

Onderzoek
dijkversterking
Kinderdijk –
Schoonhovenseveer

Voorwoord

In 2007 bleek de Lekdijk tussen Kinderdijk en Schoonhovenseveer niet meer te voldoen aan de veiligheidsnormen. Om de bewoners en het land beter te beschermen tegen hoogwater is de dijk daarom in de jaren 2013 – 2018 versterkt. De dijk is aangelegd op een veenachtige ondergrond waarbij in het verleden dicht langs de dijk vele karakteristieke woningen zijn gebouwd.

Bij de dijkversterking hield men rekening met de belangen van eigenaren van de huizen en het behoud van natuur, cultuurhistorie en landschap. Vanwege het grote belang van de dijk voor de waterveiligheid en het toekomstig dijkbeheer werden technisch hoge eisen gesteld aan de dijkversterking. De schaarse ruimte tussen dijk en woningen en de slappe ondergrond van het gebied vragen niet alleen veel van de technische oplossingen maar ook van de samenwerking tussen alle belanghebbende partijen. Dijkversterkingen zoals deze bij de Lek zijn complex.

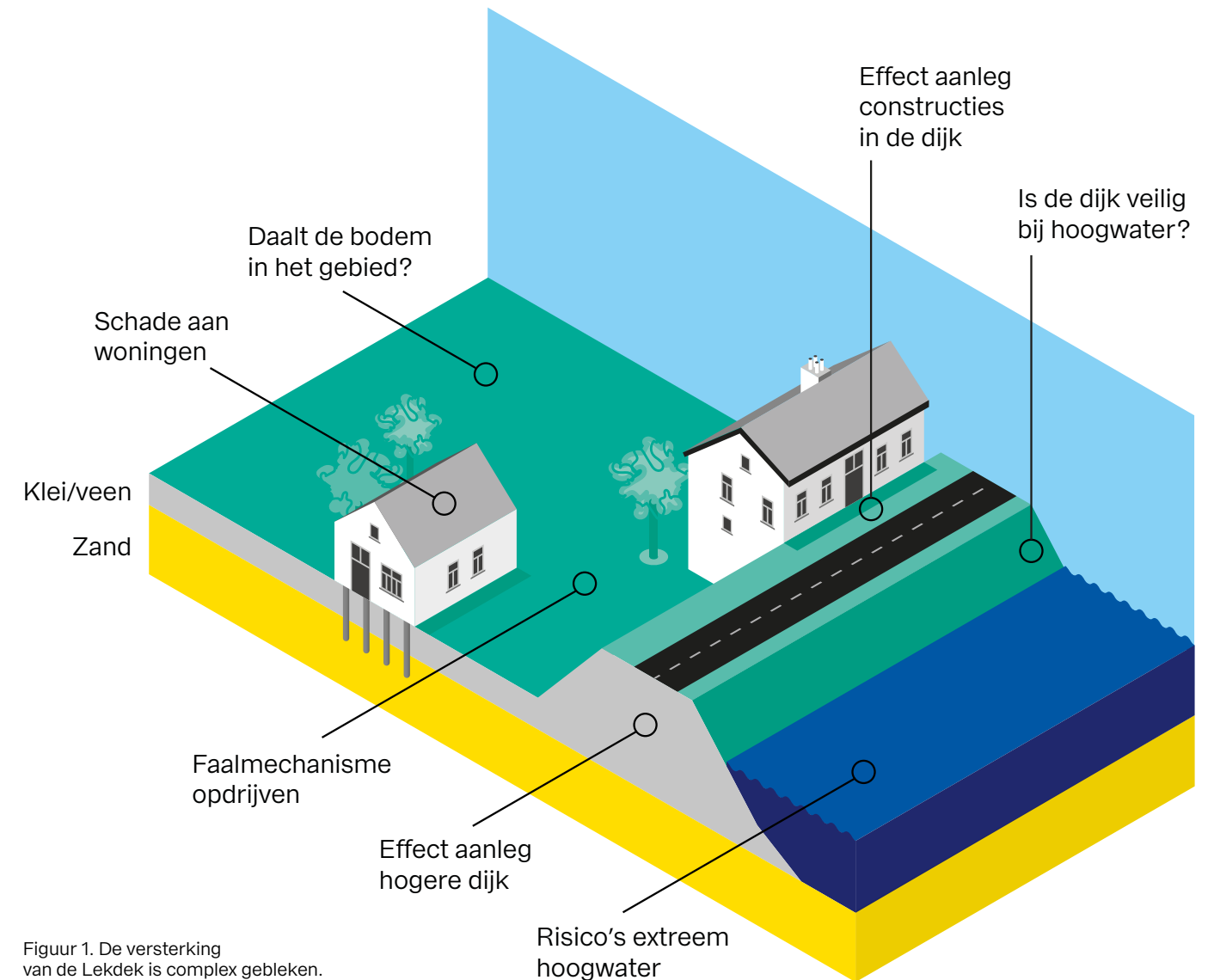
Tijdens en na de dijkversterking maken bewoners en eigenaren in het gebied melding van onder andere natte kruipruimten, natte terreinen en schade aan hun woningen. Is dit het gevolg van de werkzaamheden of het gevolg van al bestaande trends in het gebied, bijvoorbeeld bodemdaling? Ook ontstaat er twijfel over de vraag of de dijk nu en in de toekomst wel voldoende bescherming biedt tegen overstromingen bij hoogwater op de Lek. Om deze vragen te beantwoorden heeft Deltares, in opdracht van Waterschap Rivierenland, het ontwerp en de realisatie van dit dijkversterkingsproject onder de loep genomen.

De informatieavond met bewoners, de vragen van bestuurders en andere experts waren zeer waardevol en hielden ons scherp om antwoord te geven op de vragen.

De meest urgente vraag ‘Is de waterveiligheid in het geding?’ konden we gelukkig in de zomer van 2021 al beantwoorden. We vonden geen aanwijzingen dat er sprake zou zijn van een acuut waterveiligheidsrisico. Alle betrokkenen zijn hiervan direct op de hoogte gebracht.

Dit rapport is een publieksvriendelijke, meer toegankelijke versie van de officiële rapportages. In dit rapport leggen we de resultaten van het onderzoek uit en vertellen we hoe het onderzoek is gedaan. In het eerste hoofdstuk komen de aanleiding, onderzoeksvragen en kwaliteitsborging van het onderzoek aan bod. In het volgende hoofdstuk kunt u de uitkomsten lezen. Het laatste hoofdstuk geeft een technische toelichting. Het doel van dit rapport is niet om volledig te zijn. In alle gevallen gaat de inhoud van de officiële rapportages boven deze verkorte versie.

Delft, februari 2022



Figuur 1. De versterking van de Lekdek is complex gebleken.

Inhoud

Voorwoord 2

Aanpak onderzoek 4

- 1.1 Achtergrond 5
- 1.2 Wat is de vraag? 6
- 1.3 Kwaliteitsborging en onafhankelijkheid 6
- 1.4 Onderzoeksteam Deltares 7



Conclusies 8

- 2.1 Veiligheid van de dijk 9
- 2.2 Schade en overlast 9
- 2.3 Hoe verder? 10



Technische toelichting 11

- 3.1 Dijkversterking 12
- 3.2 Omgevingseffecten 13
- 3.3 Informatie uit verschillende invalshoeken 14



Referenties 15

Toelichting op begrippen 15

1 Aanpak onderzoek

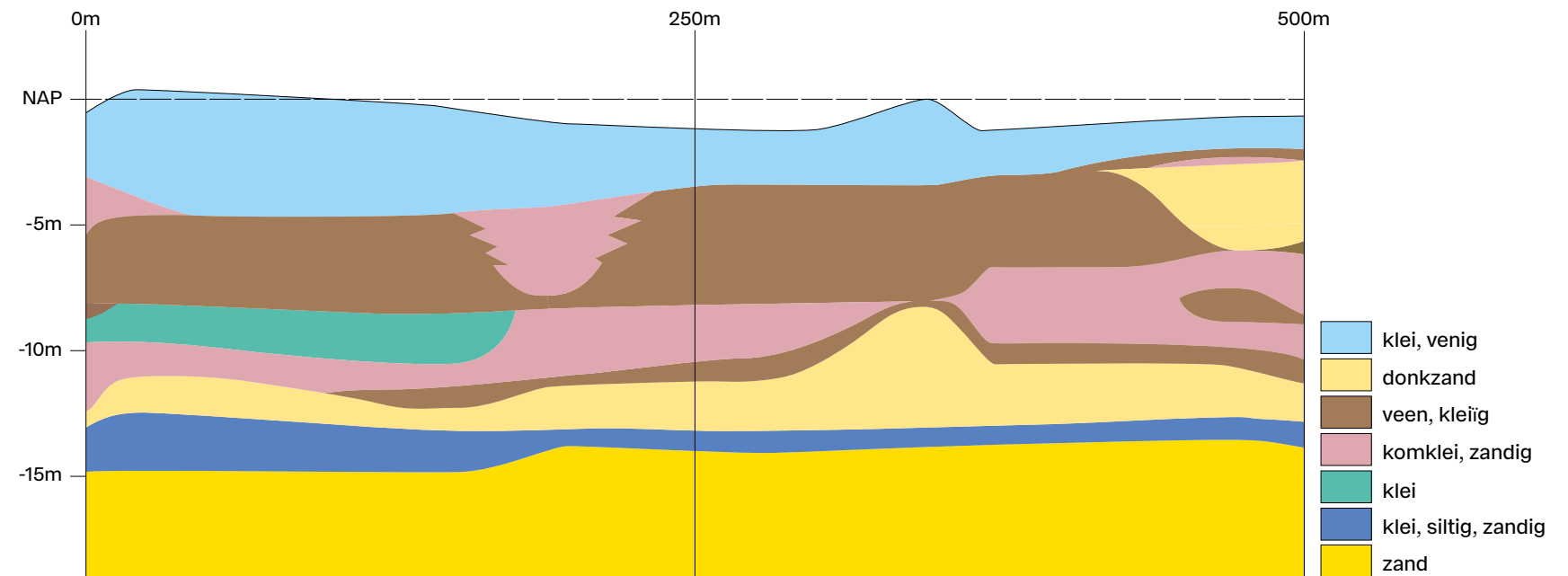


1.1 Achtergrond

Het gebied rond de zuidelijke oever van de Lek tussen Kinderdijk en Schoonhovenseveer is onderdeel van de Alblasserwaard en kent een rijke historie. Al in de 13e eeuw is begonnen met de aanleg van de eerste dijken om het land te beschermen tegen het water. Geleidelijk is het gebied door de eeuwen heen ontwikkeld en zijn de dijken en afwateringssystemen verbeterd. Vanaf de 19e eeuw zijn de huizen gebouwd, die dicht langs de dijk staan en op veel plaatsen nog steeds in gebruik zijn. Deze historische lintbebouwing langs de dijk is karakteristiek voor deze omgeving.

De veiligheid van de rivierdijken in Nederland wordt elke 12 jaar getoetst. Dit is een soort APK-keuring voor dijken. Het doel is te beoordelen of de dijk wel of niet voldoet aan de veiligheidsnormen. Op basis van de uitkomsten wordt bepaald of een dijkversterking nodig is. In 2007 is bij de landelijke toetsronde gebleken dat dit deel van de Lekdijk niet meer voldeed. Om de bewoners en het land beter te beschermen tegen overstrooming is een traject in gang gezet om 10 van de 17,5 kilometer van deze dijk te versterken. In dit traject zijn door het waterschap verschillende alternatieven voor de dijkversterking uitgewerkt en is een keuze gemaakt voor de aanpak van de dijkversterking. Daarna heeft ontwerp en aanbesteding van de dijkversterking plaatsgevonden. In de periode 2013 – 2018 is de versterking van de Lekdijk tussen Kinderdijk en Schoonhovenseveer gerealiseerd. Deltares heeft daarbij het waterschap technisch ondersteunt met adviezen over het geleverde werk door de aannemerscombinatie en het ingenieursbureau.

Werkzaamheden uitvoeren in dit gebied met een dik pakket klei- en veengrond is niet zonder risico. Veengrond is een natte, sponsachtige grondsoort die veel plantaardig materiaal bevat.



Figuur 2. Geologische opbouw ondergrond Lekdijk. Lengteprofiel van 500 meter binnendijs, vanaf referentie niveau NAP tot een diepte van circa 18 meter.

Grondsoorten die je kunt samendrukken, zoals veen maar ook klei, kunnen bij de dijkversterking vervormen. Dit komt door het gewicht van de grond waarmee de dijk wordt opgehoogd. Ook huizen kunnen hierdoor verzakken en schade oplopen. Om deze risico's te beheersen is een zorgvuldig proces van ontwerp en aanleg van de dijkversterking noodzakelijk. En er is gedegen kennis nodig over de opbouw van de ondergrond, de eigenschappen van de ondergrond, het grond- en oppervlaktewater en de bestaande situatie rondom de dijk.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden is door bewoners aangegeven wateroverlast te ondervinden. Ook zijn er door eigenaren schades aan de woningen gemeld. In 2021 heeft de deskundige Dr. ir. Stefan van Baars, op eigen initiatief, twee rapporten geschreven met een analyse van dit dijkversterkingsproject [1]. Deze kritiekpunten zijn meegenomen in het onderzoek.

1.2 Wat is de vraag?

Het doel van het onderzoek en de wens van het waterschap is om de eigenaren en bewoners in het gebied duidelijkheid te geven over de veiligheid van de dijk en de effecten van het project op de omgeving. Het onderzoek is gestart in mei 2021. De vragen van het onderzoek zijn:

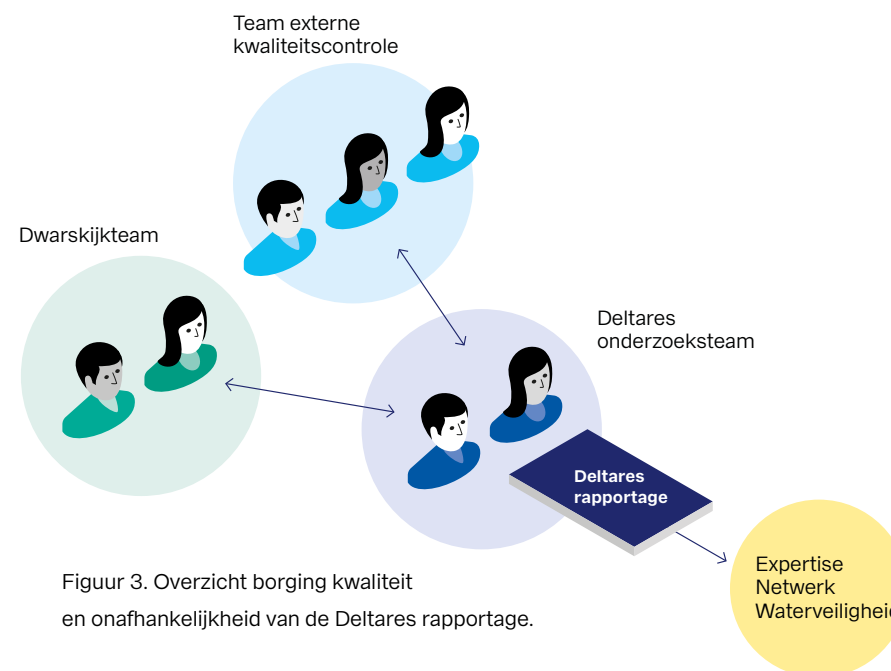
- 1. Is er op dit moment een acuut gevaar dat de dijk niet bestand is tegen hoogwater?** Deze vraag is via een snelle procedure (spoedadvies) beantwoord in de zomer van 2021 en er bleek geen acuut gevaar. Deltares heeft de resultaten in een openbare zitting op 5 juli 2021 gepresenteerd aan de bestuurlijke commissie Waterveiligheid van het waterschap en hun vragen beantwoord.
- 2. Is het ontwerp van de dijkversterking op de juiste manier uitgevoerd en is de dijk nu en in de toekomst voldoende veilig?** Deze vraag richt zich op de toegepaste ontwerpmethoden en veiligheidsnormen. Kan de dijk een extreem hoogwaterstand in de rivier, die misschien maar één keer in de tweeduizend jaar voorkomt, weerstaan?
- 3. Heeft de uitvoering van de dijkversterking mogelijk geleid tot schade aan woningen in het gebied dicht langs de dijk?** Deze vraag gaat over de effecten van de uitgevoerde dijkversterking op de omgeving. Het uitgevoerde onderzoek heeft zich beperkt tot algemene conclusies over schade risico's en overlast. Individuele schadegevallen zijn door Deltares niet onderzocht.

Deltares heeft twee uitgebreide rapporten geschreven die antwoord geven op de drie vragen. In het eerste rapport [2], opgeleverd in juli 2021, wordt vraag één beantwoord. De andere

twee vragen zijn beantwoord in het tweede rapport [3] dat Deltares in februari 2022 heeft overhandigd aan het waterschap.

1.3 Kwaliteitsborging en onafhankelijkheid

Deltares vindt kwaliteit en onafhankelijkheid belangrijk. Om daarvoor te zorgen bestond ons onderzoeksteam voor een belangrijk deel uit onderzoekers, die niet eerder bij het project betrokken waren. Tijdens het proces van interne kwaliteitscontrole werd de kwaliteit van het onderzoek gecontroleerd door Deltares specialisten, die buiten het onderzoeksteam stonden.



Figuur 3. Overzicht borging kwaliteit en onafhankelijkheid van de Deltares rapportage.

Voor de externe kwaliteitscontrole is een team specialisten van buiten Deltares samengesteld. Deze specialisten uit verschillende organisaties brachten hun kennis en ervaring in over het gedrag van de ondergrond, de waterhuishouding, de veiligheids-systematiek voor dijken en het uitvoeren van complexe dijkversterkingsprojecten. Het externe team heeft in een aantal bijeenkomsten het onderzoek besproken met het Deltares team. Ook hebben zij vanuit hun kennis en kunde commentaar gegeven op het concept rapport. Daarnaast is er een dwarskijkteam ingezet. Dwarskijken is het organiseren van een frisse blik van buiten door onafhankelijke experts. Zij kijken vanuit een breder perspectief mee om een tunnelvisie te voorkomen. Zo voldoet het onderzoeksresultaat aan het kwaliteitsniveau dat mag worden verwacht.

Het waterschap heeft aan het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) gevraagd de conclusies van het rapport te bekijken en aanbevelingen te doen voor lopende en toekomstige dijkversterkingsprojecten. ENW is een onafhankelijk kennisnetwerk van specialisten in de waterveiligheid [4].

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Deltares kent een unieke combinatie van hoogopgeleide medewerkers, innovatieve technologieën, unieke experimentele faciliteiten en specialistische software. Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze ‘diepe’ kennis wordt verzilverd voor de samenleving. Samen met onze partners. We gaan aan de slag met de maatschappelijke uitdagingen van nu én de toekomst. Vanuit kennis van water en ondergrond, inclusief infrastructuur, werken we aan: Toekomstige, Duurzame en Veilige delta's, en Veerkrachtige infrastructuur. We hechten aan openheid en transparantie. Bij Deltares werken 850 medewerkers met 42 nationaliteiten.

1.4 Onderzoeksteam Deltares

Meerdere experts van Deltares hebben, in samenwerking met experts van andere organisaties, bijgedragen aan het onderzoek. De kern van het onderzoeksteam bestaat uit twee experts, die beiden niet eerder betrokken waren bij dit dijkversterkingsproject. Deze experts worden hier gepresenteerd. Andere Deltares specialisten, met ervaring in het gebied en het uitgevoerde dijkversterkingsproject, hebben meegeholpen aan het verzamelen van de feiten en een eerste analyse.



Ing. Huub de Bruijn is een senior dijk specialist met 30 jaar ervaring in waterveiligheid. Hij is bij veel dijkversterkingen in Nederland betrokken geweest. Zijn gebiedskennis is groot in het

beheergebied van Waterschap Rivierenland, Amstel Gooi en Vecht en Hollands Noorderkwartier. Als expert heeft hij onderzoek gedaan naar oorzaken van het falen van dijken, zoals bijvoorbeeld de dijkverschuiving bij Wilnis in 2003 en recent bij Reeuwijk. Hij is bij veel praktijkproeven betrokken geweest om de verschillende manieren waarop dijken kunnen vervormen en bezwijken te bestuderen. Recent was hij leider van een onderzoek naar innovatieve dijkversterkingstechnieken waarbij de interactie tussen constructie en grond centraal stond.



Dr. ir. Meindert Van is expertise manager dijktechnologie en heeft 33 jaar ervaring met dijkonderzoek, zowel nationaal als internationaal. Hij heeft het rekenmodel ontwikkeld voor beoordeling van de faalmechanismen opdrijven en opbarsten van het land achter een dijk. Hij publiceerde meer dan 60 papers en 3 boeken. Hij is mede-initiatiefnemer of coördinator

van baanbrekende onderzoeksprojecten, zoals IJkdijk, Bergambachtproef, Eemdijk test en FloodProbe. Naast diverse buitenlandse missies (bijvoorbeeld na de overstroming van New Orleans) was hij ook onderdeel van calamiteiten teams in Nederland bij Wilnis, Woltersum en Stein. Hij is lid van drie internationale, toonaangevende dijkencommissies.



2 Conclusies



2.1 Veiligheid van de dijk

Deltares heeft geen aanwijzingen gevonden dat er een acuut probleem zou zijn met de veiligheid van de versterkte dijk. De dijk voldoet aan de veiligheidsnormen zoals destijds bij ontwerp van de dijkversterking van toepassing. Daarbij is onder andere gekeken naar berekeningen over het opdrijven van het land achter de dijk in combinatie met de toegepaste constructies in de dijk. Zie hoofdstuk 3 voor een technische toelichting hierover.

Uit het onderzoek bleek ook dat niet volledig is uit te sluiten dat er bij de aanleg van de betonnen boorpalenwanden in de dijk een verbinding langs de boorpalen is ontstaan. Het gaat daarbij om een verbinding tussen twee van elkaar gescheiden zandlagen op verschillende diepten in de ondergrond. Hoewel de kans daarop klein is, kan deze verbinding tijdens hoogwater leiden tot een hogere waterdruk onder de dijk, die de veiligheid ongunstig kan beïnvloeden. Maar ook in dit scenario voldoet de dijk nog steeds aan de veiligheidsnormen die destijds bij ontwerp aan de orde waren.

Deltares raadt aan dit goed in de gaten te houden om zo op tijd eventuele veranderingen in de ondergrond bij deze betonnen boorpalenwanden op te merken. Dit betekent niet dat de veiligheid van de dijk in gevaar is, maar wel dat de levensduur van deze constructie korter kan zijn dan het uitgangspunt van 100 jaar. Het proces van toetsing elke 12 jaar en extra metingen volstaan om de waterveiligheid te blijven volgen op dit punt.

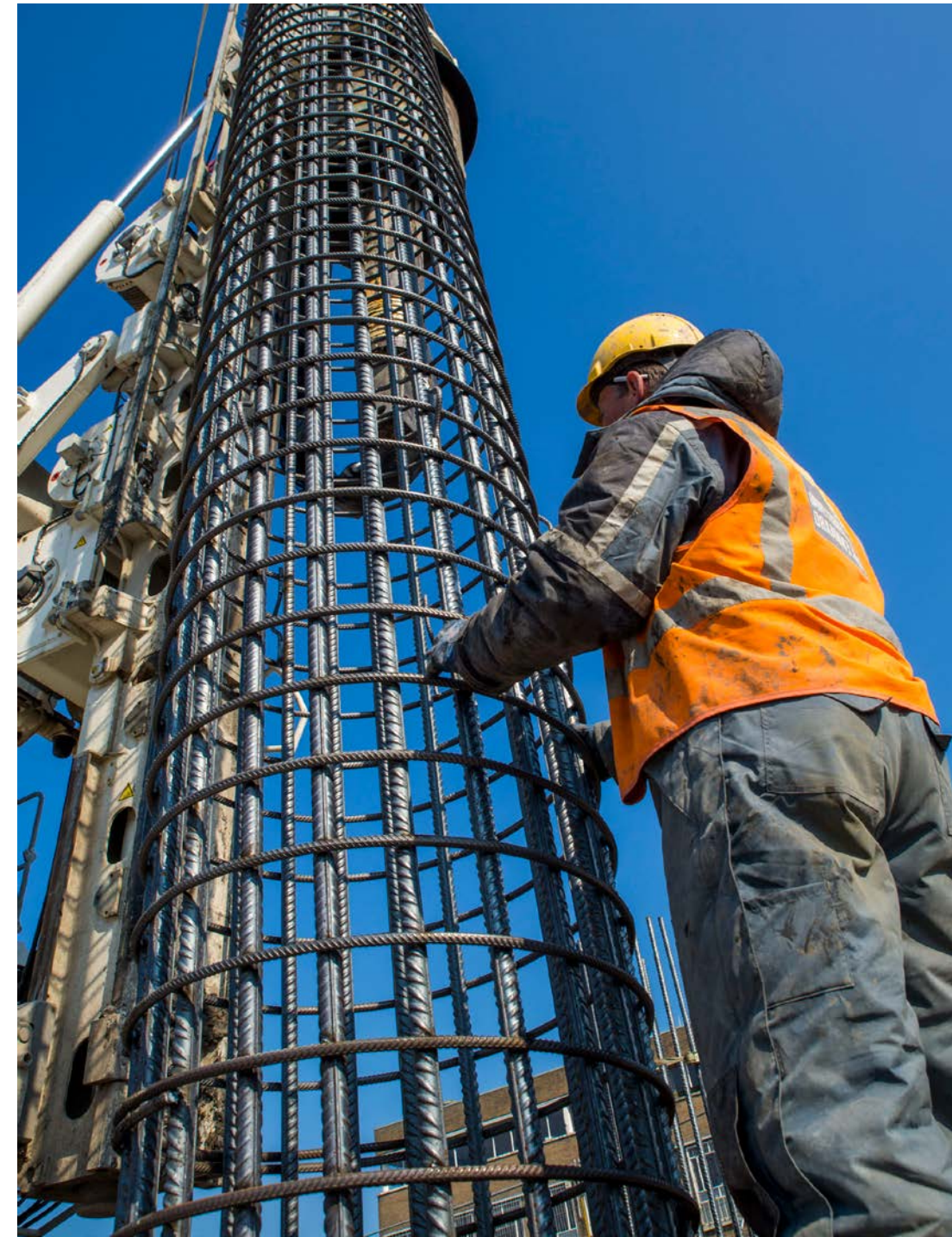
2.2 Schade en overlast

De realisatie van het dijkversterkingsproject is uitgevoerd volgens de geldende richtlijnen en het opgestelde contract. De documentatie dat de aannemer aan haar verplichtingen heeft voldaan is gedetailleerd en goed te controleren. Uit de beschikbare documenten blijkt dat het uitvoeringsproces is opgezet met als doel de risico's te beheersen om schade en overlast zoveel mogelijk te voorkomen. Dit is onder andere gedaan door uitgebreid te meten aan de effecten van de werkzaamheden op de omgeving.

De dijkversterking bestond voor een groot deel (circa 7 kilometer) uit verbreding en ophoging van het dijkprofiel met grond. Tijdens de uitvoering is de grond in stappen en met wachttijden tussen de stappen geleidelijk aangebracht. De effecten van de grondophoging op de omgeving zijn steeds gemeten en nagerekend voordat een nieuw laag grond werd aangebracht. Hierdoor zijn er geen grondafschuivingen geweest met risico's op schade.

Het overige deel (circa 3 kilometer) van de dijkversterking bestond uit het maken van constructies in de dijk. Er is daarbij veel aandacht besteed aan de effecten van grondvervormingen op de huizen dicht bij de dijk. Hiervoor zijn geavanceerde berekeningen verricht. Waar nodig zijn funderingsinspecties uitgevoerd en soms heeft vooraf een verbetering van de fundering plaatsgevonden.

Tijdens de uitvoering van het project zijn een aantal wijzigingen ten opzichte van de contracteisen doorgevoerd. Dat gebeurt vaker bij complexe dijkversterkingsprojecten. De eisen voor de maximaal toelaatbare vervormingen van een deel van de huizen



zijn daarbij verruimd, omdat deze eisen in de praktijk niet haalbaar bleken. De maximaal toelaatbare vervormingseisen geven aan in hoeverre de fundering van een huis maximaal mag vervormen zonder dat ernstige schade optreedt aan het huis. Bij ernstige schade gaat het niet om relatief eenvoudig te verhelpen cosmetische schade maar om functieverlies, waardoor de bewoonbaarheid van het huis achteruit gaat.

De verwachting was dat de verruimde eisen niet tot ernstige schade zouden kunnen leiden. Dit was gebaseerd op berekeningen waarbij aannames werden gedaan over de uitgangspunten. Hierin zitten altijd onzekerheden, bijvoorbeeld over hoe de fundering van een huis zal reageren op een bepaalde vervorming van de ondergrond. Of over het gedrag van de ondergrond, de staat van de fundering en de constructie van het huis. Op basis van de beschikbare informatie is destijds een welover-

wogen beslissing genomen. Achteraf gezien en met de kennis van nu blijkt de onderbouwing daarvan niet overtuigend. Belangrijkste reden is dat de uitgangspunten te optimistisch werden ingeschat.

Hoe werd in de praktijk van het project verder omgegaan met de verruiming van de vervormingseisen? Bij de grondophogingen dicht langs de huizen was het meetprogramma al goed ingericht om de omgevingseffecten gedurende de uitvoering te volgen. In een aantal gevallen is echter gebleken dat bij grote grondvervormingen niet is ingegrepen. Bij de aanleg van constructies in de dijk had de verruiming van de vervormingseisen moeten leiden tot intensivering van het meetprogramma. Bijvoorbeeld, meer meetpunten per huis en veel vaker meten. Ook was het beter geweest te meten tijdens het installeren van de constructies en niet alleen ervoor en erna. Dit is niet voldoende gebeurd, waardoor de informatie ontbrak om op tijd te kunnen ingrijpen.

De geconstateerde schade aan de huizen lijkt daarmee het gevolg van het verruimen van de maximaal toelaatbare vervormingen en het niet voldoende ingrijpen in de praktijk.

2.3 Hoe verder?

- Het onderzoek is afgerond en het rapport is aangeboden aan het waterschap. De resultaten van het onderzoek zijn bevestigd door het team van externe specialisten, dat de kwaliteit heeft gecontroleerd.
- Het uitgevoerde onderzoek heeft zich beperkt tot algemene conclusies over schade en overlast. Voor individuele melding van schade kunt u bij het waterschap terecht [5].
- Deltares zal de komende periode op verzoek van het waterschap inhoudelijke ondersteuning verlenen voor toelichting en het beantwoorden van vragen.
- Deltares heeft een meetprogramma opgesteld voor een aantal locaties met een boorpalenwand. Dit is gebeurd in opdracht van het waterschap met als doel om eventuele veranderingen in de ondergrond op tijd te kunnen signaleren.
- In opdracht van het waterschap onderzoekt de Commissie van der Vlist hoe het waterschap met de overlast- en schademeldingen is omgegaan. De commissie heeft het Deltares rapport gebruikt als een informatiebron voor haar werkzaamheden.
- Het project heeft belangrijke lessen opgeleverd voor andere dijkversterkingsprojecten in Nederland. Deltares zet zich in om de opgedane kennis te verspreiden en oplossingen te ontwikkelen.



3 Technische toelichting

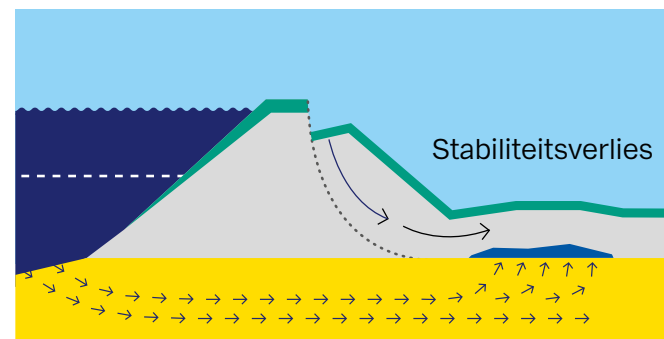
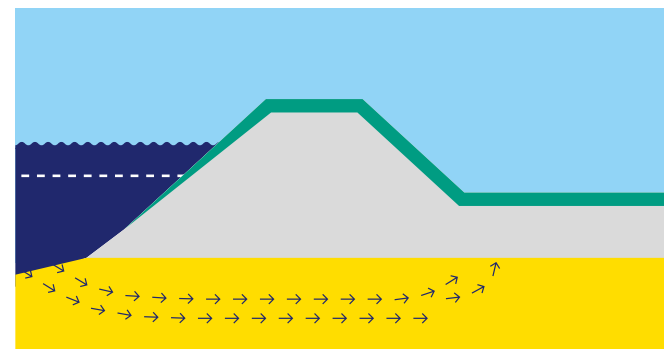
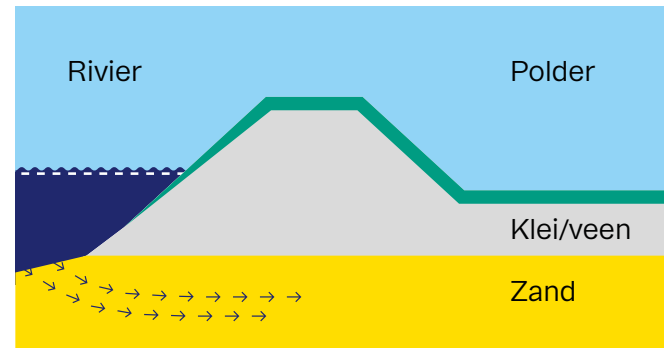


3.1 Dijkversterking

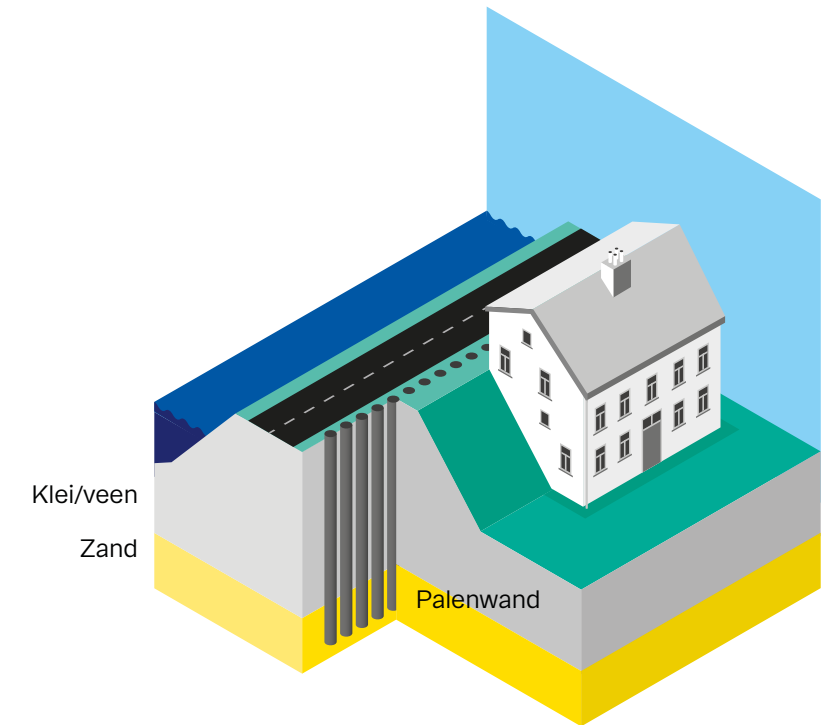
Een dijk is ontworpen om een extreme hoogwaterstand in de rivier te weerstaan. Deze waterstand komt in de praktijk misschien maar één keer in de tweeduizend jaar voor. Maar als het hoogwater optreedt, dan moet de dijk het wel houden. Om voor deze veiligheid in te kunnen staan worden rivierdijken in Nederland elke 12 jaar getoetst. Het toetsten van de technische veiligheid van een rivierdijk is een proces dat is gebaseerd op landelijke richtlijnen [6]. Daarbij wordt onder andere gekeken naar toekomstige verwachtingen van het voorkomen van hoogwater, de huidige staat van de dijk en de mogelijke gevolgen van een dijkdoorbraak. Een dijk wordt goedgekeurd of afgekeurd op basis van veiligheidsnormen, die zijn vastgelegd in de Waterwet [7].

Bij het beoordelen van de stabiliteit van de dijk tijdens hoogwater kunnen verschillende faalmechanismen een rol spelen. Een faalmechanisme is een serie van gebeurtenissen in de ondergrond, die leidt tot falen van de dijk met als gevolg een overstroming of andere vormen van schade. Een voorbeeld van zo'n gebeurtenis is het opdrijven of opbarsten van het land achter de dijk.

De Lekdijk is aangelegd op een slappe lagen pakket bestaande uit klei en veen. Daaronder bevindt zich een zandlaag. Vanwege de korrelstructuur laat zand beter water door dan klei of veen. Normaal gesproken is de waterstand in de rivier laag, waardoor de waterdruk in de zandlaag ook laag is. Tijdens hoogwater loopt deze druk sterk op, zoals aangegeven in figuur 4. Via de zandlaag kan de druk onder het slappe lagenpakket in het land achter de dijk zo hoog oplopen dat deze opdrijft. Dit is van invloed op de stabiliteit van de waterkering. De dijkversterking is echter zo robuust ontworpen dat zelfs bij optreden van opdrijven de waterveiligheid verzekerd blijft.



Figuur 4. Principe faalmechanisme opdrijven.



Figuur 5. Een betonnen boorpalenwand geeft extra stabiliteit aan de dijk.

Bij een dijkversterking met grond wordt het profiel van de dijk verbreed en verhoogd. Wanneer daarvoor weinig ruimte beschikbaar is, worden andere methoden van dijkversterking toegepast. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer er huizen dicht bij de dijk staan. Eén van deze bouwmethoden is het installeren van een betonnen palenwand in de kruin van de dijk, die zorgt voor extra stabiliteit zonder dat veel grond hoeft te worden aangebracht. De voet van de palen is stevig verankerd in de diepe zandlaag. Tussen de palen wordt ruimte vrij gehouden om de grondwaterhuishouding zo weinig mogelijk te verstoren.

3.2 Omgevingseffecten

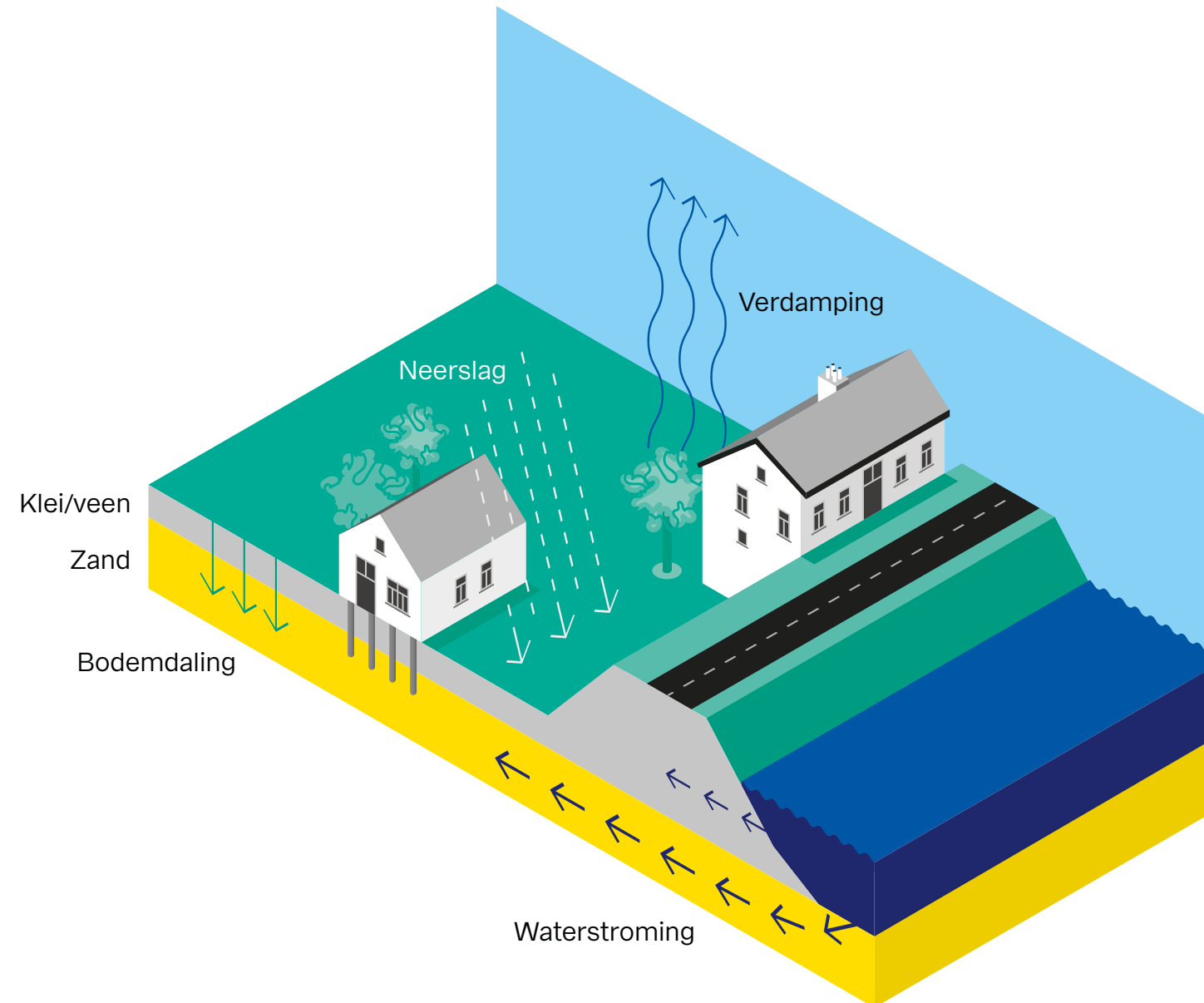
Het water- en bodemsysteem in dit gebied is continu onderhevig aan veranderingen die het gevolg zijn van:

- Natuurlijke processen, zoals neerslag, droogte, klimaatverandering en bodemdaling.
- Menselijk handelen, zoals dijkversterking, wijzigingen in de waterhuishouding en aanpassingen in de inrichting van het gebied.

Bij een dijkversterking wordt de dijk verzaagd met grond en constructiemateriaal. Al dat extra gewicht zorgt voor zetting van de ondergrond. Zetting is het proces waarbij klei- en veenlagen door gewicht van boven en ontwatering worden samengedrukt. Dit leidt tot vervorming van de ondergrond. Afhankelijk van de situatie kunnen deze vervormingen in horizontale en verticale richting plaatsvinden en leiden tot verzakking van huizen. Maar ook natuurlijke processen kunnen leiden tot vervormingen in de ondergrond.

De lokale waterhuishouding in de ondergrond rondom de dijk en woningen wordt bij een dijkversterking altijd beïnvloed. De waterhuishouding wordt ook beïnvloed door andere zaken, zoals neerslag, verdamping, waterstand in de rivier en waterstroming door en onder de dijk. De dijkversterking kan leiden tot tijdelijke of langdurige verandering van de grondwaterstand. Vooral langdurige verhoging kan leiden tot wateroverlast en schade in het gebied. Bijvoorbeeld vocht in kruipruimten of zakking van de fundering van een huis.

Uiteraard zijn een groot aantal van deze mogelijke effecten van de dijkversterking op de omgeving vooraf bekend en wordt een scala aan maatregelen ontworpen om schade te voorkomen. Zo wordt de grond voor de dijkversterking geleidelijk in stappen



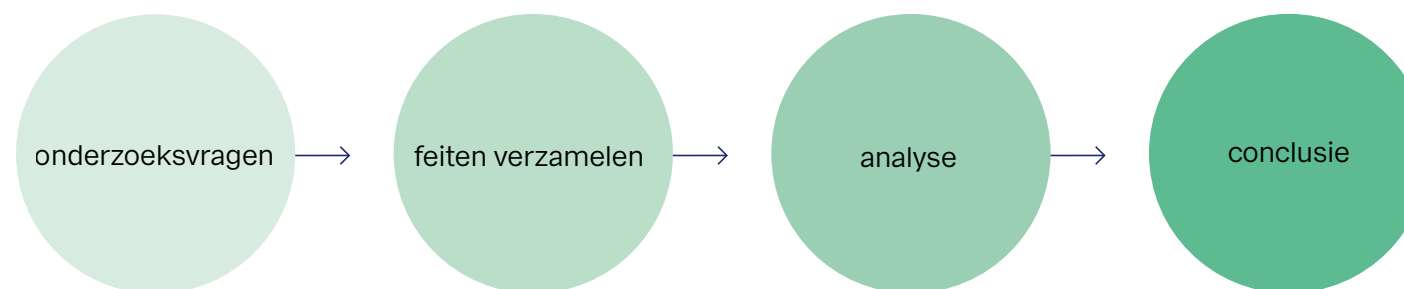
(ophoogslagen) aangebracht zodat de ondergrond zich kan aanpassen. Ook zijn de gekozen constructies erop gericht de grondwaterhuishouding zo min mogelijk aan te tasten.

Figuur 6. Waterhuishouding rondom een dijkversterking.

3.3 Informatie uit verschillende invalshoeken

Het onderzoek is gedaan met een open en kritische blik op het gerealiseerde project. Daarom is informatie uit verschillende hoeken verzameld en geanalyseerd. Het onderzoek is gestart met feitenonderzoek op basis van de beschikbare informatie uit de ontwerp- en uitvoeringsfase van het project. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om het ontwerp van de dijkversterking en de plannen van de aannemer om het werk uit te voeren en de kwaliteit te borgen. Belangrijk is ook de informatie, die afkomstig is van het risicomanagement van het project. Risicomanagement is een proces waarbij op een systematische manier de risico's van de uitvoering van een dijkversterkingsproject op een aanvaardbaar, laag niveau worden gehouden. Daar waar informatie ontbrak zijn aanvullende documenten opgevraagd.

In de analysefase zijn de documenten en metingen, uitgevoerd door het waterschap en de aannemer, bestudeerd. Daarnaast is satellietdata opgevraagd om vervormingen van de huizen en de dijk in het verleden te kunnen bekijken. En er is informatie van bewoners, onder andere schademeldingen, geanalyseerd. Berekeningen zijn steekproefsgewijs gecontroleerd. Na de analyse zijn de conclusies getrokken met antwoorden op de onderzoeksvragen.



Figuur 7. Onderzoeksmethodiek



Referenties

[1] [Rapport De Lekdijk is lekgestoken! \(Van Baars, april 2021\) en herziene versie \(Van Baars, augustus 2021\)](#)

[2] [Spoedadvies Analyse waterveiligheid Kinderdijk-Schoonhovenseveer \(Deltares, juli 2021, kenmerk 11207207-002-GEO-0004\)](#)

[3] [Rapport Analyse waterveiligheid Kinderdijk-Schoonhovenseveer \(Deltares, februari 2022, kenmerk 11207207-005-GEO-0016\)](#)

[4] [Expertise Netwerk Waterveiligheid](#)

[5] [Schade melden bij het waterschap](#)

[6] [WBI2017: Wettelijk Beoordelings Instrumentarium \(WBI 2017\) voor de primaire waterkeringen](#)

[7] [Waterwet](#)

Toelichting op begrippen

Bodemdaling is het proces van het zakken van het niveau van de bodem ten opzichte van een vast referentiepunt. Het wordt veroorzaakt door natuurlijke processen zoals zetting van klei- en veenlagen. Bodemdaling wordt vaak beïnvloed door menselijk handelen, bijvoorbeeld door onttrekking van grondwater of drainage van klei- en veengronden.

Het **draagvermogen** van de ondergrond geeft aan hoeveel gewicht de grond kan dragen zonder dat grote vervormingen optreden.

Het wordt bepaald door de eigenschappen van de verschillende grondsoorten (zand, klei, veen of een mengvorm) en de aanwezigheid van water in de ondergrond.

Geotechniek is een toegepaste wetenschap gericht op het bestuderen van grondgedrag met als doel het bouwen in en op grond.

Een **faalmechanisme** is een opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen. In de geotechniek wordt dit gebruikt voor definitie van een bepaald gedrag van de ondergrond dat leidt tot bezwijken met als gevolg schade.

Door de aanleg van een constructie in de dijk kan een **verbinding** ontstaan tussen een ondiepe en diepe zandlaag in de ondergrond. Het water kan dan stromen tussen de twee zandlagen, waar dat eerst niet mogelijk was. Tijdens hoogwater op de Lek kan de toename in de waterdruk in de diepe zandlaag leiden tot een toename van de waterdruk in de ondiepe zandlaag onder de dijk. Dit kan de veiligheid van de dijk ongunstig beïnvloeden.

De **maximaal toelaatbare vervormingseisen** geven aan in hoeverre de fundering van een huis als gevolg van de dijkversterking mag vervormen zonder dat ernstige schade optreedt aan het huis. Bij **ernstige schade** gaat het niet om relatief eenvoudig te verhelpen cosmetische schade maar om functieverlies, waardoor de bewoonbaarheid van het huis achteruit gaat. Voorbeelden van functieverlies zijn klemmende deuren en ramen, flinke scheuren in de gevel, lekkage en constructieve schade.

Risicomanagement is een proces waarbij op een systematische manier de risico's van de uitvoering van een dijkversterkingsproject op een aanvaardbaar, laag niveau worden gehouden. Dit gebeurt door risico's in kaart te brengen en deze gedurende de uitvoering te volgen. Het is belangrijk duidelijke afspraken te hebben over wie verantwoordelijk is voor een bepaald risico en, indien nodig, welke aanvullende maatregelen getroffen zullen worden om schade te voorkomen.

Veen is een natte, sponsachtige grondsoort die veel plantaardig materiaal bevat.

Waterveiligheid is een begrip dat aangeeft hoe goed een gebied en haar inwoners zijn beschermd tegen wateroverlast en overstromingen.

Zetting is het proces waar grond door gewicht van boven en ontwatering wordt samengedrukt.

Colofon

Uitgave

Deltares, gepubliceerd in 2022

Redactie

Afdeling communicatie

afdeling-com@deltares.nl

Design- en uitvoering

Afdeling Visualisatie Deltares

Beeld

Figuren: Deltares

Fotografie: Waterschap Rivierland en Deltares

© Deltares, alle rechten voorbehouden

