



Implementatie / in gebruik

> Stabiliteit veenkade m.o. klimaatverandering

IDEA/EXPLORATION



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATION/IN OPERATION

INHOUD

INLEIDING
GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID
SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN VEENKADE
TECHNISCHE KENMERKEN
GOVERNANCE
KOSTEN EN BATEN
PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK
KENNISLEEMTES
LITERATUUR/ LINKS
ERVARINGEN

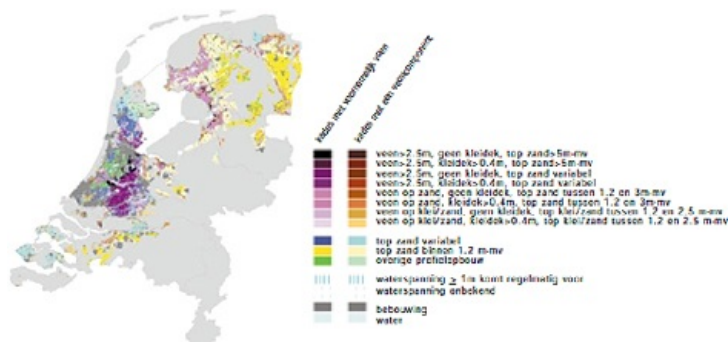
INLEIDING

In Wilnis is in 2003 een veenkade doorgebroken tijdens een extreem droge periode. Dit heeft de aandacht gevestigd op vragen omtrent de stabiliteit van veenkades. Naar verwachting zullen extreem droge en natte situaties door klimaatverandering in de toekomst vaker voorkomen.

Een veenkade of veendijk is een waterkering die geheel of gedeeltelijk opgebouwd is uit veen. Een belangrijk element is dat een echte veenkade niet gebouwd is, maar in ieder geval voor een groot deel achtergebleven is na afgravingen van het omliggende veen voor turfwinning. De bovenste laag (veelal circa 1 m) van een veenkade is wel opgeworpen waarbij materiaal is gebruikt uit de veenderij (gedroogd veen), de onderste meters van de dijk zijn tijdens de ontpoldering een kade of dijk geworden, doordat het vaak de oorspronkelijke ontsluitingsweg was. Veenkades zijn altijd secundaire waterkeringen (boezemkades). Een voorbeeld van een veenkade is de Ringdijk in Wilnis.

De stabiliteit van een kade wordt bepaald door enerzijds de belasting op de kade en anderzijds de sterkte en de weerstand tegen afschuiven. Instabiliteit leidt tot grote (snel toenemende) vervormingen, daarnaast blijkt uit de praktijk dat veenkades gevoelig zijn voor zettingen.

Naar schatting liggen er in Nederland ongeveer 3.500 kilometer aan veenkades. Veenkades komen voor in heel West- en Noord-Nederland. Onderstaande figuur geeft een overzicht weer van aandachtsgebieden voor veenkades (Weerts, 2004). De kaart geeft de geografische ligging weer van verschillende soorten kades alsmede de aard van de ondergrond en de waterspanningen. De kaart kan gebruikt worden om een globale, gebiedsgewijze inschatting van de aarde en omvang van mogelijke problemen te maken. De zwakste veenkades komen voor in gebieden waar veel veen in de ondergrond zit, waarbij een kleidek op het veen ontbreekt. Als in de ondergrond ook een hoge waterspanning heerst en lokaal ondiep zand voorkomt, is er sprake van een zeer ongunstige situatie voor de stabiliteit van de veenkade. Uit de kaart blijkt dat een groot deel van het Groene Hart (onder meer het gebied rond Wilnis) in dit opzicht als potentieel kwetsbaar is aan te merken (Makaske, 2004).



Bron: Weerts, 2004

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

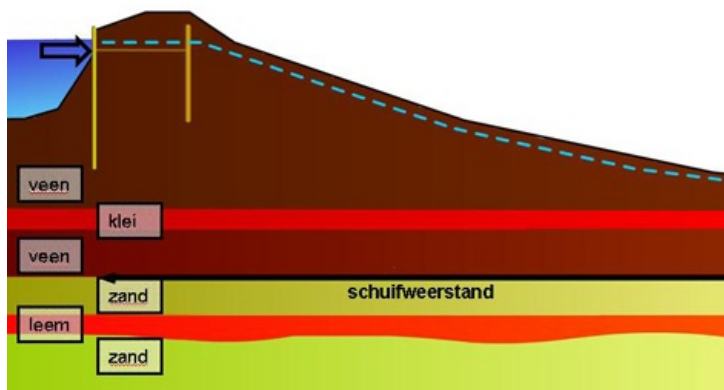
Trefwoorden: stabiliteit boezemkades, bepaling sterkte grond, sterkte van veen, krimpgedrag
 Deltafacts: **Consequentie snelle daling waterpeil op waterkering bij inzet bergingsgebied**

STRATEGIE MEERLAAGSVEILIGHEID

Stabiliteit veenkade valt binnen de meerlaagsveiligheid onder:
1 Preventie, 2 Ruimtelijke ordening, 3 Crisisbeheersing

Veenkades zijn veelal boezemkeringen of tussenboezemkeringen en zijn de eerste beschermende ring voor droogmakerijen. De tussenboezem heeft veelal een lager peil dan de echte boezem. Zowel tussenboezemkeringen als boezemkeringen vallen onder de "secundaire waterkeringen" en dienen vanuit de provinciale verordening aan een opgelegde veiligheidsfactor te voldoen. De veenkade behoort tot de eerste laag: preventie.

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN VEENKADE



Grondwaterstand

De grondwaterstand in een veengebied moet en zal hoog liggen, omdat anders het veen boven de grondwaterstand biologisch wordt afgebroken (oxidatie). De oxidatie is sterk afhankelijk van de grondwaterstand en de aanwezigheid van een eventueel kleidek, de resulterende maaiveldvaling ligt in de range van 5 – 20 mm per jaar (Van den Akker et al., 2007; **Deltafact Snelle daling waterpeil**). De hoge waterstand zowel op de (tussen) boezem als in de polder zelf is kenmerkend voor de veenweidegebieden die veelal door veenkades worden omringd.

De effecten die hierdoor kunnen optreden zijn:

- Erosie van het binnentalud
- Verzadiging van het dijklichaam waarbij door zwaartekracht de kruin inzakt
- Vollopen van (droogte) scheuren in de dijk als de regen optreedt na een periode van extreme droogte
- Horizontale deformaties als gevolg van hoger belastingen
- Mogelijk falen van de dijk (dijk verschuiving) als gevolg van bovenstaande aspecten.

Waterschappen zijn momenteel goed op de hoogte van de risicovolle veendijken binnen hun beheersgebied. Veel waterschappen zijn deze dijken aan het verzwaren door de kruin te verhogen met klei en het talud af te dekken met een kleilaag. Dit leidt tot zetting van de dijk en daarmee tot meer onderhoud. Het maakt de dijk echter ook sterker; na verloop van tijd is het veen afgedekt met een dikke laag klei waardoor de dijk meer gewicht heeft en sterker is geworden.

Droogte

Problemen

Bij droogte verdampt het water uit de veenkade, waardoor de grondwaterstand verlaagd wordt en de dijk uitdroogt. Wanneer een veenkade verdroogt ontstaat volumekrimp in alle richtingen wat leidt tot krimpscheuren en een volume afname van de dijk.. Door het uitdrogen neemt het totale gewicht van het dijklichaam af. Als gevolg van het afnemende

gewicht van de dijk wordt de dijk minder sterk en zal het veen in de dijk meer schuifsterkte moeten gaan opnemen om de afname van de sterkte te compenseren. Dit leidt tot horizontale deformaties die als gevolg van krimp kunnen leiden tot een vorm van hydraulische grondbreuk. Hierdoor ontstaat in de zandlaag net onder de veendijk een waterdruk die een stuk hoger is als de stationaire waterdruk in dit zand omdat deze als het ware gaat communiceren met het boezempeil. Als gevolg van deze hoge waterdruk kan de dijk opdrijven en falen. Zie **ervaringen**, case Wilnis.

Het is van belang de aandachtsgebieden qua stabiliteit en risico's zo goed mogelijk in beeld te hebben en op basis daarvan preventieve en curatieve maatregelen vast te stellen. Preventieve constructie maatregelen en preventieve inspectie in droge periodes zijn daardoor nieuwe onderzoeksgebieden geworden.

Praktijksituaties

Uit de geschiedenis zijn er drie gevallen bekend van problemen bij droogte:

- Terbregge (3056 LL) (31 augustus 2003); bezwijking. Echter door de ondiepe boezem was het effect beperkt. Het opgetilde veen werd slechts over beperkte afstand vervormd.
- Wilnis (3648AP) (26 augustus 2003): afschuiving
- Zoetermeer (2717) (19 augustus 1947) in de zeldzaam hete zomer van 1947 deed zich in een polder van Zuid-Holland een plotselinge doorbraak van een kade voor

Maatregelen tijdens calamiteit of droogte

- opschalen visuele inspecties
- noodberm (afdamming) (compartimentering boezem)
- kade afdekken met een laag klei of teelaarde om verdamping te verminderen (pilot in Schieland/Krimpernerwaard: bij Zevenhuizen).
- berm aan brengen om dijk zwaarder te maken
- dichten van scheuren tijdens droogte, teelaarde wordt ingezet omdat deze de scheur kan opvullen, zonder dat het de scheur verder doet uitzetten.
- preventief nat houden van de kade eventueel met druppeltechnieken en materiaal om veen goed te bevochtigen (**Hemert et al., 2006**) Belangrijk is vooral het preventieve hierin. Een verdroogde veendijk besproeien leidt niet tot bevochtiging omdat het opgespoten water via de scheuren snel wegloopt naar de teen van de dijk.
- preventief kappen van eventuele bomen en hoog opgaande struiken. Deze onttrekken veel bodemvocht uit de dijk en versterken daarmee de effecten van verdroging.

Permanente (versterking)maatregelen

- eventueel verwijderen van afsluitende constructies (damwand of andere barrières) om bevochtigen veen te vergemakkelijken en de "lekweg" voor hydraulische grondbreuk te verlengen
- dijkverzwaren met een kleibekleding en berm om verdrogen te voorkomen en meer tegendruk tegen afschuivingen te creëren. Als gevolg van het verzwaren van de dijk wordt zetting van de veendijk versterkt. Als gevolg van deze zetting neemt de kruinhoogte met de jaren af en wordt het onderhoud, de periodieke ophoging van de kade, dus groter.

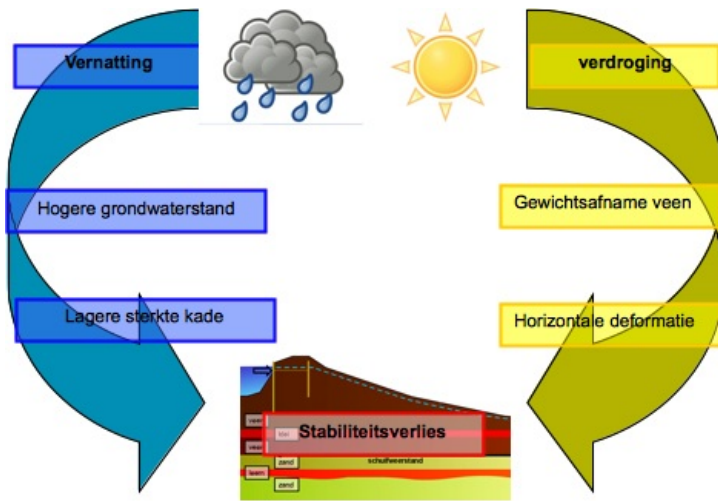
Heftige regenperiode

Het probleem bij heftige regen is dat de grondwaterstand, welke al heel hoog staat bij een veenkade, nog hoger komt te staan. Hierdoor neemt de sterkte en de stabiliteit van de veenkade af. Door een verlaagde stabiliteit ontstaat de kans op afschuiven van de kade. Na afschuiven van de kade kan inundatie van het achtergelegen gebied op treden. Kortom: hoe hoger de grondwaterstand (stand van de freatische lijn in de kade), hoe lager de sterkte, hoe groter de kans op afschuiven.

Als gevolg van een heftige regenperiode stijgt naast de grondwaterstand, ook het boezempeil. Als gevolg van zettingen en volume krimp in droge zomers neemt de kruinhoogte van de veendijk jaarlijks af. Te weinig hoogte, betekent minder water berging op de boezem. Hierdoor moet het gemaal dat de boezem bemaalt eerder aangezet worden (afvoeren) en de poldergemalen die uitmalen op de boezem eerder stoppen met malen. (zie aspect onvoldoende hoogte).

Anderzijds duidt een lage grondwaterstand in de veenkade op uitdrogen, waardoor het eigen gewicht en daarmee de sterke afneemt. Een snel stijgen van het boezempeil zal niet direct resulteren in een stijgen van het freatisch vlak in de veenkade en een toename van het eigen gewicht. Ook is de kruin door krimp verlaagd en deze zal niet in korte tijd weer opzwellen. Een zeer zware bui na een droogteperiode kan dus aanleiding zijn voor bezwijken en/of overlopen. Onderstaand figuur geeft een overzicht van de factoren die invloed hebben op stabiliteitsverlies van een veendijk.

Cyclus



Praktijksituaties

Er zijn een aantal voorbeelden van veendijken die (bijna) zijn overgelopen, zoals de problemen in het beheersgebied van Delfland in het najaar van 1998. Ook is op 25 augustus 2002 (een jaar voor de dijkverschuiving) een zeer zware bui over het gebied van Amstel Gooi en Vecht getrokken waarbij de Ringdijk bij Wilnis op een locatie is overgelopen. In Ierland is er in 1989 een veenkade bezweken na een heftige regenbui, zie [ervaringen](#).

Maatregelen

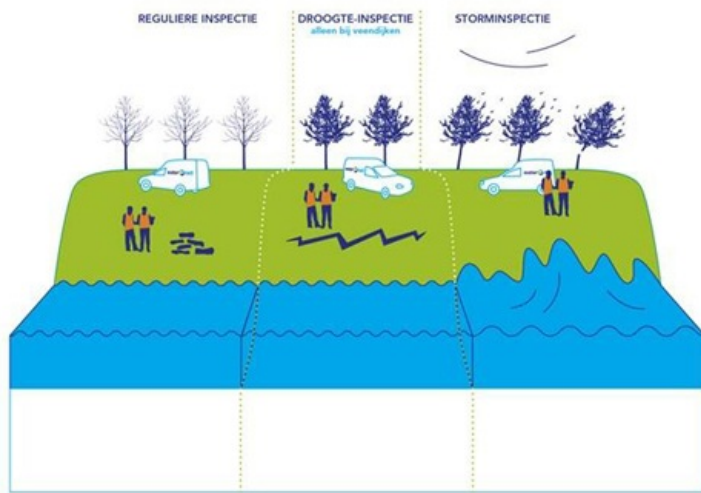
- peilbeheer
- klassieke kadeversterkende maatregelen: kruinverhoging (vereist wel continue onderhoud)
- kleiberm plaatsen

Inspectie

In principe heeft een veenkade continue (periodieke) visuele inspectie of schouw nodig. Bij een bepaald neerslagtekort (variërend van 150 mm tot 175 mm) wordt het inspecteren geïntensiveerd. Bij de inspecties wordt onder andere gelet op de volgende aspecten:

- droogtescheuren (diepte en aantal zijn maatgevend) en met name dwarsscheuren, die loodrecht op de kade lopen vergen aandacht (i.v.m. waterstroming vanuit de boezem naar het achterland)
- vermindering van de draagkracht van de grond in de teen van de dijk (waterbed). Dit kan een aanduiding zijn voor kortsluiting met de boezem, waardoor er water de polder insijpelt
- langscheuren, die evenwijdig lopen aan de dijk (met extra aandacht voor scheurvorming onder de graszode)
- ligging bermsloot. Als de bermslootrand verschuift (nauwer wordt of bolling) kan dat een teken zijn dat de veenkade in beweging is.
- grondwaterstand (freatisch) in de veenkade
- aantasting door graverij van dieren (muskusrat, mollen, konijnen) (met name wanneer als gevolg van de verlaging van de waterstand in de dijk de mollen dieper in de dijk kunnen gaan graven)
- aantasting door bomen
- verlagingen van de kruin van de dijk
- aansluitingen op vaste elementen in de kade

De inspectie gebeurt visueel door over de kade te lopen. Na 2004 zijn er in Dijkdijk en LiveDijk experimenten ook gekeken naar remote sensing technieken en andere monitoring systemen om de visuele inspectie te ondersteunen en mogelijk minder intensief te maken (zie ook [deltafact sensoren](#)). Recentelijk is er, specifiek gericht op een veenkade, een [proef op de veenkade "de Veenderij"](#) nabij Amsterdam afgerond. Hierbij was een veendijk voorzien van een groot aantal instrumenten (in-situ en remote sensing technieken) om het waterkerende vermogen van de dijk te monitoren. Daarnaast is er nieuwe kennis opgedaan over de mogelijkheden monitoringssystemen in te zetten, aanvullend op visuele inspecties, voor veenkades. (De Vries, 2012).



© waternet

TECHNISCHE KENMERKEN

Stabiliteit rekenmethoden

Om de stabiliteit van een kade te berekenen wordt de methode Bishop gebruikt. De wijze waarop de stabiliteit van boezemkades wordt berekend is beschreven in [de Leidraad voor het toetsen van Regionale keringen](#) van de STOWA. Daarnaast is er na de doorbraak bij Wilnis een onderzoek naar veenkades opgestart onder de vlag van de STOWA met de titel [Stabiliteit van Veenkade tijdens droogte inclusief achtergrondrapportage](#)

Gebruikte rekenprogramma's voor de stabiliteit zijn:

- [D-Geo Stability](#)
- [Plaxis](#)

Veel boezemkades (veenkades en andere kades) zijn volgens stabiliteitsberekeningen niet in staat om veilig het maatgevende boezempeil te keren. Dit terwijl dit maar enkele decimeters hoger ligt dan het streefpeil. Dit komt doordat de sterkte van veen via laboratoriumonderzoek en sterktemodellen niet betrouwbaar is te bepalen. Momenteel wordt hier veel onderzoek naar gedaan in het "Sterkte en Belastingen Waterkeringen (SBW) programma onderdeel Macro stabiliteit, wat door Deltares wordt uitgevoerd voor Rijkswaterstaat. Daarnaast is vanaf 2011 tot 2015 een onderzoeksspoor gestart naar de sterkte van veen onder de Markermeerdijken, Dijken op Veen 1 en 2 (zie praktijk ervaring en lopend onderzoek). Hierbij is veel praktische toepasbare kennis ingewonnen over het rekenen met ongedraineerde parameters. Deze kennis maakt het mogelijk om de sterkte van veen bij lage effectieve spanningen goed in beeld te kunnen brengen. Daarnaast is er bij dit onderzoek ook gekeken naar de invloed van gasvorming in het veen op de sterkte van het veen (DOV 1 en DOV 2). Momenteel wordt er ook gekeken naar de mogelijkheden van het overstappen op ongedraineerd rekenen voor het toetsen van regionale keringen (STOWA onderzoek).

GOVERNANCE

Voor veel mensen zal een veenkade niet anders zijn dan welke andere waterkering dan ook. Als gevolg van de verstedelijking is bij aanwonenden meestal niet het besef aanwezig dat ze op een dijk wonen. In bebouwd gebied is het vaak voor de bewoners niet duidelijk wanneer hun tuin op het talud van een veenkade ligt. Het hebben van een tuin met open grond, betekent dat het veen eerder zal eroderen. In geval van overloop betekent dit dat een waterschap toegang moet hebben tot de tuin voor inspectie en eventueel voor het plaatsen van een noodberm. Dit vraagt om goede communicatie.

Met bebouwing in, op of nabij een veenkade wordt tegenwoordig heel voorzichtig omgegaan. Zo is de zone waarin bebouwing niet is toegestaan, tenzij er groot maatschappelijk belang is, vergroot. Dit betreft het "Nee, tenzij" principe (waterstaatswerk zone, zie Deltafact reserveringszone). De zone waar bebouwing wel is toegestaan maar er aanvullende maatregelen nodig zijn is ook verbreed (ja, mits). Maatregelen variëren van damwandschermen als vervangende waterkering tot stabiliteitsbermen die ervoor zorgen dat de risico's op stabiliteitsverlies tot een minimum worden beperkt. Met objecten op de dijk die de waterhuishouding aantasten wordt terughoudend omgegaan. Deze aantasting dient gemitigeerd te worden. Voorbeelden hiervan zijn de kunstwerken die nodig zijn bij het doortrekken van de Rijksweg A5 vanaf de A9 tot aan de tweede Coentunnel. Op basis van verscherpte regels voor veenkade zijn de ontwerpen van de tussensteunpunten van de bruggen herzien en zijn bij de kwelschermen infiltratieconstructies gemaakt om de grondwaterstand in de dijk op niveau te houden. Daarnaast zijn er klei bermen op de dijk aangelegd. De bermen zijn dermate robuust ontworpen dat, wanneer in het uiterste geval toch de dijk verdroogt en een hoge waterdruk in de zandlaag onder de dijk ontstaat, de kans op afschuiving van de dijk tot een minimum wordt beperkt.

De stabiliteit van een veenkade is een belangrijke reden om het peil van boezem en polderwater zo lang mogelijk te handhaven. Dit om uitdrogen van de veenkade te voorkomen. Dit peilbeheer staat bovenaan in de verdringingsreeks en daarom zal in de zoetwatervoorziening getracht worden om zo lang mogelijk voldoende water aan te voeren ten behoeve van dit peilbeheer. Een specifiek probleem is dat soms, in tijden van droogte, water via een omweg wordt aangevoerd (bijvoorbeeld de kleinschalige wateraanvoer en/of de Tolhuissluisroute). De Tolhuissluisroute was een eenmalige noodmaatregel die tijdens grote droogte is ingezet voor de aanvoer van IJmeerwater voor m.n. tuinbouwgebieden in

West-Nederland. Hiervoor is tijdelijk de stroomrichting van de rivier de Amstel omgedraaid. In dat geval kan het boezemwater zelfs hoger komen te staan dan het streefpeil, met als gevolg dat de kade zwaarder belast wordt. Om het peil te handhaven kan in het uiterste geval zelfs overwogen worden brak water in te laten. Onduidelijk is wat de invloed van het doorvoeren van brak- of zelfs zout water op een veendijk is.

KOSTEN EN BATEN

Kosten hebben te maken met de faalkosten (in relatie tot schade en slachtoffers) en de gekozen oplossingsrichtingen voor kadeversterking. De specifieke kosten zijn erg afhankelijk van de actuele grondprijzen en de bebouwing op/ achter de dijk.

Indien er gekozen wordt voor het aanleggen van een kleilaag, dan worden de kosten bepaald door de bereikbaarheid en de bebouwing. Afhankelijk van de condities, bedragen de kosten 150-300 k€ per kilometer (Dit is een ervaringswaarde binnen veendijkversterkingen in het beheersgebied van AGV voor de kosten per kilometer groene (onverharde) kade).

Door zetting is er ook een investeringsvraagstuk: wanneer kan het best groot onderhoud uitgevoerd worden en tot welke hoogte? Dit is per dijkstrekking en locatie verschillend en varieert afhankelijk van de omgeving van de dijk. De stabiliteit van de dijk is hier leidend in. Deze bepaalt de vereiste dikte van de taluds- en bermaanvullingen.

Wanneer de kruinhoogte onder het minimaal toetspeil zakt, dient dit hersteld te worden. Hiervoor wordt meestal gekozen voor een beperkte aanvulling op de kade en dan bijvoorbeeld eens in de 10 jaar een laagje erop brengen in het kader van "periodiek onderhoud". Voor de kosten is bij een onverharde dijk de bermaanvulling meestal bepalend en kan een beperkte kruinaanvulling relatief eenvoudig en goedkoop worden aangebracht.

Daarnaast zullen de extra inspecties tijdens droge periodes tot extra kosten leiden.

PRAKTIJKERVARING EN LOPEND ONDERZOEK

Op dit moment voert Deltares in opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Rijkswaterstaat langs de Markermeerdijken het onderzoek "Dijken op Veen 2" uit, als vervolg op het eerder uitgevoerde praktijkonderzoek "Dijken op Veen 1".

Dijken op Veen is een innovatief onderzoeksproject dat in het kader van het HWBP-2 uitgevoerd wordt. Aanleiding voor het onderzoeksproject is het versterken van de Markermeerdijken die niet voldoen aan de wettelijk gestelde veiligheidseisen en die voor een deel op veengrond staan. Experts en omwonenden spraken het vermoeden uit dat dijken op veen in de praktijk waarschijnlijk sterker zijn dan in theorie wordt aangenomen. Het onderzoeken van de sterkte en het gedrag van veen in de praktijk was vervolgens een logische stap.

Deltares ontwierp samen met een team van experts een serie van vijf unieke veldproeven. Deze zijn in 2012 uitgevoerd. Tijdens het proces zijn alle bevindingen gemeten en vastgelegd om een beeld te krijgen van de sterkte van het veen. Uit het onderzoek is gebleken dat veen sterker is dan gedacht.

In het lopende vervolgonderzoek, Dijken op veen 2, gaat het nu om het toepasbaar maken van de resultaten. Het vervolg richt zich op het implementeren van het resultaat uit het eerdere onderzoek en heeft tot doel een aangepaste rekenmethodiek voor dijken op een veenondergrond te ontwikkelen, specifiek voor de Markermeerdijken. Kennis uit onder andere de veldproeven, analyses met DAM (Dijk Analyse Module), numerieke modellen (Plaxis), centrifuge- en laboratoriumonderzoek worden met elkaar gebundeld. Ten opzichte van de huidige rekentechnieken wordt gezocht naar een optimalisatie van de wijze waarop de sterkte van veen in rekening wordt gebracht.

Ook heeft er een plaatsgevonden naar het meten van de droogtegevoeligheid van veenkades. Dit vond plaats in het nog lopende project "Livedijk de Veenderij". De doelstelling van dit project was te onderzoeken welke meettechnieken de effecten van verdroging (droogtegevoeligheid) van een veenkade kunnen volgen. Daarbij werd er ook gekeken naar de geschiktheid van de verschillende toegepaste meettechnieken. Het onderzoek wordt uitgevoerd in het beheersgebied van Waternet en betreft een boezemkade, dijktraject AO3-2010C, de Veenderij nabij Ouderkerk aan de Amstel ([De Vries, 2012](#)).

In het kader van Kennis voor Klimaat is in 2010 het project Infrastructure Networks Climate Adaption and Hotspots (INCAH) opgestart. Het INCAH-consortium bestaat uit TNO (consortiumleider), Deltares, KWR Water, TU Delft en VU Amsterdam. Een van de werkpakketten kijkt naar: effects due to climate changes. Het onderzoek hiernaar loopt nog tot 2014.

Via EU-framework programme Marie-Curie wordt door een aantal universiteiten en kennisinstellingen (Deltares, Norwegian University of Science and Technology Trondheim, University Strathclyde, Norwegian Geotechnical Institute, Shanghai Jiao Tong University en State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering Lanzhou), het kruipgedrag van veen onderzocht. Het programma CREEP betreft het op een hoger plan brengen van de kennis van het kruipfenomeen, en het beschikbaar maken van geavanceerde kruipmodellen voor gebruik in de praktijken loopt tot en met 2014.

In 2015 is er een praktijkproef uitgevoerd in de Leendert de Boerspolder. Hierbij is een kleidijk op veenondergrond tot bezwijken gebracht door de dijk met een infiltratie systeem te bevochtigen en achter de dijk een brede en diepe sloot te graven. De kleidijk is in oktober tot bezwijken gebracht. De analyses en postdictie berekeningen worden momenteel uitgevoerd. Hierbij wordt getracht het proefverloop na te rekenen waarbij zowel gedraineerde als ongedraineerde parameters worden gebruikt.

Verder is in 2015 een geactualiseerde versie van de Leidraad toetsen van regionale keringen verschenen. In deze versie is de kennis verwerkt die is opgedaan binnen de programma's van Sterkte en Belastingen Waterkering (SBW) van Rijkswaterstaat. Er zijn aanpassingen gedaan aan de wijze waarop het belastingsituatie "droogte" normafhankelijke kan worden geschematiseerd. Daarnaast is de beoordeling van de kans op hydraulische kortsluiting aangepast. Ook is de binnen SBW opgedane kennis met betrekking tot een nieuw materiaalmodel en het toepassen van een andere methode voor het bepalen van de macro-stabiliteit (spencer- van der meij). Deze laatste is opgenomen in de geactualiseerde

leidraad, het nieuwe materiaalmodel (CSSM) model nog niet.

De geactualiseerde leidraad is te vinden op

www.stowa.nl/bibliotheek/publicaties/leidraad_toetsen_op_veiligheid_regionale_waterkeringen__versie_voorjaar_2015

KENNISLEEMTES

De definitie van "de extreme bui die voor overlast zorgt" verschilt per sector. In ieder geval van belang voor de stabiliteit van veenkades is de uur/10 minuten neerslag die eens in het jaar/10/100 jaar wordt overschreden (Bessembinder, et al., 2011). Op dit moment is er nog geen consensus over wat een maatgevende regenbui voor de stabiliteit van veenkades is. Hierdoor zijn er geen heldere inzichten in de randvoorwaarden voor een heftige regenperiode.

Overige vragen die nog beantwoord dienen te worden zijn:

- Hoe ontstaat de hydraulische grondbreuk en hoe kan het voorkomen worden? Hoeveel effect heeft een damwand op de hydraulische grondbreuk?
- Wat zijn behalve hydraulische grondbreuk (waterspanningeffect) extra effecten bij droogte?
- Het uitdrogen en weer natter worden van veen: hoe lang duurt het voor de grond weer verzadigd is. Welk effect heeft de cyclus de veenaafbraak (oxidatie): hoeveel raak je kwijt in de tussenliggende cyclus. Hoeveel daalt de kruin door uitdrogingskrimping?
- Klimatologische veranderingen kunnen leiden tot temperatuurverhoging: welk effect heeft dit op de gasvorming? Op dit moment is het loskomen van veengassen doordat de veenkade warmer wordt nog onbekend. Het gas, dat geproduceerd wordt door de bacterie in het veen die zich vermenigvuldigen bij hogere temperatuur, zorgt voor gasinsluitingen bellen in het veen die de kade mogelijk lichter maken en kunnen optillen.
- Kan een droogte scheur als gevolg van neerslag vol komen te staan met water, en wat is dan het effect hiervan op de macro-stabiliteit?
- Invloed van de natuurlijke vervormingen van veendijken bij vaste aansluitingen.
- Effect van brak- en zout water op de stabiliteit van de veenkade.
- Wat zijn de mogelijkheden om een veendijk nat te houden?
- Wat zijn de effecten van bomen?

LITERATUUR/ LINKS

- Akker, J. J. H. van den, Beuving, J., Hendriks R. F. A. en Wolleswinkel, R. J. (2007). Maaiveldddaling, afbraak en CO2 emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, afl. 83, Sdu, Den Haag, p32.
- Akker, J. J. H. van den, et al. (2004). [Onderzoeksprogramma Droogteonderzoek Veenkades: deelrapport Inspectietechnieken voor droge veenkades](#). Utrecht: Stowa.
- Bessembinder J., Overbeek B. en G. Verver. (2011). [Inventarisatie van gebruikerswensen voor klimaatinformatie](#). De Bilt: KNMI.
- Bruijn, H. T. J. de (ed.) (2004). [Kadeverschuiving Wilnis: onderzoek naar de oorzaak van kadeverschuiving](#), in opdracht van Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht.
- Calle, E. O. F., Hemert, H. van, Meer, M. T. van der en Weerts, H. J. T. (2004). [Stabiliteit van veenkaden tijdens droogte](#). Utrecht: Stowa.
- Esch, J. van (2012) [Impact of climate change on engineered slopes for infrastructure : computer model](#), Deltares rapportage 1201351-008.
- Gemeente De Ronde Venen (2004). [Evaluatie dijkverschuiving Wilnis](#). Mijdrecht: gemeente De Ronde Venen
- Hemert, H. van en Wentholt, L. R. (2004). [Stabiliteit van veenkaden tijdens droogte](#). Utrecht: Stowa.
- Hemert, H. van, Teeuw, J. A., en Wentholt, L. R. (2006). [Versnelde herbevochtiging verdroogde veenkades](#). Utrecht: Stowa.
- Jalving, J. (2011). Brug over de Osdorpervaart steunt in veenkade: gecompliceerde kruising in tracé Westrandweg Amsterdam. Land en water: magazine voor civiele- en milieutechniek, 8, 16-17.
- Makaske, B. (2004). [Nooit meer Wilnis](#). Boomblad, 10-11.
- Nifterik, G. van (2011). [De veendijkcramp van Tuindorp-Oostzaan](#). Civiele techniek (7).
- Stowa (2007). [Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen](#). Utrecht: Stowa.
- Vaartjes, J. (2004). Eerste vooruitzichten zijn goed: Proef om met surfactant verdroging van veenkade tegen te gaan. Het waterschap: veertiendaags tijdschrift voor waterschapsbestuur en waterschapsbeheer Adviesrapportage Veendijken (2004/2005) voor Stowa/ RWS.
- Vries, de G. (2012). [Monitoring droogteonderzoek veenkaden](#). Deltares, TNO, Stichting IJkdijk en mede gefinancierd door de STOWA en Floodcontrol.
- Wavren, H. van, Vliet, G. van en Eulen, J. (2009). Factsheet veendijken. Utrecht: Rijkswaterstaat – Waterdienst.
- Weerts, H. J. T., et al. (2004). [Aandachtsgebieden veenkaden](#). Utrecht: Stowa.
- Wentholt, L. R. (2004). [Droogte-onderzoek veenkaden](#). Neerslag magazine, 357.

Website:

- [Waarheen met het Veen](#)
- Linkedingroep [Dijken en Waterkeringen](#), discussie: Veenkades drogen uit; herhaling Wilnis mogelijk (2011)

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

Auteurs: L. van Vliet, H.T.J. de Bruin, G. De Vries en C. Zwanenburg

De Deltafact is mede gebaseerd op externe interviews met:

- J. van den Akker (Alterra Wageningen-UR)

Case Ierland

Op 15 januari 1989 bezweek een grote sectie van de kanaaldijk van de Grand Canal tussen het Aquaduct Blundell en de brug Downshire in Ierland. Meer dan 300.000 m³ water, van 18 mijl kanaal, stroomde in het omringende gebied met grote schade tot gevolg. De reparaties namen 13 maanden in beslag. De complete kanaaldijk werd met een nieuwe techniek herbouwd.

Er is gebruikt gemaakt polyethyleen bekleding om de nieuwe dijk waterdicht te maken. Verdichte veenoevers zijn gebruikt voor het bouwen van de dijken, voordat het kanaal werd ingepakt met een bekleding van polyethyleen waarna afgedekt met dikke kleilagen. Dit om beschadigingen te voorkomen. Meer dan 15000 ton veen is gebruikt bij het bouwen van de dijken. De totale kosten bedroegen €2.41m.

Bron: *Edenderry BNS*

Case Wilnis

In de nacht van maandag 25 op dinsdag 26 augustus 2003 is de boezemkade van de ringvaart van de polder Groot-Mijdrecht bij Wilnis doorgebroken. Deze doorbraak heeft ertoe geleid dat een deel van de wijk Wilnis Veenzijde zware schade heeft geleden. Door droogte veroorzaakte krimp en gewichtsverlies hebben horizontale vervormingen van het dijklichaam veroorzaakt waardoor infiltratie van boezemwater naar het diepe zand heeft plaatsgevonden en uiteindelijk de gehele dijk is bezweken.



Over een lengte van ruim 60 m is de kade naar binnen toe verschoven, waarbij de verschoven grondmoot (bres) aan de westelijke rand circa 5,5 m en de oostelijke rand circa 7,5 m naar binnen toe is verschoven. (*Bruijn, 2004*).

Direct na het verschuiven van de waterkering zijn door AGV/DWR een groot aantal maatregelen genomen om verdere schade te voorkomen. Tevens zijn herstelwerkzaamheden uitgevoerd. De gaten zijn in de lengterichting van de boezem gedicht met stalen damwanden tot in de kleilaag onder het veenpakket in de polder; kosten: 1,2 miljoen euro. De damwanden belopen ongeveer 300 meter, omdat de kades aan beide kanten van de gaten ernstig beschadigd waren en niet meer optimaal gerepareerd konden worden.

Om verdere waterhuishoudkundige schade te voorkomen is de Ringvaart gecompartmenteerd met behulp van damwandschermen in combinatie met kleidammen. Hierdoor kon de rest van het gebied kort na ontdekking van de afschuiving weer op peil gebracht worden. Om het verschuiven en of afschuiven van de rest van de waterkering te voorkomen is besloten om de binnenberm van de waterkering met behulp van zand te verzwaren. Omdat bleek dat de waterkering ten oosten van de Bres niet stabiel was is besloten om over 220 meter nog meer damwandschermen aan te brengen.

Na het plaatsen van het damwandscherm langs het bovenland is begonnen met het ophogen van het verzakte terrein met behulp van licht opvulmateriaal (bims) in combinatie met afdekgrond. Na het plaatsen van de damwand in de waterkering is het peil in de Ringvaart voor zover mogelijk verhoogd met als doel verdere inklinking van de waterkering en het bovenland te voorkomen.

Na aanleiding van de doorbraak heeft het waterschap 25km vergelijkbare keringen rondom Wilnis laten toetsen. Dit heeft ertoe geleid dat 15 kilometer is versterkt. De maatregelen bestonden uit het afdekken met klei en op sommige plekken het aanbrengen van stabiliteitsbermen. Op sommige punten zijn er ook verhogingen aangebracht. Op de punten waar infrastructuur bestaat op de dijk en waar nog enige marge van zekerheid bestond is besloten versterkingsmaatregelen te treffen wanneer er onderhoud wordt gepleegd aan de betreffende infrastructuur.