

Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave

Bodem en water als basis, klimaatbestendig op
lange termijn

Bouwstenendocument



Verantwoording

Titel	Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave
Onderwerp:	Bouwstenendocument
Projectnummer:	51007213
Klant:	Staf Deltacommissaris
Versie:	Definitief
Datum:	06-12-2021
Auteurs:	Nikéh Booister, Alex Hekman, Renée Swinkels (Sweco), Manfred Wienhoven, Michel Hek (Ecorys), Anne Loes Nillesen, Wendy ter Horst (Defacto), Jos van Alphen (Staf Deltacommissaris) met bijdragen van Chris Fortuin (Sweco), Karin de Bruijn, Peter de Grave, Marjolijn Haasnoot (Deltares), Lot Locher (MRA), Matthijs Bouw (ONE Architecture)

Inhoudsopgave

Verantwoording.....	2
1. Inleiding	4
1.1 Aanleiding adviesaanvraag	4
1.2 Achtergrond	5
1.3 Aanpak	6
1.4 Leeswijzer.....	7
2. Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave (vraag a)	8
2.1 De woningbouwopgave	8
2.2 Klimaat effecten op de woningbouwopgave.....	10
2.2.1 Wateroverlast	10
2.2.2 Overstromingen	12
2.2.3 Droogte	16
2.2.4 Hitte	17
2.2.5 Bodemdaling en zettingen.....	17
2.3 Geschiktheid voor woningbouw.....	18
3. Benodigde ruimtelijke reserveringen voor klimaatadaptieve stedelijke planning (vraag b, c en d)	21
3.1 Noodzaak klimaatadaptief bouwen	21
3.2 Bovenregionaal / landelijk schaalniveau	22
3.3 Watersysteemniveau	23
3.4 Lokaal niveau	29
4. Economische beschouwing klimaatadaptief bouwen (vraag e)	32
4.1 Klimaatbestendig in 2050	32
4.2 Ruimte voor aanpassingen na 2050.....	34
5. Kennisagenda (vraag f)	38
5.1 Kennisvragen.....	38
5.2 Kansen ontwerpend onderzoek.....	39
6. Referenties	43
Bijlage 1 Toelichting uitwerking en berekeningen Deltares.....	46
Bijlage 2 Toelichting uitwerking financiële berekeningen Ecorys	49
Bijlage 3 Tekstkaders klimaatbestendig bouwen (Defacto Stedenbouw)	75
Bijlage 4 Notitie meerkosten bouwrijp maken in zettingsgevoelige en bodemdalingsgebieden	81

1. Inleiding

1.1 Aanleiding adviesaanvraag

De ministeries van BZK en IenW hebben de Deltacommissaris per brief van 13 juli 2021 om advies gevraagd over klimaatadaptatie in relatie tot de omvangrijke woningbouwopgave. De adviesbrief van de Deltacommissaris van 1 september geeft antwoord op een eerste set van vragen in deze adviesaanvraag hoe klimaatbestendig kan worden gebouwd (spoor 1). De adviezen welke zijn gebaseerd op de afwegingsprincipes en beleidskeuzes uit de NOVI zijn samengevat in tekstvak 1.

Tekstvak 1: Samenvatting adviezen adviesbrief (1 september 2021)

- Overall klimaatbestendig bouwen om overlast en schade te beperken;
- Klimaatadaptatie opgave door nieuwe ontwikkelingen niet vergroten;
- In woningbouwplannen vanwege de lange levensduur van woningen ook rekening houden met lange termijn klimaateffecten na 2050 (bijvoorbeeld ruimte reserveren voor toekomstige dijkversterking en waterberging);
- Geen afwenteling van kosten of effecten naar toekomstige generaties of andere gebieden;
- Naast aandacht voor de ontwikkelfase ook aandacht voor de organisatie en financiering van toekomstig beheer en onderhoud. Daarbij aandacht voor:
 - aspect dat er nu extra kosten gemaakt moeten worden voor klimaatadaptief bouwen en er hierdoor op de lange termijn (niet-monetaire) baten tegenover staan;
 - kosten die nu gemaakt moeten worden liggen bij andere partijen dan de partijen die straks genieten van de baten op langere termijn.
- Geografisch ruimere afweging om ook effecten op systeemniveau in beeld te brengen;
- Bodem en water moeten meer sturend worden voor ruimtelijke plannen door belangen vroegtijdig in beeld te krijgen en de watertoets sterker sturend te maken;
- Meer nationale regie om gemeenten te helpen bij vertaling klimaatadaptatiedoelen naar praktijk;
- Uniformeren prestatieafspraken klimaatadaptatie in landelijke richtlijnen;
- Eén digitaal kennisloket met beschikbare leidraden en handreikingen voor klimaatadaptatieve woningbouw via www.klimaatadaptatienederland.nl.

Dit rapport biedt bouwstenen voor het vervolg, spoor 2. Dit spoor gaat nader in op de vraag hoe de woningbouw meer rekening moet gaan houden met het bodem- en watersysteem als basis voor ruimtelijke bestemming, inrichting en beheer en met de gevolgen van klimaatverandering op de lange termijn, en meer specifiek op een mogelijk versnelde zeespiegelstijging.

1.2 Achtergrond

De woningbouwopgave voor de periode 2020 tot 2050 bestaat uit bijna 1 miljoen woningen. De investering die hiermee gepaard gaat bedraagt ruim €320 miljard, exclusief de aanleg van planoverstijgende infrastructuur. De ruimteclaim bedraagt ca. 26.000 ha (Sweco, 2021).

Tegelijk verandert het klimaat. Nu al zien we het effect van toenemende weersextremen zoals extreme neerslag, hitte en droogte. Ook bodemdaling heeft grote effecten op het stedelijk gebied.

Veel gebieden waar woningen worden voorzien zijn gevoelig voor de effecten van klimaatverandering. Ca. 600.000 woningen worden voorzien in de overstroombare laaggelegen, vaak zettingsgevoelige delen van de Randstad (op basis van plancapaciteit, zoals aangegeven in ABF, 2021). Maar ook in Friesland, Groningen, Brabant en delen van Overijssel en Gelderland wordt gebouwd in overstroombaar gebied. In andere delen van Nederland wordt gebouwd op locaties die kwetsbaar zijn voor ernstige wateroverlast, droogte en hitte. Het is daarom van belang om investeringen in de woningbouw nu klimaatadaptief aan te leggen. Daarmee beperken we overlast en schade of uitval van functies nu en in de toekomst.

Op de lange termijn is het nog onzeker hoe klimaateffecten zich ontwikkelen. De verwachting is dat wereldwijd de temperatuur na 2050 verder toeneemt. Dit zal leiden tot een verdere toename van de neerslagintensiteit, langere periodes van hitte en droogte en een versnelling van zeespiegelstijging. Mogelijk zijn de normen en ontwerpcriteria die we vandaag de dag hanteren na 2050 onvoldoende. Gezien de lange levensduur van woningen is het belangrijk om nu al rekening te houden met het klimaat van de toekomst, en flexibiliteit en aanpasbaarheid als ontwerpprincipe te hanteren zodat we ons in de toekomst kunnen blijven aanpassen. Hiermee voorkomen we een (verdere) toename van lock-in¹ situaties. Bovendien voorkomen we zo dat aanvullende klimaatadaptatiemaatregelen in toekomstig onnodig duur of complex worden als klimaatverandering tegenvalt.

Bij locatiekeuzes voor woningbouw wordt tot op heden nauwelijks rekening gehouden met de gevolgen van klimaatverandering op de lange termijn (zoals de zeespiegelstijging) en met de kenmerken van het bodem- en watersysteem. Er wordt gebouwd op plekken die daar eigenlijk niet, of minder geschikt voor zijn, zoals slappe gronden, in de diepste delen van polders, in buitendijks gebied, in kwetsbare delen van beekdalen, of op plekken die in de toekomst nodig zijn voor waterberging of dijkversterkingen als het klimaat verder verandert. Dit kan leiden tot beperkingen voor toekomstige oplossingsrichtingen voor een klimaatbestendige inrichting van Nederland, of tot hoge kosten om

¹ Lock-in situatie: geen ruimte meer hebben ons aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering.

investerings die we nu doen in de toekomst alsnog aan te passen. Door bij investeringen nu geen rekening gehouden met effecten op de lange termijn vindt in feite afwenteling plaats naar volgende generaties. Gezien de schaal van de woningbouwopgave kunnen we, in lijn met de NOVI, afwenteling niet langer accepteren, om toekomstige adaptatieopties open te houden en/of kosten beheersbaar te houden.

1.3 Aanpak

Spoor 2 richt zich op de beantwoording van de volgende vragen die gezamenlijk zijn geformuleerd door de ministeries van BZK en IenW:

- a) Wat kan gezegd worden over de impact van zeespiegelstijging op de woningbouwopgave?
- b) Wat kan er vooruitlopend op de resultaten van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging al gezegd worden over benodigde ruimtelijke reserveringen voor water?
- c) In hoeverre is het in het (steden)bouwkundig ontwerp meenemen van flexibiliteit/robuustheid een reële optie om een balans te vinden tussen wat nu moet en wat later kan vanuit oogpunt van kostenefficiëntie? Voor welk type maatregelen geldt dat dan?
- d) Wat is uw huidige beeld van kansen en risico's? Zijn er al aanwijzingen of inzichten in een no-regret aanpak?
- e) Hoe kan worden omgegaan met kosteneffectiviteit in relatie tot maatschappelijke waarden die moeilijk in euro's zijn uit te drukken en waarbij de kosten nu liggen en de baten in de toekomst?
- f) Welke vraagstukken zullen we de komende jaren nader moeten onderzoeken en afwegen?

De vragen a en b hebben betrekking op zeespiegelstijging, terwijl de verdere adviesaanvraag betrekking heeft op alle effecten van klimaatverandering. De beantwoording is daarom ook voor a en b breder ingestoken dan alleen zeespiegelstijging. Voor dit rapport is gebruik gemaakt van reeds beschikbare studies en informatie, aangevuld met eenvoudige analyses of berekeningen. Ook zijn inzichten benut van lopende trajecten, zoals van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Sweco, 2021) (Defacto, 2020).

Klimaat effecten spelen op verschillende tijd- en ruimteschalen. In dit rapport is uitgewerkt hoe ze impact hebben op de woningbouwopgave en op welke manier we er nu al rekening mee dienen te houden. Ze hangen ook samen. Hoe hoger het ruimtelijk schaalniveau, hoe groter de mogelijke impact en hoe langer de termijn waarop vooruit moet worden gekeken.

Ruimtelijk zijn de klimaat effecten uitgewerkt op bovenregionaal of landelijk schaalniveau, op (water)systeemniveau, en op lokaal niveau. In de tijd zijn de volgende tijdschalen gehanteerd, waarbij telkens een vertaling is gemaakt van de lange termijn effecten naar hoe we daar nu al rekening mee moeten houden:

- Tot 2050: wat is nu nodig om onze ruimtelijke inrichting uiterlijk 2050 klimaatbestendig te hebben ingericht, conform de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie? Deze tijdschaal is reeds eerder uitgewerkt in spoor 1.

- Na 2050: op welke manier moeten we in de ruimtelijke inrichting nu al rekening houden met de mogelijke effecten van verdergaande klimaatverandering na 2050?
- Na 2100: hoe houden we rekening met een eventueel extreem scenario van meerdere meters zeespiegelstijging?

1.4 Leeswijzer

Het rapport heeft de volgende opbouw. **Hoofdstuk 2** gaat in op de effecten van klimaatverandering op de woningbouwopgave (vraag a). Hierbij wordt op basis van de kenmerken van het bodem- en watersysteem ingegaan welke delen van Nederland het meest kwetsbaar zijn voor welke effecten. Ook wordt stilgestaan bij de huidige inzichten ten aanzien van zeespiegelstijging.

Hoofdstuk 3 werkt vervolgens uit hoe we in de woningbouwopgave op verschillende schaalniveaus rekening kunnen houden met de kenmerken van het bodem- en watersysteem en lange termijn klimaateffecten. Aangegeven wordt op welke manier rekening kan worden gehouden met lange termijn effecten, waaronder zeespiegelstijging (vraag b), op welke manier flexibiliteit kan worden geïntegreerd in de ruimtelijke inrichting (vraag c) en welke kansen, risico's en no-regrets er zijn (vraag d).

Hoofdstuk 4 geeft een economische beschouwing van de kosteneffectiviteit van adaptatiemaatregelen (vraag e) voor verschillende tijdschalen.

In **hoofdstuk 5** worden tenslotte kennisvragen benoemd die komende jaren verder moeten worden uitgewerkt, evenals de mogelijkheden die ontwerpend onderzoek biedt voor het uitwerken van adaptatiestrategieën (vraag f).

2. Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave (vraag a)

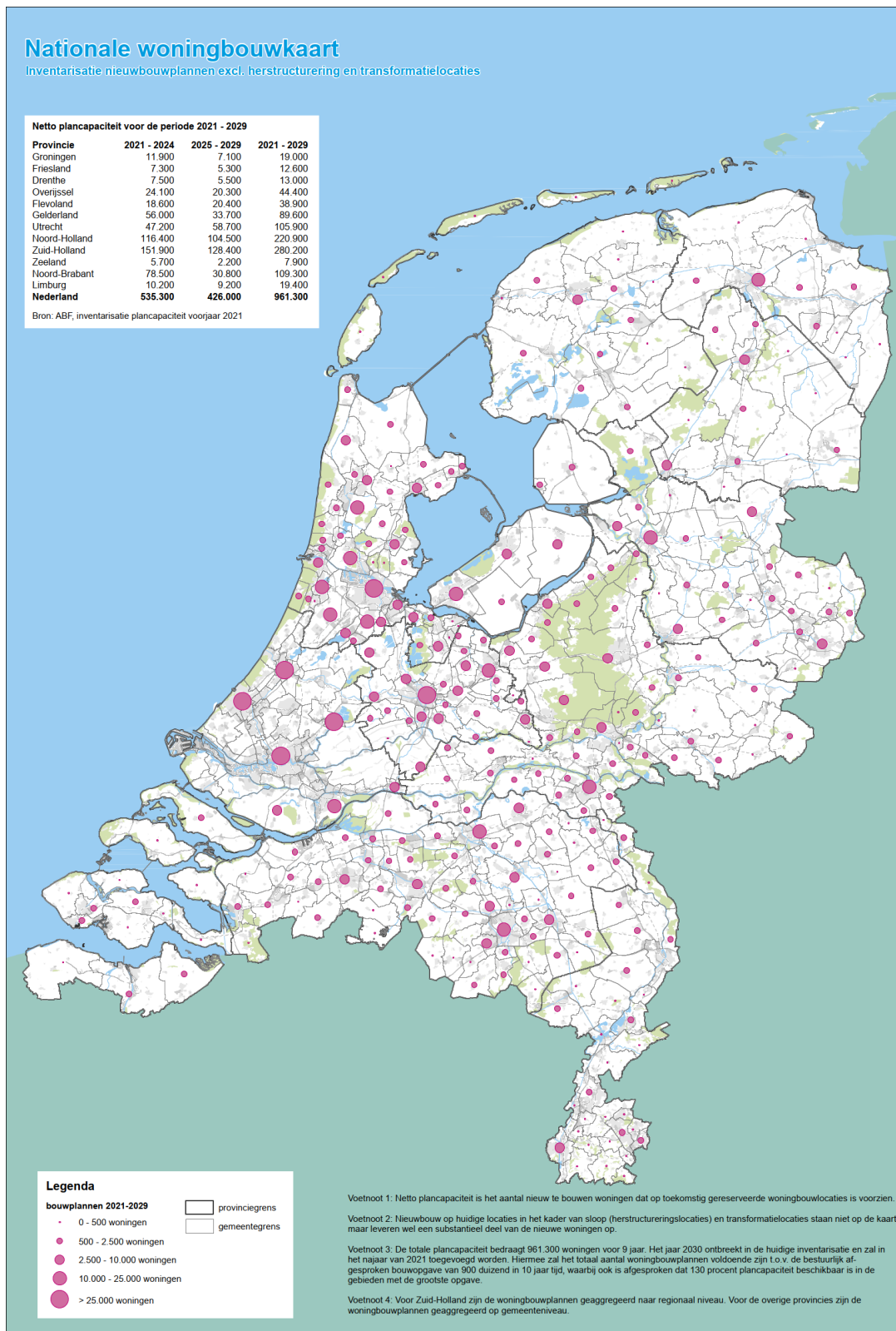
2.1 De woningbouwopgave

Voor de ruimtelijke verdeling van de woningbouwopgave gaan we in dit rapport uit van de beoogde plancapaciteit per gemeente zoals weergegeven figuur 1 (ABF, 2021). De totale plancapaciteit bedraagt 961.300 woningen. In tabel 1 is de toename van het aantal woningen per provincie weergegeven. In de tabel wordt zichtbaar dat ongeveer tweederde van de beoogde plancapaciteit zich bevindt in de laaggelegen delen van de Randstad. De groei van het aantal woningen in de Randstad is ongeveer 17%. Buiten de Randstad is de groei ongeveer 8%.

Tabel 1: Verdeling woningbouwopgave per provincie op basis van (ABF, 2021).

Provincie	Bestaand aantal woningen	Plancapaciteit 2021-2029	Toename
Groningen	280.000	19.000	7%
Friesland	300.000	12.600	4%
Drenthe	222.000	13.000	6%
Overijssel	505.000	44.400	9%
Flevoland	169.000	38.900	23%
Gelderland	903.000	89.600	10%
Utrecht	579.000	105.900	18%
Noord-Holland	1.334.000	220.000	16%
Zuid-Holland	1.676.000	280.200	17%
Zeeland	187.000	7.900	4%
Noord Brabant	1.129.000	109.300	10%
Limburg	531.000	19.400	4%
TOTAAL:	7.815.000	961.300	12%
Randstad*	3.758.000	644.800	17%
Buiten Randstad*	4.057.000	316.500	8%

*Zuid-Holland, Noord-Holland, Utrecht, Flevoland



Figuur 1: Netto plancapaciteit woningbouw opgave 2021 – 2029 (ABF, 2021).

Woningbouw is kwetsbaar voor verschillende klimaateffecten: wateroverlast, overstromingsrisico's, hitte en droogte. Ook bodemdaling kan grote effecten hebben op de woningbouw.

Het effect van klimaatverandering op woningen is voor een belangrijk deel afhankelijk van de bouwlocatie, van de karakteristieken van het bodem- en watersysteem op die plek en van de stedenbouwkundige inrichting. Daarnaast is de spreiding van de woningbouw (bestaand en nieuw) over heel Nederland van belang voor de oplossingsrichtingen die we in de verre toekomst hebben om ons te beschermen tegen extreme zeespiegelstijging.

In dit hoofdstuk wordt het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave toegelicht voor de thema's wateroverlast, overstromingen, hitte, droogte en bodemdaling. Daarbij is aangegeven welke gebieden in Nederland het meest kwetsbaar zijn voor deze klimaateffecten en hoe de kenmerken van het bodem- en watersysteem daarin een rol spelen. De volgende paragrafen kennen telkens de volgende opbouw:

- Overzicht van de belangrijkste klimaateffecten;
- Meest recente klimaatprojecties voor de zichtjaren 2050 en 2100 en daarna, om een beeld te geven hoe de effecten zich ontwikkelen (IPCC, 2021 en KNMI, 2021).
- Regionale duiding van de meest kwetsbare locaties voor de klimaateffecten op basis van de karakteristieken van het bodem- en watersysteem (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021).
- Inschatting welk deel van de woningbouwopgave is beoogd op deze kwetsbare locaties (ABF, 2021)².

In hoofdstuk 3 wordt verder uitgewerkt hoe op de verschillende effecten en onzekerheden naar de toekomst kan worden geanticipeerd.

2.2 Klimaateffecten op de woningbouwopgave

2.2.1 Wateroverlast

Extreme neerslag kan leiden tot wateroverlast en schade aan gebouwen, infrastructuur en voorzieningen. De situatie in Duitsland, België en Limburg van afgelopen juli laten zien dat extreme neerslag zelfs kan leiden tot overstromingen met een verwoestend effect op woningen.

Voor kortdurende neerslag wordt op dit moment in veel plannen rekening gehouden met een bui-intensiteit van 60 mm in 1 uur (dit komt overeen met een herhalingsjaren van ongeveer 100 jaar) (Rioned, 2021). Verdere stijging van de temperatuur leidt echter tot een stijging van luchtvochtigheid en daarmee

² Voor de verdeling van de woningen over de gemeenten is uitgegaan van de plancapaciteit per gemeente. Voor het bepalen welk deel van de woningen wordt gebouwd op kwetsbare locaties is uitgegaan van een evenredige verdeling van de woningbouwopgave binnen gemeenten. Dit geeft maar een globaal beeld. In de praktijk kunnen de aantallen verschillen. Daarnaast kunnen getallen voor verschillende thema's overlappen. Dit geldt bijvoorbeeld voor overstroombaar gebied, natte gronden en slappe/zettingsgevoelige gronden.

verdere toename van de frequentie van extreme neerslag en van de neerslagintensiteit (KNMI, 2021).

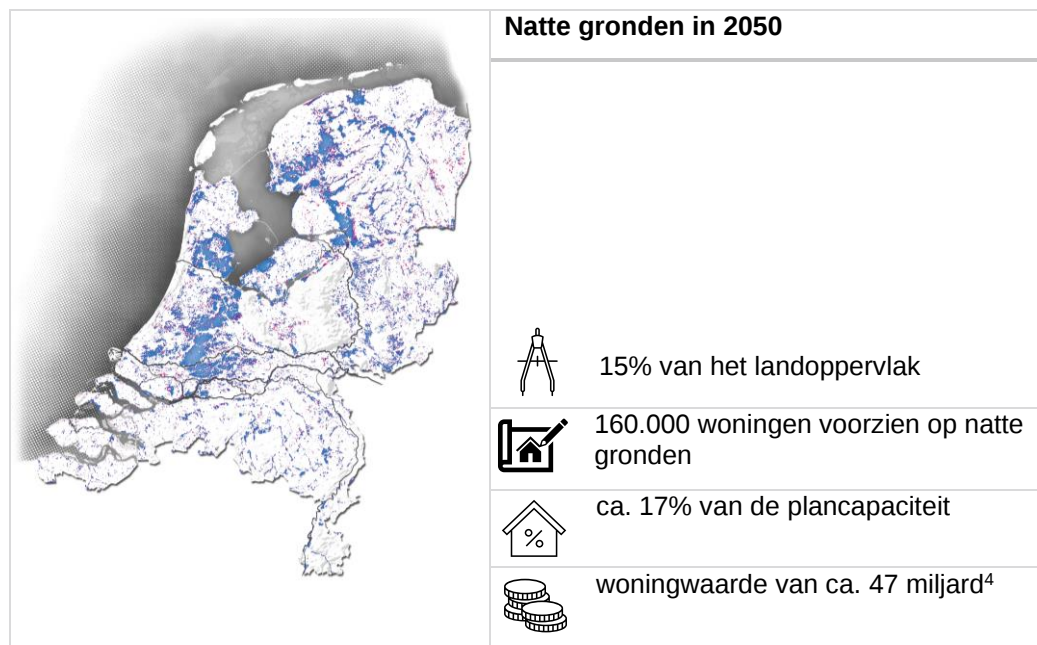
Tabel 2 laat de bandbreedte zien van de toename van kortdurende neerslag voor een hoog en laag klimaatscenario. Rond 2050 is de 1-uurse neerslagintensiteit toegenomen van ca. 60 tot 69 mm (KNMI, HKV, 2019). Indicatief betekent deze toename dat in 2050 ca. 5% extra ruimte nodig is voor bovengrondse waterberging. In 2100 is dit ca. 10%.

Door zeespiegelstijging kan het in de toekomst in de kustzone bovendien moeilijker worden om water af te voeren via het hoofdwatersysteem. Water lokaal opslaan wordt hiermee nog belangrijker.

Tabel 2: Procentuele toename in extreme neerslag, voor scenario's voor 2030, 2050 en 2085 (geldig voor neerslagduren t/m 2 uur) (KNMI, HKV, 2019).

Scenario ³	Neerslagverandering Tot 2030	Neerslagverandering Tot 2050	Neerslagverandering Tot 2085
Scenario Laag	3.9%	3.9%	6.4%
Scenario Hoog	7.7%	21.3%	41.1%

Met name *natte gronden* zijn kwetsbaar voor wateroverlast, zie figuur 2. Natte gronden worden gedefinieerd als gebieden met een hoge grondwaterstand (<30 cm-mv), een lage bergingscapaciteit en lage infiltratiesnelheid (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021). Naar schatting 160.000 woningen worden voorzien op natte gronden (16%)



Figuur 2: Woningbouw kengetallen op natte gronden.

³ In deze tabel corresponderen de scenario's laag en hoog met de in bron genoemde, scenario_lower en scenario_upper. Voor korte neerslag duren, is hiervoor een interpolatie gemaakt van de veranderingsgetallen opgenomen in de KNMI'14 scenario's (KNMI, HKV, 2019).

⁴ Woningwaarde is gebaseerd op basis van WOZ-waarden 2021 per gemeente.

2.2.2 Overstromingen

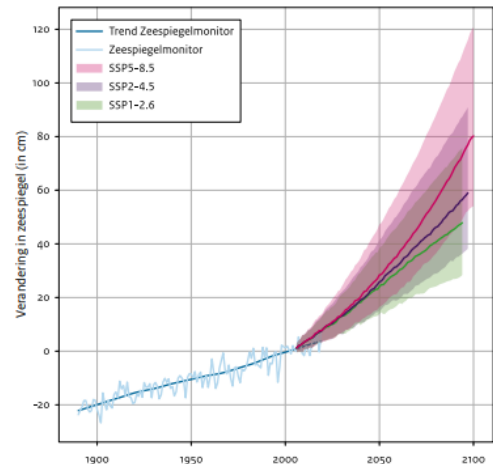
Overstromingen kunnen ontstaan vanuit rivieren, meren en zeeën. Ca. 60% van Nederland wordt beschermd voor overstromingen door dijken, keringen of duinen. De overstromingsrisico's nemen enerzijds toe als gevolg van zeespiegelstijging, toename van rivierafvoeren en bodemdaling en anderzijds door meer mensen en economisch kapitaal te concentreren in overstroombare gebieden. Hieronder gaan we achtereenvolgens in op deze factoren.

Zeespiegelstijging

De zeespiegel stijgt, maar de laatste jaren is er sprake van een versnelling van de wereldwijd gemiddelde zeespiegelstijging van 2 mm/jr in de periode 1900-1970 tot inmiddels bijna 4 mm/jr in het laatste decennium. Deze versnelling wordt veroorzaakt door klimaatverandering en zal de komende eeuw verder doorgaan, maar kan worden beperkt als de opwarming van de aarde onder de 1.5°C blijft.

Afhankelijk van het emissiescenario zal de opwarming in 2050 kunnen leiden tot een zeespiegelstijging (t.o.v. 1995-2014) van circa 10-40 cm. Vanaf 2050 neemt de onzekerheid in zeespiegelstijging toe vanwege de bandbreedte in mogelijke opwarming bij verschillende emissiescenario's. In 2100 kan de zeespiegelstijging variëren van circa 30 cm (ondergrens laag emissiescenario) tot 120 cm (bovengrens hoog emissiescenario), zie figuur 3.

Voortgaande opwarming ten gevolge van hoge emissiescenario's kan echter leiden tot (nu nog) onzekere afkalvingsprocessen van landijs op Antarctica, waardoor de zeespiegelstijging kan versnellen. In dat geval kan een stijging van 1 m al rond 2070 en een stijging van 2 m rond 2090 optreden. Rond 2150 is dan een stijging van 5 m niet uit te sluiten. Ook na 2100 stijgt de zeespiegel verder. Zelfs in een laag emissiescenario is in 2300 een stijging van 30 cm – 3 m mogelijk (KNMI, 2021).

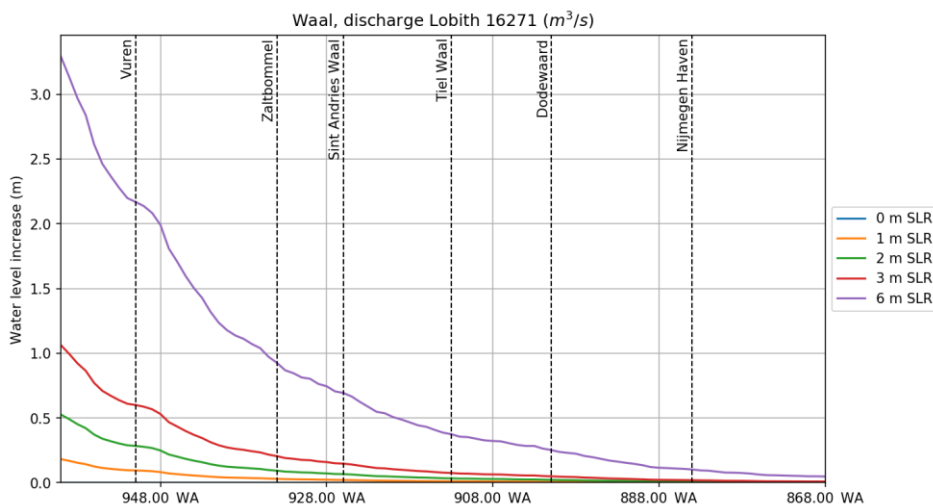


Figuur 3: toename van de zeespiegelstijging onder verschillende scenario's (KNMI, 2021)

Tabel 3: Indicatieve termijnen waarop rekening moet worden gehouden met verschillende niveaus van zeespiegelstijging op basis van (KNMI, 2021).

Zeespiegelstijging	Deltascenario W+	SSP 2-4.5	SSP 3- 8.5	Bandbreedte totaal medianen
+0,25 m NAP	2045	2045	2040	2040-2045
+0,5 m NAP	2085	2090	2065	2065-2090
+0,75 m NAP	-	-	2080	2080-
+1,0 m NAP	-	-	2120	2120-
+2,0 m NAP	-	-	-	-

Figuur 4 geeft een beeld van het invloedsgebied van zeespiegelstijging op de waterstanden bij een hoge afvoer op de Waal bij verschillende zeespiegelscenario's. Hoe hoger de zeespiegelstijging, hoe groter het invloedsgebied. Zo werkt een zeespiegelstijging van 1 m nog ruim 0,20 m door tot bij Zaltbommel. Bij een zeespiegelstijging van 3 m werkt dit nog 0,20 m door tot voorbij Dodewaard.



Figuur 4: Effect van zeespiegelstijging op de waterstanden op de Waal bij een hoge rivierafvoer (Deltares, 2020).

Op basis van deze inzichten zou geconcludeerd kunnen worden dat zeespiegelstijging dus pas vanaf 2050 een mogelijke bedreiging kan gaan vormen voor onze waterveiligheid, zoetwatervoorziening en voor een klimaatbestendige inrichting van ons land. Echter, veel van het bestaande landgebruik en de geplande investeringen in woningbouw, infrastructuur, duurzame energie hebben een maatschappelijke levensduur⁵ van vele decennia tot meer dan 100 jaar. Ze bepalen daarmee de toekomstige inrichting en het landgebruik, en daarmee de eisen van dit gebruik aan het waterbeheer (bescherming en zoetwatervraag). Tegelijkertijd bepalen ze ook de ruimte die dan nog beschikbaar is voor de toekomstige klimaatadaptatiemaatregelen.

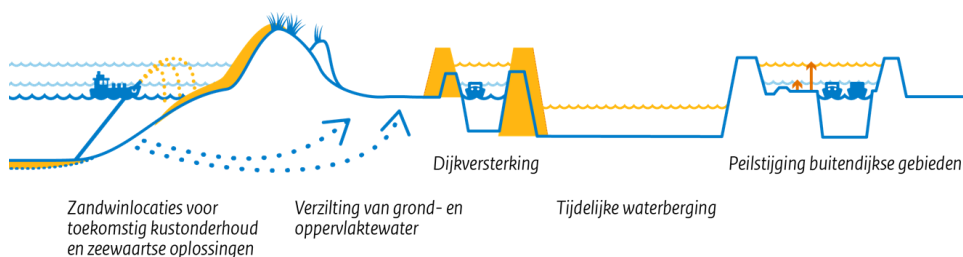
Zo zal zeespiegelstijging leiden tot:

- een stijgend waterpeil van rivieren en meren die in verbinding met de zee staan, waardoor buitendijkse gebieden binnen de invloedssfeer van zeespiegelstijging vaker en dieper overstromen;
- noodzaak voor het verhogen en verbreden van waterkeringen om bestaande beschermingsniveau's te handhaven, hetgeen extra ruimte vraagt (zie tabel 5);
- moeilijker afvoer naar zee van overtollig rivier- en neerslagwater naar zee, hetgeen ruimte voor piekwaterberging vereist, zowel in hoofd- als regionale watersystemen;

⁵ Qua levensduur kan er sprake zijn van een technische, functionele of maatschappelijke levensduur. In dit memo gaat het om de maatschappelijke levensduur, dat wil zeggen de periode waarin een bouwwerk daadwerkelijk bestaat, al dan niet inclusief renovaties en aanpassingen, omdat het dan nog steeds de oorspronkelijke locatie bezet en functies tov zijn omgeving vervult.

- toenemende verzilting van oppervlakte- en grondwater, hetgeen kustregio's minder geschikt maakt voor landbouw en waterinname voor drink- en industriewater;
- toenemende zandvraag voor het kustonderhoud, hetgeen ruimte voor zandwinning vereist.

Deze ontwikkelingen zijn potentieel van invloed op alle bestaande en toekomstige gebruiksfuncties in laag Nederland⁶, de uiterwaarden langs de grote rivieren en buitendijks gebied langs de grote wateren. Nieuwe investeringen in deze gebieden kunnen de toekomstige schadelast (of aanpassingskosten) vergroten, maar ook verminderen als in de planvorming, locatiekeuze en ontwerp rekening gehouden wordt met een toekomstige stijging van de zeespiegel, en als gevolg daarvan een hogere peilen op rivieren en meren, en moeilijker peilbeheer in diepe polders. Denk daarbij met name aan investeringen in vitale infrastructuur als energie, communicatie, datacentra, woningbouw, bedrijventerreinen, havens en transport, gezondheidszorg, gebouwen voor openbaar bestuur. Naast stijgende waterpeilen kan de stijgende zeespiegel ook leiden tot toenemende verzilting van de kuststrook. Deze verzilting beperkt de mogelijkheden van alle activiteiten die afhankelijk zijn van voldoende zoetwater, zoals landbouw, drinkwatervoorziening en koelwater, zie figuur 5.



Figuur 5: mogelijke ruimtelijke gevolgen van toekomstige zeespiegelstijging (afbeelding: Staf Deltacommissaris)

Verandering van waterstanden op rivieren en meren

Naast zeespiegelstijging worden overstromingsrisico's ook groter door een toename van rivierafvoeren. Prognoses voor systeembeschouwing integraal rivier management schatten dat de rivierafvoeren als gevolg van klimaatverandering tot 2100 met 10-15% toenemen voor de Rijn en 10-20% voor de Maas. De werkelijke toename is mede afhankelijk van inrichtingskeuzes in Duitsland en België. Dit leidt tot hogere waterstanden op rivieren en meren. De stijging van de zeespiegel kan bovendien op termijn knelpunten veroorzaken in het afvoeren van rivierwater naar zee.

⁶ Laag Nederland omvat het gebied beneden de zeespiegel. Dat is nu ca. NAP, maar aan het eind van de eeuw mogelijk het gebied beneden NAP +2 m

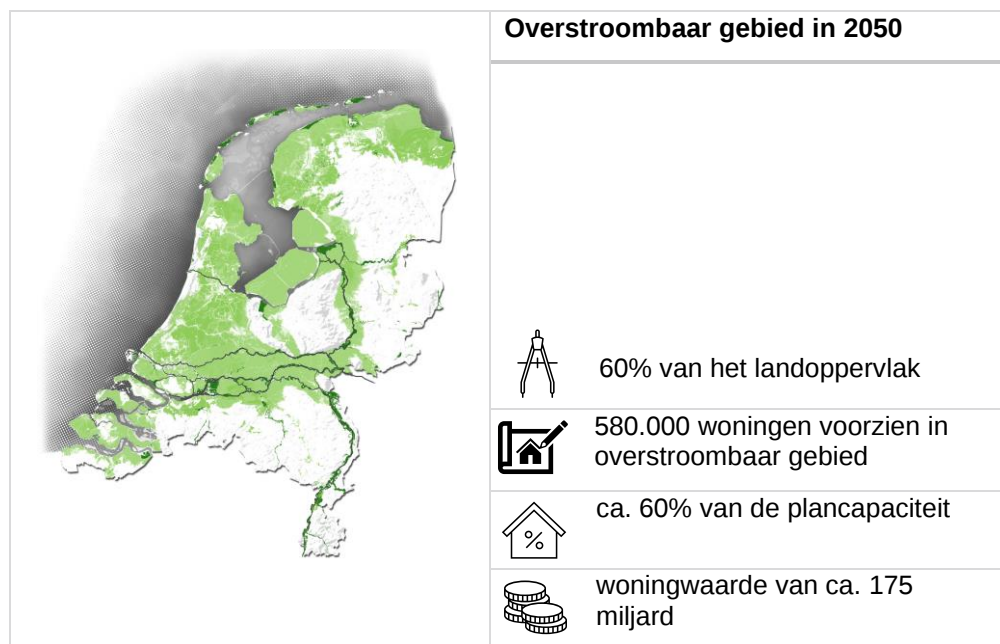
Woningbouw en overstromingsrisico's binnendijs

Een toename van mensen en economisch kapitaal in overstroombaar gebied vraagt om het blijven versterken van primaire keringen. Desondanks leidt de huidige woningbouwopgave niet tot noodzakelijke aanpassing van waterveiligheidsnormen of aanvullende investeringen om te voldoen aan de waterveiligheidsnormen in 2050 (Deltares, 2019). In figuur 6 is aangegeven dat naar schatting 580.000 woningen worden voorzien in overstroombaar gebied (60%), waarvan veruit het grootste deel in de Randstadprovincies Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht en Flevoland.

Woningbouw en overstromingsrisico's buitendijs

Waterstandstijging op zee en in rivieren en meren heeft directe invloed op de kwetsbaarheid van woningen in buitendijkse gebieden. Er liggen beperkingen op bouwen in buitendijks gebied met als doel het behouden van de beschikbare afvoer- en bergingscapaciteit en waarborgen dat er geen belemmeringen zijn voor toekomstige vergroting van afvoercapaciteit (Rijkswaterstaat, 2019).

Desondanks wordt in verschillende gemeenten nog altijd gebouwd in het buitendijks gebied op plekken die in de toekomst mogelijk nodig zijn voor klimaatadaptatie maatregelen. Buitendijkse bebouwing op deze plekken kan echter een belangrijke beperking vormen voor toekomstige adaptatiestrategieën. Illustratief is het peilbesluit IJsselmeergebied, waar peilfluctuatie wenselijk is om de strategische zoetwatervoorraad voor een derde van Nederland te vergroten. De aanwezige buitendijkse functies zijn momenteel een belangrijke beperking om een grotere peilfluctuatie toe te staan.



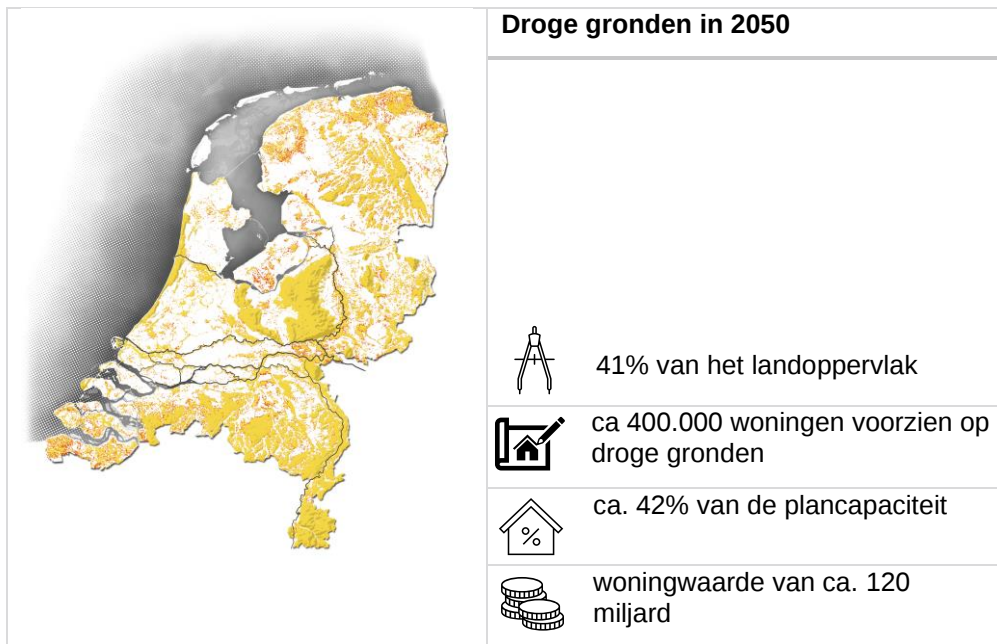
Figuur 6: Woningbouw kengetallen op overstroombare gronden.

2.2.3 Droogte

Droogte kan leiden tot watertekorten in het stedelijk gebied. Het uitzakken van waterpeilen en grondwaterstanden kan leiden tot stabiliteitsproblemen voor kades, schade aan funderingen, verdroging van groen, een slechtere waterkwaliteit en versnelde bodemdaling. Met name in de lage delen van Nederland kan het uitzakken van grondwaterstanden bovendien leiden tot negatieve effecten door het aantrekken van zout grondwater of verdroging van de hoger liggende omgeving.

Volgens het laatste KNMI klimaatsignaal neemt het maximale neerslagtekort toe. Met name de zandgronden zijn gevoelig voor droogte, zoals we hebben gezien in de extreem droge zomers van 2018 en 2019. In figuur 7 zijn droge gronden gedefinieerd als gronden met een gemiddeld laagste grondwaterstand van meer dan 1,8 m onder maaiveld (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021). Het betreft vooral de zandgronden in het oosten en zuiden van het land. Ongeveer 400.000 woningen zijn voorzien op de droge gronden (42%).

Hoewel met name de zandgronden gevoelig zijn voor droogte, treden de grootste droogterisico's voor woningen vooral op in de doorgaans veel nattere klei- en veengebieden. Tijdens de extreme droogte van 2018 werden enkele honderden meldingen gedaan van scheuren in woningen. De meldingen kwamen vooral van woningen die op staal waren gefundeerd in het rivierkleigebied. Uitzakken van grondwaterstanden in het veengebied kan leiden tot verrotting van houten paalfunderingen van oude woningen. Het Kenniscentrum Aanpak Funderingsproblematiek (KCAF) schat in dat ca. 1 miljoen woningen in met name West- en Noord-Nederland een risico lopen op schade als gevolg van droogte (KCAF, 2021). De potentiële schade bedraagt 8 - 54 miljard euro.



Figuur 7: Woningbouw kengetallen op droge gronden.

2.2.4 Hitte

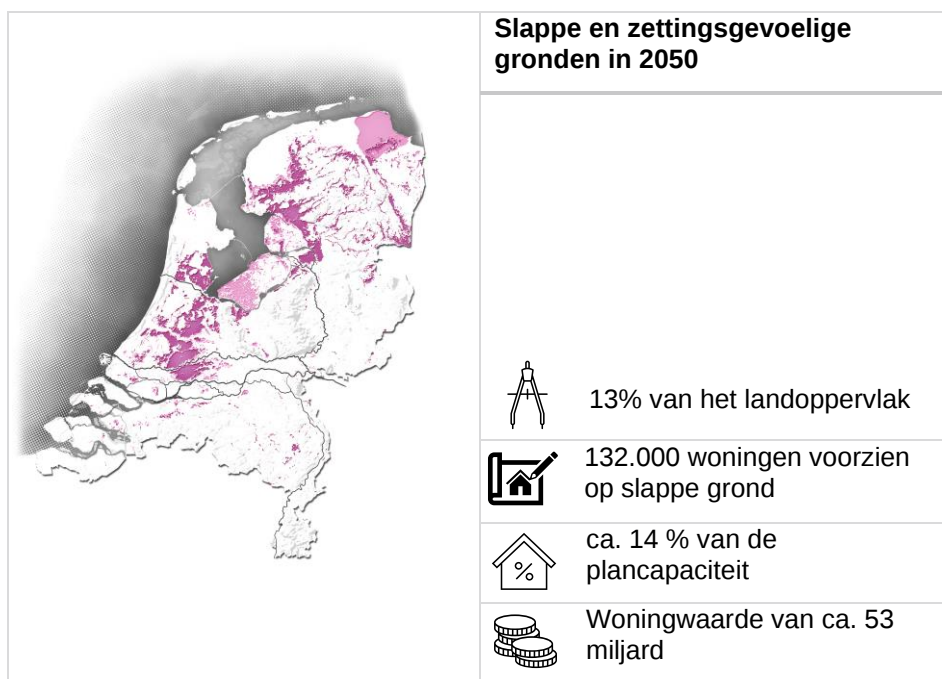
Volgens de mondiale klimaatmodellen blijft de temperatuur stijgen, waardoor ook de kans op hittestress toeneemt. De toename in periodes met warm weer zorgt steeds vaker voor hitteproblematiek in stedelijk gebied. Door het hitte-eiland effect is de luchttemperatuur in de stad hoger dan in landelijk gebied. Door de beperkte hoeveelheid groen en schaduw, het vasthouden van warmte door verhard oppervlak en aanwezigheid van (hoge) bebouwing kan de gevoelstemperatuur op een warme zomerdag in stedelijk gebied tot wel ca. 10 °C hoger oplopen dan de omgeving van de stad (Kluck, 2020). Dit heeft gevolgen voor het leefklimaat en de arbeidsproductiviteit in de stad en kan leiden tot gezondheidsproblemen en oversterfte bij kwetsbare groepen, zoals eenzamen, ouderen en daklozen (Klimaat-effectenatlas, 2021). Ook kan schade ontstaan aan infrastructuur en netwerken door opwarming en uitzetting van materiaal.

2.2.5 Bodemdaling en zettingen

Tot slot is ook de draagkracht van de ondergrond belangrijk voor de woningbouwopgave. Een belangrijk deel van West- en Noord-Nederland bestaat uit slappe of zettingsgevoelige bodems. Slappe gronden zijn gedefinieerd als veengronden die bij ontwatering onomkeerbaar dalen door oxidatie. Zettingsgevoelige gronden zijn gedefinieerd als zettingsgevoelige klei- of veengronden die komende decennia één tot vele decimeters zullen zakken door inklinking (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021). Deze gronden zijn extra gevoelig voor zettingen bij ophoging tijdens het bouwrijp maken of waterpeilverlaging.

Bodemdaling en zettingen zorgen voor tal van problemen en hoge beheerkosten van woningen, infrastructuur en de openbare ruimte. Nog te vaak wordt bij het bouwen op slappe, zettingsgevoelige gronden tijdens de ontwikkelfase gekozen voor goedkope, inadequate vormen van bouwrijp maken. Momenteel bestaat er geen uniforme restzettingseis, waardoor, zoals PBL stelt in haar rapport 'Dalende bodems, stijgende kosten' (2016) een strenge restzettingseis in direct conflict staat met andere ambities op gebied van een betaalbare, duurzame woningvoorraad. In de praktijk treden soms al binnen tien of twintig jaar verschilzettingen op, met schade aan rioleringen of wegen tot gevolg. Als gevolg hiervan liggen in veengebieden de gemiddelde onderhoudskosten aan openbare ruimte, waterbeheer en infrastructuur 100% hoger dan in zandgebieden door bodemdaling en verzakkingen. Dit leidt tot 2050 tot een kostenpost van € 2 tot 8 miljard, voor zowel burgers als gemeenten. Daarentegen leidt investering in levensduurverlengende technieken (Bims of EPS in plaats van ophogen met zand) tot significante besparingen tot wel 34% in het toekomstig beheer en onderhoud.

Over de levensduur van de investeringen is de businesscase positief (Platform Slappe Bodem, 2018), zie ook bijlage 4. Naar schatting 132.000 woningen worden beoogd op slappe gronden of zettingsgevoelig gebied (ca. 14%), zie figuur 8.



Figuur 8: Kengetallen van slappe en zettingsgevoelige gronden in Nederland.

2.3 Geschiktheid voor woningbouw

In de vorige paragrafen is uitgewerkt welke effecten klimaatverandering heeft op stedelijk gebied, en waar dus rekening mee moet worden gehouden bij de woningbouwopgave. In Figuur 9 is de geschiktheid van locaties voor woningbouw samengevat. De kaart laat zien welke beperkingen er gelden op welke locatie (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021). In tabel 4 is aangegeven welk deel van de woningbouwopgave kwetstbaar is voor welke effecten van klimaatverandering en bodemdaling. Uit de tabel blijkt dat 820.000 woningen worden voorzien op locaties met veel of enkele beperkingen (slappe, zettingsgevoelige of natte gronden, of overstroombaar (buitendijks en binnendijks).

Geschiktheidskaart bebouwing met geplande woningen tot 2029¹

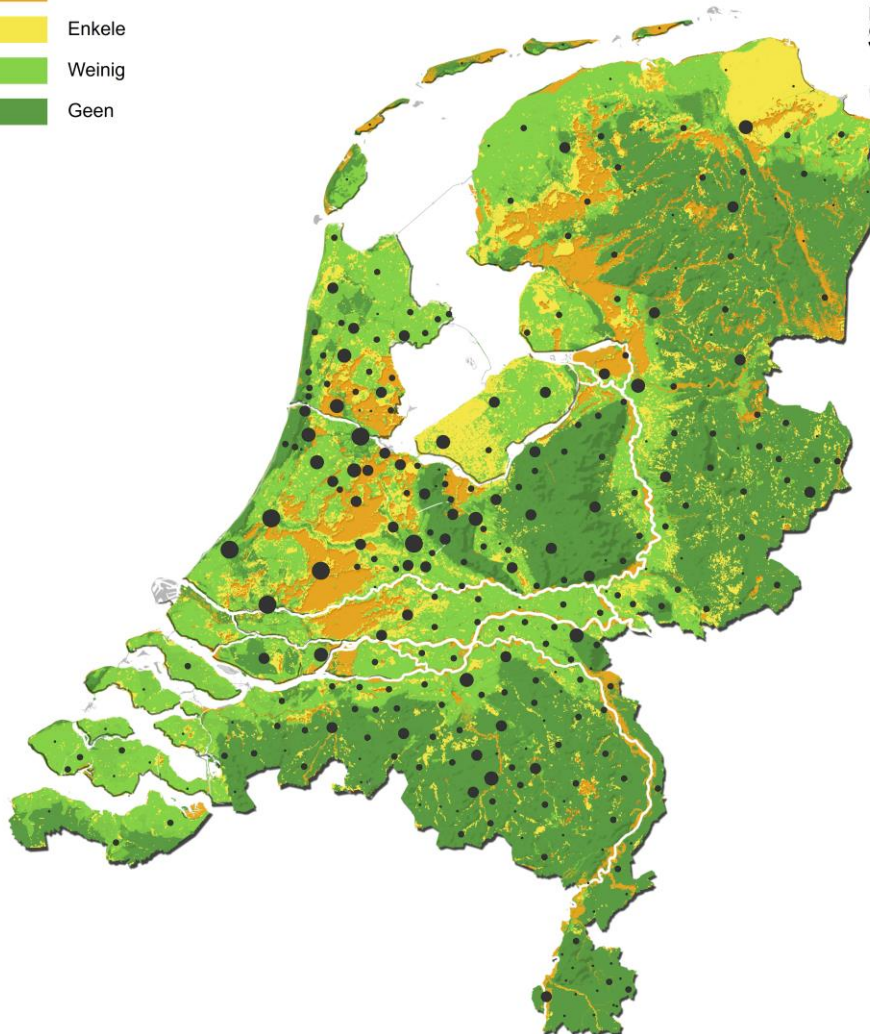
Beperkingen woningbouw

-  Veel
-  Enkele
-  Weinig
-  Geen

SWECO 

Deltares

**Bosch
Slabbers**



Bouwplannen 2021-2029²

- 0 - 500 woningen
- 500 - 2.500 woningen
- 2.500 - 10.000 woningen
- 10.000 - 25.000 woningen
- >25.000 woningen

Geschiktheidskaart per type ondergrond

-  Slap en/of overstroombaar buitendijks
-  Zettingsgevoelig en/of nat
-  Zout en/of overstroombaar binnendijks
-  Droog en/of overig

¹ Combinatie van Nationale Woningbouwkaart (ABF, 2021) en Geschiktheidskaart: bebouwing (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021)

² De woningbouwopgave is geprojecteerd in het midden van de desbetreffende gemeente

Figuur 9: Geschiktheidskaart bebouwing

Tabel 4: Indicatie van deel van de woningbouwopgave dat is voorzien op kwetsbare locaties.

	Aantal woningen	% van de totale woningbouwopgave	Investeringsen
Slappe gronden	 70.000	 7%	 30 miljard
Zettingsgevoelige gronden	 80.000	 8%	 22 miljard
Natte grond	 160.000	 17%	 47 miljard
Droge gronden	 400.000	 42%	 120 miljard
Zoute gronden	 250.000	 26%	 69 miljard
Overstroombaar binnendijks	 580.000	 60%	 175 miljard
Overstroombaar buitendijks	 33.000	 4%	 8 miljard
Combinatie van slappe, zettingsgevoelig, natte en overstroombare buitendijkse gronden ⁷	 300.000	 31%	 88 miljard
Combinatie van slappe, zettingsgevoelige, natte en overstroombare (buitendijks en binnendijks) gronden.	 820.000	 85 %	 245 miljard

⁷ Deze combinatie is gemaakt op de basis van figuur 9. Het beschrijft het aantal woningen voorzien op locaties met veel of enkele beperkingen (slappe, zettingsgevoelige of natte gronden, of overstroombaar buitendijks).

3. Benodigde ruimtelijke reserveringen voor klimaatadaptieve stedelijke planning (vraag b, c en d)

3.1 Noodzaak klimaatadaptief bouwen

Woningen worden vaak gebouwd met een levensduur van 50-100 jaar, maar in de praktijk kan de levensduur oplopen tot 150 jaar en langer. Bovendien ontstaan rond de woningen nieuwe (infrastructurele) netwerken die een nog veel langere levensduur hebben. Dat betekent dat deze investeringen zonder meer te maken krijgen met de lange termijn effecten van klimaatverandering.

De klimaateffecten zijn naar 2050 toe redelijk goed te voorspellen maar hoe verder we in de toekomst kijken hoe groter de onzekerheid wordt. Speciale aandacht vraagt de zeespiegelstijging. De snelheid van zeespiegelstijging neemt naar de toekomst toe, waardoor we in de toekomst steeds minder tijd hebben om ons aan te passen, zie figuur 10.

Om schade door klimaatverandering te beperken en bovendien te voorkomen dat de woningen die we nu bouwen binnen enkele decennia al weer op de schop moeten omdat klimaatverandering sneller of anders verloopt dan we verwachten, moeten we hier nu al op anticiperen in het ontwerp.

Omdat de klimaateffecten na 2050 nog onzeker zijn is flexibiliteit het sleutelwoord: flexibiliteit in de inrichting om mogelijkheden naar de toekomst open te houden om ons verdergaand aan te passen. Dit speelt op verschillende schaalniveaus: op bovenregionaal of landelijk schaalniveau, op



Figuur 10: Beschikbare tijd om te anticiperen neemt af in de toekomst (Haasnoot, et al., 2020).

(water)systeemniveau, en op lokaal niveau. Hoe hoger het schaalniveau, hoe langer de termijn waarop vooruit moet worden gekeken.

In de volgende paragrafen geven we adviezen voor de verschillende schaalniveaus.

3.2 Bovenregionaal / landelijk schaalniveau

Momenteel wordt ruim tweederde van de woningbouwopgave beoogd in laag, overstroombaar gebied, waarvan het overgrote deel in de Randstad. Dit leidt tot een verdere concentratie van woningbouw, werkgelegenheid en aanvullende investeringen zoals infrastructuur in de Randstad ten opzichte van andere delen van Nederland. De beoogde groei van het aantal woningen in de Randstad bedraagt ca. 17% tegenover ca. 8% buiten de Randstad (zie tabel 1). Door deze verdere concentratie zal het vanwege agglomeratievoordelen ook in de toekomst telkens weer aantrekkelijker zijn om nieuwe investeringen te concentreren in de Randstad. Hierdoor beweegt West-Nederland zich steeds verder in de reeds bestaande lock-in situatie.

Tegelijk wordt juist dit deel van Nederland op de lange termijn (variërend van 100 jaar tot enkele eeuwen), bedreigt door zeespiegelstijging. Hoewel nog onduidelijk is wat de omvang van de stijging is en op welke termijn we deze kunnen verwachten, zijn de potentiële risico's voor de veiligheid groot. Aangezien de versnelling van zeespiegelstijging exponentieel verloopt wordt de responstijd snel kleiner wanneer deze eenmaal goed op gang is gekomen, zie figuur 10, waarbij middelen en capaciteit beperkend kunnen worden om tijdig te kunnen anticiperen.

Vanuit dat oogpunt adviseren we te onderzoeken hoe de verstedelijking en daarmee gepaard gaande investeringen anders over Nederland kunnen worden verdeeld, met name op plaatsen waar dit vanuit het oogpunt van klimaatverandering en zeespiegelstijging het minst kwetsbaar is. Dit biedt toekomstige generaties meer mogelijkheden om toename van de lock-in situatie in laag Nederland te beperken. Onderdeel hiervan zou ook moeten zijn om te onderzoeken in hoeverre de huidige woningbouwopgave als katalysator dienen om een eerste stap in deze beweging op gang te brengen, maar ook wat bij de ontwikkeling van woningbouwlocaties binnen de Randstad de eventuele voordelen zijn van een concentratie van investeringen binnen een beperkt aantal dijkringen, bijvoorbeeld de dijkringen met nu de hoogste aantallen inwoners en economische waarde. Verdere aandachtspunten hierbij zijn opgenomen in figuur 11.

Differentiatie van woningbouw

Differentiatie in de spreiding op de regionale of lokale schaal richt zich op het niet of aangepast bouwen in gebieden met een hoog risico op schade of slachtoffers. Spreiding op de schaal van Nederland refereert doorgaans aan het voorbereiden op het op termijn (met name onder invloed van extreme zeespiegelstijging) niet meer kostenefficiënt kunnen beschermen van kwetsbare gebieden. Door middel van het sturen van woningbouw richting geschikte gebieden vanuit het water- en bodemsysteem, wordt ingezet op zoveel mogelijk ontwikkelen in gebieden die van nature niet overstromingsgevoelig zijn (door hun relatieve hoogteligging ten opzichte van de rivier en zeewaterstanden).

Het bouwen op hogere gronden (zoals zandruggen) heeft van oudsher ook binnen de laag gelegen delen van Nederland altijd al de voorkeur gehad. Er wordt soms gesproken over het minder ontwikkelen in laag Nederland; dit zou echt trendbreuk zijn met de verstedelijkingsprocessen van de afgelopen eeuwen, waarbij juist ook het deltagebied van laag Nederland een aantrekkelijke vestigingslocatie was vanwege de goede scheepvaartconnecties, beschikbaarheid van zoet water en vruchtbare grond. Door deze langdurige verstedelijkingsprocessen kennen de stedelijke agglomeraties in laag Nederland, zoals de Randstad, zogenaamde 'agglomeratievoordelen': doordat er in deze gebieden veel geïnvesteerd is, en er veel werkgelegenheid en economische centra zijn, worden nieuw kapitaal en investeringen aangetrokken. Voordat de stap gemaakt wordt naar het vanuit waterveiligheidsoverwegingen doelbewust inzetten op een langzame transitie van verstedelijking richting hoge gronden, zal eerst goed moeten worden verkend waar en wanneer dit noodzakelijk wordt en wat de tussentijdse adaptatiestappen zijn.

Er kan ook worden gekeken naar een differentiatie op basis van dijkringen. De dijkringen zijn al gedifferentieerd op basis van overstromingskansen, maar zouden ook kunnen worden beoordeeld op de zeer lange-termijn mogelijkheden instandhouding in relatie tot zeespiegelstijging. Daar waar de kostenefficiëntie van beschermen op termijn (te) laag wordt, kan een restrictief bouwbeleid worden ingezet.

Aanpassen landgebruik aan bodem en water systeem	Woningbouw op hoge gronden	Differentiatie binnen regio's
Het aanpassen van landgebruik aan de geschiktheid en condities vanuit het bodem- en watersysteem zal steeds vaker een (bewust) alternatief worden voor het zomaar uitbreiden van het technische systeem voor het faciliteren van het gewenste (soms voor de context uitdagende vormen van) landgebruik. Dit kan gelden voor woningbouw, maar ook voor landgebruik functies zoals landbouw of ecologie.	De stedelijke ontwikkeling en de realisatie van een groter aandeel van de woningbouwopgave richten op de hoger gelegen gebieden zou kunnen worden gestimuleerd door investeringen in goede voorzieningen (zoals bijvoorbeeld hoogwaardig openbaar vervoer). Het inzetten op polycentrische stedelijke ontwikkelingen waarbij er vervolgens in het stedelijk gebied compact wordt gebouwd is al een belangrijk onderdeel van de NOVI.	Binnen regio's is er vaak differentiatie in de kwetsbaarheid van gebieden. Door bij ontwikkeling te kiezen voor de locaties met (ook op de lange termijn) minder risico op schade en slachtoffers, wordt op regionale schaal gespreid. Dit kan bijvoorbeeld vorm krijgen als bouwrestrictie of aanvullende randvoorwaarden in bodemdalings-, natte of overstromingsgevoelige gebieden.

Figuur 11: Aandachtspunten bij differentiatie van woningbouw over Nederland. Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

3.3 Watersysteemniveau

Een versnelde zeespiegelstijging na 2050 zal zeker impact hebben op de woningbouw. Vanuit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging wordt aangegeven dat - gezien de potentieel grote impact van versnelde zeespiegelstijging op toekomstig landgebruik en de grote onzekerheden in het verloop daarvan – het zeer urgent is dat nu al ruimte wordt behouden voor (zie ook figuur 12):

- toekomstige peilstijging (in een extreem scenario orde grootte 2 m) op de Noordzee en de daarmee direct of indirect in verbinding staande grote wateren en rivieren (zoals het IJsselmeergebied, de Zuidwestelijke delta, het Noordzeekanaal of Amsterdam - Rijnkanaal. Deze peilstijging heeft

tevens gevolgen voor de buitendijkse gebieden langs deze wateren en kan tevens doorwerken in de hierop vrij afwaterende watersystemen.

- toekomstige versterkingen van de waterkeringen langs de grote wateren en rivieren;
- tijdelijke berging van rivierwater bij het vaker sluiten van de Maeslantkering en op termijn mogelijk permanent sluiten van de Rijn-Maasmonding (waardoor extra afvoer naar de IJssel en/of berging in de Zeeuwse wateren nodig kan zijn).



Figuur 12: Ruimte behouden voor toekomstige oplossingen zeespiegelstijging . Afbeelding: staf deltacommissaris).

Maar ook door een verdere toename van de kans op extreme buien op de lange termijn is extra ruimte water nodig door hogere piekafvoeren op de grote rivieren en in beeksystemen, of het tijdelijk bergen van overtollige neerslag in het regionale watersysteem en in diepere polders (met name in diepgelegen polders als de Alblasserwaard, de Krimpenerwaard en in Polder Groot-Mijdrecht). Het is daarom noodzakelijk om op watersysteemniveau⁸ een lange termijn adaptatiestrategie te ontwikkelen en toekomstig benodigde ruimte voor water te reserveren. Het gaat om ruimte voor toekomstige dijkversterking, extra waterberging in grote wateren (en daarmee samenhangende eventuele peilstijging/fluctuaties in buitendijkse gebieden) en extra waterberging in diepe polders en beeksystemen.

De omvang en timing van deze ruimtebehoefte is afhankelijk van de omvang en snelheid waarmee klimaatverandering doorzet. Het gaat hier dus om het tijdelijk bestemmen en/of ruimtelijke reserveringen om de bestaande ruimte voor water te behouden, of om extra ruimte voor water te gaan reserveren. Hieronder werken we in vier adviezen uit met welke ruimte rekening moet worden gehouden.

1. Ruimte voor toekomstige dijkversterkingen

Zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren leiden tot hogere waterstanden in rivieren en meren. Om in de toekomst dijken te kunnen blijven versterken zonder dat dit onnodig duur of complex wordt, moet extra ruimte worden gereserveerd langs de primaire keringen waar geen permanente of niet-

⁸ Denk hierbij aan bijvoorbeeld Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal, de Rijn-Maasmonding, Zuidwestelijke delta, IJsselmeergebied.

aanpasbare bebouwing wordt toegestaan die toekomstige dijkversterkingen in de weg zit.

In 2023 wordt door het kennisprogramma zeespiegelstijging in een tussenbalans aangegeven met welke ruimte langs primaire keringen rekening dient te worden gehouden. Vooruitlopend daarop is in tabel 5 op basis van dijkkenmerken in verschillende deelsystemen van het primaire systeem en een mogelijke toekomstige waterstandsverandering indicatief aangegeven met welke extra ruimte rekening dient te worden gehouden.

Tekstbox 2: profiel van vrije ruimte

In de Nota Ruimte 2004 wordt een reserveringszone van 100 m binnendijs genoemd waarin rekening moet worden gehouden met dijkversterkingen. Voor de reserveringszone geldt het minst strenge regime. Dit houdt in dat er flexibel, makkelijk afbreekbaar gebouwd mag worden (STOWA, 2017). Deze reserveringszone is in de model-keur vervangen door 'profiel van de vrije ruimte'. Het profiel van vrije ruimte kent geen uniforme wettelijke status, doordat deze niet is vastgelegd in de waterwet. Elk waterschap houdt er zijn eigen beleid op na. In de NOVI wordt het behouden en reserveren van ruimte voor toekomstige waterveiligheidsmaatregelen weer genoemd (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2020). Het verdient aanbeveling om na het beschikbaar komen van de resultaten van de benodigde ruimtereserveringen (in het kennisprogramma zeespiegelstijging in 2023) de waterschappen te vragen deze ruimte vast te leggen in de de keur.

Tabel 5: Indicatieve extra benodigde ruimte voor dijkverbreding bij mogelijke waterstandsstijgingen in het primaire systeem.

Deelsysteem*	Mogelijke toekomstige waterstandsverhoging	Extra benodigde ruimte voor dijkverbreding (indicatief)
1. IJsselmeergebied	0,6 m	20 m
2. IJssel (incl. Pann. Kanaal)	0,6 m (doorwerking IJsselmeergebied)	20 m
3. Maasvallei		20 m
4. Bedijkte Maas	0,5 – 1,0 m	30 m
5. IJssel – en Vechtdelta	0,6 m (doorwerking IJsselmeergebied)	30 m
6. Markermeer	0,5 m	30 m
7. Nederrijn-Lek	0,5 – 1,0 m	30 m
8. Waal (incl. Bovenrijn)	0,5 – 1,0 m	30 m
9. Wadden	Ca. 2 meter	50 m
10. Zuidwestelijke Delta	Ca. 2 meter	50 m
11. Benedenrivieren	1,5 – 2,0 m	50 m

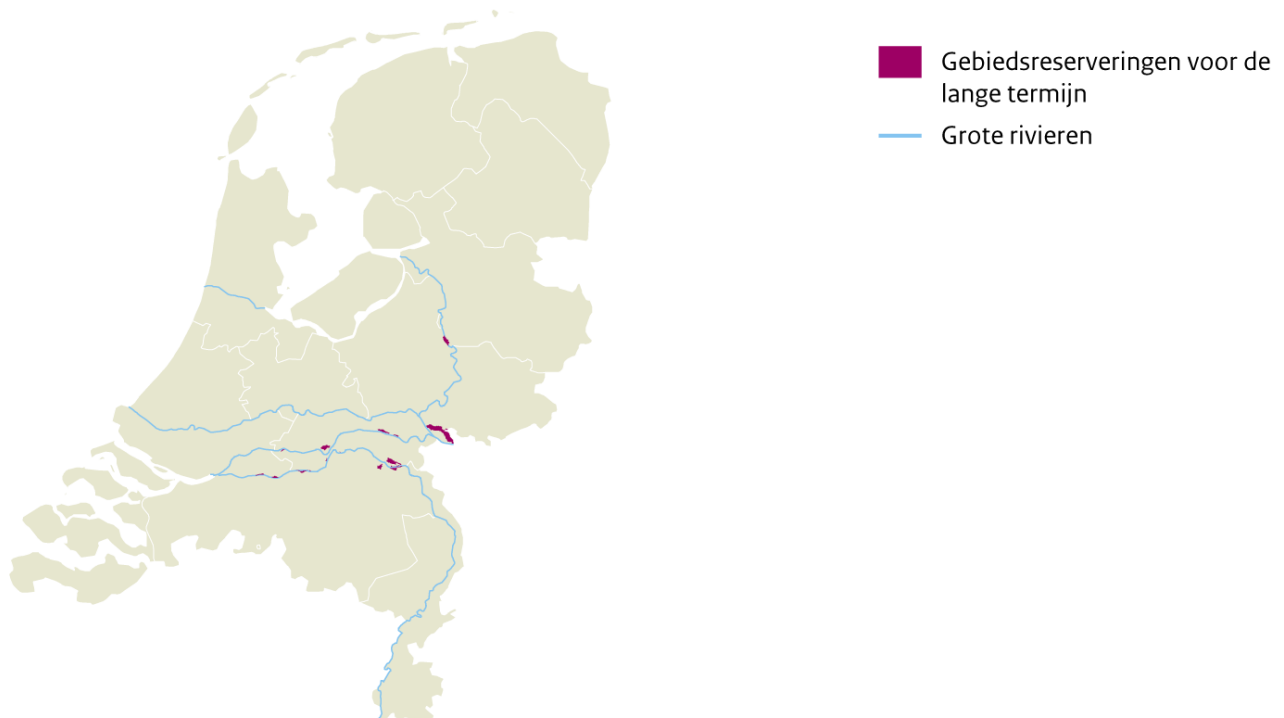
*Voor de deelsystemen zie figuur 12



Figuur 12 Deelsystemen van het primaire watersysteem (zie ook tabel 5). Afbeelding: Deltares.

Voor de volledigheid wijzen we er op dat ook nu al in de Barro Grote Rivieren gebiedsreserveringen zijn opgenomen, zie figuur 13. In deze gebieden mogen geen grootschalige of kapitaalintensieve ontwikkelingen plaatsvinden die het treffen van rivierverruimende maatregelen kunnen belemmeren, artikel 2.4.6 en 2.4.7 (MinI&W, 2011). Aanvullend is in de toekomst mogelijk extra ruimte nodig voor tijdelijke berging van rivierwater bij het vaker sluiten van de Maeslantkering. Hiervoor kunnen we in dit advies nog geen locaties duiden, dit volgt uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.

Gebiedsreserveringen Ruimte voor de Rivier, 2018



Bron: Barro (Min. I&W, 2018)

nation

Figuur 13 Gebiedsreserveringen Barro Grote Rivieren (MinI&W, 2011)

PBL/aug18
www.clo.nl/nl204107

2. Rekening houden met grotere waterpeilfluctuaties

Niet overal is het mogelijk ruimte vrij te houden voor dijkversterking, bijvoorbeeld in bestaand stedelijk of buitendijks gebied in het benedenrivieren gebied. Voorbeelden zijn de buitendijkse stedelijke ontwikkelingen in de Stadshavens van Rotterdam of bij Dordrecht.

Ontwikkel voor deze locaties een lange termijn adaptatiestrategie die rekening houdt met de te verwachten waterstanden als gevolg van zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren. Houdt er rekening mee dat hogere piekwaterstanden in het primaire watersysteem, doorwerken in de vrij afwaterende systemen. De adaptatie kan plaatsvinden bij nieuwbouw door in het ontwerp rekening te houden met de worst case op de lange termijn, of er kan een adaptatiestrategie in de tijd zijn met bijbehorende ruimtereserveringen om in de toekomst verder te adapteren. Daarbij is integraal ontwerp, net als een businesscase afgestemd op de levensduur, essentieel, zie voor voorbeelden het tekstkader Overstromingsbestendig ontwikkelen in bijlage 3.

Een indicatieve inschatting van mogelijke waterstandsstijgingen is gegeven in tabel 5 uitgaande van 2 m zeespiegelstijging en toenemende rivierafvoeren. De werkelijke waterstandsveranderingen zijn afhankelijk van de mate van klimaatverandering en beleidsmatige keuzes.

3. Geen nieuwe woningen in buitendijks gebied

Door hogere piekafvoeren op de rivieren is meer ruimte voor een veilige afvoer en berging van rivierwater nodig. Voorkomen moet worden dat buitendijkse investeringen het waterbergend en stroomvoerend vermogen van de rivier onnodig inperken, waardoor toekomstige adaptatierichtingen worden beperkt.

Voor het bovenrivierengebied betekent dit dat buitendijkse bebouwing voor niet-riviergebonden activiteiten niet langer moet worden toegestaan als deze het waterbergend en stroomvoerend vermogen inperken, rekening houdend met de lange termijn gevolgen van klimaatverandering voor afvoeren en waterstanden. Ook noodzakelijke bebouwing voor riviergebonden activiteiten mag geen negatieve invloed hebben op toekomstige adaptatierichtingen en het stroomvoerend en bergend vermogen van de rivier op de lange termijn niet beperken. Bestaande overstromingsgevoelige objecten zullen (klimaatadaptief) aangepast moeten worden, of waar mogelijk geleidelijk opgeruimd dan wel verplaatst moeten worden.

In het benedenrivierengebied, waar veel buitendijkse bebouwing aanwezig is of wordt gebouwd, betekent dit dat een lange termijn adaptatiestrategie moet worden ontwikkeld die rekening houdt met de te verwachten waterstanden als gevolg van zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren (zie advies 2).

Tekstbox 3: rivierkundig beoordelingskader

De Beleidslijn grote rivieren (2006) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006) gaat uit van twee concrete doelstellingen: 1) het behoud van de beschikbare afvoer- en bergingscapaciteit van het rivierbed; en ontwikkelingen tegengaan die de mogelijkheid tot rivierverruiming nu en in de toekomst feitelijk onmogelijk maken (MinV&W, 2020). De Beleidsregels grote rivieren (Bgr) vormen het kader dat momenteel wordt gehanteerd bij vergunningverlening onder de Waterwet. Met behulp van deze beleidsregels worden voorwaarden verbonden aan activiteiten in het rivierbed waarbij onderscheid wordt gemaakt in die delen met een stroomvoerend (nee, tenzij) en een bergend regime (ja, mits). Om een vergunning aan te kunnen vragen (waterwetvergunning of beoordeling projectplan waterwet) wordt getoetst of de ontwikkelingen resulteren in een hogere waterstand, of er hinder of schade ontstaat door hydraulische effecten of nadelige morfologische effecten optreden. Bij de beoordeling van waterstandsverschillen wordt een berekende waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier geaccepteerd. In de afwegingen wordt nog geen rekening gehouden met de lange termijn ontwikkeling van de rivierafvoeren en zeespiegelstijging. Geadviseerd wordt daarom om te onderzoeken hoe deze de waterstanden en afvoeren zullen beïnvloeden en in hoeverre de beleidsregels grote rivieren aanscherping behoeven om ontwikkelingen te voorkomen die toekomstige adaptatie opties inperken.

4. Geen woningen op plaatsen waar water zich verzamelt bij extreme neerslag of wanneer het systeem faalt

De hoogwatersituatie in Limburg heeft laten zien dat het niet mogelijk is om te allen tijde wateroverlast en zelfs overstromingen te voorkomen. Voor extreme situaties die boven de ontwerpnormen uitgaan is het van belang dat de veiligheid zo lang mogelijk wordt gewaarborgd en de gevolgen worden beperkt.

Geadviseerd wordt daarom niet te bouwen op plaatsen waar het water zich verzamelt bij extreme neerslag of wanneer het tijdelijk niet kan worden afgevoerd, met name in beekdalen en diepe gedeeltes van polders.

3.4 Lokaal niveau

Op regionaal en lokaal niveau gaat het vooral om klimaatrobust ontwerp bij gebiedsontwikkeling, nieuwbouw of renovatie. In verschillende gebieden wordt op dit moment gewerkt aan standaarden voor klimaatadaptief bouwen. Voorbeelden zijn de Leidraad Klimaatadaptief bouwen Zuid-Holland, de Basisveiligheidsniveaus klimaatbestendige nieuwbouw Metropool Regio Amsterdam en de Afspraken klimaatbestendig bouwen Utrecht. In opdracht van de Unie van Waterschappen, VNG, IPO, provincie Zuid-Holland voert Platform Samen Klimaatbestendig een verkenning uit naar het uniformeren van de prestatie eisen voor klimaatadaptieve ontwikkeling. Voorbeelden van oplossingen op verschillende schaalniveaus op gebied van wateroverlast, hitte, droogte, overstromingen en bodemdaling zijn opgenomen in bijlage 3.

Aanvullend hierop moet niet alleen rekening worden gehouden met de verwachte klimaatverandering tot 2050, maar ook met de benodigde flexibiliteit en aanpasbaarheid in het ontwerp om de inrichting na 2050 aan te passen als het klimaat verdergaand verandert en de bodemdaling verder doorzet. Het is hiervoor essentieel om een goede lange-termijn adaptatiestrategie te hebben, waarin indien nodig op basis van ontwikkelingen (zoals klimaatveranderingen of daarmee samenhangende aanpassingen van het watersysteem) in de tijd geadapted kan worden.

De adaptatie in de openbare ruimte kan plaatsvinden bij nieuwe ontwikkelingen of er kan een adaptatiestrategie in de tijd zijn met bijbehorende ruimtereserveringen om in de toekomst verder te adapteren. Daarbij is integraal ontwerp evenals een businesscase afgestemd op de levensduur essentieel. Op de volgende manier kan rekening worden gehouden met lange termijn effecten van klimaatverandering:

- Houdt aanvullend op de huidige klimaateisen in het (steden)bouwkundig ontwerp rekening met een verdere toename van hittestress en extreme neerslag (en dus de behoefte aan ruimte voor groen en waterberging) na 2050. In hoofdstuk 2 is berekend dat voor wat betreft waterberging het indicatief gaat om 5 á 10% extra ruimte voor bovengrondse waterberging (op basis van de verwachte neerslagintensiteit in 2050 respectievelijk 2100). Hoewel de werkelijke noodzaak in de toekomst nog moet blijken kan daar nu al op geanticipeerd worden met een adaptief ontwerp.
- Integreren van adaptiviteit in het ontwerp ten behoeve van groen en blauw kan bijvoorbeeld door in 10% van de planontwikkeling in te zetten op een aanpasbare inrichting. Voorbeelden zijn tijdelijke functies ook tijdelijk bestemmen (zoals hotels, sport, groen, recreatiewoningen of studentenwoningen), demontabel of verplaatsbaar te bouwen (zoals containerwoningen, flexwonen, modulair bouwen), flexibel of adaptief bouwen zodat bouwwerken kunnen meebewegen met bodemdaling, dijkversterkingen of waterstanden (zoals drijvend bouwen, optilbaar bouwen), of inzetten op meervoudig ruimtegebruik (wadi's, lager gelegen groengebieden, ondergrondse berging, etc.). Met deze oplossingen blijft de

mogelijkheid bestaan om na 2050 extra ruimte te creëren voor klimaatadaptatie, zie figuur 14.

- Ga bij het ontwerpen van een gebouw of gebied in buitendijks gebied met een lange levensduur niet uit van geldende ontwerphoogtes, maar houdt rekening met mogelijke waterstanden op lange termijn, inclusief de effecten van zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren. Dat kan door zeer robuust te bouwen door in het ontwerp uit te gaan van worst case waterstanden (zoals bouwen op een klimaatdijk) of juist door ruimte vrij te houden voor toekomstige aanpassingen (optilbaar, ruimte voor keringen, aanpasbare functie van de eerste bouwlaag).
- Om afwenteling van kosten naar volgende generaties te voorkomen is het niet wenselijk om te bouwen in sterk zettingsgevoelige gebieden, tenzij strenge kwaliteitseisen worden gesteld aan het bouwrijp maken en gekozen wordt voor duurzame, zettingsarme technieken (zoals Bims, EPS). De extra kosten voor aangepaste woningbouw (en infrastructuur) kunnen er toe leiden dat afwegingen over waar wel/niet ontwikkelen vanuit de kosten in sommige bodemdalingsgebieden ongunstiger uit zal vallen.
- Bij bouwen in zettingsgevoelige gebieden is het aanvullend van belang bij de ontwikkeling rekening te houden met een lange termijn adaptatiestrategie. Met name de openbare ruimte blijft vaak zakken, met ongelijkmatige zakkingen en hogere grondwaterstanden tot gevolg. In de strategie kan worden uitgewerkt hoe een samenhangend pakket van adaptatiemaatregelen kan voorkomen dat schade optreedt aan gebouwen of de openbare ruimte of dat de openbare ruimte verrommelt. Voorbeelden van oplossingen zijn, naast het gebruik van zeer zettingsarme technieken, het gebruiken van waterbestendige vegetatie, toepassen van flexibele huisaansluitingen, kruipruimteloos bouwen, drijvend bouwen of het verhoogd aanleggen van infrastructuur, zie ook bijlage 3.
- Om lange termijn effecten van bodemdaling, verdroging en verzilting als gevolg van verdere (grond)waterpeilverlaging in woningbouwlocaties te voorkomen is het noodzakelijk om grondwaterneutraal bouwen als eis te hanteren. Dat wil zeggen dat de grondwaterstanden in het plangebied, inclusief de te verwachten klimaateffecten en bodemdaling op een termijn van minimaal 60 jaar, niet worden verlaagd. Grijp kansen om bij herinrichting van een gebied het (grond)waterpeil (waar mogelijk) te verhogen.

Flexibiliteit in ontwikkelingen

Door flexibiliteit in de verstedelijking te houden blijft ruimte beschikbaar voor lange-termijn klimaatadaptatie maatregelen. Zo kan er ruimte worden gereserveerd (zowel regionaal als binnenstedelijk) voor toekomstige maatregelen, of kan er tijdelijk worden bestemd waardoor gebieden na een bepaalde tijd weer beschikbaar zijn. Bij dit laatste is het essentieel om af te stemmen tussen de levensduur van de functies die hierop worden geplaatst en de termijn waarop het terrein weer beschikbaar moet zijn. Er kunnen ook gebiedsspecifieke eisen voor meervoudig ruimtegebruik worden meegegeven aan ontwikkelingen; bijvoorbeeld de mogelijkheid om in een gebied in de toekomst nog een bepaalde hoeveelheid water te kunnen bergen. Daarnaast is het mogelijk gebouwen zelf flexibel (verplaatsbaar, optilbaar) te ontwerpen, zodat ze kunnen meebewegen met bijvoorbeeld waterstanden, bodemdaling of dijkversterkingen.

Reserveren of tijdelijk bestemmen

Er bestaat een goed instrumentarium voor tijdelijk bestemmen. Daarbij heeft het de voorkeur ook echt tijdelijke voorzieningen tijdelijk te bestemmen (zoals hotels, groen, sportlocaties, recreatiewoningen of studentenwoningen) omdat bij een niet tijdelijke functie (zoals een woning) aan het eind van de bestemming vaak bezwaar wordt gemaakt tegen het weer opheffen van de functie.

De levensduur van de bebouwing kan worden afgestemd op de bestemmingstermijn door demontabel te bouwen of te bouwen met eenheden die makkelijk weer te verplaatsen zijn (bijvoorbeeld containerwoningen). Een tijdelijk park kan bijvoorbeeld met inzet van de juiste beplanting ingezet worden om tussentijds de grond te zuiveren.



Proactieve reservering openbare ruimte in gebiedsontwikkeling. Resilience by design MRA. One Architecture (2020).

Multifunctioneel ruimtegebruik

Multifunctioneel ruimtegebruik is goed inzetbaar om gebieden te ontwikkelen zonder dat ze verloren gaan voor bijvoorbeeld waterberging. Door vooraf klimaatadaptief te ontwikkelen in zoekgebieden voor toekomstige (piek) waterberging kan het gebied meervoudig worden gebruikt.

Daarbij is het wel belangrijk dat deze zoekgebieden goed in beeld en kaart worden gebracht, zodat eventuele meervoudige functies elkaar kunnen vinden. Soms is het meervoudig ruimtegebruik ook essentieel voor het rondkrijgen van de businesscase.



Hoge dichtheid woningbouw met ruimte voor piekberging. Collage: Defacto stedenbouw (2021).

Flexibel bouwen

Flexibele bebouwing kan makkelijk worden verplaatst of aangepast. Net als bij tijdelijk bouwen is verplaatsen van woningen naar een andere locatie vaak niet gewenst, bij tijdelijke functies kan dit wel. Binnen hetzelfde gebied verplaatsen (horizontaal of verticaal) kan helpen flexibiliteit te behouden, bijvoorbeeld door de woning in geval van een dijkversterking of de wens water te bergen op te kunnen tillen.

Hier zijn veel voorbeelden van, zoals de opvijzelbare woningen in Papendrecht en de amfibische woningen (met flexibele rioolaansluitingen) in Maasbommel.



Opvijzelbare woningen Papendrecht. Foto: Gijs van Breda (2016).

Figuur 14 Flexibiliteit in verstedelijking, verschillende mogelijkheden. Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

4. Economische beschouwing klimaatadaptief bouwen (vraag e)

In dit hoofdstuk wordt een economische beschouwing gegeven van de kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen in woningbouw. Hierbij wordt ingezoomd op drie zichtperiodes:

- Tot 2050: kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen die nu al worden genomen om onze ruimtelijke inrichting uiterlijk 2050 klimaatbestendig te hebben ingericht, conform de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie.
- Na 2050: kosteneffectiviteit van aanvullende ruimtelijke reserveringen om extra flexibiliteit te integreren in de ruimtelijke inrichting om rekening houden met de mogelijke effecten van verdergaande klimaatverandering na 2050.

Daarnaast gaat het hoofdstuk in op:

- een beschouwing van de kosteneffectiviteit van deze maatregelen, waarin we indicaties van kosten van maatregelen afzetten tegen indicaties van vermeden klimaatschade. Het gaat hierbij niet om precieze cijfers, maar om orde van groottes. We houden daarbij rekening met het termijnaspect: wat moet nu, wat kan later;
- een overzicht van type baten vanuit meervoudig ruimtegebruik en/of meekoppeling van andere maatschappelijke opgaven, waaronder natuur, recreatie, waterkwaliteit, etc.
- een (korte) beschouwing van mogelijke financiële arrangementen voor dit type maatregelen, waaronder het gegeven dat kosten en baten niet bij dezelfde partijen liggen.

Een uitgebreidere toelichting is opgenomen in bijlage 2 (Ecorys, 2021).

4.1 Klimaatbestendig in 2050

Voor de periode tot 2050 is onderzocht of de meerkosten voor klimaatadaptief bouwen opwegen tegen de klimaatschade die valt te verwachten op basis van de verwachte klimaatontwikkelingen tot 2050. Om een indicatie te geven van de meerkosten voor klimaatadaptieve woningbouw in suburbane en urbane

gebieden is gebruik gemaakt van de berekeningen uit de studie 'Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw', recent uitgevoerd voor de Metropoolregio Amsterdam (Arcadis, &flux, 2020). Voor de bepaling van de baten van klimaatadaptieve woningbouw is gebruik gemaakt van rekenregels en kentallen voor (verwachte) klimaatschadekosten uit de Klimaatschadeschatter. Belangrijk te benadrukken is dat dit een quickscan analyse betreft gebruik makend van uitsluitend bestaande informatie. Meerkosten en potentiële vermeden klimaatschade zijn uitsluitend op een hoog abstractieniveau in kaart gebracht. Het bepalen van wat en tot hoever aan klimaatmaatregelen nodig is op planniveau is en blijft vanwege de gebiedseigen kenmerken een kwestie van maatwerk.

Kosteneffectiviteit

Uit deze studies blijkt dat de kosten-baten verhouding voor klimaatadaptief bouwen in urbane gebieden positief is. Klimaatadaptief bouwen kan daarmee als 'no-regret' worden gezien. Dit komt door een relatief hoge schadeverwachting als gevolg van de hoge bebouwingsgraad. Voor meer suburbane gebieden met een lagere dichtheid zijn de relatieve kosten per woning voor klimaatadaptief bouwen en inrichten in vergelijking met te verwachten klimaatschade hoger. Of de kosten-baten verhouding in suburbane gebieden positief uitpakt is met name afhankelijk van lokale bodem- en watersysteemkenmerken en de maatregelen die als gevolg daarvan nodig zijn voor klimaatadaptief bouwen. Maatwerk kan hier de kosteneffectiviteit vergroten.

In tegenstelling tot de kosten zijn de baten van de maatregelen (tot op zekere hoogte) onzeker. Een negatieve baten-kostenratio wil echter niet direct zeggen dat maatregelen niet zinvol zijn. Steeds vaker blijkt dat extreme weercondities sterk ontwrichtende en onomkeerbare effecten als gevolg hebben. Maatregelen die in relatie tot de totale kosten van de ontwikkeling een acceptabel kostenniveau hebben, zijn daarom ook te onderbouwen vanuit het voorzorgprincipe. De economische efficiëntie van klimaatmaatregelen neemt toe naarmate de maatregelen ook (tijdelijk of permanent) bijdragen aan andere waarden. Voorbeelden zijn de aanvullende baten van stedelijk groen (naast bergende en verkoelende waarden) voor de luchtkwaliteit, gezondheid, arbeidsproductiviteit, klimaatmitigatie (CO₂) en de gebruiks-/belevingswaarde.

Voor wat betreft bouwrijp maken in zettingsgevoelig gebied is veel onderzoek gedaan door het Platform slappe bodem en het voormalig consortium Beter Bouwen Beter Wonen (bestaande uit Sweco, Witteveen + Bos, Deltares). Uit onderzoek door dit consortium blijkt dat de levenscycluskosten van infrastructuur (weg, riool) in zeer zettingsgevoelig gebied twee keer zo hoog is als in zandgebied. Echter, door toepassing van levensduurverlengende technieken (zoals Bims of EPS) liggen de levenscycluskosten 16% (in matig zettingsgevoelig gebied) tot 34% lager (in zeer zettingsgevoelig gebied). Een nadere toelichting is opgenomen in bijlage 4.

In tegenstelling tot wateroverlast, droogte en hitte welke als fenomeen landsdekkend optreden is de baten-kosten ratio voor maatregelen tegen overstromingen gebiedsspecifiek. Generieke conclusies over de kosteneffectiviteit zijn hierdoor niet te trekken.

Financiering

Klimaatadaptief bouwen heeft een beperkt prijsopdrijvend effect: voor een gemiddelde woning wordt rekening gehouden met een prijsstijging van tussen de 0,3% - 0,6%. Een dergelijke meerprijs voor een woning is (zeker in de meer urbane gebieden waar consumenten doorgaans meer bereid zijn te betalen voor een woning) door te berekenen aan de consument in de VON-prijs (vrij op naam) van een woning. De meerkosten voor klimaatbestendig bouwen, zoals bijvoorbeeld hogere kosten voor bouwrijp maken van grond, worden in dit geval gedragen door de bewoners als voornaamste baathebbenden bij de maatregelen.

Noodzakelijke maatregelen voor zettingsarm bouwen dienen in principe ook verrekend te worden in de VON-prijs om toekomstige afwenteling van hoge beheerkosten op gemeente en waterschap te voorkomen. Hoewel de levenscycluskosten lager zijn kunnen, zoals al genoemd in hoofdstuk 3, de extra kosten voor aangepaste woningbouw (en infrastructuur) er toe leiden dat afwegingen over waar wel/niet ontwikkelen vanuit de kosten in bodemdalingsgebieden ongunstiger uitvallen.

Niet alle meerkosten hoeven gedragen te worden door de kopers van nieuwe woningen. Voor gebiedsgerichte maatregelen (zoals recreatief blauw en groen) met een bredere reikwijdte dan alleen de woning, ligt het voor de hand om de kosten meer in den brede over de belastingbetaler aan te slaan (bijv. via WOZ-waarde).

In situaties dat meerkosten niet zondermeer in een VON-prijs zijn te verhalen en publieke partijen eisen dat er wordt gebouwd, is het denkbaar dat vanuit de versnellingsopgave publieke middelen ter dekking van een eventuele onrendabele top beschikbaar komen. Eventueel kan daarbij nog rekening worden gehouden met het meekoppelen van opgaven (zoals biodiversiteit en waterkwaliteit).

4.2 Ruimte voor aanpassingen na 2050

De tweede zichtperiode richt zich op de kosteneffectiviteit en financieringsmogelijkheden voor het nu al ruimte reserveren ten behoeve van verwachte verder gaande klimaatveranderingen na 2050. Het gaat om reserveren van ruimte op watersysteemniveau (voor toekomstige versterking van waterkeringen of dijken), en ruimte op lokaal niveau (voor waterberging en groen). De afweging hier is of de kosten om nu ruimte te reserveren opwegen tegen de baten om in de toekomst in deze gebieden adaptatiemaatregelen door te voeren.

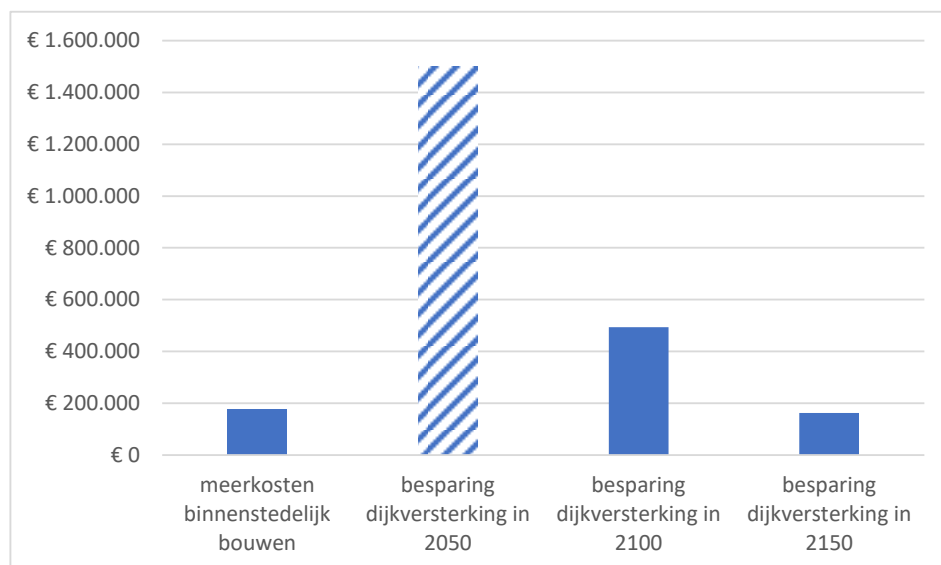
Kosteneffectiviteit van ruimtereserveringen voor versterken primaire keringen en dijkverlegging

In totaal is er bij een scenario waarin de zeespiegel stijgt met 2 meter ca. 10.000 hectare benodigd voor toekomstige dijkversterkingen. In hoeverre de noodzakelijke ruimtereserveringen vanuit klimaatadaptatie op gespannen voet staan met de versnellingsopgave voor woningbouw kan bij gebrek aan informatie over de exacte locatie van deze woningen niet worden gezegd. Wel lijkt aannemelijk dat de spanning het grootst zal zijn in gebieden met een grote

nieuwopgave in combinatie met een krappe grondmarkt en dat is in grote delen van laag Nederland het geval.

Een uiterste consequentie kan zijn dat door ruimtereserveringen er minder ruimte beschikbaar is voor toekomstige bebouwing. Om een indicatie te verkrijgen van de kosteneffectiviteit zijn op een hoog abstractieniveau de meerkosten en -opbrengsten van het reserveren van ruimte geanalyseerd. Ten aanzien van de kosten is hierbij gekeken naar de meerkosten van bouwen in binnenstedelijke locaties. Ten aanzien van de baten wordt hierbij gekeken naar de meerkosten van ruimtelijk inpassing van versterkingsmaatregelen in de toekomst in bebouwde ten opzichte van niet-bebouwde gebieden.

Het resultaat van de analyse is weergegeven in figuur 15. In contante waarden zijn de meerkosten van het vrijhouden van ruimte lager dan de extra kosten die in de toekomst aan de orde zouden kunnen zijn bij het toelaten van bebouwing in deze zones. Daarbij geldt dat hoe eerder versterking nodig zal zijn, hoe lager de 'spijt' kosten (bestaande uit duurdere maatregelen die in dat geval nodig zijn) van het openhouden van deze gebieden. De besparingen zijn uiteraard het grootst bij een dijkversterking in 2050, echter dan speelt zeespiegelstijging nog maar een beperkte rol. Maar ook voor noodzakelijke dijkversterkingen in 2100 loont het om nu al rekening te houden met de dan benodigde ruimte. Andersom geldt dat er ook een risico bestaat dat gedurende de levensduur van de woningen geen versterking zal zijn. Hoe verder de opgave naar de toekomst schuift, hoe hoger de 'spijtkosten' van de ruimtereservering.

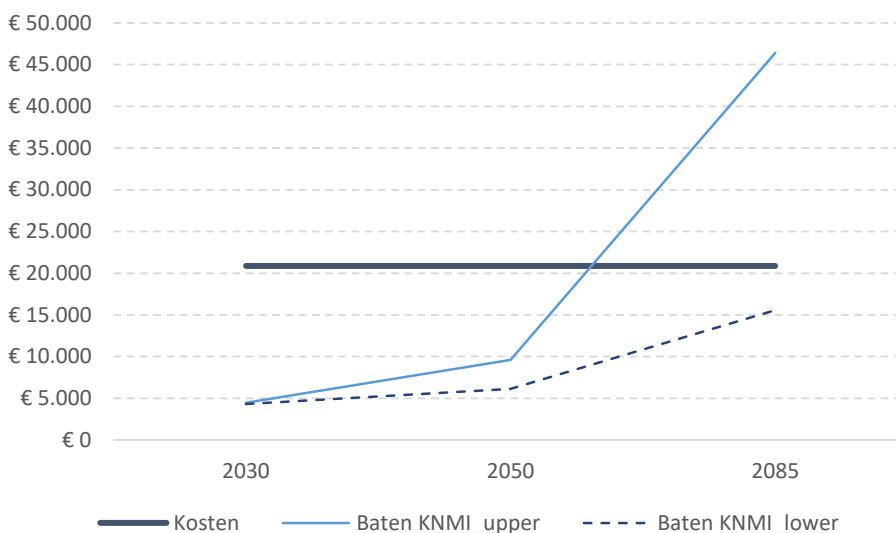


Figuur 15: Meerkosten binnenstedelijk versus mogelijke toekomstige besparingen dijkversterking per hectare (contante waarde). Afbeelding: ecorys.

Kosteneffectiviteit van extra flexibiliteit in het stedenbouwkundig plan

Ook is een voorbeeldberekening gemaakt voor het reserveren van 10% ruimte voor waterberging binnen de planontwikkeling om verdergaande klimaatverandering na 2050 op te vangen. Het resultaat is weergegeven in figuur 16. Hierin is te zien dat wanneer de klimaatverandering na 2050 doorzet

(KNMI upper scenario) gedurende de levensduur van de planontwikkeling de jaarlijkse baten van vermeden wateroverlast de jaarlijkse kosten (in termen van gedeelde inkomsten) van de reservering overtreffen. Wanneer de klimaatverandering niet of beperkt doorzet (KNMI lower) wegen de baten niet op tegen de kosten. In de periode tot 2050 (waarbij de kosten waarschijnlijk hoger liggen dan de baten) is het verstandig te zoeken naar multifunctioneel, tijdelijk, omkeerbaar gebruik van de ruimte om het risico van een (maatschappelijk gezien) onrendabele businesscase te beperken. Voorbeelden van intensievere en extensievere vormen met een reëel opbrengstpotentieel zijn woningbouw, stadslandbouw, dan wel maatschappelijke voorzieningen zoals recreatie, scholen. Hoe kosten en baten precies uitpakken in een planontwikkeling is sterk afhankelijk van de gebiedskenmerken, kosten die gemaakt moeten worden voor de ruimtereservering, en de mogelijkheden voor tijdelijke bestemming. Op basis van de voorbeeldberekening is het niet mogelijk om generieke conclusies te trekken.



Figuur 16: Berekening reserveren 10% ruimte voor waterberging. Afbeelding: Ecorys.

Financiering

Voor gronden voor de beoogde ruimtelijke reserveringen die in eigendom bij (semi) overheid (Rijk, provincie, waterschap) is er geen directe financieringsbehoefte nodig. Voor gronden die in eigendom zijn van private partijen of particulieren ontstaat een risico op planschade, indien deze eigendomsposities reeds een bebouwingsmogelijkheid hebben, door de beperking van deze bebouwingspotentie.

Ten aanzien van eventuele tijdelijke private flexibele concepten op locaties waarop een reservering rust, kan onzekerheid over continuïteit leiden tot terughoudendheid bij externe financiers (hier kunnen mogelijk overheden een rol spelen bij het overbruggen van risico's). Verwacht mag worden dat de meerkosten van herlocatie van in reserveringszones geplande naar binnenstedelijke locaties doorgaans kunnen worden bekostigd door de

eindgebruikers (private eigenaren, woningcorporaties). Van belang daarbij is dat er aandacht blijft voor de betaalbaarheid van woningen, om te voorkomen dat binnenstedelijke woningen niet alleen voor de kapitaalkrachtige bewoners mogelijk is. Hierbij zullen woningcorporaties een belangrijke rol moeten spelen om voldoende sociale en betaalbare woningen te kunnen aanbieden.

5. Kennisagenda (vraag f)

In dit hoofdstuk wordt een opsomming gegeven van kennisvragen die tijdens dit onderzoek naar voren zijn gekomen en die de komende jaren nader kunnen worden onderzocht en afgewogen. Daarnaast gaan we in op de kansen die de methode van ontwerpend onderzoek biedt om de klimaatadaptatie opties pro-actief te verkennen.

5.1 Kennisvragen

De snelheid en mate waarmee het klimaat verandert is onzeker en hangt af van het wereldwijde tempo van CO₂ reductie. Of (en hoe) we ons moeten aanpassen (en voorbereiden) vraagt daarom dat we doorgaan met adaptief deltamanagement zoals ook in het Deltaprogramma gebeurt, maar ook in ruimtelijke planning meer kan worden toegepast. Vanwege de lange levensduur van investeringen en benodigde tijd om maatregelen te ontwerpen en implementeren, zullen er beslissingen moeten worden genomen terwijl er nog onzekerheid is (want die onzekerheid zal er altijd blijven). Oplossingen zouden daarom zo gekozen moeten worden dat ze aanpasbaar zijn of niet leiden tot spijt als de toekomst er anders uit ziet dan verwacht.

Belangrijke vraagstukken die hierbij aan de orde gaan komen en nieuwe kennisvereisten hebben betrekking op (1) de mogelijke toekomst waarop we ons willen voorbereiden, (2) de mate waarin en wijze waarop huidige transitie daarop inspelen (of mee conflicteren), (3) hoe we opties kunnen openhouden voor keuzes die toekomstige generaties moeten maken, en (4) hoe we overheden en investeerders op deze transitie voorbereiden en meenemen. Deze vraagstukken staan centraal in Kennisprogramma Zeespiegelstijging spoor IV en V. De volgende kennisvragen zijn geïnventariseerd:

Adaptief vorm geven van ruimtelijke transitie, waaronder woningbouw

- Hoe kunnen we het lange-termijn perspectief een plek geven in de investeringsbeslissingen van de komende jaren, bijvoorbeeld in de woningbouw? En hoe zorgen we ervoor dat we hierbij alle vier de adaptatierichtingen voor de toekomst open houden? Welke gedragsverandering vereist dit bij bestuurders en private investeerders en wat is hiervoor nodig?
- Hoe kunnen we de onzekerheid in dit lange termijn perspectief hanteerbaar maken? Zijn er voorbeelden van projecten die illustreren wat nu aanpassen extra kost ten opzichte van vermeden schade of aanpassingskosten later?
- Welk mogelijke drivers kunnen bijdragen aan een transitie naar een grotere

spreiding van de woningbouwopgave over Nederland?

- Hoe kunnen we ontwerpen adaptief maken, dat wil zeggen, uitbreidbaar, verplaatsbaar, ophoogbaar, om daarmee op veranderende omstandigheden te kunnen inspelen, en om daarmee de vier adaptatie oplossingsrichtingen open te houden?
- Kunnen we de adaptatierichtingen door middel van ontwerpend onderzoek verder uitwerken in enkele mogelijke toekomstbeelden, om meer gevoel te krijgen voor de (1) mogelijke concrete randvoorwaarden waar de woningbouw mee te maken krijgt in de toekomst en (2) hoe woningen adaptatie opties bepalen en de waterveiligheids- en watervoorzieningsvraagstukken beïnvloeden.

Kansen voor meekoppeling

- Hoe kunnen de ruimtelijke transities, waaronder bebouwing, ingezet worden om het landgebruik klimaatrobuster te maken door beter aan te sluiten bij de kenmerken van het bodem- en watersysteem?
- Welke mogelijkheden voor synergie zijn er tussen het klimaatrobust vormgeven van ruimtelijke transities en herstel van de biodiversiteit, verminderen bodemdaling en stikstofbelasting?

Financiering van lange termijn adaptiviteit

- Uitwerking van financieringsarrangementen voor investeringen waarvan (onzekere) baten in de (verre) toekomst liggen, met als concrete cases de financiering van de kosten voor duurzaam bouwrijp maken, de financiering van tijdelijke functies en de financiering van klimaatadaptatie in geval van sociale huur en betaalbare woningbouw. Welke mogelijkheden biedt fondsvorming?

Overige aanbevelingen

- Uit de analyses komt dat voor dijkversterking een significant areaal moet worden vrijgehouden. Doordat inzicht in de exacte locaties voor de 1 miljoen nieuwbouwingen ontbreekt, is nu alleen op basis van aannamen iets te zeggen over de mogelijke impact. Door een nadere analyse te maken waar reserveringslocaties en nieuwbouwbestemmingen overlappen kunnen in een regionale woningmarktstudie de plannen worden aangescherpt.
- Het meekoppelen van opgaven kan helpen om de kosteneffectiviteit te vergroten. Een 'menukaart' met mogelijke opties / goede voorbeelden uit de praktijk voor tijdelijk gebruik of meekoppelopgaven kan partijen helpen dergelijke opties mee te nemen in de uitwerking van de plannen.

5.2 Kansen ontwerpend onderzoek

Ontwerp en ontwerpend onderzoek zijn belangrijke hulpmiddelen die kunnen worden ingezet bij het komen tot klimaatbestendige woningbouw.

Bij ontwerpend onderzoek wordt ontwerp ingezet om de impact van maatregelen (zoals bijvoorbeeld een reservering voor waterberging, of de wens een waterpeil te verhogen) of juist van bepaalde woningbouwontwikkelingen, ontwerpend te verkennen (rekenen en tekenen). Daarbij worden ontwerpend 'what if' verhaallijnen opgetekend, die verbeelden wat de impact (kansen of aandachtspunten) van verschillende maatregelen of ontwikkelingen op

verschillende tijdschalen (korte middellange en lange termijn) en op verschillende schaalniveaus zijn.

Door middel van ontwerp en verbeelding worden de toekomstige ontwikkeling en de consequenties daarvan door de tijd- en ruimteschalen heen inzichtelijk, waarmee duidelijk wordt op welke globale momenten in de tijd en op welke plekken op de kaart er kansen (meerdere te verenigen ruimteclaims) of knelpunten (conflicterende ruimteclaims) kunnen optreden.

Dit is belangrijk voor het in beeld brengen van potentiële knelpunten en lock-ins, maar biedt ook meteen de mogelijkheid om te verkennen of knelpunten middels ontwerptimalisaties kunnen worden voorkomen en worden omgezet in een integraal handelingsperspectief. Zo ja dan kan er door nu al rekening te houden met toekomstige ontwikkelingen toekomstige knelpunten (en daarmee samenhangende eventuele kosten) worden voorkomen.

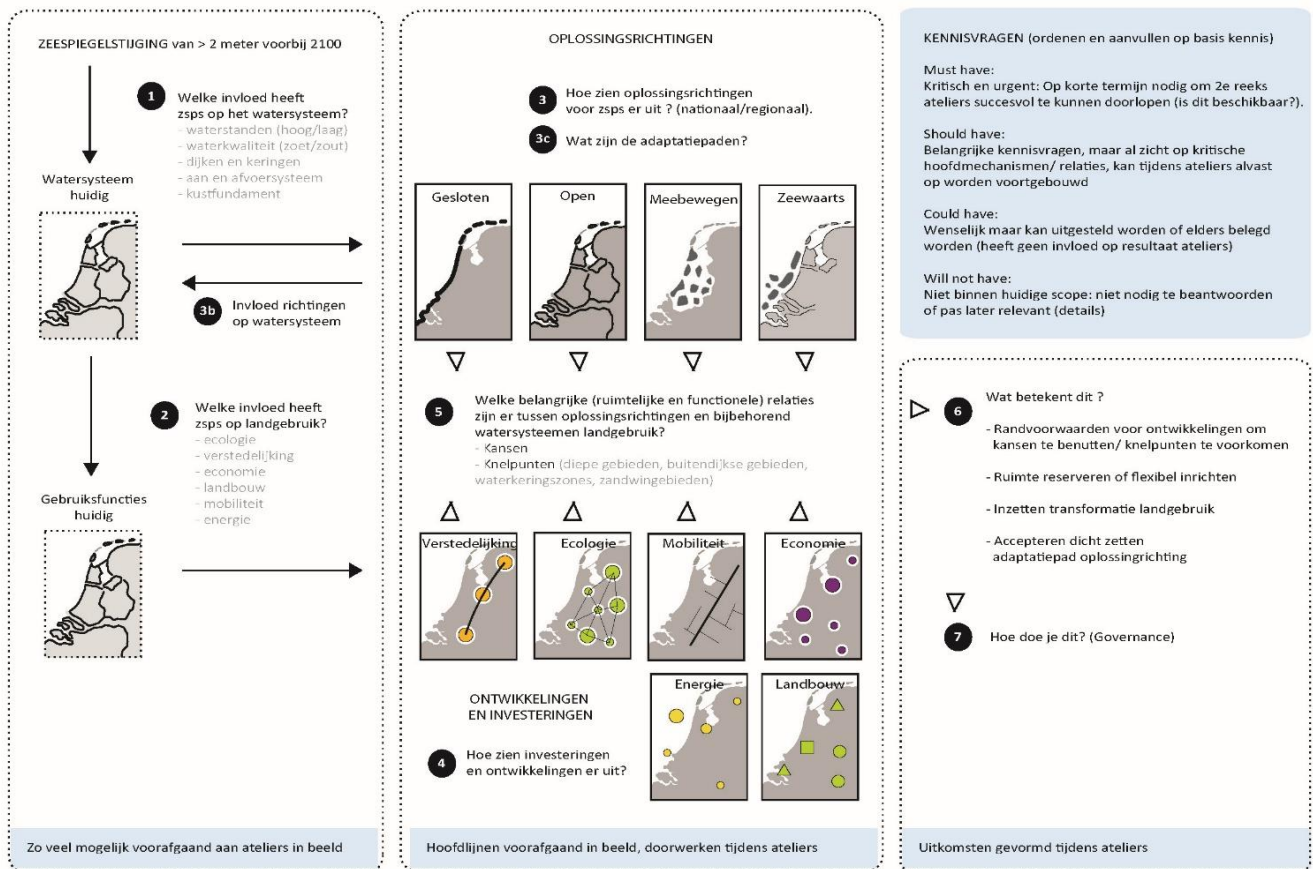
Ontwerp en ontwerpend onderzoek kan op verschillende manieren worden ingezet:

1. **Systeem-relatie verkenningen:** het systematisch in beeld brengen van de impact van bepaalde (watersysteem) maatregelen, ontwikkelingen of bestuurlijke keuzen op de ruimtelijke compositie of inrichting van een gebied.

Dit kan op verschillende schaalniveaus. Zo kan in beeld worden gebracht wat het rekening houden met peilverhogingen of extra piekbergingscapaciteit betekent voor de regionale plannen of woningbouwontwikkelingen.

- Op deze manier kan bijvoorbeeld worden verkend wat het betekent om gebieden die geschikt zijn voor waterberging te reserveren of multifunctioneel in te zetten; wat betekent dat voor gebiedsontwikkelingen, kan nog overall worden gebouwd? Maar ook voor lokale ontwikkelingen (zijn er randvoorwaarden voor aangepast bouwen?).
- Andersom kan ook juist worden verkend welke impact korte termijn verstedelijking heeft op toekomstige flexibiliteit in relatie tot klimaatadaptatie: zet je door op een bepaalde plek te ontwikkelen mogelijkheden voor toekomstige adaptatie vast? Met welke randvoorwaarden voor woningbouw kunnen lock-ins worden voorkomen?
- Dergelijk ontwerpend onderzoek wat verkent en inzichtelijk maakt wat de impact van maatregelen op bepaalde gebieden of ontwikkelingen is, kan goed worden ingezet om bepaalde locatiekeuzen of beleidsafwegingen te onderbouwen. Zo kan bijvoorbeeld ontwerpend worden verkend wat de beste locaties zijn voor piekwaterbergingen: op welke plekken ontstaan er knelpunten (en kosten) en op welke plekken zijn maatregelen met goede randvoorwaarden nog goed in te passen?

Een voorbeeld waarin de relaties tussen lange termijn oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging en ruimtelijke ontwikkelingen systematisch zijn verkend is weergegeven in figuur 17.



Figuur 17: Voorbeeld methode schema waarbij de relaties tussen lange termijn oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging en ruimtelijke ontwikkelingen systematisch worden verkend en feed back en input leveren voor korte termijn investeringen (Bijdrage van Defacto stedenbouw voor het kennisprogramma zeespiegelstijging).

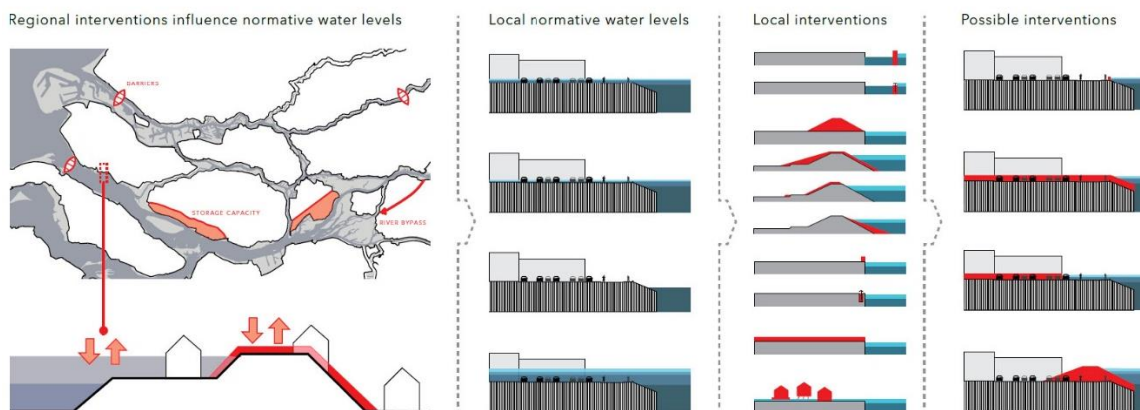
2. **Adaptatie opties verkennen:** het proactief verkennen van adaptatie opties voor gebiedsontwikkelingen.

Door vooraf in beeld te brengen wat in de tijd de adaptatie-opties van woningbouwontwikkelingen zijn bij verschillende klimaatscenario's kan vervolgens worden afgewogen waar en wanneer het best (en meest kosten-efficiënt) adaptatiemaatregelen kunnen worden getroffen. Kies je bijvoorbeeld voor voorinvesteringen in aanpassingen aan gebouwen (bij de ontwikkeling hiervan) of bouw je ruimte voor toekomstige adaptatie in bij gebouwen of de openbare ruimte?

- Bij deze ontwerpde verkenningen wordt niet alleen gekeken naar de mogelijke klimaatverandering (en een bandbreedte aan scenario's hiervoor). Maar ook naar daarmee samenhangende besluiten of oplossingsrichtingen; wat als het waterpeil wordt verhoogd op een bepaalde termijn; hoe kan een ontwikkeling zich hier dan nog op aanpassen?
- Kijk bij de afweging met betrekking tot wanneer te investeren in klimaatadaptatie (proactief alvast meenemen en investeren in maatregelen, of proactief adaptatiepaden schetsen en die later in de tijd wanneer nodig

uitvoeren) niet alleen naar de kostenafwegingen in relatie tot op termijn onzekere klimaatontwikkelingen, maar ook naar eventuele maatschappelijke baten die ontstaan (bijvoorbeeld door extra groene ruimte of extra kwaliteit in de openbare ruimte).

Een voorbeeld van een ontwerpende verkenning van lange termijn adaptatieopties is weergegeven in figuur 18.



Figuur 18: Ontwerpende verkenning van lange termijn adaptatieopties voor zeespiegelstijging waarbij de relaties tussen regionale oplossingsrichtingen en lokale adaptatieopties worden verkend. Afbeelding (Nillesen, 2019).

3. Integraal ontwerpen

Door verschillende ruimteclaims (waaronder klimaatadaptatie) integraal mee te nemen binnen ontwerpen, ontstaan mogelijkheden voor multifunctioneel ruimtegebruik en het creëren van additionele kwalitatieve baten. Zo kan er bijvoorbeeld ontwerpend worden verkend:

- Welke functies goed kunnen worden gecombineerd met (piek)waterberging of bodemdalingsgebieden.
- Hoe groenblauwe structuren en reserveringsgebieden kunnen worden ingepast en ingericht op een manier die meerwaarde oplevert voor het stedelijk gebied

6. Referenties

- ABF. (2021). *Inventarisatie plancapaciteit voorjaar 2021*. ABF research.
- ABF. (2021). *Inventarisatie plancapaciteit. Mei 2021*.
- ABF. (2021). *Prognose van bevolking, huishoudens en woningbehoefte tot 2050*.
- Arcadis, & flux. (2020). *Inzicht in meerkosten en bekostiging Intentieovereenkomst klimaatbestedige nieuwbouw*.
- CBS. (2020). *Huizenprijzen in de meeste gemeenten opnieuw gestegen*. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/07/huizenprijzen-in-de-meeste-gemeenten-opnieuw-gestegen>
- CBS. (2021). *Gemiddelde WOZ-waarde van woningen in 2021 7 procent hoger*. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/39/gemiddelde-woz-waarde-van-woningen-in-2021-7-procent-hoger>
- CBS. (2021). *Wijk- en buurtkaart 2021*. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-buurtkaart-2021>
- Decisio. (2020). *Maatschappelijke kostenbatenanalyse Schaalsprong Metropolitaan OV en Verstedelijking (MOVV)*.
- Defacto . (2020). *Versnelde zeespiegelstijging in Rijnmond-Drechtsteden*.
- Defacto Stedenbouw. (2021). *Beelden Defacto Stedebouw*.
- Deltares. (2019). *Memo: Limits to raising embankments in The Netherlands*.
- Deltares. (2019). *Memo: Woningbouw opgave en relatie waterveiligheidsnormen*.
- Deltares. (2020). *Effect zeespiegelstijging op rivierwaterstanden*.
- Deltares. (2021). *Memo Concretisering begrensde gebiedsontwikkelruimte Lob van Gennep en Thorn-Wessem*.
- Deltares, BoschSlabbers en Sweco. (2021). *Op water basis, grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem*.
- Deltares, PBL, WUR. (2018). *Deltascenario's voor de 21e eeuw. Actualisering 2017*.
- ECKB. (2015). *Pilot 'ruimtelijk instrumentarium dijken'*.
- Ecorys . (2021). *Maatschappelijke impact van Slimme en Duurzame verstedelijking*.
- Ecorys. (Maatschappelijke impact van Slimme en Duurzame verstedelijking). 2021.
- EIB. (2013). *Kostenverschil binnenstedelijk bouwen en bouwen op uitleglocaties in Noord-Holland*.
- EIB. (2021). *Ruimtelijke ordening en bouwlocaties*.
- Haasnoot, M., Kwadijk, J., Alphen, J., Le Bars, D., van den Hurk, B., Diermanse, F., . . . Mens, M. (2020). *Adaptation to Uncertain Sea-Level Rise; How uncertainty in Antarctic Mass-Loss Impacts the Coastal*

- Adaptation Strategy of the Netherlands. *Environmental Research Letters*.
- Hogeschool van Amsterdam. (2020). *De hittebestendige stad: een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte*.
- IenW, LNV, BZK. (2020). *Deltaprogramma 2021*.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*.
- KCAF. (2021). *www.kcaf.nl*. Opgehaald van Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek.
- Klimaat-effectenatlas. (2021, nov 17). *Hittekaart gevoelstemperatuur*. Opgehaald van Klimaat-effectenatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/hittekaart-gevoelstemperatuur>
- Kluck, J. K. (2020). *De hittebestendige stad: een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte*. Hogeschool van Amsterdam .
- KNMI. (2015). *KNMI'14, klimaatscenario's voor Nederland. Herziene uitgave*.
- KNMI. (2021). *KNMI Klimaat signaal'21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert*.
- KNMI, HKV. (2019). *Stowa: Neerslagstatistiek en tijdsreeksen voor het waterbeheer 2019*.
- Metropoolregio Amsterdam. (2021). *Basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0*.
- Metropoolregio Amsterdam. (2021). *Klimaatbestendige Nieuwbouw. Basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0*.
- Metropoolregio Amsterdam. (2021). *Klimaatbestendige nieuwbouw, basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0*.
- MinI&W. (2011). *Besluit algemene regels ruimtelijke ordening*. Opgehaald van wetten.overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030378/2018-01-01>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020). *Nationale Omgevingsvisie: duurzaam perspectief voor onze leefomgeving*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat . (2006). *Beleidslijn grote rivieren*.
- MinV&W. (2020). *Beleidsregels grote rivieren (BGR)*. Opgehaald van Overheid.nl - wettenbank: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0020040/2020-07-15>
- MRA. (2021). *Klimaatbestendige nieuwbouw - concept basisveiligheidsniveau 2.0*. Amsterdam: MRA.
- Nillesen, A. L. (2019). *Spatial Quality as a decisive criterion in flood risk strategies*.
- Platform Slappe Bodem. (2018). *Managementrapportage Kosten in beeld*. Sweco.
- Primos. (2021). *Primos 2021 - Prognose van bevolking, huishoudens en woningbehoefte*. Opgehaald van <https://primos.datawonen.nl/>
- Rebel. (2021). *Verkenning onrendabele toppen woningbouwprojecten, Analyse op hoofdlijnen publieke tekorten landelijke woningbouwplannen 2021-2030*.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Handreiking Beleidslijn Grote Rivieren. Geactualiseerde versie 2019*.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren*.
- Rioned. (2021, 11 17). *Impact extreme neerslag stedelijk gebied: waarom en met welke buien?* Opgehaald van <https://www.riool.net/impact-extreme-neerslag-stedelijk-gebied-waarom-en-met-welke-buien->

STOWA. (2017). *Reserveringszone*. Opgehaald van Stowa Deltafacts:
<https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/waterveiligheidsbeleid-en-regelgeving/reserveringszone>

Sweco. (2021). *De investeringsopgave in Deltaprogramma regio's*.

Sweco. (2021). *Whitepaper - Ruimte voor de toekomst*. De Bilt: Sweco.

Bijlage 1 Toelichting uitwerking en berekeningen Deltares

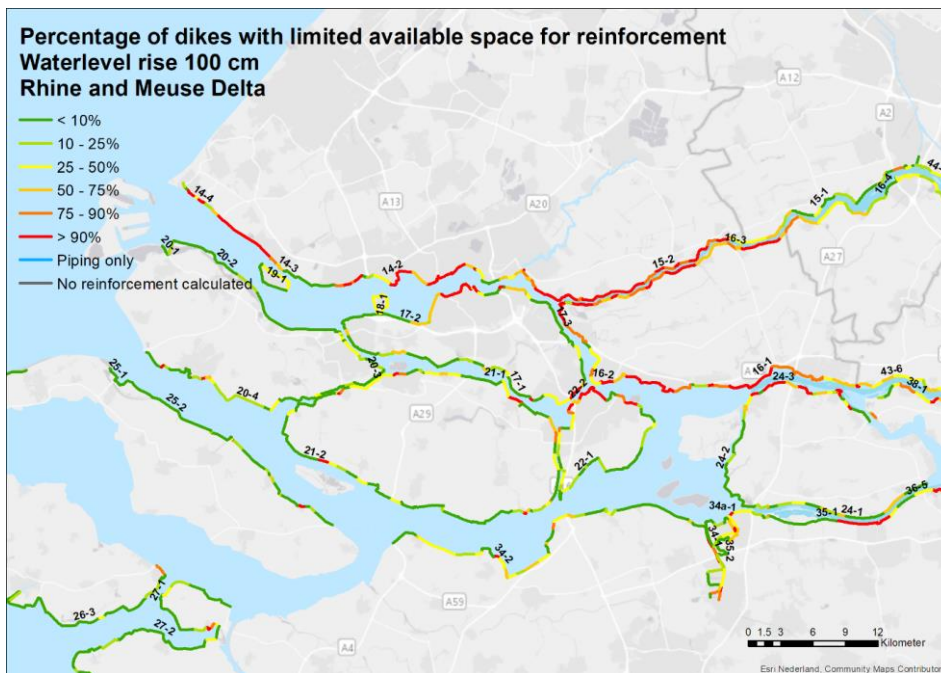
Ruimtelijke impact dijkversterkingsopgave

Bij het bepalen van de ruimtelijke impact van de dijkversterkingsopgave bij zeespiegelstijging is het uiteraard relevant welke lange-termijn adaptatiestrategie er wordt gekozen. Wordt er gekozen voor een strategie van beschermen waarbij rivierarmen al dan niet worden afgesloten, wordt er zeewaarts versterkt of verkleinen we onze kwetsbaarheid door mee te bewegen? Ofwel, hoe vertaalt de zeespiegelstijging zich naar de lokale belasting op de dijken?

In de Deltares studie Grens aan dijkversterking (Deltares, 2019) is strategie-onafhankelijk gekeken naar de ruimtelijke impact van dijkversterkingen in heel Nederland bij een waterstandsstijging van 0,5 m en 1 m aan de teen van de dijk.

De dimensies van een dijk worden in het algemeen bepaald door 3 faalmechanismen: hoogte, macrostabiliteit en piping. Voor piping worden tot dusver veelal (lange) bermen aangelegd, echter we zijn er in de studie vanuit gegaan dat piping in de toekomst in verticale richting wordt opgelost. Dimensies worden daarmee enkel bepaald door hoogte en/of macrostabiliteit. Gegevens zijn ontleend aan de studies Effectiviteit rivierverruiming (riviergebied, m.b.v. OKADER-tool), ISWP IJsselmeergebied en WV21 (benedenrivieren, Wadden, Zuidwestelijke Delta).

Naast het ruimtebeslag geeft de studie onder meer het percentage van de dijk lengte (fractie) waar bebouwing in de versterkingszone aanwezig is bij 0,5 en 1 m waterstandsstijging aan de teen van de dijk. In onderstaand figuur is dit weergegeven bij 1 m waterstandsstijging. In rode gebieden is een constructieve versterking veelal onvermijdelijk, in deze zones is een ruimtereservering mogelijk minder relevant.



Figuur 19: Percentage van dijken met een ruimte knelpunt voor dijkversterking. Afbeelding Deltares

Om een globale inschatting te kunnen doen van de benodigde ruimte voor dijkversterkingen onder de verschillende adaptatiestrategieën, is allereerst een aanname gedaan van een realistische lokale waterstandsstijging waarmee we maximaal te maken krijgen per deelgebied. Daarbij is onder meer gebruik gemaakt van een Deltares studie die beschrijft hoe zeespiegelstijging doorwerkt op de rivieren (Deltares 2020), alsmede enkele beleidsstudies.

- Peilopzet IJsselmeer 0,6 m (maximaal 0,6 m gebruikt in de beschouwde varianten in de studie ISWP IJsselmeergebied voor het jaar 2150)
- IJssel- Vecht Delta idem (doorwerking vanuit het IJsselmeer)
- Markermeer 0.5 m (maximaal, inschatting)
- IJssel 0,5 m (peilstijging IJsselmeer evt. icm hogere afvoer, inschatting)
- Benedenrivieren 1.5 – 2 m (lijkt een maximum i.v.m. buitendijks gebied voordat overgegaan wordt op andere (gesloten) strategie)
- Bedijkte Maas, Nederrijn-Lek, Waal max ws stijging orde 0,5 – 1 m (Deltares, 2020)
- Wadden, Zuidwestelijke Delta uitgaan van orde 2 m (zeespiegelstijging)

Het berekend ruimtebeslag bij 50 en 100 cm waterstandsstijging uit eerder genoemde studie (Deltares, 2019) is lineair geëxtrapoleerd om tot ruimtebeslag te komen bij bovenstaande waterstandsstijgingen. Hierbij is gekeken een naar 85%-waarde per deelgebied (gemiddeld ruimtebeslag per dijkvak + 1x standaarddeviatie). Zeespiegelstijging en waterstandsstijgingen kunnen op termijn verder toenemen, meer afstand tot de dijk is altijd beter, maar het moet ook realistisch blijven.

Te hanteren ruimtereserveringen langs de dijk:

○ IJssel (incl. Pann. Kanaal)	20 m
○ IJsselmeergebied	20 m
○ Maasvallei	20 m
○ Bedijkte Maas	30 m
○ IJssel – en Vechtdelta	30 m
○ Markermeer	30 m
○ Nederrijn-Lek	30 m
○ Waal (incl. Bovenrijn)	30 m
○ Wadden	50 m
○ Zuidwestelijke Delta	50 m
○ Benedenrivieren	50 m

Bijlage 2 Toelichting uitwerking financiële berekeningen Ecorys

Inleiding

Het klimaat verandert. De komende jaren zal ons land te maken krijgen met de gevolgen ervan. De consequenties kunnen verstrekkend zijn en op nationaal niveau (zeespiegelstijging, droogte) of meer op regionaal of lokaal niveau (wateroverlast, hitte). In lijn met de principes van adaptief deltamanagement is het verstandig vooruit te kijken hierop en (uit voorzorg) opties voor aanvullende noodzakelijke maatregelen in de toekomst open te houden. Tegelijkertijd kunnen instrumenten die hierin voorzien, waaronder ruimtelijke reserveringen, op gespannen voet staan met de opgave voor het bouwen van 961.300 nieuwbouwwoningen (zie nationale woningbouwkaart) om te voldoen aan de vraag naar woningen. De vraag die dit oproept, is in hoeverre het stellen van eisen aan adaptiviteit kosteneffectief is.

Vraagstelling

Ecorys is gevraagd een economische beschouwing te geven op de kosteneffectiviteit van maatregelen die anticiperen op een veranderend klimaat, dan wel vooraf, door het stellen van minimale eisen aan nieuwbouw om toekomstige klimaatschade of afwenteling van kosten te voorkomen of te beperken, dan wel via het ruimtelijke ordening-spoor middels het reserveren van ruimte. Het resultaat omvat:

- een beschouwing van de kosteneffectiviteit van deze maatregelen, waarin we indicaties van kosten van maatregelen afzetten tegen indicaties van vermeden klimaatschade. Het gaat hierbij niet om precieze cijfers, maar om orde van groottes. We houden daarbij rekening met het termijnaspect: wat moet nu, wat kan later;
- een overzicht van type baten vanuit meervoudig ruimtegebruik en/of meekoppeling van andere maatschappelijke opgaven, waaronder natuur, recreatie, waterkwaliteit, etc.
- een (korte) beschouwing van mogelijke financiële arrangementen voor dit type maatregelen, waaronder het gegeven dat kosten en baten niet bij dezelfde partijen liggen.

Op grond hiervan:

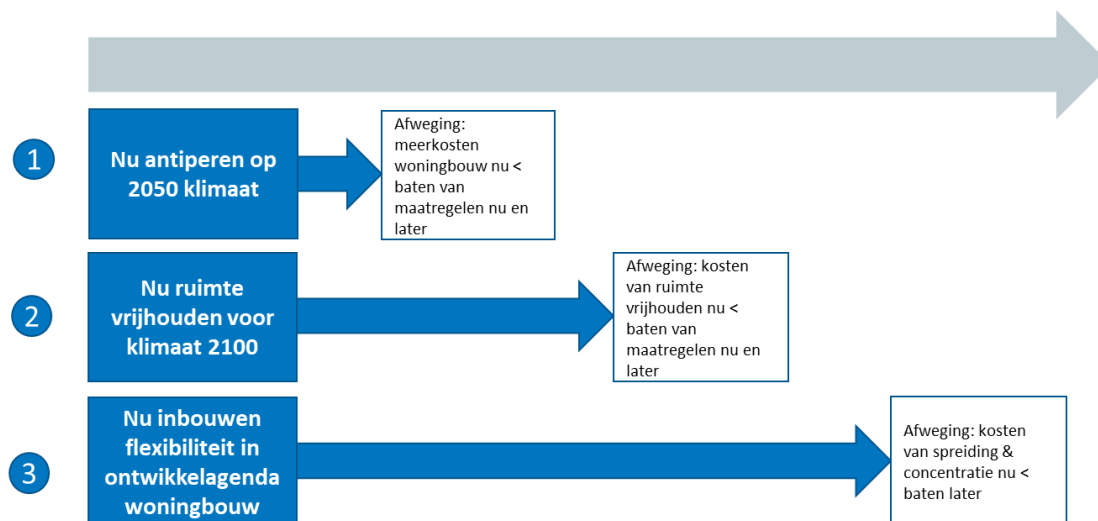
- Geven we conclusies t.a.v. de kosteneffectiviteit van maatregelen, rekening houdend met eventuele maatschappelijke baten;
- Benoemen we no-regret maatregelen;
- Doen we een voorstel voor fasering van maatregelen;
- Beschouwen we de mogelijke financiële arrangementen.

Beschouwing per adaptatielijijn

In dit hoofdstuk wordt een economische beschouwing gegeven van de kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen in woningbouw. Hierbij wordt ingezoomd op drie zichtperiodes, zie figuur 24:

- Tot 2050: kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen die nu al worden genomen om onze ruimtelijke inrichting uiterlijk 2050 klimaatbestendig te hebben ingericht, conform de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie.
- Na 2050: kosteneffectiviteit van aanvullende ruimtelijke reserveringen om extra flexibiliteit te integreren in de ruimtelijke inrichting om rekening houden met de mogelijke effecten van verdergaande klimaatverandering na 2050.
- Na 2100: economische beschouwing van een adaptatiestrategie gericht op een grotere spreiding van de woningbouwopgave over Nederland, om adaptatiestrategieën in geval van een extreem scenario van vele meters zeespiegelstijging zo veel mogelijk open te houden.

Op niveau 1 ligt de focus daarbij op korte termijn maatregelen en de economisch argumentatie voor het in nieuwbouwwontwikkelingen anticiperen op de komende klimaatverandering. Uitgangspunt hierbij is dat geen afwenteling van klimaatschade in tijd of ruimte optreedt. Wat volgt is beschouwing van de meerkosten van nieuwbouwplannen ten opzichte van de potentiële baten tot 2050. Niveau 2 en 3 beschouwen de respectievelijk lange en zeer lange termijn, tot 2100 en verder. Op deze termijnen neemt de onzekerheid over de omvang en het tempo van klimaatverandering toe. Dit kan juist aanleiding zijn om vanuit het voorzorgbeginsel voor de zekerheid een marge of buffer in te bouwen. Herstelkosten kunnen immers hoog zijn als nu verkeerde keuzes worden gemaakt. Niveau 2 betreft een economische beschouwing op de nieuwbouwopgave in relatie tot het reserveren van de benodigde ruimte voor klimaatmaatregelen die mogelijk in de toekomst noodzakelijk zullen blijken. Uitgangspunt daarbij is een zeespiegelstijging tot 3 meter. Niveau 3 beschouwt een extreem scenario waarbij de zeespiegelstijging (in omvang en tempo) nog verder doorzet en het beschermen van gebieden gelegen onder de zeespiegel in Nederland onder druk komen te staan. Dit niveau houdt ermee rekening dat op termijn moet worden overgestapt op een strategie van migratie en herlocatie. Na de figuur zoomen we verder in op de afzonderlijke niveaus.



Figuur 20: De drie adaptatielijnen voor de economische beschouwing van kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen in woningbouw. Afbeelding:Ecorys

Adaptatielijn 1: Klimaatbestendig in 2050 'no-regret' maatregelen⁹

Inleiding

De achterliggende vraag bij deze eerste adaptatielijn is of de meerkosten die gemaakt worden ten opzichte van de huidige bouwvoorschriften en op korte termijn opwegen tegen de klimaatschade die valt te verwachten op basis van de verwachte klimaatontwikkelingen tot 2050. Om een indicatie te geven van de *meerkosten* voor klimaatadaptieve woningbouw in suburbane en urbane gebieden is gebruik gemaakt van de berekeningen uit de studie 'Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw', recent uitgevoerd voor de Metropoolregio Amsterdam (Arcadis, &flux, 2020). Voor de bepaling van de *baten* van klimaatadaptieve woningbouw is gebruik gemaakt van rekenregels en kentallen voor (verwachte) klimaatschadekosten uit de Klimaatschadeschatter.¹⁰ Belangrijk te benadrukken is dat dit een *quickscan* analyse betreft gebruik makend van uitsluitend bestaande informatie. Meerkosten en potentiële vermeden klimaatschade zijn uitsluitend op een hoog abstractieniveau in kaart gebracht. Het bepalen van wat en tot hoever aan klimaatmaatregelen nodig is op planniveau is en blijft vanwege de gebiedseigen kenmerken een kwestie van maatwerk. Aanvullend MKBA-onderzoek op planniveau is nodig om robuuste conclusies te kunnen trekken.

⁹ In plaats van 'no regret' is het meer juist te spreken over 'low regret'. De beschikbare informatiebasis en tijd laat een diepgaande analyse van kosten en baten, rekening houdend met alle verschillen in gebiedskenmerken en mogelijke klimatologische ontwikkelingen niet toe. Dit betekent dat conclusies deels een kwantitatieve en deels zijn gebaseerd op expert judgement. Op basis van aanvullend MKBA-onderzoek kunnen 'no regrets' nader (kwantitatief) worden onderbouwd.

¹⁰ Stichting CAS, et. al., <http://klimaatschadeschatter.nl/>

Meerkosten nieuwbouw in (sub)urbane wijktypen

In de MRA-studie worden minimale en maximale meerkosten voor klimaatadaptieve maatregelen voor onderstaande drie fictieve wijktypen in kaart gebracht, zie tabel 8. Met deze meerkosten wordt voldaan aan het ‘Basisveiligheidsniveau Klimaatbestendige Nieuwbouw 3.0’, (Metropoolregio Amsterdam, 2021) dat bestaat uit uitgangspunten en doelvoorschriften voor nieuwbouw (gebiedsontwikkeling) op de *thema’s wateroverlast, droogte, hitte, overstromingen en natuurinclusief bouwen*. Het beschrijft een totaalpakket aan doelvoorschriften waar nieuwbouw binnen de Metropoolregio Amsterdam en provincie Noord-Holland aan zou moeten voldoen om klimaatbestendig te zijn, schade door het veranderende klimaat te verminderen en leefbaarheid te vergroten.

Vanwege het verschil in dichtheid in aantal woningen per hectare, worden in deze beschouwing de wijktypen 1 en 2 gekwalificeerd als ‘urbaan’ en wijktype 3 als ‘suburbaan’.

Tabel 8: Kenmerken wijktypen waarvoor indicaties voor meerkosten bekend zijn

Wijktype	Kenmerken	Woningdichtheid
1. Getransformeerd bedrijventerrein	Transformeren tot gemengd centrumstedelijk woonmilieu	60 woningen per hectare, waarvan 59 w/ha nieuwbouw
2. OV-knooppunt	Transformeren tot onderscheidend hoogstedelijk woonmilieu	80 woningen per hectare, waarvan 60 w/ha nieuwbouw
3. (Naoorlogse) woonwijk	Ontwikkelen tot gedifferentieerd groenstedelijk woonmilieu	45 woningen per hectare, waarvan 15 w/ha nieuwbouw

Bron: (Arcadis, &flux, 2020)

In de MRA-studie zijn de meerkosten voor een nieuwbouwwoning en kosten voor het gebied (bestaande gebouwde omgeving en de openbare ruimte) zelf bepaald. In deze economische beschouwing op kosteneffectiviteit van de maatregelen zijn ook de meerkosten voor het gebied zelf doorberekend in de kosten per nieuwbouwwoning. De verhouding tussen minimale en maximale meerkosten is vaak groot (1:10 of hoger). Dit verschil wordt verklaard door de verschillende scenario’s, waarin een verscheidenheid aan wijktypen, bodem- en watersystemen, en nieuwbouwprogrammering tot verschillende maatregelpakketten leidt.

Vermeden kosten klimaatschade

In het kader van de MRA-studie worden geen kwantitatieve indicaties gegeven voor de baten van klimaatmaatregelen. Hiervoor hebben we afzonderlijke

berekeningen uitgevoerd met de Klimaatschadeschatter. De Klimaatschadeschatter geeft een schatting van de klimaatgerelateerde schade tot 2050 van 77,5 miljard tot 173,6 miljard euro in Nederland, onder de aanname dat er niets aan klimaatadaptatie zou gebeuren, zie figuur 21. Deze bedragen geven een indicatie van de klimaatschade op de thema's droogte, wateroverlast en hitte. De indicaties zijn gebaseerd een vergelijking van het scenario waarin het klimaat niet of nauwelijks verandert met de situatie waarin het klimaat (qua neerslagpatronen en temperatuur) sterk verandert.¹¹

Voor het bepalen van de kosteneffectiviteit in deze beschouwing zijn de verwachte schadekosten teruggerekend naar de kosten per huishouden, rekening houdend met de ontwikkeling van het aantal huishoudens tot 2050.

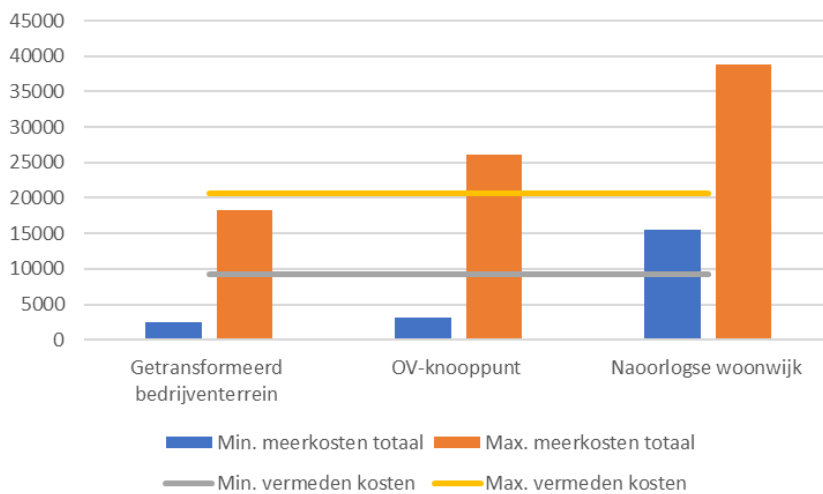


Figuur 61: Minimale en maximale klimaat-gerelateerde schade

Kosteneffectiviteit

Worden de minimale en maximale meerkosten per nieuwbouwwoning afgezet tegen de gemiddelde vermeden verwachte klimaatgerelateerde schade (bij niets doen en klimaatverandering) per huishouden, dan ontstaat het volgende beeld (figuur 22):

¹¹ De resultaten in de Klimaatschadeschatter zijn gebaseerd op de KNMI'14 scenario's. Hierin wordt uitgegaan van het WH-klimaatscenario. Er zijn sinds de introductie van de Klimaatschadeschatter nieuwe scenario's beschikbaar gekomen die doorgaans een extremer beeld laten zien. Deze zijn nog niet verwerkt in de tool.



Figuur 22: Meerkosten en indicatieve baten klimaatmaatregelen 3.0 (per woning)

In de bijlage zijn de meerkosten per wijktype in meer detail weergegeven, waarin de meerkosten per nieuwbouwwoning en de meerkosten voor de omgeving per nieuwbouwwoning inzichtelijk zijn gemaakt.

Financiering

- Het uitvoeren van het pallet aan klimaatadaptieve maatregelen leidt tot een prijsopdrijvend effect voor een gemiddelde woning van tussen de 0,3% - 0,6%. Een dergelijke meerprijs voor een woning is (zeker in de meer urbane gebieden waar consumenten doorgaans meer bereid zijn te betalen voor een woning) door te berekenen aan de consument in de VON.-prijs van een woning.
- In gebieden waar extra klimaatmaatregelen alleen tegen relatief hoge kosten kunnen worden doorgevoerd, zal, wanneer het voorkomen van afwenteling (later in de tijd) blijvend wordt gehanteerd, beoordeeld moeten worden of het verrekenen hiervan in V.O.N.-prijs realistisch of wenselijk is. Te hoge kosten kunnen (hoewel op dit moment mogelijk niet voorstelbaar) de afzetbaarheid van woningen in bepaalde gebieden onder druk zetten. Daar staat tegenover dat niet ingrijpen kan leiden tot externe (regionale) effecten, doordat (geinformeerde) consumenten vanwege een verhoogd risicoprofiel van de woningen voor klimaatschade uitwijken naar andere locaties en hierdoor in andere regio's een prijsopdrijvend effect kan optreden. Dit betekent dat op deze locaties meer woningen gebouwd dienen te worden en het niveau van publieke voorzieningen op niveau gebracht voor deze extra instroom (al dan niet via verplaatsing).
- De maatschappelijke baten van de klimaatmaatregelen kunnen de baten van de individuele koper overtreffen. Niet alle meerkosten hoeven

gedragen worden door de kopers van nieuwe woningen. Voor gebiedsgerichte maatregelen (te denken valt aan recreatief blauw en groen) met een bredere reikwijdte dan alleen de woning, ligt het voor de hand om de kosten meer in den brede over de belastingbetaler aan te slaan (bijv. via WOZ-waarde). Een vergelijkbare redenering ligt voor de hand gelet op de externe effecten die de klimaatregelen kunnen hebben voor burgers en bedrijven in het betreffende urbane gebied of in andere regio's van het land. De maatschappelijke baten kunnen hoger zijn doordat de economische activiteit rondom de woningen toeneemt door het gestegen veiligheidsgevoel of de schade en publieke kosten voor anderen beperkt blijven.

Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek

- Op basis van de indicatieve informatie kan voorzichtig worden opgemaakt, dat, als gekeken wordt naar de drie wijktypen, de baten van klimaatadaptieve maatregelen voor nieuwbouw in urbane gebieden potentieel opwegen tegen de meerkosten. Voor suburbane gebieden is dit minder evident. Dit komt niet zozeer doordat de meerkosten per woning of de omgeving per hectare hoger zijn voor het suburbane wijktype, maar met name doordat de meerkosten (door een lagere bebouwingsdichtheden) over een kleiner aantal woningen worden omgeslagen.
- Er bestaan grote verschillen in de kosten die noodzakelijk zijn per woning om nieuwbouw klimaatrobuust te realiseren, ook binnen dezelfde wijktypen. De enorme verscheidenheid aan lokale bodem- en watersysteemkenmerken is hier de oorzaak van. Dit onderschrijft de noodzaak om niet zondermeer uniforme maatregelen voor te schrijven maar ruimte te laten voor lokaal maatwerk over de wijze waarop binnen ontwikkelingen de klimaatopgave wordt ingevuld. Dit bevordert kosteneffectiviteit.
- In tegenstelling tot de kosten zijn de baten van de maatregelen (tot op zekere hoogte) onzeker. De meest recente inzichten laten zien dat het klimaat verandert, waarbij vaker en meer extreme weercondities optreden. Hierop anticiperen door te kijken wat hieraan gedaan kan worden tegen een in relatie tot totale kosten van de ontwikkeling acceptabel kostenniveau, is vanuit een voorzorgprincipe verdedigbaar. Op deze wijze kan worden voorkomen dat afwenteling van kosten optreedt op 'derden', waarbij de hoogte en de termijn waarop deze kosten optreden direct samenhangt met het tempo van klimaatverandering. Bij een relatief snelle verandering van het klimaat zijn maatregelen vanuit economisch perspectief eerder efficiënt.
- De economische efficiëntie van klimaatmaatregelen zal daarnaast verder toenemen naarmate met de maatregelen ook (tijdelijk of permanent) andere waarden dienen. Relevant in dit verband zijn mogelijke

ecosysteemdiensten gekoppeld aan de aanwezigheid van stedelijk groen (naast bergende en verkoelende waarden) op het gebied van bijvoorbeeld luchtkwaliteit, klimaatregulatie (CO₂) en gebruiks-/belevingswaarde.

- De bestaande inzichten in de meerkosten van klimaatbestendige nieuwbouw uit de MRA-studie beperken zich tot inbreidingsgebieden. Gebiedsontwikkelingen zijn niet in de MRA-studie beschouwd. Voor een beoordeling van kosten en baten voor dit type locaties is vergelijkbaar nader onderzoek nodig. Erop gelet dat bij gebiedsontwikkelingen minder restricties vanuit bestaand gebouwd gebied gelden, is het denkbaar dat deze gebieden profiteren van schaalvoordelen die zijn te behalen door het oplossen van de klimaatopgave in het plangebied.
- Kosten gerelateerd aan overstromingen en zetting vallen buiten de scope van de MRA-verkenning. In tegenstelling tot wateroverlast, droogte en hitte welke als fenomeen landsdekkend optreden, zijn overstromingen en zetting sterk gebiedsspecifiek. Generieke conclusies over de kosteneffectiviteit van klimaatmaatregelen zijn hierdoor niet te trekken. Voor overstromingen, met een kleine kans, geldt daarbij dat fysieke maatregelen al snel te duur worden (tenzij de impact bij falen groot is, zodat minimaal het beschermen van vitale infrastructuur mogelijk kosteneffectief is). Voor zetting zou uit praktische overwegingen kunnen worden aangesloten bij het huidige uitgangspunt, waarbij de inspanning in plannen om restzetting (en daarmee afwenteling) te voorkomen worden afgeleid op basis van een LCC-analyse van investeringskosten en (lange termijn) beheerkosten uitteefbaar en openbaar terrein en daarmee te sturen op minimale maatschappelijke kosten.¹²
- Tenslotte is een meer gebiedsspecifieke uitwerking van de verwachte (vermeden) schadekosten tussen urbane en suburbane gebieden nodig. Deze quickscan baseert zich hierbij op landelijke gemiddelden. Ingezoomd op specifieke gebieden kan dit anders uitpakken en lopen de baten (in omvang en aard) sterk uiteen. De zekerheid van de schattingen voor droogte met de Klimaatschadeschatter zijn groot (zowel in termen van de gebieden als wijze waarop schade kan optreden). Het is waarschijnlijk dat hitte en wateroverlast (bij inbreiding van nieuwbouw in de Randstad) in urbane gebieden relatief dominant zijn. Deze verschillen, in woonmilieu en regio waar de nieuwbouw plaatsvindt, zullen significant van invloed zijn op de kosteneffectiviteit.

12

De Zuidplaspolder is hier een interessante gebiedscasus. Voor het gebied met een netto ophoging van 0,50 m en met 30 woningen / ha bleek uit LCC-analyse voor een periode van 50 jaar (veronderstelde ontwerplevensduur) dat de maatschappelijke kosten het laagst waren met 0,20 m restzetting in 30 jaar (aanleg + beheer en onderhoud) voor de openbare terreinen. Een scenario waarbij geen zetting/afwenteling accepteert zou ca. 6,5 miljoen euro aan extra investeringen vragen tegen een besparing van ca. 2,8 miljoen euro aan beheerkosten.

Adaptatielij 2: Ruimte voor aanpassingen na 2050

Inleiding

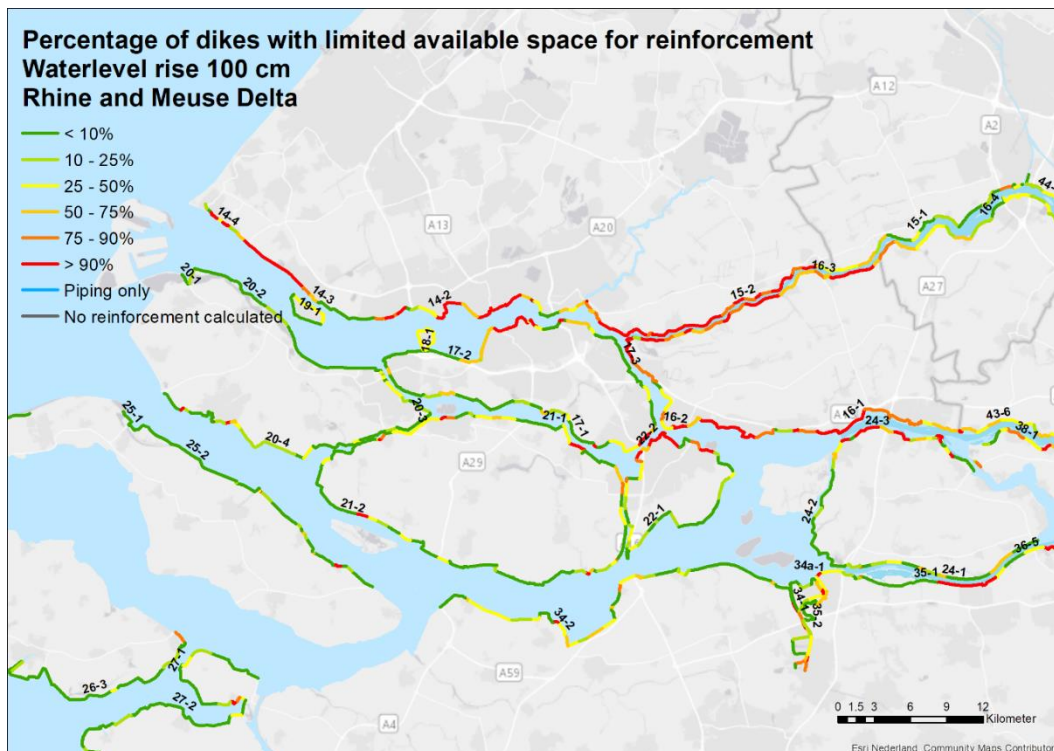
De tweede adaptatielij richt zich op het reserveren van ruimte ten behoeve van verwachte klimaatveranderingen na 2050. Deze ruimtereserveringen zijn nodig voor het inpassen van toekomstige beschermingsmaatregelen, wat enerzijds de economische ontwikkeling op deze ruimte beperkt en tevens een verstoring effect kent op de economische plannen op andere ruimten, maar anderzijds maatschappelijke baten kan opleveren door middel van slim ruimtegebruik en baten in termen van waterveiligheid (vermeden schadekosten). Net zoals dijkbescherming is het reserveren van ruimte voor veiligheid een publiek goed.

De afweging hier is of de kosten om nu ruimte te reserveren opwegen tegen de baten om in de toekomst in deze gebieden adaptatiemaatregelen door te voeren. Dit in relatie tot het uitgangspunt dat in de periode tot 2030 een maatschappelijke behoefte is aan het bouwen van ca. 1 miljoen woningen. De vraag is dus wat het effect van ruimtereserveringen op locaties die anders binnen deze periode beschikbaar zouden zijn voor nieuwbouw op de prijs van woningen is en hoe dat zich verhoudt tot een alternatief waarbij nieuwbouw in deze gebieden optreedt.

Ruimtereserveringen voor versterken primaire keringen

De eerste stap is het in kaart brengen van de ruimtereserveringen. Dit wil zeggen: hoeveel hectare aan ruimtereserveringen is er regionaal nodig om de impact van zeespiegelstijging tot aan 2100 beperkt te houden? Voor deze inventarisatie maken we gebruik van de Deltares studie "Grens aan dijkversterking", waarbij we uitgaan van het scenario dat de waterstand met 100 cm stijgt. In dat scenario dienen de volgende ruimtereserveringen langs de dijken gehanteerd te worden (figuur:

- IJssel (incl. Pann. Kanaal), IJsselmeergebied en Maasvallei: 20 meter
- Bedijkte Maas, IJssel- en Vechtdelta, Markermeer, Nederrijn-Lek en Waal: 40 meter
- Waddengebied, Zuidwestelijke Delta en Benedenrivieren: 50 meter



Figuur 23: Beschikbare ruimte voor dijkversterkingen. Bron: Deltares.

Met GIS is bij deze uitgangspunten vervolgens een calculatie gemaakt van het aantal hectare aan benodigde ruimtereserveringen per regio in Nederland. Dit resulteert in de volgende verdeling (tabel 9):

Tabel 9: Benodigde ruimtereservering per regio bij +2m ZZS

Regio	Ruimtereservering (in ha)
Noord-Nederland	2.000
Oost-Nederland	2.100
Zuid-Nederland	1.500
West-Nederland	5.200
Totaal	10.800

Bron: Deltares, bewerking Ecorys

Minder ruimte voor toekomstige bebouwing

Vanwege de ruimtereserveringen is er minder ruimte beschikbaar voor toekomstige bebouwing in de zogeheten uitleglocaties. Om een indicatie te verkrijgen van de kosteneffectiviteit van de klimaatmaatregelen is het – naast de omvang van de ruimtereserveringen – ook van belang om te weten hoeveel ruimte er nodig is om aan de geplande netto nieuwbouwwitbreidingen per regio te voldoen.

In deze beschouwing maken we hiervoor voornamelijk gebruik van bevindingen uit twee bestaande studies naar de woningbouwopgave tot 2030, uitgevoerd door het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB) (EIB, 2021) en ABF Research (ABF, 2021). Beide studies geven inzicht in het aantal nieuw te bouwen woningen per regio tot aan 2030. Voor een doorvertaling van deze aantallen naar de benodigde ruimte per regio voor woningbouw in uitleglocaties volstaan vervolgens vier aannames:

1. In West-Nederland vindt 85% van de netto woninguitbreiding plaats in binnenstedelijke locaties en 15% in uitleglocaties;
2. In overige delen van Nederland vindt 75% van de netto woninguitbreiding plaats in binnenstedelijke locaties en 25% in uitleglocaties;
3. In binnenstedelijke locaties is de woningdichtheid voor nieuwbouw gelijk aan 80 woningen per hectare;
4. In uitleglocaties is de woningdichtheid voor nieuwbouw gelijk aan 15 woningen per hectare.

Toepassing van de aannames resulteert in de volgende verdeling van de netto uitbreiding aan woningbouw in uitleglocaties tot aan 2030. De netto uitbreiding staat gelijk aan de netto toevoeging van de woningvoorraad op basis van de Primos-prognose (prognose toename bevolking en huishouden). Voor de vergelijking is tevens de ruimtereservering per regio in de tabel 10 inbegrepen.

Tabel 10: Netto woninguitbreiding in uitleglocaties versus ruimtereserveringen tot 2030

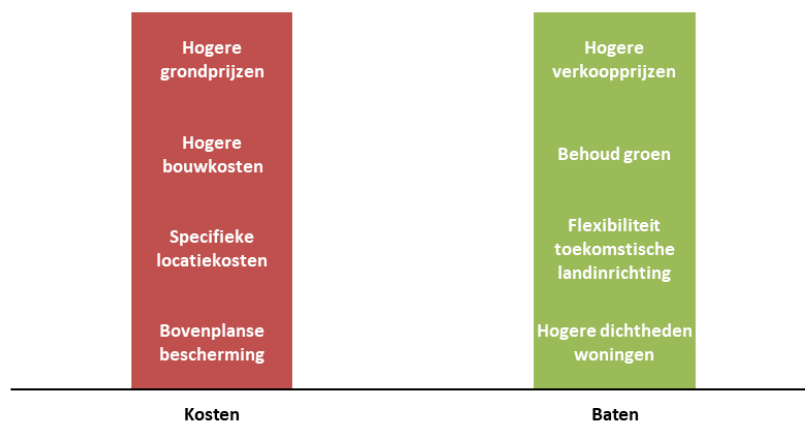
Regio	Netto woninguitbreiding voorzien in uitleglocaties	Netto woninguitbreiding voorzien in uitleglocaties (in ha)	Ruimtereserveringen t.b.v. dijkversterking in niet bebouwde gebieden (in ha)	Typering potentiële impact op grondmarkt
Noord-Nederland	6.800	300	2.000	<i>Klein (beperkt nieuwbouw, ruim areaal beschikbaar)</i>
Oost-Nederland	35.300	1.800	2.100	<i>Beperkt (aanzienlijk programma, ruim areaal beschikbaar)</i>
Zuid-Nederland	31.600	1.600	1.500	<i>Beperkt (aanzienlijk programma, ruim areaal beschikbaar)</i>
West-Nederland	61.700	3.100	5.200	<i>Significant (fors programma, weinig areaal beschikbaar)</i>
Totaal	135.400	6.800	10.800	

Bron: ABF, EIB, bewerking Ecorys

Meerkosten binnenstedelijk bouwen

In totaal is er tot 2030 6.800 hectare aan ruimte nodig voor nieuwbouwwoningen in uitleglocaties, terwijl de ruimte reserveringen voor dijkversterking 10.800 hectare bedraagt. Dit houdt in dat de meer ruimte voor ruimtereserveringen de benodigde ruimte voor nieuwbouw in uitleglocaties overtreft. In hoeverre de noodzakelijke ruimtereserveringen vanuit klimaatadaptatie op gespannen voet staan met de geplande woningen in uitleglocaties kan bij gebrek aan informatie over de exacte locatie van deze woningen niet worden gezegd. In combinatie met inzicht in de bestemming van de grond binnen de ruimtelijke reserveringszones, zou dan een indicatie van de mate van overlappen kunnen worden bepaald. Zonder deze analyse is het wel al aannemelijk dat de spanning het grootst zal zijn in gebieden met een grote nieuwopgave in combinatie met een krappe grondmarkt. Op basis van bovenstaande overzicht betreft dit West-Nederland.

Vanwege de afwezigheid van dergelijke indicaties, biedt deze beschouwing op een hoger abstractieniveau inzicht wat de meerkosten en -opbrengsten zijn om (een deel van) de 135.400 nieuwbouwwoningen in binnenstedelijke gebieden te bouwen ten opzichte van bouwen in uitleglocaties. Ten aanzien van de kosten wordt hierbij gekeken naar de meerkosten van bouwen in binnenstedelijke locaties. Ten aanzien van de baten wordt hierbij gekeken naar de meerkosten van ruimtelijk inpassing van versterkingsmaatregelen in de toekomst in bebouwde ten opzichte van niet-bebouwde gebieden. Figuur 24 geeft inzicht in de kosten en baten van binnenstedelijk bouwen:



Figuur 24: Kosten- en baten binnenstedelijk bouwen ten opzichte van bouwen in uitleglocaties Bron: Deskstudie Ecorys.

Binnenstedelijk bouwen leidt ten opzichte van bouwen op uitleglocatie tot hogere grond- en bouwkosten per woning. Daar staat een gemiddeld hogere

opbrengst per m² vloeroppervlak tegenover. Zolang de exacte omvang van binnenstedelijke verdichting vanwege ruimtelijke reserveringen speculatief is, is het niet mogelijk kwantitatieve benadering te geven van de meerkosten. Om toch een indicatie van de meerkosten te bieden, maken we gebruik van bestaande informatie over de meerkosten van verdichten. (EIB, 2013) becijfert in een analyse van 48 grondexploitaties een veel hoger exploitatieverschil, namelijk €23.000 per woning. (Rebel, 2021) becijfert de meerkosten van binnenstedelijke locaties op €5.000 per woning. (Decisio, 2020) op ca. €8.500 per woning. Aangezien (EIB, 2013) relatief verouderd is en binnen de veranderde woningmarktcontext niet voldoende bruikbaar meer worden geacht, zullen de verwachte meerkosten waarschijnlijker rond de €5.000 tot €10.000 per woning liggen.

De grootste kostendrijvers voor binnenstedelijke woningbouw zijn de uitplaatsing van bedrijven en het herinrichten van de openbare ruimte. Bij woningbouw in uitleglocaties beslaan de infrastructurele ontsluiting en nutsvoorzieningen een groter deel van de kosten. Hoewel met sommige componenten geen rekening is gehouden is berekening van de publiek onrendabele top, zoals het grondprijs opdrijvende effect vanwege schaarste, eventuele herstructureringskosten en de maatschappelijke kosten en baten die kunnen worden ontleend aan binnenstedelijk bouwen dan wel bouwen in bouwen in uitleglocaties, nemen we aan dat het verschil tussen de gemiddelde publiek onrendabele top per woning voor binnenstedelijke locaties en de gemiddelde publiek onrendabele top per woning voor uitleglocaties een benadering is van de meerkosten voor binnenstedelijk bouwen ten opzichte van bouwen in uitleglocaties.

Vermeden kosten toekomstige dijkversterkingsopgave

De meerkosten van binnenstedelijk bouwen ten opzichte van bouwen in uitleglocaties kunnen worden gezien als kosten van ruimtelijke reserveringen. Het voordeel hiervan is dat op termijn eenvoudiger en goedkoper is om dijkversterking toe te passen. Bebouwing bemoeilijkt dijkversterking. Dijkversterking kan plaatsvinden met behoud van de bebouwing, maar dit vraagt dure constructies. Een alternatief is om de bebouwing eerst te verwijderen. Opkopen en verwijderen van de bebouwing is ook een ingrijpende en kostbare zaak. Versterken in grond is de goedkoopste optie. (ECKB, 2015) komt daarbij tot de volgende kostenvergelijking (tabel 11):

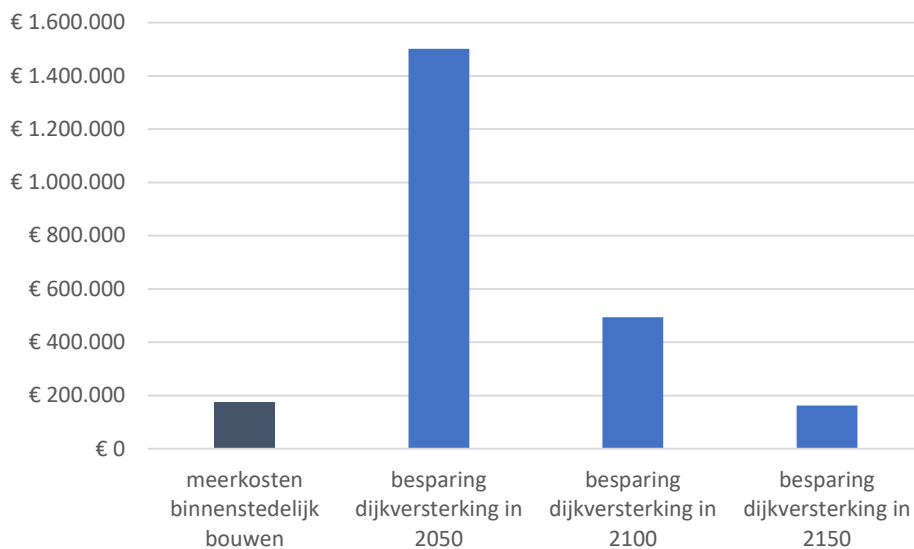
Tabel 11: Kosten per km dijkversterking en opkoop bebouwing, miljoen euro, nominale waarden

Alternatief dijkversterking	Dijkversterking 2040	Bebouwing 2038	Subtotaal eerste versterking	Herhaling dijkversterking	Totaal
Constructies	18,8		18,8	18,8	37,6
In grond	4,5	15,0	19,5	4,5	24,0
Gemengd	13,9	2,2	16,1	13,9	30,1

Bron: ECKB (2015)

ECKB (2015) constateert dat, bezien over een periode van 100 jaar, in contante waarden de kosten van de dijkversterkingsalternatieven van dezelfde orde grootte zijn. Voor de onderhavige vergelijking van de meerkosten van binnenstedelijk bouwen, vallen uit bovenstaande tabel echter de kosten voor aankoop en sloop van gebouwen weg en blijven de kosten voor dijkversterking in de gebieden met een ruimtereservering beperkt tot 4,5 miljoen euro per km dijk.

Een vergelijking op basis van nominale waarden gaat scheef aangezien de meerkosten van binnenstedelijk bouwen vallen in de periode 2022-2029 en de besparingen op dijkversterking pas (veel) later en onzeker zijn. Vanwege deze onzekerheid en de kosten van kapitaal (rente) hebben uitgaven nu hebben niet hetzelfde gewicht als uitgaven in de toekomst. Om kosten nu te plaatsen tegenover mogelijke besparingen later wordt gebruik gemaakt van een discontovoet. Hierbij zijn toekomstige (vermeden) uitgaven teruggerekend naar nu met de standaarddiscontovoet van 2,25%¹³. In contante waarden zijn de meerkosten van het vrijhouden van ruimte lager dan extra kosten die in de toekomst aan de orde zouden kunnen zijn bij het toelaten van bebouwing in deze zones. Daarbij geldt dat hoe eerder versterking nodig zal zijn, hoe hoger de 'spijt' kosten (bestaande uit duurdere maatregelen die in dat geval nodig zijn) van het niet openhouden van deze gebieden. Andersom geldt dat er ook een risico bestaat dat gedurende de levensduur van de woningen geen versterking zal zijn. Naarmate de verwachting groter is dat pas in de verre toekomst klimaatverandering noopt tot versterking in de geoormerkte zones, neemt de opportuiniteitskosten van ruimte reserveren toe, zie figuur 25).



Figuur 65: Meerkosten binnenstedelijk versus mogelijke toekomstige besparingen dijkversterking per hectare (contante waarde)

Kosteneffectiviteit extra flexibiliteit in stedenbouwkundig plan

Voor een beschouwing van de kosteneffectiviteit op lokaal/ planniveau baseren wij ons op een (verkenkende) uitwerking van kosten en baten van een klimaatadaptief wijkontwerp zoals deze anticiperend op de 'Bouwadaptief' richtlijnen Zuid-Holland voor een concrete nieuwbouwontwikkeling is uitgevoerd in de regio Rotterdam.¹⁴ De casus betreft een uitleglocatie met een plangebied van 7,35 ha (excl. oppervlaktewater) waar initieel 140 woningen worden voorzien. Ten behoeve van deze beschouwing wordt bovenop de standaard uitgangssituatie, waarbij het gebied conform de minimale eisen 70 en 90 mm neerslag aankan, aanvullende ruimte gereserveerd voor de aanleg van extra groene assen in het gebied. Daartoe is het plangebied opnieuw ingedeeld. Hierdoor wordt 10% uitgeefbaar terrein opgeofferd, maar de groene assen zorgen voor een grote buffercapaciteit bij regenval.

Om te beoordelen of het reserveren van ruimte economisch kansrijk is, berekenen we het kantelpunt waarop het jaarlijkse positieve effect van het voorkomen van schade aan woningen groter wordt dan de jaarlijkse kosten. Eerst interpoleren we de becijferde jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade tussen 2030 en 2085. Hierbij wordt uitgegaan van de neerslag bij hevige kortdurende buien (van een uur) volgens (KNMI, HKV, 2019). De bedragen zijn afgeleid uit de gemiddelde directe kosten bij wateroverlast per oppervlakte woongebied en de schadefunctie voor bebouwing. Beide zijn afkomstig uit de Waterschadeschatter (WSS) van STOWA. De jaarlijkse kosten berekenen we als de netto gederfde opbrengsten uit grondopbrengsten. In dit

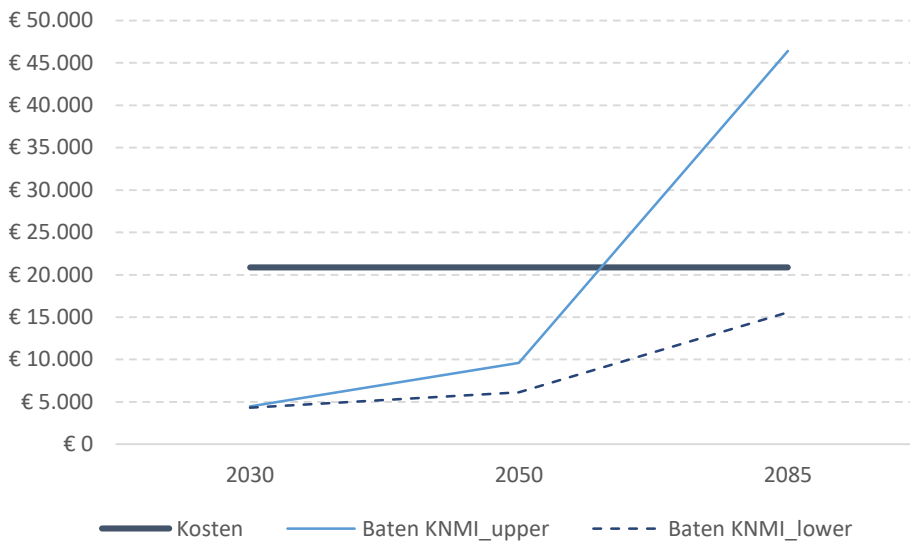
¹⁴

Auteur (2019), verkenning kosten en baten klimaatbestendig bouwen, casus Lansingerland

netto effect is rekening gehouden met een 10% hogere waardering voor het aan groen en blauw aangrenzend uitgeefbaar terrein.

De onderstaande figuur laat zien onder welke omstandigheden een ruimtelijke reservering kosteneffectief wordt (kantelpunt). Dit komt overeen met het snijpunt tussen de lijn van de (geïnterpoleerde) baten in termen van vermeden wateroverlast en de lijn met de jaarlijkse kosten (annuïteit) van de maatregel. Voor de beschouwing is 2030 als jaar gekozen waarop een reservering van 10% kosteneffectief moet zijn. Als in dat jaar nog geen positief saldo bestaat, kan uitvoering van de maatregel vanuit economische overwegingen beter uitgesteld worden. Voor de onderhavige casus lijkt dit het geval. Het kantelpunt waarop de baten de kosten overstijgen ligt hier rond 2060. Bij deze uitkomst zijn de nodige kanttekeningen te plaatsen. De netto kunnen kosten bij een ander ontwerp of andere locatie mogelijk lager uitvallen, bijv. door meer m² woonoppervlak in andere bouwvormen te realiseren of door voor de ruimte een (tijdelijke) alternatieve productieve bestemming te zoeken. Anderzijds geldt dat het moment waarop de baten de kosten van een reservering overstijgen – in het geval van extreme klimaatverandering en hoge economische groei – binnen de ontwerplevensduur van de wijk (80 jaar) kunnen vallen. Bij een gematigde ontwikkeling, ligt dat moment pas daarna, zie figuur 26.

Op basis van de huidige kennis is het derhalve niet mogelijk om generieke conclusies over de kosteneffectiviteit van het reserveren van ruimte te trekken. De casus laat zien dat het verkennen en beoordelen hiervan binnen nieuwoontwikkelingen tenminste wel zinvol is: dit voorkomt het dat daar waar er realistische kansen zijn voor een acceptabele 'return' deze niet worden benut (daarmee meewegend de waarde van een voorzorgprincipe bij een onzeker toekomstig klimaatverloop).



Figuur 26: Illustratie kantelpunt wanneer de baten (vermeden schade) de kosten (gederfde inkomsten) van 10% ruimtelijke reservering overtreffen bij verschillende klimaatontwikkelingen (casus uitleglocatie)

Conclusies en aanbevelingen

De grondexploitatie op uitleglocaties is vrijwel altijd positiever dan voor binnenstedelijk bouwen. Daar staat tegenover dat binnenstedelijk bouwen eerder positieve maatschappelijke neveneffecten heeft (leefbaarheid, agglomeratie-effecten), bouwen in uitleglocaties kent eerder negatieve neveneffecten (het opofferen van ruimte en natuur voor woningbouw). Daarnaast zijn bij uitleglocaties tot hogere benodigde infra-investeringen, die slechts ten dele in de grondexploitatie zijn meegenomen. Binnenstedelijke projecten leiden ook tot extra belasting van infrastructuur, maar in mindere mate.

In kader van de woningbouwopgave pleit de Rijksbouwmeester voor het bouwen in binnenstedelijke locaties alvorens naar ontwikkeling van uitleglocaties wordt gekeken. Ook de bevindingen van de eerste adaptielijn geven de indruk dat de inzet urbane locaties meer kosteneffectief is.

Ecorys (2021) laat zien dat het maatschappelijk gezien verstandiger is in te breiden in bestaand stedelijk weefsel dan de benodigde extra woningen buiten de steden te ontwikkelen. Er ontstaat per saldo naar schatting een maatschappelijke meerwaarde van circa 1,2 miljard euro over de gehele periode tot 2050, indien dit op de 'traditionele wijze' wordt uitgevoerd. Er zijn meer investeringen voor nodig (circa 2,7 miljard euro), maar dit wordt gecompenseerd door de positieven externe maatschappelijke effecten, welk kunnen oplopen tot bijna 4 miljard euro tot 2050.

Voor de tweede adaptielijn is het van belang dat voor ruim 135.000 nieuwbouwwoningen niet worden gebouwd op de plekken waar in de toekomst de ruimte nodig is voor dijkversterking. Hoewel verdiepingsonderzoeken moeten aantonen in hoeverre de bestemde ruimte voor woningbouw en ruimtereserveringen in uitleglocaties elkaar exact overlappen, biedt binnenstedelijke verdichting eveneens een mogelijke uitkomst.

Met name de relatief lage toename van de onrendabele top ten opzichte van bouwen in uitleglocaties, de aanwezigheid van infrastructuur en kansen op maatschappelijke opbrengsten bieden voldoende perspectief. De meerkosten op basis van een hogere grondprijs (grondprijsoptrijvende effect) en herstructureringskosten van bestaande woonwijken zijn vanwege de riante verschillen in tijd en locatie aandachtspunten voor vervolgonderzoek.

Het anticiperen op (verdergaande) klimaatverandering binnen het plangebied zelf door bijv. het reserveren van 10% ruimte kan een verstandige strategie zijn. Een indicatieve voorbeelduitwerking laat zien dat onder bepaalde condities gedurende de levensduur van de ontwikkeling de jaarlijkse baten van vermeden wateroverlast de jaarlijkse kosten (in termen van gederfde inkomsten) van de reservering overtreffen. Omdat dit punt naar verwachting niet in de direct nabije toekomst ligt, is het verstandig te zoeken naar alternatief (omkeerbare en tijdelijke) nuttig gebruik van de ruimte om het risico van een (maatschappelijk gezien) onrendabele te beperken. Een generieke eis lijkt vanuit economisch perspectief niet wenselijk. Wel is het wenselijk dit van geval tot geval te onderzoeken.

Financiering

Ruimtelijke reserveringen

- Gronden voor de beoogde ruimtelijke reserveringen veelal reeds in eigendom bij (semi) overheid (Rijk, provincie, waterschap). Hierdoor is er geen directe financieringsbehoefte nodig. Dit zijn reeds strategische grond reserves
- Alleen gronden die in eigendom zijn van private partijen of particulieren, zullen planologisch gezien onmogelijk gemaakt worden tot toekomstige bebouwing. Hiervoor is geen planschade nodig, indien de gronden nog geen woningbouwbestemming hebben (is speculatie van partijen op waardeestijging grond). Alleen voor die gronden die reeds een planologische woningbouwbestemming hebben en nu gereserveerd moeten worden voor toekomstige versterkingen van dijken dienen gecompenseerd te worden middels planschade.

Binnenstedelijk bouwen

- Meerkosten binnenstedelijk bouwen van tussen de €5.000 tot €10.000 per woning, kunnen (mits gerealiseerd binnen de Randstad) bekostigd worden door de eindgebruikers (de eigenaren van de woningen).
- Hierbij speelt het schaarste-effect een grote rol: naarmate de druk op de woningmarkt groter wordt en het aantal beschikbare woningen beperkt is, zal dit een prijsopdrijvend effect tot gevolg hebben.
- Woningcorporaties en beleggers zullen blijven investeren in vastgoed (woningen) dat toekomst bestendig is en blijft.

Fonds-opzet

- Voor de bekostiging is het van belang dat er aandacht blijft voor de betaalbaarheid van woningen, om te voorkomen dat binnenstedelijke woningen niet alleen voor de kapitaalkrachtige bewoners mogelijk is. Hierbij zullen woningcorporaties een belangrijke rol moeten spelen om voldoende sociale en betaalbare woningen te kunnen aanbieden.

Adaptatielij 3: Anticiperen op extreme zeespiegelstijging na 2100

Inleiding

Deze adaptatielij is letterlijk een “lifeline”. De relevantie ervan is gekoppeld aan het extreemste scenario, waarbij de zeespiegelstijging in hoogte en tempo doorzet. Een zeespiegelstijging tot 2 meter kan het beheer van het huidige systeem van kust en rivieren, met aanpassingen, nog mee. Bij stijgingen van 2 tot 6 meter zijn drastische ingrepen nodig om Nederland bewoonbaar te houden (Haasnoot et al, 2017). Het is een adaptatielij om op terug te vallen als alternatieve oplossingsrichtingen niet meer houdbaar zijn en de tijd die beschikbaar is om de steeds omvangrijker wordende versterkingsmaatregelen steeds korter wordt. Hoewel bouwtechnisch gezien er geen belemmeringen lijken, lopen kosten vanwege complexiteit en snelheid van versterken exponentieel op en is het denkbaar dat er moment komt dat de bouwsnelheid een beperkende factor wordt. En er een scenario ontstaat waarbij primaire keringen (dijken) niet overal tijdig kunnen worden versterkt. Gezien het feit dat dit een zodanig extreem scenario is, behandelen we dit ook als een kwalitatieve beschouwing met een redeneerlijn, zonder financiële onderbouwingen.

In het spreiden en concentreren scenario bouwen we voort op adaptatielij 2 waarin binnenstedelijke verdichting (van vooral de Randstad) centraal staat. Dit noemen we de concentratie-component van dit scenario. Daarnaast kijken we naar de gebieden die in de toekomst als veilig gebied beschouwd kunnen worden (als het gaat om overstromingen van zowel rivieren/ zeewaterspiegel).

Deze veilige gebieden op de hoge delen zijn de spreiding-component van dit scenario.

De uitgangspunten bij deze adaptatielijijn:

- Het is bij extreme zeespiegelstijging onmogelijk om alle primaire waterkeringen (dijken) afdoende op hoogte te brengen/ te houden door beperkingen in de bouwsnelheid. Daarom dienen er keuzes gemaakt te worden. Op basis van een risico-afweging krijgen de primaire keringen die het huidige het economische hart beschermen daarbij prioriteit. Alle andere primaire keringen worden niet meer conform de veiligheidseisen aangepast, waardoor het overstromingsrisico in delen van het land toeneemt.
- De hoger gelegen gebieden die niet vatbaar zijn voor hogere nieuwe waterniveaus (zee en/ of rivieren) worden de gebieden waar nieuwe ontwikkelingen worden bestemd. Er dient voldoende infrastructuur aangelegd/ gereserveerd te worden om de spreidings-zones te kunnen verbinden met de economische concentratie-gebieden. Bereikbaarheid en voorzieningenniveau binnen de spreiding-zone moet op het niveau worden gebracht passend bij een verstedelijkte agglomeratiezone. Buiten de concentratie-zones zal een groot deel van de bebouwing (woningen, kantoren, overig vastgoed) opgegeven moeten worden.

Baten van 'spreiden en concentreren'

De waarde van deze 'lifeline' schuilt in het voorkomen van extreme, onomkeerbare materiële en immateriële schade in delen van Nederland in geval de houdbaarheidsdatum van alternatieve strategieën wordt bereikt. De waarde van deze adaptatielijijn is onzeker: de optie krijgt waarde bij een zeespiegelstijging die qua hoeveelheid en snelheid het huidige voorstellingsvermogen (nog) te boven gaat. (Tijds) migratie en herlocatie van bewoners, economische assets en publieke voorzieningen als reactie op (het vooruitzicht op) van een dalend veiligheidsniveau naar hoger gelegen gebieden kan in die situatie extreme schade voorkomen. De geschiedenis laat overigens zien dat niet rationele overwegingen maar extreme gebeurtenissen nodig zijn om bestaande (vestigings)patronen te doorberekenen. De kosteneffectiviteit is dan ook sterk afhankelijk van of tijdig werk wordt gemaakt van het (deels) verhuizen van bewoners en bedrijven naar hoog gelegen delen. Als de crisissituatie zich eenmaal zou voordoen, is er geen andere keuze mogelijk en zijn kostenoverwegingen van secundair belang.

Gelet op mogelijke beperkingen in bouwsnelheid en exponentieel oplopende kosten van dijkversterkingen (in de orde grootte van al snel enkele honderden miljarden, Haasnoot et al, 2017) ligt het voor de hand dat bij de prioritering van gebieden, kosten en baten (van bescherming van bewoners en assets) een belangrijke rol spelen. Bij veronderstelde gelijke kosten per km versterkingsmaatregel, hebben in dat geval primaire keringen die gebieden met de hoogste (materiele en immateriële) economische waarde per m²

grondgebruik prioriteit. Dit is globaal het gebied binnen de ruit Hoek van Holland – IJmuiden – Amsterdam – Utrecht – Rotterdam (ook wel bekend als dijkkring 14). De potentieel hoge economische schade in dit gebied is ook terug te zien in het huidige hoge beschermingsniveau dat aan de keringen in dit gebied is toegekend. De gemiddelde schade per km normtraject is voor trajecten langs de Zuid-Hollandse kust het hoogst.

Voor deze gebieden in laag Nederland die (eventueel, zolang dat houdbaar is met een (nog) verder stijgende zeespiegelstijging) beschermt blijven, verandert het economisch schaderisicoprofiel niet. In een situatie dat een dergelijk scenario zoals hier wordt geschetst zich voordoet, zal het beschermingsniveau in andere gebieden gaandeweg verder teruglopen. Met – in geval voor bewoners en bedrijven niet tijdig een ander heenkomen is gevonden – een (snel) oplopend kans op hoge economische schade. Ter illustratie, overstromingssimulaties gebruikt bij de normering van de primaire keringen laten zien dat tegen 2050 bij falen van de Noord-Hollandse kustverdediging de economisch schade kan oplopen tot 6 miljard euro. Maar dat is niets vergeleken met de schade die optreedt bij verdere stijging na 2050, die naar verwachting desastreus is.

Kosten

De potentiële maatschappelijke baten van het tijdig inzetten op migratie en herlocatie naar hoog gelegen gebied zijn derhalve groot. Hierdoor kunnen (in de verre toekomst) onrendabele investeringen in primaire keringen die laag gelegen relatief dunbevolkte gebieden beschermen worden vermeden zonder dat dit een grootschalige direct economisch risico oplevert. De verwachtingswaarde van de baten is vanwege de grote onzekerheden over de houdbaarheid van de andere lange termijn oplossingen voor zeespiegelstijging, en over de zeespiegelstijging zelf, op dit moment niet te bepalen.

Aan deze optie zijn ook forse kosten verbonden. Enerzijds aan het openhouden van de optie, waaronder de kosten van het reserveren van ruimte (langs primaire keringen in laag Nederland, maar ook in de randgebieden in de hoge delen voor toekomstige infrastructuur, woningbouw en voorzieningen) en (het geleidelijk op gang brengen van) migratie en herlocatie van bewoners en bedrijven. Anderzijds de kosten van investeringen in de bereikbaarheid en andere investeringen die ten doel hebben de economisch structuur van hoog Nederland te versterken. Aanvullend zijn er hoge maatschappelijke frictie- (zoals bijv. productiviteitsverlies als gevolg van het tijdelijk wegvallen van agglomeratievoordelen, gezondheid) en externe kosten (verlies landschap en open ruimte).

De situatie waarin Nederland verkeert in een dergelijke situatie is zo extreem dat huidige preferenties niet meer opgaan en een andere waardering van effecten waarschijnlijk is, waarbij veiligheid het wint van landschap en open

ruimte (voor zover beiden niet samen zouden kunnen gaan). De benodigde investeringen zijn dusdanig van omvang en schaal, dat hierop nationale regie gewenst is. Dit om tijdig te zorgen dat ontwikkelingen die de transitie naar dit model mogelijk maken worden uitgesloten en adaptatiekansen worden gepakt in investeringen die in de toekomst dit model ondersteunen.

Financiering

De kosten binnen deze adaptatielijnen zijn niet af te wentelen op de burger/ woningeigenaar. Hiervoor zijn algemene middelen benodigd. Te denken valt daarom aan:

- **Klimaatfonds:** een fonds dat zorgdraagt voor alle investeringen nu (voorbereidingskosten om infrastructuur aan te leggen) en in de toekomst om dit spoor gerealiseerd te krijgen
- **Compensatiefonds:** een fonds dat ervoor zorgt dat op korte termijn het spreiden wordt bevorderd en op lange termijn compenseert voor planschade.
- **Spreiden bevorderen:** nieuwbouw ontwikkelingen in de spreidingszones kunnen financieel gestimuleerd worden met kortingen/ co-financieringen, betaald uit opslagen voor nieuwbouwontwikkelingen in de Randstad.
- **Compenseren planschade:** op het moment dat deze adaptatielijnen realiteit wordt zullen vele woningen niet meer bruikbaar zijn. In de loop der tijd heeft de markt reeds haar werk gedaan, doordat vastgoed in de “onveilige gebieden” drastisch in waarde is gedaald. Eigenaren dienen gecompenseerd te worden voor hun bestaand vastgoed en in staat gesteld worden elders nieuw vastgoed/ woning te verkrijgen. De kosten hiervan dienen uit algemene middelen bekostigd te worden.
- In dit scenario dient een sociaal vangnet gecreëerd te worden om te borgen dat iedere inwoner van Nederland in staat wordt gesteld een woning te bemachtigen, onafhankelijk van de financiële situatie van het individu. Immers schaarste betekent een prijstoenname, waardoor het risico kan ontstaan dat alleen welgestelde inwoners een woning kunnen bemachtigen.

Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek

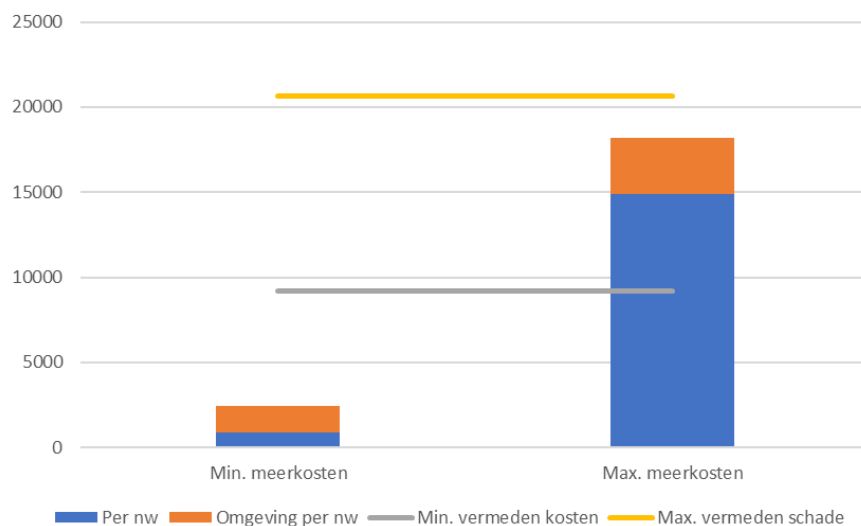
Zoals beschreven is hoofdzakelijk een kwalitatieve economische beschouwing op van de kosteneffectiviteit van deze adaptatielijnen mogelijk. Als gevolg van de hoge mate van onzekerheid over de toekomstige zeespiegelstijging, is het lastig of onmogelijk om ‘no regret’ maatregelen te benoemen. Met name in relatie tot maatregelen in het huidige gebied onder zeespiegelniveau. Deze gebieden krijgen in de toekomst te maken met een steeds groter wordende ruimtevraag voor het inpassen van steeds bredere dijken. Het reserveren van ruimte voor toekomstige dijkversterkingen in deze gebieden kan helpen om hoge kosten in de toekomst te vermijden, maar is dat vanwege de zeer lange tijdshorizon (>2150) niet perse vanwege het onbenut laten van grond of onderbenutting van

het (in theorie hoge) grondpotentieel. Een flexibele maatregel zoals omkeerbaar of tijdelijk gebruik van de ruimte (flex wonen, tiny houses, maatschappelijke functies, etc.) kan een manier zijn om de opportuniteitskosten van ruimte-reserveringen te beperken en tegelijkertijd opties in de toekomst open te houden. In relatie tot de huidige nieuwbouwopgave is het zinvol te analyseren in welke gebieden ruimte te reserveren en te bezien welke functies hier mogelijk zijn.

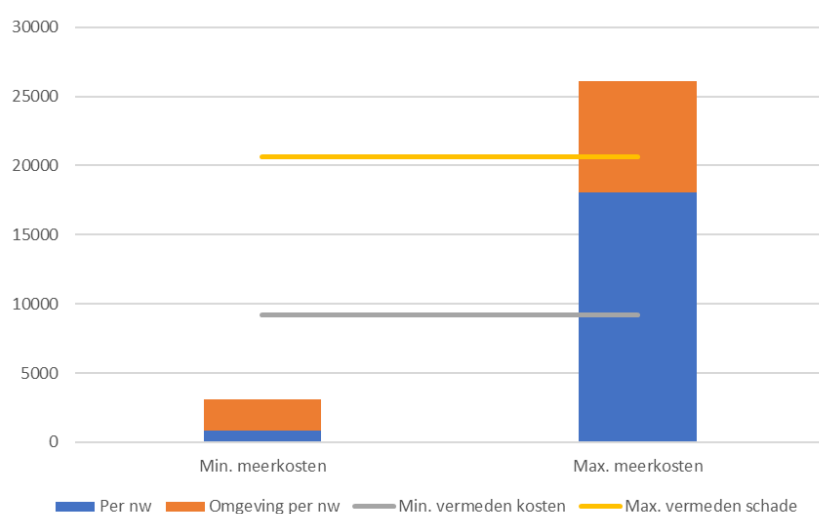
Ten aanzien van de lange termijn, de 'lifeline' strategie geldt een vergelijkbare vraag als bovenstaande: als we deze kant opgaan zijn in de toekomst zeer hoge en daarmee brede dijken nodig in laag nl: die ruimte zou je willen reserveren, maar de grond tussentijds ook zo nuttig mogelijk gebruiken. Welke functies zijn geschikt, alleen bepaalde bebouwing toestaan?

Bij deze 'lifeline' strategie voor de lange termijn hoort ook een visie op urbanisatie in de hoge delen van Nederland. Een visie op wat de nieuwe stedelijke en economische centra van de toekomst in hoog Nederland worden, inclusief een doorvertaling van wat dit vraagt (in termen van infrastructuur, voorzieningen, etc.). Nationaal ruimtelijk beleid met status, zodat gebiedspartijen tijdig planologisch kunnen voorsorteren op toekomstige groei in hun ter beschikking staande instrumenten, zodat planologisch ruimte vrij wordt gehouden waar dat nodig is, geanticipeerd kan worden op bouwbehoefte, maar ook dat bij de aanleg van nieuwe grootschalige infrastructuurprojecten 'no regret' elementen die een dergelijke strategie ondersteunen kunnen worden toegevoegd.

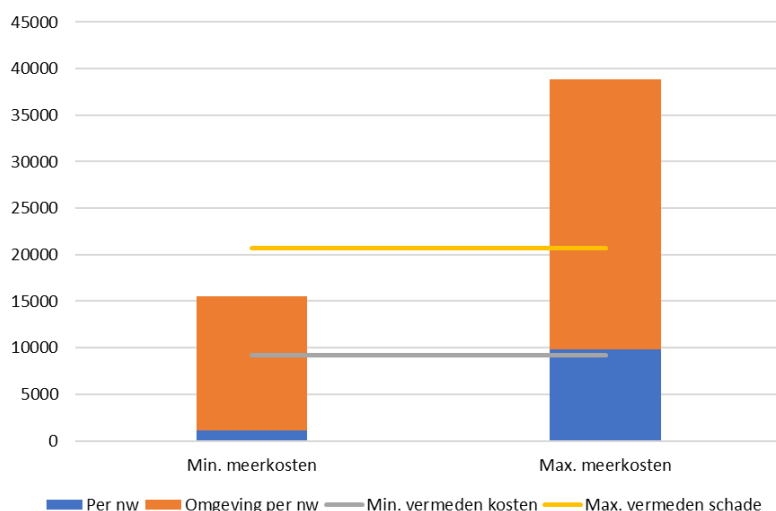
Bijlage: uitsplitsing meerkosten per wijktye



Figuur 27: Kosteneffectiviteit Getransformeerd bedrijventerrein



Figuur 28: Kosteneffectiviteit OV-knooppunt



Figuur 29: Kosteneffectiviteit Naorlogse woonwijk

Tabel 12: Overzicht van de meerkosten voor klimaat- en natuurinclusieve inrichting per hectare nieuwbouw en bestaand gebied tezamen, inclusief de kosten voor gevolgbepierking overstromingscalamiteiten.

Gebiedstype	Minimale meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw per ha	Maximale meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw per ha
Getransformeerd bedrijventerrein - Laag	€ 103.144	€ 1.023.983
Getransformeerd bedrijventerrein - Hoog	€ 157.399	€ 1.091.993
Getransformeerd bedrijventerrein - Schuin	€ 173.653	€ 1.108.247
OV-knooppunt - Laag	€ 140.594	€ 1.496.757
OV-knooppunt - Hoog	€ 199.499	€ 1.594.881
-knooppunt - Schuin	€ 216.329	€ 1.611.711
Na-oorlogse woonwijk - Laag	€ 90.000	€ 388.414
Na-oorlogse woonwijk - Hoog	€ 289.112	€ 664.062
Na-oorlogse woonwijk - Schuin	€ 319.196	€ 694.146

Tabel 13: Per woning, thema's wateroverlast, droogte, hitte en natuurinclusiviteit:

Gebiedstype	Minimale meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw (per woning)	Maximale meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw (per woning)
Getransformeerd bedrijventerrein	€ 898	€ 14.870
OV-knooppunt	€ 860	€ 18.023
Na-oorlogse woonwijk	€ 1.065	€ 9.806

Bijlage 3 Tekstkaders klimaatbestendig bouwen (Defacto Stedenbouw)

Regenwaterbestendig ontwikkelen

Zorg voor voldoende ruimte voor regenwateropvang of vertraging van de afvoer zodat de waterafvoerpiek bij ontwikkelingen niet toeneemt (niet genoodzaakt tot een verdere uitbreiding van het technische hoofdwatersysteem). Op welke schaal dit wordt gedaan (kavel, wijk, stad of regio) kan lokaal een invulling krijgen, waarbij op de kleinere schaal alleen kan worden afgevoerd als er op de andere schaalniveaus binnen de regio een voorziening is getroffen. Ontwerpend onderzoek kan een belangrijke rol vervullen bij het verkennen van adaptatieopties.

In gebieden met een risico op regenwateroverlast kan ook waterbestendig worden gebouwd. De adaptatie kan plaatsvinden bij nieuwbouw of er kan een adaptatiestrategie in de tijd zijn met bijbehorende ruimtereserveringen om in de toekomst verder te adapteren. Daarbij is integraal ontwerp (waarbij ruimte bijvoorbeeld meervoudig wordt gebruikt) evenals een businesscase afgestemd op de levensduur essentieel. Door nu regenwaterbestendig te ontwikkelen of rekening te houden met lange-termijn maatregelen, kunnen toekomstige schade of kosten worden voorkomen. Het vaststellen van een richtlijn met betrekking tot terugkeertijden (eens in de hoeveel jaar is overlast of schade acceptabel) en het werken met mogelijke scenario's zijn hierbij essentieel. Het kan vooral bij de wateropvangmaatregelen (microstorages) zo zijn dat deze slechts tot een bepaalde terugkeertijd werken en bij een extremere regenbui vol raken en niet meer werken.

Gebouwschaal	Wijkschaal	Regionaal
Zorg voor regenwateropvang in gebouwen of op het eigen erf, middels vijvers, tonnen of zakken. Bouw in risicogebieden regenwaterbestendig (zowel een plint voor de woning als voor de parkeergarage), bijvoorbeeld middels: — verhoogde drempels of troittoirs; — verhoogde drempel garage; — waterdichte kelders.	Zorg voor regenwateropvang, en het vertragen en meer infiltreren van regenwater om regenwaterafvoer te verminderen. Bijvoorbeeld middels: — waterpleinen, vijvers of wadi's; — infiltratiekratten of bergingen; — permeabele halfverharding; — microhoogte strategie. Zorg dat gebouwen, tunnels en vitale en kwetsbare functies (zoals elektrakasten) flood-proof zijn: — drempels bij tunnels en garages; — regenwaterbestendig elektranetwerk; — check op noodroutes (niet meer dan 15 cm water op straat).	Zorg voor gebieden waar (binnen de logica van het watersysteem) voldoende water kan worden geborgen zodat het hoofdwatersysteem niet overbelast raakt. Hiermee kan een maastop of wateroverlast in regionale systemen of bebouwd gebied worden vermeden. Breng deze mogelijke (piek)bergingsgebieden proactief in beeld, zodat ze niet onbewust worden weggegeven aan andere functies.
 Tuin met wateropvang dakwater. Defacto stedenbouw (2015).	 Waterbergende en -infiltrerende museuntuin World Art Delft. Defacto stedenbouw (2007).	 Voorstel Amsterdams Waterbos: waterbuffer, recreatie- en natuurgebied. Resilience by design MRA. Defacto stedenbouw (2020).

Figuur 30: Voorbeelden regenwaterbestendig ontwikkelen binnendijks. Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

Hittebestendig ontwikkelen

Zorg dat de opwarming van het stedelijk gebied veel lager is dan nu het geval bij huidige traditionele bouwwijzen, door eisen aan materiaalgebruik, hoeveelheid groen en schaduw te stellen. Hittebestendig ontwikkelen en het creëren van voldoende mogelijkheden om natuurlijk te koelen zijn belangrijk bij nieuwe ontwikkelingen. Zorg in het stedelijk gebied voor voldoende koele plekken nabij woningen, en met name nabij ouderenwoningen en voorzieningen voor jonge kinderen.

De adaptatie in de openbare ruimte kan plaatsvinden bij nieuwe ontwikkelingen of er kan een adaptatiestrategie in de tijd zijn met bijbehorende ruimtereserveringen om in de toekomst verder te adapteren. Daarbij is integraal ontwerp evenals een businesscase afgestemd op de levensduur essentieel. Ontwerpend onderzoek kan een belangrijke rol vervullen bij het verkennen van adaptatieopties. Door nu hittebestendig te ontwikkelen (of ruimte in te bouwen voor adaptatie) zijn de woningen ook op lange termijn comfortabel en wordt het installeren van airco's (welke het probleem verergeren) en toekomstige kosten voorkomen.

Voorkom verdere opwarming van de stad bij nieuwe ontwikkelingen

Zorg dat steden niet (nog verder) opwarmen. Dit beperkt het urban heat island effect (UHI). Bijvoorbeeld middels:

- het gebruik van minder hitte-absorberende materialen:
 - meer groene gevels en daken;
 - meer groen oppervlak;
 - lichtere/ reflecterende materialen;
 - minder stenige materialen.
- meer bomen (schaduw/verdamping);
- minder airco's in gebouwen.

Richtlijnen ontwerp voor hittebestendige gebouwen / ontwikkelingen

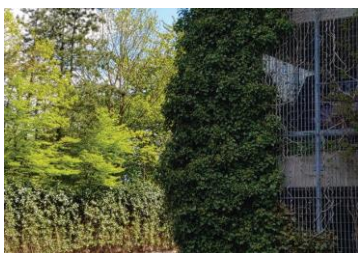
Voorkom noodzaak airco's in gebouwen door maatregelen te nemen tegen opwarming en mogelijkheden voor verkoelen (en nachtelijk ventileren) in het ontwerp op te nemen.

- Goede zonwering gebouwen.
- Minder hitte-absorberende materialen:
 - wit/reflecterend materiaal;
 - groene gevels /daken;
 - minder stenig materiaal;
 - goede isolatie.
- Natuurlijke ventilatie opties en openingen (hierbij is een goede luchtkwaliteit en het beperken van geluidsoverlast essentieel).
- Zorg dat bruggen, tramleidingen en dergelijke hittebestendig zijn.
- Aandacht voor kwetsbare groepen zoals kinderen en ouderen.

Zorg voor koele, goed bereikbare openbare plekken

Zorg in gebieden waar inwoners geen eigen buitenruimte of hittebestendige woning hebben voor voldoende koele plekken in de openbare ruimte die door bewoners op hete dagen te bereiken zijn.

- Koele plekken op een afstand van 300 meter:
 - koele openbare gebouwen;
 - koele schaduwrijke buitenruimte.
- Creëer koele openbare plekken:
 - schaduwrijk;
 - met verdamping (water of groen);
 - met luchtbewegingen;
 - zwembelastingen.
- Creëer koele routes.



Groene gevel parkeergarage. Foto: Defacto stedenbouw.



Ontwerp sociale woningbouw WOHA. Foto: Patrick Bingham-Hall.



Schaduw door bomen in combinatie met gras levert koele plekken op. Foto: Defacto.

Figuur 31: Voorbeelden hittebestendig ontwikkelen binnendijs. Afbeelding: Defacto Stedenbouw, 2021.

Overstromingsbestendig ontwikkelen (binnendijks)

Bij overstromingsbestendig ontwikkelen is het belangrijk dat de gevolgen van een overstroming acceptabel zijn in relatie tot de kans van optreden. De gevolgen van een overstroming hangen onder andere af van de aankomsttijd en stijgsnelheid van een overstroming, en het landgebruik en de grootte van het gebied dat overstroomt. De gevolgen kunnen groot zijn als er (vooral bij een diepe overstroming) veel woningen zonder droge verdiepingen zijn, functies met kwetsbare, minder zelfredzame bevolkingsgroepen overstroomd, of als vitale netwerken uitvallen.

Naast een goed noodplan kunnen er binnendijks extra voorzieningen worden getroffen die de kans op schade of slachtoffers in geval van een overstroming kunnen beperken. Het meest effectief is het inzetten op maatregelen die het water weghouden of de gevolgen beperken in de meest kwetsbare gebieden. Uit risico-dialogen waterveiligheid blijkt dat het bij individuele ontwikkelingen erg lastig is om goed in te schatten welke risico's wel of niet acceptabel zijn. Richtlijnen kunnen hierbij helpen. Zo heeft de MRA in haar concept Basisveiligheidsniveau richtlijnen gegeven voor (al dan niet) acceptabele risico's. Ook hier speelt integraal ontwerp een belangrijke rol bij het verkennen van koppelkansen voor het beperken van schade en slachtoffers.

Neem mogelijke overstromingsdiepte mee als integraal onderdeel ontwerp

Door binnen ontwerpen overstromingsrisico's mee te nemen, kan soms zonder grote extra investeringen de waterveiligheid worden verbeterd. Denk daarbij aan de volgende maatregelen:

- op hoogte plaatsen van elektrakasten;
- gebouwen of openbare ruimtes een (dubbel)functie geven als shelter in gebieden met veel panden zonder droge verdieping;
- vitale functies zoals nood-aggregaten en servers verhoogd plaatsen;
- houd in ontwerpen van gebouwen waar mogelijk rekening met bereikbaarheid droge verdieping;
- verken bij de aanleg van infrastructuur koppelkansen voor de inzet als shelter of evacuatie-routes.

Zonering (hoogte of gebruik) van vitale en kwetsbare functies

Zorg dat bij de locatiekeuze van vitale of kwetsbare functies waar mogelijk rekening wordt gehouden met het overstromingsrisico van het gebied:

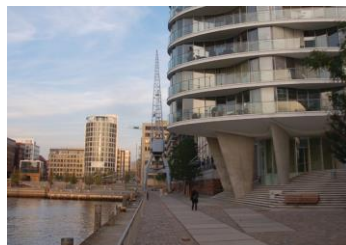
- Plaats zeer kwetsbare functies niet op zeer diep en snel overstroombare plekken met een hogere overstromingskans.
- Maak waar nodig aanpassingen aan gebouwen, bijvoorbeeld toegang tot een droge verdieping of een verhoogde entree.

Extra aandacht bij bouwen in diepe polders die snel kunnen onderlopen

Enkele diep gelegen polders en droogmakerijen kunnen zeer snel en diep onderlopen in het geval van een overstroming. Dit overstromingsrisico kan verder toenemen als gevolg van klimaatverandering. In deze gebieden vraagt het vergroten van de zelfredzaamheid en het beschermen van kwetsbare functies extra aandacht (zeker in geval van een hogere kans op overstroming).



Transformatorkast Persingen. Foto: Havang (nl) via Wikimedia Commons.



Verhoogde entree Hamburg HafenCity. Foto: Defacto stedenbouw.



illustratie amfibisch straatmeubilair tijdens een overstroming. Collage: Defacto stedenbouw.

Figuur 32: Voorbeelden overstromingsbestendig ontwikkelen binnendijks. Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

Bodemdalingbestendig ontwikkelen

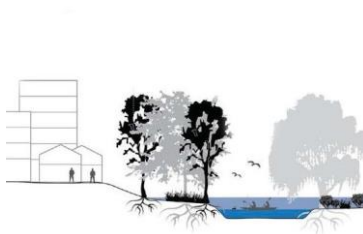
Door het stellen van strengere kwaliteitseisen aan het bouwen in bodemdalingsgebieden kan worden voorkomen dat kosten (onderhoud en beheer bodemdalingsgevoelige gebieden) worden afgewenteld op de toekomst. De extra kosten voor aangepaste woningbouw (en infrastructuur) kan er toe leiden dat afwegingen over waar wel/niet ontwikkelen vanuit de kosten in sommige bodemdalingsgebieden ongunstiger uit zal vallen.

Daarnaast is het belangrijk dat wordt voorkomen dat de bestaande inrichting aanvullende eisen stelt aan het technische watersysteem en er bij bodemdaling door de aanwezigheid van bijvoorbeeld bebouwing of beplanting steeds een verdere actualisatie (en verlaging) van het waterpeil moet plaatsvinden (wat de bodemdaling juist in stand houdt). In bodemdalingsgebieden is het, net als bij regenwaterbestendig- en buitendijks bouwen, essentieel om een goede lange-termijn adaptatiestrategie te hebben waarin indien nodig op basis van ontwikkelingen (zoals verdere bodemdaling) in de tijd geadapteerd kan worden. Ontwerpend onderzoek kan een belangrijke rol vervullen bij het verkennen van adaptatieopties.

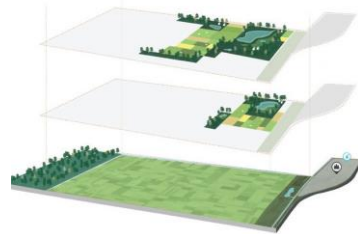
Aangepast bouwen in bodemdalingsgebieden	Lange-termijn adaptatieplan meenemen in ontwerp	Gebieden met slappe bodem inzetten voor ander landgebruik
Bebouwing danwel flexibel, danwel diep onderheid. — Lichte bouwmaterialen. — Lichte ophoogmaterialen. — Flexibele aansluitingen (bijv. op riool). — Bebouwing zonder kruipruimte die robuust is voor de in de tijd toenemende grondwaterstanden.	In bodemdalingsgebieden kan de bebouwing worden onderheid op een vaste laag of juist meebewegen, maar blijft de openbare ruimte en infrastructuur doorgaans zetten. Openbare groenvoorzieningen kunnen zo worden ontworpen dat ze robuust zijn voor bodemdaling (en met name de toenemende grondwaterstanden). Bijvoorbeeld door waterbestendige vegetatie en bomen te kiezen en wandelpaden verhoogd (op vlonders) aan te leggen.	



Amfibische lichtgewicht woning. Collage: Defacto stedenbouw (2020).



Openbare ruimte die door bodemdaling steeds lager komt te liggen. Defacto stedenbouw (2020).



Fasering waarbij landbouwgrond die te nat wordt door bodemdaling kan worden omgezet in natuurinclusief woongebied. Resilience by design MRA. Defacto stedenbouw (2020).

Figuur 33: Voorbeelden bodemdalingbestendig ontwikkelen binnendijs. Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

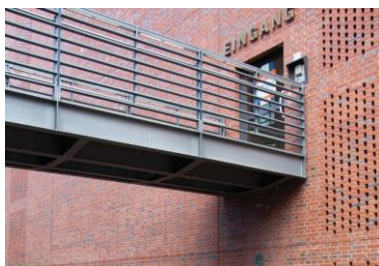
Overstromingsbestendig ontwikkelen (buitendijks)

Buitendijkse gebieden of gebieden langs het hoofdwatersysteem kunnen onder invloed van klimaatverandering (meer extreme neerslag en -afvoercapaciteiten en zeespiegelstijging) te maken krijgen met stijgende waterpeilen en een toenemend overstromingsrisico. Ook hier is het belangrijk dat bij nieuwe ontwikkelingen de gevolgen van een overstroming acceptabel zijn in relatie tot de kans van optreden. In buitendijkse gebieden is het net als bij neerslag- en bodemdalingbestendig bouwen essentieel om een goede lange-termijn adaptatiestrategie te hebben, waarin indien nodig op basis van ontwikkelingen (zoals klimaatveranderingen of daarmee samenhangende aanpassingen van het watersysteem) in de tijd geadapteerd kan worden.

De adaptatie kan plaatsvinden bij nieuwbouw of er kan een adaptatiestrategie in de tijd zijn met bijbehorende ruimtereserveringen om in de toekomst verder te adapteren. Daarbij is integraal ontwerp net als een businesscase afgestemd op de levensduur essentieel. Door nu waterbestendig te ontwikkelen of rekening te houden met lange-termijn maatregelen kunnen toekomstige schade of kosten worden voorkomen. In het buitendijkse gebied (of in direct langs het watersysteem gelegen gebieden) kan als deze adaptatieopties niet zijn meegenomen in de ontwerpfase een lock-in ontstaan, waarbij de ontwikkelingen toekomstige adaptatiepaden dicht zetten. Bijvoorbeeld voor de oplossingsrichtingen voor zeespiegelstijging. Het inbouwen van adaptatieopties is dus niet alleen belangrijk om schade en slachtoffers te voorkomen, maar ook om op de lange termijn flexibel te blijven. Ontwerpend onderzoek kan een belangrijke rol vervullen bij het verkennen van adaptatieopties. Ook in buitendijkse gebieden moet worden ingezet op maatregelen die het water weghouden of de gevolgen beperken in de meest kwetsbare gebieden. Een belangrijke notie is dat vaste bebouwing op voldoende hoogte (afhankelijk van de mate van overhoogte) in principe minder adaptief zijn dan gebouwen of gebiedsinrichtingen die in de tijd nog kunnen worden aangepast.

Neem mogelijke overstromingsdiepte mee als integraal onderdeel ontwerp

- Neem binnen ontwerpen overstromingsrisico's integraal mee.
- Op hoogte plaatsen van bijvoorbeeld elektrakasten, noodaggregaten of gevaarlijke stoffen.
 - Micro-hoogteontwerp waarbij rekening wordt gehouden met vluchtroutes, bereikbaarheid nooddiensten en ontsluiting en positie vitale en kwetsbare functies.
 - Gebouwen of openbare ruimtes zijn deels flood-proof of overstromingsbestendig.



Verhoogd evacuatiepad Hamburg HafenCity
Foto: Defacto stedenbouw.

Zonering (hoogte of gebruik) van vitaal en kwetsbare functies

- Zorg dat bij de locatiekeuze van vitale of kwetsbare functies waar mogelijk rekening wordt gehouden met het overstromingsrisico van het gebied:
- Plaats zeer kwetsbare functies (of gevaarlijke stoffen) niet op diepe en snel overstroombare plekken met een hogere overstromingskans.
 - Maak waar nodig aanpassingen aan gebouwen, bijvoorbeeld altijd toegang tot een droge verdieping, een verhoogde entree of geen slaapvertrekken op de begane grond.



Waterdichte deuren Hamburg HafenCity. Foto: Defacto stedenbouw.

Adaptatiepaden mee ontwerpen bij ontwikkeling (en businesscase)

Bij het ontwerpen van een gebouw of gebied dient al een doorkijk te worden gemaakt naar de lange termijn: hoe kan het gebied in de tijd worden aangepast aan eventuele toenemende waterstanden? Neem hierbij een brede range aan lange-termijn scenario's mee en ga niet alleen uit van nu geldende ontwerphoogten. Dat kan dan wel op gebouwniveau (bijvoorbeeld mogelijkheid verhogen begane grond), dan wel op gebiedsniveau (bijvoorbeeld mogelijkheid toevoegen randen langs kaden).



Afsluitbaar open Rijnmond Rotterdam. Defacto stedenbouw (2010).

Figuur 34: Voorbeelden overstromingsbestendig ontwikkelen buitendijks Afbeelding: Defacto Stedenbouw.

Bijlage 4 Notitie meerkosten bouwrijp maken in zettingsgevoelige en bodemdalingsgebieden

Inleiding

Bodemdaling in het stedelijk gebied zorgt voor veel overlast voor inwoners en hoge beheer en onderhoudskosten voor beheerders van infrastructuur (Gemeenten, provincies, waterschappen en rijk). Wat de meerkosten precies zijn van infrastructuur op slappe bodem en wat de kosten zijn om bodemdaling te mitigeren worden in deze korte notitie uiteengezet. Doordat de bodem echter niet overal even 'slap' is en omdat er vele technieken en alternatieve wijzen van inrichten zijn moeten deze getallen wel worden gezien als een versimpeling van de realiteit en daarmee indicatief. De resultaten zijn hoofdzakelijk gebaseerd op de volgende studies:

1. Rapportage Kosten in Beeld 2018, Platform Slappe Bodem.
2. Consortium Beter Bouwen Beter Wonen (2009) met o.a. de presentatie Duurzaam inrichten: miljoenen besparen!

Beheer en onderhoudskosten van infrastructuur op slappe bodem

Veen en kleibodems zijn niet draagkraagkrachtige ondergronden. Wanneer op deze slappe bodems gewicht wordt aangebracht in de vorm van infrastructuur of gebouwen, dan zal de ondergrond inklinken was resulteert in het zetten van die infrastructuur en gebouwen wat uiteindelijk tot schade aan deze onderdelen. Omdat de meeste gebouwen met een paalfundering gefundeerd worden op een draagkrachtige zandlaag vindt zettingsschade voornamelijk plaats bij infrastructuur (weg, riool, spoor, kabels, leidingen, dijken, etc.). Er zijn diverse technieken waarmee toekomstige zetting kunnen worden beperkt. Dit brengt vaak wel hogere investeringskosten met zich mee die pas in de beheer en onderhoudsfase worden terugverdiend. Wanneer deze technieken niet zijn toegepast de levenscycluskosten van een met zand opgehoogde weg en riool in zeer zettingsgevoelig gebied twee keer zo duur als weg in zandgebied(1).

Wanneer geïnvesteerd wordt in levensduurverlengende technieken (Bims of EPS in plaats van ophogen met zand) leidt dit tot significante besparingen in toekomstig beheer en onderhoud (besparing tot wel 34% op basis van nominale

bedragen(1)). Met andere woorden de businesscase van levensduurverlengende technieken is positief. In de bijlage zij de kostenberekeningen weergegeven waar deze conclusies op gebaseerd zijn voor een periode van 100 jaar op verschillende ondergronden per m2 representatieve straat met riool per type verharding (tabel 14 en 15).

Tabel 14: Totale levenscycluskosten in m2 van de representatieve straat met elementenverharding voor een periode van 100 jaar.

Asfalt	Nominale waarde (2020 t/m 2120)		Netto Contante Waarde (2020 t/m 2120)	
A (niet/weinig zettingsgevoelig)	Zand		Zand	
	€ 391		€ 215	
B (matig zettingsgevoelig)	Zand	Bims	Zand	Bims
	€ 669	€ 563 (-16%)	€ 314	€ 273 (-13%)
C (zeer zettingsgevoelig)	Zand	EPS	Zand	EPS
	€ 795	€ 523 (-34%)	€ 366	€ 276 (-25%)

Tabel 15: Totale levenscycluskosten in m2 met elementenverharding (inclusief percentage verschil ten opzichte van zand).

Elementen	Nominale waarde (2020 t/m 2120)		Netto Contante Waarde (2020 t/m 2120)	
A (niet/weinig zettingsgevoelig)	Zand		Zand	
	€ 377		€ 203	
B (matig zettingsgevoelig)	Zand	Bims	Zand	Bims
	€ 560	€ 517 (-8%)	€ 266	€ 247 (-7%)
C (zeer zettingsgevoelig)	Zand	EPS	Zand	EPS
	€ 686	€ 477 (-30%)	€ 318	€ 250 (-21%)

Nieuwbouw op slappe bodem

Een van de belangrijkste maatregelen om bodemdaling van infrastructuur te voorkomen is door bij de aanleg van infrastructuur, ofwel nieuwbouw, terreinen goed bouwrijp te maken, of zo te ontwerpen dat bodemdaling geen of nauwelijks invloed heeft op de levensduur van diezelfde infrastructuur. Goed bouwrijp maken doe je door de slappe laag te verdichten of zo te bouwen dat de infrastructuur geen belasting geeft op de ondergrond. Verdichten kan worden gedaan door grote pakketten zand op de ondergrond aan te brengen en mogelijk zelfs het slappe pakket te ontwateren. Dit wordt ook wel voorbelasten genoemd. De grond niet belasten kan middels de toepassing van lichte ophoogmaterialen (Bims of EPS) of door simpelweg drijvend te bouwen. Beide oplossingen vragen wel om een hogere aanvangsinvestering. Een investering die in de beheer en onderhoudsfase wordt terugverdiend.

De meerkosten van deze bouwrijptechnieken zijn geëvalueerd binnen het consortium Beter Bouwen Beter wonen 2009(2). Hierbij zijn de berekeningen gemaakt wat de kosten zijn bij aanleg en wat de kosten zijn in de beheer en onderhoudsfase van projecten, zie tabel 16.

Tabel 16: Kosten bouwrijp maken bij aanleg en in de beheer en onderhoudsfase netto contant over een periode van 50 jaar met een rentevoet van 4,5%(2).

Techniek	Kosten aanleg euro/m ²	Kosten beheer euro/m ² netto contant 50 jaar rentevoet 4,5%
Bodemdalingsbestendig: Integraal ophogen (10cm in 30 jaar)	105	2
Niet bodemdalingbestendig integraal ophogen 30 cm in 30 jaar	95	45

In deze studie zijn kosten ook verdeeld per woning per partij voor aanlegkosten en beheer en onderhoudskosten netto contant over een periode van 50 jaar met een rentevoet van 4,5%(2), zie tabel 17.

Tabel 17: Kosten aanleg, beheer en onderhoud verdeeld over partijen per woning:

Partij	Bodemdalingsbestendig (Integraal 10 cm in 30 jaar)		Niet bodemdalingbestendig (Integraal 40 cm in 30 jaar)	
	Investering	beheer	investering	beheer
Gemeente	€ 34.700	€ -	€ 30.800	€ 9.100
Bouwer	€ -	€ -	€ -	€ -
Bewoner	€ -	€ 600	€ -	€ 7.200
totaal	€ 34.700	€ 600	€ 30.800	€ 16.300