DELTASCENARIO'S 2024

ZICHT OP WATER IN NEDERLAND

NATIONAAL
DELTAPROGRAMMA



Deltares

COLOFON

Uitgave — Deltares, in opdracht van en in samenwerking met staf Deltacommissaris en het ministerie van IenW

Auteurs — Rutger van der Brugge, Renske de Winter

Datum — April 2024, Delft

Kernteam — Saskia van Vuren, Jos van Alphen (staf Deltacommissaris), Rob Bouman, Annemiek Roeling (Min I&W, DG Water en Bodem), Rutger van der Brugge, Renske de Winter (Deltares), Mark Bruinsma, Jeroen Ligtenberg (Rijkswaterstaat WVL) Werenfried Spit, Rob van Dorland (KNMI), Gert Jan van den Bron, Ron Franken (PBL)

Projectteam — Rutger van der Brugge, Renske de Winter, Gijs Janssen, Rianne Meussen, Ilja America – van den Heuvel, Charlotte van Strien, Geert Prinsen, Esmée Mes, Daan Rooze, Indra Marth, Otto Weiler, Arnout Bijlsma, Henk Wolters, Janneke Pouwels, Bart Rijken, Roeli Suiker (Deltares); Eric Koomen (VU), Jip Claassens (VU)

Reviewers — Bart van den Hurk, Henk Wolters, Marjolein Mens

Referentie — Van der Brugge, R., R.C. de Winter (2024), Deltascenario's 2024 - Zicht op Water in Nederland. Deltares 11209219-000-ZKS-0004

Opmaak — Ilse van den Broek

Infographics pag 3, 7, 8 en 13 — Karin Schwandt

Foto's — Shutterstock, Renske de Winter, TRCU

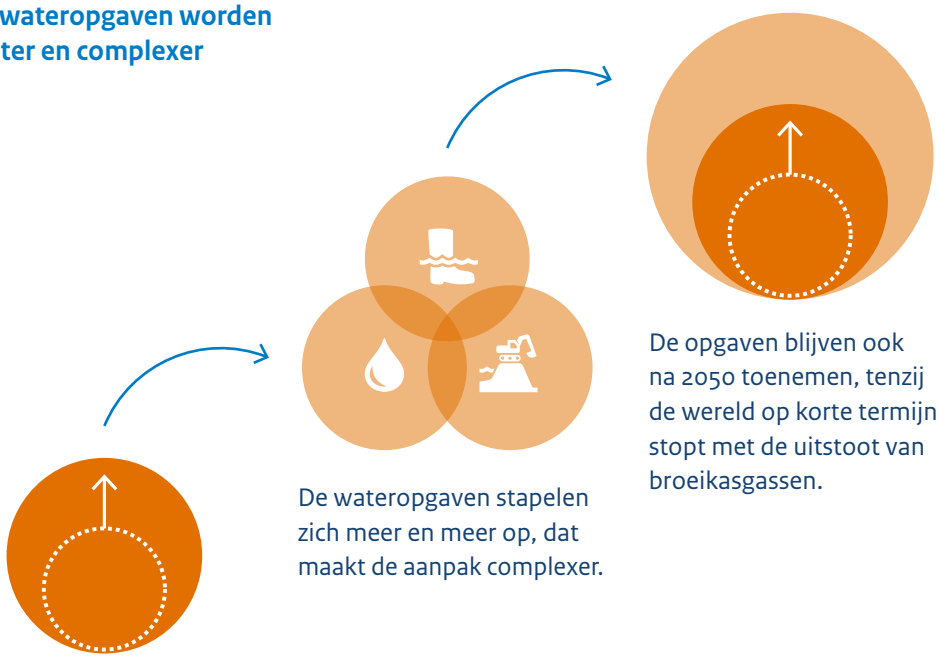
Coverbeeld — Adobe Stock (dijk op Texel)

Overname van beeld en tekst is toegestaan, mits bronvermelding Deltares

DELTASCENARIO'S 2024

ZICHT OP WATER IN NEDERLAND

De wateropgaven worden groter en complexer



In alle scenario's worden de opgaven voor water-tekort, wateroverlast en waterveiligheid groter. Op steeds meer plaatsen ontstaan knelpunten.

De wateropgaven stapelen zich meer en meer op, dat maakt de aanpak complexer.

De opgaven blijven ook na 2050 toenemen, tenzij de wereld op korte termijn stopt met de uitstoot van broeikasgassen.

Inhoud

SAMENVATTING 6



Leeswijzer 10

HOOFDSTUK 1 12



Inleiding

1.1 Wat zijn de Deltascenario's? 13
1.2 Aanleidingen voor Deltascenario's 2024 14
1.3 Verschillen tussen Deltascenario's 2024 en vorige Deltascenario's 15
1.4 Wie zijn er betrokken geweest? 15

HOOFDSTUK 2 16



Scope,uitganspunten en raamwerk

2.1 Leidende principes bij de ontwikkeling van Deltascenario's 17
2.2 Raamwerk 18
2.3 Producten en zichtjaren 20

HOOFDSTUK 3 22



Verhaallijnen

3.1 Kenmerken 23
3.2 Verhaallijn Scenario Vlug'24 24
3.3 Verhaallijn Scenario Stoom'24 26
3.4 Verhaallijn Scenario Ruim'24 28
3.5 Verhaallijn Scenario Warm'24 30

HOOFDSTUK 4 32



Verdieping en onderbouwing van de Deltascenario's

4.1 Klimaatverandering 33
4.2 Reductie van broeikasgasemissies 38
4.3 Socio-economische ontwikkelingen 41
4.4 Conclusies 51

HOOFDSTUK 5 52



Consequenties voor water en de fysieke leefomgeving

5.1 Consequenties voor functies in water- en bodemsysteem 53
5.2 Wateropgaven 58
5.3 Integrale opgaven 69
5.4 Conclusies ten aanzien van de wateropgave 71

HOOFDSTUK 6 72



"Wat-Als?"- ontwikkelingen

6.1 Waarom "Wat-Als?" 73
6.2 Extreem versnelde zeespiegelstijging 73
6.3 Extreem weer 74
6.4 Bovenstroomse veranderingen in water- en bodemgebruik 75
6.5 Hervormingen landbouw 75
6.6 Klimaatadaptatie door burgers en bedrijven 76
6.7 Doorkijk landgebruik 2100 – een waaier van mogelijke ruimtelijke ontwikkelrichtingen 77

HOOFDSTUK 7 82



Conclusies en inzichten

7.1 Hoofdboodschappen 84
7.2 Conclusies per thema 84

HOOFDSTUK 8 86



Gebruik van de Deltascenario's

8.1 Deltascenario's in relatie tot andere studies 87
8.2 Belangrijkste verschillen ten opzichte van de vorige Deltascenario's 88

HOOFDSTUK 9 90



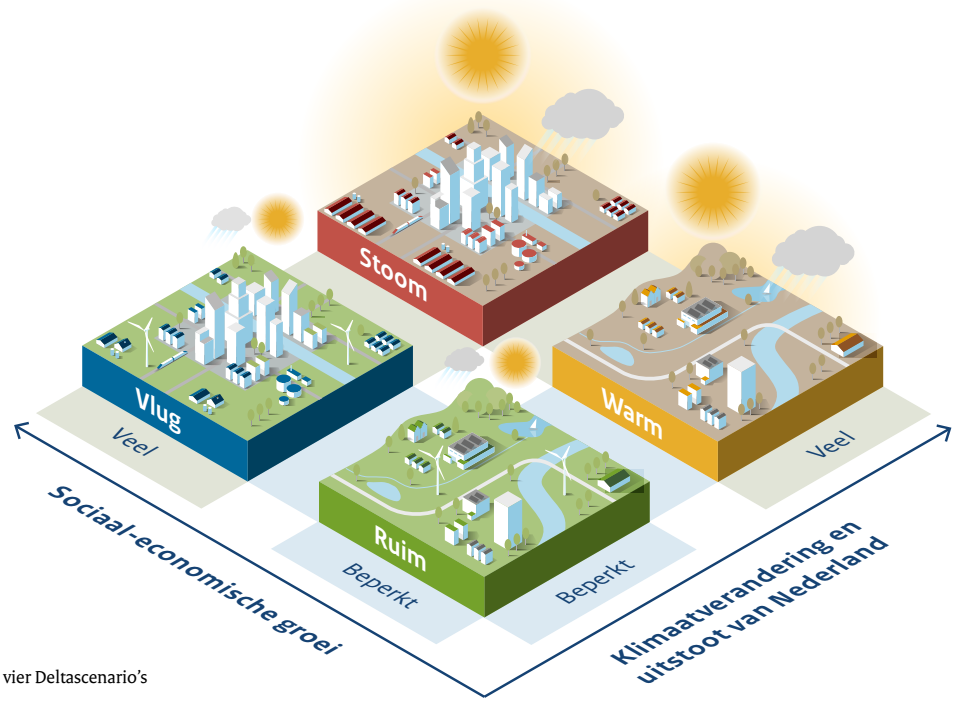
Referenties

Samenvatting



Nederland leeft met water. We zijn afhankelijk van water voor onze drinkwatervoorziening, landbouw, natuur, scheepvaart en industrie. Tegelijk moeten we ons ook beschermen tegen het water en de ontwrichtende gevolgen van overstromingen en schade door wateroverlast beperken. Door de eeuwen heen hebben we een leefbare delta gecreëerd met een stelsel van waterkeringen dat ons beschermt en met een fijnmazig watersysteem dat ons in staat stelt zoetwater te benutten en te veel water af te voeren. Nieuwe inzichten in de wereldwijde klimaatverandering, de gevolgen van emissiereductie in Nederland en sociaaleconomische groei laten zien dat het watersysteem onder druk komt te staan. In de toekomst kunnen we met het huidige watersysteem niet alle functies meer volledig ondersteunen.

Leersumse Veld, Utrecht



Figuur 1. De vier Deltascenario's

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Water en de Deltacommissaris zijn de wateropgaven voor 2050 en 2100 in beeld gebracht door de Deltascenario's uit 2017 te actualiseren. Deze nieuwe Deltascenario's laten vier mogelijke toekomstbeelden zien op basis van een plausibele bandbreedte van de klimaatverandering, de inspanning van Nederland om uitstoot van broeikasgassen terug te dringen en socio-economische ontwikkelingen (zoals bevolkingsgroei, economische groei en ruimtelijke ontwikkelingen). Daarmee wordt op nationale schaal een integraal beeld geschetst van de wateropgaven die daaruit volgen: de opgaven voor zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid.

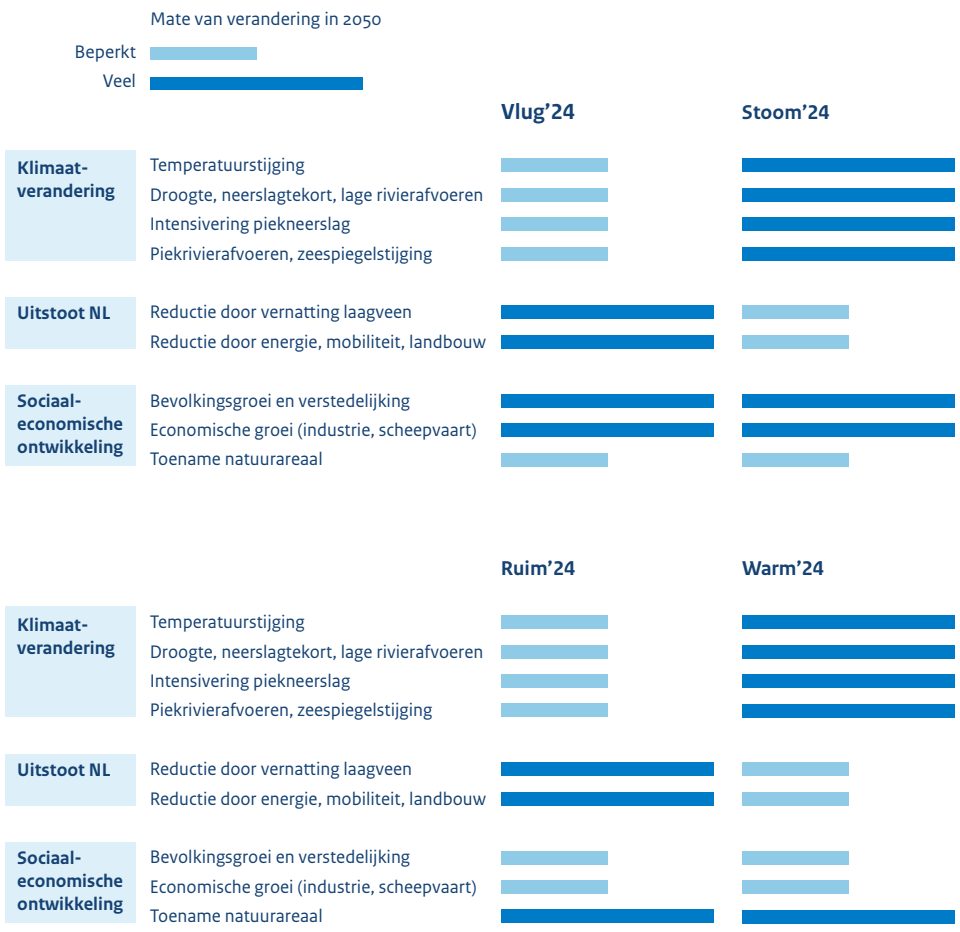
Uit de nieuwe Deltascenario's komen de volgende inzichten naar voren:

1. In alle vier de Deltascenario's nemen de opgaven voor zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid in 2050 en 2100 substantieel toe. Dit raakt alle gebieden en watergebruikers. De opgaven van zoetwaterbeschikbaarheid en wateroverlast zijn al op de korte termijn urgent. In gebieden waar nu al knelpunten zijn, worden de problemen in de toekomst groter. Daarnaast ontstaan knelpunten in nieuwe gebieden. De wateropgaven worden groter door klimaatverandering, de toename van de zoetwatervraag voor vernatting van de laagveengebieden en het tegengaan van verzilting en veranderingen in de bevolkingsomvang, verstedelijking en landgebruik. De opgave voor waterveiligheid neemt op de langere termijn ook toe, als gevolg van zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren.

2. Er vindt een stapeling van wateropgaven plaats: in zowel hoog- als laag-Nederland krijgen verschillende gebieden te maken met én watertekorten én wateroverlast én waterveiligheidsopgaven. Door de samenhang in het watersysteem ontstaan op regionale en nationale schaal structurele knelpunten. De wateropgaven zullen grote impact hebben op de fysieke leefomgeving. Het is de verwachting dat de opgaven niet volledig zijn op te lossen binnen het watersysteem; er zal ook gezocht moeten worden naar oplossingen buiten het watersysteem, zoals het beperken van de watervraag, functieveranderingen of herinrichtingen. Niet alle knelpunten zijn op lokaal niveau op te lossen; soms zijn oplossingen op regionaal of nationaal niveau nodig.

3. In de scenario's met hoge uitstoot blijven de wateropgaven steeds verder toenemen. In de scenario's met lage uitstoot stabiliseert de klimaatverandering na 2050, alleen de zeespiegelstijging blijft daarna in beperkte mate doorgaan. Dat vergemakkelijkt de klimaatadaptatie-opgave doordat er a) meer tijd is, b) de veranderingen minder groot zijn en c) de neerslaghoeveelheden en rivierafvoeren stabiliseren. Dat maakt het gemakkelijker om bergings- en afvoercapaciteit, dijken, sluizen en stuwen te dimensioneren dan wanneer de klimaatverandering door blijft gaan. De kans op over- of onderinvesteren is daardoor kleiner.

4. De Deltascenario's zijn in het waterbeleid en beleidsprogramma's voor water te gebruiken om knelpunten te bepalen, maatregelen te formuleren en te beoordelen in welke scenario's die maatregelen effectief zijn. Ook in de andere domeinen van de fysieke leefomgeving zijn de scenario's bruikbaar, met name in het ruimtelijke domein. Door rekening te houden met alle vier de verschillende scenario's ontstaat een basis voor robuuste (ruimtelijke) beleidsstrategieën. Omdat onzeker is hoe de toekomst daadwerkelijk uitpakt, is adaptief beleid nodig: periodieke herijking van het beleid op basis van monitoring en signalering van nieuwe inzichten en ontwikkelingen.



Figuur 2. Belangrijkste kenmerken uit de verhaallijnen van de vier Deltascenario's.

Deltares

Oorzaken

De oorzaak van de toenemende wateropgaven ligt in de combinatie van klimaatverandering, emissiereductie en socio-economische ontwikkeling. Door klimaatverandering verandert het wateraanbod. Het wordt zomers droger en 's winters natter en de extremen zullen extremer worden en vaker optreden. Het weerbeeld wordt grilliger, de Rijn- en Maasafvoeren gaan veranderen en de zeespiegel stijgt met verzilting in de kustgebieden als gevolg. Naast een opgave voor waterveiligheid betekent dit ook een extra watervraag voor de doorspoeling van polders. Door emissiereductie en socio-economische ontwikkeling die leiden tot ander ruimtegebruik neemt de zoetwatervraag verder toe, terwijl het aanbod in de zomer afneemt. In de winter neemt de watertoevoer via rivieren en neerslag juist toe. Daardoor neemt de kans op schade door wateroverlast toe, mede door bevolkingsgroei en economische groei en een vermindering van de sponswerking door verstedelijking.

Als de uitstoot van broeikasgassen wereldwijd sterk wordt teruggebracht zal het klimaat vanaf 2050 stabiliseren. Als dat niet gebeurt zal het klimaat blijven veranderen en richting het einde van deze eeuw steeds grotere effecten hebben op het wateraanbod. Ook Nederland moet de broeikasgasuitstoot terugdringen en dat heeft consequenties voor het watersysteem: de uitstoot door veenoxidatie in de laagveengebieden moet worden teruggebracht door vernatting van deze gebieden en daarvoor is extra (zoet)water nodig. Vernatting heeft daarnaast ook het doel om bodemdaling tegen te gaan.

Actualisatie Deltascenario's

De eerste Deltascenario's zijn opgesteld in 2011-2013 en in 2017 geactualiseerd. In deze nieuwe actualisatie zijn de ontwikkelingen en nieuwe inzichten van de afgelopen jaren verwerkt, waaronder de KNMI'23-klimaatscenario's, de doelstellingen uit het Klimaatakkoord voor reductie van broeikasgassen en socio-economische ontwikkelingen zoals beschreven in de scenario's voor Welvaart en Leefomgeving (PBL) en de Natuurverkenningen (PBL/WUR). De Deltascenario's bieden daarmee een plausibel beeld van de bandbreedte van de toekomstige ontwikkelingen die relevant zijn voor water.

Vier Deltascenario's

De vier Deltascenario's hebben ieder een eigen verhaallijn (Figuur 1). Elke verhaallijn geeft een andere combinatie van klimaatverandering, emissiereductie en socio-economische ontwikkeling en de consequenties daarvan voor de zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid (Figuur 2). In ieder scenario ontstaat daarom een andere mix van wateropgaven. Er worden geen waarschijnlijkheden aan de scenario's toegekend.

Wateropgaven: zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid

Nu al staat de zoetwaterbeschikbaarheid onder druk, de droge perioden in de afgelopen jaren hebben dat duidelijk gemaakt. De scenario's laten zien dat de druk verder toeneemt. De zoetwateropgave zal de komende decennia in alle scenario's substantieel groter worden. Door een kleiner wateraanbod in de zomer en een grotere watervraag zullen steeds vaker watertekorten optreden, waarbij er niet voldoende water is voor alle functies. In de kustgebieden krijgen we te maken met meer verzilting en een grotere doorspoelbehoefte, in de laagveengebieden met vernatting en op de hoger gelegen zandgronden met neerslagtekorten en lagere grondwaterstanden. De verdringingsreeks zal vaker worden toegepast. Dat heeft maatschappelijke consequenties en leidt mogelijk tot schade aan natuur, landbouw, funderingen en extra druk op drinkwaterbronnen. Het is de verwachting dat het in 2050 steeds lastiger wordt om voldoende zoetwater beschikbaar te houden voor alle huidige functies. Als de klimaatverandering doorzet, wordt die opgave richting het eind van deze eeuw steeds groter.

Ook de toename van intensieve neerslag en de wateroverlast die daarmee gepaard gaat, konden we in de laatste jaren al waarnemen. De scenario's laten zien dat ook deze opgave urgenter wordt. Richting 2050 en 2100 neemt de kans op extreme neerslag toe, zowel door zomerse stortbuien als door langdurige neerslag in de winter (de 10-daagse neerslagsom). Door verdere verstedelijking (meer verhard oppervlak) neemt de sponswerking af. De schade door wateroverlast kan verder oplopen door economische groei. Door deze combinatie van factoren wordt de opgave om wateroverlast te voorkomen groter.

De opgave om in 2050 te voldoen aan de normen voor waterveiligheid blijft onverminderd groot. We moeten continu doorgaan met het versterken en onderhouden van waterkeringen. Bij dijkversterkingen wordt de toekomstige klimaatverandering al meegenomen. Bij een eventuele snellere stijging van de zeespiegel en hogere rivierafvoeren, kan de benodigde inspanning om aan de normen te voldoen groter worden, met name na 2050. Vanwege bevolkingsgroei en economische en ruimtelijke ontwikkelingen nemen de gevolgen van overstromingen, en daarmee de overstromingsrisico's, in de toekomst mogelijk toe.



Niet altijd en niet overal zijn de wateropgaven in het watersysteem op te lossen. Oplossingen zullen ook in het waterverbruik of het landgebruik moeten worden gezocht. Er wordt een beroep gedaan op de (schaarse) ruimte, met name in de gebieden waar een stapeling van wateropgaven aan de orde is. Hierdoor is ook de samenhang tussen de wateropgaven en andere opgaven, zoals woningbouw, ontwikkelingen in het landelijk gebied, herstel van de natuur en biodiversiteit en de energietransitie een belangrijk aandachtspunt.

Gebruik

De Deltascenario's zijn een belangrijke, uniforme onderlegger voor de Nederlandse waterwereld. Ze vormen een basis voor de herijking van het Deltaprogramma. De scenario's worden gebruikt in beleidsanalyses om knelpunten te bepalen, om waterbeleid en maatregelen te formuleren en om de effectiviteit, de robuustheid en het doelbereik van maatregelen te toetsen. Daarnaast worden ze gebruikt door onderzoeksinstanties en ingenieursbureaus.

De verhaallijnen bieden voor een breed publiek, ook buiten de watersector, inzicht in de effecten die de klimaatverandering, het terugdringen van broeikasgasuitstoot en sociaaleconomische ontwikkelingen hebben op de waterhuishouding in Nederland. Daarnaast geven ze een integraal beeld van de impact op diverse functies in de maatschappij. De Deltascenario's vormen zo ook een basis voor de Nota Ruimte, de Nationale Omgevingsvisie (NOVI en NOVEX) en het Nationaal Programma Landelijk Gebeid (NLPG) en zijn relevant voor bouw-, woningbouw- en infrastructuurprojecten en investeringsbesluiten van de financiële sector.

Kentallen

Tabel 1 geeft de belangrijkste kentallen voor 2050 en 2100. De kentallen zijn naar verschillende wateropgaven gerangschikt, om duidelijk te maken welke klimaatfactoren en maatschappelijk factoren relevant zijn voor die wateropgave.

LEESWIJZER

Dit hoofdrapport over de Deltascenario's is als volgt opgebouwd.

Hoofdstuk 1 vormt de inleiding en beschrijft het doel van de Deltascenario's en de achtergrond waarbinnen ze tot stand zijn gekomen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de opbouw van de Deltascenario's. Het onderliggende raamwerk wordt beschreven en de methodologische keuzes worden toegelicht.

In hoofdstuk 3 zijn de verhaallijnen van de Deltascenario's weergegeven.

Hoofdstuk 4 gaat dieper in op de ontwikkelingen die in de Deltascenario's worden beschreven en wordt de onderbouwing daarvan toegelicht.

In hoofdstuk 5 worden de consequenties voor het watersysteem en de wateropgaven die daaruit volgen beschreven. De verschillen tussen de opgaven per scenario worden toegelicht, waarmee een beeld wordt geschetst van de bandbreedte van opgaven waar in het beleid rekening mee gehouden dient te worden.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op een aantal 'Wat-Als?'-ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen worden kwalitatief uitgewerkt en staan in zekere zin los van de vier Deltascenario's. Ze dienen als extra gevoeligheidsanalyse en verrijkende aanvulling.

In hoofdstuk 7 worden de belangrijkste bevindingen en boodschappen uit deze scenariostudie besproken.

Hoofdstuk 8 gaat in op hoe met de Deltascenario's gewerkt kan worden. En wat de belangrijkste verschillen met de 2017-Deltascenario's zijn.

FACTOREN	REFERENTIE Klimaat 1991-2020* Maatschappij en landgebruik 2018-2023**	2050				2100	
		Vlug '24	Ruim '24	Stoom '24	Warm '24	Vlug '24 Ruim '24	Stoom '24 Warm '24
ALGEMEEN							
Mondiale temperatuurstijging (tov 1850-1900)	0,9 °C	**+1,7°C**	**+1,7°C**	**+2,4°C**	**+2,4°C**	**+1,7°C**	**+4,9°C**
Gemiddelde temperatuur in Nederland	10,5°C	**+0,9°C**	**+0,9°C**	+1,5 -**1,6°C**	+1,5 -**1,6°C**	**+0,9°C**	+4.1 -**4,4°C**
Temperatuur in de winter (gemiddeld)	3,9°C	**+0,7°C**	**+0,7°C**	+1,2 -**1,3°C**	+1,2 -**1,3°C**	**+0,7°C**	+3,7 -**3,9°C**
Temperatuur in de zomer (gemiddeld)	17,3°C	+1,1 tot **1,2°C**	+1,1 tot **1,2°C**	+1,7 tot **2,1°C**	+1,7 tot **2,1°C**	+1,1 tot **1,2°C**	+4,7 tot **5,1°C**
Dagmaximum in de zomer (gemiddeld)	21,7°C	+1,2 tot **1,4°C**	+1,2 tot **1,4°C**	+1,4 tot **1,7°C**	+1,4 tot **1,7°C**	+1,2 tot **1,4°C**	+4,7 tot **5,4°C**
WATERVEILIGHEID							
Zeespiegelstijging (referentie 1995-2014)	0 cm	**+24** (16-34) cm	**+24** (16-34) cm	**+27** (19-38) cm	**+27** (19-38) cm	**+44** (26-73) cm	**+82** (59-124) cm
Tempo zeespiegelstijging	3 mm/jr	**+3** (1-6) mm/jr	**+3** (1-6) mm/jr	**+5** (4-8) mm/jr	**+5** (4-8) mm/jr	**-1** (-4-4) mm/jr	**+11** (6-23) mm/jr
Jaarlijks maximale afvoer Rijn bij Lobith (mediaan)	6.137 m^3/s	-1% tot **+1%**	-1% tot **+1%**	+ 7% tot **+10%**	+7 tot **+10%**	-1% tot **+1%**	+ 11% tot **+30%**
Jaarlijks maximale afvoer Maas bij Borgharen (mediaan)	1.577 m^3/s	-5% tot **+4%**	-5% tot **+4%**	0% tot **+4%**	0% tot **+4%**	-5% tot **+4%**	0% tot **+22%**
Toename intensiteit maatgevende stormcondities (windkracht 7, NW)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bevolkingsgroei	17,3 mln. (2018)	**20,7 mln.**	**17,9 mln.**	**20,7 mln.**	**17,9 mln.**		
Bruto Binnenlands Product (BBP) (genormaliseerd tov 2018)	100 (2018)	**184**	**134**	**184**	**134**		
WATEROVERLAST							
10-daagse neerslagsom 1/10 jaar (winter)	109 mm	-2% tot **+2%**	-2% tot **+2%**	0% tot **2%**	0% tot **2%**	-2 tot **+2%**	+8% tot **+15%**
1-daagse neerslagsom 1/10 jaar (zomer)	63 mm	+4% tot **+5%**	4% tot **+5%**	+6% tot **+9%**	+6% tot **+9%**	+4 tot **+5%**	+15% tot **+26%**
Uurlijkse neerslag die eens per jaar wordt overschreden (zomer)	16 mm	+4 (2-6)% tot **+6 (3-8)%**	+4 (2-6)% tot **+6 (3-8)%**	+6 (2-9)% tot **+11 (6-16)%**	+6 (2-9)% tot **+11 6-16)%**	+4 (2-6)% tot **+6 (3-8)%**	+15 (5-26%) tot **+31 (17-46)%**
Bebouwd gebied	607.255 ha	+15%	+11%	+15%	+11%		
ZOETWATER							
Jaarlijkse neerslag	851 mm	**0** tot +3%	**0** tot +3%	**-2%** tot +3%	**-2%** tot +3%	**0** tot +3%	**-3%** tot +8%
Jaarlijkse potentiële verdamping (Makkink)	603 mm	+6 tot **+7%**	**6%** tot +7%	+6% tot **+9%**	+6 tot **+9%**	+6% tot **+7%**	+11% tot **+17%**
Maximaal neerslagtekort april t/m september	160 mm	+13 tot **+22%**	+13% tot **+22%**	+15% tot **+35%**	+15% tot **+35%**	+13% tot **+22%**	+37 tot **+79%**
Maximaal neerslagtekort april t/m september 1/10 jaar	265 mm	+9% tot **+16%**	+9% tot **+16%**	+16% tot **+30%**	+16% tot **+30%**	+9% tot **+16%**	+30% tot **+63%**
Rijnafvoer 7-daags zomer minimum	1.181 m^3/s	-9% tot **-13%**	-9% tot **-13%**	-8% tot **-18%**	-8% tot **-18%**	-9% tot **-13%**	-20% tot **-31%**
Maasafvoer 7-daags zomer minimum	51 m^3/s	-6% tot **-13%**	-6% tot **-13%**	-7% tot **-17%**	-7% tot **-17%**	-6% tot **-13%**	-18% tot **-27%**
Oppervlaktewaterpeil veenweide (tov maaiveld)	-150 tot -50 cm	**-20 cm**	**-20 cm**	**-40 cm**	**-40 cm**	**-20 cm**	**- 40 cm**
Benodigd doorspoeldebiet polders	20 m^3/s	**37 m^3/s**	**37 m^3/s**	**39 m^3/s**	**39 m^3/s**	**50 m^3/s**	**75 m^3/s**
Areaal natuur	682.381 ha	**+0%**	**+39%**	**+0%**	**+39%**		
Areaal landbouw	850.094 ha	**-2%**	**-14%**	**-2%**	**-14%**		
Areaal grasland	1.103.725 ha	**-3%**	**-17%**	**-3%**	**-17%**		
Drinkwatervraag (genormaliseerd tov 2018)	100 (2018)	**116**	**99**	**116**	**99**		
Goederenvervoer scheepvaart (genormaliseerd tov 2014)	100 (2014)	**134**	**118**	**134**	**118**		
Koelwatervraag energiesector (genormaliseerd tov 2018)	100 (2018)	**5**	**5**	**20**	**20**		
Koelwatervraag industrie (genormaliseerd tov 2018)	100 (2018)	**102**	**81**	**102**	**81**		

Tabel 1 Belangrijkste kentallen per Deltascenario. Bij sommige factoren staat een bandbreedte; in het Deltascenario is dan het vetgedrukte getal gebruikt.

*Kentallen voor Klimaat zijn beschikbaar voor 2050 en 2100.

**Kentallen voor Maatschappij en landgebruik zijn alleen beschikbaar voor 2050.

Hoofdstuk 1
Inleiding



De Deltascenario's geven inzicht in ontwikkelingsrichtingen van de Nederlandse delta die relevant zijn voor het watersysteem. Daarmee kunnen de wateropgaven voor de middellange-termijn (2050) en lange termijn (2100) in beeld gebracht worden. De Deltascenario's ondersteunen de besluitvorming in het waterbeleid en ruimtelijk beleid. Ze geven een samenhangend beeld van de klimatologische en socio-economische ontwikkelingen, de bandbreedte daarvan en de implicaties voor deltavraagstukken, zoals de wateropgaven en de ruimtelijke opgaven

1.1 Wat zijn de Deltascenario's?

De vier Deltascenario's beschrijven de toekomstige ontwikkeling van klimaatverandering, de inspanningen om broeikasgassen te reduceren en socio-economische en ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland. Met de Deltascenario's worden deze onzekere ontwikkelingen gekwantificeerd en de bandbreedte in beeld gebracht waar het waterbeleid en het ruimtelijk beleid rekening mee moet houden. De scenario's worden gebruikt voor knelpuntenanalyses, het bepalen van strategieën en het toetsen van de effectiviteit van maatregelen onder verschillende toekomstbeelden.

De scenarioruimte is opgespannen langs een uitstoot-as en een socio-economische as (Figuur 3). Elk scenario (hoekpunt) beschrijft een andere combinatie van klimatologische veranderingen, inspanningen om emissies te reduceren en socio-economische ontwikkelingen. In elk scenario staan we daarom voor andere wateropgaven en ruimtelijke opgaven. Daarmee is inzichtelijk gemaakt wat de bandbreedte van die opgaven zijn en waar we rekening mee moeten houden moeten houden tot 2050 en 2100.

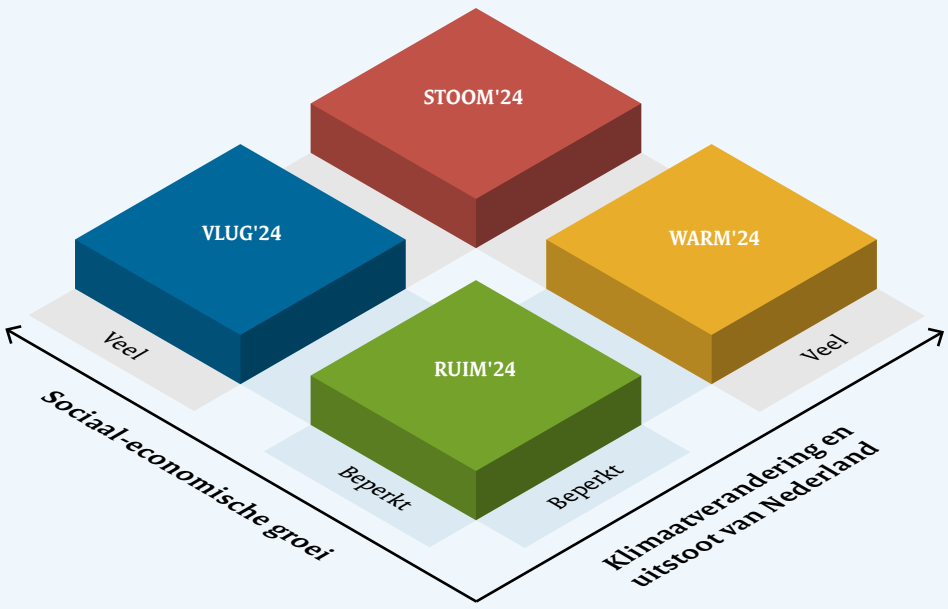
De vier Deltascenario's bestaan uit verhaallijnen, ondersteund met kentallen, kaartbeelden, tijdreeksen en modelinvoer voor het Nationaal Watermodel. De Deltascenario's integreren verschillende scenariostudies, zoals de klimaatscenario's van het KNMI, de studie van Deltares naar de effecten daarvan op de rivierafvoeren, en de sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen die zijn gebaseerd op scenariostudies van het PLB en de WUR.

Nationaal Deltaprogramma

De Deltascenario's zijn een belangrijk instrument voor het Nationale Deltaprogramma. Elke zes jaar worden de Deltabeslissingen en de Voorkeursstrategieën herijkt en wordt de koers voor de lange termijn bijgesteld. De cyclus begint met het in beeld brengen van de toekomstige wateropgaven aan de hand van geactualiseerde Deltascenario's. De scenario's vormen de basis voor knelpunten-, en impactanalyses, bepalen van maatregelen en (aanpassingen in) de Deltabeslissingen en voorkeursstrategieën.

In alle watergerelateerde en ruimtelijke beleidskeuzes die de komende jaren op stapel staan zal men rekening moeten houden met toenemende wateropgaven. Met de Deltascenario's biedt het Deltaprogramma een gemeenschappelijke en consistente set van uitgangspunten waarmee verschillende programma's, overheden en instituten kunnen werken. Daarnaast worden de Deltascenario's gebruikt in allerlei onderzoeksprojecten en door adviesbureaus om ministeries, Rijkswaterstaat, waterschappen, provincies en gemeenten te ondersteunen.

De verhaallijnen bieden voor een breed publiek, binnen en buiten de watersector, inzicht in de effecten die de klimaatverandering op de waterhuishouding kan gaan hebben en de impact daarvan op de fysieke leefomgeving en diverse functies in de maatschappij.
De scenario's zijn vertaald naar modelinvoer (Janssen et al., 2024) die in 2024 doorgerekend worden met het Nationaal Watermodel (NWM). Deze kwantitatieve basisprognoses komen vrij beschikbaar.



Figuur 3. De Deltascenario's zijn opgebouwd langs twee assen: a) uitstoot van broeikasgassen op de rechter as, met twee scenario's (Vlug'24 en Ruim'24) met beperkte klimaatverandering en veel inspanningen om broeikasgasemissies terug te dringen en twee scenario's (Stoom'24 en Warm'24) waarbij het klimaat sterk veranderd en de maatregelen om broeikasgasemissie terug te dringen beperkt zijn; b) socio-economische ontwikkeling op de linker as, met hoge socio-economische groei in Vlug'24 en Stoom'24 en lage socio-economische groei in Ruim'24 en Warm'24.



Lorentzsluizen, in Kornwerderzand

1.2 Aanleidingen voor Deltascenario's 2024

De voorgaande Deltascenario's stammen uit 2011 en zijn in 2013 nader uitgewerkt. In 2017 heeft de laatste actualisatie plaatsgevonden. Sindsdien hebben nieuwe ontwikkelingen plaatsgevonden en zijn nieuwe inzichten aan het licht gekomen die aanleiding gaven om de Deltascenario's te actualiseren:

- *De nieuwe klimaatscenario's van het KNMI (2023)*, waarin de nieuwste kennis en inzichten over klimaatverandering zijn opgenomen.
- *Inspanningen ten aanzien van het terugdringen van broeikasgasuitstoot*. In lijn met het 2015-Parijsakkoord heeft Nederland plannen ontwikkeld om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. De afspraken uit het Klimaatakkoord en ontwikkelingen rond de energietransitie zijn opgenomen in de Deltascenario's 2024. Met name vernatting van veenweidegebieden om veenoxidatie tegen te gaan beïnvloedt de wateropgave.
- *De actualisatie van sociaaleconomische ontwikkelingen*, op basis van actualisatie in 2020 van de WLO-scenario's[1]. Dit omvat onder andere de uitwerking van socio-economische ontwikkelingen en maatschappelijke opgaven, zoals de landbouwontwikkelingen, natuurontwikkeling, verstedelijking.
- *"Wat-Als?"-ontwikkelingen*, dit gaat over extreme ontwikkelingen die nog zeer onzeker zijn, maar een zeer grote impact zouden kunnen hebben.

[1] De nieuwe WLO-scenario's verschijnen pas halverwege 2024 en konden dus niet worden meegenomen. Er is afstemming geweest over de uitganspunten en verhaallijnen.

1.3 Verschillen tussen Deltascenario's 2024 en vorige Deltascenario's

In Paragraaf 8.2 wordt uitgebreider ingegaan op het verschil tussen de Deltascenario's 2024 en de voorgaande Deltascenario's. Hieronder zijn kort de belangrijkste verschillen weergegeven:

1. Klimaatscenario met minder uitstoot van broeikasgassen. De Deltascenario's sluiten aan bij de keuzes en uitkomsten van de KNMI'23 klimaatscenario's. Het laagste klimaatscenario gaat uit van een globale temperatuurstijging van minder dan 2 graden aan het eind van de 21e eeuw ten opzichte van pre-industrieel[2] in navolging van het Parijs-akkoord. Dit is substantieel lager dan de ondergrens die in de KNMI-'14 scenario's en de vorige Deltascenario's is meegenomen. De bovengrens ten aanzien van klimaatverandering is vrijwel gelijk gebleven.
2. Reductie van broeikasgassen. In de 2024 scenario's zijn de inspanningen die nodig zijn voor klimaatmitigatie, het verminderen van broeikasgasuitstoot, meegenomen. Dit is een groot verschil ten opzichte van de voorgaande Deltascenario's en resulteert in wezenlijk andere verhaallijnen en consequentie voor de wateropgave ten opzichte van de voorgaande Deltascenario's. In de voorgaande Deltascenario's werd tussen de scenario's "de kleinste versus de grootste opgave" weergeven. In de Deltascenario's 2024 heeft elk scenario eigen (regio specifieke) water opgaven.
3. Differentiatie in landelijk gebied. Tussen de scenario's is onderscheid aangebracht ten aanzien van natuurontwikkeling. In de vorige Deltascenario's was daar geen verschil in.
4. "Wat-Als?"-ontwikkelingen. Er zijn ontwikkelingen die nog zeer onzeker zijn, maar mogelijk een grote invloed hebben op de wateropgaven. De ontwikkelingen zijn onzeker en nog moeilijk kwantificeerbaar. Dit noemen we "Wat-Als?"-ontwikkelingen. De volgende "Wat-Als?"-ontwikkelingen zijn toegelicht: inzichten ten aanzien van extreme zeespiegelstijging, veranderingen in extreem weer, bovenstroomse ontwikkelingen in water- en bodemgebruik, landbouwhervormingen, individuele klimaatadaptatie en landgebruik in 2100.

1.4 Wie zijn er betrokken geweest?

Bij de actualisatie van Deltascenario's zijn veel partijen betrokken geweest. Het ministerie van Infrastructuur en Water en de Staf Deltacommissaris zijn als opdrachtgevers nauw betrokken geweest. In het kernteam zaten vertegenwoordigers vanuit Deltares, KNMI en PBL en Rijkswaterstaat. Voor de ruimtelijke uitwerkingen zijn naast het PBL ook de Vrije Universiteit en Wageningen Universiteit betrokken geweest.

Er is een gebruikersgroep opgericht om de gebruikerswensen mee te nemen en te helpen bij het bepalen van de uitgangspunten en inhoudelijke keuzes. In de gebruikersgroep zaten vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, Deltaprogramma (o.a. Ruimtelijke adaptatie, Zoetwater, Waterveiligheid, Rivieren, Zuidwestelijke Delta, Wadden, Kust, Rijnmond Drechtsteden, IJsselmeer, Centraal Holland) Kennisprogramma Zeespiegelstijging, Integraal Riviermanagement (IRM), Vervanging Natte Kunstwerken (VNK), de Unie van waterschappen (UvW), Vereniging van Nederlandse gemeenten en vertegenwoordigers uit de financiële sector. Daarnaast is afgestemd met het programma BOI en Water & bodem sturend.

[2] Het KNMI hanteert de referentie periode 1990-2020 en verwacht een toename van 0,8/0,9 in 2050/ 2100 onder het laatste klimaatscenario. In de vorige klimaatscenario's was de temperatuurstijging +1,3/1,7 graden in 2071-2100 ten opzichte van 1981-2010.

Hoofdstuk 2

Scope, uitganspunten en raamwerk



De Deltascenario's laten zien met welke lange termijn ontwikkelingen het waterbeleid en de waterbeheerders rekening moeten houden. De scenario's dekken een plausibele bandbreedte af van de klimaatverandering, van de inspanningen om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan en van bepalende socio-economische ontwikkelingen. Door deze omgevingsveranderingen kan de wateropgave in de toekomst toe of afnemen. De Deltascenario's geven de bandbreedte aan van waar we rekening mee moeten houden. Daarnaast worden de Deltascenario's gebruikt om de effectiviteit van strategieën en maatregelen te beoordelen. Naast de Deltascenario's is ook een aantal 'wat-als'-ontwikkelingen opgenomen. Dit zijn context specifieke (en soms onzekere) ontwikkelingen, die (nog) niet (beleids)robuust genoeg zijn om in de Deltascenario's op te nemen.

Waal, Nijmegen

2.1 Leidende principes bij de ontwikkeling van Deltascenario's

De Deltascenario's zijn primair ontwikkeld voor het Deltaprogramma. De scope spitst zich daarom toe op ontwikkelingen die relevant zijn voor het waterbeleid, waterbeheer en water in relatie tot de fysieke leefomgeving. Binnen het Deltaprogramma hebben de scenario's bovendien een specifieke rol als toetsingskader. De methodologische consequentie daarvan is dat de Deltascenario's geen nieuw waterbeleid of nieuwe maatregelen (mogen) bevatten. Binnen deze randvoorwaarden zijn onderstaande leidende principes gehanteerd:

Contextscenario's
De Deltascenario's beschrijven hoe de context waarin het waterbeleid en de waterbeheerders opereren op de lange termijn verandert. De scenario's beschrijven niet hoe de watersector zélf verandert. Contextscenario's bieden inzicht in wat er op ons af komt zodat we strategieën kunnen ontwikkelen om daar mee om te gaan [3].

Waarschijnlijke bandbreedte
In de Deltascenario's is een waarschijnlijke bandbreedte van toekomstige ontwikkelingen bepaald op basis van onderliggende wetenschappelijke studies. Hiermee wordt met de best beschikbare kennis een plausibele bandbreedte van de toekomstige wateropgaven weergegeven.

Niet normatief
De Deltascenario's hebben geen normatieve uitgangspunten. Er zijn geen wensbeelden of prioriteringen in de scenario's opgenomen. Daarnaast kennen de scenario's niet een bepaalde waarschijnlijkheid.

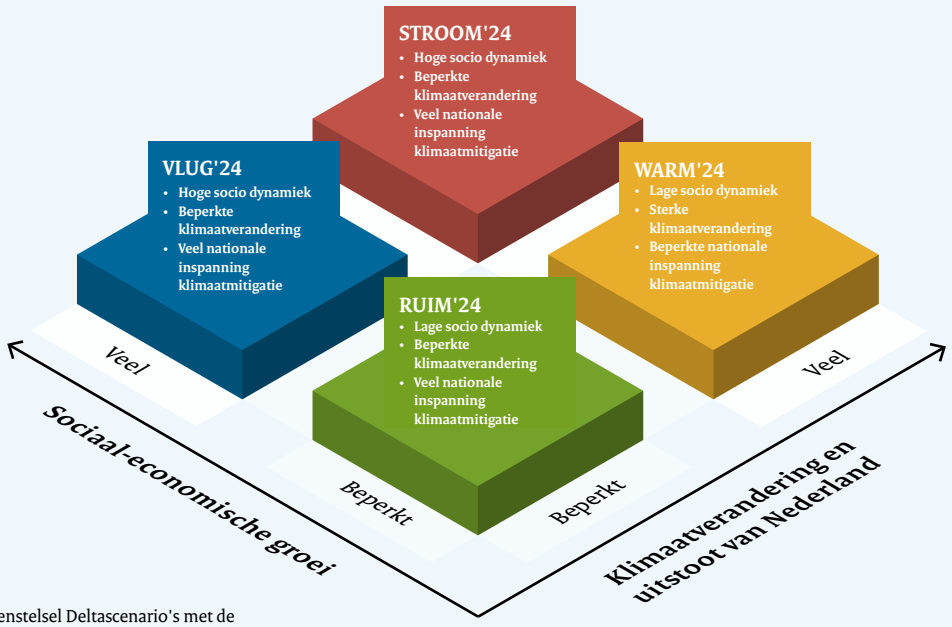
Staand beleid
Beleidsontwikkelingen zijn meegenomen als ze aangemerkt kunnen worden als vaststaand beleid zijn en invloed hebben op de wateropgave, zoals bijvoorbeeld het internationale klimaatbeleid en het nationale Klimaatakkoord dat directe consequenties heeft voor de waterstanden in het veenweidegebieden.

Geen nieuw waterbeleid
Nieuw waterbeleid is geen onderdeel van de Deltascenario's. Het is belangrijk om te beseffen dat in de Deltascenario's geen beleidsrespons van de watersector op de ontwikkelingen. De Deltascenario's moeten geïnterpreteerd worden als scenario's die de toekomstige wateropgaven laten zien als het waterbeleid en waterbeheer blijft zoals het nu is. In het Deltaprogramma en andere beleidsprogramma's wordt onderzocht of nieuw beleid en aanvullende maatregelen nodig zijn. Water & Bodem Sturend wordt beschouwd als nieuw beleid dat nog niet is geïmplementeerd en is daarom nog niet meegenomen.

"Wat-Als?"-ontwikkelingen als gevoeligheidsanalyse
Ontwikkelingen die zeer contextspecifieke of nog onzeker zijn, maar die wel grote impact kunnen hebben, zijn als "Wat-Als?"-ontwikkelingen apart uitgewerkt. Hiermee wordt voorkomen dat ongeconsolideerd beleid of ontwikkelingen die uitgewerkt zijn volgens een andere leidende principes dan hierboven, opgenomen worden in de Deltascenario's. Knelpuntenanalyses en de maatschappelijke kostenbaten-analyses (zie paragraaf 1.1) worden hierdoor niet vertroebeld of vertekend. De "Wat-Als?"-ontwikkelingen kunnen gebruikt worden als gevoeligheidsanalyse en/ of als verrijkende aanvullingen op de basisscenario's.



[3] Dit is ook de functie van de Deltascenario's in de herijking van het Deltaprogramma.



Figuur 4. Assenstelsel Deltascenario's met de belangrijkste kenmerken van elk scenario

2.2 Raamwerk

Het raamwerk van de Deltascenario's bestaat uit de vier basisscenario's en de "Wat-Als?"-ontwikkelingen. Voor de basisscenario's zijn consistente verhaallijnen opgesteld, onderbouwd met kentallen, landgebruikskaarten en tijdreeksen. Daarnaast is voor elk scenario modelinvoer gemaakt voor het Nationaal Watermodel, waarmee in 2024 een doorrekening van de Deltascenario's wordt gemaakt. De "Wat-Als?"-ontwikkelingen zijn kwalitatief beschreven en staan los van de vier basisscenario's.

2.2.1 De hoekpunten van de Deltascenario's

De Deltascenario's worden opgespannen langs twee assen, waarop drie onzekerheden zijn weergegeven (Figuur 4):

1. De mate van klimaatverandering en de gevolgen daarvan op de hoeveelheid water waarover we kunnen beschikken en waar we ons tegen moeten verdedigen.
2. De inspanning van Nederland om broeikasgassen terug te dringen. Met name inspanning voor het terugdringen van landgebonden emissies uit de veenweidegebieden is voor de wateropgave van belang.
3. De socio-economische en ruimtelijke ontwikkelingen en de gevolgen daarvan voor de eisen die aan het waterbeheer worden gesteld.

Hoe deze drie factoren ontwikkelen is zeer bepalend voor de wateropgaven. De ontwikkelingen zijn aan de hand van diverse studies gekwantificeerd. De klimaatkentallen komen voort uit de KNMI-23 scenario's. De kentallen ten aanzien van emissiereductiedoelstellingen sluiten aan bij de Klimaatakkoord. De sociaaleconomische kentallen komen uit de actualisatie in 2020 van de Welvaart en Leefomgevingsscenario's. In 2024 verschijnt een nieuwe actualisatie van de WLO-scenario's en is er afgestemd over de uitgangspunten. De ruimtelijke uitwerkingen zijn voor de Deltascenario's nieuw gemaakt door de Vrije Universiteit, PBL, WUR en Deltares (Claassens et al, 2023). Hiervoor zijn de actualisatie van de WLO (Ritsema van Eck et al, 2020) en de Natuurverkenningen van de WUR en PBL (Pouwels et al, 2021) als basismateriaal gebruikt.

Rechter as: uitstoot as (lage versus hoge uitstoot)
Op de rechter as worden de onzekerheden met betrekking tot de uitstoot van broeikasgassen uitgedrukt. Links op de as staat een lage mondiale uitstoot van broeikasgassen en is gekoppeld aan beperkte klimaatverandering. Rechts op de as staat een hoge mondiale uitstoot van broeikasgassen gekoppeld aan sterke klimaatverandering. Hierbij wordt dezelfde bandbreedte als de KNMI-23 klimaatscenario's gehanteerd.

Links op de as wordt uitgegaan van het IPCC-scenario SSP1-2.6. De temperatuurstijging blijft in dat scenario onder de 2 graden ten opzichte van pre-industrieel. Dit klimaatscenario veronderstelt dat het Parijs-akkoord uit 2015 succesvol wordt uitgevoerd. Rechts op de as wordt uitgegaan van het IPCC-scenario SSP5-8.5. Wereldwijd neemt de gemiddelde temperatuur met 4 graden toe in 2100. In dit klimaatscenario worden de reductiedoelstellingen uit het Parijsakkoord niet gehaald.

Op de rechter as is ook rekening gehouden met de onzekerheid in de ontwikkelingen van Nederlandse broeikasgasuitstoot. Links op de uitstoot-as wordt ervan uitgegaan dat Nederland de Parijs-doelstellingen haalt en dus beperkt uitstoot. Rechts op de as wordt ervan uitgegaan dat, in lijn met de mondiale ontwikkelingen, ook Nederland niet volledig emissieneutraal is in 2050. Nederland loopt in deze scenario's, net als de andere Europese landen, wel voor op de rest van de wereld. In deze scenario's ontwikkelt de uitstoot in Nederland zich volgens het IPCC-scenario's SSP3-pad en levert Nederland dus een kleinere inspanning om CO_2 te reduceren dan links op de as. Deze uitgangspunten worden ook gehanteerd in

de actualisatie van de WLO-scenario's die halverwege 2024 zullen verschijnen. In hoofdstuk 4 wordt hier dieper op ingegaan.
Deze Nederlandse inspanning om broeikasgassen te reduceren heeft effect op de wateropgave in de laagveengebieden. Het terugbrengen van landgebonden broeikasgasemissies door verhogen van waterstanden leidt tot een extra watervraag. Links op de uitstoot-as wordt een hoger peilopzet aangenomen dan rechts op de uitstoot-as.

Linker as: socio-economische ontwikkelingen (lage versus hoge groei)
De linker as laat de onzekerheden zien ten aanzien van maatschappelijke veranderingen. Links op deze as is er sprake van relatief sterke groei van de bevolkingsomvang en een sterk groeiende economie. Rechts op deze as is er sprake van een licht groeiende bevolkginsomvang die na 2040 licht afneemt en beperkte economische groei.

Deze ontwikkelingen leiden tot verschuivingen in het landgebruik. Links op de socio-economische as breidt stedelijk gebied flink uit, met name aan de randen van de stad. Dit gaat ten koste van landbouwgrond. Rechts op de as neemt de verstedelijking in mindere mate toe. Rechts op de as zijn wel grote verschuivingen te zien in het landelijk gebied. Aanname hier is een sterke uitbreiding van natuurareaal vanwege Europees en Nationaal natuurbeleid. Van de ruimtelijke ontwikkelingen zijn kaartbeelden gemaakt, waarbij gebruik is gemaakt is van de actualisatie van de WLO uit 2020 (Ritsema van Eck et al, 2020) en de Natuurverkenningen van PBL en WUR uit 2020 (Pouwels et al.,2020).

Grilliger klimaat: Doorvertaling nat-droog as uit KNMI'23 klimaatscenario's
In de vier klimaatscenario's van het KNMI'23 is met een aparte as onderscheid gemaakt tussen een natter en een droger klimaat in Nederland. Omdat het niet wenselijk is om een extra as aan het raamwerk van de Deltascenario's toe te voegen, is voor een pragmatische oplossing gekozen. Klimaatkentallen die te maken hebben met de opgave om watertekorten tegen te gaan zijn uit de droge KNMI'23 variant overgenomen. Kentallen die met de opgave voor wateroverlast en waterveiligheid te maken hebben, zijn overgenomen uit de natte variant[4].

In de Deltascenario's wordt daarmee de toenemende grilligheid van het weer benadrukt. Het wordt natter én het wordt droger. Natte periodes (vooral in de winter) zullen in de toekomst langer duren en meer rivierafvoer en neerslag kennen. Terwijl het de verwachting is dat in de lente en zomer droge periodes frequenter worden, langer gaan duren en intenser zijn en dat de rivierafvoeren afnemen ten opzichte van huidige lage rivierafvoeren. Dit sluit aan bij de conclusies van de KNMI'23-scenario's. Voor de wateropgaven is juíst die toename van de grilligheid van belang.

2.2.2 Naamgeving
In het geval van de twee scenario's met hoge uitstoot wordt aangesloten bij de namen uit de voorgaande Deltascenario's, namelijk Stoom en Warm. Aan de twee Deltascenario's met lage uitstoot ligt echter een wezenlijk ander (lager) klimaatscenario ten grondslag dan in de Deltascenario's van 2017. Om dat verschil helder te maken is gekozen voor andere scenarionamen: Vlug en Ruim. Om aan te geven dat het om de actualisatie van 2024 gaat wordt het jaartal '24 toegevoegd (Figuur 4).



[4] Deze keuze is in overleg met KNMI gemaakt.

2.2.3 Vijf onderscheidende contrasten tussen de scenario's

De vier Deltascenario's verschillen van elkaar op meerdere vlakken. Samenvattend zijn de vijf belangrijkste contrasten:

1. *Klimaatverandering*
   In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 wordt uitgegaan van een SSP1-2.6 klimaatscenario, waarbij de temperatuur stijgt met 1,7°C in 2050 en 2100 ten opzichte pre-industrieel. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 wordt uitgegaan van een SSP5-8.5 klimaatscenario met een mondiale temperatuurstijging van +2,4°C in 2050 en +4,9°C in 2100. In alle scenario's wordt het weer grilliger, natter en droger. Echter, in de scenario's met veel klimaatverandering (Stoom'24 en Warm'24), neemt deze grilligheid sterker toe ten opzichte van Vlug'24 en Ruim'24, met nog grotere neerslagextremen en drogere perioden. In de scenario's met beperkte klimaatverandering stijgt de zeespiegel tot 2100 met 44 cm (26-73 cm). In de scenario's met veel klimaatverandering stijgt de zeespiegel met 82 cm (90-124 cm).

2. *Rivierafvoeren*
   De afvoer van de Rijn wordt in de winter hoger en in de zomer lager. In Vlug'24 en Ruim'24 is zowel de toename in de winter en de afname in de zomer minder groot dan in Stoom'24 en Warm'24. Voor de afvoer van de Maas geldt dat in alle scenario's de winterafvoer zowel hoger als lager kan worden. De verschillen tussen de scenario's zijn minimaal. Voor de afvoer in de zomer wordt een afname verwacht. In Stoom'24 en Warm24' is deze afname groter dan in de andere twee scenario's.

3. *Socio-economische groei*
   In Vlug '24 en Stoom'24 groeit de bevolkingsomvang tot 20,7 miljoen in 2050. Dat is een sterkere toename dan in Ruim'24 en Warm'24, waarin de bevolkingsgroei eerst wat toeneemt en na 2040 daalt tot 17,9 miljoen mensen in 2050. In de scenario's Vlug'24 en Stoom'24 groeit de economie met een factor 1,9 tot 2050. In Ruim'24 en Warm'24 is de economische groei tot 2050 een factor 1,3.

4. *Verstedelijking en landelijk gebied*
   Bevolkingstoename in Vlug'24 en Stoom'24 leidt tot meer verstedelijking en dat gaat ten koste van landbouwareaal. In deze scenario's is daardoor een grotere toename van stedelijk gebied te zien dan in de scenario's Ruim'24 en Warm'24. In deze twee scenario's wordt sterker ingezet op natuur. Hierdoor is in Ruim'24 en Warm'24 het areaal natuur groter en het areaal landbouw kleiner dan in de andere twee scenario's.

5. *Vernatting veengebieden*
   In alle scenario's vindt vernatting van de veenweidegebieden plaats om oxidatie tegen te gaan waarbij CO_2 vrijkomt. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt het oppervlaktewaterpeil opgezet tot -20cm onder maaiveld. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 is de CO_2-reductie minder ambitieus en wordt het peil minder hoog opgezet, tot -40cm onder maaiveld.

2.2.4 "Wat-Als?"- ontwikkelingen

Naast de vier basisscenario's is een aantal ontwikkelingen apart opgenomen als "Wat-Als?"-ontwikkelingen. De wetenschappelijke basis (bijv. extreme zeespiegelstijging) of de beleidsstatus (bijv. water en bodem sturend) sluiten niet aan bij de leidende principes (paragraaf 2.1) voor de basisscenario's en maken daarom geen deel uit van de 'toetsende' Deltascenario's. De potentiële impact van deze ontwikkelingen kan echter dermate groot zijn dat ze niet genegeerd kunnen worden. De gebruikersgroep Deltascenario's heeft aangeven dat het wenselijk is om ook daar aandacht aan te geven. Daarmee is ook duidelijk dat de functie en status van de "Wat-Als?"-ontwikkelingen anders zijn dan die van de basisscenario's. Ze kunnen worden gebruikt als extra gevoeligheidsanalyses of als verrijkende aanvulling en houden de ogen open voor ontwikkelingen die we (nog) niet goed kennen of kunnen kwantificeren ('deep uncertainty'). De volgende ontwikkelingen zijn daarin opgenomen:

- Extreem versnelde zeespiegelstijging als gevolg van sneller massaverlies van Antarctica;
- Extreem weer, met name extreme neerslag die kan leiden tot maatschappelijk ontwrichtende wateroverlast;
- Bovenstroomse veranderingen in water- en landgebruik en de effecten daarvan op de rivierafvoeren
- Hervormingen in de landbouw, die als grote watervrager impact kan hebben op het watersysteem;
- Decentrale of autonome klimaatadaptatie door burgers en bedrijven waardoor de potentiële impact of schade mogelijk minder zou kunnen zijn dan verwacht;
- Doorkijken naar 2100, een waaier van mogelijke ruimtelijke ontwikkelingen. Op basis van verkenningen naar mogelijke richtingen van de ruimtelijke ontwikkeling voor Nederland en het Nederlandse watersysteem.

2.3 Producten en zichtjaren

Verhaallijnen, kentallen en modelinvoer

Voor elk Deltascenario's is een verhaallijn ontwikkeld. Elke verhaallijn omschrijft een andere combinatie van klimaatverandering, inspanningen om broeikasgasuitstoot terug te dringen en socio-economische ontwikkelingen (bevolkingsgroei, economische en ruimtelijke ontwikkelingen). Daarnaast wordt er in de verhaallijn ook omschreven wat de consequenties zijn van deze ontwikkelingen voor de wateropgaven (zoet waterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid). De verhaallijnen worden ondersteund met kentallen en kaartbeelden, onderbouwing van de verhaallijnen is opgenomen in hoofdstuk 4.

Voor elk scenario's is modelinvoer voor het Nationaal Watermodel (NWM) gemaakt (Janssen et al. 2024). Deze modelinvoer maakt het mogelijk om, na oplevering van deze studie, de Deltascenario's door te rekenen met het Nationaal Watermodel (NMW). De modelinvoer is vrij beschikbaar.

Nationaal Water Model

Het Nationaal Watermodel (NWM) is een verzameling van bestaande, aan elkaar gekoppelde modellen en wordt gebruikt in beleidsstudies op het gebied van waterveiligheid, zoetwater en waterkwaliteit. Met het NWM worden de Deltascenario's doorgerekend, ook wel 'basisprognoses' genoemd. De Deltascenario's zijn in het Nationaal Watermodel (NWM), versie 1.4.2.0 ingebouwd. In Janssen et al (2024) is de modelinvoer in detail beschreven. Het Nationaal Water Model wordt gehost bij SSC Campus (ICT-leverancier voor kennis- en onderzoeksinstituten binnen de Rijksoverheid). Gebruikers kunnen inloggen op het modellenplatform. De Deltascenario's modelinvoer zal via het platform beschikbaar worden gemaakt. In hoofdstuk 8 wordt nader ingegaan op het gebruik.

Referentie en zichtjaren 2050 en 2100

De Deltascenario's kijken vooruit en beschrijven de ontwikkelingen ten opzichte van een referentiesituatie. De referentiesituatie is niet voor alle ontwikkelingen op één jaartal vast te zetten. De klimatologische ontwikkelingen hebben als referentie het klimaat in de periode van 1990-2020. De socio-economische en ruimtelijke ontwikkelingen hebben elk een verschillend referentiejaar, variërend tussen 2018 en 2023, afhankelijk van de data. Dit is per onderwerp aangegeven. De referentiesituatie voor het watersysteem is het watersysteem van 2028, zodat maatregelen die al geprogrammeerd zijn en voor 2028 gerealiseerd worden opgenomen zijn (Janssen et al, 2023). Hiermee wordt voorkomen dat in vervolganalyses knelpunten naar voorkomen die reeds geadresseerd zijn. Dit is met name van belang voor de modelinvoer.

De Deltascenario's hanteren twee zichtjaren: 2050 en 2100. In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 stabiliseert de klimaatverandering na 2050. Daardoor is er in deze twee scenario's geen verschil in de kentallen voor klimaatverandering tussen van 2050 en 2100. In Stoom'24 en Warm'24 zijn wel duidelijke verschillen tussen 2050 en 2100 te zien.

De socio-economische verwachtingen en daaraan gekoppelde ruimtelijke ontwikkelingen zijn beperkt tot 2050, doordat WLO-scenario's en de Natuurverkenningen zich ook beperken tot 2050. Veel verder vooruitkijken is voor wat betreft de ruimtelijke ontwikkeling en zonder een respons van het waterbeleid niet meer zinvol. Om toch inzicht te geven in de wateropgaven in 2100 (zonder ingrijpend waterbeleid mee te nemen) zijn de klimaatscenario's van 2100 gecombineerd met de socio-economische ontwikkelingen van 2050.

Hoofdstuk 3
Verhaallijnen

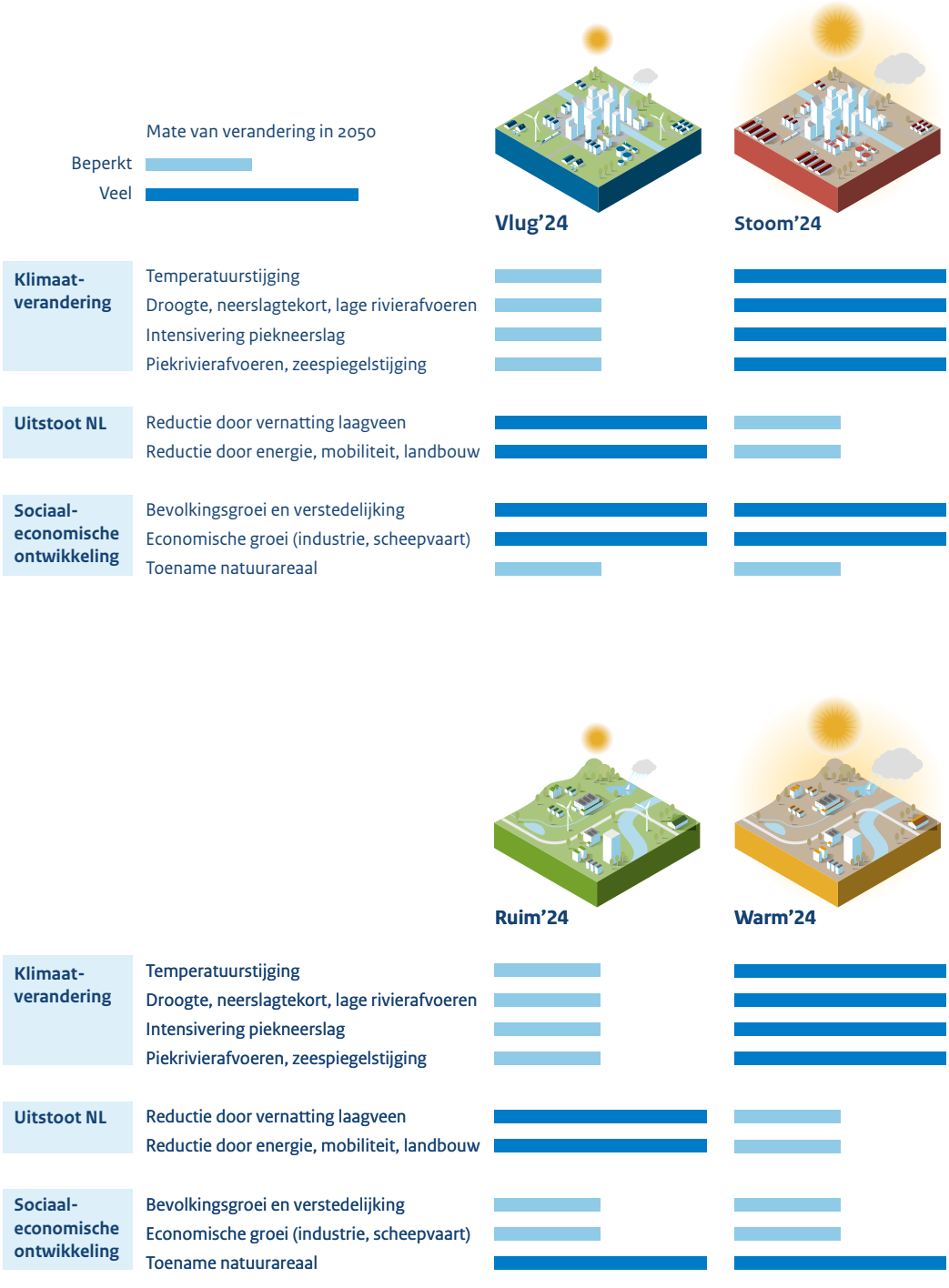


De verhaallijnen schetsen voor elk van de hoekpunten de klimatologische ontwikkelingen, de inspanningen om broeikasgassen te reduceren, de sociaaleconomische ontwikkelingen en de wateropgaven die daaruit voortkomen. In de verhaallijnen is de interne consistentie bewaakt. De belangrijkste kenmerken en bijbehorende kentallen zijn per scenario weergegeven. Gedetailleerde onderbouwing van de verhaallijnen is weergegeven in hoofdstuk 4 en 5.

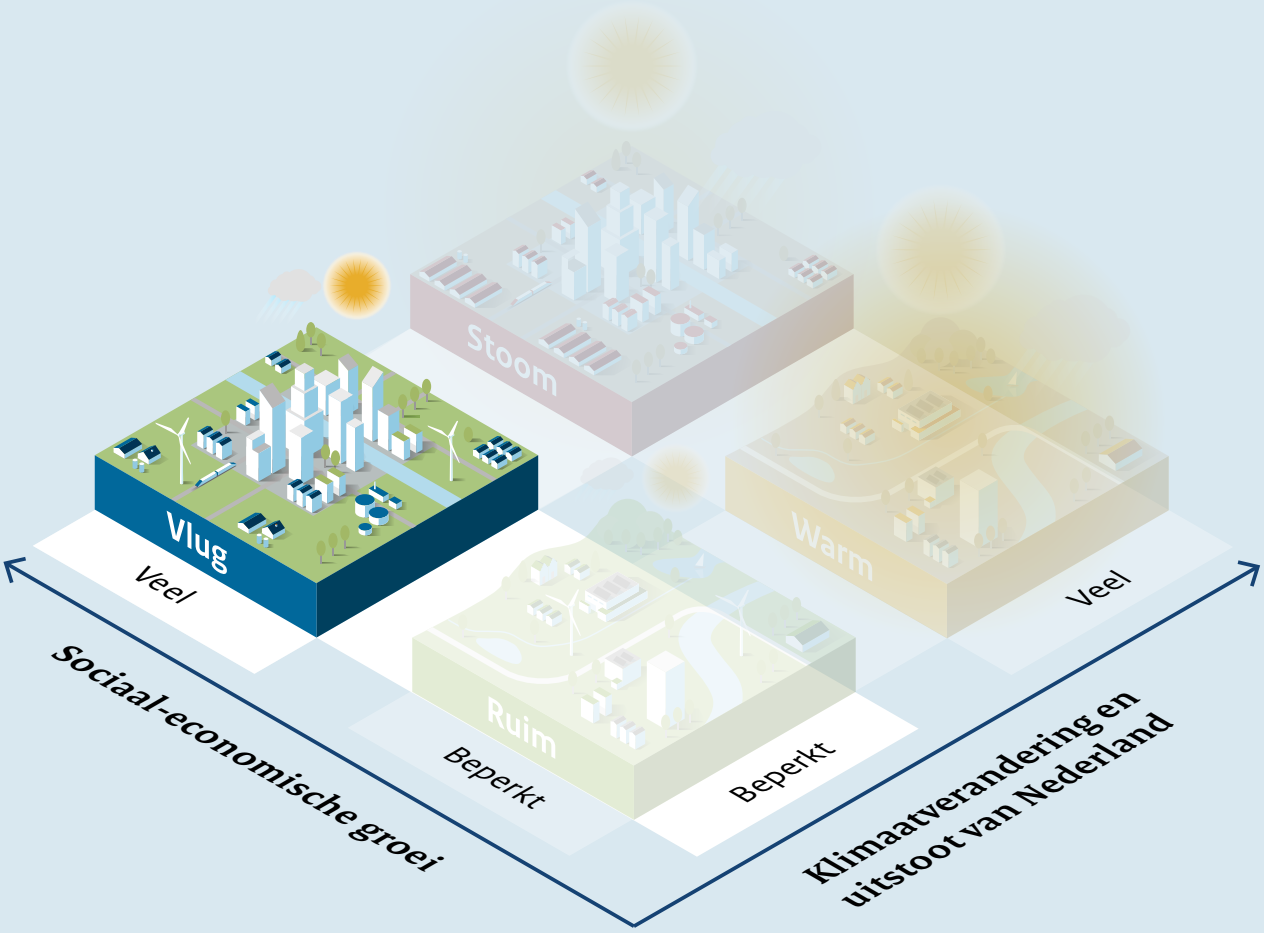
IJssel Deventer

3.1 Kenmerken

De verhaallijnen van de vier Deltascenario's beschrijven verschillende combinaties van klimaatverandering, emissiereductie en sociaaleconomische ontwikkelingen op een intern consistente wijze. De onzekerheden daarin, weergegeven langs de twee assen, leveren vier mogelijke verhaallijnen op die elk plausibel zijn. In Figuur 5 zijn de belangrijkste kenmerken van de vier scenario's weergegeven, de kentallen worden weergeven in Tabel 1.



Figuur 5. Belangrijkste elementen per scenario.



3.2 Verhaallijn Scenario Vlug'24

Klimaatverandering

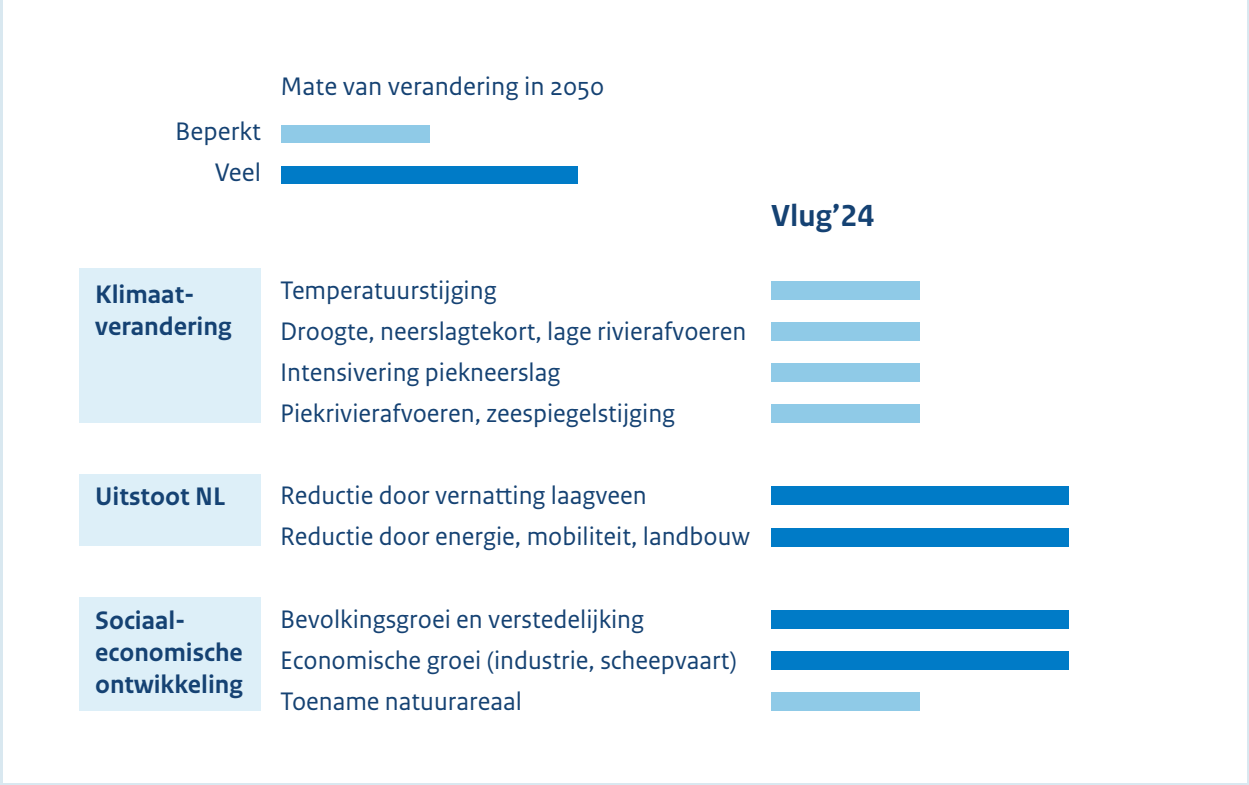
In scenario Vlug'24 worden de emissies van broeikasgassen wereldwijd sterk gereduceerd. De mondiale temperatuurstijging blijft hierdoor beperkt tot 1,7°C ten opzichte van pre-industrieel (1850-1900). Zoals afgesproken in het Parijs-akkoord blijven we ruim onder de 2 graden. Na 2050 stabiliseert de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer waardoor het klimaat niet verder veranderd en de klimatologische verschillen tussen 2050 en 2100 nog maar beperkt zijn. De zeespiegel blijft wel nog doorstijgen, omdat het langer duurt voordat een nieuw evenwicht is ontstaan. De stijging bedraagt rond de 24 cm in 2050 en ca. 44 cm in 2100. In Nederland wordt het gemiddeld warmer dan nu. Jaarrond wordt het gemiddeld ongeveer 0,9°C warmer dan in het huidige klimaat (periode 1991-2020). In de zomer neemt de gemiddelde temperatuur harder toe met ca, 1,2°C. Daarbovenop worden de zomers droger. De hoeveelheid zomerneerslag neemt af met 2-8%. De winters worden juist natter, met een toename aan neerslag van 4-5 %. Jaarrond blijft de verandering in de totale hoeveelheid neerslag ongeveer gelijk. De hoogwaterafvoer van de Rijn kan iets toenemen, maar ook iets afnemen (-1% tot +1%) en van de Maas ook (-5% tot +4%). De laagwaterafvoer van de rivieren neemt af. De Rijnafvoer daalt met 9-13% en de Maas met 6-13%. Door de klimaatverandering zal het weerbeeld grilliger zijn: dus periodes die natter zijn én periodes die droger zijn en daarbovenop nemen de extremen toe. In de periode 2050-2100 blijft dat zo, omdat het veranderende klimaat na 2050 stabiliseert.

Emissiereductie

Nederland houdt zich – net als de rest van de wereld – aan het Klimaatakkoord en reduceert de uitstoot van broeikasgassen sterk. Onderdeel daarvan is het verhogen van het oppervlaktewaterpeil in de veenweidegebiedenverhogen naar -0,20m onder maaiveld, waarmee veenoxidatie wordt tegengegaan waarbij CO_2 vrijkomt. De energie- en mobiliteitstransitie zijn in dit scenario vergevorderd. Voor de landbouw geldt strengere regelgeving op het gebied van methaanuitstoot en de uitstoot van lachgas. Hierdoor is de veehouderij geëxtensiveerd en het gebruik van kunstmest afgenomen. De glastuinbouw is overgeschakeld op duurzame warmtebronnen en ook de scheepvaart is afgestapt van het gebruik van fossiele brandstoffen. Nederland blijft economisch welvarend, waardoor er voldoende financiële armslag is voor de reductie van broeikasgassen.

Socio-economische ontwikkeling

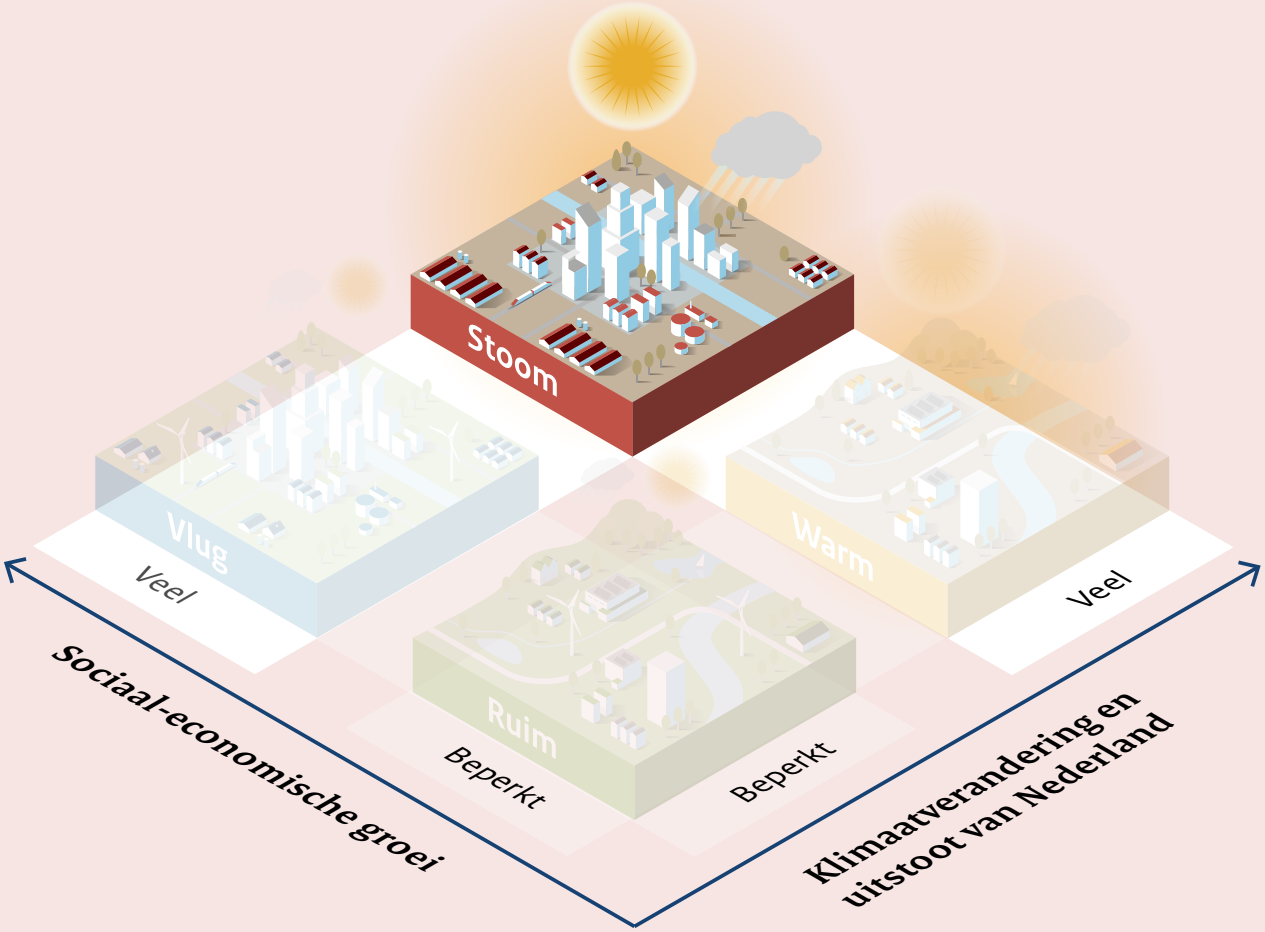
In Vlug'24 neemt de bevolkingsomvang toe tot 20,7 miljoen mensen in 2050. De economie van Nederland groeit, met name in de stedelijke economische centra is veel werkgelegenheid en aantrekkelijk voor migranten. Dit leidt tot een verdere uitbreiding van stedelijk gebied, met name langs de randen. Dat gaat ten koste van landbouwgronden, want de natuurgebieden worden beschermd. Hierdoor krimpt het totale areaal landbouwgrond iets, maar in het algemeen blijft de landbouwsector goed functioneren. De internationale concurrentiepositie blijft sterk doordat de landbouwcondities in andere delen van Europa sneller verslechteren door de klimaatverandering. Het aanleggen van nieuwe natuur heeft dan ook geen prioriteit. Het natuurnetwerk wordt gerealiseerd, maar daarbuiten wordt geen extra natuur meer



gecreëerd. Hiermee worden Europese en Nationale doelstellingen met betrekking tot natuurherstel slechts gedeeltelijk gerealiseerd. De scheepvaart profiteert van de economische groei en het goederenvervoer over de vaarwegen neemt toe.

Wateropgave

De klimaatverandering zorgt ervoor dat alle wateropgaven tot 2050 zullen gaan toenemen. De opgave voor de zoetwaterbeschikbaarheid wordt groter vanwege het grotere neerslagtekort in de zomer en de lagere riviervierafvoeren zorgen ervoor dat er minder water wordt aangevoerd. Dit kan gevolgen hebben voor de landbouw, natuur, scheepvaart en industrie. Langs de kust neemt verzilting toe als gevolg van zeespiegelstijging, waardoor meer zoetwater nodig is voor de doorspoeling. Voor de peilopzet in de veenweidegebieden is extra zoetwater nodig. In hoog Nederland zal door toenemende frequentie, duur en intensiteit van droogte op meer plekken en frequenter beregening plaatsvinden, waarvoor ook extra oppervlaktewater of grondwater nodig is. De watervraag neemt toe door economische groei en bevolkingsgroei, waardoor meer onttrekkingen uit het grond- en oppervlaktewater nodig zijn. Lagere rivierafvoeren leiden ertoe dat de scheepvaart steeds vaker met vaarbeperkingen te maken krijgt en de verzilting verder landinwaarts komt. Al met al wordt de opgave om het zoetwater te verdelen over alle functies steeds lastiger. Er zal vaker sprake zijn van watertekorten. De opgave om wateroverlast tegen te gaan wordt ook groter. Hevige stortbuiten komen vaker voor, waar met name stedelijke gebieden en vrij-afwaterende gebieden problemen van kunnen ondervinden. Door de nattere winters lopen de regionale watersystemen sneller vol en zal de bergings-en afvoercapaciteit vergroot moeten worden. De waterveiligheidsopgave neemt toe ten opzichte van nu, enerzijds door de hogere rivierafvoeren in de winter, anderzijds door de stijging van de zeespiegel. Hier wordt echter in het huidige waterveiligheidsbeleid al rekening mee gehouden.



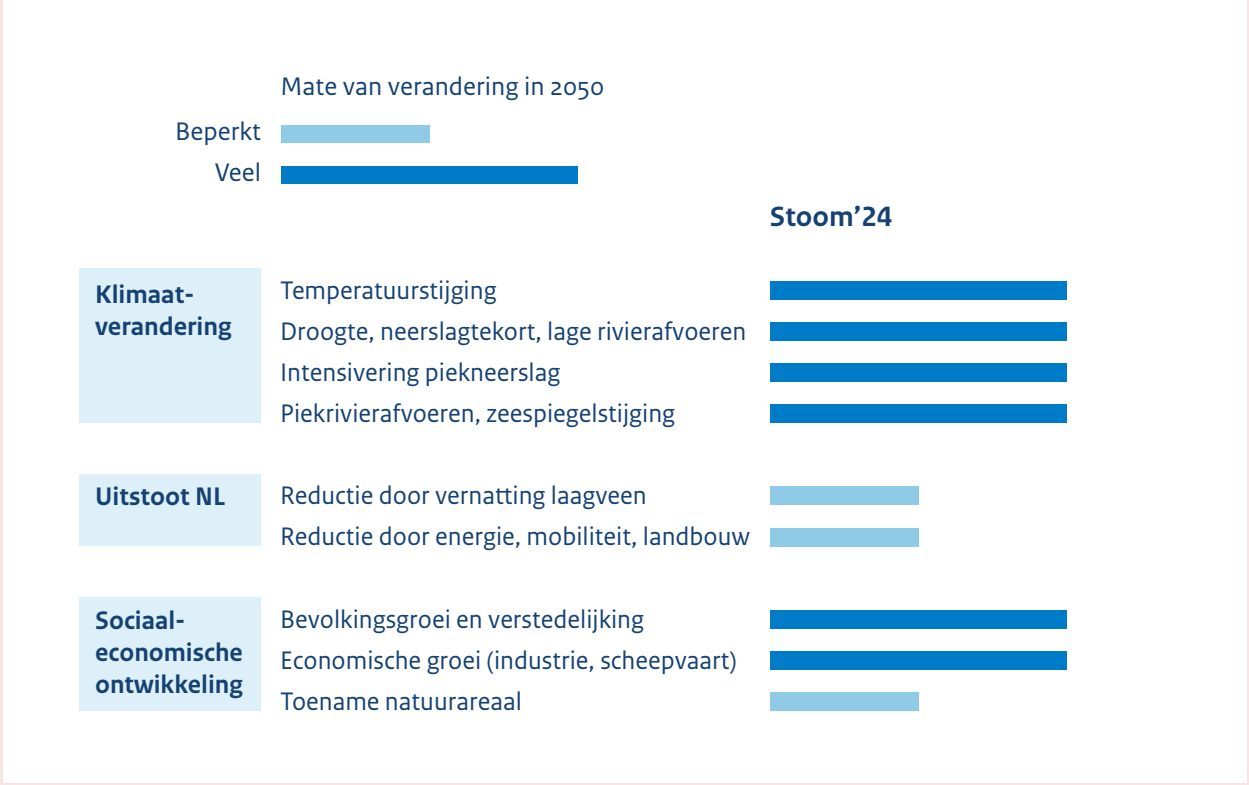
3.3 Verhaallijn Scenario Stoom'24

Klimaatverandering

In scenario Stoom'24 blijft de uitstoot van broeikasgassen hoog. Hierdoor zet ook na 2050 de klimaatverandering door (in tegenstelling tot in Vlug'24 en Ruim'24). Als gevolg daarvan stijgt de mondiale temperatuur met 2,4 graden in 2050 en met 4,9 graden in 2100 ten opzichte van pre-industrieel (1850-1900). In lijn met de wereldwijde temperatuurstijging wordt het ook in Nederland gemiddeld warmer, met respectievelijk 1,6 °C en 4,4°C in 2050 en 2100 ten opzichte van het huidige klimaat (1991-2020; deze temperatuurtoename is exclusief de reeds opgetreden toename in temperatuur tussen pre-industrieel en huidige klimaat). In de zomer wordt het gemiddeld nog warmer, met 1,7-2°C in 2050 en 4,7-5,1°C in 2100. Het aantal zomerse dagen (dagen met een maximumtemperatuur van 25°C of hoger) neemt toe tot 49 rond 2050 en 89 rond 2100, ten opzichte van gemiddeld 28 dagen in het huidige klimaat. Het warmere klimaat gaat gepaard met meer droogte in de zomer. De neerslag neemt in deze periode af met 5-13% en het neerslagtekort neemt toe met 15-31%. Na 2050 neemt de kans op droogte nog verder toe. Het is de verwachting dat in 2100 de neerslag afgenomen is met 12-29%, en het neerslagtekort toegenomen is met 37-79%. De laagwaterafvoer van de Rijn neemt tot 2050 af met 8% tot 18% en die van de Maas met 7-17%. In 2100 kan de Rijnafvoer verder afnemen met 20-31% en de Maasafvoer met 18-27%. De hoogwaterafvoeren worden groter. Voor de Rijn neemt die toe met 7-10% in 2050 en 11-30% in 2100. De hoogwaterafvoer van de Maas kan juist onveranderd blijven (0%) of toenemen met 4% in 2050. Richting 2100 kan de afvoer eveneens onveranderd blijven, maar ook toenemen met 22%. Als gevolg van klimaatverandering worden zomerse stortbuien intenser en komen deze vaker voor. Zo neemt de 1-uurlijkse neerslagsom van een stortbui die eens per jaar voorkomt toe 6-11% in 2050 en 15-31% in 2100. De winters worden daarentegen natter met een stijging van de hoeveelheid neerslag van 4-7% in 2050 en 14-24% in 2100. Door de sterke klimaatverandering zal het weerbeeld nog grilliger zijn ten opzichte van Vlug'24 en Ruim'24. Het wordt dus nóg natter en nóg droger en de extremen nemen meer toe. In de periode 2050-2100 neemt die grilligheid in het weerbeeld en de rivierafvoeren nóg verder toe, omdat het klimaat ook na 2050 blijft veranderen.

Emissiereductie

In dit scenario worden de Nederlandse emissies slechts gedeeltelijk teruggebracht. Er wordt gestaag doorgewerkt aan de energietransitie, mobiliteitstransitie en voedseltransitie, maar Nederland is nog niet volledig emissieneutraal in 2050. Er zijn maatregelen genomen om landgebonden broeikasgasemissies te beperken door in de veenweidegebieden het oppervlaktewaterpeil te verhogen naar -0,40m onder maaiveld. Voor de landbouw geldt regelgeving op het gebied van methaanuitstoot en lachgas, maar enige uitstoot blijft bestaan. De veehouderij extensiveert hierdoor gedeeltelijk. In de akkerbouw wordt minder (kunst)mest gebruikt. De glastuinbouw schakelt slechts gedeeltelijk over op duurzame warmtebronnen. Ook de scheepvaart verduurzaamt langzaam.

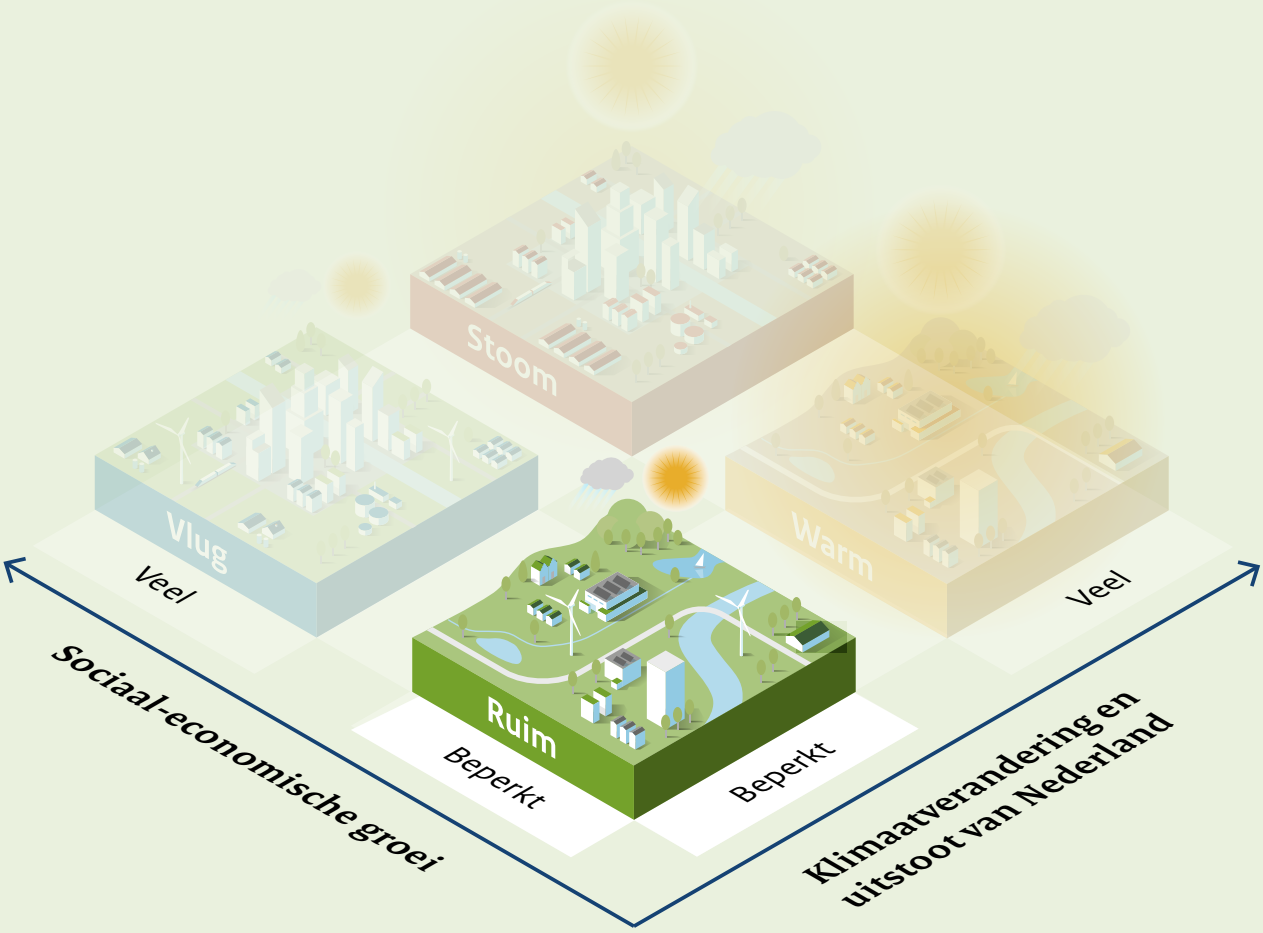


Socio-economische ontwikkeling

In Stoom'24 neemt de bevolkingsomvang toe tot 20,7 miljoen mensen in 2050. De economie van Nederland groeit, met name in de stedelijke economische centra is veel werkgelegenheid en aantrekkelijk voor migranten. Dit leidt tot een verdere uitbreiding van het stedelijk gebied, met name langs de randen van steden. Dat gaat ten koste van landbouwgronden, want de natuurgebieden worden beschermd. Hierdoor krimpt het totale areaal landbouwgrond iets. De internationale concurrentiepositie van landbouw blijft sterk doordat de landbouwcondities in andere delen van Europa sneller verslechteren door de klimaatverandering. Het aanleggen van nieuwe natuur heeft dan ook geen prioriteit. Het natuurnetwerk wordt gerealiseerd, maar daarbuiten wordt geen extra natuur meer gecreëerd. Hiermee worden Europese en Nationale doelstellingen met betrekking tot natuurherstel slechts gedeeltelijk gerealiseerd. De scheepvaart profiteert van de economische groei en het goederenvervoer over de vaarwegen neemt toe.

Wateropgave

De klimaatverandering zorgt ervoor dat alle wateropgaven tot 2050, maar ook daarna nog, steeds verder zullen gaan toenemen. Het toenemende neerslagtekort en lagere rivierafvoeren waardoor minder water kan worden aangevoerd zorgen voor een steeds groter wordende opgave voor zoetwaterbeschikbaarheid. Langs de kust neemt verzilting sterk toe als gevolg van de snellere zeespiegelstijging en periodiek lage rivierafvoeren. Het behouden voor voldoende vaardiepte wordt voor de scheepvaart een grote opgave. Er is meer doorspoeling nodig van het regionale watersysteem en door de peilopzet in de veenweidegebieden is er meer zoetwater nodig. Ook de drinkwatervraag neemt toe door de bevolkingsgroei met extra grond- of oppervlaktewateronttrekkingen tot gevolg. De toenemende droogte maakt dat de opgave om zoetwater op de juiste plekken te krijgen moeilijker wordt. Daardoor zal ook de concurrentie tussen watervragende functies groter worden. In Stoom'24 neemt de watervraag (vooral in de zomer) zeer sterk toe, terwijl de waterbeschikbaarheid afneemt door afname van de zomers neerslag, toename van verdamping en lagere rivierafvoeren. In dit scenario is het mogelijk dat een mismatch ontstaat tussen vraag en aanbod. Watertekorten zullen frequenter voorkomen en het zal niet altijd mogelijk zal zijn om genoeg water op de juiste plekken te krijgen. De opgave om wateroverlast tegen te gaan wordt ook groter, met name het opvangen van extremere, zomerse piekbuien en langdurige neerslag in de winter waardoor regionale watersystemen vollopen en bij hoogwater minder water kunnen afvoeren. Tot slot neemt ook de opgave voor waterveiligheid toe. De rivierafvoeren in de winter worden hoger naarmate de klimaatverandering verder toeneemt. De zeespiegelstijging zal na 2050 versnellen en leidt tot extra opstuwing van de rivierwaterstanden en toename van de verzilting.



3.4 Verhaallijn Scenario Ruim'24

Klimaatverandering

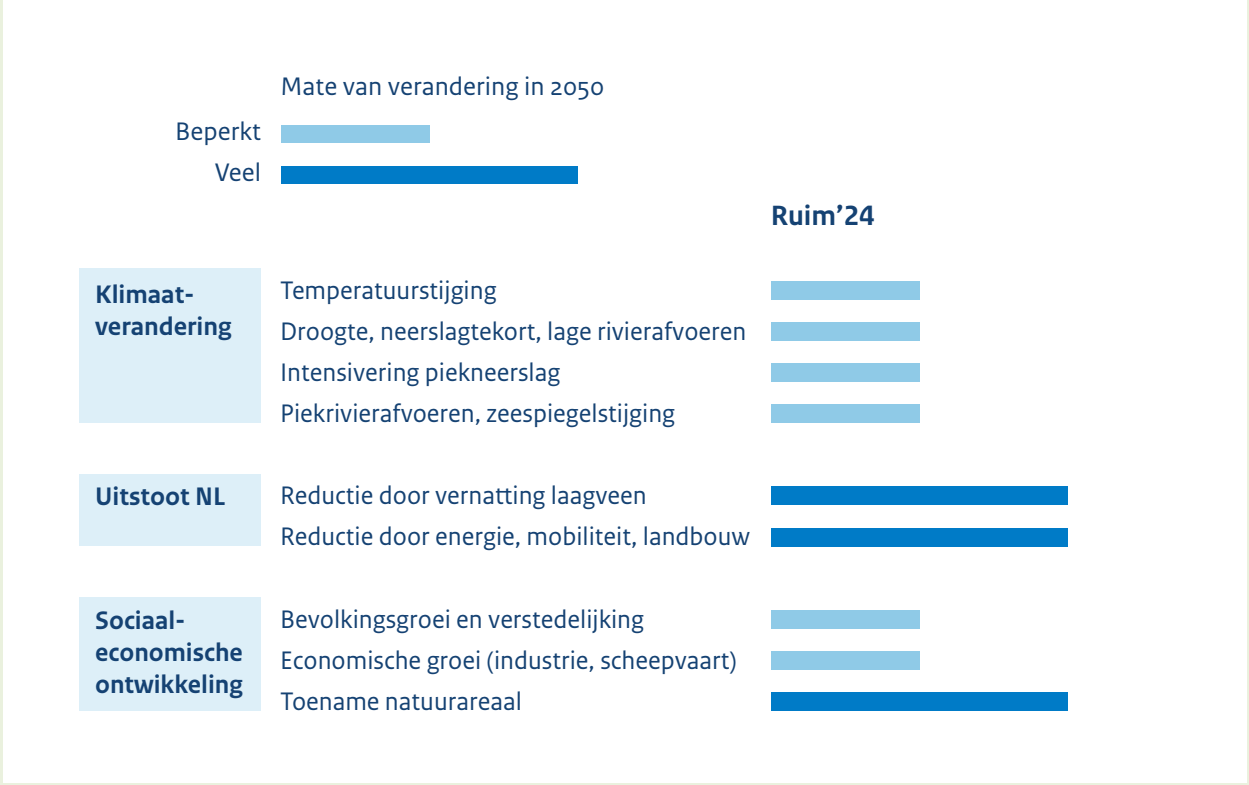
Net als in Vlug'24 worden in het scenario Ruim'24 ook de emissies van broeikasgassen wereldwijd sterk gereduceerd. De mondiale temperatuurstijging blijft hierdoor beperkt tot 1,7°C ten opzichte van pre-industrieel en dus ruim onder de 2 graden. Na 2050 stabiliseert het klimaat, zodat de klimatologische verschillen tussen 2050 en 2100 beperkt zijn. De zeespiegel blijft na 2050 wel nog doorstijgen, omdat deze langer nodig heeft om een evenwicht te bereiken met de toegenomen wereldwijde temperatuur. De stijging bedraagt rond de 24 cm in 2050 en ca. 44 cm in 2100. In Nederland wordt het gemiddeld warmer dan nu. Jaarrond wordt het gemiddeld ongeveer 0,9 graad warmer dan in het huidige klimaat (periode 1991-2020). In de zomer neemt de gemiddelde temperatuur harder toe met ca, 1,2 °C. De zomers worden droger. De hoeveelheid zomerneerslag neemt af met 2-8%. De winters worden juist natter met een toename van 4-5%. Jaarrond blijft de verandering in de totale hoeveelheid neerslag ongeveer gelijk. De hoogwaterafvoer van de Rijn kan iets toenemen, maar ook iets afnemen (+1% tot -1%) en van de Maas ook (-5% tot +4%). De laagwaterafvoer van de rivieren neemt af. De minimale zomer Rijnafvoer daalt met 9-13% en de Maas met 6-13%. Door de klimaatverandering zal het weerbeeld grilliger zijn: natter én droger, met meer extremen. In de periode 2050-2100 stabiliseert het klimaat en blijft dat weerbeeld zo.

Emissiereductie

Nederland houdt zich – net als de rest van de wereld – aan het Klimaatakkoord en reduceert de uitstoot van broeikasgassen sterk. Onderdeel daarvan is het verhogen van het oppervlaktewaterpeil in de veenweidegebiedenverhogen naar maximaal 0,20m onder maaiveld, waarmee veenoxidatie wordt tegengegaan. De energie- en mobiliteitstransitie zijn vergevorderd. Voor de landbouw geldt strengere regelgeving op het gebied van methaanuitstoot en de uitstoot van lachgas. Hierdoor is de veehouderij geëxtensiveerd en het gebruik van kunstmest afgenomen. De glastuinbouw is overgeschakeld op duurzame warmtebronnen en ook de scheepvaart is afgestapt van het gebruik van fossiele brandstoffen. Nederland blijft economisch welvarend, waardoor er voldoende financiële armslag is voor de reductie van broeikasgassen.

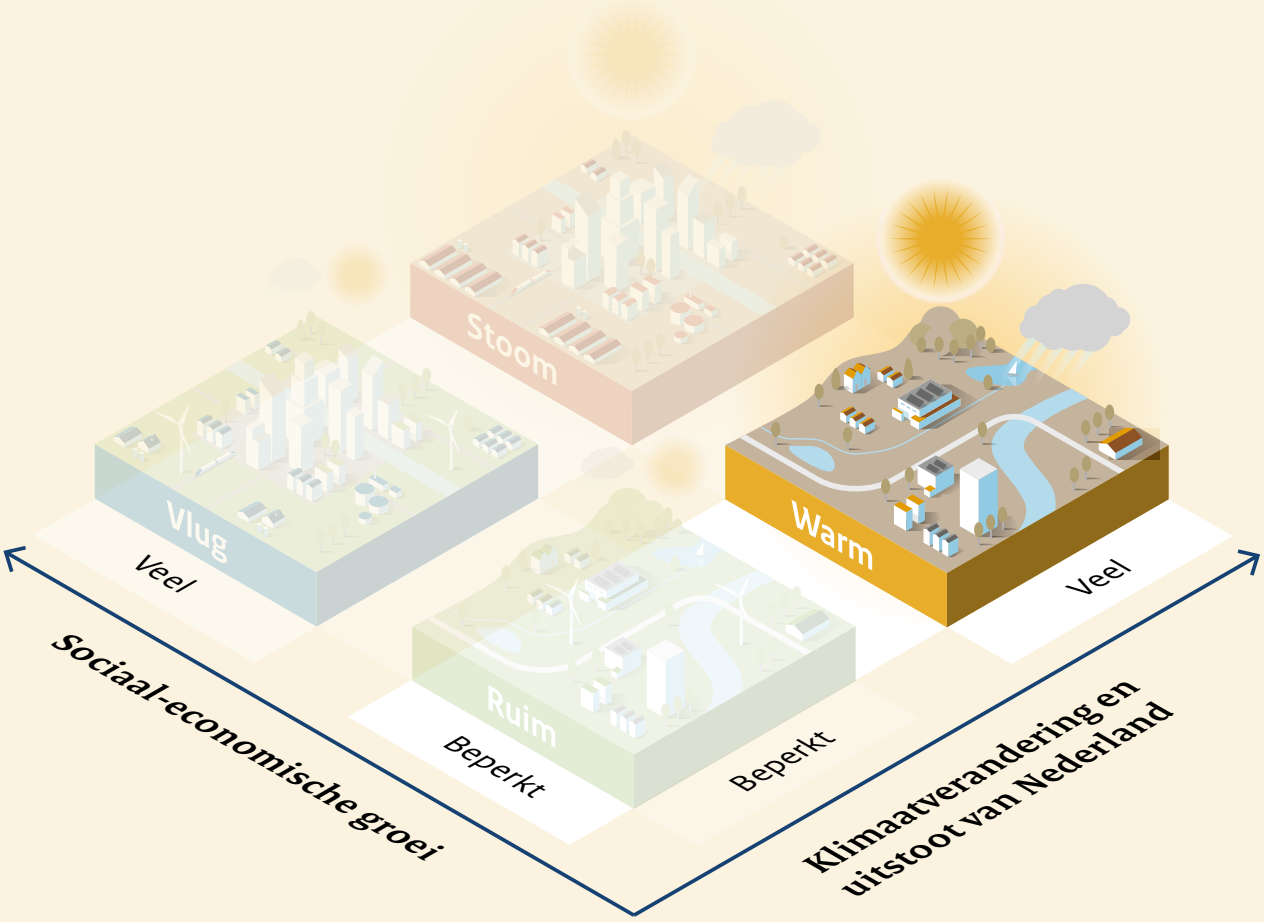
Socio-economische ontwikkeling

Ruim'24 wijkt sterk af van Vlug'24 met betrekking tot socio-economische ontwikkelingen. De bevolkingsomvang neemt in dit scenario in eerste instantie beperkt toe, maar zal na 2040 gaan dalen tot 17.9 miljoen in 2050. Het natuurnetwerk wordt gerealiseerd en verder uitgebreid, waardoor het natuurareaal toeneemt en Nederland steeds meer voldoet aan de Europese en eigen nationale doelstellingen met betrekking tot natuurherstel. De economisch groei is gematigd en dat komt deels doordat de internationale samenwerking wat stokt. De landbouw krimpt hierdoor ook, maar er zijn nieuwe verdienmodellen door boeren ontwikkeld gericht op landschapsbeheer. Hoewel de economie gematigd groeit, neemt het goederenvervoer door de scheepvaart wel iets toe.



Wateropgave

De klimaatverandering zorgt ervoor dat alle wateropgaven tot 2050 zullen gaan toenemen. De opgave voor de zoetwaterbeschikbaarheid wordt groter vanwege het grotere neerslagtekort in de zomer en de lagere riviervierafvoeren zorgen ervoor dat er minder water wordt aangevoerd. Dit kan gevolgen hebben voor de landbouw, natuur, scheepvaart en industrie. Langs de kust neemt verzilting toe als gevolg van zeespiegelstijging en waardoor meer zoetwater nodig is voor de doorspoeling. Voor de peilopzet in de veenweidegebieden is extra zoetwater nodig. In hoog Nederland zal door toenemende frequentie, duur en intensiteit van droogte op meer plekken en frequenter beregening plaatsvinden. Hiervoor is extra oppervlaktewater of grondwater nodig. In tegenstelling tot Vlug'24 neemt de drinkwatervraag nauwelijks toe, waardoor ook niet meer onttrekkingen uit het grond- en oppervlaktewater nodig zijn. Ook de koelwatervraag van industrie en energiecentrales is kleiner. Lagere rivierafvoeren leiden ertoe dat de scheepvaart steeds vaker met vaarbeperkingen te maken krijgt, maar de potentiële economische schade zal minder zijn dan in Vlug'24 omdat het totale goederenvervoer over water minder is. Al met al wordt ook in dit scenario de opgave om het zoetwater te verdelen over alle functies steeds lastiger. De opgave om wateroverlast tegen te gaan wordt ook groter. Hevige stortbuiten komen vaker voor, waar met name stedelijke gebieden en vrij-afwaterende gebieden problemen van kunnen ondervinden. Door de nattere winters lopen de regionale watersystemen sneller vol en zal de bergings-en afvoercapaciteit vergroot moeten worden. De waterveiligheidsopgave neemt toe ten opzichte van nu, enerzijds door de hogere rivierafvoeren in de winter, anderzijds door de stijging van de zeespiegel. Hier wordt echter in het huidige waterveiligheidsbeleid al rekening mee gehouden.



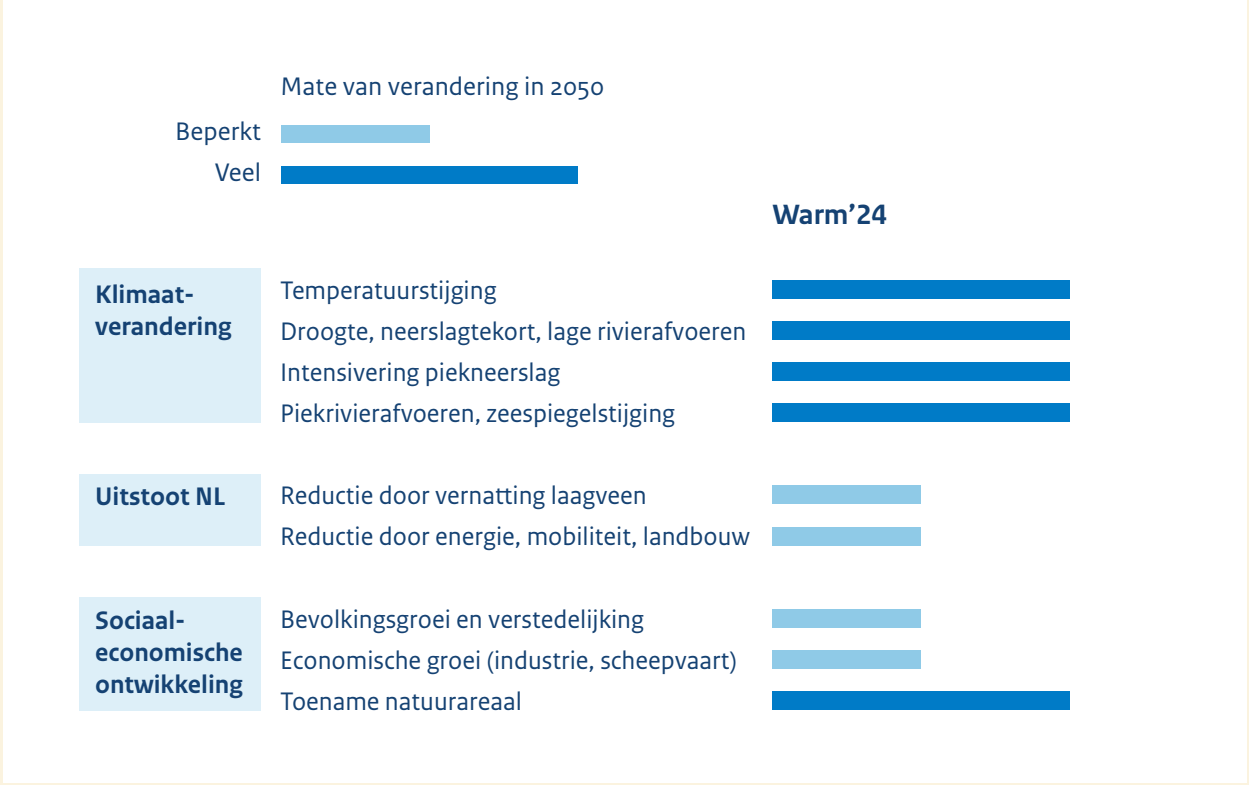
3.5 Verhaallijn Scenario Warm'24

Klimaatverandering

In het scenario Warm'24 blijft net als in Stoom'24 de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen hoog. Hierdoor treedt er sterke klimaatverandering op en zet na 2050 de klimaatverandering verder door. Als gevolg daarvan stijgt de mondiale temperatuur met 2,4 °C in 2050 en met 4,9 °C in 2100 ten opzichte van pre-industrieel. In lijn met de wereldwijde temperatuurstijging wordt het in 2050 en 2100 ook in Nederland gemiddeld warmer, met respectievelijk 1,5 °C en 4,0°C ten opzichte van het huidig klimaat (1991-2020). In de zomer is de gemiddelde temperatuur toename nog groter, met 1,7-2 °C in 2050 en 4,7-5,1°C in 2100. Het aantal zomerse dagen (dagen met een maximumtemperatuur van 25°C of hoger) neemt toe tot 49 rond 2050 en 89 rond 2100, ten opzichte van gemiddeld 28 dagen in het huidige klimaat. Het warmere klimaat gaat gepaard met meer droogte in de zomer, met een neerslagafname van 5-13% in 2050 en een toenemend neerslagtekort van 15-31%. Na 2050 neemt de droogte verder toe, met in 2100 een afname in neerslag van 12-29%, een groei van het neerslagtekort met 37-79%. De laagwaterafvoer van de Rijn in de zomer neemt tot 2050 af met 8% tot 18% en die van de Maas met 7-17%. In 2100 kan de Rijnafvoer verder afnemen met 20-31% en de Maasafvoer met 18-27%. De hoogwaterafvoeren worden groter. Voor de Rijn neemt die toe met 7-10% in 2050 en 11-30% in 2100. De hoogwaterafvoer van de Maas tot 2050 blijven onveranderd of nemen toe met 4%. Richting 2100 kan de afvoer met 0-22% toenemen. In de zomer worden tegelijkertijd de stortbuien intenser. Zo neemt de 1-uurlijkse neerslagsom van een stortbui die eens per jaar voorkomt toe 6-11% in 2050 en 15-31% in 2100. De winters worden daarentegen natter met een stijging van de hoeveelheid neerslag van 4-7% in 2050 en 14-24% in 2100. Door de sterke klimaatverandering zal het weerbeeld nog grilliger zijn dan in Vlug'24 en Ruim'24. Het wordt dus nóg natter en nóg droger, met nóg meer extremen (zowel in duur als in intensiteit). In de periode 2050-2100 neemt die grilligheid in het weerbeeld en de rivierafvoeren verder toe, omdat het klimaat ook na 2050 blijft veranderen.

Emissiereductie

In dit scenario worden de Nederlandse emissies slechts gedeeltelijk teruggebracht. Er wordt gestaag doorgewerkt aan de energietransitie, mobiliteitstransitie en voedseltransitie, maar Nederland is nog niet volledig emissieneutraal in 2050. Er zijn maatregelen genomen om landgebonden broeikasgasemissies te beperken door in de veenweidegebieden het oppervlaktewaterpeil te verhogen naar maximaal 0,40m onder maaiveld. Voor de landbouw geldt regelgeving op het gebied van methaanuitstoot en lachgas, maar enige uitstoot blijft bestaan. De veehouderij extensiveert gedeeltelijk. In de akkerbouw wordt minder (kunst) mest gebruikt. De glastuinbouw schakelt slechts gedeeltelijk over op duurzame warmtebronnen. Ook de scheepvaart verduurzaamt langzaam.



Socio-economische ontwikkeling

Warm'24 wijkt af van Stoom'24 met betrekking tot socio-economische ontwikkelingen. De bevolkingsomvang neemt in dit scenario in eerste instantie beperkt toe, maar zal na 2040 gaan dalen tot 17.9 miljoen in 2050. Er is een sterk ontwikkeld natuurbeleid. Het natuurnetwerk wordt gerealiseerd en verder uitgebreid, waardoor het natuurareaal toeneemt en Nederland steeds meer voldoet aan de Europese en eigen nationale doelstellingen met betrekking tot natuurherstel. De economisch groei is gematigd en dat komt deels doordat de internationale samenwerking wat stokt. De landbouw krimpt hierdoor ook, maar er zijn nieuwe verdienmodellen door boeren ontwikkeld gericht op landschapsbeheer. Hoewel de economie gematigd groeit, neemt het goederenvervoer door de scheepvaart wel iets toe.

Wateropgave

De klimaatverandering zorgt ervoor dat alle wateropgaven tot 2050, maar ook daarna nog, steeds verder zullen gaan toenemen. Het toenemende neerslagtekort en lagere rivierafvoeren waardoor minder water kan worden aangevoerd zorgen voor een steeds groter wordende opgave voor zoetwaterbeschikbaarheid. Langs de kust neemt verzilting sterk toe als gevolg van de snellere zeespiegelstijging en periodiek lage rivierafvoeren. Het behouden voor voldoende vaardiepte wordt voor de scheepvaart een grote opgave. Er is meer doorspoeling nodig van het regionale watersysteem en door de peilopzet in de veenweidegebieden is er meer zoetwater nodig. Anders dan in Stoom'24 neemt de drinkwatervraag niet toe en zijn er geen extra grond- of oppervlaktewateronttrekkingen tot gevolg. Ook de industrie heeft een kleinere koelwatervraag. De toenemende droogte maakt dat de opgave om zoete water op de juiste plekken te krijgen moeilijker wordt. Daardoor zal ook de concurrentie tussen watervragende functies groter worden. Ondanks dat de drinkwatervraag niet toeneemt, neemt in Stoom'24 de zoetwatervraag voor andere functies (vooral in de zomer) zeer sterk toe, terwijl de waterbeschikbaarheid afneemt door afname van de zomers neerslag, toename van verdamping en lagere rivierafvoeren. In dit scenario is het mogelijk dat er een mismatch ontstaat tussen vraag en aanbod en dat het niet altijd mogelijk zal zijn om genoeg water op de juiste plekken te krijgen. De opgave om wateroverlast tegen te gaan wordt ook groter, met name het opvangen van extremere, zomerse piekbuien en langdurige neerslag in de winter. Hierdoor lopen regionale watersystemen vol en kunnen bij hoogwater minder water afvoeren. Tot slot neemt ook de opgave voor waterveiligheid toe. De rivierafvoeren in de winter worden hoger naarmate de klimaatverandering verder toeneemt. De zeespiegelstijging zal na 2050 versnellen en leidt tot extra opstuwing van de rivierwaterstanden en een toename van de verzilting door combinatie van zeespiegelstijging en lagere rivierafvoeren in de zomer.

Hoofdstuk 4

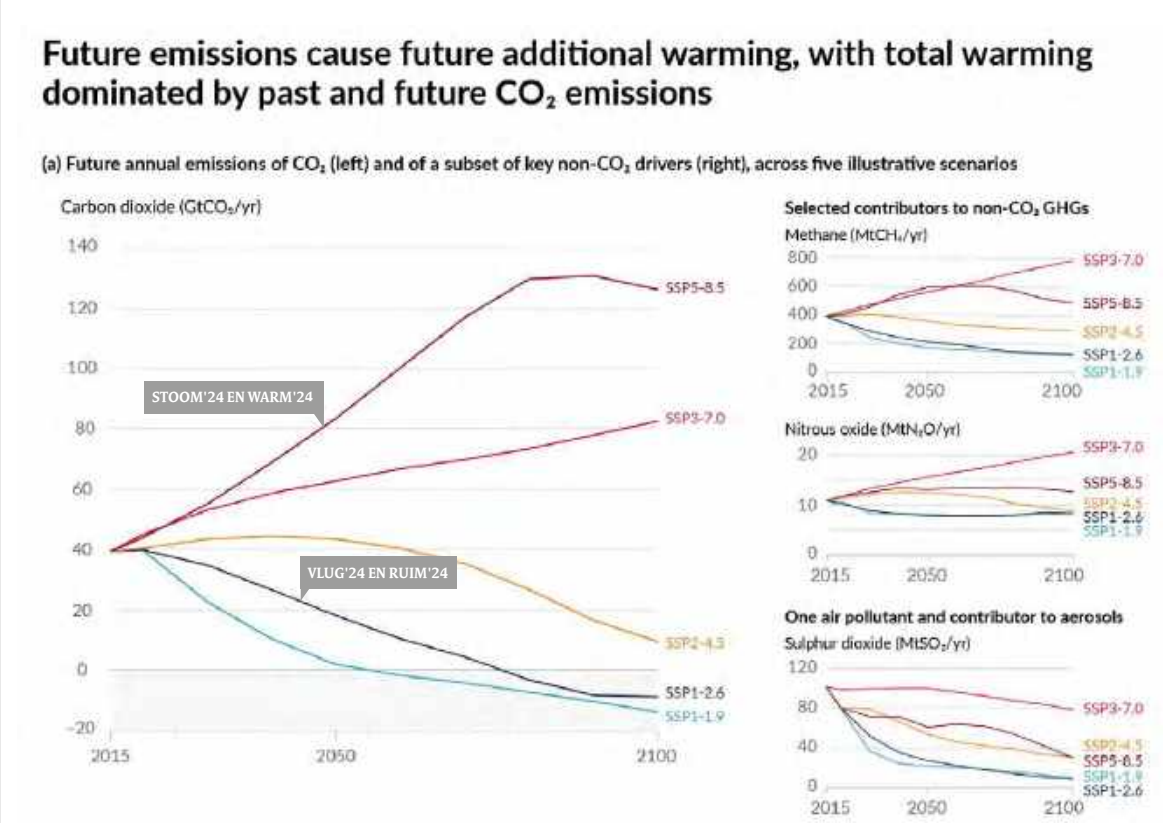
Verdieping en onderbouwing van de Deltascenario's

In dit hoofdstuk wordt de onderbouwing van de verhaallijnen toegelicht. Om de contrasten duidelijk te maken worden de onderbouwingen gegeven en de verschillen tussen de scenario's uitgelicht. Er wordt ingegaan op hoe het klimaat in Nederland, de nationale context ten aanzien van het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen en de socio-economische en ruimtelijke veranderingen zich in elk scenario ontwikkelen.

Nieuwkoopse plassen

4.1 Klimaatverandering

Deltascenario's sluiten aan bij de mondiale IPCC-scenario's. De IPCC-scenario's zijn een combinatie van een sociaaleconomisch ontwikkelingspad, een zogenaamd shared socio-economic pathway (SSP), en een bijbehorend emissiescenario dat tot een bepaalde opwarming van de atmosfeer leidt en wordt uitgedrukt in de stralingsforcering (RCP = W/m2). In Figuur 6 zijn de veelgebruikte combinaties weergegeven. De Deltascenario's gaan uit van SSP5-8.5 als bovengrens in Stoom'24 en Warm'24 en SSP1-2.6 als de ondergrens in Vlug'24 en Ruim'24. Dit is consistent met keuzes en de bandbreedte die gebruikt worden in de KNMI'23 klimaatscenario's. Hierbij is ook meegenomen dat ondanks dat er maatregelen in gang zijn gezet die de CO_2-uitstoot beperken, de temperatuurtoename door hoge klimaatgevoeligheid of natuurlijke terugkoppelmechanismes, volgens het hoogste scenario kunnen verlopen.



Figuur 6. Toekomstige jaarlijkse emissie voor CO_2 (links) en een methaan, stikstof-en aerosolen (rechts), voor 5 verschillende SSPs (Figuur en onderschrift: IPCC WG1, 2021: Summary for Policymakers, Figure SPM.4)



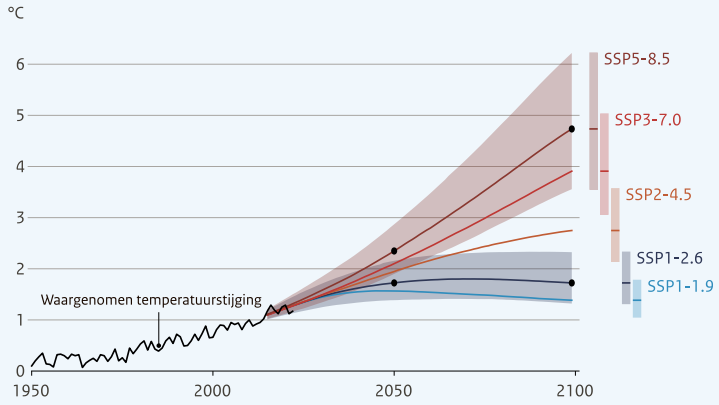
Afsluitdijk

4.1.1 Mondiale temperatuurstijging

In het SSP5-8.5 scenario treedt een verdrievoudiging van de broeikasgasconcentraties op tot 2075 en een stralingsforcering van 8.5 W/m2 in 2100. Dat komt overeen met een temperatuurstijging van 2,4°C in 2050 en 4,9°C in 2100 ten opzichte van pre-industrieel. De internationale ondergrens wordt weergegeven in het SSP1-scenario. Volgend op de afspraken die er in het Parijs-akkoord gemaakt zijn, zijn twee scenario's mogelijk (SSP1-1.9 en SSP1-2.6) waarbij de broeikasgasconcentraties dusdanig sterk worden teruggedrongen, dat de wereldwijde temperatuurtoename ten opzichte van pre-industrieel uiteindelijk ruim onder de 2 graden blijft. In het SSP1-2.6 scenario stabiliseert de klimaatverandering rond 2050 stabiliseert en is de gemiddelde temperatuurtoename +1,7°C. In lijn met het Parijs-Akkoord is het SSP1-2.6 scenario opgenomen als ondergrens in de nieuwe klimaatscenario's en overgenomen in de Deltascenario's. Dit wijkt af van de vorige KNMI-klimaatscenario's en Deltascenario's, waarbij de ondergrens in temperatuur ontwikkeling werd bepaald door het SSP2-4.5 scenario met een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van 2,7°C in 2081-2100 ten opzichte van 1986-2005[5] (Figuur 7). De bandbreedte is in de KNMI'23 klimaatscenario's en de Deltascenario's dus naar beneden opgerekt met een gemiddelde temperatuurtoename +1,7°C ten opzichte van 2,7°C in de vorige klimaatscenario's en de Deltascenario's.

Referentieperiode versus pre-industrieel

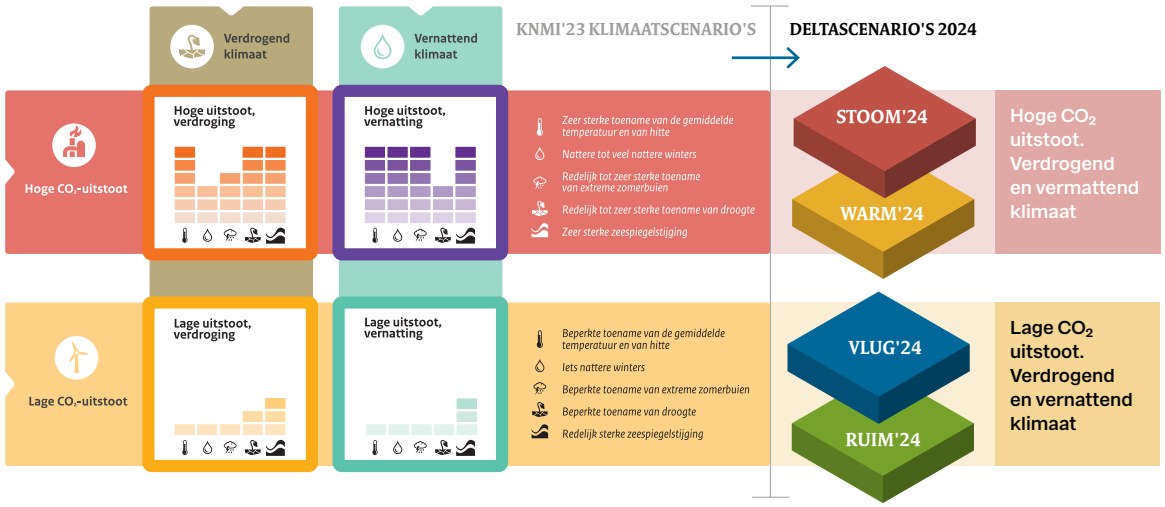
De referentieperiode voor de KNMI'23 klimaatscenario's is het klimaat van de periode 1990-2020. De wereldwijde temperatuurstijging in de referentieperiode ten opzichte van pre-industrieel (1850-1900) is 0,9°C. Dat betekent dat de wereldwijde temperatuurstijging ten opzicht de referentie-periode (1991-2020) voor Stoom'24 en Warm'24 0,8°C is in 2050 en 4,0°C in 2100, de temperatuur toename ten opzichte van pre-industrieel is 1,7°C en 4,9°C in 2050 respectievelijk 2100. Voor Vlug'24 en Ruim'24 is de temperatuurtoename ten opzichte van het referentieklimaat (1991-2020) 0,8°C en ten opzichte van pre-industrieel 1,7°C in 2050 en 2100.



Figuur 7. Mondiale temperatuurontwikkeling in de nationale klimaatscenario's. De temperatuurstijging weergegeven in de donkerrode lijn (SSP5-8,5) vormt de basis voor de Deltascenario's Stoom'24 en Warm'24. De temperatuurontwikkeling in de zwarte lijn (SSP1-2.6) vormt de basis voor Vlug'24 en Ruim'24. In dit scenario is goed te zien dat de temperatuurtoename vanaf 2050 stabiliseert (Bron KNMI, 2023).

	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Mondiaal klimaatscenario	SSP1-2.6		SSP5-8.5	
Mondiale ontwikkeling broeikasgasemissie	Mondiale broeikasgasemissies worden sterk teruggebracht.		Broeikasgasemissies blijven tot 2080 sterk toenemen, daarna neemt de uitstoot licht af.	
Mondiale ontwikkeling klimaatverandering	Vanaf 2050 stabiliseert de temperatuurstijging (en daaraan gekoppelde klimaatverandering)		Klimaatverandering stabiliseert niet, de gemiddelde mondiale temperatuur blijft toenemen.	
Globaal gemiddelde temperatuurstijging in 2050 (2041-2060) t.o.v. 1850-1900[6]	1,7		2,4	
Globaal gemiddelde temperatuurstijging in 2100 (2081-2100) t.o.v. 1850-1900	1,8		4,4	

[5] Dit zijn de getallen uit de voorgaande klimaat- en deltascenario's. Zowel de referentieperiode als de eindperiode is aanpast: de referentieperiode is opgeschoven van 1986-2005 naar 1990-2020 daarnaast is 2081-2100 aangepast naar zichtjaar 2100.
[6] De globaal gemiddelde temperatuur stijging tussen 1850-1990 en 1995-2014 bedraagt 0,85 graden (IPCC 2021)



Figuur 8. Weergave van hoe de KNMI'23 klimaatscenario's overgenomen zijn in de Deltascenario's.

4.1.2 Klimaatverandering in Nederland

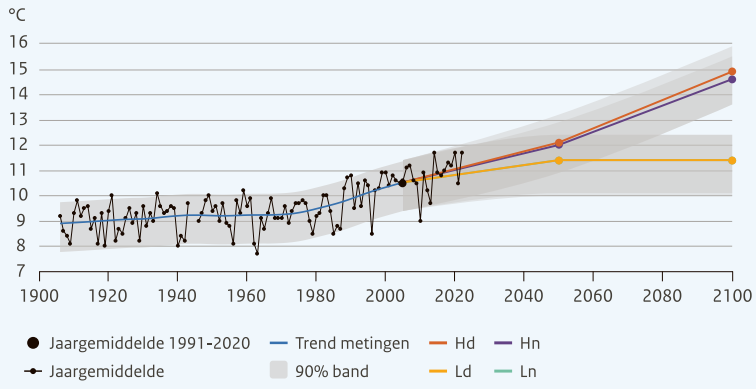
De KNMI'23 klimaatscenario's vormen de basis voor de klimatologische ontwikkelingen in de Deltascenario's. In de KNMI'23 klimaatscenario's wordt er naast onderscheid in een lage en hoge CO_2-uitstoot, ook onderscheid gemaakt tussen een droger dan wel natter klimaat (KNMI, 2023). In zowel het drogere als het nattere klimaat worden de winters natter en de zomers droger. Echter, in het natte klimaat maat worden de winters veel natter dan in het droge klimaat, terwijl in het droge scenario's de zomers droger zijn dan de natte scenario's. Het wordt zowel in de natte als in de droge scenario's én droger én natter. Deze grilligheid neemt toe naarmate klimaatverandering toeneemt, in paragraaf 4.1.4 en 4.1.6 wordt hier verder op ingegaan.

In de Deltascenario's was het niet mogelijk om dit als extra as op te nemen. Daarom gaan Vlug'24 en Ruim'24 uit van de volledige bandbreedte tussen de natte en droge variant binnen het lage uitstootscenario en Stoom'24 en Warm'24 van die bandbreedte in het hoge uitstootscenario. Dit vraagt om een pragmatische oplossing, namelijk om de klimaatkentallen die relevant zijn voor watertekorten uit de droge varianten over te nemen en de kentallen die relevant zijn voor waterveiligheid en wateroverlast over te nemen uit de uit de natte varianten (Figuur 8). Daarmee wordt recht gedaan aan de ontwikkelingen die bepalend zijn voor de wateropgaven en de grilligheid in klimaatverandering goed weergegeven.

4.1.3 Temperatuur

In alle vier de Deltascenario's wordt de gemiddelde temperatuur in Nederland hoger en zullen ook (extreem) hoge temperaturen vaker voorkomen. Stoom'24 en Warm'24 volgen een SSP5-8.5 scenario, waarin de temperatuurontwikkeling jaargemiddelde temperatuur met 1,6°C is toegenomen in 2050 ten opzichte van de periode 1991-2020 en in 2100 met 4,4°C.

Deze temperatuur ontwikkeling is in lijn met de bovengrens in KNMI'17 en de Deltascenario's 2017. De temperatuurstijging is sterker ten opzichte van Vlug'24 en Ruim'24 én de stijging blijft ook na 2050 verder doorgaan (rode lijn in Figuur 9). In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 is de gemiddelde temperatuur toename in 2050 en 2100 ten opzichte van 1991-2020 0,9°C.



Figuur 9. Gemiddelde landelijke jaartemperatuur: waarnemingen (zwart) en de vier KNMI'23 klimaatscenario's (2050 en 2100 (N.B. Ln valt samen met Ld). (Bron: KNMI'23 Klimaatscenario's)



4.1.4 Neerslag en neerslagtekort

Jaarrond laat de hoeveelheid neerslag tot 2050 en 2100 in de lage uitstootscenario's in de natte variant een lichte stijging zien (3%) en de in de droge variant blijft de hoeveelheid gelijk. In de hoge uitstootscenario's laat de droge variant een daling van 2% zien en de natte variant een stijging van 3%. In 2100 wordt het verschil tussen droge en natte variant groter, met een daling van 3% in de droge variant en een stijging van 8% in de natte variant. In alle vier de KNMI'23 klimaatscenario's worden de winter, de lente en de herfst natter. In de winter is de neerslagtoename het grootst. In de lage uitstootscenario's neemt de neerslag in de winterperiode toe met 4-5% toe in 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's ligt die toename tussen 4-7% voor 2050 en tussen 14-24% in 2100.

In drie van de vier KNMI'23-scenario's neemt de zomerneerslag af en de zomerverdamping neemt in alle scenario's toe. In de lage uitstootscenario's neemt de neerslaghoeveelheid in de zomer af met 2-8% in 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's is de afname 5-13% in 2050 en 12-29% in 2100. Het gemiddelde neerslagtekort neemt in de zomerperiode ook toe in alle scenario's. Het maximale neerslagtekort dat in de periode april t/m september eens in de 10 jaar voorkomt neemt toe met 13-22% in 2050 en 2100 in de lage uitstootscenario's. In de hoge uitstootscenario's neemt het tekort toe met 16-30% in 2050 en met 30-63% in 2100.

Hoewel het in de zomer droger wordt, neemt de neerslagintensiteit wel toe (als het regent, regent het harder). Buien die de 1-daagse neerslagsom van eens in de 10 jaar overschrijden nemen in intensiteit toe met 4-5% voor de lange uitstootscenario's voor 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's neemt de omvang van die buien toe met 6-9% in 2050 en met 15-26% in 2100. Ook de zomerse stortbuien nemen toe. De uurlijkse neerslag die eens per jaar wordt overschreden neemt in de lage uitstootscenario's toe met 4-6% in 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's neemt die omvang van die buien toe met 6-11% in 2050 en 15-21% in 2100.

4.1.5 Zeespiegelstijging

De zeespiegel langs de Nederlandse kust stijgt in 2050 met 24 cm (16 tot 34 cm) in Vlug'24 en Ruim'24 en 27 cm (19 tot 38 cm) in Stoom'24 en Warm'24. Zeespiegelstijging reageert relatief traag op veranderende temperaturen, in tegenstelling tot andere klimaatparameters blijft zeespiegelstijging daardoor na 2050 in alle scenario's door stijgen. Het verschil tussen de scenario's neemt aan het eind van deze eeuw ook toe, voor Vlug'24 en Ruim'24 is het de verwachting dat de stijging in 2100 44 cm (24 tot 73 cm) bedraagt, voor Stoom'24 en Warm'24 is de stijging 82 cm (59 tot 124 cm).

Niet alle processen waarmee de poolkappen massa kunnen verliezen worden volledig meegenomen in bovenstaande verwachtingen. De inzichten van deze aanvullende processen worden besproken in Paragraaf 6.2 als "Wat-Als?" ontwikkeling.

	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
KNMI'23 scenario's	Laag- droog Laag - nat		Hoog-droog Hoog-nat	
Temperatuurstijging 2050 & 2100	2050: +**0,9°C** 2100: +**0,9°C**		2050:1,5-**1,6°C** 2100:4.1-**4,4°C**	
Zeespiegelstijging	2050: +**24** (16-34). 2100: +**44** (26-73) cm		2050: +**27** (19-38) cm 2100: +**82** (59-124) cm	
1-daagse neerslagsom 1/10 jaar (zomer)	2050: +4% tot +**5%** 2100: +4% tot +**5%**		2050: +6% tot +**9%** 2100: +15% tot +**26%**	
Maximaal neerslagtekort april t/m september	2050: +13 tot +**22%** **2100:** +13 tot +**22%**		2050: +15% tot +**35%** 2100: +**37** tot +**79%**	
Stabilisatie na 2050	Ja, stabiliseert en klimatologische condities voor 2050 en 2100 zijn vergelijkbaar, uitgezonderd zeespiegel		Nee, na 2050 blijft het klimaat veranderen	

4.1.6 Rivierafvoeren

De Rijn wordt gevoed door sneeuwsmelt in de Alpen en de neerslag in het gehele stroomgebied. Door hogere temperaturen zal in de winter minder sneeuw en meer regen vallen. De regen wordt (in tegenstelling tot sneeuw) direct afgevoerd en leidt tot hogere rivierafvoeren. In de zomer is er juist minder aanvoer van smeltwater waardoor de afvoer afneemt. In het huidige klimaat wordt de Rijn aan het eind van de zomer gevoegd door smelt van gletsjers. Door de afname in het volume van de gletsjers neemt ook de zomerafvoer van de Rijn aan het eind van deze eeuw sterk af. De jaarlijkse winterafvoeren worden in alle scenario's duidelijk groter en de jaarlijkse zomerafvoeren kleiner. De Maas wordt alleen gevoed door neerslag in het stroomgebied. Het effect van klimaatverandering op de winterafvoeren is niet eenduidig en kan zowel toe- als afnemen in de toekomst. De afvoeren in de zomer nemen in alle scenario's af ten opzichte van de huidige afvoeren.

In een recente studie van Deltares (Buitink et al., 2023) zijn de rivierafvoeren bepaald op basis van de KNMI'23 klimaatscenario's. De resultaten van deze studie zijn in de Deltascenario's opgenomen. Uit de studie blijkt dat de maximale jaarlijkse Rijnafvoer in 2050 en 2100 in de lage uitstootscenario's zowel iets hoger (+1%) of iets lager (-1%) kan worden, maar in de hoge uitstootscenario's 7-10% toeneemt in 2050 en 11-30% in 2100. De zevendaags-minimale zomer Rijnafvoer neemt tot 2050 af met ca. 9-13% in de lage uitstootscenario's in 2500 en 2100. In de hoge uitstootscenario's is dat 8-18% in 2050. In 2100 neemt dat nog verder af, mogelijk tot 20-31%. De maximale jaarlijkse Maasafvoer laat in de lage uitstootscenario's een verspreid beeld zien. De afvoeren kunnen zowel 5% lager worden, maar ook 4% hoger in 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's is geen verandering mogelijk (0%), maar ook een toename van 4%. In 2100 kan de jaarlijks maximale afvoer bij Borgharen onveranderd blijven, maar de natte scenario's van het KNMI met veel uitstoot (opgenomen in Stoom'24 en Warm'24) laten een toename zien van 22%. De laagwaterafvoeren van de Maas laten een duidelijker beeld zien. In alle scenario's neemt dat af. In de lage uitstootscenario's is de afname 6-13% in 2050 en 2100. In de hoge uitstootscenario's is dat 7-17% en in 2100 is de afname mogelijk 18-27%. Deze studieresultaten laten de impact van klimaatverandering zien, waarbij is aangenomen dat er geen veranderingen in bovenstrooms waterverbruik of waterbeheer zijn. Daarover zijn nog geen consistente studies beschikbaar. In paragraaf 6.4 wordt daar als een "Wat-Als?"-ontwikkeling op ingegaan.

	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Jaarlijks maximale afvoer Rijn bij Lobith (mediaan)	-1% tot +**1%**		2050: + 7% tot +**10%** **2100**: + 11% tot +**30%**	
Jaarlijks maximale afvoer Maas bij Borgharen (mediaan)	-5% tot +**4%**		2050: 0% tot +**4%** **2100** 0% tot +**22%**	
Rijnafvoer 7-daags zomer minimum	-9% tot -**13%**		2050: -8% tot -**18%** 2100: -20% tot -**31%**	
Maasafvoer 7-daags zomer minimum	-6% tot -**13%**		2050: -7% tot -**17%** **2100**: -18% tot -**27%**	



Biesbosch

4.2 Reductie van broeikasgasemissies

De shared socio-economic pathways van het IPCC bieden narratieven over hoe mondiaal wordt omgegaan met emissiereductie (O'Neill et al., 2014). In de Deltascenario's zijn deze nader uitgewerkt voor de nationale context.

In Vlug'24 en Ruim'24 wordt uitgegaan van een hoge inspanning om de emissies van broeikasgassen te reduceren. Deze twee scenario's volgen daarmee het van SSP1-2.6 scenario. Dit pad gaat uit van een zeer sterke reductie van broeikasgasemissies (SSP1-1.9: netto nul uitstoot in 2050 en SSP1-2.6: netto nul uitstoot in 2075). In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 is die inspanning minder en wordt ook de Nederlandse uitstoot minder ver teruggebracht ten opzichte van Vlug'24 en Ruim'24. Nederland volgt in deze twee scenario's het SSP3-pad. De Deltascenario's lopen daarmee in de pas met de op handen zijnde actualisatie van de WLO-scenario's in 2024, die ook SSP1 en SSP3 als uitgangpunt nemen.

De scenario's Stoom'24 en Warm'24 volgen een klimaatontwikkeling die aansluit bij SSP5-8.5, echter de inspanningen voor het reduceren van broeikasgasemissies volgen het SSP3 pad. Hier is dus aangenomen dat Nederland en Europa voorlopen op de rest van de wereld met betrekking tot het terugdringen van broeikasgasemissies. Dit sluit aan bij de huidige situatie waarbij Europa ook voorloopt in het reduceren van broeikasgasuitstoot ten opzichte van de wereldwijde broeikasgasreductie.

In de Deltascenario's is nadere invulling gegeven aan het SSP1 en SSP3-pad via het Nederlandse Klimaatakkoord. In alle vier de scenario's worden inspanningen gedaan om de uitstoot van broeikasgassen omlaag te brengen. In Vlug'24 en Ruim'24 zijn de inspanningen groter ten opzichte van de inspanningen in Stoom'24 en Warm'24.

Het terugdringen van broeikasgasemissies krijgt in de scenario's vorm door onder meer de inspanning om veenoxidatie in de veenweidegebieden tegen te gaan en hiermee de landgebonden broeikasgas-uitstoot terug te dringen. In de landbouw wordt ingezet op het terugdringen van de uitstoot van methaan uit de veehouderijen door inkrimping van de veestapel en extensivering en de reductie van lachgas door minder mestgebruik in de akkerbouw. Sectoren als de glastuinbouw, industrie en scheepvaart verduurzamen verder en de omschakeling van fossiele energiebronnen naar hernieuwbare bronnen ontwikkelt zich verder ten opzichte van de huidige condities. In Vlug'24 en Ruim'24 is de inspanning op al deze vlakken hoger dan in Stoom'24 en Warm'24. Dit komt verderop aan bod bij de beschrijving van sectorale ontwikkelingen.

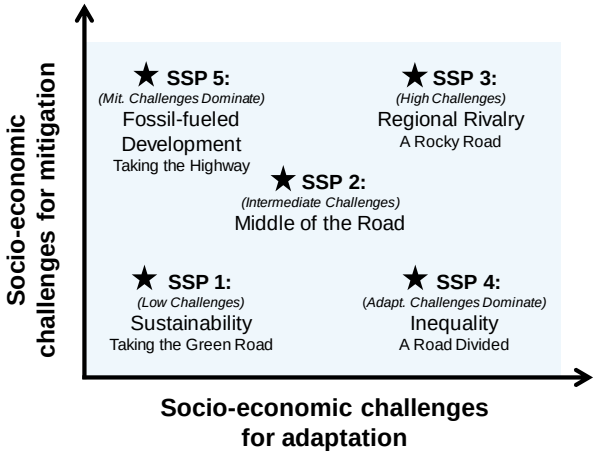
TEXTBOX SOCIO-ECONOMIC PATHWAYS VAN HET IPCC

Door het IPCC wordt gebruik gemaakt van zogenaamde shared socio-economic pathways, narratieven over hoe mondiaal wordt omgegaan met emissiereductie (O'Neill et al., 2014).

Deltascenario's Vlug'24 en Ruim'24 sluiten aan bij het shared economic pathway Sustainability (SSP-1) van het IPCC. De wereld verschuift geleidelijk naar een duurzamer pad, waarbij de nadruk wordt gelegd op ecologische grenzen. De mondiale bevolking neemt af en het beheer van de 'mondiale commons' verbetert. De nadruk op economische groei verschuift naar een nadruk op het menselijk welzijn.

Voor productie en consumptie is minder energie en materiaal nodig.

Stoom'24 en Warm'24 sluiten aan bij het shared economic pathway Regional Rivalry (SSP3). Landen richten zich meer op hun eigen internationale regio. Productie en consumptie zijn materiaal- en energie-intensief. De bevolkingsgroei is lager in de geïndustrialiseerde en hoger in de ontwikkelingslanden. Er is weinig prioriteit voor het aanpakken van milieuproblemen.



Figuur 10. Positie van de verschillende narratieven (O'Neill et al, 2014) met betrekking tot klimaatmitigatie (verticaal) en klimaatadaptatie (horizontaal).

	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Scenario SSP	SSP1		SSP3	
Emissie neutraal in 2050	Ja		Nee, maar wel lagere uitstoot dan nu	
Grondgebonden emissies	(Sterke) verhoging oppervlakte waterpeilen in veenweidegebied tot minimaal -20 cm om veenoxidatie tegen te gaan en stimuleren veenaangroei		Verhoging oppervlakte waterpeilen in veenweidegebied tot minimaal -40 cm om veenoxidatie te reduceren, maar enige veenoxidatie blijft plaatsvinden	
Energietransitie	"Succesvolle" energietransitie. Economische activiteiten zijn niet afhankelijk van fossiele brandstoffen. Sterke toename in wind- en zonne-energie en ontwikkeling van andere energiebronnen en dragers. Geen directe impact op de wateropgave, maar dit kan raken aan klimaatadaptatie als opgaves integraal worden opgepakt.		Energietransitie is nog niet volledig afgerond in 2050. Economische activiteiten zijn deels nog afhankelijk van fossiele brandstoffen. Toename in wind- en zonne-energie en ontwikkeling van andere energiebronnen en dragers	
Intensieve veehouderij	Sterke reductie van intensieve veehouderij om methaanuitstoot terug te dringen		Intensieve veehouderij (en bijbehorende methaanuitstoot) blijft bestaan	



Zaandam

4.2.1 Laagveengebieden

De vernatting van de laagveengebieden vraagt om een aparte toelichting. Vernatting van veenweide wordt ingegeven door het Klimaatakkoord (IBO, 2023) en de wens om bodemdaling tegen te gaan. Ook wordt het in de Kamerbrief Water en Bodem Sturend genoemd. In de Deltascenario's is de primaire reden voor de vernatting van veenweide gebieden het tegengaan van veenoxidatie, omdatdat daar CO_2 vrijkomt. Langs die redenering is het een (exogene) ontwikkeling die op de watersector afkomt en geen nieuw waterbeleid.

Nederland is een van de vijf Europese landen met grondgebonden broeikasgasemissies (IBO 2023). Dit komt voornamelijk door veenoxidatie door lage grondwaterpeilen. Oxidatie van veen leidt tot uitstoot van CO_2 in de atmosfeer. Deze oxidatie vindt plaats door drooglegging van het veen dat in contact komt met zuurstof. Veenoxidatie kan gestopt worden door vernatting van de veengrond. Daarnaast kan extra koolstof vastgelegd worden door veen-aangroei.

Vernatting van veengebieden wordt momenteel al op diverse plekken onderzocht. De zes provincies met veengebieden (Zeeland, Zuid-Holland, Noord Holland Groningen, Friesland en Utrecht, Figuur 10) verkennen in hun Provinciale Veenweidestrategieën de mogelijkheden. Dit vindt momenteel plaats op vrijwillige basis via het Interbestuurlijk Programma Veenweide. In het eindrapport van het Interdepartementaal Beleidsonderzoek Klimaat[7] (IBO, 2023) wordt voorgesteld om oxidatie tegen te gaan door het oppervlaktewater in de veenweidegebieden op te zetten en te normeren via peilbesluiten. Dit interdepartementaal onderzoek is erop gericht om de aanvullende maatregelen te inventariseren die nodig zijn om de doelstellingen uit het Klimaatakkoord voor 2030 en 2050 te halen. Het IBO stelt de volgende twee mogelijke normeringen voor:

- Een normering op peilbesluit bij alle typen veengrond in de veenweidegebieden (kustvlakteveen) op gemiddeld 40 cm onder maaiveld in de zomermaanden (1 april t/m 1 oktober). Dit leidt

[7] het eindrapport van het Interdepartementaal Beleidsonderzoek (IBO) Klimaat bevat een inhoudelijke analyse van het huidige klimaatbeleid en concrete beleidsopties per sector.

tot ingeschatte maximale reductie van ca. 1 Mton[8] CO_2/jaar.
- Een normering op peilbesluit bij alle typen veengrond in de veenweidegebieden (kustvlakteveen) op gemiddeld 20 cm onder maaiveld in de zomermaanden (1 april t/m 1 oktober). Dit leidt tot ingeschatte maximale reductie van ca. 1,6 Mton CO_2/jaar.

In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 is uitgegaan van de strengere norm van peilopzet van oppervlaktewateren naar 0,20m onder maaiveld in veengebieden. Dit past bij de grote inspanning om CO_2-emissies te reduceren. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 wordt weliswaar ook gestreefd naar reductie van landgebonden CO_2 uitstoot, maar de inspanning is minder groot. In deze scenario's is minder bereidheid om de extra maatschappelijk (schade)kosten te maken die gepaard gaan met een verhoging van het peil tot -0,20m. In Stoom'24 en Warm'24 wordt daarom uitgegaan van een peilopzet van 0,40m onder maaiveld.

Het veenweidegebied is grotendeels grasland met extensieve veehouderij. In de Deltascenario's is aangenomen dat het grasland blijft met verhoogde oppervlaktewaterstanden. De verhoging van het oppervlaktewaterpeil kan doorwerken in hogere grondwaterstanden. De gewasproductie en -kwaliteit kunnen bij een hogere (grond)waterstand afnemen en de draagkracht van de bodem kan ook afnemen (IBO-Klimaat, 2023). Veehouderij blijft in principe mogelijk, maar het is aannemelijk dat het aantal dieren per hectare daalt. In de scenario's is ervan uitgegaan dat boeren niet zelfstandig maatregelen treffen om te kunnen blijven boeren door bijvoorbeeld de aanleg van infiltratie- en drainagesystemen, omdat er geen cijfers over bekend zijn op welke schaal dat zou kunnen plaatsvinden. In de "Wat-Als?"-ontwikkelingen wordt hier op terugkomen.

	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Verwachte reductie CO_2 uitstoot veenweidegebieden	ca. 1,6 Mton CO_2/jaar	ca. 1,6 Mton CO_2/jaar	ca. 1 Mton CO_2/jaar	ca. 1 Mton CO_2/jaar
Peilopzet oppervlaktewater	20 cm onder maaiveld	20 cm onder maaiveld	40 cm onder maaiveld	40 cm onder maaiveld
Verandering landgebruik volgend uit terug dringen broeikasgasemissies	nee	nee	nee	nee



Figuur 11. Locaties van veenweidegebieden waar in de Deltascenario's peilopzet plaatsvindt (America et al., 2023)

[8] Het effect van de broeikasgasemissie is bijgesteld na verbetering van de rekensystematiek voor de referentie. Ten tijden van het klimaatakkoord golden de 0,6 en 1,2 Mton per jaar voor respectievelijk 0,20m en 0,40m onder maaiveld.

4.3 Socio-economische ontwikkelingen

4.3.1 Bevolkingsomvang

Voor de mogelijke bandbreedte in het inwonertal van Nederland sluiten de Deltascenario's aan bij de Welvaart en Leefomgeving-scenario's (WLO) van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en de actualisatie daarvan in 2020 (PBL, 2020) vanwege nieuwe bevolkingsprognose uit 2019 CBS en de vergrijzingsstudie Zorgen om Morgen van het CPB (2019). Het scenario WLO-hoog vormt de basis voor Vlug'24 en Stoom'24. Ruim'24 en Warm'24 zijn gebaseerd op scenario WLO-laag.

In Vlug'24 en Stoom'24 wordt uitgegaan van een hoge bevolkingsgroei en grote economische groei. De bevolking blijft in dit scenario groeien vanwege een positief migratiesaldo. In dit scenario wonen er in 2050 ruim 20,7 miljoen mensen in Nederland. In 2018 (referentiejaar) waren dat er 17,3 miljoen. Ruim'24 en Warm'24 kennen een beperkte toename van het inwonertal. Dat komt met name door een lager migratiesaldo. De bevolking zal tot 2040 blijven stijgen (tot ca. 18 miljoen) en daarna licht krimpen tot 17,9 miljoen in 2050. Met eventuele klimaatvluchtelingen is nog geen rekening gehouden.

4.3.2 Economische groei

Ook voor economische groei is gebruik gemaakt van WLO-actualisatie. Het bruto Binnenlands Product (BBP) neemt in Vlug'24 en Stoom'24 tot 2050 toe met een factor 1.8 ten opzichte van 2018 (PBL, 2020). De hoge economische groei gaat samen met een sterke groei van de stedelijke dienstensectoren (zakelijke dienstverlening). Met name deze grootstedelijke agglomeraties trekken buitenlandse migranten en studenten aan. In dit scenario is sprake van internationale samenwerking en een relatief snelle technologische ontwikkeling (PBL, 2015). In Ruim'24 en Warm'24 neemt tot Bruto Binnenlands Product tot 2050 toe met een factor 1,3 ten opzichte van 2018. (Ritsema van Eck et al, 2020). Er is minder internationale samenwerking en minder innovatie, waardoor de economische groei lager is en minder mensen hier komen werken. De werkgelegenheid groeit vooral in de sector overheid en zorg, die relatief gelijkmatig over het land is gespreid.

2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Bevolkingsomvang 2050	20,7 miljoen	17,9 miljoen	20,7 miljoen	17,9 miljoen
Economische groei	Sterke groei	Gematigde groei	Sterke groei	Gematigde groei
Bruto Binnenlands product (BBP) t.o.v. 2018 (= 100)	factor 1,8	factor 1,3	factor 1,8	factor 1,3



Kade Zuid, Zutphen

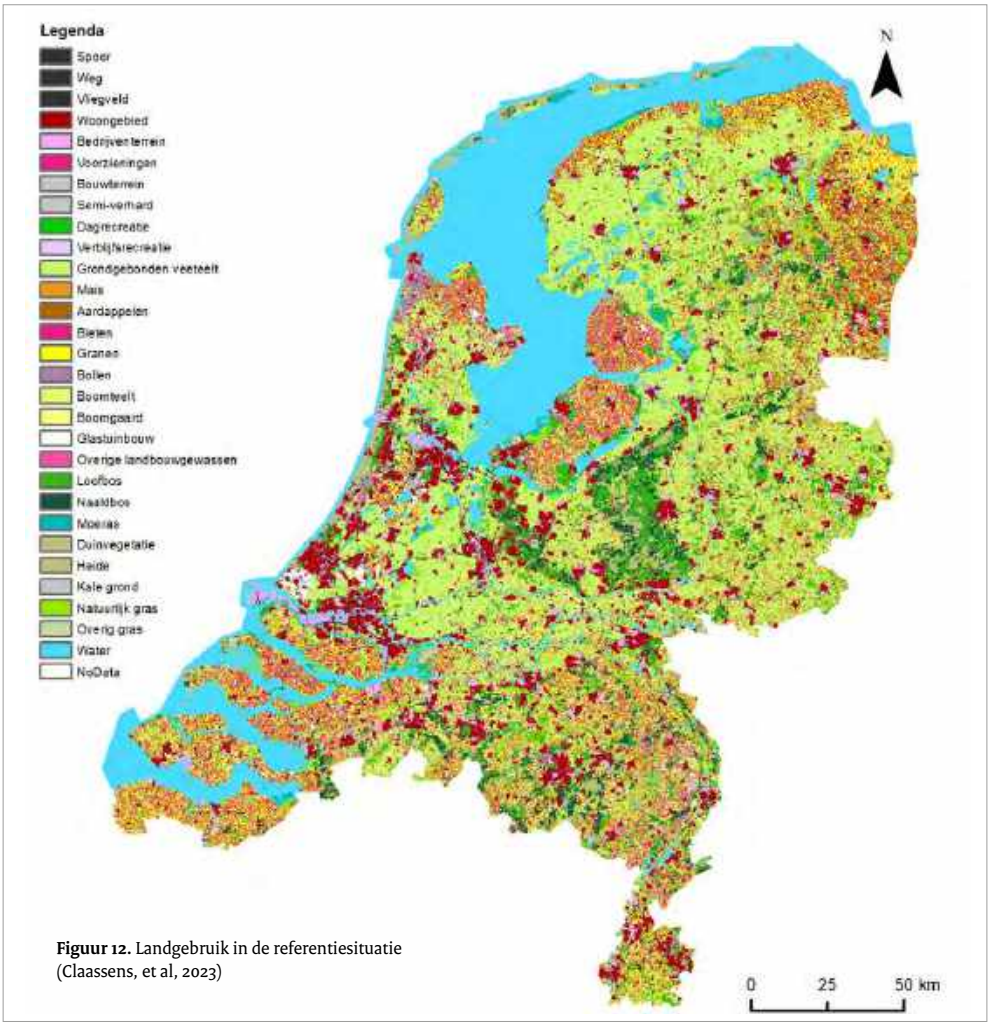
4.3.3 Ruimtelijke veranderingen

In Figuur 12 is het landgebruik in de referentiesituatie weergeven. Het kaartbeeld is een combinatie van de actualisatie van de WLO uit 2020 en de Natuurverkenningen van het PBL en Wageningen Universiteit. Dit resulteert in een landgebruikskaart met als basis de CBS-bodemstatistiek van 2017, waarin natuur en landbouw is verbijzonderd met de NVK-huidig kaart en het bebouwd gebied is geactualiseerd tot 2023 op basis van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). Deze kaarten zijn met behulp van het ruimtescanner instrumentatrium vervaardigd door de Vrije Universiteit/Spinlap in samenwerking met PBL, WUR en Deltares (Claassens et al.,2023). Voor de uitwerking van stedelijke ontwikkeling is de meest recente modelsimulatie van het PBL overgenomen. Dat is de simulatie met de ruimtescanner voor de Planmonitor NOVI uit 2023 (Kuiper et al., 2023). De uitwerkingen voor de landbouw en natuur zijn overgenomen uit de Natuur Verkenningen (NVK) van het PBL en de Wageningen Universiteit (Pouwels et al, 2021). De verstedelijkingskaarten en de landbouw- en natuurkaarten geïntegreerd. Nieuwe stedelijke ontwikkeling krijgt daarbij voorrang boven landbouw en natuur waardoor de arealen lager zijn in de Natuur Verkenningen) (Claassens et al., 2023).

In Tabel 2 wordt een overzicht weergegeven van de toe- of afname van het areaal van diverse landgebruiksfuncties. De grote toename van natuur is het verschil tussen de twee gebruikte scenario's uit de Natuurverkenningen. Dit wordt in hoofdstuk 4.3.5 nader toegelicht.

	2017-2023 [ha]	Vlug'24 & Stoom'24	Ruim'24 & Warm'24
Woongebied	335.967	19%	12%
Werkgebied	123.343	31%	29%
Recreatie	35.976	19%	18%
Glastuinbouw	15.955	-4%	-4%
Akkerbouw	647.560	-2%	-13%
Grondgebonden veeteelt	1.331.753	-4%	-16%
Overige landbouw	210.817	-4%	-12%
Natuur - bos	379.201	0%	7%
Natuur - overig	284.593	-3%	75%
Water	137.193	-6%	-8%
Infrastructuur	83.281	0%	0%
Overig landgebruik	149.894	-19%	-18%

Tabel 2. Toe en afname van het areaal landgebruik tot 2050 van diverse functies (Claassens et al., 2023).



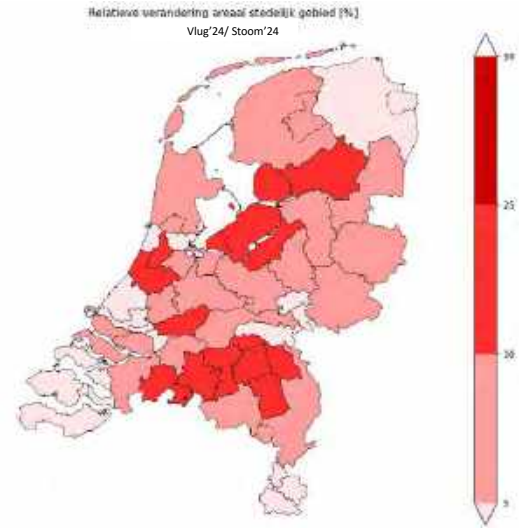
Figuur 12. Landgebruik in de referentiesituatie (Claassens, et al, 2023)

4.3.4 Verstedelijking

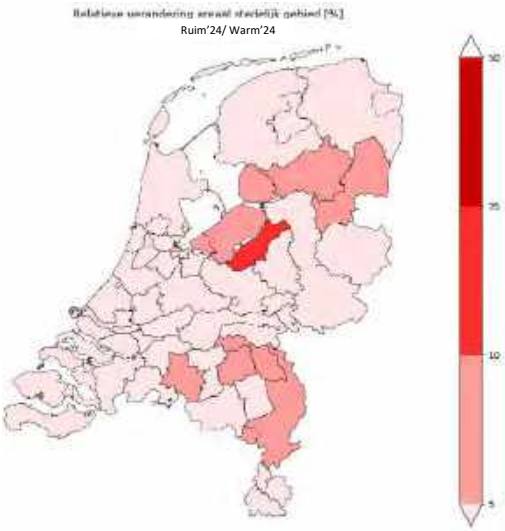
Figuur 13 en Figuur 14 geven de verschillen weer in stedelijk gebied tussen de referentiesituatie (2023) en 2050. In Vlug'24 en Stoom'24 vertaalt de hoge groei van bevolking en economie zich in een sterke toename van woon- en werkgebieden. Het woongebied neemt toe met 19% en het werkgebied met 31%. Er is een sterkere concentratie van woon- en werkgebieden in de Randstad en enkele stedelijke regio's daarbuiten.

In Ruim'24 en Warm'24 is de toename van woongebied beduidend lager, maar neemt nog wel toe met 12%. Het werkgebied neemt net iets minder toe dan Vlug'24 en Stoom'24. Door de geringere buitenlandse immigratie en de geringere toestroom van jongeren naar stedelijke regio's, is de concentratie van bevolking in de steden minder sterk dan in Vlug'24 en Stoom'24. Diverse regio's krijgen zelfs te maken met een bevolkingskrimp.

Het verstedelijkingspatroon volgt het huidige omgevingsbeleid. De woningbouw wordt waar mogelijk ingevuld binnen bestaande plancapaciteit en in de Ladder voor Duurzame Verstedelijking (Kuipers et al., 2023). De woningbouw vindt voornamelijk plaats rond de bestaande stad en rond bestaande knooppunten van openbaar vervoer. Plekken met omgevingsrechtelijke beperkingen (restricties) zijn in de scenario's uitgesloten en daarnaast vindt ook geen verstedelijking plaats in het kustfundament, rivierbedden, waterwingebieden en beschermingszones voor oppervlaktewaterwinning, regionale waterkeringen en waterberging (Kuiper et al. 2023). De stedelijke uitbreidingen gaan ten koste van de grondgebonden landbouw rond de steden. De woning- en utiliteitsbouw binnen de stad gebeurt vooral via sloop (van panden in relatief lage dichtheden) gevolgd door nieuwbouw (in relatief hoge dichtheden). Bestaand groen in de stad in de vorm van sportvelden, parken, volkstuinen etc. worden zo veel mogelijk ontzien.



Figuur 13. Toename van stedelijk gebied Ruim'24 en Warm'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

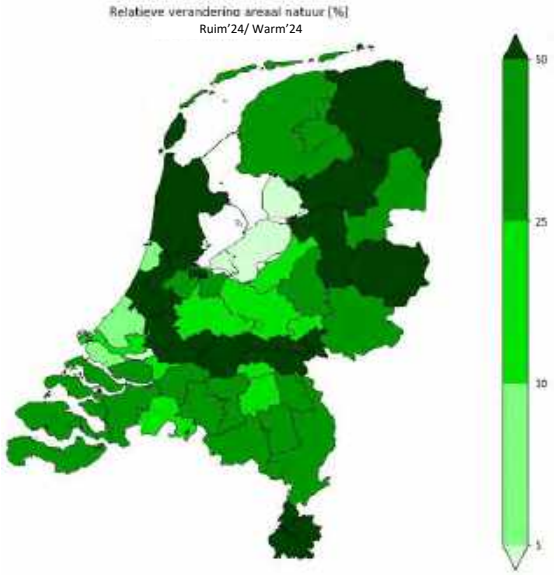


Figuur 14. Toename van stedelijk gebied in Vlug'24 en Stoom'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

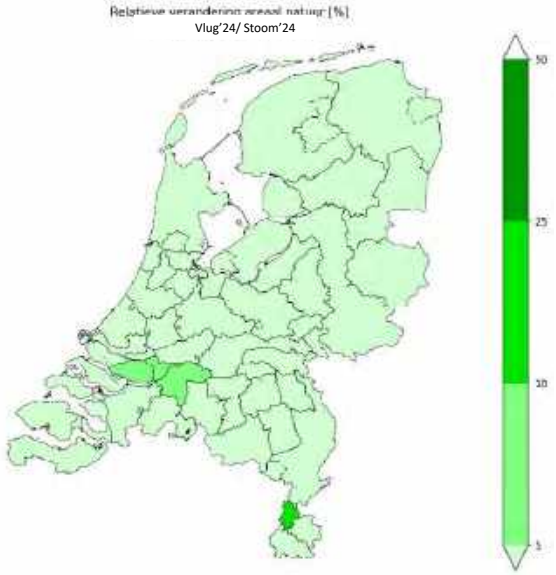
2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Ruimtelijk patroon	Stedelijke agglomeraties Uitbreiding langs de stedelijke randen	Meer verspreid. Uitbreiding langs de stedelijke randen. Ook krimpregio's	Stedelijke agglomeraties Uitbreiding langs de stedelijke randen	Meer verspreid. Uitbreiding langs de stedelijke randen. Ook krimpregio's
Woongebieden	+19%	+12%	+19%	+12%
Werkgebieden	+31%	+29%	+31%	+29%
Recreatie	+19%	+18%	+19%	+18%
Verhard oppervlak	+0,5%	+0%	+0,5%	+0%

4.3.5 Natuur

Een van de leidende principes voor de Deltascenario's is dat wordt uitgegaan van bestaand beleid. Ten aanzien van natuurbeleid is dit echter niet zo eenduidig. Enerzijds zijn er (Europese) afspraken en wetgeving over (de doelen voor) natuurherstel en anderzijds is dat beleid in Nederland nog niet financieel en ruimtelijk vastgelegd. Dit leidt tot twee verschillende uitgangspunten voor bestaand beleid. In Vlug'24 en Stoom'24 wordt uitgegaan van het natuurbeleid dat financieel en ruimtelijk is vastgelegd. In Ruim'24 en Warm'24 worden de Europese doelstellingen als uitgangspunt genomen en dat resulteert in een uitbereiding van natuur. In Ruim'24 en Warm'24 gaan we uit van minder concurrerende akkerbouw en minder verstedelijking, waardoor er ruimte ontstaat voor natuur. In Vlug'24 en Stoom'24 is de ruimtedruk vanuit de verstedelijking en landbouw groot en is vanuit die redenering minder plek voor nieuwe natuur. Hierdoor ontstaat een flink contrast in het landgebruik tussen Vlug'24 en Stoom'24 enerzijds en Ruim'24 en Warm'24 anderzijds (Figuur 15 en Figuur 16).



Figuur 15. Toename natuurareaal in Ruim'24 en Warm'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.



Figuur 16. Toename natuurareaal in Vlug'24 en Stoom'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

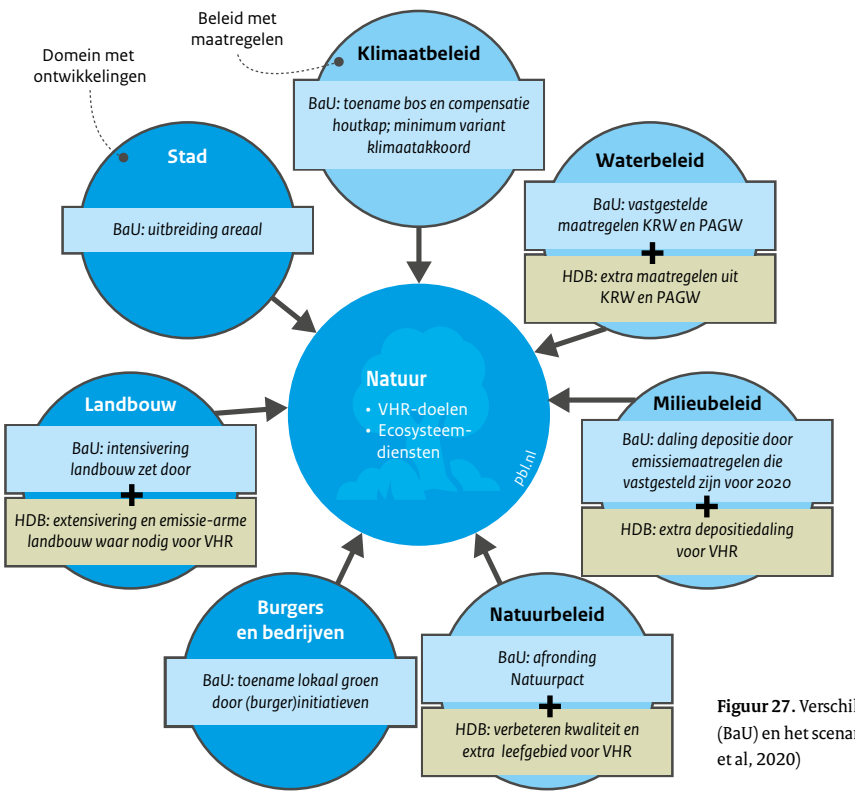
Natuurareaal

In de Vogel- en de Habitatrichtlijn (VHR) hebben de lidstaten van de Europese Unie (EU) afspraken gemaakt over natuurherstel en behoud van biodiversiteit, op basis van diverse internationale verdragen (Pouwels et al, 2020). Een onderdeel van de VHR is het vastleggen van Natura 2000-gebieden, waarmee een Europees netwerk van natuurgebieden wordt gevormd dat moet bijdragen aan de bescherming van soorten en habitattypen. De VHR verplicht Nederland toe te werken naar een "gunstige staat van instandhouding" van beschermde planten, diersoorten en habitattypen. In de VHR-richtlijn staat geen jaartal, maar Nederland heeft zelf het streefdoel van 100% doelbereik in Nederland in 2050 geformuleerd (LNV 2019). De WUR en PBL constateren dat we nog ver af staan van dit doel. In hun scenariostudie Natuurverkenning (Pouwels et al, 2020) is een inventarisatie gemaakt van de natuurplannen die financieel en ruimtelijk zijn vastgelegd. Dit business as usual scenario (BaU) heeft een doelbereik van 60%. In een tweede scenario is onderzocht hoe tot hoger doelbereik (HDB-natuurscenario) gekomen zou kunnen worden, waarbij gekeken is naar locaties die het meest geschikt zouden zijn voor nieuwe natuur.

In de Deltascenario's zijn deze twee scenario's als basis genomen voor de ontwikkeling van natuur in Nederland, waarbij *Business as usual* uitgaat van financieel en ruimtelijk vastgesteld natuurbeleid en *Hoger doelbereik* uitgaat van Europese doelstellingen.
Figuur 17 toont de verschillen tussen de twee scenario's. In Vlug'24 en Stoom'24 volgt de natuurontwikkeling het BaU-natuurscenario. In deze twee scenario's worden geen extra middelen en ruimtelijke reservering gemaakt, omdat de druk op de ruimte vanuit verstedelijking en landbouw hoog blijft. De scenario's Ruim'24 en Warm'24 volgen het Hoger doelbereikscenario. In Ruim'24 en Warm'24 wordt ervan uitgegaan dat het natuurbeleid een krachtige drijfveer is. Er wordt een hoger doelbereik nagestreefd en omdat er minder druk op de ruimte is vanwege de afnemende landbouw en gelijkblijvende verstedelijking kan de natuurdoelstelling voor 90% gerealiseerd worden.

Natuur Netwerk Nederland

In alle scenario's wordt ervan uitgegaan dat het Natuurnetwerk Nederland (NNN) tot 2027 gerealiseerd wordt, waarmee 80.000 hectare natuur gerealiseerd wordt. Hiervan is ongeveer de helft al gerealiseerd. In Vlug'24 en Stoom'24 wordt alleen het restant van de 40.000 hectare natuurnetwerk gerealiseerd, omdat er nog geen aanvullend beleid is voor verdere uitbreiding. In Ruim'24 en Warm'24 zijn extra uitbreidingen van het natuurnetwerk opgenomen volgens het Hoger doelbereik-scenario.



Figuur 27. Verschil tussen het scenario Business as Usuals (BaU) en het scenario Hoger Doelbereik (HDB). (Pouwels et al, 2020)

Bossenstrategie

In de Bossenstrategie[9] uit 2020 hebben Rijk en provincies afgesproken om extra bos aan te planten om bij te dragen aan zowel biodiversiteitsherstel als CO_2-opslag. Er is afgesproken dat er 37.400 hectare nieuw bos wordt gerealiseerd voor 2030, waarvan 15.000 hectare nieuw bos binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN), 3.400 hectare nieuw bos ter compensatie van verdwenen bos, 19.000 hectare extra bos buiten het bestaande natuurnetwerk en het omzetten van 14.000 hectare productiebos naar een natuurfunctie te geven en het bestaande bos waar nodig te revitaliseren. De provincies wijzen hiervoor de locaties aan en verankeren dat in de gebiedsprogramma's (NPLG, 2022). In Vlug'24 en Stoom'24 worden de bossen binnen het natuurnetwerk gerealiseerd en ook compensatie en omzettingen naar natuurbos worden gerealiseerd. De locaties voor de 19.000 ha die buiten het natuurnetwerk liggen zijn nog niet aangewezen en daarom niet opgenomen. In Ruim'24 en Warm'24 worden de bossen wel aangelegd volgens het Hoger doelbereik-scenario.

Groenblauwe dooradering

Een aanzienlijk deel van de Europese soorten en habitattypen komt voor buiten de Natura 2000-gebieden of andere beschermde natuurgebieden (NPLG, 2022). Daarom wordt door het Nationaal Programma Landelijk gebied voorgesteld om naast natuurbehoud in natuurgebieden ook in te zetten op natuurinclusieve ontwikkelingen daarbuiten, waardoor ook daar meer biodiversiteit ontstaat (NPLG, 2022). Het Nationaal Programma Landelijk Gebied stelt daarom tot doel om 10% van het landelijk gebied te dooraderen met groene en blauwe zones ten behoeve van de natuur. Dit is met name in de vorm van houtwallen en smalle natuurstroken langs de landbouw percelen. Deze dooradering heeft ook het doel om natuurgebieden met elkaar te verbinden. In Vlug'24 en Stoom'24 vindt de dooradering her en der plaatst. In Ruim'24 en Warm'24 wordt de dooradering op grote schaal gerealiseerd, mede vanwege de ontwikkeling van nieuwe verdienmodellen van boeren voor natuur- en landschapsbeheer.

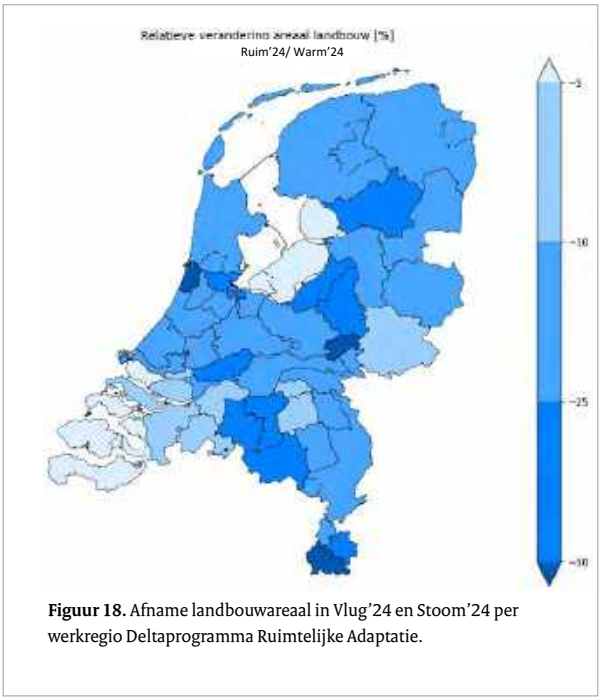
2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Sluit aan bij natuurscenario NVK	Business-as-usual (BaU)	Hoger doelbereik (HDB)	Business-as-usual (BaU)	Hoger doelbereik (HDB)
Areaal Natuur (ha)	0%	+ 39%	0%	+39%
Natuurnetwerk (NNN)	Realisatie	Realisatie + extra uitbreiding	Realisatie	Realisatie + extra uitbreiding
Groenblauwe dooradering	Beperkt	Grootschalig	Beperkt	Grootschalig

[9] Kamerstuk 33 576, nr. 202

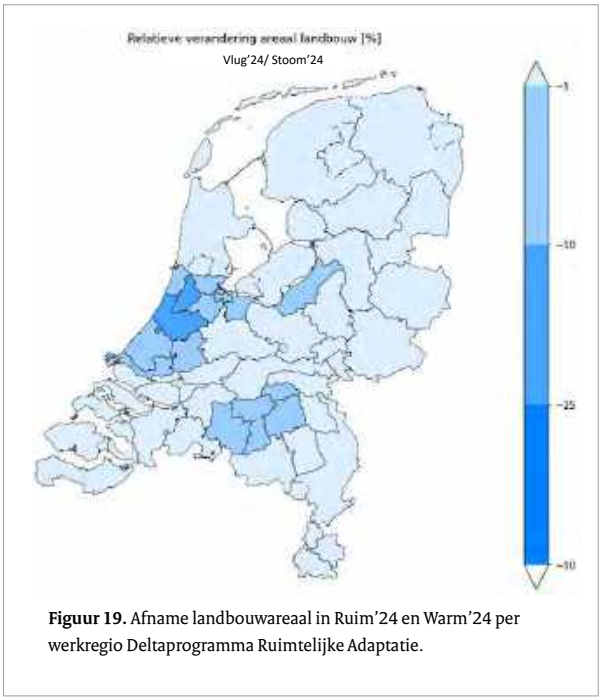
4.3.6 Landbouw

De landbouw in Nederland heeft een relatief grote zoetwatervraag. Ontwikkelingen in de landbouw zijn daarom van grote invloed op de wateropgave. Klimaatverandering heeft direct effect op de landbouw door de extra verdamping en toename van het neerslagtekort. In de scenario's wordt aangenomen dat dit met extra beregening gecompenseerd wordt. Net als in de vorige Deltascenario's wordt ervanuit gegaan dat als gevolg van klimaatverandering naar de Zuid-Europese landbouw meer te kampen zal krijgen met watertekorten dan de Nederlandse landbouw. Dat kan voor de Nederlandse landbouw juist in een goede concurrentiepositie resulteren. Deze internationale component die de maken heeft met concurrentiepositie, afzet en prijsontwikkelingen is voor de landbouw zeer bepalend. In Vlug'24 en Stoom'24, die uitgaan van goede internationale samenwerking, heeft de Nederlandse landbouw een hoge afzet en goede concurrentiepositie. Volgend op de socio-economische ontwikkeling is in Ruim'24 en Warm'24 is die internationale samenwerking minder. Als gevolg daarvan krimpt de landbouwsector. De krimp valt samen met een krachtiger natuurbeleid, waardoor veel landbouwgebieden worden omgezet in natuur (zie hoofdstuk 4.3.3).

Figuur 18 en Figuur 19 geven de verschillen weer in landbouwareaal tussen de referentiesituatie en de huidige situatie en 2050. De verschillen in het landbouwareaal tussen Vlug'24 en Stoom'24 en Ruim'24 en Warm'24 zijn het gevolg van verstedelijking en de uitbreiding van natuur. In de landbouwgebieden die blijven treden verschillen op in de wijze waarop de landbouw bedreven wordt. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt de veehouderij minder intensief en is er lager gebruik van mest dan in Stoom-24 en Warm'24.



Figuur 18. Afname landbouwareaal in Vlug'24 en Stoom'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.



Figuur 19. Afname landbouwareaal in Ruim'24 en Warm'24 per werkregio Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

Areaal landbouw

De trend van een afnemend areaal landbouwgrond voor veeteelt en akkerbouw en tuinbouw als gevolg van het gebrek aan opvolging (Berkhout et al., 2022) zet in alle scenario's door. In alle scenario's worden de vrijkomende gronden slechts ten dele overgenomen door andere boeren. In Vlug'24 en Stoom'24 zorgt de bevolkingstoename voor extra verstedelijking. De uitbreidingen van woon- en werkgebieden gaan ten koste van landbouwgronden. De vrijkomende landbouwgronden worden overgenomen door projectontwikkelaars of gemeenten om de toenemende vraag naar woningen te accommoderen. In Ruim'24 en Warm'24 is niet de oprukkende verstedelijking de oorzaak van een afnemend landbouwareaal, maar een combinatie van een landbouwsector die het economisch moeilijk heeft en een ambitieuzer natuurbeleid. Vrijkomende landbouwgronden wordt in deze twee scenario's omgezet in natuurgebieden. De overheden maken hiervoor financiële middelen beschikbaar. De landbouwontwikkelingen gaan ook gepaard met nieuwe verdienmodellen. Boeren krijgen bijvoorbeeld subsidies (door de overheid) voor landschapsbeheer als natuur daar een onderdeel van vormt, of als bijdrage aan de groenblauwe dooradering van het landelijk gebied (zie o.a. hoofdstuk 4.3.5) of het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en natuurlijke ziekte- en plaagwering (in plaats van pesticiden).

Veehouderij en akkerbouw

Voor de veehouderij en de akkerbouw geldt dat in alle scenario's de broeikasgasemissies omlaag gaan. De emissies van de veehouderij bestaan grotendeels uit methaan (CH^4) Ongeveer driekwart daarvan is afkomstig van pens en darmfermentatie van rundvee en een kwart van mestopslag en bewerking of van andere dieren (Vonk et al, 2021). Het gebruik van kunstmest op akkerbouwgronden is de grootste bron van lachgas (N_2O).

Omdat het landbouwakkoord nog in de maak is, is er geen concreet landbouwbeleid dat als basis kan gelden voor landbouwhervormingen in de Deltascenario's. Wel zijn er het

Klimaatakkoord reductiedoelstellingen voor de veehouderij en akkerbouw gesteld (van 5 Mton (EZK, 2022; IBO-Klimaat, 2023). De reductie zal grotendeels gerealiseerd moeten worden via de Provinciale gebiedsprogramma's als onderdeel van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Daarnaast heeft Nederland zich ook gecommitteerd aan de 'Global methane pledge', waarin internationale afspraken zijn gemaakt over methaanemissiereducties (30% reductie in 2030 ten opzichte van 2020 (EZK, 2022).

In navolging van het Klimaatakkoord en de "Global Methane Pledge" wordt in de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 uitgegaan van een sterke afname van de emissies van broeikasgassen uit veehouderij (methaan) en de akkerbouw (lachgas). Hiervoor worden regelgeving, productierechten en quota voor vee-dichtheid aangescherpt (IBO, 2022). Voor de intensieve veehouderij in Noord-Brabant, Limburg, Overijssel, Gelderland en Utrecht is daardoor een afname van de veestapel te verwachten. In deze twee scenario's wordt de veehouderij minder intensief. In Vlug'24 blijft de internationale concurrentiepositie echter goed, omdat andere landen soortgelijke maatregelen doorvoeren. In Ruim'24 neemt die positie wat af en zijn verschuivingen te zien in de afzetmarkt van buitenlandse naar de binnenlandse markt. De scenario's Stoom'24 en Warm'24 gaan uit van een minder grote daling van de veestapel en een kleinere reductie in de methaanemissies.

Ook het mestgebruik in de akkerbouw wordt in alle scenario's afgebouwd als gevolg van (internationaal) klimaatbeleid. In Vlug'24 en in Ruim'24 gaat de afbouw van kunstmest veel sneller dan in Stoom'24 en Warm'24. Vanwege de toename van droogte door klimaatverandering, behoudt de Nederlandse akkerbouw een goede internationale concurrentiepositie ten opzichte van andere landen die nu al relatief Warm'24 en droog zijn. In Stoom'24 en Warm'24 zal dit effect mogelijk groter zijn.

Glastuinbouw

In alle scenario's neemt de glastuinbouw iets af. Glastuinbouw is niet direct gevoelig voor klimaatverandering, omdat de condities in de kas goed te controleren zijn. Vanwege de hoge productiviteit blijft de glastuinbouw in alle vier de scenario's internationaal concurrerend. Investeringen zijn vooral gericht op verduurzaming en niet op uitbreiding. Ongeveer een kwart van de huidige broeikasgasemissies in de landbouwsector is toe te schrijven aan de glastuinbouwsector door de warmteproductie met fossiele energie. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt aangenomen dat glastuinbouw voor een groot gedeelte is overgeschakeld naar duurzaam opgewekte warmte, bijvoorbeeld via geothermie. In Stoom'24 en Warm'24 gaan we ervan uit dat deze overschakeling langzamer gaat en in 2050 een kleiner deel duurzaam produceert. De relatief hoge kosten die met de overschakeling te maken hebben leiden tot een lichte krimp.

Scenario	Potentieel beregend areaal (ha)	Verandering tov Referentie (%)
Referentie	399 568	-
Vlug'24 2050	639 344	+ 60%
Stoom'24 2050	780 238	+ 95%
Ruim'24 2050	605 286	+ 51%
Warm'24 2050	741 600	+ 86%

Tabel 3. Beregend areaal per scenario en de relatieve toename ten opzichte van de referentie in 2050.

Bollenteelt

De bollenteelt is kapitaalintensief en erg gevoelig voor watertekorten en verzilting. Daarnaast lopen de eisen van diverse typen bollen uiteen, wat extra eisen stelt aan (de kwaliteit van) het watersysteem. (In Noord Holland wordt circa 84% van dit areaal beregend uit oppervlaktewater en 2% uit grondwater.) Klimaatverandering vormt voor de sector een grote bedreiging, vooral door verzilting die al voelbaar is (Acacia Water, 2014), maar ook door toenemende droogte en wateroverlast. In alle Deltascenario's blijft de bollenteelt op de dezelfde plekken als nu. Er zal in alle scenario's meer worden doorgespoeld om verzilting tegen te gaan en beregening mogelijk te maken.

Beregening

Als gevolg van de extra verdamping en neerslagtekort door klimaatverandering zal de watervraag per hectare toe nemen. In Stoom'24 en Warm'24 zal dit sterker toenemen dan in Vlug'24 en Ruim'24, omdat de verdamping en het neerslagtekort groter zijn. Met behulp van de Regionscan (Delsman, 2018) zijn beregeningskaarten gegenereerd. Deze tool bepaalt aan de hand van een kostenbatenafweging waar extra beregening (vanuit bedrijfsperspectief) kan plaatsvinden en dus een extra watervraag ontstaat. (Hierbij is rekening gehouden met het veranderende landbouwareaal.). Tabel 3 geeft een overzicht van de verwachte toename van beregening in de scenario's.

2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Areaal Landbouw (ha)	-2%	-14%	-2%	-14%
Veehouderij	Extensief		Extensief en intensief	
Akkerbouw	Geen gebruik van kunstmest		Minder gebruik van kunstmest	
Glastuinbouw	Volledige overstap naar duurzame warmtebron en glastuinbouw onder volledig gecontroleerde condities		Gedeeltelijke overstap naar duurzame warmtebron	
Bollen/sierteelt	Blijft	Blijft	Blijft	Blijft
Kringloop	Verschuiving naar lokaal & regionaal		Marginale verschuiving naar lokaal & regionaal	
Natuur-inclusief	Marginaal	Veel	Marginaal	Veel
Verticale landbouw	Veel	Marginaal	Veel	Marginaal
Dieet	Grote verschuiving naar plantaardig dieet		Blijft gelijk	


Waal

4.3.7 Scheepvaart

Economische groei

Toekomstige scheepvaart condities worden grotendeels beïnvloed door de mate van economische groei. De prognose Integrale Mobiliteitsanalyse (2021) verwacht een toename in vervoerd gewicht van 18% onder het lage economische dynamiek scenario en 34% toename onder het hoge economische dynamiek scenario van de WLO uit 2015 (Rijkswaterstaat, 2021; Min. IenW, 2021). De prognoses voor scheepvaart zijn gebaseerd op de veranderingen in 2040 ten opzichte van 2018. Hiermee sluiten ze niet volledig aan op de zichtjaren van de Deltascenario's.

Verduurzaming

De scheepvaart wordt beïnvloed door de energietransitie. Enerzijds zal de scheepvaart over moeten stappen op niet-fossiele brandstof zodat (een deel van) de schepen emissieneutraal worden. Anderzijds wordt zij geraakt doordat de vracht verandert en er minder fossiele grondstoffen vervoerd zullen worden. In deze prognoses wordt meegenomen dat er een daling van ~60% te verwachten is in steenkool, bruinkool en cokes en ~20% in ruwe olie en aardgas. In de Deltascenario's gaan we ervan uit dat de resterende fossiele goederenstromen vervangen worden door andere (energie) dragers. De prognoses voor de scheepvaart worden daarom niet aangepast voor de Scenario's Vlug'24 en Ruim'24.

2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Economische groei	Toename in gewicht goederenvervoer 34%	Toename in gewicht goederenvervoer 18%	Toename in gewicht goederenvervoer 34%	Toename in gewicht goederenvervoer 18%
Energietransitie	1. Vervoer van fossiele grondstoffen is verdwenen en overgenomen door andere goederen 2. Transitie binnen de vloot naar emissieneutraal transport	1. Vervoer van fossiele grondstoffen is verdwenen en overgenomen door andere goederen 2. Transitie binnen de vloot naar emissieneutraal transport		
Klimaatimpact op stremmingen/ vaarbeperkingen	Toename van knelpunten voor hoogwater en waterdieptecriterium wordt op meer plaatsen niet gehaald ten opzichte van 2018	Toename van knelpunten voor hoogwater en waterdieptecriterium wordt op meer plaatsen niet gehaald ten opzichte van 2018	Zeer sterkte toename van knelpunten voor hoogwater en waterdieptecriterium wordt op zeer veel meer plaatsen niet gehaald ten opzichte van 2018. Tevens is er een toename van de duur van stremmingen	Zeer sterkte toename van knelpunten voor hoogwater en waterdieptecriterium wordt op zeer veel meer plaatsen niet gehaald ten opzichte van 2018. Tevens is er een toename van de duur van stremmingen

4.3.8 Drinkwater

Uitbreiding capaciteit drinkwatervoorziening
Door de toename in bevolkginsomvang neemt ook de drinkwatervraag toe. In Vlug'24 en in Stoom'24 worden drinkwatervoorzieningen uitgebreid met in totaal zo'n 16% meer capaciteit. Deze toename is niet gelijk verdeeld over Nederland en volgt het patroon van de verstedelijking. In sommige drinkwatervoorzieningsgebieden is daarom deze toename groter ten opzichte van gebieden met minder bevolkingsgroei. Daarbij is uitgegaan van de bestaande onttrekkingspunten; dit betekent dat er in de scenario's geen verschuivingen zijn in de bronnen ten opzichte van nu. In de scenario's is verondersteld dat de verhouding tussen huishoudelijk verbruik en zakelijk verbruik hetzelfde blijft. Het zakelijk verbruik volgt dus ook de bevolkingsgroei. In Ruim'24 en Warm'24 blijft die bevolkingsomvang min of meer gelijk en blijft de totale omvang van drinkwatervoorziening ongeveer gelijk.

Besparing
Het drinkwaterverbruik in 2050 is afhankelijk van autonome besparing op drinkwaterverbruik. Baggelaar et al. (2022) verwachten dat het drinkwaterverbruik per persoon iets afneemt van 128 liter per persoon per dag naar 126 liter in 2040. Deze autonome besparing is voor alle scenario's aangenomen, omdat het gebaseerd is op gedrag (doucheduur, keuze voor type douche, etc.) en apparaat-efficiëntie en niet afhankelijk zijn van de assen klimaat, emissiereductie of economische groei. De niet-huishoudelijke autonome besparing is sectorafhankelijk. Elke sector heeft een andere verwachte autonome besparing (Baggelaar et al., 2022). Vanwege gebrek aan informatie over de toekomstige, ruimtelijke verdeling van de sectoren kan dit niet goed worden doorvertaald naar wat dit betekent voor individuele drinkwateronttrekkingen. Daarom is uitgegaan van het gemiddelde van de verwachte zakelijke besparing volgens Baggelaar et al. (2022), namelijk 13%. Dit geldt voor alle scenario's.

2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Drinkwatervraag	+16%	-1%	+16%	-1%
Besparing huishoudelijk	2 l/per dag	2 l/per dag	2 l/per dag	-2 l/per dag
Besparing zakelijk	-13%	-13%	-13%	-13%
Zomereffect	Neemt toe	Neemt toe	Neemt sterk toe	Neemt sterk toe
Locaties onttrekkingen	Gelijk aan nu	Gelijk aan nu	Gelijk aan nu	Gelijk aan nu
Vergunningen	Uitbreiding	Extra reserve	Uitbreiding	Extra reserves


Kwade Hoek, Goedereede

4.3.9 Energietransitie

Koelwater energiecentrales

De aanpak van het kabinet is gericht op de groei van het aandeel hernieuwbare energie uit wind en zon, het vervangen van elektriciteitsproductie uit fossiele brandstoffen door CO_2-vrije brandstoffen of toepassing van CO_2-opslag en CO_2-vrije elektriciteitsproductie middels kernenergie (EZK, 2022). Het kabinet zet in op voldoende binnenlandse productie van elektriciteit in 2050 voor de directe elektriciteitsvraag en de productie van andere energiedragers (zoals waterstof) en de export daarvan. In het concept Nationaal Energie Plan wordt uitgegaan van een vervierdubbeling van het totale elektriciteitsaanbod in 2050 (EZK, 2023). Ook de warmtevoorziening moet verduurzamen. Volgens het Klimaatakkoord moet 95% van de gebouwde omgeving in 2050 aardgasvrij zijn. Alternatieve warmtebronnen voor aardgas, naast elektriciteit, zijn restwarmte, geothermie, bodemenergie en aquathermie.

Het belangrijkste effect voor het waterbeheer is de koelwatervraag door energiecentrales en kerncentrales. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt sterk ingezet op de reductie van CO_2 en in 2050 is de uitstoot met 95% afgenomen. In deze twee scenario's lukt het Nederland om voor 2050 grotendeels over te schakelen op hernieuwbare bronnen. In Stoom'24 en Warm'24 doorloopt Nederland de energietransitie minder snel. Gasgestookte energiecentrales zullen tot 2050 nodig blijven als regelbaar vermogen voor de leveringszekerheid. Door het kabinet wordt ingezet op het ombouwen van gascentrales, zodat deze CO_2-vrij gas kunnen inzetten (EZK, 2022). De koelwatervraag van gascentrales zal daarom ook blijven. In de scenario's wordt van het volgende uitgegaan voor de koelwatervraag. In Vlug'24 en Ruim'24 vindt een koelwaterreductieplaats van 95%. Gascentrales worden alleen als sluitstuk ingezet. In Stoom'24 en Warm'24 is de reductie van koelwater 80%. Voor Stoom'24 en Warm'24 blijft dat hetzelfde als in de actualisatie van de Deltascenario's in 2017 (Wolters, 2018).

Kernenergie en waterstof

In het concept Nationaal plan Energiesysteem wordt uitgegaan van 3,5-7 GW aan kernenergie. In Vlug'24 en Ruim'24 neemt de productie van kernenergie sneller toe dan in Stoom'24 en Warm'24, omdat de afbouw van fossiele sneller gaat. Het kabinet heeft de benodigde stappen gezet ter voorbereiding voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales. In het Klimaatfonds zijn middelen opgenomen voor kerncentrales. In alle vier de scenario's wordt er daarom van uitgegaan dat de bestaande kerncentrales operationeel blijven. Eerder heeft het kabinet in het coalitieakkoord van 2021 aangekondigd dat de kerncentrale in Borssele langer open blijft. Er wordt uitgegaan van eenzelfde vraag naar koelwater als nu. Voor de eventuele nieuwe kerncentrales geldt dat er nog geen beslissing is genomen waar deze centrales gebouwd gaan worden en zijn daarom niet vertaald naar modelinvoer. Voor waterstof wordt in 2050 een belangrijke systeemrol voorzien (EZK, 2023). Hernieuwbare ("groene") waterstof zal binnenlands grootschalig worden geproduceerd op momenten van overvloedig aanbod van CO_2-vrije elektriciteit en zal worden in gezet op momenten dat minder productie is door zon en wind en als brandstof in de industrie en (internationale) lucht- en scheepvaart. Richting 2040 zet het kabinet in op een elektrolysecapaciteit van 15 - 20GW en zal grijze en blauwe waterstof steeds verder vervangen worden door groene waterstof (EZK, 2023). Een groot deel hiervan zal geproduceerd worden op zee, waardoor het geen invloed heeft op de watervraag.

2050	Vlug'24	Ruim'24	Stoom'24	Warm'24
Afbouw fossiele energiecentrales	95%	95%	80%	80%
Kernenergie	Snelle toename	Snelle toename	Gestage toename	Gestage toename
Waterstof	Snelle toename	Snelle toename	Gestage toename	Gestage toename



4.3.10 Industrie

Industrieel watergebruik is gekoppeld aan de groei van het bruto binnenlands product (Wolters et al, 2018). Voor Vlug'24 en Stoom'24 groeit het BBP met een factor 1,8 in 2050 en in Ruim'24 en Warm'24 met een factor 1,2. In navolging van de vorige Deltascenario's gaan we ervan uit het relatieve belang van de industriële productie in de economie in alle scenario's afneemt. In Vlug'24 en Stoom'24 neemt jaarlijks het aandeel industrie af met 1% en in Ruim'24 en Warm'24 met 0,5%. Dat komt neer op een afname in 2050 ten opzichte van de referentie (2018) met een met factor 0,7 in Vlug'24 en Stoom'24 en voor Ruim'24 en Warm'24 een afname met een factor 0,9.

Daarnaast is het te verwachten dat er vanwege de productiekosten een efficiëntieslag zal plaatsvinden, waardoor minder watergebruik nodig zal zijn. In de vorige Deltascenario's is deze efficiëntieverbetering scenario-afhankelijk gemaakt. Echter, voor deze efficiëntieverbeteringen zijn geen goede onderbouwing te vinden en passen daarom beter onder de autonome adaptatie in de "Wat-Als?"-ontwikkelingen. Bovendien zijn dit soort verbeteringen niet direct afhankelijk van klimaat of economische groei en daarom wordt in alle scenario's uitgegaan van een gelijke toename in efficiënter waterverbruik in elk scenario. Er wordt een besparing van 1.1% per jaar aangenomen, dat overeenkomt met het gemiddelde van de Deltascenario's uit 2017. Dit leidt tot een afname van het waterverbruik met een factor 0,7 in 2050. Dit leidt opgeteld tot een toename van de watervraag in Vlug'24 en Stoom'24 van 2%. In Ruim'24 en Warm'24 leidt dit tot een afname van de watervraag met 19%.

Uit deze analyse blijkt dat aannames over besparing zeer bepalend zijn voor de bandbreedte van de watervraag. Deze dienen beter onderbouwd te worden. Tot die tijd is het verstandiger om het als "Wat-Als?"-ontwikkeling mee te nemen om gevoeligheidsanalyses mee te doen. Nieuwe datacenters of nieuwe industrie kunnen een lokale watervraag hebben. Aangezien er geen informatie voorhanden is waar eventueel datacenters of nieuwe industrie komt, is dit niet meegenomen in de landelijke Deltascenario's. Mochten deze locaties duidelijk worden dan kunnen deze in de modelinvoer worden aangepast.

4.4 Conclusies

- Door klimaatverandering ontstaat er een grotere grilligheid van neerslag en verdamping in Nederland en de stroomgebieden van de Rijn en de Maas. De waterbeschikbaarheid in de zomer neemt af door langere periodes met minder of geen neerslag en langduriger lagere rivierafvoeren, terwijl in de winter de wateraanvoer in de vorm van neerslag en rivierafvoeren toeneemt. Ten opzichte van het huidige klimaat wordt de waterbeschikbaarheid dus ook grilliger.

- In de scenario's met meer klimaatverandering (in Stoom'24 en Warm'24) zijn de verschillen (tussen droge en natte condities) groter dan in de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 waarin het klimaat minder verandert.

- Het verhogen van het oppervlaktewaterpeil in de veenweidegebieden ter compensatie van grondgebonden emissie-uitstoot resulteert in een toename in de watervraag. Voor de scenario's Vlug'24 en Ruim'24, waarbij is aangenomen dat het oppervlaktewaterpeil maximaal 0,20m onder maaiveld staat, is de toename aan watervraag voor het veenweidegebied groter ten opzichte van Stoom'24 en Warm'24 waarbij het oppervlaktewaterpeil maximaal 40 cm onder maaiveld komt te staan.

- Door bevolkingsgroei neemt de behoefte aan drinkwater en water voor de industrie voor alle scenario's toe. In de scenario's Vlug'24 en Stoom'24 is deze toename groter ten opzichte van Ruim'24 en Warm'24.

- Door hogere temperaturen en grotere neerslagtekorten in de zomer (vooral in Stoom'24 en Warm'24) is er een toenemende beregeningsvraag per hectare landbouw.

Hoofdstuk 5

Consequenties voor water en de fysieke leefomgeving



De klimatologische en maatschappelijke ontwikkelingen hebben consequenties voor diverse watergerelateerde functies. Door een grilliger klimaat enerzijds en maatschappelijke eisen anderzijds komt het watersysteem steeds meer onder druk te staan. Bestaande knelpunten worden groter en nieuwe knelpunten kunnen ontstaan. In alle scenario's nemen de wateropgaven daardoor toe. Door de stapeling van de verschillende wateropgaven kunnen er structurele problemen op regionale schaal of in nationale samenhang ontstaan die niet altijd lokaal of in het watersysteem op te lossen zijn. De wateropgaven werken door in de andere vraagstukken in de fysieke leefomgeving. Er komt meer nadruk op de samenhang van de wateropgave met andere maatschappelijke opgaven.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de consequenties van de toekomstige ontwikkelingen op het watersysteem. Eerst worden de consequenties voor verschillende functie beschreven. Daarna wordt ingegaan op de betekenis daarvan voor de opgaven van zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid. Tot slot wordt nog aandacht besteed aan het integrale beeld en wordt de stapeling van de wateropgaven besproken.

5.1 Consequenties voor functies in water- en bodemsysteem

5.1.1 Extra watervraag voor doorspoeling

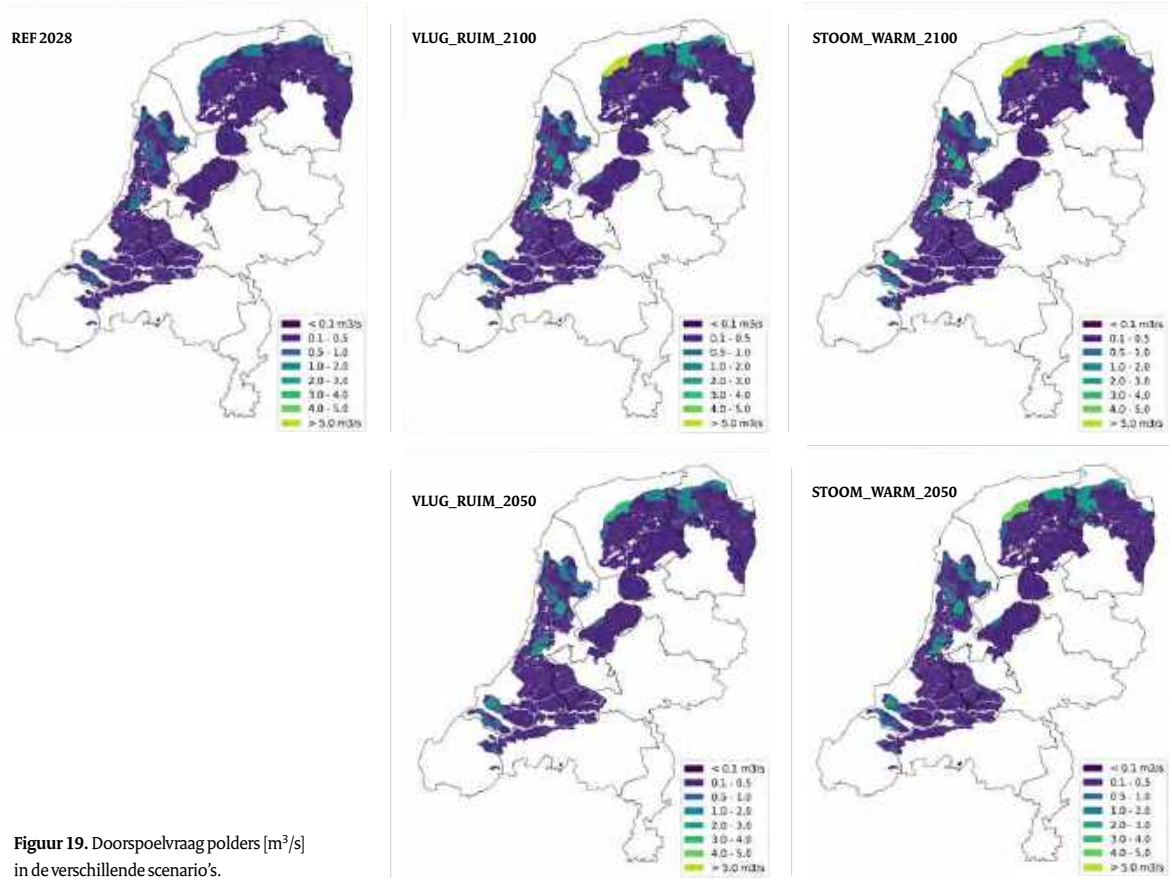
Zeespiegelstijging zorgt voor verdere verzilting van de kustgebieden. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen interne en externe verzilting. Interne verzilting vindt plaats door kwel vanuit de bodem, waarbij zout in het oppervlaktewater en het ondiepe grondwater terecht komt. Door zeespiegelstijging neemt de zoute kweldruk toe. Dit vindt plaats langs de kustzone en in diepe polders en droogmakerijen in laag-Nederland. Externe verzilting komt door binnentredend zoutwater vanuit de zee. Dit vindt bijvoorbeeld plaats in de open zeeverbindingen (Nieuwe Maas, Hollandsche IJssel, Lek), maar ook bij het schutten door
(zee)sluizen (o.a. IJmuiden, Afsluitdijk, Volkerak-Zoommeer).

In alle scenario's wordt ervan uitgegaan dat verdere verzilting niet geaccepteerd wordt. De doorspoelbehoefte neemt daarom toe om niet boven de huidige concentraties uit te komen. Binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP Zss) is onderzocht in hoeverre de doorspoelvraag verandert bij het handhaven van de huidige concentraties in het regionale oppervlaktewater (Delsman et al., 2022).

In Figuur 20 en Tabel 4 is de toename in de doorspoelvraag van de polders voor de verschillende Deltascenario's weergegeven. In de huidige situatie is de totale watervraag om alle polders door te spoelen 20 m3/s. In 2050 neemt dat in Vlug'24 en Ruim'24 toe tot 37 m3/s en tot 39 m3/s in Stoom'24 en Warm'24, uitgaande van een zeespiegelstijging van respectievelijk 24 cm en 27 cm. In 2100 nemen de benodigde doorspoeldebieten nog meer toe. Voor Vlug'24 en Ruim'24 komt dat neer op 50 m3/s en voor Stoom'24 en Warm'24 op 75 m3/s, uitgaande van zeespiegelstijging van 44 cm en 82 cm. (Janssen et al, 2024).

Referentie	**20 m^3/s**
Vlug'24 2050 en Ruim'24 2050	**37 m^3/s**
Stoom'24 2050 en Warm'24 2050	**39 m^3/s**
Vlug'24 en Ruim'24 2100	**50 m^3/s**
Stoom'24 en Warm'24 2100	**75 m^3/s**

Tabel 4



Figuur 19. Doorspoelvraag polders [m^3/s] in de verschillende scenario's.

5.1.2 Extra watervraag veenweidegebied

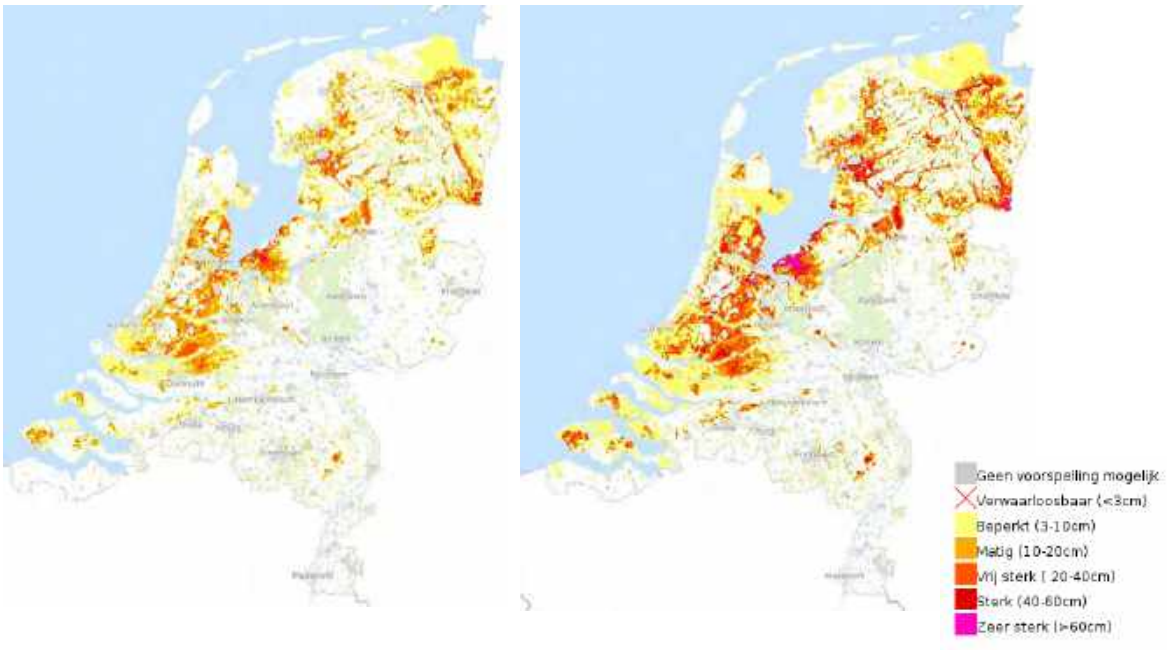
In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 worden de grondgebonden emissies uit de veenweidegebieden teruggebracht door het oppervlaktewaterpeil in de veengebieden te verhogen tot minimaal 0,20m onder maaiveld. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 wordt uitgegaan van een verhoging van het oppervlakte waterpeil tot minimaal 0,40 m onder maaiveld in 2050. In alle scenario's leidt dit tot een aanzienlijke extra watervraag.

In een studie van Deltares is geanalyseerd hoe de watervraag voor peilbeheer in veengebieden verandert als actief gestuurd zou worden op een grondwaterstand tussen de 0,20 en 0,40 m onder maaiveld (America et al, 2023). Hierbij is gekeken naar de extra zoetwatervraag waarbij de zomergrondwaterstanden in een droge zomer (2018) niet verder zakken dan 0,40 m onder het maaiveld door vaste (hogere) slootpeilen en infiltratiemaatregelen. Het verhogen van grondwaterstanden vereist extra maatregelen van boeren. Dit is in de Deltascenario's niet meegenomen, omdat er geen onderbouwde schattingen zijn in welke mate dit daadwerkelijk zou plaatsvinden. De berekeningen zijn daarom indicatief voor condities in 2050, maar geven aan dat de watervraag voor het verhogen van de grondwaterstanden in alle veenweidegebied (gedurende het zomerhalfjaar van 2018) met circa 36% toeneemt ten opzichte van het huidige peilbeheer. Het alleen verhogen van oppervlaktewaterpeilen hoeft niet altijd te leiden tot voldoende verhoging van grondwaterstanden en het daarvoor benodigde volume water kan daardoor kleiner zijn dan de watervraag die nodig is om de grondwaterstanden te verhogen. Of de extra zoetwatervraag problematisch is, is afhankelijk van de periode waarin de peilopzet plaatsvindt en de zoetwaterbeschikbaarheid op dat moment. Door het flexibiliseren van (verhoogd) peilbeheer kan meer water in de regio worden vastgehouden. Een meer dynamische vorm van peilbeheer, waarbij het uitzakken van peilen wordt uitgesteld tot de verwachte periode van watertekort, kan potentieel bijdragen aan het reduceren van watertekorten.

5.1.3 Bodemdaling

De huidige bodemdaling in veenweidegebieden is tussen de 3 en 10 mm per jaar. Voor komende decennia is dit, zonder aanvullende maatregelen, in dezelfde orde grootte (of groter) als de snelheid van zeespiegelstijging (Figuur 21). Dit is voornamelijk het gevolg van oxidatie door blootstelling aan zuurstof, waarbij CO_2 vrijkomt. Deze broeikasgasemissie kan teruggebracht worden door grondwaterstanden te verhogen waardoor de oxidatie vermindert (zie paragraaf 4.2.1).

In het klimaatakkoord is een verhoging van het oppervlaktewaterpeil in veengebied afgesproken en dat is in de Deltascenario's opgenomen. In de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 wordt de totale broeikasgas-uitstoot naar (zo goed als) nul gebracht. Om de grondgeboden emissies terug te brengen gaan we ervan uit dat het oppervlaktewaterpeil in de veengebieden in 2050 wordt verhoogd naar 0,20 m onder maaiveld. Volgens de huidige inzichten is dit niet voldoende om CO_2 neutraal te worden, maar wel voldoende om de doelstelling voor 2030 te halen. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 zijn de maatregelen om emissies terug te brengen minder verstrekkend, in deze scenario's wordt een verhoging van het oppervlakte waterpeil meegenomen tot 0,40m onder maaiveld in 2050. Dit is in paragraaf 4.2.1 in meer detail beschreven.



Figuur 21. Bodemdalingskaarten voor de periode 2020 – 2050 (links) en 2020 – 2100 (rechts). Het oppervlaktewaterpeil daalt niet mee met het maaiveld. (Bron: Erkens et al 2021), zie ook https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/bodemdalingsvoorspellings-kaarten).

Bij hogere grondwaterstanden zal bodemdaling afremmen. Het is daarom de verwachting dat bodemdaling in de veenweidegebieden zal afnemen in alle scenario's. In hoeverre het opzetten van het slootpeil voldoende zal zijn om de grondwaterstanden voldoende te verhogen is afhankelijk van andere maatregelen op perceelniveau, zoals infiltratiemaatregelen of bodemverbeteringsmaatregelen.

Het moment waarop het oppervlaktewaterpeil verhoogd wordt heeft invloed op de uiteindelijke bodemdaling. Hoe eerder dit wordt ingezet, hoe minder bodemdaling zal plaatsvinden. In de Deltascenario's wordt vooralsnog uitgegaan van de reeds bestaande bodemdalingskaarten. Deze zijn recentelijk gemaakt voor 2050 en 2100 door Erkens et al. (2021). De prognoses zijn gemaakt voor een Business-as-Usual scenario met voortgaande peilindexatie en sterke klimaatverandering en een 'Parijs-akkoord-scenario' met gematigde klimaatverandering en peilfixatie[10]. Voor deze laatste geldt dat er mogelijk sprake van een onderschatting van de bodemdaling kan zijn, indien de peilopzet pas doorgevoerd zou worden rond 2050[11] .

5.1.4 Consequenties voor de drinkwatervoorziening

Het is nu al zo dat de helft van de drinkwaterbedrijven kleinere operationele reserves heeft dan verplicht is en dat drinkwaterreserves steeds schaarser worden (ILT, 2024; Geudens et al. 2022). In Vlug'24 en Stoom'24 neemt als gevolg van de bevolkingsgroei en economische groei de drinkwatervraag toe. Dit heef tot gevolg dat de drinkwateronttrekking met een factor 1,16 toeneemt. Afhankelijk van de regionale verspreiding vraagt dat extra nieuwe winningen of uitbreiding van bestaande winningen. Besparingen op waterverbruik zijn niet voldoende om die toename te compenseren. In Ruim'24 en Warm'24 blijft bevolkingsomvang min of meer gelijk en wordt de extra opgave voor drinkwater vooral bepaald door klimaat.

De drinkwatervoorziening komt ook meer onder druk te staan. In alle scenario's neemt het neerslagtekort in de zomer toe en de grondwateraanvulling (tijdelijk) af. In Stoom'24 en Warm'24 is het effect groter dan in Vlug'24 en Ruim'24. Voor oppervlaktewaterwinningen in de kustgebieden geldt een grotere kans op innamestops als ze gevoelig zijn voor verzilting, waardoor tijdelijk geen water ingelaten kan worden. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt het effect van neerslagtekort en zoutindringing groter ten opzichte van huidige condities, deze toename is echter kleiner dan in Stoom'24 en Warm'24.

Nieuwe of grotere drinkwateronttrekkingen kunnen effect hebben op de grondwaterstanden in de omgeving. Landbouw en natuur kunnen daardoor last krijgen van lagere grondwaterstanden. Met name in Vlug'24 en Stoom'24, waar relatief veel extra grondwateronttrekkingen te verwachten zijn, zou dat tot spanningen kunnen leiden, met name tijdens de zomerperiode. In 2020 was er bijvoorbeeld een piektoename van 3.7% van het totale jaarlijkse drinkwaterverbruik (Baggelaar et al. 2022). In alle scenario's zullen dit soort droge zomers vaker voorkomen, maar die toename is vooral sterk in Stoom'24 en Warm'24. Naar verwachting zal het effect ook langer duren doordat warme en droge condities zich uitstrekken naar de lente en herfst.

5.1.5 Consequenties voor de landbouw

Landbouw is een van de grootste zoetwatervragers. In alle scenario's zal de watervraag per ha toenemen vanwege de toename van het zomerse neerslagtekort, hogere temperaturen, toename van de verdamping van de grond en evapotranspiratie van gewassen door hogere temperaturen. In veel gebieden leidt dat tot een toenemende watervraag. In Hoog Nederland zal dit tot meer beregening leiden. Om de landbouw in laaggelegen Nederland mogelijk te houden is extra doorspoeling nodig om verzilting tegen te gaan.

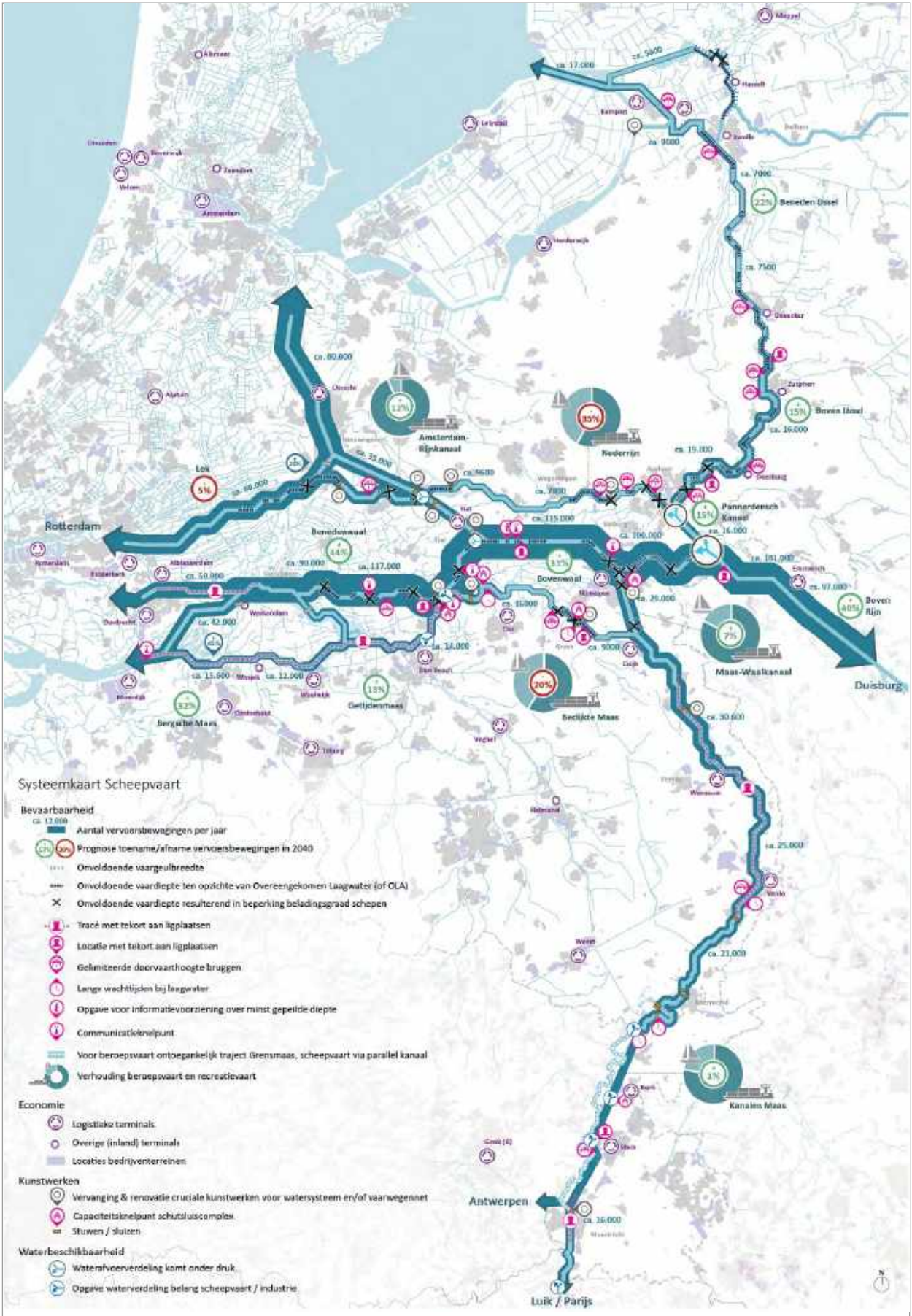
In alle scenario's wordt uitgegaan van een krimpend landbouwareaal. In Ruim'24 en Warm'24 is de afname aanzienlijk (van landbouwareaal -14% en grasland -17%). De toename van de vraag wordt deels gecompenseerd door de afname van de landbouw. In Stoom'24 en Vlug'24 en Stoom'24 is deze afname van landbouwareaal beperkt en wordt de toename in watervraag niet gecompenseerd door een afname van landbouw. In het scenario Stoom'24 zal naar verwachting de grootste opgave hebben om voldoende zoetwater beschikbaar te hebben voor landbouw.

De landbouw kan in alle scenario's (lokale) watertekorten verwachten. Als de wortelzone niet voldoende water krijgt kan droogteschade optreden aan het gewas. De verwachting is dat langdurige perioden van droogte vaker gaan optreden en dat de verdringingsreeks vaker ingezet zal moeten worden. Landbouw krijgt als functie geen prioritiet in de verdringingsreeks. Dat kan betekenen dat er niet voldoende water wordt aangevoerd omdat het elders harder nodig is.

5.1.6 Consequenties voor natuur

Klimaatverandering heeft via droogte en verzilting ook effect op de natuur. Droogte en verzilting kunnen tot natuurschade leiden. De schade voor natuur heeft echter ook sterk te maken met het type natuur. Wanneer wordt vastgehouden aan de huidige natuurtypen die passen bij het huidige klimaat, dan neemt de opgave om zoetwater beschikbaar te houden voor natuur toe. Indien dit wordt losgelaten en de natuur zich mag aanpassen aan een droger (en/of zouter) klimaat, dan hoeft de zoetwatervraag niet per se toe te nemen. In Ruim'24 en Warm'24 wordt sterk ingezet op extra natuur. Dat kan leiden tot een extra watervraag. In welke mate de extra watervraag van natuur groter is dan de afnemende watervraag van landbouw is nog onduidelijk. Lokaal kan dat sterk verschillen.

[10] Bij peilindexatie wordt er in de modellering vanuit gegaan dat de oppervlaktewaterpeilen elke tien jaar aangepast aan de opgetreden bodemdaling, bij peilfixatie wordt het oppervlaktewaterpeil niet meer wordt aangepast. In de Deltascenario's wordt uitgegaan van de peilfixatievariant, omdat de oppervlaktewaterpeilen juist opgezet worden om bodemdaling tegen te gaan.
[11] Er is een traject opgestart om deze nieuwe bodemdalingskaarten te ontwikkelen, maar zijn nog niet beschikbaar en daarom niet opgenomen in de Deltascenario's



Figuur 21. Systeemkaart Scheepvaart (bron: Defacto stedenbouw in: Beeld op de rivieren).

5.1.7 Consequenties voor scheepvaart

Nederland kent een uitgebreid scheepvaartnetwerk (Figuur 22). Door klimaatverandering zullen rivierafvoeren sterker gaan fluctueren en zal in de zomer de kans op lage rivierafvoeren toenemen. In alle scenario's nemen de afvoeren in de zomer af, waarbij in Stoom'24 en Warm'24 deze afname groter is dan in Vlug'24 en Ruim'24. In de Waal wordt beoogde vaardiepte onder de huidige klimatologische omstandigheden al op enkele plaatsen niet gehaald. Bij een grotere grilligheid in rivierafvoeren (zowel hoog als laagwater) zal het aantal locaties waarbij vaardieptenormen (soms) niet gehaald worden toenemen. De afname van rivierafvoeren in de zomer zal voor scheepvaart leiden tot meer schade. De scheepvaart kan korte perioden van lage afvoer meestal goed opgevangen door de vaart uit te stellen, maar lange perioden van aaneengesloten droogte kunnen leiden tot aanzienlijke schade (doordat schippers gedwongen zijn tot een lagere en daarmee minder rendabele beladingsgraad, door langere wachttijden bij sluizen, door konvooivaart of door omvaren). De internationale afspraken over het op orde houden van de vaardiepte, de zogenaamde Overeengekomen Lage Afvoer (OLA), worden steeds lastiger om na te komen. Uit eerdere berekeningen blijkt dat de afspraak van 20 dagen per jaar, waarbij beperkingen worden toegestaan, vaker wordt overschreden met potentieel een verviervoudiging in 2085 (Kosters et al, 2022). In de Maas zullen de wachttijden oplopen bij het schutten van de schepen bij de stuwen. Omdat in alle scenario's wordt uitgegaan van een toename van het goederenvervoer over water leidt dit tot meer economische schade. In Vlug'24 en in Stoom'24 neemt het tonnage sterker toe dan in Ruim'24 en in Warm'24. De verwachte schade zal daardoor in Stoom'24 het grootst zijn (combinatie van lage afvoer en veel scheepvaart) en in Ruim'24 het minst.

Er ontstaan mogelijk ook nieuwe knelpunten. Door zeespiegelstijging vindt extra opstuwing plaats, waardoor lagere stroomsnelheden ontstaan en meer sedimentatie plaatsvindt (Deltares, 2021). Er moet dan meer gebaggerd worden. Daarnaast hebben de veranderende rivierafvoeren ook invloed op de morfologische ontwikkelingen van het rivierbed.

5.1.8 Consequenties voor koelwaterindustrie en energiecentrales

Het benodigde koelwater voor industrie hangt af van de economische groei en van het aandeel industrie in de economie en technologische ontwikkelingen in water-efficiënte koelmethoden. In Vlug'24 en Stoom'24 leidt dit een 2% toename in de wateronttrekking en behoeve van koelwaterlozingen. In de beperktere economische groeiscenario's Ruim'24 en Warm'24 leidt dit tot een afname van de onttrekkingen met 19%. Dat komt vooral door efficiëntieverbeteringen. In Vlug'24 en Ruim'24 vindt bovendien een forse reductie plaats (95%) van vraag naar koelwater van gascentrales. Gascentrales worden alleen nog als sluitstuk ingezet. In Stoom'24 en Warm'24 is de reductie van koelwater 80%.

5.1.9 Consequenties voor de vervanging en renovatie van kunstwerken

Een groot deel van de waterbouwkundige kunstwerken - van kleine gemalen in regionale watersystemen, stuwen in de Maas, (zee) sluizen, dammen en stormvloedkeringen - is in de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw aangelegd en nadert de komende decennia einde levensduur. Veel van deze kunstwerken dienen (gelijktijdig) gerenoveerd of vervangen te worden.

De veranderende klimatologische condities maken deze opgave lastiger. Ten eerste, er is onzekerheid over wanneer een object vervangen moet worden omdat er geen helderheid is hoe snel het klimaat en de zeespiegel gaat veranderen en de technische of functionele eindelevensduur moeilijker te bepalen is. Ten tweede, om voor nieuwe of te renoveren kunstwerken tot een goed ontwerp te komen is inzicht nodig onder welke condities ze in de toekomst moeten presteren. Dat is lastig als er onzekerheid is over de condities van zowel extreme waterstanden als van laagwatercondities.

In Vlug'24 en Ruim'24 is de verwachting dat deze opgave beter te hanteren is ten opzichte van Stoom'24 en Warm'24. Dit komt enerzijds doordat klimaatverandering trager verloopt. Er is meer tijd om te onderzoeken wanneer objecten einde levensduur zijn en de vervanging zal meer in de tijd verspreid zijn. Bij Stoom'24 en Warm'24 zal door de snellere klimaatverandering in het einde van de levensduur van diverse objecten dichter op elkaar zitten. Belangrijk is ook dat in Vlug'24 en Ruim'24 klimaatverandering stabiliseert. Dat maakt het makkelijker om nieuwe kunstwerken te ontwerpen met een lange levensduur (+ 100 jaar). In Stoom'24 en Warm'24 is dat lastiger, omdat het klimaat blijft veranderen en de onzekerheid over toekomstige klimatologische condities blijft.



Rijngebied

5.2 Wateropgaven

Het waterbeleid en -beheer is erop gericht om de effecten op deze watergerelateerde functies zoveel mogelijk te beperken: de wateropgave. In onderstaande paragraaf wordt kwalitatief weergegeven hoe de drie wateropgaven: zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid in de Deltascenario's.

5.2.1 Opgave voor de zoetwaterbeschikbaarheid

In alle scenario's wordt de opgave voor zoetwaterbeschikbaarheid substantieel groter. Het wordt warmer en dus is er meer verdamping. Er valt gemiddeld minder regen in de zomer en het neerslagtekort neemt in de periode april-september neemt toe. Daarnaast neemt de wateraanvoer vanuit de rivieren af. Het totale 'wateraanbod' neemt af. Bij gelijkblijvende of toenemende watervraag vanuit verschillende functies wordt het steeds lastiger om zoetwater voor alle functies beschikbaar te houden.

Zoetwater is voor een groot aantal maatschappelijke functies cruciaal. De opgave om voldoende zoetwater (van voldoende kwaliteit) beschikbaar te houden voor al deze functies zal in het licht van de klimaatverandering steeds groter worden. In de KNMI'23-klimaatscenario's wordt onderscheid gemaakt in een natte en droge variant. In deze beschouwing op de opgave voor zoetwaterbeschikbaarheid is uitgegaan van de droge varianten, de varianten dus waar het wateraanbod (vanuit neerslag en rivierafvoeren) kleiner is dan in de natte varianten. De veranderingen in de watervraag als gevolg van de inspanningen om emissies te reduceren en veranderingen in de watervraag van sectoren door sociaaleconomische ontwikkelingen zijn in deze beschouwing meegenomen.

Met betrekking tot klimaatverandering is vooral naar een drietal factoren gekeken en met name naar de zomerperiode, de periode waarin knelpunten in de zoetwaterbeschikbaarheid potentieel het grootst zijn. Allereerst de verdamping in de zomer, die in alle scenario's toeneemt als gevolg van hogere temperaturen. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt uitgaan van een toename van de verdamping in de zomer van 8% in 2050 en 2100 en in Stoom'24 en Warm'24 van 11% in 2050 en 22% in 2100. De tweede factor, die hiermee samenhangt, is de toename van het neerslagtekort in de zomer. In alle scenario's neemt het neerslagtekort in de periode april-september toe. Het neerslagtekort met kans van voorkomen van eens in de tien jaar is in het huidige klimaat 265 mm, maar neemt tot 2050 toe met 16% in Vlug'24 en Ruim'24. In Stoom'24 en Warm'24 neemt het tekort verder toe met 30% in 2050. Tot 2100 kan het neerslagtekort in deze warme scenario's nog verder toenemen met 65%. De derde factor is de afname van rivierafvoeren van zowel de Rijn als de Maas in de zomer. Het zevendaags-zomer minimum van de Rijnafvoer neemt in Stoom'24 en Warm'24 tot 2050 af met ca. 18% ten opzichte van de huidige minimale zomerafvoer. In 2100 is dat mogelijk een afname met 27%. Voor de Maas is de afname 17% in 2050 en 27% in 2100. In Vlug'24 en Ruim'24 is de verwachting dat het zevendaags-minimum voor zowel de Rijn als de Maas afneemt met 13%. Voldoende rivierafvoer is van belang voor scheepvaart, het tegengaan van verzilting, de aanvoer van zoetwater voor regionale watersystemen, natuur in en langs de grote rivieren en het aanvullen van zoetwatervoorraden als het IJsselmeer. In de toekomst wordt het lastiger om voldoende zoetwater beschikbaar voor te houden voor al deze functies.

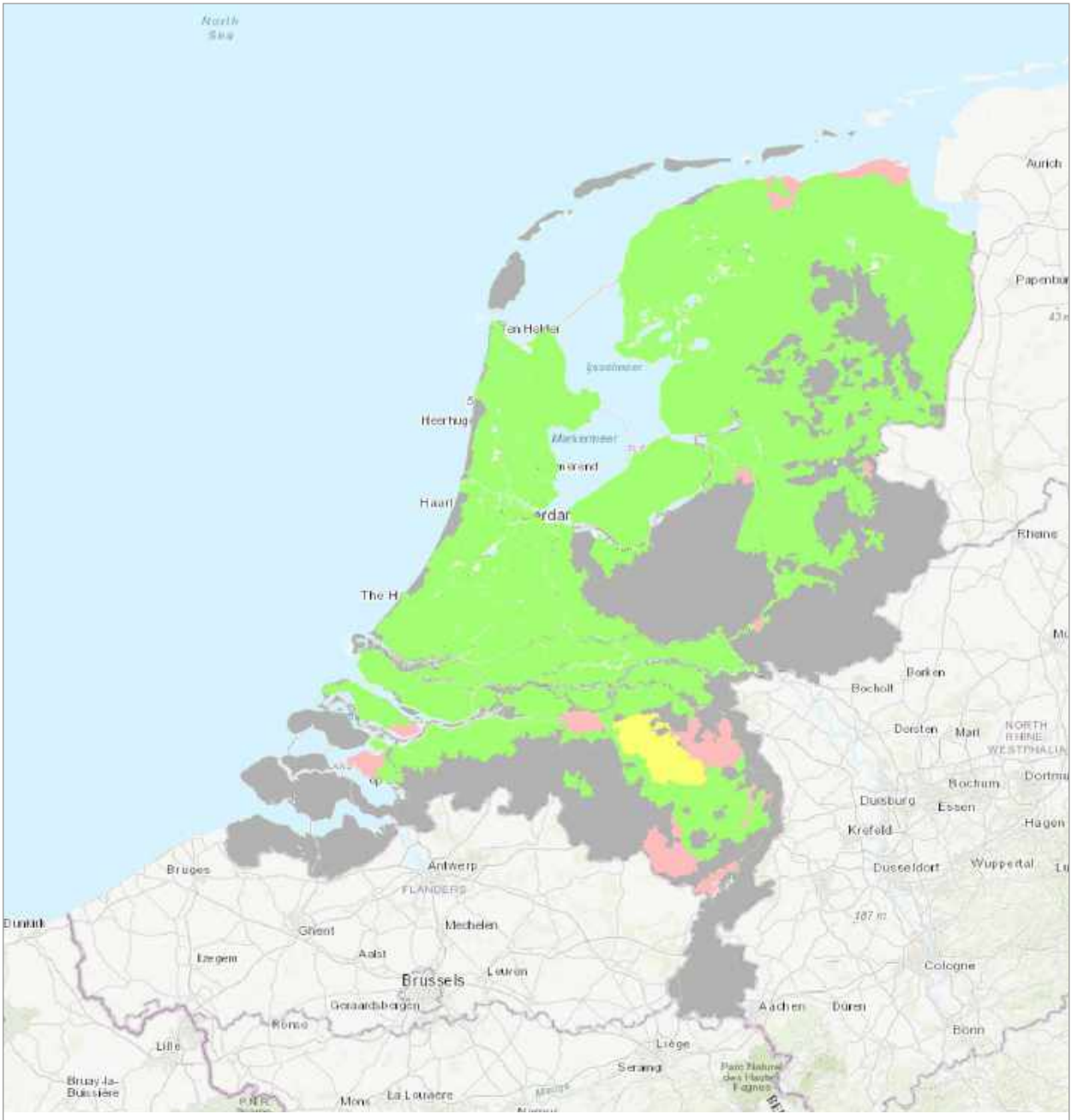
De toenemende verdamping, het toenemende neerslagtekort en de afnemende rivierafvoeren zorgen ervoor dat de kans op watertekort toeneemt, omdat de watervraag in de zomer toeneemt en tegelijk het wateraanbod afneemt. De omvang van de opgave wordt groter naarmate de perioden met lage rivierafvoeren, neerslagtekort en hoge verdamping langer aanhouden. In de scenario's Stoom'24 en Warm'24 zal dit klimaateffect groter zijn dan in Vlug'24 en Ruim'24. Ook de kans op verzilting van rivierwater en boezem- en polderwater door het gecombineerde effect van lagere afvoeren, zomerse neerslagtekort en stijgende zeespiegel zal in Stoom'24 en Warm'24 groter zijn dan in Vlug'24 en Ruim'24. Om verzilting tegen te gaan is in alle scenario's een groter doorspoeldebiet nodig.

Daarnaast wordt de opgave groter doordat socio-economische ontwikkelingen en klimaatbeleid doorwerken in de zoetwatervraag. In alle scenario's neemt de watervraag van de veenweidegebieden toe vanwege de opzet van het oppervlaktewaterpeil om veenoxidatie tegen te gaan. In Vlug'24 en Ruim'24 is die extra watervraag groter dan in Stoom'24 en Warm'24. In de scenario's Vlug'24 en Stoom'24 neemt ook de drinkwatervraag toe. Daarentegen neemt in Ruim'24 en in Warm'24 het totale areaal aan natuur toe, met een bijbehorende zoetwatervraag.

Al deze ontwikkelingen werken in de richting van toenemende watertekorten en een toenemende opgave: om alle gebieden altijd voldoende zoetwater beschikbaar te houden voor alle functies wordt steeds moeilijker. Een consequentie daarvan is dat de verdringingsreeks steeds vaker moeten worden toegepast. Er zal vaker schade optreden bij de functies met een lagere prioriteit in de waterverdeling (categorie 3 en 4 in de verdringingsreeks) om de hogere categorieën te ontzien. Het risico voor categorie 1 functies (waterveiligheid en beschermde natuur) neemt toe, omdat de kans op watertekort voor deze functies ook toeneemt. Dit zal per gebied en per scenario verschillen. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de zoetwateropgave in Hoog en Laag Nederland.

Hoog Nederland

Op de hogere zandgronden, zoals de Veluwe, Oost-Nederland, Brabant, Drenthe en Limburg zijn overwegend vrij-afwaterende watersystemen en in veel van deze gebieden is geen extra wateraanvoer mogelijk (zie Figuur 23). De grootste bron van zoetwater in hoog Nederland is het grondwater. In deze gebieden ontstaan zoetwatertekorten als gevolg van de verdamping en neerslagtekort, waardoor de freatische grondwaterstanden uitzakken en grondwater niet meer beschikbaar is voor natuur en landbouw. In Oost-Nederland is plaatselijk wateraanvoer mogelijk via de Twentekanalen. In sommige gebieden langs de rivieren kan het peil enigszins beheerst worden door het vasthouden van water achter stuwen. In Noord-Brabant wordt water aangevoerd





Figuur 23. Beeld van de oorzaken van watertekorten op basis van modelruns in de huidige situatie. In de grijze gebieden is geen water aan te voeren. Watertekorten ontstaan in de grijze gebieden door verdamping, neerslagtekort en als het grondwater niet voldoende wordt aangevuld waardoor het zout wordt. In de gele en roze gebieden is aanvoer beperkt mogelijk en ontstaan watertekorten doordat er minder water is om aan te voeren of omdat de aanvoercapaciteit te beperkt is. Op deze kaart zijn geen blauwe gebieden te zien. Dat komt omdat de er op dit moment nog geen doorspoeltekorten zijn om verzilting tegen te gaan. In de toekomt zijn wel blauwkleurende gebieden te verwachten.
(Bron: https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/tekort-oppervlaktewater)

vanuit de Maas en beekstelsels en kan op enkele plekken beperkt water worden aangevoerd. (Mens et al, 2020). Door de beperkte wateraanvoermogelijkheden zijn hooggelegen gebieden grotendeels afhankelijk van het jaarlijkse neerslagoverschot en de balans tussen het gebruik van grondwaterreserves in de zomer en het aanvullen in de winter. Momenteel zijn er al diverse initiatieven om de aangroei van grondwaterreserves te stimuleren door zoveel mogelijk zoetwater in de winter vast te houden door middel van lokale en regionale buffers.

In alle scenario's neemt de verdamping en het neerslagtekort in de zomerperiode toe en zal de opgave voor deze gebieden dus ook toenemen. In Stoom'24 en Warm'24 is de het neerslagtekort groter dan in Vlug'24 en Ruim'24 en zal de potentiële schade groter zijn. De gebieden bestaan voor een groot deel uit beschermde natuur en afwisselend landbouw- en natuurgebieden en bebouwd gebied. In Brabant is landbouw de grootste watervrager, waarbij ca. 80% van het water voor de landbouw wordt onttrokken uit het grondwater. Wanneer watertekorten optreden in de wortelzone van planten en landbouwgewassen dan kan dat de groei beperken. Om de droogteschade tegen te gaan is daarom een toename van beregening op landbouwgronden te verwachten. In Brabant kan dit deels vanuit oppervlaktewater, in de andere gebieden is dit veelal vanuit het grondwater (Mens et al., 2020). Dit creëert ook een extra (lokale) watervraag.

In Ruim'24 en Warm'24 neemt het areaal natuur sterk toe. Ook dat heeft effect op de watervraag. Hoewel de beregeningsvraag vanuit landbouw afneemt, heeft de natuur die daarvoor in de plaats komt ook een watervraag. Dit hangt natuurlijk sterk af van het type natuur. In de onderliggende ruimtelijke kaarten van de WUR en PBL zijn daar wel uitwerking voor gemaakt. Wat het netto-effect daarvan is op de totale watervraag is nog niet bepaald. De vraag is bovendien ook of de natuur zich langzaam aanpast aan het nieuwe klimaat met soorten die minder water nodig hebben, waardoor de watervraag kan afnemen.

Laag Nederland

Laaggelegen Nederland bevat overwegend peil-gestuurde poldersystemen. In deze gebieden is het mogelijk om zoetwater aan te voeren vanuit rivieren of zoetwaterbekkens zoals het IJsselmeergebied. Zoetwatertekorten in laag Nederland zijn meestal het gevolg van verzilting (waterkwaliteit). Door het zoute water kan de natuur en landbouw schade ondervinden. De impact van verzilting is gebiedsafhankelijk en hangt af van de omvang, de duur en de kwetsbaarheid van de functies in het gebied.

Om verzilting tegen te gaan is in (delen van) Noord en Zuid-Holland, Utrecht, Flevoland, Zeeland, Groningen en Friesland in alle scenario's sprake van een extra watervraag voor doorspoeling. In Stoom'24 en Warm'24 zal deze vraag, zeker in 2100, groter zijn dan in Vlug'24 en Ruim'24 vanwege de hogere zeespiegelstijging. Wateraanvoer is in het algemeen goed mogelijk in deze gebieden, maar dat vraagt in de toekomst steeds meer doorspoeldebiet. In de diep gelegen polders en droogmakerijen neemt verzilting sterker toe.

Bij de eilanden in de Zuidwestelijke Delta en Wadden neemt de kans op verzilting ook toe. Hier is echter geen (extra) aanvoer van zoetwater mogelijk en zijn de landbouw en natuur afhankelijk van zogenaamde zoete regenwaterlenzen. In droge jaren kunnen deze zoetwaterbuffers uitgeput raken, waardoor het onderliggende zoute grondwater alsnog in de wortelzone komt. Dit risico neemt in alle scenario's toe vanwege de toenemende verdamping en neerslagtekort. In Stoom'24 en Warm'24 zullen deze risico's sneller toenemen en ook na 2050 groter worden. In Vlug'24 en Ruim'24 is dat risico er ook, maar minder omdat de zeespiegel minder snel stijgt.

Externe verzilting speelt vooral bij Nieuwe Waterweg en Hollandse IJssel, Lek, Zuidwestelijke Delta, en bij de Afsluitdijk en het Noordzeekanaal. Via de open verbinding van de Nieuwe Waterweg kan zoutindringing bij lage afvoeren reiken tot aan de Hollandsche IJssel en de Lek waardoor de inlaatpunten voor drinkwater en de regionale watersystemen tijdelijk verzilten. Als gevolg van zeespiegelstijging en langdurig lage rivierafvoeren kan dit vaker optreden in alle scenario's. In Stoom'24 en Warm'24 zal dit vaker aan de orde zijn dan in Vlug'24 en Ruim'24. Bij verzilting van de monding van de Hollandsche IJssel wordt de klimaatbestendige wateraanvoer (KWA) ingezet, waarbij maximaal 15 m3/s via andere watergangen wordt aangevoerd. Al in de knelpuntenanalyse uit 2017 (Mens et al, 2020) is geconcludeerd dat in de scenario's met meer klimaatverandering de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) vaker ingezet moet worden, waarbij mogelijk regionale oppervlaktewatertekorten kunnen optreden. Zeker in Stoom'24 en Warm'24 is dat tijdens de periode 2050-2100 steeds vaker te verwachten doordat het klimaat in deze scenario's ook na 2050 sterk verandert. In Vlug'24 en Ruim'24 stabiliseert de klimaatverandering weliswaar, maar de zeespiegelstijging blijft doorstijgen. In combinatie met lagere rivierafvoeren neemt ook in deze twee scenario's de verziltingdruk toe na 2050.

Bij de zeesluiscomplexen in de Afsluitdijk, Zeesluis IJmuiden, de Krammersluizen en de Haringvlietsluizen vindt zoutindringing plaatst bij het schutten en door lekkage van de spuisluizen. Zoutindringing, in combinatie met de oplopende concentraties van het rivierwater en zoute kwel, leidt tijdens droge perioden tot verzilting van het IJsselmeer. Deels wordt dit tegengegaan door te spuien. Verzilting van het IJsselmeer kan tot problemen leiden voor de drinkwaterinname bij Andijk, maar ook de natuur in het IJsselmeer en Markermeer. Daarnaast kan het ook gevolgen hebben voor de regionale watersystemen (in o.a. Friesland) die brak water inlaten. Bij de zeesluizen in IJmuiden kan door schutbewegingen het zoute water diep het Noordzeekanaal indringen en zelfs het Amsterdam-Rijnkanaal bereiken. Deze zoutlekken zijn het gevolg van schutbewegingen, gecombineerd met het beschikbare zoetwater(debiet) om de zouttong terug te dringen. Het aantal schutbewegingen zal in alle scenario's toenemen, omdat de scheepvaart toeneemt. In Vlug'24 en Stoom'24 neemt de scheepvaart meer toe dan in Ruim'24 en Warm'24. Met name in Stoom'24 zal de zoutlek sterk toenemen vanwege de combinatie van sterke zeespiegelstijging en toename van het aantal schutbewegingen.

Het IJsselmeer speelt een belangrijke rol in de watervoorziening van een groot deel van Noord-Nederland, waaronder Noord-Holland, Flevoland, Friesland, Groningen Drenthe en Overijsel. In de zomerperiode zijn de regionale watersystemen in deze gebieden afhankelijk van de waterbuffer in het IJsselmeer, het Markermeer en de randmeren. In de winter is het streefpeil -0,40 m NAP, zodat het IJsselmeer een grote bergingscapaciteit heeft. In het voorjaar wordt de waterstand verhoogd naar het streefpeil van -0,20 m NAP om een buffer te creëren voor wateraanvoer naar de regionale watersystemen, zodat de meren, kanalen, boezems en kleinere watergangen op peil gehouden kunnen worden (Mens et al., 2020). Daarnaast wordt de buffer ook gebruikt als strategische zoetwatervoorraad om te regionale wateren te kunnen doorspoelen om verzilting tegen te gaan.

In alle scenario's neemt de watervraag vanuit het IJsselmeer, Veluwe en randmeren toe vanwege de peilopzet in de veenweidegebieden en de extra doorspoelbehoefte. Daarnaast neemt in alle scenario's de verdamping toe, waardoor een extra watervraag ontstaat. In Vlug'24 en Ruim'24 is de extra watervraag voor peilopzet van de veenweidegebieden groter dan in Stoom'24 en Warm'24. In Stoom'24 en Warm'24 neemt het wateraanbod ook nog eens af, omdat het IJsselmeer, Veluwe en randmeren, maar ook de meren en ander oppervlaktewater in de regionale watersystemen de verdamping toeneemt. Bovendien neemt in deze twee scenario's ook de kans op verzilting toe, waardoor het vaker kan voorkomen dat er tijdelijk geen water kan worden ingelaten.

Met het peilbesluit van 2018 is een flexibeler peilbeheer mogelijk waarbij gedurende het zomerhalfjaar het peil tijdelijk mag worden opgezet tot -0,10 m NAP en mag uitzakken tot -0,30 m NAP bij dreigend zoetwatertekort. Dit creëert een extra bufferschijf waardoor ingespeeld kan worden op droge omstandigheden. Naar verwachting zal in alle scenario's deze extra peilopzet vaker gaan plaatsvinden. Door de extra verdamping en lagere rivierafvoeren zal dit in Stoom'24 en Warm'24 waarschijnlijk vaker plaatsvinden dan in Vlug'24 en Ruim'24. De lagere afvoer van de IJssel zorgt er echter ook voor dat de het waterpeil minder snel kan worden opgezet.

5.2.2 Opgave wateroverlast

In alle scenario's neemt de kans op extremere neerslag toe en daarmee de kans op wateroverlast. In de zomerperiode is dit gerelateerd aan het vaker voorkomen van piekneerslag. In de winter komt langdurige neerslag vaker voor, waardoor de opgave voor het regionale watersysteem groter wordt als het niet op het hoofdwatersysteem kan afwateren. De impact hangt sterk af van het landgebruik en of er schade optreedt aan vitale netwerken en objecten.

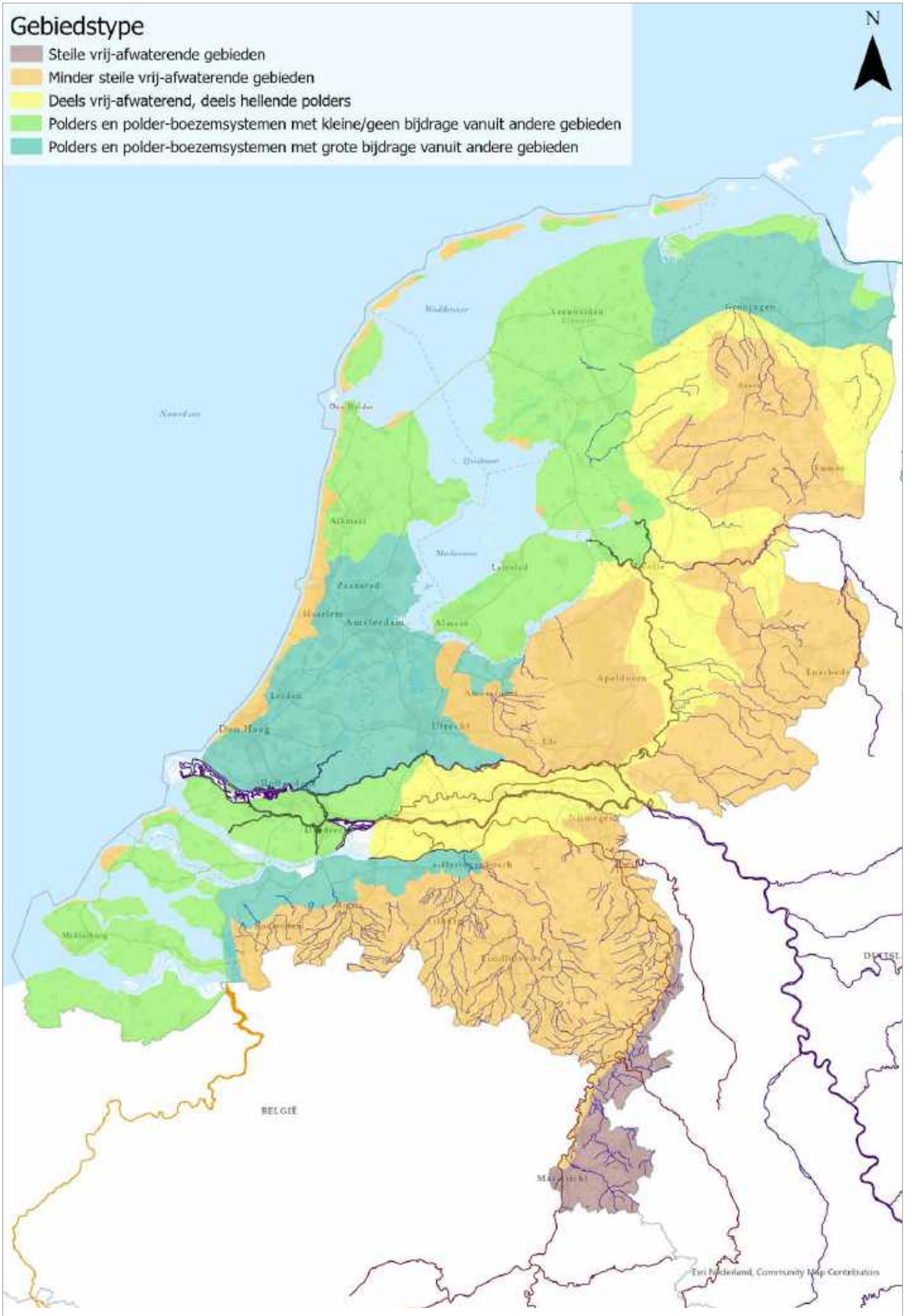
De impact van wateroverlast hangt sterk samen met landgebruik. In stedelijk gebied en industrieterreinen is de schade vaak groter dan bij graslanden of natuurgebieden. Wateroverlast kan ontwrichtend zijn als vitale infrastructuur, zoals het elektriciteitsnet, communicatienetwerken en wegen, of vitale objecten zoals ziekenhuizen en rioolwaterzuiveringen, worden geraakt en niet meer naar behoren functioneren. In de KNMI-klimaatscenario's wordt onderscheid gemaakt in een natte en droge variant van het klimaatscenario. Voor deze beschouwing op opgave voor wateroverlast is uitgegaan van de natte varianten van de KNMI'23 klimaatscenario's.

Voor de beschouwing van wateroverlast zijn drie factoren van belang. Allereerst de toename in duur en intensiteit van buien. Zowel de uurlijkse neerslag (stortbuien) als de 1-daagse neerslagsom in de zomer en de 10-daagse neerslagsom in de winter nemen toe. De uurlijkse neerslag die ééns per jaar voorkomt is in de huidige situatie 16mm. In Vlug'24 en Ruim'24 neemt dat toe 6% in 2050 en 2100. Voor Stoom'24 en Warm'24 is dat 11% (6-16%) in 2050 en 31% (17-46%) in 2100. De 1-daagse neerslagsom met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar neemt toe met 5% in 2050 en 2100 in Vlug'24 en Ruim'24. In Stoom'24 en Warm'24 neemt de 1-daagse neerslagsom toe met 9% in 2050 (5-14%) en 26% (12-41%) in 2100. In het huidige klimaat valt bij deze bui ca. 63 mm en kan dus in 2100 oplopen tot ongeveer 76-88 mm. De omvang van de 10-daagse neerslagsom in de winter die eens per 10 jaar voorkomt neemt in alle Deltascenario met 2% toe in 2050. In Vlug'24 en Ruim'24 blijft dat zo na 2050, maar in Stoom'24 en Warm'24 neemt de 10-daagse neerslagsom in de winter met 15% toe. Bij zware of langdurende neerslag kan op regionale schaal wateroverlast optreden. De gebeurtenissen in juli 2021 in Zuid-Limburg, de Ardennen en de Eifel zijn daar een voorbeeld van, maar ook de wateroverlast in 2023 in Noord-Frankrijk en West-Vlaanderen en de hoogwatersituatie gecombineerd met langdurige neerslag in Nederland eind 2023 en begin 2024[12].

Daarnaast is een tweede factor de watersysteemkenmerken. In een recente studie worden vijf gebiedstypes onderscheiden (De Bruijn et al., 2023), waarbij de mechanismen die leiden tot wateroverlast verschillen (Figuur 24).

Op de steile, vrij-afwaterende gebieden die met name in Zuid-Limburg liggen kan wateroverlast optreden door vrije afvoer langs hellingen en hoge afvoerpieken in de beken. In het algemeen is overlast lokaal, waar afvoerbeperkingen of waterlopen samenkomen en duurt de overlast niet lang. Deze gebieden worden kwetsbaarder voor wateroverlast door hevige (stort) buien, dus vooral de toename in de omvang van uurlijkse en 1-daagse neerslag.

[12] In 2023 is naar aanleiding van de aanbevelingen van de beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast een onderzoekstraject gestart. In het kennisprogramma wordt toegewerkt naar een landelijk beeld van kwetsbaarheden voor grootschalige neerslag en een de aanpak voor bovenregionale stresstesten. De gevolgen voor vitale netwerken en vergroten van sponswerkring worden hierin meegenomen.



Figuur 23. Indeling van Nederland op basis van verwachte karakteristieken van het waterbeeld bij grootschalige langdurige neerslag (gebaseerd op expert kennis een beschikbare studies). (De Bruijn et al 2023).

Op de minder steile, vrij-afwaterende gebieden die in Noord-Brabant, het Fries-Drents Plateau, de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe, en in de stroomgebieden van de Vecht en de rivieren en beken in de Achterhoek, wordt een groot deel van de neerslag via snelle en tragere grondwaterstroming afgevoerd. Waar beken bij elkaar komen kunnen cumulatieve afvoerpieken ontstaan. Daar kan wateroverlast ontstaan, die over het algemeen van relatief korte duur is en met relatief hoge stroomsnelheden. Lokaal kunnen de waterdieptes groot worden en langer duren (De Bruijn et al, 2023). Ook deze gebieden zijn kwetsbaar voor de toename in de omvang van uurlijkse en 1-daagse neerslag.

In de deels vrij-afwaterende, deels hellende polders boven NAP kan een deel van het regenwater onder vrij verval afgevoerd worden en moet een deel worden uitgemaald (bijvoorbeeld van de Betuwe naar de Linge). De afwatering wordt beperkt door gering verhang, beperkte uitlaatcapaciteit en knelpunten in de afvoer. De afvoercapaciteit van de Linge is bijvoorbeeld beperkt door het geringe verhang, de beperkte breedte van de sluis bij Asperen en bij hoogwater op de Beneden-Merwede is de afvoercapaciteit beperkt. In januari 2023 leidde dit tot wateroverlast en ook begin 2024 stond het water zeer hoog. Deze gebieden zijn met name kwetsbaar voor langer durende neerslag, waardoor de bergingscapaciteit verder afneemt. De duur van de wateroverlast is langer dan in hellende gebieden.

Polders en polder-boezemsystemen met kleine of geen bijdrage vanuit andere gebieden liggen in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden, West-Friesland, de Waddeneilanden en ook Flevoland., Wieringen, en de Noordoost Polder. De afwatering wordt beperkt door de poldergemaalcapaciteit en er treedt wateroverlast op als de neerslag de gemaalcapaciteit overtreft en de beschikbare bodem- en slootberging verzadigd is. In het algemeen is de wateroverlast beperkt, maar deze kan wel langer duren (orde een week), waarbij een laag water in de diepere delen van polders komt te staan en dat langzaam wordt uitgepompt.



Rivier de IJssel, Olst Wijhe

Polder-boezemsystemen met grote bijdrage vanuit andere gebieden liggen in de beheersgebieden van Delfland, Rijnland, en Amstel Gooi en Vecht en Waterschap Noorderzijlvest (De Bruijn et al, 2023) en de West-Brabantse polders. Deze gebieden ontvangen veel water van naburige gebieden en kennen afvoerbeperkingen doordat ze afhankelijk zijn van de capaciteit van poldergemalen, beperkte berging en afvoer van de boezems en eventuele maalstops op de kanalen waarop uitgepompt wordt. Ook deze gebieden zijn met name kwetsbaar voor langdurende neerslag. De watersystemen kunnen hun overtollig water niet kwijt, waardoor deze watersystemenlopen langzaam vollopen. Deze situatie is van toepassing tijdens de langdurige neerslag eind 2023 en begin 2024.

In Overgangsgebieden gaan de steilere hellingen over in vlakkere gebieden en monden beken uit in grotere waterlopen, weteringen of boezems. Op deze locaties ontstaat wateroverlast niet alleen doordat de helling afneemt, maar ook doordat de afvoer beperkt wordt door bebouwing. Als polders ook uitmalen naar deze waterlopen kunnen waterpeilen snel stijgen. Voorbeeld hiervan zijn het gebieden rond Breda, Den Bosch en Eindhoven. Met name in combinatie met hoogwater van rivieren kan ook het water vanuit de weteringen en boezems niet worden afgevoerd en kunnen situaties van wateroverlast ontstaan.

Extreme neerslag 2021 in Zuid-Limburg, de Eifel en de Ardennen

In juli 2021 heeft een groot weersysteem boven de Ardennen, de Eifel en Zuid-Limburg gezorgd voor wateroverlast en overstromingen met in Nederland veel schade tot gevolg. In het buitenland vielen 200 slachtoffers en was er langdurige uitval van essentiële voorzieningen zoals elektriciteit en transport.
In het zwaarst getroffen stroomgebied van de Geul viel gemiddeld 128 mm in 48 uur tijd. De herhalingstijd van deze hoeveelheid neerslag wordt geschat op ongeveer 500 jaar, de zeldzaamheid van dit event maakt dat het lastig te bepalen is of dit fenomeen in een veranderend klimaat vaker (of intenser) voor gaat komen. Deze neerslag resulteerde in een piekafvoer in de Geul nabij Valkenburg van 135 m3/s, waardoor deze op veel plekken buiten haar oevers trad. Van deze afvoer kwam ongeveer tweederde uit België (Asselman & van Heeringen, 2022). Van het stroomgebied van de Geul werd ongeveer 30% van de neerslag naar de Maas afgevoerd. Een aanzienlijk deel van de neerslag werd 'gebufferd', onder andere in de bodem en in de overloopgebieden langs de Geul. In de begroeide akkers en beekdalen was de bergingscapaciteit aanzienlijk en werd water langer vastgehouden. Wanneer deze neerslag in de winter zou zijn gevallen op kale akkers en op een minder dicht begroeid gebied zou de piekafvoer waarschijnlijk hoger geworden zijn. De schade in NL was ongeveer 400 M€. Lokaal is er kort infrastructuur uitgevallen en beschadigd. De hersteltijd van sommige locaties duurde een half jaar.

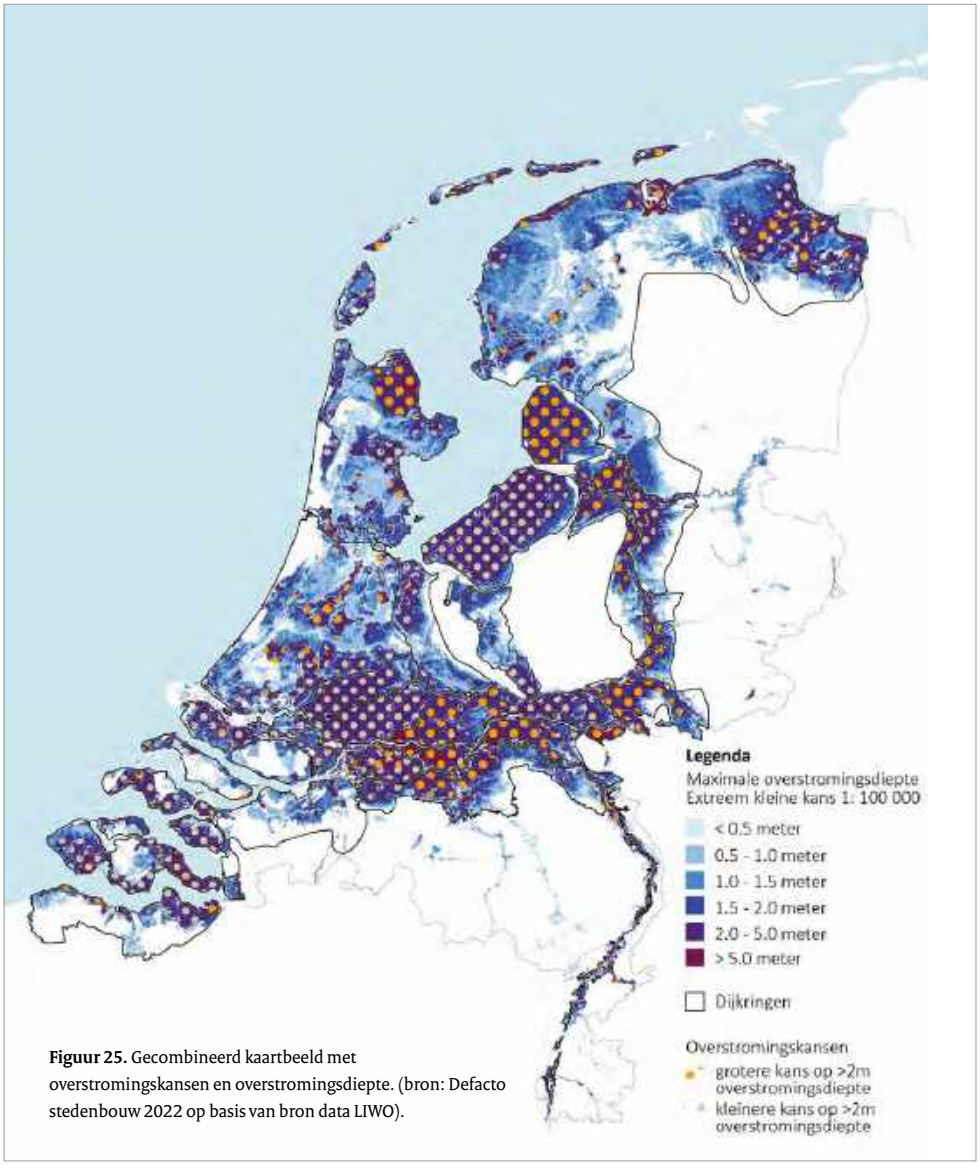


Eem, Amersfoort

Bebouwde omgeving

Wateroverlast in steden of in industrieel gebied kan tot grote schades leiden. In steden in hoog Nederland is overlast doorgaans het gevolg van een vrij-afwaterende waterlopen die door de stad lopen en een beperkte afvoercapaciteit hebben (bijvoorbeeld door de Eem in Amersfoort, de Geul in Valkenburg, de Dommel in Den Bosch, de Mark in Breda, de Roer in Roermond). In stedelijk gebieden kan wateroverlast ook ontstaan door een hemelwaterafvoer (riolering) met te weinig capaciteit. De hydraulische capaciteit wordt (doorgaans) beoordeeld aan de hand van een ontwerpbui met een herhalingstijd van 2 jaar (Rioned, 2019), die overeenkomt met 19,8 mm neerslag per uur. Volgens de KNMI'23 klimaatscenario's neemt echter de intensiteit van de buien toe. In Stoom'24 en Warm'24 kan de uurlijkse bui met een herhalingstijd van 1 jaar tot 2050 oplopen tot 17 mm-18,5 mm en in 2100 tot 23 mm. Dat betekent dat tussen 2050 en 2100 veel bestaande hemelwaterafvoeren niet meer voldoende zullen voor deze jaarlijkse buiten en water op straat kan komen te staan.

Daarnaast kan wateroverlast ontwrichtend werken als de functies van vitale netwerken uitvallen, zoals het elektriciteitsnet, gasnet of communicatienetwerken en internet. Ook wegen kunnen onbegaanbaar worden. Ook vitale objecten zoals ziekenhuizen, transformatorstations en rioolwaterzuiveringen kunnen uitvallen door wateroverlast. In het landelijke traject Vitaal en Kwetsbaar, worden de mogelijke consequenties in beeld gebracht.



Figuur 25. Gecombineerd kaartbeeld met overstromingskansen en overstromingsdiepte. (bron: Defacto stedenbouw 2022 op basis van bron data LIWO).

5.2.3 Opgave waterveiligheid

Tot 2050 blijft de opgave voor waterveiligheid onverminderd van kracht. De opgave neemt in alle scenario's iets toe vanwege zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren in de winter en hier is al op geanticipeerd in het hoogwater beschermingsprogramma (HWBP). Richting 2100 neemt de waterveiligheidsopgave wel sterk toe, zeker bij aanhoudende klimaatverandering, en zijn onder de huidige normering extra dijkversterkingen nodig en eventueel aanpassingen aan de stormvloedkeringen. Voor de kustlijn zijn extra zandsuppleties nodig.

Voor waterveiligheid bestaat de opgave eruit dat alle primaire waterkeringen moeten voldoen aan de in de wet vastgelegde normen (omgevingswaarden). Omdat er in 2017 nieuwe normen zijn ingevoerd moet er nu een extra inspanning worden geleverd hiervoor. In 2050 dienen alle primaire waterkeringen in Nederland te voldoen aan deze normen. Deze opgave komt niet voort uit klimaatverandering, maar de dijk wordt zo versterkt dat deze het klimaat dat we verwachten in de komende 50-100 jaar (afhankelijk van het scenario en de locatie) aan kan. De keringen worden iedere 12 jaar beoordeeld. Als het klimaat sneller verandert dan verwacht, moet de dijk opnieuw versterkt worden. Vooral de ontwikkeling van de rivierafvoeren en de zeespiegelstijging zijn (mede) bepalend voor wanneer dijkversterkingen nodig zijn op een specifieke locatie en hoeveel hoger en breder de dijk moet worden.

Nederland kent een vrij groot gebied dat overstromingsgevoelig is. In Figuur 25 is de maximale overstromingsdiepte weergegeven met een kleine kans van voorkomen (1:100.000 jaar). Overstromingen weergegeven op deze kaart hebben (op hoofdlijnen) twee oorzaken, overstroming vanaf zee en/of piekrivierafvoeren van de grote rivieren. De beheerders van de waterkeringen (waterschappen en Rijkswaterstaat) houden doorlopend in de gaten of hun keringen in goede staat zijn. Ze beoordelen iedere 12 jaar of dijken, keringen en duinen langs de kust en rivieren en rapporteren hierover. Keringen die niet voldoen aan de norm kunnen worden aangemeld bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma. De invloed van de nieuwe KNMI'23 klimaatscenario's op de hydraulische belastingen wordt

doorgerekend voor het "Basisinstrumentarium voor beoordelen en ontwerpen" (BOI). De resultaten worden in de loop van 2024 verwacht, op basis waarvan gekeken wordt of waterkeringen voldoen aan de gestelde eisen. In deze paragraaf is (vooruitlopend daarop) een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de gevolgen van de scenario's voor de waterveiligheidsopgave in de kustgebieden en het rivierengebied.

Waterveiligheid kustgebieden

Bepalend voor waterveiligheid vanaf zee is de stormopzet tijdens noordwesten wind, gecombineerd met extreme golven. De KNMI'23 scenario's laten zien dat er geen verandering wordt verwacht in maatgevende stormcondities (vanuit noordwestelijke richting). Ten gevolge van zeespiegelstijging kan de waterstand tijdens stormcondities hoger worden en kunnen sluitpeilen van bijvoorbeeld stormvloedkeringen vaker voorkomen, waardoor ze vaker zullen sluiten.

De verwachte zeespiegelstijging in 2050 ligt tussen 16 en 73 cm in 2050 en tussen 26 en 124 cm in 2100[13] . De stijging tot 2050 ligt voor de vier scenario's nog dicht bij elkaar, maar richting 2100 lopen ze steeds verder uit elkaar. Belangrijk om op te merken is dat de zeespiegelstijging in het SSP5-8,5 scenario niet lineair toeneemt, maar versnelt. Dat betekent dat in dit scenario de zeespiegel in 2150 al met ca. 2 m gestegen kan zijn. Dit valt buiten de zichtjaren van de Deltascenario's, maar is mogelijk wel relevant voor (zeer) lange termijn investeringen. De zeespiegelstijging heeft effect op de waterstanden van de Rijn en Maas (Figuur 26). Bij de scenario's Stoom'24 en Warm'24 moet rekening gehouden worden met deze hogere waterstanden.

De Nederlandse kust wordt beschermd door duinen, dijken en dammen en stormvloedkeringen. Binnen Kennisprogramma Zeespiegelstijging is onderzocht hoe we om kunnen gaan met zeespiegelstijging tot 5 meter. (KP Zss, 2023).

Stormvloedkeringen

Stormvloedkeringen zijn beweegbare keringen om de verbinding met zee open te houden voor de waterafvoer en scheepvaart. Door de zeespiegelstijging zal de sluitfrequentie van stormvloedkeringen omhoog gaan. In alle scenario's is dat het geval. Tot 2050 is dat nog beperkt, maar na 2050 stijgt in de scenario's Stoom'24 en Warm'24 de zeespiegel tot 82 (59-124 cm) en loopt de sluitfrequentie op. De verwachting is dat bij handhaving van het huidige sluitpeil de Maeslantkering bij 1 m zeespiegelstijging 3 keer per jaar moet sluiten. Het vaker sluiten van de Maeslantkering heeft gevolgen voor de scheepvaart en de Rotterdamse havenindustrie, maar ook de logistieke ketens die daarvan verbonden zijn. De Hollandse IJsselkering (HIJK) sluit momenteel gemiddeld 3 keer per jaar. De sluitfrequentie neemt bij een zeespiegelstijging van 0,5 meter bij gelijk sluitpeil toe tot 6 keer per jaar. Rijkswaterstaat gaat ervan uit dat bij 85 cm zeespiegelstijging de kering 65 keer per jaar sluit. In tegenstelling tot de Maeslantkering is dit voor de constructie zelf geen probleem, maar vooral een probleem voor de scheepvaart en de afwatering van de Hollandse IJssel (Deltares, 2019).

Niet voor alle stormvloedkeringen zijn de consequentie van zeespiegelstijging volledig in beeld, voor de Oosterscheldekering start er de komende jaren een verdiepingsstudie door Rijkswaterstaat Zee en Delta, waarin specifiek onderzoek gedaan gaat worden naar de functionele- en technische impact van zeespiegelstijging op



Figuur 26. Doorwerking van 1 meter zeespiegelstijging op stijging rivierwaterstanden bij mediane rivierafvoer (1961 m^3/s bij Lobith). De doorwerking wordt scherp begrensd door de stuwen bij Hagestein en Lith, en de Volkeraksluizen (gebaseerd op De Jong, 2020).

[13] In Vlug'24 en Ruim'24 met 24 cm (16-34 cm) tot 2050 en met 44 cm (26-73 cm) tot 2100. In Stoom'24 en Warm'24 is dat respectievelijk 27 cm (19-38 cm) en 82 cm (59-124 cm).

de Oosterschelde (systeemanalyse Waterveiligheid – Deelrapport Zuidwestelijke Delta, Kennisprogramma Zeespiegelstijging 2023, Rapportnummer: PR4682.10)

Dijken en dammen

Bij een hogere hydraulische belasting zullen bij vergelijkbare normering en inzichten dijken versterkt moeten worden. Volgens het kennisprogramma Zeespiegelstijging zou bij een zeespiegelstijging van 1 meter de keringen gemiddeld 0,3-0,5 m hoger en circa 1-20 m breder moeten zijn dan nu nodig voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma (KP Zss, 2023). In Stoom'24 en Warm'24 moet worden uitgagaan van die mate van zeespiegelstijging. In Vlug'24 en Warm'24 is de stijging veel minder.

Recent zijn er, vooral vanuit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, nieuwe inzichten gepubliceerd ten aanzien van de ontwikkelingen van verschillende faalmechanismen van dijken onder zeespiegelstijging. Vanuit technisch perspectief is het mogelijk om dijken te versterken die de hogere belasting aan kunnen, zeker binnen de bandbreedte van zeespiegelstijging in de Deltascenario's. Dit vraagt echter wel om meer ruimte. Met name in de scenario's Vlug'24 en Stoom'24 moet rekening gehouden worden met een toenemende druk op de ruimte en die toekomstige de dijkverbredingen zouden kunnen bemoeilijken. Op veel plekken staat bebouwing waar de dijken verbreed zouden moeten worden. Het amoveren (verplaatsen) van deze woningen is een dure en lastige opgave. Bovendien zullen veel buitendijkse gebieden in Rotterdam en Dordrecht bij 1 meter stijging zeer regelmatig onder water komen te staan. Dit zal in Vlug'24 en Ruim'24 ook het geval zijn.

In de Waddenzee resulteert de grotere waterdiepte in een toename van golfwerking. Als door zeespiegelstijging de natuurlijke sedimentatie niet voldoende is om het voorland mee te laten groeien, dan neemt de golfbelasting op de dijk verder toe. Dijken langs het waddenzeegebied zullen dan versterkt moeten worden. Slikken, schorren of kwelders aan zeewaarts van de dijk kunnen helpen om de golfbelasting te verlagen (doordat golfenergie wordt afgezwakt door het voorland in plaatst van op de dijk) (KP zss, 2023).

Zandige kust

Jaarlijks brengt Rijkswaterstaat zo'n 12 miljoen kubieke meter zand aan op de Nederlandse kust. Deze zandsuppleties helpen de kustlijn op een natuurlijke manier op zijn plek te houden. Zeespiegelstijging versterkt de erosie van de zandige kust. Onderzoeken uitgevoerd binnen het kennisprogramma zeespiegelstijging laten zien dat de suppletieopgave ongeveer 2 tot 3 keer toeneemt. De verliezen van gesuppleerd zand naar diep water zijn beperkt waardoor het gesuppleerde zand in de actieve zone van het kustsysteem blijft en bijdraagt aan de waterveiligheid.

De hoeveelheid zand die nodig is voor het handhaven van de zandige kustlijn wordt in alle scenario's groter en in Stoom'24 en Warm'24 meer dan in Vlug'24 en Ruim'24. Er zal nagedacht moeten worden over waar het zand jaarlijks vandaan gehaald kan worden, wat de extra transportkosten zijn en hoe dit zand, vooral in de scenario's Vlug'24 en Ruim'24 zonder extra emissies gewonnen en getransporteerd kan worden. Ook zullen wellicht extra zandwingebieden gereserveerd moeten worden, doordat ook in de Noordzee de ruimtelijke druk toeneemt onder ander door de aanleg van windmolenparken (KP Zss, 2023). Daarnaast kunnen zandwinning en suppleties als ze op grote schaal worden toegepast effecten hebben op de ecologie. Wat de effecten daarvan zijn is nog niet precies bekend.

Op de lange termijn staat het Waddengebied onder druk door zeespiegelstijging. In Stoom'24 en Warm'24 wordt uitgegaan van een gemiddelde stijgsnelheid van 5mm per jaar tot 2050 en 11 mm per jaar in 2100. In Vlug'24 en Ruim'24 ca. 3 mm per jaar in 2050. De verwachting is vooral in Stoom'24 en Warm'24 de aangroei door natuurlijke sedimentatie van de wadplaten en kwelders in de toekomst minder hard zal gaan dan de stijging van de zeespiegel, waardoor op (lange) termijn het areaal intergetijdengebied in de Waddenzee achteruitgaat. Dat heeft consequenties voor de natuurwaarden in de Waddenzee, wat een Natura2000 gebied is.

Waterveiligheid rivierengebieden

In het bovenstroomse rivierengebied wordt de hydraulische belastingen bepaald door piekrivierafvoeren. In het benedenstroomse rivierengebied is overstromingsrisico gerelateerd aan waterstandsverhogingen op zee tijdens stormcondities, wat tot opstuwing in de rivieren kan leiden zeker tijdens piekrivierafvoeren. In het beneden rivierengebied kunnen de twee oorzaken ook interfereren. Dit heeft invloed op de noodzakelijke dimensies van de waterkeringen en voor buitendijkse gebieden die niet worden beschermd door primaire keringen.

Bovenstroomse rivierengebied

De jaarlijkse maximale rivierafvoer van de Rijn en de Maas neemt door klimaatverandering toe. In Vlug'24 en Ruim'24 kan de Rijnafvoer toenemen met 1% in 2050[14], en verandert daarna niet verder door klimaatverandering. In Stoom'24 en Warm'24 zou de jaarlijks maximale Rijnafvoer toe kunnen nemen met 10% in 2050 en 30% in 2100. Voor de Maas geldt dat maximale afvoer in Vlug'24 en Ruim'24 zou kunnen toenemen met ca. 4% in 2050 en daarna zou stabiliseren. In Stoom'24 en Warm'24 neemt de Maasafvoer toe met 4% in 2050 en 22% in 2100. De bepaling van de afvoeren, met hogere herhaaltijden dan de jaarlijkse maxima, wordt gedaan binnen het BOI (publicatie in 2024).

Naast een toename van in rivierafvoeren, kan vanwege een toename van de bevolking en de economie worden besloten de normen voor specifieke waterkeringen strenger te maken. In de scenario's Vlug'24 en Stoom'24 groeien deze het hardst.

Het hoogwaterbeschermingsprogramma heeft als doel dat in 2050 alle waterkeringen voldoen aan de norm. Naar verwachting zal tot ca. 2000 km van in de totaal 3500 km aan primaire keringen versterkt moeten worden. Hierbij wordt uitgegaan de

[14] De hoogwaterafvoeren voor zowel de Rijn als de Maas kunnen in 2050 ook licht afnemen. De verschillende klimaatscenario's laten verschillende uitkomsten zien tussen de natte en droge varianten. In de beschouwing wordt gekeken naar de natte varianten.



Figuur 27. Kaart met normering primaire kering (Bron: Slootjes & van der Most, 2016)

vorige KNMI en rivierafvoer-scenario's, geactualiseerde nieuwe afvoerberekeningen worden in de loop van 2024 verwacht (in het Programma BOI). In Vlug'24 en Ruim'24 zal die opgave niet groter zijn dan waar nu in het HBWP mee rekening wordt gehouden, omdat wordt uitgegaan van een milder klimaatscenario (SSP1-2.6) dan in de vorige Deltascenario's (SSP2-4.5) (zie ook de toelichting in paragraaf 1.2). In Vlug'24 en Ruim'24 stabiliseert het klimaat en stabiliseren de veranderende afvoeren ook, hoewel het smelteffect van gletsjers nog door zal gaan. In Stoom'24 en Warm'24 blijft het klimaat (en daarmee ook de rivierafvoeren) ook na 2050 veranderen. Het is de verwachting dat in deze scenario's ook na 2050 een waterveiligheidsopgave in het rivierengebied blijft.

Beneden rivierengebied – invloed zeespiegelstijging

In het benedenstroomse rivierengebied wordt de hydraulische belasting grotendeels bepaald door waterstandsopzet door storm op zee, en piekrivierafvoeren tijdens condities waarbij de stormvloedkeringen gesloten zijn. Onder klimaatverandering wordt er geen toename verwacht in de 'maatgevende' stormcondities op zee, echter door zeespiegelstijging nemen de gemiddelde waterstand en de waterstandsopzet tijdens stormcondities wel toe. De Rijntakken die in open verbinding met de zee staan kunnen bij hoge waterstanden op zee worden afgesloten door o.a. de Maeslantkering. Sluiting betekent dat het rivierwater niet kan worden afgevoerd wat tot waterstandsverhogingen in het beneden rivierengebied kan leiden. Zeespiegelstijging zal, onafhankelijk van het klimaatscenario, ook na 2050 blijven, met een grotere sluitfrequentie van de stormvloedkeringen tot gevolg (als het sluitpeil gelijk blijft). In tegenstelling tot het bovenstroomse rivierengebied, zal de waterveiligheidsopgave in het benedenstroomse rivierengebied wel in alle scenario's (dus ook in de lage uitstoot scenario's Vlug'24 en Ruim'24) toenemen tussen 2050 en 2100, doordat de zeespiegel blijft stijgen en de sluitfrequenties toenemen.

Buitendijkse gebieden

In het gehele rivierengebied komt buitendijkse bebouwing voor, zowel in uiterwaarden als in bebouwd stedelijk gebied, vooral in de Drechtsteden, zoals het Noordereiland, de Kop van Feijenoord en het Scheepvaartkwartier in Rotterdam. Bij een hoger zeeniveau en hogere rivierafvoeren is het de verwachting dat deze buitendijkse gebieden frequenter onder water zullen komen te staan dan nu het geval is.

Normering, bevolkingstoename en economische waarde

De huidige normering van de primaire keringen zijn weergegeven in Figuur 27. In Stoom'24 en Vlug'24 groeit de economie en de bevolking. In gebieden waar de bevolking sterk gaat groeien of die zich economisch sterk ontwikkelen kan ervoor gekozen worden de normen te actualiseren. Of dat nodig is, is een politieke afweging. In het kader van de 12-jaarlijkse evaluatie van de wet is er door Deltares gekeken naar de huidige normen en geconstateerd dat er met de huidige inzichten voor de meeste dijktrajecten geldt dat er tot 2050 geen reden is om de normen aan te passen.

5.3 Integrale opgaven

5.3.1 Stapeling van wateropgaven

Naast de toename van de verschillende individuele wateropgaven, is voor sommige gebieden ook sprake van een stapeling van wateropgaven. In laag Nederland, met name de Zuidwestelijk delta, Rijnmond-Drechtsteden, Centraal Holland en IJsselmeergebied zien we een stapeling van verschillende wateropgaven. In deze gebieden moet steeds meer worden gedaan om verzilting tegen te gaan. In Stoom'24 en Warm'24 vraagt dat om bijna een verdubbeling van het doorspoeldebiet (39m^3/s ten opzichte van 20 m^3/s). In 2100 kan dat zelfs een verviervoudiging zijn. Met dalende rivierafvoeren wordt dat op termijn steeds lastiger. Daarbovenop komt nog de peilopzet van het oppervlaktewater vanwege de vernatting van veenweidegebieden. Dit lijkt tot hogere peilen in de polders en boezems, maar verlaagt de waterbergingscapaciteit in de regionale watersystemen. Bij flinke buien geeft dat een verhoogd risico op wateroverlast. In deze gebieden is ook relatief veel stedelijk gebied. In de stedelijke kernen van deze gebieden is ook een extra risico van water op straat en dat vraagt om uitbreidingen van de hemelwaterafvoer en vergroting van areaal onverhard oppervlak.

Door de voortdurende stijging van de zeespiegel moeten de primaire keringen in deze gebieden tijdig worden aangepast. Omdat dijkverhogingen tijd kosten moet dat voor 2050 al in gang gezet worden, inclusief de ruimtelijke reserveringen voor dijkversterkingen en oplossingen voor buitendijks gebied. Ook de scheepvaart zal meer hinder en schade ondervinden, zowel vanwege het vaker voorkomen van de lage rivierafvoeren als het vaker sluiten van de stormvloedkeringen.

In hoog Nederland zien we een stapeling van de opgaven voor zoetwaterbeschikbaarheid en wateroverlast. Met name over de gebieden met vrije afwatering waarbij de afvoercapaciteit beperkt is, kan wateroverlast ontstaan door hevige neerslag. Tegelijkertijd kunnen deze gebieden ook meer last van droogte krijgen, omdat het water niet goed kan wordt vastgehouden. In hoog Nederland draagt water vasthouden en extra berging aan het reduceren van de afvoer en als buffer voor droge perioden. Ook de drinkwatervoorziening komt ook steeds meer onder druk als de grondwatervoorraden te weinig worden aangevuld en de innamestops uit oppervlaktewater vanwege waterkwaliteit (hoge zoutconcentraties) vaker voorkomen.

5.3.2 Wateropgave in relatie tot andere maatschappelijke opgaven

Naast klimaatadaptatie zijn er ook andere maatschappelijke opgaven waar Nederland voor staat, zoals de voedsel- en landbouwtransitie, natuurherstel en biodiversiteit, de woningbouwopgave en de energietransitie. Al deze grote opgaven moeten in beperkte ruimte worden opgelost (PBL, 2022). De druk op de ruimte neemt toe en zal onder de geschetste scenario's verder toenemen. De oplossingen ten aanzien van deze andere opgaven bieden in sommige gevallen kansen voor klimaatadaptatie, maar in sommige gevallen ook juist beperkingen omdat de ruimte nodig is voor woningbouw in plaats van waterberging. Dit maakt het voor het waterbeheer belangrijk om proactief en vroegtijdig de wateropgaven in te brengen in de beleidsdiscussies over de oplossingsrichtingen van de andere opgaven. Gebeurt dit niet, dan kunnen de ruimtelijke beperkingen voor klimaatadaptatie juist verder vergroten.

Nationale omgevingsvisie en Programma Landelijk gebied

In 2024 wordt een aangescherpte Nationale Omgevingsvisie vastgesteld. Daarnaast zal de nieuwe Nota Ruimte een lange termijnvisie geven op de ruimtelijke inrichting van Nederland. In deze Nota Ruimte worden grote ruimtelijke keuzes gemaakt voor 2030, 2050 en 2100 die nodig zijn voor de ontwikkeling van heel Nederland en grote impact kunnen hebben op het watersysteem.



Almere Poort


Urk

In het Nationaal Programma Landelijk gebied, dat hier een onderdeel van vormt, wordt inzichtelijk gemaakt wat het toekomstperspectief is van het landelijk gebied met het oog op emissiereductie (van stikstof en broeikasgassen), natuurherstel en water. Dit gaat onder andere ook over het vernatten van veenweidegebieden en aanleggen van groenblauwe dooradering van het landelijk gebied. De impact daarvan op het watersysteem is groot. Het water kan langer vastgehouden gehouden worden en er wordt extra bergingscapaciteit gecreëerd. Dit is een voorbeeld van synergie tussen natuurhersteldoelen en klimaatadaptatiedoelen. Maar het kan ook tot een extra watervraag leiden, zoals het geval is bij vernatting van veenweidegebieden. Bovendien heeft vernatting gevolgen voor de bewerking van het land door de boer. Hier is dus een trade-off tussen het tegengaan van oxidatie en bodemdaling en de belangen van agrariërs.

Woningbouw

In 2030 moeten zo'n 900.000 extra woningen worden bijgebouwd (en daarna nog meer als wordt uitgegaan van hoge groeiscenario in Vlug'24 en Stoom'24 tot 20,7 miljoen mensen in 2050). Het Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie bepleit dat deze nieuwe woningen klimaat robuust en waterbestendig worden. Dit is onder andere afhankelijk van de locatiekeuze van nieuwe woningen. Daarnaast is met de 'Maatlat voor een klimaatadaptieve groene Gebouwde Omgeving' een referentiekader gemaakt voor hoe de bouwsector moet bouwen in het veranderende klimaat (Min. BZK, 2023). De maatlat beschrijft voor nieuwbouw de prestatie-eisen en richtlijnen voor wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, bodemdaling en gevolgbeperking van overstromingen. Met locatiekeuze en deze maatlat kan in de nieuwbouwprojecten geanticipeerd worden op klimaatverandering toekomstige klimaatproblemen zoveel mogelijk beperkt worden.

Energietransitie

Ook de energietransitie kan op een aantal vlakken interfereren met de mogelijkheden om de toekomstige wateropgave het hoofd te bieden. De energie-infrastructuur legt namelijk een claim op de beschikbare ruimte, zowel op het maaiveld als in de ondergrond en kan daarmee de ruimte voor adaptatiemaatregelen beperken: denk aan de inpassing van de stroomkabels en warmtenetten die mogelijk ruimte innemen voor infiltratievoorzieningen en berging.

Daarnaast zal ook de warmtevoorziening moet verduurzamen. Volgens het Klimaatakkoord moet 95% van de gebouwde omgeving in 2050 aardgasvrij zijn. Alternatieve warmtebronnen voor aardgas zijn restwarmte, geothermie, bodemenergie en aquathermie. Bij geothermie wordt gebruikt gemaakt van de thermische energie op grote diepte (ca. 3 km). Dit houdt in dat er boringen moeten plaatsvinden, waarbij door afsluitende kleilagen heen wordt gegaan. Hoewel bij de boringen de lagen weer afgesloten worden, is er een verhoogde kans op het optreden van verontreiniging van grondwaterpakketten. Bij een veelvoud van geothermie-toepassingen zou dat een verhoogd risico kunnen zijn voor de drinkwatervoorziening. Hetzelfde principe geldt voor bodemenergiesystemen. Open bodemenergiesystemen (warmtekoude-opslag in de bodem) kunnen ook door afsluitende kleilagen heen gaan, hoewel deze systemen relatief ondiep zijn. Ook hier geldt dat het prikken door de afsluitende lagen een risico met zich meebrengt, onder andere vanwege verontreiniging (o.a. van zout) van diepe lagen naar ondiepere lagen. Grootschalige toepassing van (open) bodemenergiesystemen kan bovendien leiden tot veranderingen in de natuurlijke grondwaterstromen. Tot slot heeft aquathermie impact op het watersysteem. Bij aquathermie wordt gebruikt gemaakt van de thermische energie in het oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater. Vaak is dit in combinatie met bodemenergiesystemen. Voor de onttrekking van

warmte uit oppervlaktewater is debiet nodig. Dit betekent een watervraag in de periode mei- september wanneer het water warm is. Het water zelf wordt niet gebruikt en weer afgekoeld geloosd, maar het vraagt wel om een minimaal debiet. In grotere wateren is dit geen probleem, maar in kleine wateren met weinig debiet of grote fluctuaties zou dat extra eisen aan peilbeheer en doorspoeling kunnen stellen (Van der Brugge et al., 2021). Om negatieve ecologische impact tegen te gaan zijn eisen ten aanzien van de vergunningverlening opgesteld.

5.4 Conclusies ten aanzien van de wateropgave

- Elk scenario heeft een eigen mix van (deel)wateropgaven. De verschillen tussen de opgaven zijn het gevolg van de verschillen in de klimatologische en maatschappelijke ontwikkelingen in de scenario's.

- De wateropgaven nemen in alle scenario's toe, De toename is groter naarmate de klimaatverandering verder toeneemt (in Stoom'24 en Warm'24). Het wateraanbod wordt grilliger: het wordt natter en droger. Daarnaast creëert het terugbrengen van broeikasgasuitstoot ook een wateropgave, voornamelijk door de extra zoetwatervraag in het veenweidegebied.

- Droogte is op korte termijn urgent. In alle scenario's neemt droogte in de zomerperiode toe. Het neerslagtekort en de sterk dalende wateraanvoer vanuit de rivieren zorgen ervoor dat er minder aanbod is in een periode waarin er juist veel vraag is naar zoetwater.

- In de natte varianten van de KNMI'23 klimaatscenario's neemt de neerslag jaarrond toe. In de droge varianten neemt blijft neerslag tot 2050 gelijk in de lage uitstootscenario's en neemt af in de hoge uitstootscenario's. In dat geval is de opgave om het water zoveel mogelijk vast te houden nog wezenlijker.

- De opgave om zoetwater voor alle functies in alle regio's beschikbaar te maken wordt steeds lastiger. Niet meer alle functies kunnen ten alle tijden meer gefaciliteerd worden. Er ontstaan mogelijk zoetwater tekorten:
  - Tekorten aan zoetwater in voor landbouw en natuur
  - De drinkwatervoorziening komt ook steeds meer onder druk, indien de grondwatervoorraden te weinig worden aangevuld. Een inname-stop uit oppervlaktewater vanwege waterkwaliteit (hoge zoutconcentraties) vaker zal voorkomen.
  - Ook de scheepvaart zal meer hinder en schade ondervinden vanwege het vaker voorkomen van de lage rivierafvoeren.

- De verdringingsreeks zal steeds vaker in werking treden. De functies uit de lagere categorieën zullen potentieel meer schade ondervinden om de hogere functies te beschermen. Bij verdergaande klimaatverandering neemt het risico op onomkeerbare schade van de prioritaire functies ook toe.

- De opgave om wateroverlast tegen te gaan wordt groter. Alle klimaatscenario's geven een toename aan van de kans op heviger neerslag.
  - In stedelijk gebied kunnen huidige hemelwaterafvoersystemen mogelijk niet gedimensioneerd zijn op de piekbuien zoals die in 2050 en 2100 kunnen optreden.
  - De opgave van het voorkomen van wateroverlast vanuit de regionale watersystemen wordt groter. Langdurende neerslag neemt in alle scenario's toe.

- Voor waterveiligheid neemt de opgave toe na 2050, tot 2050 is dit grotendeels belegd in het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

- In een heel aantal gebieden is sprake van een stapeling van de verschillende wateropgaven. De toename in watervraag gecombineerd met een toenemende grilligheid in wateraanbod legt extra nadruk op het klimaatbestendig en waterrobuust inrichten van onze leefomgeving. Dit vraag om afstemming met andere beleidsvelden die voor andere maatschappelijke opgaven staan.

- Als mondiaal het Parijs-akkoord wordt nageleefd, dan levert dit in 2050 een kleinere wateropgave op ten opzichte van wanneer het Parijs-akkoord niet wordt nageleefd. Bovendien zou dit een stabilisatie van de wateropgave na 2050 betekenen, met een beter voorspelbare klimaatadaptatieopgave. Lukt het niet om mondiaal het Parijs-akkoord na te leven, dan wordt na 2050 de wateropgave alleen maar groter.

Hoofdstuk 6

“Wat-Als?” - ontwikkelingen

Bij de basisscenario’s is zoveel mogelijk uitgegaan van bestaand beleid en inzichten uit andere (scenario)studies. De verhaallijnen zijn daarmee onderbouwd, zodat er plausibele, toekomstige wateropgaven geschetst worden. Ontwikkelingen met een contextspecifieke uitwerking en die zeer onzeker zijn, zijn daarom niet meegenomen in de basisscenario’s, zoals toegelicht in paragraaf 2.1. Om te voorkomen dat we ons blindstaren op die gegeven bandbreedte, zijn in dit hoofdstuk een aantal “Wat-Als?”-ontwikkelingen opgenomen. Deze ontwikkelingen passen niet bij de leidende principes. Ze kunnen echter wel cruciale inzichten geven in huidige en toekomstige beleidsopgaven en kunnen (op termijn) grote invloed hebben op de wateropgaven.

Noordzee, Texel

6.1 Waarom "Wat-Als?"

In dit hoofdstuk worden de volgende "Wat-Als?"-ontwikkelingen verder toegelicht: extreem versnelde zeespiegelstijging, extreem weer, bovenstroomse veranderingen in water- en bodemgebruik, landbouwhervormingen, klimaatadaptatie door burgers en bedrijven en landgebruik na transities. Deze set aan "Wat-Als?"-ontwikkelingen geven een breed pallet aan ontwikkelingen weer die onzeker zijn, maar een grote impact kunnen hebben om de toekomstige wateropgaven. Andere ontwikkelingen, zoals de grotere bevolkingsgroei beschreven door de Staatscommissie Demografische Ontwikkeling (2024) of het stilvallen van de Atlantische oceaanstroom (Atlantic meridional overturning circulation (AMOC) (Van Westen et al., 2024) of andere fysische kantelpunten in het klimaat (Armstrong McKay et al. 2022) zijn niet meegenomen, maar ook deze ontwikkelingen kunnen grote gevolgen hebben voor de wateropgaven in Nederland.

De "Wat-Als?"-ontwikkelingen hebben dan ook een andere status dan de verhaallijnen uit het vorige hoofdstukken. Gebruikers hebben, middels het gebruikersoverleg, aangegeven verhaallijnen te prefereren die passen bij de leidende principes, maar daarbuiten ook aandacht te hebben voor deze nog zeer onzekere ontwikkelingen met potentieel grote gevolgen. Door deze ontwikkelingen 'buiten de Deltascenario's' te houden wordt de knelpuntenanalyse en de afwegingen tussen oplossingen niet vertekend door aannames die nog niet goed onderbouwd zijn, maar kunnen ze wel als (kwalitatieve) gevoeligheidsanalyses meegenomen worden. De "Wat-Als?"-ontwikkelingen zijn in die zin verrijkende aanvullingen op de basisscenario's. Hiervan is geen kwantitatieve modelinvoer gemaakt.

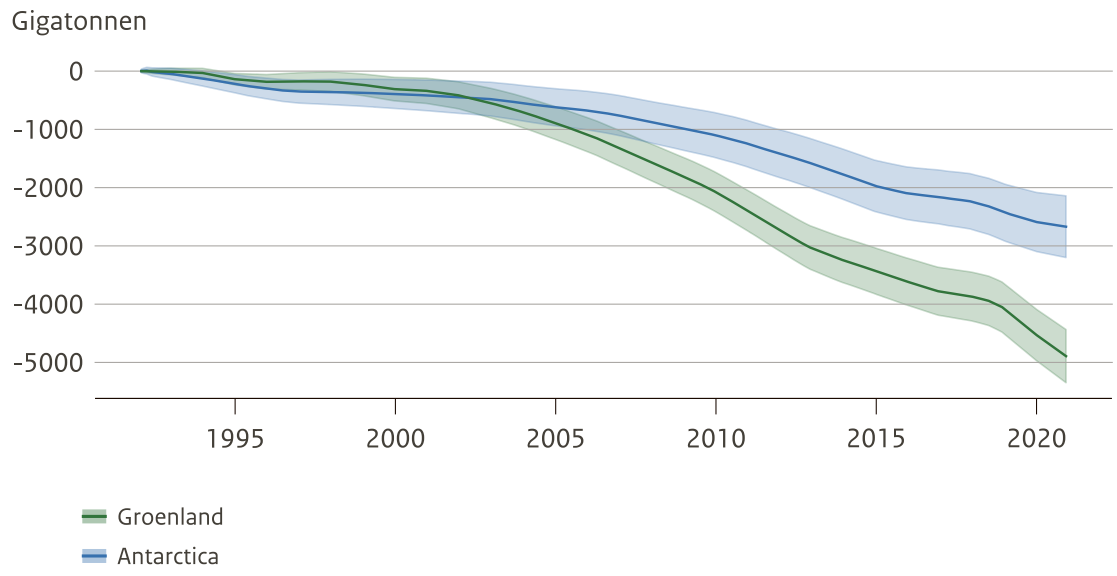
6.2 Extreem versnelde zeespiegelstijging

Extreme zeespiegelstijging kan zeer grote impact hebben op de Nederlandse Delta. In de KNMI'23 klimaatscenario's wordt in het hoge scenario (opgenomen in Stoom'24 en Warm'24) uitgegaan van stijging van maximaal 124 cm in 2100 ten opzichte van de gemiddelde zeespiegel in de periode 1990-2020.

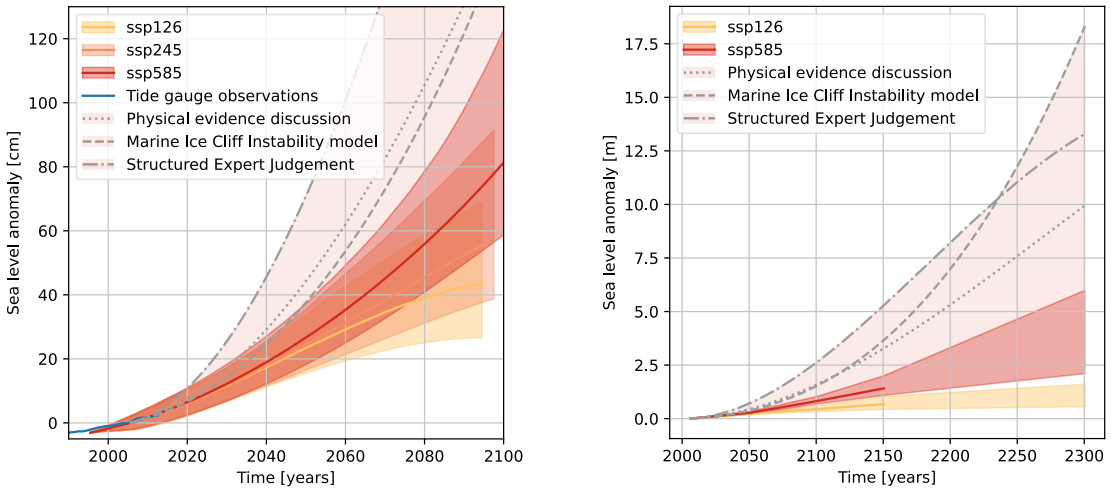
In de klimaat- en ijskapmodellen is echter een aantal processen (nog) niet goed te modelleren en zijn de metingen niet altijd voldoende om lange termijn ijskapdynamiek inzichtelijk te maken. Deze processen worden daarom door het IPCC als zeer onzeker bestempeld (Fox-Kemper et al. 2021). Een van de belangrijkste processen is het verlies van ijsmassa op met name West-Antarctica. Klimaatmodellen die deze processen wel meenemen laten zien dat de zeespiegelstijging rond 2100 tot 2,5 m kan oplopen als het instabiel worden van de Antarctische ijskap al vóór 2100 optreedt.

In het hoogste scenario stijgt de zeespiegel in de 25 jaar daarna met 1,5 meter en kan in 2150 de stijging 5 meter zijn. Naast de absolute toename van zeespiegelstijging, moet daarom ook naar de versnelling worden gekeken. In het geval van instabiliteit van de Antarctische ijskap moeten steeds sneller steeds grootschaligere maatregelen gerealiseerd worden.

Het kantelpunt waarop de Antarctische ijskap instabiel wordt is niet exact bekend en momenteel onderwerp van onderzoek. Bij een wereldgemiddelde opwarming van meer dan 2°C wordt de toekomst van Antarctica erg onzeker en kan een deel van de ijsplaat instabiel worden, waardoor deze (onafhankelijk van de wereldwijde klimatologische ontwikkelingen) massa blijft verliezen met een



Figuur 28. Massaverandering van de ijskappen van Groenland en Antarctica in de afgelopen drie decennia. Het zeeniveau in onze regio wordt in de toekomst vrijwel volledig bepaald door de snelheid waarmee de Antarctische IJskap massa verliest. (Bron: KNMI, 2023)



Figuur 29. Links: Scenario's tot 2100 van het zeeniveau bij Nederland t.o.v. het huidige niveau (mediaan en 90%-band), inclusief drie schattingen van de hoogst mogelijke zeespiegelstijging (stippellijnen in lichtroze band). Rechts: zeespiegelprojecties tot 2300. (Van Dorland et al., 2023)

(zeer sterkte) stijging van de zeespiegel tot gevolg. De drijvende ijsplaten om het landijs van Antarctica heen zullen dan deze eeuw nog grotendeels verdwijnen. Daardoor beweegt het landijs sneller naar de kust en kalft sneller af. Nu al slinken de ijskappen op Groenland en Antarctica steeds sneller (Figuur 28). Tussen 2009 en 2018 was het massaverlies respectievelijk zeven (Groenland) en vier (Antarctica) keer zo groot als tussen 1992 en 2001. In Figuur 29 is weergegeven hoe, onder deze onzekere worst-case projectie de zeespiegelstijging tot 2100 respectievelijk 2300 kan verlopen. In Nederland loopt het Kennisprogramma Zeespiegelstijging om meer zicht te krijgen op deze extreme zeespiegelstijging, de mogelijke gevolgen en hoe Nederland zich aan kan passen.

6.3 Extreem weer

Er zal ook rekening gehouden kunnen worden met extreem weer, zowel extreem droge perioden die langer duren en perioden van extreme langdurende neerslag en extreme hoosbuien.
De Provincie Zuid-Holland, de waterschappen, RWS en de gemeentes Dordrecht en Rotterdam en Deltares hebben een casestudie uitgevoerd naar wat er kan gebeuren als er een grootschalige neerslaggebeurtenis à la Limburg zou optreden in Zuid-Holland (Asselman & van Heeringen (2022). De casestudie laat zien dat grootschalige neerslag in de provincie Zuid-Holland leidt tot ongekende wateroverlast, waarbij de schade in de miljarden zal lopen. Op veel plaatsen komt langdurig water op straat te staan en op het maaiveld. Veel boezemwatergangen in Delfland en Rijnland krijgen te maken met kritische waterstanden en boezemkadedoorbraken zijn niet uitgesloten. Stedelijk gebied wordt in deze casus minder getroffen, omdat er meer pompcapaciteit en hogere kades zijn dan in het landelijk gebied. Elektriciteitsstations kunnen blijven functioneren als ze voldoende hoog liggen. Laaggelegen wegdelen en tunnels zullen onderlopen waardoor de bereikbaarheid van belangrijke locaties zoals ziekenhuizen, of brandweerkazernes afneemt. Of een dergelijk weersysteem met deze extreme neerslag zich ook kan manifesteren in het Westen van Nederland is nog onbekend. Naar aanleiding hiervan worden wel zogenaamde bovenregionale stresstesten ontwikkelt, die in de loop van 2024 en 2025 op verschillende regio's zullen worden toegepast.

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingstijd [jaar]				Initiële condities
			huidig klimaat	2030	2050	2085	
Lokaal	1 uur	70 90	200 500	150 370	100 250	57 140	
	2 uur	155	>1000	>1000	1000	580	
Regionaal	48 uur	129 129 149 184	270 270 720 >1000	180 180 460 >1000	100 100 250 1000	50 50 130 450	GG GHG GG GG

Tabel 5. Gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen voor de Stresstest, actualisatie 2018 (Beersma et al, 2018). De neerslagstatistiek zal in 2024 opnieuw geactualiseerd worden op basis van KNMI'23.

Voor extreme hoosbuien zijn een aantal neerslaggebeurtenissen voorgesteld die gelden als stresstesten voor de kans op wateroverlast (Tabel 5). Dit zijn zowel korte buien van 1 of 2 uur en lange buien van 48 uur. Op basis van de klimaatscenario's van het KNMI uit 2014 zijn de verschuivingen in de herhalingstijden bepaald. Een extreme bui van 70 mm, die eens op de 200 jaar optreedt, treedt rond 2100 ca. een in de 50 jaar op. Voor regionale neerslag is de verschuiving van ongeveer dezelfde orde.

6.4 Bovenstroomse veranderingen in water- en bodemgebruik

Naast het effect van klimaatverandering op de rivierafvoer van de Rijn en Maas, dat in de basis-scenario's is meegenomen, hebben ook het bovenstroomse gebruik en waterbeheer effect op de hoeveelheid rivierwater ons land binnenkomt. Over de maatschappelijke ontwikkelingen in de landen in de stroomgebieden van de Rijn en Maas is nog weinig bekend en daarom is het in de basis Deltascenario's '24 niet mogelijk om deze effecten kwantitatief mee te nemen in toekomstige rivierafvoeren Komende jaren wordt door de Internationale Rijncommissie een scenario-studie voor het Rijn stroomgebied uitgevoerd. Bij de volgende actualisatie van de Deltascenario's zullen de resultaten daarvan meegenomen worden. Vanwege dit beperkte inzicht, maar de potentiële impact is het bovenstrooms verbruik en beheer nu nog als "Wat-Als?"-ontwikkeling opgenomen. Wat als bovenstroomse ontwikkelingen leiden tot een extra afname in de rivierafvoeren in droge perioden?

In een eerste verkenning is gekeken naar de mogelijke effecten van (drink)waterverbruik, productiewater, mijnbouw, koelwater en irrigatie (Deltares, 2019). Hieruit blijkt ten eerste dat het waterverbruik van drinkwater en productiewater relatief klein is ten opzichte van de totale Rijnafvoer en hebben dan ook een zeer beperkt effect (Figuur 30). Veranderingen in koelwater en irrigatie voor de landbouw hebben een groter effect. In deze verkenning wordt er ook direct bij gezegd dat er (te) weinig betrouwbare informatie over beschikbaar is. Niettemin worden grove schattingen gedaan om een indicatie te geven van ordegrootte. Het verbruik zou de afvoer met gemiddeld 70 m3/s over een jaar kunnen verminderen. In de zomerperiode waar de afvoer sowieso laag zou dat kunnen oplopen tot wel 200 m3/s. Een conclusie van de verkenning luidt dan ook dat de effecten van veranderingen bovenstrooms verbruik in dezelfde ordegrootte liggen als het effect van klimaatverandering.

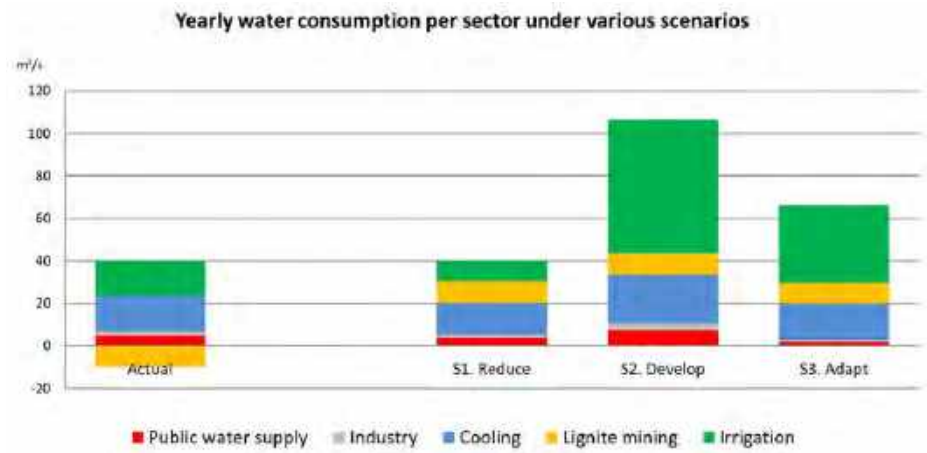
Voor hoogwaterbeheer geldt dat extra bovenstroomse inspanningen met betrekking tot dijkversterkingen juist kunnen leiden tot hogere rivierafvoeren in Nederland. Vooralsnog geldt dat de Rijn in Duitsland eerder overstroomt dat in Nederland, maar als dat niet meer het geval zou zijn, komt er meer water ons land binnen.

6.5 Hervormingen landbouw

In de Deltascenario's worden geen grote landbouwhervormingen meegenomen, omdat het landbouwbeleid nog niet uitgekristalliseerd is. Wel zijn er contouren zichtbaar van een duurzamer landbouw en voedselsysteem in de toekomst. Wat als deze transitie doorzet?

Kringlooplandbouw

Nederlandse boeren importeren veevoer en landbouwgrondstoffen uit het buitenland en produceren deels voor het buitenland. Bij de productie van veevoer vindt ontbossing plaats door en er is veel transport nodig waarbij CO_2 vrijkomt. In de Kamerbief Toekomst Landbouw wordt daarom het verkleinen van mondiale stromen en het sluiten van kringlopen op lokaal en regionaal niveau tot doel gesteld. Veevoer komt steeds meer van eigen gemengde bedrijf of boerenbedrijven in de regio (Kabinetsvisie, 2018). Ook de productie van kunstmest wordt verminderd en waar mogelijk vervangen door natuurlijke mest uit het eigen bedrijf of regio.



Figuur 30. Indicaties van veranderingen in watervraag van verschillende sectoren in het Rijn stroomgebied, bovenstrooms van Lobith. Voor verschillende scenario's. De actuele situatie is gebaseerd op cijfers uit 2017. In scenario S1 Reduce neemt de economie in het stroomgebied af. In scenario S2. Develop neemt het verbruik van water toe. In scenario S3. Adapt zorgen technologisch oplossingen voor minder waterverbruik. (Ruijgh, 2019).

Natuur-inclusieve landbouw
In de Toekomstvisie van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij wordt een breder perspectief op kringlooplandbouw gegeven dan het sluiten van kringlopen en stelt dat het ook gaat over het vormgeven aan nieuwe verdienmodellen voor boeren en tuinders, het verminderen van schadelijke emissies naar bodem, lucht en water en om het vergroten van de biodiversiteit. Bij natuur-inclusieve landbouw worden de landbouw- en natuurfuncties met elkaar verweven. Dit zal waarschijnlijk gepaard gaan met extensivering en minder stikstof-uitstoot. Dit zal positieve effecten hebben op het natuurherstel en biodiversiteit. Voorbeeld van natuurinclusieve vormen van landbouw zijn voedselbossen.

Verticale landbouw
Een andere vorm van landbouw is verticale landbouw of voedselfabrieken. Deze voedselproductiecentra nemen relatief weinig ruimte in beslag nemen. Bijkomend voordeel is dat er relatief zuinig wordt omgegaan met waterverbruik en grondstoffen. Condities kunnen in de voedselfabrieken volledig gecontroleerd worden, waardoor er geen rechtstreekse invloed is weersomstandigheden en klimaatveranderingen.

Plantaardig dieet
Om klimaatverandering tegen te gaan zijn ook aan de zijde van de consument, de verwerkingsindustrie en de retail verschuivingen nodig (IBO, 2023). Een klimaatbewust, meer plantaardig dieet, zal daaraan bijdragen. Dit zou leiden tot een verdere afname van veehouderijen en de productie van andere typen gewassen.

Wat dit allemaal precies betekent voor de wateropgaven is op dit moment nog niet te zeggen. Landbouw in zijn huidige vorm is een van de grootste zoetwatervragers, maar dat is ook deels het gevolg van peilbeheer en doorspoeling. Voedselfabrieken zouden dit efficiënter kunnen, hoewel dat lokaal wel tot een grote zoetwatervraag of grondwateronttrekkingen kunnen leiden. Natuurinclusieve landbouw kan positieve effecten hebben op de waterkwaliteit. Voor de aquatische biodiversiteit is de Europose Kaderrichtlijn Water (KRW) uit 2000 bepalend. Op dit moment voldoen niet alle waterlichamen aan de kwaliteitsdoelen kwantiteitsdoelen. Deze vorm van landbouw zou de opgave voor waterkwaliteit kunnen verminderen. Daarnaast kan natuur-inclusieve landbouw lokaal bijdragen aan het water vasthouden. Hierdoor kan meer gebufferd worden en is minder differentiatie in waterpeilen nodig en dat maakt het waterbeheer minder complex.


Waal, vlakbij Beneden-Leeuwen

6.6 Klimaatadaptatie door burgers en bedrijven

Bewoners, bedrijven en andere instanties zullen zelf ook individueel adaptatiemaatregelen treffen om risico's of extra kosten te vermijden. Verschillende vormen zijn denkbaar en we laten hieronder de meeste relevante voor de wateropgave zien. De klimaatadaptatiemaatregelen zullen anders per sector, per gebied, per organisatie en per persoon zijn. Het is daarom nog te onzeker om hier goed onderbouwde inschattingen van te maken. Vanwege gebrek aan deze inzichten, zijn de verschillende vormen van autonome klimaatadaptatie daarom opgenomen in de "Wat-Als?"-ontwikkelingen.

Infiltratie- en drainagetechnieken in veenweide
In de verhaallijnen wordt een verhoging van het oppervlakte waterpeil aangenomen. Om veenoxidatie te voorkomen gaat het eigenlijk om een verhoging van het grondwaterpeil. Verkennende studies concluderen dat voor het verhogen van het grondwaterpeil grootschalige infiltratie moet plaats vinden in het veenweidegebied (America-van den Heuvel et al, 2023). In de basisscenario's is ervan uitgegaan dat boeren die investering niet doen. Maar als boeren wel massaal infiltratie- en drainagesystemen zouden aanleggen, heeft dit mogelijke grote impact op de watervraag. Het is echter de vraag hoe realistisch het is dat boeren massaal bereid zijn om die investering te doen. Dit zou bovendien gepaard gaan met het plaatsten aan honderden kilometers aan plastic drainagebuizen ondergronds en wat niet goed strookt met duurzaamheidsdoelstellingen. Om dit als gevoeligheidsanalyse mee te nemen zou een aantal ruimtelijke varianten opgesteld kunnen worden, waarmee de effecten op de watervraag bepaald kunnen worden en zouden ook de (maatschappelijke) kosten en baten van aanleg moeten worden meegenomen.

Overstappen op andere landbouwgewassen
Wat als boeren op grote schaal andere gewassen zouden gaan telen? Wat zou dan de watervraag zijn? Aangezien landbouw een van de grote zoetwatervragers is, zou dit een en groot effect kunnen hebben. Aan de ander kant, het peilbeheer (in Laag Nederland) is niet alleen voor landbouw, dus die watervraag zou blijven. Wellicht dat er minder doorspoeling nodig zou zijn om verzilting tegen te gaan, maar dit zou ook consequenties hebben voor de natuur in die gebieden. Op de hogere zandgronden, zou door andere gewassen de droogteschade minder kunnen worden.

Er zijn nog geen studies die een (eenduidig) beeld geven op welk type gewassen in welke gebieden boeren zouden overstappen als gevolg van toenemende droogte of verzilting. Vanwege het gebrek aan zicht daarop is dit niet meegenomen in de basisscenario's. Om inkomstenderving tegen te gaan is het echter waarschijnlijk dat boeren overstappen van gewassen die gevoelig zijn voor zoetwaterbeschikbaarheid, naar gewassen die robuuster zijn. Zo zijn er nu al signalen dat agrariërs in Walcheren (Zeeland) wisselen van uiensoort (van zaaiuien naar plantuien) om zo meer zekerheid te hebben in opbrengst in periode van droogte.

Als dit als gevoeligheidsanalyse zou worden meegenomen, dan zullen aannames gemaakt moeten worden over welke gewassen waar geteeld zullen gaan worden. Daarnaast zijn ook aanpassingen nodig in de modelinvoer en de schademodules (postprocessing). De huidige postprocessing kan op dit moment nog niet goed omgaan met andere gewassen. Het effect droogteresistentere gewassen (minder droogteschade) kan dan nog niet worden meegenomen.

Adaptatie scheepvaart
Bij lage rivierafvoeren is de verwachting dat rederijen en schippers zich zullen aanpassen aan de vaker voorkomende lage rivierafvoeren. Hier zijn echter nog geen concrete aanwijzingen voor. De trend is vooralsnog juist dat de schepen groter worden en meer vracht vervoeren. In de Deltascenario's wordt daarom tot 2050 geen autonome adaptatie verondersteld in de vorm van kleinere of plattere schepen. In Stoom'24 en Warm'24 is dat na 2050 wel te verwachten, als gevolg van de afnemende rivierafvoeren. De huidige trend is echter juist naar grotere schepen, omdat dit voor particuliere schippers economisch interessanter is dan kleinere schepen. Er is wel innovatie op het gebied van bredere schepen met minder diepgang. Tot hoeveel minder schade dat zou leiden is niet te zeggen.

Opschaling Waterstof
Richting 2040 zet het kabinet in op een elektrolysecapaciteit van 15 – 20GW. Vanwege de grote onzekerheden is de potentiële opschaling van waterstof opgenomen in de "Wat-Als?"-ontwikkelingen. De waterstofketen en -markt staat aan het begin van hun ontwikkeling. De huidig productie is rond de 720 miljoen kilogram per jaar en is voor de industrie bestemd (Arcadis, 2020). De internationale context met betrekking tot de marktprijzen, de ontwikkeling van de vraag en concurrentie zijn nog zeer onzeker, waardoor het ook zeer onzeker is of de voorziene omvang van de keten in Nederland haalbaar is. Bovendien zijn innovaties nodig voor de productie en opslag van waterstof op zee (EZK, 2023). De productie van waterstof vraagt veel water. In een scenario van Tennet en Gasunie wordt uitgegaan van een toekomstige productie van 4,7 miljard kg waterstof per jaar waar ca. 71 miljoen m3 water voor nodig (Arcadis, 2020). Afhankelijk van de vraag waar dit water vandaan komt heeft dit impact op de wateropgave. Een groot deel daarvan zal geproduceerd worden op zee. In dat geval heeft het geen directe invloed op de zoetwatervraagbeschikbaarheid. Het zuiveren van het zoute zeewater is wel duurder. Als voor de elektrolyse grondwater of oppervlaktewater wordt gebruikt, kan dat wel tot een aanzienlijke extra watervraag leiden en mogelijk interfereren met de drinkwaterproductie. De opschaling van waterstof kan daarom de wateropgave voor zoetwaterbeschikbaarheid, die voor het grondwaterbeheer en die voor de drinkwatervoorziening gaan vergroten.

6.7 Doorkijk landgebruik 2100 – een waaier van mogelijke ruimtelijke ontwikkelrichtingen

In de KNMI'23-klimaatscenario's worden er inzichten gegeven voor de klimatologische situatie tot 2100. Voor wat betreft de sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen zijn er onderbouwde ontwikkelingen tot 2050, op basis van de WLO en NVK-verkenningen beschikbaar. Voor de periode 2050-2100 zijn deze ontwikkelingen als "Wat-Als?"-ontwikkeling meegenomen, omdat beleidsarme beelden voor die periode niet zinvol meer zijn. In verschillende gremia zijn vergezichten geschetst die laten zien hoe Nederland zou kunnen ontwikkelen. Deze ontwikkelrichtingen bevatten wezenlijk andere ruimtelijke inrichting in samenhang met zeer veel nieuw waterbeleid, deze toekomstbeelden zijn vaak normatieve, wensbeelden waarin een bepaalde ambitie wordt nagestreefd. Ze hebben dan ook een ander karakter dan de waterbeleid-arme Deltascenario's. Ze verkennen juist de consequenties van (fundamentele) andere keuzes in het waterbeleid. Om dit verschil te benadrukken zijn deze doorkijken in het hoofdstuk met "Wat-Als?"-ontwikkelingen beschreven.
In dit hoofdstuk schetsen we een aantal recente gemaakte toekomstbeelden en geven aan wat dat betekent voor de keuzes over de waterhuishouding.

- In de scenariostudie Nederland Later zijn vier scenario's geschetst. Op twee daarvan wordt hier ingegaan, namelijk Groen Land en Mondiaal Ondernemend. Deze beelden zijn al eerder doorgerekend met rekenmodellen (Deltares, 2020) en is dus in principe ook modelinvoer voor beschikbaar, waarmee eventueel extra berekeningen gedaan kunnen worden.
- De toekomstbeelden getoond die binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn geschetst en die specifiek inzoomen op de adaptatie aan zeespiegelstijging.

De hier opgenomen toekomstbeelden schetsen mogelijke toekomsten. De beelden verkennen de consequenties van bepaalde uitgangspunten of leidende principes. Op deze manier zijn ze een hulpmiddel om keuzes te kunnen maken. Met onderstaande selectie doen we geen recht aan de rijkheid aan verschillende toekomstbeelden die gemaakt zijn. Naast deze set met toekomstbeelden wordt er momenteel ook gewerkt aan de nieuwe Nota Ruimte en wordt daarvoor in het programma Mooi Nederland vooruitgekeken naar 2030, 2050 en naar 2100 via een aantal Stel-dat-verkenningen en het opstellen van toekomstbeelden. Deze beelden verschijnen in 2024.

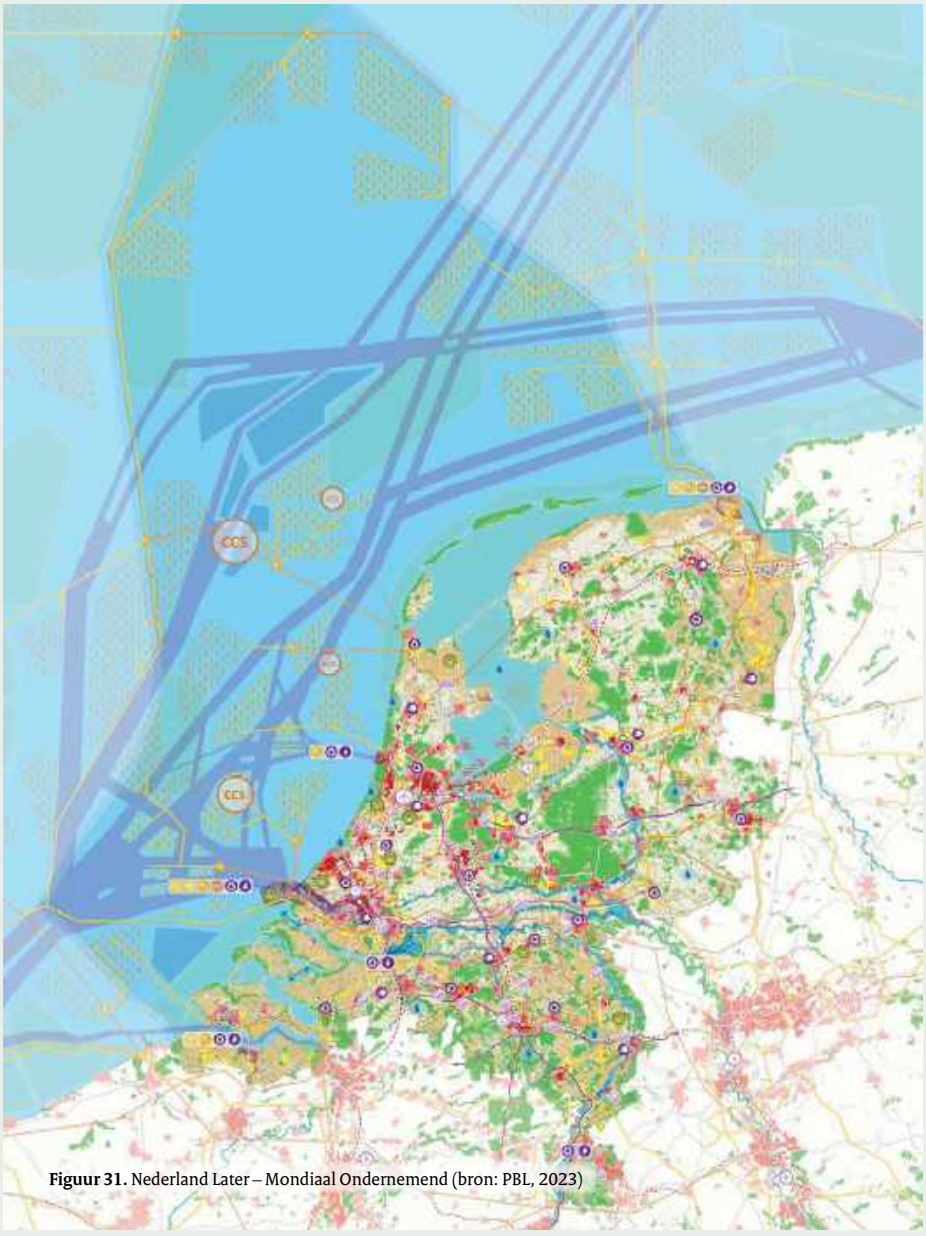
Nederland Later: Integrale toekomstbeelden voor Nederland
Voor de Nederland Later studie (PBL, 2023) worden de toekomstbeelden Mondiaal Ondernemend en Groen Land worden uitgelicht.

Toekomstbeeld 1 – Mondiaal Ondernemend

In dit toekomstbeeld zijn de uitgangspunten voor klimaatadaptatie en waterbeheer:

- Dijkverzwaringen en nieuwe technieken voor sterke, smalle en hoge dijken en retentiegebieden.
- Ruimte voor waterbuffering en wateraanvoer voor zoetwatervoorziening landbouw.

Mondiaal ondernemend (Figuur 31) beschrijft een toekomstbeeld waarin de huidige strategieën min of meer gecontinueerd worden. Mondiaal Ondernemend past als doorkijk logischer bij Vlug'24 en Stoom'24. In dit beeld is scheiding tussen de dichtgegroeide Randstad en een rustige, meer landelijk gebied eromheen. Er zijn grote sociaaleconomische verschillen tussen en binnen regio's, waarbij het stedelijk gebied groeit. In het landelijk gebied is er op de vruchtbare gronden een agrarische hoofdstructuur die hoogproductief is, met Greenports en intensieve veehouderij in agro-industriële clusters. Het Natuurnetwerk Nederland is aangelegd. Natuur is gescheiden van landbouw, met uitzondering van smalle bufferstroken (500 à 1.000 meter) rond beschermde natuurgebieden. De waterveiligheid wordt gewaarborgd door dijkverzwaringen en nieuwe technieken voor sterke, smalle en hoge dijken en retentiegebieden. Er is ruimte voor opslag en aanvoer van zoetwater voor de landbouw. Grootschalige inzet van IJsselmeerwater voor de drinkwaterwinning. In Mondiaal Ondernemend is kostenefficiëntie leidend, waarbij zowel investeringskosten op de kortere termijn als beheerkosten op de middellange termijn van belang zijn. Aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering krijgt vorm door andere manieren van bouwen, zoals drijvende woonwijken. De huidige praktijk van zoetwatervoorziening voor beregening en doorspoeling wordt zo lang mogelijk volgehouden. Bij sterke klimaatverandering komen droge periodes vaker voor en neemt ook de verzilting toe. Het areaal waar voldoende zoetwater niet altijd is gegarandeerd neemt toe. Het vermogen aan hernieuwbare energie op zee 70 gigawatt. Er staan veel grote windparken, sommige in combinatie met grote, drijvende zonneparken. Op enkele energie-eilanden wordt elektriciteit opgewekt en als waterstof of ammoniak opgeslagen.



Figuur 31. Nederland Later – Mondiaal Ondernemend (bron: PBL, 2023)

Toekomstbeeld 2 – Groen Land

In Groen Land zijn de belangrijkst uitganspunten voor klimaatadaptatie en waterbeheer:

- 'Bouwen met natuur', natuurlijke klimaatbuffers, meer ruimte voor rivier, multifunctionele dijken (deltadijken) en overstroombare dijken.
- Robuuste groenblauwe dooradering van landelijk gebied en bebouwd gebied.
- Geen wateraanvoer meer voor doorspoeling of bestrijding van verzilting.
- Geen woningbouw buiten bestaand bebouwd gebied in gebieden met slappe, zettingsgevoelige of natte bodems.

Vanuit waterperspectief is Groen Land op te vatten als een toekomstbeeld waarin een interpretatie het Water en Bodem sturend principe is uitgewerkt. In dit beeld is ook het scenario Natuur-inclusief verwerkt uit de Natuurverkenningen van WUR en PBL. Vanwege die nadruk op natuur zou dit beeld beter als doorkijk passen bij Ruim'24 en Warm'24 dan bij Vlug'24 of Stoom'24.

Het toekomstbeeld van Groen Land (Figuur 32) is gericht op een robuust en veerkrachtig water- en bodemsysteem en een hoge biodiversiteit. Er komen geen stedelijke uitbreidingen meer in lage, natte gebieden of mogelijke waterbergingsgebieden langs de grote rivieren. Er is extra ruimte voor natuurontwikkeling op natte locaties en ook het veenweidegebied kent hogere waterstanden dan tegenwoordig. In dit scenario kan schade aan natuur en landbouw niet altijd worden voorkomen. In verziltende kustgebieden moet de landbouw zich aanpassen door ofwel zouttolerante en droogtebestendige gewassen te telen, ofwel door af en toe watertekort en verzilting te accepteren. Op de hoge zandgronden wordt regenwater langer vastgehouden en past de landbouw in de beekdalen en bij natuurgebieden zich aan hogere grondwaterstanden aan. Droogte wordt niet meer opgevangen door beregening. Het oppervlaktewater uit de grote rivieren en het IJsselmeer ingezet om de grondwaterwinning in verdrogingsgevoelige natuurgebieden te verminderen. In dit toekomstbeeld is er een groot vermogen van wind op zee en er wordt biobrandstoffen geproduceerd. De Noordzeelanden hebben een samenhangend stelsel aan grote, beschermde natuurgebieden ingesteld.



Figuur 32. Nederland Later – Groen Land (bron: PBL, 2023)



Domburg, Zeeland

Toekomstbeelden adaptatie aan zeespiegelstijging

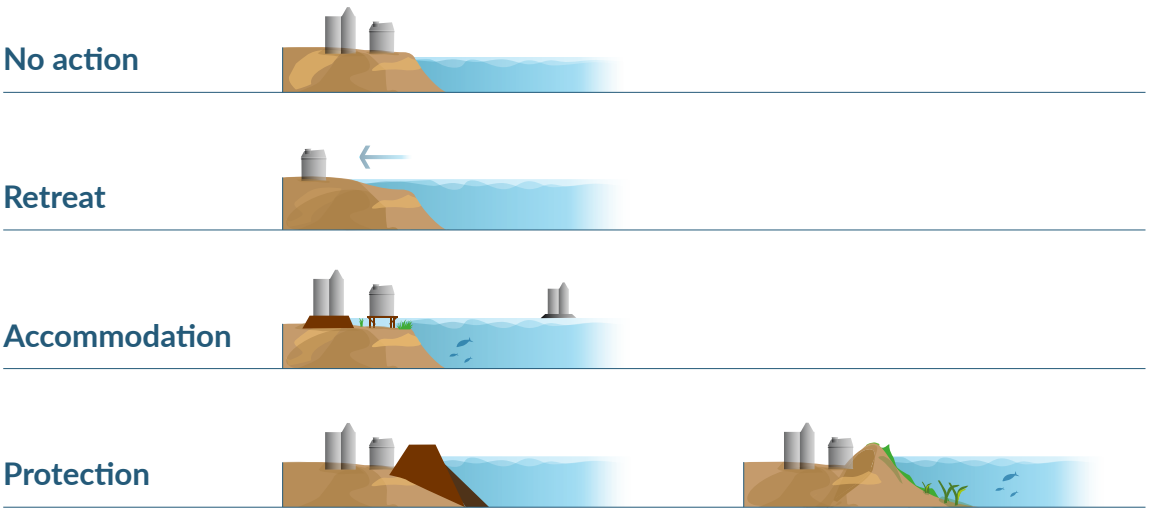
Zeespiegelstijging kan grote impact hebben op Nederland. In het kennisprogramma worden vier mogelijke adaptatierichtingen onderscheiden. Het IPCC kent 4 categorieën voor hoe delta's en kustgebieden zich kunnen aanpassen aan zeespiegelstijging (Figuur 33). Voor Nederland is een inventarisatie gemaakt van de verschillende plannen voor aanpassen aan zeespiegelstijging, deze is hier te vinden: https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/Adaptatie+aan+zeespiegelstijging.

Volgend op deze inventarisatie zijn er verdiepende studies gemaakt (Haasnoot et al 2022), volgens welke adaptatiepaden Nederland zich kan aanpassen aan een verhoogde zeespiegelstijging (Figuur 34). Voor Nederland zijn vier mogelijke oplossingsrichtingen geïdentificeerd: Beschermen open, beschermen gesloten, Zeewaarts en Meebewegen. De karakteristieken van deze oplossingsrichtingen worden hieronder toegelicht.

Oplossingsrichting 1. Beschermen-open

De Beschermen open variant is in feite doorgaan op de huidige adaptatie-strategie voor een groot deel van West-Nederland, waarbij de grote rivieren in open verbinding staan met de zee. Waterveiligheid wordt in deze varianten geboden door middel van zee en rivierdijken. Hierdoor blijven de havens bereikbaar vanaf zee, maar is het ook van belang dat zowel de zee- als de rivierdijken aan worden gepast bij verdere zeespiegelstijging, om ook de hogere rivierafvoeren te aan te kunnen.

Voor het aanpassen van de dijken in het binnenland is ruimte nodig en de infrastructuur zal veranderd moeten worden. De open verbinding naar zee zorgt er ook voor dat het getij tot ver landinwaarts merkbaar en dat zoutindringing in het oppervlaktewater en de bodem optreedt. Langs de kust is of een transitie van de landbouw naar zouttolerante gewassen nodig of is veel extra zoet water nodig om de landbouwproductie op peil te houden.



Figuur 33. Classificatie van adaptatie strategieën aan zeespiegelstijging door het IPCC

Oplossingsrichting 2. Beschermen gesloten

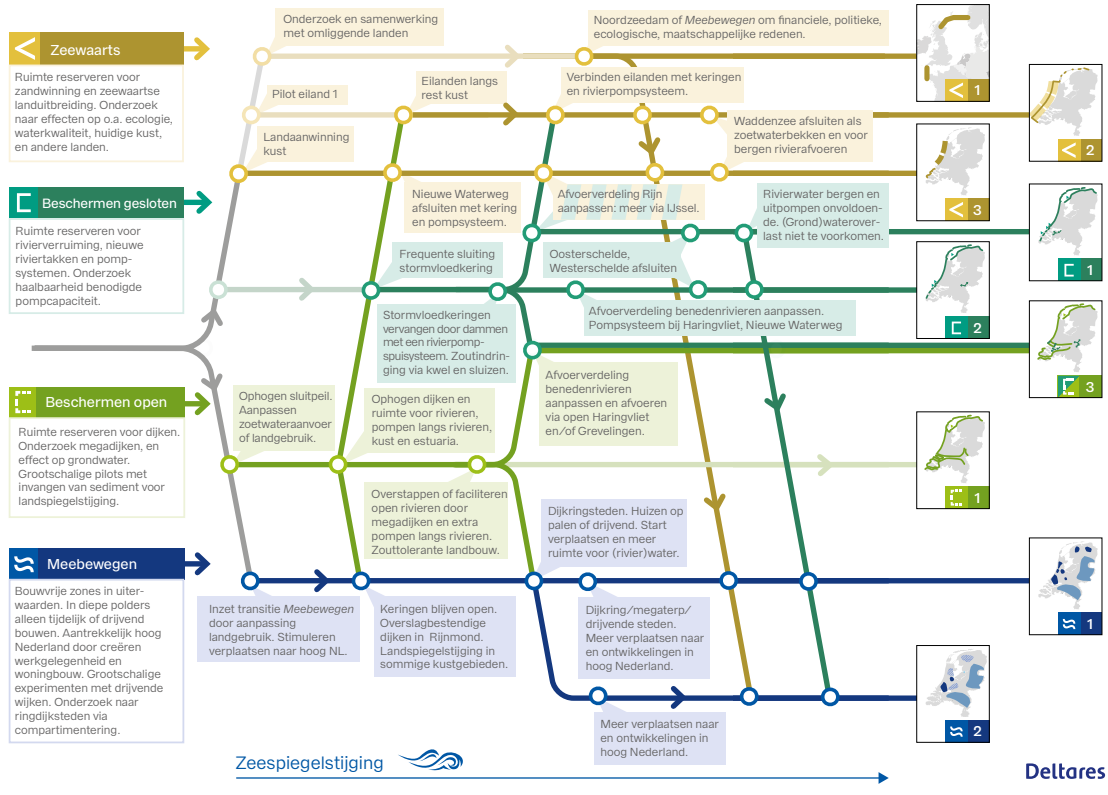
De oplossingsrichting Beschermen-gesloten kennen we nu al in delen van de Zuidwestelijke Delta en met de aanwezigheid van de Afsluitdijk. Uitbereiding van deze variant houdt in dat heel Nederland permanent is afgesloten van zee en de rivieren met grote gemalen worden afgepompt in de Noordzee. Hierdoor is het nagenoeg niet aan de orde om het landgebruik in het binnenland aan te passen of functies te verplaatsen. Wel zullen de rivierdijken moeten worden aangepast om tegen verhoogde piekafvoeren te blijven beschermen en is er een aanzienlijke pompcapaciteit nodig om de rivieren af te pompen, deels doordat water spuien onder vrij verval met een verhoogde zeespiegel niet (altijd) meer mogelijk is. Ook zijn er aanvullende maatregelen nodig tegen het zoute/brakke kwelwater, omdat dit gevolgen kan hebben voor bijvoorbeeld de agrarische sector en de zoetwatervoorziening.

Oplossingsrichting 3. Zeewaarts

De oplossingsrichting Zeewaarts gaan heeft als voornaamste doel de veiligheid te vergroten en tegelijkertijd nieuwe ruimte te creëren voor wonen, recreatie, natuur en energievoorzieningen. Dit kan worden gedaan met bijvoorbeeld kustverbreding en eilanden in zee. Deze oplossingsrichting vraagt om nieuwe infrastructuur om de landaanwinningen te verbinden met elkaar en het vaste land. Ook moet er rekening worden gehouden met de bestaande functies en activiteiten in de Noordzee. Een zeewaartse strategie kan ook ruimte bieden aan opslagbuffers voor piekrivierafvoeren en het dempen van verzilting.

Oplossingsrichting 4. Meebewegen

De oplossingsrichting Meebewegen wordt ook wel 'Leven met water' genoemd en richt zich met name op aanpassingen die leiden tot het beperken den de schade als gevolg van overstroming en zoutindringing (in tegenstelling tot de beschermen strategie welke tot doel heeft overstromingen te voorkomen). Door middel van aanpassingen in het landgebruik kunnen de kwetsbare kustgebieden ondanks de stijgende zeespiegel nog steeds gebruikt worden. Deze aanpassingen zijn bijvoorbeeld drijvend wonen, huizen op palen, het ophogen van land, zouttolerante landbouw en het verbeteren van het evacuatieplan. Dit vraagt om flexibiliteit, een uitgebreide planning en het landgebruik aanpassen waar nodig. De ultieme versie van Meebewegen houdt in dat kwetsbare gebieden gecontroleerd worden verlaten en er bepaalde gebieden met hoge economische waarde extra beschermd worden. Hierdoor moeten sommige functies in kwetsbare gebieden verplaatst worden en zullen de gebieden die extra beschermd worden door middel van nieuwe infrastructuur met elkaar en met de rest van Nederland verbonden moeten worden.



Figuur 34. Mogelijke adaptatiepaden voor Nederland onder extreme zeespiegelstijging.
Haasnoot et al 2022 https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/Adaptatie+aan+zeespiegelstijging

Hoofdstuk 7
Conclusies en inzichten



De Deltascenario's geven inzicht in de wateropgave in Nederland in 2050 en 2100. De wateropgave wordt bepaald door veranderingen van het klimaat, veranderingen in de waterhuishouding die nodig zijn voor broeikasgasemissiereductie en veranderingen van de maatschappij. De vier Deltascenario's beschrijven die veranderingen binnen een zo realistisch mogelijke bandbreedte. Daarmee bieden de Deltascenario's plausibele toekomstperspectieven aan de hand waarvan de toekomstige watergaven inzichtelijk kunnen worden gemaakt, en oplossingsrichtingen voor nieuw beleid kunnen worden verkend.

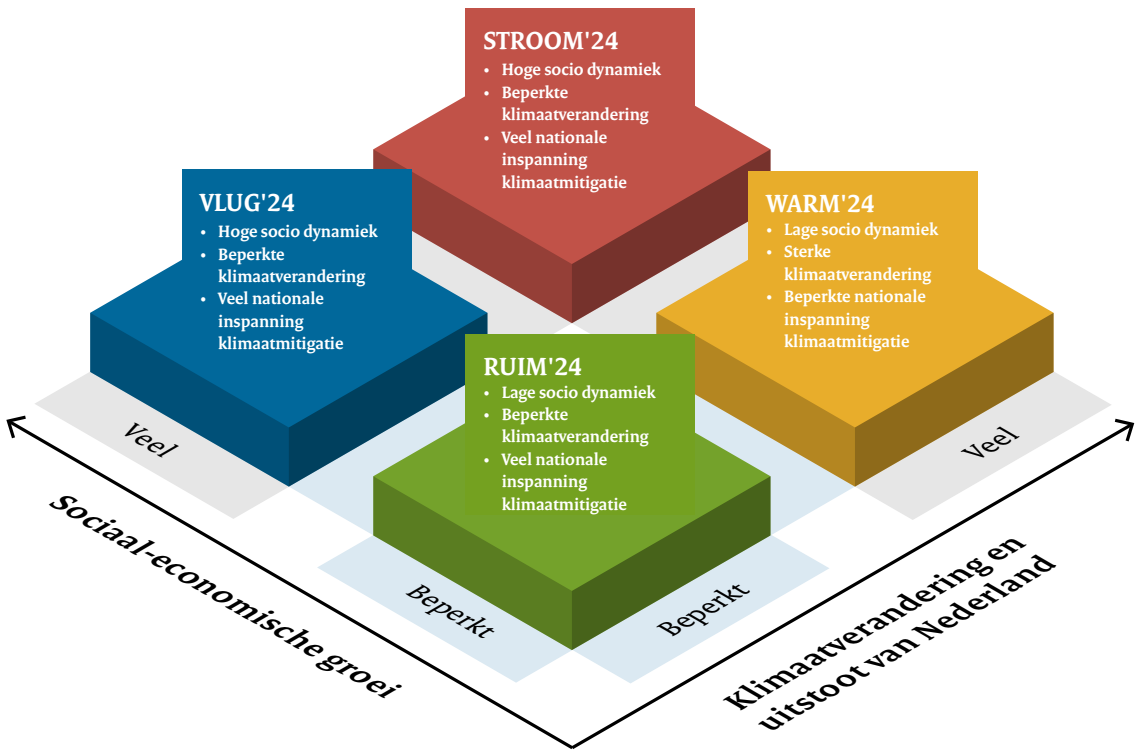
Vecht bij Muiden

Elk scenario heeft zijn eigen wateropgave ingegeven door veranderingen in wateraanbod gecombineerd met veranderingen in watervraag (Figuur 35).

- In Vlug'24 is er gematigde klimaatverandering, die stabiliseert vanaf 2050, sterke economische en bevolkingsgroei en is Nederland in 2050 broeikasgasemissie neutraal.
- In Ruim'24 is er gematigde klimaatverandering, die stabiliseert vanaf 2050, beperkte economische en bevolkingsgroei en is Nederland in 2050 broeikasgasemissie neutraal.
- In Stoom'24 is er zeer sterke klimaatverandering, en het klimaat blijft na 2050 veranderen, sterke economische en bevolkingsgroei en zijn er enige inspanningen genomen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen.
- In Warm'24 is er zeer sterke klimaatverandering en het klimaat blijft na 2050 veranderen, beperkte economische en bevolkingsgroei en zijn er enige inspanningen genomen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen.

Daarnaast is een aantal "Wat-Als?"-ontwikkelingen beschreven, om aandacht te geven aan onzekere ontwikkelingen die potentieel grote gevolgen kunnen hebben. Wetenschappelijke inzicht of beleidskeuzes rondom deze ontwikkelingen zijn echter te onzeker om een realistische bandbreedte te bepalen. Een "Wat-Als?"-ontwikkeling heeft daarom een andere status dan de basis Deltascenario's.


Bossche Broek, Den Bosch



Figuur 35. Assenstelsel Deltascenario's met de belangrijkste kenmerken van elk scenario. Buiten deze 4 Deltascenario's zijn er ook "Wat-Als?"-ontwikkelingen opgenomen.

7.1 Hoofdboodschappen

Op basis van deze Deltascenario's komen de volgende hoofdinzichten naar voren. In de volgende paragraaf zijn deze hoofdinzichten in meer detail uitgewerkt en gespecificeerd.

1. In alle vier de Deltascenario's nemen de opgaven voor zoetwaterbeschikbaarheid, wateroverlast en waterveiligheid in 2050 en 2100 substantieel toe. Dit raakt alle gebieden en watergebruikers. De opgaven van zoetwaterbeschikbaarheid en wateroverlast zijn al op de korte termijn urgent. In gebieden waar nu al knelpunten zijn, worden de problemen in de toekomst groter. Daarnaast ontstaan knelpunten in nieuwe gebieden. De wateropgaven worden groter door klimaatverandering, de toename van de zoetwatervraag voor vernatting van de laagveengebieden en het tegengaan van verzilting en veranderingen in de bevolkingsomvang, verstedelijking en landgebruik. De opgave voor waterveiligheid neemt op de langere termijn ook toe, als gevolg van zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren.

2. Er vindt een stapeling van wateropgaven plaats: in zowel hoog- als laag-Nederland krijgen verschillende gebieden te maken met én watertekorten én wateroverlast én waterveiligheidsopgaven. Door de samenhang in het watersysteem ontstaan op regionale en nationale schaal structurele knelpunten. De wateropgaven zullen grote impact hebben op de fysieke leefomgeving. Het is de verwachting dat de opgaven niet volledig zijn op te lossen binnen het watersysteem; er zal ook gezocht moeten worden naar oplossingen buiten het watersysteem, zoals het beperken van de watervraag, functieveranderingen of herinrichtingen. Niet alle knelpunten zijn op lokaal niveau op te lossen; soms zijn oplossingen op regionaal of nationaal niveau nodig.

3. In de scenario's met hoge uitstoot blijven de wateropgaven steeds verder toenemen. In de scenario's met lage uitstoot stabiliseert de klimaatverandering na 2050, alleen de zeespiegelstijging blijft daarna in beperkte mate doorgaan. Dat vergemakkelijkt de klimaatadaptatie-opgave doordat er a) meer tijd is, b) de veranderingen minder groot zijn en c) de neerslaghoeveelheden en rivierafvoeren stabiliseren. Dat maakt het gemakkelijker om bergings- en afvoercapaciteit, dijken, sluizen en stuwen te dimensioneren dan wanneer de klimaatverandering door blijft gaan. De kans op over- of onderinvesteren is daardoor kleiner.

4. De Deltascenario's zijn in het waterbeleid en beleidsprogramma's voor water te gebruiken om knelpunten te bepalen, maatregelen te formuleren en te beoordelen in welke scenario's die maatregelen effectief zijn. Ook in de andere domeinen van de fysieke leefomgeving zijn de scenario's bruikbaar, met name in het ruimtelijke domein. Door rekening te houden met alle vier de verschillende scenario's ontstaat een basis voor robuuste (ruimtelijke) beleidsstrategieën. Omdat onzeker is hoe de toekomst daadwerkelijk uitpakt, is adaptief beleid nodig: periodieke herijking van het beleid op basis van monitoring en signalering van nieuwe inzichten en ontwikkelingen.

7.2 Conclusies per thema

7.2.1 Zoetwaterbeschikbaarheid

- De knelpunten in de zoetwatervoorziening worden groter en steeds urgenter. In alle scenario's neemt de druk op de zoetwatervoorziening toe door de toename van verzilting, een groter neerslagtekort en lagere rivierafvoeren. Het klimaatmitigatiebeleid leidt tot een extra watervraag voor de laagveengebieden. Maatschappelijke veranderingen zoals de toename van bevolkingsomvang en economische groei leiden tot extra onttrekkingen uit het grond- en oppervlaktewatersysteem. Door minder wateraanbod in de zomer en een hogere watervraag neemt de zoetwateropgave in alle scenario's substantieel toe. Richting 2050 en 2100 zullen we in de zomerperiode vaker met watertekorten te maken krijgen, waarbij niet alle functies van voldoende water kunnen worden voorzien. In landelijk gebied kunnen verschuivingen in de verhouding landbouw en natuur tot andere eisen leiden aan het regionale watersysteem.
- Periodes van droogte zullen vaker optreden en de verdringingsreeks zal vaker in werking treden. De watertekorten zullen groter worden waardoor de functies in categorie 2, 3 en 4 meer schade zullen ondervinden om functies uit categorie 1 te blijven beschermen. Bij sterk toenemende klimaatverandering neemt het risico toe dat er onvoldoende water is voor categorie 1 functies.



Loonse en Drunense Duinen

De zoetwateropgave wordt substantieel groter door klimaatverandering

- Wateraanbod en wateraanvoer wordt grilliger doordat natte periodes natter worden en de droge periodes droger. Zo neemt de duur en omvang van droge periodes in combinatie met lagere rivierafvoeren in de zomer toe, maar neemt in de winter de langdurige neerslag toe in combinatie met hogere rivierafvoeren. Het resultaat daarvan is een grotere beheeropgave voor de watersystemen.
- In de scenario's met veel klimaatverandering (Stoom'24 en Warm'24) is deze toename aan grilligheid sterker dan in scenario's met beperkte klimaatverandering (Vlug'24 en Ruim'24). Bovendien blijft in Stoom'24 en Warm'24 het klimaat na 2050 sterk veranderen, waardoor ook de wateropgave vanaf 2050 *niet* stabiliseert.
- In de kustgebieden en laag Nederland wordt op termijn verzilting een steeds groter probleem door zeespiegelstijging. Door lagere rivierafvoeren is er vaker minder zoetwater beschikbaar om zoutindringing tegen te gaan en de boezems en polder door te spoelen.
- De afname van de rivierafvoeren in de zomer zullen vaker tot stremmingen voor de scheepvaart leiden. De afname van de rivierafvoeren is groter in Stoom'24 en Warm'24 dan in Vlug'24 en Ruim'24.
- De watervraag van landbouw neemt toe in de scenario's met sterke sociaaleconomische groei (Vlug'24 en Stoom'24) en door meer verdamping en beregening. In Stoom'24 neemt die verdamping meer toe en zal meer beregening plaatsvinden dan in Vlug'24.

De zoetwateropgave neemt toe door klimaatmitigatie en maatschappelijke verandering

- De watervraag neemt in alle scenario's toe door sociaaleconomische ontwikkelingen, zoals economische groei, bevolkingsgroei, verstedelijking en toenemende verdamping. In de scenario's met meer bevolkings- en economische groei (Vlug'24 en Stoom'24) kan de drinkwatervraag flink toenemen en resulteren in extra grondwateronttrekkingen en oppervlaktewateronttrekkingen.
- Het terugdringen van grondgebonden broeikasgasemissies door vernatting van weenweidegebieden leidt tot een extra watervraag. Voor de scenario's waarbij Nederland in 2050 emissieneutraal is (Vlug'24 en Ruim'24), is die watervraag groter dan de scenario's waarin grondgebonden broeikasgasemissie beperkt wordt teruggedrongen (Stoom'24 en Warm'24), omdat het oppervlaktewaterpeil minder hoog wordt opgezet.
- In scenario's met beperkte bevolkings- en economische groei (Ruim'24 en Warm'24) neemt het totaal areaal aan natuur flink toe en krimpt het areaal landbouwgrond. Welk effect dit precies heeft op de totale watervraag is nog niet duidelijk en is afhankelijk van welke natuur daarvoor in de plaats komt.
- De watervraag die nodig is in verband met het doorspoelen van het hoofdwater- en regionaal watersysteem neemt in alle scenario's sterk toe door de combinatie van hogere neerslagtekorten en lagere rivierafvoeren in de zomer in combinatie met een snellere zeespiegelstijging.

7.2.2 Wateroverlast

- Door toename van piekneerslag neemt de druk op de waterafvoer en de bergingscapaciteit van de regionale watersystemen in alle scenario's toe. In stedelijke gebieden neemt de druk toe op de hemelwaterafvoer (riolering). De toename van verhard oppervlak als gevolg van verstedelijking draagt daar extra aan bij. Door de druk op de ruimte is het lastig om meer ruimte voor water(berging) te creëren.
- Ook de opgave van het voorkomen van wateroverlast vanuit de regionale watersystemen wordt groter. Langdurende neerslag neemt in alle scenario's toe, wat regionale watersystemen kan overbelasten, zeker als de afvoercapaciteit beperkt wordt door hoge waterstanden op de waterafvoerende (hoofd)watergangen en rivieren.

7.2.3 Waterveiligheid

- Door zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren neemt de druk op de waterkeringen toe. Zeker in de scenario's waarbij klimaatverandering sterk is en niet stabiliseert (Stoom'24 en Warm'24) kan dit ertoe leiden dat na 2050 en verder de versterkingsopgave toeneemt.
- Onder beperkte klimaatverandering (Vlug'24 en Ruim'24) veranderen de rivierafvoeren en ander klimaatparameters na 2050 niet verder. Een uitzondering hierop vormt zeespiegelstijging, waardoor er ook in deze scenario's door aanhoudende zeespiegelstijging een opgave voor de waterveiligheid ligt.
- De toename van de bevolking en economische groei kunnen in de toekomst resulteren in een groter risico. Indien nodig zou besloten kunnen worden de normen hierop aan te passen.

7.2.4 Stapeling van wateropgaven en ruimtelijke inrichting

- Veel regio's zullen te maken krijgen met een stapeling van toenemende wateropgaven. Voor de kustgebieden komt dit door een grotere (interne) verzilting, een toename van de waterveiligheidsopgave en grotere kans op extreme buien met wateroverlast als gevolg in de zomer. Voor het laagveengebied komt hier bovenop dat de wateroverlast en waterveiligheidsopgave ook beïnvloed wordt door bodemdaling en dat de watervraag sterk toeneemt als het gebied natter moet worden om grondgebonden emissies tegen te gaan. Op de hoge zandgronden is water nu al schaars in droge periodes, de lengte en intensiteit van deze droge periodes neemt toe, terwijl onder piekbuien er in de zomer de wateroverlast kan toenemen en de (drink)watervraag toeneemt. Daarnaast zien we een stapeling van de opgaven op nationale schaal, doordat er in (vrijwel) alle regio de wateropgaven toeneemt.
- Vanuit andere maatschappelijke opgaven zien we een toenemende druk op de ruimte. Dit kan plaatselijk leiden tot concurrentie om de ruimte. Maatregelen ten behoeve van andere opgaven en mogelijk eerder optreden kunnen ruimtelijke beperkingen creëren voor adaptatiemaatregelen, waardoor het niet zeker is dat de benodigde ruimte voor adaptatiemaatregelen nog beschikbaar is.
- De stapeling van wateropgaven in ruimte, tijd en complexiteit vraagt om integrale oplossingen en benadrukt de noodzaak tot afstemming tussen het waterbeleid en het ruimtelijk beleid.

Hoofdstuk 8

Gebruik van de Deltascenario's

De Deltascenario's laten zien met welke lange termijn ontwikkelingen het waterbeleid en de waterbeheerders rekening moeten houden. De scenario's kunnen daarnaast breder gebruikt worden bij de ontwikkeling van beleid voor de fysieke leefomgeving. De beschikbare modelinvoer maakt het mogelijk om de effecten van nieuw beleid door te rekenen.



Maeslantkering, Hoek van Holland

8.1 Deltascenario's in relatie tot andere studies

In Figuur 36 wordt de samenhang weergegeven tussen enerzijds de studies die input vormen voor de Deltascenario's en anderzijds de beleidstrajecten waar de Deltascenario's als input worden gebruikt. De Deltascenario's vormen een gedeelde set van uitgangspunten voor het waterbeleid en voor het Deltaprogramma, maar ook daarbuiten in het ruimtelijk beleid en in andere beleidsprogramma's kunnen ze gebruikt worden. In 2024 worden de aangescherpte Nationale Omgevingsvisie en de nieuwe Nota Ruimte vastgesteld die een lange termijnvisie zullen geven op de ruimtelijke inrichting van Nederland. De Deltascenario's kunnen daarvoor relevante input geven. Ook het Nationaal Programma Landelijk gebied kan de Deltascenario's gebruiken bij het verkennen en toetsen van verschillende strategieën. Tot slot vormen de Deltascenario's ook belangrijke input voor de verdere uitwerking van de Kamerbief Water en Bodem sturend.

Het gebruik van de Deltascenario's specifiek in de herijking van het Deltaprogramma wordt hieronder nader toegelicht.

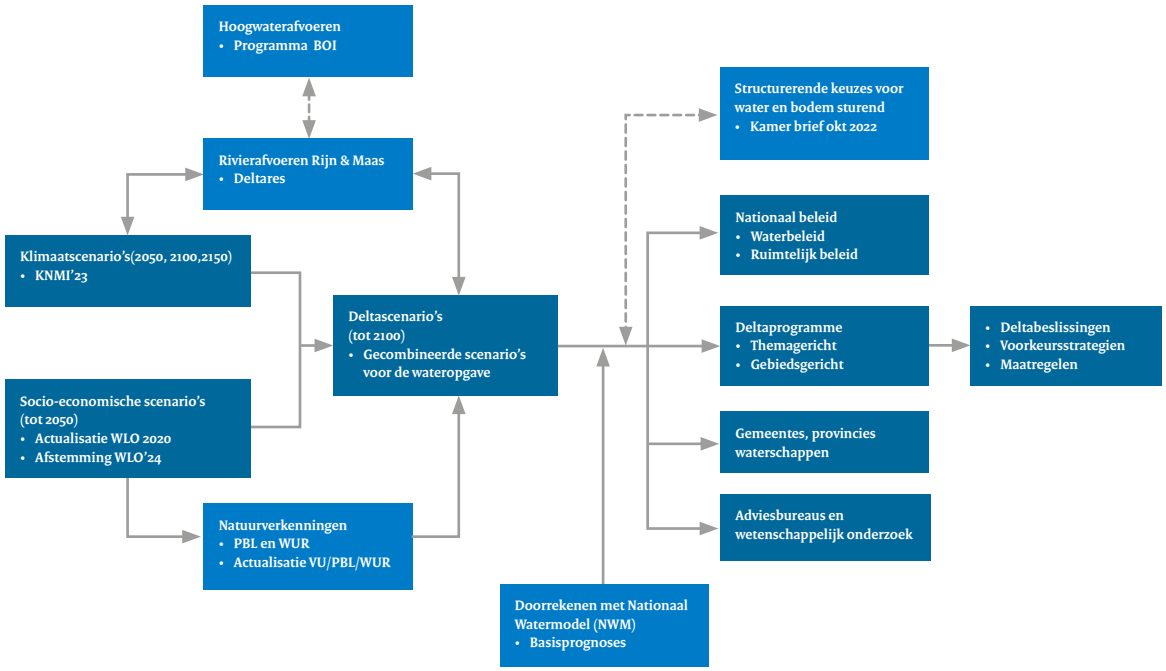
8.1.1 Gebruik van verschillende onderdelen

- **Verhaallijnen en kentallen**
  De verhaallijnen dragen bij aan het begrip over de mogelijke impact van klimaatverandering en maatschappelijke verandering op de wateropgaven. De verhalen laten de verwevenheid zien van het watersysteem met de maatschappij zien en hoe de druk op het watersysteem toeneemt. De verhaallijnen dragen bij aan een gemeenschappelijk beeld over de toekomstige wateropgaven en dat versterkt de onderlinge afstemming. De verhaallijnen kunnen helpen om de wateropgaven te agenderen in bestuurlijke dialogen, regionale overleggen en maatschappelijke participatie. De verhaallijnen worden ondersteund met kentallen en kaartbeelden. Daarnaast zijn er tijdreeksen beschikbaar voor rivierafvoeren en GIS-bestanden van het landgebruik.

- **Analyse wateropgaven**
  De kwalitatieve beschouwing van de wateropgaven per scenario, en de verschillen daartussen, biedt een integraal beeld van de opgave waar we in de toekomst mee rekening moeten houden. Het geldt als een startpunt voor de analyse over het doelbereik van de huidige strategieën van het Deltaprogramma: halen we ons doel, of moeten we versnellen of onze koers wijzigen? De analyses van de wateropgaven zullen nader uitgewerkt en gekwantificeerd worden.

- **"Wat-als?"- ontwikkelingen**
  Deze "Wat-als?"- ontwikkelingen houden de ogen open voor extremere en onzekere ontwikkelingen buiten de bandbreedte. De "Wat-Als?"-ontwikkelingen kunnen gebruikt te worden ter bewustwording en inspiratie en als (kwalitatieve) gevoeligheidsanalyse en vormen ze belangrijke aandachtspunten om in te gaten te houden (te monitoren) en kennis over te gaan ontwikkelen.

- **Gebruik modelinvoer**
  Van de Deltascenario's is modelinvoer voor het Nationaal watermodel (NWM) gemaakt. Daarmee worden vier Deltascenario's in de 1ste helft van 2024 integraal doorgerekend. De modelinvoer en basisprognoses worden beschikbaar gesteld. De verschillende deelprogramma's van het Deltaprogramma (maar ook gebruikers daarbuiten) kunnen daar gebruik van maken.



Figuur 36. Samenhang tussen verschillende programma's gericht op toekomstverkenningen

8.1.2 Gebruik Deltascenario's in de verschillende stappen van de herijking

Het herijkingsproces van het Deltaprogramma bestaat uit een aantal stappen (Figuur 37). Het instrument 'Deltascenario's' kan ingezet worden in stap 2, 3 en 4. Hieronder wordt de rol van de scenario's voor elke stap toegelicht:

- **Stap 2 Analyse**
  In deze analysestap worden de wateropgaven in beeld gebracht en vindt een prioritering plaats van de onderwerpen die in deze herijking moeten worden meengenomen. De Deltascenario schetsen hiervan een eerste landelijk beeld. De Deltascenario's zullen door de deelprogramma's nader moeten worden aangevuld met regionale of lokale ontwikkelingen.

- **Stap 3: Alternatieven**
  In deze stap worden mogelijke oplossingen onderzocht voor de prioritaire onderwerpen. Per scenario kan bepaald worden welke aanpassingen van de voorkeursstrategie nodig zijn om het doel te halen. De strategie zou idealiter bestaan uit een adaptatiepad, waarin de voorgenomen besluiten en maatregelpakketten in de tijd gezet worden: welke besluiten en maatregelen moeten op korte termijn (2030) middellange termijn (2050) en op lange termijn genomen worden. Besluiten en maatregelen zijn robuust als ze onder meerdere scenario's effectief zijn. Een eerste toets op robuustheid is in deze fase dus al belangrijk. Sommige besluiten vragen om meer tijd en meer kennis. Voor die onderdelen zouden de verschillende opties wel (tot op zekere hoogte) geanalyseerd moeten worden, maar kunnen de opties nog opengehouden worden.

- **Stap 4 Beoordelen**
  In stap 4 worden de oplossingen beoordeeld op doelbereik en eventueel andere effecten. De Deltascenario's spelen daarin een belangrijke rol. Omdat de scenario's zijn door vertaald naar modelinvoer voor het Nationaal Watermodel kunnen de maatregelpakketten doorgerekend worden. Zo kunnen de effecten van de maatregelpakketten in alle scenario's bepaald worden en over alle scenario's heen getoetst worden. Verschillende strategieën (maatregelpakketten) kunnen met elkaar vergeleken worden. Op basis van de (nog te ontwikkelen) vergelijkingssystematiek kunnen afwegingen tussen de alternatieven gemaakt worden, waarbij uiteindelijk duidelijk moet worden welke aanpassingen van de Deltabeslissingen en Voorkeursstrategieën eventueel wenselijk zijn.

8.2 Belangrijkste verschillen ten opzichte van de vorige Deltascenario's

Hieronder worden de belangrijkste verschillen overzichtelijk weergeven:

Klimaatverandering

Grote bandbreedte door een gematigder klimaatscenario

Een groot verschil ten opzichte van de vorige Deltascenario's is dat het laagste klimaatscenario gematigder is vanwege de effecten van het mondiale klimaatbeleid (het Parijs-Akkoord). De gemiddelde temperatuurtoename is daardoor kleiner (0,9 °C in Vlug'24 en Ruim'24 ten opzichte van 1°C in Druk en Rust 2017). Dit sluit aan op de keuzes die gemaakt zijn bij de KNMI'23 scenario's. Door de lagere temperatuurtoename vallen ook andere klimaatkentallen lager uit in de scenario's met beperkte klimaatverandering. De bandbreedte tussen de klimaatscenario's is groter ten opzichte van 2017. Daarnaast

Stap	Periode	Doel Besluitvorming stuurgroep DP
STAP 1 BASIS	Q4 2023 - Q1 2024	Vaststellen referentie en inhoudelijke bouwstenen voor de tweede herijking.
STAP 2 ANALYSE	Q1 2024 -Q3 2024	Vaststellen scope van de tweede herijking: wat is op basis van nieuwe inzichten en ontwikkelingen van belang en urgent om nú te herijken, en wat vergt meer tijd of kan later (ontwikkelagenda).
STAP 3 ALTERNATIEVEN	Q3 2024 - Q1 2025	Vaststellen mogelijke alternatieve oplossings¬richtingen voor de in 2026 te maken keuzes en vaststellen van de vergelijkingssystematiek (beoordelingskader) op basis waarvan straks een afweging wordt gemaakt.
STAP 4 BEOORDELING	Q1 2025 -Q3 2025	Vaststellen van de te verwachten effecten en doelbereik van de verschillende alternatieven (incl. MKBA en evt. input planMER) en van opties voor doorontwikkeling van de organisatie en werkwijze van het Deltaprogramma.
STAP 5 AFWEGING KEUZES & VOORSTELLEN	Q3 2025 -Q2 2026	Vaststellen welke aanpassingen worden voor¬gesteld voor DP2027 ten aanzien van het stelsel van deltabeslissingen en voorkeursstrategieën (incl. principiële keuzes en doelen, strategieën en maatregelen) en de organisatie en werkwijze van het Deltaprogramma.
STAP 6 BESLUITVOORBEREIDING & BORGING	Q3 2026 - Q4 2027	Maken van afspraken over de borging van de voor¬stellen in nationaal en regionaal beleid en even¬tueel in het bestuursakkoord Deltaprogramma.

Figuur 37. Stappen in het herijkingsproces

verandert in de voorgaande Deltascenario's het klimaat (en andere klimaataspecten) verder na 2050 met een toename van 1,5 °C ten opzichte van de referentie, terwijl in Vlug'24 en Ruim'24 de temperatuur in 2100 niet verder toeneemt.

Meer aandacht voor droogte en nieuwe inzichten in klimaatverandering
Het laatste decennium heeft laten zien dat periodes van droogte vaker voorkomen en grote gevolgen kunnen hebben voor de waterbeschikbaarheid in Nederland. In de KNMI'23 klimaatscenario's zijn nu ook de droge condities bepaald en die zijn opgenomen in de Deltascenario's. Daarnaast lijken we met meer zekerheid te kunnen zeggen dat de laagwaterafvoeren van de Rijn en Maas zullen gaan afnemen. Ook nieuwe inzichten in klimaatverandering en ontwikkelingen die beter gemodelleerd kunnen worden, zoals zomerse piekneerslag, zijn in de Deltascenario's opgenomen.

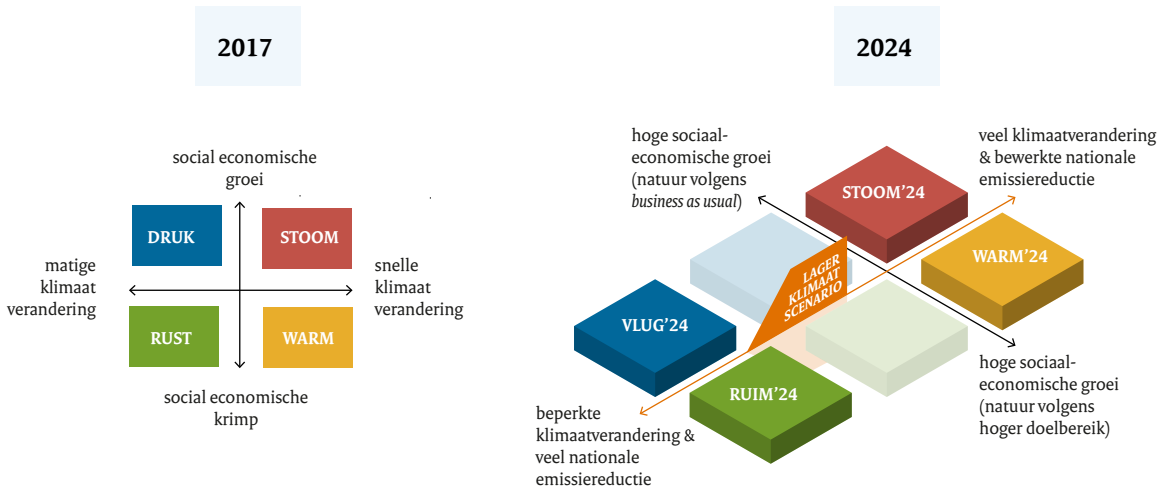
Referentieperiode
In de KNMI'23-scenario's is de referentieperiode opgeschoven naar 1991-2020. In de KNMI'14 was dat nog de periode 1981-2010.

Terugdringen uitstoot broeikasgassen
In de Deltascenario's uit 2017 zijn de gevolgen voor het terugdringen van broeikasgasuitstoot op de wateropgaven niet meegenomen. Het gaat dan met name over de vernatting van veenweidegebieden om veenoxidatie tegen te gaan, waarbij CO_2 vrijkomt. Deze CO_2-uitstoot is momenteel een substantiële uitstoot van het totaal aan broeikasgassen dat Nederland uitstoot. Volgend op het Parijs-akkoord uit 2015 waarin Nederland heeft toegezegd emissieneutraal te worden, zijn er interdepartementale voorstellen gedaan om de oppervlaktewaterpeilen in de veenweidegebieden te verhogen. Dit levert een aanvullende watervraag op die in de vorige Deltascenario's uit 2017 niet was opgenomen.

Aanpassing 'klimaat-as"
De 'klimaat-as' uit is aangepast naar een as waarin klimaatverandering en nationale emissiereductie zijn samengevoegd. In de Deltascenario's 2017 (Figuur 38) gaf deze as de klimaatverandering aan. In de Deltascenario's 2024 geeft deze as de uitstoot weer. Het combineert de mondiale uitstoot én de nationale uitstoot. De mondiale uitstoot hangt samen met klimaatverandering. De nationale inspanning om broeikasgasuitstoot te reduceren heeft ook consequenties voor de watervraag en zijn op die as meegenomen. In Vlug'24 en Ruim'24 wordt gematigde klimaatverandering gecombineerd met veel nationale inspanningen om broeikasgassen te reduceren en in Stoom'24 en Warm'24 wordt sterke klimaatverandering gecombineerd met een beperkte inspanningen.

Natuurontwikkeling (landelijk gebied)
In de vorige Deltascenario's is uitgegaan van geen verschuivingen in landgebruiksfuncties in het landelijk gebied. Landbouw en natuur bleven in elke scenario min of meer gelijk. In de Deltascenario's 2024 wordt het landelijk gebied wel meer en onderscheidend uitgewerkt, met name als gevolg van natuurbeleid. In de Scenario's Ruim'24 en Warm'24 is er grote toename van natuurareaal volgens het hoger doelbereik-scenario uit de Landbouw en Natuurverkenning van de PBL en de WUR (Pouwels et al.,2020) en in Vlug'24 en Stoom'24 wordt uitgegaan van een ontwikkeling van natuurareaal dat aansluit bij de Business-as-usual scenario. Voor meer informatie zie paragraaf 4.3.5.

Wat-Als?-ontwikkelingen
Naast de basisscenario's is een pallet aan overige contextspecifieke of onzekere ontwikkelingen aangereikt waarmee ook rekening gehouden moet worden. Naar de gevolgen daarvan voor de wateropgaven zal nader onderzoek gedaan moeten worden.



Figuur 38. links het assenstelsel uit de Deltascenario's 2017, visualisatie van de belangrijkste aanpassingen in de 2024-Deltascenario's ten opzichte van de Deltascenario's uit 2017.

Hoofdstuk 9
Referenties



Hattem

Acacia Water, 2014, Veldonderzoek Zoet En Zout Grondwater Koegraspolder., Acacia Water Rapport N20140550 https://acaciadata.com/doc/Eindrapport%20-%20550%20-%20Veldonderzoek%20zoet%20en%20zout%20grondwater%20Koegraspolder.pdf

America - van den Heuvel, I., Boelens, R., Mens, M., Mes, E. (2023) Potentie van watervraagreductie in het veengebied. Een modelverkenning op landelijke schaal. Deltares. Rapport.

Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J., & Lenton, T. M. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. Science (New York, N.Y.), 377(6611), eabn7950. https://doi.org/10.1126/science.abn7950

Asselman, N. en KJ van Heeringen (2022) Een watersysteemanalyse – wat leren we van het hoogwater van juli 2021? Inzichten in het functioneren van beeksystemen bij grote hoeveelheden neerslag en het effect van systeemmaatregelen. Deltares rapport 11207700-000-ZWS-0035

Arcadis, 2020 De invloed van waterstof op onze drinkwatervoorziening. Impact op het waterverbruik-, bronnen en 'zuivering op nieuwe energiebron. Siebren Wijtzes, Toon Boonekamp

Baggelaar, P., Kuin, P., Geudens, P. (2022). Prognoses drinkwatergebruik in Nederland t/m 2040. (of alternatief: PB Icastat, Royal HaskoningDHV, Vewin. (2022). Prognoses drinkwatergebruik in Nederland t/m 2040.)

Beersma, J., Versteeg, R., Hakvoort, H. (2018). Neerslagstatistieken voor korte duren Actualisatie 2018. Stowa. Rapport https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-12%20HR.pdf

Berkhout, P., van der Meulen, H., Ramaekers, P., Verhoog, A. D., Berkhout, P., Bergevoet, R. H. M., Daatselaar, C. H. G., van Horne, P. L. M., Hoste, R., Janssens, S. R. M., Jukema, G. D., Manshanden, M. T., Smit, A. B., de Valk, Y., Logatcheva, K., Aramyan, L. H., Oosterkamp, E. B., van der Meer, R. W., van der Meulen, H. A. B., ... Polman, N. B. P. (2022). Staat van Landbouw en Voedsel. (Rapport / Wageningen Economic Research; No. 2022-013). Wageningen Economic Research. https://doi.org/10.18174/560517

Buitink, J., Tsiokanos, A., Geertsema, T., Velden, C. ten, Bouaziz, L., Sperna Weiland, F. (2023), Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse, Deltares, RWS-WVL, Document ID 11209265-002-ZWS-0003

BZK (2023) Kamerbrief over Landelijke maatlat voor een groene, klimaatadaptieve gebouwde omgeving

Claassens, J. Koomen, E. Rijken, B. (2023) Actualisering landgebruik Deltascenario's 2023. Rapport VU/Spinlab Research Memorandum SL-23 en PBL

De Bruin, K., Maas. B. (2023) Methode voor bovenregionale stresstesten voor grootschalige neerslag. Ten behoeve van een landelijk uniform beeld. Deltares. Rapport.

De Bruijn, K., van den Hurk, B., Slager, K., Rongen, G., Hegnauer, M., & van Heeringen, K. J. (2023). Storylines of the impacts in the Netherlands of alternative realizations of the Western Europe July 2021 floods. Journal of Coastal and Riverine Flood Risk, 2. https://doi.org/10.59490/jcrfr.2023.0008; see also https://journals.open.tudelft.nl/jcrfr/article/view/6935

Deltares (2019) Invloed Hoge Scenario's voor Zeespiegelstijging voor Rijn-Maas Delta Herijking VKS DPRD en DB RMD, onderdelen 1 en 2. Jarl Kind, Karin de Bruijn, Ferdinand Diermanse, Karolina Wojciechowska, Frans Klijn, Raymond van der Meij, Arno Nolte, Kees Sloff

Erkens G. Kooi, H. Melman, R. (2021) Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten. Deltares rapport 11206724-002-BGS-0001

EZK (2022) Ontwerp Beleidsprogramma. Klimaat. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Den Haag.

EZK (2023) Nationaal plan energiesysteem. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Den Haag.

Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In 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, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:10.1017/9781009157896.011

Geudens. P., Kramer, O. (2022) Drinkwaterstatistieken 2022. Van Bron tot kraan. Vewin. Rapport

Haasnoot, M, F. Diermanse (ed.) (2022) Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland. Deltares 11208062-005-BGS-0001

IBO Klimaat (2023) Eindrapport Interdepartementaal Beleidsonderzoek (IBO) Klimaat, deel C4 Landbouw en Landgebruik.

ILT (2024) Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Drinkwater steeds schaarser: provincie neem verantwoordelijkheid, Signaalrapportage, 15-01-2024

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: 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, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

Janssen, G., America - van den Heuvel, I., Meeusen, R., van Strien, C., Prinsen, G., Mes, E., Marth, I., Weiler, O. en Bijlsma, A. (2024) Vertaling van de Deltascenario's 2024 naar invoer voor het Nationaal Water Model, Deltares rapport 11209219-018-ZKS-0001

KNMI, 2023: KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.

KP zss (2023) Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Staf deltacommissaris, Rijkswaterstaat. Kennisprogramma Zeespiegelstijging (kpzss.nl)

Kosters, A., Asselman, N., Mens, M. Maas, B. Maarse, M. (2022) Strategische Verkenning Rivieren Huidige en toekomstige knelpunten voor scheepvaart, zoetwatervoorziening, natuur en hoogwaterveiligheid. Deltares Rapport.

Kuiper, R., Rijken, B., & van Bemmel, B. (2023). Planmonitor NOVI 2023: Mogelijke toekomstige woon- en werklocaties: risico's voor kwetsbare gebieden. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) Rapport.

Mens, M., Hunink, J., Delsman, J. Pouwels, J. Schasfoort, F. (2020) Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares. Rapport.

Min. IenW (2021). Integrale Mobiliteitsanalyse 2021. IENW/BSK-2021/175735

LNV (2018) Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden Nederland als koploper in kringlooplandbouw. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV (2019) Kamerbrief Appreciatie IPBES-rapport en aankondiging interdepartementaal programma Versterken Biodiversiteit, 7 oktober 2019, DGNVLG/19223509. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

NPLG (2022) Ontwikkeldocument Nationaal Programma Landelijk Gebied , Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, November 2022 | Publicatie-nr. 22407009

O'Neill, B., Kriegler, E., Ebi, K. L.; Kemp-Benedict, E, Riahi, K., Rothman, D. S. van Ruijven, B., van Vuuren, D., Birkmann, J. Kok, K., Levy, Marc., Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century". Global Environmental Change. 42 169–180. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.

Van Dorland, R., J. Beersma, J. Bessembinder, N. Bloemendaal, H. van den Brink M. Brotons Blanes, S. Drijfhout, R. Groenland, R. Haarsma, C. Homan, I. Keizer, F. Krikken, D. Le Bars, G. Lenderink, E. van Meijgaard, J. F. Meirink, B. Overbeek, T. Reerink, F. Selten, C. Severijns, P. Siegmund, A. Sterl, C. de Valk, P. van Velthoven, H. de Vries, M. van Weele, B. Wichers Schreur, K. van der Wiel, 2023, KNMI National Climate Scenarios 2023 for the Netherlands, De Bilt, 2023 | Scientific report; WR-23-02

PBL (2015): Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's. Welvaart en Leefomgeving. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Rapport.

PBL (2023), Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Pouwels, R., A. van Hinsberg, V. Mensing, S. van Tol & J.Y. Frissel (2020). Achtergrondrapport referentiescenario's natuurverkenning 2050. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 190. 120 blz.; 27 fig.; 12 tab.; 88 ref; 9 Bijlagen.

Roined (2019) 'Leidraadbuien' 01 t/m 10. https://www.riool.net/bui01-bui10

Ritsema van Eck, J. Hilbers, H., Blomjous, D. (2020) Actualisatie invoer mobiltiteitsmodellen. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Rapport.

Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (WVL), 2021, Achtergrondrapportage Vaarwegen Integrale Mobiliteitsanalyse 2021

Ruijgh, E. (2019) Integrated Overview of the effects of socio-economic scenarios on the discharge of the Rhine. Deltares Rapport

Slootjes, N., Van der Most, H. (2016). Hoofdrapport. Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Ruimte en Water, Directie Algemeen Waterbeleid en Veiligheid.

Staatscommissie Demografische Ontwikkelingen 2050 (2024). Gematigde groei – Rapport van de Staatscommissie Demografische Ontwikkelingen 2050, Den Haag.

Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee en G.L. Velthof, 2021. Raming van broeikasgasemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen Livestock Research, Rapport 1339.

Van Westen R, M. Kliphuis, H.A. Dijkstra, 2024, Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course, SCIENCE ADVANCES, DOI: 10.1126/sciadv.adk1189

Wolters, H. A., van den Born, G.J., Dammers, E. Reinhard, S. (2018) Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017. Achtergrondinformatie over gebruiksfuncties en sectoren, Deltares, Utrecht, Deltares, Utrecht

WSP, Defacto Stedenbouw, Wageningen University and Research (2021) Beeld op de Rivieren. Ontwikkelperspectief voor de Maas en Rijntakken. Eindrapportage



Deltares, in opdracht van en in samenwerking met staf Deltacommissaris en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

April 2024, Delft