

Auteurs Dr.ing. L. (Lada) Hensen Centnerová [1], Dr.ir. S.C. (Lenneke) Kuijjer [2]

1. Faculteit Built Environment, TU/e
2. Faculteit Industrial Design, TU/e

Oververhitting van woningen: oorzaken – gevolgen – oplossingen

Oververhitting van woningen is een groeiend probleem. Er zijn meerdere oorzaken, maar gelukkig ook meerdere mogelijke oplossingen. Ook hierbij geldt dat een holistische aanpak het beste, maar tegelijkertijd ook het moeilijkste is om te realiseren. In dit artikel geven we een overzicht van de belangrijkste problemen, oorzaken en mogelijke oplossingen. We beperken ons hierbij tot passieve koeling opties; actieve koeling blijft hier buiten beschouwing.

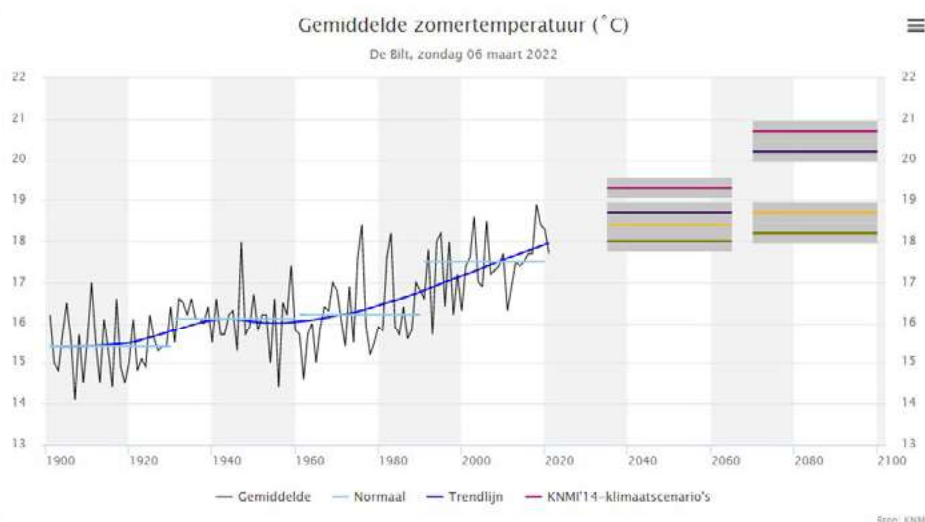
De laatste twee decennia is de gemiddelde luchttemperatuur in de Nederland gestegen (figuur 1) en de EEA (European Environment Agency) verwacht verdere stijging [1]. Ook de frequentie en duur van hittegolven neemt toe (tabel 1). De opwarming van de aarde is een onderdeel van klimaatverandering en wordt veroorzaakt door verhoogde concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer, voornamelijk als gevolg van menselijke activiteiten zoals de verbranding van fossiele brandstoffen, ontbossing en landbouw. De oplossingen liggen voor de hand en wij (met zijn allen) werken er al jaren aan om de CO₂ uitstoot te verminderen, maar helaas gaat het voorlopig te langzaam om verdere opwarming te voorkomen.

Periode	Duur in dagen	Aantal tropische dagen
1901 - 1950	42	29
1951 - 2000	97	42
2001 - 2020	120	57

Tabel 1: Frequentie en duur van hittegolven vanaf 1900 t/m 2020 (Bron: KNMI).

Locatie en omgeving van woning

Een andere potentiële oorzaak van oververhitting is de locatie van de woning. De meeste woningen staan in een stedelijke omgeving met bijbehorend hitte-eiland effect (Urban Heat Island effect - UHI). De eerste bekende analyse op basis van waargenomen temperatuurverschillen tussen stad en platteland werd al in 1799 in New York gepubliceerd [2]. Op jaarbasis is het tegenwoordig in Nederland gemiddeld 3 graden warmer in een grote stad, maar op warme dagen kan dit zelfs oplopen tot 7 graden (figuur 2).



Figuur 1: Verloop van de gemiddelde zomertemperatuur in De Bilt vanaf 1900 t/m 2021 en 4 klimaatsscenario's (Bron: KNMI).

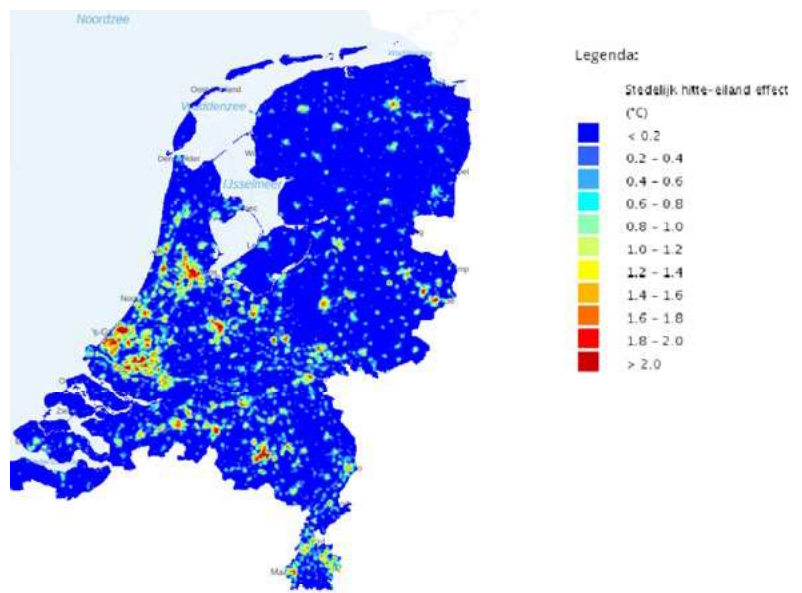
Het temperatuurverschil met het platteland is 's avonds en 's nachts het grootst. Dit komt omdat landelijke gebieden 's nachts sneller afkoelen. In de stad wordt veel warmte vastgehouden door wegen, gebouwen en andere constructies. Dit effect wordt nog vergroot door de buitenunits van koelinstallaties. Mogelijke oplossingen voor verkleining van het hitte-eiland effect zijn vermindering van de stedelijke verharding, vergroening van de binnenstad en donkere daken een lichte kleur te geven of te beplanten.

Ook de directe omgeving (microklimaat) van de woning kan een grote invloed hebben op de mate van oververhitting. Voorbeelden van bijbehorende passieve oplossingen zijn schaduw in de zomer door een boom maar juist zoninstraling in de winter omdat die dan zijn blad verliest (figuur 3) of verdampingskoeling van een vijver naast de woning (figuur 4) [3]. Sommige onderzoekers geven aan dat een merkbaar verkoelend effect voor mensen in de buurt van water vereist dat de lengte van het wateroppervlak waarover de wind blaast (de aanstrijk lengte) voldoende groot is (≈ 200 m of meer) [4].

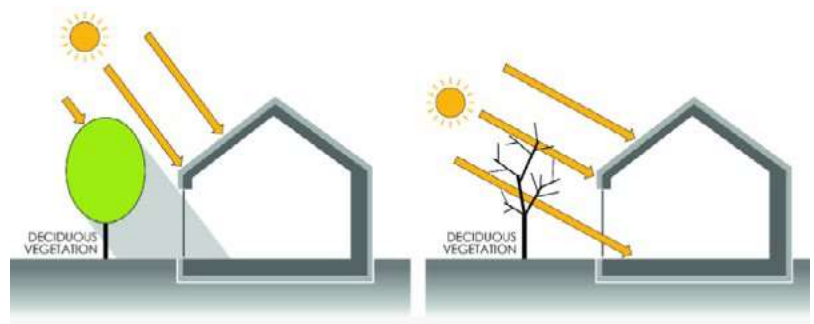
Thermische massa en PCM (Phase Change Materials)

Iedereen weet wel dat in oude gebouwen (zoals kastelen) het in de zomer lekker koel is. Dat komt door de grote thermische massa van de dikke stenen muren die als warmteopslag (zoals een batterij) werkt. Thermische massa zorgt niet alleen voor demping van binnentemperatuurvariatie, maar ook voor vertraging ten opzichte van de buitentemperatuurvariatie. In een gebouw met veel thermische massa blijft het binnen warm wanneer de buitenlucht al koeler is dan overdag. Dit betekent dat een gebouw met veel thermische massa goed werkende nachtventilatie moet hebben, anders blijft de warmte in het gebouw opgeslagen en zo'n woning werkt dan als een soort thermosfles [5].

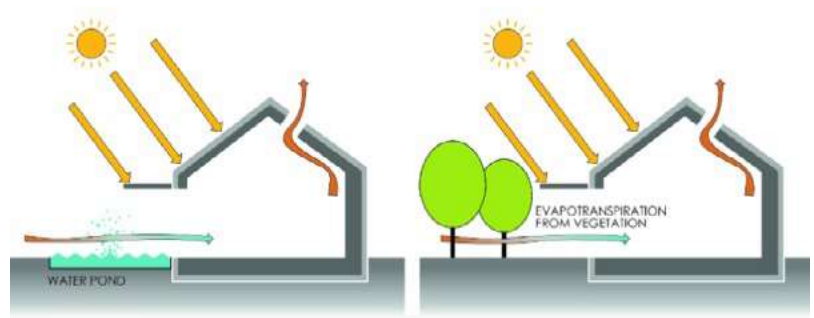
Het is niet altijd mogelijk om veel thermische massa door een zware constructie te verwezenlijken. Om toch een soortgelijk effect in lichtgewicht constructies of bij renovaties te kunnen creëren kan PCM worden toegepast. Bij PCM wordt de latente warmte die vrijkomt bij stollen (c.q. moet worden toegevoerd bij smelten) benut. In woningen kan dit concept bijvoorbeeld in een klimaatvloer gebruikt worden.



Figuur 2: Stedelijk hitte-eilandeffect in de Nederland (Bron: RIVM, 2017).



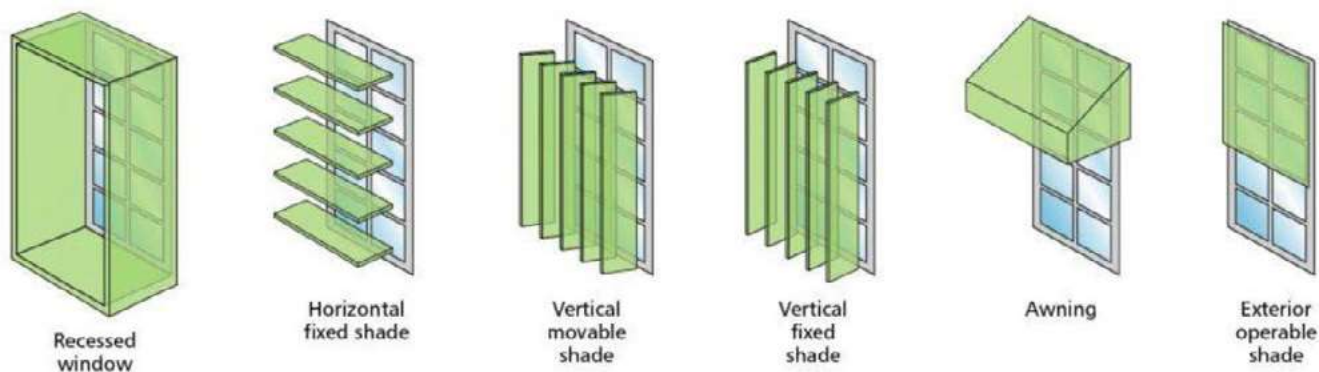
Figuur 3: Schaduw door gebruik te maken van bladverliezende vegetatie zorgt voor seizoensgebonden aanpasbare variabiliteit (zomer-links, winter-rechts).



Figuur 4: Directe verdampingskoeling (verdamping uit een vijver-rechts, verdamping uit vegetatie-links).

Isolatie en luchtdichtheid

In 1996 werd in Nederland de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) geïntroduceerd. Elke paar jaar werd de eis aan deze coëfficiënt aangescherpt, totdat de EPC-methode in 2021 werd vervangen door de BENG-indicator (Bijna Energie Neutrale Gebouwen). De EPC betrof het gebouwgebonden energiegebruik en was met name



Figuur 5: Soorten van buitenzonwering.

gericht op energie voor verwarming. Het warmteverlies via de gebouwschil bij lage buitentemperaturen is daarbij een van de belangrijkste aspecten. Het resultaat was meer isolatie en betere luchtdichtheid bij nieuwbouw, maar dat bleek een neveneffect te hebben in de zomersituatie. Oververhitting in de zomer wordt namelijk meestal veroorzaakt door zonstraling en niet door hoge buitentemperaturen. Daarom is er bij de BENG methode speciale aandacht om oververhitting in zomer zoveel mogelijk te voorkomen. Er is hiervoor een nieuwe indicator ontwikkeld – TO_{juli} ; meer hierover kunt u in een ander artikel in deze editie van TVVL Magazine lezen. (Evaluatie van de TO_{juli} indicator, pag. 22-25)

Grootte en oriëntatie van ramen en zonwering

Vroeger werd de voorkeur gegeven aan veel ramen om genoeg daglicht in huis te hebben. In de 19^{de} eeuw werden er in Nederland steeds meer huizen gebouwd met minder maar wel grotere ramen. De reden was de vensterbelasting die in 1812 door Napoleon werd ingevoerd [6]. Deze belasting is in 1896 beëindigd, maar grote ramen bleven populair (bij architecten) tot en met vandaag.

Er moet balans zijn tussen voldoende daglichttoetreding, uitzicht, privacy, gewenste zonnestraling in de winter, maar ook ongewenste zonnestraling in de zomer en de tussenseizoenen. Om ongewenste zonstraling te blokkeren wordt zonwering toegepast. Dat kan een passief architectonisch element zijn, zoals een overstek, maar dat helpt alleen als de zon hoog boven de horizon staat. Afhankelijk van de oriëntatie van de ramen, kunnen er verschillende soorten buiten- of binnenzonwering gebruikt worden (figuur 5). Zonwering aan de buitenkant is het meest effectief, omdat die de zonnestraling blokkeert voordat de warmte binnen komt. Zo'n zonwering moet natuurlijk op tijd worden gesloten of geopend. Hierbij spelen de bewoners een cruciale rol, tenzij de zonwering automatisch wordt geregeld [7].

Er kan ook zonwerend glas worden toegepast. Reflecterend glas met g-waarde 0,2 (vroeger zontoetredingsfactor- ZTA) laat maar 20% van de zonnearmte door en de rest wordt gereflecteerd of (voor een heel klein deel) geabsorbeerd [8]. Zo'n beglazing is relatief duur en wordt niet vaak gebruikt bij woningen.

Ventilatie en lichtsnelheid

Ventilatie is de basis voor het creëren en behouden van een gezond binnenklimaat, maar het kan ook een grote rol spelen bij het voorkomen van oververhitting. Met natuurlijke ventilatie (of luchten door ramen en deuren tegen elkaar open te zetten, ook wel spuien genoemd) kan warmte naar buiten worden afgevoerd waardoor de binnentemperatuur daalt. Dit kan natuurlijk niet overdag als de buitentemperatuur hoger is dan binnen, maar alleen 's avonds, 's nachts of vroeg in de ochtend zolang het buiten koeler is dan binnen.

Natuurlijke ventilatie is afhankelijk van temperatuur- of luchtdrukverschil en daarom werkt hiervoor de kruis- of dwarsventilatie het best. Tegelijkertijd is natuurlijke ventilatie ook sterk afhankelijk van



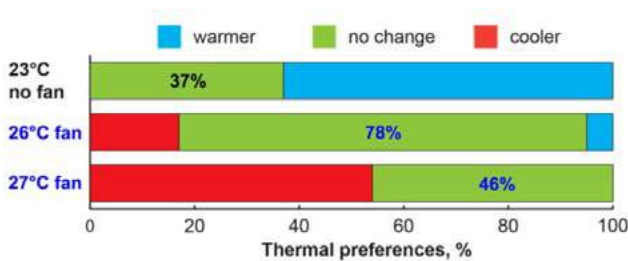
Figuur 6: Nachtventilatie rooster.



Figuur 7: Traditioneel windcatcher in het Midden-Oosten.



Figuur 8: Wind gedreven dakventilator.



Figuur 9: Thermische voorkeur van gebouwgebruikers in kantooromgeving met en zonder plafondventilator.

bewonersgedrag. Om dit te verminderen kunnen nachtventilatioerosters met automatische regeling gebruikt worden. Roosters voor nachtventilatie worden in het raam of in de muur ingebouwd (figuur 6).

In ons gematigd zeeklimaat is het niet gebruikelijk om een 'windcatcher' aan je huis te hebben zoals in het Midden-Oosten (figuur 7), omdat het bijbehorende kruisventilatie effect in het stookseizoen zeer ongewenst is. Toch worden ook in Nederland soms wind-gedreven dakventilatoren toegepast, die ook een soort windcatchereffect hebben (figuur 8).

Een andere mogelijkheid om te koelen is door de luchtsnelheid binnen te verhogen met een plafondventilator. Door de hogere luchtsnelheid wordt de verdamping van transpiratievocht op de huid verhoogd en daarmee wordt het lichaam afgekoeld. Op deze manier kunnen mensen zich ook bij hogere luchttemperaturen comfortabel voelen (figuur 9) [9]. Tot nu toe zijn de meeste studies in kantoren gedaan maar deze kunnen ook voor de situatie in woningen gebruikt worden.

Interne warmteproductie

In huis wordt warmte geproduceerd (warmtelast) door mensen zelf en door huishoudelijke apparaten, zoals koelkast, televisie of (game) computers. De warmteproductie van apparaten is vaak sterk gelinkt aan hun energiegebruik, zoals bij een koelkast of verlichting. Een oude koelkast

gebruikt meer energie maar geeft ook meer restwarmte af dan een nieuw model. Bij een 'ouderwetse' gloeilamp met 10% rendement wordt de meeste energie (80-90%) omgezet in warmte, maar bij een LED-lamp met 90% rendement wordt maar 10% omgezet in warmte. De oplossing ligt hier voor de hand: gebruik zo min mogelijk elektrische apparaten of kies voor apparaten met een hoog rendement.

Bewoners verwachtingen en ervaringen

Nederlandse huishoudens hebben weinig ervaring met de steeds langer, warmer en frequenter wordende hittegolven, die we volgens het KNMI kunnen verwachten in de komende jaren. Zoals hierboven al aangestipt zijn zonwering en ventilatie effectieve manieren om oververhitting in de woning tegen te gaan. Maar onderzoek toont aan dat naast praktische barrières, zoals de kosten van zonwering en angst voor kleine en grote indringers bij zomernachtventilatie, ook diepgewortelde culturele drempels het gebruik van deze maatregelen in de weg kunnen staan. Door het gematigde klimaat hebben Nederlanders traditioneel een 'vriendschapsrelatie' met de zon en warm weer. Ze zijn daarom gewend de zon in de woning te verwelkomen en de ramen open te zetten als het warm wordt [10], terwijl bij hittegolven zonwering en ramen overdag juist beter dicht kunnen blijven.

Met toenemende klimaatverandering zullen nieuwe gewoontes moeten worden aangeleerd voor het weren van directe zoninstraling in de woning, en het gesloten houden van ramen als het buiten warmer is dan binnen (figuur 10). Naast effectief zonweren, het sluiten van ramen als het buiten warmer is dan binnen en het 's nachts spuien, kunnen bewoners nog meer doen. Er liggen bijvoorbeeld mogelijkheden tot aanpassing in kleding, rustiger aan doen op het heetste deel van de dag, en meer gebruik maken van koelere momenten in de vroege ochtend, of het vinden van koelere plekken in en om de woning om te werken of te slapen.

Bewonersgedrag

Een relatief gemakkelijke maar kostbare manier om oververhitting in de woning tegen te gaan is actieve koeling. Onderzoek van TNO toont aan dat het inmiddels ongeveer 1 op de 5 huishoudens een vorm van actieve koeling gebruikt [12]. Naast dat dit veel energie kost en warmte in de omgeving creëert, toont onderzoek aan dat het gebruik van actieve koeling de ontwikkeling van energiezuinige maatregelen kan afremmen. Buitenzonwering concurreert met actieve koeling op het niveau van aanschafkosten, terwijl actieve koeling en zomernachtventilatie elkaar in de weg zitten tijdens gebruik. Wanneer de koeling aan staat, worden ramen, ook 's nachts, eerder gesloten gehouden [11].

Tot slot draagt actieve koeling bij aan het creëren van een smalle comfort zone. Onderzoek toont aan dat juist wisselende temperaturen en het ervaren van relatieve extremen goed zijn voor de

Uitleg termen – volgens de KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)

Zomerse dag – maximumtemperatuur 25,0 °C of hoger
Tropische dag – maximumtemperatuur 30,0 °C of hoger
Hittegolf – is een serie van minstens 5 zomerse dagen, waarvan er minimaal 3 tropisch zijn.

gezondheid. En dit hoeft niet af te doen aan comfort. Het menselijk lichaam heeft namelijk de capaciteit om zich over de tijd aan te passen aan veranderende temperaturen [13].



Figuur 10: Bewonersgedrag – open ramen zonder zonwering overdag[11].

Passieve en actieve koeling

Passieve koeling - is een ontwerpbepaling van gebouwen die zich richt op het regelen van warmtewinst en warmte-afvoer in een gebouw om het thermische

comfort binnenshuis te verbeteren met een laag of geen energieverbruik. Deze aanpak werkt ofwel door te voorkomen dat warmte het interieur binnendringt (preventie van warmtetoename) of door warmte uit het gebouw te verwijderen (natuurlijke koeling). (Bron: Wikipedia)

Actieve koeling - is volledig afhankelijk van het energieverbruik om te kunnen werken. Het maakt gebruik van verschillende mechanische systemen die energie verbruiken om warmte af te voeren. (Bron: Wikipedia)

Referenties

1. "Global and European temperatures," European Environment Agency, 2021. <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>.
2. Y. Toparlar, "A multiscale analysis of the urban heat island effect," Eindhoven University of Technology, 2018.
3. M. Košir, Bioclimatic Strategies—A Way to Attain Climate Adaptability. Springer, Cham, 2019.
4. S. de Vries, B. Mesdaghi, W. Hagens, and T. de Nijs, "Bureaustudie rondom de invloed van omgevings- en gebouwenmerken op hitte in de woning," 2021.
5. M. G. L. C. Loomans and J. L. M. Hensen, "Oververhitting in (BENG-)woningen," TVVL Mag., no. 08, pp. 19–23, 2018.
6. R. Hiemstra, "Een einde aan de vensterbelasting." <https://historischarchief.midden-groningen.nl/ontdecken/verhalen-van-midden-groningen/politiek-en-bestuur/deur-en-vensterbelasting-betalen-voor-licht-in-huis>.
7. T. Van Hooff, J. L. M. Hensen, B. Blocken, and H. J. P. Timmermans, "On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings," Build. Environ., vol. 82, pp. 300–316, 2014.
8. A. C. van der Linden, Klimapedia - Zonwering. 2005.
9. A. Lipczynska, S. Schiavon, and L. Graham, "Thermal comfort and self-reported productivity in an office with ceiling fans in the tropics," Build. Environ., vol. 135, pp. 202–212, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.013>.
10. L. Kuijter and L. Hensen Centnerova, "Exploring futures of summer comfort in Dutch households," REHVA 14th HVAC World Congress CLIMA 2022, Rotterdam 22-25 May 2022.
11. L. Kuijter, "Exploring probable futures of summer comfort in Dutch households," TU Eindhoven, 2021.
12. V. Rovers, R. Niessink, P. Loonen, A. van der Wal, and E. Mathijssen, "TNO-rapport 2021 P12657 Energievraag ruimteteoeling in woningen," 2021.
13. W. D. van Marken Lichtenbelt, M. Hanssen, H. Pallubinsky, B. R. Kingma, and L. Schellen, "Healthy excursions outside the thermal comfort zone," Build. Res. Inf., vol. 45, no. 7, pp. 819–827, 2017, doi: [10.1080/09613218.2017.1307647](https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1307647).