



# Oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide

## Oorzaken en oplossingen

Dr. Ing. D. van Rotterdam

Ir. J. de Pater

Ir. J. Verweij

## Referaat

Van Rotterdam, D, J. de Pater, J. Verweij, 2020, Oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide; oorzaken en oplossingen. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, rapport 1781.N.20, pp 53

## Rapport in het kort

In het veenweidegebied is de afkalving van sloten een probleem omdat dit enerzijds leidt tot de achteruitgang van de ecologische waterkwaliteit en anderzijds tot verlies en verminderde gebruikswaarde van de randen/oeveren van agrarische percelen. Dit is een probleem voor zowel het waterschap als voor de perceeleigenaar. In dit rapport is oeverafkalving onderzocht op basis van literatuur, interviews, veldwaarnemingen en een statistische analyse. Een handreiking is ontwikkeld die gebruikt kan worden om te inventariseren welke oorzaken een potentieel risico vormen voor oeverafkalving. Daarnaast worden oplossingsrichtingen besproken om afkalving te voorkomen en om stabiele oeveren te behouden. Rust op de oever en een vegetatie met een dicht en stevig wortelstelsel spelen een cruciale rol bij het instandhouden van een stabiele oever. Stabiele oeveren bieden ook kansen omdat ze direct en indirect bijdragen aan andere belangrijke thema's zoals waterkwaliteit, biodiversiteit en klimaatopgave.

---

© 2019 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

## Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

---

Verspreiding

Dhr. E. Ter Hennepe, Waterschap AGV

digitaal

# Samenvatting

## Oorzaken oeverafkalving

In het agrarisch beheerde veenweidegebied wordt afkalving veroorzaakt door een combinatie van factoren en processen. De basisprocessen zijn enerzijds de invloed van fysieke krachten zoals golven en stroming en anderzijds biochemische processen in het veen zelf. De biochemische processen omvatten afbraakprocessen van het veen en door verzadiging van het veraarde veen met water gaat de bodemstructuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) verloren. Als gevolg kan de bodem gemakkelijk wegspoelen naar de sloot. Afkalving is dus enerzijds het afbrokkelen, afglijden van oevers in de sloot door de impact van externe krachten en energie EN anderzijds is afkalving het wegspoelen van veraard en waterverzadigd veen. Daarnaast kan afkalving ontstaan door slootbeheer, oeverbeheer, wellen, maar ook aantasting door dieren kan tot grote schade leiden op de oevers. Slootbeheer kan leiden tot oeverafkalving door het peilbeheer: té hoog, té laag, snelle fluctuaties, té intensief baggeren en slootschonen. Oeverbeheer kan leiden tot afkalving door té intensief agrarisch beheer op de oever door belasting met machines, vee, bemesting en stimulering van grassen die weinig bijdragen aan een stevige oever.

Vegetatie speelt een essentiële rol in het behoud en ontwikkeling van stabiele oevers. Het draagt bij aan een positieve vicieuze cirkel omdat de wortels de oever zowel boven- als onder water verstevigen, de golfslag dempt, de baggerontwikkeling vermindert, de stroomsnelheid verlaagt waardoor deeltjes kunnen sedimenteren en de vegetatie nutriënten opneemt uit het water. Andersom zal een verstoorde of afwezige vegetatie het risico op afkalving sterk vergroten.

De gevoeligheid voor afkalving en de mate van afkalving varieert gedurende het jaar en komt vaak ook niet evenredig verspreid over de lengte van de oever voor. Afkalving vindt vooral plaats op pieklocaties en tijdens piekmomenten. Piekmomenten zijn gerelateerd aan harde wind, storm, intensieve en/ of langdurige neerslag en droogte. Op locaties waar golfslag en stroming een belangrijke rol spelen hebben stormen een groot effect op afkalving. Het gevolg van biochemische processen in het veen en verlies aan bodemstructuur worden groter gedurende langdurig natte periodes. Dit zal versterkt worden wanneer (langdurig) droge periodes hieraan voorafgaan. Dit is met name het geval op plekken waar het contactoppervlak tussen veen, lucht en water groot is zoals op verzakte oevers en als gevolg van aantasting van de oever door dieren. Een aantal oorzaken is van belang op specifieke pieklocaties op een oever zoals bijvoorbeeld aantasting door dieren, locaties met haakse sloten, of dicht bij het gemaal. De impact van deze lokale oorzaken kan groot zijn (>10 cm afkalving per jaar).

## Verschijningsvormen

Twee verschijningsvormen worden onderscheiden; oeverafkalving en oeververzakking (Figuur 1). De gebiedsanalyse toont aan dat in het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) oeververzakking (smaller wordende sloot) bijna net zoveel voor lijkt te komen als oeverafkalving (breder wordende sloot). Op de meeste plekken was er echter geen meetbare verandering in de breedte van de watergangen tussen 2003 en 2019 (bepaald op basis van ingetekende oeverlijnen). Dit kan betekenen dat de oevers stabiel zijn maar veel waarschijnlijker is het dat de mate van verzakking in evenwicht is met de mate van afkalving. Oeververzakking beperkt zich tot de 'echte' veenpolders met een relatief hoog slootpeil (drooglegging <50cm-mv). Op deze laaggelegen brede oevers is het risico groot dat het veraarde veen 'zwart' is komen te liggen door bijvoorbeeld vertrapping of aantasting door

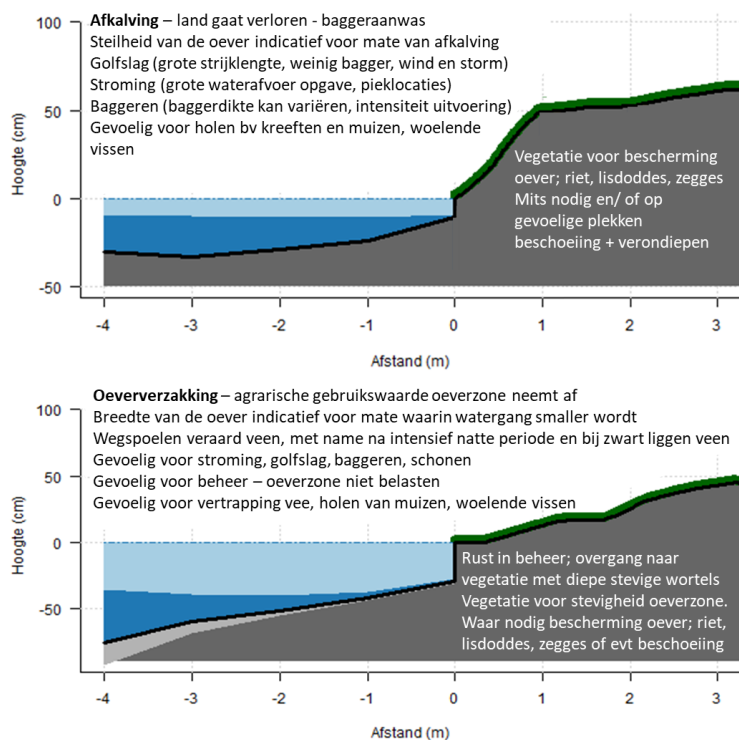
dieren, verzadigd raakt met water, zijn structuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) verliest en de bodem gemakkelijk wegspoelt naar de sloot. Wanneer deze verzakte strook onvoldoende stevigheid bezit is het ook gevoelig voor afslag door stroming en golfslag. Dit kan leiden tot de situatie dat er netto geen verandering in de breedte van de watergang plaatsvindt of dat deze zelfs breder wordt – netto afkalving.

## Oorzaken herkennen

Een steil oevertalud (waterlijn tot insteek) is indicatief voor het breder worden van een watergang door afkalving. Wanneer een oevertalud steiler is dan 30 graden heeft de oever sterk te lijden onder fysische krachten en kan de oever met meer dan 10cm/jaar afkalven. Door fysische krachten die op de oever spelen zoals golfslag, stroming en té intensief baggeren (zwaartekracht) wordt de oever steiler. Dit heeft weer tot gevolg dat de impact van deze fysische krachten op de oever, zoals golfslag, toeneemt. De mate van afkalving neemt toe met de breedte van de sloot tot een slootbreedte van zo'n 12 m en waarbij de oriëntatie van de oever zo is gelegen dat de wind vanuit W-WZW richting er meer vat op heeft. Bij nog bredere sloten is het effect op afkalving onverminderd hoog. Een verhouding tussen diepte en breedte van de watergang die groter is dan 0,2 kan worden gerelateerd aan té diep baggeren, wanneer deze niet kan worden verklaard door een grote waterafvoeropgave. Wanneer bij klei op veen de veenlaag onder de kleilaag is weggespoeld na baggerwerkzaamheden kan dit ook worden gerelateerd aan té rigoureuus baggeren.

Bij oeververzakking is de breedte van de oever (waterlijn tot insteek) de belangrijkste indicator voor de mate waarin de sloot smaller wordt. Daarnaast is de mate waarin de oever 'zwart' ligt, begroeid is met vegetatie die weinig tot geen stevigheid biedt aan de oeverstrook en de mate van vertrapping of aantasting door andere dieren, indicatief voor de gevoeligheid van deze strook voor wegspoelen van het veraarde veen en de eventuele impact van stroming en golfslag (afhankelijk van de breedte van de sloot).

De verschillende oorzaken zijn samengevat in een handreiking waarin ook een zeer indicatieve inschatting wordt gemaakt van het risico dat verschillende processen de lokale afkalving veroorzaken. Zie <https://nmi-agro.shinyapps.io/Handreiking/>.



Figuur 1. Schematische weergaven van oorzaken en oplossingen voor steile oevers met afkalving (boven) en oevers waar een oeverstrook over een bepaalde breedte in zijn geheel verzakt is richting de sloot (onder).



## Oplossingen

Het voorkomen, beperken en oplossen van oeverafkalving kan het beste worden benaderd vanuit doelstellingen op gebiedsniveaus (aan-, afvoer en berging van water, waterkwaliteit, klimaatopgaves, biodiversiteit, etc.). Het voorkomen van afkalving moet dus geen losstaand doel zijn, maar onderdeel zijn van de ontwikkeling van de veenweidensloot van de toekomst (Frank Lenssinck en Erik Jansen, VIC). Betrokkenen moeten in gesprek komen/ blijven over de te bereiken doelstellingen en hoe daar het beste invulling aan kan worden gegeven.

Oplossing(en) moeten goed aansluiten bij de oorzaken van het probleem. Het belangrijkste uitgangspunt voor een stabiele oever is echter om deze rust te geven en niet/ zo min mogelijk te belasten door een gebalanceerd beheer van sloot, oever en perceelrand door:

- bescherming tegen golfslag en stroming;
- bescherming tegen aantasting door vertrapping vee maar ook smienten ed;
- bescherming tegen aantasting door woelende en plantenetende vissen, kreeften, muizen, ratten, ed;
- vermijden van te intensief of te diep schonen en baggeren watergang;
- randenbeheer perceel.

In het geval van verzakte oevers is het van belang dat de stevigheid wordt vergroot door vegetatie met een stevig wortelstelsel en dat de belasting van de oeverzone wordt beperkt. Om dit te bereiken is zo min mogelijk ingrijpen en belasten de beste strategie. Het laten ontstaan van een natuurlijke oever leidt niet alleen tot een meer stabiele situatie (natuurlijk maatwerk), maar is ook goedkoper dan het aanleggen van een oeverconstructie. Wanneer de oeverstrook niet meer wordt bemest en minder wordt gemaaid en beweid zal de vegetatie zich (blijven) aanpassen aan de omstandigheden en alleen die vegetatie zal gedijen die past bij de specifieke omstandigheden. Extensief beheer van de oever vraagt, afhankelijk van de bedrijfsvoering om een investering vanuit de melkveehouder maar kan door een stapeling van vergoedingen (bv vanuit zowel de melkfabriek als ANLB) een win-win situatie opleveren.

Vanuit het perspectief van natuur en biodiversiteit biedt een beheer dat aansluit bij stabiele oevers kansen. Slootranden zijn heel interessant omdat het van nature een zeer diverse biotoop is (nat – vochtig – droog) dat een grote variatie aan flora en fauna kan herbergen. Daarnaast bieden slootranden kansen omdat het een natuurlijk netwerk binnen een gebied vormt. Hier wordt vanuit het agrarisch natuurbeheer al op ingespeeld maar de natuurpotentie van slootranden zouden nog specifiekier opgenomen kunnen worden in natuurbeheerplannen.

Om oeverafkalving door fysische processen tegen te gaan is het belangrijk om de belasting op de oever te beperken door deze fysiek te beschermen tegen golfslag en stroming (beschoeiing, golfbreker) en door het creëren van een flauw talud waar oever beschermende vegetatie zich kan ontwikkelen. Dit werkt ook positief tegen de aantasting door dieren zoals kreeften. Inrichting en beheer zijn hierbij onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Voor een optimale effectiviteit van de maatregelen moeten de pieklocaties in een watergang/ gebied vooraf in beeld worden gebracht.

De keuzes die worden gemaakt wat betreft waterbeheer kunnen bepalend zijn voor de gevoeligheid voor oeverafkalving. Het waterschap kan een belangrijke rol spelen bij het beperken van de belasting van de oevers en het creëren van stabiele(re) oevers door gerichte onderhoudseisen, maar ook door de keuzes wat betreft uitvoerende partij (bijvoorbeeld lokale versus externe loonwerker), de manier waarop de uitvoerende partij wordt beloond en de instelling van de controlerende persoon (schouwmeester).

Vraat en aantasting door dieren kunnen tot (grote) schade aan de oever leiden. Op locaties waar woelende vissen de oevers en vegetatie sterk hebben aangetast blijken rasters van gaas tegen woelende vissen – heel effectief om vegetatieontwikkeling te stimuleren.

De relatie tussen afkalving van oevers en het verslechteren van de waterkwaliteit, de natuurpotentie van oevers en de kansen om dit op een, voor alle betrokken partijen, goede manier vorm te geven en de opgaves die voortkomen uit het veranderende klimaat (waterberging, vernatten, klimaatopgaves) zijn thema's die aanvullend onderzoek vragen.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>Inhoudsopgave</b>	<b>6</b>
<b>1     <b>Introductie</b></b>	<b>2</b>
1.1     Aanleiding	2
1.2     Probleemstelling	2
1.3     Doelstelling	3
1.4     Onderzoeksvragen	4
1.5     Leeswijzer	4
1.6     Dankwoord	5
<b>2     <b>Aanpak</b></b>	<b>6</b>
2.1     Detailanalyse	6
2.2     Statistische analyse	7
<b>3     <b>Theoretische basis afzonderlijke oorzaken oeverafkalving</b></b>	<b>11</b>
3.1     Oeverafkalving	11
3.2     Mineralisatie van veen	12
3.3     Inrichting watersysteem	14
3.4     Waterbeheer	17
3.5     Agrarisch beheer van oever en perceel	21
3.6     Niet- of moeilijk te controleren factoren	22
3.7     Vegetatie in relatie tot oeverafkalving	23
<b>4     <b>Resultaten gebiedsanalyse veenweide</b></b>	<b>26</b>
4.1     Afkalving binnen beheergebied Waterschap AGV	26
4.2     Resultaten statistische analyse waterschap AGV	27
4.3     Resultaten veldstudie	30
<b>5     <b>Synthese oorzaken en handreiking</b></b>	<b>37</b>
5.1     Synthese	37
5.2     Handreiking	38
<b>6     <b>Oplossingen</b></b>	<b>41</b>
6.1     Oplossingen: proces	41
6.2     Oplossingen: inrichting en beheer oevers	42
6.3     Kostenperspectief agrarisch oeverbeheer	48
<b>7     <b>Conclusies</b></b>	<b>50</b>
<b>8     <b>Aanbevelingen</b></b>	<b>51</b>
<b>9     <b>Referenties</b></b>	<b>53</b>

# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding

In het veenweidegebied is de afkalving van sloten een probleem omdat dit enerzijds leidt tot de achteruitgang van de ecologische waterkwaliteit en anderzijds tot verlies en verminderde gebruikswaarde van de randen/oeveren van agrarische percelen. Dit is een probleem voor zowel waterschap als voor de percee-eigenaar. De ecologische achteruitgang is het gevolg van verondieping en verhoogde nutriëntenbelasting door de aanwas van bagger en dun slib. De baggeraanwas leidt tot een onderhoudsopgave.

De oorzaken van oevererosie zijn zeer divers van aard en zullen per locatie/gebied verschillen. Dientengevolge zullen de oplossingen om de afkalving te voorkomen ook per gebied verschillen. Naast dat de problemen zowel de percee-eigenaar als het waterschap raken, zullen de oorzaken en oplossingen ook een samenspel zijn tussen beide partijen. Om dit gesprek goed te kunnen voeren is inzicht én consensus nodig in de belangrijkste oorzaken van oevererosie in een bepaald gebied en wat de best passende oplossingen zijn. Passende oplossingen kunnen (deels) samenvallen met pakketten uit het agrarisch natuurbeheer en ook bijdragen dan wel ten koste gaan van andere opgaves in een gebied.

Het Nutriënten Management Instituut (NMI BV) is door waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) gevraagd om kennis te vergaren, een visie te ontwikkelen en te presenteren over de omstandigheden en mate waarin verschillende oorzaken van oevererosie relevant zijn en wat de meest geschikte oplossingsrichtingen zijn. Dit kan als leidraad dienen voor gesprekken tussen waterschap en percee-eigenaren om tot gezamenlijke inzichten en oplossingen te komen die leiden tot stabiele oevers die een natuurlijke situatie het meest benadert (ecologische meerwaarde) met een lage onderhoudsdruk.

Dit onderzoek is geïnitieerd door waterschap AGV maar uitgevoerd in opdracht van, en in samenwerking met de waterschappen de Stichtse Rijnlanden (HDSR), Rijnland (WR), Hollands Noorderkwartier (HHNK), Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) en wetterskip Fryslân (WF). Daarnaast is met verschillende partijen samengewerkt en hebben veel mensen een waardevolle inbreng gehad in het onderzoek (zie dankwoord paragraaf 1.6).

## 1.2 Probleemstelling

Afkalving is een proces met meerdere en vergaande gevolgen. In eerste instantie voor de agrariër omdat kostbaar land verloren gaat. Voor het waterschap maar ook voor de agrariër is het een probleem wanneer de waterkwaliteit verslechtert door de aanwas van bagger. Hierdoor neemt de belasting met nutriënten en de turbiditeit toe, wat de vegetatie ontwikkeling verslechtert. Baggeraanwas leidt tot extra onderhoudsdruk en zorgt in met name voedselrijke systemen ook tot de emissies van het broeikasgas methaan of zelfs lachgas ( $N_2O$ ) door de anaerobe afbraak van organisch materiaal in de baggerlaag (Schep et al., 2020).

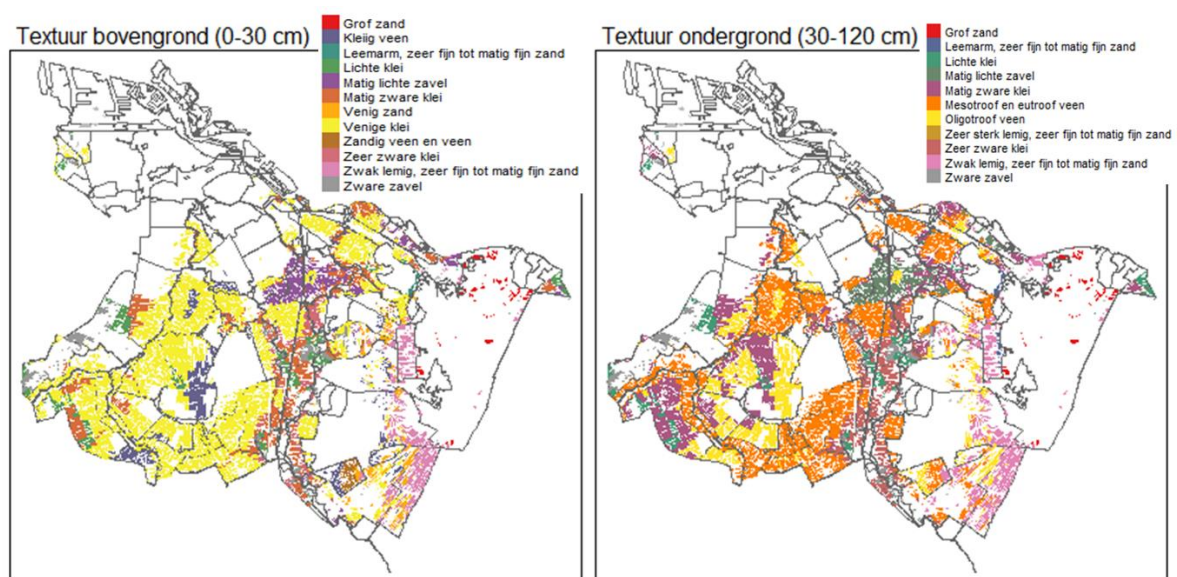
Twee verschijningsvormen kunnen worden onderscheiden; oeverafkalving en oeververzakking. Oeverafkalving is landverlies door het afbrokkelen of wegzakken van delen van de oever aan de

waterlijn. Oeververzakking is het lager komen te liggen van een strook grond over een grotere breedte op enige afstand en parallel aan de waterlijn langs een duidelijke breuklijn. Dit kan leiden tot een versmalling van de watergang. De agrarische gebruikswaarde van deze strook is beperkt door de beperkte draagkracht.

Een stabiele oever is een oever waar de bodem stevig is en/ of wordt gehouden door de vegetatie en weerbaar en bestand is tegen de invloed van interne en externe krachten. Een stabiele oever is van groot belang voor een goede waterkwaliteit, voorkomt dat het productief landoppervlak afneemt en bespaart onderhoud door een beperkte aanwas van bagger. Zowel landeigenaar en waterschap zijn gebaat bij stabiele oevers. Een goed functionerende watergang met stabiele oevers is een complex systeem. Veranderingen in inrichting, beheer en onderhoud grijpen in op dit systeem en kan de evenwichtssituatie aantasten en leiden tot afkalving.

## Beheergebied waterschap AGV

Het beheergebied van waterschap AGV bestaat voornamelijk uit veengronden maar deze kunnen wel sterk van elkaar verschillen in bodemopbouw (Figuur 1-1). Dit verschil komt door de ontstaansgeschiedenis (bijv. kleiafzetting bij rivierlopen) en menselijke activiteiten (bijv. veenafravingen). Het huidige landelijk gebied bestaat uit ruim 15 duizend agrarische percelen. Het grootste deel hiervan wordt gebruikt door voor de melkveehouderij (>90%). Kenmerkend voor het veenweidegebied is dat de percelen relatief klein zijn (gemiddelde 1,5 ha) waarbij vrijwel elk perceel grenst aan een watergang. Dit geeft het belang aan van een goed oeverbeheer in het AGV-gebied.



Figuur 1-1 Textuur in de bovengrond (0-30cm) en in de bodemlaag daaronder (30-120cm, bron is de bodem fysische bodemkaart BOFEK).

## 1.3 Doelstelling

Het uiteindelijke doel van deze studie is dat perceeleigenaar en waterschap tot een gezamenlijk inzicht en consensus komen over oorzaken en oplossingen om landverlies en baggeraanwas te voorkomen door de inrichting en onderhoud van stabiele en natuurlijke oevers door een afgestemd water-, sloot- en oeverbeheer. Om dit te bereiken is het volgende nodig:

- Inzicht in de sturende factoren en processen die binnen een landbouwgebied leiden tot afkalven of afglijden van oevers;
- Inzicht in de haalbaarheid van stabiele en natuurlijke oevers in een landbouwgebied;
- Een praktisch toepasbaar advies aan perceeleigenaren om oevers beter te beschermen en



(varianten van) maatregelen om bestaande afkalvingen te stoppen en zo mogelijk te herstellen (zo mogelijk ook op een natuurlijke wijze).

- Een advies aan het waterschap hoe zij kan bijdragen aan het verminderen van oevererosie. Dit moet leiden tot meer begrip over en weer tussen agrariër en waterschap over oorzaken, oplossingen en preventie, de invloedssfeer, het draagvlak voor oplossingen en de beperkingen die (sommige) oplossingen opleveren voor de bedrijfsvoering.

## 1.4 Onderzoeksvragen

De belangrijkste onderzoeksvragen zijn:

1. Wanneer zijn welke (combinatie aan) factoren en processen de oorzaak voor oevererosie? Waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen:
  - a. Natuurlijke oorzaken;
  - b. Inrichting land en watersysteem;
  - c. Waterbeheer en werkzaamheden in en rond de sloot;
  - d. Agrarisch beheer perceel en oevers;
  - e. Niet of moeilijk te controleren factoren;
2. Wat gebeurt er precies met de bodem als bovengenoemde invloeden hun werk doen, en onder welke omstandigheden gebeurt er niet zoveel? Hoe beïnvloeden deze factoren en processen elkaar bij oevererosie of het verdrassen?
3. Welke rol speelt de perceeleigenaar in het veroorzaken van oevererosie?
4. Welke rol speelt het waterschap in het veroorzaken van oevererosie?
5. Hoe kan oevererosie door bovengenoemde (combinatie van) invloeden worden teruggedrongen?
6. Hoe kan de perceeleigenaar oevererosie voorkomen dan wel oplossen?
7. Hoe kan het waterschap oevererosie en verdrassing voorkomen dan wel oplossen?
8. Wat zijn pijnpunten en belemmeringen voor waterschap en perceeleigenaar in de maatregelen die nodig zijn om een stabiele en natuurlijke oever te realiseren en te (onder)houden? Het waterschap en de perceeleigenaar hebben hierin mogelijk niet dezelfde belangen en deze moeten benoemd worden.

Hoe verhouden de conclusies en adviezen voor (realisatie of herinrichting van) een stabiele oever zich tot (andere) belangen of ambities zoals de bedrijfsvoering van de agrariër; de economie/verdienmodel van de agrariër, opgaven voor klimaatadaptatie, vergroten biodiversiteit, (ecologische) waterkwaliteit, bodemdaling en mogelijke maatregelen om bodemdaling te verminderen?

## 1.5 Leeswijzer

In voorliggende rapportage is de aanpak van het onderzoek beschreven in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 geeft een algemeen en theoretisch overzicht van de afzonderlijke factoren en processen die van belang zijn voor oeverafkalving. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen bodem, inrichting watersysteem, waterbeheer, agrarisch beheer en oncontroleerbare factoren. Dit hoofdstuk is voornamelijk gebaseerd op gegevens uit de literatuur en interviews met experts. In hoofdstuk 4 is aan de hand van een gebiedsanalyse besproken welke (combinatie aan) oorzaken in het veld leiden tot oeverafkalving op basis van een statistische analyse, interviews met agrariërs en metingen aan oevers. De inzichten uit hoofdstukken 3 en 4 zijn gecompileerd in een handreiking zoals gepresenteerd in Hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de oplossingsrichtingen. Het rapport sluit af met aanbevelingen wat betreft nuttig vervolgonderzoek.

## 1.6 Dankwoord

Dit onderzoek is tot stand gekomen door de bereidheid van veel verschillende mensen om hun kennis en inzichten met ons te delen. Mijn dank is groot voor de waardevolle inbreng van professor Fons Smolders (B-Ware), Frank Lenssinck en Erik Janssen (beide van het veenweide innovatiecentrum), Jan Oudshoorn (agrarisch collectief Rijn, Vecht en Venen), Mark Kuiper (Agrarisch collectief Noord-Holland Zuid), Pietjan de Jong (PPP-Agro), Steven Westerman en Karsten Hopman (HHNK), Coby Visser (gebiedscoöperatie Groot Wilnis Vinkeveen), Bart Specken en Winnie Rip (Waternet), Marten Koopal (provincie Friesland), Piet Bosma (Wetterskip Fryslân) en Danneke Verhagen en William Neefjes van (HDSR). Vanuit Waternet waren een aantal mensen intensief betrokken bij het onderzoek. Jolien Verweij wil ik bedanken voor haar bijdrage aan het veldwerk, de interviews, en haar algemene ondersteuning. Hulde aan Stefan Fritz voor het aanleveren van eindeloos veel data van de oevers in het beheergebied AGV. Edwin ter Hennepe heeft vanuit Waternet het onderzoek op een zeer prettige en positief kritische wijze geleid, dank daarvoor. Uiteindelijk kon dit onderzoek niet worden uitgevoerd zonder de medewerking en inhoudelijke inbreng van de melkveehouders wiens oevers we hebben onderzocht. Joost Samson, Ko Kooiman, Wybe van Vliet, dhr Cromwijk, Mart Kea, Richard Korrel, Joost Luken, Henk Hartog, Kees Lambalk, Jan van Zuilen, en Joop Vernooi heel hartelijk dank.

### Persoonlijke noot

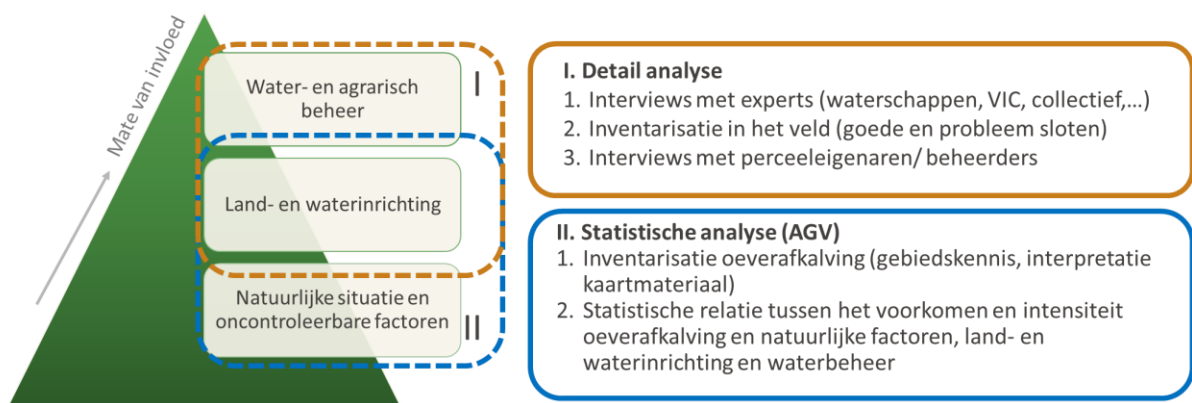
Op de oever komen werelden samen; bodem en water liggen voor de hand maar agrarisch management, baggeren, peilbeheer, slootschonen, logische slootdimensies, vraat en aantasting door (uitheemse) dieren, agrarisch natuurbeheer, biodiversiteit en wortelmorfolgie van oeverplanten en klimaatverandering eisen ook hun plek op in het onderzoek naar oeverafkalving. Technisch inhoudelijke is het een fascinerend onderwerp waarvan de impact op waterkwaliteit en door baggervorming ook op broeikasgasemissies vooralsnog onderschat wordt. Daarnaast zouden oevers in potentie een zeer waardevolle bijdrage kunnen leveren aan natuur- en biodiversiteitsdoelstellingen in een gebied. De vele actoren en belangen maken dat het zorgdragen voor stabiele oevers ook in processen en grotere doelstellingen van een gebied meegewogen zouden moeten worden.

Persoonlijk heb ik intens genoten van het kijken en onderzoeken van oevers in de beheergebieden van AGV en HDSR (en later ook in Friesland). Bij elke oever is een verhaal te zien en te horen van de betreffende boer en gebiedsbeheerder. De hoeveelheid informatie was af en toe wat overweldigend en het aan elkaar breien van alle informatie tot een coherent verhaal een uitdaging – met name in combinatie met het lesgeven aan twee kinderen op de basisschool tijdens de eerste lockdown. Dat proces was voor mij intens. Ik heb echter ook intens genoten van het praten met melkveehouders en met verschillende experts, van de veldbezoeken en oeveronderzoeken samen met mijn collega Job en de nauwe samenwerking met Jolien Verwey en Edwin ter Hennepe van Waternet. Mijn kinderen, familie en vrienden zijn nu allemaal aangestoken met het ‘oevervirus’, ik hoop jullie – na het lezen van voorliggende rapport – ook.

## 2 Aanpak

De verschillende oorzaken van oeverafkalving – en daarbij horende potentiële oplossingen – spelen op verschillende schaalniveaus die in meer of mindere mate zijn te sturen. De invloed van de natuurlijke situatie als ook de inrichting van het watersysteem en het waterbeheer kunnen beter op een groter schaalniveau worden geanalyseerd terwijl voor de invloed van inrichting-, beheer- en morfologie op en rond de sloot een analyse op een kleiner schaalniveau nodig is. Om de verschillende schaalniveaus, en mate waarin gestuurd kan worden mee te nemen in het onderzoek is oeverafkalving daarom op twee manieren onderzocht (Figuur 2-1):

1. Detail analyse in het veld;
2. Statistische analyse om oeverafkalving te relateren aan water-, bodem-, en perceelkenmerken.



Figuur 2-1 Relatie tussen de verschillende categorieën aan oorzaken en de aanpak om inzicht te krijgen in de mate waarin deze oorzaken daadwerkelijk bijdragen aan oeverafkalving.

### 2.1 Detailanalyse

#### 2.1.1 Interviews en oriënterende veldbezoeken

Om de samenhang te onderzoeken tussen enerzijds de factoren en processen die oeverafkalving *an sich* bepalen en anderzijds de relatie tussen betrokken partijen en de doelstellingen binnen een gebied, is gebruik gemaakt van de kennis en kunde van verschillende experts en gebiedspartners. De volgende mensen zijn gesproken en veldbezoeken zijn afgelegd (naast de inventarisatie):

- Startbijeenkomst met waterschappers, agrarische collectieven, PPP-Agro, VIC
- Ter oriëntatie een veldbezoek Slimmenwetering: Jan Oudshoorn - collectief RVV
- Veldbezoek polder Rondehoep: Mark Kuiper, Edwin ter Hennepe en Marion Scherphuis
- Biogeochemische processen: Fons Smolders - B-Ware
- Bagger en baggeren: Steven Westerman en Karsten Hopman - HHNK
- Vegetatie, slootonderhoud en peil: Bart Specken en Winnie Rip - Waternet
- Het proces en oplossingen: Frank Lenssinck en Erik Jansen - VIC
- Veldbezoek vanaf het water: Bethunepolder, Groot Wilnis Vinkeveen, Groot Mijdrecht
- Bagger en baggeren in relatie tot de afkalvingskaart beheergebied AGV: Ien Queljoe - Waternet

- Bespreking tussenresultaten met waterschappers, agrarische collectieven, PPP-Agro, VIC.

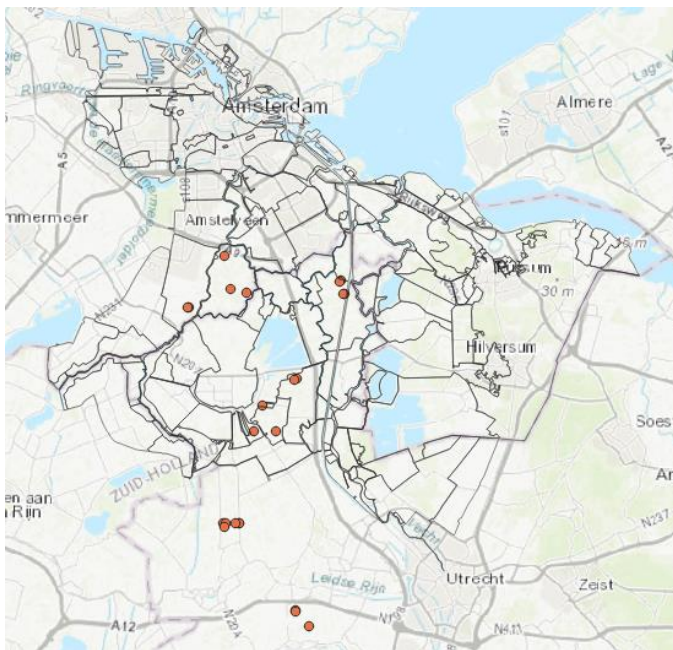
### 2.1.2 Inventarisatie oevers

De detailanalyse is uitgevoerd op 11 bedrijven verspreid over het beheergebied van AGV en op 4 bedrijven in het beheergebied van HDSR (zie kaart, Figuur 2-2). In het beheergebied van AGV zijn twee bedrijven gesitueerd in polder Rondehoep (KA en KL), twee bedrijven in polder Baambrugge Oostzijds (H en L), 3 bedrijven in de polder Groot Wilnis-Vinkeveen (CW, KM en SS) en 1 bedrijf in de Bovenkerkerpolder (LB). Binnen HDSR zijn drie bedrijven gesitueerd (VV, VN en ZL).

Op elk bezocht bedrijf zijn op verschillende locaties metingen gedaan om een beeld te krijgen van de variatie aan oorzaken die leiden tot oeverafkalving. De metingen omvatten:

- 1 Dimensies sloot en oever; taludbreedte en helling, waterdiepte en breedte, dikte baggerlaag, doorzichtigheid, drooglegging, temperatuur, zuurgraad (pH), elektrische geleidbaarheid (EC), grondsoort en bodemopbouw
- 2 Waterbeheer; waterpeil,
- 3 Inrichting oever; aanwezigheid afrastering, drinkplekken en sporen van belasting door machines, inrichting en staat van eventueel droge en natte bufferstroken;
- 4 Oevervegetatie; inventarisatie vegetatiesamenstelling en bewortelingsdiepte
- 5 Perceel; afwatering, landgebruik en bodemopbouw.

De betreffende boeren zijn ook geïnterviewd om een beeld te krijgen van het beheer van de sloot, oever en perceel en van hun perspectief van de problematiek – zowel oorzaken als oplossingen.



Figuur 2-2 Kaart met de locaties waar inventarisaties hebben plaatsgevonden.

## 2.2 Statistische analyse

In de statistische analyse is met behulp van een statistisch verklarend model onderzocht welke factoren en processen van invloed zijn op de mate van oeverafkalving dan wel oeververzakking. Hiervoor is eerst een analyse gemaakt van de verandering van de breedte van de watergangen over de tijd en vervolgens is deze gekoppeld aan data over de bodemkwaliteit, het watersysteem en gebiedskenmerken. De betrouwbaarheid en resolutie van deze beschikbare data is bepalend voor de kwaliteit van de modeluitkomsten. De verklarende variabelen van het model geven inzicht in de sturende processen die ten grondslag liggen aan oeverafkalving dan wel oeververzakking. Variabelen die niet in het model



worden meegenomen kunnen uiteraard ook niet als verklarend uit de modelanalyse komen. In deze zin is de statistische aanpak beperkt en moet het samen met de detailanalyse worden geïnterpreteerd voor een totaalbeeld van de problematiek.

## 2.2.1 Bepaling afkalving

De basis van de statistische analyse is de mate van afkalving danwel verzakking in de ruimte binnen het AGV-gebied. Het bleek niet mogelijk om op basis van satellietbeelden een beoordeling te geven van de afkalving over de loop van ca 15 jaar, omdat er te veel ruis op de satellietbeelden zit door bijvoorbeeld de oeverbeplanting waardoor er geen accurate classificatie van oeverlijnen toegepast kon worden. Daarom is gebruik gemaakt van de watervlakken uit het beheerregister (2019) en de karteringen op Grootchalige Basiskaart Nederland (GBKN van 2003). Op basis van het verschil tussen deze waterlijnen is door Stefan Fritz van Waternet een inschatting gemaakt van de mate waarin deze watergang breder dan wel smaller is geworden tussen deze jaren. Dit is gedaan door te bepalen wat de afstand is vanaf de waterlijn van 2003 tot waar de loodlijn de waterlijn van 2019 snijdt. Voor elke 10 meter oever van alle watergangen is de verandering in de breedte van de watergang bepaald. Dit heeft geresulteerd in bijna 1.3 miljoen observaties. Verschillen groter dan 2 meter zijn beschouwd als artefact omdat in deze situaties de afwijking mogelijk is veroorzaakt door een wijziging van de oeverlijnen zelf en niet door afkalving dan wel verzakking. Dit geldt bijvoorbeeld voor een verandering van de oeverlijn, met name in bochten.

## 2.2.2 Databronnen

De mate waarin een watergang breder dan wel smaller is geworden is gekoppeld aan informatie van het bodem- en watersysteem en de relatie met waterkwaliteit. Voor deze analyse wordt voortgebouwd op eerdere en lopende studies binnen de agrarische polders van het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) waarin een grote database is opgebouwd met grondsoort, landgebruik (grasland/bouwland), bemestingsdata, watersysteem (stroomsnelheid, slootdiepte, drooglegging etc.), hydrologie (GT, kwel en infiltratie), algemene bodemdata, fosfaattoestand van de bodem, polderinformatie, perceelinformatie en weerdata (o.a. Van Rotterdam et al., 2019). De data die gebruikt is voor de statistische analyse is weergegeven in Tabel 2-1.

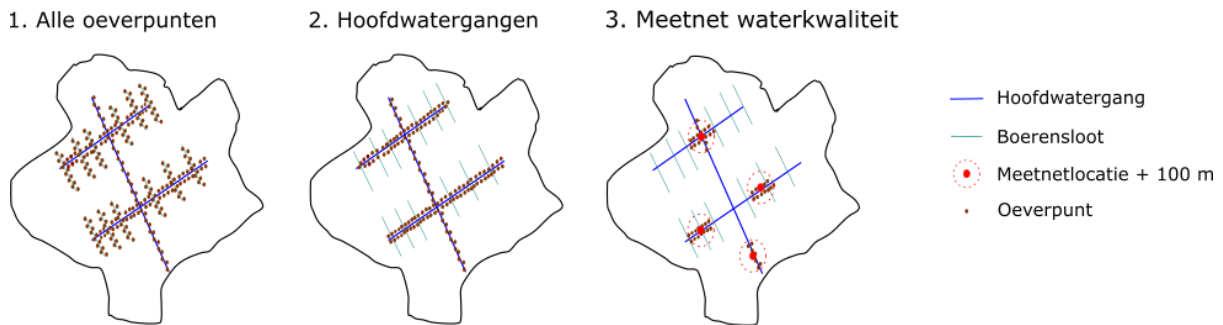
Tabel 2-1 Overzicht van de gebruikte data, het type data en de gebruikte bron.

Omschrijving	Type	Bron
<b>Watersysteem</b>		
Watergangen 2003 en 2019 en afgeleiden (afkalving, strijklengte, stromingsrichting, oeverrichting).	Locatiegegevens	Waterschap AGV
Waterkwaliteit en ecologiewaarnemingen (gegevens meetnet)	Metingen	Waterschap AGV/FEWS
Hydrologie: meetreeks peilen en waterfluxen op EAG niveau, kwel, peilbeheer en grondwaterstanden	Legger, modelberekeningen en metingen	Waterschap AGV
<b>Bodemsysteem</b>		
Perceelinformatie: landgebruik, oppervlakte	Locatiegegevens	RVO/BRP
Bodemkwaliteit: pH, klei, organische stof en andere indicatoren voor de bodemvruchtbaarheid	Meting en modelberekeningen	NMI, agrarisch meetnet
Bodemopbouw, AHN, verdichtingsrisico, trofieklasse veen	Metingen en modelberekeningen	Alterra (Bodemkaart 1:50000 en BOFEK), AHN

### 2.2.3 Gebiedsanalyse met machine learning technieken

De gebiedsdekkende statistisch verklarende analyse is uitgevoerd op drie verschillende subsets van de oeverpunten die voor alle oevers op elke 10 meter zijn bepaald. Aan deze oeverpunten zijn verschillende databronnen gekoppeld (Figuur 2-3):

1. **Alle oeverpunten:** alle oeverpunten uit het landelijk gebied zijn meegenomen in de analyse met de restrictie dat de watergangen niet breder zijn dan 30 meter en niet smaller dan 2 meter.
2. **Hoofdwatervgangen:** alleen oeverpunten van de oevers aan de hoofdwatervgangen.
3. **Meetnet waterkwaliteit:** het waterkwaliteitsmeetnet is gekoppeld aan de oeverpunten binnen een straal van 100 meter van de locaties van het meetnet.



Figuur 2-3. Illustratie van de selectie van de oeverpunten die gebruikt zijn voor de analyse.

Alle beschikbare gegevens hebben een ruimtelijke dimensie. Het schaalniveau en ruimtelijke beschikbaarheid verschilt echter per databron. De bodemdata is beschikbaar op perceelsniveau en de data van het watersysteem is of beschikbaar op het niveau van ecologische aandachtsgebieden (EAGs) of op de locaties van het meetnet. De benodigde koppelingen zijn verschillend voor de drie datasets.

#### Koppeling dataset 1: alle oeverpunten

Bij de koppeling van de data van het bodemsysteem aan de oeverpunten (elke 10 meter van de watergangen) is de volgende regel toegepast: de percelen zijn ruimtelijk gekoppeld aan de oeverpunten met hulp van een buffer van 150 meter om de percelen. Voor elk oeverpunt is de eerste gekoppelde waarde van de perceelsgegevens gebruikt. Voor deze dataset is geen gebruik gemaakt van de gegevens vanuit het meetnet waterkwaliteit.

#### Koppeling dataset 2: hoofdwatervgangen

Voor de koppeling voor de dataset van de hoofdwatervgangen is dezelfde methodiek gebruikt als voor dataset 1, maar zijn alleen die oeverpunten meegenomen die onderdeel zijn van een hoofdwatervgang.

#### Koppeling dataset 3: meetnet waterkwaliteit

Niet alle metingen en waarnemingen van het meetnet waterkwaliteit zijn op elk meetpunt beschikbaar. Dit geldt bijvoorbeeld voor de ecologische soortentellingen. Om de data bruikbaar te maken voor dit onderzoek zijn de volgende correcties gedaan:

- Van elke eigenschap is voor alle meetpunt locaties de mediaan genomen
- Alleen de locaties waarin de chemische eigenschappen (pH, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, etc.) beschikbaar waren, zijn meegenomen.
- De eigenschappen die op minder dan 50% van de meetpunt locaties zijn bepaald zijn weggelaten.
- De overige missende observaties zijn vervangen door de mediaan van alle locaties in het betreffende watersysteem (EAG).

De uiteindelijke dataset bestaat uit 1.324 oeverpunten verspreid over 468 locaties van het meetnet waterkwaliteit.

## Machine learning

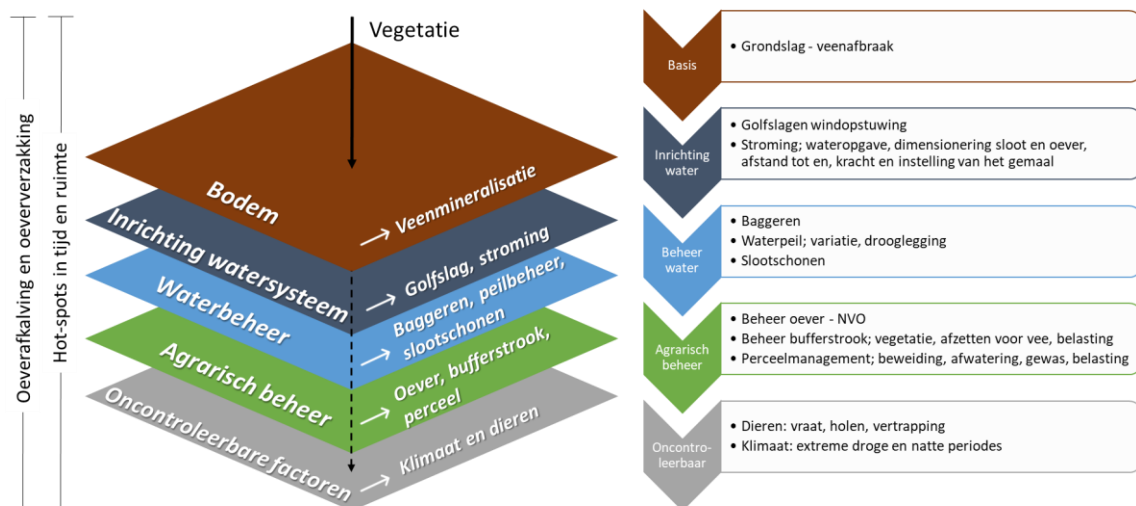
Om de gebiedsanalyse uit te voeren zijn voor elk model de gebruikte gegevens verdeeld over een trainingsset en een testset. Het model wordt gemaakt op de trainingsset maar getoetst op de onafhankelijke testset. De gebruikte statistische technieken die zijn gebruikt om inzicht te krijgen op de invloed van verschillende factoren zijn gebaseerd op *Gradient Boosted Trees*. Dit is een techniek die veel gebruikt wordt om verbanden te vinden in grote datasets. Alle analyses zijn uitgevoerd in het opensource programma R waarbij de package *mlr* is gebruikt als basis voor de machine learning technieken. Bij het trainen van de modellen is gebruik gemaakt van een drievoudige ruimtelijke kruisvalidatie om te voorkomen dat de ruimtelijke trends de effecten van de verschillende factoren overheersen in het model. De scripts die gebruikt zijn voor de analyse en de opbouw van de datasets zijn opvraagbaar bij de auteurs van dit rapport.

# 3 Theoretische basis afzonderlijke oorzaken oeverafkalving

## 3.1 Oeverafkalving<sup>1</sup>

In het agrarisch beheerde veenweide is afkalving veelal het gevolg van een combinatie aan oorzaken. Om het theoretische kader neer te zetten worden in dit hoofdstuk de verschillende oorzaken voor oeverafkalving eerst afzonderlijk en vrij gedetailleerd besproken. Per onderwerp is er een concluderend kader. In hoofdstuk 4 worden in de gebiedsstudie onderzocht hoe deze oorzaken in het veld samenhangen en welke, waar en wanneer het belangrijkste zijn. Dit komt samen in de synthese en de handreiking (hoofdstuk 5).

In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen de afzonderlijke oorzaken van oeverafkalving en wordt de sleutelrol van vegetatie voor stabiliteit van oevers beschreven. De oorzaken zijn het gevolg van natuurlijke processen die samenhangen met de mineralisatie van het veen zelf de inrichting van het watersysteem en het daarbij horende effect van golfslag en stroming, de effecten van waterbeheer en agrarisch management van perceel en oever en de niet- of moeilijk te controleren factoren. Enerzijds beschermt oevervegetatie de oever tegen externe krachten (golfslag, stroming) en anderzijds houdt het wortelstelsel de oever stabiel. De verschillende onderdelen zijn schematisch weergegeven in Figuur 3-1 en zullen in deze volgorde in onderstaande paragrafen één voor één worden behandeld.



Figuur 3-1 Overzicht van de verschillende oorzaken voor oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide en de volgorde (van boven naar beneden) waarin deze in dit hoofdstuk besproken worden. Vegetatie is op alle niveaus van belang en wordt als laatste besproken.

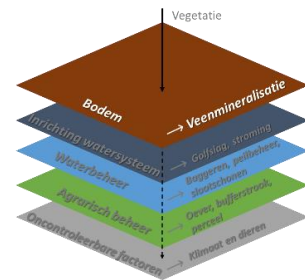
<sup>1</sup> De informatie in dit hoofdstuk is afkomstig van literatuur, gesprekken met gebiedsexperts en de inzichten die zijn verkregen tijdens de detail- en statistische analyses.



Zoals eerder beschreven in §1.2 kunnen twee verschijningsvormen worden onderscheiden; oeverafkalving en oeververzakking. Daarnaast vindt afkalving niet evenredig gedurende het jaar plaats en meestal ook niet evenredig over de lengte van de oever. Afkalving vindt vaak plaats op piekmomenten en pieklocaties. Piekmomenten zijn gerelateerd aan harde wind, storm, intensieve en/of langdurige neerslag met name na een periode van droogte. Op locaties waar wind en stroming een belangrijke rol spelen hebben stormen een groot effect op afkalving. Op locaties met verzakte slappe veenoevers zullen langdurig natte periodes een groot effect hebben op afkalving. Dit zal versterkt worden wanneer (langdurig) droge periodes hieraan voorafgaan. Binnen de afzonderlijke oorzaken moet dus ook onderscheid worden gemaakt tussen oeververzakking en oeverafkalving en tussen pieklocaties in de watergang en piekmomenten in de tijd.

### 3.2 Mineralisatie van veen<sup>2</sup>

Het veenweidegebied is bijzonder omdat de bodem van nature versneld afbreekt wanneer deze in aanraking komt met zuurstof. Om landbouw mogelijk te maken wordt het veen ontwaterd wat de veenafbraak versnelt en waardoor het veen veraardt. De schuifspanning van veen (de energie die nodig is deeltjes te laten schuiven) neemt af met een toenemende mate van bevochtiging en de mate van veraarding van het veen (Tuukkanen et al., 2014). Wanneer het veraarde veen verzadigd raakt met water heeft het daarom weinig structuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) en kan de bodem gemakkelijk wegspoelen naar de sloot. Mineralisatie van veen en afkalving van de ‘slappe’ oevers onder invloed van windwerking is de belangrijkste oorzaak voor de aanvoer van slib en/of veen uit de oever in een meerjarig onderzoek in het Wormer- en Jisperveld (Van Diggelen, 2013).



De afbraak van het veen wordt vooral beïnvloed door zuurstof. De samenstelling van het slootwater en de soms zeer hoge alkaliniteit en pH in de sloot kunnen deze afbraak versnellen. Een opvallend resultaat tijdens het detailonderzoek in het veld was dat de pH van het slootwater varieerde tussen pH 7,7 en 8,9 en dat de pH van de bodem varieerde tussen 5,3 en 6,2. Op de meeste locaties was het pH-verschil tussen het slootwater en het veen 2 tot soms 3,5 pH-eenheden. Dit is een verschil in proton ( $H^+$ ) concentratie van 100 tot 3000 tussen bodem en water! Het veen wil dit pH-verschil op het raakvlak tussen bodem en water vereffenen (bufferen), door deze te verlagen door veenafbraak.

De pH en alkaliniteit in het slootwater is indicatief voor de mate van anaerobe afbraak. Het veen op de oever bevat veel reactief gemakkelijk afbreekbaar organisch stof en ook veel geoxideerd ijzer (Fe). Ook is zwavel in de vorm van ijzersulfide van nature aanwezig in veen dat onder invloed van de zee is ontstaan. Wanneer door een verlaging van het waterpeil het veen oxideert, oxideert ook het ijzersulfide tot sulfaat en ijzeroxide. Dit sulfaat spoelt gemakkelijk uit de bodem richting het oppervlakte- en grondwater. In de sloot(bodem) wordt het reactief organische stof, in combinatie met een hulpstof (oxidator), door micro-organismen afgebroken waarbij bicarbonaat wordt geproduceerd. Dit leidt tot een toename in alkaliniteit. Zolang zuurstof aanwezig is zal dit als oxidator worden gebruikt voor de afbraak van organische stof. Wanneer het zuurstof oprakt en het anaeroob wordt, is nitraat energetisch het meest gunstig maar dit is snel op. Daarna is de hulpstof het, in overvloed aanwezige, geoxideerde ijzer maar ook sulfaat. In de aanwezigheid van sulfaat reageert het dan gevormde sulfide (weer) met het ijzer. Bij deze laatste reactie wordt veel zuur verbruikt waardoor de pH in de waterkolom (sterk) stijgt – wat de mineralisatie van het veen versnelt - een negatieve vicieuze cirkel.

<sup>2</sup> Deze tekst over het effect van mineralisatie van veen op oeverafkalving is onder ander gebaseerd op een interview met professor Fons Smolders (B-Ware) en verschillende publicaties.

Een negatieve vicieuze cirkel ontstaat ook wanneer afkalving van gemineraliseerd veen leidt tot een slechte waterkwaliteit en troebelheid van het water, algenbloei door hoge fosfaatconcentraties in het water, verlies aan wortelende onderwaterplanten door toxische concentraties aan ammonium en sulfides (Michielsen et al., 2007) en zo tot een instabiele(re) oever die gevoelig is voor afkalving.

De grondslag heeft direct en indirect effect op mogelijke oorzaken voor oeverafkalving. Direct door de afbraak van het veen. Indirect omdat de grondslag bepalend is voor de afwateringsinrichting (dichtheid aan sloten) in een gebied, het peil dat gehandhaafd dient te worden – ook rekening houdend met functie en bodemdaling, drooglegging en morfologie van sloot en oever (breedte, diepte, helling). Op veengronden met kleilig veen kunnen sloten smaller worden gedimensioneerd en kan een diepere ontwatering worden aangehouden dan in sloten op puur veen. Dit heeft gevolgen voor de steilheid van het talud en de stroomsnelheid, beide van invloed op het risico op afkalving. Wanneer de grondslag klei op veen betreft, kan de veenlaag onder de klei weg eroderen door stroming of golfslag waardoor de kleilaag ineens kan instorten. Dit is met name zichtbaar wanneer het waterpeil op het veen net onder de kleilaag staat.

### **Piekmomenten en pieklocaties**

Piekmomenten, wanneer het risico op afkalving door mineralisatie en wegspoelen van veen het grootst is, ontstaan als gevolg van intensieve natte periodes. Door intensieve droge periodes kan het veen verpulveren. Wanneer (intensieve) buien volgen op deze droge periode kan onbeschermd veen gemakkelijk wegspoelen.

Het risico op afkalving door het wegspoelen van waterverzadigd veraard veen is sterk afhankelijk van de vegetatie en dan met name de rol van het wortelstelsel om structuur te bieden (zie §3.7). Afkalving wordt sterk versneld wanneer er geen vegetatie is en het veen 'zwart komt te liggen' waardoor het wordt blootgesteld aan oxidatie en afbraak. Dit zwart komen te liggen kan meerdere oorzaken hebben;

- vertrapping door vee, maar ook door ganzen, smienten (§3.6)
- hollen van muizen, kreeften, ratten en andere dieren die de oevers poreus maken (§3.6)
- woelen van vissen zoals karpers en brasems (§3.6)
- vraat van vegetatie door kreeften en vissen (§3.6)
- een abrupte verlaging van het peil tot een niveau waarop de oever niet is begroeid (§3.4.2)
- langdurig natte periodes op de oevers (hoog peil) waardoor vegetatie verdwijnt (§3.4.2)
- kaalslag door golven en stroming (§3.3).

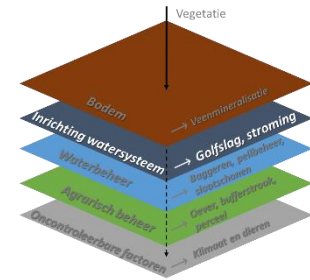
Op plekken waar de oever over een grotere breedte verzakt is het risico dat het met water verzadigde veraarde veen wegspoelt groot, met name op 'slappe' oevers die niet door een stevig wortelende vegetatie bijeen wordt gehouden.

#### **Mineralisatie veen**

**Concluderend** kan gesteld worden dat oeverafkalving in het veenweidegebied in belangrijke mate wordt gestimuleerd en versneld door de biochemische reacties die plaatsvinden wanneer veen wordt blootgesteld aan zuurstof en vervolgens aan basisch slootwater. Wanneer het veraarde veen verzadigd raakt met water heeft het daarom weinig structuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) en kan de bodem gemakkelijk wegspoelen. Oeververzakking, en het zwart komen te liggen van de oever door vertrapping, hollen van dieren, woelende vissen ( §3.6), peilveranderingen ( §3.4.2) of kaalslag door golven en stroming ( §3.3) versnellen dit proces. Piekmomenten ontstaan door (langdurig) natte omstandigheden, vooral wanneer deze zijn voorafgegaan door een intensief droge periode. Vegetatie is belangrijk omdat door een dicht en diep, wortelstelsel het veen bijeen wordt gehouden en de oever stabiel blijft.

### 3.3 Inrichting watersysteem

De inrichting van het watersysteem is afhankelijk van de hoeveelheid water dat moet worden afgevoerd als gevolg van hydrologie (onder andere infiltratie versus kwel), grondslag en landgebruik. De keuzes die bij de inrichting gemaakt zijn, zoals aantal, breedte en diepte van sloten, zijn bepalend voor de mate waarin golfslag en stroming van invloed zijn op afkalving.



#### 3.3.1 Golfslag en windwerking

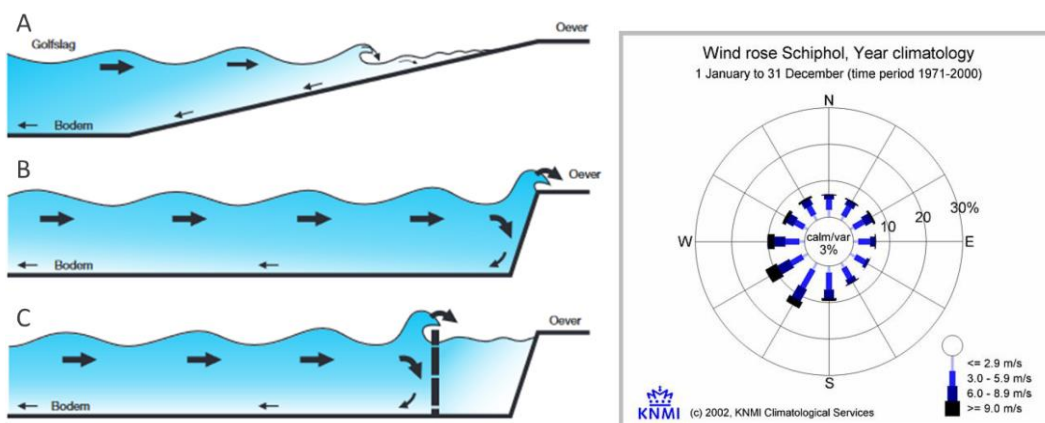
Windenergie kan worden omgezet in de ontwikkeling van golven. Als de golf tegen een oever aanloopt, komt de opgebouwde energie vrij. Het vrijkomen van deze energie veroorzaakt wrijving op waterkant en bodem en kan (op den duur) leiden tot oeverafkalving. Verschillende factoren zijn hierbij relevant:

- 1 Breedte van de sloot – en bij voldoende breedte ook de diepte;
- 2 Oriëntatie van de sloot en stroomrichting ten opzichte van de windrichting;
- 3 Talud van de vooroever.

De eerste twee factoren hebben betrekking op de potentie tot de ontwikkeling van golven en het derde aspect op hoe de ontstane golf breekt op de oever. Wind in de lengterichting van een sloot heeft een grotere strijklengte en veroorzaakt daarmee een grotere golfslag dan wind die dwars op een sloot staat. De aanlandige oever heeft meer effect van wind dan de aflandige oever. De wind in Nederland waait gemiddeld voor 90% uit het westen. Daarnaast komen de hardste winden uit het zuidwesten (Figuur 3-2). De strijklengte is daarom het grootst in brede sloten met de oriëntatie richting oost/ noordoost. De oost/ noordoost gelegen oevers zijn het meest gevoelig voor afkalving omdat daar de golfenergie vrijkomt. Noord-zuid georiënteerde sloten zijn minder gevoelig voor golfslag.

Het breken van de golf bepaalt de mate van golfslag. Hoe en waar een golf breekt – en dus het effect van de golfslag op een oever - is afhankelijk van de morfologie van de oever. Als een golf bij een ondiepte komt dan neemt de loopsnelheid van de golf af en wordt hierdoor als het ware in elkaar gedrukt waardoor de golf breekt. Op het moment dat een golf breekt komt er energie vrij. Dus hoe eerder een golf breekt hoe minder energie er bij de oever komt. Bij een vooroever met een kleine helling zal het effect van golven op de oever dus minimaal zijn. Wanneer een golf in volle hevigheid tegen een steile oever aanloopt, komt alle energie in een keer vrij. Dat leidt in veel gevallen tot schade aan oever en waterbodembodem. Dit is in Figuur 3-2 schematisch weergegeven.

Door golfwerking komen bodemdeeltjes vrij. Golfwerking leidt tot het steiler worden van een oevertalud. Hoe meer de golven vrij spel hebben, en niet gebroken worden door een beschoeiing (Figuur 3-2), hoe sneller de oever afkalft en een steil talud ontstaat. Het slib dat vrijkomt wordt door de stroming in het luwere deel van de watergang afgezet. Het door afslag ontstane voedselrijke en mobiele slib vormt een probleem omdat het niet alleen het lichtklimaat verstoort, maar ook zorgt voor een continue verstoring van het bodemklimaat, zowel fysisch als chemisch (Bekker et al., 2013).



Figuur 3-2 Schematisering golfwerking op oever onder verschillende omstandigheden (links, Kerfwetering 2017) en de prevalentie windrichting op basis van KNMI data op Schiphol (uit Bekker et al., 2013).

## Piekmomenten en pieklocaties

Het risico op afkalving door golfslag is gerelateerd aan pieklocaties en piekmomenten. De pieklocaties zijn die oevers waar wind door een grote strijklengte en een steil oevertalud (vaak ook als gevolg) de meeste impact heeft. De piekmomenten zijn periodes met veel storm en wind.

### 3.3.2 Stroming

Door de schurende werking van stromend water op de oever vindt erosie plaats. Het risico op afkalving door stroming in een watergang is direct afhankelijk van de plaatselijke afvoercapaciteit als gevolg van het af te wateren landoppervlak (en eventuele andere wateraanvoer), de hydrologische situatie (kwel, infiltratie en grondwaterstanden), grondsoort, verhang of hoogteverschillen, vegetatie en de slootdimensionering.

De afvoercapaciteit van een watergang is afhankelijk van de functie binnen het watersysteem. In de situatie van een neerslagoverschot is de functie van een ontwateringssloot – in de haarvaten van het watersysteem – om van de aangrenzende percelen water af te voeren richting een afwateringssloot. Deze afwateringssloot zorgt voor de afwatering van (een deel van) een polder richting het gemeal. In de zomerperiode zorgt het watersysteem voor de aanvoer van water om het waterniveau in de haarvaten op peil te houden.

Het waterdebiet ( $m^3/s$ ) is afhankelijk van een ruwheidsfactor, het verhang van de waterspiegel en de natte oppervlakte en hydraulische straal van de sloot (Formule van Manning, in Van der Molen et al., 1976). Het verhang van de waterspiegel is bij een vast peil evenredig met het hoogteverschil in het gebied en in het veenweidegebied van weinig betekenis op de stroomsnelheid. De ruwheidsfactor is omgekeerd evenredig met de remmende werking door de wrijving van het water met bodem en taluds en met de aanwezige plantengroei. Vegetatie heeft dus een remmende werking op de stroomsnelheid. Door meer interactie van het water met de bodem is bij een kleinere waterdiepte de remmende werking ook groter.

Wanneer een sloot goed is gedimensioneerd, is het effect op afkalving onder gemiddelde omstandigheden gering. Van der Molen et al. (1976) geven aan dat veel voorkomende taludhellingen 1: 1,5 zijn (bij waterdiepte kleiner dan 1,00 m) en 1: 2 (bij waterdiepte groter dan 1,00 m) met de voorkeur voor een flauwe taludhelling, voor zover deze nog redelijk te maken is. Wanneer stroomsnelheden toenemen neemt het potentiële risico op afkalving toe. Hoofdwatervgangen moeten voldoende afvoercapaciteit hebben. Er zijn in beginsel logische verhoudingen tussen breedte en diepte, ook rekening houdend met haalbaarheid en praktisch uitvoerbaarheid van het onderhoud. Waterschap AGV heeft in 2019/2020 de leggerdiepten in veenweide verminderd omdat de ervaring leerde dat de opgelegde leggerdiepte niet haalbaar en duurzaam konden worden onderhouden; na korte tijd was de watergang weer net zo ondiep (E. ter Hennepe, Waternet). Om de afvoercapaciteit te behouden moet de minimale breedte worden verbreed. Tabel 3-1 geeft de minimale waterdiepte die bij AGV wordt aangehouden voor een afvoergebied van 5 hectare bij een bepaalde water- en bodembreedte en verhang en een vast talud van 1,5. Deze diepte is met 21 tot 35 cm gering.

Tabel 3-1 Minimale waterdiepte voor een voldoende kwantitatief functionerende watergang (afvoergebied 5 hectare, J. Ellen en E. ter Hennepe, waterschap Waternet).

Waterbreedte (m)	Bodembreedte (m)	Talud (-)	Waterdiepte minimaal (m)	Verhang (cm/km)
1,5	0,45	1,5	<b>0,35</b>	1,96
1,75	0,91	1,5	<b>0,28</b>	1,98
2	1,25	1,5	<b>0,25</b>	1,86
2,5	1,87	1,5	<b>0,21</b>	1,81





Figuur 3-3 Voorbeelden waar stroming (links) en muizenholen (rechts) de oevers belasten en leiden tot afkalving.

### Piekmomenten en pieklocaties

Het risico op afkalving door stroming is gerelateerd aan piekmomenten en pieklocaties. Gedurende het jaar kan de afvoercapaciteit verschillen van een hoge afvoer in de winter tot een lage aanvoer in de zomer. Afkalving door stroming zal dus met name in de winter en na (zeer) intensieve buien plaatsvinden. Bij zomer- winterpeil wordt dit nog versterkt door een lager peil in de winter wat de stroomsnelheid verhoogd ten opzichte van het hogere peil in de zomer.

De pieklocaties in een watergang, waar het risico op afkalving door stroming groot is, zijn:

- (te) scherpe bochten;
- een haaks inkomende sloot, waar de stroming op de tegenoverliggende oever botst;
- vernauwingen en/ of obstakel in de sloot waarachter turbulentie plaatsvindt;
- vernauwing in combinatie met vee dat drinkt in de luwte achter de vernauwing;
- locatie waar een greppel afwatert op de sloot of dat in het verleden heeft gedaan;
- korte afstand tot het gemaal.

Relatief kleine ingrepen en obstakels kunnen in een watergang leiden tot veranderingen in stroming en daardoor tot afkalving en aanwas van bagger. Bijvoorbeeld direct achter een dam is de oever gevoelig voor afkalving dat verderop op een luwer deel kan leiden tot aanwas. Het risico op afkalving door stroming kan sterk toenemen in de tijd (piekmomenten) en in de ruimte (pieklocaties).

De hoofdwatgangen dichtbij het gemaal hebben enerzijds een grote afvoercapaciteit omdat zij het water uit het gebied afvoeren en anderzijds de grootste invloed van de pompen van het gemaal. Afhankelijk van de kracht en instelling van de pompen kan een grote belasting op de dichtbijgelegen oevers ontstaan. Door de afstelling van het gemaal kan deze belasting worden beperkt, bijvoorbeeld door voorpompen wanneer veel water wordt verwacht.

#### Stroming en golfslag

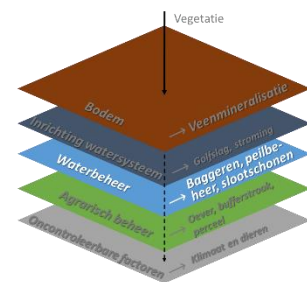
**Concluderend** kan gesteld worden dat met een toenemende afvoercapaciteit van een watergang het risico op afkalving door stroming en golfslag toenemen. De dimensionering van de sloot in relatie tot de waterafvoer is bepalend voor de mate waarin afkalving daadwerkelijk plaatsvindt. Onderwatervegetatie, een flauw talud en oevervegetatie hebben een matigende werking op de invloed van wind en golfslag. Door de werking van stroming en golfslag worden oevers echter steeds steiler wat de impact juist vergroot. Lokaal kunnen de effecten van stroming en golfslag onevenredig groot zijn, zoals bij haakse sloten, vernauwingen, obstakels of de oevers waar de wind op staat van brede sloten met grote strijklengte. Piekmomenten ontstaan na intensieve en/ of langdurig zware regenval. De instelling van het gemaal kan het effect op oeverafkalving vergroten of juist dempen. De bagger die ontstaat door afkalving wordt in de luwere delen van het watersysteem afgezet.

### 3.3.3 Wellen

De afvoercapaciteit en lokale situatie kan sterk worden beïnvloed door kwel. In diep gelegen veenpolders met hoge kweldruk kan de bodem op sommige plekken onvoldoende tegendruk bieden. Op deze zwakke plekken barst de bodem open en ontstaan wellen. Dit kan gebeuren waar een 'zware' beschermende kleilaag of een toemaakdek ontbreekt. Daarnaast kan door anaerobe mineralisatie van veen ook methaan in de slootbodem worden gevormd. Dit kan ook opborrelen en leiden tot zwakke plekken in oevers en baggeraanwas.

## 3.4 Waterbeheer

Wat betreft waterbeheer worden baggeren, peilbeheer en slootschonen besproken als mogelijke oorzaak voor oeverafkalving. De keuzes die in deze vormen van waterbeheer gemaakt worden kunnen bepalend zijn voor de gevoeligheid voor oeverafkalving. Dit betreft niet alleen technische keuzes zoals onderhoudseisen vanuit het waterschap, maar ook de keuzes van de uitvoerende partij (bijvoorbeeld lokale versus externe loonwerker), de manier waarop de uitvoerende partij wordt beloond en de instelling van controlerende persoon (schouwmeester).



### 3.4.1 Baggeren<sup>3</sup>

Bagger ontstaat door dood organisch slootmateriaal dat bezinkt (algen en plantenresten) en aanwas van de afgekalfde oever. Bagger is dus deels het gevolg van afgekalfde oever maar baggeren kan ook leiden tot nieuwe afkalving.

Wanneer dieper wordt gebaggerd dan de 'natuurlijke evenwichtsdiepgang' van een sloot toelaat, leidt dit tot het wegvallen van de ondersteuning/ tegendruk van de oevers waardoor deze wegzakken. Meerdere processen kunnen hierbij spelen. Het basisproces is dat door de zwaartekracht het door baggeren ontstane gat weer wordt opgevuld vanuit de oever en lokaal kan leiden tot afkalving. Het gat kan echter ook worden opgevuld door mobiel bagger van verderop in het gebied wat mogelijk effect heeft op oevers stroomopwaarts. Wanneer bagger die tegendruk bood aan de oever verwijderd wordt, kan (ineens een stuk van) de oever of een stuk daarvan ineens afkalven. Bij klei op veen kan het zijn dat dit op het eerste gezicht niet te zien is omdat het veen onder de kleilaag uitspoelt. Wanneer de oever wordt belast kan deze echter ineens instorten. In sommige gevallen kan het té rigoureuus baggeren zelfs tot het zogenoemde tompouce effect leiden. In dat geval hield de tegendruk van de bagger niet alleen de oever op zijn plaats maar ook zeer slap en structuurloos veen dat grotendeels verzadigd is met water waardoor de schuifspanning (par. 3.2) laag is, dat zich bevindt tussen het laagste en hoogste grondwater. Zonder tegendruk wordt deze dunne substantie tussen die twee lagen uitgedrukt wat lokaal tot een grote aanwas van bagger kan leiden (ervaring beheergebied HHNK).

Bij waterschap AGV wordt baggeren niet gezien als belangrijke oorzaak van instabiele oevers langs hoofdwatgangen (André Sijm, Waternet) omdat vooral in het midden (uit de oeverzone) met een flauw talud wordt gebaggerd om zo stabiliteitsproblemen te voorkomen. Daarnaast betaalt AGV aannemers niet meer op basis van kuubs gebaggerd maar op basis van het aantal kilometers. In het verleden zijn wel eens fouten gemaakt met te diep baggeren wat tot oeverinstabiliteit heeft geleid. Een melkveehouder uit Reyerscop (Dhr. Van Zuilen, beheergebied HDSR) geeft aan: "baggeraars voeren

<sup>3</sup> De verhandeling over de vorming van bagger en het uitvoeren van baggerwerkzaamheden is gebaseerd op interviews met Karsten Hopman en Steven Westerman (HHNK), experts van Waterschap AGV en Wetterskip Fryslân, verschillende melkveehouders en publicaties.

de opdracht volgens bestek uit maar doen liever iets te veel dan te weinig om problemen te voorkomen". Dit is in het veenweidegebied een belangrijk aandachtspunt voor waterschappen.

De aanwasselheid van bagger varieert per locatie in het gebied. Voor baggerwerkzaamheden wordt gemiddeld 2 à 4 cm per jaar aangehouden (AGV en HHNK). In zuidwest-noordoost georiënteerde watergangen is de grootste aanwas waargenomen (baggeronderzoek IJperveld, Antea group, 2019). Hot-spots van afkalving bevinden zich dus op oostelijke/ noordoostelijke oevers van brede watergangen. Die oevers worden door de invloed van opstuwing en golfslag steil(er) (§3.3) en de gevormde bagger wordt afgezet in de diepere en luwere delen. Op de zuidwest flanken kan bagger zich ophopen. In brede watergangen kan dit belemmerend zijn voor recreatievaart. Deze bagger verwijderen leidt echter vaak tot meer aanwas - een vicieuze cirkel. In onderzoek naar de vorming van bagger in het IJperveld kon geen eenduidig verband worden gelegd tussen de uitgevoerde (sanerings)baggerwerken en de opgetreden afkalving (Antea group 2019). Andere oorzaken zoals golfslag en vaarbewegingen speelden naar verwachting wel een belangrijkere rol.

Om nadelige effect en van baggeren te voorkomen is het belangrijk om te baggeren binnen de 'natuurlijke' evenwichtsdiepgang van de betreffende watergang. In het kader van waterafvoer geeft de formule van Manning handvaten voor de dimensionering van de sloot, zoals besproken in paragraaf 3.3.2. De 'natuurlijke' evenwichtsdiepgang verschilt echter per sloot en kan in veensloten variëren tussen 20 tot 100 cm diepte. Deze natuurlijke diepte is afhankelijk van de hoeveelheid water dat moet worden afgevoerd - afwateringsoppervlak in relatie tot gekozen dimensies van de sloot (breedte, diepte, talud), grondsoort, effect van stroming en golfslag, en de oriëntatie van de sloot ten opzichte van de preferente windrichting. Watergangen met een oriëntatie in de richting zuidwest noordoosten spoelen bijvoorbeeld door de in Nederland overheersende west/ zuidwesten wind extra door. Afhankelijk van de afwateringsfunctie in het gebied kunnen deze watergangen een diepe(re) evenwichtsdiepte hebben. Een extreem voorbeeld is de Bruiloftssloot bij Jisp (NH), een grote doorvoersloot die door de ligging ten opzichte van de windrichting en daarbovenop de ligging aan de oostkant van een meer waardoor opstuwing ontstaat op een diepte van maar liefst 1.80m blijft.

Er wordt gebaggerd om de sloot op diepte te houden; enerzijds ten behoeve van de aan- en afvoer (afhankelijk van het af te wateren landoppervlak, landgebruik en hydrologische setting), anderzijds ten behoeve van de ecologie (voldoende diepte en niet te dik baggerpakket). Daarnaast worden afwegingen in waterdiepte en baggerfrequentie mede gebaseerd op waterkwaliteit, historische informatie en ervaring, wensen vanuit andere belanghebbenden zoals recreatie (genoeg diepgang), agrariërs (af- en aanvoer van water), natuurorganisaties (biodiversiteit) en politieke overwegingen hierin. Voor de baggercyclus van het waterschap is voor de hoofdwatergangen de legger leidend. De legger is niet statisch maar kan over de tijd wel eens veranderen. Elk waterschap heeft zijn eigen legger en overwegingen hierin.

Voor water aan- en afvoer (in veenweidegebied) is baggeren meestal niet nodig omdat er voldoende poldersloten zijn ten opzichte van het afwaterende land om het neerslagoverschot naar het gemaal af te voeren of het inlaatwater naar de percelen aan te voeren (Interview K. Hopman en S. Westerman). Het op diepte baggeren van die watergangen voegt dan niets aan de aan- en afvoerfunctie toe. Deze mening wordt niet gedeeld door verschillende experts van Wetterskip Fryslân. Baggeren wordt onder de daar geldende omstandigheden, noodzakelijk geacht om de doorstroming van de watergangen met een afwateringsfunctie te waarborgen.

Het op diepte houden van de poldersloten wordt wel belangrijk geacht vanuit ecologisch perspectief. De maatstaf voor het ecologische perspectief is het voorkomen van onderwaterplanten als basis voor een waardevol ecosysteem met gevarieerde fauna in de sloot. Het gaat om waterdiepten tussen 0.35 en 0.60 m (analyse data AGV door L. Moria). Diepere sloten warmen in de zomer minder snel op waardoor het zuurstofgehalte op peil blijft en eutrofiëring door de mobilisatie van fosfaat uit de slootbodem beperkt blijft. In de winter koelt de slootbodem van diepere sloten minder af waardoor vissen in de winter kunnen overleven. Naast waterdiepte moeten ook andere sleutelfactoren als randvoorwaarde op orde zijn wil de gewenste ecologische kwaliteit volledig tot expressie kunnen komen.

In het beheergebied van HDSR is de eis om alle veensloten, onafhankelijk van de functie in het watersysteem, op 60cm diepte te houden – met de daaruit volgende baggeropgave en schouw. De belangrijkste motivatie hiervoor is een goede ecologische kwaliteit van de sloot.

Waterschap AGV kent geen diepteschouw voor poldersloten, maar dringt wel sterk aan op grotere waterdiepte vanuit de ecologie. Volgens metingen is de gemiddelde waterdiepte in poldersloten 35cm. Dat is ruim voldoende voor de aan- en afvoer (E. ter Hennepe, Waternet, Tabel 3-1). Hoofdwatgangen worden door het waterschap onderhouden. Deze zijn breder en dieper dan poldersloten. De komende jaren zet AGV voor de poldersloten in op 'Waterdiepte op Maat'; het vergroten van de waterdiepte ten behoeve van waterkwaliteit en ecologie, rekening houdend met risicofactoren die optreden als gevolg van het vergroten van waterdiepte. Wat is een haalbare en over de tijd te handhaven waterdiepte en wat het effect is op baggeraanwas en afkalving zijn daarin belangrijke onderzoeksvragen. Op basis hiervan wordt een uitvoeringsprogramma onderhoud voor waterdiepte opgesteld (vergelijkbaar met een legger).

### **Baggeren**

**Concluderend** kan gesteld worden dat bagger deels het gevolg is van afgekalfde oever maar dat baggeren ook kan leiden tot nieuwe afkalving. Er wordt gebaggerd om de sloot op diepte te houden; enerzijds ten behoeve van de water aan- en afvoer (mocht dat nodig zijn) en anderzijds ten behoeve van de ecologie. Wanneer echter dieper wordt gebaggerd dan de 'natuurlijke evenwichtsdiepgang' van een sloot toelaat, leidt dit tot het wegvallen van de ondersteuning/ tegendruk van de oevers waardoor deze wegzakken en bagger ontstaat. De 'natuurlijke' evenwichtsdiepgang verschilt echter per sloot en kan in veensloten variëren tussen 20 tot 100cm diepte afhankelijk van de hoeveelheid water dat moet worden afgevoerd - afwateringsoppervlak in relatie tot gekozen dimensies van de sloot (breedte, diepte, talud), grondsoort, effect van stroming en golfslag, en de oriëntatie van de sloot ten opzichte van de preferente windrichting. Een aantal factoren spelen een belangrijke rol in het voorkomen van afkalving door baggeren zoals flexibiliteit in de opgelegde waterdieptes, voorzichtigheid bij het uitvoeren van de werkzaamheden (alleen uit het hart van de sloot), beloning op kilometers en niet op kuubs en de manier van handhaven.

### **3.4.2 Peilbeheer**

Het effect van peilbeheer op oeverafkalving is niet lineair omdat peilbeheer effect heeft op meerdere processen die elk een ander effect heeft op oeverafkalving en waardoor het cumulatieve effect moeilijk te voorspellen is. Een peilverandering of -fluctuatie heeft direct effect op slootdiepte, drooglegging, stroomsnelheid, respons op (extreme) weersomstandigheden en de inlaat van gebiedsvreemd water en is indirect bepalend voor vegetatieontwikkeling op de oever (Coops, 2002).

Het peilbeheer in veenweide kan op verschillende strategieën zijn ingericht:

- 1 Peilgebieden met een jaarrond vast peil, met constante drooglegging per perceel;
- 2 Peilgebieden met een (hoger) zomerpeil en (lager) winterpeil, waarbij verschil tussen zomerpeil en winterpeil kan variëren tussen 5-15 cm;
- 3 Peilgebieden met een natuurlijk flexibel peil binnen een bandbreedte van maximaal in najaar/winter naar minimaal in voorjaar/zomer. Dit komt niet voor in gebieden met puur agrarische functie, wel in natuurgebieden al dan niet met agrarisch medegebruik.

#### **Vast peil**

Waterpeil heeft effect op de waterberging van een perceel. Waterstanden in een perceel variëren in het midden (afhankelijk van bodemopbouw, neerslag, verdamping en kwel of verdamping) sterk tussen zomer (droog, gemiddeld laagste grondwaterstand, GLG) en winter (nat, gemiddeld hoogste grondwaterstand, GHG) maar langs de oevers is, afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem en van het peilbeheer, deze fluctuatie relatief klein. Het verschil langs oevers is net zo groot als het peilverschil. Een hoog slootpeil werkt slechts een aantal meter in het perceel om de grondwaterstanden



hoog te houden. Ondanks dat het maar beperkt direct invloed heeft, zorgt het wel voor een vertraging van het uitzakken van de grondwaterstanden verder in het perceel (Van Diggelen, 2013). Een vast peil moet daarom een compromis zijn tussen voldoende afvoer van water in de winter en aanvoer van water in de zomer zodat de GLG niet te ver uitzakt. Voor de vegetatieontwikkeling is een vast peil gunstig.

### **(Tijdelijk) Hoog peil**

Om bodemdaling tegen te gaan wordt als maatregel in de veenweidegebieden vaker een hoger peil toegepast. Een hoog peil leidt tot een gemiddeld hogere grondwaterstand en een kleinere waterberging in de winterperiode. Hierdoor stroomt meer water via ondiepe stroombanen naar de sloot waardoor de oever in langdurig natte periodes makkelijker verzadigd raakt met water. Een hoog peil zal daarom in langdurige natte periodes het risico op afkalving vergroten.

Langdurig natte(re) omstandigheden – zoals ook zichtbaar wordt bij oeversverzakking – leidt tot een verminderde agrarische gebruikswaarde door de lagere draagkracht. In de extreme situatie wanneer deze waterverzadigde omstandigheden met een zeer kleine drooglegging lang duren zal de grasvegetatie en met name de wortels in de winter en vroege voorjaar afsterven (situatie agrarisch beheerde natuurreservaat Ronde Hoep). Dit maakt de oever extra kwetsbaar voor extreme weersomstandigheden zoals stormen in het vroege voorjaar voordat de vegetatie weer op gang is gekomen. Met name grasvegetatie is slecht bestand tegen langdurig natte omstandigheden. Bij extensief beheer van de oever (niet bemesten en belasten) zal de vegetatie zich langzaam gaan ontwikkelen richting soorten die goed gedijen onder de (wisselend) nattere omstandigheden (zie verder §3.5 en §3.7).

Gedurende droge periodes in de zomer zorgt een hoog peil voor een goede vochtvoorziening op de oevers wat juist gunstig is voor de vegetatieontwikkeling en daarmee voor de stabiliteit van de oever (detailonderzoek Friesland). Onder zeer droge weersomstandigheden kan door hoog peil ook voorkomen worden dat het veen sterk uitdroogt en zelfs verpulvert waardoor het zeer gemakkelijk wegspoelt tijdens de volgende regenbui.

### **Fluctuerend waterpeil**

Het peilbeheer is bepalend voor de waterdiepte en daarmee aan de potentiële vegetatieontwikkeling in de sloot en de plantensoorten die voor kunnen komen op de oever. Snelle fluctuaties in peilen zijn ongunstig omdat daardoor een deel van de oever zwart komt te liggen. Met name op met gras begroeide oevers leidt een peilverlaging tot een zone net boven de waterlijn waar niets groeit. Het stuk oever net boven de waterlijn dat zo vrij komt te liggen is het meest kwetsbare deel van de oever omdat het bloot wordt gesteld aan golfslag, stroming en zuurstof- wat leidt tot extra mineralisatie.

Bij het verlagen van het peil in het najaar (tegennatuurlijk hoog zomer- en laag winterpeil) wordt in de natste periode van het jaar de stroomsnelheid in de sloot het hoogst. Wanneer door deze snelle verlaging van het peil de oever op de waterlijn zwart ligt kan dit het risico op afkalving juist in de winterperiode sterk verhogen. Een oplossing zou zijn om het peil slechts beperkt en geleidelijk (bijvoorbeeld 1 – 5 cm per week) te laten zakken.

Door 'omgekeerde' waterpeilen waarbij het zomerpeil hoger is dan het winterpeil is het nodig dat, met name in de zomer, gebiedsvreemd water wordt aangevoerd in het veenweidegebied. In het veenweidegebied van hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier (HHNK) heeft de inlaat van gebiedsvreemd zoet en kalkrijk water een groot effect op de afbraak van het veen en de vorming van bagger. Het veen is in dit gebied marien afgezet onder zoute en zilte omstandigheden. Verzoeten wat vroeger zout was leidt tot veel meer baggervorming omdat de afbraak van het veen sterk wordt versneld (S. Westerman en K. Hopman). Met de aanvoer van rivierwater dat afkomstig is van de Rijn wordt alkaliniteit en sulfaat aangevoerd. Sulfaat komt ook vrij uit veen. Alkaliniteit versnelt de mineralisatie van veen (§3.2).

## Peilbeheer

**Concluderend** kan gesteld worden dat het effect van peilbeheer op oeverafkalving niet lineair is omdat peilbeheer effect heeft op meerdere processen. Een peilverandering of -fluctuatie heeft direct effect op slootdiepte, drooglegging, stroomsnelheid, respons op (extreme) weersomstandigheden en de inlaat van gebiedsvreemd water en is indirect bepalend voor vegetatieontwikkeling op de oever. Hoog peil leidt tot minder waterberging, wat op slappe verzakte oevers onder (langdurig) natte omstandigheden tot versterkte afkalving leidt. Bij langdurige droogte zorgen de vochtigere omstandigheden door het hogere peil juist voor het instandhouden van de beschermende vegetatie. Snelle fluctuaties van het peil zijn onwenselijk omdat de oever dan op de waterlijn zwart komt te liggen en extra gevoelig is voor afkalving.

### 3.4.3 Slootschonen

Schonen van de sloot (ook in het verleden) kan direct en indirect bijdragen aan instabiele oevers. De directe bijdrage is gerelateerd aan de intensiteit waarmee het werk wordt uitgevoerd; de frequentie, het gewicht van het gebruikte materieel en afstand tot oever waar deze zich verplaatst en of en hoelang het maaisel blijft liggen. Bij rigoureuze slootschonen worden ook de wortels verwijderd wat ongunstig is voor waterplanten en beworteling en dus negatief is voor de stabiliteit van de oever. Om de oevervegetatie niet te verstikken moet slootvuil en bagger uit de kant en niet te lang blijven liggen.

De schouwmeester kan sterk bepalend zijn in de manier waarop het slootonderhoud wordt uitgevoerd: alles strak of juist ruimte om wortels te laten zitten. In het verleden werd zo strak mogelijk schonen als goede praktijk ervaren en hier werd vanuit de schouw op gestuurd. Als gevolg werken nog veel agrariërs en loonbedrijven op die manier. Daarnaast kunnen de agrariërs (en loonbedrijven) die wel ecologisch zorgvuldiger schonen kunnen worden tegengewerkt door schouwmeesters van de oude stempel. Uiteindelijk wordt dit gefaciliteerd door het waterschap. Gezien het belang van een goed ontwikkelde oevervegetatie voor een stabiele oever is het belangrijk dat ook vanuit dat perspectief waterschappers, schouwmeesters, agrariërs en loonwerkers samen komen tot duidelijke afspraken en richtlijnen.

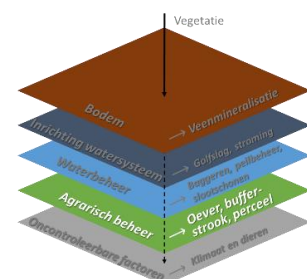
## Slootschonen

**Concluderend** kan gesteld worden dat een cultuuromslag nodig is, en aan het plaatsvinden is, wat betreft doelstelling en nut- en noodzaak van schonen waarbij meer nadruk ligt op het instandhouden en zorgdragen voor een stabiele oevervegetatie en niet op het jaarlijks 'schoon' opleveren van de sloot.

## 3.5 Agrarisch beheer van oever en perceel

Agrariërs zijn verantwoordelijk voor het beheer van de oevers. De keuzes die worden gemaakt wat betreft agrarisch management van zowel perceel, bufferstrook als oever zijn bepalend voor de gevoeligheid voor oeverafkalving. De grondslag (veen, klei op veen, venige klei, etc.) en de hydrologische setting (grondwaterstand, kwel/ infiltratie) zijn bepalend wat aan landgebruik mogelijk is. In het agrarisch beheerde veenweidegebied is op basis van draagkracht en om veenmineralisatie te beperken alleen grasteelt ten behoeve van de melkveehouderij een optie. In de polders met klei op veen of venige klei kan ook bouwland plaatsvinden. In verband met klimaatadaptatie wordt op dit moment ook onderzoek gedaan naar het verbouwen van natte teelten, dit is niet opgenomen in dit rapport.

De keuzes omvatten het agrarisch gebruik (bouwland/ tijdelijk/ permanent grasland, jaarrond groen, intensiteit bemesting, bodembeheer, maaien/ weiden), inrichting droge en/ of natte bufferzone, beheer oever en bufferstrook zoals bepalend voor vegetatiesamenstelling en beworteling, vertrapping door vee



(drinkbakken, jongvee/melkvee, afzetten slootkant), belasting van de oever door machines, afwatering perceel (drains, greppels), grootte van het perceel.

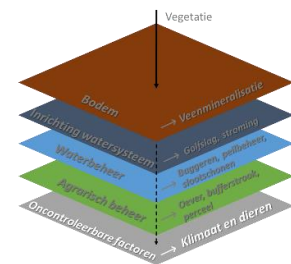
De manier waarop de oever en bufferstrook wordt meegenomen in het agrarisch beheer kan ook bepalend zijn voor de belasting van de oever(zone). Wanneer een bufferstrook niet meer wordt bemest zal de vegetatie zich gaan aanpassen naar soorten die goed gedijen onder de specifieke lokale omstandigheden. Deze soorten, en met name hun wortelstelsels, zullen beter gedijen onder wisselende en nattere omstandigheden dan de grassoorten die gedijen bij intensieve bemesting. Daarnaast vinden in bufferstroken minder bewerkingen plaats (minder vaak maaien bijvoorbeeld) waardoor oevers minder belast worden. Vertrapping door vee kan worden voorkomen door het spannen van een draad. Dit is met name effectief op slappe verzakte oevers. De werkbreedte van machines is in de afgelopen decennia verbreed door een grotere reikwijdte van de arm waardoor de machine verder uit de kant kunnen blijven. De tendens is echter ook grotere machines die zwaarder zijn maar ook bredere banden hebben om de druk van dit extra gewicht beter te verdelen over de bodem.

### Agrarisch beheer

**Concluderend** kan gesteld worden dat het agrarisch beheer van het perceel, bufferstrook en oever van invloed is op afkalving. De keuze voor voldoende afwatering, het niet belasten van de oever (vee en machines) en een bemestingsvrije zone waar vegetatie kan ontwikkelen die past bij de meer variabele grondwaterstanden en vochtigere omstandigheden dragen bij aan een stabiele oever(zone).

## 3.6 Niet- of moeilijk te controleren factoren

De factoren die niet of moeilijk te controleren zijn, zijn gerelateerd aan klimaatverandering – intensieve droge en natte periodes en de gevolgen van de aantasting van oevers door dieren in en rond de sloot.



### 3.6.1 Aantasting door dieren

Verschillende dieren kunnen op verschillende manieren oevers in grote mate aantasten. Deze aantasting is eigenlijk altijd lokaal. Het probleem is dat door aantasting het veen zwart komt te liggen en bloot wordt gesteld aan zuurstof en water wat leidt tot een versnelde veenaafbraak.

Het effect van vertrapping door koeien die uit de sloot drinken is veelvuldig en goed zichtbaar in het gehele agrarisch beheerde veenweide. Door vertrapping kan ook de oever het water worden ingetrapt - oeververzakking. Vaak is de verzakte zone ongeveer zo breed als een koe lang is. Door verzakking raakt de oeverzone verzadigd met water waardoor het veraarde veen zijn structuur verliest en afkalving versnelt. Een lager gelegen ingetrapte oever is gevoelig(er) voor intensieve en/ of langdurige regen. De schade door vertrapping kan echter variëren. Op slappe verzakte oevers met alleen grasvegetatie is het negatieve effect van vertrapping het grootst. Op oevers waar, door een (tijdelijke) rustperiode en terughoudend beheer, een stevige oevervegetatie is ontwikkeld met diep- en dichtwortelende planten is het effect van vertrapping gering(er). Koeien drinken niet bij steile oevers.

Ook smienten staan in groepen op de oevers waardoor deze zwart komen te liggen en vertrapt worden. Deze wintergasten vertrappen vooral de oevers in de periode dat de oever kwetsbaar is door de natte omstandigheden en wanneer de vegetatie niet actief is.

Bij een nadere inspectie van de oevers blijken ook holen van muizen en kreeften tot grote schade aan de oevers te leiden. Deze schade wordt veroorzaakt doordat de fysische stabiliteit van de oever afneemt maar ook omdat het contactoppervlak tussen bodem, lucht en basisch water (zie ook par. 3.2) wordt vergroot en leidt tot een toename van veenaafbraak.

Invasieve uitheemse rivierkreeften zijn grote, opportunistische alleseters met broedzorg. Zij vertonen systematisch (periodiek) graafgedrag ter beschutting van zichzelf en/of het broed en kunnen de watervegetatie aantasten door vraat, 'vandalisme' en vertroebeling. Graafgedrag kan leiden tot

verzakking en instabiliteit van oevers en extra baggeraanwas (Koese et al., 2019). Kreeften hebben een voorkeur voor steile oevers. Het grote negatieve effect van muizen is op alle type oevers aangetroffen. Muizen kunnen, vooral tijdens en na een muizenplaag grote schade aan de oevers aanrichten. In Friesland is het inunderen van het land (blank zetten) een rigoureuze maar effectieve aanpak om de muizen te bestrijden.

Woelende vis kan ook bijdragen aan de instabiliteit van de waterbodem inclusief de oevers. In de voedselrijke wateren van het veengebied maar ook in klei-droogmakerijen komt veel bodemwoelende vis voor. Ecologen van Waternet en diverse boeren geven aan dat het 'gescharrel in de kanten' van deze vis zoals karpers en brasems bijdraagt aan het afkalven van oevers. Op sommige plekken kan dit in belangrijke mate bijdragen maar details wat betreft het waar, in welke mate het bijdraagt en waarom verdient nader onderzoek.

#### Aantasting door dieren

**Concluderend** kan gesteld worden dat verschillende dieren op verschillende manieren oevers in grote mate kunnen aantasten waarbij het veen zwart komt te liggen en bloot wordt gesteld aan zuurstof en water wat leidt tot een versnelde veenafbraak. De aantasting van de oever door vee is wijdverspreid in het veenweidegebied en met name zichtbaar bij oeververzakking en zwakke, natte plekken. Holen in de oever door ratten, muizen en kreeften kunnen tot grote schade aan de oever leiden. Vanaf de kant kunnen ook vogels zoals smienten de oevers vertrappen en vanuit de sloot kunnen woelende vissen de oevers aantasten.

### 3.6.2 Klimaatverandering

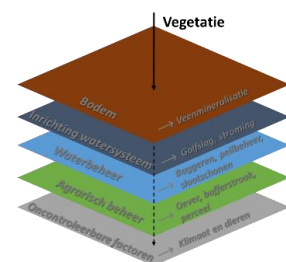
Door klimaatverandering zijn er in de zomer meer intensieve warme, droge periodes en in de winter meer intensief natte periodes. Daarnaast zijn er intensievere piekbuien die lokaal en in korte tijd tot wateroverlast kunnen zorgen. Omdat afkalving juist plaatsvindt op piekmomenten zal een extremer weerbeeld ook tot meer afkalving leiden. Het anticiperen op wateraanvoer in droge periodes maar ook op (snelle) afvoer in de natte periodes stelt nieuwe eisen aan het watersysteem. In het veenweidegebied ligt ook een klimaatopgave om bodemdaling en broeikasgasemissies te reduceren door vernatting. Een hoger en meer flexibel peilbeheer zal ontwikkeld moeten worden om pieken in neerslag op te vangen en om water vast te houden maar ook om bijvoorbeeld te sturen op de effectiviteit van onderwaterdrainage (hoger peil in de zomer). Langdurig natte periodes in combinatie met minder waterberging in het perceel door hogere peilen, intensieve buien, stormen en fluctuerende waterpeilen hebben een negatief effect op de stabiliteit van oevers. Het effect van een hoger en flexibel peilbeheer op oeverafkalving zal hierin onderzocht moeten worden.

### 3.7 Vegetatie in relatie tot oeverafkalving

Vegetatie speelt een essentiële rol in het behoud en ontwikkeling van stabiele oevers. Het draagt bij aan een positieve vicieuze cirkel omdat de wortels de oever verstevigen, de golfslag dempt, de baggerontwikkeling vermindert, de stroomsnelheid verlaagt waardoor deeltjes kunnen sedimenteren en de vegetatie nutriënten opneemt uit het water. Andersom zal een verstoorde of afwezige vegetatie het risico op afkalving (sterk) vergroten.

Vegetatie is om twee redenen belangrijk voor een stabiele oever; het beschermt de oever tegen externe krachten zoals golfslag en stroming en het wortelstelsel biedt structuur aan de oever. Op locaties waar golfslag en stroming een risico zijn, kunnen soorten als riet, lisdodde, gele lis en zegges de oevers beschermen. Op locaties met (een risico op) oeververzakking is vegetatie met een dicht wortelstelsel essentieel voor de stabiliteit.

Tijdens het detailonderzoek in het veld werd op verzakte oevers zowel gras, graskruidenvegetatie als meer pitrus gedomineerde vegetaties waargenomen. Grasvegetatie alleen vormt een hechte zode maar



een vegetatie van hoofdzakelijk gras is slechts de eerste 4-6 cm is sterk doorworteld. Ook is gras gevoelig voor fluctuerende waterpeilen, langdurig natte periodes en voor vertrapping door vee. Op een verzakte oeverzone is vegetatie nodig met een dicht en stevig wortelstelsel die bovendien tegen langdurig natte periodes kan. Naarmate de grasvegetatie meer gemengd is met kruidenvegetatie die meerdere jaren de kans heeft gehad om dieper te wortelen neemt de maximale diepte van wortels na meerdere jaren toe tot zo'n 25-30 cm afhankelijk van de kruiden (CUR 202, 1999). Pitrus gedomineerde vegetatie zorgt bijvoorbeeld voor een stevige doorworteling van de oever. Dit wordt bereikt door de oeverzone niet te bemesten, waar niet of minder wordt beweid en na half juni te maaien zodat de kruiden zaad hebben kunnen zetten.

De volgende drie zones worden onderscheiden die elk een eigen functie hebben in het beschermen van de oever (Figuur 3-4):

- Terrestrische zone met landplanten van vochtige bodem (Pitrus, Koninginnekruid, Kattenstaart, etc)
- Amfibische zone met oeverplanten (Riet, Lisdodde, Gele lis, Mattenbies, Oeverzegge, etc)
- Aquatische zone met:
  - Wortelende drijfbladplanten (Waterlelie, Gele plomp, Watergentiaan, Kikkerbeet, fonteinkruiden, Veenwortel, etc)
  - Wortelende ondergedoken waterplanten (Waterpest, Grof hoornblad, kranswieren, Aarvederkruid, etc)
  - Niet wortelende drijfbladplanten en ondergedoken waterplanten (krozen, Kroosvaren, Puntkroos, etc).

Hoe meer zones en plantsoorten in mozaïek in een watergang te vinden zijn, hoe robuuster het ecosysteem voor een grotere hoeveelheid diersoorten die daar hun habitat kunnen vinden en 'plaagsoorten' niet kunnen overheersen.

Voor de handreiking natuurvriendelijke oevers heeft Sollie et al., (2011) een overzicht gemaakt van de belangrijkste standplaatsfactoren die van invloed zijn op ieder van de drie zones (Figuur 3-4). Op de terrestrische zone is met name de voedselrijkdom, zuurgraad, saliniteit en invloed van verstoring van grote invloed op het voorkomen en de dichtheid van een soortenrijke vegetatie. Het agrarisch management op het perceel is hier direct op van invloed door de mate van nutriëntenafspoeling van het perceel, maaibeeld op oevers en in de sloot, toelaten van vee en gebruik van machines in de oeverzone.

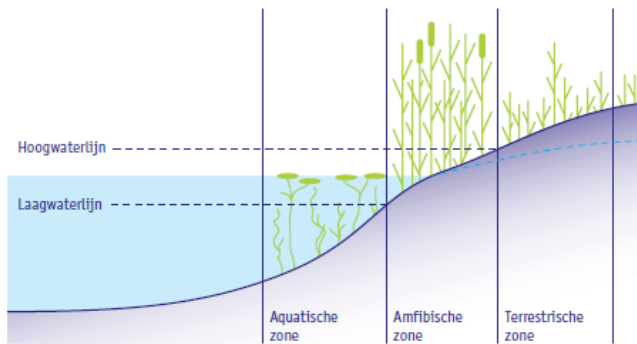
Indirect draagt een bufferzone zone bij aan het beschermen van de oever omdat het een buffer vormt tussen het agrarisch management en de oever wat betreft fysieke belasting, verstoring en de potentiële vegetatie ontwikkeling. Voor de amfibische zone – die met name van belang is voor de directe bescherming van de oever tegen stroming en golfslag – is, naast voedselrijkdom, saliniteit en verstoring, ook golfslag van grote invloed. In de aquatische zone zijn doorzicht, voedselrijkdom van bodem en water, waterdiepte, saliniteit en buffercapaciteit van de waterlaag en golfslag van grote invloed.

Turbiditeit als gevolg van afkalving en een baggerlaag belemmert de vegetatieontwikkeling door te weinig licht en doordat de planten niet wortelen in de slappe bodem. Troebeling door opwerveling van bodemdeeltjes speelde een belangrijke rol bij de afwezigheid van de waterplanten in de sloten van het Wormer- en Jisperveld (Van Diggelen, 2013). Van Diggelen (2013) vond ook dat wanneer opwerveling in sloten in het veenweidegebied beperkt kan worden, door bijvoorbeeld isolatie, de helderheid van het water leidt tot de vestiging van waterplanten. Het voorkomen van afkalving en baggervorming is daarom belangrijk. Wanneer de vegetatie goed ontwikkelt zal dit een positief effect hebben door minder afkalving en baggervorming en daardoor minder turbiditeit, betere waterkwaliteit en mogelijk ook minder uitstoot van broeikasgassen zoals methaan uit de onderwaterbodem; een positieve vicieuze cirkel.

De waterbodem kan van invloed zijn op de vegetatieontwikkeling wanneer toxische concentraties aan sulfide en ammonium worden gevormd. Sulfaatverrijking op locaties met een lage beschikbaarheid van ijzer in de bodem kan voor een aantal waterplanten en helofyten leiden tot toxische concentraties van sulfide (Smolders, et al. 2006). De hoge concentraties ammonium die gemeten werden (en bij hoge pH, ammonia) kunnen echter ook toxisch zijn voor waterplanten, macrofauna en vis (Gylstra et al., 2015).



## ZONERING VAN DE OEVERZONE



## INVLOED VAN DIVERSE STANDPLAATSFACTOREN

Invloed van diverse standplaatsfactoren op de vegetatieontwikkeling in verschillende oeverzones. xx = grote invloed; x = invloed; 0 = geen invloed.

STANDPLAATS-FACTOR	AQUATISCHE ZONE	AMFIBISCHE ZONE	TERRESTRISCHE ZONE
Doorzicht	xx	x	0
Saliniteit (water & bodem)	xx	xx	xx
Beschaduwing	x	x	x
Trofiegraad water (NP)	xx	x	0
Trofiegraad bodem (NP)	xx	xx	xx
Toxiciteit (S, NH <sub>4</sub> , Fe)	x	x	x
Golfslag	xx	xx	0
Waterdiepte	xx	x	0
Verstoring (vraat, betreding)	x	xx	xx
Buffercapaciteit waterlaag	xx	x	0
Zuurgraad bodem	0	x	xx
Bodemtype	x	x	x
Koolstoflimitatie	x	0	0
Kwel/wegzijing	x	x	x
Expositie	x	x	x

Figuur 3-4 Zonering van de oeverzone en de invloed van diverse standplaatsfactoren op de vegetatieontwikkeling (Sollie et al., 2011).

Voor de ontwikkeling en instandhouding van ondergedoken waterplanten is het van belang dat de nutriëntenbelasting laag is en er voldoende licht tot de waterbodem kan doordringen. Desondanks zijn er verschillende voorbeelden bekend waarbij ondergedoken waterplanten tot ontwikkeling komen ondanks een relatief hoge nutriëntenbelasting maar wel met voldoende licht. Helaas zijn er ook voorbeelden waarbij juist algen of blauwalgen tot ontwikkeling komen als het doorzicht verbetert maar de nutriëntenbelasting (veel) te hoog blijft (Bekker et al., 2013).

In principe is wat betreft de ontwikkeling van oevervegetatie veel mogelijk. Voor de ontwikkeling van een basis oevervegetatie met riet, lisdodde, gele lis en zegges om de oever te beschermen is waterkwaliteit niet belemmerend wanneer het doel een stabiele oever is (interview F. Smolders). In een heldere sloot, zou ook krabbescheer zich kunnen ontwikkelen. Bij een geringe waterdiepte kan lisdodde optimaal profiteren van een voedselrijke slootbodems en kan in korte tijd dominant worden. Deze soort zorgt (enigszins) voor versteviging van de slibbodem waarin het zich vestigt en beperkt daardoor weer de opwerveling (Van Diggelen, 2013).

De vegetatieontwikkeling is direct afhankelijk van de aanwezige waterdiepte en de variatie daarin (zie ook §3.4.1). Hoe meer variatie in waterdiepte binnen een oever, hoe meer soorten zich (potentieel) kunnen vestigen en handhaven (Sollie et al., 2011). Bij de ontwikkeling van natuurvriendelijke oevers (NVO) wordt daarom gestreefd naar een flauw talud, zowel boven- als onderwater, dat zo nodig met een vooroever wordt beschermd tot de vegetatieontwikkeling voldoende is ontwikkeld.

### Vegetatie in relatie tot oeverafkalving

**Concluderend** kan gesteld worden dat vegetatie twee functies kan vervullen voor een stabiele oever; het beschermt de oever tegen externe krachten zoals golfslag en stroming en het wortelstelsel biedt structuur aan de (verzakte) oever. Op locaties waar golfslag en stroming een risico zijn, kunnen soorten als riet, lisdodde, gele lis en zegges de oevers beschermen. Op locaties met (een risico op) oeververzakking is vegetatie met een dicht wortelstelsel essentieel voor de stabiliteit. Wanneer de vegetatie goed ontwikkelt zal dit niet alleen leiden tot minder afkalving maar ook een positief effect hebben op een vermindering van de baggervorming. Minder bagger zorgt voor minder turbiditeit, betere waterkwaliteit en mogelijk ook minder uitstoot van broeikasgassen zoals methaan; een positieve vicieuze cirkel.

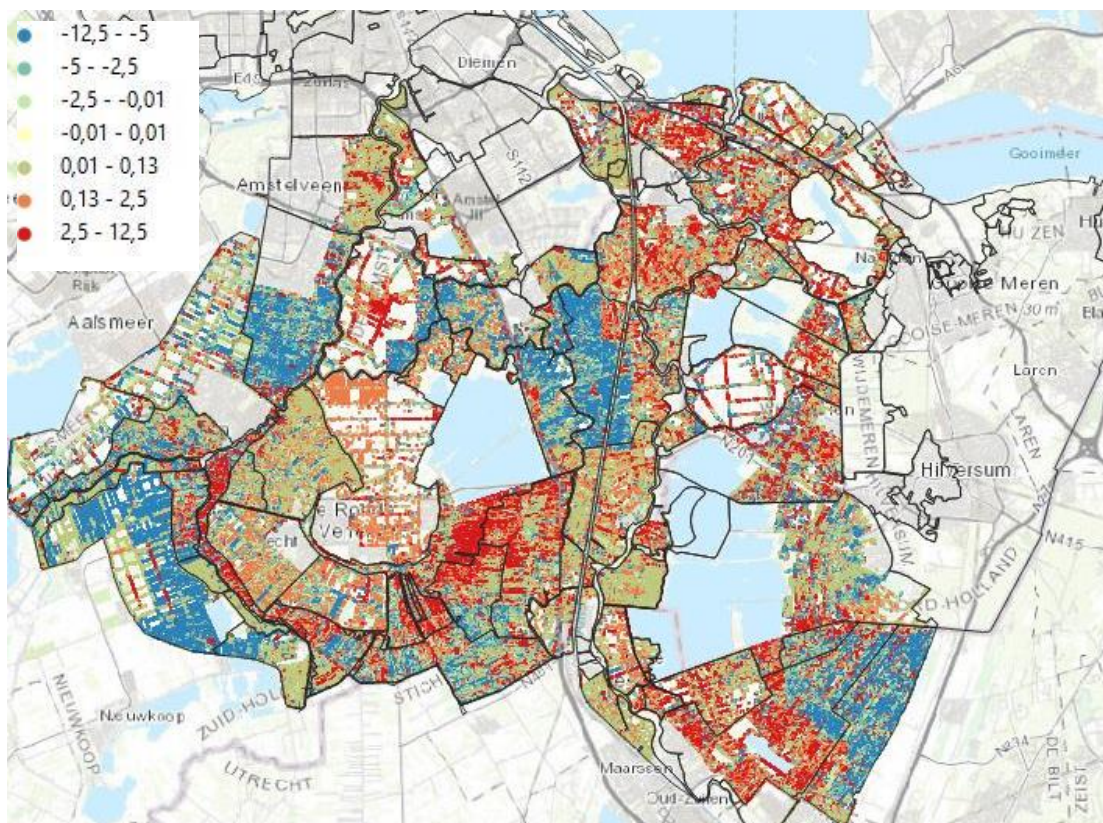
## 4 Resultaten gebiedsanalyse veenweide

In dit hoofdstuk wordt specifiek besproken welke (combinatie aan) oorzaken in het veld leiden tot oeverafkalving op basis van de statistische analyse, interviews met agrariërs en metingen aan oevers. Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd:

- Inzicht in de ruimtelijke variatie in de mate van afkalving in het beheergebied van AGV;
- De resultaten van de statistische analyse;
- De oorzaken voor afkalving zoals aangegeven door de deelnemende agrariërs;
- De resultaten van de veldstudie.

### 4.1 Afkalving binnen beheergebied Waterschap AGV

De verandering tussen 2003 en 2019 in de breedte van de watergangen binnen het landelijke gebied van Waterschap AGV voor alle oeverpunten (per 10m oever) zoals bepaald op basis van het verschil in ingetekende waterlijnen is weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1 Overzicht van de verandering in breedte van de watergang zoals bepaald op basis van een ruimtelijke analyse tussen 2003 en 2019 (cm/jaar, S. Fritz, Waternet). Rood geeft aan dat de watergang breder is geworden (afkalving) en blauw geeft aan dat de watergang smaller is geworden (oeververzakking).

De kaart laat zien dat binnen het beheergebied van Waterschap AGV zowel afkalving als oeververzakking plaatsvindt. Bij afkalving wordt de watergang breder en bij verzakking wordt de watergang smaller. De mate waarin dit gebeurt verschilt binnen het gebied. Het interessantste aan deze analyse is dat oeververzakking (smaller worden sloot) bijna net zoveel voor lijkt te komen als oeverafkalving (breder worden sloot). Op veel plekken was er echter geen of slechts een beperkte meetbare verandering in de oeverlijnen tussen 2003 en 2019 (geel en groen in Figuur 4-1). Dit kan twee dingen betekenen; de oevers zijn stabiel óf de mate van verzakking is in evenwicht met de mate van afkalving. In de statistische analyse kan dit onderscheid niet worden gemaakt maar in de detailanalyse kan dit wel worden onderzocht.

Op de kaart zijn de verschillende polders duidelijk te herkennen. In sommige gebieden lijkt er een scheiding te zijn bij de peilgebieden, bijvoorbeeld in Maarsseveen-Westbroek (zuidoost hoek). Binnen afzonderlijke polders zit echter zit een systematische overschatting of onderschatting. Hier zijn verschillende oorzaken voor:

- De watervlakken zijn per gemeente op een andere manier ingetekend; bijvoorbeeld op de insteeklijn of op de oeverlijn. Het intekenen is per gemeente gebeurd. Mogelijk is hier geen duidelijk protocol voor dat door alle gemeentes wordt gebruikt.
- De nauwkeurigheid van de karteringen kan plaatselijk verschillen en daarmee van invloed zijn op het resultaat. Het lijkt erop dat de karteringen van 2003 in sommige gevallen fouten bevat door verkeerde georeferenties wat leidt tot een verschuiving van de kaart.
- Het peilbeheer is voor 2019 anders dan voor 2003 waardoor (door de taludgradient) de waterbreedte ook is veranderd. Als gevolg van nieuwe peilbesluiten waarbij het waterpeil over het algemeen is geïndexeerd voor de bodemdaling kunnen de peilen met 3 tot 10 cm zijn verlaagd. Bij een talud van 1:1,5, leidt dit tot versmallingen van de waterbreedte tussen 9 en 30 cm. In sommige gebieden is sprake van gefixeerd peil.
- In sommige gebieden was het niet mogelijk om de afwijking te bepalen doordat de benodigde data niet beschikbaar was. Dit is bijvoorbeeld het geval voor Groot Mijdrecht.

Het bleek niet mogelijk om deze systematische 'fouten' te corrigeren op basis van de variatie binnen polders of binnen ecologische aandachtsgebieden.

De kaart is voorgelegd aan de specialisten van Waternet op het gebied van baggeren (André Sijm, team Waterlopen, verantwoordelijk voor het onderhoud van de hoofdwatertangen). Het is echter lastig te zeggen in hoeverre de baggerhoeveelheden, met name van de hoofdwatertangen, overeenkomen met de mate van afkalving. Vanuit het veld is weinig terugkoppeling van waar er afkalving plaatsvindt en waar niet. Daarbij komt dat de uitbesteding van het baggeren gebeurt op basis van kilometers en niet op basis van kuubs zodat de daadwerkelijke hoeveelheden die gebaggerd zijn vaak niet bekend zijn. De inschattingen voor de hoeveelheid bagger wordt normaliter gedaan op basis van een standaard aanwas over het slootprofiel van gemiddeld 2-4 cm/jaar. De verschillende gebieden van de afkalvingskaart waar veel afkalving plaatsvindt worden wel herkend. Met name de relatief sterke afkalving in de natte veengebieden sluit aan bij de verwachting.

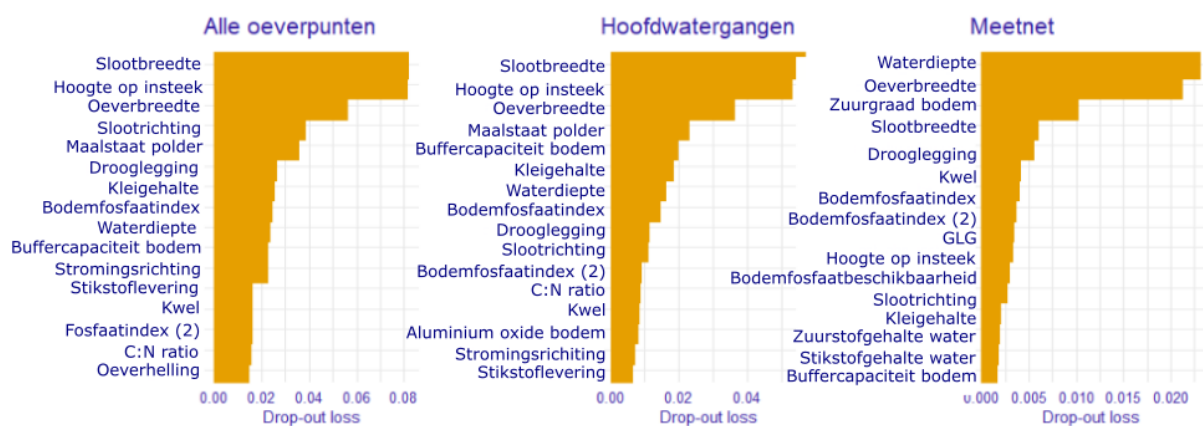
## 4.2 Resultaten statistische analyse waterschap AGV

In de statistische analyse is onderzocht welke variabelen de verandering in de breedte van de watertangen (gemeten verschil in de oeverlijnen tussen 2003 en 2019) in het beheergebied van AGV kan verklaren. De statistische analyse heeft voor- en nadelen. Naast het inzicht dat zowel afkalving (verbreding) als verzakking (versmalling) belangrijke processen zijn, is het voordeel dat over het gehele beheergebied de belangrijkste verklarende variabelen en processen bepaald kunnen worden. Het nadeel is dat alleen die factoren en processen geïdentificeerd kunnen worden waarvan de bepalende variabelen in het model zitten. Plat gezegd; wat er niet in zit komt er ook niet uit. Daarnaast zijn sommige variabelen – zoals peilbeheer – wel opgenomen in het model maar is de relatie met afkalving niet lineair omdat peil op verschillende manieren effect heeft op de mate van afkalving (zie §3.4.2). De statistische

aanpak geeft gebiedsbreed inzicht in sturende variabelen, en meer inzicht in generieke patronen die nooit uit een beperkte veldanalyse komen en is daarmee complementair aan de veldstudie.

De belangrijkste (top-16) variabelen zijn weergegeven in Figuur 4-2. De variabelen zijn gesorteerd op basis van de mate waarin zij verklarend zijn voor de verandering in slootbreedte, zowel positief (afkalving) als negatief (oeververzakking). De modellen met alle datapunten (1) en alleen de hoofdwatgangen (2) geven nagenoeg dezelfde verklarende variabelen. Het model op basis van de meetnet data (3) presteert slechter dan de andere twee modellen omdat er minder datapunten zijn om het model op te ontwikkelen. Op een enkele variabele na geeft ook dit model echter dezelfde resultaten.

Over het hele beheergebied van AGV komt duidelijk naar voren dat de breedte van de watergang en de breedte van de oever (waterlijn tot insteek) sterk bepalend zijn voor de mate van afkalving dan wel verzakking. Daarnaast blijken variabelen een verandering in de breedte van de watergang te verklaren die niet direct zijn gerelateerd aan de mate van afkalving, maar juist bepalend zijn om een deelgebied of polder te herkennen. Dit zijn bijvoorbeeld de variabelen hoogteligging en kleigehalte. Het was niet verwacht dat het model variabelen nodig heeft om deelgebieden of polders te herkennen. De opzet is namelijk zo gekozen dat een model wordt ontwikkeld op een deel van de data en wordt getest op een ander deel van de data. Zorg is besteed dat de verdeling van de data 'eerlijk' gebeurt en dat beide groepen data eenzelfde verdeling hebben over de ruimte. Het is waarschijnlijk dat het model de systematische verschillen in de manier van intekenen tussen de polders probeert te verklaren.



Figuur 4-2 De belangrijkste sturende factoren die samenhangen met de ruimtelijke variatie in de oeverafkalving binnen het beheergebied van waterschap AGV voor de drie modellen. De variabelen zijn gesorteerd op basis van de mate waarin zij verklarend zijn voor de verandering (zowel positief als negatief) in de breedte van de watergang. De drie modellen zijn: 1) gebaseerd op alle oeverpunten; 2) oeverpunten in de hoofdwatgangen en 3) de oeverpunten die samenvallen met het meetnet waterkwaliteit.

Voor elke afzonderlijke variabele is berekend wat het effect is van een verandering van deze variabele op de uitkomst van het model (afkalving dan wel verzakking). Dit is in Figuur 4-3 gevisualiseerd voor de variabelen die in alle drie de modellen relatief veel invloed op de uitkomst hebben en die logischerwijs gerelateerd zijn aan (fysische) processen. De in Figuur 4-3 weergegeven trends zijn voor elk van de drie modellen vergelijkbaar, maar in het model waarbij alle oeverpunten zijn gebruikt, zijn de effecten het duidelijkst zichtbaar omdat dit het best presterende model was.

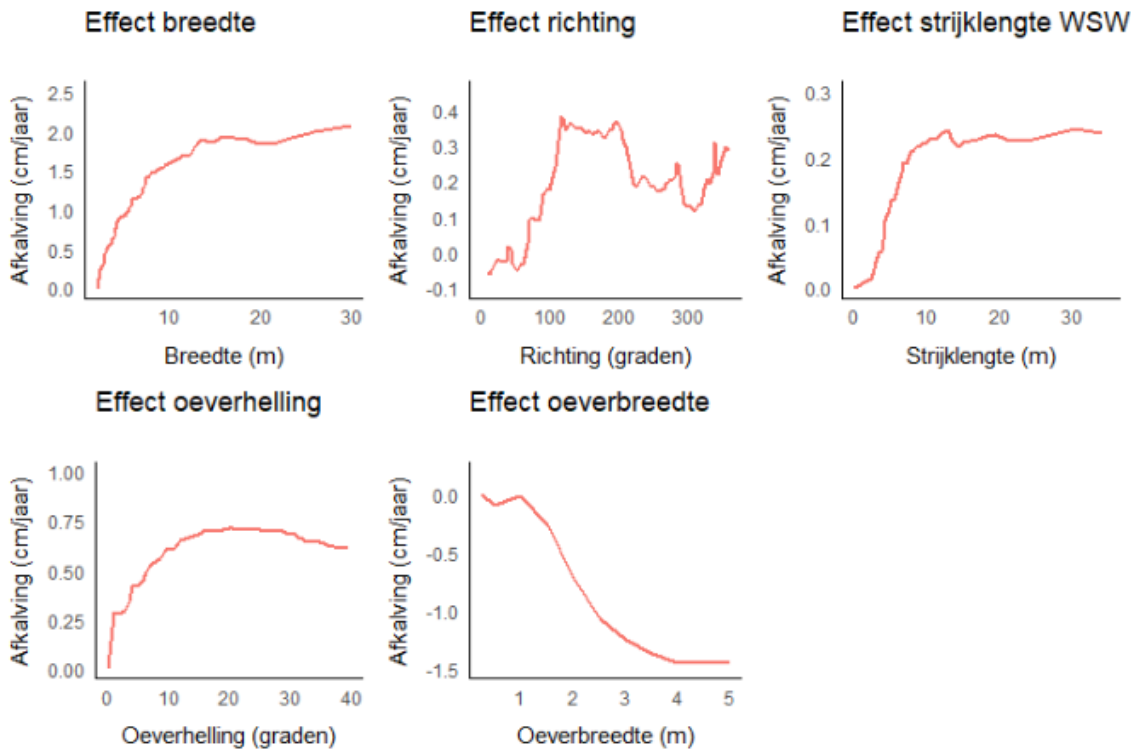
Op basis van het statistisch verklarende model kunnen drie belangrijke conclusies worden getrokken:

1. De mate van afkalving (breder worden watergang) is gerelateerd aan het talud van de oever; hoe steiler het oevertalud des te groter is de afkalving. Tot een oeverhelling van ca 20 graden (talud van ca. 1:2.5) neemt de afkalving bijna lineair toe (Figuur 4-3).
2. Golfslag blijkt, op basis van het belang van de verklarende variabelen breedte van de sloot, richting/ orientatie en berekende strijklengte, duidelijk te leiden tot een verbreding van de sloot en dus tot afkalving. Dit effect is in alle modellen duidelijk zichtbaar. Er is sprake van een grotere

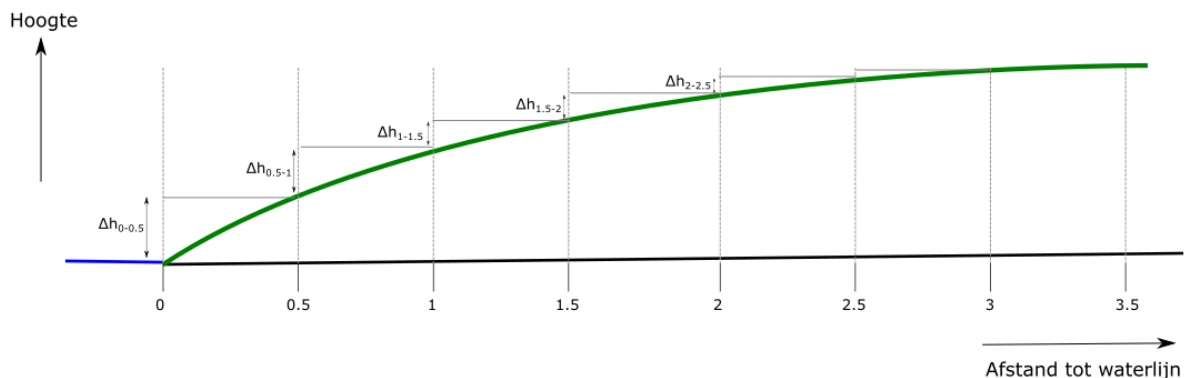


afkalving bij een toenemende slootbreedte en waarbij de oriëntatie van de oever zo is gelegen dat de wind vanuit W-WSW richting er meer vat op heeft (Figuur 4-3). De mate van afkalving neemt toe tot een slootbreedte van zo'n 12 m. Bij nog bredere sloten is het effect op afkalving onverminderd hoog.

- De breedte van de oever (waterlijn tot insteek) is de belangrijkste verklarende variabele voor het smaller worden van een sloot door oeververzakking. De oeverbreedte is gedefinieerd als de breedte van de waterlijn tot het punt waarop het hoogteverschil over een interval van 0,5m kleiner wordt dan 5cm (zie Figuur 4-4). Het betreft hier oevers met een (zeer) vlak talud. Een toename in de breedte van de oever tot ongeveer 3m leidt, als gevolg van verzakking, tot een smallere watergang.



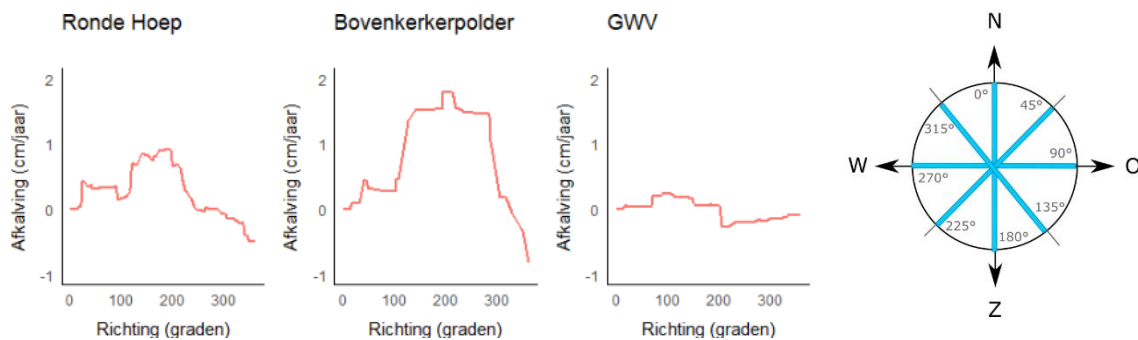
Figuur 4-3 Figuren waarin het effect wordt weergegeven van een verandering in de afzonderlijke verklarende variabelen op de uitkomst van het model (Accumulated Local Effects plots (ALE)). Let op, de y-as varieert in de verschillende figuren; hoe hoger het effect van een bepaalde variabele op de uitkomst, des te hoger het aantal cm afkalving op de y-as. Wanneer afkalving positief is wordt de watergang breder en wanneer afkalving negatief is wordt de watergang smaller (verzakking).



Figuur 4-4 Illustratie van de bepaling van de breedte van de oever. De breedte van de oever wordt bepaald als de afstand tot de waterlijn waarvoor geldt dat het hoogteverschil met een halve meter dicht bij de waterlijn ( $\Delta h$ ) kleiner is dan 5 cm.



Het effect van golfslag en de onderliggende variabelen op de voorspelde afkalving varieert tussen de verschillende polders. Zo is het effect van de oriëntatie van de sloot op een bepaald oeverpunt in de typische klei op veen Bovenkerkerpolder aanzienlijk groter dan in de veenpolder Rondehoep of het veengebied rond Groot Wilnis Vinkeveen (Figuur 4-5). Een mogelijke verklaring, onder andere op basis van de resultaten uit de veldstudie, is dat oevers in de typische veenpolders over een grotere breedte ook verzakken wat leidt tot een versmalling van de sloot. Netto lijkt golfslag dan een geringer effect te hebben. Voor strijklengte is een vergelijkbaar verschil waargenomen tussen polders.



Figuur 4-5 Links: illustratie van het effect van de oriëntatie (richting) van de oever op de voorspelde afkalving in de polders Ronde Hoep, de Bovenkerkerpolder en het gebied rond Groot Wilnis Vinkeveen. Rechts: visualisatie ter verduidelijking van de gebruikte richtingsnotatie van de oevers.

## 4.3 Resultaten veldstudie

### 4.3.1 Interviews boeren

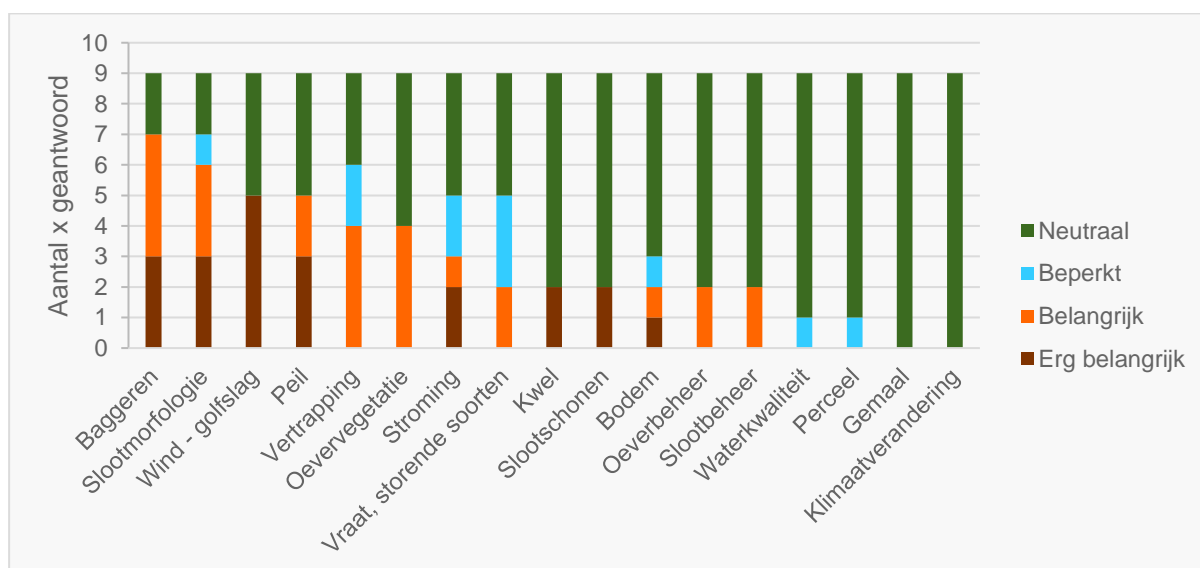
In het veldonderzoek zijn op verschillende locaties in het beheergebied van AGV en HDSR oevers onderzocht (Zie Figuur 2-2 voor de locaties) en zijn interviews gehouden met boeren over oevers van hun percelen die te leiden hebben onder afkalving. De bezochte agrarische bedrijven hebben allemaal in bepaalde mate last (gehad) van oevererosie. Tabel 4-1 geeft meer gedetailleerde informatie over type sloot en de mogelijke oorzaken en oplossingen in de eigen woorden van de boeren. Er was sprake van afkalving en bij sommige locaties was er sprake van oeververzakking. De problemen spelen bij de meeste bedrijven al meerdere jaren. Sommige bedrijven gaven aan dat de afkalving sinds een bepaalde gebeurtenis (bijv. baggeren of wijziging peilbeheer) sterk is toegenomen.

In gestandaardiseerde interviews met de boeren is onderzocht wat naar hun mening de belangrijkste (combinatie aan) oorzaken zijn voor afkalving van de onderzochte oevers. Ze konden uit een lijst met mogelijke oorzaken kiezen en aangeven welke van belang zijn voor hun oevers. Omdat elke situatie, tot op zekere hoogte verschilt, zijn per locatie verschillende combinaties aan oorzaken aangewezen (Figuur 4-6). De belangrijkste oorzaken liggen volgens de boeren met name in de fysische processen; baggeren, wind en golfslag. Een ongunstige slootmorfologie (te steil talud en/ of te breed of te diep) is ook aangegeven als zeer belangrijk maar steeds als resultante van golfslag, stroming en/ of baggeren. Op twee locaties, beide in Baambrugge- oost, was kwel duidelijk een belangrijke factor volgens de boeren (§3.3.3). Deze locaties worden beïnvloed door een 'lek' in de bodem van het nabijgelegen Amsterdam- Rijnkanaal dat voor een sterke kweldruk zorgt.

Klimaatverandering is niet aangewezen als mogelijke oorzaak op de onderzochte locaties. Het is mogelijk dat dit komt omdat dit tijdens de interviews onvoldoende is toegelicht. Waterkwaliteit en het management van het aangrenzende perceel zijn slechts door 1 deelnemer als beperkt relevant ervaren. Deze factoren zijn veelal geen directe maar indirecte potentiële oorzaken voor afkalving waardoor deze mogelijk niet als belangrijk werden ervaren.

Tabel 4-1 Overzicht van de onderzochte locaties met een typering van de onderzochte sloot en de mogelijke oorzaken en oplossingen volgens de perceeleigenaar/ gebruiker. De omschrijving van de locaties is gebaseerd op de polder; GWV staat voor Groot Wilnis-Vinkeveen, RH voor Rondehoep, BKP voor Bovenkerkerpolder, BBO voor Baambrugge-oost en HDSR voor het beheergebied van HDSR (zie ook Figuur 2-2).

Locatie	Type sloot	Mogelijke oorzaken (boer)	Mogelijk oplossingen (boer)
GWV-1	Brede sloot dicht bij gemaal en Vinkeveense plassen	Golfslag en drooglegging. Grondwater zijgt weg naar VV-plassen. Vlakbij gemaal	Hoger peil, minder drooglegging. Oeverbescherming palen en takken
GWV-2	Lange slappe oevers. Oevers die over 2 meter zijn uitgetrapt en weggezaakt.	Geen zwarte aarde – versnelde mineralisatie van het veen!	Een goede grasmat houdt de oever bij elkaar – vervilting van de graszode.
GWV-3	Sloot 1 bij bedrijf sterke afkalving	Structureel te diep gebaggerd in de jaren '60 tot '80. Geen vegetatie meer.	Belangrijk om wind en golfslag te breken
RH-1	Brede sloot, steile oever	Lage grond icm hoge en flexibele waterpeilen	Vaste drinkplaatsen voor koeien
RH-2	Brede sloot (wetering)	Wind en golfslag door brede sloot, kreeften	Minder diep baggeren
BBO-1	Veel wellen door kweldruk vanuit AR-kanaal. Slappe oevers	Wellen. Acties uit verleden (baggeren kanaal, graven te diepe sloten). Nu: te weinig slootschonen	Vaker slootschonen, drinkbakken tegen vertrapping
BBO-2	In sloot, slootranden en in perceel wellen vanuit het AR-kanaal	Veel kwelwater icm te weinig slootschonen	Vaker slootschonen door waterschap
BKP	Brede sloot, erg steile oever	Wind en golfslag, veel hollen	Beschoeiing, goede vegetatie
HDSR-1	Brede eigen sloten met meer of minder oeverafkalving	Wind en golfslag door brede sloot	Slimmer peilbeheer - minder wisselingen peil, aanleggen vegetatie
HDSR-2	Afkalving wetering	Diep baggeren 3 à 4 jaar geleden	Onderwaterbeschoeiing, zegge geleiden
HDSR-3	Afkalving hoofdwatergangen: weggezaakte oevers	Diep baggeren, vertrapping	Oeverbescherming, oever met riet



Figuur 4-6 Resultaten van de interviews met deelnemers waar ook het detailonderzoek heeft plaatsgevonden. In het interview zijn de mogelijke oorzaken genoemd waarna de deelnemer aangaf of en in weke mate dit in zijn sloten speelt.

**Baggeren.** In de interviews is volgens de meeste deelnemers te diep baggeren een belangrijke of soms dé belangrijkste oorzaak voor afkalving van de onderzochte sloten. Voor twee locaties in HDSR gebied en 1 in AGV gebied wordt dit ervaren als de belangrijkste oorzaak, dit betreft hoofdwatgangen. Sommige boeren geven aan dat de afkalving extra is toegenomen sinds te diep is gebaggerd. Het baggeren kan leiden tot instabiliteit in het talud waardoor kanten steiler worden en makkelijker afbrokkelen of afglijden. Anderzijds wordt op de locaties met veel kwel (Baambrugge) ook aangegeven dat het belangrijk is om vaak genoeg te baggeren om een goede doorstroming te waarborgen. Baggeren en oeverafkalving kunnen samen een vicieuze cirkel vormen wanneer de oever geen tijd/ rust genoeg heeft voor herstel en de instabiliteit blijft.

**Slootmorfologie.** Dit wordt door de meeste deelnemers als heel belangrijk ervaren om drie redenen; 1. te breed waardoor golfslag ontstaat, 2. te diep door te diep baggeren en 3. te steile oever – talud moet flauw zijn om golfslag goed op te kunnen vangen. Het eerste punt werd genoemd door deelnemers met sloten breder dan ongeveer 10m. In de bredere sloten werd de combinatie van brede sloten en grote drooglegging/ steile oevers als de belangrijkste oorzaak voor afkalving benoemd.

**Wind- en golfslag.** Deze oorzaak werd door vier deelnemers als niet belangrijk ervaren. Voor alle anderen werd het als erg belangrijk ervaren. Het werd als de belangrijkste oorzaak genoemd door deelnemers met een brede sloot (>6m) met de oriëntatie in de windrichting ONO /NNO. Bij deze oevers kan bij westenwind meer golfslag ontstaan (strijklengte) ten opzichte van oevers die haaks op de westenwind liggen (N). Eén deelnemer met een smallere sloot gaf ook aan dat wind- en golfslag erg belangrijk is, daar vond de afkalving met name plaats op het brede deel van de sloot waar meerdere sloten kruisen. Daar was door zowel stroming (haakse sloot) als golfslag (breedte van de sloot door kruispunt) de oever heel steil (bijna 90 graden) geworden.

**Peil.** In een paar gebieden wordt de afkalving aan een verandering van het peil toegeschreven. De boeren gaven aan dat een verlaging van het peil erg slecht voor de oever is als er een (groot) gedeelte onbegroeide oever vrij/ 'zwart' komt te liggen. Daarnaast wordt de sterke wisselingen van het peil als reden genoemd; door de automatisering van het gemaal wordt het peilbeheer reactief (als peil boven een bepaald niveau dan gaat de bemaling aan) in plaats van vooruitziend (veel neerslag verwacht, dan bemaling alvast aan). Op de twee kwel-gedomineerde locaties wordt een sterke daling van het waterpeil binnen korte tijd (40 cm verval in 24 uur) als belangrijkste oorzaak gezien. De peilverzakking wordt veroorzaakt door slootschonen waarbij het verzadigde veenpakket plotseling droog komt te liggen waardoor het zijn stabiliteit verliest en uitzakt.

**Stroming.** Stroming werd door vier van de negen deelnemers als belangrijk ervaren. In het veld is het effect van stroming goed zichtbaar bij sloten die haaks op elkaar staan (Figuur 3-3).

**Holen, woelen, vraat.** Holen van bijvoorbeeld de Amerikaanse rivierkreeft werd slechts beperkt als belangrijke oorzaak ervaren op de onderzochte oevers. Tijdens het veldwerk was op bepaalde oevers zichtbaar dat vraat en muizenholen in belangrijke mate bijdraagt aan de erosie.

**Oevervegetatie.** Het begroeid zijn van de oevers werd door deelnemers als belangrijke factor aangegeven voor stabiele oevers en de afwezigheid van vegetatie als belangrijke factor voor instabiele oevers. Deelnemers geven aan dat dit in de praktijk kan komen door vertrapping door het vee of door vertrapping/versmering door watervogels (op sommige plekken zitten 's winters veel smienten). De oevervegetatie kan wellicht snel hergroeien in het voorjaar/zomer, maar de afkalving vindt juist plaats in de kritieke winterperiode (veel harde wind met regen).

### 4.3.2 Afkalving in het veld

In de veldstudie wordt duidelijk dat onderscheid gemaakt moet worden tussen afkalving en oeververzakking. Dit is in overeenstemming met de resultaten van de statistische analyse. Om de resultaten in het veld te kunnen duiden is voor de in het veld onderzochte locaties op gedetailleerde satellietbeelden nagegaan hoe groot de afkalving was tussen 2009 en 2019. Op een aantal locaties was de uit deze beelden berekende afkalving verwaarloosbaar klein of niet waarneembaar door de

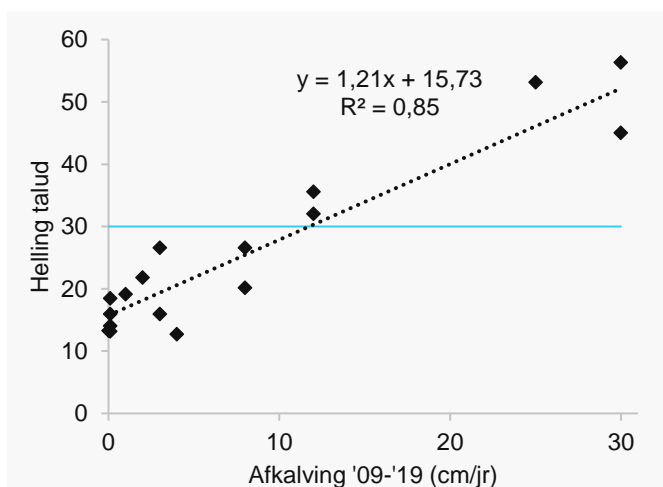
oevervegetatie en resolutie van de satellietbeelden. Toch werd door de boer afkalving ervaren. In deze sloten was veelal sprake van oeververzakking. Dit is te herkennen aan een brede (>1m) strook land dat ten opzichte van de insteek is verzakt richting sloot.

De mate van afkalving zoals gebaseerd op satellietbeelden is lineair gerelateerd aan de in het veld gemeten helling van het talud tussen waterlijn en insteek (Figuur 4-7). Hoe steiler het talud des te groter is de afkalving. Als omslagpunt kan een helling van 30 graden (1:1.7) of meer worden aangehouden. Boven dit omslagpunt was de indicatieve afkalving meer dan 10 cm/ jaar. In het veldonderzoek kwam dit alleen voor op de locaties met klei op veen.

Een steil talud (waterlijn tot insteek) is het gevolg van fysische processen waarbij de kracht van wind, stroming en zwaartekracht (baggeren) leidt tot afkalving. Welk proces van toepassing is op een bepaalde oever is af te leiden uit de strijklengte (breedte en oriëntatie van de sloot ten opzichte van de wind) en stroming (wateropgave ten opzichte van dimensionering). De invloed van baggeren is moeilijk af te leiden omdat het niet om een (semi-) continu proces gaat maar om een handeling op een bepaald tijdstip die mogelijk te rigoureuus is uitgevoerd. Indicaties voor te rigoureuus baggeren in het veenweide zijn:

- Steil oevertalud waar dit niet verklaard kan worden op basis van golflslag en stroming;
- Diepte sloot meer dan 0,2 keer de breedte van de sloot (afgeleid uit data veldonderzoek);
- Bij klei op veen dat de veenlaag onder de klei laag uit is gegleden waardoor de kleilaag niet meer wordt ondersteund;
- Relatief veel bagger aangetroffen, afhankelijk van het gebied leidt baggeren lokaal tot de aanwas van bagger.

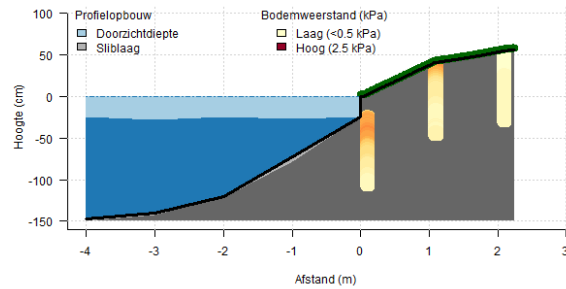
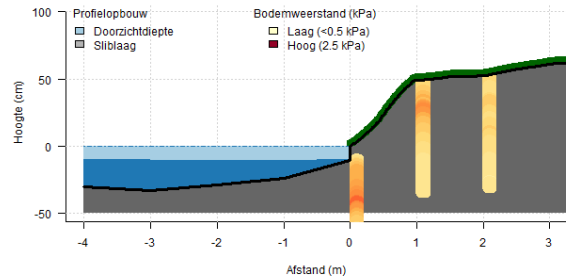
Op de oevers waar golflslag en stroming sterk zijn is er geen bagger of slechts zeer beperkt. Dit wordt afgezet in de luwere delen van de watergang.



Figuur 4-7 Relatie tussen helling van de oever (waterlijn tot insteek) en de afkalving zoals bepaald op basis van satellietbeelden tussen 2009 en 2019.

Twee van de onderzochte locaties waar op de satellietbeelden de afkalving duidelijk meetbaar is, zijn weergegeven in Figuur 4-8. In de Bovenkerkerpolder is het oevertalud zeer steil geworden door de continue werking van stroming en golflslag op de oever. Op plekken is de onderkant van de oever weg geërodeerd. Opmerkelijk is de afwezigheid van bagger en de geringe waterdiepte (33 cm diep). De sloot is 6m breed maar door de haakse sloot op die locatie is de sloot effectief veel breder.

Op de locatie in het beheergebied van HDSR, Reyerscop (net ten zuiden van Harmelen) zijn op twee van de onderzochte locaties de sloten 7 tot 8 meter breed en met 1 tot 1,5m diepte relatief diep in vergelijking met de andere onderzoeklocaties. Het talud is steiler dan 30 graden wat duidt op fysische krachten die op de oever werken. De perceeieigenaar geeft aan dat de afkalving met name plaats heeft gevonden nadat te diep is gebaggerd in opdracht van het waterschap. Dit lijkt op basis van de slootkarakteristieken (relatief kleine strijklengte, en beperkte stroomsnelheid) plausibel.

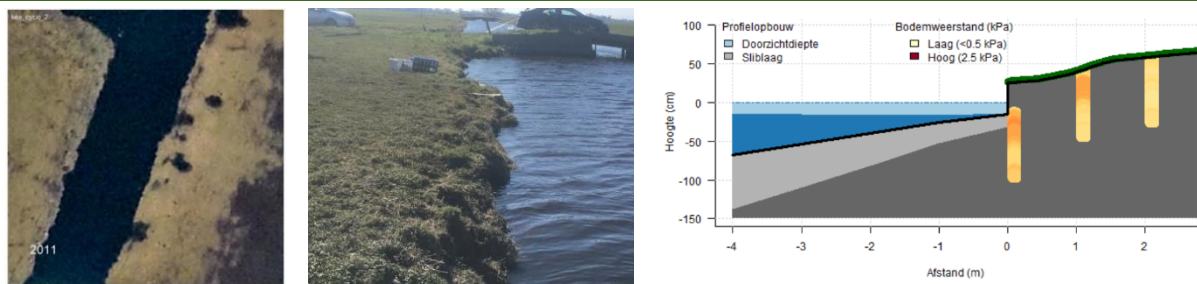


*Figuur 4-8 Twee van de locaties waar afkalving duidelijk zichtbaar is op satellietbeelden. Boven is de situatie in de Bovenkerkerpolder klei op veen met een steil oevertalud en onder Reijerscop (ten zuiden van Harmelen) met vrij steile oevers en een relatief grote slootdiepte.*

Een heel andere situatie doet zich voor in het natuurgrasland in het zuidoostelijke deel van het weidevogelreservaat in polder de Ronde Hoep (driehoek in Figuur 4-7 en Figuur 4-9) waar door peilverhoging (flexpeil) de drooglegging (30cm) gering is geworden en het perceel over een grote breedte zeer vlak is. De waterbergingscapaciteit van het perceel is daarmee gering, dit is ook te zien op de satellietbeelden waar in natte periodes grote plassen op het land staan. Op de waterlijn is de oever echter wel heel steil. De situatie lijkt op een verzakte oever maar dan over een grotere breedte (10-tallen meters) met slap en drassig veen dat op de waterlijn te lijden heeft van afkalving door golfslag en stroming en mogelijk baggeren.

In de 12m brede Meentsloot is de diepte op 4m van de oever slechts zo'n 40cm water plus 40cm bagger. In het gebied wordt door de boeren vrij intensief gebaggerd (1 tot 2 keer per jaar). In het noordelijke deel van de Rondehoep is dezelfde Meentsloot ook slechts 40cm diep met 40cm bagger. De drooglegging is daar echter 50cm en de afkalving is met 3cm/jaar over de afgelopen 10 jaar een factor 10 lager dan de bemonsteringslocatie in het zuidelijke deel. Het zuidelijke deel is door de lagere ligging beduidend natter dan het noordelijke deel (Swart et al., 2016). In het zuidelijke wordt een flexibel peilbeheer gehanteerd. In de wintermaanden kan het lager gelegen zuidelijke deel van het reservaat (deels) onderwater komen te staan door een hoger slootpeil – op een aantal percelen tot maaiveld. Dit leidt ertoe dat in het vroege voorjaar de grasvegetatie nagenoeg verdwenen is. Voor weidevogels is dit overigens een zeer gunstige situatie (Mark Kuiper, Collectief Noord-Holland Zuid). Naast de geringere drooglegging en flexibel peilbeheer is ook het beheer zeer extensief geworden – alleen vaste mest en 1 á 2 keer maaien en eventueel naweiden. Het verweken van de oevers en de afwezigheid van vegetatie en worteling ten tijde dat de oever in het vroege voorjaar juist stevigheid nodig heeft ter bescherming tegen stroming en golfslag is de meest plausibele oorzaak voor de zeer sterke afkalving op de meetlocatie in het zuidelijke deel van de Rondehoep in het weidevogelreservaat. Dit is in lijn met de studie van (Swart et al, 2016) waar verzakking en afkalving in het zuidelijke deel werd geassocieerd met vertrapping en windwerking op de onbegroeide oever dat als gevolg van vernatting minder stabiel is geworden.



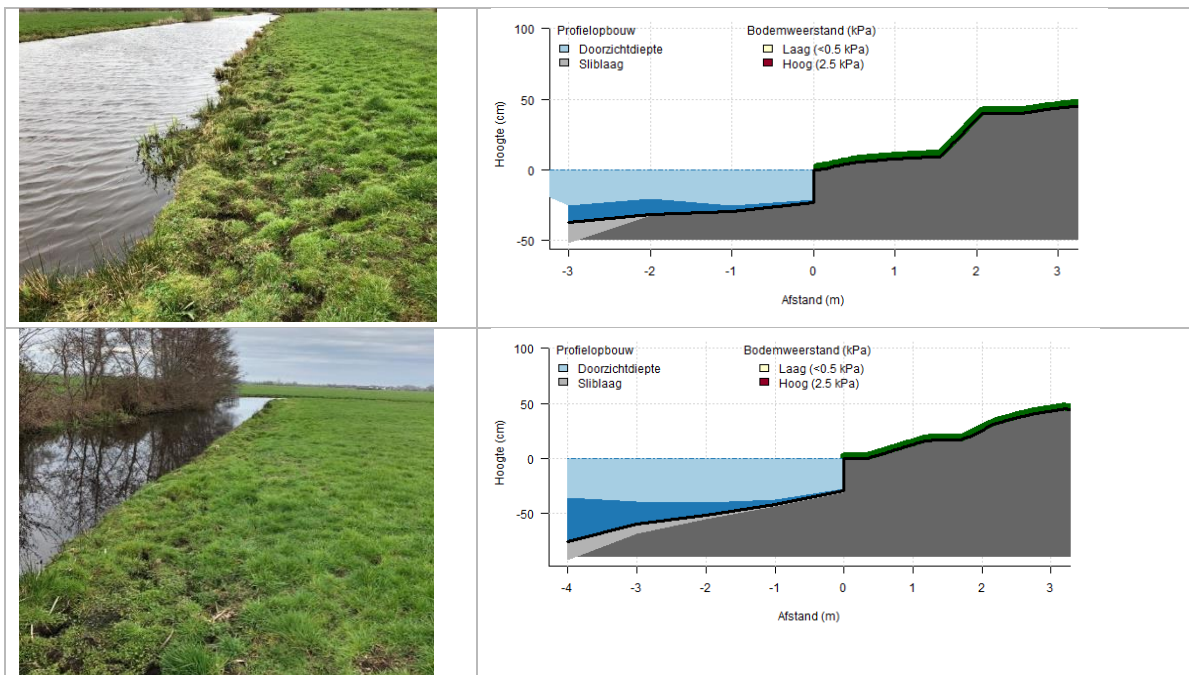


Figuur 4-9 De bemonsteringslocatie in het zuidelijke deel van de Rondehoep (veen met flexibel peilbeheer) waar sterke afkalving duidelijk zichtbaar is op satellietbeelden tussen 2003 en 2019.

### 4.3.3 Oeververzakking in het veld

Tijdens het onderzoek werd oeververzakking veelvuldig waargenomen. De breedte is vaak 1,5 tot 2m breed tussen insteek en waterlijn en daarmee ongeveer zo breed als een koe lang is. Beweiding was op plekken duidelijk de oorzaak van de oeververzakking maar dat hoeft niet. Belasting van de oever (in het verleden) in combinatie met een beperkte draagkracht van het veen onder natte omstandigheden kan ook een oorzaak zijn.

De staat van de verzakte strook is afhankelijk van het beheer. Door vertrapping van de vaak weke oever kan het veen zwart komen te liggen en ontstaat er veel interactie-oppervlak tussen bodem en water (Figuur 4-10). Dit is ook het geval wanneer deze kwetsbare oeverstroken zijn aangetast door dieren bijvoorbeeld holen van muizen. Ook zonder vertrapping of holen is in het voorjaar relatief veel zwart veen zichtbaar op deze stroken. Met name onder (langdurig) natte omstandigheden bestaat het risico dat het weke veen wegspoelt naar de sloot (§3.2). De stevigheid van deze verzakte strook, en daarmee de gevoeligheid voor afkalving/ wegspoelen veen lijkt nauw verbonden met de vegetatie op de oever. Productieve grasvegetatie lijkt minder geschikt omdat dit gras slecht tegen langdurig natte omstandigheden kan. Pitrus bleek een wortelstelsel te hebben dat de oever veel stevigheid geeft (zie ook §3.2).



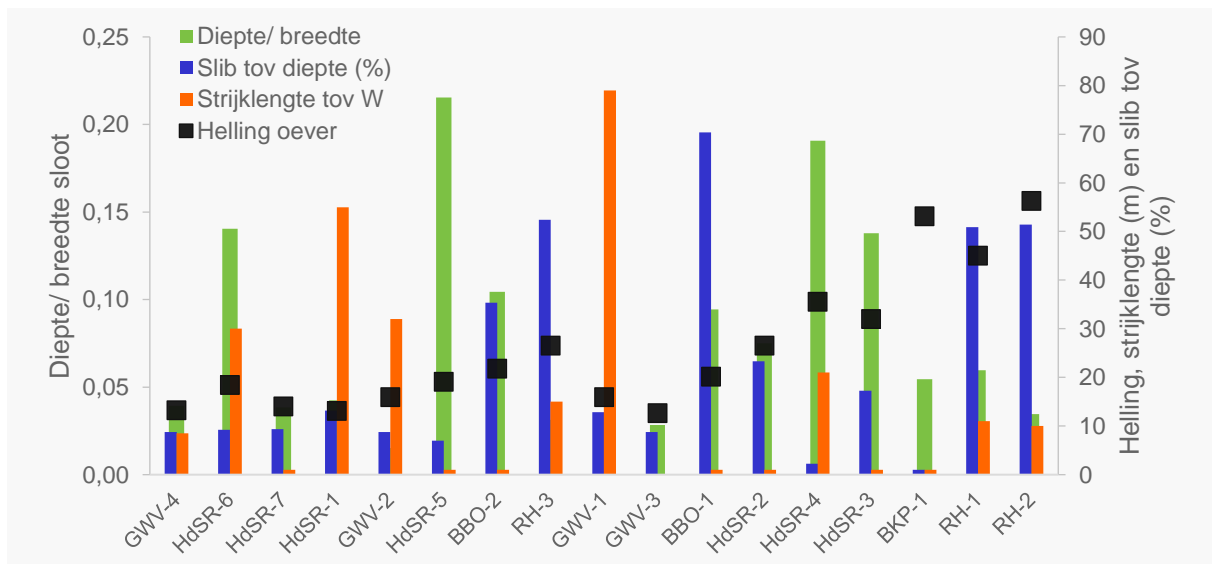
Figuur 4-10 Voorbeelden van twee locaties waar oeververzakking plaatsvindt; Groot Wilnis Vinkeveen locatie 2 (boven) en HDSR-1 (onder).

### 4.3.4 Slootkenmerken in relatie tot oorzaken

De slootdimensies die zijn gemeten in de verschillende locaties staan weergegeven in Figuur 4-11 van links naar rechts oplopend in de mate van afkalving zoals bepaald op basis van satellietbeelden tussen 2009 en 2019. De helling van de oever is duidelijk een bepalende factor (zie ook Figuur 4-7). Voor de andere metingen is het afhankelijk van de locatie hoe de verschillende oorzaken voor oeverafkalving tot uiting komen in de morfologie van de sloot. In de Ronde Hoep maar ook in Baambrugge Oost is de sliblaag relatief dik ten opzichte van de slootdiepte. In Baambrugge Oost zijn wellen als gevolg van een sterke kweldruk duidelijk aanwezig en dit leidt tot slibvorming. In de Ronde Hoep is flexibel en hoog peil met veenoevers die gevoelig zijn voor stroming en golfslag, mogelijk in combinatie met intensief baggeren (1 á 2x per jaar) de oorzaak van de relatief grote sliblaag. In HDSR-gebied is op een aantal locaties de sloot relatief diep ten opzichte van de breedte van de sloot en is de sloot 1,00 tot 1,50 m diep. Opvallend is dat in AGV-gebied voor alle onderzochte sloten de verhouding tussen diepte en breedte kleiner is dan 0,1. Zoals eerder vermeld is in AGV-gebied de leggerdiepte voor een aantal hoofdwatertgangen verminderd, omdat de gewenste diepte niet haalbaar bleek.

In HDSR-gebied geven twee van de vier perceelegeigenaren aan dat baggeren de belangrijkste oorzaak is voor de waargenomen afkalving. Ook bij het VIC wordt aangegeven dat de eis van HDSR om alle veensloten op 60cm diepte te houden veelvuldig leidt tot afkalving omdat deze diepte niet overeenkomt met de dimensies waarbij de sloot zijn natuurlijke evenwicht kan handhaven (zie ook §3.4.1). In deze studie kunnen de steile oevers op de locaties HDSR 3 en 4 alleen worden verklaard door de grote diepte ten opzichte van de breedte – en daarmee indirect worden gerelateerd aan baggeren. Ons advies is om ook in HDSR-gebied na te gaan of de gehandhaafde diepte, en daarbij horende baggeropgave zou moet worden herzien in het kader van oevererosie.

De verschillende slootkarakteristieken kunnen worden vertaald naar een risico op afkalving dan wel oeververzakking. Dit is samengebracht in een handreiking waarin op basis van een aantal vragen een indicatie wordt gegeven in welke mate verschillende belangrijke oorzaken bijdragen aan oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide (§5.2).



Figuur 4-11 Verschillende kenmerken van de onderzoekslocaties. De helling van het oevertalud is de tussen de waterlijn en de insteek.

# 5 Synthese oorzaken en handreiking

## 5.1 Synthese

In veengebieden is afkalving de combinatie van twee type processen; de invloed van fysische krachten en de mineralisatie van het veen zelf. Afkalving is dus enerzijds het afbrokkelen, afglijden van oevers in de sloot door de impact van externe krachten en energie zoals golven, stroming, zwaartekracht (baggeren) EN anderzijds is afkalving de mineralisatie van veen gevolgd door verzadiging met water waardoor de bodemstructuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) verloren gaat en de bodem wegspoelt naar de sloot.

De verschillende oorzaken die besproken zijn in dit rapport staan schematisch weergegeven in Figuur 5-1. Deze weergave sluit aan bij de verschijningsvormen van afkalving. De fysische processen (rechts) leiden tot een steil(er) oevertalud en afkalven waardoor de watergang breder wordt. De chemisch biologische processen zijn met name van belang als er een groot contactoppervlak is tussen bodem en water zoals het geval is wanneer een oever over een grotere breedte is verzakt richting de sloot. Vegetatie staat in het midden omdat het een sleutelrol speelt bij stabiele oevers; het beschermt de oever tegen fysische krachten en geeft de oever stevigheid waardoor het wegspoelen van veraard veen wordt voorkomen.

De gebiedsanalyse toont aan dat onderscheid moet worden gemaakt tussen afkalving en oeververzakking. De analyse van de oevers in het beheergebied van AGV laat zien dat oeververzakking (smaller worden sloot) bijna net zoveel voor lijkt te komen als oeverafkalving (breder worden sloot). Op de meeste plekken was er echter geen meetbare verandering in de breedte van de watergangen tussen 2003 en 2019 (bepaald op basis van ingetekende oeverlijnen). Dit kan twee dingen betekenen; de oevers zijn stabiel óf de mate van verzakking is in evenwicht met de mate van afkalving.

CHEMISCH BIOLOGISCH		FYSISCH	
Mineralisatie veen - verzadiging met water - structuurverlies  <b>Intensieve natte periodes</b>  Waterkwaliteit Waterbodem Inlaat gebiedsvreemd water	<b>VEGETATIE</b> - Oevertalud - Slootdiepte - Bagger - Turbiditeit - Waterkwaliteit - Slootschonen - Perceel beheer	<b>BAGGEREN</b>          <b>KWEL</b>	<b>GOLFSLAG</b> - Breedte (diepte) - Strijklengte, oriëntatie tov wind - Oevertalud - Vaartuigen  <b>STORM</b>   <b>STROMING</b> - Wateropgave (af/ doorvoer) - Haakse sloten - Greppels - Obstakel in sloot - Afstand tot gemaal - verhang - 'Hoeken' in watergang
	<b>VERTRAPPING</b> Holen van kreeften, muizen, e.d. Woelen van vissen Machines op rand	Waterpeil Snelle fluctuaties Drooglegging	

Figuur 5-1 Overzicht van de belangrijkste oorzaken voor oeverafkalving.

Oeververzakking beperkt zich tot de 'echte' veenpolders met een drooglegging rond 50cm-mv. Op deze laaggelegen brede oevers is het risico groot dat het veraarde veen verzadigd raakt met water, zijn structuur (samenhang tussen bodemdeeltjes) verliest en de bodem gemakkelijk wegspoelt naar de sloot. De agrarische gebruikswaarde van deze strook is beperkt door de beperkte draagkracht. Afkalving van de 'slappe' oevers kan voorkomen worden door het beheer te richten op rust op de oevers. Vegetatie – een direct gevolg van de lokale omstandigheden en beheer -kan zich dan aanpassen waardoor vegetatie met een diep- en dicht wortelstelsel de oevers stevigheid biedt.

Wanneer deze verzakte strook echter onvoldoende stevigheid bezit, verzadigd is met water, zwart is komen te liggen door vertrapping of té intensief beheer is het ook gevoelig voor afslag door stroming en golfslag. Dit kan leiden tot de situatie dat er netto geen verandering in de breedte van de watergang plaatsvindt of zelfs tot een verbreding leidt.

Een steil oevertalud is indicatief voor het breder worden van een watergang door afkalving. Wanneer een talud steiler is dan 30 graden heeft de oever sterk te leiden onder fysische krachten. Een steil oevertalud wordt veroorzaakt door fysische processen die op de oever spelen zoals golfslag, stroming en baggeren (zwaartekracht). De onnatuurlijke morfologie van een steil oevertalud is voor golfslag een oorzaak maar ook een gevolg. Door fysische krachten wordt de oever steiler. Dit heeft weer tot gevolg dat de impact van deze fysische krachten op de oever, zoals golfslag, toeneemt.

De gevoeligheid voor afkalving en de mate van afkalving varieert gedurende het jaar en komt vaak ook niet evenredig verspreid over de lengte van de oever voor. Afkalving vindt vooral plaats op hot-spots in tijd en ruimte. Piekmomenten zijn gerelateerd aan harde wind, storm, intensieve en/ of langdurige neerslag en droogte. Op locaties waar wind en stroming een belangrijke rol spelen hebben stormen een groot effect op afkalving. Het gevolg van biochemische processen in het veen en verlies aan bodemstructuur worden groter gedurende langdurig natte periodes. Dit zal versterkt worden wanneer (langdurig) droge periodes hieraan voorafgaan. Een aantal oorzaken zijn van belang op specifieke locaties op een oever zoals aantasting door dieren, locaties met haakse sloten etc. De impact van deze lokale oorzaken kan zeer groot zijn. Tijdens een inventarisatie van verschillende polders na een periode van droogte werd op veel locaties de impact van hollen op oevers heel duidelijk. Met name op locaties die al gevoelig zijn voor afkalving door een andere oorzaak bijvoorbeeld een haakse sloot of dicht bij een gemaal, kan de impact van de aantasting door dieren zeer groot zijn.

## 5.2 Handreiking

Op basis van de informatie die in voorgaande hoofdstukken is beschreven, is een handreiking ontwikkeld die in het veld gebruikt kan worden om een inschatting te maken van de mate waarin verschillende oorzaken een risico zijn voor oeverafkalving/ oeververzakking. De handreiking bestaat uit een aantal vragen en een achterliggende analyse waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende onderdelen zoals beschreven in hoofdstuk 3: bodem/ mineralisatie en wegspoelen veen, inrichting van het watersysteem, het waterbeheer, het agrarisch beheer en oncontroleerbare factoren.

Voor deze onderdelen zijn de vragen en mogelijke antwoorden hieronder weergegeven. Hoe meer de schuiven naar rechts komen te staan hoe groter het risico op afkalving binnen deze onderdelen. In principe moeten voor een compleet beeld alle hoofdvragen, en zo nodig subvragen, worden ingevuld omdat verschillende processen tegelijk kunnen optreden en elkaar kunnen versterken. Het effect van golfslag is op een slappe drassige oever bijvoorbeeld groter dan op een stevige oever met flauw talud met beschermende vegetatie.

Sommige vragen worden gebruikt voor de inschatting van risico's van meerdere onderdelen. Vragen over vegetatie worden bijvoorbeeld zowel voor de bepaling van het risico op oeververzakking als op het risico van afkalving door fysische processen gebruikt. In onderstaande paragrafen worden de vragen weergegeven. De risico inschatting op de verschillende onderdelen wordt in naast het vragenformulier weergegeven in een spider diagram. De app is te vinden op

<https://nmi-agro.shinyapps.io/Handreiking/>.

## 5.2.1 Risico door mineralisatie veen

Vragen worden gesteld om een risicoschatting te maken van de mate waarin het veraarde veen gevoelig is wegspoelen naar de sloot. In de situatie van oeververzakking is dit risico groot, met name als het veen weinig stevigheid en samenhang door bijvoorbeeld vegetatie bevat.

Grondslag	Klei op veen	<input checked="" type="checkbox"/>	Veen
Dikte kleilaag?	0m	<input checked="" type="checkbox"/>	1m
Type veen?			
In welke mate is het veen op de oever slap en verweekt?	stevig en samenhangend	<input checked="" type="checkbox"/>	slap en drassig
Verzakte oeverstrook over breedte van de oever?	Nee	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja
breedte van de verzakking?	0m	<input checked="" type="checkbox"/>	>3m

## 5.2.2 Risico door inrichting van het watersysteem

Vragen worden gesteld om een risicoschatting te maken van de mate waarin de inrichting van het watersysteem een risico vormt op afkalving door golfslag en stroming. Voor golfslag zijn de vragen gericht op strijklengte (breedte en oriëntatie sloot) en de steilheid van het oevertalud. Voor stroming zijn de vragen gericht op de wateropgave, afstand tot gemaal en de aanwezigheid van pieklocaties.

Waterafvoeropgave	perceel	<input checked="" type="checkbox"/>	polder
Breedte sloot	<4m	<input checked="" type="checkbox"/>	>12m
Oriëntatie sloot	Noord-zuid	<input checked="" type="checkbox"/>	Oost-west
Steilheid oevertalud (waterlijn tot insteek)	<10 graden	<input checked="" type="checkbox"/>	>30 graden
Breedte oevertalud (tot insteek)	>2m	<input checked="" type="checkbox"/>	<1m
Diepte tov breedte (slootverhoudingen)	<0.05	<input checked="" type="checkbox"/>	>0.2
Invloed van kwel	klein	<input checked="" type="checkbox"/>	groot
Invloed haakse sloten (afh breedte en stroming)	klein	<input checked="" type="checkbox"/>	groot
Aanwezigheid onnatuurlijke 'hoeken' in watergang	Nee	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja
Afstand tot gemaal	groot	<input checked="" type="checkbox"/>	klein (<2km)
Obstakel in sloot (brug, dam, versmalling)	Nee	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja

## 5.2.3 Risico door waterbeheer

Voor informatie over het waterbeheer is het belangrijk te weten wat het peilbeheer is en welke activiteiten er plaats vinden in de watergangen. Aan de hand van de antwoorden is een (groeve) schatting te maken van de kans op oeverafkalving door baggeren, het peilbeheer of door het slootschonen.

Waterafvoeropgave	perceel	<input checked="" type="checkbox"/>	polder
Baggerintensiteit	behoudend	<input checked="" type="checkbox"/>	intensief
Baggerdikte tov diepte (incl bagger, in %)	0%	<input checked="" type="checkbox"/>	>50%
Intensiteit schonen van de sloot	alleen als nodig	<input checked="" type="checkbox"/>	>1x/r inclusief wortels en bodem
Schonen van de sloot maaisel	<2 wk opgeruimd	<input checked="" type="checkbox"/>	verstikking oevervegetatie
Drooglegging tov maaiveld (verzakte oever)	>50cm	<input checked="" type="checkbox"/>	<20cm
Snelle verandering van waterpeil	<5cm	<input checked="" type="checkbox"/>	>20cm
Invloed afwatering greppels	klein	<input checked="" type="checkbox"/>	groot
Invloed van vaartuigen op oever	niet	<input checked="" type="checkbox"/>	dagelijks



## 5.2.4 Risico door agrarisch beheer

Het agrarisch beheer heeft invloed op de mate en het soort belasting op de oevers. Naast waarnemingen in het veld is het van belang om te weten welke activiteiten er plaatsvinden op het aangrenzende perceel. Daarvoor is informatie van de betreffende agrariër nodig.

Gebruik van bufferstroken?	Ja <input checked="" type="checkbox"/>	Nee
Intensiteit beheer oeverstrook (>=2m vanaf waterlijn)?	laag <input checked="" type="checkbox"/>	hoog (>2x/jr maaien en weiden)
Belasting oever met zware machines	nooit <input checked="" type="checkbox"/>	>3x per jaar
Vegetatie op oeverstrook	Ja <input checked="" type="checkbox"/>	Nee
Mate waarin zwarte grond zichtbaar is?	0% <input checked="" type="checkbox"/>	>50%
Abundantie diepwortelende vegetatie (bv pitrus)?	>50% <input checked="" type="checkbox"/>	0%
Vertrapping door vee in oeverstrook?	Nee <input checked="" type="checkbox"/>	Ja
Aanwezigheid oeverbeschermende soorten (riet, lisdodde, zegges, ...)	Ja <input checked="" type="checkbox"/>	Nee
Mate van bescherming?	>50% <input checked="" type="checkbox"/>	0%

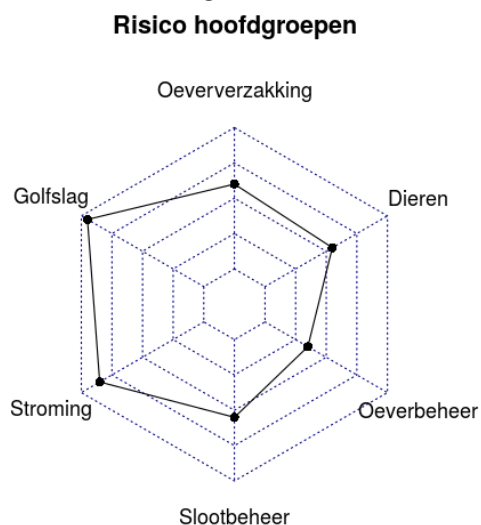
## 5.2.5 Risico door oncontroleerbare factoren

De kans op afkalving door dieren kan geschat worden op basis van enkele waarnemingen gecombineerd met antwoorden vanuit de onderdelen van het beheer en de systeemeigenschappen.

Vertrapping door vogels	Nee <input checked="" type="checkbox"/>	Ja
Intensiteit van vertrapping	lokaal <input checked="" type="checkbox"/>	wijdverspreid
Aanwezigheid holen in oever (muizen, ratten, kreeften e.d.)	Nee <input checked="" type="checkbox"/>	Ja
Intensiteit aanwezigheid holen	weinig <input checked="" type="checkbox"/>	veel
Aanwezigheid woelende vissen	Nee <input checked="" type="checkbox"/>	Ja
Intensiteit woelen in oever	weinig <input checked="" type="checkbox"/>	veel

## 5.2.6 Risico-inschatting

In de App worden deze vragen gekoppeld aan een risico inschatting en geplot in een spider diagram. Zie Figuur 5-1. Deze risico-inschatting is op dit moment nog zeer indicatief. Het zal in de nabije toekomst in het veld worden getest en verbeterd.



Figuur 5-2 Voorbeeld van een spider diagram waarin een indicatie wordt gegeven van het risico op afkalving door de combinatie aan hoofdoorzaken (<https://nmi-agro.shinyapps.io/Handreiking/>).

# 6 Oplossingen

Een stabiele oever is een oever waar de bodem stevig is en/ of wordt gehouden door de vegetatie en weerbaar en bestand is tegen de invloed van interne en externe krachten. Een stabiele oever is van groot belang voor een goede waterkwaliteit, voorkomt afname productief landoppervlak en beperkt de hoeveelheid onderhoud die aan de watergang gedaan moet worden. Zowel landeigenaar en waterschap zijn gebaat bij stabiele oevers. In dit hoofdstuk worden oplossingen besproken die bijdragen aan het voorkomen en beperken van oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide.

Een goed functionerende watergang met stabiele oevers is een complex systeem. Veranderingen in inrichting, beheer en onderhoud grijpen in op dit systeem en kan de evenwichtssituatie van de sloot aantasten. Daarbij is het handhaven van een natuurlijke evenwichtssituatie van een watergang afhankelijk van een (complexe) combinatie aan factoren en een goede afstemming tussen de daarbij horende actoren.

## 6.1 Oplossingen: proces

Oplossingen van specifieke problemen kunnen het beste worden benaderd vanuit doelstellingen op gebiedsniveaus (aan-, afvoer en berging van water, waterkwaliteit, oeverstabiliteit, biodiversiteit, etc.). Het voorkomen van afkalving moet dus geen losstaand doel zijn, maar onderdeel zijn van de ontwikkeling van de veenweidensloot van de toekomst waarin rekening wordt gehouden met toekomstige ontwikkelingen zoals hogere slootpeilen eventueel in combinatie met onderwaterdrainage om bodemdaling tegen te gaan, meer weersextremen en veranderingen in landbouwbeleid (Frank Lenssinck en Erik Jansen, VIC).

De aanpak voor een goede oplossing om oeverafkalving te voorkomen en stabiele oevers te realiseren is vanuit het proces perspectief:

- Dat betrokken partijen het eens zijn over, en werken aan heldere doelstellingen binnen een gebied (waterberging, waterkwaliteit, natuur, klimaat, etc.);
- Consensus heerst over belangrijkste oorzaken en oplossingsrichtingen van het specifieke probleem, bijvoorbeeld oeverafkalving. Hiervoor is nodig:
  - Een analyse van de mogelijke oorzaken voor het probleem ter plekke;
  - Maatwerkoplossing die past bij de betreffende locatie en bijdraagt aan de overkoepelende doelstellingen;
  - Afspraak tussen betrokkenen over verantwoordelijkheden, investeringen en onderhoud/ beheer;
- Een inrichtings- én beheerplan want die zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden.

Het is duidelijk dat oplossingen niet op zichzelf staan maar onderdeel uitmaken van de agrarische bedrijfsvoering en van de beleidsdoelstellingen van waterschap en provincie en het agrarisch natuurbeheer. In §6.3 wordt dieper ingegaan op het financiële aspect voor de agrariër wanneer randenbeheer onderdeel wordt van de bedrijfsvoering.

## 6.2 Oplossingen: inrichting en beheer oevers

Inrichting en beheer zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Zonder (aan)gepast beheer is het herinrichten van de oever ten behoeve van stabiliteit op de lange termijn zinloos. In de meeste gevallen kunnen afkalvende oevers worden aangepakt door de oeverstabiliteit te verhogen en/ of door de belasting van de oever (tijdelijk) te verlagen. Wat betreft de oorzaken – en dus ook in de oplossingsrichtingen moet onderscheid worden gemaakt tussen:

1. oevers die afkalven door de invloed van fysische krachten met een steil oevertalud;
2. oevers die verzakken (brede verzakte oeverzone);

Voor beide type verschijningsvorm vindt afkalving veelal plaats op pieklocaties in de watergang en tijdens piekmomenten in de tijd. In alle gevallen is het belangrijk om de oever rust te geven en niet/ zo min mogelijk te belasten door een gebalanceerd beheer van sloot, oever en perceelrand. Rust wordt gecreëerd door:

- bescherming tegen golfslag en stroming;
- terughoudend beheer oevers;
- terughoudend slootonderhoud;
- bescherming tegen aantasting door woelende/vretende vissen, kreeften, muizen, ratten, ed;

Deze punten worden in de volgende paragrafen besproken.

### 6.2.1 Bescherming tegen golfslag en stroming

In het geval dat fysische processen een belangrijke oorzaak zijn voor oeverafkalving is het belangrijk om de belasting op de oever te beperken door deze fysiek te beschermen tegen golfslag en stroming (beschoeiing, golfbreker) en door het creëren van een flauw talud waar oeverbeschermende vegetatie zich kan ontwikkelen op de amfibische zone tussen oever en watergang. De aanleg van een (tijdelijke) oeverconstructie is met name op pieklocaties vaak onvermijdelijk. Een goede inventarisatie van de pieklocaties in de watergang (zie handreiking hoofdstuk 5) kan dan een handvat bieden om de meest gevoelige locaties te bepalen.

Met name op de brede watergangen is het van belang om de invloed van stroming en golfslag te breken. Een flauw talud zorgt voor een matigende werking van golfslag en stroming maar dit is niet houdbaar zolang deze niet is begroeid met bijvoorbeeld riet, liesgras of lisdoddes om het effect van stroming en golfslag (op piekmomenten) op te vangen. Wanneer na aanleg dit flauwe talud niet wordt beschermd zal het door de werking van golfslag en stroming weer afkalven tot een steile oever. Voor stabiliteit is rust op de oever nodig door de aanleg van (tijdelijke) beschoeiing. Vaste beschoeiing kan bestaan uit:

- palen met (wilgen)takken ertussen (wilgenschoeiing);
- palen met doek;
- houten schotten;
- palen rij (oeverherstel Kerfwetering);
- kokosrollen eventueel met vegetatie (Kerfwetering);
- baggerscherm (Dit is een scherm dat voor de oever wordt geplaatst om het bagger dat vrijkomt uit de oever op te vangen. Een voorbeeld is als onderzoeksobject aanwezig bij het VIC, Zegveld – het scherm blijkt niet effectiever dan de naastgelegen “pitrusoevers”).

Een aantal aspecten zijn van belang bij het aanleggen van de vaste beschoeiing. Voor een zo hoog mogelijk rendement en een zo lang mogelijke levensduur moet deze vaste beschoeiing niet te ver van de oever en in niet te diep water worden geplaatst (Figuur 6-1). Waar golfslag een oorzaak is van de afkalving, is het van belang dat de beschoeiing boven de waterlijn uitsteekt en goed wordt onderhouden door aangetaste of verteerde delen aan te vullen. Wanneer golfslag niet een belangrijke oorzaak is kan de beschoeiing tot 10cm onder het wateroppervlak blijven. Bij een steile oever kan deze achter de beschoeiing worden verondiept door het op te vullen met:

- takken met aarde en bagger om de vegetatieontwikkeling te stimuleren (Kooijman);
- strobalen eventueel met klei erover. Losse strobalen, eventueel met een paal ervoor of door om deze op hun plek te houden vergaan redelijk snel (ervaring Slimmenwetering) maar kunnen

achter een vaste beschoeiing goed worden ingezet om de vegetatie-ontwikkeling op gang te brengen. In de eerste jaren kan beperkte uitloging van voedingsstoffen plaatsvinden, dit verdwijnt naar mate de begroeiing een vaste oever vormt;

- bagger. Dit werkt niet wanneer er geen doek of jute is en het weg kan spoelen;
- klei-inzetting. Dit is een goede (de beste optie) en leidt niet tot uitloging van nutriënten maar kan alleen als er klei voor handen is. Ervaring in de Slimmenwetering is dat 30cm klei nodig is.

Bij het collectief Water, Land en Dijken kon de vegetatieontwikkeling en de ontwikkeling van een stevige oever die minder vatbaar is voor afslag worden gestimuleerd door achter de oeverbescherming jute te plaatsen, aan te vullen met bagger tot iets onder de waterlijn en in te planten met riet of liesgras (anoniem WLD, 2018). Turbulentie en werveling van de fijne bagger moet worden voorkomen voor het aanslaan van de vegetatie (B. Specken, W. Rip). In het beheergebied van AGV is de ervaring dat er vooral voldoende bagger achter een oeverbescherming geplaatst moet zijn om vegetatie te kunnen ontwikkelen. Storende soorten als karpers moeten daarbij zoveel mogelijk uit de te ontwikkelen oever gehouden worden. (NVO aanleg Tussenboezem GWV, 2012)

Wanneer niet stroming maar alleen golfslag de oorzaak is voor afkalving kan de oplossing ook worden gevonden in:

- Drijfbalken, werkt alleen tegen golfslag en niet tegen andere oorzaken maar is een relatief goedkope oplossing;
- Kokosrollen (drijvend maar kan ook niet drijvend, Kerfwetering);
- Lager waterpeil – waardoor de slootdiepte wordt beperkt (Tim Noom, NH).

Wanneer natuurvriendelijk oevers primair worden aangelegd om oeverafkalving tegen te gaan kunnen deze worden ingeplant met soorten die door hun wortelstelsel stevigheid verlenen aan de oever, zoals riet, mattenbies en lisdodde (Terwan, 2008). Vanuit ecologisch perspectief is een meer diverse vegetatie met waardevolle soorten wenselijk die ook bijdragen aan een stabiele oever(vegetatie) zoals dotterbloem, gele lis en zwanenbloem. In natuurlijke vegetaties ontwikkelen zich echter meestal meer plantensoorten dan in aangeplante vegetaties (De La Haye, 2011).



*Figuur 6-1 voorbeelden van vaste beschoeiing in de veldwetering in Groot-Wilnis Vinkeveen. Links is de beschoeiing dicht op de kant gezet (1m) en functioneert goed om de oever te beschermen tegen golfslag en stroming, rechts is de beschoeiing ver uit de kant gezet (>3m) in diep water op een erosiegevoelig punt.*

Investeren in de inrichting van een stabiele natuurvriendelijke oever (NVO) door beschoeiing, flauw talud, en eventueel beplanting is niet voldoende. Meerdere studies tonen aan dat na de aanleg van een NVO, beheer essentieel is voor de ontwikkeling van een stabiele oever. In een onderzoek naar de aanleg van NVO in WLD (210 NVO's met een totale lengte van 38,5 km, anoniem WLD, 2018), bleek de beschoeiing van palen met wiepen (wilgentenen) een levensduur van ongeveer 5-6 jaar te hebben. Of in die tijd de oever stabiel genoeg was geworden, was afhankelijk van het beheer. De beste ontwikkeling van de oever kwam tot stand door beheren van de vegetatie (jaarlijks of gefaseerd maaien)



en het beperken van beweiding door het afzetten met schrikdraad. De aanbeveling uit onderzoek in Zegveld (Slimmenwetering, Vogel, 2015) is dat het spannen van een schrikdraad langs een watergang een effectieve en simpele maatregel is om de oeverstabiliteit te verbeteren. In het detailonderzoek in Groot-Wilnis Vinkeveen was een groot verschil in oevervegetatie waar het vee wel en niet in de oever kon komen (Figuur 6-2).

Ook in een eerdere evaluatie in WLD (Jonker 1996) bleek dat na aanleg van wilgenbeschoeiing, binnen vijf jaar een stevige riet- en biezenkraag kon ontstaan, mits er goed beheer had plaatsgevonden. Goed beheer bestond uit regelmatig maaien van de vegetatie en afzetten van de kant om te voorkomen dat vee de oever vertrapt en prille rietstengels opvreet. In de meeste projecten bleef de ontwikkeling van de rietkraag achter door het ontbreken van een veekerend raster en/of regelmatig maaien van de vegetatie. Vooral in oevers waar vee in de kant komt ruimt het stevige riet het veld ten gunste van Kleine lisdodde. Kleine lisdodde heeft volgens Jonker (1996) echter geen betekenis voor de verdediging van de oever tegen afslag. Deze opmerking komt voort uit het feit dat lisdoddes slechts een zeer beperkt wortelstelsel hebben en in die zin weinig bijdragen aan de oeverstabiliteit. Lisdoddes kunnen, bij voorkeur in combinatie met andere oevervegetatie zoals riet, gele lis en zegges, wel een beschermende functie hebben tegen stroming en golfslag.

Ondanks het onderzoek in 1996 bleek uit recent onderzoek naar NVO in WLD (38,5 km NVO is onderzocht) dat het beheer niet of nauwelijks de aandacht heeft van de boeren en dat de oever wordt meegemaaid of meebeweid, zoals dat op het aangrenzende graslandperceel ook plaatsvindt. Dit beheer leidt bij met name bij smalle oevers (<1m) tot het stimuleren van vergrassing. Dit is niet noodzakelijkerwijs negatief omdat dit op den duur kan leiden tot natte kruidenrijke vegetatie (Anoniem WLD, 2018). Deze ontwikkeling kan gestimuleerd worden door niet/ minder te bemesten en later en minder te maaien in de oeverzone.



*Figuur 6-2 Oever in Groot-Wilnis Vinkeveen waar beweiding plaatsvindt (links) en rechts is de andere oever van hetzelfde perceel waar geen beweiding plaatsvindt omdat een draad is gespannen en waar beschoeiing is geplaatst (palen). De linker twee plaatjes zijn dezelfde slootrand in het vroege voorjaar en eind mei.*

### **6.2.2 (Overgangs)beheer oevers**

In het geval van verzakte oevers is het van belang dat de stevigheid wordt vergroot door vegetatie met een stevig wortelstelsel en dat de belasting van de oeverzone wordt beperkt. Om dit te bereiken is zo min mogelijk ingrijpen in sloot en oever de beste strategie (Frank Lenssinck en Erik Jansen, VIC). Pas wanneer de functie van water aan- en afvoer in het geding komt moet worden ingegrepen. Het laten ontstaan van een natuurlijke oever leidt niet alleen tot een meer stabiele situatie (natuurlijk maatwerk), maar is ook goedkoper dan het aanleggen van een oeverconstructie. Dit vraagt wel om een investering vanuit de melkveehouder, afhankelijk van zijn bedrijfsvoering (§6.3).



Op oevers die verzakt zijn en waar de vegetatieontwikkeling matig is (lage bedekkingsgraad) en het veen slap is, is rust op de oever belangrijk. In dat geval is het effectief om vee met een draad uit de kant te houden en niet tot zeer beperkt (1 keer per jaar) te maaien zodat de vegetatie zich kan herstellen en met name het wortelstelsel zich goed kan ontwikkelen.

Om afkalving en wegspoelen van veen uit verzakte oeverzones te voorkomen speelt vegetatie dus een cruciale rol. Voor een stabiele oeverzone geeft grasvegetatie vaak niet voldoende stevigheid omdat de worteldiepte en stevigheid vaak niet voldoende is en omdat deze soorten vaak niet bestand zijn tegen fluctuerende natte en droge omstandigheden. De vegetatie die hier wel tegen bestand is zal zich van zelf vestigen mits er gedurende een bepaalde periode voldoende rust op de oever is. Dit vraagt om extensief beheer, vertrapping en aantasting door dieren voorkomen en inzetten op overgangsbeheer.

In Zegveld is een stevige oevervegetatie “vanzelf” ontstaan door de oeverzone tot twee meter uit de kant niet te bemesten en jaarlijks maar één keer te maaien. In de sloten van het VIC is een stabiele oever gecreëerd door juist gebruik te maken van vertrapping door koeien. Door deze vertrapping ontstond een verzakte oeverzone van ongeveer 1,5m breedte per kant en is de sloot in totaal 1 tot 1,5m smaller geworden. Door het vertrappen is de oeverzone lager komen te liggen waardoor er vochtigere condities zijn ontstaan. In het begin is het veen deels zwart komen te liggen. Ideale condities voor pitrus, dat zich in de oeverzone heeft gevestigd, samen met tal van andere soorten waaronder echte koekoeksbloem. Met name de pitrus heeft een zeer stevig, diep en dicht wortelstelsel en is daarmee ideaal gebleken als oevervegetatie voor een stabiele oever. De pitrus wordt over het algemeen als storingssoort ervaren. Wanneer echter netjes tot de rand van de bemestingsvrije zone (en dus niet in de bemestingsvrije zone) wordt bemest, met zo nodig een kleine kalkgift en gemaaid – ook de eventuele pitruspollen die het land op komen – wordt een strakke scheidslijn tussen oeverzone en perceel gehandhaafd. Het vestigingsklimaat op een agrarisch beheerd perceel met voldoende afwatering en een voldoende hoge pH, is ongunstig voor pitrus. De pitrus vormt ook een natuurlijke afrastering voor het vee waardoor schade door vertrapping wordt beperkt. Het is niet geheel duidelijk of er in deze sloten ook minder aanwas is van bagger. In de sloten is duidelijk wel een laag bagger aanwezig. De sloten zijn echter helder en er groeit volop krabbenscheer. De effectiviteit van deze maatregel moet met nader onderzoek onderbouwd worden (zie aanbevelingen in Hoofdstuk 7).

De sleutel ligt in de acceptatie dat veranderingen die gerelateerd zijn aan bodem en vegetatie tijd kosten. De vegetatie zal zich (blijven) aanpassen aan de omstandigheden en alleen die vegetatie zal gedijen die past bij de specifieke omstandigheden. De nutriënten voorraden in de oeverzone zullen (langzaam) lager worden en de oever gaat fungeren als buffer tussen het agrarisch beheerde perceel en de sloot. Boeren moeten het dus aandurven en er zal vanuit het waterschap ruimte moeten zijn om een stabiele oever te creëren zonder geschouwd te worden.

Het creëren van bemestingsvrije randen en oeverzones moet passen binnen de ruimte in de bedrijfsvoering; een oever is voor een boer ook (duur) land. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid grond in relatie tot het aantal koeien en de gekozen bedrijfsvoering. Wanneer in de toekomst de mestwetgeving (mogelijk) wordt aangepast zal de bedrijfsvoering mee moeten veranderen naar een balans tussen minder koeien en meer land. Door minder input van stikstof zal de productie van voldoende ruwvoer een uitdaging worden waarbij het inrichten en onderhouden van randen en oeverzones voor biodiversiteit en stabiele oevers onder druk kan komen te staan. Subsidies en financieringsmodellen wordt dan extra belangrijk om beheer dat is gericht op rust, stabiliteit en biodiversiteit in randen en oeverzones te waarborgen. Wanneer in een gebied afwaardering van grond plaatsvindt door gebruikbeperkingen (bijvoorbeeld met als doel verminderen broeikasgasemissies) kan dit helpen, omdat bedrijven dan makkelijker aan meer hectares kunnen komen (als die er zijn) om toch ruim voldoende gras te hebben. Dit geeft mogelijkheden om ruimte te gebruiken voor het inrichten en beheren van oevers en randen. Ook hier geldt weer dat afkalving en het voorkomen daarvan niet los gezien kan worden van andere ontwikkelingen en doelen. In §6.3 wordt voorgerekend dat extensief beheer van oevers ten bate van stabiele oevers financieel gecompenseerd wordt met ANLB en dat dit zelfs aantrekkelijk zou kunnen worden met een extra vergoeding in de melkprijs.

### 6.2.3 Sloot- en oeveronderhoud

In de verschillende interviews met zowel waterschappers, boeren en experts kwam steeds naar voren dat voor een stabiele oever het sloot- en oeverbeheer minimaal moet zijn en voorzichtig moet worden uitgevoerd met zo min mogelijk belasting van de oevers. Dit werd in de context van zowel slootschonen als in de context van baggeren genoemd en zowel voor de hoofdwatergangen in het beheer van het waterschap als in de sloten in boerenbeheer. Ook werd het uit de kant houden van vee en machines gezien als maatregel om afkalving te voorkomen.

Het waterschap kan een belangrijke rol spelen bij het beperken van de belasting van de oevers en het creëren van stabiele(re) oevers van de hoofdwatergangen door de onderhoudseisen aan te passen, maar ook door de keuzes wat betreft uitvoerende partij (bijvoorbeeld lokale versus externe loonwerker), de eisen die aan de uitvoerende partij worden gesteld, de manier waarop de uitvoerende partij wordt beloond (km's versus kuubs) en de instelling van controlerende persoon (schouwmeester).

Musters et al. (2006) heeft onderzoek gedaan naar natuurvriendelijk slootonderhoud in het westelijk veenweidegebied. Een aantal onderhoudswerkzaamheden bleek effect te hebben op de natuurwaarde zoals uitgedrukt in de Biotoetsscore, een eenvoudige, visuele vooral op de vegetatie gebaseerde maat voor de algemene ecologische kwaliteit van de sloot. De gemeten effecten waren relatief gering. Er bleek duidelijk dat gebruik van de maaikorf in vergelijking met de Hemos een hogere natuurwaarde oplevert. In de studie van Musters et al. (2016) zijn ook aanwijzingen gevonden dat de hoogste natuurwaarde wordt gevonden als het schonen twee jaar geleden is uitgevoerd in vergelijking met 1 jaar geleden. Vergelijkbaar voor baggeren is de natuurwaarde het hoogst als er 3-5 jaar geleden is gebaggerd, in vergelijking met korter geleden of juist langer geleden. De ervaring bij HDSR is dat 1x per jaar een klein beetje baggeren positiever is dan 1x per 10 jaar rigoureuus. Deze resultaten worden gesteund door resultaten uit eerder onderzoek en komen ook overeen met de input van verschillende experts in dit onderzoek.

#### Baggeren

De basis voor het baggeren is/ zou moeten zijn dat de onderhoudsopgave is afgestemd op de doelstelling(en) van de watergang met als basis: alleen waar en wanneer nodig en voorzichtig:

Baggeren kan goed worden uitgevoerd zonder negatieve effecten op oevers wanneer met mate en binnen de evenwichtsdiepte van de watergang (= nooit verder dan de vaste bodem) wordt gebaggerd en waarbij een dunne laag bagger achterblijft als bescherming van het oorspronkelijke veen. Van Diggelen et al., (2013) adviseren om in het Wormer- en Jisperveld, als er wordt gebaggerd, om dan een dunne laag bagger (hooguit 20cm) op de venige waterbodembodem achter te laten. Dit werkt namelijk positief om veenafbraak van deze organische laag onder invloed van sulfaatrijk water tegen te gaan.

Ook dient er alleen in het midden/ het hart van de sloot gebaggerd te worden zodat er een baggergoot ontstaat. Dit vraagt om vakmanschap. Bij hydraulisch baggeren (met baggerspuit) treedt minder verstoring op dan met mechanisch baggeren. Een onderhoudsachterstand kan niet in één keer worden opgelost maar moet in meerdere stappen over de tijd te worden uitgevoerd. Melkveehouders in Friesland gaven aan dat zij de voorkeur geven aan vaker en minder baggeren dan aan een grotere onderhoudsbeurt om de 8 tot 10 jaar.

Vakmanschap en voorzichtigheid door de uitvoerende partij zijn essentieel om schade aan oevers te voorkomen. Om vanuit de oever te baggeren worden de oevers belast met veelal vrij zware machines. Dit is in het veenweide onwenselijk. Onderzocht zou kunnen worden of de afstand tussen machine en sloot vergroot kan worden door de arm langer te maken.

Om te borgen dat aan functie en doelstellingen wordt gewerkt zou een oplossingsrichting kunnen zijn om de sloot in de lengterichting op te delen in segmenten: midden, vooroever, oever (Lenssinck en Jansen, VIC). Landeigenaar en waterschap maken afspraken waarin functies en doelstellingen worden toegekend aan deze afzonderlijke segmenten. Wanneer de functie van water aan- en afvoer in het geding komt kan het middelste segment van de sloot, dat ook de functie water aan- en afvoer heeft, worden gebaggerd op een manier waarbij de overige segmenten niet worden aangetast. Bijvoorbeeld

door de baggerkop horizontaal te plaatsen in plaats van naar beneden gericht, kan zowel bagger als vegetatie uit het midden van de sloot worden verwijderd.

## **Slootschonen**

Het schonen van sloten gebeurt meestal eens per jaar, eens per meerdere jaren of een enkele keer meerdere keren per jaar. Schonen bestaat uit het verwijderen van delen van de water- en oevervegetatie en het verwijderen van opslag van struiken en boompjes rond deze wateren. Net als bij baggeren werd ook voor slootschonen door meerdere geïnterviewden aangegeven dat minder mogelijk beter is. Daarbij zou goed gekeken kunnen worden naar de stabiliteit van de betreffende oever en de rol van de aanwezige vegetatie. Een aantal belangrijke aspecten zijn:

- Zo ver mogelijk uit de kant blijven met machines, risico op verzwakking van de oevers als de machines te dicht op de kant rijden;
- Materiaal niet op de oever laten liggen. Dit verstikt onderliggende vegetatie dat zo belangrijk is voor het stabiel houden van de oever. Materiaal verder leggen dan de bufferstrook/bemestingsvrije zone;
- Wortels laten zitten;
- In mozaïek maaien;
- Waar nodig voor stevigheid (verzakke) oever – minimaal ingrijpen.

Klepelen is ongewenst omdat organisch materiaal blijft liggen en vaak ophoopt wat tot zuurstofloosheid kan leiden en het afsterven van de wortels.

Een cultuuromslag is aan het plaatsvinden wat betreft doelstelling en nut- en noodzaak van schonen waarbij meer nadruk ligt op het instandhouden en zorgdragen voor een stabiele oevervegetatie en niet op het jaarlijks 'schoon' opleveren van de sloot. Waterschappen kunnen hierin een belangrijke rol spelen. Een middel daarbij zou een compensatie kunnen zijn voor boeren voor het instandhouden en zorgdragen voor een stabiele oevervegetatie en daarmee voor een stabiele oever. Voor het 'gewone slootschonen' is nu geen compensatie, hier geldt alleen de schouw als pressiemiddel om goed te schonen. De instelling van de schouwmeester speelt hierin een zeer belangrijke rol. Hoewel al begonnen is met de cultuuromslag, zou hier extra energie op moeten worden ingezet zodat dit de standaard praktijk wordt bij allen die er invloed op hebben (schouwmeesters, loonwerkers, boeren, waterschappen).

### **6.2.4 Aanpak oever aantastende dieren**

In het detailonderzoek zijn veel oevers aangetroffen die waren aangetast door dieren. Met name holen van muizen en kreeften op de oever waren op verschillende locaties duidelijke oorzaken voor afkalving. Vraat en aantasting door dieren kunnen worden gezien als hot-spots maar kunnen ook over een groot deel van een oever tot (grote) schade leiden.

Op locaties waar woelende vissen de oevers en vegetatie sterk hebben aangetast blijken rasters van gaas tegen woelende vissen – heel effectief om vegetatieontwikkeling te stimuleren (B. Specken en W. Rip, Waternet). Deze rasters zijn wel gevoelig en kunnen gemakkelijk worden aangetast.

Visstandbeheer en afvangen van Amerikaanse rivierkreeften zijn ook opties. Visstandbeheer kan een effectieve maatregel zijn, maar is alleen effectief als de intrek van vis beperkt kan worden. In 2018 is ATKB van start gegaan met een onderzoek om te bekijken of een kreeftenpopulatie middels afvangen is te reduceren. De eerste resultaten van dit onderzoek laten zien dat het veel inspanning vergt om de populatie constant laag te houden. Binnen het schadeprotocol lijkt het effectiever om het graafgedrag te ontmoedigen om schade te voorkomen. Het meest efficiënt is om gedurende de zomermaanden enkele keren de populatie intensief uit te dunnen in plaats van een wekelijkse bevissing met een geringe inzet van vangtuigen.

Een studie van Lemmers et al., (2019) laat zien dat natuurvriendelijke oevers minder geschikt zijn voor rivierkreeften om in te graven, aangezien er in de natuurvriendelijke oevers significant minder holen zijn geteld dan in de semi-natuurlijke of niet-natuurvriendelijke oevers. Rivierkreeften hebben een voorkeur

voor steile oevers en kleibodems. Een belangrijke voorwaarde voor het positieve effect van NVO op een verminderd graafgedrag en meer natuurlijke vijanden van de rivierkreeft is wel dat deze oevers ecologisch worden beheerd, bijvoorbeeld door minder frequent te maaien, of de waterkanten periodiek eenzijdig te maaien (laten overstaan). Naast dat natuurlijke (minder steile) oevers het graafgedrag ontmoedigen, krijgen ook waterplanten meer (overlevings)kansen als de aanwezigheid van kreeften en woelende vissen worden beperkt.

### 6.3 Kostenperspectief agrarisch oeverbeheer

Uit een eerdere kosten/baten analyse in het Noord-Hollandse veenweidegebied blijkt allereerst dat de baten van stabiele oevers de kosten voor aanleg en beheer in belangrijke mate compenseren (Joosten et al., 2015). In een voor Laag-Holland gemiddelde situatie van 4 cm oeverafkalving per jaar vallen die baten voor één van de 4 varianten ("opgebaggerde landbouwoever") zelfs hoger uit dan de kosten. Bij een oeverafkalving van 8 en 16 cm per jaar geldt dit voor 2 resp. 3 van de 4 varianten voor stabiele oevers. Alleen voor de meest natuurvriendelijke variant ("KRW-model NVO") liggen de kosten altijd hoger dan de baten. De kostenposten die zijn meegenomen zijn beschoeiing, beplanting, beheer, drinkbak vee en afhankelijk van de variant de afkoop waardedaling landbouwgrond. Aan de baten kant zitten de vermeden kosten voor baggeren en verlies van landbouwgrond en afhankelijk van de variant aanwinst landbouwgrond dan wel aanwinst natuurgrond.

Uit het in voorgaande hoofdstukken beschreven onderzoek naar oorzaken en oplossingen blijkt dat rust op de oever en de ontwikkeling van stevige diep wortelende vegetatie essentieel zijn voor een stabiele oever. Vanuit dit oogpunt heeft het de voorkeur dat de perceelranden anders worden beheerd dan de rest van het perceel. Of de agrarische bedrijven dit extensievere randenbeheer toepassen hangt sterk af van het type bedrijf en het bijbehorende verdienmodel. Een bedrijf wat sterk gericht is op een hoge productie zal dit minder snel toepassen dan een bedrijf waarbij het verdienmodel meer afhankelijk is van vergoedingen voor ecosysteemdiensten zoals bijvoorbeeld het stimuleren van biodiversiteit.

Er zijn verschillende manieren om subsidie te ontvangen voor maatregelen aan de sloot en oever. Het Agrarisch Natuur en Landschapsbeheer (ANLB) biedt de mogelijkheid om vergoedingen te ontvangen voor bepaalde maatregelen die bijdragen aan de biodiversiteit. De beheerpakketten die hiervoor door de agrarische collectieven worden aangeboden zijn zo ingericht dat (in principe) het gederfde inkomen of de gemaakte kosten vergoed worden. Een stapeling van vergoedingen voor dezelfde maatregel is niet mogelijk. Voorbeelden van pakketten zijn het beheren van een natuurvriendelijke oever met daarnaast een stukje rietzoom of het hebben van een bufferzone op een breed talud. Als dit wordt toegepast op locaties die gevoelig zijn voor afkalving wordt ook schade in de toekomst voorkomen. In het gebied van AGV zijn er ook de subsidieregelingen "water en bodem AGV Utrecht en Zuid-Holland" en "Bodem & Water AGV Noord-Holland". Binnen deze regelingen is het voor de perceelhouder ook mogelijk een vergoeding te krijgen voor ingrepen bij bijvoorbeeld het aanleggen van een natuurvriendelijke oever.

Wanneer een bedrijf van 50 ha met ca 10 km oever voor 2 ha een pakket afsluit voor botanische weiderand/ bufferzone van 2m breed resulteert dit in een opbrengstderving van €2240,-<sup>4</sup> ten opzichte

---

<sup>4</sup> Voor een gemiddeld veenweidebedrijf zijn de kosten voor een hectare land tussen de €700,- en de €1000,- per ha/ jaar. De grasopbrengst in het veenweidegebied varieert tussen de 7 ton per ha en de 15 ton per ha met gemiddeld rond de 10 ton per ha. Aanname is dat voor de perceelranden die extensief beheerd worden het productiepotentieel slechts 30% is. Als uitgegaan wordt van een graskuilprijs van €160,- per ton droge stof (€40 per ronde baal) dan is de gemiddelde opbrengst €1600,- per ha. Opbrengstderving is  $0,7 * 1600 * 2ha = €2240,-/jaar$

van de situatie dat het gehele areaal productieland zou zijn. Het is voor deze 2ha mogelijk om €2200,- te ontvangen vanuit ANLB gelden als vergoeding voor het toepassen van een bufferzone. Dit betekent dat het vanuit het oogpunt van de agrariër het toepassen van bufferstroken aantrekkelijk kan zijn als de oevers gevoelig zijn voor afkalving. Dit is een mooi uitgangspunt voor oeverzones die zijn verzakt en waarvan de productiewaarde mogelijk al beperkt is.

Het is voor de agrariër belangrijk om te weten dat hij/zij (zeker op termijn) geen inkomen verliest door de maatregelen en dat het behoud van land oplevert. Daarnaast wordt het aantrekkelijk om maatregelen te treffen wanneer meer financieringsstapelings mogelijk zijn. Naast de vergoeding vanuit het ANLB hangt het saldo van de melkveehouders namelijk ook steeds meer af van extra toeslagen op specifieke melkstromen met meerwaarde op de markt. De ontwikkeling van dit concept staat nog in de kinderschoenen. Momenteel zijn de belangrijkste spelers hierin de melkfabrieken Friesland Campina (On the way to PlanetProof), Aware (Albert Heijn stroom) en Cono (Caring Dairy). Een onderdeel van deze toeslagen of vergoedingen is het beheer van de bedrijfspercelen, deelnemende bedrijven krijgen extra melkgeld uitbetaald als ze meedoen aan het ANLB of soortgelijk agrarisch natuurbeheer uitvoeren. Cono melkveehouders ontvangen hiervoor bijv. €0.005 per liter extra. De voorwaarden voor de betalingspakketten komen o.a. van Stichting Milieukeur (SMK) en Albert Heijn. Als deze partijen het belang van een goed oever- en kantenbeheer inzien zijn ze wellicht ook bereid om dit mee te nemen in de kwaliteitspakketten.

Om vorm en inhoud te geven aan kringlooplandbouw en natuur-inclusief boeren zijn/ worden kritische prestatie indicatoren (KPI's) ontwikkeld. Eén van deze indicatoren gaat over biodiversiteit (Van Eekeren et al, 2015). Oever- en randenbeheer zou een prachtige invulling kunnen geven aan deze KPI omdat het bijdraagt aan functionele agrobiodiversiteit (pijler 1), landschappelijke diversiteit (pijler 2), specifieke soorten (pijler 3) en brongebieden en verbindingzones (pijler 4).



# 7 Conclusies

Hieronder volgt puntsgewijs de belangrijkste conclusies uit het onderzoek naar de oorzaken en oplossingen voor oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweidegebied.

- Oeverafkalving is niet alleen een probleem voor perceeleigenaren door een verminderde werkbaarheid en waarde van agrarische perceelranden. Oeverafkalving heeft door de aanwas van bagger een direct en negatief effect op de waterkwaliteit, onderhoudsdruk en broeikasgasemissies en is daarmee ook een probleem voor waterschappen.
- Oeverafkalving is een wijdverspreid fenomeen in het agrarisch beheerde veenweide.
- Twee verschijningsvorming kunnen worden onderscheiden: steile afgekalfde oevers als gevolg van stroming en golfslag; en oeververzakking waarbij de oever over een grotere breedte is verzakt richting de sloot.

## Oorzaken

- Afkalving is niet alleen het gevolg van stroming en golfslag maar afkalving is ook het mineraliseren en wegspoelen van veraard en waterverzadigd veen.
- Afkalving versnelt door de afwezigheid van vegetatie en wanneer het veen zwart komt te liggen door vertrapping, holen in oevers, snelle peilveranderingen, té intensief baggeren of schonen, woelende vissen, en door kaalslag als gevolg van golven en stroming.
- Afkalving vindt met name plaats gedurende piekmomenten en op pieklocaties
- Piekmomenten zijn gerelateerd aan storm en harde wind (golfslag), intensieve en/ of langdurige neerslag (stroming en wegspoelen veen) af nadat te intensief is gebaggerd.
- Pieklocaties ontstaan door dieren (o.a. holen of vertrapping), waar de stroming lokaal groot is (o.a. haakse sloten en dicht bij het gemaal) en op locaties met een grote strijklengte. De impact van deze lokale oorzaken kan groot zijn (>10 cm afkalving per jaar).
- Klimaatverandering leidt tot meer afkalving gedurende piekmomenten door een toename in weersextremen

## Stabiele oevers

- Het belangrijkste uitgangspunt voor een stabiele oever is **rust** met een afgestemd beheer van sloot, oever en perceelrand door de frequentie van baggeren, het peilbeheer, het randenbeheer, de dimensionering van de sloot en de belasting van de oever. Dit vraagt om een integrale aanpak met gezamenlijke doelstellingen op polderniveau.
- Vegetatie is essentieel voor een stabiele oever. Rust en terughoudend beheer moet leiden tot vegetatie die vanuit de aquatische en amfibische zone de oever beschermt tegen stroming en golfslag en in de terrestrische zone oevervegetatie ontwikkeld met een dicht en diep wortelstelsel (bijvoorbeeld pitrus) om de oever stabiel te houden.
- Waterschappen kunnen bijdragen aan stabiele oevers door haalbare onderhoudseisen (legger), bewustwording bij opdrachtverstrekkers, schouwmeester, uitvoerders, beloningsysteem (km's in plaats van kuubs), voorkomen van sterke fluctuaties in peilen, inrichting natuurvriendelijke oevers afgestemd op oorzaken afkalving en het opnemen van beheer in de afspraken.
- Agrariërs kunnen bijdragen aan stabiele oevers door bufferzones tussen perceel en sloot niet te belasten en niet te bemesten. Vegetatieherstel door vee uit de slootrand te houden. Behoud stabiliteit oever(vegetatie) door voorzichtig slootshonen waarbij wortels intact blijven.
- Stabiele oevers bieden kansen om te werken aan waterkwaliteit-, biodiversiteit-, natuur-, en klimaatdoelstellingen.

## 8 Aanbevelingen

Klimaatverandering, klimaatopgaves, het natuurlijk potentieel van oeverzones en het effect van afkalving en baggervorming op de waterkwaliteit zijn onderwerpen die meer onderzoek vergen.

### Waterkwaliteit

Verschillende onderzoekers die zijn gespecialiseerd in nutriënten in het veenweidegebied (Fons Smolders (B-Ware), Rob Hendriks (WenR) en Christy van Beek (AgroCares)) hebben in het kader van dit onderzoek aangegeven dat enerzijds afkalving en baggervorming zeer belangrijk zijn voor nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater maar dat anderzijds er vrij weinig bekend is over dit complexe onderwerp. Het wordt ook niet expliciet meegenomen in de specifieke modellen die de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vanuit de landbouw berekenen. Het zou zeer interessant zijn om het verband tussen oeverafkalving en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater nader te onderzoeken en te kwantificeren.

### Natuurpotentie

Het tweede onderbelichte onderwerp is de natuurpotentie van oevers. Los van waterkwaliteit zijn de verschillende oeverzones (Figuur 3-4) van grote waarde voor vissen, kleine zoogdieren, vogels, amfibieën, insecten en aquatische macrofauna (Bekker, 2013). Biodiversiteit gedijt bij variatie in omgevingsfactoren. Dit is bij uitstek het geval op een oever waar de aquatische zone overgaat in de amfibische in de terrestrische zone met alle soorten die daarbij horen. Daarnaast vormen sloten een aaneengesloten netwerk waardoor oevers verbindingzones zijn en oeverbeheer een belangrijke bijdrage kan leveren aan de ontwikkeling en beleving van het landschap. Om een goede invulling te geven aan deze bredere thema's maar ook bij te dragen aan stabiele oevers is het belangrijk om onderzoek te doen naar de relatie tussen vegetatie – en dan met name het ondergrondse deel van de vegetatie – en de stabiliteit van oevers en de successie van vegetatie op oevers wanneer het beheer wordt geëxtensiverd. Onderzoeksvraag is hoe vegetatie bijdraagt aan een stabiele oever en hoe met beheer stevige oevers natuurlijk kunnen ontstaan. Daarbij is de vraag wat het effect is van een hoger en flexibeler peilbeheer, dat aansluit bij klimaatverandering en klimaatopgaves, op de vegetatieontwikkeling.

Om vorm en inhoud te geven aan kringlooplandbouw en natuur-inclusief boeren zijn/ worden kritische prestatie indicatoren (KPI's) ontwikkeld. Eén van deze indicatoren gaat over biodiversiteit (Van Eekeren et al, 2015). Oever- en randenbeheer zou een prachtige invulling kunnen geven aan deze KPI omdat het bijdraagt aan functionele agrobiodiversiteit (pijler 1), landschappelijke diversiteit (pijler 2), specifieke soorten (pijler 3) en brongebieden en verbindingzones (pijler 4).

### Klimaatverandering

Een verandering in klimaat komt tot uiting in extremere droogte, piekbuien, een hogere verdamping en meer intensief natte periodes. Klimaatdoelstellingen zijn uitgesproken voor het veenweidegebied waardoor peil volgt functie niet meer vanzelfsprekend is en onderzocht wordt in hoeverre vernatten mogelijk en nodig is. Een hoger en meer flexibel peilbeheer zal ontwikkeld moeten worden om pieken in neerslag op te vangen en om water vast te houden maar ook om bijvoorbeeld te sturen op de effectiviteit van onderwaterdrainage. Ook de waterkwaliteit (toename sulfaat uitspoeling) kan worden

beïnvloed door deze veranderingen. Langdurig natte periodes in combinatie met minder waterberging in het perceel door hogere peilen, heftige buien, stormen en fluctuerende waterpeilen hebben allemaal een negatief effect op de stabiliteit van oevers. Het directe effect van klimaatverandering en het effect van een hoger en flexibel peilbeheer op oeverafkalving en baggeraanwas zal daarom onderzocht moeten worden.

Onderzoek toont aan broeikasgassen vrijkomen uit de slootbodem en dat de uitstoot hoger is bij een slechtere waterkwaliteit (Schep et al., 2020). Maatregelen die gericht zijn op schoner water leveren dan ook een substantiële positieve bijdrage aan het klimaatvraagstuk. Omdat afkalving leidt tot baggervorming en een verslechtering van de waterkwaliteit zou het heel interessant zijn om ook de relatie tussen afkalving, baggervorming en broeikasgasemissies te onderzoeken.

## 9 Referenties

- Anoniem (2018). Resultaten Onderzoek Natuur Vriendelijke Oevers. Water, Land en Dijken
- Bekker L; Stook P; Lauwerijssen C. (2013). Projectnota waterkwaliteit Wormer-en Jisperwater. De inzet van bagger(en) ter verbetering van de waterkwaliteit - een integraal maatregelenpakket. Tauw, Witteveen+Bos, Oranjewoud
- Coops, H. (2002) Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA, Lelystad
- CUR (1999) Natuurvriendelijke oevers. Oeverbeschermingsmaterialen. CUR-rapport 202
- Gylstra R, A Wegner, M. Poelen, R. Loeb, L. van den Berg (2015). Op zoek naar de optimale baggerfrequentie voor sloten in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. H2O-Online/25september2015
- Haye, M.A.A., de la, E.C. Verduin, G. Everaert, P. Goethals, I. Pauwels & C. Blom (2011), Scoren met natuurvriendelijke oevers, oevers langs regionale M-typen wateren. Grontmij. Rapportnummer: 275711 GM-1032497/MDH
- Joosten, L., Westerhof, R., & Terwan, P. (2015). Investeren in stabiele oevers: alternatief voor baggeren? Een verkennende studie naar kosten/baten en effecten op waterkwaliteit, klimaat en biodiversiteit in Laag Holland Org-ID en Paul Terwan Onderzoek en Advies
- Jonker N. (1997). Natuurlijke Oeververdediging Waterland. Vier jaar ervaring met wilgenschoeiingen op vijf agrarische bedrijven. Samenwerkingsverband Waterland en Nico Jonker
- Koese B, P Lemmers, M Soes, B de Jong (2019) Samenvatting literatuurstudies uitheemse rivierkreeften STOWA 2019-15 ISBN 978.90.5773.855.5
- Lemmers P, J Verhees, R van der Kroon, R Leuven (2019) Minder uitheemse rivierkreeften in natuurvriendelijke oevers. H2O-Online / 23 december 2019
- Linders JA, (2019) Monitoringsonderzoek bagger, IJperveld. Antea group documentnummer 417250rap.
- Michielsen B, L Lamers, F Smolders (2007) Interne eutrofiëring van veenplassen belangrijker dan voorheen erkend? H2O 8: 51-54
- Musters, C., Keurs, W., & Well, E. (2006). Natuurvriendelijk slootonderhoud in het westelijk veenweidegebied. Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden, Afdeling Milieubiologie.
- Schep S.A, R.J. Brederveld, C. Pohnke, S. de Rijk, W.R.L. van der Star, T. A. Troost, S. Jansen, M.A.R. Kox (2020) Broeikasgasemissies uit zoetwater. Stowa Deltafact
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T., Van der Velde, G., Roelofs, J.G.M., (2006) Internal eutrophication: how it works and what to do about it e a review. Chemistry and Ecology 22 (2), 93e111.
- Sollie S, E brouwer, P de kwaadstenie (2011). Handreiking natuurvriendelijke oevers een standplaatsbenadering. Stowa- rapportnummer 2011-1, isbn 978.90.5773.521.9
- Swart EOAM de; Wit J de; Leerlooijer C; Veer R van't. (2016). Peilbeheer in weidevogelreservaat de Ronde Hoep. Advies voor optimalisatie van het peil. Sweco Nederland B.V. SW NL-0187271

- Terwan P (2008) Evaluatie van het Beheerplan natuurvriendelijke oevers in Midden-Delfland. Paul Terwan onderzoek en advies
- Tuukkanen T, H Marttila, B Klöve (2014) Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in drained peatlands. *Water Resources Research* 50(4)
- Van der Molen WH, H. Ton, J.W. van den Berg, J.A. van Dort, E. Schultz (1976) Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden. Werkgroep afvoer berekeningen
- Van Diggelen J; F Smolders; L Lamers; R Hendriks; D Kleijn; L Turlings; PJ Westendorp. (2013). Onderzoek ten behoeve van een duurzaam beheer van het Wormer-en Jisperveld. B-Ware, Nijmegen. Rapportnummer: 2013.04
- Van Eekeren N, F Verhoeven, JW Erisman (2015) Verkenning Kritische Prestatie Indicatoren voor stimulering van een biodiverse melkveehouderij. Louis Bolk Instituut, publicatienummer 2015-046 LbD
- Van Hees Th. (2017). Oeverherstel bij de Kerfwetering.
- Van Rotterdam D, J. Kros, J. de Pater, J. Vogel en G.H. Ros (2019) Agrarische fosforbelasting van het oppervlaktewater en het handelingsperspectief binnen het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1685.N.16, pp 39
- Vogel T. J Smorenburg, E Nagelhout, M. Riksen (2015). Veenoeverafkalving in de Slimmenwetering te Zegveld. Wat zijn de oorzaken en wat kunnen we er aan doen? Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden





Nutriënten Management Instituut BV  
Nieuwe Kanaal 7c  
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03  
e-mail: [nmi@nmi-agro.nl](mailto:nmi@nmi-agro.nl)  
website: [www.nmi-agro.nl](http://www.nmi-agro.nl)