

Impact van vegetatie op de hittestress in de woning

Jaar na jaar worden de warmterecords verbroken door de klimaatverandering, met een stijging van 0,4 °C in de afgelopen 10 jaar in Nederland [1]. Ook de hittestress in woningen neemt toe. Meer natuur op en om de woning is een mogelijke oplossing. Een verlaging van de binnentemperatuur door vegetatie valt nu nog moeilijk te kwantificeren en wordt niet meegenomen in de huidige oververhittingsberekeningen (TOjuli / GTO). In dit artikel wordt de impact van vegetatie op de binnentemperatuur van woningen bepaald voor het huidige en toekomstige klimaat.

Bouwen tegen de hitte - de huidige praktijk

De hitte treedt van buiten de woning naar binnen op warme zomerdagen door zoninstraling en de interne warmteproductie. De binnentemperatuur stijgt. De woning houdt de warmte vast en laat de warmte weer langzaam los. De binnentemperatuur kan hierdoor ook 's nachts nog hoog blijven bij warme nachten.

Bij nieuwbouw houden we de hitte buiten met bouwkundige, passieve en koelende maatregelen. Voorbeelden zijn: beperken glasoppervlak, zonwering, vloerkoeling en actieve koeling, zoals airco's. In Nederland komen steeds meer geluiden op om natuur te gebruiken om te bouwen tegen de hitte. Dit is een veel duurzamere oplossing dan actief koelen. Voor nu én de hetere toekomst.

Om richting te geven aan de duurzame manier van koeling, is de 'Ladder van Koeling' [2] ontwikkeld door OSKA en ISSO. Zij pleiten voor een prioritering van duurzame maatregelen, zoals gevisualiseerd in figuur 1. Hierin staat vermeld dat vegetatie als eerste stap van het ontwerptraject zoveel mogelijk moet worden meegenomen om de benodigde koudevraag in een woning te beperken door de hittestress te verzachten. Een goede basis!

Highlights

- Het artikel geeft inzicht in de positieve effecten van vegetatie voor de optimalisatie van de hittebestendigheid van woningen voor het maken van een oververhittingsberekening.
- Lezers leren over de toekomstige klimaatscenario's en hoe de stijgende klimaatverandering impact heeft op de hittestress van woningen in vergelijking met de huidige klimaatdata, om de impact op een bovenwettelijke norm te bepalen.
- Het artikel benadrukt de meerwaarde van de toevoeging van vegetatie op en om het gebouw voor de verlaging van temperatuuroverschrijdingsuren en/of de koudevraag in het huidige en toekomstig klimaat.

Vegetatie in de bouwberekeningen

Het maken van een oververhittingsberekening is een wettelijke eis binnen de BBL voor de aanvraag van een omgevingsvergunning bij een nieuwbouwwoning. Hierbij is het verplicht om een TOjuli-berekening of een GTO-berekening te maken.

- De TOjuli-berekening is onderdeel van de BENG en geeft een indicatie van de kans op oververhitting in een woning. Met standaard aannames is deze methode een sterke versimpeling van de werkelijkheid. Vegetatie kan in deze berekening niet worden ingevuld, omdat er nog geen gevalideerde bepalingsmethode voor bestaat.



Figuur 1: Ladder van koeling.

- De gewogen temperatuuroverschrijding (GTO), een temperatuuroverschrijdingseis van ≤ 450 gewogen uur per verblijfsruimte per jaar [3], is een nauwkeurigere methode met meer parameters. De GTO is een dynamische berekening die rekening houdt met variabelen die continu veranderen, zoals het weer, door klimaatdata toe te voegen. Vegetatie kan worden meegenomen, maar mag vanwege het onzekere karakter en het gebrek aan kennis nog niet worden toegepast.

De potentie van vegetatie op temperatuuroverschrijding van het binnenklimaat is, mede hierdoor, nog niet eerder onderzocht.

Eigenschappen van vegetatie

Zeven eigenschappen van vegetatie op en rondom de woning hebben een positief effect op het binnenklimaat van een woning:

Thermische weerstand: Vegetatie zorgt voor een verhoging in de thermische weerstand van de constructie, waardoor de hitte minder snel een woning binnentreedt. [4]

Dichtheid en soortelijke warmte: De toevoeging van materialen met een dichtheid en soortelijke warmte creëert een faseverschuiving van de piektemperaturen binnen de woning [5]. De piektemperatuur wordt verlaagd. De piekuren worden vertraagd, maar de piekuren worden ook verlengd, wat een negatieve werking heeft.

Albedo en emissie: Het weerkaatsingsvermogen van een materiaal (albedo) wordt verbeterd ten opzichte van traditionele materiaaltoepassingen, zoals een zwart-bitumendak. Emissie, het uitstralingsvermogen van een materiaal, wordt ook positief verhoogd door vegetatie. Beide eigenschappen verlagen de oppervlaktetemperatuur van het gebouw. [6]

Verdamping: Verdamping van het substraat en de beplanting zorgt voor verkoeling van de woning. [6]

Schaduw: Vegetatie zorgt voor een schaduwwerking, waardoor de zonbelasting op de woning wordt verkleind. [6]

Het vochtgehalte in de vegetatie heeft een belangrijke werking. Zo zorgt het voor een verlaging van de thermische weerstand [4], maar ook van de verhoging van de verkoeling door verdamping [6]. Om de minimale impact van vegetatie op hittestress te bepalen is in dit onderzoek gekozen voor de worst-casescenario, zoals geen verkoeling door verdamping en een thermische weerstand passend bij natte vegetatie.

Vertaling naar GTO-berekening met casussen

Meerdere soorten vegetatie zijn onderzocht om de impact te bepalen op de hittestress in een woning, namelijk: een laag-intensief sedumdak, een hoog-intensieve daktuin, een

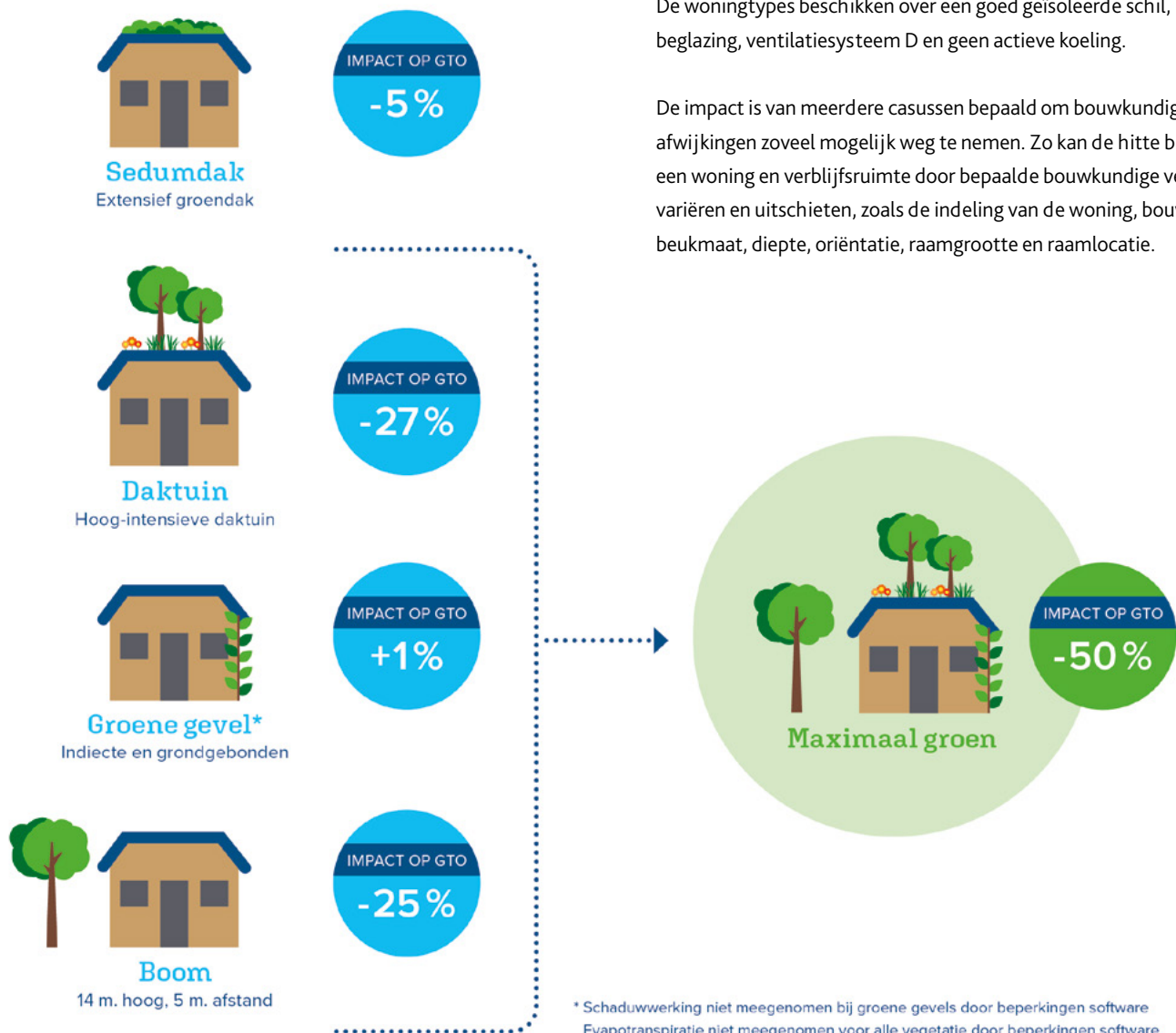
groene gevel met klimplanten in volle grond en een boom van 14 meter hoog op een afstand van 5 meter van de gevel.

Softwarekeuze

In dit onderzoek is gekozen om de GTO-berekening uit te voeren met het softwareprogramma Vabi Elements. Dit is een vaak gebruikt softwarepakket voor de GTO-berekening in Nederland en ligt dus dicht tegen de dagelijkse praktijk aan.

Limitaties

Vabi Elements, en andere softwareprogramma's, heeft nog bepaalde limitaties, waardoor vegetatie nog niet volledig gerepresenteerd kan worden. In Vabi Elements kan de verdamping van alle vegetatie en de schaduwwerking van de groene gevel niet worden meegenomen in de berekeningen. De impact van vegetatie wordt nu dus nog onderschat.



Figuur 2: Impact vegetatie op de GTO bij de huidige NEN5060 TO5.

Huidig en toekomstig klimaat

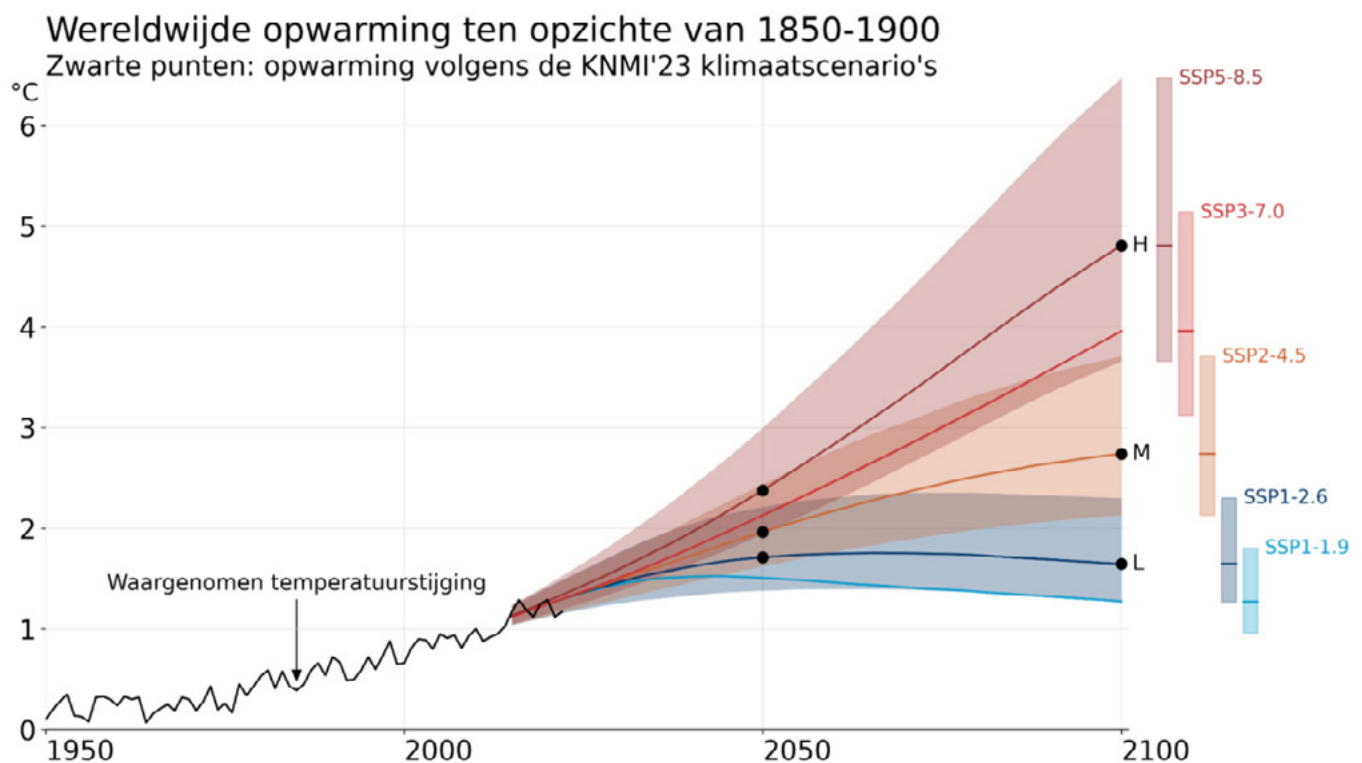
Voor het huidige klimaat wordt de NEN5060 TO5 gebruikt voor de GTO-berekening. Het gebruikmaken van de NEN5060 TO5 is een wettelijke eis. Deze klimaatdata is echter een samengesteld jaar van verouderde meetgegevens, waarbij ook geen rekening gehouden wordt met het toekomstige klimaat.

Een nieuwbouwwoning wil je echter ook ontwerpen op het toekomstig klimaat. De woning zelf gaat hopelijk nog minstens 100 jaar mee, al zal wel het een en ander vervangen worden in de loop der tijd. In dit artikel is daarom ook het toekomstige klimaat meegenomen om de leefbaarheid in een woning voor het toekomstige klimaat te bepalen.

Casussen: drie nieuwbouwwoningen

Voor het bepalen van de impact van groen zijn 3 casussen genomen, namelijk een tussenwoning, hoekwoningen en een portiekwoning. De woningtypes beschikken over een goed geïsoleerde schil, HR+++ beglazing, ventilatiesysteem D en geen actieve koeling.

De impact is van meerdere casussen bepaald om bouwkundige afwijkingen zoveel mogelijk weg te nemen. Zo kan de hitte binnen een woning en verblijfsruimte door bepaalde bouwkundige verschillen variëren en uitschieten, zoals de indeling van de woning, bouwhoogte, beukmaat, diepte, oriëntatie, raamgrootte en raamlocatie.



Figuur 3: De toekomstige klimaatscenario's (Bron: KNMI).

De GTO wordt per verblijfsruimte bepaald. De leefruimte (woonkeuken in onze casussen) is als verblijfsruimte genomen om de impact van de vegetatie te bepalen, doordat deze ruimte overdag het meeste wordt gebruikt.

Vegetatie in het huidige klimaat

De temperatuuroverschrijding kan met vegetatie op en rondom de woning worden gehalveerd. Dit is de uitkomst voor het scenario met alle mogelijke meegenomen vegetatie. Dus een daktuin met groene gevels en bomen op alle mogelijke oriëntaties.

Kortom, vegetatie heeft dus een significante en grote positieve impact op het binnenklimaat van woningen bij het huidige klimaat, NEN5060 TO5. De uitgebreide uitkomsten van de impact van de vegetatie staan in figuur 2.

Sedumdak: Een extensief groendak heeft een lage positieve impact op het binnenklimaat. De beperkte toename in de thermische weerstand, dichtheid en soortelijke warmte heeft weinig effect op de woningen.

Daktuin: Het hoog-intensieve groendak presteert het hoogste van alle vegetatiesoorten. Dit komt door de hoge thermische

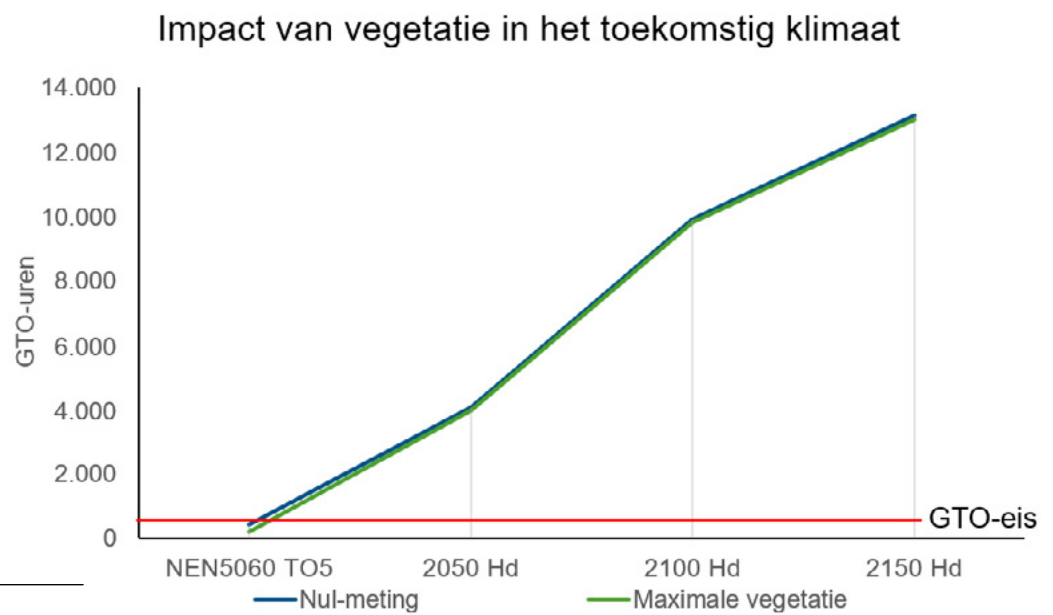
weerstand, verbetering in faseverschuiving en door de schaduwwerking die een boom oplevert.

Groendak: Bij de groendaken is het aantal bouwlagen tussen de verblijfsruimte en het groendak een belangrijke factor; zo zijn er waarneembare verschillen. Als een sedumdak direct grenst aan de verblijfsruimte, kan de overschrijding tot wel 10% worden verlaagd. Voor de daktuin kan de GTO tot wel 35% verminderd worden; dit is een significant verschil.

Groene gevel: Een indirecte en grondgebonden groene gevel heeft een laag/verwaarloosbaar effect op het binnenklimaat en verschilt per oriëntatie. Zo levert het rond het zuiden een klein positief effect op en rond het noorden zelfs soms een negatief effect op het binnenklimaat.

Op de zuidoriëntatie houdt een groene gevel de zonbelasting deels tegen, terwijl een groene gevel op het noorden, die veel minder directe zonbelasting ontvangt, de warmte in de woning binnenhoudt door de verhoging van de thermische weerstand. Bij de groene gevel ontbreekt ook de schaduwwerking in de berekening, waardoor het effect wordt onderschat.

Bomen: De toepassing van bomen rondom de woningen op een afstand van 5 meter van de gevel zorgt voor een



grote positieve impact door de schaduwwerking van de boom. Het type boom is zeer bepalend voor het bepalen van de impact op de hittestress door verschillende factoren, waaronder de grootte van de boom, bladoppervlakte en het seizoen waarin de boom zich bevindt. Het bladoppervlak van de zomersituatie is aangehouden om de impact te bepalen.

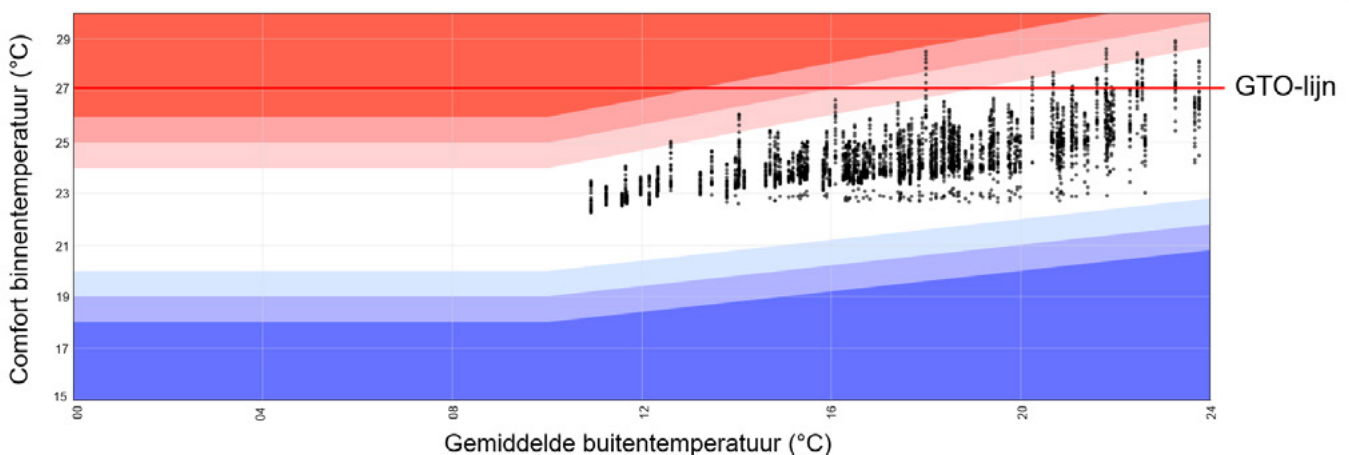
Het plaatsen van een eikenboom van 14 meter hoog op het zuiden van een woning zorgt voor een vermindering van 19% van de GTO-uren. Terwijl een boom op het noorden voor een vermindering van 8% zorgt. De boom kan op meerdere oriëntaties tegelijk geplaatst worden; bij alle oriëntaties zorgt het voor een vermindering van 25% op de GTO.

Toekomstig klimaat: heet, heter, heetst

Door het KNMI zijn er projecties gemaakt van het mogelijke klimaat in de toekomst voor de zichtjaren 2050, 2100 en 2150.

Het KNMI is nog onzeker over hoe het klimaat in de toekomst zal ontwikkelen. Dit komt door politieke keuzes, de verandering van de zeestromen en de snelheid van technologische ontwikkelingen, die allemaal impact hebben op het klimaat. Daarom zijn er verschillende scenario's ontwikkeld, afhankelijk van het CO₂-gehalte in de atmosfeer (laag/matig/hoog) en op basis van een nat/droog klimaat.

Om de impact van vegetatie te bepalen, is er in deze studie gebruikgemaakt van het worstcase Hd-scenario. Dit is het scenario met veel klimaatverandering door een hoog CO₂-gehalte en een droog klimaat.



Figuur 4: ATG ten opzichte van de GTO.

De locatiekeuze is binnen Nederland van belang door landelijke verschillen. Zo is het in het zuiden meestal warmer dan in het noorden van Nederland. De landelijke verschillen zijn door middel van 5 klimaatzones onderverdeeld, waarbij de klimaatzone van De Bilt is gebruikt in dit onderzoek vanwege de centrale ligging [8]. Dit is tevens het meest gebruikte station bij GTO-berekeningen in de praktijk.

De klimaatdata 2050 Hd, 2100 Hd, 2150 Hd van De Bilt bestaat uit verschillende parameters die het toekomstige klimaat beschrijven, zoals zonnestraling, temperatuur, vochtigheid, neerslag, wind en bewolking. Bij vergelijking van de klimaatdata blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse temperatuur respectievelijk met 3, 5 en 6.5 °C toeneemt. Heet, heter, heetst dus.

Vegetatie in het toekomstig klimaat

Het aantal overschrijdingsuren voor onze nieuwbouwwoningen neemt schrikbarend hard toe in het nieuwe klimaat. In het jaar 2100 stijgt het aantal overschrijdingsuren in onze casussen boven de 10.000 gewogen uur per jaar. Dit is ruim boven de grenswaarde van 450 gewogen uur. Let wel, dit is een gewogen temperatuuroverschrijding, dus een temperatuur van 3 °C boven de drempelwaarde van 27,2°C telt voor 3 gewogen uren mee.

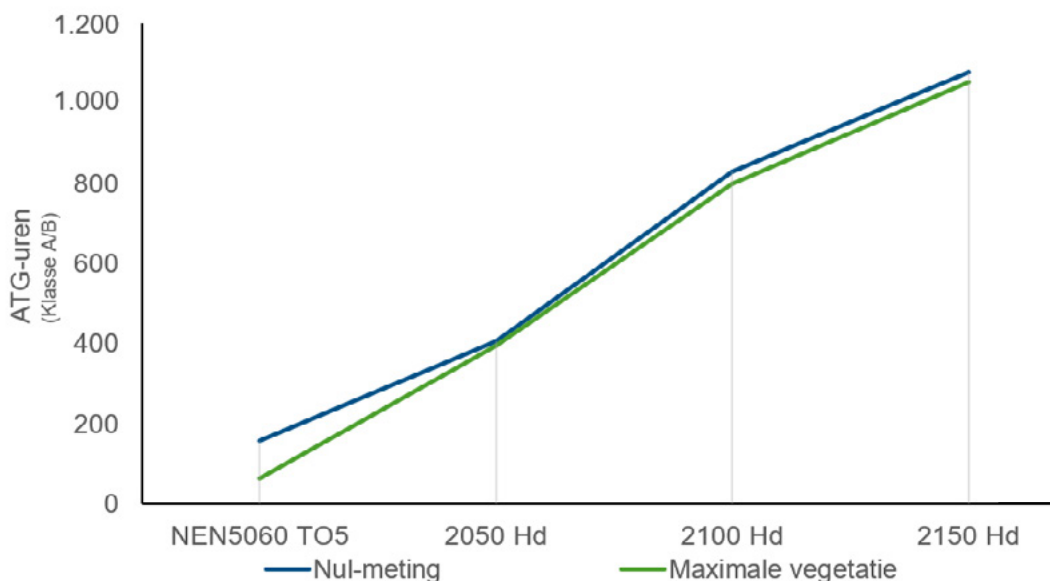
Deze schrikbarend harde stijging komt ook overeen met vergelijkbare onderzoeken, zoals het Nieman-rapport "Klimaatadaptatie verduurzaming gebouwde omgeving" en het TVVL-artikel "Zonwering voor gebouwen nodig door sneller veranderend klimaat".

Bij de toevoeging van vegetatie aan de casussen bij de toekomstige klimaatscenario's wordt er mogelijk een grote impact verwacht. Maar dit blijkt niet te kloppen. Door de harde stijging in onder andere de temperatuur en vochtigheid treedt er warme lucht bij de toekomstige klimaatscenario's uiteindelijk alsnog een nieuwbouwwoning binnen. Hierdoor wordt de binnentemperatuur in de woning verhoogd, ondanks de toepassing van vegetatie rondom en op de woning.

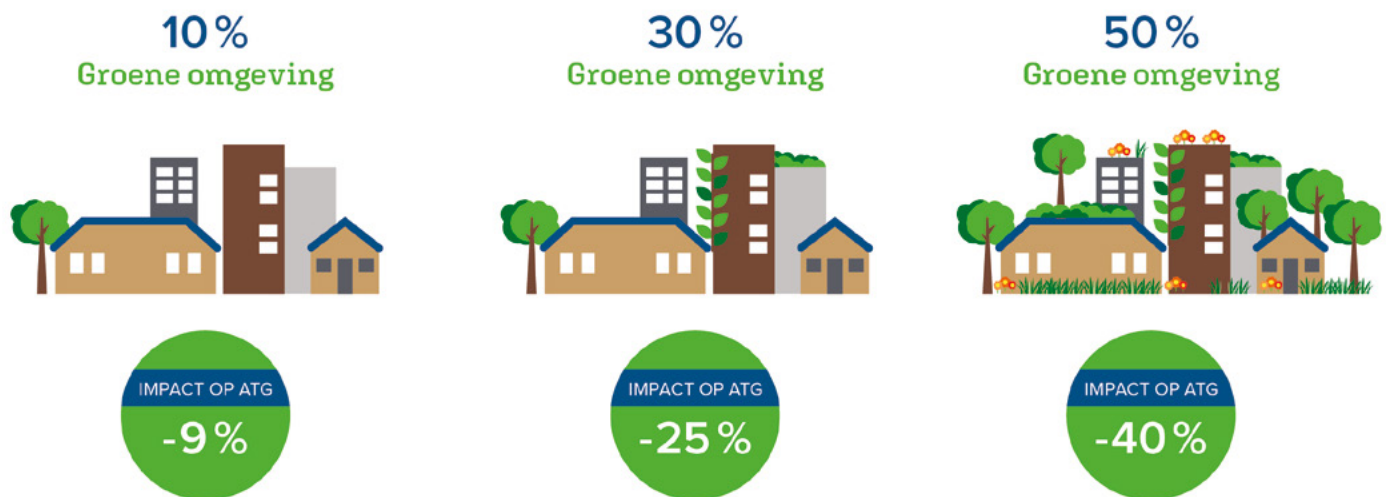
Andere normering: ATG in plaats van GTO

Het onderzoek van Nieman doet de suggestie om in het toekomstig klimaat adaptieve grens temperatuurwaarde (ATG) te gebruiken als alternatief op de GTO-berekeningen. De adaptieve grens temperatuurwaarde (ATG), een tevredenheidsklasse om de comforttemperatuur per verblijfsruimte te bepalen, is gerelateerd

Impact van vegetatie in het toekomstig klimaat



Grafiek 2: Impact van vegetatie op de ATG in het toekomstig klimaat.



Figuur 5: Impact van een groene omgeving op de ATG bij 2100 Hd, De Bilt.

aan de buitentemperatuur. Terwijl de GTO-berekening een vaste waarde hanteert. De ATG maakt daarbij gebruik van de verhouding tussen de binnen- en buitentemperatuur die door een mens als aangenaam wordt ervaren [7].

Het aantal overschrijdingsuren is flink lager als gebruik wordt gemaakt van deze normering. Van ongeveer 10.000 uur naar ongeveer 800 à 900 uur in het scenario 2100 Hd. De procentuele stijging van het aantal overschrijdingsuren in de toekomst blijft echter wel gelijk. De toepassing van vegetatie op gebouwniveau in het toekomstig klimaat geeft, net als bij de GTO-berekening, een minimaal verschil.

Koelere omgeving: Groen in de stad

Dit roept de vraag op: hoe dan wel, als maatregelen op en direct rondom de woning niet meer helpen?

We onderzochten of het creëren van een groene omgeving rondom een woning zorgt voor een fijner binnenklimaat. Kort gezegd wordt de luchttemperatuur rondom de woning verlaagd, wat ook leidt tot een lagere binnentemperatuur. We maken gebruik van de studie van de HvA. Deze studie stelt dat

door een toevoeging van 10% vegetatie aan de omgeving, op wijkniveau de gemiddelde temperatuur wordt verlaagd met gemiddeld 0,5 °C [9].

De hele temperatuurreeks van de 2100 Hd klimaatdata is verlaagd om een grove aanname te maken van de impact. Deze versimpeling van de effecten van een groene omgeving leidt tot een overschatting van de impact van groen in de stad, maar geeft alsnog een eerste indicatie van de potentie.

De impact van deze maatregel is groot. Door verlaging van de buitentemperatuur neemt, logischerwijs, ook de binnentemperatuur flink af, waardoor een vermindering van overschrijdingsuren tot 40% op de ATG kan worden bereikt bij een 50% groene omgeving. Deze vermindering geldt ook op de GTO. Bij een hoger percentage aan vegetatie in de omgeving wordt de daling door een groene omgeving in verhouding minder groot; de impact is dus niet lineair.

Conclusie: Vegetatie verzacht hittestress

De impact van vegetatie kan, ondanks een paar beperkingen, in beeld worden gebracht met de huidige rekenmethodes. De impact

is significant en waardevol. De woning wordt aanzienlijk koeler in het huidige klimaat. Dit leidt tot een vermindering van overschrijdingsuren van wel 50% bij de combinatie van een hoog-intensieve daktuin, een groene gevel en een boom voor de gevel van 14 meter hoog.

In het toekomstige klimaat blijken de overschrijdingsuren enorm toe te nemen, bijvoorbeeld met een factor 20 in 2100. De bovenstaande vegetatiemaatregelen hebben in die situatie te weinig effect om het verschil te maken. Dit komt door de warme lucht die consequent rondom de woning aanwezig is, waardoor de vertragende en zonwerende effecten nauwelijks invloed hebben.

Hoe dan wel om te gaan met hittestress in de toekomst? Enerzijds zien we een aanpassing van de rekenmethodiek als geschiktere methode om toekomstgericht te bouwen tegen de hitte. Dit is de ATG-berekening. Deze methodiek is beter toepasbaar, omdat die gerelateerd is aan de (hogere) buitentemperatuur en hoe wij dit als mens ervaren in het onderscheid tussen temperatuur buiten en binnen.

Anderzijds zien we dat door een groene omgeving de buitentemperatuur kan worden verlaagd. Dit heeft logischerwijs als gevolg dat ook de binnentemperatuur lager wordt. De impact hiervan is groot: Bij een 50% groene omgeving wordt de GTO en ATG met wel 40% verlaagd.

Kortom, vegetatie is de kracht die nu én in de toekomst onze oververhitting verzacht!

Aanbevelingen: hoe nu verder?

- Vervolgonderzoek: We zien nog veel kansen voor vervolgonderzoek, zoals het aanscherpen van de methodiek voor de groene omgeving in de klimaatdata, maar ook het uitvoeren van een onderzoek voor bestaande woningen ten behoeve van de opgave voor woningbouwcorporaties.

- Softwareleveranciers: We zouden graag zien dat een softwareleverancier van gebruikelijke software in dit vakgebied, zoals Vabi Elements, alle effecten van vegetatie opneemt in de software. Op die manier kan de impact van vegetatie op en rondom de woning volledig in beeld gebracht worden.
- Gevalideerde bepalingsmethodes: We onderstrepen het werk in de sector, zoals dat van Leo Pelgröm, die bezig zijn om het effect van vegetatie in te passen in de huidige rekenmethodiek (NTA 8800), zoals vermeld in het TVVL-artikel "Vegetatiedaken hebben veel potentie, waar wachten we nog op?". De aangetoonde significante impact van vegetatie toont wederom aan dat het een positieve bijdrage kan leveren in de combinatie van biodiverse- en energiebesparende maatregelen.
- Gewoon nu toepassen: Ondanks dat vegetatie nog niet kan worden meegenomen conform de wettelijke vereisten, kan deze methodiek wel worden gebruikt om een bovenwettelijke meerwaarde aan te tonen in nieuwbouw- en renovatieprojecten. Gewoon doen dus - en mooie voorbeelden creëren!

Over de auteur

Ferne Kikkert is voor zijn opleiding HBO Bouwkunde aan De Haagse Hogeschool afgestudeerd voor het thema van dit artikel. Het onderzoek is uitgevoerd voor het adviesbureau Merosch onder begeleiding van Arnold van 't Veld en Linard Pronk. Hierin is de impact van vegetatie op de huidige en toekomstige klimaatscenario's bepaald voor de hittestress van woningen. ■

Referenties

1. KNMI. (2025). De staat van ons klimaat 2024: Weer een recordwarm jaar. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2024>
2. Bouwzo. (z.d.). ISSO-rapport 11820 Integraal ontwerpen voor zomercomfort. <https://bouwzo.nl/reader/publicatie/isso-rapport-110820-integraal-ontwerpen-voor-zomercomfort/2025/1#1/1.1>
3. Rijksoverheid. (2024). Besluit Bouwwerken leefomgeving. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0041297/2025-01-01#Hoofdstuk4>
4. Voeten, J. G. W. F., Kremer, L. M., Pondman, E., Hendriks, J., & Haan, J.-F. (2024). Multifunctionele Vegetatiedaken: Inventarisatie van kengetallen en relevante normen voor de installatie engineering en -techniek. TVVL. <https://edepot.wur.nl/674507>
5. Tektoniek. (z.d.). Thermische massa voor energiezuinige gebouwen. <https://www.tektoniek.nl/duurzaam/kennis-en-techniek/thermische-massa-voor-energiezuinige-gebouwen>
6. Sailor, D. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778808000339>
7. ISSO. (2012). Kleintje binnenklimaat (2e uitgave). Stichting ISSO.
8. Van Voorst, L., Van Den Brink, H., Ligtenberg, L., Van Dorland, R., Van Meijgaard, E., Van Dorland, R., Rahmstorf, R., Theeuwes, N., Steeneveld, G., Ronda, R., & Holtslag, A. (2024). De impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving. In RVO.nl & TKI Urban Energy, Technisch Rapport; TR 24-04. https://topsectorenergie.nl/documents/1235/TKI_gebouwde_omgeving_02-07-2024.pdf
9. Hogeschool van Amsterdam. (2020). De hittebestendige stad: een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte. https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf