

# VEILIGHEID VAN VEENKADEN: DENKBARE (NOOD-)MAATREGELEN



RAPPORT

2004  
18

VEILIGHEID VAN VEENKADEN: DENKBARE (NOOD-)MAATREGELEN

DENKBARE MAATREGELEN VOOR BEPERKING VAN HET RISICO  
VAN DOORBRAAK VAN VEENKADEN, VOOR ZOMER 2004

RAPPORT

2004  
18

ISBN 90.5773.265.3



Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:

**Hageman Fulfilment** POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,

TEL 078 62 30 500 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL [info@hageman.nl](mailto:info@hageman.nl)

onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

# COLOFON

Utrecht, juni 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

OPGESTELD DOOR

Ir. H. van Hemert

Ir. L.R. Wentholt

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-18  
ISBN 90.5773.???.?

# STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).

# VEILIGHEID VAN VEENKADEN: DENKBARE (NOOD-)MAATREGELEN

## INHOUD

### STOWA IN HET KORT

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | INLEIDING EN SAMENVATTENDE CONCLUSIE                             | 7  |
| 2 | VEENKADEN TIJDENS EXTREME DROOGTE                                | 9  |
| 3 | OVERZICHT VAN DENKBARE (NOOD-) MAATREGELEN                       | 11 |
| 4 | AANBEVELING OMTRENT PREVENTIEVE MAATREGELEN GEDURENDE ZOMER 2004 | 19 |

# 1

## INLEIDING EN SAMENVATTENDE CONCLUSIE

In navolging op het korte termijn onderzoek Veenkaden (najaar 2003) is de STOWA in januari 2004 een middellange termijn onderzoek Veenkaden gestart. Doelstelling van dit onderzoek is het opstellen van een ondersteunend advies aan de waterschappen voor de bewaking van de veiligheid van veenkaden (en kaden op veenondergrond) gedurende de komende zomerperiode. In februari jl. is reeds een eerste notitie (STOWA rapport. 2004-07) aan de waterschappen verzonden, met een aanbeveling betreffende de voorbereiding op de komende zomer.

Enkele deelonderzoeken van het middellange termijn onderzoek worden nog tijdens de zomer voortgezet. Pas na de zomer volgt de integrale eindrapportage van het middellange termijn onderzoek Veenkaden, deze eindrapportage omvat een bundeling van de resultaten van de verschillende deelonderzoeken en een hoofdrapport met een synthese van de ontwikkelde inzichten.

Omwille van de tijdigheid worden vooruitlopend op de integrale eindrapportage de volgende ondersteunende adviezen aan de waterschappen in separate notities gerapporteerd:

- droogte monitoring: hulpmiddel voor de bepaling van de vereiste waakzaamheid voor veenkaden (STOWA-rapport 2004-15, mei 2004);
- kwetsbaarheid van veenkaden voor droogte: hulpmiddel voor de identificatie van kwetsbare veenkaden en prioritering van veenkaden voor inspectie tijdens droogte (2004-17, juni 2004);
- preventieve maatregelen om de veiligheid van de veenkaden tijdens droogte te waarborgen.

Deze reeks notities zijn bedoeld ter ondersteuning van medewerkers van waterschappen welke verantwoordelijk zijn voor de waterkeringen. Deze notitie betreft een advies ten aanzien van denkbare maatregelen om het risico van een doorbraak van een (veen-) kaden op veenondergrond tijdens langdurige of extreme droogte te verkleinen. Deze notitie is deels gebaseerd op bijdragen door medewerkers van verschillende waterschappen aan overleg en inventarisaties en de inbreng door het projectteam van de studie naar de kwetsbaarheid van veenkaden voor droogte, met name E. Calle en M. van der Meer.

Geconcludeerd wordt dat verschillende maatregelen denkbaar zijn voor het verkleinen van de kans op een doorbraak. Voor kaden die toch al een weinig robuust ontwerp hebben, wordt algemeen het aanbrengen van steunbermen of kleidekken aanbevolen. Voor kaden met een robuust ontwerp wordt aanbevolen de mogelijkheid voor het vertragen of herstellen van de verdroging tenminste te overwegen. Eventueel kan worden overwogen deze maatregel uitsluitend paraat te houden tot meer inzicht is verkregen in het faal-

mechanisme tijdens droogte en een reken- of toetsregel voor deze belastingsituatie is vastgesteld. Verder kan tijdens kritieke situaties een compartimentering worden aangebracht en dient een toename van de belasting op de kade door peilstijgingen te worden voorkomen.

De beslissing omtrent het nemen van noodmaatregelen op basis van visuele inspectie is gecompliceerd vanwege het ontbreken van beoordelingscriteria of kritieke waarden. Zodoende wordt, in combinatie met het betrekkelijk snelle verloop van het bezwijkmechanisme, aanbevolen tijdig te kiezen voor veiligheid en preventieve maatregelen te nemen.

# 2

## VEENKADEN TIJDENS EXTREME DROOGTE

### **DE STABILITEIT VAN (VEEN-) KADEN IS KWETSBAAR VOOR DROOGTE**

Tijdens zomer 2003 is geconstateerd dat een periode met langdurige droogte een belangrijke en soms maatgevende ( Wilnis, Terbregge) belastingssituatie voor (veen-) kaden op veenondergrond vormt. Totaal zijn op meer dan 50 locaties (sterke) vervorming van kaden waargenomen. Het betreft met name veenkaden en kaden op veenondergrond, in de provincies Noord- en Zuid – Holland en Utrecht. Alleen al in de provincie Zuid-Holland zijn in totaal op ca. 35 locaties maatregelen getroffen, met een totale lengte van ca. 4 km. In Noord-Holland (betreffende het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) zijn op veel locaties scheurvorming geconstateerd. Op 8 locaties is aanvullend onderzoek uitgevoerd, waarbij op een enkele locatie noodmaatregelen zijn getroffen (dempen van een teensloot, opkisten van wellen). In het Noord-Hollandse deel van de beheersgebieden van het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht en het waterschap Groot Haarlemmermeer zijn op ca. 5 locaties noodmaatregelen getroffen over een totale lengte van bijna 1 km. Uit historisch onderzoek blijkt overigens dat ook tijdens eerdere droge zomers sterke scheurvorming van veenkaden is opgetreden.

### **ONVOLLEDIG INZICHT IN PROCESSEN IN VEEN TIJDENS DROOGTE IN RELATIE TOT FAALMECHANISME**

Thans is (nog) niet in detail bekend welke processen zich tijdens een droge en warme zomer in het veen kunnen afspeelen, en volgens welke mechanismen deze processen de stabiliteit van een veenkade (negatief) beïnvloeden. Mogelijk spelen naast fysische processen tevens (micro-) biologische en chemische processen een rol bij de (grotendeels tijdelijke) aantasting van de sterkte van veenkaden bij droogte. Om meer inzicht te verkrijgen in deze processen en de invloed op de sterkte van veenkaden zal (waarschijnlijk) meerjarig fundamenteel onderzoek worden uitgevoerd.

### **VERONDERSTELD FAALMECHANISME: HORIZONTAAL AFSCHUIVEN IN COMBINATIE MET OPDRIJVEN**

Het onderzoek naar de oorzaak van de kadedoorbraak in Wilnis concludeert dat het (horizontaal) afschuiven van de kade is veroorzaakt door het optreden van opdrijven van veenpakket op de zandondergrond. Dit opdrijven is veroorzaakt door het optreden van een sterke toename van de stijghoogte in de zandondergrond ten gevolge van een hydraulische kortsluiting met het hoge boezempeil. Ook op basis van de kwetsbaarheidsanalyse van veenkaden wordt geconstateerd dat de stabiliteit van een (veen-) kade op veenondergrond in belangrijke mate samenhangt met de opdrukveiligheid van het afdekkende veenpakket ter plaatse van de binnenteen en het nabije achterland.



**KERN FAALMECHANISME: AFNAME SCHUIFWEERSTAND TUSSEN VEENPAKKET EN ZANDONDERGROND**

De horizontale schuifweerstand op de overgang tussen een veenpakket en de zandondergrond levert een belangrijke bijdrage aan de stabiliteit van een waterkering. De kern van de oorzaak van het bezwijken wordt gevormd door de sterke afname van deze schuifweerstand. Deze afname wordt in eerste instantie veroorzaakt door de gewichtsafname van het veenpakket, ten gevolge van de daling van de grondwaterstand in het veenpakket en de uitdroging van het veen boven het grondwater. De afname van de schuifweerstand wordt sterk vergroot door het optreden van hydraulische kortsluiting tussen de boezem en de zandondergrond.

# 3

## OVERZICHT VAN DENKBARE (NOOD-) MAATREGELEN

### **MAATREGELEN GEBASEERD OP HANDHAVING SCHUIFWEERSTAND CQ. VOORKOMEN VAN OPDRIJVEN**

Het overzicht van denkbare maatregelen is grotendeels gebaseerd op het handhaven van de schuifweerstand tussen de onderzijde van het veenpakket en de zandondergrond. Zoals gesteld wordt thans verondersteld dat het opdrijven van het veenpakket en resulterende afname van de schuifweerstand een belangrijke schakel vormt bij het bezwijken van (veen-) kaden tijdens droogte. Op dit moment bestaat echter geen volledige zekerheid over deze oorzaak. In detail is niet exact bekend welke processen zich tijdens een droge en warme zomer in het veen kunnen afspelen, en volgens welke mechanismen deze processen de stabiliteit van een veenkade (negatief) beïnvloeden. Door dit gebrek aan gedetailleerd inzicht is het niet uitgesloten dat later (= na fundamenteel onderzoek) de maatregelen maar gedeeltelijk effectief blijken te zijn of dat maatregelen worden geïdentificeerd die meer effectief zijn. Als belangrijke opmerking bij het opgestelde overzicht geldt daarom dat het is opgesteld *zo zorgvuldig mogelijk op basis van de huidige inzichten in het effect van langdurige droogte op de stabiliteit van (veen-) kaden op veenondergrond*. Het overzicht heeft daarom illustratief de houdbaarheidsindicatie “zomer 2004” gekregen. Voor toepassing van genoemde maatregelen in zomers na 2004 wordt aanbevolen de effectiviteit van en eventuele ervaringen met de maatregelen te toetsen aan de nieuwste inzichten in de stabiliteit van veenkaden tijdens extreme droogte.

### **MAATREGELEN GERICHT OP VERKLEINING VAN DE KANS OP EN DE GEVOLGEN VAN EEN DOORBRAAK**

Gedurende het middellange termijn onderzoek zijn 3 categorieën van maatregelen om het risico van een kadedoorbraak door droogte te verkleinen onderscheiden. Dit betreft 2 categorieën die zijn gericht op het verkleinen van de kans op een doorbraak:

- door het versterken van de kade (verhoging stabiliteit van een verdroogde kade);
- door het voorkomen, beperken of herstellen van de verdroging van het veen.

Eén categorie is gericht op het beperken van de gevolgen van een doorbraak. Onderstaand worden de categorieën nader toegelicht. Onderstaand volgt een overzicht van de denkbare maatregelen, gepresenteerd per categorie. Een aanvullende mogelijkheid om de kans op een doorbraak te verkleinen betreft een beheersmaatregel, toename van de belasting door peilstijgingen in de boezem of verdieping van de waterbodem dienen te worden voorkomen.

### **KANS VERKLEINEN: VERSTERKING VAN DE KADE**

Meest conventionele maatregel om de kans op een doorbraak te verkleinen is het versterken van de kade. Kadeversterking kan bestaan uit:

- het aanbrengen van een kleidek over de gehele kade;
- het verflauwen van het binnentalud;
- het aanbrengen van een steunberm;
- het aanbrengen van bijzondere constructies, zoals een damwand.

*Oplossingen in grond: steunbermen, kleidekken of taludverflauwing*

Dit betreft zeer gangbare maatregelen, welke veelvuldig worden toegepast bij de verbetering van dijken (speciaal de primaire keringen).

### **DIMENSIE**

Uit een globale stabiliteitsanalyse blijkt dat een steunberm of kleidek met een dikte van 0,5 à 0,7 m (en een lengte van ca. 10 m) voldoende is om de gevolgen van extreme droogte te compenseren. De hierbij beschouwde gevolgen van droogte zijn een daling van de freatische grondwaterstand (met ca. 1 meter) en een sterke gewichtsafname van het veen in de onverzadigde zone. Geschematiseerd komt dit overeen met een afname van het gewicht van het veenpakket met ca. 9 kN/m<sup>2</sup>, ofwel een verdroging van 0,9 m<sup>3</sup> water per m<sup>2</sup> (dit is een conservatieve schematisering). De toename van de stijghoogte in de zandondergrond door hydraulische kortsluiting is niet inbegrepen. De hiertoe benodigde maatregelen zijn te specifiek afhankelijk van de kerende hoogte van de kade en het hydraulisch verschil tussen boezempeil en stijghoogte.

Overigens voldoet de (veen-) kade na het aanbrengen van deze maatregel niet noodzakelijkerwijs aan de norm, door deze maatregel is in feite “alleen maar” de belastingssituatie “extreem droog” niet meer maatgevend. Uiteraard neemt de stabiliteit met deze maatregel ook ten aanzien van de overige belastingssituaties (hoogwater en eventueel extreme neerslag) wel toe. Opgemerkt wordt dat de genoemde dimensie van de steunberm of kleidek als preventieve maatregel indicatief is. Als definitieve verbeteringsmaatregelen dient de steunberm of het kleidek uiteraard te worden gedimensioneerd op basis van de lokale situatie, met name wat betreft de geometrie van de kade, de bodemopbouw en optredende variatie in de grondwaterstanden.

### **UITVOERING**

Vanwege de veelal slechte bereikbaarheid en toegankelijkheid van kaden is de uitvoering van verbeteringsmaatregelen in verhouding tot verbetering van primaire waterkeringen gecompliceerd. Uit een inventarisatie onder enkele waterschappen blijkt dat kadeverbetereingen overwegend worden aangebracht vanaf het water, speciaal wanneer langs de kade bebouwing aanwezig is of de kade anderszins slecht toegankelijk is. De grond (= klei) wordt daarbij vanaf een vast overslagpunt met boten aangevoerd. De kraan waarmee de grond wordt aangebracht bevindt zich meestal wel op de kade, onder meer ten behoeve van de gewenste verdichting van de aangebrachte grond. In verband met een efficiënte logistieke afhandeling worden bij voorkeur lange kadestrekkingen aangepakt, en worden kaden niet over korte tracé's verbeterd. De ervaringen betreffen vooral ophoging van de kruin, waarbij het binnentalud onder een vast profiel wordt afgewerkt. Dergelijke kleiverbetereingen worden in één werkgang (dus zonder ophoofasering) aangebracht. Het gaat hierbij ook om relatief geringe volumens grond per strekkende meter kade.

Recent is door o.a. het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht grootschaliger kadeverbetering (ophogen en steunbermen) uitgevoerd. Deze verbeteringen zijn overwegend wel vanaf de kade of het achterland aangebracht. Bovendien zijn hierbij soms ophoogfaseringen toegepast.

#### *Teensloten: dempen of verplaatsen*

Aanvullend kan de stabiliteit van een kade worden verbeterd door eventueel aanwezige teensloten te dempen of te verplaatsen op grotere afstand van de binnenteen. Hierbij geldt de belangrijke opmerking dat in sommige (kwel-) situaties teensloten een toename van de stijghoogte onder het veenpakket voorkomen of begrenzen door het opbarsten van de slootbodem. Het dempen van een teensloot in een dergelijke situatie kan dus een toename van de stijghoogte veroorzaken, wat een negatieve invloed heeft op de stabiliteit van een kade. Alvorens wordt overgegaan tot het dempen van teensloten dient dus eerst de geohydrologische situatie te worden beschouwd. Bovenstaande opmerking geldt in mindere mate voor het verplaatsen van teensloten, de eventueel negatieve invloed is dan minder groot.

### **BIJZONDERE CONSTRUCTIES: DAMWANDEN**

Bijzondere constructies zoals een damwand wordt overwegend op kleine schaal toegepast, vanwege de hoge kosten. Voor zover bekend is tijdens zomer 2003 uitsluitend in Wilnis een damwandconstructie na het bezwijken van de kade als noodreparatiemaatregel aangebracht. Wat betreft het aanbrengen van een damwand wordt opgemerkt dat een dergelijke voorziening voor veenkaden ook mogelijk negatieve invloed heeft, met name ten aanzien van de verdroging van een kade. Aanbevolen wordt het ontwerp van de damwand integraal te toetsen aan alle aspecten van de stabiliteit van een veenkade tijdens de verschillende belastingsituaties. Zekerheidshalve wordt nog gemeld dat het aanbrengen van een damwand als noodmaatregel tijdens een mogelijk kritieke situatie zorgvuldig dient te gebeuren, op voorhand moet de invloed van de uitvoeringswijze (zoals trillingen) op de stabiliteit van de kade worden beoordeeld.

### **KANS VERKLEINEN: VOORKOM EXTREME VERDROGING VAN HET VEEN**

Een andere maatregel betreft het voorkomen van extreme uitdroging van de kade en het veenpakket. Ten aanzien van het voorkomen van verdroging van de kade kan onderscheid worden gemaakt in het (voorkomen van) maatregelen en/of voorzieningen die de waterbalans van de kade permanent beïnvloeden en maatregelen die specifiek gericht zijn op het voorkomen van verdroging tijdens perioden met extreme droogte.

#### *Algemene of permanente maatregelen en voorzieningen*

In het algemeen dient sterke ontwatering van de kade en het directe achterland te worden voorkomen. De (drainerende) teensloten dienen zich bij voorkeur op een grotere afstand van de kade te bevinden. Deze voorkeur sluit goed aan bij de maatregel tot versterken van de kade. Een zo gering mogelijke drooglegging van de teensloten verdient de voorkeur. In dit opzicht kan worden overwogen de gebruikelijke variatie in polderpeilen ('s winters laag, 's zomers hoog) ter plaatse van de teensloten zo mogelijk te vergroten door het extra opzetten van het slootpeil in de teensloten tijdens de zomer. Verder dient infiltratie van boezemwater in de kade zo min mogelijk te worden belemmerd. Eventueel benodigde beschoeiing dient zo veel mogelijk waterdoorlatend te zijn en bij voorkeur ruim beneden boezempeil te zijn afgewerkt.

Echter, het dempen of verplaatsen van teensloten is echter geen “altijd goed” maatregel, de praktijk van waterkeren is complex. Ten aanzien van de belastingsituatie hoogwater kan de aanwezigheid van teensloten namelijk ook een gunstige invloed op de stabiliteit van een kade hebben, met name ten aanzien van de (micro-) stabiliteit van het binnentalud. Voorafgaand aan een ingreep aan de teensloten dient dus toch eerst te worden nagegaan welk faalmechanisme maatgevend is. Overigens zijn in het recente verleden wel door meerdere waterschappen teensloten (op soms grote schaal) verplaatst of gedempt. Het lijkt daarmee dus wel zo dat de maatregel overwegend goed is.

#### *Specifieke maatregelen tijdens perioden met extreme droogte*

In geval van extreme droogte kan de verdroging van kaden bijvoorbeeld worden tegengegaan door het opzetten van het waterpeil in teensloten en het kunstmatig bevochtigen van veenkaden. Het uitvoeren van beide maatregelen stelt specifieke eisen aan de omgeving, en is mogelijk niet eenvoudig op grote schaal uitvoerbaar.

### **DIMENSIE**

Strikt genomen verhoogd elke mm toegevoegd water de stabiliteit van een verdroogde kade. Voor een substantiële verbetering van de stabiliteit dient minimaal ca. 0,25 m water netto aan de kade en veengrond te worden toegediend. Dit komt overeen met 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ofwel 7,5 m<sup>3</sup> per strekkende meter kade uitgaand van een werkbreedte van ca. 30 m (kruin, binnentalud en het directe achterland). Met deze gift wordt een buffer voor ruim 1 maand doorgaande verdamping (van max. ca. 6 mm/dag) aangebracht. De verdroging van het veen wordt daarmee dus niet volledig gecompenseerd (daartoe is een fors hogere gift vereist). Overigens geldt hierbij dat de sterkte van de verdroogde kade ook wordt vergroot indien het water niet in de kade zelf infiltreert maar uitsluitend ter plaatse van de binnenteen en het directe achterland,.

### **UITVOERING**

Vanwege het grote benodigde volume water is een toediening met bijvoorbeeld giertanks weinig praktisch. Het benodigde intensieve transport van materieel over de kade zal de kade sterk aantasten. De voorkeur gaat zodoende uit naar het gedoseerd toedienen van water door beregening (eventueel vanaf het water) of vanuit een tijdelijk buizen- of slangenstelsel. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een geperforeerde (drain-) buis op het binnentalud evenwijdig aan de hoogtelijn, welke via een sifon van water wordt voorzien vanuit de boezem. Ook is het mogelijk het water toe te dienen via een kleine baggerboot, welke normaliter wordt ingezet bij kleinschalige baggerwerkzaamheden. De STOWA voert thans overleg met enkele waterschappen om op korte termijn een denkbare uitvoeringswijze voor het toedienen van water te beproeven. De eventuele resultaten zullen op de STOWA web-site ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)) worden gepresenteerd.

### **PLANNING**

Het kunstmatig bevochtigen moet vroegtijdig of preventief worden uitgevoerd. Bij verdroging van het veen tot beneden een bepaalde vochtigheid (het zgn. kritieke vochtgehalte) wordt het veen waterafstotend en wordt aangevoerd water nauwelijks in het veen opgenomen. Het betreffende water stroomt overwegend oppervlakkig en via scheuren af naar de teensloten. Dit is ook de ervaring van een proef zoals die vorig jaar is uitgevoerd door het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht. Een eventuele oplossing voor effectieve herbevochtiging van een verdroogde kade of verdroogd veenpakket betreft de toediening van een oppervlaktespanningverlager (surfactant) aan het water. Door deze toevoeging

wordt het water wel effectief opgenomen. De *surfactant* blijft vervolgens in de grond aanwezig, en zorgt daarmee tevens voor een effectievere opname van eventuele neerslag. Hiermee vertraagt de *surfactant* de verdere uitdroging van het veen gedurende het resterende deel van de droge periode.

#### *Specifieke maatregelen als voorbereiding op een extreem droge zomer*

Een derde mogelijkheid is de uitdroging van een veenkade of veenpakket tijdens de zomer te voorkomen of tenminste te vertragen. Uit het STOWA onderzoek blijkt dat een *surfactant* een goede maatregel lijkt te zijn om de uitdroging te vertragen. De werking van een *surfactant* betreft met name het voorkomen van het effect van waterafstotendheid van veen, waardoor regenwater beter in het verdroogde veen wordt opgenomen. Het is dus niet zo dat een *surfactant* zelf de kaden vochtiger maakt, na het aanbrengen van een *surfactant* is neerslag vereist om het vochtgehalte van het veen daadwerkelijk te laten toenemen. Een dergelijke *surfactant* dient bij voorkeur vroegtijdig (voorjaar of vroege zomer) te worden aangebracht, teneinde de verdroging wezenlijk te kunnen vertragen. Naast een chemische *surfactant* bestaan tevens middelen op (micro-) biologische en fysische basis om het vochtgehalte van het veen te verbeteren. Deze zomer wordt door een producent / leverancier in samenwerking met het waterschap Wilck & Wiericke een proef uitgevoerd met een middel wat op biologische basis de vochthuishouding van veen mogelijk verbetert. De methode op fysische basis betreft het aanbrengen van zeolieten, een natuurlijk mineraal met een hoge porositeit en grote opnamecapaciteit voor water.

#### **EFFECTIVITEIT SURFACTANT**

Het is niet eenvoudig de effectiviteit van preventieve toediening van een *surfactant* aan te geven. De effectiviteit hangt sterk samen met het neerslagverloop tijdens het voorjaar en de zomer (na toediening). Belangrijke voorwaarden voor een hoge effectiviteit zijn een hoge mate van waterafstotend gedrag van het veen en (intensieve) neerslag in de vorm van stortbuien. In een jaar met een droog voorjaar (vroegtijdige vorming waterafstotend veen) en zomer met uitsluitend neerslag in de vorm van stortbuien, zal een *surfactant* buitengewoon effectief blijken te zijn wat betreft het vochtig houden van de kade. In een (theoretische) zomer waarin absoluut geen neerslag valt, zal een *surfactant* in het geheel niet effectief blijken te zijn, een *surfactant* voegt namelijk zelf geen water aan de kade toe. Vanwege deze afhankelijkheid van het neerslagverloop kan geen kwantitatieve (uitgedrukt in verminderde afname van het volume bodemvocht) prognose over de effectiviteit van een *surfactant* worden gegeven. Uitsluitend kwalitatief kan worden opgemerkt dat een *surfactant* in “normaal” droge zomers de verdroging van een veenkade vertraagt.

Vanwege het belang om toch (tenminste enig) kwantitatief inzicht in de effectiviteit (als onderbouwing kosten – baten) van een preventieve *surfactant* toediening te hebben, zal na de zomer op basis van de resultaten van de proef een kwantitatieve analyse van de effectiviteit van een *surfactant* worden uitgevoerd. Deze analyse is dan gericht op zowel de effectiviteit ten aanzien van de vochtigheid (in mm bodemvocht) van de veenkade als de resulterende (verminderde afname van de) stabiliteit van de veenkade (op basis van een stabiliteitsanalyse).

*Waarschuwing: voorkom te snelle of overvloedige herbevochtiging*

Algemeen wordt gewaarschuwd voor het uitvoeren van omvangrijke herbevochtiging-maatregelen tijdens extreme droogte. In geval van vergaande verdroging van het veen en daarmee gepaard gaande sterke scheurvorming is het denkbaar dat snelle toediening van overvloedig water een negatieve invloed op de stabiliteit van een veenkade heeft. Theoretisch kunnen waterafstotende veenbrokken gaan drijven op de waterdruk van aangevoerd water in de scheuren. Een dergelijke situatie wordt nog verergerd indien goed doorlatende horizontale zandlagen in de kade of ondiepe ondergrond voorkomen. Strikt geredeneerd vanuit het "Wilnis-mechanisme" neemt de stabiliteit bij een dergelijke situatie toe. Gegeven echter de onzekerheid omtrent eventuele aanvullende processen en mechanismen bij de aantasting van de stabiliteit van een veenkade door droogte, moet toch worden geconcludeerd dat een situatie met drijvende veenbrokken ter plaatse van de binnenteen en het nabije achterland moet worden voorkomen. Hoewel de beschouwing wat theoretisch van aard is, wordt toch gewaarschuwd voor het ongecontroleerd herbevochtigen van sterk verdroogd veen door overvloedige toediening van water. In dit kader geldt dat nat houden beter is dan snel nat maken.

**KANS VERKLEINEN: VOORKOM TOENAME VAN DE BELASTING***Voorkom stijging van het waterpeil op de boezem*

De kans op een doorbraak kan tevens worden beperkt door een toename van de belasting tijdens (of direct na) een droogteperiode te voorkomen. Plotselinge stijging van het boezempeil (na hevige neerslag in de polder of overige maatregelen in het kader van het waterbeheer) dient zoveel mogelijk te worden voorkomen. Een stijging van het boezempeil doet de grootte van de (horizontale) belasting (= de aandrijvende kracht) namelijk sterk toenemen (de horizontale druk neemt kwadratisch met de diepte toe!). Het is nadrukkelijk niet zo dat de stabiliteit van de verdroogde kade door de betreffende neerslag (als mogelijke oorzaak van de peilstijging) volledig is hersteld. Speciaal door de vorming van waterafstotend gedrag van het veen kan een kade nog gedurende lange tijd na neerslag niet zijn herverzadigd. De tijdelijke afname van de stabiliteit van een kade door droogte is dus niet direct na enige neerslag hersteld.

*Voorkom toename van de waterdiepte door ontgravingen*

De horizontale belasting op een kade kan tevens toenemen door een toename van de waterdiepte direct voor de kade. Verdieping van de waterbodem kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door baggeren, erosie door scheepvaart (schroef) of tijdens de uitvoering van infrastructurele werken, bijvoorbeeld in het kader van de kruising van tunnels, kabels en leidingen. Tijdens extreme droogte dient het verdiepen van de waterbodem dus te worden voorkomen. Overigens dient hier ook ten aanzien van de overige belastingssituaties voor te worden gewaakt.

Vanuit het oogpunt van (de waarschijnlijkheid van) het optreden van hydraulische kortsluiting is het eveneens onverstandig om tijdens extreme droogte de boezem te baggeren, dan wel ingrepen in de waterbodem uit te voeren.

**GEVOLGEN VERKLEINEN: GEREED BRENGEN COMPARTIMENTERING**

Door het aanbrengen van een compartimentering kan het volume inundatiewater sterk worden beperkt, zodat de resulterende waterdiepte in de polder bij een doorbraak gering zal blijven. Dit beperkt de schade van een doorbraak in een polder. Daarnaast beperkt compartimentering het deel van het boezemstelsel waar bij een doorbraak de waterstand

snel en sterk wordt verlaagd. Hierdoor zal tevens de schade aan het boezemsysteem en het oude land (door zettingen) worden beperkt.

In combinatie met een compartimentering kan tevens op kritieke kadevakken het waterpeil in de boezem worden verlaagd indien de stabiliteit van een verdroogde kade kritiek lijkt. Door peilverlaging wordt de belasting op de kade aanzienlijk verlaagd en neemt bovendien de grootte van de stijging van de grondwaterdruk in de zandondergrond bij een eventuele hydraulische kortsluiting af.

### **MAATREGELEN BETREFFENDE FAALVERSCHIJNSELEN NIET GERELATEERD AAN HET WILNIS-MECHANISME**

Al bovengenoemde maatregelen betreffende de verkleining van de kans op een doorbraak zijn in meer of mindere mate gerelateerd aan het faalmechanisme zoals dat in Wilnis is opgetreden. Andere faalmechanismen zijn daarbij niet beschouwd. Speciaal twee faalverschijnselen zijn wel degelijk relevant voor de situatie droog. Dit betreft sterke scheurvorming en het ontstaan van wellen. Volledigheidshalve worden in dit overzicht tevens denkbare maatregelen tegen deze faalverschijnselen genoemd.

#### *Sterke scheurvorming: dichten met gelijksoortig materiaal*

Het ontstaan van scheuren in de dijk tijdens zomerse omstandigheden is niet ongebruikelijk. Ook in primaire keringen worden tijdens droge zomers wel scheuren aangetroffen. Dit is inherent aan de krimp van klei en veen bij afname van het vochtgehalte. Een enkele scheur duidt dus niet direct op het naderende bezwijken van een waterkering. Ten aanzien van scheuren is met name de vraag interessant of aanwijzingen worden gevonden over de oorzaak van de scheurvorming: krimp van de grond door verdroging of door deformatie van de kering als geheel. In de inspectiepraktijk zal het lastig zijn deze vraag afdoende te beantwoorden. Zodoende dient bij observatie van scheuren ten alle tijden te worden gekozen voor zekerheid, en verdient het aanbeveling maatregelen te treffen. Een meest voor de hand liggende maatregel betreft het dichten van de scheur. Uit een inventarisatie onder de waterschappen blijkt dat deze maatregel gedurende zomer 2003 veelvuldig toegepast. Alleen al in de provincie Zuid-Holland zijn op ca. 35 locaties maatregelen getroffen welke met name hebben bestaan uit het dichten van scheuren.

Het dichten van scheuren wordt ook van belang verondersteld in verband met de “beschikbare” ruimte voor horizontale verschuiving van de kade door de druk uit de boezem. Het in geringe mate horizontaal verschuiven van de kade is mogelijk een schakel bij het ontstaan van hydraulische kortsluiting tussen de boezem en het grondwater in de zandondergrond. Ook om die reden dienen eventuele scheuren dus snel te worden gedicht.

#### *Wellen: uitsluitend opkisten indien zand wordt meegevoerd*

Door het opdrijven van het afdekkende pakket veen- en kleilagen op de grondwaterdruk in de zandondergrond kunnen wellen ontstaan ter plaatse van teensloten of in het nabije achterland. Voorwaarde hierbij is een grondwaterdruk in de zandondergrond tot (ruim) boven respectievelijk polderpeil en maaiveldniveau. Deze situatie doet zich met name voor ter plaatse van (tussen-) boezemkaden in inpolderingen en droogmakerijen. Wellen verlagen de optredende (stijging van de) stijghoogte in de zandondergrond. In zekere zin functioneert een wel als een ventiel waar een deel van de grondwaterdruk kan ontsnappen. Vanwege dit gunstige effect verdient het aanbeveling niet per definitie een wel op te kisten. Wanneer sprake is van een controleerbare situatie, is het optreden van een wel acceptabel. Wanneer een wel zand meevoert, dienen wel direct maatregelen te worden getroffen.



Hierbij gaat de voorkeur uit naar maatregelen die het meevoeren van zand tegengaan, bijvoorbeeld het aanbrengen van een foliedoek. Deze maatregel vormt geen belemmering voor de uitstroom van grondwater en heeft daarom de voorkeur boven het opkisten van de wel. Opkisten veroorzaakt namelijk wel een toename van de grondwaterdruk in de zand-ondergrond, of beter gesteld: door het opkisten van een wel verminderd de eventuele (gunstige) verlaging van de grondwaterdruk door de wel.

Wellen duiden nadrukkelijk op het opdrijven van het veenpakket en daarmee op een afname van de horizontale schuifweerstand tussen de onderzijde van het veenpakket en de zandondergrond. Dit impliceert een sterke afname van de stabiliteit van de kade, zoals ook blijkt uit de STOWA studie naar de kwetsbaarheid van (veen-) kaden voor droogte. Het optreden van wellen is een belangrijke reden om direct nader onderzoek naar de stabiliteit van de kade uit te voeren of mogelijk zelfs direct (stabiliteits-) maatregelen te treffen, zoals het aanbrengen van een steunberm.

# 4

## AANBEVELING OMTRENT PREVENTIEVE MAATREGELEN GEDURENDE ZOMER 2004

### **ALGEMENE AANBEVELING VOOR WEINIG ROBUUSTE KADEN: AANBRENGEN KLEIDEK OF STEUNBERM**

Gezien het tijdstip van verschijnen van deze notitie wordt in deze aanbeveling nog uitsluitend ingegaan op het nemen van korte termijn / preventieve of noodmaatregelen. In beginsel wordt voor de komende zomer bij dreigend bezwijken van een kade aanbevolen om steunbermen of kleidekken aan te brengen. Hierbij geldt echter een belangrijke opmerking. Het aanbrengen van kleidekken en steunbermen introduceert of vergroot een zettingsproces. Uit een inventarisatie onder de waterschappen blijkt dat de optredende zettingen ter plaatse van veenkaden of kaden op veenondergrond soms aanzienlijk zijn. Sommige kaden dienen elke 10 à 15 jaar opnieuw te worden opgehoogd met ca. 0,3 à 0,5 m. Een (extreme) ervaring betreft een nieuw aangelegde (compartimenterings-) kade met een hoogte van ca. 1,5 m, welke bijna volledig blijkt te zijn weggezakt. Bij weinig robuuste kaden, waarvan de stabiliteit ook ten aanzien van de belastingsituatie hoogwater als marginaal wordt beschouwd, verdient het aanbrengen van een versterking de voorkeur. Het resulterende zettingsproces dient daarbij eenvoudig te worden geaccepteerd en de gevolgen daarvan zonnodig in het onderhoudsprogramma te worden opgenomen.

### **AANBEVELING VOOR ROBUUSTE KADEN: OVERWEEG MAATREGEL OM VERDROGING TE VERTRAGEN**

Voor kaden waarvan de stabiliteit voor hoogwater wel voldoet en uitsluitend de (dus maatgevende) situatie “extreem droog” maatregelen vereist (zoals Wilnis), kan worden overwogen een alternatieve maatregel uit te voeren. Deze maatregel betreft het voorkomen of zonnodig compenseren van de verdroging, bijvoorbeeld door respectievelijk vroegtijdig de kaden regelmatig te bevochtigen cq. uiterlijk in het begin van de zomer een surfactant aan te brengen, dan wel tijdens verdroging de kade te bevochtigen met een water waaraan een surfactant is toegevoegd. Het is bij deze maatregel wel nuttig om een monitoringsysteem met peilbuizen aan te brengen en op voorhand een kritieke waarde voor de (freatische) grondwaterstand vast te stellen (eventueel op basis van het kwantitatieve onderdeel van de STOWA – kwetsbaarheidsanalyse).

### **MAATREGEL IN AFWACHTING VAN DEFINITIEF INZICHT IN DROOGTEMECHANISME EN REKENREGEL**

Voor een robuuste kade kan dus overwogen alleen indien nodig (dus bij optreden van extreme droogte) een tijdelijke maatregel te treffen om de veiligheid van de kade te waarborgen. De introductie of vergroting van het zettingsproces wordt hiermee voorkomen. Eventueel kan het paraat hebben van deze maatregel ook als een tijdelijke oplossing worden beschouwd, na vaststelling van een definitieve toets- of rekenregel voor de situatie “extreem droog” kunnen de (veen-) kaden worden getoetst op de sterkte tijdens droogte en

zonodig de vereiste verbetering worden ontworpen. In de periode tot de vaststelling van deze rekenregels (jaren) kan dan de veiligheid van veenkaden worden gewaarborgd door intensieve monitoring van de droogte en de verdroging van de kaden en het zonodig nemen van (nood-) maatregelen om de verdroging te vertragen of herstellen.

### **DE BESLISSING TOT HET NEMEN VAN NOODMAATREGELEN IS NIET EENVOUDIG**

Waarnemingen bij de visuele inspectie geven slechts indirect aanwijzingen over de stabiliteit van een kade. Voor de beoordeling van de waarnemingen ontbreken meestal kritieke of grenswaarden. Zo worden bijvoorbeeld tijdens droge perioden in het algemeen scheuren aangetroffen in waterkeringen, onbekend is hoeveel scheuren van welke grootte concrete aanwijzing zijn dat besloten moet worden tot het direct nemen van maatregelen. Algemeen kan slechts worden aanbevolen om bij het optreden van faalverschijnsel te beslissen vanuit de primaire verantwoordelijkheid als waterkeringbeheerder: veiligheid, en dus het nemen van preventieve of noodmaatregelen.

### **PREVENTIEF HANDELEN GEBODEN VANWEGE BETREKKELIJK SNEL VERLOOP VAN HET MECHANISME**

Uit de analyse van Wilnis blijkt dat het horizontaal afschuiven bij opdrijven een betrekkelijk snel verlopend faalmechanisme is. Het wachten op overtuigend bewijs omtrent een naderend bezwijken op basis van visuele inspectie lijkt in dat opzicht geen goede strategie. Zodoende wordt aanbevolen (conform notitie 2004-17) spoedig te starten met de kwantitatieve kwetsbaarheidanalyse gericht op de potentiële afname van de oprijfveiligheid. Combinatie van een grote potentiële afname van de oprijfveiligheid, een weinig robuust kadeontwerp en aanzienlijke gevolgen van een doorbraak vormen daarbij aanleiding direct over te gaan tot het nemen van preventieve maatregelen. Omdat in het betreffende geval een weinig robuust kade-ontwerp uitgangspunt is, worden voor die situatie maatregelen aanbevolen ter verbetering van de kade (steunberm, kleidek). Voor de situatie met een grote potentiële afname van de oprijfveiligheid en een robuust kadeontwerp kan worden overwogen een maatregel betreffende het vertragen en of herstellen van de verdroging uit te voeren.

### **VERDERE ONDERSTEUNENDE AANBEVELINGEN DOOR DE STOWA**

#### *Advies*

Zoals gemeld in hoofdstuk 1 vormt deze notitie een onderdeel van de rapportage van een ondersteunende advies aan de waterschappen omtrent het waarborgen van de stabiliteit van (veen-) kaden op veenondergrond tijdens eventuele extreem droge perioden gedurende de komende zomer. De overige notities zijn onder andere verkrijgbaar via de STOWA website ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)).

#### *Info*

Gedurende de komende zomer zal de STOWA regelmatig informatie omtrent de eventuele verdroging van veenkaden verstrekken via de web-site [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl). Dit betreft ook resultaten van het monitoringsonderzoek naar de vochtigheid van 4 veenkaden.

#### *Serviceteam*

De STOWA zal een service team formeren bestaande uit leden van het projectteam. Desgewenst kan het team de waterschappen ondersteuning bieden bij eventuele vragen omtrent de stabiliteit van veenkaden gedurende de zomer.