159	202	107	255	138	159	201	647	753	179	169	204	105	211
30°C	38	78	101	63	148	49	78	102	397	447	93	86	93	40	90
32°C	5	22	43	27	102	1	22	38	234	261	59	16	24	4	29
34°C	0	3	9	14	46	0	3	6	130	148	13	0	4	0	7
36°C	0	0	7	7	10	0	0	0	53	70	5	0	2	0	0



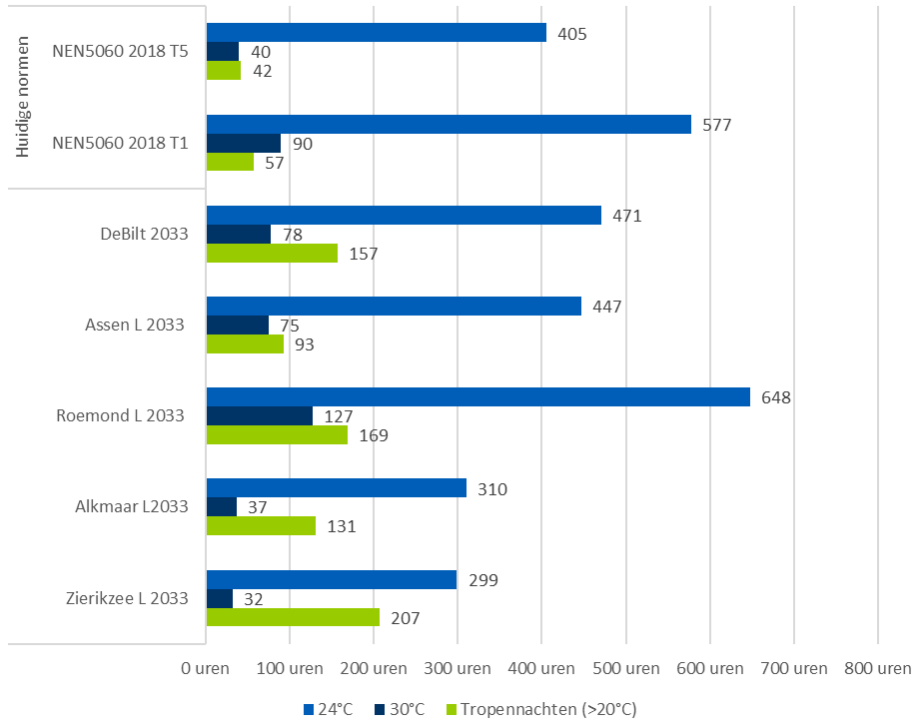
### aantal uren hoge temperaturen en tropennachten



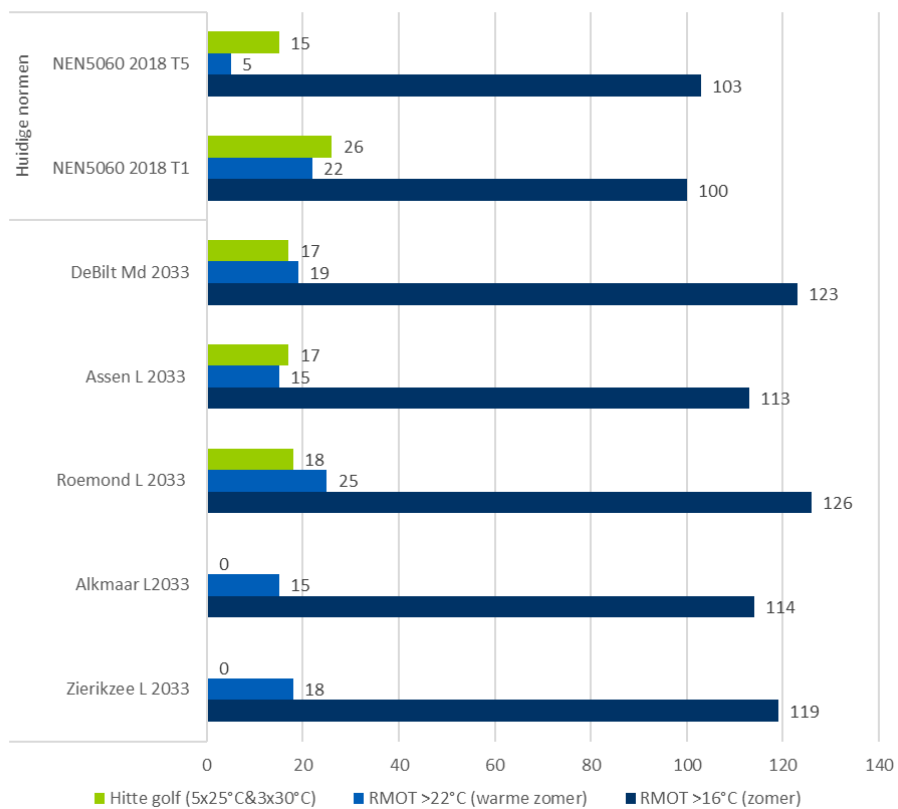
### dagen Rmot en Hittegolfen



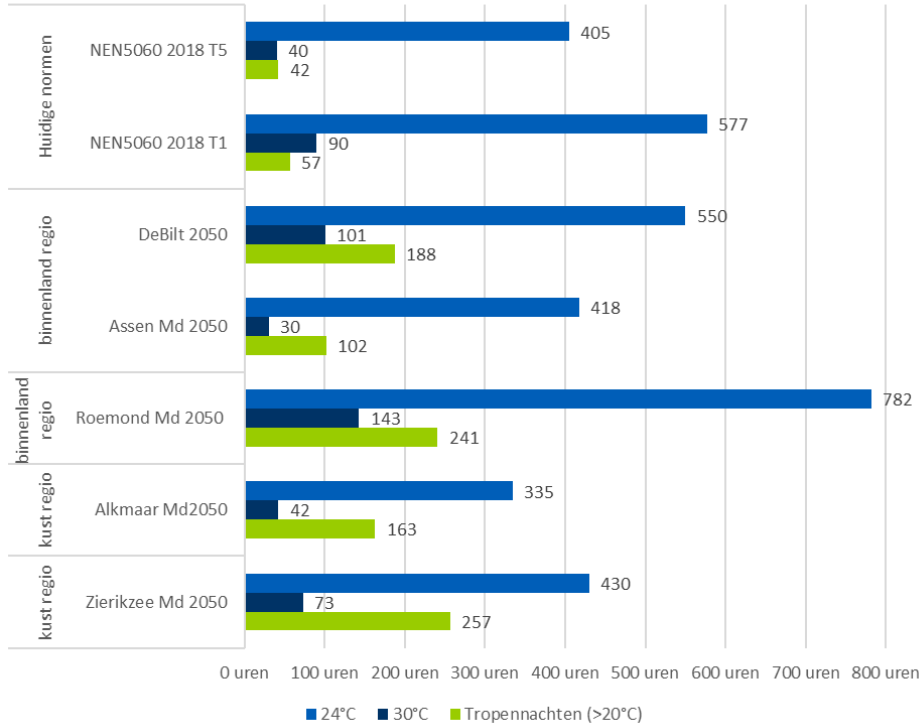
### aantal uren hoge temperaturen en tropennachten



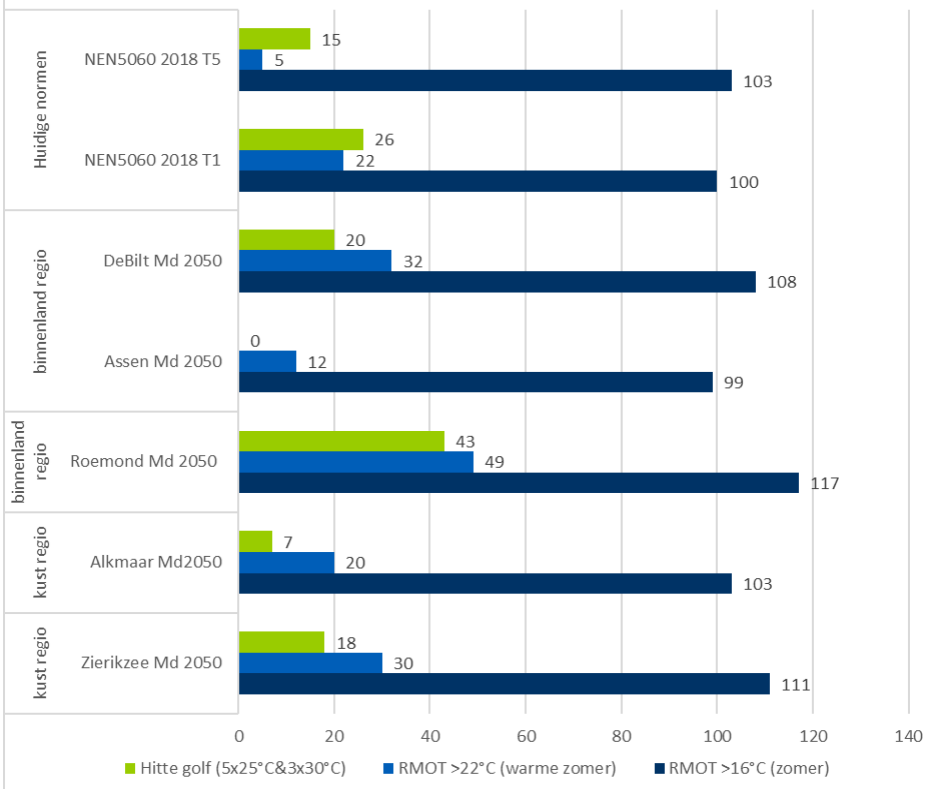
### dagen Rmot en Hittegolfen



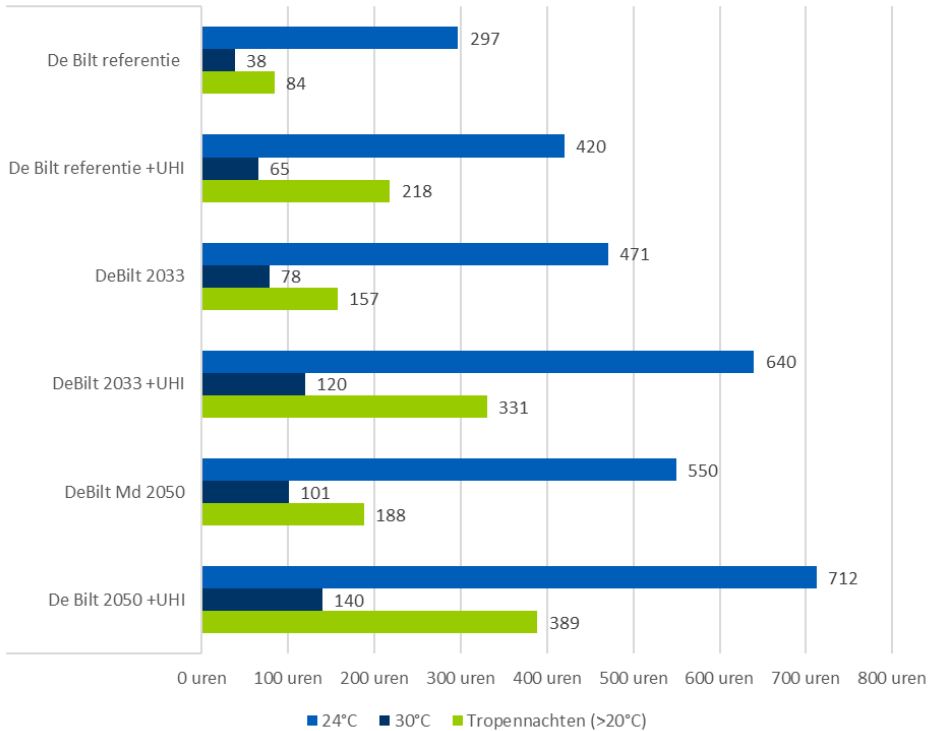
### aantal uren hoge temperaturen en tropennachten



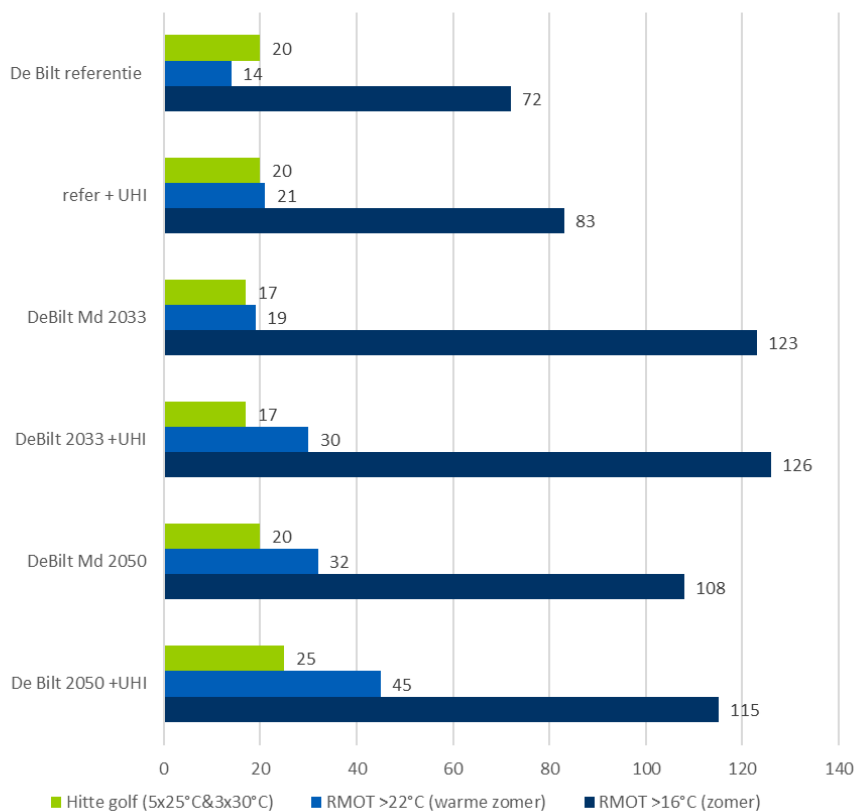
### dagen Rmot en Hittegolfen

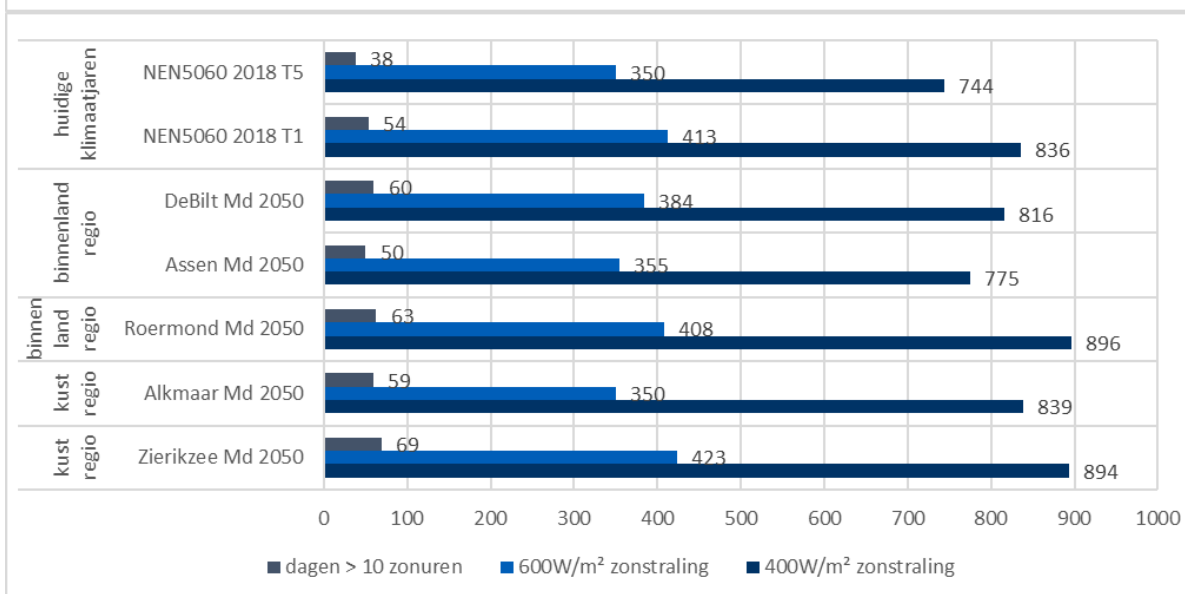
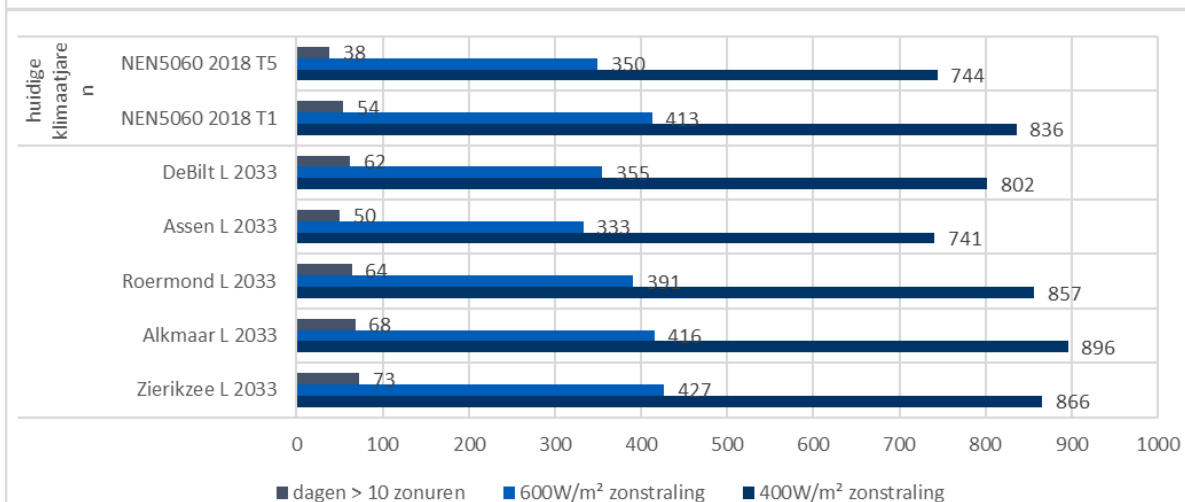
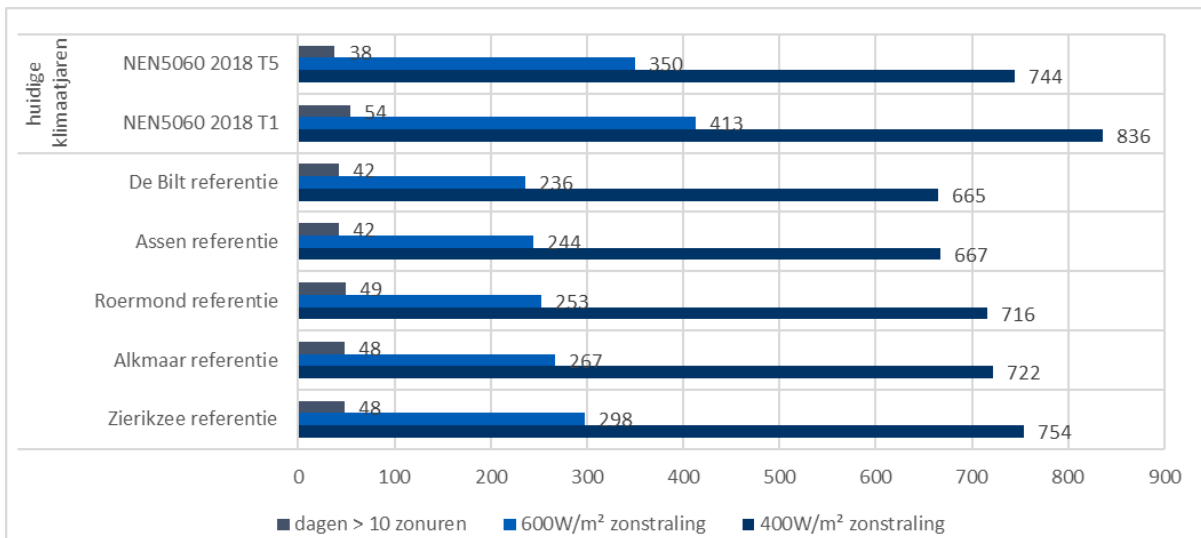


### aantal uren hoge temperaturen en tropennachten



### dagen Rmot en Hittegolfen







## Bijlage 2 - Energieconcepten

**ENERGIECONCEPT - GRONDGEBONDEN WONING**

Berekening conform NTA 8800:2024

**PROJECTGEGEVENS**

project	Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving
projectnummer	20241014
opdrachtgever	RvO / TKI Urban Energy
datum	10 oktober 2024

**UITGANGSPUNTEN**

Type woning	Tussenwoning
Oriëntatie	Oost-West
Verhouding Als/Ag	1,51
Bouwjaar	1960
Berekeningsprogramma	Uniec 3.3.3.1



**BOUWKUNDIG**

	Huidige situatie	Standaard voor woningisolatie	Voorbij de Standaard
Begane grondvloer boven kruipruimte	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ - ongeïsoleerde betonvloer o.b.v. bouwjaar	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - 150 mm isolatie	$R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - 190 mm isolatie
Buitengevel	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$ - nageïsoleerde spouwmuur (60 mm isolatie)	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$ - nageïsoleerde spouwmuur (60 mm isolatie)	$R_c = 4,70 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevel isolatie
Hellend dakconstructie	$R_c = 2,00$ - matig geïsoleerd hellend dak (80 mm isolatie)	$R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - isolatie van binnenuit	$R_c = 6,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - 270 mm isolatie
Binnenwanden	steenachtig 100 mm	steenachtig 100 mm	steenachtig 100 mm
Binnenvloeren	betonvloer 240 mm	betonvloer 240 mm	betonvloer 240 mm
Beglazing	conventioneel dubbel glas	<b>HR++-glas + klerdichting</b>	<b>triple-glas + klerdichting</b>
Kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen behouden	houten kozijnen behouden
Glasopeningen (incl. kozijn)	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ - conventioneel dubbel glas	<b>houten kozijnen: <math>U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K} / g_{gl} = 0,60</math></b>	<b>kunststof kozijnen: <math>U_w = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K} / g_{gl} = 0,50</math></b>
Voordeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur	<b><math>U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}</math> - geïsoleerde deur voorzien van HR++-glas</b>	<b><math>U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}</math> - geïsoleerde deur voorzien van HR++-glas</b>
Balkondeur / achterdeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur	<b><math>U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}</math> - ongeïsoleerde deur voorzien van HR++-glas</b>	<b><math>U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}</math> - ongeïsoleerde deur voorzien van HR++-glas</b>
Kruipruimewanden boven mv	$R_{sw} = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{sw} = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{sw} = 4,70 \text{ m}^2\text{K/W}$
Kruipruimtevloer	$R_{sv} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{sv} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{sv} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	ongeïsoleerd (beluchting riool)	ongeïsoleerd (beluchting riool)
Infiltratie	tussenwoning: o.b.v. bouwjaar < 1970: $3,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,63$	<b>infiltratie o.b.v. renovatiejaar<sup>2)</sup> - tussenwoning: <math>0,70 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,147</math></b>	<b>infiltratie o.b.v. meting - tussenwoning: <math>0,50 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,105</math></b>
Specifieke interne warmtecapaciteit	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)
Buitenzonering	incidenteel aanwezig	incidenteel aanwezig	incidenteel aanwezig
Zoernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

**INSTALLATIETECHNISCH**

Verwarming - opwekking	individuele CV-ketel	individuele CV-ketel - HR-107 ketel	individuele CV-ketel - HR-107 ketel
Verwarming - type distributiesysteem	tweepijpsysteem	tweepijpsysteem	tweepijpsysteem
Verwarming - aanvoertemperatuur	HT (90°C/70°C)	HT (90°C/70°C)	HT (90°C/70°C)
Verwarming - waterzijdig inregelend	niet waterzijdig inregelend	niet waterzijdig inregelend	niet waterzijdig inregelend
Verwarming - leidinggegevens	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone
Verwarming - distributiepomp	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig
Verwarming - afgiftesysteem	radiatoren	radiatoren	radiatoren
Verwarming - ruimtetemperatuur regeling	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)
Warmtapwater - opwekking	individuele CV-ketel (CW 3)	individuele CV-ketel (CW 3)	individuele CV-ketel (CW 3)
Warmtapwater - rendement	tapwater rendement: 0,800	tapwater rendement: 0,800	tapwater rendement: 0,800
Warmtapwater - leidinglengten	leidinglengten badruimte & keuken divers	leidinglengten badruimte & keuken divers	leidinglengten badruimte & keuken divers
Warmtapwater - inwendige diameter leiding naar aanrecht	> 10 mm	> 10 mm	> 10 mm
Ventilatie - principe	C1. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	<b>C. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer</b>	<b>D. Mechanische toevoer en mechanische afvoer</b>
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	te openen ramen	<b>C4c. ZR-roosters <math>\Delta p \leq 1 \text{ Pa}</math>, sturing op afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen in woonkamer en hoofdslaapkamer</b>	<b>D.5c centrale WTW, sturing op toe- of afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen in de wk en hslpk, zonder zonering</b>
Ventilatie - debiet	bbl debiet x Fcntrl (1,00)	<b>bbl debiet x Fcntrl (0,59)</b>	bbl debiet x Fcntrl (0,59)
Ventilatie - warmterugwinning	n.v.t.	n.v.t.	<b>90% (centrale WTW)</b>
Ventilatie - ventilatoren	gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar 2010 en nieuwer	<b>gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar 2010 en nieuwer</b>	<b>gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar &gt; 2010</b>
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW	n.v.t.	n.v.t.	toevoerkanaal geïsoleerd, type isolatie onbekend, lengte onbekend
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	n.v.t.	n.v.t.	onbekend
Ventilatie - geïnstalleerde ventilatiecapaciteit	n.v.t.	n.v.t.	onbekend
Ventilatie - passieve koeling	n.v.t.	n.v.t.	<b>passieve koeling</b>
Koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zonne-energie - PV-panelen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zonne-energie - specificaties PV-panelen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

**RESULTATEN**

<b>Netto-warmtebehoefte</b>	<b>119 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>61 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>37 kWh/m<sup>2</sup></b>
<b>Standaard voor woningisolatie</b>	< 64 kWh/m <sup>2</sup>	< 64 kWh/m <sup>2</sup>	< 64 kWh/m <sup>2</sup>
<b>TOjuli</b>	0,66	0,87	0,69



**PROJECTGEGEVENS**

project	Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving
projectnummer	20241014
opdrachtgever	RvO / TKI Urban Energy
datum	19 december 2024

**UITGANGSPUNTEN**

Type woning	Tussen-tussenappartement - portieketagewoning
Oriëntatie	Oost-West
Verhouding Als/Ag	0,93
Bouwjaar	1960
Berekeningsprogramma	Uniec 3.3.3.1

**BOUWKUNDIG**

	Huidige situatie	Standaard voor woningisolatie	Voorbij de Standaard
Buitengevel	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$ - nageïsoleerde spouwmuur (60 mm isolatie)	$R_c = 1,69 \text{ m}^2\text{K/W}$ - nageïsoleerde spouwmuur (60 mm isolatie)	$R_c = 4,70 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevel isolatie
Wand grenzend aan trappenhuis (AOR)	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geen isolatie; geen spouw	$R_c = 2,58 \text{ m}^2\text{K/W}$ - 100 mm isolatie (geïsoleerde voorzetwand)	$R_c = 2,58 \text{ m}^2\text{K/W}$ - 100 mm isolatie (geïsoleerde voorzetwand)
Plat dakconstructie	$R_c = 2,00$ - matig geïsoleerd hellend dak (80 mm isolatie)	$R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - betonvloer 200 mm, 150 mm isolatie bovenzijde	$R_c = 6,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - betonvloer 200 mm, 270 mm isolatie bovenzijde
Panelen	$U_g = 1,10$ - matig geïsoleerd (40 mm isolatie)	$U_g = 0,90$ - matig geïsoleerd (80 mm isolatie)	$U_g = 0,90$ - matig geïsoleerd (80 mm isolatie)
Binnenwanden	steenachtig 100 mm	steenachtig 100 mm	steenachtig 100 mm
Binnenvloeren	betonvloer 240 mm	betonvloer 240 mm	betonvloer 240 mm
Beglazing	conventioneel dubbel glas	<b>HR++-glas + kierdichting</b>	<b>triple-glas + kierdichting</b>
Kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen behouden	houten kozijnen behouden
Glasopeningen (incl. kozijn)	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ - conventioneel dubbel glas	<b>kozijnen/glas met kwaliteitsverklaring: <math>U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K} / g_w = 0,60</math></b>	<b>kunststof kozijnen: <math>U_w = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K} / g_w = 0,50</math></b>
Voordeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur	$U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ - geïsoleerde deur voorzien van HR++-glas	$U_d = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ - geïsoleerde deur voorzien van HR++-glas
Balkondeur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur voorzien van HR++-glas	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur voorzien van HR++-glas
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	ongeïsoleerd (beluchting riool)	ongeïsoleerd (beluchting riool)
Infiltratie	tussen-tussenappartement: o.b.v. bouwjaar < 1970: $1,50 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,315$	<b>infiltratie o.b.v. renovatiejaar <sup>2)</sup> - tussen-tussenappartement: <math>0,35 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,0735</math></b>	<b>infiltratie o.b.v. renovatiejaar <sup>2)</sup> - tussen-tussenappartement: <math>0,35 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2 \times 0,21 = 0,0735</math></b>
Specifieke interne warmtecapaciteit	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)	vloeren: zwaar (massief beton) wanden: zwaar (dragend metselwerk, betonnen kolom-ligger skeletbouw)
Buitenzonering	incidenteel aanwezig	incidenteel aanwezig	incidenteel aanwezig
Zomernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

**INSTALLATIETECHNISCH**

Verwarming - opwekking	individuele CV-ketel	individuele CV-ketel - HR-107 ketel	individuele CV-ketel - HR-107 ketel
Verwarming - type distributiesysteem	tweepijpsysteem	tweepijpsysteem	tweepijpsysteem
Verwarming - aanvoertemperatuur	HT (90°C/70°C)	HT (90°C/70°C)	HT (90°C/70°C)
Verwarming - waterzijdig inregeling	niet waterzijdig ingeregeld	niet waterzijdig ingeregeld	niet waterzijdig ingeregeld
Verwarming - leidinggegevens	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone	isolatie onbekend, kleppen en beugels geïsoleerd, geen leidingen buiten verwarmde zone
Verwarming - distributiepomp	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig	geen aanvullende circulatiepomp aanwezig
Verwarming - afgiftesysteem	radiatoren	radiatoren	radiatoren
Verwarming - ruimtemtemperatuur regeling	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)	regeling in hoofdvertrek (kamerthermostaat)
Warmtapwater - opwekking	individuele CV-ketel (CW 3)	individuele CV-ketel (CW 3)	individuele CV-ketel (CW 3)
Warmtapwater - rendement	tapwater rendement: 0,800	tapwater rendement: 0,800	tapwater rendement: 0,800
Warmtapwater - leidinglengten	leidinglengten badruimte & keuken divers	leidinglengten badruimte & keuken divers	leidinglengten badruimte & keuken divers
Warmtapwater - inwendige diameter leiding naar aanrecht	> 10 mm	> 10 mm	> 10 mm
Ventilatie - principe	C1. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	<b>C. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer</b>	<b>D. Mechanische toevoer en mechanische afvoer</b>
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	te openen ramen	<b>C4c. ZR-roosters <math>\Delta p \leq 1 \text{ Pa}</math>, sturing op afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen in woonkamer en hoofdslaapkamer</b>	<b>D.5c centrale WTW, sturing op toe- of afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen in de wk en hslpk, zonder zonering</b>
Ventilatie - debiet	bbl debiet x Fcntri (1,00)	<b>bbl debiet x Fcntri (0,59)</b>	bbl debiet x Fcntri (0,59)
Ventilatie - warmterugwinning	n.v.t.	n.v.t.	<b>90% (centrale WTW)</b>
Ventilatie - ventilatoren	gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar 2010 en nieuwer	<b>gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar 2010 en nieuwer</b>	<b>gelijkstroomventilatoren, fabricagejaar &gt; 2010</b>
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW	n.v.t.	n.v.t.	toevoerkanaal geïsoleerd, type isolatie onbekend, lengte onbekend
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	n.v.t.	n.v.t.	onbekend
Ventilatie - geïnstalleerde ventilatiecapaciteit	n.v.t.	n.v.t.	onbekend
Ventilatie - passieve koeling	n.v.t.	n.v.t.	<b>passieve koeling</b>
Koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zonne-energie - PV-panelen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zonne-energie - specificaties PV-panelen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

**RESULTATEN**

<b>Netto-warmtebehoefte</b>	<b>101 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>44 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>24 kWh/m<sup>2</sup></b>
<b>Standaard voor woningisolatie</b>	< 45 kWh/m <sup>2</sup>	< 45 kWh/m <sup>2</sup>	< 45 kWh/m <sup>2</sup>
<b>TOjuli</b>	3,94	6,71	5,46





**Bijlage 3** - Overzicht rekenresultaten gevoeligheidsanalyse

**PROJECTGEGEVENS**

Projectnummer	Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving
Project	20241014
Opdrachtgever	RvO / TKI Urban Energy
Datum	19-12-2024
Uitgangspunten	Bijlage XVI, bij artikel 5.31c van deze regeling (beperking oververhitting)

**UITGANGSPUNTEN**

Effect van beschadwing	omliggende gebouwen meegerkend of anders indien aangegeven	<b>conform</b>
Ligging	stadscentrum, beschutting is normaal	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Klimaatgegevens	NEN 5060 TO5 (2018), of anders indien aangegeven	optioneel uitgangspunt, invloed op infiltratie, effect op resultaat beperkt
Rekendagen	zomerseizoen 30-04 tot 28-09	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Grondtemperatuur	aangrenzende grond temperatuur is 12°C	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Aangrenzende bebouwing	geen warmte uitwisseling "identieke ruimte"	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Zonering van de ruimten	werkelijke ruimte afmetingen overeenkomend met ontwerp	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Maatgevende typen	<b>EGW-woning GGB en portiekwoning</b>	conform BENG-berekening

<b>Gebruik</b>		
Ruimte (conform tekening Architect)	woonkamer/keuken	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Ruimte eisen ontwerptemperaturen	verwarmen : Dag: 20, koelen: 25°C	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
IWP Personen en woning	zomerkleding: 0,5 Clo activiteit: 1,1 MET = (64W /m²) NTA 8800 Par 7.5.2.1	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
IWP Apparaten	verwerkt in IWP woning	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
IWP Verlichting	verwerkt in IWP woning	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Tijdschema (gebruik personen)	continue gehele dag	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Tijdschema (gebruik apparatuur)	continue gehele dag	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Tijdschema (teluren)	continue gehele dag	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Tijdschema (installatie en spuien)	open gedurende 07:00- 08:00 en 21:00 -23:00, overig is gesloten	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Debiet spuien (dag )	6 dm³/s.m² conform NEN1087:2019 of anders indien aangegeven	indien spuisvoorzieningen voldoen aan bouwbesluit mag 6 dm³/s.m² als uitgangspunt worden aangehouden, anders 3 dm³/s
Voorwaarden spuien	openen bij binnentemperatuur > 24 °C en buiten > 13 °C en buiten temperatuur lager dan binnen	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Zomernachtventilatie (nacht)	n.v.t. of anders indien aangegeven	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
Voorwaarden zomernacht ventilatie	debiet of NTA 8800, Bij > 13°C buiten en > 24 °C binnen	conform regeling Bijlage XVI, bij artikel 5.31c
<b>Bouwkundig</b>	<b>afhankelijk van basis, standaard of voorbij de standaard</b>	
<b>Installatietechnisch</b>	<b>afhankelijk van basis, standaard of voorbij de standaard</b>	

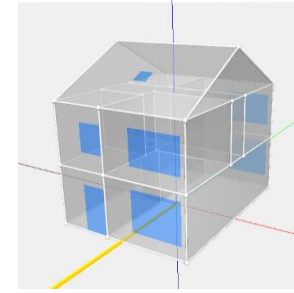
**BEPERKEN WARMTEVRAAG - ZONWERING**

**PROJECTGEGEVENS**

project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer: 20241014  
 opdrachtgever: RvO / TKI Urban Energy  
 datum: 19 december 2024

**UITGANGSPUNTEN**

Type woning: Tussenwoning  
 Oriëntatie: Oost-West  
 Varianten: NEN5060:T05, De Bilt referentie, De Bilt 2033, De Bilt 2050  
 Rekenmethodeken: GTO, ATG klasse A/B, ATG klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma: Vabi elements versie 3.11.2



**VERDUURZAMING**

Huidig: matig geïsoleerd



Standaard voor woningisolatie



Voorbij de Standaard voor woningisolatie



**TOETSINGSCRITEIA ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	1101	3130	4313	7542
ATG-uren klasse A/B	367	761	1307	1498
ATG-uren klasse C	136	495	782	1159
NDH >26°C	165	282	282	523
Ta_max	32	35	34	35

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
3823	6161	11082	12549	8726
1335	1543	2673	2342	1007
780	1109	2261	1966	1176
454	436	866	752	298
34	37	36	38	4

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2039	4307	6623	9736
782	1123	2186	1961
325	822	1435	1555
321	351	781	685
32	35	35	36

**slaapkamer 1 ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	384	1972	2216	5006
ATG-uren klasse A/B	77	438	574	1063
ATG-uren klasse C	15	270	241	704
NDH >26°C	100	221	221	490
Ta_max	31	33	32	34

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
1904	4609	6961	10289	8385
625	989	2182	1900	1274
239	813	1420	1577	1338
317	362	786	665	348
32	35	34	36	4

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
828	2920	3500	7290
195	780	1162	1508
19	465	480	1181
225	298	606	584
30	33	33	34

**slaapkamer 2 ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	693	2451	3092	6019
ATG-uren klasse A/B	200	558	860	1242
ATG-uren klasse C	65	375	466	670
NDH >26°C	116	242	400	503
Ta_max	32	35	34	35

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
2596	5230	8608	11242	8646
864	1135	2371	2035	1171
443	921	1799	1726	1283
361	372	818	700	339
33	37	36	38	4

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
1250	3486	4627	8293
369	886	1591	1652
112	624	811	1335
239	313	657	626
32	34	34	35

**slaapkamer 3 ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	618	2316	2994	5870
ATG-uren klasse A/B	164	538	910	1192
ATG-uren klasse C	63	318	399	881
NDH >26°C	82	199	354	479
Ta_max	31	33	33	34

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
2489	5128	8413	11125	8636
866	1150	2325	2026	1160
414	867	1784	1696	1282
331	360	777	699	368
32	35	35	36	4

**ZONDER ZONWERENDE VOORZIENINGEN**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
1147	3333	4484	8140
379	833	1592	1648
83	591	808	1299
230	295	613	588
31	33	33	34

**TOETSINGSCRITEIA MET ZONWERING**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	2	190	241	706
ATG-uren klasse A/B	0	0	8	65
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	2	73	102	196
Ta_max	28	29	29	29

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
102	742	8042	2550	2448
1	93	172	621	620
0	3	11	148	148
80	163	285	455	375
29	30	30	31	2

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
5	318	425	1197
0	2	11	87
0	0	0	0
19	108	175	304
28	29	29	30

**slaapkamer 1 MET ZONWERING**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	0	150	150	497
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	2
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	0	76	88	187
Ta_max	27	29	28	29

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
8	448	558	1755	1747
0	4	21	329	329
0	0	0	0	0
36	139	217	358	322
28	29	29	30	2

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
0	141	177	629
0	0	0	0
0	0	0	0
0	83	107	258
27	28	28	29

**slaapkamer 2 MET ZONWERING**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	0	166	187	543
ATG-uren klasse A/B	0	0	0	25
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	0	67	84	182
Ta_max	27	29	29	29

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
17	446	588	1766	1749
0	5	32	336	336
0	0	0	5	5
33	131	210	354	321
28	29	30	30	2

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
0	157	203	697
0	0	0	3
0	0	0	0
0	82	103	255
27	28	29	29

**slaapkamer 3 MET ZONWERING**

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	0	160	178	510
ATG-uren klasse A/B	0	0	1	24
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	0	64	81	181
Ta_max	27	29	29	29

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050	
10	429	558	1694	1684
0	8	31	293	293
0	0	0	6	6
29	129	199	350	321
28	29	30	30	2

**MET ZONWERING**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
0	146	192	650
0	0	0	1
0	0	0	0
0	79	101	248
27	28	29	29

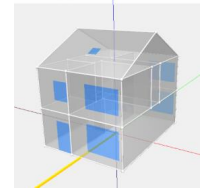
GEVOELIGHEIDSANALYSE - 2. WARMTE WEREN

PROJECTGEGEVENS

project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer: 2024 1014  
 opdrachtgever: RAO | T&L Urban Energy  
 datum: 19 december 2024

UITGANGSPUNTEN

Type woning: Tuinwoning  
 Oriëntatie: Oost-West  
 Varianten: NEN5060-T05, De Bit referentie, De Bit 2033, De Bit 2050  
 Rekenmethode: GTO, A1G klasse A/B, A1G Klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma: Vaba elements versie 3.11.2



GEVOELIGHEIDSANALYSE

Huidige situatie: matig getoelood

R<sub>e</sub> = 0,15 m<sup>2</sup>/K/W - ongeïsoleerde betonnen vloer b.v. bouwjaar  
 R<sub>e</sub> = 1,60 m<sup>2</sup>/K/W - ruggelende toewarm (80 mm isolatie)  
 R<sub>e</sub> = 2,00 - matig geïsoleerd hellend dak (80 mm isolatie)



Verbeteren thermische schil

Vloerisolatie R<sub>e</sub> = 3,50 m<sup>2</sup>/K/W - 150 mm isolatie  
 dakisolatie R<sub>e</sub> = 4,50 m<sup>2</sup>/K/W - isolatie van binnen



Referentie: Standard voor woningisolatie

R<sub>e</sub> = 3,50 m<sup>2</sup>/K/W - 150 mm isolatie  
 R<sub>e</sub> = 4,50 m<sup>2</sup>/K/W - isolatie van binnen  
 HR++-glas  
 Afdichting  
 C16: 25-roosters op ± 1 Pa, sturing op afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen in woonkamer en hoofdslaapkamer

Accumulerend vermogen (binnengevelisolatie)

R<sub>e</sub> = 1,60 m<sup>2</sup>/K/W - binnengevel isolatie (80 mm isolatie) met gipsplaat



Standard voor woningisolatie

Buizenzonwering op alle ramen  
 geen buizenzonwering op deuren en zijlicht achterdeur



kosten inschatting 2000,-

Dynamisch glas



TOETSINGSKRITERIA

	NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	664	2034	2332	2277
ATG-uren Klasse A/B	385	691	751	1114
ATG-uren Klasse C	62	276	290	332
NDH >26°C	34	204	372	474
Ta_max	31	34	33	34

	NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
slaapkamer 1				
GTO-uren	189	1200	1099	2032
ATG-uren Klasse A/B	25	354	390	677
ATG-uren Klasse C	3	77	80	85
NDH >26°C	61	324	219	410
Ta_max	30	32	31	33

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	664	220	2332
	385	75	751
	62	30	290
	34	217	372
	32	1	34

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	223	34	1318
	30	5	295
	3	0	104
	69	8	199
	30	0	32

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	2071	697	7314
	529	1984	2335
	495	81	1927
	367	324	360
	33	36	35

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	1122	3243	3055
	377	791	1324
	66	485	372
	250	208	687
	31	0	34

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	2071	18	7314
	529	13	1977
	495	0	235
	367	0	324
	33	0	36

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	1122	12	3243
	377	2	791
	66	0	424
	250	-2	208
	31	0	34

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050	afname effect zonwering							
NEN5060-T05	78	-2524	707	-3060	792	-6010	2340	-6124	16%	-60%	-78%
	0	-326	85	-220	97	-2114	591	-1410	102%	-96%	-73%
	0	-458	3	-455	5	-1629	72	-1352			
	71	-288	124	-164	292	-306	327	-364			
	28	-5	30	-5	30	-5	31	-6			

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050	afname effect zonwering							
NEN5060-T05	0	-1122	378	-3010	378	-3077	1362	-6448	16%	-60%	-62%
	0	-327	3	-763	4	-1120	98	-1440	100%	-100%	-64%
	0	-46	0	-46	0	-472	0	-1281			
	26	-225	122	-173	166	-471	354	-267			
	27	-4	29	-5	29	-4	30	-5			

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	447	-2134	1646
	84	-244	449
	0	-449	155
	164	-132	24
	30	-3	32

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	111	-1011	954
	4	-323	153
	0	-68	15
	88	-342	177
	28	-2	31

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	2071	697	7314
	529	1984	2335
	495	81	1927
	367	324	360
	33	36	35

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	1122	3243	3055
	377	791	1324
	66	485	372
	250	208	687
	31	0	34

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	1122	12	3243
	377	2	791
	66	0	424
	250	-2	208
	31	0	34

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	0	-1122	378
	0	-327	3
	0	-46	0
	26	-225	122
	27	-4	29

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050	afname effect zonwering							
NEN5060-T05	78	-2524	707	-3060	792	-6010	2340	-6124	16%	-60%	-69%
	0	-326	85	-220	97	-2114	591	-1410	102%	-96%	-60%
	0	-458	3	-455	5	-1629	72	-1352			
	71	-288	124	-164	292	-306	327	-364			
	28	-5	30	-5	30	-5	31	-6			

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050	afname effect zonwering							
NEN5060-T05	0	-1122	378	-3010	378	-3077	1362	-6448	16%	-60%	-69%
	0	-327	3	-763	4	-1120	98	-1440	100%	-100%	-64%
	0	-46	0	-46	0	-472	0	-1281			
	26	-225	122	-173	166	-471	354	-267			
	27	-4	29	-5	29	-4	30	-5			

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	447	-2134	1646
	84	-244	449
	0	-449	155
	164	-132	24
	30	-3	32

	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
NEN5060-T05	111	-1011	954
	4	-323	153
	0	-68	15
	88	-342	177
	28	-2	31

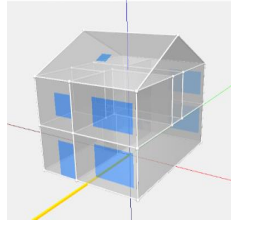
GEVOELIGHEIDSANALYSE - 1. OMGEVING

**PROJECTGEGEVENS**

project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer: 2024.0114  
 opdrachtgever: RvO / TdL Urban Energy  
 datum: 19 december 2024

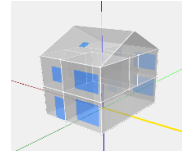
**UITGANGSPUNTEN**

Type woning: Tussenwoning  
 Oriëntatie: Oost-West  
 Varianten: NENS060.T05, De Bit referentie, De Bit 2033, De Bit 2050  
 Rekenmethodeken: GTO, ATG klasse A/B, ATG klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma: Vaba elements versie 3.11.2



**GEVOELIGHEIDSANALYSE**

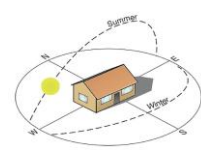
Referentie: Standaard voor woningsisolatie, zonder zonwering  
 Oriëntatie O/W



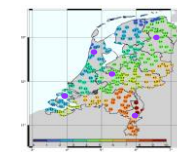
+Omringende bebouwing  
 Bebouwing/ schutting



+Omringende bebouwing  
 Oriëntatie N/Z



Locatie  
 Oriëntatie O/W  
 +Omringende bebouwing



Effect stedelijk eiland



**TOETSINGSCRITERIA**

woonkamer	NENS060.T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren	983	6181	11082	12549
ATG-uren klasse A/B	1335	1543	2673	2342
ATG-uren klasse C	790	1109	2281	1968
NDH >26°C	454	438	898	752
Ta_max	34	37	36	36

**omringende bebouwing**

NENS060.T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
2501	-1222	4687	-1474
928	-407	1084	-409
458	-330	841	-208
360	-94	355	-81
33	-1	36	-1

**oriëntatie voorgevel noord**

NENS060.T05	Lo.v. O/W	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
990	-1611	2029	-2658	3180
280	-648	584	-500	873
65	-393	243	-598	400
242	-118	281	-74	598
31	-2	32	-4	33

**Roermond T.o.v. de Bit**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
5252	605	6272
1248	162	2453
922	81	1925
424	69	834
36	0	36

**Met effect van stedelijk hitte eiland**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
6311	1624	10891
1253	169	2461
972	131	1973
432	77	858
37.3	2	36.9

**gematigd streng**

woonkamer	NENS060.T05	NENS060.T01	2009
GTO-uren	2601	5510	2309
ATG-uren klasse A/B	928	1481	533
ATG-uren klasse C	458	1018	350
NDH >26°C	360	598	148
Ta_max	33	34	1

**met zonwering**

NENS060.T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
1122	-782	3248	-1361
327	-290	791	-108
66	-173	580	-253
290	-67	298	-64
31	-1	34	-1

**oriëntatie voorgevel noordwest**

NENS060.T05	Lo.v. O/W	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
1879	-722	3458	-1219	5131
970	-258	897	-197	1717
272	-186	841	-200	983
300	-60	318	-37	717
32	-1	34	-2	34

**Assen T.o.v. de Bit**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
3807	-790	5098
995	-68	1951
728	-112	1739
328	-27	853
36	1	33

**Met effect van stedelijk hitte eiland met zonwering**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
2182	1475	2253
397	302	560
112	109	80
289	141	459
32.0	2	31.4

**Alkmaar T.o.v. de Bit**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
3729	-658	6394
1044	-92	1448
333	-22	766
35	-1	33

**Zierikzee T.o.v. de Bit**

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
2072	-990	6552
1085	1	2204
776	65	1549
350	-5	792
33	-3	34

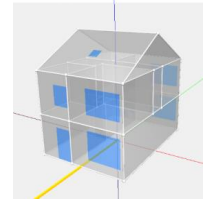
**gematigd streng**

woonkamer	NENS060.T05	NENS060.T01	2009
GTO-uren	2601	5510	2309
ATG-uren klasse A/B	928	1481	533
ATG-uren klasse C	458	1018	350
NDH >26°C	360	598	148
Ta_max	33	34	1

GEVOELIGHEIDSANALYSE - 3. PASSIEVE KOELING

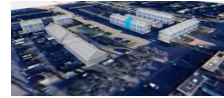
PROJECTGEGEVENS	
project	Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving
projectnummer	20241014
opdrachtgever	RuO 700 Urban Energy
datum	19 december 2024

UITGANGSPUNTEN	
Type woning	Taarnwoning
Oriëntatie	Oost-West
Varianten	NEN5060 T05, De Bit referentie, De Bit 2033, De Bit 2050
Rekenmethode(n)	GTO, ATG Klasse A/B, ATG Klasse C, NDH, Ta_max
Berekeningprogramma	Vale elements versie 3.11.2



GEVOELIGHEIDSANALYSE

Referentie: Standaard voor woningisolatie  
Oriëntatie O/W



6 dm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (kuur)  
circa 200 m<sup>2</sup>  
circa 60 m<sup>2</sup>

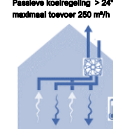


3 dm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (kuur)  
slaapkamer  
circa 100 m<sup>2</sup>  
circa 300 m<sup>2</sup>

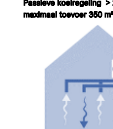


1,6 dm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (12 uur)  
slaapkamer  
circa 60 m<sup>2</sup>  
circa 100 m<sup>2</sup>

Passieve koelregeling  
D.50 centrale WTW, startop op toe- of afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen  
Passieve koelregeling > 24°C binnen en >13 °C buiten  
medmaat toewer 200 m<sup>2</sup>



Passieve koelregeling  
D.50 centrale WTW, startop op toe- of afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen  
Passieve koelregeling > 24°C binnen en >13 °C buiten  
medmaat toewer 350 m<sup>2</sup>



HSB opbouw  
Passieve koelregeling  
D.50 centrale WTW, startop op toe- of afvoer door CO<sub>2</sub>-metingen  
Passieve koelregeling > 24°C binnen en >13 °C buiten  
medmaat toewer 500 m<sup>2</sup>



TOETSINGSCRITEIA	Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	2011	2017	2114	1934
ATG-uren Klasse A/B	658	1094	2205	1941
ATG-uren Klasse C	458	641	1607	1294
NDH >26°C	363	352	762	581
Ta_max	33	36	36	37

TOETSINGSCRITEIA	Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	2028	1277	1721	1714
ATG-uren Klasse A/B	1259	320	1251	1178
ATG-uren Klasse C	797	320	919	138
NDH >26°C	431	71	336	89
Ta_max	34	1	36	1

TOETSINGSCRITEIA	Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	2245	202	802	22
ATG-uren Klasse A/B	853	185	1116	31
ATG-uren Klasse C	498	130	641	3
NDH >26°C	389	71	317	8
Ta_max	33	0	36	0

TOETSINGSCRITEIA	Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	1331	1270	1723	1652
ATG-uren Klasse A/B	498	452	1786	1628
ATG-uren Klasse C	119	109	620	521
NDH >26°C	233	127	388	47
Ta_max	32	-1	35	-1

TOETSINGSCRITEIA	Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	920	1101	2024	2020
ATG-uren Klasse A/B	313	320	1095	1096
ATG-uren Klasse C	195	133	665	625
NDH >26°C	148	114	321	154
Ta_max	32	-1	34	-2

TOETSINGSCRITEIA	HSB Zonder zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	4173	2342	4265	1429
ATG-uren Klasse A/B	1683	151	1156	32
ATG-uren Klasse C	782	284	962	306
NDH >26°C	171	67	217	71
Ta_max	36	7	41	8

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	1172	1243	2021	2032
ATG-uren Klasse A/B	449	751	1354	1338
ATG-uren Klasse C	66	60	312	281
NDH >26°C	260	248	637	581
Ta_max	31	34	35	36

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	1928	361	1108	1092
ATG-uren Klasse A/B	626	321	1095	1092
ATG-uren Klasse C	219	153	667	621
NDH >26°C	317	67	336	89
Ta_max	32	1	34	1

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	979	1410	1178	1172
ATG-uren Klasse A/B	241	180	816	781
ATG-uren Klasse C	44	122	541	178
NDH >26°C	218	10	290	48
Ta_max	31	0	34	0

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	232	200	1023	1132
ATG-uren Klasse A/B	73	224	351	349
ATG-uren Klasse C	19	58	221	133
NDH >26°C	142	108	332	48
Ta_max	30	-1	33	-1

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	267	202	1232	1181
ATG-uren Klasse A/B	26	226	378	472
ATG-uren Klasse C	5	51	160	146
NDH >26°C	82	108	192	156
Ta_max	30	-1	32	-2

TOETSINGSCRITEIA	HSB met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	1423	1101	2426	207
ATG-uren Klasse A/B	499	138	165	112
ATG-uren Klasse C	272	203	389	168
NDH >26°C	137	67	198	89
Ta_max	36	8	40	8

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	78	107	132	124
ATG-uren Klasse A/B	0	85	91	63
ATG-uren Klasse C	0	3	5	72
NDH >26°C	71	66	166	93
Ta_max	29	30	30	31

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	191	113	668	658
ATG-uren Klasse A/B	0	168	183	132
ATG-uren Klasse C	0	9	13	8
NDH >26°C	149	6	228	117
Ta_max	29	0	30	0

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	44	108	123	656
ATG-uren Klasse A/B	0	51	128	57
ATG-uren Klasse C	0	0	0	25
NDH >26°C	22	10	30	12
Ta_max	29	0	30	0

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	17	41	483	134
ATG-uren Klasse A/B	0	0	180	10
ATG-uren Klasse C	0	0	0	3
NDH >26°C	28	31	122	18
Ta_max	29	-1	30	-1

TOETSINGSCRITEIA	met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	0	0	332	175
ATG-uren Klasse A/B	0	0	19	1
ATG-uren Klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	7	10	58	10
Ta_max	29	-1	30	-1

TOETSINGSCRITEIA	HSB met zonvering			
	NEN5060 T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
woonkamer				
GTO-uren	218	219	638	628
ATG-uren Klasse A/B	78	78	172	172
ATG-uren Klasse C	29	29	71	71
NDH >26°C	56	54	158	158
Ta_max	30	4	32	4

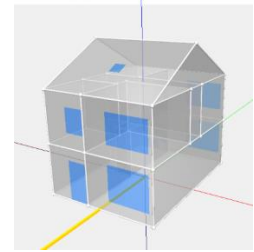
GEVOELIGHEIDSANALYSE - 4. ACTIEVE KOELING

PROJECTGEGEVENS

project Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer 20241014  
 opdrachtgever RVO / TKI Urban Energy  
 datum 19 december 2024

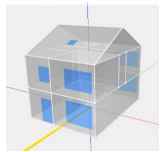
UITGANGSPUNTEN

Type woning Tussenwoning  
 Oriëntatie Oost-West  
 Varianten NEN5060-T05, De Bit referentie, De Bit 2033, De Bit 2050  
 Rekenmethodieken GTO, ATG Klasse A/B, ATG Klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma Vabi elements versie 3.11.2



GEVOELIGHEIDSANALYSE

Referentie: Standaard voor woningsisolatie  
 Oriëntatie O/W



Koeling met convectoren in elke verblijfsruimte  
 27 W/m² (niet condensierend)  
 HT koeling 16/21/25°C



Koeling met convectoren in elke verblijfsruimte  
 54 W/m² (condenserend)  
 HT koeling 12/16/25°C



Koeling met ventilatielucht (i.c.m. vervangen verwarming/tapwaterunit)  
 4kW koelunit  
 inblaas temperatuur 13°C bij > 24 °C binnen



Koeling met split-unit (alco)  
 80W/m² binnenunit in beneden en boven



TOETSINGSCRITERIA		Zonder zonwering			
woonkamer		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		2601	4687	7318	10364
ATG-uren klasse A/B	alpha	936	1094	2205	1941
ATG-uren klasse C	alpha	458	841	1627	1594
NDH >26°C		360	355	765	691
Ta_max		33	36	35	37

ATG-uren klasse A/B		Beta (max 26°C)	-	-	-
ATG-uren klasse C		Beta (max 27°C)	-	-	-

slaapkamer 1		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		1122	3248	3805	7830
ATG-uren klasse A/B		367	791	1324	1538
ATG-uren klasse C		66	150	172	1261
NDH >26°C		250	298	637	591
Ta_max		31	34	33	35

ATG-uren klasse A/B		Beta (max 26°C)	-	-	-
ATG-uren klasse C		Beta (max 27°C)	-	-	-

Koude afgifte thermisch in de woning  
 Standaard voor woningsisolatie, zonder zonwering

TOETSINGSCRITERIA		Zonder zonwering			
woonkamer		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		2601	4687	7318	10364
ATG-uren klasse A/B		13	315	13	1071
ATG-uren klasse C		0	458	0	841
NDH >26°C		0	360	0	355
Ta_max		26,0	-7	26,2	-9

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		13	21	35	32
--	--	----	----	----	----

slaapkamer 1		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	1122	0	3248
ATG-uren klasse A/B		0	327	0	791
ATG-uren klasse C		0	66	0	150
NDH >26°C		0	250	0	298
Ta_max		25,3	-6	25,5	-8

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		0	0	0	0
--	--	---	---	---	---

984 kWh th, 1152 kWh th, 1987 kWh th, 2248 kWh th

TOETSINGSCRITERIA		Zonder zonwering			
woonkamer		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	2601	0	4687
ATG-uren klasse A/B		13	315	13	1071
ATG-uren klasse C		0	458	0	841
NDH >26°C		0	360	0	355
Ta_max		25,4	-8	25,5	-10

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		13	13	5	5
--	--	----	----	---	---

slaapkamer 1		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	1122	0	3248
ATG-uren klasse A/B		0	327	0	791
ATG-uren klasse C		0	66	0	150
NDH >26°C		0	250	0	298
Ta_max		25,0	-6	25,1	-9

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		0	0	0	0
--	--	---	---	---	---

989 kWh th, 1158 kWh th, 2000 kWh th, 2264 kWh th

TOETSINGSCRITERIA		Zonder zonwering			
woonkamer		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		3	2608	315	4372
ATG-uren klasse A/B		7	421	36	1048
ATG-uren klasse C		0	451	0	841
NDH >26°C		0	360	0	355
Ta_max		27,7	-5	29,6	-6

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		121	472	698	1109
--	--	-----	-----	-----	------

slaapkamer 1		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	1122	22	3226
ATG-uren klasse A/B		0	327	0	791
ATG-uren klasse C		0	66	0	150
NDH >26°C		0	250	28	270
Ta_max		26,1	-5	28,1	-6

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		1	173	38	462
--	--	---	-----	----	-----

niet te betalen, niet te betalen, niet te betalen, niet te betalen

software bepaald zowel de koelvermogens van vrijkoeling dmv buitenlicht incl de daaraan toegevoegde energie om de licht verder af te koelen

TOETSINGSCRITERIA		Zonder zonwering			
woonkamer		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	2601	0	4687
ATG-uren klasse A/B		13	315	13	1071
ATG-uren klasse C		0	458	0	841
NDH >26°C		0	360	0	355
Ta_max		25	-8	25	-10

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		13	13	30	5
--	--	----	----	----	---

slaapkamer 1		NEN5060-T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren		0	1122	0	3248
ATG-uren klasse A/B		0	327	0	791
ATG-uren klasse C		0	66	0	150
NDH >26°C		0	250	0	298
Ta_max		25	-6	25	-8

ATG-grenswaarden met gebouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)		0	0	0	0
--	--	---	---	---	---

1052 kWh th, 1211 kWh th, 2101 kWh th, 2362 kWh th

MET ZONWERING		428 kWh th	612 kWh th	842 kWh th	1446 kWh th
voldig geïsoleerd met zonwering	woning met niet-geïsoleerde vloer gevel en dak met zonwering				
slecht geïsoleerd zonder zonwering	woningsisolatie volgens huidige situatie Rc vloer ongesoleerd, dak isolatie 2,00	275 kWh th	-36%	395 kWh th	-35%
standaard isolatie met zonwering	Standaard voor woningsisolatie, met zonwering	298 kWh th	-30%	413 kWh th	-33%
beter geïsoleerd met zonwering	Standaard + verbeterde isolatie dakisolatie 6,3 + gevelisolatie 4,7	316 kWh th	-26%	406 kWh th	-34%
ZONDER ZONWERING		954 kWh th	1232 kWh th	2083 kWh th	2630 kWh th
voldig geïsoleerd zonder zonwering	woning met niet-geïsoleerde vloer gevel en dak				
slecht geïsoleerd zonder zonwering	woningsisolatie volgens huidige situatie Rc vloer ongesoleerd, dak isolatie 2,00	967 kWh th	1,4%	1146 kWh th	-7%
standaard zonder zonwering	Standaard voor woningsisolatie, Rc vloer 3,5, Rc gevel 1,69, Rc dak 4,50	1052 kWh th	10%	1211 kWh th	-5%
beter geïsoleerd zonder zonwering	Standaard voor woningsisolatie, + verbeterde dakisolatie 6,3 + gevelisolatie 4,7	1142 kWh th	20%	1272 kWh th	-8%



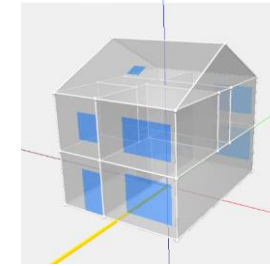
GEVOELIGHEIDSANALYSE - 1. OMGEVING

PROJECTGEGEVENS

project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer: 20241014  
 opdrachtgever: RvO / TKI Urban Energy  
 datum: 19 december 2024

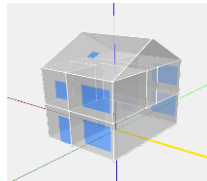
UITGANGSPUNTEN

Type woning: Tussenwoning  
 Oriëntatie: Oost-West  
 Varianten: NEN5060:T05, De Bit referentie, De Bit 2033, De Bit 2050  
 Rekenmethodieken: GTO, ATG klasse A/B, ATG klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma: Vabi elements versie 3.11.2

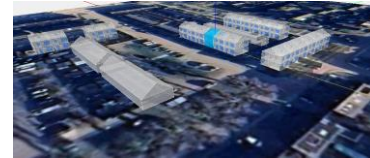


GEVOELIGHEIDSANALYSE

Referentie: Standaard voor woningisolatie, zonder zonwering  
 Oriëntatie OW



+Omringende bebouwing  
 Bebouwing/ schutting



Effect stedelijk eiland

Stadsprofiel Utrecht ten opzichte van buitengebied (gebiedsfactor 1,0)



TOETSINGSCRITERIA

woonkamer	NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren	2623	6161	11082	12549
ATG-uren klasse A/B	1335	1543	2673	2342
ATG-uren klasse C	790	1109	2261	1966
NDH >26°C	454	436	866	752
Ta_max	34	37	36	38

slaapkamer 1	NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
GTO-uren	1904	4609	6961	10289
ATG-uren klasse A/B	626	989	2182	1900
ATG-uren klasse C	239	813	1420	1577
NDH >26°C	317	362	786	685
Ta_max	32	35	34	36

omringende bebouwing

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
2601	-1222	4687	-1474
928	-407	1084	-459
458	-332	841	-268
369	-94	355	-61
33	-1	36	-1

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
1122	-782	3248	-1361
327	-299	791	-198
66	-173	560	-253
250	-67	298	-64
31	-1	34	-1

Met effect van stedelijk hitte eiland

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
6311	1624	10691
1253	169	2461
972	131	1973
432	77	858
37,3	2	35,9

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
4981	1733	6816
915	124	1838
778	218	1064
304	66	782
35,6	2	34,1

met zonwering

NEN5060:T05	t.o.v. C	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
78		707	792	2240
0		85	91	531
0		3	5	72
71		158	260	427
28		30	30	31

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
0	378	378	1382
0	3	4	98
0	0	0	0
25	123	166	334
27	29	29	30

Met effect van stedelijk hitte eiland met zonwering

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
2182	1475	2253
387	302	380
112	109	80
299	141	459
32,0	2	31,4

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
1493	1115	1416
172	169	108
11	11	6
254	131	318
31,0	2	30,4

Koeling met split-uni (airco) Zonder zonwering

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
0	-2601	0	-4687
13	-915	13	-1071
0	-458	0	-841
0	-360	0	-355
25	-8	25	-11

ATG-grenswaarden met bouwtype Beta (hoger verwachtingspatroon)	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
13	13	30	5
0	0	0	0

Koeling met split-uni (airco) Zonder zonwering

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
0	-6311	0
13	-1240	30
0	-972	0
0	-432	0
25	-12	25

De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
13	30	5
0	0	0

157,8  
1210 kWh th

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
0	-1122	0	-3248
0	-327	0	-791
0	-66	0	-560
0	-250	0	-298
25	-6	25	-9

zonder zonwering

1052 kWh th	1211 kWh th	15%	2101 kWh th	99,7%	2362 kWh th	124,5%	
298 kWh th	-72%	413 kWh th	39%	687 kWh th	130,5%	974 kWh th	226,8%

met zonwering

NEN5060:T05	De Bit referentie	De Bit 2033	De Bit 2050
	1211 kWh th	2101 kWh th	2362 kWh th
	413 kWh th	687 kWh th	974 kWh th

zonder zonwering met zonwering

Roermond referentie	Roermond 2033	Roermond 2050
1407 kWh th	2448 kWh th	2749 kWh th
521 kWh th	889 kWh th	1235 kWh th

zonder zonwering met zonwering

Alkmaar referentie	Alkmaar 2033	Alkmaar 2050
1042 kWh th	1887 kWh th	2023 kWh th
276 kWh th	495 kWh th	701 kWh th

zonder zonwering met zonwering

Zierikzee referentie	Zierikzee 2033	Zierikzee 2050
1062 kWh th	1994 kWh th	2314 kWh th
277 kWh th	565 kWh th	928 kWh th

zonder zonwering met zonwering

Assen referentie	Assen 2033	Assen 2050
1090 kWh th	1737 kWh th	1862 kWh th
368 kWh th	520 kWh th	626 kWh th



GEVOELIGHEIDSANALYSE - BEPERKEN WARMTEVRAAG

**PROJECTGEGEVENS**

project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 projectnummer: 20241014  
 opdrachtgever: RvO / TKI Urban Energy  
 datum: 19 december 2024

**UITGANGSPUNTEN**

Type woning: Tussenappartement - portieketagewoning  
 Oriëntatie: Oost-West  
 Varianten: NEN5060:T05, De Bilt referentie, De Bilt 2033, De Bilt 2050  
 Rekenmethodeken: GTO, ATG klasse A/B, ATG klasse C, NDH, Ta\_max  
 Berekeningsprogramma: Vabi elements versie 3.11.2



**VERDUURZAMING**

Huidlg; matig geïsoleerd



Standaard voor woningsisolatie



Voorbij de Standaard voor woningsisolatie



**TOETSINGSCRITERIA**

woonkamer (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	1908	4260	2352	8871
ATG-uren klasse A/B	641	1031	390	1906
ATG-uren klasse C	315	744	429	1398
NDH >26°C	269	322	53	661
Ta_max	32	35	3	35

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
4279	6653	2374	12416
1550	1823	273	2877
930	1257	327	2408
535	532	-3	909
34	37	3	37

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
1962	4341	2379	6881
838	1189	351	2235
317	812	495	1521
332	351	19	840
32	34	3	35

slaapkamer 1 (west)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	1396	3730	2334	5418
ATG-uren klasse A/B	421	864	443	1529
ATG-uren klasse C	204	606	402	984
NDH >26°C	202	309	107	596
Ta_max	34	37	3	35

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
3168	5797	2629	10146
1039	1307	268	2498
596	1020	424	2072
399	413	14	853
34	38	4	37

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
1396	3770	2374	5290
458	864	526	1734
168	606	492	1031
263	323	70	776
32	36	3	34

slaapkamer 2 (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	2144	4611	2467	7764
ATG-uren klasse A/B	722	1106	384	2024
ATG-uren klasse C	409	838	429	1551
NDH >26°C	247	318	71	656
Ta_max	33	36	3	36

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
4678	7058	2380	13492
1583	1905	322	2922
1030	1384	354	2514
500	515	15	912
34	38	4	38

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2191	4753	2562	7860
910	1345	435	2360
420	896	476	1763
324	351	27	846
32	35	3	35

slaapkamer 3 (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	2221	4967	2646	8356
ATG-uren klasse A/B	747	1157	410	2130
ATG-uren klasse C	413	883	470	1702
NDH >26°C	281	340	59	703
Ta_max	33	36	3	36

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
4784	7240	2456	14095
1622	1974	352	2961
1066	1434	368	2577
628	546	18	933
34	38	4	38

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2263	5017	2754	8431
965	1391	406	2484
438	937	499	1903
356	374	18	892
32	35	3	35

**TOETSINGSCRITERIA**

**MET ZONWERING m.u.v. keuken en badkamer**

woonkamer (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	28	527	499	661
ATG-uren klasse A/B	0	36	36	74
ATG-uren klasse C	0	0	0	6
NDH >26°C	29	123	94	166
Ta_max	28	30	2	30

**MET ZONWERING m.u.v. keuken en badkamer**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
114	923	809	1257
0	142	142	248
0	9	9	25
93	188	95	296
28	30	2	31

**MET ZONWERING m.u.v. keuken en badkamer**

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
4	435	431	522
0	9	9	16
0	0	0	0
25	121	96	189
28	29	2	30

slaapkamer 1 (west)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	30	485	455	574
ATG-uren klasse A/B	0	33	33	57
ATG-uren klasse C	0	2	2	4
NDH >26°C	20	105	85	149
Ta_max	28	30	2	30

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
79	832	753	1040
0	108	108	176
0	7	7	11
45	157	112	244
29	30	2	31

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2	392	390	434
0	8	8	11
0	0	0	0
14	108	94	153
28	29	2	30

slaapkamer 2 (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	13	436	423	538
ATG-uren klasse A/B	0	15	15	36
ATG-uren klasse C	0	0	0	4
NDH >26°C	13	98	85	141
Ta_max	28	30	2	30

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
55	750	695	1010
0	91	91	169
0	3	3	13
51	152	101	241
28	30	2	30

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
0	323	323	401
0	2	2	9
0	0	0	0
6	101	95	139
27	29	2	29

slaapkamer 3 (oost)	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	5	403	398	495
ATG-uren klasse A/B	0	12	12	23
ATG-uren klasse C	0	0	0	0
NDH >26°C	11	97	86	138
Ta_max	28	30	2	30

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
28	672	644	911
0	61	61	128
0	0	0	9
48	147	99	242
28	30	2	30

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
0	266	266	335
0	0	0	7
0	0	0	0
6	100	94	138
27	29	2	29

## PROJECTGEGEVENS

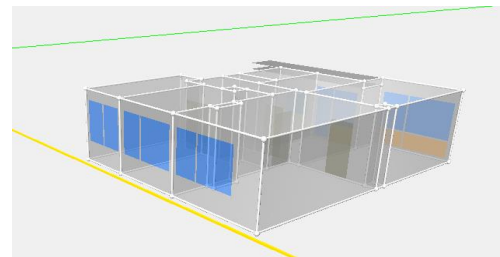
project	Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving
projectnummer	20241014
opdrachtgever	RvO / TKI Urban Energy
datum	19 december 2024

## UITGANGSPUNTEN

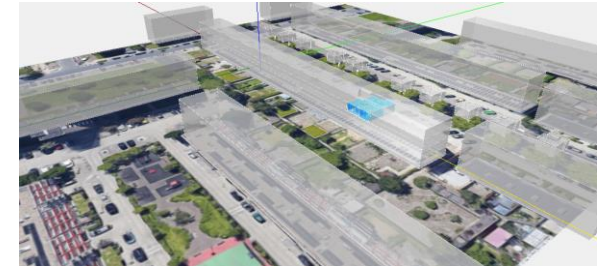
Type woning	Tussenwoning
Orientatie	Oost-West
Varianten	NEN5060:T05, De Bilt referentie, De Bilt 2033, De Bilt 2050
Rekenmethodieken	GTO, ATG klasse A/B, ATG klasse C, NDH, Ta_max
Berekeningsprogramma	Vabi elements versie 3.11.2

## GEVOELIGHEIDSANALYSE

Referentie: Standaard voor woningisolatie, zonder zonwering  
Orientatie O/W



+Omliggende bebouwing  
Omliggende bebouwing 1 verdieping hoger dan berekend appartement



### TOETSINGSCRITERIA

woonkamer	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	4279	6653	12416	13111
ATG-uren klasse A/B	1550	1823	2877	2522
ATG-uren klasse C	930	1257	2408	2062
NDH >26°C	535	532	909	770
Ta_max	34	37	37	38

slaapkamer 1	NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
GTO-uren	3168	5797	10146	11885
ATG-uren klasse A/B	1039	1307	2498	2134
ATG-uren klasse C	596	1020	2072	1809
NDH >26°C	399	413	853	731
Ta_max	34	38	37	39

### omliggende bebouwing

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2841	-1438	4831	-1822
1035	-515	1126	-697
517	-413	831	-426
394	-141	369	-163
33	-1	35	-2

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
2084	-1084	4199	-1598
692	-347	991	-316
317	-279	741	-279
312	-87	337	-76
33	-1	36	-2

### omliggende bebouwing en zonwering

NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
87	87	804	804
0	0	108	108
0	0	7	7
77	77	163	163
28	28	30	30




































































NEN5060:T05	De Bilt referentie	De Bilt 2033	De Bilt 2050
31	31	647	647
0	0	70	70
0	0	3	3
35	35	137	137
28	28	30	30

**Bijlage 4 -** Multicriteria analyse

MULTI CRITERIA ANALYSE - MAATREGELEN  
Beoordeling thermisch comfort

PROJECTGEGEVENS

Project: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving  
 Projectnummer: 20241014  
 Datum: 19-12-2024  
 Betreft: Multi-criteria analyse maatregelen warmte weren

	Spuien	Zonwering	Actieve koeling	Koelen met lucht	Airco
ONDERDEEL					
	Spuien in dag- en nachtsituatie	Buitenzonwering op zon georiënteerde ramen	Koeling met convectoren in elke verblijfsruimte	Koeling met ventilatielucht	Koeling met split-unit
<b>Effect zomerperiode</b>	  Effect afhankelijk van temperatuurverschil binnen/buiten.  Afhankelijk van beperkingen op locatie en omgeving zoals geluidsbelasting, inbraakveiligheid en hinder van ongedierte	  Zeer effectieve passieve maatregel voor een goed binnenklimaat gedurende de zomermaanden.	  Effectieve maatregel, in deze studie uitgegaan van convectoren met een aanvoertemperatuur van 16°C als de buitentemperatuur boven de 25°C komt.  Bij een niet condensend toestel ontstaat er geen ontvochtiging waardoor discomfort kan ontstaan door hoge relatieve vochtigheid binnen, ook is het vermogen beperkt.	  Zeer effectieve maatregel, in deze studie uitgegaan van een inblaas temperatuur 13°C bij > 24 °C binnen.	  Zeer effectieve maatregel, in deze studie uitgegaan van een multisplit met een binneneenheid op de begane grond en op de 1e verdieping.
<b>Effect energieprestatie</b>	 Het spuien van de woning is wenselijk voor een goede binnenluchtkwaliteit, spuien gedurende de winterperiode betekent in basis warmteverlies. In de zomer kan daarmee veel koelenergie worden bespaard.	 In de zomer kan hiermee veel koelenergie worden bespaard.	 Energieprestatie afhankelijk van opwekker. Als gevolg van een duurzame opwekker voor levering warme/koude heeft de opwekker een gunstig effect op energieprestatie t.o.v. CV-ketel.	 Door de WTW functie heeft het systeem ook een positief effect op warmtevraag in de winterperiode. Als gevolg van een duurzame opwekker voor levering warme/koude heeft de opwekker een gunstig effect op energieprestatie t.o.v. CV-ketel. Door de terugwinning van warmte uit de woning kan tapwater worden opgewarmd.	 Als de multisplit-unit kan ook in de winterperiode worden ingezet voor verwarming dat effect op de energieprestatie. De opwekker heeft een gunstig effect op energieprestatie t.o.v. CV-ketel.
<b>Bewoner / gebruiker</b>	 Ventilatieve koeling vraagt bewust gebruik van de spuuvoorziening gedurende de dag en nachtperiode, afhankelijk van de buitentemperatuur. Ook zijn er vaak belemmeringen zoals inbraakveiligheid of geluidsoverlast	 Buitenzonwering vraagt bewust gebruik gedurende de dag in de zomerperiode, afhankelijk van de oriëntatie/zoninstraling. Tenzij de buitenzonwering automatisch wordt geregeld.	  Binnentemperatuur kan op basis van wens bewoner worden bijgesteld. Het is geen condensend toestel waardoor de verwachting van het koelend effect vaak overschat wordt door de bewoner met discomfort tot gevolg	 Binnentemperatuur kan op basis van wens bewoner worden geregeld. Een regeling per verblijfsruimte is hierbij essentieel.	 Binnentemperatuur kan op basis van wens bewoner worden geregeld.
<b>Milieuoprestatie</b>	 Bij het handhaven van bestaande spuuvoorzieningen in de bestaande bouw vraagt deze oplossing geen extra materiaalgebruik.	 Aanbrengen van buitenzonwering vraagt materialen, effect op milieuoprestatie is beperkt.	  Installaties hebben een negatief effect op de milieuoprestatie van gebouwen. Effect is afhankelijk van het gebruik van kritische metalen en koudemiddel.	  Installaties hebben een negatief effect op de milieuoprestatie van gebouwen. Effect is afhankelijk van het gebruik van kritische metalen en koudemiddel.	  Installaties hebben een negatief effect op de milieuoprestatie van gebouwen. Effect is afhankelijk van het gebruik van kritische metalen en koudemiddel.
<b>Is maatregel te combineren met huidige CV-ketel (aardgas)</b>	 Spuuvoorziening kan toegepast worden onafhankelijk van de huidige opwekker in de woning.	 Buitenzonwering kan toegepast worden onafhankelijk van de huidige opwekker in de woning.	  Koeling met convectoren vraagt om een duurzame opwekker voor verwarming en koeling, denk daarbij aan een warmtepomp of externe warmte/koude levering. Veelal onderdeel van een integrale renovatie.	  Het toestel heeft een geïntegreerde duurzame opwekker voor verwarming en koeling door gebruik te maken van binnenlucht. Het systeem vervangt daarmee huidige opwekker en het ventilatiesysteem	 Multisplit-unit kan toegepast worden onafhankelijk van de huidige opwekker in de woning. Het kan in dit geval niet de gehele huidige opwekker vervangen omdat tapwater vaak via de CV-ketel wordt geleverd.
<b>Netcongestie</b>	 Hoe hoger het aandeel passieve koeling, des te lager de koelvraag en daarmee het benodigd aandeel elektriciteit.	 Hoe vaker zonwering wordt gebruikt, des te lager de koelvraag en daarmee het benodigd aandeel elektriciteit.	 Actief koelen vraagt elektriciteit en vermindert daarmee niet de elektravraag. Efficiency opwekker en benodigd koelvermogen bepaalt mede de elektriciteitsvraag.	 Actief koelen vraagt elektriciteit en vermindert daarmee niet de elektravraag. Efficiency opwekker en benodigd koelvermogen bepaalt mede de elektriciteitsvraag.	 Actief koelen vraagt elektriciteit en vermindert daarmee niet de elektravraag. Efficiency opwekker en benodigd koelvermogen bepaalt mede de elektriciteitsvraag. Passieve maatregelen kunnen de koudevraag verminderen
<b>Onderhoud</b>	 Geen onderhoud aan spuuvoorziening nodig, hooguit plaatsen van windvaste raamuitzetters	 Onderhoud: regelmatig schoonmaken is wenselijk. Op de lange termijn kan onderhoud of vervanging van de motor nodig zijn.	 Periodiek onderhoud nodig aan opwekker; veelal een warmtepomp.	 Periodiek onderhoud nodig aan opwekker, veelal een (ventilatie)lucht/lucht warmtepomp	 Periodiek onderhoud nodig: binnen- buiteneenheid en koelleidingen.
<b>Investing</b>	 Spuuvoorziening is vrijwel altijd in de bestaande bouw aanwezig. Een spuuvoorziening die inbraakwerend, insectenwerend en regenwerend is vraagt een aanpassing en daarmee investeringskosten.	 Hoge initiële kosten, vooral voor automatische en windvaste systemen.	 Hoge initiële kosten voor afgiftesysteem, maar ook voor opwekker en vervangen/aanbrengen distributieleidingen. In geval van lage aanvoertemperatuur is ook een condensalvoer nodig per convectoor.	 Hoge initiële kosten voor aanbrengen geïsoleerde ventilatiekanalen in bestaande vloer, plafonds en wanden en plaatsen van de opwekker.	 Hoge initiële kosten voor aanleg multi-split unit, zeker in meerdere ruimten.
<b>Opstelruimte en montage</b>	 n.v.t	 Montage bij hoogbouw soms complex door noodzaak hoogwerkers	 Bestaande radiatoren kunnen worden vervangen door convectoren in passende afmetingen. In geval van een individuele opwekker dient rekening gehouden te worden met aanzienlijke ruimte voor opstelplaats binnen en buiten.	 Een toevoer en afvoer luchtkanaal dient aangelegd te worden in de woningen ( in vloer wanden of verlaagd plafonds). Daarbij dient een opstel ruimte vrij gehouden te worden voor het plaatsen van de opwekker.	 Een binneneenheid kan vaak als plafond of wand model worden opgesteld en vraagt daarmee weinig opstelruimte. De buiteneenheid heeft plek nodig waarbij met name hinder voor burens of omgeving bepalend is.
<b>Omgevingsgeluid</b>	 Ventilatieve koeling/spuien is voor geluidbelaste locaties of inbraakgevoelige plekken niet geschikt.	 n.v.t.	 In geval van een buiten opstelling van warmtepomp is de geluidproductie van de buiteneenheid een groot aandachtspunt. De grenswaarde van 40dB(A) op de erfrens is hierbij van belang.	  Door de binnen opstelling zal geluidproductie in de omgeving minimaal zijn. Geluidsproductie binnen de woning wordt een groter aandachtspunt.	 In geval van een buiten opstelling van warmtepomp is de geluidproductie van de buiteneenheid een groot aandachtspunt. De grenswaarde van 40dB(A) op de erfrens is hierbij van belang.
<b>Aandachtspunten</b>	Bij eenzijdig georiënteerde appartementen is het effect van spuien aanzienlijk minder dan bij dwarsventilatie.	Gevoelig voor weersomstandigheden zoals regen en wind.  Beperkingen in zicht naar buiten en beperkingen bij ventilatie via roosters.		Om de woning voldoende op temperatuur te kunnen houden met verwarmde en gekoelde lucht moet de woning goed geïsoleerd. Ook moet de lucht toevoer kanalen geïsoleerd worden om gekoelde lucht te kunnen transporteren.	In stedelijk gebied kan de warmteverplaatsing van binnen naar de buiten omgeving tot een verergering van het stedelijk hitte eiland leiden.

Legenda

-  Gunstig effect
-  Ongunstig effect
-  Neutraal: geen specifiek voordeel / nadeel
-  Vraagt aandacht / bewonersgedrag



## OVER NIEMAN DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman Raadgevende Ingenieurs is al sinds 1988 dé partner voor complexe vraagstukken in de gebouwde omgeving.

Wij geven bouwfysisch en installatietechnisch advies in elke fase van het bouwproces: van initiatief tot ontwerp en ontwikkeling, realisatie en exploitatie. Dit doen wij voor nieuwbouwprojecten in de grootschalige woning- en utiliteitsbouw, verbouw, transformatie en renovatie van bestaande gebouwen. Ook voeren we op het gebied van verduurzaming en brandveiligheid beleidsadvies, -onderzoek en normontwikkeling uit. Onze relaties omvatten de volledige bouwketen: (ontwikkellende) bouwbedrijven, woningcorporaties, projectontwikkelaars, gebouweigenaren, architecten, leveranciers/conceptontwikkelaars en overheden.

Wij hechten veel waarde aan het daadwerkelijk realiseren van veilige, gezonde, duurzame en comfortabele woon-, werk-, en recreatieomgeving. Voor een optimale samenwerking is écht partnerschap van belang: dit vergt een investering van beide partijen. Daarom bouwen wij aan langdurige relaties met onze klanten. Wij zien uw klanten (vaak de eindgebruiker) als onze klanten en dragen graag bij aan het gewenste en optimale resultaat van uw projecten.

Met diepgaande kennis van regelgeving en fysica in combinatie met praktische bouwplaatskennis dragen onze ingenieurs bij aan een optimaal, maakbaar ontwerp: robuuste kwaliteit, kostenefficiënt en goede bouwtechnische details.

Nieman Raadgevende  
Ingenieurs B.V.

info@nieman.nl  
www.nieman.nl

### Vestiging Utrecht

Atoomweg 400  
3542 AB Utrecht  
Postbus 40217  
3504 AA Utrecht  
030 241 34 27

### Vestiging Zwolle

Dr. van Lookeren Campagneweg 16  
8025 BX Zwolle  
Postbus 40147  
8004 DC Zwolle  
038 467 00 30

### Algemene gegevens

KVK 30086383  
BTW NL0089 69 541 B01  
IBAN NL94 INGB 0004 2577 92



[www.NIEMAN.nl](http://www.NIEMAN.nl)

**WIJ MAKEN GEBOUWEN EN HUN OMGEVING  
BETER: VEILIG, DUURZAAM EN COMFORTABEL**