



Integrale Verkenning Benedenrivieren

Dijken

C 23615



De sterkte van dijken in relatie tot rivierverschuiving

Deelrapport Dijken

van de Integrale Verkenning Benedenrivers

R. Piek en R. Bol

Januari 2002

RWS-DZH notanr/AP/3314610/2000/18
ISDN 90-396-4862-2

Inhoudsopgave

- 1 Inleiding 7
- 1.1 Doel 7
- 1.2 Probleemformulering 7
- 1.3 Waterkerend vermogen 8
- 1.4 Leeswijzer 8

Deel A

- 2 Toetsing van de dijkhoogten 11
- 2.1 Inleiding 11
- 2.2 Dijkringen en dijkvakken 11
- 2.3 Aanpak 13
- 2.3.1 Algemeen 13
- 2.3.2 Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's) 13
- 2.3.3 Dijktafelhoogten 15
- 2.3.4 Actuele Dijkhoogten 15
- 2.4 De hoogtetoets 19
- 2.5 Resultaten dijkhoogtetoets 20
- 2.6 Conclusie dijkhoogtetoets 20
- 3 Kosten dijkversterking en bijkomende kosten 23
- 3.1 Inleiding 23
- 3.2 Dijkversterkingskosten 24
- 3.3 Bijkomende kosten gerelateerd aan MHW-verhoging 25
- 3.3.1 Aanpassingskosten kunstwerken 25
- 3.3.2 Aanpassingskosten leidingkruisingen 26
- 3.3.3 Aanpassingskosten voorliggende hoogwaterkeringen 27
- 3.4 Bijkomende kosten gerelateerd aan verhoging van de middenstand 28
- 3.4.1 Aanpassingskosten gemalen 28
- 3.4.2 Aanpassingskosten gorsrandverdedigingen 29
- 3.4.3 Aanpassingskosten oeververdediging 29
- 3.5 Totale kosten dijkversterking 30

Deel B

- 4 Beschouwing van de stabiliteit 33
- 4.1 Inleiding 33
- 4.2 Werkwijze 33
- 4.3 Resultaten van de discussie van deskundigen 34
- 4.4 Conclusie 35
- 5 Literatuur 37
- 6 Bijlagen 39

1 Inleiding

1.1 Doel

Het project Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB) stelt zich ten doel: *Het verkennen van de effecten van waterstandsverlagende maatregelen te nemen in de periode 2000-2015, op het gehele benedenrivierengebied, rekening houdend met de wettelijk vastgestelde veiligheidsnormen teneinde te komen tot een inrichtingsstrategie gericht op het waar mogelijk voorkomen van een volgende ronde van dijkverbetering en versterking, met inachtnaam van het natuurbelang.*

Het werk resulteert in een advies aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat. Dit advies schetst de belangrijkste aanbevelingen hoe per riviertak en/of deelgebied afdoende compensatie bereikt kan worden voor de waterstandsverhoging die verwacht wordt.

Een belangrijk onderdeel van het project is de Hydraulische Analyse. Deze stelt zich ten doel:

De effecten op de maximale hoogwaterstanden tengevolge van een toename van de maatgevende afvoer, klimaatsveranderingen (zeespiegelrijzing, hogere rivierafvoer) en morfologische veranderingen over de periode 2000-2050 in kaart te brengen en de waterloopkundige veranderingen in het benedenrivieren voor compensatie van waterstandsverhogingen te verkennen.

Deze analyse resulteert in een aantal alternatieven van maatregelenpakketten waarmee een verlaging van de Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's) kan worden bereikt.

Op basis van de effecten op de maximale hoogwaterstanden die volgen uit de hydraulische verkenning, wordt in dit deelrapport onderzocht welke dijkvakken bij de verschillende klimaatscenario's en zichtjaren te laag zijn als er geen waterstandsverlagende maatregelen worden genomen. Daarnaast wordt een indicatie gegeven van de kosten van de verhoging van deze dijkvakken. Deze uitgaven kunnen dan vergeleken worden met de uitgaven die gemaakt moeten worden voor de verschillende alternatieven van maatregelenpakketten waarmee een verlaging van de MHW's kan worden bereikt. Ook is er nog een beschouwing gemaakt van de mogelijke gevolgen van de maatregelenpakketten op de stabiliteit van de dijken.

1.2 Probleemformulering

De IVB levert een aantal maatregelenpakketten op waarmee, door rivierverruiming, compensatie van de verhoging van de MHW's kan worden bereikt.

Om de maatregelenpakketten te kunnen afwegen tegen het alternatief 'dijkverhoging', moet worden onderzocht hoeveel de dijken verhoogd moeten worden als er geen rivierverruimende maatregelen worden getroffen. Ook dient er een globale kostenberekening van deze versterking te worden gemaakt. Daarnaast is het van belang om de mogelijke gevolgen van de maatregelenpakketten op de stabiliteit van de dijken te begrijpen.

1.3 Waterkerend vermogen

Het waterkerend vermogen (de 'sterkte') van een dijk wordt gekarakteriseerd door de dijkhoogte en door de stabiliteit van het dijklichaam. Bij te weinig hoogte kan door overloop en golfoverslag te veel water in de polder komen, of kunnen kruin en binnentalud worden aangetast waardoor de dijk kan bezwijken. Bij voldoende hoogte kan de stabiliteit van een dijk worden aangetast door een binnenwaartse of een buitenwaartse afschuiving, of door het falen van de bekleding. Te grote deformatie leidt tot kruinverlaging en mogelijk tot doorbraak.

1.4 Leeswijzer

De dijkhoogtentoets is uitgevoerd door de Provincie Zuid-Holland. De beschouwing van de stabiliteit is gemaakt door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat.

Omdat beide aspecten betrekking hebben op de dijken, zijn de resultaten van de twee studies in één deelrapport samengebracht. Het rapport bestaat daarom uit twee delen.

- A** Deel A bespreekt de dijkhoogtentoets. Er wordt in beeld gebracht welke dijkvakken bij de verschillende scenario's te laag zijn wanneer er geen waterstandsverlagende maatregelen worden genomen. In aanvulling op deze toets is een globale berekening uitgevoerd van de kosten van dijkversterking die nodig is om zonder waterstandsverlagende maatregelen aan de veiligheidsnormen te voldoen. Zowel de methodiek als de resultaten worden beschreven.
- B** Deel B bespreekt de beschouwing van de stabiliteit. Deze is globaler uitgevoerd; de beschouwing bestond vooral hierin dat een commissie van deskundigen is geraadpleegd.

Deel A

Toetsing van de dijkhoogten

R. Piek
Provincie Zuid-Holland

2 Toetsing van de dijkhoogten

2.1 Inleiding

Met de toetsing van de dijkhoogte wordt de aanwezige dijkhoogte vergeleken met dijktafelhoogte. De dijktafelhoogte is de hoogte die minimaal aanwezig moet zijn om aan de veiligheidsnorm te voldoen. De Wet op de Waterkering (1995) bepaalt dat een dergelijke toetsing van alle dijken in Nederland elke vijf jaar plaatsvindt. De aanwezige hoogte van de dijken wordt met waterpassingen bepaald. De vereiste dijktafelhoogte is afhankelijk van de vastgestelde norm en wordt afgeleid uit hydraulische randvoorwaarden voor waterstand en golfoploop.

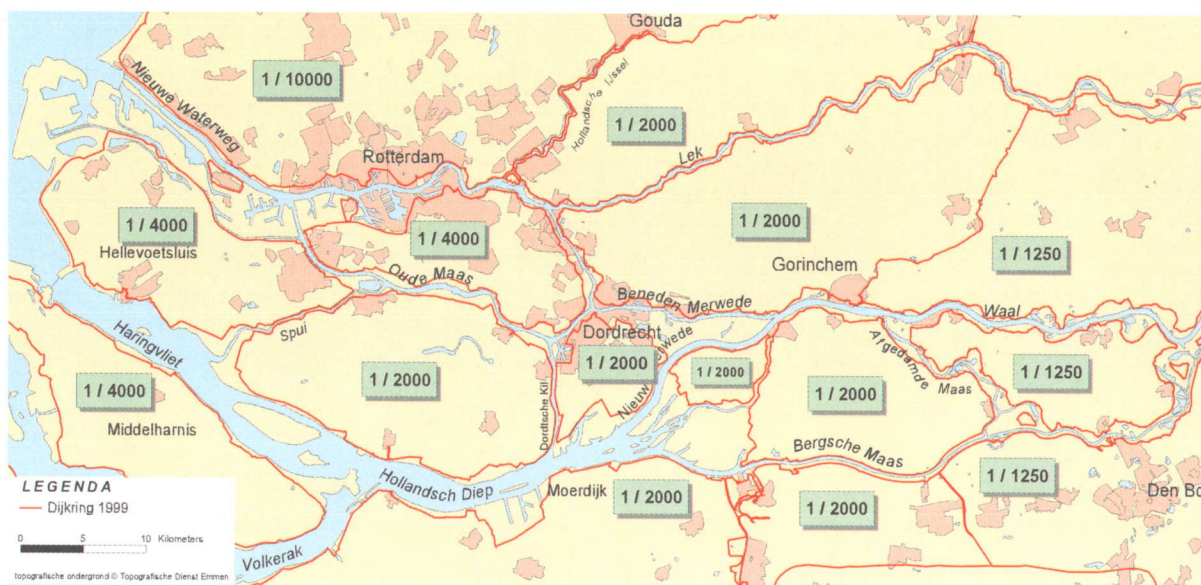
Als ondergrens voor de dijktafelhoogte geldt een maat van 0.5 m boven de Maatgevende Hoogwaterstand (MHW).

In het Randvoorwaardenboek 1996 [lit. 1] zijn de MHW's voor het jaar 2000 vastgelegd. Omdat deze dienen voor de toetsing op veiligheid spreekt het Randvoorwaardenboek over toetspeilen. In dit rapport zal verder de term MHW gebruikt worden. De beheerders van de dijken (gewoonlijk de waterschappen), moeten deze toetsing eens per vijf jaar uitvoeren en rapporteren aan de provincie. Zij rapporteren op hun beurt weer aan de minister.

Het is niet de bedoeling in dit rapport het werk van de dijkbeheerder over te doen. Het gaat hier niet om de veiligheidstoets zoals de Wet op de Waterkering bedoelt, maar om de toetsing van de dijken aan de onderzochte klimaatscenario's en de morfologische veranderingen. Daarom is aangenomen dat de dijkbeheerders er voor hebben gezorgd dat momenteel alle dijkvakken aan de veiligheidsnorm voldoen. Per klimaatscenario wordt de dijkhoogte voor de zichtjaren 2015 en 2050 getoetst. Van de dijkvakken waarvan de hoogte onvoldoende is, wordt bepaald in welke mate dijkversterking nodig is en hoeveel dit ongeveer kost. Er is niet gekeken of de dijkvakken met voldoende dijkhoogte ook voldoen aan de stabiliteitseisen. Mogelijk dat er bij deze dijkvakken wel maatregelen nodig zijn om de stabiliteit te verbeteren, zoals het aanbrengen of aanpassen van steunbermen, maar dat valt buiten het bestek van de dijkhoogtentoets. Voor dit aspect zou een stabiliteitstoets uitgevoerd moeten worden.

2.2 Dijkringen en dijkvakken

Het deel van Nederland dat tegen hoge waterstanden beschermd moet worden, is opgedeeld in zogenaamde dijkringgebieden. Dit zijn gebieden die door een stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, beveiligd moeten zijn tegen overstroming bij stormvloed, hoge rivierstand, hoge IJsselmeerstand of een combinatie daarvan. Nederland kent 53 van dergelijke dijkringen. Aan een dijkring wordt een veiligheidsnorm toegekend die wordt uitgedrukt in een overschrijdingsfrequentie per jaar. Deze normen lopen uiteen van 1/10.000 per jaar voor Centraal-Holland tot 1/1250 per jaar voor het bovenrivierengebied. De veiligheidsnormen voor de dijkringen in het project/studiegebied van IVB zijn weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Dijkringgebieden in het studiegebied met de veiligheidsnormen

Dijkringgebied	frequentie	Naam
14	1/10000	Centraal-Holland
15	1/2000	Lopiker- en Krimpenerwaard
16	1/2000	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
17	1/4000	IJsselmonde
20	1/4000	Voorne Putten
21	1/2000	Hoeksche Waard
22	1/2000	Eiland van Dordrecht
23	1/2000	Biesbosch
24	1/2000	Land van Altena
25	1/4000	Goeree-Overflakkee
34	1/2000	West-Brabant
35	1/2000	Donge
36	1/1250	Land van Heusden/de Maaskant
37	1/1250	Nederhemert
43	1/1250	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden

Tabel 2.1 Dijkringgebieden binnen het IVB-studiegebied

Voor de dijkhoogtetoeets worden de *dijkringen* opgedeeld in dijkvakken. De indeling in dijkvakken is vooral gebaseerd op:

- de vorm van het dwarsprofiel van de dijk, zoals de helling van de taluds en de aanwezigheid van eventuele bermen;
- de toelaatbare golfoverslag;
- de ligging ten opzichte van de windrichtingen die voor de golfaanval maatgevend zijn.

Op deze wijze zijn in het studiegebied ruim negenhonderd verschillende dijkvakken onderscheiden.

Bron van de gegevens: Het HIS bij de Provincie Zuid-Holland

De provincie Zuid-Holland werkt aan een Hoogwater Informatie Systeem (HIS). Een van de aanvullende functionaliteiten van het HIS bij de provincie Zuid-Holland is een golfoverslagmodule waarmee tijdens hoogwater een actuele dijkhoogtetoets kan worden uitgevoerd.

2.3 Aanpak

2.3.1 Algemeen

Zoals eerder gezegd, spelen drie aspecten een rol bij het bepalen van de effecten op de dijkhoogten:

- de MHW's;
- de dijktafelhoogten;
- de actuele hoogten.

Deze drie aspecten worden in de volgende paragrafen besproken.

2.3.2 Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's)

Bij de MHW's is een aantal situaties en momenten relevant:

Randvoorwaardenboek 1996

In het Randvoorwaardenboek 1996 [lit. 1] zijn, conform de Wet op de Waterkering, de MHW's weergegeven die nu geldig zijn.

In het Randvoorwaardenboek 1996 zijn de MHW's benoemd als toetspeil 2000. De basis voor het Randvoorwaardenboek is beschreven in een aparte nota van het RIZA uit 1995 [lit. 4].

Bij de toetspeilen 2000 is rekening gehouden met 10 cm zeespiegelrijzing (1985-2035). Er is verder uitgegaan van een Maatgevende Rijnafoer ($QBR_{1:1250}$) van 15000 m³/s. Voor de Maeslant- en de Hartelkering is uitgegaan van de 'oude' sluitingsstrategie. Deze werd in de periode vóór 1998 gehanteerd. Dat houdt in dat er een sluitpeil van NAP + 3,20 m te Rotterdam is gebruikt. (In de hiernavolgende presentaties is gebruik gemaakt van de niet (op 5 cm) afgeronde waarden.)

Wijziging van de sluitingsstrategie van de Maeslant- en de Hartelkering

In 1998 is de sluitingsstrategie van de Maeslant- en de Hartelkering gewijzigd. De invloed van deze wijziging op de MHW's is bepaald uit de door RIZA berekende IVB-variant 'huidige situatie autonoom'.

Deze is berekend met de huidige sluitingsstrategie en een vergelijkbare berekening uit 1993 met de 'oude' sluitingsstrategie.

Huidige situatie (2000)

De huidige situatie (2000) is het scenario dat in de IVB-studie is gebruikt om de huidige situatie aan te geven. Er is daarbij een Maatgevende Afvoer van 15.000 m³/s gehanteerd. De zeespiegelrijzing is gecorrigeerd voor (2000-2035) op basis van tabel B2.1 van het Randvoorwaardenboek 1996.

Referentiesituatie

De referentiesituatie is het scenario dat in de IVB-studie is gebruikt om de huidige situatie aan te duiden. Het MHW is echter aangepast aan de invloed van de bodemligging van 1995 en een Maatgevende Bovenrijnafvoer van 16050 m³/s.

Scenario's klimatologische en morfologische ontwikkeling tot 2050

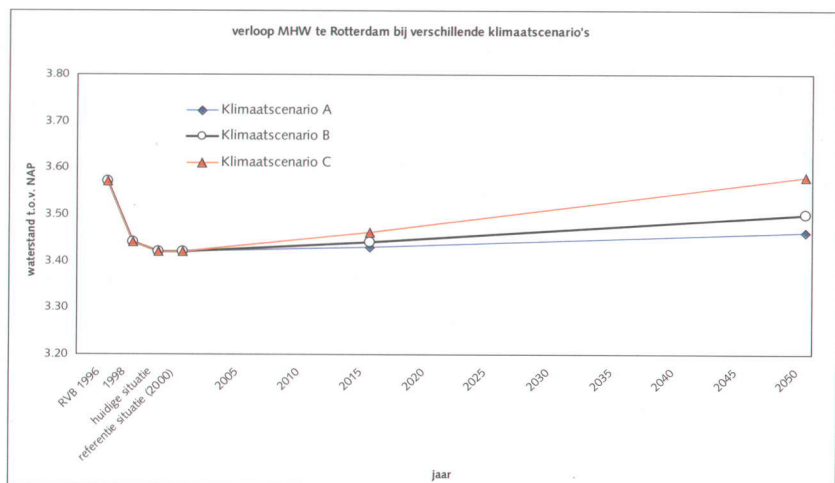
In de IVB-studie wordt na 2000 rekening gehouden met de effecten van de klimatologische en morfologische ontwikkelingen tot 2050.

Daarbij zijn de volgende klimaatscenario's gebruikt:

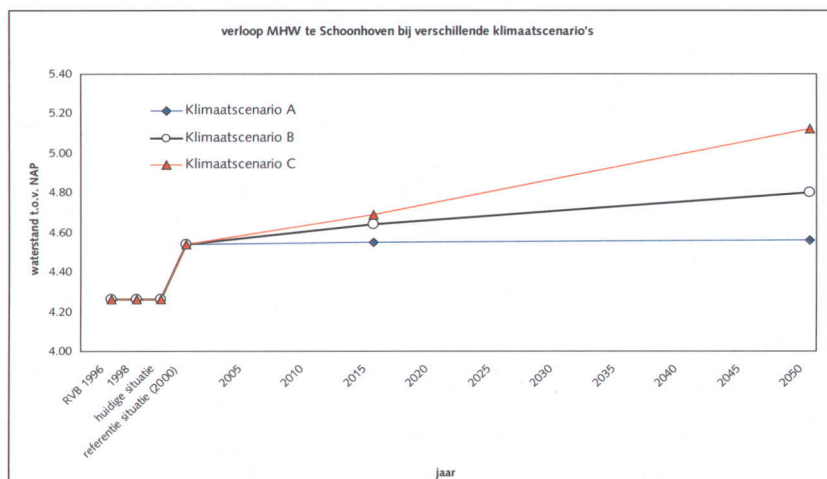
- Scenario A, huidige trends;
- Scenario B;
- Scenario C.

De invloed van de verschillende klimaatscenario's en de morfologische veranderingen op de Maatgevende Hoogwaterstanden zijn berekend door het RIZA van Rijkswaterstaat [lit. 2 en 3].

Bovengenoemde stappen zijn in figuur 2.2 en 2.3 voor twee locaties grafisch weergegeven.



Figuur 2.2 MHW-waarden bij Rotterdam bij verschillende scenario's



Figuur 2.3 MHW-waarden bij Schoonhoven bij verschillende scenario's

2.3.3 Dijktafelhoogten

Net als bij de bepaling van de MHW's wordt er bij de berekening van de dijktafelhoogte met alle mogelijke combinaties van rivierafvoeren en stormvloedstanden op zee - met bijbehorende statistiek - gerekend. Omdat er niet veel tijd was, is het niet mogelijk om dit nu ook te doen voor de verschillende zichtjaren en klimaatscenario's voor alle ruim negenhonderd dijkvakken. Daarom wordt voor de IVB-studie de volgende vereenvoudiging aangenomen:

Het effect van de verschillende klimaatscenario's en morfologische ontwikkelingen op de MHW's is gelijk aan het effect op de dijktafelhoogten.

Met deze vereenvoudiging is het wel mogelijk om alle dijkvakken mee te rekenen. Door deze aanname worden eventuele effecten op de golfoploop niet meegerekend. Mogelijk leidt deze aanname op een aantal plaatsen tot enige onnauwkeurigheid. Dit zal vooral het geval zijn op plaatsen waar de golfaanval wordt beïnvloed door hoog buitendijks terrein en waar de golfoploop wordt beïnvloed door bermen. Maar gezien het verkennende karakter van het IVB-project wordt deze aanpak als voldoende nauwkeurig aangemerkt.

De dijktafelhoogten voor de verschillende zichtjaren zijn bepaald door uit te gaan van de dijktafelhoogten/leggerhoogten die zijn gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als de formeel vastgestelde MHW's (MHW1994) [lit. 4]. De dijktafelhoogten zijn vervolgens vertaald naar de situaties 2000, 2015 en 2050, op dezelfde wijze als dat voor de MHW's is gebeurd (zie stappen in par. 2.3.2).

2.3.4 Actuele Dijkhoogten

De gegevens van de aanwezige dijkhoogten zijn afkomstig van de waterschappen die hiervoor de gegevens van de (dijkhoogte)-waterpassingen van de primaire waterkeringen beschikbaar hebben gesteld. Uit deze gegevens is voor ieder dijkvak het laagste punt bepaald.

Daarnaast zijn ook de gegevens verzameld die nodig zijn voor het berekenen van de golfaanval, zoals strijklengten en waterdiepten. Deze dijkvakgegevens vormen de data voor de HIS-golfoverslagmodule. Ze zijn ook gebruikt voor het bepalen van de dijktafel- of leggerhoogten. De gegevens zijn ook zeer goed bruikbaar voor de IVB-dijkhoogtetoets. De dijkhoogten ten tijde van de zichtjaren zijn uit de laatste waterpassingen bepaald door rekening te houden met het verwachte zettingsverloop gedurende de periode vanaf de waterpassing tot het zichtjaar.

Omdat het IVB-project verkennend van aard was, is het verwachte zettingsverloop niet per dijkvak afzonderlijk onderzocht, maar is er gerekend met een gemiddelde waarde voor het hele gebied van 20 cm per vijftig jaar voor seculaire zetting. Alleen dijkvakken die pas zijn verhoogd ondervinden in het begin een grotere zetting. In die gevallen is gerekend met een zettingsverwachting van 50 cm per vijftig jaar, waarbij er in de periode tussen 2015 en 2050 alleen nog sprake is van seculaire zetting. In een aantal gevallen zijn diep gefundeerde constructies toegepast. In die situaties is er geen zetting in rekening gebracht.

In een aantal gevallen zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar. In voorkomende gevallen zijn er aannamen gedaan om toch een dijkhoogtetoets te kunnen uitvoeren. Het is niet de bedoeling hier een oordeel te geven over de huidige veiligheid. Dat gebeurt al bij de vijfjaarlijkse toetsing op veiligheid die door de waterschappen wordt uitgevoerd. Het gaat hier alleen om het effect van de klimaatscenario's en de morfologische veranderingen. Daarom is de volgende aanname gedaan: Indien (uit een toetsingsrapport) blijkt dat een dijkvak momenteel bij de hoogtetoets als 'onvoldoende' wordt beoordeeld, en als er nog geen verbeteringsvoorstel bekend is, is er voor deze dijkhoogtetoets vanuit gegaan dat het dijkvak is versterkt.

Voor de genoemde dijkringen zijn niet altijd actuele dijkhoogten beschikbaar. Hierna is de situatie per dijkring beschreven. Er is alleen gekeken naar het gebied ten oosten van de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal. Dit omdat zeewaarts van de stormvloedkeringen geen effect van IVB-maatregelen wordt verwacht.

Centraal-Holland

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1995 (Schieland) en 1997 (Delfland). De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 1.3.

Krimpenerwaard

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1997. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 2.3.

Alblasserwaard

De dijkhoogten langs de Merweden en de Noord zijn opgemeten in 1992. Langs de Lek is dat in 1995 gebeurd. Langs de Merweden is en wordt een groot aantal dijktrajecten versterkt. Voor de dijkhoogtetoets is dan

rekening gehouden met de hoogte na versterking. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 3.3.

IJsselmonde

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1997. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 4.3.

Voorne Putten

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1996. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 5.3.

Hoeksche Waard

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1997. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 6.3.

Bij de bepaling van de dijktafelhoogte is aangenomen dat het waterschap een zodanig beheer voert dat de erosiebestendigheid van de grasbekleding voldoende is om een golfoverslag van 1 l/m/s toe te staan.

Eiland van Dordrecht

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1997. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 7.3.

Bij de bepaling van de dijktafelhoogte is aangenomen dat het waterschap een zodanig beheer voert dat de erosiebestendigheid van de grasbekleding voldoende is om een golfoverslag van 1 l/m/s toe te staan.

De Voorstraat blijft liggen op ten minste MHW1994 + 0.30 m. Deze maat is in het verleden berekend met een risicoanalyse. Er wordt jaarlijks gecontroleerd of de dijk hier onder zakt. In dat geval volgt meteen een aanpassing (herstraten).

Noordwaard/Biesbosch

Gegevens van de aanwezige en vereiste dijkhoogten zijn bepaald op basis van het rapport 'Dijkhoogteberekeningen Noordwaard, Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, Grontmij', mei 1992. Voor het grootste gedeelte van Noordwaard is geen actuele hoogte bekend. Daarom is in die gevallen gesteld dat de dijk in 2050 is gezakt tot de dijktafelhoogte.

De toestand in 2015 is teruggerekend door te stellen dat er tussen 2015 en 2050 alleen seculaire zetting (0.20 m per 50 jaar) is geweest. Dus $dijkh_{2015} = dijkh_{2050} (dth) + 0.20 \times 35/50$. Voor de (enkele) dijkvakken die niet versterkt hoefden te worden, is uitgegaan van de laatste waterpassing en is gerekend met seculaire zetting. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 8.3.

Land van Altena

Gegevens van de aanwezige en vereiste dijkhoogten zijn bepaald op basis van de volgende rapporten:

- Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, Kruinhoogteberekening zuidzijde dijkkringgebied Land van Altena, Grontmij, 29 januari 1997 [lit. 5];
- Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, Notitie Kruinhoogten 1996 Alm en Biesbosch, Heidemij advies, januari 1997 [lit. 6].

De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 9.3. Het dijkgedeelte langs de Afgedamde Maas is buiten beschouwing gebleven omdat dit gedeelte binnen afzienbare tijd door een hoogwaterkering van de Bergsche Maas wordt afgesloten.

Goeree-Overflakkee

De dijkhoogten zijn opgemeten in 1997. De verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 zijn bepaald op basis van het te verwachten zettingsverloop. Het resultaat is als lengteprofiel weergegeven in bijlage 10.3.

De dijktafelhoogten/leggerhoogten zijn in 1985 becijferd.

Begin 2000 worden nieuwe dijktafelhoogten/leggerhoogten becijferd.

Voor de IVB-dijkhoogtetoets zijn de gegevens uit 1985 gebruikt.

Omdat deze nog met oude MHW's zijn berekend, zijn de dijktafelhoogten/leggerhoogten eerst gecorrigeerd naar MHW1994 en vervolgens vertaald naar de huidige situatie. Omdat er in 1985 een andere berekeningsmethodiek werd gebruikt voor de dijktafelhoogten/leggerhoogten moet er enige voorzichtigheid betracht worden bij het trekken van conclusies of een dijkvak voldoende hoog is, of te laag.

Brabantse Oever

Van de Brabantse oever zijn – behalve voor De Maaskant - nog geen gegevens beschikbaar. Om toch een beoordeling te kunnen maken, is het volgende aangenomen. In 2050 liggen de dijken precies op de dijktafelhoogte die hoort bij het huidige formeel vastgestelde MHW (1994). Op basis van [lit. 7] is aangenomen dat alleen tussen Noordschans en Keizersveer (excl. Lage Zwaluwe en Geertruidenberg) een overbemeten profiel aanwezig is met een overhoogte van ten minste 1 meter in de huidige situatie. Aan de hand van deze aanname is, rekening houdend met een gemiddelde zetting van 0.20 m in vijftig jaar, de hoogte voor 2015 teruggerekend.

Nederhemert

Alleen het gedeelte langs de Bergsche Maas is beschouwd, omdat het gedeelte langs de Afgedamde Maas binnen afzienbare tijd door een hoogwaterkering van de Bergsche Maas wordt afgesloten.

De gegevens van de aanwezige en vereiste dijkhoogten zijn bepaald op basis van het ontwerpplan dijkverbetering Afgedamde Maas.

Hieruit blijkt dat de huidige dijkhoogte tussen NAP + 6.50 en 7.5 ligt.

Omdat er geen lengteprofiel is gegeven, is aangenomen dat de helft van het traject op NAP +6.50 m ligt en de andere helft op NAP + 7.50 m.

Op basis van het te verwachten zettingsverloop zijn de verwachte dijkhoogten in 2000, 2015 en 2050 bepaald.

2.4 De hoogtetoets

Om te beoordelen of er overhoogte aanwezig is, is de aanwezige hoogte vergeleken met de dijktafelhoogte. Zolang de aanwezige hoogte groter is dan de dijktafelhoogte, voldoet het dijkvak.

De hoogtetoets is uitgevoerd voor drie tijdstippen:

- De huidige situatie (in 2000);
- De situatie in 2015, met klimaatscenario A en B;
- De situatie in 2050, met klimaatscenario B en C.

De resultaten van de dijkhoogtetoets zijn per dijkkring grafisch weergegeven in zes grafieken. Op de horizontale as staat steeds de locatie op de dijk. De as is niet op schaal weergegeven, maar ieder dijkvak is een punt ongeacht de lengte van het dijkvak).

In de figuren is achtereenvolgens te zien:

- De **eerste** grafiek geeft de huidige situatie weer (bijlagen 1.1 t/m 10.1):
 - De blauwe lijn is de Maatgevende HoogWaterstand (MHW).
 - De rode lijn betreft de dijktafelhoogten. Onder dit nivo mag de dijkhoogte niet zakken;
 - De groene lijn is de actuele dijkhoogte (eventueel na dijkversterking);
- De **tweede** grafiek (bijlagen 1.2 t/m 10.2) beschrijft het verloop van de MHW's langs de dijkkring bij de verschillende klimaatscenario's (indien er geen maatregelen worden genomen). Hierbij zijn de volgende lijnen weergegeven:
 - MHW uit Randvoorwaardenboek 1996 (MHW 1994)
 - MHW in de huidige situatie in 2000
 - MHW in de referentiesituatie in 2000
 - MHW in 2015 bij klimaatscenario A
 - MHW in 2015 bij klimaatscenario B
 - MHW in 2050 bij klimaatscenario B
 - MHW in 2050 bij klimaatscenario C
- In de **derde** grafiek (bijlagen 1.3 t/m 10.3) is de prognose van de dijkhoogte weergegeven voor 2000, 2015 en 2050, uitgaande van de gemeten dijkhoogten en het zettingsverloop zoals beschreven in paragraaf 2.3.4.
- In de **vierde t/m zesde** grafiek zijn de *resulterende overhoogten* weergegeven. Dit is het verschil tussen de aanwezige dijkhoogte en de dijktafelhoogte.
 - In de **vierde** grafiek (bijlagen 1.4 t/m 10.4) is de overhoogte weergegeven voor de huidige situatie (2000) en de referentiesituatie (2000);
 - In de **vijfde** grafiek (bijlagen 1.5 t/m 10.5) is de overhoogte weergegeven in **2015**, bij de klimaatscenario's A en B (zonder maatregelen);
 - In de **zesde** grafiek (bijlagen 1.6 t/m 10.6) is de overhoogte weergegeven in **2050**, bij de klimaatscenario's B en C (zonder maatregelen).

2.5 Resultaten dijkhoogtetoeets

Uit de figuren van de overhoogte in 2015 en 2050 kan worden afgelezen welke dijkvakken in het betreffende zichtjaar bij een bepaald gekozen klimaatscenario niet meer voldoen aan de eis dat de aanwezige dijkhoogte groter of gelijk moet zijn aan de (benodigde) dijktafelhoogte. Dit is in de figuren te zien aan een negatieve overhoogte.

In tabel 2.2 is voor de dijkringen in het IVB-projectgebied aangegeven voor hoeveel kilometer van de dijkkring er te weinig hoogte is.

Benodigde dijkversterking zonder waterstandsverlagende maatregelen					
		2015A	2015B	2050B	2050C
dijkkring	totaal aantal km	km te laag	km te laag	km te laag	km te laag
Centraal Holland (14)	36.2	0.0	0.0	2.4	4.0
Krimpenerwaard (15)	24.1	2.7	3.1	16.3	20.3
Alblasserwaard (16)	55.4	16.6	20.1	35.0	43.7
IJsselmonde (17)	62.1	0.0	0.0	0.2	0.2
Pernis (18)	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Voorne Putten (20)	33.9	0.3	1.3	6.6	13.1
Hoeksche Waard (21)	68.7	0.0	0.0	10.5	16.8
Eiland van Dordrecht (22)	37.1	1.7	4.2	14.3	19.6
Noordwaard (23)	24.5	4.0	9.4	23.2	23.2
Land van Altena (24)	46.1	22.7	24.6	38.3	38.3
Goeree-Overflakkee (25)	21.8	0.0	1.2	14.2	15.5
Brabantse Oever	50.5	13.5	13.5	27.5	27.5
De Maaskant (36)	11.0	2.0	2.0	5.0	9.0
Nederhemert (37)	4.7	0.0	2.4	2.4	2.4
Tieler- en Culemborgerwaard (43)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
totaal	476.6	63.5	79.4	193.4	231.2

Tabel 2.2 Benodigde dijkversterking zonder waterstandsverlagende maatregelen

2.6 Conclusie dijkhoogtetoeets

Bij de uitwerking van de maatregelenpakketten wordt gestreefd naar een volledige compensatie van de toename van de MHW's door maatregelen. Op de meeste locaties in het benedenrivierengebied zijn de dijken - in de huidige situatie bij de formeel vastgestelde MHW's (1994) - hoger dan de veiligheidsnorm vereist. Deze 'overhoogte' kan een gevolg zijn van een recente versterking waarbij overhoogte wordt aangebracht om ervoor te zorgen dat de dijk, ondanks inklinken, gedurende minimaal vijftig jaren hoog genoeg blijft. Daarnaast zijn er dijken die vóór de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet als zeedijken zijn aangelegd. En er bestaan dijkvakken die zijn versterkt op (hogere) MHW's van de periode voor de aanleg van de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal. Als er geen waterstandsverlagende maatregelen worden getroffen zal in 2001, door de nieuwe maatgevende afvoer en de veranderde ligging van de rivierbodem, in het door de rivier gedomineerde (oostelijke) deel van het studiegebied, een groot gedeelte van de overhoogte van de dijken zijn verdwenen. Dit wordt veroorzaakt door de MHW-verhoging. Er wordt dan met QBR 1:1250 = 16050 m³/s (in plaats van 15000) gerekend. Bovendien wordt er met de huidige (rivier)bodem gerekend in plaats van met die uit 1976.

De grootste problemen doen zich voor bij dijkvakken die in de afgelopen periode zijn versterkt op basis van de MHW's waarbij rekening is gehouden met de bevindingen van de commissie Boertien. Dit betreft onder andere alle dijkvakken die zijn versterkt op basis van de Noodwet en die vallen onder het Deltaplan Grote Rivieren. Omdat het grootste deel van de zetting optreedt in de periode kort na versterking, voldoen deze dijkvakken in het eerste zichtjaar 2015 in het algemeen niet meer aan de veiligheidsnorm. Zonder waterstandsverlagende maatregelen zijn er voor het zichtjaar 2050 grootschalige dijkversterkingen nodig om aan de veiligheidsnorm te voldoen. Bij het ongunstige scenario is dit nog erger dan bij het middenscenario.

3 Kosten dijkversterking en bijkomende kosten

3.1 Inleiding

Om een schatting te kunnen maken van de dijkversterkingskosten, is gebruik gemaakt van de gegevens die ook gehanteerd zijn voor het Integraal Beleidsplan Haringvliet - Hollandsch Diep - Biesbosch (IBHBB) [lit. 7]. Voor dit plan is het effect onderzocht van het beheer van de Haringvlietssluis op de waterstanden. Ook is er bij het maken van dit beleidsplan gekeken naar de kosten van een eventueel versterken van de waterkeringen. Om hierover een uitspraak te kunnen doen, is destijds een relatie afgeleid voor de mate van dijkverhoging en de kosten per kilometer. Deze relatie was gebaseerd op dijkversterkingen in Zuid-Holland en op kostenramingen van dijkversterkingsplannen in Noord-Brabant.

De belangrijkste factoren die de kosten van dijkversterkingsprojecten bepalen, zijn onder meer:

- de ondergrond (opbouw en samenstelling);
- de bebouwingsdichtheid;
- de noodzaak van bijzondere constructies;
- de ligging van de dijk (bijvoorbeeld schaaldijk of dijk met voorland);
- aanwezigheid van wegen op de dijk (afritten en dergelijke);
- noodzaak van landschappelijke inpassing, enzovoorts.

Voor het afleiden van de kostenrelatie zijn destijds verschillende typen van dijkversterkingen in ogenschouw genomen. Op deze wijze is een goede doorsnede verkregen van de verschillende mogelijkheden. Ook voor de bijkomende kosten, zoals het aanpassen van kunstwerken, leidingkruisingen en dergelijke, zijn in [lit. 7] kostenrelaties gegeven. Ook is er in [lit. 7] een inventarisatie gemaakt van de hoeveelheden kunstwerken, leidingkruisingen enz. Deze gegevens zijn hier zonder meer overgenomen. Gezien het verkennende karakter van de studie, was een nieuw, gedetailleerd onderzoek niet nodig. De gebruikte kostenrelaties zijn gebaseerd op het prijspeil van 1990. Om deze om te zetten naar het prijspeil 2000, zijn de eindbedragen vermenigvuldigd met een factor 1,3. Deze factor is gebaseerd op het CBS Indexcijfer 'Gemaakte kosten grond-, water- en wegenbouw'.

De berekende kosten zijn inclusief:

- ontwerpkosten met daarvoor benodigd specialistisch onderzoek (grondmechanisch-waterloopkundig);
- grondverwerving (inclusief eventuele onteigening);
- aanleg.

Dit worden de directe kosten genoemd.

De kosten zijn exclusief de indirecte kosten, zoals:

- beheer en onderhoud;
- kapitaallasten van de investering;
- afschrijving.

Voor een meer uitgebreide onderbouwing van de kostenrelaties wordt verwezen naar [lit. 7].

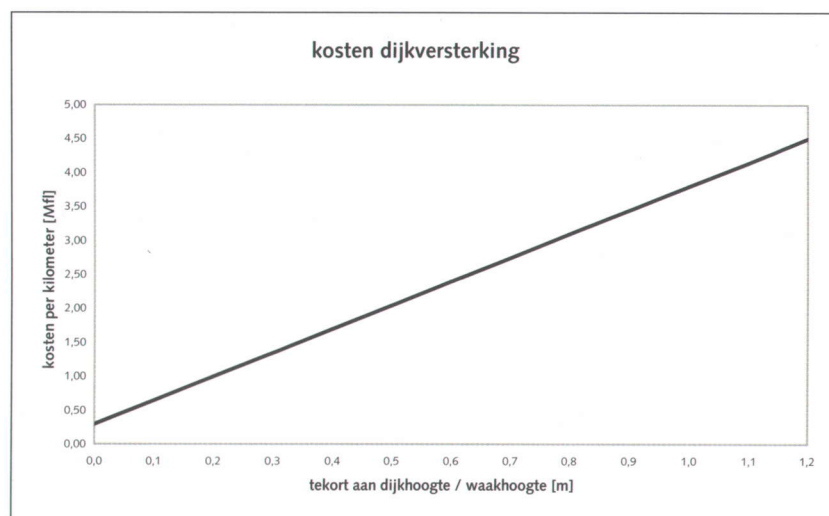
Op deze wijze wordt een inzicht verkregen in de kosten van dijkversterkingwerken. Het betreft slechts een *globale schatting* die gemaakt is op een gemiddelde kostenrelatie.

In de onderstaande analyse is voor een aantal kostensoorten een onderscheid gemaakt in een *gemiddelde schatting* en een *maximale schatting*. Bij de betreffende kostensoort is aangeduid hoe beide zijn bepaald.

Er is in deze analyse alleen gekeken naar het toetscriterium dijkhoogte. Er is niet overwogen of de dijkvakken met voldoende dijkhoogte ook voldoen aan de stabiliteitseisen. Mogelijk dat er bij deze dijkvakken wel maatregelen nodig zijn om de stabiliteit te verbeteren, zoals het aanbrengen of aanpassen van steunbermen. Ook daar zijn kosten mee gemoeid, die hier dus niet in de beschouwing zijn betrokken.

3.2 Dijkversterkingskosten

Voor het bepalen van de dijkversterkingskosten is gebruik gemaakt van de relatie die is weergegeven in figuur 2.



figuur 2: Gemiddelde kosten van dijkversterking

Voor sterk afwijkende plannen met veel bebouwing (woonkernen) zijn de bedragen met een factor 4 vermenigvuldigd. Voor de Voorstraat te Dordrecht zijn de bedragen zelfs met een factor 20 vermenigvuldigd. **Uit navraag blijkt dat de grafiek zo is opgezet, dat het tekort aan waakhoogte moet worden beschouwd. Bij de kosten is al rekening gehouden met het feit dat de dijk met overhoogte wordt aangelegd in verband met zettingen.** Bij de berekening van de kosten is deze aanname voor de bepaling van de gemiddelde schatting gebruikt. Daarnaast is er een maximum schatting gegeven. Hierbij is ervan uitgegaan dat er gemiddeld 30 cm extra overhoogte wordt aangebracht.

Bij de dijkhoogtetoets is bepaald welke dijkvakken niet voldoen. Van deze vakken is de lengte en het tekort aan dijkhoogte bekend. Dit, gecombineerd met de gegevens van bovenstaande grafiek, geeft een schatting van de verbeteringskosten.

3.3 Bijkomende kosten gerelateerd aan MHW-verhoging

Er moet niet alleen met dijkversterkingskosten rekening gehouden worden, maar ook met bijkomende uitgaven voor eventuele aanpassingen of vervangingen van bestaande objecten.

Het betreft hier de volgende drie categorieën:

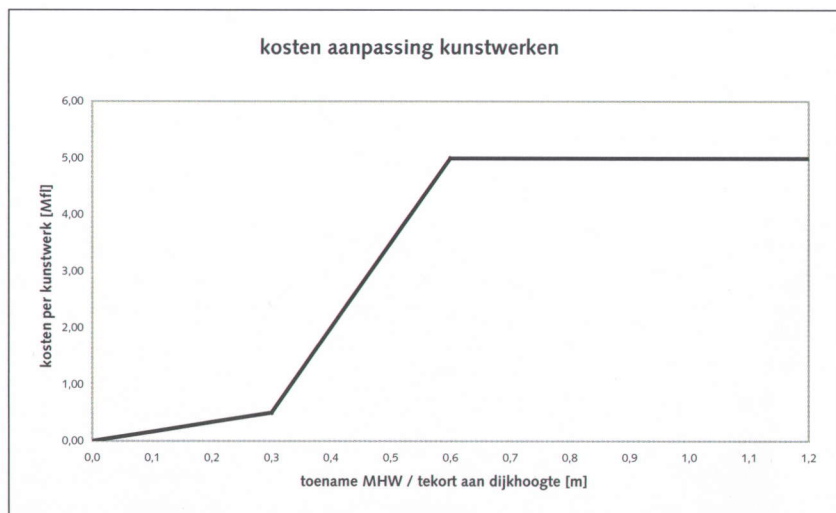
- Kunstwerken (zoals scheepvaartsluizen en inlaat- of uitwateringssluizen);
- Leidingkruisingen;
- Voorliggende hoogwaterkeringen.

Voor deze drie categorieën geldt dat de mate van aanpassing gerelateerd moet worden aan de mate van MHW-verhoging dan wel aan de mate van tekort aan dijkhoogte.

In [lit. 7] zijn voor deze drie categorieën aparte relaties gegeven waarmee afhankelijk van de benodigde mate van verhoging de kosten kunnen worden bepaald. In de volgende drie paragrafen worden de relaties voor deze drie categorieën weergegeven.

3.3.1 Aanpassingskosten kunstwerken

In figuur 3 is de relatie aangeduid voor de uitgaven voor aanpassing van kunstwerken.



Figuur 3: Aanpassingskosten kunstwerken

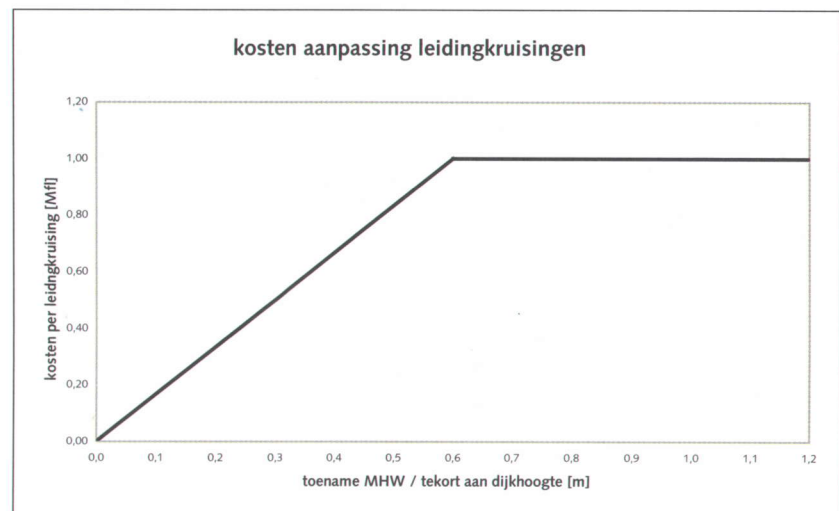
Gemiddelde schatting: Voor het bepalen van de gemiddelde schatting van de kosten is gesteld dat alleen de kunstwerken worden aangepast die liggen in dijkvakken die volgens de dijkhoogtetoeets te laag zijn. In [lit 7] is niet de exacte ligging van de kunstwerken gegeven, maar alleen het aantal kunstwerken per riviertak. Daarom is de volgende aanname gedaan. Het percentage van de kunstwerken dat per riviertak moet worden aangepast, komt overeen met het percentage dijk lengte dat die riviertak te laag is volgens de dijkhoogtetoeets. De aanpassingskosten per kunstwerk zijn bepaald op basis van het gemiddelde dijkhoogtetekort van de dijkvakken die te laag zijn.

De totale kosten per riviertak volgen uit vermenigvuldiging van de kosten per kunstwerk en het aantal kunstwerken dat moet worden aangepast.

Maximale schatting: Voor het bepalen van de maximale schatting is gesteld dat in een riviertak alle kunstwerken moeten worden aangepast. De kosten per kunstwerk zijn bepaald op basis van de gemiddelde MHW-verhoging op een riviertak.

3.3.2 Aanpassingskosten leidingkruisingen

In figuur 4 is de relatie gegeven waarmee afhankelijk van de benodigde dijkverhoging de kosten kunnen worden bepaald van het aanpassen van leidingkruisingen.



Figuur 4: Aanpassingskosten leidingkruisingen

Voor het bepalen van de schatting van de kosten is gesteld dat alleen de leidingkruisingen worden aangepast die liggen in dijkvakken die volgens de dijkhoogtetoeets te laag zijn. In [lit 7] is niet de exacte ligging van de leidingkruisingen gegeven, maar alleen het aantal leidingkruisingen per riviertak. Daarom is de volgende aanname gedaan.

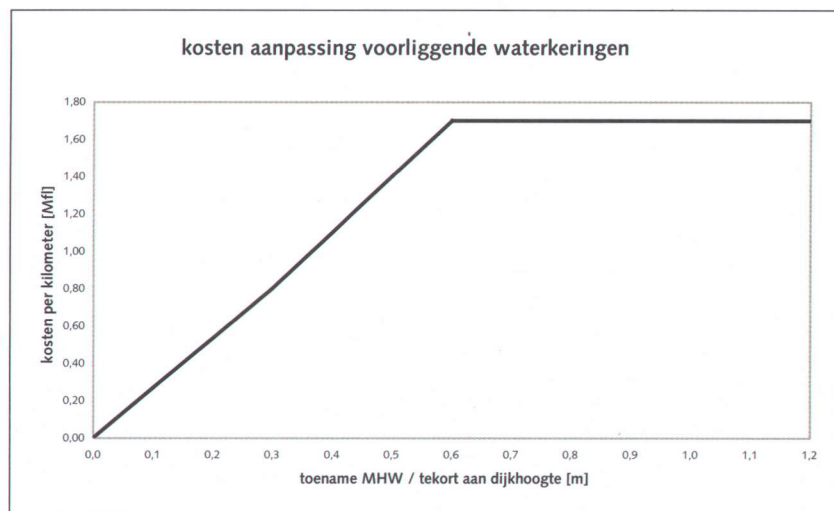
Het percentage van de leidingkruisingen dat per riviertak moet worden aangepast komt overeen met het percentage dijk lengte dat die riviertak te laag is volgens de dijkhoogtetoeets.

Gemiddelde schatting: Voor het bepalen van de gemiddelde schatting wordt gesteld dat de kosten kunnen worden bepaald op basis van het gemiddelde dijkhoogte-tekort van de dijkvakken die te laag zijn.

Maximale schatting: Voor de maximale schatting zijn de kosten per leidingkruising bepaald op basis van de gemiddelde MHW-verhoging op een riviertak.

3.3.3 Aanpassingskosten voorliggende hoogwaterkeringen

In figuur 8 is een relatie gegeven waarmee afhankelijk van de mate van de waterstandsverhoging(?) de kosten kunnen worden bepaald van het aanpassen van voorliggende hoogwaterkeringen.



Figuur 8: Aanpassingskosten voorliggende hoogwaterkeringen

Op basis van de MHW-verhogingen zijn de kosten van het aanpassen van voorliggende hoogwaterkeringen bepaald. Er is geen dijkhoogtentoets voor voorliggende hoogwaterkeringen uitgevoerd. Mogelijk zijn de kosten daardoor wat overschat.

3.4 Bijkomende kosten gerelateerd aan verhoging van de middenstand

Er zijn ook bijkomende kosten van eventuele aanpassing of vervanging van bestaande objecten die gerelateerd zijn aan verhoging van de middenstand. Het betreft hier de volgende drie categorieën:

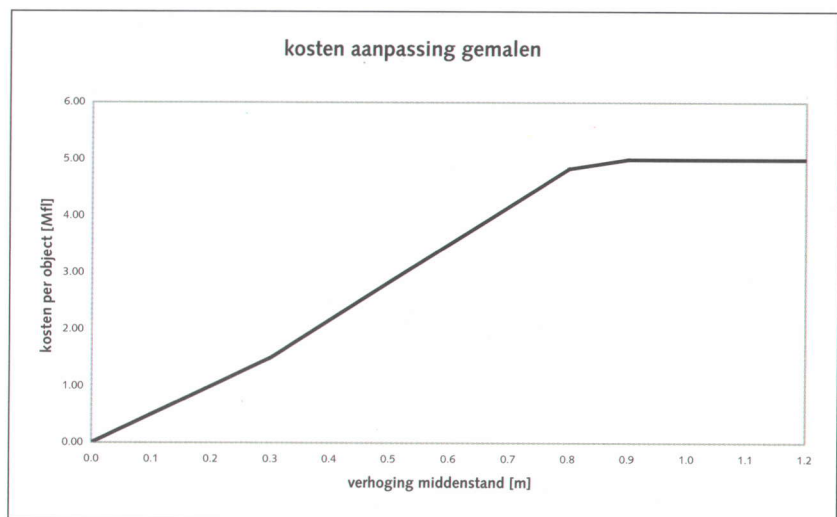
- Gemalen;
- Gorsrandverdedigingen;
- Oeververdediging.

Voor deze drie categorieën is de verhoging van de gemiddelde waterstand van belang. Op dit moment zijn er nog geen gegevens van de gemiddelde waterstanden in het IVB-dijkhoogte EXCEL-bestand opgenomen. Daarom zijn de kosten nu op basis van MHW-effecten bepaald. Dit betekent dat er sprake is van enige overschatting van deze uitgaven. Er is vooralsnog geen verschil gemaakt tussen een minimale en maximale schatting.

In de volgende drie paragrafen zijn de relaties voor deze drie categorieën omschreven.

3.4.1 Aanpassingskosten gemalen

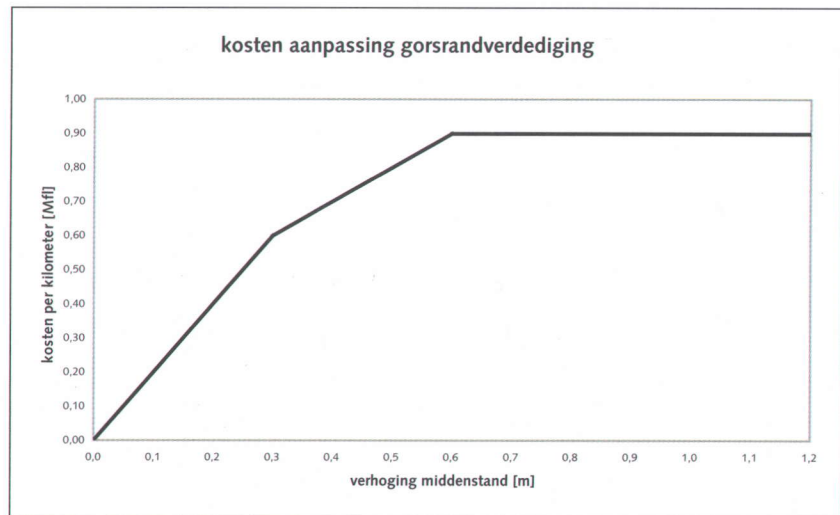
In figuur 5 is de relatie gegeven waarmee afhankelijk van de mate van de waterstandsverhoging de kosten kunnen worden bepaald van het aanpassen van gemalen.



Figuur 5: Aanpassingskosten gemalen

3.4.2 Aanpassingskosten gorsrandverdedigingen

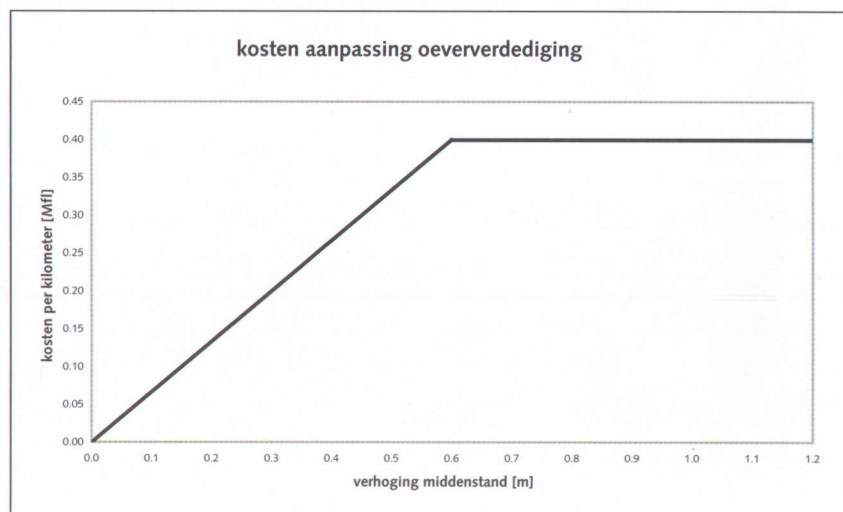
In figuur 6 is de relatie gegeven waarmee afhankelijk van de mate van de waterstandsverhoging de kosten kunnen worden bepaald van het aanpassen van gorsrandverdedigingen.



Figuur 6: Aanpassingskosten gorsrandverdedigingen

3.4.3 Aanpassingskosten oeververdediging

In figuur 7 is de relatie gegeven waarmee afhankelijk van de mate van de waterstandsverhoging de kosten kunnen worden bepaald van het aanpassen van oeververdedigingen.



Figuur 7: Aanpassingskosten oeververdedigingen

3.5 Totale kosten dijkversterking

Op basis van de hiervoor beschreven relaties zijn de totale kosten becijferd. Het kostenoverzicht is weergegeven in de onderstaande tabel. Een uitgebreider overzicht is gegeven in bijlage 13. In de bijlage zijn de kosten van de dijkversterkingen uitgesplitst per dijkkring.

IVB kosten overzicht								
	2015A kosten [Mfl]		2015B kosten [Mfl]		2050B kosten [Mfl]		2050C kosten [Mfl]	
	gem.	max.	gem.	max.	gem.	max.	gem.	max.
Dijkversterking	104.2	170.9	164.7	248.1	535.5	738.5	851.8	1,094.6
kunstwerken	4.7	24.6	14.1	46.2	60.0	157.9	132.7	307.8
pijpleidingen	12.3	16.5	18.7	24.6	61.3	75.1	103.0	123.4
gemalen	6.4	6.4	12.7	12.7	58.2	58.2	100.7	100.7
gorsrandverdediging	0.4	0.4	2.5	2.5	17.6	17.6	27.3	27.3
oeververdediging	0.0	0.0	0.4	0.4	3.3	3.3	5.5	5.5
voorliggende hoogwaterkering	0.6	0.6	2.3	2.3	17.3	17.3	28.3	28.3
totaal prijspeil 1990	129	219	215	337	753	1068	1249	1688
totaal prijspeil 2000	167	285	280	438	979	1388	1624	2194

De bijkomende kosten zijn uitgesplitst naar de aard van de kosten. Het betreft het totaal van de kosten die worden gemaakt om dijkvakken te versterken die volgens de dijkhoogtentoets te laag waren.

Er is niet gekeken of de dijkvakken met voldoende dijkhoogte ook voldoen aan de stabiliteitseisen. Mogelijk dat er bij deze dijkvakken wel maatregelen nodig zijn om de stabiliteit te verbeteren, zoals het aanbrengen of aanpassen van steunbermen. Ook daar zijn kosten mee gemoeid, die hier dus niet zijn beschouwd.

Deel B

Beschouwing van de stabiliteit

Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde

4 Beschouwing van de stabiliteit

4.1 Inleiding

Het waterkerend vermogen ofwel de veiligheid van een dijk wordt gekarakteriseerd door de dijkhoogte en door de stabiliteit van het dijklichaam. Bij voldoende hoogte kan de stabiliteit van een dijk worden aangetast door een binnenwaartse of een buitenwaartse afschuiving, of na erosie van de bekleding. Te grote deformatie leidt tot dijkverlaging en mogelijk tot doorbraak.

De toetsing van de stabiliteit van de dijken bij uitvoering van de maatregelen die in de IVB-studie zijn verkend is niet rekenkundig uitgevoerd. Een rekenkundige toets op stabiliteit zou een onevenredig grote inspanning vergen. Ook voor stabiliteit geldt dat de toetsing binnen de IVB-studie niet bedoeld is om het werk over te doen dat de waterschappen verrichten in het kader van de Wet op de Waterkering. Het belangrijkste doel van de toetsing op stabiliteit van dijken binnen IVB is om vast te stellen bij welke typen maatregelen er een invloed op de stabiliteit van dijken te verwachten is.

4.2 Werkwijze

Met een aantal deskundigen (zie kader) is van gedachten gewisseld over de mogelijke negatieve effecten van rivierverruimende maatregelen op het functioneren van dijken. Hierbij zijn de verschillende typen rivierverruimende maatregelen besproken in het licht van de karakteristieke eigenschappen van het gebied.

Deelnemers van de discussie stabiliteittoets

Dico van Ooijen (DZH)
René Bol (DZH)
Frans Barends (Geodelft)
Joop Weijers (DWW)
Ruud Termaat (DWW)
Michael van de Pavard (DWW)
Jan Visser (DWW)
Anabel Méndez Lorenzo (DWW)

Hieronder zijn de verschillende mogelijke *typen maatregelen* opgesomd. Voor specifieke voorbeelden bij de verschillende maatregelen wordt verwezen naar bijlage 11.

- 1 Buitendijkse geulen
- 2 Herstellen afvoerfunctie binnendijkse geulen
- 4 Herstellen oorspronkelijke overlaatgebieden
- 5 Landinwaarts verleggen van dijktracé's
- 6 Verlagen kribben/obstakels
- 7 Aanpassen beheer stormvloedkering/sluisen
- 8 Zomerbed verdiepen/verbreden
- 9 Maatregelen met landelijke impact
- 10 Dijkversterking

Bij de maatregelen 7, 9 en 10 is geen sprake van rivierverruiming. Deze maatregelen worden daarom verder buiten beschouwing gelaten.

De genoemde rivierverruimende maatregelen kunnen een negatief effect hebben op erosie, golfoploop/overslag, hoogte, waterdruk (zandlaag), waterspiegel (in de dijk), piping, opdrijven en stabiliteit (afschuiven).

Of rivierverruimende maatregelen een negatief effect op faalmechanismen tot gevolg hebben, is mede afhankelijk van de eigenschappen van het gebied waar de maatregelen uitgevoerd worden. De verschillende karakteristieke *eigenschappen van het gebied* zijn hieronder aangeduid.

- Langs de Lek liggen de dijken dicht langs het zomerbed. Daarom zijn de uiterwaarden smal. Deze gebieden zijn vaak opgehoogd en er heeft zich veelal industrie op gevestigd. De ondergrond bestaat uit 9 tot 12 meter heel licht veen. Dit leidt geregeld tot opdrijven.
- Langs de Beneden Merwede zijn vrijwel geen mogelijkheden voor rivierverruiming. De eigenschappen van dit gebied zijn daardoor minder van belang.
- Langs de Boven Merwede liggen redelijk brede uiterwaarden. De dijken hierlangs zijn vrij stevige kleidijken die rusten op samengeperste veenlagen.

4.3 Resultaten van de discussie van deskundigen

Vooraf drie bepaalde soorten rivierverruimende maatregelen doen op het functioneren van dijken geen goed. Het betreft:

- de ingrepen in het winterbed (verlagen van het winterbed of aanleggen van nevengeulen);
- de ingrepen in het zomerbed (verdiepen of verbreden);
- het verlagen of verwijderen van kribben of obstakels.

Deze rivierverruimende maatregelen hebben twee verschillende negatieve effecten.

De genoemde ingrepen in het winterbed en zomerbed hebben een negatieve invloed op de lokale geohydrologie. Dit verschijnsel is beschreven in een artikel in het blad 'Achtergrond' van Geodelft (zie bijlage 12).

De typische bodemopbouw in het gebied wordt gekenmerkt door een slappe toplaag van klei en veen op een relatief dik, waterdoorlatend zandpakket in min of meer direct contact met het rivierwater. Bij hoge waterstanden neemt de waterdruk in dit zandpakket toe en wordt de dijk ook via de onderzijde op het achtertalud belast. Verschijnselen die direct samenhangen met een toegenomen waterdruk in het zandpakket betreffen **zanduitspoelingen, kwel en achterlandrijzing**. Bij dit verschijnsel komt de toplaag van het achterland omhoog door de hoge waterdruk in de onderliggende laag. De steun die de dijk ondervindt van het achterland neemt daardoor drastisch af, waardoor de kans op afschuiven van het binnentalud toeneemt.

Het verlagen of verwijderen van kribben of obstakels beïnvloedt de bescherming van de dijk en heeft daardoor een relatief kleine invloed op **erosie**.

4.4 Conclusie

Een aantal mogelijke rivierverruimende maatregelen is niet goed voor de stabiliteit van dijken: het verlagen van het winterbed of het aanleggen van nevengeulen in het winterbed, het verdiepen of verbreden van het zomerbed en het verlagen of verwijderen van kribben of obstakels. Deze negatieve invloed kan gereduceerd worden tot twee effecten, namelijk erosie en een negatieve invloed op de lokale geohydrologie, waardoor zanduitspoelingen, kwel en opdrijven van het achterland kan worden veroorzaakt.

Een negatieve invloed op erosie is in alle riviertakken te verwachten als de genoemde maatregelen uitgevoerd worden. De negatieve invloed op de lokale geohydrologie zal het grootst zijn langs de Lek aangezien daar de ondergrond vrij licht is.

Bij het uitvoeren van rivierverruiming moet altijd rekening gehouden worden met het aspect stabiliteit. Er zijn echter voldoende maatregelen mogelijk om deze negatieve effecten op de stabiliteit weer te compenseren.

5 Literatuur

- 1 Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen, Rijkswaterstaat DWW, Delft, september 1996 Randvoorwaardeboek 1996)
- 2 IVB deelrapport Hydraulica en morfologie, notanr/AP/3314610/2000/17, januari 2002, Rijkswaterstaat RIZA, E. Snippen
- 3 IVB eindrapport van onderzoek naar advies, notanr/AP/3314610/2000/15, Rijkswaterstaat RIZA, G. Blom
- 4 Maatgevende hoogwaterstanden voor het benedenrivierengebied (1994), nota 95.023, Rijkswaterstaat RIZA, J. Hartman, maart 1995
- 5 Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, Kruinhoogteberekening zuidzijde dijkkringgebied Land van Altena, Grontmij, 29 januari 1997
- 6 Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch, Notitie Kruinhoogten 1996 Alm en Biesbosch, Heidemij advies, januari 1997
- 7 Integraal Beleidsplan Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch, Analyse en selectie, Deelrapport G: Veiligheid, J.C. Zuidweg (Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch), A. Dijkshoorn (Waterschap De Groote Waard), J.G. Westerhoven (Provincie Zuid-Holland), B. v.d. Reek (Provincie Noord-Brabant), A. v. Urk (RWS RIZA), H. de Deugd (RWS RIZA), J.C. Janse (RWS Zuid-Holland), M. v.d. Linden (RWS Zuid-Holland), november 1991