



Idee / verkenning

> Deltadijk

IDEA/EXPLORATION



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATION/IN OPERATION

INHOUD

INLEIDING
GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID
SCHEMATISCHE WEERGAVE
TECHNISCHE KENMERKEN
POSITIONERING DELTADIJK
KOSTEN EN BATEN
GOVERNANCE
PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK
KENNISLEEMSTES
LITERATUUR/ LINKS
VOORBEELD
DISCLAIMER

INLEIDING

status: dit onderwerp staat nog ter discussie

De Deltadijk is een dijk die niet doorbreekt als er onder extreme omstandigheden een beperkte hoeveelheid water overheen stroomt. De dijk is berekend op thans geschatte effecten van klimaatverandering tot 2100-2200 (NWP, 2009).

De essentie van de Deltadijk in vergelijking met een huidige standaard dijk kan als volgt worden beschreven: De huidige dijken zijn zo hoog dat er onder 'maatgevende' omstandigheden geen water overheen stroomt. Bij die hoogte wordt een passende sterkte en breedte bepaald. Wanneer maatgevende omstandigheden worden overschreden, dan stroomt het water over de dijk heen. Maar nog belangrijker: de kans neemt toe dat de dijk plotseling doorbreekt omdat hij niet sterk genoeg is. Vooral zo'n plotselinge doorbraak kan tot een overstroming met veel slachtoffers en schade leiden.

Een Deltadijk is zo stevig en stabiel dat de kans praktisch nul is dat deze in extreme omstandigheden doorbreekt. Om dit te realiseren kan een Deltadijk breder en sterker zijn dan de huidige dijken: er mogen onder extreme – bovenmaatgevende - omstandigheden golven over de dijk slaan. Hierdoor ontstaat weliswaar enig waterbezwaar, maar dat is van een andere orde dan een overstroming bij een dijkdorbraak.

De beelden die bestaan van deltadijken komen niet altijd overeen met de bovenstaande essentie. Zo wordt ook vaak multifunctionaliteit geassocieerd met deltadijken.

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Trefwoorden: Multifunctionele dijken
Deltafacts: **Bouwen in en op waterkeringen**

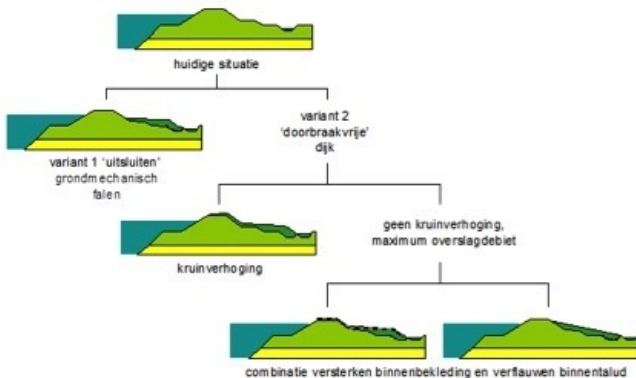
STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID

Meerlaagsveiligheid is onder te verdelen in:
1 Preventie, 2 Ruimtelijke ordening, 3 Crisisbeheersing

De Deltadijk valt onder laag 1, preventie maar is ook inherent verbonden met het concept van gevolgbeperking in laag 2 en 3. Een kenmerk van Deltadijken is immers dat deze dijken golfoverslag of overloop toelaten zonder direct te bezwijken. Dit betekent dat met dit waterbezwaar ook rekening moet worden gehouden in de achterliggende gebieden. De Deltadijk valt onder het onderwerp dijken. In de nota 'Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken' van het ENW wordt echter niet meer over Deltadijken gesproken.

SCHEMATISCHE WEERGAVE

In Knoeff en Ellen (2011) zijn voor de Deltadijk twee varianten onderzocht:



Daarbij zijn qua falen twee typen Deltadijken te onderscheiden:

- Deltadijk met ander *faalgedrag*: een Deltadijk die een *plotselinge* overstroming zo goed als uitsluit, doordat hij beter bestand is tegen onberekenbare of onzichtbare faalmechanismen dan een gewone dijk;
- Deltadijk met een andere *faalkans*: een Deltadijk die de kans op een dijkdoorbraak sterk verkleint.

In deze factsheet wordt er, in analogie met het onderzoek Verkenning Deltadijken, onderscheid gemaakt tussen 'Deltadijken' en 'Multifunctionele Deltadijken':

- Deltadijk: een dijk die zo sterk is dat hij bij bovenmaatgevende omstandigheden zeer waarschijnlijk niet bezwijkt en zijn waterkerende functie behoudt.
- Multifunctionele Deltadijk: een extra stevige of brede Deltadijk die naast zijn waterkerende functie ook ruimte biedt aan andere functies, zoals wonen.

Het begrip Deltadijk roept veel verschillende beelden op. De één denkt aan een overstroombare dijk, de ander aan een zeer brede dijk. Ook in publicaties en de media circuleren verschillende andere namen voor dit type dijken: overstroombare dijk, overslagbestendige dijk, superdijk, klimaatdijk en doorbraakvrije dijk. De naam Deltadijk is geïntroduceerd door de [Deltacommissie \(2008\)](#). De belangrijkste functie van deltidijken is hoogwaterbescherming.

Het uitgangspunt is dat deltidijken sterker zijn dan wettelijk vereist, om de kans op een plotselinge en oncontroleerbare overstroming verder te verminderen. De eisen aan deltidijken liggen niet vast en kunnen van plaats tot plaats verschillen.

TECHNISCHE KENMERKEN

Zoals hierboven aangegeven bestaat er dus niet één Deltadijk. Een voorbeeld hoe een Deltadijk zou kunnen worden vormgegeven is beschreven in [Silva en van Velzen \(2008\)](#):

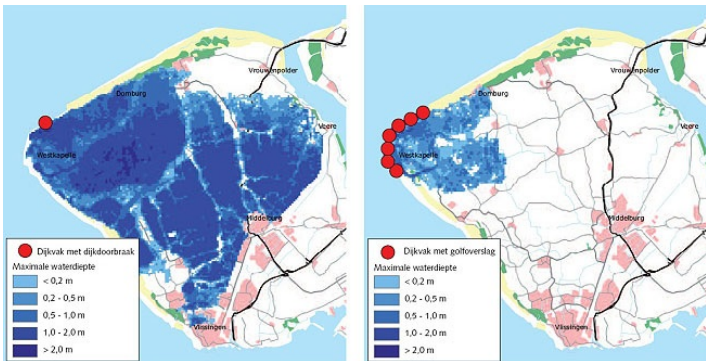
- De dijk bezwijkt niet als er water overheen slaat of loopt; bij een grasbekleding gaat het om 10 l/m/s voor rivierdijken en 30 l/m/s voor zee-, meer- en estuariumdijken ([Silva en Van Velzen, 2008](#)). Dit in tegenstelling tot het standaard overslagdebiet dat gehandhaafd wordt tussen 0,1 – 1 l/m/s. (Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken en Leidraad Zee- en Meerdijken) De Handreiking Toetsen grasbekledingen op dijken ten behoeve van de verlengde derde toetsronde uit 2012 geeft nog geen definitief uitsluitsel over voor Deltadijken. Uit de recente uitgevoerde golfoverslagproeven valt af te leiden dat, afhankelijk van de grasbekleding en de aanwezigheid van eventuele objecten op de dijk, de dijk kan bezwijken door een overslagdebiet van tussen de 15 - 100 l/m/s.
- Een Deltadijk heeft een binnentalud van tenminste 1:3 ([Silva en Van Velzen, 2008](#)).
- De kans op doorbreken van de dijk is 100x kleiner dan de huidige beschermingsnorm ([Silva en Van Velzen, 2008](#)). Er is gekozen voor een factor 100 om te kunnen rekenen met het concept van een dijk waarbij de kans op doorbraak praktisch nihil is.

De mogelijke aanpassingen en versterkingsmogelijkheden zijn (Knoeff et al. 2011):

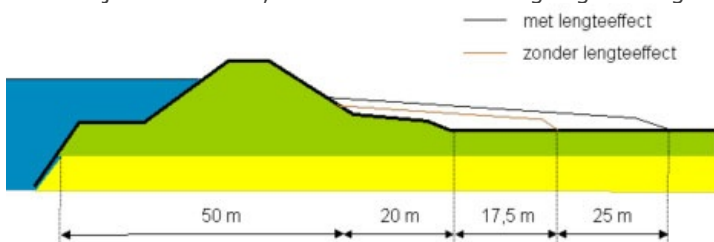
- Verflauwen binnentalud
- Binnentalud (harde/ zachte) bekleding
- Verbreden van de dijk
- Kruin verhogen (als de 10 of 30 l/m/s wordt overschreden)
- Alleen als gevolg van het verbreden van de dijk een berm aanbrengen

Ontwerp/werking

Een Deltadijk is een ontwerp op maat op specifieke locaties. Het leidt tot een aanzienlijke reductie van instromend water.



Bovenstaande figuren geven inzicht in het waterbezwaar bij dijkdoorbraak (figuur aan de linkerkant) en door golfoverslag bij Deltadijken (figuur aan de rechterkant) voor het dijkringgebied Walcheren (Silva en Van Velzen, 2008). De kaartjes laten de gevolgen van extreme waterstanden zien bij huidige/traditionele dijken respectievelijk Deltadijken. Traditionele dijken zullen bij bovenmaatgevende omstandigheden bezwijken. Een groot deel van het achterliggende dijkringgebied stroomt daardoor in zeer korte tijd vol water. De schade is groot en slachtoffers zijn niet te voorkomen. In geval van Deltadijken blijven de dijken bescherming bieden tegen het zee- of rivierwater: ze blijven overeind staan. Er spoelt wel water over de dijken, wat enig waterbezwaar meebrengt. Er stroomt echter aanzienlijk minder water de dijkring in en het water stijgt aanzienlijk minder snel, wat de mensen meer gelegenheid geeft een veilig heenkomen te zoeken.



Bij een Deltadijk langs een rivier is een berm nodig van circa 17,5 meter om de faalkans door piping met een factor 100 te reduceren (zonder lengte-effect). Om die factor op het niveau van de dijkring voor de overstromingskans te realiseren, moet de berm met 25 meter worden verlengd (met lengte-effect). (Knoeff et al., 2011)

POSITIONERING DELTADIJK

De Deltadijk kan zowel primaire waterkering van categorie a, b of c zijn, waarbij er ook nog verschil optreedt door de gekozen (constructieve) oplossing. Er bestaat dus niet één Deltadijk. Het gaat om het principe dat er meer wateroverslag/overloop wordt geaccepteerd doordat er een grotere sterkte wordt gegarandeerd. De Deltadijk focust hierbij met name op het voorkomen van de volgende faalmechanismen. (Knoeff et al., 2011).

- Erosie van het binnentalud door golfoverslag
- Erosie van het buitentalud door golfaanval
- Afschuiven van het binnentalud door piping en macrostabiliteit

Met betrekking tot de toepassing van Deltadijken, kan de volgende argumentatie worden gehanteerd

Argumenten voor	Argumenten tegen
Indien ingezet wordt op een multifunctionele Deltadijk is het mogelijk om de aanleg van de dijk te bekostigen door het realiseren van andere ruimtelijke functies.	De Deltadijk brengt aanzienlijke extra kosten met zich mee. Deze extra kosten voor het overdimensioneren van de dijk zullen mogelijk niet door het HWBP worden gefinancierd.
Plotseling optredende faalmechanismen (met name piping en macro-stabiliteit) worden zoveel mogelijk voorkomen, wat een potentiële reductie in slachtoffers geeft (Calle et al., 2011)	Waarom natte voeten accepteren als je de dijk ook hoger kan maken

KOSTEN EN BATEN

Uit de eerste verkenning van Silva & Van Velzen (2008) bleek dat de aanleg van Deltadijken op veel plaatsen kosteneffectief kan zijn. De toen gevonden schade- en slachtofferrisicoreductie woog op tegen de kosten van aanleg.

Uit de Verkenning Deltadijken (Knoeff en Ellen, 2011) volgt dat het ongeveer € 16 miljard kost om het faalgedrag van alle primaire waterkeringen zo aan te passen dat regio's niet kunnen worden verrast door een plotselinge overstrooming. Voor ongeveer € 4 miljard extra is over de hele linie de faalkans met een factor 100 te verkleinen (faalkans praktisch nul). Tegenover deze kosten staan besparingen in de vorm van 'vermeden overstromingsschade'. Deze besparing is niet uit te rekenen voor Deltadijken die alleen het faalgedrag veranderen. Deltadijken die de faalkans minimaliseren, leveren een schadereductie van enkele tientallen miljoenen euro's per jaar op. Hieruit blijkt dat het economisch niet rendabel is om alle

primaire waterkeringen aan te passen tot Deltadijken.

De economische balans tussen kosten en baten pakt minder ongunstig uit als de extra versterkingen voor deltadijken gelijktijdig met noodzakelijke verbeteringen in het kader van de hoogwaterbeschermingsprogramma's worden uitgevoerd. Een groot deel van de kosten bestaat namelijk uit 'vaste kosten' die ook bij minder vergaande versterkingen gemaakt worden.

In de publicatie "Deltadijken: locaties waar deze het meest effectief slachtofferrisico's reduceren" uit 2011 (Bruijn, 2011) kwam naar voren dat op basis van het groepsrisico de omvorming van conventionele dijken naar Deltadijken het meest effect sorteert indien toegepast in de volgende volledige dijkkring(delen): 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard), 20-3 (Voorne-Putten oostelijk van de Bernisse), 18 (Pernis) en 45-1 (Gelderse Vallei- Nederrijn) en voor een groot deel van dijkkring 16 (Alblasserwaard en Vijfheerenlanden).

De dijkkringen 15, 16 en 20-3 hebben ook een grote invloed op de groepsrisico's van Nederland. In dijkkring 17 (IJsselmonde), 30 (Zuid-Beveland west), 22 (Eiland van Dordrecht), en 32 (Zeeuws-Vlaanderen), 35 (Donge), 14-1 (Zuid-Holland kust) en 45 (Gelderse Vallei) zou volstaan kunnen worden met het doorbraakvrij maken van een klein gedeelte van de dijkkring. Zie de navolgende kaart voor de locaties van de betreffende dijkkringdelen.

De groepsrisico's voor Nederland als geheel worden hierdoor niet significant lager, maar de groepsrisico's in de betreffende dijkkringen wel. In totaal gaat het hier om ruim 185 kilometer dijk van de circa 3000 kilometer primaire dijk in Nederland.

Door aanleg van deze 185 km Deltadijk neemt het slachtofferrisico van Nederland als geheel zeer sterk af. Dijkkring 14-3 (gedeelte Zuid-Holland langs de Nieuwe Waterweg/Nieuwe Maas) is in deze studie niet beschouwd. In dat dijkkringdeel zijn door de provincie vrijwel alleen doorbraken bij kunstwerken gesimuleerd. Voor de kosten van het doorbraakvrij of veilig maken van de kunstwerken is de lengte van het dijktraject waar deze representatief voor is geen goede indicator.



GOVERNANCE

Enkele aandachtspunten vanuit bestuurlijk/juridisch perspectief zijn (Deltaprogramma; gebiedspilot, 2011, nog te verschijnen):

- Wetten en regels vormen geen belemmering voor de aanleg van Deltadijken.
- Bij omvorming van een gedeelte van een dijkkring tot Deltadijk, ontstaan binnen de dijkkring verschillende veiligheidsniveaus. Dat is praktische toelaatbaar, maar vereist een zeer goede onderbouwing op basis van waterstaatskundige argumenten, slachtofferrisico's en kosten.
- De aanleg van Deltadijken vraagt nieuwe richtlijnen voor het ontwerp, het beheer en onderhoud en de toetsing.
- Het is raadzaam goed te communiceren over het waterbezwaar dat bij deltadijken boven de huidige maatgevende omstandigheden kan optreden. Daarbij moet worden vermeld dat dit 'waterbezwaar' pas optreedt bij Deltadijken in het geval dat een huidige dijk al zou zijn bezweken.
- Bestuurders zullen veel aandacht moeten schenken aan de maatschappelijke acceptatie voor Deltadijken, vanwege de hogere kosten en het ruimtebeslag.

PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK

Er zijn nog geen Deltadijken gebouwd, wel bestaan er reeds dijken en initiatieven die als een Deltadijk kunnen worden beschouwd. Hieronder zijn enkele initiatieven/dijken, gerangschikt naar type dijkaanpassing beschreven (Klijn & Bos, 2010).

- Versterking binnendijks (taludaanpassing of berm). Voorbeelden in bebouwd gebied zijn de Nieuw Mathenessedijk, het Stadionpark in Rotterdam en de Pettemer Zeewering. In landelijk gebied is de Hondsbossche Zeewering een voorbeeld. Aan deze vorm van dijkaanpassing zijn drie generieke concepten verbonden, te weten; de terrasstad, de terpendijk en de overlooptdijk.
- Versterking buitendijks (taludverflauwing of vooroever). Een voorbeeld in stedelijk gebied is Tiel-Oost, in landelijk gebied Hoorn-Edam.
- Versterking binnen- en buitendijks. Deze dijkaanpassing kent de grootste vormvariatie. Voorbeelden van tweezijdige versterking zijn Colijnsplaat, Yerseke, verschillende MER-alternatieven voor Hoorn-Edam en het idee van Dijkstad (vormconcept) bij Den Helder.
- Multifunctionele Deltadijk in Streefkerk.
- Brede waterkeringszone. Hiervan is sprake als er twee of meer parallelle dijken zijn, een lage kade voor een hoge bandijk ligt of bij kunstmatige of natuurlijke (strand, kwelders) golfbrekers voor een dijk. Voorbeelden zijn Perkpolder, Hondsbossche en Pettemer Zeewering en de vormconcepten Zeestad, Wieringerrandmeer en Tripeldijk.
- Gecamoufleerde dijken. In deze situatie is de dijk niet of slecht als afzonderlijk landschapselement herkenbaar. Verschillende gebruiksfuncties worden gecombineerd met de waterkerende functie, waardoor het hoogteverschil niet opvalt. Voorbeelden zijn Rotterdam Boompjes, Noordwijk (Dijk-in-duin), Scheveningen (Dijk-in-boulevard) en Vlissingen.

Ook in andere landen zijn of worden dijken aangelegd die veel overeenkomsten hebben met Deltadijken, onder meer in Duitsland (Nordrhein-Westfalen), Verenigde Staten (New Orleans) en Japan (Tokyo) (Silva en van Velzen, 2008) (voor voorbeeld Japan [klik hier](#)).

Lopende initiatieven/ pilots richten zich op de volgende gebieden (Deltaprogramma; gebiedspilot, 2011, nog te verschijnen):

- Dijkkring 43: Deltadijken zijn ingezet om stedelijke concentraties achter de waterkeringen (KAN-gebied, Tiel, Culemborg) extra te beschermen.
- Dijkkring 36: Ontwikkelde strategieën gebaseerd op integrale toepassing van Deltadijken langs de Maas en bijgevolg op minimale inzet in de andere lagen.
- Dijkkring 22 (gemeente Dordrecht): Hier is sprake van een hoog slachtoffer risico in geval van een dijkdoorbraak, waardoor inzet van Deltadijken perspectief lijkt te hebben. Uit de gebiedspilot voor meerlaagsveiligheid (Herk et al, 2011). Gebiedspilot meerlaagsveiligheid, Eiland van Dordrecht; Tussenrapport ter inspiratie) volgt dat bij toepassing van Deltadijken bij een 5-tal dijkkringdelen de meerkosten worden geschat tussen € 150 en € 415 miljoen (Contante Waarde) met een schadereductie van 95% en een slachtofferreductie van 97%.

KENNISLEEMSTES

De Deltadijk zit nog in een vroege fase van ontwikkeling. Hierdoor komt het lopende onderzoek sterk overeen met de kennisleemtes. Naar de consequenties van maatregelen als de deltdiijk op ontwerp en toetsing van de dijken moet nog onderzoek worden verricht. De inbedding van de deltdijken in de bestaande normen en regels in momenteel onderwerp van onderzoek.

LITERATUUR/ LINKS

- Bruijn, K., Klijn, F. (2011) [Deltadijken: locaties waar deze het meest effectief slachtoffer risico's reduceren](#), 1202628-000-VEB-0005, 14 april 2011, definitief Deltares, Delft.
- Calle, E., Knoeff, H., Meij, R. van der, en Stijnen, J., (2011), Memo Deltadijken, Deltares, Delft.
- Deltacommissie (2008). [Samen werken met water, een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst](#). Bevindingen van de Deltacommissie 2008.
- Deltacommissie (2011). Uitkomsten Deltaprogramma, gebiedspilot.
- De Bruijn, K.M. en Klijn, F. (2009). [Risky places in the Netherlands: a first approximation for floods](#). J Flood Risk Management 2 (2009) 58-67.
- ENW, 2012. [Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken](#).
- Herk van, S., Kelder, E., Bax, J., Son van, E., Waals, H., Zevenbergen, C., Stone, K., Gersonius, B., (2011). [Gebiedspilot meerlaagsveiligheid, Eiland van Dordrecht](#). Tussenrapport ter inspiratie.
- Klijn, F. en Bos, M. (2010) [Deltadijken: ruimtelijke implicaties](#). Deltares, Delft.
- Knoeff, H., Ellen, G.J. (2011). [Verkenning deltdijken](#). Deltares Rapport 1205259, Delft
- Knoeff, H., Meij, R. van der, Schelfhout, H. (2011). Verkenning Deltadijken, Technisch Cluster, Deltares, Delft.
- Meer van der, J., Hoven van, A., Paulissen, M., Steenman, G.J., Verheij, H., Hoffmans, G., Kruse, G., (2012). [Handreiking Toetsen grasbekleding op dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel \(BO\) in de verlengde derde toetsronde](#). Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, ministerie van Volkhuysvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en ministerie van landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009). [Nationaal Waterplan 2009-2015](#). Den Haag: Rijksoverheid.
- Silva, W. en Velzen, E. van (red.), (2008). [De dijk van de toekomst? Quick scan doorbraakvrije dijken](#). Rapport RWS-Waterdienst 2008.052/ Deltares-rapport Q4558.32.

Deze factsheet is opgesteld door Deltares, 11 augustus 2011 en laatst aangepast in september 2017.
Auteurs: G.J. Ellen, H.A. Schelfhout en L. van Vliet

VOORBEELD



Intern studiereisverslag Deltares
Japans voorbeeld van een multifunctionele deltadijk.

Beide typen bieden een adequate bescherming tegen de faalmechanismen overslag en piping. Het proces van het uitrollen van de super levees in Japan is een lange termijn proces; sinds 1987 is er ca 50 kilometer aan super levees gerealiseerd. De dijken worden gefaseerd aangelegd, waarbij een combinatie van stedelijke herontwikkeling en werken aan waterveiligheid wordt toegepast. Belangrijkste uitdagingen daarbij is eigendomssituatie van de grond en lokale inpassing van de super levee.

De voornaamste verschillen met betrekking tot de situatie in Nederland zijn dat super levees ook worden aangelegd om de gevolgen van een aardbeving te weerstaan, dit is voor Nederland niet relevant. Daarnaast bestaan grote verschillen in de normering met betrekking tot waterveiligheid. De Japanse norm is 1/200 terwijl een norm voor Nederland in een vergelijkbaar situatie tenminste 1/1250 is.

DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.