

NKWK-KBS, Monitoren lokale klimaatbestendigheid



NKWK-KBS, Monitoren lokale klimaatbestendigheid

Auteur(s)

Corine ten Velden

Arjen Koekoek

Monique De Groot - Reichwein

Ruben Keizer

Mattijs Taanman

Martijn Steenstra

Partners

GovernEUR

Tauw BV, DEVENTER

Sweco Nederland, DE BILT

Climate Adaptation Services, BUSSUM

NKWK-KBS, Monitoren lokale klimaatbestendigheid

Opdrachtgever	NKWK-KBS
Contactpersoon	Kees Broks
Referenties	n.v.t.
Trefwoorden	Klimaatbestendigheid, monitoren, NKWK-KBS

Documentgegevens

Versie	0.2
Datum	16-11-2022
Projectnummer	11208355-006
Document ID	11208355-006-BGS-0002
Pagina's	112
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Corine ten Velden Arjen Koekoek Monique De Groot - Reichwein Ruben Keizer Mattijs Taanman Martijn Steenstra	
--	--	--

Samenvatting

Introductie

Het klimaat verandert, er worden nieuwe woningen en wijken gebouwd, de omvang van de Nederlandse bevolking verandert en (decentrale) overheden treffen maatregelen om de omgeving aan te passen aan het veranderende klimaat. Samen bepalen deze factoren de klimaatbestendigheid van een gebied. Klimaatbestendigheid gaat dus een stap verder dan klimaatadaptatie, omdat er een balans wordt opgemaakt van de positieve en negatieve effecten van allerlei ontwikkelingen op de klimaatbestendigheid van een gebied.

Omdat klimaatbestendigheid niet direct meetbaar is kunnen indicatoren gebruikt worden om de mate van klimaatbestendigheid te meten en de ontwikkeling daarvan over langere tijd te volgen. In dit onderzoek zijn een aantal indicatoren uitgewerkt. Omdat beschikbare middelen (personeel en financieel) bij de decentrale overheden beperkt zijn is gezocht naar indicatoren die met relatief beperkte inspanning van de decentrale overheden te berekenen zijn.

De indicatoren kunnen op verschillende manieren gebruikt worden: om ontwikkelingen in de tijd te beschrijven, om een startwaarde te formuleren die niet mag verslechteren en om de afstand tot een norm (op dat moment of ten opzichte van een doel in de toekomst) te bepalen. De indicatoren zijn niet bedoeld om een vergelijking tussen gebieden en regio's te maken, omdat de klimaatbestendigheid afhankelijk is van veel verschillende factoren.

In dit onderzoek ligt de focus op de klimaatbestendigheid van de fysieke leefomgeving. De focus ligt daarnaast op indicatoren waarvoor databronnen beschikbaar zijn, zodat de indicatoren op korte termijn 'berekend' kunnen worden. Hierbij spelen vragen aan zowel de 'vraagzijde' als aan de 'aanbodzijde' van indicatoren. Actuele vragen aan de vraagzijde zijn: is het effect van maatregelen zichtbaar, liggen we op koers of moeten inspanningen worden verhoogd. Actuele vragen aan de aanbodzijde gaan over beschikbaarheid, bewerking en presentatie van data. In dit onderzoek worden voor vier thema's, gerelateerd aan de omgevingskwaliteit van een gebied, indicatoren inclusief databronnen gepresenteerd die gebruikt kunnen worden voor de monitoring van de lokale klimaatbestendigheid. Tabel 1.1 geeft een beknopt overzicht van de relatie tussen mogelijke indicatoren, databronnen en klimaatdreigingen, gegroepeerd in drie omgevingskwaliteitsthema's. In de tabel is ook aangegeven in welke paragraaf de indicator is uitgewerkt. De kleuren in de tabel geven aan welke indicatoren op korte termijn geïmplementeerd kunnen worden (donkergroen) en voor welke indicatoren nog meer ontwikkelwerk noodzakelijk is (lichtgroen).

Naast de indicatoren in Tabel 1.1 zijn er nog veel andere indicatoren waar behoefte aan is, maar waar meer ontwikkelwerk noodzakelijk is om ze te kunnen implementeren. Dit zijn bijvoorbeeld nachthitte, bodemdaling, biodiversiteit en verzilting.

Tabel 1.1 Overzicht van de relatie tussen mogelijke indicatoren, databronnen en dreigingen per omgevingskwaliteitsthema. De kleuren in de tabel geven aan welke indicatoren op korte termijn geïmplementeerd kunnen worden (donkergroen) en voor welke indicatoren nog meer ontwikkelwerk noodzakelijk is (lichtgroen).

Thema	Indicator	Databron	Dreiging	Zie §
Veiligheid en bereikbaarheid	Overstromingsrisico	Lokaal schadegevaar	Overstroming	5.5
	Kans op blokkade van wijkontsluitingswegen door hevige neerslag	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast	5.4
	Kans op wateroverlast in woningen	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast	5.4
	% Stoepen en fietspaden met schaduw	Schaduwkaart (halffabricaat)	Hitte	5.2
	Afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater	Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT)	Wateroverlast, droogte	4.2
	% Oppervlaktewater	BGT	Wateroverlast	4.2
Gezondheid en leefbaarheid	% Openbaar groen	BGT	Hitte, wateroverlast	4.2
	% Openbaar verhard oppervlak	BGT	Hitte, wateroverlast	4.2
	Gemiddelde gevoelstemperatuur	Hittekaart gevoelstemperatuur	Hitte	5.2
	Afstand tot koelte	Hittekaart gevoelstemperatuur	Hitte	5.2
	Trend in gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)	DINOloket, grondwatermeetnetten	Droogte	5.3.1
	Lengte periode onderschrijding van drempelgrondwaterstand	DINOloket, grondwatermeetnetten	Droogte	5.3.1
	Trend in Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	Sentinel-2 of andere satellietdata	Droogte	5.3.2
	Lengte periode onderschrijding van drempel-NDVI-waarde	Sentinel-2 of andere satellietdata	Droogte	5.3.2
Economie	Kans op wateroverlast in bedrijven en winkels	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast	5.4
	Overstromingsrisico	Lokaal schadegevaar	Overstroming	5.5

Beschikbaarheid van de indicatoren

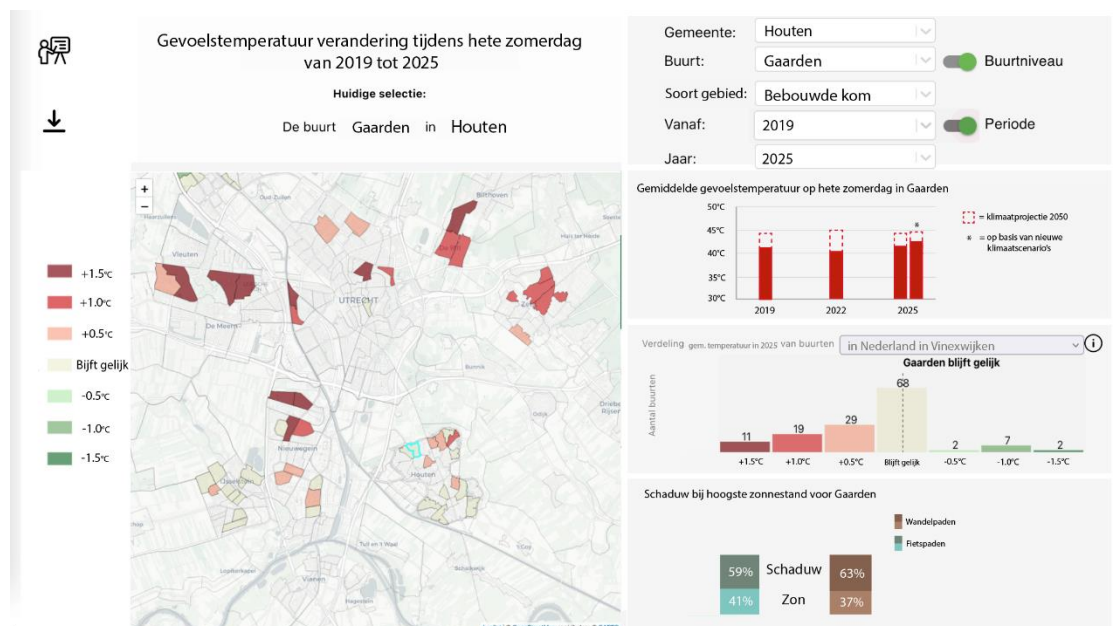
De indicatoren op basis van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) en de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) kunnen per direct worden toegepast. De databronnen en scripts zijn beschikbaar en de indicatoren kunnen berekend worden. Met deze indicatoren kan ervaring opgedaan worden in de praktijk. Er zijn nog wel acties nodig om deze indicatoren ook op lange termijn te kunnen blijven gebruiken.

De indicatoren op basis van de hittekaart gevoelstemperatuur, wateroverlastkaarten uit de lokale stresstesten en lokaal schadegevaar vragen nog meer voorbereiding voordat deze in de praktijk gebruikt kunnen worden. Activiteiten die nog uitgevoerd moeten worden om deze indicatoren te kunnen gebruiken zijn met name het aanscherpen van de methodieken/ werkwijzen, het periodiek laten maken van de databronnen (bijv. wateroverlastkaarten, hittekaart gevoelstemperatuur) en vervolgens het berekenen van de indicatorwaarden.

Vrijwel alle voorgestelde indicatoren kunnen berekend worden op het detailniveau van postcode-6-gebieden (PC6) en groter, zoals buurten, wijken, gemeenten, waterschappen en provincies. Indicatoren kunnen gebruikt worden voor het volgen van de klimaatbestendigheid maar kunnen ook gekoppeld worden aan streefwaardes. De streefwaardes voor de indicatoren kunnen op verschillende manieren geformuleerd worden. Toepassing in de praktijk zal uit moeten wijzen wat de beste manier is. Enkele voorbeelden van streefwaardes voor de indicator gevoelstemperatuur op basis van de hittekaart gevoelstemperatuur zijn:

- De gemiddelde gevoelstemperatuur per PC6/buurt/wijk/gemeente mag niet hoger zijn dan Y graden (absolute drempel)
- De gemiddelde gevoelstemperatuur per PC6/buurt/wijk/gemeente op een 1:1000 dag (dag met kans op voorkomen van 1 op 1000) mag niet toenemen ten opzichte van 2022 (kans op optreden)
- In X procent van de PC6-gebieden mag de gevoelstemperatuur niet hoger zijn dan Y graden (kans optreden gespecificeerd)

Er is een datastrategie opgesteld om de indicatoren verder te ontwikkelen. Voor de databronnen uit Tabel 1.1 is in Tabel 1.2 met blauw aangegeven wat de aandachtspunten zijn en aan welke criteria nog gewerkt moet worden.



Voorbeeld van een monitoringsdashboard met de indicator gevoelstemperatuur. Deze 'buurtview' laat voor een specifiek wijktype (vinexwijken) de verandering in de gevoelstemperatuur zien voor de periode 2019-2025.

Tabel 1.2 Overzicht aandachtspunten bij de ontwikkeling van indicatoren

Criteria	BGT	Hittekaart gevoels- temperatuur	GLG	Kwaliteit groen (NVDI)	Lokale waterdiepte- kaarten	Lokaal schade- gevaar
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen						
Databeschikbaarheid - open data						
Databeschikbaarheid - klimaatverandering						
Databeschikbaarheid - langetermijn- meetbaarheid / consistentie						
Databewerking - methode						
Databewerking - uitvoering berekening						
Detailniveau - lokale maatregelen						
Detailniveau - aggregatie- mogelijkheden						

Borging van lokale klimaatbestendigheid en monitoring door middel van de Omgevingswet

De Omgevingswet wordt naar verwachting per 1 juli 2023 ingevoerd. Door klimaatbestendigheid als omgevingswaarde(n) op te nemen ontstaat de inspannings- of resultaatsverplichting om een (door decentrale overheden) te bepalen niveau van klimaatbestendigheid te bereiken en dat te monitoren. Dit biedt een zeer goede borging.

Decentrale overheden kunnen zelf kiezen of en hoe ze omgevingswaarden opstellen. Om te helpen om deze keuze te maken is een handreiking opgesteld. Deze handreiking beschrijft de 'vraagzijde' (bestuurlijke context) van de monitoring. Voor indicatoren op basis van landelijk beschikbare data kan Tabel 1.1, de 'aanbodzijde', gebruikt worden om heldere omgevingswaarden te formuleren.

Actie is (nu) nodig!

Klimaatbestendigheid, en het monitoren van de ontwikkelingen hiervan, komt steeds hoger op de maatschappelijke en bestuurlijke agenda's te staan. In navolging van de stresstest verdient het de aanbeveling om het kennisstelsel voor klimaatbestendigheid verder te versterken zodat een verbeterde klimaatbestendigheid geagendeerd, gemonitord, geborgd en verantwoord wordt.

Een landelijke monitor sluit aan bij de behoeften van decentrale overheden vanwege de aanwezigheid en groei van landelijke, publiek beschikbare datasets, de behoefte om op nationale schaal op een vergelijkbare manier klimaatbestendigheid in kaart te brengen, het bundelen van de benodigde expertise en vooral om te voorkomen dat decentrale overheden ieder voor zich vergelijkbare studies moeten laten uitvoeren.

Een goede, nationaal georganiseerde monitoring kan dan ook het bestuurlijke draagvlak voor klimaatbestendigheid lokaal vergroten. Wij doen een oproep aan het Rijk en het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) om hierin het voortouw te nemen en samen met het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W), het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), Rijkswaterstaat (RWS), het Kadaster en andere betrokken partijen te starten met het ontwikkelen van een klimaatbestendighedsmonitor en dit onder te brengen bij (een consortium van) organisaties, bijvoorbeeld in de vorm van een informatiehuis klimaatbestendigheid.

Daarnaast roepen wij de decentrale overheden op om de kwaliteit van de BGT te blijven waarborgen en de lokale grondwatermeetnetten op te nemen in het DINOloket zodat deze databronnen gebruikt kunnen worden om indicatoren te berekenen. Ook roepen wij hen op om een extra stap te zetten bij het uitvoeren van de komende stresstesten zodat de resultaten gebruikt kunnen worden als databron voor indicatoren. De extra stap kan bestaan uit het gebruik van een gedetailleerder model en/of het berekenen van het risico op wateroverlast.

Drie activiteiten die nu opgepakt moeten worden zijn:

- Ontwikkelen. Er is een standaardisatie en ontwikkelslag nodig om met een frequentie van circa drie jaar (afhankelijk van de beschikbaarheid van de databronnen) een lokale klimaatbestendighedsmonitor op te kunnen stellen. Het gaat hoofdzakelijk om een eenmalige investering, waarna beperkte kosten resten voor continue hosting, updates en ondersteuning.
- Coördineren. Bij de coördinatie gaat het om drie taken. Allereerst de coördinatie van het consortium dat het monitoren van de klimaatbestendigheid gaat implementeren. Ten tweede de coördinatie tussen de aanbieders van de monitor (het consortium, haar opdrachtgever(s) en de host van de monitor) en de gebruikers van de monitor (decentrale overheden). Tot slot de coördinatie van decentrale overheden als toeleverancier van de data.
- Stimuleren en leren. Wij verwachten dat klimaatbestendigheid uiteindelijk het best geborgd wordt als het opgenomen wordt in omgevingsvisies en -plannen. NKWK-KBS kan, nadat de tools voor het monitoren zijn ontwikkeld (2023), lokale koplopers hierin stimuleren en helpen om hun lessen te delen met andere overheden (2024).

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	12
1.1	Achtergrond	12
1.2	Onderzoeksvragen	14
1.3	Projectorganisatie	14
1.4	Leeswijzer	14
2	Werkwijze	15
2.1	Inleiding	15
2.2	Indicatoren voor klimaatbestendigheid en datastrategie	15
2.3	Klimaatbestendigheid en monitoren in de Omgevingswet	15
3	Indicatoren voor klimaatbestendigheid	18
3.1	Inleiding	18
3.2	Criteria voor indicatoren	18
3.3	Quickscan indicatoren monitor klimaatbestendigheid	19
3.4	Uitwerking indicatoren in proof of concept en datastrategie	21
4	Proof of concept	23
4.1	Inleiding	23
4.2	De BGT als databron	23
4.2.1	Resultaten van de proof of concept	23
4.2.2	Berekenen van de indicatoren	26
4.3	Handreikingen voor vervolg, indicator op basis van de BGT	27
4.3.1	Analyse uitgangssituatie	27
4.3.2	Verkenning mogelijkheden	28
4.3.3	Aanbevelingen op basis van klankbordgroep	28
4.3.4	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	29
4.4	Visualisatie indicatoren in dashboard	30
5	Datastrategie	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Indicator voor hitte	33
5.2.1	Introductie hittekaart gevoelstemperatuur	33
5.2.2	Analyse uitgangssituatie	35
5.2.3	Verkenning mogelijkheden	37
5.2.4	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	38
5.2.5	Vervolgstappen en aanbevelingen	39
5.2.6	Aanbevelingen op basis van klankbordgroep	39

5.3	Indicator voor droogte	40
5.3.1	Grondwaterstanden	41
5.3.1.1	Introductie landelijke puntenkaart grondwater	42
5.3.1.2	Analyse uitgangssituatie	43
5.3.1.3	Verkenning mogelijkheden	45
5.3.1.4	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	45
5.3.1.5	Vervolgstappen en aanbevelingen	46
5.3.2	NDVI	47
5.3.2.1	Introductie landelijke NDVI-kaarten	47
5.3.2.2	Analyse uitgangssituatie	48
5.3.2.3	Verkenning mogelijkheden	49
5.3.2.4	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	51
5.3.2.5	Vervolgstappen en aanbevelingen	51
5.4	Indicator voor wateroverlast	52
5.4.1	Introductie landelijke waterdiepte kaarten bij intense neerslag	52
5.4.2	Analyse uitgangssituatie landelijke waterdiepte kaarten bij intense neerslag	54
5.4.3	Introductie lokale waterdiepte kaarten	55
5.4.4	Analyse uitgangssituatie lokale waterdiepte kaarten	55
5.4.5	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	58
5.4.6	Vervolgstappen en aanbevelingen	59
5.4.7	Modelontwikkelingen	60
5.5	Indicator voor overstromingen	60
5.5.1	Introductie lokaal-schadegevaarkaart	62
5.5.2	Analyse Uitgangssituatie	63
5.5.3	Verkenning mogelijkheden	64
5.5.4	Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen	65
5.5.5	Vervolgstappen en aanbevelingen	66
6	Klimaatbestendigheid en monitoren in de Omgevingswet	68
6.1	Inleiding	68
6.2	Behoeftebepaling	68
6.3	Omgevingswet en omgevingswaarden	70
6.3.1	Nieuwe Omgevingswet	70
6.3.2	Mogelijkheden voor het juridisch vastleggen van doelen	72
6.3.3	Omgevingswaarden	73
6.3.4	Afwegingen bij vaststellen omgevingswaarden	74
6.4	Omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid	75
6.4.1	Voorbeelden van omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid	75
6.4.2	Monitoring van omgevingswaarden	79
6.4.3	Dilemma's	81
6.5	Handreikingen voor vervolg	82
7	Conclusies en vervolgstappen	87
7.1	Conclusies	87
7.2	Vervolgstappen voor de ontwikkeling van de indicatoren	90
A	Uitkomst van de quickscan van de indicatoren	93
B	Scripts en resultaten BGT-indicator tool	94

B.1	Script: main	94
B.2	Script: data preparation	95
B.3	Script classify BGT	97
B.4	Script: distance to water calculator	99
B.5	Script: percentage calculator	100
B.6	Script: BGT Stats generator	103
C	Overzicht van de instrumenten van de Omgevingswet per overheid	109
D	Informatie over omgevingsvisie, omgevingsplan en programma	110

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat – Klimaat Bestendige Stad (NKWK-KBS) heeft als doel om feiten en kennis te verzamelen voor een klimaatbestendige en waterrobuuste delta. Op basis van een projectentournee is een kennisagenda opgesteld. Een van de thema's uit de kennisagenda is 'Monitoring van de lokale klimaatbestendigheid'.

Om een gebied klimaatbestendig te maken zijn een langetermijnstrategie en een concreet actieplan nodig. Door te definiëren hoe klimaatbestendig een gebied over een (groot) aantal jaar moet zijn en de werkelijke klimaatbestendigheid regelmatig te meten, kunnen decentrale overheden bepalen of ze op koers liggen om de doelen te halen. Hierbij spelen vragen aan zowel de 'vraagzijde' als aan de 'aanbodzijde' van monitoring. Aan de vraagzijde zijn dit onder meer hoe en wie klimaatbestendigheid definieert en hoe dit ingebed kan worden in beleid. Aan de aanbodzijde spelen vragen rond de beschikbaarheid, bewerking en presentatie van data. Klimaatbestendigheid is niet direct te meten. Overheden kunnen indicatoren gebruiken om de mate van klimaatbestendigheid te bepalen.

Dit onderzoek is een vervolg op twee eerdere onderzoeken die uitgevoerd zijn in opdracht van NKWK-KBS. In 2019 is geïnventariseerd waar gemeenten en waterschappen behoefte aan hebben als het gaat om het monitoren van lokale klimaatbestendigheid. In 2020 is een lokale pilot uitgevoerd waarbij de nadruk lag op het meten van de huidige mate van klimaatbestendigheid, het inzetten van bestaande datasets en het aansluiten bij bestaande initiatieven.

Op basis van de ervaringen uit deze onderzoeken is in dit onderzoek gefocust op het ontwikkelen van indicatoren, of wanneer deze nog niet beschikbaar gemaakt kunnen worden, een datastrategie om te komen tot indicatoren om over een langere tijd de klimaatbestendigheid op lokaal niveau in heel Nederland op een uniforme manier te kunnen monitoren.

Dit project draagt bij aan de landelijke en lokale informatievoorziening en beleidsimplementatie rond klimaatbestendigheid en heeft daarom raakvlakken met landelijke initiatieven zoals de ontwikkeling van een landelijke maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving (zie kader), het onderzoek van PBL naar de klimaatrisico's en het onderzoek van I&W over de actualisatie van de stresstesten.

In opdracht van het Rijk (ministerie BZK) wordt momenteel een landelijke maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving ontwikkeld. De (mogelijk verplichte) maatlat definieert wat klimaatadaptief bouwen is en schept duidelijkheid voor medeoverheden en voor bouwende en ontwikkelende partijen. De maatlat formuleert concrete eisen en richtlijnen op het gebied van hitte, wateroverlast, droogte, bodemdaling, overstroming en biodiversiteit, om zo de gewenste kwaliteit te definiëren en meetbaar te maken. Hoewel de maatlat specifiek voor nieuwbouw ontwikkeld wordt en deze monitor als doel heeft ook de bestaande stad te monitoren, is wel onderzocht in hoeverre vanuit de (in ontwikkeling zijnde) eisen van de maatlat logische indicatoren voor de monitor afgeleid kunnen worden.

Voor meer informatie zie:

<https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2022/ontwikkeling-landelijke-maatlat-gestart/>

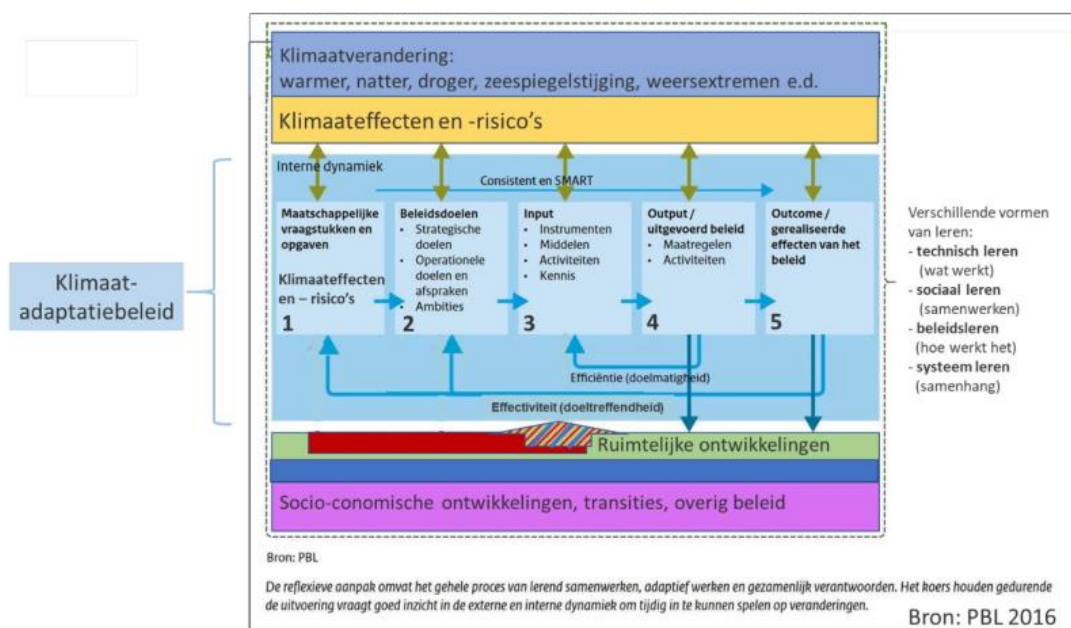
Daarnaast zijn er talrijke lokale initiatieven van gemeenten, waterschappen en provincies om de klimaatadaptatie en klimaatbestendigheid te monitoren. In dit onderzoek is aansluiting gezocht bij zowel landelijke als lokale lopende onderzoeken.

Klimaatbestendigheid

Het klimaat verandert, er worden nieuwe woningen en wijken gebouwd, de omvang van de Nederlandse bevolking verandert en decentrale overheden treffen maatregelen rond klimaatadaptatie om de omgeving aan te passen aan het veranderende klimaat. Samen bepalen deze factoren de klimaatbestendigheid van een gebied.

Er bestaat geen eenduidige definitie van 'klimaatbestendigheid'. Overheden geven hier zelf invulling aan bij het opstellen van hun klimaatadaptatiestrategie voor hun grondgebied, passend bij de ambitie, rol en opgaven die spelen in het gebied. Dit doen zij in overleg met de belanghebbenden. Sommigen definiëren klimaatbestendigheid in termen van het beschermen van de omgeving tegen effecten van klimaatverandering, anderen gebruiken voorbeelden van benodigde aanpassingen in een gebied.

In dit onderzoek bedoelen we met klimaatbestendigheid: de mate waarin mensen veilig en gezond kunnen leven ondanks een veranderend klimaat. Dit is iets anders dan klimaatadaptatie. Klimaatadaptatie is het uitvoeren van maatregelen om aan te passen aan / in te spelen op klimaatverandering. Dat is nodig om klimaatbestendig te worden en te blijven. Echter klimaatbestendigheid gaat een stap verder, omdat er een balans wordt opgemaakt van de positieve en negatieve effecten van allerlei ontwikkelingen op de leefbaarheid van een gebied. Klimaatadaptatiebeleid staat niet op zichzelf en de effecten (*outcome*) van het beleid zijn ook afhankelijk van tal van andere factoren, zoals klimaatontwikkelingen, ruimtelijke ontwikkelingen en socio-economische ontwikkelingen (zie Figuur 1-1). De klimaatbestendigheid is dus ook niet alleen afhankelijk van het gevoerde klimaatadaptatiebeleid.



Figuur 1-1 Klimaatadaptatiebeleid in context

1.2 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek bouwen we voort op de resultaten van de onderzoeken van 2019 en 2020 en passen we de verzamelde verbeterpunten toe. Met dit onderzoek willen we de volgende onderzoeksvragen beantwoorden:

- Welke indicatoren kunnen de decentrale overheden gebruiken om de mate van klimaatbestendigheid van de fysieke leefomgeving (een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting in 2050) te concretiseren en de voortgang van het proces te volgen (richting en snelheid)?
- Hoe kan klimaatbestendigheid en de monitoring daarvan in de praktijk worden geborgd in het kader van de Omgevingswet?
- Wat is nodig om de monitoring in de praktijk te implementeren?

Een indicator is een parameter die gebruikt kan worden om een proces te volgen (in dit geval het proces van klimaatbestendig maken), of die gebruikt kan worden als aanwijzing voor iets wat niet direct meetbaar is (in dit geval de klimaatbestendigheid).

1.3 Projectorganisatie

Dit project is uitgevoerd door een consortium dat bestaat uit Deltares, stichting Climate Adaptation Services (CAS), GovernEUR, TAUW en Sweco. Het project is begeleid door een begeleidingscommissie die bestaat uit vertegenwoordigers van de gemeente Leeuwarden, de provincie Zuid-Holland, de Achterhoekse gemeenten, de gemeente Leiden, de gemeente Utrecht, de gemeente Kampen, Waternet | gemeente Amsterdam & Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en het projectteam NKWK-KBS. Daarnaast heeft een groep organisaties het project van een grotere afstand gevolgd en op basis van de vergaderstukken bijgedragen met ideeën en suggesties.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 2 is de gevolgde werkwijze beschreven. Dit hoofdstuk bestaat uit twee onderdelen. Het eerste deel gaat over de ontwikkeling van de indicatoren en de daarbij behorende datastrategieën en het tweede deel over de borging van klimaatbestendigheid en de monitoring daarvan in de Omgevingswet. Hoofdstuk 3, 4 en 5 gaan in op de indicatoren. Hoofdstuk 3 beschrijft waaraan indicatoren moeten voldoen en beschrijft de toetsing van de al bestaande indicatoren op basis van deze criteria. In hoofdstuk 4 worden de indicatoren die voldoen aan de (meeste) criteria uitgewerkt in een *proof of concept* en gaan we in op de visualisatie. In hoofdstuk 5 is beschreven welke strategie gevolgd kan worden om te komen tot extra databronnen voor indicatoren. Hoofdstuk 6 beschrijft de borging van klimaatbestendigheid en monitoring. Het rapport wordt afgesloten met de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

2 Werkwijze

2.1 Inleiding

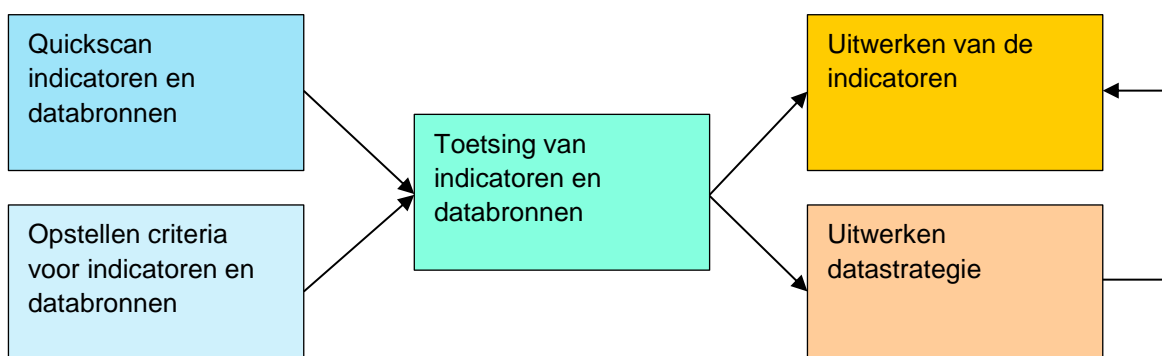
Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze die gehanteerd is om te komen tot indicatoren voor de lokale klimaatbestendigheid en de mogelijke borging daarvan in de Omgevingswet. Om het onderzoek zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de vragen uit de praktijk is er frequent overleg geweest met de begeleidingscommissie en zijn ideeën getoetst bij diverse gemeentes en waterschappen. Op basis van de input, de tussenresultaten en de beschikbare data zijn er tijdens het onderzoek een aantal bijstellingen geweest ten opzichte van het projectvoorstel. In paragraaf 2.2 is de gevolgde werkwijze beschreven om tot indicatoren te komen, en in paragraaf 2.3 de werkwijze om te komen tot een methode om klimaatbestendigheid en de monitoring daarvan te borgen in beleid.

2.2 Indicatoren voor klimaatbestendigheid en datastrategie

Het proces om te komen tot indicatoren voor het monitoren van de klimaatbestendigheid is weergegeven in Figuur 2-1. Het proces bestaat uit vijf stappen:

- 1 Het opstellen van criteria waaraan de indicatoren en databronnen moeten voldoen
- 2 Het uitvoeren van een *quickscan* om te verkennen waar vanuit data pasklare mogelijkheden liggen voor indicatoren
- 3 Een toetsing van de indicatoren en databronnen
- 4 Uitwerken van de indicatoren met data in een *proof of concept*
- 5 Uitwerken van de datastrategie voor de indicatoren die nu nog niet direct kunnen worden toegepast

Alle stappen zijn in nauw overleg met de begeleidingscommissie uitgevoerd. In overleg met de begeleidingscommissie zijn keuzes gemaakt om de indicatoren zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de wensen en praktijk van de decentrale overheden.



Figuur 2-1 De gevolgde werkwijze om te komen tot een datastrategie

2.3 Klimaatbestendigheid en monitoren in de Omgevingswet

Met de introductie van de Omgevingswet (treedt in werking op 1 juli 2023 volgens de huidige planning) krijgen overheden nieuwe instrumenten in handen om richting te geven aan een veilige en gezonde leefomgeving. Het bij de wet behorende instrumentarium biedt ook nieuwe mogelijkheden waarmee de overheid kan sturen op een klimaatbestendige leefomgeving.

Een van de nieuwe instrumenten in de Omgevingswet is de omgevingswaarde. Gemeenten en provincies hebben de mogelijkheid om zowel in het omgevingsplan als in de omgevingsverordening omgevingswaarden op te nemen. Het instrument omgevingswaarden is bedoeld om een veilige en gezonde leefomgeving te bereiken en in stand te houden. De betreffende overheid bepaalt met de omgevingswaarden de kwaliteit die ze wil bereiken en legt deze vast in het omgevingsplan of de omgevingsverordening. Een omgevingswaarde moet objectief vast te stellen en meetbaar zijn. Hiervoor geldt een monitorplicht.

Voor dit onderzoek is onderzocht of de indicatoren die we ontwikkeld hebben voor de landelijke klimaatmonitor ook gebruikt kunnen worden voor het monitoren van omgevingswaarden en wat dan mogelijke omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid zijn.

Samen met provincies en gemeenten zijn via een peiling en werksessie de volgende vragen verkend:

- In hoeverre is het instrument omgevingswaarden een geschikt instrument om de gewenste klimaatbestendigheid te bereiken?
- Welke mogelijke omgevingswaarden zouden overheden kunnen hanteren?
- Hoe kunnen deze omgevingswaarden objectief worden vastgesteld en gemonitord?

Daarbij hanteren we een aanpak in vijf stappen zoals weergegeven in Figuur 2-2.



Figuur 2-2 De gevolgde werkwijze om te komen tot een methode om de klimaatbestendigheid en de monitoring te borgen in beleid

Stap 1 bestaat uit de behoeftebepaling. In hoeverre overwegen gemeenten het instrument van de omgevingswaarde in te zetten op het vlak van klimaatadaptatie? Aan de hand van een enquête onder 60 lokale overheden is onderzocht of er behoefte is dit onderwerp verder te onderzoeken.

In stap 2 is een bureaustudie uitgevoerd waarin de mogelijkheden, beperkingen en randvoorwaarden van de Omgevingswet en de inzet van het instrument omgevingswaarden zijn onderzocht.

In stap 3 zijn opties voor het formuleren van omgevingswaarden beschreven. Deze opties zijn gebruikt in een brede werksessie, georganiseerd met gemeenten, provincies en experts op het gebied van klimaatadaptatie en de Omgevingswet. Tijdens de sessie is getoetst wanneer omgevingswaarden wenselijk zijn, en met welke formulering, en is gekeken voor welke dilemma's partijen zich hierbij gesteld zien staan.

In stap 4 is voor geselecteerde omgevingswaarden verkend welke behoefte er is aan monitoring, welke data en welke datastrategie hiervoor nodig is en in welke mate de huidige monitor in deze behoefte kan voorzien.

In stap 5 is een handreiking opgesteld over hoe en wanneer een omgevingswaarde voor klimaatbestendigheid kan worden toegepast.

In hoofdstuk 6 werken we de resultaten van dit onderzoek uit.

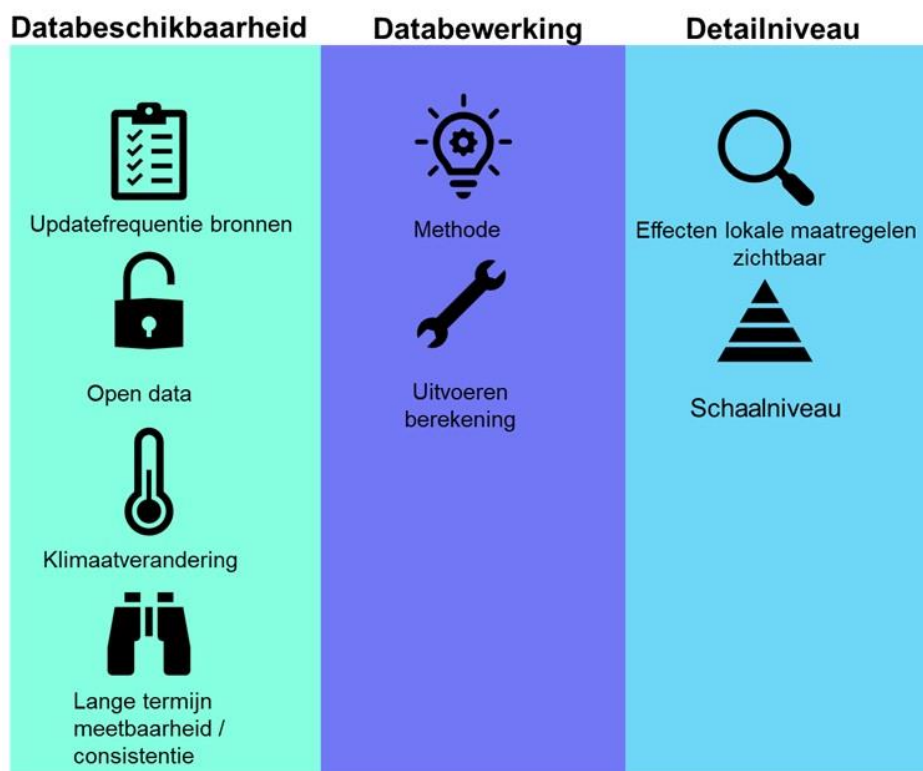
3 Indicatoren voor klimaatbestendigheid

3.1 Inleiding

Er bestaan al veel lijsten met potentiële indicatoren voor het monitoren van de lokale klimaatbestendigheid. Vaak is nog niet onderzocht of de indicatoren daadwerkelijk berekend kunnen worden en of tijdreeksen beschikbaar zijn. In dit hoofdstuk zijn de criteria beschreven waar indicatoren aan moeten voldoen. Vervolgens zijn de resultaten gepresenteerd van een *quickscan* waarin de haalbaarheid van de in de literatuur genoemde indicatoren is beschreven. Ten slotte is op basis van deze quickscan beschreven welke indicatoren zijn uitgewerkt in een *proof of concept* en voor welke indicatoren een datastrategie is opgesteld.

3.2 Criteria voor indicatoren

Voor het opzetten van een duurzame, betrouwbare monitoring van klimaatbestendigheid dient een indicator te voldoen aan criteria voor databeschikbaarheid, databewerking en detailniveau. Voor deze criteria zijn verschillende subcriteria opgesteld, zie Figuur 3-1. Deze criteria worden toegepast op de indicatoren in de quickscan en de datastrategie en zijn onder de figuur uitgewerkt.



Figuur 3-1 Criteria voor het beoordelen van de bruikbaarheid van indicatoren voor monitoring

Databeschikbaarheid

De databeschikbaarheid is onderverdeeld in vier subcriteria:

- *Updatefrequentie bronnen*
Databronnen dienen gedocumenteerd en landelijk beschikbaar te zijn en met een vastgestelde frequentie te worden geüpdatet.
- *Open data*
Bronbestanden dienen publiek toegankelijk te zijn.
- *Klimaatverandering*
Een specifiek aandachtspunt voor indicatoren voor klimaatbestendigheid is hoe klimaatverandering doorwerkt. De mate waarin klimaatverandering optreedt, bepaalt immers hoe groot de opgave is: indien een versnelling of vertraging van klimaatverandering optreedt, beïnvloedt dit de opgave.
- *Langetermijnbeschikbaarheid / consistentie*
Gezien het langetermijnperspectief van de monitoring dienen databestanden over een lange periode beschikbaar te zijn. Daarnaast is consistentie in de data gewenst zodat er zo min mogelijk ruis ontstaat in de indicator die terug te voeren is op modelaanpassingen of wijzigingen in de databestanden.

Databewerking

De datawerking is onderverdeeld in twee subcriteria:

- *Methode*
Er dient een gevalideerde methode beschikbaar te zijn die beschrijft hoe inputbestanden kunnen worden gecombineerd tot een kaartbeeld dat inzicht geeft.
- *Uitvoering berekening*
De monitoringsindicator dient uiteindelijk te worden vervaardigd. Hier is een bepaalde inspanning voor nodig.

Detailniveau

Het detailniveau is onderverdeeld in twee subcriteria:

- *Effecten lokale maatregelen zichtbaar*
De indicator dient de gevolgen van lokale maatregelen te registreren. Dit betekent dat lokale maatregelen (gemeentelijk niveau) die invloed hebben op de klimaatbestendigheid zoveel mogelijk zichtbaar zijn bij de monitoring.
- *Schaalniveau*
De kaart dient op een fijnmazige schaal beschikbaar te zijn en aggregatie mogelijk te maken naar hogere schaalniveaus, zoals wijkniveau en gemeenteniveau.

3.3 Quickscan indicatoren monitor klimaatbestendigheid

De inventarisaties uit de eerdere NKWK-KBS onderzoeken laten zien dat er tal van ideeën zijn over mogelijke indicatoren voor het monitoren van de lokale klimaatbestendigheid. De indicatoren van deze onderzoeken en andere lopende initiatieven zijn samengevoegd en gegroepeerd in vier categorieën:

- Veiligheid en bereikbaarheid
- Gezondheid en leefbaarheid
- Economie
- Biodiversiteit

Primair doel van de quickscan is om in beeld te brengen welke indicatoren binnen dit project kunnen worden uitgewerkt in een proof of concept. Om dit in beeld te brengen zijn de indicatoren beoordeeld op een aantal centrale criteria uit paragraaf 3.2 die betrekkelijk eenvoudig zijn vast te stellen:

- *Updatefrequentie bronnen*: zijn de data voor minimaal twee momenten beschikbaar?
- *Open data*: zijn de data openbaar beschikbaar en toegankelijk?
- *Landelijk beschikbaar*: is de informatie landsdekkend beschikbaar?

Indien een indicator aan al deze criteria voldoet, kan er een proof of concept worden ingesteld waarin de indicator verder wordt uitgewerkt op basis van data en visualisatie.

De uitkomsten van de quickscan staat hieronder weergegeven (zie bijlage A voor de volledige resultaten van de quickscan).

Tabel 3.1 *Uitkomst quickscan: indicatoren die aan de drie genoemde criteria voldoen zijn groen, indien aan twee criteria wordt voldaan oranje, indien aan geen van de criteria wordt voldaan rood.*

Thema	Indicator	Geschikt voor proof of concept	
Veiligheid en bereikbaarheid	Uitval vitale en kwetsbare functies	Red	
	Uitval hoofdwegen door hitte/droogte	Red	
	Omvallende bomen	Red	
	Verzakking wegen door bodemdaling	Yellow	
	Verzakking woningen door bodemdaling	Red	
	Uitval hoofdwegen door wateroverlast	Yellow	
	Wateroverlast in panden	Yellow	
	Handelingsperspectief gevolgbeperking (diepte+kans)	Green	
	Kwetsbaarheid nieuwbouw (te nat / te slap etc.)	Yellow	
	Aanwezigheid droge verdiepingen	Green	
	Afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater	Green	
	% Oppervlaktewater	Green	
	Gezondheid en leefbaarheid	Gevoelstemperatuur hete zomerdag (PET)	Yellow
		Hittesterfte	Red
Extreme binnentemperaturen WBC		Red	
Klachten water op straat / in de woning / verzakte ruimte		Red	
% Stoepen en fietspaden met schaduw		Red	
Trend in groen		Yellow	
Afstand tot koelte		Yellow	
Aantal overstormmeldingen		Red	
Uitval van zwemwater		Green	
Waterkwaliteit (klimaat)		Red	
Verziltting oppervlaktewater		Green	
% Openbaar groen		Green	
% Oppervlaktewater		Green	
% Openbaar verhard oppervlak		Green	
Ernstig eenzame ouderen		Green	

Economie	Schade aan landbouwgewassen	
	Verzekerde schade (bliksem, hagel, neerslag, storm, vorst)	
	Schade door wateroverlast bedrijven en winkels	
	Trend in grondwaterstanden	
	Beschikbaarheid van grondwaterregulerende voorzieningen	
	Overstromingsrisico	

3.4 Uitwerking indicatoren in proof of concept en datastrategie

De uitkomsten in de vorige paragraaf laten zien dat een beperkt aantal indicatoren voldoet aan alle criteria en zich daarmee leent voor uitwerking in een proof of concept binnen deze studie. De resultaten van de quickscan zijn besproken met de begeleidingscommissie op 9 juni 2022. De belangrijkste vervolgstappen die hieruit volgden:

De indicatoren die 'groen' scoren

De meeste indicatoren die 'groen' scoren sluiten niet goed aan bij de monitoringsbehoefte vanuit de praktijk. Binnen de 'groene' indicatoren zijn de ontwikkeling van percentage openbaar groen/verhard, percentage oppervlaktewater en afstand tot oppervlaktewater de indicatoren met de meeste potentie. Voor deze indicatoren is een proof of concept ontwikkeld in hoofdstuk 4.

De indicatoren die 'oranje' scoren

De meeste indicatoren die 'oranje' scoren sluiten beter aan op de behoeften, maar hier zijn de huidige beschikbare data en/of methoden nog onvoldoende. Er zijn aanpassingen nodig om deze indicatoren op duurzame wijze te kunnen monitoren. In de datastrategie werken we voor enkele kansrijke indicatoren uit waar kansen liggen. Hiervoor zijn indicatoren geselecteerd waarvoor genoeg aanknopingspunten aanwezig zijn vanuit de data om stappen te zetten richting monitoring.

Om te komen tot bruikbare indicatoren is in hoofdstuk 4.4 een datastrategie uitgewerkt voor één of twee databronnen per klimaatdreiging (hitte, wateroverlast, droogte, overstroming). Op basis van één databron kunnen vaak meerdere indicatoren worden berekend. Hierbij is rekening gehouden met de in paragraaf 3.2 vastgestelde criteria. De indicatoren zijn geselecteerd op basis van de voorkeuren van de begeleidingscommissie en een inschatting van de mogelijkheden van de data. Tabel 3.2 toont een overzicht van de geselecteerde indicatoren.

Tabel 3.2 Overzicht van indicatoren per thema die in dit onderzoek zijn uitgewerkt

Thema	Indicator	Dreiging	Uitwerking in:	Databron
Veiligheid en bereikbaarheid	Overstromingsrisico	Overstroming	Datastrategie	Lokaal schadegevaar
	Kans op blokkade van wijkontsluitingswegen door hevige neerslag	Wateroverlast	Datastrategie	Lokale waterdiepte kaarten
	Kans op wateroverlast in woningen	Wateroverlast	Datastrategie	Lokale waterdiepte kaarten
	% Stoepen en fietspaden met schaduw	Hitte	Datastrategie	Hittekaart gevoels-temperatuur
	Afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater	Wateroverlast, droogte	Proof of concept	Basisregistratie Grootchalige Topografie
	% Oppervlaktewater	Wateroverlast	Proof of concept	Basisregistratie Grootchalige Topografie
Gezondheid en leefbaarheid	% Openbaar groen	Hitte, wateroverlast	Proof of concept	Basisregistratie Grootchalige Topografie
	% Openbaar verhard oppervlak	Hitte, wateroverlast	Proof of concept	Basisregistratie Grootchalige Topografie
	Gemiddelde gevoelstemperatuur	Hitte	Datastrategie	Hittekaart gevoels-temperatuur
	Afstand tot koelte	Hitte	Datastrategie	Hittekaart gevoels-temperatuur
	Trend in GLG	Droogte	Datastrategie	DINOloket, grondwatermeetnetten
	Lengte periode overschrijding van drempelgrondwaterstand	Droogte	Datastrategie	DINOloket, grondwatermeetnetten
	Trend in NDVI	Droogte	Datastrategie	Sentinel-2 of andere satellietdata
	Lengte periode overschrijding van drempel-NDVI-waarde	Droogte	Datastrategie	Sentinel-2 of andere satellietdata
Economie	Kans op wateroverlast in bedrijven en winkels	Wateroverlast	Datastrategie	Lokale waterdiepte kaarten
	Overstromingsrisico	Overstroming	Datastrategie	Lokaal schadegevaar

4 Proof of concept

4.1 Inleiding

Binnen het traject is een *proof of concept* uitgewerkt voor een landelijk beschikbare dataset: de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT). In deze proof of concept worden op basis van de BGT indicatoren berekend, wordt een (mogelijke) visualisatie uitgewerkt en wordt de praktische betekenis voor langjarige monitoring uitgewerkt. Om de data te bewerken en indicatoren te berekenen en te visualiseren is een opensourcescript ontwikkeld (opgenomen in bijlage B).

Hieronder is de proof of concept beschreven, is een visualisatie opgenomen die laat zien hoe de indicatoren (mogelijk) in een dashboardomgeving gepresenteerd kunnen worden, en wordt ingegaan op de datastrategie voor opschaling van de indicatoren.

4.2 De BGT als databron

De BGT is een digitale kaart van Nederland waarop alle fysieke objecten zoals gebouwen, wegen, water en groen eenduidig zijn vastgelegd. De kaart heeft een nauwkeurigheid van 20 cm, en de Wet BGT zorgt er voor dat bronhouders (zoals gemeenten) verplicht zijn om de BGT voor hun eigen grondgebied op te bouwen en actueel te houden. Al deze eigenschappen van de BGT zorgen ervoor dat deze dataset uitermate geschikt is om op landelijke schaal indicatoren aan te ontlenen en data-analyses mee uit te voeren.

Binnen dit onderzoek is een tool ontwikkeld (zie bijlage B) die op basis van de BGT de volgende informatie beschikbaar maakt op wijk-, buurt- en postcode-6-niveau (PC6):

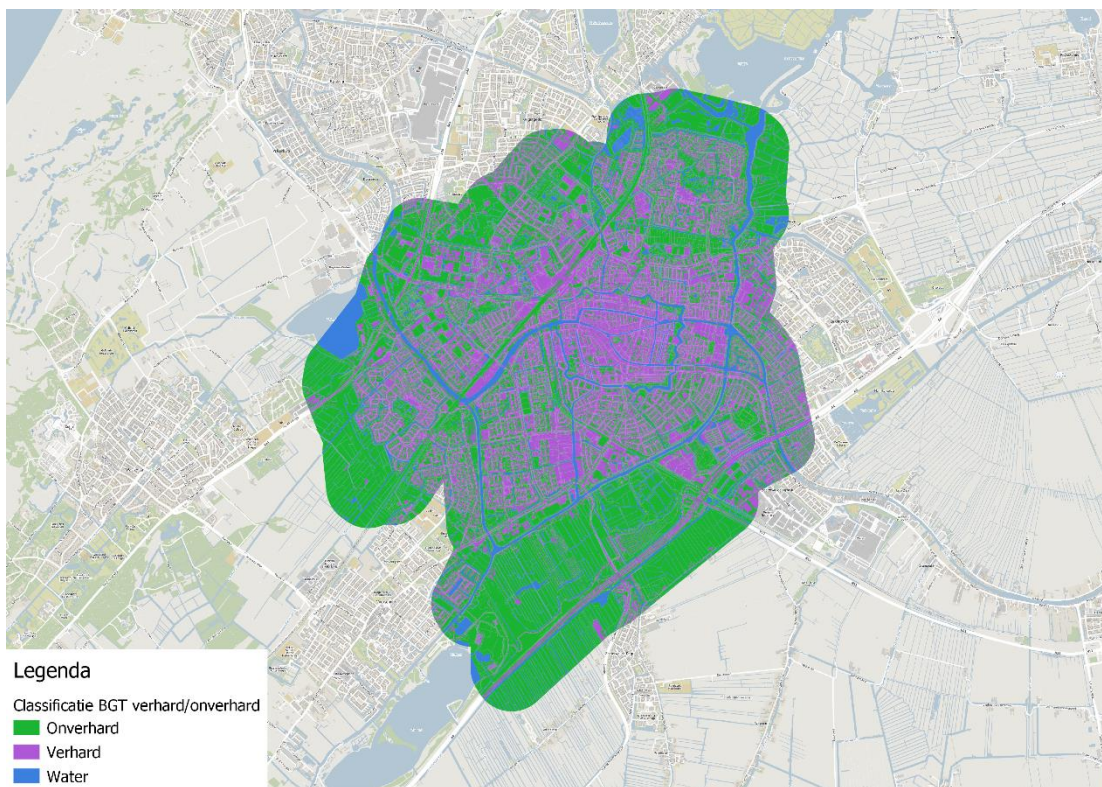
- percentage verhard oppervlak voor zowel openbaar als niet-openbaar terrein;
- percentage onverhard oppervlak voor openbaar terrein;
- percentage wateroppervlak voor openbaar terrein.

Tevens is op PC6-niveau voor de casestudy ook de volgende indicator inzichtelijk gemaakt:

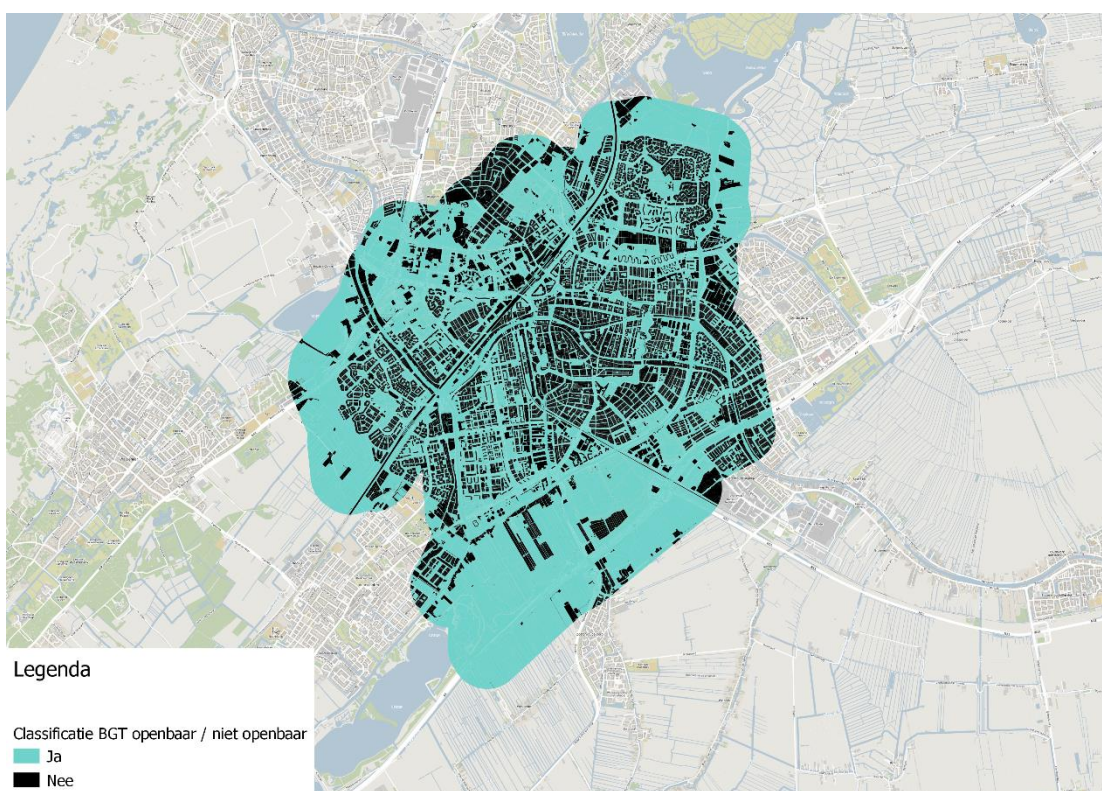
- afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater per PC6-gebied in meters.

4.2.1 Resultaten van de proof of concept

Binnen dit onderzoek is de gemeente Leiden als casestudy gebruikt om de tool te testen. Dit geeft voor de gemeente Leiden de volgende resultaten (zie Figuur 4-1 t/m Figuur 4-3 en Tabel 4.1 en Tabel 4.2):



Figuur 4-1 Classificatie BGT verhard/onverhard voor de gemeente Leiden



Figuur 4-2 Classificatie BGT openbaar/niet-openbaar voor de gemeente Leiden

Tabel 4.1 Voorbeeld uitkomsten BGT-monitoringstool % verhard/onverhard/water per wijk (gemeente Leiden)

BGT-classificatie	Openbaar	Wijknaam	Oppervlakte [m ²]	Percentage t.o.v. totaal opp. openbaar terrein
Onverhard	Ja	Binnenstad-Noord	124.986	15,9
Verhard	Ja	Binnenstad-Noord	469.702	59,8
Water	Ja	Binnenstad-Noord	190.620	24,3
Totaal			785.308	100,0

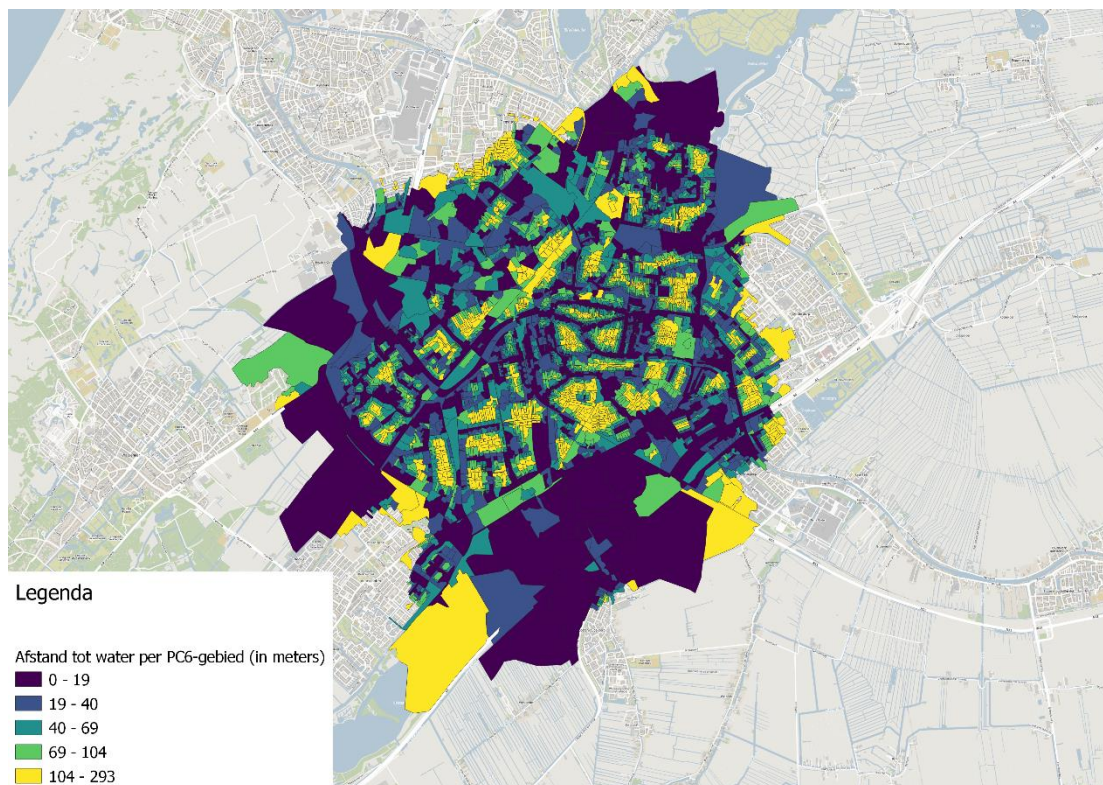
Tabel 4.2 Voorbeeld uitkomsten BGT-monitoringstool % verhard/onverhard/water per buurt (gemeente Leiden)

BGT-classificatie	Openbaar	Buurtnaam	Oppervlakte [m ²]	Percentage t.o.v. totaal opp. openbaar/niet-openbaar
Onverhard	Ja	Boshuizen	137.910	36,9
Verhard	Ja	Boshuizen	165.803	44,3
Water	Ja	Boshuizen	70.236	18,8
Totaal			373.949	100,0
Onverhard	Nee	Boshuizen	87.450	49,0
Verhard	Nee	Boshuizen	91.163	51,0
Totaal			178.613	100,0

Op basis van de classificaties verhard/onverhard (Figuur 4-1) en openbaar/niet-openbaar (Figuur 4-2) wordt per buurt en wijk inzichtelijk gemaakt wat de onderlinge verhoudingen zijn, zowel in percentages als in m² (Tabel 4.1 en Tabel 4.2).

Voor de wijk Binnenstad-Noord betekent dit dat bijna 60% van het openbare terrein verhard is en het aandeel water hoger is dan onverhard. De som van de oppervlakten verhard/onverhard en water komen overeen met het totale oppervlak aan openbaar terrein en de som van de percentages is gelijk aan 100. In het voorbeeld van de buurt Boshuizen is tevens de verhouding van onverhard en verhard t.o.v. particulier terrein weergegeven. Hierin is aangenomen dat de BGT-laag 'panden' verhard zijn en de BGT-laag 'Erf' compleet onverhard (een suggestie voor het beter benaderen van het percentage verhard/onverhard van particuliere terreinen wordt besproken in paragraaf 4.3.3 en 4.3.4) en dat water altijd openbaar is.

Figuur 4-3 laat de afstand tot water per PC6-gebied zien. De kaart laat zien welke locaties verder zijn verwijderd van oppervlaktewater (geel) en daarmee moeilijker overtollig regenwater hiernaartoe kunnen afvoeren/bufferen, waardoor de kans op wateroverlast mogelijk hoger zal zijn ten opzichte van gebieden waar dit makkelijker is. Wat verder opvalt is dat aan de gemeenteranden de afstand veelal groter is (geel). Dit komt doordat de BGT in dit voorbeeld geknipt is op basis van de grenzen van de gemeente Leiden, waardoor oppervlaktewater in aangrenzende gemeenten niet wordt meegerekend. Om dit te voorkomen kan gebruik gemaakt worden van een buffer rondom het gewenste interessegebied.



Figuur 4-3 Afstand tot water per PC6-gebied voor de gemeente Leiden

4.2.2 Berekenen van de indicatoren

De BGT kan als basis dienen voor verschillende indicatoren. Omdat de BGT doorlopend wordt geactualiseerd kunnen de indicatorwaarden ook in de tijd met elkaar vergeleken worden. Zo kunnen de gebruikers bijvoorbeeld zien hoe gebieden in de loop van de tijd veranderen qua verharding.

De indicatoren bieden gemeenten (of andere bronbeheerders) informatie over het fysieke voorkomen (hoe is het ingericht) in hun wijken, buurten en PC6-gebieden. Daarnaast kunnen ze informatie bieden over het handelingsperspectief dat een gemeente heeft (inzicht aan welke knoppen gedraaid kan worden). Een indicator over de verhouding openbaar en privaat terrein kan bijvoorbeeld inzicht bieden in waar de gemeente zelf de grootste slagkracht heeft om maatregelen te treffen (veel openbaar terrein) of waar de gemeente juist inwoners/bedrijven moet stimuleren om maatregelen te treffen (veel particulier terrein).

Onderstaande indicatoren zijn voorbeelden van indicatoren die kunnen bijdragen aan inzicht op het gebied van fysiek voorkomen en handelingsperspectief.

Fysiek voorkomen:

- percentage PC6-gebieden met meer dan XX% openbaar onverhard terrein
- percentage buurten met minder dan XX% openbaar verhard terrein
- percentage buurten met meer dan XX% openbaar verhard terrein
- percentage wijken/buurten met minder dan XX% oppervlaktewater
- percentage PC6-gebieden op meer dan XX m van het dichtstbijzijnde oppervlaktewater
- minimaal XX% openbaar onverhard terrein in de gemeente

Handelingsperspectief:

- percentage buurten met minimaal XX% openbaar terrein

4.3 Handreikingen voor vervolg, indicator op basis van de BGT

4.3.1 Analyse uitgangssituatie

In dit hoofdstuk is de uitgangssituatie voor de BGT-indicatoren geanalyseerd. Voor de criteria databeschikbaarheid, databewerking en detailniveau is in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk waren om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Tabel 4.3 Inputbestanden voor de BGT-monitoringstool

Kaart	Resolutie	Bron	Open data?	Bronjaar
Landgebruik	Vectordata	Basisregistratie Grootschalige Topografie	Ja	2022
Gebiedsgrenzen Wijken en Buurten	Vectordata	CBS	Ja	2022
Gebiedsgrenzen PC6	Vectordata	Esri Nederland	Ja	2022

Databeschikbaarheid

De meest recente BGT-data worden continu beschikbaar gesteld via PDOK. Hier zijn verder geen data-aanpassingen noodzakelijk geweest. Ook de gebruikte gebiedsgrenzen zijn openbaar beschikbaar en worden continu geactualiseerd.

Databewerking

De data kunnen een-op-een gebruikt worden in het huidige script. Wel worden er aannames gedaan in de classificering van de BGT-vlakken naar verhard, onverhard, oppervlaktewater, openbaar en niet-openbaar:

- Panden (en overige bouwwerken) worden als niet-openbaar geclassificeerd
- Watervlakken en oevers ('ondersteunendWaterdeel' in de BGT) zijn als water geclassificeerd
- De BGT-laag 'begroeidTerreindeel' is als volledig onverhard en openbaar geclassificeerd
- Onbegroeide terreindelen met de functie 'Erf' zijn als niet-openbaar geclassificeerd
- Spoor is als onverhard en niet-openbaar geclassificeerd
- Kunstwerken worden als verhard en openbaar geclassificeerd
- Multi-polygon-watervlakken worden naar single-part-watervlakken omgezet voor een betere afstandsbeoordeling

Deze uitgangspunten zijn binnen dit onderzoek (nog) niet getoetst bij de klankbordgroep en/of eerdere BGT-databewerkingen en -analyses.

Detailniveau

De BGT-data hebben een hoog detailniveau en een nauwkeurigheid van 20 cm. BGT-bronhouders hebben de verantwoordelijkheid om de kwaliteit van de BGT te garanderen volgens de eisen in de Wet BGT. De kwaliteit van de BGT-data kan wel verschillen tussen bronhouders onderling. Bronhouders zijn dus zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van de inwinning van de BGT-data en daarmee ook voor de nauwkeurigheid van uitgewerkte indicatoren.

4.3.2 Verkenning mogelijkheden

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen voor de ontwikkeling van een monitoringsindicator verder uitgewerkt.

Tabel 4.4 Verkenning mogelijkheden voor de BGT-monitoringstool (geel betekent barrière; groen betekent mogelijk)

Kaart	Open data?	Bron-jaar	Meest recent	Verwachte frequentie	Prospect beschikbaarheid verleden en toekomst
Landgebruik	Ja	2022	2022	Jaarlijks	Negatief, wordt wel continu geüpdatet maar wordt niet per actualiseringsjaar als open-dataservice aangeboden op PDOK. Kwaliteit BGT-data wordt gewaarborgd volgens de eisen in wet- en regelgeving, dus bronhouders zelf zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit en daarmee nauwkeurigheid van de indicatoren.
Gebiedsgrenzen Wijken en Buurten	Ja	2022	2022	Jaarlijks	Positief, wordt continu geüpdatet en ook historische grenzen zijn beschikbaar.
Gebiedsgrenzen PC6	Ja	2022	2022	Jaarlijks	Positief, wordt continu geüpdatet. Er zijn geen historische grenzen beschikbaar.

Databeschikbaarheid

Historische BGT-datasets (voorgaande jaren) worden niet aangeboden bij PDOK. Indien dit wel het geval zou zijn, zou gemonitord kunnen worden over langere perioden, met terugwerkende kracht, in plaats van een momentopname van de huidige situatie en toekomstige situaties.

Databewerking

Er moet uitgezocht worden in hoeverre een vergelijking uit te voeren is op historische datasets van de BGT. Is het handboek inwinning BGT over de jaren gewijzigd en veranderd of worden de BGT-data te allen tijde op eenzelfde manier ingewonnen? Mocht dit niet het geval zijn dan vraagt dit om een (verdere) standaardisering van de inwinning van BGT-datasets en/of een extra databewerkingsslag om vergelijking mogelijk te maken.

Detailniveau

Geen verdere mogelijkheden op dit moment.

Samenvatting mogelijkheden

- BGT-datasets beschikbaar stellen per jaargang/peildatum als losse services via PDOK voor langdurige monitoring.
- Een-op-een-vergelijking verschillende jaargangen/peildata BGT-datasets, mits inwinning BGT-data altijd op dezelfde wijze is gedaan.

4.3.3 Aanbevelingen op basis van klankbordgroep

Vanuit de bestaande databronnen en methodiek kan tot verschillende monitoringsindicatoren worden gekomen. Er worden enkele aanbevelingen/verbetersuggesties gedaan:

- De huidige indicator kijkt naar verharde en onverharde oppervlakten op openbaar terrein. Voor verdere uitwerking van de indicatoren is het wenselijk om het percentage verhard oppervlak (of groen) op particulier terrein uit te werken. Momenteel wordt bebouwing als verhard oppervlak meegenomen; de rest van het terrein kan zowel verhard als onverhard zijn.

- De keuze van de grenzen heeft invloed op de uitkomsten. Gebruikers moeten rekening houden met het feit dat de resultaten voor wijken en buurten die grenzen aan bijvoorbeeld parken en groenstroken afhankelijk zijn van de exacte locatie van de grens. In de huidige versie van de tool is de wijk- en buurtindeling die door het CBS wordt gehanteerd toegepast.
- De indicatoren worden berekend op buurt-, wijk- of postcodegebieden. Deze administratieve indelingen zijn nooit bedoeld voor monitoring van klimaatadaptatie. Per gemeente moeten onderzocht worden wat een goede indeling is.
- Bij de verdere uitwerking wordt aangeraden om ook de kaartlaag 'waterkeringen' uit PDOK te gebruiken.

4.3.4 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 4.5 Overzicht aandachtspunten en oplossingsrichtingen voor de BGT-monitoringstool (geel betekent barrière; groen betekent in orde)

Criteria	Aandachtspunten	Oplossing
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Jaarlijks	
Databeschikbaarheid - open data	Open	
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	n.v.t.	
Databeschikbaarheid - langetermijnmeetbaarheid / consistentie	Beschikbaarheid 'losse' BGT-datasets (naast de meest actuele) voor meerdere jaargangen en/of peildata	Signaal richting Rijksoverheid, Kadaster en PDOK voor deze wens met betrekking tot het beschikbaar stellen van meerdere BGT-datasets services
Databewerking - methode	<p>Uitwerken van het classificeren van het percentage onverhard (of groen) voor particuliere terreinen</p> <p>Aannames ten behoeve van classificering van de BGT-vlakken (verhard, onverhard, oppervlaktewater, openbaar en niet-openbaar) alsook het wel of niet meenemen van parken, oppervlaktewater, groenstroken en de gehanteerde grenzen van het te analyseren gebied kunnen veel invloed hebben op de uitkomsten van analyses</p> <p>Worden de BGT-data te allen tijde op eenzelfde manier ingewonnen zodat vergelijking tussen BGT-datasets eenvoudig te realiseren is?</p>	<p>Uitwerken datastrategie om percentage onverhard te bepalen m.b.v. de NDVI en satellietdata. Zie paragraaf 4.3.3. voor een uitwerking</p> <p>Vergelijken met eerdere BGT-data bewerkingen en analyses en opstellen algemene uitgangspunten/richtlijnen voor gebruik tool binnen het monitoren van lokale klimaatbestendigheid</p> <p>(Verdere) standaardisering inwinning BGT-datasets of extra databewerkings-slag om data eenvoudig te kunnen vergelijken. Of het toevoegen van een koppelingstabel als classificaties worden aangepast</p>
Databewerking - uitvoering berekening	Scripts zijn open beschikbaar	
Detailniveau - lokale maatregelen	Lokale maatregelen zijn zichtbaar	
Detailniveau - aggregatie-mogelijkheden	Kaart beschikbaar op 0,2 x 0,2 meter, te aggregeren naar hoger schaalniveau	

4.4 Visualisatie indicatoren in dashboard

Op dit moment zijn er nog geen datasets met indicatoren beschikbaar op basis waarvan klimaatbestendigheid over meerdere jaren kan worden gevisualiseerd. Toch is het van belang om nu al een beeld te schetsen van hoe een indicator uiteindelijk kan worden gevisualiseerd. Dat zal immers de manier zijn waarop toekomstige gebruikers de informatie aangeboden krijgen en op basis waarvan ze aan de slag gaan. Daarom is voor één set indicatoren een verzameling schetsen ontwikkeld om in beeld te brengen hoe de indicatoren zouden kunnen worden gevisualiseerd. Hiervoor is gekozen voor de set indicatoren op basis van de hittekaart gevoelstemperatuur (deze kaart, de onderliggende data en de afgeleide indicatoren worden uitgebreid besproken in paragraaf 5.2).

Ontwerpschetsen op basis van dummy-data

Hoe zou de visualisatie van de indicatoren op basis van de hittekaart gevoelstemperatuur eruit kunnen zien? Dit is in beeld gebracht met een aantal schetsen op basis van dummy-data in een dashboardomgeving. De schetsen laten zien hoe indicatoren kunnen worden gevisualiseerd en hoe een gebruiker hier doorheen kan navigeren (zie Figuur 4-4 - Figuur 4-6). Bij het ontwikkelen van de schetsen is ook aandacht besteed aan de technische haalbaarheid van de ontwikkeling van een dashboard. Het volledige ontwerp van het dashboard kan pas plaatsvinden als de data beschikbaar zijn.

Uitgangspunten visualisatie

Uitgangspunt bij het vormgeven van het voorbeeld is om klimaatbestendigheid in beeld te brengen voor gebruikers (zoals een gemeente) en inzicht te geven in de volgende vragen:

- Ontwikkelt de indicator zich positief of negatief over tijd en ruimte?
- Zien we de effecten terug van doorgevoerde maatregelen?
- Wat is het (verwachte) effect van klimaatverandering op de indicator over tijd?
- Hoe verhouden de wijken/buurtten met soortgelijke kenmerken in de gemeente zich tot elkaar?
- Liggen we op koers gezien de maatregelen, de klimaatontwikkeling en de combinatie van beide?

De indicatoren zijn zo vormgegeven dat gebruikers hier zelf doelen op kunnen stellen. Dit geeft bijvoorbeeld een grote stad de ruimte om andere ambities te bepalen met betrekking tot hitte dan een plattelandsgemeente. De visualisatie moet zodanig worden ingericht dat te simpele vergelijkingen tussen bijvoorbeeld buurten, wijken of gemeenten worden voorkomen.

In Figuur 4-4 - Figuur 4-6 worden drie kaartbeelden getoond:

- Buurtview (met uitleg knoppen) in Figuur 4-4
- Gemeentevuew in Figuur 4-5
- Buurtview met geselecteerd wijktype en kaart met verandering, in Figuur 4-6

De voorbeeldvisualisaties hebben de volgende onderdelen:

1. Kaart

Een kaart met legenda waarop het geselecteerde gebied is uitgelicht en waarop kan worden genavigeerd en andere gebieden kunnen worden geselecteerd.

2. Selectiescherm

Het selectiescherm biedt de mogelijkheid om gebieden en deelgebieden te selecteren voor weergave op kaart en in grafieken. Daarnaast kunnen verschillende jaren en periodes worden geselecteerd.

3. Grafiek met ontwikkeling in de tijd

Een grafiek toont voor het geselecteerde gebied de ontwikkeling in de tijd. In dit geval wordt uitgegaan van een modellering elke drie jaar, waarbij ook een klimaatprojectie voor 2050 plaatsvindt. Rond het beschikbaar komen van nieuwe klimaatscenario's wordt in dit voorbeeld ook het oude klimaatscenario getoond om inzichtelijk maken wat het gevolg is van de uitgevoerde maatregelen en wat het gevolg is van de nieuwe klimaatscenario's.

4. Grafiek met verhouding van geselecteerd gebied ten opzichte van andere gebieden

Dit onderdeel geeft de mogelijkheid een gebied te benchmarken met andere gebieden, bijvoorbeeld binnen dezelfde gemeente, of mogelijk ook vergelijkbare buurten met dezelfde wijktypologie. Het gemiddelde van de buurt wordt afgezet tegen gemiddelden van andere buurten.

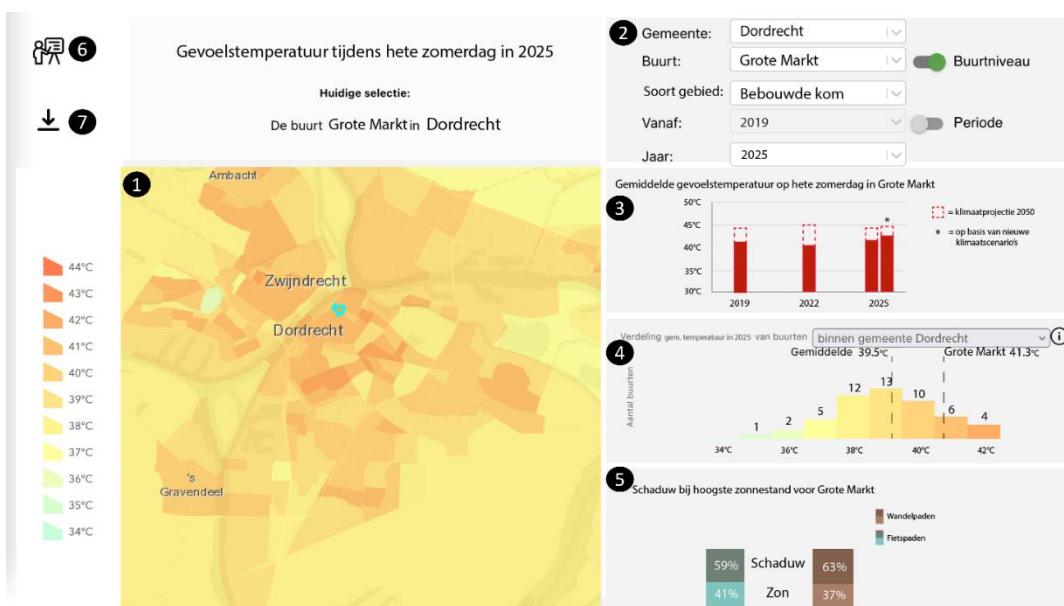
5. Detailinformatie over blootstelling van fietspaden en voetpaden.

6. Meer informatie over de indicator en de berekenwijze

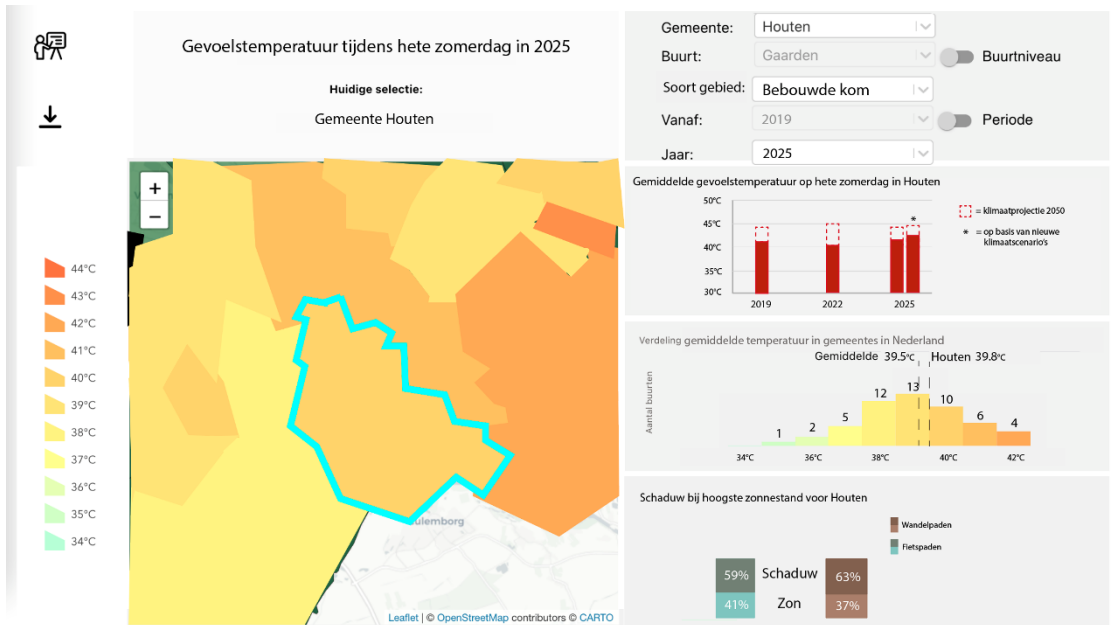
Hier is ruimte om informatie te plaatsen over de hittekaart gevoelstemperatuur en de indicatoren.

7. Download achterliggende data

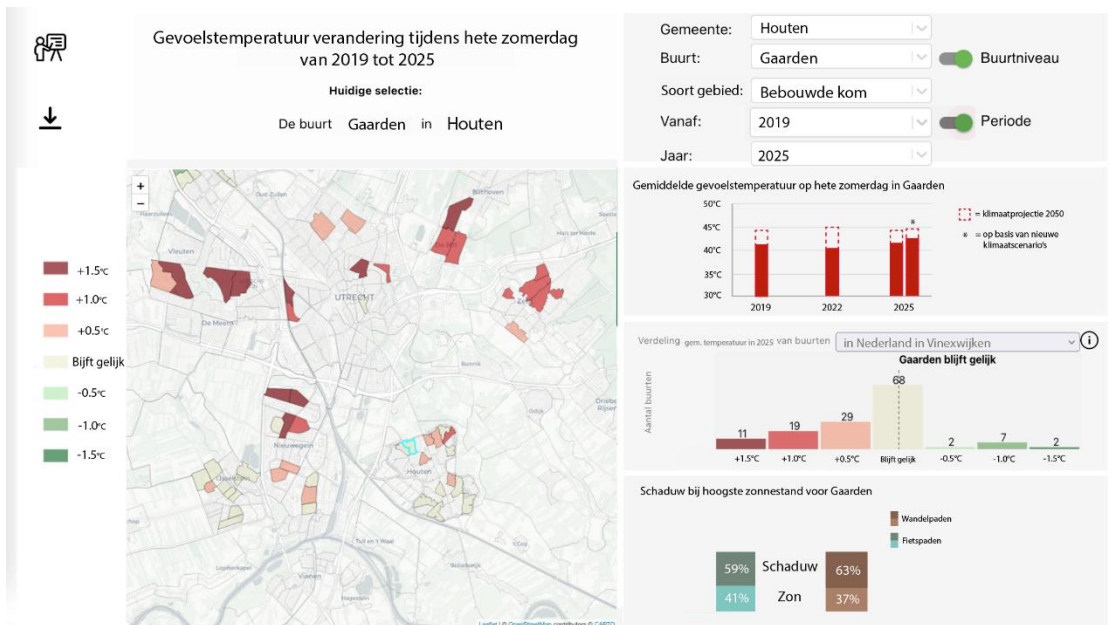
Een knop waarmee alle data voor heel Nederland op de verschillende niveaus kan worden gedownload in het gewenste formaat (.xls, .shp).



Figuur 4-4 Buurtview



Figuur 4-5 Gemeentevuew



Figuur 4-6 Buurtview met geselecteerd wijktpe en kaart met verandering

5 Datastrategie

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de datastrategieën uitgewerkt om tot continue uniforme monitoring van de klimaatbestendigheid te komen. Het doel van de datastrategie is om inzichtelijk te maken wat nodig is om een robuuste landelijke monitoringsindicator voor klimaatbestendigheid te ontwikkelen. Hiervoor is voor vier klimaatdreigingen (hitte, droogte, wateroverlast en overstromingen) aangegeven:

- Wat beschikbaar is;
- Wat de beperkingen zijn;
- Hoe deze beperkingen weggenomen/opgelost kunnen worden;
- Welke inspanning hiervoor nodig is.

5.2 Indicator voor hitte

In deze paragraaf is een datastrategie uitgewerkt om tot structurele monitoring te komen op basis van de **hittekaart gevoelstemperatuur**. Doel van de datastrategie is om in beeld te brengen wat er nodig is om een robuuste landelijke monitoringsindicator voor klimaatbestendigheid te ontwikkelen. Uitgangspunt hierbij is dat de monitoringsindicator op basis van bestaande databronnen en methodieken kan worden ontwikkeld. Voor het ontwikkelen van deze datastrategie is gebruik gemaakt van een deskstudy, interviews met betrokken partijen en gebruikers.

De hittekaart gevoelstemperatuur kan als basis dienen voor verschillende indicatoren gerelateerd aan hittestress. De kaart kan gebruikt worden voor de huidige situatie maar ook voor het verwachte klimaat in 2050. Voorbeelden van indicatoren die afgeleid kunnen worden van de hittekaart gevoelstemperatuur:

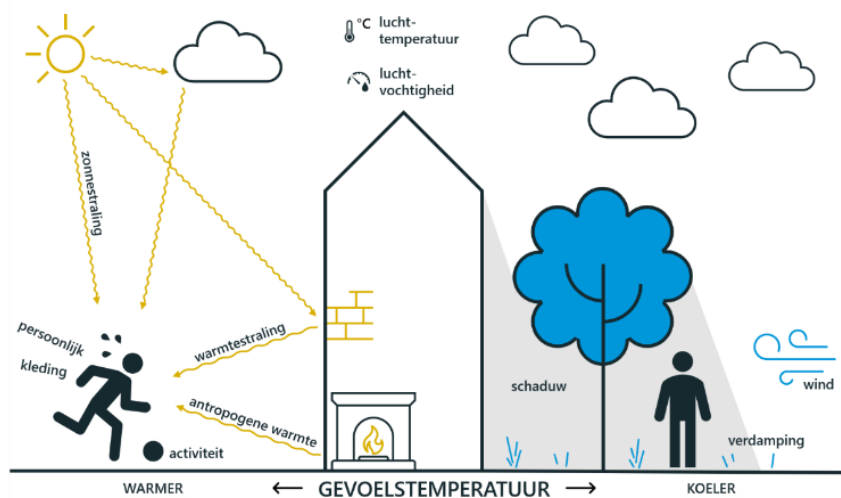
- Een maximum voor de gemiddelde gevoelstemperatuur (of mediaan) per buurt/wijk/gemeente
- Een maximum afstand tot koelte per woning in buurt/wijk/gemeente
- Een minimum percentage woningen per buurt/wijk/gemeente met minder dan 300 meter afstand tot koelte
- Een minimum percentage schaduw per buurt/wijk
- Een minimum percentage schaduw op looproutes, fietsroutes of andere oppervlakken per buurt/wijk

Belangrijk voordeel van indicatoren die gebruik maken van de hittekaart is dat zowel ruimtelijke veranderingen als opgetreden klimaatverandering doorwerken in de kaart wanneer er updates plaatsvinden. Daarmee vormt de hittekaart een robuuste basis voor de indicatoren voor het meten van klimaatbestendigheid. De mogelijkheid om naast de bestaande situatie ook de situatie in 2050 te modelleren geeft inzicht in het verwachte effect van toekomstige klimaatverandering. Dit kan helpen bij het in beeld brengen van de beleidsopgave en de keuze voor extra inspanningen helpen onderbouwen.

5.2.1 Introductie hittekaart gevoelstemperatuur

De hittekaart gevoelstemperatuur (ofwel *Physiological Equivalent Temperature* - PET) is in 2020 ontwikkeld.

De hittekaart gevoelstemperatuur (resolutie 1x1 m) laat op iedere plek in Nederland de gevoelstemperatuur zien tijdens een extreem hete zomermiddag zoals die 1 juli 2015 optrad. Dit was een gebeurtenis met een herhalingsijd van 1:1000 dagen (kans van 1 op 2.7 jaar bij het huidige klimaat). Bij het maken van de kaart is het 'recept' (gedetailleerde werkwijze) uit de [landelijke standaard stresstest hitte \(RIVM, 2019\)](#) als uitgangspunt gebruikt. Dit recept is ontwikkeld door verschillende kennisinstellingen – KNMI, WUR, RIVM, TU Delft, TNO, HvA en CAS – en verder geoperationaliseerd in de [Technische toelichting landelijke hittekaart](#). De kaart is ook ontwikkeld voor dezelfde dag in het klimaat van 2050 in het KNMI WH-scenario (worst case). De landelijke kaartontwikkeling is na aanbesteding uitgevoerd door Witteveen+Bos. Daarbij is het recept verder geoperationaliseerd zoals beschreven in de [Technische toelichting landelijke hittekaart](#). Deze kaart is gevalideerd door de WUR [in een rapport](#). De kaarten zijn publiek beschikbaar gemaakt in de [Klimaat-effectatlas](#).



Figuur 5-1 De hittekaart gevoelstemperatuur (boven) en factoren die een rol spelen bij de gevoelstemperatuur (onder) – alle genoemde factoren behalve antropogene warmte en persoonlijke aspecten (kleding en activiteit) zijn meegenomen in de berekening

Gekoppelde producten

Bij de ontwikkeling van de hittekaart (zie Figuur 5-1) komt een interessant tussenproduct beschikbaar: **de schaduwkaart**. Het belang van wel/geen schaduw is groot voor de uiteindelijke gevoelstemperatuur die optreedt. Daarmee vormt de schaduwkaart zelf ook een databron voor monitoring.

De schaduwkaart kan vervolgens ook weer op specifieke interessegebieden worden toegepast, bijvoorbeeld door looproutes in de schaduw te bepalen. Hier kunnen beleidsdoelen aan worden gekoppeld.

De hittekaart gevoelstemperatuur is de belangrijkste inputbron voor de **afstand-tot-koeltekaart**. Deze kaart is beschikbaar vanuit de Klimateffectatlas, is ontwikkeld op basis van openbare bronnen met de hittekaart gevoelstemperatuur als belangrijkste input en sluit aan bij de richtlijn dat elke woning binnen 300 meter een koele plek zou moeten hebben. Hier zijn beleidsdoelen aan te koppelen zoals een aantal woningen dat binnen een bepaalde termijn een koele plek binnen 300 meter dient te hebben. De afstand-tot-koeltekaart is een eenvoudig te maken monitoringsindicator indien de hittekaart gevoelstemperatuur als monitoringsindicator beschikbaar is.

5.2.2 Analyse uitgangssituatie

In dit hoofdstuk wordt de uitgangssituatie voor de hittekaart gevoelstemperatuur geanalyseerd. Voor de criteria databeschikbaarheid, databewerking en detailniveau wordt in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk zijn om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Databeschikbaarheid

Bij het ontwikkelen van de kaart zijn verschillende brondatasets gebruikt. Zie Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Inputbestanden voor de hittekaart gevoelstemperatuur

Kaart	Resolutie (m of uur)	Stroomdiagram (Figuur 5-2)	Bron	Open data?	Bronjaar
Landgebruik	1 (vector-data)	D1	Basisregistratie Grootschalige Topografie	Ja	2020
Luchtfoto (RGB en IR)	1 (0.25)	D2	www.pdok.nl	Ja	2017, 2018, 2019
Ruraal weerstation KNMI of WUR	1	D3	www.knmi.nl https://veenkampen.nl/data	Ja	2015 (1:1000 zomerdag event)
AHN3 object- en maaiveldhoogte	1 (0.5)	D4	www.ahn.nl	Ja	2014-2019
Bomenbestand	1	D5	Op basis van AHN3, luchtfoto en BGT	Nee	Zie andere bronnen
Skyviewkaart	1	D6	www.knmi.nl (op basis van AHN2)	Ja	2007-2013

De datasets die gebruikt zijn, beslaan verschillende periodes binnen de periode 2007-2020. Dit maakt het lastig om een exact jaar op de kaart te plakken, terwijl dit voor monitoringsdoelen wel gewenst is. De skyviewkaart is flink verouderd en komt niet met een vaste frequentie beschikbaar. Dit maakt ook dat in gebieden waar veel verandering heeft plaatsgevonden, bijvoorbeeld door nieuwbouw, de kaart een minder nauwkeurig beeld geeft.

De inputbestanden om de kaart te ontwikkelen zijn alle publiek (open data). Het oorspronkelijke recept bevatte een niet-openbare, commerciële dataset: het bomenbestand. Bij de ontwikkeling van de landelijke kaart is deze vervangen door publieke bronnen.

De statistieken voor de huidige weerstations geven het huidige klimaat weer. De huidige 1:1000 dag is 1 juli 2015.

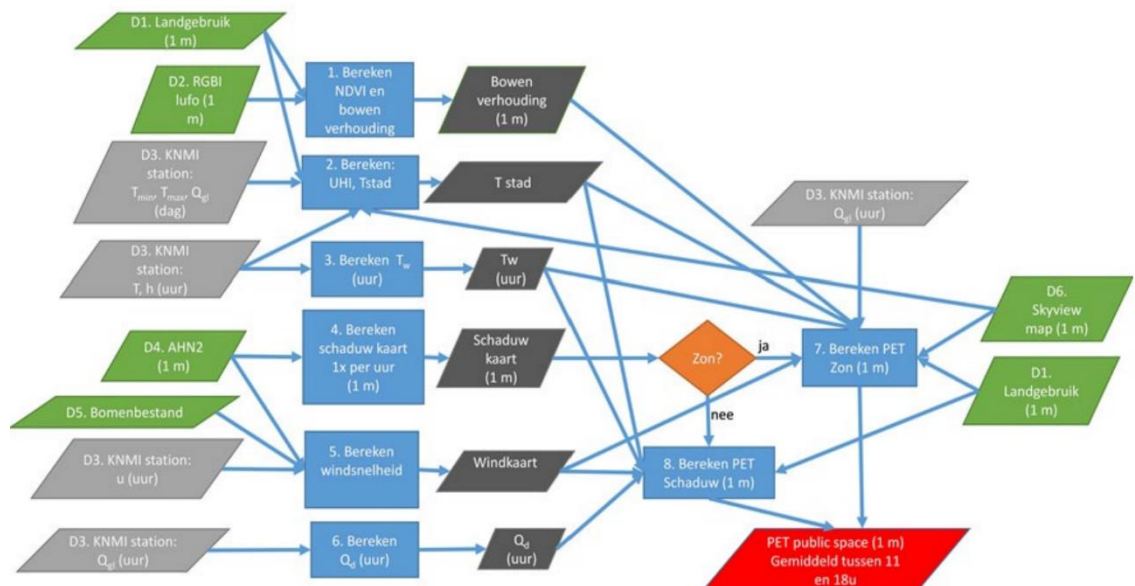
Door klimaatverandering zal de herhalingsjijd van deze dag waarschijnlijk veranderen. Dit zou bijvoorbeeld 1:500 kunnen worden in 2025. Deze verandering in de herhalingsjijd zorgt ervoor dat kaarten de effecten van een veranderend klimaat niet meenemen als vastgehouden wordt aan 1 juli 2015 als referentiedatum.

Om de veranderingen in het klimaat wel mee te nemen in deze indicator dient er regelmatig te worden gecorrigeerd voor opgetreden klimaatverandering. Een logisch moment hiervoor is het beschikbaar komen van nieuwe klimaatscenario's. Bij het beschikbaar komen van nieuwe klimaatscenario's komen er nieuwe statistieken voor de rurale weerstations beschikbaar en dient de 1:1000 hete dag te worden bijgesteld. Vanuit de systematiek van het huidige recept betekent dit dat er dan een nieuwe dag dient te worden gevonden die de kenmerken van een 1:1000 hete dag heeft. De keuze voor een 1:1000 dag wordt op landelijk niveau gemaakt: regionaal pakt deze dag net iets anders uit per ruraal weerstation. Dit betekent dat bij een nieuwe 1:1000 dag het weer voor elk van de rurale weerstations net iets anders uitpakt ten opzichte van de eerdere situatie. Dit bemoeilijkt een rechtstreekse vergelijking met de eerdere kaart als men geïnteresseerd is in het terugzien van de effecten van de adaptatie-inspanningen en andere relevante ruimtelijke ontwikkelingen.

Vanuit de Klimateffectatlas is reeds een versie van de kaart voor 2050 beschikbaar. Hierbij is enkel het klimaat van 2050 bij het worst-case-klimaatscenario (WH) meegenomen; de overige vijf inputbestanden zijn voor de huidige situatie gemodelleerd. Deze kaart geeft dus een beeld van de ontwikkeling van de klimaatbestendigheid waarbij alle inputbestanden gelijk worden verondersteld ten opzichte van de huidige situatie behalve de ontwikkeling van het klimaat.

Databewerking

In Figuur 5-2 wordt globaal weergegeven hoe de zes inputbestanden worden gebruikt om tot de hittekaart gevoelstemperatuur (hier PET genoemd) te komen. In het proces worden eerst belangrijke factoren voor de gevoelstemperatuur berekend zoals schaduw, wind en verdamping. De schaduwkaart is hierbij een belangrijk tussenproduct dat sterk doorwerkt in de uiteindelijke hittekaart gevoelstemperatuur. De methode voor de ontwikkeling van de hittekaart is goed gedocumenteerd in de landelijke stresstest hitte en reeds door verschillende partijen toegepast.



Figuur 5-2 Stroomschema oorspronkelijke hittekaart gevoelstemperatuur (bron: RIVM, 2019)

Detailniveau

De hittekaart heeft een hoog detailniveau: de kaart wordt op een resolutie van 1 meter en uiteindelijk op 2 meter weergegeven in de Klimateffectatlas. Via de gedetailleerde inputbestanden worden maatregelen die impact hebben op de gevoelstemperatuur automatisch meegenomen. Dit betreft ook maatregelen die op lokaal niveau worden getroffen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aanleggen van nieuw groen of het toevoegen van gebouwen. De resultaten kunnen worden geaggregeerd naar verschillende niveaus om een beeld te geven van de gemiddelde gevoelstemperatuur, bijvoorbeeld op buurt- of gemeenteniveau.

5.2.3 Verkenning mogelijkheden

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen voor de ontwikkeling van een monitoringsindicator verder uitgewerkt.

Databeschikbaarheid

In Tabel 5.2 is in beeld gebracht wat de meest recente databronnen zijn die gebruikt zouden kunnen worden indien een nieuwe kaart wordt gemaakt. Niet alle datasets zijn jaargebonden. Het AHN4 wordt over drie jaar in zones ingewonnen. Deze periode is wel aanzienlijk verkort ten opzichte van eerdere versies, maar dit maakt toch dat er een klein verschil in inwinmoment aanwezig blijft tussen de datasets. Het AHN heeft de laagste updatefrequentie (drie jaar). Indien deze frequentie gehandhaafd blijft, lijkt het AHN daarmee ook richtinggevend voor de frequentie waarmee de hittekaart kan worden geüpdatet.

Tabel 5.2 Verwachte frequentie en toekomstige beschikbaarheid inputbestanden

Kaart	Open data?	Bron-jaar	Meest recent	Verwachte frequentie	Prospect beschikbaarheid toekomst
Landgebruik (BGT)	Ja	2020	2022	Jaarlijks	Positief, wordt continu geüpdatet
Luchtfoto (RGBI)	Ja	2017, 2018, 2019	Zomer 2022 (komt eind 2022 beschikbaar)	Jaarlijks	Positief, naar verwachting jaarlijks voortgezet
Ruraal weerstation KNMI of WUR	Ja	2015	2015	n.v.t.	2015 is huidig 1:1000 event. Bij beschikbaar komen nieuwe klimaatscenario's (2023) mogelijkheid om 1:1000 event aan te passen op basis van opgetreden klimaatverandering
AHN object- en maaiveldhoogte	Ja	2014-2019	2020-2022 (AHN4)	3-jaarlijks	Positief, er ligt een garantie dat het AHN elke drie jaar wordt geüpdatet. Dit wordt mogelijk geïntensiveerd naar elk jaar
Skyviewkaart (te ontwikkelen op basis van AHN)	Ja	2007-2013	2020-2022	3-jaarlijks	Een recente skyviewkaart is nog niet beschikbaar als open data. Valt echter wel af te leiden op basis van AHN
Bomenbestand	Nee	2014-2019	2020-2022	3-jaarlijks	Een recent bomenbestand is nog niet beschikbaar als open data. Valt echter wel af te leiden op basis van AHN, luchtfoto en BGT

Rond het beschikbaar komen van nieuwe klimaatscenario's komen er nieuwe statistieken voor de rurale weerstations beschikbaar en is het waarschijnlijk dat de 1:1000 dag wordt bijgesteld. Dit betekent dat er een nieuwe dag dient te worden gevonden met de kenmerken van een 1:1000 hete dag.

Als het heter wordt door klimaatverandering, waar vooralsnog vanuit gegaan wordt, dan werkt de nieuwe 1:1000 hete dag door in de indicator. Nieuwe klimaatscenario's kwamen voor het laatst beschikbaar in 2014 en de volgende klimaatscenario's worden in 2023 verwacht, 9 jaar later. Dit zou betekenen dat er met een updatefrequentie van drie jaar ongeveer drie kaarten kunnen worden ontwikkeld per scenario.

Databewerking

Om tot een nieuwe hittekaart te komen dienen de stappen uit het recept te worden uitgevoerd. Hiervoor zijn geen publieke scripts beschikbaar. Er zijn wel verschillende marktpartijen die op basis van het recept scripts hebben ontwikkeld en hiervoor kunnen worden geconsulteerd.

Samenvatting mogelijkheden

Uit de verkenning van de mogelijkheden blijkt dat de gevoelstemperatuur als indicator goed te monitoren lijkt. Samenvatting van de mogelijkheden:

- De kaart kan op basis van open data worden ontwikkeld.
- Verwachte updatefrequentie: circa elke drie jaar. Het nadeel van een updatefrequentie van een keer per drie jaar is dat dit niet overeenkomt met de frequentie van de verkiezingen (een keer per vier jaar). Hierdoor kan toevalligerwijs de monitoring net in jaar twee en na het einde van een bestuurperiode vallen, waardoor een zittend bestuur hier niet op beoordeeld kan worden. Bestuurders en ambtenaren moeten daarom goed op de tijdstempels letten.
- Rond het beschikbaar komen van nieuwe klimaatscenario's (ca. elke 9 à 10 jaar) kan de 1:1000 hete dag worden bijgesteld op basis van opgetreden klimaatverandering.
- Het verschil tussen twee opeenvolgende kaarten wordt bepaald door kleinschalige en grootschalige veranderingen die tussentijds zijn opgetreden in de ruimte en leiden tot veranderingen in schaduw, windpatronen, verdamping en straling.
- Voor het opzetten van de monitor kan worden voortgebouwd op de bestaande methodiek ontwikkeld in het recept voor de hittekaart.

5.2.4 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 5.3 geeft een samenvatting van de aandachtspunten voor de monitoringscriteria vanuit de analyse van de uitgangssituatie en mogelijke oplossingen op gebied van de datacriteria voor de indicatoren gebaseerd op de hittekaart gevoelstemperatuur.

Tabel 5.3 Overzicht aandachtspunten en oplossingsrichtingen voor de hittekaart gevoelstemperatuur (geel betekent barrière; groen betekent in orde)

Criteria	Aandachtspunten	Oplossing
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Inputbronnen dienen een kortere periode te beslaan om uitspraken voor een bepaald moment mogelijk te maken en een trend in de tijd inzichtelijk te maken.	Recept updaten zodat bronnen (ongeveer) hetzelfde jaar beslaan. Indien niet mogelijk voor bepaalde bronnen, zoeken naar vervangende bronnen. Frequentie van circa elke drie jaar lijkt haalbaar.
Databeschikbaarheid - open data	Hittekaart gevoelstemperatuur is publiek. Niet alle inputbestanden zijn publiek.	Alle inputbestanden zijn op basis van publieke bestanden te ontwikkelen.
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Om te indexeren voor opgetreden klimaatverandering dient 1:1000 dag bij nieuwe klimaatscenario's te worden bijgesteld. Dit kan lokaal tot kleine veranderingen leiden.	Indien een nieuwe 1:1000 dag is gekozen kan deze dag met terugwerkende kracht ook voor het verleden worden gemodelleerd. Het verschil tussen deze kaarten laat de gevolgen van ruimtelijke ontwikkelingen en adaptatiemaatregelen zien.

Databeschikbaarheid - langetermijn-meetbaarheid / consistentie	Voor de bronbestanden is de verwachting dat ze langdurig geüpdatet zullen blijven worden blijven.	
Databewerking - methode	Gevalideerde procedure kaartontwikkeling beschikbaar (recept).	
Databewerking - uitvoering berekening	Geen script publiek beschikbaar. Kaart dient opnieuw te worden berekend.	Uitvoeren berekening.
Detailniveau - lokale maatregelen	Lokale maatregelen (zoals toevoegen groen/ schaduw) worden meegenomen via inputbestanden.	
Detailniveau - aggregatie-mogelijkheden	Kaart beschikbaar op 1 en 2 meter, te aggregeren naar hoger schaalniveau.	

5.2.5 Vervolgstappen en aanbevelingen

In deze paragraaf wordt een grove inschatting van de benodigde inspanning en doorlooptijd gegeven voor de voorgestelde oplossingsrichtingen uit Tabel 5.3.

Tabel 5.4 Globale indicatie van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen

Activiteit	Inschatting kosten benodigde werkzaamheden (euro)			Inschatting doorlooptijd (maanden)				Opmerkingen
	<10k	10k-100k	>100k	<3	3-6	6-12	>12	
Updaten recept								Uit te voeren door: kennisinstelling betrokken bij opstellen recept
Uitvoeren berekening								Uit te voeren door: een marktpartij
Berekenen indicator								Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij

Updaten recept

Recept updaten zodat bronnen (ongeveer) hetzelfde jaar beslaan. Indien niet mogelijk voor bepaalde bronnen, zoeken naar vervangende bronnen. Inclusief eventuele aanschaf bronnenbestand. Uit te voeren door: kennisinstelling betrokken bij opstellen recept.

Uitvoeren berekening

Uit te voeren door: een marktpartij.

Berekenen indicator

Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij.

5.2.6 Aanbevelingen op basis van klankbordgroep

Uitgangspunt bij bovenstaande inschatting is dat er vanuit de bestaande databronnen en methodiek tot een monitoringsindicator dient te worden gekomen. Daarnaast worden er enkele aanbevelingen/verbetersuggesties uitgewerkt voor de methodiek.

- *Ontwikkelen script in publieke domein*

De huidige hittekaart gevoelstemperatuurkaart is in concurrentie aanbesteed en door een marktpartij ontwikkeld op basis van open-databronnen. Het script waarmee de kaart wordt ontwikkeld is niet openbaar beschikbaar. Indien een monitor wordt opgezet is het wenselijk om het script in het publieke domein beschikbaar te maken zodat meerdere partijen dit script kunnen gebruiken. Het beschikbaar maken vergt een extra investering. Op dit moment is niet goed in te schatten hoe groot deze investering zal zijn.

- *Decimalen gewenst*

De huidige gevoelstemperatuurkaart wordt in de Klimateffectatlas weergegeven in hele graden Celsius. Indien de kaart als monitoringsindicator gaat worden gebruikt, is het gewenst om dit aan te passen naar decimalen, zodat ook kleinere veranderingen zichtbaar worden. Kanttekening: de nauwkeurigheid van de berekeningswijze verbetert echter niet en daarmee kan dit valse zekerheid geven. Om de zekerheid van de berekening te verhogen zijn aanscherpingen aan het recept noodzakelijk: bijvoorbeeld door niet enkel de gemiddelde wind te gebruiken en ook groene daken mee te nemen.

- *Beperkingen van landelijke 1:1000 dag aanpakken*

In de bestaande methodiek is de 1:1000 hete dag vastgesteld op basis van landelijke statistieken. Het doel van deze methodiek was oorspronkelijk vooral om de lokale hotspots in beeld te brengen. Nadeel hiervan is dat deze dag regionaal niet overal precies een 1:1000 dag zal zijn. Dit zal met name zichtbaar worden als er een nieuwe landelijke 1:1000 dag wordt vastgesteld die op regionaal niveau een andere herhalingstijd voor die plek zal kennen dan de vorige, waardoor verschillen zichtbaar worden die niet met ruimtelijke veranderingen of opgetreden klimaatverandering te maken hebben.

Er zijn twee mogelijkheden denkbaar om dit fenomeen aan te pakken:

- De landelijke statistiek voor 1 juli 2015 blijven hanteren en dus geen indexatie voor klimaatverandering doorvoeren. Op deze manier zijn alle veranderingen in een nieuwe kaart toe te schrijven aan ruimtelijke veranderingen. Er kan wel worden aangegeven hoe de frequentie verandert: bijvoorbeeld van 1:1000 naar 1:500.
- Regionale 1:1000 hete dagen ontwikkelen. Deze mogelijkheid wordt als weinig zinvol geclassificeerd door een betrokken expert, omdat verwacht wordt dat de ruimtelijke hittepatronen hetzelfde blijven. Er zullen grenseffecten blijven bestaan omdat er nog steeds gradiënten aanwezig zullen zijn tussen verschillende KNMI-stations. Dit is echter wel relevant als het KNMI verwacht dat er relevante regionale verschillen in temperatuurverandering zullen optreden.

5.3 Indicator voor droogte

Bij het vinden van een geschikte indicator voor droogte die iets zegt over de droogtebestendigheid in de stedelijke omgeving spelen verschillende aspecten mee. Het is sterk afhankelijk van het type gebied en van de lokale situatie wat de effecten van (extreme) droogte zijn.

Om deze redenen hebben we twee mogelijke uitwerkingsrichtingen bedacht voor droogte-indicatoren:

- Indicatoren gebaseerd op grondwaterstanden
- Indicatoren gebaseerd op NDVI (conditie stedelijk groen)

Aangezien deze indicatoren sterk verschillen en ook op andere brondata gebaseerd zijn, worden ze apart uitgewerkt.

In deze paragraaf worden eerst indicatoren gebaseerd op grondwaterstanden (GLG en andere) uitgewerkt (in 5.3.1), en daarna NDVI als indicator voor de conditie van het stedelijk groen (in 5.3.2). Omdat bij de grondwaterstanden andere factoren dan klimaatbestendigheid meespelen (bodempopbouw, heterogeniteit ondergrond) hebben de grondwaterstanden vooral een signaleringsfunctie. Hetzelfde geldt voor de NDVI omdat bij de conditie van stedelijk groen ook andere factoren dan klimaatbestendigheid meespelen (bijvoorbeeld ziektes, of te natte omstandigheden).

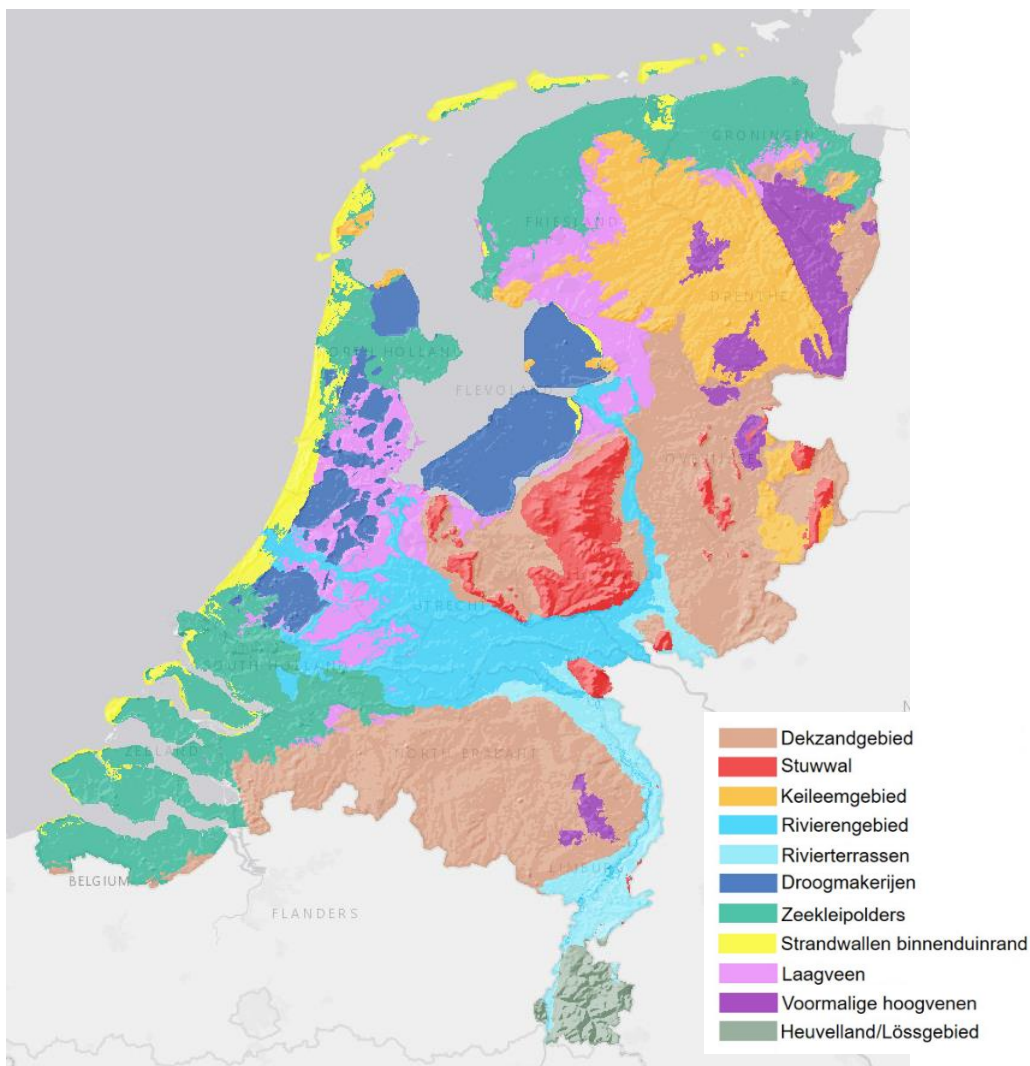
5.3.1 Grondwaterstanden

Grondwaterstanden spelen een belangrijke rol in perioden van droogte. Grondwaterstanden reageren op het weer (neerslag en verdamping) en worden in de winter in het algemeen opgebouwd en zakken in de zomer over het algemeen uit. Hoe droger het is, hoe verder de grondwaterstanden uitzakken. Tegelijkertijd spelen andere factoren mee die sterk regionaal en lokaal verschillen, zoals de samenstelling van bodem en ondergrond, het landgebruik, het peilbeheer, het oppervlaktewaterpeil, onttrekkingen, (put-)positie in het landschap, bouwprojecten, ondergrondse constructies/obstakels en drainagesystemen. Grondwaterstanden zijn dus afhankelijk van de combinatie van droogte en de lokale situatie.

Bij de begeleidingscommissie bestaat de behoefte om grondwaterpeil als indicator op te nemen, omdat het grondwaterpeil belangrijk is in combinatie met verschillende processen:

- Funderingen
- Vegetatie
- Bodemdaling
- Verzilting

Vershillende processen spelen een rol in verschillende gebiedstypen in het land. Zo kunnen lage grondwaterstanden in de laaggelegen veengebieden in het westen van het land bijvoorbeeld leiden tot bodemdaling door veenoxidatie en funderingsschade door paalrot. Lage grondwaterstanden op stuwwal- en dekzandgebieden in het oosten en zuiden van het land kunnen bijvoorbeeld leiden tot schade aan natuur en stedelijk groen. Grondwaterstanden kunnen dus als indicator voor het monitoren van de lokale klimaatbestendigheid gebruikt worden, maar de betekenis verschilt per gemeente, en lokale kennis is dus nodig bij toepassing ervan.



Figuur 5-3 Basiskaart Natuurlijk Systeem Nederland (bron: op basis van Klimaat-effectatlas)

5.3.1.1 Introductie landelijke puntenkaart grondwater

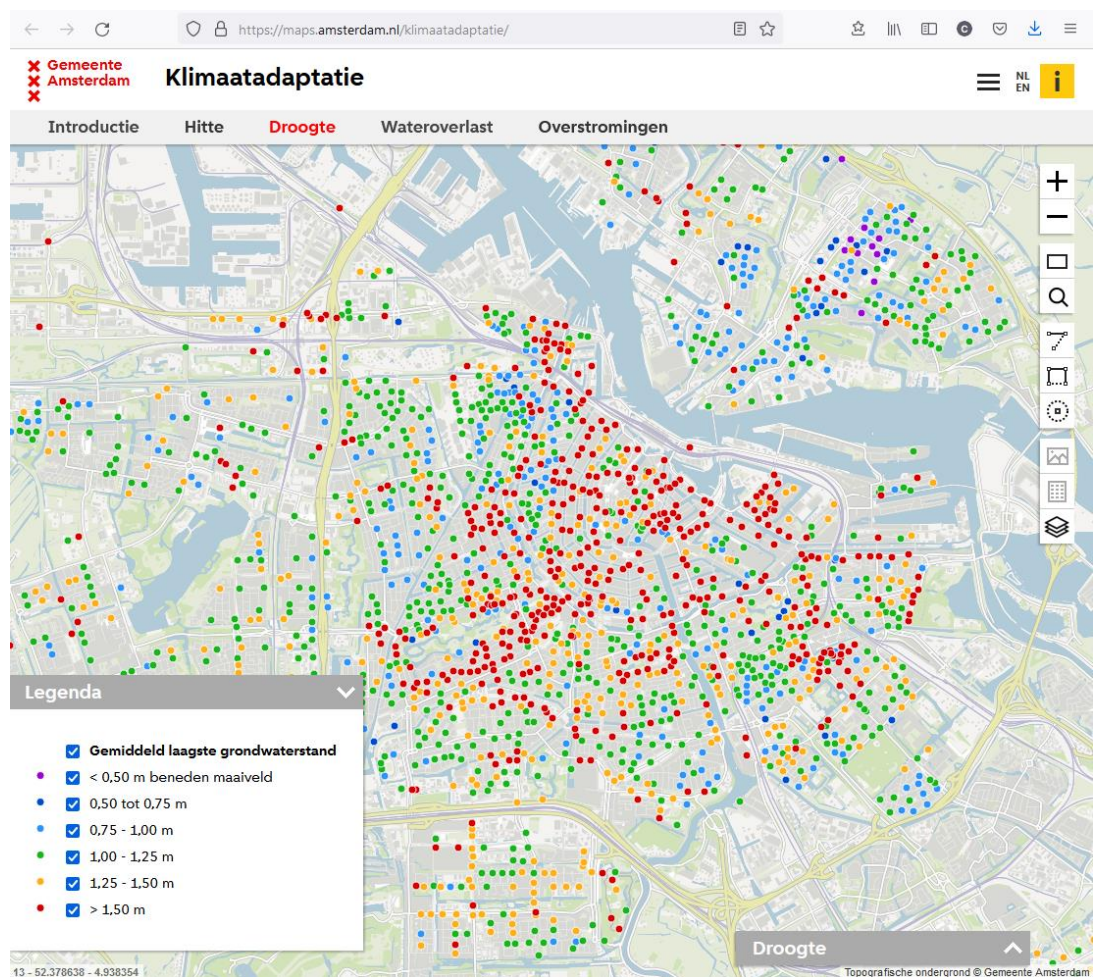
Op basis van de grondwaterstanden zijn verschillende indicatoren te berekenen die een indicatie geven van de klimaatbestendigheid ten aanzien van droogte. Een standaardvariabele gerelateerd aan lage grondwaterstanden is de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Deze wordt officieel berekend als het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per jaar, gemiddeld over minimaal 8 jaar. Deze berekening is gebaseerd op de (oude) situatie waarin er grondwaterstandsmetingen waren voor de 14^e en 28^e van iedere maand. Tegenwoordig worden grondwaterstanden vaak frequenter en/of automatisch gemeten, en worden ook andere benaderingen gebruikt, zoals: de GLG is het niveau waar de grondwaterstand 10% van het jaar onder staat. In alle gevallen zegt de GLG iets over de droogste periodes, maar niet uitsluitend iets over extreme situaties; het is immers een voortschrijdend percentielwaarde.

Voorstel is om een landelijke puntenkaart te maken van alle beschikbare grondwatermeetpunten, met indicatoren die zijn gebaseerd op de grondwaterstanden en op de GLG per meetpunt, waarbij de GLG zelf wordt berekend uit de grondwaterstandsmetingen van de laatste 8 jaar. De GLG zelf zegt niet heel veel, omdat die sterk afhankelijk is van de lokale situatie: per gebied, per wijk en zelfs per meetpunt kan verschillen wat de gewenste GLG is en wat 'te laag' is.

Daarom kijken we naar de volgende afgeleide indicatoren:

- Beschrijvende indicatoren die inzicht geven:
 - De meerjarige trend in de GLG
 - De dynamiek in de GLG (verschil tussen hoogste en laagste GLG)
 - De dynamiek in grondwaterstanden (verschil tussen GHG en GLG / hoogste en laagste waterstand)
- Meer specifieke/maatgevende indicatoren:
 - Een minimale grondwaterstand
 - Een maximum aantal dagen dat een vastgezette GLG wordt onderschreden (bij dagelijkse metingen)

Belangrijke opmerking hierbij is wel dat in de metingen van grondwaterstanden behalve de droogtesituatie en de invloed van gerichte maatregelen ook effecten van andere ontwikkelingen worden gemeten, zoals bijvoorbeeld de invloed van bouwprojecten of lekkende riolering in de buurt van een meetpunt. Het is dus belangrijk dat de metingen en indicatoren altijd door mensen met kennis van de lokale situatie geïdentificeerd worden.



Figuur 5-4 Voorbeeld van visualisatie van de GLG door de Gemeente Amsterdam (<https://maps.amsterdam.nl/klimaatadaptatie/>)

5.3.1.2 Analyse uitgangssituatie

De uitgangssituatie voor de grondwaterpuntenkaart is geanalyseerd. Voor de criteria databeschikbaarheid, databewerking en detailniveau wordt in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk zijn om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Databeschikbaarheid

Om de GLG te kunnen berekenen zijn grondwaterstandsmetingen nodig. Er zijn veel gegevens beschikbaar in DINOloket (DINO = Data en Informatie Nederlandse Ondergrond). Hier worden grondwaterstandsmetingen verzameld van meetputten van verschillende meetnetten door het hele land. Sinds de wet BRO (Basisregistratie Ondergrond) in 2018 van kracht werd, moeten decentrale overheden hun meetgegevens over de ondergrond aanleveren om ontsloten te worden via DINOloket. In principe is daardoor een uitgebreid meetnetwerk met grondwaterstandsmetingen beschikbaar. In de praktijk is dit echter nog niet op orde, en zijn veel data van lokale (bijv. gemeentelijke) meetnetten nog niet ontsloten via DINOloket. Dit bemoeilijkt in de huidige situatie het uitvoeren van een generieke methode op landelijke schaal.

Daarnaast is ook de kwaliteit van de metingen van de meetpunten die wel beschikbaar zijn een aandachtspunt. Veel meetpunten raken na verloop van tijd uit gebruik, wat resulteert in meetseries met gaten en/of voor korte/niet-overlappende periodes.

Een alternatieve methode zou in principe het directe gebruik van GLG-kaarten uit het Nationaal Watermodel (NWM) zijn. In het NWM zit onder andere een grondwatermodel van heel Nederland, en wordt ook de GLG als output berekend. Het voordeel van deze aanpak is dat het om direct beschikbare, landsdekkende kaarten gaat, die bovendien publiek beschikbaar zijn. Er zijn echter ook nadelen:

- Het zijn modelresultaten, terwijl er op zich ook metingen beschikbaar zijn. Modelresultaten geven een minder accuraat beeld van de werkelijkheid dan directe metingen.
- De kwaliteit van de modelresultaten is niet overal even goed, in het bijzonder in de stedelijke omgeving is de kwaliteit minder goed.
- De resolutie van de kaarten uit het model is 250 x 250 m. Dit is te grof om op straatniveau te kunnen kijken; op buurt- en wijkniveau zou wel kunnen.
- Lokale maatregelen kunnen niet goed worden meegenomen in het model.
- Het modelinstrumentarium in zijn huidige vorm wordt niet periodiek gedraaid met een vaste frequentie, maar onregelmatig, als daar aanleiding toe is, bijvoorbeeld door een update. Op dit moment zijn GLG-kaarten beschikbaar over twee periodes: 1981-2010 en 2011-2018.

In verband met deze nadelen wordt de voorkeur gegeven aan het directe gebruik van meetdata in plaats van modelresultaten.

Tabel 5.5 Inputbestanden voor grondwaterpuntenkaart

Databron	Resolutie (tijd)	bron	Open data?	Bronjaar
Grondwaterstandsmetingen	Minimaal 2x p/mnd	www.dinoloket.nl	Ja	19xx-nu

Databewerking

De grondwaterstandsmetingen worden opgehaald uit DINOloket als tijdseries (csv formaat). Met behulp van een script worden de afgeleide indicatoren hieruit berekend.

- De actuele GLG: per monitoringcyclus berekenen over de afgelopen 8 jaar, zodat het 'data window' verschuift en steeds de meest actuele GLG wordt berekend
- Langjarige GLG: eenmalig berekenen over een lange, vastgestelde periode (bijv. 1981-2010), zodat deze kan dienen als ijkpunt
- De meerjarige trend in de GLG: afwijking van de actuele GLG t.o.v. de langjarige GLG
- De dynamiek in de GLG: verschil tussen hoogste en laagste GLG

- De dynamiek in grondwaterstanden: verschil tussen GHG en GLG / hoogste en laagste waterstand
- Een minimale grondwaterstand (drempelwaarde): onderschrijding van drempelwaarde
- Een maximum aantal dagen dat een vastgezette GLG wordt onderschreden (bij dagelijkse metingen)

Detailniveau

De resulterende grondwaterpuntenkaart heeft aan de ene kant een hoog detailniveau: de grondwaterstanden en afgeleide indicatoren worden per meetpunt weergegeven. Aan de andere kant zeggen de meetpunten iets over een relatief klein gebied rondom het meetpunt, waardoor er effectief niet voor iedere locatie betrouwbare informatie beschikbaar is.

5.3.1.3 Verkenning mogelijkheden

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen voor de ontwikkeling van een monitoringsindicator verder uitgewerkt.

Databeschikbaarheid

Veel grondwatermeetnetten worden lokaal of regionaal beheerd. De bedoeling is dat decentrale overheden hun meetgegevens over de ondergrond ontsluiten via DINOloket, maar dit is (nog) lang niet overal het geval. De verwachting is wel dat dit op termijn makkelijker wordt door het ontsluiten van meer data op basis van de wet BRO die dat verplicht.

Databewerking

Voorstel is vooralsnog om een grondwaterpuntenkaart te maken; indicatoren worden dus per meetpunt berekend. Het is van belang dat de metingen die voor de indicatoren worden gebruikt van goede kwaliteit zijn. In principe ligt deze verantwoordelijkheid bij de decentrale overheden die de metingen uitvoeren, maar het kan van belang zijn om als eerste stap een validatie van de meetseries te doen. Deze validatie houdt in: meetpunten met series van lage kwaliteit eruit filteren (bijvoorbeeld series met grote gaten erin, of met wisselende referentieniveaus), en *outliers* uit de meetseries filteren; dit kan gescript worden. Vervolgens moet voor het berekenen van de GLG op basis van grondwaterstandsmeetseries een (simpel) script worden gemaakt. Voor het berekenen van de afgeleide indicatoren moeten ook scripts worden opgesteld.

5.3.1.4 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 5.6 geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen uit de analyse van de beschikbare data en mogelijke oplossingsrichtingen met betrekking tot indicatoren gebaseerd op grondwater. Aandachtspunten zijn onder andere:

- Grondwatermeetnetten in stedelijk gebied moeten verbeterd en/of beter ontsloten worden
- Hoogwaardige grondwatermetingen zijn noodzakelijk
- Kwaliteit van de metingen moet geborgd worden
- Metingen geven altijd een lokaal beeld

Tabel 5.6 Indicatoren droogte: grondwaterstanden: aandachtspunten en oplossingsrichtingen.

Criteria	Aandachtspunten	Mogelijke oplossingen
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Er is geen sprake van echt landelijke dekking: 1) niet alle meetnetten ontsloten in DINOloket, 2) putten geven heel lokaal beeld. Frequentie: grondwaterstanden dienen regelmatig gemeten te worden (min. 2x p/mnd).	Meetnetten worden op termijn ontsloten via DINOloket (wet BRO). Meten zelf ligt bij verantwoordelijke overheid (bijv. gemeente). Frequentie van circa elke drie jaar lijkt in principe haalbaar. Tijdseries met gaten kunnen eruit gefilterd worden.

Databeschikbaarheid - open data	Grondwaterstandsmetingen worden in principe ontsloten in DINOloket en zijn dan openbaar; ook lokale meetnetten moeten hier in zitten via de BRO, maar in de praktijk is dit nog niet voldoende.	Meetnetten worden op termijn ontsloten via DINOloket (wet BRO).
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Grondwaterstanden reflecteren zowel de invloed van klimaatverandering als van maatregelen en andere effecten.	
Databeschikbaarheid - langetermijnmeetbaarheid / consistentie	De kwaliteit van de data is niet altijd voldoende.	Verbeteren van datavalidatie.
Databewerking - methode	Standaardmethode voor berekening van GLG uit serie grondwaterstandsmetingen.	
Databewerking - uitvoering berekening	GLG dient te worden berekend op basis van standaardmethode.	Uitvoeren berekening.
Detailniveau - lokale maatregelen	Lokale maatregelen zoals extra infiltratie en aangepast peilbeheer zijn zichtbaar in de metingen, maar effecten kunnen ook komen door andere oorzaken zoals bouwprojecten of lekkende riolering.	Interpretatie overlaten aan expert met kennis van de lokale omstandigheden.
Detailniveau - aggregatiemogelijkheden	Puntmetingen op putniveau. Met middelen op straat-/buurt-/wijkniveau gaat detail verloren. Ook wordt bij aggregatie geen rekening gehouden met verschillende lokale omstandigheden.	Puntmetingen op kaart geven veel inzicht.

5.3.1.5 Vervolgstappen en aanbevelingen

In deze paragraaf wordt een grove inschatting gegeven van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen uit Tabel 5.6.

De belangrijkste vervolgstappen zijn:

- Ontsluiten van de grondwatermeetdata in het DINOloket
- Kwaliteitsborging van de meetdata
- Ontwikkelen van de grondwaterpuntenkaart
- Berekenen van de indicatoren
- Ervaring opdoen met het interpreteren en gebruiken van de grondwaterindicatoren

Tabel 5.7 Globale indicatie van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen

Activiteit	Inschatting kosten benodigde werkzaamheden (euro)			Inschatting doorlooptijd (maanden)				Opmerkingen
	<10k	10k-100k	>100k	<3	3-6	6-12	>12	
Opnemen van lokale meetnetten in DINOloket								Uit te voeren door: gemeenten en andere decentrale overheden
Opnemen van kwaliteitscontrole in DINOloket								Uit te voeren door: TNO (beheerder DINOloket) i.s.m. beheerders meetnetten

Ontwikkelen van de grondwaterpuntenkaart						Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij
Bereken van de indicatoren						Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij
Ervaring opdoen met interpreteren en gebruiken van de grondwaterindicatoren						Uit te voeren door: gemeenten i.s.m. een kennisinstelling

5.3.2 NDVI

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) is een variabele waarmee de conditie van vegetatie inzichtelijk gemaakt wordt, en is daarmee een relevante indicator voor alle gebieden met gemeentelijk groen. Optische en nabij-infrarood satellietbeelden geven de hoeveelheid zichtbaar rood licht (*Red*) en de hoeveelheid nabij-infrarood licht (*'near infrared'*, *NIR*) weer. De NDVI wordt berekend op basis van de verhouding tussen Red en NIR:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

De NDVI is een factor van -1 tot 1 die iets zegt over de conditie van het groen (>0,2 = levende vegetatie, 1 = optimaal). De beschikbaarheid van water voor de vegetatie is van grote invloed op de NDVI, en daarmee vormt NDVI een indicator voor droogte. Daarnaast wordt de NDVI ook beïnvloed door andere factoren die de groei van planten verstoren, zoals ziektes of een té natte bodem, en is daarmee niet een-op-een aan droogte te koppelen. De NDVI heeft daardoor meer een signaleringsfunctie dan een indicatorfunctie. Voor deze indicator geldt net als bij de GLG dat de indicatoren altijd door mensen met kennis van de lokale situatie geduid moeten worden.

5.3.2.1 Introductie landelijke NDVI-kaarten

Landelijke NDVI-kaarten kunnen worden gebruikt om verschillende indicatoren van af te leiden:

- Beschrijvende indicatoren die inzicht geven:
 - De gemiddelde NDVI over het zomerseizoen
 - De gemiddelde NDVI per maand
 - De langjarige trend in NDVI over zomerseizoen
- Meer specifieke/maatgevende indicatoren:
 - Een maximum aantal dagen dat de NDVI onder een vastgestelde drempelwaarde komt per buurt/wijk/gemeente (drempelwaarde: bijv. een vaste waarde zoals 0,7, of het langjarige gemiddelde per maand)
 - Een maximale afwijking van de NDVI t.o.v. een vastgestelde drempelwaarde per buurt/wijk/gemeente
 - Een maximum oppervlak per buurt/wijk/gemeente waarop de NDVI onder een vastgestelde drempelwaarde komt

Om deze indicatoren te kunnen berekenen, is het van belang om de NDVI regelmatig te berekenen. NDVI wordt ook vaak gebruikt om de aanwezigheid van vegetatie vast te stellen en de eventuele ontwikkeling ervan over de jaren heen (ruimtelijke inrichting). In dat geval is een momentopname (één keer per jaar in het zomerseizoen) genoeg. Bij monitoring daarentegen gaat het om de conditie van het groen (droogte). Een momentopname is niet genoeg, het gaat om de ontwikkeling of een gemiddelde waarde over het droge seizoen.

5.3.2.2 Analyse uitgangssituatie

De uitgangssituatie voor de landelijke NDVI-kaart is geanalyseerd. Voor de criteria databeschikbaarheid, databewerking en detailniveau wordt in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk zijn om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Databeschikbaarheid

Om iets te kunnen zeggen over de conditie van het groen gedurende het (droge) seizoen, zijn bronbestanden nodig die vaker dan eens per jaar beschikbaar zijn. Een momentopname van eens per jaar zegt immers alleen iets over de conditie van groen op dat moment, maar niets over de conditie gedurende het seizoen – en het zou bijvoorbeeld kunnen dat droogte pas in de tweede helft van de zomer een probleem wordt en voor waterstress zorgt bij vegetatie.

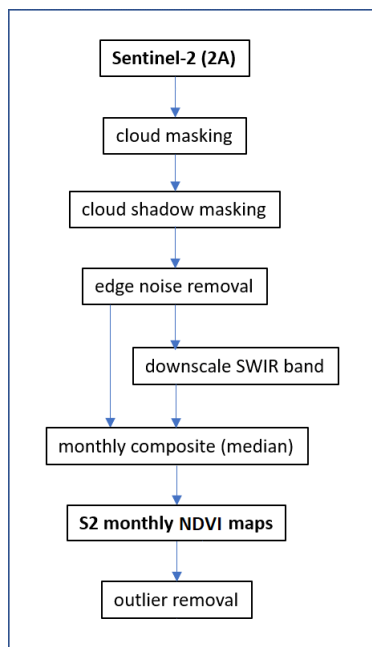
Er zijn verschillende databronnen beschikbaar voor Nederland met zichtbaar en infrarood licht:

- PDOK: via [PDOK](#) worden eens per jaar een luchtfoto en nabij-infrarood-foto van hoge resolutie beschikbaar gemaakt. De data zijn vrij beschikbaar en de resolutie is hoog (25 cm), alleen de frequentie van eens per jaar maakt deze bron ongeschikt.
- Satellietdataportaal: via het [Satellietdataportaal](#) van NSO (Netherlands Space Office) worden verschillende satellietdata beschikbaar gemaakt. Dit zijn data van commerciële bronnen die met geld van de Nederlandse overheid worden ingekocht om publiek beschikbaar te maken. De data komen van verschillende aanbieders, en daarvoor gelden ook verschillende contracten met een verschillende duur. Op dit moment zijn data van de SuperView-satelliet het meest actueel en geschikt: deze biedt optische en nabij-infrarood-data aan op een resolutie van 2 m. Via het Satellietdataportaal wordt iedere zes weken een landsdekkende opname beschikbaar gemaakt op basis van de SuperView-data (ruwe data is vaak met hogere frequentie maar ook grote gaten beschikbaar (variabel interval)).
Het huidige contract met SuperView loopt vooralsnog van 2019 t/m 2022, en wellicht ook daarna, maar dat is nog onzeker, dus de continuïteit van deze data is daarmee niet gegarandeerd. Dat maakt deze databron minder geschikt voor onze toepassing van continue monitoring.
- Google Earth Engine: [Google Earth Engine](#) (GEE) is een platform van Google dat wereldwijd openbare satellietdata beschikbaar maakt, in combinatie met een scripting interface (*code editor*) waarmee de data bewerkt kunnen worden 'in de cloud', waarna het berekende resultaat gedownload kan worden (zonder de onderliggende ruwe data te hoeven downloaden). Een van de databronnen die beschikbaar is in GEE is Sentinel-2. [Sentinel-2](#) is onderdeel van ESA's Copernicus-programma en is openbare data. De satelliet komt iedere 2-3 dagen over. De beelden moeten wel gefilterd worden op wolken, schaduwen, etc., dus de uiteindelijke frequentie van de beschikbare beelden zal minder zijn. De Sentinel-2 satellietbeelden hebben een resolutie van 10 m in het zichtbare en nabij-infrarode spectrum, wat redelijk gedetailleerd is, maar minder gedetailleerd dan de andere bovenstaande bronnen, en aan de lage kant om kleine stukken stedelijk groen te detecteren en dus te monitoren (bijv. individuele bomen).

Gegeven de beschikbaarheid en de limitaties van de drie databronnen, lijken de Sentinel-2 data toch het meest geschikt om NDVI-indicatoren mee af te leiden, door de hoge frequentie, publieke beschikbaarheid en continuïteit, en ook het gemak van databewerking in de cloud via het GEE platform. Nadeel is de wat lagere resolutie, maar dit vormt geen belemmering voor monitoring van het grootste deel van het stedelijke groen.

Databewerking

Voorstel is om de satellietbeelden te benaderen via Google Earth Engine, een dataplatform van Google waarin veel open datasets beschikbaar zijn en dat een interface heeft om berekeningen op die data uit te voeren in de cloud, waarna de resulterende uitgerekende producten gedownload kunnen worden. Het berekenen van NDVI uit Sentinel-2 data is vaker gedaan (o.a. door Deltares), en daar bestaan scripts voor in Google Earth Engine. De stappen van de workflow in grote lijnen worden weergegeven in Figuur 5-5. De verdere stappen om te komen tot een indicator voor Nederlandse gemeenten worden in de volgende paragraaf beschreven.



Figuur 5-5 Stroomschema met stappen om NDVI-kaarten te berekenen op basis van Sentinel-2 data

NB. Ook de [Gemeentelijk Groen Monitoring Service](#) van WENR hanteert een methode voor de berekening van de NDVI voor gemeenten, zo mogelijk ook geaggregeerd naar wijk- of buurtniveau. Deze service en dataproducten en eventueel gebruikte scripts zijn echter niet openbaar beschikbaar. Bovendien is de service meer gericht op jaarlijkse monitoring van de aanwezigheid van groen dan op de conditie van groen, maar de methode zou daarvoor in principe wel gebruikt kunnen worden als vaker zou worden geüpdatet.

Detailniveau

De redelijk hoge resolutie van de Sentinel-2 brondata van 10 x 10 m maakt aggregatie mogelijk op straat-, buurt- en wijkniveau. De resolutie is echter net te laag om kleine stukjes (stedelijk) groen mee te nemen, zoals individuele bomen.

5.3.2.3 Verkenning mogelijkheden

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen voor de ontwikkeling van een monitoringsindicator verder uitgewerkt.

Databeschikbaarheid

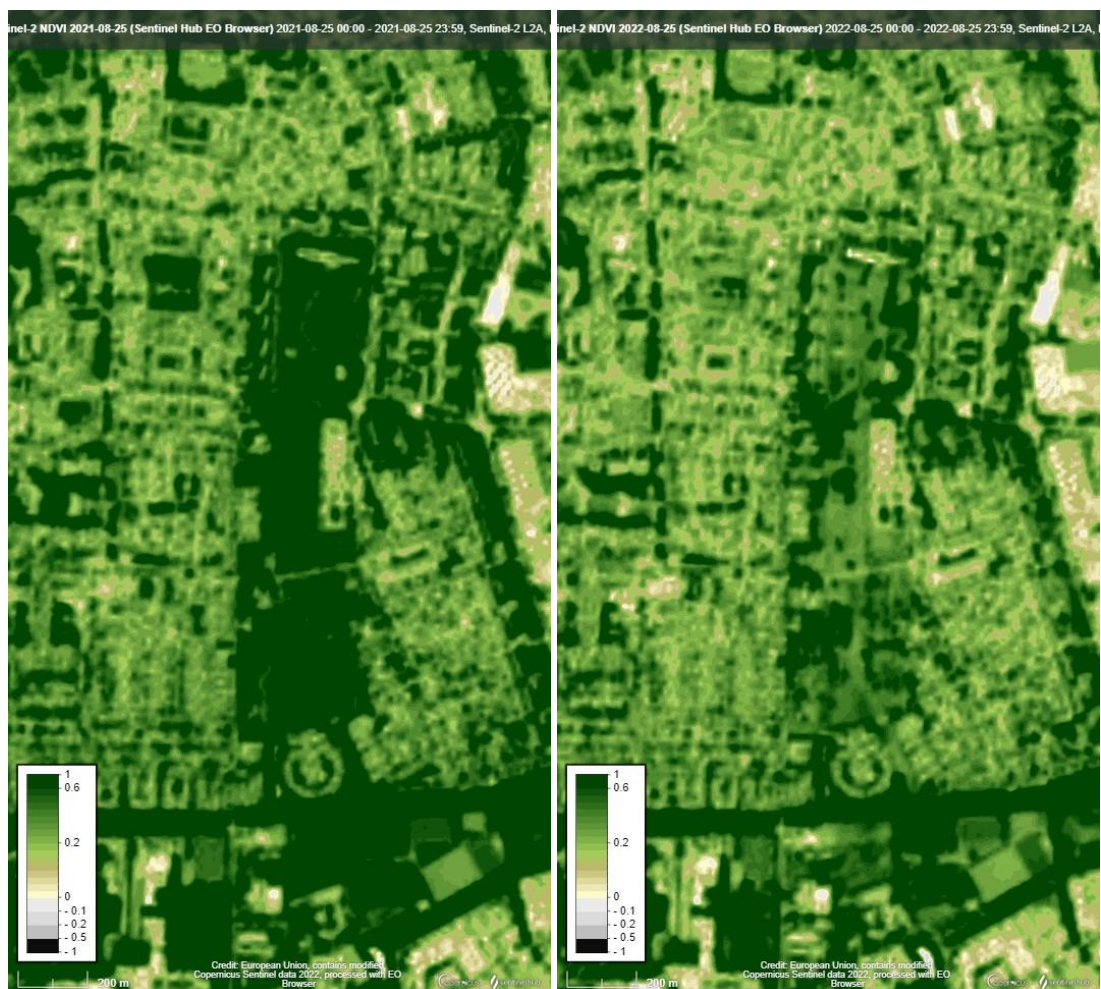
De databeschikbaarheid van de Sentinel-2 data is goed: sinds 2016 (zomer: 2017) zijn optische (rood) en nabij-infrarood satellietbeelden beschikbaar, die nodig zijn om de NDVI-kaarten te maken.

De satelliet komt iedere 2-3 dagen over, maar daar zitten ook veel beelden tussen met wolken; na het filteren op wolken blijven er minder beelden over, maar nog steeds meerdere per maand of zelfs per week (het is bovendien mogelijk om composietbeelden te maken van de wolkvrije gebieden van verschillende bronbeelden). De verwachting is dat de frequentie gehandhaafd blijft en de data publiek beschikbaar blijven.

Databewerking

De Sentinel-2 beelden worden verwerkt tot NDVI-kaarten op basis van de stappen in het stroomschema uit Figuur 5-5. Dit wordt uitgevoerd met Python scripts in de scripting interface van Google Earth Engine. Voorstel is om op deze manier per zomerseizoen (april t/m september) een NDVI-kaart te berekenen voor ieder wolkvrije beeld, om op basis daarvan een gemiddelde NDVI-kaart per maand te berekenen, en de daarvan afgeleide indicatoren.

Figuur 5-6 toont twee voorbeelden van NDVI-kaarten voor een deel van de wijk Apeldoorn Zuid, met in het midden het Zuiderpark, voor dezelfde datum in twee opeenvolgende jaren: 25 augustus 2021 en 25 augustus 2022. Er is een groot verschil te zien tussen de NDVI voor de relatief natte zomer van 2021 en de droge zomer van 2022: er zijn veel meer plekken waar de NDVI 1 of dichtbij 1 is (donkergroen) voor de zomer van 2021, en veel minder voor de zomer van 2022. Dit is goed te zien aan het Zuiderpark, maar ook aan andere stukjes groen in de wijk.



Figuur 5-6 Twee voorbeelden van NDVI-kaarten voor een deel van Apeldoorn, met in het midden het Zuiderpark, voor 25 augustus 2021 (links) en voor 25 augustus 2022 (rechts) (bron: [Sentinel Hub EO Browser](#))

Bij het berekenen van de indicatoren op verschillende aggregatieniveaus kan het van belang zijn om agrarisch gebied buiten beschouwing te laten in de berekening, omdat dat vaak intensief beregend wordt. Indien nodig kan dat worden gemaskeerd op basis van landgebruik (bijv. uit de BGT). Ook zou het interessant kunnen zijn om een onderscheid te maken tussen publiek en privaat terrein; ook dit zou meegenomen kunnen worden op basis van BGT-data.

5.3.2.4 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 5.8 geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen en aandachtspunten uit de analyse van de beschikbare data en mogelijke oplossingsrichtingen met betrekking tot indicatoren gebaseerd op NDVI.

Tabel 5.8 Indicatoren droogte: NDVI: aandachtspunten en oplossingsrichtingen.

Criteria	Aandachtspunten	Mogelijke oplossingen
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Sentinel-2 data is landsdekkend en wordt frequent geüpdatet.	
Databeschikbaarheid - open data	Sentinel-2 data is open data.	
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Bij ieder satellietbeeld wordt de actuele staat van de vegetatie gemeten; effecten van klimaatverandering zitten hier dus ook in.	
Databeschikbaarheid - langetermijnmeetbaarheid / consistentie	Er is een afhankelijkheid van Sentinel-2 en GEE.	Alternatieven zoeken als deze opties verdwijnen.
Databewerking - methode	Satellietdata verwerken en NDVI berekenen op basis van gevalideerde methode. Verwerking tot indicatoren moet nog getest worden.	Testen verwerking van NDVI-kaart tot indicatoren.
Databewerking - uitvoering berekening	Uitvoeren berekening via Google Earth Engine.	
Detailniveau - lokale maatregelen	Het effect van maatregelen wordt meegenomen doordat steeds de actuele groenconditie wordt gemeten.	
Detailniveau - aggregatie-mogelijkheden	Resolutie van 10x10 m is goed voor aggregatie naar straat-/wijk-/buurniveau.	

5.3.2.5 Vervolgstappen en aanbevelingen

In deze paragraaf wordt een grove inschatting gegeven van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen uit Tabel 5.8. De belangrijkste vervolgstappen zijn:

- Automatiseren van het berekenen van de NDVI
- Automatiseren van de berekening van de indicatoren op basis van de NDVI
- Ervaring opdoen met het interpreteren en gebruiken van de NDVI-indicatoren

Tabel 5.9 Globale indicatie van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen

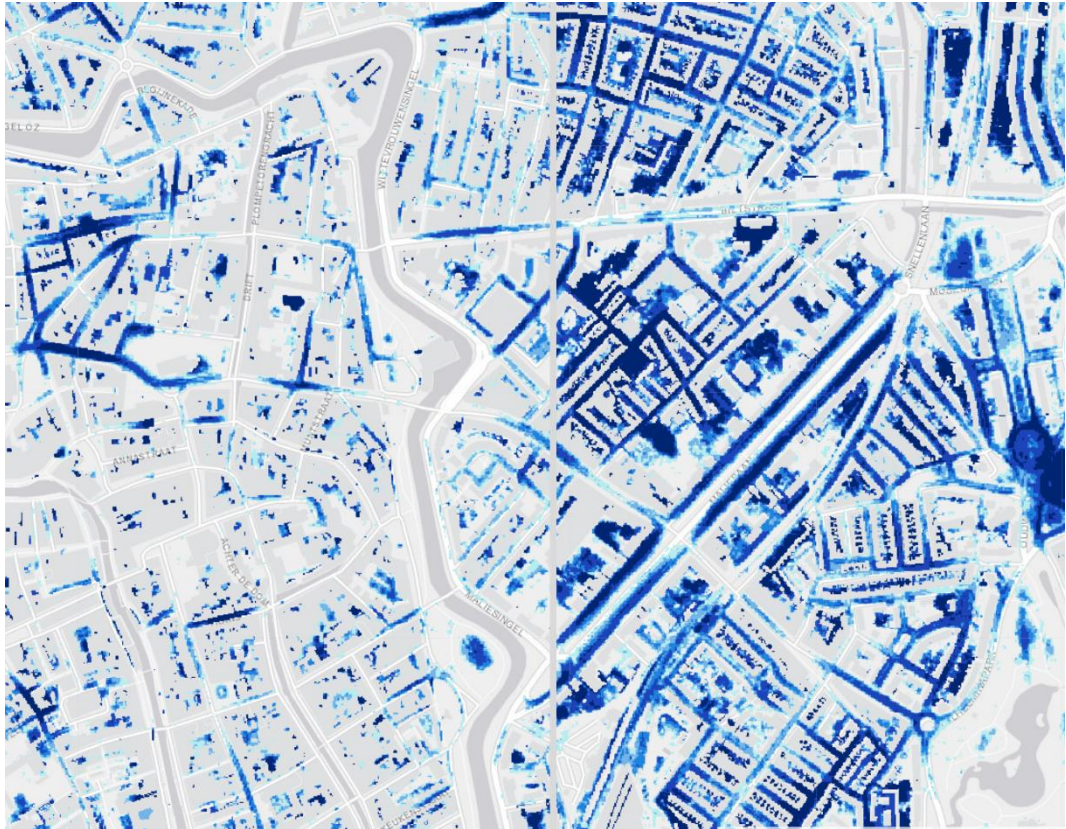
Activiteit	Inschatting kosten benodigde werkzaamheden (euro)			Inschatting doorlooptijd (maanden)				Opmerkingen
	<10k	10k-100k	>100k	<3	3-6	6-12	>12	
Automatiseren van de berekening van de NDVI								Uit te voeren door: een kennisinstelling
Automatiseren van de berekening van de indicatoren o.b.v. NDVI								Uit te voeren door: een kennisinstelling
Ervaring opdoen met het interpreteren en gebruiken van de NDVI-indicatoren								Uit te voeren door: gemeenten i.s.m. een kennisinstelling

5.4 Indicator voor wateroverlast

De kans op wateroverlast in stedelijk gebied als gevolg van neerslag is afhankelijk van zowel de beschikbare onder- als bovengrondse berging- en afvoercapaciteit van het stedelijke watersysteem. Als de capaciteit van het stedelijke watersysteem ontoereikend is kan er overlast ontstaan. De mate van overlast is afhankelijk van de waterdiepte, de duur en de locatie. Dit wordt weergegeven op wateroverlastkaarten. In deze paragraaf worden eerst de mogelijkheden en beperkingen beschreven van het gebruik van landelijke waterdieptekaarten bij intense neerslag. Vervolgens worden de mogelijkheden en beperkingen beschreven van het gebruik van de lokale stresstesten. Daarna wordt beschreven welke inspanning noodzakelijk is om de lokale stresstesten voor monitoring te kunnen gebruiken. Ten slotte zijn de aandachtspunten samengevat in een tabel.

5.4.1 Introductie landelijke waterdieptekaarten bij intense neerslag

De landelijke waterdieptekaarten bij intense neerslag zijn in 2018 ontwikkeld en in de Klimateffectatlas opgenomen. De kaarten (zie Figuur 5-7) tonen de maximale waterdiepte voor het stedelijke gebied en het landelijke gebied, voor twee extreme buien: 70 mm neerslag in 2 uur en 140 mm neerslag in 2 uur. Deze buien komen in het huidige klimaat op een bepaalde locatie gemiddeld eens per 100 jaar respectievelijk eens per 1000 jaar voor. Door klimaatverandering is het, in het worstcasescenario van het KNMI, mogelijk dat in 2050 deze buien dubbel zo vaak optreden. De landelijke waterdieptekaarten tonen de resultaten van computersimulaties en geeft een indicatie van de maximale waterdiepte die op een bepaalde plek kan optreden als gevolg van hevige neerslag. De kaarten geven een landsdekkend beeld. De kaarten zijn ontwikkeld door Deltares in het kader van de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (<https://www.klimateffectatlas.nl/nl/waterdiepte-bij-kortdurende-hevige-neerslag>).



Figuur 5-7 De waterdiepte kaarten bij intense neerslag (links: 1:100 jaar 70 mm / rechts 1:1000 jaar 140 mm)

De uitkomsten van een wateroverlastkaart of stresstest zijn op zichzelf nog geen indicator voor klimaatbestendigheid maar kunnen wel gebruikt worden als basis voor indicatoren. De standaardisatie van de uitkomsten van de impactberekeningen moet hier goed op worden afgestemd. Mogelijke indicatoren zijn:

- Geen wateroverlast in woningen bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- Percentage woningen met een risico op wateroverlast bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- De gemiddelde kans op wateroverlast in een woning (af te leiden uit de resultaten van meerdere (composiet-)buien)
- Geen wateroverlast in gebouwen (anders dan woningen) bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- Percentage gebouwen (anders dan woningen) met een risico op wateroverlast bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- De gemiddelde kans op wateroverlast in een gebouw (anders dan woningen) (af te leiden uit de resultaten van meerdere composietbuien)
- Geen uitval van hoofdwegen bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- Percentage (hoofd-)wegen dat uitvalt door wateroverlast bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd
- De gemiddelde kans op uitval van een deel van het (hoofd-)wegennet als gevolg van wateroverlast (af te leiden uit de resultaten van meerdere composietbuien)

Voor het wegennet zijn ook meer complexe indicatoren te gebruiken, zoals verwachte benodigde extra reistijd, percentage woningen die niet binnen een bepaalde tijd door hulpdiensten bereikt kunnen worden, percentage wijken/buurtten waar extra reisafstand groter is dan een bepaald aantal kilometers.

De berekening van deze indicatoren vraagt echter om extra modellen en data, daarom worden ze buiten beschouwing gelaten. Indien gewenst kunnen deze indicatoren op lokaal niveau worden toegevoegd.

5.4.2 Analyse uitgangssituatie landelijke waterdiepte kaarten bij intense neerslag

De uitgangssituatie voor de waterdiepte kaarten bij intense neerslag is geanalyseerd. De belangrijkste beperkingen zijn de databeschikbaarheid en het detailniveau. Voor deze criteria is in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk zijn om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Databeschikbaarheid

In de onderstaande tabel is weergegeven welke data gebruikt is voor het opbouwen van het model waarmee de landelijke waterdiepte kaarten zijn gemaakt. De tabel laat zien dat voor zover bekend open data is gebruikt, maar wel uit verschillende periodes.

Tabel 5.10 Inputbestanden voor de wateroverlastkaarten

Kaart	Resolutie (m)	Bron	Open data?	Bronjaar
AHN2 object- en maaiveldhoogte	0,5	www.ahn.nl	ja	2007-2012
Grondsoortenkaart	onbekend	onbekend	onbekend	
Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)	adres	www.pdok.nl	ja	2018, update-frequentie kwartaal
Basisregistratie Topografie (BRT)	verschillende schaalniveaus (schaal: 1:10.000 tot 1:1.000.000)	www.pdok.nl	ja	2018, update-frequentie kwartaal

Detailniveau

De simulaties zijn uitgevoerd met het 'Rainfall overlay' model van Tygron. De belangrijkste modelkeuzes zijn¹:

- 1 Ruimtelijke resolutie van de gridcellen: er is gerekend met 2 x 2 m cellen op basis van het Actueel Hoogtebestand van Nederland 2 (AHN2).
- 2 Interactie met oppervlaktewatersystemen: aanname is dat de bergings- en afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem voor, tijdens en vlak na de bui voldoende is om niet elders vanuit het oppervlaktewatersysteem tot grote problemen te leiden. (Deze aanname geeft in veel gevallen een te rooskleurig beeld. Het effect van een belangrijk deel van maatregelen valt hierdoor weg.)
- 3 Interactie met rioolstelsel: er is gerekend met een referentiestelsel: een uniforme rioolbergings- en afvoercapaciteit van max. 20 mm/uur, waarbij aangenomen wordt dat de verharde buitenruimte hierop optimaal is aangesloten.
- 4 Invloed van de simulatietijd: overstroming door intense neerslag en de gevolgen daarvan worden gesimuleerd voor een periode van maximaal 6 uur.
- 5 Omvang van het neerslaggebied: gekozen is om een uniforme bui van 2 uur te simuleren die over het hele modelgebied van maximaal 10 x 10 km valt.
- 6 Infiltratie en bodemruwheid: de waarden voor infiltratie en bodemruwheid zijn gebaseerd op openbare bronnen, zoals de basisregistraties Topografie (BRT) en Adressen en Gebouwen (BAG) en een sterk vereenvoudigde grondsoortenkaart.

¹ Deltares, 2018. Overstromingsrisico's door intense neerslag – Ten behoeve van de voorlopige risicobeoordeling ikv EU-Richtlijn Overstromingsrisico's.

De belangrijkste beperkingen in het detailniveau zijn dat de stedelijke waterinfrastructuur niet wordt meegenomen en vereenvoudigd is tot een vaste verwerkingscapaciteit van 20 mm/u, en de aanname dat het oppervlaktewatersysteem voldoende capaciteit heeft.

Voor een eerste beeld kan dit voldoende zijn, maar om te monitoren en de gevolgen van aanpassingen aan de stedelijke waterinfrastructuur zichtbaar te maken, moeten deze meegenomen worden in de modellen. Een uitdaging hierbij is dat deze data niet centraal landelijk beschikbaar zijn.

5.4.3 **Introductie lokale waterdieptekaarten**

Waterdieptekaarten bij intense neerslag worden vaak ontwikkeld in het kader van een stresstest. Deze stresstesten moeten elk ca 6 jaar worden uitgevoerd door overheden, waaronder de gemeenten. Voor het uitvoeren van de stresstesten is een standaard opgesteld. De meest recente versie is de 'Standaarden voor de stresstest wateroverlast' (herzien o.b.v. nieuwe neerslagstatistiek 2019) uit april 2020².

Databewerking

De standaard voor de stresstest wateroverlast richt zich op 4 aspecten:

- 1 Neerslaggebeurtenissen
- 2 Basisgegevens
- 3 Uitgangspunten simulatie waterdiepten
- 4 Uitvoer en kwetsbaarheid (blootstelling)

De standaard geeft minimumeisen aan en sluit aan bij de berekeningsmethodiek uit de kennisbank stedelijk water van Rioned. Bij de standaarden ligt de nadruk op de deelsystemen maaiveld, riolering en het oppervlaktewater. De doelstelling van de standaarden voor de stresstest is tweeledig:

- Het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de leefomgeving voor wateroverlast, droogte, hitte en de gevolgen van overstromingen;
- Het vergroten van de vergelijkbaarheid van de kwetsbaarheid tussen gebieden.

In de praktijk blijkt dat het tweede doel, het vergroten van de vergelijkbaarheid tussen gebieden, nog niet wordt gehaald omdat de standaard minimumeisen hanteert. De keuzevrijheid heeft er toe geleid dat de kwaliteit van de stresstesten van plaats tot plaats verschilt. De vier aspecten uit de stresstesten worden hieronder kort besproken.

5.4.4 **Analyse uitgangssituatie lokale waterdieptekaarten**

De uitgangssituatie voor de lokale waterdieptekaarten is geanalyseerd. De belangrijkste beperkingen zijn databeschikbaarheid en databewerking. Voor deze criteria is in beeld gebracht waar data-aanpassingen noodzakelijk zijn om tot een geschikte monitoringsindicator te komen.

Databeschikbaarheid – Basisgegevens (data stedelijk watersysteem)

De meeste gemeenten beschikken over een beheerdatabase met daarin onder andere de objecten van de riolering (putten, leidingen, kunstwerken, etc.). Voor het uitwisselen van deze gegevens bestaat een standaard dataformat (GWSW-hydx). De meeste gemeenten gebruiken de BGT voor het bepalen van het afvoerend oppervlak en sommige gemeenten gebruiken hiervoor de [BGT inlooptabel](#) waarmee gemeenten kunnen aangeven op welk systeem het afvoerend oppervlak afwatert.

² https://klimaatadaptatienederland.nl/publish/pages/156667/200407_notitie_standaarden_stresstest_wateroverlast_-_statistiek_2019.pdf

Het up-to-date houden van de beheerdata bases is een taak van de gemeente en wordt geborgd in de verbrede gemeentelijke rioleringsplannen van de gemeenten. Deze beheerbestanden zijn (bijna) nooit 100% actueel maar bieden over het algemeen een goede basis voor het uitvoeren van een berekening van de riolering.

Het regionale watersysteem is in beheer bij het waterschap en het stedelijk oppervlaktewater is in beheer bij de gemeente of het waterschap. Deze data zouden in principe ook opgeslagen moeten zijn in een beheerdatabase maar dit is niet altijd en overal het geval. In de praktijk blijken de gegevens van het watersysteem niet altijd volledig en/of voldoende betrouwbaar aanwezig. Dit geldt met name voor de kleinere watergangen (B- en C-watergangen). Dit bemoeilijkt de modellering van het (stedelijk) watersysteem.

Databewerking – Methode, Neerslaggebeurtenissen

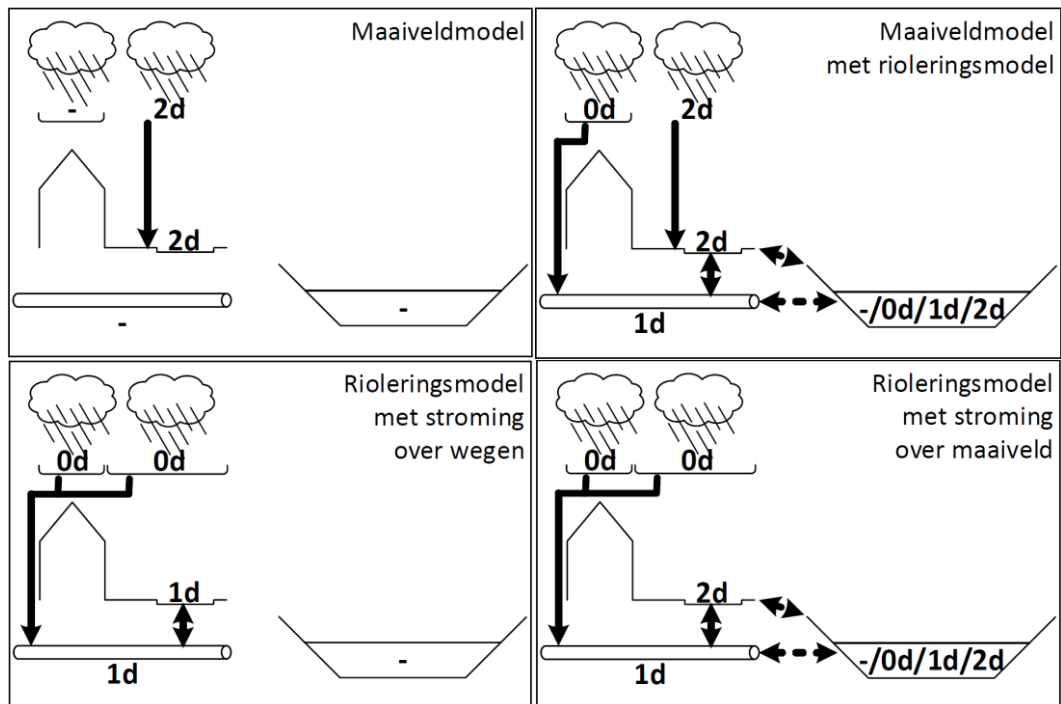
In de standaard wordt voorgeschreven om gebruik te maken van blokbuien of werkelijk opgetreden neerslaggebeurtenissen. In het stedelijk watersysteem worden steeds meer verschillende typen maatregelen genomen om de kans op wateroverlast te beperken. Het type neerslaggebeurtenis moet afgestemd worden op de kenmerken van het watersysteem (bergings- en afvoercapaciteit). Voor sommige watersystemen zijn piekintensiteiten maatgevend en voor andere buivolumes.

In 2020 heeft Rioned composietbuien gepubliceerd voor herhalingsstijden van 0,5 tot 100 jaar. Deze kunnen mogelijk als aanvulling op de blokbuien of als vervanging van de blokbuien gebruikt worden. Het voordeel van het gebruik van composietbuien is dat de herhalingsstijd van de composietbui beter aansluit bij systemen met verschillende bergings- en afvoercapaciteiten (omdat er zowel hoge intensiteiten in zitten als grote volumes) dan blokbuien.

Databewerking – Methode, Uitgangspunten simulatie waterdiepten

De kennisbank Stedelijk Water onderscheidt negen modeltypen voor het modelleren van het stedelijk watersysteem. Vier van deze modellen kunnen gebruikt worden voor het uitvoeren van een stresstest (zie Figuur 5-8):

- Rioleringsmodel met stroming over wegen
- Rioleringsmodel met stroming over maaiveld
- Maaiveldmodel
- Maaiveldmodel met rioleringsmodel



Figuur 5-8 De vier modelconcepten voor het uitvoeren van stresstesten

Het rioleringsmodel met stroming over wegen wordt in de praktijk weinig tot niet gebruikt. Het maaiveldmodel is een veel gebruikt model voor het uitvoeren van de stresstesten. Als gebruik gemaakt wordt van ofwel een rioleringsmodel met stroming over maaiveld, ofwel een maaiveldmodel met rioleringsmodel, kan het functioneren van het gehele stedelijke watersysteem (inclusief de getroffen maatregelen) in detail worden geanalyseerd.

Databewerking – Methode, Uitvoer en kwetsbaarheid (blootstelling)

Met de eerste drie onderwerpen uit de standaard (Neerslaggebeurtenissen, Basisgegevens, Uitgangspunten simulatie waterdiepten) is de afgelopen jaren al veel ervaring op gedaan. Het vierde Uitvoer en kwetsbaarheid (blootstelling) is nog minder ver ontwikkeld in de praktijk. Hier is in de afgelopen jaren wel door verschillende partijen mee geëxperimenteerd.

Voor de gegevens met betrekking tot waterstanden, volumes en duur geeft de kennisbank stedelijk water wel een aantal suggesties. De doorvertaling naar de impact wordt nog op verschillende manieren gedaan. De standaard stresstesten onderscheidt twee benaderingen:

- Waterdiepten in de ruimte (systeembenadering)
- Waterdiepten in relatie tot functies en objecten (objectbenadering)

De blootstelling kan worden uitgedrukt in:

- Geraakte gebouwen (water tegen de gevel), bijvoorbeeld door kleurcode in kaart
- Water tegen de ingang van ondergrondse bouwconstructies (o.a. parkeergarages, metrostations/-buizen)
- Waterdiepte op wegen, spoorwegen, tramlijnen, tunnels, e.d.
- Waterdiepte en oppervlak ter plaatse van specifieke (agrarische) grondgebruiksfuncties
- Waterdiepte ter plaatse van specifieke objecten.

Bij het bepalen van de blootstelling moeten nog veel keuzes worden gemaakt (vanaf welke waterdiepte, vanaf welk plasoppervlak, welke duur, etc.). Hiervoor bestaat nog geen uniforme werkwijze en nog geen uniform uitwisselingsformaat.

5.4.5 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 5.11 geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen uit de analyse van de beschikbare data en mogelijke oplossingsrichtingen van het gebruik van nationale waterdieptekaarten.

Tabel 5.11 Indicatoren wateroverlast nationaal: aandachtspunten en oplossingsrichtingen.

Criteria	Aandachtspunten	Mogelijke oplossingen
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Inputbronnen (AHN, watergangen, etc.) dienen een kortere periode te beslaan om uitspraken voor een bepaald moment mogelijk te maken en een trend in de tijd inzichtelijk te maken	Aanpak updaten zodat bronnen (ongeveer) hetzelfde jaar beslaan. Indien niet mogelijk voor bepaalde bronnen, zoeken naar vervangende bronnen. Frequentie van circa elke drie jaar lijkt haalbaar
Databeschikbaarheid - open data	Er is gebruik gemaakt van centraal beschikbare open data	
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Door aan te sluiten bij de bijsluiters stresstest en vaste herhalingstijden (bijv. 1:100 jaar event) aan te houden, kan opgetreden klimaatverandering worden verwerkt	
Databeschikbaarheid - langetermijnmeetbaarheid / consistentie	Modelconcepten kunnen veranderen	Kies een indicator en accepteer dat de waarde beïnvloed wordt door het modelconcept.
Databewerking - methode	Classificatie infiltratiecapaciteit op basis van grondsoort en ruwheid op basis van bodemgebruik	
Databewerking - uitvoering berekening	Geen publiek script beschikbaar. Kaart dient te worden berekend	Uit laten voeren berekening
Detailniveau - lokale maatregelen	Lokale maatregelen zoals riolering werken niet door in de landelijke waterdieptekaart bij intense neerslag	Gebruikmaken lokale waterdieptekaarten
Detailniveau - aggregatie-mogelijkheden	Straten/buurt/wijken. Effecten van lokale maatregelen worden echter niet meegenomen	Gebruikmaken lokale waterdieptekaarten

De lokale waterdieptekaarten kunnen mogelijk aanvullend op of in plaats van de landelijke waterdieptekaart worden gebruikt.

Tabel 5.12 geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen uit de analyse van de mogelijkheden en beperking van het gebruik van lokale waterdieptekaarten.

Tabel 5.12 Indicatoren wateroverlast (lokaal): aandachtspunten en oplossingsrichtingen.

Criteria	Aandachtspunten	Oplossing
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	AHN heeft een doorlooptijd van drie jaar. Gemeentelijke beheerdata bases worden jaarlijks tot continue geactualiseerd. BGT wordt continu geactualiseerd. Kwaliteit beheerdatabase oppervlaktewater in stedelijk gebied is minder.	Frequentie van circa elke 6 jaar lijkt haalbaar als aangesloten wordt bij de frequentie van de voorgeschreven stresstest.
Databeschikbaarheid - open data	Beheerdata bases worden beheerd door gemeenten en waterschappen. Overige data is open.	Gemeenten en waterschappen gezamenlijk stresstesten laten uitvoeren.
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Door aan te sluiten bij de bijsluiters stresstest en vaste herhalingstijden (bv composietbuien) aan te houden kan opgetreden klimaatverandering worden verwerkt.	
Databewerking - methode	Voor berekeningen is een minimum gedefinieerd in de standaard stresstest. Voor modellering bestaan duidelijke richtlijnen. Voor impactmodellering ontbreekt duidelijke richtlijn.	Aanscherpen van het minimum van de stresstest (updaten bijsluiters). Opstellen richtlijn impactmodellering met standaard uitvoer.
Databewerking - uitvoering berekening	Geen publiek script beschikbaar. Kaart dient te worden berekend.	Uit laten voeren berekening door gemeenten en waterschappen. Uitvoer standaardiseren.
Detailniveau - lokale maatregelen	Lokale maatregelen zoals rioleringswerken worden meegenomen.	
Detailniveau - aggregatiemogelijkheden	Pand, straat, buurt, wijk, gemeente	

5.4.6 Vervolgstappen en aanbevelingen

De bestaande stresstesten zouden uitgebreid kunnen worden met een gedetailleerdere stresstest die gebruikt kan worden om de klimaatbestendigheid te monitoren. Decentrale overheden hebben dan de keuze tussen het uitvoeren van een “basis-stresstest” of een “monitorbare stresstest”. Om te komen tot een gestandaardiseerde monitorbare stresstest zijn de volgende activiteiten noodzakelijk:

- Aanscherpen minimumeisen uit de standaard:
 - Strikter voorschrijven modelconcepten en niet langer gebruikmaken van alleen een maaiveldmodel
 - Toepassing composietbuien
- Uitwerken handleiding van het onderdeel uitvoer en kwetsbaarheid (blootstelling):
 - Verder uitwerken van de toe te passen methodiek
 - Opstellen standaard voor de modeluitvoer

Tabel 5.13 Globale indicatie van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen

Activiteit	Inschatting kosten benodigde werkzaamheden (euro)			Inschatting doorlooptijd (maanden)				Opmerkingen
	<10k	10k-100k	>100k	<3	3-6	6-12	>12	
Strikter voorschrijven modelconcepten								Uit te voeren door: kennisinstellingen + adviesbureaus
Toepassing composietbuizen								Uit te voeren door: adviesbureaus in opdracht van gemeenten en waterschappen
Verder uitwerken van de toe te passen methodiek								Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij
Opstellen standaard voor de modeluitvoer								
Berekenen van de indicatoren								

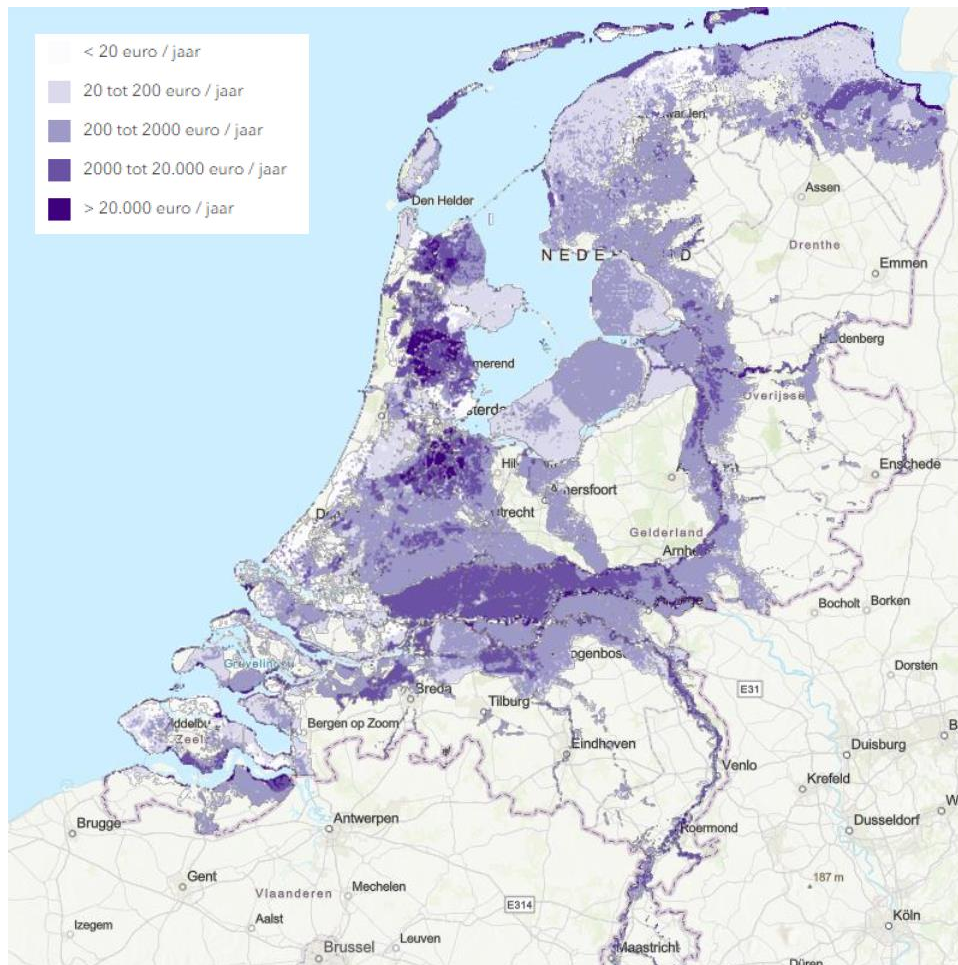
5.4.7 Modelontwikkelingen

Modellen zijn nog steeds volop in ontwikkeling en zullen ook in de komende jaren doorontwikkeld worden. Dit heeft invloed op de modelresultaten en op de waarde van een indicator. Het advies is om indicatoren te kiezen en te accepteren dat de waarde beïnvloed kan worden door het modelconcept. Bijvoorbeeld de kans op wateroverlast in woningen kan berekend worden met de huidige modellen op basis van de kans van voorkomen van een bepaalde bui (event). De werkelijke kans op wateroverlast wordt ook bepaald door de onderhoudstoestand van het watersysteem, de kans op falen van specifieke onderdelen van het systeem en tal van andere factoren. De kans op een bepaald gebeurtenis (wateroverlast) is dus anders dan de kans op een bepaald event (bui). In de (nabije) toekomst zal er meer gerekend gaan worden met gebeurtenissen dan met events. Voor beide is de indicator “kans op wateroverlast in woningen” te bepalen, maar de waarde zal verschillen.

5.5 Indicator voor overstromingen

In deze paragraaf is een datastrategie uitgewerkt om tot structurele monitoring te komen van het overstromingsgevaar. Vanwege de relatieve zeldzaamheid van optreden van overstromingen wordt er voor dit thema gewerkt met de jaarlijkse kans dat een overstroming op kan treden. Het overstromingsgevaar heeft betrekking op de kans dat ergens een overstroming optreedt, en de kenmerken van die overstroming, zoals waterdiepte en stroomsnelheid, zonder te kijken naar de huidige functie. Dit voorbehoud over functie is relevant, omdat hier het onderscheid zit met overstromingsrisicokaarten. In overstromingsrisicokaarten wordt uitgegaan van het huidige landgebruik om het risico uit te drukken. Het voordeel van het gebruik van overstromingsgevaarkaarten t.o.v. overstromingsrisicokaarten is dat ze ook gebruikt kunnen worden voor ruimtelijke planvorming: op welke plekken ligt het overstromingsgevaar bij mogelijke nieuwbouw lager of hoger? Voor het ontwikkelen van deze datastrategie is gebruik gemaakt van een bureaustudie en zijn enkele experts bevroegd.

Het lokaal schadegevaar is een indicator die het overstromingsgevaar uitdrukt door overal in overstroombaar gebied een bepaalde functie (huizen, bedrijven, vervoermiddelen, etc.) te veronderstellen en de verwachte schade aan deze functies te berekenen. Dit voorbeeld is ontwikkeld onder leiding van de Provincie Noord-Holland, die al enige tijd actief nadenkt over mogelijkheden om op basis van schadegevaarkaarten te plannen en te monitoren. In de kaart hieronder wordt uitgegaan van een hypothetische eengezinswoning met een vervangingswaarde van €200.000,-.



Figuur 5-9 Voorbeeld van een landelijke lokaal-schadegevaarkaart (Bron: Deltares)

Er kunnen verschillende indicatoren afgeleid worden van het lokaal schadegevaar, bijvoorbeeld:

- Jaarlijkse classificatie van nieuwbouwwoningen op basis van overstromingsgevaar voor de plek waar ze gebouwd zijn, uitgaande van de overstromingskans in 2050, per gemeente/polder/provincie:
 - Uitgaande van een niet-aangepaste woonwijk gebouwd op maaiveld niveau.
 - Uitgaande van een verhoogd aangelegde woonwijk, waarbij 20, 50 of 100 cm boven het huidige maaiveldniveau wordt gebouwd en de schade zal afnemen door lagere overstromingsdiepten.

Deze indicatoren hebben vooral een signaleringsfunctie en geven aan waar op meer of minder gevaarlijke plekken wordt gebouwd. Dit is bijvoorbeeld van waarde in het licht van de discussies over 'Water en Bodem Sturend', waar de keuze van nieuwbouw op robuuste locaties een centrale rol krijgt.

Het voordeel van het gebruik van lokaal-schadegevaarkaarten is dat zowel aan de voorkant van planprocessen als bij monitoring achteraf dezelfde kaarten kunnen worden benut. Op deze manier kan dus worden gemonitord of water en bodem daadwerkelijk sturend zijn geweest.

Om tot een indicator te komen is het noodzakelijk een indeling te maken in – onderling significante – overstromingsgevaarklassen (bijvoorbeeld niet overstroombaar, laag, midden en hoog risico). Een voorbeeld hiervan in de classificering zoals weergegeven in Figuur 5-9, hier aangegeven met paarsintinten. Het voorstel is om overstromingsgevaarkaarten te ontwikkelen voor verschillende aanleghoogtes van nieuwbouw. Een hoger aangelegde woonwijk in overstromingsgevoelig gebied zal in een lagere overstromingsgevaarklasse kunnen uitkomen, of wellicht helemaal niet overstromen. Dit onderscheid in aanleghoogtes is vooral waardevol aan de voorkant van het planproces, maar kan ook voor de monitoring waardevol zijn, omdat er op dit moment geen registratie voorhanden is waarin de aanleghoogte van nieuwbouw wordt vastgelegd.

Bij deze indicator is ervoor gekozen om de overstromingskansen voor 2050 te gebruiken, aan de hand van de dan geldende waterveiligheidsnormen. Er zijn ook huidige overstromingskansen beschikbaar, maar deze zullen op veel plekken nog zeer sterk veranderen (vaak met meer dan een factor 10) omdat ze nog niet voldoen aan de norm waar in 2050 wel aan moet worden voldaan. De situatie in 2050 is een stabiel uitgangspunt voor monitoring, ook omdat alle nieuwbouw die in de toekomst wordt gebouwd nog in gebruik zal zijn in 2050.

Er kunnen lokaal-schadegevaarkaarten ontwikkeld worden voor diverse functies. Momenteel loopt in de Provincie Noord-Holland een onderzoek waarin wordt gekeken of schadefuncties voor bedrijven tot significant andere lokaal-schadegevaarkaarten leiden. De functie ‘woningen’ wordt op dit moment als meest kansrijk gezien gegeven de omvang van de woningbouwopgave.

5.5.1 **Introductie lokaal-schadegevaarkaart**

Met de Schade- en Slachtoffer Module 2017 (SSM-2017) kan men schade en slachtoffers bij overstromingen berekenen. Dit gebeurt volgens een landelijke standaardmethode. De Schade- en Slachtoffer Module is gedocumenteerd op de [Helpdesk Water](#), publiek toegankelijk en downloadbaar.

Door de input vanuit SSM te combineren met de overstromingskansen kunnen de volgende risico's worden berekend:

- Lokaal individueel risico: de kans om te overlijden.
- Economisch schaderisico: schade aan huizen, bedrijven, vervoermiddelen en dergelijke.

Het lokaal schadegevaar wordt niet direct berekend op basis van de SSM, maar kan betrekkelijk eenvoudig worden afgeleid op basis van een aantal bronnen die gebruikt worden om het economisch schaderisico te berekenen. Voor het berekenen van het economisch schaderisico is het noodzakelijk om voor alle huidige functies en typen ruimtegebruik door te rekenen wat de schade is. Voor een lokaal-schadegevaarkaart hoef je nog niet te weten welke functie waar staat: je berekent de schade indien een functie ‘ergens’ zou zijn. De schadefuncties uit SSM kunnen wel worden gebruikt om de begrenzing van de schadegevaarklassen te bepalen: van weinig schade tot veel schade.

De methodiek van de SSM wordt nu eens per ca. zes jaar bijgesteld, als er gerapporteerd wordt voor de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR). De laatste herziening vond in 2015 plaats en de volgende is gepland in 2023. De SSM is een door het Rijk gratis beschikbaar gestelde methode die vooral geschikt is voor grootschalige, diepe overstromingen, maar ook gebruikt kan worden voor regionale overstromingen.

Om het lokaal schadegevaar in beeld te brengen is de volgende informatie nodig:

- Inzicht in de overstromingsscenario's voor: primaire keringen, regionale keringen, buitendijks gebied en boezemlanden en beekdalen.
- Voor elk overstromingsscenario:
 - De kans op voorkomen.
 - De maximale waterdiepte.
 - De maximale stroomsnelheid.
- Een schadefunctie, die kan worden toegepast op een functie zoals wonen om tot een schadefractie te komen. Deze geeft in de vorm van een waarde tussen 0 en 1 aan welke schade er optreedt bij verschillende waterdieptes, waarbij een maximaal schadebedrag per functie geldt. Deze is gekoppeld aan de ontwikkeling van de welvaart.
- De schadefracties van verschillende overstromingsscenario's kunnen worden gewogen naar overstromingskans en bij elkaar opgeteld.

Met het doorlopen van deze stappen kan een landelijke schadegevaarkaart worden gecreëerd. Om deze te kunnen gebruiken om nieuwbouw van woningen te monitoren dient er een indeling te worden gemaakt in overstromingsgevaarklassen, en kan voor de woningvoorraad (per bouwjaar) de bijbehorende klasse worden bepaald.

5.5.2 Analyse Uitgangssituatie

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de analyse van de uitgangssituatie voor het lokaal schadegevaar beschreven.

Databeschikbaarheid

Voor het ontwikkelen van landsdekkende lokaal-schadegevaarkaarten zijn verschillende bron datasets nodig. Tabel 5.14 geeft een overzicht.

Tabel 5.14 Inputbestanden voor berekenen lokaal-schadegevaarkaart

Kaart	Resolutie (m)	Bron	Open data?	Bron jaar
Overstromingsscenario's (diepte, kans en stroomsnelheid) buitendijks, regionaal en landelijk	100, 50, 25 of 5 m, afhankelijk van de schaal van de overstroming	Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO)	Ja	2000-2022
BAG (bouwjaar panden)	1 (vectordata)	www.pdok.nl	Ja	2022

De overstromingsscenario's geven informatie over de diepte en kans dat de overstromingen optreden. De *range* in de bronjaren is hier groot: naarmate de overstromingsscenario's ouder zijn neemt de kans toe dat ze niet meer goed aansluiten bij de werkelijkheid. Er wordt gebruik gemaakt van de overstromingskansen voor 2050. Voor het primaire systeem betekent dit een vaak flinke aanscherping, voor de regionale keringen blijven de huidige normen gelden. Vanuit de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) wordt iedere zes jaar nieuwe input gevraagd en worden eisen gesteld met betrekking tot de gegevens. Dit is vaak een stimulans om nieuwe regionale kaarten te ontwikkelen, maar dit varieert sterk en is afhankelijk van regionale processen. Op basis van de overstromingsscenario's kunnen lokaal-schadegevaarkaarten worden ontwikkeld.

De BAG geeft de locaties van de panden in Nederland met informatie over gebruiksdoel en bouwjaar. Door deze informatie te combineren met lokaal-schadegevaarkaarten wordt zichtbaar hoe 'gevaarlijk' er gebouwd is per jaar.

De Schade- en Slachtoffer Module 2017 gaat uit van het peiljaar 2011. Dit betekent dat alle maximale schadebedragen zijn gebaseerd op prijspeilen van 2011. De SSM wordt op dit moment één keer in de circa zes jaar opnieuw gedraaid voor het gehele watersysteem (primaire + buitendijks + regionaal). Indien er nieuwe kennis beschikbaar is, worden ook de schadefuncties geüpdatet.

Deze frequentie sluit aan op de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) van waaruit iedere zes jaar nieuwe input wordt gevraagd.

De updatefrequentie van het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) voor het regionale watersysteem sluit hier grofweg op aan. Door deze lage updatefrequenties kunnen er vertragingen optreden in het doorrekenen van schades. De inputbestanden om de kaart te ontwikkelen zijn alle publiek beschikbaar.

Databewerking

De methode en schadefuncties uit de SSM zijn met name geschikt voor het in beeld brengen van schades voor grootschalige diepe overstromingen. Voor ondiepe overstromingen (tot 30 à 50 cm) en regionale overstromingen zijn de berekeningen minder betrouwbaar en is er een ander instrumentarium voorhanden, namelijk de Waterschadeschatter³. Een update van het peiljaar van de prijzen (2011) is wenselijk voor meer up-to-date schadekosten.

Detailniveau

De gevolgen van lokale adaptatiemaatregelen in het lokaal schadegevaar worden zichtbaar via een aantal mechanismen via nieuwbouw:

- De locatiekeuze: op diep en vaak overstroomde locaties is de schade hoog: deze komen in een hoge schadegevaarklasse.
- De hoogte waarop gebouwd wordt: indien verhoogd wordt gebouwd, nemen de schadefracties af omdat de waterdiepte afneemt.
- Overstromingspatronen kunnen veranderen door een veranderde gebiedsinrichting, denk hierbij bijvoorbeeld aan verhoogde wegen.

Voor het eerste aspect van de locatiekeuze geven de bestaande overstromingsscenario's een bruikbaar beeld voor het schadegevaar voor bijvoorbeeld nieuwbouw. Voor het tweede en derde aspect zijn er nieuwe overstromingsscenario's gewenst om dit beter in beeld te brengen. Het verhoogd aanleggen van functies is een vorm van gevolgbeperking. Er zijn ook andere vormen van gevolgbeperking, zoals 'wet proof' (overstroombaar) bouwen en drijvend bouwen. Dergelijke lokale adaptatiemaatregelen worden niet in de methodiek meegenomen.

De schadekaart heeft een wisselende resolutie, uiteenlopend van 5-100 meter, en kan op verschillende niveaus worden geaggregeerd, zoals op gemeentelijk niveau en op het niveau van polders. Voor aggregatie op fijnere schaalniveaus (wijk en buurt) kan de resolutie te beperkt zijn, dit geldt vooral voor de oudere overstromingsscenario's met een resolutie van 100 x 100 meter.

5.5.3 Verkenning mogelijkheden

In dit hoofdstuk worden de oplossingsrichtingen voor de ontwikkeling van een monitoringsindicator uitgewerkt.

³ <https://www.waterschadeschatter.nl/>

Databeschikbaarheid

In Tabel 5.15 is in beeld gebracht wat de meest recente databronnen zijn die gebruikt zouden kunnen worden indien een nieuwe kaart wordt gemaakt. Overstromingsscenario's worden niet jaarlijks geactualiseerd, alleen indien daar aanleiding voor is. Qua frequentie is er een onderscheid tussen de dieptes, die minder vaak worden geüpdatet, en de kansen, die vaker worden geactualiseerd. Voor de schadegevaarkaarten worden de normkansen voor 2050 gebruikt. Nog niet alle scenario's vanuit het regionale watersysteem worden landelijk beschikbaar gesteld. De regionale overstromingsscenario's worden met een lage frequentie geüpdatet van circa eens per 10 jaar of minder. Er zijn echter ook verouderde overstromingsscenario's van 20 jaar oud.

Tabel 5.15 Verwachte frequentie en toekomstige beschikbaarheid inputbestanden

Kaart	Open data?	Meest recent	Verwachte frequentie	Prospect beschikbaarheid toekomst
BAG	Ja	2022	Jaarlijks	Positief, wordt continu geüpdatet
Overstromings-scenario's (diepte en kans)	Ja	2006-2022	Jaarlijks tot zesjaarlijks	Voor het primaire watersysteem worden de scenario's jaarlijks geüpdatet, voor het regionale watersysteem is dit circa eens per 10 jaar.

Databewerking

Om tot nieuwe kaarten voor het lokaal schadegevaar te komen dienen er op basis van de overstromingsscenario's en de kansen voor 2050 jaarlijks of tweejaarlijks nieuwe lokaal-schadegevaarkaarten te worden gemaakt en gecombineerd met de laatste versie van de BAG. De methode kan hiervoor verder worden geautomatiseerd om updates gemakkelijker te maken.

Samenvatting mogelijkheden

Uit de verkenning van de mogelijkheden blijkt dat indicatoren op basis van het lokaal schadegevaar goed te monitoren lijken. Samenvatting van de mogelijkheden:

- De kaart kan op basis van open data worden ontwikkeld.
- Een lokaal-schadegevaarkaart kan jaarlijks of tweejaarlijks worden gemaakt en gecombineerd met pandlocaties uit de BAG om zicht te krijgen in hoe gevaarlijk deze locaties zijn.
- Veranderingen in het gevaar kunnen het gevolg zijn van nieuwe overstromingsscenario's, nieuwbouw en waterveiligheidsmaatregelen.

5.5.4 Overzicht van de aandachtspunten en voorgestelde oplossingen

Tabel 5.16 geeft een samenvatting van de aandachtspunten en oplossingen op de datacriteria voor deze indicator.

Tabel 5.16 Overzicht aandachtspunten en oplossingsrichtingen (geel betekent barrière; groen betekent in orde)

Criteria	Aandachtspunten	Oplossing
Databeschikbaarheid - updatefrequentie bronnen	Overstromingskenmerken worden jaarlijks bijgewerkt voor het primaire systeem. Voor het regionale systeem ligt de frequentie lager.	Op basis van de beschikbare overstromingskenmerken kan een landelijke overstromingsgevaarkaart worden ontwikkeld. Doordat niet alle bronnen een jaarlijkse updatefrequentie hebben, zal er een vertragend effect in de kaart zichtbaar zijn.
Databeschikbaarheid - open data	Alle gedeelde overstromingsscenario's kunnen worden gebruikt. Nog niet alle regionale overstromingsscenario's worden gedeeld.	Op basis van de beschikbare overstromingsscenario's is er landelijk een goed beeld, maar voor een beter beeld op lokaal niveau dienen alle regionale overstromingsscenario's te worden gedeeld en gebruikt.
Databeschikbaarheid - klimaatverandering	Met opgetreden klimaatverandering wordt rekening gehouden bij de overstromingsscenario's	
Databewerking - methode	Schadegevaarkaarten zijn betrekkelijk eenvoudig te ontwikkelen door overstromingsscenario's te combineren	
Databewerking - uitvoering berekening	Nog geen landelijke kaart beschikbaar	Overstromingsgevaarkaart kan eenvoudig worden ontwikkeld op basis van bestaand materiaal op LIWO. Eens per 1 à 2 jaar uitvoeren berekening.
Detailniveau - lokale maatregelen	De gevolgen van locatiekeuzes worden zichtbaar. Bepaalde gevolgbeperkende maatregelen zoals verhoogd bouwen kunnen worden meegenomen in de indicator.	
Detailniveau - aggregatie-mogelijkheden	De informatie kan op meerdere schaalniveaus worden geaggregeerd.	

5.5.5 Vervolgstappen en aanbevelingen

Om te komen tot een monitoring van het lokaal schadegevaar voor elke 1 à 2 jaar zijn er twee vervolgstappen nodig:

- Uitvoeren berekening
- Berekenen indicator: op basis van de berekening van het lokaal schadegevaar kunnen diverse indicatoren worden afgeleid.

In deze paragraaf wordt een grove inschatting van de benodigde inspanning en doorlooptijd gegeven om voorgestelde oplossingsrichtingen uit te voeren.

Tabel 5.17 Globale indicatie van de benodigde inspanning en doorlooptijd voor de voorgestelde oplossingsrichtingen

Activiteit	Inschatting kosten benodigde werkzaamheden (euro)			Inschatting doorlooptijd (maanden)				Opmerkingen
	<10k	10k-100k	>100k	<3	3-6	6-12	>12	
Uitvoeren berekening								Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij
Berekenen indicator								Uit te voeren door: een kennisinstelling of marktpartij

Aanbevelingen:

- **Delen en regelmatig updaten overstromingsscenario's:** voor een betrouwbare overstromingsgevaarkaart is het vooral van belang dat alle beschikbare regionale overstromingsscenario's worden gedeeld. Daarnaast is het van belang dat de overstromingsscenario's met enige regelmaat worden geüpdatet.
- **Gebruik voor een signaalfunctie:** de indicator geeft een eerste beeld van het gevaar van nieuwbouwlocaties. Vanwege niet altijd beschikbare scenario's, verouderde scenario's en het niet meenemen van maatregelen zoals drijvende woningen is de bruikbaarheid op hoog detailniveau beperkt. Over een langere periode zijn er wel belangrijke trends te zien op basis van de indicator waar een signaalfunctie van uit kan gaan en waar doelstellingen vanuit 'Water en Bodem Sturend' mee kunnen worden gemonitord.
- **Afstemming met initiatieven:** er lopen op dit moment een aantal initiatieven rond schadegevaarkaarten, onder andere bij de Provincie Noord-Holland en vanuit 'Water en Bodem Sturend'. Aanbeveling is om bij verdere uitwerking van een monitoringsindicator afstemming te zoeken met deze initiatieven.

6 Klimaatbestendigheid en monitoren in de Omgevingswet

6.1 Inleiding

De nieuwe Omgevingswet biedt een kader voor het klimaatbestendig maken van onze omgeving in de komende decennia. Daarnaast biedt de Omgevingswet mogelijkheden om monitoring in beleid te borgen. De verwachte introductie per 1 juli 2023 van de wet is aanleiding om te onderzoeken hoe deze wet raakt aan de behoefte aan monitoring van de klimaatbestendigheid. Hierbij focussen we op een specifiek instrument uit de Omgevingswet, namelijk de omgevingswaarden. Een omgevingswaarde is een van de instrumenten waarmee overheden het beleid van een omgevingsvisie kunnen uitvoeren. Zoals in paragraaf 2.3 al kort is geïntroduceerd, legt een omgevingswaarde de gewenste kwaliteit van de leefomgeving vast. De meeste lokale overheden voeren de omgevingswet 'beleidsarm' in, dus zonder extra beleid voor onder meer klimaatbestendigheid. De komende jaren zal de relevantie van de omgevingswet voor het definiëren van doelen op het vlak van klimaatadaptatie echter groeien.



Figuur 6-1 De vijf stappen van hoofdstuk 6: Klimaatbestendigheid en monitoren in de Omgevingswet

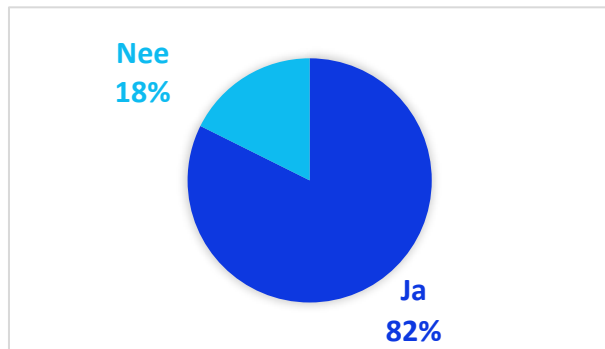
In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van het onderzoek naar de mogelijkheden en wenselijkheid van de inzet van omgevingswaarden voor het monitoren van klimaatbestendigheid beschreven. Dit doen we in een aantal stappen (zie Figuur 6-1). In paragraaf 6.2 beschrijven we de resultaten van een peiling naar de behoefte aan verder onderzoek op dit thema. In paragraaf 6.3 beschrijven we hoe het instrument omgevingswaarde binnen de context van de Omgevingswet past. In paragraaf 6.4 gaan we specifiek in op het formuleren van omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid. Hierbij geven we weer welke mogelijkheden voor het formuleren van omgevingswaarden er zijn en welke keuzes en dilemma's uit de werksessie van 13 september 2022 naar voren kwamen. In 6.5 gaan we per mogelijke omgevingswaarde in op de indicator, monitoringsmethode, de frequentie en (aanvullende) aandachtspunten voor de datastrategie. We sluiten dit hoofdstuk af met een handreiking voor het afwegen van het opnemen van omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid.

6.2 Behoeftebepaling

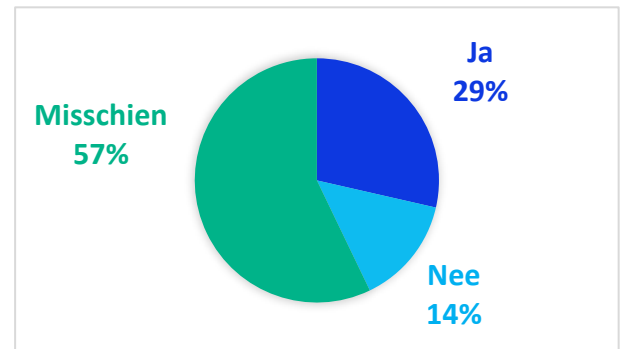
In het kader van dit onderzoek is onder gemeenten en provincies een peiling gedaan om te inventariseren in welke mate overheden van plan zijn gebruik te maken van het instrument omgevingswaarden in het algemeen, en voor klimaatbestendigheid in het bijzonder. De peiling is uitgezet onder 60 beleidsmakers van verschillende gemeenten en een provincie.

Het aantal respondenten bedroeg 17, waarvan er 16 werkzaam zijn bij een gemeente en 1 bij een provincie. Het merendeel (65%) is werkzaam in het werkveld water en klimaat. Figuur 6-2 toont een samenvatting van de antwoorden.

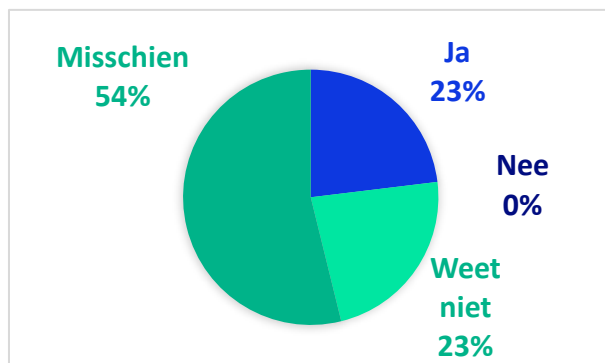
Is uw organisatie al bezig met het opstellen van een omgevingsplan?



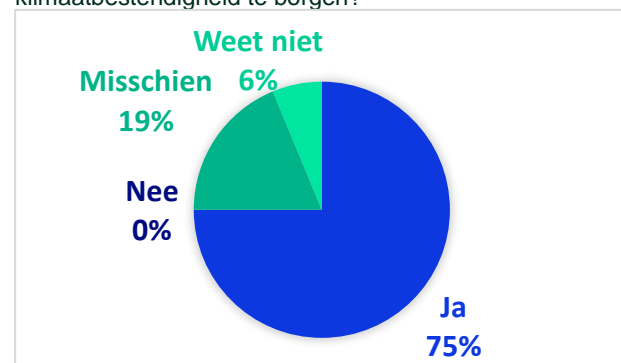
Worden er in het omgevingsplan omgevingswaarden gedefinieerd?



Heeft uw organisatie als voornemen om gebruik te gaan maken van het instrument omgevingswaarden?



Vindt u het interessant om te verkennen of de omgevingswaarde een kansrijk instrument is om klimaatbestendigheid te borgen?



Figuur 6-2 Belangrijke uitslagen van de peiling behoeftebepaling omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid

Het merendeel van de respondenten (14 van de 17) geeft aan dat hun organisatie bezig is met het opstellen van een omgevingsplan. Bij 4 van deze 17 organisaties zijn in het omgevingsplan al omgevingswaarden geformuleerd. Slechts in 1 van de 4 gevallen heeft deze omgevingswaarde betrekking op klimaatbestendigheid. Bij de andere 3 is dat niet duidelijk. Van de respondenten waar geen omgevingswaarden in het omgevingsplan zijn opgenomen of waar dit onduidelijk is, geven 6 van de 11 aan dit te overwegen (3) of voornemens te zijn (3). De overige 5 weten het nog niet.

Alle respondenten geven aan (zeker of misschien) te willen verkennen of de omgevingswaarde een kansrijk instrument is om klimaatbestendigheid te borgen, en ze geven aan open te staan voor een werksessie om dit nader te verkennen. Op basis van deze resultaten is besloten nader onderzoek te doen naar de omgevingswaarden. De resultaten van dit onderzoek zijn in de volgende paragrafen uitgewerkt.

6.3 Omgevingswet en omgevingswaarden

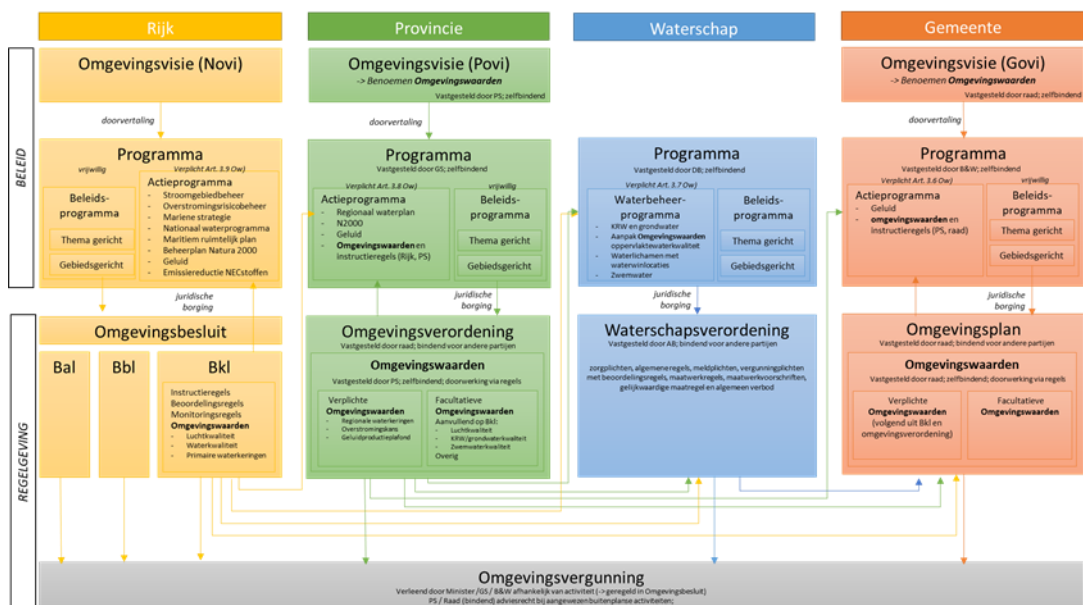
In deze paragraaf schetsen we eerst de hoofdlijnen van de nieuwe Omgevingswet, als achtergrond waartegen we de inzet van omgevingswaarden verder onderzoeken. Vervolgens gaan we in op de mogelijkheden voor het vastleggen van klimaatbestendigheid doelen en tenslotte op het instrument omgevingswaarden.

6.3.1 Nieuwe Omgevingswet

De introductie van de nieuwe Omgevingswet, voor nu gepland op 1 juli 2023, bundelt en vereenvoudigt de regels voor ruimtelijke projecten. In de afgelopen decennia is het stelsel van wetten en regels op het vlak van de leefomgeving steeds verder uitgegroeid. Met deze groei is een divers en ook versnipperd en ontoegankelijk stelsel ontstaan. De Omgevingswet bundelt 26 wetten die betrekking hebben op de leefomgeving in één wet.

Het toepassingsbereik van de Omgevingswet is breder dan alleen de ruimtelijke ordening; het betreft de gehele fysieke leefomgeving. De fysieke leefomgeving staat centraal in beleid, besluitvorming en regelgeving. Het gaat over de samenhang tussen ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water.

De Omgevingswet heeft zes kerninstrumenten voor het gebruik en de bescherming van de leefomgeving. Deze vervangen tientallen instrumenten op het gebied van het omgevingsrecht zoals het bestemmingsplan en de structuurvisie. De instrumenten zijn: de omgevingsvisie, het programma, decentrale regels (omgevingsplan), algemene rijksregels, omgevingsvergunning en het projectbesluit. Het schema in Figuur 6-3 (vergroete versie in bijlage C) geeft een overzicht van de instrumenten van de Omgevingswet per overheid en de onderlinge relaties hiertussen.



Figuur 6-3 Overzicht van de instrumenten van de Omgevingswet per overheid

Zoals te zien is, maken het Rijk, provincies en gemeenten een omgevingsvisie. Hierin worden de ambities en beleidsdoelen voor de lange termijn vastgesteld. Programma's zijn beleidsstukken waarmee de overheden aangeven hoe en met welke maatregelen zij invulling gaan geven aan beleidsdoelstellingen. In het omgevingsplan stelt de gemeente algemene regels vast voor de fysieke leefomgeving. Provincies en waterschappen doen dit in respectievelijk de omgevingsverordening en de waterschapsverordening. De omgevingsvisie en het programma zijn alleen zelfbindend (binden alleen het vaststellende bestuursorgaan).

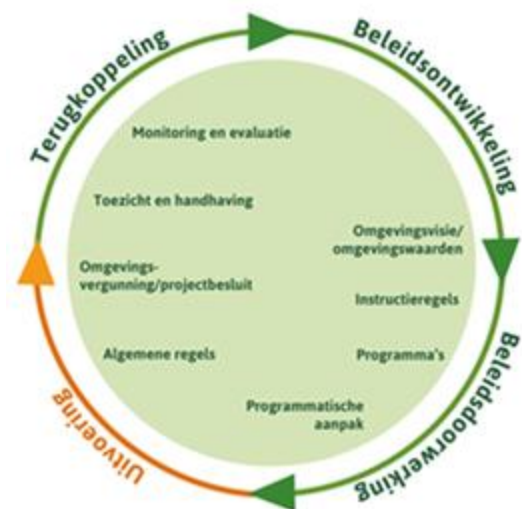
Het omgevingsplan (en omgevingsverordening/waterschapsverordening) werkt ook door naar lagere overheden en andere partijen. Aan de hand van omgevingsvergunningen geven gemeenten toestemming voor het realiseren van activiteiten in de fysieke omgeving.

Naast nieuwe instrumenten zet de Omgevingswet op een aantal andere vlakken vernieuwing in:

- **Participatie:** De Omgevingswet geeft per instrument aan wat er aan participatie moet worden gedaan. Participatie heeft als doel dat “een ieder” moet kunnen reageren of meedenken. Een integrale afweging kan worden gemaakt als alle belangen en afwegingen op tafel komen. Daarnaast kan participatie zorgen voor meer draagvlak voor initiatieven.
- **Samenwerking:** De Omgevingswet brengt verschillende thema’s bij elkaar. Dit vraagt om samenwerking in een keten met andere overheden; landelijk, provinciaal en lokaal. Maar ook in de regio met andere overheden en externe partijen. De positie van decentrale overheden worden versterkt volgens het principe ‘decentraal tenzij’. Dit betekent dat gemeenten de meeste taken en bevoegdheden rond de fysieke leefomgeving krijgen.
- **Digitalisering:** In het Digitaal Stelsel Omgevingswet (DSO) kan alle digitale informatie over de leefomgeving gevonden worden in één digitaal loket. Digitalisering maakt het mogelijk dat overheden, bedrijven en burgers sneller beschikken over informatie over onder andere de kwaliteit van de fysieke leefomgeving en de regels die op een plek gelden. Het gericht en efficiënter omgaan met actuele data biedt kansen om besluitvorming te versnellen en te verbeteren.

De instrumenten van het stelsel Omgevingswet sluiten aan bij de fasen van de beleidscyclus (zie Figuur 6-4). De beleidscyclus laat zien dat beleidsontwikkeling in de Omgevingswet ontstaat door de omgevingsvisie met daarin omgevingswaarden. Dit illustreert dat de Omgevingswet een resultaatgerichte wet is. Het gaat om het halen van doelen: rechtsboven formuleer je die, linksboven wordt er gekeken of deze gehaald zijn door middel van monitoring.

Voor een goede doorwerking moet het instrumentarium van omgevingsvisie, omgevingsplan en programma’s goed op elkaar aansluiten, en wellicht zelfs parallel worden ontwikkeld. Zo kan bij het vaststellen van de ambities en doelen in de Omgevingsvisie al direct worden bekeken wat de consequenties van een beleidskeuze zijn voor de regeling in het omgevingsplan of hoe kan worden gestuurd op realisatie van een beleidskeuze in een programma. Voor verdere informatie over omgevingsvisie, omgevingsplan en programma zie bijlage D.



Figuur 6-4 Beleidscyclus ruimtelijk beleid.

Bron: Informatiepunt Leefomgeving

Voor overheden is het dus van belang om de beleidsdoelen in de omgevingsvisie scherp te hebben, en te bepalen of er onderwerpen zijn waar het bestuur regels voor wil stellen die worden opgesteld in het omgevingsplan (gemeente) of de omgevingsverordening (provincie).

De keuze of gebruik wordt gemaakt van omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid hangt hier ook mee samen.

6.3.2 Mogelijkheden voor het juridisch vastleggen van doelen

Decentrale overheden kunnen in hun visie omgevingsdoelen opnemen zonder die uit te werken in een programma of omgevingsplan. De doelen werken dan niet juridisch door en zijn niet bindend. Omgevingsdoelen zijn echter vaak behoorlijk algemeen geformuleerde doelstellingen waardoor er onduidelijkheid over de interpretatie bestaat. Voor een goede doorwerking is het daarom van belang om de beleidsdoelen scherp te stellen en te bepalen of er onderwerpen zijn waar het bestuur regels voor wil stellen die gehandhaafd kunnen worden.

Om een doelstelling voor de fysieke leefomgeving te bereiken via de regelgevende weg kan er gebruikt worden gemaakt van omgevingswaarden, een instructieregel of een algemene regel. Deze worden vastgelegd in het omgevingsplan. Onderstaand worden instructieregels en algemene regels besproken, en Tabel 6.1 laat zien dat omgevingswaarden vaak geschikt zijn om te gebruiken. In de volgende paragraaf worden omgevingswaarden besproken.

Instructieregels geven decentrale overheden aanwijzingen over de uitoefening van hun taken of bevoegdheden. Voorbeelden hiervan zijn het vaststellen van een omgevingsplan, een omgevingswaarde of iets anders om aan een doelstelling van de fysieke leefomgeving te voldoen.

Algemene regels zijn regels die voor iedereen gelden. Dat wil zeggen iedereen die iets doet of wil doen waarop de regels van toepassing zijn. Eén van de uitgangspunten van de Omgevingswet is om zoveel mogelijk activiteiten te regelen met algemene regels. Activiteiten zijn in dit geval niet vergunningsplichtig. Een initiatiefnemer hoeft dan dus geen omgevingsvergunning aan te vragen.

Voor het kiezen van een van de regelgevende instrumenten, kunnen de vragen in Tabel 6.1 gebruikt worden als handvat. Hierin is te zien dat een omgevingswaarde vaak het handigste instrument is. Wanneer er echter geen uniforme basiskwaliteit is vereist, is een instructieregel effectiever. Instructieregels voor het omgevingsplan bieden meer mogelijkheden om locatiespecifiek te sturen. Daarnaast is het voor gemeenten handiger om algemene regels in te zetten als zij bedrijven of burgers willen aanspreken en niet de gemeente zelf.

Tabel 6.1 Vragen als handvat voor keuze regelgevende instrument

Vragen	Omgevingswaarde	Instructieregel	Algemene regels
Is de doelstelling objectief haalbaar?	X		
Is er een grote variatie aan activiteiten met vergelijkbare gevolgen voor de fysieke leefomgeving?	X		
Is het wenselijk om bij normoverschrijding te saneren?	X		
Is een uniforme basiskwaliteit vereist?	X		
Is er een kwaliteit die is afgestemd op specifieke lokale omstandigheden vereist?		X	
<i>De verantwoordelijkheid om een doelstelling voor de kwaliteit van de leefomgeving te bereiken ligt bij:</i>			
De overheid (het collectief)	X		
Een beheerder of eigenaar (een individuele organisatie of persoon)			X

6.3.3 Omgevingswaarden

De omgevingswaarde is een instrument waarmee één of meer doelen gespecificeerd kunnen worden. Een omgevingswaarde wordt uitgedrukt in meetbare of berekenbare eenheden of andere objectieve termen. Beleidsdoelen kunnen hierdoor worden omgezet naar concrete en uitvoerbare maatregelen. Naast een aantal verplichte omgevingswaarden vanuit Rijk en provincie, kunnen overheden ook facultatieve omgevingswaarden opnemen, bijvoorbeeld ten aanzien van klimaatbestendigheid.

Een aantal kenmerken van de omgevingswaarde:

- De omgevingswaarde bindt de overheid zelf in de vorm van een resultaats- of inspanningsverplichting. Een inspanningsverplichting wil zeggen dat de overheid zich verplicht inspanning te verlenen om de benoemde kwaliteit te behalen, maar de kwaliteit niet garandeert. Bij een resultaatsverplichting verplicht de overheid zichzelf deze kwaliteit wel te behalen.
- Door de omgevingswaarde te vertalen naar een omgevingsvergunning, een algemene regel of een maatwerkvoorschrift heeft de overheid ook de mogelijkheid de omgevingswaarde door te laten werken naar derden. Zo werken omgevingswaarden in een omgevingsvergunning door van provincie naar gemeente en zijn omgevingswaarden die worden vertaald naar een regel ook bindend voor burgers en bedrijven.
- Als een omgevingswaarde wordt vastgesteld dan moeten lokale activiteiten of bronnen binnen het grondgebied van de gemeente of provincie de beoogde kwaliteit van de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden of bepalen. Er moeten dus brongerichte of effectgerichte maatregelen kunnen worden genomen. Immers, het is niet zinvol om een doel te stellen dat je niet kunt halen.
- Omgevingswaarden zijn geschikt voor thema's die beïnvloedbaar zijn door maatregelen te nemen in een bepaald gebied. Daarnaast zijn omgevingswaarden met name geschikt voor onderwerpen die niet per perceel kunnen worden beoordeeld maar waarvoor een hoger schaalniveau nodig is.
- Omgevingswaarden kunnen worden vastgesteld door de gemeente in het omgevingsplan, door de provincie in de omgevingsverordening en door het Rijk in Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's). Het waterschap heeft geen bevoegdheid om omgevingswaarden vast te stellen.
- Enkele omgevingswaarden zijn verplicht. Bij het Rijk gaat het hierbij om omgevingswaarden die volgen uit Europese of andere (inter)nationale verplichtingen of wetgeving voor luchtkwaliteit, waterkwaliteit, zwemwaterkwaliteit en de veiligheid van primaire waterkeringen. Voor provincie en gemeenten zijn omgevingswaarden verplicht voor geluidsproductieplafonds. Bij de provincie zijn daarnaast ook omgevingswaarden verplicht voor watersystemen die niet bij Rijk in beheer zijn.

Als wordt besloten om een omgevingswaarde vast te stellen, dan moeten de omgevingswaarden voldoen aan de eisen van de wet:

Artikel 2.9, lid 3: Een omgevingswaarde wordt uitgedrukt in meetbare of berekenbare eenheden of anderszins in objectieve termen.

Artikel 2.10 van de Omgevingswet geeft aan dat

1. Bij de vaststelling van een omgevingswaarde wordt bepaald:
 - i. of deze waarde een resultaatsverplichting, inspanningsverplichting of andere, daarbij te omschrijven verplichting met zich brengt
 - ii. het tijdstip waarop of de termijn waarbinnen aan de verplichting moet worden voldaan
 - iii. de locaties waarop de omgevingswaarde van toepassing is.
2. Bij de vaststelling van een omgevingswaarde wordt onderbouwd welke taken en bevoegdheden op grond van deze of een andere wet in ieder geval worden ingezet om de omgevingswaarde te verwezenlijken.

Als een omgevingswaarde is vastgesteld, schept dit twee verplichtingen:

1. De plicht tot **monitoring** om te bewaken of aan de omgevingswaarde wordt voldaan
2. De plicht tot het opstellen van een **programma met maatregelen** wanneer sprake is van een dreigende overschrijding. Een programma bevat maatregelen gericht op het voldoen aan de omgevingswaarde. Het opstellen van een programma ligt bij gemeenten. De programmaplicht voor de gemeente geldt ook als de omgevingswaarde door het Rijk of provincie is vastgesteld.

6.3.4 Afwegingen bij vaststellen omgevingswaarden

Met omgevingswaarden stelt de overheden doelen vast die behaald of nagestreefd moeten worden. De wijze van formuleren bepaalt de mate van verplichting en de wijze waarop het doel wordt bereikt. De formulering is hiermee ook een maatstaf voor het ambitieniveau. We noemen de belangrijkste afwegingen:

- Resultaat- of inspanningsverplichting
- Gesloten of open
- Object- of gebiedsgericht

Resultaatsverplichting of inspanningsverplichting

- **Resultaatsverplichting:** Een in de omgevingswaarde aangegeven maximale of minimale waarde die niet mag worden over- of onderschreden.
- **Inspanningsverplichting:** De gemeente wil met een omgevingswaarde een bepaalde waarde bewerkstelligen. Minder dwingende formulering dan resultaatsverplichting: "De gemeente streeft naar..."

Een resultaatsverplichting verplicht de overheid een bepaalde kwaliteit te garanderen. De resultaatsverplichting is daarmee een stok achter de deur. Dit brengt wel het risico met zich mee dat de kwaliteit op een (te) laag niveau wordt vastgelegd om zo goed haalbaar te zijn en in de praktijk als een maximale kwaliteit gaat werken. Er is dan geen stimulans om het beter te doen.

Wanneer het bereiken van een omgevingswaarde afhankelijk is van factoren die buiten de directe invloedssfeer van de overheid liggen is een inspanningsverplichting meer passend. Een inspanningsverplichting wil zeggen dat de overheid zich verplicht inspanning te verrichten om de benoemde kwaliteit te behalen, maar deze kwaliteit niet garandeert.

Daarom kan een inspanningsverplichting het mogelijk maken om het ambitieniveau hoger te leggen dan bij een resultaatsverplichting.

Naast keuze voor verplichting, kunnen er keuzes gemaakt worden over de manier waarop een doel moet worden bereikt. De keuze voor een open of gesloten en object- of gebiedsgerichte omgevingswaarde biedt meer inzicht in de taken of bevoegdheden die moeten worden ingezet om de omgevingswaarde te behalen.

Gesloten of open

- **Gesloten:** Als een maatregel is opgesteld als gesloten omgevingswaarde is er geen/weinig ruimte om met alternatieve oplossingen hetzelfde doel te bereiken.
- **Open:** Als overkoepelende kwaliteit is opgesteld als open omgevingswaarde is er ruimte voor alternatieve oplossingen.

Een voordeel van een gesloten omgevingswaarde is dat deze duidelijkheid creëert over zowel wat er moet worden bereikt, alsook hoe. Hiermee kan heel direct gestuurd worden op een gewenst resultaat. Een voordeel van een open omgevingswaarde is juist dat deze ruimte laat voor creativiteit en alternatieve oplossingen waarmee een zelfde doel op een optimale manier (qua lokale context, kosten, verdeling van lasten/lusten, draagvlak, sturingsmogelijkheid, etc.) kan worden bereikt.

Objectgericht of gebiedsgericht

- **Objectgericht:** Objectgerichte omgevingswaarden hebben betrekking op een bepaald object
- **Gebiedsgericht:** Gebiedsgerichte omgevingswaarden gaan over alle objecten in een bepaald gebied. De maximale begrenzing van de gebiedsgerichte omgevingswaarde wordt beperkt door de bevoegdheid van het decentrale bestuursorgaan.

De keuze voor object- of gebiedsgericht is afhankelijk van de plek waar de kwaliteit bereikt moet worden. Het vastleggen van veiligheidseisen voor een primaire kering is een voorbeeld van een objectgerichte omgevingswaarde.

Gebiedsgerichte omgevingswaarden bieden de mogelijkheid om bepaalde soorten gebieden, die bijvoorbeeld een bijzondere functie hebben, in zijn geheel te beschermen. Te denken is aan een grondwaterbeschermingsgebied met het oog op de waterwinning, of een natuurgebied met specifieke kenmerken of functies.

6.4 Omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid

Voor de klimaatdreigingen hitte, droogte, wateroverlast en overstromingen geldt vaak dat deze met lokale maatregelen zijn te beïnvloeden. Daarnaast betreft het samenhangende waarden die het perceelniveau overstijgen: wateroverlast of een overstroming op één plek vindt zijn oorzaak op een andere plek. Gebrek aan infiltratie of verstening op een perceel werkt door in de omgeving. Voor alle vier de klimaatdreigingen geldt daarom dat het opstellen van omgevingswaarden een meerwaarde kan bieden.

6.4.1 Voorbeelden van omgevingswaarden voor klimaatbestendigheid

Een omgevingswaarde vormt een juridisch gespecificeerd beleidsdoel voor het overheidsniveau waarop de omgevingswaarde is vastgesteld. Het is daarom belangrijk dat er geen discussie over mogelijk kan zijn. In de regels van het omgevingsplan moeten omgevingswaarden objectief en meetbaar zijn geformuleerd. Het is daarom van belang dat een genoemd object duidelijk wordt gedefinieerd.

Bij een fiets- of looproute kan dit bijvoorbeeld door een verwijzing naar een kaart. Een ander voorbeeld is dat bij de term 'schaduw' duidelijk moet worden aangegeven wat wordt gezien als schaduw. Schaduw kan bijvoorbeeld komen door gebouwen, maar ook door bomen. Daarnaast moet een omgevingswaarde gebaseerd zijn op een vorm van onderzoek, waarmee bijvoorbeeld een probleem of ongewenste situatie in de huidige situatie wordt aangetoond.

In een werksessie met gemeenten en provincies hebben we verschillende mogelijke formuleringen voor omgevingswaarden besproken. Hierbij lag de focus op omgevingswaarden voor wateroverlast en hitte, die als voorbeelden zijn uitgewerkt. Zie hieronder in **oranje** de voorbeelden voor hitte en in **blauw** voor wateroverlast. Hierbij zijn de afwegingen uit paragraaf 6.3.4 als basis gebruikt. Onderstaande voorbeelden zijn ter verduidelijking, om omgevingswaarden op te stellen voor klimaatbestendigheid. Aan de meer juridische, uitgebreide formulering, met duidelijke definities en onderzoek zoals hierboven wordt besproken, voldoen deze voorbeeld-omgevingswaarden nog niet.

Resultaatsverplichting of inspanningsverplichting

Resultaatsverplichting

Hitte

Op routes waar gefietst of gewandeld wordt is voldoende schaduw een belangrijke omgevingskwaliteit om hittestress bij gebruikers tegen te gaan. Daarnaast is met maatregelen als het planten van bomen, oriëntatie van gebouwen en schaduwdoeken goed te sturen op de hoeveelheid schaduw ter plaatse, mits hier voldoende prioriteit aan wordt gegeven.

Voorbeeld: Elke fiets- en looproute in de bebouwde kom heeft in 2035 minimaal 30% schaduw (bij hoogste zonnestand).

Wateroverlast

Een hoog aandeel verharding leidt tot minder infiltratie. In veel gemeenten is daarbij veel verharding aanwezig die niet direct wordt gebruikt en met name in het verleden is ingezet om onderhoudskosten te verlagen. In gemeenten met een goed infiltrerende bodem kan 'ontsteden' van de buitenruimte daarmee een goede maatregel zijn om wateroverlast tegen te gaan. Ontsteden verlaagt daarnaast hittestress, zorgt voor aanvulling van het bodemvocht en grondwater tegen droogte en ondersteunt vergroting van biodiversiteit in de buitenruimte. Als beheerder van de buitenruimte heeft de gemeente veel invloed op de keuze voor verharden of niet, en kan dus een resultaatsverplichting overwegen.

Voorbeeld: Het aandeel openbare verharding in de bebouwde kom van de gemeente is in 2030 20% lager dan in 2022.

Inspanningsverplichting

Hitte

Het bieden van voldoende koele verblijfsplekken is een kwaliteit van de buitenruimte. Zeker op plaatsen waar niet iedereen een eigen tuin met schaduw of een koel huis tot zijn beschikking heeft is dit een kwaliteit die de gemeente kan overwegen in een omgevingswaarde vast te leggen. Realisatie is echter van veel factoren afhankelijk: er moet plek zijn in de ruimtelijke structuur van een wijk om openbare koele plekken te realiseren en ook moeten eisen vanuit andere functies te matchen zijn met de kwaliteit van een koele plek (denk aan een plein dat ook dienst moet doen als marktplein of evenemententerrein). Een gemeente kan dan kiezen voor een inspanningsverplichting.

Voorbeeld: De gemeente streeft naar een koele plek binnen een afstand van 300 meter tot elke woning. Een koele plek is gedefinieerd als een openbaar toegankelijke plek met ten minste 200 m² schaduw (bij hoogste zonnestand).

Wateroverlast

In plaats van een resultaatsverplichting aan te gaan voor het ontstemen van de openbare buitenruimte kan gekozen worden deze als inspanningsverplichting te formuleren. Ook kan gekozen worden voor een combinatie van de twee: de gemeente gaat een resultaatsverplichting aan voor een haalbare doelstelling maar streeft ook naar een meer ambitieuze, maar voorzichtiger geformuleerde, doelstelling.

Voorbeeld: De gemeente streeft naar een afname van de openbare verharding binnen de bebouwde kom in 2035 van 30% ten opzichte van 2022.

Overkoepelende kwaliteit of maatregel (Open of gesloten)

Overkoepelende kwaliteit

Hitte

Als de gemeente een waarde echt als basiskwaliteit voor een heel gebied ziet, kan er voor worden gekozen de omgevingswaarde op een heel gebied van toepassing te verklaren. De formulering hieronder voor het tegengaan van hittestress laat daarbij open op welke manier/ met welke maatregelen deze kwaliteit wordt gerealiseerd en geeft daarmee ruimte in de uitvoering.

Voorbeeld: Binnen 300 meter van elke woning bevindt zich in een koele plek. Een koele plek is gedefinieerd als een openbaar toegankelijke plek met ten minste 200 m² schaduw (bij hoogste zonnestand).

Wateroverlast

Ook voor wateroverlast is een dergelijke open en overkoepelende formulering denkbaar zoals hieronder beschreven. De formulering als resultaatsverplichting en geldende voor het hele gebied zoals hieronder wordt hiermee wel vrij hard. Heeft de gemeente zo nog voldoende ruimte voor maatwerk als de situatie daar om vraagt of de kosten erg hoog worden?

Voorbeeld: Bij herinrichting van openbare ruimte binnen de bebouwde kom wordt deze zo ingericht dat bij extreem hevige neerslag geen schade optreedt aan gebouwen direct grenzend aan de openbare ruimte bij een bui van 70 mm in een uur. In 2050 voldoet het hele gebied binnen de bebouwde kom aan deze eis.

Maatregel

Hitte

Als al duidelijk is hoe een gemeente een doel wil behalen en de raad hier ook graag sturend in optreedt kan er voor worden gekozen de omgevingswaarde meer als maatregel te formuleren. In het voorbeeld hieronder wordt bijvoorbeeld het realiseren van schaduw afgebakend: deze moet door middel van bomen worden gerealiseerd. Dit kan bijvoorbeeld als de gemeente de realisatie van een groene, meer biodiverse leefomgeving ook als kwaliteit ziet en deze hiermee in één omgevingswaarde combineert.

Voorbeeld: De twee pleinen in de binnenstad zijn in 2035 zodanig ingericht dat 40% van deze pleinen door bomen wordt beschaduwd.

Wateroverlast

Ook in onderstaand voorbeeld is de omgevingswaarde voor wateroverlast meer als maatregel geformuleerd. Dit geeft al veel duidelijkheid vooraf, maar beperkt de creativiteit in de uitvoerig tegelijk behoorlijk.

Voorbeeld: In 2035 zijn alle straten in de Componistenwijk voorzien van waterdoorlatende verharding.

Objectgericht of gebiedsgericht

Objectgericht

Hitte

Er kan voor worden gekozen de omgevingswaarden specifiek te maken door deze van toepassing te verklaren op specifieke afgebakende plekken of objecten. Dit betekent dat het dus ook mogelijk moet zijn hier op te sturen. Voor het beschermen tegen hittestress is dit bijvoorbeeld wel mogelijk als de waarde wordt beschreven in termen van schaduw waar relatief precies op te sturen is. Dit kan bijvoorbeeld door de ligging van fiets- of looproutes in de loop van de tijd hier op aan te passen.

Voorbeeld: Elke fiets- en looproute in de bebouwde kom heeft in 2035 minimaal 30% schaduw (bij hoogste zonnestand).

Wateroverlast

Zodra een waarde echt alleen een object betreft, waarbij de eigenaar van het terrein de hoofdverantwoordelijke is om maatregelen te nemen om de waarde te halen, is het meestal logischer deze als algemene regel op te nemen in plaats van omgevingswaarde. Zie bijvoorbeeld onderstaand voorbeeld, dat wel als basis kan worden gebruikt om een vergunningsvoorwaarde uit af te leiden.

Voorbeeld: Ieder perceel in de Componistenbuurt moet in 2035 bij een hevige bui minimaal 50 mm neerslag in 1 uur kunnen verwerken op eigen terrein (opvangen, infiltreren en/of vertraagd afvoeren).

Gebiedsgericht

Hitte

Zoals onderstaand voorbeeld laat zien kan gekozen worden de omgevingswaarde als (gemiddelde) gebiedskwaliteit weer te geven, waarbij binnen dat gebied nog keuzevrijheid is hoe hier toe te komen. Onderstaande voorbeeld kan worden bereikt door een afwisseling van warme plekken en koele schaduwplekken of door de algemene gevoelstemperatuur te drukken met ander materiaalgebruik.

Voorbeeld: In 2035 overschrijdt de maximaal gemiddelde gevoelstemperatuur van de gebouwde omgeving op een warme dag de gemiddelde maximale gevoelstemperatuur van het buitengebied niet met meer dan 5 graden Celsius.

Wateroverlast

In onderstaand voorbeeld is ervoor gekozen de omgevingswaarde voor het voorkomen van waterschade te verwoorden als waarde die voor alle objecten in het gebied geldt. Deze maatregel kan worden gerealiseerd met zowel maatregelen in openbaar gebied als op privaat terrein.

Voorbeeld: In de Componistenbuurt is de openbare ruimte in 2035 zo ingericht dat bij hevige neerslag (70mm in een uur) geen schade optreedt aan bebouwing ten gevolge van wateroverlast.

6.4.2 Monitoring van omgevingswaarden

Bij het vaststellen van een omgevingswaarde horen twee plichten, namelijk de monitorplicht (art 20.1 Ow) en de plicht tot het opstellen van een actieprogramma om de omgevingswaarde te bereiken (art. 3.10 Ow). Voor verplichte omgevingswaarden gelden specifieke monitoringsregels. Voor facultatieve omgevingswaarden geldt dat de monitoringsmethode en frequentie van monitoren wordt beschreven in het omgevingsplan, de omgevingsverordening of de algemene maatregel van bestuur (afhankelijk van welke overheid de omgevingswaarde vaststelt).

De DPRA klimaatadaptatiecyclus van weten-willen-werken wordt eens in de zes jaar herhaald, of eerder als daar aanleiding voor is. Om tussentijdse bijsturing mogelijk te maken, zou een monitoringsfrequentie van (minimaal) eens per drie jaar logisch zijn, en dat past ook bij de datastrategie van de indicatoren zoals beschreven in hoofdstuk 5.

Tabel 6.2 geeft voor de in 6.4.1 genoemde voorbeelden van omgevingswaarden een geschikte indicator en beschrijft of en hoe deze indicator via een landelijke monitor ontsloten kan worden. Voor meer informatie over de indicator verwijzen we naar de desbetreffende paragraaf in hoofdstuk 4 en 5. In de laatste kolom beschrijven we (aanvullende) aandachtspunten. Omgevingswaarden die qua formulering verschillen (bijvoorbeeld resultaat- of inspanningsgericht) maar een zelfde indicator hebben, hebben we samengevoegd.

Tabel 6.2 Geschikte indicatoren voor monitoren omgevingswaarden

Omgevingswaarde	Indicator	Monitoringsmethode Frequentie	Aandachtspunten
Elke langzaam-verkeerroute in de bebouwde kom heeft in 2035 minimaal 30% schaduw (bij hoogste zonnestand)	Percentage schaduw op langzaam-verkeerroutes (§ 5.2)	Schaduw kan afgeleid worden uit de landelijke PET-kaart (update eens per drie jaar lijkt haalbaar)	Regionale verschillen in jaartal inwinning inputdata. Inputbronnen dienen een kortere periode te beslaan om uitspraken voor een bepaald moment mogelijk te maken en een trend in de tijd inzichtelijk te maken.
De gemeente streeft naar een koele plek binnen een afstand van 300m tot elke woning. Een koele plek is gedefinieerd als een openbaar toegankelijke plek met ten minste 200 m ² schaduw (bij hoogste zonnestand).	Loopafstand tot koelte (§ 5.2)	Loopafstand-tot-koeltekaart (LATAK-kaart) is landelijk beschikbaar via de Klimateffectatlas (KEA) (updatefrequentie eens per drie jaar)	Niet elke koele plek uit de LATAK-kaart is een aangename koele verblijfsplek (dit is een eerste inventarisatie op basis van aannames); lokaal maatwerk is nodig.
De twee pleinen in de binnenstad zijn in 2035 zodanig ingericht dat 40% van de deze pleinen door bomen wordt beschaduw.	Percentage schaduw (§ 5.2)	Schaduw kan afgeleid worden uit de landelijke PET-kaart (update eens per drie jaar lijkt haalbaar)	Regionale verschillen in jaartal inwinning inputdata. Inputbronnen dienen een kortere periode te beslaan om uitspraken voor een bepaald moment mogelijk te maken en een trend in de tijd inzichtelijk te maken.

In 2035 overschrijdt de gemiddelde gevoelstemperatuur van de gebouwde omgeving op een warme dag de gemiddelde gevoelstemperatuur van het buitengebied niet meer dan 5 graden	Gevoels-temperatuur (PET) (§ 5.2)	PET-kaart is beschikbaar via KEA en wordt naar verwachting elke drie jaar bijgewerkt.	PET-kaart maakt gebruik van verschillende databronnen zoals de skyviewfactor, AHN en luchtfoto's die mogelijk een lagere updatefrequentie hebben dan drie jaar en waarvan de inwinning regionaal verschilt.
Het aandeel openbare verharding in de bebouwde kom van de gemeente is in 2030 20% lager dan in 2022	Percentage verhard (§ 4.2)	BGT / landgebruik (jaarlijkse update)	BGT wordt wel continu geüpdatet maar wordt niet per actualiseringsjaar als open dataservice aangeboden op PDOK. Kwaliteit BGT-data wordt gewaarborgd volgens de eisen in wet- en regelgeving. Dus bronhouders zelf zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit en daarmee nauwkeurigheid van de indicatoren.
In 2035 zijn alle straten in wijk x voorzien van waterdoorlatende verharding zodat het grondwaterpeil voldoende wordt aangevuld.	Straten met water-doorlatende verharding	Monitoring niet mogelijk via landelijke monitor tenzij een koppeling gemaakt wordt met gemeentelijk beheerpakket.	
Bij herinrichting openbare ruimte binnen de bebouwde kom wordt deze zo ingericht dat bij extreem hevige neerslag geen schade optreedt aan gebouwen bij een bui van 70mm in een uur. In 2050 voldoet het hele gebied binnen de bebouwde kom aan deze eis.	Schade aan gebouwen kan alleen op basis van live events bepaald worden; om modelmatig te monitoren kan beter gewerkt worden met een waterhoogte t.o.v. de gevel (§ 5.4)	Vanuit de KEA is een waterdieptekaart beschikbaar die gecombineerd kan worden met panden tot een water-tegen-de-gevelkaart. De belangrijkste beperking van deze kaart is dat de stedelijke water-infrastructuur niet wordt meegenomen en vereenvoudigd is tot een vaste verwerkings-capaciteit van 20 mm/u. Ook het effect van maatregelen kan niet zichtbaar gemaakt worden. De kaart is hiermee niet geschikt voor monitoringsdoeleinden, tenzij een koppeling gemaakt wordt met gemeentelijke beheerpakket.	Focus ligt op neerslaggebeurtenis T=100; verwachting is dat bij nieuwe stresstesten aanbevolen wordt een T=100 gebeurtenis te beschouwen zodat het functioneren van het gehele systeem getoetst kan worden. Stresstestdata kunnen dan niet als monitordata gebruikt worden.
Ieder perceel in buurt x moet in 2035 bij een hevige bui minimaal 50 mm neerslag kunnen verwerken op eigen terrein (infiltreren, opvangen en/of vertraagd afvoeren)	-	-	Kan niet universeel gemonitord worden omdat effect niet meetbaar is. Kan alleen gemonitord worden via vergunningsaanvraag.

Bovenstaande tabel laat zien dat een heel aantal voorgestelde omgevingswaarden gemonitord kan worden via een landelijke klimaatmonitor. Voor een aantal indicatoren is aanvullend een koppeling met gemeentespecifieke data nodig. Voor beide geldt dat frequent bijwerken noodzakelijk is om monitoring en bijsturing mogelijk te maken.

Dit betekent dat niet alleen de indicator zelf frequent bijgewerkt moet worden maar ook de onderliggende databronnen. Om een goede koppeling tussen monitor en stresstest te maken is het van belang dat er meer uniformiteit ontstaat in de methode en er meer normen komen die objectief en meetbaar zijn. Het verdient de aanbeveling hier vanuit het Rijk/DPRA meer (sturend) richting aan te geven.

De tabel laat ook zien dat voor een aantal omgevingswaarden, met name als ze doorwerken op particulier terrein of waar het ondergrondse maatregelen betreft, monitoren heel lastig wordt. Bij het formuleren van de omgevingswaarden is het dus belangrijk op voorhand een monitoringsprotocol te bepalen.

6.4.3 Dilemma's

Uit de werksessie en de daarop volgende discussies binnen het projectteam en met de klankbordgroep kwam een aantal meer algemene dilemma's naar voren. Wij noemen er vier.

Klimaatbestendigheid wordt een steeds belangrijker thema, maar moet dat ook leiden tot harde normen?

De vraag is of decentrale overheden, gezien de verplichtingen die horen bij het stellen van omgevingswaarden, het ook aandurven om bindende normen op te nemen. Voelt men voldoende comfort dit te doen? Harde normen via omgevingswaarden komen tegemoet aan de grote aandacht voor klimaatbestendigheid. Zij bieden transparantie en zekerheid aan burgers dat hun stad of dorp klimaatbestendig is (volgens een bepaalde kwaliteit). Twee derde van de aanwezigen op de workshop was het dan ook eens met de stelling "Als we klimaatbestendigheid niet als omgevingswaarde borgen, blijft het begrip te vrijblijvend". Bovendien krijgt het begrip klimaatbestendigheid mede dankzij de stresstesten ook steeds meer handen en voeten; een voorwaarde voor normering. Zo was op de workshop driekwart het *oneens* met de stelling "Over 10 jaar verstaan we waarschijnlijk heel andere dingen onder klimaatbestendigheid." Bij professionals die werken aan klimaatbestendigheid staat men over het algemeen dan ook positief tegenover het opnemen van klimaatbestendigheid in de omgevingswaarden. Mogelijk is de behoefte aan bindende normen lager onder bestuurders en juridisch medewerkers. Normering leidt ook tot beleidskosten (bijvoorbeeld voor monitoring en het opstellen van programma's), mogelijk kostbare ingrepen, en afbreukrisico's voor de overheid, wanneer zij door eigen beperkingen of door (gebrek aan) actie van andere grondeigenaren een omgevingswaarde niet haalt. Ook kunnen bindende normen leiden tot meer gronden voor eventueel bezwaar. Bovendien voeren veel lokale overheden de omgevingswet eerst beleidsarm, dus zonder nieuwe beleidsdoelen, in. Klimaatbestendigheid als bindende norm zal daardoor vooral op de (middel-)lange termijn spelen.

Ruimte bieden of specifiek voorschrijven

Een tweede dilemma ontstaat wanneer is gekozen voor een omgevingswaarde rond klimaatbestendigheid. Moet de formulering ruimte bieden aan meerdere oplossingen, lokale omstandigheden en een integrale benadering? Dit alles is zeker in 'de geest' van de Omgevingswet. Tegelijkertijd bieden specifiekere omgevingswaarden meer houvast voor sturing en monitoring. Bij een specifiekere definitie van omgevingswaarden is het duidelijker wat gedaan moet worden en door wie. Dit biedt comfort rond het opstellen van haalbare normen. In 'de letter' van een omgevingsplan zal ruimte daarom weleens veel beperkter kunnen uitvallen. Dit dilemma hangt samen met de keuze om omgevingswaarden gebied- of objectgericht en als resultaat- of inspanningsverplichting op te nemen (zie eerder). Zo bieden omgevingswaarden geformuleerd voor een hele stad meer ruimte voor verschillende oplossingen dan omgevingswaarden gericht op specifieke onderdelen (zoals fietspaden of pleinen). Uiteindelijk zullen gemeenteraden en provinciale staten ook een afweging moeten maken of het geheel aan omgevingswaarden voldoende ruimte biedt voor integrale ruimtelijke ontwikkeling, of deze te veel vastzet.

Duidelijk en concreet, maar ook algemeen begrijpelijk

Omgevingswaarden moeten vastgesteld worden door de gemeenteraad of provinciale staten met input vanuit de brede participatie die een belangrijke rol speelt in de Omgevingswet. Dit betekent dat ook niet-experts de omgevingswaarden moeten kunnen begrijpen. Aan de andere kant kunnen eenvoudiger te begrijpen indicatoren leiden tot problemen voor monitoring of het bereiken van doelen rond klimaatbestendigheid. Dit valt te illustreren met twee voorbeelden. Allereerst het voorbeeld dat genoemd wordt in het rapport 'het casco omgevingsplan' (2020) van de VNG. Hier wordt als omgevingswaarde gesteld dat de temperatuur in de bebouwde kom nooit meer dan 20 graden hoger mag zijn dan in het buitengebied. Deze omgevingswaarde roept technische vragen op, omdat hij niet goed gedefinieerd wordt: gaat het hier om gevoelstemperatuur of luchttemperatuur? En gaat dit op voor de warmste dag dat jaar of de warmste dag die zich met een bepaald kanspercentage kan voordoen? En gaat het om dit jaar of bijvoorbeeld het warmere 2050? Een omgevingswaarde zoals "de gevoelstemperatuur op enige plaats binnen de bebouwde kom mag na 2025 nooit meer dan 20 graden hoger mag zijn dan de gemiddelde gevoelstemperatuur van het buitengebied binnen een straal van 20 km bij een hete dag die zich met een waarschijnlijkheid van 1 op 1000 voordoet in elk jaar" is duidelijk concreet, maar lastiger te doorgronden. Een tweede voorbeeld is het verschil tussen de klimaatwaarde "30% onverhard groen in de bebouwde kom" en bijvoorbeeld "bij een regenbui van 70mm in twee uur mogen hoofdwegen niet meer dan 20mm onder water staan". Beiden hebben effect op wateroverlast en beiden zijn goed te monitoren. Meer groen is een brede maatschappelijke wens met veel draagvlak. Het is intuïtief, zichtbaar en dient meerdere doelen (wateroverlast, rust, recreatie, beweging, koelte, biodiversiteit). Tegelijkertijd garandeert deze omgevingswaarde niet dat deze bovenliggende doelen gehaald worden: de straten kunnen nog steeds te veel onder water te staan om begaanbaar te zijn.

Lokale of nationale sturing op dataverzameling en omgevingswaarden

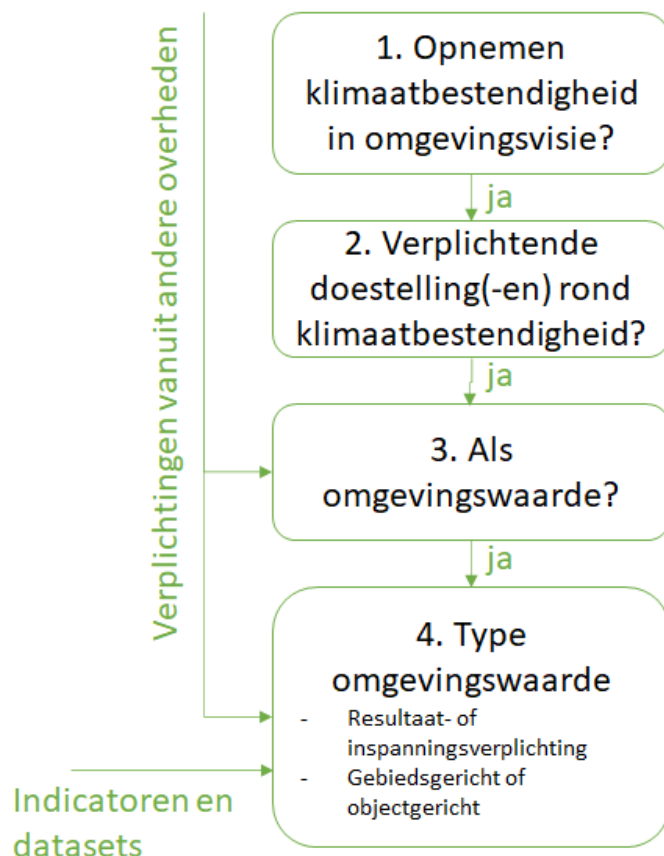
In de werksessie waren evenveel voor- als tegenstanders van de stelling: "Laat de dataverzameling, methoden en normen niet over aan decentrale overheden, maar organiseer dat nationaal." De bal voor het opnemen van omgevingswaarden rond klimaatbestendigheid ligt bij decentrale overheden. Tegelijkertijd vraagt het veel capaciteit, en kennis. Het dilemma is net wat anders voor dataverzameling, methoden en normering. Bij dataverzameling speelt vooral de spanning tussen efficiency en detailinfo. Het is weinig efficiënt wanneer veel overheden, zelf of via ingenieursbureaus, ongeveer dezelfde datasets nodig hebben. Op basis van de ervaringen met de stresstesten is er een grote overlap in de databehoeften van decentrale overheden. Tegelijkertijd vragen sommige indicatoren om locatiespecifieke informatie die niet nationaal beschikbaar is. Denk aan de definitie van verblijfplaatsen of kroongroottes voor de schaduwberekeningen uit paragraaf 6.4.2. Bij methoden gaat het, naast efficiency, vooral om de vergelijkbaarheid, de benchmarking, van resultaten versus methoden die toevalligerwijs aansluiten bij bestaande lokale expertise en uitdagingen. Normstelling ligt vooralsnog meestal op lokaal niveau (er zijn weinig (inter-)nationale verplichtende normen). Hierdoor is meer maatwerk mogelijk. Wel kan dit leiden tot lokale verschillen in klimaatbestendigheid. Het valt op dat verschillende lokale normen wel degelijk gebaseerd zijn op dezelfde maatlat/ datasets. Een uitweg uit dit dilemma is bij nationale ondersteuning de nadruk te leggen op de grote gemene deler onder lokaal beleid rond klimaatbestendigheid. Dit behoudt lokale autonomie, maar voorkomt versnippering en bevordert doelmatige inzet van capaciteit.

6.5 Handreikingen voor vervolg

Er is interesse om klimaatbestendigheid toe te passen als omgevingswaarde, maar ook veel onduidelijkheid hoe of wanneer dit te doen. Daarom is onderstaande handreiking opgesteld, waarin we de inzichten van dit hoofdstuk bundelen. Het is verstandig om omgevingswaarden rond klimaatbestendigheid te formuleren als het antwoord op onderstaande vragen 'ja' is.

Overigens staat de volgorde van de vragen niet vast. Uiteindelijk gaat het erom dat de vragen goed samenhangen. Dat betekent bijvoorbeeld ook dat het verstandig is om haakjes op te nemen die omgevingsvisie en omgevingswaarde aan elkaar koppelen. Bijvoorbeeld door in de omgevingsvisie expliciet aan te geven wat voor klimaatbestendigheid gezocht wordt en welke sturingsfilosofie hierbij hoort. Overigens ontbreekt bij het onderstaande natuurlijk een 'stap 5': welke indicatoren gaat de lokale overheid gebruiken. In paragraaf 6.4 staan voorbeelden.

Handreiking opstellen omgevingswaarden



Figuur 6-5 Handreiking: wanneer klimaatbestendigheid op te nemen als omgevingswaarde

Stap 1. Opnemen van het thema klimaatbestendigheid in structuurplan, omgevingsplan en/of -visie?

- Onderkent de overheid het belang van klimaatbestendigheid als een belangrijke omgevingskwaliteit?
- Werkt de overheid aan klimaatbestendigheid?
- Heeft de overheid en samenleving basaal begrip van wat klimaatbestendigheid inhoudt?

Als het antwoord hierop 'ja' is, dan is het zinvol om klimaatbestendigheid te onderkennen als thema in het structuurplan, omgevingsplan, -programma en/of -visie.

Klimaatbestendigheid wordt maatschappelijk en bestuurlijk steeds belangrijker. Nationaal en ook in vele coalitieakkoorden is hier aandacht voor. Het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) ondersteunt overheden en marktpartijen in de ambitie doelen effectief te borgen en te reguleren. In verschillende regio's is een bouwconvenant gesloten waar het onderwerp klimaatadaptatie deel van uitmaakt.

Reguleren en borgen gebeurt ook via het Overleg Standaarden Klimaatadaptatie (OSKA) en door het delen van handreikingen voor het borgen van klimaatadaptatie in omgevingsvisies, plannen en uitvoeringsagenda's. Door al deze ontwikkelingen hebben decentrale overheden meer ervaring en kennis gekregen over wat klimaatbestendigheid inhoudt. Het is voorsnog echter niet verplicht. Decentrale overheden kunnen ook aan klimaatbestendigheid werken zonder het op te nemen in een omgevingsvisie of -plan. Voor het groeiend aantal decentrale overheden dat ambities heeft en invulling kan geven aan klimaatbestendigheid lijkt het een logische stap om klimaatbestendigheid op te nemen in de omgevingsvisie en eventueel -plan. Dit wil niet zeggen dat klimaatbestendigheid vertaald wordt in gekwantificeerde doelen.

Stap 2. Verplichtende doelstellingen opnemen rond klimaatbestendigheid?

- Zijn aspecten van klimaatbestendigheid politiek en maatschappelijk zo belangrijk dat een bepaalde kwaliteit gegarandeerd moet worden?
- Is deze kwaliteit haalbaar voor de overheid en anderen?
- Is het bereiken van deze kwaliteit voldoende doelmatig voor de overheid en anderen?

Indien alle antwoorden met 'ja' beantwoord kunnen worden zijn verplichtende doelstellingen om een bepaalde mate van klimaatbestendigheid te realiseren logisch. De volgende keuze is of (onderdelen van) klimaatbestendigheid alleen als ambitie of ook als verplichtende doelstelling of kader moet worden opgenomen. Dit kan zowel in de omgevingsvisie als in het omgevingsplan. Beide worden vastgesteld door de gemeenteraad, mede op basis van bredere participatie.

Het belang van een verplichtende kwaliteit moet afgewogen worden tegen de haalbaarheid en kosten. Dit is in wezen een politieke, organisatorische en economische kosten-batenanalyse die samenhangt met het niveau van ambitie. Zowel bij een heel lage ambitie (waarbij een verplichtende doelstelling geen effect heeft) als bij een heel hoge ambitie (waarbij een resultaat niet gegarandeerd kan worden), is een verplichting ('harde norm') weinig zinvol. Bij de haalbaarheidsvraag speelt ook of de lokale overheid de capaciteit en positie heeft om een bepaald doel te realiseren.

Stap 3. Klimaatbestendigheid als omgevingswaarde?

Verplichtende doelen kunnen vastgelegd worden als omgevingswaarde, als instructieregel, algemene regel of beoordelingsregel (zie ook paragraaf 6.3.3). Kies voor een omgevingswaarde als de volgende vragen allemaal met 'ja' beantwoord kunnen worden (bron: Informatiepunt Leefomgeving):

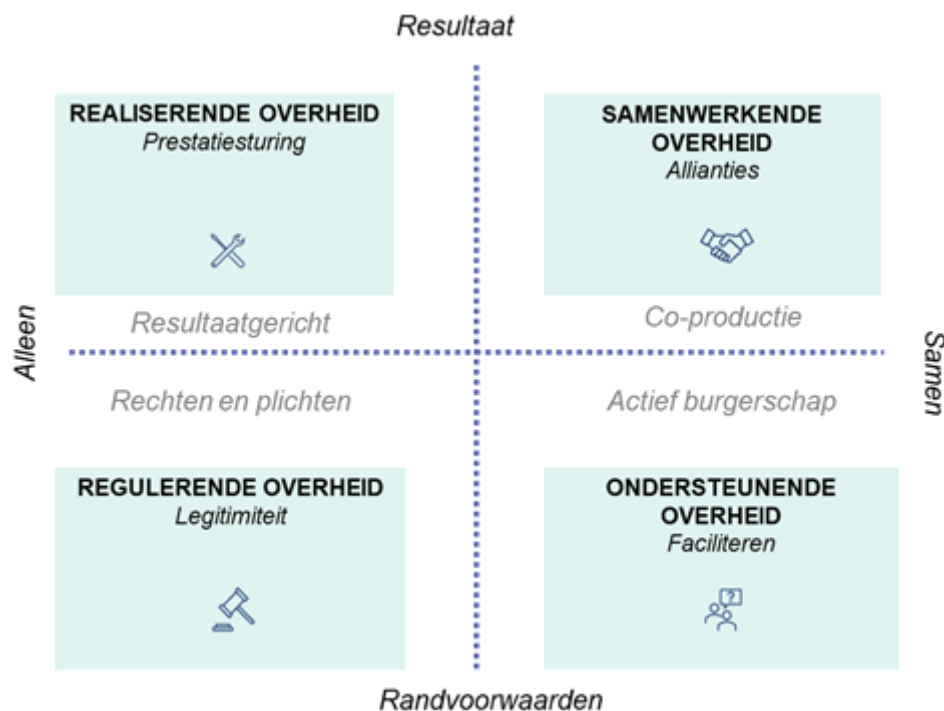
- Is een uniforme basiskwaliteit vereist?
- Is er een grote variatie aan activiteiten met vergelijkbare gevolgen voor de fysieke leefomgeving?
- Ligt de verantwoordelijkheid om een doelstelling voor de kwaliteit van de leefomgeving te bereiken bij de overheid (het collectief)?
- Is het wenselijk om bij normoverschrijding te saneren?

Oftewel: een omgevingswaarde impliceert een uniforme basiskwaliteit, die afhankelijk is van veel verschillende activiteiten, waarbij de verantwoordelijkheid ligt bij de overheid en bij normoverschrijding gesaneerd moet worden. Een omgevingswaarde helpt om te sturen op het cumulatieve effect van allerlei ontwikkelingen en activiteiten. Bijvoorbeeld bij wateroverlast die veroorzaakt wordt door verstening, beperkte capaciteit van het riool, laaggelegen wegen en weinig losgekoppelde regenpijpen en buffers. Wanneer de kwaliteit afgestemd is op specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld een extra lage hittestress in een buurt met zeer veel ouderen), is een instructieregel handiger. Bij omgevingswaarden en instructieregels is de overheid verantwoordelijk.

Ligt de verantwoordelijkheid bij individuele eigenaren of beheerders dan is een algemene regel (uniform) of beoordelingsregel van de omgevingsvergunning (projectspecifiek) van toepassing. Bij beoordelingsregels kan de overheid pas invloed uitoefenen zodra er een omgevingsvergunning wordt aangevraagd. In gebieden waar weinig nieuwe vergunningen worden aangevraagd, zal dat dus maar een beperkt effect hebben op klimaatbestendigheid.

Stap 4. Formuleren van de omgevingswaarde

Het type omgevingswaarde moet aansluiten bij de manier waarop de overheid wil sturen in het realiseren van klimaatbestendigheid. Oftewel welke rol zij inneemt ten opzichte van andere partijen in de samenleving. Figuur 6.2 geeft een overzicht van sturingsmogelijkheden. Merk op dat we hier al uitgaan van omgevingswaarden: oftewel verplichtende waarden onder verantwoordelijkheid van de overheid.



Figuur 6.7 Bepalen sturingsfilosofie (Kennisportaal Klimaatadaptatie)

Kijken we naar de afweging tussen resultaats- vs. inspanningsverplichting en gebieds- vs. objectgerichte omgevingswaarden, dan vallen op basis van de rol van de overheid een aantal opties af (zie Tabel 6.3).

Tabel 6.3 Opties resultaats- vs. inspanningsverplichting en gebieds- vs. objectgerichte omgevingswaarden. Een X geeft aan dat het een optie is en een – geeft aan dat het geen optie is.

	Realiserende overheid	Samenwerkende overheid	Ondersteunende overheid	Regulerende overheid
Resultaatsverplichting	X	Voorwaarde	–	X
Inspanningsverplichting	–	X	X	X
Gebiedsgericht	Voorwaarde	X	X	–
Objectgericht	X	X	–	X

Een realiserende rol past goed bij kwaliteiten en maatregelen die gelden voor de publieke ruimte: het domein waar de overheid verantwoordelijk is. Omdat het gaat om resultaten en de overheid de controle heeft, passen hier omgevingswaarden die ook verplichten tot een resultaat. Deze zijn waarschijnlijk objectgericht (ruimtelijke elementen in de publieke ruimte), maar kunnen ook gebiedsgericht zijn, mits de resultaten in de publieke ruimte te realiseren zijn. Denk bijvoorbeeld aan een maximale afstand tot een koele buitenruimte. Dit is een gebiedsgerichte formulering, maar bij overschrijding kan de overheid een koele buitenruimte creëren.

Bij de samenwerkende overheid ontwikkelt de overheid samen met andere partijen doelen. Bijvoorbeeld omdat het gaat om interventies of particuliere grond en gebouwen waar de overheid geen zeggenschap over heeft. Een goed voorbeeld zijn de stresstesten. Hier passen vooral inspanningsverplichtingen. Dit lijkt misschien contra-intuïtief (de samenwerkende overheid is immers resultaatgericht), maar wanneer de resultaten als omgevingswaarden worden overgenomen, maakt de overheid zich eindverantwoordelijk voor de collectieve inspanning. Dit kan ertoe leiden dat andere partijen achterover gaan leunen (*'moral hazard'* / *'free rider'* gedrag). Alleen wanneer de overheid bij uitblijvende resultaten andere partijen kan dwingen (ook) in beweging te komen komt het instrument van resultaatverplichtende omgevingswaarden in beeld.

De ondersteunende overheid reageert op maatschappelijke initiatieven. Die willen eigenlijk per definitie iets anders doen dan de lokale overheid. Anders waren zij geen initiatief gestart. Brede, inspanningsgerichte en gebiedsgerichte omgevingswaarden geven richting aan die initiatieven zonder al te veel de ruimte voor initiatief vooraf in te kaderen. Een inspanningsverplichting (bijvoorbeeld het instellen van een *'right to challenge'*, of een dialoog over klimaatbestendigheid) is dan ook meer passend.

Vanuit de rol van een regulerende overheid is het belangrijk duidelijkheid te schetsen over procedures en verplichtingen. Bijvoorbeeld via objectgerichte inspannings- en resultaatsverplichtingen. Gebiedsgerichte omgevingswaarden passen hier minder, omdat daarmee juist procedures en individuele verplichtingen meer open worden gehouden.

7 Conclusies en vervolgstappen

In dit onderzoek is in kaart gebracht wat er gewenst en nodig is om de lokale klimaatbestendigheid te monitoren met indicatoren. Het onderzoek is gericht op decentrale overheden en de stedelijke omgeving. In dit hoofdstuk geven wij antwoord op de onderzoeksvragen en aanbevelingen voor vervolgstappen.

7.1 Conclusies

In deze paragraaf geven wij antwoord op de drie onderzoeksvragen uit hoofdstuk 1:

1. Welke indicatoren kunnen de decentrale overheden gebruiken om de mate van klimaatbestendigheid van de fysieke leefomgeving (een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting in 2050) te concretiseren en de voortgang van het proces te volgen (richting en snelheid)?

Op dit moment kunnen decentrale overheden klimaatbestendigheid nog niet (of zeer beperkt) monitoren op basis van landelijk beschikbare open data. Daarom is onderzocht welke indicatoren het meest kansrijk zijn voor monitoring. Na een selectie op basis van een quickscan bleven zes (gecombineerde) databronnen over. Deze databronnen kunnen vertaald worden naar verschillende indicatoren (zie Tabel 7.1). De data (en daaruit af te leiden) indicatoren van de Basisregistratie Grootschalige Topografie zijn het verst ontwikkeld. In dit project is een script gemaakt om deze dataset te kunnen toepassen voor het monitoren van klimaatbestendigheid (proof of concept).

Voor verschillende datasets (AHN, BGT, bomenbestand) die onderdeel uitmaken van de databronnen in Tabel 7.1 is een updatefrequentie van eens per drie jaar haalbaar. Dit betekent dat elke drie jaar de lokale klimaatbestendigheid gemonitord kan worden. Dit sluit aan bij de stresstest die elke zes jaar herhaald wordt. De datasets/indicatoren maken het mogelijk de klimaatbestendigheid tegen verschillende dreigingen (hitte, droogte, wateroverlast en overstromingen) te monitoren. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de klimaatbestendigheid tegen sommige dreigingen beter in kaart gebracht kan worden dan tegen andere. Zo dekken de indicatoren de klimaatbestendigheid tegen de dreiging hitte beter dan tegen droogte.

De indicatoren kunnen op verschillende manieren gebruikt worden: om ontwikkelingen in de tijd te beschrijven, om een startwaarde te formuleren die niet mag verslechteren en om de afstand tot een norm (op dat moment of ten opzichte van een doel in de toekomst) te bepalen.

Tabel 7.1 Overzicht van de relatie tussen indicatoren, databronnen en dreigingen per omgevingskwaliteitsthema.

Thema	Indicator	Databron	Dreiging
Veiligheid en bereikbaarheid	Overstromingsrisico	Lokaal schadegevaar	Overstroming
	Kans op blokkade van wijkontsluitingswegen door hevige neerslag	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast
	Kans op wateroverlast in woningen	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast
	% Stoepen en fietspaden met schaduw	Hittekaart gevoelstemperatuur	Hitte
	Afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater	BGT	Wateroverlast, droogte
	% Oppervlaktewater	BGT	Wateroverlast
Gezondheid en leefbaarheid	% Openbaar groen	BGT	Hitte, wateroverlast
	% Openbaar verhard oppervlak	BGT	Hitte, wateroverlast
	Gemiddelde gevoelstemperatuur	Hittekaart gevoelstemperatuur	Hitte
	Afstand tot koelte	Hittekaart gevoelstemperatuur	Hitte
	Trend in GLG	DINOloket, grondwatermeetnetten	Droogte
	Lengte periode overschrijding van drempelgrondwaterstand	DINOloket, grondwatermeetnetten	Droogte
	Trend in NDVI	Sentinel-2 of andere satellietdata	Droogte
	Lengte periode overschrijding van drempel-NDVI-waarde	Sentinel-2 of andere satellietdata	Droogte
Economie	Kans op wateroverlast in bedrijven en winkels	Lokale waterdieptekaarten	Wateroverlast
	Overstromingsrisico	Lokaal schadegevaar	Overstroming

2. Hoe kan klimaatbestendigheid en de monitoring daarvan in de praktijk worden geborgd in het kader van de Omgevingswet?

De Omgevingswet wordt naar verwachting per 1 juli 2023 ingevoerd. Door klimaatbestendigheid als omgevingswaarde(n) op te nemen ontstaat de verplichting om een (door decentrale overheden) te bepalen niveau van klimaatbestendigheid te bereiken en dat te monitoren. Dit biedt een zeer goede borging. Volgens een steekproef (N=17) en de klankbordgroep is er veel interesse om te verkennen of die omgevingswaarden een kansrijk instrument zijn om klimaatbestendigheid te borgen. Tegelijkertijd is er in het werkveld nog veel onduidelijkheid over (de implementatie van) de Omgevingswet.

Decentrale overheden kunnen zelf kiezen of en hoe ze omgevingswaarden opstellen. Om te helpen om deze keuze te maken is een handreiking opgesteld (zie Figuur 7-1). Deze handreiking beschrijft de 'vraagzijde' (bestuurlijke context) van de monitoring. Voor indicatoren op basis van landelijk beschikbare data kan Tabel 7.1, de 'aanbodzijde', gebruikt worden om heldere omgevingswaarden te formuleren.

Handreiking opstellen omgevingswaarden



Figuur 7-1 Handreiking opstellen omgevingswaarden

Wij verwachten dat er veel bestuurlijke behoefte is om voortgang te meten rond (maatregelen omtrent) klimaatbestendigheid. Hier is de monitoring een nuttig hulpmiddel voor, met inachtneming van een aantal opmerkingen. Aangezien klimaatbestendigheid niet direct te meten is, zullen de indicatoren en visualisaties altijd geïnterpreteerd moeten worden met kennis van het lokale systeem en de achterliggende indicatoren. Zo geeft de BGT-indicator weer welk oppervlak verhard is. Maar niet of dit verharde oppervlak waterdoorlatend is of niet. Een stad die veel investeert in waterdoorlatende wegen met waterretentie onder het wegdek, zal dit dus niet terugzien in de indicatoren zoals uitgewerkt in de huidige proof of concept. Daarnaast adviseren we in deze studie om een aantal indicatoren te ontwikkelen die eens per drie jaar bepaald worden. Dit kan toevalligerwijs net in jaar twee en na het einde van een collegeperiode vallen, waardoor een zittend bestuur hier niet op beoordeeld kan worden. Bestuurders en ambtenaren moeten daarom goed op de tijdstempels letten.

3. Wat is nodig om de monitoring in de praktijk te implementeren?

Klimaatbestendigheid en het monitoren van de ontwikkelingen hiervan komen steeds hoger op de maatschappelijke agenda te staan. In navolging van de stresstest verdient het de aanbeveling om het kennissysteem voor klimaatbestendigheid verder te versterken zodat een verbeterde klimaatbestendigheid geagendeerd, gemonitord, geborgd en verantwoord wordt. Wij verwachten dat de introductie van de Omgevingswet een zet kan geven aan het bestuurlijk borgen van klimaatbestendigheid op lokaal niveau. Dat wil niet zeggen dat decentrale overheden ieder voor zich de gegevensbasis moeten ontwikkelen. Een landelijke monitor sluit aan bij de behoeften van decentrale overheden vanwege de aanwezigheid en groei van landelijke, publiek beschikbare datasets, de behoefte om op een vergelijkbare manier klimaatbestendigheid in kaart te brengen, het bundelen van de benodigde expertise en vooral om te voorkomen dat decentrale overheden ieder voor zich vergelijkbare studies moeten laten uitvoeren. Een goede, nationaal georganiseerde monitoring kan dan ook het bestuurlijk draagvlak voor klimaatbestendigheid lokaal vergroten. Wij doen een oproep aan het Rijk en DPRA om verantwoordelijkheid te nemen en bijvoorbeeld samen met CBS, PBL, I&W en anderen te starten met het ontwikkelen van een klimaatbestendighedsmonitor en dit onder te brengen bij (een consortium van) organisaties in bijvoorbeeld een informatiehuis klimaatbestendigheid.

Dit rapport bevat gedetailleerde informatie voor het werkprogramma voor het opzetten van de lokale klimaatbestendighedsmonitor (eerder samengevat bij de conclusie over de eerste onderzoeksvraag). Het werkprogramma valt uiteen in drie activiteiten:

- **Ontwikkelen.** De meeste brongegevens zijn momenteel afkomstig uit een brede range van jaren waardoor het niet mogelijk is ontwikkelingen in de tijd goed te beschrijven. Ook zijn sommige scripts niet publiek en moeten verschillende berekeningen die eerder zijn gedaan voor de stresstest geactualiseerd en gestandaardiseerd worden. De totaalkosten hiervoor bedragen naar schatting 500.000-750.000 euro (excl. BTW) met een doorlooptijd van 1-2 jaar. Deze kosten zijn met name nodig voor het uitwerken van methodieken, standaarden en berekeningen. De databronnen zelf zijn beschikbaar (en blijven naar verwachting ook op de langere termijn beschikbaar). Dit betekent dat het hoofdzakelijk gaat om een eenmalige investering, waarna kosten resten voor de opzet van een platform/ dashboard, continue hosting, updates en ondersteuning.
- **Coördineren.** Bij de coördinatie gaat het primair om drie taken. Allereerst de coördinatie van het consortium dat het werkpakket uit moet voeren. Ten tweede de coördinatie tussen de aanbieders van de monitor (het consortium, haar opdrachtgever(s) en de host van de monitor) en de gebruikers van de monitor (decentrale overheden). Dit om te zorgen voor bijvoorbeeld data-export-mogelijkheden, interoperabiliteit, visualisaties en mogelijkheden om lokale normen of streefwaarden toe te voegen die aansluiten bij de wensen van de gebruiker. Tot slot de coördinatie van decentrale overheden, niet als gebruiker, maar als toeleverancier van de data. Dit gaat bijvoorbeeld om het aanscherpen van de standaarden van de stresstest en het stimuleren van adequate gegevensoverdracht vanuit decentrale overheden (zoals grondwaterstandmetingen via het DINOloket en de beheerdata bases van riolering (gemeenten) en kleinere watergangen (gemeenten en waterschappen).
- **Stimuleren en leren.** Wij verwachten dat klimaatbestendigheid uiteindelijk het best geborgd wordt als het opgenomen wordt in omgevingsvisies en -plannen. Bijvoorbeeld als omgevingswaarde(n). Decentrale overheden staan hiervoor zelf aan de lat. Wel kan bijvoorbeeld het NKWK lokale koplopers hierin stimuleren en helpen om hun lessen te delen met andere overheden. Er zal allicht geen standaardaanpak ontstaan bij decentrale overheden omdat omgevingswaarden sterk afhangen van de lokale context, maar decentrale overheden die vanuit hun diversiteit leren hoe om te gaan met (het monitoren van) klimaatbestendigheid is waardevol.

7.2 Vervolgstappen voor de ontwikkeling van de indicatoren

Van iedere databron is gedetailleerd onderzocht wat de issues en vervolgstappen zijn met betrekking tot de updatefrequentie, open data, relatie met klimaatverandering, consistentie, methode van verwerken, methode van uitvoeren van de berekeningen, of ze het effect van lokale maatregelen zichtbaar kunnen maken en of ze goed te (de-)aggregeren zijn.

BGT-dataset

De BGT-dataset (Basisregistratie Grootchalige Topografie) vormt de basis voor een aantal indicatoren rond hitte, droogte en wateroverlast, zoals het percentage groen of de afstand tot water. De dataset wordt jaarlijks geüpdatet, is openbaar beschikbaar, heeft een hoge resolutie, en klimaatbestendighedsmaatregelen hebben een duidelijk effect op de indicatoren. In dit project zijn scripts geschreven voor toepassing. Er blijven een aantal aanbevelingen over om de BGT-data toe te passen bij het monitoren van klimaatbestendigheid. Naast verdere ontwikkeling van het dashboard en portaal gaat het om (1) zorgen dat PDOK/ het Kadaster niet alleen de meest recente data beschikbaar stelt, maar ook de data van eerdere jaren, (2) het toevoegen van particulier verhard terrein aan de dataset en (3) het stimuleren van blijvende aandacht voor de kwaliteit van dataverzameling en consistentie van de classificaties.

Hittekaart gevoelstemperatuur

Voor hittebestendigheid is voortgebouwd op de hittekaart gevoelstemperatuur uit 2020 (ook wel de *Physiological Equivalent Temperature*, PET, genoemd). Onderdeel van de gevoelstemperatuur is het bepalen van de schaduw in de openbare ruimte, waardoor deze dataset ook gebruikt kan worden voor bijvoorbeeld de indicator 'percentage voet- en fietspaden met schaduw'.

Om de gevoelstemperatuur te monitoren is het nodig om de onderliggende data (en het recept) te updaten zodat de brondata hetzelfde jaar beslaan (voor de hittekaart 2020 werd data gebruikt van de periode 2007-2020). Een updatefrequentie van circa elke drie jaar lijkt haalbaar. Verder moet het niet-openbare bomenbestand openbaar gemaakt worden of vervangen door data uit bijvoorbeeld het AHN (Algemeen Hoogtebestand Nederland) en de BGT-dataset, en moet een nieuw publiek script geschreven worden en de berekening opnieuw worden uitgevoerd. Daarnaast is het nodig dat de indicatoren en het script geüpdatet worden als er door klimaatverandering een nieuwe heetste dag (de heetste dag met een kans van

1 op 1000) wordt gedefinieerd. Tot slot verdient het aanbeveling om de resolutie van de PET-indicator te vergroten (van hele graden naar tiende graden) en de heetste dag voor elke regio te bepalen (nu is deze landelijk gedefinieerd).

Gemiddeld Laagste Grondwaterstand en NDVI

Voor droogte zijn er twee mogelijkheden: het grondwater monitoren of de kwaliteit van het groen. Een veel gebruikte indicator is (de trend in) de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Een dalende trend in de GLG betekent vooral een mindere klimaatbestendigheid als een lager grondwaterpeil effecten heeft op bijvoorbeeld groen, funderingen of verzakkingen. Daardoor kan deze indicator alleen geïnterpreteerd worden in combinatie met diepgaande lokale kennis. Omdat de GLG in de praktijk veel gebruikt wordt, is het toch aan te bevelen om deze indicator door te ontwikkelen voor monitoring. Dat vraagt van gemeenten dat ze ook lokale meetnetten ontsluiten via het DINOloket en de kwaliteit en frequentie van de metingen verhogen. Een tweede optie is het monitoren van de conditie van het groen via trends in de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hoewel de kwaliteit van het groen afhankelijk is van meer dan droogte, kan deze data wel goed dienen als signaleringsfunctie. De satellietdata waarmee de NDVI kan worden berekend is openbaar beschikbaar, hoewel het verstandig zou zijn een alternatieve databron te hebben om niet teveel afhankelijk te worden van deze satellietdata. Er is nog een gevalideerde methode nodig om de NDVI geautomatiseerd te verwerken tot indicatoren, waarbij de precieze te ontwikkelen indicatoren nog moeten worden vastgesteld – bijvoorbeeld gebaseerd op trends in de NDVI, op een maandelijks gemiddelde NDVI en/of op basis van een gemiddelde over de zomerperiode.

Lokale stresstesten

Ook bij wateroverlast gaat het om het doorontwikkelen van in de stresstesten gebruikte methoden. In dit geval van de wateroverlastkaarten die gemaakt worden op basis van een simulatie van extreme buien. Door de wateroverlastkaarten te koppelen aan een bepaalde norm (bijvoorbeeld: geen wateroverlast in woningen, of: geen uitval van hoofdwegen bij een gebeurtenis met een bepaalde herhalingstijd) ontstaat een indicator. De belangrijkste beperkingen die moeten worden opgelost om wateroverlast ook te monitoren zijn de beschikbaarheid en bewerking van data. Wat betreft beschikbaarheid is voor simulatie beheerdata nodig van het rioolsysteem, oppervlaktewater en kleinere watergangen, die door waterschappen en gemeenten wordt verzameld, maar niet altijd compleet is. Doordat dit actie vraagt vanuit gemeenten zou de monitoringscyclus gekoppeld kunnen worden aan de stresstesten (zesjaarlijks met halverwege een update). Bij de bewerking van de data zijn de belangrijkste acties het aanscherpen van de minimumeisen uit de standaard/ bijsluiters stresstest en het opstellen van een richtlijn voor het modelleren van de impact, waardoor uitkomsten, hoewel die nog steeds zullen afhangen van het specifieke modelconcept dat toegepast wordt, beter vergelijkbaar worden.

Lokaal schadegevaar

Voor het overstromingsrisico is gekozen voor het 'lokaal schadegevaar'. Deze laat de verwachte schade per jaar zien door overstroming, rekening houdend met het actuele beschermingsniveau.

Het lokaal schadegevaar combineert informatie over de kans, diepte en stroomsnelheid bij overstromingen met informatie over de kwetsbaarheid van de aanwezige functies voor de waterdieptes die kunnen optreden. Het schaderisico wordt nu eens per 6-8 jaar bepaald. Voor monitoring moet deze vaker berekend worden en vertaald naar indicatoren. Een andere aanbeveling is om de overstromingsscenario's vaker te updaten.

A Uitkomst van de quickscan van de indicatoren

Thema	Indicator	Geschikt voor prototype	Overstroming	Droogte	Wateroverlast	Hitte	Bron	Update frequentie	Open data	Landelijk
Veiligheid en bereikbaarheid	Uitval vitale en kwetsbare functies		X		X	X	112-meldingen	nee	nee	nee
	Uitval hoofdwegen door hitte/droogte			X	X	X	RWS KEA	nee	ja	ja
	Omvallende bomen			X	X		gem beheersysteem	nee	nee	nee
	Verzakking wegen door bodemdaling			X			INSAR, bewerking skyGeo	ja	nee	ja
	Verzakking woningen door bodemdaling			X			inspecties	nee	nee	nee
	Uitval hoofdwegen door wateroverlast				X		KEA	nee	ja	ja
	Wateroverlast in panden				X		KEA	nee	ja	ja
	Handelingsperspectief gevolgbeperving (diepte+kans)		X				LIWO-kaarten+ BAG	ja	ja	ja
	Kwetsbaarheid nieuwbouw (te nat / te slap etc)		X	X	X		Op Waterbasis + BAG	nee	ja	ja
	Aanwezigheid droge verdiepingen		X				Droge verdiepingenkaarten (LIWO) + BAG	ja	ja	ja
Gezondheid en leefbaarheid	Afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater		X				BGT	ja	ja	ja
	% oppervlaktewater			X	X	X	BGT	ja	ja	ja
	Gevoelstemperatuur hete zomerdag (PET)					X	Klimaat-effectatlas	nee	ja	ja
	Hittesterfte					X	CBS	nee	ja	ja
	Extreme binnen temperaturen WBC					X	meldingen woningbouwcorporaties?	nee	nee	nee
	Klachten water op straat / in de woning / verzakte ruimte				X		gemeentelijk, er is BOR meldsysteem	nee	nee	nee
	% stoepen en fietspaden met schaduw				X		AHN + BGT	nee	ja	ja
	Trend in groen			X	X		infrarood/bgt	ja	ja	ja
	afstand tot koelte				X	X	KEA	nee	ja	ja
	aantal overstortmeldingen				X		gem meldingen	nee	nee	nee
Economie	uitval van zwemwater		X	X			zwemwater.nl	ja	ja	ja
	Waterkwaliteit (klimaat)			X	X		NKWK waterkwaliteit	nee	nee	nee
	Verziltting oppervlaktewater		X	X			WABES / RWS	ja	ja	ja
	% openbaar groen			X	X		BGT	ja	ja	ja
	% oppervlaktewater			X	X		BGT	ja	ja	ja
	% openbaar verhard			X	X		BGT	ja	ja	ja
	Ernstig eenzame ouderen				X		RIVM / CBS	ja	ja	ja
	Schade aan landbouwgewassen		X	X	X		Water Wijzer Landbouw	nee	nee	ja
	Verzekerde schade (bliksem, hagel, neerslag, storm, vorst)				X		https://bi.verzekeraars.nl/db/klimaatmonitor.html	ja	nee	ja
	Schade door wateroverlast bedrijven en winkels				X		KEA	nee	ja	ja
	Trend in grondwaterstanden			X	X		https://www.grondwatertoets.nl/gwsinbeeld/ https://www.droogteradar.nu/#/intro DINOloket	ja	nee	ja
	Beschikbaarheid van grondwaterregulerende voorzieningen		X	X			lokale systemen	nee	nee	nee
	Overstromingsrisico		X				LIWO	nee	ja	ja

B Scripts en resultaten BGT-indicator tool

Het script is zo opgebouwd dat voor een willekeurig projectgebied door middel van een shapefile de meest recente BGT-dataset wordt getoetst op de parameters zoals benoemd in paragraaf 4.2. De resultaten worden vergaard in de volgende bestandsformaten:

- Geopackage (voor eigen gebruik GIS-omgeving):
 - Met de BGT en hoe ieder BGT-vlak is geclassificeerd (openbaar, niet-openbaar, verhard, onverhard)
 - Onderzoeksgebieden (wijk-, buurt- en PC6-niveau) met daarin de afstand tot oppervlakte water in meters
- Excel-bestanden:
 - Met voor elk onderzoeksgebied (wijk-, buurt- en PC6-niveau):
 - Pand-statistieken: oppervlakte pand, totaal oppervlakte particulier terrein en het percentage pand t.o.v. particulier terrein
 - Gebied-statistieken: oppervlakte verhard gebied t.o.v. openbaar en particulier terrein
 - Totaal-statistieken: oppervlaktes verhard, onverhard en oppervlaktewater t.o.v. openbaar en particulier terrein

B.1 Script: main

```
from data_preparation import DataPreparation
from percentage_calculator import PercentageCalculator
from distance_to_water_calculator import DistanceToWaterCalculator
import os

# == TODO ==
# - statistische objecten loop uit functies halen en in main zetten

# Download CBS buurten and wijken from
# https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-buurtkaart-2021#:~:text=De%20Wijk%2D%20en%20Buurtkaart%202021,%E2%84%A2%2Dshape%20en%20geopackage).

# test
# leiden_path = r"C:\Users\vd\OneDrive - TAUW Group bv\Werkzaamheden\BGT
opensource tool\Testgebied deventer"
# input_gpkg_path = os.path.join(leiden_path, "Basisdata.gpkg")
# input_statistics_gpkg = os.path.join(leiden_path, "statistics_data.gpkg")
# output_location = os.path.join(leiden_path, "Resultaten")
# result_gpkg = os.path.join(output_location, "export.gpkg")

# research_area_layer = "Onderzoeksgebied"
# statistics_areas = {
#     "pc6": {"gpkg_layer_name": "pc6_gebieden_deventer", "name_field": "PC6"},
#     "cbs_neighbourhoods": {"gpkg_layer_name": "buurten_2021_ni", "name_field":
"buurtnaam"},
#     "cbs_quarters": {"gpkg_layer_name": "wijken_2021_ni", "name_field": "wijknaam"}
# }
```

```

# bgt_layers = ["waterdeel", "wegdeel", "ondersteunendWegdeel", "onbegroeidTerreindeel",
#              "ondersteunendWaterdeel", "pand", "overigBouwwerk", "begroeidTerreindeel"]
#              # "kunstwerkdeel", "overbruggingsdeel", "scheiding" ]

# production
input_gpkg_path = r"P:\1234567\Leiden\bgt_leiden.gpkg"
input_statistics_gpkg = r"P:\1234567\Leiden\statistics_layers_leiden.gpkg"
output_location = r"P:\1234567\Leiden\Analyse leiden V3\Resultaten"
result_gpkg = os.path.join(output_location, "export.gpkg")

research_area_layer = "onderzoeksgebied_projected" # used to clip data to the same area
statistics_areas = {
    "pc6": {"gpkg_layer_name": "pc6_gebieden_leiden", "name_field": "PC6"},
    "cbs_neighbourhoods": {"gpkg_layer_name": "buurten_2021_leiden_grid_v2_projected",
                           "name_field": "buurtnaam"},
    "cbs_quarters": {"gpkg_layer_name": "wijken_2021_leiden_grid", "name_field": "wijknaam"}
}
bgt_layers = ["waterdeel", "wegdeel", "ondersteunendWegdeel", "onbegroeidTerreindeel",
              "ondersteunendWaterdeel", "pand", "overigBouwwerk", "begroeidTerreindeel",
              "kunstwerkdeel", "overbruggingsdeel", "scheiding"]

data_preperation = DataPreparation(input_gpkg_path, research_area_layer, result_gpkg)
research_statistics_areas = data_preperation.select_statisticcs_areas(input_statistics_gpkg,
                             statistics_areas)
merged_bgt = data_preperation.read_bgt_layers(bgt_layers)

percentage_calculator = PercentageCalculator(research_statistics_areas, output_location,
                                             result_gpkg)
percentage_calculator.calculate_percentage(merged_bgt)

water_distance_calculator = DistanceToWaterCalculator(research_statistics_areas,
                                                       result_gpkg)
water_distance_calculator.distance_to_water(merged_bgt)

print("Finished")

```

B.2 Script: data preparation

```

from typing import Dict, List
import pandas as pd
import geopandas as gpd
from geopandas.geodataframe import GeoDataFrame
from shapely.geometry.polygon import Polygon
from shapely.geometry.multipolygon import MultiPolygon
from shapely.geometry.collection import GeometryCollection

from classify_bgt import ClassifyBgt

class DataPreparation:
    """
    Class that is designed to prepare the inputdata for the analysis
    It clips the PC-6, CBS buurten, CBS wijken on the input area

```

And creates a buffer of 500m around the input area and with the area_buffer it clips the BGT for the area

```
"""
def __init__(self, gpkg_path, research_area_layer, result_gpkg):
    self._research_area = gpd.read_file(gpkg_path, layer=research_area_layer)
    self._research_area_bufer = self._research_area['geometry'].buffer(500)
    self._export_gpkg = result_gpkg
    self._source_gpkg_data = gpkg_path
    self._bgt_colum_list = ['fysiekVoorkomen', 'functie', 'openbaar', 'verharding',
'bgt_laag_naam', 'geometry']
    self._bgt_layers = {}

def get_bgt_from_wfs(self):
    """Future functions"""
    pass

def _combine_bgt_layers(self, merged_bgt_gdf, bgt_layer) -> GeoDataFrame:
    """
    This function will combine all read bgt layers into a single geodataframe. It also removed
    unnecessary columns.
    """

    # you can only merge if more then one layer is present.
    for column in bgt_layer.columns:
        if column not in self._bgt_colum_list:
            del bgt_layer[column]

    for index, row in bgt_layer.iterrows():
        if type(row.geometry) != Polygon and type(row.geometry) != MultiPolygon:
            bgt_layer.drop(index=index, inplace=True)

    merged_gdf = pd.concat([merged_bgt_gdf, bgt_layer])

    return merged_gdf

def read_bgt_layers(self, bgt_layers) -> GeoDataFrame:

    print("== Adding bgt data to the model ==")
    merged_bgt = gpd.GeoDataFrame(columns=self._bgt_colum_list, geometry='geometry')
    merged_bgt = merged_bgt.set_crs("epsg:28992")

    for gpkg_layer_name in bgt_layers:

        # load the bgt layer
        raw_data = gpd.read_file(self._source_gpkg_data, layer=gpkg_layer_name)

        # clip data to a 500m buffer around the research area
        clipped_bgt = gpd.clip(raw_data, self._research_area_bufer)

        # classify the bgt polygons
        enriched_bgt_data = ClassifyBgt().classify(clipped_bgt, gpkg_layer_name)

        # Append bgt layer to the combined bgt layer
        merged_bgt = self._combine_bgt_layers(merged_bgt, enriched_bgt_data)
```



```

        print(f"added bgt layer to model: {gpkg_layer_name}")

merged_bgt = merged_bgt.reset_index(drop=True)
merged_bgt.to_file(self._export_gpkg, layer="Combined BGT", driver="GPKG")

return merged_bgt

def select_statistics_areas(self, input_statistics_gpkg, statistics_layers) -> None:
    """
    This function makes a spatial select to get all statistics areas within the research area
    The selection is stored in a geopackage using the key name of the statistics_layers
    dictionary
    """
    print("== Preparing research areas ==")
    research_statistics_areas = {}
    for statistics_layer, gpkg_statistics_layer in statistics_layers.items():
        print(f"Preparing {statistics_layer}")
        gpkg_layer_name = gpkg_statistics_layer['gpkg_layer_name']
        statistics_layer_gdf = gpd.read_file(input_statistics_gpkg, layer=gpkg_layer_name)
        subset = gpd.sjoin(statistics_layer_gdf, self._research_area, how='inner')
        subset_single_part = subset.explode(index_parts=True)

        research_statistics_areas[statistics_layer] = {"data": subset_single_part,
                                                       "name_field": gpkg_statistics_layer['name_field']}

    return research_statistics_areas

```

B.3 Script classify BGT

```

import numpy as np
from geopandas.geodataframe import GeoDataFrame

NIET_OPENBARE_RUIMTE_LAGEN = ['pand', 'overigBouwwerk']
ONVERHARD_OPPERVLAKTE_LAGEN = ['begroeidTerreindeel']
VERHARD_LAGEN = ['wegdeel', 'ondersteunendWegdeel', "pand", "onbegroeidTerreindeel",
                 "overigBouwwerk",
                 "onbegroeidTerreindeel", "kunstwerkdeel"]
WATER_LAGEN = ['waterdeel', 'ondersteunendWaterdeel']

class ClassifyBgt:
    """
    Class that is designed to classify the BGT so information is available about
    public/non public
    water
    verharding
    more?
    """

    def __init__(self):
        pass

    def classify(self, layer: GeoDataFrame, bgt_layer_name: str) -> GeoDataFrame:
        """

```

```

This function classifies all polygons in a given BGT layer.
The keys are added into the GeoDataFrame object
'''

# Add BGT layer name and empty columns that will be filled later
layer['bgt_laag_naam'] = bgt_layer_name
layer["openbaar"] = np.nan
layer["verharding"] = np.nan

# Check if an entire layer is assumed public based on layer name
if bgt_layer_name in NIET_OPENBARE_RUIMTE_LAGEN:
    layer['openbaar'] = 'Nee'
else:
    layer['openbaar'] = 'Ja'

# Check if the layer is a water layer.
if bgt_layer_name in WATER_LAGEN:
    layer['verharding'] = 'Water'

# Classify layers that contain pavements
if bgt_layer_name in VERHARD_LAGEN:

    if bgt_layer_name in ["kunstwerkdeel"]:
        layer['openbaar'] = 'Ja'
        layer['verharding'] = 'Verhard'
    elif bgt_layer_name in ["pand", "overigBouwwerk"]:
        layer['verharding'] = 'Verhard'
    else:
        for index, feature in layer.iterrows():
            if "fysiekVoorkomen" in layer.columns:
                bgt_verharding = feature['fysiekVoorkomen']

                if "functie" in layer.columns:
                    bgt_functie = feature['functie']
                else:
                    bgt_functie = None

            if "onverhard" in bgt_verharding:
                layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'
            elif "verhard" in bgt_verharding:
                layer.loc[index, 'verharding'] = 'Verhard'
            else:
                layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'

            if bgt_verharding in ['erf'] or bgt_functie in ['spoorbaan']:
                layer.loc[index, 'openbaar'] = 'Nee'

            if bgt_functie in ['spoorbaan']:
                layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'

        else:
            layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'

    if layer.loc[index, 'openbaar'] == np.nan:
        layer['openbaar'] = 'Ja'

```

```

# classify all the entire layer as unpaved
if bgt_layer_name in ONVERHARD_OPPERVLAKTE_LAGEN:
    layer['verharding'] = 'Onverhard'

return layer

```

B.4 Script: distance to water calculator

```

import copy
from tabnanny import check
import numpy as np
import geopandas as gpd
from geopandas.geodataframe import GeoDataFrame

class DistanceToWaterCalculator:
    """
    Class that calculates the distance to water from the centerpoint of a PC6 area
    """
    def __init__(self, statistic_layers, export_gpkg):
        self.statistics_areas = statistic_layers
        self.export_gpkg = export_gpkg

    def _nearest_water_selector(self, water_layer, research_polygon) -> GeoDataFrame:
        """
        This function takes the water layer and 1 research polygon. In several distance iterations
        it looks for water polygons. When no water polygons are found in all iterations, just
        return the
        full water layer.
        """
        buffer_distance_checks = [100, 500, 1000]
        check_index = 0
        finished = False

        while not finished and check_index != (len(buffer_distance_checks) - 1):
            buffer = research_polygon['geometry'].buffer(buffer_distance_checks[check_index])
            selection = gpd.clip(water_layer, buffer)

            # check if atleast one feature is withing the selection dataset
            if len(selection) > 1:
                finished = True
            else:
                check_index = check_index + 1

        # if finished is not true, it means that no polygons are found within the search ranges.
        Hence, return
        # full water layer, otherwise return the selection
        if finished:
            return selection
        else:
            return water_layer

    def _min_distance(self, point, polygons) -> float:
        """
        This function calculates the distance of a point to the nearest polygon

```

```

Alternative for nearest_points from shapely.ops
'''
return round(polygons.distance(point).min(), 2)

def distance_to_water(self, bgt_combined) -> None:
'''
This function calculate the shortest distance to water for each polygon in the research
area
The function returns the research layer with the distanced added as column.
'''

print("== Calculate distance to water ==")

# select all water polygons from the bgt
water_layer = bgt_combined[bgt_combined['bgt_laag_naam'] == 'waterdeel']

for layer_name, layer_information in self.statistics_areas.items():

    print(f"Calculating distances for {layer_name}")
    # Load all layer
    research_layer = layer_information["data"]
    research_layer["min_dist_to_water"] = np.nan

    for index, research_polygon in research_layer.iterrows():
        clipped_water_layer = self._nearest_water_selector(water_layer,
research_polygon)

        # create a centroid object for all pc6 areas
        research_area_centroids = copy.copy(research_polygon)
        research_area_centroids['geometry'] =
research_area_centroids['geometry'].centroid

        # calculate the minimal distance to a waterbody
        research_layer.loc[index, 'min_dist_to_water'] =
self._min_distance(research_area_centroids.geometry,
                    clipped_water_layer.geometry)

    # write the enriched research area to a geopackage
    research_layer.to_file(self.export_gpkg, layer=layer_name, driver="GPKG")

    print(f"Calculated minimal water distance for {layer_name}")

```

B.5 Script: percentage calculator

```

from typing import Dict, List
import pandas as pd
import geopandas as gpd
from geopandas.geodataframe import GeoDataFrame
from shapely.geometry.polygon import Polygon
from shapely.geometry.multipolygon import MultiPolygon
from shapely.geometry.collection import GeometryCollection
import numpy as np
import os

```

```

class PercentageCalculator:
    """
    Class that calculates the percentages for
    The following percentages are calculated:
    etc.
    """
    def __init__(self, statistic_layers, export_folder, export_gpkg):
        self.statistics_areas = statistic_layers
        self.export_folder = export_folder
        self.export_gpkg = export_gpkg

    def _unify_geometry_types(self, dataset):
        for index, row in dataset.iterrows():
            if type(row.geometry) == Polygon or type(row.geometry) == MultiPolygon:
                pass
            else:
                # remove the item from the GeoDataFrame
                dataset.drop(index=index, inplace=True)
                print(f"- Removed feature with type: {type(row.geometry)} removed from
dataframe")

        # alternative
        # cleaned_union = union[np.logical_or(union.geom_type == 'Polygon',
        #                                     union.geom_type == 'MultiPolygon')]

        return dataset

    def calculate_percentage(self, merged_bgt) -> None:

        print("== calculate area statistics ==")

        for layer_name, layer_information in self.statistics_areas.items():

            print(f"Calculating area statistics for {layer_name}")
            # Load all layers
            research_layer = layer_information["data"]
            layer_name_field = layer_information["name_field"]

            # merged_bgt_cleaned_index = merged_bgt.loc[~merged_bgt.index.duplicated(), :]
            clipped_bgt = gpd.clip(merged_bgt, research_layer, keep_geom_type=False)
            cleaned_bgt_clip = self._unify_geometry_types(clipped_bgt)
            clipped_bgt_single_part = cleaned_bgt_clip.explode(index_parts=True)
            clipped_bgt_single_part = clipped_bgt_single_part.reset_index(drop=True)
            print("- Finished clip")

            research_layer = research_layer.drop(['index_right'], axis=1).reset_index(drop=True)
            clipped_bgt_single_part.reset_index(drop=True)

            # https://github.com/geopandas/geopandas/issues/1724
            import pygeos as pg
            clipped_bgt_single_part.geometry =
pg.set_precision(clipped_bgt_single_part.geometry.values.data, 1e-6)
            research_layer.geometry = pg.set_precision(research_layer.geometry.values.data,
1e-6)

```

```

# perform a union between the BGT and research layer
union = clipped_bgt_single_part.overlay(research_layer, how="union",
keep_geom_type=False, make_valid=True)
print("- Finished union")
# Drop the geometryCollections!
# cleaned_union = self._unify_geometry_types(union)

union_explode = union.explode(index_parts=True) # multipolygon to polygons

# add the area to each polygon
union_explode['Oppervlakte'] = union_explode['geometry'].area

# create a table to calculate the statistics for the verharding types
table: pd.DataFrame = pd.pivot_table(data=union_explode, index=['verharding',
'openbaar', layer_name_field],
values='Oppervlakte', aggfunc=np.sum)
table["Percentage"] = np.nan
table["Opp openbaar of particulier"] = np.nan
total_area_table = table['Oppervlakte'].groupby(["openbaar", layer_name_field]).sum()

for index, row in table.iterrows():
    public_status = row.name[1] # Ja or Nee
    research_area_selection = row.name[2] # the name field for the research area as
defines in main.py
    total_area = total_area_table[public_status][research_area_selection]

    row["Percentage"] = round((row['Oppervlakte']/total_area) * 100, 2)
    row["Opp openbaar of particulier"] = round(total_area, 2)

building_polygons = union_explode[union_explode['bgt_laag_naam'] == 'pand']
building_stat_table: pd.DataFrame = pd.pivot_table(data=building_polygons,
index=['bgt_laag_naam', 'openbaar', layer_name_field],
values='Oppervlakte', aggfunc=np.sum)

# Calculate statistics table for buildings
building_stat_table["Oppervlakte_particulier_terrein"] = np.nan
building_stat_table["Percentage_pand_particulier"] = np.nan

for index, row in building_stat_table.iterrows():
    public_status = row.name[1] # Ja or Nee
    research_area_selection = row.name[2]
    total_area = total_area_table[public_status][research_area_selection]
    row["Percentage_pand_particulier"] = round((row['Oppervlakte']/total_area) * 100,
2)

    row["Oppervlakte_particulier_terrein"] = round(total_area, 2)

# Calculate statistics table for the total areas public/private per research area
total_area_per_research_area =
table['Oppervlakte'].groupby([layer_name_field]).sum()
total_area_table = total_area_table.to_frame()
total_area_table["Percentage_totaal"] = np.nan
for index, row in total_area_table.iterrows():
    research_area_selection = row.name[1]
    total_area = total_area_per_research_area[research_area_selection]

```



```

row["Percentage_totaal"] = round((row["Oppervlakte"]/total_area) * 100, 2)

# Export results to excel
table.to_excel(os.path.join(self.export_folder, f"{layer_name}_statistics.xlsx"))
building_stat_table.to_excel(os.path.join(self.export_folder,
f"{layer_name}_pand_statistics.xlsx"))
total_area_table.to_excel(os.path.join(self.export_folder,
f"{layer_name}_built_area_statistics.xlsx"))

```

B.6 Script: BGT Stats generator

```

# from heapq import merge # needed for Visual studio code interactive mode
from typing import Dict, List
import pandas as pd
import geopandas as gpd
from geopandas.geodataframe import GeoDataFrame
from shapely.geometry.polygon import Polygon
from shapely.geometry.multipolygon import MultiPolygon
from shapely.geometry.collection import GeometryCollection
# from sqlalchemy import column
import numpy as np
import os
# from shapely.ops import nearest_points
import copy

"""
# list of BGT layers in different variables which is used to classify the BGT layers.
NIET_OPENBARE_RUIMTE_LAGEN = ['pand', 'overigBouwwerk']
ONVERHARD_OPPERVLAKTE_LAGEN = ['begroeidTerreindeel']
VERHARD_LAGEN = ['wegdeel', 'ondersteunendWegdeel', 'pand', "onbegroeidTerreindeel",
"overigBouwwerk",
"onbegroeidTerreindeel", "kunstwerkdeel"]
WATER_LAGEN = ['waterdeel', 'ondersteunendWaterdeel']

def min_distance(point, polygons):
    """
    This function calculates the distance of a point to the nearest polygon
    Alternative for nearest_points from shapely.ops
    """
    return round(polygons.distance(point).min(), 2)

class BgtStatistics:

    def __init__(self, gpkg_path, research_area_layer, output_location) -> None:
        # Inputs
        self._source_gpkg: str = gpkg_path
        self._research_area: GeoDataFrame = gpd.read_file(gpkg_path,
layer=research_area_layer)
        self._driver = "GPKG" # Fixed for now

        # Outputs
        self._output_location: str = output_location

```

```

self._output_gpkg: str = os.path.join(output_location, "export.gpkg")

# Results that are filled later
self._bgt_layers: Dict = {}
self._combined_bgt: GeoDataFrame = None

@staticmethod
def _bgt_mapper(layer: GeoDataFrame, bgt_layer_name: str) -> GeoDataFrame:
    """
    This function classifies all polygons in a given BGT layer.
    The keys are added into the GeoDataFrame object
    """
    # Add BGT layer name and empty columns that will be filled later
    layer['bgt_laag_naam'] = bgt_layer_name
    layer["openbaar"] = np.nan
    layer["verharding"] = np.nan

    # Check if an entire layer is assumed public based on layer name
    if bgt_layer_name in NIET_OPENBARE_RUIMTE_LAGEN:
        layer['openbaar'] = 'Nee'
    else:
        layer['openbaar'] = 'Ja'

    # Check if the layer is a water layer.
    if bgt_layer_name in WATER_LAGEN:
        layer['verharding'] = 'Water'

    # Classify layers that contain pavements
    if bgt_layer_name in VERHARD_LAGEN:

        if bgt_layer_name in ["kunstwerkdeel"]:
            layer['openbaar'] = 'Ja'
            layer['verharding'] = 'Verhard'
        else:
            for index, feature in layer.iterrows():
                if "fysiekVoorkomen" in layer.columns:
                    bgt_verharding = feature['fysiekVoorkomen']
                    if "onverhard" in bgt_verharding:
                        layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'
                    elif "verhard" in bgt_verharding:
                        layer.loc[index, 'verharding'] = 'Verhard'
                    else:
                        layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'

                if bgt_verharding in ['erf']:
                    layer.loc[index, 'openbaar'] = 'Nee'
            else:
                layer.loc[index, 'verharding'] = 'Onverhard'

            if layer.loc[index, 'openbaar'] == np.nan:
                layer['openbaar'] = 'Ja'

    # classify all the entire layer as unpaved
    if bgt_layer_name in ONVERHARD_OPPERVLAKTE_LAGEN:

```

```

        layer['verharding'] = 'Onverhard'

    return layer

def add_bgt_layers(self, gpkg_layer_names: List[str]) -> None:
    """
    This function reads all BGT layers in a geopackage and adds it to a dictionary in the
    class
    """
    for gpkg_layer_name in gpkg_layer_names:
        ruwe_data = gpd.read_file(self._source_gpkg, layer=gpkg_layer_name)
        verrijkte_bgt_data = self._bgt_mapper(ruwe_data, gpkg_layer_name)

        self._bgt_layers[gpkg_layer_name] = verrijkte_bgt_data
        print(f"added bgt layer to model: {gpkg_layer_name}")

def _combine_bgt_layers(self):
    """
    This function will combine all read bgt layers into a single geodataframe. It also removed
    unnecessary columns.
    """
    print("starting to combine bgt layers")
    columns_list = ['fysiekVoorkomen', 'functie', 'openbaar', 'verharding', 'bgt_laag_naam',
'geometry']
    merged_gdf = gpd.GeoDataFrame(columns=columns_list, geometry='geometry')
    research_area = self._research_area

    if len(self._bgt_layers) > 1:
        for bgt_layer_key in self._bgt_layers.keys():
            bgt_layer = self._bgt_layers[bgt_layer_key]
            for column in bgt_layer.columns:
                if column not in columns_list:
                    del bgt_layer[column]

            laag_clipped = gpd.clip(bgt_layer, research_area)
            merged_gdf = pd.concat([merged_gdf, laag_clipped])
    else:
        keys = self._bgt_layers.keys()
        merged_gdf = self._bgt_layers[keys[0]]

    merged_gdf = merged_gdf.set_crs("epsg:28992")

    self._combined_bgt = merged_gdf

    merged_gdf.to_file(self._output_gpkg, layer="Onderzochte BGT", driver="GPKG")

    return merged_gdf

def _calculate_distance_to_water(self):
    """
    This function calculate the shortest distance to water for each polygon in the research
    area
    The function returns the research layer with the distanced added as column.
    """

```

```

print("Calculate distance to water")

research_layer = self._research_area
water_layer = self._bgt_layers['waterdeel']

# create a centroid object for all pc6 areas
research_area_centroids = copy.copy(research_layer)
research_area_centroids['geometry'] = research_area_centroids['geometry'].centroid
research_area_centroids.plot()
research_area_centroids["min_dist_to_water"] = np.nan

# calculate the minimal distance to a waterbody
research_layer["min_dist_to_water"] =
research_area_centroids.geometry.apply(min_distance, args=(water_layer,))

def _calculate_area_statistics(self) -> None:
    """
    Based on the combined and classified BGT layer, this function calculates the total area
    of paved, unpaved
    and water for the public space as a percentage (%) of the total public space.

    The result is an excel file with the statistics
    TODO write results into the desired feature classes
    """
    print("calculate area statistics")
    # combineer eerst alle afzonderlijke lagen
    combined_bgt_data: GeoDataFrame = self._combine_bgt_layers()

    union = combined_bgt_data.overlay(self._research_area, how="union",
    keep_geom_type=False, make_valid=True)

    # Drop the geometryCollections!
    for index, row in union.iterrows():
        if type(row.geometry) == Polygon or type(row.geometry) == MultiPolygon:
            pass
        elif type(row.geometry) == GeometryCollection:
            # remove the item from the GeoDataFrame
            union.drop(index=index, inplace=True)
        else:
            print(f"Type: {type(row.geometry)} is not implemented yet!")

    # temp exports
    union.to_file(self._output_gpkg, layer="union2", driver=self._driver)
    union_explode = union.explode() # multipolygon to polygons
    union_explode.to_file(self._output_gpkg, layer="union_explode", driver=self._driver)
    union_explode.to_file(r"C:\GIS\test\union_explode.shp", layer="union_explode",
    driver="Shapefile")

    combined_bgt_data['Oppervlakte'] = combined_bgt_data['geometry'].area

    table: pd.DataFrame = pd.pivot_table(data=combined_bgt_data, index=['verharding',
    'openbaar'],
    values='Oppervlakte', aggfunc=np.sum)
    table["Percentage"] = np.nan

```

```

total_area = table['Oppervlakte'].groupby("openbaar").sum()
for index, row in table.iterrows():
    public_status = row.name[1]
    if public_status == 'Ja':
        row["Percentage"] = round((row['Oppervlakte']/total_area['Ja']) * 100, 2)
    else:
        del row

# Export results to excel
table.to_excel(os.path.join(self._output_location, "statistics.xlsx"))

def calculate_bgt_statistics(self) -> None:
    """
    This function directs tasks to calculate the statistics for the given BGT area.
    """
    self._calculate_area_statistics()
    self._calculate_distance_to_water()

def export_onderzoeksgebieden(self):
    """
    This function exports the calculated geodata to a new geopackage.
    """
    research_area = self._research_area
    combined_bgt = self._combined_bgt

    research_area.to_file(self._output_gpkg, layer="Onderzoeksgebieden",
driver=self._driver)
    combined_bgt.to_file(self._output_gpkg, layer="Onderzochte BGT", driver=self._driver)

if __name__ == "__main__":

    gpkg_path = r"C:\GIS\test\Basisdata.gpkg"
    output_location = r"C:\GIS\test"
    research_area_layer = "deventer_test_postcode6"
    # gpkg_path = r"P:\1234567\Leiden\bgt_leiden.gpkg"
    # output_location = r"P:\1234567\Leiden\Analyse leiden"

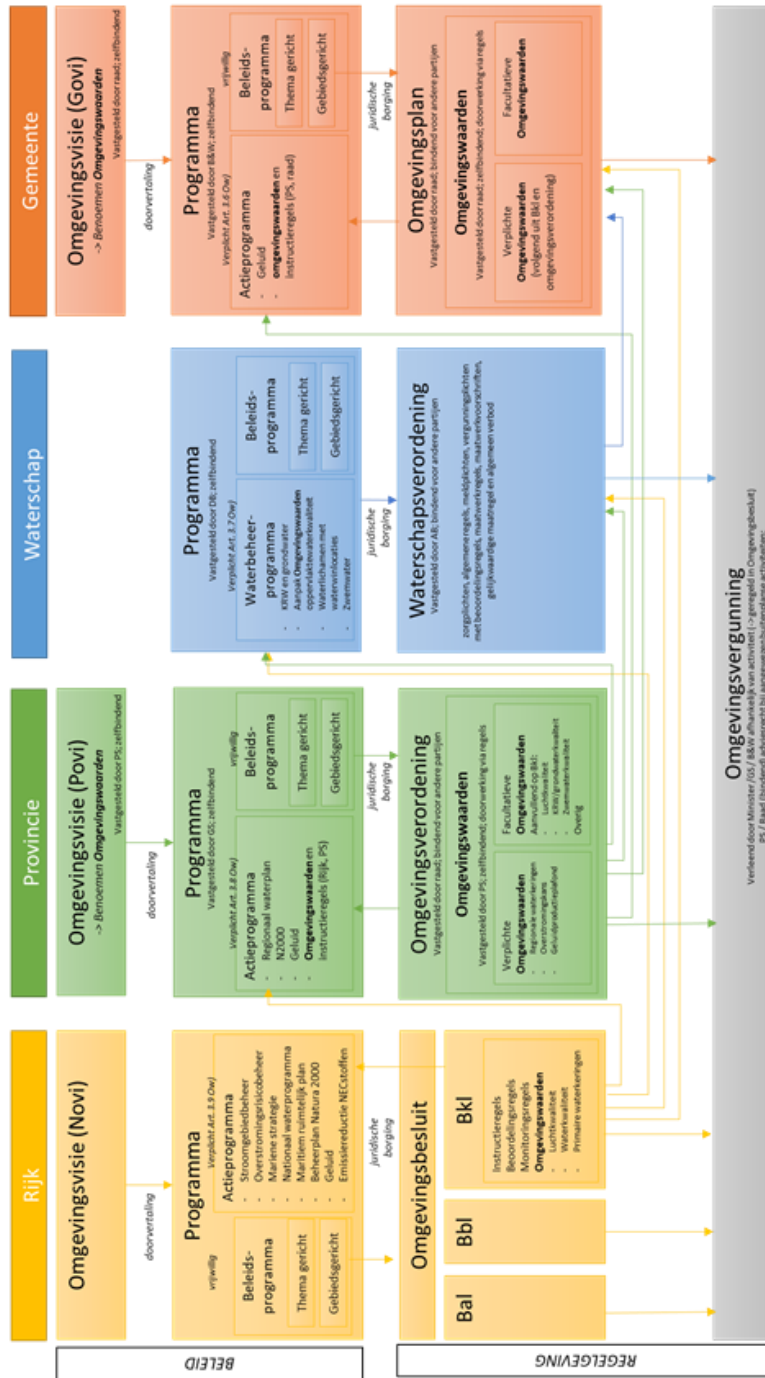
    # Download CBS buurten and wijken from
    # https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-
    buurtkaart-
    2021#:~:text=De%20Wijk%2D%20en%20Buurткаart%202021,%E2%84%A2%2Dshape%20e
    n%20geopackage).
    wijken_en_buurten_gpkg =
r"C:\GIS\Leiden\WijkBuurткаart_2021_v1\WijkBuurткаart_2021_v1.gpkg"
    buurten = gpd.read_file(wijken_en_buurten_gpkg, layer="cbs_buurten_2021")
    wijken = gpd.read_file(wijken_en_buurten_gpkg, layer="cbs_wijken_2021")
    buurten_clip = gpd.clip(buurten, research_area_layer)
    wijken_clip = gpd.clip(wijken, research_area_layer)

    # call the class and functions
    bgt_stats = BgtStatistics(gpkg_path, research_area_layer, output_location)
    bgt_stats.add_bgt_layers(["waterdeel", "wegdeel", "ondersteunendWegdeel",
"onbegroeidTerreindeel",

```

```
        "ondersteunendWaterdeel", "pand", "overigBouwwerk",  
"begroeidTerreindeel"]])  
        # "kunstwerkdeel"]])  
  
bgt_stats.calculate_bgt_statistics()  
bgt_stats.export_onderzoeksgebieden()  
  
print("klaar :)")
```


C Overzicht van de instrumenten van de Omgevingswet per overheid



D Informatie over omgevingsvisie, omgevingsplan en programma

Omgevingsvisie

Provincie, rijk en gemeenten werken ieder vanuit een omgevingsvisie aan de ontwikkeling van de fysieke leefomgeving. In de omgevingsvisie worden de ambities en beleidsdoelen voor de lange termijn vastgelegd. De omgevingsvisie lijkt enigszins op de traditionele structuurvisie, er zijn echter twee belangrijke verschillen. Ten eerste worden in de omgevingsvisie meerdere sectorale visies samen gebracht tot één integrale visie over de fysieke leefomgeving. Ten tweede moet de omgevingsvisie tot stand komen op basis van participatie.

De omgevingsvisie moet inhoudelijk de volgende elementen bevatten:

- Een beschrijving van de hoofdlijnen van de kwaliteit van de fysieke leefomgeving.
- De hoofdlijnen van de voorgenomen ontwikkeling, gebruik, beheer, bescherming en behoud van het grondgebied: wat gaat er gebeuren aan ontwikkelingen en instandhouding van het grondgebied?
- De hoofdzaken van het voor de fysieke leefomgeving te voeren integrale beleid: wat zijn de na te streven doelen en hoe wordt gestuurd op het bereiken daarvan?

Er is sprake van doorwerking van visie naar programma en monitoring. Daarom is het voor overheden van belang om de beleidsdoelen in de omgevingsvisie scherp te hebben en te bepalen of er onderwerpen zijn waar het bestuur regels voor wil stellen die worden opgesteld in het omgevingsplan.

Omgevingsplan (Gemeenten)

Het omgevingsplan bevat de regels voor de fysieke leefomgeving op gemeentelijk niveau. De provincies nemen deze op in de omgevingsverordening. In het omgevingsplan of omgevingsverordening worden regels gesteld over activiteiten die gevolgen hebben of kunnen hebben voor de fysieke leefomgeving. De juridische regels worden gepubliceerd op het omgevingsloket. Hiermee zijn ze toegankelijk voor inwoners, ondernemers en belanghebbenden die ze willen raadplegen.

Met de omgevingsvisie en het omgevingsplan worden de doelen dus vastgelegd. Met het programma wordt er gestuurd op de realisatie hiervan.

Programma

Zoals in figuur 6.3 is te zien stellen alle overheden programma's op. In het programma worden maatregelen geformuleerd die leiden tot de gewenste kwaliteit van de fysieke leefomgeving. Het programma bevat de uitwerkingen van beleid of maatregelen om aan doelstellingen te voldoen. Het programma is zelfbindend en werkt dan ook niet rechtstreeks door naar burgers en bedrijven.

Het programma is een pakket aan feitelijke maatregelen en afspraken. Juridische maatregelen kunnen ook aangekondigd worden in het programma. Deze maatregelen worden dan vastgesteld in een omgevingswaarde of regels voor activiteiten die landen in het omgevingsplan.

De Omgevingswet kent vier verschillende typen programma's:

- Vrijwillig:** De Omgevingswet noemt een vrijwillig programma een *onverplicht programma*. Dat wil zeggen dat dit type programma uit eigen initiatief en behoefte inzetbaar is. Daarmee biedt dit instrument flexibiliteit in de vormgeving en uitwerking van beleidsdoelen.
- Verplicht volgend uit EU-regelgeving:** Dit type verplichte programma's bestaan vooral uit de al bestaande plannen en programma's vanuit Europese regelgeving. Een voorbeeld hiervan is de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's. Artikel 3.6 tot en met 3.9 van de Omgevingswet verplichten gemeenten, waterschappen, provincies en het rijk om voor deze domeinen programma's op te stellen.
- Verplicht volgend uit omgevingswaarden:** Wanneer een overheid een omgevingswaarde heeft vastgesteld en overschrijding van de omgevingswaarde dreigt. Dan geldt een programmaplicht. In dit programma zijn maatregelen opgenomen om de dreigende overschrijding van de omgevingswaarden te herstellen.
- Programmatische aanpak:** Dit type programma is voor decentrale overheden een nieuw instrument. Een programma met programmatische aanpak creëert ontwikkelruimte in een gebied waar omgevingswaarden of andere doelstellingen voor de fysieke leefomgeving onder druk staan. Nieuwe activiteiten inzetten in gebieden waar deze doelstellingen onder druk staan is lastig. Deze aanpak maakt bepaalde activiteiten weer mogelijk en beheert de bestaande activiteiten die een negatief effect hebben op de doelstellingen voor de fysieke leefomgeving. De pragmatische aanpak stuurt dus op de balans tussen de genomen omgevingswaarde of andere doelstelling en toegestane activiteiten.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl