

# Hitte en droogte in de kleine kernen en het landelijk gebied van Overijssel

Synthese

Opdrachtgever





# Hitte en droogte in de kleine kernen en het landelijk gebied van Overijssel

---

Synthese



## **Auteurs**

Teun Terpstra (HKV)  
Jan Huizinga (HKV)  
Ruud Hurkmans (HKV)  
Cor Jacobs (WENR)

PR3936.10

April 2019



# Inhoudsopgave

|   |          |
|---|----------|
| <b>Onderzoek in het kort</b>  | <b>1</b> |
| <b>Synthese</b>   | <b>3</b> |
| Onderzoeksvraag 1: In welke mate spelen hitte en hittestress een rol in de kleine kernen en in het landelijk gebied van Overijssel? | 4        |
| Onderzoeksvraag 2: In welke mate speelt droogte een rol in de kleine kernen van Overijssel?   | 11       |
| Onderzoeksvraag 3: Welke andere 'extremen' als gevolg van klimaatverandering verdienen ook onze aandacht?                           | 16       |
| Onderzoeksvraag 4: Welke maatregelen zijn er mogelijk in relatie tot hitte én droogte?  | 16       |
| Onderzoeksvraag 5: Wat is de effectiviteit van de beschreven maatregelen voor hittestress én droogte?                               | 17       |
| Aanbevelingen   | 19       |
| Bijlage A: Factsheets   | 23       |



# Onderzoek in het kort

Hitte en hittestress zijn niet alleen een issue in grote steden. Ook kleine kernen staan hieraan blootgesteld en zelfs de mate waarin dat het geval is, hoeft niet te verschillen tussen grote en kleine kernen. Uit satellietbeelden van 3 juli 2018 bleek dat het verschil in oppervlaktetemperatuur tussen kernen en het landelijk gebied overdag kan oplopen tot 12 °C. Maar ook binnen kernen, en zelfs in het landelijk gebied, kunnen overdag grote variaties voorkomen afhankelijk van grondgebruik en inrichting. Of iemand last heeft van hitte (hittestress) hangt af van de gevoelstemperatuur en persoonskenmerken. Onder meer ouderen, zuigelingen, chronisch zieken en mensen met zware beroepen zijn extra kwetsbaar. Omdat gezondheidseffecten van hitte niet worden gemonitord, is er geen inzicht in de omvang van de problemen van hitte. Hitte speelt ook op het platteland. Hoewel het platteland 's nachts meer afkoelt, kunnen stallen overdag wel flink opwarmen. Vee heeft hier last van, maar de mate waarin verschilt per soort. Kraamzeugen en biggen verlaten de stal niet en zijn daardoor relatief kwetsbaar. Hittestress bij vee zorgt ook voor inkomstenderving van boeren, bijvoorbeeld doordat de groei vertraagt en melkproductie afneemt.

Ook droogte speelt in kleine kernen. Neerslagtekorten werken door in grondwaterstanden en in bodemvochtgehalten, maar in de praktijk is hierin weinig inzicht. Dit maakt het lastig om vooraf risico's op schade in te schatten. Ook wanneer wel schades optreden, kan het moeilijk zijn de rol van droogte hierin te duiden. In gemeente Hof van Twente is in 2018 voor 500.000 euro schade opgetreden door afsterving van openbaar groen. Of er in andere kernen ook schade is opgetreden, is niet bekend.

Naast hitte en droogte zijn er andere weersextremen die aandacht vereisen. Voor stedelijk gebied zijn extreme piekbuien het belangrijkste. Recent is aangetoond dat de kans op extreme piekbuien door klimaatverandering substantieel is toegenomen. In de ruimtelijke verdeling van deze extreme buien in Nederland is geen duidelijk patroon herkenbaar. De kleine kernen van Overijssel zijn daarom ten opzichte van grote kernen en de rest van Nederland niet meer of minder blootgesteld aan extreme piekbuien.

Tot slot is in het kader van dit onderzoek een inventarisatie gemaakt van mogelijke maatregelen en is de effectiviteit van maatregelen kwalitatief en kwantitatief beschreven op basis van de wetenschappelijke literatuur. Van de geïnventariseerde 52 maatregelen zijn er 47 op hitte van toepassing, 23 op droogte en 18 op zowel hitte als droogte. Het grote aantal maatregelen voor hitte heeft vooral te maken met de vele verschillende mogelijkheden in ruimtelijke inrichting op verschillende schaalniveaus. Bij droogte gaat het vooral om infiltratiemaatregelen en opslag van water. Op kleinere schaalniveaus (gebouw, straat, wijk) zijn meer verschillende maatregelen mogelijk dan op grotere schaalniveaus (stad, regio).

Enerzijds is dat positief, omdat actoren daarmee binnen hun eigen invloedssfeer meer mogelijkheden hebben. Anderzijds geeft dit ook aan dat adaptatie afhankelijk is van veel kleine maatregelen, waardoor adaptatie van een kern of regio als geheel mogelijk minder snel gaat.

In dit onderzoek zijn verschillende aanbevelingen gedaan. We noemen hier de drie belangrijkste. Ten eerste is het belangrijk meer inzicht te krijgen in de gezondheidseffecten van hitte onder risicogroepen en het algemeen publiek. Naarmate kleine kernen meer vergrijzen, neemt ook de omvang van kwetsbare groepen toe (ouderen, chronisch zieken). Ten tweede, er ligt een kans om de kwetsbaarheid van openbaar groen en funderingen te evalueren. Hoewel de groenvoorziening over het algemeen goed bestand is tegen droogte en de kans op paalrot en verschilzetting in Overijssel beperkt lijken, biedt de droogte van 2018 en de huidige lage grondwaterstand een kans om eventuele kwetsbaarheden te constateren. Ten derde, er is weinig bekend over de mate en omvang van hittestress bij vee. Zowel vanuit dierenwelzijn als mogelijke impact op de veehouderij in Overijssel kan meer inzicht van belang zijn.



# Synthese

In het kader van het Regionale Adaptatieplan Overijssel inventariseert Provincie Overijssel de kennis die reeds ontwikkeld en beschikbaar is, en op welke onderwerpen meer kennis noodzakelijk is. Dit rapport adresseert een aantal van deze kennisvelden. Provincie Overijssel is in het bijzonder geïnteresseerd in de kwetsbaarheid van kleine kernen en het landelijk gebied voor hitte. De provincie wil bovendien graag weten of droogte een rol speelt in de kleine kernen (in het landelijk gebied is dit al beter bekend). Daarnaast wil de provincie graag inzicht in mogelijke maatregelen en de effectiviteit daarvan. Vijf onderzoeksvragen staan hierin centraal:

1. In welke mate spelen hitte en hittestress een rol in de kleine kernen en in het landelijk gebied van Overijssel?
2. In welke mate speelt droogte een rol in de kleine kernen van Overijssel?
3. Welke andere 'extremen' als gevolg van klimaatverandering verdienen ook onze aandacht?
4. Welke maatregelen zijn er mogelijk in relatie tot hitte én droogte?
5. Wat is de effectiviteit van de beschreven maatregelen voor hittestress én droogte?

Het onderzoek betreft een brede inventarisatie. Dit betekent dat we de belangrijkste effecten van hitte en droogte en mogelijke maatregelen via literatuur en enkele analyses in kaart hebben gebracht, en anekdotisch materiaal hebben verzameld op specifieke thema's via interviews met overheden en bedrijven in Overijssel. Er is expliciet niet gefocust op de effecten van droogte in het landelijk gebied, omdat naar aanleiding van de droogte in 2018 reeds evaluaties zijn uitgevoerd.

Deze synthese is een uitgebreide samenvatting van het hoofdrapport. In deze synthese komen geen literatuurverwijzingen voor. Het hoofdrapport bevat een uitgebreid overzicht van de geraadpleegde literatuur.

In de hierna volgende paragrafen presenteren we de belangrijkste bevindingen en conclusies. Hierbij komen de onderzoeksvragen één voor één aan bod. Het rapport sluit af met een aantal aanbevelingen.

## Onderzoeksvraag 1. In welke mate spelen hitte en hittestress een rol in de kleine kernen en in het landelijk gebied van Overijssel?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het van belang eerst te definiëren wat we met hitte en hittestress bedoelen. Bij hitte gaat het in de huidige context vooral om een verschijnsel dat het 'stedelijk hitte eiland effect' wordt genoemd. Een stedelijk hitte-eiland is een verhoging van de temperatuur in gebouwd gebied ten opzichte van de achtergrondtemperatuur in de omgeving. Met de 'omgeving' wordt meestal bedoeld op het gebied buiten de bebouwde kom, vaak agrarisch gebied of natuurgebieden. Hittestress heeft te maken met de hittelast die mens en dier ervaren en de effecten daarvan op het functioneren en de gezondheid. We gaan daarom eerst op deze aspecten in, zodat we vervolgens de situatie in Overijssel kunnen beoordelen.

### Hitte in stedelijk en landelijk gebied en mogelijke effecten

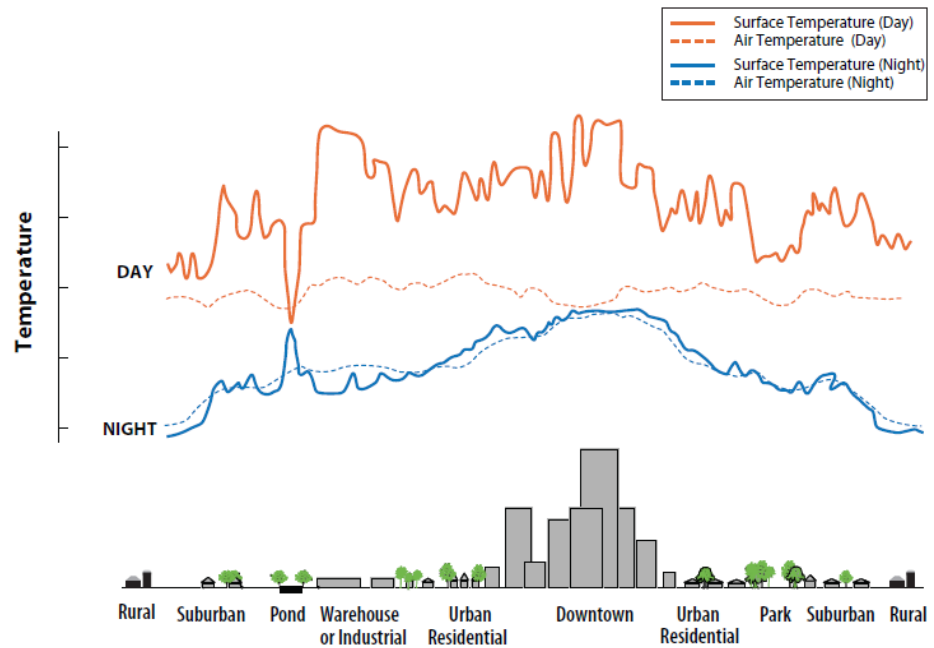
#### Stedelijk hitte eiland effect

Vaak wordt onderscheid gemaakt tussen het hitte eiland effect op basis van oppervlaktetemperatuur en het hitte eiland effect op basis van luchttemperatuur. Figuur 1 illustreert dit. Het hitte-eiland op basis van luchttemperatuur is het "klassieke" hitte-eiland en manifesteert zich voornamelijk na zonsondergang. Overdag warmen de bodem, het oppervlaktewater en de bebouwing geleidelijk op en gedurende de nacht wordt die warmte maar langzaam weer afgegeven. Een open landelijke of natuurlijke omgeving houdt minder warmte vast en kan daarnaast de warmte sneller kwijtraken dan een verharde, stedelijke omgeving. Daardoor blijft het vooral 's avonds en 's nachts warmer in de stad. Het stedelijk hitte eiland op basis van oppervlaktetemperatuur is juist overdag vaak groter, met name als het buitengebied vochtig is en – in tegenstelling tot het gebouwde gebied – goed verdampt. Door het ontbreken van verdamping in de stad koelt het oppervlak overdag niet af en loopt de oppervlaktetemperatuur sterk op, vooral als er ook veel zonnestraling wordt opgenomen zoals bij een donker wegdek. Wanneer ook de omgeving van een stad of dorp droog is en daardoor minder verdampt, zal het oppervlakte hitte eiland vaak veel minder uitgesproken zijn.

#### Hittestress

Overdag in de buitenlucht is de gevoelstemperatuur een belangrijke indicator voor hittestress. In warme periodes dragen een hogere luchttemperatuur, lagere windsnelheid, hogere luchtvochtigheid en hogere zonne- en warmtestraling bij aan een hogere gevoelstemperatuur. Overdag worden verschillen in de gevoelstemperatuur in gebouwd gebied vooral bepaald door zon en schaduw, samen met windsnelheid. Na zonsondergang en binnen in gebouwen spelen de luchttemperatuur en warmtestraling een meer prominente rol. Voor de gevoelstemperatuur wordt in Nederland (en ook internationaal) de Physiological Equivalent Temperature (PET) vaak gebruikt om de mate van hittestress te duiden die mensen ervaren. De optimale gevoelstemperatuur ligt (in ons deel van Europa) tussen 18 en 23°C (PET).

Figuur 1:  
 Vergelijking van het  
 hitte-eiland op basis  
 van lucht-  
 temperatuur  
 (doorgetrokken  
 lijnen) met het hitte-  
 eiland op basis van  
 oppervlakte-  
 temperatuur  
 (stippellijnen) voor  
 een typische situatie  
 overdag (oranje) en  
 in de nacht (blauw).  
 Bron:  
<http://www.epa.gov/heatisland/about/index.htm>



### Effecten op mensen

Hitte beïnvloedt zowel fysieke als mentale prestaties. Dit leidt tot verminderde arbeidsproductiviteit van zowel binnen- als buitenwerkers. Bij omgevingstemperaturen hoger dan 25°C daalt de arbeidsproductiviteit gemiddeld met 2% per graad temperatuurstijging. Verschillen tussen sectoren zijn hierin waarschijnlijk. Mensen die in de buitenlucht werken, zoals in de agrarische sector, worden in hogere mate blootgesteld aan zonnestraling en een hoge temperatuur. In België heeft men expliciete arbeidsnormen geformuleerd, om te beoordelen of een 8-urige werkdag verantwoord is en of beschermende maatregelen nodig zijn. In Nederland is in de Arbowet vastgelegd dat de temperatuur op de werkplek de gezondheid van de werknemer niet nadelig mag beïnvloeden, maar er wordt geen specifieke temperatuur genoemd. Naast directe effecten van hitte kan de arbeidsproductiviteit ook indirect via slaapverstoring negatief worden beïnvloed. Slaapverstoring kan ook de gezondheid negatief beïnvloeden.

Bij toenemende hittestress kunnen ernstige gezondheidseffecten optreden zoals ademhalingsproblemen, beroertes en nierfalen, soms met de dood tot gevolg. Deze ziektebeelden kunnen verklaard worden uit uitdroging, virale en bacteriële infecties, bijkomende effecten van luchtvervuiling (door toename van concentraties ozon en fijn stof bij hogere temperaturen) en medicatie voor bijvoorbeeld astma en COPD (waardoor patiënten moeilijker warmte afvoeren) en psychische aandoeningen.

Ziekenhuisbezoeken en sterfte nemen bij hitte dan ook beduidend toe. De grootste sterfte treedt op onder ouderen, bij mannen van 75+ en vrouwen van 85+ jaar. In Nederland blijkt het sterftcijfer het laagst bij een daggemiddelde temperatuur van ongeveer 16.5 °C. Volgens recente schattingen neemt de extra sterfte (oversterfte) bij iedere graad boven 20°C toe met ongeveer 8 personen per dag. Tijdens de 12-daagse hittegolf in 2010 stierven naar schatting 660 mensen meer dan normaal in die periode. De

onzekerheid is echter groot. In 2018 was er nauwelijks sprake van extra sterfte door hitte, mogelijk doordat implementatie van hitteplannen vruchten afwerpt in combinatie met een griepgolf eerder dat jaar met toegenomen sterfte onder voor hitte kwetsbare mensen. Uitzondering was een iets toegenomen sterfte onder mensen van 80 jaar en ouder.

### **Effecten op vee**

De omstandigheden en temperatuur waarbij dieren hittestress ervaren verschillen per soort. Voor vee worden de volgende grenswaarden in de praktijk gehanteerd: koeien, 21°C; schapen en geiten, 23°C; paarden, 25°C; varkens, 26°C; kippen, 28°C. Hittestress verlaagt de metabole snelheden waardoor ongeacht de (verminderde) voerinnname negatieve effecten ontstaan op de gezondheid van de dieren en hun groei, productie en reproductie. Bij koeien kan daardoor de melkproductie verminderen. Kippen leggen mogelijk minder en kleinere eieren met een slechtere kwaliteit van de schaal. Bij kraamzeugen vermindert de vruchtbaarheid. Naast de temperatuur is ook de luchtvochtigheid van belang. Een hoge luchtvochtigheid verhoogt bijvoorbeeld de kans op uierontstekingen bij koeien. Een warme periode met lage luchtvochtigheid hoeft voor vee daarom niet 'ongezonder' te zijn dan een koelere periode met hoge luchtvochtigheid. Verder zijn agrarische gebieden vaak open, met relatief weinig schaduw waar de dieren verkoeling zouden kunnen zoeken. Tijdens warme perioden is daarom de mogelijkheid tot aangepaste weidegang voor koeien van belang.

### **Bevindingen in Overijssel**

#### **Hitte in kleine kernen en het landelijk gebied**

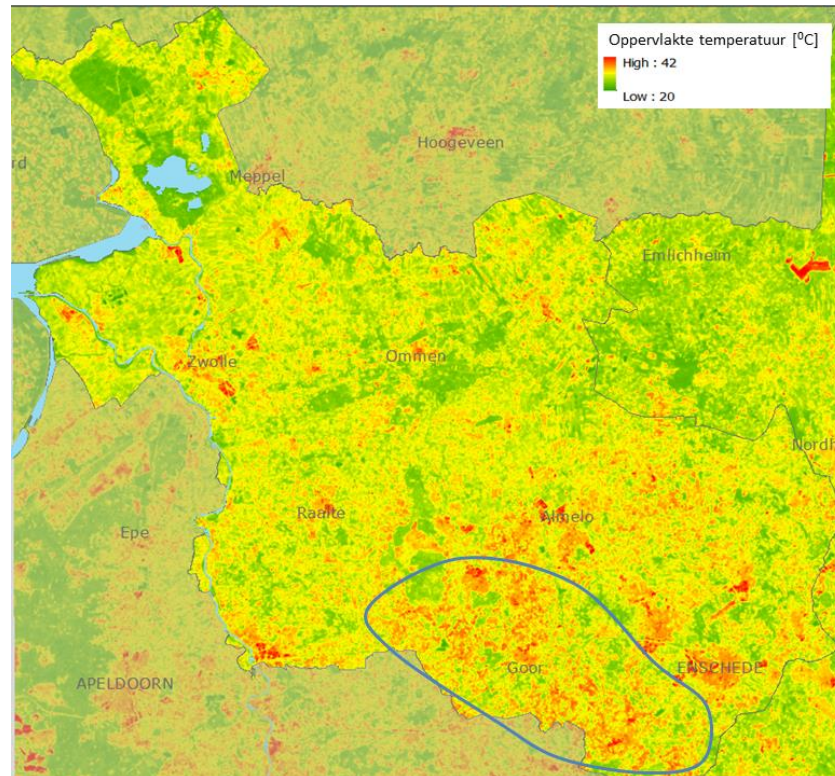
De zomer van 2018 was extreem warm en droog. Om het stedelijk hitte eiland effect te beoordelen is gebruik gemaakt van satellietbeelden waarmee de oppervlaktetemperatuur kan worden waargenomen.

Gedurende de zomer was er één satellietbeeld beschikbaar waarop de hele provincie Overijssel wolkenvrij was (3 juli 2018, rond het middaguur), zie Figuur 2. De luchttemperatuur op de KNMI stations in Overijssel (stations Heino en Twenthe) was op dat moment ongeveer 25°C.

Verschillende zaken vallen op:

- Stedelijke gebieden zijn duidelijk waarneembaar, zowel grote kernen (bv., Zwolle, Deventer, Enschede, Almelo) als kleinere kernen (bv., Genemuiden, Hasselt, Ommen, Goor, Oldenzaal) hebben een relatief hoge oppervlaktetemperatuur, en ook vliegveld Twente is herkenbaar;
- Er zijn verschillen tussen grote steden, bijvoorbeeld in Enschede, Hengelo en Almelo lijkt een groter stedelijk gebied een hoge oppervlaktetemperatuur te hebben dan in Deventer of Zwolle;
- Er zijn verschillen tussen kleine kernen zoals Dalfsen (minder heet) enerzijds en Goor of Oldenzaal anderzijds (heter);
- In het landelijk gebied ten zuiden van stedenband Twente zijn opvallend veel warme plekken aanwezig (omcirkeld in de kaart).

*Figuur 2:  
Oppervlakte-  
temperatuur  
Overijssel op 3 juli  
rond het middag  
uur.  
Bron: Landsat 8.*



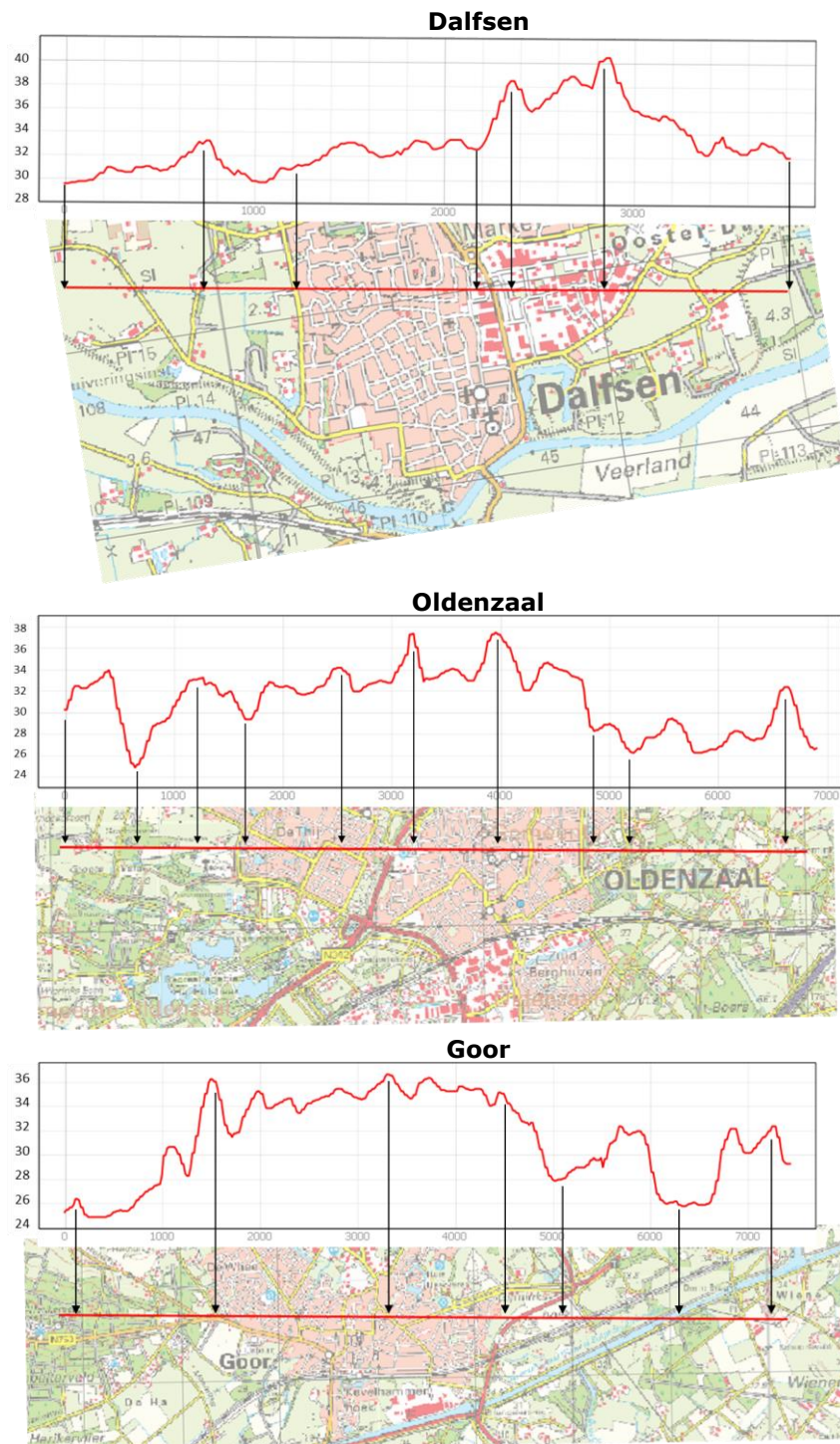
Figuur 3 toont een dwarsdoorsnede van de oppervlaktetemperatuur in een drietal kernen: Dalfsen, Oldenzaal en Goor. De oppervlaktetemperatuur in bebouwd gebied lag op 3 juli rond het middaguur lokaal tot 12 °C hoger dan in het omringende agrarisch gebied. De temperatuurprofielen laten zien dat ook binnen een kernen grote variaties in oppervlaktetemperatuur kunnen voorkomen.

In overeenstemming met de literatuur worden verschillen met name verklaard door het grondgebruik en de inrichting. In het bijzonder warmt aaneengesloten verharding sterk op en is het vaak de omvang van bedrijventerreinen die (op het oog) de verschillen tussen en binnen kleine kernen verklaren. In Goor liggen bedrijventerreinen langs de noordzijde die overdag zeer warm worden, en valt daarnaast ook de omgeving Weversplein op met grote parkeerterreinen nabij supermarkten. In Oldenzaal betreft het een omvangrijk gebied met bedrijventerreinen aan de zuidkant van het spoor, en in Dalfsen de bedrijventerreinen langs de Rondweg/Welsummerweg.

Dat kleine kernen sterk kunnen opwarmen net als grote kernen stemt overeen met recente wetenschappelijk onderzoeken die in Nederland zijn uitgevoerd. Zo bleek in een eerdere studie het hitte eiland effect (o.b.v. luchttemperatuur) in de Overijsselse kern Losser sterk aanwezig, en ook de gevoelstemperatuur lag hier opvallend hoog. Recent onderzoek in Zeeland heeft onlangs bevestigd dat ook daar kleine kernen een sterk hitte eiland effect kunnen ervaren. De literatuur laat verder zien dat groen juist temperatuur verlagend werkt. Groene structuren (zoals het bomenpark aan de Ankummeres in Dalfsen) hebben een duidelijk lagere

oppervlaktetemperatuur overdag. Een voorwaarde is dan wel dat het groen blijft verdampen. In het satellietbeeld viel het rode vlekkenpatroon in het buitengebied op, ten zuiden van de stedenband Twente. Aanvullende satellietbeelden hebben laten zien dat de vegetatie op in dit gebied aanwezige akkers sterk opwarmde. Dit kan komen doordat er net is geoogst of geploegd, maar ook doordat vegetatie en gewassen zijn uitgedroogd en niet meer verdampen. Dit laat zien dat het landelijk gebied overdag ook sterk kan opwarmen.

*Figuur 3:  
Dwarsdoorsneden  
oppervlakte-  
temperatuur (°C) in  
Dalfsen, Oldenzaal  
en Goor.*



### **Effecten op mensen**

In Dalfsen is een interview afgenomen omtrent het thema 'zorg'. Uit een interview met een zorgcentrum in Dalfsen bleek, dat de hitte effect had op het thermisch comfort en de werkomstandigheden in het gebouw. In de gang op de bovenste etage waar demente bewoners verbleven zijn door een medewerker metingen verricht en bedroeg de temperatuur aan het einde van de middag ruim 28°C. Volgens de betrokken medewerker was het in de appartementen zelf warmer, doordat deze aan directe zoninstraling blootstaan. De gemeten temperatuur ligt boven de grens van 25 tot 26 °C die door het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid gehanteerd wordt voor intensief lichamelijk inspannend werk en rond op de grens van 28 °C voor licht fysiek kantoorwerk. Demente bewoners waren onrustiger dan gewoonlijk ('dwalen' kwam vaker voor). Vanwege de hitte zijn inspannende activiteiten overdag zoveel mogelijk beperkt. Dit hield ook in, dat er minder gedocht werd. Er is contact onderhouden met familie en de GGD over de situatie en maatregelen. Volgens het verzorgingshuis was de impact van hitte op het personeel groter dan op de bewoners. De werkomstandigheden voor personeel waren soms zwaar, met name doordat personeel in de nachtdienst overdag slechter sliep. Hiermee is in de roosters zoveel mogelijk rekening gehouden. Na de zomer is besloten buitenzonwering te installeren, en extra mobiele airco's aan te schaffen.

### **Effecten op vee**

Om hitte-effecten in het landelijk gebied te beoordelen zijn interviews gehouden met twee varkensboeren met kraamzeugen (Haaksbergen en Vriezenveen) en één melkveehouder in Witharen. De optimale temperatuur in de varkensstallen is 21°C, en vanaf ongeveer 26°C ontstaat hittestress. Tijdens de zomer van 2018 werd in de stallen regelmatig een temperatuur van 27°C bereikt. Er was sprake van beperkte hittestress. Beide boeren gaven aan dat de vruchtbaarheid van zeugen afnam en dat ze minder melk produceerden. De biggen dronken hierdoor minder, waardoor de groei vertraagde. De langzamere groei van de dieren zorgde voor problemen omdat de groeicyclus is ingericht op 25 weken; dan worden weer nieuwe biggen geboren. Er ontstond daardoor ruimtegebrek in de stallen. Tijdens de hitte is veel extra werk verricht, zoals het koelen van de zeugen met koud water. Er werd ook een andere voersamenstelling met meer water aangeboden. Ook daalde de verkoopprijs van de biggen. De varkenshouder in Haaksbergen (met 750 zeugen en 4250 biggen) schatte de opbrengstderving door drie weken groeivertraging op 70.000 euro, en de hogere marktprijs voor granen leidde tot ongeveer 17.000 euro aan extra uitgaven per maand. Alles bij elkaar bedroegen de kosten door hitte ongeveer 100.000 euro.

Bij de melkveehouder in Vriezenveen hebben de koeien meer op stal gestaan dan gewoonlijk. Om de stal te koelen zijn sproeiers gebruikt op het dak en in de stal is gekoeld met grote ventilatoren. De weidegang werd aangepast, zodat de dieren overdag minder aan de hitte in de wei zijn blootgesteld. De normen voor het aantal uren weidegang die gesteld worden door de zuivelcorporatie zijn daarbij gehaald. Om de energieopname op peil te houden is er **aangepaste voeding** met meer pensbestendig vet gebruikt.

Door de genomen maatregelen veranderde de melkopbrengst nauwelijks. Er was ook geen invloed van de hitte op sterfte of ziekte. De droge lucht was juist gezond voor de dieren waardoor er weinig zieke dieren waren. In september nam de temperatuur sterk af en werd de lucht veel vochtiger. Door de hogere luchtvochtigheid nam het aantal ziektegevallen weer toe.

### **Conclusie onderzoeksvraag 1: hitte in stedelijk en landelijk gebied**

Conclusie 1: Net als in grote Nederlandse kernen zijn stedelijke hitte eiland effecten ook in kleine Nederlandse kernen aanwezig. Dit geldt in principe voor alle kernen in Nederland, en dus ook voor de kleine kernen in Overijssel. Naar verwachting zijn er wel verschillen in hitte eiland effecten tussen kleine kernen, die met name verklaard kunnen worden uit de inrichting op wijk en straatniveau. Hierbij is het van belang onderscheid te maken tussen oppervlakte- en luchttemperatuur.

Conclusie 2: Hitte eilanden op basis van oppervlaktetemperatuur zijn vooral afhankelijk van de omvang van aangesloten verharding, zoals parkeerterreinen en bedrijventerreinen. Uit een provincie dekkend satellietbeeld van Overijssel 3 juli 2018 bleek dat de oppervlaktetemperatuur van hitte eilanden in kleine kernen en grote kernen overdag tot 12 °C hoger lag dan in het omringende agrarisch gebied. Deze oppervlakken geven de warmte overdag en met name 's nachts af aan de omringende lucht.

Conclusie 3: Hitte eiland effecten op basis van luchttemperatuur zijn daarom in kleine kernen niet per se minder aanwezig dan in grote kernen. Uit een wetenschappelijke studie bleek het luchttemperatuurverschil tussen de kern Losser en agrarisch gebied op te kunnen lopen tot bijna 7 °C. Het gevonden hitte eiland effect in Losser was vergelijkbaar of zelfs groter dan in andere kleine en grote kernen elders in Nederland. Lopend onderzoek in Zeeland lijkt dit hitte eiland effect voor kleine kernen te bevestigen.

Conclusie 4: Gevoelstemperatuur kan van plek tot plek verschillen en is niet direct afhankelijk van de omvang van een kern. De gevoelstemperatuur is bepalend voor de hittelast die mensen ervaren en neemt toe met een hogere luchttemperatuur, een hogere luchtvochtigheid, een hogere blootstelling aan zonnestraling, en een lagere windsnelheid.

Conclusie 5: De mate waarin mensen hittestress ervaren verschilt tussen personen en wordt naast de gevoelstemperatuur bepaald door de duur van blootstelling daaraan en door gedrag en persoonskenmerken. Risicofactoren voor hittestress zijn onder meer leeftijd (65+ en zeer jong kinderen), chronische ziekten (bv., astma, COPD), het verrichten van lichamelijke inspanning (i.r.t. tot werk en vrijetijdsbesteding) en gebruik van medicatie, alcohol en drugs. Hitte heeft onder meer effect op de gezondheid van mensen en op arbeidsomstandigheden.

Conclusie 6: De impact van hittegolven op het functioneren van mensen en hun gezondheid is niet inzichtelijk omdat er geen evaluaties worden uitgevoerd of monitoring plaatsvindt. Gezondheidseffecten worden door de GGD IJsselland en andere instanties niet gemonitord, zodat er weinig inzicht is in de impact van hittegolven op risicogroepen en het algemeen publiek in Overijssel. Het is niet bekend of GGD's elders in Nederland hierop wel monitoren.



Conclusie 7: Uit interviews met een zorgcentrum bleek dat extra rekening gehouden is met de hittelast voor personeel en bewoners en werden inspannende activiteiten voor personeel en bewoners in overleg met familie en GGD zoveel mogelijk beperkt.

Conclusie 8: Ook op akkers en in weilanden kan de oppervlaktetemperatuur sterk oplopen, met name wanneer de vegetatie verdroogd is of kort na de oogst. Dit blijkt uit satellietbeelden op 3 juli 2018, waarop dit is te zien met name ten zuiden van stedenband Twente.

Conclusie 9: Dieren kunnen hittestress ervaren, maar de omstandigheden waarbij stress optreedt en de effecten daarvan op dierenwelzijn verschilt per soort. Bij vee verlaagt hittestress de metabole snelheden waardoor ongeacht de (verminderde) voerinnname negatieve effecten kunnen ontstaan op de gezondheid van de dieren en hun groei, productie en reproductie.

Conclusie 10: Als gevolg van hittestress bij vee kunnen de inkomsten van boeren dalen. Twee geïnterviewde varkensboeren gaven aan dat de vruchtbaarheid van zeugen afnam en dat ze minder melk produceerden, en de groeicyclus van biggen vertraagde. Een varkenshouder schatte de opbrengstderving door drie weken groeivertraging op 70.000 euro. De inkomstderving en hogere kosten werden gezien als een normaal bedrijfsrisico.

## Onderzoeksvraag 2. In welke mate speelt droogte een rol in de kleine kernen van Overijssel?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het van belang eerst te definiëren wat we met droogte bedoelen. Bij droogte kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende typen droogte.

### **Droogte in stedelijk gebied en mogelijke effecten**

#### **Verschillende typen droogte**

Een meteorologische droogte treedt op wanneer er langdurig verminderde neerslag valt ten opzichte van normaal. Een meteorologische droogte veroorzaakt doorgaans andere typen droogte. In Nederland wordt door het KNMI zogenoemde (potentiële) neerslagtekorten landelijk berekend voor de periode van april tot oktober. Door dit jaarlijks te brengen berekenen wordt inzicht verkregen in het gemiddelde neerslagtekort, en de afwijking daarvan in een bepaald jaar. Hiermee kan inzicht worden verkregen in de meteorologische droogte. Wanneer de vochtvoorraad van de wortelzone kleiner wordt ontstaat vervolgens een bodemvochtdroogte, wanneer het om agrarisch gebied gaat ook wel landbouwkundige droogte genoemd, waarvan de vegetatie nadelige effecten kan ondervinden. Vervolgens wordt ook de grondwateraanvulling kleiner; die hangt immers mede af van het bodemvochtgehalte. De grondwaterstand daalt en daarmee ook de afvoer naar het oppervlaktewatersysteem. In hoog Nederland wordt de afvoer namelijk sterk bepaald door de grondwaterstand. Door de verminderde waterbeschikbaarheid en het effect daarvan op de samenleving ontstaat een sociaal-economische droogte.

### **Wateraanvoer**

In het laaggelegen deel van de provincie kunnen hydrologische en landbouwkundige droogtes worden gemitigeerd door water in te laten vanuit het hoofdwatersysteem in het regionale systeem en vervolgens in de stedelijke systemen van de kernen. In de provincie Overijssel gelden twee verdringingsreeksen voor twee verschillende gebieden, namelijk IJsselmeergebied en Twentekanalen/Overijsselse Vecht. Wateraanvoer vindt plaats vanuit het IJsselmeer, de IJssel, Overijsselse Vecht en Twentekanalen. Vervolgens wordt het water verdeeld via lokale watergangen. In het hooggelegen deel van Overijssel waar geen water kan worden ingelaten, zoals de hogere zandgronden in het oosten van Twente en de Sallandse Holterberg, is het handelingsperspectief in tijden van droogte beperkt. Een meteorologische droogte kan hier via een landbouwkundige en hydrologische droogte ook een sociaal-economische droogte veroorzaken. Uiteraard zijn lokaal wel maatregelen mogelijk, zoals lokaal meer water vasthouden met kleinschalige buffers.

### **Effecten van droogte op gebouwen en infrastructuur**

Droogte in stedelijk gebied heeft mogelijk een effect op gebouwen en infrastructuur. De blootstelling aan maaivelddaling, verschildzetting en de kans op paalrot is het grootst in de laaggelegen gebieden van de IJssel-Vechtdelta. Maar ook in de beekdalen in hoger gelegen gebieden zijn lokaal klei en veenpakketten aanwezig waardoor schade kan optreden. Wanneer houten funderingen droog komen te staan kan schimmelvorming optreden (paalrot). Houten funderingen komen vooral voor bij woningen die zijn gebouwd in periode 1890-1970 in bodemdalingsgebieden met een slappe ondergrond (veen, klei). Droogstand van houten paalkoppen wordt veroorzaakt door structureel lage grondwaterstanden door bemaling en lekkende rioleringen. Zetting wordt vooral veroorzaakt door de ontwatering en de daarop volgende daling van de grondwaterstand en inklinking van de bodem. In (extreem) droge perioden dalen grondwaterstanden tijdelijk extra, en kan door verschildzetting en krimp ook schade optreden aan gebouwen en infrastructuur (riolering, wegverharding) die op staal zijn gefundeerd en bebouwing met gemengde fundering (op staal en op palen).

### **Effecten van droogte (en hitte) op groen en biodiversiteit**

Grondwaterstanden en bodemvochtgehaltes zijn van belang voor het stedelijk groen, zodat de verdamping op peil blijft en het stedelijke hitte eiland wordt beperkt. De beplanting in Nederlandse steden is aangepast op de huidige klimatologische omstandigheden. Over het algemeen herstellen planten snel wanneer er weer water beschikbaar is. Tijdens droogte wordt door gemeenten beperkt geïrrigeerd vanwege de hoge kosten. De schade aan habitats hangt vooral samen met de bodemgesteldheid en onomkeerbare processen in de bodem, zoals inklinking van veen. Ook het inlaten van systeemvreemd water met nutriënten kan leiden tot onherstelbare natuurschade. Als gevolg van een veranderend (warmer) klimaat kunnen ook organismen zoals teken (overbrenger van de verwekker van de Ziekte van Lyme), muggen (overbrenger van virussen, afhankelijk van muggensoort) en

blauwalgen beter gedijen, met toenemende kans op ziekten en plagen. Dit geldt voor zowel stad als platteland.

### **Effecten van droogte (en hitte) op de leefbaarheid**

Droogte en hitte beïnvloeden samen de leefbaarheid van de omgeving, zoals het prettig en aangenaam kunnen wonen, werken en recreëren. Effecten spelen zich af op verschillende tijdschalen. Hitte veroorzaakt met name snel optredende effecten, zoals vermindering van het thermisch comfort buiten op straat en in gebouwen en verlaging van arbeidsproductiviteit. Droogte heeft meer graduele effecten, zoals de effecten van droogte op funderingen van gebouwen en infrastructuur, en de effecten op groen en biodiversiteit.

Er wordt verwacht dat bij toenemende hitte de druk op de buitenruimte toeneemt doordat mensen verkoeling zoeken. Wanneer uitdroging van groen optreedt, heeft dat ook psychologische gevolgen doordat mensen hun omgeving als warmer ervaren. Een goede oppervlaktewaterkwaliteit is van belang voor recreatie, maar ook voor de ecologie en algehele volksgezondheid. Droogte, hoge temperaturen en een gebrek aan mogelijkheden om open water door te spoelen vergroot de kans op botulisme, (blauw)algenbloei en stankoverlast. Ook de zwemwaterkwaliteit kan achteruit gaan door een snellere algengroei in oppervlaktewater en een vergrote kans op groei van ziekteverwekkers en plaagorganismen.

### **Bevindingen in Overijssel**

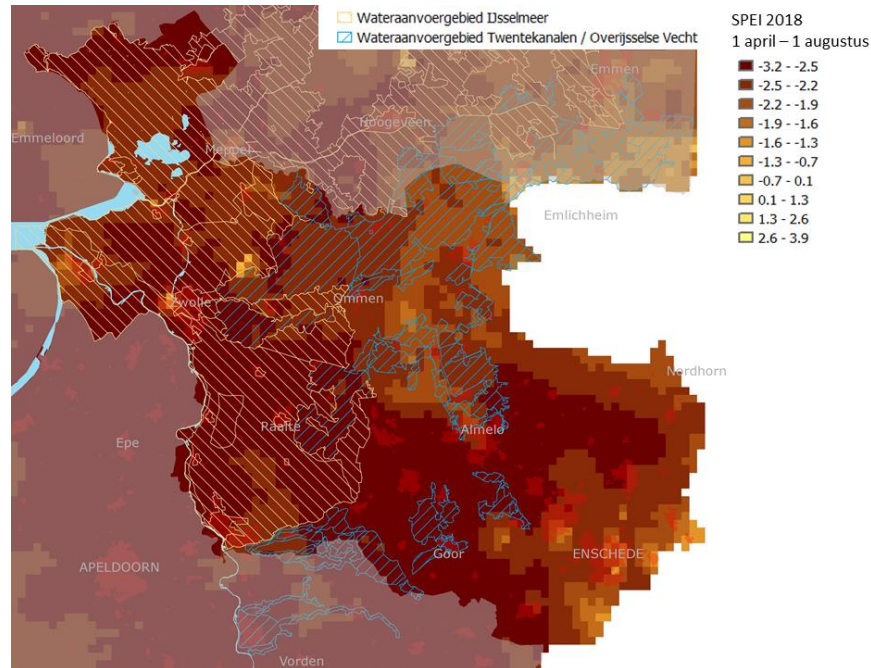
Om effecten van droogte in kleine kernen te beoordelen zijn droogtekaarten ontwikkeld en zijn interviews gehouden met een woningstichting in Oldenzaal en een groenbeheerder van de gemeente Hof van Twente.

## Meteorologische droogte in kaarten

De droogtekaarten hebben betrekking op het neerslagtekort in het zomerhalfjaar van 2018. Ze laten zien hoe het neerslagtekort zich ruimtelijk en in de tijd ontwikkelde in de provincie. Onderstaande kaart toont het neerslagtekort tot 1 augustus, ten opzichte van het langjarig gemiddelde. Hoe donkerder de kleur, hoe extremer de droogte ten opzichte van een gemiddeld jaar. De getallen in de legenda geven de extremiteit aan (aantal standaarddeviaties t.o.v. een gemiddeld jaar). De kaart laat tevens zien waar water aangevoerd kon worden.

*Figuur 4: Neerslagtekort periode 1 april tot 1 augustus 2018, ten opzichte van het langjarig gemiddelde neerslagtekort over de periode 1 april tot 1 augustus.*

*Interpretatie SPEI: (NT=neerslagtekort)  
 SPEI = 0, NT gelijk aan langjarig gemiddelde;  
 SPEI ≤ -1, NT hoort tot 15,87% van de droogste jaren;  
 SPEI ≤ -2, NT hoort tot 2,28% van de droogste jaren;  
 SPEI ≤ -3, NT hoort tot 0,13% van de droogste jaren..*



Uit de droogtekaarten blijkt, dat het neerslagtekort op 1 juli in het zuidelijk en oostelijk deel van Overijssel al uitzonderlijk groot was. Op 1 augustus (bovenstaande kaart) was het neerslagtekort in de hele provincie verder opgelopen. In de weken daarna liep het neerslagtekort iets terug, met name in het noordelijk deel van Overijssel, maar in het oosten en zuiden bleef het extreem droog. Om meer inzicht te krijgen in de verschillen qua droogte tussen kernen is een drietal kernen, Dalfsen, Oldenzaal en Gooor, nader beschouwd. Hieruit blijkt dat het neerslagtekort in Dalfsen in augustus opliep tot rond 250-300 mm, en op dat niveau bleef tot in november. In Oldenzaal liep het tekort in augustus op tot 300 mm, waarna het boven de 300 mm stabiliseerde en doorliep tot in november. In Gooor was de situatie het extreemst. Het neerslagtekort liep in augustus op tot ongeveer 350 mm en steeg door in november tot bijna 400 mm. Statistisch behoorde de droogte in Gooor daarmee tot de 0,1% droogste jaren.

## Gebouwen, infrastructuur

In Oldenzaal is een interview afgenomen omtrent het thema 'gebouwen en wonen'. Dit betrof de gemeente Oldenzaal. Oldenzaal ligt niet op een locatie met een verhoogde kans op verschildzetting als gevolg van droogte. Toch trad in de zomer van 2018 in één straat funderingsschade op als gevolg van

inklinken van de grond. Dit had te maken met veranderingen in drainage. Omdat huizen in de regio Oldenzaal veelal op staal zijn gebouwd leidt dit lokaal tot verzakkende muren. Het is onduidelijk of de droogte hierin eveneens een rol speelde.

### **Effecten op stedelijk groen**

In de gemeente Hof van Twente (Goor) is gesproken met een vertegenwoordiger van het gemeentelijk groenbeheer. Tijdens de zomer van 2018 is extreem veel water uit het Twentekanaal gegeven, om de schade zoveel mogelijk te beperken. Jonge bomen zijn iedere week van water voorzien. Er ontstond droogteschade aan het groen waarbij er geen specifiek moment was aan te wijzen waarop het mis ging. De inventarisatie betrof alleen de heesters en hagen, waarbij de grootste schade optrad aan bodembedekkers (lage heesters). Er was tevens veel schade aan coniferen bij begraafplaatsen. In Goor alleen bedroeg de schade 140.000 euro. De totale schade in de hele gemeente Hof van Twente is op 500.000 euro geschat (vervangingswaarde).

### **Conclusie onderzoeksvraag 2: droogte in stedelijk gebied**

Conclusie 1: Uit de analyses van het neerslagtekort bleek dat de zomer van 2018 extreem droog was, en dat er duidelijke regionale verschillen waren. In Dalfsen liep het neerslagtekort bijvoorbeeld op tot 250 à 300 mm, terwijl het neerslagtekort in Goor tot bijna 400 mm steeg. Neerslagtekorten werken door in grondwaterstanden en bodemvochtgehalten. Maar in de praktijk is hierin weinig inzicht. Dit maakt het lastig om vooraf risico's op schade in te schatten, omdat ieder stedelijk watersysteem specifieke kenmerken, behoeften en knelpunten heeft. Ook wanneer wel schades optreden, kan het moeilijk zijn de rol van droogte hierin te duiden zonder inzicht in grondwaterstanden en het omringende watersysteem.

Conclusie 2: Uit de klimaateffectatlas blijkt dat er verhoogde risico's zijn op paalrot in gemeente Twenterand (met name in de kern Vriezenveen), in de kernen Hasselt en Zwartsluis en in mindere mate in gemeente Hof van Twente (kernen Goor en Diepenheim). In de beekdalen waar lokaal klei en veenpakketten aanwezig zijn kan verschildzetting optreden. Uit een interview in Oldenzaal met een woningcorporatie blijkt één geval van funderingsschade aan een woning tijdens de zomer van 2018. Dit hing met name samen met een verandering in de drainage. Het is niet duidelijk of de droogte hierin ook een rol heeft gespeeld. Of er meer schadegevallen waren in andere kleine kernen van Overijssel is niet onderzocht.

Conclusie 3: Stedelijk groen is over het algemeen goed bestand tegen droogte. In uitzonderlijke gevallen kan groen afsterven, zoals in gemeente Hof van Twente waar door afsterving van met name lage heesters in de zomer van 2018 ongeveer 500.000 euro schade optrad. Of er ook schade aan groen is opgetreden in andere kleine kernen is niet onderzocht.

Conclusie 4: Droogte en hitte kunnen elkaar versterken, en van invloed zijn op de leefbaarheid in kernen. Effecten op de leefbaarheid zijn niet specifiek onderzocht en niet uit de interviews naar voren gekomen.

## Onderzoeksvraag 3: Welke andere 'extremen' als gevolg van klimaatverandering verdienen ook onze aandacht?

Naast hitte en droogte zijn er andere meteorologische verschijnselen, waarvan de intensiteit in de toekomst mogelijk toeneemt als gevolg van de opwarming van de aarde. Het meest bekende voorbeeld hiervan zijn piekbuien, waarover verschillende rapporten zijn gepubliceerd. In de KNMI '14 scenario's wordt ook een toename van hagel en onweer verwacht. In aanvulling hierop is een interview gehouden met een klimatoloog van het KNMI om de laatste stand van kennis te duiden. Hierbij is tevens gevraagd of er specifieke aandachtspunten zijn voor Overijssel en of kenmerken van kernen (zoals het stedelijk hitte eiland effect) mogelijk een rol spelen.

### Conclusies

Conclusie 1: In de KNMI 2014 scenario's wordt verwacht dat verschillende vormen van extreem weer – zoals hagel, onweer, valwinden en windhozen – in frequentie en intensiteit zullen toenemen. Tegelijkertijd is daarover nog veel onduidelijk waardoor de mate van toename momenteel niet (goed) te kwantificeren is. In Nederland wordt hiernaar door het KNMI geen onderzoek verricht.

Conclusie 2: Ten aanzien van storm wordt verwacht dat windsnelheden en het aantal stormen boven land afneemt met een toenemende urbanisatiegraad. Deze trend, die al zichtbaar is sinds de jaren zestig van de vorige eeuw, zet naar verwachting door.

Conclusie 3: Extreme piekbuien kunnen in stedelijk gebied wateroverlast veroorzaken. Recentelijk is aangetoond dat de kans op korte, extreme piekbuien substantieel is toegenomen als gevolg van klimaatverandering. Ook zijn er aanwijzingen dat de omvang van deze convectieve buien toeneemt. In de ruimtelijke verdeling van deze extreme buien in Nederland is geen duidelijk patroon herkenbaar. De kleine kernen van Overijssel zijn daarom ten opzichte van grote kernen in Overijssel en ten opzichte van de rest van Nederland niet meer of minder blootgesteld aan extreme piekbuien.

## Onderzoeksvraag 4: Welke maatregelen zijn er mogelijk in relatie tot hitte én droogte?

Conclusie 1: Op basis van literatuuronderzoek is een lijst van 52 mogelijke maatregelen samengesteld, die genomen kunnen worden om blootstelling aan en kwetsbaarheid voor hitte en droogte te beperken. De maatregelen omvatten vier hoofdthema's, namelijk maatregelen A) in de openbare ruimte, B) in en aan gebouwen, C) in tuinen, en D) sociale en bestuurlijke maatregelen. Binnen deze thema's zijn deelonderwerpen en individuele maatregelen onderscheiden.

Conclusie 2: Van de 52 maatregelen zijn er 47 op hitte van toepassing, 23 op droogte en 18 op zowel hitte als droogte. Het grote aantal maatregelen voor hitte heeft vooral te maken met de vele verschillende mogelijkheden in

ruimtelijke inrichting op verschillende schaalniveaus. Bij droogte gaat het vooral om infiltratiemaatregelen en opslag van water.

Conclusie 3: Op kleinere schaalniveaus (gebouw, straat, wijk) zijn meer verschillende maatregelen mogelijk dan op grotere schaalniveaus (stad, regio). Enerzijds is dat positief, omdat actoren daarmee binnen hun eigen invloedssfeer meer mogelijkheden hebben. Anderzijds geeft dit ook aan dat adaptatie afhankelijk is van veel kleine maatregelen, waardoor adaptatie van een kern of regio als geheel mogelijk minder snel gaat.

## Onderzoeksvraag 5: Wat is de effectiviteit van de beschreven maatregelen voor hittestress én droogte?

Op basis van literatuuronderzoek is zo goed mogelijk een kwalitatieve en kwantitatieve inschatting gemaakt van de effectiviteit van maatregelen. In het kwalitatieve oordelen is gebruik gemaakt van de volgende schaal: +/- als het effect niet duidelijk aangetoond of inconsistent is; + als het effect blijkt uit onderzoek, maar beperkt is; ++ als het effect blijkt uit onderzoek, en substantieel is. Voor de toepasbaarheid van maatregelen is onderscheid gemaakt tussen de oordelen 'Generiek toepasbaar' (G) en 'afhankelijk van de Specifieke situatie' (S).

### Conclusies

Conclusie 1: Met de kwalitatieve oordelen kan de effectiviteit van maatregelen onderling *binnen hetzelfde thema* vergeleken worden, maar meestal niet tussen thema's. Zo kunnen maatregelen die in de openbare ruimte worden genomen (meestal) niet worden vergeleken met maatregelen die in de tuin worden genomen, vanwege het verschil in schaal. Daarnaast is het goed te beseffen dat iedere maatregel een eigen doel dient. Bijvoorbeeld, in de openbare ruimte kan het hitte eiland effect in een wijk worden beperkt door substantieel te vergroenen, of op een schoolplein de gevoelstemperatuur worden verlaagd door een aantal grote bomen te planten.

Conclusie 2: De inschatting van de effectiviteit van maatregelen kan beschouwd worden als 'het beste wat we momenteel voorhanden hebben.' De beschreven effectiviteit moet met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, omdat ze afkomstig zijn van metingen onder specifieke omstandigheden of modelberekeningen en derhalve betrekking hebben op een specifieke situatie.

Conclusie 3: In de openbare ruimte hebben 3 van de 23 maatregelen een ++ gekregen. Maatregelen met dit oordeel hebben betrekking op hitte en zijn groenmaatregelen op het schaalniveau van een straat of wijk (bomenrij, park, laanbeplanting). Er zijn geen droogte maatregelen in de openbare ruimte die een ++ heeft gekregen. Infiltratie maatregelen worden minder effectief geacht omdat infiltratie van regenwater tijdens extreme droogte beperkt bijdraagt aan de grondwateraanvulling, terwijl peilopzet van oppervlaktewater ook risico's op wateroverlast met zich meebrengt.

Tabel 1:  
Ordering van  
maatregelen in  
factsheets.

| Factsheet A: Openbare ruimte                            | Maatregel                              | Hitte | Droogte | Schaal |        |      |      |       | Effectiviteit | Toepasbaar |
|---|--|-------|---------|--------|--------|------|------|-------|---------------|------------|
|   |  |       |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |               |            |
| A1. Wind en ventilatie                                  | 1 Waterwegen                           |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 2 Verkeerswegen, open velden           |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 3 Oriëntatie en dichtheid gebouwen     |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
| A2. Groene maatregelen                                  | 4 Lage vegetatie / gras                |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 5 Groene gevel / façade                |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 6 Bomenrij in straten of langs water   |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
|   | 7 Park                                 |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
| A3. Schaduw   | 8 Hoge gebouwen                        |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 9 Laanbeplanting                       |       |         |        |        |      |      |       | ++            | G          |
|   | 10 Textieldoeken                       |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
| A4. Koelen en wegverharding                             | 11 Half-open verharding                |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 12 Lichtgekleurde wegverharding        |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | G          |
|   | 13 Water opbrengen                     |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
| A5. Waterelementen                                      | 14 Stadsbeek / gracht                  |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 15 Vijver / waterplein                 |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
|   | 16 Fontein / sprinklers                |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
| A6. Infiltratie van hemelwater                          | 17 Half / zeer open verharding         |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 18 Wadi's en bio-swales                |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
|   | 19 Putten en sleuven                   |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
| A7. Grondwater peilbeheer                               | 20 Oppervlaktewaterpeil verhogen       |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 21 Actief grondwater-peilbeheer        |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
| <b>Factsheet B. Gebouwen</b>                            | <b>Maatregel</b>                       |       |         |        |        |      |      |       |               |            |
| B1. Opwarming via ramen beperken                        | 22 Ramen openen                        |       |         |        |        |      |      |       | ++            | G          |
|   | 23 Zonwering buiten                    |       |         |        |        |      |      |       | ++            | G          |
|   | 24 Overstek                            |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 25 Oriëntatie ramen                    |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
| B2. Opwarming via daken beperken                        | 26 Reflectie                           |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 27 Isolatie                            |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 28 Groen dak                           |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 29 Blauwgroen dak                      |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
| B3. Opwarming via muren beperken                        | 30 Zonnepaneel                         |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | G          |
|   | 31 Groene gevel                        |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 32 Reflectie                           |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | G          |
|   | 33 Schaduw (van bomen)                 |       |         |        |        |      |      |       | ++            | G          |
| B4. Actieve koeling binnen                              | 34 Isolatie                            |       |         |        |        |      |      |       | +/-           | S          |
|   | 35 Airconditioning                     |       |         |        |        |      |      |       | ++            | G          |
|   | 36 Balansventilatie                    |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
|   | 37 Vloer/muurverwarming en koeling     |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
| <b>Factsheet C. Tuinen</b>                              | <b>Maatregel</b>                       |       |         |        |        |      |      |       |               |            |
| C1. Schaduw creëren                                     | 38 Zonzeil, parasol                    |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 39 Bomen                               |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
|   | 40 Begroeide pergola                   |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
| C2. Verharding vervangen door groen                     | 41 Beplanting                          |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 42 Bodembedekking                      |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 43 Verticaal groen                     |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
| C3. Infiltratie in de bodem                             | 44 Infiltratiekrat, greppel, put       |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
|   | 45 Half / zeer open verharding         |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 46 Wadi's en bioswales                 |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
| C4. Wateropvang   | 47 Regenton                            |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 48 Vijver                              |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 49 Regenwater opvangsysteem            |       |         |        |        |      |      |       | ++            | S          |
| <b>Factsheet D. sociale en bestuurlijke maatregelen</b> | <b>Maatregel</b>                       |       |         |        |        |      |      |       |               |            |
| D1. Governance, participatie en gedragsbeïnvloeding     | 50 Subsidie en regelgeving             |       |         |        |        |      |      |       | +             | G          |
|   | 51 Participatie van overheid en burger |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |
|   | 52 Beïnvloeding bewustzijn en gedrag   |       |         |        |        |      |      |       | +             | S          |

**Conclusie 4:** Van de 16 gebouwmaatregelen scoren er 5 een ++ op effectiviteit. Eenvoudige maatregelen zoals zonwering en openen van ramen gedurende de nacht en een deel van de ochtend zijn zeer effectief. De effectiviteit is echter sterk afhankelijk van het gedrag (openen en sluiten op het juiste moment). Groene daken hebben geen of een beperkt op de



luchttemperatuur en het hitte eiland effect. Dit hangt mede af van het type groendak (intensief of extensief). Een goede gebouwisolatie kan ongunstig uitwerken om woningen in de zomer koel te houden. Dit hangt samen met het 'serre-effect'. Het aantal 'te warme' uren kan hierdoor substantieel oplopen. Een airco is zeer effectief maar zorgt ook voor een hoger energieverbruik en opwarming in de stad. Balansventilatie en muurverwarming (koeling) kunnen ook ingezet worden om de woning te koelen.

Conclusie 5: 3 van de 12 tuinmaatregelen hebben een ++ gekregen, maar de schaal van het effect is beperkt tot de tuin. Tuinmaatregel zijn voornamelijk groene en blauwe maatregelen. Deze maatregelen zijn voornamelijk gericht op het creëren van schaduw en het infiltreren en op opvangen van water voor hergebruik. Groene tuinen zijn daarnaast goed voor de biodiversiteit. Veel groene tuinen kunnen samen op het niveau van een wijk bijdragen aan het beperken van het hitte eiland effect.

Conclusie 6: De effectiviteit van sociale en bestuurlijke maatregelen hangt mede af van het gestelde doel. Het doel kan zijn om bewustzijn te verhogen of participatie te bevorderen, om daarmee indirect de effecten van hitte en droogte (maar vaak ook: neerslag) te beperken. Er zijn nauwelijks onderzoeken gevonden die de effectiviteit van deze meer zachte maatregelen hebben geëvalueerd. Dit is een kennislacune. Ondanks een gebrek aan evaluaties mag verondersteld worden dat deze typen maatregelen bijdragen aan de implementatie van maatregelen door burgers om hitte, droogte of andere klimaat gerelateerde effecten te beperken. Zo is bijvoorbeeld het aantal groene daken de afgelopen jaren substantieel toegenomen.

## Aanbevelingen

### **Hitte en hittestress in de kleine kernen en in het landelijk gebied van Overijssel**

Hoewel er in de literatuur veel fundamentele kennis beschikbaar is over de werking en impact van hitte in stedelijk en landelijk gebied, ontbreekt het vooral aan toepassing van deze kennis om de rol van hitte en hittestress in de kleine kernen van Overijssel specifiek te kunnen duiden. Op de volgende punten is meer kennis en inzicht gewenst:

- Inzicht in hitte eiland effecten op wijk- en straatniveau en in gevoelstemperatuur in straten en op openbare plekken waar veel mensen samenkomen. Recentelijk is in opdracht van het Deltaprogramma een methode ontwikkeld waarmee gemeenten kaartbeelden van de gevoelstemperatuur in de openbare ruimte kunnen maken als onderdeel van stresstesten. Deze kaarten geven een globaal beeld van de plekken waar de gevoelstemperatuur op uitzonderlijk warme dagen 'te hoog' oploopt.
- Inzicht in de gevoelstemperatuur op locatieniveau waar zich risicogroepen bevinden en in de effecten op arbeidsomstandigheden en gezondheid. We adviseren hierin samen te werken met GGD IJsselland en de mogelijkheden te onderzoeken om effecten van hittegolven beter te kunnen monitoren en evalueren. Bijvoorbeeld door eenmalig een

steekproef onder risicogroepen te trekken of door periodiek te monitoren op gezondheidseffecten. Specifieke inzichten in de gevoelstemperatuur kunnen worden verkregen door in en om gebouwen metingen te verrichten.

- Inzicht in de gevoelstemperatuur en luchtvochtigheid in stallen en de mate van hittestress die dat veroorzaakt bij specifieke diersoorten in de veehouderij. Het is onduidelijk in welke mate dieren die in stallen verblijven, zoals varkens, staan blootgesteld aan hittestress en welke gezondheidseffecten dat heeft. Gezondheidseffecten hebben invloed op het dierenwelzijn en kunnen tot inkomstenderving van bedrijven leiden.

### **Droogte in de kleine kernen van Overijssel**

Neerslagtekorten werken door in grondwaterstanden en bodemvochtgehalten. Maar in de praktijk is hierin weinig inzicht. Dit maakt het lastig om vooraf risico's op schade in te schatten, omdat ieder stedelijk watersysteem specifieke kenmerken, behoeften en knelpunten heeft. Uit een beperkt aantal interviews is gebleken dat er in gemeente Hof van Twente groenschade is opgetreden als gevolg van de droogte. Op de volgende punten is meer kennis en inzicht gewenst:

- Inzicht in de mate waarin de droogte van 2018 schade aan funderingen en infrastructuur heeft veroorzaakt door paalrot en verschilzetting. Paalrot is een meer gradueel proces en droogte kan dit proces versnellen. In een beperkt aantal gemeenten zijn verhoogde risico's op paalrot en verschilzetting. We adviseren bij deze gemeentes te inventariseren of er schademeldingen zijn geweest en of er schade aan infrastructuur is opgetreden.
- Inzicht in de mate waarin de droogte van 2018 schade aan stedelijk gebied heeft veroorzaakt. Bijvoorbeeld, door te evalueren of er groenschade is geweest in andere gemeenten en samen met gemeenten te verklaren waarom wel of geen schade is opgetreden door het neerslagtekort, grondwaterstanden en bodemvocht te beschouwen (voor zover bekend) en het groenbeheer tijdens de droogte.

### **Maatregelen en hun effectiviteit**

In dit onderzoek is de effectiviteit van maatregelen beoordeeld aan de hand van de wetenschappelijke literatuur. Uit de inventarisatie blijkt dat de kennisbasis voor de effectiviteit van maatregelen nog beperkt is. We bevelen het volgende aan:

- Benut inzichten in de effectiviteit van maatregelen in de praktijk. Bijvoorbeeld, door in subsidies op effectiviteit te sturen en door gemeenten te helpen de effectiviteit van groenplannen inzichtelijk te maken.
- Breid de lijst van hitte en droogte maatregelen uit met wateroverlast, en kwantificeer de effectiviteit. Dit doet meer recht aan het thema 'klimaatadaptatie' waarop de lijst met maatregelen van toepassing is.
- Meer inzicht is gewenst in de effectiviteit van maatregelen in het bestuurlijke en sociale domein, zoals de effectiviteit van subsidies, participatie en communicatie. Een dergelijke evaluatie zou bijvoorbeeld kunnen worden opgezet in samenwerking met Operatie Steenbreek, om

daarmee binnen de provincie Overijssel meer zicht te krijgen de bijdrage aan en verbeterpunten voor klimaatadaptatie.

# Bijlagen

# Bijlage A: Factsheets

De getoonde tabel geeft een overzicht van de indeling van 52 maatregelen in factsheets. De factsheets worden gepresenteerd op de volgende pagina's, en bevatten een beschrijving van maatregelen en inschattingen van de effectiviteit en toepasbaarheid.

| Factsheet A: Openbare ruimte                        | Maatregel |                                     |
|---|-----------|-------------------------------------|
| A1. Wind en ventilatie                              | 1         | Waterwegen                          |
|   | 2         | Verkeers-wegen, open velden         |
|   | 3         | Oriëntatie en dichtheid gebouwen    |
| A2. Groene maatregelen                              | 4         | Lage vegetatie / gras               |
|   | 5         | Groene gevel / façade               |
|   | 6         | Bomenrij in straten of langs water  |
|   | 7         | Park                                |
| A3. Schaduw   | 8         | Hoge gebouwen                       |
|   | 9         | Laanbeplanting                      |
|   | 10        | Textieldoeken                       |
| A4. Koelen en wegverharding                         | 11        | Half-open verharding                |
|   | 12        | Lichtgekleurde wegverharding        |
|   | 13        | Water opbrengen                     |
| A5. Waterelementen                                  | 14        | Stadsbeek / gracht                  |
|   | 15        | Vijver / waterplein                 |
|   | 16        | Fontein / sprinklers                |
| A6. Infiltratie van hemelwater                      | 17        | Half / zeer open verharding         |
|   | 18        | Wadi's en bio-swales                |
|   | 19        | Putten en sleuven                   |
| A7. Grondwater peilbeheer                           | 20        | Oppervlakte-waterpeil verhogen      |
|   | 21        | Actief grondwater-peilbeheer        |
| Factsheet B: Gebouwen                               | Maatregel |                                     |
| B1. Opwarming via ramen beperken                    | 22        | Ramen openen                        |
|   | 23        | Zonwering buiten                    |
|   | 24        | Overstek                            |
|   | 25        | Oriëntatie ramen                    |
| B2. Opwarming via daken beperken                    | 26        | Reflectie                           |
|   | 27        | Isolatie                            |
|   | 28        | Groen dak                           |
|   | 29        | Blauwgroen dak                      |
|   | 30        | Zonnepaneel                         |
| B3. Opwarming via muren beperken                    | 31        | Groene gevel                        |
|   | 32        | Reflectie                           |
|   | 33        | Schaduw (van bomen)                 |
|   | 34        | Isolatie                            |
| B4. Actieve koeling binnen                          | 35        | Airconditioning                     |
|   | 36        | Balansventilatie                    |
|   | 37        | Vloer/muurverwarming en koeling     |
| Factsheet C: Tuinen                                 | Maatregel |                                     |
| C1. Schaduw creëren                                 | 38        | Zonnezeil, Parasol                  |
|   | 39        | Bomen                               |
|   | 40        | Begroeiende Pergola                 |
| C2. Verharding vervangen door groen                 | 41        | Beplanting                          |
|   | 42        | Bodembedekking                      |
|   | 43        | Verticaal groen                     |
| C3. Infiltratie in de bodem                         | 44        | Infiltratiekrat, greppel, put       |
|   | 45        | Half / zeer open verharding         |
|   | 46        | Wadi's en bioswales                 |
| C4. Wateropvang                                     | 47        | Regenton                            |
|   | 48        | Vijver                              |
|   | 49        | Regenwater opvangsysteem            |
| Factsheet D. sociale en bestuurlijke maatregelen    | Maatregel |                                     |
| D1. Governance, participatie en gedragsbeïnvloeding | 50        | Subsidie en regelgeving             |
|   | 51        | Participatie van overheid en burger |
|   | 52        | Beïnvloeding bewustzijn en gedrag   |



| Factsheet A.<br>Openbare<br>ruimte     | Maatregel                 |  | Hitte  | Droogte | Schaal |        |      |      |       |  | Effectiviteit | Haalbaar | Toelichting   |
|--|---------------------------|--|--|---------|--------|--------|------|------|-------|--|---------------|----------|---|
|  |                           |  |  |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |  |               |          |   |
| A1.<br>Wind en<br>ventilatie           | 1                         | Waterwegen                               |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Rivieren, beken, kanalen en grachten vergroten de ventilatie, mits de oriëntatie op bij hittegolven overheersende windrichting. Zorgen aan weerszijden voor aanvulling van grondwater tijdens droogte.  |
|  | 2                         | Verkeers-<br>wegen,<br>open velden       |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Verkeerswegen vergroten de ventilatie, mits de oriëntatie op bij hittegolven overheersende windrichting. Met haagbeuken of iepen aan de zuidzijde ontstaan groene corridors met schaduwwerking. Ook open groene gebieden (bv., sportvelden) vergroten de ventilatie.                              |
|  | 3                         | Oriëntatie en<br>dichtheid<br>gebouwen   |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | De verhouding tussen gebouwhoogte en straatbreedte beïnvloedt het transport van warmte binnen de straat. De optimale verhouding tussen gebouwhoogte en straatbreedte lijkt rond de 1 te liggen  |
|  | <b>Effectiviteit 1-3</b>  |  | <b>Gevoelstemperatuur:</b> In juli 2010 varieerde in Rotterdam de gemiddelde windsnelheid op 12 meetpunten, bepaald tussen 6 en 22 uur, tussen ongeveer 0.7 en 2.9 m/s. Over deze range en voor deze waarnemingstijden nam het percentage uren met kans op enige mate van hittestress (PET>23°C) lineair af van ongeveer 38% tot 18%, dus ongeveer 9 procentpunt per m/s.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A2.<br>Groene<br>maatregelen           | 4                         | Lage<br>vegetatie /<br>gras              |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | De verdamping van lage vegetatie is in het voorjaar mogelijk groter dan van een boom. Bij gras moet de vochtvoorziening op peil worden gehouden. Een goede bodempopbouw is hierbij van belang.  |
|  | 5                         | Groene<br>gevel /<br>façade              |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Effect van groene gevels waarschijnlijk gebaseerd op schaduw die muren koel houdt. Draagt bij aan verlaging van stedelijk hitte-eiland. Waarschijnlijk geen merkbaar effect op luchttemperatuur in gebouw en beperkt lokaal effect op luchttemperatuur buiten. Beleving wordt positief beïnvloed. |
|  | 6                         | Bomenrij in<br>straten of<br>langs water |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Straten of water warmen minder op waardoor minder warmte wordt opgeslagen. Een bomenrij verlaagt de luchttemperatuur. Gevoelstemperatuur en beleving verbeteren sterk door schaduwwerking en waardering van groen. Inpassing hangt af van ondergrondse infrastructuur.                            |
|  | 7                         | Park                                     |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Verdamping door water heeft verkoelend effect op omgeving. Bij verminderde beschikbaarheid van grondwater (droogte) neemt de verdamping en daarmee het verkoelend effect van bomen af. De aanleg van een park hangt van de specifieke omstandigheden in een wijk af.                              |
|  | <b>Effectiviteit 4-7</b>  |  | <b>Groenoppervlak:</b> 10% groenoppervlak op lokale tot regionale schaal komt overeen met reductie hitte-eiland met ~0.6°C (luchttemperatuur) op wijk- tot stadsschaal. <b>Straatbomen:</b> uit simulaties voor stadscentrum Arnhem werd reductie in gemiddelde en maximale luchttemperatuur van respectievelijk 0.6°C en 1.6°C berekend, in vergelijking met de situatie zonder bomen in de straat. Bakfietsmeting in Utrecht toonden slechts een gering effect op de luchttemperatuur. <b>Boomkroon:</b> Simulaties laten zien dat lokaal, onder een boomkroon, een reductie van de gevoelstemperatuur, PET, tot 10 à 12°C mogelijk is op een zonnige, tropische dag. Metingen op schaduwrijke plekken in Amsterdam laten hier en daar zelfs een reductie van PET tot 19°C zien. <b>Park:</b> Op zomerse dagen kan het in een klein park 3 °C koeler zijn dan in het aangrenzende bebouwde gebied. De luchttemperatuur is daarmee gelijk aan de temperatuur buiten de stad. De invloed van het 'Park Cool Island' effect op de aangrenzende bebouwde omgeving is echter gering. <b>Beleving:</b> Mensen vinden groene straten mooier, vooral door groen op ooghoogte en bij afwisselend groen, en hebben de neiging deze koeler te vinden. |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A3.<br>Schaduw                         | 8                         | Hoge<br>gebouwen                         |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Hoge gebouwen icsm kleine straten schermen muren van andere gebouwen af voor directe zonnestraling. Nadeel hoge gebouwen is dat na zonsondergang thermische uitstraling naar de atmosfeer wordt beperkt. Ook obstructie van wind zorgt voor verminderde afkoeling.                                |
|  | 9                         | Laan-<br>beplanting                      |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | G        | Laanbeplanting voorkomt dat directe zonnestraling (water)wegen minder sterk opwarmt, waardoor ze 's nacht minder warmte afgeven. Straatbomen zijn het meest effectief in het reduceren van de lokale buitentemperatuur door de combinatie van schaduwwerking en verdampingskoeling.               |
|  | 10                        | Textiel-<br>doeken                       |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Textieldoeken boven straten zorgen voor schaduw, waardoor wegdek minder opwarmt. 's Nachts moeten textieldoeken boven straten worden opgevouwen om afkoeling niet te hinderen. Textieldoeken kunnen ook worden toegepast voor beschaduwing van muren en daken.                                    |
|  | <b>Effectiviteit 8-10</b> |  | <b>Oppervlaktetemperatuur:</b> in schaduw van bomen kan de oppervlaktetemperatuur van harde, niet-verdampende oppervlakken tot 20 °C lager zijn dan in de zon. <b>Gevoelstemperatuur:</b> Volgens simulaties kan PET in de schaduw van een boom tot rond 10 °C lager zijn, volgens metingen op schaduwrijke plekken in Amsterdam zelfs meer, tot bijna 20 °C.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A4.<br>Koelen<br>en weg-<br>verharding | 11                        | Half-open<br>verharding                  |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Door verharding van wegen in stedelijk gebied semi-permeabel te maken kan meer regenwater infiltreren. Dit zorgt voor een hogere grondwaterstand in stedelijk gebied en lagere omgevingstemperaturen. Zie ook A6.   |
|  | 12                        | Lichtgekleurde<br>wegverharding          |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | G        | Reflectie van wegen vermindert warmte absorptie en daarmee is de warmteafgifte 's nachts geringer. EPA (2012) stelt dat als de wegdek reflectie in een stad wordt vergroot van 10 naar 35% de luchttemperatuur potentieel met 0.6°C afneemt.  |
|  | 13                        | Water<br>opbrengen                       |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Verkoeling van wegdek door afname oppervlaktetemperatuur. Door verdamping neemt luchtvochtigheid toe en wordt effect op gevoelstemperatuur mogelijk teniet gedaan. Kost veel water, netto effect nog niet vastgesteld.  |

| Factsheet A.<br>Openbare<br>ruimte   | Maatregel                  | Hitte  | Droogte | Schaal |        |      |      |       |  | Effectiviteit | Haalbaar | Toelichting   |
|--------------------------------------|----------------------------|--|---------|--------|--------|------|------|-------|--|---------------|----------|---|
|                                      |                            |  |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |  |               |          |   |
|                                      | <b>Effectiviteit 11-13</b> | <b>Oppervlaktetemperatuur:</b> toename van de fractie totaal verhard oppervlak met 10% zorgt voor een gemiddeld 0.7°C hogere oppervlaktetemperatuur en een toename van de mediane luchttemperatuur met 0.25°C.   |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A5.<br>Water-<br>elementen           | 14                         | Stadsbeek / gracht   |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Niet via het water zelf. Biedt ruimte voor ventilatie en het plaatsen van bomen voor schaduw. Meestal minder geschikt voor direct contact.  |
|                                      | 15                         | Vijver / waterplein  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Meestal niet via het water zelf. Direct contact met water ("pootje baden") is soms mogelijk. Verder mogelijkheid tot psychologische verkoeling (beleving). Omgeving biedt meestal wel ruimte voor ventilatie en het plaatsen van bomen voor schaduw.  |
|                                      | 16                         | Fontein / sprinklers   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Effect is zeer lokaal, maar wel aanwezig. Direct contact met water (pootje baden) en enige psychologische verkoeling (beleving). Sprinklers kunnen worden ontworpen voor directe koeling.   |
|                                      | <b>Effectiviteit 14-16</b> | Op microschaal is effectieve directe koeling via water vrijwel afwezig. Ondanks het lokaal geringe effect van water is het mogelijk dat veel kleine waterlichamen uiteindelijk wel bijdragen aan een vermindering van het stedelijk hitte-eiland, maar hierover is nog veel onbekend. Verder is het mogelijk dat waterelementen zelf een luchtcirculatie op gang brengen en dus de ventilatie beïnvloeden. Ook hierover is echter weinig informatie beschikbaar in de literatuur.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A6.<br>Infiltratie van<br>hemelwater | 17                         | Half / zeer open verharding  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Infiltratie onverzadigde zone. Water gaat deels naar onverzadigde zone, en deels via percolatie naar grondwater. Maar infiltratie heeft een beperkt effect in (extreem) droge perioden en kan in natte perioden ook tot ongewenst hoge grondwaterstanden leiden. Maatwerk is nodig. Zie ook A7. |
|                                      | 18                         | Wadi's en bio-swales   |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Infiltratie onverzadigde zone. Wadi's en bio-swales zorgen voor een lagere oppervlaktetemperatuur. Bio-swales zijn ondiepe met kruiden en bloemen beplante greppels en vormen kleine ecosystemen voor bijvoorbeeld bijen.   |
|                                      | 19                         | Putten en sleuven  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Regenwater komt ten goede aan grondwater. In tijden van droogte vindt maximale aanvulling plaats. Maar infiltratie heeft een beperkt effect in (extreem) droge perioden en kan in natte perioden ook tot ongewenst hoge grondwaterstanden leiden. Maatwerk is nodig.                            |
|                                      | <b>Effectiviteit 17-19</b> | Uit simulaties in Arnhem Oost (hooggelegen en klimaatbestendig ingericht) en Amsterdam (Rivierenbuurt) bleek een verdubbeling van de infiltratiecapaciteit beperkt bij te dragen aan het verhogen van grondwaterstanden tijdens (extreme) droogte (in Arnhem nauwelijks en in Amsterdam bijna 10 cm). Effect hangt af van de lokale situatie.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| A7.<br>Grondwater<br>peilbeheer      | 20                         | Oppervlakte-waterpeil verhogen   |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Grondwaterstanden kunnen worden aangevuld maar baten hiervan moeten worden afgewogen tegen verhoogd risico op wateroverlast. Effectiever op zandgrond dan op klei- of veengrond   |
|                                      | 21                         | Actief grondwater-peilbeheer   |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Hiermee kan een gewenst grondwaterpeil ingesteld worden, om zowel grondwateroverlast als -onderlast (verzakkingen, funderingsschade, groenschade) te voorkomen of te beperken. Actief grondwaterpeilbeheer in stedelijk gebied bevindt zich nog in de onderzoeksfase.                           |
|                                      | <b>Effectiviteit 20-21</b> | Effectiviteit verhoogd oppervlaktewaterpeil afhankelijk van grondsoort en bodemsamenstelling. In veen- en kleigebieden invloed beperkt, in zandgebieden groter. In stedelijk gebied invloed afhankelijk van plaatselijke omstandigheden. Modelberekeningen Rivierenbuurt Amsterdam lieten zien dat peilopzet van 20 cm minder effectief is dan verdubbelen infiltratiecapaciteit verhard oppervlak (aanvulling orde 10 cm, zie A6). Peilopzet effectiever naarmate moment van opzet vroeger in het jaar ligt. Risico op wateroverlast neemt dan toe. Actief grondwaterpeilbeheer is naar verwachting kosteneffectief in bodemdalingsgebieden met een verhoogde kans op funderingsschade. |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |

Op basis van literatuuronderzoek is zo goed mogelijk een kwalitatieve en kwantitatieve inschatting gemaakt van de effectiviteit van maatregelen. Kwalitatieve inschattingen hebben betrekking op:

- de effectiviteit, waarbij +/- betekent: effect niet duidelijk aangetoond of inconsistent; + betekent: effect blijkt uit onderzoek, maar kan beperkt zijn; ++ betekent: effect blijkt uit onderzoek, en effect is substantieel;
- de toepasbaarheid van de maatregel, waarbij G=meestal Generiek toepasbaar, S=vaak afhankelijk van de Specifieke situatie



| Factsheet B. Gebouwen            | Maatregel                  |                                 | Hitte  | Droogte | Schaal |        |      |      |       |  | Effectiviteit | Haalbaar | Toelichting   |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---------|--------|--------|------|------|-------|--|---------------|----------|---|
|                                  |                            |                                 |  |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |  |               |          |   |
|                                  |                            |                                 |  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| B1. Opwarming via ramen beperken | 22                         | Ramen openen                    |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | G        | 's Nachts kan de luchttemperatuur buitenshuis tot wel 10 °C lager zijn dan binnenshuis. Het openen van ramen wanneer het buiten kouder is dan binnen (vooral tussen 23–11 uur) is samen met zonwering de meest effectieve maatregel om de binnentemperatuur te verlagen.                  |
|                                  | 23                         | Zonwering buiten                |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | G        | Voorkomt dat inkomende zonnestraling een gebouw van binnenuit opwarmt. Correcte bediening van belang (overdag op tijd dicht, 's avonds op tijd open). Samen met openen van ramen de meest effectieve maatregel om de binnentemperatuur te verlagen.                                       |
|                                  | 24                         | Overstek                        |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Overstek heeft het zelfde effect als zonwering buiten, mits bij iedere zonnestand instraling wordt voorkomen. Een voordeel van overstek is dat het geen menselijk handelen vereist.   |
|                                  | 25                         | Oriëntatie ramen                |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Door de oriëntatie van ramen zo te kiezen dat directe zonne-instraling wordt verminderd, warmt een gebouw minder snel op. Een oriëntatie van de gevelopeningen op het noorden en zuiden zal leiden tot de minste oververhitting.  |
|                                  | <b>Effectiviteit 22-25</b> |                                 | De effectiviteit van 'ramen openen' en 'zonwering' hangt af van het type gebouw (vrijstaande woning, rijtjeswoning, appartement), de isolatiewaarde van het gebouw, de oriëntatie, en de correcte bediening. Bij correcte bediening kan het aantal 'overhittingsuren' in woon- en slaapkamers (te warme uren waarin de temperatuur voor het thermisch comfort wordt overschreden) significant worden gereduceerd. We schatten de reductie gemiddeld (over bouwjaar en woningtype) op 75-95%, gebaseerd op in de literatuur gepubliceerde simulaties.                               |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| B2. Opwarming via daken beperken | 26                         | Reflectie                       |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Weerkaatste zonnestraling draagt niet bij aan opwarming van gebouw. Voor platte daken zijn speciale reflecterende en isolerende elementen beschikbaar. Wit schilderen minder effectief door afbladdering en aanslag. Is binnen minder effectief bij goede isolatie.                       |
|                                  | 27                         | Isolatie                        |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Door verhogen van de isolatiewaarde kan de warmte binnen juist toenemen, vooral bij slecht of ontbrekend ventilatiebeleid en bij ontbreken of onjuist gebruiken van zonwering. Isolatie is van belang om in de winter energiekosten te besparen. Dit geldt met name voor oudere woningen. |
|                                  | 28                         | Groen dak                       |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Uit simulaties blijkt dat groene daken met name bij goed geïsoleerde woningen nauwelijks effectief zijn om het aantal te warme uren binnenshuis te reduceren, en in sommige gevallen zelfs een negatief effect hebben.  |
|                                  | 29                         | Blauwgroen dak                  |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Berging regenwater op daken zorgt voor vermindering en vertraging van neerslagpiek bij hevige regenval. Verdamping water zorgt voor afkoeling. Leidt tot verlaging oppervlaktetemperatuur. Dit effect lijkt buiten snel uit te doven met toenemende afstand tot dakoppervlak.             |
|                                  | 30                         | Zonnepaneel                     |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | G        | Zonnepanelen zorgen mogelijk voor verminderde opwarming van het dak door hun schaduwwerking en leveren tevens energie. Er zijn echter geen studies gevonden die dit onderbouwen.  |
|                                  | <b>Effectiviteit 26-30</b> |                                 | Het verhogen van de <b>reflectiewaarde</b> van de gebouwschil heeft is met name effectief voor minder goed geïsoleerde woningen. Het aantal 'overhittingsuren' in woon- en slaapkamers (uren waarin de temperatuur voor het thermisch comfort wordt overschreden en het dus 'te warm is'), kan worden gereduceerd. Wanneer de reflectiewaarde (albedo) van de gehele gebouwschil wordt verhoogd van 0,3 (rode baksteen) tot 0,6 kan de reductie oplopen tot 10% voor minder goed geïsoleerde jaren 70 woningen en tot 50% voor goed geïsoleerde woningen, gebaseerd op simulaties. |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| B3. Opwarming via muren beperken | 31                         | Groene gevel                    |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Afname oppervlaktetemperatuur waardoor minder warmte wordt opgenomen. Draagt bij aan beperking hitte-eiland effect. Geen tot beperkt effect op luchttemperatuur overdag binnen en buiten.   |
|                                  | 32                         | Reflectie                       |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | G        | Door gebruik van materialen met lichte kleuren wordt meer zonlicht gereflecteerd en warmen muren minder op, met positieve effecten op de hele gebouwschil. Kan op straat nadelig uitpakken omdat gereflecteerde straling de gevoelstemperatuur verhoogt.                                  |
|                                  | 33                         | Schaduw (van bomen)             |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | G        | Voorkomt hoge oppervlaktetemperatuur door schaduwwerking. Kan ook functioneren als zonwering voor ramen (zie B1). Een boomkruin brengt bovendien verkoeling op straat en werkt positief voor de beleving. Zie ook A2 en A3.   |
|                                  | 34                         | Isolatie                        |  |         |        |        |      |      |       |  | +/-           | S        | Door verhogen van de isolatiewaarde kan de warmte binnen juist toenemen, zie B2. Isolatie is van belang om in de winter energiekosten te besparen. Dit geldt met name voor oudere woningen. <sup>1</sup>  |
|                                  | <b>Effectiviteit 31-34</b> |                                 | <b>Isolatie en reflectie:</b> zie B2. <b>Groene gevel:</b> zie A2. <b>Bomen / schaduw:</b> Simulaties laten zien dat lokaal, onder een boomkroon, een reductie van de gevoelstemperatuur, PET, tot 10 à 12°C mogelijk is op een zonnige, tropische dag. Metingen op schaduwrijke plekken in Amsterdam laten hier en daar zelfs een reductie van PET tot 19°C zien.   |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| B4. Actieve koeling binnen       | 35                         | Air-conditioning                |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | G        | Effectieve koeling van de binnenlucht in een gebouw (kamer). Aircó's kunnen ook later ingebouwd worden om een specifieke ruimte te koelen (bv. slaapkamer). Mobiele aircó's hebben een lage aanschafprijs maar hoge(re) operationele kosten.  |
|                                  | 36                         | Balansventilatie                |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Balansventilatie wordt vaak standaard in nieuwbouwwoningen toegepast, en kan ook voor koeling worden ingezet. Bij bestaande woningen kan balansventilatie bij een verbouwing worden ingebouwd.  |
|                                  | 37                         | Vloer/muurverwarming en koeling |  |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Met name muurverwarming is ook geschikt voor koeling. Warmte en koude worden egaal verspreid. Aanleg van muurverwarming in bestaande woningen is ingrijpend, maar wel mogelijk.   |
|                                  | <b>Effectiviteit 35-37</b> |                                 | Er zijn geen vuistregels voor effectiviteit van deze oplossingen uit de literatuur afgeleid. Alle genoemde systemen zijn in principe effectief.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |

| Factsheet C. Tuinen                 | Maatregel                  |                               | Hitte   | Droogte | Schaal |        |      |      |       |  | Effectiviteit | Haalbaar | Toelichting   |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---|---------|--------|--------|------|------|-------|--|---------------|----------|---|
|                                     |                            |                               |   |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |  |               |          |   |
| C1. Schaduw creëren                 | 38                         | Zonzeil, Parasol              |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Door schaduw wordt een koele lokale omgeving gecreëerd. Wanneer planten beschaduw worden, vermindert de verdamping in de tuin waardoor de droogte zich lokaal minder snel ontwikkelt. Sommige schermen warmen op en doen effect op de gevoelstemperatuur deels teniet.                      |
|                                     | 39                         | Bomen                         |   |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Bomen zorgen voor aangenaam verblijfsklimaat en warmen door verdamping zelf minder op, waardoor effect op gevoelstemperatuur positiever is dan bij zonneschermen. Schaduw effect is pas optimaal na enkele jaren en kan niet gericht worden (vaste plaats).                                 |
|                                     | 40                         | Begroeiende Pergola           |   |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Een begroeiende pergola zorgt dat een terras of geparkeerde auto minder opwarmt. Deze oplossing vergroot ook het leefcomfort in de tuin. Door groen toe te passen kan ook verdamping worden gestimuleerd.   |
|                                     | <b>Effectiviteit 38-40</b> |                               | <b>Oppervlaktetemperatuur:</b> in schaduw van bomen kan de oppervlaktetemperatuur van harde, niet-verdampende oppervlakken tot 20 °C lager zijn dan in de zon. <b>Gevoelstemperatuur:</b> Volgens simulaties kan PET in de schaduw van een boom tot rond 10 °C lager zijn, volgens metingen op schaduwrijke plekken in Amsterdam zelfs meer, tot bijna 20 °C. |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| C2. Verharding vervangen door groen | 41                         | Beplanting                    |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Beplante bodem warmt veel minder op dan verharde bodem. Droogtebestendige plant heeft vaak dieper wortelstelsel en een waslaagje om verdamping te beperken. Daardoor bijdrage aan verdampingskoeling minder, niets, of juist 's nachts (zoals sedum).                                       |
|                                     | 42                         | Bodembedekking                |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Verdamping bodemwater rond planten tegengaan door bodembedekking (cacaoschillen, boomschors, stro). Hoe dikker de laag, hoe groter het effect. Met een laag van 5 à 10 cm blijft de bodem langer vochtig. De bodembedekking gaat ook ontwikkeling van onkruid tegen.                        |
|                                     | 43                         | Verticaal groen               |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Schuttingen met groen kunnen dienen als tuinafsluiting en creëren schaduw. Klimop is winterhard en goed bestand tegen droogte. Verfraait de omgeving en isoleert de achterliggende muur. Verdamping via de bladeren draagt bij aan verkoeling van de omgeving. Bindt fijnstof.              |
|                                     | <b>Effectiviteit 41-43</b> |                               | <b>Hitte-eiland:</b> 10% groenoppervlak op lokale tot regionale schaal zorgt voor een reductie van het hitte-eiland met -0.6°C (luchttemperatuur) op wijk- tot stadsschaal.   |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| C3. Infiltratie in de bodem         | 44                         | Infiltratiekrat, greppel, put |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Regenwater gaat direct naar grondwater. Oppervlakken zoals daken en tuinhuis kunnen worden gekoppeld om grotere volumes te infiltreren. Heeft beperkt effect in (extreem) droge perioden, in natte perioden kans op ongewenst hoge grondwaterstanden. Maatwerk is nodig.                    |
|                                     | 45                         | Half / zeer open verharding   |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Infiltratie vergroot de waterbeschikbaarheid voor het groen in de tuin. Dit type verharding is geschikt voor een terras, oprit of tuinpaden. Water passerende verharding met groen tussen de harde structuren zorgt voor verlaging van de oppervlaktetemperatuur.                           |
|                                     | 46                         | Wadi's en bioswales           |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Wadi's en bio-swales zorgen voor een lagere oppervlaktetemperatuur. Bio-swales zijn ondiepe met kruiden en bloemen beplante greppels en vormen kleine ecosystemen voor bijvoorbeeld bijen.  |
|                                     | <b>Effectiviteit 44-46</b> |                               | Effectiviteit voor beperken wateroverlast, droogte en hitte hangt af van de specifieke, lokale situatie. Zie ook A6.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |
| C4. Wateropvang                     | 47                         | Regenton                      |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Een regenton of vijver installeren is eenvoudig en goedkoop maar heeft een beperkte capaciteit. Het opgeslagen water in de tuin kan gebruikt worden voor het besproeien van planten.  |
|                                     | 48                         | Vijver                        |   |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Wateropvang alleen helpt niet tegen de hitte. Een belangrijk aspect is dat de aanwezigheid van oppervlaktewater in de tuin (vijver) de beleving van hitte kan verminderen.[1]   |
|                                     | 49                         | Regenwater opvang systeem     |   |         |        |        |      |      |       |  | ++            | S        | Wanneer tijdens droge periodes vanuit de leverancier minder water beschikbaar is, kan geput worden uit opgeslagen water. Dient verschillende gebruiksdoelen (irrigatie, grijs water spoeling). Bestaat uit verschillende (dure) onderdelen en wordt aantrekkelijk met een subsidieregeling. |
|                                     | <b>Effectiviteit 47-49</b> |                               | Effectiviteit voor beperken wateroverlast, droogte en hitte hangt af van de specifieke, lokale situatie. Zie ook A6.  |         |        |        |      |      |       |  |               |          |   |

Op basis van literatuuronderzoek is zo goed mogelijk een kwalitatieve en kwantitatieve inschatting gemaakt van de effectiviteit van maatregelen. Kwalitatieve inschattingen hebben betrekking op:

- de effectiviteit, waarbij +/- betekent: effect niet duidelijk aangetoond of inconsistent; + betekent: effect blijkt uit onderzoek, maar kan beperkt zijn; ++ betekent: effect blijkt uit onderzoek, en effect is substantieel;
- de toepasbaarheid van de maatregel, waarbij G=meestal Generiek toepasbaar, S=vaak afhankelijk van de Specifieke situatie

| Factsheet D. sociale en bestuurlijke maatregelen   | Maatregel                  |                                     | Hitte  | Droogte | Schaal |        |      |      |       |  | Effectiviteit | Haalbaar | Toelichting  |
|--|----------------------------|-------------------------------------|--|---------|--------|--------|------|------|-------|--|---------------|----------|--|
|  |                            |                                     |  |         | gebouw | straat | wijk | stad | regio |  |               |          |  |
| D1. governance participatie en gedragsbeïnvloeding | 50                         | Subsidie en regelgeving             |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | G        | Subsidies kunnen bewoners helpen te vergroenen. Iemand dient dan wel reeds gemotiveerd te zijn om te vergroenen of water op te vangen. De subsidie verlaagt vervolgens de financiële drempel, maar de mate waarin dit gebeurt verschilt tussen personen.               |
|  | 51                         | Participatie van overheid en burger |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Motieven van mensen om te participeren in buurtinitiatieven hebben vaak een sociale dimensie, naast het specifieke doel van een initiatief zoals het opvangen van regenwater of vergroenen van de buurt.   |
|  | 52                         | Beïnvloeding bewustzijn en gedrag   |  |         |        |        |      |      |       |  | +             | S        | Operatie Steenbreek is landelijk initiatief waar veel gemeenten bij zijn aangesloten. Dit vergroot bekendheid en bereik, en heeft daarom meer invloed op bewustwording. Werkelijke gedragsverandering is complexer, omdat daarbij (veel) meer factoren een rol spelen. |
|  | <b>Effectiviteit 50-52</b> |                                     | Het is redelijk om te veronderstellen dat communicatie, participatie en subsidie/regelgeving bijdragen een toename in de implementatie van maatregelen door burgers om hitte, droogte of andere klimaat gerelateerde risico's te beperken. Een beperkte zoekactie leverde enkele afstudeeronderzoeken op waaruit indicatief kan worden afgeleid welke factoren motiverend werken. Er is geen eenduidige maat om de effectiviteit van communicatie, participatie en subsidie/regelgeving te duiden. |         |        |        |      |      |       |  |               |          |  |

Op basis van literatuuronderzoek is zo goed mogelijk een kwalitatieve en kwantitatieve inschatting gemaakt van de effectiviteit van maatregelen. Kwalitatieve inschattingen hebben betrekking op:

- de effectiviteit, waarbij +/- betekent: effect niet duidelijk aangetoond of inconsistent; + betekent: effect blijkt uit onderzoek, maar kan beperkt zijn; ++ betekent: effect blijkt uit onderzoek, en effect is substantieel;
- de toepasbaarheid van de maatregel, waarbij G=meestal Generiek toepasbaar, S=vaak afhankelijk van de Specifieke situatie



**Hoofdkantoor**

HKV lijn in water BV  
Botter 11-29  
8232 JN Lelystad

**Nevenvestiging**

Informaticalaan 8  
2628 ZD Delft

0320 294242

[info@hkv.nl](mailto:info@hkv.nl)

[www.hkv.nl](http://www.hkv.nl)