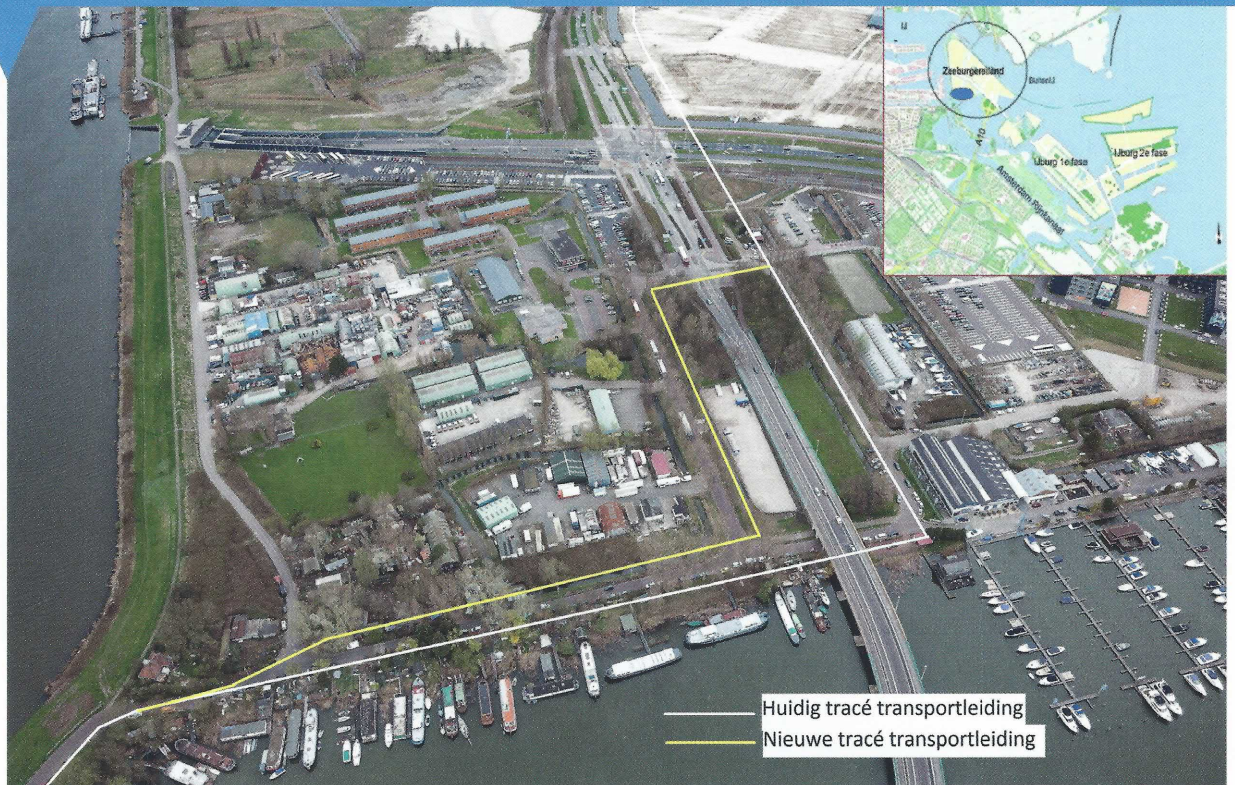


VAKBLAD VOOR GROND-, WEG- & WATERBOUWKUNDE EN VERKEERSTECHNIEK

CIVIELE TECHNIEK

JAARGANG 73 NUMMER 1/2 2019

Thema Water
Water in de openbare Ruimte
Waterbouw



Figuur 1. Ligging nieuwe watertransportleiding geprojecteerd op luchtfoto zuidoostkant Zeeburgereiland

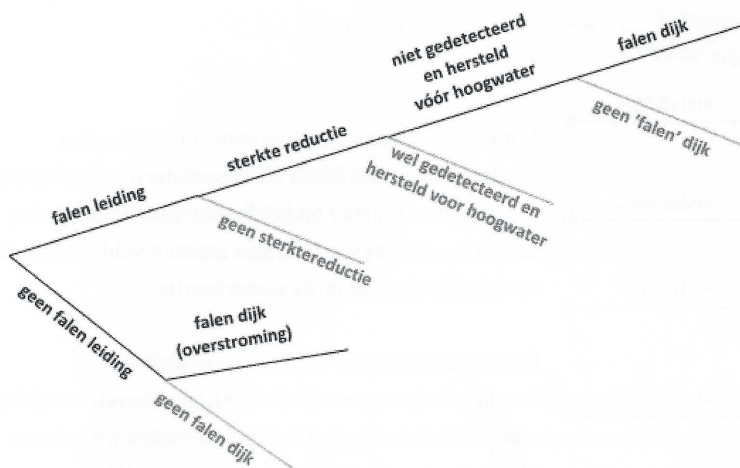
Zeeburgereiland bespaart onnodige constructieve maatregelen Innovatieve betrouwbaarheidsanalyse waterkering met waterleiding

De Projectoverstijgende Verkenning Kabels & Leidingen (POV K&L) wordt uitgevoerd binnen het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) met als belangrijkste doel om de risico's van kabels en leidingen bij dijkversterkingsprojecten te minimaliseren. Vanuit de POV K&L is voor Zeeburgereiland een innovatieve faalkansanalyse uitgevoerd bij het dijkontwerp met een parallelle waterleiding.

Zeeburgereiland, gelegen aan de noordkant van Amsterdam in het IJmeer (Markermeer), is aangewezen als herontwikkelingsgebied; door de gemeente Amsterdam wordt gewerkt aan een hoogwaardig woongebied met circa 9.700 woningen, inclusief voorzieningen. Het Zeeburgereiland ligt momenteel buitendijks. De bestaande primaire waterkering, in beheer bij Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, wordt verlegd om het gebied binnendijks te brengen. Dit gebeurt door de huidige zomerkadens rond het eiland op te waarden tot primaire waterkeringen. De faalkansanalyse heeft betrekking op een ontwerp van

een multifunctionele primaire waterkering aan de zuidzijde van Zeeburgereiland, met ter plaatse van de binnenkruin een watertransportleiding met een diameter van 800 mm (zie figuur 1).

Deltares heeft deze integrale faalkansanalyse uitgevoerd voor de POV K&L, in samenwerking met de gemeente Amsterdam als ruimtelijke ontwikkelaar van Zeeburgereiland en Waternet als toekomstige waterkeringbeheerder namens Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, en tegelijk netbeheerder van de nieuwe drinkwaterleiding namens de gemeente Amsterdam. De faalkansanalyse heeft aangetoond dat de nieuwe



Figuur 2. Generieke gebeurtenissenboom voor het beoordelen van een waterkering met invloed van een falende leiding (Deltares, 2018)

waterkering inclusief waterleiding aan de waterveiligheidseisen in termen van de toelaatbare overstromingskansen voldoet en kan als blauwdruk voor andere projecten met een soortgelijke problematiek dienen.

Achtergrond

Sinds 2017 is het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) van kracht voor het beoordelen van de veiligheid van primaire waterkeringen. De onderliggende wettelijke waterveiligheidsnormen zijn geformuleerd als toelaatbare overstromingskansen. Het betreffende dijkvak met waterleiding op het Zeeburgereiland zal, na versterking, onderdeel uitmaken van het dijktraject 44-2 met een maximaal toelaatbare faalkans van 1/100 per jaar. Conform het WBI moet worden gecontroleerd of de kabel of leiding een bijdrage kan hebben aan de overstromingskansen. Indien nodig kan een toets op maat worden uitgevoerd om vast te stellen of de bijdrage acceptabel is in termen van de toelaatbare overstromingskansen.

Voor het beoordelen van leidingtechnische aspecten is NEN 3650 serie (NEN, 2016) van toepassing. Deze NEN 3650 serie heeft de doelstelling om veilige ondergrondse buisleidingsystemen te realiseren. Volgens de NEN 3651 zou de situatie op Zeeburgereiland met een waterleiding in de kruin niet toelaatbaar zijn. Een mogelijke oplossing

is het plaatsen van een (functie-scheidende) damwand om negatieve effecten van een eventueel lekkende leiding op de waterkering te mitigeren. De vraag is of deze kostbare maatregel vanuit waterveiligheid noodzakelijk is. De NEN 3650 biedt de mogelijkheid om met een faalkansanalyse aan te tonen of de zogenaamde 'dysfunctiekans' van de leiding aanvaardbaar is, wat wederom goed aansluit bij de overstromingskansbenadering voor het beoordelen van waterkeringen. Recent is in samenwerking tussen WBI en de POV K&L een veiligheidsraamwerk specifiek voor de beoordeling van kabels en leidingen in primaire waterkeringen opgesteld, waarin generiek beschreven wordt hoe een dergelijke toets op maat kan worden uitgevoerd. De hoofdlijn van de analyse is in de gebeurtenissenboom in figuur 2 weergegeven; het betreft een integrale analyse van (de kans op) het falen van een leiding, de effecten op de sterkte van de waterkering, de kans op gelijktijdig optreden van een hoogwater en het uiteindelijk falen van de waterkering.

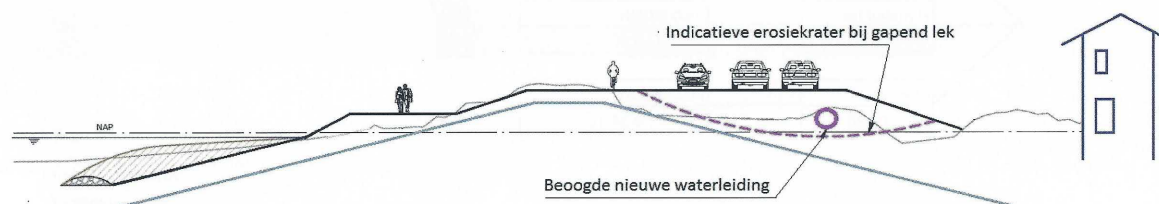
Het veiligheidsraamwerk is bij het dijkversterkingsproject Zeeburgereiland gebruikt om het ontwerp van de waterkering inclusief waterleiding te toetsen in het zichtjaar aan het einde van de beoogde ontwerp levensduur (100 jaar).

Faalmechanismen

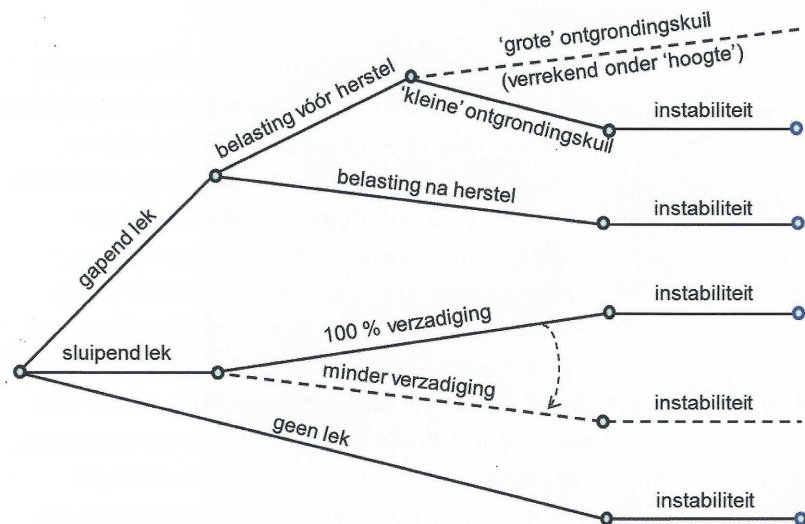
Voor de condities bij de dijkversterking Zeeburgereiland (zie figuur 3) zijn de volgende faalmechanismen van de waterkering van belang als het gaat om de invloed van de waterleiding:

- overloop/golfoverslag en erosie kruin/binentalud (HT)
- macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)
- macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)

De faalkans wordt in de doorsnede per faalmechanisme bepaald, en vervolgens getoetst aan een faalkanseis rekening houdend met de toelaatbare faalkans van het dijktraject (44-2), een faalkansruimtefactor en het lengte-effect.



Figuur 3. Dwarsdoorsnede Zeeburgereiland (schematisch)



Figuur 4. Gebeurtenissenboom (faalpaden) voor macrostabiliteit (STBI & STBU)

Stapsgewijs

In deze studie is stapsgewijs gewerkt om de veiligheid van het dijkversterkingsontwerp met waterleiding te beoordelen. Hiervoor zijn als eerste klassieke ontwerpberekeningen voor de waterkering gemaakt en vervolgens is een integrale faalkansanalyse uitgevoerd, gebruik makend van de systematiek in het door WBI voorgestelde veiligheidsraamwerk (tweede stap). Vervolgens zijn voor kritieke onderdelen in het raamwerk verdiepende faalkansanalyses voor de waterkering uitgevoerd in de derde stap. Voor de faalkans van de waterleiding zelf is voor het referentieproject Zeeburgereiland uitgegaan van conservatieve schattingen van de totale faalkans van de waterleiding en van het optreden van de faalscenario's sluipend lek (klein gat met langdurend gering uitstroomdebiet) en gapend lek (groot gat met kortdurend groot uitstroomdebiet). Dit op basis van de

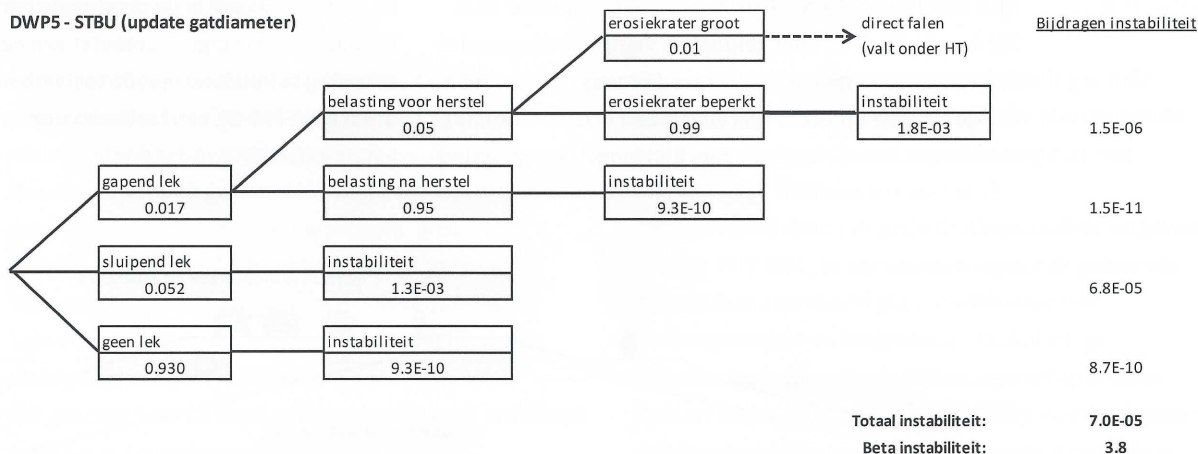
Nationale Praktijkrichtlijn voor Ondergrondse Pijpleidingen NEN 3659. Deze benadering bleek geschikt voor de waterkering op het Zeeburgereiland, omdat met deze uitgangspunten kon worden voldaan aan de veiligheidseisen voor de waterkering.

Resultaten

Met klassieke ontwerpberekeningen (eerste stap) kan niet worden aangetoond dat de overstromingskans kleiner is dan de eis die vanuit de wettelijke norm wordt gesteld. Met name de buitenwaartse stabiliteit bij aanwezigheid van een erosiekrater als gevolg van een gapend lek in de waterleiding bleek niet voldoende in de berekeningen. De beperking van de klassieke ontwerpberekeningen is dat de aanwezigheid van de schade door een gefaalde leiding (sluipend of gapend lek) wordt verondersteld, zonder rekening te houden met de kans op voorkomen van een dergelijk lek.

Deze beperkingen van de klassieke ontwerpberekeningen konden worden weggenomen met een integrale (faalkans)analyse, zoals in generieke vorm voorgesteld in het veiligheidsraamwerk. Hiervoor zijn gebeurtenissenbomen opgesteld per faalmechanisme van de waterkering, zie bijvoorbeeld in figuur 4 de gebeurtenissenboom voor macro-instabiliteit (binnenwaarts en buitenwaarts).

Invullen van de deelkans in de gebeurtenissenbomen, inclusief nadere faalkansanalyses op kritieke onderdelen (derde stap) heeft uiteindelijk geleid tot totale faalkansen per faalmechanisme, inclusief de invloed van leiding falen. Als voorbeeld is in figuur 5 een gebeurtenissen-



Figuur 5. Gebeurtenissenboom macrostabiliteit buitenwaarts (STBU), resultaten

boom voor buitenwaartse macro-instabiliteit (STBU) afgebeeld. De berekende betrouwbaarheidsindex (maat voor de faalkans) van 3.8 (op jaarbasis) voldoet aan de vereiste waarde van 3.5, waarmee de veiligheid voor dit faalmechanisme is aangetoond.

Drie miljoen euro bespaard

De integrale faalkansanalyse voor Zeeburgereiland heeft tot het eindoordeel geleid dat het ontwerp van de waterkering, inclusief de parallelle waterleiding ter plaatse van de binnenkruinlijn voldoet aan de faalkans-eisen op basis van overstromingskansen. Hierdoor is circa drie miljoen euro bespaard die zonder deze analyse voor constructieve maatregelen nodig was geweest om de gevolgen van een lekkende of barstende waterleiding te mitigeren.

Toepassing van het veiligheidsraamwerk is voor deze waterkering een efficiënte manier gebleken om de

invloed van de leiding op de overstromingskans te analyseren. De eisen volgens de NEN 3650-serie voor leidingen zijn ook gerespecteerd. De invulling van de gebeurtenissenbomen per faalmechanisme heeft voor vernieuwende elementen gezorgd. De opgedane inzichten en de gevolgde methodiek van grof naar fijn kunnen dienen als vertrekpunt voor andere projecten. Vervolgens kan deze studie handvatten geven voor het door POV K&L op te stellen 'Handelingsperspectief veiligheidsrisico', om de veiligheid van waterkeringen, inclusief het effect van potentieel lekkende leidingen in en nabij waterkeringen adequaat te kunnen beoordelen. ●

Timo Schweckendiek, Deltares, Technische Universiteit Delft, Harry Schelfhout, Nisa Nurmohamed, POV Kabels en Leidingen, Franco Pantano, Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam, Robert Slomp, Rijkswaterstaat, Martin Nieuwjaar, Waternet, Anton van der Meer en Henk Kruse, Deltares



CIVIL ENGINEERING

ENKAMAT® A20

VOOR PERMANENTE OEVERBESCHERMING

EnkaMat A20 is een goed doorgroeibare 3D erosiepreventiemat voor oevers. De bijzondere structuur van de mat geeft wortelstelsels extra houvast. Samen met de oevervegetatie zorgt EnkaMat A20 voor blijvend beschermde, groene oevers.



Enka®
Solutions

Low & Bonar

Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem | T +31 85 744 1300
lowandbonar.com/civilengineering | civilengineering@lowandbonar.com