

Beverschade beperkende maatregelen kanaalkade tussen Apeldoorns Kanaal en Grift

**Scenariostudie naar mogelijke oplossingsrichtingen
Waterschap Vallei en Veluwe**

11 april 2025



Contactpersoon

ARCADIS NEDERLAND B.V.

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland



Inhoudsopgave

1	Samenvatting	6
2	Inleiding	7
2.1	Leeswijzer	7
2.2	Aanleiding	7
2.3	Scope	9
2.4	Uitgangspunten	10
2.5	Probleemstelling	11
2.6	Doelstelling	12
2.7	Onderzoeksvragen	12
3	Huidige situatie	13
3.1	Incidenten en risico's door bevergraverij	14
3.2	Verspreiding bever in studiegebied	15
3.3	Huidige aanpak en maatregelen	16
4	Effecten van bevergraverij	17
4.1	Verzakking van de kade	17
4.2	Worst case scenario	17
5	Ecologie bever	23
5.1	Leefwijze	23
5.2	Voedsel	23
5.3	Habitat	23
5.4	Definitie hol en burcht	24
6	Risico Analyse en FMECA	25
6.1	Algemeen	25
6.2	Resultaat	26

6.3	Assetmanagement methodiek	26
6.4	Risico beoordeling	26
7	Risicoanalyse	27
7.1	Stap 1: Deelgebieden en kansen	27
7.2	Stap 2: Gebruik van de risicomatrix	28
7.3	Stap 3: Risico, gevolgen en conclusie per deelgebied	31
8	Mogelijke maatregelen	34
8.1	Gaas op talud aanbrengen	35
8.2	Verticaal aanbrengen van gaas	36
8.3	Stenen	38
8.4	Damwand	39
8.5	Schrikdraad (graafschade)	41
8.6	Verlagen of verflauwen oever	42
8.7	Verleggen watergang en aanbrengen flauwe verlaagde oever	44
8.8	Aanleg alternatieve burchtlocatie	46
8.9	Inspectie en monitoring (met waadpakken door de Grift)	48
8.10	Remote sensing om verzakkingen te detecteren	50
8.11	MEMS	51
8.12	Optische detectie	52
8.13	Kosten en kosteneffectiviteit	53
9	Maatregelscenario's	57
9.1	Zes scenario's	57
10	Risicoreductie en Multi Criteria Analyse	62
10.1	Beslisboom	62
10.2	FMECA-beslissing	63
10.3	Weging scenario's	65
11	Advies voorkeursmaatregelen	67
12	Literatuur	70

Bijlagen

Bijlage A Risico-inventarisatie, weging en toelichting per deelgebied Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage B Overstromingsbeeld Gulbroek Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage C Kaarten deelgebieden en kansen Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage D Risico's op kaart Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage E Scenario's op kaart Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage F Kosteninschatting Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage G waterhoogte en debiet tijdens bres in 2023 Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage H Overstromingsbeeld peilvakken Grift (totale watervoorraad kanaal in de Grift) Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage I Voorkeursvariant Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **71**

1 Samenvatting

De beverpopulatie in Nederland, vertoont sinds de herintroductie in 1988, een sterke toename. Ook in Gelderland is populatie sterk toegenomen in aantallen en verspreiding. De soort is strikt beschermd op basis van de Habitatrictlijn. De afgelopen jaren heeft graverij door bevers geleidt tot verschillende beperkte verzakkingen langs het fietspad op de kade tussen de Grift en het Apeldoorns kanaal. Echter, september 2023 heeft graverij vanuit de Grift geleidt tot een bres in de kade van het Apeldoorns kanaal. Door deze bres is het fietspad ingezakt en is het waterpeil in dit pand van het kanaal met 25 cm is verlaagd. De bres is in eerste instantie gedicht met behulp van big bags. De kade is tegen aanzienlijke kosten definitief hersteld door plaatsing van damwand en aangevoerde klei, waarna ook het fietspad is hersteld.

De beveractiviteiten in de Grift vormen een directe bedreiging voor zowel de waterveiligheid alsook de openbare veiligheid gelet op de verzakking van het fietspad. Het waterschap werkt aan een robuuste en duurzame oplossing, die de kans op het ontstaan van een nieuwe bres duidelijk verkleint en de openbare veiligheid zoveel mogelijk waarborgt.

In opdracht van Waterschap Vallei en Veluwe hebben Arcadis en Van Bommel Faunawerk een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de problematiek van bevergraverij in de kade tussen het Apeldoorns Kanaal en de Grift. Het onderzoeksgebied omvat het Apeldoorns Kanaal en naastliggende Grift over een lengte van circa 15 km van Apeldoorn naar Heerde. Het onderzoek richt zich op het beheersen van de risico's die bevers veroorzaken door hun activiteiten, met name door graverij, wat tot aanzienlijke schade aan kades en infrastructuur kan leiden. Het doel is om op een risico-gestuurde manier maatregelen te adviseren die zowel effectief als praktisch toepasbaar zijn.

Het doel van het onderzoek is om de risico's van bevergraverij op het onderzoekstraject in beeld te brengen en mogelijke scenario's voor oplossingsrichtingen te verkennen. Hierbij is over een lengte van 15 kilometer een scenario-onderzoek uitgevoerd naar mogelijke maatregelen om bevergraverij te voorkomen. Het waterschap wil deze afgewogen voorkeurscenario gebruiken om een uitvoeringsproject te starten.

Het rapport schetst de huidige situatie van kadebeheer, monitoring van beveractiviteiten en herstel van schade. Daarnaast wordt ecologie van de bever behandeld. Ook wordt een vooruitblik gegeven op de potentiële risico's en gevolgen van het worst-case scenario van een mogelijke bres in de kade, met negatieve effecten op infrastructuur, natuur, landbouw, bebouwing en economie.

De kansen op het ontstaan van een bres zijn bepaald, aan de hand van de aanwezigheid van bevers en de eigenschappen van de kade, voor elk deelgebied over het tracé van 15 km kade. Een risicoanalyse is uitgevoerd om op basis van de kans op een bres en de optredende negatieve effecten, het risico per deelgebied te bepalen.

Op basis van uit de literatuur bekende maatregelen om graafschade aan waterkeringen en wegtaluds te voorkomen is de toepasbaarheid en effectiviteit van deze oplossingsrichtingen voor deze kade besproken. Tevens is uitgewerkt wat de kosten over een periode van 50 jaar voor de betreffende maatregelen zijn.

Door middel van een Multi Criteria Analyse is de effectiviteit en toepasbaarheid van maatregelen per deelgebied beoordeeld. De scenario's zijn aan de hand van verschillende criteria vergeleken, waaronder kosten, veiligheid, functies, gevolgen voor de omgeving etc. Op basis van deze vergelijking is een voorkeurscenario voorgesteld.

Op basis van deze Multi Criteria Analyse is er in overleg met het Waterschap op 18 maart 2025 een voorkeursvariant uitgesproken. Deze variant gaat uit van het aanbrengen van bevergaas (verticaal of op talud) waar mogelijk in combinatie met het verflauwen van de oevers waar het aanbrengen van bevergaas niet mogelijk is.

2 Inleiding

2.1 Leeswijzer

Dit document biedt een risico gestuurd advies over maatregelen om beverschade aan de kade tussen Apeldoorns Kanaal en de Grift te beheersen. Het is opgesteld door Arcadis en Van Bommel Faunawerk in opdracht van Waterschap Vallei en Veluwe. Voor een volledig beeld van de problematiek en de mogelijke oplossingen, raden we aan de hoofdstukken in logische volgorde te volgen. Specifieke vragen over maatregelen en ecologische aspecten zijn direct te vinden in hoofdstuk 8 en 5.

In de inleiding beschrijven we de aanleiding. Waarom dit onderzoek is uitgevoerd, scope en uitgangspunten. Wat wel/niet is meegenomen in dit onderzoek, probleemstelling, en doelstelling de geformuleerde vragen die het onderzoek tracht te beantwoorden.

In het hoofdstuk over de huidige situatie schetsen we hoe de kades beheerd worden, hoe de beveractiviteiten worden gemonitord en schade wordt hersteld. We geven daarnaast een vooruitblik op de potentiële risico's in een worst-case scenario en de mogelijke gevolgen hiervan.

Om meer inzicht te krijgen in de leefwijze, het voedsel, het habitat en de wettelijke bescherming van de bever, hebben we het hoofdstuk Ecologie van de bever opgenomen.

De risicoscores en de gebruikte methodiek worden toegelicht in hoofdstuk 6 en 7. Vervolgens bespreken we de mogelijke maatregelen om beverschade te voorkomen. Daarbij kwantificeren we de kosten van deze maatregelen en wegen we deze af op basis van effectiviteit en toepasbaarheid.

In het hoofdstuk over scenario's en de Multi Criteria Analyse (MCA) worden verschillende scenario's en de afweging van maatregelen op basis van risico's en criteria beschreven. Het resultaat van dit afwegingskader is een samenvatting van de aanbevolen maatregelen.

In hoofdstuk 10 geven we de uitwerking van de besproken voorkeursvariant weer inclusief maatregelen en de daarbij behorende kosteninschatting.

2.2 Aanleiding

De bever is sinds 1988 uitgezet in Nederland en de populatie vertoont een sterke toename, zo ook in Gelderland. Vanwege zijn strikt beschermde status is het niet toegestaan bevers te doden, te vangen, verblijfplaatsen vernietigen of zijn leefgebied negatief te beïnvloeden.

Sinds oktober 2022 zijn verzakkingen langs het fietspad op de kade tussen de Grift en het Apeldoorns kanaal geconstateerd door bevergraverij. Diverse gangen liepen tot ver onder het fietspad door 0,8 tot 1 meter verwijderd van de insteek van het Apeldoorns kanaal. Het herstelwerk is over het algemeen beperkt gebleven tot het dichten van de hopen in de kade aan de Griftzijde tot aan het fietspad en het lokaal plaatsen van damwanden.

De uitgevoerde analyse van de Zoogdiervereniging (Dijkstra 2020) heeft uitgewezen dat grote delen van de kanaalkade gevoelig zijn voor schade door bevergraverij. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te voeren, de kade is smal, op veel plaatsen is de kade aan de Griftzijde steil en voldoende hoog voor het graven van een oeverhol en aan de westoever van de Grift zijn er vrijwel geen goede plekken waar bevers een oeverhol kunnen maken vanwege een flauwe oever. De kade is in zijn geheel als risicovol te beschouwen en wordt frequent (éénmaal per keer drie maanden) handmatig geïnspecteerd op beveractiviteiten door collega's van Muskusrattenbeheer (MRB).

Bevergraverij vanuit de Grift heeft in september 2023 geleid tot een bres in de kade van het Apeldoorns kanaal (Griftzijde). De bres bevond zich circa 25 cm onder het waterpeil van het Apeldoorns kanaal. Dit heeft ervoor gezorgd dat het fietspad is ingezakt en het waterpeil in dit pand van het kanaal met 25 cm is verlaagd. De bres is met spoed tijdelijk hersteld met big bags gevuld met zand. Na het verkrijgen van de benodigde toestemming van Faunabeheereenheid/provincie, is conform het provinciale beverprotocol de bres definitief gedicht met klei en damwand en is het fietspad hersteld.



Figuur 1 Bres in de kade Apeldoorns Kanaal door graverij van de bever (september 2023)

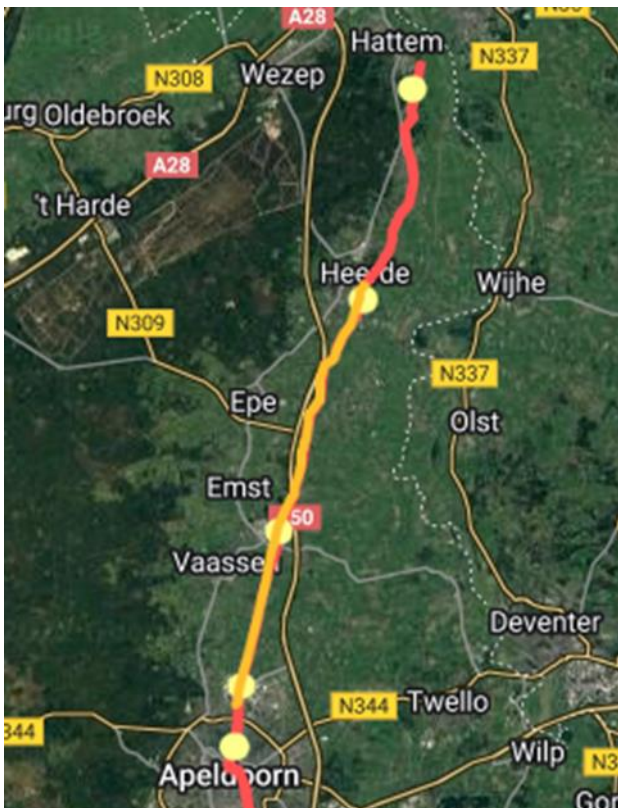
In maart 2024 is de kade over een lengte van 12 kilometer geïnspecteerd op bevergraverij. Hieruit zijn 25 aangravingen gevonden waarvan 10 dieper dan 2 meter. In april 2024 heeft nader onderzoek plaatsgevonden naar de 10 diepere hollen. In één van de gangen heeft de bever tot minder dan een halve meter voor en circa een meter onder de kanaalbodem van het Apeldoorns kanaal gegraven. Na het verkrijgen van de benodigde machtiging op de provinciale ontheffing is hier plaatselijk een damwand geplaatst.

De hoge kans op een volgende bres of verzakking is onacceptabel vanuit het oogpunt van de openbare veiligheid. Naast openbare veiligheid voor personen speelt ook schade aan overige objecten een rol. Het Waterschap Vallei en Veluwe vindt dit onwenselijk en te risicovol voor natuur, landbouw, wegen, fietspaden, kabels en leidingen, kades, funderingen een belangrijke afweging voor het opstarten van dit onderzoek.

2.3 Scope

Het onderzoeksgebied bevindt zich in rondom het Apeldoorns Kanaal en naastliggende Grift tussen Apeldoorn en Heerde. Het betreft een gebied van circa 15 km aaneengesloten gebied, zie Figuur 2. Het onderzoek kijkt naar de risico's en preventie van graafschade veroorzaakt door bevers in bovenstaande gebied. In de huidige situatie zijn alleen beverschades aangetroffen waarbij de bever van de Grift naar het Apeldoorns Kanaal graaft. Graverij vanuit het kanaal wordt niet uitgesloten, echter vanwege de nog oude, deels aanwezige beschoeiing is deze kans kleiner. De huidige beschoeiing is niet onderhouden waardoor deze boven en op de waterlijn deels is vergaan. De beschoeiing is in slechte staat en op de waterlijn en erboven deels vergaan.

De scope van de opdracht betreft een bureaustudie waarbij er meerdere gesprekken zijn gevoerd met ecologen, beheerders en van het waterschap en collega's van de MRB. Gesprekken met de omgeving vallen buiten de scope van dit onderzoek. Het voeren van omgevingsgesprekken is onderdeel van het vervolgtraject op basis van het voorkeursscenario.



Figuur 2 Overzichtsk kaart met in oranje het overzichtsgebied

2.4 Uitgangspunten

Voor dit onderzoek hanteren we de volgende uitgangspunten:

- Borging van waterveiligheid.
- Waarborgen van openbare veiligheid op het fietspad.
- Voorkomen van schade aan andere functies, zoals infrastructuur en aanwezige natuurwaarden en rekening houden met de status van de Grift en het Apeldoorns Kanaal als KRW-waterlichamen.
- De bever heeft een beschermde status (Habitatrichtlijnsoort), daarom dient zijn leefgebied geschikt te blijven voor de huidige populatieomvang. Het behoud van het leefgebied van de bever is daarom als uitgangspunt genomen.

Voor dit onderzoek betekent dit: behoud van de bever en zijn leefgebied. Binnen dat kader is aanpassing van de beverhabitat toegestaan vanuit het oogpunt van schadepreventie of schademitigatie. Het aanpassen van de habitat om het daarmee ongeschikt te maken voor de bever is alleen toegestaan mits compensatie en ontheffing zijn geregeld. Maar dat is buiten de scope van dit onderzoek.

Waterschap Vallei en Veluwe is een assetmanagement organisatie en heeft hiervoor een 'strategisch assetmanagementplan' opgesteld. Dit plan dient als input voor onze risicomatrix en bedrijfswaardenmatrix.

Binnen het waterschap is gestart met een visie op het Apeldoorns kanaal. Deze zal waarschijnlijk over twee tot drie jaar gereed zijn. Deze visie heeft mogelijk gevolgen voor de situatie rond de kanaalkade. Gezien de risico's van de bevergraverij kan het waterschap niet wachten op deze visievorming. Voor deze opdracht gaan we uit van de huidige situatie en functies.

Het Apeldoorns Kanaal en de Grift zijn aangewezen als KRW-waterlichamen (Kaderrichtlijn Water) ([KRW-factsheets](#) | [Het Waterkwaliteitsportaal](#)) daarnaast bieden ze een leefgebied voor andere beschermde diersoorten, waaronder de bever. De Grift en naastgelegen kades zijn aangewezen als provinciale verbindingszone (nat droge verbindingszone). Deze verbindingszone maakt geen onderdeel uit van het Gelders Natuurnetwerk (GNN), maar wel van de Groene Ontwikkelingszone (GO) van Gelderland (Omgevingsverordening).

De doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is het bereiken en beschermen van een goede toestand van landoppervlaktewater, overgangswateren en kustwateren. Onder de goede toestand vallen zowel een goede ecologische als een goede chemische toestand. Daarnaast is de doelstelling van de KRW het beschermen van een goede chemische en kwantitatieve toestand van het grondwater. De maatregelen die worden genomen in deze wateren mogen niet nadelig zijn voor de KRW-doelen.

Hoewel de scores voor vis behaald worden, lijkt er sprake te zijn van een negatieve trend. De oorzaken daarvan zijn nog niet helemaal duidelijk, naar verwachting heeft dit te maken met een combinatie van factoren. Grift is een stromend watertype, kenmerkende soorten zijn afhankelijk van voldoende stroming en substraatvariatie (mededeling medewerker ecologie waterschap).

2.5 Probleemstelling

De beveractiviteiten in de Grift vormen een directe bedreiging voor de waterveiligheid. Recente incidenten, zoals de bres bij Epe toont aan dat de situatie urgent is. Na deze bres heeft het waterschap structurele inspecties opgestart, waardoor nieuwe bressen tot nu toe voorkomen zijn. Maar deze inspectie geeft geen garanties en er blijven behoorlijke kosten gemoeid met deze inspectie en het herstel van de kade bij de ontdekking van gevaarlijke graverij.

Het waterschap werkt aan een robuuste en duurzame oplossing, maar de balans tussen veiligheid en ecologische bescherming blijft een uitdaging. Zonder adequate oplossingen blijft de kans op nieuwe bressen en overstromingen groot. De openbare veiligheid is niet meer gewaarborgd.



Figuur 3 Geplaatste damwand na het vinden van een beverhol in de kade

2.6 Doelstelling

Het doel van dit verkennend onderzoek is om de risico's van bevergraverij op het onderzoekstraject in beeld te brengen en mogelijke scenario's voor oplossingsrichtingen te verkennen. Voor de kade tussen het Apeldoorns Kanaal en de Grift, over een lengte van 15 kilometer, wordt een scenario-onderzoek uitgevoerd naar mogelijke maatregelen om de (negatieve) gevolgen van bevergraverij te voorkomen. Op basis hiervan wordt een afgewogen voorkeurscenario gepresenteerd, waarna het waterschap van plan is een uitvoeringsproject te starten.

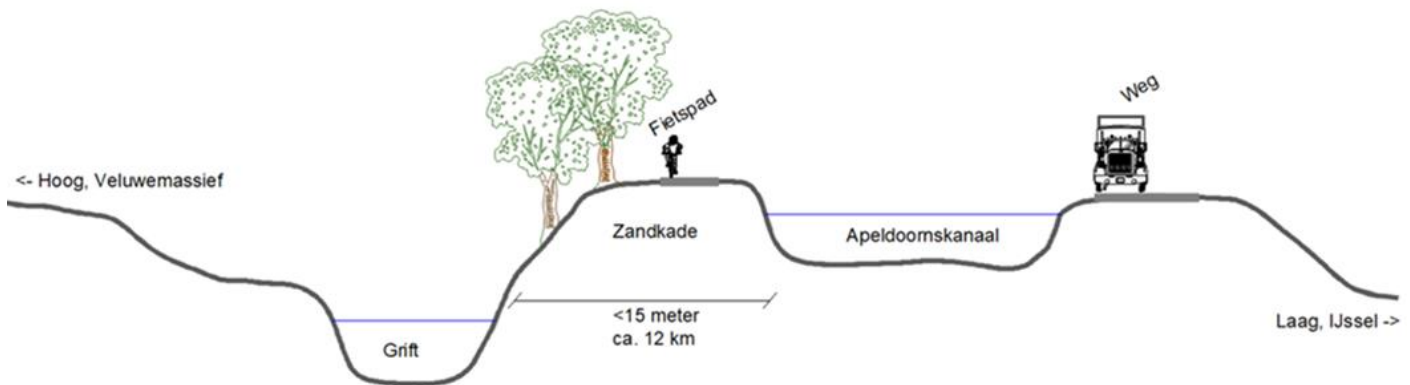
2.7 Onderzoeksvragen

Deze rapportage geeft antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de risico's en de effecten van een bres voor:
 - Het Apeldoorns kanaal (watergang, beschoeiingen, kademuren, bruggen, duikers, landhoofden van bruggen en eventuele andere objecten).
 - De Grift.
 - De Griftkade zelf en begroeiing op de kade.
 - Het fietspad op de kade, De Kanaalweg aan de oostzijde van het Apeldoorns kanaal (infrastructuur, constructie, etc.).
 - De diverse functies van het kanaal, Grift en directe omgeving, zoals bijvoorbeeld KRW-waterlichaam, leefgebied voor beschermde soorten zoals o.a. hazelworm en vleermuizen.
 - De directe omgeving van de Grift, waaronder lager gelegen (agrarische) percelen.
2. Welke maatregelen zijn er mogelijk om de negatieve gevolgen van bevergraverij te voorkomen voor 15 km kade tussen de Grift en het Apeldoorns kanaal.
 - Door middel van een scenario-onderzoek dat moeten uitwijzen wat de beste (combinatie van) maatregelen zijn om een volgende bres of noodmaatregel te voorkomen. Hierbij moet een afweging gemaakt worden wat (per deeltraject) mogelijke maatregelen zijn. De verschillende opties per deeltraject worden gecombineerd tot enkele realistische scenario's voor het gehele traject van 15 km.
 - De mogelijke oplossingen zijn uitgewerkt op het niveau van een principeoplossing per deeltraject. De scenario's zijn op verschillende criteria vergeleken, waaronder kosten, veiligheid, functies, gevolgen voor de omgeving etc. Op basis van deze vergelijking is een voorkeursscenario voorgesteld.

3 Huidige situatie

De kade tussen het Apeldoorns kanaal en de Grift ziet er voor een groot deel van het onderzoeksgebied uit als weergegeven in Figuur 4. De Grift ligt ten westen van het kanaal met een smalle kade ertussen. Op de kade ligt een fietspad dat in beheer en eigendom is bij de gemeente maar de kade zelf is in beheer en eigendom van het waterschap. Het fietspad is zo'n 10 jaar geleden aangelegd en er staat binnenkort onderhoud op de planning voor het deel binnen gemeente Apeldoorn. Het wordt veel gebruikt door fietsers, e-bikes en scooters. Het fietspad is geschikt om er snel te kunnen fietsen. Het is niet verlicht, de bomen maken het fietspad extra donker. Hierdoor is de kans op ongelukken met fietsers door een verzakking in het fietspad reëel.



Figuur 4 Dwarsprofiel Grift, kade en Apeldoorns kanaal

In het verleden had het Apeldoorns kanaal een belangrijke functie voor de scheepvaart. Het had van 1868 tot en met 1961 de functie van "lateraal kanaal" parallel aan de IJssel. Bij lage en hoge rivierstanden was de IJssel zeer moeilijk te bevaren wegens onvoldoende vaardiepte, respectievelijk sterke stroom. De route via het kanaal was dan, met name voor kleine schepen, ook zeer aantrekkelijk. In 1972 werd het definitief voor de scheepvaart gesloten¹. Nu zijn de functies van het kanaal:

- Waterafvoer van enkele sprengen; het huidige doorstroomprofiel is hiervoor erg groot.
- Natuurwaarde; het kanaal is een KRW water en heeft ook algemene ecologische waarde.
- Cultuurhistorie; vertelt het verhaal van Apeldoorn en houttransport vanaf de Veluwe.
- Recreatie; in de vorm van kanoërs, vissers, fietsers en wandelaars.

Het waterschap werkt op dit moment aan een visie voor de toekomst van het Apeldoorns kanaal.

De Grift heeft op dit moment nagenoeg dezelfde functies als het kanaal:

- Waterafvoer van enkele sprengen.
- Natuurwaarde; de Grift is een KRW water en is een belangrijke ecologische verbindingszone (natte droge verbindingszone) en onderdeel van de Groene Ontwikkelingszone (GO).
- Cultuurhistorie; De Grift is ooit begonnen als afwateringskanaal om de zompige Oost Veluwe geschikt te maken voor landbouw en is een belangrijke waterafvoer uit Apeldoorn.
- Recreatie; in de vorm van vissers.

¹ Bron: Wikipedia

3.1 Incidenten en risico's door bevergraverij

Bevergraverij heeft in de afgelopen jaren geleid tot meerdere incidenten, waaronder verzakkingen en een bres. Deze activiteiten vormen een aanzienlijk risico voor de stabiliteit van de kade, de veiligheid van de omgeving en fietspad, met de volgende kernpunten:

1. Bres bij Epe (september 2023)

Een beverhol veroorzaakte een bres in de kade bij Epe (tussen de afritten met de Oenerweg en de Vemderweg). Dit leidde tot waterinstroom vanuit het Apeldoorns Kanaal naar de Grift, waardoor het waterpeil in het kanaal met 25 cm daalde. Gelukkig kon de Grift het overtollige water afvoeren waardoor er geen overstroming was. Het fietspad op de kade zakte in het gat en moest worden afgesloten. De schade werd tijdelijk hersteld met big bags en later definitief met klei en damwand. Dit incident illustreert de directe impact van beveractiviteiten op de veiligheid van fietsers op het kanaal en bij extremere bressen mogelijke impact op waterveiligheid. (De Stentor en WSVV)

In Bijlage G bevat een technisch hydrologisch verslag van de gemeten waterstanden, vlak voor de bres, tijdens en daarna.

2. Uitgebreide graverij in de kade

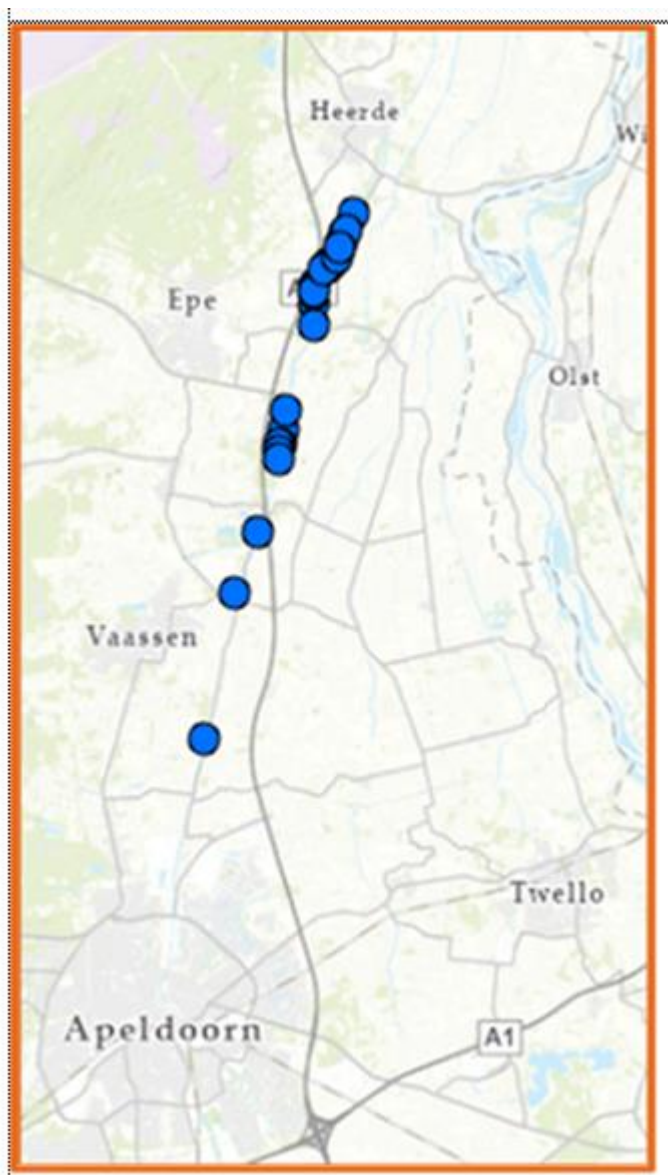
Uit inspecties blijkt dat bevergangen soms tot meer dan 2 meter diep reiken en zich dicht onder de kanaalbodem bevinden. Een hol dat in april 2024 werd ontdekt, lag minder dan een halve meter van de kanaalbodem. Dit hol had het potentie om een groot deel van het Apeldoorns Kanaal leeg te laten lopen, wat een ernstigere bres was dan de bres bij Epe (bron WSVV). Berekening door hydroloog Arcadis laten een beeld zien van de potentiële overstroming (Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

3. Frequentie en locatie van activiteiten

Grote delen van de kade tussen Griften het kanaal zijn gevoelig voor bevergraverij omdat de kade een steile oever heeft, uit zand bestaat en de beschoeiing op veel plaatsen nauwelijks meer aanwezig is. Inspecties vanuit de Grift in maart 2024 over een lengte van 12 km toonden 25 aangravingen, waarvan 10 dieper dan 2 meter. Deze locaties worden nu frequent gecontroleerd op nieuwe beveractiviteiten, omdat de kade als geheel een risicogebied wordt beschouwd.

3.2 Verspreiding bever in studiegebied

De Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF) toont waarnemingen van bevers, zie ook Figuur 5 (blauwe markeringen zijn bever waarnemingen – met name sporen of de bever zelf, in oranje is het onderzoeksgebied weergegeven). Uit de laatste inspectieronde (januari 2025) zijn oude holen gemonitord en is er ook weer een nieuw oeverhol aangetroffen).

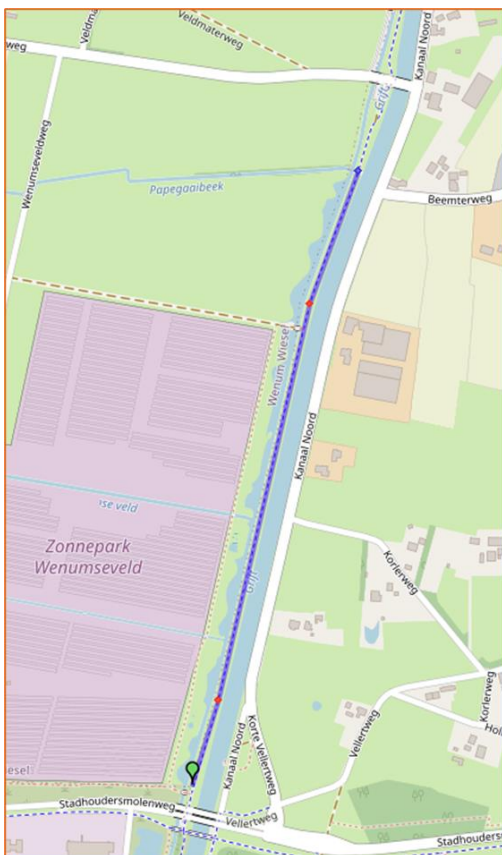


Figuur 5 Beverwaarnemingen en onderzoeksgebied

3.3 Huidige aanpak en maatregelen

Het Waterschap Vallei en Veluwe heeft opdracht gegeven aan de Muskusrattenbeheer (MRB') om 4x per jaar inspecties uit te voeren en waar nodig het herstel van de beverschades conform het provinciale beverprotocol te begeleiden. Dit wordt gedaan om de gevolgen van bevergraverij te beheersen. Het waterschap ondersteunt MRB's met maaierwerk en andere acties zodat zij goed kunnen inspecteren vanuit de Grift. Tot nu toe zijn de volgende acties ondernomen:

- **Monitoring en inspectie:** De kade wordt eens per drie maanden gecontroleerd op nieuwe bevergraverij. Hierbij worden nieuwe graverij opgespoord en worden de oude bekende oevershoren gemonitord, waarbij de diepte van het hol in de kade wordt vastgesteld en daarmee het risico op een bres in te kunnen schatten. Sinds kort beschikt men over meetinstrumentarium om de diepte van de hollen te kunnen uitpijlen. Nadat hollen ontdekt zijn gaat men deze uitgraven en dichten met o.a. klei. Gevaar hiervan is dat de bever elders een nieuw hol gaat graven waardoor het risico niet is afgenomen.
- **Lokaal plaatsen van twee damwanden tussen de Grift en het Apeldoorns Kanaal**, om het doorgraven van de kade door bevers te voorkomen en de op getreden bres te herstellen. Tevens wordt zo het risico op piping weggenomen, bij een gereduceerde weerstand van de kade. Om verdere verzakkingen en verzwakking als gevolg van piping te voorkomen, zijn damwanden aangebracht op kritieke locaties.
- **Plaatsing gaas:** Ten noorden van Apeldoorn is tussen Stadshoudersmolenweg en de Papegaaiibek preventief circa 800m gaas op het talud aangebracht en verticaal gaas aangebracht tot 1 meter diep. Zie Figuur 6.
- **Herstel van kade en fietspad:** Na een bres of flinke verzakking zijn kades hersteld met klei en andere materialen, het fietspad werd opnieuw aangelegd.



Figuur 6 Aangebracht beverwerend gaas (op talud en verticaal 1 m)

4 Effecten van bevergraverij

Door graverij van de bever treden de twee effecten op met de volgende gevolgen:

4.1 Verzakking van de kade

Door verzakking in de kade kan het fietspad wat op de kade ligt verzakken. Dit kan leiden tot ongevallen met fietsers, wandelaars en beheerders waarbij letsel kan optreden of schade aan (onderhouds)materiaal. Maar wanneer er een bres ontstaat is er een veel groter effect (zie volgende paragraaf).

4.2 Worst case scenario

Hieronder een fictief persbericht in een worst case scenario. Verderop is in detail per object beschreven wat de risico's zijn.

Fictief Persbericht: Grote schade na bres in kade Apeldoorns Kanaal

Epe 23 maart 2025 – Een ernstige situatie heeft zich voorgedaan in de omgeving van het Apeldoorns Kanaal en de Grift. Door een bres (doorbraak) in een kade tussen het kanaal en de Grift is een enorme hoeveelheid water ongecontroleerd naar de Grift gestroomd, met ingrijpende gevolgen voor de omgeving.

De bres is vermoedelijk ontstaan door een bever die een hol heeft gegraven vanuit de Grift, wat uiteindelijk heeft geleid tot het bezwijken van de kade. Het waterpeil in het betreffende deel van het kanaal is drastisch gedaald en zelfs volledig leeggelopen. Hierdoor is de druk op de kades afgenomen, wat heeft geleid tot grootschalige schade, waaronder het instorten van beschoeiingen, kademuren, bruggen en duikers. Landhoofden van bruggen zijn verzakt, waardoor deze onbruikbaar zijn geworden. Ook sluizen en stuwen zijn zwaar beschadigd, wat het waterbeheer in de regio ernstig belemmert.

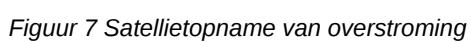
Door het wegvallen van de waterdruk in het kanaal is de kanaalweg tussen Vemderbrug de brug van de Schobbertsweg grotendeels verzakt en daardoor niet meer veilig voor verkeer. 6 bedrijven en een tiental woningen zijn niet meer bereikbaar. Het waterschap en de wegbeheerder zijn nu aan het onderzoeken welke noodroutes er gemaakt kunnen worden om deze bewoners en bedrijven te ontsluiten. De schade voor de melkveehouders is hoog omdat zij de komende weken, mogelijk maanden geen melk- of voertransport kunnen ontvangen via de Kanaalweg.

De ecologische impact is eveneens aanzienlijk. De kade en begroeiing in het kanaal nabij de bres is weggespoeld, waardoor natuurlijke vegetatie en de oevers zijn beschadigd. Beschermde diersoorten, die afhankelijk waren van deze leefgebieden zoals hazelwormen en vleermuizen, zijn hun habitat kwijtgeraakt.

De Grift, die het water uit het kanaal moest verwerken, raakte zwaar overbelast. Het waterpeil steeg snel, wat leidde tot overstromingen langs de oevers en schade aan omliggende gebieden. Huizen, landbouwgrond en infrastructuur zijn getroffen, met grote gevolgen voor bewoners en bedrijven in de regio. Als gevolg van het hoge water en meegevoerde slib zijn wegen onbegaanbaar en zijn enkele huizen onbereikbaar, de verwachting is dat men na twee dagen weer bereikbaar zijn. De schade wordt geschat op enkele miljoenen euro's.

Herstel en maatregelen

De betrokken instanties werken op volle kracht om de schade in kaart te brengen en herstelmaatregelen te treffen. Het is van groot belang om verdere erosie te voorkomen en te zorgen voor veilige waterbeheersystemen in de toekomst. Daarnaast wordt gekeken naar manieren om de ecologische schade te beperken en de leefgebieden van beschermde soorten te herstellen. Omwonenden en betrokkenen worden opgeroepen om alert te blijven en eventuele schade te melden bij de bevoegde instanties.



Nadere detaillering worst case scenario

Een bres (doorbraak) in een kade tussen het Apeldoorns Kanaal en de Grift kan aanzienlijke gevolgen hebben voor de omgeving. Hier is een beschrijving van wat er gebeurt in een worst case scenario waarbij de bever een hol graaft vanuit de Grift wat een bres ter hoogte van de bodem van het kanaal tot gevolg heeft. De locatie van deze bres is dan in één van de deelgebieden met een hoge effectscore (deelgebied 3, 4, 5, 7 of 9 in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Als dit gebeurt is de bres het gevaarlijkst door de hoogst mogelijke waterdruk:

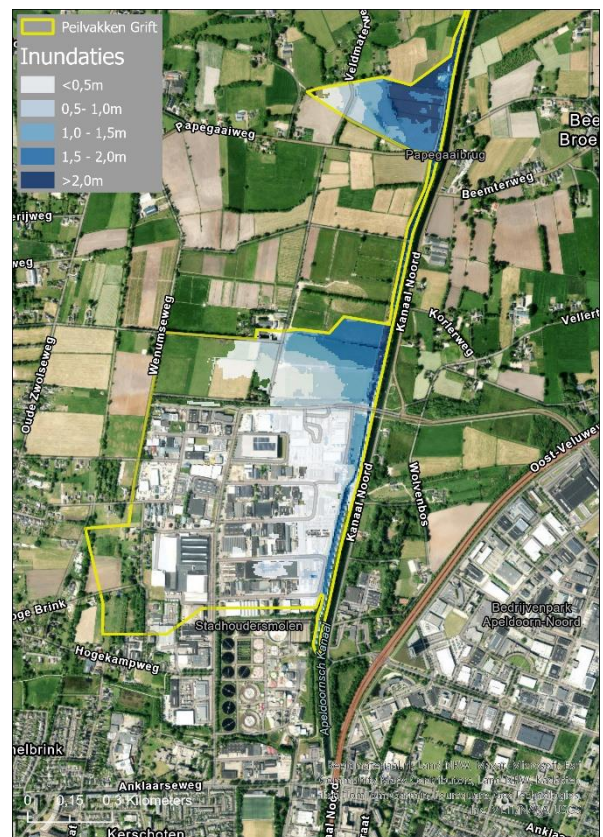
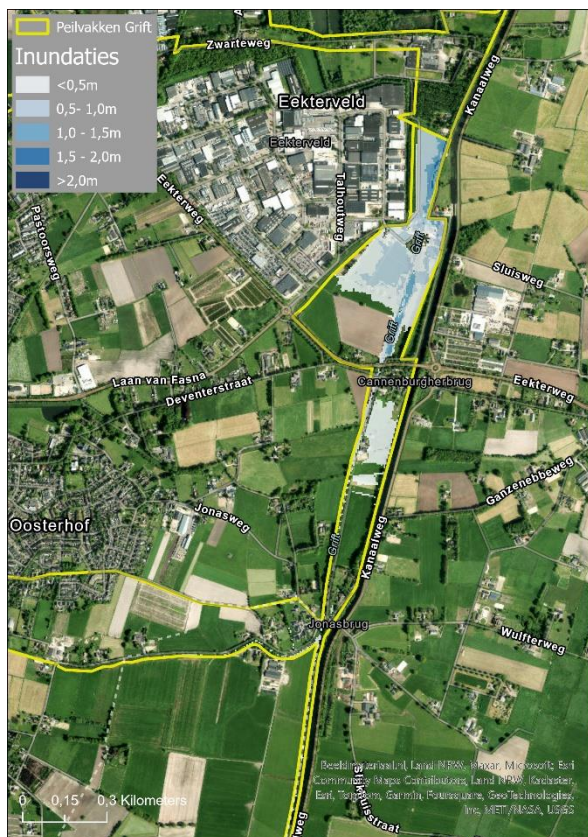
1. Het Apeldoorns Kanaal

- **Leeglopen pand Apeldoorns kanaal:** Door de bres stroomt een enorme hoeveelheid water ongecontroleerd naar de Grift, waardoor het waterpeil in het betreffende pand van het kanaal drastisch daalt of geheel leegloopt. In dit pand bezwijken de kades door de afname in waterdruk.
- **Toenemende schade:** De bres wordt door de aanhoudende waterstroom snel breder en dieper. Het hoogteverschil en de grote aanvoercapaciteit van het kanaal versterken deze erosie. In uiterste gevallen kunnen enkele tientallen meters kade in de lengte en tot enkele meters diepte wegspoelen.
- **Instorting van constructies:** Beschoeiingen, kademuren, bruggen en duikers in het betreffende pand raken zwaar beschadigd of storten in door de verhoogde belasting en de afgenomen tegendruk van het water. Landhoofden van bruggen verzakken, waardoor bruggen onbruikbaar worden. Sluizen en stuwen raken onherstelbaar beschadigd, wat het waterbeheer ernstig hindert.
- **Ecologische schade:** Begroeiing in het kanaal nabij de bres wordt weggespoeld, waardoor natuurlijke vegetatie en oevers wegspoelen en beschermde soorten hun leefgebieden verliezen.

2. De Grift

- **Overbelasting:** De Grift raakt overbelast door het grote wateraanbod vanuit het kanaal. Het waterpeil stijgt snel, wat resulteert in overstromingen langs de Grift.
- **Inundatie van omliggende gebieden:** Bij een grote bres overstroomt het water niet alleen de Grift, maar ook omliggende landbouwgronden, natuurgebieden en bebouwing. Dit leidt tot wijdverspreide schade. Er is een simpele som hydrologische som uitgevoerd om een inschatting te krijgen van de risicogebieden. Zie *Figuur 8* op de volgende pagina voor de 4 belangrijkste kaarten. Voor alle kaarten zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Een voorbeeld berekening aan de westzijde is gedaan door Waterschap Vallei en Veluwe. Let op dat dit niet aan de griftzijde van het kanaal is gedaan maar aan de andere kant, deze staat in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**
- **Ecologische schade:** Begroeiing wordt weggespoeld, waardoor natuurlijke vegetatie en oevers wegspoelen en beschermde soorten (flora, vogels, zoogdieren, reptielen) hun leefgebieden verliezen.

Hieronder enkele van de overstromingsplaatjes die op basis van een simpele som zijn gemaakt. Het water wat in het Apeldoorns kanaal zit is in zijn volledigheid verplaatst naar de peilvakken waar de Grift doorheen stroomt. In werkelijkheid zal een bres natuurlijk op één punt beginnen en zijn de peilvakken minder hard dan dat ze hier op kaart staan. Desalniettemin laten ze wel een beeld zien van de locaties die risico lopen op overstroming. Hieronder de drie locaties met de meeste inundatie. Voor overige kaarten zie Bijlage H.



Figuur 8 Inundaties

3. De Griftkade

- **Volledige instabiliteit rondom de bres:** De kade langs de Grift wordt rondom de bres verder aangetast door erosie, waardoor deze volledig kan instorten. Dit maakt herstel zeer complex en kostbaar. Over welke lengte dit exact kan gebeuren is sterk afhankelijk van hoe snel het gat gedicht wordt en hoeveel water het betreffende pand blijft afvoeren. Dit kan gemakkelijk enkele tientallen meters worden. Daarnaast kan de Griftkade ook afschuiven door het wegvallen van de waterdruk. Dit staat in detail beschreven bij punt 5 Kanaalweg.
- **Onherstelbare schade aan kade en bodem:** Achter de bres schuren diepe kolken en wielen uit, waardoor de kade op die plek mogelijk onherstelbaar wordt. De zwakke plek blijft een risico voor toekomstige calamiteiten².
- **Ecologische schade:** Begroeiing op de kade wordt weggespoeld, waardoor natuurlijke stabiliteit verdwijnt en beschermde soorten hun leefgebieden verliezen.

4. Het fietspad

- **Wegspoeling:** Het fietspad, cruciaal voor woon-werkverkeer en scholieren, wordt volledig weggespoeld. Dit leidt tot langdurige onbruikbaarheid en forse herstelkosten.
- **Langdurige gevolgen:** Herstel vereist grondige versterking van de ondergrond, wat maanden kan duren, met impact op de bereikbaarheid van omliggende gebieden.

5. De Kanaalweg – Oostkade Kanaal

- **Onbruikbare infrastructuur:** De Kanaalweg wordt ondermijnd door het plotseling wegvallen van de waterdruk uit het kanaal van de grond. Grote delen van de weg verzakken of scheuren, waardoor deze onbruikbaar wordt voor verkeer. In het ergste geval kunnen er zelfs auto's te water raken, maar waarschijnlijk zal de weg langzaam afschuiven en zal er niet plotseling een diep gat ontstaan. Uit de profielen van het kanaal blijkt ongeveer de helft van het traject een talud van 1:2 heeft, dit betekent dat hier een redelijke kans op afschuiving is. 5 van de 8 profielen hebben een talud van 1:3 of nog flauwer en hebben nauwelijks kans op afschuiven. De kans op afschuiving van de kade tussen Grift en kanaal is groter dan die van de kade met de kanaalweg erop. Omdat deze steilere profielen allemaal opvolgende liggen kunnen de kanaalweg en Griftkade in een worst case over een lengte van bijna 6,5 km afschuiven als we uitgaan dat de profielen representatief zijn voor de tussenliggende delen. Dit stuk ligt tussen de Vemderbrug de brug van de Schobbertsweg. Herstel hiervan kan maanden duren waardoor in het slechtste geval 6 bedrijven en een tiental woningen niet bereikbaar zijn.
- **Verlies van bereikbaarheid:** De infrastructuur in de omgeving komt stil te liggen, wat de toegang tot omliggende gebieden ernstig beperkt. De kanaalweg is een belangrijke ontsluiting voor melkveebedrijven die dan mogelijk geen melk meer kunnen afvoeren.

6. Diverse functies van het kanaal, de Grift en omgeving

- **Ecologische gevolgen:** De overstroming brengt sediment, nutriënten en vervuiling vanuit de sliblaag van het kanaal mee, wat de ecologische en chemische waterkwaliteit schaadt. Beschermde soorten zoals hazelwormen en vleermuizen verliezen leefgebieden. Door de grote hoeveelheid water die in één keer door de grift stromen kunnen leefgebieden van verschillende soorten wegspoelen, bijvoorbeeld zand- en detritusbanken en waterplanten. Ook kunnen waterorganismen wegspoelen, waarna het enige tijd zal duren voordat het betreffende deel van de grift opnieuw gekoloniseerd wordt. Het Apeldoorns Kanaal en de Grift zijn KRW-waterlichamen. De schade belemmert het behalen van Kaderrichtlijn Water-doelstellingen, wat een langdurige impact heeft op het waterbeleid.
- **Verlies van recreatiemogelijkheden:** Activiteiten zoals varen, vissen en wandelen worden onmogelijk gemaakt door de schade aan het kanaal en de Grift.
- **Falend waterbeheer:** door verantwoordelijkheid van het waterschap voor de kade wordt waterschap verantwoordelijk gehouden voor de schades door de bres.

7. De omgeving van de Grift

- **Overstromingen:** Lage gebieden langs de Grift, zoals landbouwgronden, natuurgebieden en bebouwing, worden zwaar getroffen door inundatie. Dit leidt tot evacuaties, economische schade en verlies van eigendommen.

² Onder calamiteit wordt in dit rapport verstaan: een niet-verwachte gebeurtenis die ernstige schade kan veroorzaken.

- **Onherstelbare ecologische schade:** Natuurgebieden raken permanent aangetast door sedimentafzetting en vervuiling.
- **Verstoren in het dagelijks leven:** Omwonenden worden geconfronteerd met langdurige evacuaties en hersteltrajecten, wat hun dagelijks leven ernstig ontwricht.

5 Ecologie bever

De hieronder beschreven ecologische aspecten van de bever zijn grotendeels ontleend uit het kennisdocument bever (BIJ12 2017), andere bronnen zijn Dijkstra e.a. (2012) en Dekker & Vreugdenhil (2012).

5.1 Leefwijze

Bevers zijn vooral in de schemering en 's nachts actief. De bever leeft territoriaal in familieverband, bestaande uit ouderdieren met hun jongen tot 2 jaar oud. Territoria worden fel tegen bevers uit andere families verdedigd, maar kunnen elkaar wel overlappen. In het territorium en vooral langs de grenzen worden geur-merken (bevergeil) afgezet.

De paartijd is in januari-februari en in mei-juni worden meestal twee tot drie jongen geworpen. De kraamperiode loopt van mei tot en met augustus. Bevers zijn volwassen in hun derde kalenderjaar en verlaten veelal aan het eind van hun tweede jaar de familiegroep.

In de zomer slapen bevers overdag vaak in een leger in dichte oevervegetatie. Holen worden in bijna alle aanwezige steile oevers van een territorium gegraven. Omdat de ingang ruim onder de waterlijn ligt zijn ze moeilijk waar te nemen. Als het dak van dit hol instort, dekken de bevers het ontstane gat af met takken en modder, zodat een burcht ontstaat. De burcht wordt jaarrond gebruikt, in de periode mei tot en met augustus als voortplantingsplaats. Buiten deze periode is de burcht in gebruik als rustplaats. Er kunnen meerdere burchten in een territorium aanwezig zijn. Het gaat dan om verlaten oudere burchten en om kleinere door jongen gebouwde burchten nabij de ouderlijke burcht.

5.2 Voedsel

Bevers leven uitsluitend van plantaardig voedsel. In de vegetatieperiode worden vooral grassen, kruiden, waterplanten, bloemen, bladeren en scheuten van wortels en wortelstokken van water- en oeverplanten gegeten die in het water en op en langs de oever groeien. Cultuurgewassen zoals suikerbieten, maïs, granen en fruit zijn dan eveneens aantrekkelijke voedselbronnen.

In de winter eten bevers twijgjes en bast van met name wilg en populier. Om deze voedselbron te bereiken knagen ze de bomen op de oever om. Bevers hebben een grote voorkeur voor jonge stammetjes tot polsdikte. Veelal wordt er ook een wintervoorraad van takken nabij de burcht aangelegd, hoewel dit niet altijd het geval is in Nederland met de relatief zachte winters.

5.3 Habitat

De bever leeft in het overgangsgebied van land naar zoet water. De benodigde oppervlakte aan leefgebied wordt vooral bepaald door de hoeveelheid en de kwaliteit van de voedselbronnen op en langs de oever. De benutte oeverzone bedraagt 10 à 20 meter het land op en een territorium beslaat dikwijls een lengte van 1 tot 2 kilometer beboste oeverzone.

De functionele leefomgeving van een voortplantingsplaats of van een rustplaats is de omgeving van die plaatsen die nodig is om ze als zodanig te laten functioneren. De functionele leefomgeving van een voortplantingsplaats en rustplaats van een bever bestaat idealiter uit de volgende onderdelen:

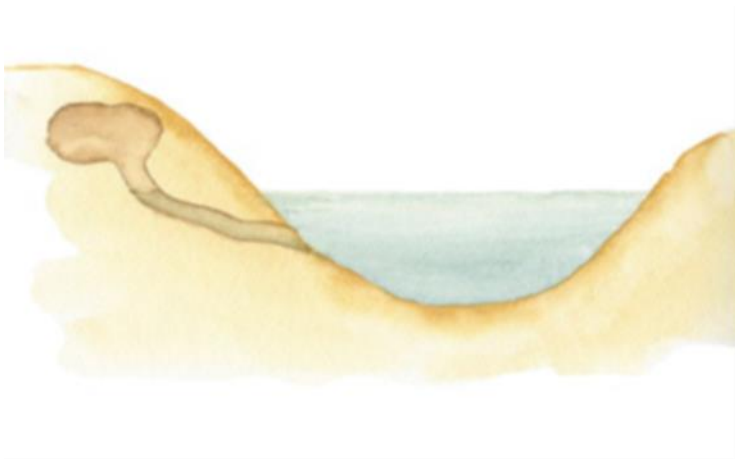
- Voldoende voedselaanbod, in de vorm van water- en oeverplanten en bomen of struiken in de oeverzone. Met name de beschikbaarheid van houtige vegetatie in de winter is cruciaal.
- Water van voldoende diepte om de ingang van de burcht permanent onder water te doen houden en volledig tot op de bodem dichtvriezen van het water te voorkomen.
- Een eventueel door bevers gebouwde dam om dit te bereiken behoort daarmee ook tot de functionele leefomgeving van een burcht. Ook een benutbare verbinding tussen wateren kan essentieel zijn.

5.4 Definitie hol en burcht

In hoeverre een bever gebruik maakt van een hol of een burcht hangt af van de vorm en samenstelling van de oever. Daarnaast speelt de intensiteit van het gebruik van het verblijf een rol. (uit Dijkstra & Polman 2018).

Als een bever zich ergens vestigt, begint hij over het algemeen met het graven van een hol onder de waterlijn. Na enkele meters graaft hij omhoog om boven het grondwaterpeil uit te komen. In het droge deel van de oever graaft hij een kamer uit. Is de oever hoog en kleiig dan kan het dak in stand blijven en spreken we van een hol.

Is de oever relatief laag en zanderig dan stort het dak van de kamer meestal al na korte tijd in en wordt het gat met takken en modder afgedekt. Dan wordt het een burcht genoemd. Door jarenlang gebruik kan het dak van een hol alsnog instorten en het een burcht worden. Steile hogere oevers met een begroeiing van bomen of struiken zijn favoriet voor het graven van holen en de constructie van burchten. Daarbij zorgen de wortels van de bomen en struiken voor een stabiel dak boven de kamer en is dekking en voedsel aanwezig.



Figuur 9 Beverhof (D. Klees)



Figuur 10 Beverburcht (D. Klees)

6 Risico Analyse en FMECA

6.1 Algemeen

Een objectieve en bewezen methodiek voor het in kaart brengen van de risico op falen van de assetsfunctie is het gebruik maken van de *FMECA* systematiek. *FMECA* staat voor *Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*. Het is een systematische methode om mogelijke storingen (failure modes) in een systeem, proces of product te identificeren, de effecten ervan te analyseren en de criticaliteit (ernst en waarschijnlijkheid) te beoordelen. Het doel is risico's te prioriteren en proactieve maatregelen te nemen om betrouwbaarheid en veiligheid van een asset te verbeteren. Door ook de kans- en effectreductie van de maatregelen te evalueren, wordt duidelijk in hoeverre een specifieke maatregel het risico vermindert, en of het risico op falen vervolgens wel of niet acceptabel is.

Het resultaat van de FMECA-systematiek is een optimale balans tussen preventief en correctief onderhoud of maatregelen. Dit leidt tot een hogere betrouwbaarheid, lagere kosten en verbeterde veiligheid. Omdat de methodiek rationeel is, hebben emotionele overwegingen weinig tot geen invloed, wat resulteert in een objectief en onderbouwd oordeel. Op dit moment zorgt dit voor een snelle en effectieve manier om in beeld te krijgen welke maatregelen het Waterschap op korte termijn kan nemen om de risico's door bevergraverij in te perken.

1. Inventarisatie van graafrisico's en definiëring van deelgebieden

In deze stap worden de gebieden geïdentificeerd waar graafwerkzaamheden risico's kunnen opleveren, en worden deze opgesplitst in deelgebieden.

2. Opstellen van een risicomatrix

Een risicomatrix wordt gebruikt om risico's te beoordelen en te prioriteren op basis van hun waarschijnlijkheid en ernst. De inschatting wordt afgestemd op doelen zoals veiligheid, kosten en kwaliteit. Elke combinatie van kans en gevolg krijgt een risiconiveau toegewezen, variërend van acceptabel tot onacceptabel.

3. Bepalen van functies

De functies van het systeem worden in kaart gebracht om inzicht te krijgen in mogelijke faalvormen die het functioneren van het systeem kunnen verstoren.

4. Identificeren van faalvormen

Na het vaststellen van de functies worden alle mogelijke faalvormen geïdentificeerd die kunnen leiden tot het falen van het systeem.

5. Achterhalen van faaloorzaken

Voor elke faalvorm worden de onderliggende oorzaken onderzocht. Het begrijpen van deze oorzaken is essentieel voor het bepalen van effectieve maatregelen om toekomstige storingen te voorkomen.

6. Beschrijving van faaleffecten

De gevolgen van een faalvorm worden beschreven, inclusief de impact in een worstcase scenario. Dit helpt bij het nauwkeurig inschatten van de ernst van het falen.

7. Bepalen van de kans

De waarschijnlijkheid van elke faaloorzaak wordt vastgesteld, bijvoorbeeld aan de hand van historische gegevens, ervaringen van monteurs, informatie van leveranciers of beoordelingen door experts.

8. Bepalen van de gevolgen

Op basis van de eerder beschreven faaleffecten worden de specifieke gevolgen van een storing beoordeeld, bijvoorbeeld op het gebied van stilstand, veiligheid, kosten en milieu.

9. Vaststellen van de criticaliteit

De criticaliteit van elke faaloorzaak wordt bepaald door de kans en de ernst van de gevolgen te combineren, zoals vastgelegd in de risicomatrix.

10. Definiëren van mitigerende acties

Op basis van de criticaliteit worden maatregelen vastgesteld om de kans op faaloorzaken te verkleinen of de impact ervan te beperken. Voor kritieke faaloorzaken worden preventieve onderhoudsmaatregelen aanbevolen, terwijl minder kritieke oorzaken vaak kunnen worden beheerd met een "run-to-failure"-strategie.

Daarnaast kunnen organisatorische maatregelen, zoals trainingen en operationele aanpassingen, bijdragen aan het verminderen van de gevolgen van storingen.

6.2 Resultaat

Het resultaat van de analyse is een overzicht van mogelijke maatregelen en een vergelijking van scenario's. Het waterschap is voornemens om op basis van een voorkeursscenario een uitvoeringstraject te starten.

6.3 Assetmanagement methodiek

Voor het opstellen van de risicomatrix is gebruik gemaakt van bestaande risicomatrices van Rijkswaterstaat. Deze zijn vervolgens vertaald, opgeschaald en afgestemd op de bedrijfswaardenmatrix, zoals beschreven in het strategisch assetmanagementplan van Waterschap Vallei en Veluwe. Op deze manier wordt een koppeling gelegd tussen de bedrijfswaarden van Waterschap Vallei en Veluwe en de opgestelde risico-inventarisatie.

6.4 Risico beoordeling

Risicobeoordeling bij de FMECA is in de basis simpel en gaat uit van: $\text{Risico} = \text{kans} \times \text{effect}$. Oftewel een hoge kans op graverij en grote effecten door graverij geven het hoogste risico. Een lage kans en kleine effecten geven een laag risico.

Kans

De bever kan overal in de watergangen voorkomen, aangezien deze zijn leefgebied steeds verder uitbreidt. Dit betekent dat we ervan uit kunnen gaan dat de bever in de toekomst overal aanwezig kan zijn. De kans op graverij door bevers in de kade wordt afgeleid uit de fysieke kenmerken van de kade. Het is bekend dat bevers alleen graven in steile oevers; graverij in flauwe oevers is tot op heden niet waargenomen. Bevers graven doorgaans niet verder dan 15 meter, als veiligheidsmarge wordt echter 30 meter aangehouden (zie ook par 8.7). De afstand tussen de Grift en het kanaal is daarom een belangrijke indicatie voor de kans op falen van de kadefunctie.

Effect

De gevolgen zijn, conform het strategisch assetmanagementplan, per deelgebied beoordeeld aan de hand van de volgende bedrijfswaarden:

- K: Balans in maatschappelijke kosten.
- T: Doelmatige en doeltreffende uitvoering van (wettelijke) taken.
- O: Realiseren van maatschappelijke opgaven.
- L: Kwaliteit van leefomgeving en milieu.
- V: Veiligheid.
- I: Publieke relaties en imago.
- W: Samenwerking met waterschap partners.

In hoofdstuk 7 wordt per deelgebied dieper op deze aspecten ingegaan.

7 Risicoanalyse

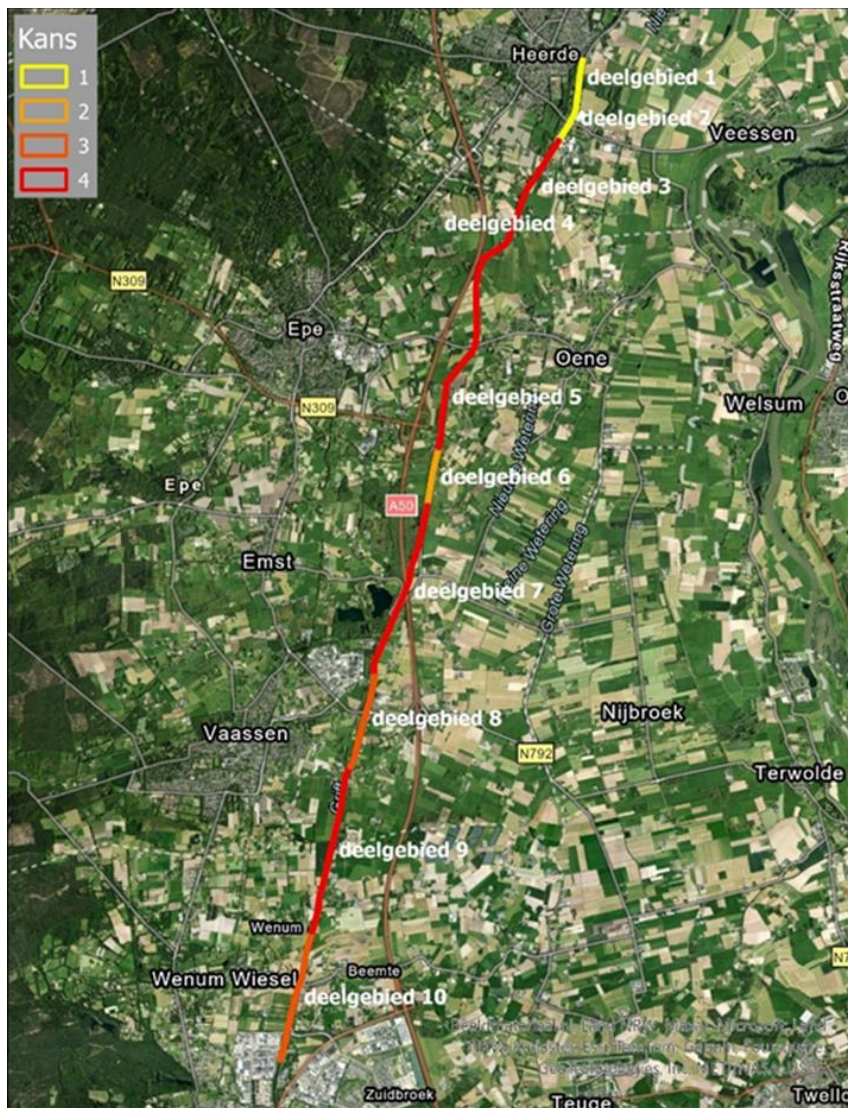
7.1 Stap 1: Deelgebieden en kansen

LET OP: de risicoanalyse (kans x effect = risico) gaat alleen over het risico door graverij in de grifzijde van de kanaalkade. Dit doen we omdat de kans op graverij vanuit het kanaal veel minder onderscheidend is.

Om de faalkans van de kadefunctie is per deelgebied bepaald op basis van de volgende parameters:

- Aanwezigheid van bevers: meer bevers leiden tot een hogere kans op falen hierbij is gekeken naar 1 km omtrek.
- Afstand tussen de Grift en het kanaal: een kleinere afstand vergroot de kans op falen. Vanaf 30 meter is de kans klein.
- Steilheid van het talud aan de Grifzijde: een steil > 1:3 talud verhoogt de kans op graverij.

Hieruit volgt de kaart met deelgebieden op basis van faalkansinschatting, Figuur 11. Voor gedetailleerde kaarten verwijzen we naar Bijlage C. We gaan in kansen en risico's alleen uit van de Grifzijde. Voor de kosten en de scenario's hebben we iets breder gekeken.



Figuur 11 Kaart met deelgebieden en kans op graverij door de bever (rood: kans het grootst, zie ook FMCO Risico matrix)

7.2 Stap 2: Gebruik van de risicomatrix

Een risicomatrix heeft als doel een uniforme manier te bieden om individuele risico's te beoordelen. Bij voorkeur wordt deze matrix opgesteld door de eigenaar van de objecten, met aandacht voor het gehele areaal en een eerlijke verdeling van risico's over dit areaal. De risicomatrix (die risico's per object weergeeft) is nauw verbonden met een bedrijfswaardenmatrix uit het strategisch assetmanagementplan (SAMP). In de bedrijfswaardenmatrix wordt vastgelegd hoe zwaar een organisatie, zoals het waterschap, generieke risico's weegt. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de afweging tussen veiligheid, imago en kosten: welke schadekosten zijn nog acceptabel en welke niet?

In het strategisch assetmanagementplan van het waterschap was de bedrijfswaardenmatrix echter alleen ingevuld voor kosten; andere bedrijfswaarden, zoals imago en veiligheid, waren niet ingevuld. Dus hiervoor hebben we samen met het waterschap de bedrijfswaarden ingevuld.

Opbouw van de Matrixen

Zowel de bedrijfswaardenmatrix als de risicomatrix bestaan uit drie onderdelen:

Bedrijfswaarden met waarderingen

Voorbeelden:

- Imago (bijv. een negatief bericht in de lokale of regionale pers).
- Kosten (bijv. € 20.000 of € 200.000).

Kans categorieën met kansen

Voorbeelden:

- Verwachte frequentie (bijv. vaker dan 10 keer per jaar, of 1 keer per 100 jaar).

De matrix met acceptatieniveaus

Voorbeelden:

- Acceptabel, te mitigeren mits financieel haalbaar of onacceptabel.

In dit onderzoek zijn aan alle drie de componenten cijfers toegevoegd. Hierdoor kunnen risico's binnen de schaal van acceptatieniveaus verder worden geprioriteerd. Deze schaal kan lineair of exponentieel oplopen. De waarden in de matrix worden bepaald door het product van de waarderingen in de bedrijfswaarden en de kans categorieën.

Relatie tussen Bedrijfswaardenmatrix en Risicomatrix

Een bedrijfswaardenmatrix toont de afweging tussen bedrijfswaarden (zoals veiligheid, imago, kosten) en de kans dat een bedrijfswaarde niet wordt behaald. Deze matrix geldt voor het gehele areaal van een organisatie. Een risicomatrix is een specificatie van de bedrijfswaardenmatrix, toegepast op een specifiek object of objectsoort.

In een risicomatrix worden de bedrijfswaarden vertaald naar concrete doelstellingen voor een specifiek object. Ook wordt hierin de kans meegenomen dat deze doelstellingen niet worden gehaald. Idealiter tellen de waardes in de risicomatrixen van alle objecten in een areaal samen op tot de waardes in de bedrijfswaardenmatrix.

Een voorbeeld:

- In de bedrijfswaardenmatrix is een kostenpost van meer dan €2 miljoen onacceptabel bij een kans van 1 keer per 10 jaar.
- Het areaal bestaat uit 10 objecten met een gelijk belang. In de risicomatrixen van deze objecten is daarom een kostenpost van € 200.000 onacceptabel bij een kans van 1 keer per 10 jaar (of € 20.000 bij een kans van 1 keer per jaar).

Daarnaast kunnen meerdere bedrijfswaarden en kans categorieën worden gecombineerd. Hoewel minder gebruikelijk, is het mogelijk om meerdere kans categorieën in een matrix op te nemen. Wanneer waarderingen van verschillende bedrijfswaarden op dezelfde rij staan, worden ze als gelijkwaardig beschouwd. Bijvoorbeeld: een kostenpost van €100.000 en een negatief bericht in de regionale pers kunnen als even ernstig worden beschouwd. Beide krijgen dan dezelfde acceptatiewaarde in de matrix.

Gebruik van een Risicomatrix

Een risicomatrix wordt gebruikt binnen methodologieën als FMECA. Hiermee kunnen individuele risico's worden beoordeeld en geprioriteerd. Elk risico wordt gescoord op basis van:

- Elke bedrijfswaarde (bijv. imago, kosten, veiligheid).
- Elke kanscategorie (bijv. frequentie van optreden).

Er zijn twee veelgebruikte methoden om de scores te vertalen naar een acceptatieniveau opsomming en maximaal. In dit onderzoek is gekozen voor maximaal:

- De hoogste waardering van de individuele bedrijfswaarden wordt gebruikt.
- Hetzelfde geldt voor de kans categorieën.

$\text{Kans} \times \text{effect} = \text{risico}$

Zodra voor elk risico een acceptatieniveau (en eventueel een numerieke waarde) bekend is, kunnen maatregelen en budgetten worden afgestemd op een geprioriteerde lijst van risico's. Door een risicomatrix uniform te gebruiken, wordt verzekerd dat alle risico's en bedrijfswaarden op hoger niveau geborgd zijn.

Voordelen van de Risicomatrix

De risicomatrix biedt een breed inzetbare methode die in verschillende disciplines toepasbaar is. Voorbeeld: op de volgende pagina Tabel 1 wordt een risicomatrix gepresenteerd voor schade door bevers aan de kade van het Apeldoorns Kanaal, gebaseerd op gegevens van Rijkswaterstaat (RWS) en het Waterschap Vallei en Veluwe.

Tabel 1 Risicomatrix beverschade

							Kans						
Effect							Minder dan 1 keer per 100 jaar	van 1 keer per 100 jaar tot 1 keer per 10 jaar	van 1 keer per 10 jaar tot 1 keer per jaar	van 1 keer per jaar tot 10 keer per jaar	van 10 keer per jaar tot 100 keer per jaar	meer dan 100 keer per jaar	
Balans in maatschappelijke kosten (K)	Doelmatige en doeltreffende uitvoering (wettelijke) taken (T)	Realiseren van maatschappelijke opgaven (O)	Kwaliteit leefomgeving en milieu (L)	Veiligheid (V)	Publieke relaties en imago (I)	Waterschaps-partner (W)	Score	1	2	3	4	5	6
Gevolgschade/ Oplevering > € 50milj							6	Middel	Hoog	Zeer Hoog	Onacceptabel	Onacceptabe 	Onacceptabe
Gevolgschade/ Oplevering € 5milj - € 50milj	Achterliggend land en infrastructuren worden zwaar aangetast.	Zware, niet omkeerbare, gevolgen voor gezondheid, milieu of klimaat.	Ernstige, langdurige gevolgen voor flora en fauna; grootscheepse maatregelen noodzakelijk. Grote gevolgen voor recreatief, functioneel en ecologische waarde van water in het kanaal.	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met - niet-blijvend letsel met medische assistentie/ ziekenhuis opname bij één of meer personen - blijvend letsel bij meer personen, of - fataal letsel bij één of meer personen	Negatief publiek bericht inde landelijke pers	Grote negatieve invloed op reputatie als waterschaps-partner,	5	Laag	Middel	Hoog	Zeer Hoog	Onacceptabe 	Onacceptabe
Gevolgschade/ Oplevering € 500k - € 5milj	Achterliggend land en structuren worden licht aangetast.	Lichte gevolgen voor gezondheid, milieu of klimaat.	Grote gevolgen voor flora en/of fauna; maatregelen nodig om erger te voorkomen; Middelgrote gevolgen voor recreatief, functioneel en ecologische waarde van water in het kanaal.	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel met medische assistentie/ ziekenhuis opname bij één of meer personen	Negatief publiek bericht in de regionale pers	Middelgrote negatieve invloed op reputatie als waterschaps-partner,	4	Verwaarloos baar	Laag	Middel	Hoog	Zeer Hoog	Onacceptabe
Gevolgschade/ Oplevering € 50k - € 500k	Achterliggend land raakt onder water. Geen overige structuren beschadigd	Lichte gevolgen voor gezondheid, milieu of klimaat. Te verhelpen met maatregelen	Beperkte gevolgen voor flora en/of fauna; geen maatregel nodig, het lost vanzelf op; Kleine gevolgen voor recreatief, functioneel en ecologische waarde van water in het kanaal.	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel zonder verzuim bij één of meer personen	Negatief publiek bericht in de lokale pers	Kleine negatieve invloed op reputatie als waterschaps-partner,	3	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Laag	Middel	Hoog	Zeer Hoog
Gevolgschade/ Oplevering € 5k - € 50k	Geen water op achtergelegen gebieden.	Geen gevolgen voor gezondheid, milieu of klimaat.	Verwaarloosbare gevolgen voor flora en fauna; Verwaarloosbare gevolgen voor recreatief, functioneel en ecologische waarde van water in het kanaal.	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken zonder letsel en zonder verzuim bij één of meer personen, en geen schade aan voertuigen.	Geen negatief publiekelijk bericht	Geen negatieve invloed op reputatie als waterschaps-partner,	2	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Laag	Middel	Hoog
Gevolgschade/ Oplevering < € 5k							1	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Verwaarloos baar	Laag	Middel

7.3 Stap 3: Risico, gevolgen en conclusie per deelgebied

LET OP: de risicoanalyse (kans x effect = risico) gaat alleen over het risico door graverij in de griftzijde van de kanaalkade. Dit doen we omdat de kans op graverij vanuit het kanaal veel minder onderscheidend is.

In onderstaande FMECA-tabel in Bijlage A staan de overige stappen verwerkt zoals benoemd in paragraaf 7.1 en 7.2. Dit is gedaan aan de hand van de volgende kolommen:

- **Systeem:** Hierin staat het Deelgebied.
- **Functie:** Belangrijkste functie van de kade.
- **Functioneel falen:** Wat faalt er als het risico optreedt.
- **Faal oorzaak:** Voor dit gehele onderzoek is dit graverij van de bever.
- **Faal mechanisme:** In dit geval natuurlijk gedrag van de bever en verzakking van de kade.
- **Context:** korte beschrijving van het deelgebied en de belangrijkste factoren die invloed hebben op de kans op graverij.
- **Hoger level effect:** n.v.t.
- **Kansscore:** de kans op graverij van 1 tot 4 waarbij 1 heel laag is en 4 maximaal.
- **Effect / Beschrijving van gevolgen per Bedrijfswaarde:** In de risicomatrix zijn de onderstaande effectparameters gedefinieerd. Deze zijn vervolgens in de kolom "effect" beschreven en toegelicht en vervolgens in de kolommen K, T, O, L, V, I en W gescoord.
 - Balans in maatschappelijke kosten (K).
 - Doelmatige en doeltreffende uitvoering (wettelijke) taken (T).
 - Realiseren van maatschappelijke opgaven (O).
 - Kwaliteit leefomgeving en milieu (L).
 - Veiligheid (V).
 - Publieke relaties en imago (I).
- Waterschapspartner (W).
- **Criticaliteitsscore:** Hoogste effectscore.
- **Risico score:** Dit is het getal dat voorkomt uit de formule kansscore x criticaliteitsscore = risicoscore. Dit getal valt voor dit onderzoek tussen de 2 en de 20.
- **Risico resultaat:** Hierin checken we de risicoscore in de risicomatrix om te laten zien hoe hoog het risico voor Waterschap Vallei en Veluwe is voor het betreffende deelgebied. In dit onderzoek varieert dit tussen verwaarloosbaar, laag, middel, hoog en zeer hoog.

Hieronder een overzicht en samenvatting van de belangrijkste informatie en conclusies per deelgebied met betrekking tot de risico's van bevergraverij en de gevolgen (voor een overzicht van de deelgebieden zie hieronder en Bijlage C, D en E):

Deelgebied 1

- Kans op graverij: Laag (flauw talud, geen waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van het fietspad en lichte kans op verzakking van de autoweg door zuigende werking. Het water stroomt van het kanaal naar de Grift en naastgelegen bos.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, € 30.000 voor herstel fietspad en kade.
- Impact: Geen significante schade aan directe omgeving, lichte hinder voor beschermde diersoorten en minimale reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Verwaarloosbaar**.

Deelgebied 2

- Kans op graverij: Laag (flauw talud, geen waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van de autoweg op de Grifkade. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift en omliggend bos. Huizen in het gebied blijven grotendeels onaangetast.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, €30.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Lichte kans op letselschade door autowegverzakking, mogelijk negatief lokaal mediabericht.
- Risicoresultaat: **Verwaarloosbaar**.

Deelgebied 3

- Kans op graverij: Hoog (steil talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift, akkers en enkele woningen. Grift voert het grootste deel van het water af, mogelijk leidt het ter hoogte van de bres tot overstroming van enkele percelen.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, €50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Potentieel letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Zeer Hoog**.

Deelgebied 4

- Kans op graverij: Hoog (steil talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift en omliggende akkers.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, €50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Potentieel letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Zeer Hoog**.

Deelgebied 5

- Kans op graverij: Hoog (steil talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift, akkers en enkele laaggelegen woningen.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, €50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Zeer Hoog**.

Deelgebied 6

- Kans op graverij: Gemiddeld (flauw talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift en omliggende akkers.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, € 50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Potentieel letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht.
- Risicoresultaat: **Middel**.

Deelgebied 7

- Kans op graverij: Hoog (steil talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift, omliggende akkers en de nabijgelegen plas Kievitsveld.
- Kosten herstel: €20.000 voor dichten van de bres, € 50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Zeer Hoog**.

Deelgebied 8

- Kans op graverij: Laag (steil talud, maar Grift op 100 meter afstand en sloot langs de kanaalkade is zo klein dat hier geen bevers in gaan zitten).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres naar achterliggende sloot. Water stroomt vanaf het kanaal naar parallelle sloot en omliggende akkers.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, € 50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Verwaarloosbaar**.

Deelgebied 9

- Kans op graverij: Hoog (steil talud, waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift, omliggende akkers en structuren.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, € 50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht en reputatieschade.
- Risicoresultaat: **Zeer Hoog**.

Deelgebied 10

- Kans op graverij: Middelmatig (steil talud, geen waarnemingen nabij).
- Effecten: Mogelijke verzakking van fietspad door bres. Water stroomt vanaf het kanaal naar de Grift, omliggende landbouwgronden en een nabijgelegen wadi.
- Kosten herstel: € 20.000 voor dichten van de bres, €50.000 voor herstel fietspad en dijk.
- Impact: Letselschade door gaten in fietspad, negatief lokaal mediabericht.
- Risicoresultaat: **Hoog**.

Samenvatting:

- Zeer hoog risicogebieden: Deelgebieden 3, 4, 5, 7 en 9 worden gekarakteriseerd door een steil talud en een hoge kans op graverij en aanwezigheid bevers. Dit leidt tot een zeer hoog risico.
- Hoog risicogebieden: Deelgebieden 6 en 10 hebben een gemiddeld en hoog risico op graverij en kennen een hoog risicoresultaat.
- Laag risicogebieden: Deelgebieden 1, 2 en 8 hebben een lage kans op graverij, wat resulteert in een verwaarloosbaar risico.

De focus van risicobeheer en preventieve maatregelen moet liggen op de hoog risicogebieden, met name de deelgebieden met een steil talud en waarnemingen van beveractiviteiten.

8 Mogelijke maatregelen

Maatregelen tegen graverij in kaden en waterkeringen

Op de site van het Kenniscentrum Bever (<https://www.kenniscentrumbever.nl>) en het Voorbeeldendocument Bevermaatregelen (Dijkstra & Polman 2018) worden mogelijke oplossingen gepresenteerd voor verschillende soorten schade en conflicten veroorzaakt door bevers. Deze maatregelen zijn nog aangevuld met andere relevante maatregelen afkomstig uit andere bronnen. In grote lijnen zijn de conflicten op te splitsen in drie categorieën:

- Graafschade.
- Natschade. Natschade wordt veroorzaakt door het opstuwen van het waterpeil door beverdammen, dat is hier niet aan de orde en niet relevant voor deze studie.
- Vraat. Vraatschade treedt hier ook op aan bomen en mogelijk landbouwgewassen, maar dit is niet relevant in het licht van deze studie.

Graafschade, ontstaat vooral door het graven van hopen en de constructie van burchten. Graverij in waterkeringen en in wegtaluds kan een grote impact hebben op de openbare veiligheid en de verkeersveiligheid. De verschillende maatregelen tegen graafschade zijn hieronder weergegeven:

Fysieke maatregelen (preventief)

- Damwand.
- Gaas.
- Stenen.
- Schrikdraad (graafschade).
- Uit productie halen van een oever.
- Verlagen of verflauwen oever.
- Verleggen watergang.
- Aanleg alternatieve burchtlocatie.

Inspectie en monitoring (reactief)

- Opengraven en dichten.
- Remote sensing (verzakkingen).
- MEMS.
- Optische detectie (glasfiber kabel met sensoren).

Onderstaande maatregelen zijn niet in dit onderzoek meegenomen omdat het uitgangspunt is; behoud van leefgebied bever.

Actieve maatregelen met noodzaak voor Omgevingsvergunning (niet van toepassing in dit onderzoek)

- Afsluiten van een deel van het leefgebied.
- Het doden van bevers.
- Vangen en verplaatsen bevers.
- Verstoren van bevers.

Hierbij worden enkel de fysieke maatregelen en inspectie en monitoring behandeld. Voor de actieve maatregelen bestaat de noodzaak voor een Omgevingsvergunning flora-en-fauna activiteit en komt niet overeen met het uitgangspunt van het Waterschap om de draagkracht van het gebied voor bevers te behouden. Ook is het de vraag of bovenstaande actieve maatregelen uitvoerbaar zijn in verband met de beschermde status van de soort.

Hieronder worden de verschillende in het Kenniscentrum Bever benoemde fysieke maatregelen behandeld, waarbij de effectiviteit en de toepasbaarheid getoetst worden, alsmede een kostenraming wordt bepaald.

8.1 Gaas op talud aanbrengen

Gaas kan op het talud worden aangebracht. Vervolgens wordt het gaas onder het maaiveld weggewerkt door extra grond op te brengen, zodat maaierwerkzaamheden e.d. regulier kunnen worden uitgevoerd. Dit gebeurt bij de aanleg van nieuwe taluds en dijklichamen of bij dijkrenovatie wanneer er geen bomen of struiken op de kade aanwezig zijn. Bevers graven vaak een oeverhol onder of tussen de wortels van bomen en struiken, omdat dit het oeverhol beschermt tegen instorten. Indien er houtige beplanting aanwezig is, kan het gaas niet de gehele oever afdekken bestaat de kans dat bevers onder of langs het gaas bij de boomwortels zullen graven. Gaas kan op grote schaal worden gebruikt om oevers tegen bevers te beschermen. Het moet net onder het maaiveld geplaatst worden en tot aan de bodem van de watergang reiken.

Het gaas dient diep genoeg liggen om graverij te voorkomen. Beter kan een plasdras-vooroever van 5-10 meter aangelegd worden met gaas eronder, zodat het gebied minder aantrekkelijk wordt voor bevers.



Figuur 12 Gaas aangebracht op het taluds van de Dommel. Op het gaas wordt nog een afdeklaag aangebracht.
© Waterschap De Dommel

Effectiviteit

Mits het gaas over de gehele kade en op voldoende diepte is geplaatst, dat wil zeggen tenminste ter hoogte van de bodem van de watergang, is het een effectieve maatregel. Dit betekent dat er nergens over de kade openingen mogen zijn. Met name nabij bomen en struiken, waar bevers graag graven, dienen er geen openingen in het gaas aanwezig te zijn. In de praktijk zal bij aanwezigheid van bomen en struiken het gaas niet geheel sluitend zijn. Dit kan enkel gerealiseerd worden bij de aanleg van nieuwe kades of grootschalig renovatie, waarbij alle begroeiing is verwijderd. Bij kades en dijken met houtige beplanting is de maatregel onvoldoende effectief.

Toepasbaarheid Griftkade

Het ingraven van gaas op het talud is niet haalbaar, zolang de bestaande bomen en struiken gehandhaafd worden. Er kan niet gegarandeerd worden dat alle ruimte onder en rond bomen voldoende tegen graverij beschermd zijn.

Kosten

De kosten voor deze maatregel wordt geraamd op € 27-75 per strekkende meter gaas langs één taludzijde. De kosten variëren met de afmetingen van de dijk en het benodigde grondwerk. Daarnaast zijn er varianten waarbij op het gaas een netwerk van plastic draden is aangebracht om het afschuiven van grond te verhinderen. Dit materiaal is echter een stuk duurder.

De levensduur is afhankelijk van de dikte en de kwaliteit van het gaas. Er dient te worden uitgegaan van gaas dat een levensduur heeft van tenminste 50 jaar.

8.2 Verticaal aanbrengen van gaas

Het verticaal aanbrengen van gaas wordt uitgevoerd met behulp van een kraan uitgerust met speciale apparatuur waarbij als het ware twee samengeperste platen in de grond drukt. In de ontstane sleuf kan vervolgens gaas worden ingebracht. Zo heeft men in Duitsland en in Nederland methoden ontwikkeld om flexibel gaas tot maximaal 4 meter diepte verticaal in de oever te brengen. Dit is ook toepasbaar in zandgronden. Er zijn twee bedrijven die deze methode aanbieden:

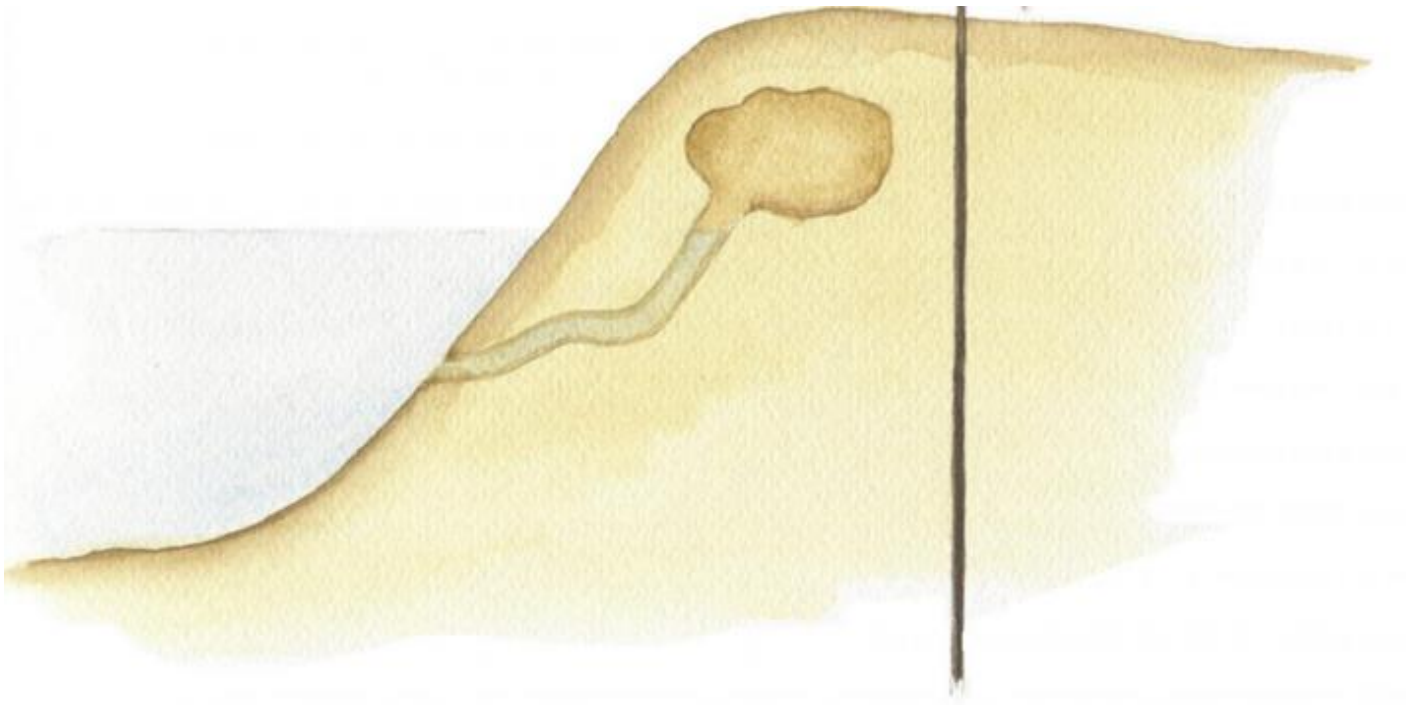
Dike Protection Systems

Dit systeem is in Duitsland ontwikkeld en wordt daar al jaren toegepast om te voorkomen dat bevers in kwetsbare oevers graven. Het gaas wordt tot een diepte van 4 meter ingebracht door middel van een trilblok. Vanwege een speciale, al zeer lang in gebruik zijnde coating wordt een aantoonbare levensduur opgegeven van minimaal 120 jaar (<https://dpsys.nl>).

Minekus

Bij deze methode wordt het gaas de grond in gedrukt. De diepte die wordt gehaald bedraagt ruim 3 meter (<https://minekus.nl>).

In 2022 heeft de Zoogdiervereniging van beide bedrijven een pilot-locatie bezocht om kennis te maken met de systemen. Verwacht wordt dat met beide systemen een oever goed beschermd kan worden tegen graverij door bevers.



Figuur 13 Illustratie van oever met gaas, waarbij het gaas tot aan de bodem van de watergang doorloopt. © D. Klees

Effectiviteit

Mits op voldoende diepte geplaatst, dat wil zeggen tenminste -1meter onder de bodem van de watergang, is dit een zeer effectieve maatregel. Het doorgraven van de kade wordt door de plaatsing van gaas aan één zijde van de kade voorkomen. Desalniettemin wordt hiermee niet de kans op piping voorkomen. Immers wanneer de dijk-kwel door graverij halverwege de kade te hoog wordt, bestaat er nog steeds de kans dat er grond wegspoelt ten er een bres ontstaat.

Om te voorkomen dat het fietspad verzakt door graverij, is het net zoals bij de damwand, noodzakelijk aan weerszijden van het fietspad het verticale gaas te plaatsen.

Toepasbaarheid Grifkade

Het aanbrengen van verticaal gaas is op de meeste plaatsen mogelijk. Indien er in de kade grote wortels aanwezig zijn ter hoogte waar het gaas dient te worden geplaatst, dienen deze te worden verwijderd. Dit kan negatieve effecten de vitaliteit en stabiliteit van de aanwezige bomen hebben.

Kosten

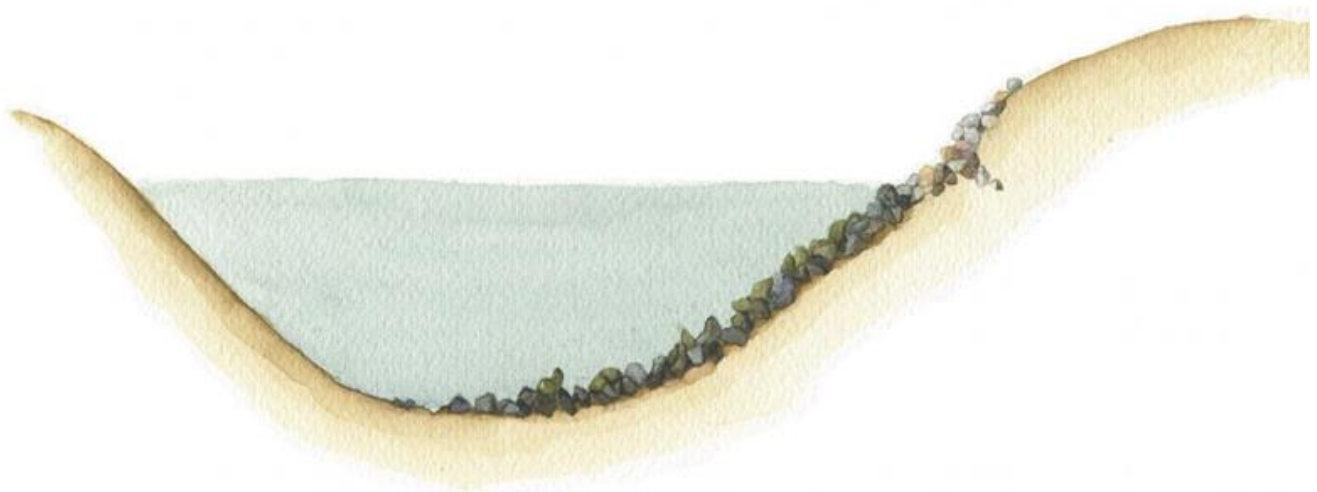
De kosten voor deze maatregel wordt geraamd op € 165,- - €235,- (inclusief btw en engineering) per strekkende meter gaas langs één zijde van de oever of het fietspad en met een maximale diepte van 4 meter. Dit is medeafhankelijk van hoe diep het gaas dient te worden ingebracht en of de kade bereikbaar is voor een grote kraan of dat er vanaf een ponton gewerkt dient te worden.

Afhankelijk van de gekozen kwaliteit is de levensduur zeer lang, voor RVS-gaas met coating gaat men uit van een technische levensduur van 120 jaar (Bron dpsys <https://dpsys.nl>).

8.3 Stenen

Indien een hol of burcht op een ongewenste locatie is aangetroffen, of men wil voorkomen dat bevers een hol of burcht gaan graven, is één van maatregelen die genomen kan worden het plaatsen van stenen op de oever. Gebruik hiervoor grote stenen en laat de stenen doorlopen tot in de bodem van de waterloop.

Indien geen gebruik wordt gemaakt van betonijzer of ander geschikt gaas als onderlaag, dan zijn grotere stenen noodzakelijk om te voorkomen dat bevers de stenen verplaatsen om alsnog te graven. Bij gebruik van kleine stenen kunnen bevers deze verplaatsen. De stenen tot aan de bodem van de watergang laten doorlopen kan voorkomen dat de bevers net onder de aangebrachte stenen alsnog een hol graven.



Figuur 14 Weergave hoe stenen tot aan de bodem van een watergang aangebracht dienen te worden om te voorkomen dat bevers onder de stenen doorgraven. © D. Klees

Effectiviteit

Mits de stenen tot op de bodem van de watergang zijn geplaatst en de stenen laag voldoende dik is kan het effectief zijn. Risico is dat er door onregelmatige verdeling van stenen op de bodem er ruimte tussen de stenen is waardoor er toch graverij kan optreden. Daarnaast kunnen de stenen te klein zijn, waardoor bevers ze kunnen verplaatsen op toegang tot het talud te krijgen.

Om te voorkomen dat het fietspad verzakt door graverij, is het nodig om zowel aan de Griftzijde als aan de zijde van het Apeldoorns kanaal stenen aan te brengen.

Toepasbaarheid Griftkade

De plaatsing van steenbestorting is op de meeste plaatsen mogelijk. Door de plaatsing van grote stenen en een steenbestorting van voldoende dikte zal een belangrijk deel van het doorstroomprofiel van de Grift wijzigen.

Daarnaast wordt de bestrijding van invasieve waterplantsoorten, zoals grote waternavel, ernstig gehinderd door de steenbestorting.

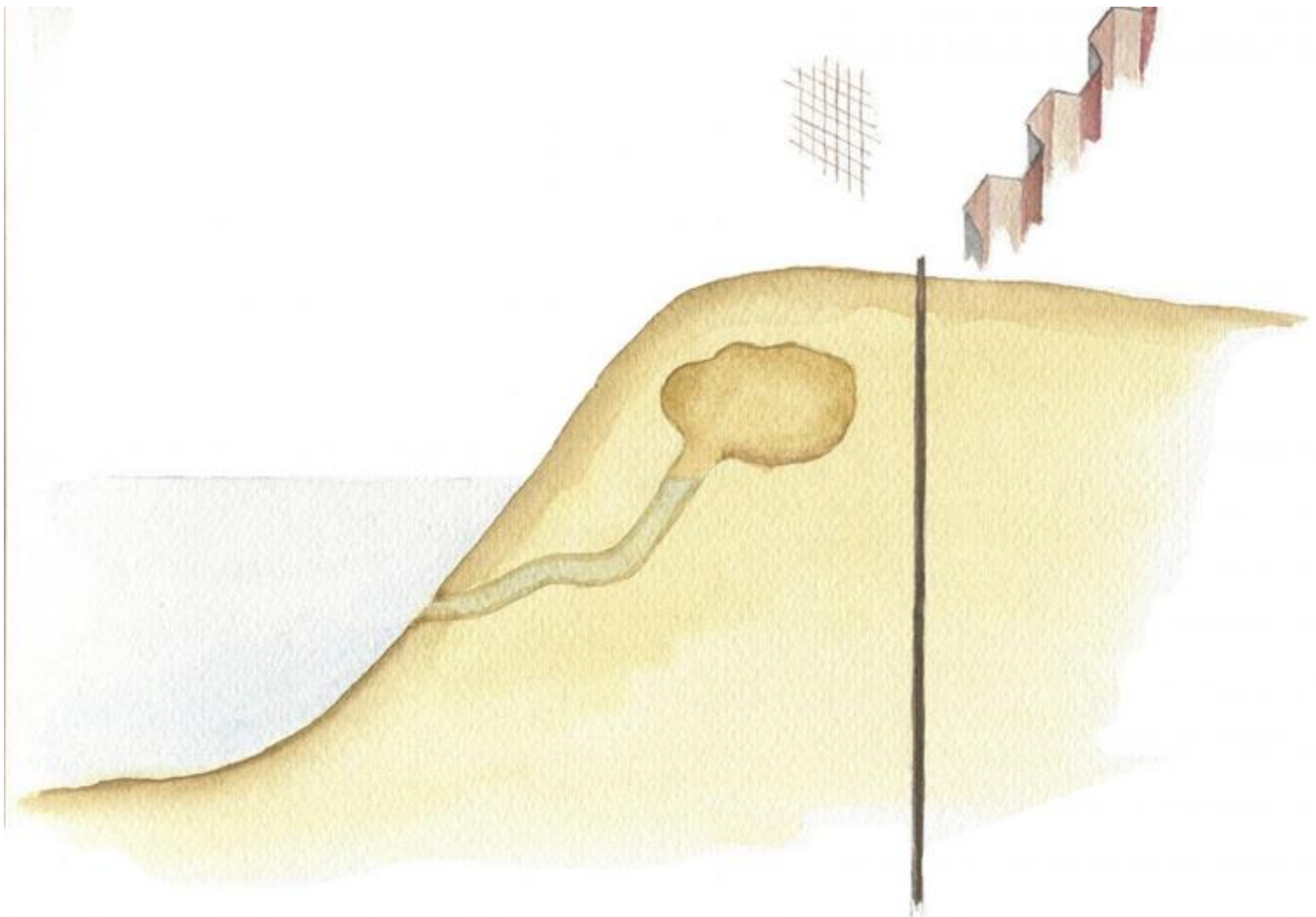
Kosten

De kosten voor deze maatregel wordt geraamd op € 200-625 per strekkende meter steenbestorting langs één oeverzijde. Dit is medeafhankelijk van de hoeveelheid benodigde steenbestorting en de transportroute over de kade of dat mogelijk de inzet van een ponton benodigd is.

De levensduur van steenbestorting is zeer lang en bedraagt meer dan 100 jaar.

8.4 Damwand

Eén van de maatregelen die genomen kan worden is het plaatsen van een stalen damwand. Deze metalen platen kunnen als vergrendelingssysteem in de grond worden geplaatst, om te voorkomen dat bevers (verder) gaan graven. Het is belangrijk dat de damwand diep genoeg wordt aangebracht, zodat bevers er niet onderdoor graven. Het moet minimaal tot aan de bodem van de watergang worden geplaatst. Extra aandacht moet er zijn op de locaties waar een stalen damwand begint of eindigt. Op dergelijke locaties construeren bevers vaak een hol of burcht.



Figuur 15 Illustratie van oever met damwand, waarbij de damwand tot aan de bodem van de watergang doorloopt. © D. Klees

Soms wordt verondersteld dat plastic kwelschermen bevers kunnen tegenhouden. Dit is niet het geval, aangezien dergelijke kwelschermen bestaan uit enkele millimeters dik plastic. Voor bevers is het geen probleem om daar doorheen te knagen. Ditzelfde ook voor plastic of houten damwanden.

Effectiviteit

Mits op voldoende diepte geplaatst, dat wil zeggen tenminste -1 meter onder de bodem van de watergang, is dit de meest effectieve maatregel tegen doorbraak van de kade. In geval van de kade langs de Grift zal de plaatsing van één damwand bescherming bieden tegen piping, waardoor er geen bres in de kade kan ontstaan. De damwand zorgt ervoor dat de weerstand van de kade verhoogd wordt en het water niet sneller door het dijklichaam stroomt wanneer er een oeverhol gegraven is.

Met damwand aan één zijde garandeert u het voorkomen van een bres, en wordt de kans op verzakking van het fietspad klein. De grootste veroorzaker van verzakking van het fietspad is namelijk een bres, maar bij heel uitgebreide graverij kan het fietspad wel verzakken.

Toepasbaarheid Griftkade

De plaatsing van damwanden is op de meeste plaatsen mogelijk. Indien er in de kade grote wortels aanwezig zijn ter hoogte waar de damwand dient te worden geplaatst, dienen deze te worden verwijderd. Dit kan negatieve effecten de vitaliteit en stabiliteit van de aanwezige bomen hebben.

Kosten

Deze maatregel is veruit de duurste technische oplossing. De meter prijs wordt geraamd op € 750-1.000 per strekkende meter damwand langs één zijde van het fietspad. Dit is medeafhankelijk van hoe diep de damwand dient te worden geplaatst en of de kade bereikbaar is voor een grote kraan of dat er vanaf een ponton gewerkt dient te worden.

De levensduur is zeer lang, voor stalen damwanden gaat men uit van een technische levensduur van 100 jaar.

8.5 Schrikdraad (graafschade)

Bij kleine geïsoleerde waterpartijen kan het goed werken om met behulp van schrikdraad bevers uit een waterpartij te houden (Figuur 16). Het is echter een onderhoudsgevoelige methode. De draden moeten vrij blijven van vegetatie om goed te kunnen werken. De onderste draad mag niet hoger aangebracht worden dan 15 cm boven het maaiveld. Daarna volgt nog een draad op 25 cm.



Figuur 16 Beverwerend schrikdraad. © Rob Voesten

Effectiviteit

De plaatsing van stroomdraden kan bevers weerhouden het land op te gaan of in een ander geïsoleerd water te geraken. De methode is echter niet werkbaar om graverij in een watergang zoals de Grift en het Apeldoorns kanaal te voorkomen.

Toepasbaarheid Griftkade

De maatregel is niet toepasbaar voor watergangen. Speelt de lengte van de kade nog een rol? .

Kosten

Niet relevant.

8.6 Verlagen of verflauwen oever

Om te voorkomen dat bevers een hol of burcht in of op een oever construeren, kan de betreffende oever verlaagd of verflauwd worden om deze onaantrekkelijk te maken om in te graven.

Verlaging oever

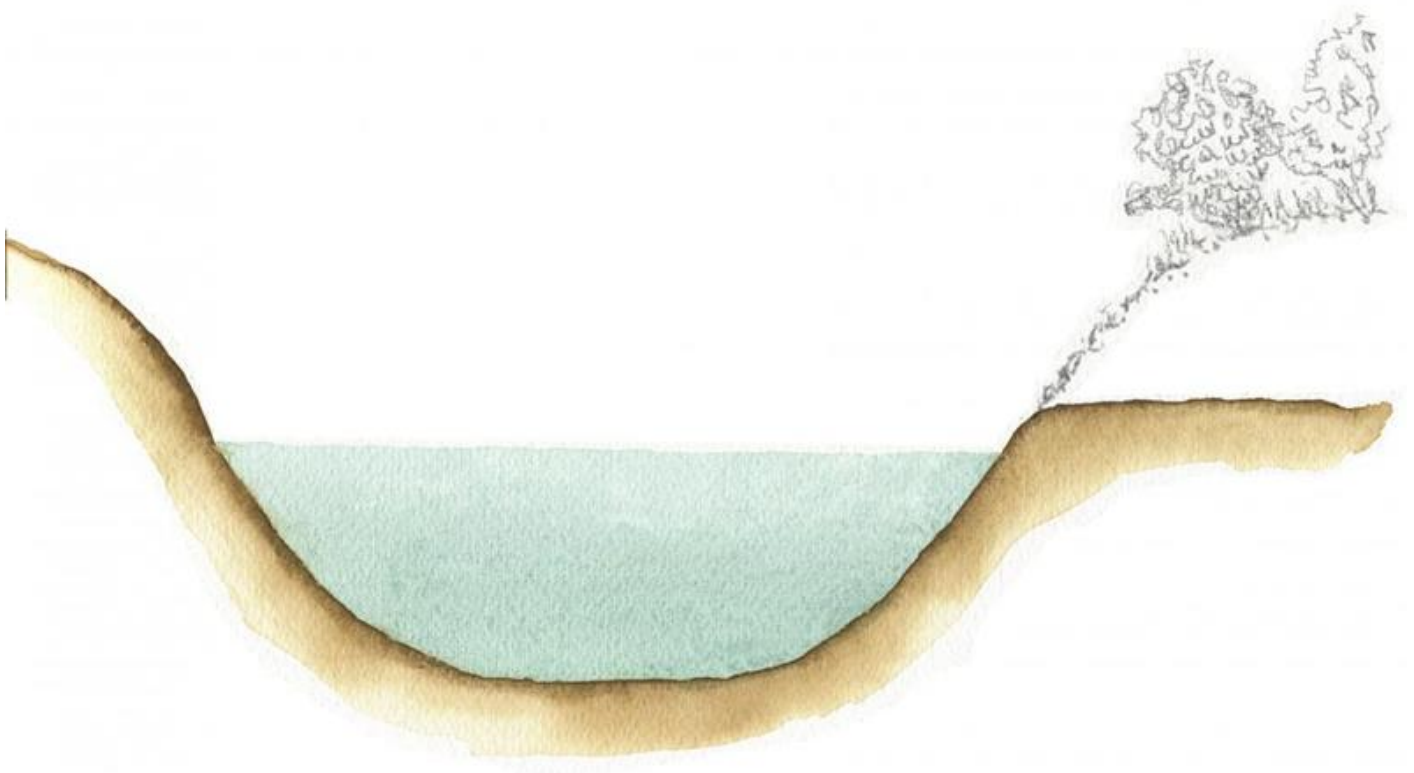
Een verlaging moet dusdanig worden uitgevoerd dat er voor de bevers te weinig ruimte overblijft om boven de grondwaterstand een kamer uit te kunnen graven. Als het maaiveld over een breedte van vijf tot tien meter maximaal ongeveer 30 cm boven het waterpeil komt te liggen, dan zal de kans op het graven door bevers verkleind worden.

Verflauwing oever

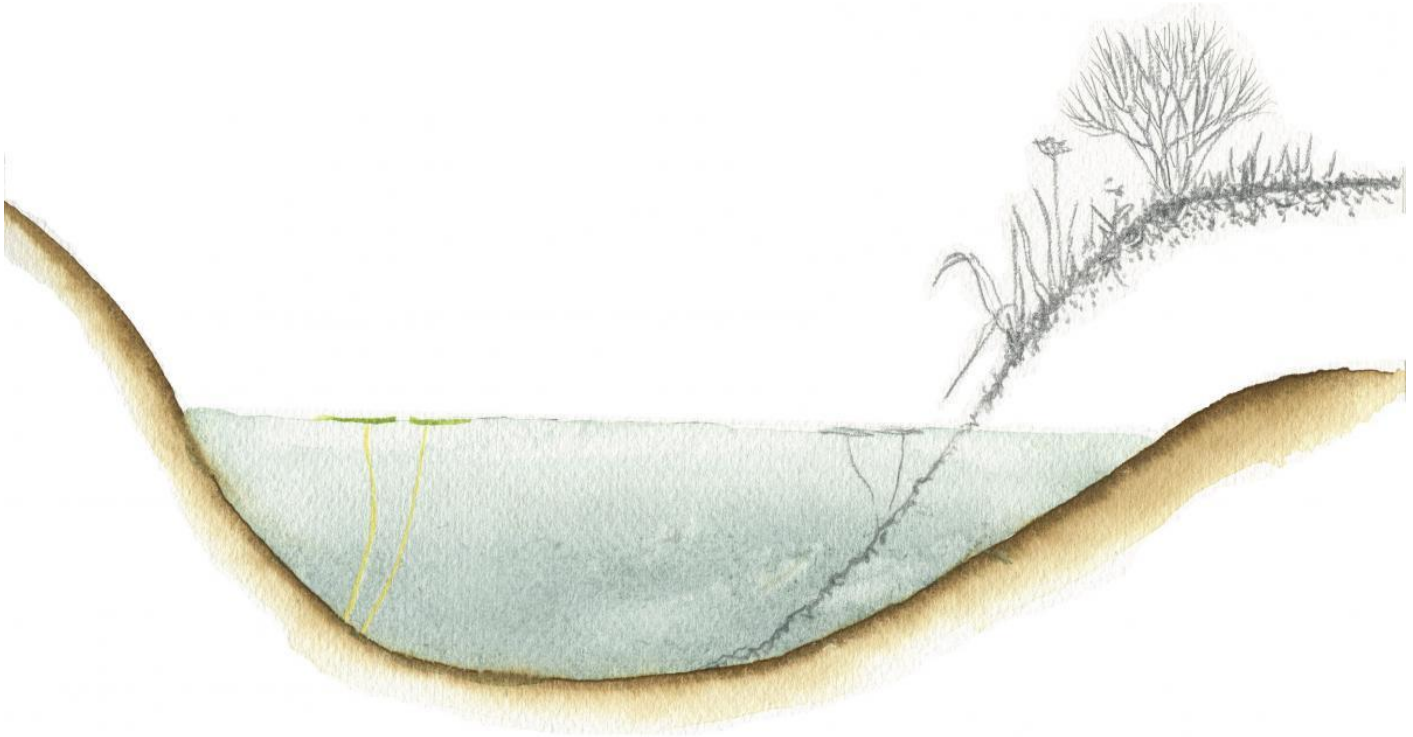
Bij verflauwing van de oever moet het talud onder en boven water dusdanig worden uitgevoerd dat er voor de bevers geen steilranden ontstaan waar ze eenvoudig een begin van een hol kunnen graven. Hoe flauwer het talud verloopt, hoe kleiner de kans dat bevers er gaan graven.

Een talud van 1:3 of flauwer geeft een bever minder geschikte locaties om te graven dan een talud van 1:2 of 1:1. Deze methode is goed toe te passen als er meer ruimte is.

Daarnaast wordt door de aanwezige houtige begroeiing op de oever weg te halen, de kans op graven verder verkleind. Deze maatregelen zijn goed toepasbaar in combinatie met het aanbieden van een alternatieve burchtlocatie (zie ook maatregel hieronder)). Op deze wijze kan de graafdruk in de oever waar graven ongewenst is verder worden verkleind.



Figuur 17 Het verlagen van een oever om deze voor bevers minder aantrekkelijk te maken om in te graven. © D. Klees



Figuur 18 Het verflauwen van een oever om deze voor bevers minder aantrekkelijk te maken om in te graven. Deze optie is met name geschikt als er meer ruimte is om de oever aan te passen. © D. Klees

Effectiviteit Griftkade

Het verlagen of het verflauwen van de oever kan een effectieve maatregel zijn om graverij te voorkomen. Indien er geen graverij optreedt zijn piping en het optreden van een bres, alsmede het verzakken van het fietspad niet aan de orde. Van belang is dat dit aan beide oevers van de kade, zowel aan Griftzijde als kanaalzijde, worden verlaagd dan wel verflauwd.

Toepasbaarheid

Het verlagen en het verflauwen van oevers is enkel mogelijk waar voldoende ruimte is. Over lange stukken langs de Grift ligt het fietspad relatief hoog op de kade, waardoor verlagen van de oever niet mogelijk is. Voor het verflauwen van de oever is over het algemeen meer ruimte nodig, dat ook over lange stukken niet beschikbaar is.

Daarnaast kan het verlagen van de oever negatieve effecten teweegbrengen voor de op de kade aanwezige bomen en instabiliteit veroorzaken.

Op enkele delen van de kade, waar voldoende ruimte beschikbaar is, is de maatregel echter toepasbaar. Dit kan bijdragen aan een gevarieerdere biotoop langs de Grift en kan een ecologische meerwaarde geven.

Op stukken waar onvoldoende ruimte is, kan de maatregel enkel uitgevoerd worden wanneer aangrenzende (agrarische) grond verworven wordt. Dit kan mogelijk gecombineerd worden met de aanleg van een ecologische verbindingzone of maatregelen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water.

Kosten

De kosten voor deze maatregel variëren sterk en wordt geraamd op € 50-100 per strekkende meter langs één oeverzijde. Dit is echter zonder de kosten voor de grondaankoop en met gesloten grondbalans.

De levensduur is lang en medeafhankelijk van hydrologische aspecten, zoals erosie en depositie. Eens in de zoveel jaar kan het nodig zijn baggerwerk uit te voeren. Daarbij moet langs kwetsbare oevers goed opgelet worden dat er onder water geen steilranden ontstaan, anders ontstaan alsnog ideale onderwateroevers waar bevers gaan graven. In dat geval beginnen bevers holen onder water te graven tot op enkele meters van de oever.

8.7 Verleggen watergang en aanbrengen flauwe verlaagde oever

Indien er sprake is van een watergang die dicht bij een weg ligt of tegen de teen van een waterkering, kan ervoor gekozen worden om de watergang te verleggen, of de oever te verlengen, waardoor er meer ruimte ontstaat tussen de oever en de kwetsbare locatie. Bevers graven over het algemeen niet verder dan 10 tot 15 meter van de waterkant. Met het oog op eventuele uitzonderingen en om zoveel mogelijk risico's te vermijden is het advies om 30 meter aan te houden.

Vermijd daarnaast dat de oever begroeid met bomen of struiken. Bedenk echter dat ook in oevers die alleen met riet of ruigte is begroeid, ook door bevers gegraven kan worden. Dit alles geldt ook binnendijs als daar watergangen binnen 15 tot 20 meter van de teen van een waterkering aanwezig zijn.

Tevens wordt de verlegde oever van de kade verlaagd of verflauwd (zie ook maatregel hierboven) zodat deze minder aantrekkelijk wordt voor bevers om in te graven.

Er kan ook een greppel tussen de oever en het perceel worden aangebracht, maar die moet nagenoeg het gehele jaar droog staan en niet in contact staan met stromende wateren en mee gaan stromen, anders bouwen bevers er een dam en graven dan mogelijk alsnog onder het perceel. Door de vrijkomende grond bij het aanleggen van de verlaging op de strook vlak langs de oever te deponeren, waarbij een plaatselijke verhoging met steile oevers wordt gecreëerd, ontstaat voor bevers tevens een ideale locatie om te graven en wordt de kans dat in andere (kwetsbare) oevers wordt gegraven kleiner.

Daarnaast wordt door de aanwezige houtige begroeiing op de oever weg te halen, de kans op graven verder verkleind. Deze maatregelen zijn goed toepasbaar in combinatie met het aanbieden van een alternatieve burchtlocatie (zie ook maatregel hieronder)). Op deze wijze kan de graafdruk in de oever waar graven ongewenst is verder worden verkleind.



Figuur 19 Weergave van de ligging van een watergang voor (links) en na (rechts) het verleggen van die watergang om te voorkomen dat bevers in de voet van een waterkering graven. © D. Klees

Effectiviteit Griftkade

Het verleggen van een watergang in combinatie met het verlagen of het verflauwen van de oever is een zeer effectieve maatregel zijn om graverij te voorkomen. Indien er geen graverij optreedt zijn piping en het optreden van een bres, alsmede het verzakken van het fietspad niet aan de orde. Wanneer de Grift wordt verlegd en de oever verlaagd/verflauwd, dan is het ook zaak om de oever aan de kanaalzijde te verflauwen om verzakking van het fietspad te voorkomen.

Toepasbaarheid

Voor het verleggen van de Grift is enkel mogelijk op die plaatsen waar voldoende ruimte aan de westzijde beschikbaar is. Dit biedt ook kansen voor creëren van een gevarieerdere biotoop langs de Grift en kan een ecologische meerwaarde geven. Op stukken waar onvoldoende ruimte is, kan de maatregel enkel uitgevoerd worden wanneer aangrenzende (agrarische) grond verworven wordt. Dit kan mogelijk gecombineerd worden met de aanleg van een ecologische verbindingszone of maatregelen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water.

Daar waar voldoende ruimte voorhanden is om de Grift te verleggen, is ook voldoende ruimte om de oever aan de Griftzijde te verlagen dan wel te verflauwen. Voor de kanaaloever waar het fietspad op korte afstand naast is gelegen, is verleggen geen optie. Hier blijft dan enkel verflauwen van de oever als optie over.

Kosten

De kosten voor deze maatregel variëren sterk en wordt geraamd op € 150-250 per strekkende meter langs één oeverzijde. Wanneer er gekozen wordt voor een combinatie van verleggen en verlagen/verflauwen van een oever bedragen de kosten € 200-300 per strekkende meter oeverlengte. Dit is echter zonder de kosten voor de grondaankoop en met gesloten grondbalans.

De levensduur is lang en medeafhankelijk van hydrologische aspecten, zoals erosie en depositie. Eens in de zoveel jaar kan het nodig zijn baggerwerk uit te voeren. Daarbij moet langs kwetsbare oevers goed opgelet worden dat er onder water geen steilranden ontstaan, anders ontstaan alsnog ideale onderwateroevers waar bevers gaan graven. In dat geval beginnen bevers holen onder water te graven tot op enkele meters van de oever.

8.8 Aanleg alternatieve burchtlocatie

Deze maatregel kan goed gecombineerd worden met het verlagen of verflauwen van de oever en het verleggen van de watergang (zie maatregelen hierboven).

Als een bever een hol of burcht heeft gemaakt op een ongewenste locatie of men wil voorkomen dat bevers een hol of burcht gaan graven, is het belangrijk om deze plek ongeschikt te maken. Dit kan door het opengraven en dichten van het hol of de burcht, het gebruik van gaas, damwand en stenen en het verlagen of verflauwen van de oever.

Om herhaling zoveel mogelijk te voorkomen is het nuttig om op een minder kwetsbare locatie in hetzelfde beverterritorium een plaats in te richten die zeer geschikt is voor een hol of burcht. De ervaring leert dat als de omstandigheden gunstig zijn voor bevers, ze ook bij afwezigheid van geschikte oevers in staat zijn om een hol of burcht te construeren. Om dit te voorkomen kan een geschikte oever worden ingericht met de volgende kenmerken:

Steile oever

Steile hogere oevers (die ook onder water steil doorlopen) zijn favoriet voor het graven van hollen en de constructie van burchten. Let op: bij plekken waar gereden moet worden (onderhoudsmachines of verkeer) dienen er geen steile oevers aangelegd te worden binnen 15 tot 20 meter van het water. Maak deze oevers zo vlak en laag mogelijk. Zo kan ervoor gekozen worden om één oever plas/dras in te richten en te voorzien van een schouwpad en de oever aan de overzijde hoger en steiler te maken en niet berijdbaar.

Houtige beplanting

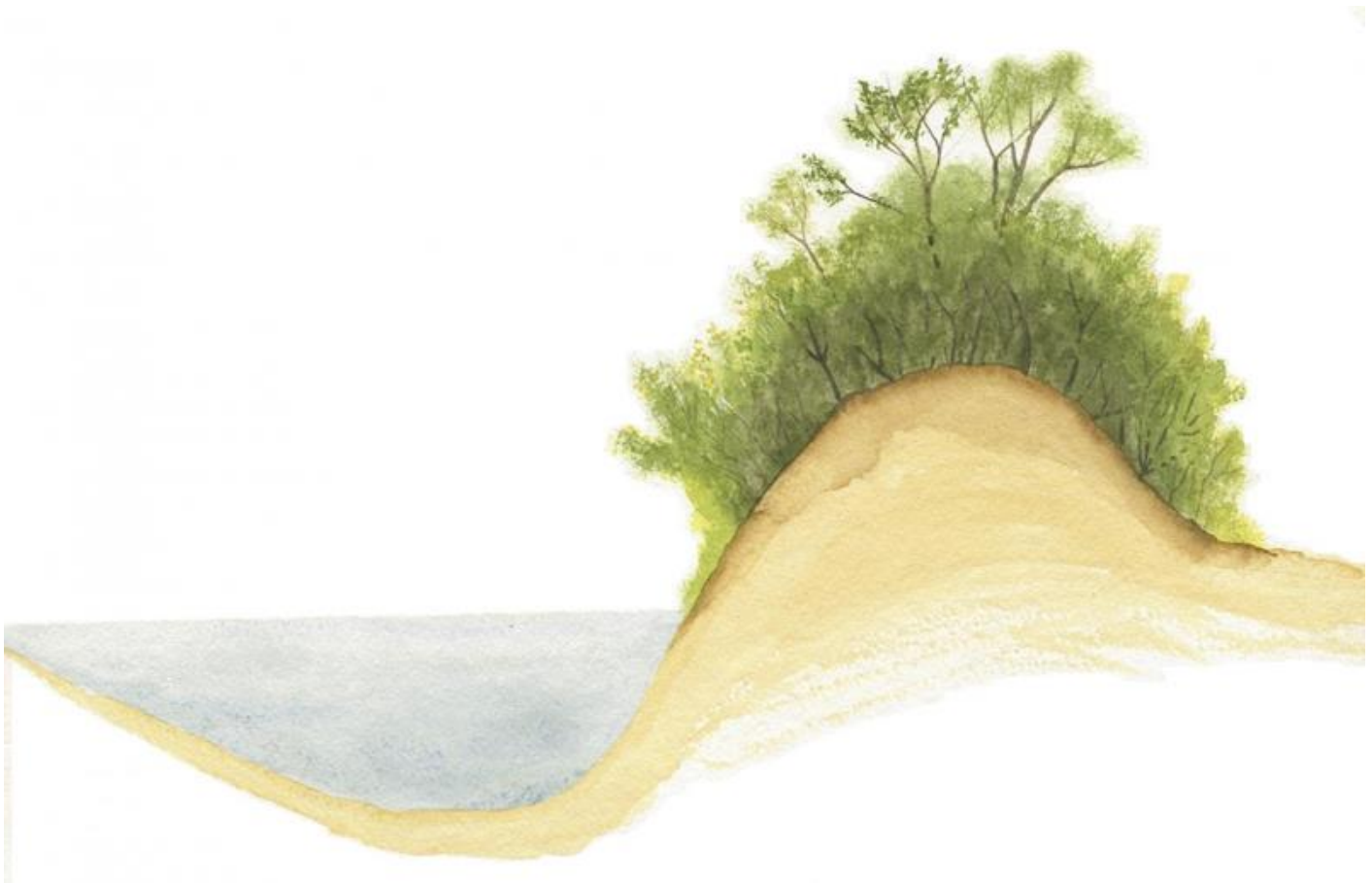
Door het planten/laten ontwikkelen van houtige soorten waar de bever voorkeur voor heeft, wordt de oever aantrekkelijk gemaakt. Voorbeelden zijn zachte boomsoorten zoals wilg en populier. Daarbij zorgen de wortels van de bomen en struiken voor een stabiel dak boven de kamer en is dekking en voedsel aanwezig.

Waterdiepte

Op locaties waar de bever een hol of een burcht heeft, prefereert hij een waterdiepte van minimaal één meter. Bij een ondiepe watergang met stromend water, kunnen bevers een dam bouwen om de diepte en het wateroppervlak te vergroten. Door op de gewenste locatie de waterbodem dieper te leggen kan voorkomen worden dat bevers een dam bouwen, waardoor ongewenste vernatting ontstaat.

Voor alternatieve locaties zijn bepaalde structuren extra aantrekkelijk voor bevers:

- Kruisingen van watergangen, daardoor hebben ze mogelijkheden om meerdere ingangen naar verschillende richtingen te construeren. Dit is ook te bereiken door een naastgelegen watergang of waterpartij aan te takken.
- Eilanden en schiereilanden, ook dit geeft meer mogelijkheden voor meerdere ingangen.
- Nevengeulen zijn zeer geschikt om als alternatieve burchtlocatie in te richten. Door bovenstrooms een drempel in de nevengeul te creëren kan voorkomen worden dat de verdieping van een meter diep, die toegepast moet worden, snel dichtslibt. Hoe hoog de drempel moet worden hangt af vanaf welke waterstand de nevengeul bij hogere waterstanden mee moet gaan stromen. Deze werkwijze kan ook helpen om bevers te ontmoedigen een dam te bouwen in een watergang.



Figuur 20 Schematische tekening van een geschikte oever (dwarsdoorsnede). © D. Klees

Effectiviteit

De maatregel kan effectief zijn om graverij te beperken, geheel voorkomen zal niet aan de orde zijn, wanneer er nog andere geschikte locaties aanwezig zijn. Samen met het verleggen van watergang en/of het verlagen of verflauwen van de oever biedt dit de meeste kans op succes.

De kans op succes en daarmee de effectiviteit van de maatregel is dus zeer afhankelijk van de lokale situatie en in hoeverre andere maatregelen uitvoerbaar blijken te zijn. Indien succesvol ontstaat er geen graverij in de kwetsbare kade en is er geen sprake van piping of verzakking van het fietspad.

Toepasbaarheid Griftkade

De plaatsing van alternatieve burchtlocaties is op vele plaatsen langs de Grift mogelijk. In het verleden is dit ook uitgevoerd, dit heeft echter niet tot bezetting van de alternatieve burchtlocaties geleid. Over belangrijk deel van de oever aan de westzijde van de Grift is het maaiveld erg laag en grenst aan agrarische grond, al dan niet met een schouwpad. Langs deze oevers is de aanleg van alternatieve burchtlocaties niet mogelijk, zonder aankoop van agrarische grond voor alternatieve burchtlocaties of verleggen van schouwpaden om de burchtlocaties heen. Op plaatsen waar er meer ruimte is, bijvoorbeeld bij een bredere voor natuur ingerichte oever langs de Grift, is het goed mogelijk alternatieve burchtlocaties aan te leggen.

Daarnaast bestaat de mogelijkheid, dat wanneer er in de kade gegraven is tussen de Grift en Apeldoorns kanaal, de hollen zoveel mogelijk te laten zitten en de kade, en zo mogelijk inclusief fietspad, te beschermen met een damwand. Het is te verwachten dat een dergelijke locatie van een oeverhol ook veilig als oeverhol gebruikt kan worden.

Kosten

De kosten voor deze maatregel wordt geraamd op € 2.000-5.000 per burchtlocatie. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid benodigde grond en de bereikbaarheid van de locatie voor materiaal en grondtransport. Dit is exclusief de eventuele kosten voor plaatsing van een damwand in de kade om de locatie van een bestaand oeverhol in stand te houden.

De levensduur van alternatieve burchtlocatie is in principe lang, aangezien de bever de burcht zelf aanvult met takken.

8.9 Inspectie en monitoring (met waadpakken door de Grift)

De huidige werkwijze bestaat uit de inspectie en monitoring van bevergraverij in de Grift. Deze inspectie wordt ieder kwartaal uitgevoerd door collega's van Muskusrattenbeheer (MRB). De trefkans van oeverholten is groot, hoewel volledige uitsluiting niet mogelijk is. Deze maatregel is reactief.

Indien een hol wordt aangetroffen wordt bepaald, hoe ver deze doorloopt. Elk oeverhol met een lengte van meer dan 0,5 m of meer wordt in de beverapp ingevoerd. Bij hopen met een lengte van meer dan 1,5 meter wordt bepaald hoe ver deze in de kade lopen en wordt er met behulp van een peilzender bepaald op welke diepte deze zich onder maaiveld bevinden. Samen met de gebied coördinator wordt afgestemd of en op welke wijze herstel noodzakelijk is.



Figuur 21 Inspectie van de Grift door muskusrattenbeheerders

Effectiviteit

De maatregel helpt om graverij en oeverholen op te sporen en de risico's van de betreffende hollen in beeld te brengen. De maatregel is reactief en niet preventief, wat kan betekenen dat kort na inspectie er een oeverhol gegraven wordt, dat daarmee onopgemerkt blijft tot dat er zich een verzakking of bres voordoet. Graverij in de kwetsbare kade met als gevolg piping of verzakking van het fietspad kunnen hiermee niet worden uitgesloten. Wel wordt de kans op een dergelijk incident verkleind.

Toepasbaarheid Griftkade

Deze methode van inspectie is langs de gehele Grift mogelijk. Vooralsnog wordt dit enkel aan de oostzijde van de Grift toegepast, aangezien daar het risico voor het ontstaan van een bres en het verzakken van het fietspad bestaat. De westzijde van het Apeldoorns Kanaal, dat de andere zijde van de kade vormt, wordt niet geïnspecteerd, onder meer vanwege de waterdiepte en overhangende houtige beplanting.

Een voordeel van deze methode is dat oeverholen tijdig ontdekt kunnen worden, waardoor de mogelijkheid bestaat de locatie te beschermen tegen o.m. piping en tegelijkertijd het oeverhol te behouden. Op deze wijze kan verdere graverij van bevers op kwetsbare plaatsen beperkt worden.

Aanvullend op de huidige werkwijze kunnen uiteraard ook maatregelen getroffen worden die een maatwerkoplossing bieden. Denk hierbij aan maatregelen zoals de aanleg van een alternatieve burchtlocatie met steile oevers op een geschikte en veilige plaats, of een bestaand oeverhol in het talud te beveiligen door plaatsing van damwand of gaas in het talud. De kosten voor dergelijke maatregelen zijn niet meegenomen in deze variant, aangezien op voorhand niet bepaald kan worden wat de beste maatregel is op een willekeurige plaats langs de Grift.

Kosten

De kosten voor deze maatregel worden voor het gehele tracé geraamd op €40.000-65.000 per jaar. Dit is gebaseerd op de inzet van viermaal per jaar en een tracé van inmiddels 14 km lengte. Dit betreft geen preventieve maatregel, maar is reactief die periodiek dient te worden herhaald.

8.10 Remote sensing om verzakkingen te detecteren

Deze werkwijze bestaat uit de analyse van radarbeelden afkomstig van de Sentinel 1 om verzakkingen van harde objecten, zoals het fietspad, te detecteren. Deze beelden zijn momenteel nog niet beschikbaar. Zodra gegevens wel van de nieuwe Sentinel 1 beschikbaar zijn kent deze methodiek een frequentie van eens per 6 dagen een waarneming. Deze maatregel is reactief.



Figuur 22 Inspectie door middel van remote sensing

Effectiviteit

De maatregel helpt om verzakkingen van fietspad te detecteren. De maatregel is reactief en niet preventief. Dit betekent dat er geen graverij wordt gedetecteerd, enkel de gevolgen van deze graverij, wat in dit geval beperkt blijft tot de verzakking van harde objecten. Daarnaast is de frequentie mogelijk te laag (frequentie van beelden: eenmaal per 6 dagen). Al bij al wordt deze maatregel als weinig effectief ingeschat.

Toepasbaarheid Grifkade

Deze methode van inspectie is momenteel nog niet mogelijk, aangezien er nog geen radarbeelden beschikbaar zijn. De maatregel richt zich enkel op het fietspad en zegt daarmee slechts indirect iets over risico voor piping.

Kosten

De kosten voor deze maatregel worden voor het gehele tracé geraamd op € 5.000-15.000 per jaar. Dit betreft geen preventieve maatregel, maar is reactief die periodiek dient te worden herhaald.

8.11 MEMS

Deze werkwijze bestaat uit de monitoren van puntsensoren om verzakkingen te detecteren. Door middel van zogenaamde Micro-Elektro Mechanische Systemen (MEMS) worden realtime hoogteverschillen gedetecteerd. Deze maatregel is reactief.

GEOBEADS MODULE



SDP



Figuur 23 Inspectie door middel van MEMS

Effectiviteit

De maatregel helpt om verzakkingen van het fietspad te detecteren. De maatregel is reactief en niet preventief. Puntsensoren zijn niet geschikt om verzakkingen van het fietspad te monitoren, aangezien er zeer veel puntsensoren nodig zijn om alle betonnen platen van het fietspad te monitoren. Deze maatregel wordt niet effectief ingeschat en is niet verder onderzocht.

Toepasbaarheid Grifkade

Deze methode van monitoring is praktisch niet uitvoerbaar vanwege de noodzaak om alle betonnen platen te voorzien van sensoren. Daarnaast richt de maatregel zich enkel op het fietspad en zegt daarmee slechts indirect iets over risico voor piping.

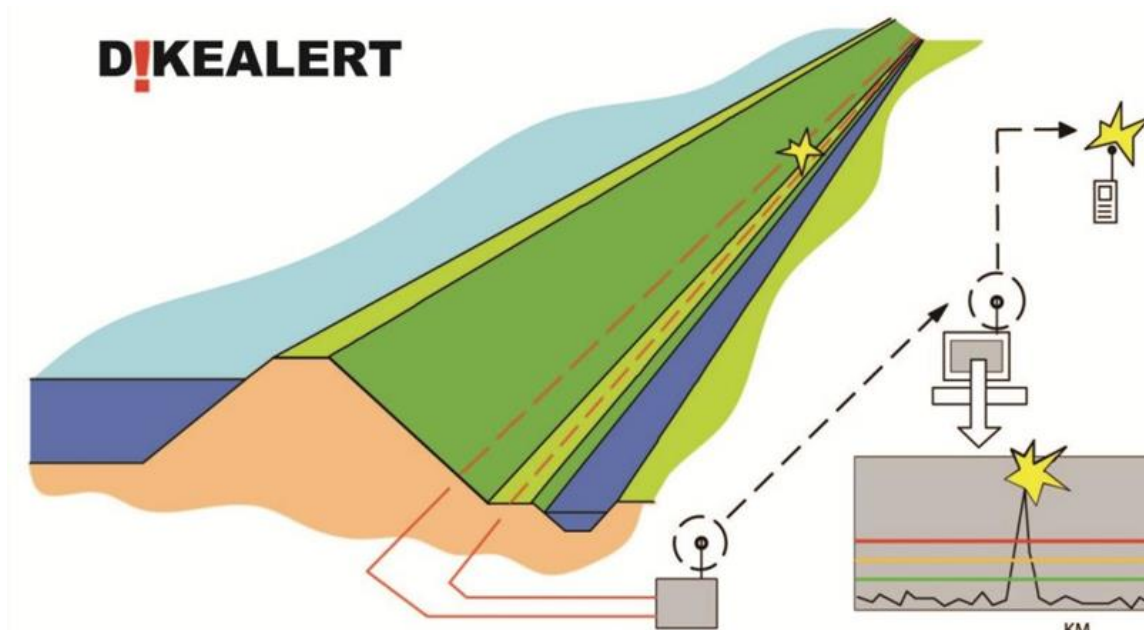
Kosten

De kosten voor deze maatregel zijn niet verder onderzocht.

8.12 Optische detectie

Deze werkwijze bestaat uit het ondergronds aanbrengen van een glasfiberkabel voorzien van sensoren om verzakkingen te detecteren. Verzakkingen worden realtime gedetecteerd met een goede betrouwbaarheid waar de verzakking heeft plaatsgevonden. Deze kabel wordt in het grondlichaam ingebracht, waardoor verzakkingen eerder worden waargenomen dan wanneer men enkel de platen monitort. Deze maatregel is reactief en nog niet bewezen effectief. Deltares heeft in november 2024 onderzoek gedaan naar deze methodiek. Hierbij een samenvatting van de conclusie uit dit onderzoek (Bron: Dierlijke graverijen detecteren met glasvezel, Deltares 11-2024).

- Het vroegtijdig opsporen van bevers in een talud is cruciaal om maatregelen te kunnen nemen. Een mogelijke oplossing is het gebruik van Distributed Acoustic Sensing (DAS) met glasvezel.
- Simulaties met de GeoSim-aanpak tonen aan dat beverholten met DAS gedetecteerd kunnen worden. De eerste resultaten zijn positief.
- ProRail heeft al glasvezelkabels langs het spoor liggen en zal eind 2024/begin 2025 een proef uitvoeren voor beverdetectie.
- Sommige waterschappen gebruiken al met succes glasvezelkabels in waterkeringen voor monitoring van de stabiliteit van de kering, maar er is een dijkbeheerder die hiertegen bezwaar heeft³. Het is onduidelijk of meer dijkbeheerders deze mening delen.
- Voor beverhol-detectie volstaat een enkele glasvezelkabel, mits deze goed contact heeft met de grond.
- DAS genereert grote hoeveelheden data. Onderzoek naar real-time monitoring met bijvoorbeeld edge computing is nodig om dit te beheren.



Figuur 24 Inspectie door middel van optische detectie

³ Uit Dierlijke graverijen detecteren met glasvezel; Onderzoek naar mogelijkheden, (Frans van den Berg, Roeland Nieboer, 11210320-010-BGS-0001, 20 november 2024), Een aantal Waterschappen is aangeschreven om hun ervaring met glasvezelkabels in hun beheergebied te beschrijven. De meeste Waterschappen hebben hier (nog) geen ervaring mee. Van een dijkbeheerder van een Waterschap ontvingen wij onderstaande reactie. Mijn stelling is alsjeblieft "Geen kabels en leidingen en ook geen glasvezel in onze dijken!!"

Mijn ervaring met het aanbrengen van glasvezel of andere kabels en leidingen is dat er veel schade aan de dijk kan ontstaan en dat je er in de toekomst veel last van hebt als je werkzaamheden aan de dijk hebt. Het ligt veelal in de weg en het veroorzaakt ook onregelmatigheden in de opbouw van de dijk of zelfs holle ruimte, lekkage van de dijk, enz. De freatische lijn wordt erdoor aangetast. Het zijn ook plekken waar water (regen, lekwater) ophoopt en problemen veroorzaakt. Soms gaat er ook water langs de kabel stromen. Water zoekt een weg langs iets (net als wortels) waardoor de dijk schade oploopt. Door het aanbrengen (zowel via boren of graven) wordt schade toegebracht aan de dijk, zowel op de korte als lange termijn. Soms geeft het zelfs afschuivingen of scheurvorming. Ook na hevige neerslag. We hebben onderbemaafschuivingen van een meter gehad door aanleg van kabels en leidingen.

Ook bij eventueel herstel wordt de dijk te pas en te onpas open gegraven om bijvoorbeeld een beschadigde kabel te herstellen. Mijn stelling is altijd laat de dijk met rust en geen kabels en leidingen in de dijk.

We kunnen een dijk vol stoppen met sensoren en kabels hiervoor, maar waarschijnlijk zullen ze meer problemen dan zgn. veiligheid geven. - Dijkbeheerder WVV

Aanbevelingen

Aanbrengen van glasvezelkabels: Indien glasvezelkabels nog niet aanwezig zijn in de waterkering, moet overwogen worden hoe deze worden aangelegd en gekoppeld aan de ondergrond.

Toekomstbestendigheid:

Ontwikkel systemen die grote datavolumes aankunnen (bijvoorbeeld met edge computing). Verken technologieën zoals shape sensing, waarmee de vorm en vervorming van een dijk in 3D kan worden gemeten.

Effectiviteit Griftkade

De maatregel helpt mogelijk om verzakkingen van de kade en dus van het fietspad te detecteren. De maatregel is reactief en niet preventief. In tegenstelling tot de andere reactieve inspectie methoden, zal verzakking van het grondlichaam ook worden opgemerkt, dat waarschijnlijk eerder zal optreden dan een verzakking van het fietspad. Dit kan als een mogelijk effectief middel beschouwd om verzakkingen vast te stellen, aangezien de maatregel nog niet als bewezen effectief is.

Toepasbaarheid

De kabel voorzien van sensoren is betrekkelijk makkelijk in de grond aan te brengen door middel van een frees en middels een ploegmethode. De methode is een realtime signaalfunctie, wanneer deformatie in de ondergrond optreedt, wordt een signaal doorgegeven op welke afstand van de module deformatie is opgetreden. Aangezien deze methode nog niet vaak is toegepast is het onduidelijk wat de invloed van boomwortels is op de lange termijn.

Kosten

De kosten voor deze maatregel bedragen € 20-30 per meter glasfibre kabel, plus De huidige kosten van een uitleesunit (€100.000-150.000) zijn hoog en vormen een obstakel. Onderzoek naar goedkoper, specifiek ontworpen uitleesapparatuur (interrogators) is noodzakelijk.

8.13 Kosten en kosteneffectiviteit

Op basis van actuele kosten en expertbeoordelingen is een kosteninschatting gemaakt per maatregel. Voor maatregelen waarvan eerder al kostenramingen beschikbaar waren, zijn de werkelijke kosten geëxtrapoleerd naar het volledige onderzoeksgebied.

De kosteninschatting omvat concreet de volgende onderdelen: ontwerpkosten, aanleg- en realisatiekosten en engineering, kosten voor onderhoud en service over een periode van 50 jaar (niet geïndexeerd). De prijzen zijn inclusief BTW en gebaseerd op het prijspeil van 2025. Kosten voor grondaankoop, omgevingsmanagement, groenaanvoer en sloopwerkzaamheden zijn niet in de berekening meegenomen.

Gebruikte bronnen zijn: offertes Waterschap vallei en Veluwe, het Beverprotocol Gelderland, expertbeoordelingen van Arcadis, Van Bommel Faunawerk en diverse leveranciers en aannemers. Voor meer details en onderbouwingen zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

Hieronder een samenvatting van de kosten uit de onderzochte maatregelen in Tabel 2.

In Tabel 3 behandelen we de kosteneffectiviteit van de verschillende maatregelen.

In de twee tabellen zijn de verschillende maatregelen opgenomen, waarbij een maatregel langs de Grift wordt benoemd en meestal op de volgende regel de maatregel aan twee zijden wordt benoemd. Bijvoorbeeld:

- Steenbestorting Grift-zijde (in de kade aan de Griftzijde)
- Steenbestorting 2 zijdes (in zowel de kade aan de Griftzijde, als de kanaalzijde)

Tabel 2 Kosten en toepasbaarheid van de onderzochte maatregelen

Type maatregel (§ in hoofdstuk 8)	Eenheid	Opmerking	Toepasbaar	
Fysieke maatregelen				
Gaas-variant (talud 3 en 5 m) 1 zijde op talud (§8.1)	€ 61.710	€/km	NVT want dan moeten alle bomen weg	Nee
Gaas (verticaal inbrengen) Grift zijde diepte 2 > 4 m (§8.2)	€ 226.875	€/km	Nagevraagd bij aannemer Minekus (tot 3m diepte), bij DPS (tot 4m diepte). DPS: 165,- per meter voor 2m diepte en 210,- voor 4 diepte. Kosten voor werken vanaf ponton 25,- hoger dan eerdere bedragen. Mogelijk gaas aan twee zijden van fietspad inbrengen.	Ja
Gaas (verticaal inbrengen) Grift én Kanaalzijde (§8.2)	€ 496.100	€/km		Ja
Steenbestorting Grift zijde (§8.3)	€ 499.125	€/km	Liever niet i.v.m. waternavelbestrijding	Optie B, nu buiten beschouwing gelaten
Steenbestorting 2 zijdes (§8.3)	€ 998.250	€/km	Liever niet i.v.m. waternavelbestrijding	Optie B, nu buiten beschouwing gelaten
Stalen damwand 1 zijde (§8.4)*	€ 1.058.750	€/km	Zeet hoge investeringskosten*	Ja
Stalen damwand 2 zijdes (§8.4)*	€ 2.117.500	€/km	Zeet hoge investeringskosten*	Ja
Schrikdraad (graafschade) (§8.5)	€ 9.075	€/km	NVT gaat alleen om het weghouden van bevers	Nee
Verlagen of verflauwen oever talud van min 1:3 Grift zijde (§8.6)	€ 80.689	€/km		Ja
Verlagen of verflauwen oever talud van min 1:3 Grift en kanaal zijdes (§8.6)	€ 196.020	€/km	Exclusief perceelaankoop, inclusief aanvoer grond.	Ja
Verleggen watergang (Grift) (§8.7)	€ 242.000	€/km	Exclusief grondaankoop, en met gesloten grondbalans	Ja
Verleggen Grift en aanbrengen flauwe verlaagde oever (§8.7)	€ 302.500	€/km	Exclusief grondaankoop, en met gesloten grondbalans	Ja
Aanleg alternatieve burchtlocatie (§8.8)	€ 4.235	p/st	Een dag met kraan en mogelijk enkele vrachtwagens goed vergraafbare grond. Staat niet op zichzelf	Ja
Inspectie en monitoren				
Inspectie en monitoring (met waadpakken door de grift) (§8.9)	€ 60.403	per jaar	Nadeel is dat burchten niet met zekerheid gedetecteerd worden.	Ja, huidige methodiek
Remote sensing (verzakkingen) (§8.10)	€ 12.100	per jaar	Met Sentinel 1a en c eens per 6 dagen	Ja
MEMS (§8.11)			N.v.t. punt sensoren dus vereist een enorme hoge dichtheid	Nee
Optische detectie (glasfiber kabel met sensoren) (§8.12)	€ 30.250	€/km	Wel nog een extra €100.000,- voor meetkast, maatregel is nog niet bewezen effectief.	Ja
Opengraven en dichten (via beverprotocol)	€ 9.075	per keer	altijd i.c.m. met detectie	Ja, huidige methodiek
Bres dichten en reparatie ter indicatie (inclusief aanbrengen damwand)	€ 90.750	per keer		Ja, huidige methodiek

*kosteninschatting voor damwanden is op basis van inschatting door Arcadis op volgende pagina een vergelijking met input WVV

De volgende stap is het onderzoeken van mogelijke maatregelen om de risico's te verkleinen. Hierbij wordt eerst gekeken hoeveel kleiner de kans op het risico of de gevolgen ervan kunnen worden door de voorgestelde maatregel toe te passen. Daarnaast wordt onderzocht hoe kosteneffectief deze maatregelen zijn. Op basis van de inschattingen van experts is bepaald hoeveel de kans of het effect kan worden verminderd. Deze vermindering wordt vervolgens uitgedrukt in een percentage per €10.000,--.

Hieronder de vergelijking van de offertes en kosten die Waterschap Vallei en Veluwe heeft aangeleverd voor het aanbrengen van stalen damwand. De kostenramer van Arcadis schat in dat deze kosten per kilometer te hoog zijn als we ze baseren op 30 of 40 meter damwand aanbrengen. Arcadis heeft daarom gerekend met een gemiddeld van € 875.000 exclusief btw per kilometer in plaats van € 2.237.354 per kilometer.

Kosten plaatsen damwand		m	€/km	Gemiddelde kosten per kilometer
Damwand kosten uit offertes WS alle werkzaamheden inclusief btw en engineering				
€ 59.655	40		€ 1.491.375	€ 2.237.354
€ 89.500	30		€ 2.983.333	
Damwand kosten inschatting Arcadis exclusief btw en engineering				
Min			€ 750.000	€ 875.000
Max			€ 1.000.000	

Tabel 3 Kosteneffectiviteit van de onderzochte maatregelen

Type maatregel		Eenheid	Effect / kansverlagend	OPEX ⁴	Effectiviteit tegen		
					Ernstige verzakking fietspad	Bres	Kosteneffectiviteit per 10k (%)
Fysieke maatregelen							
Gaas-variant (talud 3 en 5 m) 1 zijde	€ 61.710	€/km	Kans	Geen			
Gaas (verticaal inbrengen) Grift zijde	€ 226.875	€/km	Kans	Geen	70%	70%	2,76%
Gaas (verticaal inbrengen) Grift én kanaalzijde	€ 496.100	€/km	Kans	Geen	100%	100%	1,97%
Steenbestorting Grift zijde	€ 499.125	€/km	Kans	Laag	50%	50%	1,01%
Steenbestorting 2 zijdes	€ 998.250	€/km	Kans	Laag	75%	75%	0,76%
Stalen damwand Grift zijde	€ 1.058.750	€/km	Kans	Geen	70%	100%	0,81%
Stalen damwand 2 zijdes	€ 2.117.500	€/km	Kans	Geen	100%	100%	0,48%
Schrikdraad (graafschade)	€ 9.075	€/km	Kans	Hoog	0%	0%	0,00%
Verlagen en verflauwen oever talud van min 1:3 Grift zijde	€ 80.689	€/km	Kans	Laag	53%	53%	5,42%
Verlagen en verflauwen oever talud van min 1:3 2 zijdes	€ 196.020	€/km	Kans	Laag	75%	75%	3,19%
Verleggen watergang (Grift)	€ 242.000	€/km	Kans	Geen	50%	50%	2,08%
Verleggen Grift en aanbrengen flauwe verlaagde oever	€ 302.500	€/km	Kans	Geen	75%	75%	2,50%
Aanleg alternatieve burchtlocatie	€ 4.235	p/st	Kans	Laag	10%	10%	23,81%
Inspectie en monitoren							
Inspectie en monitoring (met waadpakken door de grift)	€ 60.403	per jaar	Kans en effect	Hoog	40%	40%	8,01%
Remote sensing (verzakkingen)	€ 12.100	per jaar	Effect		10%	10%	10,00%
MEMS			Effect		10%	10%	
Optische detectie (glasfiber kabel met sensoren)	€ 30.250	€/km	Effect	Laag	75%	75%	18,75%
Opengraven en dichten (via beverprotocol)	€ 9.075	per keer	Effect	Hoog			
Bres dichten en reparatie ter indicatie (inclusief aanbrengen damwand)	€ 90.750	per keer	Effect				

⁴ OPEX: Operating Expencc: kosten voor het instant houden van de asset.

9 Maatregelscenario's

LET OP: de risicoanalyse (kans x effect = risico) gaat alleen over het risico door graverij in de grifzijde van de kanaalkade. Voor de scenario's kijken we ook naar de maatregelen aan de oevers van het kanaal. Dit doe we omdat er in het kanaal al bevers zijn gesignaleerd en de verwachting is dat dit er meer gaan worden.

9.1 Zes scenario's

In dit onderzoek zijn ZES scenario's uitgewerkt voor het gehele onderzoeksgebied. Deze zijn gemaakt op basis van welke maatregelen mogelijk zijn en met een insteek vanuit veiligheid, ecologie en huidige werkwijze. Er is in gekeken naar het maximaal haalbare voor scenario 3 en 4 om een goed beeld te krijgen van wat waar mogelijk is. Zie hiervoor *Figuur 25* en *Tabel 4*. De kosten zijn geëxtrapoleerd voor een periode van 50 jaar om een goede vergelijking te kunnen maken voor een lange beheerperiode. Voor de meeste scenario's zijn geen maatregelen voor deelgebied 1, 2 en 8 gehanteerd omdat het risico hier verwaarloosbaar is. We zijn in kansen en risico's alleen uitgegaan van de grifzijde. Voor de kosten en de scenario's hebben we ook de oevers van het Apeldoorns meegenomen. Om de breedte aan maatregelen te onderzoeken is voor het ene scenario gekozen om maar één zijde van een kade aan te pakken zoals bij damwanden en bij de andere om beide oevers in het kanaal en de oever van de Grift aan te pakken zoals bij scenario 4.

Scenario 1: Huidige werkwijze

Hierin zet het Waterschap de huidige werkwijze voort. Namelijk 4 keer per jaar een inspectie en monitoring van bevergraverij door met waadpakken door de Grift te lopen. Daarnaast worden de hollen die gevaarlijk zijn open gegraven en gedicht, wordt er eventueel lokaal een damwand of gaas geplaatst en/of een alternatieve burchtlocatie gecreëerd.

Scenario 2: Sober en reactief

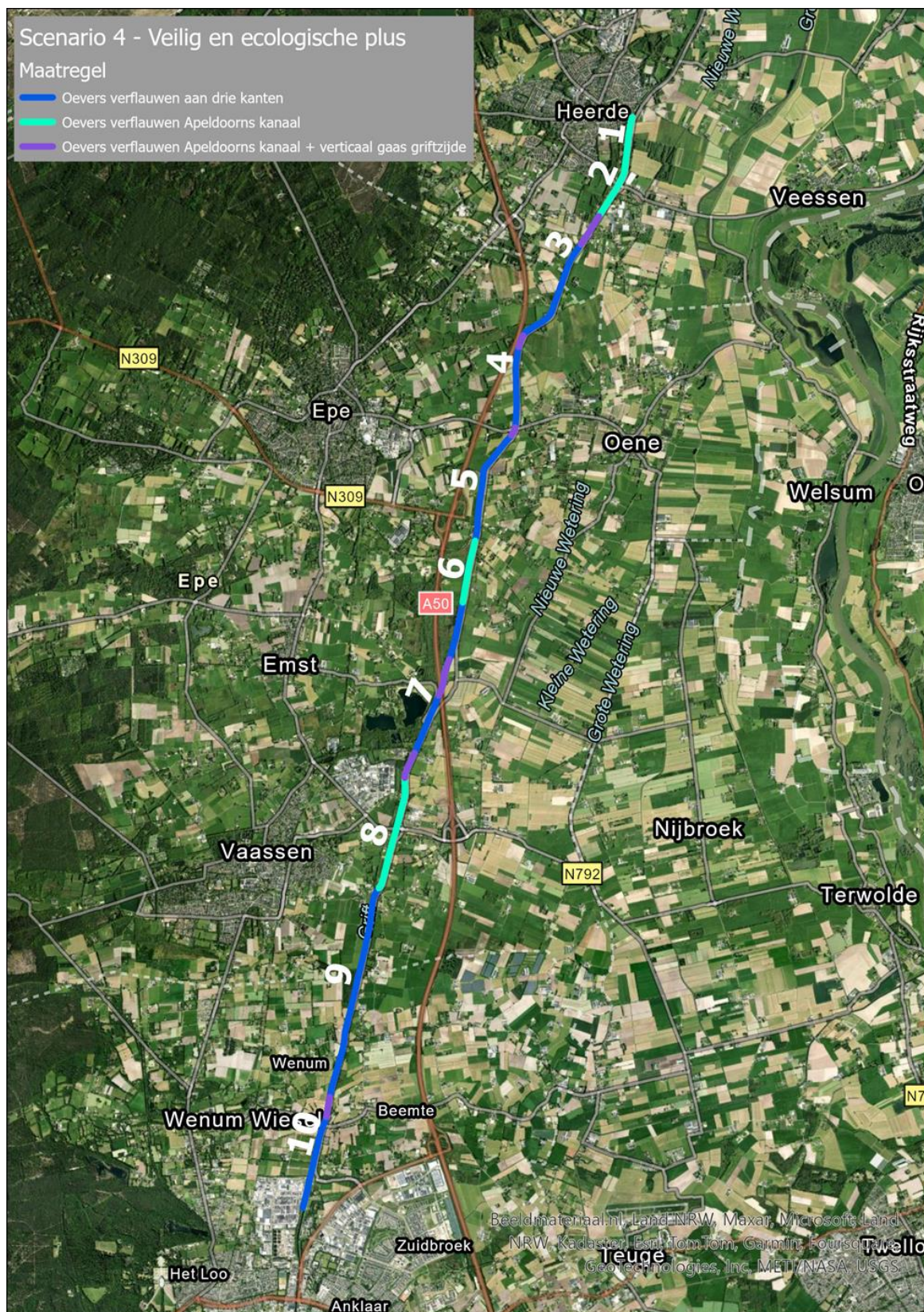
Hierin wordt een glasvezelkabel aangelegd over 15 km om zo real-time verzakkingen te monitoren en zo dus een bres zo veel mogelijk te voor te zijn. Ook kan dan tijdig het fietspad worden afgesloten. Hierin zijn niet de kosten voor het opengraven en dichten van de hollen meegenomen en zal ook nog in combinatie met handmatige monitoring dienen plaats te vinden. Deelgebied 8 wordt ook gemonitord ondanks dat het hier niet hoeft, dit is omdat het een aaneengesloten kabel moet zijn.

Scenario 3: Optimale veiligheid

In dit scenario brengen we aan beide zijden van het fietspad én langs de kanaalweg gaas aan zodat de bever niet onder het fietspad en de weg kan graven en daarmee de kans op verzakkingen of een bres nagenoeg nul wordt. Er is ook een inschatting van de kosten voor aan alleen beide zijden van het fietspad gaas omdat dit prioriteit heeft. Nadeel van dit scenario is dat het gaas verwijderd moet worden als er ooit iets verandert aan de kade en nadeel is ook dat inbrengen gaas bij grote wortels niet mogelijk is en dat bij wegzagen de boom kan sterven of instabiel wordt. Ook dit heeft een negatieve impact op de aanwezige bomen op de kade.

Scenario 4: Veiligheid en ecologische plus

Waar mogelijk gaan we in dit scenario oevers verflauwen (we gaan niet uit van uitgebreide verlegging omdat dit deels al gebeurt als je de oever moet verflauwen vanuit ene heel steil talud) om zo aan meerdere doelen van het waterschap bij te dragen, waaronder de KRW en biodiversiteit. Ondanks dat het verflauwen van oevers geen 100% garantie geeft is dit wel een maatregel die toekomstgericht is. Mocht het kanaal meer voor natuur worden ingezet dan heeft deze maatregel de voorkeur. In scenario 4 is ook een grove inschatting gemaakt van de mogelijkheid om überhaupt de oever te verflauwen. Waar het sowieso niet kan is bevergaas geplaatst en waar de oever al flauw is of de grift verder van het kanaal ligt zijn geen maatregelen ingetekend. Zie hiervoor *Figuur 25*.



Figuur 25 Uitwerking van maatregelen voor scenario 4, hier is gekeken naar ruimte voor mogelijke verflauwing

Scenario 5: Damwand

In dit scenario gaan we uit van langs één zijde van het fietspad damwanden over de volledige 17 km van het traject. Dit is namelijk op enkele stukken al toegepast als noodmaatregel. Het risico hierbij is dat verzakkingen van het fietspad niet helemaal voorkomen worden omdat er maar aan één kant een damwand staat. Doordat er geen bres meer mogelijk is zal de verzakking van het fietspad veel minder ernstig zijn.

Scenario 6: Combinatie FMECA

Als laatste is er een scenario ontwikkeld in hoofdstuk 7 waarin we de verschillende maatregelen combineren. Dit scenario is een combinatie van bovenstaande scenario's die is gemaakt met de beslisboom in 10.1. Deze wordt dan ook verder toegelicht in 10.2 en Bijlage A. De kosten daarvan staan daarom ook niet in dit overzicht. Door uiteindelijk de bedrijfswaarden van het Waterschap te gebruiken zijn de scenario's tegen elkaar afgewogen in de Multi criteria analyse (MCI) in 10.3. concreet bestaat dit scenario uit:

Niets doen (geen fysieke maatregelen nodig, monitoring is voor deelgebied 8 wel nodig)	2874 m
Oevers verflauwen aan drie kanten	10.832 m
Oevers verflauwen Apeldoorns kanaal (li-re)	1.285 m
Oevers verflauwen Apeldoorns kanaal (li-re) + verticaal gaas griftzijde	2.046 m

In de volgende tabel de kosten en afstanden waarover deze maatregelen moeten worden genomen.

Tabel 4 Uitgewerkte scenario's

Scenario 1 huidige situatie

Maatregel	Lengte (m)	Eenmalig	Jaarlijks
Huidige werkwijze	17037		€ 60.403 monitoring met waden
	17037		€ 18.150 gaten dichten
			€ 18.150 bres dichten
			€ 60.000 damwand plaatsen
		€ 0	€ 156.703 Totaal
Kosten voor 50 jaar		€ 7.835.160	

Scenario 2 Sober en doelmatig

Maatregel	Lengte (m)	Eenmalig	Jaarlijks
Glasvezel monitoring	15676	€ 574.200	€ 30.202 monitoring met waden
Niets doen (geen maatregelen nodig)	1361		€ 18.150 gaten dichten
	17037		€ 500 Glasvezel monitoring
			€ 60.000 damwand plaatsen
		€ 574.200	€ 108.852 Totaal
Kosten voor 50 jaar		€ 6.016.780	

Scenario 3 Optimale veiligheid

Maatregel	Lengte (m)	Eenmalig	Jaarlijks
Niets doen (geen maatregelen nodig)	2874		0
Verticaal gaas aan drie kanten	14163	€ 10.239.475	Verticaal gaas aan drie kanten
	17037	€ 10.239.475	€ 0 Totaal
		3 kanten	2 kanten (grift en kanaalzijde)
Kosten voor 50 jaar		€ 10.239.475	€ 7.026.250

Scenario 4 Veilig en ecologische plus

Maatregel	Lengte (m)	Eenmalig	Jaarlijks
Niets doen (geen maatregelen nodig)	2874		Excl. extra maaierwerk nieuwe taluds
Oevers verflauwen aan drie kanten	10832	€ 5.120.368	
Oevers verflauwen Apeldoorns kanaal	1285	€ 503.794	
Oevers verflauwen Apeldoorns kanaal + verticaal gaas griftzijde	2046	€ 865.422	
	17037	€ 6.489.584	€ 0 Totaal
Kosten voor 50 jaar			€ 6.489.584 Kosten zijn incl. grondaanvoer en inschatting aankoop percelen

Scenario 5 Damwand

Maatregel	Lengte (m)	Eenmalig	Jaarlijks
Niets doen (geen maatregelen nodig)	2874		
Damwand aan één kant	14163	€ 14.995.047	
	17037	€ 14.995.047	€ 0 Totaal
Kosten voor 50 jaar			€ 14.995.047 Kosten op basis van inschatting Arcadis

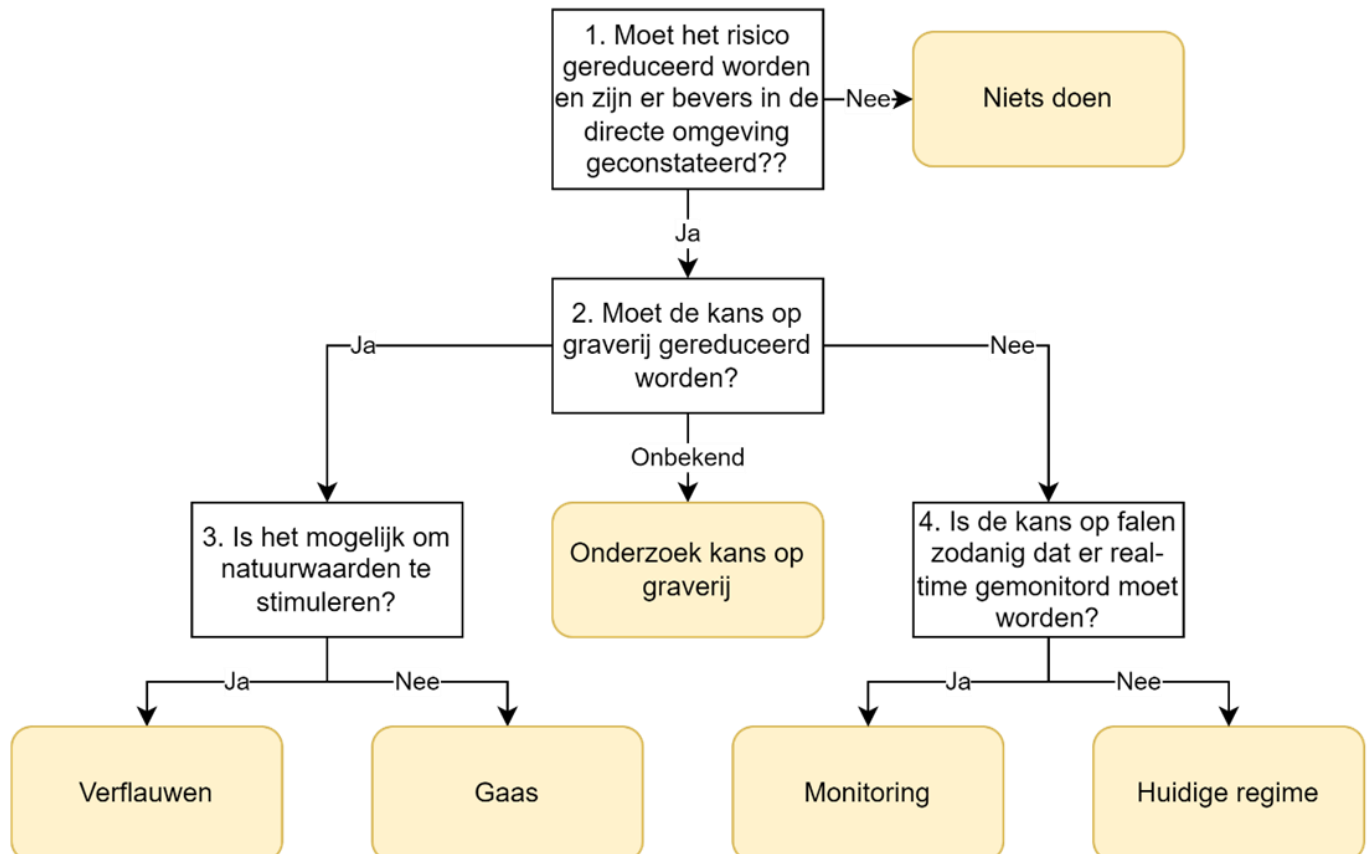
Scenario 6 Combinatie FMECA

Maatregel	Eenmalig	Jaarlijks
Met name verflauwen oevers en gaas aanbrengen in één of twee oevers (voor detaillering FMECA tabel)	€ 4.114.494	€ 1.500
	€ 546.570,00	Perceelaankoop (exclusief procedurele kosten)
	17037	€ 4.736.064 Totaal
Kosten voor 50 jaar		€ 4.736.064 Kosten zijn inclusief grondaanvoer en inschatting aankoop percelen

10 Risicoreductie en Multi Criteria Analyse

10.1 Beslisboom

Door goed te kijken naar de risicoanalyse is een beslisboom gemaakt die antwoord geeft op welke maatregelen waar nodig zijn. Zoals te zien is zijn er 4 vragen te beantwoorden om te bepalen welke maatregel per deelgebied genomen moet worden. Een dergelijke beslisboom geeft grip op de essentie van de risicoreductie per deelgebied.



Figuur 26 Beslisboom maatregelen tegen beverschade

10.2 FMECA-beslissing

Met de beslisboom en de vijf scenario's kunnen we nu de maatregelen invullen om tot scenario 6 te komen. Deze zijn meteen op kosten gezet en voorzien van een herbeoordeling van de risico's.

Tabel 5 FMECA-beslissingsblad beverschade Apeldoorns kanaal

Herbeoordeling na maatregelen														
Systeem	Risico resultaat	Beslisboom	Beslisboom		Ontwerp	Herbeoordeling na maatregelen					Risico resultaat na maatregelen	Eenmalige kosten in €	Jaarlijkse kosten in €	
			aanbeveling	Onderhoudsstrategie		Kansscore	KTOLVI	W	Criticaliteits score	Risico score				
Deelgebied 1	Verwaarloosbaar	1N	Niets doen			1	2	2	2	2	2	Verwaarloosbaar	€ -	€ -
Deelgebied 2	Verwaarloosbaar	1N	Niets doen			1	2	3	2	3	2	Verwaarloosbaar	€ -	€ -
Deelgebied 3	Zeet Hoog	1J/2J/3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen, indien niet mogelijk bevergaas aan 2 zijden inbrengen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	4	2	5	3	Laag	€ 544.258,65	€ -
Deelgebied 4	Zeet Hoog	1J/2J/3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen, indien niet mogelijk bevergaas aan 2 zijden inbrengen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	3	2	5	3	Laag	€ 617.738,82	€ -
Deelgebied 5	Zeet Hoog	1J/2J/3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen, indien niet mogelijk bevergaas aan 2 zijden inbrengen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	4	2	5	3	Laag	€ 490.577,09	€ -
Deelgebied 6	Middel	1J/2N/4N	Huidig regime	Het huidig regime van inspectie en monitoring kan hier voortgezet worden. Door de lage kans kan dit regime wel minder intensief / vaak uitgevoerd worden.		2	3	3	2	5	10	Middel	€ -	€ 11.753

Herbeoordeling na maatregelen															
Systeem	Risico resultaat	Beslisboom	Beslisboom aanbeveling	Onderhoudsstrategie	Ontwerp aanpassing	Kansscore	KTOL	VI	W	Criticaliteits score	Risico score	Risico resultaat na maatregelen	Eenmalige kosten in €	Jaarlijkse kosten in €	
Deelgebied 7	Zeer Hoog	1J/2J/3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen, indien niet mogelijk bevergaas aan 2 zijden inbrengen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	3	2	3	5	5	Laag	€ 951.931,40	€ -
Deelgebied 8	Verwaarloosbaar	1N	Niets doen,	wel eens per jaar controle op beversporen langs de parallelle sloot		1	3	3	2	2	4	4	Verwaarloosbaar	€ -	€ -
Deelgebied 9	Zeer Hoog	1J/2J/3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen, indien niet mogelijk bevergaas aan 2 zijden inbrengen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	3	2	2	5	5	Laag	€ 754.358,13	€ -
Deelgebied 10	Hoog	1J/2J//3J	Verflauwen	Waar mogelijk verflauwen.	Verflauwen talud aan 2 zijden	1	3	3	2	2	5	5	Laag	€ 634.215,22	€ -

10.3 Weging scenario's

Met onderstaande multi-criteria analyse wegen we de verschillende scenario's tegen elkaar af. De bedrijfswaardes van Waterschap Vallei en Veluwe zijn hier leidend in het er zijn vier verschillende sets aan wegingsfactoren doorgerekend om een beeld te krijgen van welke mogelijke uitkomsten er zijn.

Dit is gedaan omdat kwantificatie kon overgenomen worden uit de Assetmanagement Plan. We hanteren hierin vier criteria. De scenario's zijn vervolgens beoordeeld op deze 4 criteria door ze punten te geven van 0 tot 10. Waarbij 10 de beste score is en 0 de laagste. Het scenario met de hoogste prijs scoort dus een 0 en het scenario met de laagste prijs scoort een 10. De uiteindelijke score is criteria keer de wegingsfactor en dan bij elkaar opgeteld.

Criteria:

- Criterium 1. Kosten: Economische waarde. Score van 0-10 waarbij het duurste scenario 0 punten krijgt en de anderen procentueel 10-2*percentage ten opzichte van de totale kosten van alle scenario's.
- Criterium 2. Risicoreductie: Verlaging van het risico doordat bevers een verzakking veroorzaken, waarmee de risico's gemitigeerd worden. Dit is op basis van expert judgement. Waarbij de meeste risicoreductie een 9 (een 10 zou geen enkel risico meer betekenen) krijgt en de huidige situatie een 3.
- Criterium 3. Versnelde reactie mogelijk: Verlaging van de ernst van de effecten door een versnelde reactie vanwege detectie. Op basis van expert judgement. Beste score is 10, geen verbetering geeft een 0. Voor scenario 6 wordt nog een klein stukje wel gemonitord dus daar is een 2 voor gegeven.
- Criterium 4. Ecologische voordelen: Toegevoegde waarde voor ecologie (uitgangspunt behoud leefgebied van de bever). Het maximaal haalbare is hier alle oevers verflauwen, deze krijgt dan ook een 10. Voor scenario 6 verflauwen we net iets minder dan twee-derde van de oeverlengte en scoren we daarom een 6,5.

Tabel 6 Bedrijfswaarden WVV en wegenen

	Kosten wegen zwaar	Veiligheid weegt zwaar	Ecologische plus weegt zwaar	Wegingen gelijk		
Criteria	Weging	Weging	Weging	Weging	Bedrijfswaarde	Beschrijving
Kosten	0,7	0,1	0,1	0,25	K	Economische waarde uitgedrukt in een score
Risicoreductie	0,1	0,7	0,1	0,25	TOVIW	Verlaging van de kans dat bevers een verzakking veroorzaken, waarmee de risico's gemitigeerd worden.
Versnelde reactie mogelijk	0,1	0,1	0,1	0,25	TOVIW	Verlaging van de ernst van de effecten door een versnelde reactie vanwege detectie.
Ecologische voordelen	0,1	0,1	0,7	0,25	L	Waarde voor ecologie
Totaal	1	1	1	1	KTOLVIW	

Tabel 7 Scores en scenario wegingen met de wegingen hierboven (Legenda score: hoge score is goed en lage score is slecht)

Scenario	Kosten	Risico-reductie	Versnel de reactie mogelijk	Ecologische voordelen	Kosten wegen zwaar	Veiligheid weegt zwaar	Ecologische plus weegt zwaar	Wegingen gelijk
Scenario 1 Huidige situatie	6,9	3	5	0	5,6	3,3	1,5	3,7
Scenario 2 Sober en doelmatig (optische detectie)	7,6	4	10	0	6,7	4,6	2,2	5,4
Scenario 3 Optimale veiligheid (gaas aan drie kanten)	5,9	9	0	0	5,0	6,9	1,5	3,7
Scenario 4 Veilig en ecologische plus (verflauwen waar kan)	7,4	7	0	10	6,9	6,6	8,4	6,1
Scenario 5 Damwand aan één zijde	4,0	9	0	0	3,7	6,7	1,3	3,3
Scenario 6 gecombineerd (FMECA één oever in kanaal verflauwen)	8,1	7	2	6,5	7,3	6,6	6,3	5,9

Conclusie

- Optimale veiligheid: Scenario 3 (gaas aan drie zijden) biedt de hoogste risicoreductie is kostbaar en mist ecologische voordelen.
- Balans tussen veiligheid en ecologie: Scenario 4 (verflauwen waar mogelijk) biedt een sterke combinatie van veiligheid en ecologische voordelen, waardoor het een aantrekkelijke keuze is. De kosten zijn alleen wel aanzienlijk
- Kosteneffectieve aanpak: Scenario 5 (damwand aan één zijde) scoort hoog op risicoreductie maar de kosten zijn het hoogste, biedt bovendien geen ecologische voordelen.
- Combinatie FMECA: Scenario 6 (gecombineerd) biedt een gebalanceerd pakket met veiligheids- en ecologische voordelen.

Aanbeveling

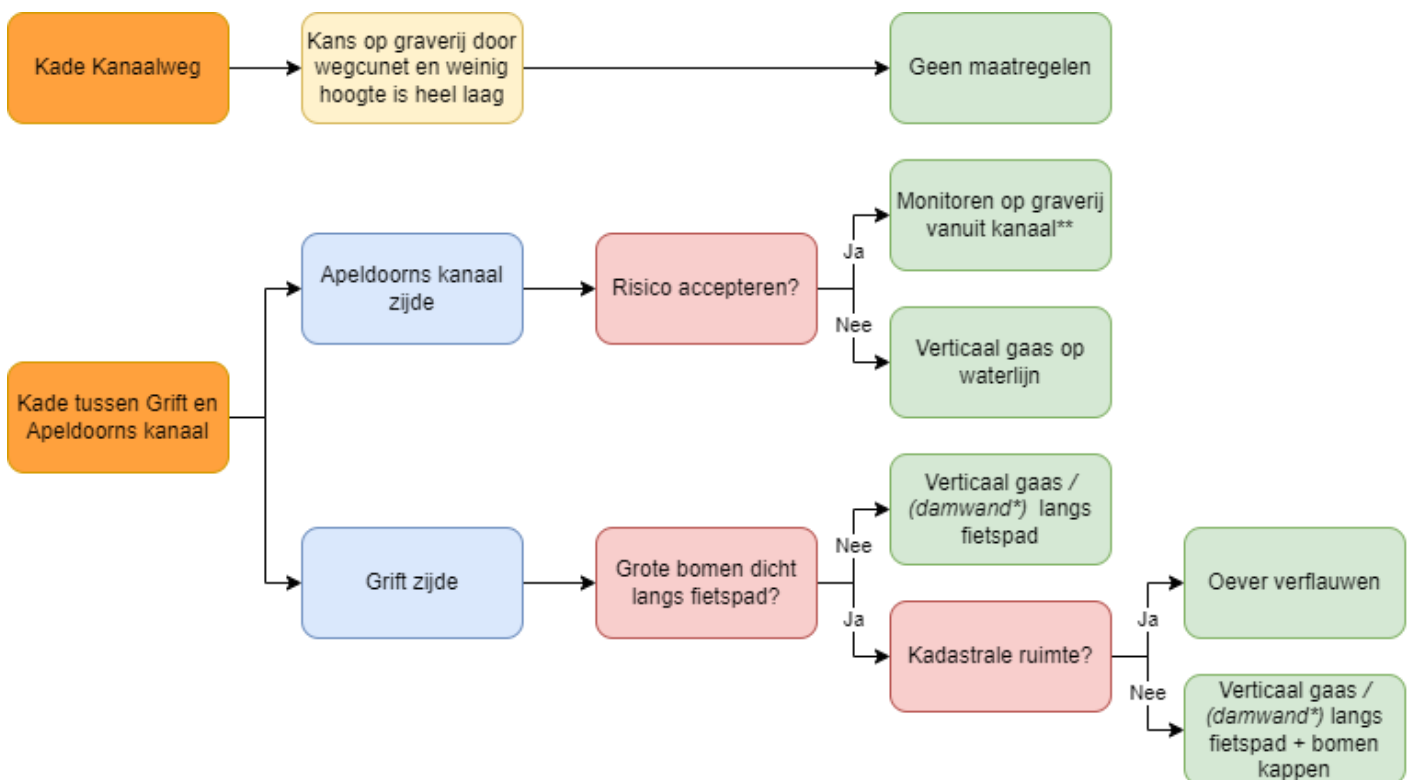
Scenario 6 is eigenlijk een combinatie van scenario 3 en 4 en al een detaillering van wat waar mogelijk is. Het aanbrengen van een flauwe oever of gaas in de kade van de kanaalweg is waarschijnlijk niet nodig gezien deze kade vanwege een wegcunet niet aantrekkelijk is voor de bever om in te graven. Scenario 4 is dus het best wanneer ecologie voorop staat, en scenario 3 voor maximale veiligheid die het goedkoopst is. Scenario 6 is een goede mix van beide. Wanneer ecologie toch nog belangrijker wordt in het Apeldoorns kanaal dan zou scenario 4 een goede optie zijn tegen een hogere prijs.

11 Advies voorkeursmaatregelen

Op dinsdag 18 maart 2025 hebben het waterschap Vallei en Veluwe en Arcadis de situatie besproken en heeft Arcadis een toelichting gegeven op de resultaten van het onderzoek.

Op basis van het beschreven onderzoek bestaande uit de risico-inventarisatie, maatregelen, multicriteria analyses en scenario's heeft het waterschap de voorkeur uitgesproken voor bever werend gaas aan één zijde (griftzijde) daar waar dat mogelijk is. Om verzakking van het fietspad te borgen kan dit aangevuld worden met monitoring op graverij aan de kanaalzijde. Aangezien bever werend gaas niet altijd praktisch uitvoerbaar is vanwege boomwortels van grotere ecologisch waardevolle bomen, blijkt het verflauwen van het talud een goed alternatief. Op locaties waar beide niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld deelgebied 7, moet in de volgende fase van het ontwerp een afweging worden gemaakt tussen het aankopen van grond, het kappen van bomen, het plaatsen van damwanden of een maatwerkoplossing.

Eén passende oplossing voor het gehele traject is vanwege praktische problemen niet haalbaar en daarom is de voorkeursvariant uitgewerkt volgens onderstaande beslisboom.



Figuur 27 Beslisboom voorkeursalternatief

*Hoewel gaas de voorkeursoptie is kan een damwand in enkele gevallen toch gewenst zijn, als de kade erg instabiel of smal is. De damwand is alleen niet meegenomen in de kaarten voor het voorkeursalternatief omdat dit alleen zeer lokaal optreedt.

**Monitoring vanuit kanaal geeft weinig zekerheid omdat de bever in de bodem van het kanaal zal graven en dit erg lastig te detecteren is. De verwachting is ook dat de bever niet snel een graafactie onderneemt vanuit het kanaal aangezien hij erg diep en ver zal moeten graven om een droog hol te creëren.

De beslisboom voorkeursalternatief doet het meest recht aan de gekozen voorkeursvariant maar is nog steeds op hoofdlijnen en betreft een grove inschatting. In een volgende fase moeten de maatregelen in detail in een schetsvariant ontworpen worden. Hoewel in dit onderzoek meerdere keren met de aannemer is gecheckt wat beperkingen en kosten van maatregelen zijn adviseren wij om in de ontwerpfase fysiek op locatie in samenspraak met de aannemer te bepalen welke maatregelen waar praktisch uitvoerbaar zijn.

Aanbevelingen:

- Als verfijning van het schetsontwerp kan men optioneel kiezen voor het aanbrengen van gaas op het talud. Deze variant is iets voordeliger maar betekend afgraving van het talud met als gevolg aantasten van de flora en fauna.
- Het heeft de voorkeur het verticale bevergaas zo dicht mogelijk naar de oever te plaatsen. Dit is het meest effectief, meest voordelig aangezien minder diep gaas geplaatst hoeft te worden en de kade het meest intact blijft, minder boomwortels zijn en is er minder kans op piping. Vanwege de vegetatie en moeilijk bereikbare locaties is het niet altijd mogelijk gaas dicht langs de oever van de Grift aan te brengen. Hier raden we dus aan dit langs het fietspad te doen.
- Voor maximale veiligheid wordt geadviseerd ook aan de kant van het kanaal verticaal bever werend gaas aan te brengen net boven de waterlijn. Hoewel wij de kans klein achten dat hier graverij ontstaat kunnen we dit niet uitsluiten.
- Aangezien de bever doorgaans vanaf de bodem begint te graven is het noodzakelijk gaas aan te brengen met een diepte tot circa 1 meter onder de boven van het kanaal (zonder slib).
- Voor het bepalen van gaas is gekeken naar een minimale afstand van 2 meter tot een boom met > 60cm diameter (bron: bomenbestand). Door voorafgaand aan het plaatsen van gaas eerst met een snijwerktuig boomwortels doormidden te snijden kunnen wortels tot 8cm getrotseerd worden. Bij het verder uitwerken van het ontwerp is een boomeffectanalyse aan te raden om de exacte impact en risico's op bomen in te schatten.
- Voor het verflauwen van het talud is er gekeken naar waar gemeente, waterschap of natuurorganisatie percelen bezit. Hier is de realisatie van een flauwe oever kansrijker en goedkoper dan wanneer er particuliere grond aankocht moet worden.
- Met verflauwen dient wel rekening gehouden te worden met behoud stroomsnelheid van de Grift. Verflauwen heeft mogelijk een negatief effect op de KRW-doelen Grift. Dit omdat de Grift een R5 type water is, waar kenmerkende soorten afhankelijk zijn van stroming. Wanneer het doorstroomprofiel wordt verruimd, wordt de stroming verminderd waardoor er een mogelijk negatief effect zou kunnen optreden. Als je alleen eenzijdig een flauwe oever aanlegt en zorgt voor een klein doorstroomprofiel kan er misschien wel voldoende stroming behouden worden.
- Belangrijke ontwikkeling is de visie op het Apeldoorns kanaal die nog in ontwikkeling is. Deze kan meekoppelkansen of juist hele andere maatregelen eisen. Maar ook zelfs een totale overbodigheid van maatregelen als het kanaal gedempt gaat worden in de toekomst.
- Op twee locaties zijn damwanden geplaatst. 1. Vanwege de ontstane bres (deelgebied 4), 2. op de locatie waar zich een beverhol bevindt in de kade (deelgebied 3). Geadviseerd wordt deze hollen te blijven inspecteren en deze intact te laten. Indien ze gedicht worden zal de bever elders een nieuw hol graven.
- De A50 ligt bij Epe dicht bij de Grift. Aan de Griftzijde van de A50 loopt eveneens een kleine watergang naast het talud/wegcunet van de A50. Wij adviseren om de wegbeheerder (RWS) op de hoogte te stellen van de aanwezigheid van bevers in de Grift.
- Er staat nu in het voorkeursalternatief om geen maatregelen te nemen in deelgebied 1 en 2 omdat de kans op graverij hier nihil is vanuit de Grift, als het waterschap ervoor kiest om toch gaas aan te brengen aan de kanaalzijde van de grift-kanaal kade dan kan er nog overwogen worden ook hier gaas aan te brengen aan de kanaalzijde zoals hierboven beschreven is. Dit omdat de bever zich ook meer via het kanaal kan gaan verspreiden.

Per deelgebied zijn deze volgens deze stappen een eerste inschatting gemaakt van de mogelijke maatregelen. Deze maatregelen zijn ook vertaald naar kosten.

De locaties van de voorkeursvarianten zijn in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geografisch weergegeven per deelgebied.

Tabel 8 Deelgebieden / maatregel

Deelgebieden / maatregel	Lengte_m	Kosteninschatting	
1	561		
Niets doen	561		
2	800		
Niets doen	800		
3	1713	€	730.048
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	1005	€	498.595
Gaas langs kanaalzijde	202	€	54.491
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	506	€	176.962
4	2067	€	872.005
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	1018	€	505.110
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	1049	€	366.895
5	1744	€	701.390
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	623	€	309.075
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	1121	€	392.314
6	923	€	322.821
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	923	€	322.821
7	2885	€	1.135.480
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	951	€	471.829
Gaas langs kanaalzijde	160	€	43.099
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	1773	€	620.553
8	1513	€	407.351
Gaas langs kanaalzijde	1513	€	407.351
9	2726	€	1.222.957
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	2155	€	1.069.282
Gaas langs kanaalzijde	571	€	153.676
10	2106	€	859.182
Gaas langs Griftzijde + Gaas langs kanaalzijde	837	€	415.399
Oever verflauwen Griftzijde + Gaas kanaalzijde	1268	€	443.783
Eindtotaal	17037	€	6.251.234

12 Literatuur

- **Deelrapportage - Maatregelen om graafschade door bever in dijklichamen te voorkomen** 4 februari 2025
Bron: <https://www.kenniscentrumbever.nl/knelpunten-oplossingen/burchthol-op-ongewenste-plek?solution=solution-88>.
- **Deelrapportage - Maatregelen om graafschade door bever in dijklichamen te voorkomen** 5 februari 2025 Bron: <https://www.kenniscentrumbever.nl/knelpunten-oplossingen/burchthol-op-ongewenste-plek?solution=solution-88>.
- Anoniem (2020). Beverprotocol voor de waterbeheerders in de provincies Gelderland en Zuid-Holland. Januari 2020.
- Campbell-Palmer, R., D. Gow, R. Campbell, H. Dickinson, S. Girling, J. Gurnell, D. Halley, S. Jones, S. Lisle, H. Parker, G. Schwab & F. Rosell (2016). The Eurasian Beaver Handbook: Ecology and Management of Castor fiber. Pelagic Publishing Ltd.
- Dijkstra, V. & E. Polman, 2018. Oplossen en preventie van beverschade: Voorbeeldendocument bevermaatregelen. Rapport 2018.24. Zoogdierverseniging, Nijmegen.
- Dijkstra, V. 2020. Bevers in en langs het Apeldoorns Kanaal en de Grift. Zoogdierverseniging, Nijmegen.
- Kenniscentrum Bever <https://www.kenniscentrumbever.nl/>
- Rosell, F. & R. Campbell-Palmer (2021). Beavers: Ecology, conservation and management. Oxford University Press.
- <https://dpsys.nl/>
- <https://minekus.nl/lancering-beverwering-nl.html>
- <https://www.beverwering.nl/>
- Zowel het Apeldoorns kanaal en Grift zijn (Kader Richtlijn Water) KRW-oppervlaktewaterlichamen met ieder haar eigen specifieke doelstellingen. Meer hierover is te vinden in de KRW factsheets te vinden op: https://waterkwaliteitsportaal.overheidsbestanden.nl/factsheets/Factsheets%202024/factsheets/Factsheets_OW_43_Waterschap_Vallei_en_Veluwe_2024-09-11.zip. (OW43-Vallei en Veluwe, waterlichamen Grift en Apeldoorns Kanaal).
- De Griftkade is opgebouwd uit zand. Er is geen gedetailleerdere informatie over opbouw en conditie van de kade beschikbaar anders dan wat in het DINO-loket als beschikbare bodemdata beschikbaar stelt (boorpunt B33B0482, nabij Papegaaiweg uit 2003). Ondergrondgegevens | DINOloket.

BEVERSCHADE BEPERKENDE MAATREGELEN KANAALKADE TUSSEN APELDOORNS KANAAL EN GRIFT
SCENARIOSTUDIE NAAR MOGELIJKE OPLOSSINGSRICHTINGEN

KLANT

Waterschap Vallei en Veluwe

AUTEUR

Arcadis Nederland B.V.

PROJECTNUMMER

30249413

ONZE REFERENTIE

VZH7YPXYM73N-624407658-1277:2.0

DATUM

11 april 2025

STATUS

Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T **+31 (0)88 4261 261**

Van Bommel Faunawerk

Hollandseweg 7H
6706 KN Wageningen



Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)