

## Bodem en water als basis

Beslisregels, onderbouwing, kartering



**Bodem en water als basis**  
Beslisregels, onderbouwing, kartering

## Bodem en water als basis

Beslisregels, onderbouwing, kartering

<b>Opdrachtgever</b>	DGWB Directie WOM - Afdeling Bodem en Ondergrond
<b>Contactpersonen</b>	Jaap Kwadijk jaap.kwadijk@deltares.nl Marco Hoogvliet marco.hoogvliet@deltares.nl
<b>Trefwoorden</b>	Water en bodem sturend, Ruimtelijke Ordening, RO

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	31-03-2022
<b>Projectnummer</b>	11208014-025
<b>Document ID</b>	11208014-025-BGS-0001
<b>Pagina's</b>	66
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Leeswijzer</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Overzicht van beslisregels</b>	<b>6</b>
2.1	Ruimte voor het watersysteem	6
2.2	Klimaat- en waterrobuust verstedelijken	6
2.3	Hoge zandgronden	7
2.4	Veenweidegebied	7
2.5	Verziltende kustgebieden en polders	8
2.6	Bodem en ondergrond	8
<b>3</b>	<b>Beslisregels met onderbouwing en kartering</b>	<b>9</b>
3.1	Ruimte voor het watersysteem	9
3.1.1	Maak ruimte voor bergingscapaciteit	9
3.1.2	Maak ruimte voor meer afvoercapaciteit in de rivieren	14
3.1.3	Borg de mogelijkheid op termijn de zeereep landinwaarts uit te breiden	20
3.1.4	Maak ruimte voor versterking van de keringen	22
3.1.5	Bronnen	24
3.2	Klimaat- en waterrobuust verstedelijken	26
3.2.1	Bouw op de meest geschikte locaties	26
3.2.2	Beperk gevolgen van overstroming en grootschalige wateroverlast	29
3.2.3	Niet afwentelen door aangepast bouwen	33
3.2.4	Kijk ver vooruit bij de aanleg van infrastructuur	34
3.2.5	Bronnen	38
3.3	Hoge zandgronden	40
3.3.1	Natuurvereisten en grondwatervoorraden	40
3.3.2	Bronnen	44
3.4	Veenweidegebied	45
3.4.1	Zet in op geleidelijke vernatting	45
3.4.2	Bescherm natte natuurgebieden	47
3.4.3	Bescherm funderingen	48
3.4.4	Niet afwentelen door slecht bouwrijp maken	50
3.4.5	Bronnen	52
3.5	Verziltende kustgebieden en polders	54
3.5.1	Houd rekening met toename van verzilting en vererger die niet	54
3.5.2	Bronnen	56
3.6	Bodem en ondergrond	57
3.6.1	Volg de aankomende EU-bodemrichtlijn	57
3.6.2	Voorkom bedreiging grondwatervoorraden door verslechterende bodem- en (grond)waterkwaliteit	61
3.6.3	Vermijd negatieve effect van energietransitie op water en bodem	62
3.6.4	Bronnen	64

# 1 Leeswijzer

Dit document bevat de neerslag van een sprintsessie die door Deltares is uitgevoerd op 21 t/m 23 maart 2022. In deze sessie heeft een groep van onderzoekers en adviseurs 'beslisregels' geformuleerd, die gebruikt kunnen worden bij het sturend maken van water en bodem in de ruimtelijke ordening. Voorliggend rapport is eveneens in dit tijdsbestek van drie dagen tot stand gebracht.

Er is in de sprintsessie voortgebouwd op en aangesloten bij de uitkomsten van werk dat IenW, Sweco, Defacto en andere partijen (w.o. Deltares zelf) heeft uitgevoerd in de tweede helft van 2021 en daarna. De inhoud van dit rapport vervangt deze uitkomsten niet, maar levert nuances en aanvullingen, uitgaande van de huidige kennis over opgaven en oplossingsrichtingen voor dit moment en op de lange termijn.

De beslisregels zijn in hoofdstuk 2 samenvattend op een rij gezet, en zijn in hoofdstuk 3 voorzien van een onderbouwing met bronvermelding, en (waar mogelijk) van kaarten die aangeven op welke gebieden de beslisregels betrekking hebben. Daarbij is een paragraafindeling naar landschapstypen/thema's gebruikt, die is overgenomen uit voorgaande rapportages voor DGWB.

## 2 Overzicht van beslisregels

### 2.1 Ruimte voor het watersysteem

#### **Maak ruimte voor bergingscapaciteit.**

Ontwikkelingen met een permanent karakter in overstroombare gebieden mogen het creëren van meer bergingscapaciteit niet beperken.

- Sub a. In beekdalen moet daarnaast rekening worden gehouden met hogere gemiddelde (grond)waterstanden in de dalen en ruimte worden geboden voor vrije meandering.
- Sub b. In peilbeheerste gebieden moeten noodbergingsgebieden worden aangewezen om bij extreme weersomstandigheden het overschot te kunnen bergen.
- Sub c. Ontwikkelingen in het buitendijks gebied van de grote meren moeten rekening houden met grotere peilfluctuaties.
- Sub d. In het benedenrivierengebied en estuariumgebied moet bij gesloten stormvloedkeringen rekening gehouden worden met een hogere hoogwaterstand.

#### **Maak ruimte voor meer afvoercapaciteit in de rivieren**

Langs onze grote rivieren is voor een veilige afvoer van hoogwaters ruimte nodig om de afvoercapaciteit voor het eind van de eeuw met circa 10-20 % te vergroten. Dit kan door (1) dijkverleggingen en/of bypasses (bedijkte trajecten) òf (2) hogere waterstanden te accepteren die een groter deel van de natuurlijke vallei benutten (Maasvallei, Overijsselse Vecht).

Wáár deze verruiming nodig is, is voor de Rijntakken afhankelijk van een beslissing over de gewenste afvoerverdeling bij hoogwater voor de lange termijn. Zonder die beslissing ligt er daardoor een ruimteclaim op zowel het IJsseldal als het hele Centrale rivierengebied. Dit beslaat een veel groter gebied dan de huidige Barro-gebieden.

#### **Borg de mogelijkheid op termijn de zeereep landinwaarts uit te breiden**

Ruimtelijke ontwikkelingen die het op lange termijn naar binnen rollen van de duinkust belemmeren dienen te worden voorkomen en bij smalle duinen moet ruimte voor binnenwaartse duinuitbreiding worden gereserveerd.

#### **Maak ruimte voor versterking van de keringen**

Ontwikkelingen binnen 100m van de binnenteen van een primaire waterkering (30m voor regionale keringen) mogen toekomstige dijkversterking niet belemmeren.

### 2.2 Klimaat- en waterrobuust verstedelijken

#### **Bouw op de meest geschikte locaties**

Nieuwbouw- of herontwikkeling mag de klimaatadaptatie-opgave op systeemniveau niet vergroten. Dat betekent dat ook de gevolgen van een ontwikkeling voor omliggende gebieden, die afhankelijk zijn van hetzelfde water- en bodemsysteem, beschouwd moeten worden. De inspanning die nodig is om een woningbouwlocatie waterrobuust en klimaatbestendig te maken en in de toekomst te houden, wordt zo medebepalend voor de locatiekeuze.

### **Beperk gevolgen van overstroming en grootschalige wateroverlast**

Beperk de toename van de gevolgen van overstromingen door bij stedelijke ontwikkelingen rekening te houden met het overstromingsgevaar. Dit betekent: niet bouwen in de meest gevaarlijke gebieden en in andere gebieden aanpassingen doen, afhankelijk van de mate van gevaar. De gevaarlijkste gebieden zijn die gebieden die bij een calamiteit snel volstromen, waar de waterdiepte groot wordt en evacuatiemogelijkheden beperkt zijn.

### **Niet afwentelen door aangepast bouwen**

Kosten die het gevolg zijn van een geringere geschiktheid van een locatie voor woningbouw – inclusief toekomstige kosten van het functioneel en klimaatbestendig houden van bebouwing en infrastructuur – worden niet afgewenteld op de toekomst, niet op de omgeving en niet van het private op het publieke domein. In aanvulling op een kritische locatiekeuze wordt dit bereikt door bouwwijzen te eisen die zijn afgestemd op lokale water- en bodemkarakteristieken.

### **Kijk ver vooruit bij de aanleg van infrastructuur**

De gevolgen van klimaatverandering en extreem weer in de komende 100 jaar mogen niet leiden tot meerdaagse uitval van nieuwe en bestaande infrastructuur, rekening houdend met afhankelijkheden van andere typen infrastructuur. Het infrastructuurnetwerk moet altijd evacuatie, hulpverlening en herstel na een extreme gebeurtenis mogelijk maken.

## 2.3 Hoge zandgronden

### **Behaal wettelijke eisen ten aanzien van natuur**

Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik moeten het behalen van de wettelijke taken voor natuur (Natura 2000- en KRW-eisen) bevorderen. Hiervoor moeten in het invloedsgebied rond natuurgebieden beperkingen worden opgelegd aan ontwatering, onttrekkingen en gebruik van meststoffen en pesticiden, om te zorgen voor voldoende beekafvoer, hogere grondwaterstanden, voldoende sterke kwelstromen en een goede waterkwaliteit.

### **Draag bij aan duurzame grondwatervoorraden**

Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik moeten bijdragen aan het duurzaam in stand houden van grondwatervoorraden (bescherming drinkwatervoorraden en KRW-grondwaterlichamen). Vervuiling moet worden tegengegaan en er moeten eisen worden gesteld aan onttrekkingen en infiltratie.

## 2.4 Veeweidegebied

### **Zet in op geleidelijke vernatting**

In de meeste kustveengebieden wordt tot 2030 de drooglegging verminderd om de doelstellingen in het klimaatakkoord te halen. De drooglegging wordt beperkt tot 50 cm of minder in 2030, na 2030 wordt de drooglegging nog verder verminderd en het veeweidegebied verder vernat.

### **Bescherm natte natuurgebieden**

Voor de veenmoerassen zoals het Vechtplassengebied en de Wieden en Weerribben, maximaal inzetten op vasthouden regenwater en voorkomen wegsijpelen zoetwater naar de omgeving, bijvoorbeeld door aanleg van hydrologische bufferzones en flexibel peilbeheer.

### **Bescherm funderingen**

Extra maatregelen toepassen voor woningen in landelijk gebied die gefundeerd zijn op staal en die grote kans lopen op funderingsschade of grondwateroverlast door waterpeilveranderingen.

### **Niet afwentelen door slecht bouwrijp maken**

Voorkom afwenteling van schade en kosten naar de beheerfase en/of van privaat naar publiek door strengere eisen aan het bouwrijp maken.

## 2.5 Verziltende kustgebieden en polders

### **Houd rekening met toename van verzilting en vererger die niet**

Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik in verziltende gebieden mogen de verzilting niet verergeren. Ontwikkelingen houden rekening met verzilting door hogere zoutconcentraties te accepteren of inzake water zelfvoorzienend te worden. In sommige gebieden zal zout in de wortelzone komen en in andere gebieden kan polderdoerspoeling op termijn niet meer gegarandeerd worden door afnemende beschikbaarheid van water uit het hoofdwatersysteem.

## 2.6 Bodem en ondergrond

### **Voldoe aan de aankomende EU-bodemrichtlijn**

Voorkom chemische, fysische of biologische bodemdegradatie die toekomstig ander gebruik belemmert. Praktisch juridisch: Voldoe aan de aankomende EU-bodemrichtlijn.

### **Voorkom bedreiging grondwatervoorraden door verslechterende bodem- en (grond)waterkwaliteit**

Voorkom de emissie van nutriënten en antropogene stoffen naar het grondwater, die nu en op lange termijn (>100 jaar) een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit veroorzaken. Doe dit waar mogelijk via een bronaanpak en waar noodzakelijk via effectieve ingrepen/zuivering en/of de benutting van het natuurlijk systeem (zuiverende werking bodem).

### **Vermijd negatieve effect van energietransitie op water-, bodem en biodiversiteit**

Wanneer ruimte in het landschap, het water of de ondergrond gebruikt wordt voor energieopwekking of -opslag, moeten negatieve effecten daarvan op water en bodem zoveel mogelijk worden vermeden.



# 3 Beslisregels met onderbouwing en kartering

Bij het opstellen van de beslisregels is uitgegaan van de volgende basisprincipes:

1. Aan welk beleid/wetgeving wordt nu niet voldaan en wat is nodig om dat wel te doen
2. NOVI principe: niet afwentelen: in de ruimte, in de tijd, publiek-privaat, tussen generaties
3. de gebruiker/veroorzaker draagt de kosten
4. voorkom onomkeerbare schade, en lock-ins.

## 3.1 Ruimte voor het watersysteem

### 3.1.1 Maak ruimte voor bergingscapaciteit

**Ontwikkelingen met een permanent karakter in overstroombare gebieden mogen het creëren van meer bergingscapaciteit niet beperken.**

- **Sub a. In beekdalen moet daarnaast rekening worden gehouden met hogere gemiddelde (grond)waterstanden in de dalen en ruimte worden geboden voor vrije meandering.**
- **Sub b. In peilbeheerste gebieden moeten noodbergingsgebieden worden aangewezen om bij extreme weersomstandigheden het overschot te kunnen bergen.**
- **Sub c. Ontwikkelingen in het buitendijks gebied van de grote meren moeten rekening houden met grotere peilfluctuaties.**
- **Sub d. In het benedenrivierengebied en estuariumgebied moet bij gesloten stormvloedkeringen rekening gehouden worden met een hogere hoogwaterstand.**

#### *Onderbouwing*

**In onbedijkte trajecten van de grote rivieren, zoals de Maasvallei en langs de Overijsselse Vecht**, mogen ruimtelijke ontwikkelingen geen beperkingen opleveren om op termijn de bergingscapaciteit te vergroten. Deze bergingscapaciteit beoogt topvervlakking van hoogwatergolven. In deze rivieren zullen de hoogwaterafvoeren in de toekomst stijgen als gevolg van klimaatverandering. In de Systeembeschoouwing IRM (Anonymus, 15 maart 2022) is voorgesteld voornamelijk uit te gaan van **10-20% hogere Maasafvoeren** als richtwaarde voor 2100. De topvervlakking in het onbedijkte deel van de Maas beperkt afwenteling op de stroomafwaartse Bedijkte Maas.

# KNMI Klimaatsignaal '21

Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

De aarde warmt op. Het klimaat verandert sneller dan we eerder dachten. En dat merken we steeds meer, ook in ons eigen land. We hebben vaker te maken met hitte en extreme neerslag en steeds minder vaak met strenge vorst.

Het klimaatpanel van de Verenigde Naties, het IPCC, heeft vastgesteld dat de opwarming van de aarde door de mens is veroorzaakt.

In 2015 is in het Klimaatakkoord van Parijs afgesproken om de wereldwijde temperatuurstijging te beperken tot 2°C, en het liefst tot 1,5°C. Met de huidige uitstoot bevat de atmosfeer over tien jaar al zoveel broeikasgassen dat de 1,5°C-grens waarschijnlijk permanent overschreden wordt.

Hoe staat het ervoor met het klimaat in Nederland?

## Zeespiegel

Als we de uitstoot van broeikasgassen niet verminderen kan de zeespiegel voor de Nederlandse kust rond 2100 tot 1,2 meter stijgen ten opzichte van begin deze eeuw. Als delen van de Antarctische IJskap instabiel worden kan de zeespiegel zelfs tot 2 meter stijgen.

## Rivieren

's Zomers neemt de kans op laagwater in de rivieren toe, terwijl in de winter juist de kans op hoogwater toeneemt.

## Droogte

Door de hogere temperaturen en door meer zonnestraling stijgt de verdamping. De kans op droogte in het voorjaar en in de zomer wordt daardoor groter.

## Arctische invloed op ons weer

De opwarming in het Arctische gebied is sterker dan in de tropen. Dit kan leiden tot een zwakkere straalstroom. Daardoor is de kans op aanhoudende weersituaties zoals langdurige droge, natte, warme of koude periodes, mogelijk groter.

## Orkanen / BES

Omdat in een warmer klimaat de zeevatertemperaturen stijgen kunnen de orkanen in de buurt van Bonaire, St. Eustatius en Saba zwaarder worden.

## Extreme neerslag

Doordat de lucht in een warmer klimaat meer vocht kan bevatten, ontstaan er extremere buien. Bij de zwaarste buien kunnen ook meer valwinden ontstaan, die gevaarlijk kunnen zijn en veel schade kunnen aannichten.

## Hitte en neerslag in steden

Steden zijn meestal warmer dan de landelijke omgeving door het hitte-eilandeffect. Door de opwarming van de aarde wordt het ook in steden nog warmer. Daarnaast vormen extreme neerslag en droogte een steeds grotere uitdaging voor de stad.

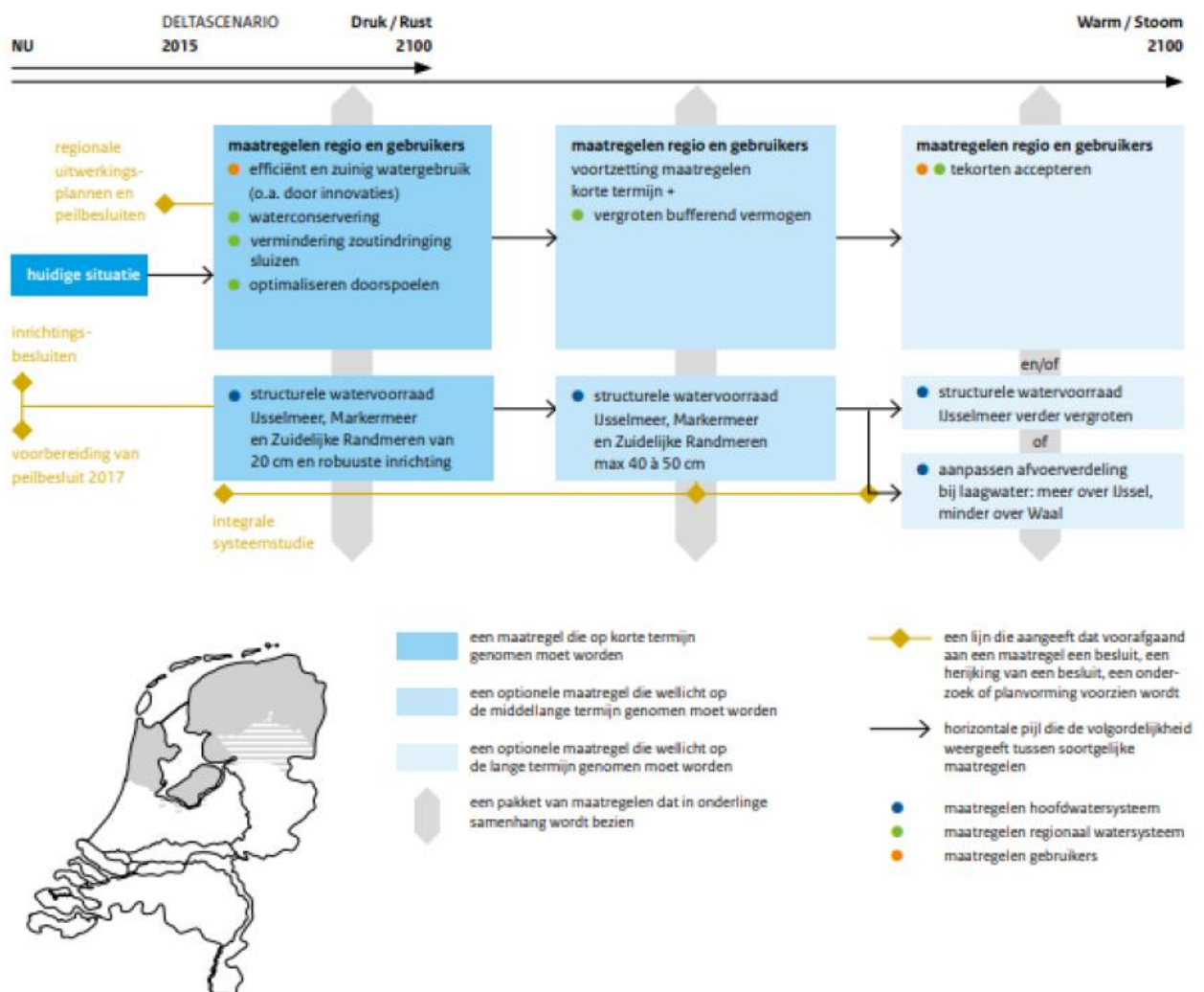
Figuur 3.1 Gevolgen van klimaatverandering voor Nederland naar aanleiding van het IPCC Ontwikkelingen in Nederland uit Klimaatsignaal '21 (KNMI, 2021)

**Sub a.** Door klimaatverandering wordt de waarschijnlijkheid van extreem natte en droge periodes groter. Hoeveel het klimaat in de toekomst nog gaat veranderen en welke toename van extremen ons nog te wachten staat, is onzeker. De KNMI'14 scenario's laten een toename van de neerslag tussen de 2,5 en 40% zien voor het einde van deze eeuw. De extreme weersomstandigheden die wereldwijd de afgelopen jaren zijn opgetreden, waaronder die van juli 2021, suggereren dat ook onzeker is met welke omvang van buienclusters met extreme neerslag momenteel al rekening gehouden zal moeten worden. In ieder geval zal dit in beekdalen tot een grotere variatie in afvoeren leiden. Om die afvoer te kunnen verwerken is meer bergingscapaciteit en dus ruimte nodig. Dat kan in de vorm van vrije meandering, wat tevens het (bovenstrooms) vasthouden van water bevordert. De natuur in de beekdalen is namelijk sterk afhankelijk van de grondwaterstanden en kwelstromen. Te grote grondwateronttrekking in de stroomgebieden van de beken leidt tot regelmatig droogvallende beken. Daarmee treedt substantiële schade op aan de natuur. Deze is vaak onomkeerbaar (Natuurmonumenten, 2020). Om de huidige KRW-doelen en Natura2000-doelen te halen zijn hogere grondwaterstanden en herstel van de kwelstroom naar de dalen nodig. Deze beslisregel voor piekwaterberging laat zich goed combineren met de beslisregel voor de hoge zandgronden.

**Sub b.** In de peilbeheerste gebieden van NL moeten regionale en lokale oppervlaktewatersystemen nu al zo ingericht worden dat deze minimaal voldoen aan NBW-normen voor wateroverlast. De normering bakent de zorgplicht af die het waterschap heeft op

het vlak van het voorkomen of beperken van wateroverlast door extreme neerslag (STOWA, 2021). Klimaatverandering vergroot de kans op boven-maatgevende neerslag, waardoor er in de toekomst vaker wateroverlastsituaties zullen ontstaan met forse schade tot gevolg (Deltares, 2021). Eén van de kansrijke maatregelen zijn noodbergingsgebieden: extensief gebruikte gebieden, die alleen in nood onder water gezet kunnen worden. Deze noodbergingsgebieden moeten het overschot van water kunnen bergen en zo gevaarlijke situaties of schade elders in het gebied voorkomen of substantieel verminderen. Noodbergingsgebieden worden bestemd in regionale waterplannen van de provincies en waterschappen.

**Sub c.** Meegroeien met de zeespiegelstijging betekent voor het IJsselmeer, Markermeer en de Veluwe-randmeren mogelijk een hoger jaarrond streefpeil. Recent onderzoek (ISWP, 2019) naar opties voor peilverhoging komt uit op 30cm maximaal meestijgen na 2050, rekening houdend met kosten voor dijkversterking en extra pompcapaciteit vanuit het regionale systeem, omdat spuien onder vrij verval bij te hoge peilen niet meer mogelijk is. Bij 30cm meestijgen is het winterstreefpeil -0,10 m NAP. Voor de zeespiegelstijging waren de KNMI'14 scenario's het uitgangspunt en zijn extremere scenario's niet beschouwd. Daarnaast moet de optie worden opengehouden om het peil in de zomer verder te verhogen om in de groeiende watervraag te voorzien én langdurige periodes van lage rivierafvoeren te overbruggen.



Figuur 3.2 Adaptatiepad Zoetwater (Deltaprogramma, 2021) - Syntheserapport zes-jaarlijkse herijking - Deltaprogramma Zoetwater.pdf)

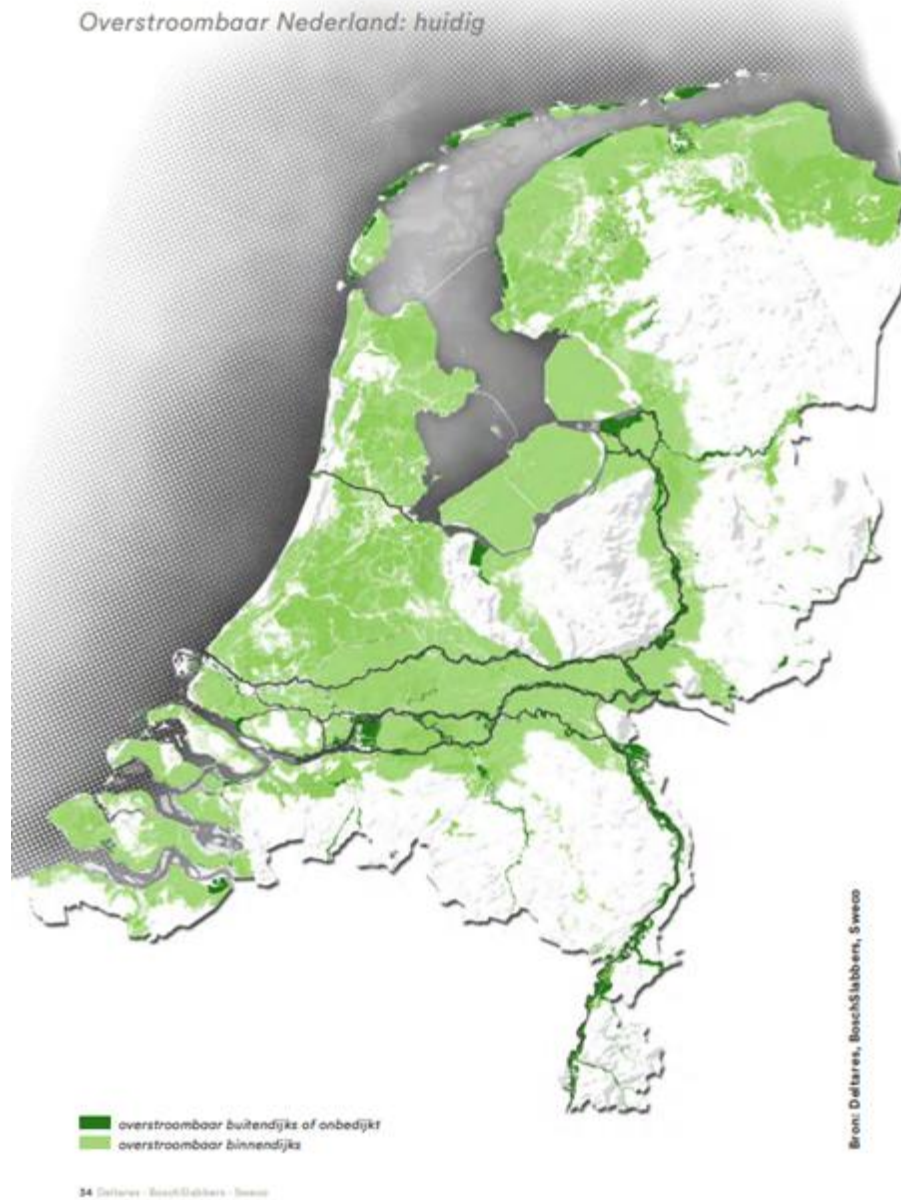
Het adaptatiepad van het Deltaprogramma Zoetwater houdt hiervoor rekening met een extra bufferschijf van 20-30 cm. Deze extra ruimte kan worden gezocht in een hoger zomerstreefpeil tot +0,10 m NAP.

De fluctuaties waarmee in het ontwerp rekening moet worden gehouden zijn groter dan de genoemde streefpeilen als gevolg van windopzet en variërende spuicapaciteit van de Afsluitdijk (getij). Wat dit betekent voor ontwerpeisen van buitendijkse ontwikkeling moet nader worden uitgewerkt.

**Sub d. In het door de getijden beïnvloede benedenrivierengebied en het afsluitbare estuariumgebied** moet in buitendijkse gebieden, zoals bij Rijnmond-Drechtsteden, rekening gehouden worden met meer dan een meter hogere hoogwaterstanden tegen het einde van deze eeuw, als gevolg van de zeespiegelstijging. De huidige Deltascenario's houden rekening met een zeespiegelstijging van 0,35 tot 1,0 meter in 2100. Bij versnelde zeespiegelstijging kan dit 1,2 meter of zelfs 2 meter worden in 2100 (IPCC, 2021; Haasnoot et al, 2018). Stijging van de zeespiegel resulteert in frequentere sluiting van de keringen, beperkte spuicapaciteit gedurende stormen, en dus hogere waterstanden die door opstuwning ook in het rivierengebied merkbaar zijn. Dit vraagt hetzij een versnelde keuze de Rijn-Maasmond vanwege toenemend overstromingsgevaar geheel af te sluiten, hetzij grootschalige ingrepen om de rivierafvoeren naar het zuiden af te leiden.

Kartering

Gebieden waarop deze beslisregel betrekking heeft.



Figuur 3.3 Overstroombaar gebied Nederland (behorend bij hoofdprincipe van deze beslisregel)



Ligging beekdalen

Figuur 3.4 Overzicht ruimtebeslag beekdalen (behorend bij Sub a van de beslisregel).

### 3.1.2 Maak ruimte voor meer afvoercapaciteit in de rivieren

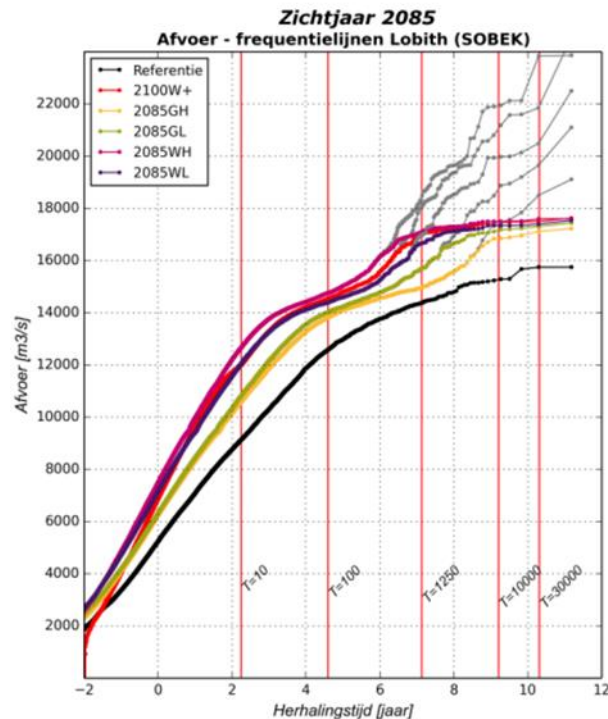
Langs onze grote rivieren is voor een veilige afvoer van hoogwaters ruimte nodig om de afvoercapaciteit voor het eind van de eeuw met circa 10-20 % te vergroten. Dit kan door (1) dijkverleggingen en/of bypasses (bedijkte trajecten) òf (2) hogere waterstanden te accepteren die een groter deel van de natuurlijke vallei benutten (Maasvallei, Overijsselse Vecht).

Wáár deze verruiming nodig is, is voor de Rijntakken afhankelijk van een beslissing over de gewenste afvoerdeling bij hoogwater voor de lange termijn. Zonder die beslissing ligt er daardoor een ruimteclaim op zowel het IJsseldal als het hele Centrale rivierengebied. Dit beslaat een veel groter gebied dan de huidige Barro-gebieden.

#### Onderbouwing

Door klimaatverandering zullen de hoogwaterafvoeren van Rijn en Maas groter worden, zowel de extreme als de middelhoge. De Rijn kent op dit moment nog een soort fysisch maximum, omdat overstromingen in Duitsland tot aftopping leiden. Die overstromingen kunnen overigens ook onze landsgrens passeren, maar dan niet tussen de dijken, maar erachter. Volgens GRADE berekeningen op basis van de KNMI'14 scenario's kan de hoogwaterafvoer op de Rijn met 10-20% toenemen en die op de Maas met 5-25% (Sperna-Weiland et al., 2015; Klijn et al., 2015). In de Systeembeschuiving IRM (Anonymous, 15 maart 2022) is voorgesteld vooralsnog uit te gaan van **10-15% hogere Rijnafvoeren** respectievelijk **10-20% hogere Maasafvoeren** als richtwaarde voor 2100.

Een grote **onzekerheid** rond de Rijn is hoe **Duitsland** zal reageren op klimaatverandering; gaan ze dijken verhogen of de rivier verruimen? En hoe de rivier zich in Duitsland zal ontwikkelen; zal de uitschuring van het zomerbed die ook daar optreedt de afvoercapaciteit doen toenemen? Het betekent dat het zogenaamde fysieke maximum aan de Bovenrijnafvoer geen vast gegeven is. **Berekeningen met het GRADE instrumentarium laten zien dat – als in Duitsland door aanpassingen aan de Rijn de afvoercapaciteit wordt vergroot – de hoogwaterafvoer wel 6000 m<sup>3</sup>/s (30-35%) groter kan worden (Deltares, 2015).**



Figuur 3.5 Projecties van toekomstige Rijnafvoeren bij Lobith bij verschillende kans van optreden in verschillende klimaatscenario's met aftopping Duitsland (gekleurde lijnen) en zonder aftopping (maatregelen in Duitsland veronderstellend: grijze lijnen) (uit: Klijn et al, 2015)

In de Maasvallei zullen grotere rivierafvoeren leiden tot hogere waterstanden en dus een vanzelf **breder wordend winterbed**. In de bedijkte Maas en Rijntakken moet de afvoercapaciteit worden vergroot door rivierverruiming (**dijkverleggingen of bypasses**). Hoeveel precies langs welke Rijntak, is afhankelijk van de afvoerverdeling; hoeveel precies langs de Bedijkte Maas is afhankelijk van de mate van topvervlakking die in de (onbedijkte) Maasvallei nog kan optreden door de daar resterende of gerealiseerde bergingscapaciteit (op deze afhankelijkheden wordt uitgebreid ingegaan in de Systembeschuwing IRM).

Hoe en waar die rivierverruiming dan moet worden gerealiseerd is **afhankelijk** van de gewenste **afvoerverdeling**. Uitgangspunt van het huidige beleid voor de Rijntakken is de Lek ontzien en alle extra afvoer verdelen over Waal en IJssel (80:20). Eerder zijn ook wel voorstellen gedaan alle *extra* afvoer door het IJsseldal te sturen (De Rijn op Termijn; WL, 1998), of *alles* door de Waal (plan Beaufort). Enkele van de minst onrealistische voorstellen zijn besproken in een rapport dat in 2022 aan de Deltacommissaris wordt geleverd (Diermanse et al., 2022). In de Systembeschuwing IRM worden ook opties voor een andere afvoerverdeling voorgesteld, waarbij hetzij (1) alle extra Rijnafvoer door het IJsseldal wordt geleid, hetzij (2) alle Nederrijn-afvoer door de IJssel gaat en de Waal z'n standaard 2/3

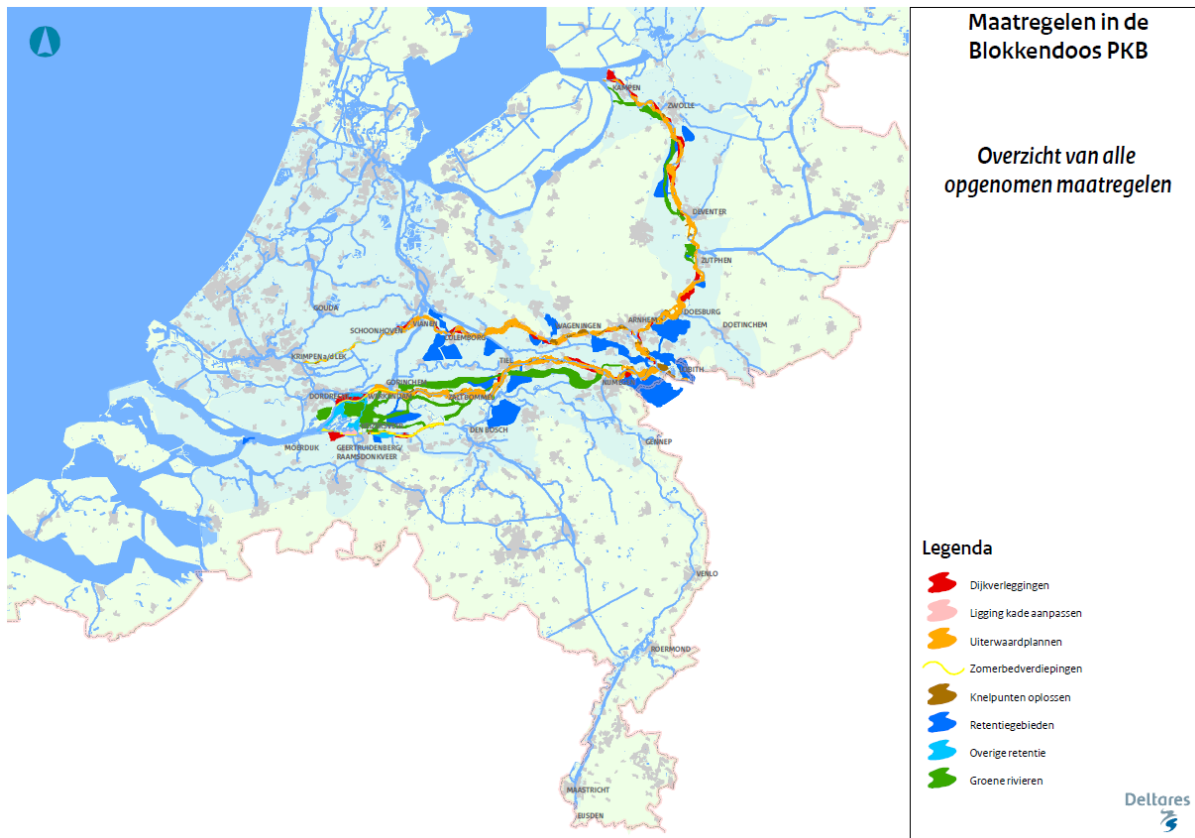
deel extra moet kunnen afvoeren. Er is voorgesteld **een beleidsanalytische studie** te verrichten naar de voor de lange termijn gewenste afvoerverdeling. Reden daarvoor is dat het noodzakelijkerwijs **open moeten houden van alle opties een grote ruimteclaim impliceert**, want dan moet ruimte worden gevrijwaard/gereserveerd langs zowel de Waal als de IJssel (zie daarvoor de kaarten verderop en/of het rapport voor de Deltacommissaris (Diermanse et al., 2022)). En voor de Maas natuurlijk nog. Het betekent dat door het uitstellen van een lange-termijnkeuze feitelijk het reserveren van het hele westelijk IJsseldal en het hele centrale rivierengebied gewenst zou is. Het betekent ook dat **stedelijke ontwikkeling aan weerszijden van de rivier te allen tijde moet worden voorkomen**, omdat dit op termijn een flessenhals kan opleveren (en een lock-in situatie). Dit is bijv. onderkend door Waterschap Drents Overijsselse Delta en geldt langs de IJssel voor Zutphen, Deventer en Zwolle. Vergelijkbare situaties zijn er langs de Nederrijn/Lek, Waal en Maas.

Voor het College Rijksadviseurs (Klijn, 2022) is grofstoffelijk begroot tot welke **ruimteclaim** rivierverruiming zou kunnen leiden. Voor de Rijntakken was de redenering als volgt: met Ruimte voor de Rivier is 4400 ha teruggegeven. De opgave tot eind van de eeuw is zeker 2x zo groot als die voor Ruimte voor de Rivier was en de meest efficiënte locaties voor verruiming zijn al gebruikt. Dat betekent dat mag worden uitgegaan van een ruimteclaim van **tenminste 10.000 ha** extra buiten-te-dijken gebied (ruim 2x zoveel als Ruimte voor de Rivier heeft gerealiseerd). Voor een duurzaam veilig rivierengebied *met ruimtelijke kwaliteit* is meer gewenst (zie bijv. Klijn et al., 2002); denk dan eerder aan een ruime verdubbeling van het buitendijkse areaal (circa 60.000 ha Rijn en Maas samen). Dat betekent een twee keer breder winterbed, waarbij de huidige gemiddelde winterbedbreedte van Waal en IJssel circa 1,5 km is; en die van de Maas circa 1,0 km (zie Systeembeschuwing IRM: Anonymous 15 maart 2022).

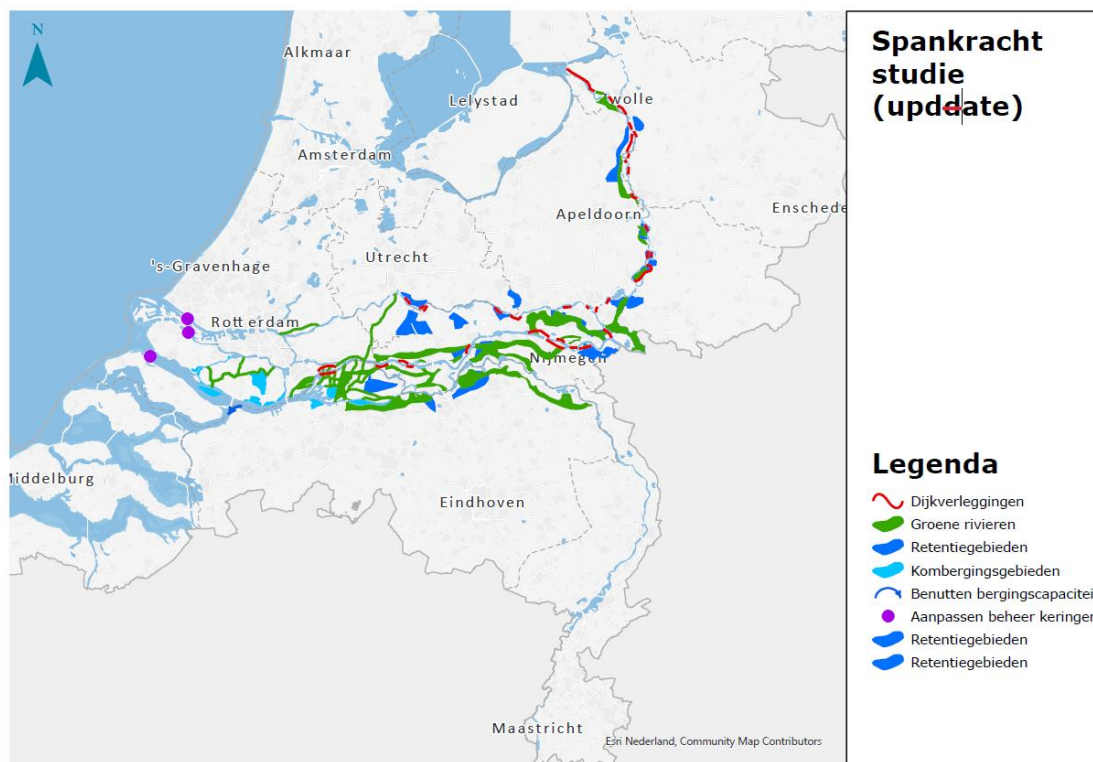
#### *Kartering*

Hieronder zijn verschillende kaarten getoond, waarin een scala aan voorstellen voor grootschalige rivierverruiming wordt gedaan. Het feit dat deze kaarten niet overlappen laat zien dat (nog) niet kiezen voor een afvoerverdeling en een langetermijnperspectief met zich meebrengt dat het gewenst is het IJsseldal ten westen van de rivier en het Centrale Rivierengebied tot ongeveer Gorkum te vrijwaren van ontwikkelingen die de mogelijkheid dijken te verleggen of groene rivieren (bypasses) te realiseren in de weg staan.

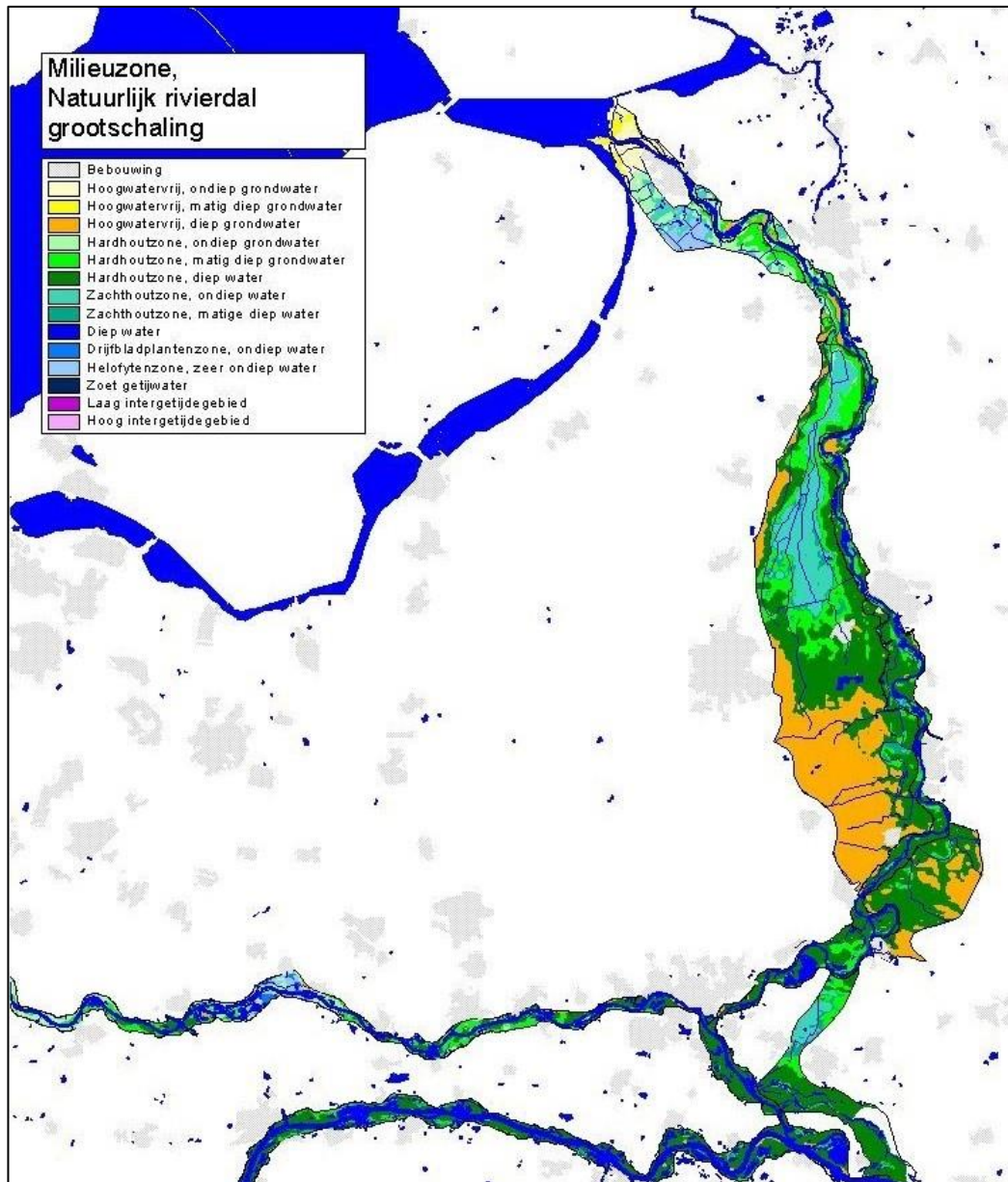




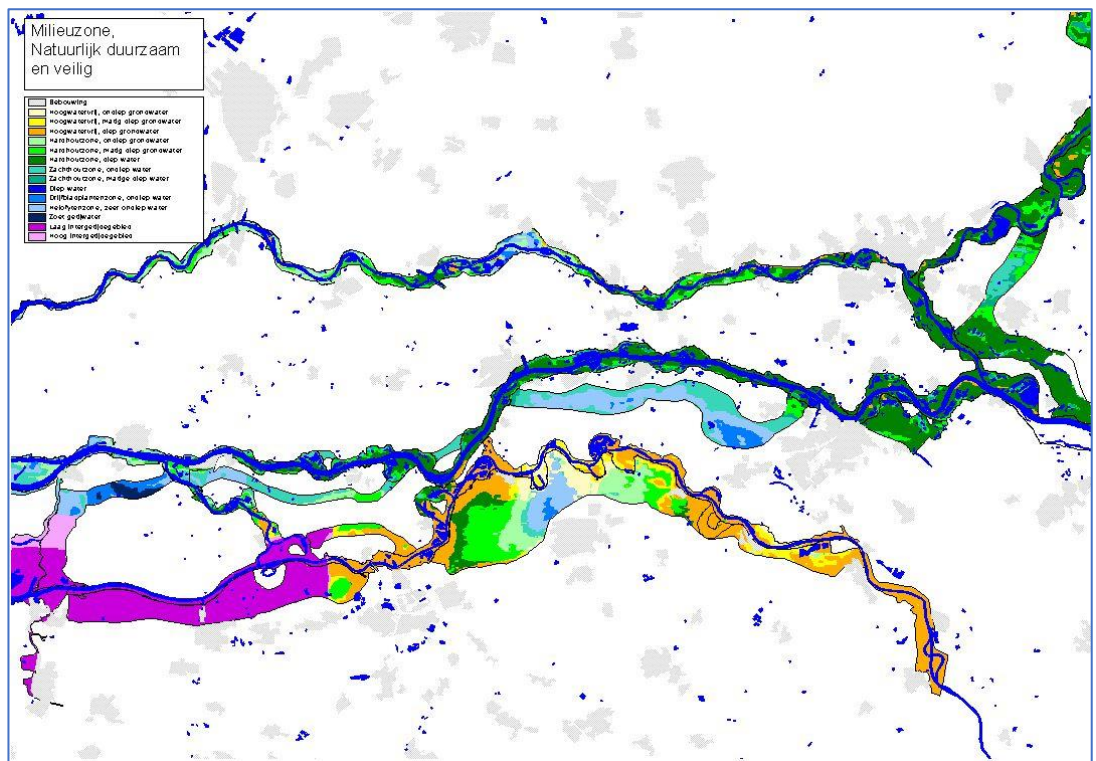
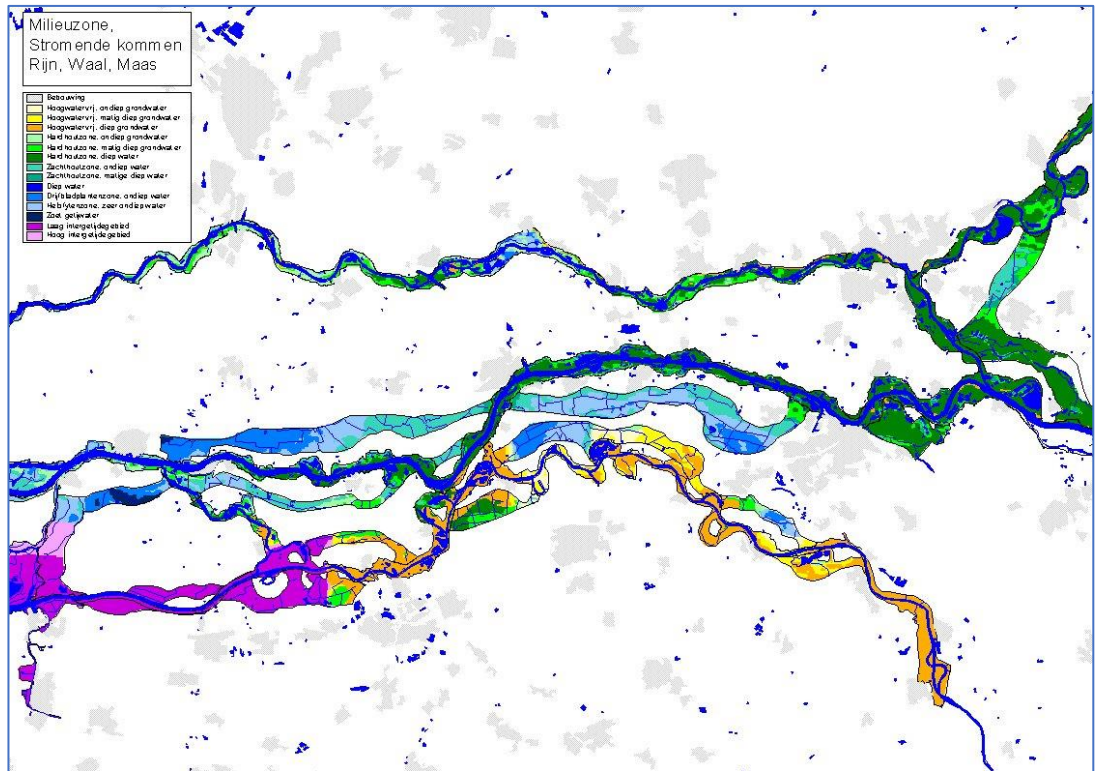
Figuur 3.6 Maatregelen in de Blokkendoos Ruimte voor Rivieren die alleen op de Rijntakken betrekking heeft; verzameld door Deltares voor Deltaprogramma-Rivieren/ IRM.



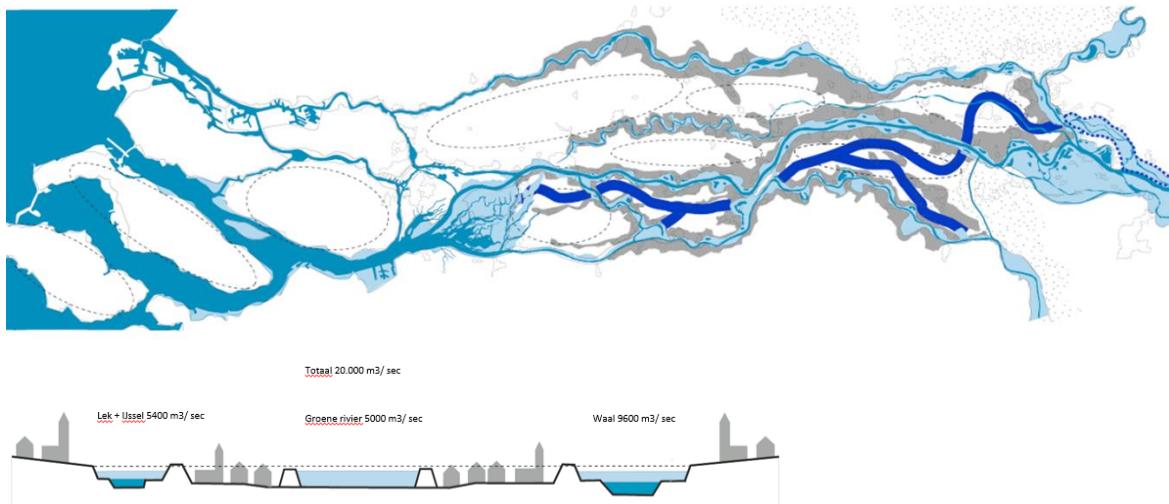
Figuur 3.7 Maatregelen die zijn verkend in de Spankrachtstudie (ook Maas); verzameld door Deltares voor Deltaprogramma-Rivieren/ IRM.



*Figuur 3.8 Afleiding van een deel van de Rijnafvoer naar het IJsseldal (via Rijnstrangen en dan tussen Duiven en Zevenaar door) conform cf. Rijn op Termijn (Baan & Klijn, 1998): de ecologisch relevante milieus die ontstaan als hier extra ruimte voor de rivier wordt gecreëerd (uit: Klijn et al., 2002)*



Figuur 3.9 Alternatief stromende kommen (alleen Centraal rivierengebied; boven) en Natuurlijk duurzaam veilig (onder) die als 'beste keus' werd beoordeeld (met meer water door het IJsseldal) (Klijn et al., 2002).



Figuur 3.10 Een stelsel van groene rivieren door de kommen langs de Waal voor een afvoer van 5000 m<sup>3</sup>/s (boven) met dwarsprofiel (Rietveld, 2003).

### 3.1.3 Borg de mogelijkheid op termijn de zeereep landinwaarts uit te breiden

**Ruimtelijke ontwikkelingen die het op lange termijn naar binnen rollen van de duinkust belemmeren dienen te worden voorkomen en bij smalle duinen moet ruimte voor binnenwaartse duinuitbreiding worden gereserveerd.**

#### *Onderbouwing*

Het huidige kustlijnbeleid gaat uit van het **handhaven van zowel de kustlijn als het kustfundament** (onder water) door zandsuppleties. Bij een sterker en verder stijgende zeespiegel neemt de hoeveelheid te suppleren zand sterk toe (zie bijv. Haasnoot et al. 2018). In scenario's waarin een versnelde zeespiegelstijging wordt voorzien, betekent dit dat langs de gehele kust permanent zand moet worden gesuppleerd. Dat zand moet worden gewonnen op voldoende grote diepte buiten het kustfundament. Daarmee wordt de winbaarheid lastiger, zeker omdat er sprake is van ruimteconflicten op de Noordzee.

Er is grote zekerheid dat de zeespiegel over een zeer lange periode, vele eeuwen, zal blijven stijgen (IPCC, 2019). De snelheid waarmee dat na 2050 zal plaatsvinden is echter onzeker, en hangt in hoge mate af van de broeikasgas emissiebeperkingen die wereldwijd gerealiseerd kunnen worden. Op deze zeer lange termijn is de enig duurzaam handhaafbare strategie meebewegen met de kustlijn: transgressie is de natuurlijke beweging bij zeespiegelstijging. Grote delen van ons duingebied zijn zeer breed en kunnen dus gemakkelijk naar binnen schuiven zonder dat de veiligheid in het geding is. Dat zal wel leiden tot afname van zoetwatervoorraden en verlies aan natuurwaarden. Denk hierbij aan Meijendel, de Kennemerduinen, Bergen-Schoorl en de Waddeneilanden. Verder belemmeren kustplaatsen met boulevards het meebewegen. **Uitbreiding van deze bebouwing en verharding kan op termijn een lock-in situatie betekenen en is daarom ongewenst.**

Smalle duingebieden liggen op Walcheren, tussen Hoek van Holland en Den Haag (ter hoogte van de zandmotor), bij Katwijk waar de oude Rijn in zee uitmondt, en hier en daar langs de kust ten noorden van Petten. Bij de Hondsbossche Zeedijk ontbreken de duinen volledig. Hier is een zeewaartse uitbreiding in de vorm van duin-en-strand voor de dijk gelegd die op lange termijn niet handhaafbaar lijkt. Om op deze locaties op termijn een landwaarste

verschuiving mogelijk te maken zou het duinmassief aan de binnenzijde (dus niet aan de zeewaartse zijde) verbreed moeten (kunnen) worden. In een verkenning van WL (WL werkgroep Ruimte voor Water, 2000) uit 2000 is vastgesteld dat dit de meest duurzame oplossingsrichting is. **Dit betekent dat de ruimte achter deze smalle duinen en zeewering wordt gevrijwaard van ruimtelijke ontwikkelingen met lange levensduur/ permanent karakter** (lees: bebouwing).

### Kartering



Figuur 3.11 Voorbeeld kaart van ligging van locaties voor binnenwaartse duinuitbreiding (pijlen).

### 3.1.4 Maak ruimte voor versterking van de keringen

**Ontwikkelingen binnen 100m van de binnenteen van een primaire waterkering (30m voor regionale keringen) mogen toekomstige dijkversterking niet belemmeren.**

#### *Onderbouwing*

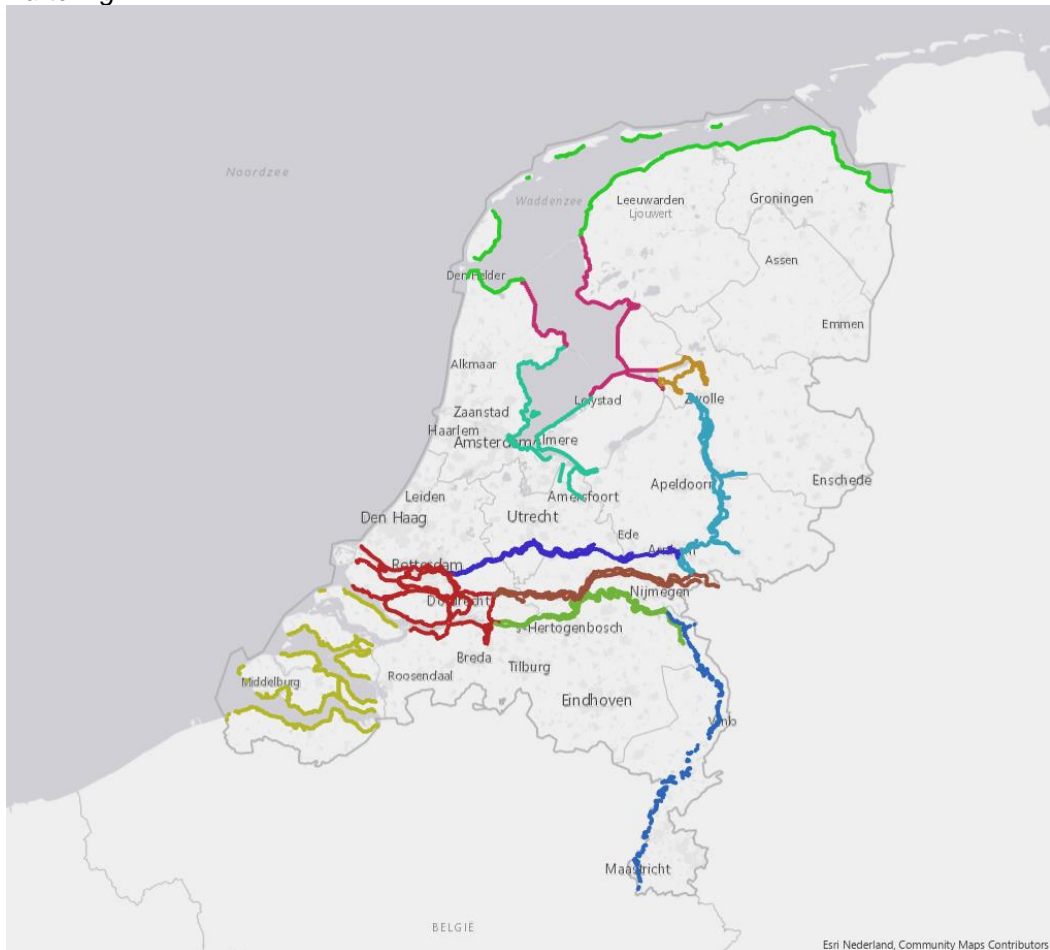
Bebouwing op of direct naast de dijk is vaak beperkend voor dijkversterkingen en maakt dure maatregelen noodzakelijk. Daarom is het nodig een reserveringszone aan te houden waarin geen belemmerende ontwikkelingen mogen plaatsvinden. Deze benodigde ruimte hangt vooral af van de benodigde breedte van de dijk, maar ook van inspecteerbaarheid, noodmaatregelen en uitvoering. Ook moet de zone zo breed zijn dat bebouwing buiten de zone geen invloed heeft op de faalkans (bijvoorbeeld door verhoogde kans op piping door een fundering). We gaan hierbij uit van het huidige systeem op basis van groene dijken. Op basis van eerdere studies (Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21), het Deltaprogramma, Effectiviteit van Rivierverruiming (OKADER) en ISWP IJsselmeergebied) is een ruwe schatting gemaakt van de benodigde breedte van dijken bij verschillende buitenwaterstandsverhogingen. In de loop van 2022 wordt gewerkt aan nauwkeuriger schattingen.

De benodigde breedte wordt vooral bepaald door de buitenwaterstand en de keuze voor een verticale oplossing tegen piping (in plaats van een horizontale berm; we gaan uit van een “groen waar het kan, hard waar het moet” aanpak). Bij een buitenwaterstandsverhoging van circa 2m resulteert dit in een benodigde breedte van 50m. Rekening houdend met mogelijk nog hogere waterstanden, en met in achtname van inspecteerbaarheid, uitvoerbaarheid en noodmaatregelen leidt dit tot een vrijwaringszone van 100m voor de primaire waterkeringen. Aangezien er ongeveer 3500 km primaire waterkeringen zijn, betekent dit een **ruimteclaim voor een vrijwaringszone** van 35000 ha. Voor 1 m hogere dijken was al een ruimteclaim van 2100 ha berekend (Klijn, 27 oktober 2021), bij 2 m hogere dijken is deze 4200 ha, maar beide betreft **de voetafdruk van de dijk zelf. De hier genoemde ruimteclaim betreft een vrijwaringszone die stabiliteitsbermen, werkzaamheden, inspectie en onderhoud mogelijk moet maken; vandaar de veel grotere omvang.**

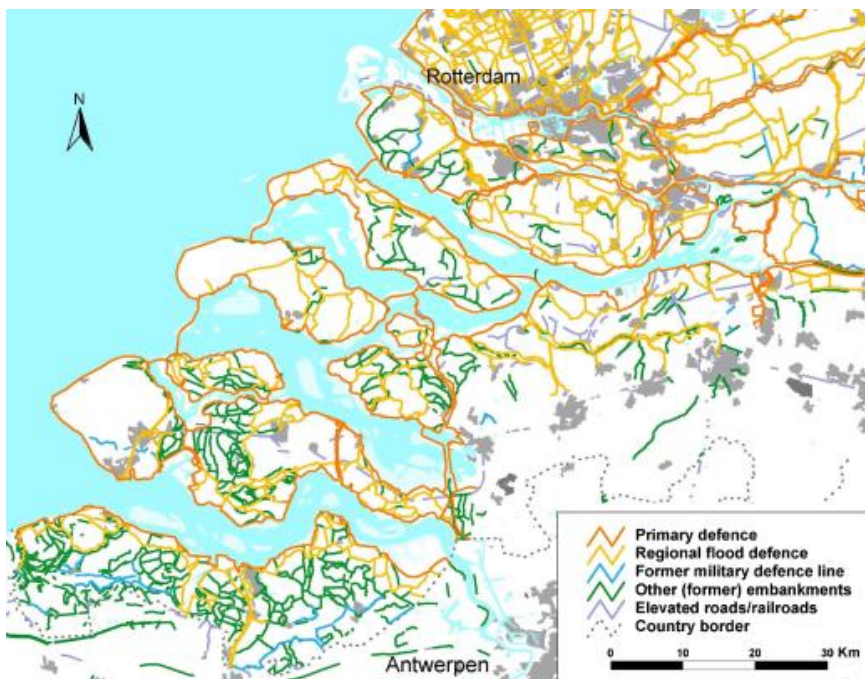
Voor **regionale waterkeringen** is de opgave per kilometer dijk lengte beperkter. Het betreft hier lagere/smalleren keringen waarlangs de verwachte verhoging buitenwaterstand of boezempeil beperkt is. Er is dan ook minder ruimte reservering in de breedte nodig. Omdat we wel 14.000 km regionale keringen hebben, kan de totale ruimteclaim wel zeer groot worden.

En voor **compartimenteringskeringen** is de vraag of we die eveneens willen versterken/verhogen om het overstromingsverloop bij dijkfalen te beheersen; deze beperken het areaal dat onderloopt (zie compartimenteringsstudie of Van der Most & Klijn, 2013). Een nadere analyse en bepaling van de benodigde afstand is nodig, onder meer door te kijken naar differentiatie naar watersysteem. Ook kan worden overwogen overmaatse (robuustere) dijken te maken die multifunctioneel gebruik toestaan. Het ruimtebeslag daarvan moet nader bepaald worden.

## Kartering



Figuur 3.12 Primaire waterkeringen waar een reserveringszone/ vrijwaringszone gewenst is.



Figuur 3.13 Primaire, secundaire, compartimenterings- en overige kerende lijnelementen in Zuid-west Nederland.

### 3.1.5 Bronnen

Anonymus (red. Klijn, F., H. Leushuis, M. Treurniet, W. van Heusden, S. van Vuren), 15 maart 2022. Systeembeschouwing Rijn en Maas; t.b.v. het ontwikkelen van alternatieven in het Programma Integraal RivierManagement (IRM). Eindrapport, Integraal Riviermanagement.

Baan, P. & F. Klijn (1998). De Rijn op termijn: een veerkrachtstrategie. WL-rapport R3124.10, Delft. iii + 65 pp.

Deltares, 2021. Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?

Deltaprogramma, 2021. Achtergronddocument H2 bij Deltaprogramma 2021  
Synthesedocument deltaprogramma Zoetwater

ENW, 2021. Toekomst van het beleid 'Lek ontzien'. Advies nummer 21-04 van 27 juli 2021, Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW). <https://www.enwinfo.nl/adviezen/advies-beleid-lek-ontzien/>

Haasnoot, M., L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans, K. Sloff, E. Mosselman, 2018, Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-0002.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

Kleinhans, M. G., F. Klijn, K.M. Cohen & H.J.H. Middelkoop (2013). Wat wil de rivier zelf eigenlijk? Deltares-rapport 1207829, Universiteit Utrecht & Deltares, Utrecht. 50 pp.

Klijn, F., R. Maaten & R. van Buren (2001). Groene rivieren: mogelijkheden voor toepassing. Een handreiking. Spankrachtstudie deelrapport 11/ WL-rapport Q2975.18, Delft.

Klijn, F., N. Asselman, W. Silva & K. Stone, 2002. Ruimteverlies van Rijn en Maas verkend. Het WATERschap 2002/13: 590-601

Klijn, F., S.A.M. van Rooij, M. Haasnoot, L.W.G. Higler & B.S.J. Nijhof (2002). Ruimte voor de rivier, ruimte voor de natuur? Fasen 2 en 3: Analyse van alternatieven en contouren van een lange-termijnvisie. Alterra-rapport xxx/ WL-rapport Q2824.10, Wageningen.

Klijn, F., M. Hegnauer, J. Beersma & F. Sperna Weiland, 2015. Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Samenvatting van onderzoek met GRADE naar implicaties van nieuwe klimaatprojecties voor rivierafvoeren. KNMI & Deltares-rapport 1220042, Delft. DOI: 10.13140/RG.2.1.4399.5601

Klijn, F., 27 oktober 2021. De lagenbenadering. Infrastructuur(planning) en de ondergrond: een wederzijdse relatie. Toekomstatelier – De lagenbenadering. In opdracht van het College van Rijksadviseurs.

KNMI, 2014. KNMI 2014. Klimaatscenario's voor Nederland.



Kwadijk, J. (ongedateerd) Rijn op Termijn - Deelproject Nat en Droog. Intern memo WL| delft hydraulics, ong. 1997

Van der Most, H. & F. Klijn (2013). De werking van het waterkeringsstelsel: de dijkkring voorbij? Naar een doelmatiger inrichting op basis van risicobenadering en systeemanalyse. Deltares-rapport 1206262-015, Delft. 56 pp.

Natuurmonumenten, 2020. Terugblik op de droogte van 2020. Natuurmonumenten, LandschappenNL en het Wereld Natuur Fonds.

Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

Projectgroep Spankrachtstudie, 2002. Bouwstenennota. Een overzicht van beschikbare ruimtelijke en technische mogelijkheden voor veilige verwerking van toekomstige maatgevende Rijnwaterafvoeren. RIZA, Lelystad, 2003.

Rietveld, R., 2003. Deltawerken 2.0. Afstudeerproject Academie voor Bouwkunst (cum laude; 3e prijs Archiprix 2004).

Rijkswaterstaat, 2019. Beleidsaanbevelingen voor het langetermijn peilbeheer in het IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied.

Silva, W., F. Klijn & J.P.M. Dijkman, 2000. Ruimte voor Rijntakken; wat het onderzoek ons heeft geleerd. RIZA nota 2000.026, Arnhem/ WL-rapport R3294, Delft. 162 blz.

Silva, W. & T. van der Linden, 2004. Van Lobith naar zee, een beknopte analyse van de afvoercapaciteit PKB Ruimte voor de Rivier. RWS/RIZA werkdocument 2004.225x

Sperna Weiland, F., J. Beersma, M. Hegnauer & L. Bouaziz, 2015. Implications of the KNMI'14 climate scenarios on the future discharge of the Rhine and the Meuse; comparison with earlier scenarios. Deltares report 1220042

Stowa, 2021. Provinciale normering wateroverlast. Hoe toekomstbestendig is de huidige aanpak en werkwijze.

WL (WL werkgroep Ruimte voor Water), 2000. Ruimte voor Water: op welke gronden? WL-rapport T2335, Delft.

WL (2000). Ruimte voor water: op welke gronden? Brochure, WL, Delft.

## 3.2 Klimaat- en waterrobuust verstedelijken

Basisprincipes en achterliggende bronnen voor dit onderwerp zijn beschreven in het rapport van Sweco (6 december 2021) “Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave; Bodem en water als basis, klimaatbestendig op lange termijn. Bouwstenendocument”.

Aanvullend zijn hier ook specifieke regels voor *infrastructuur* opgenomen.

### 3.2.1 Bouw op de meest geschikte locaties

**Nieuwbouw- of herontwikkeling mag de klimaatadaptatie-opgave op systeemniveau niet vergroten. Dat betekent dat ook de gevolgen van een ontwikkeling voor omliggende gebieden, die afhankelijk zijn van hetzelfde water- en bodemsysteem, beschouwd moeten worden. De inspanning die nodig is om een woningbouwlocatie waterrobuust en klimaatbestendig te maken en in de toekomst te houden, wordt zo medebepalend voor de locatiekeuze.**

#### *Onderbouwing*

Er zijn belangrijke afhankelijkheden tussen watersystemen op verschillende schaalniveaus. Zo kent een stad een ‘stedelijk watersysteem’, dat onderdeel kan zijn van een ‘poldersysteem’, dat op zijn beurt hangt aan een ‘boezemsysteem’ dat water aan- en afvoert. Woningbouw op een gunstige locatie en met aan die plek aangepaste bouwwijze resulteert in geen of weinig afwenteling naar elders via dergelijke afhankelijkheden. Er is dan bijvoorbeeld geen extra waterafvoer nodig bij extreme neerslag en geen wateraanvoer bij droogte. Daarmee neemt de opgave op hoger ‘systeemniveau’ niet toe.

Bij woningbouw op slechtere locaties is het tegenovergestelde het geval. Die belast het grotere systeem extra, is daardoor kwetsbaar voor extreme omstandigheden en maakt ook de omgeving kwetsbaarder. Op de schaal van plangebieden valt dit ook onder de noemer “waterneutraal bouwen” zoals dit is genoemd in de paragraaf Bodem en Ondergrond.

Woningbouw mag niet de draagkracht van het bestaande (grond)watersysteem overschrijden, ook niet in een verander(en)d klimaat (Deltares et al., juli 2021). Gebieden waarin ruimtereservering nodig is, voor nu of later, zijn (zie ook beslisregels Ruimte voor het watersysteem):

- Buitendijks gebied, i.v.m. stijgende waterpeilen en grotere rivierafvoeren
- Beekdalen, i.v.m. vasthouden van water en grotere piekafvoer
- Zone langs waterkeringen, i.v.m. versterking dijklichaam
- Veenweidegebied, i.v.m. verhoging waterpeil (zie Veenweidegebied)
- Laagste delen polders, i.v.m. wateroverlast en berging bij intensieve neerslag
- Zone langs hoofdwatergangen en boezems, i.v.m. capaciteitsvergroting water aan-en afvoer
- Kunstwerken, zoals gemalen, i.v.m. vergroting en versterking.

Toets kandidaat locaties voor nieuwbouw en herontwikkeling zelf én toets op cumulatieve effecten op een hoger schaalniveau<sup>1</sup>. Beschouw hiervoor veranderingen in de waterveiligheidsopgave, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid, bodemkwaliteit, bodemdaling en beheer/onderhoud, zowel voor de korte als voor de lange termijn. Hou hierbij ook rekening met mogelijke toekomstige maatregelen om de klimaatbestendigheid van de locatie te behouden (zoals dijkversterkingen, peilverhogingen en piekwaterberging, zie ook ruimte voor

---

<sup>1</sup> Locaties kunnen in eerste instantie worden beoordeeld via een klimaatstresstest (website: Kennisportaal DPRA). In de m.e.r. van de planvoorbereiding kan gevraagd worden naar een Meest Klimaatadaptief Alternatief.

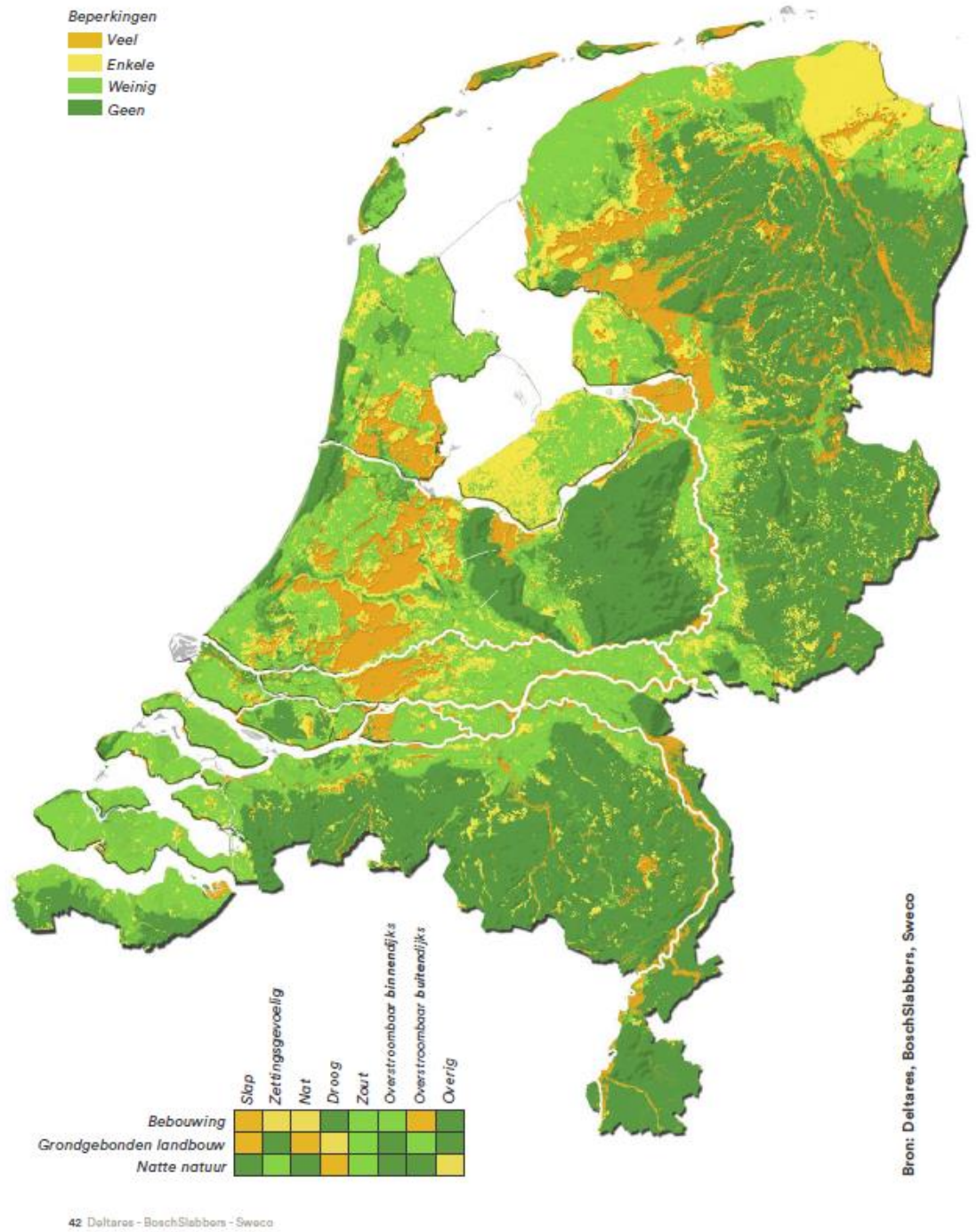
het watersysteem). Houd rekening met toekomstige limieten in de capaciteit van technische systemen, zoals de waterafvoercapaciteit van watergangen en gemalen. Ga er niet automatisch vanuit dat deze nog worden uitgebreid.

Door ontwikkelen op plekken die geen grote systeemafhankelijkheden kennen, kan een verdere lock-in worden voorkomen. Gebieden met een grote systeemafhankelijkheid zijn bijvoorbeeld gebieden die snel en diep overstroomden (afhankelijk van keringen, zie volgende beslisregel) en natte gebieden met hoge (grond)waterstanden en weinig bergingscapaciteit voor regenwater (Deltares, november 2021). Deze zijn geheel afhankelijk van de afvoercapaciteit van watergangen en gemalen. Hier toch bouwen vergt aangepaste bouwvormen (drijvend, extra investeringen in nieuwe waterberging in of direct aansluitend aan de bouwlocatie).

#### *Kartering*

Geschiktheidskaart Bebouwing uit Op Waterbasis. In gebieden met veel beperkingen is er grote kans op het vergroten van de klimaatadaptatie-opgave en grote kans op afwenteling.

## Geschiktheidskaart: bebouwing (grootschalige woon- en werklocaties)



Figuur 3.14 Geschiktheidskaart Bebouwing uit Op Waterbasis

### 3.2.2 Beperk gevolgen van overstroming en grootschalige wateroverlast

**Beperk de toename van de gevolgen van overstromingen door bij stedelijke ontwikkelingen rekening te houden met het overstromingsgevaar. Dit betekent: niet bouwen in de meest gevaarlijke gebieden en in andere gebieden aanpassingen doen, afhankelijk van de mate van gevaar. De gevaarlijkste gebieden zijn die gebieden die bij een calamiteit snel volstromen, waar de waterdiepte groot wordt en evacuatiemogelijkheden beperkt zijn.**

#### *Onderbouwing*

Nederland is goed beschermd tegen overstromingen en door de strenge normen voor de waterkeringen zal de bescherming van de gebieden achter de dijken ook in de toekomst gewaarborgd worden. Door de ligging van Nederland blijft er echter altijd een zeker gevaar voor overstroming. Dijkdoorbraken kunnen immers nooit volledig worden uitgesloten en ook de beekdalen en onbedijkte gebieden langs rivieren, zee, meren en regionale waterlopen kunnen onder water komen te staan bij extreme condities.

Nieuwe ontwikkelingen zullen het risico vergroten, vooral als deze op gevaarlijke plekken of op een niet-aangepaste wijze plaatsvinden. Indien de zeespiegelstijging versnelt na 2050, zal het gevaar van overstroming toenemen. Rekening houdend met de mogelijkheid van overstroming kunnen in sommige gebieden bij een hoogwater of bij een doorbraak naast forse schade, ook veel slachtoffers vallen doordat het water in korte tijd erg diep wordt.

Gebieden die snel heel diep worden en waaruit inwoners moeilijk weg kunnen komen zijn bijvoorbeeld Hansweert en de Alexanderpolder in Rotterdam. Voor het plannen van met name woonwijken, ziekenhuizen en vitale objecten zijn minder gevaarlijke gebieden te prefereren. De gevolgen van een eventuele dijkdoorbraak of hoogwater worden daarmee minder catastrofaal.

Ook zijn er gebieden met een groter schadegevaar. In die gebieden is de kans op grote waterdieptes door overstroming groter dan elders. Dit grote schadegevaar geldt ook in buitendijkse gebieden en beekdalen. Bij het plannen van grootschalige ontwikkelingen en van objecten die cruciaal zijn voor het functioneren van de maatschappij of die bij overstroming kunnen leiden tot zeer grote maatschappelijke impacts, zou hier rekening mee moeten worden gehouden. Dit geldt bijvoorbeeld voor transformatorstations, ziekenhuizen en chemische industrie.

#### *kartering*

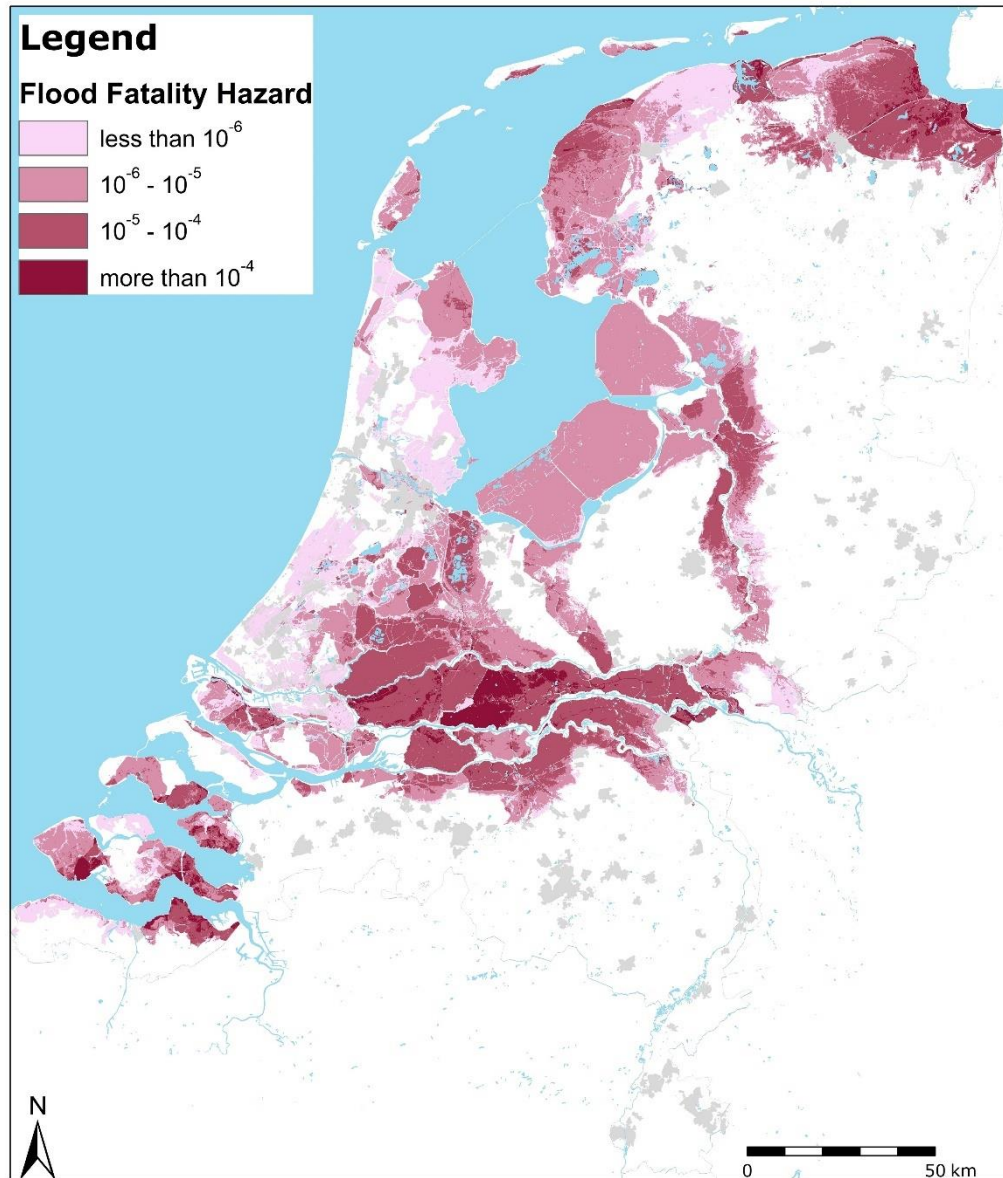
Gevaarlijke plekken zijn te identificeren met behulp van de volgende informatie:

- Een kaart van het slachtoffergevaar. Deze laat gevaarlijke plekken waar overstromingen levensbedreigend zijn zien. Deze kaart geeft het slachtoffergevaar op basis van de overstromingskans van de locatie, de kans om op tijd veilig gebied te bereiken en de overlijdenskans van mensen die aanwezig zijn bij een overstroming. De overlijdenskans is weer afhankelijk van de waterdiepte, stijgsnelheid en stroomsnelheid van het water. Deze is gebaseerd op de kaart van het Lokaal Individueel Risico (LIR).
- Een kaart van het schadegevaar. Deze kaart is gebaseerd op de waterdieptekaart en de overstromingsfrequentie.

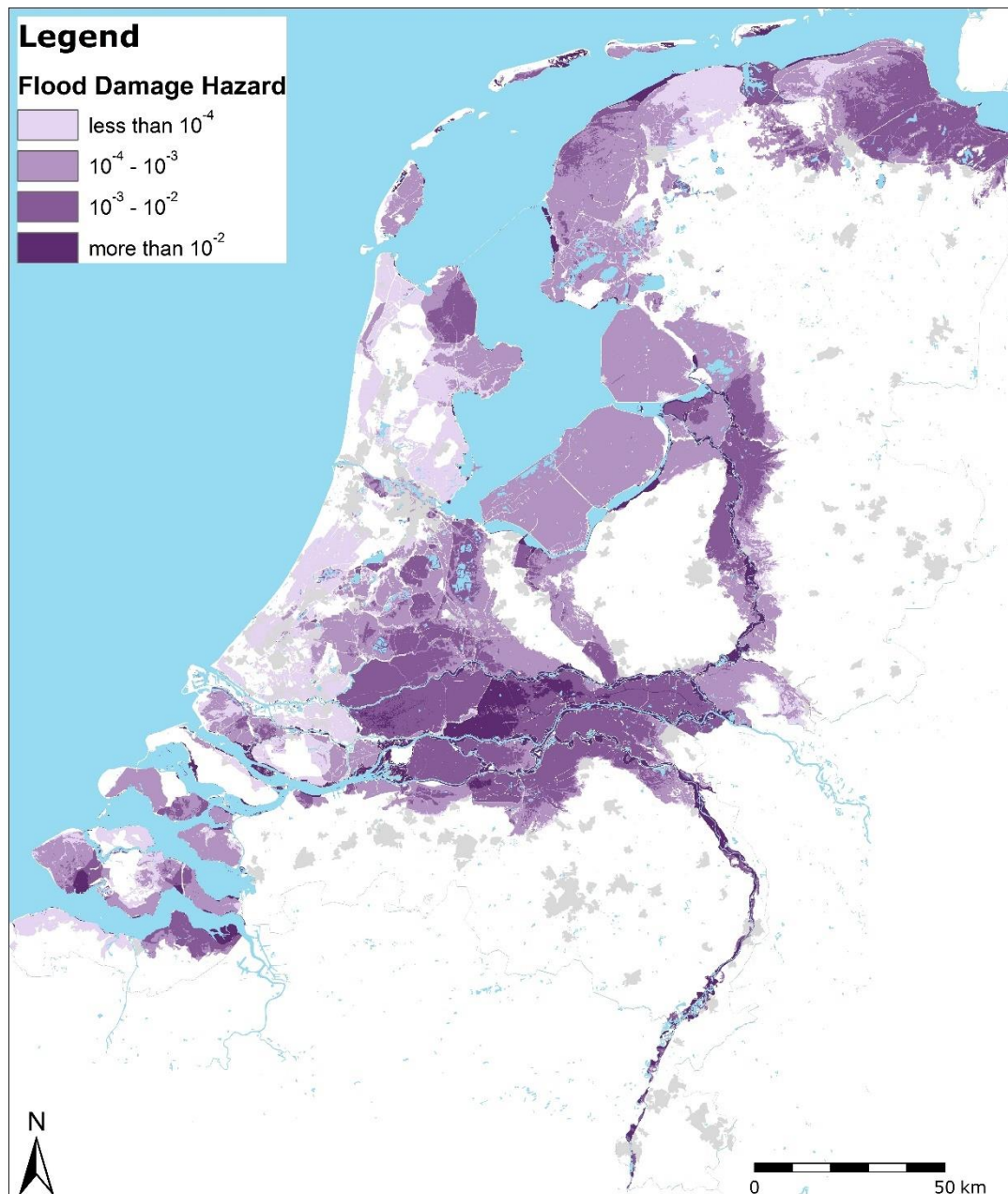
Middels een combinatie van deze twee kaarten is een zoneringskaart te maken die de gradatie in gevaarlijke gebieden weergeeft, o.b.v. het slachtoffer- en schadegevaar. Uiterste

gradaties in die kaart zijn enerzijds de zone waarin geen gevaar van overstromingen is (Hoog-Nederland) en anderzijds de zone waarin zeer regelmatig overstromingen voorkomen: het buitendijkse gebied.

Beschikbare versies van deze drie kaarten zijn hieronder weergegeven. Deze kaarten dienen echter te worden verbeterd en geactualiseerd. De oude versies worden hier toch getoond om een indruk te geven van de ligging en omvang van de gebieden waarop deze beslisregel betrekking heeft.

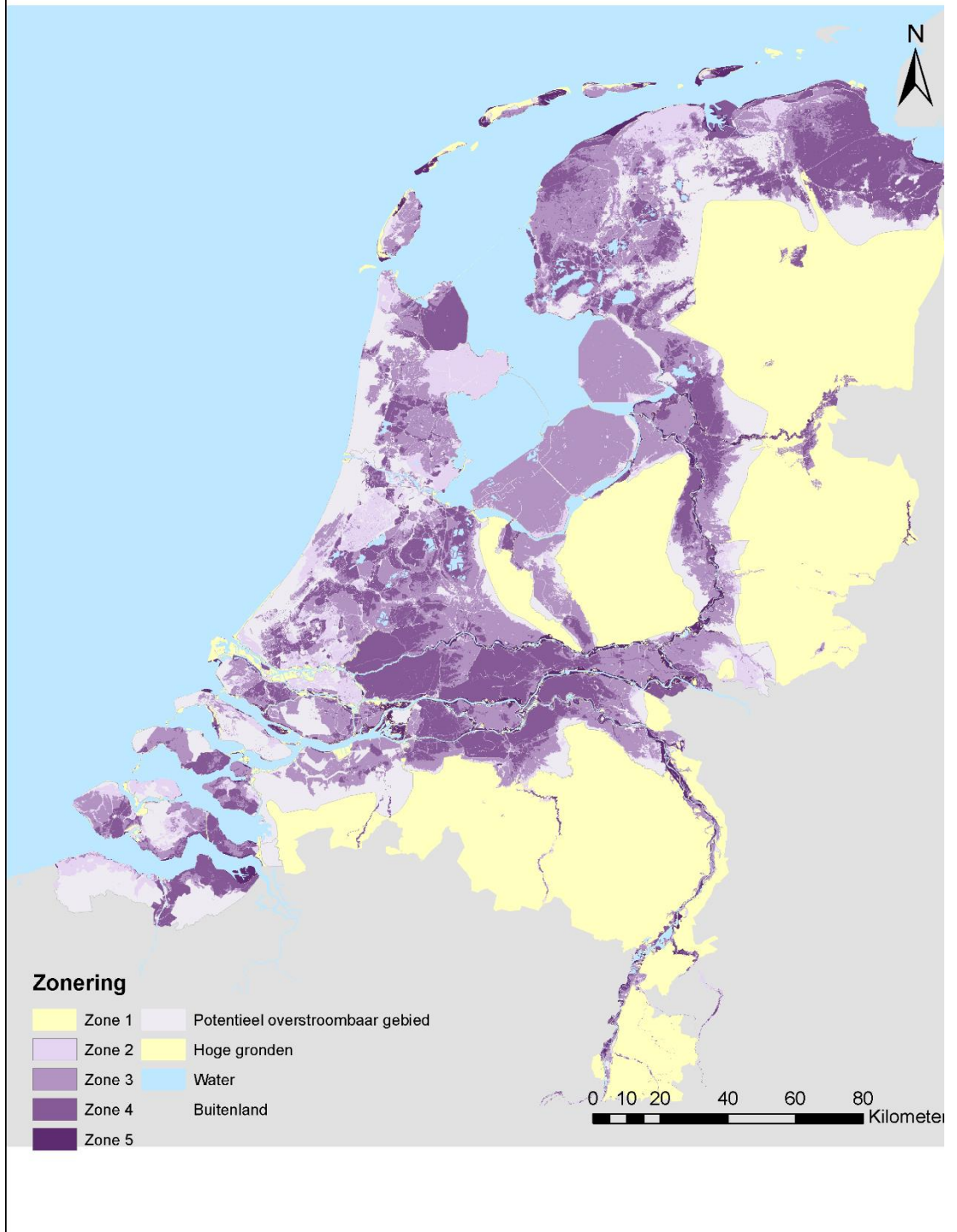


Figuur 3.15 Slachtoffergevaar



Figuur 3.16 Schadegevaar

## Zonering overstroomingsgevaar voor DP-NH



Figuur 3.17 Combinatiekaart, zonering overstroomingsgevaar (Klijn, F. & M. Maarse, 2015)



### 3.2.3 Niet afwentelen door aangepast bouwen

**Kosten die het gevolg zijn van een geringere geschiktheid van een locatie voor woningbouw – inclusief toekomstige kosten van het functioneel en klimaatbestendig houden van bebouwing en infrastructuur – worden niet afgewenteld op de toekomst, niet op de omgeving en niet van het private op het publieke domein. In aanvulling op een kritische locatiekeuze wordt dit bereikt door bouwwijzen te eisen die zijn afgestemd op lokale water- en bodemkarakteristieken.**

#### *Onderbouwing*

[Onder Veenweidegebieden zijn nader gespecificeerde beslisregels (2.4.3 en 2.4.4) met kaarten opgenomen t.a.v. bouwen op slappe bodems.]

De inrichting van een bouwlocatie en de bouwwijze dienen te worden afgestemd op de beperkingen die water en bodem nu, en als gevolg van klimaatverandering in de toekomst stellen. Klimaatverandering leidt overwegend tot een vergroting van de beperkingen en knelpunten die nu al in een gebied aanwezig zijn, en daarmee tot stijgende schades en/of beheer- en onderhoudskosten<sup>2</sup>. De mate van die vergroting volgt uit gestandaardiseerde klimaatstresstesten<sup>3</sup> die door overheden en sectoren worden uitgevoerd. De uitkomsten daarvan vormen in principe weer input voor gebiedsgerichte normen en verordeningen voor de bouw. Op deze wijze zorgt klimaatadaptief bouwen tegelijkertijd voor bouwwijzen die niet of minder gevoelig zijn voor de beperkingen die bodem en water nu al stellen<sup>4</sup>.

De vorming van richtlijnen, gebiedsgerichte normen en bouwvoorschriften die rekening houden met klimaateffecten is pas recent op gang gekomen en nog geen gemeengoed. Harde normen zijn nog schaars en niet uniform. Er zijn wel her en der lokale of regionale richtlijnen, maar die worden nog niet altijd opgevolgd. Koplopers zijn bijvoorbeeld de metropoolregio Amsterdam (MRA, juli 2021) en samenwerkende partijen in de Provincies Utrecht (PUT, juni 2021) en Zuid-Holland (website: bouwadaptief). Het niet afwentelen beginsel is een uitgangspunt voor hun richtlijnen. Vorming van normen en richtlijnen voor aangepast bouwen en inrichten om heviger neerslag aan te kunnen, loopt voorop. Aanpassing aan bodemdaling, droogte en hogere (grond)waterstanden loopt achter, mede doordat deze onderwerpen niet of minder direct vallen onder zorgplicht van de overheid (Ambient, 19 november 2020).

Er bestaan al langer adviezen over aangepaste bouwwijzen (Beter Bouw- en Woonrijp Maken/SBR, 2009) en er wordt ook al aangepast aan water en bodem gebouwd. De zoektocht naar beter aangepast bouwen op slappe bodems heeft de langste historie (in Waterland met houten huizen, al vanaf circa 1400). Dat aangepaste bouw loont, laat onderzoek door Platform slappe bodem (PSB, 2018) en Beter Bouwen Beter Wonen (BBBW) zien. Het bleek dat de levenscycluskosten van infrastructuur (weg, riool) in zeer zettingsgevoelig gebied twee keer zo hoog is als in zandgebied. Door toepassing van levensduur verlengende technieken (zoals Bims of EPS) liggen de levenscycluskosten 16% (in matig zettingsgevoelig gebied) tot 34% lager (in zeer zettingsgevoelig gebied). Aangepast construeren is dus zinnig, maar de houdbaarheid van constructies blijft desondanks korter dan in gebieden zonder beperkingen. Afwenteling van kosten wordt voorkomen door aangepaste bouwvormen en/of hogere onderhoudskosten en een kortere levensduur, onderdeel te maken van de business case. Bij bouw op slappe bodems, zoals het veenweidegebied, kan bijvoorbeeld worden uitgegaan van een levensduur van 60 jaar.

---

<sup>2</sup> Zie website: klimaatschadeschatter

<sup>3</sup> Zie website: Kennisportaal Klimaatadaptatie, Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie

<sup>4</sup> Zie website: Bouwadaptief

Aangepast bouwen (en bouwrijp maken) dient dan kosteneffectiever te zijn dan het onderhoud over 60 jaar van een conservatieve bouwvorm.

Op de lokale schaal zijn voorbeelden van aangepast bouwen en inrichten waarmee afwenteling wordt voorkomen:

- Infiltratie of tijdelijke berging van regenwater op privaat terrein
- Funderen zonder beïnvloeding van grondwaterpeilen in de omgeving
- Waterneutraal op wijkniveau (buffering neerslag, geen wateraanvoer)
- Bouwvormen die ongevoelig zijn voor stijging en daling van grondwaterpeilen
- Verhoogde begane-grondpeilen
- Vergroten (oppervlakte)waterberging bij bebouwingsverdichting
- Tijdelijke bebouwing in gebieden die op lange termijn nodig kunnen zijn voor ruimte voor het watersysteem.
- Gevolgbeperkend bouwen op locaties met verhoogd overstromingsrisico (meerlaagsveiligheid, 2<sup>e</sup> laag).

Gerelateerd aan het laatste punt is vermijden van (onaangepast) bouwen op plaatsen die snel en diep overstromen. Wanneer daar wel en op conservatieve wijze wordt gebouwd, wordt in feite afgewenteld op de 1<sup>e</sup> laag van de meerlaagsveiligheid: het in verhoogde mate moeten blijven investeren in maatregelen die het overstromingsrisico op peil moeten houden. Rekening houdend met een voortgaande (en mogelijk versnellende) zeespiegelstijging, is bouwen in overstroombaar gebied een strategie die leidt tot een lock in. Immers, om het risico niet te vergroten zal er een voortdurende vraag naar betere bescherming bestaan.

#### *Kartering*

Op landelijke schaal kan de Geschiktheidskaart verstedelijking uit Op Waterbasis (zie Figuur 3.14) gebruikt worden om het risico op afwenteling aan te geven wanneer in gebieden niet aangepast wordt ontwikkeld. De legenda verandert dan als volgt:

- Veel beperkingen = groot risico afwenteling
- Enkele beperkingen = matig risico afwenteling
- Weinig + Geen beperkingen = weinig risico afwenteling

### **3.2.4 Kijk ver vooruit bij de aanleg van infrastructuur**

**De gevolgen van klimaatverandering en extreem weer in de komende 100 jaar mogen niet leiden tot meerdaagse uitval van nieuwe en bestaande infrastructuur, rekening houdend met afhankelijkheden van andere typen infrastructuur. Het infrastructuurnetwerk moet altijd evacuatie, hulpverlening en herstel na een extreme gebeurtenis mogelijk maken.**

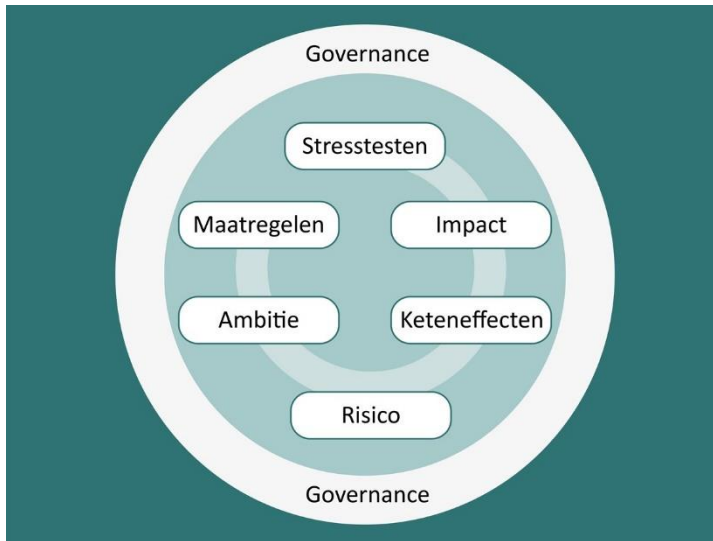
#### *Onderbouwing*

Uitval van vitale en kwetsbare functies door overstroming, wateroverlast, droogte of hitte kan leiden tot ernstige gevolgen voor mens, milieu of economie. Denk daarbij aan functies zoals de energievoorziening, de transport en ziekenhuizen. Vitale en kwetsbare functies zijn ook belangrijk om een gebied vlot te herstellen, bijvoorbeeld na een overstroming. Vitale en kwetsbare functies zijn door keteneffecten onderling afhankelijk. Het Deltaprogramma (2021) heeft een overzicht gemaakt van dertien vitale en/of kwetsbare functies van nationale betekenis.

Een eerste uitwerking van de beslisregel is er voor het hoofdwegennet en het spoorwegennet. Dit is beperkt, het hoofdwegennet is van grote betekenis, maar de vitale weginfrastructuur omvat ook regionale stroomwegen (provinciaal wegennet) en

gemeentelijke gebiedsontsluitingswegen. Afhankelijkheden van het hoofdwegennet en spoorwegennet van andere typen infrastructuur zijn nog niet op nationale schaal uitgewerkt.

Aanpak en ervaringen met de bescherming van vitale en kwetsbare functies zijn beschreven op het Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022a). Onderstaande figuur schetst de aanpak.



Figuur 3.18 Aanpak van de bescherming van vitale en kwetsbare functies (bron: Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2022a).

Stresstesten voor het hoofdwegennet en het spoorwegennet wijzen uit dat de gevolgen<sup>5</sup> van stijging van de zeespiegel, grotere rivierafvoeren, extreme neerslag, hitte en droogte voor beide netwerken groot is (Deltares, 2021a). Instrumenten voor het bepalen van keteneffecten zijn beschikbaar en getest (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2022b), maar zijn nog niet op nationale schaal uitgewerkt. Scenario's voor evacuatie, hulpverlening en herstel na een extreme gebeurtenis moeten nog worden ontwikkeld. Afwegingskaders en normen voor het functioneren van het hoofdwegennet zijn in ontwikkeling. Mitigerende maatregelen om de gevolgen extremer weer op het hoofdwegennet te verkleinen zijn geïdentificeerd en op effectiviteit beoordeeld (Deltares, 2019, 2020, 2021b). Waar deze maatregelen toe te passen wordt nu uitgewerkt (Deltares, 2021b). De doorwerking van de maatregelen op andere typen infrastructuur en op hele netwerken kan worden onderzocht in een analyse van keteneffecten.

<sup>5</sup> Risico = kans x gevolg, uitgedrukt in schades en verliezen voor de maatschappij.

### Kartering

De volgende kaart geeft een samenvatting van de gevoeligheid van het hoofdwegennet voor de zeven belangrijkste klimaatgerelateerde bedreigingen (Deltares, 2021a).



Figuur 3.19 Landelijke gevoeligheidskaart klimaatbedreigingen hoofdwegennet. NB: de kaart laat de meest gevoelige locaties zien (bron: Deltares, 2021a).

De volgende kaart geeft een samenvatting van de gevoeligheid van het spoorwegennet voor de belangrijkste klimaatgerelateerde bedreigingen (Deltares, 2021a).



Figuur 3.20 Landelijke gevoeligheidskaart klimaatbedreigingen spoorwegennet. NB: de kaart laat de meest gevoelige locaties zien (bron: Deltares, 2021a).

### 3.2.5 Bronnen

Ambient (19 november 2020). Verantwoordelijkheden bij risico's van extreem weer in een veranderend klimaat Verkenning verantwoordelijkheden en ontwikkelagenda

Beter Bouw- en Woonrijp Maken (2009). Waterrobuust bouwen. De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp

Bruijn, K.M., de & F. Klijn (2009) 'Risky places in the Netherlands: a first approximation for floods', Flood Risk Management, jg. 2, nr. 1, p. 58-67

Bruijn, K. M. de, F. Klijn, B. van de Pas & C. T. J. Slager, Flood fatality hazard and flood damage hazard: combining multiple hazard characteristics into meaningful maps for spatial planning., Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 15 1297-1309

Deltaprogramma 2021 (2021). Voortgangsrapportage nationale aanpak vitaal en kwetsbaar – terugblik op de afgelopen 6 jaar en vooruitblik naar 2026.

Deltares, Bosch en Slabbers, Sweco (juli 2021). Op Waterbasis. Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem

Deltares, november 2021. Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?

Deltares (2019). Impact van klimaatverandering op wegherstel en verkeersstremming; Uitkomst landelijke klimaatstresstest HWN. Rapport 11203738-003-BGS-0001, Versie 1.1, 12 juli 2019, definitief.

Deltares (2020). Gevoeligheid van het hoofdwegennet voor klimaatverandering; uitkomst landelijke klimaatstresstest HWN. Rapport 11203738-003-BGS-0005, Versie 2.0, 21 februari 2020, definitief

Deltares, 27 mei 2021. Klimaatbestendige netwerken hoofdwegennet. Maatregelenoverzicht. 11206832-006-GEO-0001, versie 1.0, mei 2021, definitief.

Deltares (2021a). Klimaatgevoeligheid hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en spoor ten behoeve van de NMCA. Rapport 11206681-002-GEO-0001, 10 maart 2021.

Deltares (2021b). Klimaatbestendige Netwerken Hoofdwegennet Maatregelenoverzicht.

Kennisportaal Klimaatadaptatie. Bijsluiters gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/>

Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022a). Hoe bescherm je vitale en kwetsbare functies? <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/bescherming/>

Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022b). Wat hebben we geleerd van de pilotprojecten? <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/governance/leerpunten-pilotprojecten/>

Klijn, F. & M. Maarse, 2015. Wat te doen tegen de toename van overstromingsrisico's in de toekomst? Handlingsperspectieven voor beleid en beheer afgeleid uit het onderzoek naar toekomstbestendige overstromingsrisicobeheersing van Kennis voor Klimaat. STOWA , Amersfoort.

Klimaatschadeschatter, <https://www.klimaatschadeschatter.nl/>

Metropoolregio Amsterdam (juli 2021). Basisveiligheidsniveau Klimaatbestendige nieuwbouw 3.0

Pas, B., van de, K. Slager, K.M. de Bruijn, F. Klijn & N. Pieterse (2012) Overstromingsrisicozonering, Fase 1 en 2: Het identificeren van overstromingsgevaarzones en het ontwikkelen van een methode, Deltares en Planbureau voor de Leefomgeving, Delft

Pieterse N., J. Knoop, K. Nabielek, L. Pols & J. Tennekes (2009) Overstromingsrisicozonering in Nederland, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag

Platform Slappe Bodem (2018). Managementrapportage Kosten in beeld. Sweco

Provincie Utrecht (juni 2021). Afspraken klimaatadaptief bouwen Utrecht

Provincie Zuid-Holland. Convenant klimaatadaptief bouwen <https://bouwadaptief.nl/>

STOWA (2021), Provinciale normering wateroverlast. Hoe toekomstbestendig is de huidige aanpak en werkwijze. STOWA 2021-50

## 3.3 Hoge zandgronden

### 3.3.1 Natuurvereisten en grondwatervoorraden

Hier gelden twee beslisregels

#### ***Behaal wettelijke eisen ten aanzien van natuur***

Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik moeten het behalen van de wettelijke taken voor natuur (Natura 2000- en KRW-eisen) bevorderen. Hiervoor moeten in het invloedsgedebied rond natuurgebieden beperkingen worden opgelegd aan ontwatering, onttrekkingen en gebruik van meststoffen en pesticiden, om te zorgen voor voldoende beekafvoer, hogere grondwaterstanden, voldoende sterke kwelstromen en een goede waterkwaliteit.

#### ***Draag bij aan duurzame grondwatervoorraden***

Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik moeten bijdragen aan het duurzaam in stand houden van grondwatervoorraden (bescherming drinkwatervoorraden en KRW-grondwaterlichamen). Vervuiling moet worden tegengegaan en er moeten eisen worden gesteld aan onttrekkingen en infiltratie.

#### *Onderbouwing*

Op de hoge zandgronden worden de NATURA2000 en KRW-doelstellingen niet gehaald en is de biodiversiteit sterk afgenomen door structurele verdroging en vermessing van natuurgebieden en beken sinds de jaren 1960. De belangrijkste oorzaken zijn de intensieve ontwatering door de landbouw, grondwateronttrekkingen voor drinkwater, industrie en landbouw en de overmatige toediening van meststoffen op landbouwgronden. Ruimtelijke ontwikkelingen moeten er op gericht zijn de negatieve effecten van verdroging en vermessing op te heffen zodat de (grond)waterafhankelijke landnatuur en aquatische ecosystemen kunnen herstellen, beken weer voldoende en schoon water gaan voeren en de biodiversiteit toeneemt. Deze doelen zijn wettelijk vastgelegd in de Vogel- en Habitatrichtlijnen voor NATURA2000-gebieden en in KRW-doelstellingen voor oppervlaktewateren, grondwaterlichamen en terrestrische 'natte natuur'.

Natuur is sterk plaatsgebonden en kan niet of nauwelijks verplaatst worden. Om de natuur te herstellen (wettelijke verplichting) is het volgende nodig:

- In het hele gebied: ontwatering en onttrekkingen die leiden tot verdere verdroging niet toestaan en deze verminderen waar ze het behalen van de Natura2000- en KRW-eisen belemmeren. Emissie van meststoffen en bestrijdingsmiddelen moet verminderd worden om chemische en ecologische waterkwaliteitsdoelen te halen.
- In bufferzones: grondwaterafhankelijke natuur en beken hebben bufferzones nodig met een indicatieve grootte van 500 – 1000m, waarbinnen grondwaterstanden hoog worden gehouden en strenge eisen gelden ten aanzien van gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen. De precieze omvang van de zones die nodig is, moet gebiedsspecifiek worden vastgesteld.

Op de hoge zandgronden met de beeksystemen, vennen en hoogvenen speelt het ruimtelijk vraagstuk langs drie assen. In de lengteas (longitudinaal) van boven- naar benedenstreams, in de breedte (lateraal) van de (dek)zandruggen naar de beekdalen en in de diepte (verticaal) tussen diep, ondiep grondwater en oppervlaktewater. Daarnaast is er ook nog een temporele component (*time-lag*) voor de interactie tussen grond- en oppervlaktewater wat betreft de waterkwaliteit: meststoffen die decennia geleden zijn uitgespoeld komen nu in watergangen terecht.



Verbetering van de basisafvoer en waterkwaliteit van beken en herstel van kwelstromen en grondwaterstanden voor natte natuur vergen ruimtelijke aanpassingen (zonenring) en aanpassingen aan de landbouw- of beheerspraktijk in het gehele stroomgebied.

Ontwikkelingen kunnen alleen worden toegestaan indien die leiden tot:

1. minder uitspoeling van meststoffen
2. minder snelle afvoer van water (vasthouden)
3. minder onttrekking of meer aanvulling van grondwater.

Aanvullend aan deze stroomgebiedsgerichte aanpak zijn bufferzones rondom natte natuurgebieden effectief om verdroogde natuur te vernatten, kwelstromen te herstellen en vermessing via toestromend grondwater tegen te gaan. In deze bufferzones moet een hogere grondwaterstand worden gerealiseerd door de ontwatering te verminderen en onttrekkingen te beperken en emissie van meststoffen en bestrijdingsmiddelen voorkomen. Dit vergt aanpassing van het landgebruik aan deze nattere omstandigheden.

Op dit moment zijn er knelpunten tussen verschillende vormen van landgebruik zoals landbouw, natuur, drinkwatervoorziening en bebouwing op basis van hun eisen en wensen, en hun sterke onderlinge beïnvloeding door de ruimtelijke verwevenheid van deze functies, specifiek in de hoge zandgronden. De knelpunten betreffen zowel de waterkwaliteit als de waterkwantiteit; deze zouden niet gescheiden, maar in samenhang beschouwd moeten worden. Voor de ruimtelijke ordening betekent dit dat de functies met verschillende eisen aan het watersysteem beter van elkaar gescheiden worden en dat een zonering<sup>6</sup> / toedeling nodig is van landgebruiksfuncties op basis van water en bodemeigenschappen.

Bufferzones kunnen van belang zijn wanneer verschillende vormen van aanpalend landgebruik elkaar ongewenst beïnvloeden (via waterkwaliteit / eisen/wensen aan grondwaterstanden). Naast verandering in grondgebruik (nieuwe grondslag voor verkaveling) is ook verbetering in het huidige grondgebruik met vermindering van de externe druk elders (duurzamer; "kleinere footprint") van belang. Voor de wettelijke natuuropgaven (KRW, N2000) liggen er zowel knelpunten bij de kwaliteit (meststoffen, stikstofdepositie, milieuvreemde stoffen) als bij de kwantiteit (zowel grond- als oppervlaktewaterstanden, kwelstromen, basisafvoer). Uiteindelijk is het maatwerk hoe dit lokaal uitgewerkt wordt omdat de beeksystemen het landschap van de hoge zandgronden als een linten doorsnijden. Hierdoor is er sprake van een grote interactie en wederzijdse beïnvloeding binnen een kleine afstand.

Wat betreft het duurzaam behoud van grondwatervoorraden wordt opgemerkt dat het jaarlijks neerslagoverschot in Nederland (neerslag minus verdamping: circa 250-300 mm, variërend over het land) twee diensten moet vervullen:

1. het voeden van beken en andere stromende wateren gedurende het gehele jaar, en
2. drink- en industriewatervoorziening en eventuele irrigatie in de landbouw.

Deze twee functies concurreren om de beschikbare hoeveelheid. Daarbij is complicerend dat een groot deel van het neerslagoverschot in het winterhalfjaar valt en versneld naar zee wordt afgevoerd. Dat deel gaat dus al verloren. De verwachting is dat het verschil tussen het overschot in de winter en het tekort in de zomer groter wordt als gevolg van klimaatverandering. Als de natuur (zie voorgaande alinea's) van de juiste grondwaterstanden, kwelstromen en basisafvoer moet worden voorzien, dan mag slechts een fractie van het neerslagoverschot worden onttrokken. En als ook de grondwatervoorraad voor onttrekkingsdoeleinden in droge jaren op peil moet worden gehouden, geldt dat in nog grotere mate. Het vaststellen van een veilig te onttrekken fractie kan slechts

---

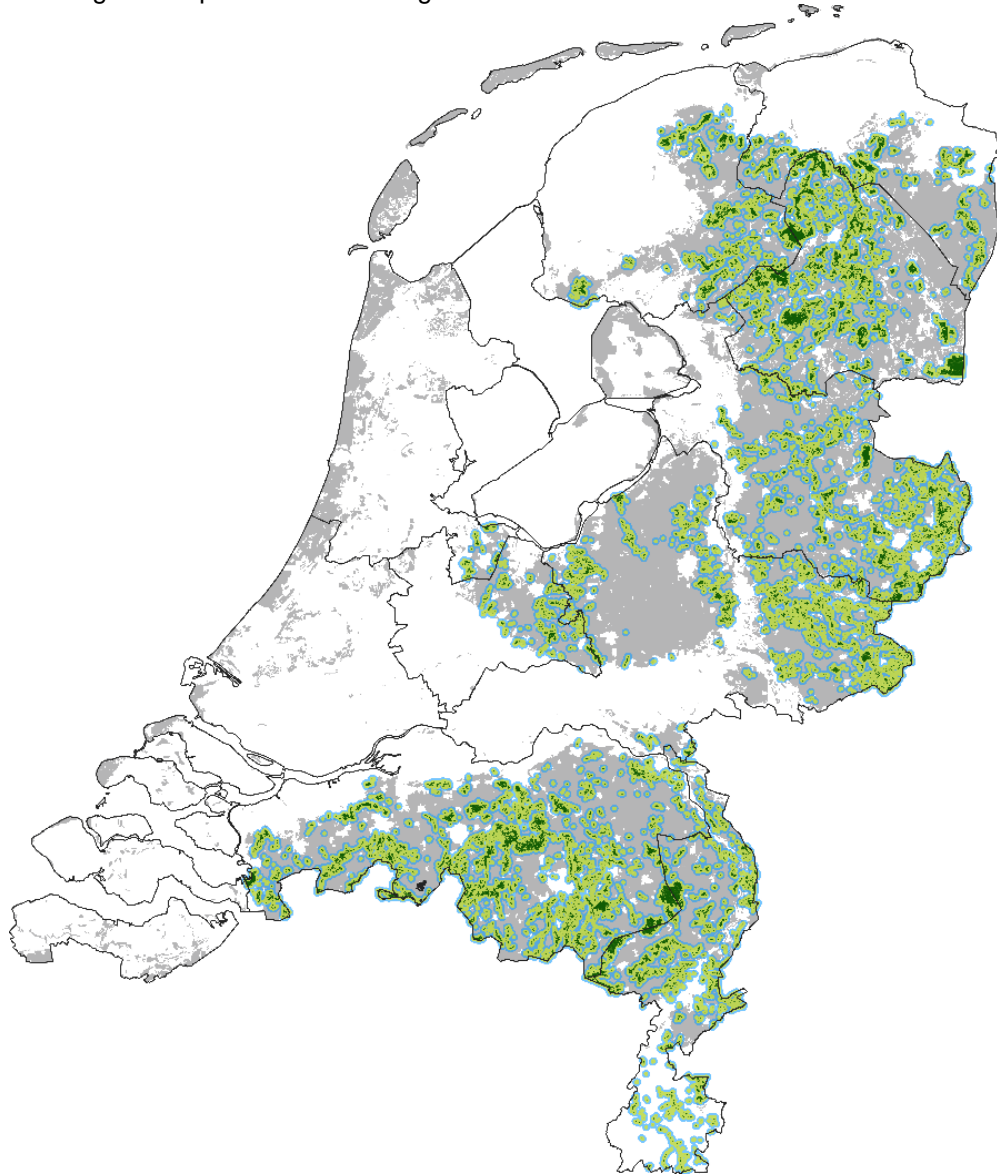
<sup>6</sup> Een voorbeeld van zo'n zonering is 'Water in Brabant' waar dit volgens drie sporen is uitgewerkt, waarbij in de lage delen water leidend moet zijn.

gebiedsspecifiek, gezien – ten eerste – de onzekerheid over de neerslagoverschotten (en de timing daarvan) in de toekomst<sup>7</sup>, en – ten tweede – de afhankelijkheid van de winterse drainage die sterk verschilt per regio afhankelijk van de drainagedichtheid (greppels en sloten).

#### *Kartering*

De beslisregel geldt voor het gehele zandgebied met strengere eisen rondom natte natuurgebieden en in stroomgebieden van KRW-oppervlaktewaterlichamen.

Figuur 3.21 toont de ligging van de natte natuurgebieden (donker groen) van de hoge zandgronden (grijs) met daaromheen zones van 500 m (licht groen) en 1000 m (blauw) getekend. Dit is een eerste indicatie; de uiteindelijke grootte van deze zones hangt af van de benodigde vernatting van het natuurgebied en de opbouw van de ondergrond. Dit vereist een nadere gebiedsspecifieke uitwerking.

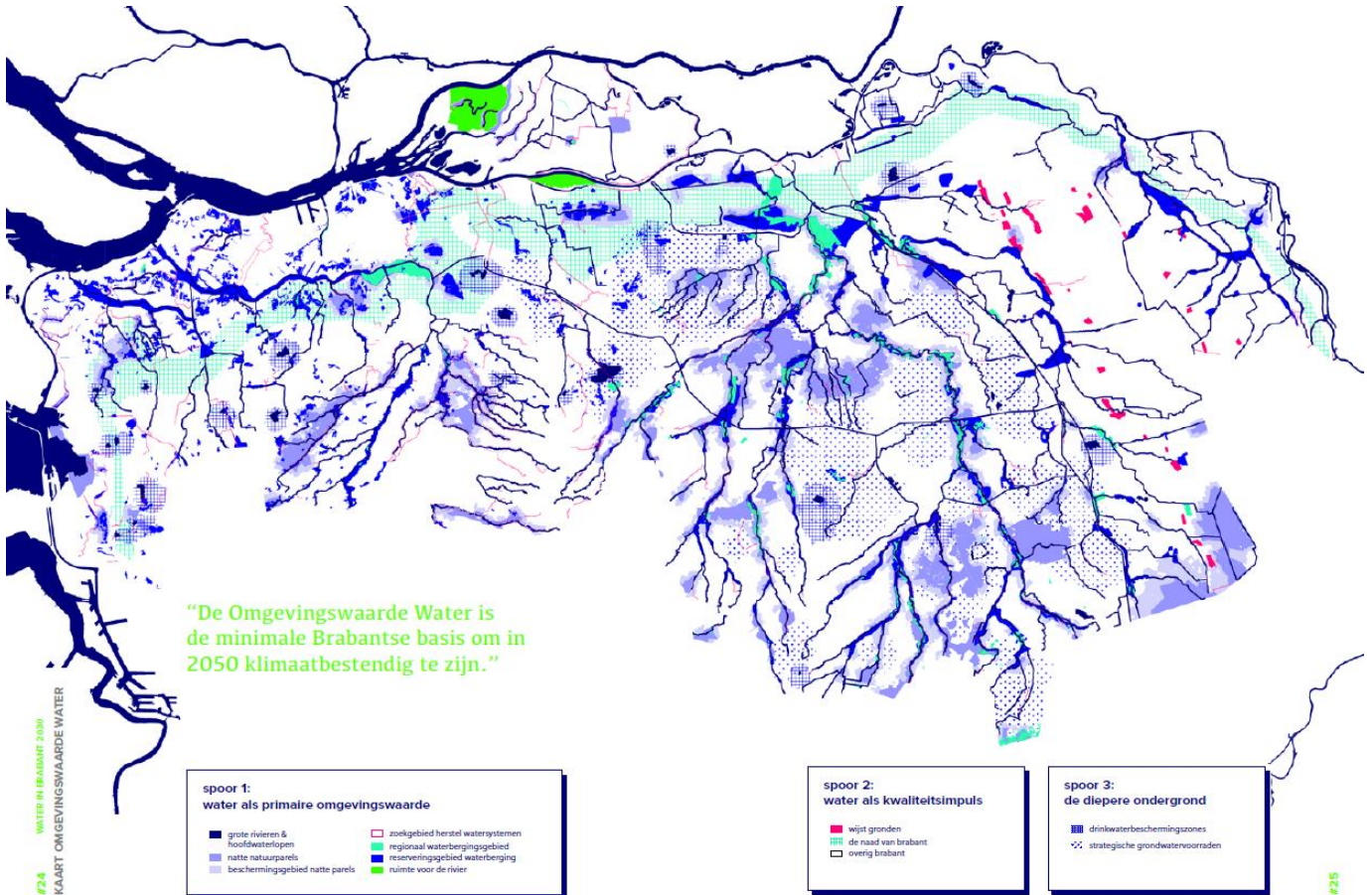


*Figuur 3.21 Natte natuurgebieden van hoge zandgronden met indicatieve bufferruimtes daar omheen*

<sup>7</sup> Denk ook aan de 2 (à 3) opeenvolgende droge jaren 2018, 2019 (en 2020).

NB: Het is lastig om precies op kaart aan te geven wat waar wel/niet zou mogen. Het gaat erom dat er gebiedsgericht wordt gewerkt vanuit de natuurdoelen en de werking van het watersysteem, zodat met maatwerk zones aangegeven kunnen worden: bufferzones met een 'nee, tenzij'-benadering (geen ontwatering en geen meststoffen etc.) en zones met een 'ja, mits'-benadering. Dit vraagt dus gebiedsuitwerking.

Zie als voorbeeld voor zo'n gebiedsgerichte uitwerking de kaart hieronder uit 'Water in Brabant 2030'.



Figuur 3.22 Gebiedsspecifieke uitwerking zonerings (Water in Brabant 2030)

Hierin wordt een beschermings- en ontwikkelstrategie via drie sporen voorgesteld:

- **Spoor 1:** Gebieden met water als primaire Omgevingswaarde. Dit betreft de aanduiding van gebieden of wateraspecten in de Brabantse Omgevingsvisie die primair de Omgevingswaarde Water krijgen. Denk daarbij aan waterkwaliteitsdoelstellingen, rivieren met normen voor hoogwaterbescherming, gebieden met normeringen voor wateroverlast, natte natuurparels etc.;
- **Spoor 2:** Gebieden met water als kwaliteitsimpuls. Dit betreft de aanduiding van gebieden waar waterdoelen een ontwikkelperspectief bieden. Zoals in de bebouwde kernen en veel landbouwgronden, waar een goed watersysteem bijdraagt aan een kwaliteit van de leefomgeving, maar ook economisch (schadebeperking, opbrengstverhoging) en voor gezondheid relevant is;
- **Spoor 3:** de diepere ondergrond met de drinkwaterbeschermingszones en de strategische grondwatervoorraden.

### 3.3.2 Bronnen

Bastmeijer, K., van Rijswijk, M., & Verschuuren, J. (2021). Verdroging in Brabant: Een Europeesrechtelijk perspectief.

De Louw, P.G.B, J.P.M. Witte, Van den Eertwegh, G.A.P.H., R. Bartholomeus, J. Hunink, J. Pouwels (2022). Beter bestand tegen droogte: oplossingsrichtingen voor een hydrologisch goed functionerend grondwatersysteem in de zandgebieden van Nederland. *Stromingen* 2022 (28), nr 1.

De Louw, P.G.B, J.P.M. Witte, Van den Eertwegh, J. Pouwels (2022). Effecten van beregening uit grondwater op het watersysteem tijdens de droogte van 2018. *H2O-Online* / 3 maart 2022.

Putter, P. de, Dalm, V., Brunsveld, M., Verhagen, F., Vogelzang, T., Kooy, W., Geujen, C., Moens, E., Rijckevorsel, B. van, Koenen, D. 2021. Juridische verkenning verdrogings- en droogte-instrumentarium : inclusief de mogelijkheid van een 'verdringsreeks' voor grondwater. Sterk Consulting, Leiden.

Stuurman, Verhagen, van Wachtendonk, Runhaar (2020); Een verkenning naar de watervraag van de Noord-Brabantse Natuur. *Deltares rapport 11203929-002*

Van den Eertwegh, G.A.P.H., P.G.B. De Louw, J.P.M. Witte, M. Van Huijgevoort, R. Bartholomeus, D. Van Deijl, J.C. Van Dam., J. Hunink, I. America, J. Pouwels, P. Hoefsloot en J. De Wit (2021) Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. Het verhaal: analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. Eindrapport Projectteam Droogte Zandgronden Nederland. KnowH2O, KWR, Deltares, WUR, HSS, FWE 178.

Van der Meer, R.W. (2020) Watergebruik in de land- en tuinbouw 2017 en 2018. *Wageningen Economic Research* 22.

Witte, J.P.M. (2021) Gevolgen van de droogte van 2018 voor de vegetatie van natuurgebieden op de Hogere Zandgronden van Nederland, afgeleid van het Landelijk Meetnet Flora. *FWE* 44.

Witte, J.P.M., D. Van Deijl en G.A.P.H. Van den Eertwegh (2020a) Gevolgen voor de natuur van de droge jaren 2018 en 2019; resultaten van een enquête onder deskundigen. Deelrapport van het project: Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland. *FWE & KnowH2O* 53.

Witte, J.P.M., R. Van Ek, J. Runhaar en G.A.P.H. Van den Eertwegh (2020b) Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw goed onderzoek en falende politiek; in: *Stromingen*, vol 26, no 2, pag 65-79.

## 3.4 Veeweidegebied

Navolgende beslisregels voor veeweidegebied uitgezet in de tijd:

- Tot 2030: eerste vernatting tot drooglegging van 50 cm of minder, beperken funderingsschade, gezonder watersysteem, watersysteem aanpassingen.
- 2030-2050: verdere vernatting tot 20 cm drooglegging, veenaangroeigebieden.
- Na 2050: verder inzetten op aangroei veen.

### 3.4.1 Zet in op geleidelijke vernatting

**In de meeste kustveengebieden wordt tot 2030 de drooglegging<sup>8</sup> verminderd om de doelstellingen in het klimaatakkoord te halen. De drooglegging wordt beperkt tot 50 cm of minder in 2030, na 2030 wordt de drooglegging nog verder verminderd en het veeweidegebied verder vernat.**

#### *Onderbouwing*

Ontwatering is belangrijk om wateroverlast te voorkomen in woongebieden, op bedrijventerreinen en in de landbouw. Ontwatering van veengebieden leidt echter tot bodemdaling door oxidatie van veen en tot de uitstoot van broeikasgassen. Ook de waterkwaliteit in veengebieden is slecht door emissies uit de landbouw en vrijkomende nutriënten door bodemdaling en verzilting van het oppervlaktewater. KRW doelen worden op dit moment niet gehaald. Het afbreken van veen door oxidatie (en daarmee bodemdaling) wordt versterkt door lage grondwaterstanden als gevolg van droogte en door hogere bodemtemperaturen, beide het gevolg van klimaatopwarming.

Veenoxidatie veroorzaakt ca. 3% van de jaarlijkse broeikasgasuitstoot van Nederland (wat overeen komt met 4 tot 7 Mton CO<sub>2</sub>-equivalent door de uitstoot van zowel CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas). In het Nationaal Klimaatakkoord (Klimaatakkoord, 2019) is een reductie van de jaarlijkse emissie van 1,0 Mton CO<sub>2</sub>-equivalent in 2030 afgesproken.

Voor 2050 geldt de Klimaatwet, volgens welke de broeikasgasuitstoot van Nederland als geheel gelimiteerd is tot 5% van de uitstoot uit 1990. Het is twijfelachtig of er in deze situatie nog ruimte is voor enige netto broeikasgasuitstoot vanuit het veeweidegebied; de verwachting is dat in 2050 het veeweidegebied in Nederland klimaatneutraal moet zijn (geen netto broeikasgasuitstoot) (Rli, 2020).

Door het huidig landgebruik met doorgaande ontwatering en de resulterende veenafbraak zullen veenlagen in Nederland steeds dunner worden en op den duur verdwijnen (met uitzondering van de natuurgebieden). Gezien de uitstoot van broeikasgassen en toename van de ernst van overstromingsrisico's, verzilting en verdroging, kan veenafbraak en bodemdaling maatschappelijk onhoudbaar worden (Rli, 2020). Als Nederland voor 2030 aan het klimaatakkoord wil voldoen, en in 2050 ook aan de Klimaatwet, dan zal het waterbeheer in deze gebieden moeten worden gewijzigd en het landgebruik zich moeten aanpassen aan nattere omstandigheden.

Hogere grondwaterstanden vraagt om aanpassing van het landgebruik. Landbouw moet zich aanpassen aan een geringere draagkracht van de bodem in het voorjaar en hogere

---

<sup>8</sup> Drooglegging = de afstand tussen maaiveld en het waterpeil in sloten

Ontwateringsdiepte = de afstand tussen het maaiveld en het grondwaterpeil

grondwaterstanden, bijvoorbeeld door aangepaste melkveehouderij met kleinere, lichtere koeienrassen of 'natte teelten'. Door de hogere sloot- en grondwaterstanden treedt ook vaker wateroverlast op. Dit conflicteert met de NBW-normen voor landbouw. Omdat maatregelen voor het voorkomen of beperken van wateroverlast in deze gebieden zelden kosteneffectief zijn, moeten gronden worden afgewaardeerd. Vernatting door waterinfiltratiesystemen – bijvoorbeeld – vraagt om een investering van ca. € 3.000 tot € 4.000/ha. Uit onderzoek blijkt echter dat veel agrariërs zo'n maatregel niet gefinancierd krijgen. Compensatie door andere verdienmodellen biedt soms een oplossing, bijvoorbeeld door de agrariërs een rol te geven in het landschapsbeheer, voor groenblauwe diensten te betalen of door neveninkomsten uit recreatie, toerisme of verkoop van streekproducten toe te staan. Verhoging van de grondwaterstanden in het veenweidegebied leidt tot een toename van de watervraag van 3 tot 12% als wordt uitgegaan van een vast slootwaterpeil. De watervraag kan worden beperkt door toepassing van een flexibel slootwaterpeilbeheer.

Uit onderzoek in het buitenland is bekend dat de optimale grondwaterstand voor vermindering van broeikasgasuitstoot ca. 10-20 cm onder maaiveld bedraagt. Een lagere grondwaterstand leidt tot meer afbraak van veen en hogere uitstoot van CO<sub>2</sub>. Een hogere grondwaterstand leidt tot zuurstofloze omstandigheden en vorming van lachgas en methaan (Tiemeyer et al., 2020 & Evans et al., 2021).

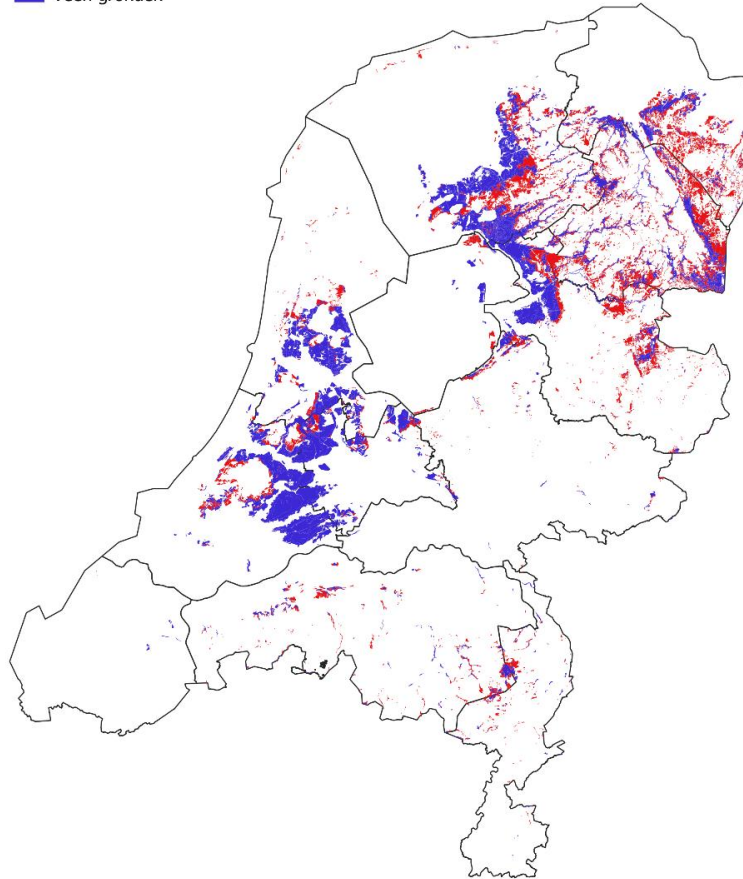
Met een vernat veenweidegebied wordt de bodemdaling sterk beperkt en de broeikasgasuitstoot geminimaliseerd, maar niet nul. De restuitstoot aan broeikasgas kan worden gecompenseerd door het laten aangroeien van veen, waardoor er koolstof wordt vastgelegd, in daarvoor aan te wijzen en te ontwikkelen gebieden.

#### *Kartering*

In Figuur 3.23 wordt een onderscheid gemaakt tussen veengronden en moerige gronden. In de veengebieden valt te verwachten dat er tot 2050 vernatting plaats zal vinden. In moerige gronden is vernatting tot 2050 mogelijk, afhankelijk van de daarmee behaalde broeikasgasuitstootreductie

## Legenda

- Moerige gronden
- Veen gronden



Figuur 3.23: Locaties in Nederland met veengronden (blauw) en moerige gronden (rood).

### 3.4.2 Bescherm natte natuurgebieden

**Voor de veenmoerassen zoals het Vechtplassengebied en de Wieden en Weerribben, maximaal inzetten op vasthouden regenwater en voorkomen wegsijpelen zoetwater naar de omgeving, bijvoorbeeld door aanleg van hydrologische bufferzones en flexibel peilbeheer.**

#### *Onderbouwing*

Om de “natte natuur” te beschermen door de aanleg van hydrologische bufferzones is het volgende nodig:

- Niet toestaan van ontwatering en onttrekkingen die leiden tot verdere verdroging of deze verminderen indien ze al tot ongewenste effecten hebben geleid. Om effect van ontwateren te reduceren kan worden gedacht aan bufferzones, waarvan de benodigde breedte afhankelijk is van de ondergrondkarakteristieken.
- Grondwaterafhankelijke natuur heeft indicatief bufferzones nodig van 100 – 500 m waarbinnen grondwaterstanden hoog worden gehouden. De exacte omvang per gebied is afhankelijk van lokale omstandigheden. Diepe polders, zoals Polder Groot-Mijdrecht of de Horstermeerpolder, hebben een verdrogend effect op de omliggende natuurgebieden. Hier moeten dus grotere hydrologische bufferzones worden aangelegd.

### Kartering

Figuur 3.24 geeft de ligging van natuurgebieden op veengronden weer, waarvoor deze beslisregel geldt.

#### Legenda

■ Natuurgebieden in veengronden



Figuur 3.24: Natuurgebieden op veengronden.

### 3.4.3 Bescherm funderingen

**Extra maatregelen toepassen voor woningen in landelijk gebied die gefundeerd zijn op staal en die grote kans lopen op funderingsschade of grondwateroverlast door waterpeilveranderingen.**

#### Onderbouwing

Door het verhogen van slootwaterstanden is er sprake van een risico op funderingsschade en grondwateroverlast voor woningen die op staal gefundeerd zijn. Hogere slootwaterstanden leiden in bepaalde mate tot een verhoging in grondwaterstanden, en daarmee mogelijk tot grondwateroverlast. Ook kunnen veengronden door vernatting opzwellen, wat tot funderingsschade kan leiden.



### Kartering

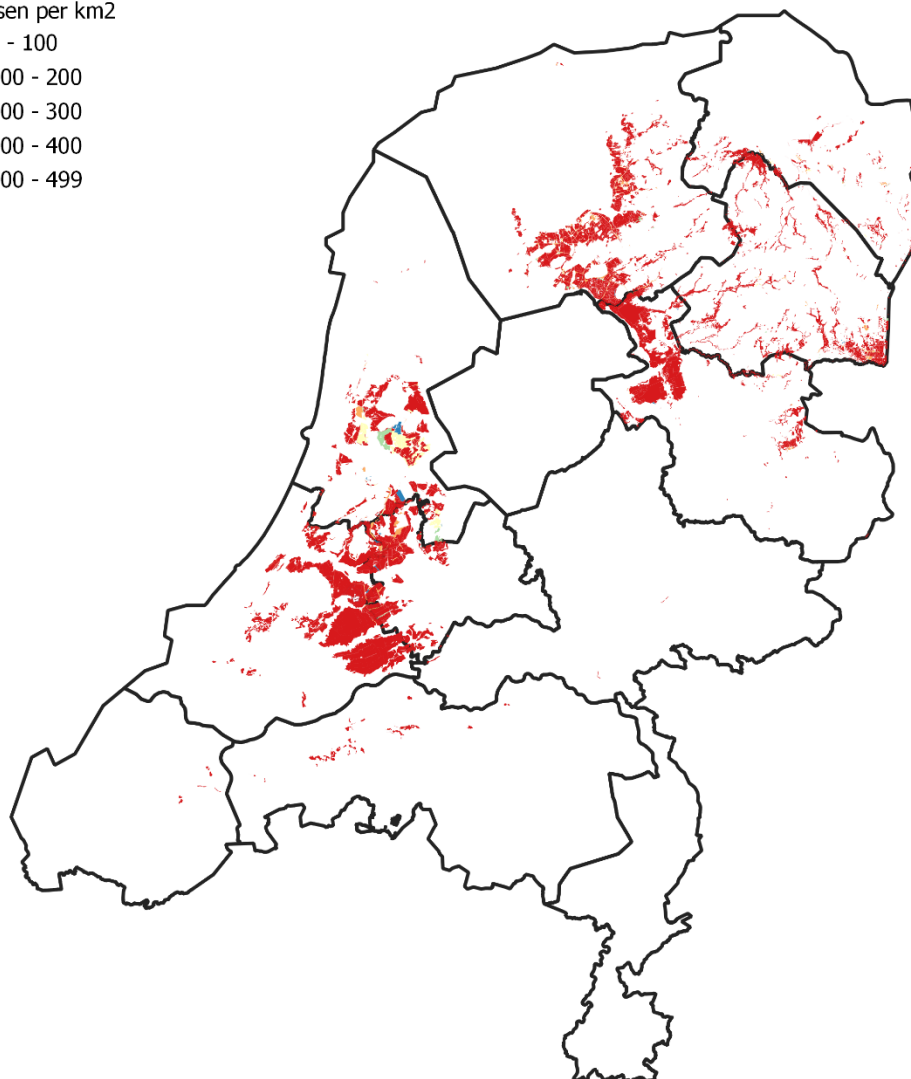
De gebieden waarin dit risico optreedt zijn gekarteerd in Figuur 3.25. Als alle slotwaterpeilen in het landelijke veengebied (wat is gedefinieerd als gebieden met een adressendichtheid van minder dan 500 adressen per km<sup>2</sup> (CBS,2019)) verhoogd worden tot 20 cm onder maaiveld (in de periode 2030-2050), ondervinden gebouwen in deze gebieden risico's.

### Legenda

Risicogebieden in het landelijk veengebied waar een grondwaterstandverhoging te verwachten is. Hoe hoger de omgevingsadressendichtheid, hoe groter het risico.

Adressen per km<sup>2</sup>

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 499



*Figuur 3.25: Veengebieden in het landelijkgebied waar een verhoging in grondwaterstanden te verwachten is.*

### 3.4.4 Niet afwentelen door slecht bouwrijp maken

#### **Voorkom afwenteling van schade en kosten naar de beheerfase en/of van privaat naar publiek door strengere eisen aan het bouwrijp maken.**

##### *Onderbouwing*

Bouwen in veenweidegebied is doorgaans duurder dan op stevigere bodems. De voornaamste reden is dat belasting van slappe bodems, vaak door ophoging van het terrein, samendrukking van veen en klei veroorzaakt, waardoor er bodemdaling optreedt. Hoe slapper en dikker het totale veenpakket is, hoe meer samendrukking er plaats zal vinden. Deze samendrukking bestaat uit 1) consolidatie, waarbij als gevolg van de toename van de belasting de grondspanningen in het veen- en/of kleipakket groter worden, waardoor de bodem wordt samengedrukt en grondwater eruit wordt geperst, waardoor het maaiveld daalt en 2) kruip, waarbij doorgaande vervormingen van de bodemstructuur zorgen voor verdere samendrukking en daarbij maaiveldddaling. Kruip kan decennialang doorgaan. Deze bewegingen gaan vele jaren door en stellen hoge eisen aan de bouwwijze om schade in loop van de tijd te voorkomen.

Vaak werken gemeenten met slappe bodems met zogenoemde restzettingseisen. Dit zijn bepalingen van maximale zettingen die na een bepaalde periode na oplevering van de bouwgrond nog acceptabel zijn. Deze restzettingseisen verschillen per gemeente, en bedragen bijvoorbeeld 15 of 30 cm in 30 jaar. Het gaat hierbij vaak alleen om bodemdaling door kruip (de consolidatie zou in principe grotendeels al opgetreden zijn relatief kort na de ophoging en vóór de oplevering). Andere processen, zoals veenoxidatie en irreversibele krimp, of toch ook consolidatie indien het bouwrijp maken proces te haastig is uitgevoerd, worden hier niet in meegenomen, terwijl deze wel mogelijk kunnen bijdragen aan bodemdaling als gevolg van het bouwrijp maken van het terrein. Wat acceptabel is aan bodemdaling of specifiek restzetting zal afhangen van de lokale fysische randvoorwaarden, wensen en/of eisen van verschillende betrokken partijen, en hoeveel men bereid is te investeren; ook op slappe gronden kan gebouwd worden door bijvoorbeeld meer en in verschillende fases voor te belasten, weer af te graven, te draineren, lichte materialen te gebruiken, enzovoort, maar hier hangt wel een hoog prijskaartje aan en ook relatief veel risico indien het bouwrijp maken niet goed wordt uitgevoerd.

Bouwen op slappe (veen)gronden zal doorgaans dus extra kosten betekenen. Dit geldt voor het bouwproces zelf maar ook is er een grote kans op extra (onderhouds)kosten voor toekomstige generaties. Bijvoorbeeld, in plaatsen zoals Alphen a/d Rijn, Kanis, Kamerik en Kockengen, waar eerder gebouwd is op slappe grond, hebben huidige bewoners te maken met schadekosten als gevolg van bodemdaling (Van Asselen e.a. 2018). Dergelijke kosten, voor nu en in de toekomst, kunnen vermeden worden als wordt gekozen voor bouwen op stevigere grond in plaats van op slappe veengrond.

In 2020 is er door de Deelexpeditie Nieuwbouw op Slappe Bodem (onderdeel van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling) een workshop gehouden op het Nationaal Congres Bodemdaling. Het doel van deze workshop was het verduidelijken en aanscherpen van de (zetting)s(eis met betrekking tot beheersing van bodemdaling in nieuwbouwprojecten op slappe bodem. Informatie over en uitkomsten van deze workshop, inclusief een voorbeeldstudie, zijn te raadplegen via <https://www.kennisprogrammabodemdaling.nl/home/2021/02/23/factsheet-nieuwbouw-op-slappe-bodem-2020/>. Belangrijke uitkomsten zijn dat eisen gebiedsspecifiek zijn, monitoring noodzakelijk is, en dat een levenscycluskosten(LCC)-analyse moet aantonen welke restzettingseisen acceptabel zijn voor openbare- en uitgeefbare terreinen tegen de laagste maatschappelijke kosten bij de ontwerplevensduur. Bij een LCC-analyse worden verschillende varianten afgewogen (bijvoorbeeld, manier van voorbelasten, alternatieve

bouwmethoden) waarbij naar de hele levenscyclus wordt gekeken en waarbij het doel is de (onderhouds)kosten in de toekomst zo laag mogelijk te houden.

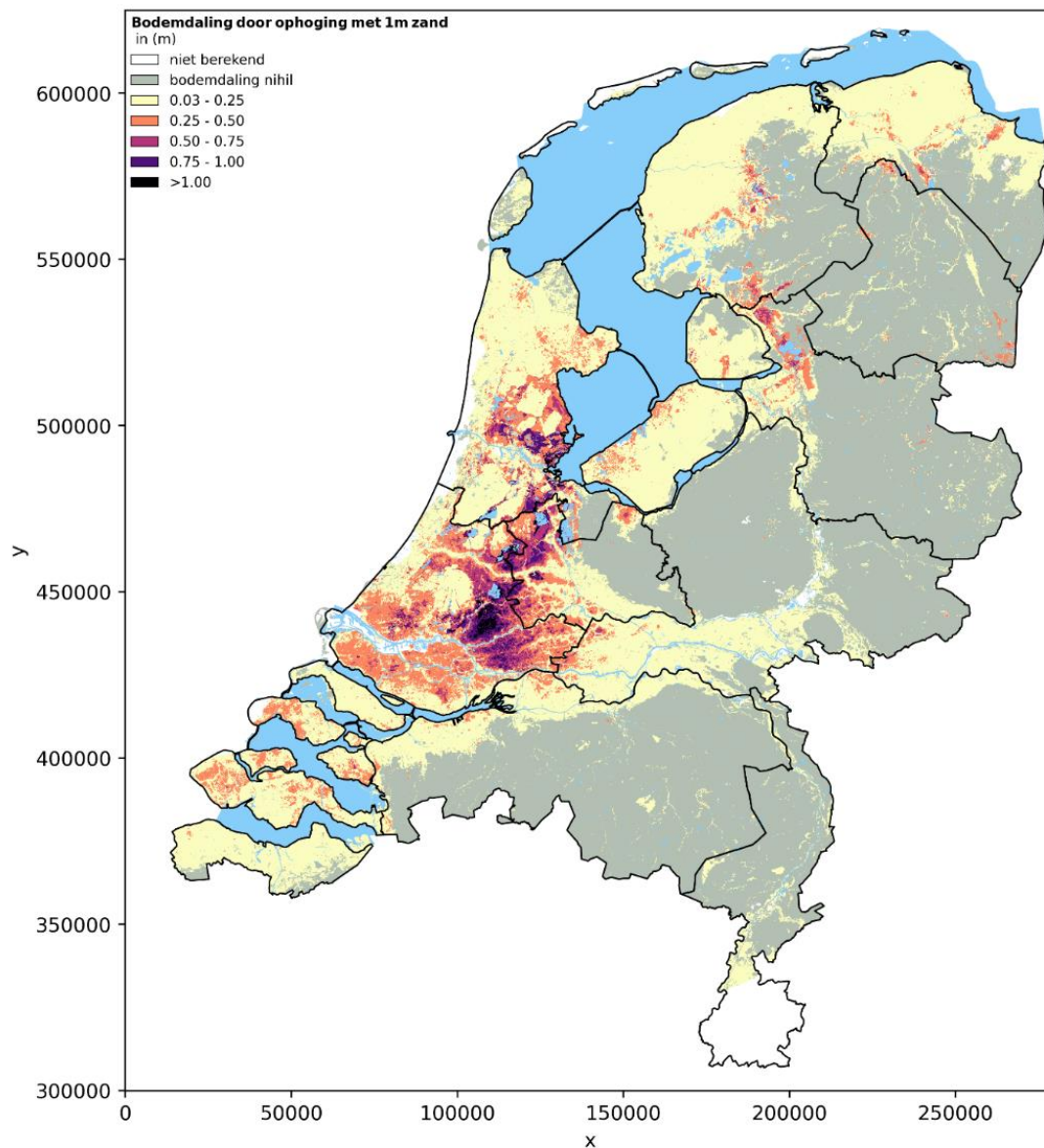
### *Kartering*

De kaart in Figuur 3.26 geeft de gevoeligheid voor bodemdaling weer als gevolg van een ophoging met 1 meter zand en een periode van 30 jaar, waarbij de grondwaterstand t.o.v. NAP constant blijft. De 1 meter ophoging is willekeurig gekozen. Door een uniforme dikte van de ophooglaag te gebruiken, geeft de kaart de ruimtelijke variatie weer van de gevoeligheid voor bodemdaling als gevolg van ophoging.

De kaart is het resultaat van een modelberekening en is in 2021 geactualiseerd (Deltares, 2021). Er wordt hierbij gebruik gemaakt van het zgn. isotachemodel. Dit model is de huidige standaard voor zettingsberekeningen in de geotechniek. Verder is een belangrijke input (geactualiseerde) ondergrondmodellen (o.a. GeoTOP en bodemkaart), waardoor de bodemdalingsgevoeligheidskaart deels een afspiegeling is van de opbouw van de ondergrond.

De kaart kan gebruikt worden bij het maken van keuzes omtrent het al dan niet bouwen op veengronden. Hoe donkerder de kleur in de kaart, hoe bodemdalingsgevoeliger het terrein is, hoe groter de benodigde aanpassingen en daarmee de investeringen. Lokaal zal door de betrokken partijen moeten worden bepaald wat acceptabel is voor wat betreft de hoeveelheid (te verwachten) bodemdaling en investeringen, waarbij tevens rekening moet worden gehouden met andere risico's van bouwen op slappe grond, zoals:

- Afhankelijk van de heterogeniteit van de opbouw van de ondergrond en de afmetingen en ruimtelijke variabiliteit van de ophoging kan er sprake zijn van laterale grondvervormingen, waardoor op den duur afschuivingen kunnen plaatsvinden. Ook kan deze ruimtelijke variabiliteit invloed hebben op de grondwaterstroming (aan de randen van een ophoging laterale wateruitstroming).
- Wateruitdrijving door consolidatie kan invloed hebben op de waterkwaliteit in de omgeving.
- Indien de grondwaterstand verlaagd moet worden kan dit zorgen voor veenoxidatie (en daarbij meer bodemdaling en CO<sub>2</sub> uitstoot).
- Het komt voor dat de consolidatiefase wordt versneld door versterkte drainage. De drains blijven naderhand meestal in de grond zitten, waardoor de doorlatendheid van de ondergrond sterk blijvend verandert (de bodem is geperforeerd).
- Als er veengrond wordt ontgraven voor bouwdoeleinden kan dit in een kwelgebied het risico op opbarsting verhogen (bemaling is dan nodig, wat weer kostbaar is).



Figuur 3.26: Deze kaart geeft een indicatie van de bodemdalingsgevoeligheid: weergegeven is de verwachte hoeveelheid bodemdaling als gevolg van ophoging met 1 m zand ( $16 \text{ kN/m}^2$ ) na een periode van 30 jaar.

### 3.4.5 Bronnen

CBS (2019). Stedelijkheid. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/44/meeste-afval-per-inwoner-in-minst-stedelijke-gemeenten/stedelijkheid>

Deltares (2021). Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten, rapport 11206724-002-BGS-0001, 29 april 2021.

Erkens, G.E., van der Meulen, M.J., Middelkoop, H. (2016). Double trouble: subsidence and CO<sub>2</sub> respiration due to 1,000 years of Dutch coastal peatlands cultivation, Hydrogeology Journal 24, 551-568.

Evans, C.D., Peacock, M., Baird, A.J. et al. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature* 593, 548–552.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>

Klimaatakkoord (2019). Klimaatakkoord, Den Haag, 28 juni 2019, 250 pp.  
<https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (RLI) (2020). Stop bodemdaling in veenweidegebieden: het Groene Hart als voorbeeld. Digitale uitgave. ISBN 978-90-77166-90-1

Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., ..., & Drösler, M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, Volume 109.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>.

Van Asselen, S., Erkens, G., Stouthamer, E., Hefting, M.M. (2018). Inzicht bodemdaling nodig voor inrichting veenrijke kustgebieden. *Land en Water* 6, 20-21.

## 3.5 Verziltende kustgebieden en polders

### 3.5.1 Houd rekening met toename van verzilting en vererger die niet

**Ruimtelijke ontwikkelingen en grondgebruik in verziltende gebieden mogen de verzilting niet verergeren. Ontwikkelingen houden rekening met verzilting door hogere zoutconcentraties te accepteren of inzake water zelfvoorzienend te worden. In sommige gebieden zal zout in de wortelzone komen en in andere gebieden kan polderdoorspoeling op termijn niet meer gegarandeerd worden door afnemende beschikbaarheid van water uit het hoofdwatersysteem.**

#### *Onderbouwing*

In een groot deel van het kustgebied en in polders stroomt zout of brak grondwater als kwel naar het oppervlaktewater. In deze verziltende kustgebieden en polders is de zoetwaterbeschikbaarheid hierdoor beperkt. Voor een deel zijn functies in deze gebieden hierop aangepast, met name in de Zuidwestelijke delta en op de Waddeneilanden, en gebruikt de landbouw alleen neerslagwater of lokaal beschikbaar (grond)water. Op andere plekken wordt zoetwater aangevoerd en verzilting tegengegaan door het watersysteem door te spoelen met (extern) zoet water, zoals in Noord- en West-Nederland.

Ruimtelijke ontwikkelingen mogen de verzilting door kwel niet verergeren, omdat dat leidt tot afwenteling in de ruimte of in de tijd. Gebruik van zoet (grond)water en aanpassingen in het waterbeheer of het lek prikken van ondoorlatende bodemlagen kan zorgen voor versnelde verzilting door het aantrekken van brakke of zoute kwelstromen.

Door klimaatverandering, vergroting van de verdamping, en maatschappelijke veranderingen zal de zoetwatervraag toenemen. Tegelijkertijd neemt de zoetwaterbeschikbaarheid af door toename van de zoute kwelfluxen als gevolg van zeespiegelstijging (Delsman et al., 2022, in prep.) en komt wateraanvoer onder druk te staan door verminderde zomerse rivierafvoer en grotere watervraag vanuit andere gebieden (Mens et al., 2019). Ontwikkelingen en landgebruik zullen zich moeten aanpassen aan deze veranderende omstandigheden: adaptatie aan voortschrijdende verzilting, zelfvoorzienendheid en een duurzame verhouding tussen zoetwatervraag en -aanbod.

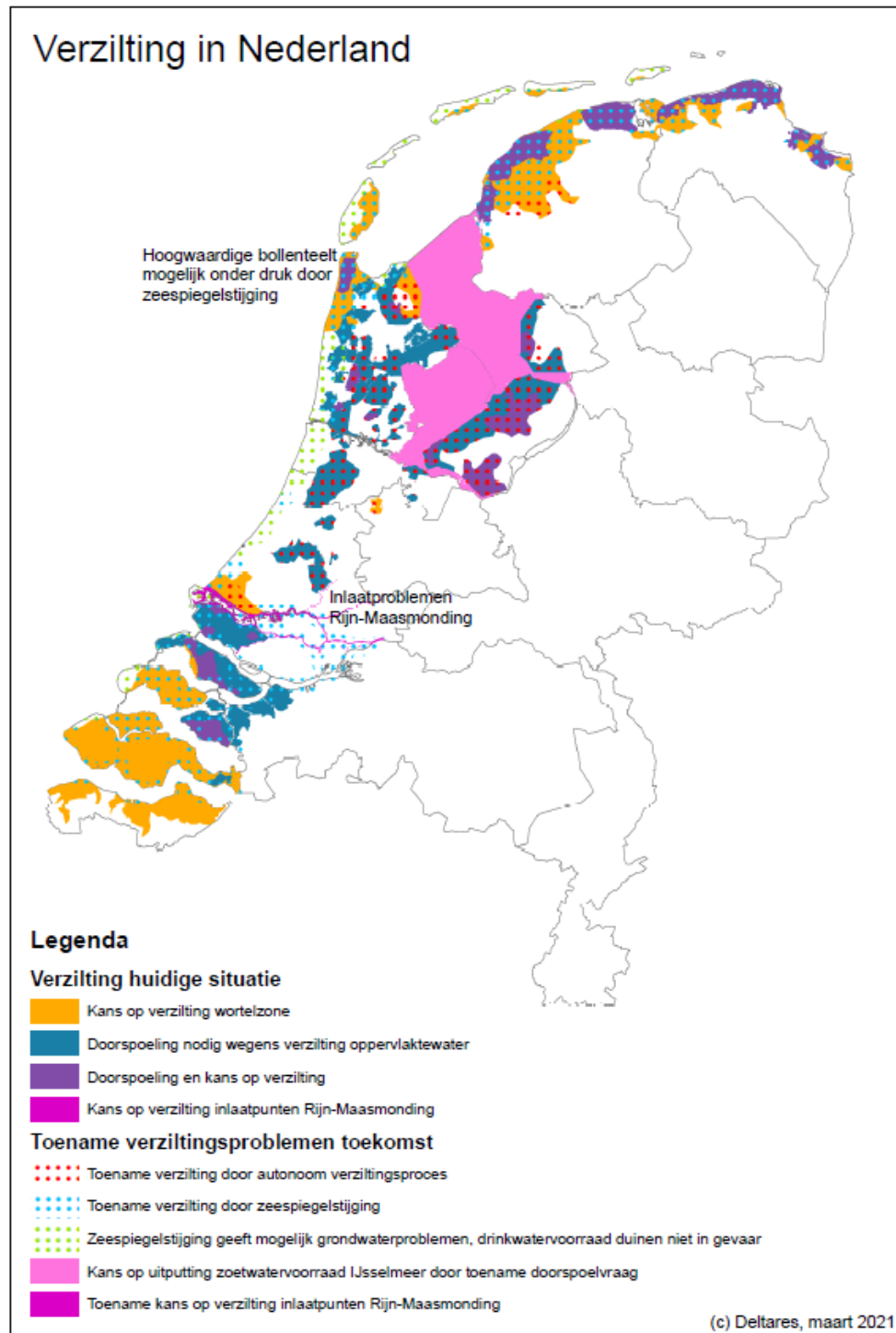
In gebieden met zoetwateraanvoer is de huidige aanvoer in droge jaren niet voldoende, mede door de grote watervraag vanuit het veenweidegebied – dat voorrang krijgt om irreversibele gevolgen te voorkomen (cf. de Verdringingsreeks). Ter illustratie de uitkomsten van een stresstest uitgevoerd in opdracht van het Deltaprogramma (Pouwels et al., 2021):

- In het huidig klimaat wordt eens in de 20 jaar de volledige IJsselmeerbuffer gebruikt, waardoor de levering van zoetwater aan het voorzieningsgebied van het IJsselmeer in de knel komt;
- in 2050 zal dat eens in de 5 jaar zijn
- In 2050 kan de watervraag in het Voorzieningsgebied Benedenrivieren eens in de 10-20 jaar niet volledig geleverd worden en nemen de tekorten toe.

Op de lange termijn zal de rationaliteit om doorspoelen met zoet water te handhaven afnemen. De totale doorspoelvraag neemt op de lange termijn zeer sterk toe van 20 m<sup>3</sup>/s in de huidige situatie, tot ongeveer 50, 100 en 350 m<sup>3</sup>/s bij een zeespiegelstijging van respectievelijk 0,5 m, 1 m en 3 m (Delsman et al., 2022, in prep.).

### Kartering

Voor de korte termijn geldt de beslisregel voor de gebieden die in de kaart zijn aangeduid onder 'verzilting huidige situatie'.



Figuur 3.27 Verziltende gebieden huidige situatie en gebieden waarin verzilting in toekomst kan toenemen

### 3.5.2 Bronnen

Delsman, J., America, I., Mulder, T. 2022. Grondwaterverzilting en watervraag bij extreme zeespiegelstijging – Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Deltares rapport 11206798-014. In voorbereiding.

Mens, M., Hunink, J. C., Delsman, J. R., Pouwels, J., Schasfoort, F. (2020). Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares rapport 11203734-003.

Pouwels, J., America, I., Delsman, J., Mens, M. (2021). Stresstest voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II – Het effect van nieuwe inzichten en onzekerheden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Deltares rapport 1206829-002



## 3.6 Bodem en ondergrond

Om regels voor ruimtelijke ordening te formuleren vanuit het oogpunt van water en bodem, was dit onderwerp in voorgaande DGWB rapportages breed geformuleerd. De beslisregels die hier geformuleerd zijn, zijn veeleer relevant voor generiek milieubeleid (van toepassing op elke plek in Nederland) en het maken van locatiespecifieke afwegingen.

### 3.6.1 Voldoe aan de aankomende EU-bodemrichtlijn

**Voorkom chemische, fysische of biologische bodemdegradatie die toekomstig ander gebruik belemmert. Praktisch juridisch: Voldoe aan de aankomende EU-bodemrichtlijn.**

#### *Onderbouwing*

Hoe dit vorm zou moeten krijgen is nog niet uitgekristalliseerd. Richtinggevend zal de nieuwe Europese bodemstrategie zijn. Deze Europese bodemstrategie 2030 heeft als doel om in 2050 alle bodemecosystemen in een gezonde conditie te krijgen. Complicerend is dat momenteel nog een breed geaccepteerde definitie van de term ‘*soil health*’ (bodemgezondheid) ontbreekt. In de EU Bodemmissie (EC, 2021B) wordt het omschreven als “de doorlopende capaciteit van de bodem om ecosysteemdiensten te ondersteunen”.

Momenteel is 60-70% van de bodems in Europa niet gezond als gevolg van onzorgvuldig landgebruik en degradatie zoals verdichting, afname organische stof en bodemleven, verontreiniging, verzilting en afdichting. Elk jaar wordt voor stedelijke ontwikkeling en infrastructuur netto meer dan 400 km<sup>2</sup> land gebruikt, voornamelijk ten koste van landbouwgrond. Intensief grondbeheer en verandering van landgebruik hebben een negatief effect op de biodiversiteit in de bodem. Daarom streeft de EU naar ‘*no net landtake*’ in 2050.

Om een *no net landtake* te bewerkstelligen, zou een verdringingsreeks kunnen dienen op grond van enerzijds een onderscheid tussen voor bodem en ondergrond belastende en minder belastende functies en anderzijds locaties die meer of minder kwetsbaar zijn.

Een eerste aanzet van een dergelijke verdringingsreeks, te gebruiken bij grootschalige ontwikkeling zoals verstedelijking en infrastructuur, is:

- 1) Concentreer nieuwbouw binnen bestaand bebouwd gebied
- 2) Revitaliseer verontreinigde en andere onderbenutte locaties zoals “brownfields” en IBC-locaties (Isoleren, Beheersen en Controleren)
- 3) Voorkom het bouwen op waardevolle bodems, bruikbaar voor landbouw en natuur.

Op deze wijze kan ruimtelijke ordening ingezet worden om de bodemgezondheid te verbeteren irreversibele effecten afwenteling op elders of later te voorkomen. Hieronder korte toelichting op de onderdelen:

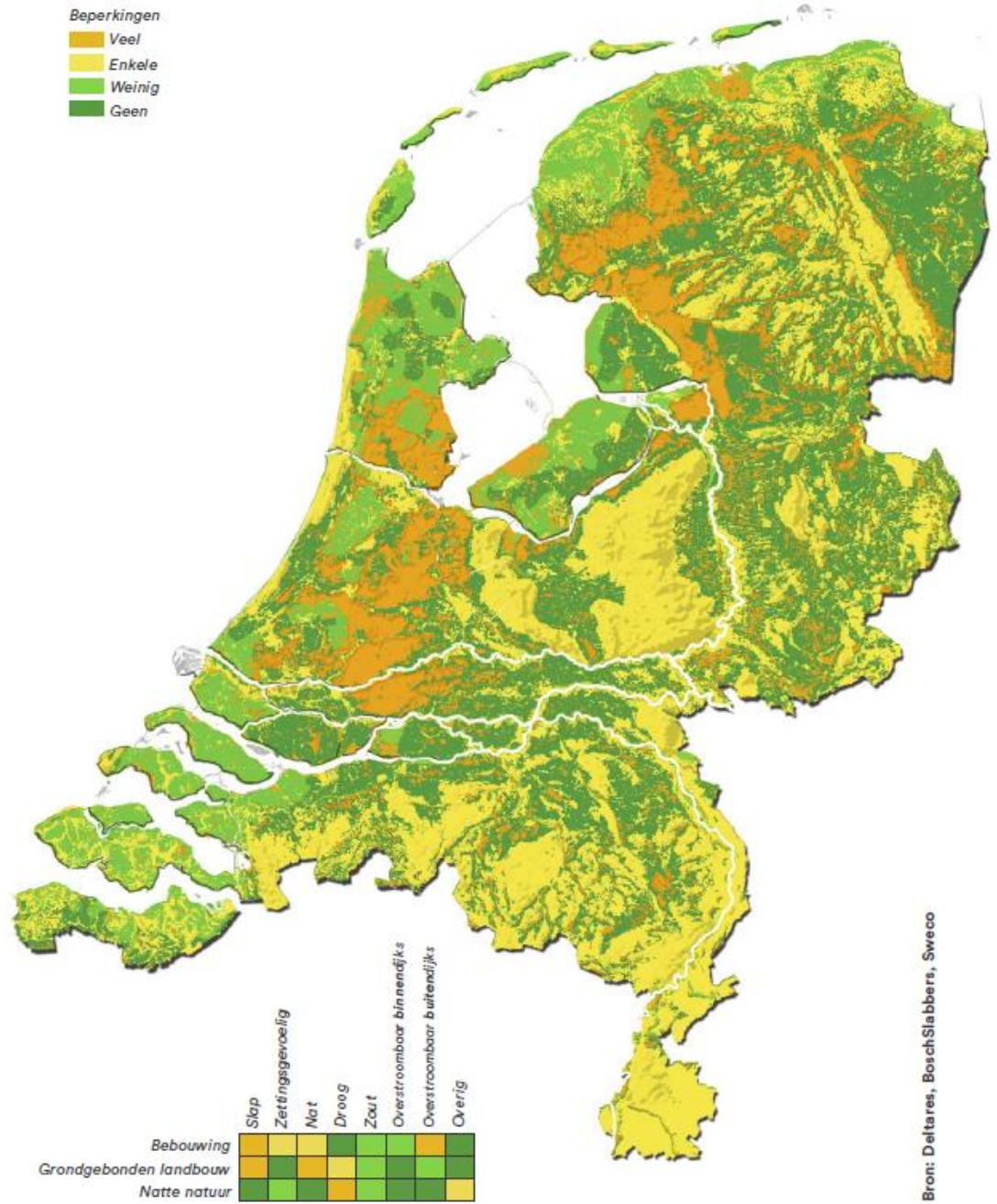
- 1) verdicht bestaand bebouwd gebied (‘inbreiden’ i.p.v. uitbreiden). Dit betekent herbestemming en een grotere woningdichtheid per km<sup>2</sup>. Nadeel kan zijn dat er minder ruimte is voor andere functies in stedelijk gebied, zoals groen. De mogelijkheden hiervoor dienen lokaal bepaald te worden in stedenbouwkundige gebiedsontwikkeling.
- 2) Revitaliseer / hergebruik onderbenutte en/of verontreinigde locaties zoals “brownfields” en IBC-locaties.
  - a. verminderde ruimtevrage voor woningbouw door herontwikkeling bestaande locaties, zoals voormalige industriegronden. Vaak is hier al ondergrondse en

- bovengrondse infrastructuur aanwezig en zijn er synergiemogelijkheden tussen de woningbouwopgave en de bodemsaneringsopgave.
- b. In diverse projecten aan *brownfields* (onderbenutte, soms verontreinigde, gebieden) is tijdelijk gebruik mogelijk waarvoor al regels zijn uitgewerkt (zie bijv. CABERNET (Ferber et al., 2006), HOMBRE (website), TIMBRE (website)).
  - c. IBC locaties (in Nederland naar schatting zo'n 300 locaties (TTE, 2015)) bieden kans om gronden weer beschikbaar te maken voor nieuwe functies.
- 3) In geval ontwikkeling niet in 1 en 2 gerealiseerd kan worden bebouwd dan eerst de slechtste bodems, dan marginale bodems, en bouw niet op voor andere functies zeer geschikte plaatsen, zoals op goede landbouwgrond.

#### *Kartering*

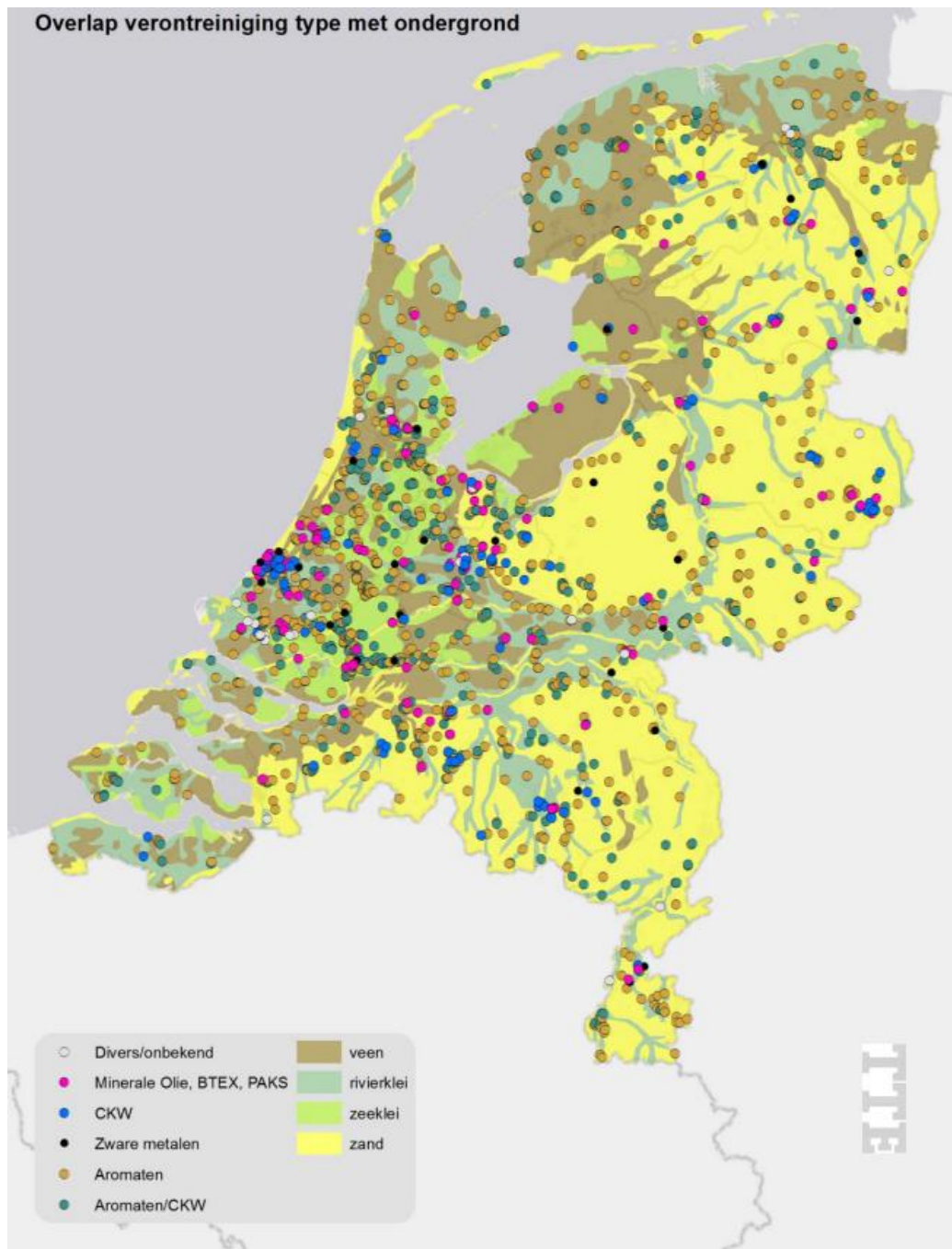
De beslisregel geldt in momenteel onbebouwde gebieden waarin nu of in de toekomst bebouwing kan plaatsvinden. Er is geen kant en klare kaart die aangeeft waar deze beslisregel exact van toepassing is. Voor sommige aspecten uit de bovenstaande drie onderdelen is wel een kaart te geven.

Kartering bij onderdeel 3: niet bouwen op de goede gronden voor landbouw (zie Figuur 3.28).



Figuur 3.28 Geschiktheidskaart grondgebonden landbouw (bron: Op Waterbasis).

Wel bouwen op IBC locaties, brownfields (zie Figuur 3.29)



Figuur 3.29 Ligging van IBC locaties (afkomstig uit quickscan, TTE, 2015).

### 3.6.2 Voorkom bedreiging grondwatervoorraden door verslechterende bodem- en (grond)waterkwaliteit

**Voorkom de emissie van nutriënten en antropogene stoffen naar het grondwater, die nu en op lange termijn (>100 jaar) een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit veroorzaken. Doe dit waar mogelijk via een bronaanpak en waar noodzakelijk via effectieve ingrepen/zuivering en/of de benutting van het natuurlijk systeem (zuiverende werking bodem).**

#### *Onderbouwing*

Een goede grondwaterkwaliteit is belangrijk voor Nederland. De betekenis van voldoende grondwater van goede kwaliteit wordt duidelijk op plaatsen met grondwaterafhankelijke natuur, of waar we het grondwater benutten voor drinkwater of landbouw. De grondwaterkwaliteit wordt bedreigd door:

- Emissies vanuit agrarisch landgebruik: gewasbeschermingsmiddelen, nutriënten;
- Emissies vanuit het rioolstelsel en oppervlaktewater: organische microverontreinigingen, waaronder medicijnresten, PFAS, bestrijdingsmiddelen, diergeneesmiddelen, nanodeeltjes en microplastics.

De grondwaterkwaliteit staat nu al zwaar onder druk, hetgeen ook wel wordt aangeduid als de vergrijzing van grondwater. Dat maakt gebruik als drinkwaterbron steeds risicovoller. Zo stellen Van Driezum et al. (2020): *“In meer dan de helft van de 216 winningen in Nederland zijn nu, of in de nabije toekomst, problemen met de waterkwaliteit of de beschikbare hoeveelheid. In 135 van de winningen worden namelijk stoffen gevonden die dit ongezuiverde water vervuilen. Door de droogte van de laatste jaren is het minder vanzelfsprekend geworden dat er in sommige seizoenen genoeg water is. Ook zorgt de droogte ervoor dat de concentraties vervuilende stoffen hoger zijn. Hierdoor moeten drinkwaterbedrijven meer doen om er schoon drinkwater van te maken”*.

#### Wat weten we wel en niet

Via de drinkwaterbronnen en grondwatermeetnetten weten we dat diverse stoffen nu al in (normoverschrijdende concentraties) in het diepere grondwater worden aangetroffen. Door het ontbreken van een effectief meetnet in het ondiepe grondwater weten we niet wat er nog “onderweg” is. Ook ontbreekt het aan kennis over de risico's van de diverse stoffen (en cocktails) voor mens en ecosysteem, zeker op lange termijn.

#### Handelingsperspectief

Om grondwater te herstellen en de waarde van grondwater voor toekomstige generaties te behouden, en de bovengenoemde risico's te beperken moeten we het grondwater op een andere, meer duurzame manier gaan beheren en benutten. De volgende bouwstenen dragen daar aan bij:

- Ruimtelijk differentiëren: grondwater is niet overal even kwetsbaar. Met name in diepe infiltratiegebieden zijn kwetsbaar door lange reis- en verblijftijden van het grondwater, in combinatie met het drinkwatergebruik. Versterkt het beschermingsregime van kwetsbare gebieden.
- Het is zaak om ook naar de langere termijn te kijken. Veel drinkwaterwinningsgebieden hanteren 100-jaarszones. Pesticiden “van toen” komen nu in ons drinkwater terecht. Dit wordt ook een probleem van veel nieuwe stoffen die pas recent gebruikt (en/of bekend, gedetecteerd en gemeten) werden.
- Opzetten van grondwaterkwaliteitsbeheer van het ondiepe grondwater en vergroten van het inzicht in de kwaliteit van het ondiepe grondwater.
- De emissies van stoffen naar het grondwater verminderen door een bronaanpak en waar noodzakelijk via effectieve ingrepen/zuivering en/of de benutting van het natuurlijk systeem. In Landelijk gebied worden gewasbeschermingsmiddelen,

nutriënten gebruikt. Regionaal is er steeds meer draagvlak om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen sterk terug te dringen door stimuleren vermindering/stoppen van gebruik (bijv. provincie Friesland) of door verbieden. Daarnaast zijn er de stoffen die via het rioolstelsel / oppervlaktewater in het grondwater terecht komen. Zoals medicijnresten, PFAS en andere opkomende stoffen. Hiervoor kan worden ingezet op brongerichte aanpak (verbieden bepaalde stoffen) en/of zuiveren via de RWZI's (vierde-trapszuivering).

#### *Kartering*

Deze beslisregel is met name relevant in de inzigtgebieden (gebieden waarin water naar het grondwater percoleert).

Een kaart die het precieze ruimtebeslag van deze beslisregel weergeeft, bestaat nog niet. Door de bestaande kennis van het grondwater en de claims die daarop gelegd worden, bij elkaar te brengen en te combineren, worden de aandachtsgebieden zichtbaar. Een dergelijk integraal beeld van het grondwater geeft niet alleen inzicht in aandachtsgebieden, maar toont ook oplossingsrichtingen en kansen die benut kunnen worden bij het maken van ruimtelijke keuzes. Bijvoorbeeld kansen om zoetwatervoorraden van goede kwaliteit aan te leggen en te behouden, aardwarmte te winnen en natuurgebieden te herstellen. Dit integraal beeld kan grotendeels gemaakt worden door uitkomsten van bestaande studies te combineren.

### **3.6.3 Vermijd negatieve effect van energietransitie op water en bodem**

**Wanneer ruimte in het landschap, het water of de ondergrond gebruikt wordt voor energieopwekking of -opslag, moeten negatieve effecten daarvan op water en bodem zoveel mogelijk worden vermeden.**

#### *Onderbouwing*

Het water- en bodemsysteem kan een belangrijke bijdrage leveren aan de energietransitie door seizoensopslag van warmte. Tegelijk legt de energietransitie een forse claim op de schaarse ruimte en heeft deze gevolgen voor het functioneren van het water- en bodemsysteem en de biodiversiteit. De omvang van die impact varieert sterk, afhankelijk van het schaalniveau. Het betreft bijv. de impact van grote windmolenparken op de Noordzee, gevolgen van geothermieboringen op strategische drinkwatervoorraden, consequenties van de winning van thermische energie uit oppervlaktewater, en effecten van drijvende zonnepanelen op de aquatische ecologie.

**1) Wanneer water, de ondergrond of ruimte worden gebruikt voor de energietransitie, moet synergie worden nagestreefd met andere ruimtelijke ontwikkelingen.**

De energietransitie vraagt veel ruimte, net als bijvoorbeeld klimaatadaptatie. De ruimtelijke claims van duurzame energieopwekking, transport, en opslag moeten waar mogelijk geïntegreerd worden met maatregelen voor klimaatadaptatie en lock-in effecten moeten worden voorkomen. Warmtenetten vragen bijvoorbeeld veel ruimte in de ondergrond, maar de aanleg en het gebruik beschadigen boomwortels terwijl bomen juist cruciaal zijn voor het tegengaan van hittestress in het stedelijk gebied. Het gaat dus om integrale en klimaatadaptatieve energietransitie. De sleutelkeuzes hiervoor moeten in beeld worden gebracht en er is instrumentarium nodig om afwegingen te kunnen maken en om desinvesteringen en lock-ins te voorkomen. Denk hierbij aan:

- De winning van geothermie in grondwaterbeschermingsgebieden en Aanvullende Strategische Voorraden (ASV) is niet toegestaan, tenzij driedimensionale geverifieerde data aantonen dat er geen risico's zijn op aantasting van het grondwater.

- Ook worden in grondwaterbeschermingsgebieden en ASV's geen open en geen gesloten bodemenergiesystemen toegepast tenzij kan worden aangetoond dat er geen risico's zijn van aantasting van het grondwater.

## **2) (Ruimtelijke) impact op bodem- en watersysteem zo veel mogelijk vermijden of beperken.**

Het water en bodemsysteem kan een grote bijdrage leveren aan de energie- en warmtetransitie, maar dit mag niet ten koste gaan van het potentieel van het water en bodemsysteem om in de toekomst deze of andere geo-ecosysteemdiensten te vervullen. Dat vraagt uit te gaan van de draagkracht van het systeem en toepassing van het voorzorgsprincipe. Het voorzorgsprincipe stelt dat als een ingreep ernstige of onomkeerbare schade kan veroorzaken aan samenleving of milieu, er maatregelen moeten worden genomen om deze schade tegen te gaan, ook als de effecten onzeker of nog onvoorspelbaar zijn – een uitgangspunt van Europese milieuwetgeving, maar in de Nederlandse context zelden strikt toegepast.

### Vermijden:

- Warmtewinning en -opslag in de ondergrond mag niet leiden tot toename van brakke of zoute kwel, het lekprikken van ondoorlatende lagen, noch tot vervuiling van grondwater als gevolg van lekkage bij of na boringen. Dit vraagt om een *ex-ante* risicobeoordeling, monitoring en afstemming tussen overheden.
- Warmteopslag en -buffering mag niet leiden tot verspreiding van (bestaande) verontreinigingen in grondwater en ondergrond.
- Collectieve bodemenergiesystemen verdienen de voorkeur boven individuele – die relatief veel bodemperforaties vergen – en gesloten systemen verdienen de voorkeur boven open systemen.

### Beperken:

- Onttrekking van warmte aan oppervlaktewater (aquathermie) mag niet ten koste gaan van de waterkwaliteit en biodiversiteit, door koudelozingen. Het effect van deze lozingen op de temperatuur van het ontvangende water verschilt met de omvang van de lozing en de kenmerken van het waterlichaam. Deze kan zowel negatief als positief uitpakken. Wat de impact is van koudelozing op de natuur weten we nog onvoldoende. Hiervoor is meer ecologische monitoring nodig van praktijksituaties (WarmingUP website, STOWA, 2021).
- Drijvende zonneparken moeten voldoen aan de vergunningseisen voortvloeiende uit de natuurwetgeving en de Waterwet (straks: Omgevingswet). De door STOWA en Rijkswaterstaat opgestelde handreiking biedt hiervoor handvaten voor zowel initiatiefnemers als vergunningverleners. Een update van deze Handreiking – gebaseerd op onderzoeksresultaten naar de effecten van zon op water – is voorzien in 2025 (STOWA, 2019).

### *Kartering*

Voor de voorgaande beslisregels geldt dat de invulling ervan sterk situatie- en locatieafhankelijk is. Hiervoor is momenteel geen geldig kaartbeeld te geven.

### 3.6.4 Bronnen

Aquathermie viewer:

<https://aquathermie.nl/praktijk/aquathermieviewer/default.aspx?msclkid=4045708aaab611ecb4e19cd26038e045>

Blauw, M, L. Maring, J.F. Mars (2015). 4P kansen met 4D planning - een verkenning van tools en instrumenten. Deltaresrapport 1220050-005

Bodem+ (2013) Handreikingen bodem voor gemeenten - Handreiking Bodemtoets bij bestemmingsplan en omgevingsvergunning voor bouwen, versie 2. Bodem+, RWS.

Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795. 34 blz. ; 1 fig; 2 tab; 23 ref. <https://doi.org/10.18174/49830>

Boon, A.R., S. Caires, I.L. Wijnant, R. Verzijlbergh, F. Zijl, J.J. Schouten, S. Muis, T. van Kessel, L. van Duren, T. van Kooten. 2019. Assessment of system effects of large-scale implementation of offshore wind in the southern North Sea. Deltares report. [https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/162457/assessment\\_of\\_system\\_effects\\_of\\_large-scale\\_implementation\\_of\\_offshore\\_wind\\_in\\_the\\_southern\\_north\\_se.pdf](https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/162457/assessment_of_system_effects_of_large-scale_implementation_of_offshore_wind_in_the_southern_north_se.pdf)

Deltafact geothermie beschikbaar op:

[https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/DELTAFACTS/Deltafacts%20NL%20Waterkwaliteit%20PDF/EINDVERSIE\\_Deltafact\\_Geothermie\\_20201218\\_update\\_opmaakv3.pdf?msclkid=2038a9ddaab611ec9e6abacef8c389ba](https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/DELTAFACTS/Deltafacts%20NL%20Waterkwaliteit%20PDF/EINDVERSIE_Deltafact_Geothermie_20201218_update_opmaakv3.pdf?msclkid=2038a9ddaab611ec9e6abacef8c389ba)

EC, 2021A. Soil Strategy met aangekondigde Soil health law beschikbaar op: [https://ec.europa.eu/environment/document/download/ae853f10-c9a2-4665-a9f2-c29d11c49374\\_en?filename=COM\\_2021\\_699\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v4\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/environment/document/download/ae853f10-c9a2-4665-a9f2-c29d11c49374_en?filename=COM_2021_699_1_EN_ACT_part1_v4_0.pdf)

EC, 2021B. European Soil Mission “A Soil Deal for Europe” beschikbaar op: [https://ec.europa.eu/info/files/eu-mission-soil-deal-europe-implementation-plan\\_en](https://ec.europa.eu/info/files/eu-mission-soil-deal-europe-implementation-plan_en)

<https://www.ufz.de/surface/index.php?en=43795&msclkid=161daa83a91211ecaf603f7460010a69>

De Haan, J.J., H.G.M. van den Elsen, M.C. Hanegraaf, S.M. Visser (2021) Bodemindicatoren voor landbouwgronden in Nederland (BLN versie 1.1) <https://research.wur.nl/en/publications/bodemindicatoren-voor-landbouwgronden-in-nederland-bln-versie-11>

Ferber, U, Grimski, D, Millar K., Nathanail, P. (2006). Sustainable Brownfield Regeneration: CABERNET (The Concerted Action on Brownfield and Economic Regeneration Network) Network Report

Government of the Netherlands. Draft North Sea Programme 2022 – 2027. <https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/190929/draft-north-sea-programme-2022-2027-webversie1.pdf>

Hanegraaf, M.C., H.G.M. van den Elsen, J.J. de Haan & S.M. Visser (2019).

Maring, L en Van den Berg, H. (2020) BOGO - Bodem en ondergrond in omgevingsbeleid.



Maring L. (2019) Policy brief "Soil quality in spatial planning" beschikbaar op:  
<https://publications.deltares.nl/1230934a.pdf?msclkid=afdffd4fa92311ecb61e62c63c25a976>

Ministerie van VROM (2004) beleidsbrief 'Ruimtelijke Ordening Ondergrond'

Ministerie van VROM (2006) De kansen van de ondergrond Mogelijkheden, voordelen en instrumenten. Brochure. VROM 6074 / JUNI 2006

STOWA 2019 Alle relevante documenten voor vergunningverlening staan op Handreiking voor vergunningverlening drijvende zonneparken op water  
<https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-voor-vergunningverlening-drijvende-zonneparken-op-water>

STOWA (2021) Kader voor vergunningverlening koudelozingen 1.0. Handreiking voor beoordeling van aanvragen voor TEO-systemen. BESCHIKBAAR VIA  
<https://www.stowa.nl/publicaties/kader-voor-vergunningverlening-koudelozingen-10-handreiking-voor-beoordeling-van>

Technische Commissie Bodem (2014) Rapport Onverwachte gebeurtenissen in de bodem - Gevolgen van ons handelen in beeld. TCB rapport R23(2014). Beschikbaar op:  
<https://www.tcbodem.nl/publicaties/ondergrond/635-r23-2014-rapport-onverwachte-gebeurtenissen-in-de-bodem-gevolgen-van-ons-handelen-in-beeld-3/file> 2014 .

TTE (2015) Quickscan karakterisering IBC-locaties

Van Duren L., F. Zijl, T. van Kessel, V.T.M. van Zelst, L.M. Vilmin, J. van der Meer, G.M. Aerts, J. van der Molen, K. Soetaert, A.W. Mins. Ecosystem effects of large upscaling of offshore wind on the North Sea – Synthesis report.  
<https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/190265/synthesis-ecosystem-effects-of-large-upscaling-of-offshore-wind-on-the-north-sea.pdf>

Van Driezum I.H., J. Beekman, A. van Loon, R.C. van Leerdam, S. Wuijts, M. Rutgers, S. Boekhold, M.C. Zijp (2020) Staat drinkwaterbronnen RIVM-rapport 2020-0179 beschikbaar via <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0179.pdf>

Website: Bodembeheer van de Toekomst UP project  
<https://samendedieptein.nl/bodembeheer-van-de-toekomst/>

Website: Handreiking plannen met de ondergrond: [ruimtexmilieu.nl](http://ruimtexmilieu.nl)

Website: Routeplanner Bodemvizier <https://www.bodemvizier.nl/routeplanner>

Website: Samen de Diepte in, UP project <https://samendedieptein.nl/samen-de-diepte-in/>

Website warmingUP [www.warmingup.info/project/18/3b-effecten-rol-en-regelgeving](http://www.warmingup.info/project/18/3b-effecten-rol-en-regelgeving)

- Modelinstrumentarium voor de verspreiding van koudelozingen, website WarmingUP<sup>9</sup>
- Effecten van koudelozingen op het ecologisch functioneren van oppervlaktewatersystemen,
- 3B Monitoringsplan Ecologische Effecten Thermische Energie Oppervlaktewater,
- Temperatureffecten koudelozingen

Website: HOMBRE project (brownfields) <http://zerobrownfields.eu/>

---

Website SURFACE project: land consumption

<https://www.ufz.de/surface/index.php?en=43795&msclkid=8a3cd3f7aa9211ec95fa16137c9abfa1>

Website TIMBRE project Brownfields: [http://www.timbre-](http://www.timbre-project.eu/en/brownfield.html?msclkid=a3625a0baa9211ecafdcfc197aa59c0f)

[project.eu/en/brownfield.html?msclkid=a3625a0baa9211ecafdcfc197aa59c0f](http://www.timbre-project.eu/en/brownfield.html?msclkid=a3625a0baa9211ecafdcfc197aa59c0f)

Website: kennisimpuls grondwater:

<https://www.kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/themas/goed-grondwater-nu-schoon-drinkwater-straks>