



Tauw

Rapportage stresstesten

Klimaatrobuust Dalfsen

10 december 2019



Verantwoording

Titel	Rapportage stresstesten Klimaatrobuust Dalfsen
Opdrachtgever	Gemeente Dalfsen
Projectleider	Leon Dielen
Auteur(s)	Ruben Keizer, Carolijn Becker
Tweede lezer	Monique de Groot
Projectnummer	1269387
Aantal pagina's	68
Datum	10 december 2019
Handtekening	

Colofon

Tauw bv
W.A. Scholtenstraat 3a
Postbus 722
9400 AS Assen
T +31 59 23 91 30 0
E info.assen@tauw.com

Inhoud

Samenvatting.....	4
Afkortingen	6
1 Inleiding	7
2 Wateroverlast	8
2.1 Inleiding.....	8
2.2 Methode	8
2.3 Resultaat	10
3 Hitte	18
3.1 Inleiding.....	18
3.2 Methode	20
3.2.1 Werking hittestress model (Tauw)	20
3.2.2 Werking loopafstand tot koelte model (Tauw).....	21
3.2.3 Werking nachthitte model (Tauw)	21
3.3 Resultaat	22
3.3.1 Kwetsbare functies.....	22
3.3.2 Hittestress	24
3.3.3 Loopafstand tot koelte.....	30
3.3.4 Nachthitte.....	30
4 Droogte.....	32
4.1 Inleiding.....	32
4.2 Methode	32
4.3 Resultaat	34
4.4 Kwetsbare functies.....	43
5 Waterveiligheid.....	44
5.1 Inleiding.....	44
5.2 Methode	44
5.3 Resultaat	45
5.4 Kwetsbare functies.....	48
50	
Bijlage 1 Wateroverlast – 70mm in 1h	49



Bijlage 2	Wateroverlast – 90mm in 1h	52
Bijlage 3	Wateroverlast – 120mm in 48h	53
Bijlage 4	Hitte - luchttemperatuur.....	54
Bijlage 5	Hitte - gevoelstemperatuur.....	57
Bijlage 6	Hitte – loopafstand tot koelte.....	62
Bijlage 7	Hitte – loopafstand tot koelte.....	67

Samenvatting

Veel gemeenten werken al aan het klimaatbestendig maken van de leefomgeving. Maar het klimaat verandert sneller dan verwacht. Daarom is er een Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) opgesteld. Gemeenten en Rijk hebben hiervan met elkaar afgesproken dat klimaatadaptatie vanaf 2020 een integraal onderdeel is van het beleid zodat in het jaar 2050 ons land klimaatbestendig ingericht is. Om dit gericht te kunnen doen is het van belang de gevolgen van klimaatverandering voor het hele grondgebied van de gemeente in beeld te brengen door middel van stresstesten.

De gemeente heeft reeds stresstesten voor wateroverlast uit 2014 beschikbaar, waarmee het effect van hevige neerslag dat niet door het riool verwerkt kan worden in beeld is gebracht. Vanuit het waterschap zijn ook hittekaarten beschikbaar. Om aan te sluiten bij de landelijk standaard en een hoger detailniveau te verkrijgen, zijn de nieuwe stresstesten uitgevoerd conform de DPRA standaarden.

Het algemene beeld dat uit de stresstesten komt is dat de gemeente Dalfsen al behoorlijk klimaat robuust is. Het aantal water op straat locaties met grote waterdiepte (meer dan 30cm diep¹) is beperkt. Voor het bepalen van de opgaven zijn de wateroverlastlocaties beschouwd in relatie tot het voorkomen van kwetsbare functies. Hierbij is voor het stedelijk gebied gekeken naar de bebouwing, bereikbaarheid van hulpdiensten en wateroverlastlocaties bij een bui van 70 mm in één uur. In het toekomstig klimaat heeft een dergelijke bui een herhalingstijd van eens in de honderd jaar (T=100). Voor het landelijk gebied is gekeken naar kwetsbare gewassen en wateroverlastlocaties bij een bui van 120 mm in 48 uur. De belangrijkste overlastlocaties en opgaven voor de gemeente zijn heel divers. Het gaat namelijk om een aantal specifieke wegen, woningbouwlocaties, bedrijventerrein locaties en bijvoorbeeld zorglocaties. Er niet één categorie die er specifiek uitspringt.

Het hittemodel laat zien dat er nergens in de gemeente plekken ontstaan met extreme hittestress. Wel is er in de dorpskernen reeds sprake van matige tot sterke hittestress op hete dag in de huidige situatie. In 2050 zullen met een temperatuur toename van 2 graden alle dorpskernen last hebben van sterke hittestress. Daarnaast laten voornamelijk kunstgrasvelden, bedrijventerreinen

¹ Wegen met waterdieptes van 30 cm en meer zijn 'onbegaanbaar' voor hulpdiensten. Ook ontstaat er bij deze diepte kans op verdrinking. Het is daarom een belangrijke maat voor veiligheid.



en de nieuwere wijken hogere gevoelstemperaturen zien. Kunstgras velden warmen bij straling enorm op en geven geen verkoeling door verdamping zoals natuurgras. Bij bedrijven terrein leidt de grote mate van verharding en gebrek aan schaduw tot opwarming. Nieuwere woonwijken hebben vaak nog weinig volwassen bomen waardoor er relatief weinig schaduw is. Voor het bepalen van de opgaven zijn de hittestress locaties beschouwd in relatie tot het voorkomen van kwetsbare functies. Hierbij is voor het stedelijk gebied gekeken naar gebruiksfuncties zoals scholen, zorginstellingen, evenemententerreinen en sportcomplexen. Voor hittestress zijn per dorpskern de belangrijkste risicogebieden/overlastlocaties benoemd.

Voor het thema droogte is een stresstest 'light uitgevoerd'. Dat wil zeggen dat een verdiepingsslag op het thema droogte volgt op een later moment vanuit het samenwerkingsverband RIVUS+. Voor het bepalen van de opgaven zijn droogte indicatoren als bodemdaling, wateraanvoer en waterkwaliteit beschouwd in relatie tot het voorkomen van kwetsbare functies zoals natuur, landbouw en recreatie. Dalfsen kent geen problemen met bodemdaling en heeft vooralsnog voldoende aanvoermogelijkheden om het gebied van water te voorzien. Openbaar groen (met name jonge aanplant) is gevoelig voor verdroging. Zwemwateren zijn door opwarming en verminderde diepgang en doorstroming gevoelig voor blauwalg en botulisme. In RIVUS+ verband wordt nader onderzoek naar de effecten van een lage rivier- en grondwaterstand op de wateraanvoermogelijkheden in het gebied en het effect hiervan op natuur en landbouw.

Voor waterveiligheid is het effect van een overstromingen bij de doorbraak van primaire en regionale keringen, als ook overstroming van buitendijkse gebieden in beeld gebracht. De gemeente Dalfsen ligt aan de grens van het overstroombare gebied. De optredende waterdiepten bij doorbraak van een primaire kering zijn daardoor -in vergelijking- met de rest van Nederland beperkt. Ook bij doorbraak van een secundaire kering zijn de gevolgen voor Dalfsen beperkt. Langs de Vecht liggen een aantal overstroombare buitendijkse gebieden. Bij een overstroming zijn alle functies kwetsbaar. Bij grote waterdiepte is van belang te kijken naar horizontale en evacuatiemogelijkheden. In de regionale stresstest, zoals momenteel uitgevoerd door RIVUS+ worden de evacuatiemogelijkheden voor de hele regio in beeld gebracht.

De uitkomsten van de stresstesten en de verschillende aandachtsgebieden die benoemd zijn, zijn ambtelijk gevalideerd. Modeluitkomsten zijn echter altijd indicatief. Het is daarom raadzaam bij uitwerking van de opgaven de modeluitkomsten nogmaals locatie specifiek te valideren met stakeholders. Dit draagt niet alleen bij aan een nauwkeuriger beeld van de opgaven maar ook aan bewustwording bij diverse stakeholders.

Afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
BAG	Basisregistratie Adressen en Gebouwen
BGT	Basisregistratie Grootchalige Topografie
BRP	Basisrioleringsplan
DPRA	Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie
GLG	Gemiddelde Laagste Grondwaterstand
KEA	Klimaat-effectatlas
LATK	Loopafstand tot koelte
NHI	Nederlands Hydrologisch Instrumentarium
NWB	Nationaal Wegenbestand
PET	Physiological Equivalent Temperature
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SVF	Sky View Factor
UHI	Urban Heat Island
ZON	Zoetwatervoorziening Oost-Nederland



1 Inleiding

Veel gemeenten werken al aan het klimaatbestendig maken van de leefomgeving. Maar het klimaat verandert sneller dan verwacht. Daarom is er een Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) opgesteld, het doel is dat klimaatadaptatie in 2020 een integraal onderdeel is van het beleid zodat in het jaar 2050 ons land klimaatbestendig ingericht is. Om dit gericht te kunnen doen is het van belang de gevolgen van klimaatverandering helder in het vizier te hebben. De gemeente Dalfsen heeft ingenieursbureau Tauw daarom gevraagd stresstesten uit te voeren voor de thema's wateroverlast, hitte, droogte en waterveiligheid. In de navolgende hoofdstukken gaan we per thema in op de gebruikte methode en resultaten. We beschrijven hierbij potentieel kwetsbare functies en de belangrijkste opgaven voor de gemeente Dalfsen. De opgaven vormden de basis voor de interne risicodialog met de gemeente Dalfsen en de kadernotitie voor de gemeente Dalfsen.

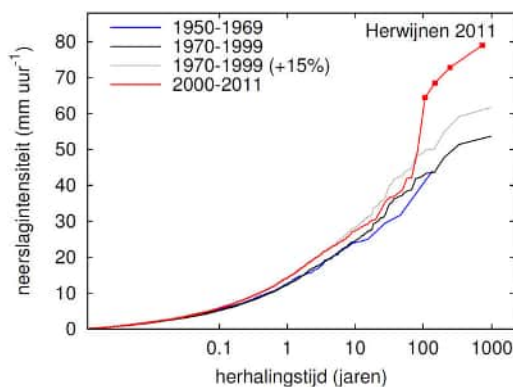


2 Wateroverlast

2.1 Inleiding

Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur. Omdat warmere lucht meer waterdamp kan bevatten, veranderen ook de neerslagkarakteristieken (KNMI, 2015). Een analyse van de neerslagintensiteit van 1950 tot 2011 laat zien dat extreme uursom steeds vaker voorkomen en ook steeds extremer worden (Figuur 1). In de toekomst zal deze trend zich nog verder voortzetten. In de winter nemen zowel de hoeveelheid neerslag als extremen toe. In de zomer zullen langere periodes van droogte voorkomen maar zal de intensiteit van extreme regenbuien toenemen. Ook hagel- en onweersbuien worden naar verwachting frequenter en heviger. Hieruit volgt een grotere kans op wateroverlast. De stresstest wateroverlast richt zich op de gevolgen van wateroverlast bij extreme omstandigheden bij verschillende gestandaardiseerde buien conform de DPRA bijsluiter (Figuur 2). De kans op het voorkomen van een extreme neerslaghoeveelheid wordt uitgedrukt in herhalingstijd voor een specifieke plek.

Bij extreme neerslag kan het water niet allemaal door het riool verwerkt worden of direct in de grond infiltreren. Het overtollige water stroomt dan af over het maaiveld en kan het leiden tot wateroverlast, denk hierbij aan water op straat en/of water in gebouwen. De gemeente Dalfsen heeft in 2014 waterdieptekaarten (bui10 en T=100) laten maken voor het stedelijk gebied. Hierbij is echter alleen het op het riool aangesloten oppervlak meegenomen in de berekening. Om aan te sluiten op de landelijke standaarden is een nieuwe stresstest wateroverlast voor de gehele gemeente uitgevoerd. De gehanteerde methode wordt besproken in paragraaf 2.2.



Figuur 1: Verdelingen van uursommen van neerslag en herhalingstijden in verschillende tijdvakken (KNMI)

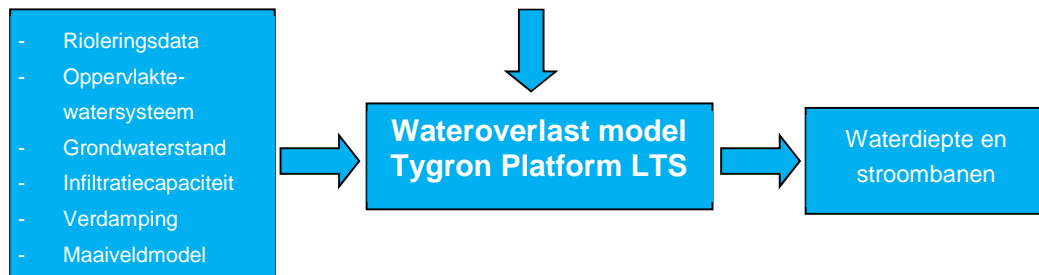
2.2 Methode

Voor de simulatie van de afstroming en afvoer van extreme neerslag is gerekend met een wateroverlast model in het softwareprogramma Tygron Platform LTS. Figuur 2 laat gemodelleerde



buien uit de DPRA bijsluiter zien met een schematische weergave zien van de inputs en outputs van het model.

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingstijd [jaar]				Initiële condities
			huidig klimaat	2030	2050	2085	
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	60	
		90	500	400	250	150	
	2 uur	160	2000	1500	1000	600	
Regionaal	48 uur *	120 (135)	250 (200)	200 (150)	100	50 (60)	GG
		120 (135)	250 (200)	200 (150)	100	50 (60)	GHG
		130 (165)	750 (500)	500 (400)	250	100 (150)	GG
		160 (220)	3500 (2000)	2000 (1500)	1000	350 (600)	GG



Figuur 2 : Gemodelleerde neerslagebeurtenissen conform DPRA bijsluiter en schematische weergave wateroverlast model - Tygron platform LTS

Aan de inputzijde gebruikt het model de maatgevende bui(en) en data m.b.t. de AHN, BGT, waterhuishouding en riolering. Gegevens die meegenomen worden betreffen bijvoorbeeld de bergingscapaciteit van het riool, de pompoverstortcapaciteit, locaties van riooloverstorten, grondwaterstanden en initiële oppervlaktewaterstanden.

Maatgevende bui:

Voor de stresstest extreme neerslag zijn de volgende buien gebruikt (Figuur 2):

- 70mm in 1 uur
- 90mm in 1 uur
- 120 mm in 48 uur

Invoer:

Voor de invoerparameters zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Maaiveldhoogte o.b.v. AHN3 (2016)
- Type gebied, verhardingen o.b.v. BGT
- Verharding aangesloten op rioolstelsels o.b.v. BRP
- Aangeleverde gegevens berging rioolstelsel, afvoercapaciteit naar RWZI en afvoercapaciteit overstorten zijn omgerekend naar waarden t.o.v. Abruto (gehele oppervlak)
- Infiltratiecapaciteit maaiveld op basis van algemeen toegepaste hydrologische waarden
- Simulatietijd inclusief duur bui: 2 uur (1 uur bui + 1 uur droog)



Aan de outputzijde produceert het model inundatie- (waterdiepte) en stroombaankaarten. De inundatie wordt weergegeven als maximale waarde die optreedt tijdens de desbetreffende bui en de laatste waarde op een bepaald moment (bijvoorbeeld 1 uur na de bui). Het verloop van inundatie en stroombanen in de tijd kan getoond worden. Hiermee kan bepaald worden hoeveel kuub water er per vierkante meter gedurende een bepaalde periode is gepasseerd.

Uitvoer (per bui):

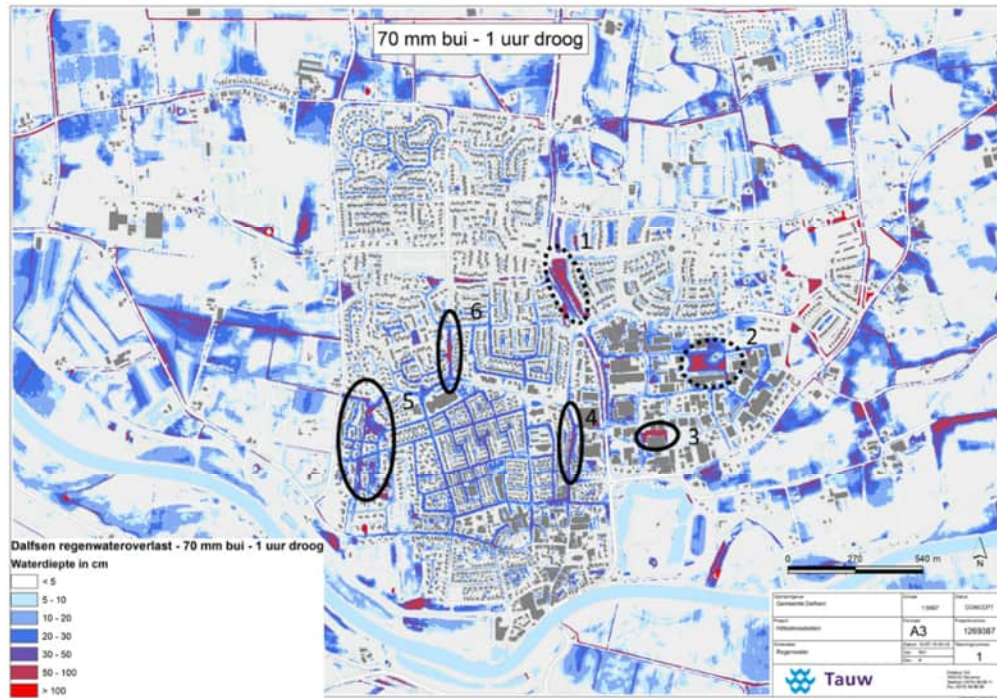
- Maximale waarde= maximale waterdiepte in cm gedurende de rekentijd
- Laatste waarde= waterdiepte in cm op tijdstip 1 uur na de bui
- Stroombanen= hoeveelheid kuubs water per vierkante meter op tijdstip 1 uur na de bui

2.3 Resultaat

Het wateroverlast model in het softwareprogramma Tygron Platform LTS bied inzicht in de te verwachten overlast bij de verschillende gestandaardiseerde buien en daarmee de opgaven voor de gemeente Dalfsen. De overzichtskaarten met de waterdieptes (max. waarde en laatste waarde) en de stroombanen voor 70 mm, 90 mm en 120 mm zijn opgenomen in de respectievelijk Bijlage 1, 2 en 3. De gemodelleerde overlastlocaties zijn gevalideerd in een interne werksessie met de gemeente.

Voor het bepalen van de opgaven zijn de wateroverlastlocaties beschouwd in relatie tot het voorkomen van kwetsbare functies. Hierbij is voor het stedelijk gebied, per kern, gekeken naar de bebouwing, bereikbaarheid van hulpdiensten en wateroverlastlocaties bij een bui van 70 mm in één uur. De belangrijkste of extreemste overlastlocaties en opgaven voor de gemeente Dalfsen worden in de navolgende alinea's per dorpskern behandeld.

Wateroverlastaandachtspunten Dalfsen:



Figuur 3: Wateroverlastaandachtspunten Dalfsen - 70 mm bui - 1 uur droog. De aandachtsgebieden zijn zwart omcirkeld. De stippellijnen duiden gebieden aan die rood opkleuren vanwege verouderde data of waar waterberging gewenst is.

1. Wadi – Gerner-Marke

Wadi's zijn verdiepte grasvelden die functioneren als infiltratievoorziening voor regenwater. In de gemeente Dalfsen worden wadi's vaak ook gebruikt als speelveldje. De wadi Gerner-Marke loopt (zoals het hoort) vol tijdens een 70 mm bui. Dit zelfde geldt voor de wadi aan de Bruinleeuwstraat.

Het water in een wadi is bijna altijd licht verontreinigd, omdat regenwater ook resten van vogelpoep en hondenpoep meeneemt en kan daarom gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Het is daarom onwenselijk te spelen in wadi's waar nog water in staat. Spelen in wadi's leidt er bovendien toe dat gras wordt omgewoeld of modder ontstaat. De wadi kan hierdoor minder goed functioneren.

2. De Vesting

De locatie aan de Vesting op het bedrijventerrein is het gevolg van een verouderde BAG dataset (en wellicht verouderde AHN). Het gebied is reeds ontwikkeld. Op basis van de gemodelleerde waterdiepte (Figuur 3) kan worden gecheckt of de grondeigenaar reeds problemen ondervindt bij extreme buien op betreffende locatie.



3. Roda Containers B.V.

Aan de zuidzijde van Roda Containers B.V. blijft een grote hoeveelheid water staan. Het betreft hier verdiept aangelegde laad/los hellingen.

4. Wilhelminastraat

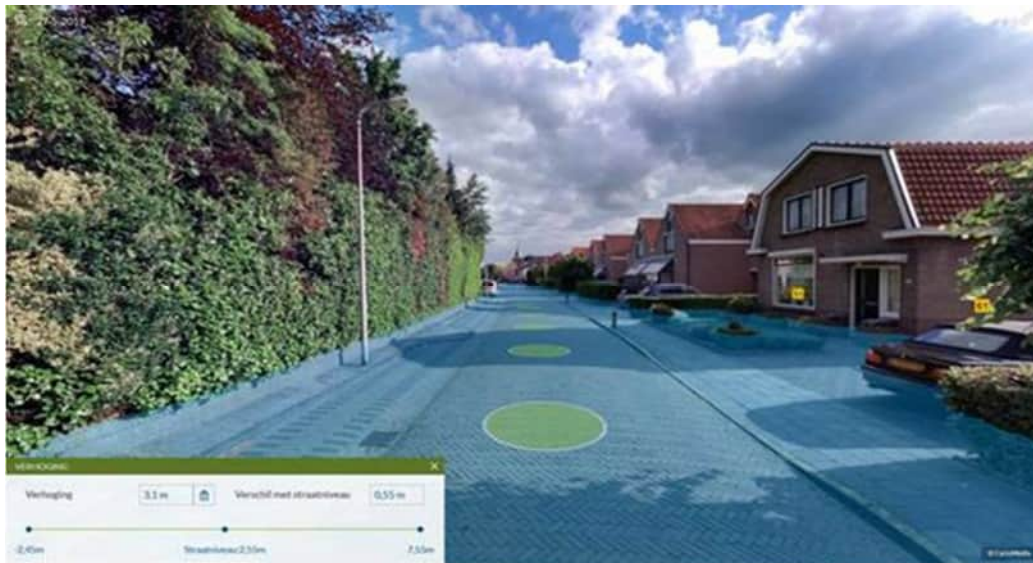
In de Wilhelminastraat staat een uur na de bui nog steeds een grote hoeveelheid water op straat én tegen de gevel aan. De waterdiepte is op sommige plekken der mate hoog dat hulpdiensten hier niet meer kunnen rijden en het water over de drempel de woning in kan lopen (zie figuur 4).

5. Woonwijk Dalfsen 'west'

Desbetreffende woonwijk 'ontvangt' veel water van buiten de kern waardoor de waterdiepte een diepte bereikt van ongeveer 40cm.

6. Polhaarweg

In de Polhaarweg staat een uur na de bui nog steeds een grote hoeveelheid water op straat, rond de 50cm. Het water bereikt de woningen niet maar het risico bestaat wel dat het water de lager gelegen garages inloopt.



Figuur 4: Impressie regenwateroverlast Wilhelminastraat

Wateroverlastaandachtspunten Nieuwleusen:



Figuur 5: Wateroverlastaandachtspunten Nieuwleusen - 70 mm bui - 1 uur droog. De aandachtsgebieden zijn zwart omcirkeld.

1. Bedrijventerrein 'Noord'

Op de verlaagde parkeerplaats staat een waterdiepte tot wel 50 cm.

2. Burgemeester Backxlaan

Water op straat met een waterdiepte van 30 cm. Bij een dergelijke diepte kunnen auto's niet meer rijden.

3. Burgemeester Backxlaan (2)

Aan de achterzijde van Woonstichting Vechthorst blijft water tot een hoogte van ongeveer 40cm staan.

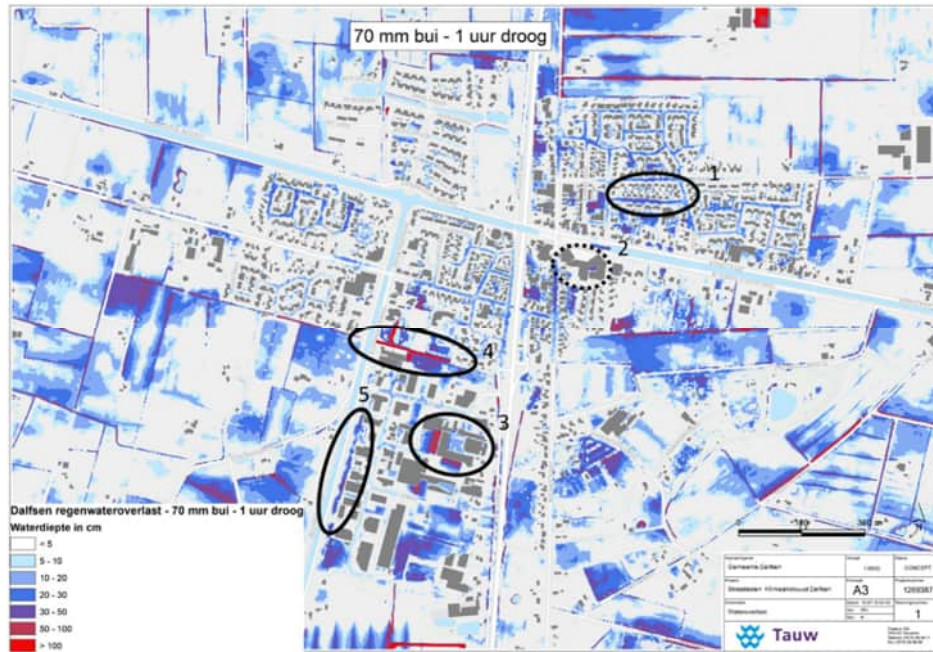
4. Koningin Julianalaan

Wateroverlast in de achtertuinen aan de Koningin Julianalaan.

5. Westerman Logistics B.V.

Wateroverlast in het verlaagde laad- en losdock.

Wateroverlastaandachtspunten Lemelerveld



Figuur 6: Wateroverlastaandachtspunten Lemelerveld - 70 mm bui - 1 uur droog. De aandachtsgedebieden zijn zwart omcirkeld. De stippellijnen duiden gebieden aan die rood opkleuren vanwege een modelfout.

1. Dominee A.J.W. Vogelaarstraat

Het water loopt van beide kanten het lager gelegen gedeelte van de Dominee A.J.W. Vogelaarstraat in. De waterdiepte bereikt een waarde van maximaal 40 cm.

2. Winkelcentrum

Op het binnenplein in het winkelcentrum staat water met een diepte van ongeveer 40 cm. Het water kan in het model geen kant op en creëert niet het juiste beeld.

3. Tielbeke Logistiek

Een grote hoeveelheid water blijft hier staan als gevolg van het verlaagde laad- en losdock.

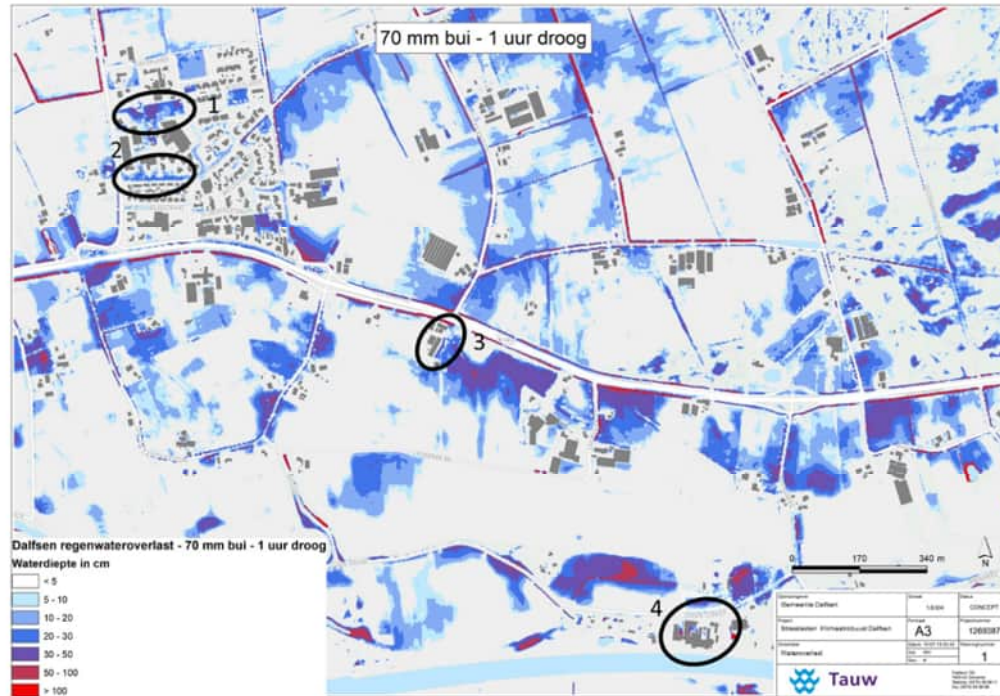
4. Posthoornweg

De groenvoorziening aan de noordzijde van het bedrijventerrein lijkt te werken als een buffer. Een grote hoeveelheid water uit de omliggende omgeving stroomt hiernaartoe af. Eventuele ontwikkelingen op deze grond betekent dat het water hier niet meer kan accumuleren en in de omliggende omgeving zal blijven staan.

5. Posthoornweg (2)

Een waterdiepte van 30 à 40 cm blijft hier staan komend vanaf de hoger gelegen percelen op het bedrijventerrein.

Wateroverlastaandachtspunten Oudleusen



Figuur 7: Wateroverlastaandachtspunten Oudleusen - 70 mm bui - 1 uur droog. De aandachtsgebieden zijn zwart omcirkeld.

1. Groenvoorziening

De groenvoorziening aan de zuidzijde van de woonwijk/noordzijde van het bedrijventerrein lijkt te werken als een buffer. Een grote hoeveelheid water uit de omliggende omgeving stroomt hiernaartoe af. Eventuele ontwikkelingen op deze grond betekent dat het water hier niet meer kan accumuleren en in de omliggende omgeving zal blijven staan.

2. Schoolstraat

De Schoolstraat heeft een bol wegprofiel waardoor het water wegstroomt naar de naastgelegen parkeervakken. Tevens komt het water vanaf het hoger gelegen oostelijke deel van de Schoolstraat.

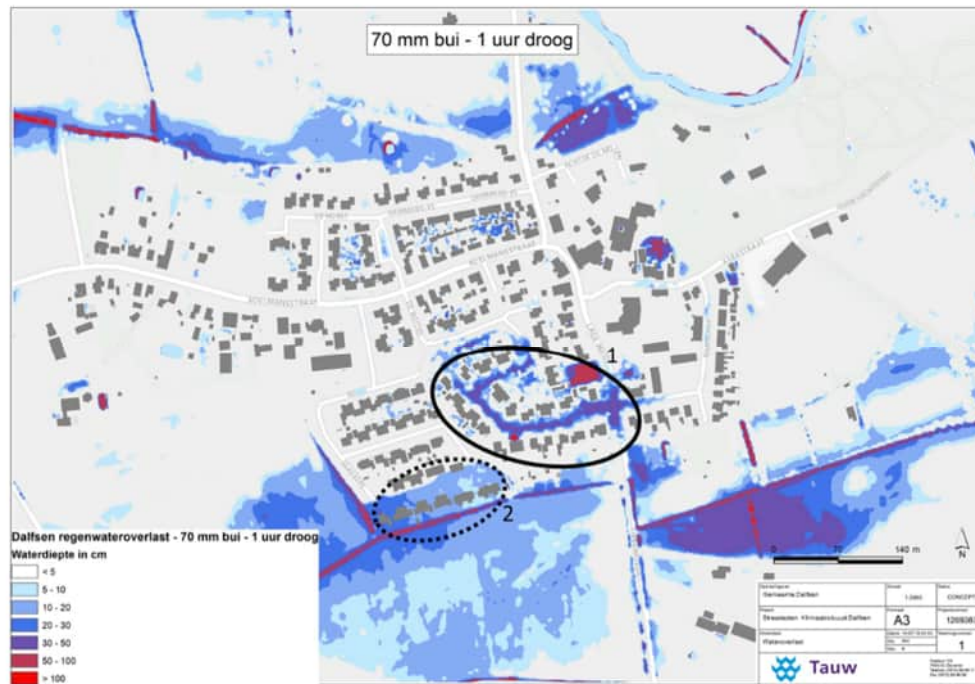
3. Hessenweg

Hessenweg nr. 66 krijgt te maken met wateroverlast. De waterdiepte stijgt vanwege hoger gelegen gronden aan de oostzijde.

4. Mooirivier Hotel + Lodgepark

Tussen de panden van het Mooirivier Hotel treedt wateroverlast op. De AHN loopt vanaf de weg/voorzijde van het pand naar beneden af naar het pand toe met een accumulatie van water tot gevolg. Ook op het nabijgelegen Lodgepark blijft een aanzienlijke hoeveelheid water staan.

Wateroverlastaandachtspunten Hoonhorst



Figuur 8: Wateroverlastaandachtspunten - 70 mm bui - 1 uur droog. De aandachtsgebieden zijn zwart omcirkeld. De stippellijnen duiden gebieden aan die rood opkleuren vanwege mogelijke verouderde data.

1. De Weitjes

De waterdiepte op de Weitjes bedraagt ongeveer 40 cm. Het water loopt hier niet de woningen in of staat niet tegen de gevels aan maar staat wel tot in de achtertuinen en/of op de opritten.

2. Esakker

Het model voorspelt een waterdiepte van tussen de 10 tot 20 cm rondom de woningen aan de Esakker. De gesimuleerde situatie kan een gevolg zijn van een verouderde AHN-bestand. Deze wateroverlastknelpunt dient nader onderzocht te worden.



Conclusie

Het aantal wateroverlast locaties in de gemeente Dalfsen bij een extreme bui is beperkt. Wel zijn er een aantal aandacht locaties waar bij een extreme bui waterdieptes optreden van meer dan 30cm. Hulpdiensten kunnen dan niet meer overal komen en er bestaat een kans dat water over de drempel in gebouwen loopt.

De hierboven beschreven wateroverlastaandachtspunten treden op bij een 70 mm bui. Deze wateroverlastaandachtspunten zullen ook bij een 90 mm bui naar voren komen en zelfs extremer zijn. Tevens zullen bij een 90 mm bui extra wateroverlastaandachtspunten optreden als het gevolg van de toename van regen. Ingenieursbureau Tauw adviseert de gemeente om de kaartbeelden van een 120 mm bui in 48 uur voor het buitengebied met de stakeholders te verifiëren en de gevolgen ervan in kaart te brengen. De wateroverlastaandachtspunten zullen met name bestaan uit weide-/akkerbouw gebieden met gewassen die slechter bestand zijn tegen extreme vernatting.



3 Hitte

3.1 Inleiding

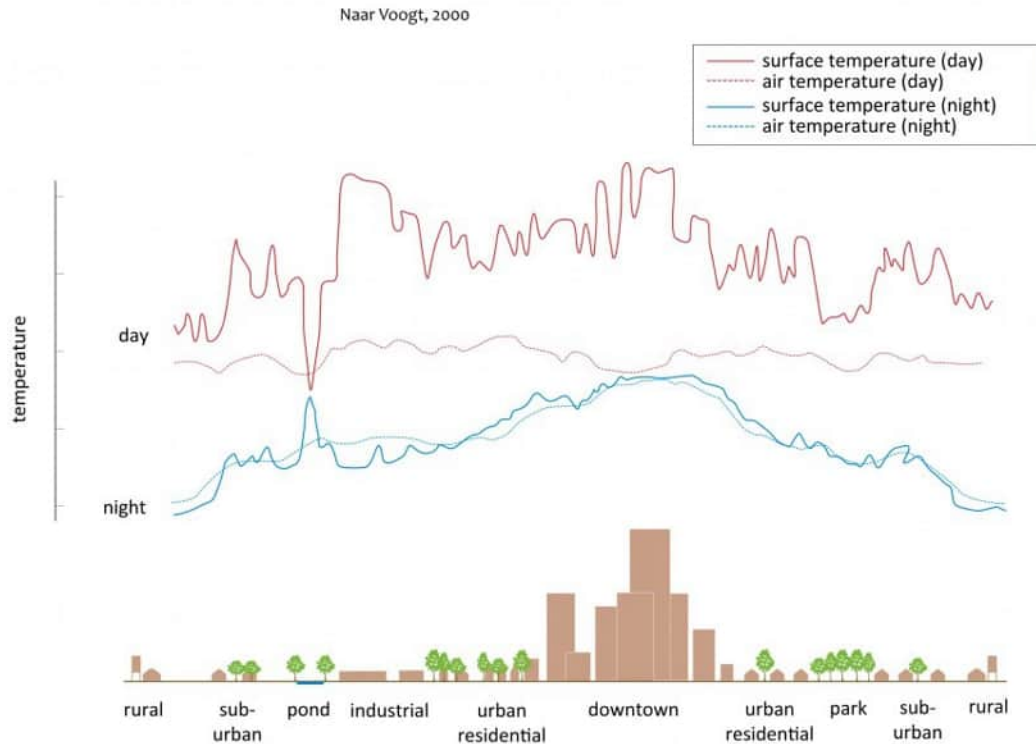
Door klimaatverandering neemt de kans op langere periodes van hitte toe (KNMI, 2015). In 2050 per jaar zullen gemiddeld 7 tot 15 tropische dagen (dagen waarop de maximum temperatuur hoger is dan 30° Celsius) voorkomen ten opzichte van gemiddeld 4 in het huidige klimaat. Hogere temperaturen kunnen een negatieve invloed hebben op de gezondheid, de productiviteit en het welbevinden van mensen en dieren. Bij temperaturen hoger dan 30° Celsius overdag neemt het comfort voor de mens af. Dit is ook sterk afhankelijk van de luchtvochtigheid, straling en wind. De gevoelstemperatuur of ook wel Physiological Equivalent Temperature (PET) genoemd is een combinatie van luchttemperatuur, wind, stralingstemperatuur en luchtvochtigheid en is daarom een betere indicator voor het optreden van hittestress. Men spreekt van ernstige hittestress wanneer de gevoelstemperatuur hoger dan 41° Celsius is (Figuur 9).

Temperatuurmetingen zoals gedaan door het KNMI zijn afkomstig van metingen in het buitengebied. In het stedelijk gebied kan de temperatuur door het zo genaamde Urban Heat Island (UHI) effect tot 11° Celsius hoger zijn. Het UHI effect is het effect waarbij de luchttemperatuur in de stad veel hoger is dan de luchttemperatuur van het omliggende buitengebied. Dit effect treedt met name 's nachts op wanneer gebouwen en verharding opgeslagen warmte afgeven aan de lucht (Figuur 10). De temperatuur van oppervlaktewater blijft nagenoeg gelijk. Overdag zijn dit dus koelere plekken, terwijl ze 's nachts juist warmer dan hun omgeving zijn.

Scenario	T_a (°C)	T_{mrt} (°C)	v (m/s)	VP (hPa)	PET (°C)
Typical room	21	21	0.1	12	21
Winter, sunny	-5	40	0.5	2	10
Winter, shade	-5	-5	5.0	2	-13
Summer, sunny	30	60	1.0	21	43
Summer, shade	30	30	1.0	21	29

PET (°C)	Thermal perception	Grade of physiological stress
<4.1	Very cold	Extreme cold stress
4.1–8.0	Cold	Strong cold stress
8.1–13.0	Cool	Moderate cold stress
13.1–18.0	Slightly cool	Slight cold stress
18.1–23.0	Comfortable	No thermal stress
23.1–29.0	Slightly warm	Slight heat stress
29.1–35.0	Warm	Moderate heat stress
35.1–41.0	Hot	Strong heat stress
>41.0	Very hot	Extreme heat stress

Figuur 9: Voorbeelden van PET-waarden bij verschillende omstandigheden en de relatie tot het ervaren van stress



Figuur 10: Temperatuur verschil tussen stad en buitengebied overdag en 's nachts

Hittestress heeft een negatief effect op de gezondheid en de arbeidsproductiviteit. Tijdens hittegolven zijn er relatief meer sterfgevallen bij ouderen en zieken (Kluck, et al., 2017). Slecht geïsoleerde gebouwen met een plat dak (waaronder vaak ook scholen) zijn extra kwetsbaar omdat overdag hier de temperatuur binnen flink kan oplopen. Ook 's nachts leidt hitte tot problemen. Bij een minimale temperatuur van $> 20^{\circ}$ Celsius of meer slapen mensen minder goed wat onder andere leidt tot gezondheidsklachten en een afname van de arbeidsproductiviteit.

De hittestresskaarten maken zichtbaar waar in de gemeente de temperaturen tijdens hete dagen oplopen. Aan de hand van de kaarten kunnen bijvoorbeeld probleemlocaties geïdentificeerd worden. Voor deze locaties kunnen vervolgens maatregelen bedacht worden die anticiperen op aspecten als gezondheid, milieu en duurzame energie. Deze maatregelen kunnen liggen op het gebied van ruimtelijke adaptatie, maar kunnen ook aanpassingen aan gebouwen of aanpassingen in het gedrag van mensen zijn. Veelal kunnen ruimtelijke adaptatie oplossingen synergievoordelen bieden voor het tegengaan van wateroverlast en biedt het kansen voor de leefbaarheid van de stad.



3.2 Methode

Het Tauw hittestressmodel is ontwikkeld samen met de Wageningen Universiteit (WUR) en geeft inzicht in zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie (2050) en gaat uit van de lucht- en gevoelstemperatuur (volgens de PET-methode). Daarnaast geeft het Tauw 'nachthittemodel' inzicht in een willekeurige situatie en gaat uit van de luchttemperatuur. Als laatste geeft het Tauw 'loopafstand tot koelte model' inzicht in zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie (2050). Dit model gaat uit van het aantal loopminuten tot een koele plek (volgens de PET-methode). Hieronder volgt een verdere beschrijving van de werking van de modellen. Figuur 11 geeft een schematische weergave van de modellen.

3.2.1 Werking hittestress model (Tauw)

De lokale temperatuur wordt beïnvloed door:

1. Bomen (binnen straal van 40m)
2. Laag groen (binnen straal van 40m)
3. Water
4. Schaduw en
5. Het effect van afwezigheid van groen op verdere afstand.

Het hittemodel geeft aan de hand van deze invloeden een voorspelling van de lokale lucht- en gevoelstemperatuur op (circa) 1,5 meter boven grond rond het tijdstip 15:00 uur op een hete, bijna windstille middag tijdens een fictieve hittegolf. Daarbij zijn de volgende aannames gedaan:

- Gevoelstemperatuur (PET) is afhankelijk van de lokale luchttemperatuur plus een effect voor zon/schaduw en het type ondergrond (verhard/onverhard).
- Een relatieve temperatuurverschil (lucht- en gevoelstemperatuur) wordt berekend t.o.v. de temperatuur in open buitengebied tijdens een hittegolf op het heetste moment van de dag – 15:00 uur op 26 juli. Er is een aanname gedaan van een zeer lage windsnelheid in de stad op ooghoogteniveau (1,5 m) die verder wordt geremd door de bebouwing. Ook is de aanname gedaan dat de luchtvochtigheid constant is. Ten slotte wordt de straling, van de zon en van de ondergrond, meegenomen in de berekening.
- De absolute gevoelstemperatuur wordt berekend door het relatieve temperatuurverschil op te tellen/af te trekken bij/van een absolute gevoelstemperatuur van het open buitengebied. Hiervoor is de aanname gedaan dat in het open buitengebied de gevoelstemperatuur om 15.00 uur op een hete windstille dag gelijk is aan 32° Celsius en aan 34,1° Celsius voor de toekomstige situatie (2050). De +2,1° Celsius scenario is gebaseerd op de KNMI'14 scenario's.

De resulterende hittestresskaarten (relatieve luchttemperatuur 2019 en 2050 en relatieve gevoelstemperatuur 2019 en 2050) tonen de lokale temperatuur met een kwalitatieve schaal (aanzienlijk warmer, warmer, neutraal, koeler en aanzienlijk koeler dan buiten de stad) en geven een goede indicatie van het effect van hittestress. De absolute gevoelstemperatuur toont waar de PET boven een grenstemperatuur komt (mate van hittestress). De kaarten geven op straat- en wijkniveau weer waar mogelijke aandachtspunten op kunnen treden met betrekking tot hittestress.



In welke mate de aandachtspunten (on)acceptabel zijn hangt ook van de nabijheid van koelte. Daar wordt het loopafstand tot koelte model voor gebruikt.

3.2.2 Werking loopafstand tot koelte model (Tauw)

Het loopafstand tot koelte (LATAK) model neemt het relatieve gevoelstemperatuurverschil als input (3.2.1). Daaruit worden koelte gebieden geselecteerd. Alle gebieden die kleiner dan 0 (koeler of gelijk aan het open buitengebied) zijn, in de gevoelstemperatuurverschil kaart, worden als koeltegebieden bestempeld. Dus waar geen opwarming van de gevoelstemperatuur is ten opzichte van het buitengebied. De koelteplekken worden daarnaast gefilterd op grootte. In de analyse is dit vanaf 200 m². Ook is ervoor gezorgd dat zoveel mogelijk kleine, lange stroken langs wegen en stroken in het water niet als koelte gebied worden meegenomen, immers water en plekken langs wegen zijn geen toegankelijke plekken om verkoeling te zoeken.

Vervolgens wordt een routenetwerk gemaakt op een lijnenbestand van wegen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het Nationaal Wegenbestand (NWB). In het routenetwerk worden looproutes berekend naar dichtstbijzijnde koelteplek op basis van twee verschillende snelheden; 2 km/u (kwetsbare groepen) en 4 km/u. Tot slot wordt op basis van deze routes en snelheden een indicatie per gebouw (in minuten dat een koelteplek bereikt kan worden) gegeven. De resulterende loopafstand tot koelte kaart geeft aan hoe ver panden van koelte af liggen. De loopafstand tot koelte-kaart brengt in één oogopslag in beeld in welke wijken behoefte is aan meer (beleefbaar) groen (of koelte).

3.2.3 Werking nachthitte model (Tauw)

Het nachthitte model maakt gebruik van een temperatuurset van Aires metingen in een Nederlandse gemeente. Daarvoor zijn meetkasten geïnstalleerd die fijnstof maar tegelijkertijd ook de temperatuur meten. Vervolgens is aan de hand van de volgende criteria, < 4m/s wind (=nagenoeg windstil), maximum temperatuur overdag groter dan 28° Celsius, en meer dan 10 uren zonneschijn per dag, bepaald welke dagen een hete dag representeren. De meetresultaten van 6 van deze hete dagen om 23:00 uur (geen invloed van zinstraling) laten zien dat er een correlatie ($p < 0.05$) bestaat tussen de temperatuur en de Sky View Factor (SVF), en tussen de temperatuur en omgevingsgroen.

Vervolgens wordt voor de berekening van de nachthitte om 23:00 uur (het tijdstip dat mensen gaan slapen) gebruik gemaakt van de gevonden correlatie door de volgende formule toe te passen:

$$\text{Temperatuur (23:00 uur)} = \text{RefTemp} + ((2 - \text{SVF} - \text{Fveg}) - \text{RefFhite} * 1) * 2)$$

Waarbij:

RefTemp= Temperatuur op referentiepunt gemeente in een hete nacht om 23:00 uur

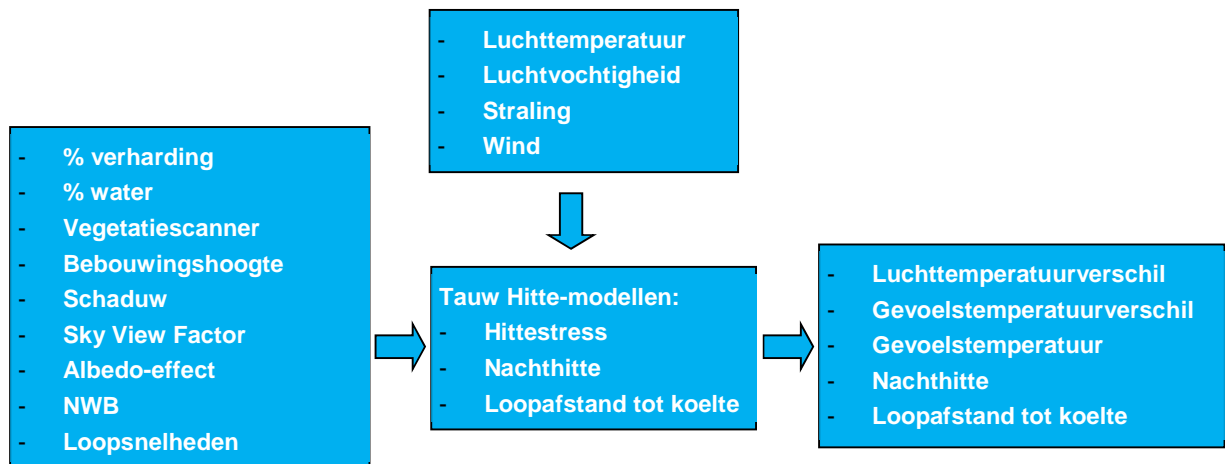
SVF= Factor zichtbare lucht

Fveg= Factor vegetatie/groen in een straal van 25 meter

RefFhite= 2 – SVF Referentiepunt – Fveg Referentiepunt



De resulterende nachthitte kaart geeft aan tot hoever de luchttemperatuur om 23:00 uur, na een hete dag is gedaald. De kaart geeft op straat- en wijkniveau weer waar mogelijke aandachtspunten op kunnen treden met betrekking tot nachthitte.



Figuur 11: Schematische weergave hitte model - Tauw

3.3 Resultaat

De overzichtskaarten van de gehele gemeente Dalfsen voor luchttemperatuur, gevoelstemperatuur, loopafstand tot koelte en nachthitte zijn opgenomen in respectievelijk Bijlage 4, 5, 6 en 7. Voor het bepalen van de opgaven zijn de hittestress locaties beschouwd in relatie tot het voorkomen van kwetsbare functies. Hierbij is in de analyse voor het stedelijk gebied gekeken naar gebruiksfuncties zoals scholen, zorginstellingen, evenemententerreinen en sportaccommodaties. Deze worden in de navolgende paragrafen beschouwd.

3.3.1 Kwetsbare functies

Sportvelden

De gevoelstemperatuur kan op sportvelden flink oplopen tijdens een hete dag. Hierbij valt te denken aan voetbalvelden, waar het gras een minimaal verkoelend effect heeft tijdens een periode van droogte (aaneengesloten hete dagen) en de temperaturen op kunstgras nog eens extra oplopen ten opzichte van gewoon gras. Naast voetbalvelden kunnen ook op andere sportterreinen, bijvoorbeeld tennisbanen, de temperaturen flink oplopen. De kans op oververhitting en hittestress tijdens sportieve activiteiten op deze locaties vormt een risico. Er zijn diverse sportverenigingen in de gemeente Dalfsen.

Zorginstellingen

Ouderen en niet-zelfstandigen zijn kwetsbare bevolkingsgroepen tijdens (een langere periode van) hete dagen. Het sterftecijfer onder ouderen ligt in de zomer periode ook hoger dan in de winter periode. Voor de kwetsbaarheidsanalyse zijn daarom zorginstellingen als verzorgingshuizen, huisartsen, woongroepen en zorgboerderijen in beeld gebracht



Bedrijventerreinen

Bedrijventerreinen zijn vaak verharde terreinen met grote bedrijfshallen en/of kantoren. En er is vaak weinig tot geen groen aanwezig. De gevoelstemperatuur kan op deze terreinen flink oplopen. Dit heeft zijn uitwerking op werknemers op desbetreffende bedrijventerreinen in de zin van gezondheidsklachten en afname van de arbeidsproductiviteit. De opzet van dergelijke terreinen doet ook de vraag naar koeling toenemen (bijv. airco's). De meeste kernen in de gemeente Dalfsen hebben een industrieterrein.

(Winkel)centra

Bezoekers van (winkel)centra lopen een verhoogd risico op het oplopen van hittestress en de daarbij horende gezondheidsklachten. In (overdekte) winkelcentra kan de temperatuur flink oplopen en daarmee de gevoelstemperatuur ook. Tevens hebben grote verharde oppervlakken, bijvoorbeeld parkeerterreinen en aaneengesloten winkelstraten een versterkt effect op de lokale gevoelstemperatuur. De gemeente Dalfsen heeft meerdere (winkel)centra met aanliggende parkeerterreinen.

Scholen

Schoolpleinen zijn vaak grotere verharde oppervlakken die een versterkt effect hebben op de gevoelstemperatuur in de omgeving van scholen en kinderdagverblijven. Deze verhoogde gevoelstemperatuur heeft naast gevolgen op het gebied van gezondheid ook gevolgen voor het concentratievermogen van scholieren. In de gemeente Dalfsen staan meerdere basisscholen en kinderdagverblijven.

Evenemententerreinen

Bezoekers van (grote) evenementen lopen een verhoogd risico op het oplopen van hittestress en de daarbij horende gezondheidsklachten. Evenemententerreinen zijn vaak open (verharde) oppervlakken op onbeschutte locaties waardoor de intensiteit van de zonnestraling hoog is en de gevoelstemperatuur flink op kan lopen. De gemeente Dalfsen heeft enkele van dit soort evenemententerreinen.

Woonwijken/buurtten

De gevoelstemperatuur kan sterk verschillende per type woonwijk omdat deze beïnvloed wordt door het de bebouwingsdichtheid, de aanwezigheid van (volgroeide) bomen en het percentage groen en water. In nieuwbouwwijken zijn vaak warmer dan omliggende wijken door een hogere bebouwingsdichtheid, minder ruimte voor openbaar groen en versteende tuinen. Bomen zijn bovendien nog niet volgroeid waardoor ze minder schaduw bieden. De gemeente Dalfsen bestaat uit diverse typen woonwijken.

Overig

Met overige kwetsbare functies worden functies bedoeld die niet in bovenstaande klassen vallen. Het gaat hierbij om speeltuintjes, horeca gelegenheden en religieuze gebouwen incl. begraafplaatsen.



3.3.2 Hittestress

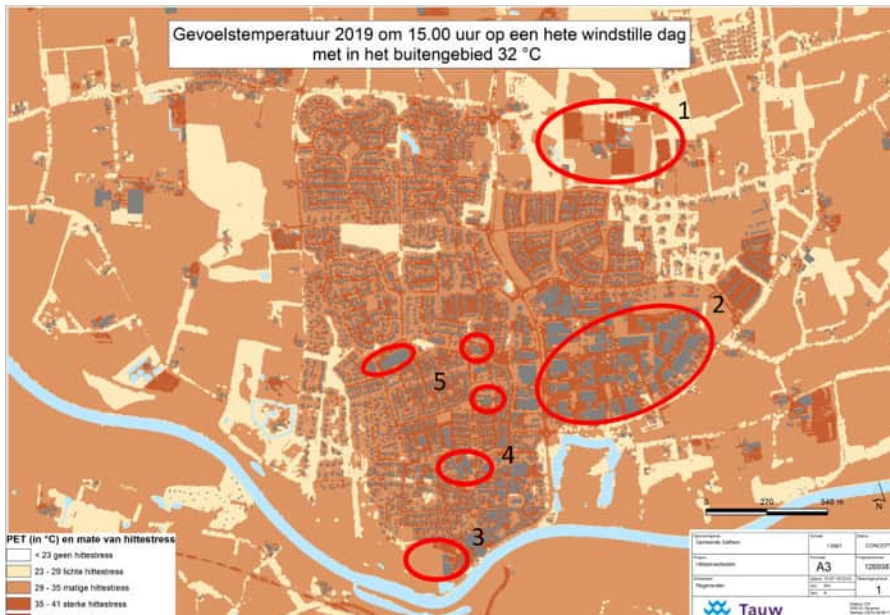
Het hittestressmodel van Tauw voorspelt voor de gemeente Dalfsen een PET-waarde van maximaal 40,7° Celsius in 2050 t.o.v. 38,6° Celsius in 2019. Op een warme dag is in de huidige situatie sprake is van matige tot sterke hittestress de dorpskernen. Bij sterke hittestress is sprake van verhoogde transpiratie maar nog geen sprake van gezondheidsklachten (Tabel 1). In 2050 zullen met een temperatuur toename van 2 graden alle dorpskernen last hebben van sterke hittestress. De leefbaarheid neemt hierdoor af. Voor kwetsbare groepen zoals (eenzame) ouderen, niet-zelfstandigen kan dit bovendien leiden tot gezondheidsklachten. Bij gezonde mensen zullen niet snel gezondheidsklachten optreden, wel kan er sprake zijn van concentratieproblemen (bijvoorbeeld scholieren) en/of een afname in de arbeidsproductiviteit (werknemers). Het hittestressmodel voorspelt echter geen extreme hittestress (en dus extreme gezondheidsklachten) voor de jaren 2019 en 2050 in de gemeente Dalfsen. Verder springen voornamelijk sportcomplexen, bedrijventerreinen, en bepaalde (delen van) wijken in verschillende dorpskernen er uit vanwege hun hoge PET-waarden in vergelijking met de omliggende omgeving.

Tabel 1: Gevoelstemperatuur en fysiologische respons

PET	Thermale perceptie	Fysiologische stress	Fysiologische respons
4	Erg koud	Extreme koude stress	Daling lichaamstemperatuur, bibberen, gemiddelde huidtemperatuur valt onder 0° C wanneer blootstelling aanhoudt
8	Koud	Sterke koude stress	
	Koud	Matige koude stress	Vaatvernauwing
13	Licht koud	Lichte koude stress	
18	Comfortabel	Geen koude stress	Comfortabel, zweetsnelheid <100 gram per uur
23	Licht warm	Lichte hittestress	Lichte hittestress
29	Warm	Matige hittestress	
35	Heet	Sterke hittestress	Zweetsnelheid > 200 gram per uur
41	Erg heet	Extreme hittestress	Toename lichaamstemperatuur Toename zweetsnelheid (>650 g per uur)

In de navolgende alinea's worden per kern de aandacht locaties.

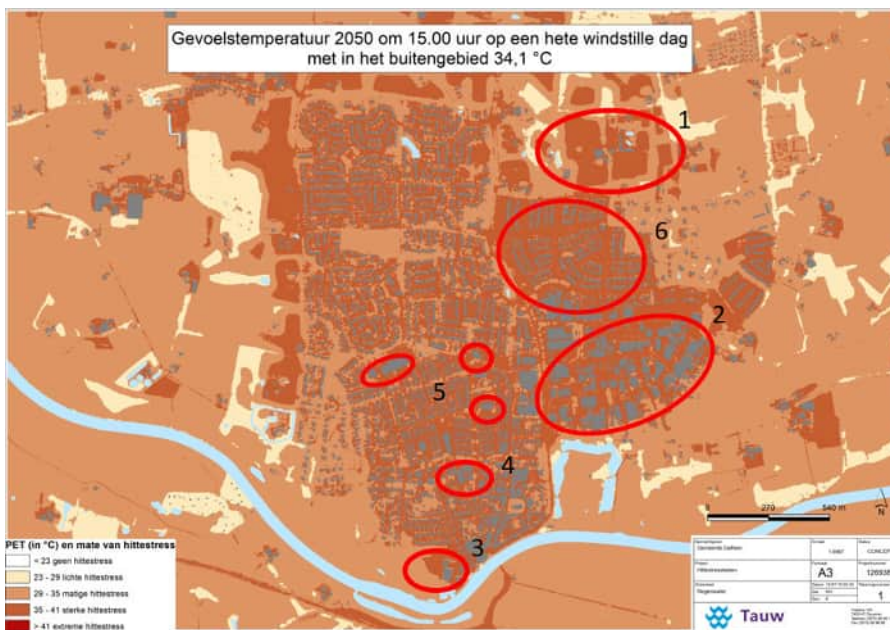
Hitteaandachtspunten Dalfsen



Figuur 12: Hitteaandachtspunten Dalfsen - Gevoelstemperatuur 2019

De locaties met de belangrijkste aandacht locaties (Figuur 12 en Figuur 13):

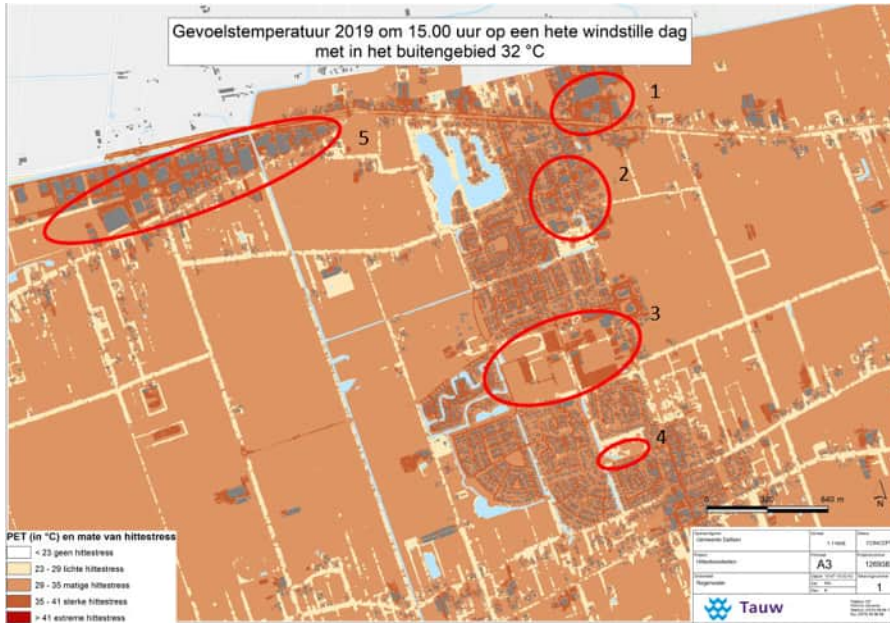
1. Sportcomplex Dalfsen
2. Bedrijventerrein (Ooster-Dalfsen)
3. Gemeentehuis + evenemententerrein
4. Rosengaerde Zorgcentrum
5. Diverse scholen en sportcomplex; GBS De Uitleg, CGS De Spiegel en Trefkoele+
6. Nieuwbouwwijk



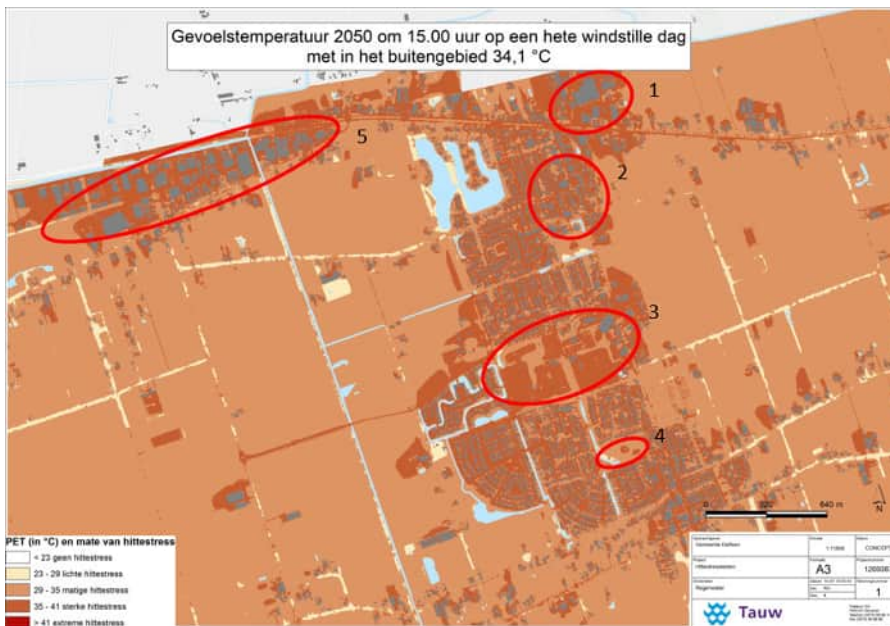
Figuur 13: Hitteaandachtspunten Dalfsen - Gevoelstemperatuur 2050

Een gebrek aan hoogwaardig groen (met een verkoelend effect op de omgeving) is de oorzaak van de meeste van de hierboven beschreven aandacht locaties. Zo is het bedrijventerrein bijna volledig verhard, bevat de nieuwbouwwijk vele grasvelden maar weinig tot geen bomen (of jonge aanplanting) en kennen de schoolpleinen ook veel verharding.

Hitteaandachtspunten Nieuwleusen:



Figuur 14: Hitteaandachtspunten Nieuwleusen - Gevoelstemperatuur 2019



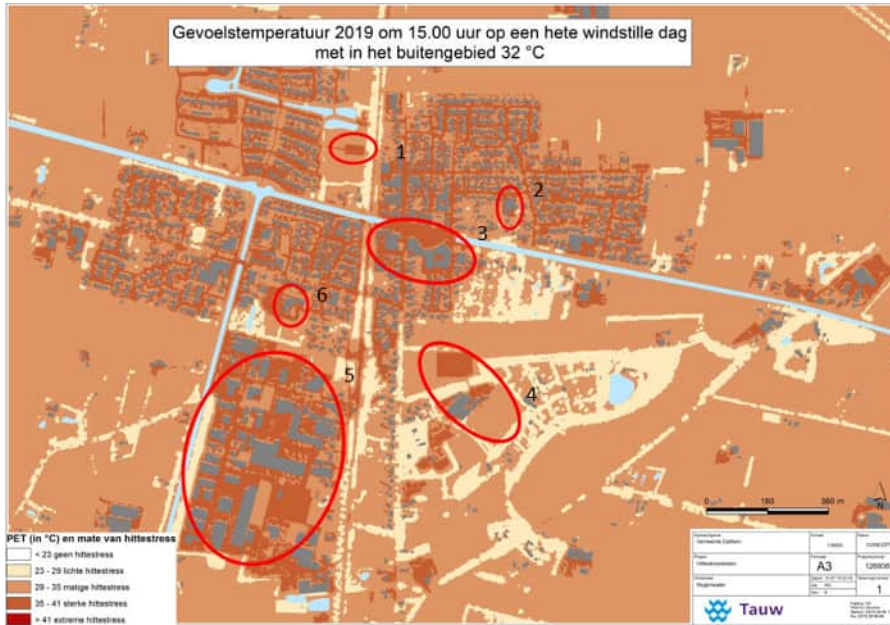
Figuur 15: Hitteaandachtspunten Nieuwleusen - Gevoelstemperatuur 2050

De locaties met de belangrijkste aandacht locaties (Figuur 14 en Figuur 15):

1. Bedrijventerrein 'Noord'
2. De Hulstkampen, Philadelphia Zorg, Woonstichting Vechthorst, het winkelcentrum
3. Sportcomplex Nieuwleusen, diverse scholen (Agnieten college, OBS De Tweemaster etc.)
4. Zuiderpark
5. Bedrijventerrein 'West'

Een gebrek aan hoogwaardig groen (met een verkoelend effect op de omgeving) en een overvloed aan verharding ligt zijn de oorzaken van de meeste van de hierboven beschreven aandacht locaties. Zo bevat het Zuiderpark naast bomen ook grote oppervlakken gras (nauwelijks verkoelend effect), is de omgeving van het Agnieten College flink verhard en hetzelfde geldt voor de omgeving van het winkelcentrum en diverse zorginstellingen.

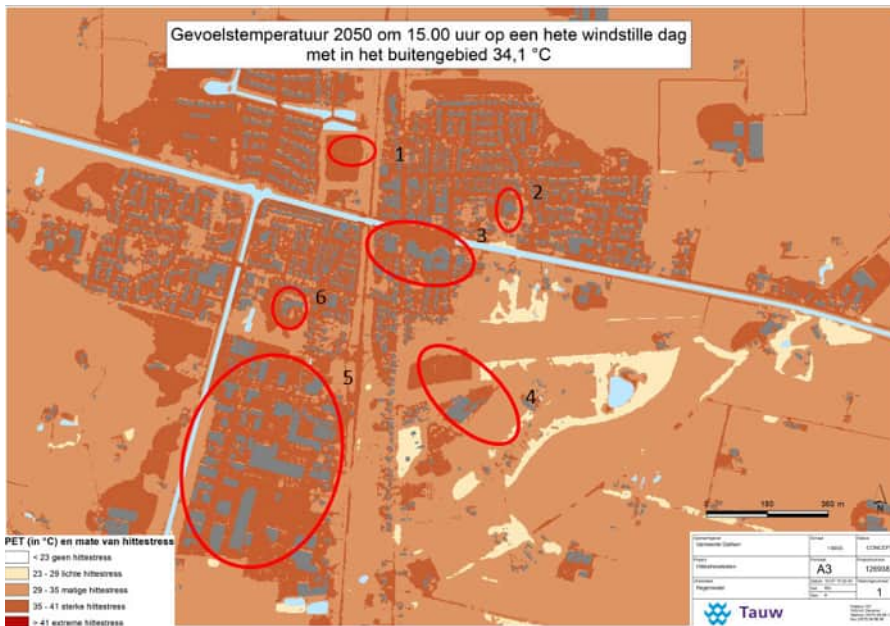
Hitte-aandachtspunten Lemelerveld



Figuur 16: Hitte-aandachtspunten Lemelerveld - Gevoelstemperatuur 2019

De locaties met de belangrijkste aandacht locaties (Figuur 16 en Figuur 17 en Figuur 14):

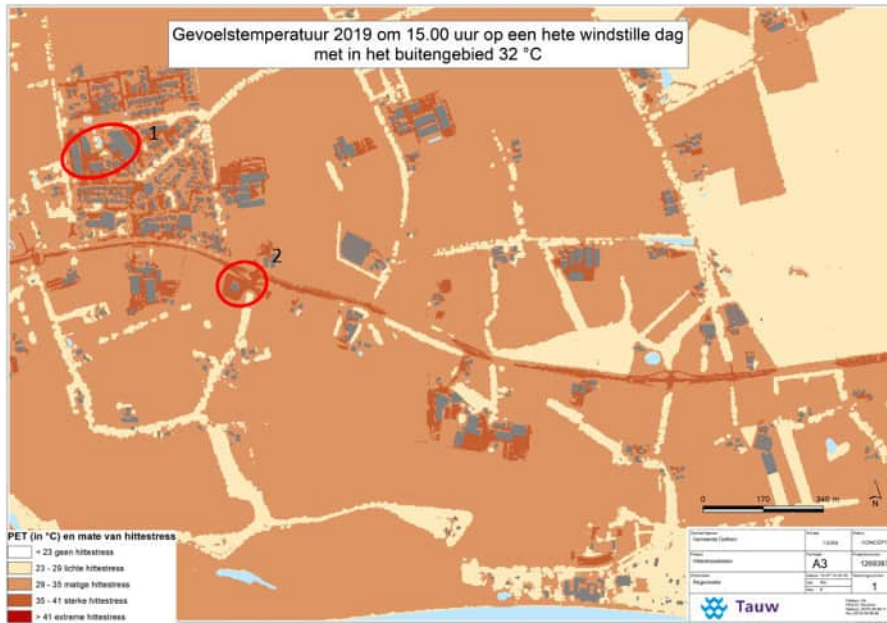
1. Evenemententerrein
2. OBS Heidepark
3. Winkelcentrum
4. Sportaccommodatie Lemelerveld
5. Bedrijventerrein
6. Heilig Hartschool



Figuur 17: Hitte-aandachtspunten Lemelerveld - Gevoelstemperatuur 2050

De hoge mate van verharding is de oorzaak van de meeste van de hierboven beschreven aandacht locaties. Zo is het bedrijventerrein bijna volledig verhard, kennen de schoolpleinen en het centrum ook veel verharding en zijn de kunstgrasvelden en tennisbanen extra warm i.v.t. de natuurgrasvelden.

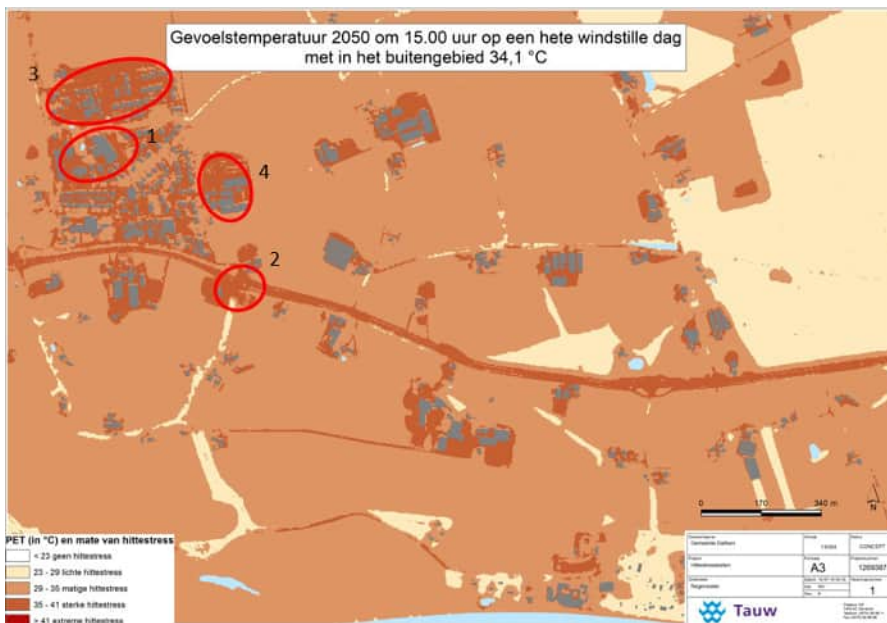
Hitteaandachtspunten Oudleusen



De locaties met de belangrijkste aandacht locaties (Figuur 19 en 20):

1. Bedrijventerrein
2. Eetgelegenheid Roadrunner
3. Woonwijk
4. Bedrijven in het buitengebied

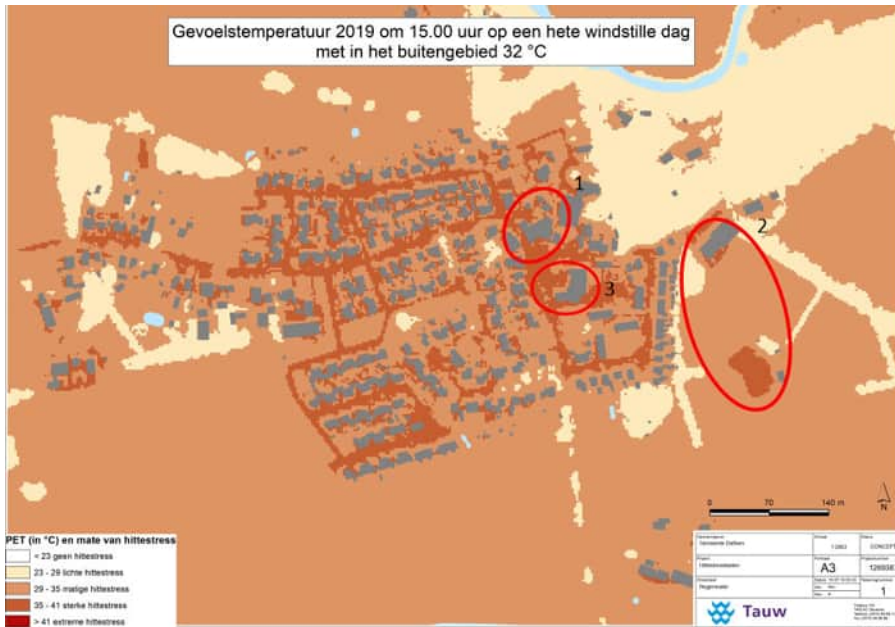
Figuur 19: Hitteaandachtspunten Oudleusen - Gevoelstemperatuur 2019



De hoge mate van verharding en het gebrek aan hoogwaardig groen (met een verkoelend effect op de omgeving) ligt ten grondslag aan de meeste van de hierboven beschreven aandacht locaties. Zo zijn het bedrijventerrein en diverse bedrijfslocaties in het buitengebied bijna volledig verhard en kent de woonwijk aan de zuidkant weliswaar een mooie groenstrook maar de wijk an sich blijft vrij warm.

Figuur 18: Hitteaandachtspunten Oudleusen - Gevoelstemperatuur 2050

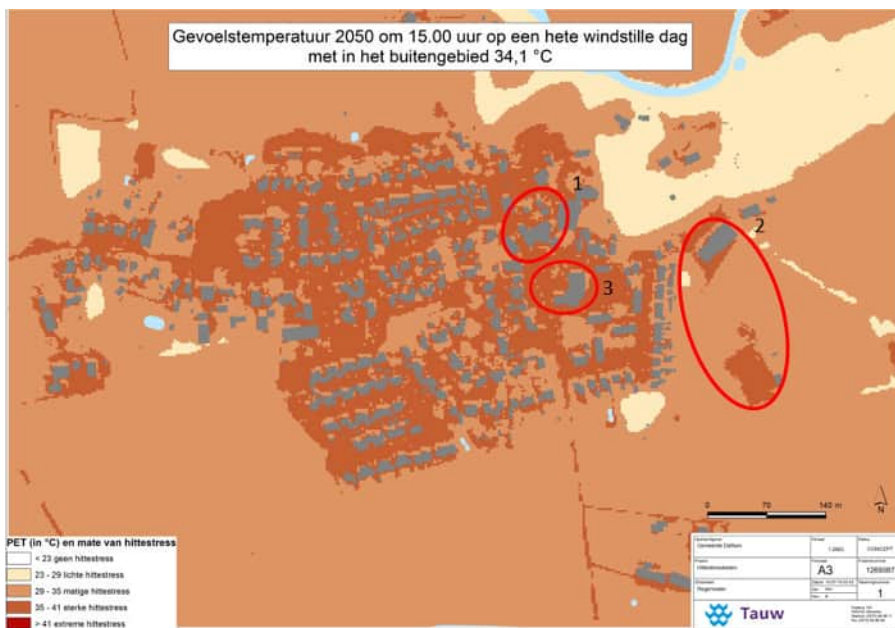
Hitte-aandachtspunten Hoonhorst



De locaties met de belangrijkste aandachtspunten (Figuur 20 en Figuur 21):

1. Centrum, KBS St. Cyriacusschool en Peuterspeelzaal en BSO
2. Sportaccommodatie Hoonhorst
3. Sint Cyriacus Kerk

Figuur 20: Hitte-aandachtspunten Hoonhorst - Gevoelstemperatuur 2019



De hoge mate van verharding en het gebrek aan hoogwaardig groen (met een verkoelend effect op de omgeving) ligt ten grondslag aan de meeste van de hierboven beschreven aandachtspunten. De omgeving van de kerk en de school is vrij verhard. Daarnaast geeft het toekomstige beeld aan dat de kern Hoonhorst vrij warm blijft.

Figuur 21: Hitte-aandachtspunten Hoonhorst - Gevoelstemperatuur 2050



3.3.3 Loopafstand tot koelte

De gemeente Dalfsen beschikt over het algemeen over voldoende koele plekken binnen loopafstand van de bebouwing, ook voor kwetsbare locaties en/of functies (**Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden., pag. 54). De volgende zaken vallen op:

Algemeen:

- Verschil tussen beide loopsnelheden (2 en 4 km/u) is zichtbaar maar niet extreem. Dit laat zien dat ook kwetsbare bevolkingsgroepen (ouderen, niet-zelfstandigen) binnen afzienbare looptijd een koele plek kunnen bereiken.
- Ondanks dat voor de toekomstige scenario (2050) rekening gehouden wordt met een temperatuurstijging van 2,1° Celsius blijven er voldoende koele plekken over om binnen afzienbare looptijd een koele plek te bereiken. Naar de toekomst toe worden er geen extra problemen voorzien.
- In het buitengebied zijn de loopafstanden in minuten vaak ontoereikend om binnen afzienbare looptijd op een koele plek te zijn (boerenbedrijven, woningen e.d.). Echter, dit zijn vaak geen kwetsbare locaties gezien het feit dat bewoners op deze plekken zelfstandig zijn.

Aandacht locaties per kern:

- Dalfsen: voornamelijk aan de noordkant van het bedrijventerrein en de woonwijk ten noorden van ditzelfde terrein liggen plekken die verder verwijderd zijn van koele plekken.
- Hoonhorst: weinig tot geen bomen in de wijk, leidt ertoe dat de nieuwbouw ten zuidwesten verder verwijderd is van koele plekken.
- Lemelerveld: voornamelijk op het bedrijventerrein en in het hart liggen plekken die verder verwijderd zijn van koele plekken.
- Nieuwleusen: ten westen van de sportvelden liggen in de toekomst plekken verder verwijderd van koele plekken.
- Oudleusen: het zuidoostelijke punt is in de toekomst verder verwijderd van koele plekken.

Voor de aandacht locaties geldt een behoefte aan meer (beleefbaar) groen (of koelte). In combinatie met de benoemd kwetsbare functies/locaties kan de gemeente Dalfsen, indien gewenst, gericht actie ondernemen.

3.3.4 Nachthitte

De overzichtskaart van nachthitte is te vinden in de **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** (pag. 54). Voor de nachthitte kaart vallen de volgende zaken op:

Algemeen:

- Het beeld ontstaat dat in de dorpskernen van de gemeente Dalfsen de luchttemperatuur na een hete windstille dag rond de klok van 23:00 tussen de 23,5 en de 24,5° Celsius zit. Wanneer deze gedurende de nacht niet beneden 20° Celsius komt spreekt men van een tropische nacht die invloed heeft op de kwaliteit van de nachtrust van mensen. Deze afname van de nachtrustkwaliteit kan een vermindering van de concentratie en een



afname van de arbeidsproductiviteit tot gevolg hebben. Ook zijn mensen na een mindere nacht sneller geïrriteerd.

- Ook in het buitengebied blijft het rondom woningen en voornamelijk (grote) bedrijven warm. Een grote hoeveelheid warmte blijft opgeslagen zitten in de bebouwing/verharding die in de avond- en nachturen weer wordt afgegeven aan de lucht. Dit leidt tot een verhoogde luchttemperatuur.

Aandacht locaties per kern:

- Dalfsen: voornamelijk de woonwijken in het zuiden en noorden blijven redelijk warm, verschil goed zichtbaar met de oostkant van het dorp.
- Hoonhorst: rond de nieuwbouw ten zuidwesten, Koelmansstraat en Café-Restaurant Zaal Kappers blijft het redelijk warm.
- Lemelerveld: het bedrijventerrein koelt in vergelijking met bepaalde gebieden in het dorp meer af, zo ook de omgeving van het evenemententerrein en de omgeving van de Heilig Hartschool. Voornamelijk ten noorden van het kanaal blijft het rond de avond vrij warm, de opgeslagen warmte in het water warmt de omgeving nog op. Ook de bebouwing achter het winkelcentrum blijft vrij warm.
- Nieuwleusen: ten noorden van de sportvelden is het over het algemeen warmer dan ten zuiden van de sportvelden. Ook ten zuidoosten van het Zuiderpark en in de omgeving van het Noorderpark blijft het redelijk warm.
- Oudleusen: rond het centrum, ten westen van het centrum en ten noordoosten van Hoveniersbedrijf Hanewinkel blijft het redelijk warm.



4 Droogte

4.1 Inleiding

De hierop volgende analyse op het thema droogte is een stresstest 'light'. Dat wil zeggen dat een verdiepingsslag op het thema droogte volgt op een later moment vanuit het samenwerkingsverband RIVUS+. De uitgevoerde analyse beperkt zich tot enkele droogte indicatoren en is gebaseerd op de Zoetwatervoorziening Oost-Nederland (ZON) viewer uit 2019.

4.2 Methode

Voor droogte is gebruikt gemaakt van de ZON-viewer uit 2019. Onder deze viewer liggen een aantal basiskaarten en ander kaartmateriaal, zoals de ZON-viewer 2012, de AHN, het nationaal grondwatermodel 2017 (KEA), de legger watergangen van diverse waterschappen, het NHI-model 2.2, de Klimateffectatlas, de gemiddelde lage grondwaterstanden (GLG) en de bodemkaart.

In de ZON-viewer is gerekend met het WH klimaatscenario van het KNMI. Dit is het meest extreme scenario en laat dus ook een "worst- case" beeld zien. Hierdoor weet men echter wel wat men allemaal zou kunnen verwachten. Bij de analyse van droogte in de gemeente Dalfsen wordt er gekeken naar 5 indicatoren: bodemdaling, wateraanvoer, waterafvoer (droogval van waterlopen), droogtegevoeligheid en opwarming van het oppervlaktewater.

Bodemdaling

De bodemdaling kaart geeft de voorspelde bodemdaling (in cm) in Nederland weer in de periode 2016-2050, in het huidige klimaat en uitgaande van een gelijkblijvend klimaat, indien er geen beperkende maatregelen getroffen worden. Gebieden waar bodemdaling in deze periode minder dan 3 cm is (0,9 mm per jaar) zijn niet weergegeven. Bodemdaling ontstaat door krimp, oxidatie en samendrukken van (slappe) grond. Dit leidt tot volumeverlies. Een mogelijke oorzaak kan het ontwateren van klei- en veengronden zijn. Al deze processen zijn meegenomen in de berekeningen. Tevens kunnen lage grondwaterstanden leiden tot bodemdaling van meer dan één meter tot 2050 en kan bodemdaling optreden als het gevolg van de gaswinning. Uiteindelijk kan bodemdaling schade veroorzaken aan infrastructuur, huizen en kunstwerken en ook het overstromingsrisico neemt toe.

De tweede bodemdaling kaart laat de aanvullende bodemdaling door lage grondwaterstanden zien als gevolg van klimaatverandering. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Het WH-scenario kent van de vier KNMI'14-scenario's de laagste grondwaterstanden en daarmee de meeste bodemdaling. Door klimaatverandering dalen grondwaterstanden in veengebieden en neemt de snelheid van veenoxidatie toe, wat beiden leidt tot een toename van bodemdaling.



Wateraanvoer en waterafvoer

Door droogte kan het verdampingsoverschot in de zomers oplopen. Het waterpeil kan dan zodanig zakken dat waterlopen droogvallen. Omdat de relatie tussen het verdampingsoverschot en de peilverlaging en kans op afvoerloosheid complex is, is deze moeilijk te kwantificeren. De gemiddelde effecten op de waterpeilen en de kans op afvoerloosheid worden overschat, maar geven wel een indicatie van de kwetsbaarheid. De wateraanvoer geeft de waterlichamen en de grootte van de wateraanvoergebieden weer.

Droogtegevoeligheid

Een ander aspect van droogte is droogtegevoeligheid. Deze indicator toont of de vegetatie in staat is grondwater door capillaire werking te benutten voor verdamping. In de met groen aangegeven gebieden is het vochttekort minimaal, in de met rood aangegeven gebieden is het vochttekort maximaal; er is dan geen benutting van grondwater meer mogelijk. De vegetatie is dan volledig afhankelijk van neerslag of irrigatie en dus zeer droogtegevoelig. De droogtegevoeligheid is berekend op basis van de gemiddelde lage grondwaterstand uit het landelijk grondwatermodel, en de capillaire werking op basis van bodemtype.

Opwarming oppervlaktewater

Deze kaart geeft een inschatting van het risico op warm oppervlaktewater in de zomer, zowel in de huidige situatie als in 2050. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Het WH scenario kent de sterkste opwarming van de vier KNMI'14-scenario's. Het kaartbeeld toont de langste aaneengesloten periode van dagen per jaar, waarin de watertemperatuur hoger is dan 20° Celsius. Vanaf die temperatuur gedijen (ongewenste) exotische planten en dieren, blauwalgen, ziekteverwekkers- en verspreiders beter.

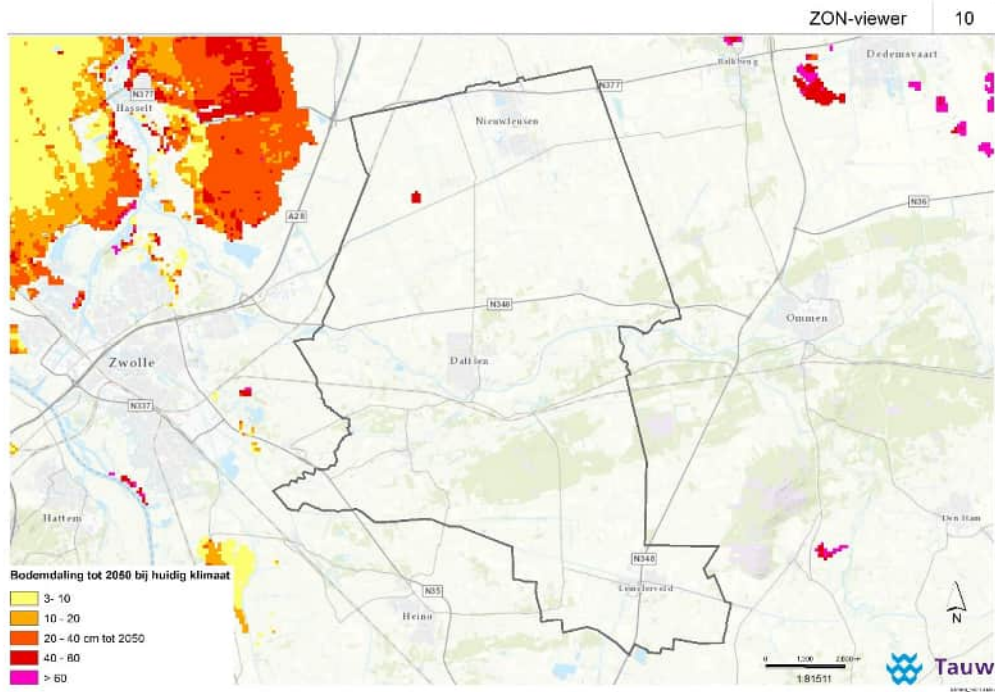
Oppervlaktewater dat méér dan drie meter diep is, is niet opgenomen in het kaartbeeld. Weersinvloeden en locatie specifieke factoren zoals waterdiepte en bebouwingsdichtheid zijn opgenomen in het rekenmodel.



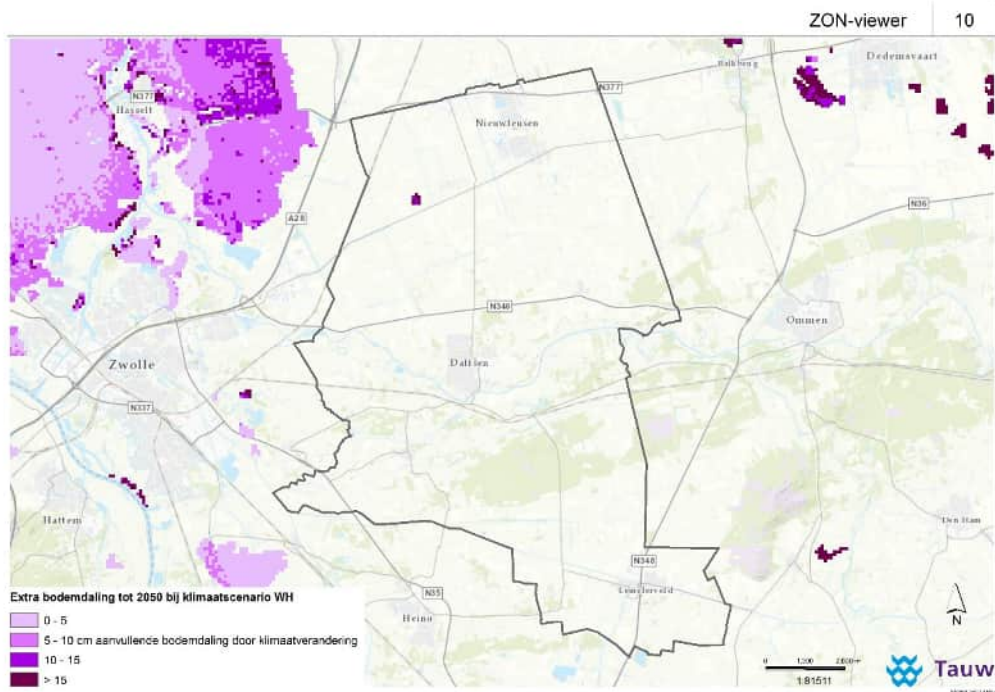
4.3 Resultaat

Bodemdaling

Van bodemdaling is in de gemeente Dalfsen nu en in de toekomst nauwelijks sprake (Figuur 23 en Figuur 23Figuur 1:). Er is klein stukje in het landelijk gebied waar bodemdaling optreedt, ten zuidwesten van Ruitenveen. Bij nadere analyse blijkt dit een stuk veengrond te zijn tussen de akkers en graslanden. Verder komt er in de gemeente voornamelijk zandgrond voor, met leem en humus in verschillende variaties. Bij zandgrond komt bodemdaling maar weinig voor. De kaart laat zien dat dit beeld ook in de gemeente Dalfsen lijkt te kloppen. Hierdoor is de kans op zetting of scheurvorming bij gebouwen of wegen klein. Echter, bodemdaling op de zandgronden komt in toenemende mate voor in Nederland, aanvullend onderzoek is nodig om te bepalen of dit ook voor de gemeente Dalfsen geldt.



Figuur 23: Bodemdaling tot 2050 bij huidig klimaat

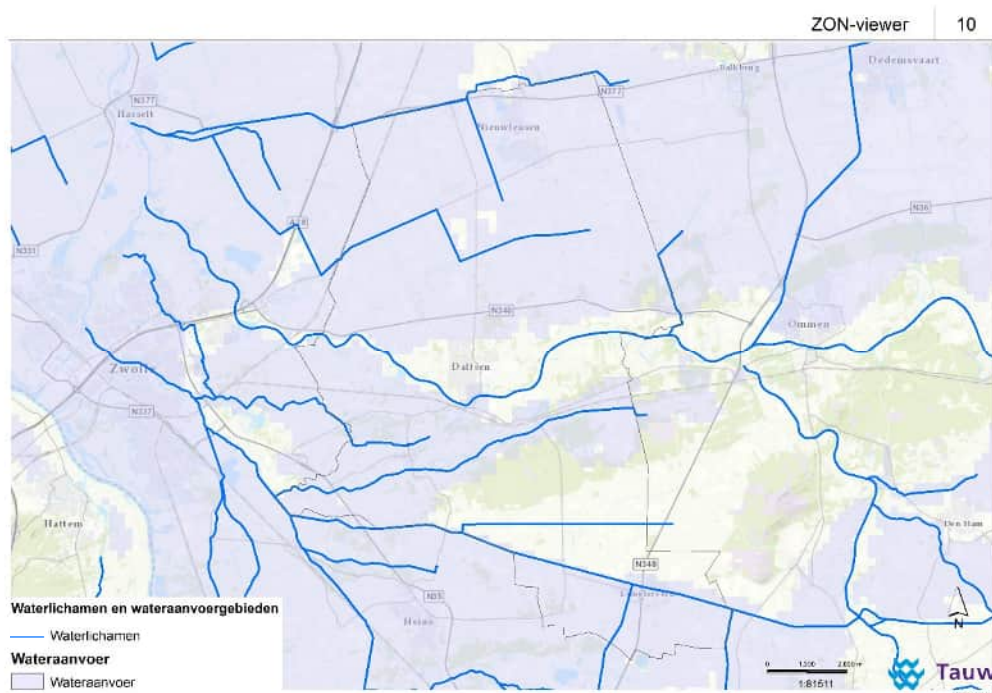


Figuur 22: Extra bodemdaling tot 2050 bij klimaatscenario WH



Wateraanvoer

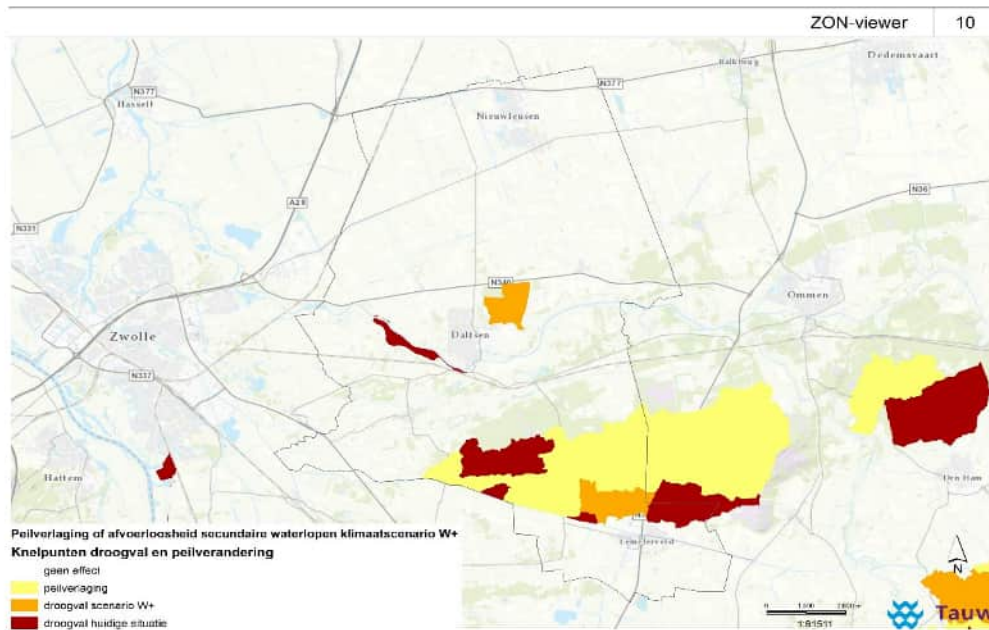
De gemeente Dalfsen heeft voldoende wateraanvoermogelijkheden (Figuur 24). Dit water is afkomstig uit inlaten vanuit de Vecht en de IJssel. Ook tijdens de droge zomers van 2018 en 2019 heeft het waterschap voldoende water in het gebied kunnen aanvoeren. Binnen RIVUS+ wordt nader onderzocht wat in de toekomst het effect is van zeer lage waterstanden op de IJssel.



Figuur 24: Waterlichamen en wateraanvoergebieden

Waterafvoer: droogval van waterlopen

De kaarten (Figuur 25 en Figuur 26) laten zien dat er in de gemeente Dalfsen kans is op het droogvallen van waterlopen m.b.t secundaire waterlopen. Voor primaire waterlopen is er geen kans op droogvallen van waterlopen. De droogval van secundaire waterlopen is het geval ten noordoosten van Dalfsen en ten noorden van Lemelerveld. In het overgrote deel van de gemeente is er echter geen effect. Droogval van waterlopen kan leiden tot vissterfte, of juist het opkomen van exoten en plagen.



Figuur 25: Aandachtspunten droogval en peilverandering secundaire waterlopen

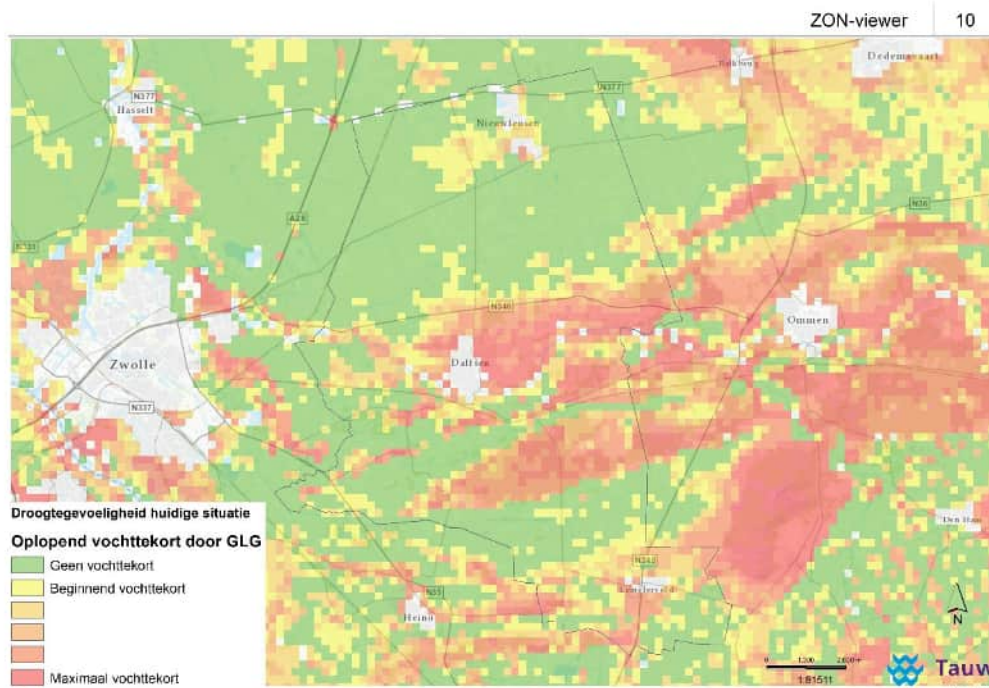


Figuur 26: Aandachtspunten droogval en peilverandering KRW waterlichamen

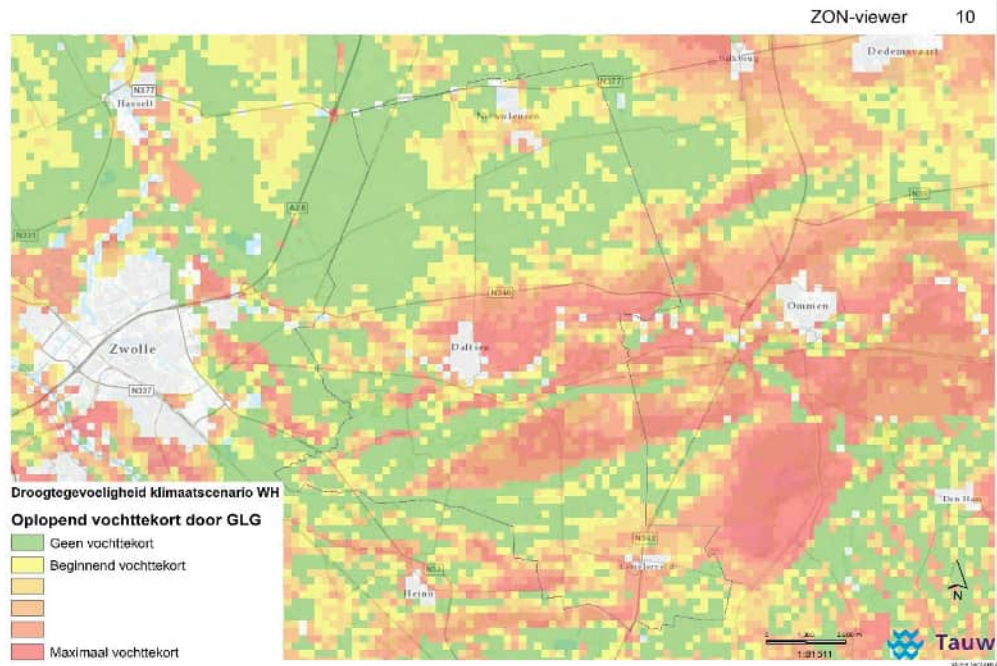
Droogtegevoeligheid GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand)

Door toenemende droogte in de zomers kunnen de grondwaterstanden dalen. Flora maar ook bomen en beplanting in het stedelijk gebied en landbouwgewassen, kunnen dan niet meer bij het grondwater komen. Dit kan leiden tot een mindere oogst, een lagere gewasopbrengst of een afname van de kwaliteit van natuurgebieden en openbaar groen. De vegetatie is dan meer afhankelijk van neerslag en irrigatie. Echter, door het uitblijven van regens in droge perioden en de kans op sproeiverboden (ingegeven door de waterschappen) neemt het risico op verdroging alleen maar toe.

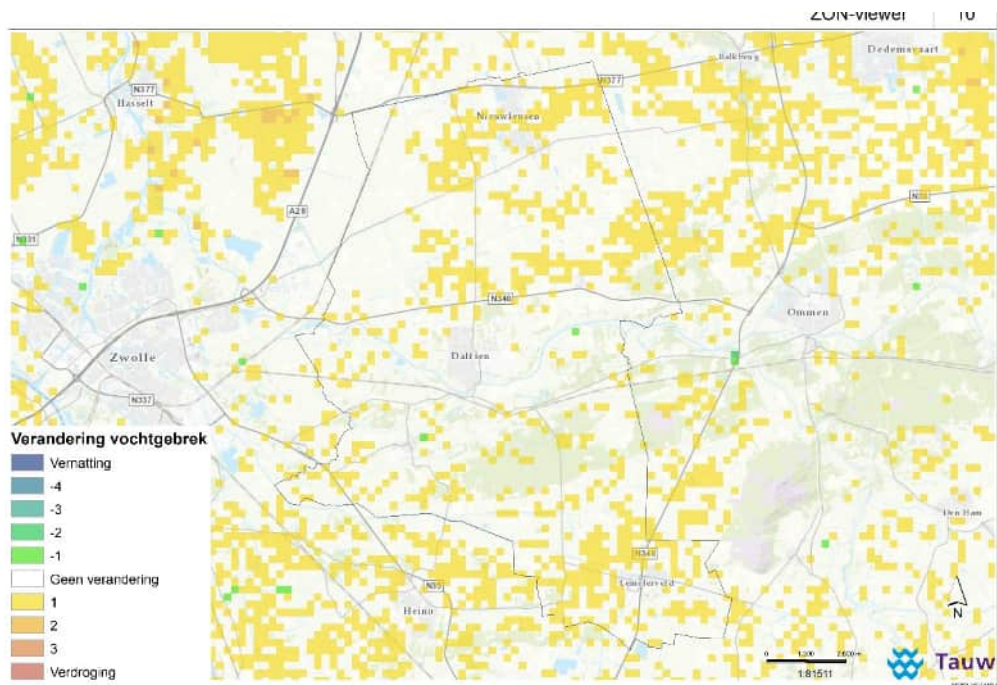
Voor de gemeente Dalfsen speelt droogtegevoeligheid vooral langs de Vecht, ten westen van Nieuwleusen en in het midden en zuiden van de gemeente (omgeving Dalfsen, Lemelerveld en Rechterense Veld) (Figuur 27). Deze droogtegevoeligheid neemt ook toe richting 2050 (Figuur 28). Het verschil tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie (Figuur 30), laat zien dat over de gehele gemeente het vochttekort licht toe zal nemen. Een specifieke locatie die een risico kan vormen op dit vlak is de droogtegevoeligheid van het Rechterense Veld. De kans op bos- of natuurbranden is hierdoor aanwezig. Verder zijn de locaties met grote droogtegevoeligheid langs de Vecht vooral grasland en akkers. Momenteel is niet bekend of er ook al droogteproblemen zijn voor agrariërs. Dit zou uit aanvullend onderzoek bij de lokale boeren en of de ervaringen van de droge zomers van 2018 en/of 2019 moeten blijken.



Figuur 27: Droogtegevoeligheid huidige situatie



Figuur 28: Droogtevoeligheid klimaatscenario WH

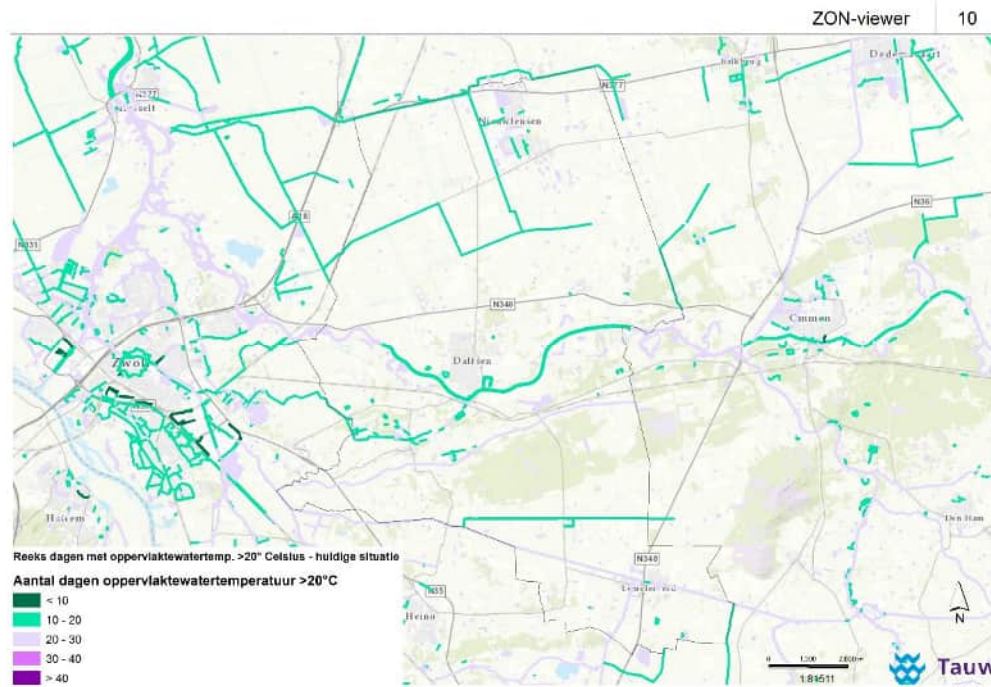


Figuur 29: Verandering vochtgebrek

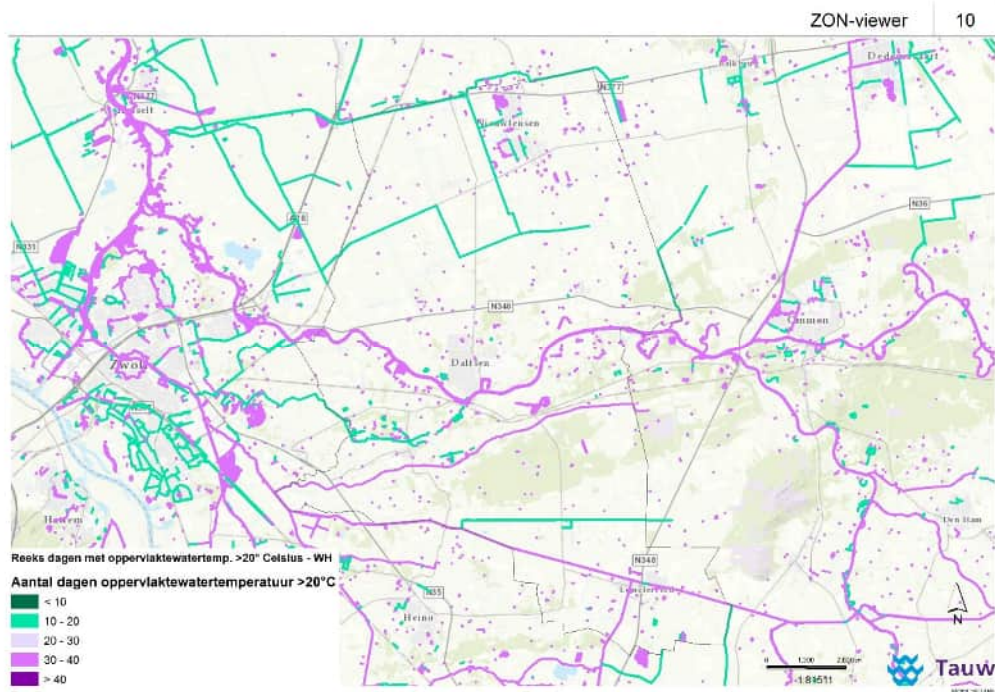
Waterkwaliteit oppervlaktewater

Voor al het oppervlaktewater in de gemeente Dalfsen is er een risico op opwarming van het oppervlaktewater tot boven de 20 graden (Figuur 30). Bij droogte is het peil van het oppervlaktewater lager en warmt het water dus sneller op. Hitte en droogte zorgen dus samen voor een risico. Vanaf 20° Celsius gedijen (ongewenste) exotische planten en dieren, blauwalgen, ziekteverwekkers- en verspreiders beter. Deze opwarming heeft dus gevolgen voor ecologie en waterkwaliteit. Op de kaarten is dus te zien dat vrijwel al het oppervlaktewater in de gemeente Dalfsen kan opwarmen boven de 20 graden. In 2050 is dit risico groter geworden (Figuur 31).

Oppervlaktewater dat méér dan drie meter diep is, is niet opgenomen in het kaartbeeld. Weersinvloeden en locatie specifieke factoren zoals waterdiepte en bebouwingsdichtheid zijn opgenomen in het rekenmodel.



Figuur 30: Reeks dagen met oppervlaktewatertemp. >20° Celsius - huidige situatie



Figuur 31: Reeks dagen met oppervlaktewater >20° Celsius - WH



4.4 Kwetsbare functies

Zwemwater

In de gemeenten Dalfsen is er een openbare zwemplas: Heidepark, ten zuidoosten van Lemelerveld. Ook hier is er een risico op opwarming van het oppervlaktewater tot boven de 20° Celsius. Dit kan de kwaliteit van het zwemwater beïnvloeden, door onder andere blauwalg, botulisme en andere bacteriën. Juist op droge en hete dagen is er meer kans op een zwemverbod.

Gezondheid

Door droogte ontstaat er een lagere luchtvochtigheid. Hierdoor zijn er meer fijnstof, zomersmog en pollen in de lucht. Mensen kunnen daardoor eerder last krijgen van hun luchtwegen en hooikoorts. Ook lucht overdraagbare infectieziekten kunnen zich sneller verspreiden bij lage luchtvochtigheid.

Infrastructuur

Ook de infrastructuur wordt beïnvloed door droogte. Vanwege een watertekort wordt de riolering ook minder doorgespoeld en vaak met mindere kwaliteit water. Hierdoor kan stank ontstaan, maar ook plagen. Door de droge grond is ook verzakking en ingroei van wortels in de riolering mogelijk. Wegen kunnen last krijgen van scheurvorming en verzakking, maar hier lijkt in de gemeente Dalfsen geen sprake van te zijn. Bermbranden kunnen echter wel optreden door de droogte.

Openbaar groen en water

In de openbare ruimte zal bij droogte ook veel effect zijn. Kwetsbare vegetatie als jonge aanplant en planten en bomen met korte wortel komen vaak in de problemen. De beschadiging kan zo groot zijn dat ze het opvolgend jaar niet terug komen. Zoals hierboven ook beschreven kunnen waterlopen en vijvers droogvallen, met alle gevolgen van dien. Maar droogte betekent ook vaak minder beheer en onderhoud, aangezien er minder hoeft te worden gemaaid en gesnoeid.

Landbouw

Landbouw kan veel overlast ervaren door droogte. In de akkerbouw is wateraanvoer van groot belang en kan het wegvallen hiervan leiden tot lagere opbrengsten, door kleinere gewassen, verloren oogst of zelfs gewasbranden. Ook het water dat wel wordt aangevoerd kan van slechte kwaliteit zijn. In de veeteelt leidt droogte tot problemen met begrazing, aangezien het gras minder groeit. Het voerregime moet dan worden aangepast om het vee voldoende voer en vocht te kunnen geven.



5 Waterveiligheid

5.1 Inleiding

Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. In de twintigste eeuw bedroeg die stijging ongeveer 20 centimeter en in de toekomst zet die stijging, mogelijk versneld, door. Ook de afvoer van rivieren stijgt als gevolg van klimaatverandering. Volgens de KNMI'14-scenario's kan de zeespiegel langs de Noordzeekust in 2050 tussen de 15 en 40 cm stijgen. In 2100 kan de stijging zelfs oplopen tot 100 cm. Ook de rivierafvoer kan door klimaatverandering stijgen. Recente onderzoeken en klimaatscenario's wijzen uit dat de afvoer van de Rijn in de winter toeneemt. Dit komt vooral door de extra neerslag en temperatuurstijging: door hogere temperatuur wordt er minder water vastgehouden in de vorm van sneeuw. Ook in het Maasstroomgebied kan de afvoer groter worden door een toename van de neerslag.

5.2 Methode

De analyse van het thema waterveiligheid is gebaseerd op de Klimateffectatlas (KEA). Er is gekeken naar overstromingen bij de doorbraak van primaire en regionale keringen, als ook overstroming van buitendijkse gebieden.

Overstroming vanuit primaire keringen

Deze analyse laat de gebieden zien welke kunnen overstroomd en welke overstromingsdiepte maximaal op kan treden bij een overstroming vanuit de primaire keringen, ofwel het hoofdwatersysteem. De overstromingsdiepte speelt een rol bij de mogelijkheden voor eventuele maatregelen die het gevolg kunnen beperken als voor (verticale) evacuatie.

Overstroming vanuit regionale keringen

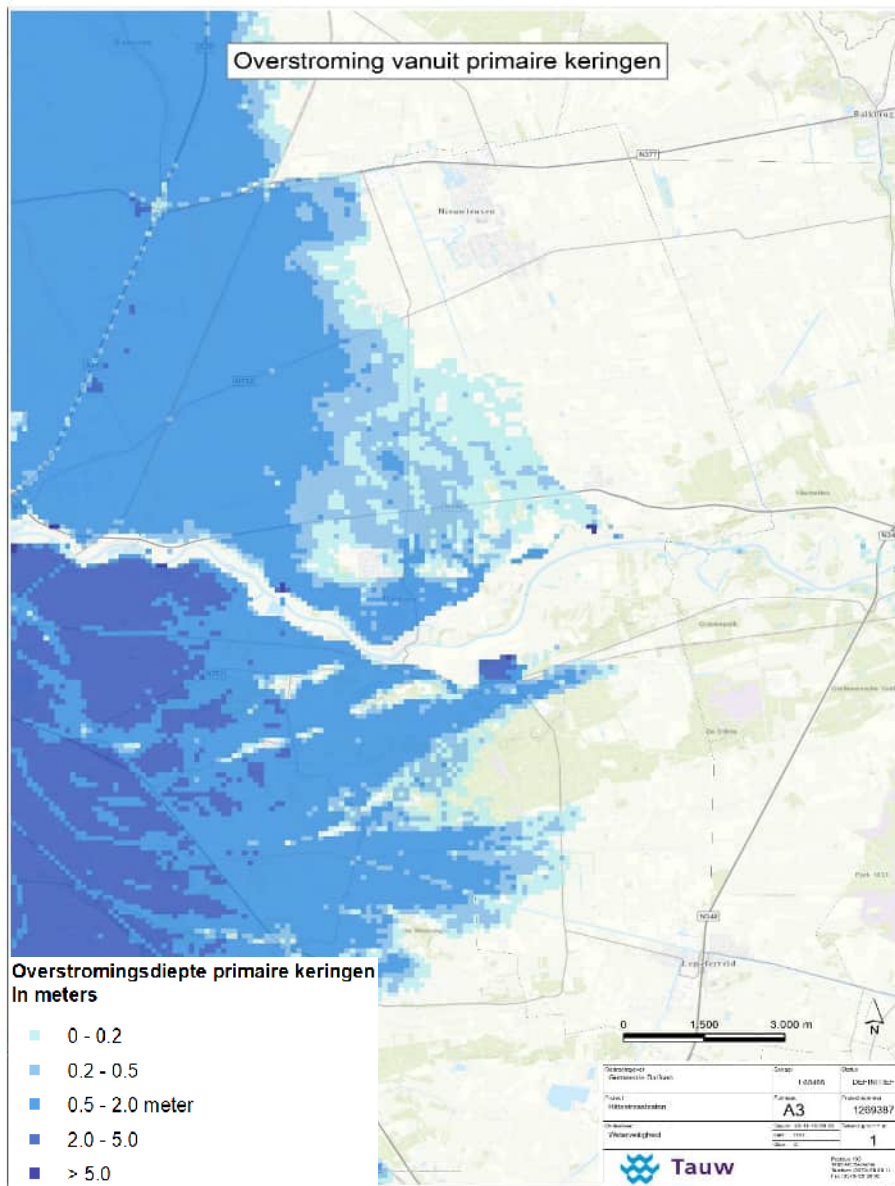
Deze analyse laat de gebieden zien welke kunnen overstroomd en welke overstromingsdiepte maximaal op kan treden bij een overstroming vanuit de secundaire keringen, ofwel het regionale watersysteem. Ook hier speelt de overstromingsdiepte een rol bij de mogelijkheden voor eventuele maatregelen die het gevolg kunnen beperken als voor (verticale) evacuatie.

Overstroming van buitendijkse gebieden

Deze analyse laat de buitendijkse gebieden zien welke overstroomd bij een waterstand die een kans van voorkomen heeft van 1 keer in de 1000 jaar. Buitendijkse gebieden zijn veelal hooggelegen, onbeschermde gebieden langs de grote rivieren, meren en de kust.

5.3 Resultaat

Overstroming vanuit primaire keringen

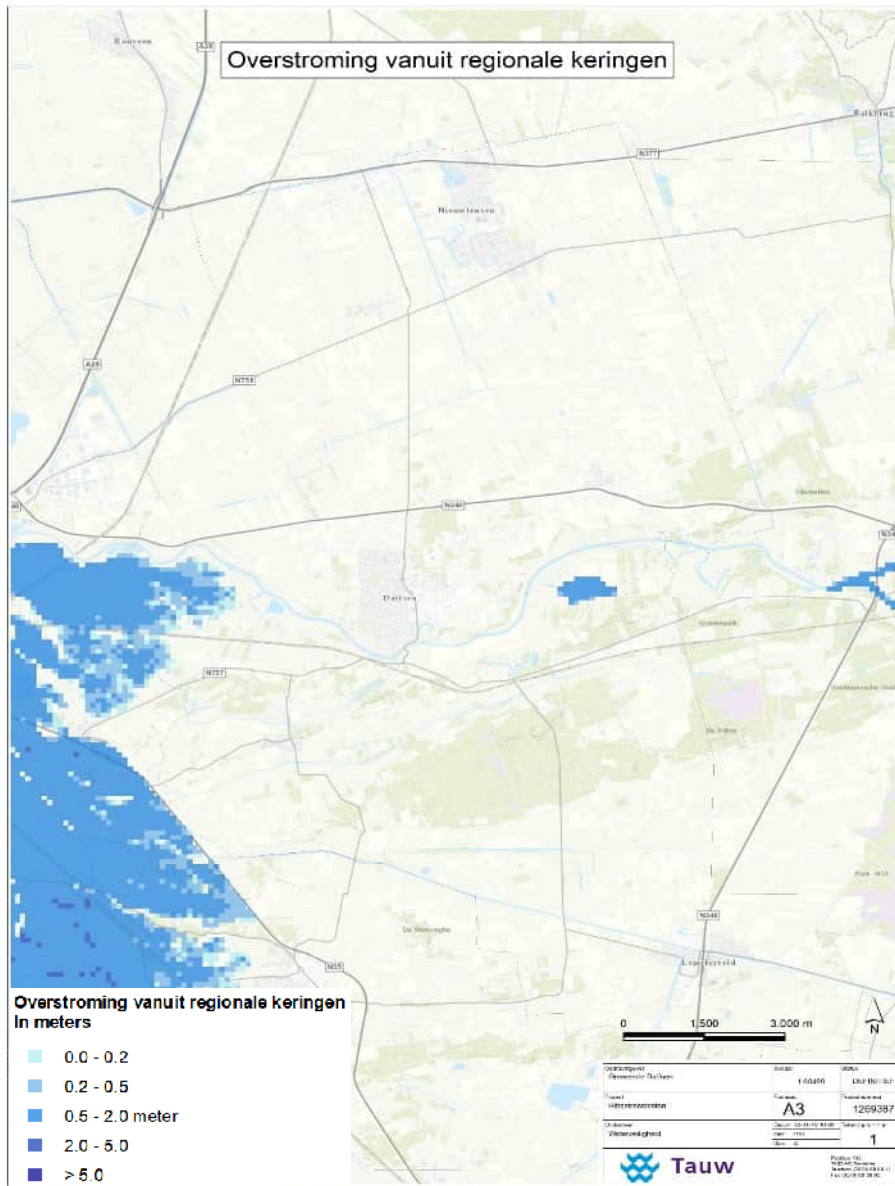


Bij een doorbraak van de primaire keringen komt de helft van de gemeente Dalfsen onder water te liggen (Figuur 32). Het is goed te zien dat de overstroming uit het westen komt, vanuit de IJssel en het IJsselmeer. Daarnaast ligt de gemeente Dalfsen duidelijk aan de rand van het overstromingsgebied.

De overstromingsdiepte bereikt op sommige plekken een waarden van 0,5 tot 2,0 meter. Echter blijft ook een groot deel van de gemeente droog. Met name de kernen Dalfsen en Hoonhorst krijgen te maken met aanzienlijke waterdiepten in de bebouwde omgeving. Tijdige evacuatie binnen deze kernen is daarom noodzaak. Op basis van de gegeven overstromingsdiepte moet (verticale) evacuatie mogelijk zijn.

Figuur 32: Overstromingsdiepte primaire keringen

Overstroming vanuit regionale keringen:

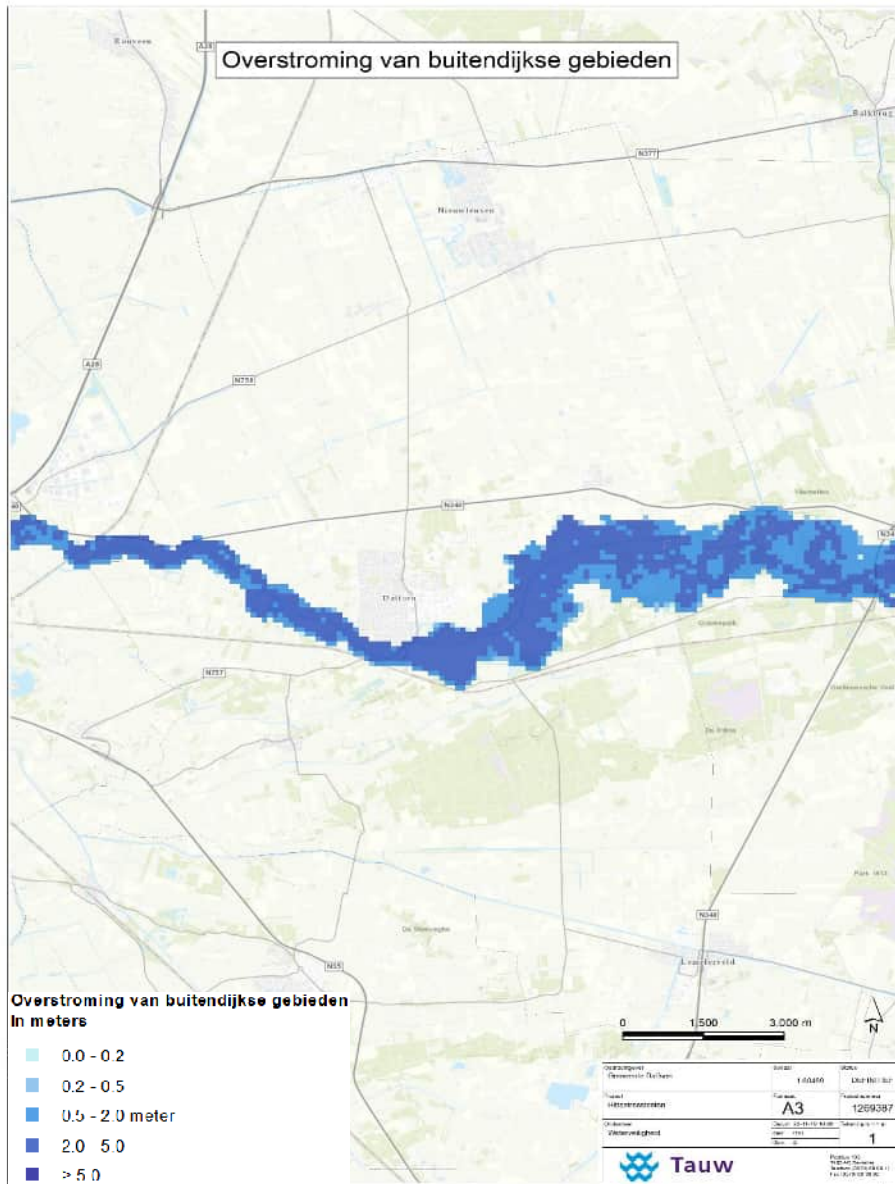


Figuur 33: Overstroming vanuit regionale keringen

Bij een doorbraak van de regionale keringen blijft het grootste gedeelte van de gemeente Dalfsen droog (Figuur 33).

Er bevinden zich drie locaties binnen de gemeentegrens die gevoelig zijn voor deze overstroming: de Marshoek, Hessum en ter hoogte van de N348. Op de kaart is te zien dat de grootste bron van de regionale overstroming in het westen ligt vanuit de regio Zwolle. Het water komt hierbij niet hoger dan 2 meter. De overstroming bij Hessum en ter hoogte van de N348 komt echter vanuit de Vecht uit het oosten.

Overstroming van buitendijkse gebieden



Figuur 34: Overstroming van buitendijkse gebieden

Bij een overstroming in het buitendijkse gebied is de oorzaak meestal een zeer hoge waterstand in de rivier, in dit geval dus de Vecht. Figuur 34 laat de overstroming zien bij een waterstand die eens in 1000 jaar voorkomt.

De Vecht treedt behoorlijk buiten zijn oevers. Nu is de meeste grond langs de Vecht landbouw- of natuurgebied, maar ook het centrum van Dalfsen ligt vlak langs de Vecht en kan dan deels overstromen. Het water staat dan zeker tot aan het gemeentehuis en de eerste 'ring' bebouwing. Ook het spoor blijft ter hoogte van Dalfsen niet helemaal droog, want gevolgen kan hebben voor de bereikbaarheid van het achterland.

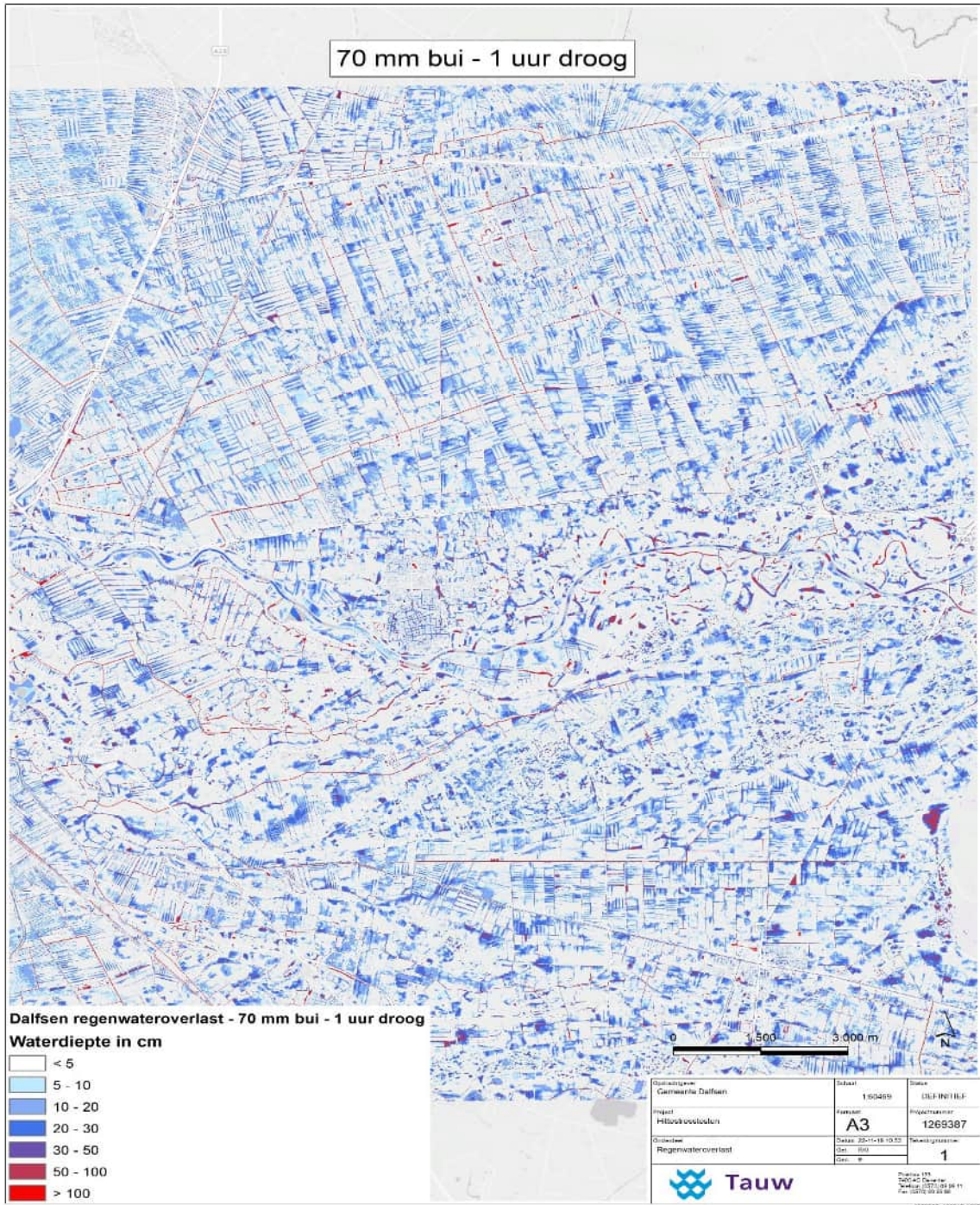


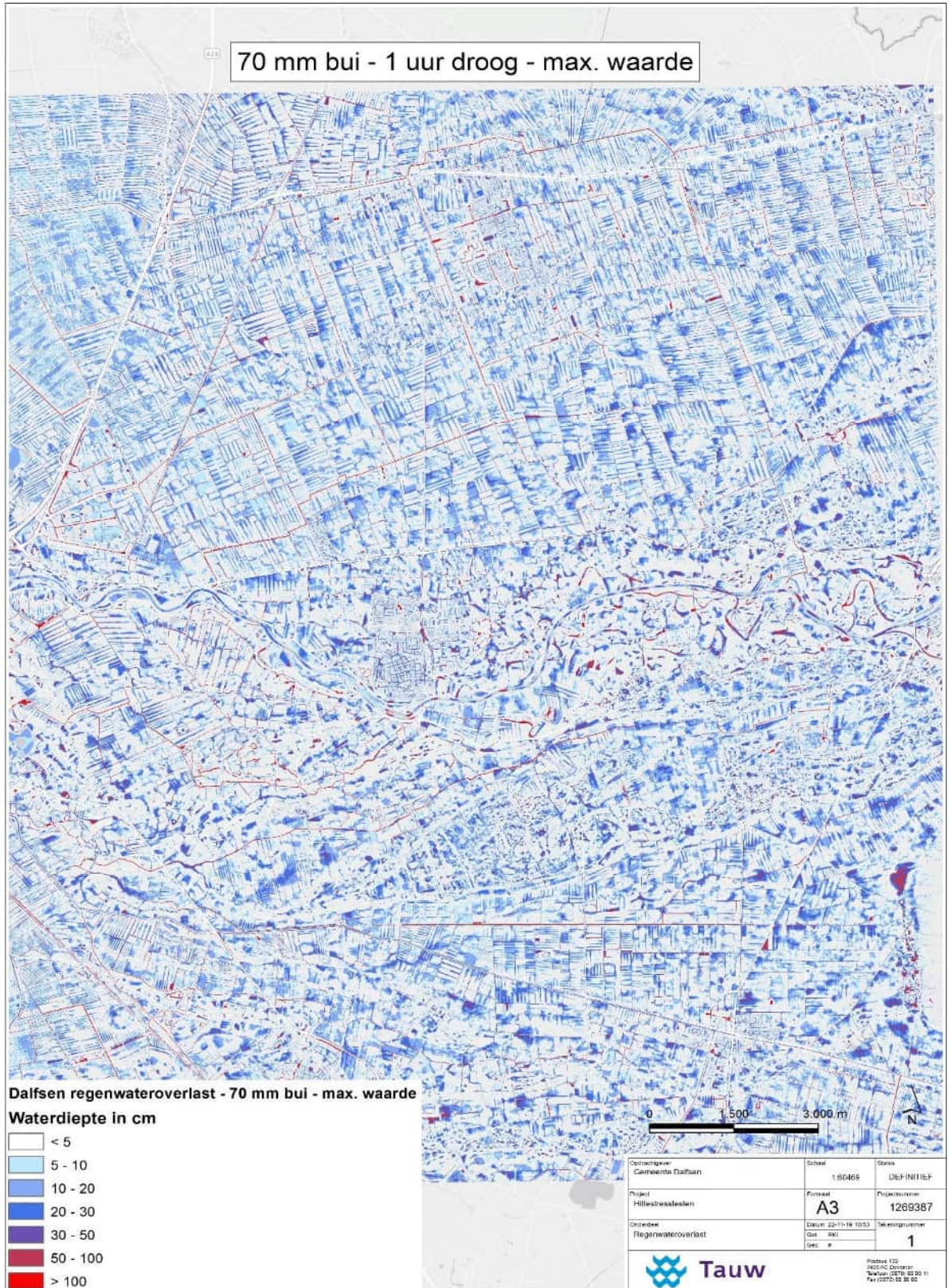
5.4 Kwetsbare functies

Bij een overstroming zijn alle functies kwetsbaar. Bij grote waterdiepte is van belang te kijken naar horizontale en evacuatiemogelijkheden. In de regionale stresstest, zoals momenteel uitgevoerd door RIVUS+ worden de evacuatiemogelijkheden voor de hele regio in beeld gebracht.

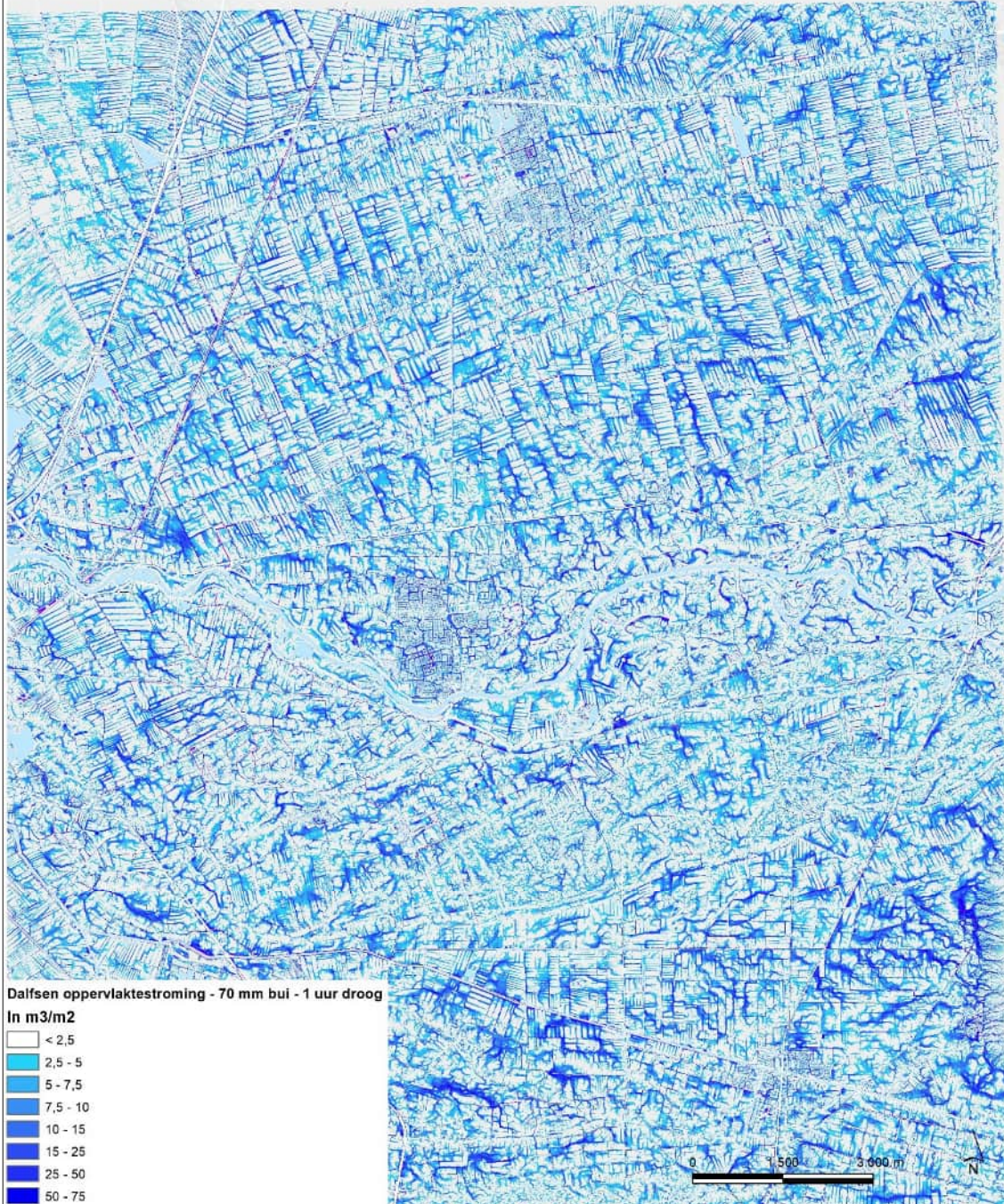


Bijlage 1 Wateroverlast – 70mm in 1h





Oppervlaktestroming - 70 mm bui - 1 uur droog



Dalflen oppervlaktestroming - 70 mm bui - 1 uur droog

In m³/m²

- < 2,5
- 2,5 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- 200 - 250
- 250 - 300
- 300 - 400
- >400



Opdrachtgever Gemeente Dalflen	Schaal 1:90495	Status DEFINITIEF
Project Iltisobestration	Formaat A3	Projectnummer 1269387
Opsteller Regenwateroverlast	Datum 23-11-19 09:48	Tekeningnummer 1
	Get. HH	
	Doc. R	



Bijlage 2 Wateroverlast – 90mm in 1h

De volgende kaarten komen nog in de bijlage

- 90 mm bui
 - o Laatste waarde
 - o Max. waarde
 - o Stroombanen



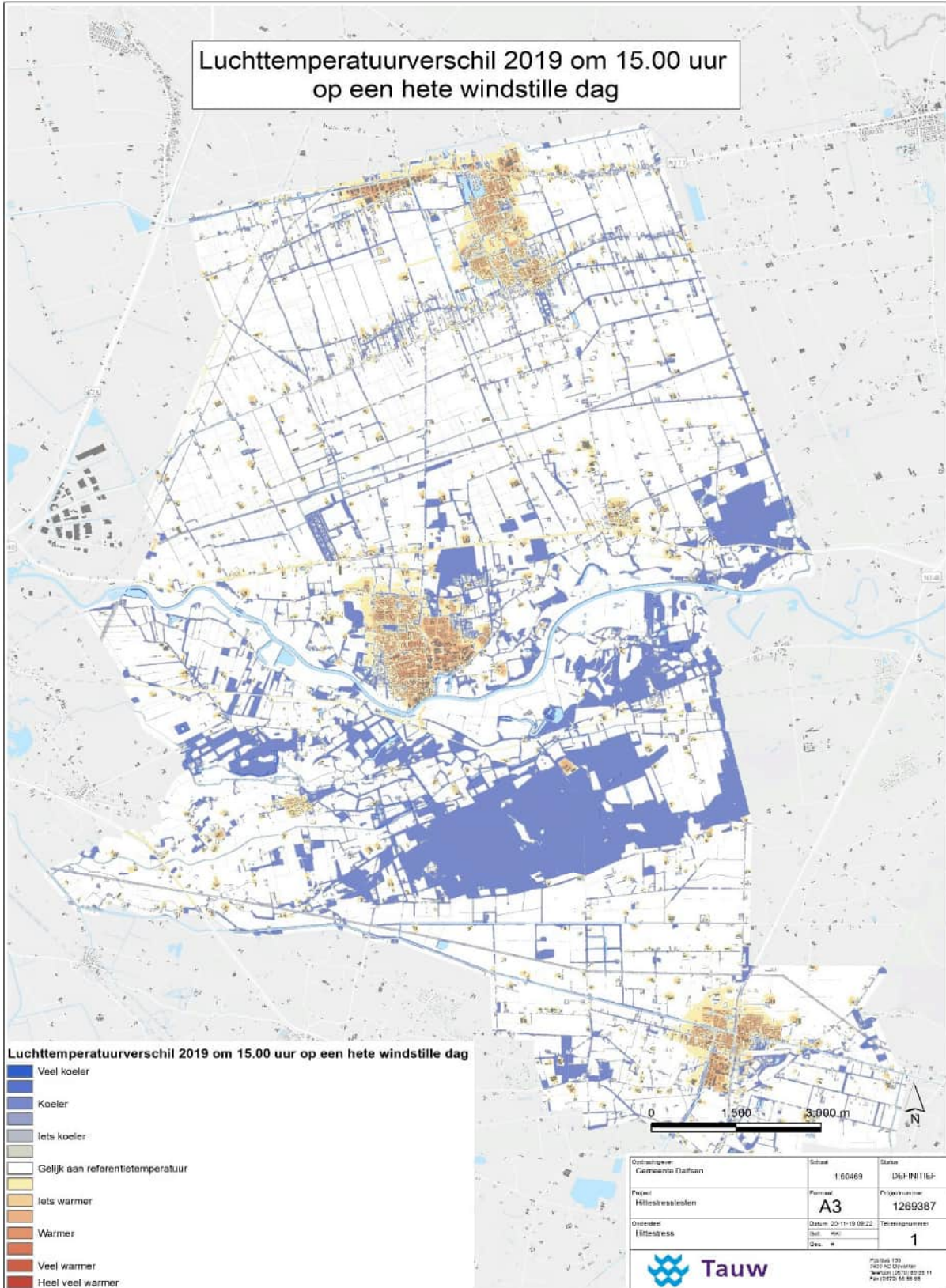
Bijlage 3 Wateroverlast – 120mm in 48h

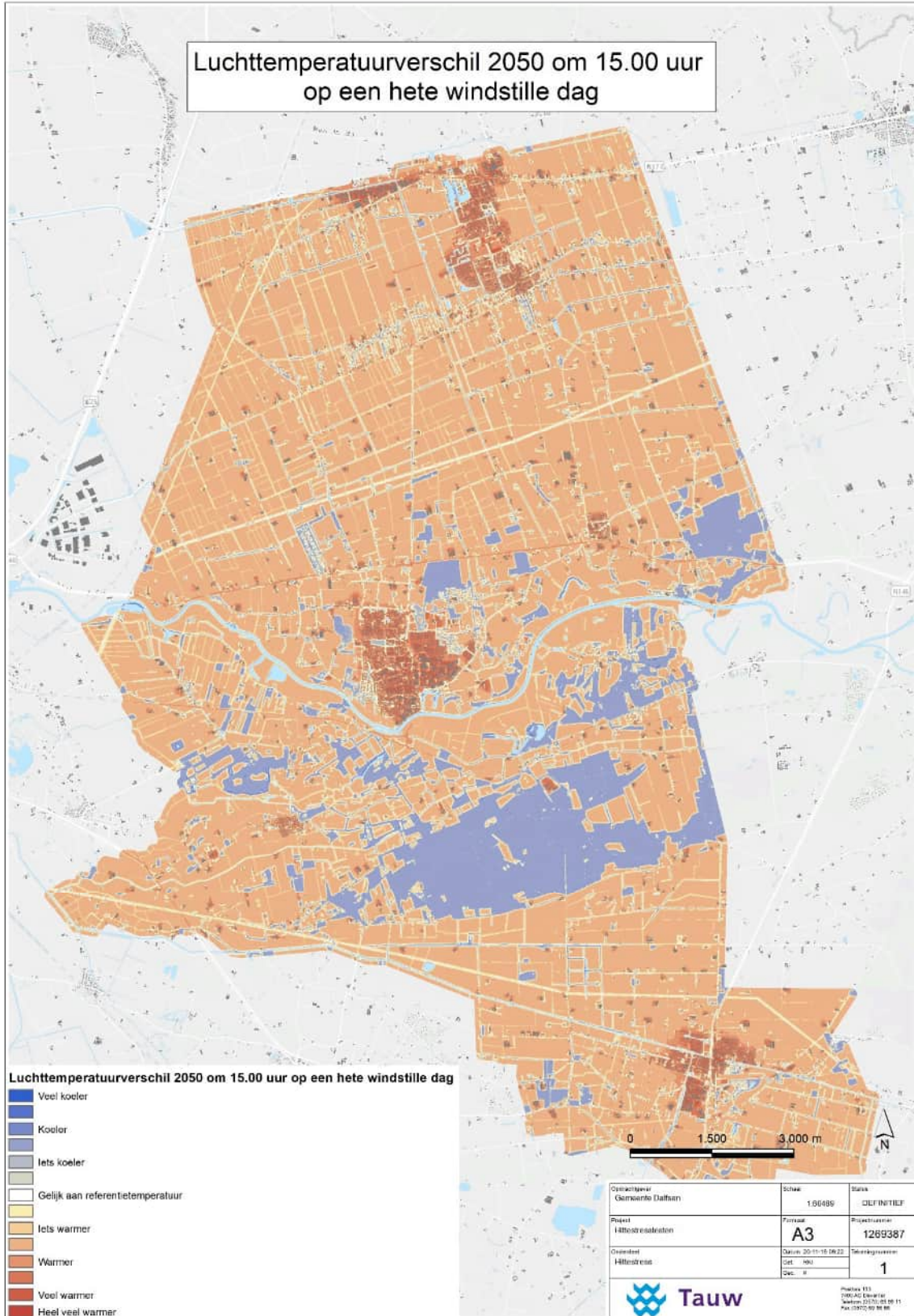
- 120 mm bui
 - o Laatste waarde
 - o Max. waarde
 - o Stroombanen



Bijlage 4

Hitte - luchttemperatuur

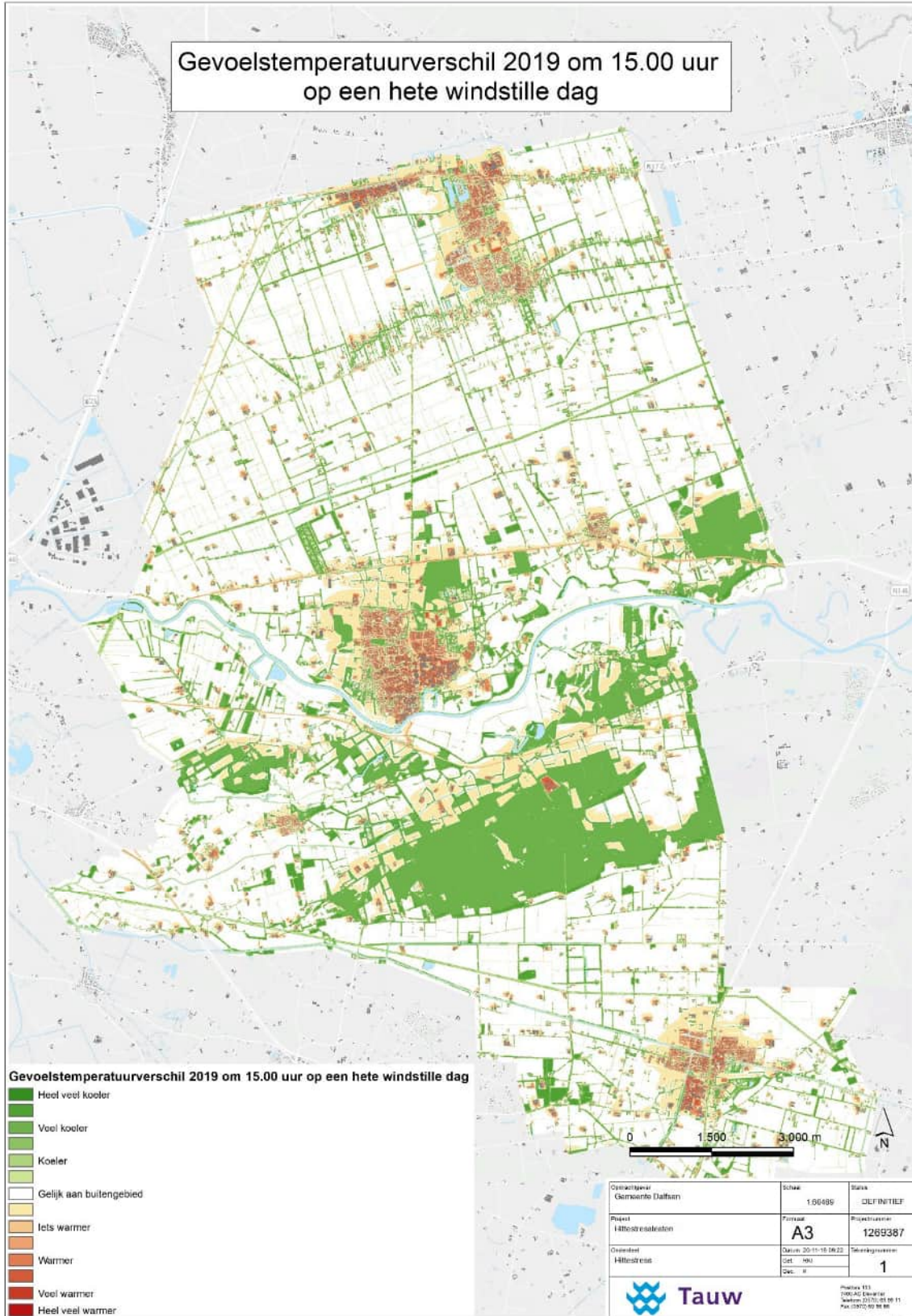


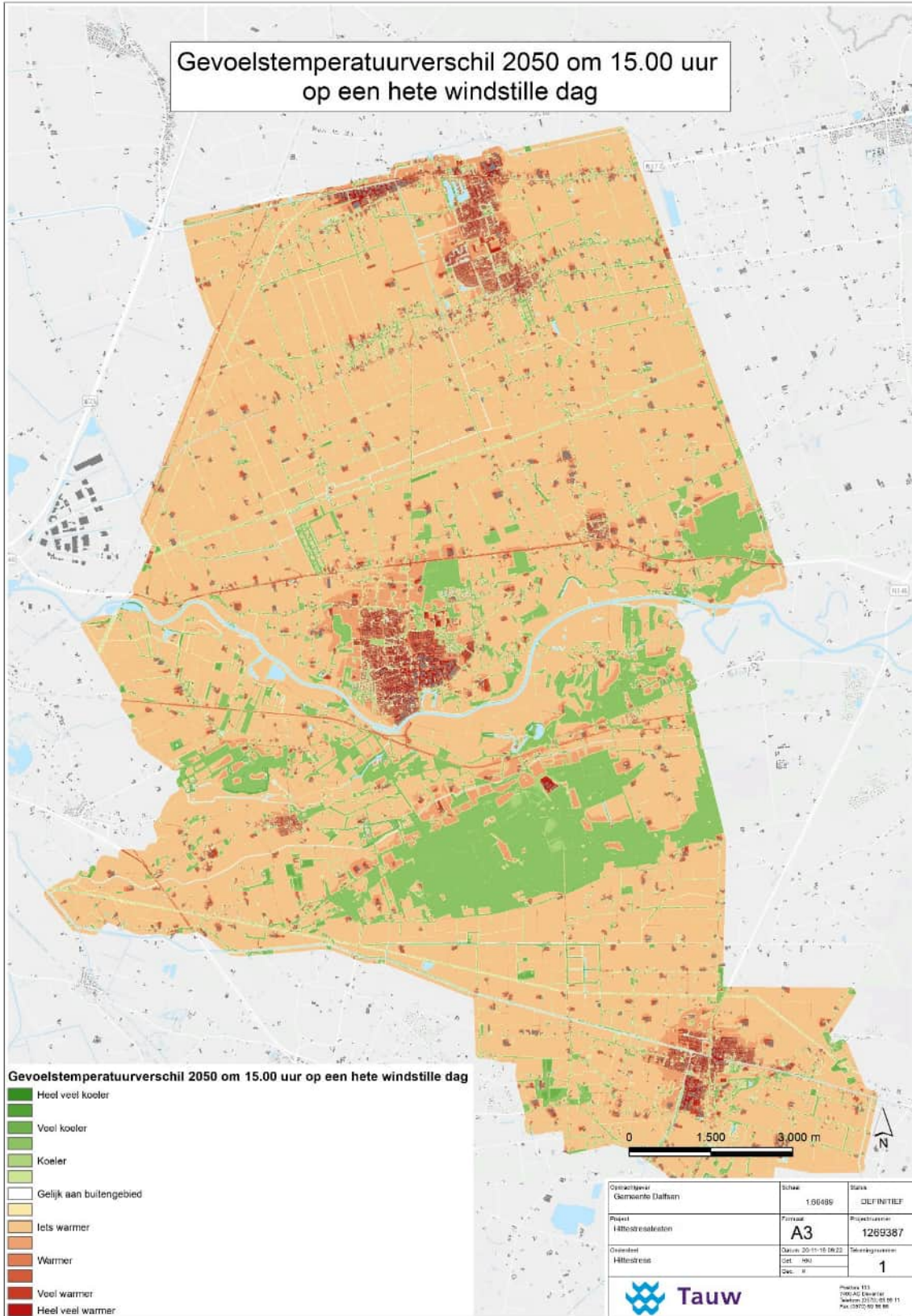




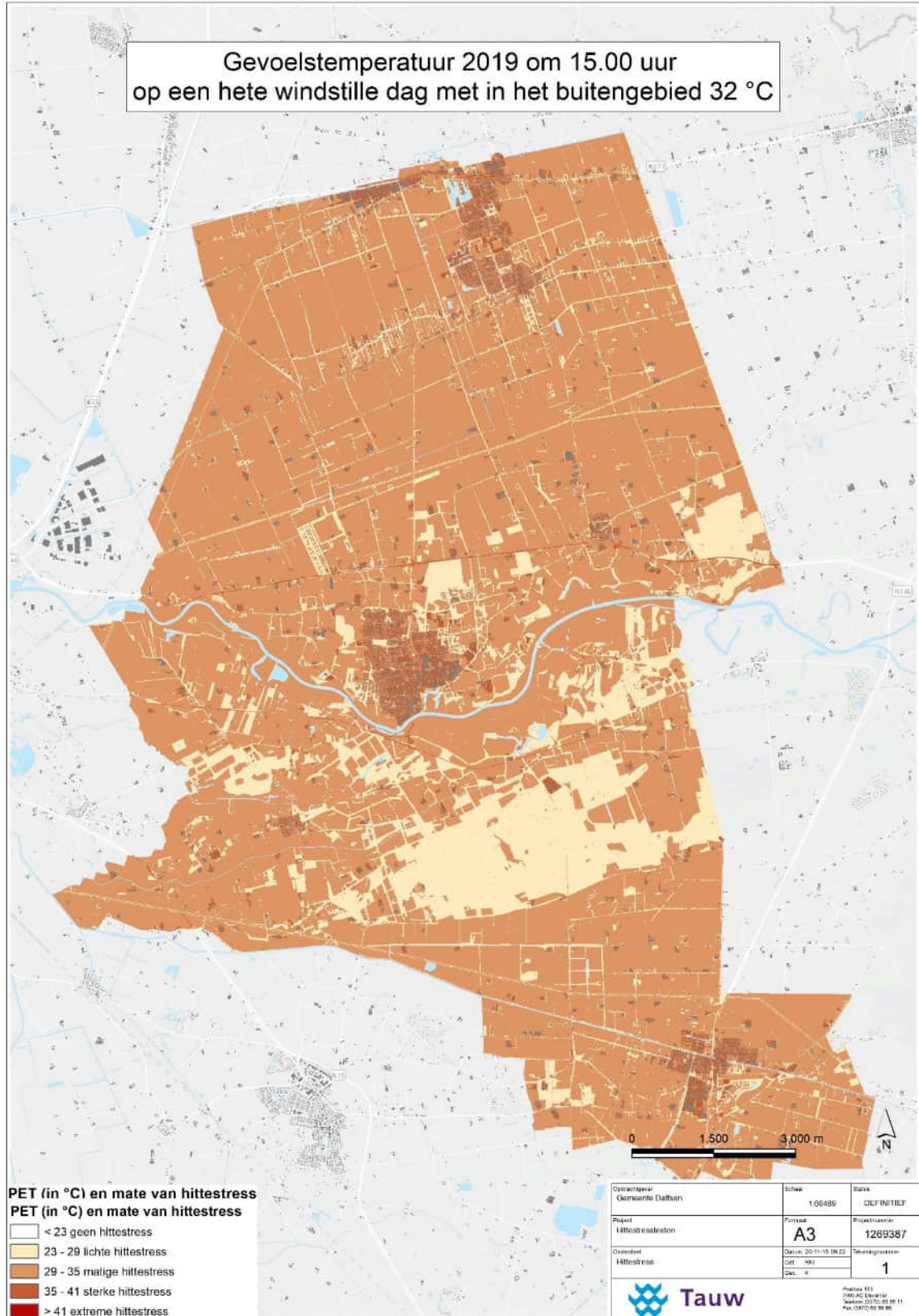
Bijlage 5

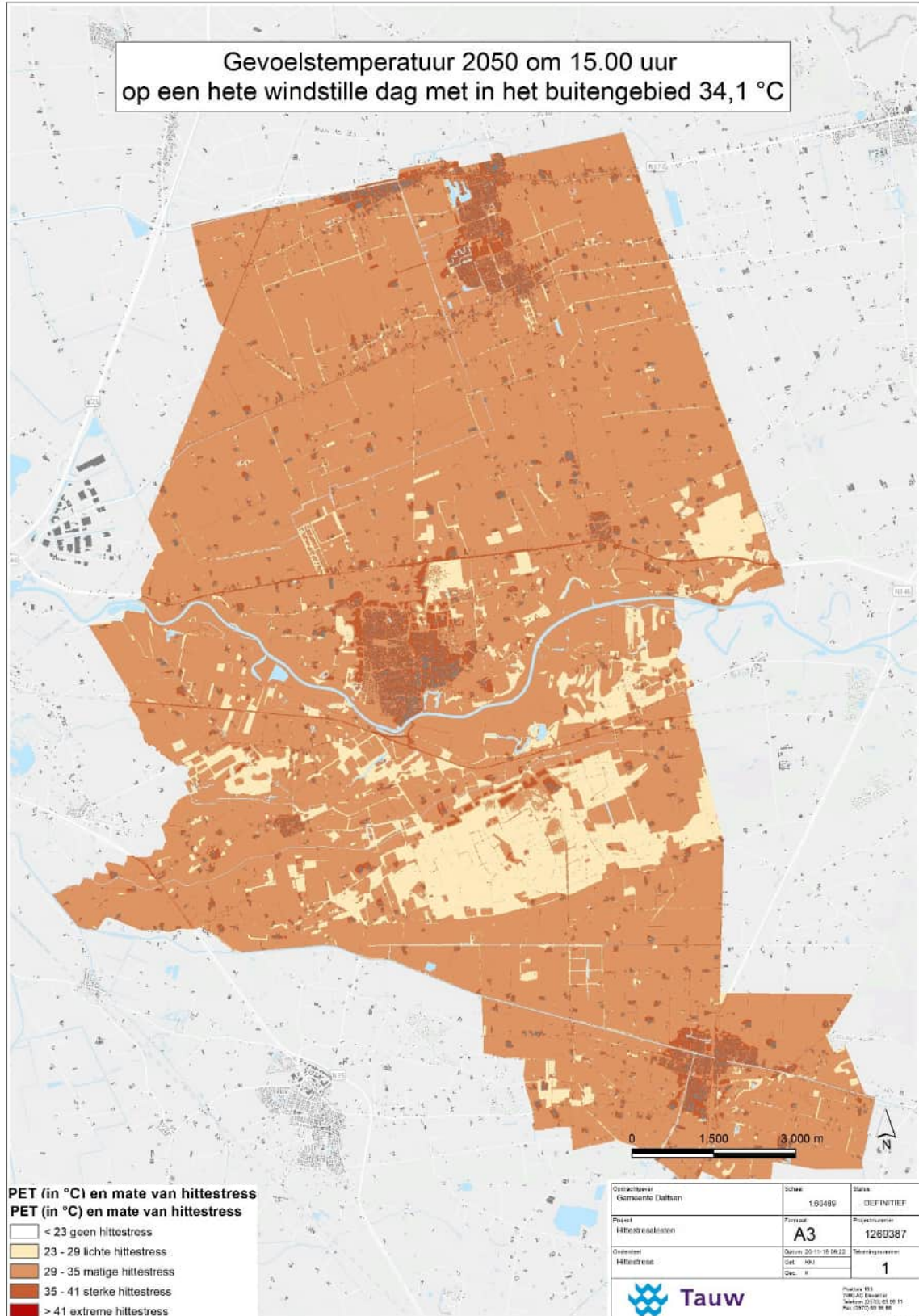
Hitte - gevoelstemperatuur





Gevoelstemperatuur 2019 om 15.00 uur
op een hete windstille dag met in het buitengebied 32 °C

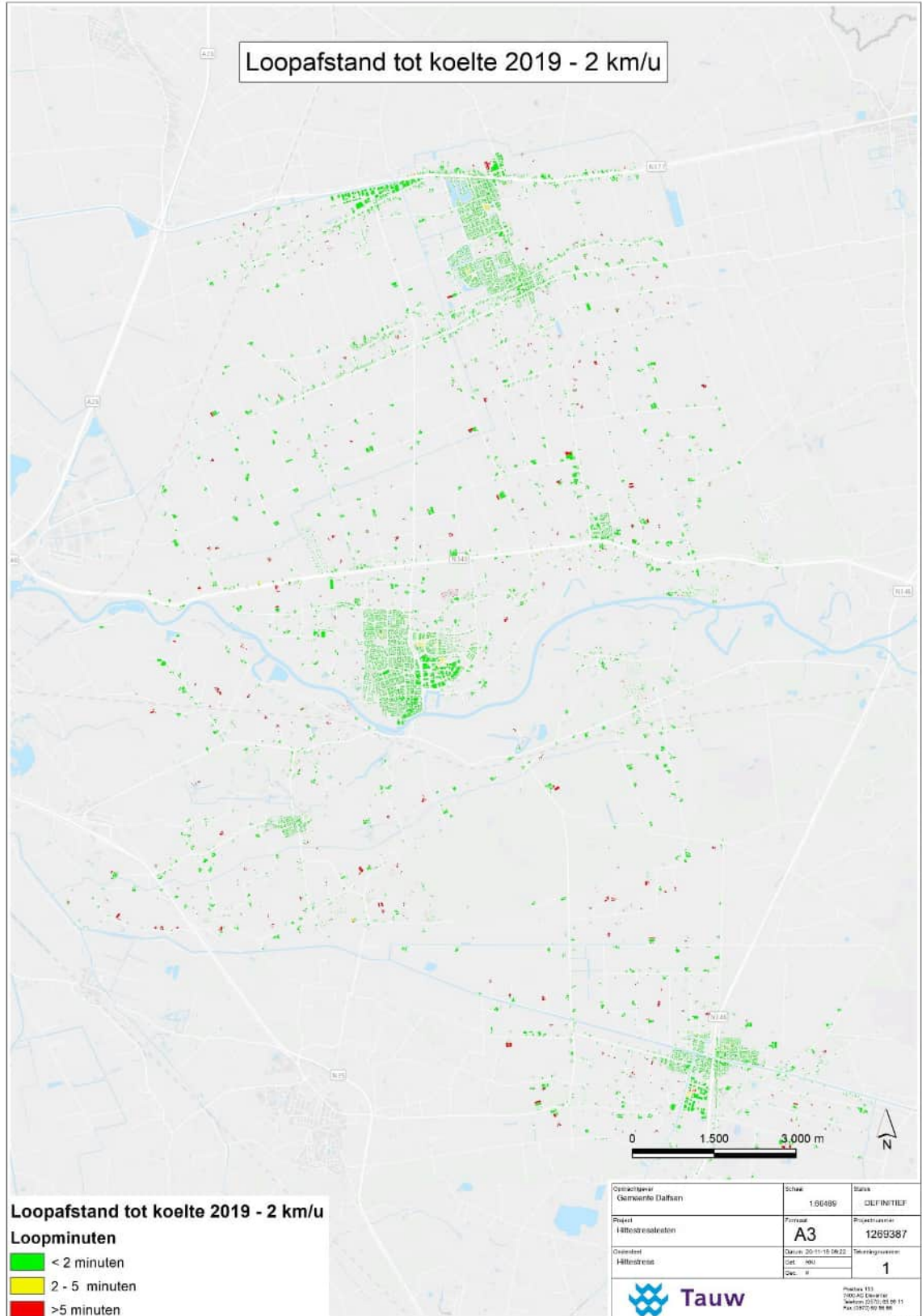


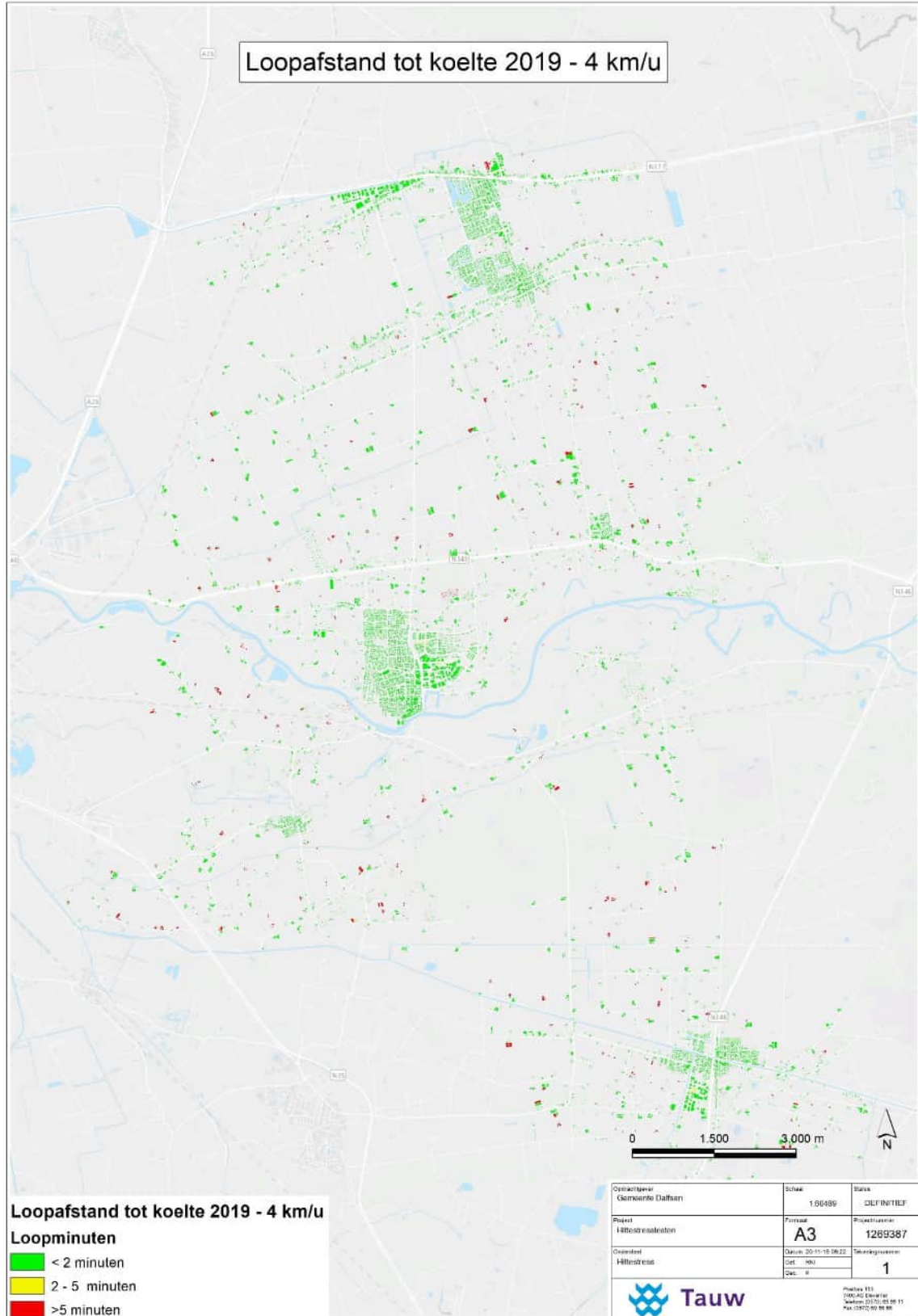


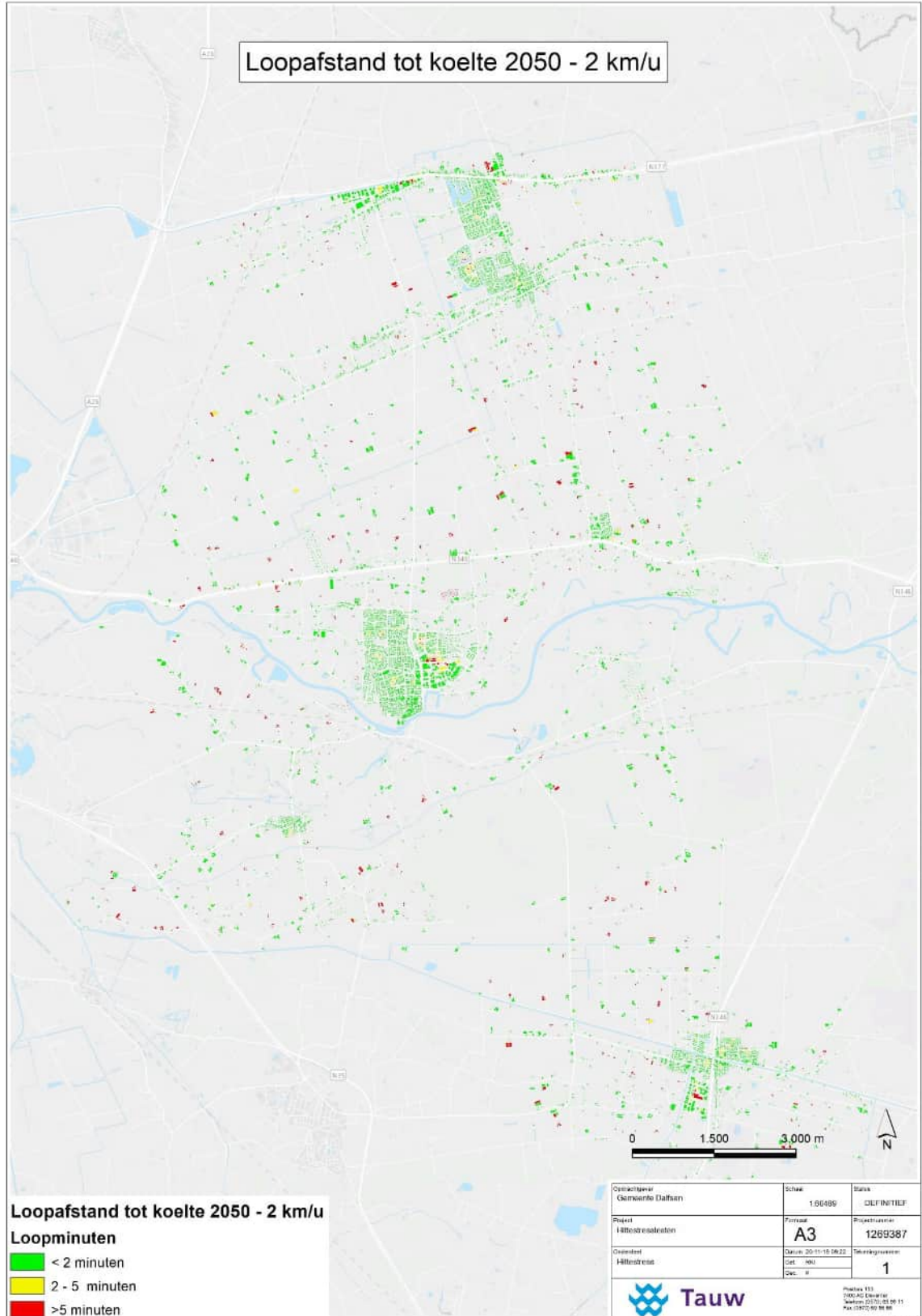


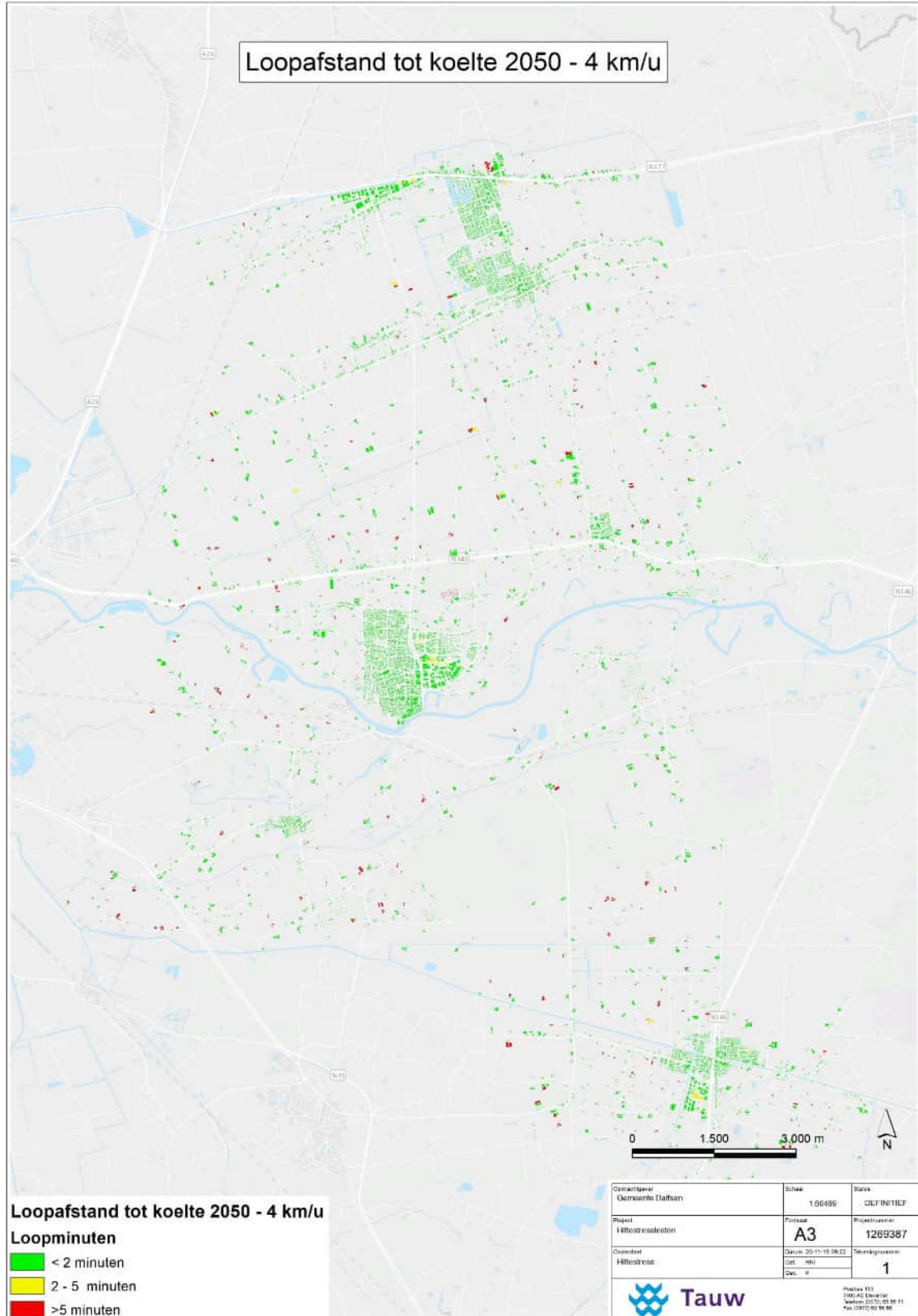
Bijlage 6

Hitte – loopafstand tot koelte











Bijlage 7

Hitte – loopafstand tot koelte

