

Omgaan met piping



Een handelingsperspectief vanuit de inhoud

Colofon

Uitgevoerd door

Rijkswaterstaat
Water, Verkeer en Leefomgeving
Directie Veiligheid en Watergebruik
Afdeling Waterkeringen



Deltares
Unit Geo-engineering
Afdeling Dijkveiligheid en
Afdeling Dijktechnologie



Blueland Consultancy



I.s.m.:

Hoogwaterbeschermingsprogramma
Project Overstijgende Verkenning Piping



Datum
Status
Versienummer

12 november 2015
Definitief
4.5

Inhoud

Inleiding 5

Aanleiding 5

Probleemstelling 5

Doelstelling 5

Doelgroep 6

Randvoorwaarden en uitgangspunten 6

Oplossingsrichting 6

Handelingsperspectief in een notendop 7

Totstandkoming van dit handelingsperspectief 7

Omgaan met piping op korte en (middel)lange termijn 9

Over toetsen en ontwerpen 15

Korte termijn: selecteren en aanpakken meest urgente gevallen 15

Middellange en lange termijn: scherp en genuanceerd 17

Conclusie en aanbevelingen 17

Bijlage A Het fenomeen: wat is piping? 19

Bijlage B Rekenen aan piping, een vereenvoudiging van de werkelijkheid 23

Bijlage C De interpretatie van de resultaten: een urgent probleem 27

Inleiding

Aanleiding

Berekeningen in het kader van VNK en vingeroefeningen met de nieuwe toetsregels (WTI2011) laten zien dat de kans dat piping optreedt aanmerkelijk hoger is dan voorheen werd gedacht. In combinatie met nieuwe, vaak strengere normen leidt dit tot een zeer grote versterkingsopgave (vele kilometers) die op korte termijn niet kan worden gerealiseerd. Daarom is piping hoog op de beleidsagenda geplaatst.

Deze notitie beschrijft achtereenvolgens het vraagstuk piping en een handelingsperspectief hoe hiermee kan worden omgegaan. De bijlage bij deze notitie beschrijft in drie stappen wat het fenomeen piping inhoudt (A), hoe aan piping als faalmechanisme van waterkeringen kan worden gerekend (B), en hoe deze rekenresultaten moeten worden geïnterpreteerd (C).

Probleemstelling

Bij de laatste toetsronde is meer dan 200 km primaire waterkering afgekeurd. Ongeveer 50 km hiervan is voor verbetering bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma aangemeld. Daarnaast zal ook bij waterkeringen die op andere faalmechanismen zijn afgekeurd, naar piping gekeken worden bij het ontwerpen van een verbetering.

De rekenwijze voor het berekenen van de kwelweglengte en de kans op het optreden van piping is de laatste tijd gewijzigd. Zo wordt het zogenaamde lengte-effect in rekening gebracht en is het model van Sellmeijer aangepast, waardoor meestal langere benodigde kwelweglengtes en grotere kansen op het optreden van piping berekend worden. Voor toetsen en ontwerpen wordt met een vereenvoudiging van het rekenmodel, de rekenregel van Sellmeijer, gerekend.

Rekenen aan piping gaat gepaard met grote onzekerheden. Bijvoorbeeld ten aanzien van het schematiseren van locatie specifieke eigenschappen, zoals heterogeniteit van de ondergrond, en het in rekening brengen van tijdsafhankelijke, hydraulische belastingen. Rekenen met grote onzekerheden leidt tot relatief hoge waarden voor de kans op het optreden van piping en tot relatief veilige (grote) waarden voor de minimaal benodigde kwelweglengte. Er is inmiddels een nieuwe normering voor waterveiligheid die in veel gevallen strenger is dan de oude norm. Hierdoor zal de minimaal benodigde kwelweglengte toenemen, en dus ook het areaal te verbeteren waterkeringen en de omvang van de verbetermaatregelen.

Dit alles leidt ertoe dat waterkeringen verbeterd moeten worden, een deel zelfs op korte termijn omdat de toetsing en nadere analyses aangeven dat de kans op het optreden van piping groot is en de aanwezige kwelweglengte veel kleiner is dan nodig. Er bestaat echter nog geen adequate ontwerpmethodode voor maatregelen om piping tegen te gaan. Daarom zijn waterkeringbeheerders, het Rijk, kennisinstutten, adviesbureaus en aannemers aan de slag gegaan met onder meer onderzoek naar het areaal daadwerkelijk voor piping gevoelige waterkeringen en innovatieve maatregelen om piping tegen te gaan. Coördinatie van deze initiatieven is gewenst.

Doelstelling

Het doel van deze notitie is om vanuit de inhoud een handelingsperspectief te bieden voor de aanpak van het vraagstuk piping in Nederland in een beheersbare vorm.

Doelgroep

Het handelingsperspectief is bedoeld als kompas voor al diegenen die een rol hebben bij het oplossen van het vraagstuk piping en daarbij te maken krijgen met keuzes binnen het dagelijks beheer van keringen, het uitvoeren van de wettelijke toetsing, het ontwerpen van dijkversterkingen, en de ontwikkeling van kennis en instrumenten. Daarmee is het handelingsperspectief bedoeld voor de gehele waterveiligheidssector.

Het handelingsperspectief heeft betrekking op alle werkprocessen: normeren, toetsen, programmeren, ontwerpen, uitvoeren en beheren.

Het handelingsperspectief is bedoeld voor zowel politici, bestuurders (Rijk en waterschappen) en beheerders als adviseurs en kenniswerkers.

Randvoorwaarden en uitgangspunten

Randvoorwaarden bij het opstellen van dit handelingsperspectief zijn de bestaande wet- en regelgeving, inclusief het bestaande (2006) en toekomstige (2017) toetsinstrumentarium en het bestaande (2014) en toekomstige (2018) ontwerpinstrumentarium.

Bij het opstellen van dit handelingsperspectief is uitgegaan van het bestaande landelijke en regionale beleid, de bestaande verhoudingen tussen de betrokken partijen, de bestaande kennis over piping, de bestaande maatregelen om piping te voorkomen, de lopende onderzoeksprogramma's voor kennisontwikkeling (WTI), voor de verbetering van de praktische toepasbaarheid van de ontwikkelde kennis en voor innovatieve maatregelen tegen piping (POV Piping) en de lopende verbeterprogramma's voor waterveiligheid (m.n. HWBP).

Oplossingsrichting

Het handelingsperspectief bestaat uit een gefaseerde aanpak waarbij op korte termijn de meest urgente dijktrajecten snel en afdoende worden aangepakt. Op middellange termijn kunnen de resterende trajecten waar piping een probleem kan zijn, stapsgewijs nader worden onderzocht (ondergrond in beeld brengen), geprioriteerd en verbeterd.

Kennis voor het invullen van de bestaande leemtes kan worden ontwikkeld in bestaande of nieuwe kennisprogramma's en kan in de praktijk worden getest in onder meer de Project Overstijgende Verkenning Piping (POV Piping) van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en de toets op maat in het Wettelijk Toets Instrumentarium (WTI). In de POV Piping werken bedrijven, kennisinstellingen en overheden samen om de omvang van het areaal waterkeringen dat met het oog op piping wellicht verbeterd moet worden, en de innovatieve maatregelen waarmee dat bereikt zou kunnen worden, goed in beeld te brengen.

De ambitie is om de komende toetsings- en versterkingsopgave zo effectief mogelijk uit te voeren gegeven de onzekerheden die we nu kennen. Gekoppeld aan het toetsen en versterkingsproces moeten kennis en instrumentarium dusdanig doorontwikkeld worden dat bij de aanpak van dijktrajecten waar piping een belangrijk faalmechanisme is, deze trajecten in volgorde van aanpak kunnen worden geprioriteerd en de kosten van te nemen maatregelen kunnen worden begroot. Een uitwerking van de ambitie is in de tabel vanaf pagina 10 gegeven.

Handelingsperspectief in een notendop

1. Nu – op korte termijn – aanpakken van afgekeurde dijktrajecten met een grote kans op het optreden van piping, waarvan voldoende informatie beschikbaar is om te concluderen dat die faalkansen daadwerkelijk hoog zijn. De keuze voor (het opdoen van ervaring met) innovatieve maatregelen tegen piping waarbij de lengte van de kwelweg niet van belang is ('kwelwegonafhankelijk'), is een keuze voor no regret maatregelen. Daar waar op korte termijn geen verbetermaatregelen zijn voorzien kan de veiligheid geborgd worden middels (tijdelijke) beheermaatregelen.
2. Nu – op korte termijn – beginnen met het in beeld brengen van de ondergrond (inclusief de ruimtelijke variatie/heterogeniteit daarvan) zodat duidelijk wordt welke dijktrajecten op middellange termijn verbeterd moeten worden en hoe het ontwerp van verbetermaatregelen moet zijn. Door op innovatieve en alternatieve manier gebruik te maken van alle beschikbare informatiebronnen kan de ondergrond in beeld worden gebracht. Een goede afwegingsmethodiek tussen kosten en mogelijke opbrengsten kan tijdrovend grondonderzoek in omvang beperken of overbodig maken. De wijze waarop de ondergrond in beeld kan worden gebracht, wordt al doende verder ontwikkeld.
3. Op korte termijn voor het areaal op piping afgekeurde dijktrajecten (resultaat 3-e toetsronde) de aard en omvang in meer detail vaststellen.
4. Voor de korte, middellange en lange termijn strategieën ontwikkelen voor het in beeld brengen van de aard en omvang van voor piping gevoelige dijktrajecten in Nederland en hoe hier effectief en efficiënt mee kan worden omgegaan. Dat betekent doorontwikkeling van pipingmodellen (inclusief validatie en kalibratie), maatregelen en afwegingsmethodieken.

De inzichten die op de korte termijn opgedaan worden, zijn van belang voor alle processen waarmee de waterveiligheid geborgd wordt: normeren, toetsen, programmeren, ontwerpen, uitvoeren en beheren (onderhoud, inspecteren, vergunningverlening, handhaving en calamiteitenbeheersing zijn onderdeel van dagelijks beheer en zorgplicht).

Bovenstaand handelingsperspectief toont aan dat het mogelijk is om op een verantwoorde en consistente wijze met het vraagstuk piping om te gaan. Een uitgewerkt overzicht van dit handelingsperspectief is gegeven in de tabel vanaf pagina 10. Bij de uitvoering hiervan kunnen adviesbureaus en kennisinstituten adviseren, eventueel bijgestaan door het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW), het Expertteam Piping, de POV Piping en het Kennisplatform Risicobenadering.

Totstandkoming van dit handelingsperspectief

Bij beheer van waterkeringen zijn veel partijen betrokken. Deze notitie is dan ook tot stand gekomen op basis van een reeks gesprekken met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, waterschappen, Deltares en enkele ingenieursbureaus.

Deze notitie is opgesteld door Peter Blommaart, Harry Stefess (Rijkswaterstaat) en Ulrich Förster, Han Knoeff (Deltares) ondersteund door Wilfried ten Brinke (Blueland Consultancy) in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Op basis van gesprekken en gezamenlijke klankbordsessies met de volgende experts : Harold van Waveren, Niels Roode, Joop Weijers (allen Rijkswaterstaat), Martin van der Meer (FUGRO), Ruben Jongejan (Jongejan RMC), André Koelewijn, Frank den Heijer (beiden Deltares), Ed Calle (voorheen Deltares), Kenrick Heijn (Waternet), Ludolph Wentholt (STOWA), Chris Griffioen (Waterschap Groot Salland), Ursula Tork (DLG) en Hans Niemeijer (ARCADIS). De experts zijn gelieerd aan ENW, expert-groep piping, VNK, WTI, HWBP, POV Piping en Deltaprogramma.

Omgaan met piping op korte en (middel)lange termijn

Volgens de rekenregels die in VNK zijn toegepast en volgens de doorontwikkelde regels die in het toekomstige toetsinstrument gebruikt gaan worden (WTI 2017, gedetailleerde toets), is de bijdrage van piping aan de faalkans van de dijken voor een groot deel van het rivierengebied aanzienlijk. De versterkingsopgave zal, zeker in het licht van de nieuwe normen, groot zijn. De uitdaging is om de aanpak van maatregelen tegen piping beheersbaar te maken, onder andere door deze maatregelen te faseren.

De eerste fase is het identificeren en prioriteren van de meest urgente dijktrajecten. Daarbij worden locaties geselecteerd waar het probleem overduidelijk zo groot is dat nadere analyse nooit tot goedkeuren kan leiden. In de meeste gevallen zijn voor deze locaties traditionele verbetermaatregelen niet effectief maar moeten maatregelen worden genomen die piping als faalmechanisme uitsluiten en waarbij de lengte van de kwelweg niet langer van belang is ('kwelwegaafhankelijk').

In vervolgfases komen de vakken waar de problematiek kleiner is in aanmerking voor verbetering. De stapsgewijze benadering biedt een handelingsperspectief om (a) de omvang van het probleem van piping in de loop der tijd scherper af te bakenen, (b) steeds de meest urgente gevallen aan te pakken, (c) daarbij in vervolgstappen eerdere ervaringen en voortschrijdende kennis te gebruiken om (d) zo te komen tot de oplossingen die op een bepaalde plek het best inpasbaar zijn. Dit handelingsperspectief is samengevat in de tabel vanaf de volgende pagina. Deze aanpak kan worden vertaald naar alle processen (toetsen, programmeren, ontwerpen, uitvoeren, beheren en beleid opstellen).

Overigens is deze aanpak niet voorbehouden aan het omgaan met piping: deze aanpak kan ook toegepast worden voor andere faalmechanismen en processen binnen het waterkeringbeheer.

Onderwerp	Nu en Korte termijn (tot 2023)	Middellange termijn (tot 2035)	Lange termijn (tot 2050)	Actoren
<p>Te bereiken resultaat bij het toetsen</p>	<p>Opstellen van nieuw wettelijk toetsinstrumentarium (WTI2017) voor toetsen op overstromingskans per dijktraject.</p> <p>Totdat daadwerkelijk getoetst gaat worden kan alvast begonnen worden met het in beeld brengen van de historie en de ondergrond van de waterkeringen.</p> <p>Nauwkeurige analyse van de resultaten van de derde toetsronde met inachtneming van het WTI2011 en VNK2, ook met het oog op verkenningen HWBP.</p> <p>Historie en ondergrond waterkeringen in beeld brengen. De Werkwijzer Piping bij Dijken en de Schematiseringshandleiding bij het WTI2017 geven hiervoor handreikingen.</p> <p>Piping onderscheidt zich van andere faalmechanismen door de grotere onzekerheden; het toetsoordeel is daardoor minder scherp.</p> <p>Als onderdeel van het WTI2017 een filter beschikbaar stellen om snel dijkvakken te selecteren die 'zeker onvoldoende' of 'zeker voldoende' zijn. Hiermee wordt het toetsproces effectiever en is snelle aanmelding bij HWBP mogelijk.</p>	<p>Methoden zijn beschikbaar om relevante ondergrondgegevens in te winnen en te schematiseren op grond van alle beschikbare informatiebronnen.</p> <p>Door aanvullende kennis en informatie van de ondergrond een dusdanige afname van model- en parameteronzekerheid dat met modelberekeningen een scherp en betrouwbaar oordeel gegeven kan worden.</p> <p>In een gedetailleerde analyse kan dan rekening gehouden worden met locatie specifieke aspecten, zoals heterogeniteit van de ondergrond en tijdsafhankelijkheid van de belasting.</p>	<p>Alle benodigde kennis over fysica van piping is verwerkt in toetsregels en alle benodigde informatie van de ondergrond is hiervoor beschikbaar.</p> <p>Doordat bij verbeteren steeds vaker is en wordt gekozen voor kwelwegaafhankelijke maatregelen, is de afhankelijkheid van complexe modellen sterk teruggebracht.</p>	<p>Het ministerie van Infrastructuur en Milieu is eerstverantwoordelijke voor het ontwikkelen van kennis over het fenomeen piping en voor het opstellen van toetsregels.</p> <p>Kennis wordt ontwikkeld door kennisinstellingen (o.a. Deltares, TNO en TU Delft), waterkeringbeheerders, POV Piping, adviesbureaus en aannemers onder begeleiding van RWS, STOWA en waterkeringbeheerders.</p>

Onderwerp	Nu en Korte termijn (tot 2023)	Middellange termijn (tot 2035)	Lange termijn (tot 2050)	Actoren
<p>Te bereiken resultaat bij het ontwerpen en het uitvoeren van dijkverbeteringen</p>	<p>Het ontwerpinstrumentarium (OI2014) wordt verder geschikt gemaakt voor een overstromingskansenbenadering. (OI2018)</p> <p>In het kader van verbeterwerken kan nog eens nauwkeurig gekeken worden naar de resultaten van de derde toetsronde met inachtneming van het WT12011 en VNK2.</p> <p>In het kader van de POV Piping worden kwelwegaafhankelijke maatregelen tegen piping ontwikkeld en wordt de effectiviteit van tijdelijke beheermaatregelen onderzocht.</p> <p>Maatregelen tegen piping worden op maat en flexibel ('no regret') ontworpen. Met name bij een relatief groot kwelwegtekort wordt ingezet op kwelwegaafhankelijke maatregelen die het optreden van piping uitsluiten.</p> <p>Deze innovatieve oplossingen verkrijgen middels pilots (POV Piping) status 'geaccepteerde techniek'.</p> <p>Ook kunnen beheermaatregelen wellicht in combinatie met fysieke maatregelen een doelmatige oplossing bieden. Beheermaatregelen kunnen ook als korte termijn of tijdelijke maatregelen overwogen worden, als de risico's te groot zijn om de versterking af te wachten.</p>	<p>Voor verkenningsfase is een breed spectrum aan (innovatieve) principemaatregelen beschikbaar, zodat maatwerk mogelijk is.</p> <p>Voor maatregelen zijn ontwerpmethoden en afweegmethoden beschikbaar.</p> <p>Voor toetsen en ontwerpen wordt gebruik gemaakt van dezelfde modellen zodat maatregelen altijd getoetst kunnen worden.</p>		<p>Ontwerpregels worden opgesteld in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, de waterkeringbeheerders en de verbeterprogramma's door kennisinstellingen (o.a. Deltares en TNO), de POV piping en adviesbureaus.</p> <p>Methoden voor uitvoering worden ontwikkeld door aannemers.</p>

Onderwerp	Nu en Korte termijn (tot 2023)	Middellange termijn (tot 2035)	Lange termijn (tot 2050)	Actoren
<p>Te bereiken beheer (inclusief onderhoud, inspectie, vergunningverlening, handhaving en calamiteitenbeheersing)</p>	<p>Pipinggevoelige dijktrajecten worden in de gaten gehouden.</p> <p>Tijdelijke beheermaatregelen worden voorbereid.</p> <p>Beheer wordt uitgevoerd op grond van bestaande richtlijnen met inachtneming van opgedane kennis en ervaring uit de toetsing, VNK2 en WV21.</p> <p>Extra waakzaamheid bij beheer door middel van o.a. inspecties en monitoring.</p> <p>Delen "best practices" van beheer en calamiteitenplannen.</p> <p>Bekijken of huidige "best practices" nog verder verbeterd / aangevuld kunnen worden.</p> <p>Inzet van beheermaatregelen tegen piping inbedden in beheer en calamiteitenplannen.</p>	<p>Het optreden van piping en de effectiviteit van maatregelen tegen piping worden continue gemonitord. Monitoringsgegevens zijn de basis voor toets- en ontwerpanalyses.</p> <p>Calamiteitenbestrijdingsplannen zijn up-to-date.</p> <p>Er zijn handreikingen voor onderhoud, inspectie en handhaving, en voor de afweging van beheermaatregelen.</p>		<p>Methoden voor onderhoud, inspectie, vergunningverlening, handhaving en calamiteitenbeheersing worden opgesteld in opdracht van STOWA en de POV Piping.</p>
<p>Te bereiken beleid</p>	<p>Strategieën ontwikkelen voor aanpak pipingprobleem op trajectniveau.</p>	<p>Per traject wordt een strategie bedacht en geïmplementeerd.</p>	<p>In het licht van veranderende omgeving wordt regelmatig gecontroleerd of de strategie nog voldoet of moet worden aangepast.</p>	<p>Eerst verantwoordelijke voor het opstellen van landelijk beleid is het ministerie van Infrastructuur en Milieu.</p> <p>Eerstverantwoordelijke voor het opstellen van regionaal beleid zijn de waterkeringbeheerders.</p>

Onderwerp	Nu en Korte termijn (tot 2023)	Middellange termijn (tot 2035)	Lange termijn (tot 2050)	Actoren
<p>Te bereiken resultaten basiskennis en instrumenten</p>	<p>In het kader van het onderzoeksprogramma WT12017 worden kennis over piping, rekenmodellen) en toetsregels ontwikkeld.</p> <p>In het kader van het project Ontwerpinstrumentarium worden ontwerpregels ontwikkeld</p> <p>Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de fysische processen in de ondergrond ten aanzien van ontstaan en progressie van piping.</p> <p>Methoden om de ondergrond efficiënt en effectief in beeld te brengen.</p> <p>Afwegingsmodel voor inwinnen gegevens</p> <p>Acceptatiecriteria voor innovatieve maatregelen</p> <p>Numeriek model waarin de fysische processen ten aanzien van piping goed beschreven zijn en waarin rekening gehouden kan worden gehouden met locatie specifieke aspecten, zoals heterogeniteit in de ondergrond en tijdsafhankelijke randvoorwaarden.</p> <p>.</p> <p>.</p>	<p>Modellen voor integrale beoordeling totale pipingproces.</p> <p>Nieuwe rekentechnieken om op basis van meettechnieken en waarnemingen ondergrond in kaart te brengen.</p>		<p>Zie bij "Te bereiken resultaat bij het toetsen" en "Te bereiken resultaat bij het ontwerpen en het uitvoeren van dijkverbeteringen".</p>

Over toetsen en ontwerpen

Het verkrijgen van een volledig landsdekkend en gedetailleerd beeld van de waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen in de eerste toetsronde dat op overstromingskansen getoetst wordt, is een erg grote opgave. Er moet dan ook rekening mee gehouden worden dat het toetsproces tot en met de gedetailleerde toets en de 'toets op maat' (waar nodig) niet overal in zijn geheel doorlopen kan worden. Het areaal is groot en de nieuwe toetsregels zijn complex. Het verbeteren van alle waterkeringstrajecten vóór 2023, die met het oog op piping verbeterd moeten worden, is een nog grotere opgave. Daar waar tot 2023 versterkt wordt, kan zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van innovatieve maatregelen tegen piping waarbij de lengte van de kwelweg niet van belang is (no regret kwelwegaanpak), zoals filterconstructie, verticaal zanddicht geotextiel of drainageoplossingen.

Dit betekent dat er tot 2023 wat lucht is bij het vaststellen van toetsregels waarmee beoogd wordt een nauwkeurig oordeel op te stellen over de waterstaatkundige toestand ten aanzien van piping. Eventueel volstaat de toepassing van een filter voor een onderscheid in dijktrajecten die ten aanzien van het faalmechanisme piping 'zeker onvoldoende' en 'zeker voldoende' zijn. Ook zijn tot 2023 de verbeterde ontwerpregels om optimaler te kunnen ontwerpen niet perse noodzakelijk. Wel is het cruciaal dat in de tijd tot 2023 toets- en ontwerpregels worden opgesteld om na 2023 alle waterkeringstrajecten gedetailleerd te kunnen toetsen en de verbeterwerken optimaal te kunnen ontwerpen.

Korte termijn: selecteren en aanpakken meest urgente gevallen

We weten nu voldoende van piping om de toetsing zo uit te kunnen voeren dat we de urgente vakken kunnen identificeren en verbeteren. Bij de dijkverbeteringen waar een groot kwelwegtekort is, wordt ingezet op kwelwegaanpak oplossingen. Binnen de POV Piping worden de mogelijkheden en aandachtspunten bij dergelijke oplossingen met pilots in kaart gebracht. In het beheer krijgt piping bij de monitoring van dijken extra aandacht en worden best practices voor het omgaan met piping gedeeld c.q. ontwikkeld. Maar daarmee zijn we er nog niet. Op de korte termijn wordt een afwegingsmodel voor het inwinnen van gegevens en voor het toepassen van methoden om de ondergrond in beeld te brengen, ontwikkeld. Ook wordt de modelmatige beschrijving van het proces van piping verbeterd.

Toetsen

Zoals gezegd begint de aanpak bij het toetsproces. Het toetsinstrumentarium WT12017 moet zo worden ingericht dat de dijkvakken waar het optreden piping een grote kans van voorkomen heeft, met relatief beperkte inspanning geïdentificeerd kunnen worden. De Werkwijzer Piping bij Dijken en de Schematiseringshandleiding bij het WT12017 bieden hiertoe handreikingen.

Kennis en instrumenten voor toetsen (en ontwerpen) worden ontwikkeld door Rijkswaterstaat en Deltares in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Waterkeringbeheerders kennen hun waterkeringen en zijn belanghebbenden als het gaat over de waterstaatkundige toestand van de waterkeringen. Het is dan ook logisch dat waterkeringbeheerders nauw betrokken worden bij het ontwikkelen van benodigde kennis over faalmechanismen en toetsen, en bij het ontwikkelen van het toets- en ontwerpinstrumentarium. Samenwerking en afstemming tussen Rijk en beheerders is hierbij van groot belang en verdient extra aandacht. De kennis die bijvoorbeeld in de Project Overstijgende Verkenning Piping (POV Piping) wordt opgedaan kan zo zowel bij toetsen als ontwerpen/uitvoeren en B&O een plek krijgen.

Ontwerpen en uitvoeren

Voor de urgente gevallen moet vervolgens een ontwerp voor de aanpassing van de dijk worden gemaakt waarmee op de betreffende locatie het probleem van piping het best kan worden aangepakt. Naast rekenregels zijn kennis van het fenomeen, de specifiek lokale situatie en vakmanschap nodig. Bermen zijn voor de meest urgente locaties vaak niet de meest doelmatige oplossing: bij de keuze voor bermen zouden veelal lange en brede bermen nodig zijn om aan de eisen te voldoen.

Komt uit rekenregels in eerste instantie de noodzaak van een brede berm (> 50 m) of is het achterland bebouwd, dan moet nader onderzoek uitwijzen in welk stukje dijk het probleem zit en wat de beste oplossing is. In het ene geval kan de stroming van water onder de dijk het best worden onderbroken, bijvoorbeeld door ontlastputten of drainage. In het andere geval is het stoppen van het zandtransport, met bijvoorbeeld grof-zandbarrières of verticaal zanddicht geotextiel, een betere keus. De POV Piping initieert, ontwikkelt en test een aantal van deze innovatieve methoden en maatregelen. Doordat deze oplossingen het optreden van piping onmogelijk maken, is hiervoor de nauwkeurigheid / juistheid van de huidige modelbeschrijvingen niet van belang. Meer traditionele oplossingen om de kwelweg te verlengen, zoals bijvoorbeeld een damwand, blijven ook mogelijk, maar kennen een grotere onzekerheid.

Een deel van de dijken zal nu al worden aangepakt, voor een deel van de dijken zal de versterking moeten worden doorgeschoven naar, bijvoorbeeld, de komende 20-30 jaar, omdat het niet mogelijk is om alle dijken in een keer aan te pakken. Door deze gefaseerde aanpak kan in de komende jaren worden ingespeeld op de kennis die nog zal worden ontwikkeld en op de aanvullende informatie en innovaties die beschikbaar zullen komen, en worden uitgaven pas gedaan zodra dat nodig is. Door nu te kiezen voor betaalbare, robuuste oplossingen (waarmee het optreden van piping wordt uitgesloten) en/of flexibele oplossingen ('no regret', want op termijn aanpassing mogelijk) kan in de toekomst alsnog besloten worden tot het achterwege laten van verdere maatregelen doordat bijvoorbeeld de kennis over piping verbeterd is. Bovendien kan alsnog besloten worden tot een zwaardere of traditionelere oplossing, na hiermee ervaring te hebben opgedaan, als de gekozen oplossing niet blijkt te voldoen.

Beheer en onderhoud

De dijk hoeft niet altijd onmiddellijk te worden versterkt om piping tegen te gaan; tijdelijke beheermaatregelen zoals opkisten zijn vaak effectief om het begin van piping te stoppen. Aan de effectiviteit van dergelijke beheermaatregelen is het te danken dat in de afgelopen tientallen jaren piping niet tot het bezwijken van een dijk heeft geleid. Een aandachtspunt is wel dat bij hogere en langer durende hoogwaters dan die in het verleden, piping misschien op zoveel plaatsen tegelijk optreedt dat beheersing met deze maatregelen niet langer met voldoende zekerheid uitvoerbaar is, waardoor niet meer aan de vereiste faalkans voldaan kan worden.

Als waterschappen er voor kiezen om piping op bepaalde locaties met tijdelijke maatregelen bij hoogwater te bestrijden, moeten zij die maatregelen dusdanig borgen in al hun werkprocessen dat de combinatie van vaste en tijdelijke maatregelen aan de faalkanseis voldoet. Goede monitoring en vastlegging van waarnemingen en ervaring zijn daarbij essentieel.

Beheer (inclusief onderhoud, inspectie en handhaving) is vooral het domein van de waterkeringbeheerders. Het is dan ook logisch dat de ontwikkeling van kennis en

instrumenten voor beheer door beheerders geschiedt. In het verleden zijn hiervoor handreikingen opgesteld door STOWA.

Middellange en lange termijn: scherp en genuanceerd

Op de middellange termijn (8-20 jaar na nu) moeten dijkvakken met piping voor de tweede maal worden getoetst. Waar mogelijk gebeurt dit met aangescherpte toetsregels en een verder verbeterde schematisering van de ondergrond. Voor beide is de ontwikkeling van kennis en ervaring noodzakelijk. Er liggen goede kansen op het gebied van monitoring en gegevensinwinning, en mogelijk ook aanvullende informatie aan de hand van hoogwaters in Nederland of het buitenland.

Als uit de toets blijkt dat voor een bepaald dijktraject piping moet worden aangepakt, dan kunnen hiervoor maatwerkoplossingen worden ontworpen op basis van de inzichten (ontwerpregels), keuzes (innovaties) en ervaringen met beheer en onderhoud die dan beschikbaar zijn. Hiervoor is echter nodig dat op deze aspecten evaluaties dan wel pilots worden uitgevoerd.

Conclusie en aanbevelingen

Piping is een belangrijk faalmechanisme. Het beheersen van dit mechanisme is complex omdat aard en omvang van de voor piping gevoelige dijktrajecten (nog) niet goed bekend zijn en de aanpak van het vraagstuk piping (nog) niet eenduidig vastligt. Hierdoor is er veel onduidelijk bij het omgaan met piping. Er is echter wel degelijk een handelingsperspectief voor het omgaan met piping, zoals aangegeven in de tabel in deze notitie. Deze tabel vormt dan ook het hart van deze notitie. Een samenvatting van het handelingsperspectief is gegeven in het kader op pagina 7.

De aanbeveling is om de ambitie in de tabel waar te maken en daarbij:

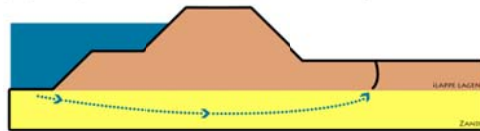
- een afwegingsmodel te ontwikkelen t.b.v. de optimalisatie van de inwinning van grondgegevens in relatie tot de omvang van het pipingprobleem en de kosten om dit probleem op te lossen. De Werkwijzer Piping bij Dijken geeft een handreiking voor het inwinnen en vastleggen van informatie over de ondergrond;
- gelijktijdig met de ontwikkeling van het rekenmodel technieken te ontwikkelen of verbeteren waarmee de ondergrond en grondwaterstand kostenefficiënt en doelgericht in beeld kan worden gebracht, wat direct tot meer inzicht in de ernst van de problematiek kan leiden. Een nauwkeurig rekenmodel levert niets op wanneer de informatie voor dit onderdeel ontbreekt. Andersom is het minder zinvol om veel informatie te verzamelen als het rekenmodel hier niet of beperkt mee kan omgaan;
- een dataset te maken van historische locaties waar piping is opgetreden. Deze dataset kan dienst doen als benchmark bij het testen van methoden en hypothesen;
- binnen het hier gepresenteerde handelingsperspectief op een meer structurele wijze gebruik te maken van, en voort te bouwen op nieuwe kennis en ervaring die collega waterkeringbeheerders, adviseurs en deskundigen opdoen (lerend vermogen).

Tot slot een advies aan al diegenen die in hun werk met piping moeten omgaan. Schematiseringen en rekenmodellen zijn benaderingen van de werkelijkheid en niet de werkelijkheid zelf. Ook is de kennis zelf is nog in ontwikkeling. Laat je daarom leiden door kennis van het fenomeen (fysica) **en** gezond verstand bij het analyseren van piping. Ga eerst na of piping op kan treden op grond van locatie specifieke informatie. Bepaal vervolgens welke analyse uitgevoerd moet worden (doe de meest aannemelijke sommetjes) en voer dan de berekeningen uit (doe het sommetje goed).

Bijlage A Het fenomeen: wat is piping?

Piping is het proces waarbij door een hoge waterstand aan de ene kant van de waterkering (bijvoorbeeld een dijk) de druk van het grondwater zo hoog wordt dat aan de andere kant van de dijk zand uit de ondergrond naar het maaiveld wordt gevoerd. Daarbij ontstaat een kanaal ('pipe') die, als deze groot genoeg is, kan instorten waarbij ook de bovenliggende dijk kan bezwijken. Voor het optreden van piping is een verschil nodig in waterstand aan weerszijden van de dijk, een zandlaag onder de dijk en een deklaag boven de zandlaag die de bovenkant van het pipingkanaal afgrendelt.

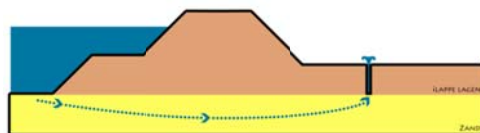
(a) opbarsten van de deklaag



Als de watervoerende zandlaag onder een dijk in contact staat met de rivier (of een ander watersysteem), zal de waterdruk in die zandlaag toenemen als het water in de rivier stijgt. Als de zandlaag aan de bovenkant wordt begrensd door een deklaag van klei of veen, kan de wateroverdruk in de zandlaag ten opzichte van de deklaag zo groot worden dat het grondwater in de zandlaag een uitweg naar boven forceert en de deklaag opbarst.

De waterstand in een watersysteem kan in de tijd verlopen, waardoor de wateroverdruk in de zandlaag zich niet geheel kan ontwikkelen. Denk hierbij, bijvoorbeeld, aan een estuarium. De kans op opbarsten is dan kleiner dan bij een omstandigheden waarbij de waterstand langere tijd tegen de dijk staat.

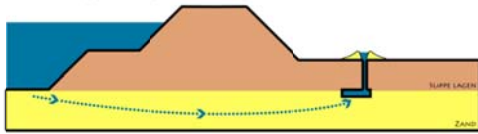
(b) kwel / welvorming / heave, begin van erosie



Er ontstaan in eerste instantie wellen die alleen schoon water voeren op het maaiveld of in de slootbodemp aan de binnenkant van de dijk. Als de opwaartse stroomsnelheid in de wel groot genoeg is, kan zand meegevoerd worden (heave) en ontstaat een zandmeevorende wel.



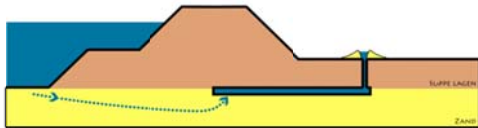
- (c) beginnende pipe-vorming door terugschrijdende erosie



Als het water vanuit de zandlaag hard genoeg naar het maaiveld stroomt, kan het steeds meer zand uit de ondergrond naar buiten afvoeren dat als een krater rond de wel wordt afgezet.



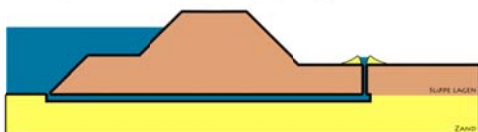
- (d) pipe-vorming door terugschrijdende erosie



Door terugschrijdende erosie wordt een kanaal ('pipe') gevormd die zich verder ontwikkelt in de richting van het hoge water (rivierkant). De pipe is in dit stadium overigens nog uiterst klein, maximaal enkele millimeters in diameter. Vaak ontstaan er ook vertakkingen.

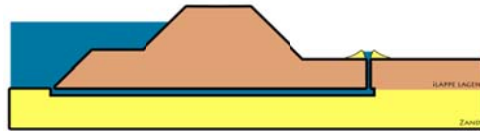
De weg die de 'pipe' aflegt, zal niet recht zijn maar zal meanderen als gevolg van lokale variaties in de ondergrond (heterogeniteit). Het kan zelfs zijn dat een 'pipe' stopt als er grof zand of grind op het pad van de 'pipe' is.

- (e) doorgaande pipe / begin van ruimen
(= mechanisme piping)



Als het verschil in waterstand over de dijk groot genoeg is, kan deze terugschrijdende erosie net zo lang doorgaan tot het uittredepunt aan de binnenkant met een intredepunt van het water aan de buitenkant wordt kortgesloten.

(f) ruimen (= verbreding van de pipe)

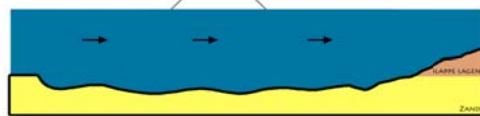


Meer erosie van dit pipingkanaal kan er toe leiden dat de dijk verzakt en uiteindelijk doorbreekt.

(g) bezwijken van de dijk

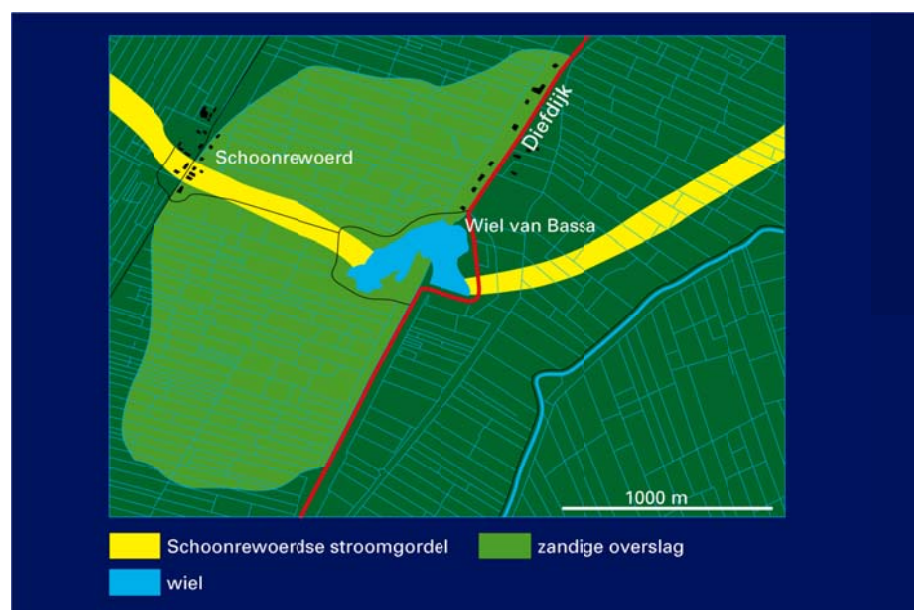


(h) dijkdoorbraak



Afbeelding 1. Het proces van het ontstaan van piping t/m het bezwijken van de dijk.

Dat piping bij hoge waterstanden op de Nederlandse rivieren en estuaria op kan treden, is een feit. Zandmeevoerende wellen worden bij hoogwater aan de binnenkant van dijken geconstateerd, bij verschillende rivieroverstromingen zijn doorbraken door piping waargenomen, en in het landschap getuigen kolkgeden bij dijken op plaatsen waar zandbanen de dijken kruisen (zie afbeelding 2 hieronder) van doorbraken in voorgaande eeuwen. Overigens leidt niet iedere zandmeevoerende wel tot een doorgaande pipe en een bedreiging voor de dijk.



Afbeelding 2. Veel kolkgeden bij dijken liggen op plaatsen waar de dijk een ondiepe zandbaan (de oude stroomgordel van een rivier) kruist, zoals het Wiel van Bassa op de plek waar de Diefdijk voor het laatst (in 1573) is doorgebroken. Het is waarschijnlijk dat de dijk daar door piping is bezweken (Bron: H. Berendsen).

In de toetsing wordt er vanuit gegaan dat een dijk faalt als de gecombineerde kans op het optreden van verschillende faalmechanismen (waaronder piping) groter is dan de daarvoor gestelde norm.

Als een wel is geconstateerd, zijn er eenvoudige, tijdelijke beheersmaatregelen mogelijk om verdere pipe-groei te voorkomen. De bekendste maatregelen zijn het opkisten van een wel en het opzetten van het polderpeil. Het probleem bij opkisten bij extreme situaties is dat op zeer veel locaties wellen kunnen ontstaan, waardoor maatregelen die voor enkele wellen effectief zijn in het totale beheersgebied praktisch minder goed uitvoerbaar zijn door aantal en omvang.

Bijlage B Rekenen aan piping, een vereenvoudiging van de werkelijkheid

Bij de beoordeling van de sterkte van de Nederlandse waterkeringen is het proces van terugschrijdende erosie (mechanisme d in afbeelding 1) maatgevend gesteld voor het optreden van piping. Voor dit mechanisme zijn eenvoudige rekenregels afgeleid uit een complex rekenmodel. Daarbij wordt uitgegaan van een oneindig lang durende hoogwatersituatie en een zandlaag onder een horizontale deklaag, waarbij de dikte, de korrelgrootte en de doorlatendheid van de zandlaag constant zijn en waarbij de deklaag als ondoorlatend wordt beschouwd.

Voordat het rekenmodel van Sellmeijer bestond, werd gerekend met de empirisch afgeleide formules van Bligh en Lane. Deze eenvoudige rekenregels waren gebaseerd op waarnemingen aan niet-Nederlandse situaties en omstandigheden. De geldigheid van deze rekenregels voor Nederland is nooit aangetoond. Van de rekenregel van Bligh is in Nederland inmiddels afscheid genomen. Voor de rekenregel van Lane voor verticale kwelwegen bestaat nog geen alternatief. De rekenregel van Lane wordt dan ook nog steeds gebruikt bij toetsen en ontwerpen voor situaties waarbij verticale (gedeelten van) kwelwegen voorkomen.

We vereenvoudigen het proces van piping sterk tot een proces van terugschrijdende erosie in één zandlaag onder een horizontale, ondoorlatende deklaag. Ook de eigenschappen van de grond en de grondwaterstroming in de zandlaag, die bepalen of en in welke mate piping kan optreden, vereenvoudigen we sterk om (snel) berekeningen uit te kunnen voeren. De werkelijkheid van een driedimensionaal ondergrondbeeld van zandige stroomgordels met variërende korrelgrootte omringd door lagen van klei en veen met variërende dikte vertalen we noodgedwongen in kansverdelingen van parameters die de korrelgrootte en de doorlatendheid van de grond karakteriseren als een gemiddeld beeld per dijkvak.

Het proces van piping zal in werkelijkheid dan ook anders verlopen dan in de reken-som. De samenstelling van de ondergrond en de processen die samenhangen met de grondwaterstroming verlopen ingewikkelder dan met de rekenregel beschreven en met grondonderzoek in kaart kan worden gebracht. De benadering van de werkelijkheid in de rekenregels is conservatief; er wordt uitgegaan van een ongunstige situatie. Rekenmodellen zijn in ontwikkeling om de werkelijke toestand in de ondergrond rekentechnisch beter te kunnen meenemen (3D EEM); de hiervoor benodigde wetenschappelijke kennis is beschikbaar (proefschrift van Hans Sellmeijer, 1988). Recent zijn ook de benodigde numerieke middelen beschikbaar gekomen om genoemde rekenmodellen toepasbaar te maken voor de toets- en adviespraktijk. Maar om de 'numerieke middelen' effectief toe te kunnen passen is (veel) meer kennis van de lokale situatie nodig dan nu veelal bekend is. De onlangs uitgebrachte Werkwijzer Piping bij Dijken geeft een handreiking om met beschikbare informatie tot een zo goed mogelijke ondergrondschematisering te komen.

Heterogeniteit van de ondergrond

In de rekenregels wordt er vanuit gegaan dat de eigenschappen binnen een laag homogeen zijn. In werkelijkheid zal de korrelgrootte van een zandlaag onder de dijk van plek tot plek verschillen, en dus ook het gemak waarmee korrels door het stromende grondwater kunnen worden verplaatst. Het water volgt bij terugschrijdende erosie een route onder de dijk waar het zand het gemakkelijkst in beweging komt (weg van de minste weerstand); het pipingkanaal onder de dijk zal daardoor eerder

een meanderende route volgen dan een rechte lijn, en het verhang in waterdruk over het pipingkanaal zal daarmee kleiner zijn dan wat het huidige rekenmodel berekent. Ook kan het pipingkanaal zand 'tegenkomen' dat te grof is om te worden verplaatst, het kanaal kan instorten en verstopt raken, of de geconcentreerde waterstroming kan uitwaaiëren over een groter gebied en daardoor in kracht afnemen; in al deze gevallen kan het pipingproces worden vertraagd of zelfs stoppen.

Zelfs als de laag waarin piping optreedt wel homogeen is, kan de bovenliggende deklaag het proces van piping beïnvloeden. Als deze laag niet helemaal horizontaal is, moet de terugschrijdende erosie verticaal afbuigen en wordt deze erosie (tegen de zwaartekracht in) afgeremd. Ook zal een deklaag niet altijd ondoorlatend zijn, waardoor de plekken waar het water aan rivierkant in- en aan de andere kant uitstroomt, in werkelijkheid anders kunnen zijn dan in het model was aangenomen. Als de deklaag niet helemaal ondoorlatend is, kan het grondwater zijn druk deels al eerder kwijt dan bij het uittredepunt en zal het verhang tussen intrede- en uittredepunt in werkelijkheid kleiner zijn dan waarmee wordt gerekend.

Tijdsafhankelijkheid van de belasting

Een ander belangrijk aspect is het effect van tijdsafhankelijkheid, zowel aan de belastingkant als aan de sterktekant. De belasting, met name aan de kust is kortstondig vergeleken met bijvoorbeeld een rivierhoogwatergolf. De optredende hoogwaterstand zal dan ook niet een op een als aandrijvende kracht op het pipingproces doorwerken. De duur van een getijhoogwater is hoogstwaarschijnlijk te kort om het pipingproces op gang te kunnen brengen. Maar ook bij een rivierhoogwater zal de toename van het verhang in waterdruk over de kering, als gevolg van waterberging in en onder de dijk, nauwelijks op de stijging van de waterstand in de rivier. Het pipingproces ijlt hierdoor na op de afvoergolf en het kritieke verhang wordt veel later bereikt dan het moment van de hoogwaterpiek.

Aan de sterktekant is de vraag hoe lang het proces van pipevorming nodig heeft om uiteindelijk tot een kortsluiting onder de dijk te leiden en of het proces van pipevorming bij meerdere opeenvolgende hoogwatersituaties steeds opnieuw wordt opgestart of dat de pipe daar verder gaat groeien waar het proces bij een eerder hoogwater tot stilstand is gekomen. Ook de ontwikkeling van een doorgaande pipe tot doorbraak heeft tijd nodig.

Het vertrekpunt van de huidige pipingberekeningen is dus een vereenvoudiging van het proces gekoppeld aan een grove schematisering van de ondergrond. Omgaan met piping is, voor een groot deel, omgaan met onzekerheden. In onze rekenmodellen onderscheiden we model- en schematiseringonzekerheden. De modelonzekerheden geven aan hoe goed we het fysische proces met onze modellen beschrijven. De schematiseringonzekerheden geven aan hoe goed we de werkelijkheid kunnen schematiseren voor toepassing in het rekenmodel.

Als de modelonzekerheden met aanvullende kennis kunnen worden gereduceerd, kan blijken dat faalkansen kleiner (of groter) zijn dan eerder was berekend. Een voorbeeld van een effect waarbij de rekenregel de werkelijkheid niet goed beschrijft, is de invloed van het (snel) variëren van de waterstand tegen de dijk op de grondwaterdruk: in het algemeen duurt het enige tijd voordat de grondwaterdruk zich heeft ingesteld op een hogere waterstand tegen de dijk. Vooral bij relatief sterk variërende waterstanden (denk aan de invloed van het getij in het benedenrivierengebied, in estuaria en aan de kust) en bij lange kwelweglengtes kan de bijdrage van piping aan de faalkans daardoor worden overschat.

Schematiseringonzekerheden hebben te maken met de hoeveelheid en kwaliteit van bodeminformatie. Een bijzondere onzekerheid daarbij is het lengte-effect die ontstaat bij het optellen van faalkansen van doorsneden tot een faalkans per dijktraject. Hoe langer het dijktraject, hoe groter de faalkans door piping (en door andere faalmechanismen). Dit lengte-effect werd lange tijd onderschat en draagt bij aan de berekende grote faalkansen voor veel Nederlandse dijktrajecten.

De schematiseringonzekerheden in de gegevens kunnen verkleind worden door slim gebruik te maken van beschikbare informatie en deze aan te vullen met geotechnisch grondonderzoek ter plaatse. De Werkwijzer Piping bij Dijken geeft hiervoor een handreiking. Met gevoeligheidsanalyses kan eenvoudig worden nagegaan of in een bepaalde situatie nadere gegevensverzameling zinvol is.

Bijlage C De interpretatie van de resultaten: een urgent probleem

De model- en materiaalparameters in de rekenregel waarmee de kans op falen van een dijk door piping wordt berekend, zijn onzeker. Die onzekerheid wordt met zogenaamde kansdichtheidsverdelingen in de berekeningen ingebracht. Deze onzekerheden zijn onontkoombaar; de eigenschappen van grond en de grondopbouw variëren immers van plek tot plek. Als zeer hoge faalkansen worden berekend - en dit wordt bevestigd door waarnemingen in het veld (zandmeevoerende wellen bij hoge waterstanden) - is er voldoende reden om te concluderen dat de situatie niet voldoet. Als relatief hoge faalkansen worden berekend, kan het zinvol zijn om te bezien of met nader (grond)onderzoek de onzekerheid rond parameters en schematisering kan worden verkleind. De aanvullende kennis leidt tot kleinere onzekerheid en al dan niet lagere faalkansen. Dit geeft de basis om die dijkvakken aan te pakken waarvan waarschijnlijk is dat de hoge faalkansen reëel zijn.

Voor het omgaan met piping is het cruciaal om de rekenresultaten van de bijdrage van piping aan de faalkansen van de Nederlandse waterkeringen goed te duiden, waarbij wordt gekeken naar model- en schematiseringsonzekerheden.

Bij het rekenen aan piping lopen we tegen veel onzekerheden aan. Die onzekerheden vertalen we in kansverdelingen van de invoerparameters voor de berekeningen. Die onzekerheden zijn de realiteit. De berekende faalkansen van de dijken zijn daarmee ook realistische faalkansen op basis van de kennis van nu en is er pas een reden om die berekende faalkansen (naar boven of naar beneden) bij te stellen als aanvullende kennis daartoe leidt.

Bij de bepaling van de onzekerheden wordt van denkbaar conservatieve aannames uitgegaan. De uiteindelijke berekende faalkansen zouden dan als een bovengrens gezien kunnen worden. Dat dit inderdaad een bovengrens kan zijn, wordt mede ingegeven door het feit dat er de tijdens hoge rivierafvoeren duizenden zandmeevoerende wellen zijn waargenomen, maar dat slechts enkele dijkdoorbraken zijn beschreven (Zalk 1926, Nieuwkuijk 1880, Tholen 1884).

Voor het duiden van het rekenresultaat is het cruciaal om rekenresultaten naast ervaringen van experts en beheerders te leggen. Wanneer een hoge faalkans wordt berekend maar in de praktijk geen pipingverschijnselen worden waargenomen, is dat reden om de analyse nog eens kritisch te bekijken. Datzelfde geldt voor situaties waarbij wellen zijn waargenomen maar een lage faalkans wordt berekend. Aanbevolen wordt om locaties waar pipingverschijnselen zijn waargenomen te analyseren en te vergelijken met modelberekeningen.

Er bestaat verschil van mening over de interpretatie van hoge faalkansen voor piping ten opzichte van de (wettelijke) normkansen. Er is echter geen verschil van mening over de vervolgstappen: hoge berekende faalkansen vragen om urgentie ten aanzien van (1) nader onderzoek bij parameters met een grote onzekerheidsband (resultierend in al dan niet lagere faalkansen) en (2) het aanpakken/versterken van dijkvakken waarbij de afstand tussen norm en berekende faalkans dusdanig groot is dat ter plekke piping een reëel veiligheidsprobleem oplevert.

De dijkvakken waar piping een grote bijdrage aan de gerapporteerde faalkansen levert, liggen verspreid over een groot deel van het Nederlandse dijkstelsel. Dat de urgentie voor het aanpakken van piping hoog is, zal naar verwachting worden

onderstreept bij de toetsing van de dijken vanaf 2017. Dan zullen naar verwachting nog minder dijken op piping worden goedgekeurd dan bij de vorige toetsing omdat dan met een nieuwe, strengere formule én meestal met een strengere norm wordt gerekend.

Bij het aanpakken van waterkeringen die kwetsbaar zijn voor piping is het voor een beheerder van belang het probleem zo snel mogelijk beheersbaar te krijgen. Daarbij spelen 2 vragen:

- 1 Waar (op welke locaties, lengte van de strekkingen) speelt het probleem en hoe 'erg' is het?
- 2 Hoe moet ik er nu mee omgaan (wijze van verbeteren, inwinnen aanvullende informatie, inspecties, beoordelen van vergunningaanvragen, aanpassen rampen-beheersingsplannen, etc .)

Deze vragen komen ook aan bod in de POV Piping.