



Experiment / pilot / Implementatie / in gebruik

> Conseq. snelle daling waterpeil op waterkering

IDEE/VERKENNING



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATIE/IN GEBRUIK

INHOUD

INLEIDING
GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID
SCHEMATISCHE WEERGAVE
TECHNISCHE KENMERKEN
MAATREGELEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN
KOSTEN EN BATEN
PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK
KENNISLEEMTES
LITERATUUR/ LINKS
ERVARINGEN
DISCLAIMER

INLEIDING

De aanleiding om over dit onderwerp na te denken is de **dijkdoorbraak in Wilnis**, die leidde tot een snelle daling van het boezempeil waardoor er schade aan de boezemkade ontstond. Het inzetten van een waterbergingsgebied zou kunnen leiden tot een vergelijkbare snelle daling van het boezempeil. Bij inzet van een bergingsgebied bestaat er de mogelijkheid dat geotechnische problemen zich voordoen door een snelle waterpeildaling bij inzet van waterberging, terwijl de hoge waterspanning in de verzadigde dijk niet gelijktijdig mee daalt. Hierdoor kan er een gevaar voor afschuiving of uitspoeling ontstaan.

Overigens dient opgemerkt te worden dat het niet bekend is of dit probleem zich ook al werkelijk voorgedaan heeft bij de inzet van waterberging.

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Trefwoorden: bergingsgebied, normering boezemkades, waterberging.
Deltafacts: stabiliteit veenkade mede onder klimaatverandering

STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID

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

Dit onderwerp behoort tot preventie, waarbij het gaat om een ongewenst gevolg van een maatregel (instabiliteit bij inzet bergingsgebied).

SCHEMATISCHE WEERGAVE

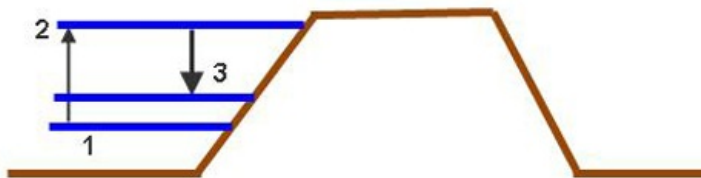
Snelle daling van waterpeil in een boezemsysteem kan ontstaan door:

- kadebreuk
- inzet bergingsgebied

Bergingsgebieden worden ingezet in het boezemsysteem om ervoor te zorgen dat boezemkades voldoen aan de

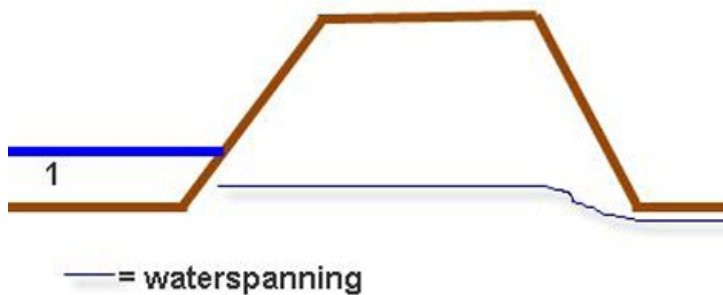
veiligheidsnormen. Ze worden gebruikt om een overmaat aan water in het boezemstelsel tijdelijk uit de boezem te halen en de lokale waterstand te verlagen. De inzet van een bergingsgebied is hiermee een gereguleerd systeem, waarbij waterberging wordt ingezet om het peil te handhaven. In plaats van het verhogen van een kering wordt er gekozen om de waterstand te verlagen. Het bergingsgebied is hierdoor een gebied in de ruimtelijke ordening gekenmerkt als landelijkgebied met een waterbergingsfunctie. In geval van een mogelijk effect van de snelle daling van het waterpeil op de waterkering, moet er sprake zijn van een substantiële daling (te denken valt aan 0,5 tot 1,0 m, interview met Meindert Van). In de meeste gevallen zal dit effect bij inzet van een bergingsgebied bij een boezem niet optreden, omdat het vaak om een peildaling van niet meer dan 30 cm gaat (vergelijkbaar met daling bij inzet boezemgemaal). Op de plek van inlaat zou de daling wel groter kunnen zijn, echter hier wordt de inlaatconstructie op aangepast. Daarnaast zou het bergingsgebied zo ontworpen moeten zijn, dat er een beheerste peildaling plaatsvindt. Dit wordt bepaald door de locatie van het bergingsgebied en de plek van inlaat in de boezem. Het ontwerp moet ervoor zorgen dat de stroomsnelheid niet te groot is (in verband met erosie van de bodem van de boezem). Een grote peildaling in de boezem is echter wel het geval bij een bres of doorbraak, in dit geval is er echter geen sprake van een beheersmaatregel maar van een calamiteit.

Onderstaand figuur geeft het verloop van het waterpeil weer.



Situatie 1: neutrale situatie

In situatie 1 is er een normaal peil met een lage waterspanning. De grondwaterstroming zoekt zijn weg naar het achterliggende polderpeil.



Situatie 2: hoog waterpeil



Als het waterpeil stijgt door regenval of verhoogde waterafvoer zorgt de peilstand voor een hogere waterspanning, waardoor het water de dijk verder infiltreert en de grondwaterstand hierdoor op een nog hoger niveau in de waterkering komt te liggen.

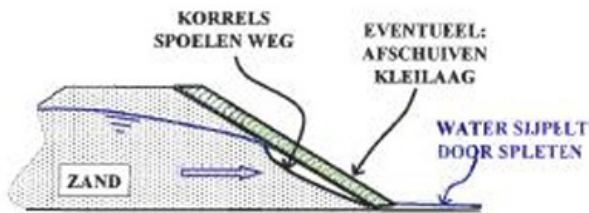
Een belangrijke factor is de doorlatendheid van de dijk, welke afhankelijk is van het type grondsoort, waarbij klei het minst doorlaat, daarna veen en als laatste zand. Het optreden van een afschuiving (faalmechanisme) wordt tegen gegaan door de hoge rivier- of boezemstand, wanneer deze wegvalt wordt de stabiliteit kritiek. De precieze verzadiging van een dijk is dijkspecifiek, vanwege de complexiteit van de dijkopbouw.

Situatie 3: snelle waterpeil daling



Bij een snelle daling van het waterpeil valt de tegenwerkende waterdruk voor de dijk weg en zal het geïnfiltreerde water uit het dijklichaam stromen. Tegelijkertijd heeft het water gezorgd voor extra gewicht in de dijk. In combinatie met de waterspanning en het wegvallen van de tegenwerkende waterdruk kan dit zorgen voor verschillende faalmechanismen:

- buitenwaartse instabiliteit; grote neerwaartse verschuiving van een moot grond doordat er een glijcirkel in het talud ontstaat (situatie in afbeelding 3)
- micro-instabiliteit; kleine deeltjes brokkelen af (uitspoeling). Problemen met betrekking tot de micro-instabiliteit kunnen zowel optreden bij het binnentalud als het buitentalud.



Bron: figuur 1.3 uit de Groot (2008)

Leidend voor situatie 3 zijn de volgende twee parameters:

- doorlatendheid van de grondsoort van de dijk in verband met effect op hoogte waterspanning en snelheid verzadiging van de waterkering
- sterkte van de grond in verband met effect op de grondafschuiving

TECHNISCHE KENMERKEN

Het effect van een snelle daling van het waterpeil kan worden berekend aan de hand van onderstaande formule:

$$\tau = c + \sigma' \cdot \tan \varphi$$

Met

t = schuifspanning

C = cohesie (plakkracht)

s' = effectieve of korrelspanning (s grondspanning – waterspanning)

j = hoek van inwendige wrijving

De sterkte wordt uitgedrukt door de schuifspanning. De schuifspanning neemt af als het waterpeil stijgt, immers neemt dan de effectieve spanning af omdat de waterspanning toeneemt. Dit wordt in eerste instantie nog gecompenseerd omdat het hoge water voor de dijk, de dijk voldoende steun biedt. Als het waterpeil snel zakt, is de steun- of tegendruk van het water weg en kan een afschuiving ontstaan.

De hoeveelheid peildaling, de snelheid en de consequenties daarvan op de stabiliteit van de dijk hangen af van:

- hydraulische ruwheid talud en watersysteem
- oppervlakte van het boezemsysteem
- steilheid talud
- aanwezigheid beschoeiing en kwaliteit hiervan
- materiaal opbouw dijk (type dijk materiaal)
- diepte boezem

Het bereiken van een kritiek moment is hierdoor locatie afhankelijk.

Hoewel een eventuele afschuiving zal zorgen voor reparatie kosten, zal de veiligheid niet snel in het geding komen behalve bij bebouwing in het oeverland. Er vindt waarschijnlijk geen directe inundatie van het achterland plaats bij de lage waterstand. Een gevaar vormt het opnieuw stijgen van water, aangezien de dijk dan nog verzadigd is of nog niet gerepareerd is. In deze situatie zou er inundatie kunnen optreden.

Een vergelijkbaar mechanisme van falen als gevolg van een snelle peildaling is bekend in geval van irrigatiegebieden waar slootoevers inzakken na het stoppen van de wateraanvoer. Ook de waterdaling in een sluiskolk kan leiden tot eenzelfde

mechanisme.

MAATREGELEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN

In een situatie, waarbij sprake kan zijn van eerst een hoog peil met vervolgens een snelle peildaling kan er gedacht worden aan een aantal maatregelen en oplossingsrichtingen:

- compartimenteren van het boezemsysteem (in geval van een kadebreuk)
- de snelheid van het dalen van het waterpeil beperken door de aansturing van de kunstwerken of door keuze van de locatie (bijvoorbeeld in de buurt van een meer) (in het geval van de inzet van een waterbergingsgebied)
- bij dijkversterking rekening houden met een snelle daling en daarop de stabiliteit van het buitentalud dimensioneren. Dit kan door middel van het preventief aanleggen van een extra steunberm om te voorkomen dat de dijk wegzakt in nood.
- dikke laag klei aanleggen op de dijk om doorlatendheid te beperken
- bij hoog water wordt de scheepsvaart stil gelegd in verband met de golven en trilling. Dit zelfde kan gelden voor vrachtwagens. Als een dijk verzadigd is kan het gewicht en de trilling veroorzaakt door een vrachtwagen voor een extra kans op afschuiving zorgen. In geval van snelle daling, zou de weg over de dijk voor vrachtverkeer kunnen worden afgesloten.

KOSTEN EN BATEN

Kosten worden veroorzaakt door reparatie van de afschuiving, schade als gevolg van de kadebreuk en/of benodigde mitigerende maatregelen.

PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK

In 2011 liep er een onderzoek bij waterschap Hunze en Aa's, zie [ervaringen](#).

In 2015 is de Leidraad regionale keringen geactualiseerd. Hierbij is ook gekeken naar de buitenwaartse stabiliteit en de belastingsscenario's die hierbij worden genoemd. Deze zijn opgenomen in de Leidraad. De leidraad is te vinden onder: [Leidraad_toetsen_op_veiligheid_regionale_waterkeringen__versie_voorjaar_2015 \(PDF\)](#)

KENNISLEEMTES

De eerste en belangrijkste kennisleemte is dat het niet bekend is of dit probleem zich voordoet en onder welke omstandigheden.

Het overstromingsrisico wordt algemeen bepaald als het product van de kans op een gebeurtenis en gevolg van die gebeurtenis. Hoe erg is in dit licht een afschuiving na snelle peildaling? Er zal sprake zijn van kosten voor herstelwerkzaamheden, maar waarschijnlijk geen inundatie. Er zal namelijk pas een sprake zijn van een overstroming als snelle waterdaling en –stijging in een hoge frequentie elkaar opvolgen. De kans hierop is echter niet bekend en zou aanleiding kunnen vormen voor verder onderzoek.

Stabiliteitsproblemen bij snelle daling komen weinig voor, vooral in onderzoekswereld wordt er verwacht dat er problemen kunnen ontstaan. Het uitgangspunt is dat binnenwaartse instabiliteit gelijk is aan buitenwaartse instabiliteit, waardoor er dezelfde sommen worden gebruikt. Dit is echter niet verder onderbouwd.

Bij de afschuiving van de veenkade van Wilnis is er na de grote afschuiving ook in de boezem op diverse plaatsen een buitenwaartse afschuiving geweest door de snelle peildaling in de boezem (orde 1 meter verlaging), maar dit is verder niet onderzocht.

Bij de calamiteit begin 2000 bij de schutsluis in Delfzijl (Farmsum) is het peil in het Eemskanaal zeer sterk gedaald in enkele uren. Nabij de sluis zal dit ca. 1 tot 2 meter zijn geweest. Nergens zijn de dijken langs het Eemskanaal afgeschoven of is er toen andere schade aan de dijken opgetreden.

LITERATUUR/ LINKS

- Groot, M. B. de (ed.) (2008). Micro-stabiliteit binnentalud zanddijk. Deltares Rapportage in opdracht van Delft Cluster - Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde en HKV, lijn in water (2007). [Voorschrift toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen \(VTV2006\)](#). Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Gezien het algemene karakter van deze Deltafact is het met name gebaseerd op de kennis van de experts; voor specifieke literatuur vragen kunt u zich tot hen wenden.

Deze Deltafact is opgesteld door Deltares, 22 december 2011 en laatst geactualiseerd in september 2017.

Auteurs: C. Zwanenburg, H.J. de Bruijn en L. van Vliet

De Deltafact is mede gebaseerd op externe interviews met:

- F. van Kruiningen (Hoogheemraadschap Delfland)
- H. van der Leij (Waterschap Hunze en Aa's)

ERVARINGEN

Lessons Learned van de hoogwatersituatie in 1998 mbt inzet bergingsgebied

Interview op 22 november 2011 met dhr. H. van der Leij van Waterschap Hunze en Aa's.

In 1998 zijn er verschillende bergingsgebieden ingezet om het hoge water te accommoderen. Zo zijn o.a. de Omer en Oostpolder volgezet.

De volgende positieve effecten van het inzetten van het bergingsgebied zijn ervaren:

- relatief weinig bodemschade
- een aantal dijken langs het Drents diep waren destijds vrij laag, waardoor het water er al eerder overheen liep en het boezempeil elders minder snel steeg

Een negatief effect kan de uitspoeling van de kanaalbodem zijn en de schade in de polder. In '98 in de Tussenklappolder is door uitspoeling van de bodem bijna de dijk tegenover de bres ingezakt, de bodem was volledig weggesleten en de teen van de dijk aan de overkant was ook bijna weggeschuurd. Om deze reden is de Tussenklappolder bij de nieuwe aanwijzing niet meer opgenomen als bergingsgebied.



Foto Tussenklappolder '98

Aangebrachte voorziening met de inzichten uit 1998:

- Opening in dijk om een gebied versneld onder te kunnen laten lopen
- Om kwetsbare objecten in het bergingsgebied zijn dijken met coupure geplaatst
- Model voor waterstandsvoorspelling van de boezem gemaakt
- Volgorde in inzet bergingsgebied aangebracht. Het blijkt van groot belang dat de bergingsgebieden in een goede volgorde worden ingezet, waarbij de richting van het hoge water bepalend is.
- Kwelschermen plaatsen en plaatselijke versterkingen
- Overstortdrempels en bekleding van de dijk en de kanaalbodem om uitspoeling aan kanaal en polderkant in de bodem te voorkomen

Binnen het waterschap wordt onderzoek gedaan met een computer model (Finite Element Analysis (FEA)) dat faalmechanismes rondom retentiegebieden in kaart brengt. Door het snel terugtrekkend water kan in bepaalde grondsoorten en onder bepaalde omstandigheden een negatieve poriën waterdruk ontstaan waardoor de kans op het afschuiven van het talud groter wordt. Met FEA wordt het verloop van dit proces in kaart gebracht. Uit de eerste analyse komt naar voren dat het bergingsgebied Winschoten te maken kan krijgen met afschuiving bij een snelle daling van het waterpeil in de boezem.

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.