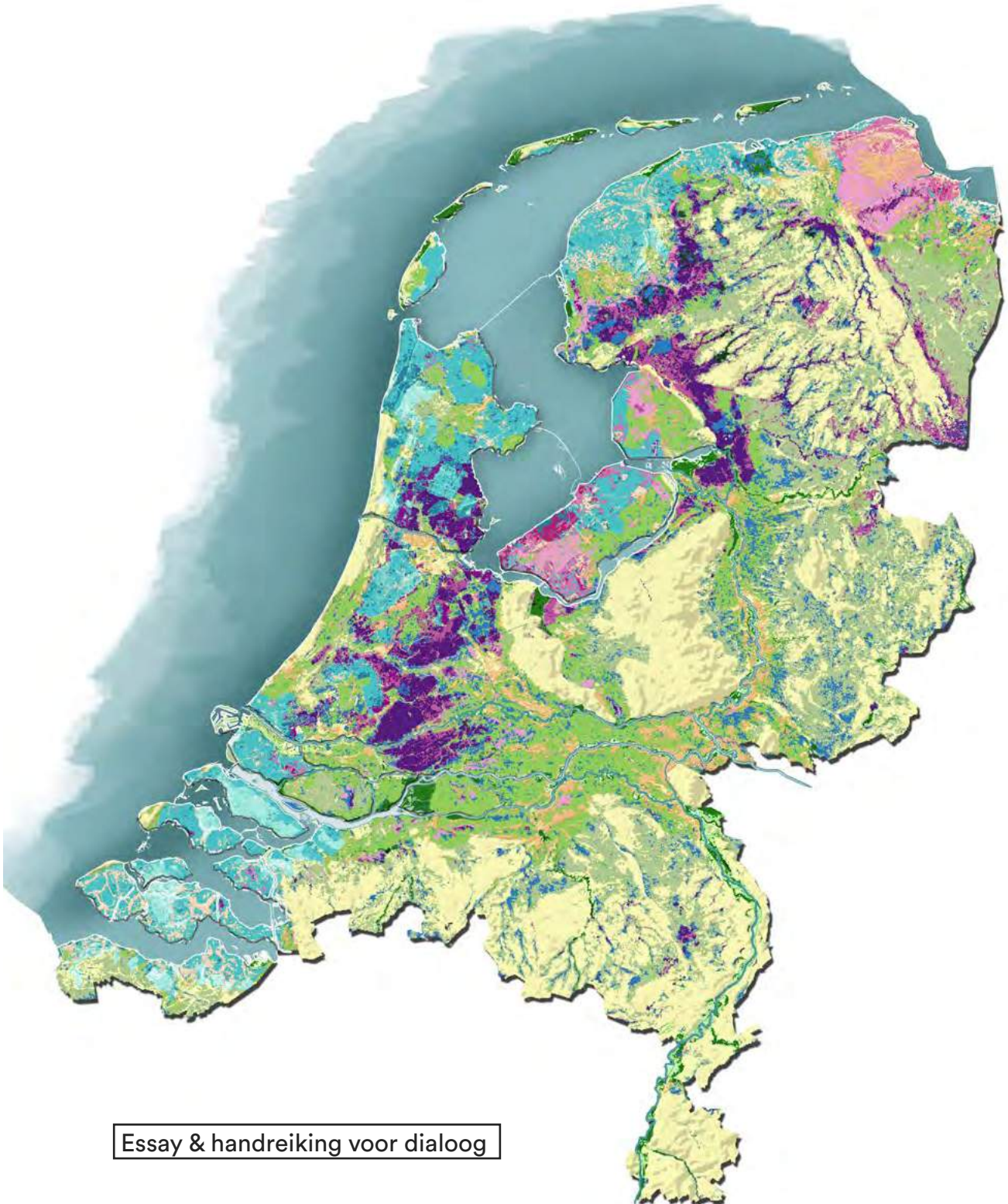


Op Waterbasis

Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem



Essay & handreiking voor dialoog

Op Waterbasis

Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem


Juli 2021

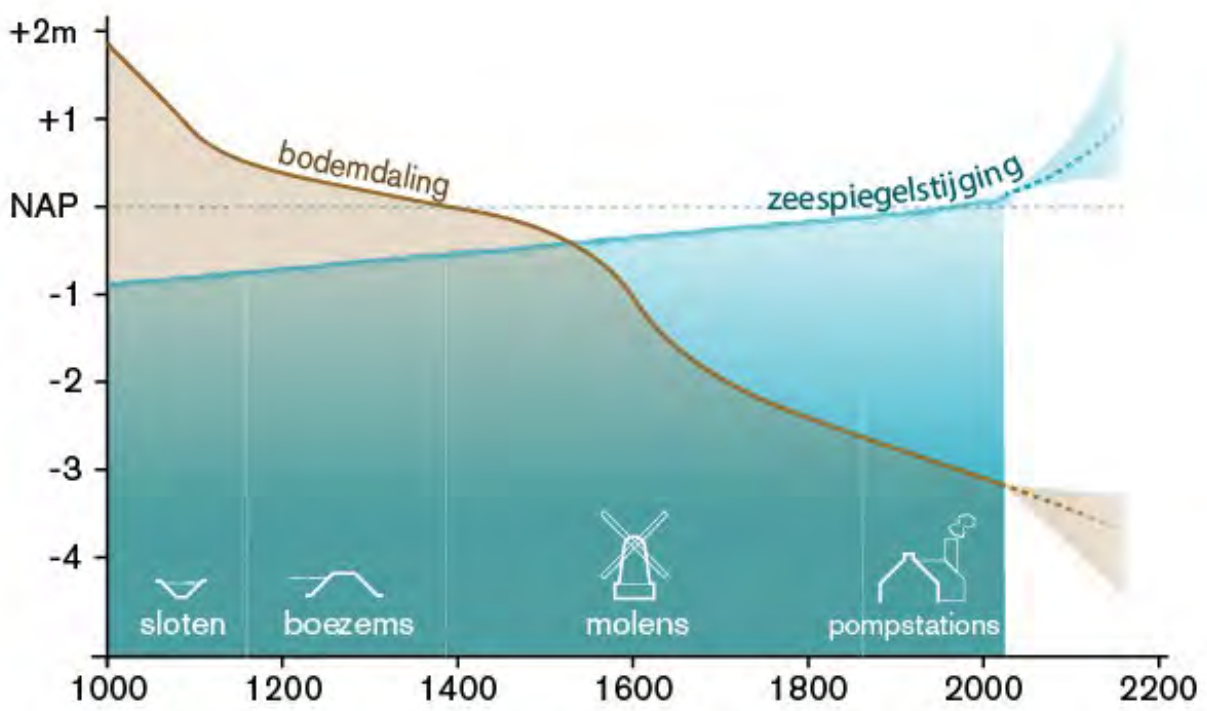
Deltares

**Bosch
Slabbers**

SWECO 

Inhoudsopgave

Bij wijze van inleiding	5
Kernboodschappen	9
Uiteindelijk vormt de ondergrond (water en bodem) onze bestaansgrond	9
Deze bestaansgrond verandert, onder externe invloeden en door eigen toedoen	9
Onze water- en bodemsystemen kunnen de (onderling strijdige) gevraagde geo-ecosysteemdiensten niet lang(er) meer leveren.....	11
Een ruimtelijke herordening op fysiografische grondslag vergt vele decennia, dus nu overeenstemming over de koers.....	11
Vijf urgente en voorzienbare knelpunten rond water en bodem	17
Slap Nederland	21
Nat Nederland	23
Droog Nederland	29
Zout Nederland.....	33
Overstroombaar Nederland.....	35
De nieuwe fysiografische kaart van Nederland 2020	39
Over toepassing van de kaart	41
Epiloog	46
Bronnen	47
 Interactieve kaarten	48



Zeespiegelstijging en bodemdaling vanaf de middeleeuwen

Bij wijze van inleiding

Met het veranderend klimaat, de toenemende water- en ruimte vraag en de hogere eisen die we stellen, komen de grenzen van wat nog veilig, rendabel en leefbaar is in zicht.

Ons land heeft een rijke traditie van omgaan met water. Ooit pasten we ons aan, aan de mogelijkheden die land en water ons boden. We bouwden hoog en droog, op rivierduinen of oeverwallen, op strandwallen of dekzandruggen. We beweidden de arme heidevelden en gebruikten de mest uit de potstal om de akkers te bemesten. We hooiden de beekdalen voor de winter.

Daarna werden we gidsland in het aanpassen van land en water aan onze noden en wensen: we dreineerden wat te nat was, we groeven af waar het grondwater te diep zat (binnenduintrand), we hoogden op wat te slap was (Amsterdam), we voerden water naar waar het te droog was, we spoelden zoet wat zout was, etc. En zelfs legden we meren droog en wonnen we land op de zee. Vele eeuwen zijn we er zo in geslaagd ons land veilig, leefbaar en betrekkelijk aantrekkelijk te houden. We hoefden ons landgebruik steeds minder aan te passen aan de eigenschappen van bodem en water; bijna alles kon bijna overal. Maar intussen is ons land ook meters gezakt, zakken sommige delen nog, komt de zee omhoog, en worden het weer en de afvoerregimes van de rivieren grilliger. Deels gaat het om processen die we niet kunnen beheersen, deels is het door eigen toedoen. We hebben plaatselijk al zo'n 5 m veen 'opgerookt'.

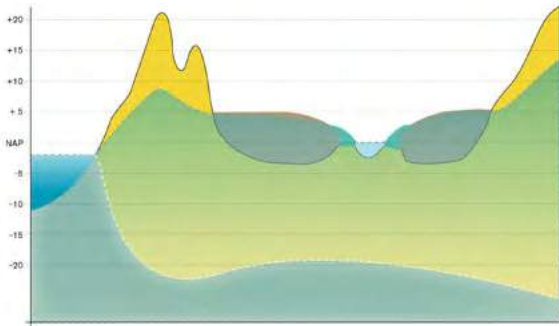
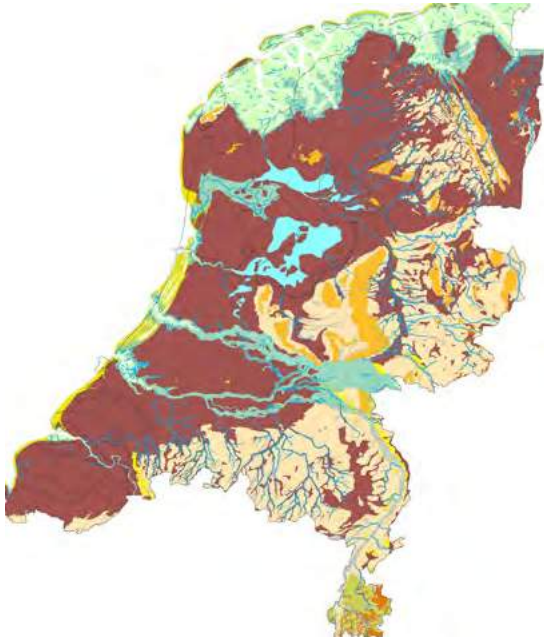
Intussen willen we veel op een klein oppervlak, en ook nog eens verschillende dingen dicht naast elkaar. Zodat verschillende gebruiksfuncties elkaar steeds meer in de weg zitten. Landbouwemissies verontreinigen grondwatervoorraden, drinkwater-

winning en drainage van landbouwgronden leiden tot verdroging van aangrenzende natuurgebieden, zoute kwel bedreigt sommige teelten, wateroverlast schaadt woningen, en wegen zakken weg in onze restanten laagveen. Niet alles kan overal even goed; en we overvragen de draagkracht van onze bodem- en watersystemen al te lang.

Met het veranderend klimaat, de toenemende water- en ruimte vraag en de hogere eisen die we stellen, komen de grenzen van wat nog veilig, rendabel en leefbaar is in zicht. En is een transitie nodig: bijsturen voor de wal het schip keert. Een snelle zeespiegelstijging zoals nu wordt voorzien leidt in delta's die nauwelijks nog sediment ontvangen tot transgressie. Dat wil zeggen dat de zee het wint en het land kleiner wordt. Zo verliest de Mississippidelta al vele decennia lang *an acre an hour* (ruim 4000 m² per uur). Geologen houden ons voor dat ook Laag-Nederland op heel lange termijn als verloren moet worden beschouwd; tenzij de zeespiegelstijging wordt gestopt.

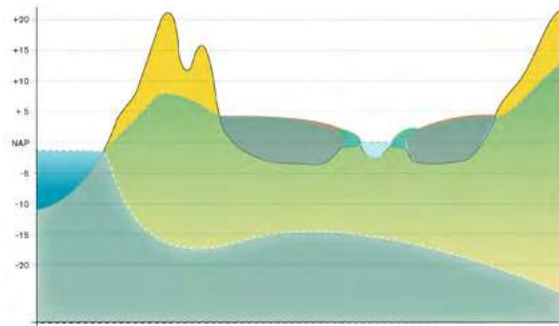
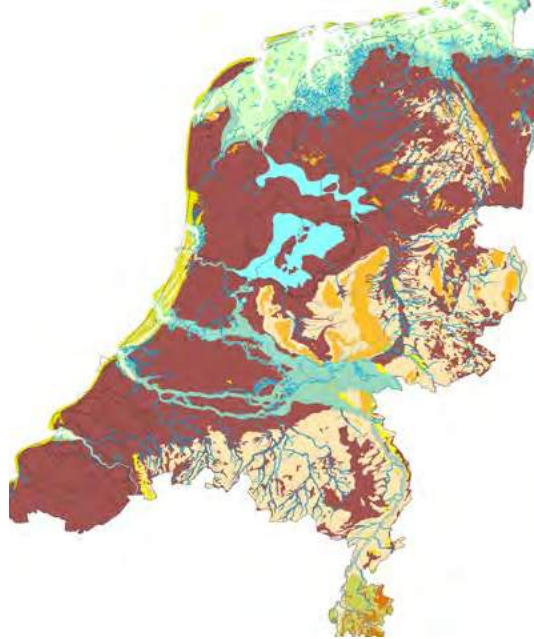
Nu gaat zo'n transgressie in ons zeer goed beschermde land niet van vandaag op morgen, maar toch is een herbezinning op de inrichting van ons land en op onze omgang met bodem en water nu al nodig. Om spijt te voorkomen van desinvesteringen en te voorkomen dat we volgende generaties opzadelen met hoge kosten van alsnog onvermijdelijke aanpassing. En om conflicten tussen ruimte- en watergebruikers te verkleinen. Het Deltaprogramma stelt zich die vraag naar herbezinning op de inrichting van ons land en wil anticiperen op voorzienbare veranderingen. Deels

1500 v. Chr.



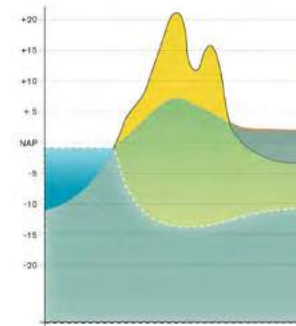
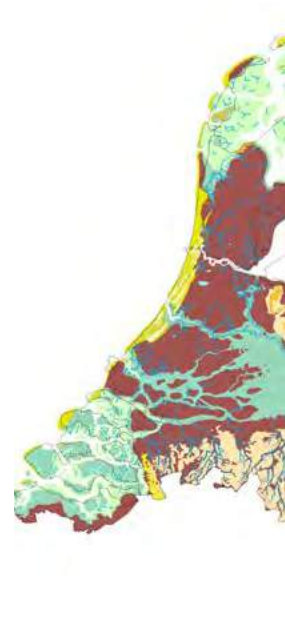
zeespiegel: -2 NAP

500 v. Chr.



zeespiegel: -1,5 NAP

800 n.



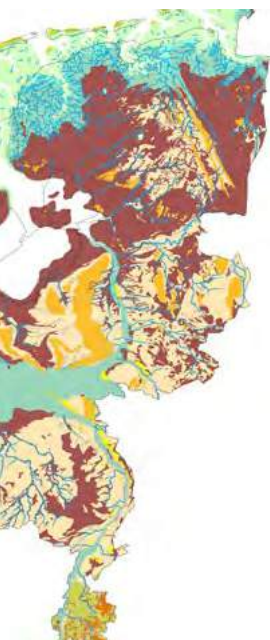
zeespiegel:

door een heroverweging van het waterbeheer en de inrichting van onze watersystemen, deels door ruimtelijke adaptatie aan veranderende omstandigheden. Waarbij we functies die in elkaars vaarwater zitten misschien wat verder uit elkaar kunnen plaatsen, met bufferzones ertussen.

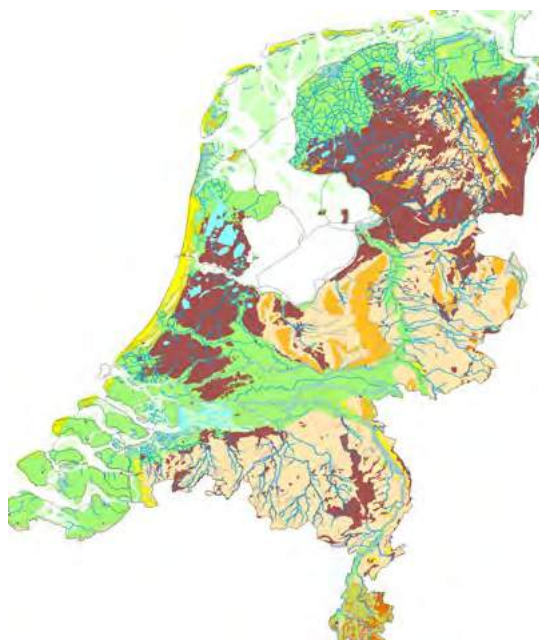
Met dit geïllustreerde essay willen wij ten eerste bijdragen aan het agenderen van de ruimtelijke transitieopgave waar we deze eeuw voor staan door te laten zien waar de grenzen van het bodem- en watersysteem in beeld komen. Ten tweede laten we zien welke kennis over bodem

en water relevant is voor een ruimtelijke ordening op waterbasis. Het betekent dat het stuk een enigszins hybride karakter heeft. Eerst volgt een essayistisch deel, daarna gaan we in op voor ruimtelijke adaptatie relevante eigenschappen van en ontwikkelingen in het milieu, aan de hand van sterk versimpelde voorbeelden; want de werkelijkheid is natuurlijk veel complexer. Met het tweede, meer feitelijke, deel doen we een eerste, grofstoffelijke, bijdrage aan de dialoog over aanpassingen aan de ruimtelijke inrichting van Nederland voor de toekomst. En laten we zien welke kennis daarvoor beschikbaar is.

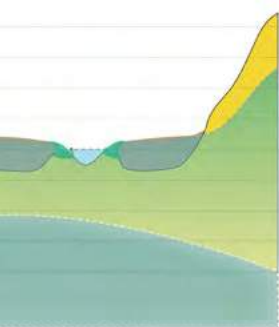
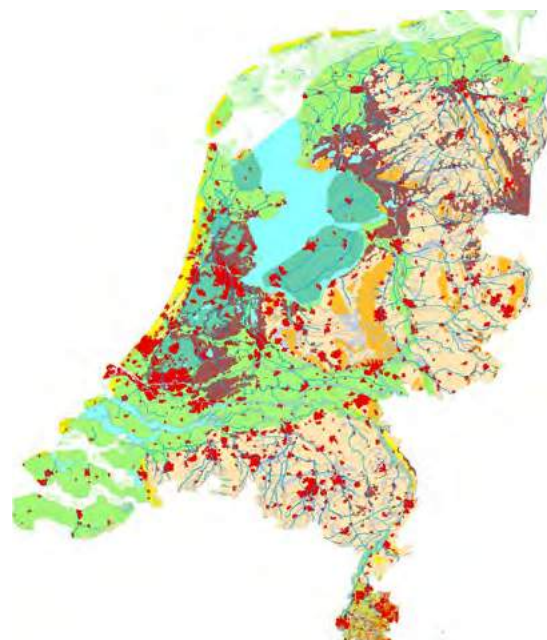
Chr.



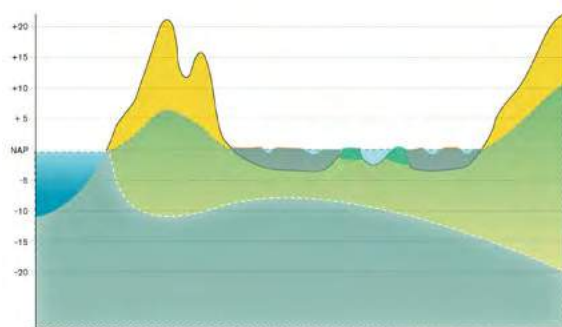
1500 n. Chr.



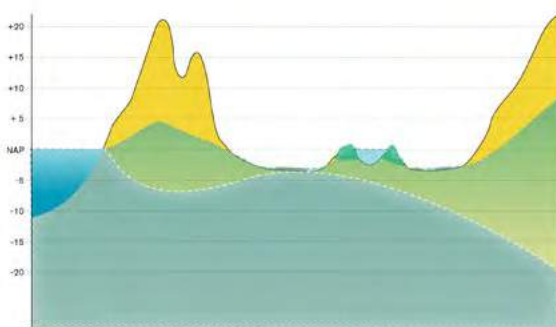
2000 n. Chr.



-1 NAP

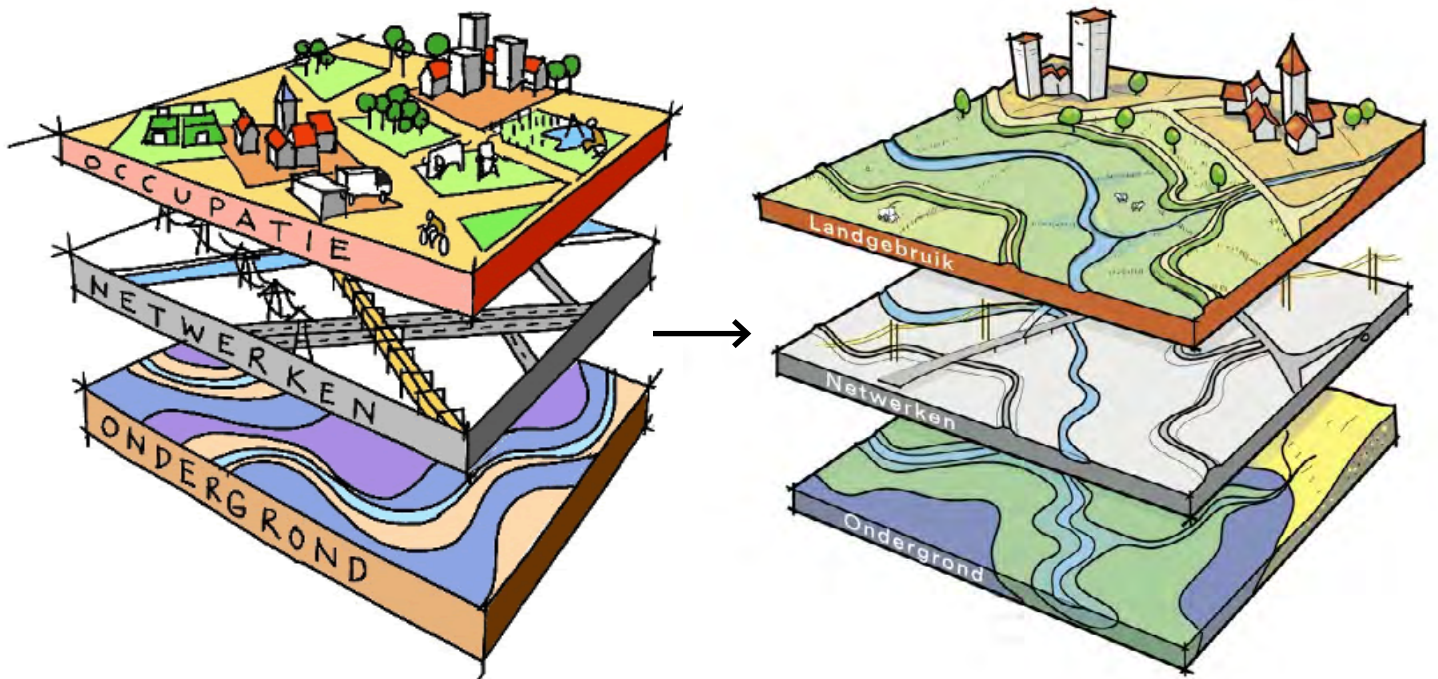


zeespiegel: -0,5 NAP



zeespiegel: 0 NAP

Transgressie geïllustreerd: Nederland toen de zeespiegel lag op respectievelijk -2 m NAP, -1,5, -1, -0,5 en 0 NAP. Te zien is dat de Wadden verdrinken, het Almere Zuiderzee wordt en Zeeland een estuariumgebied, en in de dwarsdoorsnee zien we in het westen de kwelflux toenemen en de zoet-zoutgrens omhoog komen.



De lagenbenadering voor ruimtelijke ordening, links, waarin onbedoeld de occupatie- en netwerklaag niet zijn afgestemd op de fysieke ondergrond (bron links: ruimtexmilieu.nl, Peter Dauvellier). Rechts een ruimtelijke ordening “op waterbasis”.

Kernboodschappen

Het water- en bodemsysteem vormt onze bestaansgrond, maar kan de gevraagde geo-ecosysteemdiensten niet langer meer leveren. Een transitie is nodig.

UITEINDELIJK VORMT DE ONDERGROND (WATER EN BODEM) ONZE BESTAANSGROND

De ruimtelijke ordening kent de zogenaamde lagenbenadering: ruimtegebruik (de occupatielaag) en de bijbehorende infrastructuur (de antropogene netwerklaag) zouden moeten zijn gefundeerd op de fysieke ondergrond: water en bodem. In theorie. In de veel gebruikte linker figuur hiernaast is deze lagenbenadering geïllustreerd, maar wordt tevens (onbedoeld) getoond dat het aan die fundering nogal mankeert, want dat het landgebruik en de infrastructuur zijn losgezongen van die ondergrond. In de praktijk. En wel mede als gevolg van onze eeuwenlange en steeds succesvollere beheersing van het water. In de rechter figuur zijn de netwerken en occupatie wel op de ondergrond betrokken, zoals bepleit door de toonaangevende landschapsarchitect Ian McHarg, die in z'n *Design with Nature* ons land ten voorbeeld stelde aan de rest van de wereld als een land waar met de natuur werd ontworpen in plaats van er haaks op.

Nederland werd tot de millenniumwisseling internationaal beschouwd als toonaangevend waar het gaat om ruimtelijke ordening. Inmiddels moeten we ons afvragen of onze ruimtelijke planning nog wel toonaangevend is; en *nature-based* is deze zeker niet meer. Op goede landbouwgronden leggen we bedrijventerreinen aan, op arme zandgronden en zelfs laagveen verbouwen we mais, in overstromingsgevoelige gebieden trekt nieuwe infrastructuur investeringen in wonen en

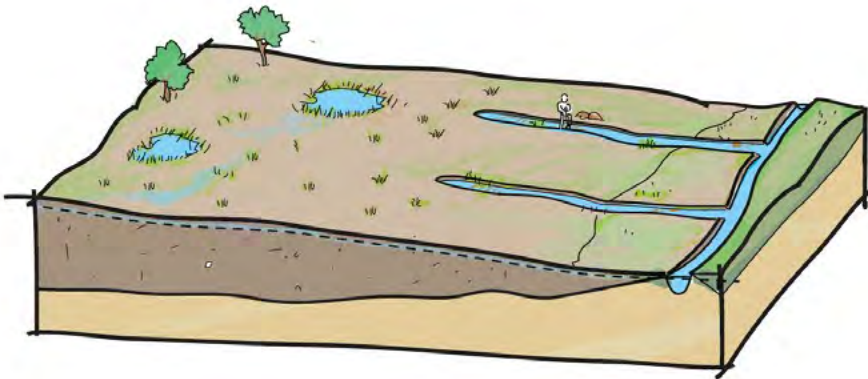
werken aan, op de hoge zandgronden concurreren drinkwaterwinning en landbouw om schaars grondwater en doen ze gezamenlijk de natuur verdrogen. Zo zijn er legio voorbeelden te geven van waar het wringt.

DEZE BESTAANSGROND VERANDERT, ONDER EXTERNE INVLOEDEN EN DOOR EIGEN TOEDOEN

De wereldwijde klimaatverandering raakt delta's in het bijzonder; ook onze Nederlandse. Want we worden van drie kanten bedreigd. Van boven, waarvandaan grilliger weer wordt verwacht met wateroverlast, grovere hagel en meteorologische droogte tot gevolg; vanuit zee, die hoger komt te staan en de kweldruk in Laag-Nederland doet toenemen; en vanuit het achterland, vanwaar de rivieren 's winters meer extreme hoogwaters afvoeren en 's zomers steeds langduriger minder zoetwater aanvoeren. Deze ontwikkelingen zijn uitgebreid gerapporteerd en hun belangrijkheid wordt breed erkend.

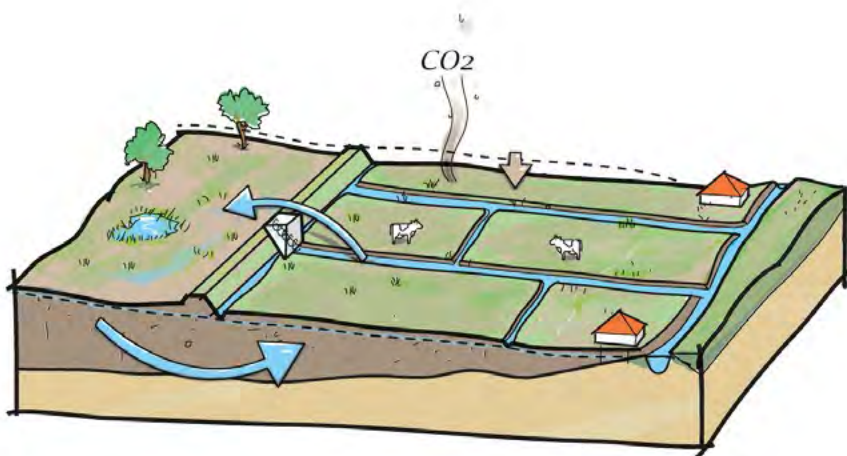
Maar wat deze ontwikkelingen voor ons land precies betekenen en of we kunnen voortdoen zoals we gewoon waren, daarover bestaat nog geen consensus, laat staan over de gewenste wijze van adaptatie. Uit onderzoek voor het Delta-programma blijkt dat de vraag naar zoetwater groter is en nog veel groter wordt dan 1) waarin in Hoog-Nederland door het neerslagoverschot kan worden voorzien; en dan 2) vanuit de aanvoer via onze grote rivieren in Laag-Nederland kan worden geleverd. Die vraag naar zoetwater is vooral groot

Veengebied



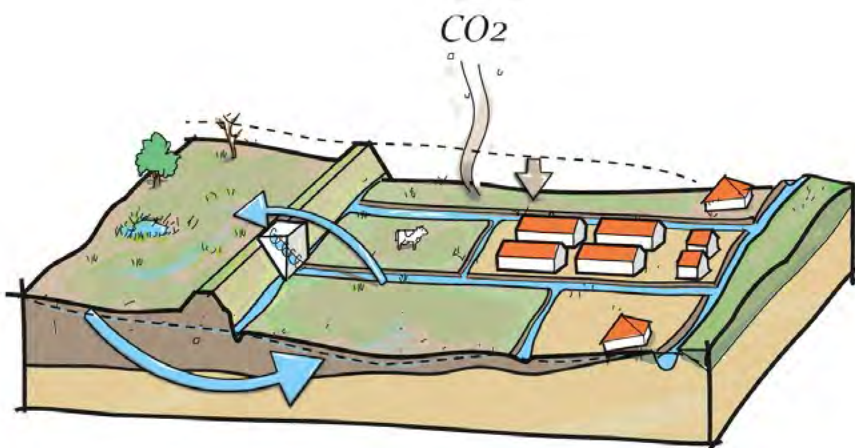
VROEGER

- ontginning en ontwatering voor landbouw
- veen begint te oxideren en te dalen



HUIDIG

- onderbemaling, veenoxidatie (CO₂-uitstoot en verdere bodemdaling)
- inzijging bovenlanden (verdroging), lozing kwelwater op de boezem (vervuiling)



TOEKOMST?

- zeespiegelstijging en toename verzilting
- door nieuwe woonwijken en huidige landbouw is peilverhoging onmogelijk geworden (*lock-in*)
- nog meer doorspoelen, maar onvoldoende zoetwater beschikbaar

vanuit de noodzaak de allerlaagste delen van ons land (circa een kwart van het land) zoet te spoelen en de sloten in peilbeheerst Nederland (circa 2/3 van het land) op peil te houden. De vraag naar zoetwater op de hogere gronden komt vooral voort uit een beregeningsbehoefte en drink- en industriewatervoorziening.

Intussen willen we bebouwd gebied graag droog houden, maar bebouwing op houten palen in slappe grond graag juist nat. En in natte natuurgebieden willen we hoge grondwaterstanden en een grondwaterregime dat ademt met de seizoenen (winter hoog, zomer laag), terwijl voor de landbouw en bebouwde gebieden het omgekeerde wordt gevraagd.

De ver doorgevoerde ontwatering en het steeds aanpassen van polderpeilen hebben veen doen oxideren en het land doen zakken. Waar in Holland eens veenbulten lagen zijn door turfwinning meren ontstaan die we vervolgens hebben drooggemalen (Wormer, Purmer, Beemster, Haarlemmermeer) en die nu zoute kwel aantrekken. De sponswerking die hoogveengebieden in Hoog-Nederland ooit kenden (Peel, Fochtelloo, Bargerveen) is bij hun huidige geringe omvang niet langer werkzaam en ze zijn slechts met kunst-en-vliegwerk te conserveren door ze hydrologisch te isoleren. Maar als de zomers droger worden zijn ze ten dode gedoemd.

ONZE WATER- EN BODEMSYSTEMEN KUNNEN DE (ONDERLING STRIJDIGE) GEVRAAGDE GEO-ECOSYSTEEMDIENSTEN NIET LANG(ER) MEER LEVEREN

De externe invloeden en onze eigen ingrepen leiden tot andere omstandigheden: veenbodems worden zandbodems (in Hoog-Nederland) of kunnen nog meters zakken (Krimpenerwaard), natte gebieden worden vochtig, vochtige worden droog, zoet wordt brak of zout. En Laag-Nederland als geheel wordt gevaarlijker in die zin dat overstromingen ernstiger kunnen uitpakken; want het land ligt lager en de zee en rivieren staan hoger.

Dat alles maakt dat wat op een bepaalde plaats eerst nog een rendabel economisch landgebruik leek, nu al, of anders in de nabije toekomst, minder voor de hand ligt; denk aan de teelt van Rhododendrons of coniferen in Boskoop die zure grond

en zoet water nodig hebben, of aan melkveehouderij in laagveengebieden, waarvoor enige draagkracht en grasproductie essentieel zijn. En dat waar woningbouw of de vestiging van bedrijven eerst nog zo logisch leek, de toenemende kwetsbaarheid voor wateroverlast of overstromingen te denken zou moeten geven. En dat hoogwaardige natte natuursnippen in een ontwaterde gegrasfalteerde matrix (Engels raaigras) in een veranderend klimaat niet langer houdbaar zijn; misschien hebben alleen robuustere natuurtypen in grotere eenheden serieuze overlevingskansen?

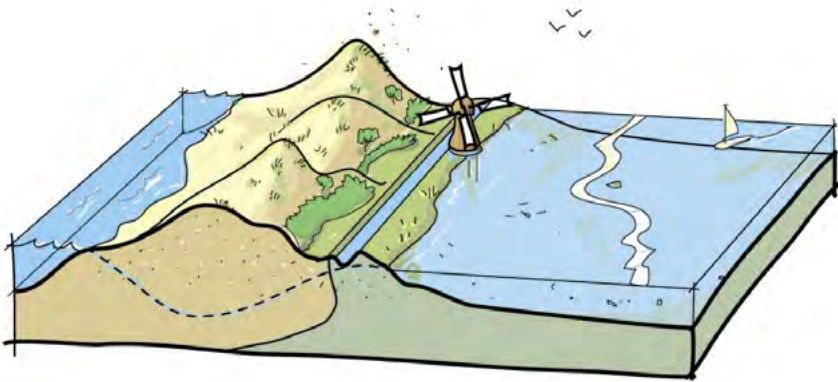
Daarmee raken we tevens aan het gegeven dat water zich niets aantrekt van eigendomsgrenzen. Naast elkaar gelegen gebruiksfuncties zitten daardoor steeds vaker in elkaars vaarwater, of letterlijker: in elkaars water. Drinkwaterwinning leidt tot grondwaterstands daling in grote gebieden en soms tot droogvallende beken, ontwatering voor de landbouw schaadt naastgelegen natte natuurgebieden, de zoute kwel uit droogmakerijen bederft de waterkwaliteit van de boezem waarop het polderwater wordt uitgeslagen. Dergelijke vormen van afwenteling worden zelden doorbelast aan de veroorzaker - zich vaak van geen kwaad bewust - maar worden uit publieke middelen gecorrigeerd. Of doorgeschoven naar volgende generaties. 'Grensconflicten' worden steeds prangender en veelvuldiger naarmate het ruimtegebruik meer wordt versnipperd tot kleinere ruimtelijke eenheden.

Waar het natuurbeleid de noodzaak van ruimtelijke heroverweging al langer lijkt te onderkennen en streeft naar grotere aaneengesloten eenheden (EHS, Natura 2000), is de noodzaak voor een serieuze heroverweging van de landbouwhoofdstructuur (landinrichting 2.0) of die voor een rode-contourenbeleid op fysiografische grondslag nog niet algemeen overwogen, laat staan geaccepteerd. Terwijl de veranderingen in de fysieke omstandigheden daar wel aanleiding toe geven.

EEN RUIMTELIJKE HERORDENING OP FYSIOGRAFISCHE GRONDSLAG VERGT VELE DECENNIA, DUS NU OVEREENSTEMMING OVER DE KOERS

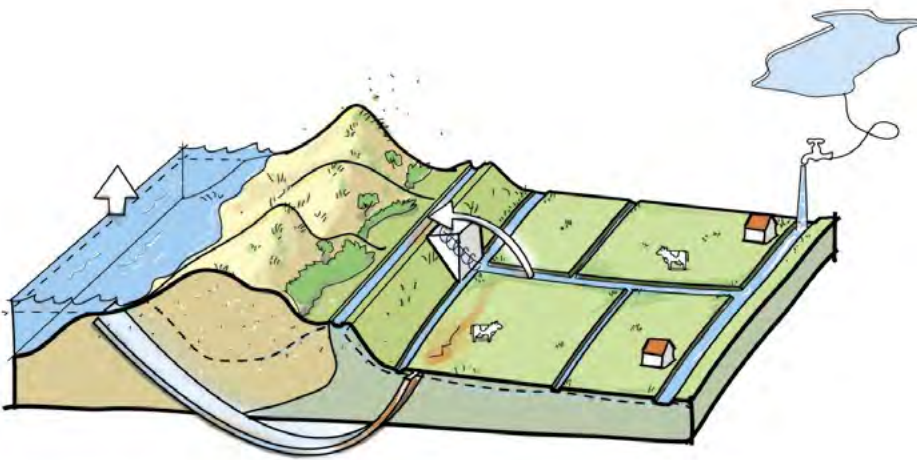
Het Deltaprogramma wil anticiperen op voorzienbare veranderingen, om te voorkomen dat we te laat zijn met aanpassen en omdat het

Droogmakerij



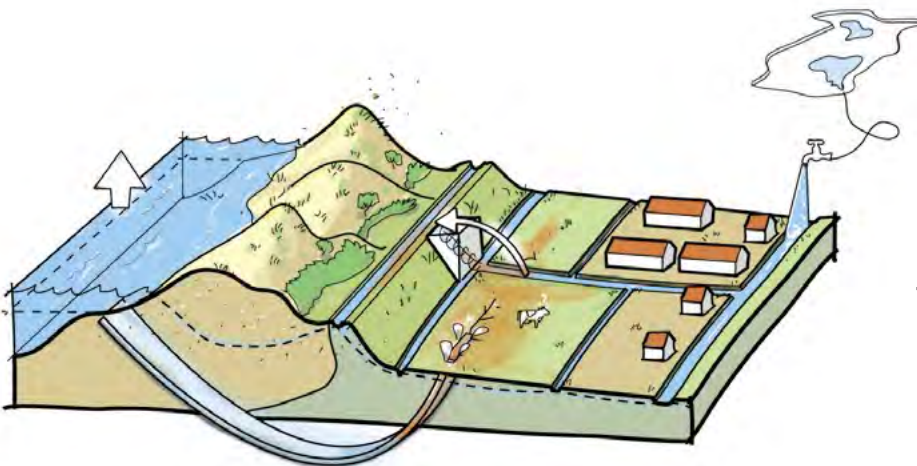
VROEGER

- na natte turfwinning resteren grote zoete meren



HUIDIG

- na droogmaking sterkere kwelstroom en verdroging hoge gronden en duinen
- brakke kwel vraagt doorspoelen met zoet water



TOEKOMST?

- hogere zeespiegel betekent meer (zilte) kwel
- meer doorspoeling nodig, maar minder zoetwater beschikbaar

veel duurder is om ten hele te dwalen dan ten halve te keren. Het voorkomen van toekomstige spijt en afwenteling op volgende generaties is daarbij leidend, hetgeen ook impliceert dat we *lock-ins* vermijden of een andere gewenste koers onmogelijk maken (*lock-outs*).

In drie generieke deelprogramma's wordt de toekomst verkend, met nadruk op hoogwaterbescherming, zoetwatervoorziening en ruimtelijke adaptatie. De beide eerstgenoemde deelprogramma's leggen daarbij de nadruk op water keren, respectievelijk water vasthouden dan wel aanvoeren; dat wil zeggen aanpassingen aan het watersysteem aan de eisen/ wensen van de maatschappij (gebruiksfuncties en waarden). Onlangs heeft de Deltacommissaris nog eens bevestigd dat dit denken vanuit "peil volgt functie" nu toch echt moet worden vervangen door "functie volgt peil", een principe dat al in 2004 in de Nota Ruimte is vastgelegd. Het voorkomen van een toename van de kwetsbaarheid van ons land(-gebruik) of het verkleinen van de watervraag en de afhankelijkheid van binnen nauwe grenzen gereguleerde condities liggen op het bord van deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Dat is een bij uitstek complexe materie, omdat alle water- en bodemproblemen daarin samenkomen, er veel belanghebbenden zijn (met deels strijdige opvattingen, eisen en wensen) en ook nog eens veel actoren (met overlappende bevoegdheden/ zeggenschap). Vanuit zo'n context vragen om de blik op de zeer lange termijn te richten is veel gevraagd.

Toch is dat nodig. Want bij de zeer geslaagde optimalisatie van ons waterbeheer aan de wensen van het landgebruik (peil volgt functie) is de rek er op veel plaatsen uit. Wederzijds ontbreekt het aan flexibiliteit. Het peil van het IJsselmeer wordt op de centimeter nauwkeurig geregeld, de dijken langs de grote rivieren worden op de centimeter nauwkeurig ontworpen (weliswaar met onzekerheidstoelagen), en polderpeilen worden om de zoveel jaar aangepast aan de wensen van de ingelanden (zodat bijv. Friesland nu gemiddeld meer dan 25 peilvakken per 1.000 ha kent). Omgekeerd worden nieuwe woonwijken opgehoogd tot een nauwkeurig vastgestelde mate van 'drooglegging', moeten landbouwgewassen op de dag nauwkeurig aan de grootgrutters geleverd, en vragen natte natuurgebieden om hoge grond-

waterstanden en zuiver kwelwater. Nederland is aldus verregaand geoptimaliseerd, maar kan daardoor niet omgaan met de toenemende variabiliteit in het weer, laat staan met geleidelijke klimaatverandering en zeespiegelstijging.

Het alternatief is dus al bekend en wordt in woorden al vaak beleden, namelijk de erkenning van water en bodem (fysiografie c.q. het geo-ecosysteem) als ordenend principe: functie volgt peil (met z'n variaties en geleidelijke ontwikkeling). En dus ook een streven naar robuustheid door veerkracht en flexibiliteit, in plaats van precies van pas maar fragiel en star. Deze principes in de praktijk brengen gaat nog erg langzaam. En een dilemma is op welke ruimtelijke schaal dat moet worden aangestuurd: nationale, regionale of lokale schaal?

Geen dilemma, maar een gegeven, is dat een transitie van onze ruimtelijke inrichting veel tijd zal vergen en daarom zo snel mogelijk zal moeten aanvangen. De landinrichting (eerst ruilverkaveling geheten en zo aan Mansholt klevend) van Nederland heeft ruim 50 jaar geduurd, de Deltawerken zijn pas onlangs gereed gekomen (na ongeveer 50 jaar) en tussen de eerste voorbereiding van de afsluiting van het IJsselmeer en de oplevering van de laatste polder zat nog veel meer tijd (Zuiderzeevereniging 1886, Zuidelijk Flevoland droog in 1967). Een transitie van de ruimtelijke inrichting van Nederland, zodanig dat we de voorzienbare veranderingen in klimaat, zeespiegel en bodemligging aankunnen, zal ook vele decennia vergen. Daarom moet nu al worden begonnen, al is het maar door in ieder geval alle minder gelukkige bestemmingen te voorkomen en de afhankelijkheid van 'waterbeheer op de millimeter' niet te vergroten. Maar ook met het oog op een voorzienbare ruimtevraag vanuit het waterbeheer, namelijk om:

- extra ruimte voor de rivieren,
- extra ruimte voor waterberging in tijden van overschot,
- extra ruimte voor voorraadvorming om tijden van tekort te kunnen overbruggen, en
- extra ruimte voor waterkeringen - zowel 'kunstwerken' als duinmassieven en kwelders.

En die vraag kan de vorm hebben van hectares, maar ook van verticale 'ruimte' (peilvariaties). Deze vraag noopt in ieder geval tot het open houden van opties en dus het voorkomen van *lock-outs*.

Rivierengebied



VROEGER

- grote oppervlakken kunnen overstromen en krijgen sediment
- lage hoogwaterstanden



HUIDIG

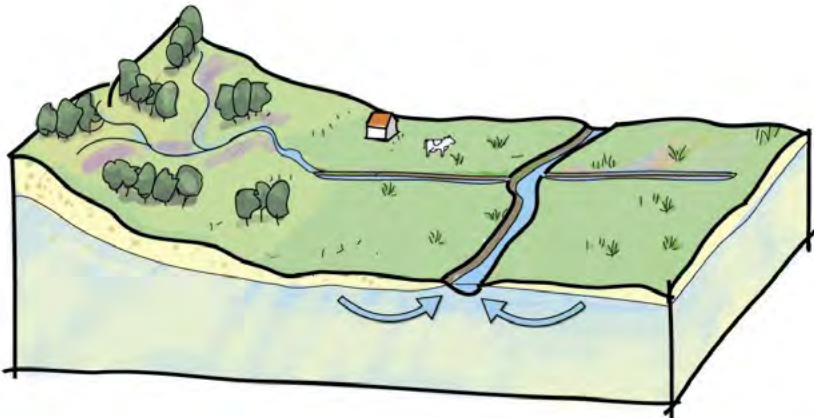
- rivier in keurslijf en vastgelegd
- hogere hoogwaterstanden
- zomerbed schuurt uit, uiterwaarden slibben op: verdroging
- mensen voelen zich veilig achter dijken



TOEKOMST?

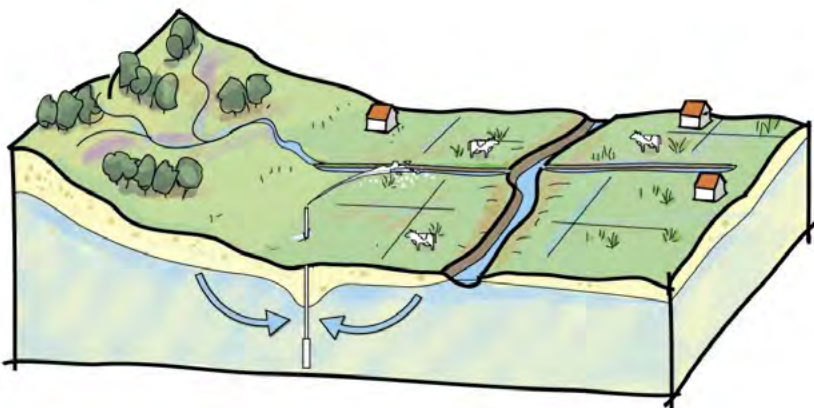
- hoogwaters frequenter en hoger
- toenemende kwetsbaarheid (meer bebouwing) op dalend land achter steeds hogere dijken
- geen ruimte voor dijkverlegging

Dekzandgebied



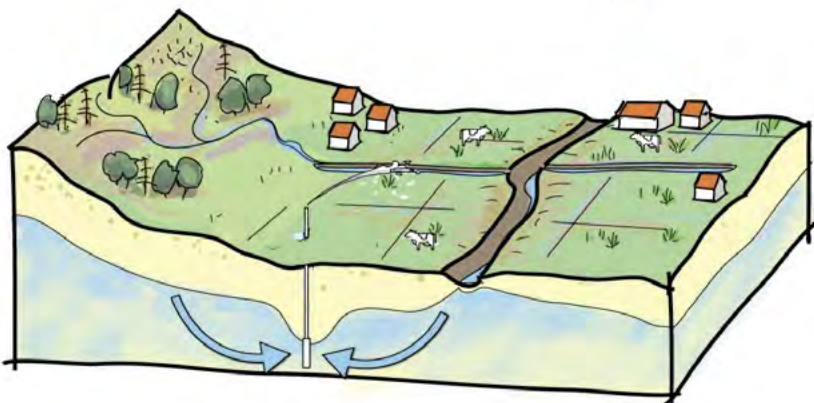
VROEGER

- grondwatervoorraad onder inzigtgebieden
- beken draineren
- hoge grondwaterstanden in beekdalen



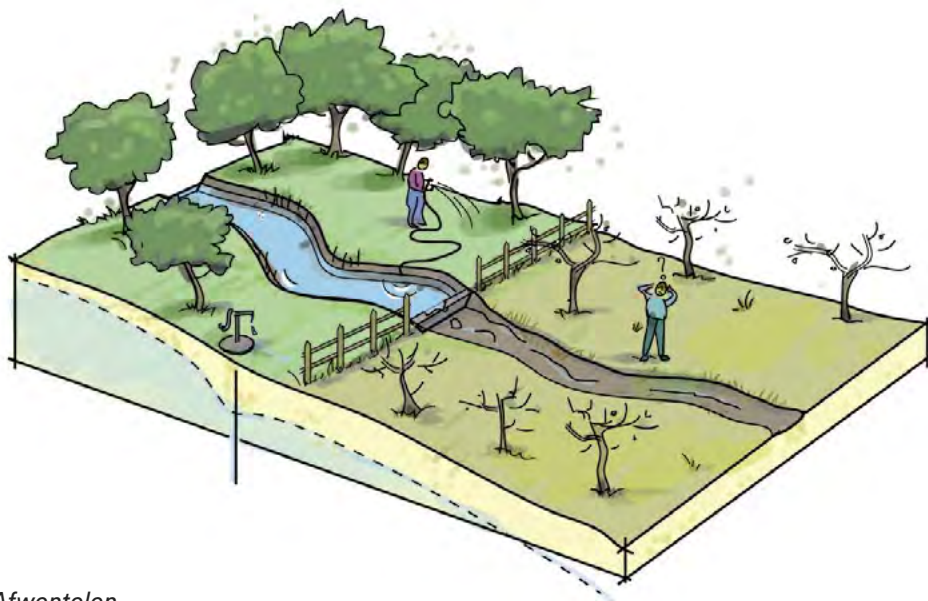
HUIDIG

- water in winter afgevoerd (landbouwdrainage)
- grondwater opgepompt voor drinkwater of beregening
- grondwaterstanden dalen, verdroging natuur in beekdalen



TOEKOMST?

- drogere zomers
- meer grondwater gebruikt
- beken gaan droogvallen
- grondwaterstanden herstellen zich niet meer
- onomkeerbare verdroging natuur



Afwentelen...

VOORBEELDEN VAN LOCK-IN/LOCK-OUT (INFLEXIBILITEITEN)

- Bouwen in overstroombaar gebied versterkt de roep om betere bescherming.
- Wonen vlak achter dijken beperkt de ruimte voor dijkversterking of rivierverruiming.
- De bestaande afhankelijkheid van Goeree-Overflakkee van zoetwateraanvoer stelt eisen aan de kwaliteit van het Volkerak-Zoommeer en verhindert het verder openen van de kier in de Haringvlietsluizen.
- Industriegebied Moerdijk vergt een diepe vaargeul Rijn-Maasmonding met hoge onderhoudskosten.
- Zoetwater (< 300 mg/l) voor de bomen teelt in Boskoop vraagt zoetwateraanvoer door gebieden met zoute kwel.
- Horstermeer(polder) kan niet vernat of geïnundeerd vanwege woningbouw (te groot aantal huizen).
- Droogmakerijen met brakke of zoute kwel belasten de boezem.
- Doortrekken A15 en Betuwelijn door het Rijnstrangenbied maken een bypass voor de Rijn naar de IJssel vrijwel onmogelijk.
- Landinwaartse verbreding of opschuiven van de duinen is niet mogelijk, want de binnenduinrand is grotendeels volgebouwd.
- De zeereep kan niet naar achter geschoven, want deze is gefixeerd door de boulevards van kustplaatsen.
- Het terugbrengen van getij op de Grevelingen wordt belemmerd door behoudsgericht natuurbeleid.
- Peilverhoging van het IJsselmeer wordt belemmerd door buitendijkse recreatiewoningen en jachthavens met vaste steigers.
- De Natuurbeschermingswet belemmert in het Waddengebied het meegroeien met de zee met kwelderwerken.

Vijf urgente en voorzienbare knelpunten rond water en bodem

Sommige ontwikkelingen geven nu al problemen, andere vragen pas later – maar onontkoombaar – om ingrijpende aanpassing.

In 2008, toen de commissie Veerman haar advies tot een deltaprogramma voorbereidde, verscheen ook *Nederland in Zicht. Water en ruimtelijke ontwikkeling in Nederland: de diagnose*. Daarin werden toekomstige ontwikkelingen geschetst en te verwachten knelpunten gediagnosticeerd.

Die ontwikkelingen waren en zijn:

- het water komt hoger (kans op ernstiger overstromingen),
- het wordt natter (wateroverlast door neerslag),
- het wordt warmer en droger (watertekort en slechtere waterkwaliteit),
- het wordt zouter (zoutindringing en zoute kwel),
- het wordt lager (gevolgen van bodemdaling).

Inmiddels zijn deze ontwikkelingen nader geanalyseerd en is vastgesteld dat sommige van die ontwikkelingen nu al tot problemen leiden, dat andere dat op zeer afzienbare termijn zullen doen (rond 2050), en dat nog weer andere pas later – maar dan ook onontkoombaar – ingrijpende aanpassing zullen vragen. Want we verwachten een zeespiegelstijging van ongeveer 85 cm eind deze eeuw, maar 2 m of meer wordt niet uitgesloten geacht en het proces van zeespiegelstijging zal nog versnellen. Complicerend is dat het moment waarop de zaak als onhoudbaar moet worden beschouwd natuurlijk afhankelijk is van het toekomstscenario: van de snelheid van verandering in het klimaat en de maatschappij, maar ook van technologische ontwikkelingen en de ontwikkeling van onze acceptatie (*shifting baselines*).

Op grond van recente analyses – voor o.a. het Deltaprogramma – schetsen we de huidige inzichten in de ontwikkelingen voor zover deze relevant zijn voor de ruimtelijke adaptatie van Nederland. Aansluitend bij de hiervoor genoemde reeks ontwikkelingen, maar in volgorde van moment van optreden gaat het om de volgende eigenschappen van bodem en water, die ruimtelijk vaak overlappen en zo een stapeling van knelpunten kunnen betekenen:

- nu al te slap,
- steeds vaker te nat,
- vaker te droog,
- op afzienbare termijn te zout, en
- uiteindelijk te gevaarlijk.

In deze lijst is sprake van enige duiding, of zelfs een oordeel. Want we gebruiken hier de kwalificatie 'te'. Nu is de vraag of iets te is, natuurlijk afhankelijk van de landgebruiksfunctie c.q. het gewenste ecosysteemtype. Want met technische maatregelen is veel mogelijk; de vraag is dan ook meer of, in hoeverre, en hoe we rekening willen houden met de natuurlijke eigenschappen van land en water. En of, in hoeverre, en hoe we willen voorkomen dat we afwentelen op andere gebruikers van dezelfde of naastgelegen ruimten.

Ter illustratie – en omwille van de eenvoud – beperken we ons tot de 3 grootste grondgebruikers, c.q. ruimtevragers:

- **Wonen/werken (rood/grijs):** veel geïnvesteerd vermogen, veel mensen, dus kwetsbaar in relatie tot overstromingsgevaar of wateroverlast, maar ook relatief weinig afhan-



Gemiddeld jaarlijks zandverbruik per Nederlander 2006-2013 (Van der Meulen & Dijkstra, 2020)

ZELFS ZAND WORDT SCHAARS

Een groot deel van de Nederlandse kust wordt verdedigd met zand ('zacht waar het kan'). Dit wordt beschouwd als een van de succesvolste, nature-based, strategieën tegen zeespiegelstijging. Maar de zee stijgt steeds sneller en we hebben dus jaarlijks steeds meer zand nodig om deze strategie vol te houden. Zand is niet alleen hard nodig voor het onderhoud en de versterking van de kustlijn, maar ook op land. Nieuwe bouwterreinen en infrastructuur worden nu al standaard met zand opgehoogd om de vereiste drooglegging te bereiken; die extra ophogen om bij een stijgende zeespiegel minder kwetsbaar te zijn vergroot de vraag naar zand.

In de Noordzee liggen in principe zeer grote hoeveelheden winbaar zand. Elders in de wereld is zand, het meest gebruikte materiaal na lucht en water, al schaars aan het worden of geheel afwezig. En ook bij ons is er verschil tussen principe en praktijk.

Want niet alle zand in de Noordzee is winbaar. Het wordt immers steeds drukker op de Noordzee. Denk aan windparken, scheepvaartroutes, kabels en leidingen, de aanwijzing van Natura-2000 gebieden en veiligheidszones om sommige van deze functies. Zandvoorraden zijn daardoor steeds vaker niet meer zo maar beschikbaar. Niet alle aanwezige zand is goed winbaar tegen acceptabele maatschappelijke kosten en aanvaardbare milieueffecten.

Het dreigend zandtekort noopt ons zuiniger op ons zand te zijn en bij het ontwikkelen van plannen in de Noordzee de voorzienbare schaarste mee te wegen. Dat kan door bijvoorbeeld zand te winnen alvorens een windpark aan te leggen. Want we moeten voorkomen dat delen van de zandvoorraad straks niet meer beschikbaar zijn of op zee tot ruimtelijke conflicten gaan leiden.

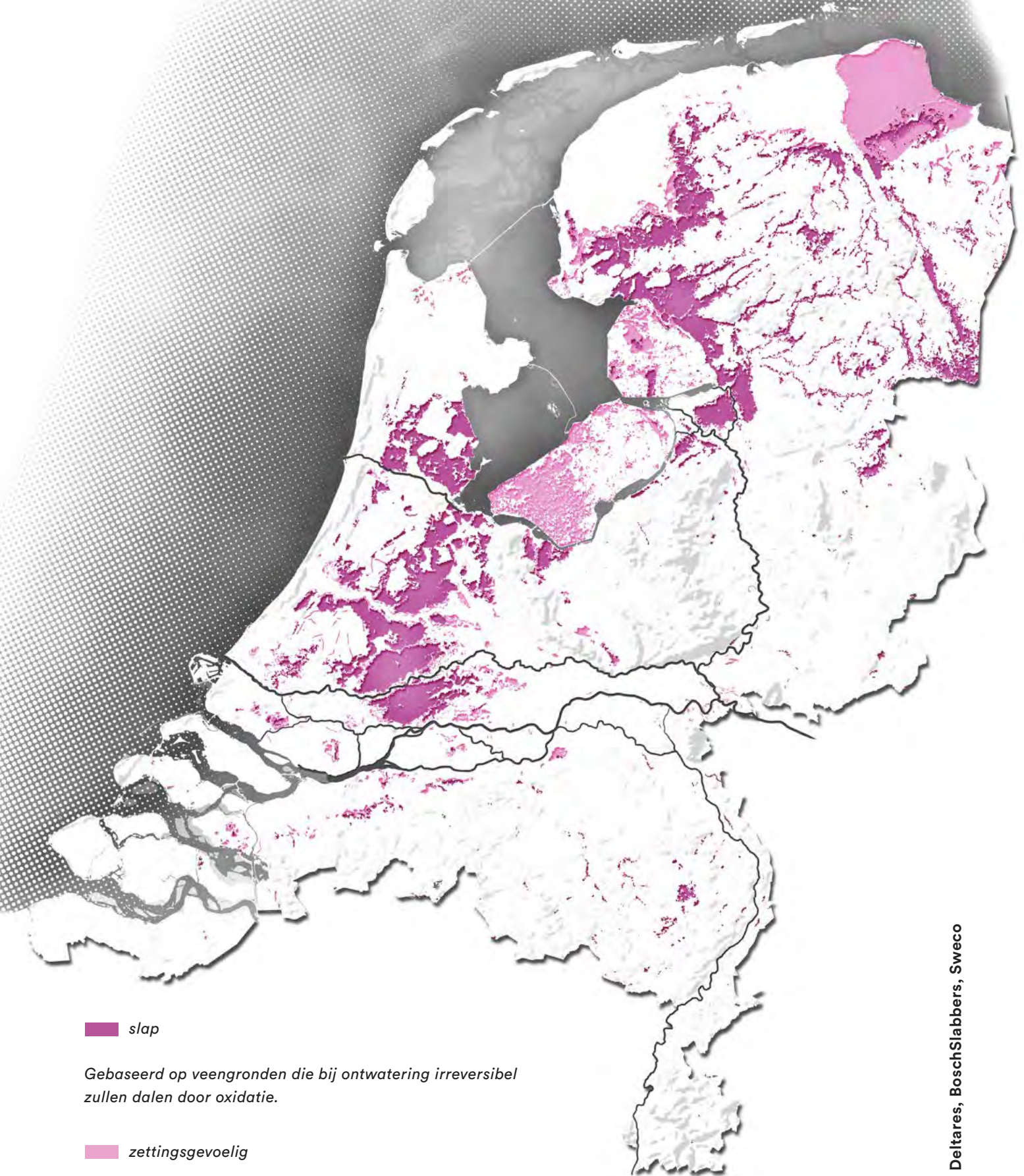
kelijk van bodem en water en met voldoende middelen om gevolgen te beperken of te compenseren. Een relevant onderscheid is dat tussen grootschalige stedenbouwkundige uitbreiding ((tien)duizenden woningen) en kleinschaliger inbreiding of dorpse aanbreiding.

- **Landbouw (geel)**: omdat de landbouw niet bestaat onderscheiden we 1) grondgebonden landbouw (akkerbouw, bijv. pootaardappels, bollen, asperges; fruitteelt; en sommige (melk)veehouderij), 2) van de ondergrond losgezongen landbouw (intensieve (pluim)veehouderij) met veel afwenteling op en via bodem en water, en 3) ontkoppelde landbouw (kassenteelt), met gesloten kringlopen (circulair). De eerste is economisch kwetsbaar, want erg afhankelijk van de juiste condities van bodem en water, de tweede niet, en de derde lijkt op wonen en werken: agro-industrie (veel geïnvesteerd vermogen).

- **Natuur (groen-blauw)**: helemaal een grote verscheidenheid, van voedselarm droog (duinen, Veluwe), via matig voedselrijk nat (laagveengebieden) tot de Waddenzee. We kijken alleen naar de (grond)watergebonden natuurtypen, ook wel aangeduid als 'natte natuur', waarin Nederland in internationaal opzicht excelleert. Dat varieert nog steeds van hoogveen(resten), via laagveenmoeras, natte duinvalleien en beekdalen, tot stroomdal-graslanden en oobos, zoetwatergetijdemoeras en gorzen en kwelders. De gemene deler is dat elk van deze hoge eisen stelt aan eigenschappen van bodem en (grond)water; en dus uiterst kwetsbaar is voor veranderingen.

Het is evident dat de vraag of iets te is dus nuancering vraagt. In de volgende hoofdstukken doen we daartoe een poging, verwijzend naar deze landgebruikscategorieën. Waarbij we ons beperken tot de grootschalige stedelijke uitbreiding, de grondgebonden landbouw en de natte natuurgebieden.

Slap Nederland: huidig



■ slap

Gebaseerd op veengronden die bij ontwatering irreversibel zullen dalen door oxidatie.

■ zettingsgevoelig

Gebaseerd op zettingsgevoelige klei- of veengronden die de komende decennia een tot vele decimeters zullen zakken.

SLAP NEDERLAND

Veen of klei in de ondergrond betekent een slappe bodem. Klei zet zich onder druk en kan irreversibel inklinken onder het eigen gewicht. Dat maakt funderen lastig en leidt tot verzakkingen. Dit zijn zogenaamde zettingsgevoelige gronden. Een bijzonder geval van zettingsgevoelige gronden vinden we in Groningen, waar de zetting deels op grote diepte plaatsvindt als reactie op de gaswinning.

Veen is nog veel slapper dan klei. Veen kan oxideren en verdwijnt dan volledig, waarbij veel CO₂ vrijkomt. Dat proces is alleen te voorkomen door de veenbodem nat te houden; héél nat. Eenmaal sterk uitgedroogd veen is ook nauwelijks weer nat te krijgen; de uitdroging is welhaast irreversibel.

Behalve door turfwinning, zowel droge als natte, is het veen dat ooit ruim de helft van Nederland bedekte, in de laatste eeuwen vooral door ontwatering verdwenen. Ook nu nog zien we de sterkste bodemdaling (van 0,5 tot 1,0 cm/jr) in laagveengebieden waar het waterpeil voor de landbouw wordt gereguleerd.

Door de klimaatverandering, vooral door de 's-zomers grotere verdamping en geringere neerslag, wordt de bodemdaling in veengebieden versneld. Prognoses wijzen uit dat jaarlijks gemiddeld 780 ha (7,8 km²) veengrond verloren gaat – en dan moerige zand- of kleigrond wordt. Dat is dus waar de veenlaag al dun is, zoals op de overgang van de Brabantse zandgronden naar het rivierengebied en rond het Fries-Drents plateau. In het westen zijn de veenpakketten plaatselijk echter nog vele meters dik, zoals in de Krimpenerwaard, waar een tot 8 m dik veenpakket ligt.

Alleen enkele natuurgebieden met eigen waterhuishouding blijven vooralsnog gespaard voor geleidelijk volledige oxidatie. Maar met de toenemende droogte wordt hun voortbestaan steeds meer bedreigd; een paar droge jaren achtereen, zoals 2018-2019-2020, kunnen funest zijn.

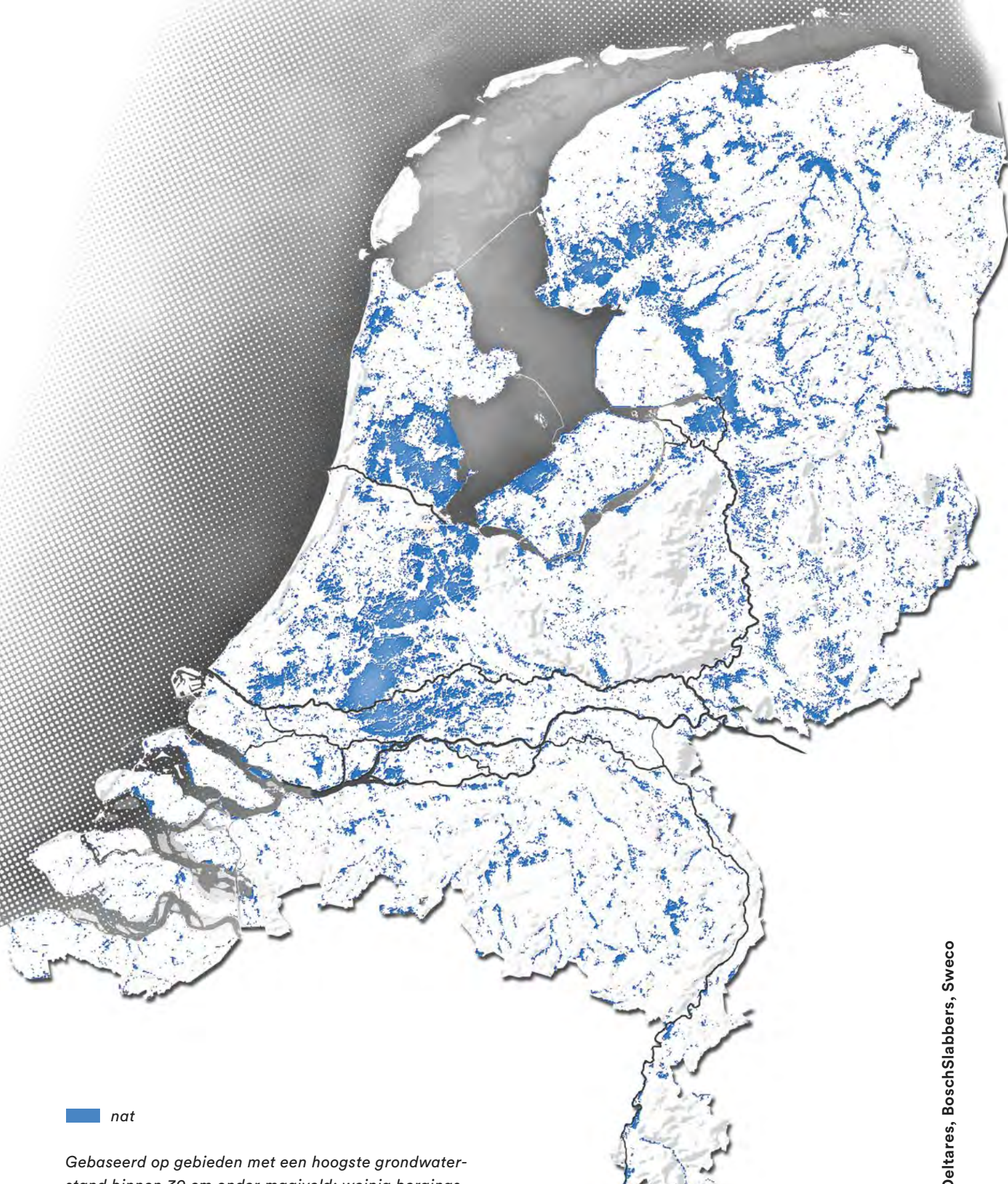
Geschiktheid

Een slappe veenondergrond is weinig geschikt voor **grondgebonden landbouw**, omdat de draagkracht voor machines en vee te gering is. Zettingsgevoelige grond is voor landbouw echter geen beperking. Een rendabele melkveehouderij kan op veengrond alleen bestaan bij goede ontwatering en dus door het veen op te gebruiken: een niet-duurzame vorm van landgebruik. Voor andere grondgebonden landbouw is veen te nat.

Woningen en bedrijven kunnen, mits goed onderheid, bestaan, maar oudbouw op houten palen wordt bedreigd door paalrot: te repareren door eenmalig ingrijpen, maar tegen hoge kosten. Het onderhoud van de publieke infrastructuur (wegen, riool, leidingen) en particuliere erven (tuinen, paden, bruggen) is echter een steeds terugkerende hoge kostenpost; in diepe veengebieden eindeloos en daarom kan worden gesteld dat woningbouw en bedrijventerreinen op slappe grond vanuit life-cycle kostenoogpunt weinig duurzaam zijn. Weinig geschikt voor wonen, werken en infrastructuur.

Zowel de laatst overgebleven hoogvenen (Peel, Fochteloo, Bargerveen) als de **natuurgebieden** in het laagveen (Vechtplassen, Nieuwkoop, Weerribben) worden als zeer waardevolle natuurgebieden beschouwd. De laatste zijn vanuit internationaal oogpunt zeldzaam en worden hoog gewaardeerd. Hun kwaliteit en voortbestaan worden echter bedreigd doordat water wegstroomt naar naastgelegen diep gedraineerde landbouwgebieden (hoogveen) of diepe droogmakerijen (laagveen) en door de slechte kwaliteit van het water dat vanuit die diepe droogmakerijen op de boezem wordt geloosd. De casus Horstermeer, naast Ankeveen en Kortenhoef, heeft al decennia aandacht (zie bijv. Water in Balans; WLO, 1991), maar ook de drainage van de Weerribben door de naastgelegen Noordoostpolder. Daarom is wel gepleit voor het onder water zetten van de Horstermeerpolder en voor een randmeer langs de Noordoostpolder. Zeer geschikt voor natte natuur; maar bedreigd door wegzijging naar nabijgelegen gebieden of lozing vanuit nabijgelegen gebieden.

Nat Nederland: huidig



 nat

Gebaseerd op gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld: weinig bergingscapaciteit en grote kans op wateroverlast. Nu 470.000 ha, toenemend via 530.000 tot 690.000 ha in 2100.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

NAT NEDERLAND

Door het klimaat en de fysiografie van Nederland was ooit vrijwel het hele land nat. Daardoor was er ook zoveel veen. Maar we hebben een dicht stelsel van afwatering, ontwatering en tenslotte riolering aangelegd en beschikken over vele duizenden pompen om wat onder boezempeil ligt weg te pompen (alleen in Friesland zijn al 900 gemalen). Door de daling van de bodem, de stijging van de zee, de toename van de kwel en het natter wordende klimaat zal steeds meer moeten worden gepompt. Het wordt dus duurder. Hoeveel is nog niet begroot.

Wel kan een beeld worden gevormd van waar Nederland nat is en naar verwachting nog natter wordt. Zo zijn er gebieden waar:

- de bergingscapaciteit van de bodem tekort schiet als het hard regent (relatief hoge grondwaterstanden);
- de infiltratiesnelheid tekort schiet door het 'dichtslaan' van de bovengrond (moerig zand) of een ongunstige bodemtextuur (hoog klei-gehalte);
- het water niet snel genoeg kan worden afgevoerd omdat de afvoercapaciteit van watergangen te gering is (beekdalen, grote polders);
- de riolering tekort schiet (stedelijk gebied).

In dergelijke gebieden bestaat er een grote kans op wateroverlast: water boven maaiveld, op straat, of zelfs in huizen. Die kans neemt toe met de naar verwachting heviger wordende buien: grote neerslagintensiteit in zeer korte tijd. Want iedere graad Celsius hogere temperatuur komt ongeveer overeen met 7-11% meer water in de lucht; en die kan vallen (KNMI, 2014).

Op basis van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand zijn kaarten gegenereerd van gebieden met weinig opslagcapaciteit in de bovengrond, dus waar water op het maaiveld in landelijk gebied waarschijnlijk is. Voor nu, 2050 en 2100. We zien het natter worden, door de op jaarbasis toenemende neerslag. Waar nu in ongeveer 4.700 km² de kans op wateroverlast groot is, wordt dat (uitgaande van het natste klimaatscenario van het KNMI: W+) het geval in 5.300 km² respectievelijk 6.900 km² in 2050 en 2100. Dat laatste is ruim 20% van Nederland.

Op de getoonde kaarten zien we de beekdalen in Brabant, de oostelijke zandgronden, het Fries-Drents Plateau en de Gelderse Vallei; tevens de randen van de zandgebieden waar kwel vanuit de hoge gronden zorgt voor permanent hoge grondwaterstanden; en tenslotte de komgronden in het rivierengebied en de laaggelegen delen van de Hollanden en Friesland-Groningen.

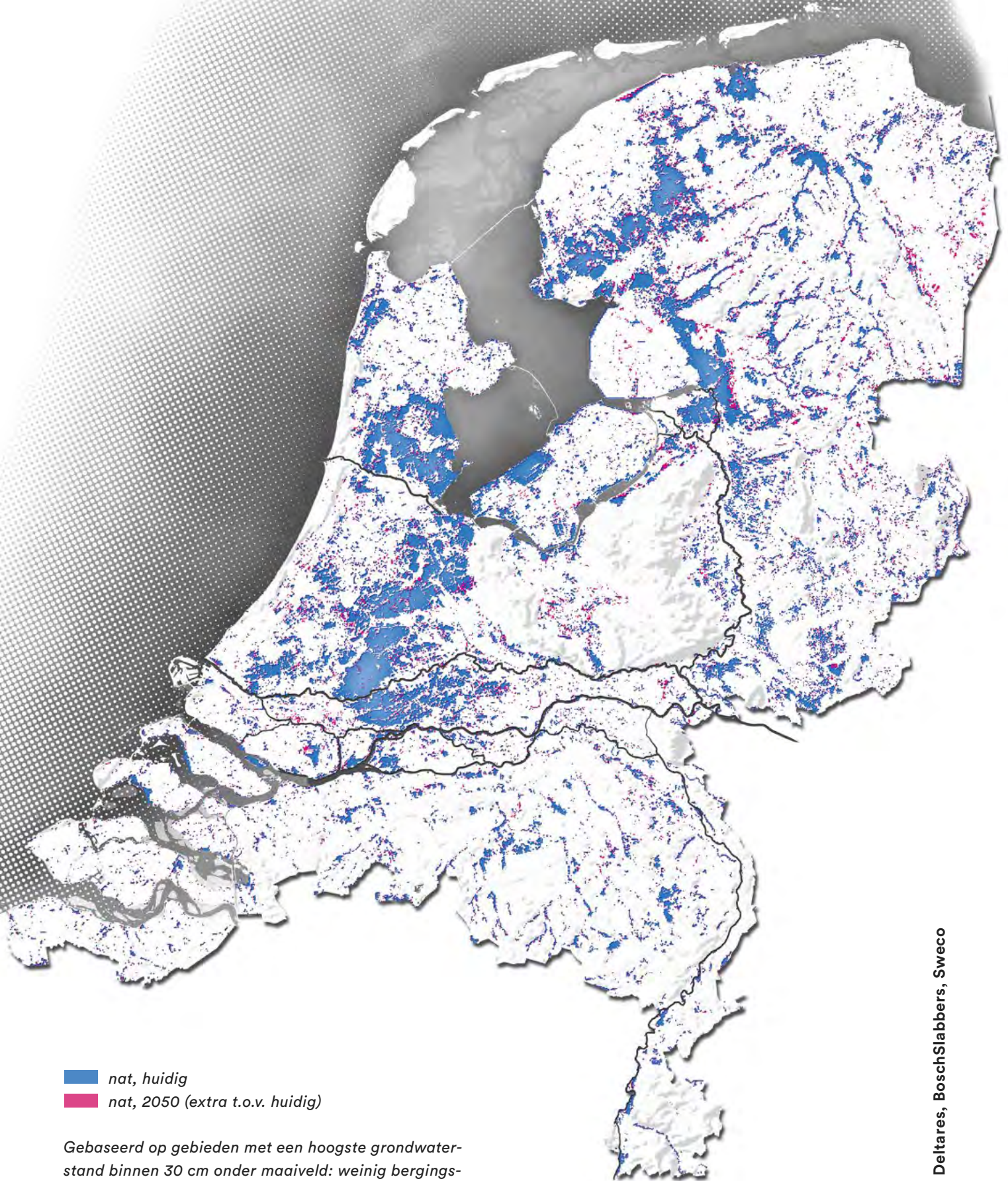
Geschiktheid

De kans op wateroverlast in bestaand **stedelijk gebied** was al eerder (en veel nauwkeuriger) in kaart gebracht voor de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (Slager et al., <https://basis-informatie-overstromingen.nl/liwo/#/maps>); die is vooral relevant voor de dimensionering van de riolering bij vervanging en herinrichting van wijken, maar minder voor ruimtelijke planningsdoeleinden op nationale of provinciale schaal. Voor dat laatste bieden de kaarten van huidig en toekomstig nat Nederland wel een goede basis. Natte gronden zijn namelijk niet de meest voor de hand liggende plekken voor grote woonwijken of industrieterreinen, omdat hetzij het grondwaterpeil sterk moet worden verlaagd (met uitstralingseffecten op de omgeving, tot het leegtrekken van hoge gronden aan toe), hetzij het terrein flink moet worden opgehoogd (en de beschikbaarheid van ophoogzand is ook eindig). Natte gronden zijn dus matig geschikt voor wonen, werken en infrastructuur.

Natte gronden zijn ook niet geschikt voor **akkerbouw of fruitteelt**. Akkerbouwgewassen rotten weg in verzadigde grond en machines kunnen het land niet op. Zo zijn al heel wat aardappelogsten mislukt. De teeltkeuze voor de landbouw is dus beperkt. Weidebouw ligt voor de hand. Matig geschikt voor grondgebonden landbouw.

Voor **natte natuur** zijn de natte gronden vanzelfsprekend bij uitstek geschikt, vooral de beekdalen en randen van de hoge zandgronden waar kwel van 'grondwaterkarakter' (lithoclien) optreedt. Hier floreren de hooggewaardeerde Dotterbloemhooilanden (Drentse Aa) met Rietorchis en Vleeskleurige orchis. Natte voedselrijke gronden vinden we langs de rivieren (komkleireservaten) en in de kuststreken. Ook de natte duinvalleien en laagveengebieden worden hooggewaardeerd. Zeer geschikt voor natte natuur.

Nat Nederland: 2050

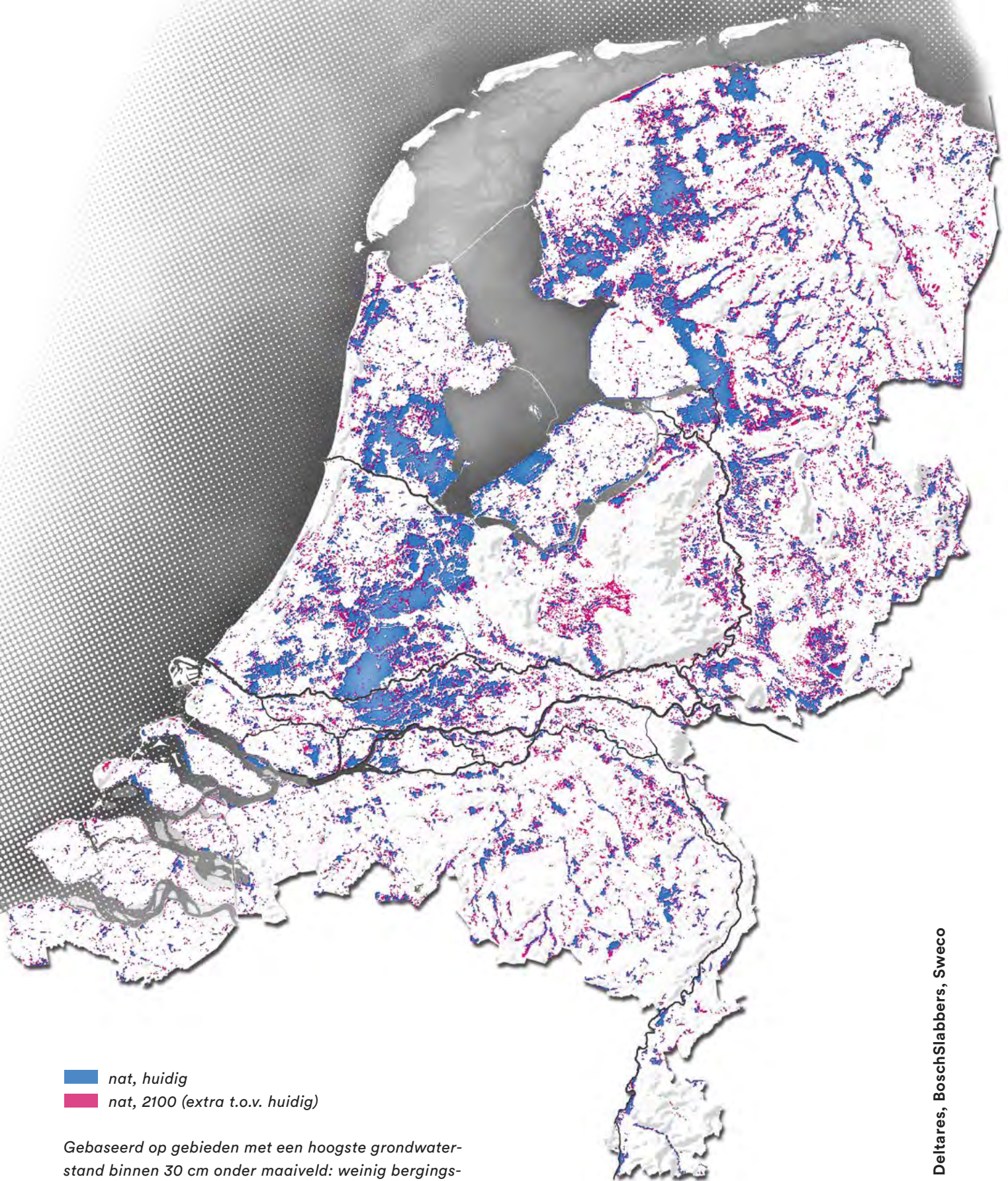


- nat, huidig
- nat, 2050 (extra t.o.v. huidig)

Gebaseerd op gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld: weinig bergingscapaciteit en grote kans op wateroverlast. Nu 470.000 ha, toenemend via 530.000 tot 690.000 ha in 2100.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

Nat Nederland: 2100



- nat, huidig
- nat, 2100 (extra t.o.v. huidig)

Gebaseerd op gebieden met een hoogste grondwaterstand binnen 30 cm onder maaiveld: weinig bergingscapaciteit en grote kans op wateroverlast. Nu 470.000 ha, toenemend via 530.000 tot 690.000 ha in 2100.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

Natte natuurgebieden meest waardevol

Bij natuur denken veel Nederlanders het eerst aan de Veluwe. Maar naaldbossen of eiken-berkenbos op arme droge gronden vinden we in grote delen van Europa, van Finland tot Portugal. En dat soort natuur kent ook eigenlijk maar een beperkte diversiteit aan soorten. Als recreatiegebied en voor hoefdieren (Edelhert, Wild zwijn) of zelfs de Wolf is de Veluwe natuurlijk van grote betekenis, maar dit soort natuur is bepaald niet uniek vanuit internationaal oogpunt.

Nederland is namelijk vooral interessant om z'n wetlands. Daar komen natuurliefhebbers (en echte Baardmannetjes) op af:

- de wadden en estuaria (Zeeland) met hun slikken, platen en kwelders, waar de trekvogels vanuit Siberië of IJsland zich vol eten voor hun verdere reis naar Afrika of voor hun reis terug naar de broedgebieden;
- de rivieren met hun uiterwaarden, overstromingsvlaktes (ooien) en zoetwatergetijdgebieden (Biesbosch), waarin trekvissen, soortenrijke graslanden en ooibossen voorkomen;
- de laagveengebieden zoals we die vinden rond het Drents Plateau (Alde Feanen) of in de veenplassen van Weerribben en Wieden; maar ook de laagvenen van de Randstad (Waterland, Vechtplassen, Nieuwkoopse

Plassen). Hier vinden we matig voedselrijk water, rietlanden, hooilanden en broekbossen waar Otter, Bever, Roerdomp, Kwak, Grote Karekiet en weidevogels zoals Grutto, Kemphaan, etc. zich thuis voelen;

- en tenslotte de beekdalen met hun zeldzame flora (Drentse Aa en Hunzedal).

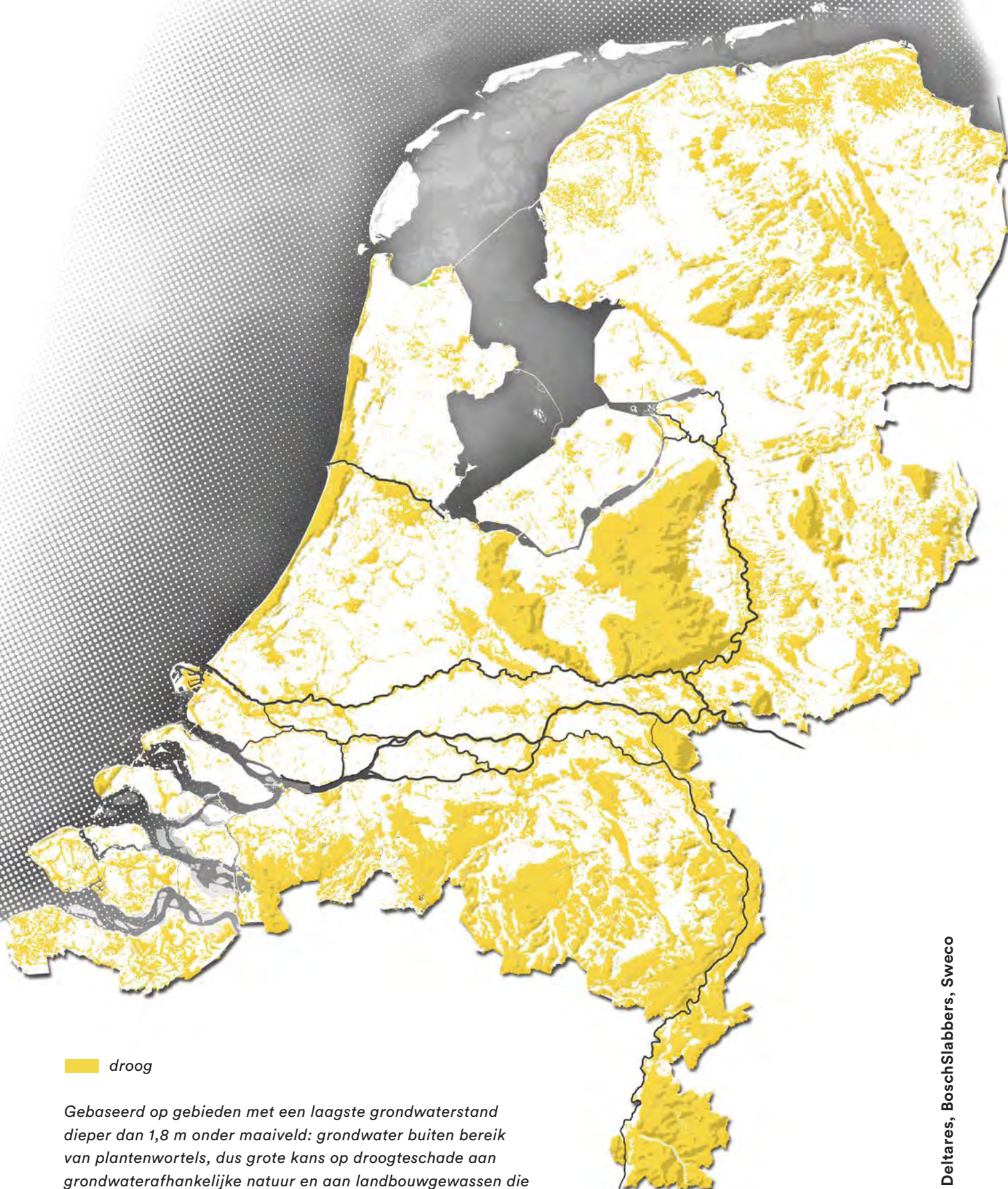
Juist die wetlands staan onder druk door de klimaatverandering en door beïnvloeding van waterstanden, waterstromen en waterkwaliteit door aanpalende grootgrondgebruikers of watergebruikers. Dat inzicht is niet nieuw en er zijn al vele initiatieven om juist dat soort gebieden uit te breiden, met elkaar te verbinden en van hydrologische bufferzones te voorzien.

Nederland heeft zich aan Europa verplicht om in het kader van Natura 2000 juist ook dit type natuurgebieden te versterken en uit te breiden. Bij uitstek in het kader van ruimtelijke adaptatie zijn hiervoor kansen, maar die vragen keuzes op de juiste ruimtelijke schaal en erkenning van het gevaar via het water naaste of verre burens te schaden. En dus het herstellen van de relatie tussen landgebruik en bodem en water; waarbij bodem en grondwater minder vaststaand blijken dan lang vermoed en soms maar een keer - voor altijd, want irreversibel - kunnen worden bedorven.



Foto's: Paul van de Velde (www.flickr.com)

Droog Nederland: huidig



 droog

Gebaseerd op gebieden met een laagste grondwaterstand dieper dan 1,8 m onder maaiveld: grondwater buiten bereik van plantenwortels, dus grote kans op droogteschade aan grondwaterafhankelijke natuur en aan landbouwgewassen die niet worden beregend. Nu 1.250.000 ha, in een droog klimaat-scenario (Wh_{dry}) mogelijk toenemend naar 1.400.000 ha.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

DROOG NEDERLAND

Sommige delen van Nederland waren vanouds al droog: de stuwwallen met grof zand die onze belangrijkste inziggebieden zijn en strategische grondwatervorraden herbergen. De Veluwe, de Utrechts Heuvelrug, de Sallandse heuvelrug, het Montferland en de berg van Nijmegen. Ook langs de Maas, in het Fries-Drents Plateau en in het Limburgse Heuvelland zijn er nog hoge gebieden met permanent diepe grondwaterstanden. In die gebieden vinden we vooral productiebos (Grove den, Fijnspar, Douglas) en natuur (heide, eiken-berkenbos) en slechts zelden landbouw. De afgelopen droge zomers hebben geleid tot een waar kerkhof aan dode sparren, mede omdat het vochtgehalte van deze grove zandgronden te ver terugliep.

Soms is de bodem in zulke gebieden met diepe grondwaterstanden goed vochthoudend (kleefaarde als verweringsproduct van Limburgs krijt), en soms zijn er slecht doorlatende lagen (keileem in het Fries-Drents Plateau), zodat landbouw daar toch mogelijk is; maar alleen door-regen-gevoede landbouw.

Door de diepere ontwatering en dichte afwatering zijn de grondwaterstanden in grote delen van de zandgebieden gedaald. Waar geen water kan worden aangevoerd en gewassen vanuit het grondwater worden berekend is dat het sterkst het geval. En waar waterwinning uit grondwater plaatsvindt zijn hele kuilen in het grondwater-niveau ontstaan, zodat het grondwater daar nog veel dieper zit. Het leidt tot droogte en beken die niet langer worden gevoed door grondwater, maar waaruit water wegzijgt naar de winningen. Door de doorlatendheid van de zandgronden heeft de verlaging van het grondwaterniveau effect tot in de wijde omtrek. Daardoor worden natte natuurgebieden al vele decennia door verdroging geplaagd; een voorbeeld van off-site effecten, of ook wel afwenteling door andere gebruikers in de omgeving.

Ervaring wijst uit dat vooral achtereenvolgende droge jaren funest kunnen zijn voor natte natuurgebieden van onvoldoende omvang en scenario-analyses laten zien dat het gevaar van irreversibele verdroging in de toekomst alleen maar toeneemt. De oorzaken zijn de (te) goede ontwatering en een naar verwachting sterk toenemende onttrekking

van grondwater voor (drink)waterbereiding en beregening in de landbouw, samenhangend met de bevolkingsgroei en toenemende meteorologische droogte.

De getoonde kaarten laten zien waar de laagste grondwaterstanden meer dan 1,80 m onder maaiveld liggen of in de toekomst zullen liggen; ver buiten het bereik van landbouwgewassen en zelfs bomen. De kaarten voor 2050 en 2100 tonen het gevolg van een droog klimaatscenario (Wh_{dry}) en sterke groei van de drinkwater- en landbouw-onttrekkingen. We gaan van zo'n 12.500 km² naar ruim 14.000 km²; van 35 naar 40% van ons land. Op de getoonde kaarten zien we dat grote delen van Brabant en de zandgronden van Oost-Nederland nu al heel droog zijn en in de toekomst nog droger worden. Niet-geïrrigeerde grondgebonden landbouw komt dan in de knel; en wel beregenen vanuit grondwater leidt tot een nog snellere daling van het grondwaterpeil. We zien ook dat kleigebieden langs de rivieren (oeverwallen) en in Friesland en Groningen (Het Hooge Land) – en zelfs in de Flevopolders – naar verwachting steeds droger worden.

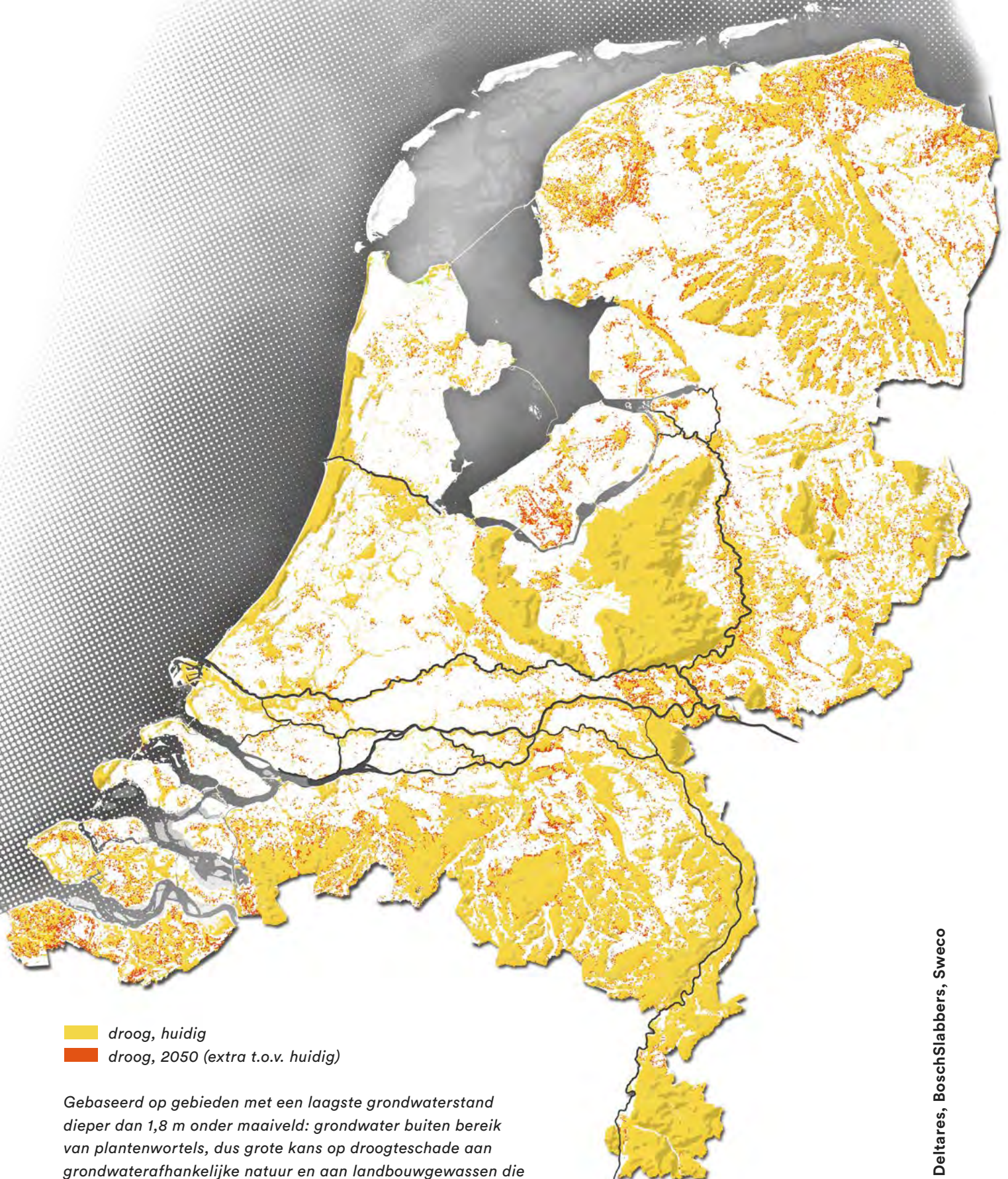
Geschiktheid

De kaart van droog Nederland laat zien waar **grondgebonden landbouw** zonder irrigatie (beregening of druppel-) met opbrengstverliezen rekening moet houden. Dat betekent dat hetzij de gewaskeuze sterk wordt beperkt (tot granen en oliezaden), hetzij irrigatie noodzakelijk wordt (maar dat heeft weer consequenties voor de voorraad in de bodem en dus zowel de ruimere omgeving als volgende jaren). De nu of in de toekomst droge gebieden zijn dus weinig geschikt voor de landbouw.

Voor **wonen, werken en infrastructuur** zijn de droge gebieden mogelijk zeer geschikt. Het gaat hier immers meestal om hoge gronden (dus geen overlap met nat) en zandgronden (dus geen overlap met slap).

Voor **natte natuur** zijn droge gronden vanzelfsprekend weinig geschikt. Wel zijn stuifzand, heide en bos van droge grond (Grove den, in mindere mate Berk) hier mogelijk, maar daarin onderscheidt Nederland zich niet in positieve zin van de rest van Europa.

Droog Nederland: 2050

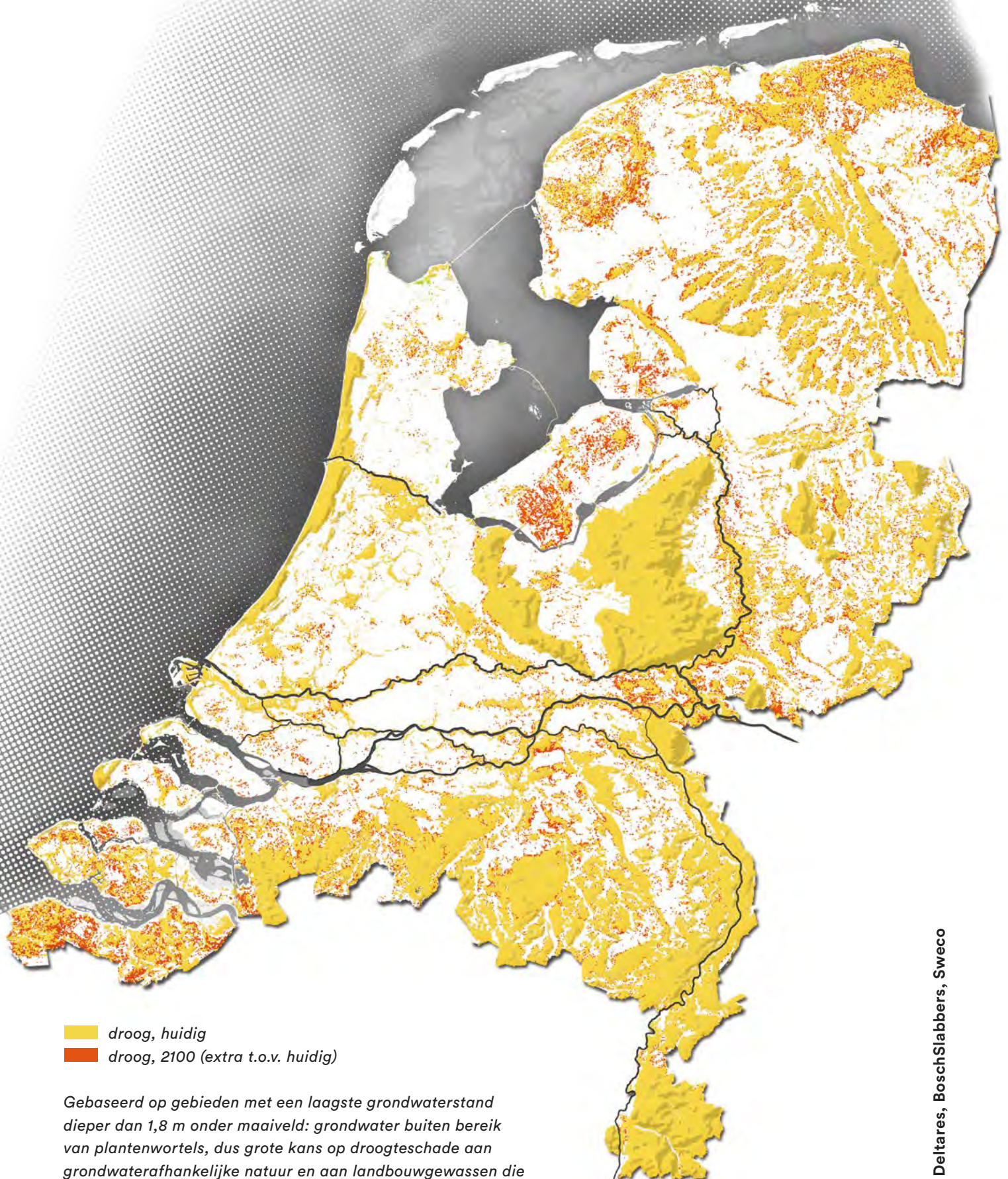


- droog, huidig
- droog, 2050 (extra t.o.v. huidig)

Gebaseerd op gebieden met een laagste grondwaterstand dieper dan 1,8 m onder maaiveld: grondwater buiten bereik van plantenwortels, dus grote kans op droogteschade aan grondwaterafhankelijke natuur en aan landbouwgewassen die niet worden beregend. Nu 1.250.000 ha, in een droog klimaat-scenario (Wh_{dry}) mogelijk toenemend naar 1.400.000 ha.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

Droog Nederland: 2100

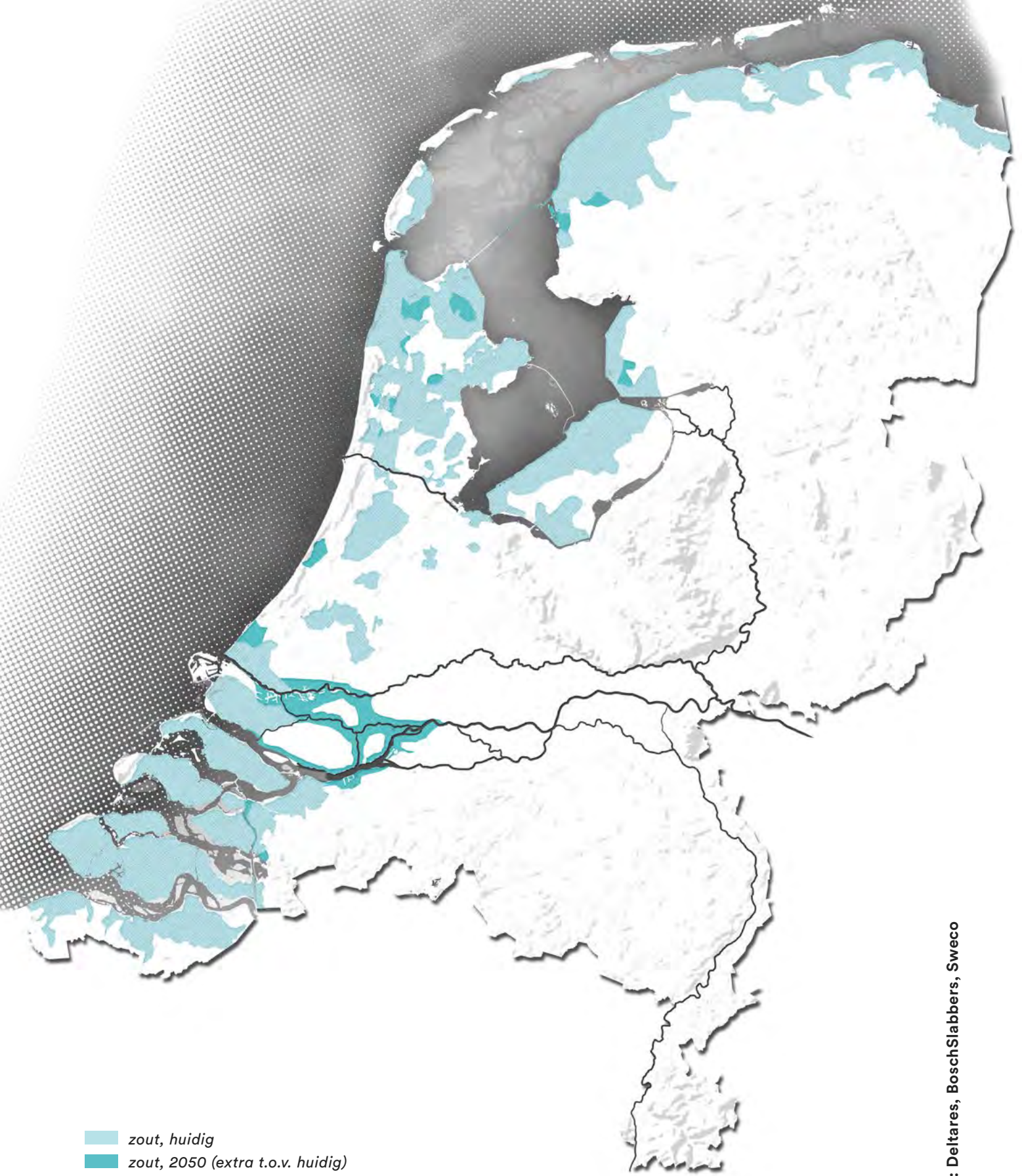


- droog, huidig
- droog, 2100 (extra t.o.v. huidig)

Gebaseerd op gebieden met een laagste grondwaterstand dieper dan 1,8 m onder maaiveld: grondwater buiten bereik van plantenwortels, dus grote kans op droogteschade aan grondwaterafhankelijke natuur en aan landbouwgewassen die niet worden beregend. Nu 1.250.000 ha, in een droog klimaat-scenario (Wh_{dry}) mogelijk toenemend naar 1.400.000 ha.

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

Zout Nederland: huidig + 2050



- zout, huidig
- zout, 2050 (extra t.o.v. huidig)

Gebaseerd op gebieden met zoute of brakke kwel in de sloten

ZOUT NEDERLAND

Onder grote delen van West- en Noord-Nederland is het grondwater op geringe diepte zout, als erfenis van de transgressie door de zee. Hier bovenop ligt een dunne laag zoetwater, die door de goede ontwatering en de bodemdaling echter steeds meer verloren gaat. Met het droger worden van de zomers bereikt het zoute grondwater steeds vaker de sloten – als zoute of brakke kwel – en op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden ook de wortelzone van planten. In diepe polders, zoals de Flevopolders en de droogmakerijen van Noord-Holland, trekken we dat zoute grondwater versneld naar boven doordat we bemalen.

Langs de kust is er ook nog sprake van een toename van de grondwaterdruk door de hoger wordende zee. De brakke en zoute kwelstromen naar de sloten in de droogmakerijen en polders nemen daardoor toe. Dit treedt op in geheel Zeeland, in de Hollanden, op de Waddeneilanden en in Friesland en Groningen. Met de stijgende zeespiegel worden deze kwelstromen sterker, zoals de kaartjes met de prognoses laten zien. Alleen de hoog opgeslibde ingepolderde kwelders (Het Hooge Land van Groningen) blijven nog enigszins gespaard.

De gevolgen van deze verzilting van de sloten worden nu - waar dat kan - tegengegaan door polders door te spoelen. Daarvoor wordt een groot deel van het door Rijn en Maas aangevoerde water gebruikt. Als we de huidige teelten in de landbouw van zoet water willen blijven voorzien is echter steeds meer doorspoelwater nodig. Dit legt een grote druk op het wateraanvoersysteem. Uitbreiding daarvan vraagt een forse investering, maar de voor aanvoer beschikbare hoeveelheid water is waarschijnlijk eerder beperkend. Hier bestaat een groot gevaar op een *lock-in*, zoals we die feitelijk in Goeree-Overflakkee al zien in de vorm van een grote afhankelijkheid van zoet spoelwater uit het Haringvliet.

Behalve dat deze gebieden sterk afhankelijk zijn van doorspoelwater, zijn diepe polders vaak ook een bron van zout voor andere gebieden. Want de brakke of zoute kwel wordt uitgeslagen op de boezem, die daardoor verontreinigd raakt en niet goed meer bruikbaar is voor watervragers verderop. Er kan dus ook sprake zijn van afwenteling (afhankelijk van locatie en stroomrichting).

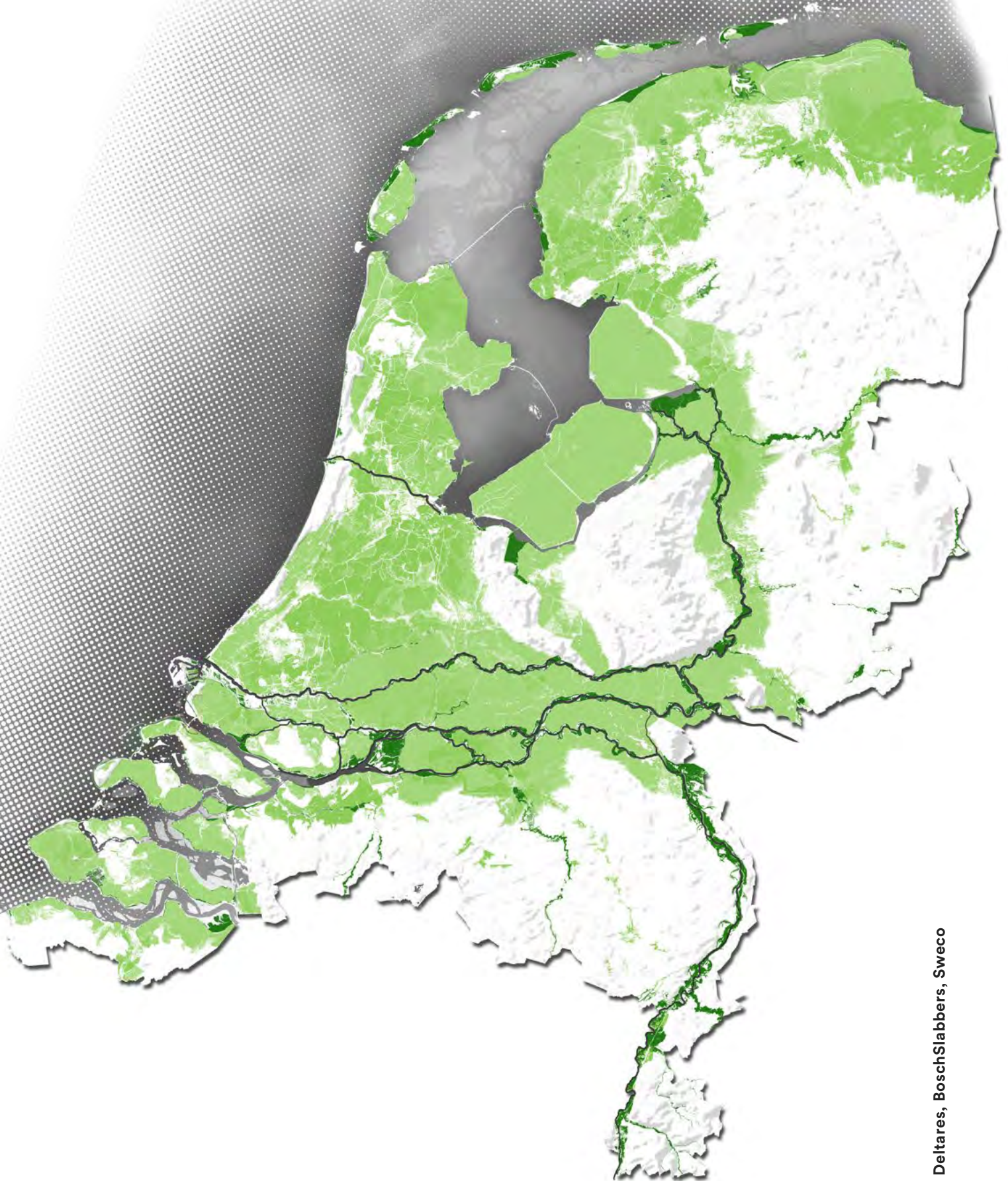
Geschiktheid

Een brakke of zoute sloot is beperkend voor de gewaskeuze in de **vollegrondsakkerbouw**, omdat veel gewassen niet tegen hoge zoutgehalten kunnen. Maar er zijn akkerbouwgewassen die al vroeg in de zomer afrijpen op alleen het neerslagoverschot uit de winter (graan, uien). Ook weidebouw is op brakke gronden nog goed mogelijk, hoewel veedrenking met brak water niet kan. Berekening uit brakke of zoute sloten wordt in ons gematigd klimaat gewoonlijk afgeraden. De geschiktheid voor landbouw is al bij al matig, in ieder geval slechter dan van zoete landbouwgebieden op dezelfde grondsoort.

Voor **wonen en werken** vormen zoute gronden geen beperking, behalve dat zout tot snellere corrosie en aantasting van beton of steen kan leiden: geschikt onder voorwaarden.

Voor **natte natuur** is verzilting evenmin een probleem, zolang de natuurdoelen maar worden aangepast aan de mogelijkheden van de ondergrond. Dus niet koste wat het kost zoetwatergebonden natuurtypen nastreven, maar eerder de natuur die we kennen van kwelders en inlagen. Plan Tureluur (op Schouwen-Duiveland) is een voorbeeld van zeer geslaagde natuurontwikkeling in aansluiting op de zoute kwel langs de Oosterschelde. Zeer geschikt.

Overstroombaar Nederland: huidig



- overstroombaar buitendijks of onbedijkt
- overstroombaar binnendijks

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

OVERSTROOMBAAR NEDERLAND

Ongeveer een derde van Nederland ligt onder de zeespiegel en nog eens bijna een derde kan overstromen vanuit de grote rivieren; in circa 60% van het land is zo sprake van enig overstromingsgevaar vanuit het hoofdwatersysteem. De lage delen van het land kunnen ook nog onderlopen vanuit boezemwateren, als regionale waterkeringen bezwijken. De kans daarop is groter dan die op een dijkdoorbraak, maar de gevolgen zijn beperkt omdat de hoeveelheid water in de boezem eindig is. En er zijn beekdalén waar water uit intense neerslag zich concentreert en tot overstromingen leidt; nog maar enkele jaren geleden ondervond men hier langs de Geul de gevolgen van.

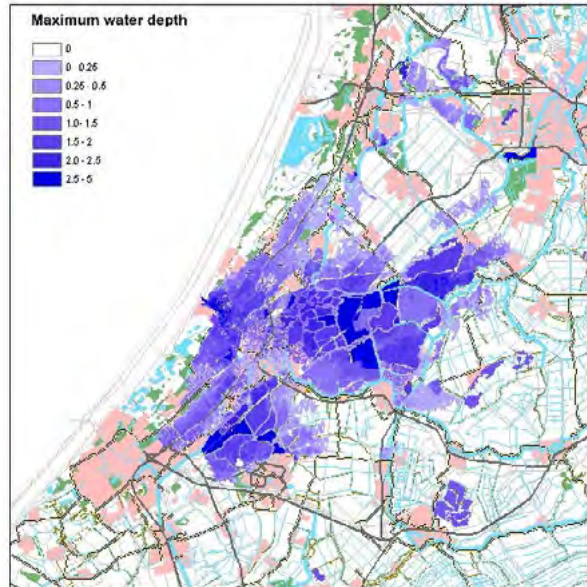
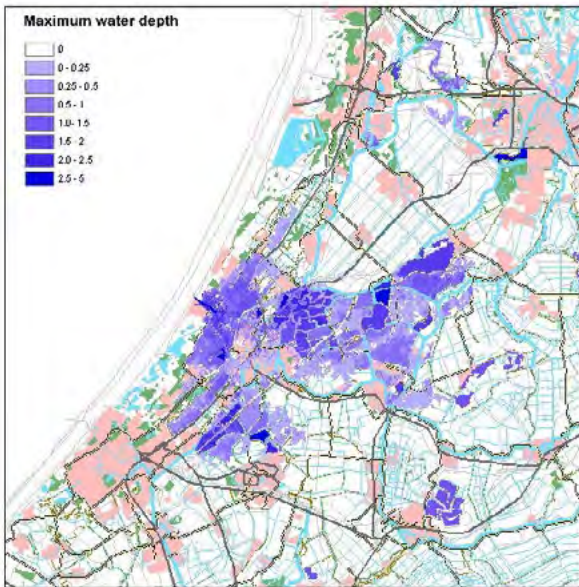
De mate van gevaar is afhankelijk van de kans op een overstroming en de wijze waarop een overstroming zich voltrekt: de aankomsttijd van het water, de stijgsnelheid, de maximale diepte, de einddiepte en tijdsduur voordat het weer droog wordt. Welke factoren het belangrijkste zijn verschilt; kijken we naar schade of naar (dodelijke) slachtoffers? Daarnaast is uitgebreid onderzoek gedaan voor het Deltaprogramma (Van de Pas et al., 2012) uitmondend in kaarten van overstromings-slachtoffergevaar en overstromings-schadegevaar (De Bruijn et al., 2015). In die kaarten zijn alle verschillende overstromingen onder een noemer gebracht: zeldzame catastrofale en frequente ondiepe. Op basis van deze kaarten is ook een ruimtelijke zonering voorgesteld, waarbij lage buitendijkse gebieden (dus niet de duinen) als meest gevaarlijk zijn aangeduid, en als minst gevaarlijk de hoge zandgronden (met de duinen), want die zijn inherent veilig.

In plaats van hier alle ruimtelijke variaties in overstromingsgevaar te tonen (zie daarvoor het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen: LIWO), volstaan we hier met een kaart die aangeeft wat overstroombaar is, hetzij buitendijks of niet bedijkt, hetzij binnendijks. In het Delta-programma is ingezet op een forse verkleining van de kans op een overstroming (DP-waterveiligheid). De dijken worden versterkt conform in 2017 vastgestelde nieuwe normen, waardoor het in de binnendijkse overstroombare gebieden tot 2050 nog veiliger zal worden.

Maar aangezien de bodem van Nederland plaatselijk blijft zakken en de zeespiegel blijft stijgen, ook na 2050 en waarschijnlijk versnellend, worden de waterdiepten bij overstroming groter als het toch fout zou gaan. Ook komt het water dan verder het land in omdat regionale keringen, wegen en spoorlijnen die nu nog compartimenterend werken, dan overlopen. Dat is geïllustreerd voor een dijkdoorbraak bij Katwijk aan Zee met een simulatie voor een zee die 1,3 m hoger staat (zie volgende pagina).

Uiteindelijk wordt het dus gevaarlijker, maar dat gaat langzaam. We zullen met dijken nog heel lang in staat zijn de kans op overstromingen heel klein te houden. Maar of we nu deels kiezen voor rivierverruiming of alles met dijkverzwaring, er zal ruimte nodig zijn voor de bescherming tegen overstromingen. Een dijk een meter hoger maken betekent bij taluds van 1:3 deze ook 6 m breder maken. En als er bermen nodig zijn voor grotere stabiliteit, nog veel meer. En dan kunnen we niet volstaan met alleen de primaire waterkeringen, maar moet ook over alle boezemkades worden nagedacht. Dat betekent dat er vanuit hoogwaterbescherming hoe dan ook een forse ruimtevraag voorligt (ter oriëntatie: per meter zeespiegelstijging is tussen 3.500 en 17.500 km² 6 m = 21 – 105 km² (2.100 tot 10.500 ha) nodig voor ‘gewone’ dijken, afhankelijk van meestijgen boezem of niet; en ter vergelijking: Ruimte voor de Rivier heeft langs de Rijntakken 4.400 ha extra buitendijks gebied toegevoegd). Het vrijwaren van voldoende ruimte voor hetzij rivierverruiming, eventueel grotere systeemingenrepen (rivierververlegging) en dijkverzwaring vraagt dus anticiperend beleid rond bestemmingen; zeker permanente bestemmingen.

Er wordt vaak gewezen op de toenemende kwetsbaarheid voor overstromingen, en dus een grotere afhankelijkheid van de waterkeringen, als we grootschalige stedelijke ontwikkelingen in Laag-Nederland blijven concentreren. Een meer inherent veilige situatie zou kunnen ontstaan door grootschalige ontwikkelingen voor wonen en werken in niet-overstroombare landsdelen te laten plaatsvinden: van de Randstad naar de Zandstad.



Als de zee hoger komt te staan wordt het dieper en kunnen regionale keringen de overstroming minder goed ruimtelijk beperken (bres bij Katwijk (bij 1: 10.000 stormvloed) bij huidige zeespiegel links en bij 1,3 m hogere zeespiegel rechts)

Geschiktheid

De kaart van overstroombaar Nederland kan als volgt worden geïnterpreteerd voor de drie landgebruikscategorieën:

Voor **grondgebonden landbouw** zijn gebieden die af en toe door zoetwater overstroomd zeer geschikt, of deze nu binnen- of buitendijks liggen. Maar dat geldt natuurlijk niet voor intensieve (pluim)veehouderij of kapitaalintensieve kassenteelt of de teelt van meerjarige gewassen (bomen, fruit). De evacuatie van grote aantallen dieren of de kans op totale verliezen van investeringen vragen veiliger grond dan buitendijkse grond. Voor grondgebonden landbouw bedenke men dat tot de 60-er jaren van de vorige eeuw bewuste inundaties werden gepleegd om verzuring van de grond tegen te gaan en nutriënten aan te voeren. Pas met de komst van kunstmest raakte dit in onbruik. Overstroming met zout water is natuurlijk een heel ander verhaal. Op kwelders is alleen extensieve weidebouw mogelijk, geen akkerbouw. Zomerhoogwaters langs de rivieren zijn landbouwkundig ook minder gewenst, maar raken slechts één oogst en zijn dus overkomelijk. Deels goed geschikt, deels matig geschikt voor grondgebonden landbouw.

Voor **wonen, werken en infrastructuur** zijn de buitendijkse overstroombare gebieden weinig geschikt, en langs rivieren is bebouwing vaak ook niet wenselijk met het oog op het behouden van voldoende afvoercapaciteit. Op kleine schaal kan weliswaar aangepast worden gebouwd, maar dan is extra aandacht nodig voor ontsluiting en cruciale infrastructuur. Dat vraagt dus om lagere dichtheden. De binnendijkse overstroombare gebieden zijn voor wonen en werken weliswaar nu nog geschikt, maar met het oog op de verre toekomst kan men zich afvragen of grootschalige nieuwe uitleglocaties hier wenselijk zijn.

Voor **natte natuur** worden de buitendijkse overstroombare gebieden alom zeer geschikt geacht en als zodanig zijn ze vaak ook aangewezen: de uiterwaarden, de wadden, kwelders en gorzen, de Biesbosch, de IJssel-delta: ze staan alle op de lijst zeer waardevolle natte natuurgebieden, ook vanuit internationaal perspectief (*flyway Europe* voor trekvogels). Maar ook beekdalen (Vecht, Roer, Geul, Gulp) en binnendijkse delen van het rivierengebied en langs de kust lenen zich uitstekend voor natte natuur; van matig voedselrijke hooilanden en broekbossen tot relatief voedselrijke milieus (komgrond-reservaten, *re-peatng areas* in laagveen).

De nieuwe fysiografische kaart van Nederland

LEGENDA

- Slap/nat + overstroombaar
- Slap/nat + zout + overstroombaar
- Zettingsgevoelig + overstroombaar
- Zettingsgevoelig + zout + overstroombaar

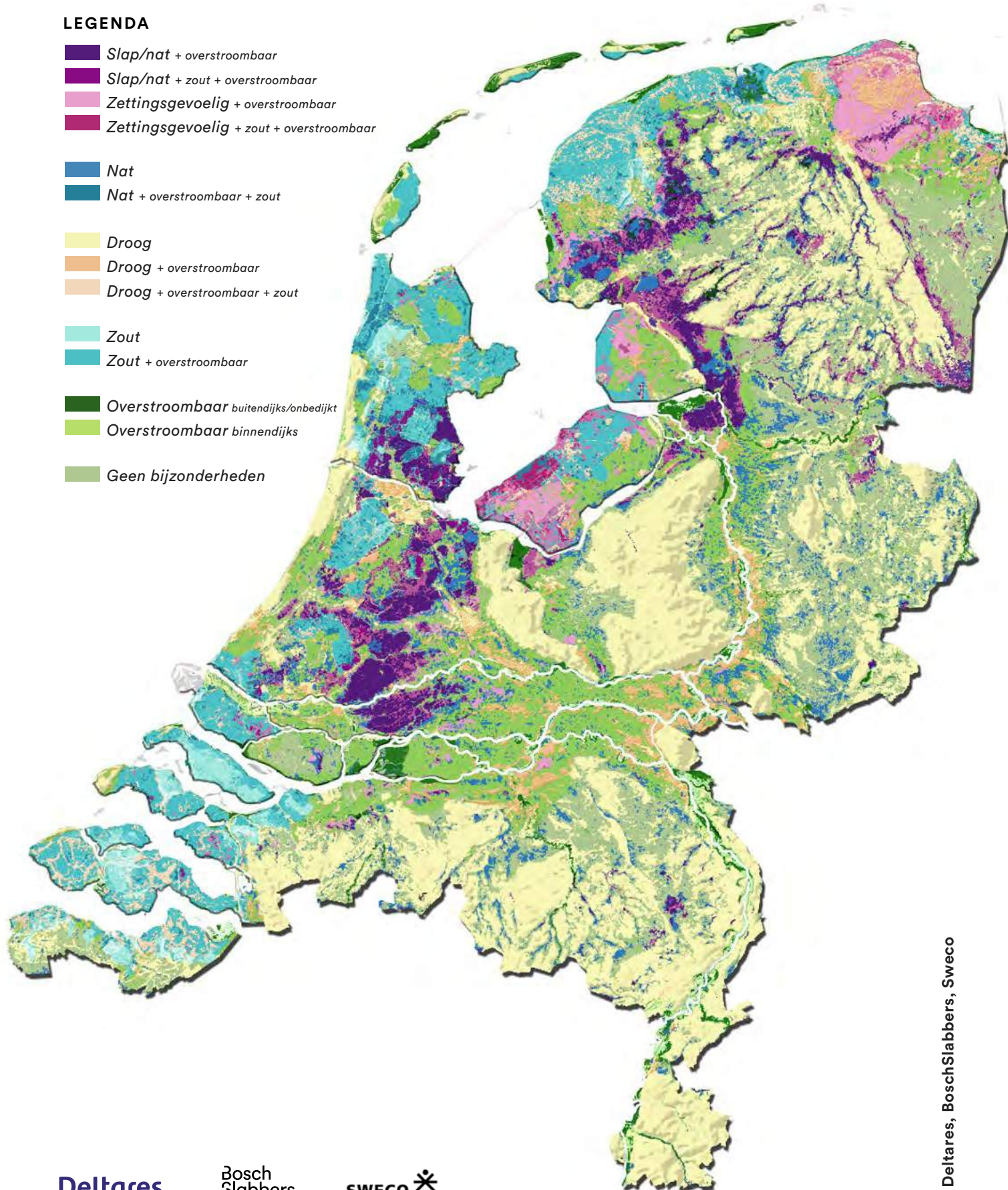
- Nat
- Nat + overstroombaar + zout

- Droog
- Droog + overstroombaar
- Droog + overstroombaar + zout

- Zout
- Zout + overstroombaar

- Overstroombaar buitendijks/onbedijkt
- Overstroombaar binnendijks

- Geen bijzonderheden



Deltares

**Bosch
Slabbers**

SWECO 

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

De nieuwe fysiografische kaart van Nederland

Met een nieuwe fysiografische kaart van Nederland kan de dialoog over de gewenste toekomstige ruimtelijk inrichting van Nederland worden gevoerd.

Op grond van de ruimtelijke analyse van de 5 urgente en voorzienbare knelpunten rond water en bodem, nu en in de toekomst, kan een nieuwe fysiografische kaart van Nederland worden samengesteld. Die wordt hiernaast getoond voor alleen de huidige situatie. De kaart is tot stand gekomen door het combineren van de eerder besproken – voor grootgrondgebruikers relevante – eigenschappen van bodem en (grond)water.

De kaart toont waar één of meer van de eerder besproken eigenschappen van (grond)water en bodem voorkomen en eventueel samen vallen (stapelen). We hebben daarbij dezelfde eenvoudige klassenindeling aangehouden. Dat wil zeggen dat natte, droge, zoute, slappe, zettingsgevoelige en overstroombare gebieden alle op dezelfde kaart zijn weergegeven.

- We zien dan droge en buitendijkse/onbedijkte gronden als enkelvoudige eenheden voorkomen. Voor droge gronden is dat logisch, want droog is vaak hoog en dus niet ook nat of slap. Die droge gronden zien we vooral op de hoge zandgronden van Zuid- en Noordoost Nederland, maar ook de duinen en de stuwwallen zijn natuurlijk droog.
- Maar we zien ook dat droge gronden in zowel het overstroombare als niet-overstroombare deel van het land voorkomen. Dat betekent dat ook Laag-Nederland door de diepe drainage van kleigronden steeds droger wordt.
- Natte gronden treffen we vooral in het overstroombare deel van het land aan, veel vaker dan in het niet-overstroombare deel. En nat gaat vaak samen met hetzij zettings-

gevoelig (vaak klei) hetzij slap (veen). Nat valt in de praktijk nooit samen met droog. Met de combinatie slap, nat, zout en overstroombaar hebben we de situatie in beeld die voor groot-schalige stedelijke ontwikkeling en grondgebonden landbouw de meeste beperkingen met zich meebrengt. Daar staat tegenover dat natte natuur daar natuurlijk prima kan gedijen.

- Zoute kwel zien we vaak samenvallen met nat, al dan niet slap of zettingsgevoelig.
- En gebieden zonder bijzonderheden zijn er eigenlijk niet zo veel.

Hoewel sommige simulaties niet alleen waren uitgevoerd voor de huidige situatie, maar ook voor twee toekomstige situaties (2050 en 2100), tonen we geen kaarten voor toekomstige situaties. Daarvoor zijn twee redenen. Ten eerste omdat niet van alle eigenschappen prognoses beschikbaar zijn en sommige een veel verdere tijdshorizon vragen; ten tweede omdat de prognoses niet alleen berusten op veranderend klimaat, maar ook op veronderstelde grotere onttrekkingen van grond- en oppervlaktewater voor drinkwater en berekening in de landbouw. Ze zijn dus afhankelijk van het veronderstelde scenario, ook ten aanzien van watergebruik (cf. Deltaprogramma), maar daarmee niet geheel neutraal en feitelijk meer.

Toch valt er wel iets te zeggen over trends in de tijd. De eerder getoonde losse kaarten lieten immers zien dat de arealen nat, droog en zout toenemen. Dat weerspiegelt dat de verschillen tussen de seizoenen extremer worden en geeft aan dat gebieden van de tussencategorie - waar weinig

beperkingen bestaan - kleiner worden. Zo zagen we – bij ongewijzigd beleid – een toename van natte gronden tot 20% van het land en van droge gronden tot 40% van het land. Dat betekent dat het voor landbouw geschikte areaal van vochtige gronden dus kleiner wordt. Tegelijkertijd zien we ook in de prognoses een vergelijkbaar ruimtelijk patroon terug (als in de huidige situatie), hetgeen de achterliggende idee van de lagenbenadering ondersteunt: de ondergrond biedt in grote lijnen een stabiele basis die de rest van deze eeuw persisteert.

De lange-termijnontwikkeling van het overstromingsgevaar en het voortbestaan van ons land zoals we het kennen is echter een ander geval: deze verandering is niet direct merkbaar, maar is wel voorzienbaar. Daarop reageren wordt pas als dringend ervaren als het ergens fout gaat en er een desastreuze overstroming optreedt; zo leert de geschiedenis van zowel onze Biesbosch (Elisabethsvloeden 1421 en 1425) als van de overstromingsrampen van 1916 en 1953. Maar het gevaar bestaat dat we intussen niet bijsturen en ons steeds verder in een *lock-in* situatie begeven.

Over toepassing van de kaart

Geschiktheid voor grondgebruik als basis voor een duurzamer ruimtelijke inrichting van Nederland?

De fysiografische kaart is bedoeld voor gebruik in een dialoog over de gewenste toekomstige ruimtelijke inrichting van Nederland, vanuit de idee van de lagenbenadering. Dat wil zeggen dat het ruimtegebruik (occupatie- en netwerklagen) wordt afgestemd op de ondergrond. In die functie presenteren wij deze nu ook, waarbij wordt aange-tekend dat de voorliggende kaart in een snelle actie tot stand is gekomen.

De behoefte aan zo'n dialoog over de gewenste toekomstige ruimtelijke inrichting van Nederland wordt vooral ingegeven door enkele grote ruimte-vragers:

- Een urgente vraag naar 800.000 tot 1.000.000 nieuwe woningen (circa 26.000 ha);
- Een voorziene noodzakelijke transitie in de landbouw, die momenteel ongeveer 65% van het landoppervlak gebruikt (cf. CBS);
- Een beloofde vergroting van het areaal natuur (van 14% nu tot tenminste 17% van het landoppervlak cf. afspraken op de biodiversiteitstop van de Verenigde Naties) en een verbetering van de standplaatscondities in bestaande Natura2000-gebieden en herstel van de biodiversiteit in het gehele landelijk gebied;
- De noodzaak tot een energietransitie, met ook opwekking op land (wind en zon; geschat op 22.000 ha).

Bij een zoektocht naar hoe die transities en ontwikkelingswensen het meest duurzaam te faciliteren, is een eenvoudige landevaluatie (suitability assessment) op basis van de nieuwe fysiografische kaart een eerste hulpmiddel. Land-

evaluatie lag ten grondslag aan de vorige ronde landinrichting en is in de 70-er jaren ontwikkeld aan de Landbouwhogeschool Wageningen en de diverse onderzoeksinstituten van het ministerie van LNV (nu WUR) en bij het ITC en de FAO. Zo'n landevaluatie levert geschiktheidskaarten op, die inzicht geven hoe grondgebonden gebruiks-functies weer beter kunnen worden gefundeerd op de fysieke ondergrond. Waarbij we aantekenen dat die huidige fysieke ondergrond deels door ons gebruik is beïnvloed; en dat de grondwatersituatie daarin waarschijnlijk deels kan worden hersteld via het waterbeheer.

Bij de bespreking van de afzonderlijke ontwikkelingen is hierboven al één en ander gezegd over de geschiktheid voor grondgebonden landgebruik. Hier vatten we dat nog eens samen in enkele kaarten voor:

- grootschalige woon- en werkgebieden (stedelijke uitleg),
- grondgebonden niet-geïrrigeerde landbouw,
- natte natuur.

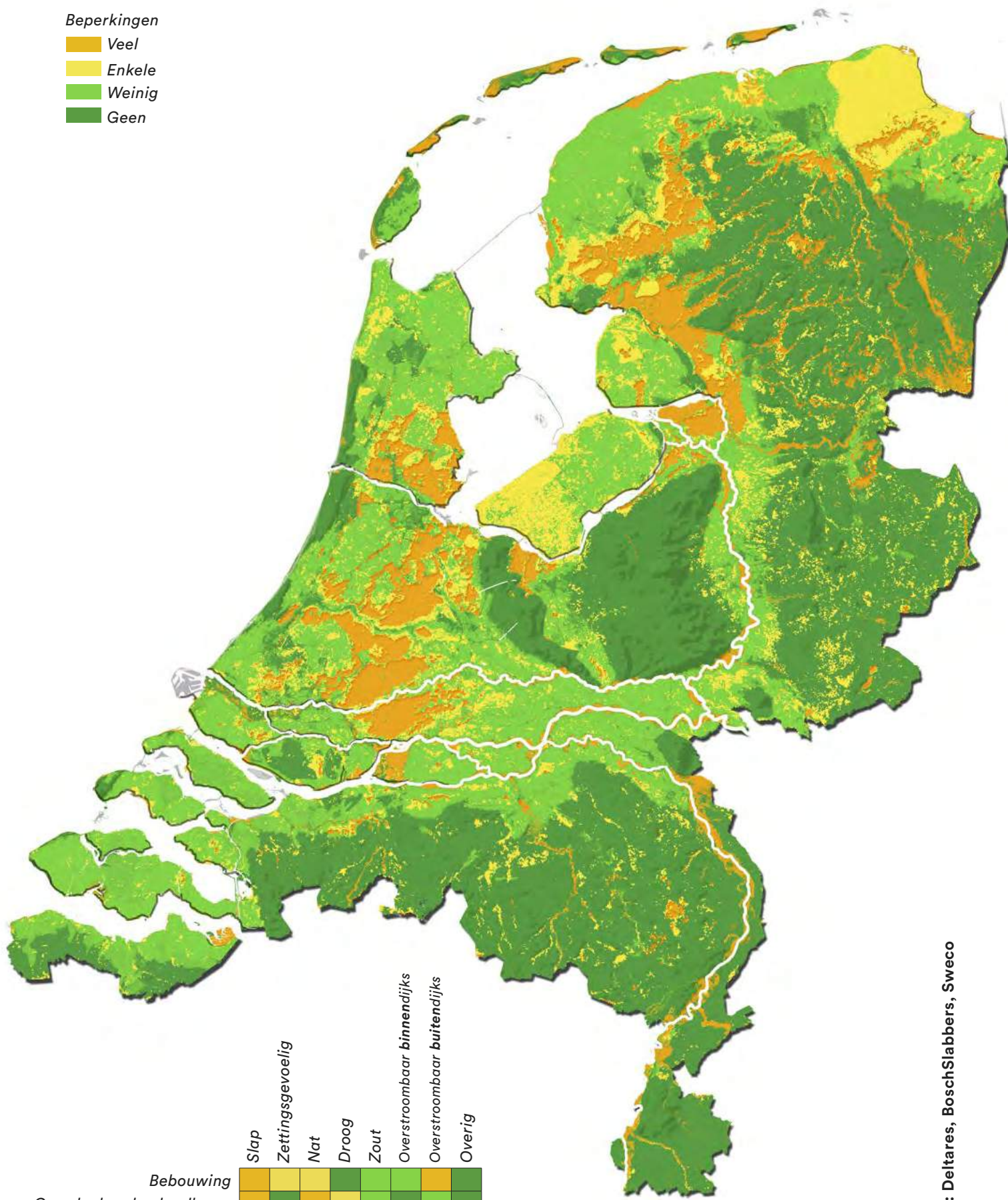
Hoe meer beperkingen bodem en water op een bepaalde plaats met zich meebrengen, des te minder geschikt voor die landgebruiksfunctie.

De kaart voor de ontwikkeling van **grootschalige woon- en werklocaties** laat zien dat er vanuit water- en bodemeigenschappen nauwelijks of geen beperkingen zijn op juist de hoge zandgronden, terwijl in het westen en noorden van het land op grote oppervlakken beperkingen bestaan die samenhangen met een slappe of zettingsgevoelige ondergrond, forse kans op

Geschiktheidskaart: bebouwing (grootschalige woon- en werklocaties)

Beperkingen

- Veel
- Enkele
- Weinig
- Geen



	Slap	Zettingsgevoelig	Nat	Droog	Zout	Overstroombaar binnendijks	Overstroombaar buitendijks	Overig
Bebouwing								
Grondgebonden landbouw								
Natte natuur								

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

wateroverlast en gevaar van overstroming. Die beperkingen zien we in de zandgebieden ook wel, maar dan geconcentreerd langs de rivieren en in de vele beekdalen, die eruit springen. De echt hoge zandgronden zijn inherent veilig en stedelijke en infrastructuurontwikkeling is er relatief gemakkelijk en daardoor goedkoper.

De kaart die de geschiktheid voor **grondgebonden landbouw** toont, geeft aan dat op veel plaatsen nu al sprake is van eigenschappen van bodem en (grond)water die de teeltkeuze beperken. Daar kan – zeker door een flexibele landbouwsector – op worden ingespeeld, maar de kaart geeft ook aan dat men in sommige delen van het land misschien verandering van het landgebruik zou moeten overwegen. Zeker waar de bodem hard daalt door veenoxidatie (met CO₂-uitstoot) en het eigenlijk nauwelijks rendabel boeren is. En zoals al vermeld: de prognoses voor de toekomst geven aan dat het in de toekomst plaatselijk droger wordt, en elders juist natter en/of zouter.

De kaart die de geschiktheid voor **natte natuur** weergeeft is een contramal van die voor groot-schalige bebouwing. Met zeer geschikte kernen

in de laagveengebieden van West- en Noord-Nederland. Daarbij wordt aangetekend dat we hier naar natte natuur hebben gekeken, want voor droge natuur geldt natuurlijk iets anders (die ligt nu vaak net waar het ook voor wonen en werken zeer geschikt is). Natte natuur is vanuit internationaal opzicht meer gewaardeerd dan droge en kan uitstekend worden ontwikkeld op gronden die nu juist het minst geschikt zijn voor landbouw of wonen, omdat ze hetzij zout, hetzij nat en slap zijn. In Hoog-Nederland zien we ook op deze kaart de beekdalen er weer uitspringen, maar nu als geschikt.

De getoonde geschiktheidskaarten vormen natuurlijk slechts een partiële basis voor ruimtelijke ordening. Want als het over water gaat geven ze nog geen inzicht in de onderlinge beïnvloeding en afhankelijkheden van ruimtelijk steeds dichters naast en door elkaar gelegen gebruiksfuncties via het grond- of oppervlaktewater. Daarvoor is het bundelen van soortgelijke gebruiksfuncties in grotere ruimtelijke eenheden en het ruimtelijk scheiden van onverenigbare functies (zoning) op de juiste ruimtelijke schaal gewenst (zie ook Bakker et al., 2021).

Geschiktheidskaart: grondgebonden landbouw

Beperkingen

- Veel
- Enkele
- Weinig
- Geen



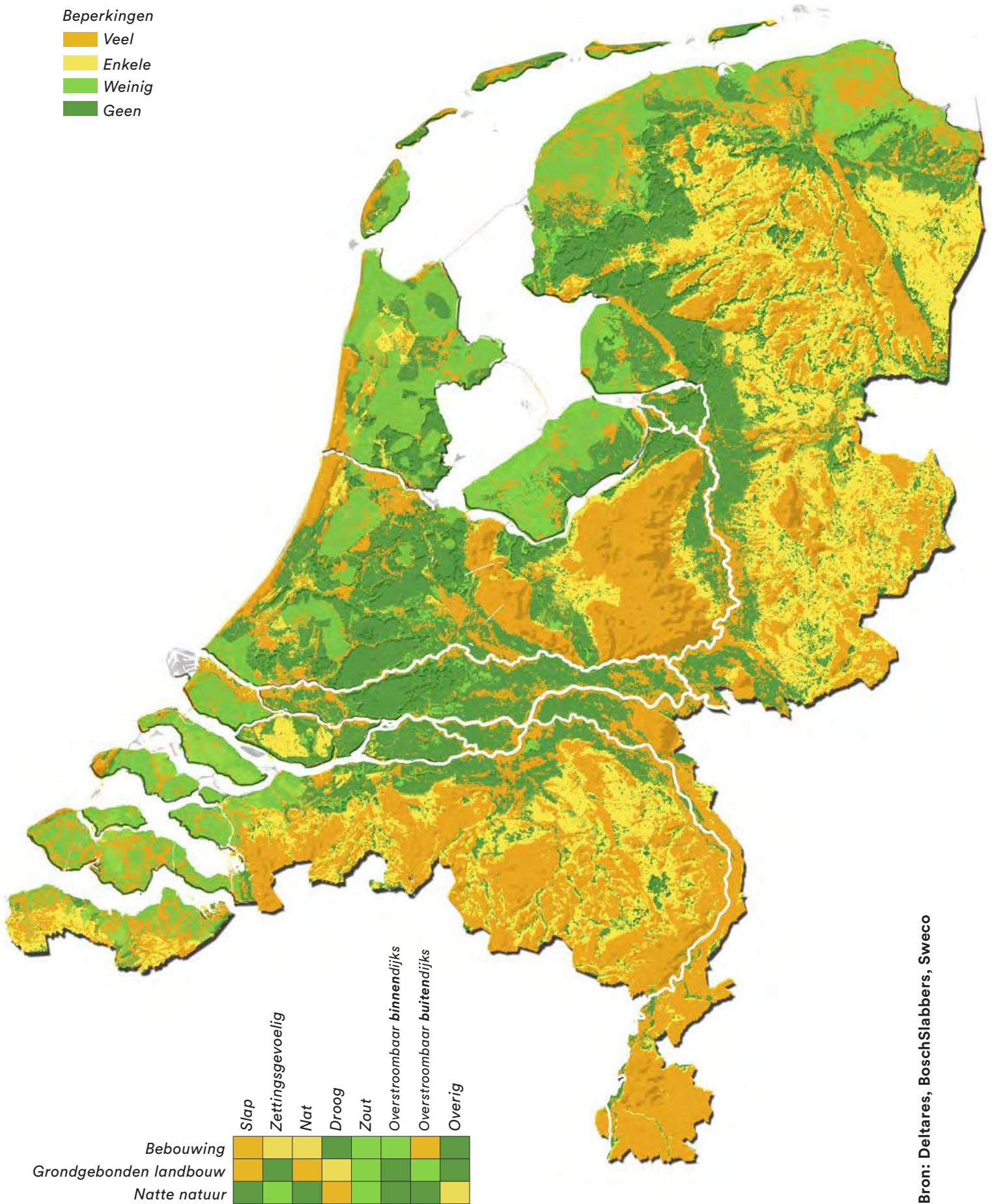
	Slap	Zettingsgevoelig	Nat	Droog	Zout	Overstroombaar binnendijks	Overstroombaar buitendijks	Overig
Bebouwing								
Grondgebonden landbouw								
Natte natuur								

Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco

Geschiktheidskaart: natte natuur

Beperkingen

- Veel
- Enkele
- Weinig
- Geen



Bron: Deltares, BoschSlabbers, Sweco


Epiloog

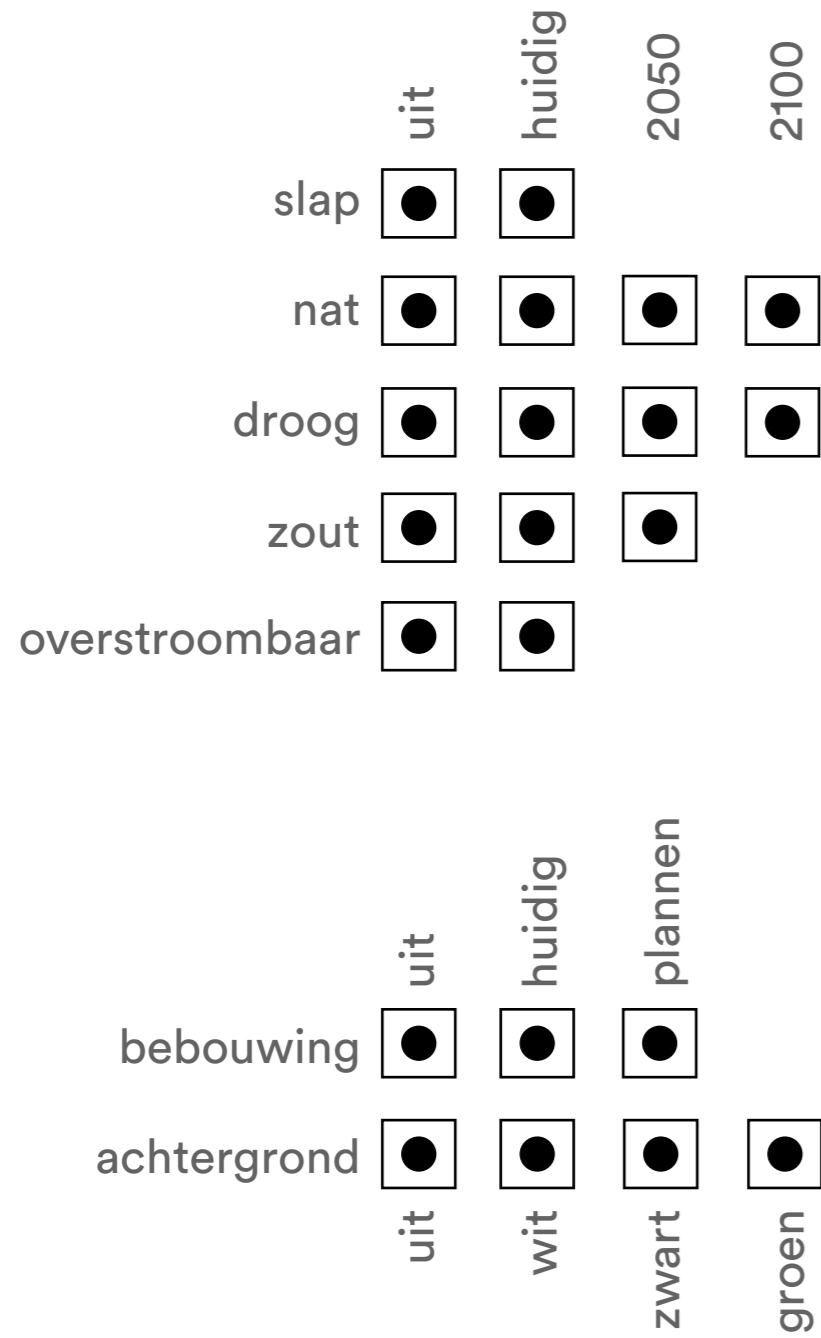
Om de dialoog over een duurzamer ruimtelijke inrichting ook op andere ruimtelijke schalen goed te kunnen ondersteunen zijn onderliggende kaarten en gedetailleerdere gegevens relevanter dan de hier getoonde. Deze informatie is op regionale schaal beschikbaar, evenals de kennis voor een juiste interpretatie. Het is ook mogelijk om in meer detail te kijken naar de verschillende landgebruiksfuncties, door bijvoorbeeld onderscheid te maken tussen verschillende soorten natuur, landbouwbedrijfstypen en bebouwing. De in dit document getoonde kaarten moeten daarom vooral worden gezien als een eerste aanzet tot dialoog en om de relevantie van kennis over ondergrond en water voor de langetermijnontwikkeling nog eens onder de aandacht te brengen, vanuit de waarneming dat nog overwegend vanuit de korte-termijnbehoeften van de vele ruimtevragers wordt geredeneerd.

Bronnen

- Anonymus (RWS Waterdienst, Deltares en H+N+S Landschapsarchitecten), 2012. Nederland in Zicht. Water en ruimtelijke ontwikkeling in Nederland: de diagnose. Ministerie V&W, Den Haag.
- Bakker, M., W. de Vries, G. Ros, H. Kros, T. Kuhlman, B. Mashhoodi, S. de Vries & J-Ph. Witte, 2021. Zoneren biedt landbouw toekomstperspectief. Tijdschrift Milieu – Dossier, april 2021.
- College van Rijksadviseurs, 2018. Panorama Nederland. College van Rijksadviseurs, Den Haag.
- De Bruijn, K. M., F. Klijn, B. van de Pas & C. T. J. Slager (2015). 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, doi:10.5194/nhess-15-1297-2015
- De Mulder, E.F.J., M.C. Geluk, I.L. Ritsema, W.E. Westerhof & T.E. Wong, 2003. De ondergrond van Nederland. Noordhoff Uitgevers B.V.
- Haasnoot, M., L.M. Bouwer, F. Diermanse, J.C.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.
- Massop, H. Th. L., C. Kwakernaak & P.J.T. van Bakel, 2012. Fysieke onderlegger voor het Deltaprogramma. Kansen voor waterconservatie in regionale stroomgebieden. Alterra-rapport 2287, Wageningen.
- Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), 2007. Nederland Later. Tweede Duurzaamheids-verkenning, deel Fysieke leefomgeving Nederland. MNP, Bilthoven.
- McHarg, I., 1969. Design with nature. 25th Anniversary Edition, 1995, Wiley.
- Ministeries van VROM, LNV, V&W en EZ, 2008. Nota Ruimte. Den Haag.
- Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI), 2020. Stop bodemdaling in veenweidegebieden. Het Groene Hart als voorbeeld. RLI, Den Haag.
- Syvitski, J.P.M., A.J. Kettner, I. Overeem, E.W.H. Hutton, M.T. Hannon, G.R. Brakenridge, J. Day, C. Vörösmarty, Y. Saito, L. Giosan & R.J. Nicholls, 2009. Sinking deltas due to human activities. *Nature Geosciences* 2: 681–686
- Sweco 2021. Ruimte voor de toekomst. Flexibel invullen van investeringsopgaven om effecten van zeespiegelstijging in de toekomst te kunnen opvangen. White paper, Sweco.
- Van de Pas, B., K. Slager, K.M. de Bruijn & F. Klijn (2012). Overstromingsrisicozonering. Fase 1 en 2: Het identificeren van overstromingsgevaarzones. Deltares-rapport 1205160, Delft. 97 pp.
- Wageningen University & Research (WUR), 2019. Een natuurlijkere toekomst voor Nederland in 2120. Wageningen.
- White, G.F., 1945. Human Adjustment to Floods. Department of Geography Research Paper no. 29. The University of Chicago, Chicago
- WL (WL| delft hydraulics), 2000. Ruimte voor water: op welke gronden? Brochure, WL, Delft.
- WLO- Werkgroep Integraal Waterbeheer, 1991. Water in balans. Reeks Landschapsstudies 15, Pudoc, Wageningen.
- Witte J-Ph., P. de Louw, R. van Ek, R. Bartholomeus, G. van den Eertwegh, H.K. Gilissen, M. van Rijswick, G. Beugelink, R. Ruijtenberg, W. van der Kooij, 2020. Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. *Water Governance* 03/2020: 120-131
- OLRT (Ontwerplaboratorium Rijntakken, Bureau BoschSlabbers voor Atelier X), 2017. Vizier op de Rivier. Werkboek Ontwerplaboratorium Rijntakken 2017.


De fysiografische kaart van Nederland

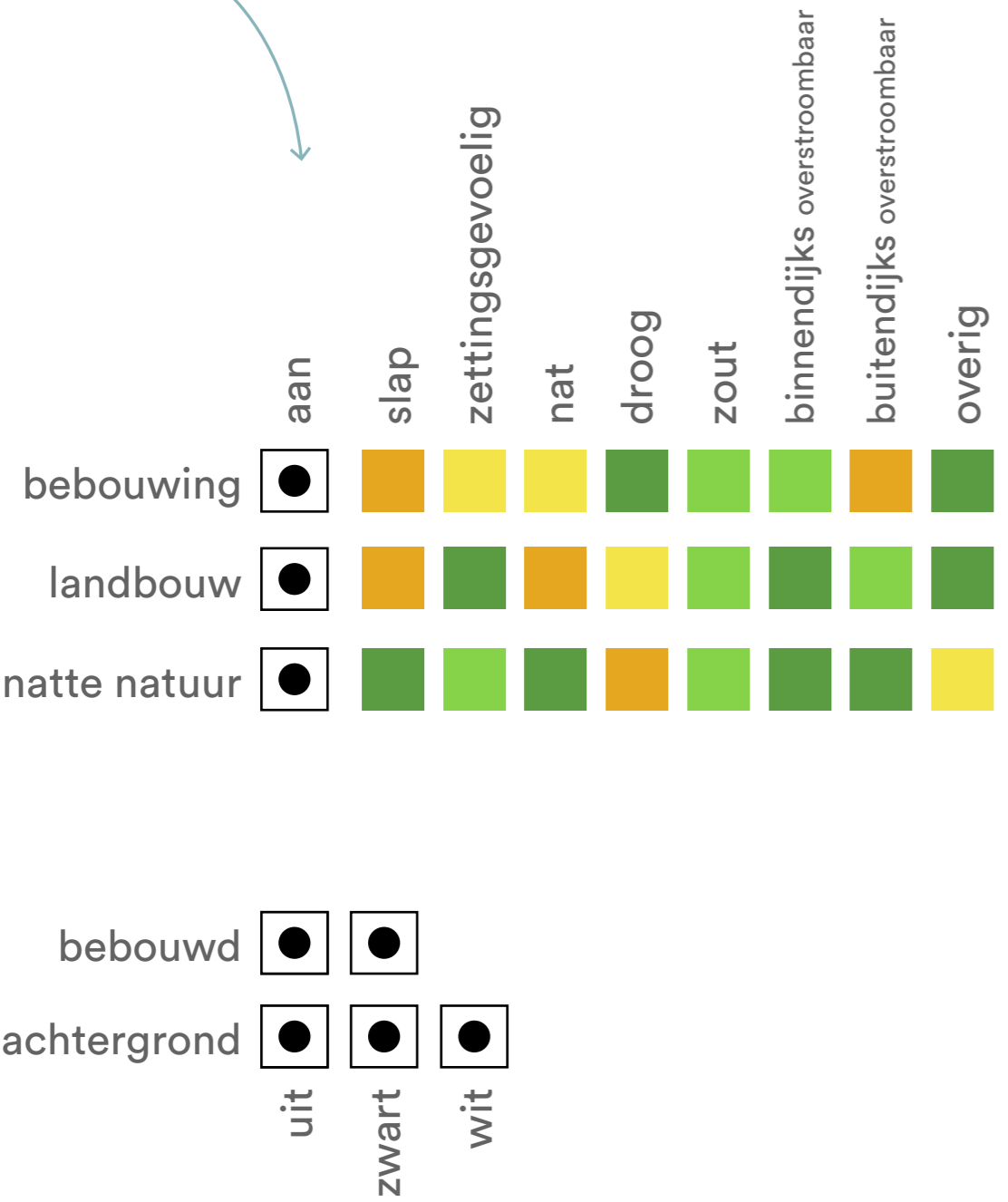
 *interactieve kaart*
klik aan!



	uit	huidig	2050	2100
slap	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
nat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
droog	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zout	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
overstroombaar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

	uit	huidig	plannen	groen
bebouwing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
achtergrond	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 *interactieve kaart
klik aan!*



COLOFON

Werkgroep

Gerard Blom (Deltares), Nikéh Booister (Sweco), Alex Hekman (Sweco), Ad Jeuken (Deltares), Frans Klijn (Deltares), Stijn Koole (BoschSlabbers), Marjolein Mens (Deltares), Mark Niesten (Deltares), Cor Simon (BoschSlabbers), Marcel Taal (Deltares). Met grafische ondersteuning door Koen Bakker (BoschSlabbers) en Janneke Pouwels (Deltares).

Reflectiegroep

Lilian van den Aarsen (Staf Deltacommissaris), Michaël van Buuren (WEnR/WUR), Harm Duel (Deltares), Ron Franken (PBL), Frank van Gaalen (PBL), Marjolijn Haasnoot (Deltares), Tertius Hanekamp (CRa), Bas Kolen (HKV), Gerda Lenselink (Deltares), Perry de Louw (Deltares), Hasse Goossen (Climate Adaptation Services), Judith ter Maat (Deltares), Harold van Waveren (RWS), Renske de Winter (Deltares).

Auteursrecht, gebruiksrecht

Copyright © Deltares 2021

Kopiëren en distribueren van dit essay of ongewijzigde delen daarvan wordt aangemoedigd, mits onder verwijzing naar de oorspronkelijk publicatie.

Graag als volgt citeren:

Deltares, BoschSlabbers & Sweco, 2021. Copyright © Deltares 2021. Op Waterbasis; grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem.