

Rode Draad Kabels en Leidingen

**Datum**

20 november 2023

Contactpersoon

Henk Kruset

Onderwerp

Onderwerpen beoordeling kabels en leidingen in en bij Waterkeringen

Aantal pagina's

1 van 10

Dit document is een gezamenlijke inspanning van netbeheerders en waterkering beheerders vorm gegeven door Deltares. Het document beschrijft de onderwerpen die een rol spelen bij de beoordeling van kabels en leidingen in en bij waterkeringen met betrekking tot de beoordeling van de bijdrage van deze niet waterkerende objecten aan de kans op overstroming. Doel van dit document is het geven van overzicht over de onderwerpen waar kennisontwikkelingen gewenst zijn, zodat kennisleemtes kunnen worden ingevuld. Dit overzicht kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de Kennis en Innovatieagenda van het HWBP en het SO programma van Deltares. Tevens kunnen waterschappen en netbeheerders van dit document gebruik maken bij het opstellen van hun innovatie agenda.

Aan het opstellen van dit document hebben de volgende netbeheerders en waterkeringbeheerders meegewerkt:

- Ron van der Meer (Evides)
- Erik Brink (Gasunie)
- Marieke Hollebek (Waterschap Hollandse Delta)
- Jos Lemmens (Enexis)
- Jan Paul Bras (Waterschap Rijn en IJssel)
- Gilles de Kok Stedin en Robert van den Brink (Stedin)
- Eeuwe Schaap (Waterschap Rivierenland)
- Andre Pietjouw (Tennet)
- Jos Janssen (Waterschap Vallei en Veluwe)
- Bart Jacobs (Vitens)

Dit document geeft aanknopingspunten voor de communicatie binnen de genoemde organisaties, maar ook voor het HWBP, over initiatieven voor onderzoek rondom kabels en leidingen. Met dit document wordt beoogd richting te geven aan de vraag welk onderzoek in welke situatie zinvol is in relatie tot de impact op de overstromingskans van waterkeringen.

Inventarisatie onderwerpen

De POV Kabels & Leidingen (POV K&L) is recentelijk uitgevoerd binnen het Hoogwater-beschermingsprogramma (HWBP) met als belangrijkste doel om de risico's van kabels en leidingen bij dijkversterkingsprojecten te minimaliseren. Het beoordelen van de veiligheid van een primaire waterkering met kabels en leidingen vraagt om een integrale aanpak waarbij de faalkans van de kabels en leidingen en de faalkans van de waterkeringen in samenhang worden beschouwd. De aanpak en systematiek van het veiligheidsraamwerk is gebruikt als aanvulling op het WBI instrumentarium voor de veiligheidsbeoordeling van primaire waterkeringen in de ontwerpsituatie. Hierbij is de faalkansbijdrage van kabels en

leidingen aan de toelaatbare kans op overstroming beschouwd. In praktijkcasussen die uitgewerkt zijn door de POV K&L is de systematiek van het Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen (K&L) toegepast en verder uitgewerkt.

De POV K&L heeft bij gedragen aan de invulling van kennisleemten bij beoordeling van kabels en leidingen in en bij waterkeringen. Toch zijn er nog onderwerpen die nog niet voldoende zijn ingevuld om de beoordeling van kabels en leidingen efficiënt en doeltreffend uit te kunnen voeren. Door een aantal waterkering beheerders en netbeheerders is een inventarisatie uitgevoerd om deze onderwerpen in beeld te brengen.

Ten behoeve van de inventarisatie zijn een tweetal sessies georganiseerd. De inventarisatie tijdens de eerste sessie is in Bijlage 1 weergegeven. Bij de inventarisatie is van grof naar fijn gewerkt. Bij de indeling van grof naar fijn is onderscheid gemaakt in:

- Thema's
- Onderwerpen
- Gewenste ontwikkelingen

De volgende Thema's zijn door de waterkering beheerders en netbeheerders benoemd:

1. Werkwijze waterkering beheerders en netbeheerders (De samenwerking is soms succesvol en soms minder goed. Een generieke landelijke werkwijze is er niet)
2. Beoordeling van kabels in en bij waterkeringen (kabels verschillen van leidingen, maar een separate beoordelingssystematiek is er niet)
3. Aanleg van Kabels en leidingen in onder en bij waterkeringen (kabels en leidingen worden vaak door de techniek horizontaal gestuurd boren aangelegd. Uniforme landelijke regelgeving hiervoor ontbreekt)
4. Uitvoeren van de vigerende beoordelingsmethode van leidingen (Een duidelijke en eenvoudige beschrijving van de te gebruiken methode bij het praktisch beoordelen van leidingen is niet voorhanden)
5. Gevolgen van lekkende waterleidingen (De volgens de norm te berekenen gevolgen van lekkende waterleidingen zijn te conservatief)
6. Gevolgen van lekkende gasleidingen (De volgens de norm te berekenen gevolgen van lekkende gasleidingen zijn te conservatief en er wordt geen onderscheid gemaakt tussen distributie leidingen en transport leidingen)

De thema's zijn door de netbeheerders en de waterkeringbeheerders besproken. Per Thema is aangegeven welke onderwerpen en bijhorende ontwikkelingen als gewenst worden gezien om de beoordeling van kabels en leidingen in en bij waterkeringen te kunnen verbeteren. De onderwerpen en ontwikkelingen komen voort uit de ervaringen in de dagelijkse praktijk van de netbeheerders en de waterkering beheerders.

Binnen het Thema 1-Werkwijze waterkering beheerders en netbeheerders, is het volgende onderwerp naar voren gekomen:

- Samenwerking netbeheerders en waterschappen.
Gewenste ontwikkelingen zijn:
 - Opstellen van een generieke landelijke werkwijze voor samenwerking waterkering beheerders en netbeheerders
 - Inpassing van de levenscyclus van k&L en waterkeringen in de werkwijze voor samenwerking waterkering beheerders en netbeheerders

Binnen het Thema 2-Beoordeling van kabels in en bij waterkeringen, is het volgende onderwerp naar voren gekomen:

- Effecten van kabels op functioneren waterkering
Gewenste ontwikkelingen zijn:
 - Opstellen overzicht mechanismen van effect van kabels op waterkeringen
 - Afleiden van kansen en gevolgen voor de mechanismen van de effecten van kabels op waterkeringen
 - Opstellen van een beoordelingsmethode met hieruit volgende regelgeving voor kabels in en nabij waterkeringen

Binnen het Thema 3-Aanleg van Kabels en leidingen in onder en bij waterkeringen, is het volgende onderwerp naar voren gekomen:

- Aanleg kabels en leidingen door horizontaal gestuurde boringen
 - Opstellen van een landelijke regelgeving die door alle waterschappen wordt gevolgd
 - Opstellen van duidelijke landelijke richtlijnen over de toepassing van uithardende boorvloeistof

Binnen het Thema 4-Uitvoeren van de vigerende beoordelingsmethode van leidingen, zijn de volgende onderwerpen naar voren gekomen:

- Beoordeling van leidingen
 - Opstellen van te volgen aanpak met stappen plan voor beoordeling primaire keringen
 - Beschrijving toepassing filters in stappenplan alvorens meer gedetailleerde toetsing uit te voeren
 - Opstellen van een aanpak voor beoordeling bij regionale keringen
- Gevolgen falen van leidingen
 - Opstellen van generieke werkwijze om gevolgen van leidingfalen te reduceren
 - Specificatie van faaltypes en locatie van de leiding ten behoeve van de generieke werkwijze om gevolgen te reduceren
- Faalkansen van leidingen
 - Opstellen stappenplan ter bepaling van de Faalkansen van leidingen in of bij waterkeringen
 - Opnemen in inspecties en metingen van de staat van de leiding in het stappenplan ter bepaling van de leiding faalkans
 - Opnemen in stappenplan van opgetreden belastingen en vervormingen van de leiding in werkelijkheid ten opzichte van het ontwerp
 - Specificatie van de te bepalen faalkansen van bestaande en nieuwe leidingen

Binnen het Thema 5-Gevolgen van lekkende waterleidingen, zijn de volgende onderwerpen naar voren gekomen:

- Ontgrondingskraters van waterleidingen
 - Uitvoeren van onderzoek zodat ontgrondingsafmetingen van verschillende lekken in diverse ondergronden op verschillende diepten zijn vast te stellen
- Sluipende lekken van waterleidingen
 - Vaststellen van de effecten van een sluipend lek voor verschillende situaties (grondsoort, lekkage debiet, leiding locatie)
 - Opstellen van gebruik van detectie mogelijkheden om de kans op een sluipend lek te verkleinen
 - Vaststellen van de gevolgen van een sluipend lek met betrekking tot waterspanningen

Binnen het Thema 6-Gevolgen van lekkende gasleidingen zijn de volgende onderwerpen naar voren gekomen:

- Ontgrondingskraters en invloed zones van distributie gasleidingen
 - Uitvoeren van onderzoek zodat ontgrondingsafmetingen van verschillende lekken in diverse ondergronden op verschillende diepten zijn vast te stellen
- Ontgrondingskraters en invloed zones van transport gasleidingen
 - Opstellen van een rekenmethode voor het tijdsafhankelijk effect van de uitstroming op de krater afmetingen
 - Het afleiden van een optimalisatie voor de omvang van de verwekingszone

Prioritering van Onderwerpen

Het grote aantal onderwerpen maakt het prioriteren van de onderwerpen noodzakelijk. De prioritering is uitgevoerd met behulp van het standaard multi-criteria met wegingsfactoren. De criteria zijn de door de netbeheerders en waterkering beheerders vastgesteld. De criteria zijn geformuleerd aan de hand van de vraagstelling; Wat willen we met de prioritering wil bereiken? Wat moeten de onderwerpen in de toekomst gaan veranderen? De volgende criteria zijn vastgesteld:

- Veiligheid waterkering
- Integriteit leiding of kabel
- Effectief ruimtegebruik
- Korte doorlooptijd procedures

De criteria zijn door de netbeheerders en waterkering beheerders voorzien van een wegingsfactor (gewicht) tussen 1 en 10 die de importantie van het criterium inzichtelijk maakt. Hierna zijn de onderwerpen aan de hand van de criteria beoordeeld. Hiervoor zijn scores 1-5 gebruikt door de netbeheerders en waterkering beheerders. In bijlage 2 zijn de resultaten van de prioritering weergegeven.

In de bijlage 2 valt op dat een 3-tal onderwerpen hoog scoren.

- De gevolgen van zowel de lekkende waterleidingen als de gasleidingen worden als belangrijke onderwerpen gezien. De gevolgen kunnen nu worden bepaald conform NEN 3651, maar het conservatisme in deze norm zorgt in de praktijk vaak voor problemen bij bestaande en nieuwe leidingen. Bij waterleidingen worden de gevolgen in de vorm van erosie kraters conservatief beschreven in NEN 3651, maar worden gevolgen van sluipende lekken niet behandeld. Bij de gasleidingen scoort het onderdeel gevolgen van de distributie leidingen hoger dan de transport leidingen.
- De beoordelingsmethode van de waterkeringen met de beschouwing van de faalkansbijdrage van de kabels en leidingen maakt dat de faalkans van de te beschouwen leiding een belangrijk onderwerp is. Momenteel is er onvoldoende inzicht in de te hanteren leiding faalkansen.
- De aanleg van nieuwe leidingen die waterkeringen kruisen vindt tegenwoordig plaats door de techniek horizontaal gestuurd boren. Bij deze techniek wordt een boorgat gemaakt. Om waterstroming in of langs het boorgat te voorkomen wordt vaak een uithardende boorvloeistof toegepast. Hoe en wanneer de uithardende vloeistof toegepast zou moeten worden is onduidelijk. Dit komt voor een deel doordat de eigenschappen van de uithardende boorvloeistof niet bekend zijn.

Andere onderwerpen scoren lager dan de drie hierboven genoemde onderwerpen.

Stand van zaken Onderwerpen

In Bijlage 3 de meest recente publicaties met betrekking tot de 3 hierboven genoemde onderwerpen verzameld. Uit de publicaties en de toelichting vanuit de netbeheerders en waterkering beheerders bij de onderwerpen is een overzicht van beschikbare kennis af te leiden. Bij het beschrijven van de beschikbare kennis wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende ontwikkelfasen:

1. Theorie: de theoretische beschrijvingen van het fysisch proces
2. Model/ontwikkeling: de vertaling theorie naar model (toepasbare formule)
3. Ontwerp/realisatie: het afregelen/kalibreren model en vertalen naar ontwerp- en beoordelingsregels
4. Implementatie: het ontsluiten van kennis in instrumenten

Nieuwe (generieke) kennis landt uiteindelijk in instrumenten waarmee veiligheidsanalyses voor beoordelen en ontwerpen van kabels en leidingen in en bij waterkeringen kunnen worden uitgevoerd.

De gevolgen van lekkende water en gas leidingen zullen vanaf ontwikkelfase 1 moeten uitgewerkt richting implementatie van goed bruikbare beoordelingsregels. De toepassing van leiding faalkansen in de beoordeling van waterkeringen is gevorderd tot ontwikkelfase 3. De aanleg van nieuwe leidingen met de toepassing van een uithardende boorvloeistof zal vanaf ontwikkelfase 1 moeten uitgewerkt, zodat vanuit de fysische processen de benodigde kennis voor beoordeling kan worden afgeleid.

Vervolgstappen

De rode draden beschrijven de geprioriteerde onderzoeksonderwerpen die in de lopende onderzoeksprogrammeringen van HWBP, RWS WVL en Deltares onderling worden afgestemd. Daarmee is het een lijst die niet alle mogelijke onderzoeken beschrijft, maar juist de geprioriteerde onderwerpen die de komende jaren worden opgepakt. Oppakken kan voor deel plaatsvinden via de innovatieversneller. Dit is een proces dat onderdeel uitmaakt van de Kennis- en innovatieagenda van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). De Innovatieversneller stimuleert en versnelt de toepassing en doorwerking van slimme en innovatieve oplossingen in het HWBP. Tevens kunnen waterschappen en netbeheerders van dit document gebruik maken bij het opstellen van hun innovatie agenda

Bijlage 1: Inventarisatie van onderwerpen

1) Evides, Ron van der Meer: Er bestaan verschillende eisen voor water- en gasleidingen. In NEN 3651 worden verschillende diepteliggingen benoemd. Ook andere eisen zijn voor waterleidingen en gasleidingen verschillend. Waarschijnlijk zijn de achterliggende faalkansen van de leidingen een reden tot de formulering van de verschillende eisen, maar dit is niet inzichtelijk. Gegevens van leidingen moeten beschikbaar zijn om een faalkans goed te kunnen vaststellen.

De ontwikkeling in de NEN3650 lijkt steeds meer naar semi-probabilistische methodieken te neigen. Onlangs is er zware aandacht geweest naar het vaststellen van faalkansen in waterkeringen bij verschillende type leidingen. Wat opvalt is dat in die probabilistische methodiek faalkansen bij gelijke omstandigheden bij het ene type leiding anders gehonoreerd worden dan bij een ander type leiding. Als voorbeeld wordt aangehaald de faalkans bij een diepere ligging, dit effect op de faalkans wordt bij een hoge druk gasleiding wel gehonoreerd, maar niet bij een waterleiding. Zo zijn er diverse andere faalkansen, die volledig bepaald worden door externe factoren en niet door leidingeigenschappen, die in die methodiek wel gehonoreerd worden voor een type leiding en totaal niet voor een ander type leiding. De exacte reden daarvoor is niet inzichtelijk. Toepassingen van deze effecten kunnen van wezenlijk belang zijn voor de integriteitsbeoordeling van leidingen in waterkeringen (POV methodiek). Onderzoek daarnaar of het kunnen achterhalen van de redenen of naar de verschillen zal meer inzicht geven. Erosie kraters van waterleidingen zoals die worden berekend conform NEN 3651 zijn erg conservatief. In de praktijk lijkt het mee te vallen met de afmetingen. Hier is onderzoek noodzakelijk, vooral naar het effect van de diepte ligging en de grondsoort rondom de leiding. Een gedachtegang is om bij netbeheerders op hun 'storingsformulieren' omvang van kraters aan te duiden, zodat er een database ontstaat van kratergrootte, gatgrootte, druk, etc.

Bij het optreden van lekken worden de sluipende lekken vaak later of niet ontdekt. Bij gesegmenteerde leidingen is het risico op een sluipend lek groter. Het is interessant om te weten welke leidingen een grotere kans hebben op een sluipend lek en naar het daadwerkelijke effect. In de NEN 3650 lijkt de gehanteerde formulering te duiden op een omvangrijk beïnvloedingsgebied. In de praktijk worden (a) sluipende lekkages vrijwel niet tot nauwelijks ontdekt (de detectiegraad is op dit moment nog heel klein) en (b) praktijkvoorbeelden van falende grondlichamen t.g.v. sluipende lekkages zijn bij de indiener niet bekend (wel bij grotere lekkages).

2) Gasunie, Erik Brink: De tijdsafhankelijk uitstroming van gas uit een lekkende gasleiding bepaalt de grootte van de ontgrondingskrater. Er vindt na het ontstaan van de lekkage al snel een drukafname plaats zodat uitgaande van stationaire uitstroming van gas veel te conservatief is voor de berekening van de uiteindelijke ontgrondingskrater. Na afloop van de POV kabels en leidingen is veel kennis beschikbaar gekomen, maar het is niet voor iedereen duidelijk hoe een risico-analyse voor een waterkering eigenlijk moet worden uitgevoerd. Een duidelijk stappenplan zou handig zijn. Daarbij is een eenvoudige aanpak wenselijk. Er zou duidelijk moeten worden aangegeven wat er gedaan moet worden bij ontwerp en bij toetsing. Het toepassen van filters is wenselijk. Dan hoeven veel leidingen niet meer uitgebreid te worden beoordeeld. Er is dan nog wel optimalisatie mogelijk voor leidingen die niet door het filter komen.

3) Waterschap Rijn en IJssel, Jan Paul Bras: Het goed kunnen vaststellen van de faalkansen leidingen is een belangrijk onderwerp voor de beoordeling van een waterkering. Er kunnen bij de faalkansen ook eerst standaard veilige waarden worden gebruikt, die later kunnen worden geoptimaliseerd voor specifieke leidingen als dat nodig is. Er zijn dan gedetailleerde studies nodig. Bij deze studies zijn de gegevens van de leidingen wel een belangrijk punt. Mogelijk kan monitoring van leidingen een rol spelen bij de optimalisatie van de leiding faalkans. Door het toepassen van een geo-textiel onder en naast de leiding is het mogelijk om de dijk te beschermen als er een lekkage ontstaat bij een leiding. Er zouden duidelijke regels voor het gebruik van een geotextiel moeten komen.

4) Stedin, Gilles de Kok en Robert van der Brink: Het toepassen van filters is wenselijk. Dan hoeven veel leidingen niet meer uitgebreid te worden beoordeeld. Eigenlijk wordt het toepassen van filters al gedaan in de praktijk. Nu

wordt er door een netbeheerder vaak zelf een voorstel gedaan aan een waterschap. Er ontstaan zo verschillende benaderingswijzen. Een algemene filteraanpak zou wenselijk zijn.

Bij de lage druk (de lage drukken zijn dan orde 1 a 2 bar) gasleidingen ontstaan er eigenlijk helemaal geen kraters zo blijkt in de praktijk (zoals bij huis aansluitingen). De vergelijkingen in NEN 3651 voor gasdistributie zijn erg conservatief. Hier is onderzoek noodzakelijk, ook het effect van de diepte ligging en de grondsoort rondom de leiding zijn dan van belang.

5) Tennet, Andre Pietjouw: Bij waterkeringen worden vaak horizontaal gestuurde boringen toegepast. Nu heeft ieder waterschap zijn eigen richtlijnen, Het zou handig zijn als dat landelijk beter zou worden afgestemd. Het gaat om voorschriften met betrekking tot mantelbuizen en afdichting bij de in en uitrede punten met klei en of Drill-Grout.

Het toepassen van Drill-Grout om risico's op piping te reduceren na afloop van de installatie bij een hoog water periode is inmiddels gebruikelijk. Het zou goed zijn als er een duidelijke richtlijn zou komen hoe het Drill-Grout zou moeten worden toegepast. Dit zou op landelijk niveau moeten worden uitgewerkt. Een generieke aanpak met een stappenplan dat aangeeft welke methode er op welke manier kan worden toegepast is wenselijk.

6) Enexis, Jos Lemmens: Na de POV kabels en leidingen is er het SSWN gekomen. SSWN is een strategisch platform. Naast deze strategische samenwerking tussen waterkering beheerders en netbeheerders zou goed zijn als er op projecten basis een structureel verbeterde samenwerking zou ontstaan Er zijn al veel pilots gaande. De geleerde lessen zouden goed toegankelijk moeten worden gemaakt middels een generieke aanpak die overal in het land zou kunnen worden toegepast.

7) Waterschap Rivierenland, Eeuwe schaaap: Voor kabels zijn er nog geen regels beschikbaar. Deze moeten er op korte termijn nog komen. Er moet goed worden gekeken naar de risico's die bepaalde kabels in bepaalde configuraties kunnen opleveren voor de waterkering.

Het toepassen van filters is wenselijk dan hoeven veel leidingen niet meer uitgebreid te worden beoordeeld. De ontwikkeling van filters voor kruisende leidingen ij primaire keringen in het rivierengebied is een specifiek onderdeel.

In de POV studies is de overstromingskans voor waterkeringen met leidingen uitgewerkt. De doorontwikkeling van de overstromingskansbenadering voor regionale keringen met leidingen moet nog plaatsvinden. Hier is de IP-normering van belang

Ook zou de doorontwikkeling van de overstromingskansbenadering voor nieuwe leidingen in bestaande dijken moeten plaatsvinden. Vooralsnog is de overstromingskansbenadering nog niet toegepast voor de aanleg van nieuwe leidingen in bestaande dijken. Bij dijkversterkingen leidt dit ertoe dat leidingen die verlegd moeten worden, omdat deze bijvoorbeeld van AC zijn, automatisch buiten de veiligheidszone van de kering moeten leggen, terwijl met een toetsing een PE leiding op de bestaande locatie voldoende waterveilig is. Hierdoor wordt de omgeving belast terwijl dit niet nodig is.

De huidige faalkansen die worden gebruikt gelden van bestaande leidingen. Bij een nieuwe leiding zal de faalkans gelijk of lager zijn. Een goede aanpak van de faalkansen is wenselijk. Daarmee kunnen oude onduidelijke regelingen met importantiefactoren, relatieve sterkte en vervangende waterkeringen worden aangepast in de NEN3651.

8) Waterschap Vallei en Veluwe, Jos Janssen: Door het ontbreken van duidelijke richtlijnen op een aantal punten wordt er bij veel waterschappen en netbeheerders op projectniveau invulling gegeven aan onderwerpen waar richtlijnen ontbreken. Landelijk afstemming is gewenst, zodat er een generieke aanpak kan worden vastgelegd. Het wenselijk dat er zou wat meer aandacht komt voor de rol van de 'levencyclus' van de dijken. Hierbij zou er moeten worden stilgestaan bij toekomstige dijkverbeteringen en het effect hiervan op leidingen en kabels.

9) Waterschap Hollandse Delta, Marieke Hollebek: De toestand van een leiding is een belangrijk gegeven bij de beoordeling van de leiding. Door het ontbreken van beheergegevens bij veel leidingen is de staat van de leiding niet goed te bepalen.

Hoeveel zetting er is opgetreden ten opzichte van de zetting die in de ontwerpberekening van de leiding is aangenomen is een belangrijk punt. Oude berekeningen zijn niet altijd terug te vinden. Dat maakt het vergelijken van werkelijk opgetreden zetting en zetting in de berekening vaak lastig.

Hoe kabels te beoordelen is niet in normen beschreven. Op dit gebied moet er nog regelgeving worden opgesteld. Er is nog relatief weinig bekend over het risico van een kabels voor het functioneren van een waterkering.

10) Vitens, Bart Jacobs: De gevolgen van lekkende waterleidingen worden berekend conform NEN 3651. De methode en de resultaten van de berekeningen zijn erg conservatief. In de praktijk lijkt het mee te vallen met de afmetingen. Hier is onderzoek noodzakelijk, vooral naar het effect van de diepte ligging en de grondsoort rondom de leiding. Tevens is het van belang dat er aandacht wordt besteed aan sluipende lekken. Deze worden nu nog niet in NEN 3651 genoemd.

Het toepassen van filters is zou discussies over kleine diameter leidingen met lage druk kunnen oplossen. Dan hoeven veel leidingen niet meer uitgebreid te worden beoordeeld.

Bijlage 2: Prioritering onderwerpen

In onderstaande tabel is de prioritering van de onderwerpen opgenomen.

Thema	Onderwerp	Ontwikkeling	Score (1-5) Criteria				Totaal	
			Veiligheid waterkering	Integriteit kabel of leiding	Effectief ruimte gebruik	Korte doorlooptijd procedures		
			Gewicht (0-10)	10	7,8	5,9	2,4	
Waterkering beheerders en netbeheerders	Samenwerking netbeheerders en waterschappen	Opstellen van een generieke landelijke werkwijze voor samenwerking	1,8	1,1	4,2	2,8	58,08	
		Inpassing van de levenscyclus van k&L en waterkeringen in de werkwijze voor samenwerking	1,9	2,1	2,9	4,4	63,05	
Kabels	Effecten van Kabels op functioneren waterkering	Opstellen overzicht mechanismen van effect van kabels op waterkeringen	4,1	1,8	1,1	2,8	68,25	
		Afleiden van kansen en gevolgen voor de mechanismen van effect van kabels op waterkeringen	3,1	2,1	1,2	2,9	61,42	
		Opstellen van regeleiving voor kabels in en nabij waterkeringen	2,1	2,1	1,3	2,4	50,81	
Aanleg van Kabels en leidingen	Aanleg kabels en leidingen door horizontaal gestuurde boringen	Opstellen van een landelijke regelgeving die door alle waterschappen wordt gevolgd	3,6	3,1	4,1	3,2	92,05	
		Opstellen van duidelijke landelijke richtlijnen over de toepassing van uithardende boorvloeistof	4,6	2,8	3,2	1,6	90,56	
Beoordeling van leidingen	Methoden beoordeling van leidingen	Opstellen van te volgen aanpak met stappenplan voor beoordeling primaire keringen	4,8	2,6	1,5	2,2	82,41	
		Beschrijving toepassing filters in stappenplan alvorens meer gedetailleerde toetsing uit te voeren	4,5	2,5	1,7	3,9	83,89	
		Opstellen van een aanpak voor beoordeling bij regionale keringen	4,7	2,4	1,3	2,3	78,91	
	Gevolgen falen van leidingen	Opstellen van generieke werkwijze om gevolgen van leidingfalen te reduceren	4,6	1,1	2,2	4,1	77,4	
		Specificatie van faaltypes en locatie van de leiding ten behoeve van de generieke werkwijze om gevolgen te reduceren	3,2	2,8	1,2	2,3	66,44	
Faalkansen van leidingen		Opstellen stappenplan ter bepaling van de Faalkansen van leidingen in of bij waterkeringen	4,8	4,2	1,2	2,9	94,8	
		Opnemen van inspecties en metingen van de staat van de leiding in het stappenplan ter bepaling van de leiding faalkansen	4,2	4,8	1,3	1,4	90,47	
		Opnemen in stappenplan van opgetreden belastingen en vervormingen van de leiding in werkelijkheid ten opzichte van het ontwerp	4,1	4,5	1,1	2,2	87,87	
		Specificatie van de te bepalen faalkansen van bestaande en nieuwe leidingen	4,2	4,3	1,1	2,1	87,07	
Lekkende waterleidingen	Ontgrondingskraters van waterleidingen	Uitvoeren van onderzoek zodat ontgrondingsafmetingen van verschillende lekken in diverse ondergronden op verschillende diepten zijn vast te stellen	4,9	4,2	3,5	3,9	111,77	
	Sluipende lekken van waterleidingen	Vaststellen van de effecten van een sluipend lek voor verschillende situaties (grondsoort, lekkage debiet, leiding locatie)	4,9	4,1	3,9	2,8	110,71	
		Opstellen van gerbuik van detectie mogelijkheden om de kans op een sluipend lek te verkleinen	4,1	4,8	2,8	2,3	100,48	
		Vaststellen van de gevolgen van een sluipend lek met betrekking tot waterspanningen	4,9	4,2	3,1	1,8	104,37	
Lekkende gasleidingen	Ontgrondingskraters en invloed zones van distributie gasleidingen	Uitvoeren van onderzoek zodat ontgrondingsafmetingen van verschillende lekken in diverse ondergronden op verschillende diepten zijn vast te stellen	4,9	4,3	3,9	3,1	112,99	
	Ontgrondingskraters en invloed zones van transport gasleidingen	Opstellen van een rekenmethode voor het tijdsafhankelijk effect van de uitstroming op de krater afmetingen	3,8	2,8	4,1	1,5	87,63	
		Het afleiden van een optimalisatie voor de omvang van de verwekingszone	3,1	2,7	4,2	1,5	80,44	

Bijlage 3: Publicaties onderwerpen

Gevolgen lekkende waterleidingen

- Ontgroning bij persleidingbreuk of – lek, Deltares 2010
- Onderzoek naar Ontgrondingskuilen, KWR 2012
- Lekkage proeven ter simulatie van het falen van waterleidingen, POV K en L 2020;

Gevolgen lekkende gasleidingen

- Berekeningsmethode ontgroning bij gasleidingbreuk, Deltares 2010
- Explosie proeven ter simulatie van het falen van gasleidingen, POV K en L 2020;
- Uitstroom effecten van gassen uit leidingen op omringende grond, Deltares 2023

Faalkansen leidingen

- NPR 3659 Ondergrondse pijpleidingen - Grondslagen voor de sterkteberekening, NEN 1996
- Filters voor parallelle gas- en drinkwaterleidingen in en bij primaire waterkeringen, POV K en L 2020
- Faalkansen van leidingen te gebruiken ter beoordeling van de veiligheid van waterkeringen, Innovatie versneller 2022

Aanleg leidingen met uithardende boorvloeistof

- Alternatief kwelwegremmende maatregelen bij uitvoering HDD in combinatie met Drill-Grout. ELW 2016
- Betrouwbaar aanvullen boorgaten voor gesloten bodemenergiesystemen, KWR 2022
- Aambeeld aanleg methode warmte leidingen in beeld WP 3 Eigenschappen uithardende boorvloeistof Deltares 2023