

# Adaptatietoets

Dijkversterking Lith-Bokhoven







datum 6 juni 2025  
documentnummer 138415/25-008.701

formaat A3  
auteurs Brecht Leseman (Waterschap Aa en Maas), Jesse Moeys (HWBP), Joep Rawee (Witteveen en Bos), Marcel van den Berg, Laura Garcia, Dorien Koterba, Johanna Bouma (Haskoning)

begeleidingsgroep Regina Havinga, Marjolein Kaandorp, Heike Gaasbeek (HWBP), Jan-Gert Rinsema (DGWB), Nicole Geurts van Kessel (Haskoning) Jan Hulshof, Jan Bouman (Waterschap Aa en Maas)

gecontroleerd door Jan Bouman, Regina Havinga, Marjolein Kaandorp, Jan Hulshof

vrijgave door Nicole Geurts-van Kessel



## Inhoudsopgave

|                                                           |           |                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Proloog voor dijkwerkers</b>                           | <b>5</b>  | <b>6 Strategie – adaptatiepaden</b>                                               | <b>41</b> |
| <b>1 Inleiding</b>                                        | <b>7</b>  | 6.1 Introductie adaptatiepaden                                                    | 41        |
| 1.1 Aanleiding en doel                                    | 7         | 6.2 Adaptatiepad Lith                                                             | 43        |
| 1.2 Scope – vier dijkdorpen in 2200                       | 7         | 6.3 Adaptatiepad Kessel                                                           | 45        |
| 1.3 Leeswijzer                                            | 7         | 6.4 Adaptatiepad Empel                                                            | 47        |
|                                                           |           | 6.5 Adaptatiepad Bokhoven                                                         | 49        |
| <b>2 Aanpak</b>                                           | <b>9</b>  | <b>7 Conclusies</b>                                                               | <b>51</b> |
| 2.1 Proces                                                | 11        | 7.1 Keuzes in deze dijkversterking hebben gevolgen voor de toekomst               | 51        |
|                                                           |           | 7.2 De dijk versterken in grond is het meest adaptief                             | 51        |
| <b>3 Systeemwerking en uitgangspunten</b>                 | <b>13</b> | 7.3 Verticale constructies beperken de adaptiviteit van de oplossing voor de dijk | 51        |
| 3.1 De Maas en toekomstige rivierafvoeren                 | 13        | 7.4 Meer flexibiliteit in wonen aan de dijk biedt kansen op de lange termijn      | 52        |
| 3.2 Zeespiegelstijging                                    | 15        | 7.5 Tussenoplossingen zijn “no-regret”                                            | 52        |
| 3.3 Regionaal systeem                                     | 17        | 7.6 Aanbevelingen voor het vervolg en het HWBP                                    | 54        |
| 3.4 Samenvatting uitgangspunten waterstanden per dijkdorp | 18        | <b>8 Bronnenlijst</b>                                                             | <b>55</b> |
| <b>4 Analyse en toekomstbeelden</b>                       | <b>21</b> | <b>Verantwoording</b>                                                             | <b>56</b> |
| 4.1 Kenschets ontwikkeling dijk, dorpen en stad tot heden | 21        | <b>Bijlagen</b>                                                                   | <b>57</b> |
| 4.2 Toekomstbeeld 1: Sterke stad, lieflijke dorpen        | 25        |                                                                                   |           |
| 4.3 Toekomstbeeld 2: Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit | 26        |                                                                                   |           |
| 4.4 Toekomstbeeld 3: Leven met water                      | 27        |                                                                                   |           |
| <b>5 Bouwstenen Plus</b>                                  | <b>37</b> |                                                                                   |           |
| 5.1 Technisch-integrale bouwstenen                        | 37        |                                                                                   |           |
| 5.2 Ruimtelijke bouwstenen                                | 39        |                                                                                   |           |





Hoog water in Ouderkerk aan de IJssel in februari 1953: iedereen helpt met zandzakken sjouwen.  
Foto uit Nationaal Archief

## Proloog voor dijkwerkers

*Al eeuwen en generaties lang werken dijkwerkers aan onze bescherming tegen hoogwater. Iedere dijkversterking brengt complexe opgaven met zich mee: ruimte voor de rivier, bescherming van waarden en het raken van woningen, dorpen of steden en daarmee gemeenschappen. Daarbij weten we dat door klimaatverandering dijken hoger en sterker zullen worden als we doorgaan met de huidige aanpak van dijkversterking. Keer op keer worden we voor een uitdaging gesteld: Hoe weeg je de verschillende belangen af? Hoe reageren bewoners? Zijn de investeringen die we nu doen duurzaam met het zicht op de lange termijn?*

*Bij onze projecten zijn er vele criteria die worden meegenomen om keuzes te maken voor de dijkversterking. Uitbreidbaarheid en toekomstbestendigheid maken ook onderdeel uit van deze criteria. Echter zien we in de praktijk dat er vaak wordt gekozen voor maatregelen met de kleinste effecten en gericht op de 'korte' termijn van 50 jaar. Maar wat gebeurt er als we verder kijken en 175 jaar vooruitkijken naar het jaar 2200? Uitbreidbaarheid en toekomstbestendigheid zijn dan relevanter. Geeft het andere inzichten en zou dit invloed kunnen hebben op keuzes die nu voor de dijkversterking worden gemaakt? In 2200 zijn we zowel voor de dijk als de mens vele generaties verder. Voor de huidige generatie dijkbewoners is een begrijpelijk verhaal voor de verdere toekomst nodig. Het creëert inzicht in wat er op ons af komt en welke keuzes nu wel of niet wenselijk zijn bij de komende dijkversterking en waarom.*

*De adaptatietoets is in samenwerking tussen Waterschap Aa en Maas en het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) tot stand gekomen. De aanpak bestaat uit drie stappen, waarbij in het begin van het (ontwerp) proces drie toekomstbeelden zijn geschetst voor het jaar 2200. Technische experts en ruimtelijk denkers werkten daarin samen; dit leidde tot toekomstbeelden waarin verschillende ruimtelijke scenario's en oplossingen voor een waterveilige dijk zijn onderzocht op vier locaties. Vanuit de toekomstbeelden is 'teruggeredeneerd' naar het nu. Op basis van levensduur en implementatietijd schetste we adaptatiepaden. De paden maken inzichtelijk wanneer keuzes*

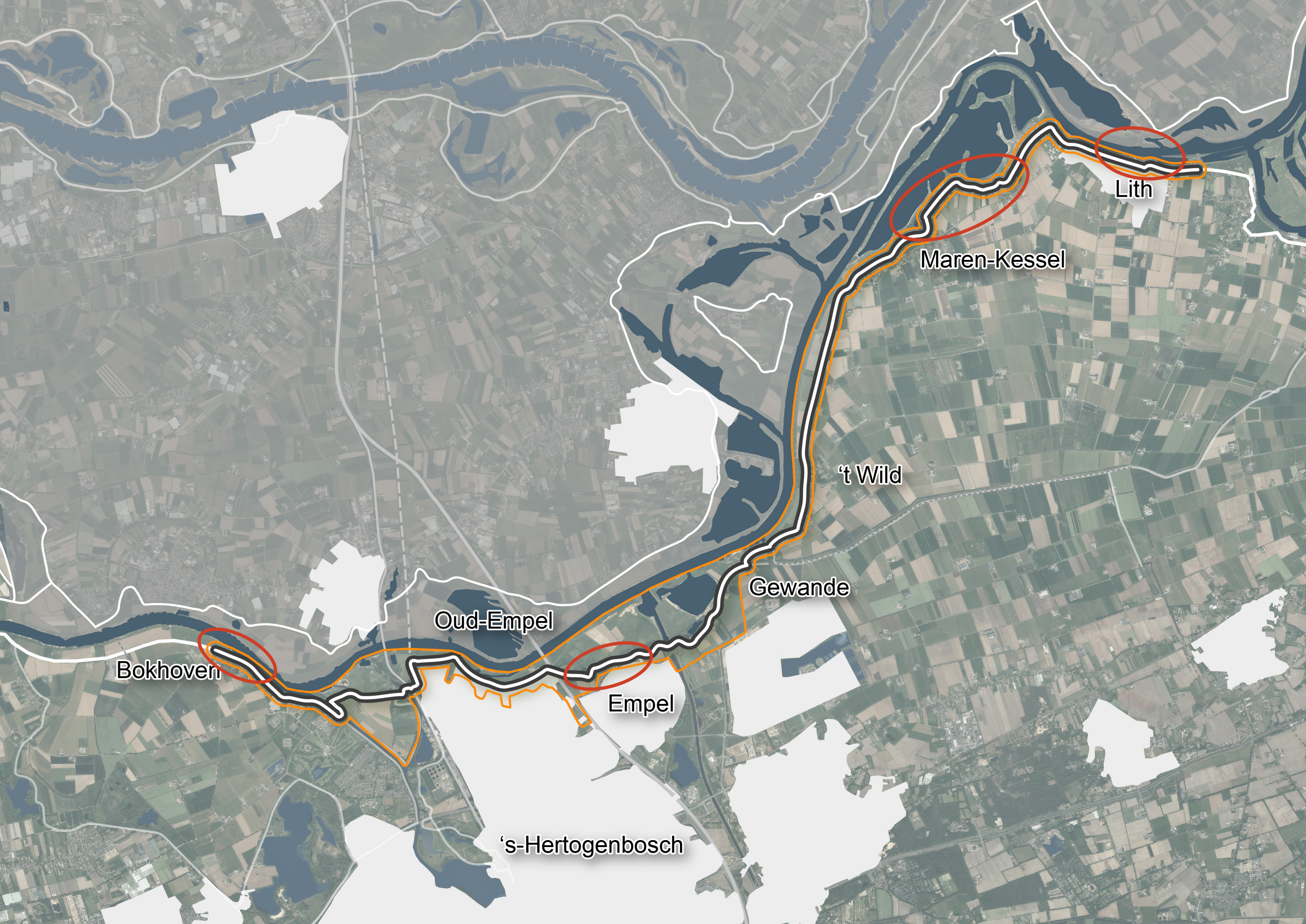
*moeten worden gemaakt voor bepaalde oplossingen voor de dijk, om het toekomstbeeld daadwerkelijk in 2200 te kunnen realiseren.*

*De belangrijkste conclusie van deze adaptatietoets is dat de komende 25 jaar al de eerste keuzes gemaakt moeten worden die uiteindelijk impact hebben op hoe de dijk er in 2200 uit zou kunnen zien. Dit geldt met name voor de dijkdorpen waar nu al weinig ruimte is om de dijk te versterken. De adaptatiepaden voor de verschillende dorpen laten daarnaast zien dat dijkverbeteringen met grond het meest adaptief en toekomstbestendig zijn. De constructies met damwanden zijn beduidend minder flexibel, vanwege hun lange, maar eindige levensduur. Met deze constructies creëer je eerder een lock-in en leg je jezelf veel meer vast. De toets bevestigt dat een versterking in grond veelal "no-regret" is en ervoor zorgt dat toekomstige dijkwerkers veel meer opties hebben om de dijk te verbeteren. Flexibele oplossingen voor wonen aan de dijk, zoals tijdelijke of verplaatsbare woningen, dragen hier ook aan bij.*

*Door met toekomstbeelden voor 2200 uit te zoomen komen er andere drijvende krachten in de ontwikkeling van dit gebied bovendrijven, zoals bijvoorbeeld Ruimte voor de Rivier en stedelijke ontwikkeling. De ontwikkeling van dijk, dorp, stad, uiterwaarden en ommeland beïnvloeden elkaar nu al en hangen naar de toekomst naar verwachting nog meer met elkaar samen. Daarom zou na 2050, wanneer deze ronde dijkversterkingen is opgeleverd, de dijkverbetering onderdeel moeten zijn van de integrale gebiedsopgave. De resultaten van de adaptatietoets bieden hiervoor alvast een doorkijkje op een adaptieve strategie voor de ontwikkeling van toekomstbestendige, leefbare dijkdorpen met ruimtelijke kwaliteit.*

*We hopen dat deze aanpak inspireert en inzichten geeft voor dijkwerkers, zodat de keuzes van nu een goede basis leggen voor de toekomst.*





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Tussen Lith en Bokhoven ligt een aantal dijkdorpen. Deze kernen grenzen aan de dijk en ontlenen hun ruimtelijke kwaliteit aan de connectie met de Maas en de uiterwaarden. In de dijkdorpen staat veel (soms monumentale) bebouwing op of direct aan de dijk, zowel aan binnendijkse als buitendijkse zijde. De dijk tussen Lith en Bokhoven is opgenomen in het nationale Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en moet voor 2050 versterkt zijn. De verkenningsfase van de dijkversterking is in 2023 gestart. Het inpassen van de dijk in de dijkdorpen is een ingrijpende en technische uitdaging, die bovendien de ruimtelijke kwaliteit onder druk zal zetten. Een versterking met constructies is om die reden complex, en daarnaast binnen de bestaande technieken beperkt uitbreidbaar. Het aanbrengen van constructies brengt risico's met zich mee voor woningen door de trillingen. Bewoners zien in dat het aanbrengen van constructies niet de meest duurzame oplossing is als het water in de rivier nog hogere waterstanden zal krijgen. Daarom wordt binnen het dijkversterkingsproject onderzocht of ook andere oplossingen mogelijk zijn dan een reguliere dijkversterking; oplossingen die adaptiever zijn en meer maatschappelijke meerwaarde opleveren.

Het doel van de adaptatietoets binnen het project Lith-Bokhoven is het toetsen van de in de oplossingsrichtingen in de verkenningsfase op adaptiviteit en toekomstbestendigheid. Er wordt gekeken of deze oplossingsrichtingen ruimte bieden voor toekomstige dijkversterkingen en andere ontwikkelingen langs de dijk. Dat is gedaan op basis van een langetermijnperspectief voor het watersysteem, de dijk en ruimtelijke

context. Met als beoogd resultaat het in beeld brengen van 'lock-ins': keuzes die een verdere versterking van de dijk 'op slot zetten' en daarmee geen flexibiliteit voor de toekomst geven. Hierdoor wordt duidelijker welke keuzes wél passen bij een toekomstbestendige dijk. Namelijk oplossingen die ook bij de volgende dijkversterkingen mee kunnen. De blik op de verdere toekomst, buiten de bestaande kaders en zichtjaren voor de dijkversterking levert nieuwe bouwstenen voor de dijkversterking. Deze "bouwstenen plus" krijgen mogelijk een plek in het verdere verloop van het dijkversterkingsproject.

Binnen het HWBP zijn er de afgelopen jaren verschillende innovatieprojecten uitgevoerd, onder andere **Toekomstbestendig Schiermonnikoog**<sup>1</sup>. Er leeft een behoefte in waterveiligheidsprojecten om toekomstbestendige en adaptieve oplossingen te kiezen. Deze pilot ligt aan de basis van de adaptatietoets. Onze aanpak is aangepast voor de specifieke cases in dit dijktraject. Naast dat de aanpak relevante uitkomsten kan opleveren voor de ontwerpuitdaging in het project Lith-Bokhoven, is het neven doel om inzichten mee te geven voor projecten elders met vergelijkbare uitdagingen.

## 1.2 Scope – vier dijkdorpen in 2200

In de adaptatietoets zoomen we in op vier plekken langs de dijk. De locaties zijn gekozen op basis van hun verschillende uitgangssituaties met de huidige kering, ligging aan de Maas en de aanwezige bebouwing in de omgeving. De verwachting is dat de inzichten van deze cases vertaalbaar zijn naar andere plekken langs de dijk. De gekozen cases zijn Lith, Kessel,

de dijk ter hoogte van Empel en Bokhoven, zie afbeelding hiernaast. In hoofdstuk 4 wordt de uitgangssituatie van de cases verder toegelicht. De tijdscope van de adaptatietoets is breed, namelijk de periode tussen nu en 2200. Deze periode omvat naast de huidige dijkversterking, ook een blik op versterkingen in de toekomst. Er is gekozen voor deze tijdscope om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de opgave voor de dijk en omgeving op de lange termijn.

## 1.3 Leeswijzer

De opbouw van dit document is als volgt: hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak die is doorlopen voor het opstellen van deze adaptatietoets. Hoofdstuk 3 gaat in op de (technische) uitgangspunten die gebruikt zijn voor waterstanden en dijkhoogtes. Dijkhoogtes zijn cruciaal om in beeld te brengen wat de impact is op vier dijkdorpen. De drie toekomstbeelden in Hoofdstuk 4 geven mogelijke ruimtelijke eindbeelden voor de dijkdorpen. De toekomstbeelden bestaand uit verschillende (technische) bouwstenen. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de 'bouwstenen plus': dit zijn integrale bouwstenen die zowel een technische als andere functie hebben, zoals waterkerende woningen, een klimaatdijk of tijdelijke woningen. De laatste hoofdstukken gaan in op de adaptatiepaden. Hoofdstuk 6 beschrijft en verbeeldt de adaptatiepaden richting de drie toekomstbeelden. Hoofdstuk 7 beschrijft het hoofddoel van deze adaptatietoets: conclusies voor het huidige dijkversterkingproject en andere dijkversterkingen. De laatste twee hoofdstukken gaan in op gebruikte bronnen en op welke wijze de kennis van experts is ingezet bij het (ontwerp)proces.

Projectgebied dijkversterking. Rood omcirkeld de vier dijkdorpen die zijn onderzocht in de adaptatietoets

<sup>1</sup> TEILAJUN, SWECO (2024) Adaptiviteitstoets waterveiligheid. Kennisrapport op basis van pilot Schiermonnikoog





## 2 Aanpak

De adaptatietoets in de verkenning Lith-Bokhoven is een ontwerpend onderzoek naar de toekomstbestendigheid van de dijk. Met de ontwerpende aanpak ontstaat inzicht in mogelijke ontwikkelrichtingen voor waterveiligheid, dorp en ruimtelijke kwaliteit in 2200. Kosten, technische eisen of haalbaarheid in het algemeen zijn niet meegenomen. De toets levert daarmee geen inzichten voor maakbaarheid, betaalbaarheid en vergunbaarheid. De resultaten uit de toets voor adaptiviteit en toekomstbestendigheid van oplossingen dragen bij aan de sturende principes voor de ontwikkeling van alternatieven in de verkenningfase van de dijkversterking.

De aanpak van de adaptatietoets in Lith-Bokhoven bouwt voort op de aanpak zoals deze is ontwikkeld in de pilot voor de dijk- en duinversterking Schiermonnikoog<sup>2</sup>. Om te komen tot de aanpak voor Lith-Bokhoven zijn ervaringen uitgewisseld met de trekker van de pilot bij Wetterskip Fryslân en betrokkenen bij het HWBP.

De volgende stappen zijn doorlopen:

### Stap 1 – Inventarisatie

In de eerste stap zijn de uitgangspunten voor het toekomstig watersysteem in beeld gebracht. Het gebied staat onder invloed van drie watersystemen: het riviersysteem van de Maas met naar de toekomst toe grotere afvoeren, de getijden op de Maas en de invloed van zeespiegelstijging, en het regionale watersysteem van Dommel, Aa en Hertogswetering met een opgave voor afvoer en berging. In de inventarisatie is expliciet gekeken naar de interactie tussen de drie systemen. De uitkomst zijn vastgestelde uitgangspunten voor te verwachten waterstanden in 2100 en 2200 voor de vier locaties. Deze uitgangspunten zijn in een expertsessie getoetst met de expertgroep.

### Stap 2 – Analyse

In de tweede stap is de ruimtelijke context van de vier cases verder geanalyseerd en zijn drie toekomstbeelden geschetst. Elk toekomstbeeld is uitgewerkt voor elk van de vier cases in profiel en plattegrond, op regionale en lokale schaal. Ieder toekomstbeeld is samengesteld uit een aantal technische en ruimtelijke bouwstenen. Voor iedere bouwsteen is op basis van expertkennis een inschatting gemaakt van de benodigde voorbereidingstijd, uitvoeringstijd en houdbaarheid van de maatregel. De toekomstbeelden en bouwstenen zijn in een tweede expertsessie besproken en aangescherpt.

### Stap 3 – strategie en backcasting, adaptatiepaden

De derde stap is gericht op het terugredeneren vanuit de toekomstbeelden naar het heden. De bouwstenen zijn in de tijd geordend en verwerkt tot adaptatiepaden. Dit biedt inzicht in de volgordelijkheid en samenhang van de bouwstenen en brengt belangrijke momenten in het pad inzichtelijk. In de derde expertsessie is een adaptatiepad voor één van de dorpen gezamenlijk uitgewerkt en besproken. De uitgangspunten hier opgehaald zijn verwerkt in de overige adaptatiepaden.

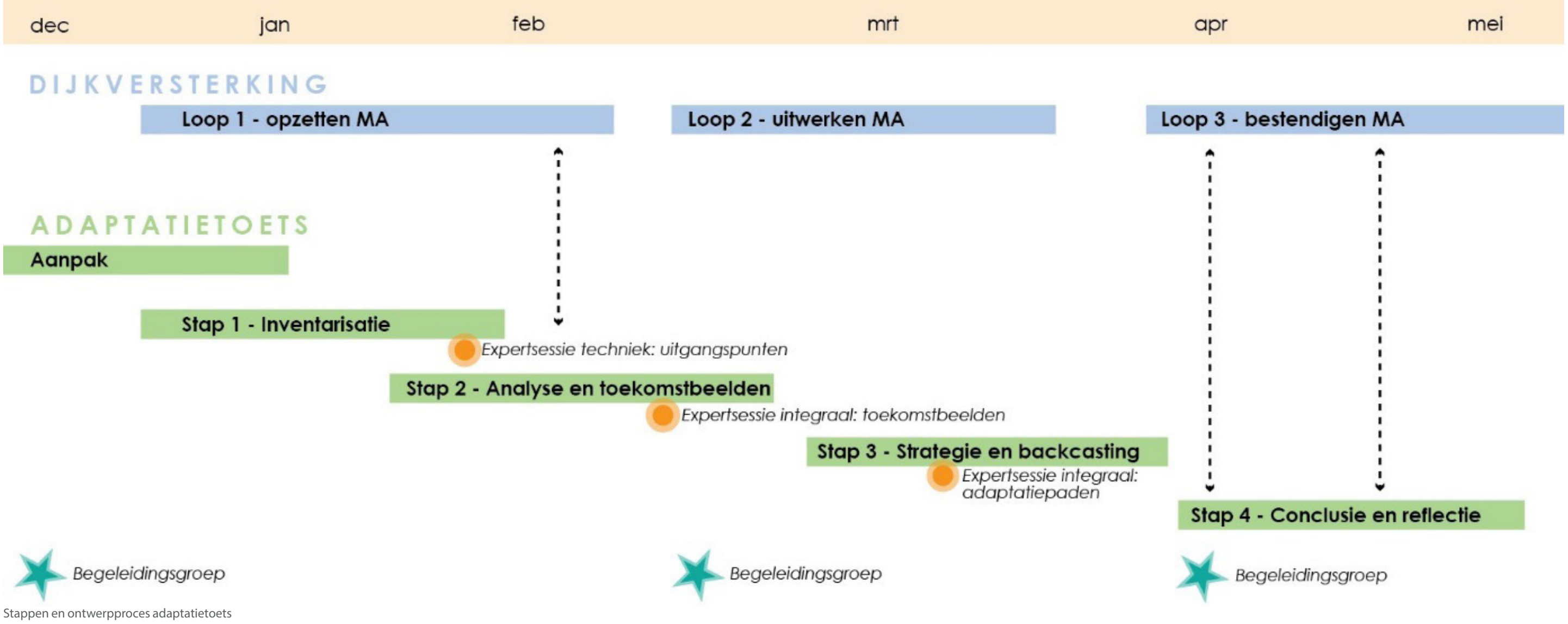
### Stap 4 – conclusie en reflectie

In deze laatste stap zijn voor iedere casus conclusies geformuleerd op meerdere niveaus: ten aanzien van de bouwstenen, knikpunten in de tijd en aandachtspunten voor implementatie. Als laatste worden de inzichten uit de adaptatietoets beschouwd ten opzichte van de resultaten van de mogelijke alternatieven. Ook worden inzichten meegegeven voor andere dijkversterkingsprojecten in het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

◀ Historische kern van Bokhoven  
Foto: Maikel Samuels

2 TEILAUJN, SWECO (2024) Adaptiviteitstoets waterveiligheid. Kennisrapport op basis van pilot Schiermonnikoog





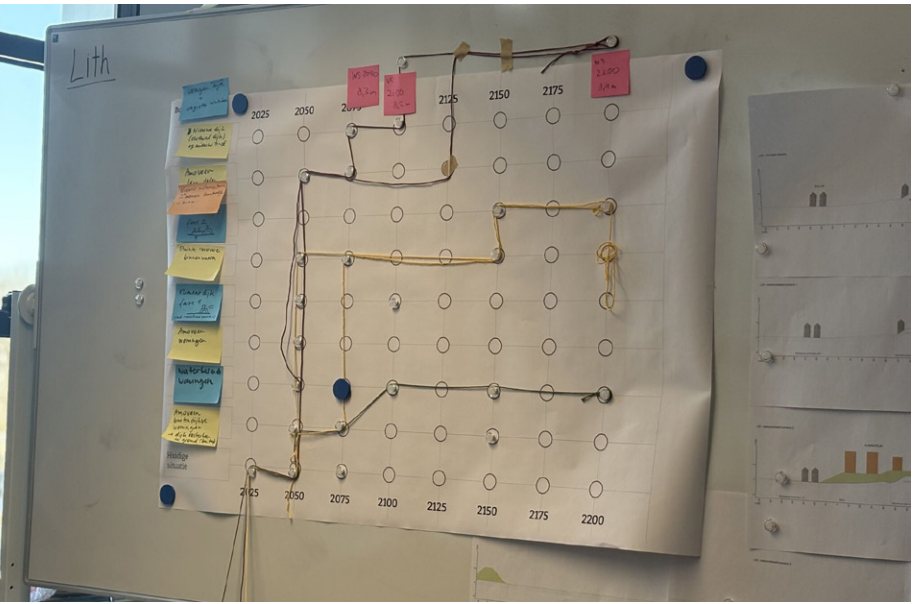
2.1 Proces

Gedurende de adaptatietoets zijn drie expertessies georganiseerd. In deze sessies is kennis opgehaald om toe te passen in de toets. Expertkennis over het toekomstig watersysteem, de dijk en ruimtelijke ontwikkeling zijn van belang bij deze opgave. Deze kennis is afkomstig van experts uit het projectteam van de dijkversterking Lith-Bokhoven, waterschap Aa en Maas, het HWBP en de projectpartners. De experts dragen eraan bij dat de uitgangspunten stabiel zijn, aansluiten op inzichten uit andere studies en dat de toekomstverkenning past bij de kenmerken van het gebied en de dijk. Het kernteam koppelde de aanpak, voortgang en resultaten drie keer terug aan een begeleidingsgroep. In deze groep zitten vertegenwoordigers vanuit het HWBP en Directoraat-generaal Water en Bodem (WGWB), waterschap Aa en Maas, en het projectteam. Via deze groep blijven de partners op de hoogte en zorgden we ervoor dat de inzichten goed landen in zowel het project als het HWBP.

Aan het einde van de looptijd van de adaptatietoets zijn de resultaten uit de toets gedeeld in het integraal ontwerpoverleg (IOO) van het dijkversterkingsproject. In dit overleg wordt gewerkt aan het ontwerp voor de dijk met het projectteam en de partners en wordt beslisinformatie gemaakt voor de stuurgroep van het project. De resultaten uit de adaptatietoets geeft inzicht rondom de sturende principes naar kansrijke alternatieven. De overwegingen uit het IOO krijgen ook weer een plek in dit eindproduct.



Expertessie 2: ontwerpend onderzoek toekomstbeelden



Expertessie 3: samen uitwerken van adaptatiepaden





### 3   Systeemwerking en uitgangspunten

Dit hoofdstuk beschrijft de systeemwerking van het water in de omgeving van de dijk. Verschillende systemen komen bij elkaar: de Maas, het regionale watersysteem en de invloed van de getijden van zee. Om de toekomstige dijkhoogtes te kunnen bepalen zijn goed onderbouwde uitgangspunten van het systeem van belang. De gekozen uitgangspunten en dijkhoogtes uit dit hoofdstuk zijn gebruikt voor dimensies en profielen voor de dijkdorpen in 2100 en 2200.

#### 3.1   De Maas en toekomstige rivierafvoeren

De Maas is een regenrivier zonder gletsjers of grote meren die voor een gelijkmatige afvoer zorgen. Bij hevige regenval in de Ardennen stroomt het water snel naar de rivier, wat leidt tot grote verschillen in afvoer. De hoogste gemeten afvoer was 3.310 m<sup>3</sup>/s in 2021 bij Sint-Pieter, terwijl de laagste gemeten afvoer 20 m<sup>3</sup>/s was in 1976 bij Luik. Door klimaatverandering neemt de hoogwaterafvoer bij een gegeven herhalingstijd toe in de toekomst, waardoor de hoogwaterstanden langs de Maas ook toenemen. Verder wordt het benedenstroomse deel van de Maas beïnvloed door zeespiegelstijging, wat impact heeft op de hoogwaterveiligheidsopgave.

De beschikbare breedte voor hoogwaterafvoer verschilt per traject van de Maas. Het dijktraject Lith-Bokhoven bevindt zich in het Getijdenmaas traject. Het traject heeft een flinke gemiddelde winterbedbreedtes. Tussen Lith en Bokhoven liggen brede uiterwaarden voornamelijk aan de Gelderse kant van de Maas, de uiterwaarden aan Brabantse zijde zijn gemiddeld relatief smal. Het traject ligt na de laatste stuw in de Maas bij Lith. Hierdoor worden de waterstanden in het traject beïnvloed door de getijden en dus ook door zeespiegelstijging. Binnen het traject zijn bij Den Bosch bruggen met landhoofden (A2, spoorbrug) die een barrière vormen en daarmee zorgen voor opstuwing van water.

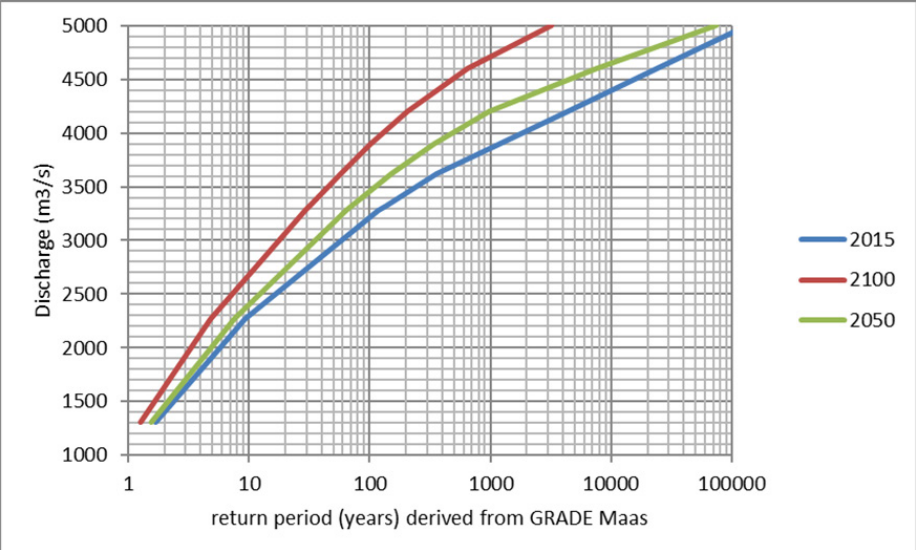
Binnen het dijktraject zijn er twee punten waar het regionaal watersysteem en de Maas bij elkaar komen. Bij Gewande komen de Hertogswetering en de Roode Wetering uit in de Maas. Deze watergangen ontwateren het poldergebied ten oosten van Den Bosch, van Grave tot Gewande. In de dijk ligt gemaal Gewande dat beide weteringen met de Maas verbindt. Tussen Engelen en Den Bosch mondt de Dieze via Spuisluis Crevecoeur en Sluis Engelen uit in de Maas. De Dieze is een zijrivier van de Maas en begint waar de rivieren de Dommel en de Aa samenkomen in het centrum van Den Bosch. De Dommel en de Aa zijn beken en stromen van de hoge zandgronden van Brabant richting de rivier. Daarmee is de Dieze vanuit de Maas gezien de poort naar een groot deel van het regionaal watersysteem van Noord-Brabant.

◀ De Maas ter hoogte van Den Bosch  
Foto: Maikel Samuels



In de toekomst zullen de extreme rivierafvoeren op de Maas als gevolg van klimaatverandering toenemen. Voor de Bedijkte Maas is de huidige hoogwaterreferentie 4.100 m3/s met een herhalingstijd van 1/3000 jaar (Rijkswaterstaat WVL, 2023). In Figuur 1 is te zien dat de afvoer voor het jaar 2015 bij een herhalingstijd van 1/3000 jaar, ook 4.100 m3/s is. In dezelfde figuur is te zien dat voor het jaar 2100 een herhalingstijd van 1/3000 jaar overeenkomt met een afvoer van 5.000 m3/s. Het jaar 2200 is niet opgenomen in Figuur 1, maar er is voor de Maas geen fysisch maximum bekend. De verwachting is dat deze door klimaatverandering dus kan blijven doorstijgen. Voor het jaar 2200 lijkt een afvoer van 6.000 m3/s zelfs binnen de onzekerheidsband te passen (Consortium Ruimte voor de Rivier 2.0, 2025). De aannames voor de afvoeren in deze studie zijn dus als volgt: 4.100 m3/s (Nu), 5.000 m3/s (2100) en 6.000 m3/s (2200).

Tabel 1 toont op de vier locaties van de adaptatietoets de waterstanden voor bepaalde afvoeren bij Borgharen. Voor het effect van een verhoogde afvoer op de waterstand is de range 3200 m³/s – 4500 m³/s gebruikt als referentie voor het verhang (cm per 100 m³/s). In deze range is de toename in de waterstand gelijk aan ~8,5cm per 100 m³/s, deze verschilt een beetje afhankelijk van de locatie in het projectgebied. Aan de hand van deze vuistregel en de aangenomen toekomstige referentieafvoeren is een aanname gemaakt op de waterstandstoename door afvoertoenamen in 2100 en 2200 voor de 4 locaties (Tabel 2).



Figuur 1: Overschrijdingskans van hoogwaterafvoer in 2015, 2050 en 2100 voor de Maas bij Borgharen voor klimaatscenario (KNMI'06) W+. Deze statistiek komt uit OKADER en is gebruikt voor dijkversterkingsberekeningen in het Deltaprogramma.

| Afvoer Borgharen [m3/s] | Lith | Maren-Kessel | Koornwaard | Bokhoven |
|-------------------------|------|--------------|------------|----------|
| 1470                    | 3,95 | 3,66         | 3.03       | 2.61     |
| 1700                    | 4,39 | 4,05         | 3.34       | 2.86     |
| 2100                    | 5,08 | 4.79         | 3.99       | 3.42     |
| 2500                    | 5,68 | 5.46         | 4.69       | 4.09     |
| 2800                    | 6,08 | 5.89         | 5.16       | 4.54     |
| 3200                    | 6,65 | 6.50         | 5.87       | 5.25     |
| 3600                    | 7,10 | 6.96         | 6.35       | 5.70     |
| 4100                    | 7,52 | 7.39         | 6.79       | 6.11     |
| 4500                    | 7,74 | 7.62         | 7.02       | 6.32     |

Tabel 1: Waterstanden [m] bij Lith, Maren-Kessel, Koornwaard en Bokhoven voor verschillende afvoeren bij Borgharen op basis van de betrekkinglijnen 2023-2024 (Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, 2023).

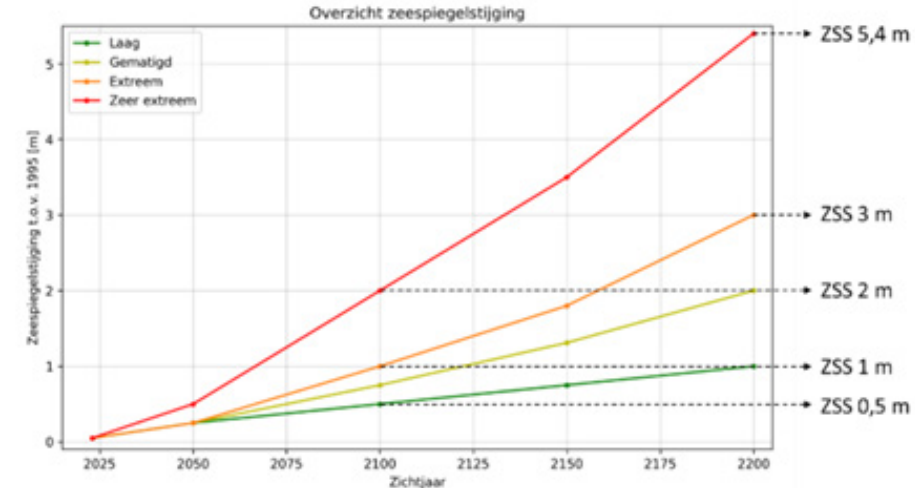
| Zichtjaar | Lith  | Maren-Kessel | Koornwaard | Bokhoven |
|-----------|-------|--------------|------------|----------|
| 2100      | 0,7 m | 0,7 m        | 0,7 m      | 0,6 m    |
| 2200      | 1,5 m | 1,5 m        | 1,5 m      | 1,5 m    |

Tabel 2: Aannames voor de waterstandstoename door een verhoogde afvoer in zichtjaar 2100 en 2200.

### 3.2 Zeespiegelstijging

Het Rijk houdt tot dusverre rekening met een zeespiegelstijging van maximaal 0,38 meter in 2050 en maximaal 1,24 meter rond 2100 (KNMI'23). De onzekerheid over de snelheid en mate van zeespiegelstijging is echter groot. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP-ZSS) heeft 4 scenario's uitgewerkt, variërend van een lage tot zeer extreme zeespiegelstijging (Figuur 2). Er wordt in deze studie gekozen om uit te gaan van het Extreem scenario, welke in het midden van de mogelijk geachte bandbreedte valt. Hierin is de zeespiegelstijging 1m in 2100 en 3m in 2200. Dit eerste getal komt ook overeen met de aangenomen zeespiegelstijging in het meest extreme klimaatscenario van KNMI'23 (Hn).

Het effect van 1 meter zeespiegelstijging varieert van +0,08 tot 0,14 m. en het effect van 3 meter zeespiegelstijging varieert van + 0,17 tot 0,38 m/, afhankelijk van de locatie in het projectgebied. Dit is zichtbaar in Tabel 3. Een kanttekening is wel dat deze getallen gelden voor een T120 (eens in de 120 jaar) afvoer. De invloed van zeespiegelstijging wordt kleiner bij hogere afvoeren, omdat de zee dan verder wordt teruggedrukt (HKV, 2023). Bij hele hoge afvoeren, waar in de adaptatietoets rekening mee wordt gehouden, zal de invloed van de zeespiegelstijging op waterstanden dus nog verder afnemen. De genoemde getallen in Tabel 3 zijn dus een conservatieve benadering aan de van berekeningen uit een studie naar het effect van zeespiegelstijging op waterstanden op de Maas van HKV (2023).

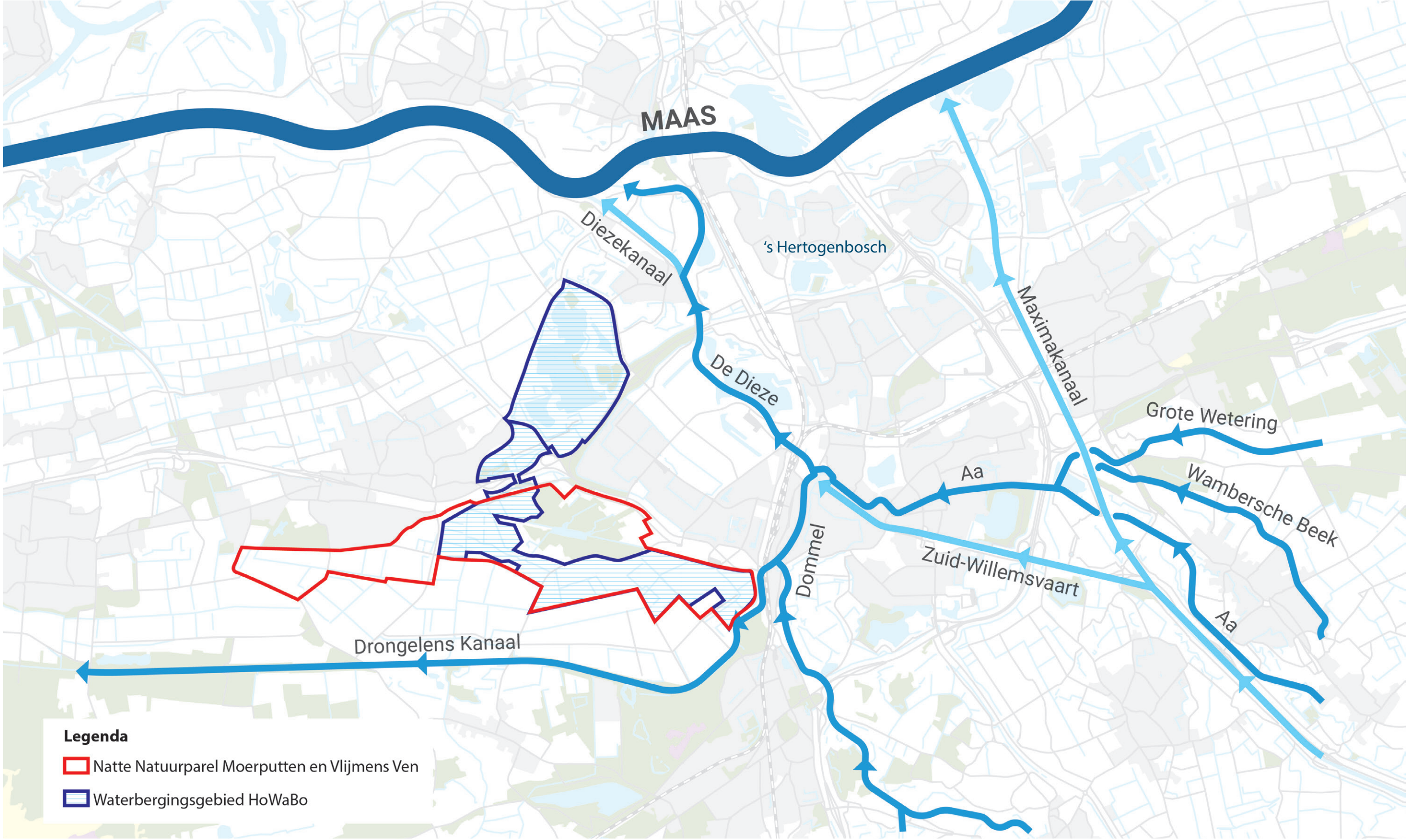


Figuur 2: Zeespiegelstijging in KP-ZSS t.o.v. 1995 per tijdlijn en zichtjaar (HKV, 2023).

|                                                                   | Lith (km 202) | Maren-Kessel (km 207) | Koornwaard (km 216) | Crevevoeur (km 221) | Bokhoven (km 222) |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Waterstandseffect 1m zeespiegelstijging (2100 in deze studie) [m] | 0,09          | 0,09                  | 0,08                |                     | 0,14              |
| Waterstandseffect 3m zeespiegelstijging (2200 in deze studie) [m] | 0,17          | 0,21                  | 0,25                |                     | 0,38              |

Tabel 3: Het effect van 1m en 3m zeespiegelstijging in het projectgebied.





Kaart watersysteem

3.3 Regionaal systeem

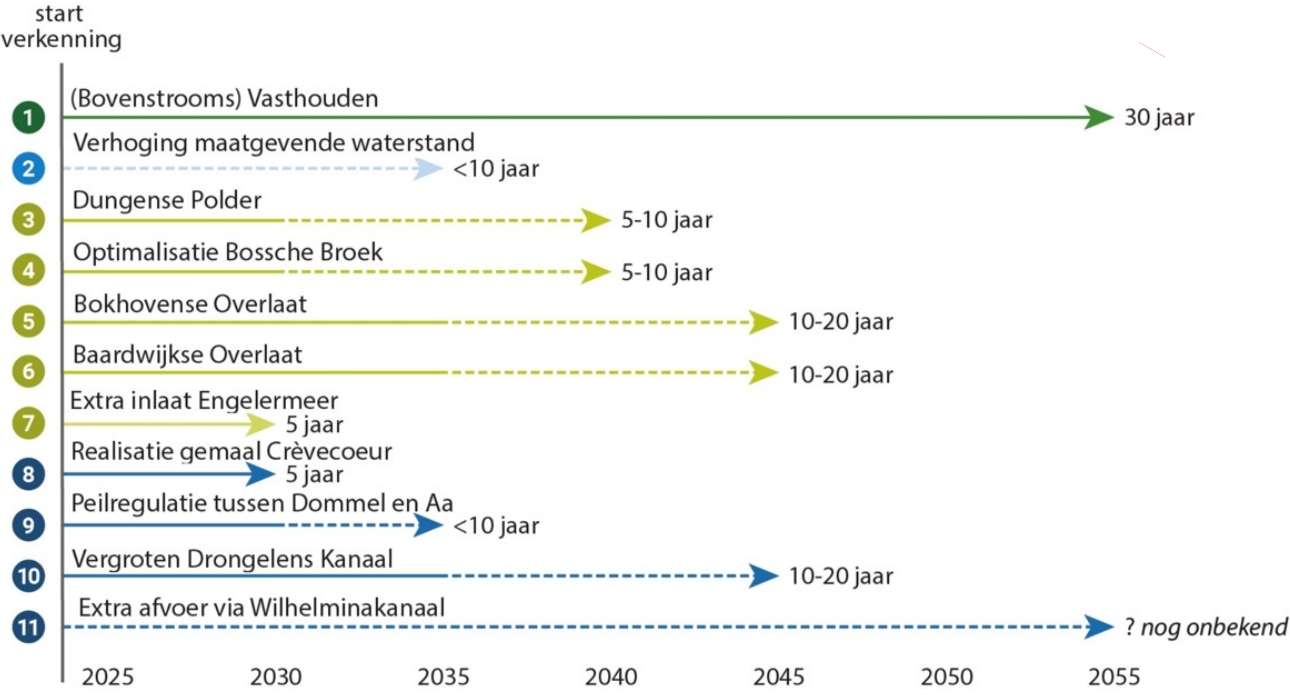
Bij hoogwater op de Maas en hoge afvoeren in de Dommel, Aa en Dieze kan het voorkomen dat het regionaal systeem niet kan uitstromen in de Maas. In het verleden heeft deze situatie regelmatig voor wateroverlast gezorgd in de stad en omgeving. De afgelopen jaren is via het programma HoWaBo (Hoogwateraanpak 's-Hertogenbosch) 14 miljoen kubieke meter bergingscapaciteit gerealiseerd, onder andere in de Bossche Broek en het gebied Vlijmens Ven/Moerputten. Echter, er ligt een opgave om de regionale bergingscapaciteit tot 2030 met zeker 36 miljoen m³ te vergroten.

Onder invloed van klimaatverandering wordt de opgave voor het regionaal systeem groter, de totale bergingscapaciteit in 2100 zou 79 miljoen m³ moeten zijn. Het realiseren van berging bovenstrooms, het opzetten van waterpeilen en grootschalige gestuurde berging kost veel tijd. De opgave op de korte termijn (tot 2030) is om die reden niet alleen met berging op te lossen. Vandaar dat er vanuit het programma HoWaBo ook wordt gekeken naar een bredere set maatregelen.

Uit expertsessie 1 bleek dat een gemaal in de Henriettewaard dat spuit op de Maas in een hoogwatersituatie de enige een effectieve maatregel is die op kortere termijn te realiseren is. Daarnaast zijn alle maatregelen die verkend zijn naar verwachting ook echt nodig richting 2050 en daarna. Voor het gemaal is berekend dat het spuien op de Maas bij hoog water in het regionaal systeem een effect heeft op de waterstand. Hoe hoger de waterstand op de Maas is, hoe kleiner dat effect is. Het effect van zeespiegelstijging en toenemende afvoeren in de grote rivieren op de opgave voor de dijk is groter dan de invloed van het regionaal systeem. Wel is duidelijk dat grote delen van het binnendijks gebied op de langere termijn nodig zijn voor waterberging, onder andere de Bokhovense polder.

Vertaling waterstanden naar dimensie dijk

- Op hoofdlijnen:
- Basis is de veiligheidsopgave van de verkenning zoals toegelicht in de nadere veiligheidsanalyse (Nadere analyse veiligheidsopgave, feb. 2025).
  - Hoogte van de dijk is bepaald op basis van de waterstand
  - Breedte van de dijk op basis van bepaalde dimensies in nadere veiligheidsopgave (Technische uitgangspuntennotitie t.b.v. de nadere veiligheidsanalyse). Die zijn vertaald naar benodigde dimensies in 2200. Hiervoor is dezelfde hoogte en breedte verhouding aangehouden als voor de dijkversterking in 2080. Dit is een grove inschatting van de benodigde breedte van de dijk.
  - Een uitgebreidere technische toelichting, met daarin de dimensies per dijkdorp in de bijlage 1



Grafiek met de verwachten realisatietermijn van de verschillende oplossingsrichtingen  
Uit: Werkboek Hoogwateraanpak Brabant-Oost, H+N+S Landschapsarchitecten, sept. 2023



3.4    **Samenvatting uitgangspunten waterstanden per dijkdorp**

In de onderstaande tabellen zijn de conclusies m.b.t. de waterstanden voor zichtjaar 2100 en 2200 voor de 4 locaties uit de adaptatietoets weergegeven. De huidige situatie (2023) is gebaseerd op de betrekkinglijnen (Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, 2023). De getallen voor 2080 zijn gebaseerd op de huidige opgave.

Naast de waterstandstoename door afvoertoename en zeespiegelstijging behandeld in sectie 2.2 en 2.3, zijn er ook naar andere ontwikkelingen die mogelijk een effect op de waterstand kunnen hebben in de toekomst. Enkele ontwikkelingen leveren waterstandsverhoging op en andere waterstandsverlaging. In het rapport<sup>3</sup> is geconcludeerd dat deze tegen elkaar wegvallen.

Dit alles leidt tot de volgende uitgangspunten voor de hoogte-opgave voor de dijken op de 4 locaties van de adaptatietoets, welke zichtbaar zijn in de laatste rij van Tabel 4 (Lith), Tabel 5 (Maren en Kessel), Tabel 6 (Koornwaard - Empel) en Tabel 7 (Bokhoven).

| Lith                                                       | 2023 | 2080 (W+) Opgave nu | 2100       | 2200        |
|------------------------------------------------------------|------|---------------------|------------|-------------|
| Afvoertoename                                              | 0    | ?                   | +0,7m      | +1,5m       |
| Zeespiegelstijging                                         | 0    | ?                   | +0,1m      | +0,2m       |
| HoWaBo                                                     | 0    | 0                   | +0,05m     | +0,05       |
| Systeemwerkings-maatregelen                                | 0    | 0                   | ~0m        | ~0m         |
| Bodemhoogte                                                | 0    | 0                   | +0,05      | +0,05m      |
| Kansen voor waterstands-verlaging in project gebied        | 0    | 0                   | -0,1m      | -0,1m       |
| Model-onzekerheden                                         | 0    | +0,2m               | +0,2m      | +0,2m       |
| Waterstand bij norm (km 202)                               | 7,5  | 8,3 (+0,8)          | 8,5 (+1,0) | 9,4 (+1,9)  |
| Hoogte-opgave dijk t.o.v. waterstand (exclusief toeslagen) | -    | 9,0 (+0,7)          | 9,2 (+0,7) | 10,1 (+0,7) |

Tabel 4: Waterstand bij de norm en hoogte-opgave voor de locatie Lith voor 4 zichtjaren: huidige situatie (2023), de huidige opgave (2080), zichtjaar 2100 en 2200

| Maren en Kessel                                     | 2023 | 2080 (W+) Opgave nu | 2100       | 2200        |
|-----------------------------------------------------|------|---------------------|------------|-------------|
| Afvoertoename                                       | 0    | ?                   | +0,7m      | +1,5m       |
| Zeespiegelstijging                                  | 0    | ?                   | +0,1m      | +0,2m       |
| HoWaBo                                              | 0    | 0                   | +0,05m     | +0,05       |
| Systeemwerkings-maatregelen                         | 0    | 0                   | ~0m        | ~0m         |
| Bodemhoogte                                         | 0    | 0                   | +0,05      | +0,05m      |
| Kansen voor waterstands-verlaging in project gebied | 0    | 0                   | -0,1m      | -0,1m       |
| Model-onzekerheden                                  | 0    | +0,2m               | +0,2m      | +0,2m       |
| Waterstand bij norm (km 207)                        | 7,4  | 8,1 (+0,7)          | 8,4 (+1,0) | 9,3 (+1,9)  |
| Hoogte-opgave (exclusief toeslagen)                 | -    | 9,0 (+0,9)          | 9,3 (+0,9) | 10,2 (+0,9) |

Tabel 5: Waterstand bij de norm en hoogte-opgave voor de locatie Maren en Kessel voor 4 zichtjaren: huidige situatie (2023), de huidige opgave (2080), zichtjaar 2100 en 2200.

| Koornwaard - Empel                                  | 2023 | 2080 (W+) Opgave nu | 2100       | 2200       |
|-----------------------------------------------------|------|---------------------|------------|------------|
| Afvoertoename                                       | 0    | ?                   | +0,7m      | +1,5m      |
| Zeespiegelstijging                                  | 0    | ?                   | +0,1m      | +0,2m      |
| HoWaBo                                              | 0    | 0                   | +0,05m     | +0,05      |
| Systeemwerkings-maatregelen                         | 0    | 0                   | ~0m        | ~0m        |
| Bodemhoogte                                         | 0    | 0                   | +0,05      | +0,05m     |
| Kansen voor waterstands-verlaging in project gebied | 0    | 0                   | -0,1m      | -0,1m      |
| Model-onzekerheden                                  | 0    | +0,2m               | +0,2m      | +0,2m      |
| Waterstand bij norm (km 216)                        | 6,8  | 7,7                 | 7,8 (+1,0) | 8,7 (+1,9) |
| Hoogte-opgave (exclusief toeslagen)                 | -    | 8,3 (+0,6)          | 8,4 (+0,6) | 9,3 (+0,6) |

Tabel 6: Waterstand bij de norm en hoogte-opgave voor de locatie Koornwaard - Empel voor 4 zichtjaren: huidige situatie (2023), de huidige opgave (2080), zichtjaar 2100 en 2200.

| Bokhoven                                            | 2023 | 2080 (W+) Opgave nu | 2100       | 2200       |
|-----------------------------------------------------|------|---------------------|------------|------------|
| Afvoertoename                                       | 0    | ?                   | +0,6m      | +1,5m      |
| Zeespiegelstijging                                  | 0    | ?                   | +0,1m      | +0,4m      |
| HoWaBo                                              | 0    | 0                   | +0,05m     | +0,05      |
| Systeemwerkings-maatregelen                         | 0    | 0                   | ~0m        | ~0m        |
| Bodemhoogte                                         | 0    | 0                   | +0,05      | +0,05m     |
| Kansen voor waterstands-verlaging in project gebied | 0    | 0                   | -0,1m      | -0,1m      |
| Model-onzekerheden                                  | 0    | +0,2m               | +0,2m      | +0,2m      |
| Waterstand bij norm (km 222)                        | 6,0  | 6,8                 | 6,9 (+0,9) | 8,1 (+2,1) |
| Hoogte-opgave (exclusief toeslagen)                 | -    | 7,2 (+0,4)          | 7,3 (+0,4) | 8,5 (+0,4) |

Tabel 7: Waterstand bij de norm en hoogte-opgave voor de locatie Lith voor 4 zichtjaren: huidige situatie (2023), de huidige opgave (2080), zichtjaar 2100 en 2200.

3      achtergrondrapportage





## 4 Analyse en toekomstbeelden

De ontwikkeling van de dijk en de dorpen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. In dit hoofdstuk zetten we eerst een stap terug in de tijd voor een kenschets van de ontwikkeling tot nu. Daarna stappen we vooruit naar drie verschillende toekomstbeelden op de schaal van het hele dijktraject tussen Lith en Bokhoven. Vertrekpunt hiervoor zijn drie verschillende scenario's voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland en dit gebied, met daarbij integraal gekeken naar perspectieven voor waterveiligheid. De toekomstbeelden zijn ontwikkeld op basis van beleid en ruimtelijke toekomstscenario's zoals Deltaprogramma Beschermen<sup>4</sup>, Nationale Omgevingsvisie<sup>5</sup> en Ruimtelijke verkenning 2050<sup>6</sup> (Planbureau voor de Leefomgeving). In ieder toekomstbeeld ontwikkelen de kernen, dijk en omgeving zich zo op een onderscheidende manier. De toekomstbeelden vormen in de volgende hoofdstukken de stip op de horizon in eindbeelden de adaptatiepaden.

### 4.1 Kenschets ontwikkeling dijk, dorpen en stad tot heden

De hoge gronden langs de rivier en later de dijk zijn een belangrijke historische ontwikkelingsbasis voor de bewoning in het gebied van Lith tot Bokhoven. Op de hoge, droge delen werd als eerste gewoond en gewerkt. Met dwarsdijken en dijken om het dorp leidden de vroege bewoners het hoog water om de dorpen heen en hielden ze droge voeten. Vanaf de middeleeuwen werden de ontstane dorpspolders aan elkaar geregen en ontstond de doorlopende Maasdijk die de basis vormt voor de huidige dijk. Deze moderne dijk werd tussen 1985 en 2000 voor het laatst versterkt en beschermt een groot achterland tussen de Maas en de hoge zandgronden van Brabant.

De dijkdorpen Lith, Maren-Kessel en Bokhoven hebben hun basis op een natuurlijke hoogte (oeverwal, rivierduin) en aan de dijk. In Lith ligt het historische hart van het dorp nog steeds deels op en direct achter de dijk. Dicht bij de kern vind je oudere bebouwing met een (voormalige) publieke functie en ligt er bebouwing aan weerszijde van de smalle kruin. In Maren-Kessel verplaatste in de Wederopbouwperiode het dorpshart van de dijk richting de doorgaande weg door de polder. Langs de dijk liggen nu nog oude boerderijen en woonhuizen met overtuinen aan buitendijkse zijde. De dijk is relatief smal en slingert zich tussen de wielen en woningen door. In Bokhoven ligt de historische kern met kerk en kasteel midden op de hoge grond.

De hoge grond werd pas in de 20ste eeuw bedijkt, waardoor de historische kern weinig relatie heeft met de moderne dijk. Langs de dijk tussen Bokhoven en Engelen is historische bebouwing te vinden, onder andere een veerhuis en oude boerderijen. De dijk grenst op deze plek vrijwel direct aan de Maas, een schaarlijk..

Het poldergebied tussen de Maas en het hoge zand van Brabant bleef tot lange tijd open en leeg, omdat dit gebied ook als overlaat werd gebruikt. Bij hoog water stroomde er een brede rivier, de Beerse Overlaat, van Beers naar Treurenburg. Door de overlaat was de druk op de dijk bij Den Bosch minder groot en voorkwam men hier een desastreuze doorbraak.

Den Bosch was in eerste instantie geen stad aan de Maas, maar een stad aan de Aa en de Dommel. Door de eeuwen heen breidde de stad zich langzaam uit vanuit de historische kern. Deze uitbreiding nam in de tweede helft van de 20ste eeuw een grote vlucht. Nabijgelegen (historische) kernen zoals Orthen en Engelen werden geleidelijk opgenomen in de stad. Dit gebeurde ook met het Wederopbouwdorp Empel. Empel werd in de jaren '50 planmatig aangelegd op een zandopduiking in de polder, nadat het dijkdorp Oud-Empel in de Tweede Wereldoorlog grotendeels werd verwoest. Met de aanleg van de wijk Maaspoort en de A2 in de jaren '80 en '90 groeide Den Bosch richting Empel en naar de Maas. Ook het oorspronkelijke dorp werd hierbij uitgebreid, waardoor nu ook Empel bijna aan de Maas grenst.

<sup>4</sup> Nationaal Deltaprogramma (2024) Overkoepelend rapport 'Ruimte voor zeespiegelstijging'. Bron: [deltaprogramma.nl](https://deltaprogramma.nl)

Technisch-fysische uitwerking Oplossingsrichting Beschermen. Bron: [deltaprogramma.nl](https://deltaprogramma.nl)

Een verkenning. Bron: [publications.deltares.nl](https://publications.deltares.nl)

<sup>5</sup> Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2020) Nationale Omgevingsvisie. Bron: [open.overheid.nl](https://open.overheid.nl)

<sup>6</sup> Planbureau voor de Leefomgeving (2023) Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Bron: [themasites.pbl.nl](https://themasites.pbl.nl)

◀ Dorpen langs de Maas gelegen op de hoge gronden. Kaart uit 1853, onderdeel van serie IV van de Algemeene Rivierkaart van Nederland bron: BHIC-343-000716)

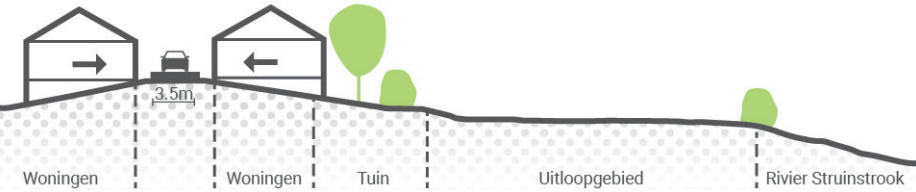


**Lith**  
De huidige situatie in Lith betreft een dijk met aan weerszijden bebouwing. De woonhuizen zijn georiënteerd op de weg die op de kruin van de dijk ligt, op sommige plekken liggen de voordeuren direct aan de straat. In de vorige dijkversterking is een constructie aangebracht onder de kruin. Aan de buitendijkse zijde grenzen de achtertuinen aan de uiterwaarden. Aan de binnendijkse zijde grenzen de huizen en tuinen aan de kern van het dorp.

**Kessel**  
In de huidige situatie in Kessel bestaat uit een gronddijk met voornamelijk aan binnendijkse zijde woningen in kleine clusters. De woonhuizen en boerderijen liggen op verschillende afstanden van de dijk, soms in het talud. Achter de huizen liggen weiden en akkers. Kenmerkend is de aanwezigheid van overtuinen: de tuin van sommige woningen wordt voortgezet aan buitendijkse zijde en loopt over in de uiterwaarden. De uiterwaarden zijn grotendeels vergraven. De Lithse Ham is een open water dat voor recreatie gebruikt wordt.



Woningen aan twee zijden van de dijk in Lith  
Foto: Maikel Samuels



Huidige situatie Lith



Oude boerderijen onderaan de binnendijkse zijde van de dijk  
Foto: Maikel Samuels



Huidige situatie Kessel

**Empel**  
De huidige situatie is een stevige gronddijk met een groene uitstraling en de dijkweg op de kruin voor gemengd verkeer. Op enige afstand van de dijk ligt Empel. Dit wederopbouwdorp is inmiddels tegen de stad Den Bosch is aangegroeid. Het gebied tussen dijk en stad is in agrarisch gebruik. Aan de buitendijkse zijde ligt de brede uiterwaard de Koornwaard. Dicht tegen de dijk aan liggen een aantal wielen, met daaromheen bomen en struiken.



De stadsrand van Den Bosch (Empel) ligt op afstand van de dijk.  
Foto: Maikel Samuels

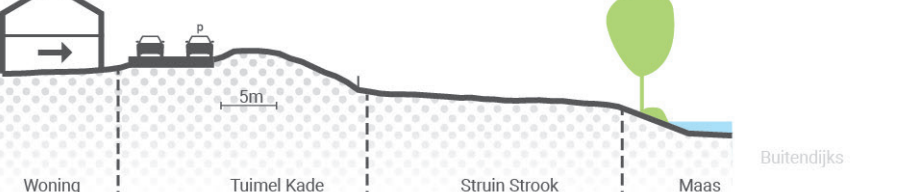


Huidige situatie Empel

**Bokhoven**  
De bestaande situatie in Bokhoven bestaat uit een gronddijk met op de kruin de dijkweg. De dijk is een van de ontsluitingswegen van het kerkdorp Bokhoven. Aan de binnendijkse zijde staan op kruinhoogte enkele woningen. Hun achtertuinen grenzen aan agrarische gronden in de polder achter de dijk. Aan de buitendijkse zijde grenst de dijk bijna direct aan de rivier, met een steil talud en (een deel) steenbestorting. Dit noemen we een scharddijk.



Lintbebouwing op de dijk bij Bokhoven.  
Foto: Maikel Samuels

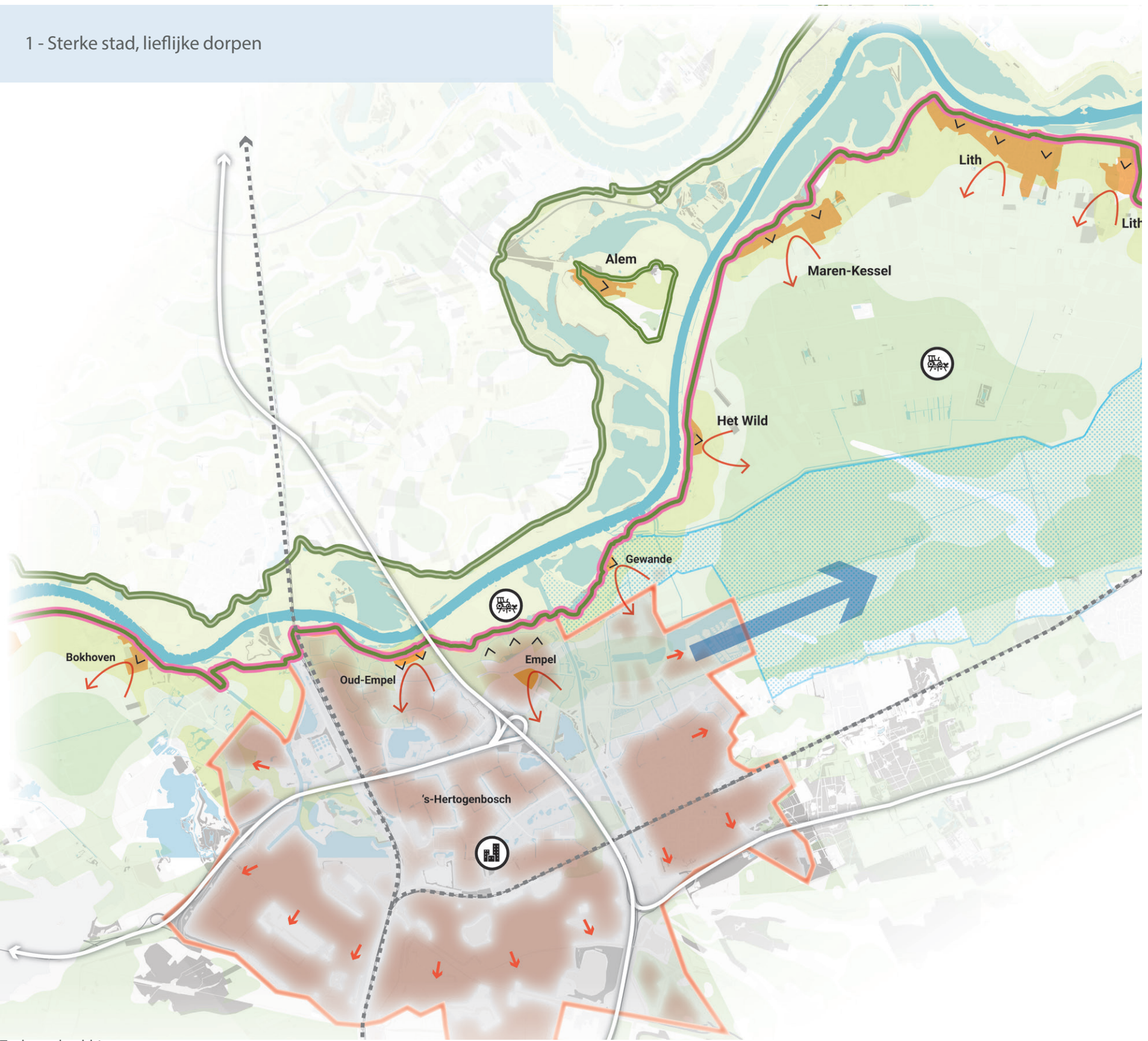


Huidige situatie Bokhoven





## 1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



Toekomstbeeld 1

## 4.2 Toekomstbeeld 1: Sterke stad, lieflijke dorpen

Het eerste toekomstbeeld kijkt door naar verdergaande verstedelijking in Den Bosch als onderdeel van de Brabantse stedenrij. Het contrast tussen de stad en het omliggende gebied neemt toe, aangezien de ontwikkeling van nieuwe woningen, infrastructuur en economische activiteit zich clustert in de stad. Het buitengebied blijft open en in agrarisch gebruik. Ook de uiterwaarden zijn open en vooral gericht op het snel verwerken van piekafvoeren.

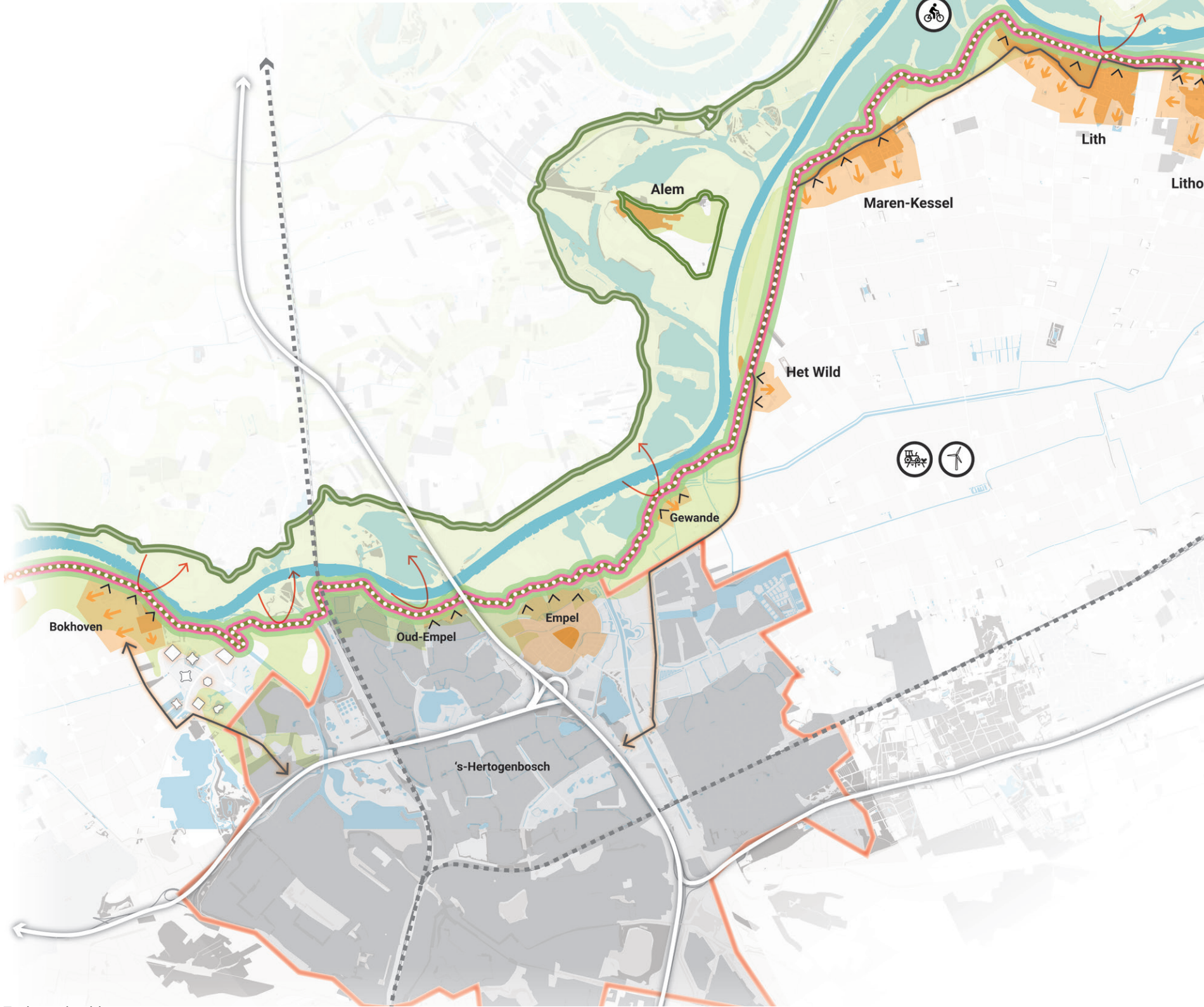
In dit toekomstbeeld is de waterveiligheid met name gericht op beschermen. Er komt een gesloten zeefront, waardoor de invloed van getijden op de Maas verdwijnt. Dijkverzwaringen vertrouwen op technieken voor sterke, smalle en hoge dijken. De dijk ligt op de huidige plek in het landschap en is een harde grens tussen uiterwaarden en achterland. Grenzend aan Den Bosch raakt de dijk nog verder verweven met het stedelijk gebied en wordt als langgerekt park ingezet. Het open gebied tussen Den Bosch en Oss wordt bij piekbuien ingezet als retentiegebied en draagt eraan bij dat de steden droge voeten houden bij overstroming uit het regionaal watersysteem.

Door de focus op beschermen en de ontwikkeling van de stad komt de ontwikkeling van de dorpen aan de dijk tot stilstand. De opbouw en de functie van de dorpen blijft grotendeels gelijk aan hoe deze nu is. Lith ontwikkelt een bijna museaal karakter, waarbij de waterkering verstopt ligt in de gevels van de woningen. Kessel verschanst zich achter een stevige en compacte dijk. Bokhoven omarmt het zicht op de rivier, hier ontwikkelen nieuwe huizen met een terras op kruinhoogte dat uitkijkt over de dynamische stad, de open uiterwaarden en de rivier.

Dit is gebaseerd op de scenario's Mondiaal Ondernemend en Snelle Wereld (PBL, 2024) en Beschermen - gesloten (Nationaal Deltaprogramma, 2024; Deltares, 2019)



2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



Toekomstbeeld 2

4.3 Toekomstbeeld 2: Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit

In dit toekomstbeeld groeien alle bestaande woonkernen mee met de dijk en is er veel aandacht voor regionale identiteit. Het aantal bewoners neemt ook in de dijkdorpen toe en ieder dorp ontwikkelt zijn eigen woonkwaliteit, gemeenschap op en achter de dijk. In de polder is ruimte voor landbouw, maar is er ook aandacht voor het opwekken van energie voor de regio en voor natuur. De uiterwaarden zijn gericht op het snel verwerken van piekafvoeren. Hierdoor is dit een open landschap, waar wel ruimte is gemaakt voor recreatie.

Waterveiligheid is in dit scenario een meer regionale opgave die nadrukkelijk gecombineerd wordt met andere opgaven, zoals woningbouw. Hierdoor ontstaan er veel verschillende oplossingen voor hoe de dijk wordt versterkt, en ontstaat een nieuwe, robuuste klimaatdijk. De dijk is bij uitstek een basis voor de ontwikkeling van nieuwe kwaliteit en een zachte grens tussen binnendijs en buitendijs.

In Lith ligt een klimaatdijk op de plek van de oude dijk. Hierop vindt je nieuwe bebouwing met een meer subuurbaan karakter. Lith als dorp aan de rivier krijgt een nieuwe interpretatie, met een "balkon" gericht op de rivier. In Kessel wordt het agrarische, feeërieke en landelijke karakter van de huidige dijk omarmt. Op de binnenberm van de dijk ontwikkelen nieuwe landgoederen waar landelijk wonen, landbouw, natuur en een aantrekkelijk landschap met elkaar worden gecombineerd. De dijk bij Empel is robuust, maar laat ruimte voor een meer klimaatadaptieve ontwikkeling van de stad dichtbij de dijk. De hoge dijk ontsluit de laaggelegen en adaptief gebouwde stadswijken. Bokhoven ontwikkelt een klimaatdijk met een leefgemeenschap in de stijl van Haverleij.

Dit gebaseerd op de scenario's Regionaal Geworteld (PBL, 2024) en Beschermen – open (Nationaal Deltaprogramma, 2024; Deltares, 2019)

3 - Leven met water



Toekomstbeeld 3

4.4 Toekomstbeeld 3: Leven met water

In het derde toekomstbeeld verandert de kijk op waterveiligheid drastisch. Er wordt op grote schaal ruimte gemaakt voor de rivier en de beken, en de combinatie met natuurontwikkeling in de uiterwaarden wordt gemaakt. De dijken zijn niet langer een logische basis voor wonen en werken. Bewoning faseert hier uit en er wordt gezocht naar nieuwe plekken om te wonen en het 'meebewegen' met de rivier. In het algemeen wordt er in dit toekomstbeeld geleefd met water. Overlast door overstroming wordt geaccepteerd en stad en dorpen worden hierop ingericht. Meerlaagse veiligheid wordt op grote schaal in de praktijk gebracht.

De dorpen aan de rivier verdwijnen in hun huidige vorm. In Lith concentreert de bebouwing zich verder op de oude stroomruggen. Er is weinig groei, en nieuwe woningen oriënteren zich op de polder in plaats van de rivier. De huidige dijk fungeert als zomerkafe. In Kessel wordt de dijk terug gelegd richting de polder. De oude dijk blijft liggen als kade. De bestaande bebouwing faseert uit, of wordt adaptief opnieuw gebouwd in het natuurlijk ingericht gebied tussen de dijken. Ook in Empel wordt de dijk teruggelegd, en vormt de dijk de nieuwe stadsrand. De stad Den Bosch ontwikkelt met name richting de hoge zandgronden. In Bokhoven keert de Bokhovense Overlaat terug. De open polders krijgen een functie als overloopgebied. De randen van de stad liggen compartimenteringsdijken om de impact van de overstroming van de polder op de stad in te perken. In Bokhoven verdwijnt de bebouwing van de dijk en wordt de kering ingericht als overlaatdijk die bij een bepaalde waterstand overstroomt.

Dit toekomstbeeld is gebaseerd op de scenario's Groen Land (PBL, 2024) en Meebewegen (Deltares, 2019)



Toekomstbeelden Lith

1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



Toekomstbeelden Lith

In toekomstbeeld 1 blijft het bestaande straatbeeld grotendeels behouden. De opgave voor een veilige dijk wordt constructief opgelost, met een combinatie van waterkerende woningen en demontabele keringen. De demontabele keringen verbinden de woningen zodat hier bij hoog water een kerende wand kan worden opgezet. Het is niet mogelijk om deze oplossing in de bestaande woningen te verwerken. Er worden nieuwe woningen met een geïntegreerde kering gebouwd.

2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



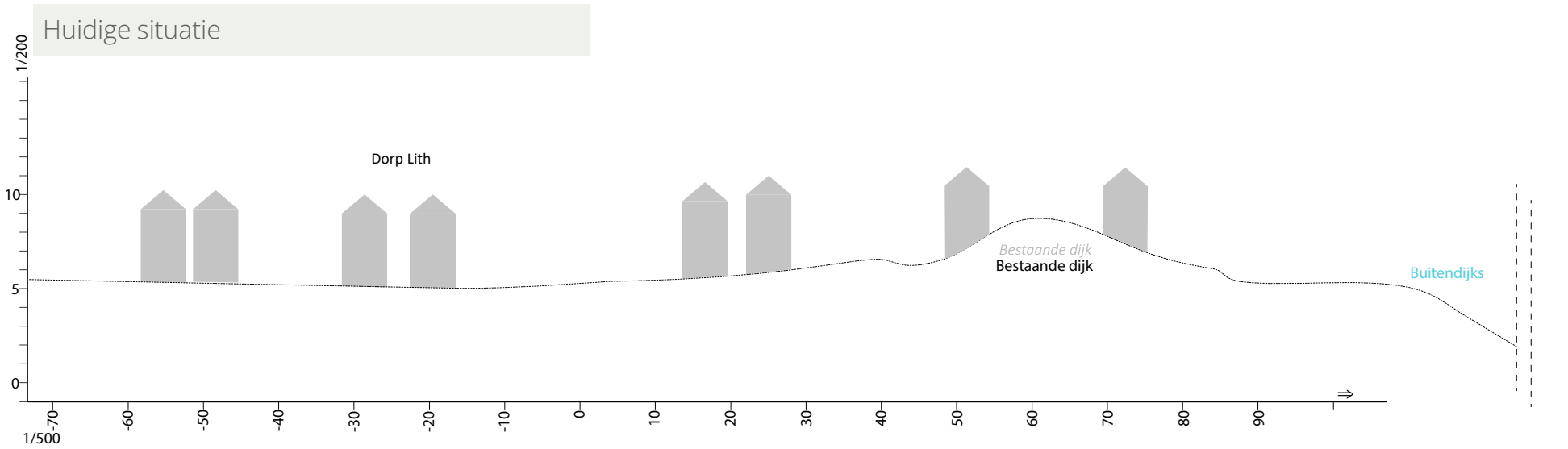
Toekomstbeeld 2 gaat uit van een transformatie van de dijk naar een klimaatdijk met woningen op de berm en de kruin. De opgave voor waterveiligheid wordt opgelost met een klimaatdijk in grond voor zowel hoogte als stabiliteit en piping. De dijk heeft een overhoogte, waardoor de ontwikkeling van woningen en de inrichting van de buitenruimte met beplanting mogelijk is. Dit toekomstbeeld kan in twee fases worden aangelegd: eerst de binnendijkse berm, daarna de kruin. Aan de rivierzijde wordt een “balkon” ontwikkeld waardoor het dorp zich direct op de Maas oriënteert.

3 - Leven met water

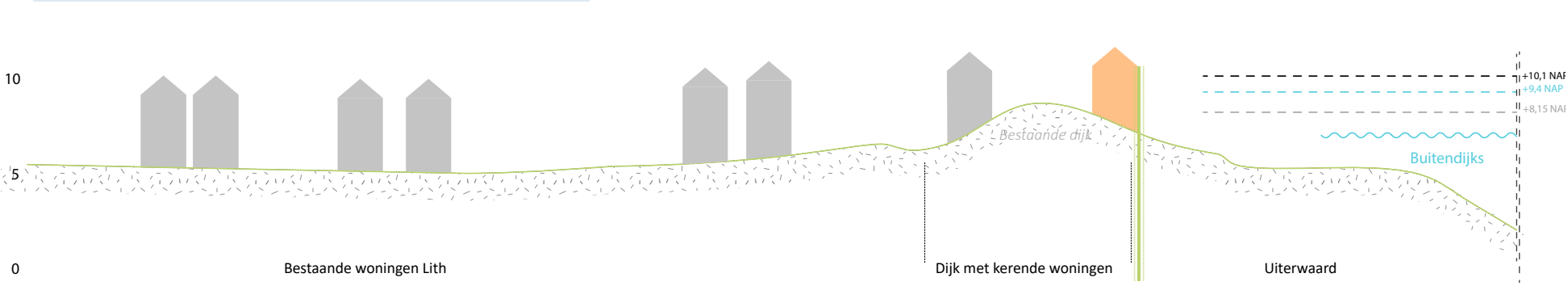
3 - Leven met water



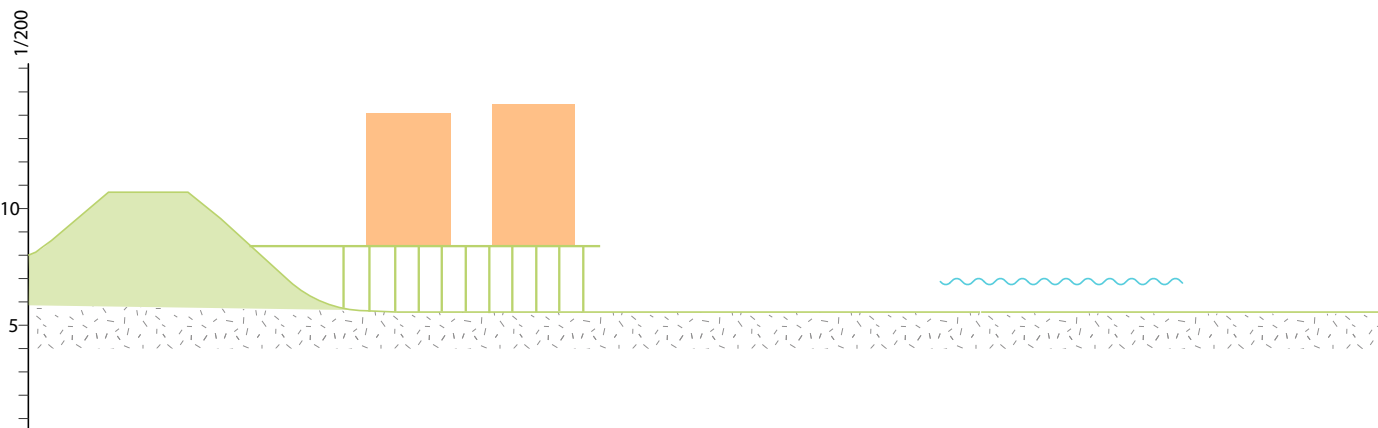
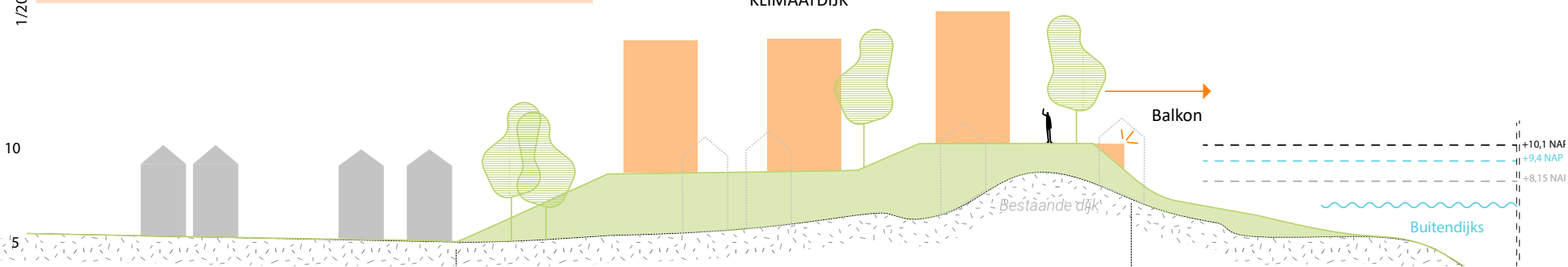
In toekomstbeeld 3 transformeert Lith van dijkdorp naar polderdorp. Er wordt een grootschalige dijkeruglegging toegepast, waarbij de historische hoger liggende stroomruggen worden benut voor de nieuwe dijk. Deze maatregel zorgt voor ruimte voor de rivier bij hoog water. De waterveiligheidsopgave wordt opgelost met een gronddijk, de bestaande dijk blijft liggen en/of verlaagd tot zomerkade. In het gebied tussen de nieuwe dijk is ruimte voor de ontwikkeling van natuur en adaptief wonen, bijvoorbeeld op een terp. De bebouwing op de bestaande dijk faseert uit.



1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



Profielen toekomstbeelden Lith



Toekomstbeelden Kessel

1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



Toekomstbeelden Lith

Toekomstbeeld 1 gaat uit van het voortbouwen op de bestaande dijk en het behouden van de huidige opbouw van het dorp. De opgave wordt gecombineerd opgelost in grond en met een constructie voor piping. Dit resulteert in een robuuste maar compacte dijk die dicht bij de woningen ligt. De buitenberm heeft een overhoogte, zodat een deel van de bestaande overtuinen hierover kan doorlopen en de directe relatie tussen de huizen en de tuin blijft bestaan.

2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



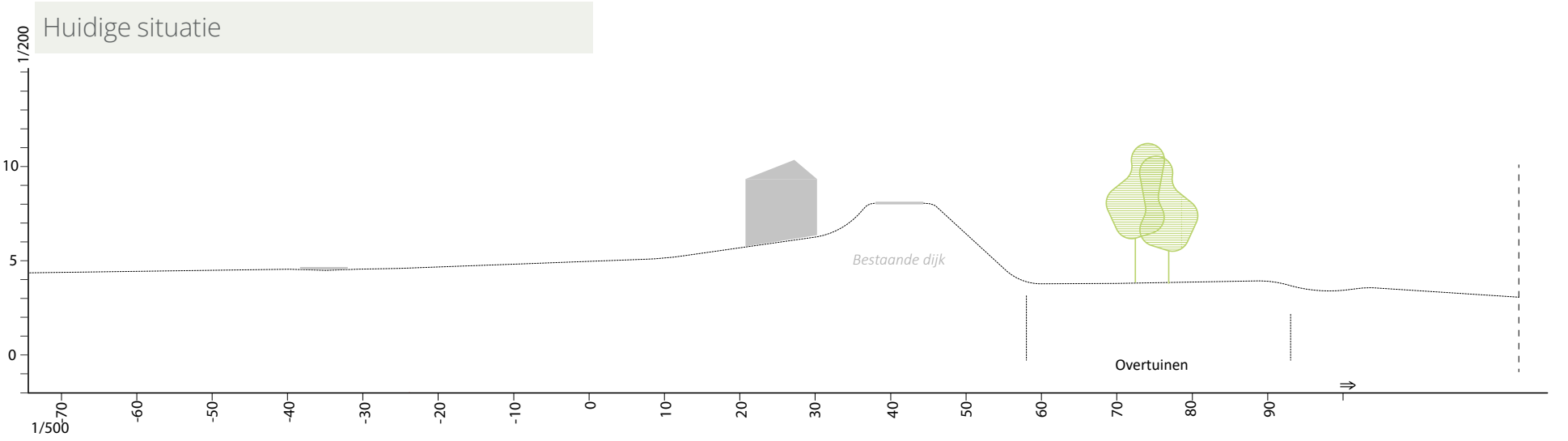
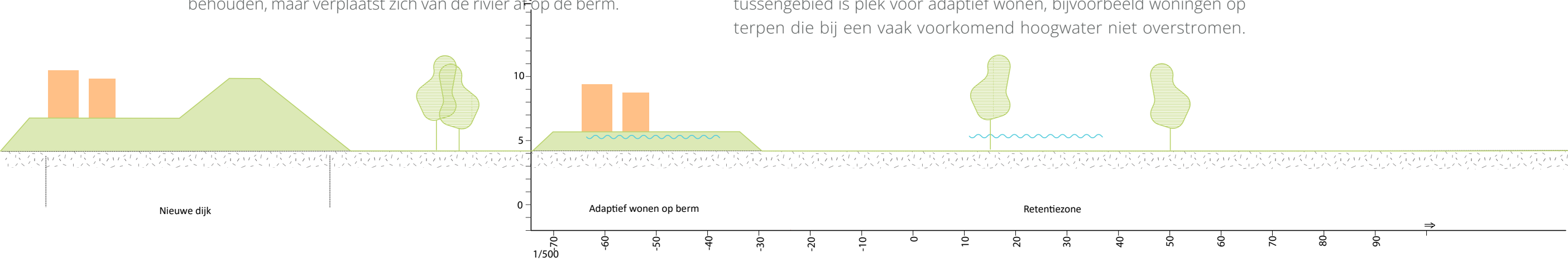
In toekomstbeeld 2 raken de dijk en de woningen in de zone achter de dijk meer met elkaar verweven. De oplossing voor de opgave is een dijk in grond met een lange pipingberm. De kern van de dijk is ten opzichte van het heden iets naar achter geschoven en het buitentalud is de buitenwaartse berm geworden. De pipingberm wordt met overhoogte aangelegd, zodat hier nieuwe woningen en een landgoedachtige ontwikkeling kan plaatsvinden. Het agrarische feeërieke karakter blijft behouden, maar verplaatst zich van de rivier af op de berm.

3 - Leven met water

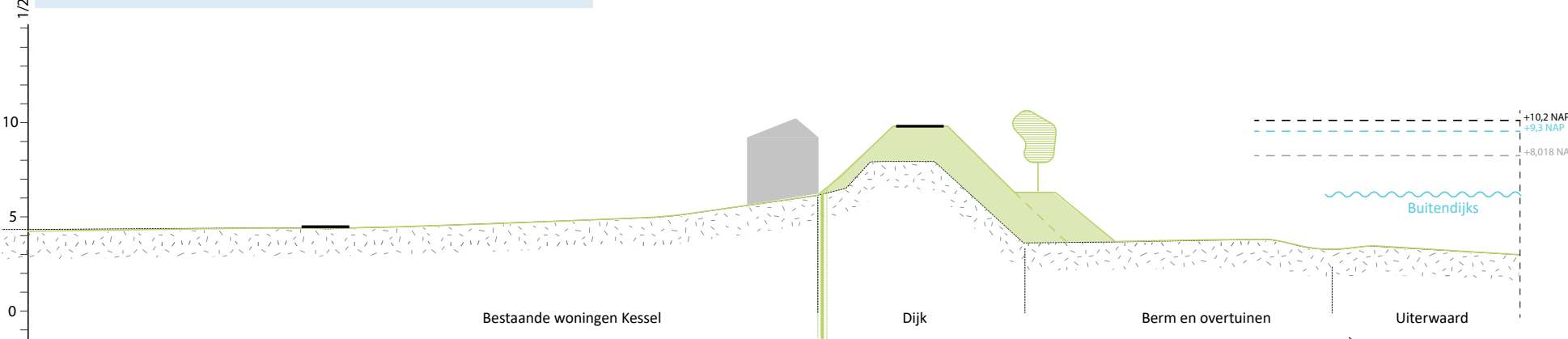


In toekomstbeeld 3 wordt de dijk landinwaarts verplaatst. Dit resulteert in meer ruimte voor de rivier en een gebied tussen de oude en nieuwe dijk dat adaptief kan worden ingericht voor natuur en eventueel wonen. De watereveiligheidsopgave wordt opgelost met een robuuste gronddijk met bermen. Hierachter wordt ruimte gemaakt voor nieuwe woningen. De oude kronkelende dijk blijft liggen en wordt eventueel verlaagd tot zomerkade. In het buitendijkse tussengebied is plek voor adaptief wonen, bijvoorbeeld woningen op terpen die bij een vaak voorkomend hoogwater niet overstromen.

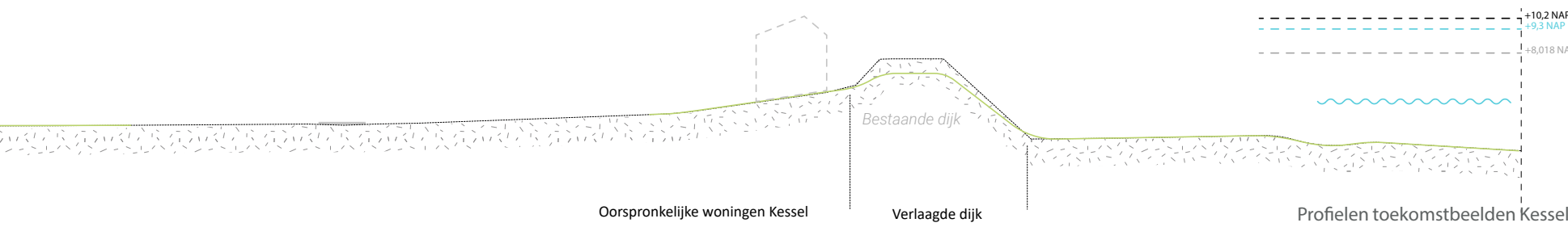
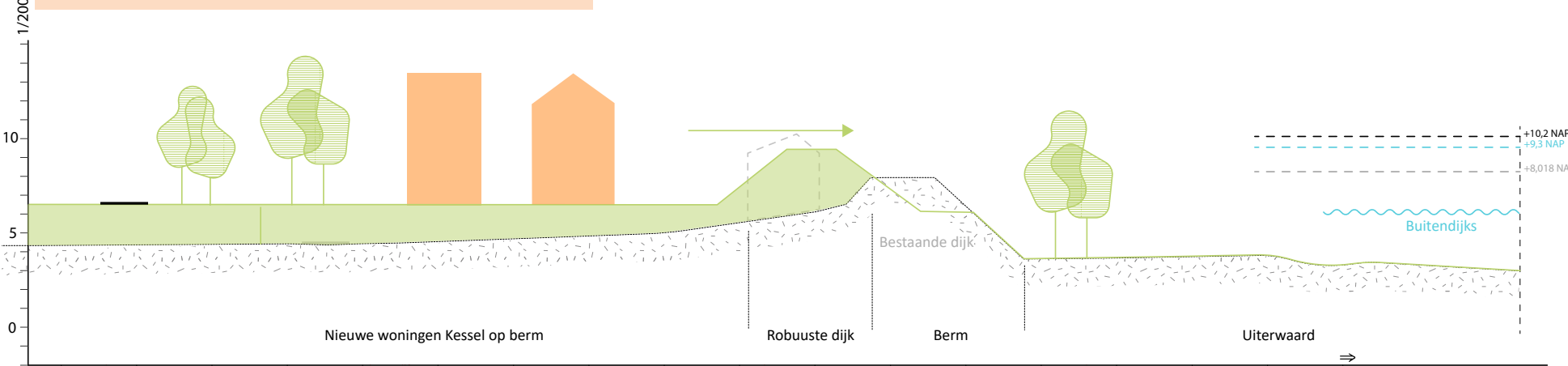
3 - Leven met water



1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit





Toekomstbeelden Empel

1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



Toekomstbeelden Empel

In toekomstbeeld 1 is de dijk onderdeel van de stedelijke groenstructuur. De opgave wordt opgelost met een robuuste klimaatdijk die met overhoogte wordt aangelegd. Hierdoor is het ontwikkelen van een grote parkstructuur op de dijk met bomen en andere beplanting mogelijk. De parkdijk is een belangrijk onderdeel van het uitloopgebied van de sterk gegroeide stad.

2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit

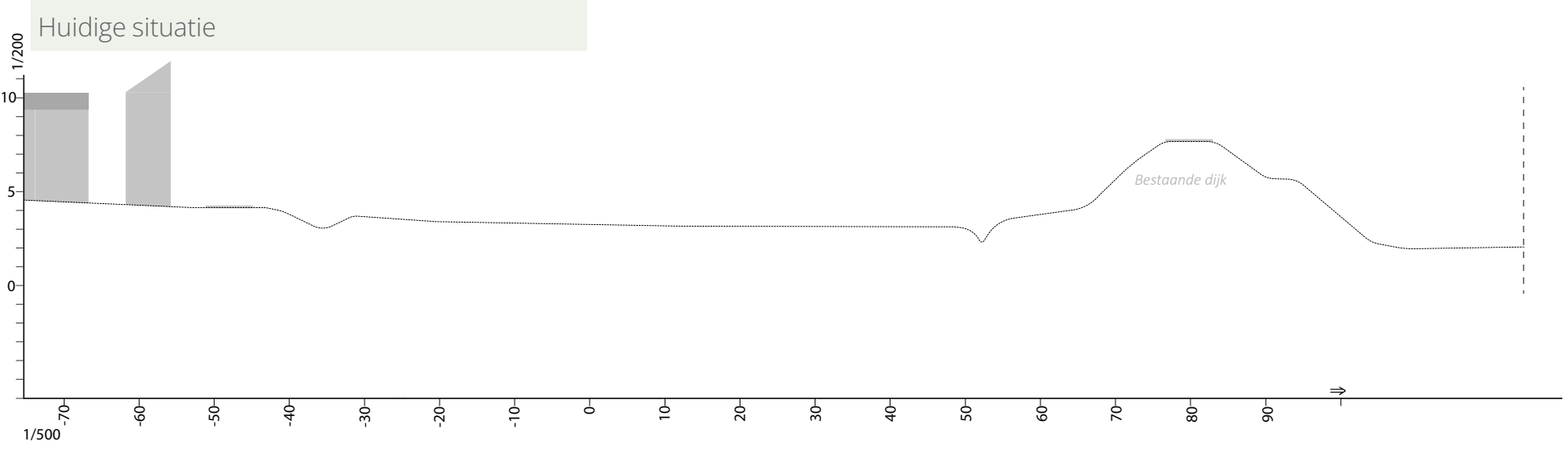


In toekomstbeeld 2 ontwikkelt de dijk zich als grens van het stedelijk gebied. De oplossing voor waterveiligheid is een robuuste dijk met binnenberm en constructie, de dijkweg verplaatst zich naar de berm. De stad groeit naar de dijk toe. De natuurlijke lage zone achter de dijk wordt benut voor het klimaatadaptief inrichten van nieuwe woonwijken, gericht op het bergen van regionaal water en het voorkomen van wateroverlast. Woningen worden bijvoorbeeld gebouwd op palen.

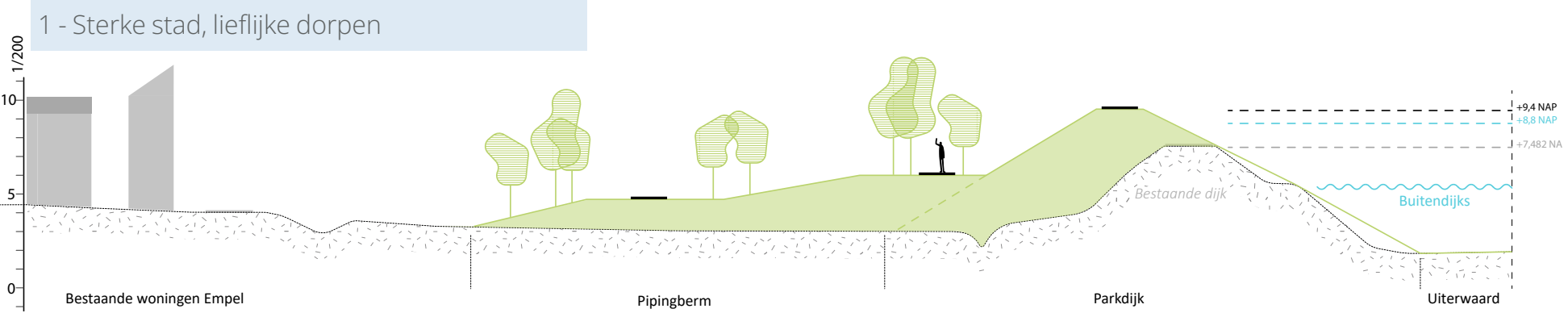
3 - Leven met water



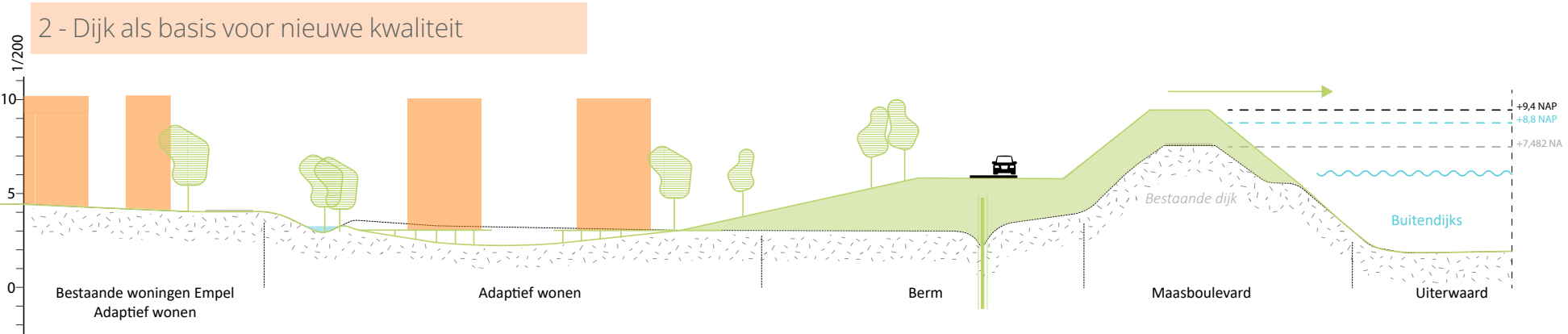
Toekomstbeeld 3 gaat uit van een transformatie van de lagere delen van de stad. De dijk wordt teruggelegd naar de historische hoge grond die onder de oude kern Empel ligt. De wijken van Empel worden getransformeerd tot een tussengebied tussen de dijken dat bij hoog water kan worden ingezet voor waterberging. Het tussengebied wordt ingericht voor natuur en recreatie. De huidige dijk wordt verlaagd.



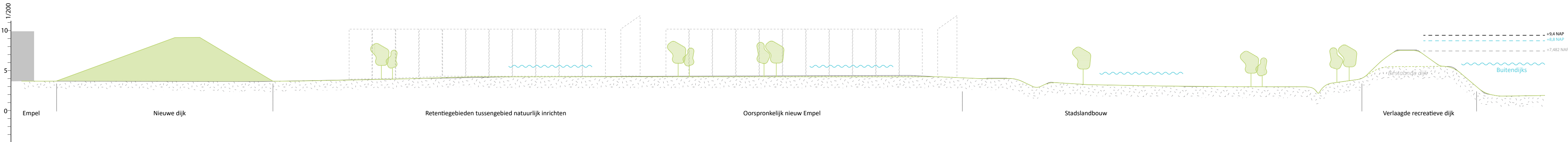
1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



3 - Leven met water



Profielen toekomstbeelden Empel



Toekomstbeelden Bokhoven

1 - Sterke stad, lieflijke dorpen



In toekomstbeeld 1 groeit de dijk binnenwaarts tegen de bestaande woningen aan. De opgave wordt opgelost met een constructie en met grond. Om de connectie met de rivier te behouden, wordt er een terras op de nieuwe kruinhoogte aangelegd. De ontsluiting loopt via de achterkant, niet meer via de dijk.

2 - Dijk als basis voor nieuwe kwaliteit



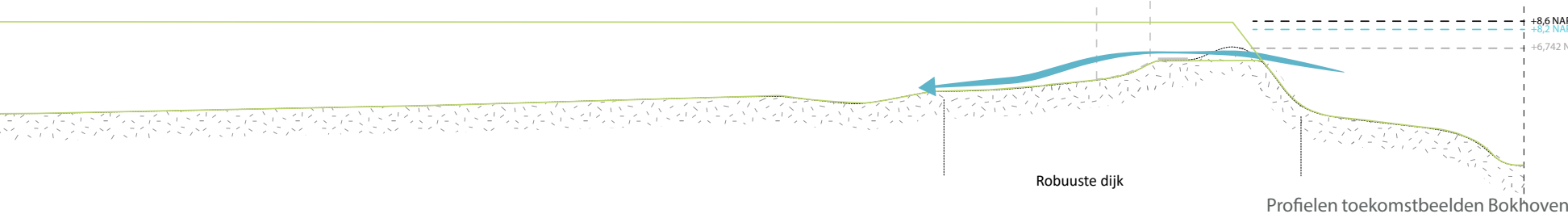
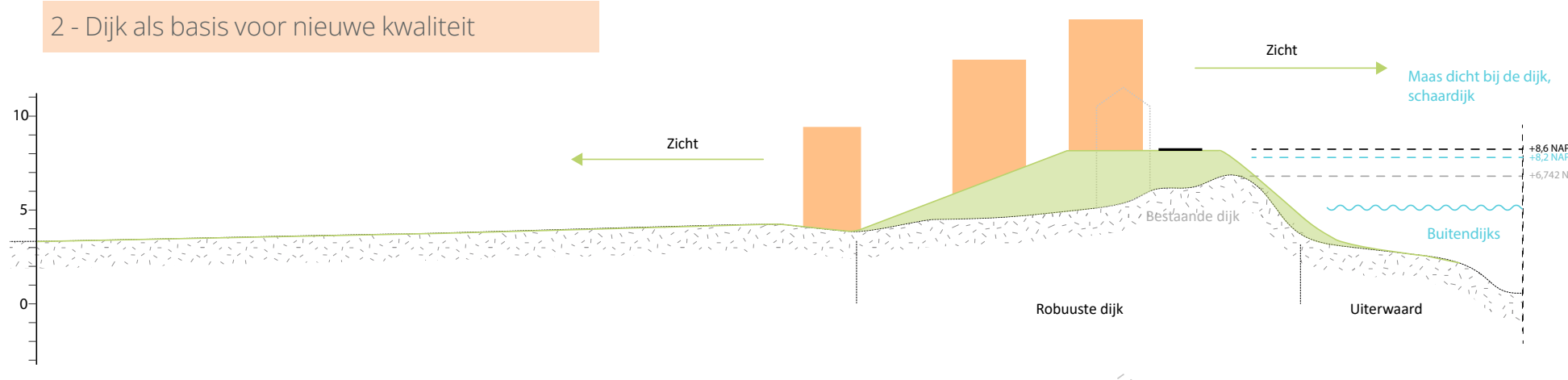
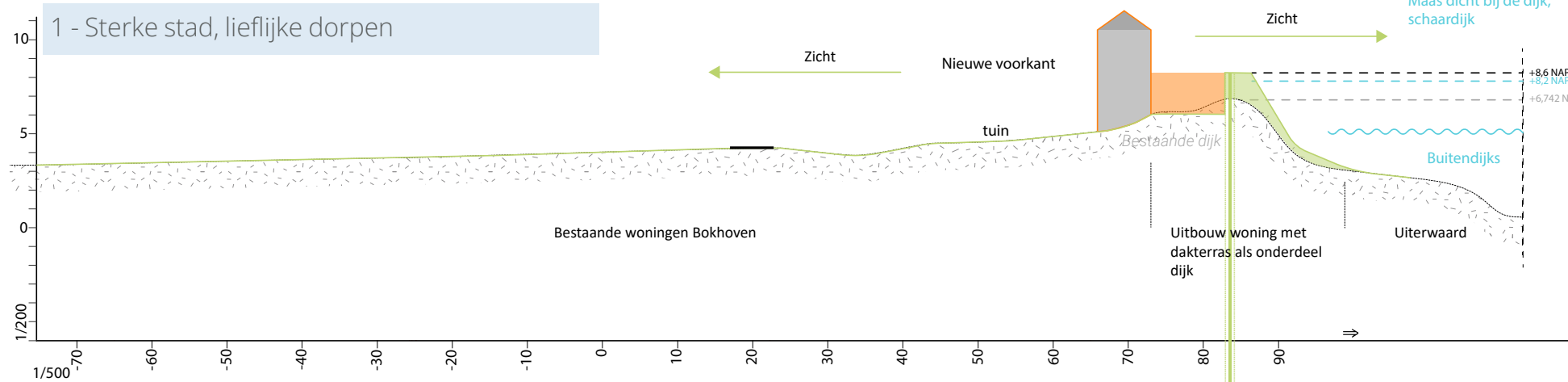
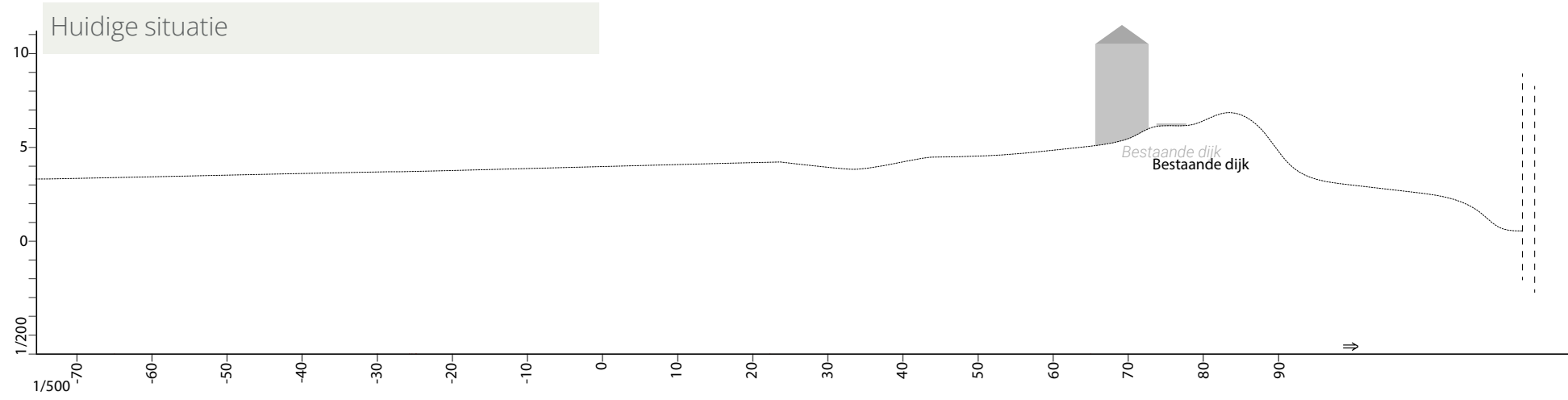
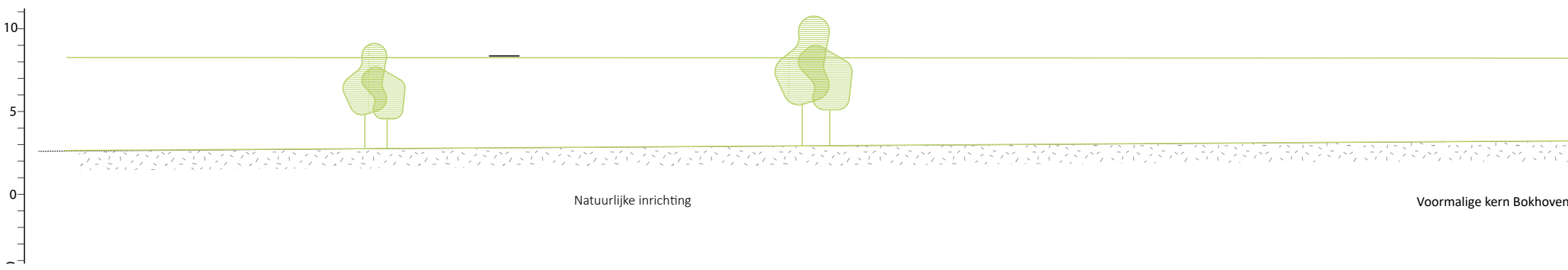
Toekomstbeeld 2 gaat uit van een gecombineerde opgave voor waterveiligheid en wonen in Bokhoven. De opgave wordt opgelost met een robuuste gronddijk met overhoogte voor de ontwikkeling van woningen. De dijk krijgt hierdoor een meer stedelijk karakter, vergelijkbaar met Haverleij.

3 - Leven met water



In toekomstbeeld 3 wordt de historische Bokhovense Overlaat teruggebracht om in te zetten als overloopgebied bij hoog water. Rondom Bokhoven, Engelen en Den Bosch worden compartimenteringsdijken aangelegd die de bebouwing beschermen. Binnen de dijkring van Bokhoven is ruimte voor nieuwe bebouwing, deels als compensatie voor de woningen die verdwijnen van de dijk. De Bokhovense polder is in extensief agrarisch gebruik. De overlaat bevindt zich tussen de kern van Bokhoven en het laatste kasteel van Haverleij, waar deze historisch geizen ook ongeveer gelegen heeft. De bestaande dijk wordt verlaagd, de gebouwen verwijderd en de dijk geschikt gemaakt voor het gecontroleerd overlopen ervan bij een hoogwater.

3 - Leven met water



Profielen toekomstbeelden Bokhoven



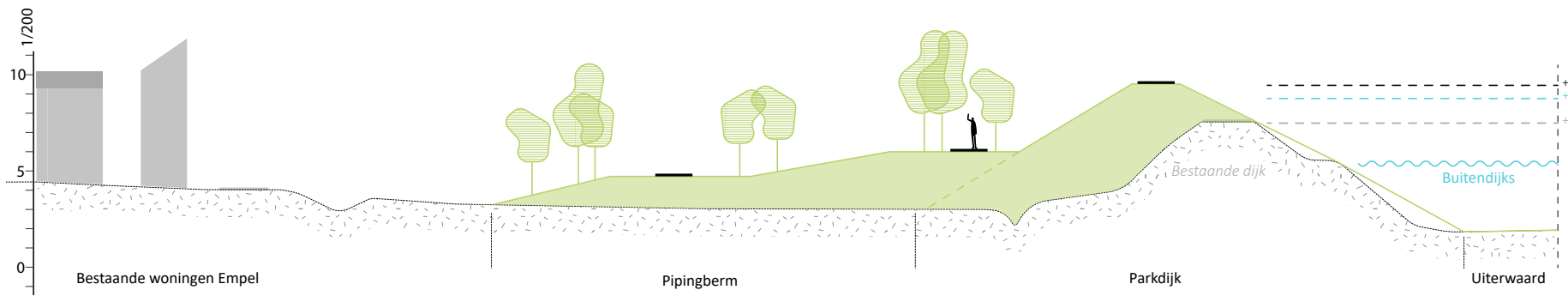


## 5 Bouwstenen Plus

In het dijkversterkingsproject Lith-Bokhoven is in een nota bouwstenen opgesteld. In deze nota wordt alle bouwstenen beschreven en benoemd die mogelijk zijn om de dijk te versterken. In de verkenning zijn er bouwstenen in vier categorieën:

- Binnenwaarts versterken
- Buitenwaarts versterken
- Versterken binnen huidig dijkprofiel
- Overige

Uit de toekomstbeelden uit hoofdstuk 4 komen een aantal ‘nieuwe’ bouwstenen naar voren die als aanvulling op de bestaande bouwstenen in de verkenningsfase kunnen worden toegevoegd. De bouwstenen hebben vaak zowel een technisch als ruimtelijk karakter. Ook zijn er bouwstenen die vooral ruimtelijk zijn. In dit hoofdstuk worden de ‘Bouwstenen plus’ toegelicht. Hierbij wordt ingegaan op de categorie waarin de bouwsteen valt en wordt een uitspraak gedaan over levensduur en implementatietijd. Deze laatste twee onderdelen zijn van belang voor de adaptatiepaden. In bijlage 2 is de ‘Notitie bouwstenen’ te vinden, deze beschrijft alle bouwstenen die een plek hebben in de waterkeringen van de toekomstbeelden.



### 5.1 Technisch-integrale bouwstenen

#### Klimaatdijk (binnendijks versterken, buitendijks versterken)

Een klimaatdijk is een dijk die bewust robuuster wordt aangelegd, waardoor medegebruik van de dijk zowel nu en in de toekomst mogelijk blijft. De dijk wordt overgedimensioneerd in de breedte en in de hoogte. De versterking kan zowel aan de binnendijkse en buitendijkse zijde plaatsvinden. Voor de adaptatiepaden is aangenomen dat een klimaatdijk in de regel een levensduur heeft van 100 jaar, en dat het vanwege het grote ruimtebeslag en de raakvlakken met andere opgaven 25 jaar kost om deze bouwsteen te implementeren.

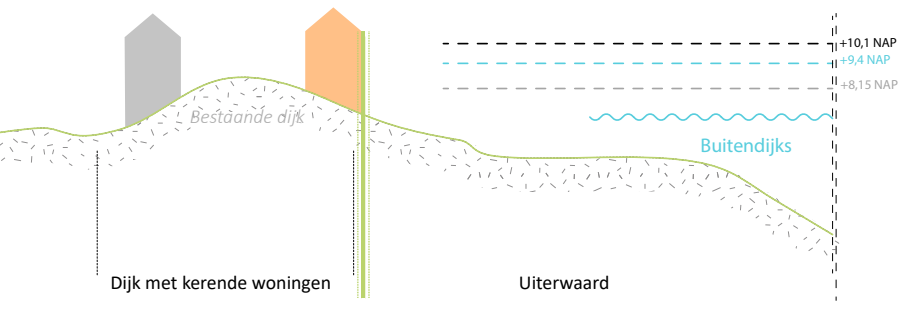
#### Kerende woningen (versterken binnen huidig dijkprofiel)

Een kerende woning is een constructieve versterking van de dijk, waarbij de constructie ook onderdeel is van de woning. De gevels van de woningen worden waterkerend uitgevoerd. Deze bouwsteen gaat uit van het verwijderen of transformeren van de buitendijkse woningen, aangezien het technisch niet mogelijk is om een dergelijke oplossing in de bestaande huizen te verwerken. Ook worden de gevels met elkaar verbonden met een kerende constructie, al dan niet met coupures erin om toegang tot de tuin te waarborgen.

Deze versterking vindt plaats binnen het huidige dijkprofiel. Voor de adaptatiepaden is aangenomen dat deze bouwsteen en levensduur heeft van tenminste 100 jaar, gezien de verticale oplossing die onderdeel is van de bouwsteen. De implementatietijd is aangenomen op 25 jaar, gezien de technisch uitdagende oplossing en de tijd die nodig is om de buitendijkse woningen te transformeren.



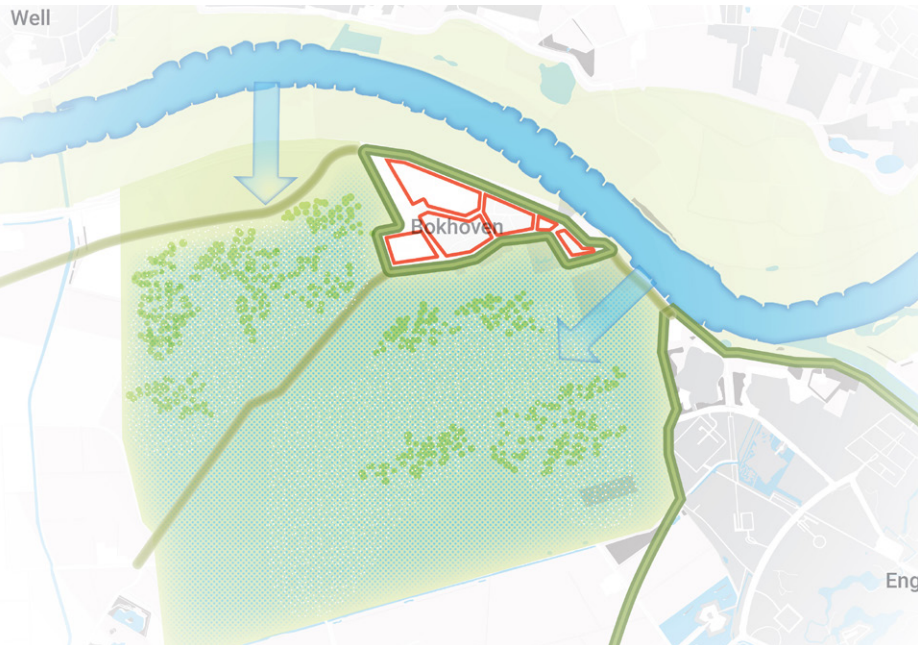
Waterkerende woningen bij Venlo. De plint van de woningen maken onderdeel uit van de constructie.  
foto: Joep Rawee





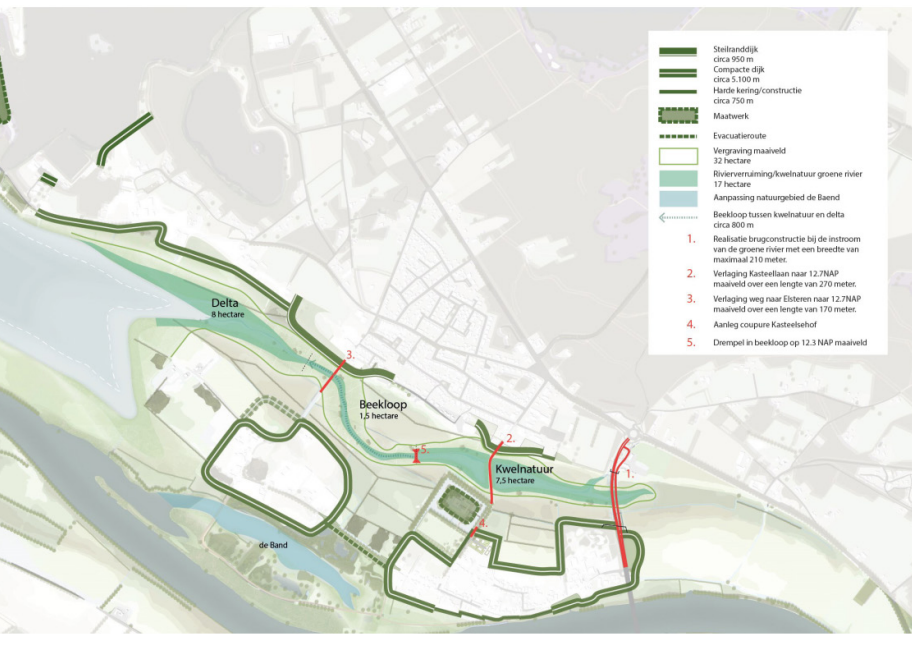
Compartimentering aanbrengen (overige)

Bij het aanbrengen van compartimentering worden dijken dusdanig aangebracht dat de gevolgen van een overstroming beperkt blijven. Er worden daarbij gebieden zoals dorpen gericht beschermd, terwijl andere gebieden een ander beschermingsniveau hebben en regelmatig kunnen overstromen. Op de bovenaanzichten van toekomstbeeld 3 is een voorbeeld uitgewerkt.



Voorbeeld van toekomstbeeld 3 bij Lith. In dit toekomstbeeld wordt de oude overlaat ingezet voor waterberging en zijn compartimenteringsdijken aangebracht.

Compartimentering aanbrengen is een bouwsteen die meer vraagt dan alleen een aanpassing van de dijk. Er zijn over grote lengtes nieuwe compartimenteringsdijken nodig in het achterland. Mogelijk is het uitkopen van boerderijen en woningen in het overstromingsgebied nodig, en er moeten alternatieve woningen worden gebouwd ter compensatie. Er is aangenomen dat deze oplossing een levensduur heeft van meer dan 100 jaar, de compartimenteringsdijken zelf hebben een levensduur van 50 jaar en zijn hernieuwbaar. Voor de implementatie van deze bouwsteen is 50 jaar aangenomen, gezien het grote ruimtebeslag, de financiële en juridische complexiteit en de benodigde aanpassing van wet- en regelgeving.



Voorbeeld van project 'Groene rivier Well': delen van het Maasterras (buitendijks) worden overstroombaar en waardevolle bebouwing krijgt een nieuwe waterkering. bron: waterschap Limburg

5.2 Ruimtelijke bouwstenen

Tijdelijke woningen

De afgelopen jaren is in Nederland steeds meer ervaring opgedaan met tijdelijke woningen. Directe aanleiding hiervoor was met name het versnellen van woningbouwopgave. Woningtypes die zijn ontwikkeld zijn o.a. verplaatsbaar, circulair her te gebruiken en snel te bouwen. Ook zijn het vaak kleinere, betaalbare en duurzame woningen die goed aansluiten op de woonwensen van starters op de woningmarkt. Ook in het kader van waterveiligheidslandschappen zijn concepten ontwikkeld voor cyclisch wonen aan de dijk. Hierin worden dijkwoningen bij elke dijkversterkingsronde verplaatst, opgevijseld of (circulair) afgebroken en weer opgebouwd.



Voorbeeld Flexwoningen bij de Hopman te Aarle-Rixtel.  
[www.volkshuisvestingnederland.nl](http://www.volkshuisvestingnederland.nl)

Tijdelijke woningen als bouwsteen voor een dijkversterking biedt de mogelijkheid om de woonfunctie op de dijk te behouden en daarmee de leefbaarheid van een dorp. Tegelijkertijd kan de dijk volledig in eigendom en beheer bij het waterschap zijn en is de dijk eenvoudiger uitbreidbaar bij een volgende dijkversterking. Een onderzoeksvraag is echter wel de juridische, financiële en technische haalbaarheid van een dergelijke ontwikkeling. Er is voor deze bouwsteen geen levensduur aangenomen in de adaptatiepaden, aangezien dit samenhangt met de oplossing voor de dijk. Voor de implementatietijd is 5-10 jaar aangenomen.

Voorbeeld Flexwoningen bij de Hopman te Aarle-Rixtel.  
[volkshuisvestingnederland.nl](http://volkshuisvestingnederland.nl)

Medegebruik van de klimaatdijk

In de adaptatietoets zijn verschillende vormen van medegebruik van de klimaatdijk toegepast, zoals bebouwing en parkaanleg. Voorbeelden zijn het nieuwe dorp Reeve op een klimaatdijk langs het Reevediep en de Wakkere dijk bij Munnikenland, die ook als hoogwatervluchtplaats dient. Deze voorbeelden laten extensief medegebruik toe met lage bebouwingsdichtheid en sobere inrichting.

De levensduur van medegebruik is niet gedefinieerd. De implementatietijd varieert: 5 jaar voor parken en 20-50 jaar voor woningen, afhankelijk van de schaal.





## 6 Strategie – adaptatiepaden

Adaptatiepaden laten de verschillende stappen en keuzes die gemaakt kunnen worden voor de dijkversterking zien in de tijd. Daarbij worden paden of routes gemaakt naar de drie toekomstbeelden die het eindpunt vormen van ieder pad. Met de adaptatiepaden wordt inzicht gegeven hoe om te gaan met onzekerheden in de toekomst. Er worden verschillende strategieën of paden verkend die kunnen helpen om met veranderingen om te gaan. In dit hoofdstuk worden de adaptatiepaden verbeeld en toegelicht. Alle stappen in het proces en de uitkomsten (eerdere hoofdstukken) zijn van belang om adaptatiepaden te maken. In de eerste paragraaf worden de uitgangspunten toegelicht die zijn gebruikt bij het opstellen van de paden. Hierna volgen per casus het adaptatiepad en de resultaten. Per dorp worden ook een aantal conclusies geformuleerd, die als aandachtspunt kunnen worden meegenomen in de dijkversterking.

### 6.1 Introductie adaptatiepaden

Bij adaptatiepaden worden mogelijke toekomstige ontwikkelingen en risico's in kaart gebracht, in dit geval de stijging van de waterstanden in de Maas. Bouwstenen richting een toekomstbeeld worden in de tijd gezet, waardoor inzichten ontstaan in cruciale keuzemomenten in de tijd. Er wordt gevisualiseerd wanneer keuzes gemaakt moeten worden richting een toekomstbeelden. Dit geeft inzicht in hoe bij komende dijkversterkingen adaptieve keuzes kunnen worden gemaakt en lock-ins worden voorkomen.

Enkele belangrijke definities bij adaptatiepaden zijn:

- **Knelpunten:** Knelpunten zijn de fysieke momenten waar het systeem niet meer voldoet aan de gestelde eisen qua veiligheid.
- **Knippunten:** Knippunten zijn de momenten waarop een actieve bouwsteen niet meer effectief is en er aanvullende acties moeten worden ondernomen. Dit kan een herhaling zijn van de actieve bouwsteen of het implementeren van een nieuwe bouwsteen.
- **Verandermoment:** Een moment waarop een keuze gemaakt moet worden over het implementeren van andere bouwstenen.
- **Lock-in:** Een lock-in is een situatie waarin er een keuze gemaakt is voor een strategie waardoor het overstappen naar een andere strategie niet meer mogelijk is. Dit kan ook voorkomen als er niet op tijd een beslissing genomen wordt over een bouwsteen.
- **Implementatietijd:** De implementatietijd van een bouwsteen is de tijd die nodig is om een bouwsteen te realiseren. Hier wordt gekeken naar de tijd die nodig is om de condities te creëren waarin de bouwsteen toegepast kan worden. Dit houdt het agenderen van een bouwsteen in, het creëren van draagvlak ervoor en het vaststellen van een plan. Binnen de implementatietijd valt ook de tijd die nodig is voor de uitvoering.
- **Amoveren woningen:** het definitief verwijderen van woningen.

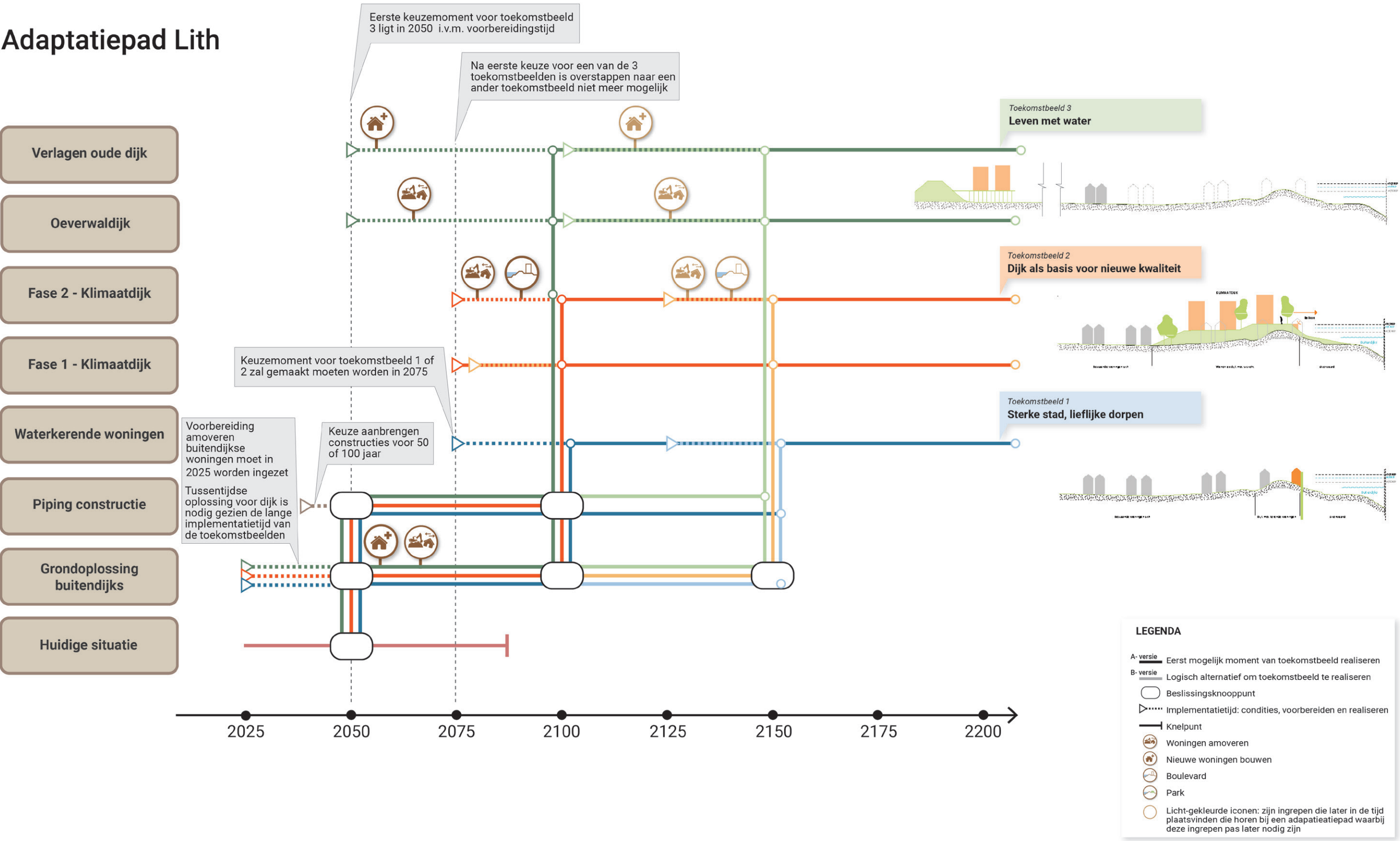
Voor het maken van de adaptatiepaden zijn een aantal uitgangspunten opgesteld:

- 2050 is de uiterlijke datum voor de uitvoering van projecten van het Hoogwaterbeschermingsprogramma. De aanname is dat in dit jaartal de huidige dijkversterking uitgevoerd is en dijkhoogte op orde is, omdat de uitvoering in 2030 start.
- Drie toekomstbeelden dienen als eindpunten van de adaptatiepaden.
- Er zijn bouwstenen voor hoogwaterveiligheid, gebiedsontwikkeling, en flexibele bouwstenen.
- De looptijden voor voorbereiding en implementatie van een bouwsteen is een inschatting op basis van schaal en impact van de betreffende bouwsteen.
- De bouwsteen klimaatdijk is in enkele gevallen faseerbaar. Omwille van de complexiteit is gekozen voor maximaal twee fases.
- Niet alle paden worden verkend. Alleen de eerst mogelijke en een logisch alternatief zijn in beeld gebracht, op basis van expert judgement en ervaringen elders.
- De tijdsindicaties gaan over bandbreedtes en zijn niet jaarspecifiek.
- De bouwstenen uit de huidige dijkversterking zijn geen uitgangspunt voor de paden. De focus ligt op het realiseren van de toekomstbeelden.
- De toekomstbeelden en aanpak is gebaseerd op het profiel van de dijk, met een check op de plattegrond. Er is vooral gekeken naar oplossingen en principes, en minder naar de precieze inpassing.

◀ De bebouwing bij Empel ligt op afstand van de dijk  
Foto: Maikel Samuels



Adaptatiepad Lith



6.2 Adaptatiepad Lith

Bij Lith zijn de volgende bouwstenen geïdentificeerd: grondplossing, piping constructie, waterkerende woningen, klimaatdijk (potentieel opgeknipt in twee fases), oeverwal en verlagen oude dijk. Toekomstbeeld 1 richt zich op een eindbeeld met waterkerende woningen, toekomstbeeld 2 een klimaatdijk, en toekomstbeeld 3 op een oeverwal.

6.2.1 Knikpunten, knelpunten en verandermomenten

Voor Lith vindt het eerste knelpunt plaats in 2050. In alle gevallen is het dan nodig om door middel van een grondplossing en een pipingconstructie te voldoen aan de veiligheidseisen. Het ontwerp van deze grondplossing en pipingconstructie kan wel verschillen, afhankelijk van de keuze voor een bepaald toekomstbeeld. In het geval dat voor toekomstbeeld 3 wordt gekozen en deze situatie in 2100 al behaald wil zijn, dan moet de keuze hiervoor als in 2050 gemaakt worden. Dit in verband met de lange voorbereidingstijd die komt kijken bij een teruglegging van een dijktracé. Toekomstbeeld 1 en 2 kunnen ook op zijn vroegst in 2100 gerealiseerd zijn, maar daar zijn de verandermomenten in dat geval rond 2075 gezien de kortere voorbereidingstijd. Voor toekomstbeeld 2 moet er in beide gevallen al in 2075 een keuze gemaakt worden. Indien de gehele klimaatdijk gereed moet zijn in 2100 is dat het geval, maar ook als er gekozen wordt voor de gefaseerde variant. Indien gekozen wordt voor het realiseren van een toekomstbeeld in 2100, kan ervoor worden gekozen om de pipingconstructie die als tussenoplossing wordt aangebracht kleiner of met een kortere levensduur te dimensioneren.

6.2.2 Aandachtspunten implementatie

Bij de implementatie van de grondplossing en pipingconstructie moet goed nagedacht worden over de levensduur van de bouwstenen. Een grondplossing moet ongeveer elke 50 jaar aangevuld worden, maar een piping constructie kan soms tot wel 100 jaar mee. Indien er in 2100 al een toekomstbeeld gekozen wordt, hoeft de piping constructie in 2050 dus niet gedimensioneerd te worden op een levensduur van 100 jaar.

Ondanks dat de adaptatiekaart maar twee routes laat zien per toekomstbeeld, zijn er veel meer. De adaptatiekaart laat het eerst mogelijke moment zien dat een toekomstbeeld gerealiseerd kan zijn, en een ander logisch moment. Vanaf het eerst mogelijke realisatiemoment kan er altijd een switch gemaakt worden. Ook hier is het belangrijk om rekening te houden met de voorbereidingstijd op bouwstenen. Dit geldt voor alle locaties.

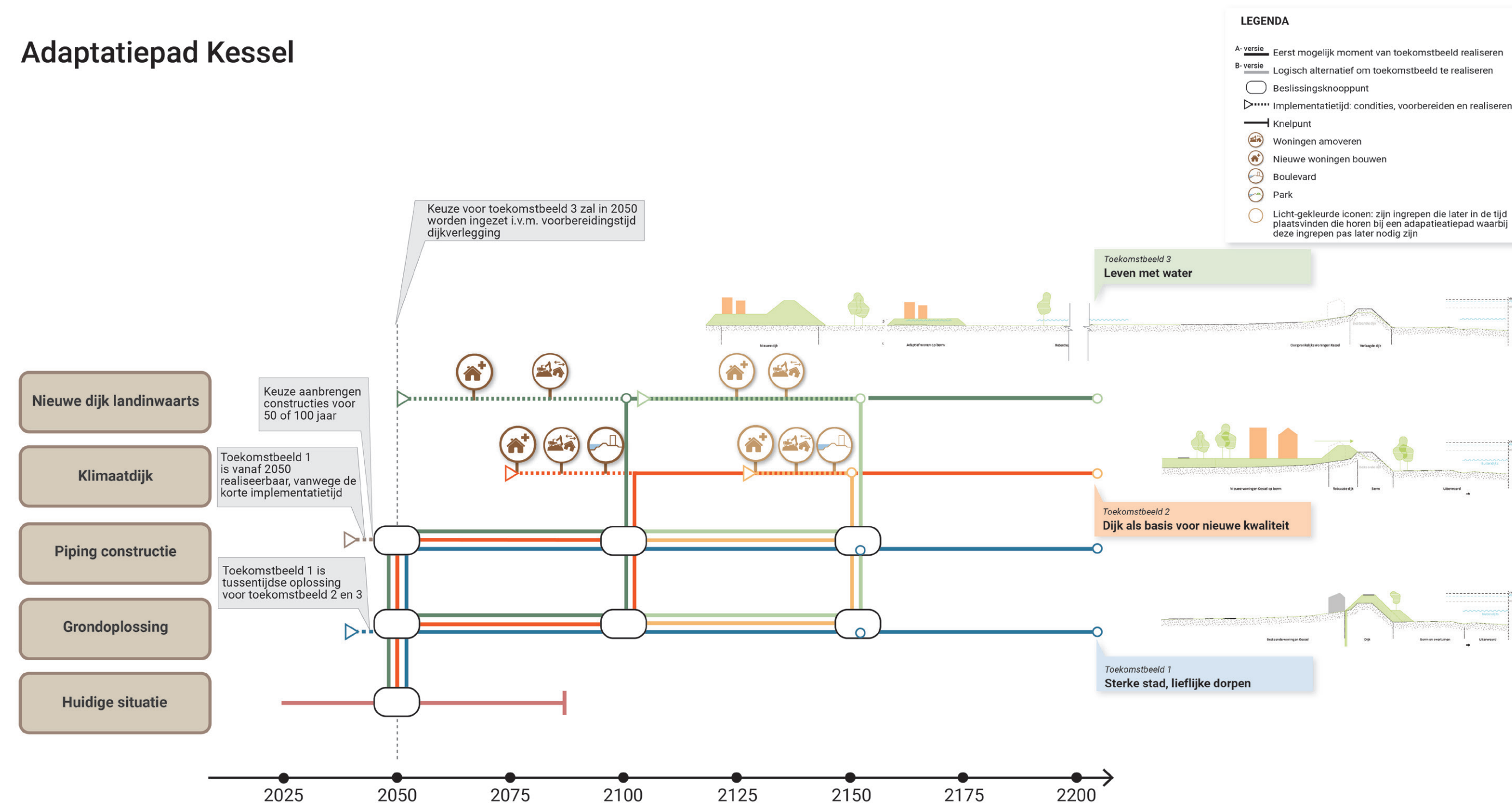
6.2.3 Conclusies

Het eerste verandermoment voor alle toekomstbeelden in Lith ligt al in 2025. Dit is vanwege de keuze voor de levensduur van de constructie die als tussentijdse oplossing nodig is en de keuze om woningen aan buitendijkse zijde te transformeren. Deze keuzes lijken voorwaardelijk voor rest van de paden. De verandermomenten voor de toekomstbeelden liggen tussen 2050 en 2075, dus in eerstvolgende dijkversterking. Maar dat vraagt eigenlijk dat we in deze dijkversterking al voorsorteren op de keuze.

Zodra gekozen is voor een specifiek toekomstbeeld in Lith, dan is het niet meer mogelijk om over te stappen naar een andere. De paden voor Lith zijn daarmee weinig adaptief. Langs de dijk zijn enkele plekken met bebouwing aan twee zijdes. Dit zijn Oud-Empel, Gewande, en Maren, ter hoogte van het bij oude gemeentehuis Alem. Mogelijk zijn de inzichten voor Lith hier ook toepasbaar, dit kan nader worden onderzocht.



## Adaptatiepad Kessel



### 6.3 Adaptatiepad Kessel

### 6.3.1 Maatregelen/bouwstenen

Bij Kessel zijn de volgende bouwstenen geïdentificeerd: grondoplossing, piping constructie, klimaatdijk en een nieuwe dijk landinwaarts. De grondoplossing en piping constructie vormen samen toekomstbeeld 1, de klimaatdijk toekomstbeeld 2, en de nieuwe dijk landinwaarts toekomstbeeld 3.

### 6.3.2 Knikpunten, knelpunten en verandermomenten

In 2050 vindt het eerst knelpunt plaats bij Kessel. Voor elk toekomstbeeld is het dan nodig om een grondoplossing en pipingconstructie te gebruiken voor in ieder geval 50 jaar. Aangezien de grondoplossing en pipingconstructie samen toekomstbeeld 1 vormen kan er gekozen worden om te ontwerpen op een levensduur van 100 jaar. De grondoplossing zal dan wel aangevuld moeten worden na 50 jaar. Na de levensduur van de pipingconstructie kan dan gekozen worden om nogmaals een constructie aan te leggen of om te wisselen van toekomstbeeld. Toekomstbeelden 2 en 3 kunnen op zijn vroegst in 2100 gerealiseerd zijn.

In dat geval is er voor toekomstbeeld 2 al 25 jaar voor de realisatie een verandermoment, en voor toekomstbeeld 3 is dat 50 jaar vanwege de lange implementatietijd van beide toekomstbeelden. Een ander logisch moment om toekomstbeeld 2 of 3 te realiseren is in 2150, als het knippunt voor de pipingconstructie en tweede grondoplossing bereikt is. Ook dan vinden de verandermomenten respectievelijk 25 en 50 jaar daarvoor plaats.

### 6.3.3 Aandachtspunten implementatie

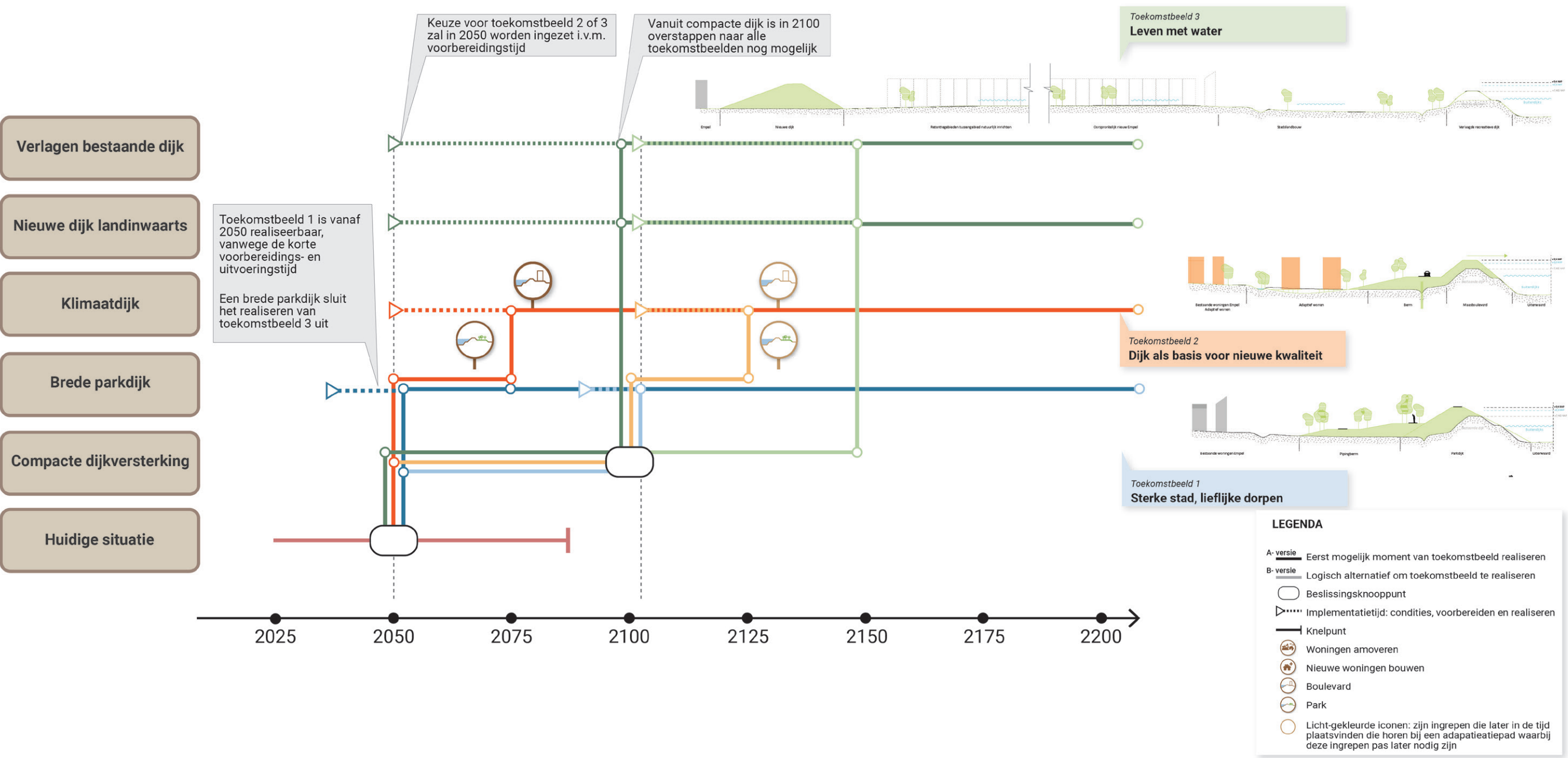
Bij de implementatie van de grondoplossing en pipingconstructie moet goed nagedacht worden over de levensduur van de bouwstenen. Een grondoplossing moet ongeveer elke 50 jaar aangevuld worden, maar een piping constructie kan soms tot wel 100 jaar mee. Indien er in 2100 al een toekomstbeeld gekozen wordt, hoeft de piping constructie in 2050 dus niet gedimensioneerd te worden op een levensduur van 100 jaar.

### 6.3.4 Conclusions

De karakteristiek van Kessel maakt dat op deze plek conventionele oplossingen voor de dijk nog mogelijke zijn. Het dorpshart ligt bijvoorbeeld niet aan de dijk, de dijk grenst niet direct aan de rivier en de bebouwing en andere waarden liggen verspreid op verschillende afstanden van de dijk. Er is daarmee ruimte om met de dijk "mee te bewegen" rondom de bestaande waarden, waardoor je de kwaliteit nog langer in stand kan houden. Toekomstbeeld 1 is hiervoor een goed uitgangspunt, en ligt dicht bij de oplossing die vanuit dijkversterking in beeld is. Dit beeld is al toepasbaar vanaf 2050, en biedt ook de mogelijkheid om nog over te stappen naar een andere toekomstbeeld. De situatie in Kessel is mogelijk ook vertaalbaar naar 't Wild, waar ook erven op afstand liggen van de dijk.



Adaptatiepad Empel



6.4 Adaptatiepad Empel

6.4.1 Maatregelen/bouwstenen

Bij Empel zijn deze bouwstenen geïdentificeerd: compacte versterking, brede parkdijk, robuuste dijk, nieuwe dijk landinwaarts en verlagen van de bestaande dijk. De brede parkdijk komt overeen met toekomstbeeld 1, de robuuste dijk met toekomstbeeld 2 en de nieuwe dijk landinwaarts in combinatie met het verlagen van de oude dijk komt overeen met toekomstbeeld 3.

6.4.2 Knikpunten, knelpunten en verandermomenten

In 2050 wordt in Empel het eerste knelpunt bereikt. Hier moet er gekozen zijn voor een nieuwe bouwsteen. Er kan gekozen worden voor toekomstbeeld 1, een brede parkdijk. Aangezien er bij Empel ruimte ligt tussen de woningen en de dijk kan deze maatregel al in 2050 gerealiseerd zijn, en is deze na de levensduur ook herhaalbaar. Vanuit toekomstbeeld 1 kan ook gewisseld worden naar toekomstbeeld 2. Zo kan er in 2075 al een robuuste dijk van gemaakt worden, of kan dit plaatsvinden in 2125. Toekomstbeeld 3 is vanuit een brede parkdijk niet meer haalbaar.

Er kan ook gekozen worden voor een compacte dijkversterking als tussenoplossing. In dat geval valt het keuzemoment tussen toekomstbeelden pas later. Er kan in 2100 overgestapt worden naar alle drie de toekomstbeelden. Er kan ook gekozen worden voor het vernieuwen van de compacte dijk, zodat er pas in 2150 overgestapt hoeft te worden naar een definitief toekomstbeeld.

Indien er gekozen wordt voor toekomstbeeld 3, moet er wel rekening gehouden worden met 50 jaar voorbereidingstijd.

6.4.3 Aandachtspunten implementatie

Bij Empel is er tussen de huidige dijk en de eerste rij woningen nog ruimte voor het versterken van de dijk. De beschikbare ruimte vormt geen beperking voor de implementatie voor zowel een compacte dijkversterking of een brede parkdijk. De keuze voor een van die twee beelden beïnvloedt het moment waarop er voor een ander toekomstbeeld gekozen moet worden. Een ander aandachtspunt is dat er vanuit de brede parkdijk nog naar toekomstbeeld 2 gewisseld kan worden.

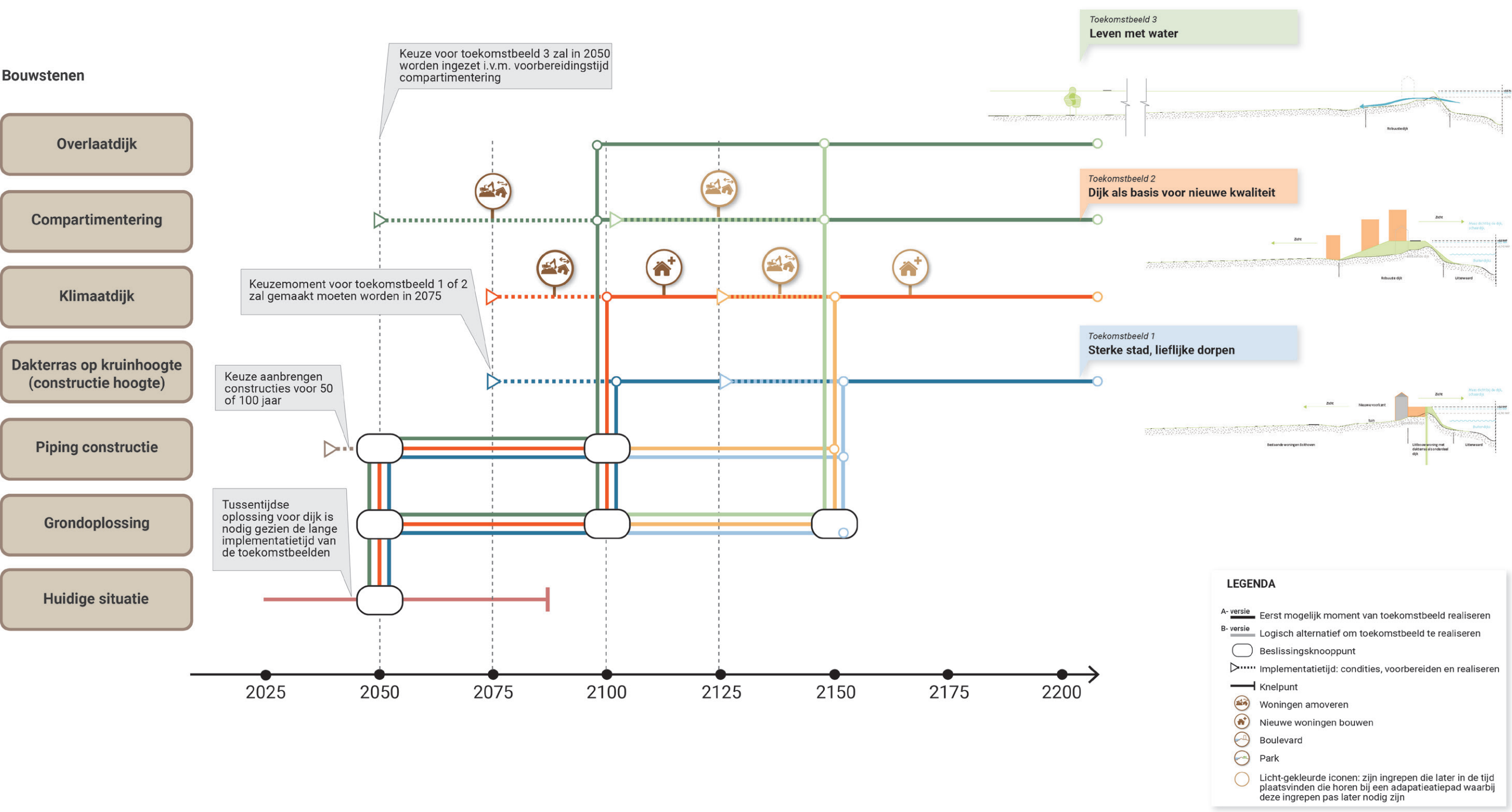
6.4.4 Conclusies

Uit de adaptatiepaden blijkt dat op deze plek de keuze voor een toekomstbeeld het verste weg ligt in de tijd en ook dat het overstappen tussen de toekomstbeelden mogelijk is. Een belangrijke reden hiervoor is dat langs deze dijk er binnendijs ruimte is om te versterken en de belangrijkste waarden buitendijs liggen (wielen, Koornwaard). De bestaande ruimtelijke kwaliteit staat in de huidige situatie en de toekomstbeelden niet onder druk. Er zijn slechts een paar plekken langs de dijk waar ook geen bebouwing of functies direct om de dijk te vinden

zijn, wat de inzichten van deze case lastig vertaalbaar maakt naar andere plekken. Een vraagstuk voor de langere termijn is wel de koppeling met stedelijke uitbreiding. Wanneer bebouwing dicht bij de dijk of zelfs op de dijk komt te liggen, dan verlies je de adaptiviteit van deze oplossing.



Adaptatiepad Bokhoven



6.5 Adaptatiepad Bokhoven

6.5.1 Maatregelen/bouwstenen

In Bokhoven zijnde volgende bouwstenen geïdentificeerd: grondoplossing, piping constructie, dakterras op kruinhoogte, klimaatdijk, compartimentering en overlaatlidijk. Het dakterras op kruinhoogte komt overeen met toekomstbeeld 1, de klimaatdijk met toekomstbeeld 2 en de compartimentering en overlaatlidijk bouwstenen met toekomstbeeld 3.

6.5.2 Knikpunten, knelpunten en verandermomenten

Het eerst knelpunt voor Bokhoven is in 2050. In alle gevallen moet er dan een grondoplossing met pipingconstructie komen omdat geen enkel toekomstbeeld gerealiseerd kan worden op de korte termijn. Er kan gekozen worden om de pipingconstructie te ontwerpen op een levensduur van 50 of 100 jaar. Deze keuze beïnvloedt het moment dat er gekozen dient te worden tussen toekomstbeelden voor 2200. Om toekomstbeeld 1 te realiseren in 2100, zal er in 2075 een verandermoment moeten plaatsvinden, om voldoende voorbereidingstijd te hebben om de bouwsteen te realiseren voor het knikpunt van de piping constructie. Er zou ook in 2125 een keuze gemaakt kunnen worden om naar toekomstbeeld 1 te gaan. Om toekomstbeeld 2 in 2100 te realiseren moet de voorbereiding in 2075 beginnen, en als de klimaatdijk in 2150 gerealiseerd moet worden begint de voorbereiding in 2125. Voor toekomstbeeld 3 moet er in 2050 al een keuze gemaakt worden als deze in 2100 gerealiseerd moet zijn, aangezien 50 jaar voorbereidingstijd nodig is. Als de realisatie pas in 2150 hoeft, begint de voorbereiding in 2100. De reden voor de lange voorbereidingstijd is het grote

ruimtebeslag, de hoeveelheid keringen die gerealiseerd moeten worden en het planologisch bestemmen van de ruimte.

6.5.3 Aandachtspunten implementatie

Er kan na de keuze voor een toekomstbeeld niet meer overgestapt worden op een ander toekomstbeeld.

6.5.4 Conclusies

In Bokhoven ligt het dorpshart niet op de dijk, maar in de historische kern, verder van de dijk af. In de adaptatiepaden zijn de opgaven voor de dijk en het watersysteem meer sturend in de oplossingen en keuze voor de toekomstbeelden, dan de bestaande kwaliteit van het dorp. De situatie in Bokhoven is vertaalbaar naar stukken van Maren en Lith (buiten de dorpskern). De adaptatiepaden laten ook zien dat het niet mogelijk is om over te stappen tussen de toekomstbeelden. Daarmee is er weinig flexibiliteit meer en is het belangrijk om echt zeker te weten dat dit een toekomstbestendige oplossing is. Voor alledrie de toekomstbeelden geldt dat er een zekere afhankelijkheid is tussen de ontwikkeling van de dijk en de ontwikkeling van de stad en de woningbouw in het dorp. De toekomstbeelden gaan uit van een opgave voor (de vernieuwing) van woningen die in Bokhoven terecht komt. Zonder deze opgave is het niet aannemelijk dat deze toekomstbeelden kunnen ontstaan.





## 7 Conclusies

In dit hoofdstuk wordt de stap gezet van de resultaten uit de adaptatiepaden naar conclusies voor de huidige dijkversterking. Door uit te zoomen van de toekomstbeelden en de dorpen komen een aantal zaken overeen. Zo is versterken in grond altijd de meest adaptieve oplossing, zijn verticale constructies een beperking voor de adaptiviteit van de oplossing voor de dijk, liggen er kansen in het meer flexibel omgaan met wonen aan de dijk, en zijn er een aantal tussenoplossingen of geen-spijt oplossingen te onderscheiden die op de langere termijn meer flexibiliteit bieden. Ook geven we in dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen mee voor verder onderzoek in dit project en het HWBP in het algemeen. De basis voor deze conclusies is gelegd in de laatste van de drie expertsessies en tijdens een aantal ontwerpoverleggen.

### 7.1 Keuzes in deze dijkversterking hebben gevolgen voor de toekomst

Hoe snel klimaatverandering gaat verlopen en wat hiervan de gevolgen zijn voor waterstanden en de waterveiligheidsopgave weten we nog niet. Dit brengt veel onzekerheid met zich mee. Daarom is het van belang dat de dijken die we nu versterken flexibel en aanpasbaar genoeg zijn om in de toekomst in te kunnen spelen op deze onzekerheden. Tegelijkertijd zijn er nu ook al plekken aan de dijk waar we zien dat de keuzes die we in deze dijkversterking maken, grote consequenties hebben voor de volgende dijkversterking en de verdere toekomst.

De adaptatiepaden bevestigen het vermoeden aan de start van de adaptatietoets dat er op een aantal plekken langs de dijk op de korte termijn al keuzes moeten we worden gemaakt voor de toekomst. Dit

heeft met name te maken met de bestaande situatie in de dijkdorpen, zoals de beperkte ruimte in Lith en Bokhoven. Het is belangrijk om in de verkenning te komen tot een toekomstbestendige en adaptieve oplossing, waarbij de kwaliteit van het dijkdorp behouden kan blijven.

Op veel andere plekken langs de dijk is er meer tijd om te komen tot een toekomstbestendige en adaptieve oplossing voor de dijk. De keuze- en verandermomenten voor Kessel en Empel vallen in de adaptatiepaden bijvoorbeeld later in de tijd en laten zien dat we nog kunnen voortbouwen op de bestaande oplossing van de dijk. Omdat de keuze voor een toekomstbestendige oplossing hier op de langere termijn ligt, nemen de raakvlakken van de ontwikkeling van de dijk met andere ontwikkelingen toe. Denk aan de woningbouwopgave in de dorpen, de stad en andere opgaven, zoals klimaat, natuur en recreatie. Dit onderstreept dat het belangrijk is om waterveiligheid op de langere termijn nog meer integraal te bekijken, onderdeel te maken van een integrale gebiedsopgaves en dat een adaptief lange termijnperspectief nodig is.

Ondanks dat dit de verre toekomst betreft, is het belangrijk om bewoners nu al mee te nemen in de toekomstige opgave voor de dijk en wat dit zou kunnen betekenen voor hun woning en leefbaarheid in de dorpen op de langere termijn. Dit is zeker relevant wanneer de toekomstige uitbreidbaarheid en een langetermijnperspectief zwaar meewegen in de keuze voor oplossingen voor de dijk. Het meenemen van bewoners in de overwegingen en het begrip voor de lange termijn oplossing is belangrijk voor draagvlak.

### 7.2 De dijk versterken in grond is het meest adaptief

Uit de adaptatiepaden komt naar voren dat het versterken van de dijk in grond het meest adaptief en toekomstbestendig is. Het maakt de dijk uitbreidbaar en de materialen zijn na het einde van de levensduur herbruikbaar in de volgende dijkversterking. Ook biedt versterken in grond nog de meeste kansen om ook andere ontwikkelingen langs de dijk een plek te geven naar de toekomst toe, zoals woningbouw. Daarmee ondersteunt de uitkomst van de adaptatietoets de redeneerlijn van het project om waar mogelijk altijd de dijk in grond te versterken.

Versterken in grond op plekken met bebouwing aan de kruin of direct aan de dijk heeft mogelijk grote impact op de woonfunctie, leefbaarheid en ruimtelijke kwaliteit. In dijkdorpen zoals Lith, Kessel en Bokhoven vraagt dit om een integrale visie op de ontwikkeling van wonen aan de dijk. Het is kansrijk om op deze plekken een langetermijn perspectief en een ontwikkelstrategie te ontwikkelen. Verder kijkend zou een vergelijkbare strategie toepasbaar zijn in Oud-Empel en Gewande, waar clusters met buitendijkse woningen staan. Een dergelijke strategie is minder relevant op plekken met enkele buitendijkse woningen.

### 7.3 Verticale constructies beperken de adaptiviteit van de oplossing voor de dijk

De constructies met damwanden zijn beduidend minder flexibel en hebben een lange, maar eindige levensduur. Hierdoor beperken ze de adaptiviteit van de oplossing voor de dijk. De adaptatiepaden laten daarnaast zien dat wanneer er afhankelijkheid is tussen



een constructie en woningen (zoals in de toekomstbeelden voor Lith en Bokhoven) dit de adaptiviteit alleen nog maar verder beperkt. Dit soort bouwstenen vragen daarnaast om een grote kosteninvestering, en resulteren in een moeilijk uitbreidbare kering. Door constructies met damwanden toe te passen ontstaat er sneller een lock-in en leg je jezelf veel meer vast.

In de huidige dijkversterking is het de verwachting dat het onvermijdelijk is dat er constructies worden toegepast. Dit omdat er niet overal plek is voor een versterking in grond. Een advies voor het vervolg is om het aandeel constructies in de dijkversterking zo klein mogelijk te houden, en ook te voorkomen dat er een wederzijdse afhankelijkheid tussen constructies en woningen ontstaat. Waar een constructie onvermijdelijk is, dan is het een vraagstuk waar deze het beste geplaatst kan worden, hoe deze uitbreidbaar kan worden gemaakt en hoe hij gedimensioneerd is. Waar zet je constructie neer als je weet dat deze er 100 jaar moet staan en de dijk blijft groeien?

7.4 Meer flexibiliteit in wonen aan de dijk biedt kansen op de lange termijn

Woningen aan de dijk vormen in de adaptatiepaden een belangrijke beperking voor de adaptiviteit van de dijk. Zie bijvoorbeeld Lith en Bokhoven waar woningen dicht bij de dijk staan en in de adaptatiepaden op korte termijn lock-ins en keuze- en verandermomenten te zien zijn. In de toekomstbeelden komt ook het transformeren van woningen (slopen bestaande woningen en het terugbrengen van een nieuwe woning) een aantal keer terug. Dit is niet aan de orde in de bestaande dijkversterking, maar kan op de langere termijn mogelijk wel relevant

worden. Echter, het amoveren van woningen heeft, wanneer er niet direct een alternatieve woning wordt teruggebouwd, een groot effect op de leefbaarheid en ruimtelijke kwaliteit van de dijkdorpen. Uit de expertsessies kwam naar voren dat dit altijd ongewenst is. Wel werd herkend dat het amoveren van buitendijkse woningen laat wel zien dat er ruimte ontstaat voor volgende dijkversterkingen. Als bestaande woningen worden verwijderd, dan laat het pad meer adaptiviteit in de oplossingen zien.

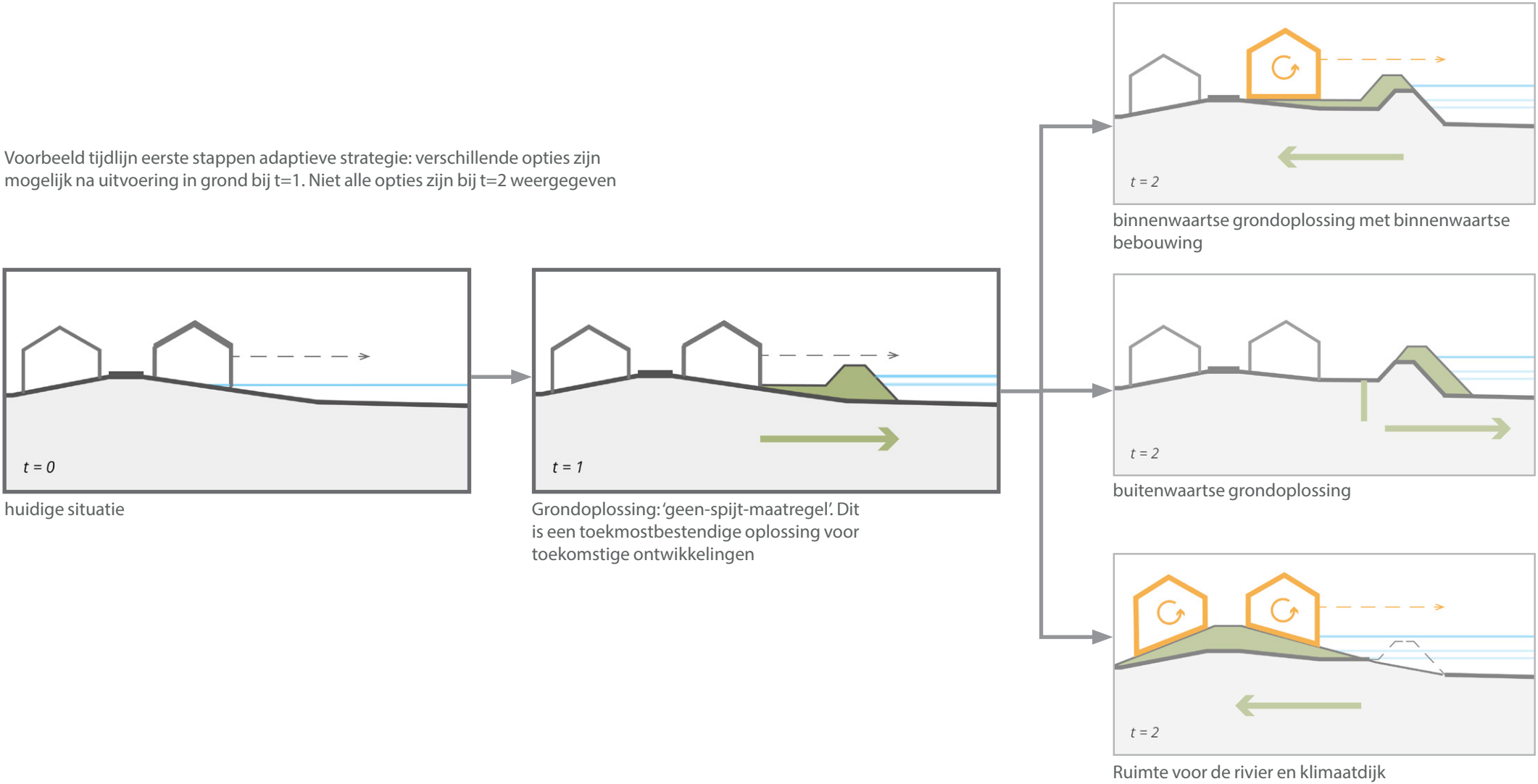
Het inzetten van tijdelijke of verplaatsbare woningen in de dijkzone kan op de langere termijn een oplossing bieden. Dit geeft flexibiliteit bij een volgende dijkversterking en kan tijd tussen oplossingen richting het toekomstbeeld overbruggen. Het is de moeite waard verder te onderzoeken of er in de verdere toekomst meer flexibele vormen van wonen aan de dijk kunnen ontwikkelen.

7.5 Tussenoplossingen zijn “no-regret”

In vrijwel alle adaptatiepaden is er een tussenoplossing toegepast, omdat bijna alle toekomstbeelden voor 2200 niet al in 2050 te realiseren zijn. Daarmee is het voor de huidige dijkversterking relevant om te kijken naar dergelijke tussenoplossingen als geen-spijt maatregelen (no-regret). Dit soort oplossingen houden nog verschillende opties open in een volgende dijkversterking. Voorbeelden uit de toekomstbeelden zijn de Parkdijk bij Empel en de compacte dijk bij Kessel (beiden toekomstbeeld 1). Deze zijn al op korte termijn te realiseren en zijn ook uitbreidbaar naar de toekomst toe. Beide oplossingen liggen dicht bij de bouwstenen die ook in beeld zijn in de mogelijke alternatieven. Daarmee kunnen we deze twee oplossingen benoemen als geen- en weinig spijt maatregelen.

In de reflectie op de toekomstbeelden en de oplossingsrichtingen in de dijkversterking tijdens de laatste expertsessie kwam een kansrijke combinatie naar boven die ook als tussenoplossing kan dienen. De oplossing betreft een buitenwaartse versterking in grond en de ontwikkeling van de woningen aan de buitendijkse zijde van de huidige dijk (die door de maatregel binnendijs komen te liggen). Deze oplossing biedt de mogelijkheid om in de volgende dijkversterking te kiezen voor een binnenwaartse versterking. Deze oplossing kan de basis zijn voor een adaptieve strategie waarin het groeien van de dijk samen gaat met de ontwikkeling van wonen aan de dijk. Zie het voorbeeld van de tijdlijn van een adaptieve strategie op de volgende pagina. Dit principe is kansrijk om in de volgende fase verder uit te werken voor plekken waar aan beide zijdes van de dijk over een langere lengte bebouwing aanwezig is. Dit zijn Lith, Oud-Empel en Maren.

Voor een aantal van de toekomstbeelden en bouwstenen is benoemd dat er mogelijk nieuwe wet- en regelgeving of andere instrumenten nodig zijn om het toekomstbeeld te realiseren. Binnen het bestaande instrumentarium voor dijken zijn echter ook al mogelijkheden om de ontwikkeling van de toekomstige dijk te sturen. Denk aan het profiel van vrije ruimte in de legger van het waterschap. Deze bestemming laat een voorlopige ruimtereservering voor de toekomstige dijkversterking zien. Het is interessant om te onderzoeken of het profiel van vrije ruimte kan worden ingezet om toekomstige dijkversterkingen richting mee te geven en aan te sturen op geen-spijt maatregelen.





7.6 Aanbevelingen voor het vervolg en het HWBP

De adaptatietoets heeft waardevolle inzichten opgeleverd voor de dijkverbetering Lith-Bokhoven. Het belang van een aanpak als deze werd gedurende het proces steeds duidelijker. Waar het Hoogwaterbeschermingsprogramma gericht is op het jaar 2050, betekent dit niet dat er vervolgens geen waterveiligheidsprobleem meer zal ontstaan. Door middel van de verschillende expertsessies en het hanteren van drie toekomstbeelden werd voor alle locaties een duidelijk beeld geschetst van mogelijk toekomstige scenario's. Het identificeren van lock-ins is enorm belangrijk, ook op de korte termijn. Door verder in de toekomst te kijken voorkom je desinvesteringen en onaangename verrassingen.

De adaptatietoets is om die reden een interessante tool voor projecten binnen het HWBP die te maken hebben met een complexe opgave voor inpassing van de dijk. Bijvoorbeeld wanneer je te maken hebt met veel bebouwing direct aan of op de dijk, of wanneer de dijk door stedelijk gebied loopt. De toets biedt met een paar overzichtelijke stappen inzicht in knelpunten en kansen, en wat de gevolgen zijn van de oplossingen die we nu kiezen voor de langere termijn. Het helpt een project om grip te krijgen op toekomstbestendigheid en adaptiviteit van de dijk. Er ligt een kans om in het vervolg ook de kostenkant aan het onderzoek toe te voegen. De komende periode zetten we ons in voor het delen van ervaringen met het programma, en het mogelijk ontwikkelen van een aanpak die andere projecten kunnen toepassen.

De adaptatietoets laat ook zien hoe belangrijk het is om de opgave voor waterveiligheid op grote schaal en de langere termijn te

beschouwen. Zo kunnen we bijvoorbeeld eerder anticiperen op de effecten van de dijkversterking op rivierkundige ruimte, natuur of de ontwikkeling van de stad. En dus maatregelen nemen om die effecten te voorkomen of te mitigeren. Adaptatiepaden bieden handvatten om een langetermijnstrategie uit te stippelen voor hoe een gebied zich gaat ontwikkelen en slimme keuzes te maken. Bijvoorbeeld voor waar er ruimte is om woningen te bouwen of natuur te ontwikkelen. Het is interessant en belangrijk om samen met partners uit het gebied, zoals gemeentes en provincie, een breed gedragen en integraal toekomstperspectief op dijk en omgeving te ontwikkelen.

8 Bronnenlijst

Bijlage: achtegrondrapportage Waterstanden en hoogteopgave  
Bijlage: Achtergrondrapport Bouwstenen

1EILAUN, SWECO (2024) Adaptiviteitstoets waterveiligheid.  
Kennisrapport op basis van pilot Schiermonnikoog

Arcadis (2023) Rivierkundige beoordeling - Rivierkundige berekeningen KRW-ZN DP2 + DP3 -WP3.2

Berghuis, F., Mulder, L.E., Boshoven, E.H. (2025) Integrale verkenning Dijkverbetering van Lith naar Bokhoven, gemeenten Oss en 's -Hertogenbosch. Bureauonderzoek Aardkunde, Archeologie en Cultuurhistorie. RAAP

Bas de Boer, Presentatie tijdens expertsessie 1, 28-01-2025. Gebaseerd op H+N+S Landschapsarchitecten (2023) Werkboek HoWaBo. [https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/2201/20230913\\_werkboek\\_howabo.pdf](https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/2201/20230913_werkboek_howabo.pdf)

Consortium Ruimte voor de Rivier 2.0 (2025) Afvoer- en Bergingscapaciteit Ruimte voor de Rivier

Deltares (2019) Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging  
Een verkenning

Bron: [https://publications.deltares.nl/11203724\\_004.pdf](https://publications.deltares.nl/11203724_004.pdf)  
Deltares (2022a) Effectbepaling nulalternatief IRM

Deltares (2022b) Generator of Rainfall and Discharge Extremes for the Meuse

HKV (2023) Hoogwaterbescherming 's-Hertogenbosch

H+N+S Landschapsarchitecten (2023) Werkboek HoWaBo  
[https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/2201/20230913\\_werkboek\\_howabo.pdf](https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/2201/20230913_werkboek_howabo.pdf)

Kadaster (2025) Topotijdreis  
Bron: <https://www.topotijdreis.nl/>  
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2020) Nationale Omgevingsvisie  
Bron: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-59b3033c-0826-4624-ba7f-41aec10b6d7a/pdf>

Nationaal Deltaprogramma (2024) Overkoepelend rapport 'Ruimte voor zeespiegelstijging'  
Bron: <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2024/03/04/rapport-ruimte-voor-zeespiegelstijging>

Nationaal Deltaprogramma (2024) Kennisprogramma Zeespiegelstijging Technisch-fysische uitwerking  
Oplossingsrichting Beschermen  
Bron: <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting->

beschermen  
Planbureau voor de Leefomgeving (2023) Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Bron: <https://themasites.pbl.nl/scenarios-inrichting-nl2050>

Rijkswaterstaat WVL (2023). Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren (versie 6.0)

Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (2023). Betrekkingslijnen 2023-2024.

Rijkswaterstaat (2023). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse

Royal HaskoningDHV (2021). Rivierkundige systeembeschouwing Alem-Sint Andries - Huidig systeem

Royal HaskoningDHV (2024). Rivierkundige quickscan Lith-Bokhoven.

Royal HaskoningDHV (2024) Ruimtelijk kwaliteitskader Dijkverbetering Lith-Bokhoven

Volkshuisvesting (2025) Voorbeeld Flexwoningen bij de Hopman te Aarle-Rixtel  
Bron: <https://www.volkshuisvestingnederland.nl/binaries/content/gallery/volkshuisvestingnederland/content-afbeeldingen/praktijkverhalen-nieuw/2023/06/21/de-hopman---go-tiny-live-free.jpg?download>



# Verantwoording

Bij het proces van de adaptatietoets zijn een expertgroep en begeleidingsgroep betrokken geweest. In paragraaf 2.1 zijn de rollen van deze groepen en het ontwerpproces toegelicht.

## Begeleidingsgroep:

- Regina Havinga (HWBP)
- Marjolein Kaandorp (HWBP)
- Heike Gaasbeek (HWBP)
- Jan Hulshof (Waterschap Aa en Maas)
- Nicole Geurts van Kessel (Haskoning)
- Jan Bouman (Waterschap Aa en Maas)
- Jan-Gert Rinsema (HWBP)

## Kernteam:

- Johanna Bouma (Haskoning)
- Brecht Leseman (Waterschap Aa en Maas)
- Joep Rawee (Witteveen en Bos)
- Jesse Moeys (HWBP)

## Expertgroep:

- Marcel van den Berg (Haskoning)
- Marinus Aalberts (Witteveen en Bos)
- Hans van Engen (Provincie Noord-Brabant)
- Jan Hulshof (Waterschap Aa en Maas)
- Nicole Geurts van Kessel (Haskoning)
- Jan Bouman (Waterschap Aa en Maas)
- Jan-Gert Rinsema (HWBP)
- Bas de Boer (Waterschap Aa en Maas)
- Heike Gaasbeek (HWBP)

## Aanwezig bij expertsessie:

- 1 en 2
- 1
- 2 en 3
- 1, 2, 3
- 3
- 3
- 1
- 1
- 2 en 3



Werksessies en ontwerp onderzoek als aanpak in het ontwerpproces

# Bijlagen

Bijlage 1: Uitgangspuntennotitie 138415/25-008.702

Bijlage 2: Notitie bouwstenen 138415/25-008.703



Historische kern van Bokhoven  
foto: Maikel Samijels