

Zonwering voor gebouwen nodig door sneller veranderend klimaat

Het klimaat verandert [1]. Dat heeft consequenties voor gebouwen die anno 2025 worden gebouwd of gerenoveerd. Gebruikers van die gebouwen zullen de komende jaren geconfronteerd worden met heel andere klimatologische omstandigheden dan waar we vanuit zijn gegaan tijdens het ontwerp- en realisatieproces. Dat maakt klimaatadaptatie een urgent onderwerp voor architecten, adviseurs en HVAC-professionals. Vanzelfsprekend worden klimatologische omstandigheden meegewogen bij de ontwerpopgave. Soms onbewust, bijvoorbeeld in het architectonisch ontwerp; vaak ook expliciet in de berekeningen voor aard en omvang van de klimaatinstallaties. Die berekeningen zijn gebaseerd op normen, die samengesteld zijn op basis van nauwkeurige metingen van weer en klimaat. Per definitie zijn dit data uit het verleden.

In dit artikel beschrijven we het toekomstige klimaat en analyseren we de consequenties voor de koudebehoefte en het risico op oververhitting in Nederland.

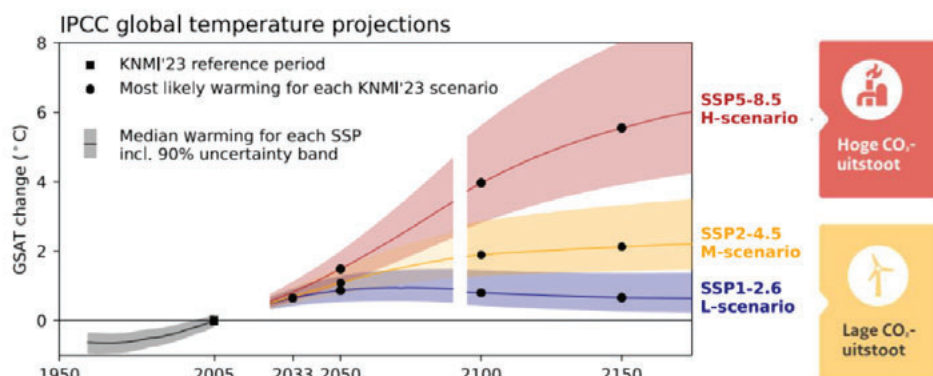
Het KNMI heeft in 2023 realistische scenario's gepubliceerd voor het toekomstige klimaat [2] en heeft hier databestanden van afgeleid die bruikbaar zijn in gebouwsimulatieberekeningen, die gebruik maken van klimaatdata volgens het format van NEN 5060 [3] (gebaseerd op EN-ISO 15972 [4,5]). De scenario's zijn grafisch weergegeven in figuur 1. Met behulp van de afgeleide klimaatbestanden in NEN5060-format kan

onderzocht worden hoe gebouwen zullen presteren in een veranderd klimaat, op het vlak van warmte- en koudebehoefte, het daarmee gepaard gaande energiegebruik voor koeling en op het te verwachten thermisch comfort. Daarbij gaat het met name over het risico op oververhitting en de gezondheidsrisico's, die daar het gevolg van zijn.

Gebruikte data

De KNMI-scenario's [2] zijn primair bedoeld als ondersteuning voor lange termijnbeleid ten aanzien van bijvoorbeeld kustverdediging. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de standaard gebruikte zichtjaren (2050, 2100, 2150). Voor de gebouwde omgeving zijn met name de ontwikkelingen op korte en middellange termijn van belang, omdat gebouwen een ontwerp levensduur hebben van 50 tot 70 jaar en daarna, of zelfs eerder, een ingrijpende renovatie ondergaan. Speciaal voor toepassing in de gebouwde omgeving is daarom in opdracht van RVO en TKI Urban Energy een verfijning doorgevoerd. Het jaar 2033 is toegevoegd en voor dat jaar en voor 2050 zijn de scenario's verfijnd naar datasets [6] op uurbasis in het format van NEN 5060, zodat deze toegepast kunnen worden in bekende gebouwsimulatie-programma's. Ten tijde van deze studie is data in NEN 5060-format beschikbaar voor de volgende vijf locaties: Alkmaar, Assen, De Bilt, Roermond en Zierikzee,

Figuur 1: Stijging buitentemperatuur afhankelijk van laag, midden en hoog scenario; KNMI [2].



die samen een goed beeld geven van de verschillen binnen Nederland, zie figuur 2. Opgemerkt wordt dat 'De Bilt' van oudsher wordt beschouwd als referentie voor het gehele land.

Er zijn drie datasets per klimaatjaar beschikbaar: koudevraag (met de focus op koeling tijdens aanhoudende hitte in de zomer), warmtevraag (verwarming tijdens het winterhalfjaar) en een gemiddeld klimaatjaar (jaargemiddelde energievraag). De reeksen voor de koudevraag en de warmtevraag representeren situaties die gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomen. Alle doorgekende klimaatscenario's van het KNMI laten een toename zien van de koudevraag, een afname van de warmtevraag en een toename van de gemiddelde jaartemperatuur. De grootte van de verandering hangt af van de tijdshorizon en het betreffende klimaatscenario. Voor de beoordeling van de zomersituatie is in deze studie de set 'koudevraag' gehanteerd. Alleen voor het effect van de klimaatscenario's op de energieprestatie, is het gemiddelde klimaatjaar gehanteerd. De volgende meteorologische variabelen zijn in de datasets opgenomen:

- Temperatuur op 2 m (in 0,1°C)
- Straling (in W/m²), 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.

Stijging buitentemperatuur

De zomersituatie volgens de klimaatscenario's zijn vergeleken met recente jaren; dit is weergegeven in Tabel 1 en 2. Daarin zijn zes recente jaren vergeleken met een nieuw geconstrueerde referentie van het huidige klimaat en met vijf toekomstscenari'o's. Bij deze analyse van het buitenklimaat is telkens een zomerseizoen (gedefinieerd als de periode



Figuur 2: Vijf locaties verdeeld over Nederland.

van 28 april tot 30 september) gehanteerd overeenkomstig de berekeningen in gebouwsimulatiemodellen. In Tabel 1 is het aantal uren weergegeven boven een bepaald minimum, gedurende een zomerperiode.

Er is gebruik gemaakt van de volgende datasets gebaseerd op de toekomstscenari'o's van het KNMI:

- Referentie Een nieuw geconstrueerd referentiejaar, gebaseerd op de jaren 1991-2020
- 2033L Scenario voor zichtjaar 2033
- 2050Md Midden-droog scenario voor zichtjaar 2050
- 2100Md Midden-droog scenario voor zichtjaar 2100
- 2150Md Midden-droog scenario voor zichtjaar 2150

Voor 2033 is door het KNMI geen onderscheid gemaakt in Hoog-Midden-Laag en droog/nat. De aanduiding L wordt dus alleen gebruikt om het te laten passen in de systematiek van de scenari'o's.

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

Tabel 1: Buitentemperatuur afgelopen jaren en toekomstige zichtjaren.

	Afgelopen jaren – KNMI De Bilt						Toekomstige zichtjaren – KNMI De Bilt					
T (°C)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	referentie	2033L	2050Md	2050Mn	2050Hd	2050Hn
Aantal dagen met RMOT > 16°C en 22°C												
16°C	101	75	78	101	94	94	72	123	108	118	116	106
22°C	7	6	9	0	1	1	14	19	32	11	37	20
Aantal uren met tropennacht > 20°C												
20°C	55	46	74	4	8	42	84	157	188	147	242	205

Tabel 2: RMOT en tropennachten afgelopen jaren en toekomstige zichtjaren.

Het gebruik van de term 'zichtjaar' duidt erop dat er in de scenariostudies van het KNMI geen precieze voorspelling van een toekomstig jaar wordt gedaan, maar dat met het scenario een beeld wordt geschetst van het decennium rondom het genoemde jaar. Merk op dat er geen constant stijgende lijn in de toekomstige zichtjaren wordt berekend, maar dat er enige schommelingen worden voorzien. De variatie is, zeker voor de verdere toekomst, nog groot.

In Tabel 2 wordt nader stil gestaan bij de langdurig warme perioden in de nacht aan de hand van de volgende parameters:

- Het aantal dagen waarbij Rmot >16/22°C.
Rmot: 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 graden is overeenkomend met een zomerperiode en de 22 °C met een warme zomerperiode.
- Het aantal nachtelijke uren dat de temperatuur boven de gegeven grenswaarde blijft in een zomerperiode. Een temperatuur boven de 20°C wordt beschouwd als een "tropennacht".

Interpretatie van deze gegevens leidt tot de volgende constatering:

- Op zowel de korte (2033) als de middellange termijn (2050) is een stijging van de buitentemperatuur zichtbaar.

- Voor het zichtjaar 2050 is een duidelijk verschil te zien tussen het 'Midden' en 'Hoog' scenario, waarbij een middenscenario een zekere stabilisatie laat zien ten opzichte van 2033.
- Alle scenario's resulteren 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.

Vervolgens vergelijken we de klimaatscenario's met het momenteel gehanteerde referentieklimaat. De in Nederland meest gebruikte referenties zijn vastgelegd in NEN 5060 [3]. Dit zijn samengestelde klimaatjaren opgebouwd uit klimaatdata van 20 voorafgaande jaren, in dit geval de periode 1996-2015.

	Huidige norm	Toekomstige zichtjaren – KNMI De Bilt		
T (°C)	NEN 5060 T05	referentie	2033L	2050Md
Aantal dagen met RMOT > 16°C en 22°C				
16°C	103	72	123	108
22°C	5	14	19	32
Aantal uren met tropennacht > 20°C				
20°C	42	84	157	188
Aantal uren > 24/64°C, etc.				
24°C	405	297	471	550
26°C	201	168	284	349
28°C	105	90	159	202
30°C	40	38	78	101
32°C	4	5	22	43
34°C	0	0	3	9
36°C	0	0	0	7

Tabel 3: RMOT en tropennachten afgelopen jaren en toekomstige zichtjaren.

GTO-uren	Uren NDH > 26°C	Risico beoordeling binnenklimaat
< 300	< 29	zeer laag
< 450		laag
450-900	29-88	matig
900-1.800		groot
> 1.800	> 88	zeer groot

Tabel 4: Classificatie risico op oververhitting in de bestaande bouw.

Voor energieprestatieberekeningen en het opstellen van een Energielabel wordt een gemiddeld jaar gebruikt. Dat blijft in dit artikel buiten beschouwing, maar het is evident dat het huidige referentiejaar volgens NEN 5060 niet representatief is voor de toekomst, gezien de ervaringen in het laatste decennium, met steeds verder oplopende temperaturen en veranderende neerslagpatronen.

Voor toetsing aan het risico op oververhitting wordt in de Nederlandse bouwregelgeving [7] referentiejaar 'T05' volgens NEN 5060 [3] aangewezen. De toevoeging T05 wil zeggen dat er een kans is van 1 op de 20 jaar dat het warmer kan worden (5% overschrijdingskans). In Tabel 3 wordt deze vergeleken met het nieuw samengestelde referentiejaar en de scenario's voor de zichtjaren 2033 en 2050 [2].

In de beoordeling van het zomercomfort, op basis van NEN5060:T05, worden dus de effecten van de klimaatscenario's 2033 en 2050 onderschat, waardoor die norm onvoldoende geschikt is om de toekomstige klimaatverandering correct te simuleren.

Toetscriteria

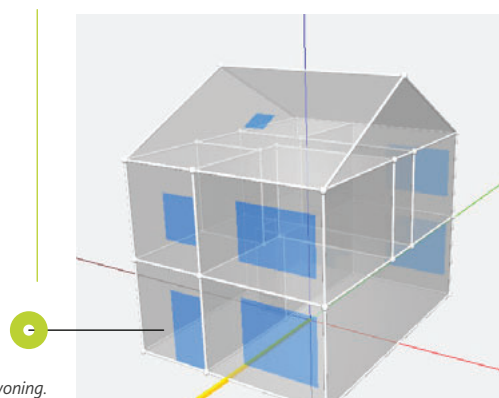
In het onderliggende onderzoek zijn meerdere rekenmethodieken en indicatoren gebruikt om het risico op oververhitting te duiden. Hierbij is zowel naar adaptieve indicatoren, als de piekmomenten overdag en overschrijdingen in de nachtperiode gekeken; de criteria zijn weergegeven in Tabel 4. In de Nederlandse bouwregelgeving wordt gebruik gemaakt van het criterium 'gewogen temperatuur overschrijding' (GTO). Dit criterium is daarom ook in het onderzoek gebruikt. De GTO-methodiek en de gehanteerde grenswaarden zijn gebaseerd op de PMV volgens Fanger [8]. Een alternatief zou een beoordeling op adaptieve temperatuurgrenswaarden (ATG) zijn. Vooralsnog is dat in deze fase nog niet nader onderzocht. Geadviseerd wordt dat wel nader te onderzoeken.

Voor de beoordeling van de situatie in de nacht is door een werkgroep onder leiding van de Hogeschool van Amsterdam de indicator NDH gebruikt (Night Degree Hour) [9]. 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). Veelal wordt deze indicator getoetst ter plaatse van de slaapkamer; daarvoor wordt de indicator ook in het onderliggende onderzoek gebruikt.

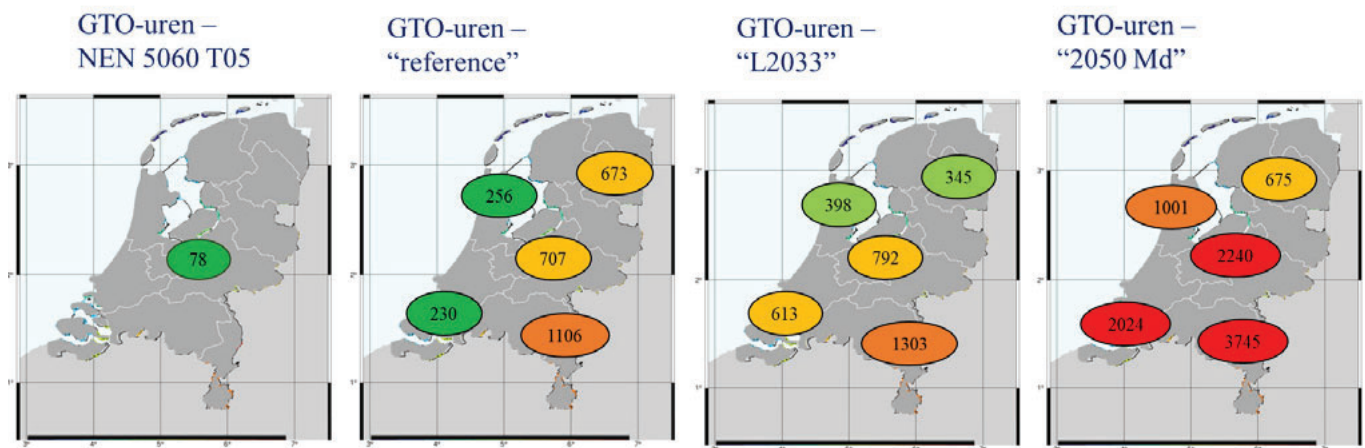
Toepassing klimaatscenario's op referentiewoning

Voor advies, normalisatie en regelgeving is het van belang te onderzoeken wat de consequenties van het veranderende klimaat zijn op het thermisch comfort en IEQ (indoor environmental quality) van gebouwen. Met name de consequenties voor woningen is relevant en dan met name de toename van het risico op oververhitting, gezien het risico voor de gezondheid [10]. Momenteel is de toepassing van passieve maatregelen (zoals zonwering en ventilatieve koeling) en installaties voor koeling (zoals airco's) in Nederland nog geen standaardmaatregel bij nieuwbouw en renovatie, hoewel dit de afgelopen jaren al snel aan het veranderen is [11].

De consequenties worden geïllustreerd aan de hand van een veel voorkomend woningtype. 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.



Figuur 3: Referentiewoning.



Figuur 4: Aantal GTO-uren referentiewoning met zonwering volgens huidige norm (NEN 5060-T05) en klimaatscenario's.

Huidige beoordeling NEN:5060 T05

In eerste instantie is de woning beoordeeld op het risico op oververhitting op de bestaande referentie (NEN 5060 T05) met het criterium $GTO < 450$ h/jr. Hoewel dit criterium is afgeleid voor kantoren, wordt het vooralsnog ook voor woningen gebruikt. Met dit huidige referentieklimaat is er, zonder nadere maatregelen, al een onaanvaardbaar risico op oververhitting. We berekenen namelijk 2601 GTO-uren. Dit kan echter eenvoudig beperkt worden door de toepassing van zonwering, waardoor het zakt tot een zeer aanvaardbare 78 uur.

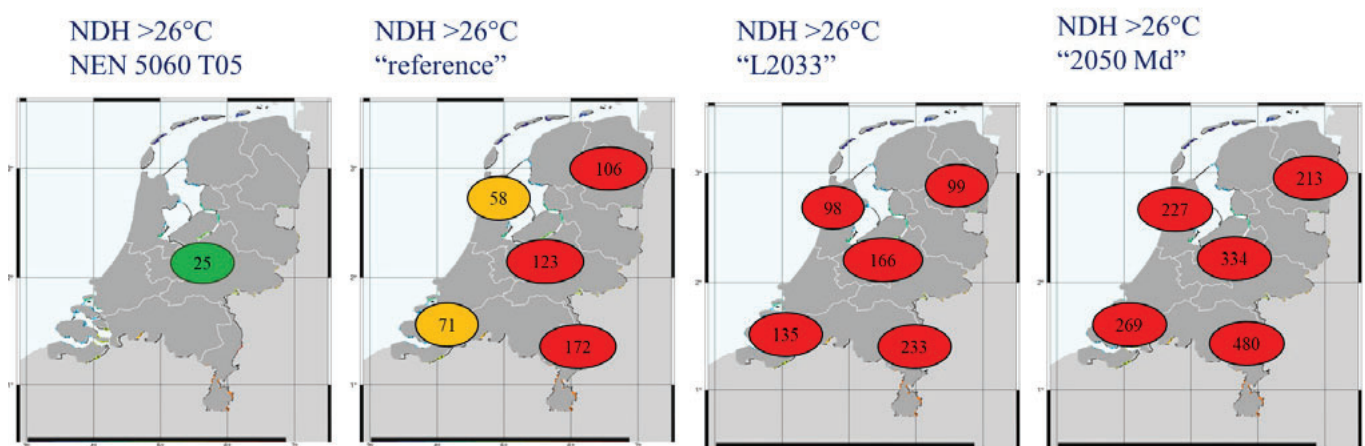
GTO-uren woonkamers met buitenzonwering

Voor de vervolgstap nemen we daarom de situatie met zonwering als uitgangspunt voor beoordeling van het risico op oververhitting. In eerste instantie beoordelen we de woonkamer op het criterium $GTO < 450$ h/jr; zie figuur 4. Omdat de toekomstige scenario's beschikbaar zijn voor vijf locaties verspreid over het land, worden de verschillen binnen Nederland ook zichtbaar gemaakt. Opgemerkt wordt dat ook in de huidige situatie de verschillen per regio al aanzienlijk zijn; een gegeven dat tot op heden over het algemeen wordt genegeerd, door met een landelijk uniform klimaatbestand te werken.

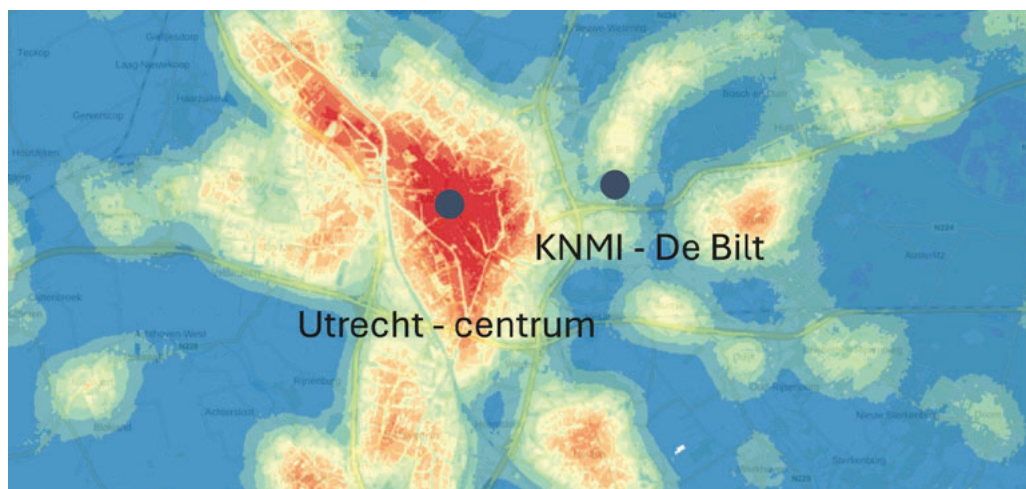
Aantal uren $>26^{\circ}\text{C}$'s nachts in de slaapkamers

Figuur 5 toont de uitkomst van de berekening met de NDH voor de slaapkamers. Opvallend is dat deze, meer nog dan de beoordeling van de woonkamers 'rood' kleuren. Dit heeft met name te maken met de hoogte van de grenswaarde, die al vanaf de waarde '88' gekwalificeerd wordt als een 'hoog risico'. Het is de vraag of de ijking van het criterium NDH gelijkwaardig is aan die van de GTO. Dat is een aspect om nader te onderzoeken. Onafhankelijk daarvan valt twee zaken op. Op de eerste plaats is dat (opnieuw) de grote verschillen per regio: tussen NW-Nederland ('Alkmaar') en ZO-Nederland ('Roermond') is er een verschil van een factor 2 á 2,5 onafhankelijk van het scenario. Daarnaast moet geconstateerd worden dat de oververhitting in de nachtsituatie een nieuw fenomeen is, dat samenhangt met het veranderende klimaat.

In de huidige praktijk is het in gematigde klimaatzones, zoals die in NW-Europa goed mogelijk om nachtelijke oververhitting tegen te gaan zonder de inzet van installaties, bijvoorbeeld



Figuur 5: Aantal NDH $> 26^{\circ}\text{C}$ slaapkamers in referentiewoning met zonwering volgens huidige norm (NEN 5060-T05) en klimaatscenario's.



Figuur 6: Stedelijk hitte eiland rondom Utrecht en naastgelegen De Bilt (Afbeelding: Nieman op basis van Klimateffectatlas [15]).

door het benutten van ventilatieve koeling door natuurlijke ventilatie. Die mogelijkheid neemt sterk af in het veranderende klimaat, omdat de nachttemperaturen daarvoor onvoldoende dalen. Merk op dat deze conclusie al getrokken wordt, terwijl stedelijke opwarming (urban heat island) nog buiten beschouwing is gebleven.

Stedelijk hitte-eiland

In een versteende stedelijke omgeving is het vaak warmer dan in een groen buitengebied of dichtbij het water, dit wordt het stedelijk hitte-eiland (SHE) of urban heat island (UHI) genoemd. 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. De dagelijkse afwisseling in het zomerse 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). Dit doordat de bebouwing dan maximaal is opgewarmd door de zon en het buitengebied veel sneller afkoelt. Daarentegen is het SHE het kleinst en soms zelfs negatief in de ochtend (paar uur na zonsopkomst) [12, 13, 14].

De consequenties van het SHE kunnen goed worden geïllustreerd door een vergelijking te maken tussen het meetstation van het KNMI in De Bilt en het centrum van Utrecht, weergegeven in figuur 6 en 7.

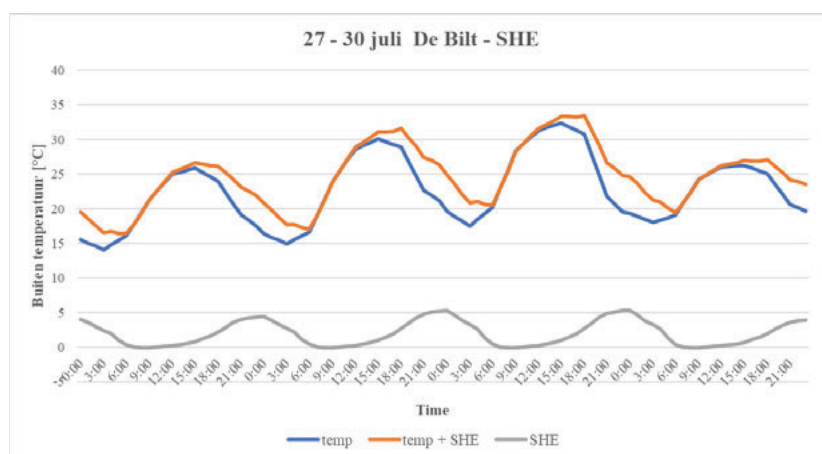
In figuur 8 wordt de invloed van het SHE-effect afgezet tegen de toekomstscenario's voor de locatie De Bilt. Daarbij valt direct de toename van het aantal 'tropische nachten' op (minimum nachttemperatuur

> 20 °C). Die stijging is relatief gezien sterker dan de stijging van de dagtemperatuur en zelfs van het aantal uren > 30 °C.

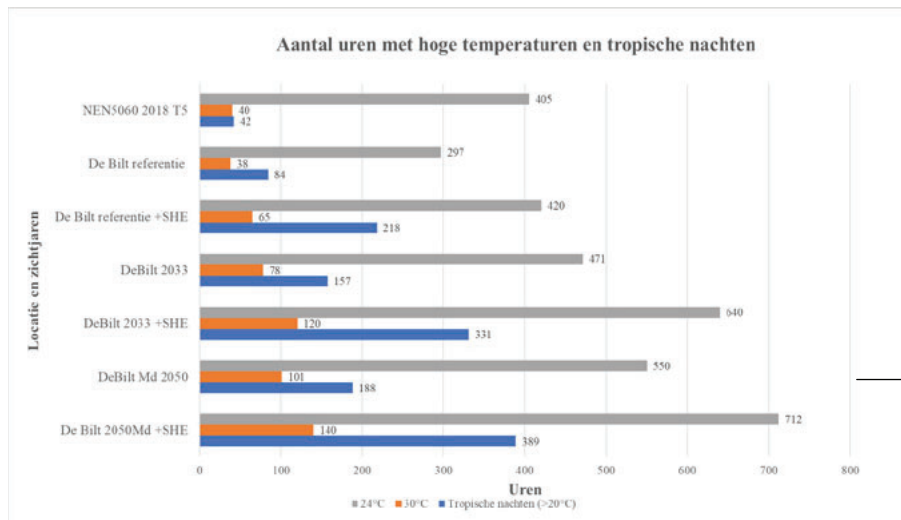
Conclusie is dat het stedelijk hitte-eiland een substantiële bijdrage levert aan de opwarming van de gebouwde omgeving in de stad. Alhoewel tijdens het onderzoek vanuit het KNMI van één stadsprofiel het stedelijk hitte-eiland-effect beschikbaar was, komt het beeld goed overeen met wat in andere studies is gevonden. Uit de berekende situatie voor Utrecht blijkt dat de buitentemperatuur met name in de nachtperiode met 1 à 5 °C kan stijgen ten opzichte van het buitengebied. Dit leidt tot een forse stijging van de GTO-uren, de NDH en de maximale temperatuur overdag.

Energieverbruik – koelbehoefte

Buiten de effecten op temperatuur en gezondheid is het vanzelfsprekend de vraag in hoeverre de temperatuurstijging leidt tot een verhoging van het energiegebruik ten gevolge van de grotere koelbehoefte. In het onderzoek is hiernaar een eerste verkenning



Figuur 7: Buitentemperatuur inclusief en exclusief stedelijk hitte-eiland voor drie dagen/nachten in zomerperiode.



Figuur 8: Aantal uren met een buitentemperatuur 24°C, 30°C en tropische nachten met en zonder stedelijk hitte eiland.

uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in figuur 9 en 10. In figuur 9 is de koelbehoefte (in kWh-th) gegeven voor een situatie zonder zonwering, zowel volgens de klimaatscenario's als met medeweging van het UHI-effect. In figuur 10 is de situatie getoond met toepassing van zonwering.

Uit een vergelijking tussen beide figuren kan direct de grote impact van zonwering op de koelbehoefte worden afgeleid. Zonder de toepassing van zonwering is die ruim tweemaal zo hoog. Om te voorkomen dat het energiegebruik voor koeling de komende jaren enorm toeneemt, ligt het voor de hand de toepassing van zonwering tenminste te gaan stimuleren, en te overwegen dit via de bouwregelgeving te gaan verplichten voor nieuwbouw en ingrijpende renovatie.

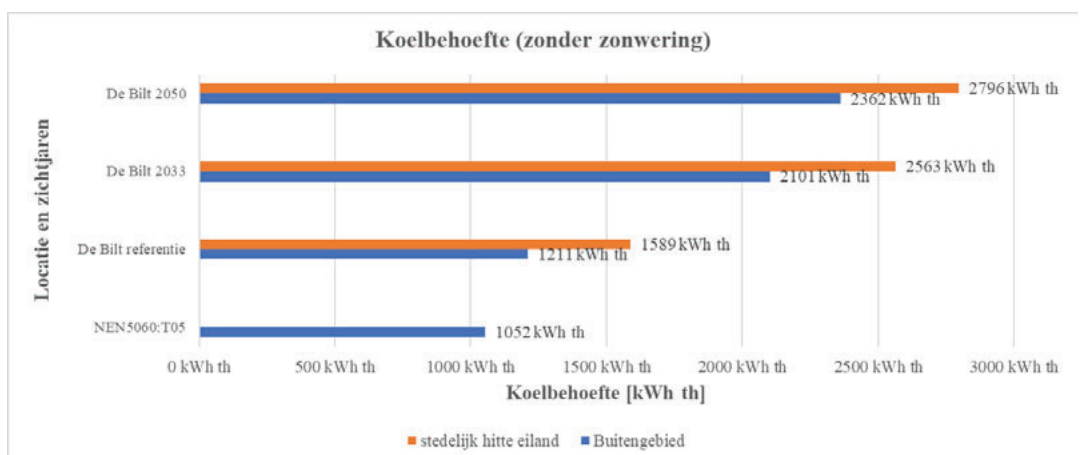
Zonwering is letterlijk en figuurlijk het sluitstuk van de thermische schil. Kijkend naar zichtjaren blijkt dat isoleren maar een beperkte invloed heeft op de koelbehoefte. Het isoleren doen we met name voor winterperiode maar om ook effectief te zijn in de zomer is een zonwering essentieel.

Discussie

Deze verkennende studie geeft al veel inzichten in de consequenties van het toekomstige klimaat voor de gebouwde omgeving. Het is echter een kennisgebied in ontwikkeling. Nader onderzoek is dus gewenst. Een aantal zaken vraagt daarbij aandacht:

- In hoeverre wordt adaptatie van het menselijk lichaam aan het veranderende klimaat voldoende meegewogen? In ATG-modellen wordt hiermee gerekend. Zijn de daarbij gehanteerde uitgangspunten nog valide bij het veranderende klimaat en zijn deze voor alle bevolkingsgroepen evenredig van toepassing? Speciale aandacht voor ouderen en kwetsbare personen lijkt daarbij noodzakelijk. Dit vraagt ook input vanuit de gezondheidswetenschap.
- De toegepaste criteria, zoals de NDH, zijn deels nog onvoldoende gevalideerd, mede door gebrek aan praktijkdata bij hoge temperaturen.
- In hoeverre zijn de criteria toepasbaar voor bestaande gebouwen? Is het reëel deze op dezelfde manier te beoordelen als nieuwbouw, of is een aangepast toetskader noodzakelijk?

Figuur 9: Koudebehoefte zonder buitenzonwering volgens huidige norm (NEN 5060-T05) en klimaatscenario's.



- De parameters die meewegen bij het optreden van het SHE, moeten nader worden uitgewerkt, op een manier dat toepassing in het ontwerpproces mogelijk wordt. Dat vraagt om een beoordeling van gebiedsinvloeden, zoals de mate van verstedelijking en de aanwezigheid van groen en water. 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. Ook op dit vlak is nader onderzoek gewenst.

Conclusies

Dit artikel beschrijft een onderzoek naar de consequenties van het toekomstige klimaat voor de gebouwde omgeving, aan de hand van de KNMI klimaatscenario's uit 2023. Uit de analyse van de onderzoeksresultaten trekken wij de volgende conclusies:

- De rekenresultaten van de simulaties met de toekomstige klimaatscenario's zijn, onafhankelijk van de benadering, dusdanig hoog dat er in het beleid aandacht moet komen voor (passieve) warmtewerende maatregelen, al dan niet verplicht via de bouwregelgeving.
- Buitenzonwering is essentieel voor zowel het thermisch comfort als het verminderen van de energie-/elektriciteitsvraag van

actieve koelsystemen. Op basis van deze analyse adviseren wij dit als standaardmaatregel mee te nemen bij elk nieuwbouw- en renovatieplan.

- De beoordeling van het thermisch comfort in de zomer moet bij voorkeur 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.
- 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.

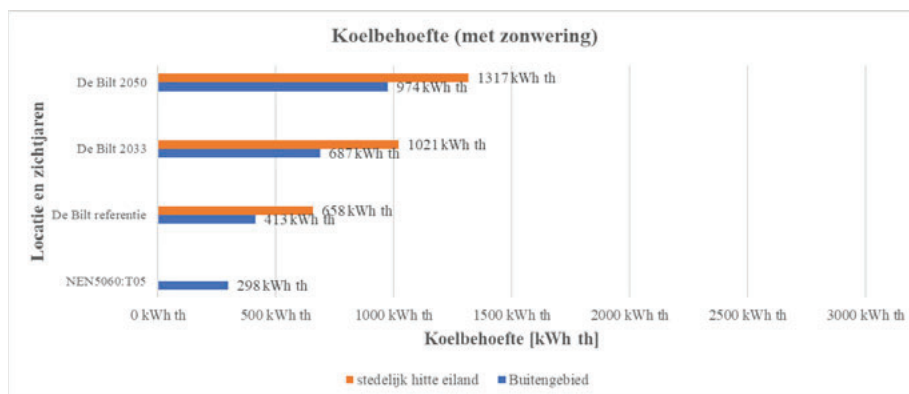
Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op onderzoek [17] in opdracht van TKI Urban Energy en RVO, uitgevoerd door de auteurs namens Nieman Raadgevende Ingenieurs. De auteurs danken de begeleiders, ir Guus Mulder van TKI Urban Energy en Sophia van Holstein MSc en ir. Daniël van Rijn van RVO voor hun ondersteuning tijdens de uitvoering van werkzaamheden.

Het onderzoek maakt gebruik van databestanden die door het KNMI in opdracht van RVO zijn samengesteld voor toepassing van de KNMI-klimaatscenario's ten behoeve van advieswerkzaamheden in de gebouwde omgeving. Die ontwikkeling is begeleid door Weather

Impact. De auteurs danken dr. Stefan Ligtenberg van Weather Impact en Henk van den Brink en Leon van Voorst van het KNMI voor de input.

Het artikel is als paper gepresenteerd tijdens de Clima 2025, 4-6 juni te Milaan.



Figuur 10: Koudebehoefte met buitenzonwering volgens huidige norm (NEN 5060-T05) en klimaatscenario's.

Referenties

- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- KNMI, 2023: KNMI/23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.
- NEN 5060:2018+A1:2021; Hygrothermische eigenschappen van gebouwen - Referentieklimategegevens.
- EN ISO 15927-2:2009; Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 2: Hourly data for design cooling load
- EN ISO 15927-5:2004/A1:2011; Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 5: Data for design heat load for space heating
- KNMI/23 - Representatieve klimaatjaren voor de stedelijke omgeving, overeenkomstig de KNMI/23-klimaatscenario's; via <https://dataplatform.knmi.nl/dataset/preview/tki-built-environment-climate-years-1-0>
- EN 16798-1 : Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
- Omgevingsregeling art 5.31c 'oververhitting' + Annex XVI; Staatscourant 2024, 14637
- ISO 7730:2005; Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
- Kluck, J.; et.al.; Hitte in bestaande woningen 2.0 – Achtergronddocument; NKWK – HvA; Amsterdam, februari 2023
- RIVM; GGD-richtlijn medische milieukunde: hitte en gezondheid; via <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-hitte-gezondheid>
- Rovers, V.; TNO 2024 R11165; Schatting van de elektriciteitsvraag van airconditioners in Nederlandse woningen in 2021, 2022 en 2030
- Ligtenberg, dr. S.; Impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving; Weather Impact, 2023
- Theeuwes, N.E. dr., et.al.; Cool city mornings by urban heat; WUR, 2015
- Theeuwes, N.E. dr. et.al.; A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe; KNMI, 2017
- Klimaat-effectatlas, Stichting Climate Adaptation Services; via www.klimaat-effectatlas.nl
- Valk, H.J.J. ir., T.G. Haytink MSc & J. Kaspers MSc; Klimaatadaptatie verduurzaming gebouwde omgeving; RVO 2025 via www.topsectorenenergie.nl