



<]hYk UUfgVX i k]b[Yb. '8ccfcbk]__Y`]b[' .
BUh]cbUU`' <]hYd`Ub `F =J A `Yb`j YfXYfY`
]bhY[fUh]Y`a Yh`
k UUfgVX i k]b[ggmgHYa Uh]Y_`? BA =
7" `DYfY]fU`A Uf[\]XUbž`@'`A c__Ybghcfa



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

RAPPORTAGE

Hittewaarschuwingen: Doorontwikkeling
Nationaal Hitteplan RIVM en verdere
integratie met waarschuwingssystematiek
KNMI

Versie KNMI 2026/2

Datum 23 februari 2026

Colofon

Projectnaam	Hitte- onderzoek integratie NHP RIVM
Projectnummer	441000421479
Versienummer	2026/2
Locatie	De Bilt
Contactpersoon	Martine Reiling
Bijlage(n)	n.v.t.
Auteurs	Carolina Pereira Marghidan Lone Mokkenstorm
Reviewers	Hisso Homan, Rob Sluijter, Kenny Aberson, Martine Reiling, Jorinde Ultee, Maarten van Aalst, Jan Rozema, Werner Hagens (RIVM), Jochem Klompmaker (RIVM), Lianne Geboers (RIVM)
Met dank aan	Weer Impact Team (WIT) partners: waaronder vertegenwoordigers van DCC-IenW, KCR2, NCC, RWS VWM, ProRail, DCO (Ienw), en KNMI voor hun tijd, inzichten en bijdrage aan hoofdstuk 4.

Inhoudsopgave

Lijst van afkortingen	5
Samenvatting (Nederlands)	6
Summary (English)	8
1 Inleiding en probleemstelling	10
2 Huidige waarschuwingssystematiek voor hitte	12
2.1 <i>Werkwijze KNMI-weerwaarschuwingen</i>	12
2.2 <i>Werkwijze alertering Mogelijk Gevaarlijk Weer en KNMI Risicobeeld</i>	15
2.3 <i>Historische ontwikkeling en geleerde lessen (2007-2025)</i>	15
3 Internationale hittewaarschuwingssystemen: huidige praktijk en ontwikkelingen	20
3.1 <i>Een korte geschiedenis van hittewaarschuwingssystemen</i>	20
3.2 <i>Huidige status van hittewaarschuwingssystemen in Europa</i>	20
4 Code rood voor hitte: cascade-effecten en evaluatie WIT procedure	24
4.1 <i>Aanleiding</i>	24
4.2 <i>Wanneer kan extreme hitte aanleiding geven tot code rood?</i>	25
4.3 <i>Knelpunten in advies code rood</i>	27
4.4 <i>Aanbevelingen en suggesties</i>	29
5 Rol van hittekracht in de waarschuwingssystematiek	31
5.1 <i>Hittekracht als nieuwe index voor hittestress</i>	31
5.2 <i>Data & methode</i>	31
5.3 <i>Resultaten</i>	32
5.4 <i>Conclusie & mogelijke rol van hittekracht in het waarschuwingssysteem</i> 36	
6 Conclusie en vervolgstappen	38
6.1 <i>Epidemiologische inzichten en implicaties voor de criteria</i>	38
6.2 <i>Code rood voor hitte: besluitvorming & benodigde verduidelijking</i>	39
6.3 <i>Periodieke evaluatie in een veranderend klimaat</i>	40
6.4 <i>Benodigd aanvullend onderzoek KNMI & partners</i>	40
6.5 <i>Conclusie</i>	41
Appendix A: Hittewaarschuwingdrempels in Europa	43
Appendix B: Voorlopige hittekracht-schaal en frequentietabel	45
Referenties	46

Lijst van afkortingen

AWS	Automatisch Weer Station
DCC-IenW	Departementaal Coördinatiecentrum Infrastructuur en Waterstaat
DCO	Directie Communicatie
EHF	Excess Heat Factor
EZ	Ministerie van Economische Zaken
GGD-GHOR	Gemeentelijke of Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst, Geneeskundige Hulpverlenings Organisatie in de Regio
KCR2	Knooppunt Coördinatie Regio's-Rijk
KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LNAZ	Landelijk Netwerk Acute Zorg
MGW	Mogelijk Gevaarlijk Weer
NCC	Nationaal CrisisCentrum
NHP	Nationaal Hitteplan
NKC	Nationaal Kernteam Crisiscommunicatie
PT	Perceived Temperature
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RWS	Rijkswaterstaat Verkeers- en
VWM	Wegverkeersmanagement
SHE	Stedelijk Hitte-eiland Effect
SGG	Standaard Gebiedsgrootte
Tmax	Maximale temperatuur
Tmean	Gemiddelde temperatuur
Tmin	Minimale temperatuur
VCNL	Verkeerscentrum Nederland
V&VN	Verpleegkundigen & Verzorgenden Nederland
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature
WIT	Weer Impact Team
WKD	Weer- en Klimaatdiensten

Samenvatting (Nederlands)

De frequentie en intensiteit van extreem warme dagen nemen in Nederland snel toe door klimaatverandering. Hitte vormt inmiddels de grootste klimaatgerelateerde bedreiging voor de volksgezondheid in Europa. Ook in Nederland blijft het risico substantieel. Het Nationaal Hitteplan (NHP) werd in 2007 ingevoerd en in 2024–2025 geëvalueerd. Dit rapport ondersteunt de doorontwikkeling van het NHP en de integratie met de KNMI-waarschuwingssystematiek. Het gaat in op de huidige werking van het waarschuwingssysteem, plaatst deze in de Europese context, onderzoekt de werking van de code-roodprocedure voor extreme hitte en de mogelijke rol van de nieuwe index *hittekracht*, en sluit af met aanbevelingen voor verdere doorontwikkeling. Samen met de epidemiologische kennisnotitie van het RIVM vormt dit rapport de basis voor een doorontwikkeling van de waarschuwingssystematiek voor hitte.

Het KNMI waarschuwt via code geel, oranje en rood. Code geel werd in 2007 geïntroduceerd samen met het NHP en code oranje en rood zijn in 2015 toegevoegd en in 2021 herzien. Voor de huidige code geel en oranje dient de maximumtemperatuur als richtlijn, waarbij ook de potentiële impact wordt meegewogen. Code rood is in de basis gebaseerd op dezelfde meteorologische criteria als code oranje, maar opschaling van oranje naar rood is geheel impactgedreven en volgt uit een gezamenlijke inschatting van potentiële maatschappelijke gevolgen door het Weer Impact Team (WIT). Code rood voor hitte is nog nooit afgegeven; code oranje tot nu toe vijf keer. Bijna alle Europese landen waarschuwen inmiddels voor hitte, meestal op basis van temperatuur, maar de gebruikte indicatoren en criteria verschillen sterk. Ongeveer een kwart van de landen – met name in Zuid- en West-Europa – heeft epidemiologisch onderbouwde drempels.

Het WIT is een multidisciplinair overleg waarin experts uit onder meer mobiliteit, infrastructuur, hulpdiensten en de rijksoverheid de maatschappelijke gevolgen van extreem weer duiden en het KNMI adviseren over code rood. Het WIT kwam vier keer bijeen in relatie tot extreme hitte, maar adviseerde nooit tot opschaling naar code rood. Uit interviews blijkt dat het proces wordt gewaardeerd vanwege de gezamenlijke beeldvorming, maar dat er bij hitte structurele knelpunten zijn die het advies tot opschalen bemoeilijken. Het handelingsperspectief richting burgers bij code rood wordt niet door alle partners als kader gedeeld of als onderscheidend gezien ten opzichte van code oranje, wat vraagt om betere afstemming. Daarnaast is de samenstelling van het WIT sterk georiënteerd op openbare orde en veiligheid, mobiliteit en infrastructuur. Vertegenwoordigers uit deze domeinen gaven echter aan bij extreme hitte weinig aanleiding te zien om een code rood te adviseren vanuit hun domein, omdat hitte doorgaans geen acute netwerkonveiligheid veroorzaakt en binnen bestaande protocollen kan worden beheerst. De grootste hiterisico's liggen juist bij gezondheid en zorgcontinuïteit, mogelijk versterkt door energieproblemen, terwijl deze domeinen minder structureel zijn vertegenwoordigd en inzicht in near real-time gezondheidsimpact beperkt is. De flexibele samenstelling van het WIT biedt ruimte om te verkennen welke aanvullende partijen bij extreme hitte zouden moeten aansluiten. Tot slot kan maatschappelijke perceptie, onder meer via nieuws- en socialmediaberichtgeving, structureel worden benut in de gezamenlijke duiding, omdat deze informatie relevante context kan bieden voor het inschatten van ernst en beleving van het publiek.

De nieuwe index *hittekracht* wordt door het KNMI in 2026 operationeel geïntroduceerd om hittestress beter te duiden. Hittekracht is gebaseerd op de internationale maat Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) en combineert temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, wind en zonnestraling in een schaal van 0–10. Analyse van uurlijkse en dagelijkse gegevens voor De Bilt (1991–2025) laat zien dat de hittekracht tijdens activiteiten van het Nationaal Hitteplan meestal rond 6-7 lag, met uitschieters van 3 tot 10. Tegelijkertijd zijn er ook dagen met hittekracht 9 waarop de temperatuur gematigd blijft en die buiten een hittegolf vallen, wat illustreert dat hittekracht deels andere typen hittestress zichtbaar maakt dan temperatuur. Over het geheel genomen overlappen temperatuur- en hittekracht extremen voor ongeveer 70%. Ook ruimtelijk ontstaan duidelijke verschillen: locaties met hoge hittekracht komen niet altijd overeen met de plekken waar de hoogste temperaturen worden gemeten. De index biedt daarmee waardevolle aanvullende duiding voor de meteoroloog in situaties (momenten, locaties) waar de temperatuur niet extreem is maar de WBGT wel. Hitte kan dan immers op basis van temperatuur alleen niet extreem zijn en toch belastend zijn. Hoewel hittekracht geen formeel waarschuwingscriterium is, wordt de index wel betrokken in de bredere impactafweging en biedt het aanvullende informatie tijdens én buiten waarschuwingsperiodes voor diverse partners en sectoren.

Omdat de risico's door klimaatverandering, vergrijzing, verstedelijking en andere factoren verschuiven, is een periodieke evaluatie van drempels, werkwijze en onderliggende indicatoren noodzakelijk om het waarschuwingssysteem actueel en toekomstbestendig te houden. Daarnaast brengen nieuwe ontwikkelingen zoals eerder en plaatselijker waarschuwen zowel kansen als uitdagingen met zich mee. Het is belangrijk dat deze inzichten worden benut en geïntegreerd in zowel het nationale waarschuwingssysteem als in lokale hitteplannen. Een directe vervolgstap is dat KNMI en RIVM de gezamenlijke bevindingen vertalen naar hun werkprocessen en activatiecriteria voor de zomer van 2026. Hiermee kan Nederland toewerken naar een robuust, goed onderbouwd en meer impactgericht hittewaarschuwingmechanisme, dat recht doet aan de sterk toegenomen hitte in Nederland en de daarmee samenhangende maatschappelijke risico's.

Summary (English)

The frequency and intensity of extremely hot days are increasing rapidly in the Netherlands due to climate change. Heat has become the greatest climate-related threat to public health in Europe. It also poses a substantial risk in the Netherlands. The National Heatwave Plan (NHP) (a heat-health action plan) was introduced in 2007 and evaluated in 2024–2025. This report supports the further development of the NHP and its integration with KNMI's early warning system. It describes the current functioning of the heat early warning system, places it in the wider European context, examines the procedure for issuing a red warning for extreme heat and the potential role of the new *hittekracht* index, and concludes with recommendations for strengthening the system. Together with the RIVM epidemiological knowledge memo, this report forms the basis for further developing the early warning system for heat.

KNMI issues weather warnings using yellow, orange, and red codes. Yellow was introduced in 2007 along with NHP, while orange and red were added in 2015 and revised in 2021. For code yellow and orange, maximum temperature serves as a key guideline, while the potential impact is also taken into account. Code red is based on the same meteorological criteria as code orange, but escalation from orange to red is fully impact-based: it results from a joint assessment of potential societal impacts by the Weather Impact Team (WIT). Code red for heat has never been issued; Orange has been issued five times so far. Nearly all European countries now issue heat warnings, usually temperature-based, though indicators and thresholds vary widely. Around one-quarter of countries - mainly in Southern and Western Europe - use epidemiologically derived thresholds.

The Weather Impact Team (WIT) is a multidisciplinary consultation structure in which experts from the governmental, mobility, infrastructure and emergency services domains, among others, assess the potential societal impacts of extreme weather and advise KNMI on the issuance of a red warning. The WIT met four times in relation to extreme heat, but never recommended issuing a code red. Interviews with WIT partners show that the process is valued for its collective decision-making, but several challenges emerge specifically for heat. The action perspective of a red warning for the general public is not shared among all partners or seen as different from code orange, which requires better alignment. Furthermore, the WIT is strongly focused on public order and safety, mobility, and infrastructure. Representatives from these domains indicated to see little reason to advise a code red from the perspective of their domain, as heat rarely leads to acute network safety issues and can generally be managed within existing protocols. The greatest heat risks lie in the health sector and the continuity of care, possibly exacerbated by energy problems, while these areas are less structurally represented and insight into near real-time health impacts is limited. The flexible composition of the WIT offers an opportunity to explore which additional parties could be involved in the event of extreme heat. Finally, public perception, including through news and social media coverage, can be used more structurally in the joint interpretation within the WIT, as this information can provide relevant context for assessing severity and public perception.

The new '*Heat Force*' index will be introduced operationally by KNMI in 2026 to better characterise heat stress. Heat Force is based on the internationally recognised Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and combines air temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation on a scale from 0 to 10. Analysis of hourly and daily data for De Bilt (1991–2025) shows that Heat Force during activations of the National Heat Plan typically ranged between levels 6 and 7, with values spanning from 3 to 10. At the same time, there are days with a Heat Force level of 9 while air temperatures remain moderate and do not qualify as a heatwave. This illustrates that Heat Force captures types of thermal stress that are not fully reflected by temperature alone. Overall, temperature extremes and Heat Force extremes overlap in approximately 70% of cases. Spatial differences are also evident: locations experiencing high Heat Force do not always coincide with those recording the highest temperatures. The index therefore provides valuable additional guidance for meteorologists in situations (in time and location) where air temperature is not extreme, but WBGT indicates substantial heat stress. In such cases, heat may not appear exceptional based on temperature alone, yet still impose significant physiological strain. Although Heat Force does not serve as a formal warning criterion, the index is incorporated into broader impact assessments and provides supplementary information both during and outside official warning periods for various partners and sectors.

As risks continue to shift due to climate change, population ageing, and urbanisation, periodic evaluation of thresholds, procedures and underlying indicators is essential to keep the warning system current and future-proof. In addition, emerging developments such as earlier and more localised warnings bring both opportunities and challenges. These insights should be integrated into both the national warning system and local heat plans. A near-term next step is for KNMI and RIVM to translate the joint findings into their operational processes and activation criteria ahead of the 2026 summer season. Together, these efforts will support the development of a robust, evidence-based and more impact-oriented heat warning system, that does justice to the sharp increase in heat in the Netherlands and the associated societal risks.

1 Inleiding en probleemstelling

Nederland krijgt steeds vaker te maken met extreme hitte, met grote gevolgen voor de samenleving. De afgelopen tien jaar waren wereldwijd de warmste jaren ooit gemeten. Europa warmt ruim twee keer zo snel op als het mondiale gemiddelde en is daarmee het snelst opwarmende continent ter wereld [1]. Hittegolven vormen dan ook de grootste klimaatgerelateerde dreiging voor de volksgezondheid in Europa [2]. Recent RIVM-onderzoek laat bovendien zien dat in de periode 2010–2019 ruim 4.300 hittegerelateerde sterfgevallen voorkwamen, ondanks een relatieve afname van de temperatuur-sterfterisico's sinds 2007 [3]. Daarnaast leidt hitte tot verstoringen in infrastructuur, openbaar vervoer, waterkwaliteit, natuur en veehouderij (Parool, 2018; McGregor, 2024). De KNMI'23-scenario's laten zien dat het aantal extreem warme dagen deze eeuw sterk zal blijven toenemen [4], waardoor zonder aanvullende maatregelen de risico's waarschijnlijk verder toe zullen nemen.

Effectieve hittewaarschuwingssystemen zijn essentieel, zodat mensen en organisaties op tijd maatregelen kunnen treffen om de gevolgen van extreme hitte te beperken. Internationaal onderzoek toont aan dat hittewaarschuwingen sterfte, ziekenhuisopnames, en ambulance-inzet significant kunnen verminderen [5]–[7], waardoor een effectief waarschuwingssysteem een belangrijke vorm van klimaatadaptatie vormt. Om gezondheidsrisico's tijdens hittegolven te beperken in Nederland, ontwikkelde het RIVM in 2007 samen met verschillende partners het Nationaal Hitteplan (NHP). Het KNMI levert hiervoor de meteorologische input; het RIVM activeert vervolgens het NHP, dat bestaat uit een landelijke communicatieboodschap en adviezen aan zorgverleners en gemeenten. In de huidige praktijk kan het NHP slechts worden in- of uitgeschakeld (aan/uit). Activatie op provincieniveau is mogelijk. Het KNMI-waarschuwingssysteem voor hitte, dat aanvankelijk uitsluitend bedoeld was als trigger voor het NHP (code geel), is in 2015 uitgebreid met code oranje, rood, en een tweede code geel criterium die losstaat van NHP-activatie en betrekking heeft op kortdurende extreme hitte.

In 2024-2025 is het Nationaal Hitteplan voor het eerst geëvalueerd. De evaluatie laat zien dat er de afgelopen 20 jaar een vermindering van hittegerelateerde sterfte heeft plaatsgevonden, waarschijnlijk door een combinatie van factoren zoals de introductie van het NHP, groter risicobewustzijn en meer hittewerende maatregelen [3]. Tegelijkertijd blijft het risico op ernstige gezondheidseffecten hoog, en kwamen uit de evaluatie meerdere knelpunten naar voren. Het NHP werkt momenteel binair (actief/inactief) en biedt daardoor geen mogelijkheid om te differentiëren naar ernst, terwijl gezondheidseffecten juist geleidelijk toenemen. De gebruikte hitte-indicator (maximumtemperatuur) en activatiedrempels zijn bovendien uitsluitend meteorologisch bepaald en tot op heden niet epidemiologisch onderbouwd – al wordt impact sinds 2024 wel meegewogen in de uitgifte door middel van expert judgement door de meteoroloog. Door de afwezigheid van epidemiologische onderbouwing is echter onduidelijk of de huidige drempels optimaal beschermen tegen gezondheids- en sterfte-effecten.

Om deze redenen is een herbeoordeling van de huidige systematiek noodzakelijk. Deze doorontwikkeling wordt ondersteund door twee samenhangende rapporten: 1) een RIVM-kennisnotitie die de epidemiologische basis biedt voor herziene activatiedrempels (inclusief

inzicht in temperatuur-sterfterisico's, hitte-indicatoren, nachttemperaturen en acclimatisatie), en 2) dit KNMI-rapport, waarin de operationele waarschuwingssystematiek wordt geanalyseerd, inclusief internationale vergelijkingen, de code-roodsystematiek en de mogelijke rol van aanvullende hitte-indicatoren zoals de WBGT/hittekracht. Gezamenlijk vormen deze rapporten een advies voor het versterken en meer impactgericht maken van het hittewaarschuwings- en responsmechanisme, waarin activatiedrempels beter worden onderbouwd met gezondheidsgegevens.

Dit rapport is opgesteld als volgt:

- De huidige KNMI/RIVM hittewaarschuwingssystematiek (*hoofdstuk 2*)
- Een internationale scan van hittewaarschuwingssystemen (*hoofdstuk 3*)
- De systematiek rondom opschaling naar code rood, mogelijke cascade-effecten en huidige knelpunten (*hoofdstuk 4*)
- De mogelijke rol van de nieuwe 'hittekracht' index binnen de systematiek (*hoofdstuk 5*);
- Conclusie en vervolgstappen voor verdere doorontwikkeling (*hoofdstuk 6*)

2 Huidige waarschuwingssystematiek voor hitte

Dit hoofdstuk beschrijft de KNMI-waarschuwingssystematiek voor hitte zoals deze in december 2025 van kracht was. Het gaat in op de ontwikkeling van het systeem, de huidige criteria en werkwijze, en de belangrijkste lessen uit eerdere hittegolven.

2.1 Werkwijze KNMI-weerwaarschuwingen

2.1.1 Waarschuwningsniveaus en meteorologische richtlijnen

KNMI gebruikt een kleurcodesysteem om toenemende niveaus van gevaar aan te duiden: code geel, oranje en rood. De richtlijnen voor hitte zijn weergegeven in Tabel 1. Deze meteorologische grenswaarden dienen als richtlijn; KNMI kan daarvan afwijken op basis van expert judgement wanneer de verwachte impact daartoe aanleiding geeft. Hoewel bij hitte de maximumtemperatuur de primaire indicator is, worden bij opschaling ook andere factoren meegewogen. Voor de impactinschatting wordt momenteel gebruikgemaakt van een handreiking waarin de volgende elementen voorkomen: timing, locatie, menselijke activiteit, duur en voorgeschiedenis, media-aandacht en 'awareness', en het optreden van code oranje-criteria in nabijgelegen regio's. Bij afwijking van de meteorologische richtlijn legt de veiligheidsmeteoroloog de reden van afwijken vast.

Tabel 1: Meteorologische richtlijnen voor huidige KNMI-weerwaarschuwingen voor hitte

Waarschuwing	Meteorologische grenswaarde	Kansdrempel	Verwachtingshorizon
Code geel	<ul style="list-style-type: none">Activatie NHP (n.a.v. automatische signalering 4 dagen 27°C in ECMWF)≥ 1 dag met maximumtemperatuur ≥ 35°C	n.v.t. ≥ 60%	48 uur
Code oranje	<ul style="list-style-type: none">≥ 3 dagen op rij met maximumtemperatuur ≥ 34°COF ≥ 2 dagen op rij met maximumtemperatuur ≥ 36°COF ≥ 1 dag met maximumtemperatuur ≥ 38°C	≥ 60% (consultatie en oordeelsronde vanaf ≥30%)	24 uur
Code rood (weeralarm)	<ul style="list-style-type: none">Impactanalyse o.b.v. WIT-advies (zie 2.1.6)	n.v.t.	24 uur

2.1.2 Ruimtelijke schaal en verwachtingshorizon

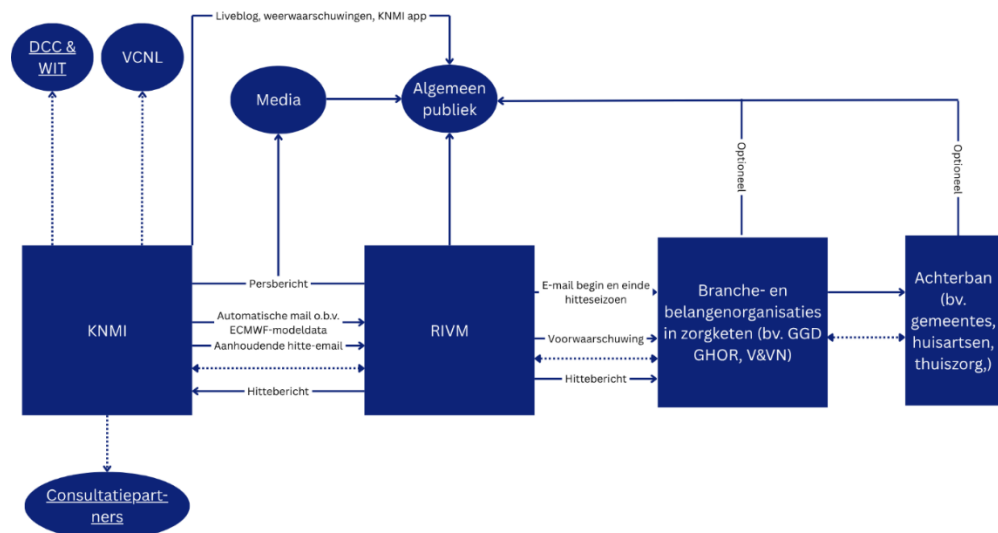
Conform de Regeling Taken Meteorologie en Seismologie (Rtms) worden weerwaarschuwingen niet eerder dan 48 uur (code geel) en 24 uur (code oranje/rood) voor het verwachte weer uitgegeven. De waarschuwingen worden sinds 2010 op provincieniveau gegeven, waarbij naast de provincies de IJsselmeergebieden, Waddeneilanden en de Waddenzee ook als aparte waarschuwingsgebieden gelden. Voor een code oranje of rood geldt formeel dat het weersfenomeen in een gebied ter grootte van de Standaard Gebieds Grootte (SGG) verwacht dient te worden (ten minste 50 x 50 km of een coherente band met lengte van tenminste 50 km). Voor hitte is dit minder bepalend, omdat hitte meestal al grootschalig voorkomt; de ruimtelijke afbakening gebeurt daarom vooral op basis van expert judgement.

2.1.3 Uitgifte code geel n.a.v. activatie NHP

Het RIVM ontvangt dagelijks een automatische e-mail van het KNMI zodra er, meer dan 24 uur vooruit, >10% kans is op vier opeenvolgende dagen met een maximumtemperatuur van minimaal 27°C. Hierbij wordt de verwachtingswaarde uit het ECMWF-weermodel gebruikt. 27°C is een signaleringswaarde voor de kans op een hittegolf. Het RIVM kan naar aanleiding van de automatische e-mail contact opnemen met de veiligheidsmeteoroloog voor een extra toelichting en eventueel hierop besluiten om een e-mail met een waarschuwing naar betrokken branche- en belangenorganisaties te sturen (zie Figuur 1 voor de communicatielijnen).

Indien het NHP wordt geactiveerd, informeert het RIVM de veiligheidsmeteoroloog. Vanaf het moment waarop het NHP in werking is, stelt de veiligheidsmeteoroloog een aanhoudende-hitte e-mail op: een hitteverwachting voor de komende twee dagen, met een outlook tot 10 dagen vooruit, waarin onder meer temperatuur (incl. nacht), wind, relatieve vochtigheid, en uitstaande waarschuwingen worden toegelicht. Waar nodig wordt deze informatie geregionaliseerd. Het RIVM maakt gebruik van deze informatie om een Hittebericht op te stellen, dat via branche- en belangenorganisaties wordt verspreid naar hun achterban en, indien nodig, naar het algemene publiek. Het RIVM ondersteunt met communicatiematerialen¹ en GGD'en kunnen aanvullend advies vragen.

Zodra het NHP actief is, geeft KNMI binnen de reguliere wettelijke termijn van 0–48 uur ook de bijbehorende weerwaarschuwing uit. Zolang het NHP van kracht is, worden de waarschuwingen dagelijks door het KNMI bijgewerkt en wordt de aanhoudende-hitte email elke ochtend om 08.00 uur door de veiligheidsmeteoroloog gestuurd, gevolgd door een kort telefonisch overleg. Het NHP wordt niet direct beëindigd bij een tijdelijke daling onder de grenswaarden wanneer duidelijk is dat de hitte daarna terugkeert. RIVM en KNMI stemmen onderling af wanneer er aanleiding is het NHP te beëindigen.



Figuur 1: Communicatielijnen voor en tijdens activatie NHP.

Onderbroken lijnen betreffen telefonische communicatielijnen, doorgetrokken lijnen schriftelijk (bv. per e-mail). Onderstreepte partijen worden alleen benaderd bij een kans van 30% of meer op code oranje.

¹ <https://www.rivm.nl/hitte/communicatiematerialen>

2.1.4 *Uitgifte code geel zonder activatie NHP*

Ook wanneer het NHP niet is geactiveerd, kan het KNMI sinds een aantal jaren een code geel uitgeven voor hitte. Dit gebeurt wanneer één dag met een maximumtemperatuur $\geq 35^{\circ}\text{C}$ wordt verwacht (zie Tabel 1), zodat ook voor kortdurende maar extreme hitte kan worden gewaarschuwd voor een bredere doelgroep. Bij een dergelijke waarschuwing overlegt de veiligheidsmeteoroloog met de pikethouder Weer- en Klimaatdiensten (WKD) van het KNMI. Het RIVM en het VCNL worden telefonisch geïnformeerd over het besluit.

2.1.5 *Uitgifte code oranje*

Alle dienstdoende meteorologen vullen een kansschattingsformulier in zodra minimaal één van hen verwacht dat er binnen 48 uur 30% of meer kans is op overschrijding van de richtlijn code oranje/rood (zie tabel 1). Als de gemiddelde kans onder de 30% komt of het weerfenomeen pas meer dan 48 uur vooruit optreedt, dan is er geen verdere actie nodig. Als de kans op 30% of meer uitkomt, wordt een logboek opgestart en de pikethouder WKD en calamiteitenmeteoroloog geïnformeerd. De pikethouder informeert persvoorlichting, neemt contact op met DCC-IenW en overlegt of er behoefte is aan een digitaal Weer Impact Team (WIT) overleg.

De Pikethouder WKD kan verschillende consultatiebronnen inzetten ten aanzien van de ontwikkeling van een code oranje: externe overheidspartners, commerciële meteopartners en het KNMI Expertteam (optioneel bij 30-60% kans, noodzakelijk bij $\geq 60\%$ kans). Op grond van de kans van optreden, de snelheid waarmee de kans zich ontwikkelt, het moment en de locatie van de verwachte code oranje kan de pikethouder besluiten om één of meerdere bronnen niet te consulteren. Bij een kans op benadering of overschrijding van $>60\%$ binnen 24 uur, waarbij de hitte zich voordoet binnen een SGG, wordt een code oranje uitgegeven, tenzij hier op basis van de verwachte impact anders op wordt besloten. Het genomen besluit wordt teruggekoppeld aan de consultatiepartners, ook als er besloten wordt tot het niet uitgeven van een code oranje. Bij uitgifte van code oranje voor extreme hitte dient RIVM op de hoogte gesteld te worden. Het RIVM hanteert sinds 2020 namelijk voor een code oranje een andere communicatieboodschap met handelingsperspectief dan voor code geel. Waar het bij code geel gaat om aanhoudende hitte die gevaarlijk kan zijn voor kwetsbare groepen, gaat het bij code oranje om extreme hitte, met de hele populatie als doelgroep van de waarschuwingen [8].

2.1.6 *Uitgifte code rood*

Na de uitgifte van een code oranje wordt met DCC-IenW overlegd of er behoefte is aan een Weer Impact Team (WIT) overleg. Het WIT is een overlegstructuur waarin experts de potentiële maatschappelijke gevolgen van extreem weer beoordelen en het KNMI hierover informeren. Het WIT komt bijeen indien één van de WIT-leden inschat dat de impact van het weer maatschappij-ontwrichtend kan zijn, of wanneer er een kleine kans is op een zeer groot risico op letsel, schade en grote overlast. Een voorloper van het WIT is rond 2010 ingesteld naar aanleiding van een politiek besluit om de beoordeling van een mogelijke code rood breder te verankeren en samen met maatschappelijke partners tot een meer gedragen advies te komen.

In het WIT zijn standaard de volgende partijen vertegenwoordigd: VCNL, ProRail, NCC, KCR2, DCC-IenW en KNMI, maar is de samenstelling flexibel en kunnen partijen op aanvraag worden bijgevoegd. Hoewel het RIVM geen formeel WIT-lid is, sluit RIVM in de praktijk altijd aan bij het WIT-overleg over extreme hitte. De

besluitvorming is een gezamenlijke afweging en geldt niet als een optelsom van sectorbelangen of als de meeste stemmen; afhankelijk van het type fenomeen kunnen sectoren daarbij zwaarder of lichter wegen.

Een impacttool waarin de verschillende aspecten van impact naar voren komen (timing, duur, mogelijkheid tot verkleinen risico's, etc.) ondersteunt de afweging van WIT-leden door impactinschattingen vooraf te structureren en transparanter te maken. Aan het eind van het WIT-overleg volgt een stemronde, waarin elk lid van het team positief of negatief advies geeft t.a.v. het opschalen van een code oranje naar code rood (weeralarm). Op basis van het advies van het WIT neemt de pikethouder een besluit over de eventuele uitgifte van een code rood. Dit besluit wordt teruggekoppeld aan de consultatiepartners.

2.2 Werkwijze alertering Mogelijk Gevaarlijk Weer en KNMI Risicobeeld

Voor de meerdaagse periode (2 t/m 6 dagen vooruit) kan de veiligheidsmeteoroloog geen formele waarschuwing, maar wel een alertering uitgeven. Een Mogelijk Gevaarlijk Weer (MGW) is een attendering van de mogelijkheid van het optreden van gevaarlijk weer. Dit bericht is geen officiële waarschuwing (code geel/oranje/rood) en wordt voor hitte uitgegeven wanneer er voor de verwachtingsperiode een kans is van $\geq 60\%$ op overschrijding van de richtlijn voor code geel, of wanneer er al een waarschuwing voor hitte uitstaat en er $\geq 30\%$ kans is op overschrijding van de richtlijn voor code oranje. Voor uitgifte van een MGW voor hitte neemt de meteoroloog contact op met het RIVM. Een MGW wordt op de KNMI-website op landelijk niveau getoond inclusief een tekstuele toelichting. In de KNMI-app wordt deze reeds op lokale schaal getoond afhankelijk van de gekozen woonplaats van de gebruiker en een door de meteoroloog getekend gebied (polygoon).

Tevens biedt het KNMI dagelijks een KNMI Risicobeeld aan externe stakeholders, waarbij er een inschatting wordt gegeven van de kans op uitgifte van waarschuwingen voor de komende 7 dagen. Met dit product worden professionele afnemers op de hoogte gesteld als er $\geq 10\%$ kans is op een code oranje of een $\geq 30\%$ kans op code geel. Dit helpt afnemers in hun planning, bijv. het bepalen van beschikbare capaciteit en extra bemensen van brandweer- en politiecentrales.

2.3 Historische ontwikkeling en geleerde lessen (2007-2025)

2.3.1 2007-2015: Invoering code geel, oranje en rood

In 2007 werd het Nationaal Hitteplan (NHP) opgesteld in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), in samenwerking met het RIVM, het KNMI, het Nederlandse Rode Kruis, GGD Nederland en GHOR-Nederland [9], [10]. Het plan kwam voort uit de extreme hittegolven van 2003 en 2006 en richtte zich primair op het beschermen van kwetsbare groepen. Het omvatte zowel de meteorologische criteria voor waarschuwingen als afspraken over rollen, verantwoordelijkheden en communicatie richting zorginstellingen, professionals en het publiek.

Tussen 2010 en 2015 werd het NHP vrijwel jaarlijks geactiveerd. In 2015 vond de eerste herziening van het NHP plaats, met enkele aanpassingen: de mogelijkheid om het plan per provincie te activeren (in plaats van uitsluitend landelijk), het toevoegen van een expliciet bericht om de activatie te beëindigen, en het actualiseren van taken van betrokken organisaties [10]. In datzelfde jaar herzag het KNMI het volledige waarschuwingssysteem en introduceerde het gestapelde

waarschuwingsniveaus (code geel, oranje en rood) voor alle weersverschijnselen, waaronder extreme hitte [11].

2.3.2 2015-2020: Eerste codes oranje voor hitte

Code oranje voor hitte was aanvankelijk gebaseerd op drie opeenvolgende dagen met hoge maximum- en minimumtemperaturen. Hierbij hoorde ook het criterium dat de minimumtemperatuur in de nacht niet onder de 18°C mocht komen. De minimumtemperatuur varieerde echter sterk per locatie, was lastig betrouwbaar te verwachten en lag in stedelijke gebieden structureel hoger door het stedelijk hitte-eilandeffect. Dit leidde in de eerste jaren na de invoering van de waarschuwingssystematiek in 2015 tot onduidelijkheden rondom de uitgifte van hittewaarschuwingen.

Op 24 augustus 2016 werd voor een mogelijke code oranje in het zuidoosten van het land het expertteam bijeengeroepen en een consultatie gestart. In dit expertteam werd besloten om geen code oranje uit te geven. In de After Action Review is voorgesteld te onderzoeken wat de meerwaarde (en het handelingsperspectief) van code oranje en evt. rood is t.o.v. code geel in een situatie waarbij het Nationaal Hitteplan actief is en er code geel uitstaat.

Op 24 juli 2018 gaf het KNMI voor het eerst een code oranje uit voor extreme hitte voor het hele land, m.u.v. het Waddengebied. In het evaluatierapport is te lezen dat er in 2017 was besloten om geen codes oranje voor hitte (en koude) uit te geven. De situatie was dit keer echter volledig anders: er werden twee opeenvolgende dagen maximumtemperaturen van 35-37°C verwacht in combinatie met minimumtemperaturen van circa 20°C. Om die reden werd toch het opschalingsproces opgestart, waarbij er veel contact was met het WIT en het RIVM. De procedure voor het uitgeven van een code oranje was destijds nog niet uitgewerkt vanwege het eerder genoemde besluit uit 2017. De dienstdoende veiligheidsmeteoroloog vroeg hierop om z.s.m. aandacht te besteden aan de criteria voor oranje, met aandacht voor de volgende vragen:

- Hoe ver moeten de criteria overschreden worden om tot uitgifte te kunnen overgaan?
- Wat is de mogelijke meerwaarde van een code oranje als mensen reeds gewaarschuwd zijn door het NHP?

Op 23 juni 2019 werd het NHP geactiveerd. Voor het zuidoosten werd die dag een kansinschatting uitgevoerd voor een mogelijke code oranje. De grootste onzekerheid lag destijds bij de minimumtemperatuur, waarvan het criterium net wel of niet gehaald zou worden. Er werd besloten geen oranje uit te geven. In de aanbevelingen is te lezen dat er in de criteria geen rekening wordt gehouden met extreme maxima voor één dag en dat de definitie van code oranje voor hitte moet worden verhelderd. Zo zou niet duidelijk zijn geweest hoeveel warme nachten vereist waren voor het gestelde criterium. Een maand later gaf het KNMI alsnog een code oranje uit voor aanhoudende extreme hitte. Ook deze keer werd de restrictie voor de hoge minimumtemperaturen als te rigide ervaren, aangezien verschillende hittestatistiekrecords verbroken zouden worden terwijl er op veel plaatsen formeel niet aan het criterium voor code oranje werd voldaan. In het evaluatierapport werd daarom aanbevolen om de minimumtemperatuur niet meer in beschouwing te nemen bij de uitgifte van een code oranje.

Na de twee code oranje situaties in 2018 en 2019 breidde RIVM tevens zijn communicatiestrategie uit, onder meer met een publieksgerichte

infographic over hittegerelateerde gezondheidsrisico's. Daarbij werden de doelgroepen meer afgestemd op de kleurcode.

Op 6 augustus 2020 overlegde het KNMI-expertteam over de weersituatie van 8 t/m 12 augustus vanwege de langdurige verwachte hitte. In dit overleg is voorgesteld om eenmalig aangepaste criteria te hanteren, omdat de criteria voor code oranje niet goed pasten bij de (veronderstelde) extra impact ten opzichte van code geel. Daarom zijn voor de code oranje de volgende criteria gehanteerd: 3 dagen $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$ en $T_{min} \geq 20^{\circ}\text{C}$. Op basis van deze criteria is op 7 augustus besloten om een code oranje uit te geven voor Zeeland, Noord-Brabant, Gelderland en Limburg. Naar aanleiding van deze casus is wederom aanbevolen om tot een beter criterium te komen voor hitte dat recht doet aan de impact ervan en houdbaar blijft in tijden van klimaatverandering.

2.3.3 *2021-2025: Herziening waarschuwingscriteria*

Uit de hierboven beschreven casuïstiek kwam naar voren dat er problemen werden ondervonden met de criteria voor code oranje en de meerwaarde hiervan ten opzichte van een code geel. Het enige verschil tussen de criteria voor een code geel en oranje voor hitte waren de vereisten voor de minimumtemperaturen. Dit sloot niet aan bij de beleving in de maatschappij: gevoelsmatig zouden bij een code oranje ook extremere maximumtemperaturen moeten voorkomen. In de evaluatierapporten stonden dan ook meerdere aanbevelingen om de criteria voor code oranje voor hitte aan te passen. Daartoe is een klimatologische studie uitgevoerd naar de herhalingstijden van verschillende combinaties en regio's. Uitgangspunt was ook om hierbij niet meer de minimumtemperatuur te gebruiken. In 2021 is besloten de minimumtemperatuur als formeel criterium te schrappen.

Op maandag 18 juli 2022 werd een code oranje uitgegeven voor 19 juli. Het was de eerste keer dat dit volgens één van de nieuwe criteria gebeurde: 1 dag met een $T_{max} \geq 38^{\circ}\text{C}$. In het evaluatierapport is aanbevolen in de richtlijnen op te nemen voor welke periode een oranje voor hitte uitgegeven moet worden. Als de code voor één dag geldt, is dat dan de hele dag, of een gedeelte van de dag, alleen het uurvak waarop de T_{max} bereikt wordt? Ook werd de vraag gesteld met betrekking tot het Stedelijk Hitte-eiland Effect (SHE): er gold geen code oranje voor Noord-Holland, en dus ook niet voor Amsterdam, terwijl het in steden nog warmer wordt/werd dan op de plaatsen van de AWS'en. Hoe gaan we third party data hier in de toekomst bij betrekken of hoe gaan we in de toekomst om met het verschil tussen regio en stad?

In de afgelopen jaren is het KNMI-waarschuwingssysteem verschoven naar een flexibelere en meer impactgerichte benadering. Sinds 2024 dienen de meteorologische criteria als richtlijn in plaats van als harde drempels en kunnen meteorologen op alle waarschuwningsniveaus afwijken op basis van aanvullende factoren en de verwachte maatschappelijke impact. De nachttemperatuur is geen formeel criterium meer, maar wordt derhalve nog wel meegewogen als (impact)factor.

Op maandag 30 juni 2025 werd er een code oranje uitgegeven voor hitte op 1 en 2 juli. De verwachting was dat het in het zuidoosten van Nederland twee dagen achter elkaar meer dan 36 graden kon worden. In het evaluatierapport werd aanbevolen om het moment van uitgifte goed af te stemmen met het RIVM, aangezien het KNMI de voorkeur bleek te hebben voor een andere timing dan het RIVM. Waar de focus van het KNMI ligt op early warning maar vanwege de wet gebonden is

aan de 48-uurstermijn, heeft het RIVM de voorkeur het moment van uitgifte af te stemmen met de bezetting bij de ketenpartners. Op vrijdag waarschuwen was wettelijk dus niet mogelijk, maar in het weekend zijn de branche- en belangenorganisaties niet allemaal bezet. Daarom werd de waarschuwing pas na het weekend uitgegeven. Op dinsdag 12 augustus werd wederom het NHP geactiveerd, dit werd op maandag gecommuniceerd.

2.3.4 *Geleerde lessen en openstaande vragen*

Uit de casuïstiek in het verleden zijn enkele aanbevelingen en constatering gekomen. Een gedeelte hiervan, zoals het loslaten van het harde criterium m.b.t. de minimumtemperatuur en het uitwerken van het protocol voor een code oranje, zijn reeds opgevolgd. Wel zijn er enkele openstaande vragen/actiepunten die nog niet (volledig) zijn geadresseerd:

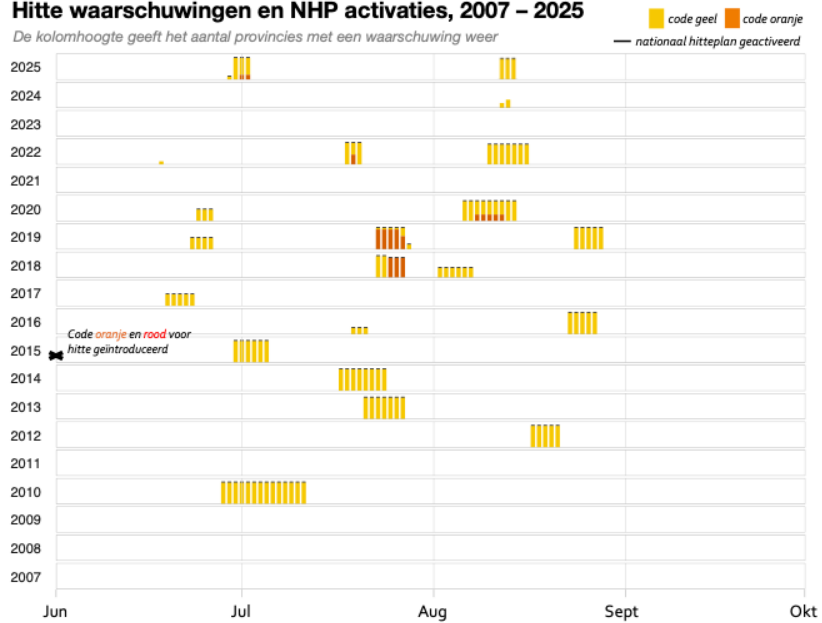
- *Wat is in een situatie waarbij het Nationaal Hitteplan actief is en er code geel uitstaat de meerwaarde, ook qua handelingsperspectief, van code oranje en evt. rood t.o.v. code geel? Met de handelingsperspectieven voor het algemene publiek die het KNMI reeds heeft ontwikkeld, aan te vullen door vernieuwde handelingsperspectieven van het RIVM, zal dit geadresseerd worden, ook voor code rood.*
- *Hoe gaan we second- of third-party data in de toekomst betrekken bij de waarschuwingen en/of hoe gaan we in de toekomst om met het verschil tussen regio en stad?*
- *Waar de focus van het KNMI ligt op early warning maar gebonden is aan een 48-uurstermijn, heeft het RIVM de voorkeur het moment van uitgifte af te stemmen op bezetting bij ketenpartners (in het weekend is niemand aanwezig). Op basis waarvan wordt de timing bepaald en hoe stem je die twee aanpakken op elkaar af?*

2.3.5 *Overzicht van historische waarschuwingen (2007-2025)*

Van 2007 tot 2025 heeft het KNMI 21 keer code geel uitgegeven voor extreme hitte in minimaal 1 provincie, verspreid over in totaal 108 dagen (gemiddeld circa 1 event en 5,7 dagen per jaar) (Figuur 2). Het NHP werd in die periode 19 keer geactiveerd. Het waarschuwingssysteem werd in 2007 ingevoerd, maar de eerste daadwerkelijke activatie vond pas plaats in 2010, tijdens een uitzonderlijk lange hittegolf, waarin bijna alle provincies gedurende bijna twee weken onder waarschuwing stonden. In 2015 werd code oranje formeel toegevoegd als hogere waarschuwingscategorie, en voor het eerst toegepast in 2018. De jaren 2018, 2019 en 2020 springen eruit als drie opeenvolgende, zeer extreme zomers, elk met meerdere waarschuwingen waarvan minimaal één code oranje. In 2022 en 2024 werd code geel incidenteel uitgegeven voor korte maar extreme hitte (1 dag $\geq 35^{\circ}\text{C}$), zonder activatie van het NHP. In totaal is code oranje 5 keer uitgegeven, voor 16 dagen in totaal (gemiddeld 0,8 dagen per jaar). Code rood is nog nooit afgegeven. In vergelijking met andere weersfenomenen worden hittewaarschuwingen relatief minder frequent afgegeven.

Hitte waarschuwingen en NHP activiteiten, 2007 – 2025

De kolomhoogte geeft het aantal provincies met een waarschuwing weer



Figuur 2: Aantal hittewaarschuwingen en activiteiten van het Nationaal Hitteplan, 2007–2025. (21× code geel, 5× code oranje, 19× NHP-activaties)

3 Internationale hittewaarschuwingssystemen: huidige praktijk en ontwikkelingen

In dit hoofdstuk schetsen we de internationale context van hittewaarschuwingssystemen met een focus op Europa. De bevindingen zijn gebaseerd op literatuuronderzoek en een systematische scan van websites van meteorologische diensten en mediaberichten over waarschuwingssystemen (najaar 2025). Het doel is om trends, verschillen en lessen te identificeren die relevant zijn voor de verdere doorontwikkeling van het Nederlandse systeem.

3.1 Een korte geschiedenis van hittewaarschuwingssystemen

De eerste waarschuwingssystemen voor hitte werden tegen het einde van de 20ste eeuw opgezet, als reactie op dodelijke hittegolven die het gebrek aan voorzorgsmaatregelen blootlegden. In 1995 werd in Philadelphia (VS) een van de eerste systemen ontwikkeld, expliciet gericht op het beperken van hittegerelateerde sterfte [12]. Andere Noord-Amerikaanse steden volgden. Rond de eeuwwisseling werden ook in Lissabon, Rome, Shanghai en Toronto stedelijke systemen opgezet [13]. Het grote Europese omslagpunt kwam echter na de extreme hittegolf van 2003, waarbij in twaalf landen meer dan 70.000 doden vielen. In de jaren daarna introduceerden o.a. Frankrijk, Duitsland, België en het Verenigd Koninkrijk nationale systemen [14]. Nederland volgde in 2007 na een tweede extreme hittegolf in 2006. Binnen drie jaar verdubbelde het aantal EU-landen met hittewaarschuwingen van 16 in 2006 naar 28 in 2009 [14]. Finland en Zweden volgden later in 2011 en 2013.

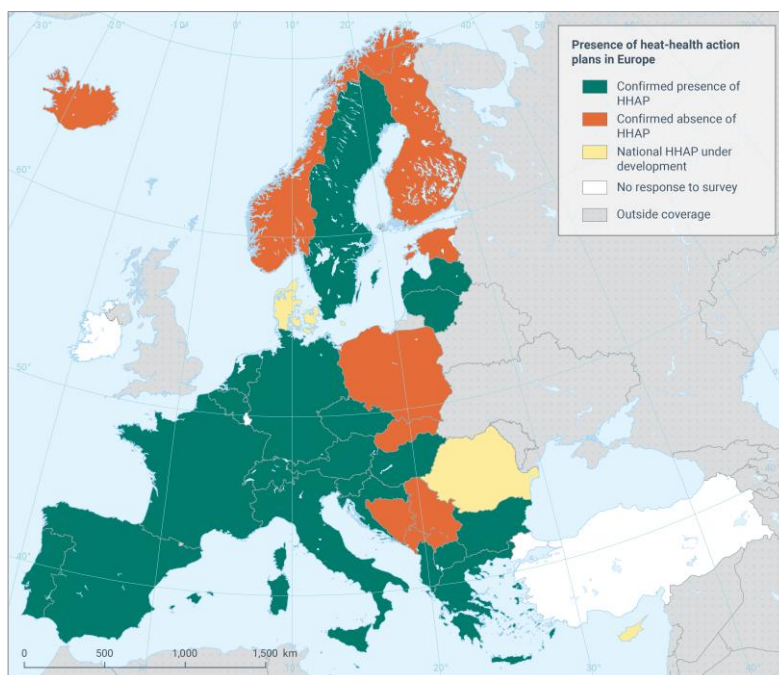
3.2 Huidige status van hittewaarschuwingssystemen in Europa

3.2.1 Typen hittewaarschuwingssystemen en hitteplannen

De huidige praktijk in Europa laat een sterke groei zien in hittewaarschuwingssystemen en hitte-gezondheidsplannen over de afgelopen twee decennia, maar met een hoge mate van diversiteit in hitte-indicatoren, methodes van drempelwaardes vaststellen, en beleidsmodellen. De WMO/WHO onderscheidt twee hoofdtypen van systemen:

1. *Hitte(golf) waarschuwingssystemen (heat(wave) early warning systems - HEWS):* Deze systemen zijn volledig meteorologisch van aard. Ze waarschuwen op basis van klimatologische drempels, zoals hoge maximum- en minimumtemperaturen gedurende meerdere dagen, en kunnen zowel voor langdurige hittegolven als kortdurende extreme pieken waarschuwen.
2. *Hitte-gezondheidswaarschuwingssystemen (heat-health early warning systems - HHWS):* Deze systemen koppelen meteorologische gegevens aan gezondheidsdata. Ze vereisen epidemiologische analyses of kwetsbaarheids-/blootstellingsdata om kritische temperatuur-gezondheidsrelaties te bepalen (bijv. temperaturodrempels met verhoogde sterftetekans).

Uit onze analyse blijkt dat ongeveer een kwart van de Europese landen momenteel epidemiologisch onderbouwde drempels gebruikt (donkeroranje in figuur 3). Nederland hanteert op dit moment uitsluitend klimatologisch gebaseerde drempels. Daarnaast combineren sommige landen beide systemen: Portugal, het Verenigd Koninkrijk,



Reference data: © EuroGeographics, © FAO (UN), © TurkStat Source: European Commission – Eurostat/GISCO

Figuur 4: De staat van hittegezondheidsplannen (HHAP) in Europa. De meeste landen (12/28; 43%) hebben een hittegezondheidsplan op nationaal, regionaal of lokaal niveau. (Bron: [15])

3.2.2 Grote diversiteit in hitte-indicatoren

Hoewel inmiddels vrijwel alle Europese landen beschikken over een hittewaarschuwingssysteem, lopen de gebruikte indicatoren en drempelmethoden sterk uiteen en is er weinig overeenstemming over wat als 'best practice' kan worden beschouwd. Uit onze analyse blijkt dat de meeste landen uitsluitend maximumtemperatuur (Tmax) gebruiken als basis (net zoals Nederland), terwijl andere landen combinaties hanteren zoals Tmax/Tmin, Tmax/Tmean of alleen Tmean. Een kleiner aantal landen maakt gebruik van meer geavanceerde thermische stressindices, zoals de Perceived Temperature (PT) - een thermische comfortindex die temperatuur, straling, wind en luchtvochtigheid combineert en is gebaseerd op een thermofysiologisch model (e.g. Oostenrijk, Duitsland, en Italië). Daarnaast hanteren sommige landen verschillende drempels per regio (o.a. het VK, Frankrijk, Spanje, Italië, Portugal, Slovenië, Cyprus en Griekenland), en Italië past bovendien seizoensgebonden drempels toe om acclimatisatie mee te wegen. Een volledig overzicht van indicatoren en drempelonderbouwingen per land is opgenomen in Tabel A1, Appendix A.

In de afgelopen jaren hebben diverse landen hun systemen aangepast op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten of operationele ervaring. Het Verenigd Koninkrijk introduceerde in 2023 een impactgeoriënteerd Heat-Health Alert-systeem onder leiding van de UK Health Security Agency (UKHSA), naast de Extreme Heat Warnings van de UK Met Office (REF). Zwitserland stapte in 2021 over van de Heat Index naar gemiddelde dagtemperatuur als primaire indicator, omdat deze beter overeenkomt met sterftepatronen [16]. Japan verving in 2020 temperatuurwaarschuwingen door WBGT-waarschuwingen, vanwege de sterkere relatie met gezondheidsrisico's [17].

Hoewel verschillen in methodes tussen landen logisch zijn vanwege variatie in klimaat, kwetsbaarheid van de bevolking, institutionele voorkeuren en beschikbare data of middelen, bemoeilijkt de diversiteit aan indicatoren de onderlinge vergelijkbaarheid en roept deze vragen op over de effectiviteit van bepaalde keuzes. Europa heeft inmiddels ruim twintig jaar ervaring met nationale hittewaarschuwingssystemen, maar gemeenschappelijke standaarden voor indicatoren en drempelmethoden ontbreken nog steeds, waardoor systemen sterk uiteenlopen. De keuze voor een hitte-indicator heeft directe consequenties: zij bepaalt mede de voorspelbaarheid (zoals hoe vroeg kan worden gewaarschuwd), de ruimtelijke dekking van de waarschuwing en de mate waarin de indicator correleert met sterfte en andere gezondheidseffecten [13], [18]–[21]. Zowel lokale toetsing als onderlinge kennisuitwisseling zullen essentieel zijn om best practices te bepalen.

3.2.3 *Evaluatie in een veranderend klimaat en maatschappij*

De drempels en systemen waarop Europese hittewaarschuwingen zijn gebaseerd, zijn historisch ontwikkeld en vaak decennia vrijwel onveranderd gebleven. Door klimaatverandering worden deze drempels echter steeds vaker overschreden: het aantal extreem warme dagen neemt in heel Europa, inclusief Nederland, duidelijk toe. Tegelijkertijd verschuiven maatschappelijke kwetsbaarheden door onder meer vergrijzing, alleenwonende ouderen, sociale isolatie, stedelijke ontwikkeling, en de toename van overgewicht en obesitas in de bevolking. Periodieke evaluatie van drempels - bijvoorbeeld elke vijf jaar - is nodig om waarschuwingen goed aan te laten sluiten op gezondheidseffecten en maatschappelijke behoeften, en om systemen toekomstbestendig te houden [7].

3.2.4 *Code rood voor hitte*

In de meeste Europese landen, zoals Frankrijk, Spanje, Italië, België en het Verenigd Koninkrijk, wordt code rood voor hitte afgegeven op basis van vaste meteorologische drempelwaarden. In 2025 gaven onder meer Frankrijk, Spanje, Italië, Portugal, Oostenrijk, Kroatië, Slovenië, Servië en Bosnië-Herzegovina code rood voor hitte af; eerder deden ook het VK (2022) en België (2019, 2020) dit. De Nederlandse systematiek werkt anders: code rood is niet gekoppeld aan vaste meteorologische grenswaarden, maar volgt op het bereiken van code-oranjecriteria in combinatie met een sectoroverstijgende inschatting van de verwachte maatschappelijke impact, in overleg met ketenpartners in het WIT (zie sectie 2.1.6). Deze aanpak - waarin meteorologen, crisispartners en gezondheidsautoriteiten gezamenlijk tot een besluit komen - zorgt voor een breed gedragen, impact-gewogen en contextspecifieke afweging. Een gevolg hiervan is dat code rood in Nederland minder frequent wordt ingezet dan in landen die uitsluitend op vooraf vastgelegde, meteorologische drempels leunen. Terwijl code rood elders vaker voorkomt, is deze in Nederland nog nooit uitgegeven en voorbehouden aan uitzonderlijke situaties waarin substantiële maatschappelijke ontwrichting wordt verwacht. De Nederlandse systematiek hiervan is nader beschreven in hoofdstuk 2 en geanalyseerd in hoofdstuk 4.

4 Code rood voor hitte: cascade-effecten en evaluatie WIT procedure

Het Weer Impact Team (WIT) adviseert het KNMI bij de afweging om code rood (weeralarm) af te geven op basis van een inschatting van de verwachte maatschappelijke impact van extreem weer, waaronder extreme hitte. In dit hoofdstuk wordt verkend welke cascade-effecten relevant zijn bij extreme hitte, in welke situaties een code rood voor hitte overwogen zou kunnen worden, en welke knelpunten en verbeterpunten WIT-partners zien in de huidige procedure voor opschaling naar code rood. De analyse is gebaseerd op semigestructureerde interviews met vertegenwoordigers van organisaties die direct of indirect betrokken zijn bij het WIT. Er is gesproken met vertegenwoordigers van DCC-IenW, RWS VWM, ProRail, KCR2, DCO (IenW), NCC, RIVM en het KNMI. Deelname aan de interviews was vrijwillig. Belangrijk om op te merken is dat niet alle geïnterviewde partners ervaring hebben met WIT-overleggen specifiek gericht op extreme hitte; de meeste hebben wel ervaring met WIT-overleggen voor andere typen extreem weer. Dit komt voornamelijk doordat waarschuwingen voor hitte minder vaak voorkomen vergeleken met andere weersfenomenen.

4.1 Aanleiding

Code rood wordt door het KNMI uitgegeven bij dreiging van extreem weer dat kan leiden tot ernstige schade, letsel en/of maatschappelijke ontwrichting. Code rood is gebaseerd op dezelfde meteorologische criteria als code oranje. Opschaling naar rood is hierbij uitsluitend afhankelijk van een inschatting van de verwachte maatschappelijke impact. Het KNMI wordt bij deze afweging geadviseerd door het WIT (zie hoofdstuk 2.1.6).

Uit recente workshops over code rood bij extreme hitte blijkt dat hitte wordt gezien als een bijzonder en complex type extreem weer [8], [22]. De grootste zorgen richten zich op mogelijke cascade-effecten, zoals verstoringen in vitale processen, verhoogde druk op hulpdiensten en capaciteitsverlies in de zorg, die moeilijk tijdig te duiden zijn door versnipperde informatie en het ontbreken van gedeelde indicatoren. Beide workshops benoemden dat het huidige NHP geen onderscheid maakt tussen code geel, oranje en rood. Specifieke handelingsperspectieven voor de zorgketen voor extreme hitte bij code oranje en rood ontbreken momenteel, wat de bereidheid en ervaren noodzaak tot opschaling vanuit de zorgpartners in het WIT kan beïnvloeden. Daarnaast werd opgemerkt dat hitte een grootschalig en regio-overstijgend fenomeen is dat om goede afstemming tussen regionale en landelijke partijen vraagt, maar dat in de praktijk verwachtingen over verantwoordelijkheden en besluitvorming niet altijd goed op elkaar aansluiten.

Het WIT is tot nu toe voor extreme hitte vier keer bij elkaar gekomen (in 2018, 2019, 2020 en 2022, zie hoofdstuk 2.3), waarbij het overleg in 2018 primair was gericht op de afweging om al dan niet tot code oranje over te gaan, aangezien dit de eerste toepassing van code oranje bij hitte betrof. Tot op heden is geen code rood geadviseerd of afgegeven. Met het oog op de toenemende frequentie en intensiteit van hittegolven door klimaatverandering is het daarom relevant om beter te begrijpen welke situaties door betrokken partijen als 'code-rood-waardig' worden beschouwd, welke informatie het WIT nodig heeft om

deze tijdig te duiden, en welke knelpunten in het huidige opschalingsproces de besluitvorming kunnen belemmeren. De interviewresultaten die in dit hoofdstuk worden besproken beogen hierin inzicht te bieden.

4.2 Wanneer kan extreme hitte aanleiding geven tot code rood?

4.2.1 Identificatie van potentiële effecten van extreme hitte

Extreme hitte kan leiden tot een opeenstapeling van verstoringen binnen vitale maatschappelijke systemen. In de interviews verkenden WIT-partners welke effecten bij uitzonderlijke of langdurige hitte relevant werden geacht; deze zijn samengevat in Tabel 2. De genoemde effecten werden verkennend en hypothetisch benoemd en niet als vaste voorwaarden voor opschaling naar code rood.

Tabel 2: Verkennende inventarisatie van potentiële impacts van extreme hitte en mogelijke (cascade-)samenhang benoemd door WIT-partners (niet uitputtend)

Directe of indirecte impact	Toelichting	Samenhang met impact #
1. Waterkwaliteit en -kwantiteit	Bijvoorbeeld blauwalg. Geen acute risico's, maar langer lopend proces en via regulier contact met KNMI gemonitord en onderdeel van LCW-structuur/ Landelijk Draaiboek Watertekort en Droogte LDWD.	3
2. Klemmende bruggen	Is laatste jaren vaker voorgekomen, maar infrastructuur reeds grotendeels op aangepast. Mogelijk restpunt bij bruggen in beheer bij provincies of gemeentes.	8
3. Gezondheids- en sterfterisico's	Directe gezondheidsimpact van hitte, met name voor kwetsbare groepen. Bij aanhoudende extreme hitte risico voor bredere doelgroep.	4, 7, 9, 10, 12
4. Geen aannemers beschikbaar i.v.m. onveilige (te hete) werkomgeving (arboreggeving)	Kan leiden tot vertraging in herstel van infrastructuur of materieel, met mogelijke gevolgen voor trein- weg- en schaalvaartverkeer en verhoogde gezondheidsrisico's voor gestrande reizigers.	3, 5
5. Schade aan spoorinfrastructuur (bovenleidingen, rails die uitzetten) en uitval van treinmaterieel	Preventieve/reactieve maatregelen worden reeds in gang gezet door ProRail voorafgaand aan het WIT-proces en zijn in een strak protocol georganiseerd.	4
6. Verhoogde kans op brand langs het spoor en rijkswegen door vonkvorming	Preventieve maatregelen zijn georganiseerd bij brandgevaarlijk weer; bij extreme omstandigheden kan verminderde inzetbaarheid van de brandweer een aandachtspunt zijn.	9
7. Mogelijke verstoring van energievoorziening	Tot nu toe alleen in winterse omstandigheden voorgekomen, maar risico op (lokale) verstoringen van energievoorziening blijft.	3, 11, 8, 5
8. Logistieke problemen in bevoorradingsketens	Extreme hitte kan leiden tot verstoringen of vertragingen in logistieke processen, bijvoorbeeld door storingen of bijzondere werkomstandigheden in distributiecentra.	2

9. Druk op inzetbaarheid van hulpdiensten (ambulance, brandweer)	Door bijzondere werkomstandigheden kunnen hulpdiensten minder of korter inzetbaar zijn. In combinatie met andere factoren, zoals droogte en natuurbranden, kan dit leiden tot een verhoogde vraag naar hulpdiensten en mogelijke overbelasting.	6, 3
10. Druk op ziekenhuiscapaciteit voor reguliere zorg	Bij verhoogde gezondheidsrisico's door hitte kan een groter beroep worden gedaan op acute zorg, met mogelijke gevolgen voor reguliere zorgverlening.	3
11. Gezondheidsrisico's voor vee en andere dieren (incl. transport)	Bij langdurige hitte kunnen bestaande koelvoorzieningen mogelijk onvoldoende blijken, met risico's voor dierenwelzijn.	
12. Slechte luchtkwaliteit en smogvorming	Hittegolven gaan vaak gepaard met ozonvorming in lagere luchtlagen in combinatie met beperkte luchtcirculatie, wat gezondheidsklachten kan verergeren.	3

4.2.2

Wanneer zouden deze effecten aanleiding geven tot een code rood?

Uit de interviews blijkt dat partners verschillende impactdomeinen benoemen die relevant kunnen zijn voor een afweging richting code rood. Deze zijn hieronder verder uitgewerkt. Tegelijkertijd werd duidelijk dat er geen expliciete of kwantitatieve drempels bestaan waarop een code rood bij hitte zou worden geadviseerd. Code rood werd vooral geassocieerd met situaties waarin meerdere sectoren gelijktijdig onder druk staan, de gevolgen niet langer binnen bestaande protocollen kunnen worden opgevangen en/of extreme hitte samenloopt met andere belastende omstandigheden, zoals grote evenementen. Hierdoor zou hitte de maatschappij kunnen ontwrichten. Desondanks bestaat er geen gedeeld of concreet beeld van wanneer hitte daadwerkelijk een code rood zou rechtvaardigen.

Gezondheid en zorgcontinuïteit: In de interviews werd aangegeven dat opschaling naar code rood denkbaar zou zijn, wanneer binnen de zorgketen (zoals SEH, ziekenhuizen, en hulpdiensten) capaciteitsproblemen ontstaan die de continuïteit van zorg bedreigen. Enkele WIT-leden noemden hierbij onder meer overbelaste spoedeisende hulp, tekortschietende ziekenhuiscapaciteit en ambulances, waarbij ook zorgpersoneel zelf wordt geraakt.

Vitale processen en ketenprocessen: Enkele partners benoemden mogelijke verstoringen van vitale processen, zoals koelsystemen, datacenters of technische installaties, als theoretische kwetsbaarheden bij extreme hitte. Tegelijkertijd gaf DCC-IenW aan dat veel van deze risico's inmiddels beter worden beheerst door klimaatadaptieve maatregelen en in de praktijk zelden doorslaggevend zijn in de afweging richting opschaling naar code rood.

Mobiliteit en reizigersveiligheid: Binnen het mobiliteitsdomein werd ook acute onveiligheid voor reizigers genoemd als mogelijke aanleiding voor opschaling. ProRail en DCO noemden situaties waarin treinen stilvallen bij extreme hitte, bijvoorbeeld door defecte airconditioning, waardoor evacuatie moeilijk is en gezondheidsrisico's voor reizigers snel kunnen oplopen. In dergelijke omstandigheden werd opschaling naar code rood als denkbaar gezien, met name wanneer veilig vervoer niet langer kan worden gegarandeerd. RWS/VWM onderkende eveneens ernstige gezondheidsrisico's voor mensen, kinderen of dieren in voertuigen,

maar gaf daarbij aan dat dit primair gezondheidsrisico's betreft en doorgaans geen direct risico voor de netwerkfunctie zelf.

Maatschappelijke ontwrichting, perceptie en gedrag: NCC benadrukte dat naast fysieke verstoringen ook maatschappelijke perceptie, gedrag en mogelijke onrust bepalend zijn voor de impact van extreme hitte en opschaling naar code rood. Wanneer extreme hitte niet als risico wordt ervaren, adviezen onvoldoende worden opgevolgd of risicoperceptie achterblijft, kan dit de feitelijke impact van hitte vergroten. Deze effecten kunnen daarnaast met name relevant worden wanneer extreme hitte samenvalt met grote evenementen of andere bijzondere maatschappelijke omstandigheden, waarin de blootstelling toeneemt.

4.3 Knelpunten in advies code rood

Uit de interviews kwamen meerdere knelpunten naar voren die het moeilijk maken om bij extreme hitte naar code rood te adviseren. Hoewel het WIT door alle partners wordt gewaardeerd als platform, ervaren zij verschillende beperkingen die specifiek bij hitte spelen.

4.3.1 Afstemming over het onderscheidend karakter en handelingsperspectief voor burgers bij code rood

Een code rood kan gepaard gaan met vergaande maatregelen en consequenties, met name voor overheden en vitale sectoren, zoals het stilleggen van buitenwerk en het afgelasten van evenementen, en kan daarbij ook juridische en financiële implicaties hebben. Naast de gevolgen voor overheden en vitale sectoren is het bij een code rood van belang dat ook voor burgers een duidelijk en onderscheidend handelingsperspectief bestaat. Tegelijkertijd gaf DCC-IenW aan te twifelen of dit bij extreme hitte momenteel het geval is.

Volgens DCC-IenW worden veel adviezen richting burgers al bij code geel en oranje gecommuniceerd, waardoor niet altijd duidelijk is wat een verdere opschaling naar code rood concreet toevoegt voor het brede publiek. Vanuit deze observatie werd door DCC-IenW de vraag opgeworpen of een afzonderlijke code rood voor hitte, op basis van de huidige ervaringen, noodzakelijk of zinvol is. Het RIVM benadrukte dat concrete adviezen essentieel zijn, maar dat een groot deel daarvan reeds bij geel en oranje wordt gegeven. Ook andere partners benadrukten het belang van een helder en concreet handelingsperspectief. DCO (IenW) gaf daarbij aan dat vanuit diverse organisaties handelingsperspectieven worden gecommuniceerd richting reizigers bij bepaalde weersomstandigheden. Bij hitte gaat dit bijvoorbeeld om het meenemen van water of een paraplu. Deze communicatie is echter niet afhankelijk van de uitgifte van een code rood.

De interviews laten daarmee zien dat er binnen verschillende domeinen handelingsperspectieven voor code rood bij extreme hitte bestaan, waaronder sectorale protocollen binnen IenW (bijv. LVNL, RWS en ProRail) en communicatieve adviezen vanuit het KNMI. Daarnaast zijn nieuwe, specifieke code-roodboodschappen binnen het NHP door RIVM momenteel nog in ontwikkeling en nog niet breed gedeeld binnen het WIT. Tegelijkertijd wordt het onderscheidende karakter van code rood voor extreme hitte richting burgers door sommige geïnterviewde partijen niet als eenduidig ervaren. Dit wijst niet zozeer op het ontbreken van handelingsperspectieven, maar op noodzaak tot afstemming tussen WIT-partners over de aanvullende betekenis en positionering van code rood bij hitte ten opzichte van code geel en oranje.

4.3.2 *Samenstelling van het WIT*

Een tweede knelpunt betreft de samenstelling van het WIT en de sectorale invalshoek van waaruit effecten worden beoordeeld. Geïnterviewden gaven aan dat het WIT sterk is georiënteerd op mobiliteit (weg, spoor en luchtvaart), belasting van hulpdiensten en bredere openbare orde en veiligheidsaspecten. Juist vertegenwoordigers van RWS, DCC-IenW en DCO (IenW) gaven aan dat extreme hitte binnen hun eigen verantwoordelijkheidsdomein in de praktijk zelden leidt tot acute netwerkveiligheid of maatschappelijke ontwrichting. Hierdoor is er vanuit het IenW- en infrastructuurperspectief vaak beperkte directe aanleiding om richting opschaling naar code rood te adviseren.

Tegelijkertijd wezen meerdere geïnterviewden erop dat de grootste maatschappelijke risico's bij extreme hitte juist liggen in andere domeinen, zoals druk op de zorg en hulpdiensten, logistieke verstoringen en mogelijke gevolgen voor de energievoorziening. Deze sectoren, waaronder VWS, de zorgketen en het energiedomein (bijvoorbeeld EZ/KGG en TenneT), zijn momenteel niet standaard vertegenwoordigd in het WIT. Hierdoor bestaat het risico dat signalen over maatschappelijke ontwrichting en cascade-effecten bij hitte onvoldoende worden ingebracht in de gezamenlijke afweging richting advisering over uitgifte code rood aan het KNMI.

Hoewel de samenstelling van het WIT in principe flexibel is en aanvullende partijen kunnen worden betrokken wanneer de aard van het fenomeen of de maatschappelijke context daarom vraagt, laten de interviews zien dat bij extreme hitte de betrokkenheid van bovengenoemde domeinen niet altijd vanzelfsprekend onderdeel is van de gezamenlijke afweging. Gezien de aard van hitte-impact kan dit het tijdig en integraal duiden van risico's bemoeilijken.

4.3.3 *Beperkingen in monitoring en data*

Naast de samenstelling van het WIT vormt ook de beschikbaarheid en toegankelijkheid van informatie een belangrijk knelpunt in de afweging richting opschaling. Deze informatie dient primair ter ondersteuning van het expert judgement binnen het WIT. Uit de interviews blijkt dat de informatievoorziening bij extreme hitte versnipperd is en dat een geïntegreerd near real-time overzicht van maatschappelijke effecten ontbreekt. Partners monitoren signalen binnen hun eigen domein, maar deze informatie wordt niet structureel samengebracht ten behoeve van de gezamenlijke opschalingsafweging. KCR2 werkt aan een dynamisch multibeeld, waarin verschillende openbare bronnen worden gecombineerd tot een bovenregionaal/landelijk beeld. Dit systeem is echter nog in ontwikkeling en biedt geen volledig of domeinoverstijgend inzicht. Met name informatie over landelijke zorgcapaciteit, energievoorziening en logistieke ketens is niet structureel of near real-time beschikbaar, mede vanwege juridische en organisatorische beperkingen. In sommige regio's is er wel inzicht in drukte en capaciteit van de acute zorg, maar de vraag is of en hoe deze informatie op landelijke schaal kan worden samengebracht ter ondersteuning van de WIT-besluitvorming. Het RIVM speelt een belangrijke rol in het duiden van gezondheidsimpact in het WIT, maar gaf aan geen near real-time zicht te hebben op sterfte, ziekenhuisopnames of zorgcapaciteit. Hierdoor blijft essentiële informatie over gezondheid, zorg, energie en logistieke ketens binnen het WIT slechts beperkt actueel beschikbaar. KCR2 benadrukte daarnaast dat mogelijke cascade-effecten bij extreme hitte moeilijk te overzien zijn, omdat hitte meerdere ketens gelijktijdig raakt en afhankelijkheden tussen sectoren niet altijd zichtbaar zijn. Dit bemoeilijkt het tijdig en integraal duiden van verwachte

maatschappelijke ontwrichting in de aanloop naar een mogelijke opschaling naar code rood.

4.3.4 *Timing van de opschaling bij hitte*

Partners gaven aan dat hitte zich anders ontwikkelt dan meer acute weersituaties, doordat hitte zich geleidelijk opbouwt en vaak meerdere dagen aanhoudt. Dit bemoeilijkt het bepalen van het moment waarop opschaling naar code rood aan de orde is. Het KNMI gaf aan dat een code rood van meerdere dagen mogelijk is en in het verleden ook is toegepast bij andere fenomenen, zoals ijzel in 2016. Tegelijkertijd benadrukte het KNMI dat opschaling naar code rood bij hitte per definitie vóór de hittepiek moet plaatsvinden, op een moment waarop nog onzeker is of en hoe problemen zich daadwerkelijk zullen opstapelen. Deze onzekerheid is inherent aan het vooraf inschatten van impact, maar wordt bij hitte versterkt doordat maatschappelijke effecten zich geleidelijk en cumulatief kunnen ontwikkelen.

4.3.5 *Impacttool*

Geïnterviewden gaven aan dat de impacttool een nuttig hulpmiddel is om de opschalingsafweging binnen het WIT te structureren. Tegelijkertijd werd benadrukt dat partners momenteel niet de mogelijkheid hebben om vragen als *niet relevant* te markeren wanneer deze buiten hun expertise of informatiepositie vallen, wat de weging onbedoeld kan beïnvloeden. Daarnaast kwam uit de interviews naar voren dat bij extreme hitte juist de samenloop met andere omstandigheden van belang kan zijn, zoals bestaande druk op mobiliteit of zorg. Hoewel deze samengestelde situaties in de impacttool niet altijd expliciet zijn opgenomen, vindt de integrale duiding hiervan plaats binnen het WIT op basis van gezamenlijk expert judgement.

4.4 **Aanbevelingen en suggesties**

4.4.1 *WIT samenstelling*

Het WIT is in de huidige samenstelling sterk ingericht rondom mobiliteit en infrastructuur en openbare orde en veiligheid, terwijl geïnterviewden aangaven dat de grootste maatschappelijke risico's bij extreme hitte vooral worden verwacht in andere domeinen, met name gezondheid, zorgcontinuïteit en energievoorziening. Aanbevolen wordt om bij extreme hitte structureel te verkennen hoe, naast het RIVM, ook VWS en vertegenwoordigers van de zorg- en ziekenhuisketens (bijvoorbeeld via LNAZ) kunnen worden betrokken. Daarnaast wezen geïnterviewden op het belang van het energiedomein, waarbij partijen als EZ/KGG en TenneT relevant kunnen zijn. Naast betrokkenheid tijdens daadwerkelijke hitte-events wordt aanbevolen om ook in de 'koude fase' (preparatiefase) te investeren in samenwerking en gezamenlijke beeldvorming, bijvoorbeeld door deze partijen structureel te betrekken bij WIT-simulaties en oefeningen voor extreme hitte.

4.4.2 *Informatie & monitoring*

Het RIVM gaf aan dat landelijke informatie over acute zorgdruk, zoals ziekenhuiscapaciteit, ambulance-inzetten en andere signalen van hittegerelateerde gezondheidsproblemen, momenteel niet structureel en near real-time beschikbaar is voor het RIVM. Het ontbreken van actueel zicht op gezondheidsimpact vormt een cruciale beperking in het huidige WIT-proces. Ten eerste wordt aanbevolen om beter en tijdiger zicht landelijk te organiseren op near real-time gezondheidsindicatoren, zoals zorgdruk en syndromische signalen (vroegere indicatoren gebaseerd op symptomen/signalen zoals meldingen van duizeligheid of SEH-bezoeken), vergelijkbaar met de gezondheidsmonitoring die in Frankrijk wordt toegepast [23], [24]. Dit zou het ministerie van VWS, in overleg

het LNAZ, kunnen verkennen. Ten tweede kan dit worden aangevuld met impactverwachtingen, bijvoorbeeld in de vorm van gezondheidsimpact- of sterfteprognoses zoals in Engeland wordt onderzocht [25], [26], en/of door data-gedreven of AI/ML-modellen. Samen kunnen deze vormen van informatie bijdragen aan een robuuster en meer integraal dynamisch risicobeeld bij extreme hitte.

Daarnaast benadrukten NCC en DCO (IenW) het belang van inzicht in maatschappelijke perceptie, media-aandacht en publieksreacties. Hoewel het omgevingsbeeld van DCO (IenW) reeds in het WIT-overleg wordt besproken, werd in de interviews gesuggereerd om te verkennen of het voorafgaand delen van deze analyses de individuele voorbereiding van partners kan versterken, zodat de afweging nog beter geïnformeerd kan plaatsvinden. Tot slot kan worden overwogen om de monitoring van publieke perceptie en maatschappelijke signalen bij extreme hitte te verbreden door ook een vergelijkbare bijdrage vanuit het VWS-domein te organiseren.

4.4.3 *Bewustwording en handelingsperspectief voor burgers*

Aanbevolen wordt om de handelingsperspectieven voor burgers expliciet te verankeren als gezamenlijk referentiekader voor code rood bij hitte, en dit actief te vertalen naar zowel communicatie als concrete ondersteuning richting burgers, zodat de risico's van extreme hitte duidelijk en eenduidig gecommuniceerd worden, beter worden herkend en serieus worden genomen.

Dit vraagt om duidelijkheid over het onderscheid tussen code rood en lagere waarschuwniveaus, over het gedrag en de maatregelen die daarbij worden verwacht, en over hoe dit doorvertaalt naar handelen op nationaal, regionaal en lokaal niveau. In dat kader kan worden verkend hoe het NHP, waarin momenteel wordt gewerkt aan communicatie rond code rood, en lokale hitteplannen beter op elkaar kunnen aansluiten. Dit gaat verder dan communicatie alleen en kan bijvoorbeeld betrekking hebben op aanvullende lokale maatregelen of voorzieningen tijdens extreme hitte voor groepen die niet (volledig) zelfredzaam zijn, zoals het openen van koelcentra of het opschalen van lokale ondersteuning voor kwetsbare groepen.

Tot slot kan bestaande monitoring van maatschappelijke signalen en publieksreacties (bv. via DCO IenW of DCO VWS, het Nationaal Kernteam Crisiscommunicatie (NKC) en de veiligheidsregio's) gerichter worden benut om te toetsen of het handelingsperspectief daadwerkelijk wordt begrepen en opgevolgd, en om communicatie waar nodig bij te sturen. Hiervoor is het wel nodig dat DCO VWS betrokken wordt in het proces zodat ook het omgevingsbeeld VWS gedeeld kan worden ten tijde van extreme hitte. Daarnaast kunnen de publiekspeilingen die het KNMI uitvoert na een code oranje of rood meer worden benut om het handelingsperspectief en de gezamenlijke communicatiestrategie voor toekomstige hittewaarschuwingen verder te versterken.

4.4.4 *Impacttool aanscherpen*

Aanbevolen wordt om de werkwijze rond de impacttool aan te scherpen, zodat niet-relevante vragen expliciet als zodanig kunnen worden ingevuld. Daarnaast kunnen *compound events*, waar meerdere risico's samenkomen zoals de samenloop van extreme hitte met bestaande druk op vitale sectoren en/of grote evenementen, duidelijker worden geadresseerd. Dit kan door verduidelijking van criteria en het toevoegen van concrete voorbeelden.

5 Rol van hittekracht in de waarschuwingssystematiek

In dit hoofdstuk onderzoeken we welke rol de nieuwe term hittekracht kan spelen binnen de Nederlandse hittewaarschuwingssystematiek. We vergelijken hittekracht (op basis van de Wet Bulb Globe Temperature) met temperatuur-gebaseerde criteria tijdens historische activaties van het Nationaal Hitteplan, en verkennen in welke situaties hittekracht aanvullende waarde kan bieden.

5.1 Hittekracht als nieuwe index voor hittestress

Luchttemperatuur wordt traditioneel gebruikt om hitte te beoordelen, maar geeft niet altijd een volledig beeld van de werkelijke hittestress. De Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) is een internationaal erkende standaard voor het meten van fysieke belasting door hitte, vastgelegd in ISO 7243, waarin meerdere meteorologische factoren worden meegenomen: temperatuur, luchtvochtigheid, zoninstraling en wind [27]. Hierdoor sluit WBGT beter aan op de fysiologische belasting van het menselijk lichaam dan temperatuur alleen. WBGT wordt internationaal al decennialang toegepast binnen onder meer defensie, arbeid en sport, en in landen zoals Japan en Singapore ook gebruikt om de algemene bevolking te waarschuwen. In Caribisch Nederland wordt de WBGT nu als experimenteel criterium toegepast voor de hittewaarschuwingen.

Omdat de WBGT in graden Celsius wordt uitgedrukt, maar vaak lager is dan de luchttemperatuur, kan deze voor gebruikers verwarrend en minder intuïtief zijn. Daarom ontwikkelde het KNMI samen met het RIVM, TNO en de VU een nieuwe, toegankelijke index: hittekracht. Hittekracht vertaalt de WBGT naar een schaal van 0 tot 10⁴, vergelijkbaar met windkracht of de UV-index, zodat in één oogopslag duidelijk wordt hoe belastend de omstandigheden zijn voor mensen. Het KNMI berekent de WBGT inmiddels operationeel voor Nederland; deze data is beschikbaar via het KNMI Data Platform. Hittekracht wordt vanaf 2026 operationeel, en wordt op dit moment verkend als aanvullende bron van informatie naast de hittewaarschuwingen.⁵ Naar verwachting zal de hittekracht alleen in het zomerhalfjaar worden gecommuniceerd.

5.2 Data & methode

De analyse in dit hoofdstuk richt zich op het seizoensverloop van hittekracht, de relatie met luchttemperatuur en andere meteorologische variabelen, en de vergelijking van extreme dagen en hitteplanactivaties op basis van hittekracht versus temperatuur. Daarvoor gebruiken we uurlijkse temperatuur- en WBGT-berekeningen waarmee dagelijkse maxima zijn afgeleid, voor station De Bilt over de periode 1991 t/m 3 juli 2025. De WBGT is berekend volgens de Liljegren-methode [28], een fysisch onderbouwde en internationaal erkende berekeningsmethode die expliciet rekening houdt met luchttemperatuur, relatieve vochtigheid, zoninstraling, windsnelheid en de stralingsbalans van het menselijk lichaam. Deze methode wordt beschouwd als een van de meest accurate schattingen van de WBGT. De berekende WBGT-waarden zijn

⁴ Na afronding van de data-analyse is de hittekrachtschaal uitgebreid van 1-10 naar 0-10, waarbij niveau 0 geen relevante hittestress vertegenwoordigt. Deze wijziging is niet verwerkt in de hier gepresenteerde berekeningen, maar heeft geen invloed op de hoofdconclusies: een deel van het eerdere niveau 1 wordt in de huidige schaal als niveau 0 geclassificeerd.

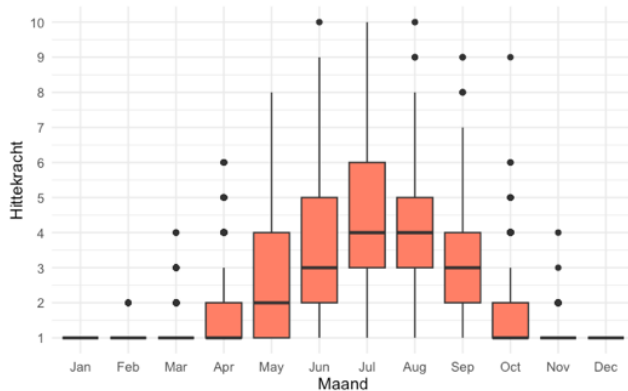
⁵ <https://dataplatform.knmi.nl/dataset/wet-bulb-globe-temperature-2-0>

vervolgens vertaald naar voorlopige hittekrachtcategorieën (HK1–HK10) op basis van de concept-hittekrachtschaal (Appendix B, Tabel B1).

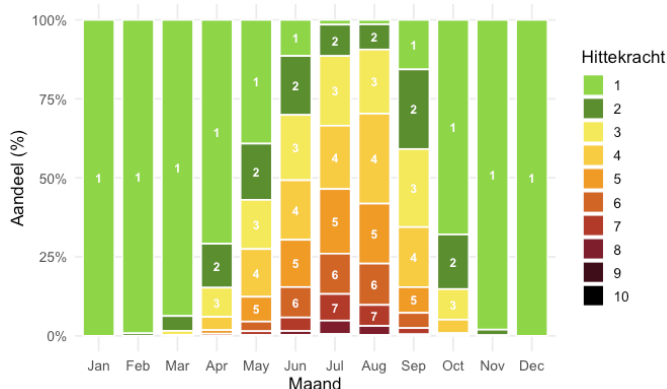
5.3 Resultaten

5.3.1 Seizoensverloop van hittekracht

Een analyse van alle dagelijkse maximale hittekrachtwaarden in deze periode laat een duidelijk seizoenspatroon zien. Gedurende de wintermaanden (november–februari) is de hittekracht vrijwel altijd 1 (Figuur 5 & 6). In het voorjaar begint de hittekracht te stijgen: in maart en april komen voor het eerst dagen voor met HK2–HK4, en in mei verschuift de mediane hittekracht naar HK2, met af en toe warmere dagen tot HK8. De hoogste hittekrachtwaarden komen voor in de zomer. In juni–augustus worden alle categorieën (HK1–HK10) gemeten. Waarden rond HK6–HK7 komen veel voor op warme zomerdagen, terwijl HK8–HK10 zeer zeldzaam zijn. Sinds 1991 is er in totaal slechts 21 uur met extreme hittekracht (HK9–HK10) gemeten, waarvan 4 uur in 2025. In september en oktober daalt de hittekracht weer naar HK1–HK3, maar een enkele uitzonderlijk warme nazomerdag kan nog oplopen tot HK8–HK9.



Figuur 5: Verdeling van dagelijkse maximum hittekracht per maand (De Bilt, 1991–2025)



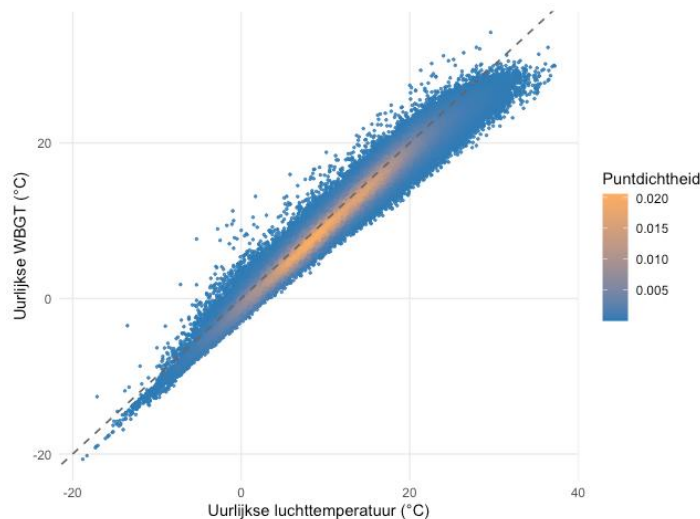
Figuur 6: Relatieve verdeling van de dagelijkse hittekracht per maand (De Bilt, 1991–2025)

5.3.2 Relatie tussen hittekracht en meteorologische factoren

De hittekracht hangt sterk samen met de luchttemperatuur: warmere dagen hebben bijna altijd een hogere hittekracht. In de hier gebruikte uurlijkse dataset is de relatie tussen WBGT en luchttemperatuur nagenoeg lineair en zeer sterk (Pearson-correlatiecoëfficiënt $r = 0,98$).

Tegelijkertijd kan de WBGT - en daarmee de hittekracht - bij hoge luchtvochtigheid, lage windsnelheid en sterke zonninstraling duidelijk hoger uitvallen dan de temperatuur doet vermoeden, wat onderstreept dat WBGT aanvullende meteorologische informatie bevat [29].

Figuur 7 laat zien dat de WBGT meestal lager ligt dan de luchttemperatuur, vooral bij hogere waarden. Dat komt doordat de de natteboltemperatuur (die voor circa 70% meeweegt in de WBGT) per definitie lager is dan de luchttemperatuur, en warme dagen in Nederland vaak gepaard gaan met relatief lage luchtvochtigheid. Dagen met dezelfde temperatuur kunnen heel verschillende niveaus van hittekracht hebben, afhankelijk van luchtvochtigheid, zonninstraling en wind. Andersom kan dezelfde hittekracht bij uiteenlopende temperaturen voorkomen.

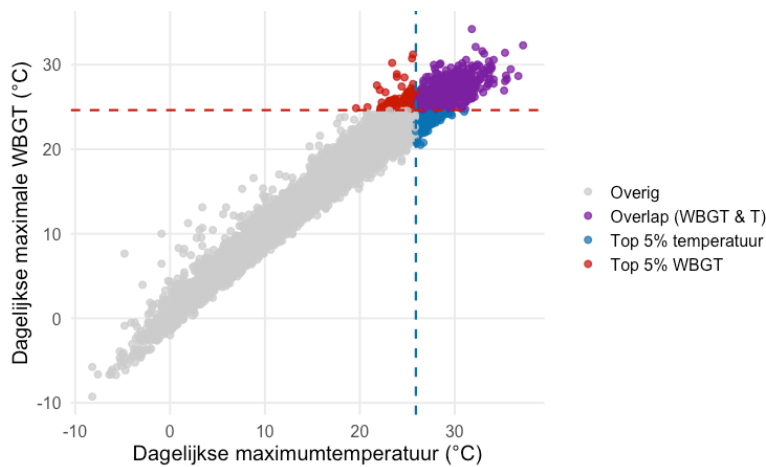


Figuur 7: Relatie tussen uurlijkse maximumtemperatuur en WBGT, de Bilt (1991-2025)

5.3.3 *Extreme temperatuur- en WBGT-dagen*

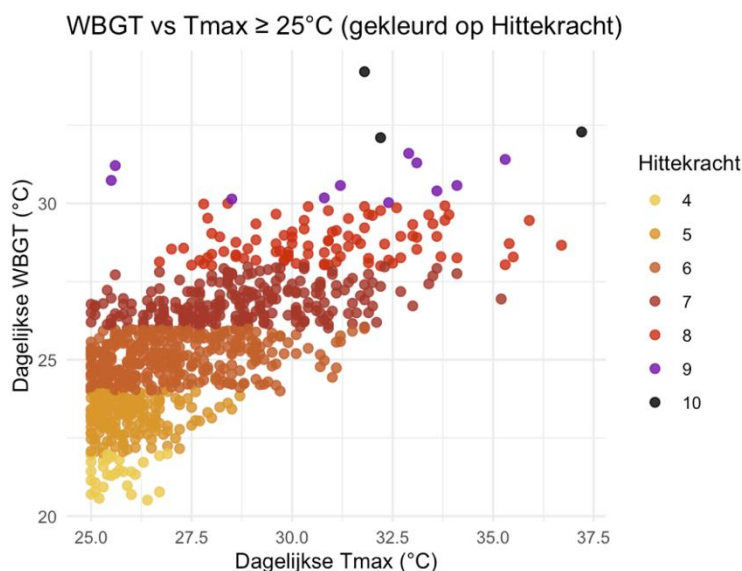
Wanneer we kijken naar de 5% warmste dagen op basis van luchttemperatuur en de 5% dagen met de hoogste WBGT, blijkt dat deze groepen maar gedeeltelijk overlappen. Ongeveer 70% van de extreem warme dagen op basis van temperatuur, zijn ook extreme WBGT-dagen. Omgekeerd geldt hetzelfde: rond 70% van de extreme WBGT-dagen valt samen met de warmste temperaturredagen. Dit betekent wel dat 1 op de 3 extreme WBGT-dagen niet wordt opgepikt wanneer alleen naar temperatuur wordt gekeken - en omgekeerd.

De extreme WBGT-dagen die niet overlappen met extreme temperaturredagen zijn meestal dagen met gematigde temperaturen (ongeveer 20–26°C) (rood; Figuur 8). Deze dagen vallen daarmee buiten de huidige hittegolf- en temperatuurcriteria voor code geel en oranje. De vraag is dan vooral of en hoe zulke dagen, dagen die niet extreem warm zijn, maar vooral vochtig en zonnig, relevant zijn binnen de waarschuwingssystematiek, en in hoeverre hittekracht in de toekomst kan helpen bij het duiden van hittestress op dit soort dagen, zonder daarbij onnodig vaak te waarschuwen.



Figuur 8: Overlap tussen de top 5% warmste dagen op basis van maximumtemperatuur (T) en WBGT in De Bilt (1991–2025). De paarse punten geven de overlap tussen beide groepen weer.

Om dit verder te illustreren toont figuur 9 de verdeling van dagelijkse maximale WBGT-waarden op potentiële hittegolf-dagen ($T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$). Je ziet de min of meer lineaire relatie tussen WBGT en Tmax, maar dat voor de meer extreme gevallen die relatie steeds vager wordt. Op dagen met een maximumtemperatuur van 25°C , kun je zien dat de WBGT tot meer dan 5°C kan verschillen, en dus tussen hittekracht 4 en 7 kan zitten. Je kunt ook zien dat hittekracht 9 al vanaf 25°C kan zijn, en hittekracht 10 vanaf rond de 32°C .



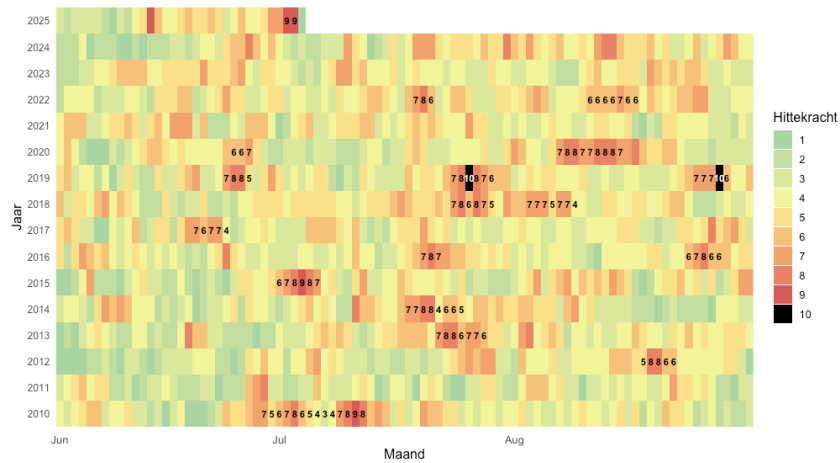
Figuur 9: Dagelijkse maximumtemperatuur en WBGT op potentiële hittegolfdagen ($T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$) voor de Bilt (1991-2025).

5.3.4

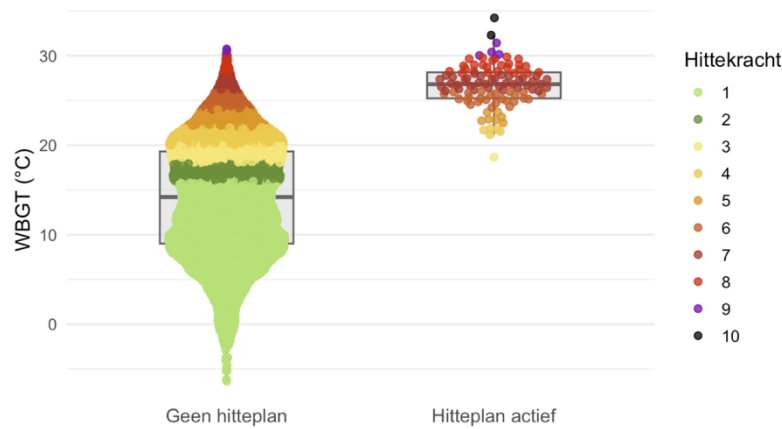
Hittekracht tijdens activiteiten van het Nationaal Hitteplan

Tijdens activiteiten van het NHP lag de dagelijkse hittekracht meestal tussen de 6-7, met uitschieters tussen 3 en 10 (Figuur 10 & 11). Op niet-hitteplan dagen is de hittekracht meestal 1-3, maar er zijn ook enkele uitzonderlijke dagen waarop de hittekracht opliep tot 9 buiten officiële hittegolf en zonder NHP-activatie. Een voorbeeld hiervan is 13 juni 2025, een enkele dag waarop de temperatuur 31.2°C bereikte en de hittekracht opliep tot 9. Een illustratief voorbeeld van de uurlijkse

ontwikkeling van WBGT en hittekracht op een extreme dag (25 juli 2019) is opgenomen in Figuur B2 in de Appendix B.



Figuur 10: Dagelijkse hittekracht in De Bilt tijdens activiteiten van het Nationaal Hitteplan, vanaf de eerste activatie in 2010 tot 2025 (juni-augustus). De cijfers in de tegels geven de hittekracht weer op dagen waarop het hitteplan actief was.



Figuur 11: WBGT en hittekracht op hitteplan en niet-hitteplan dagen, in de Bilt, tussen 2007-2025. Op hitteplandagen is de hittekracht meestal tussen de 6-7.

5.3.5 *Verkenning van hittekracht als aanvullend criterium voor code oranje*
 Als verkenning is gekeken wat er zou gebeuren wanneer extreem hoge hittekracht (9-10) als aanvullend criterium wordt gebruikt naast de bestaande temperatuurcriteria voor code oranje ($3 \times 34^\circ\text{C}$, $2 \times 36^\circ\text{C}$ of $1 \times 38^\circ\text{C}$). Hittekracht-gebaseerde waarschuwingen (HK9-HK10) zouden in de Bilt over de periode 1991-2025 hebben geleid tot 14 afzonderlijke runs (aantal aaneengesloten dagen boven een bepaalde drempelwaarde) in totaal, meestal van één dag, en één run van twee dagen (1-2 juli 2025). In totaal betreft dit 15 dagen (gemiddeld, 0,7 dag per jaar). Ter vergelijking: de huidige temperatuur-gebaseerde code-oranjeregeling levert in dezelfde periode slechts één run op (24-26 juli 2019).

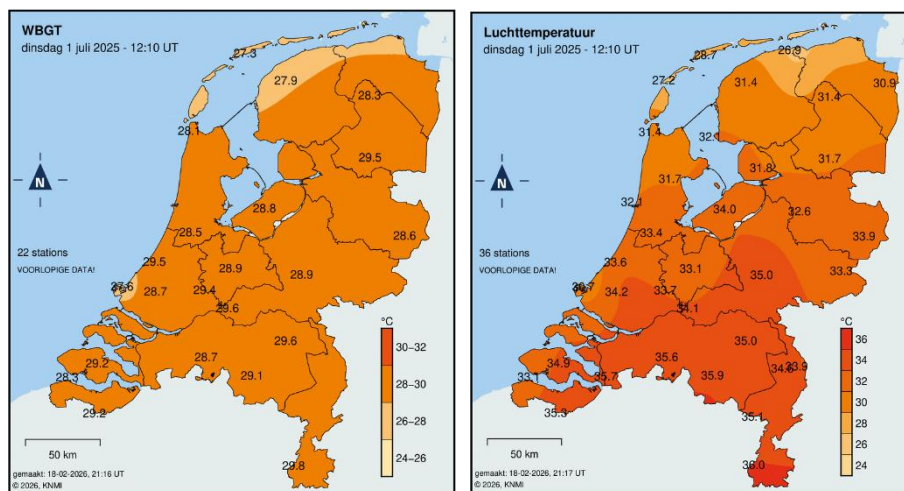
Binnen deze temperatuur-gebaseerde code-oranjerun 24-26 juli in 2019 bereikt slechts één van de drie dagen hittekracht 9; de overige twee

dagen blijven op hittekracht 8. Er is daarmee slechts één overlappende dag. Op HK9–HK10-dagen lag de temperatuur meestal tussen 23–35°C en dus duidelijk onder de huidige temperatuurcriteria voor code oranje. Deze verkenning laat zien dat een aanvullende trigger op basis van hittekracht veel meer, en deels andere, hittestressdagen zou signaleren dan temperatuur alleen.

Het grote verschil in aantallen komt mede doordat de huidige temperatuurcriteria voor code oranje relatief hoog liggen. Voor code geel, waar de drempels lager zijn en meer dagen omvatten, kan de verhouding tussen temperatuur- en hittekrachtriggers anders uitpakken. Dit vraagt om verdere analyse voordat hittekracht eventueel als aanvullende indicator kan worden ingezet in de waarschuwingssystematiek.

5.3.6 Ruimtelijke patronen

De WBGT heeft een andere geografische verdeling dan de luchttemperatuur. Een voorbeeld tijdens recente code oranje op 1 juli 2025 om 12:10 UT laat dit zien (Figuur 12). De hoge WBGT-waarden waren verspreid over een groot gedeelte van het land, inclusief het westelijk kustgebied, terwijl de luchttemperatuur aan de kust juist relatief laag was vergeleken met het binnenland. Momenteel wordt gewerkt aan hoge-resolutie WBGT-kaarten (1×1 km) om deze ruimtelijke variatie en SHE nauwkeuriger te kunnen analyseren.



Figuur 12: WBGT (links) en luchttemperatuur (rechts) op dinsdag 1 juli 2025 om 12:10 UT, tijdens een code oranje situatie voor hitte in Nederland. De waarden zijn afgeleid uit KNMI-weerstations en ruimtelijke interpolatie (Door Ben Lankamp)

5.4 Conclusie & mogelijke rol van hittekracht in het waarschuwingssysteem

Deze analyse laat zien dat hittekracht waardevolle aanvullende informatie kan bieden naast temperatuur, maar dat een zorgvuldige afbakening nodig is van de rol van hittekracht binnen de waarschuwingssystematiek. Daarbij is het essentieel om expliciet te maken welk doel met welke indicator wordt gediend, voor welke doelgroepen hittekracht relevant is, welk type blootstelling ermee wordt geduid, en hoe deze indicator zich verhoudt tot bestaande hittewaarschuwingen.

De WBGT is een hittestressindicator die naast temperatuur ook luchtvochtigheid, wind en zoninstraling meeneemt. Daarmee is WBGT relevant voor buitenblootstelling, bijvoorbeeld bij sport, evenementen, en buitenwerk. Voor deze doelgroepen kan hittekracht belangrijke aanvullende informatie bieden over de verwachte lichamelijke belasting. Daarnaast wordt de uiteindelijke lichamelijke belasting van hitte niet alleen bepaald door de hittekracht, maar ook door individuele factoren zoals leeftijd, gezondheidstoestand, kleding en activiteitsniveau (*hittefitheid*). Hierdoor kunnen dagen met een relatief lage hittekracht voor specifieke groepen, zoals sporters of buitenwerkers, wel degelijk leiden tot een verhoogd risico.

Aan de andere kant brengt een groot deel van de bevolking, en met name kwetsbare groepen zoals ouderen, het merendeel van de tijd binnenshuis door. In deze context spelen zoninstraling en windsnelheid minder een rol. Bovendien laat de RIVM-Kennisnotitie zien dat de sterfterisico's op basis van WBGT bij 75-plussers niet sterker zijn dan die op basis van temperatuur [30]. Daarmee is WBGT op dit moment geen betere indicator voor sterfterisico's dan temperatuur. Tegelijkertijd is nog onvoldoende bekend hoe WBGT zich verhoudt tot andere gezondheidsuitkomsten, zoals sterfterisico's bij andere groepen, maar ook ziekenhuisopnames.

Een aanvullende overweging is dat de voorspelbaarheid van de WBGT lager is dan die van temperatuur. WBGT is afhankelijk van meerdere meteorologische variabelen, die elk hun eigen onzekerheden kennen en die, afzonderlijk en in combinatie, onzekerder zijn dan temperatuur bij langere voorspellingshorizonten. Omdat het Nationaal Hitteplan vroegtijdige en robuuste informatie vereist, blijft temperatuur op dit moment de meest geschikte trigger voor activering.

In conclusie, de waarde van hittekracht ligt daarmee vooral in aanvullende duiding en operationele ondersteuning, en minder in het functioneren als formele trigger binnen de landelijke waarschuwingssystematiek. Hittekracht kan helpen bij het inschatten van de fysiologische belasting onder specifieke omstandigheden en voor specifieke doelgroepen; bijvoorbeeld voor risico-inschatting en planning door partners zoals veiligheidsregio's, GGD'en, organisatoren van evenementen, de Arbeidsinspectie en sectoren met buitenwerk. In dat kader kan hittekracht wel worden opgenomen in de KNMI-Risicobeeld (zie hoofdstuk 2.2) als aanvullende duiding van de huidige en verwachte hittebelasting.

6 Conclusie en vervolgstappen

Dit rapport heeft onderzocht hoe de Nederlandse hittewaarschuwingssystematiek, in combinatie met het NHP, functioneert in een veranderend klimaat, en welke kansen er zijn om deze systematiek te versterken. Het rapport biedt daarmee onderbouwing voor de integratie van het NHP op alle waarschuwningsniveaus (geel, oranje, rood). De aanleiding hiervoor ligt in de snelle toename van extreme hitte, de veranderende kwetsbaarheid van de Nederlandse bevolking en sectoren, en het feit dat de huidige drempelwaarden voornamelijk klimatologisch zijn onderbouwd. Samen met de epidemiologische kennisnotitie van het RIVM vormt dit rapport de basis voor een toekomstbestendig, impactgericht waarschuwnings- en responsmechanisme.

6.1 Epidemiologische inzichten en implicaties voor de criteria

Als onderdeel van dit overkoepelende project zijn door het RIVM epidemiologische analyses uitgevoerd (zie afzonderlijke Kennisnotitie [30]). De analyse geeft inzicht in temperatuur-sterfterisico's onder 75-plussers op landelijk niveau. Zowel hoge maximumtemperaturen als hoge nachttemperaturen spelen een rol in sterftepatronen. Daarnaast blijkt dat de WBGT- en temperatuur-sterfterelaties vergelijkbaar zijn. De analyse benadrukt ook dat acclimatisatie een belangrijke rol speelt: vroege hitte in het seizoen leidt bij gelijke temperaturen tot veel hogere sterfterisico's dan hitte later in het seizoen. Deze inzichten vormen de basis voor een herbeoordeling van de huidige activatiedrempels en/of een uitbreiding van de impacthandreiking van het KNMI (zie hoofdstuk 2.1.1).

Steeds meer Europese landen, met name in West- en Zuid-Europa, hanteren meteorologische drempels (doorgaans gebaseerd op temperatuur) die expliciet zijn onderbouwd met sterfterisico's. Deze ontwikkeling is ingegeven door de substantiële oversterfte die tijdens extreme hitteperioden in Europa wordt waargenomen, en de noodzaak om gezondheidseffecten beter te kunnen anticiperen. Het doel daarvan is dat waarschuwingen nauw aansluiten op de lokale temperatuur-gezondheidsrelaties, zodat verhoogde gezondheidsrisico's tijdig worden gesignaleerd en proportionele maatregelen kunnen worden ingezet om ernstige gevolgen te beperken. In Nederland is dit de eerste keer dat dergelijke epidemiologische analyses zijn uitgevoerd. Gezien de aantoonbare hittegerelateerde oversterfte en de verwachte verdere toename van extreme hitte, vormt dit een noodzakelijke en urgente stap richting beter onderbouwde en tijdige waarschuwingen, met als doel gezondheidsschade zoveel mogelijk te beperken.

Een belangrijke beleidsmatige afweging is welk niveau van relatief gezondheidsrisico als grens voor code geel of oranje moet worden beschouwd. Daarbij speelt niet alleen het niveau van het risico een rol, maar ook welk type gezondheidseffect centraal staat (sterfte versus morbiditeit, d.w.z. ziekte en ziekenhuisopnames) en voor welke populatie het risico wordt bepaald (totale bevolking, of specifieke kwetsbare groepen). Daarnaast waarschuwt het KNMI niet uitsluitend voor gezondheidsrisico's, maar ook voor gevolgen in andere sectoren zoals mobiliteit en infrastructuur. De uiteindelijke drempels zullen daarom zowel epidemiologisch verantwoord als operationeel uitvoerbaar moeten zijn, en recht moeten doen aan de bredere impact van hitte op de samenleving. Een mogelijke toekomstige richting is het verder differentiëren van waarschuwingen, waarbij naast KNMI-

waarschuwingen voor het algemene publiek ook doelgroep- of sectorspecifieke waarschuwingen voor hitte kunnen worden ontwikkeld, inclusief bijbehorende responsmechanismen en handelingsperspectieven.

6.2 Code rood voor hitte: besluitvorming & benodigde verduidelijking

De analyse van het WIT-proces laat zien dat de Nederlandse aanpak voor code rood bij hitte - gebaseerd op een gezamenlijke impactinschatting in plaats van vaste meteorologische drempels - relatief onderscheidend is binnen Europa. Deze werkwijze biedt ruimte voor een integrale en sector-overstijgende afweging, en zorgt bovendien voor breed draagvlak doordat het besluit in gezamenlijkheid wordt genomen.

Tegelijkertijd laat dit onderzoek zien dat de huidige systematiek bij extreme hitte nog onvoldoende is toegerust om maatschappelijke ontwrichting bij hitte tijdig en robuust te duiden. In meerdere interviews met WIT-partners werd benadrukt dat essentiële informatie en expertise ontbreken om maatschappelijke ontwrichting bij extreme hitte volledig en tijdig te kunnen inschatten. Met name real-time zorgindicatoren en informatie over energie- en koelcapaciteit worden nu niet structureel ingebracht in het WIT-proces. Hierdoor kan het gezamenlijke risicobeeld onvolledig zijn op het moment dat een besluit over opschaling genomen moet worden. Daarnaast is het onderscheidende handelingsperspectief voor burgers bij code rood voor hitte nog niet eenduidig uitgewerkt, wat het opschalingsbesluit kan beïnvloeden. Opschalingsbeslissingen leunen bovendien vaak op ervaringen uit het verleden, terwijl door klimaatverandering steeds vaker temperaturen optreden die nog niet eerder zijn voorgekomen. Verdere ontwikkeling van impactmodellen en risicobeelden kan helpen om deze toekomstige situaties beter te anticiperen en opschaling naar code rood beter te onderbouwen.

Toekomstige besluitvorming over code rood is gebaat bij duidelijkere handvatten: expliciete indicatoren voor maatschappelijke ontwrichting (zoals acute zorgdruk of grote verstoringen in mobiliteit), meer inzicht in compound en cascade-effecten bij hitte (bijvoorbeeld wanneer hitte samenvalt met incidenten op het spoor, grote evenementen en/of een al verhoogde zorgvraag), en heldere koppeling tussen waarschuwningsniveau en handelingsperspectief voor burgers en organisaties/sectoren. Dit onderstreept de noodzaak om de impact-gebaseerde benadering verder te ontwikkelen. Een gedeeld en beter onderbouwd kader ondersteunt het WIT bij consistente besluitvorming en vergroot de legitimiteit en effectiviteit van een eventuele code rood bij extreme hitte.

Daarbij is van belang dat de betekenis van code rood niet alleen op nationaal adviesniveau wordt verduidelijkt, maar ook wordt doorvertaald naar concrete maatregelen op nationaal, regionaal en lokaal niveau. Hoewel zowel het NHP als lokale hitteplannen bestaan, is nog niet eenduidig uitgewerkt welke aanvullende acties bij code rood van partijen worden verwacht. Verdere operationalisering van deze verantwoordelijkheden is essentieel om te waarborgen dat opschaling daadwerkelijk leidt tot proportionele en effectieve maatregelen in de praktijk.

6.3 Periodieke evaluatie in een veranderend klimaat

Periodieke evaluatie van hittewaarschuwingdrempels en systematiek is noodzakelijk. Door klimaatverandering, vergrijzing en stedelijke ontwikkeling kunnen risico's verschuiven waardoor drempels die vandaag passend zijn binnen enkele jaren onvoldoende kunnen aansluiten op gezondheidseffecten en operationele behoeften. Het instellen van een vijfjaarlijkse evaluatiecyclus, waarin epidemiologische inzichten, operationele ervaringen en nieuwe indicatoren worden meegenomen, is nodig om het systeem toekomstbestendig te houden en tijdig aan te passen aan nieuwe omstandigheden.

6.4 Benodigd aanvullend onderzoek KNMI & partners

Voor een verdere doorontwikkeling van de hittewaarschuwingssystematiek is aanvullend onderzoek noodzakelijk op meerdere fronten.

6.4.1 Meer inzicht in gezondheidseffecten, andere maatschappelijke risico's en cascade-effecten door hitte

Allereerst is er verdere epidemiologische onderbouwing nodig, waaronder analyses naar ziekenhuisopnames, acute zorgvraag, ambulance-inzet, de risicoprofielen van verschillende bevolkingsgroepen. Het is daarnaast belangrijk om deze effecten op kleinere ruimtelijke schaal in kaart te brengen. Het RIVM werkt hier al aan via het MODIVIERS-onderzoek, dat fijnmazige inzichten oplevert in hittegerelateerde sterfte en ziekenhuisopnames. De resultaten van dit onderzoek kunnen bijdragen aan het verder verfijnen en regionaliseren van waarschuwingdrempels.

Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig naar andere sectorale risico's bij extreme hitte, zoals verstoringen in energievoorziening, spoor en wegverkeer, logistiek, arbeidsveiligheid en evenementenveiligheid. Dergelijke impacts kunnen bij hoge hitte gelijktijdig optreden en elkaar versterken, waardoor de maatschappelijke ontwrichting groter wordt. Dit vereist betere verzameling, integratie, en toegang tot impactdata en intensievere samenwerking tussen sectoren.

Verder is onderzoek naar cascade-effecten essentieel, omdat de impact van hitte kan worden versterkt door gelijktijdige verstoringen, zoals hoge zorgdruk of energie-uitval. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met grensoverschrijdende afhankelijkheden, bijvoorbeeld wanneer energie- of transportverstoringen in andere Europese landen doorwerken in de Nederlandse situatie. Tot slot is structurele impactmonitoring nodig, waaronder betere toegang tot near real-time gegevens van ambulance- en ziekenhuisdiensten en informatie over de belasting van vitale infrastructuur. Dit geheel aan inzichten is nodig om het systeem robuuster, preciezer en toekomstbestendiger te maken.

6.4.2 Ruimtelijke variatie en plaatselijke waarschuwen

Ook de ruimtelijke variatie in hitte en hiterisico's vraagt om uitwerking in de waarschuwingssystematiek. Verschillen in bebouwing, bevolkingssamenstelling, blootstelling en kwetsbaarheid kunnen ertoe leiden dat gezondheidsrisico's lokaal sterk uiteenlopen. Naar planning zal KNMI in de toekomst plaatselijker gaan waarschuwen (dit is onder andere afhankelijk van een toekomstige wijziging van de Rtms). Een fijnmaziger systeem biedt de mogelijkheid om criteria, het NHP en lokale hitteplannen in de toekomst regionaler toe te passen. De fijnmazige gezondheidsinzichten uit RIVM's lopende MODIVIERS-onderzoek, dat hittegerelateerde gezondheidseffecten op kleine ruimtelijke schaal in kaart brengt, kunnen bijdragen aan de

onderbouwing van eventuele regionale drempelwaarden en gebiedsindelingen.

Tegelijkertijd vraagt verdere detaillering om een zorgvuldige balans: hoe plaatselijker de waarschuwingen, hoe complexer het besluitvormings- en communicatieproces wordt. Het is daarom belangrijk om te verkennen hoe fijnmazigheid kan worden benut zonder het waarschuwingssysteem onnodig ingewikkeld te maken voor zowel meteorologen als het publiek. Meer onderzoek is nodig om vast te stellen welke (first of second party) data nodig is om plaatselijk waarschuwen voor hitte te ondersteunen. Mogelijk kan een KNMI-meetnetwerk in stedelijke omgevingen bijdragen aan betere monitoring van hitte en het definiëren van het gebied waarin een eventuele plaatselijke waarschuwing geldig moet zijn.

6.4.3 *Vroegtijdiger waarschuwen en handelingsperspectief*

Het KNMI heeft een nieuwe werkwijze geïmplementeerd waarin 'mogelijk gevaarlijk weer' al 2 tot 6 dagen vooruit wordt gesignaleerd. Deze alerting zou gekoppeld kunnen worden aan de bestaande voorwaarschuwing van het RIVM en biedt belangrijke kansen voor gemeenten, zorginstellingen en veiligheidsregio's om zich eerder en beter voor te bereiden. Het zou daarom wenselijk zijn om, in samenwerking met partners, duidelijk te definiëren welke maatregelen effectief en wenselijk zijn bij verschillende niveaus van onzekerheid, en hoe deze vroegtijdige signaleringen zich verhouden tot de voorwaarschuwing en activatie van het NHP. Daarnaast is het van belang heldere afspraken vast te leggen tussen KNMI en RIVM over de timing van uitgifte van code geel in relatie tot de activatie van het NHP.

6.4.4 *Hittekracht*

De hittekracht wordt in zomer 2026 geïntroduceerd als nieuwe index om hittestress beter te duiden. De index wordt niet als formeel opschalingscriterium gebruikt, maar wordt wel meegenomen in de bredere impactafweging en biedt aanvullende duiding tijdens én buiten waarschuwingsperiodes. Onze analyse laat zien dat hittekracht tijdens activiteiten van het NHP meestal tussen de 6-7, maar ook verder kan uiteenlopen. Hoewel hoge hittekracht en hoge temperatuur vaak samenvallen, is dit in ongeveer 30% van de gevallen niet het geval. Daarnaast vertoont de hittekracht andere ruimtelijke patronen dan temperatuur, wat gevolgen kan hebben voor de duiding van regionale risico's.

Hoewel temperatuur en hittekracht bij 75-plussers vergelijkbare sterfterisico's laten zien (RIVM Kennisnotitie; [30]), is nader onderzoek nodig naar de voorspelbaarheid van hittekracht en naar de relatie met andere doelgroepen en gezondheidsuitkomsten. Dit is van belang om te bepalen in welke context en voor welke sectoren hittekracht een meerwaarde biedt binnen de bredere hittewaarschuwingssystematiek.

6.5 **Conclusie**

Extreme hitte heeft ingrijpende gevolgen voor gezondheid en maatschappij en neemt toe in Nederland. Dat vraagt om een waarschuwingssysteem dat niet alleen het weer voorspelt, maar ook tijdig inzicht geeft in gezondheidsrisico's en is gekoppeld aan duidelijke, uitvoerbare acties en plannen. Dit rapport vormt, samen met de epidemiologische Kennisnotitie van het RIVM, een stevige basis voor de doorontwikkeling naar een toekomstbestendig, impactgerichte hittewaarschuwingssystematiek. Een belangrijke stap is dat het NHP wordt uitgewerkt en gekoppeld aan alle waarschuwingsniveaus, waarbij epidemiologische inzichten in hitte-sterftepatronen expliciet worden

benut ter onderbouwing van het systeem. Een verdere versterking van het systeem, inclusief plaatselijke waarschuwen, fijnmazigere gezondheidanalyses, en de zorgvuldige positionering van hittekracht, vraagt om nauwe samenwerking tussen KNMI, RIVM en ketenpartners.

Toekomstbestendige bescherming tegen extreme hitte vereist geen eenmalige aanpassing, maar voortdurende evaluatie, doorontwikkeling en structurele investering. Alleen zo kan het waarschuwingssysteem tijdig, proportioneel en effectief functioneren en de ernstige gezondheids- en maatschappelijke gevolgen van extreme hitte beperken.

Appendix A: Hittewaarschuwingdrempels in Europa

Tabel A1: Hittewaarschuwingdrempels in Europese landen

Land	Meteorologische variabele	Criteria	Epidemiologisch onderbouwd
Albanië	-	-	Nee
Andorra	-	-	Nee
Belarus	-	-	Nee
België	Tmax, Tcumul, O ₃	KMI: geel 32/oranje 35/rood 40°C; Sante Publique: Tcumul ≥ 17°C + Tmax ≥ 28°C + O ₃ > 180 µg/m ³	Nee
Bosnië en Herzegovina	-	-	Nee
Bulgarije	-	-	Nee
Cyprus	Tmax & Tmin	Regionale drempels	Nee
Denemarken	Tmax	3-daags gemiddelde Tmax > 28°C	Nee
Duitsland	PT (+acclim./UHI)	PT niveau 1 ≥ 32°C; niveau 2 ≥ 38°C	Ja
Estland	Tmax of Tmean	Geel: 27°C(3d)/Tmean ≥ 20°C; Oranje: 30°C(3d)/Tmean ≥ 25°C	Nee
Finland	Tmax & Tmean	Geel ≥ 27/20°C; oranje ≥ 30/24°C; rood ≥ 35/28°C	Nee
Frankrijk	Tmax & Tmin	Regionale drempels	Ja
Griekenland	Tmax	Regionale drempels	Nee
Hongarije	Tmean	≥ 25/27/29°C (1-3 dagen)	Ja
Ierland	Tmax & Tmin	Tmax > 27°C & Tmin > 15°C	Nee
<i>IJsland</i>	-	<i>Geen hittewaarschuwingssysteem</i>	-
Italië	Tappmax + air-mass model	Stad- & maand-specifiek	Ja
Kroatië	Tmax & Tmin	-	Ja
Letland	Tmax	27-30°C / 31-34°C / ≥ 35°C	Nee
Liechtenstein	-	-	Nee
Litouwen	Tmax	≥ 30°C (1-2d) of ≥ 30°C (≥ 3d)	Nee
Luxemburg	Tmax & Tmean vorige dag	33-35°C + Tmean > 23°C; > 35°C + Tmean > 23°C	Nee
Malta	Tmax	33-36°C / 36-40°C / ≥ 40°C	Nee
Moldavië	Tmax	-	Nee
Monaco	-	-	Nee
Montenegro	-	-	Nee
Nederland	Tmax	35°C of 4×29°C; 3×34°C / 2×36°C / 1×38°C	Nee
Noord-Macedonië	Tmax	-	Nee
<i>Noorwegen</i>	-	<i>Geen hittewaarschuwingssysteem</i>	-
Oekraïne	-	-	Nee
Oostenrijk	PT	≥ 30°C / ≥ 35°C / ≥ 40°C (geel/oranje/rood)	Nee
Polen	Tmax & Tmin	≥ 30°C; 30-34°C + Tmin ≥ 18°C; > 34°C (≥ 2d)	Nee

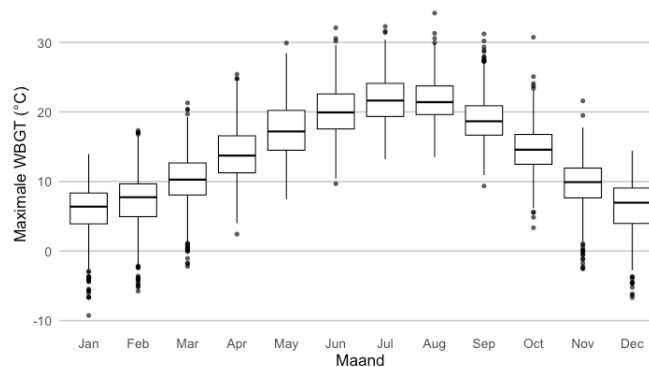
Portugal	Tmax & ICARO	Regionale drempels	Ja
Roemenië	Tmax	-	Nee
Rusland	-	-	Nee
San Marino		<i>Niet zeker of het onder het Italiaanse systeem valt</i>	
Servië	-	-	Nee
Slovenië	Tmax & Tmean	Tmax ≥ 30°C; Tmean in oranje/rood	Nee
Slowakije	Tmax	≥ 33°C / ≥ 35°C / ≥ 38°C	Nee
Spanje	Tmax	Regionale drempels	Ja
Tsjechië	Tmax	> 31°C / > 34°C / > 37°C	Nee
Verenigd Koninkrijk	Tmax & Tmin	Impact-based systeem	Ja
Zweden	Tmax	Notice: Tmax ≥ 26°C gedurende 3 dagen; Geel: Tmax ≥ 30°C gedurende 3-4 dagen; Oranje: Tmax ≥ 30°C gedurende 5 dagen of Tmax ≥ 33°C gedurende ≥ 3 dagen	Nee
Zwitserland	Tmean	≥ 25°C (1-3d), ≥ 27°C (≥ 3d)	Ja

Appendix B: Voorlopige hittekracht-schaal en frequentietabel

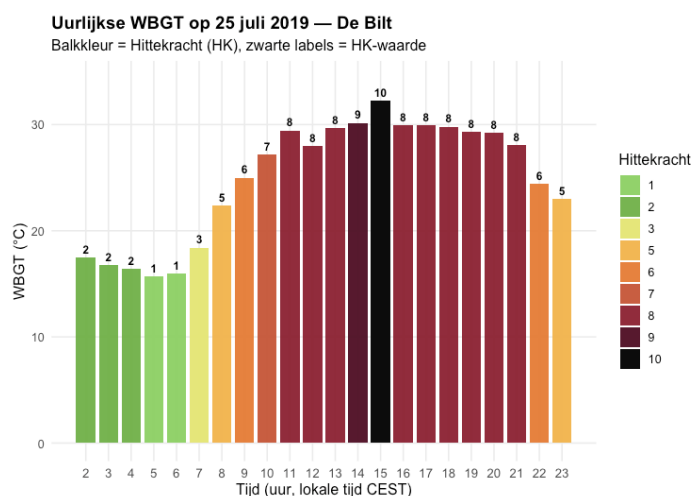
Tabel B1. Voorlopige hittekracht-indeling met frequenties (De Bilt, 1991- juli 2025)*

HK	WBGT-range (°C)	Uren (+%)	Dagen (+%)
1	< 16	244 480 (80.80%)	7 333 (69.1%)
2	16-18	22 251 (7.36%)	1 240 (11.7%)
3	18-20	15 982 (5.28%)	1 299 (12.3%)
4	20-22	9 847 (3.26%)	1 161 (11.0%)
5	22-24	5 591 (1.85%)	759 (7.15%)
6	24-26	2 860 (0.95%)	465 (4.38%)
7	26-28	1 145 (0.38%)	237 (2.24%)
8	28-30	271 (0.09%)	94 (0.89%)
9	30-32	17 (0.006%)	12 (0.11%)
10	≥ 32	4 (0.001%)	3 (0.03%)

* Na afronding van dit hoofdstuk is de hittekrachtschaal uitgebreid met niveau 0 (geen relevante hittestress) (0 - <14, 1: 14-16). Deze wijziging is niet verwerkt in de hier gepresenteerde berekeningen, maar heeft geen invloed op de resultaten: een deel van het eerdere niveau 1 wordt in de huidige schaal als niveau 0 geïnclassificeerd.



Figuur B1: Boxplot van dagelijkse maximale WBGT per maand, in de Bilt (1991-2025)



Figuur B2: Voorbeeld van de uurlijkse WBGT en hittekracht op 25 juli, 2019 in de Bilt.

Referenties

- [1] Copernicus Climate Change Service (C3S) and World Meteorological Organization (WMO), "European State of the Climate 2024," 2025, doi: 10.24381/14j9-s541.
- [2] E. E. A. EEA, *European Climate Risk Assessment*. 2024.
- [3] RIVM, "Evaluatie Nationaal Hitteplan: de relatie tussen temperatuur en sterfte." 2015.
- [4] KNMI, "KNMI'23 klimaat scenario's voor Nederland, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut," 2023.
- [5] G. Toloo, G. Fitzgerald, P. Aitken, K. Verrall, and S. Tong, "Evaluating the effectiveness of heat warning systems: Systematic review of epidemiological evidence," *Int. J. Public Health*, vol. 58, no. 5, pp. 667–681, 2013, doi: 10.1007/s00038-013-0465-2.
- [6] S. Williams *et al.*, "Evaluating cost benefits from a heat health warning system in Adelaide, South Australia," *Aust. N. Z. J. Public Health*, vol. 46, no. 2, pp. 149–154, 2022, doi: 10.1111/1753-6405.13194.
- [7] J. J. Hess and K. L. Ebi, "Iterative management of heat early warning systems in a changing climate.," *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1382, no. 1, pp. 21–30, Oct. 2016, doi: 10.1111/nyas.13258.
- [8] S. Versluis and W. Hagens, "Evaluatie Nationaal Hitteplan: Scenarioanalyse code rood." 2025.
- [9] Rivm, GGD, GHOR, ACTIZ, and Rode_Kruis, "Nationaal hitteplan 2007," *Minist. van Welz. en Sport*, pp. 3–39, 2007.
- [10] RIVM, "Nationaal Hitteplan: versie 2015," 2015.
- [11] KNMI, "Herijking Waarschuwingssytematiek," 2015.
- [12] L. S. Kalkstein, P. F. Jamason, J. S. Greene, J. Libby, and L. Robinson, "The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: Development and application, summer 1995," *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 77, no. 7, pp. 1519–1528, 1996, doi: 10.1175/1520-0477(1996)077<1519:TPHWHW>2.0.CO;2.
- [13] C. Pereira Marghidan, J. Nairn, J. Blanford, M. van Aalst, and M. N. Mistry, "Untangling the fragmented landscape of extreme heat services and warning systems," *Environ. Res. Lett.*, vol. 20, no. 10, 2025, doi: 10.1088/1748-9326/adfe00.
- [14] A. Casanueva *et al.*, "Overview of existing heat-health warning systems in Europe," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 15, 2019, doi: 10.3390/ijerph16152657.
- [15] "The impacts of heat on health: Surveillance and preparedness in Europe.," *European Environment Agency*. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/the-impacts-of-heat-on-health>. [Accessed: 15-Nov-2025].
- [16] A. Burgstall, A. Casanueva, S. Kotlarski, and C. Schwierz, "Heat warnings in Switzerland: Reassessing the choice of the current heat stress index," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 15, 2019, doi: 10.3390/ijerph16152684.
- [17] K. Oka, Y. Honda, and Y. Hijioka, "Launching criteria of 'Heatstroke Alert' in Japan according to regionality and age group," *Environ. Res. Commun.*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.1088/2515-7620/acac03.
- [18] F. N. Becker, A. H. Fink, P. Bissolli, and J. G. Pinto, "Towards a more comprehensive assessment of the intensity of historical European heat waves (1979–2019)," *Atmos. Sci. Lett.*, vol. 23,

- no. 11, pp. 1–12, 2022, doi: 10.1002/asl.1120.
- [19] I. Cvijanovic, M. N. Mistry, J. D. Begg, A. Gasparrini, and X. Rodó, "Importance of humidity for characterization and communication of dangerous heatwave conditions," *npj Clim. Atmos. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–17, 2023, doi: 10.1038/s41612-023-00346-x.
- [20] A. Barnett, S. Tong, and A. Clements, "What Measure of Temperature is the Best Predictor of Mortality?," *Epidemiology*, vol. 20, no. 6 Suppl, pp. 13–265, 2009.
- [21] S. T. Kent, L. A. McClure, B. F. Zaitchik, T. T. Smith, and J. M. Gohlke, "Heat waves and health outcomes in Alabama (USA): The importance of heat wave definition," *Environ. Health Perspect.*, vol. 122, no. 2, pp. 151–158, 2014, doi: 10.1289/ehp.1307262.
- [22] L. Meijer, "Rode draden klimaatrisico's voor weerbare responsorganisaties," vol. 31, no. 41146461, 2024.
- [23] M. Pascal *et al.*, "Evolving heat waves characteristics challenge heat warning systems and prevention plans," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 65, no. 10, pp. 1683–1694, 2021, doi: 10.1007/s00484-021-02123-y.
- [24] M. Pascal, K. Laaidi, and A. Fouillet, "How to Use Near Real-Time Health Indicators to Support Decision-Making during a Heat Wave : The Example of the French Heat Wave Warning," pp. 1–14, 2025, doi: 10.1371/4f83ebf72317d.Authors.
- [25] A. Gasparrini *et al.*, "Small-area assessment of temperature-related mortality risks in England and Wales: a case time series analysis," *Lancet. Planet. Heal.*, vol. 6, no. 7, pp. e557–e564, 2022, doi: 10.1016/S2542-5196(22)00138-3.
- [26] A. Gasparrini and M. Mistry, "An operational framework for real-time forecast of temperature-related excess mortality at small-area level," *ISEE Conf. Abstr.*, vol. 2024, no. 1, 2024, doi: 10.1289/isee.2024.1418.
- [27] G. M. Budd, "Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations," *J. Sci. Med. Sport*, vol. 11, no. 1, pp. 20–32, 2008, doi: 10.1016/j.jsams.2007.07.003.
- [28] J. C. Liljegren *et al.*, "Modeling the Wet Bulb Globe Temperature Using Standard Meteorological Measurements Modeling the Wet Bulb Globe Temperature Using Standard Meteorological Measurements," vol. 9624, 2008, doi: 10.1080/15459620802310770.
- [29] M. Koning, "The heat (stress) is on ' Assessing the Wet Bulb Globe Temperature in the Netherlands," no. Niosh 2016, 2024.
- [30] J. Klomp maker, C. Pereira Marghidan, and W. Hagens, "RIVM Kennisnotitie: Temperatuur-sterfte onderzoek voor de doorontwikkeling van het Nationaal Hitteplan (nog niet gepubliceerd)," 2026.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Postbus 201 | 3730 AE De Bilt
T 030 220 69 11 | www.knmi.nl