



Klimaatonderlegger Zuid-Holland

Waarbij water en bodem sturend zijn

Eindrapportage januari 2023
Defacto Stedenbouw

Defacto

stedenbouw

Klimaatonderlegger Zuid-Holland

waarbij water en bodem sturend zijn

Januari 2023

Defacto stedenbouw

Klimaatonderlegger Zuid-Holland is tot stand gekomen in opdracht van de provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap van Rijnland, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Waterschap Rivierenland, Hoogheemraadschap van Delfland.

Projectteam

Joke Schalk, Luc Absil, Arjan de Wit, Eric Terlien, Albert Koffeman en Astrid de Wit (Provincie Zuid-Holland), Veronique Loeffen en Erwin de Groot (Hoogheemraadschap van Rijnland), Albert Elshof (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Cees Jongejan, Claudia van Ruler, Felix van Zoest (Waterschap Hollandse Delta), Jeroen Grutters, Douwe Yska en Lucia Helsloot (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Merijn Biemans en Daan Willems (Waterschap Rivierenland), Mia Süss en Job van Dansik (Hoogheemraadschap van Delfland), Anne Loes Nillesen, Laura Lijdsman, Mona zum Felde en Gertie van den Bosch (Defacto Stedenbouw)

Tekst

Anne Loes Nillesen, met inhoudelijke review en tekstbijdragen van het projectteam.

Kaarten en illustraties

Defacto Stedenbouw.

Beeldrecht

De auteur heeft gepoogd alle rechthebbenden van beeldmateriaal te achterhalen en te vermelden in de rapportage. Eventuele niet-genoemde rechthebbenden kunnen zich melden. Zij zullen in een volgende druk worden vermeld.

Meer informatie

Voor meer informatie kunt u een mail sturen naar de projectleider vanuit de provincie Zuid-Holland: Joke Schalk (j.schalk@pzh.nl) of Defacto (office@d.efac.to).

Inhoudsopgave

Voorwoord 5

Klimaatonderlegger water, bodem en klimaatverandering 7

Samenvatting 10

DEEL A

Water, bodem en klimaatverandering tot 2100

Belangrijke opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering 15

1 – Bodemdaling 16

2 – Wateroverlast 20

3 – Waterveiligheid 24

4 – Zoetwaterbeschikbaarheid en -kwaliteit 30

5 – Hittestress 38

DEEL B

Klimaatonderlegger woon- en werklocaties

6 – Klimaatonderlegger verstedelijking 44

6.1 – Praatplaat verstedelijking 48

6.2 – Adaptatiemaatregelen gebouwde omgeving 50

DEEL C

Klimaatonderlegger landbouw

7 – Klimaatonderlegger landbouw 60

7.1 – Praatplaat landbouw 64

7.2 – Adaptatiemaatregelen in de landbouw 66

DEEL D

Klimaatonderlegger natuur

8 – Praatplaat natte natuur 74

8.1 – Adaptatiemaatregelen voor de natuur 78

Bijlage

Grondslag kaartbeelden 86

Voorwoord

De provincie Zuid-Holland en de waterschappen hebben samen een klimaatonderlegger ontwikkeld. Dit is een set kaarten, die op basis van de laatste kennis, inzicht verschaft in de uitdagingen die water, bodem en klimaat meegeven voor bebouwing, landbouw en natuur.

Sommige delen van Zuid-Holland zijn wellicht meer geschikt voor de ene functie, andere delen zijn meer geschikt voor andere functies. Aan de basis ligt een set kaarten die klimaateffecten weergeeft tot 2100 ten aanzien van verzilting, verdroging, hitte, bodemdaling, wateroverlast en waterveiligheid. Deze klimaatonderlegger helpt om vanuit de genoemde invalshoeken de juiste kansen te benutten als het gaat om de ontwikkeling van Zuid-Holland. Het is een uitwerking van het leidende principe 'Water en Bodem sturend' dat het Rijk op de agenda heeft gezet en daarmee vertrekpunt is voor bijvoorbeeld 'de ruimtelijke puzzel' en gebiedsontwikkelingen.

De klimaatonderlegger is ontwikkeld omdat we enerzijds voor een aantal opgaven staan die een plek zoeken in Zuid-Holland (daarbij valt te denken aan woningbouw, een duurzame energievoorziening, circulaire economie met alles wat daarbij hoort). Anderzijds krijgt Zuid-Holland te maken met bijvoorbeeld extra bodemdaling van de slappe veenweidegronden in het oosten en sterkere verzilting in het westelijk deel van de provincie. Langs de hoofwatersystemen krijgen we een grote opgave voor keringen en het opvangen van water. Tegelijkertijd moet er 's zomers rekening gehouden worden met langere drogere perioden. Met klimaatverandering ontstaan er andere mogelijkheden. Met kennis van de te verwachten effecten van klimaatverandering kunnen bijvoorbeeld agrariërs slim inspelen op de veranderende condities en hun bedrijfsvoering daarop toekomstbestendig aanpassen.

De klimaatonderlegger is bedoeld om te benutten in processen met een ruimtelijke component, zoals de woningbouwopgave, het natuurbeleid, het Zuid-Holland Programma Landelijk Gebied en de Ruimtelijke puzzel Zuid-Holland. Met de klimaatonderlegger willen de provincie en de waterschappen niet een set regels opleggen, maar gemeenten en andere belanghebbenden behoeden voor keuzes met grote negatieve gevolgen voor inwoners. De klimaatonderlegger moet helpen om het gesprek aan te gaan over slimme keuzes. Het betreft een eerste versie en het komende jaar hopen de provincie en de waterschappen met de ervaringen die zij opdoen met de klimaatonderlegger, deze verder te ontwikkelen.

Gedeputeerde Meindert Stolk: "We hebben de kaarten ontwikkeld als onderlegger voor ruimtelijke plannen. We kunnen onszelf veel ellende en kosten besparen als we vooruitkijken en voor verstedelijking, landbouw en natuur de klimaatonderlegger als vertrekpunt gebruiken."

Water en bodem sturend

Op 25 november 2022 heeft de minister van Infrastructuur en Waterstaat een brief gestuurd naar de Tweede Kamer over 'Water en bodem sturend'. De brief bevat een aantal uitgangspunten en structurerende keuzes om 'Water en bodem sturend' vorm te geven. Een van de uitgangspunten is niet afwentelen op toekomstige generaties, op andere gebieden en van private naar publieke sector. De inhoudelijke informatie in de klimaatonderlegger sluit goed aan bij de uitgangspunten en de structurerende keuzes uit de brief van de minister voor Infrastructuur en Waterstaat over water en bodem sturend. De klimaatonderlegger is een hulpmiddel bij de vertaling van deze uitgangspunten en structurerende keuzes naar Zuid-Holland.



FIG. 1.1.1 Studiegebied en betrokken waterschappen binnen de provincie Zuid-Holland

1 – Klimaatonderlegger water, bodem en klimaatverandering

De klimaatonderlegger geeft vanuit water, bodem en klimaatverandering, inzicht in de geschiktheid van een gebied voor de gebruiksfuncties verstedelijking, landbouw en natuur. Door bij ontwikkelingen, bedrijfsvoering en locatiekeuzes beter rekening te houden met condities vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering, wordt afwenteling voorkomen.

Klimaatonderlegger en legenda

De klimaatonderlegger is bedoeld om op het schaalniveau van de provincie voor gebruiksfuncties de (on)geschiktheid of aandachtspunten vanuit het water- en bodemsysteem aan te geven. Uitgangspunt is dat bij alle ontwikkelingen de Landelijke maatlat klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwing van toepassing is. Geeft de klimaatonderlegger aan dat er op een locatie extra uitdagingen vanuit water, bodem of klimaat zijn voor een bepaalde ontwikkeling, dan is samen met de provincie en waterschappen verder in te zoomen. De initiatiefnemer kijkt samen met provincie en waterschap of, en onder welke randvoorwaarden, de ontwikkeling klimaatadaptief mogelijk is. Naast randvoorwaarden voor klimaatadaptief ontwikkelen zijn in dit rapport ook voorbeelden van adaptatiemaatregelen te vinden. Daarmee beschrijft het rapport niet alleen de beperkingen voor functies, maar ook de kansen en mogelijkheden door aanpassingen door te voeren. Beiden voeden het gesprek over slimme keuzes voor de toekomst.

- A Geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering (Ja)
- B Water, bodem of klimaatverandering vraagt om aanvullende eisen (Ja, mits)
- C Water, bodem of klimaatverandering vraagt substantiële inspanning (Ja, mits)
- D Een ontwikkeling of landgebruik legt een claim op de toekomst (Nee, tenzij)

Integrale afweging

De klimaatonderlegger vormt een belangrijke basis voor de ruimtelijke integrale afweging en visievorming. Naast water, bodem en klimaatverandering zijn er ook andere factoren die meewegen in de geschiktheid van een gebied voor verstedelijking, landbouw of natuur, deze zijn niet zijn meegenomen binnen deze studie. Denk aan

bestaand landgebruik, bereikbaarheid, netwerken, voorzieningen, werkgelegenheid, historische ontwikkeling, eisen aan uitstoot of overlast, natuurbescherming, beschermd erfgoed, ruimtelijke visies en ambities compact verstedelijken.

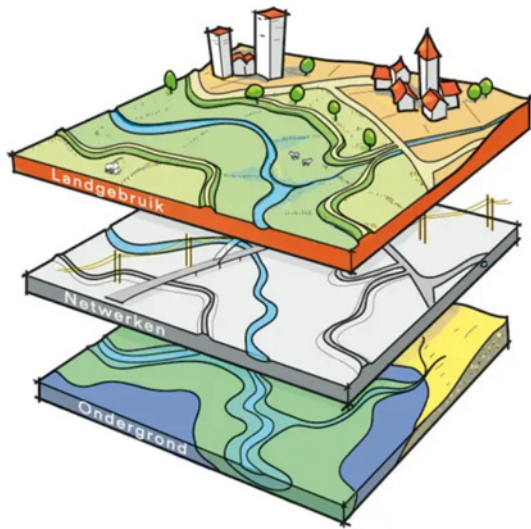


FIG. 1.1.2 Lagenbenadering met de ondergrond (water- en bodemsysteem) als één van de belangrijke onderleggers voor ontwikkelingen.

Gebruikte data

Binnen deze studie kijken we naar veranderingen in het water- en bodemsysteem en klimaatverandering tot 2100. Afhankelijk van de verschillende datasets en scenario's hebben we informatie over de bestaande situatie en de situatie in 2050 en 2100 gebruikt. De klimaatonderlegger is hoofdzakelijk gebaseerd op landelijke en provinciale datasets, aangevuld met expertkennis vanuit een reeks inhoudelijke werksessies. De waterschappen hebben doorgaans een meer gedetailleerd inzicht in het water- en bodemsysteem binnen hun beheergebied en kunnen, als de provinciale kaart daar aanleiding voor geeft, helpen inzoomen op specifieke locaties.

De gebruikte datasets voor de klimaatonderlegger zijn continu in ontwikkeling. Lopende of nieuwe studies en onderzoek kunnen leiden tot nieuwe inzichten en geactualiseerde datasets. Als daar aanleiding toe is, wordt de klimaatonderlegger hierop aangepast. De klimaatonderlegger is daarmee een levend document.

Leeswijzer en opbouw rapport

Het rapport is opgebouwd uit vier delen:

- A Beschrijft het **water- en bodemsysteem van de provincie, en geeft een eerste indicatie van opgaven en randvoorwaarden** die daaruit voortkomen voor nieuwbouw, landbouw en natuur
 - B Klimaatonderlegger en adaptatiemogelijkheden voor **verstedelijking**
 - C Klimaatonderlegger en adaptatiemogelijkheden voor **landbouw**
 - D Klimaatonderlegger en adaptatiemogelijkheden **natuur**
- In de bijlage is per kaartbeeld een beschrijving van de bronnen en opbouw te vinden.

Aanbevelingen

Deze klimaatonderlegger is een belangrijke bouwsteen voor het op provinciaal schaalniveau inbedden van uitgangspunten voor 'Water en bodem sturend' in de ruimtelijke ordening. De klimaatonderlegger is bedoeld om in te zetten in processen met een ruimtelijke component, zoals de woningbouwopgave, het natuurbeleid, het Zuid-Holland Programma Landelijk Gebied en de Ruimtelijke Puzzel.

Brede ontsluiting van het rapport is essentieel voor een goede inbedding van de 'Water en bodem sturend' principes in ruimtelijke processen. Verspreid dit rapport dus breed onder collega's, gebiedspartijen of ontwerp- en adviesbureaus die met ruimtelijke opgaven aan de slag gaan. Het opzetten van een online viewer kan helpen bij het goed ontsluiten van de geschiktheidskaarten.

Nog niet voor alle 'Water en bodem sturend' thema's is nu al de juiste informatie beschikbaar om door te vertalen naar randvoorwaarden voor ontwikkelingen. De "witte vlekken" betreffen zowel datalagen (zoals goed inzicht in gebieden waar water in perioden lastig aan te voeren is), als kennis over de relatie tussen het water- en bodemsysteem en ontwikkelingen (bijvoorbeeld over de relatie tussen slappe bodems en beperkingen voor woningbouw). De komende periode zal dan ook onverminderd ingezet moeten worden op kennisontwikkeling en systeembegrip. De klimaatonderlegger is een levend document waar de komende jaren nog nieuwe datalagen en inzichten aan toegevoegd kunnen worden. Het advies is om eind 2023 op basis van de datasets die dan beschikbaar zijn, de klimaatonderlegger te actualiseren.

De keuze voor een online viewer kan het tussentijds updaten van datalagen en legenda-eenheden vergemakkelijken. De bezoeker van de viewer heeft na iedere update meteen de meest recente kaartbeelden beschikbaar.

Een belangrijke keuze bij het opzetten van een viewer is het al dan niet werken met GIS-kaarten als basis voor de viewer. Tijdens dit proces bleek dat het schetsmatig kunnen bewerken en aanvullen van kaartbeelden essentieel is om voorgestelde correcties en *expert judgements* goed te kunnen verwerken. Er is er in dit traject dan ook gekozen voor illustrator (pdf)-kaarten, waarbij ook meer schetsmatige informatie snel aan de kaarten kan worden toegevoegd. Deze pdf-vectorbestanden kunnen goed in viewers worden opgenomen, maar zijn geen geo-gerefereerde GIS-kaarten.

Met dit rapport is voor de provincie Zuid-Holland niet alleen de basis gelegd voor inbedding van het water- en bodemsysteem in ruimtelijke processen. Het rapport vormt ook een belangrijke basis voor de verdere ruimtelijke strategieontwikkeling voor water, bodem en klimaatverandering. In de komende periode moeten de resultaten van deze studie verder doorontwikkeld worden en landen in integrale klimaatadaptatiestrategieën voor de provincie Zuid-Holland.

Samenvatting

Verstedelijking (zie pagina 44)

Bij woon- en werklocaties is het essentieel dat nieuwe ontwikkelingen niet leiden tot afwenteling. Dat kan door adaptatiemaatregelen te nemen en door adaptatiemogelijkheden niet in de weg te staan. De impact van klimaatverandering of kosten voor adaptatie zijn mee te wegen voor de volledige levensduur van de ontwikkeling. Nu wordt vaak nog gerekend met een (economische) levensduur van 30 jaar, terwijl een gebouw zomaar 100 jaar kan blijven staan en een riolering voor 60 jaar wordt aangelegd.



- B, C, D Ontwikkel bodemdalingbestendig
- C Ontwikkel (grond)waterbestendig in zoekgebieden voor vernatting van veen

Landbouw (zie pagina 60)

Voor de landbouw is het essentieel om zich tijdig aan te passen aan de veranderende condities vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering (en de hieraan gerelateerde beleidskeuzen). Dit betekent dat er in gebieden waar het natter, droger of zilter wordt (op termijn) aanpassingen nodig zullen zijn in de bedrijfsvoering of gewaskeuze. Het beperken van het uitspoelen van nutriënten en gewasbestrijdingsmiddelen en het inzetten op vitale bodems zijn en blijven belangrijke opgaven en randvoorwaarden.



- C Hou rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte

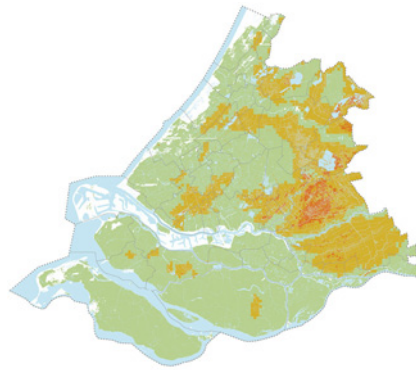
Natuur (zie pagina 74)

Voor de natuur is een robuust systeem essentieel om zich aan te kunnen passen aan klimaatverandering. Goede water- en bodemkwaliteit zijn hiervoor de basis, maar zijn in relatie tot onder andere de landbouw geen vanzelfsprekendheid. Veel van de adaptatiemaatregelen (extra waterberging, vernatten veenweidegebieden, groene steden, groenblauwe dooradering) bieden kansen voor de natuur. Op de lange termijn kan zeespiegelstijging en verzilting ertoe leiden dat zoetwater natuurdoeltypes op sommige plekken niet meer houdbaar zijn en moeten worden heroverwogen.



- B Voorkom wegzijging van water in natuurgebieden
- B Compenseer voor afname waterkwaliteit

Bodemdaling



Regenwateroverlast



- B Nieuwbouw: zorg voor 70 mm berging in 1 uur
- C Reserveer extra bergingsruimte binnen de gebiedsontwikkeling en bouw grondwaterbestendig
- C Laagste 10% van polders reserveren voor waterberging

Waterveiligheid



- B Gevolgbeperking vitaal en kwetsbaar kans > 1: 30.000 op > 50 cm
- C Gevolgbeperking binnendijkse gebieden > 1: 30.000 op > 200 cm
- C Buitendijkse waterbergende gebieden alleen bebouwen met adaptatiepad zeespiegelstijging
- D Buitendijks rivierinvloedsgebied (stroomvoerend): niet bebouwen
- D Bouw niet langs primaire keringen

Waterbeschikbaarheid en kwaliteit



- B Bescherm grondwatervoorraden en drinkwaterinfrastructuur
- B Zet (met name in stedelijk gebied) maximaal in op sponswerking
- B Zorg voor zonering van de ondergrond

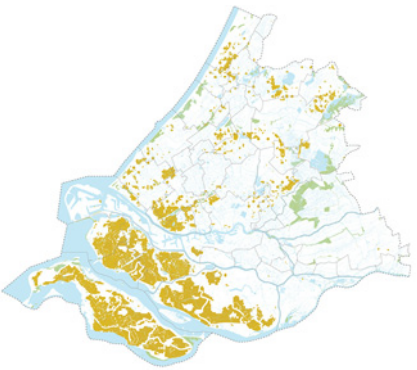
Hitte



- B Neem hitte mee in het ontwerp
- B Zorg voor zonering van de ondergrond
- B Zet in op robuuste stedelijke watersystemen



- C Pas buitendijks bedrijfsvoering aan



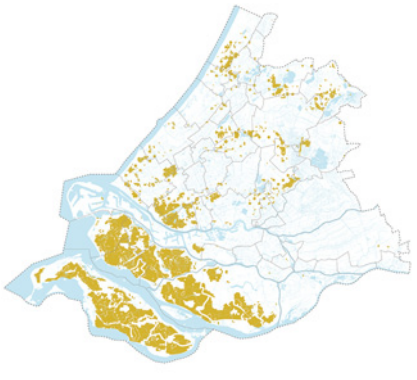
- B Creëer zoetwaterbuffers voor de natuur
- C Hou rekening met toenemende verzilting
- C Zet in op slimme watercyclus



- B Hou rekening met de impact van hitte op gewassen en vee
- B Beperk nutriëntenbelasting



- C Hou rekening met impact van wegvallen intergetijdengebieden



- C Hou rekening met toenemende verzilting



- B Zet in op robuuste natuurverbindingen
- B Zet in op robuuste natte natuurverbindingen



- B Hou rekening met natschade en beperkte draagkracht bodem
- C Reserveer ten minste 10% laagste polders voor waterberging



- B Beperk overstorten
- B Kansen natuurontwikkeling 10% laagste gebieden polders



DEEL A

Water, bodem en klimaatverandering tot 2100

Het klimaat verandert de komende decennia. Dit heeft impact op het water- en bodemsysteem en het landgebruik. In dit hoofdstuk staan enkele relevante aspecten van het water- en bodemsysteem beschreven en de verwachte invloed van klimaatverandering hierop.

Belangrijke opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering

Het klimaat verandert de komende decennia Dit heeft impact op het water- en bodemsysteem en, direct of indirect via het water- en bodemsysteem, ook op het landgebruik. In dit hoofdstuk staan verschillende aspecten van het water- en bodemsysteem zoals bodemdaling, wateroverlast, waterbeschikbaarheid, overstromingsrisico en hitte beschreven, en de verwachte invloed van klimaatverandering hierop.

In dit hoofdstuk worden verschillende elementen van het water- en bodemsysteem van Zuid-Holland, de onderliggende mechanismen en de verwachte veranderingen door klimaatverandering beschreven voor:

- 1 Bodemdaling (oxidatie en zetting)
- 2 Wateroverlast (regenwater)
- 3 Waterveiligheid (overstromingsrisico en zeespiegelstijging)
- 4 Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit (verzilting, droogte en kwaliteit)
- 5 Hittestress

Daarbij zijn ook enkele impactvolle maatregelen op systeemniveau (zoals het vernatten van bodemdalingsgebieden en oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging) meegenomen, omdat ze veel invloed hebben op de geschiktheid van het water- en bodemsysteem voor verschillende typen landgebruik.

Opbouw thematische hoofdstukken

Ieder thematisch hoofdstuk start met een beschrijving en kaartbeelden van enkele relevante opgaven vanuit het water- en bodemsysteem. De hoofdstukken worden afgesloten met een overzichtsbld waarop te zien is hoe de thematische opgaven zijn doorvertaald naar geschiktheidskaarten voor woningbouw, landbouw en natuur. Deze doorvertaling van opgave naar legenda-eenheden voor de geschiktheidskaart (categorie A/B/C/D) is tijdens werksessies gedaan op basis van *expert judgement*.

In de bijlage is een meer uitgebreide beschrijving te vinden van de gebruikte werkwijze, bronnen, datasets en classificering.

1 – Bodemdaling

Zuid-Holland bestaat grotendeels uit slappe bodems met een pakket veen of klei. Deze bodems zakken door veenoxidatie, inklinking of zetting, wat tot schade en hogere beheerkosten leidt van infrastructuur, dijken, bebouwing, openbare ruimte, leidingen en tuinen. Daarnaast kan de bodem opbarsten.

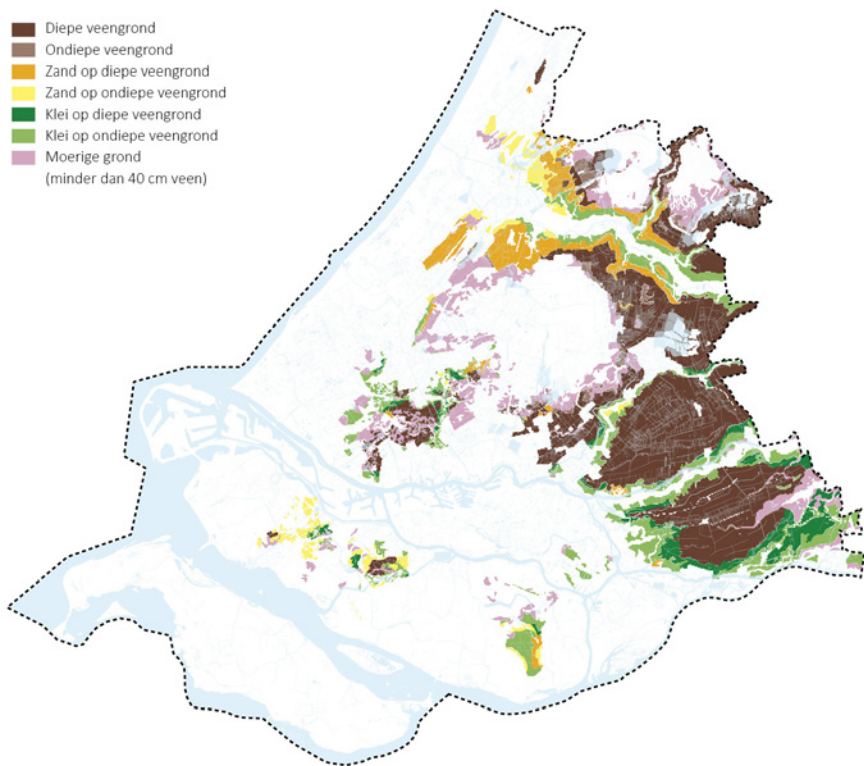


FIG. A.1.1 Kaart veengebieden en indicatie bodemsoort (kaart Defacto, bron data: WUR 2015).

Ontwateringsdiepte en oxidatie veengebieden

In veengebieden vindt ontwatering plaats om voldoende afstand tussen het maaiveld en grondwater te creëren voor gebruiksfuncties zoals woningbouw en landbouw. Deze ontwatering leidt tot de oxidatie van veen en resulteert in onomkeerbare bodemdaling en de uitstoot van broeikasgassen. Bodemdaling kan door klimaatverandering (droogte en hogere bodemtemperaturen) worden versneld. Nu is het landgebruik meestal nog leidend en wordt de grondwaterstand mettertijd met het maaiveld mee verlaagd (geïndexeerd).

Doordat het waterpeil lager wordt, neemt binnen polders de (zoute) kwel verder toe. Dit leidt tot toenemende verzilting en een toenemende watervraag om het watersysteem

door te spoelen (met een hoger energieverbruik als gevolg). Wordt de grondwaterstand niet verlaagd, dan zal de ontwateringsdiepte afnemen. Dit zal invloed hebben op het landgebruik en op de hoeveelheid water die een gebied in de bodem en het oppervlaktewater kan bergen. Bij veel neerslag kan dit leiden tot wateroverlast.

Doordat natte natuurgebieden op veengronden doorgaans een beperktere ontwateringsdiepte hebben, kennen ze minder bodemdaling dan de omliggende dieper bemaalde veenweidegebieden. Hierdoor ontstaat een hoogteverschil (in maaiveldhoogte en grondwaterstand) waardoor het water vanuit deze natuurgebieden wegzijgt naar de omliggende gebieden. Als er in perioden van droogte onvoldoende water kan worden aangevoerd, leidt dit tot verdroging van het natuurgebied.

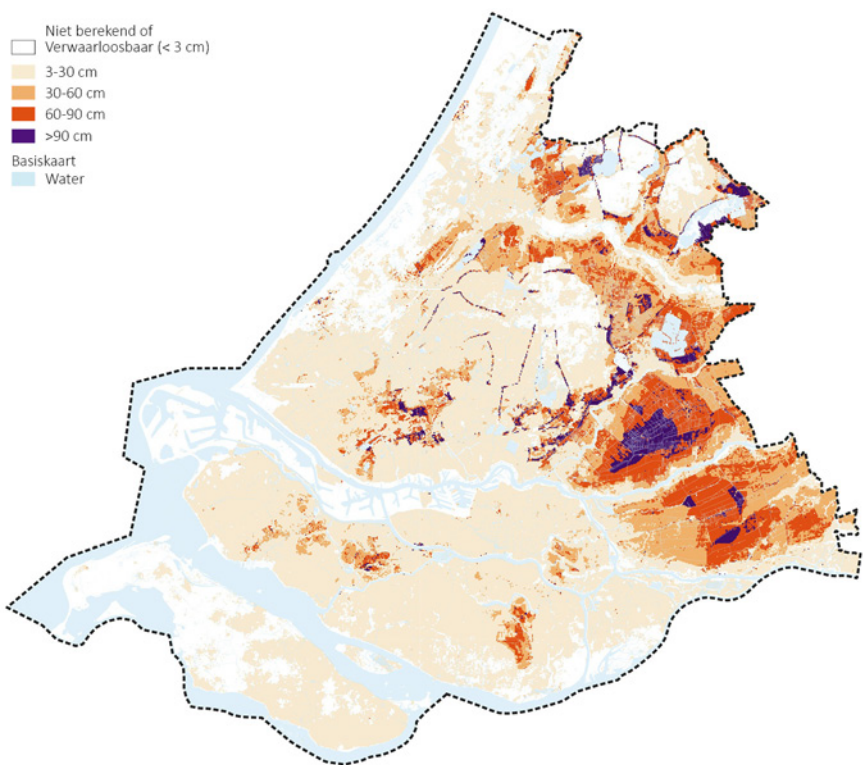


FIG. A.1.2 Kaart voorspelling bodemdaling 2020-2100 (kaart Defacto, bron data: Deltares, WEnR & TNO 2021).

Oplossingsrichting vernatten veengebieden (reductie CO2 uitstoot en bodemdaling)
Niet alleen bodemdaling zelf, maar ook oplossingsrichtingen om bodemdaling en de bijkomende CO2 uitstoot tegen te gaan (en waterkwaliteit te verbeteren), kunnen impact hebben op het water- en bodemsysteem van een gebied. Zo is één van de oplossingsrichtingen het verhogen van de grondwaterstand tot een peil dat fluctueert tussen de -20 en -40 cm onder maaiveld. Daarmee wordt oxidatie geremd en staat het water nog niet zo hoog dat lachgas en methaan gevormd wordt (Tiemeyer e.a. 2020 & Evans e.a. 2021). Een hogere grondwaterstand leidt in eerste instantie tot uitspoeling van nutriënten, en dus een verslechtering van de waterkwaliteit. Het zal enige jaren duren voordat bijvoorbeeld fosfaat is uitgemijnd (dit is nog volop in onderzoek).

Tegelijkertijd is het gevolg minder draagkracht van de bodem, een afname van de bergingscapaciteit voor regenwater (en daarmee een toename van wateroverlast), en een grotere watervraag. Een hogere grondwaterstand kan zowel positief als negatief zijn voor bebouwing. De huidige zoekgebieden voor vernatting zijn nog zeer globaal (alle veengebieden), en zullen in vervolgstudies, zoals bijvoorbeeld Vitale Veenweide en NPLG gebiedsplannen, steeds verder worden gespecificeerd.

Zettingsgevoelige bodems bij nieuwbouw

Draagkracht duidt op de mate waarin de ondergrond gevoelig is voor zetting als gevolg van bovenbelasting. De draagkracht van zand staat bekend als stevig, die van klei als zettingsgevoelig en van veen als zwak. Veen- en kleibodems kunnen worden samengedrukt door belasting die optreedt bij gebouwde ontwikkelingen (gebouwen en wegen) waarbij het maaiveld doorgaans met zand wordt opgehoogd. Dit wordt veroorzaakt door consolidatie (het grondwater wordt uit de bodem geperst). Dit gebeurt vaak al tijdens het voorbelasten van de bodem en dus vóór de oplevering van een gebouw. Daarnaast zorgt kruip ook voor samendrukken van de bodems. Dit zijn vervormingen van de bodemstructuur die in de vorm van restzetting decennia kunnen doorgaan. Met name deze restzetting kan leiden tot hoge kosten voor beheer en onderhoud. Aangezien Zuid-Holland voor ruim driekwart uit slappe gronden bestaat is de provincie in vergelijking met andere gebieden bovengemiddeld zettingsgevoelig.

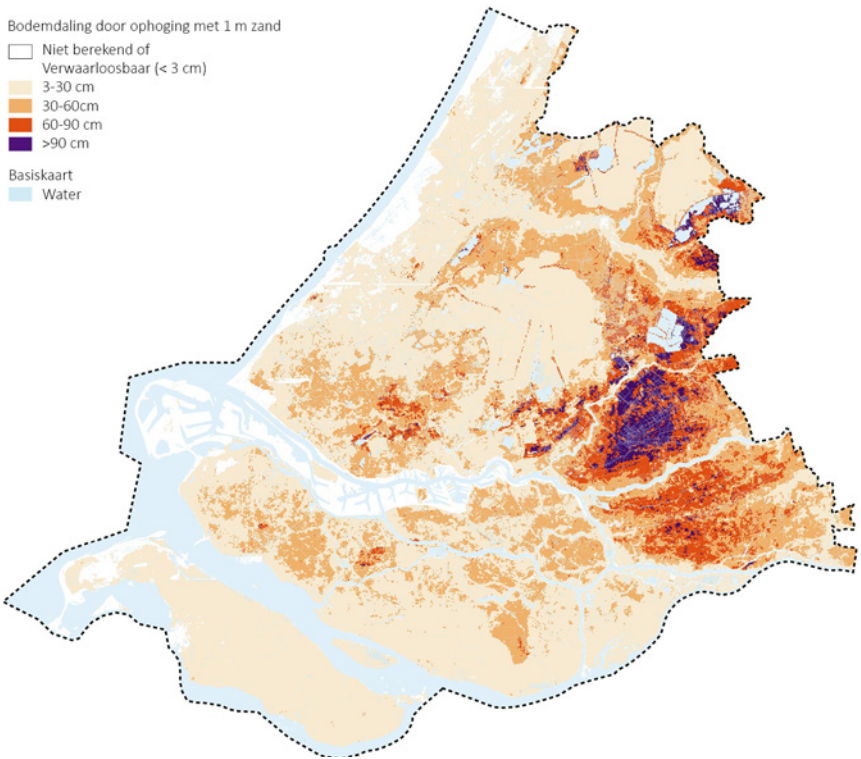


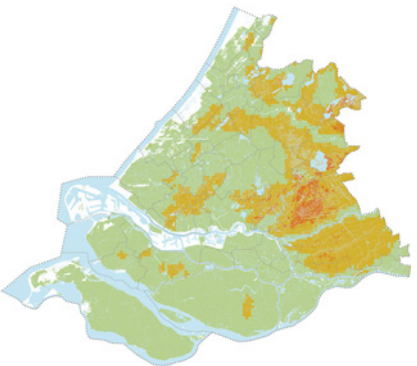
FIG. A.1.3 Kaart zettingsgevoelige gebieden met bodemdaling door ophoging met 1 meter zand (in een periode van 30 jaar). Er bestaan nog geen kaarten met de verwachte restzetting bij belasting. Deze moet met lokaal bodemonderzoek worden bepaald (kaart: Defacto, bron data: Deltares 2021).

Verstedelijking

B C D Ontwikkel bodemdalingbestendig. Een gebouwde ontwikkeling in een gebied met sterke bodemdaling zoals (rest)zetting, wentelt af op de toekomst en het publieke domein (via kosten voor beheer zoals peilindexatie). Zorg voor kosteneffectieve maatregelen voor de levensduur van de ontwikkeling). Is dit niet haalbaar, heroverweeg dan de locatie.

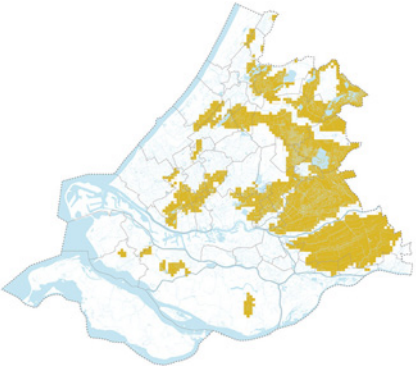
- B** (<60) cm bodemdaling bij +1 m zand is aandachtspunt
- C** (60-90) cm bodemdaling bij +1 m zand vraagt om bodemdalingbestendig ontwikkelen of heroverwegen locatie
- D** (>90) cm bodemdaling bij +1 m zand wentelt af op de toekomst en het publieke domein. Heroverweeg de locatie of zorg voor financieringsconstructies waarbij niet wordt afgewenteld.

C Ontwikkel (grond)waterbestendig in zoekgebieden voor vernatting van veen. Hou in veenoxidatiegebieden rekening met het Rijksbeleid om grondwaterstanden te verhogen ten behoeve van reductie van CO2-uitstoot en bodemdaling. Dit zal leiden tot hogere grondwaterstanden en een grotere kans op regenwateroverlast door verminderde bergingscapaciteit in het gebied.



Landbouw

C Hou rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte (door bodemdaling en vernatting ten behoeve van CO2-reductie). Hou in veenoxidatiegebieden rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte door het uitvoeren van het Rijksbeleid om de grondwaterstanden te verhogen (tot ca. -20 tot -40 cm onder maaiveld) ten behoeve van de reductie van de CO2-uitstoot en bodemdaling. Beperkt ontwateringsdiepte leidt tot beperkte draagkracht van de bodem, te natte omstandigheden voor gewassen en meer regenwateroverlast door de beperkte bergingscapaciteit. Dit leidt tot een noodzakelijke aanpassing van de bedrijfsvoering of gewaskeuze.



Natuur

B Zet in op bufferzones rond natuurgebieden. Verschil in hoogteligging draagt bij aan verdroging van veengebieden met een (natte) natuurfunctie, door het wegzijgen van water naar naastgelegen veenweidegebieden. Bovendien leidt oxidatie van veen in natuurgebieden tot onomkeerbare schade. Daarom zitten deze natuurgebieden in categorie 1 van de verdringingsreeks. Er moet worden ingezet op bufferzones met een hoge grondwaterstand rondom deze natuurgebieden (er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart).

B Compenseer voor afname waterkwaliteit. De waterkwaliteit is op veel plekken ontoereikend, wat een impact heeft op de natuur.

Het vernatten van veenweidegebieden en een hogere grondwaterstand bevorderen het bodemleven (insecten, wormen) en draagt bij aan de habitat voor weidevogels zoals de grutto en Kievit. In intensieve landbouwgebieden kunnen bij vernatting echter ook meer nutriënten of gewasbeschermingsmiddelen uitspoelen.



2 – Wateroverlast

Regenwater vasthouden, bergen en afvoeren

Regenwater kan gedeeltelijk worden vastgehouden of opgenomen door de bodem (infiltreren). Zeker in gebieden met hoge grondwaterstanden (weinig ruimte voor het water om te infiltreren), een hoge ondergrondverdichting (doordat zware landbouwvoertuigen de grond samendrukken) of veel verharding (zoals in stedelijk gebied), is de infiltratiecapaciteit beperkt en stroomt er veel water af, wat vervolgens zal moeten worden geborgen en/of afgevoerd.

Het bergen van regenwater kan bijvoorbeeld in het oppervlaktewatersysteem (sloten en plassen) of in daarvoor ingerichte bergingsgebieden. Doordat Zuid-Holland grotendeels uit vlakke, laaggelegen en peilgereguleerde polders bestaat, moet het regenwater worden afgevoerd dat niet kan worden vastgehouden, geïnfiltreerd of geborgen. Door klimaatverandering zal de hoeveelheid regenwater in de toekomst toenemen, waarbij de scenario's een grote bandbreedte kennen.

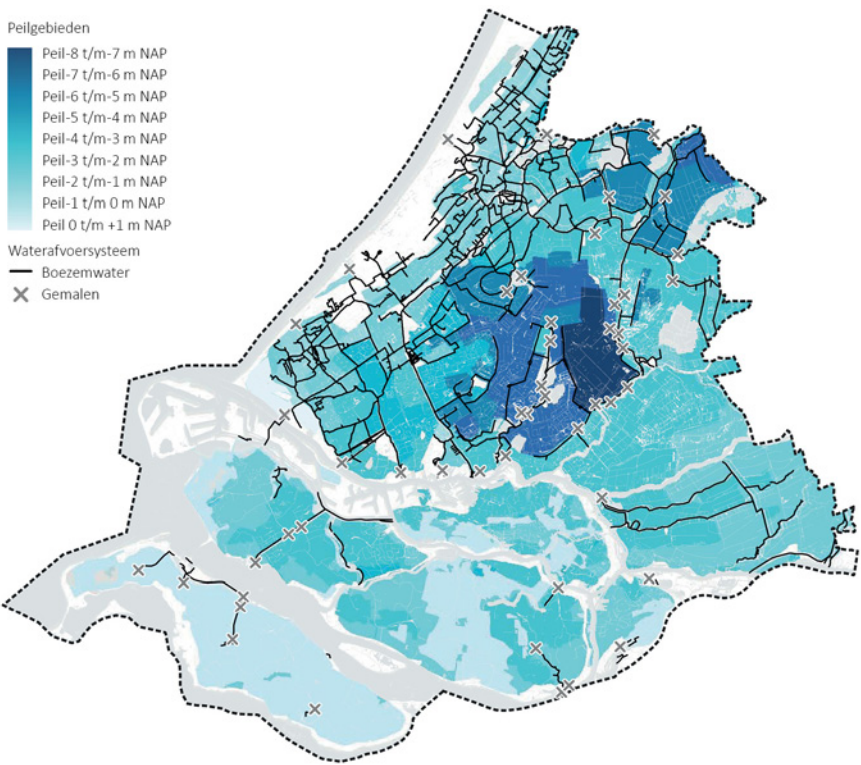


FIG. A.2.1 Boezemwatersystemen en waterpeil (kaart: Defacto, bron data: Wateratlas Zuid-Holland juni 2015, met verwijzing bron: GIS informatie provincie Zuid-Holland 2014, Primaire en secundaire waterlopen, Hoogheemraadschap Rijnland en Delfland 2015, De vaarkaart van de randstad 2012).

Door ontwikkelingen neemt tegelijkertijd de infiltratie- en bergingscapaciteit van gebieden juist steeds verder af. Door extra verharding in stedelijk gebied en de achteruitgaande bodemkwaliteit van landbouwgebieden, kan er minder water in de bodem worden geborgen en infiltreren. Door de vernatting van veengebieden zullen bodem en sloten in deze gebieden minder water kunnen bergen.

Er zijn verschillende factoren die bepalen of een gebied gevoelig is voor wateroverlast, zoals het bodemtype (bodemgesteldheid en bodemstructuur), het percentage verharding en ondergrondverdichting, de grondwaterstanden en mate van drooglegging, de afvoercapaciteit van het waterafvoersysteem, het percentage oppervlaktewater en de toelaatbare peilstijgingen (bergingscapaciteit oppervlaktewater). Ook de intensiteit en duur van een regenbui heeft veel invloed op de gebieden waar wateroverlast optreedt. Zo laten stresstesten met 70 mm regenval in een uur andere aandachtsgebieden zien dan modelberekeningen waarbij het zeer extreme en langdurige weersysteem uit Limburg (182 mm/2 dagen) op de provincie wordt geprojecteerd.

Door de zeespiegelstijging zal het water dat wordt afgevoerd, steeds hoger moeten worden weggepompt, wat vraagt om sterkere pompen die meer energie gebruiken. Zo gebruikt het gemaal bij IJmuiden, dat nu nog een deel van de tijd onder vrij verval kan lozen en alleen pompt wanneer noodzakelijk, jaarlijks al zo'n 10 miljoen kWh aan energie (vergelijkbaar met het stroomverbruik van 3.000 huishoudens).

Oplossingsrichting meer ruimte voor water vasthouden en bergen

In sommige gebieden binnen Zuid-Holland loopt het watersysteem nu al tegen haar grenzen aan. Het is energie-intensief en de grote hoeveelheid technische maatwerkoplossingen vraagt veel beheer en onderhoud. Door gebrek aan ruimte is verbreding van watergangen of creëren van bergingsgebieden vaak niet mogelijk of in ieder geval met zeer hoge kosten verbonden. Vergroten van de afvoer-, maar ook de bergingscapaciteit in het watersysteem is dan ook beperkt mogelijk. Bovendien is het wenselijk om meer water vast te houden, zodat in tijden van droogte minder water hoeft te worden aangevoerd.

De voorkeursvolgorde voor regenwater is: vasthouden, bergen en dan pas afvoeren. Het zal nodig zijn meer rekening te houden met lokale en regionale waterberging, zeker in gebieden met hoge grondwaterstanden (vanaf ca. -30 cm onder maaiveld) en lage infiltratiecapaciteit waar de maximale capaciteit van het afwatersysteem wordt bereikt, zal indicatief rekening moeten worden gehouden met +10% extra ruimte voor het bergen van regenwater (zie ook brief Water en bodem sturend).

Omdat voor deze studie nog geen goede kaartlaag beschikbaar is die bovengenoemde risicofactoren voor wateroverlast combineert, is in onderstaand kaartbeeld een eerste indicatie gegeven van gebieden met een beperkte waterbergingscapaciteit. Daarbij is gekeken naar een beperkte ontwateringsdiepte (of zoekgebieden voor vernatting van bodemdalingsgebieden) en de laagst gelegen 10% van polders waar water zich binnen een polder kan verzamelen. Naar verwachting komen er komende periode kaartbeelden beschikbaar die een betere indicatie kunnen geven van gebieden waar rekening moet worden gehouden met (toenemende) regenwateroverlast.

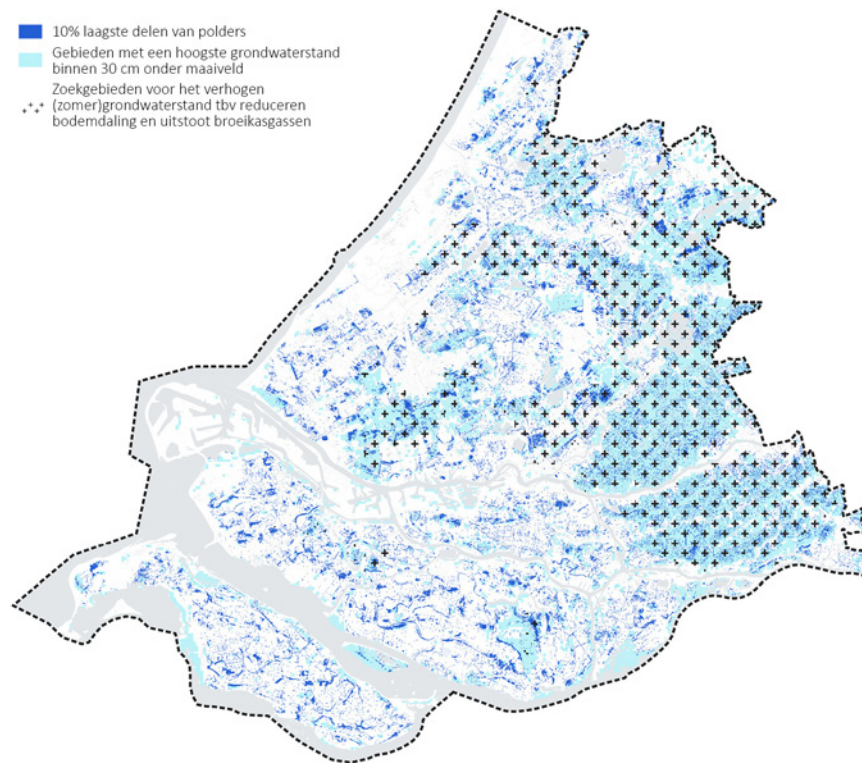


FIG. A.2.2 Kaart Risicogebieden wateroverlast (kaart: Defacto, bron data: SWECO 2022; Deltares, Bosch Slabbers, Sweco 2021; Deltares 2022).

Verstedelijking

B C Ontwikkel waterneutraal (of -positief). Zorg dat ontwikkelingen de druk op het waterafvoersysteem niet vergroten en waar mogelijk in bestaande probleemgebieden zelfs verlichten (door het water binnen het projectgebied of polder te bergen).

— **B** Bij nieuwbouw wordt al ingezet op het infiltreren, vasthouden of bergen van 40-70 mm in 1 uur, beperkt verhard en een waterdichte drempel van 20 cm (Convenant klimaatadaptief bouwen en Landelijke maatlat). Voor toekomstbestendige ontwikkelingen moet worden ingezet op de bovenkant van deze range.

— **C** In gebieden die gevoelig zijn voor wateroverlast: reserveer extra bergingsruimte binnen de gebiedsontwikkeling (boven op de huidige norm). Bouw in deze gebieden (grond)waterbestendig.

C Reserveer ten minste 10% van de laagste delen van polders. Zet in op extra waterberging om het waterafvoersysteem niet verder te belasten: reserveer ten minste 10% laagste oppervlak van polders voor waterberging of wijs waterbergingsgebieden aan en ontwikkel hier multifunctioneel of waterbestendig.



Landbouw

B Hou rekening met natschade en beperkte draagkracht bodem. Landbouwgebieden die regelmatig te nat zijn (zoals veenweidegebieden met een beperkte ontwateringsdiepte hebben minder draagkracht waardoor het land tijdelijk minder goed te berijden is en koeien kunnen wegzakken. Hou hier rekening mee in de bedrijfsvoering en zet in op het verbeteren van bodemcondities.

C Reserveer ten minste 10% laagste polders. Zet in op extra waterberging om het waterafvoersysteem niet verder te belasten: reserveer ten minste 10% laagste oppervlak van polders voor waterberging of wijs waterbergingsgebieden aan. In deze gebieden zal de natschade aan gewassen bij gelijkblijvende bedrijfsvoering/ gewassenkeuze toenemen.



Natuur

B Beperk overstorten. Overstorten van rioleringen en wateroverlast vanuit het oppervlaktewatersysteem hebben effect op de waterkwaliteit. Dit zal leiden tot schade aan natuur en tot risico's voor zwimmers (er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart).

B Kansen natuurontwikkeling 10% laagste gebieden polders. De 10% laagste gebieden en piekwateropvanggebieden zijn in principe geschikt voor functiecombinatie met natuur, mits het type natuur ongevoelig is voor variatie in waterkwaliteit en -kwantiteit.



3 – Waterveiligheid

Zuid-Holland wordt beschermd tegen overstromingen door een stelsel van duinen en dijken (primaire en regionale keringen). Door klimaatverandering kunnen de waterstanden van de zee en rivieren toenemen en daarmee het overstromingsrisico van binnen- en buitendijkse gebieden. De kans dat een kering faalt is zeer klein, maar de gevolgen kunnen in een dichtbevolkt gebied zoals Zuid-Holland groot zijn.

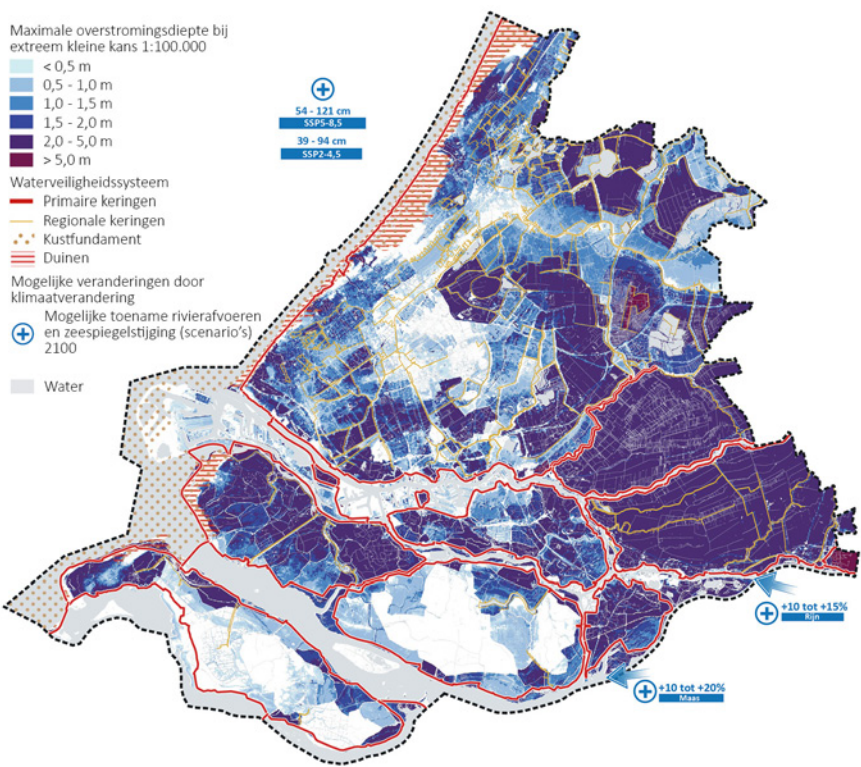


FIG. A.3.1 Basiskaart waterveiligheidssysteem en maximale overstromingsdiepte, door doorbraken van het primaire en regionale systeem. (kaart: Defacto, bron data: LIWO 2019, 2020; Programma Integraal RivierManagement 2022; KNMI 2021).

Zeespiegelstijging

Momenteel wordt in het beleid op basis van het KNMI 2014 scenario rekening gehouden met een zeespiegelstijging van tussen de 0,35 en 1 meter in 2100. Het klimaatsignaal 2021 geeft aan dat de zeespiegelstijging in 2050 met ca. +15 tot +50 cm kan zijn toegenomen en in 2100 met ca. +30 tot +120 cm. Indien zeespiegelstijging versnelt, is +1 m rond 2070 en +2 m rond 2090 niet uit te sluiten.

- Zeespiegelstijging leidt tot:
- Hogere waterstanden in rivieren en buitendijkse gebieden
 - Opgave versterking (verhogen of verbreden) waterkeringen en duinen
 - Meer (zoute) kwel in peilbeheerste gebieden
 - Toenemende verzilting oppervlaktewater en grondwater langs de kust
 - Verdrinken van intergetijdengebieden (als deze niet kunnen meegroeien)

Oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging

Bij zeespiegelstijging kunnen niet alleen de autonome gevolgen van de hogere waterstand, zoals hier boven genoemd, invloed hebben op Zuid-Holland. Met name ook de oplossingsrichtingen voor het adresseren van zeespiegelstijging kunnen veel impact hebben op het watersysteem.

Momenteel zijn er vier conceptuele denkrichtingen geformuleerd als oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging: beschermen open, beschermen gesloten, zeewaarts en meebewegen. Momenteel worden deze oplossingsrichtingen verder verkend en wordt er, tot er meer inzicht is in de gewenste oplossingsrichting, ingezet op het zoveel mogelijk openhouden van deze vier oplossingsrichtingen. Dit voorkomt dat een gewenste oplossing door ontwikkelingen in de tijd op een gegeven moment niet meer nodig is of mogelijk blijkt.

Dit openhouden van de zogenaamde 'adaptatiepaden' betekent dat bij ontwikkelingen met een langere *life cycle* (met name woningbouw en infrastructuur) nu al rekening moet worden gehouden met mogelijke toekomstige veranderingen in het watersysteem, zoals dijkversterkingen, verzilting en hogere waterstanden (en daarmee meer frequente overstroming van buitendijkse gebieden).

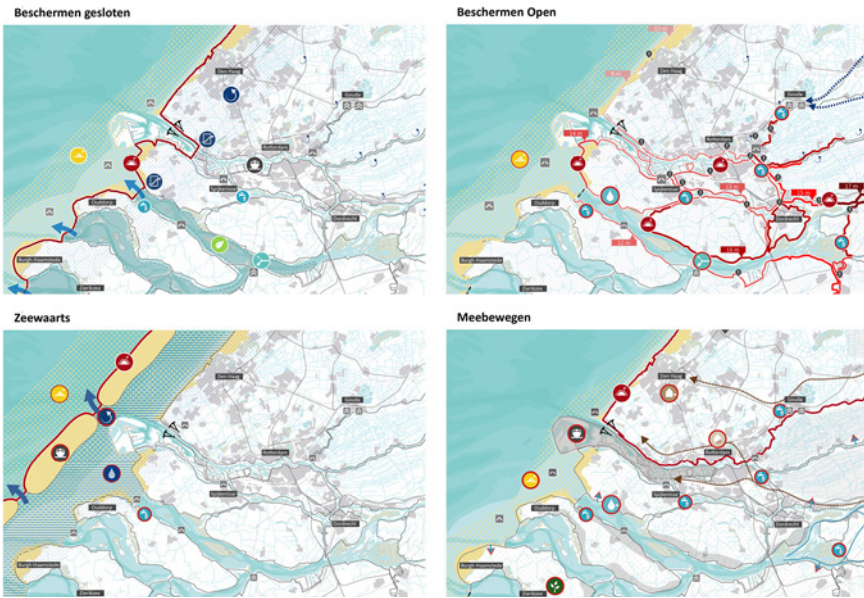


FIG. A.3.2 Vier conceptuele oplossingsrichtingen versnelde zeespiegelstijging voor Rijnmond-Drechtsteden (kaart en bron data: Defacto Stedenbouw voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging 2021).

Rivierwaterafvoer (hoge rivierwaterstanden)

De extreme rivierwaterafvoer waarmee momenteel in klimaatscenario's voor de lange termijn rekening wordt gehouden is 18.000 m3/s bij Lobith (Rijn) en 4.600 m3/s bij Borgharen (Maas). Deze kan als gevolg van klimaatverandering tot 2100 toenemen met 10-15% voor de Rijn en 10-20% voor de Maas (IRM). Dit leidt tot hogere waterstanden in rivieren en er kunnen, zeker in combinatie met zeespiegelstijging, knelpunten ontstaan in de afwatering van het rivierwater richting zee, waardoor de behoefte om rivierwater te bergen toeneemt.

Of de Rijn-Maasmonding open blijft is afhankelijk van de oplossingsrichting voor zeespiegelstijging. Blijft deze open, dan kan het zijn dat de bestaande ruimte voor de riviermaatregelen, zoals de Biesbosch tijdens hogere rivierwaterafvoeren, minder goed werkt door het stroomopwaarts opschuiven van het invloedsgebied van de zee. Ook zal er in droge perioden meer zout water de rivieren op trekken, wat externe verzilting heet (zie ook het volgende hoofdstuk over zoetwaterbeschikbaarheid). Wordt de riviermonding afgesloten (met een sluis), dan is er minder zoutindringing, maar zal het rivierwater naar zee moeten worden gepompt en deels worden geborgen.

Overstromingsrisico buitendijks

Het overstromingsrisico en de overstromingsdiepte van buitendijkse gebieden is mede afhankelijk van de hoogteligging. Door zeespiegelstijging en de toenemende rivierafvoeren zullen de rivierwaterstanden met de tijd toenemen. Dit gebeurt zowel in een open situatie van de Rijn-Maasmonding door de hogere zeespiegel, als in een gesloten situatie door de stagnatie van de rivierwaterafvoer. Hierdoor kunnen de buitendijkse gebieden frequenter overstromen. In de bestaande overstromingsrisicokaarten voor de buitendijkse gebieden zijn de nieuwe inzichten voor zeespiegelstijging uit het klimaatsignaal van het KNMI uit 2021 nog niet meegenomen. Indicatief (eerste *expert judgement*) kunnen de buitendijkse waterstanden, die nu met een terugkeertijd van 1: 1.000 optreden, in 2100 onder invloed van zeespiegelstijging met een terugkeertijd van 1:100 optreden.

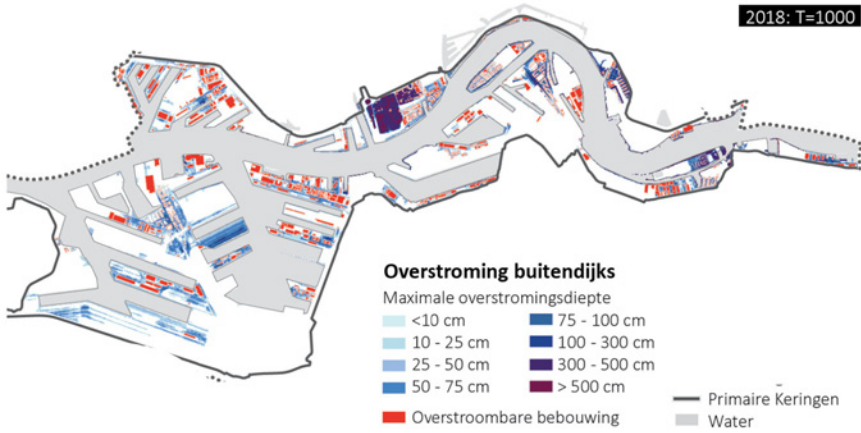


FIG. A.3.3 Kaartbeeld overstromingsdiepte 1:1.000 buitendijks Rotterdam (kaart: Defacto, bron data: LIWO 2021; eerste indicatie 1:1.000 door *expert judgement*).

Voor al langs de Maas, de Noord en de Merwedese zijn veel bestaande en geplande buitendijkse bedrijventerreinen en woningbouwgebieden te vinden. Deze zullen in de toekomst steeds vaker te maken krijgen met hogere waterstanden en eventuele schade. Als er bij nieuwe ontwikkelingen onvoldoende rekening wordt gehouden met deze hogere waterstanden, dan kan dit een *lock-in* creëren voor de oplossingsrichting gesloten (waarbij de Rijn-Maasmonding wordt afgesloten en de hoofdafvoer van het rivierwater zuidwaarts wordt verlegd).

Natuurlijke intergetijdengebieden kunnen mogelijk niet meegroeien bij een snelle of sterke zeespiegelstijging en kunnen, als deze niet worden gesuppleerd met zand, langzaam verdwijnen.

Overstromingsrisico binnendijks

Nederland is goed beschermd tegen overstromingen. Dijkdoorbraken van primaire of regionale keringen kunnen echter niet worden uitgesloten en er is altijd een (beperkte) kans op overstromingen. Door grootschalige woningbouwontwikkelingen en vitale of kwetsbare functies niet of aangepast te ontwikkelen in gebieden waar de gevolgen van een eventuele overstroming groot kunnen zijn, wordt voorkomen dat de overstromingsrisico's verder toenemen.

Oplossingsrichting versterking keringen en duinen

Het versterken van de zee- en rivierkeringen zorgt ervoor dat, ondanks de stijgende waterstanden, het overstromingsrisico niet verder toeneemt. Overstromingsrisico is namelijk kans x gevolg. Neemt de waterstand toe dan kunnen de keringen worden versterkt om te voorkomen dat de kans op een doorbraak toeneemt.

Bij het versterken van dijken neemt zowel de hoogte als de breedte van de dijken toe. In bebouwde gebieden waar geen ruimte is voor het uitvoeren van deze grondwerkzaamheden, kunnen de kosten sterk toenemen omdat technische oplossingen of amoveringen (het verwijderen van objecten zoals woningen) nodig zijn. Door nu voldoende ruimte te reserveren voor toekomstige dijkversterkingen, kunnen extra kosten worden voorkomen.

Langs de kust worden de van nature eroderende kustlijn en het kustfundament onderhouden en waar nodig versterkt middels zandsuppleties. Door de zeespiegelstijging is er steeds meer zand nodig om de duinen te blijven versterken, wat bij een sterke mate van zeespiegelstijging leidt tot knelpunten in de beschikbaarheid van zand (en tot ruimtelijke conflicten in gebieden in de Noordzee waar het zand wordt gewonnen). Een meer natuurlijk kustbeheer, wat ruimte biedt voor natuurlijke erosie en aanzandingsprocessen, is daarbij een van de denkbare oplossingsrichtingen. Bij brede duingebieden heeft gedeeltelijke erosie namelijk niet direct impact op de waterveiligheid. Dit heeft overigens wel impact op natuur, drinkwater en kustplaatsen.

Om te borgen dat toekomstige benodigde versterkingen en eventuele erosie van de duinen mogelijk blijft, is het belangrijk binnen de dynamische duingebieden geen nieuwe verharding en bebouwing toe te voegen. In de smalle delen van de duinen is het raadzaam om voor de lange termijn rekening te houden met landinwaartse

versterkingen (Deltares, WL werkgroep Ruimte voor water). Dit betekent dat gebouwde ontwikkelingen met een permanent karakter in deze zone niet gewenst zijn. Bij tijdelijke functies is het belangrijk dat deze daadwerkelijk voldoende flexibel zijn en blijven, om in te kunnen spelen op de dynamiek van de duinen (dus strandwoningen en strandtenten passen zich aan aan de veranderende kustdynamiek, en niet andersom).

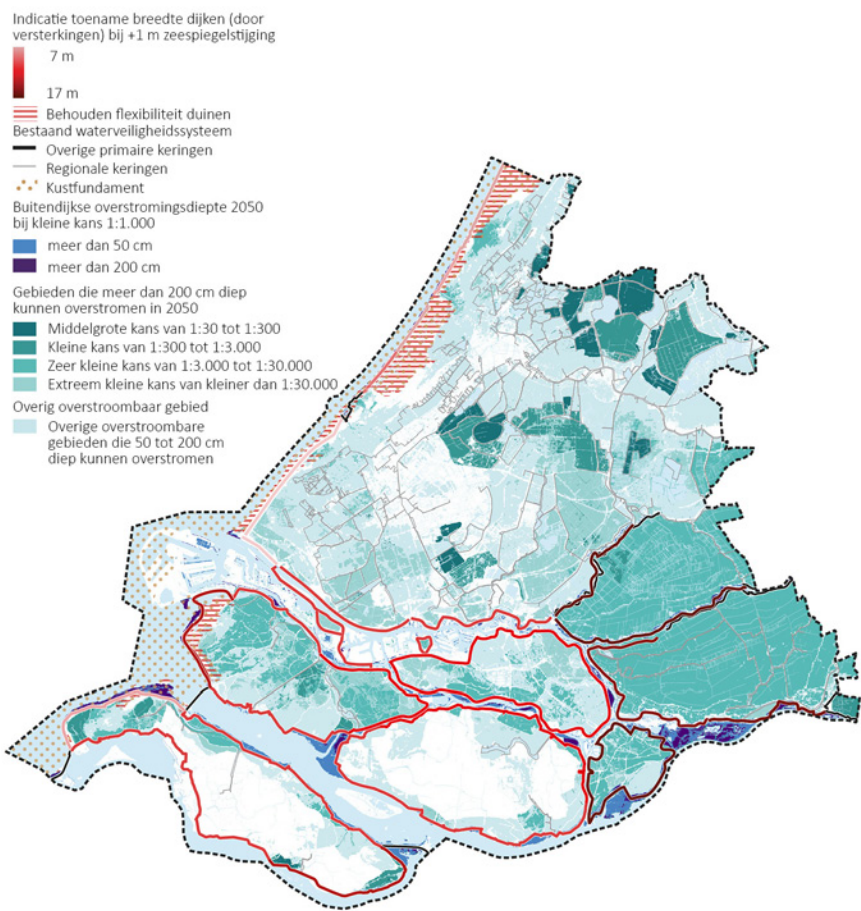


FIG. A.3.4 Kaart primaire keringen en mogelijke versterkingszone bij +1 m zeespiegelstijging en de overstromingsrisico's van binnen- en buitendijkse gebieden. (kaart: Defacto, bron data: Deltares 2021; LIWO 2021 en 2022).

Verstedelijking

Hou rekening met het binnendijkse overstromingsrisico (gevolgbeperking).

- B** Zet in binnendijkse gebieden met een kans > 1: 30.000 op een overstromingsdiepte > 50 cm in op gevolgbeperking vitaal en kwetsbaar
- C** Verken in binnendijkse gebieden met kans > 1: 30.000 op > 200 cm maatregelen voor gevolgbeperking (extra aandacht gebieden vitale en kwetsbare functies of weinig mogelijkheden verticale evacuatie)

Reserveer ruimte voor toenemende waterstanden (en versterking keringen).

- C** Hou rekening met meer frequente overstromingen in buitendijkse (waterbergende) gebieden (zee-invloedsgebied of overgangsg gebied), in het bijzonder bij vitale en kwetsbare functies
- D** Bebouwing in buitendijkse gebieden van het rivier-invloedsgebied (stroomvoerend) beperkt de benodigde afvoercapaciteit
- D** Weeg langs keringen de locatiekeuze voor bebouwing zorgvuldig af om kostenafwenteling (voor meer complexe versterkingen) op de toekomst en het publiek domein te voorkomen. In de kaart zijn primaire keringen opgenomen.

Landbouw

C Pas buitendijks bedrijfsvoering aan. Buitendijkse gebieden die frequent overstromen zijn op termijn niet geschikt voor landbouwwormen met volgrondsgewassen en voor gebouwen ten behoeve van veeteelt

Natuur

C Strategie intergetijdengebieden. Het wegvallen van intergetijdengebieden (als gevolg van een snelle en grote mate van zeespiegelstijging) heeft door de grote waarde van intergetijdennatuur een negatieve impact op de natuur in de hoofdwaters. Er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart.



4 – Zoetwaterbeschikbaarheid en -kwaliteit

Zoetwater wordt gebruikt voor verschillende functies zoals natuur, landbouw (beregening en doorspoeling), industrie, drinkwater, peilbeheer, scheepvaart en stedelijk groen. We zien de watervraag toenemen terwijl de waterbeschikbaarheid afneemt. Dit leidt, zoals in de zomer van 2022 ook duidelijk werd, tot knelpunten in de zoetwaterbeschikbaarheid.

De zoetwatervraag neemt toe door:

- Meer verdamping oppervlaktewater door klimaatverandering
- Grotere watervraag (drinkwater, industrie, landbouw, natuur, stedelijk groen)
- Toename watervraag voor nat houden veenbodem en beperken veenoxidatie
- Toenemende verzilting en daarmee behoefte aan water voor doorspoelen

De zoetwaterbeschikbaarheid neemt af door

- Verzilting (intern en extern)
- Frequentere lage debieten van rivieren in de zomer
- Langere perioden van droogte
- Toenemende watervraag in gebieden stroomopwaarts en elders (Noord-Nederland, mogelijk andere verdeling tussen Waal, Rijn en IJssel)

Verzilting

Bij verzilting zit of komt er meer zout water in de bodem, het grondwater of oppervlaktewater terecht. Dit is schadelijk voor zoetwaterafhankelijke natuur, land- en tuinbouw en de drinkwatervoorziening. Er wordt onderscheid gemaakt tussen interne verzilting (veroorzaakt door chloriderijk kwelwater dat het oppervlaktewater verzilt) en externe verzilting (zout water dat via een open verbinding of via schutbewegingen van sluizen vanuit de zee in meren, rivieren en estuaria terecht komt)

Interne verzilting (via kwelwater)

Interne verzilting is deels autonoom en treedt versterkt op in diepe polders waardoor het verlagen van grondwaterstanden de tegendruk tegen kwelstromen vermindert. De verzilting wordt langs de kust versterkt door zeespiegelstijging. In sommige delen van Zuid-Holland wordt interne verzilting bestreden door het polderwatersysteem door te spoelen met zoetwater dat wordt aangevoerd vanuit de rivieren.

Externe verzilting (via zout water van zee)

Door de afnemende afvoer van de grote rivieren in perioden van droogte enerzijds en de zeespiegelstijging anderzijds, dringt de 'zouttong' steeds vaker en verder landinwaarts de rivieren op en kunnen de inlaatpunten voor zoetwater in perioden

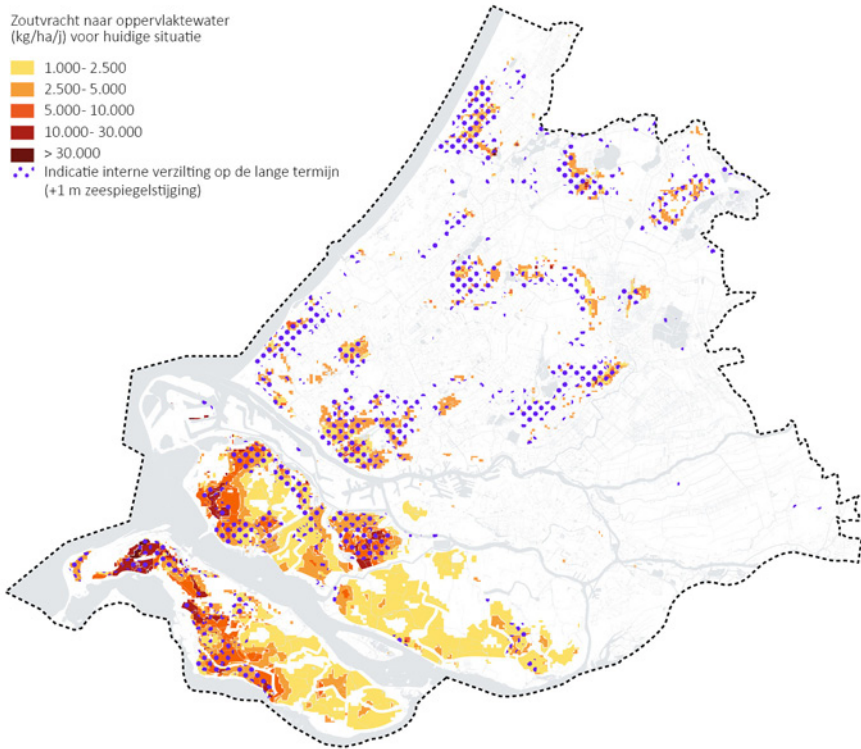


FIG. A.4.1 Kaart interne verzilting (nu en in de toekomst) (kaart: Defacto, bron data: Deltares 2022, aangevuld met data van WSHD van de verzilting op Goeree, Voorne Putten en Hoeksche Waard).

van droogte steeds vaker niet worden gebruikt. Dit geldt ook voor het inlaatpunt bij Gouda dat een groot deel van Zuid-Holland van zoetwater voorziet. Bij uitval van het inlaatpunt bij Gouda, kan de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) worden ingezet om water vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek aan te voeren. De capaciteit van de KWA wordt op dit moment vergroot, maar ook na uitbreiding van de capaciteit zal deze ontoereikend zijn voor de grote toename in watervraag door de vernatting van veenweidegebieden.

In droge perioden voeren de waterschappen zoetwater aan voor peilbeheer. Dit is essentieel om de stabiliteit van keringen te borgen en om bodemdaling en veenoxidatie tegen te gaan. Als er onvoldoende zoetwater kan worden aangevoerd om in alle gebruiksfuncties te voorzien, dan kan het oppervlaktewatergebruik worden verminderd door het gebruik voor bepaalde functies te beperken. Als dat onvoldoende soelaas biedt voor het peilbeheer, dan is inlaat of bijmengen van brak water onvermijdelijk. Dit kan grote impact hebben op zoetwaterafhankelijke natuur en landbouw.

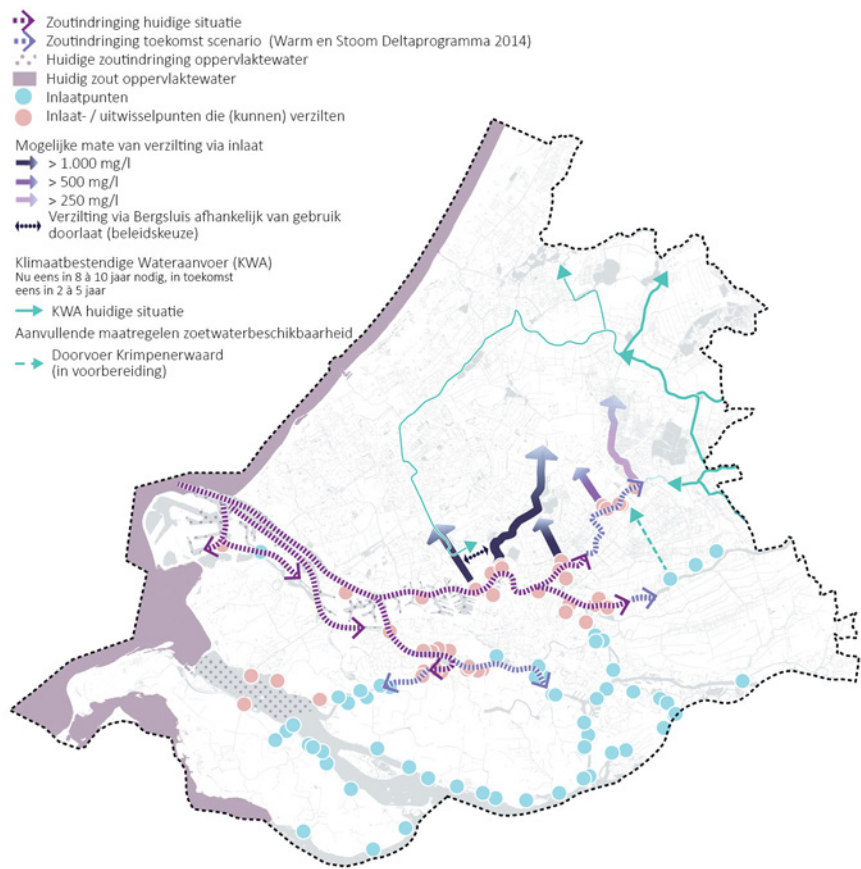


FIG. A.4.2 Kaart externe verzilting (nu en in de toekomst) met de zoetwaterinlaatpunten die op termijn vaker verzilt en Klimaatbestendige Wateraanvoer. (kaart Defacto, bron data: Deltaprogramma 2014 aangepast op basis van *expert judgement*; Deltares 2015; WABES punten via expert HHSK; Deltares 2014 en Hydrologic 2020 aangevuld door *expert judgement*).

Waterkwaliteit

De waterkwaliteit wordt op grond van de Kaderrichtlijn Water (KRW) bepaald aan de hand van biologische en fysisch-chemische parameters. De waterkwaliteit is bijna overal ontoereikend, vooral door een overmaat aan nutriënten, resten van bestrijdingsmiddelen en beperkte ruimte voor een robuust ecologisch watersysteem.

Verbeteringen van de waterkwaliteit zijn onderdeel van de KRW, die voorschrijft dat de waterkwaliteit voor 2027 op orde moet zijn. Vanuit dit oogpunt is waterkwaliteit dus geen langetermijnopgave. Het ziet er echter naar uit dat deze doelstellingen op de korte termijn nog niet gehaald zullen worden. Klimaatverandering zal ook impact hebben op de waterkwaliteit:

- Door zeespiegelstijging zal de grondwaterdruk en de daarmee samenhangende hoeveelheid zoute kwel toenemen. Daarnaast neemt ook de (externe) verzilting toe.

- Droogte in combinatie met hogere verdamping zal de concentraties van verontreinigingen in oppervlaktewater verhogen.
 - Hevige regenbuien zullen toenemen. Dit vergroot de hoeveelheid landerosie en de kans op riooloverstorten. Dit vergroot de nutriëntenbelasting op oppervlaktewater.
 - Een hogere gemiddelde watertemperatuur leidt tot zuurstofloosheid van het water en dominantie van andere soorten (zie ook hoofdstuk over hitte).
- Dit vraagt om extra inspanning om het water- en bodemsysteem robuust te maken.

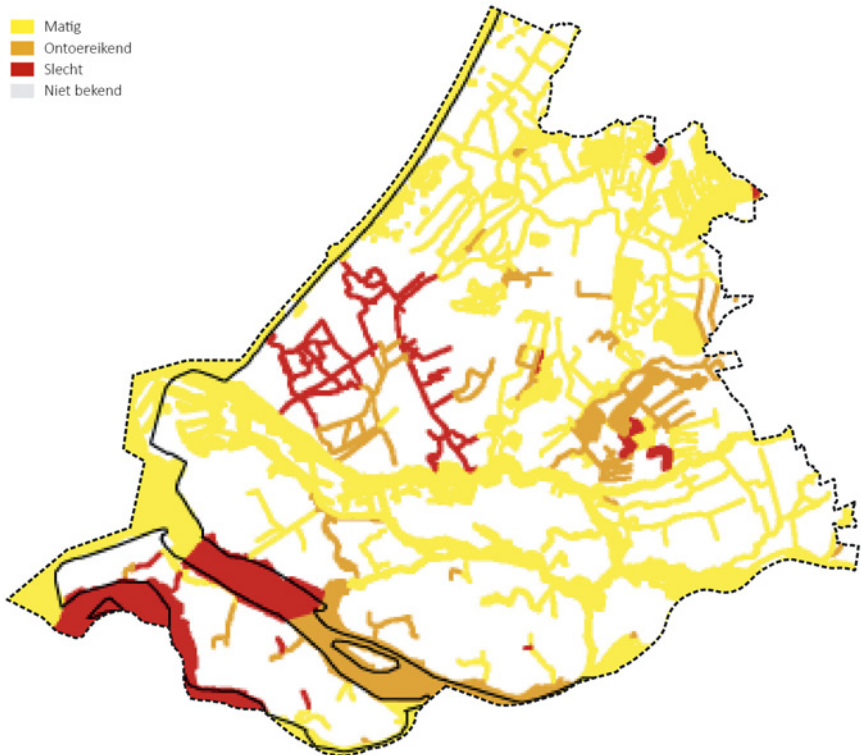


FIG. A.4.3 Kaart beoordeling ecologische kwaliteit Kaderrichtlijn Water op basis van meetresultaten (kaart: Defacto, bron data: Informatiehuis water - IHW (waterschappen, bewerking PBL) 2022).

Waterbeschikbaarheid

Als er onvoldoende water beschikbaar is om in de gewenste zoetwatervraag te voorzien, dan treedt de verdringingsreeks in werking. Deze prioriteert de watervoorziening voor vitale en kwetsbare functies, zoals water voor de stabiliteit van dijken, het voorkomen van bodemdaling in veengebieden en belangrijke zoetwaterafhankelijke natuur waar onomkeerbare droogteschade kan optreden.

Voor beperkingen in de waterbeschikbaarheid zijn er nog geen goede kaarten beschikbaar. Er zijn kaarten die laten zien welke gebieden droogteschade kunnen oplopen door lage grondwaterstanden, maar deze kaarten houden nog geen

rekening met de mogelijkheden of beperkingen in wateraanvoer vanuit het oppervlaktewatersysteem.

Natuurgebieden

Voor zoetwaterafhankelijke ecosystemen waaronder veengebieden, duingebieden en graslanden (bijvoorbeeld veenmoerassen), is zoetwaterbeschikbaarheid essentieel. Kwetsbare diersoorten en vegetatie, waaronder enkele zeldzame en geïsoleerde populaties, worden bedreigd door droogte. Waardevolle natuur waarbij ontoereikende wateraanvoer tot onomkeerbare schade kan leiden, bevindt zich dan ook in categorie 1 van de verdringingsreeks. Dit betekent dat ze prioriteit krijgen bij de zoetwatervoorziening in perioden van droogte. Het bij droogte inlaten van gebiedsvreemd water kan schadelijk zijn voor de natuur. Er zijn ook natuurgebieden die voor wateraanvoer niet bereikbaar zijn. Hier is de beschikbaarheid van gebiedseigen water essentieel.

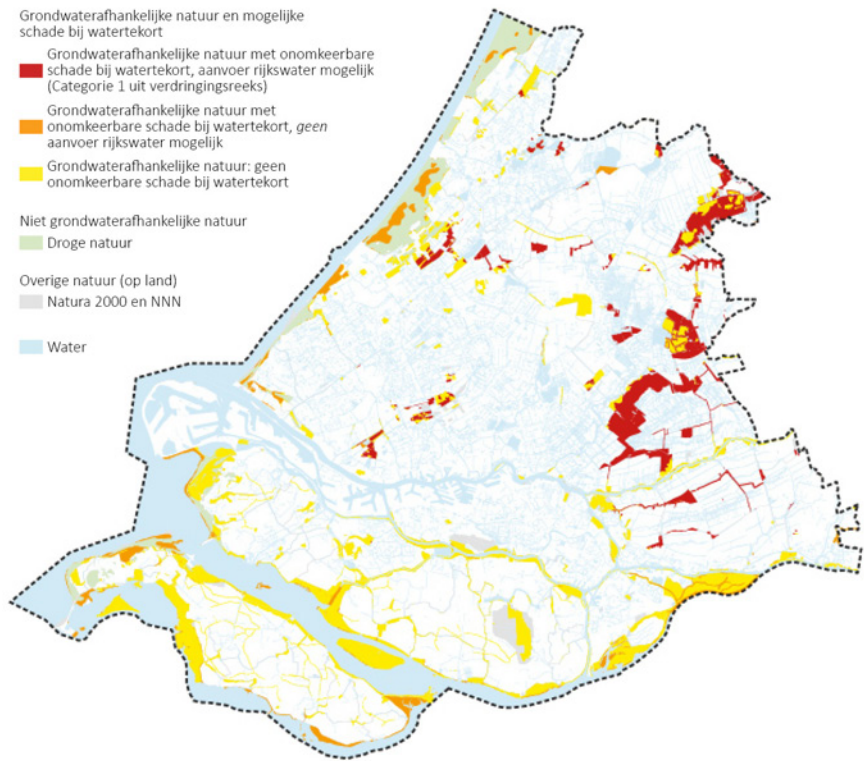


FIG. A.4.4 Kaart Grondwaterafhankelijke natuur en mogelijke schade bij watertekort (kaart: Defacto, bron data: Deltares 2014).

Landbouw

Een deel van de landbouw onttrekt oppervlaktewater, doordat er in perioden met een neerslagtekort beregening plaatsvindt om het vochttekort in de wortelzone van gewassen aan te vullen (in het bijzonder bij de boom- en sierteelt, vollegrondtuinbouw en aardappelen). In perioden van droogte kent het oppervlaktewater echter doorspoelbeperkingen waardoor het te zout wordt om gewassen mee te beregenen. Voor aardappels gelden tijdens droogte ook beperkingen wegens pathogenen.

Kassengebieden gebruiken naast regenwater, dat lokaal in bassins wordt opgeslagen, meestal ook (brak) grondwater wat ze vervolgens ontzilten (wat veel energie vraagt).

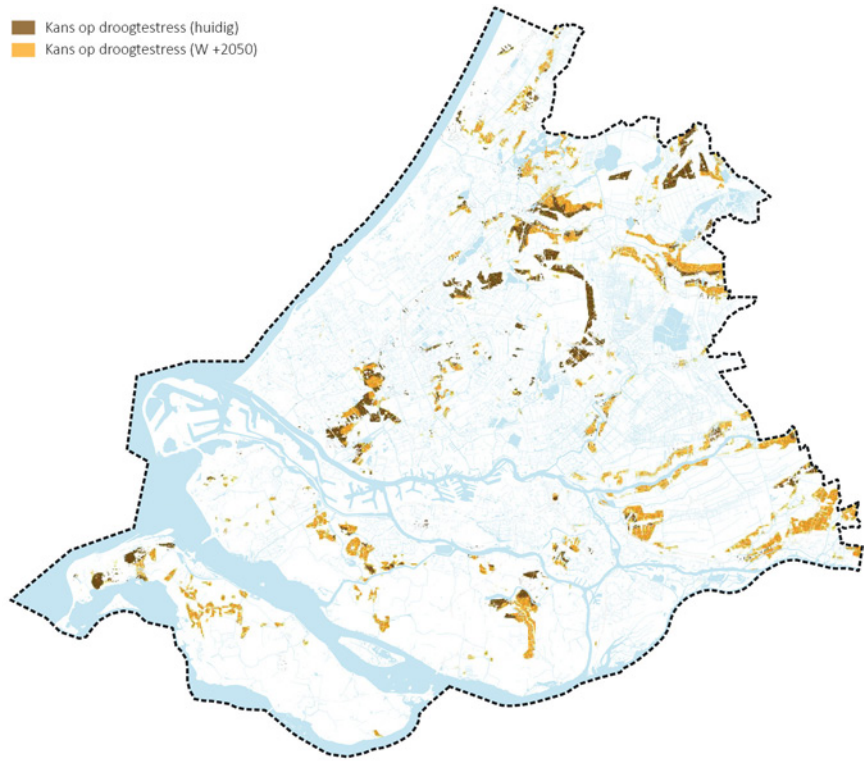


FIG. A.4.5 Kaart potentiële schade landbouwgebieden door droogte (lage grondwaterstanden). (kaart Defacto, bron data: KWR water 2017).

Watervraag stedelijk gebied

De vraag naar zoetwater en drinkwater in stedelijk gebied neemt toe door onder andere de toenemende bevolking, de aanleg van DIT-riolen (Drainage Infiltratie Transport riool) in de strijd tegen bodemdaling, water voor industrie en datacenters en de toename van de hoeveelheid stedelijk groen. Tegelijkertijd loopt de zoetwaterbeschikbaarheid en de productie van drinkwater tegen haar grenzen aan.

Het beschermen van (potentiële) drinkwaterbronnen en drinkwaterinfrastructuur is essentieel en gebeurt via de provinciale omgevingsverordening. Zo is het bij de energietransitie belangrijk om de waterdichte lagen in de bodem die de grondwatergebieden beschermen tegen verontreinigingen, niet te doorboren ten behoeve van bijvoorbeeld warmte-koudeopslag (WKO).

Daarnaast is het reduceren van het (laagwaardig) gebruik van zoetwater en drinkwater nodig. Dit kan bijvoorbeeld door het infiltreren, bufferen en benutten van regenwater (grijs water) voor het bewateren van tuinen en stedelijk groen en het doorspoelen van toiletten. Dit kan door bij nieuwbouw eisen te stellen ten aanzien van watergebruik of waterbesparing.

Droogte leidt tot lagere grondwaterstanden, waardoor extra bodemdaling kan optreden. Droogte resulteert daardoor in een risico op funderingsschade bij panden zonder fundering (dit heet 'op staal' gefundeerd) en panden met houten funderingspalen. Dit leidt tot aanzienlijke kosten voor funderingsherstel. Om paalrot in oudere wijken te voorkomen, kan worden ingezet op extra infiltratie van water in de bodem. Als dit grootschalig wordt toegepast zal dat extra water(aanvoer) vergen.

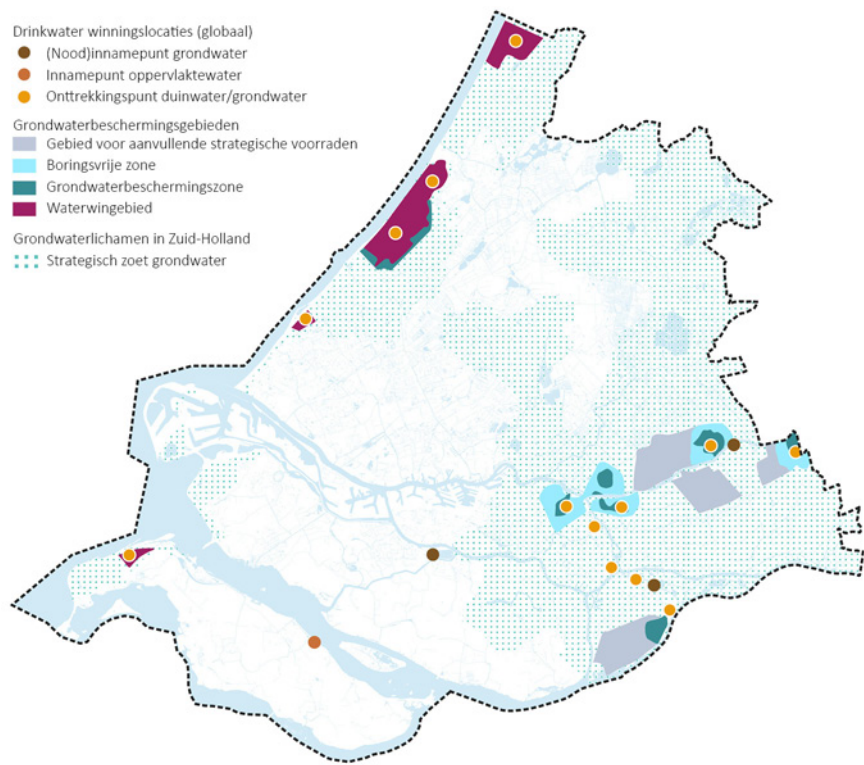


FIG. A.4.6 Kaart grondwaterbeschermingsgebieden (kaart: Defacto, bron data: Provincie Zuid-Holland via interactieve kaarten en atlassen provincie Zuid-Holland nov 2022).

Verstedelijking

B Bescherm grondwatervoorraden en drinkwaterinfrastructuur. Voorkom (in lijn met de verordening) perforaties van waterdichte lagen in de bodem die de grondwatergebieden beschermen tegen verontreinigingen uit de hogere bodemlagen (niet te doorboren ten behoeve van bijvoorbeeld warmte-koudeopslag WKO).

B Zet (met name in stedelijk gebied) maximaal in op sponswerking. Zorg dat de watervraag van ontwikkellocaties niet verder toeneemt door bij nieuwe ontwikkelingen (en transformaties van bestaande stedelijke gebieden) in te zetten op infiltratie, waterberging, slim watergebruik, robuuste watersystemen met goede waterkwaliteit en ruimte voor ecologie en droogte- en zoutresistente beplanting. Hou bij de inrichting van stedelijk groen rekening met de beschikbaarheid van zoetwater.

B Zorg voor zonering van de ondergrond. Het is met name in stedelijk gebied druk in de ondergrond. Zet in op een goede zonering die grondwaterstromen zo min mogelijk beïnvloedt en voldoende ruimte biedt voor nieuwe waterbergingsfuncties.



Landbouw

B Creëer zoetwaterbuffers voor de natuur. Natte natuur kan worden beschermd tegen droogteschade door hydrologische bufferzones (hogere grondwaterstanden en onttrekkingsverbod) aan te leggen en nutriënten in het oppervlaktewater te beperken. Deze maatregelen hebben directe impact op bedrijfsvoering in landbouwgebieden: natter, verbod op onttrekking oppervlaktewater en randvoorwaarden voor gewasbestrijdingsmiddelen.

C Hou rekening met toenemende verzilting met name in gebieden met beperkte aanvoermogelijkheid van zoetwater. Dit zal in sommige gebieden vragen om aanpassing van de bedrijfsvoering (bodemverbetering, wateropvang, accepteren schade, andere gewassen) of locatiekeuze. In het kaartbeeld zijn alleen de gebieden met interne verzilting meegenomen. De externe verzilting (via het oppervlaktewater) heeft ook invloed op de zoetwaterbeschikbaarheid.

C Zet in op een slimme watercyclus waarbij het schoonste water (nabij de inlaat of bron) hoogwaardig wordt gebruikt, en voorkom uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen aan het eind van de keten (generiek principe, niet geduid op de kaart).



Natuur

C Hou rekening met toenemende verzilting. Er zijn natuurtypen die gebaat zijn bij brakke en zoute condities. Er zijn natuurgebieden die gevoelig zijn voor inlaat van gebiedsvreemd water of voor veenafbraak door watertekort. Hier moet worden ingezet op het vasthouden van regenwater en voorkomen van wegzijging van zoetwater naar de omgeving.

In gebieden waar permanente brakke of zoute condities ontstaan moet (op termijn) het type natuur worden heroverwogen en aangepast.



5 – Hittestress

Door klimaatverandering nemen de temperatuur en aantal hete dagen steeds verder toe. In de huidige KNMI-scenario's wordt verwacht dat het aantal tropische dagen (> 30 °C) toeneemt van nu gemiddeld 3 per jaar, tot 5-11 dagen per jaar in 2050 en 6-18 dagen per jaar in 2085. Dit heeft effect op de leefbaarheid van steden, de gezondheid, waterkwaliteit en (in combinatie met droogte) het risico op natuurbranden

Opwarmende steden

Onder invloed van de toenemende hitte wordt het met name zeer warm in stedelijk gebied waar veel verharding te vinden is. Deze warmte blijft hangen waardoor het ook 's nachts minder goed afkoelt. Dit heeft effect op de gezondheid van inwoners (met name kwetsbare bevolkingsgroepen) en productiviteit van werknemers, maar ook op bijvoorbeeld bruggen en tramrails die uitzetten en niet meer werken of waterleidingen die opwarmen. In steden is er dan ook steeds meer aandacht voor het reduceren van de opwarming van de stad, zoals minder verharding, lichtere materialen en het creëren van koele plekken (meer schaduw, verdampend groen en water), bouweisen om hitte te voorkomen (goede zonwering en ventilatie) en hitteplannen.

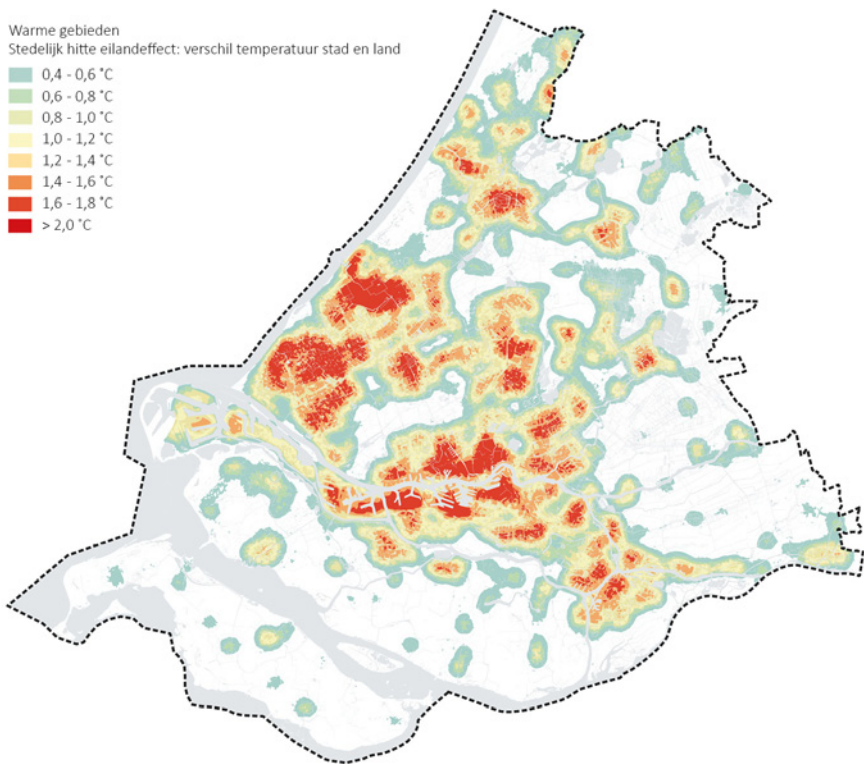


FIG. A.5.1 Kaart stedelijk hitte eiland effect (kaart: Defacto, bron data: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu 2020).

Opwarmend water (waterkwaliteit)

Door hogere temperaturen neemt de druk op aquatische ecosystemen toe. Een hogere gemiddelde temperatuur (en hogere gemiddelde watertemperatuur) leidt tot:

- Grotere dag-nachtfluctuaties in zuurstofconcentraties (kans op zuurstofloosheid en toename vissterfte).
- Er ontstaat een andere soortensamenstelling: langer groeiseizoen fytoplankton, blauwalgen en waterplanten, kans op dominantie door blauwalgen neemt toe.
- Minder ijsbedekking in de winter. Drijvende waterplanten zoals kroos, en overwinterende ondergedoken waterplanten worden dominant.
- Een soortenverschuiving bij vissen, door langere paaitijden en verdwijnen van koudeminnende soorten.
- Grotere overlevingskans van exoten (geldt overigens niet voor alle exoten).

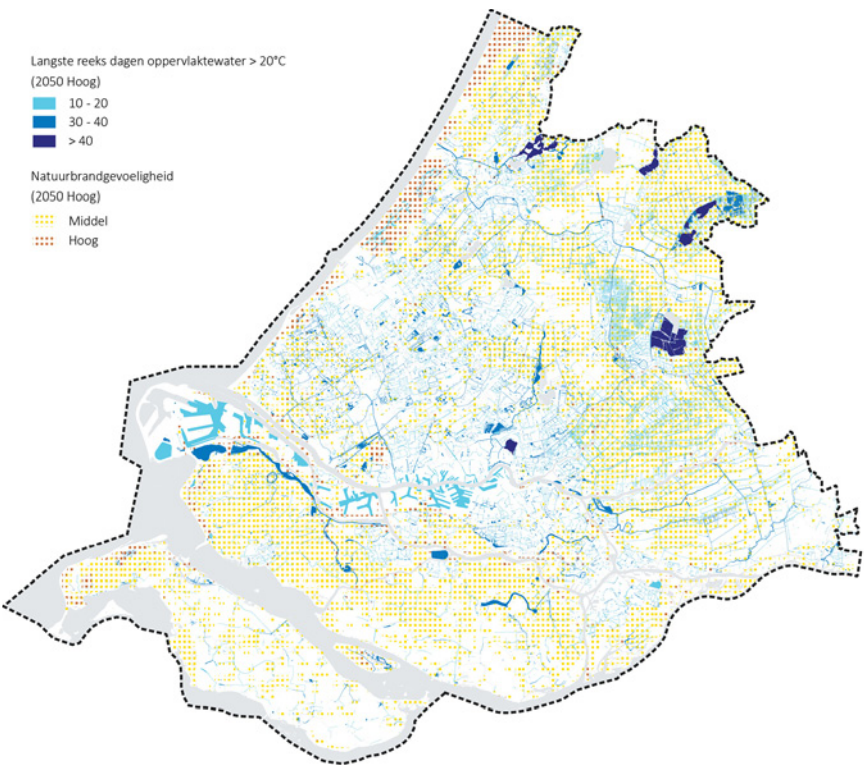


FIG. A.5.2 Kaart risico opwarming oppervlaktewater en natuurbrandgevoeligheid (kaart: Defacto, bron data: WEnR & TAUW 2017; WEnR & Deltares 2021).

Robuustere watersystemen met ruimte voor waterplanten, voldoende waterdiepte, goede doorstroming en inrichting van de oevers, en het voorkomen van overstorten van de riolering, uitspoeling van nutriënten (of het inlaten van gebiedsvreemd nutriëntrijk water) helpen het voorkomen van slechte waterkwaliteit.

Landbouw

Een hogere gemiddelde temperatuur zal invloed hebben op de landbouw. Zo zal het teeltseizoen langer worden door de hogere temperaturen en langere vorstvrije perioden. Het groeiseizoen van gewassen (en de piek aan waterbehoefte) zal eerder in het jaar komen te liggen, gewassen die gevoelig zijn voor hitte zullen minder rendabel worden en er ontstaan kansen voor andere type gewassen (denk bijvoorbeeld aan de wijngaarden die ook in Nederland steeds vaker voorkomen).

In perioden met hitte zal de verdamping van gewassen en daarmee de watervraag toenemen. Daarnaast maakt hittestress gewassen gevoeliger voor ziekten en kunnen insecten, onkruid of ziekteverwekkers toenemen. Dit leidt tot extra kosten. Ook geeft vee tijdens hete perioden minder melk en heeft het meer water nodig.

Verstedelijking

B Neem hitte mee in het ontwerp. Zorg dat hitte zowel in het gebouwontwerp als in gebiedsontwikkelingen (en herontwikkelingen) wordt meegenomen als opgave. Zorg voor goede ventilatie en zonwering, beperk de hoeveelheid stenig verhard materiaal en zorg voor voldoende schaduwrijke koele plekken en routes met groen en water. Plaats ook meer groene grondbedekking en bomen in de openbare ruimte die zorgen voor vermindering van hittestress.

B Zorg voor zonering van de ondergrond. Ook bij hitte is een goede ondergrondse zonering essentieel om te zorgen dat bijvoorbeeld drinkwaterleidingen niet opwarmen (leg ze voldoende diep en niet direct naast het warmtenet).

B Zet in op robuuste stedelijke watersystemen. Zorg dat het oppervlaktewater in/rond stedelijk gebied voldoende robuust is (volume, doorspoelen, ruimte voor waterplanten) om opwarming (vissterfte, blauwalg en stank) te voorkomen.

Landbouw

B Hou rekening met de impact van hitte op gewassen en vee. Gewassen die gevoelig zijn voor hitte worden minder rendabel en kunnen vragen om aanpassingen in de bedrijfsvoering en gewaskeuze, zorg voor koele schaduwrijke plekken voor vee. Ook hier is een goede vitale bodem met een goede vochtbalans belangrijk.

B Beperk nutriëntenbelasting. De druk op aquatische ecosystemen neemt toe door hogere temperaturen waardoor de inzet op het beperken van nutriëntenbelasting vanuit de landbouw nog belangrijker wordt

Natuur

B Zet in op robuuste natuurverbindingen. De natuur zal zich moeten aanpassen aan de hogere gemiddelde temperaturen en veranderingen van de soortensamenstelling (toename, afname en uitsterven) en in migratiepatronen van trekkende soorten. Robuuste (natte) verbindingen ondersteunen de adaptiviteit van de natuur.

B Zet in op robuuste natte verbindingen. Zorg dat het (oppervlakte) watersysteem in en rond natuurgebieden voldoende robuust is om opwarming, en de negatieve effecten hiervan, te voorkomen.



A man in an orange safety vest is watering a large tree with a hose. In the background, there is a white water truck with a tank labeled 'VAIA' and a modern building with many windows. The scene is set in an urban environment with greenery and a grassy area in the foreground.

DEEL B

Klimaatonderlegger woon- en werklocaties

Dit deel bevat de klimaatonderlegger met belangrijke opgaven en randvoorwaarden vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering, en toont bouwstenen voor klimaatadaptieve woon- en werklocaties.

6 – Klimaatonderlegger verstedelijking

Bij nieuwbouw, herinrichting en renovatie van bebouwing is het essentieel dat deze ontwikkelingen geen opgaven afwentelen en geen toekomstige adaptatieopties in de weg staan. Dat betekent dat de impact van klimaatverandering of kosten die nodig zijn voor adaptatie voor de volledige levensduur van de ontwikkeling, moeten worden meegenomen. Er wordt vaak gerekend met een (economische) levensduur van 30 jaar, terwijl gebouwen zomaar 100 jaar blijven staan en een riolering voor 60 jaar wordt aangelegd.

De klimaatonderlegger verstedelijking laat zien waar er vanuit water, bodem en klimaat aandachtspunten zijn voor verstedelijking.

- **A** Geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering, volg wel altijd het Convenant klimaatadaptief bouwen (Ja)
- **B** Water, bodem of klimaatverandering vraagt om aanvullende randvoorwaarden voor ontwikkelingen, die naar verwachting goed uitvoerbaar zijn (Ja, mits...)
- **C** Water, bodem of klimaatverandering vraagt om een substantiële inspanning waarbij meerdere partijen zich inzetten om tot een klimaat adaptieve ontwikkeling te komen (Ja, mits...)
- **D** De ontwikkeling legt (ook met adaptatie) een claim op de toekomst en vraagt om een heroverweging van de locatiekeuze (Nee, tenzij...)

Er zijn in de totaalkaart geen gebieden zonder extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering (A). De water- en bodemsystemen in Zuid-Holland zijn zonder extra inspanningen dus niet geschikt voor bebouwing/verstedelijking. Er wordt wel degelijk al ingezet op adaptatie, maar vaak wordt er gekeken naar een periode die korter is dan de levensduur van de ontwikkeling of zijn de klimaatdoelstellingen niet ambitieus genoeg, waardoor kosten of opgaven worden afgewenteld.

Hitte, waterbeschikbaarheid en -kwaliteit zijn belangrijke aandachtspunten (B) voor ontwikkeling, waarmee nu onvoldoende rekening wordt gehouden. (Drink) waterbeschikbaarheid wordt nog te vaak als een vanzelfsprekendheid gezien en hitte wordt als opgave onderschat. Hierdoor is er te weinig aandacht voor waterbesparing, slim watergebruik, hittebestendig bouwen of het creëren van koele plekken en routes. Er is de komende periode een substantiële inspanning nodig (C) om voldoende bodemdalingbestendig en waterbestendig te ontwikkelen. Dit is niet alleen een opgave op gebouwniveau, maar ook op gebiedsniveau. Daar liggen kansen

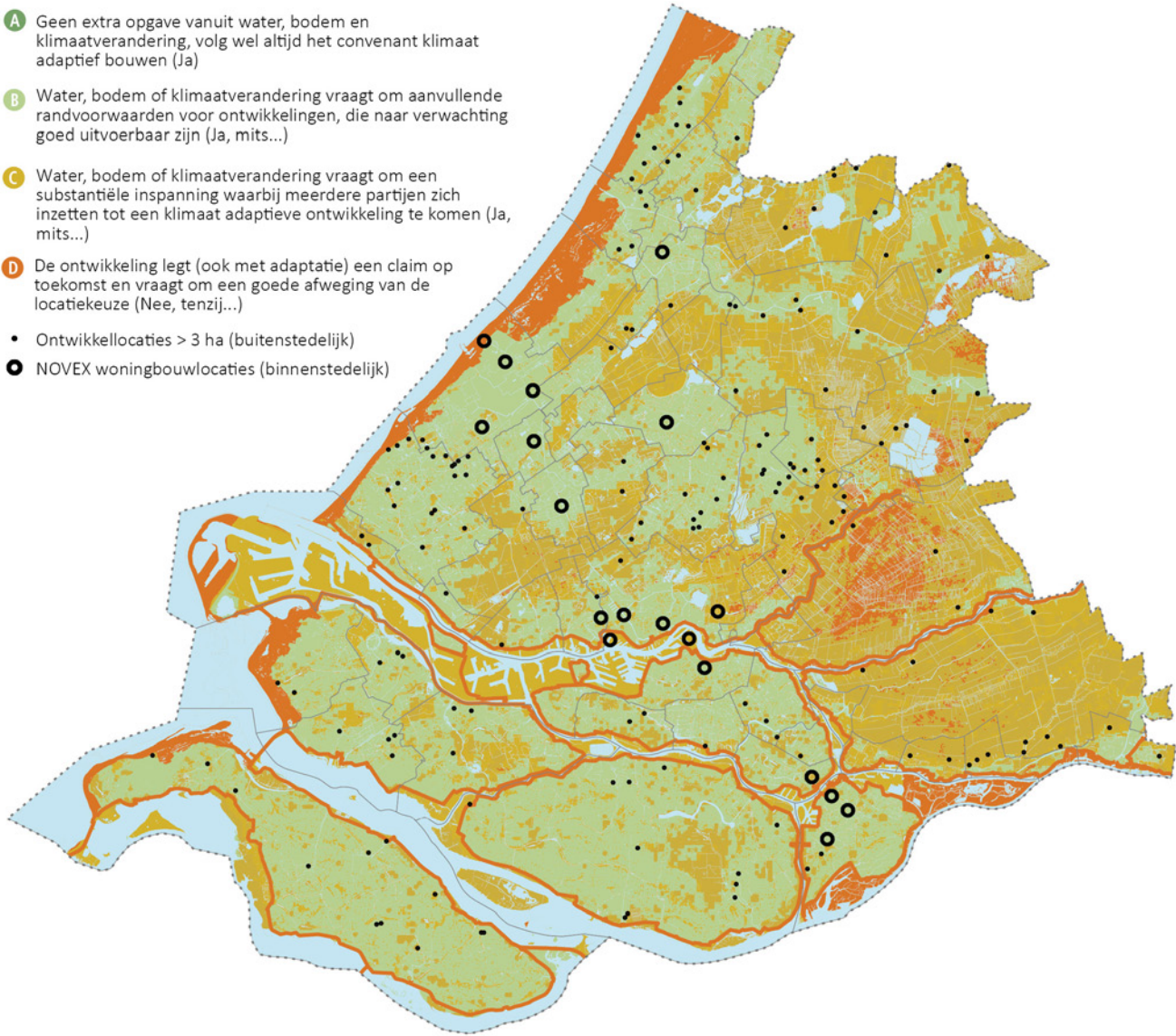


FIG. B.6.1 Klimaatonderlegger verstedelijking, met de ontwikkellocaties van > 3 ha en de NOVEX woningbouwlocaties (de gemeentegrenzen zijn in grijs weergegeven).

om nieuwe ontwikkelingen waterneutraal te ontwikkelen, maar ook om bestaande probleemgebieden te ontlasten (waterpositief). De extra 10% laagste gebieden die nodig zijn voor waterberging, kunnen multifunctioneel worden ontwikkeld. Buitendijkse gebieden en ontwikkelingen met een waterbergende functie zullen steeds vaker overstromen en vragen om een adaptatiestrategie die voor de lange termijn rekening houdt met meer extreme zeespiegelstijging en rivierwaterafvoeren.

Er is risico op afwenteling (D) bij het ontwikkelen langs waterkeringen, die in de tijd moeten kunnen worden versterkt, in buitendijkse stroomvoerende gebieden waar in de toekomst extra ruimte voor de rivier nodig is voor de toenemende rivierwaterafvoeren en in gebieden met een zeer sterke mate van zetting (waar er een risico is op een grote restzetting na ontwikkeling). Heroverweeg in deze gebieden de locatiekeuze of zorg ervoor dat de toekomstige extra kosten gedekt zijn.

In deze tabel zijn de opgaven, aandachtspunten en belangrijke randvoorwaarden vanuit water, bodem en klimaatverandering gebundeld (uit deel A van dit rapport).

Voor gebieden die wit zijn op de onderstaande kaarten, zijn binnen deze studie geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering op het betreffende thema geïdentificeerd. Deze vallen in de samenvattende kaart dan ook in categorie A (geen extra opgaven). Het zou uiteraard kunnen dat er in aanvulling op deze studie nog nieuwe inzichten en randvoorwaarden worden toegevoegd waarmee categorie A kleiner wordt.

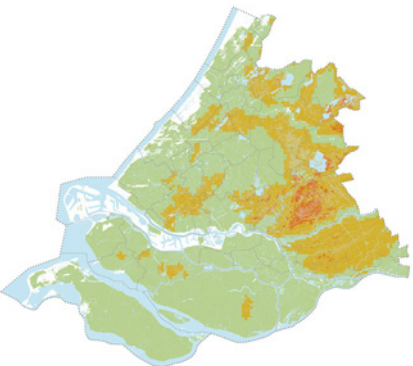
De kaartbeelden zijn gemaakt op basis van de bij deze studie beschikbare datasets. Voor sommige thema's zullen in de komende periode nieuwe datasets en inzichten beschikbaar komen die de geografische duiding van de opgaven nog kunnen beïnvloeden.

Bodemdaling

B C D Ontwikkel bodemdalingbestendig. Een gebouwde ontwikkeling in een gebied met sterke bodemdaling, zoals (rest)zetting wentelt af op de toekomst en het publieke domein (via kosten voor beheer zoals peilindexatie). Zorg voor kosteneffectieve maatregelen voor de levensduur van de ontwikkeling. Is dit niet haalbaar, heroverweeg dan de locatie.

- B** (<60) cm bodemdaling bij + 1 m zand is aandachtspunt
- C** (60-90) cm bodemdaling bij + 1 m zand vraagt om bodemdalingsbestendig ontwikkelen of heroverwegen locatie
- D** (>90) cm bodemdaling bij + 1 m zand wentelt af op de toekomst en het publieke domein. Heroverweeg de locatie of zorg voor financieringsconstructies waarbij niet wordt afgewenteld.

C Ontwikkel (grond)waterbestendig in zoekgebieden voor vernatting van veen. Hou in veenoxidatiegebieden rekening met het Rijksbeleid om grondwaterstanden te verhogen ten behoeve van reductie van CO2-uitstoot en bodemdaling. Dit zal leiden tot hogere grondwaterstanden en een grotere kans op regenwateroverlast door verminderde bergingscapaciteit in het gebied.



Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit

B Bescherm grondwatervoorraden en drinkwaterinfrastructuur. Voorkom (in lijn met de verordening) perforaties van waterdichte lagen in de bodem die de grondwatergebieden beschermen tegen verontreinigingen uit de hogere bodemlagen (niet te doorboren ten behoeve van bijvoorbeeld warmte-koudeopslag WKO).

B Zet (met name in stedelijk gebied) maximaal in op sponswerking. Zorg dat de watervraag van ontwikkellocaties niet verder toeneemt door bij nieuwe ontwikkelingen (en transformaties van bestaande stedelijke gebieden) in te zetten op infiltratie, waterberging, slim watergebruik, robuuste watersystemen met goede waterkwaliteit en ruimte voor ecologie en droogte- en zoutresistente beplanting. Hou bij de inrichting van stedelijk groen rekening met de beschikbaarheid van zoetwater.

B Zorg voor zonering van de ondergrond. Het is met name in stedelijk gebied druk in de ondergrond, zet in op een goede zonering die grondwaterstromen zo min mogelijk beïnvloedt en voldoende ruimte biedt voor nieuwe waterbergingsfuncties.



Waterveiligheid

Hou rekening met het binnendijkse overstromingsrisico (gevolgbeperking).

- C** Verken in binnendijkse gebieden met kans > 1: 30.000 op > 200 cm maatregelen voor gevolgbeperking (extra aandacht gebieden vitale en kwetsbare functies of weinig mogelijkheden verticale evacuatie)
- B** Zet in binnendijkse gebieden met een kans > 1: 30.000 op een overstromingsdiepte > 50 cm in op gevolgbeperking vitaal en kwetsbaar

Reserveer ruimte voor toenemende waterstanden (en versterking keringen).

- C** Hou rekening met meer frequente overstromingen in buitendijkse (waterbergende) gebieden (zee-invloedsgebied of overgangsgebied), in het bijzonder bij vitale en kwetsbare functies
- D** Bebouwing in buitendijkse gebieden van het rivier-invloedsgebied (stroomvoerend) beperkt benodigde afvoercapaciteit.
- D** Weeg langs keringen de locatiekeuze voor bebouwing zorgvuldig af om kostenafwenteling (voor meer complexe versterkingen) op de toekomst en het publiek domein te voorkomen. In de kaart zijn primaire keringen opgenomen.



Wateroverlast

B C Ontwikkel waterneutraal (of -positief). Zorg dat ontwikkelingen de druk op het waterafvoersysteem niet vergroten en waar mogelijk in bestaande probleemgebieden zelfs verlichten (door het water binnen het projectgebied of polder te bergen).

B Bij nieuwbouw wordt al ingezet op het infiltreren, vasthouden of bergen van 40-70 mm in 1 uur, beperkt verhard en een waterdichte drempel van 20 cm (Convenant klimaatadaptief bouwen en Landelijke maatlat). Voor toekomstbestendige ontwikkelingen moet worden ingezet op de bovenkant van deze range.

C In gebieden die gevoelig zijn voor wateroverlast: reserveer extra bergingsruimte binnen de gebiedsontwikkeling (bovenop de huidige norm). Bouw in deze gebieden (grond)waterbestendig.

C Reserveer ten minste 10% van de laagste delen van polders. Zet in op extra waterberging om het waterafvoersysteem niet verder te belasten: reserveer ten minste 10% laagste oppervlak van polders voor waterberging of wijs waterbergingsgebieden aan en ontwikkel hier multifunctioneel of waterbestendig.



Hitte

B Neem hitte mee in het ontwerp. Zorg dat hitte zowel in het gebouwontwerp als in gebiedsontwikkelingen (en herontwikkelingen) wordt meegenomen als opgave. Zorg voor goede ventilatie en zonwering, beperk de hoeveelheid stenig verhard materiaal en zorg voor voldoende schaduwrijke koele plekken en routes met groen en water. Plaats ook meer groene grondbedekking en bomen in de openbare ruimte die zorgen voor vermindering van hittestress.

B Zorg voor zonering van de ondergrond. Ook bij hitte is een goede ondergrondse zonering essentieel om te zorgen dat bijvoorbeeld drinkwaterleidingen niet opwarmen (leg ze voldoende diep en niet direct naast het warmtenet).

B Zet in op robuuste stedelijke watersystemen. Zorg dat het oppervlaktewater in/rond stedelijk gebied voldoende robuust is (volume, doorspoelen, ruimte voor waterplanten) om opwarming (vissterfte, blauwalg en stank) te voorkomen.



6.1 – Praatplaat verstedelijking

Op de praatplaat met de NOVEX woningbouwgebieden en > 3 ha ontwikkellocaties is goed te zien dat de meeste ontwikkellocaties binnen Zuid-Holland opgaven of aandachtspunten vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering kennen. Zeker in het licht van de grote verstedelijkingsopgave is het essentieel deze zo snel mogelijk goed mee te nemen binnen gebiedsontwikkelingen om afwenteling te voorkomen.

Water, bodem en klimaatverandering als randvoorwaarde bij lopende ontwikkelingen

Voor plannen die juridisch-planologisch zijn vastgesteld zal het niet meer mogelijk zijn om bodem, water en klimaatverandering nog mee te laten wegen bij de locatiekeuze, aangezien de keuzen voor die locaties grotendeels al gemaakt zijn. Wel kan de klimaatonderlegger ingezet worden om de locatie voldoende klimaatadaptief te ontwikkelen, zodat afwenteling op de toekomst, andere locaties of het publieke domein wordt voorkomen.

Een deel van deze randvoorwaarden kan met slimmer ontwerp en met bestaande technieken vrij eenvoudig worden ingepast in ontwikkelingen, zoals bijvoorbeeld het inzetten op infiltratie en sponswerking, het zoneren van de ondergrond, het inzetten op regenwateropvang en het reserveren van ruimte voor robuuste watersystemen.

Andere opgaven zijn meer uitdagend en vragen om innovaties of een substantiële inspanning van verschillende partijen. Bijvoorbeeld het regenwaterneutraal (of -positief) ontwikkelen van een binnenstedelijk gebied, het bodemdalingsbestendig ontwikkelen in gebieden met slappe gronden of het buitendijks ontwikkelen met inachtneming van de toekomstige hogere waterstanden.

Een reëel risico is dat maatregelen voor klimaatadaptatie tijdens het ontwikkelproces uit het ontwerp verdwijnen vanwege de extra inzet of kosten die ze met zich mee kunnen brengen. Het borgen van klimaatadaptieve ontwikkelingen vraagt dan ook om nieuwe krachtige instrumenten, processen, rollen en samenwerkingsvormen.

Water, bodem en klimaatverandering meenemen bij de locatiekeuze

Bij de ontwikkelingen waarvan de planvorming nog niet hard is, kan water, bodem en klimaatverandering worden meegenomen bij de afweging van de locatiekeuze. Door bij de keuze van de locatie al rekening te houden met de condities vanuit het water- en bodemsysteem, kan voorkomen worden dat er kosten worden afgewenteld op de toekomst, naastgelegen gebieden of het publieke domein.

Zijn er goede (en harde) randvoorwaarden voor klimaatadaptieve ontwikkelingen die bij het bouwen op ongunstige locaties leiden tot extra adaptatiekosten, dan kunnen deze extra kosten een motivatie zijn om de locatiekeuze te heroverwegen. Overigens zijn lang niet alle adaptatiemaatregelen kostbaar. Veel maatregelen kunnen zonder substantiële extra kosten worden gerealiseerd door slimme integrale ontwerpkeuzen te maken. Daarnaast valt de *businesscase* van klimaatadaptieve ontwikkeling positiever uit als de kosten voor onderhoud en adaptatie over de gehele levensloop van de ontwikkeling worden beschouwd. Daarnaast leveren veel maatregelen een kwalitatieve bijdrage aan een gezonde leefomgeving, ruimtelijke kwaliteit of ecologie.

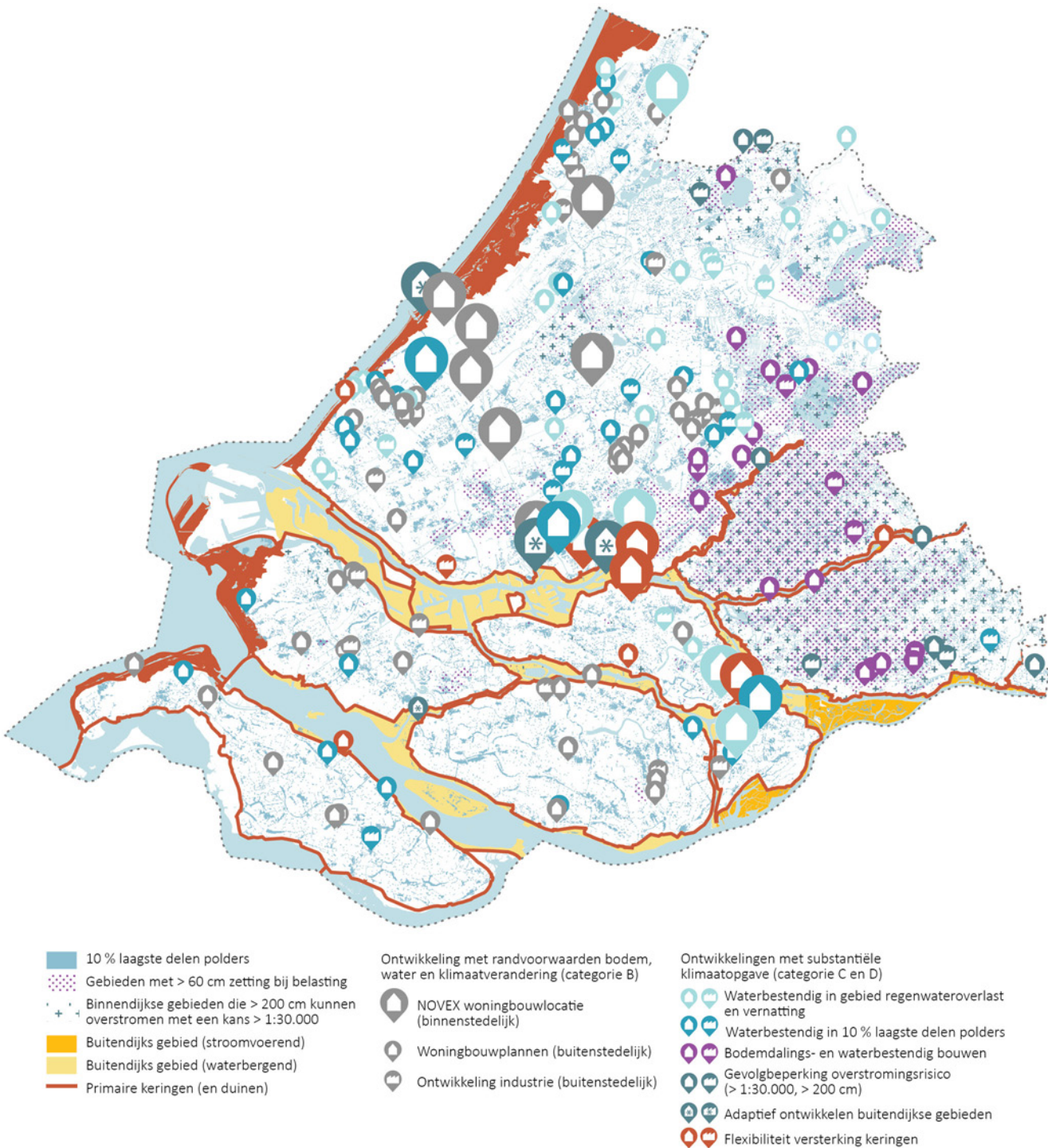


FIG. B.6.2 Praatplaat nieuwbouwlocaties. Voor de NOVEX woningbouwgebieden en de > 3 ha ontwikkellocaties is aangegeven waar welke substantiële adaptatieopgaven spelen (categorie C en D) vanuit water, bodem en klimaatverandering.

6.2 – Adaptatiemaatregelen gebouwde omgeving

Bij de klimaatonderlegger zijn verschillende randvoorwaarden voor klimaatadaptieve verstedelijking benoemd. Maar hoe geef je hier invulling aan? Op de volgende pagina's worden voorbeelden gegeven van klimaatadaptatie maatregelen die kunnen worden ingezet om:

- Waterbestendig te ontwikkelen (grond- en regenwater)
- Extra bergingscapaciteit voor regenwater te creëren
- Bodemdalingbestendig te ontwikkelen
- Overstromingsbestendig ontwikkelen (buitendijks)
- Overstromingsbestendig ontwikkelen (binnendijks)
- Hittebestendig ontwikkelen
- Water vasthouden en slim watergebruik



Collage Defacto Stedenbouw

Waterbestendig ontwikkelen (grond- en regenwater)

In gebieden waar er bij extreme buien een kans is dat er regenwater op het maaiveld blijft staan, of in gebieden met hoge grondwaterstanden, moet (grond)waterbestendig worden ontwikkeld. Bij grondwaterbestendig ontwikkelen zorg je dat je gebouw of infrastructuur waterbestendig is of het water naar een plek wordt geleid waar het geen schade aanricht.

Waterbestendige kelders en souterrains

Het waterbestendig maken van kelders en souterrains kan door deze waterdicht uit te voeren, of door in een kelder of souterrain dat lekt, geen functies te plaatsen die gevoelig zijn voor waterschade. Bij nieuwbouw in een gebied met hoge grondwaterstanden kan er voor worden gekozen de woning geen kelder of kruipruimte te geven.

Wordt een souterrain omgebouwd tot bijvoorbeeld een woonverdieping, zorg er dan voor dat deze goed waterdicht is. Kelders en souterrains kunnen waterdicht gemaakt worden door het behandelen of injecteren van de keldermuren. Wordt een kelder verdiept? Dan is dit een mooie kans om deze meteen ook waterdicht te maken. Wordt de kelder niet als leefruimte gebruikt dan is het mogelijk een kelder uit te rusten met een automatische pomp die water, dat de kelder in loopt, verzamelt en wegpompt. Zorg dan wel dat eventuele spullen in de kelder op een kleine verhoging staan.



Kelder verdiepen en waterdicht maken. (foto Defacto)

Drempels woningen, tunnels en garages

Bij hevige regenbuien kan er water op het maaiveld blijven staan. Dit water loopt woningen, parkeergarages of tunnels in. Door een waterdichte drempel aan te leggen wordt dit voorkomen.

De drempels kunnen echt een rand zijn (van bijvoorbeeld 20 cm hoogte), maar kunnen ook worden gevormd door een klein bordes, trottoir of een verhoogde rand in de openbare ruimte. Uiteraard is toegankelijkheid voor mindervaliden hierbij een belangrijk aandachtspunt.

In tunnels op hoofdwegen worden vanwege de grote schade die kan optreden (lange files, beperkte bereikbaarheid voor nooddiensten), vaak ook noodpompen geplaatst die water, dat de tunnel in loopt, kunnen wegpompen.



Verhoogde entrees werden ook bij historische woningen vaak al toegepast. (foto Defacto)

Microhoogtestrategie maaiveld

Door het maaiveld zo vorm te geven dat het regenwater richting gebieden geleid wordt waar het geen overlast veroorzaakt, en het maaiveld op andere plekken juist zo vorm te geven dat het een verhoogde rand vormt die het water tegen kan houden, kan het regenwater binnen een gebied worden gestuurd.

Zo kan overtollig water naar groengebieden (met waterrobuuste beplanting) worden geleid om zo het regenwater tijdelijk op te vangen. Dit is vaak een goede combinatie met de toch al lager gelegen groene openbare ruimte in stedelijke gebieden die bodemdaling kennen.

Ook secundaire wegen of waterrobuuste sportvelden kunnen worden ingezet om het water bij extreme buien tijdelijk op te vangen.



Collage van een stedelijk park waar water kan worden verzameld. (collage Defacto).

Creëren extra bergingscapaciteit regenwater

Zorg voor voldoende ruimte voor het vasthouden en bergen van regenwater binnen gebiedsontwikkelingen, zodat deze ontwikkelingen niet leiden tot de noodzaak het waterafvoersysteem (verder) uit te breiden. Dit kan op verschillende schaalniveaus (gebouw, kavel, gebied, polder), waarbij er lokaal alleen kan worden gekozen voor het afvoeren van regenwater als er op andere plekken binnen de polder voldoende bergingscapaciteit wordt gecreëerd. Ontwerpend onderzoek is essentieel bij het verkennen van adaptatieopties op verschillende schaalniveaus.

Gebouwschaal	Wijkschaal	Regionaal
Zorg voor het vasthouden en bergen van regenwater en maximale infiltratie in gebouwen of op het eigen erf. Bijvoorbeeld door de inzet van groene daken of gevels, regenwatertonnen, regenwatervijvers of het aanbrengen van halfverharding en groen in tuinen. Zeker in gebieden die bodemdaling kennen, is het belangrijk in de zakkende tuinen voldoende ruimte te reserveren voor waterberging. Zorg wel voor waterrobuuste beplanting.	Zorg voor voldoende ruimte om regenwater te bergen en infiltreren zodat de regenwaterafvoer vermindert (of bij nieuwe gebiedsontwikkelingen beperkt blijft). Dit kan bijvoorbeeld middels: — het creëren van oppervlaktewater; — waterpleinen, vijvers of wadi's; — infiltratiekratten of bergingen; — permeabele halfverharding; — microhoogte strategie. Wordt ingezet op waterberging (bv. in de 10% laagste gebieden van een polder) dan kan, indien dit juridisch-planologisch is vastgelegd, in deze gebieden waterbestendig worden ontwikkeld. Denk daarbij aan waterbestendige wijken, recreatiegebieden of drijvende zonnepanelen. Het is belangrijk dat het water in deze gebieden kan fluctueren en de berging leeg is op het moment dat het water geborgen moet worden en de ontwikkeling geen beslag op de waterbergingscapaciteit mag leggen. Voorkom problemen met waterkwaliteit (vissterfte, blauwalg, stank) door geen stilstaand of doodlopend water te creëren en riooloverstorten en afspoeling op kwetsbaar water te voorkomen.	Zorg voor gebieden waar (binnen het watersysteem) voldoende water kan worden geborgen, zodat het hoofdwaterafvoersysteem niet overbelast raakt. Dit kunnen bijvoorbeeld de 10% laagste gebieden van polders zijn. Door ook voor toekomstige meer extreme regenbuien voldoende waterberging te creëren, wordt een maaltop in regionale systemen of wateroverlast in bebouwd gebied voorkomen. Breng deze mogelijke (piek) bergingsgebieden proactief in beeld, zodat ze niet onbewust worden weggegeven aan andere functies.



Tuin met wateropvang dakwater. (foto Defacto).



Waterrijk Nesselande Rotterdam. (foto Defacto)



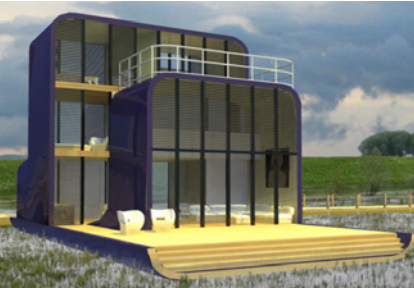
Stedelijke waterberging in de vorm van een recreatie park. (collage Defacto)

Bodemdalingbestendig ontwikkelen

Door het stellen van strengere eisen aan het bouwen in bodemdalingsgebieden wordt voorkomen dat kosten (onderhoud en beheer bodemdalingsgevoelige gebieden) worden afgewenteld op de toekomst. Bijvoorbeeld door het stellen van eisen aan de toegestane restzetting in een periode van 30 jaar. Vervolgens kan op basis van bodemonderzoek worden gekeken welke maatregelen nodig zijn om te kunnen voldoen aan deze restzettingseisen. Het kan zijn dat de soms kostbare maatregelen die hiervoor nodig zijn, niet kosteneffectief zijn. Op deze manier kunnen de gestelde eisen er via de adaptatiekosten toe leiden dat gebieden met een sterke mate van bodemdaling niet meer kosteneffectief en aantrekkelijk zijn om te ontwikkelen.

Daarnaast is het belangrijk dat er in bodemdalingsgebieden door ontwikkelingen een steeds verdere peilindexatie (verlaging grondwaterstand om ontwateringsdiepte te verbeteren) plaatsvindt omdat dit de bodemdaling juist in stand houdt.

Aangepast bouwen	Lange termijn adaptatieplan	Bodemdalingbestendige infrastructuur
Bebouwing kan bodemdalingbestendig worden gemaakt door deze (soms diep) te onderheien en/of aangepast te bouwen. Denk daarbij aan: — Lichte bouwmaterialen zoals bijvoorbeeld composieten, piepschuim of houtbouw. — Goede waterdichte afwerking en bebouwing zonder kruipruimte die robuust is voor de in de tijd stijgende grondwaterstanden. — Lichte ophoogmaterialen (in plaats van het vaak gebruikte ophoogzand). — Flexibele aansluitingen bij riolering en leidingen. — Drijvend bouwen of amfibisch bouwen — Demontabele of verplaatsbare tijdelijke gebouwen (zoals containerwoningen).	In bodemdalingsgebieden kan de bebouwing worden onderheid op een vaste laag of juist meebewegen, maar blijft de openbare ruimte en infrastructuur doorgaans zakken. Openbare groenvoorzieningen kunnen zo worden ontworpen dat ze robuust zijn voor bodemdaling (en met name de toenemende grondwaterstanden). Bijvoorbeeld door waterbestendige vegetatie en bomen te kiezen en wandelpaden verhoogd en onderheid (vlonderpaden) aan te leggen. Hanteer grondwaterbestendig bouwen als eis, zodat grondwaterstanden niet hoeven te worden verlaagd om te compenseren voor bodemdaling.	Gebruik voor wegen (die in bodemdalingsgebieden vaak frequent moeten worden opgehoogd) lichte ophoogmaterialen zoals EPS, schuimbeton of een lokaal gewonnen granulair materiaal. Kies voor bodemdalingbestendige leidingen. Gebruik flexibele buizen die bestaan uit vervormbare materialen of versterkte leidingen met een dikkere doorsnede die drukvast zijn. Stoeptegels zijn makkelijk herbruikbaar en kunnen bij het verhogen van een trottoir (om het ontstane hoogteverschil tussen woningen en de weg te overbruggen) goed worden hergebruikt.



Amfibische lichtgewicht composiet woning. (collage Defacto)



Adaptief ontwerp openbare ruimte. (illustratie Defacto)



Drukte in de ondergrond (foto Defacto).

Overstromingsbestendig ontwikkelen (buitendijks)

Buitendijkse gebieden krijgen onder invloed van klimaatverandering (zeespiegelstijging en hogere rivierwaterafvoeren) steeds vaker te maken met hoge waterstanden en overstromingen. Het is dan ook essentieel dat nieuwbouwprojecten en herontwikkelingen in het buitendijkse gebied rekening houden met de toekomstige hogere waterstanden en zorgen dat de gevolgen van eventuele overstromingen (schade of slachtoffers) beperkt blijven.

Dit kan door nu al aangepast en *flood proof* te ontwikkelen, of door een goede lange termijn adaptatiestrategie te hebben. Het inbouwen van adaptatieopties is niet alleen belangrijk om toekomstige schade en slachtoffers te voorkomen, maar ook om de verschillende oplossingsrichtingen voor bijvoorbeeld zeespiegelstijging open te houden. Ontwerpend onderzoek zal een belangrijke rol vervullen bij het verkennen van verschillende adaptatieopties.

Neem mogelijke overstromingsdiepte mee als integraal onderdeel ontwerp	Zonering (hoogte of gebruik) van vitale en kwetsbare functies	Adaptatiepaden meenemen in ontwerp (en <i>businesscase</i>)
Hou bij het ontwerp van woningen en de openbare ruimte rekening met de mogelijke overstromingsrisico's.	Zorg dat bij de locatiekeuze van vitale of kwetsbare functies in het buitendijkse gebied rekening wordt gehouden met het overstromingsrisico.	Bij het ontwerpen van een gebouw of gebied dient al een doorkijk te worden gemaakt naar de lange termijn: hoe kan het gebied in de tijd worden aangepast aan eventuele hogere waterstanden?
In gebieden met een grote overstromingskans zal het rendabel zijn te investeren in <i>flood proof</i> of verhoogd gelegen bebouwing of waterdichte deuren en gevels.	Zorg er bijvoorbeeld voor dat er geen slaapvertrekken op de begane grond zijn en woningen altijd een tweede droge verdieping hebben.	Neem hierbij een brede range aan lange termijn scenario's mee en ga niet alleen uit van nu geldende ontwerphoogten.
Plaats elektrakasten op hoogte en zorg dat er in een microhoogteontwerp rekening wordt gehouden met overstromingsvrije nood- en vluchtroutes.	Zorg dat de noodstroomvoorzieningen en waardevolle inventaris op hoogte worden geplaatst en vitale en kwetsbare functies bereikbaar zijn voor nooddiensten.	Dit kan dan wel op gebouwniveau (bijvoorbeeld de mogelijkheid om het vloerpeil nog aan te passen), dan wel op gebiedsniveau (bijvoorbeeld de mogelijkheid om verhoogde randen langs kaden toe te voegen).
In plaats van het buiten houden van het water, kan ook worden ingezet op <i>wetproof</i> bebouwing of inrichting van de openbare ruimte , die bij overstromingen geen schade oplopen.		



Waterdichte deuren Hamburg HafenCity. (foto Defacto)



Verhoogde noodroutes in Hamburg HafenCity. (foto Defacto)



Afsluitbaar open Rijnmond Rotterdam. (foto Defacto)

Overstromingsbestendig ontwikkelen (binnendijks)

Binnendijkse gebieden worden door een stelsel van dijken, duinen en keringen beschermd tegen overstromingen. Bij het bepalen van de sterkte van de keringen is het belangrijk dat de gevolgen van een eventuele overstroming acceptabel zijn in relatie tot de kans van optreden. De gevolgen van een overstroming kunnen extra groot zijn als er veel woningen zonder droge verdiepingen zijn, gebouwen met minder zelfredzame bevolkingsgroepen overstroomd, of als vitale netwerken uitvallen. Er kan, naast het verkleinen van de overstromingskans (met keringen), ook worden ingezet op het beperken van de gevolgen van een overstroming. Dit heet meerlaagsveiligheid. Zo kan er worden ingezet op een goed noodplan en kunnen binnendijks extra voorzieningen worden getroffen die de kans op schade of slachtoffers in geval van een overstroming beperken.

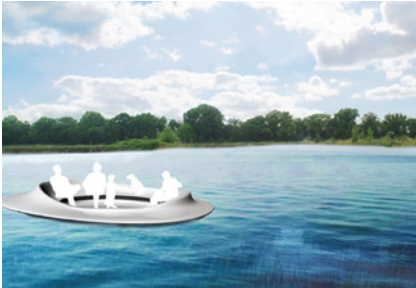
Hou de ruimte voor keringen flexibel	Neem mogelijke overstromingsdiepte mee als integraal onderdeel ontwerp	Extra aandacht voor evacuatie in diepe polders die snel kunnen onderlopen
De dijken, duinen en keringen moeten regelmatig worden versterkt om bij toenemende waterstanden en economische ontwikkelingen dezelfde veiligheid te kunnen blijven bieden.	Zorg dat bij de locatiekeuze van vitale of kwetsbare functies rekening wordt gehouden met het overstromingsrisico van het gebied.	Enkele delen van diep gelegen polders kunnen relatief snel en diep overstroomd in het geval van een dijkdoorbraak (deze gebieden moeten nog in kaart gebracht worden). In dergelijke gebieden vraagt het vergroten van de zelfredzaamheid en het beschermen van kwetsbare functies extra aandacht.
Dat is bij dijken die vrij zijn van bebouwing veel eenvoudiger en veel minder kostbaar dan bij dijken waarop zich woningen, monumenten of bedrijfsgebouwen bevinden.	Plaats vitale en kwetsbare functies (zoals ziekenhuizen of datacenters) niet op diep overstroombare plekken of locaties met een hogere overstromingskans.	In gebieden die snel en diep kunnen overstroomd en weinig gebouwen met een droge verdieping kennen, kunnen openbare gebouwen bijvoorbeeld een dubbelfunctie krijgen als shelter of kunnen er in de openbare ruimte hoge en droge evacuatieplekken worden gecreëerd.
Hou de keringen dan ook vrij van bebouwing die het versterken in de toekomst kan bemoeilijken (en waarmee kosten worden afgewenteld naar de toekomst en het publieke domein).	Plaats elektravoorzieningen en noodaggregaten van vitale functies op hoogte en hou in het ontwerp van gebouwen rekening met de bereikbaarheid van de droge verdieping.	
Hou daarbij ook rekening met nu nog onverwachte versterkingen. Ontwikkel geen woningen die met de huidige normering voldoende ruimte bieden, maar in geval van een aangescherpte normering alsnog een knelpunt worden voor versterkingen.		



Woningen op de dijk langs de Merwede bij Sliedrecht. (foto Defacto)



Verhoogde entree bij het Erasmus Medisch Centrum. (foto Defacto)



Amfibisch straatmeubilair bij een overstroming. (illustratie Defacto)

Hittebestendig ontwikkelen

Zorg dat nieuwe gebiedsontwikkelingen zo beperkt mogelijk bijdragen aan het stedelijk hitte eiland effect, door in te zetten op aangepast materiaalgebruik, veel groen en schaduw. Hittebestendig ontwikkelen en het creëren van voldoende mogelijkheden om natuurlijk te koelen zijn essentieel bij nieuwe ontwikkelingen. Zorg in stedelijke gebieden voor voldoende koele plekken nabij woningen, en met name nabij ouderenwoningen en voorzieningen voor jonge kinderen.

De adaptatie van de bestaande openbare ruimte kan meegekoppeld worden met herstructureringsopgaven en grootschalige beheer- en onderhoudsprojecten. Door nu hittebestendig te ontwikkelen (of ruimte in te bouwen voor adaptatie), blijven de woningen ook in de toekomst comfortabel en wordt het installeren van airco's (welke de stad verder opwarmen) voorkomen.

Voorkom verdere opwarming van de stad bij nieuwe ontwikkelingen	Richtlijnen ontwerp voor hittebestendige gebouwen / ontwikkelingen	Zorg voor koele, goed bereikbare openbare plekken
Zorg dat steden niet (nog verder) opwarmen en beperk het stedelijk hitte eiland effect. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van minder hitte-absorberende materialen: — meer groene gevels en daken; — meer groen oppervlak; — lichtere/ reflecterende materialen; — minder stenige materialen. Ook het in de openbare ruimte plaatsen van meer groene grondbedekking (warmt niet op) bomen (leveren schaduw en verdamping) zorgt dat de stad minder opwarmt en draagt bij aan het beperken van de noodzaak van airco's in gebouwen.	Voorkom de noodzaak van airco's in gebouwen door in het ontwerpmaatregelen mee te nemen tegen opwarming en mogelijkheden voor verkoelen (en nachtelijk ventileren). — Goede zonwering gebouwen. — Minder hitte-absorberende materialen: — wit/reflecterend materiaal; — groene gevels/daken; — minder stenig materiaal; — goede isolatie. — Natuurlijke ventilatie (hierbij is een goede luchtkwaliteit en het beperken van geluidsoverlast essentieel). — Zorg dat hittegevoelige infrastructuur zoals bruggen en tramleidingen hittebestendig zijn.	Zorg in gebieden waar inwoners geen eigen buitenruimte of hittebestendige woning hebben, voor voldoende koele plekken in de openbare ruimte die door bewoners op hete dagen te bereiken zijn. Zorg voor koele openbare plekken op een afstand van maximaal 300 meter: — koele openbare gebouwen; — koele schaduwrijke buitenruimte. Creëer koele (wandel- en fiets)routes en plekken in de openbare ruimte: — schaduwrijk; — met verdamping (water of groen); — met luchtbewegingen; — zwemlocaties.



Groene gevel parkeergarage. (foto Defacto)



Ontwerp sociale woningbouw WOHA. (foto Patrick Bingham-Hall)



Schaduwrijke bomen creëren een koele plek bij het Provinciehuis. (foto Defacto)

Water vasthouden en slim watergebruik

Zorg ervoor dat water wordt opgevangen en regenwater (of grijs water) wordt hergebruikt. Dit kan binnen gebouwen, maar ook door water te laten infiltreren of op te slaan in de bodem. Door in te zetten op droogteresistente beplanting zal tegelijkertijd de watervraag worden verminderd.

Wateropvang gebouwen	Droogtebestendige openbare ruimte	Maximale sponswerking
In gebouwen kan regenwater vanaf het dak goed worden opgevangen in de tuin of het gebouw zelf bijvoorbeeld in regentonnen, waterzakken voor in de kelder en kruipruimte (wordt in België veel toegepast) en ondergrondse watertanks. Dit water kan vervolgens worden gebruikt voor laagwaardig gebruik waarvoor geen drinkwater nodig is, zoals het bewateren van de tuin of het doorspoelen van het toilet. Publieke gebouwen kunnen inzetten op een waterkringloop waarbij het water dat wordt opgevangen, wordt gefilterd in een regenwatervijver en vervolgens wordt hergebruikt.	Zorg dat beplanting in de openbare ruimte en private tuinen droogteresistent is (diepe wortels heeft of weinig verdampt). Op die manier wordt voorkomen dat de planten 's zomers met drinkwater of oppervlaktewater moeten worden besproeid. Hou ook in het ontwerp rekening met droogte door de beplanting in een dal te plaatsen waardoor de wortels het grondwater makkelijker kunnen bereiken. Daartegenover draagt beplanting op een helling wel bij aan erosiebestrijding en gaat het verdamping van de bodem op de helling tegen.	Door in te zetten op maximale infiltratie en een goede bodemconditie zal water langer vast worden gehouden in de bodem en is er in tijden van droogte minder water nodig om stedelijk groen te bewateren. Het inzetten op infiltratie kan door verharding te verwijderen, te kiezen voor waterdoorlatende halfverharding, de bodemgesteldheid te verbeteren of infiltratiebuizen aan te brengen. Eventueel kan infiltratie worden gecombineerd met ondiepe of diepe ondergrondse opslag van water, zoals bijvoorbeeld in infiltratiekragen onder de weg.



Regenton. (foto Defacto).



Bewateren van openbaar groen in de zomer. (foto Defacto)



Parkeervak met halfverharding. (foto Defacto)



DEEL C

Klimaatonderlegger landbouw

Dit deel bevat de klimaatonderlegger met belangrijke opgaven en randvoorwaarden vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering, en toont bouwstenen voor klimaatadaptieve landbouw.

7 – Klimaatonderlegger landbouw

Voor de landbouw is het essentieel om zich tijdig aan te passen aan de veranderende condities vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering (en de hieraan gerelateerde beleidskeuzen). Dit betekent dat er in gebieden waar het natter, droger of zilter wordt, (op termijn) aanpassingen nodig zullen zijn in de bedrijfsvoering of gewaskeuze. Het beperken van het uitspoelen van nutriënten en gewasbestrijdingsmiddelen en het inzetten op vitale bodems zijn en blijven belangrijke opgaven en randvoorwaarden.

De klimaatonderlegger landbouw laat zien waar er vanuit water, bodem en klimaat aandachtspunten zijn voor (traditionele vormen van) landbouw.

- **A** Geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering (Ja)
- **B** Condities vanuit water, bodem of klimaatverandering vragen om aanvullende randvoorwaarden of aanpassingen van de bedrijfsvoering (Ja, mits...)
- **C** Water, bodem of klimaatverandering resulteren in beperkingen voor het gebruik als landbouwgrond en vragen om een substantiële aanpassing van de bedrijfsvoering, gewastype of het landgebruik (Ja, mits...)
- **D** Landbouw is niet duurzaam houdbaar of legt een claim op de toekomst en vraagt om heroverweging van het landgebruik of de locatiekeuze (Nee, tenzij...)

De geschiktheidskaart is gericht op conventionele vormen van landbouw (grasland, akkerbouw, boom- en sierteelt, bollenteelt en kassen). In verschillende gebieden zijn al aanpassingen (zoals kringlooplandbouw of extensieve landbouw) gedaan om het landgebruik beter aan te laten sluiten op de condities van het water- en bodemsysteem. Doordat er verschillende vormen van landbouw zijn, is de legenda niet eenduidig. Het kan zijn dat er in een gebied voor bollenteelt grote uitdagingen zijn, terwijl er voor grasland geen beperkingen zijn. Over het algemeen zien we dat de bollenteelt het meest gevoelig is voor veranderende condities, daarna de boom- en sierteelt en akkerbouw. Grasland is het meest tolerant voor veranderingen, maar ook daarvoor kunnen aanpassingen in de bedrijfsvoering (zoals extensivering) nodig zijn.

We zien in de totaalkaart geen gebieden waar er voor de landbouw geen extra opgaven vanuit het water- en bodemsysteem of klimaatverandering (A) is. Dit komt doordat condities vanuit het water- en bodemsysteem of klimaatverandering nog onvoldoende worden meegenomen binnen de (conventionele) bedrijfsvoering. Aspecten waar bij de bedrijfsvoering rekening mee moet worden gehouden (B), zijn de toenemende piekbuien en wateroverlast, het (verder) beperken van de nutriëntbelasting en natte bufferzones voor de zoetwaterafhankelijke natuur.

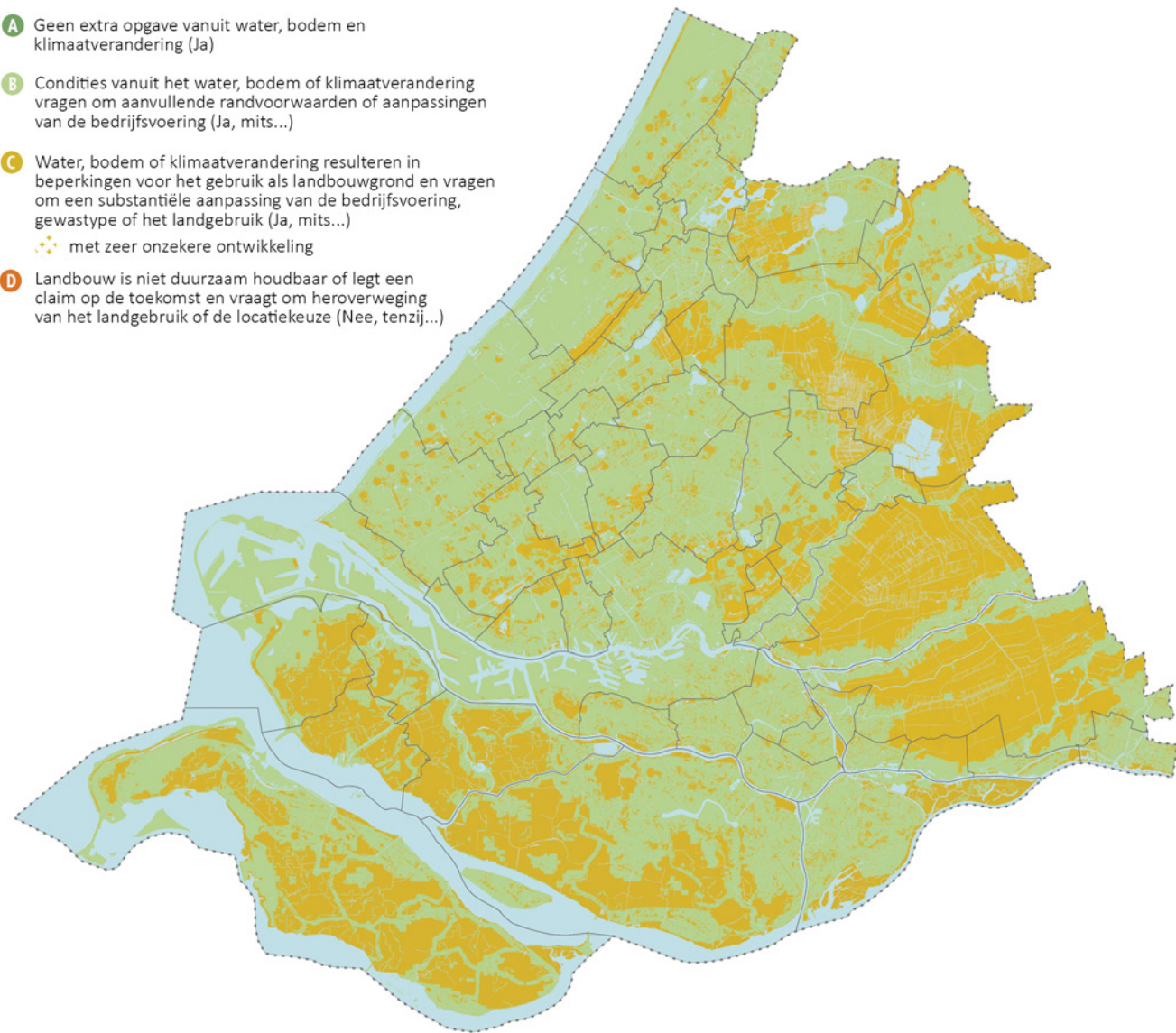


FIG. C.7.1 Klimaatonderlegger landbouw (met daarop de gemeentegrenzen in grijs).

De toenemende interne en externe verzilting zal op termijn (met name in gebieden met beperkte zoetwaterbeschikbaarheid) vragen om aanpassing van de bedrijfsvoering en gewaskeuze (C). Ook in gebieden waar wordt vernat om bodemdaling tegen te gaan, de buitendijkse gebieden die steeds vaker zullen overstromen door zeespiegelstijging en toenemende rivierwaterafvoer en de 10% laagste delen van polders die steeds vaker nodig zullen zijn als regenwaterbuffer, zullen substantiële aanpassingen nodig zijn. De benodigde aanpassingen zijn mede afhankelijk van beleidskeuzen zoals bijvoorbeeld het openhouden of afsluiten van de nieuwe waterweg in relatie tot zeespiegelstijging (een open verbinding kent meer externe verzilting) of de strategie voor het vernatten van veenweidegebieden. Doordat de landbouw vele vormen en adaptatiemogelijkheden kent, zijn er geen gebieden waar op basis van het water- en bodemsysteem geen enkele vorm van landbouw duurzaam houdbaar is.

In deze tabel zijn de opgaven, aandachtspunten en belangrijke randvoorwaarden vanuit water, bodem en klimaatverandering voor de landbouw gebundeld (uit deel A van dit rapport).

Voor gebieden die wit zijn op de onderstaande kaarten zijn binnen deze studie geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering op het betreffende thema geïdentificeerd. Deze vallen in de samenvattende kaart dan ook in categorie A (geen extra opgaven). Het zou uiteraard kunnen dat er in aanvulling op deze studie nog nieuwe inzichten en randvoorwaarden worden toegevoegd waarmee categorie A kleiner wordt.

De kaartbeelden zijn gemaakt op basis van de bij deze studie beschikbare datasets. Voor sommige thema's zullen in de komende periode nieuwe datasets en inzichten beschikbaar komen die de geografische duiding van de opgaven nog kunnen beïnvloeden.

Bodemdaling

C Hou rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte (door bodemdaling en vernatting ten behoeve van CO2-reductie).

Hou in veenoxidatiegebieden rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte door het uitvoeren van het Rijksbeleid om de grondwaterstanden te verhogen (tot ca -20 tot -40 cm onder maaiveld) ten behoeve van de reductie van de CO2-uitstoot en bodemdaling. Beperkttere ontwateringsdiepte leidt tot beperkte draagkracht van de bodem, te natte omstandigheden voor gewassen en meer regenwateroverlast door de beperkte bergingscapaciteit. Dit leidt tot een noodzakelijke aanpassing van de bedrijfsvoering of gewaskeuze.



Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit

B Creëer zoetwaterbuffers voor de natuur. Natte natuur kan worden beschermd tegen droogteschade door hydrologische bufferzones (hogere grondwaterstanden en onttrekkingsverbod) aan te leggen en nutriënten vanuit de landbouw in het oppervlaktewater te beperken. Deze maatregelen hebben directe impact op bedrijfsvoering in landbouwgebieden: natter, verbod op onttrekking oppervlaktewater en randvoorwaarden voor gewasbestrijdingsmiddelen.

C Hou rekening met toenemende verzilting met name in gebieden met beperkte aanvoermogelijkheid van zoetwater. Dit zal in sommige gebieden vragen om aanpassing van de bedrijfsvoering (bodemverbetering, wateropvang, accepteren schade, andere gewassen) of locatiekeuze. In het kaartbeeld zijn alleen de gebieden met interne verzilting meegenomen. De externe verzilting (via het oppervlaktewater) heeft ook invloed op de zoetwaterbeschikbaarheid.

C Zet in op een slimme watercyclus waarbij het schoonste water (nabij de inlaat of bron) hoogwaardig wordt gebruikt en voorkom uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen aan het eind van de keten (generiek principe, niet geduid op de kaart).



Overstromingsrisico

C Pas buitendijks bedrijfsvoering aan. Buitendijkse gebieden die frequent overstromen zijn niet geschikt voor landbouwwormen met vollegroondsgewassen en voor gebouwen ten behoeve van veeteelt.



Wateroverlast

B Hou rekening met natschade en beperkte draagkracht bodem. Landbouwgebieden die regelmatig te nat zijn (zoals veenweidegebieden met een beperkte ontwateringsdiepte) hebben minder draagkracht, waardoor het land tijdelijk minder goed te berijden is en koeien kunnen wegzakken. Hou hier rekening mee in de bedrijfsvoering en zet in op het verbeteren van de bodemcondities.

C Reserveer ten minste 10% laagste polders voor waterberging. Zet in op extra waterberging om het waterafvoersysteem niet verder te belasten: reserveer ten minste 10% laagste oppervlak van polders voor waterberging of wijs waterbergingsgebieden aan. In deze gebieden zal de natschade aan gewassen bij gelijkblijvende bedrijfsvoering/gewassenkeuze toenemen.



Hitte

B Hou rekening met impact van hitte op gewassen en vee. Gewassen die gevoelig zijn voor hitte, worden minder rendabel en kunnen vragen om aanpassingen in de bedrijfsvoering en gewaskeuze. Zorg voor koele schaduwrijke plekken voor vee. Ook hier is een goede vitale bodem met een goede vochtbalans belangrijk.

B Beperk nutriëntenbelasting. De druk op aquatische ecosystemen neemt door hogere temperaturen toe, waardoor de inzet op het beperken van nutriëntenbelasting vanuit de landbouw op aquatische ecosystemen nog belangrijker wordt.



7.1 – Praatplaat landbouw

De landbouwsector is sterk grondgebonden en staat in directe relatie met het water- en bodemsysteem en de eventuele veranderingen hiervan door klimaatverandering. Veranderende condities en beleidskeuzes gerelateerd aan het water- en bodemsysteem zullen tot aanpassingen in de bedrijfsvoering of gewassen leiden.

Korte termijn stoppen bestaande afwenteling

Hoewel de landbouw gedurende de laatste decennia al stappen heeft gezet in het reduceren van de emissies van broeikasgassen en nutriënten, zullen verdere stappen gemaakt moeten worden om de afwenteling op de toekomst en het publieke domein te minimaliseren. De keuze om bodemdalingsgebieden te vernatten (en peilindexaties te stoppen of terug te draaien om bodemdaling en CO2-uitstoot te stoppen) zal in een deel van het veenweidegebied vragen om een substantiële aanpassing van de bedrijfsvoering. De meeste veengebieden bestaan uit graslanden, maar ook deze zullen bij een beperktere ontwateringsdiepte mogelijk moeten extensiveren of lagere rendementen moeten accepteren. Er moet onverminderd worden ingezet op het beperken van de nutriëntbelasting door uitspoeling vanuit landbouwgronden en de verbetering van de bodemkwaliteit. Op landbouwpercelen rondom zoetwaterafhankelijke en verdrogende natuurgebieden zullen extra (water)buffers met hogere grondwaterstanden worden gecreëerd. Zo wordt de wegzijging van water uit deze natuurgebieden beperkt waardoor de robuustheid toeneemt.

Anticiperen op nattere, drogere en zoutere omstandigheden

Het water- en bodemsysteem loopt nu al tegen haar grenzen aan. Door klimaatverandering zal de intensiteit van buien toenemen en zal er (net als in het stedelijke gebied) ook in het landelijke gebied meer ruimte nodig zijn om water te bergen. De 10% laagste gebieden van polders of andere aangewezen bergingsgebieden zullen vaker nodig zijn voor waterberging en minder geschikt worden voor hoogwaardige landbouw. Ook waterbeschikbaarheid wordt een steeds grotere uitdaging. Door in te zetten op betere bodemcondities, slimmer watergebruik, droogteresistente gewassen en het vasthouden en bergen van regenwater in de bodem of bassins kan de landbouw robuuster worden. Hitte vraagt om aanpassing van de bedrijfsvoering en gewastype naar meer hitteresistente gewassen. De bodemkwaliteit is een belangrijke factor bij het beperken van ziekten en plagen.

Zet de zeespiegelstijging door, dan zal de verzilting (zeker in gebieden waar het water in droge perioden lastig aan te voeren is, of waar de inlaatpunten verzilt) vragen om substantiële aanpassingen in de bedrijfsvoering, gewas- of locatiekeuze. Bollenteelten zijn hierbij het meest kwetsbaar gevolgd door de boom- en sierteelt en enkele akkerbouwgewassen. Er zal moeten worden ingezet op het vasthouden van meer water in de bodem, oppervlaktewater of ondergrond, op meer zouttolerante gewassen of op rotatieschema's en het accepteren van incidentele schade. Kapitaalintensieve teelten zoals de boom- en sierteelt kunnen mogelijk gebruik maken van ontzilt grondwater. De buitendijkse gebieden kunnen vaker overstromen en zeker de vollegrondsgewassen in deze gebieden zullen minder rendabel worden waardoor extensivering voor de hand ligt.

Het landbouwareaal staat onder druk door de ruimtevraag voor natuur, woningbouw en bedrijventerreinen. Door, waar mogelijk, de minder geschikte landbouwgronden hiervoor in te zetten, worden zo veel mogelijk goede landbouwgronden behouden.

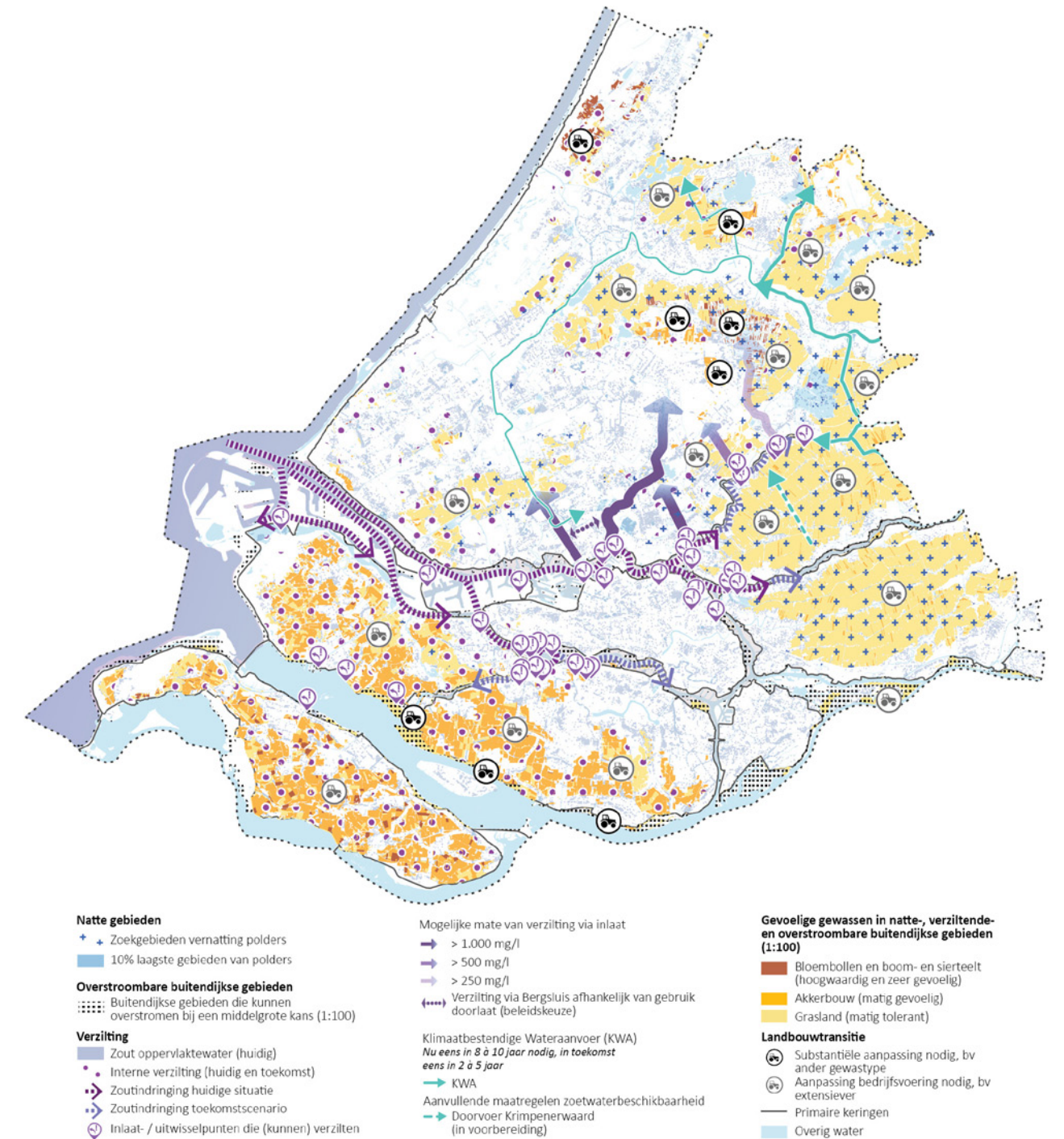


FIG. C.7.2 Praatplaat landbouw

7.2 – Adaptatiemaatregelen in de landbouw

Bij de klimaatonderlegger zijn verschillende condities en randvoorwaarden vanuit water, bodem en klimaatverandering voor de landbouw benoemd. Maar wat betekent dit voor de bedrijfsvoering en hoe geef je hier invulling aan? Op de volgende pagina's worden voorbeelden gegeven van aanpassingen in de bedrijfsvoering of teelten voor landbouw in gebieden met:

- Steeds beperktere drooglegging en ontwateringsdiepte
- Beperkte waterbeschikbaarheid
- Toenemende wateroverlast
- Te verbeteren waterkwaliteit
- Toenemende hitte



Koeien zoeken verkoeling (foto: Apdency)

Steeds beperktere ontwateringsdiepte

Veel veenweidegebieden kennen al een beperkte ontwateringsdiepte en zullen weinig merken van het 'vernatten' van bodemdalingsgevoelige bodems. Voor gebieden waar de ontwateringsdiepte bij het verhogen van de waterstanden naar -40 tot -20 cm onder maaiveld afneemt, zal een aanpassing van de bedrijfsvoering (extensief beheer graslanden) of gewaskeuze (nattere teelten) nodig zijn. Peilgestuurde drainage zal een tijdelijke oplossing zijn die tijd koopt om voor te bereiden op de uiteindelijke aanpassingen.

Extensiveren grondgebruik

Door de beperktere ontwateringsdiepte komt landbouwgrond vaker nat te staan en vermindert de draagkracht van de bodem, waardoor het land moeilijker begaanbaar is voor machines of vee.

Om hier mee om te gaan kan extensivering van landbouw een oplossing bieden. Dit past ook goed bij de visie voor kringlooplandbouw. De meer kruidenrijke graslanden versterken de ecologie en biodiversiteit.

Overigens kan er ook worden aangepast aan de slappere bodems door te kiezen voor koeienrassen die lichter zijn en bredere hoeven hebben.

Overgang nattere teelten

Een aantal gewassen zijn goed bestand tegen hoge grondwaterstanden.

Zo kan in plaats van gras, worden gekozen voor alternatieve voedergewassen voor de veeteelt die beter tegen natte omstandigheden kunnen.

Er kan ook voedsel voor consumptie worden geteeld zoals bijvoorbeeld cranberries: een gewas wat bij beperkte ontwateringsdiepte en onder zure omstandigheden vrijwel zonder bemesting kan groeien.

Daarnaast liggen er kansen voor circulaire bouwmaterialen zoals lisdodde (oeverplant), miscanthus (vezelgewas) en veenmos. Bij de teelt van lisdodde kan afhankelijk van de hoeveelheid bemesting overigens methaan vrijkomen.



Extensief veenweidegebied (foto Defacto)



Natte cranberry teelt. (foto Mathcar)

Waterinfiltratiesysteem

Het grondwater in veenweiden beweegt beperkt mee met het slootwater, omdat water niet goed kan vermengen met veen. Daardoor staat op een perceel veengrond het grondwater bol in de winter als het veel regent. Dat maakt het lastig om in het voorjaar de grond te bewerken. In de zomer als het droog is, staat de grondwaterspiegel juist hol. Met versnelde bodemdaling als gevolg.

Waterinfiltratiesystemen bestaan uit buizen die eindigen in het water in de sloten (die buizen noemen we drains). Het slootwater loopt daardoor het perceel in en wordt vanzelf gelijkmatig verdeeld over het hele perceel. De buizen moeten op korte afstand van elkaar liggen (zo'n 10 meter). Zodra de buizen het einde van de levensduur naderen, worden er vaak nieuwe buizen naast gelegd. Dit betekent dat er kunststof de bodem in gaat die op termijn weer zal moeten worden verwijderd.



Gebied met onderwaterdrains (foto PxHere), deel tekst overgenomen van www.bodemdalingdelfland.nl

Verzilting

Door zeespiegelstijging zal de hoeveelheid interne verzilting (vanuit de bodem en het grondwater) en externe verzilting (vanuit het oppervlaktewater en verzilting van zoetwaterinlaatpunten) toenemen. In gebieden met een beperkte wateraanvoer zal dit er met name in tijden van droogte toe leiden dat er zout in het oppervlaktewater en de wortelzone van gewassen komt.

Zouttolerante gewassen

In verschillende gebieden in de Zuidwestelijke Delta en de Wieringermeerpolder die een sterke mate van verzilting kennen, worden al experimenten gedaan met meer zouttolerante gewassen. Er wordt naar zouttolerantie gezocht in zoete teelten.

Andere gewasrotaties

Verzilting betekent meestal niet dat er een permanent zoute conditie is. Vaak treedt de verzilting alleen tijdens periode van droogte op.

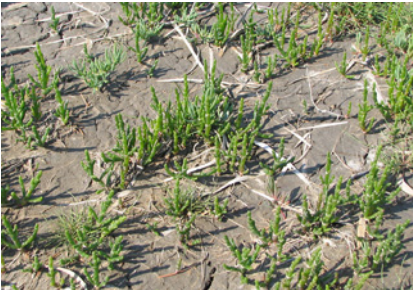
Een alternatief voor het veranderen van de gewassen is dan ook het opnemen van meer zouttolerante teelten in de gewasrotatie (verschillende gewassen die geteeld worden in opeenvolgende groeiseizoenen om de bodemstructuur te verbeteren en voedingsstoffen in de bodem te herstellen).

Voorbeelden van meer zouttolerante gewassen zijn onder andere suikerbiet, asperge en bepaalde aardappellassen.

Ontzilting

In de glastuinbouw zijn er (naast de opvang van regenwater in bassins en infiltratie in de ondergrond) mogelijkheden om brak grondwater na ontzilting te gebruiken voor de beregening van gewassen.

Dat ontzilting vooral in de glastuinbouw wordt toegepast komt omdat het veel energie kost en daardoor relatief kostbaar is, waardoor het op dit moment vooral voor kapitaalintensieve teelten rendabel is. Aandachtspunten van deze praktijk zijn mogelijke effecten van de grondwateronttrekking (bodemdaling, verzilting) en de reststroom bij ontzilting: brijn. Brijn bevat een hoge zoutconcentratie en wordt daarom geïnfiltreerd in diepe zoute grondwaterlagen.



Zeekraal langs de kust van Friesland (foto Gerard M)



Aardappelenoogst na periode met verhoogd zoutgehalte (foto Lynn Ketchum)



Behandeld water wordt gebruikt voor de bloementeel in kassen (foto U.S. Department of Agriculture)

Beperkte waterbeschikbaarheid

Bij beperkte waterbeschikbaarheid kan er worden ingezet op het verbeteren van de bodemkwaliteit of het bufferen van regenwater in natte perioden. Daarbij is het wel belangrijk dat er vervolgens niet meer water wordt onttrokken dan er wordt ingebracht.

Ondiepe grondwaterberging

In gebieden met in de bodem brak grondwater, blijft het zoete regenwater (wat in gewicht lichter is dan zout water) in de bodem drijven op het zoute water. Deze zoetwaterbel kan gebuikt worden om landbouwgewassen op te telen. Door actieve infiltratie van zoet water, kan de zoetwaterbel vergroot worden.

Naast een ondiepe berging, is er ook ondergrondse waterberging in diepere lagen mogelijk. Hierbij wordt water geïnfiltreerd in ondergrondse watervoerende lagen (aquifers) bij perioden van overschot, om dan water te onttrekken voor beregening in perioden van droogte. Bij deze techniek wordt water vooral onttrokken door verticale putten en gebruikt wanneer het ondiepe grondwater te zout is of in gebieden waar onttrekking van grondwater kan leiden tot verdroging van de ondergrond.

Waterbuffer (voorbeeld kassen)

In de Greenports wordt het water dat op de kas valt vaak opgevangen en opgeslagen in waterbassins om voldoende goede kwaliteit water te hebben voor de teelt. Deze bassins kunnen worden uitgebreid voor extra capaciteit.

Naast bassins bestaan er ook ondergrondse opslagtanks. Deze zijn erg prijzig maar hebben als voordeel dat het water tijdens hete dagen niet verdampt.

Regenwater is ideaal gietwater vanwege de lage zoutconcentratie. Een andere bron voor gietwater is hergebruik van gezuiverd afvalwater (wat aansluit bij de aanscherping van de zuiveringseisen voor afvalwater).

Verbeteren bodemkwaliteit

Ploegen kan de bodemdoorlatendheid verbeteren, hetgeen ten goede komt aan de zuurstoftoetreding en de infiltratie van water. Een minder intensieve bewerking van de bodem kan echter in veel gevallen ook zorgen voor verbetering van de bodemkwaliteit. Het bodemleven neemt toe waardoor er meer poriën ontstaan en de bodem meer water kan opnemen en vasthouden.

De minder intensieve bewerking draagt ook bij aan de draagkracht van de bodem doordat de structuur van de bodem niet wordt verstoord.

Aanvullend kan de bodem minder worden belast (bereden) en kunnen groenbemesters zoals wortelresten worden toegevoegd om de structuur van de bodem te verbeteren.



Regenwater wordt opgevangen om ondergrondse grondwaterbronnen aan te vullen (foto U.S. Department of Agriculture)



Kassen in Aalsmeer met op de voorgrond een regenwaterbuffer. (foto Dennism2)



Tractor met bovenoverploeg en verbrede banden voor minder druk. (foto Werktuigdagen)

Verbeteren waterkwaliteit (beperken uitspoeling nutriënten)

Landbouw draagt door de uitspoeling van nutriënten bij aan de vermindering van de waterkwaliteit voor natuurlijke functies en natuurgebieden. Door zuinig om te gaan met nutriënten, de uitspoeling zo veel mogelijk te beperken en natuurgebieden te beschermen tegen de inlaat van nutriëntrijk, gebiedsvreemd water, zal de waterkwaliteit worden verbeterd (of de negatieve impact van de slechte waterkwaliteit worden beperkt).

Precisielandbouw	Buffer rondom natuurgebieden	Extensief beheer slootkanten
De voor de landbouw aan de bodem toegevoegde nutriënten zoals dierlijke/plantaardige meststoffen en kunstmeststoffen kunnen uitspoelen naar oppervlakte- en grondwater. Ze gaan daarbij verloren voor de landbouw en zijn over het algemeen juist ongunstig voor de ecologie (die doorgaans baat heeft bij voedselarme condities). Het loont dus om een overdaad aan nutriënten te vermijden en deze zo gericht en efficiënt mogelijk in te zetten. Dit kan door verschillende technieken, zoals precisielandbouw waarbij met satelliet en andere digitale middelen zo nauwkeurig mogelijk wordt bemest. Daarnaast zal een goed bodembeheer bijdragen aan het voorkomen van uitspoeling.	Natuurgebieden die grenzen aan landbouwpercelen, worden negatief beïnvloed door toestroom van voedselrijk water en sediment. Dit leidt tot verslechtering van het habitatype. Door zoetwaterbufferzones rondom natuurgebieden te creëren, wordt voorkomen dat gebiedsvreemd water moet worden ingelaten. Deze natuurlijke buffers werken als een spons en kunnen water vanuit het naastgelegen natuurgebied in tijden van overlast bergen en in tijden van droogte vertraagd terug leveren.	Veel landbouwgronden worden ontwaterd door middel van sloten. Deze ontwatering van akkers zorgt voor uitspoeling van nutriënten, die vervolgens in het grond- en oppervlaktewater terecht komen. Door een meer extensief beheer van de slootkanten (slootkanten ongemaaid laten of gefaseerd maaien), wordt water langer vastgehouden zodat er minder uitspoelt. Daarnaast heeft een dergelijke begroeide oever veel ecologische voordelen.



Gewassen worden bespoten met behulp van een drone. (foto Sergio Merino Dominguez)



Bufferzone tussen landbouw en natuurgebieden. (foto Brian Robert Marshall)



Ongemaaide slootkanten. (foto Defacto)

Toenemende hitte

Gewassen die gevoelig zijn voor hitte, zullen minder rendabel worden. Er zal een vraag ontstaan naar gewassen die beter tegen hitte en droogte kunnen (minder verdampen) en minder gevoelig zijn voor ziekten en insecten. Vee heeft tijdens hete perioden schaduw en meer water nodig.

Schaduwrijke plekken (boom in de wei)	Robuust watersysteem	Hittebestendige gewassen
Zorg voor bomen in de wei, waaronder vee bij hitte verkoeling kan zoeken. Bomen zorgen voor een betere beschutting dan artificiële schaduwelementen, omdat ze meer gelaagd zijn. Bomen passen goed binnen de doelstellingen voor extra bos in Nederland en zijn doorgaans goed in te passen in het landschap. Bomen in weides zorgen bovendien voor de productie van stuifmeel en nectar voor (wilde) bijen en helpen om de biodiversiteit te verbeteren. Er kan zelfs worden ingezet op het creëren van een combinatie van veeteelt en voedselbossen.	Een robuust watersysteem is bestand tegen extreme omstandigheden en blijft dan ook robuust bij toekomstige klimaatverandering. Het vergroten van de waterlichamen werkt daarbij als een buffer. Ook het vergroten van het aantal verbindingen maakt het watersysteem robuuster. Een robuuster watersysteem sluit goed aan bij de ambitie voor de groen-blauwe dooradering van het landelijke gebied.	Het telen van rassen en gewassen die beter bestand zijn tegen hitte en droogte, kunnen bijdragen aan de adaptatie van de akkerbouw aan klimaatverandering. Door de gewenste eigenschappen te kruisen en combineren, kunnen er gewassen ontstaan die tijdens droogte meer wortels aanmaken, waardoor ze het water uit dieper gelegen grondlagen kunnen opnemen. Valt er genoeg regen, dan zijn de diepere wortels niet nodig en steekt de plant zijn energie in de groei van de knol. Voorbeelden van hittebestendige voedergewassen zijn bijvoorbeeld Sorghum (subtropisch gewas dat een korte groeitijd heeft en weinig vocht en bemesting nodig heeft) en voederbieten.



Koeien tussen de bomen. (foto Mark Ahsmann)



Groen-blauwe dooradering (foto Andre Hosper)



Een voederbiet (foto Markus Hagenlocher)

A photograph of a landscape with a winding stream, bare trees, and a clear sky. The stream flows from the left towards the center, reflecting the light. The banks are covered with dry, brown grass and several tall, leafless trees with intricate branch structures. The sky is a pale, clear blue.

DEEL D

Klimaatonderlegger natuur

Dit deel bevat de klimaatonderlegger met belangrijke opgaven en randvoorwaarden vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering, en toont bouwstenen voor klimaatadaptieve natuur.

8 – Praatplaat natte natuur

Voor de natuur is een robuust systeem essentieel om zich aan te kunnen passen aan klimaatverandering. Goede water- en bodemkwaliteit zijn hiervoor de basis, maar zijn in relatie tot onder andere de landbouw geen vanzelfsprekendheid. Veel adaptatiemaatregelen (extra waterberging, vernatten veenweidegebieden, groene steden, groenblauwe dooradering) bieden kansen voor natuur. Op lange termijn zal zeespiegelstijging en verzilting ertoe leiden dat zoetwaternatuurdoeltypes op sommige plekken niet meer houdbaar zijn en moeten worden heroverwogen.

Voor de natuur zijn de opgaven vanuit water, bodem en klimaat wel doorvertaald naar thematische klimaatonderleggers, maar (nog) niet samen gebracht in een overzichtskaart. Dit is omdat de relaties tussen de condities en mate van (on)geschiktheid voor de natuur niet altijd eenduidig door te vertalen zijn. Zo is verzilting voor het ene zoetwaterafhankelijke natuurtype desastreus, terwijl brakke condities voor andere natuurtypen juist interessant zijn. Voor de thematische klimaatonderleggers op de volgende pagina's is de volgende legenda gehanteerd:

- **A** Geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering (Ja)
- **B** Water, bodem of klimaatverandering resulteren mogelijk in ongunstige condities die afhankelijk van het natuurtype vragen om extra beheerinspanning of aanpassingen van andere gebruiksfuncties (Ja, mits)
- **C** Water, bodem of klimaatverandering resulteren in condities die afhankelijk van het natuurtype kunnen resulteren in een substantiële beheerinspanning of aanpassing van de inrichting of het type natuur (Ja, mits)
- **D** Het in stand houden van hoogwaardige natuur is mogelijk niet duurzaam houdbaar en vraagt om afweging van landgebruik of locatiekeuze (Nee, tenzij...)

Op de korte termijn is de inzet op robuustere water- en bodemsystemen, goede waterkwaliteit (beperking uitspoelen nutriënten) en groenblauwe dooradering van stad en land essentieel. De vernatting van veenweidegebieden, extra ruimte voor wateropvang, flexibel peilbeheer, groenere slootoevers, extensievere landbouw en meer groen in steden kunnen een positief effect hebben op de ecologie. Goede buffers (hydraulisch en voor nutriënten) zijn essentieel voor enkele van de zoetwaterafhankelijke natte natuurgebieden. Om de natuur te stimuleren is het zaak om abrupte zoet-zout wisselingen door verschillend waterbeheer per seizoen te voorkomen. Zo wordt nu nog ten behoeve van de landbouw op bijvoorbeeld Goeree-Overflakkee tijdens het groeiseizoen veel zoetwater ingelaten en vindt er buiten het groeiseizoen verzilting plaats. In gebieden die (bijvoorbeeld door zeespiegelstijging

of zoute kwel) permanent brak worden, kan worden ingezet op de aanpassing van het natuurdoeltype. Er zullen opties moeten worden verkend om in geval van zeespiegelstijging een nieuwe plek te vinden voor de intergetijdennatuur. Het afsluiten van de riviermondingen (oplossingsrichting voor zeespiegelstijging) zou schadelijk zijn voor de ecologie.

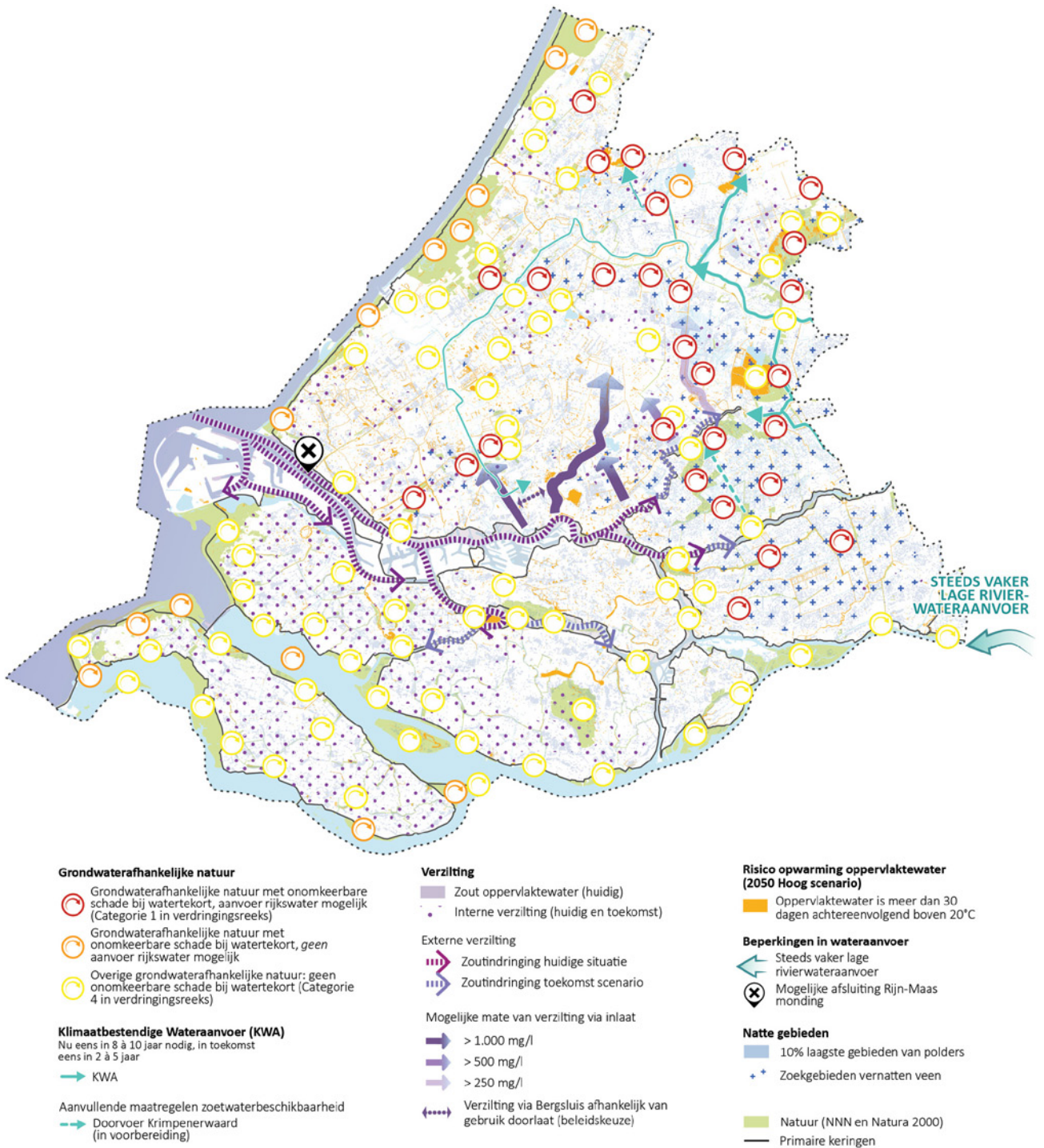


FIG. D.8.1 Praatplaat natuur

In deze tabel zijn de opgaven, aandachtspunten en belangrijke randvoorwaarden vanuit water, bodem en klimaatverandering voor de landbouw gebundeld (uit deel A van dit rapport).

Voor gebieden die wit zijn op de onderstaande kaarten, zijn binnen deze studie geen extra opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering op het betreffende thema geïdentificeerd. Deze vallen in de samenvattende kaart dan ook in categorie A (geen extra opgaven). Het zou uiteraard kunnen dat er in aanvulling op deze studie nog nieuwe inzichten en randvoorwaarden worden toegevoegd waarmee categorie A kleiner wordt.

De kaartbeelden zijn gemaakt op basis van de bij deze studie beschikbare datasets. Voor sommige thema's zullen in de komende periode nieuwe datasets en inzichten beschikbaar komen die de geografische duiding van de opgaven nog kunnen beïnvloeden.

Bodemdaling

B Zet in op bufferzones rond natuurgebieden. Verschil in hoogteligging draagt bij aan verdroging veengebieden met een (natte) natuurfunctie, door het wegzijgen van water naar naastgelegen veenweidegebieden. Bovendien leidt oxidatie van veen in natuurgebieden tot onomkeerbare schade. Daarom zitten deze natuurgebieden in categorie 1 van de verdringingsreeks. Er moet worden ingezet op bufferzones met een hoge grondwaterstand rondom deze natuurgebieden (er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart).

B Compenseer voor afname waterkwaliteit. De waterkwaliteit is op veel plekken ontoereikend, wat een impact heeft op de natuur.

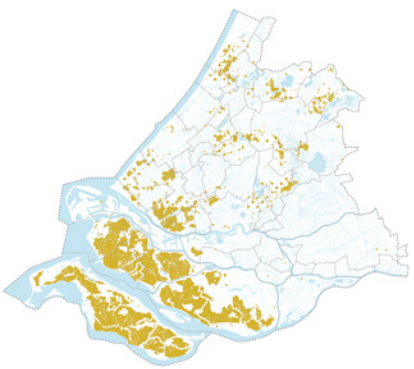
Het vernatten van veenweidegebieden en een hogere grondwaterstand bevorderen het bodemleven (insecten, wormen) en draagt bij aan de habitat voor weidevogels zoals de grutto en kievit. In intensieve landbouwgebieden kunnen bij vernatting echter ook meer nutriënten of gewasbeschermingsmiddelen uitspoelen.



Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit

C Hou rekening met toenemende verzilting. Er zijn natuurtypen die gebaat zijn bij brakke en zoute condities. Er zijn natuurgebieden die gevoelig zijn voor inlaat van gebiedsvreemd water of voor veenafbraak door watertekort. Hier moet worden ingezet op het vasthouden van regenwater en het voorkomen van wegzijging van zoetwater naar de omgeving.

In gebieden waar permanente brakke of zoute condities ontstaan, moet (op termijn) het type natuur worden heroverwogen en aangepast.



Overstromingsrisico

C Strategie intergetijdengebieden. Het wegvallen van intergetijdengebieden (als gevolg van een snelle en grote mate van zeespiegelstijging) heeft door de grote waarde van intergetijdennatuur een negatieve impact op de natuur in de hoofdwateren. Er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart.



Wateroverlast

B Beperk overstorten. Overstorten van rioleringen en wateroverlast vanuit het oppervlaktewatersysteem hebben effect op de waterkwaliteit. Dit zal leiden tot schade aan natuur en tot risico's voor zwemmers (er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart).

B Kansen natuurontwikkeling 10% laagste gebieden polders. De 10% laagste gebieden en piekwateropvanggebieden zijn in principe geschikt voor functiecombinatie met natuur, mits het type natuur ongevoelig is voor variatie in waterkwaliteit en -kwantiteit.



Hitte

B Zet in op robuuste natuurverbindingen. De natuur zal zich moeten aanpassen aan de hogere gemiddelde temperaturen en veranderingen van de soortensamenstelling (toename, afname en uitsterven) en in migratiepatronen van trekkende soorten. Robuuste (natte) verbindingen ondersteunen de adaptiviteit van natuur.

B Zet in op robuuste natte verbindingen. Zorg dat het (oppervlakte) watersysteem in en rond natuurgebieden voldoende robuust is om opwarming en de negatieve effecten hiervan te voorkomen.



8.1 – Adaptatiemaatregelen voor de natuur

Bij de klimaatonderlegger zijn verschillende condities, randvoorwaarden en ook kansen vanuit water, bodem en klimaatverandering voor de natuur benoemd. Maar hoe geef je hier invulling aan? Op de volgende pagina's worden voorbeelden gegeven van kansen of benodigde aanpassingen van de natuur aan opgaven op het gebied van:

- Bodemdaling
- Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit
- Hitte
- Waterveiligheid



Foto Defacto Stedenbouw

Bodemdaling

Bodemdaling ontstaat bij het kunstmatig verlagen van grondwaterstanden in veengebieden. Door de veengebieden te ontwateren neemt de ontwateringsdiepte en stabiliteit van de bodem toe en worden ze geschikt voor gebruiksfuncties zoals landbouw en woningbouw. Het weer vernatten van veengebieden, bufferzones rondom natuurgebieden of de achteroevers van dijken, zal veel voordelen hebben voor de natuur.

Vernatten veengebieden

De kunstmatig lage waterstanden in de veenpolders zorgen ervoor dat de bodem daalt en er broeikasgassen worden uitgestoten. Vernatting zal deze bodemdaling verminderen. In natuurgebieden kan de grondwaterstand verhoogd worden tot -20 cm onder NAP.

Door de grondwaterstand te verhogen en de graslanden extensiever te beheren, zullen Engels raaigras en ruw beemdgras langzaam plaatsmaken voor pinksterbloem, veldzuring en scherpe boterbloem. Meer kruiden en bloemen en een betere bodemconditie leiden tot meer insecten (en voer voor weidevogels zoals de grutto).

Op sommige plekken kan veen doorontwikkeld worden tot (riet)moeras.

Hydraulische waterbuffer

Natte natuurgebieden op veengrond kennen geen grote ontwateringsdiepte en hebben een hogere grondwaterstand dan de omliggende landbouwgronden.

Door deze hogere grondwaterstand blijft de bodemdaling hier beperkt en komen deze natuurgebieden steeds hoger te liggen ten opzichte van de om hen heen gelegen bemaalen veenweidegebieden.

Zo ontstaat als het ware een hoogwatereiland in het landschap. Door dit hoogteverschil zijgt er water vanuit de natuurgebieden weg naar omliggende lagergelegen landbouwgronden.

Door het structureel vernatten van landbouwgronden rondom natuurgebieden (en het stimuleren van een meer natuurlijk gebruik) zal wegzijging beperkt worden.



Hoog waterpeil de Onlanden. (foto Yab)



Hydraulische waterbuffer (foto: USDA NRCS Texas)

Achteroevers dijken bij rivierklei

Achteroevers kunnen worden gecreëerd op plekken waar zoet (kwel- of oppervlakte)water achter de dijk in de polder wordt gelaten of opgevangen. Zeker in laaggelegen polders met een flinke (rivier)kweldruk kan achter de dijk makkelijk een natte zone worden gecreëerd.

Op deze manier kunnen gebieden buitendijks en binnendijks elkaars functie versterken.

De achteroevers vormen een zoetwaterreservoir waaruit in perioden van droogte geput kan worden. Ze kunnen ook ingezet worden als natuurlijke waterzuivering of waterbergingsgebied. Daarnaast bieden ze vaak goede paaiplaatsen voor vissen uit de naastgelegen grote wateren.



Pilot achteroevers Wieringermeer (foto Pbrundel)

Waterbeschikbaarheid en -kwaliteit

Verdroging door tekort aan water of de inlaat van gebiedsvreemd nutriëntrijk water is een belangrijke opgave voor de natuur in Zuid-Holland. Zorg ervoor dat er rondom natuurgebieden buffergebieden worden ingericht die het water vasthouden en zuiveren en daarmee bijdragen aan de gewenste waterkwaliteit. Is er niet voldoende zoetwater beschikbaar en wordt een gebied te vaak brak, dan kan er ook voor worden gekozen in te zetten op brakke of zilte natuur.

Waterkwaliteitsbuffers	Zilte natuur	Vasthouden water
Richt buffers rond natuurgebieden in om de vereiste waterkwaliteit in het natuurgebied te behalen. In buffers kan water langer vastgehouden worden, wat leidt tot minder inlaat van gebiedsvreemd water. Het buffergebied kan als helofytenfilter of als slootzuiveringssysteem worden ingericht om de waterkwaliteit te verbeteren.	In sommige (binnendijkse) gebieden is de verzilting zo sterk dat er een permanent brakke of zoute conditie ontstaat. Door deze gebieden om te zetten in zilte habitats, kan op deze plekken alsnog waardevolle natuur worden gecreëerd Het kan zijn dat hiervoor de natuurdoelen aangepast moeten worden.	Om verdroging tegen te gaan moet het watersysteem anders worden ingericht, zodat water minder snel wordt afgevoerd en langer wordt vastgehouden.
Helofytenfilters zijn natuurlijke of aangelegde zuiveringsmoerassen met waterplanten zoals riet, liesgras, biezen, lisdodde. Bij een slootzuiveringssysteem zijn gemiddeld diepere watersystemen dan bij helofytenfilters. Zuivering gebeurt via natuurvriendelijke oevers die er ook voor zorgen dat water beter vastgehouden wordt.	Richt natuurgebieden langs brakke of zoute wateren bij voorkeur zo in dat er overgangsgebieden ontstaan van zout naar zoet water. Hierdoor ontstaan gradiënten waarin gespecialiseerde dieren en plantensoorten voorkomen zoals aardbeiklaver, vlozegge, kamgras en andere soorten die op de rode lijst van kwetsbare en bedreigde soorten staan.	Bij flexibel peilbeheer kan het water in droge perioden verder uitzakken en in natte perioden worden vastgehouden. Op deze manier volgt het waterpeil de natuurlijke peildynamiek. Er ontstaat zo buffercapaciteit van gebiedseigen water, waardoor er in tijden van droogte geen of minder gebiedsvreemd water ingelaten hoeft te worden.
		Ook de natuurvriendelijke oevers hebben baat bij een flexibel peil.



Helofytenfilter pilot in Deventer (foto Jan B)



De Berkheide duinen bij Katwijk (foto Marianne Cornelissen-Kuyt)



Natuurvriendelijke oevers (foto Patrick Despoix)

Hitte

Zorg dat natuurgebieden zo worden ingericht dat ze bestand zijn tegen de toenemende temperaturen en hittestress. Door in te zetten op diversiteit en het ontwikkelen van robuuste groenblauwe netwerken zijn natuurgebieden beter bestand tegen periodes van extreme hitte.

Thermische energie oppervlaktewater	Reflectie juiste natuur op juiste plek	Robuustere groenblauwe netwerken
Er kan via een warmtewisselaar warmte aan oppervlaktewater (zoals sloten) worden onttrokken als thermische energiebron (TEO) en bijvoorbeeld worden opgeslagen in de bodem.	Door veranderende condities van het water- en bodemsysteem en door klimaatverandering zal het zo zijn dat bepaalde instandhoudingsdoelstellingen op bepaalde plekken niet of zeer lastig duurzaam in stand te houden zijn.	Ontwikkel robuuste groenblauwe netwerken waarbij natuur en waterlopen worden verweven tot een samenhangend systeem. Dit draagt bij aan de klimaatrobuustheid, biodiversiteit en waterhuishouding.
Daarbij wordt warm water opgenomen en wordt er iets kouder water aan het oppervlaktewater terug geleverd. Hiervoor zijn grote watergangen nodig met niet te snel stromend water dicht bij de afnemer. Dit zal de opwarming van het oppervlaktewater tijdens hete dagen beperken, wat een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit (reduceren kans blauwalg en botulisme) en de ecologie.	Denk aan bomen die veel verdampen in gebieden met watertekorten of zoutgevoelige soorten in gebieden met een sterke mate van verzilting. Om in bijvoorbeeld verziltende gebieden de zoetwaternatuurdoeltypen in stand te houden, zijn steeds grotere beheerinspanningen nodig.	Zorg daarbij voor een goede dooradering van hoofdtak naar zijtakken en richt sloten natuurvriendelijk in.
Er moet wel op worden gelet dat er geen grote temperatuurschommelingen optreden. Die zouden namelijk een negatief effect hebben op flora en fauna.	Het zal in bepaalde gebieden nodig zijn te reflecteren op het toekomstperspectief van instandhoudingsdoelstellingen. Kunnen er verplaatsingen plaatsvinden (bijvoorbeeld zilte doelstellingen erbij en andere migreren naar andere gebieden), zonder dat instandhouding op Europese schaal in het geding komt?	



Sloot in Kralingenpolder (foto: Druifkes)



Verdroogde natuur op heuvel (foto: Paul Braun)



Groenblauw netwerk nabij Dordrecht (foto: Jens Buurgaard Nielsen)

Waterveiligheid

Zorg ervoor dat ingrepen ter bevordering van waterveiligheid ook een positieve ecologische uitwerking hebben. Zet in op behoud van belangrijke migratieverbindingen, ook bij hoge waterstanden. Zorg waar mogelijk ook voor herstel van brakke natuurgemeenschappen, bijvoorbeeld door de aanleg van nieuwe intergetijdengebieden.

Open houden migratieverbindingen

Bij een evenwichtig ecosysteem hoort een goede en gevarieerde visstand. Zorg ervoor dat belangrijke migratieroutes voor vissen open blijven, ook bij het nemen van maatregelen voor waterveiligheid.

Zo zal het eventuele afsluiten van de Nieuwe Waterweg als oplossingsrichting voor zeespiegelstijging grote impact hebben op de vismigratie (dit is de toegang van de Noordzee naar het stroomgebied van de Rijn). Niet alleen goede verbindingen tussen zee en rivieren, maar ook tussen hoofdwater en binnenwater zijn daarbij belangrijk om het leefgebied van vissen te vergroten.

Denk daarbij bijvoorbeeld aan het inzetten van visvriendelijke gemalen, vistrappen en kieren



Vistrap bij sluis Hagestein (foto Mark Voorendt)

Nieuwe getijdengebieden binnendijks

Door de zeespiegelstijging zullen de intergetijdengebieden (met name naast diepe scheepvaartgeulen) niet mee groeien en verdrinken. Door de nu vaak harde grens van dijken tussen de estuaria en polders, verdwijnt daarmee een voor de natuur zeer waardevolle gradiënt.

Er kan verkend worden of de aangroei van de platen kan worden gestimuleerd of dat er nieuwe getijdenzones kunnen worden gecreëerd achter de primaire dijk (in de tussendijkse gebieden van de eilanden).



Binnendijks intergetijdengebied Waterdunen (foto FrDr)

Kerven buitenste duinenrij

Door kerven aan te brengen in de buitenste duinenrij wordt de duingroei achter de eerste duinenrij gestimuleerd. Zo kunnen er nieuwe en hogere duinen achter de kerf ontstaan.

Door het aanbrengen van een kerf komt de dynamiek in de duinen weer op gang. De zeewind verspreidt kalkrijk duinzand verder het gebied in. Dit draagt zowel bij aan waterveiligheid als aan natuurontwikkeling.



Aanleg Spanjaards Duin (foto Deltares)

Bijlage



BIJLAGE 1 Grondslag kaartbeelden

Opgavekaarten

De klimaatonderlegger is hoofdzakelijk gebaseerd op landelijke en provinciale datasets, aangevuld met expertkennis vanuit een reeks inhoudelijke werksessies. Tijdens de werksessies is per thema besproken welke opgaven relevant zijn voor de klimaatonderlegger en welke bronnen hier het beste voor kunnen worden gebruikt.

Daarbij was gewenste informatie nog niet altijd beschikbaar. Zo is er nog geen goede dataset die inzicht geeft in het risico op restzetting bij het ontwikkelen van bebouwing, die het invloedsgebied van externe verzilting toont of die laat zien waar water in droge perioden lastig aan te voeren is. Voor deze studie is steeds gekeken welke data het best gebruikt kan worden om inzicht te geven in de verschillende opgaven binnen de provincie Zuid-Holland.

De gebruikte datasets voor de klimaatonderlegger zijn continu in ontwikkeling. Voor deze studie is de stand van zaken uit 2022 gebruikt. Lopende of nieuwe studies en onderzoek zullen leiden tot nieuwe inzichten en geactualiseerde datasets. Als daar aanleiding toe is, wordt de klimaatonderlegger hierop aangepast. De klimaatonderlegger is daarmee een levend document.

Van opgavekaarten naar geschiktheidskaarten

Tijdens een serie werksessies is samen met experts besproken hoe condities vanuit het water- en bodemsysteem kunnen worden doorvertaald naar de geschiktheidskaart. Bij het maken van het onderscheid tussen de categorieën **A** **B** **C** **D** waren de mate van complexiteit (hoe eenvoudig is het maatregelen te nemen) en het risico op afwenteling steeds belangrijke indicatoren. Tijdens de gesprekken was de onderstaande duiding van de legenda-eenheden zeer behulpzaam bij het maken van keuzen:

- **A** Er zijn geen opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering die om extra aandacht of aanvullende maatregelen vragen. Volg altijd de bestaande regels vanuit het Convenant klimaatadaptief bouwen en de Maatlat klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwing.
- **B** Water, bodem of klimaatverandering vraagt om aanvullende randvoorwaarden voor ontwikkelingen of aanpassingen in de bedrijfsvoering. Deze zijn naar verwachting goed uitvoerbaar. Er zijn al veel voorbeelden en breed toegepaste innovaties, producten en technieken beschikbaar die door ontwerpers, agrariërs en ontwikkelaars kunnen worden ingezet.
- **C** Water, bodem of klimaatverandering vraagt om een (substantiële) inspanning. De opgaven zijn complex en er is behoefte aan innovatieve maatwerkoplossingen.

De inrichting van een gebied kan doorwerken op gebieds- en systeemniveau. Vanwege de complexiteit is er vaak afstemming tussen (en inzet van) verschillende partijen nodig om tot een passende klimaatadaptieve ontwikkeling te komen.

- **D** De ontwikkeling legt mogelijk een claim op de toekomst. Ook als partijen zich inzetten voor een integrale klimaatadaptieve oplossing blijft de kans op afwenteling door de complexiteit of door nog onbeproefde of kostbare nieuwe technieken aanwezig. Dit vraagt om een goede afweging van de locatiekeuze.

Daarbij vond er (op basis van persoonlijke ervaringen of inzichten) regelmatig discussie plaats over de exacte categorie van een maatregel. Is bodemdalingbestendig bouwen bijvoorbeeld al goed uitvoerbaar (categorie B of C) of blijft het risico op afwenteling toch groot (categorie D)? Het kan dan ook zijn dat er in verschillende gebieden of door andere experts net andere keuzen gemaakt zullen worden voor de doorvertaling van opgaven in legenda-eenheden.

A1 Grondslag kaartbeelden bodemdaling

Fig. A.1.2 Themakaart veengebieden en indicatie bodemsoort

- Bodemkaart veengronden. Bron data: WUR (2015) 'Bodemkaart 1:50.000' via Atlas van de Regio (nov 2022).

Fig. A.1.3 Themakaart voorspelling bodemdaling 2020-2100

- Deze kaart laat de modelberekeningen zien voor bodemdaling door ontwatering (compactie en oxidatie) in het scenario hoog (KNMI-scenario WH), met peilindexatie en sterke klimaatverandering. Belangrijke notie: tijdens expertsessies is aangegeven dat de waarden van deze modelstudie voor de Krimpenerwaard fors hoger liggen dan in sommige andere bronnen wordt aangegeven.
- Bodemdaling 2020-2100. Bron data: Deltares, WEnR & TNO (2021) 'Bodemdaling 2020-2100, scenario 2050 Hoog' via Klimaateffectatlas (dec 2021). Deze laag is niet doorvertaald naar de geschiktheidskaarten, omdat de themakaart zettingsgevoeligheid (Fig. A.1.4) voor woningbouw een betere indicatie geeft.

Fig. A.1.4 Themakaart zettingsgevoelige gebieden met bodemdaling in een periode van 30 jaar door ophoging met 1 meter zand

- Bodemdaling door ophoging met 1 m zand. Bron data: Deltares (2021) 'Bodemdaling door ophoging, scenario 2050 Hoog' via Klimaateffectatlas (dec 2021).

Interpretatie bodemdaling geschiktheidskaart verstedelijking

- **Bodemdalingsbestendig ontwikkelen.** Restzetting bij ontwikkelingen (vaak benoemd in cm zetting in een periode van 30 jaar) is een goede indicator voor het risico op afwenteling bij ontwikkelingen in bodemdalingsgebieden. De restzetting is de zetting die na consolidatie blijft doorgaan voor onbepaalde tijd. Er bestaan (nog) geen overzichtskaarten van de verwachte restzetting bij belasting. De restzetting moet op basis van lokaal bodemonderzoek worden bepaald. Er zijn wel modelstudies die laten zien welke gebieden bij belasting zettingsgevoelig zijn. Tijdens de werksessies waren er uiteenlopende zienswijzen. De ene expert gaf aan dat restzetting bij goed ontwerp geen risico hoeft te zijn, anderen zien wel degelijk

een substantieel risico op afwenteling in gebieden met een sterk zettingsgevoelige bodem. Er is besloten dat de kaart met zettingsgevoelige gebieden (Deltares; zie themakaart A.1.4) voor nu de best beschikbare indicatie geeft voor zetting bij gebouwde ontwikkelingen. De gekozen categorisering sluit aan op de ‘Signaleringskaarten Bodem en Ondergrond’ van de provincie Zuid-Holland, waar een onderscheid is gemaakt in beperkt zettingsgevoelig tot 60 cm zetting bij ophoging met + 1 m zand in 30 jaar (categorie B), sterk zettingsgevoelig bij 60-90 cm (categorie C) en zeer zettingsgevoelig bij > 90 cm (categorie D). Andere gebieden maken andere keuzen in grenswaarden. Zo hanteren de provincie Noord-Holland en waterschap AGV een strengere categorisering. Die categorisering geeft echter binnen de provincie Zuid-Holland minder onderscheid in geschiktheid (geen plek is echt geschikt voor bijvoorbeeld verstedelijking).

- **Ontwikkel (grond)waterbestendig in zoekgebieden voor vernatting van veen** (categorie C). Uitgangspunt is het Rijksbeleid om grondwaterstanden in veengebieden te verhogen ten behoeve van reductie van CO2-uitstoot en bodemdaling (brief Water en bodem sturend). De huidige zoekgebieden voor vernatting zijn nog zeer globaal, en zullen in vervolgstudies zoals bijvoorbeeld Vitale veenweide en NPLG gebiedsplannen steeds verder worden gespecificeerd. In de geschiktheidskaart zijn eerste zoekgebieden voor vernatting getoond op basis van ‘Veengebieden in het landelijk gebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is’ (Deltares; zie themakaart A.2.2).

Interpretatie bodemdaling geschiktheidskaart landbouw

- **Hou rekening met afnemende drooglegging en ontwateringsdiepte** (categorie C). Uitgangspunt is het Rijksbeleid om grondwaterstanden in veengebieden te verhogen ten behoeve van reductie van CO2-uitstoot en bodemdaling (brief Water en bodem sturend). De huidige zoekgebieden voor vernatting zijn nog zeer globaal, en zullen in vervolgstudies zoals bijvoorbeeld Vitale veenweide en NPLG gebiedsplannen steeds verder worden gespecificeerd. In de geschiktheidskaart zijn eerste zoekgebieden voor vernatting getoond op basis van ‘Veengebieden in het landelijk gebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is’ (Deltares; zie themakaart A.2.2).

Interpretatie bodemdaling geschiktheidskaart natuur

- **Zet in op bufferzones rond natuurgebieden** (categorie B). Er is nog geen uitwerking beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart.
- **Compenseer voor afname waterkwaliteit** (categorie B). Dit speelt met name binnen de gebieden waar het waterpeil zal worden verhoogd t.b.v. het reduceren van bodemdaling en de uitstoot van broeikasgassen. De huidige zoekgebieden voor vernatting zijn nog zeer globaal, en zullen in vervolgstudies zoals bijvoorbeeld Vitale veenweide en NPLG gebiedsplannen steeds verder worden gespecificeerd. In de geschiktheidskaart zijn eerste zoekgebieden voor vernatting getoond op basis van ‘Veengebieden in het landelijk gebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is’ (Deltares; zie themakaart A.2.2).

A2 Grondslag kaartbeelden wateroverlast

Fig. A.2.1 Themakaart overzicht boezemwatersystemen en waterpeil

- Peilgebieden. Bron data: kaart ‘Peilgebieden’ via Wateratlas Zuid-Holland (juni 2015), met verwijzing bron: GIS informatie provincie Zuid-Holland (2014).

- Waterafvoersysteem. Bron data: kaart ‘Peilgebieden’ via Wateratlas Zuid-Holland (juni 2015), met verwijzing naar onderliggende bronnen: GIS informatie provincie Zuid-Holland (2014), Primaire en secundaire waterlopen, Hoogheemraadschap Rijnland en Delfland (2015), De vaarkaart van de randstad (2012), kaart ‘Boezemstelsel per waterschap’ via Wateratlas Zuid-Holland (juni 2015).

Fig. A.2.2 Themakaart Risicogebieden wateroverlast: 10% van de laagste delen van polders, gebieden met beperkte drooglegging (en daarmee bergingscapaciteit) en zoekgebieden voor vernatting voor het tegengaan van bodemdaling

- 10% laagste delen van polders. Bron data: SWECO Water en bodem sturend voor ruimtelijke planvorming, Discussiestuk en onderbouwing (2022). In deze laag is per polder berekend wat het 10 procent laagste deel van de polder is, op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Deze data laag laat zien waar water zich in een polder op basis van de hoogteligging kan verzamelen en geeft daarmee een indicatie van gebieden waar steeds vaker wateroverlast kan ontstaan, en daarmee kansrijk zijn voor waterberging. Naar verwachting komen er in de komende periode kaartbeelden beschikbaar die een betere indicatie kunnen geven van gebieden waar rekening moet worden gehouden met (toenemende) regenwateroverlast. Zo heeft HHNK een kaartlaag ontwikkeld met de 5% en 10% van de begroeide terreindelen per polder met de meeste inundatie per hectare bij een T100 bui.
- Gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld. Bron data: Deltares, Bosch Slabbers, Sweco (2021) kaartlaag ‘Te nat (huidig en 2050)’ uit ‘Op Waterbasis. Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem.’ De te natte gebieden zijn gebaseerd op gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld. Dit zijn gebieden met weinig bergingscapaciteit en een grote kans op wateroverlast.
- Zoekgebieden voor het verhogen van het waterpeil t.b.v. reduceren bodemdaling en uitstoot broeikasgassen. Bron data: Deltares (maart 2022), kaart ‘Veengebieden in het landelijk gebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is’ uit ‘Bodem en water als basis’.

Interpretatie wateroverlast geschiktheidskaart verstedelijking

- **Ontwikkel waterneutraal (of positief)**. Zorg dat ontwikkelingen de druk op het watersysteem niet vergroten en waar mogelijk zelfs verlichten (extra water bergen).
 - Categorie B: Bij nieuwbouw wordt binnen de hele provincie al ingezet op het op privaat terrein infiltreren, vasthouden of bergen van 40-70 mm in 1 uur en het beperken van schade aan bebouwing en voorzieningen bij extreme neerslag (van 90 mm per uur), beperkt verharden (50% van de jaarlijkse neerslag, 450 mm binnen plangebied infiltreren) en waterbestendige bebouwing bij een waterdiepte tot 20 cm (Convenant klimaatadaptief bouwen en Landelijke maatlat). Door *expert judgement* tijdens de werksessies is bepaald dat binnen de hele provincie (gebiedsdekkend) moet worden ingezet op de bovenkant van deze range (70 mm in een uur, met een *comply or explain* principe), om te voorkomen dat ontwikkelingen op de lange termijn afwentelen en te zorgen dat deze toekomstbestendig zijn.
 - Categorie C: Reserveer in gebieden die gevoelig zijn voor wateroverlast extra bergingsruimte binnen de gebiedsontwikkeling (boven op de huidige norm). Hiervoor is de kaartlaag met gebieden met een hoogste grondwaterstand

- binnen 30 cm onder maaiveld genomen (zie kaart A.2.2 Risico wateroverlast) die vanwege de beperkte waterbergingscapaciteit een grotere kans hebben op wateroverlast. Tijdens werksessies is aangegeven dat, om te voorkomen dat er wordt afgewenteld op de toekomst of op andere locaties, in deze gebieden bij gebiedsontwikkelingen meer ruimte voor (oppervlakte)waterberging moet worden gereserveerd dan de huidige normen (die per waterschap verschillen). Hier zijn geen concrete getallen aan gekoppeld, maar het signaal is dat er meer bergingscapaciteit binnen gebiedsontwikkelingen nodig is.
- **Ten minste 10% van de laagste delen van polders reserveren** (categorie C). Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend waarin staat: "We reserveren de 5% tot 10% van diepe polders voor waterberging, bij voorkeur de diepste delen. We voorkomen hiermee wateroverlast als gevolg van aanhoudende regenval of piekbuien. Hier is geen nieuwe bebouwing toegestaan, tenzij het niet ten koste gaat van het waterbergend vermogen." Als data laag hebben we de kaart laag met 10% diepste delen van polders gebruikt (SWECO, zie kaart A.2.2 Risicogebieden wateroverlast). Op basis van *expert judgement* is aangegeven dat voor Zuid-Holland het best kan worden ingezet op ten minste 10% (met een *comply or explain* principe). De waterberging kan bij de uitwerking van ruimtelijke visies uiteraard ook op andere gebieden binnen de polders een plek krijgen. Bouwen kan alleen mits dit de huidige en eventuele toekomstige bergingscapaciteit niet beperkt.

Interpretatie wateroverlast geschiktheidskaart landbouw

- **Hou rekening met natschade en beperkte draagkracht bodem** (categorie B). Hou in gebieden die gevoelig zijn voor wateroverlast (grotere kans regenwater op maaiveld en slecht berijdbare bodem), rekening in de bedrijfsvoering. Hiervoor is de kaart laag van gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld genomen (zie kaart A.2.2 Risico wateroverlast). Dit zijn gebieden met weinig bergingscapaciteit en grote kans op wateroverlast.
- **Ten minste 10% van de laagste delen van polders reserveren** (categorie C). Zie ook beschrijving bij verstedelijking. Betreffen deze 10% laagste gebieden landbouwgronden, dan zal de natschade aan gewassen bij gelijkblijvende bedrijfsvoering/gewaskeuze toenemen.

Interpretatie wateroverlast geschiktheidskaart natuur

- **Beperk overstorten** (categorie B). Overstorten van rioleringen en wateroverlast vanuit het oppervlaktewatersysteem hebben effect op de waterkwaliteit. Er is nog geen analyse beschikbaar die deze gebieden duidt op de kaart.
- **Kansen natuurontwikkeling 10% laagste gebieden polders**. De 10% laagste gebieden en piekwateropvanggebieden zijn in principe geschikt voor functiecombinatie met natuur, mits het type natuur ongevoelig is voor variatie in waterkwaliteit en -kwantiteit. (categorie B)

A3 Grondslag kaartbeelden waterveiligheid

Fig. A.3.1 Themakaart waterveiligheidssysteem en maximale overstromingsdiepte, door doorbraken van het primaire en regionale systeem.

- Maximale overstromingsdiepte bij extreem kleine kans 1:100.000. Bron data: LIWO (2019) 'Maximale overstromingsdiepte' (bij extreem kleine kans 1:100.000). Deze data laag toont een samengesteld beeld van individuele overstromingsscenario's

- uit het LDO en toont waar overstromingen tot ongeveer eens in de honderdduizend jaar (of nog extremer) kunnen voorkomen. De kaart geeft mogelijke overstromingen weer die in werkelijkheid niet allemaal tegelijkertijd zullen optreden. De kaarten zijn gebaseerd op vier typen overstromingen voor beschermde en onbeschermde gebieden gelegen langs het primair en regionale watersysteem.
- Waterveiligheidssysteem. Bron data primaire keringen en regionale keringen: LIWO (2020) Bron data kustfundament: Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu - VROM (1990), laag 'kustfundatie_tbk'. Bron data duinen: Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu - VROM (1990), laag 'kustfundatie_tbk'. De laag is gemaakt op basis van de laag 'kustfundament' waarbij het waterdeel van het fundament is verwijderd.
 - Mogelijke toename rivierafvoeren (scenario's) 2100. Bron data: Programma Integraal RivierManagement (2022) uit 'Systeembeschouwing Rijn en Maas'.
 - Mogelijke zeespiegelstijging (scenario's) 2100. Bron data: KNMI (2021), tabel 4 'Indicatieve zeespiegelscenario's voor de Nederlandse kust' uit het KNMI Klimaatsignaal'21. In 2023 komen de KNMI'23-zeespiegelscenario's beschikbaar.

Fig. A.3.2 Vier conceptuele oplossingsrichtingen versnelde zeespiegelstijging voor Rijnmond-Drechtsteden

- Bron kaarten: Defacto stedenbouw voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2021), uit: Versnelde zeespiegelstijging in Rijnmond-Drechtsteden. De kaarten tonen eerste praatplaten die laten zien hoe de verschillende oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging vorm kunnen krijgen. Deze conceptuele oplossingsrichtingen zijn nog in ontwikkeling.

Fig. A.3.3 Themakaart overstromingsdiepte 1:1.000 buitendijks Rotterdam

- Buitendijkse overstromingsdiepte 2050 bij een kleine kans 1:1.000. Bron data: LIWO (2021) 'Inundatie buitendijks (kleine kans 1:1.000)'. De kaart geeft mogelijke overstromingen in onbeschermde gebieden langs het hoofdwatersysteem weer. Deze kaart geeft een duiding van de overstromingsdiepten tot 2050. De eerste indicatie (*expert judgement*) zijn de buitendijkse waterstanden die nu met een terugkeertijd van 1: 1.000 optreden, en in 2100 onder invloed van zeespiegelstijging met een terugkeertijd van 1: 100 optreden.
- Overstroombare bebouwing. Selectie gemaakt door Defacto Stedenbouw door overlap van laag "Buitendijkse overstromingsdiepte 2050 bij een kleine kans 1:1.000" (LIWO 2021) en "Basisregistratie Adressen en Gebouwen" (Kadaster 2022).
- Primaire keringen. Bron data: LIWO (2020) 'Infrastructuur'.

Fig. A.3.4 Themakaart primaire keringen en mogelijke versterkingszone bij + 1 m zeespiegelstijging en de overstromingsrisico's van binnen- en buitendijkse gebieden.

- Indicatie toename breedte dijken (door versterkingen) bij +1 m zeespiegelstijging. Bron data: Deltares (2021) voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging spoor II.
- Behouden flexibiliteit duinen. De laag is gemaakt op basis van de laag 'kustfundament' waarbij het waterdeel van het fundament is verwijderd. Bron data: Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu - VROM (1990), laag 'kustfundatie_tbk'.
- Bestaand waterveiligheidssysteem. Bron data primaire en nationale keringen: LIWO (2020) 'Infrastructuur'. Bron data kustfundament: Ministerie

van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu - VROM (1990), laag 'kustfundatie_tbk'.

- Buitendijkse overstromingsdiepte 2050 bij kleine kans 1:1.000. Bron data: LIWO (2021) 'Inundatie buitendijks (kleine kans 1:1.000)'. De kaart geeft mogelijke overstromingen in onbeschermd gebied langs het hoofdwatersysteem weer. Deze kaart geeft een duiding van de overstromingsdiepten tot 2050.
- Gebieden die meer dan 200 cm diep kunnen overstroomd worden in 2050. Bron data: LIWO (2022) 'Overstromingskansen norm (2050)'. Overstroming in de gebieden wordt veroorzaakt door een doorbraak van een waterkering langs het hoofd- of het regionale watersysteem of bij overstroomd worden van onbeschermd gebied, waarbij alle primaire keringen aan de overstromingskansnorm in de waterwet voldoen.
- Overig overstroombaar gebied. Bron data: LIWO (2022) 'Overstromingskansen norm (2050)'. Overstroming waarbij een waterdiepte van meer dan 50 cm optreedt, veroorzaakt door een doorbraak van een waterkering langs het hoofd- of het regionale watersysteem of bij overstroomd worden van onbeschermd gebied, waarbij alle primaire keringen aan de overstromingskansnorm in de waterwet voldoen.

Interpretatie waterveiligheid geschiktheidskaart verstedelijking

- **Hou rekening met het binnendijkse overstromingsrisico (gevolgbeperking).** Voor de legenda is het Convenant klimaatadaptief bouwen als uitgangspunt gebruikt. Op basis van *expert judgement* is besloten vooral in te zetten op gevolgbeperking bij mogelijke overstromingsdiepten van > 50 cm of >200 cm, met een kans groter dan 1:30.000 (overstromingen met een kans kleiner dan 1:30.000 zijn een acceptabel risico). In de afrondende discussie kwam naar voren dat alle of delen van diepe polders wat betreft bebouwing met een C moeten worden geclassificeerd. Nu blijven diepe polders zoals polder de Noordplas en de Vrouwenpolder groen, terwijl ze direct langs groot boezemwater liggen. Dit is nog niet doorgevoerd in het kaartbeeld. Naar verwachting zal er in het komende jaar (vanuit het Rijk) een verdere verdieping komen op de richtlijnen voor het omgaan met gevolgbeperking in binnendijkse gebieden. In vergelijkbare trajecten gebruiken de provincies Noord-Holland en Utrecht, en de waterschappen HDSR, AGV en HHNK een andere categorie-indeling gebaseerd op de tabel uit de presentatie Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat september 2022 "Uitwerking coalitie Akkoord Kabinet: 'Water en bodem sturend' Concept Richtinggevend kader voor bebouwd gebied".
- Categorie C: Binnendijkse gebieden met kans > 1: 30.000 op > 200 cm. Hiervoor is de kaartlaag met gebieden die meer dan 200 cm diep kunnen overstroomd worden in 2050 bij een middelgrote kans, kleine kans, zeer kleine kans gebruikt. Bron data: LIWO (2022) 'Overstromingskansen norm (2050)'. Bij overstromingen van meer dan 200 cm kan substantiële schade of slachtoffers optreden. Woningbouw in deze gebieden vraagt om een andere aanpak met maatregelen voor gevolgbeperking, met extra aandacht voor gebieden met vitale en kwetsbare functies of weinig mogelijkheden voor verticale evacuatie (categorie C). Het type maatregel hangt samen met de kans.
- Categorie B: Gebieden die > 50 cm kunnen overstroomd worden met kans > 1:30.000. Hiervoor is de kaartlaag met gebieden die meer dan 50 cm diep kunnen overstroomd worden in 2050 bij een middelgrote kans, kleine kans, zeer kleine kans gebruikt. Bron data: LIWO (2022) 'Overstromingskansen norm (2050)'. Bij overstromingen van meer dan 50 cm kan schade optreden. Vitale en kwetsbare

functies in deze gebieden vragen om maatregelen voor gevolgbeperking (categorie B). Het type maatregel hangt samen met de kans.

- **Reserveer ruimte voor toenemende waterstanden (en versterking keringen)**
 - Categorie C: Hou rekening met meer frequente overstromingen in buitendijkse (waterbergende) gebieden (zee-invoedsgebied of overgangsgedebied), in het bijzonder bij vitale en kwetsbare functies.
 - Categorie D: Bebouwing in buitendijkse gebieden in het rivier-invoedsgebied (stroomvoerend) beperkt de benodigde afvoercapaciteit. Hiervoor is de laag rivier-invoedsgebied stroomvoerend gebruikt en bebouwing langs keringen (Bron data: Beleidslijn Grote Rivieren, Rijkswaterstaat (2020)). Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend waarin staat: "Er zijn nu al locaties aan te wijzen waarvoor geldt dat bebouwing niet verstandig is en dus vermeden dient te worden. Hier gaat het om locaties zoals de buitendijkse gebieden in het IJsselmeer, het rivierbed, langs dijken en keringen en de diepste delen van de (diepe) polders."
- Categorie D: Weeg langs keringen de locatiekeuze voor bebouwing zorgvuldig af om kostenafwenteling (voor meer complexe versterkingen) op de toekomst en het publiek domein te voorkomen. Hiervoor zijn de lagen primaire keringen en duinen gebruikt (zie kaart A.3.1 Waterveiligheidssysteem). Bebouwing langs keringen wentelt kosten voor meer complexe versterkingen af op de toekomst en het publieke domein. Weeg langs de dijken, duinen en keringen de locatiekeuze zorgvuldig af. Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend waarin staat: "Er zijn nu al locaties aan te wijzen waarvoor geldt dat bebouwing niet verstandig is en dus vermeden dient te worden. Hier gaat het om locaties zoals de buitendijkse gebieden in het IJsselmeer, het rivierbed, langs dijken en keringen en de diepste delen van de (diepe) polders." Er is gekozen om alle primaire keringen categorie D te maken, om te voorkomen dat ontwikkelingen toekomstige dijkversterkingen belemmeren. Er is besloten om de regionale keringen voorlopig (nog) niet mee te nemen. Er was binnen de werksessies discussie over het al dan niet nog toevoegen van een binnendijkse reserveringszone langs de duinen. Ook speelde de vraag of er langs keringen kan worden gebouwd als dit tijdelijk is of als het profiel van vrije ruimte wordt gerespecteerd. Ook hiervoor geldt echter categorie D.

Interpretatie waterveiligheid geschiktheidskaart landbouw

- **Pas buitendijks bedrijfsvoering aan.** Buitendijkse gebieden die frequent overstroomd zijn op termijn niet geschikt voor landbouwvormen met vollegroondsgewassen en voor gebouwen ten behoeve van veeteelt. Hiervoor is de kaartlaag gebruikt met Buitendijkse overstromingsdiepte 2050 bij kleine kans 1:1.000. De eerste indicatie (*expert judgement*) zijn de buitendijkse waterstanden die nu met een terugkeertijd van 1: 1.000 optreden, en in 2100 onder invloed van zeespiegelstijging met een terugkeertijd van 1: 100 optreden. Bij welke overstromingskansen welke vorm van landbouw daadwerkelijk niet meer rendabel is, vraagt nog onderzoek.

Interpretatie waterveiligheid geschiktheidskaart natuur

- **Strategie intergetijdengebieden.** Het wegvallen van intergetijdengebieden (als gevolg van een snelle en grote mate van zeespiegelstijging) heeft door de grote waarde van intergetijdennatuur een negatieve impact op de natuur in de hoofdwaters. Er is nog geen goede analyse beschikbaar van de potentieel

verdrinkende intergetijdengebieden. Ter indicatie is de kaart opgenomen met buitendijkse gebieden die frequent overstromen (1:1.000).

A5 Grondslag kaartbeelden zoetwaterbeschikbaarheid en -kwaliteit

Fig. A.4.1 Themakaart interne verzilting (nu en in de toekomst)

- Zoutvracht naar oppervlaktewater (kg/ha/jaar) voor huidige situatie. Bron data: Deltares (2022) 'Zoutvracht naar oppervlaktewater (kg/ha/jaar) voor de huidige situatie' uit 'Grondwaterverzilting en watervraag bij een stijgende zeespiegel'. Aangevuld met data van WSHD van de verzilting op Goeree-Overflakkee, Voorne Putten en Hoeksche Waard.
- Indicatie interne verzilting op de lange termijn (+1 m zeespiegelstijging). Bron data: Deltares (2022) 'Verschil zoutvracht naar oppervlaktewater (kg/ha/jaar) ten opzichte van de huidige situatie voor zichtwaarde 1 m zeespiegelstijging.' uit 'Grondwaterverzilting en watervraag bij een stijgende zeespiegel'.
- Belangrijke notie bij deze kaart is dat Waterschap Hollandse Delta veel zoetwater beschikbaar heeft vanuit de rivieren, terwijl de gebieden in dijkkring 14 (beslaat het merendeel van Zuid-Holland) in droge perioden beperkingen kennen in de zoetwateraanvoer die vanuit de Lek, Nieuwe waterweg en de Hollandsche IJssel komt. Zo wordt de Haarlemmermeer bij droogte als eerste niet meer voorzien van zoetwater ten behoeve van de doorspoeling.

Fig. A.4.2 Themakaart externe verzilting (nu en in de toekomst) met de zoetwaterinlaatpunten die op termijn vaker verzilten en Klimaatbestendige Wateraanvoer.

- Zoutindringing huidige situatie en toekomstscenario. Bron data: Deltaprogramma (2014) uit 'Wateratlas Zuid-Holland. Het Zuid-Hollandse watersysteem in kaart' (LINT landscape architecture 2015). Aangepast op basis van *expert judgement*.
- Huidige zoutindringing oppervlaktewater. Bron data: *Expert judgement*.
- Huidig zout oppervlaktewater. Bron data: Deltares (2015) via Atlas Natuurlijk Kapitaal. Gegevens zijn indicatief.
- Inlaatpunten. Bron data: WABES punten Chloride en meest belangrijke inlaatpunten HHSK (via expert HHSK). Aangevuld middels *expert judgement*.
- Inlaat-/uitwisselpunten die (kunnen) verzilten. Bron data: Deltares (2014) en HydroLogic (2020) 'Verzilting inlaatpunten 2050' via klimaateffectatlas Zuid-Holland uit 'Onderzoek lange termijn risico's verzilting en waterbeschikbaarheid Fase 2' (aangevuld door *expert judgement*).
- Mogelijke mate van verzilting via inlaat. Bron data: *expert judgement*. Verschillende waterschappen hebben verschillende grenswaardes voor chloridegehaltes tot wanneer ze gebiedsvreemd water nog inlaten. Verzilting via Bergsluis is afhankelijk van de keuze om deze doorlaat wel of niet te gebruiken. Het is een doorvoerpunt dat open gezet moet worden en geen standaard inlaatpunt.
- Klimaatbestendige wateraanvoer. Bron data: Deltares (2014) 'Verzilting' via Klimaateffectatlas Zuid-Holland (thema droogte), aangepast op basis van *expert judgement*. Bron data Doorvoer Krimpenerwaard: *expert judgement*.

Fig. A.4.3 Themakaart beoordeling ecologische kwaliteit Kaderrichtlijn water op basis van meetresultaten

- Bron data: Informatiehuis water - IHW (waterschappen, bewerking PBL (2022), kaart 'beoordeling ecologische kwaliteit, Kaderrichtlijn Water, 2021'.

Fig. A.4.4 Themakaart Grondwaterafhankelijke natuur en mogelijke schade bij watertekort

- Grondwaterafhankelijke natuur en mogelijke schade bij watertekort. Bron data: Deltares (2014), kaart 'Water voor terrestrische natuur' t.b.v. DANK - via Digitale Atlas Natuurlijk Kapitaal.

Fig. A.4.5 Themakaart potentiële schade landbouwgebieden door droogte (lage grondwaterstanden).

- Kans op droogtestress (huidig en W +2050). Bron data: KWR water (2017), 'Droogteschade landbouw' via Klimaateffectatlas Zuid-Holland (nov 2022). Deze kaart geeft aan op welke plekken een aaneengesloten grasmat meer dan 20 mm water in een jaar tekort komt gedurende een aaneengesloten periode van 10 dagen (Bartholomeus et al. 2011a). Het is berekend met PROBE2 (Witte et al, 2015) op basis van de uitkomsten van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (De Lange et al. 2014) zie www.nhi.nu. In deze kaart is geen rekening gehouden met de mogelijkheden of juist beperkingen in wateraanvoer vanuit het oppervlaktewatersysteem. Hierdoor geeft deze kaart nog geen goede indicatie van de gebieden waar droogte een opgave is. Deze laag is dan ook niet doorvertaald naar de geschiktheidskaarten.

Fig. A.4.6 Kaart grondwaterbeschermingsgebieden

- Drinkwater winningslocaties (globaal), Grondwaterbeschermingsgebieden en Grondwaterlichamen in Zuid-Holland. Bron data: Provincie Zuid-Holland 'Strategisch zoet grondwater' via interactieve kaarten en atlassen provincie Zuid-Holland (nov 2022).

Interpretatie zoetwaterbeschikbaarheid en -kwaliteit geschiktheidskaart verstedelijking

- **Bescherm grondwatervoorraden en drinkwaterinfrastructuur.** (categorie B) Voorkom perforaties van waterdichte lagen in de bodem die de grondwatergebieden beschermen tegen verontreinigingen uit de hogere bodemlagen (niet te doorboren ten behoeve van bijvoorbeeld warmte-koudeopslag WKO). Dit is van toepassing op de gebieden uit de lagen 'waterwingebieden' en 'grondwaterbeschermingsgebieden' (zie kaart A.4.6 Grondwaterbeschermingsgebieden). Bij experts was er discussie over wat dit eventueel extra vraagt en of dit voldoende geborgd is in de verordening (en zo ja of de implementatie afdoende streng is). Uiteindelijk is ervoor gekozen voor categorie B omdat het gedeelde beeld was dat dit onderdeel extra aandacht behoeft.
- **Zet (met name in stedelijk gebied) maximaal in op sponswerking** (categorie B). Dit kan door onnodige bodemafdekking te voorkomen (water beter laten infiltreren) en duurzaam bodembeheer (water beter vasthouden in de bodem) en is in lijn met de brief Water en bodem sturend en het Convenant klimaatadaptief bouwen. Aangezien de sponswerking in het gehele stedelijk gebied van belang is, is voor de gebiedsduiding de kaartlaag met bestaand stedelijk gebied gebruikt: 'Bevolkingskernen' van CBS (2011, dit is de meest recente CBS kaart). Tijdens de werksessies kwam naar voren dat het ontharden op plekken waar ruimte in de ondergrond is (sponspotentie), nog beter benut kan worden.

- **Zonering van de ondergrond** (categorie B). Het is met name in stedelijk gebied druk in de ondergrond. Zet in op een goede zonering die grondwaterstromen zo min mogelijk beïnvloedt en voldoende ruimte biedt voor nieuwe waterbergingsfuncties. In lijn met de brief Water en bodem sturend moet de regie op de inrichting van de ondergrond worden versterkt. Aangezien dit om aanvullende randvoorwaarden vraagt voor (ontwikkelingen in) bestaand stedelijk gebied is het bestaand stedelijk gebied ingedeeld in categorie B (bron data: 'Bevolkingskernen' CBS (2011, dit is de meest recente CBS kaart).

Interpretatie zoetwaterbeschikbaarheid en kwaliteit geschiktheidskaart landbouw

- **Hou rekening met toenemende verzilting**. Momenteel lukt het in droge perioden vaak nog (net) om verziltende gebieden van voldoende zoetwater te voorzien om de huidige bedrijfsvoering voort te zetten. Op termijn kan de aanvoer van extra (schaars) zoetwater van buiten het gebied niet altijd en overal gegarandeerd worden, waardoor er op termijn vaker sprake zal zijn van tijdelijke en regionale verzilting (dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend). Voor deze kaart zijn als indicatie de kaartlaag met interne verzilting gebruikt (Deltares 2022, zie ook kaart A.4.1. Interne Verzilting). In de geschiktheidskaart is de toekomstige verzilting met stippels aangegeven wegens grotere mate van onzekerheid (gerelateerd aan die van zeespiegelstijging). Er is nog geen goede datalaag beschikbaar die inzicht geeft in de verziltende gebieden waar de beperkte doorspoelcapaciteit naar verwachting tot knelpunten zal leiden, of hoe ver het brakke water via de inlaatpunten zoals die bij Gouda het gebied in zal trekken. De toekomstige verzilting is ook sterk afhankelijk van beleidskeuzen zoals de oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging (open of gesloten Rijn-Maasmonding). Doordat de toenemende verzilting in sommige gebieden vraagt om een (substantiële) aanpassing van de bedrijfsvoering of locatiekeuze en er behoefte is aan innovatieve maatwerkoplossingen, vallen deze kaartlagen in categorie C.
- **Zet in op een slimme watercyclus** (categorie C) waarbij het schoonste water (nabij de inlaat of bron) hoogwaardig wordt gebruikt, en uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen aan het eind van de keten voorkomen wordt. Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend. In het kader van het NPLG werken provincies de benodigde maatregelen uit voor de restopgave voor de KRW- en de Nitraatrichtlijn, voor zover deze worden beïnvloed door agrarische bronnen. Het realiseren van een slimme watercyclus is complex en vraagt om afstemming tussen verschillende partijen (categorie C). Het betreft een generiek principe en is daarom niet geduid op de geschiktheidskaart.
- **Creëer zoetwaterbuffers voor de natuur** (categorie B). Natte natuur kan door hydrologische bufferzones aan te leggen en nutriënten in het oppervlaktewater te beperken, worden beschermd tegen droogteschade (hogere grondwaterstanden en onttrekkingsverbod). Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend. Er is nog geen ruimtelijke uitwerking of strategie die zoekgebieden voor hydraulische buffers duidt. De kaartlagen met grondwaterafhankelijke natuur (afhankelijk van hoge grondwaterstanden) met onomkeerbare schade bij watertekort (legenda-eenheid rood en oranje uit kaart A.4.4 Grondwaterafhankelijke natuur en mogelijke schade bij watertekort) zijn als indicatie gebruikt. De daadwerkelijke bufferzones zullen rondom deze gebieden vallen. De aanleg van bufferzones in agrarisch gebied zal leiden tot aanvullende randvoorwaarden of aanpassingen in de bedrijfsvoering.

Interpretatie zoetwaterbeschikbaarheid en kwaliteit geschiktheidskaart natuur

- **Hou rekening met toenemende verzilting**. Ondanks dat zoetwaterafhankelijke natuur met onomkeerbare schade bij watertekorten hoog in de verdringingsreeks staat en er sterk wordt ingezet op het vasthouden en bergen van zoveel mogelijk gebiedseigen water, kan het zijn dat er in perioden van droogte niet voldoende zoetwater van voldoende kwaliteit aangevoerd kan worden of dat brak water moet worden ingelaten om bijvoorbeeld de stabiliteit van dijken te borgen. In natuurgebieden waar steeds vaker brakke of zoute condities optreden kan het zijn dat bepaalde zoetwaterafhankelijke natuur op termijn om aanpassing van de inrichting of het type natuur vraagt (categorie C). Voor deze kaart zijn als indicatie de kaartlaag met interne verzilting gebruikt (Deltares 2022, zie ook kaart A.4.1. Interne Verzilting). In de geschiktheidskaart is de toekomstige verzilting met stippels aangegeven wegens grotere mate van onzekerheid (gerelateerd aan zeespiegelstijging). Er is nog geen goede datalaag beschikbaar die inzicht geeft in de verziltende gebieden waar de beperkte doorspoelcapaciteit naar verwachting tot knelpunten zal leiden, of hoe ver het brakke water via de inlaatpunten zoals die bij Gouda het gebied in zal trekken. De toekomstige verzilting is ook sterk afhankelijk van beleidskeuzen zoals de oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging (open of gesloten Rijn-Maasmonding).

A5 Grondslag kaartbeelden hittestress

Fig. A.5.1 Themakaart stedelijk hitte eiland effect

- Warme gebieden Stedelijk hitte eiland effect. Bron data: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2020) via Atlas Natuurlijk Kapitaal (nov 2022).

Fig. A.5.2 Themakaart risico opwarming oppervlaktewater en natuurbrandgevoeligheid

- Langste reeks dagen oppervlaktewater > 20°C (2050 Hoog). Bron data: Wageningen Environmental Research (WEnR) & TAUW (2017) 'Risico opwarming oppervlaktewater (scenario 2050 Hoog)' via Klimaateffectatlas (nov 2022).
- Natuurbrandgevoeligheid (2050 Hoog). Bron data: Wageningen Environmental Research (WEnR) & Deltares (2021) 'Natuurbrandgevoeligheid, scenario 2050 Hoog' via Klimaateffectatlas (nov 2022).

Interpretatie hitte geschiktheidskaart verstedelijking

- **Hitte meenemen in ontwerp** (categorie B). Om hittestress in bestaand bebouwd gebied te beperken, zal in het ontwerp meer rekening moeten worden gehouden met maatregelen die de hitte en hittestress kunnen beperken. Om op de schaal van de provincie Zuid-Holland een beeld te geven van de gebieden met hittestress, is door middel van *expert judgement* besloten de kaart 'Stedelijk hitte eiland effect' (zie ook Fig. A.5.1) als uitgangspunt te nemen. Gebieden met een temperatuurverschil tussen stad en land van meer dan 1,2 graden zijn op basis van *expert judgement* toegewezen. Voor een goede hittestrategie moet verder worden ingezoomd, omdat hitte zeer lokaal kan optreden en de maatregelen maatwerk zijn. Hiervoor zijn over het algemeen al goede en gedetailleerde datasets beschikbaar. Een mooi voorbeeld is WeerWoord Rotterdam 2030.
- **Zonering van de ondergrond** (categorie B). Een goede ondergrondse zonering is essentieel om te zorgen dat bijvoorbeeld drinkwaterleidingen niet opwarmen. Er zal daarom moeten worden toegezien op voldoende scheiding van

drinkwaterleidingen, warmtenetten en clusters van energiekabels. De regie op de inrichting van de ondergrond zal versterkt moeten worden. Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend. Aangezien dit om aanvullende randvoorwaarden vraagt voor (ontwikkelingen in) bestaand stedelijk gebied, is het bestaand stedelijk gebied ingedeeld in categorie B (bron data stedelijk gebied: 'Bevolkingskernen' CBS (2011, dit is de meest recente CBS kaart).

- **Robuuste stedelijke watersystemen** (categorie B). Door opwarming van het oppervlaktewater in stedelijk gebied, neemt de waterkwaliteit af en kan overlast ontstaan (bv. vissterfte, blauwalg en stank). Zorg daarom voor een robuust groen-blauw netwerk in en rond stedelijk gebied met bijvoorbeeld voldoende volume, doorspoeling, ruimte voor waterplanten en het voorkomen van overstorten van riolering. Omdat dit ook zoeken naar meer ruimte voor het watersysteem inhoudt, is het hele stedelijk gebied meegenomen (en niet alleen het bestaande stedelijk watersysteem). Bron verstedelijking: 'Bevolkingskernen' CBS (2011).

Interpretatie hitte geschiktheidskaart landbouw

- **Hou rekening met impact hitte op gewassen en vee** (categorie B). Gewassen die gevoelig zijn voor hitte worden minder rendabel en kunnen vragen om aanpassingen in de bedrijfsvoering en gewaskeuze. Er is momenteel nog geen goede kaartlaag beschikbaar van hittestress in landelijk gebied en welke gewassen hier de meeste impact van ondervinden. Daarom is de gehele provincie in de geschiktheidskaarten ingedeeld bij categorie B, waar gezorgd moet worden voor koele schaduwrijke plekken voor vee. Ook hier is een goede vitale bodem met een goede vochtbalans belangrijk.
- **Beperken nutriëntenbelasting** (categorie B). Door hogere temperaturen neemt de druk op aquatische ecosystemen toe. Een hogere gemiddelde temperatuur (en hogere gemiddelde watertemperatuur) leidt tot grotere dag-nachtfluctuaties in zuurstofconcentraties, een andere soortensamenstelling, minder ijsbedekking in de winter waardoor bepaalde drijvende waterplanten dominantier worden, een soortenverschuiving bij vissen en een grotere overleving van exoten. Hierdoor wordt de inzet op het beperken van nutriëntenbelasting vanuit de landbouw in de hele provincie nog belangrijker. Dit is in lijn met de brief Water en bodem sturend.

Interpretatie hitte geschiktheidskaart natuur

- **Impact hitte op natuur** (categorie B). De natuur zal zich moeten aanpassen aan de hogere gemiddelde temperaturen en veranderingen in de soortensamenstelling (toename, afname en uitsterven) en in migratiepatronen van trekkende soorten. Zet in op robuuste (natte) verbindingen in de gehele provincie om de adaptiviteit van de natuur te vergroten. De eisen en richtlijnen uit het Convenant klimaatadaptief bouwen en de Maatlat klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwing dragen hier aan bij.
- **Robuust watersysteem** (categorie B). Het oppervlaktewater in en rond natuurgebieden warmt steeds meer op waardoor de druk op aquatische ecosystemen toeneemt. Zorg daarom in de hele provincie voor een voldoende robuust (oppervlakte)watersysteem in en rond natuurgebieden (met bijvoorbeeld voldoende volume, doorspoeling, ruimte voor waterplanten) om de negatieve effecten hiervan te voorkomen.

Fig. B.6.1 Klimaatonderlegger verstedelijking

- In de klimaatonderlegger verstedelijking zijn de vijf thematische geschiktheidskaarten over elkaar heen gelegd. Daarbij heeft ieder gebied de hoogste categorie die daar voorkomt, toegewezen gekregen (categorieën oplopend van A tot D). Dat betekent dat als er op een plek meerdere themakaarten zijn met categorie C (bijvoorbeeld bodemdaling, wateroverlast en waterveiligheid), dit gebied nog steeds in categorie C valt omdat deze opgaven te adresseren zijn met een substantiële inspanning waarbij meerdere partijen zich inzetten om tot een klimaatadaptieve ontwikkeling te komen.
- Ontwikkelocaties. Bron data NOVEX woningbouwgebieden: Op basis van BZK (2022) 'Grootschalige NOVEX woningbouwlocaties'. Bron data woningbouwplannen: Provincie Zuid-Holland, laag 'Onderzoek_Water_Klimaat_Ruimte' via provincie Zuid-Holland (ontvangen januari 2023). Selectie laag 'woningbouwlocaties'. Bron data ontwikkeling industrie: Provincie Zuid-Holland, laag 'Onderzoek_Water_Klimaat_Ruimte' via provincie Zuid-Holland (ontvangen januari 2023). Selectie laag 'Bedrijventerrein harde capaciteit' en 'Bedrijventerrein zachte capaciteit'.

Fig. B.6.2 Praatplaat nieuwbouwlocaties

- Voor de NOVEX woningbouwlocaties en de > 3 ha ontwikkelocaties is aangegeven waar welke substantiële adaptatieopgaven spelen (categorie C en D) vanuit water, bodem en klimaatverandering.
- Ontwikkelocaties. Bron data NOVEX woningbouwgebieden: Op basis van BZK (2022) 'Grootschalige NOVEX woningbouwlocaties'. Bron data woningbouwplannen: Provincie Zuid-Holland, laag 'Onderzoek_Water_Klimaat_Ruimte' via provincie Zuid-Holland (ontvangen januari 2023). Selectie laag 'woningbouwlocaties' Bron data ontwikkeling industrie: Provincie Zuid-Holland, laag 'Onderzoek_Water_Klimaat_Ruimte' via provincie Zuid-Holland (ontvangen januari 2023). Selectie laag 'Bedrijventerrein harde capaciteit' en 'Bedrijventerrein zachte capaciteit'.
- Ontwikkelingen met substantiële klimaatopgave (categorie C en D).
 - Waterbestendig in gebied regenwateroverlast en vernatting: selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag 'Te nat 2050' (Deltares 2021).
 - Waterbestendig in 10 % laagste delen polders: selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag '10 % laagste delen polders' (SWECO 2022).
 - Bodemdalings- en waterbestendig bouwen: selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag 'Gebieden met > 60 cm zetting bij belasting' (Deltares 2022) en 'Zoekgebieden voor het verhogen van het waterpeil t.b.v. reduceren bodemdaling en uitstoot broeikasgassen' (Deltares).
 - Gevolgbeperking overstromingsrisico (> 1:30.000, > 200 cm): selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag 'Gebieden die meer dan 200 cm diep kunnen overstroomd in 2050' (LIWO 2022).
 - Adaptief ontwikkelen buitendijkse gebieden: selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag 'Buitendijks gebied (stroomvoerend)' en 'Buitendijks gebied (waterbergend)' (Bron data: Beleidslijn Grote Rivieren, Rijkswaterstaat (2020))
 - Flexibiliteit versterkingen keringen: selectie van ontwikkelingen die overlappen met de laag 'Primaire keringen (en duinen)'.

Fig. C.7.1 Klimaatonderlegger landbouw

- In de klimaatonderlegger landbouw zijn de vijf thematische geschiktheidskaarten over elkaar heen gelegd. Daarbij heeft ieder gebied de hoogste categorie die daar voorkomt toegewezen gekregen (categorieën oplopend van A tot D). Dat betekent

dat als er op een plek meerdere themakaarten zijn met categorie C (bijvoorbeeld bodemdaling, wateroverlast en waterveiligheid), dit gebied nog steeds in categorie C valt omdat deze opgaven te adresseren zijn met een substantiële inspanning waarbij meerdere partijen zich inzetten om tot een klimaatadaptieve ontwikkeling te komen.

Fig. C.7.2 Praatplaat landbouw

- Gevoelige gewassen in natte, verziltende en overstroombare buitendijkse gebieden (1:100). Bron data: Gewaspercelen. PDOK (2021) ‘BRP gewaspercelen’. Ingedeeld in de categorieën ‘Bloembollen en boom- en sierteelt’, ‘Akkerbouw’ (aardappelen, granen, groenten, suikerbieten, uien, maïs) en ‘Grasland’, zoals voorgesteld in ‘Analyse bodemgebruik 2040 ARK/NZK gebied’ van Defacto Stedenbouw in opdracht van Toekomstbestendig watersysteem - TB (maart 2022). Alleen de gewastypen die zich in de volgende gebieden bevinden (en dus mogelijk impact kunnen ondervinden van natte of zoute omstandigheden of zich in buitendijks overstroombaar gebied bevinden) zijn in beeld gebracht:
 - Buitendijkse gebieden die bij kans 1:100 inunderen. LIWO (2021) ‘Inundatie buitendijks’.
 - Zoekgebieden vernatting veen. Bron data: Deltares (maart 2022), kaart ‘Veengebieden in het landelijkgebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is’ uit ‘Bodem en water als basis’.
 - Interne verzilting (huidig en toekomst). Bron data: Deltares (2022) ‘Zoutvracht naar oppervlaktewater (kg/ha/jaar) voor de huidige situatie’ en ‘Verschil zoutvracht naar oppervlaktewater (kg/ha/jaar) ten opzichte van de huidige situatie voor zichtwaarde 1 m zeespiegelstijging.’ uit ‘Grondwaterverzilting en watervraag bij een stijgende zeespiegel.’ Aangevuld met data van WSHD van de verzilting op Goeree-Overflakkee, Voorne Putten en Hoeksche Waard.
- Indicatie benodigde landbouwtransitie. Voor landbouwgebied is een eerste indicatie gegeven van waar welke adaptatieopgaven spelen
 - Substantiële aanpassing nodig (categorie C), bv. ander gewastype. Bron data: *expert judgement* o.b.v. werksessies Klimaatonderlegger Zuid-Holland.
 - Aanpassing bedrijfsvoering nodig (categorie B), bv. extensiever. Bron data: *expert judgement* o.b.v. werksessies Klimaatonderlegger Zuid-Holland.

Klimaatonderlegger natuur

Voor de natuur zijn de opgaven vanuit water, bodem en klimaatverandering (nog) niet samen gebracht in een geschiktheidskaart, omdat de relaties tussen de condities en mate van (on)geschiktheid voor de natuur niet altijd eenduidig door te vertalen zijn. Zo is verzilting voor het ene zoetwaterafhankelijke natuurstype desastreus, terwijl brakke condities voor andere natuurstypen juist interessant zijn.

Fig. D.8.1 Praatplaat natuur

- Voor de grondwaterafhankelijke natuur is aangegeven waar onomkeerbare schade plaatsvindt bij watertekort. Hiervoor is de kaartlaag 'Water voor terrestrische natuur' gebruikt (zie kaart A.4.4). Voor de gebieden in categorie 1 van de verdringingsreeks is de grootste inspanning nodig, gevolgd door grondwaterafhankelijke gebieden met onomkeerbare schade bij watertekort waar geen aanvoer van rijkswater mogelijk is en grondwaterafhankelijke natuur met geen onomkeerbare schade bij watertekort. Daarnaast is aangegeven

welke factoren (verzilting, risico opwarming, vernatte veenweidegebieden) de waterkwaliteit verder onder druk zetten, en waar eventueel kansen ontstaan voor natte natuur (zoekgebieden vernatten veenweide en 10% laagste gebieden polders).