

A green-tinted photograph of a public fountain with many vertical jets of water. Two children are walking through the water jets. In the background, a modern building with a glass facade is visible.

**W/E rapport**  
**Ontwikkeling van koudevraag van woningen**  
*Factsheets met conclusies en aanbevelingen*

# Ontwikkeling van koudevraag van woningen

## *Factsheets met conclusies en aanbevelingen*

### **Opdrachtgever**

Dit rapport is opgesteld in opdracht van RVO.nl voor de Topsector Energie op verzoek van de TKI Urban Energy

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Postbus 965, 6040 AZ Roermond  
dhr. L. Bosselaar  
lex.bosselaar@rvo.nl

TKI Urban Energy  
Arthur van Schendelstraat 550, 3511 MH Utrecht  
mw. L. Sjerps-Koomen  
lianda@tki-urbanenergy.nl

### **Opdrachtnemer**

W/E adviseurs  
Arthur van Schendelstraat 650, 3511 MJ Utrecht

Contactpersoon: Pieter Nuiten  
T 030 - 677 8777 | M 06 - 5310 8156 | E [nuiten@w-e.nl](mailto:nuiten@w-e.nl)

### **Projectnummer**

W/E 9526 | RVO TSE1704039

*Sinds 1979 betrouwbaar als adviseur voor een duurzame omgeving  
W/E adviseurs zet zich in voor opdrachtgevers die streven naar een duurzame ontwikkeling van de gebouwde omgeving. We onderhouden duurzame relaties met overheden, vastgoedbeheerders, ontwikkelaars, corporaties, architecten en kennisinstituten. W/E is voor hen een meedenkende en kritische partner.  
Ons werkteerrein is breed en strekt zich uit van planadvies, onderzoek en instrumentontwikkeling tot beleid en implementatie. Plannen maken, kennis inbrengen, onderzoek doen, instrumenten ontwikkelen, beleid vormgeven en mensen motiveren. Onze inhoudelijke expertise stemmen we voortdurend af op de behoeften en ontwikkelingen in de markt. Zo blijven wij scherp en u ook.*



## Samenvatting

**Uit verschillende onderzoeken en vanuit verschillende hoeken van de markt wordt een toenemende behoefte aan koudelevering de komende jaren verwacht. Oorzaken zijn onder meer klimaatverandering, sterk verbeterde luchtdichtheid en thermische isolatie, toenemende interne warmtelast, hogere verwachtingen van comfort door gewinning aan gekoelde auto, trein en werkplek. Daarnaast is bekend dat hoge temperaturen leiden tot hogere sterftcijfers zodat beperken van oververhitting ook vanuit gezondheids oogpunt noodzakelijk kan worden.**

### Consument

Er is echter nauwelijks onderzocht wat consumenten van temperatuuroverschrijding in de zomer vinden. Evenmin is bekend welke overwegingen zij maken al dan niet een koelinstallatie aan te schaffen. Daardoor weten we ook niet welke interventies nodig zijn om zo'n aanschaf te ontmoedigen of juist te stimuleren. Wat ook ontbreekt, is een duidelijk onderscheid tussen comfortkoeling en noodzakelijke koeling voor een leefbaar binnenklimaat.

### Verwachting

De verwachting is dat de temperatuur op de warmste zomerdag in 2050 zo'n 1,4 °C tot 3,3 °C hoger ligt dan nu en dat het aantal zomerse dagen ( $\geq 25$  °C) toeneemt van 21 dagen nu, tot mogelijk 35 dagen in 2050 en 49 dagen in 2085. Het aandeel 65-plussers - een extra kwetsbare groep voor hoge temperaturen - stijgt tegelijkertijd met circa 50% (in 2050). Daar bovenop neemt de verstedelijking toe. Door het urban heat island effect kan het effect van temperatuurstijging door klimaatverandering in stedelijke gebieden 2x zo hoog zijn als op het platteland.

### Bouwpraktijk

Binnen de huidige bouwpraktijk worden nog (te) weinig maatregelen toegepast om de koudevraag of het risico op oververhitting te beperken. Verkennende berekening laten zien dat een ontwerp voor een woning op BENG-niveau tot zeer hoge temperatuuroverschrijding kan leiden als maatregelen om de warmtelast te beperken uitblijven. Koeling (het met passieve/bouwkundige maatregelen voorkomen van koelvraag en/of het actief koelen) van woningen is daarom op termijn geen *nice to have*, maar een *must have* om het binnenklimaat leefbaar te houden. Ook klimaatadaptieve aanpassingen buiten de gebouwen kunnen helpen de koelbehoefte te beperken.

Belangrijk is ook dat er voldoende (betaalbare) effectieve voorzieningen beschikbaar zijn waarmee men het risico op oververhitting beperkt, zoals automatische zonwering en spuivoorzieningen. En dat actieve koelvoorzieningen verder worden ontwikkeld (verhogen rendement en comfort, verlagen geluidsbelasting, verbeteren esthetiek).

### Energiebesparingsdoelen

Bij oplopende buitentemperaturen en toenemende behoefte aan comfort ontstaat toch een behoorlijke energievraag voor koudelevering. Zonder interventies zal deze toename zeker voldoende zijn om effect te hebben op de energiebesparingsdoelen van Nederland. Er is weinig bekend over penetratiegraad en energiegebruik van koudeinstallaties. Om een realistisch beeld te krijgen van het werkelijke aandeel van koudevraag in de totale energievraag is nader onderzoek nodig.

### Wet- en regelgeving

In het Bouwbesluit staan geen expliciete eisen om het risico op oververhitting in nieuwe (BENG-)woningen te beperken, noch is er een praktisch toepasbare methodiek om dat risico te kwantificeren. Dat zelfde geldt nageïsoleerde woningen (niveau nul-op-de-meter).



# Inhoudsopgave

Inleiding	4
Conclusies en aanbevelingen	5
Factsheet 1: Effecten van klimaatverandering en demografie	7
Factsheet 2: Effecten van ontwerp van het gebouw	12
Factsheet 3: Effecten van consumentengedrag	18
Factsheet 4: Kwantitatieve inschatting energiegebruik en kosten	22
Factsheet 5: Wet- en regelgeving	25

*De termen 'koudevraag' en 'koudebehoefte' worden in dit rapport door elkaar gebruikt. We bedoelen daarmee de koudebehoefte zoals gedefinieerd in NEN 7120 (EPG): "koude die moet worden geleverd aan een rekenzone om de gewenste temperatuur gedurende een bepaalde periode te handhaven". Het gaat dus om de hoeveelheid energie die nodig is om een woning op de gewenste temperatuur te houden.*

*De koudebehoefte wordt vervolgens geleverd door een koelsysteem of -apparaat. Dat systeem heeft een energievraag waardoor het 'finaal verbruik' (meterstand) van de woning toeneemt.*

*Als voorbeeld: De koudebehoefte van een woning is 400 kWh per jaar. De koude wordt geleverd door een airco met een rendement (COP) van 4. De energievraag (elektriciteit) van het koelsysteem is dan 100 kWh per jaar. Om deze 100 kWh te produceren is inzet van (fossiele) brandstof nodig. Met het huidige rendement van het Nederlandse elektriciteitsnet van ongeveer 50% is er dus 200 kWh primaire energie voor nodig.*

# Inleiding

## Aanleiding

Binnen de woningbouw wordt verwacht dat de vraag naar koeling in woningen gaat stijgen, zowel voor nieuwbouw als voor sterk energetisch gerenoveerde bestaande bouw. Mogelijke oorzaken zijn onder meer klimaatverandering, toenemende interne warmtelast, sterk verbeterde luchtdichtheid en thermische isolatie met het daarbij horende bewonersgedrag en hogere verwachtingen van comfort door gewenning aan gekoelde auto, trein en werkplek. Binnen de huidige bouwpraktijk worden nog weinig maatregelen toegepast ter beperking van de koudevraag of het risico op oververhitting. Aandacht gaat uit naar het beperken van de warmtevraag in de winter, niet zozeer naar de koudevraag in de zomer. Er is tegelijkertijd evenwel een groot aanbod van (lokale, mobiele) koelapparatuur. In de transitie naar een duurzame warmtevoorziening en te ontwikkelen innovaties daarvoor, is het van belang te weten hoe de koude- en comfortvraag zich zal ontwikkelen. Wat is daarbij de invloed van externe factoren als demografische ontwikkelingen en het buitenklimaat? In hoeverre is de behoefte aan koude een comfortkwestie (luxevraagstuk) of juist een noodzaak?

In gebieden met gas of warmtelevering wordt regulier (nog) geen koude aangeboden. Hoe groot zal het aandeel elektrische koelers worden en welke invloed heeft dat op de elektriciteitsvoorziening? Behalve de omvang is ook het moment waarop de koudevraag zich voordoet in relatie tot beschikbare (duurzame) opwekcapaciteit, netbelasting en overige vraag van belang voor de impact. Praktijkgegevens over de koudevraag zijn veelal afkomstig van WKO-systemen waarin koudevraag al in het ontwerp beïnvloed kan zijn door de behoefte voor het regenereren van de bron.

Onduidelijkheid over de te verwachten koudevraag kan leiden tot suboptimale keuzes in de aan te leggen energie-infrastructuur en onzekerheden in investeringsbeslissingen. Ook is daarmee onduidelijk of en in welke mate er noodzaak en markt zal zijn voor innovaties.

## Leeswijzer

De koudevraag van woningen (of beter: bewoners) hangt af van een aantal factoren:

- Buitentemperatuur, zoninstraling en andere meteorologische variabelen
- Gedrag van het gebouw op deze externe omstandigheden
- Comfortbeleving
- Passieve en actieve maatregelen om de binnentemperatuur stabiel te houden

Deze rapportage is een bundeling van 5 factsheets waarin we mogelijke ontwikkelingen schetsen van de vraag naar koeling in woningen en het energiegebruik dat daarmee samenhangt. We focussen daarbij eerst op enkele externe ontwikkelingen die de koudevraag beïnvloeden ('Klimaatverandering en demografie'), vervolgens de invloed van het ontwerp van het gebouw zelf ('Effecten van ontwerp van het gebouw') en van de gebruikers ervan ('Effecten van consumentengedrag'). De vierde factsheet geeft een kwantitatieve inschatting van energiegebruik en -kosten van koude-opwekking. De laatste factsheet ('Wet- en regelgeving') geeft een overzicht van 'flankerend beleid' dat raakt aan koudelevering zoals de eisen die gesteld worden aan temperatuuroverschrijdingen in woningen, rekenmethodiek vanuit EPG/EPG-NV en warmtewet.

De verkenningen in de factsheets zijn geschreven op basis van een korte literatuurstudie en (telefonische) interviews met experts. Bronnen worden aan het eind van elke factsheet vermeld. Voorlopige conclusies zijn gedeeld en aangescherpt in een kennissessie op 1 maart 2018 met relevante stakeholders. De factsheets worden voorafgegaan door samenvattende conclusies en aanbevelingen.

We gaan in deze factsheets niet in op de diverse koude-opwektechnieken. Een goed overzicht is te vinden in het 'Energievademecum Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen' op de website van ISSO: <https://kennisbank.issso.nl/docs/overig/energievademecum/2017/8> en bij de Nederlandse Bouwdocumentatie: <https://www.nbd-online.nl/product/185016-koelinstallaties-airconditioning>.

# Conclusies en aanbevelingen

## Klimaatverandering en demografie

Door de volgende externe factoren (effecten buiten het gebouw) is het waarschijnlijk dat de koudevraag in de toekomst stijgt:

1. De verwachting is dat de temperatuur op de warmste zomerdag in 2050 zo'n 1,4 °C tot 3,3 °C hoger ligt dan nu en dat het aantal zomerse dagen ( $\geq 25$  °C) toeneemt van 21 dagen nu, tot mogelijk 35 dagen in 2050 en 49 dagen in 2085.
2. De stijging van het aandeel 65-plussers onder de bevolking met circa 50% (van 3,16 miljoen in 2017 naar 4,76 miljoen in 2050), een groep die extra kwetsbaar is voor hoge temperaturen.
3. De toenemende verstedelijking van Nederland, terwijl het effect van temperatuurstijging door klimaatverandering in de stad 2x zo hoog kan zijn dan op het platteland.

→ Klimaatadaptieve maatregelen buiten het gebouw, op stedelijk niveau, kunnen bijdragen aan verlaging van de koudebehoefte in woningen.

Een kwantitatieve uitspraak over het gecombineerde effect en de waarschijnlijkheid van deze ontwikkelingen is zonder nadere statistische analyse helaas niet te geven. Wel kunnen we stellen dat de toename van de oudere bevolking met 50% tot 2040-2050 vrij zeker is. Alleen al met dit effect lijkt een toename in de koudevraag ten opzichte van de huidige niveau waarschijnlijk, behalve als men dit weet te verhinderen door brede toepassing van adaptatiemaatregelen in en om het gebouw die de temperatuurregulering verbeteren.

→ Koeling van woningen is op termijn niet louter een comfortkwestie, maar ook noodzaak om het binnenklimaat (letterlijk) leefbaar te houden.

## Effecten van klimaatverandering binnen gebouwen

Resultaten van een verkennende berekening laten zien dat een gebouwwontwerp voor een woning op het voorgenomen BENG-niveau (met de daaruit volgende isolatiewaarden die gemiddeld hoger zullen zijn dan onder het EPC  $\leq 0,4$ -regime) zonder aandacht voor beperken van warmtelast kan leiden tot zeer hoge temperatuuroverschrijding, met de aannames voor het huidige buitenklimaat.

Gebouwsimulatiestudies tonen dat door klimaatverandering de binnentemperatuur in de zomer beduidend kan toenemen en daardoor het elektriciteitsgebruik voor koeling met 5-10 kWh/m<sup>2</sup>.jaar kan stijgen, een behoorlijke toename ten opzichte van het huidige verbruik van ongeveer 25 kWh/m<sup>2</sup> waarvan 10 kWh/m<sup>2</sup> voor gebouwgebonden voorzieningen. Automatische zonwering, overstekken en extra (natuurlijke) ventilatie zijn echter behoorlijk effectieve maatregelen om dit effect tegen te gaan, behalve in het meest extreme scenario met een stijging van de gemiddelde buitentemperatuur met bijna 5 °C.

→ Er is weinig tot geen bewustzijn over oververhitting bij opdrachtgevers, ontwerpers en gebruikers van nieuwe (en zeer goed nageïsoleerde) woningen.

→ Er zijn nog onvoldoende (betaalbare) effectieve voorzieningen waarmee het risico op oververhitting beperkt wordt, als automatische zonwering, spuivoorzieningen die diefstal- en vandalismebestendig zijn, regenproof, comfortabel en gemakkelijk in gebruik.

→ Verdere productontwikkeling is nodig van actieve koelvoorzieningen gericht op verhogen van rendement en comfort, verlagen van geluidsbelasting (binnen- en buitenunits), verbeteren esthetiek (met name buitenunits)

## Effecten van consumentengedrag

Uit onderzoeken vanuit verschillende hoeken van de markt blijkt een toenemende behoefte aan koudelevering. Er zijn echter geen onderzoeken gevonden naar wat 'de consument' vindt van temperatuuroverschrijding in de zomer of welke overwegingen ten grondslag liggen aan al dan niet



overgaan tot aanschaf van een koelinstallatie. Daarom is ook niet goed bekend welke interventiestrategie gevolgd moet worden om zo'n aanschaf te ontmoedigen of juist gericht te stimuleren.

Wel is bekend dat hoge temperaturen leiden tot hogere sterftcijfers. Er zou daarom onderscheid gemaakt moeten worden tussen comfortkoeling en koeling die noodzakelijk is om het binnenklimaat (letterlijk) leefbaar te houden.

→ Het is onbekend onder welke randvoorwaarden consumenten behoefte hebben aan koeling, zowel in woningen met als woningen zonder koelvoorziening.

→ Het is onbekend onder welke randvoorwaarden consumenten overgaan tot aanschaf van koelapparatuur.

### **Kwantitatieve benadering**

Er is weinig (openbaar) bekend aan penetratiegraad en energiegebruik van koudeinstallaties. Verfijning naar bijvoorbeeld woningtype, bouwjaarklasse, energieprestatie is nu niet te maken. Om een realistisch beeld te krijgen van het werkelijke aandeel van koudevraag in de totale energievraag is nader onderzoek nodig. Op basis van inschattingen is het aandeel in de orde van enkele procenten van de totale energievraag. Bij oplopende buitentemperaturen en toenemende behoefte aan comfort ontstaat toch een behoorlijke energievraag voor koudelevering. Zonder interventies zal deze toename zeker voldoende zijn om effect te hebben op de energiebesparingsdoelen van Nederland.

→ Er is geen actuele inventarisatie van het aantal woningen dat gebruik maakt van actieve koeling (onderscheid naar mobiele/vaste airco, koudelevering via koudenet, koudelevering via WKO). De resultaten van WoON Energie 2018 kunnen hiervoor ingezet worden.

→ Er is geen actuele inventarisatie (ook niet gedurende beperkte periode) van de afzet van koudeapparatuur (via installateurs, groothandel, doe-het-zelfmarkten) per dag of per week, in realtie tot bijvoorbeeld de actuele buitentemperatuur.

→ Er is geen actuele inventarisatie van de daadwerkelijk afgenomen koude in woningen met een koelvoorziening. Inzicht is nodig in welke ruimten worden gekoeld, op welke tijdstippen, onder welke omstandigheden.

### **Wet- en regelgeving**

Er worden op dit moment nog geen expliciete eisen gesteld aan de binnentemperatuur van woningen in de zomerperiode. De regelgeving anticipeert al wel enigszins op wijzigingen in buitenklimaat, in de zin dat het buitenklimaat waarmee wordt gerekend periodiek wordt geactualiseerd.

→ Via eisen in het Bouwbesluit kan geborgd worden dat het risico op oververhitting in nieuwe (BENG-)woningen beperkt blijft.

→ Er ontbreekt een praktisch toepasbare methodiek om het risico op oververhitting in nageïsoleerde woningen (niveau nul-op-de-meter) te kwantificeren en om eisen te stellen om dit risico te beperken, bijvoorbeeld als onderdeel van de energieprestatievergoeding of private regelingen als NOM-keur.

→ Het is mogelijk of wellicht zelfs wenselijk dat Bouwbesluit-berekeningen (EPC, BENG) worden gemaakt met een toekomstig buitenklimaat, conform één van de KNMI-scenario's voor bv 2050.

→ Het is wellicht nodig dat Bouwbesluit-berekeningen (EPC, BENG) worden gemaakt met een buitenklimaat met onderscheid naar regio of naar mate van verstedelijking (ivm urban heat island) ten behoeve van koeling en/of verwarming.

→ Het is nodig te onderzoeken of voor het berekenen van het energiegebruik voor koeling in EPG/NTA8800 uit moet worden gegaan van een andere setpointtemperatuur dan nu wordt gehanteerd voor het berekenen van de post 'zomercomfort'.

# Factsheet 1: Effecten van klimaatverandering en demografie

## 1 Inleiding

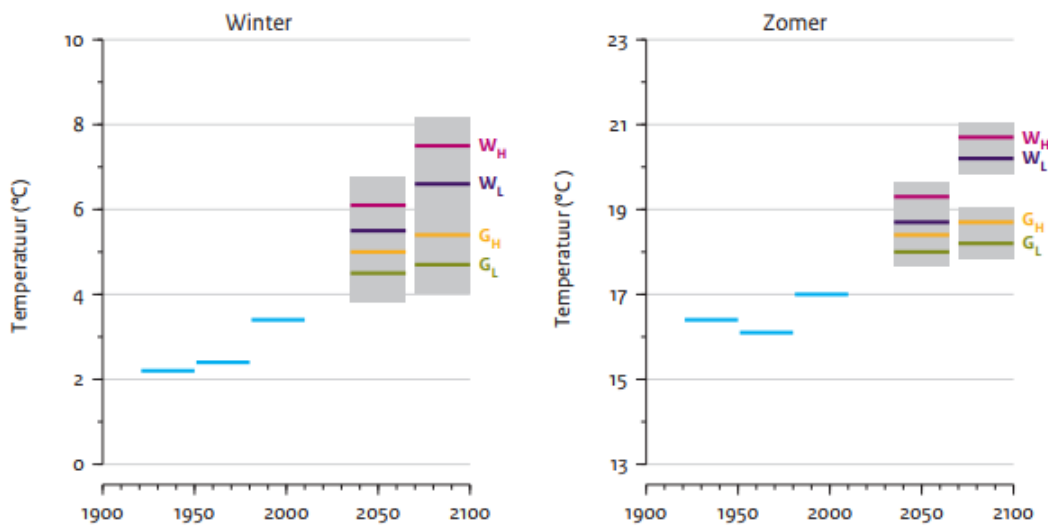
In deze factsheet bespreken we factoren die buiten het gebouw liggen, namelijk klimaatverandering en demografische ontwikkelingen. We kiezen een langetermijnperspectief (30-70 jaar) omdat veel van de besproken ontwikkelingen zich langzaam voltrekken. Daarbij kennen ingrepen in de bouwkundige kwaliteit van woningen en in energieinfrastructuur een lange levensduur.

## 2 Effecten van klimaatverandering

Zoals bekend versterkt de uitstoot van broeikasgassen het broeikasgaseffect, wat diverse gevolgen heeft voor het klimaat. In het klimaatakkoord van Parijs is afgesproken dat wereldwijde temperatuurstijging niet meer dan 2 °C mag bedragen en het streven is om de stijging te beperken tot 1,5 °C. De effecten van klimaatverandering kunnen per regio echter sterk verschillen.

Het KNMI heeft voor Nederland vier scenario's ( $G_H$ ,  $G_L$ ,  $W_H$ ,  $W_L$ ) opgesteld die weergeven hoe de luchttemperatuur en andere weervariabelen zich kunnen ontwikkelen tot 2085 [1]. De G-scenario's geven varianten weer onder een wereldwijde temperatuurstijging van 1,5 °C, de W-scenario's gelden bij +3,5 °C wereldwijd<sup>1</sup>.

De onderstaande figuur geeft het verwachte effect op de temperatuur voor de vier scenario's tot het jaar 2100. We zien dat de gemiddelde temperatuur in de zomer in het ergste geval met 3,7 °C zou kunnen stijgen. De stijgingen in de winter zijn iets groter dan in de zomer.



Figuur 1 Winter- en zomertemperatuur in De Bilt: waarneming (drie 30-jaar gemiddelden, in blauw), KNMI'14 scenario's (2050 en 2085, in vier kleuren) en natuurlijke variaties (in grijs). Dit zijn natuurlijke variaties van 30-jaar gemiddelden. [1]

Enkele weervariabelen die belangrijk zijn voor de werkelijke temperatuur en de gevoelstemperatuur binnenshuis zijn hieronder in de tabel samengevat voor het  $G_L$ - en  $W_H$ -scenario (dat wil zeggen met de laagste respectievelijk grootste gemiddelde temperatuurstijging). We kijken daarbij alleen naar de zomerperiode, omdat de andere perioden voor de koudevraag nauwelijks relevant zijn.

<sup>1</sup> Het KNMI beschikt ook over software die de tijdreeksen van de waargenomen temperatuur en neerslag omzet in tijdreeksen die passen bij het gekozen klimaatscenario. Deze reeksen zouden ook kunnen worden ingezet voor gebouwsimulatiestudies.



Tabel 1 Verwachte wijzigingen in meteorologische variabelen in de KNMI klimaatscenario's [1] (alleen zomerperiode). De waarden gelden voor het platteland.

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

Hieruit kunnen we concluderen dat:

1. de gemiddelde temperatuur in de zomer kan toenemen met +1 °C tot +2,3 °C in 2050, en met +1,2 °C tot +3,7 °C in 2085 (zie Tabel 1).
2. het aantal zomerse dagen (maximale temperatuur ≥ 25 °C) in 2050 met 20-70% kan stijgen en dat de temperatuur op de warmste zomerdag met +1,4 tot +3,3 °C kan stijgen. In 2085 worden deze stijgingen mogelijk nog een factor twee hoger.
3. ook het aantal tropische nachten (minimale temperatuur ≥ 20 °C) en de totale hoeveelheid zonnestraling licht kan toenemen. De relatieve vochtigheid daarentegen kan licht afnemen (+0,1 tot -2,5%).

### 3 Stedelijke warmte-eilanden (urban heat islands)

Stedelijke bebouwing heeft invloed op grootheden als temperatuur, wind en neerslag. Steden zijn meestal warmer dan het omringende platteland. Ze vormen een soort warmte-eiland in het landschap. Het verschil in temperatuur kan oplopen tot 4 graden voor een stadje met 10.000 inwoners en 7 graden voor een stad met 200.000 inwoners. Zulke grote verschillen treden alleen op tijdens heldere en windstille nachten [2].

Uit onderzoek van TNO, Wageningen UR en het KNMI blijkt dat het temperatuurverschil door het warmte-eilandeffect gemiddeld even groot is als de temperatuurverandering in de scenario's voor 2050. Daardoor worden de drempelwaarden voor hittestress in stedelijk gebied veel vaker overschreden dan op het platteland. De indicatoren voor het aantal dagen boven een bepaalde temperatuurdrempel in Tabel 1 gelden voor het platteland.

Een voorzichtige conclusie kan dus zijn dat temperatuurstijgingen in de stad mogelijk twee keer zo hoog is dan in Tabel 1 met als worst case een temperatuurstijging van wel 8 °C in sterk verstedelijkte gebieden.

Het Urban Heat Island effect komt ook terug in de IEA-studie "The future of cooling", waar wordt geconstateerd dat voor veel landen de toenemende urbanisatie zorgt voor nog een extra versnelling van de toename van de koudebehoefte.

### 4 Regionale verschillen binnen Nederland

In de studie [8] is gekeken naar het effect van klimaatdata van verschillende weerstations in Nederland en de toepassing daarvan op energieprestatieberekeningen, in dit geval met de PHPP-methodiek. Er wordt geconstateerd: "Met ons gematigd zeeklimaat (volgens köppens Cfb klimaat) zijn de verschillen niet zo groot maar in extreme gevallen (Vlissingen versus Twente en maximale zinstraling) kan dit in de warmte behoefte 3 kWh/m<sup>2</sup>/a schelen." Een verschil van 3 kWh/m<sup>2</sup> lijkt

wellicht niet veel, maar vergeleken met de maximale energiebehoefte van nieuwe woningen (BENG1-eis, 25 kWh/m<sup>2</sup> voor verwarming en koeling) toch zeker significant te noemen.

Een vergelijkbare conclusie wordt getrokken door ECN in [9]: "Wanneer men weet dat er ook gebruik wordt gemaakt van ruimteteoeling, geldt dezelfde analogie voor het elektriciteitsverbruik dat hiervoor wordt ingezet. Het verschil in koeldagen is een stuk groter dan graaddagen, zie Bijlage E. In de zomer is het in het midden van het land (Utrecht, De Bilt) het warmst. Het is daar een stuk warmer (147%) dan in Noordoosten (Groningen, Eelde) en maar een beetje warmer (107%) dan het Zuidwesten (Zeeland, Vlissingen). Het Zuidwesten is 138% warmer dan het Noordoosten."

## 5 Comfortbeleving

Voor de koelbehoefte is de comfortbeleving onder gegeven omstandigheden natuurlijk van belang omdat dat mede bepaalt of er actief gekoeld moet worden. De comfortbeleving wat betreft warmte wordt vaak uitgedrukt in de zogenoemde hitte-index.

De temperatuur van de lucht is één van de indicatoren die aangeven hoe warmte wordt ervaren. Daarnaast spelen ook de relatieve luchtvochtigheid, de straling van de zon en de wind een rol.

Het menselijk lichaam voert warmte af door middel van transpiratie. Bij een hogere luchtvochtigheid verloopt dat proces moeilijker. Directe zonnestraling draagt bij aan een verhoging van de warmtestress op het menselijk lichaam. Wind veroorzaakt juist een verkoelend effect. De hitte-index, volgens de formule van de Amerikaan Robert Steadman, beschrijft de warmte-overdracht tussen lichaam en omgeving. Deze hitte-index, die geldt voor zonnig weer, wordt bepaald door een combinatie van temperatuur en vochtigheid. Er zijn vier waarschuwningsniveaus te onderscheiden, gekoppeld aan de mogelijke gevolgen voor de gezondheid bij grote lichamelijke inspanning (Figuur 2). De hitte-index geeft informatie over de warmtestress op een bepaald moment. De gevolgen van warmtestress zijn echter gekoppeld aan de duur van de episode. Bij meerdaagse aanhoudende hitte speelt vooral ook de nachtelijke afkoeling een belangrijke rol. Als het tijdens de nachten tussen de warme dagen onvoldoende afkoelt, neemt de warmtestress in belangrijke mate toe [2].

In het Nederlandse klimaat ligt de relatieve luchtvochtigheid meestal boven 60%, dus temperaturen boven de 30-35 °C kunnen als 'gevaarlijk' worden gekarakteriseerd. Anderzijds kunnen we wel opmerken dat de relatieve vochtigheid in de klimaatscenario's maar weinig verandert of zelfs iets terugloopt. Ook de gemiddelde windsnelheid lijkt weinig te veranderen. We hoeven dus alleen rekening te houden met de veranderingen in temperatuur om de kans op hittestress - en de bestrijding daarvan - in de toekomst te beoordelen.

## 6 Gezondheidseffecten van hittestress

Het is bekend dat hittestress vooral risico's oplevert voor oudere mensen: "As people age, their ability to cope with external environmental stressors decreases." [6] Hogere sterftcijfers tijdens en kort na een hittegolf vormen dan ook een bekend verschijnsel. Vooral de hittegolf in Frankrijk in augustus 2003 kwam breed in het nieuws. Temperaturen die 11 °C boven het seizoensgemiddelde lagen, leverden bijna 15.000 extra sterfgevallen op over een periode van een maand [7].

Een brede epidemiologische studie in 15 Europese steden leverde op dat: "The estimated overall change in all natural mortality associated with a 1°C increase in maximum apparent temperature

Hitte-index volgens Steadman (KNMI)

Temp	Relatieve luchtvochtigheid in procenten										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
50 °C	44	49	56	61							
45 °C	40	43	46	52	59	61					
40 °C	36	38	40	43	46	51	56				
35 °C	32	33	34	35	37	39	42	45	50		
30 °C	27	28	28	29	30	31	31	32	34	36	38
25 °C	23	23	24	24	25	25	25	25	26	26	26
20 °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Groot gevaar   Gevaar   Voorzichtigheid geboden   Blijf alert

Figuur 2: Hitte-index op basis van temperatuur en vochtigheid [3]

(Noot: onderste regel is niet correct)

above the city-specific threshold was (...) 1.84% (0.06% to 3.64%) in the north-continental region. Stronger associations were found between heat and mortality from respiratory diseases, and with mortality in the elderly." [8]. Ook een onderzoek van de universiteit van Hawaii wijst op een correlatie tussen aantal sterfgevallen en buitentemperaturen. [13]

Ook voor Nederland geldt dat de hittegolf van 2003 heeft geleid tot 1.400 tot 2.200 extra sterfgevallen [14]. Omdat de maximum temperaturen in Nederland wat lager waren dan in de rest van Europa is ook het aantal sterfgevallen minder hoog dan in bijvoorbeeld Frankrijk.

## 7 Demografische ontwikkeling

Het lijkt logisch om te veronderstellen dat de boven beschreven gezondheidsrisico's worden bestreden door extra te koelen. Omdat dit effect vooral bij de groep van oudere mensen optreedt, belichten we nu kort de verwachte demografische ontwikkeling in Nederland.

Het CBS voorspelt dat het aandeel van mensen boven de 65 jaar in Nederland nog flink toeneemt [4]. Tussen 2017 en 2040 neemt dit aandeel 65-plussers naar verwachting met 50% toe (van 19% naar 27% van de totale bevolking).

Tabel 2 *Prognose leeftijdsopbouw Nederlandse bevolking (mannen en vrouwen) in miljoen inwoners [3]*

Leeftijdscohort	2017	2020	2030	2040	2050	2060
0 tot 20 jaar	3,82	3,78	3,76	3,91	3,84	3,82
20 tot 65 jaar	10,11	10,16	9,83	9,39	9,54	9,58
65 jaar of ouder	3,16	3,40	4,25	4,81	4,76	4,77
Totaal	17,09	17,34	17,84	18,11	18,13	18,16

### Verdeling stad/platteland

De 4 grote steden in Nederland nemen naar verwachting een derde van de bevolkingsgroei voor hun rekening en circa 40% van de groei zal plaatsvinden in de kleinere steden.

Anderzijds ligt het aandeel 65-plussers in de grote steden beduidend lager dan in de kleinere gemeenten; dit verschil in vergrijzing neemt in de toekomst verder toe. Naar verwachting tellen de grote steden in 2030 gemiddeld 17 procent ouderen, tegenover 26 procent in de kleinere gemeenten. [5].

Het effect dat ouderen minder in de stad blijven wonen, tempert enigszins de gevolgen van het stedelijke warmte-eiland.

## 8 Conclusie klimaatverandering en demografie

Door de volgende externe factoren (effecten buiten het gebouw) is het waarschijnlijk dat de koudevraag in de toekomst stijgt:

1. De mogelijke stijging van temperatuur op de warmste zomerdag met 1,4 tot 3,3 °C en toename van het aantal zomerse dagen (maximale temperatuur  $\geq 25$  °C) van 21 dagen nu tot mogelijk 35 dagen in 2050 en 49 dagen in 2085.
2. De stijging van het aandeel 65-plussers onder de bevolking met circa 50% (van 3,16 miljoen in 2017 naar 4,76 miljoen in 2050), een groep die extra kwetsbaar is voor hoge temperaturen.
3. De toenemende verstedelijking van Nederland, terwijl het effect van temperatuurstijging door klimaatverandering in de stad 2x zo hoog kan zijn dan op het platteland met als worst case een temperatuurstijging van wel 8 °C in sterk verstedelijkte gebieden.

→ Klimaatadaptieve maatregelen buiten het gebouw, op stedelijk niveau, kunnen bijdragen aan verlaging van de koudebehoefte in woningen.

Een kwantitatieve uitspraak over het gecombineerde effect en de waarschijnlijkheid van deze ontwikkelingen is zonder nadere statistische analyse helaas niet te geven.



Wel kunnen we stellen dat de toename van de oudere bevolking met 50% tot 2040-2050 vrijwel zeker is. Alleen al met dit effect lijkt een toename in de koudevraag ten opzichte van de huidige niveau waarschijnlijk, behalve als men dit weet te verhinderen door brede toepassing van adaptatiemaatregelen in het gebouw die de temperatuurregulering verbeteren.

Een bijkomend effect van klimaatverandering is dat er meer perioden komen met langdurig hoge buitentemperaturen. Langdurige blootstelling aan gemiddeld iets hogere temperaturen heeft een ander gezondheidseffect dan kortstondige blootstelling aan (veel) hogere temperaturen. Mensen hebben dan bijvoorbeeld niet meer de gelegenheid om 's nachts te herstellen van een hoge temperatuur overdag.

→ Koeling van woningen is op termijn niet louter een comfortkwestie, maar ook noodzaak om het binnenklimaat (letterlijk) leefbaar te houden.

## 9 Referenties

- [1] KNMI, 2015: KNMI '14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, [http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure\\_KNMI14\\_NL.pdf](http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf)
- [2] KNMI, Uitleg over: Stadsklimaat, <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/stadsklimaat>, bezocht 15 dec 2017
- [3] KNMI, mei 2012: "Factsheet KNMI waarschuwingen temperatuur" [http://bibliotheek.knmi.nl/weerbrochures/FS\\_Temperatuur.pdf](http://bibliotheek.knmi.nl/weerbrochures/FS_Temperatuur.pdf)
- [4] KNMI Klimaatatlas, <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php>
- [5] CBS, Prognose bevolking, naar geslacht en leeftijd, CBS statline, bezocht 15 dec 2017
- [6] CBS, <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/37/pbl-cbs-prognose-groei-steden-zet-door>
- [7] IEA, "The future of cooling; Opportunities for energy-efficient air conditioning", mei 2018, <https://webstore.iea.org/the-future-of-cooling>
- [8] BouwQuest, 'Notitie Vaststelling Klimaatdata NL; Onderzoek klimaatdata vaststelling tbv. NZEB berekening', 14 aug 2014
- [9] Sipma, J.M. et al, "Ontwikkeling energiekentallen utiliteitsgebouwen", ECN-E--15-068, januari 2016
- [10] Institute of Medicine, 2011, Climate Change, the Indoor Environment, and Health. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13115>.
- [11] Kenney et al, Heat Waves, Aging, and Human Cardiovascular Health, Med Sci Sports Exerc. 2014 October ; 46(10): 1891–1899. doi:10.1249/MSS.0000000000000325
- [12] Baccini M, et al. Heat effects on mortality in 15 European cities. Epidemiology. 2008 Sep;19(5):711-9. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfcd.
- [13] Mora, Camilo et al., "Global risk of deadly heat", Nature Climate Change volume 7, pages 501–506 (2017) <https://www.nature.com/articles/nclimate3322>
- [14] Garssen, J, C. Harmsen, J. de Beer, 'The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands', Eurosurveillance, vol 10, issues 7-9 Jul-Sep 2005, [www.eurosurveillance.org](http://www.eurosurveillance.org)

# Factsheet 2: Effecten van ontwerp van het gebouw

## 1 Inleiding

We bespreken in deze factsheet de factoren die met het gebouw zelf samenhangen, aan de hand van dynamische temperatuurberekeningen van twee RVO-referentiewoningen en twee simulatiestudies die in de wetenschappelijke literatuur zijn gepubliceerd.

## 2 Invloed thermische isolatie

De eisen aan thermische prestatie van de gebouwschil zijn sinds de eerste oliecrisis in 1973 sterk verhoogd. Verbeterde thermische isolatie en betere kierdichting verhogen de kans op te hoge binnentemperaturen. Dit is het eenvoudigste te illustreren aan de hand van een warmtebalans. We nemen daarbij een binnentemperatuur van 25 °C als nog juist behaaglijk. De gemiddelde buitentemperatuur over een etmaal komt maar zelden boven 25 °C; in de periode 1980-2017 is dit in De Bilt 33 keer voorgekomen. Op alle andere dagen is de gemiddelde buitentemperatuur lager dan de maximaal gewenste binnentemperatuur geweest. Op deze dagen vindt er netto een warmtestroom van binnen naar buiten plaats (al is deze niet noodzakelijkerwijs ook groot genoeg om de binnentemperatuur in de woning tot een acceptabel niveau terug te brengen).

Bij een geringe thermische isolatie of een niet-luchtdichte uitwendige constructie is deze warmtestroom groter dan bij een goede thermische isolatie en goede kierdichting. Weinig thermische isolatie draagt dan bij aan verlaging van de binnentemperatuur. Bij zeer goed geïsoleerde en luchtdichte constructies is er nauwelijks sprake van afkoeling door transmissie-, respectievelijk infiltratieverlies.

Een nuancering hierop vormt het effect van zonnestraling op een gevel en met name het dak. Warmteabsorptie van zonnestraling verhoogt de oppervlaktetemperatuur van dak of gevel, waardoor er wel een warmtestroom kan optreden van buiten naar binnen, ook bij buitentemperaturen die lager zijn dan de binnentemperatuur. Dit effect treedt vooral op bij matig tot slecht geïsoleerde daken.

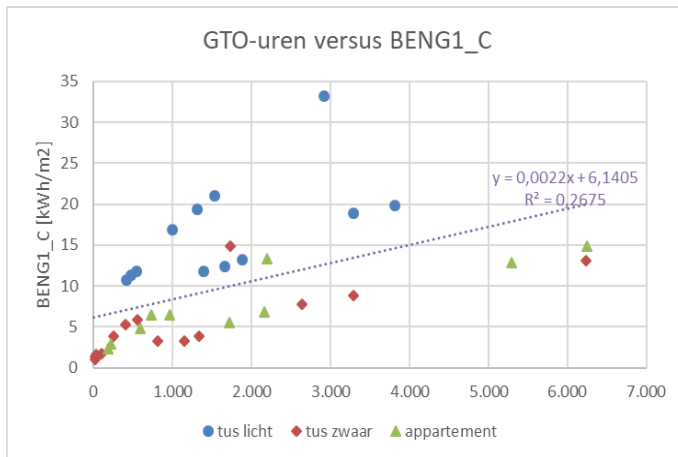
Overigens wordt de warmtebalans ook in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid en oriëntatie van glas, door de hoeveelheid ventilatie (met name 's nachts als koude lucht kan zorgen voor verlaging van de binnentemperatuur) en de interne warmtelast.

## 3 Temperatuuroverschrijding in een BENG-woningen (NL)

Ter voorkoming van het risico op oververhitting in nieuwe gebouwen wordt in de EPC-methodiek de koelbehoefte van gebouwen uitgerekend. Als er geen actieve koeling wordt toegepast wordt, met een fictief koelrendement, een energiegebruik voor koeling in rekening gebracht. Om verschillende redenen heeft het de voorkeur deze zomercomfortcorrectie uit de bepalingmethode te halen. In opdracht van RVO heeft W/E adviseurs een studie uitgevoerd [19] waarin is gezocht naar een methode (bepalingmethode, indicator, eis) waarmee het risico op temperatuuroverschrijding in beeld kan worden gebracht op basis van input en resultaten die nodig zijn voor een EPG-berekening én waarmee in het Bouwbesluit aanvullende eisen gesteld kunnen worden om dat risico te beperken.

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

Uitkomst van het dynamisch rekenmodel is de gemiddelde binnentemperatuur per uur, uit de EPG-berekening volgt een koelbehoefte in kWh/m<sup>2</sup> (Deze is 'BENG1\_C' genoemd, gedefinieerd als  $Q_{C,nd}/A_g$ ). De resultaten uit het dynamisch rekenmodel zijn naar gewogen temperatuur overschrijdingsuren (GTO) geconverteerd (zie [48] voor een toelichting).



Figuur 3 Verband tussen BENG1\_C en GTO-uren (gemiddelde van de verschillende zones) voor alle doorgerekende varianten (licht en zwaar) van de tussenwoning en appartement.

Belangrijkste conclusies voor het gebouwoontwerp zijn:

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

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

Interne warmtelast is een zeer belangrijke invloedsfactor. De interne warmtelast zorgt bij de gekozen verdeling over de ruimten voor hoge aantallen GTO-uren in de woonkamers. Bij verdubbeling van de interne warmtelast in de woonkamer/keuken stijgt het aantal GTO-uren drastisch. Een hoge interne warmtelast in de woonkamer/keuken zorgt ook voor een significante stijging van de overschrijdingsuren in de slaapkamers. Door spuien is de invloed van een hogere interne warmtelast sterk te beperken.

Voor zowel buitenzonwering als spuiventilatie geldt dat het 'passieve maatregelen' zijn, maar die dienen door de gebruiker wel 'actief' beheerd te worden. Dat wil zeggen dat de gebruiker/bewoner zich bewust moet zijn van het bouwfysisch gedrag van de woningen en daarop zijn gedrag moet



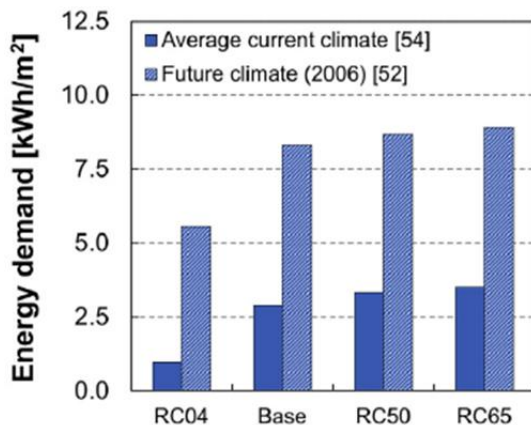
aanpassen. Dus actief gebruiken van buitenzonwering of deze automatisch regelen, actief benutten van spui-ventilatie. Bijkomend probleem van spui-ventilatie is dat te openen ramen en kleppen inbraakgevoelig kunnen zijn en in een geluidbelaste situatie tot geluidoverlast leiden en dus niet universeel toepasbaar is. Er zijn op de markt producten verkrijgbaar die hier aan voldoen. Er zouden dus nadere eisen gesteld kunnen worden aan de spui-ventilatievoorzieningen indien deze gewaardeerd worden in de BENG berekening.

#### 4 Effecten van klimaatverandering op een bestaande rijwoning (NL)

Aan de TU Eindhoven heeft men een simulatiestudie uitgevoerd aan referentiewoning van het type rijwoning-tussen met in de base case een isolatie volgens bouwbesluitniveau 2012 en daarnaast bij het oorspronkelijke isolatieniveau zoals dat in de jaren 70 ('RC04') zou zijn aangebracht [15]. Het gebouw wordt gekoeld met "an all-air system with a heating coil and a direct expansion cooling coil". Om het effect van toekomstige klimaatverandering te simuleren heeft men de weergegevens van de 2006 gebruikt, waarvan men stelt dat "[it] was a much warmer year than normal with several heat waves during the summer, and can therefore be seen as a representation of a climate year with a summer period that will be more common in the future". Het jaar 2006 telde 37 zomerse dagen [15] en was daarmee vergelijkbaar met de meest pessimistische verwachting volgens het KNMI klimaatscenario's voor 2050, maar lager dan het pessimistische scenario voor 2085 (48 zomerse dagen [17]).

De auteurs van [15] laten zien dat de koudebehoefte in de slecht geïsoleerde woning (RC04) in de genoemde 'toekomstige zomer' met 400% zou toenemen ten opzichte van huidige klimaat, zie Figuur 4 onder. Dit betreft het gemiddelde over 4 oriëntaties van het gebouw.

De koudevraag voor het base case-gebouw (Rc=3,5 voor de dichte geveldelen) ligt bij het huidige klimaat al hoger dan voor het slecht geïsoleerde gebouw. Bij een toekomstig klimaat neemt de koudevraag in dit gebouw met ruim 200% toe. Een verdergaande isolatie naar Rc=5,0 en hoger heeft weinig extra effect op de koudevraag.



Figuur 4 Elektriciteitsvraag voor koeling, vergelijking van het huidige klimaat en toekomstige klimaat voor vier gebouwvarianten met toenemende gevelisolatie. (RC= Rc-waarde voor dichte gevel) [15]

Toepassing van 'passieve adaptatiemaatregelen' zoals natuurlijke ventilatie en (automatische) zonwering (SH, shading) kunnen echter de extra koudevraag onder een toekomstig klimaat weer volledig opheffen, of de koudevraag zelfs verlagen, zie Figuur 5 (zie gebouwvarianten met natuurlijke ventilatie (NV) en zonwering (SH)). Ook voor de extra geïsoleerde gebouwvarianten lijken passieve maatregelen in staat om de koelbehoefte te reduceren, tot beneden het niveau van de woning conform BB2012 ('base') en de woning anno 1970 (RC04). Een 'groen dak' (VR, Vegetation Roof) blijkt in deze simulatie weinig effectief om de koudevraag te verlagen.

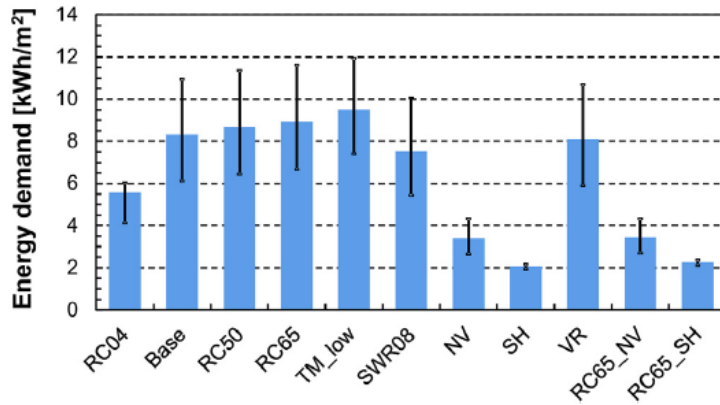


Fig. 3. Yearly energy demand (kWh/m<sup>2</sup>) for cooling for the base case building and for the different alternative building configurations. The columns represent the average energy demand over four different orientations, the error bars provide information on the minimum and maximum values.

*Figuur 5 Elektriciteitsvraag voor koeling voor aantal gebouwvarianten, onder toekomstig klimaat [15].*

Eén kanttekening is dat in deze simulatie de ramen automatisch werden geopend bij overschrijding van een bepaalde temperatuur en ook de zonwering automatisch werd gesloten. In de praktijk moet de bewoner zelf ventileren, wat minder effectief is om de koudevraag te verlagen.

Figuur 5 toont echter ook aan dat de bandbreedte van de koudevraag voor verschillende gebouworientaties ('error bars' in de figuur) behoorlijk groot is. Met zonwering wordt deze bandbreedte voor gebouworientatie vrijwel nul. Ook is in de studie aangetoond dat een automatische zonwering die op temperatuur en zinstraling wordt geregeld, weinig invloed heeft op de warmtevraag.

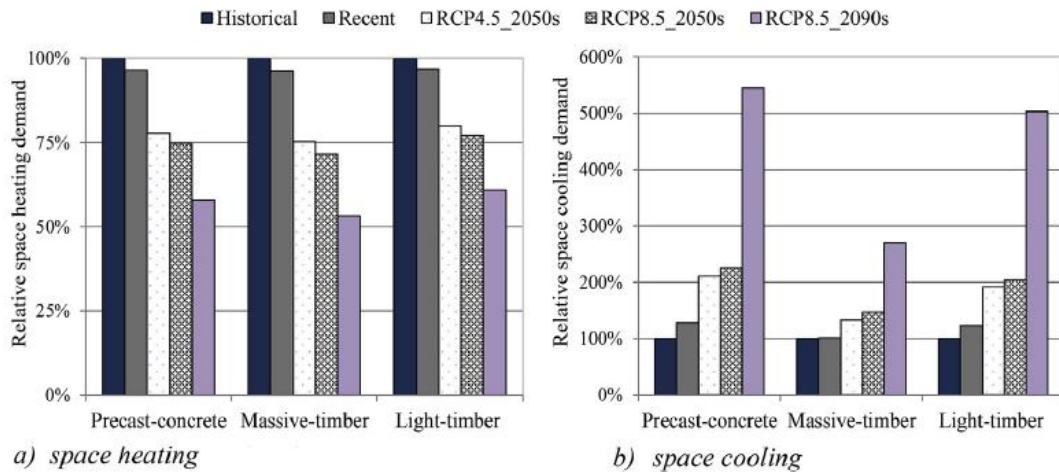
### 5 Effecten van klimaatverandering op appartementswoningen (SE)

In een Zweedse studie [18] zijn de effecten van toekomstige klimaatverandering gemodelleerd voor een appartementsgebouw. In deze studie ligt de verwachte temperatuurstijging iets hoger dan in de KNMI-scenario's voor Nederland. Het meest pessimistische scenario (RCP8.5) toont voor de onderzochte locatie in Zweden een stijging van ruim 2 °C in 2050, oplopend tot 4,8 °C in 2090.

Verder bekijken de Zweden 3 bouwtypen: 'pre-fab concrete frame', 'massive timber frame' en 'light timber frame'. Vrijwel alle bestaande gebouwen in Nederland zijn van het eerste type, houtskeletbouw wordt hier nog niet veel toegepast. De U-waarden van de buitenmuren en ramen van het 'prefab concrete frame'-gebouw waren respectievelijk  $U=0,32$  ( $R_c=0,31$ ) en  $U=1,2$ . De ventilatie gebeurde met WTW-gebalanceerde ventilatie. De koeling - indien nodig - vindt plaats met behulp van 'conventional room air conditioners using electricity'.

In Figuur 6 (rechterplaatje) zien we dat de koudebehoefte met circa 100% zou toenemen in 2050 en met ruim 500% in 2090 onder het meest pessimistische scenario.





Figuur 6 Relatieve verandering in koudebehoefte (grafiek b, rechts) voor verschillende klimaatscenario's en gebouwtypen voor een appartementsgebouw in Zweden [18]

In de studie is ook het effect van passieve maatregelen zoals 'increased airing' en 'solar shading' onderzocht. In figuur 9 uit deze studie (zie onder) is te zien dat zonwering de "meest effectieve individuele maatregel is, maar dat de combinatie van zowel zonwering als natuurlijke ventilatie het aandeel van uren met temperatuuroverschrijding (> 28 °C) significant vermindert. Deze combinatie voorkomt oververhitting (...) voor alle toekomstige klimaatscenario's, behalve voor RCP8.5 in de jaren 2090." [18]

Figuur 10 uit deze studie toont de elektriciteit die nodig is ter dekking van de koelbehoefte (in kWh/m<sup>2</sup>, totaal verbruik elektriciteit) bij verschillende interventies. Meest interessant is hier weer het 'precast frame'-gebouw. Er is gerekend met een COP van 3.

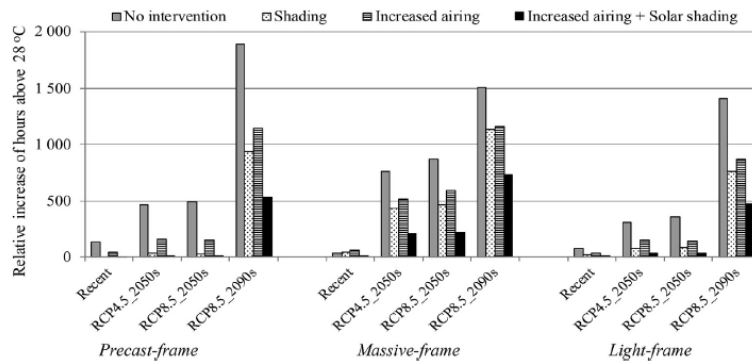


Fig. 9. Increase of hours for indoor temperature above 28 °C for the buildings with and without overheating control measures, relative to the historical climate condition.

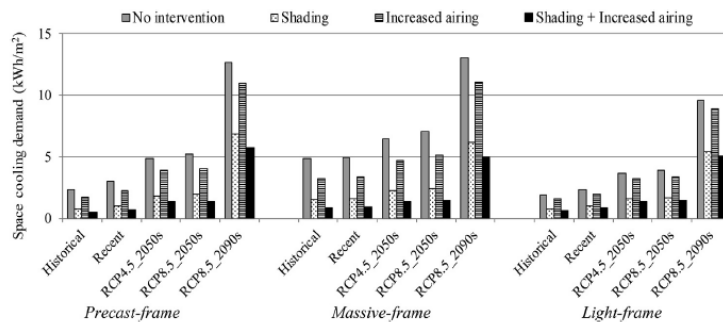


Fig. 10. Space cooling demand of the buildings under different climate scenarios with and without overheating control measures.

Figuur 7 Relatieve verandering in aantal temperatuuroverschrijdingsuren ('Fig. 9'/boven) en totaal energieverbruik voor invulling koudebehoefte ('Fig. 10'/onder) voor verschillende klimaatscenario's en gebouwtypen voor een appartementsgebouw in Zweden [18]

## 6 Overheating in new homes - a review of the evidence (VK)

Tot slot halen we een studie aan het Verenigd Koninkrijk uit 2012 'Overheating in new homes - a review of the evidence'. [20], [21] Ook deze studie signaleert dat in goed geïsoleerde, luchtdichte woningen er een serieus risico bestaat op oververhitting, met name in kleine appartementen, lichte gebouwen, woningen met een dominante (zonbelaste) oriëntatie, woningen zonder mogelijkheid tot kruisventilatie en/of zonder mogelijkheid tot zonwering.

## 7 Conclusie - Effecten van klimaatverandering binnen gebouwen

Resultaten van verkennende berekeningen laten zien dat een gebouwoontwerp voor een woning op het voorgenomen BENG-niveau zonder aandacht voor beperken van warmtelast kan leiden tot zeer hoge temperatuuroverschrijding, ook al met de aannames voor het huidige buitenklimaat.

Gebouwsimulatiestudies tonen dat door klimaatverandering de binnentemperatuur in de zomer kan toenemen en daardoor het elektriciteitsgebruik voor de dekking van de koudebehoefte met 5-10 kWh/m<sup>2</sup> kan stijgen, een behoorlijke toename ten opzichte van het huidige verbruik van ongeveer 25 kWh/m<sup>2</sup> waarvan 10 kWh/m<sup>2</sup> voor gebouwgebonden voorzieningen [22]. Automatische zonwering, overstekken en extra natuurlijke ventilatie zijn echter behoorlijk effectieve maatregelen om dit effect tegen te gaan, behalve in het meest extreme scenario met een stijging van de gemiddelde buitentemperatuur met bijna 5 °C.

→ Er is weinig tot geen bewustzijn over oververhitting bij opdrachtgevers, ontwerpers en gebruikers van nieuwe (en zeer goed nageïsoleerde) woningen.

→ Er zijn nog onvoldoende (betaalbare) effectieve voorzieningen waarmee het risico op oververhitting beperkt wordt, als automatische zonwering, spuivoorzieningen die diefstal- en vandalismebestendig zijn, regenproof, comfortabel en gemakkelijk in gebruik.

→ Verdere productontwikkeling is nodig van actieve koelvoorzieningen gericht op verhogen van rendement en comfort, verlagen van geluidsbelasting (binnen- en buitenunits), verbeteren esthetiek (met name buitenunits)

## 8 Referenties

- [15] T. van Hooff, B. Blocken, H.J.P. Timmermans, J.L.M. Hensen, Analysis of the predicted effect of passive climate adaptation measures on energy demand for cooling and heating in a residential building, *Energy* 94 (2016), p 811-820, <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.036>
- [16] <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2006/zomer>
- [17] KNMI, 2015: KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, [http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure\\_KNMI14\\_NL.pdf](http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf)
- [18] Ambrose Doodoo, Leif Gustavsson, Energy use and overheating risk of Swedish multi-storey residential buildings under different climate scenarios, *Energy* 97 (2016), 534-548, <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.086>
- [19] W/E adviseurs, 'Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG eisen', rapport 9604, 16 april 2018
- [20] NHBC Foundation, 'Overheating in new homes - a review of the evidence', November 2012
- [21] NHBC Foundation, 'Understanding overheating – where to start: An introduction for house builders and designers', July 2012
- [22] W/E adviseurs 'Memo Actualiseren huishoudelijk elektriciteitsgebruik in UMGO 4.1 – VOORSTEL', 20 februari 2017

# Factsheet 3: Effecten van consumentengedrag

## 1 Inleiding

In deze factsheet behandelen we enkele aspecten van consumentengedrag in relatie tot comfort en gebruik van koelapparatuur in woningen, met andere woorden, wanneer besluiten bewoners al dan niet tot installatie en gebruik van airco's of andere koelingsmaatregelen?

Er zijn twee aspecten te onderscheiden:

1. Installatie van nieuwe koelapparatuur;
2. Inschakeling van reeds beschikbare koelingsfaciliteiten, bijv. bij WKO of warmtepompen.

De drempel voor nieuwe aanschaf van apparatuur ligt voor veel mensen hoger dan de drempel om een beschikbare voorziening aan te schakelen. De laatste beslissing kan zelfs automatisch worden aangestuurd door een thermostaat. Vooral bij WKO-installaties is het goed mogelijk dat ze automatisch in koelmodus gaan. Beide soorten beslissingen, aankoop en inschakeling, worden sterk gestuurd door persoonlijke normen van de consument. We behandelen dit onderwerp verder in sectie 2.

Daarnaast kunnen (vermeende) gezondheidsaspecten een grote rol spelen bij aankoopbeslissingen, in sectie 3 gaan we verder in op de gezondheidsaspecten van hoge temperaturen.

Een tegengesteld wat betreft gezondheid komt voort uit de recente wetenschappelijke hypothese dat de thermische comfortzone van mensen zich kan aanpassen aan temperatuurschommelingen ('adaptive comfort model') en dat een meer variabel temperatuurregime zelfs positief kan uitwerken voor de gezondheid. Dit suggereert dat het soms gezonder kan zijn om installatie of inschakeling van koelapparatuur uit te stellen, zie verder sectie 5.

## 2 Invloeden op consumentengedrag bij aankoop en gebruik van koelapparatuur

Bij de Universiteit Groningen, afdeling Omgevingspsychologie wordt onderzoek gedaan naar consumentengedrag in relatie tot milieubewustzijn en meer specifiek energiebesparing. Daarbij onderzoekt men of interventies effectief kunnen zijn om milieubewust gedrag te stimuleren. Volgens het Norm Activation Model (NAM) zijn met name persoonlijke normen bepalend voor het al dan niet adopteren van milieubewuste acties [23]. Door deze persoonlijke morele normen in een bepaalde richting te versterken kan men effect hebben op een breed scala aan milieubewuste acties. Waar veel energiebesparende acties een financiële uitgave en actieve stappen vergen van de consument is dit bij het afzien van de aanschaf van koelapparatuur in feite andersom.

Hier is echter de vraag wanneer de consument afziet van een aanschaf (van airco) en daarbij een iets lager comfort accepteert. Er is dus geen financiële uitgave nodig, geen technische ingreep en geen bestaand gedrag dat moet veranderen (zoals bij automobiliteit). Wel zou men kunnen zeggen dat het comfortverlies als het ware de kosten zijn die de consumenten moet accepteren. In de psychologie is wel het effect van 'loss aversion' bekend: mensen hebben een sterkere voorkeur om een bepaald verlies te vermijden dan om eenzelfde winst te verwerven. Dit effect is - voor zover bekend - echter alleen onderzocht voor financieel verlies of winst, niet bekend is of het ook geldt voor verlies of winst van comfort. Als het principe ook bestaat in termen van 'vermijding van *comfortverlies*' dan zou dit betekenen dat consumenten sneller geneigd een airco aan te schaffen dan HR-glas.

Een ander onderzoek toont aan dat als men mensen te kennen gaf dat ze milieubewust bezig zijn, dit hen letterlijk een warm gevoel ('warm glow') bezorgde. Deze proefpersonen ervaren daadwerkelijk een hogere temperatuur [3]. Hopelijk werkt dit warm glow-effect niet zover door dat milieubewuste consumenten zich ook bij hoge binnentemperatuur warmer voelen. Of kan het effect ook worden omgekeerd zodat mensen die milieubewust zijn zichzelf als 'cool' ervaren?

Wat betreft gedrag van diverse groepen consumenten is in zijn algemeenheid wel bekend dat mensen met een 'hedonistische levensstijl' (gericht op persoonlijk comfort en genot) minder geneigd zijn hun gedrag aan te passen voor milieubewuste doeleinden. Men mag verwachten dat deze groep dan ook sneller koelapparatuur aanschaffen als de binnentemperaturen oncomfortabel hoog worden. Binnen het onderzoek van Groningen ziet men weinig verschil tussen leeftijdsgroepen.

In een eerder onderzoek door Van Kempen uit 2000 [26] werden al vergelijkbare conclusies getrokken. Bronnen zijn literatuur en interviews van met name professionele partijen als installateurs, leveranciers, brancheorganisaties:

*"Airconditioners worden in Nederland primair aangeschaft door huishoudens met een bovenmodaal inkomen: succesvolle tweeverdieners, met name in de leeftijdscategorie 30-45, soms als motief dat de kinderen goed moet en kunnen slapen; succesvolle zakenlieden die ook gewend zijn aan een airco in de auto en op kantoor, oudere welgestelden, mensen met gezondheidsklachten, mensen met kantoor aan huis en het hogere segment telewerkers. Voor mobiele single units is minder sprake van afname exclusief door het hoge segment, gezien de lage verkoopprijs in sommige verkoopkanalen is de klantengroep hier breder.*

*Airconditioners worden met name aangetroffen in de duurdere woningen: relatief veel luxe appartementen, 'penthouses', vrijstaande huizen en twee onder één kap woningen worden uitgerust met airconditioners; niet zozeer het doorsnee rijtjeshuis. Echter, gezien de laagdrempelige verkoop van mobiele mono units is de verspreiding van dit product breder.*

*Comfort is een van de belangrijkste redenen om tot aanschaf over te gaan. Daarnaast speelt status een belangrijke rol: over het algemeen blijft een airconditioner een luxe product dat pas aangeschaft wordt als men reeds tevreden is over de auto, stereo, TV, magnetron, etc. Van een andere orde is het medische motief. Gewinning speelt tevens een sleutelrol. Door het oprukken van de airconditioner in de auto en kantoor gaan bepaalde consumentengroepen eerder tot aanschaf over."*

Het beeld dat onderzoek schetst wordt bevestigd door partijen die direct betrokken zijn bij de verkoop van woningen en installaties aan particulieren.

Bij de keuze tot aanschaf van een koelinstallatie, al dan niet als optie bij een nieuwe woning, speelt ook de momentane buitentemperatuur mee: In de zomer is er meer vraag naar koelinstallaties dan in de winter. Dat wordt ook ondersteund door verkoopverhalen van bouwmarkten als beschreven in [27]. Airco's, zeker de goedkopere variant, zijn ook vaak een impulsaankoop om een acuut probleem te verhelpen.

Vanuit de verkopers van woningen als projectontwikkelaars wordt (nog) niet actief aandacht besteed aan de mogelijkheden tot koeling, uitgezonderd wellicht woningen in het duurdere segment en woningen waar de koelbehoefte groot zal zijn als penthouses. Gezien de Nederlandse bouwcultuur lijkt het ook niet aannemelijk dat dat in de nabije toekomst zal veranderen. Op wat langere termijn kan het zeker zo zijn dat koeling als standaardoptie wordt gevraagd en aangeboden in nieuwe woningen. Aanscherping van de energieprestatie-eisen (BENG) en vergaande renovaties zullen de koelbehoefte doen stijgen. Er kan een sentiment ontstaan dat een woning zonder koeling niet meer te verkopen is (ook niet als bestaande woning), een proces dat ook bij autoverkoop heeft gespeeld.

### **3 Gebruik van koelapparatuur**

Er is verschil te maken tussen de setpointtemperatuur waarbij mensen overgaan tot aanschaf van een koelapparaat en de temperatuur waarbij deze wordt aangezet. In een woning zonder mogelijkheid tot koeling worden temperaturen tot bv 25°C nog acceptabel geacht, pas daarboven ontstaat een comfortprobleem. Uit onderzoek van IthoDaalderop (monitoring van enkele duizenden warmtepompen/WKO-systemen) blijkt dat in woningen waar wél de mogelijkheid tot koeling is, de temperatuur in de zomer vaak (veel) lager wordt gehouden dan 25 °C.

Een dergelijk effect is ook geconstateerd in Frankrijk: als gevolg van verschillende hittegolven is zijn veel consumenten over gegaan tot aanschaf van koelapparatuur, wat heeft geleid tot een permanent hogere elektriciteitsvraag voor koeling, niet alleen bij heel hoge temperaturen [28].

#### 4 Gezondheidsaspecten van hoge temperaturen

Zoals we boven aangaven kunnen gezondheidsaspecten potentieel een grote invloed hebben bij aankoop en gebruik van koelapparatuur. Als mensen menen dat hun gezondheid in het geding is de drempel voor een tegenactie snel genomen, vooral als het alleen wat geld kost. Uit de literatuur is bekend dat hittegolven zoals die van de zomer van 2003 leiden tot verhoogde sterftcijfers vooral onder ouderen [30], [31]

Dit effect is niet alleen in Frankrijk maar ook in Nederland [29] aangetoond. De overmaat aan sterfte ('excess mortality') voor juni-september 2003 wordt geschat 3-5% (1400-2200 personen), vooral in de oostelijk provincies. Deze overmaat kan niet volledig worden toegeschreven aan het 'harvesting effect' (dat wil zeggen sterfte van personen die anders ook binnen enkele weken zouden zijn overleden). Hoewel oudere personen (en met name dementerende personen) tot de meest kwetsbare groep behoren voor warmtestress, was er ook toename in sterfte zichtbaar in de leeftijdsgroep van 40-59.

Ook een brede epidemiologische studie in 15 Europese steden leverde op dat: 'The estimated overall change in all natural mortality associated with a 1°C increase in maximum apparent temperature above the city-specific threshold was (...) 1.84% (0.06% to 3.64%) in the north-continental region. Stronger associations were found between heat and mortality from respiratory diseases, and with mortality in the elderly.' [32]

Bij thuiswonende ouderen én bij instellingen voor ouderen kan dit soort inzichten in combinatie met een toename van buitentemperaturen leiden tot een beslissing een koelingsinstallatie aan te schaffen.

#### 5 Fysiologische aspecten van de warmtehuishouding in het lichaam

Bij de universiteit Maastricht wordt onderzoek gedaan naar diverse fysiologische aspecten van de warmtehuishouding in het lichaam, mede in relatie tot thermisch comfort en 'warmtesensatie'.

De laatste jaren is het klassieke comfortmodel van Fanger uit de jaren 1970 [34] dat ten grondslag ligt aan diverse standaarden (ASHRAE Standard 55, ISO Standard 7730) voor klimaatregeling, ter discussie komen te staan. Het 'predicted mean (thermal sensation) vote (PMV)'-model van Fanger richt zich op minimalisatie van het percentage ontevreden personen. Door Wouter van Marken Lichtenbelt (NUTRIM, Universiteit Maastricht) en co-auteurs is een andere hypothese gepubliceerd [35], die ook wordt ondersteund door recent onderzoek. Zij stellen dat de mensen zich binnen bepaalde grenzen kunnen aanpassen aan een lagere of hogere ruimtetemperatuur, het zogenoemde 'adaptive thermal model'. Blootstelling aan bepaalde temperatuurvariaties zou op langere termijn zelfs positieve effecten hebben op zowel comfort als gezondheid, in vergelijking met een stabiel temperatuurregime zoals dat door het Fanger-model wordt gestimuleerd. Het experimentele onderzoek dat deze nieuwe benadering ondersteunt, heeft zich in eerste instantie vooral gericht op blootstelling aan koude-regimes [35]. Duidelijk is dat fysiologische aanpassing aan koude en warmte (thermoregulatie) per individu nogal kan verschillen en dat met name oudere mensen zich minder snel (en minder goed?) kunnen aanpassen.

Later onderzoek in Maastricht richtte zich meer op 'warmtesensatie' [33]. Eén van de bevindingen uit dit onderzoek is dat vrouwen weliswaar een hogere huidtemperatuur hebben dan mannen maar dit betekent niet zonder meer dat ze ook meer gevoelig zijn voor hoge temperatuur [33]. Verder vond men dat 'lokale koeling' van gezicht of onderarm effectieve methoden zijn om de thermische sensatie en het thermisch comfort in een warme omgeving te verbeteren. Als dit op een handzame manier kan worden toegepast op werkplekken of in de woonomgeving, kan dit mogelijk helpen om de vraag naar andere koelingsapparatuur te voorkomen. Het ligt voor de hand dat de energievraag van lokale koeling een stuk kleiner is dan bij koeling van een hele (woon)ruimte.

Nader onderzoek naar de grenzen aan - en de gezondheidseffecten van - 'adaptive thermal control' bij diverse bevolkingsgroepen kan op termijn meer duidelijkheid bieden: in welke gevallen kan het uitstellen van actieve ruimtokoeling positieve effecten hebben op het welbevinden en de



gezondheid van bewoners? Zulke inzichten zouden kunnen worden gebruikt om investeringsbeslissingen van consumenten wat betreft koelingsinstallaties te beïnvloeden.

## 6 Conclusies 'Effecten van consumentengedrag'

Uit verschillende onderzoeken en vanuit verschillende hoeken van de markt blijkt een toenemende behoefte aan koudelevering. Er zijn echter geen onderzoeken bekend naar wat 'de consument' vindt van temperatuuroverschrijding in de zomer of welke overwegingen ten grondslag liggen aan al dan niet overgaan tot aanschaf van een koelinstallatie. Dientengevolge is ook niet goed bekend welke interventiestrategie gevolgd moet worden om zo'n aanschaf te ontmoedigen of juist te stimuleren. Wel is bekend dat hoge temperaturen leiden tot hogere sterftcijfers.

→ Het is onbekend onder welke randvoorwaarden consumenten behoefte hebben aan koeling, zowel in woningen met als woningen zonder koelvoorziening.

→ Het is onbekend onder welke randvoorwaarden consumenten overgaan tot aanschaf van koelapparatuur.

## 7 Referenties

- [23] Ellen van der Werff, Afdeling Psychologie, Universiteit Groningen, telefonisch interview, 16-1-2018
- [24] van der Werff, Ellen; Steg, Linda. / One model to predict them all : Predicting energy behaviours with the norm activation model. In: Energy Research & Social Science. 2015 ; Vol. 6. pp. 8-14, <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2014.11.002>
- [25] Danny Taufik, Jan Willem Bolderdijk & Linda Steg, Acting green elicits a literal warm glow, Nature Climate Change 5, 37–40 (2015), <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2449>
- [26] Van Kempen onderzoek en advies, april 2000, "Marktanalyse en –prognose van airconditioningsystemen; Rapportage van een marktonderzoek naar causale factoren en trends"  
[http://www.vankempenconsultancy.com/html/resources/3D/3D76F492-0B9C-456B-8728-0EEFDA0DB4DD/rapport\\_marktonderzoek\\_airco.pdf](http://www.vankempenconsultancy.com/html/resources/3D/3D76F492-0B9C-456B-8728-0EEFDA0DB4DD/rapport_marktonderzoek_airco.pdf)
- [27] <https://www.volkskrant.nl/archief/een-airco-van-de-aldi~a675670/>
- [28] Eme-Ziri, C., "Ventilateurs et climatiseurs sont en rupture de stock" [Fans and ACs out of stock], FranceInfo, 7 July 2015, <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/ventilateurs-et-climatiseurs-en-rupture-de-stock-765246.html> (2015).
- [29] J Garssen1 , C Harmsen , J de Beer, The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands, Eurosurveillance, Vol.10, Issues 7-9, p. 165-167, 2015, [www.eurosurveillance.org](http://www.eurosurveillance.org)
- [30] Institute of Medicine, 2011, Climate Change, the Indoor Environment, and Health. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13115> .
- [31] Kenney et al, Heat Waves, Aging, and Human Cardiovascular Health, Med Sci Sports Exerc. 2014 October ; 46(10): 1891–1899. doi:10.1249/MSS.0000000000000325
- [32] Baccini M, et al. [Heat effects on mortality in 15 European cities](#). Epidemiology. 2008 Sep;19(5):711-9. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfcd.
- [33] H. Pallubinsky, L. Schellen, T.A. Rieswijk, C.M.G.A.M. Breukel, B.R.M. Kingma, W.D. van Marken Lichtenbelt, Local cooling in a warm environment, Energy and Buildings, Volume 113, 2016, P. 15-22, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.12.016>
- [34] Fanger, P. O. 1970. Thermal Comfort. New York: Danish Technical University.
- [35] W.D. van Marken Lichtenbelt, B.R. Kingma, Building and occupant energetics: a physiological hypothesis, Architectural Science Review, 2013, <http://dx.doi.org/10.1080/00038628.2012.759377>





# Factsheet 4: Kwantitatieve inschatting energiegebruik en kosten

## 1 Inleiding

In deze factsheet geven we een benadering van de ordegrootte van het energiegebruik voor koude in woningen. De berekening is vrij grof, we hebben nauwelijks accurate of actuele kentallen kunnen vinden voor de penetratiegraad van koelsystemen (vooral airco's, warmtepompen zijn beter bekend wegens hun bijdrage aan de hernieuwbare energiedoelstelling van Nederland) en het werkelijke elektriciteitsgebruik van deze systemen. Als eindsituatie 'worst case' rekenen we toe naar een woningvoorraad die 100% is uitgerust met elektrische airco's, bij een stijgende buitentemperatuur.

## 2 Koudebehoefte en energieverbruik

### Aantal woningen

Er staan in Nederland op dit moment 7,3 miljoen (bewoonde) woningen. Dat aantal stijgt tot ongeveer 8,0 miljoen in 2035 (bron: Nationale Energieverkenning 2017 [36]). Volgens Cijfers over Bouwen en Wonen 2016 [38] zijn er echter momenteel 7,7 miljoen woningen, oplopend tot 8,4 miljoen in 2035.

### Penetratiegraad van elektrische airco's

De getallen lopen behoorlijk uiteen. Van Kempen rapporteerde in 2000 [26] een penetratiegraad 1 à 2%, gebaseerd op BEK '98 en interviews. In een artikel in het Financieel Dagblad uit juli 2017 [39] wordt gemeld dat er volgens de NVKL ongeveer 850.000 woningen zijn voorzien van airco's. Het getal is afkomstig uit een onderzoek onder een kleine 1.500 huishoudens uit 2010 [40]. Mobiele airco's zijn hiervan grofweg de helft. Penetratiegraad is daarmee 11%, dat lijkt wat aan de hoge kant en heet mogelijk alleen betrekking op de huishoudens die ooit een airco hebben aangeschaft, wat niet wil zeggen dat deze ook altijd gebruikt wordt. Voor deze berekening gaan we uit van een penetratiegraad van 5%.

In WoON 2018, module energie, wordt ook gevraagd naar de aanwezigheid van koelinstallaties/koudelevering. Op basis van dat onderzoek is waarschijnlijk een betere inschatting te maken van de penetratiegraad. In eerdere WoON-onderzoeken is dit aspect niet meegenomen.

### Energiegebruik van koelvoorzieningen

Er zijn geen actuele kentallen gevonden voor het gemiddelde gebruik van airco's. Schattingen lopen uiteen van 150 kWh tot 850 kWh. Uiteraard zeer afhankelijk van type gebruiker, type gebruik, weeromstandigheden et cetera. We nemen hier het gemiddelde gebruik van een (elektrische) airco aan op ongeveer 400 kWh elektriciteit per jaar.

Uit EPG-berekeningen komt een ander getal: Bij de RVO-voorbeeldwoningen die zijn ontworpen op de voorgenomen BENG-eisen is de gemiddelde energiebehoefte voor verwarmen 19,5 kWh/m<sup>2</sup>, voor koelen 3,6 kWh/m<sup>2</sup> [48]. Dat is voor een gemiddelde woning van 120 m<sup>2</sup> dus een koudebehoefte van grofweg 430 kWh/jaar. Een airco met COP = 3 komt dan op zo'n 150 kWh/jaar.

Exploitanten van koudenetten rapporteren koudegebruiken van 1 tot 2 GJ per woning per jaar. Dat correspondeert met 280 tot 560 kWh koude per jaar, in de zelfde ordegrootte als berekend met EPG maar wel significant lager dan de koudevraag die met airco's wordt ingevuld.

Bij de exploitatie van WKO-systemen blijkt de koudevraag in goed geïsoleerde woningen ongeveer gelijk aan 70% van de warmtevraag. Dat is een significant andere verhouding dan wat volgt uit EPG-berekeningen. Een essentieel punt bij WKO-systemen is dat het koelen van de woning in veel gevallen nodig is voor het regenereren van de bron. Anders dan bij koudenetten en bij (mobiele) airco's wordt het gebruik van koeling actief gestimuleerd door de exploitant van het WKO-systeem.

### Totaal verbruik Nederland

Het totaal elektriciteitsgebruik van woningen was in 2016 ongeveer 21,2 miljard kWh ofwel 2.910 kWh/woning. Dat is ruwweg 20 a 25% van het totale Nederlandse elektriciteitsgebruik. In de NEV'17 [36] gaat men uit van de groei van finaal elektriciteitsgebruik van woningen van 80 PJ ( $\approx$ 21,2 miljard kWh) in 2017 naar 86 PJ in 2025 (+7%).

### Totaal verbruik voor airco's in woningen

Van Kempen kwam in 2000 uit op een totaal verbruik van 35 tot 55 miljoen kWh per jaar, met de verwachting dat deze in 2010 zou zijn toegenomen tot 100 a 200 miljoen kWh.

Met de hierboven gehanteerde kentallen is het ingeschatte verbruik op dit moment ongeveer: 7,7 miljoen woningen \* 5% penetratiegraad \* 400 kWh/jaar = 154 miljoen kWh. Dat is 0,7% van het totaal elektriciteitsgebruik van woningen. Stel dat het elektriciteitsgebruik toeneemt met 10 kWh/m<sup>2</sup> (zie conclusie op pagina 17), de penetratiegraad tot 50% (arbitraire keuze) en het aantal woningen tot 8,4 miljoen, dan loopt het verbruik door airco's op tot 1,7 miljoen kWh, zo'n 6% van het totaal elektriciteitsgebruik. Belangrijkste parameter is de penetratiegraad, meer dan het toegenomen verbruik per woning.

In "The future of cooling" [36] heeft ook de IEA gerekend aan de toekomstige koudevraag. Ook zij constateren een mogelijke forse toename wereldwijd, tot een factor 4 extra benodigde elektrische opwekcapaciteit en een verdubbeling van de daarmee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissie (het verschil tussen factor 4 en factor 2 komt doordat de opwek van elektriciteit steeds minder CO<sub>2</sub> zal uitstoten).

### 3 Business case

De kosten voor een losstaande airco zijn niet hoog. Een eenvoudige mobiele installatie (monoblok, dus afvoer warmte via een slang door het raam) is voor enkele honderden euro's te koop bij de bouwmarkt. Een geavanceerdere split unit (met een binnen- en een buitenunit) is wat duurder en kost ongeveer 1.000 euro inclusief BTW en installatie.

Voor warmte/koudenetten wordt de koude vaak geleverd 'om niet' en rekent de exploitant alleen een aansluitbijdrage en een vastrecht. De hoogte hiervan is vooralsnog niet gereguleerd. In praktijk zijn deze vaak gelijk aan de aansluitbijdrage en het vastrecht voor warmte en daarmee in de orde grootte van 2.500 - 5.000 euro aansluitbijdrage en 300 euro voor vastrecht (waarbij de aansluitbijdrage ook geldt voor de levering van warmte en dus voor koude ook als 'gratis' beschouwd zou kunnen worden). Ook in [49] wordt na een korte inventarisatie een bedrag van 300 euro per jaar als vastrecht genoemd voor levering van koude.

Tabel 3 *Grove benadering van totaalkosten koudelevering door airco en koudenet*

*Merk op dat er geen rekening is gehouden met stijging/daling van energieprijzen of vastrecht, dat er een grote spreiding is in werkelijke gebruiken en tarieven. Bovendien zal een airco slechts één of twee ruimtes kunnen koelen en zal koudelevering effect hebben op de hele woning.*

	Airco (1 à 2 ruimten)	Koudelevering (gehele woning)
<b>Aanschaf/aansluitbijdrage</b>	1.000	3.000
<b>Vervangingsinvestering na</b>	10 jaar	nvt
<b>Vastrecht</b>	0	300
<b>Verbruik</b>	400 kWh/jaar	1,5 GJ/jaar
<b>Verbruik</b>	100 euro/jaar	0 euro/jaar
<b>TCO over 30 jaar</b>	6.000 euro	12.000 euro

Het aantal koudenetten dat koude levert aan woningen is nog zeer beperkt (max 10?). Koudelevering vindt plaats vanwege regeneratie van bodembronnen of vanuit commerciële afwegingen (woningen in luxe segment).



#### 4 Conclusies kwantitatieve benadering

Er is weinig (openbaar) bekend aan penetratiegraad en energiegebruik van koudeinstallaties. Verfijning naar bijvoorbeeld woningtype, bouwjaarklasse, energieprestatie is niet te maken. Om een realistisch beeld te krijgen van het werkelijke aandeel van koudevraag in de totale energievraag is nader onderzoek nodig. Op basis van inschattingen is het aandeel in de orde van enkele procenten van de totale energievraag. Bij oplopende buitentemperaturen en toenemende behoefte aan comfort ontstaat toch een behoorlijke energievraag voor koudelevering. Zonder interventies zal deze toename zeker voldoende zijn om effect te hebben op de energiebesparingsdoelen van Nederland.

→ Er is geen actuele inventarisatie van het aantal woningen dat gebruik maakt van actieve koeling (onderscheid naar mobiele/vaste airco, koudelevering via koudenet, koudelevering via WKO). De resultaten van WoON Energie 2018 kunnen hiervoor ingezet worden.

→ Er is geen actuele inventarisatie (ook niet gedurende beperkte periode) van de afzet van koudeapparatuur (via installateurs, groothandel, doe-het-zelfmarkten) per dag of per week, in realtie tot bijvoorbeeld de actuele buitentemperatuur.

→ Er is geen actuele inventarisatie van de daadwerkelijk afgenomen koude in woningen met een koelvoorziening. Inzicht is nodig in welke ruimten worden gekoeld, op welke tijdstippen, onder welke omstandigheden.

#### 5 Referenties

- [36] IEA, "The future of cooling; Opportunities for energy-efficient air conditioning", mei 2018, <https://webstore.iea.org/the-future-of-cooling>
- [37] Planbureau voor de Leefomgeving, 2017: 'Nationale Energieverkenning 2017' [http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-nationale-energieverkenning-2017\\_2625.PDF](http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-nationale-energieverkenning-2017_2625.PDF)
- [38] Rijksoverheid, 2016: 'Cijfers over Wonen en Bouwen 2016' <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2016/04/11/cijfers-over-wonen-en-bouwen-2016/lr-91379-brochure-cijfers-bouwen-v10.pdf>
- [39] <https://fd.nl/werk-en-geld/1208154/wat-kost-een-airco>
- [40] persoonlijke communicatie, R. van Berkel, NVKL, maart 2017"
- [41] <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2010/08/23/cijfers-en-tabellen-2007>
- [42] <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/12/Monitor%20Energiebesparing%20Gebouwde%20omgeving%202016.pdf>
- [43] <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2012/02/24/woonderzoek-nederland-module-energie/woonderzoek-nederland-module-energie.pdf>

# Factsheet 5: Wet- en regelgeving

Deze factsheet beschrijft wet- en regelgeving die relevant is voor de koudevraag van woningen.

## 1 Eisen aan maximale temperatuuroverschrijding in woningen

Onder het EPC-regime zijn gebouwen gerealiseerd die een goede energieprestatie hebben, maar niet altijd met een goed binnenklimaat. Dit is reden geweest voor de normcommissie om in het verleden een 'zomercomfort-correctie' te introduceren: Als er een koelbehoefte wordt berekend en er is geen koelapparatuur aanwezig, wordt, met een fictief koelrendement, een energiegebruik voor koeling in rekening gebracht. Zo is getracht te voorkomen dat woningen en gebouwen in zomersituatie te warm worden. Om verschillende redenen heeft het de voorkeur deze zomercomfortcorrectie uit de bepalingmethode te halen. Voor het beperken van het risico op oververhitting is met name van belang dat de post 'zomercomfort' geheel gecompenseerd kan worden door beter te presteren op andere onderdelen van de EPC-berekening, bijvoorbeeld door het plaatsen van PV-panelen. De post 'zomercomfort' levert dus niet per sé ontwerpen op waarbij rekening is gehouden met het risico op temperatuuroverschrijdingen.

W/E adviseurs heeft in opdracht van RVO gezocht naar een methode (bepalingmethode, indicator, eis) waarmee het risico op temperatuuroverschrijding in beeld kan worden gebracht op basis van input en resultaten die nodig zijn voor een EPG-berekening. In deze paragraaf worden de belangrijkste bevindingen van deze studie vermeld. Het is nog niet bekend of/hoe te zijner tijd onder het NTA8800-regime eisen aan het risico op temperatuuroverschrijding in regelgeving of Bouwbesluit opgenomen zullen worden. <check bij Ed Blankestijn/Fred Brouwers voor de laatste stand van zaken, discussie loopt nog volop>.

### Risico op temperatuuroverschrijdingen: Methoden & criteria

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

Een voorlopig richtgetal is maximaal 450 GTO-uren.

### Conclusies <paragraaf handhaven?>

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

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

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



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

### Aanbevelingen

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

- óf actieve koeling worden toegepast (dit kan leiden tot een stimulans tot het aanpassen van het ontwerp om de energiekosten voor de actieve koeling uit te sparen)
- óf via een GTO berekening worden aangetoond dat het aantal GTO-uren kleiner is dan een nader te bepalen maximum (bijvoorbeeld 450 uur/jaar). Dit vereist wel dat wordt vastgelegd aan welke voorwaarden deze berekening dient te voldoen.

Uit de berekening blijkt dat de verhouding tussen GTO en  $TO_{juli}$  afhankelijk is van het woningtype (geometrie, verhouding tussen gebruiks- en verliesoppervlakte). Voor de tussenwoning ligt  $TO_{juli}$  beduidend hoger dan voor het appartement. Als 450 uur als 'acceptabel' wordt beschouwd, zou dat voor de tussenwoning corresponderen met een  $TO_{juli}$  getal van ongeveer 1,5. Voor het appartement is dat 1,1.

In de beperkte tijd van dit onderzoek is het niet mogelijk geweest alle mogelijke variaties in bouwtypen en bouwmaatregelen die voldoen aan de BENG-eisen te onderzoeken. Voor een betere onderbouwing van de mogelijke grenswaarde aan  $TO_{juli}$  zouden nog enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd moeten worden. <deze worden uitgevoerd laatste week van april, rapportage uiterlijk 1 mei 2018>

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

### Afbakening

De energieprestatiemethode richt zich op een 'gemiddelde' situatie. Als het gaat om voorkómen van een slecht binnenklimaat moet eerder gekeken worden naar de extreme situaties. Als in de 'gemiddelde situatie' voldaan wordt aan de eisen voor een goed binnenklimaat kan ook grofweg de helft van de situaties juist niet voldoen aan de eisen. Een woning die voor een gezond iemand voldoet, hoeft dat niet te doen voor kwetsbare personen als kleine kinderen of ouderen.

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

## 2 Berekende versus werkelijke koudevraag

De EPC-berekening (en straks ook de BENG-berekeningen) gaan uit van een bepaalde setpointtemperatuur waarboven sprake is van een koudevraag. Het setpoint is gebaseerd op de fysiologische koudevraag: bij hogere temperaturen wordt het thermisch discomfort te hoog. Dat gaat voorbij aan het effect dat bewoners die kunnen beschikken over een koelvoorziening deze eerder inschakeln dan uit fysiologisch oogpunt noodzakelijk is: als er een koelvoorziening is, wordt deze ook gebruikt.

Bij de exploitatie van WKO-systemen blijkt de koudevraag in goed geïsoleerde woningen ongeveer gelijk aan 70% van de warmtevraag. Dat is een significant andere verhouding dan wat volgt uit EPC-berekeningen. Setpointtemperatuur ligt op ongeveer 21 à 22 °C.



### 3 NEN 5066 'Hygrothermische eigenschappen van gebouwen - Referentieklimaatgegevens'

Voor het berekenen van de energieprestatie van gebouwen wordt momenteel NEN 7120 (EPG) gehanteerd. Vanaf 2020 wordt deze vervangen door NTA 8800. Voor het buitenklimaat wordt gebruikt gemaakt van NEN 5066. Deze norm bevat referentieklimaatgegevens voor energiebehoefteberekeningen en voor koellastberekeningen. NEN 7120 is gebaseerd op NEN 5060:2008 [46], de NTA 8800 maakt gebruik van NEN 5060:2018 [47]. De gemiddelde temperaturen in de 2018 versie liggen hoger dan in de 2008 versie. Dat betekent dat de berekende koudevraag met NTA8800 hoger uit zal vallen (bij verder ongewijzigde methodiek). Een uitgebreidere beschrijving van de verschillen tussen beide versies is opgenomen in 'Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG eisen' [48].

### 4 Warmtewet

Tarieven en vastrecht voor levering van warm water voor ruimteverwarming en tapwater aan woningen en bedrijven zijn gereguleerd door de Warmtewet, samen met andere flankerende zaken als leveringszekerheid en contractvereisten. De huidige Warmtewet uit 2013 zegt niets over verschillende temperaturniveaus van warmte. Met de lopende herziening van de Warmtewet komt daar echter verandering in: Leveranciers van warmte kunnen hun tarieven differentiëren naar gelang de kwaliteit (bv temperatuur) van hun product. Dat opent ook de mogelijkheid tot regulering van de tarieven voor koude. Door RoyalHaskoningDHV is in de aanloop van de wijziging uitgebreid beschreven [49] wat de mogelijkheden, voor- en nadelen zijn hiervan. Essentieel punt is of de afnemers van koude wel of niet 'gebonden afnemers' zijn. Bij aansluiting op een WKO-installatie is levering van koude (of beter: het onttrekken van warmte ten einde de bronnen in de zomer op te laten) onlosmakelijk verbonden met de levering van warmte. Bij koudenetten sec is dat niet het geval. Ongebonden afnemers zijn – het woord zegt het al – niet gehouden om warmte af te nemen en kunnen dus ook kiezen dat niet te doen. Tariefregulering is in die gevallen niet of in ieder geval minder noodzakelijk.

Daarnaast maakt RoyalHaskoningDHV een onderscheid tussen koud en lauw water. Lauw water is dan vooral bedoeld als bron voor een warmtepomp die ter plekke van de woning/afnemer de temperatuur van het lauwe water verhoogd tot een bruikbaar niveau.

In het voorstel tot wijziging van de Warmtewet wordt levering van koude niet gereguleerd, tenzij deze onderdeel is van een WKO-installatie. Voor WKO-installaties wordt in het Warmtebesluit gesteld dat de GJ-prijs en vastrecht voor koude gekoppeld is aan de GJ-prijs en vastrecht voor warmte (*De maximumprijs die door een leverancier aan verbruiker in rekening mag worden gebracht voor de levering van koude als bedoeld in het eerste lid, onderdeel b, bedraagt niet meer dan een door de Autoriteit Consument en Markt vastgesteld percentage van de kosten die door de leverancier aan de verbruiker in rekening mogen worden gebracht voor levering van warmte als bedoeld in het eerste lid, onderdeel a.*)

### 5 Conclusies 'Wet- en regelgeving'

Er worden op dit moment nog geen expliciete eisen gesteld aan de binnentemperatuur van woningen in de zomerperiode. De regelgeving anticipeert al wel enigszins op wijzigingen in buitenklimaat, in de zin dat het buitenklimaat waarmee wordt gerekend periodiek wordt geactualiseerd.

→ Via eisen in het Bouwbesluit kan geborgd worden dat het risico op oververhitting in nieuwe (BENG-)woningen beperkt blijft.

→ Er ontbreekt een praktisch toepasbare methodiek om het risico op oververhitting in nageïsoleerde woningen (niveau nul-op-de-meter) te kwantificeren en om eisen te stellen om dit risico te beperken, bijvoorbeeld als onderdeel van de energieprestatievergoeding of private regelingen als NOM-keur.



- Het is mogelijk of wellicht zelfs wenselijk dat Bouwbesluit-berekeningen (EPC, BENG) worden gemaakt met een toekomstig buitenklimaat, conform één van de KNMI-scenario's voor bv 2050.
- Het is wellicht nodig dat Bouwbesluit-berekeningen (EPC, BENG) worden gemaakt met een buitenklimaat met onderscheid naar regio of naar mate van verstedelijking (ivm urban heat island) ten behoeve van koeling en/of verwarming.
- Het is nodig te onderzoeken of voor het berekenen van het energiegebruik voor koeling in EPG/NTA8800 uit moet worden gegaan van een andere setpointtemperatuur dan nu wordt gehanteerd voor het berekenen van de post 'zomercomfort'.

## 6 Referenties

- [44] <https://www.internetconsultatie.nl/wijziginglagereregelgevingwarmte/document/3017>
- [45] [www.pelsrijcken.nl/media/558273/warmtewet-koudelevering\\_brinkman\\_ensocmagazine\\_2017-02.pdf](http://www.pelsrijcken.nl/media/558273/warmtewet-koudelevering_brinkman_ensocmagazine_2017-02.pdf)
- [46] NEN 5060:2008  
'Hygrothermische eigenschappen van gebouwen - Referentieklimaatgegevens', december 2008
- [47] Ontw. NEN 5060:2018  
'Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens', ontwerpversie 2.0, januari 2018
- [48] W/E adviseurs, 'Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG eisen', rapport 9604, 30 april 2018
- [49] RoyalHaskoning, "Tariefregulering levering koude en lauw water in het kader van de Warmtewet", I&BBE9187R001F01, woensdag 29 maart 2017