

FACTSHEET

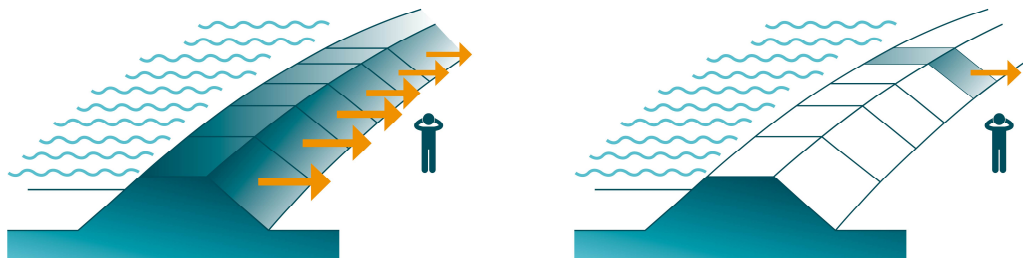
Aan : Kennisplatform Risicobenadering
Van : Ruben Jongejan
Kopie aan : -
Review : Bob van Bree
Datum : 06-06-2016
Versie : Definitief
Onderwerp : Het lengte-effect

**Kennisplatform
Risicobenadering**
Zuidersluis 1
3439 LA Nieuwegein
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
kpr@rws.nl

1. De oorsprong van het lengte-effect

De kans dat er bij Opheusden een dijk doorbreekt, is kleiner dan de kans dat dit ergens in de Betuwe gebeurt. Ook is de kans dat er ergens in de Betuwe een dijk doorbreekt kleiner dan de kans dat dit ergens in Nederland gebeurt. Deze voorbeelden geven aan dat de kans dat er ergens een dijk bezwijkt, groter is dan de kans dat dit precies op één bepaalde plaats gebeurt.

Het bovenstaande heeft te maken met een fenomeen dat ook wel het lengte-effect wordt genoemd. Deze onzekerheid komt in de praktijk vooral voort uit het feit dat er nooit van punt tot punt metingen beschikbaar zijn. Hierdoor is het in de praktijk nooit precies bekend waar de zwakste plek zich bevindt en hoe zwak de zwakste plek precies is. Hoe langer de dijk, des te groter de kans op een relatief zwakke plek is. Dat verklaart ook waarom er tijdens hoogwater langs de dijken wordt gepatrouilleerd om te zien of er ergens problemen optreden. Hoe groter de afstand is die een dijkwachter aflegt, des te groter de kans is dat hij ergens een probleem constateert, óók als de kans op het zien van een probleem bij elke stap hetzelfde is.



Figuur 1. Illustratie van het lengte-effect: de kans dat het ergens in de dijkring misgaat, is groter dan de kans dat het op één specifieke plaats misgaat doordat de sterkte onzeker is en ruimtelijk variabel.

Het lengte-effect kan ook voortkomen uit de ruimtelijke variabiliteit van de belasting. Als de oriëntatie van een traject sterk variabel is, dan kan het zo zijn dat sommige delen van het traject zwaar worden belast bij oostenwind terwijl andere dan nauwelijks belast worden, en vice versa. Stel dat een traject alleen kan falen bij een harde oostenwind of bij een harde westenwind. In dat geval is de overstromingskans gelijk aan de som van de kans op een harde oostenwind en de kans op een harde westenwind. Het kan immers niet tegelijkertijd uit het oosten en het westen waaien. De overstromingskans is dan dus groter dan de kans van het gedeelte van het traject dat op het oosten (of westen) is georiënteerd. Ook dit is te beschouwen als een lengte-effect.

2. Rekenen aan het lengte-effect

Een dijktraject is op te vatten als een seriesysteem van relatief korte vakjes of doorsneden. De overstromingskans is de kans dat ten minste één van deze vakjes faalt. Een vakje faalt als de belasting op het vakje groter is dan de sterkte van het vakje. In formulevorm:

$$P(F_i) = P(S_i > R_i)$$

$P(F_i)$ de kans op het falen van vakje i
 S_i de onzekere belasting op vakje i
 R_i de onzekere sterkte van vakje i

Voor de kans op een overstroming doordat er ergens binnen een traject met n vakken een vakje faalt, kan dus worden geschreven:

$$P(F_{\text{traject}}) = P(S_1 > R_1 \text{ of } S_2 > R_2 \text{ of } S_3 > R_3 \text{ of } \dots \text{ of } S_n > R_n)$$

Als de kansverdelingen van de belasting en de sterkte bij elk vakje hetzelfde zijn, dan is de faalkans van elk vakje ook hetzelfde. De faalkans van het traject zou echter nog steeds (veel) groter kunnen zijn dan de faalkans van een individueel vakje. Dat wordt hieronder toegelicht.

Beschouw een geval waarin de belasting op alle vakjes op elk moment hetzelfde is. Er kan dan worden geschreven ($S_i = S$):

$$P(F_{\text{traject}}) = P(S > R_1 \text{ of } S > R_2 \text{ of } S > R_3 \text{ of } \dots \text{ of } S > R_n)$$

en dus ook:

$$P(F_{\text{traject}}) = P(S > \text{Min}\{R_1, R_2, R_3 \dots R_n\})$$

Als de sterktes van de vakjes onafhankelijk zijn, dan is de kans dat *ergens* een vakje te zwak is groter dan de kans dat *één specifiek* vakje te zwak is, ofwel:

$$P(S > \text{Min}\{R_1, R_2, R_3 \dots R_n\}) > P(S > R_i)$$

Hoe langer het traject is, des te meer onafhankelijke vakjes er zijn en des te groter het verschil is. Dit is het fenomeen dat ook wel het lengte-effect wordt genoemd. Op analoge wijze is af te leiden dat de kans dat een traject *ergens* faalt groter is dan de kans dat *één specifiek* vakje faalt als niet de sterktes maar de belastingen onafhankelijk zijn.

3. Het lengte-effect in het ontwerpinstrumentarium

Met de voorschriften uit het ontwerpinstrumentarium kunnen doorsneden ontworpen worden. Om te weten aan welke eisen een doorsnede moet voldoen, moet voor elk faalmechanisme steeds van de faalkanseis voor het gehele traject een faalkanseis op doorsnedeniveau worden afgeleid. Daarbij is het lengte-effect van belang.

Geotechnische faalmechanismen

Voor de geotechnische faalmechanismen is het lengte-effect vooral het gevolg van de ruimtelijke variabiliteit van de ondergrondeigenschappen in combinatie met een gebrek aan een hoge dichtheid aan metingen. Hoe langer een traject is, des groter de kans is dat er ergens een relatief zwakke plek blijkt te zitten. Hoe langer het traject, des te strenger de faalkanseis op doorsnedeniveau dus moet zijn om aan de faalkanseis op trajectniveau te voldoen. Daarbij is het uiteraard alleen van belang om te kijken naar de delen van het traject waar het mechanisme zich redelijkerwijs voor zou kunnen doen. De faalkanseis op doorsnedeniveau is daarom in het OI afhankelijk gesteld van:

1. de mechanismegevoelige lengte binnen het traject.
2. een lengtemaat die een indicatie geeft van de grootte van het lengte-effect binnen de mechanismegevoelige lengte.

In formulevorm:

$$P_{\max,dsn} = P_{\max,traject} / N \quad \text{met} \quad N = (1 + a \cdot L / b)$$

Waarin:

$P_{\max,dsn}$	Maximaal toelaatbare faalkans voor het beschouwde faalmechanisme op doorsnedeniveau (per jaar)
$P_{\max,traject}$	Maximaal toelaatbare faalkans voor het beschouwde faalmechanisme op trajectniveau (per jaar)
N	Lengte-effectfactor (-)
L	Lengte van het traject (m)
a	Fractie van de trajectlengte die gevoelig is voor het beschouwde faalmechanisme (-)
b	Lengtemaat die de grootte van het lengte-effect binnen de mechanismegevoelige lengte weergeeft (m)

De factor N is op te vatten als het aantal equivalente, onafhankelijke (fictieve) vakken waar het betreffende faalmechanisme een rol speelt. Met equivalent wordt bedoeld dat elk vak dezelfde faalkans bezit.

De formule is overigens gelijk aan de formule die ten grondslag ligt aan de schadefactor uit het addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies uit 2007. Echt nieuw is deze omgang met het lengte-effect dus niet.

Vereiste kerende hoogte

Bij golfoverslag wordt het lengte-effect vooral veroorzaakt door variaties in de oriëntatie van de dijken binnen een traject. Dat is alleen relevant als de golfhoogte relatief belangrijk is voor de vereiste kruinhoogte. De waterstanden langs een traject zijn namelijk vaak ruimtelijk sterk gecorreleerd. Als de dijken binnen het traject verschillende oriëntaties bezitten, geldt dit niet voor de golfbelastingen. Omdat het lengte-effect bij golfoverslag niet zozeer samenhangt met de lengte maar met variaties in de oriëntatie van de dijk is voor golfoverslag in het OI per traject direct een N-waarde gegeven. De faalkanseis op doorsnedeniveau kan worden bepaald door de faalkanseis op trajectniveau te delen door deze N-waarde.

Faalmechanismen kunstwerken

Ook bij de kunstwerken wordt met N-waarden gewerkt voor de bepaling van faalkanseisen voor bijvoorbeeld betrouwbaarheid sluiting. Het lengte-effect bij kunstwerken hangt niet samen met de totale lengte van de kunstwerken maar met het aantal kunstwerken, hun faalkansen en hun onderlinge afhankelijkheden.

De N-waarde moet niet gelijk moet worden gesteld aan het totale aantal kunstwerken binnen een traject. Dat zou zeer conservatief zijn. Lang niet elk kunstwerk draagt immers evenveel bij aan de faalkans op trajectniveau. Bovendien zijn er soms sterke afhankelijkheden. De N-waarde kan per faalmechanisme verschillend zijn. De faalkansen van de kunstwerken en de onderlinge afhankelijkheden tussen de kunstwerken kunnen immers per faalmechanisme anders zijn.

In het OI2014 worden default-N-waarden voorgesteld waar in het ontwerp mee gerekend kan worden. Wanneer deze default-waarden te knellend zijn, kunnen afwijkende N-waarden worden afgeleid door alle kunstwerken in het traject in samenhang te beschouwen. Het kan dan overigens ook verstandig zijn om de faalkansbegroting nader te beschouwen. Door voor een faalmechanisme een grotere faalruimtefactor te hanteren, wordt de faalkanseis voor dat faalmechanisme namelijk ook minder streng.

4. Verder lezen

In de volgende documenten is meer informatie opgenomen over de achtergronden van het lengte-effect en de omgang met lengte-effecten in de toets- en ontwerppraktijk. Ze zijn te downloaden via www.helpdeskwaterwater.nl.

1. Het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies uit 2007
2. De VNK2-publicatie: De methode van VNK2 nader verklaard
3. De VNK2-publicatie: Overschrijdingskansen en overstromingskansen

Het kennisplatform risicobenadering is opgericht ter ondersteuning van de keringbeheerder bij toepassen van de nieuwe normering en de risicobenadering. Adviezen en ondersteuning van het kennisplatform risicobenadering hebben een informele status en staan gelijk aan collegiaal advies.