



Tauw

Haalbaarheidsstudie kroos afvangen

in het beheergebied van Delfland

2 juni 2020



Verantwoording

Titel	Haalbaarheidsstudie kroos afvangen
Opdrachtgever	Hoogheemraadschap van Delfland
Projectleider	Jeroen Gmelig Meyling
Auteurs	Melanie Boonstra, Erik Korterink, Chris van der Stoop, Thijs Nix
Tweede lezer	Pim de Kwaadsteniet, Harry Grevers
Projectnummer	1267615
Aantal pagina's	77
Datum	2 juni 2020
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.
Citeren als	Boonstra, M., Korterink, E., Stoop, S. van der, Nix, T., Kwaadsteniet, P. de & Grevers, H., 2020. Haalbaarheidsstudie kroos afvangen in het beheergebied van Hoogheemraadschap van Delfland. Tauw rapportnummer- 1267615.

Colofon

Tauw bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Waar kroos af te vangen?	10
2.1	Afwegingscriteria.....	10
2.2	Brede inventarisatie mogelijke locaties	10
2.2.1	Gemaal.....	11
2.2.2	Aanvoerwatergang gemaal	12
2.2.3	Duiker (verzonken).....	14
2.2.4	Duiker (half-verzonken).....	15
2.2.5	Stuw	16
2.2.6	Grachten	17
2.2.7	Knooppunt watersysteem.....	18
2.2.8	Brug.....	19
2.2.9	Luwtes.....	20
2.3	Afwegingskader.....	21
2.4	Conclusie locaties	22
3	Hoe kroos af te vangen?	23
3.1	Stappen kroosafvang	23
3.2	Afwegingscriteria.....	23
3.3	Brede inventarisatie technieken	24
3.3.1	Handmatige kroosverwijdering.....	24
3.3.2	Opduwen en wegscheppen	27
3.3.3	(Bio-afbreekbare) netten	29
3.3.4	Brede zuigermond aan trekker.....	31
3.3.5	Kroosslurper.....	33
3.3.6	Kroos-skimmer/ olieskimmer.....	34
3.3.7	Seabin.....	36
3.3.8	Krooscatamaran.....	39
3.3.9	Kroosrobot en krooswiel.....	41
3.3.10	Krooshekreiniger	43
3.3.11	Kettingreiniger	45



3.4	Afwegingskader.....	47
3.5	Conclusie technieken.....	47
4	Geschikte methodes per locatie.....	49
4.1	Afwegingskader.....	49
4.2	Conclusie geschikte methodes per locatie.....	49
5	Denkrichtingen.....	50
5.1	Denkrichting 1: Kroosafvang bij half-verzonken duiker in de buurt van gemaal of stuw ..	50
5.1.1	Beschrijving (beknopt).....	51
5.1.2	Varianten.....	51
5.1.3	Voor- en nadelen.....	52
5.2	Denkrichting 2: Kroosafvang met drijfbalk in de watergang.....	52
5.2.1	Beschrijving.....	53
5.2.2	Varianten.....	54
5.2.3	Voor- en nadelen.....	54
5.3	Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij het gemaal	56
5.3.1	Beschrijving.....	56
5.3.2	Varianten.....	56
5.3.3	Voor- en nadelen.....	57
5.4	Conclusie denkrichtingen.....	57
6	Beknopte ontwerpnotitie Denkrichting 2.....	57
6.1	Uitgangspunten.....	59
6.2	Stroomsnelheid en kroosaanvoer	59
6.3	Materialisatie.....	60
6.3.1	Kroosbalk.....	60
6.3.2	Grof rooster	61
6.3.3	Kroosverwijdering.....	62
6.4	Kosten.....	63
6.5	Conclusie	63
7	Beknopte ontwerpnotitie Denkrichting 3.....	67
7.1	Kettingreiniger en transportband.....	68
7.2	Kroos-skimmer	68
7.3	Conclusie	68

8	Hoe kroos af te voeren?	69
8.1	Transportsysteem	69
8.2	Deelsystemen	69
8.2.1	Watergang en kroosverwijdering.....	69
8.2.2	Riolering	70
8.2.3	Rioolgemaal	70
8.2.4	Persleiding	70
8.2.5	AWZI	70
8.2.6	Wetgeving & Regelgeving.....	70
8.3	Literatuur	70
8.4	Watergang en verwijdering kroos.....	71
8.4.1	Uit welke materialen/onderdelen bestaat de kroosdrijf laag, welke eigenschappen heeft kroos en zijn er verschillen in type kroos?	71
8.4.2	Waarheen wordt het kroos normaal gesproken afgevoerd?	71
8.4.3	Waarvoor wordt het kroos momenteel (her)gebruikt?	71
8.4.4	Hoe groot is het gevaar van microplastics in het kroos?	71
8.5	Riolering	71
8.5.1	In hoeverre is kroos te vergelijken met GFT?	71
8.5.2	Gaat het kroos ophopen/bezinken en blijft het aan de buis kleven?	71
8.5.3	Zijn er risico's met betrekking tot gasvorming en/of stankoverlast?	72
8.5.4	Zijn er risico's voor de rioolbuis?	72
8.5.5	Moet het kroos eerst gehakseld worden voordat het geloosd wordt?	72
8.5.6	Welke type rioolstelsels zijn bruikbaar?	73
8.5.7	Wat is het effect van de hydraulische afvoer?	73
8.5.8	Wat is het risico op het overstorten van het kroos?	73
8.5.9	Conclusie	73
8.6	Rioolgemaal	73
8.6.1	Zijn er risico's voor het rioolgemaal?.....	74
8.6.2	Moet het kroos gehakseld zijn?.....	75
8.6.3	Zijn er beperkingen bij verschillende typen rioolgemaal?	75
8.6.4	Conclusie	75
8.7	Persleiding	75



8.7.1	Zijn er risico's voor de persleiding?	75
8.7.2	Moet het kroos gehakseld zijn?	75
8.7.3	Conclusie	75
8.8	AWZI	75
8.8.1	Zijn er risico's voor de AWZI?	75
8.8.2	Gaat de AWZI er beter of slechter van werken?	75
8.8.3	Is de AWZI in staat om alle materialen uit de drijf laag te verwerken?	76
8.8.4	Conclusie	76
8.9	Wetgeving & Regelgeving	76
8.10	Conclusie en aanbevelingen	77



1 Inleiding

Aanleiding

Eén van de grootste uitdagingen van de Nederlandse waterbeheerders is nog altijd de (hoge) voedselrijkdom van de Nederlandse wateren. Ook in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland is sprake van een (te) hoge voedselrijkdom. In water met een hoge voedselrijkdom hebben plantensoorten die hiervan kunnen profiteren een competitief voordeel ten opzichte van andere planten. Een plantengroep die kenmerkend is voor een hoge voedselrijkdom is kroos.

In het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland is regelmatig sprake van dichte kroosdekken in de zomer. Deze kroosdekken komen zowel voor in de grachten van de binnenstad als in de sloten in agrarisch buitengebied. Doordat kroos los drijft op het wateroppervlakte verplaatst het zich gemakkelijk naar verschillende plekken onder invloed van stroming en wind.

De ophoping van kroos heeft een aantal nadelige gevolgen voor het aquatische milieu en voor de belevingswaarde door burgers van water¹:

- Zuurstofloosheid: het water wordt door het kroosdek afgescheiden van de buitenlucht. Dit heeft een verminderde uitwisseling van zuurstof tot gevolg. Doordat onder het kroosdek voornamelijk zuurstof wordt verbruikt (door aquatische organismen en bodem/afbraakprocessen) en waterplanten afwezig zijn door lichttekort (en daardoor geen zuurstof produceren) kan de waterkolom zuurstofloos raken. Dit heeft tot gevolg dat aquatische organismen wegtrekken of overlijden.
De zuurstofloosheid heeft tevens invloed op de chemische bodemprocessen, waarbij vaker de omzetting naar giftige, soms stinkende stoffen (bijvoorbeeld ammoniak, waterstofsulfide) plaatsvindt. Dit kan leiden tot klachten van buurtbewoners.
- Verminderd lichtklimaat: door het dichte kroosdek kan (zon)licht niet meer doordringen in de waterkolom. Waterplanten die onder het kroosdek groeien sterven daardoor af.

Wat is kroos?

Kroos is een klein plantje dat drijft op het wateroppervlak. Er bestaan verschillende soorten kroos. Het bestaat meestal uit één blaadje van enkele millimeters groot (meestal <10 mm altijd <30 mm groot). Sommige soorten bestaan uit meerdere kleine blaadjes (bv. Kroosvaren). Aan dit blaadje groeien bij sommige soorten één of meerdere wortels, maar deze wortelen niet in de waterbodem. Kenmerkend van kroos is dat het zijn voedingsstoffen direct uit het water filtert, en vrij ronddrijft op het wateroppervlakte.

Kroos vermenigvuldigt zich door ongeslachtelijke voortplanting in de vorm van deling. Een kroosplantje splitst zich op in tweeën, waarna de nieuwe plantjes zich weer in tweeën splitsen. Daardoor is kroos in staat om exponentieel in aantal toe te nemen en daarbij dichte kroosdekken te vormen.

In de winter sterft kroos in principe af, al blijft het bij zachtere winters deels aanwezig. Wanneer de lente zijn intrede doet en de temperaturen oplopen begint kroos weer te groeien en te

¹ STOWA, 2014. Kennis over kroos. Stowa-rapport 2014-14.

vermenigvuldigen. Over het algemeen zien we dat dichte kroosdekken na een zachte winter vroeger in het jaar overlast veroorzaken dan na een koude winter.

Doel

De voedselrijkdom omlaag brengen als bronmaatregel is een stip op de horizon voor alle waterbeheerders in Nederland. Aan deze bronmaatregel zijn echter (soms onevenredig) veel kosten en belangen verbonden. Daarom is Hoogheemraadschap van Delfland in een innovatieprogramma aan het onderzoeken op welke manier de negatieve effecten van kroos verminderd kunnen worden. Daarbij bekijken ze ook op welke wijze kroos uit het water gehaald kan worden en hoe dit kroos verwerkt en afgevoerd kan worden.

Het hoogheemraadschap heeft reeds een aantal pilots uitgevoerd naar een technieken waarmee kroos uit het water wordt verwijderd. De geteste technieken waren soms succesvol en soms minder succesvol. Tot nu toe zijn vooral op kleine schaal technieken getest (op het niveau van een enkele watergang). Daarbij hebben de technieken lokaal een effect op het aquatisch milieu, maar in de praktijk is het probleem veel grootschaliger. Daarom wordt in dit rapport gefocust op methodes waarmee grootschalig kroos verwijderd kan worden.

Om kroosdekken grootschalig en efficiënt te verwijderen zijn een aantal factoren van belang:

- *Locatie kroosafvang*: tactisch gekozen locaties binnen het beheergebied kunnen een belangrijke sleutel zijn tot grootschalige verwijdering.
- *Kenmerken van de techniek voor kroosafvang*: de kenmerken van de in te zetten techniek bepalen de mogelijkheid voor grootschaligheid en efficiëntie.
- *Afvoer/verwerking van kroos*: bij grootschalige kroosafvang komen zeer grote hoeveelheden kroos uit het water. Het zou veel mankracht besparen als dit middels het riool afgevoerd kan worden.

Voor de meest efficiënte afvang van kroos is de combinatie van locatie en de techniek van belang. De kenmerken van de techniek bepalen op welk type locatie deze het meest succesvol ingezet kan worden.

In het voorliggend rapport wordt daarom eerst voor de locatie en de techniek separaat een afwegingskader geschetst en ingevuld. Daarna worden de separate afwegingskaders gecombineerd tot een afwegingskader dat weergeeft in hoeverre een techniek geschikt is voor toepassing op een bepaalde locatie. De meest geschikte methodes vormen de denkrichtingen. Van drie van deze denkrichtingen vindt een (beknopte) technische uitwerking plaats en van de methode die het Hoogheemraadschap van Delfland als meest kansrijk ziet vindt een uitgebreidere technische uitwerking plaats.

Als laatste wordt beschreven of kroos afgevoerd kan worden via het riool.

Werkwijze

Om tot een afwegingskader te komen is eerst een brede inventarisatie naar methodes gedaan, daarna een interne brainstorm met experts gehouden, vervolgens een werksessie met Delfland



gehouden en uiteindelijk een onderzoek naar afvoer via het riool gestart. In Figuur 1.1 staat per werkstap kort toegelicht wat deze inhoud en wat het belangrijkste resultaat/ de bevinding was.



Figuur 1.1 Schematische weergave werkproces en resultaat per werkstap

Leeswijzer

Onderstaande rapportage is opgebouwd van grof naar fijn. Deze begint met een brede inventarisatie van typen locaties (H2) en afvangmethodes (H3), waarbij steeds een beoordeling op een aantal aspecten plaatsvindt (afwegingskader). Met behulp van deze inventarisatie is in een interne werksessie een Top 3 van meest geschikte methodes opgesteld (H5). Vervolgens zijn uit deze Top 3 in de werksessie samen met Delfland twee methodes geselecteerd waarvan een beknopte technische notitie is geschreven (H6 en H7). Ten slotte wordt beschreven hoe kroos afgevoerd kan worden (H8).



2 Waar kroos af te vangen?

2.1 Afwegingscriteria

Voor de beoordeling op de geschiktheid van afvanglocaties zijn een aantal factoren van belang, namelijk:

- **Constantheid kroosaanvoer:** door een constante stroming richting de locatie wordt kroos ook constant aangevoerd
- **Voorspelbaarheid kroosaanvoer:** door wind of stroming is niet altijd even goed te voorspellen wanneer kroosaanvoer op een locatie plaatsvindt. Door machinale afstelling kan dit op een aantal plekken ondervangen worden
- **Sturingsmogelijkheden** op kroosaanvoer: locaties waar door machinale afstelling van bijvoorbeeld gemalen en keermiddelen een meer constante waterstroom gerealiseerd kan worden
- **Trechtering:** er is een vernauwing van het wateroppervlakte aanwezig, waardoor kroos op de locatie ophoopt
- **Kosten:** op welke locaties is een opvangopstelling het beste inpasbaar zonder al te veel bijkomende kosten om verzameling van kroos te realiseren
- **Afstand tot bron:** de afstand van het ontstaan van kroos tot de plaats waar het afgevangen wordt zo kort mogelijk houden. In dit geval meestal poldersloten

Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek: sommige locaties lenen zich beter voor het bevestigen van een afvangtechniek door bijvoorbeeld de aanwezigheid van bestaande constructies, meerpalen etc.

In de volgende paragrafen worden alle vooraf bedachte locaties beoordeeld op bovenstaande criteria.

2.2 Brede inventarisatie mogelijke locaties

2.2.1 Gemaal



Gemaal Keijzershof www.gemalen.nl

Beschrijving

Als een gemaal aanslaat creëert deze veel stroming in altijd dezelfde richting. Daardoor is het een duidelijk verzamelpunt uit een vast gebied, vaak vanuit een polder. Door bij gemalen die afwateren uit een gebied waarin veel kroosontwikkeling plaatsvindt kroos af te vangen kan worden voorkomen dat kroos zich (nog) verder verspreidt.

Normaliter slaat een gemaal alleen aan wanneer water afgevoerd moet worden, bijvoorbeeld bij veel neerslag. Echter door het gemaal ook gedurende het groeiseizoen van kroos (zomer) op lage toeren te laten draaien kan constante stroming gecreëerd worden.

Afwegingskader

In Tabel 2.1 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven. Uitgangspunt is uiteraard dat in het betreffende gebied stroomopwaarts ook daadwerkelijk sprake is van kroosvorming.

Tabel 2.1 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling gemaal op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'gemaal'
Constantheid kroosaanvoer	++	Doordat gemalen verzamelpunten in het watersysteem vormen, is de kroosaanvoer hier constant
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+/-	De voorspelbaarheid bij gemaalbedrijf is groot, maar bij harde wind kan kroos alsnog tegen de stroomrichting in bewegen. Daarentegen moet het gemaal, bij neerslagpieken juist weer op hoge toeren draaien en ontstaat een turbulente waterstroom waarin kroos gemengd wordt in de waterkolom en daardoor moeilijk af te vangen is.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'gemaal'
Sturing op kroosaanvoer	++	De kroosaanvoer kan gestuurd worden door periodiek het gemaal ook op lagere toeren te laten draaien.
Trechtering	++	Een gemaal is een duidelijk verzamelpunt van allerlei drijfvuil en kroos uit achterliggend gebied.
Afstand tot bron	+	Een gemaal ligt meestal niet letterlijk op de bron, maar pakt wel meteen het kroos uit een groter gebied en voorkomt dat het zich verder verspreid.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	+/-	In sommige gemalen zijn al bevestigingsmogelijkheden aanwezig voor bijvoorbeeld drijfbalken. Aan de constructie rond het gemaal kunnen gemakkelijk onderdelen worden bevestigd. Het nadeel is echter dat het lastig is om binnen de contouren van een gemaal een goed kroossysteem in te passen, dit is sterk afhankelijk van de vormgeving van de constructie en de daarin beschikbare ruimte
Kosten	€€	Er zijn kosten verbonden aan het langzaam laten draaien van het gemaal in (droge) periodes, waarin het gemaal normaliter uit zou staan.

2.2.2 Aanvoerwatergang gemaal

Beschrijving

Dit betreft een watergang die in de aanvoerrichting van een gemaal ligt. Deze bevindt zich niet per se direct bij het gemaal, maar kan ook op enkele honderden meters afstand liggen. Stroming in een aanvoerwatergang wordt veroorzaakt door een gemaal. Dit heeft als beperking dat in droge tijden weinig wordt gepompt; juist de periodes waarin kroos zich het meest ontwikkelt. Geen stroming betekent echter dus ook geen aanvoer van kroos en dus geen afvang.

Het periodiek laagtoerig draaien van het gemaal kan dit deels oplossen, echter ook dit kan niet altijd, zeker niet in periodes waar al sprake is van waterbezwaar.

Een alternatief kan dan zijn om een **circulatiesysteem (A)** op te zetten. Dit bestaat uit het volgende:

- Een drijfbalksysteem met kroosafvang en -afvoer
- Net daarvóór een onder water geplaatste voortstuwer (langzaam draaiende propeller) om stroming te genereren
- Een locatie waar via aangrenzende sloten of vaarten een “ringleiding” kan worden gecreëerd binnen hetzelfde peilgebied, en waarmee het water weer terug wordt geleid tot voor de voorstuwer

Dit systeem is in feite een optimalisatie van de opstelling in de aanvoerwatergang naar het gemaal.

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om een **combinatie met vismigratie (B)** op te zoeken. Het laagtoerig draaien van een groot gemaal in droge periodes is energetisch minder efficiënt. In geval er ter plaatse van het gemaal ook nog een vismigratieknelpunt aan de orde is (in kader KRW-richtlijnen) kan worden overwogen om te investeren in bijvoorbeeld een Fishtrack-voorziening. Fishtrack is een tweezijdig vismigreerbaar gemaaltje, met een eenzijdig gericht uitmaaldebiet van slechts 5 tot 10 m³/min.

Het is op zichzelf geen kroosafvangvoorziening, maar de aanleg ervan kan wel meteen worden gecombineerd met een kroosafvangsysteem.

De investering is alleen interessant als ook een vismigratieknelpunt moet worden opgelost bij het gemaal.

Afwegingskader

In Tabel 2.2 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.2 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling aanvoerwatergang met circulatie op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'aanvoerwatergang met circulatie'
Constantheid kroosaanvoer	+ A: ++ B: ++	Het periodiek laagtoerig draaien zorgt voor stroming. Dit is echter niet altijd mogelijk, en zeker niet in periodes waar al sprake is van waterbezwaar. Door het opzetten van een circulatiesysteem (A) of het plaatsen van een vismigratievoorziening (B, meepakkans KRW) kan dit probleem ondervangen worden.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+/- A: ++ B: ++	De voorspelbaarheid bij gemaalbedrijf is groot, maar bij harde wind kan kroos alsnog tegen de stroomrichting in bewegen. Daarentegen moet het gemaal, bij neerslagpieken juist weer op hoge toeren draaien en ontstaat dichtbij het gemaal een turbulente waterstroom waarin kroos gemengd wordt in de waterkolom en daardoor moeilijk af te vangen is. Door het opzetten van een circulatiesysteem (A) of het plaatsen van een vismigratievoorziening (B) kan een kleine, constante en niet-turbulente stroming gerealiseerd worden.
Sturing op kroosaanvoer	++ A: ++ B: ++	De kroosaanvoer kan gestuurd worden door periodiek het gemaal ook op lagere toeren te laten draaien. Dit is echter niet altijd mogelijk, en zeker niet in periodes waar al sprake is van waterbezwaar. Door het opzetten van een circulatiesysteem (A) of het plaatsen van een vismigratievoorziening (B, meepakkans KRW) kan dit probleem ondervangen worden.
Trechtering	++ A: ++ B: ++	Aanvoerwatergangen voor een gemaal zijn een duidelijk verzamelpunt van allerlei drijfvuil en kroos uit achterliggend gebied, mits in achterliggend gebied sprake is van kroosontwikkeling.
Afstand tot bron	+ A: + B: +	De aanvoerwatergang is meestal niet letterlijk de bron, maar pakt wel meteen het kroos uit een groter gebied en voorkomt dat het zich verder verspreid.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	+/- A: + B: ++	Dit is sterk afhankelijk van kenmerken van de watergang. Voor vismigratievoorzieningen geldt dat hierin bij plaatsing direct rekening kan worden gehouden met de plaatsing van een afvangtechniek.
Kosten	€€ A: €€ B: €€€	Er zijn kosten verbonden aan het langzaam laten draaien van het gemaal in (droge) periodes, waarin het gemaal normaliter uit zou staan. Deze kosten zijn tevens verbonden aan de plaatsing van een circulatietechniek

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'aanvoerwatergang met circulatie'
		(A) en de plaatsing van een vismigratievoorziening (B), waarbij de laatste duurder is, maar mogelijk deels bekostigd kan worden uit KRW-gelden.

2.2.3 Duiker (verzonken)

Beschrijving

Een verzonken duiker ligt met de bovenzijde onder het wateroppervlak, waardoor geen lucht in de duiker aanwezig is. Deze bevinden zich bijvoorbeeld op plekken waar weg en watergang elkaar kruisen. Boven de duiker is een oever of wand aanwezig waar drijfvuil en kroos zich ophopen. In principe is de stroomrichting door een duiker redelijk constant, tenzij inlaat plaatsvindt. Bij de meeste duikers is de stroming echter zeer laag in droge periodes. Om te zorgen voor een constantere stroming kunnen duikers op tactische plekken, zoals voor een gemaal, gekozen worden.

Afwegingskader

In Tabel 2.3 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.3 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling verzonken duiker op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'verzonken duiker'
Constantheid kroosaanvoer	--	Alleen bij voldoende verhang en in periodes met neerslag is bij een duiker doorstroming. Tijdens het groeiseizoen van kroos (zomer) is de doorstroming meestal klein. Daardoor is de kroostoevoer niet constant.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+	Doordat het water door de duiker veelal dezelfde stroomrichting heeft is deze redelijk voorspelbaar. Het kroos hoopt zich daarbij op vóór de duiker
Sturing op kroosaanvoer	+	Door strategisch een duiker te kiezen die zich direct in het aanvoersysteem van een gemaal bevindt kan de kroosaanvoer gestuurd worden tijdens gemaalbedrijf.
Trechtering	++	Vóór de duiker vindt duidelijk verzameling van kroos plaats.
Afstand tot bron	+	De afstand tot de bron is afhankelijk van de duiker die wordt uitgekozen, binnen beheergebied Delfland bevinden zich zeer veel duikers.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	+	Bij een duiker is vaak wel een mogelijkheid voor bevestiging aanwezig, al is dit sterk wisselend per locatie.
Kosten	€	De oplossingen bij een duiker zijn veelal kleinschaliger. Daarom zijn er per locatie relatief lage kosten aan verbonden. Het aantal locaties is daarentegen juist weer groot, dus strategische keuzes zijn belangrijk. Indien een gemaal op lage toeren moet blijven draaien zijn de kosten hoger.



2.2.4 Duiker (half-verzonken)

Beschrijving

Een half-verzonken duiker ofwel luchtvoerende duiker bevindt zich halverwege de waterlijn, waardoor het wateroppervlakte onder de duiker door loopt. Kroos drijft daardoor door de duiker heen. De duiker is veelal smaller dan de watergang, waardoor een duidelijke trechtering plaatsvindt en achter de duiker kroos afgevangen kan worden. Deze duikers bevinden zich bijvoorbeeld op plekken waar weg en watergang elkaar kruisen.

In principe is de stroomrichting door een duiker redelijk constant, tenzij er in het systeem ook waterinlaat plaatsvindt. Bij de meeste duikers is de stroming echter zeer laag in droge periodes. Om te zorgen voor een constantere stroming kunnen duikers op tactische plekken, zoals in de aanstroomrichting naar een gemaal, gekozen worden.

Afwegingskader

In Tabel 2.4 Tabel 2.3 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.4 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling half-verzonken duiker op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'half-verzonken duiker'
Constantheid kroosaanvoer	--	Alleen bij voldoende verhang en in periodes met neerslag is bij een duiker doorstroming. Tijdens het groeiseizoen van kroos (zomer) is de doorstroming meestal klein. Daardoor is de kroostoevoer niet constant.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+	Doordat het water door de duiker veelal dezelfde stroomrichting heeft is deze redelijk voorspelbaar.
Sturing op kroosaanvoer	+	Kroosaanvoer kan gestuurd worden door een duiker te gebruiken die zich in de aanvoerrichting van een gemaal bevindt en het gemaal op lage toeren te laten draaien.
Trechtering	+	Doordat de duiker half-open is, drijft kroos met het water mee door de duiker. Hierbij ontstaat sterke trechtering, al wordt het kroos (in tegenstelling tot een verzonken duiker) niet op de waterlijn tegengehouden.
Afstand tot bron	+	De afstand tot de bron is afhankelijk van de duiker die wordt uitgekozen, binnen beheergebied Delfland bevinden zich zeer veel duikers.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	+	Bij een duiker is vaak wel een mogelijkheid voor bevestiging aanwezig, al is dit sterk wisselend per locatie.
Kosten	€	De oplossingen bij een duiker zijn veelal kleinschaliger. Daarom zijn er niet zoveel kosten aan verbonden. Indien een gemaal op lage toeren moet blijven draaien zijn de kosten hoger.



2.2.5 Stuw

Beschrijving

Een stuw is een peilregulerend keermiddel, en vormt een soort overloop van een hoger peilgebied (hoge pand) naar een lager peilgebied (lage pand). Wanneer het waterpeil in het hoge pand oploopt, stroomt meer water over de stuw naar het lage pand.

Dit dus in tegenstelling tot een gemaal, waar het water juist van laag naar hoog wordt verpompt.

Sommige stuwen zijn in hoogte regelbaar, andere hebben een vaste peilinstelling.

Ook is er onderscheid tussen stuwen waar het water onder de klep doorstroomt, en stuwen waar het water over een klep of schuif heen stroomt. In het laatste geval stroomt kroos met het water mee over de stuwklep.

De stuw is veelal smaller dan de watergang. Door een simpele balk op de waterlijn toe te voegen kan kroos worden tegengehouden en getrechterd.

In principe is er in de natte periodes continue sprake van stroming, maar in droge (zomer)periodes is de stroming zeer laag of zelfs nul.

Afwegingskader

In Tabel 2.5 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.5 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling stuw op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'stuw'
Constantheid kroosaanvoer	-	Of stroming blijft plaatsvinden is afhankelijk van het verhang van de stuw en de droogte gedurende de zomer. Tijdens het groeiseizoen van kroos (zomer) is de doorstroming meestal klein. Daardoor is de kroostoevoer niet constant.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+	De stroomrichting over een stuw is altijd gelijk. Voor lang niet alle stuwen geldt echter dat deze blijven stromen in de zomer.
Sturing op kroosaanvoer	-	Bij regelbare stuwen kan de stromingssnelheid geregeld worden met de klep of schuif, waardoor het waterpeil in zekere zin stuurbaar is.
Trechtering	+	Voor de stuw versmalt de watergang zich meestal, waardoor duidelijk trechtering plaatsvindt.
Afstand tot bron	+	De afstand tot de bron is afhankelijk van de ligging van de stuw die gekozen wordt. Zowel in het agrarisch gebied als in woonkernen zijn stuwen aanwezig.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	++	De constructie van de stuw leent zich voor het bevestigen van een eventuele afvangtechniek.
Kosten	€	De oplossingen bij een stuw zijn veelal kleinschaliger. Daarom zijn er niet zoveel kosten aan verbonden. Indien een gemaal op lage toeren moet blijven draaien zijn de kosten hoger.

2.2.6 Grachten

Beschrijving

In een aantal grachten in Delft kan de kroosbedekking flink oplopen. HH Delfland voerde in 2018 een onderzoek uit om te kijken waar het kroos in de grachten vandaan komt. Voorafgaande aan de piek in kroosbedekking op de grachten is kroos al enige weken aanwezig op agrarische sloten en boezems in achterliggend gebied. Halverwege augustus leek kroos in de grachten terecht te komen (wellicht na neerslag) en hier nam het bijna exponentieel toe. Middels enclosures is getest of kroos zich ook vermenigvuldigt op de gracht. Dit is het geval. Uit recente inzichten uit het groeiseizoen van 2019 lijkt deze piek in kroosbedekking te ontstaan doordat het zuurstofgehalte in de grachten rond mei daalt en nalevering van fosfaat veroorzaakt. Dit veroorzaakt een groei tot ongeveer 50% van het wateroppervlak in de binnenstad is bedekt, en met weinig kroos op het omliggend (Schie)kanaal. Door een combinatie van juiste neerslagpieken en maalactiviteiten kan extern kroos worden aangevoerd (al hoeft dit niet op te treden: wel in 2016 en 2017, niet in 2018 en 2019), waardoor de bedekking op de grachten en dan ook het omliggend kanaal nog eens substantieel kan toenemen.

Er is dus sprake van lokale groei, die onder bepaalde omstandigheden wordt versterkt/aangevuld met externe aanvoer.

Er is nagenoeg geen stroming aanwezig in de grachten, waardoor het kroos niet wegspoelt. In de gracht kunnen dus vooral afvangtechnieken die zelf beweging creëren worden ingezet. Uitdaging hierbij is begroeiing over de breedte van het wateroppervlak waarin maatregelen gebaseerd op stroming ernstig worden gehinderd. In feite zijn de grachten het 'eindstation' voor kroos. Kroos komt hier relatief laat in het groeiseizoen aan.

Bij uitzondering kan, wanneer in het najaar de (drijvende) waterplanten verdwijnen en er vervolgens een voldoende krachtige wind optreedt in de juiste richting, een flink deel van de binnenstad in korte tijd schoon van kroos zijn.

De grachten zijn breed en hebben kademuren. In de gracht vindt geen vernauwing van de watergang plaats, hooguit ter plaatse van andere kunstwerken zoals duikers. De grachten zijn daarom, en doordat ze ver van de bron liggen, geen geschikte afvangplek voor grootschalige technieken. Het verdient de voorkeur kroos wat mogelijk van buitenaf komt al af te vangen voor het de boezem bereikt. Het is echter wel raadzaam om kroos wat ter plaatse groeit regelmatig van de grachten te verwijderen, om te voorkomen dat het zich hier vermenigvuldigt en overlast veroorzaakt.

Afwegingskader

In Tabel 2.6 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.6 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling grachten op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'grachten'
Constantheid kroosaanvoer	-	De stroming in de grachten is tijdens de zomermaanden meestal laag. Kroos komt voor een deel vanuit het agrarisch achterland via gemalen en/of natuurlijk verloop in de grachten terecht. Dat gebeurt alleen bij periodes met (veel) neerslag, wanneer de gemalen aanslaan. Er vindt dus geen constante kroosaanvoer plaats waarvoor grootschalige afvangtechnieken zich lenen. Eenmaal in de grachten blijft het zich vermenigvuldigen. Technieken die zelf beweging creëren zijn hier het meest kansrijk, maar zijn kleinschaliger.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+	De aanvoer vanuit achterliggend gebied is in zekere zin voorspelbaar door perioden met neerslag, wanneer poldergemalen aanslaan. Kroos ontstaat echter ook voor een deel in de grachten en wordt dan vooral vervoerd door wind. Dit medium is moeilijk voorspelbaar.
Sturing op kroosaanvoer	--	De sturing van kroosaanvoer in grachten bestaat (indien aanwezig) vooral door kunstwerken zoals duikers of stuwen, die in dit rapport als losstaand onderdeel worden beschouwd.
Trechtering	-	Er vindt een zekere trechtering plaats doordat het kroos op sommige plekken ophoopt. Dit is echter een grove trechtering.
Afstand tot bron	-	Kroos vermenigvuldigt zich snel in de grachten wanneer door zuurstofloosheid (rond mei) nalevering van fosfaat uit de waterbodem plaatsvindt. Daarnaast is kroos voor een deel afkomstig uit achterliggend (agrarisch) gebied.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	+	Grachten hebben veelal een kademuur als oever. In deze oever is het mogelijk om een afvangtechniek te bevestigen, maar deze is niet bij uitstek geschikt hiervoor.
Kosten	€	Technieken die zelf beweging creëren zijn in grachten het meest kansrijk. Deze zijn veelal kleinschalig en daarom zijn er minder kosten aan verbonden.

2.2.7 Knooppunt watersysteem

Beschrijving

Met een knooppunt in het watersysteem wordt een kruising van twee watergangen bedoeld. De kenmerken van dit knooppunt zijn dus sterk afhankelijk van de kenmerken van beide watergangen, zoals de ligging ten opzichte van de dominante windrichting en de stroomrichting/stroomsnelheid. Ook speelt scheepvaart op sommige knooppunten een rol. Gedurende droge zomermaanden zal zowel de wind als de stroming zeer beperkt zijn. Kroos zal zich dan ophopen in de watergangen en juist op het knooppunt zal het iets eerder wegdrijven. Tevens hoopt kroos zich hier niet op. De afstand tot de bron kan echter wel relatief klein zijn (afhankelijk van het gekozen knooppunt).

Afwegingskader

In Tabel 2.7 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.7 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling knooppunt watersysteem op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'knooppunt watersysteem'
Constantheid kroosaanvoer	-	Kroosaanvoer op een knooppunt vindt alleen plaats bij voldoende stroming of wind. In (droge) warme zomermaanden is zowel stroming als wind minder aanwezig, waardoor de kroosaanvoer niet constant is. Scheepvaart kan dan de aanvoer van kroos op sommige knooppunten bevorderen.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	--	De aanvoer van kroos op een knooppunt is moeilijk voorspelbaar, doordat zowel de stroomrichting als windrichting sterk kunnen variëren.
Sturing op kroosaanvoer	--	Bij een knooppunt zijn in principe geen mogelijkheden aanwezig om de kroosaanvoer te sturen. Dat kan echter per locatie verschillen.
Trechtering	--	Op een knooppunt van een watersysteem vindt geen vernauwing van het wateroppervlak plaats en daarom geen trechtering.
Afstand tot bron	++	Knooppunten zijn op zeer veel locaties in het beheergebied aanwezig. Daarom is het ook mogelijk om een knooppunt vlakbij de bron te vinden.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	--	Rond knooppunten zijn over het algemeen geen structuren aanwezig waar de techniek aan bevestigd kan worden.
Kosten	€€	Kosten voor afvang op een knooppunt zullen over het algemeen hoger uitvallen, doordat de techniek voor trechtering moet zorgen en niet bevestigbaar is.

2.2.8 Brug

Beschrijving

Met een brug worden vaste bruggen over watergangen bedoeld. Kenmerken kunnen lokaal zeer verschillend zijn.

Afwegingskader

In Tabel 2.8 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.8 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling brug op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'brug'
Constantheid kroosaanvoer	-	De constantheid van kroosaanvoer is hoofdzakelijk afhankelijk van kenmerken van de watergang die onder de brug door loopt. Tijdens het groeiseizoen van kroos (zomer) is in een doorsnee watergang de stroomsnelheid zeer laag.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	+	Door tactische locaties te kiezen, bijvoorbeeld voor een gemaal, kan de kroosaanvoer redelijk goed voorspeld worden.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'brug'
Sturing op kroosaanvoer	+	Door een locatie voor een gemaal te kiezen kan de kroosaanvoer gestuurd worden door het gemaal op lage toeren te laten draaien.
Trechtering	--	Voor de meeste bruggen vindt geen versmalling van het wateroppervlakte, en dus geen trechtering, plaats.
Afstand tot bron	++	Er zijn legio bruggen in het beheergebied aanwezig. Daardoor kan gekozen worden voor een brug die zich op geringe afstand van de bron bevindt. De overweging is echter of dit wel de meest efficiënte plek is, aangezien een duidelijk verzamelpunt van kroos vanuit de omgeving tactischer is.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	++	De constructie van de brug leent zich goed voor de bevestiging van een afvangtechniek.
Kosten	€€	De kosten die verbonden zijn aan deze locatie zijn duurder, omdat een methode voor trechtering moet worden toegevoegd.

2.2.9 Luwtes

Beschrijving

Met luwtes worden plekken in het watersysteem bedoeld waar om wat voor reden dan ook minder stroming en windwerking aanwezig is. In het beheergebied van Delft is tijdens de kroosmonitoring op de grachten bijvoorbeeld waargenomen dat kroos achter waterplanten, drijfbbladplanten en drijfbalken bleef hangen en zich ter plaatse snel vermenigvuldigde. Maar ook een verminderde diepte kan hiervoor aanleiding zijn. Dit zijn zeer lokale en kleinschalige omstandigheden die kunnen bijdragen aan het kroosprobleem. In droge zomers vindt kroosophoping op dit soort plekken voornamelijk plaats door wind. Bij het veranderen van de windrichting kan kroos weer wegstromen.

De kleinschaligheid en onvoorspelbaarheid van dit type locaties maken het geen geschikte locaties om kroos af te vangen. Wel vindt een duidelijke vernauwing van het wateroppervlakte, ofwel trechtering, plaats bij het object dat het kroos tegenhoudt.

Afwegingskader

In Tabel 2.9 staan de scores en toelichting per afwegingscriterium beschreven.

Tabel 2.9 Overzicht scores en toelichting per afwegingscriteria bij beoordeling luwtes op geschiktheid als kroosafvanglocatie.

Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'luwtes'
Constantheid kroosaanvoer	-	Kroosvaanvoer op luwtes vindt alleen plaats bij voldoende stroming of wind. In (droge) warme zomermaanden is zowel stroming als wind minder aanwezig, waardoor de kroosaanvoer niet constant is.
Voorspelbaarheid kroosaanvoer	-	De ligging van objecten waartegen kroos ophoopt is vrij onvoorspelbaar en sterk afhankelijk van wind- en stroomrichting, die eveneens onvoorspelbaar is.



Afwegingscriterium	Score	Toelichting bij locatie 'luwtes'
Sturing op kroosaanvoer	--	Doordat luwtes zeer lokaal en kleinschalig zijn, is sturing op kroosaanvoer niet mogelijk.
Trechtering	++	Er vindt een duidelijke ophoping van kroos plaats op de luwte, tegen een object of begroeiing aan.
Afstand tot bron	-	De afstand tot de bron is sterk wisselend, enerzijds is de luwte soms een bron op zich, omdat kroos er doorgroeit, maar anderzijds kan het ook van ver komen.
Bevestigingsmogelijkheid afvangtechniek	--	Zeer lokaal en (meestal) geen constructie aanwezig waaraan een afvangtechniek bevestigd kan worden.
Kosten	€	Alleen kleinschalige afvangtechnieken zijn geschikt voor luwtes. Deze brengen beperkte kosten met zich mee.

2.3 Afwegingskader

In Tabel 2.10 zijn de scores van alle bovenstaande locaties op de afwegingscriteria samengevat. De eindbeoordeling is tot stand gekomen door de plussen en minnen bij elkaar op te tellen. Daarbij zijn tevens de kosten vertaald naar plussen en minnen, zodat deze ook meetellen in de beoordeling.

Tabel 2.10 Afwegingstabel locaties kroosafvang. De kosten zijn in deze tabel vertaald naar plussen en minnen: € = '++', €€='+' en €€€='-'.

Locatie	Constantheid kroosaanvoer	Voorspelbaarheid kroosaanvoer	Sturing op kroosaanvoer	Trechtering	Afstand tot bron	Bevestigingsmogelijkheid	Kosten	Beoordeling
2.2.1 Gemaal	+	+	++	++	+	-	+	+7
2.2.2 Aanvoerwatergang gemaal	+	+	++	++	+	+	++	+10
A) i.c.m. circulatiesysteem	++	++	++	++	+	+	+	+11
B) i.c.m. Fishtrack	++	++	++	++	+	++	-	+10
2.2.3 Duiker (verzonken)	--	+	+	++	+	+	++	+6
2.2.4 Duiker (half-verzonken)	--	+	+	+	+	+	++	+5
2.2.5 Stuw	-	+	-	+	+	+	++	+4
2.2.6 Grachten	-	+	--	-	-	+	++	-1
2.2.7 Knoop punt watersysteem	-	--	--	--	++	--	+	-6



Locatie	Constantheid kroosaanvoer	Voorspelbaarheid kroosaanvoer	Sturing op kroosaanvoer	Trechtering	Afstand tot bron	Bevestigingsmogelijkheid	Kosten	Beoordeling
Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Brug	-	+	+	--	++	++	+	+4
2.2.9 Luwtes	-	-	--	++	-	--	++	-3

2.4 Conclusie locaties

Voor grootschalige afvang zijn de aanvoerwatergangen voor gemalen als meest geschikt uit de beoordeling gekomen (score +10), met de variant met circulatiesysteem als hoogste (+11) en daarna de variant met Fishtrack (+10). Daarna volgt een gemaal (+7), een verzonken duiker (score +6) en vervolgens een half-verzonken duiker (+5).

3 Hoe kroos af te vangen?

3.1 Stappen kroosafvang

Het afvangen van kroos kan worden onderverdeeld in vier processtappen:

- **Beweging:** de methode waarop kroos in beweging wordt gezet of naar kroos toe wordt bewogen
- **Verdichting/ verzameling:** de methode die het kroos verdicht of verzameld
- **Verwijdering:** de methode waarmee kroos uit het water wordt verwijderd
- **Opslag/ verwerking:** de methode waarmee kroos wordt opgeslagen of verwerkt (uitgebreid beschreven in H7)



Figuur 3.1 Processchema met verschillende stappen kroosafvang

3.2 Afwegingscriteria

Voor de beoordeling van de geschiktheid van afvanglocaties wordt gebruik gemaakt van een aantal factoren, zie zijn onderverdeeld in verschillende categorieën. Deze staan toegelicht in Tabel 3.1, evenals de betekenis van de beoordeling.

Tabel 3.1 Overzicht afwegingscriteria methodes per categorie en betekenis beoordeling.

Categorie	Afwegingscriteria	-- en -	+ en ++
Techniek	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Veel randvoorwaardes	Weinig randvoorwaardes
	Onderhoud	Veel onderhoud nodig	Weinig onderhoud nodig
	Betrouwbaarheid/robuustheid	Onbetrouwbaar	Betrouwbaar
	Inpasbaarheid	Moeilijk	Makkelijk
Effectiviteit	Kroosoogst	Weinig	Veel
	Intensiviteit menselijk handelen	Veel	Weinig
	Vermogen tot grootschaligheid	Kleinschalig	Grootschalig
Omgeving	Geluidsoverlast	Veel	Weinig
	Stankoverlast	Veel	Weinig
Kosten	Aanschaf of huur	Hoog	Laag
	Plaatsing	Hoog	Laag
	Onderhoud	Hoog	Laag
Onzekerheid	Beproefd of innovatief	Veel innovatie nodig / methode is innovaties	Techniek heeft zich bewezen

3.3 Brede inventarisatie technieken

Middels een literatuuronderzoek en brainstormsessie is een brede inventarisatie aan technieken gedaan. Met sommige technieken heeft Delfland ervaring.

3.3.1 Handmatige kroosverwijdering



Bron linker foto: Haagse Handen.

Beschrijving

Bij handmatige kroosverwijdering wordt kroos verwijderd door handkracht, door bijvoorbeeld groenwerkers of vrijwilligers (arbeidskrachten). Hierbij gebruikt men ongemotoriseerde hulpmiddelen zoals schepnetten of een drijfscherm. Middels een drijfscherm kan kroos in beweging gezet worden en zich verdichten, waarna het met een schepnet uit het water geschept wordt.

Techniek

Bij deze methodiek komt geen gemotoriseerde techniek kijken.

Effectiviteit

De nauwkeurigheid van de kroosafvang is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de arbeidskracht. Met een enkele arbeidskracht is de omvang van kroosverwijdering beperkt. Door meerdere arbeidskrachten in te zetten of kroosafvangen standaard onderdeel te maken van het groenonderhoud kan de kroosafvang worden opgeschaald. Dat maakt het echter wel een relatief dure aangelegenheid.

In 2014 voerde HH Delfland een pilot uit met preventieve handmatige kroosverwijdering². De effectiviteit bleek met name afhankelijk van of de watergang geïsoleerd is. In geïsoleerde watergangen bleek het met de inzet toegepast in deze pilot mogelijk om de kroosbedekking met 60% te verminderen.

Omgeving

Deze methodiek geeft weinig overlast voor de omgeving. Het geeft weinig geluid. Indien het kroos tijdig wordt afgevoerd en niet meer dan één dag buiten het water wordt opgeslagen geeft deze methode geen stankoverlast voor omwonenden.

Kosten

De kosten zijn sterk afhankelijk van de frequentie van kroosafvangen en het aantal arbeidskrachten. Om dikke kroosdekken gedurende een hele zomer te verwijderen in een wijk dient deze ongeveer iedere twee weken verwijderd te worden. Dat kan door een aantal mensen

² HH Delfland (2015). Kroosbestrijding. Resultaten van veldproeven en maatregelen in het kader van lokale knelpunten waterkwaliteit 2013-2014.



dag in dag uit kroos te laten verwijderen op verschillende locaties of door iedere twee weken een groot team de wijk door te sturen. Daarbij bestaan de kosten voornamelijk uit arbeidskosten door arbeidskrachten. De aanschafkosten van het handmaterieel (drijfschermen, schepnetten) is een relatief kleine, éénmalige investering.

Uit een pilot van HH Delfland bleken de kosten (in totaal EUR 15.876,- voor een oppervlakte van 3250m²) relatief hoog voor het verwijderde oppervlakte¹.

Onzekerheid

De onzekerheid rond deze methode is klein, omdat het bij veel waterschappen en gemeentes al wordt ingezet bij overlast. Zo ook bij Hoogheemraadschap van Delfland¹.

Locaties

Voor de uitvoering zijn locatiekenmerken van belang. In principe is deze methode overal toepasbaar, mits het water (veilig) toegankelijk is. Dit zijn doorgaans watergangen met weinig opgaande begroeiing en een flauwe oever. Bij steile oevers, kademuren of rietoevers is het moeilijk om het water te bereiken. Bij grotere of diepere wateren kan handmatig afvangen vanaf een boot plaatsvinden.

Tabel 3.2 Voor- en nadelen handmatige kroosafvang.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Mobiel, kan overal waar het water goed toegankelijk is worden toegepast. - Altijd uitvoerbaar, kan plaatsvinden wanneer men dat wilt. - Rendement 80-98%, afhankelijk van nauwkeurigheid van de afvanger. - Op veel locaties toepasbaar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Handmatige actie, arbeidsintensief. - Afvang is heel lokaal. - Bij opschaling duur in uitvoering. - Alleen mogelijk op locaties waar men (veilig) bij het water kan komen.

Tabel 3.3 Score per afwegingscriterium voor handmatige kroosafvang.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robustheid	Inpasbaarheid	Kroosogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Handmatige kroosafvang	++	++	+	+	+	-	-	++	-	++	++	++	Beproefd

3.3.2 Opduwen en wegscheppen



Beschrijving

Bij opduwen en wegscheppen wordt het kroos gemotoriseerd opgeduwd en opgeschept. Het opduwen vindt plaats met bijvoorbeeld opduwers bevestigd aan een (motor)boot of drijfschermen (eventueel bevestigd aan een boot). Het kroos wordt binnen het bereik van de grijparm van een kraan geduwd en hier mechanisch opgeschept. De kraan brengt het over een in een container.

Techniek

De techniek bestaat uit twee componenten: gemotoriseerd opduwen en mechanisch opscheppen. Voor het gemotoriseerd opduwen is vooral van belang dat het water diep genoeg is om met een motorboot te bevaren. In grachten is dit duidelijk het geval, maar in watergangen met een duidelijke oeverzone of veel waterplanten wordt het lastiger om kroos te verwijderen, zonder schade aan de bestaande vegetatie te veroorzaken. Hiervoor kan in sommige gevallen kroos handmatig vanuit de boot met schepnetten verwijderd worden. In ondiepe watergangen is rondvaren doorgaans niet mogelijk.

Voor het mechanisch opscheppen van kroos zijn een aantal randvoorwaarden van toepassing. Langs de oever moet genoeg ruimte zijn voor de plaatsing van een kraan en container. De grijparm moet vervolgens lang genoeg zijn om de watergang te bereiken. Er mogen geen oppervlakkige waterplanten in het water groeien. Tot slot dient de watergang diep genoeg te zijn voor de grijpbak, zodat geen sediment wordt opgeschept.

Voor het afvoeren en verwisselen van containers moet de toegangsweg goed toegankelijk zijn. Langs bijvoorbeeld grachten of stadswateren is dit duidelijk van toepassing, maar langs poldersloten kan dit lastiger zijn.

Effectiviteit

De effectiviteit is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de bootbestuurder en kenmerken van de grijpbak. De nauwkeurigheid kan vergroot worden door kroos uit ontoegankelijke hoeken van de watergang handmatig met een schepnet vanaf de boot te verwijderen. De effectiviteit is het grootst als de grijpbak een kleine maaswijdte of rooster heeft, waardoor kroos er niet tussenuit valt. De effectiviteit is het grootst bij een reeds dik kroosdek.



Algemeen geldt voor deze methode dat veel arbeidskrachten nodig zijn om deze methode in te zetten. Voor één locatie zijn minimaal één of meerdere bootbestuurders, een kraanbestuurder, containertransporteur en verkeersregelaar nodig.

Omgeving

Afhankelijk van de locatie ondervindt de omgeving meer of minder hinder. De grootste hinder ontstaat door verkeersafzettingen en geluidsoverlast. Tevens geeft de mechanische constructie mogelijk geluidsoverlast. De containers met kroos kunnen tijdelijk stankoverlast veroorzaken. De omvang van deze hinder zal duidelijk groter zijn in de binnenstad dan in buitengebied.

Kosten

De kosten voor deze methode bestaan uit aanschaf- of huurkosten voor materieel (bootjes, opduwers, kraan, containers, vrachtwagen, evt. aangepaste grijpbak) en hoge arbeidskosten (minstens vier arbeidskrachten). Bij veel aanvoer van kroos uit buitengebied moet de methodiek met enige regelmaat worden toegepast (minstens iedere twee weken).

Onzekerheid

Deze methode heeft Delfland reeds uitgevoerd samen met een aannemer, die het mechanisch wegscheppen combineerde met het laten draaien van een circulatiegemaal. Studenten van de TU Delft hebben handmatig afgescheept, tijdens de ontgroening. De methode bleek in de grachten goed uitvoerbaar op plekken met weinig waterplanten aan het oppervlak. Op plekken met waterplanten aan het oppervlak is deze methode minder goed uitvoerbaar, kroos blijft namelijk hangen in de waterplanten. Daarnaast blijkt ook uit ervaring dat de binnenstad van Delft (en menig andere plaatsen) een ongeschikte plek voor het inzetten van groot materieel, vanwege overlast bij de omgeving.

Locaties

Deze methode is geschikt voor watergangen die aan de eerder benoemde randwaarden voldoen, waarbij diep water met steile oevers, weinig waterplanten, een goede infrastructuur rond de opscheplocatie en een rustige locatie het belangrijkste zijn. Aan deze voorwaarden wordt duidelijk voldaan in **grachten** en **bruggen** op tactische locaties (luwe locaties). Daarnaast kan deze methode geschikt zijn voor een knooppunt van watersystemen en luwtes, afhankelijk of de plekken aan de randvoorwaarden voldoen.

Tabel 3.4 Voor- en nadelen opduwen en wegscheppen.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none">- Relatief makkelijk uitvoerbaar in wateren die aan de randvoorwaarden voldoen.- In zekere mate mobiel bij wateren die aan de randvoorwaarden voldoen.	<ul style="list-style-type: none">- Voor nauwkeurige verwijdering is handmatig afscheppen naast het mechanisch wegscheppen nodig, dit is arbeidsintensief.- Alleen mogelijk bij reeds hoge bedekkingen.- Bij grote hoeveelheden kroos zeer kostbaar.- Geeft veel overlast in de binnenstad.



Tabel 3.5 Score per afwegingscriterium voor opduwen en mechanisch opscheppen.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosgoest	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Opduwen en mechanisch opscheppen	-	+	++	-	++	--	-	-	-	-	+	+	Beproefd

3.3.3 (Bio-afbreekbare) netten

Beschrijving

Op plekken waar veel kroos langsdrijft kan kroos met fijnmazige netten worden afgevangen. Deze netten worden regelmatig gecontroleerd en worden handmatig of met behulp van een kraan verwijderd. Het idee is dat door het gebruik van bio-afbreekbare netten het net en de inhoud op de GFT-hoop gegooit kunnen worden.

Techniek

Er komt weinig techniek kijken bij deze methode; in principe is deze handmatig.

Effectiviteit

De effectiviteit is afhankelijk van de maaswijdte van het net en de aanvoer van kroos. De kleinste overlast gevende kroossoort is dwergkroos, met een diameter van 1-2 mm. Het nog kleinere wortelloos kroos is in het beheergebied van het hoogheemraadschap vaak niet overlast gevend. Om dwergkroos effectief af te vangen moet de maaswijdte dus <2 mm zijn, ermee rekening houdend dat het kroos enigszins aan elkaar kleeft. Tevens moet er voldoende wind of stroming aanwezig zijn om kroos richting het net te vervoeren. De effectiviteit hangt dus samen met de kenmerken van de onderliggende watergang.

Omgeving

De omgeving ondervindt weinig hinder van een net in het water. Op bevaarde watergangen zal dit echter geen optie zijn.

Kosten

Het net brengt geringe kosten met zich mee. De kosten bestaan namelijk uit de aanschaf van netten en het afvoeren. Wel is bij het losschieten van het net een risico voor kunstwerken als gemalen en kunnen reparatiekosten hoog oplopen.



Onzekerheid

Het principe is onbeproefd voor kroos. Er lijken een aantal risicovolle gebeurtenissen van toepassing op het spannen van netten:

- Naast kroos, blijft ook groot en klein drijfvuil hangen, daardoor ontstaat het risico dat het net verstopt raakt, geen water meer doorlaat en uiteindelijk losschiet of scheurt. Als het niet tijdig verwijderd wordt kan het vervolgens schade aan bijv. gemalen veroorzaken.
- Het net veroorzaakt mogelijk hinder voor waterdieren, zoals watervogels en vissen, die risico lopen om in het net verstrengeld te raken.

Locaties

De methode is toepasbaar bij stuwen, grachten, knooppunten, bruggen, duikers en luwtes. Bij gemalen en aanvoerwatergangen bestaat risico op verstopping.

Tabel 3.6 Voor- en nadelen (bio-afbreekbare) netten.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Relatief makkelijk uitvoerbaar. - Lage kosten - Mobiel 	<ul style="list-style-type: none"> - Kleven veel risico's aan vast, vooral als het net losschiet, die kunnen leiden tot hoge kosten. - Naast kroos ook afvang zwerfvuil, daardoor risico op verstopping en losschieten of afbreken net. - Inhoud kan niet op de GFT-hoop. - Arbeidsintensief, er moet vaak iemand langskomen om te checken en/of net te verwijderen.

Tabel 3.7 Score per afwegingscriterium voor (bio-afbreekbare) netten.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
(bio-afbreekbare) netten	++	+	--	++	-	-	--	++	+	++	++	--	Onbeproefd



3.3.4 Brede zuigermond aan trekker



Figuur 3.2 Trekker met zuigermond en opvangbak. Foto: www.entreeding.com

Beschrijving

Er zijn trekkers beschikbaar waarmee bijvoorbeeld bladeren opgezogen kunnen worden (Figuur 3.2). Deze trekkers zouden omgebouwd kunnen worden, waardoor ze water met kroos kunnen aanzuigen en filteren, zodat het water terug de watergang in spoelt en het kroos in de opvangbak achterblijft. Ook is het noodzakelijk om aan de zuigermond een filter te installeren die voorkomt dat grofvuil en waterdieren worden opgezogen. Eventueel kan nog een balk aan de zuigermond schuin bevestigd kunnen worden om kroos te trechteren. De trekker rijdt langs de watergang of kan gestationeerd worden op een plek met veel kroosaanvoer.

Techniek

De techniek van deze methode bestaat uit een pomp die werkt op motorkracht van de trekker. Om deze methode toe te kunnen passen is een vereiste dat er een weg aan de watergang grenst of een onderhoudspad aanwezig is die breed genoeg is voor een trekker. Tevens bestaat kans op verstopping van de filters, waardoor het water niet meer terug de watergang in stroomt of water en kroos niet meer opgezogen kunnen worden.

Effectiviteit

De effectiviteit is het hoogst wanneer een balk aan de zuigermond wordt bevestigd waarmee kroos over de breedte van de watergang verzameld kan worden. De maaswijdte van het aanzuigfilter moet groot genoeg zijn om kroos door te laten, dus grofweg 1-3 cm. De methode kan effectief zijn wanneer er dagelijks een groot aantal sloten mee ontkroost kan worden.

Omgeving

De omgeving ondervindt enige geluidshinder van de motor van de trekker. Daarnaast is er mogelijk tijdelijk sprake van verkeershinder als de trekker op de weg rijdt.



Kosten

Er zijn enige kosten verbonden aan het ombouwen van de trekkers. Daarnaast is er brandstof nodig en arbeidskracht(en).

Onzekerheid

Deze methode is voor kroos nog onbeproefd. Het is dus onzeker of de geschetste methode daadwerkelijk effectief en uitvoerbaar is. Een eerste inschatting is dat deze methode voor sommige wateren goed toepasbaar en effectief is.

Locaties

De methode is toepasbaar bij alle watergangen waarnaast een weg of onderhoudspad aanwezig is. Dit maakt dat voornamelijk **grachten** zich lenen voor deze aanpak. Gemalen, duikers, stuwen, knooppunten, luwtes en bruggen kunnen geschikt zijn voor deze methode, de trekker kan tijdelijk ergens geplaatst worden op momenten met veel kroosaanvoer.

Tabel 3.8 Voor- en nadelen brede zuigermond aan trekker.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Mobiel - Aanschafkosten niet hoog - Minder afhankelijk van windrichting of stromingsrichting 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoog brandstofverbruik - Mogelijk verstopping filters - Kleine waterdieren worden ook opgezogen

Tabel 3.9 Score per afwegingscriterium voor brede zuigermond aan trekker.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Brede zuigermond aan trekker	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	Onbeproefd



3.3.5 Kroosslurper



Figuur 3.3 Foto's kroosslurper en lopende band

Beschrijving

De kroosslurper is een constructie waarbij door verhang, bij bijvoorbeeld aan de stroomopwaartse kant van een duiker, constant water met kroos aan het oppervlakte wordt weggezogen. Dit kan vervolgens worden verzameld en afgevoerd, bijvoorbeeld met een transportband. In Figuur 3.3 staan een aantal foto's die duidelijk het verhang en de kroosband weergeven.

Techniek

Het mechanische deel van deze methode bestaat uit een transportband. Deze kan worden aangedreven middels een accu, netstroom of een zonnecel. De transportband is weinig gevoelig voor storingen en er zijn weinig randvoorwaarden voor plaatsing.

Effectiviteit

In 2013-2014 voerde HH Delfland een pilot uit met deze opstelling³. In combinatie met de transportband was de proef-watgang binnen twee dagen ontdaan van kroos. De watgang ontving water van een hoger gelegen watgang, waardoor kroosaanvoer plaatsvond. De slurper was goed in staat om dit kroos te verwijderen. Na verwijdering van de slurper lag de vijver in korte tijd weer vol met kroos. Het grote manco van deze methode was dat er verval gecreëerd moest worden. Dit vroeg redelijk veel van de peilbeheerders.

Omgeving

De omgeving heeft geen geluidshinder van deze methode. Mogelijk geeft de bigbag met kroos wel stankoverlast.

Kosten

De aanschaffkosten zijn circa EUR 20.000,00, bestaande uit de kroosslurper à EUR 5.000,00 en een lopende band à EUR 15.000,00. De kosten per seizoen worden geschat op EUR 260.000,00.

Onzekerheid

Het principe is beproefd bij Delfland.

³ HH Delfland (2015). Kroosbestrijding. Resultaten van veldproeven en maatregelen in het kader van lokale knelpunten waterkwaliteit 2013-2014.



Locaties

Deze methode is sowieso toepasbaar bij een **duiker** (al beproefd door Delfland), maar kan ook geplaatst worden bij bijvoorbeeld een stuw.

Tabel 3.10 Voor- en nadelen kroosslurper.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Mobiel - Aanschafkosten niet hoog - Minder afhankelijk van windrichting of stromingsrichting 	<ul style="list-style-type: none"> - Kleinschalig door beperkte verzamelcapaciteit

Tabel 3.11 Score per afwegingscriterium voor kroosslurper.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robustheid	Inpasbaarheid	Kroesoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Kroosslurper	++	+	+	++	-	-	+	++	+	+	++	++	Beproefd op kleine schaal

3.3.6 Kroos-skimmer/ olieskimmer



Figuur 3.4 Kroos-skimmer ontwikkeld door Canadian pond (www.canadianpond.ca)

Beschrijving

De kroos-skimmer is een constructie waarbij door verhang water met kroos aan het oppervlakte wordt opgevangen en door een pomp naar een filter wordt getransporteerd. Het water wordt



geretourneerd middels een retourbuis. Dit creëert tevens weer stroming richting de skimmer, zodat kroos hierheen drijft. Een fabrikant van deze methode is bijvoorbeeld Canadian Pond.

Techniek

De techniek bestaat uit een pomp die water met kroos aanzuigt en filtert.

Effectiviteit

Canadian Pond geeft aan dat één skimmer tot 1,2 hectare wateroppervlakte in een aantal uur ontdoet van kroos.

Omgeving

De omgeving heeft hooguit lichte geluidsoverlast door de motor van het zuigmechanisme. Als kroos lang op de oever blijft liggen geeft het mogelijk stankoverlast.

Kosten

De aanschaf van het model dat Canadian Pond aanbiedt is \$10.925,-. Daarbij komen arbeidskosten voor de afvoer van het kroos en het onderhoud van de machine.

Onzekerheid

Deze methode is beproefd in Canada.

Locaties

Deze methode is het meest geschikt voor toepassing op tactische plaatsen in **aanvoerwatergangen richting gemalen, duikers of stuwen**, in combinatie met een drijfbalk om het kroos richting de skimmer te leiden. De methode is tevens toepasbaar in grachten, knooppunten en luwtes, indien er veel kroosaanvoer is. Toepassing in gemalen is waarschijnlijk moeilijk, doordat het gemaal een turbulente stroom veroorzaakt waardoor kroos in de waterkolom vermengd raakt.

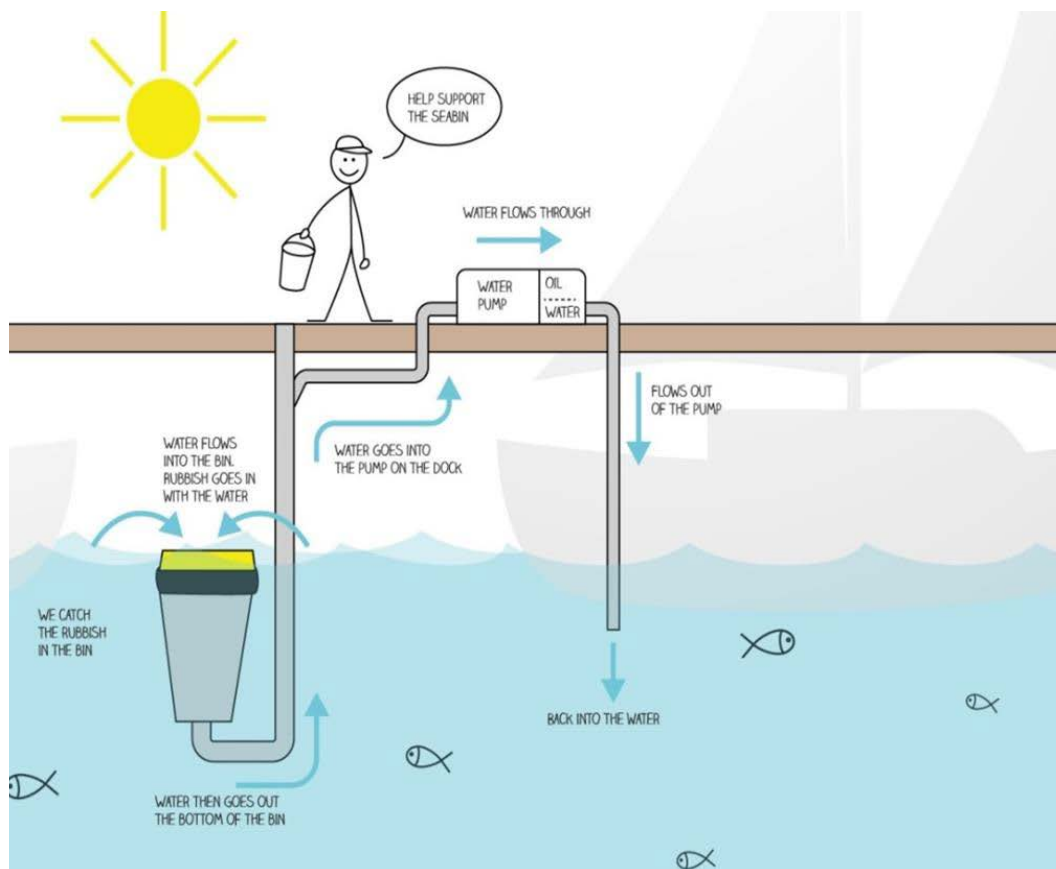
Tabel 3.12 Voor- en nadelen kroos-skimmer.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none">- Mobiel- Door aanpassing grootschaliger- Effectiviteit vergroten door plaatsing op verzamelpunt kroos- Water wordt weer teruggevoerd, kroos wordt gescheiden van water- Niet arbeidsintensief	<ul style="list-style-type: none">- Gevoelig voor verstopping door drijfvuil- Stroming plaatselijk- Kleinschalig

*Tabel 3.13 Score per afwegingscriterium voor kroos-skimmer.*

Tabel 6.15: Score per afwegingscriterium voor Kroos Slimmer.														
Methodiek		Techniek			Effectiviteit		Omgeving		Kosten		Onzekerheid			
		Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Kroosslurper		++	+	+	++	-	-	+	++	+	++	++	++	Beproefd, maar niet door Delfland

3.3.7 Seabin



Figuur 3.5 Schematische weergave werking Seabin

Beschrijving

De Seabin is een techniek die is ontwikkeld in het Seabin Project (<https://seabinproject.com/>) voor het afvangen van drijfvuil en een afgeleide is van een olieskimmer. Door verval komen water en drijfvuil (waaronder kroos) in de opvangbak. Vanuit hier wordt het afgezogen met een pomp. En wordt drijfvuil en olie gescheiden van het water. Het motto van het project is 'cleaning the oceans', maar aangezien de meest recente versie ook in staat is om microplastics vanaf 2 mm af te vangen, kan deze wellicht ook kroos afvangen. Het drijfvuil komt in een zak in de 'afvallemmer' terecht.

Techniek

Het mechanische deel van de installatie bestaat uit een pomp. Het is niet bekend hoe de Seabin precies werkt. Relevante randvoorwaarden zoals vermeld op de site zijn:

- Installatie op drijfponton
- Geen dagelijks aanwezige arbeidskrachten
- Maximum stroomsnelheid: 2 m/s
- Minimale diepte: 1,2 meter
- Pomp zuigt 25.000 liter per uur aan



Effectiviteit

De Seabin is in staat om 1,4 ton per jaar aan afval af te vangen. Het is in staat om microplastics >2 mm af te vangen. Kroos is veelal kleiner dan 2 mm, daarom is onbekend of kroos effectief wordt afgevangen.

Omgeving

De omgeving ondervindt weinig geluidshinder of stank van de Seabin.

Kosten

De Seabin kost circa \$10.000,-. Er is een arbeidskracht nodig die eens in de paar dagen, of vaker bij meer afvang, de afvalbak leegt.

Onzekerheid

Deze methode is onbeproefd voor kroos. De kans bestaat dat kroos niet wordt afgevangen.

Locaties

De methode is makkelijk toepasbaar bij **grachten** en **bruggen** vanwege de bevestigingsmogelijkheden. Daarnaast kan de methode toegepast worden bij aanvoerwatergangen richting gemalen, duikers, stuwen, knooppunten en luwtes.

Tabel 3.14 Voor- en nadelen Seabin.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Automatisch, alleen handmatig verwijderen zak - Tevens afvoer drijfvuil 	<ul style="list-style-type: none"> - Ontworpen voor scheiden olie en water, onbeproefd voor kroos - Niet duidelijk hoe Seabin precies werkt - Kleinschalig, afhankelijk van wind en stroming voor rendement

Tabel 3.15 Score per afwegingscriterium voor Seabin.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Seabin	+	+	-	+	?	++	?	++	++	++	++	++	Onbeproefd voor kroos

3.3.8 Krooscatamaran



Beschrijving

Een krooscatamaran is een varende bemande constructie waarop middels een lopende band of rad kroos uit het water verwijderd wordt. Vervolgens komt het terecht in een verzamelbak.

Techniek

De boot kan alleen worden ingezet in wateren met voldoende diepte om te bevaren. Op ondieptes kan deze vastlopen. Doordat de boot zwaar is, kan deze niet gemakkelijk over land verplaatst worden. Daardoor zijn vooral doorlopende, diepere watergang of meren geschikt voor deze techniek.

De lopende band is relatief makkelijk te onderhouden en is robuust in gebruik. Bij grote kroosvangst is het noodzakelijk om de verzamelbak regelmatig te legen.

Effectiviteit

Het verwijderingsrendement is 80%⁴, afhankelijk van het watertype. In kleine watergangen is de boot logger en daardoor is het kroos minder exact te verwijderen. In grote wateren is dit gemakkelijker. Om in grote delen van het water in het beheergebied van Delfland kroos te verwijderen zouden echter meerdere krooscatamarans moeten rondvaren en kunnen ontoegankelijke wateren niet met deze techniek geschoond worden. Opschaling van de boot is niet mogelijk, doordat dit meteen invloed heeft op de diepgang en daarmee het type watergang dat bevaren kan worden. Er is minstens één arbeidskracht nodig voor de besturing van de boot, mogelijk een tweede voor het legen van de verzamelbak.

Omgeving

De omgeving ondervindt geen tot weinig hinder van deze methode. Deze hinder zal mogelijk bestaan uit geluidsoverlast van de boot wanneer deze voorbij vaart, maar is kortdurend.

⁴ Blom, R.M., 2016. Kroos in Den Haag: een inventarisatie van het kroosprobleem in de gemeente Den Haag.



Kosten

De uurkosten voor de krooscatamaran worden geschat op EUR 124,00⁵. Ervan uitgaande dat de kroosboot gedurende drie maanden (12 weken), 5 dagen per week, 8 uur per dag wordt ingezet bedragen de kosten circa $\text{EUR } 124,00 * 8 * 5 * 12 = \text{EUR } 59.520,00$ per seizoen per boot.

Onzekerheid

Deze techniek is onbeproefd voor Delfland, maar wel beproefd door bijvoorbeeld loonbedrijf C.H. Portengen. Of zij deze techniek nog inzetten is onbekend.

Locaties

De methode is toepasbaar in alle doorgaande watergangen met voldoende diepgang en zonder belemmerende kunstwerken, dus in **aanvoerwatergang gemaal** en in sommige **grachten**. De catamaran is mobiel en daarom niet geschikt om in te zetten op één locatie, zoals bij stuwen, knooppunten, bruggen, luwtes, gemalen en duikers.

Tabel 3.16 Voor- en nadelen krooscatamaran.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Ontworpen voor het verwijderen van grote hoeveelheden kroos. - Het verwijderingsrendement is 80%. - De uurkosten worden geschat op €124,-. - Voor grote wateren is dit een goede methode om veel kroos in een keer 'op te ruimen'. 	<ul style="list-style-type: none"> - Boot loopt vast op ondiepe zones, niet overal bruikbaar - Mankracht nodig - Onbeproefd voor Delfland

Tabel 3.17 Score per afwegingscriterium voor de krooscatamaran.

tabel 6.7: Scores per aanlegsoptie naar voor de krooscatamaran														
Methodiek		Techniek			Effectiviteit			Omgeving			Kosten		Onzekerheid	
		Randvoorwaarden plaatsing/ installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosgoest	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Kroos- catamaran	++	++	++	+	-	-	-	+	++	+	0	+	Onbeproef d voor Delfland	

⁵ STOWA, 2014. Kennis over kroos.

3.3.9 Kroosrobot en krooswiel



Figuur 3.6 Foto's Kroboot en Krooswiel, voorbeelden van onbemande kleinschalige verzamelmethodes (bron: kroboot.nl en bom-techniek.nl)

Beschrijving

Met kroosrobots en krooswielen worden alle onbemande kleinschalige verzamelmethodes voor kroos bedoeld. Sommige technieken zijn in staat om zelf kroos te detecteren en gericht in te zamelen, andere methodes staan gedurende hun hele route aan en verzamelen het kroos dat ze tegenkomen of worden op één locatie gestationeerd. Op sommige technieken zit een lopende band waarmee kroos uit het water vervoerd wordt en andere technieken maken gebruik van een rad of schep. Het kroos wordt opgeslagen in de boot of in een bak die bevestigd is of vermaald.

Techniek

De kroosrobot en het krooswiel kunnen in een scala aan watertypen worden ingezet, vanwege de kleinschaligheid. Dit maakt tevens dat ze makkelijk verplaatst kunnen worden. Wel bestaat het risico dat ze vastlopen onder bijvoorbeeld laaghangende takken. Het zijn ingenieuze bouwwerken waarin veel (kleine) techniek verwerkt zit, waardoor er veel verschillende versies op de markt zijn. Dit maakt tevens dat ze relatief veel onderhoud nodig hebben en niet zo robuust zijn.

Effectiviteit

De inzet van de kroosrobot en het krooswiel is niet gebonden aan arbeidskrachten en kan daarom dag en nacht plaatsvinden. Dat maakt dat deze technieken, ondanks dat ze qua omvang klein zijn, relatief veel werk in korte tijd kunnen verrichten. De precisie waarmee kroos wordt afgevangen kan echter verschillen per techniek.

Omgeving

De omgeving ondervindt geen hinder van de kroosrobot of het krooswiel. Vandalisme en diefstal vormen een bedreiging voor volledig onbemande vaartuigen.



Kosten

De kosten verschillen per methode. Relatief ten opzichte van andere methodes die in dit rapport beschreven worden zal de groep van onbemande kleinschalige technieken weinig kosten met zich meebrengen.

Onzekerheid

Delfland heeft samen met gemeente Den Haag en Bom Techniek B.V. het krooswiel ontwikkeld. Doordat het principe niet efficiënt genoeg werkte is de ontwikkeling stop gezet. Ook hebben studenten van de TU Delft in samenwerking met Delfland aan de doorontwikkeling van de Kroboot gewerkt, die autonoom vaart en kroos verzamelt. Ook deze ontwikkeling is inmiddels stopgezet vanwege gebrek aan middelen en tijd van de studenten. In Nederland zijn meerdere initiatieven gaande, maar meestal worden deze kleinschalig ingezet in proefopstelling en zijn deze nog niet geschikt voor grootschalige kroosafvang.

Locaties

De methode is toepasbaar in alle (stilstaande) watergangen. Dit zijn bijvoorbeeld **grachten**. De methode leent zich daarom niet voor inzet bij gemalen, aanvoerwatergangen gemaal, duikers en stuwen. Inzet bij knooppunten, bruggen en luwtes is afhankelijk van locatiespecifieke kenmerken.

Tabel 3.18 Voor- en nadelen kroosrobot en het krooswiel.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> - Makkelijk verplaatsbaar - Weinig tot geen mankracht - Kosten bestaan vooral uit aankoop en onderhoud 	<ul style="list-style-type: none"> - Kan vastlopen op takken en vegetatie, niet overal bruikbaar - Kleinschalige oplossing

Tabel 3.19 Score per afwegingscriterium voor de kroosrobot of het krooswiel.

tabel 4.10 Score per aanpakgebied naar voor- en nadelen van de Kroosrobot of het Krooswiel													
Methodiek		Techniek			Effectiviteit			Omgeving		Kosten		Onzekerheid	
Kroosrobot of krooswiel	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
	++	-	-	++	-	++	-	++	++	+	++	-	Onbeproefd voor Delfland



3.3.10 Krooshekreiniger



Bron foto: Eemsbode

Beschrijving

In tegenstelling tot wat de naam doet vermoeden is een krooshek niet primair bedoeld voor het type kroos waar we het in dit rapport over hebben. Een krooshek bij een gemaal voorkomt dat grof drijfvuil en maaisel in de gemaalpomp terecht komt en schade kan veroorzaken. In principe wordt dus het fijne kroos niet tegengehouden door een krooshek, maar door de maaswijdte fors te verkleinen kan dit wel verbeterd worden. Vervolgens kan het dan met de krooshekreiniger uit het water geschept worden.

Een krooshekreiniger bestaat uit een grijper met tanden die tussen de spijlen door geleiden, en waarmee al het drijfvuil dat zich voor het krooshek heeft verzameld wordt afgevoerd. Deze grijper zit bevestigd aan een bovenliggende hijsconstructie, of aan een rail die van binnenuit het vuil tussen de spijlen uit naar boven tilt en afvoert (zie 3.3.12). Dit gebeurt doorgaans geautomatiseerd, zodra er te veel peilverschil ontstaat bij meetpunten voor en achter het vuilrooster. Het vuil wordt door de grijper in een afvalcontainer gegooid.

Techniek

De krooshekreiniger is een volledig technisch en onbemand systeem dat met een vaste frequentie of automatisch het krooshek reinigt. Het is groot en robuust, omdat het ontwikkeld is om grofvuil uit het water te tillen. Daardoor heeft het echter wel regelmatig technisch onderhoud nodig. Kanttekening is dat een gemaal altijd al is uitgerust met een krooshek om de pompen te beschermen.

Effectiviteit

De effectiviteit hangt sterk samen met de mogelijkheid om kroos tegen te houden voor het krooshek, dus om het krooshek een voldoende fijne maaswijdte te kunnen geven. Als kroos succesvol wordt tegengehouden is de effectiviteit groot, omdat het samen met grofvuil uit het water getild wordt. De effectiviteit zou nog aangescherpt kunnen worden door kroos optisch te



laten herkennen, waardoor de reiniger niet alleen reageert op grofvuil, maar ook op de aanwezigheid van een kroosmat.

Ook is de effectiviteit afhankelijk van aanslaan van het gemaal, omdat alleen dan stroming richting het gemaal ontstaat en kroos wordt aangevoerd. Dit kan deels worden ondervangen worden door het gemaal op lage toeren te laten draaien gedurende periodes met veel kroosontwikkeling.

Omgeving

Gemalen staan veelal op afgelegen locaties. Daardoor ondervindt de omgeving weinig overlast van de krooshekreiniger, en bovendien staan deze er toch al dus dit geeft feitelijk geen wijziging in de bestaande situaties. Als de container met afval echter meer kroos gaat bevatten zal deze frequenter moeten worden geleegd, mede om stankoverlast te voorkomen.

Kosten

De kosten voor een krooshekreiniger zijn, in vergelijking met de andere methodes die in dit rapport worden beschreven, relatief hoog. Als gezegd zijn ze echter al bij vrijwel alle gemalen aanwezig. De kosten verbonden aan het geschikt maken voor kroosafvang zullen dus voornamelijk bestaan uit het aanpassen van de maaswijdte van het krooshek en het aanpassen van de grijper hierop, dit kunnen nog wel substantiële kosten zijn. Daarnaast brengt het zachtjes laten draaien van het gemaal extra energiekosten met zich mee.

Onzekerheid

Bij vrijwel alle gemalen is reeds een krooshekreiniger aanwezig. Het principe met een fijnere maaswijdte is voor Delfland echter nog onbeproefd. Een mogelijk risico is verstopping van het rooster met kroos, waardoor het waterpeil sterk op kan lopen in achterliggend gebied en er teveel verval ontstaat in het geval van een grote pomp behoefte. In dat geval zou het plaatsen van een krooshek dat weggeschoven kan worden een uitkomst kunnen zijn. Een andere optie zou zijn om het optisch herkenningssysteem aan te passen, zodat het ook kroos herkent en tijdig het krooshek reinigt.

Locaties

De methode is bij uitstek toepasbaar bij gemalen, waar al een krooshek aanwezig is. Deze is tevens toepasbaar bij gemalen, aanvoerwatergangen richting gemalen, duikers, stuwen en bij bruggen, mits er voldoende stroming aanwezig is. Dit maakt grachten, knooppunten en luwtes, waar stroming moeilijker te realiseren is, minder geschikt.

Tabel 3.20 Voor- en nadelen krooshekreiniger.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none">- Grootschalig- Door aanpassingen rendement groter- Sturing op stroming mogelijk door gemaal- Niet arbeidsintensief- Tevens afvoer drijfvuil	<ul style="list-style-type: none">- Rendement grootst bij langzame stroming, geen turbulent water- Locatiegebonden\

Tabel 3.21 Score per afwegingscriterium voor krooshekreiniger.

Methodiek	Techniek					Effectiviteit		Omgeving			Kosten		Onzekerheid
	Randvoorwaarden plaatsing/installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosoogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Krooshekreiniger	+	-	++	+	++	+	++	++	+	-	-	-	Beproefd

3.3.11 Kettingreiniger



Figuur 3.7 Foto voorbeeld van kettingreiniger (bron: landustrie.nl)

Beschrijving

Een kettingreiniger bestaat uit een rek en een lopende band systeem met haakse metalen tanden die tussen de spijlen van het rek door draaien. Drijfvuil blijft tegen het rek aan liggen, wordt door de metalen tanden naar boven getild, en valt achter de kettingreiniger in een (rijdende) bak. Door een aanpassing van de tanden en de toevoeging van een rooster kan deze techniek worden aangepast voor de afvang van kroos.



Techniek

Er zijn bedrijven (bijv. Landustrie) die zich hebben toegelegd op het ontwikkelen van een kettingreiniger. De kettingreiniger is relatief snel te monteren en demonteren op een bestaande constructie en is onderhoudsarm. Er bestaat bij tevens de optie voor geautomatiseerde kroosafvang. De techniek is grootschalig en volledig geautomatiseerd.

Effectiviteit

De effectiviteit is waarschijnlijk niet zo groot als in handmatige methodes, omdat kroos mogelijk toch soms door het rek gaat. Aangezien bij gemalen zich echter zo veel kroos kan verzamelen, zal de totale opbrengst naar verwachting groot zijn.

Omgeving

Gemalen staan veelal op afgelegen locaties. Daardoor ondervindt de omgeving weinig overlast van de krooshekreiniger. Als de container met afval echter niet tijdig geleegd wordt, kan stankoverlast ontstaan.

Kosten

Ten opzichte van andere methodes die zijn beschreven in dit rapport zullen de aanschafkosten en plaatsingskosten relatief hoog zijn.

Onzekerheid

De kettingreiniger is een beproefd concept in Delfland, en waarschijnlijk al veel in gebruik. De aanpassing voor kroos is echter nog onbepaald. Het concept lijkt, op hoofdlijnen, redelijk overeen te komen met de krooscatamaran, waarmee meer ervaring is.

Locaties

De methode is toepasbaar bij gemalen en duikers. In theorie zou deze reiniger ook op bijvoorbeeld bruggen geplaatst kunnen worden in watergangen met stroming.

De methode is bij uitstek toepasbaar bij **gemalen** en **duikers**, mits voldoende stroming aanwezig is. Toepasbaarheid bij aanvoerwatergangen richtingen gemalen, duikers, stuwen en bij bruggen is daarnaast afhankelijk van een methode die kroos richting de kettingreiniger leidt, bijvoorbeeld een drijfbalk. Grachten, knooppunten en luwtes, waar stroming moeilijker te realiseren is, zijn daarom minder geschikt.

Tabel 3.22 Voor- en nadelen kettingreiniger.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none">- Grootschalig- Door aanpassingen rendement groter (bijv. fijnmazig rooster)- Sturing op stroming mogelijk door gemaal- Niet arbeidsintensief	<ul style="list-style-type: none">- Rendement grootst bij langzame stroming, geen turbulent water- Locatiegebonden



Voordelen	Nadelen
- Tevens afvoer drijfvuil	

Tabel 3.23 Score per afwegingscriterium voor kettingreiniger.

Tabel 6.26 Score per afwegingscriterium voor kettingreiniger.													
Methodiek		Techniek			Effectiviteit			Omgeving		Kosten		Onzekerheid	
	Randvoorwaarden plaatsing/ installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosgoest	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf of huur	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of innovatief
Ketting- reiniger	+	-	++	+	++	++	++	++	+	-	-	-	Beproefd

3.4 Afwegingskader

In Tabel 4.1 zijn de scores van alle bovenstaande afvangmethodieken op de afwegingscriteria samengevat. De eindbeoordeling is tot stand gekomen door de plussen en minnen bij elkaar op te tellen.

3.5 Conclusie technieken

Uit het afwegingskader volgt dat de kroosskimmer (score: +14) en de kroosslurper (score: +13) de methodes zijn die het beste aansluiten bij de opgestelde afwegingscriteria. Handmatige verwijdering wordt, ondanks de grote intensiviteit voor menselijk handelen en de kleinschaligheid ervan, daarna als beste beoordeeld. Dat heeft voornamelijk te maken met de afwezigheid van mechanische techniek en de beperkte kosten. Een aantal methodes is nog onbeproefd bij het hoogheemraadschap en lijkt potentie te hebben om succesvol kroos af te vangen. Zo zou de Seabin getest kunnen worden bij een brug, de krooscatamaran in de grachten of in andere brede watergangen, en de brede zuigermond aan trekker in agrarische watergangen. Daarnaast heeft het de voorkeur om de efficiëntie van de voor kroos ontworpen kroosskimmer te testen. Een kanttekening bij deze conclusie is dat de kenmerken van de techniek niet los gezien kunnen worden van de locatie waarop deze geplaatst wordt. In Hoofdstuk 4 wordt dit uitgewerkt.

Tabel 3.24 Ingevuld afwegingskader kroosafvangmethodes.

Methodiek	Techniek				Effectiviteit			Omgeving		Kosten			Onzekerheid	Beoordeling
	Randvoorwaarden plaatsing/ installatie	Onderhoud	Betrouwbaarheid/ robuustheid	Inpasbaarheid	Kroosogst	Intensiviteit menselijk handelen	Vermogen tot grootschaligheid	Geluidsoverlast	Stankoverlast	Aanschaf	Plaatsing	Onderhoud	Beproefd of Innovatief	
Handmatige bestrijding	++	++	+	+	+	--	--	++	-	++	++	++	Beproefd	+10
Opduwen en mechanisch opscheppen	-	+	++	-	++	--	-	-	-	-	+	+	Beproefd	-1
(bio-afbreekbare) netten	++	+	--	++	-	-	--	++	+	++	++	--	Onbeproefd	+3
Brede zuigermond aan trekker	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	Onbeproefd	-2
Kroosslurper	++	+	+	++	-	-	+	++	+	+	++	++	Beproefd op kleine schaal	+13
Kroosskimmer/olieskimmer	++	+	+	++	-	-	+	++	+	++	++	++	Beproefd, maar niet door Delfland	+14
Seabin	+	+	-	+	?	++	?	++	++	++	++	++	Onbeproefd voor kroos	
Krooscatamaran	++	++	++	-	+	-	-	+	++	+	0	+	Onbeproefd voor Delfland	+9
Kroosrobot en krooswiel	++	-	-	++	-	++	--	++	++	+	++	-	Onbeproefd voor Delfland	+6
Krooshekreiniger	+	-	++	+	++	+	++	++	+	--	-	-	Beproefd	+7
Kettingreiniger	+	-	++	+	++	++	++	++	+	--	--	-	Beproefd	+7

4 Geschikte methodes per locatie

4.1 Afwegingskader

In Tabel 4.1 is per kroosafvangmethode de informatie zoals beschreven in Paragraaf 2.2 bij 'locatie' samengevat met plussen en minnen.

Tabel 4.1 Overzicht geschiktheid methode per locatietype.

Locatie									
Methode	Gemaal	Aanvoerwatergang	Duiker (verzonken)	Duiker (half-verzonken)	Stuw	Grachten	Knooppunt	Brug	Luwtes
Handmatige kroosafvang*	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Opduwen en wegscheppen	-	-	-	-	-	++	+	++	+
(bio-afbreekbare) netten	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Brede zuigermond aan trekker**	+	+	+	+	+	++	+	+	++
Kroosslurper	-	-	++	++	++	-	-	-	-
Kroos-skimmer/olieskimmer	--	++	++***	++***	++***	+	+	-	+
Seabin	-	+	+	+	+	++	+	++	+
Krooscatamaran ⁴	--	++	--	--	--	++	-	-	--
Kroosrobot en krooswiel	--	-	--	--	--	++	+	+	+
Krooshekreiniger	++ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	-	-	+ ⁵	-
Kettingreiniger	++	+ ⁵	++ ⁵	++ ⁵	+ ⁵	-	-	+ ⁵	-

*Randvoorwaarde: bereikbaarheid van het water.

**Randvoorwaarde: onderhoudspad langs watergang.

***Randvoorwaarde: stroming in water en plaatsing van een drijfbalk.

⁴: Randvoorwaarde: diepte water toereikend en geen obstakels in watergang.

⁵: Randvoorwaarde: stroming aanwezig in groeiseizoen kroos.

4.2 Conclusie geschikte methodes per locatie

De methode die op de meeste plekken goed kan worden ingezet (meeste ++-scores) is de kroosskimmer. Dit principe is bij het hoogheemraadschap getest met olie-skimmers, maar er zijn inmiddels skimmers op de markt die ontwikkeld zijn voor kroosafvang. Deze onderscheidt zich van andere methodes doordat deze relatief makkelijk te (ver)plaatsen is. Daarbij geldt de kanttekening dat de werking geoptimaliseerd wordt als er voldoende stroming aanwezig is en een drijfbalk het



kroos richting de skimmer leidt. Ook een kettingreiniger en een kroosslurper lenen zich voor inzet op veel locaties, met daarbij tevens de kanttekening dat voldoende stroming en geleiding richting de techniek bepalend is voor het rendement.

Een methode die op vrijwel alle locaties kan worden toegepast, mits er ruimte is om langs de watergang te rijden, is een brede zuigermond aan trekker. Methodes die minder geschikt zijn voor inzet op de beschreven locaties zijn varende oplossingen, zoals de krooscatamaran en de kroosrobot. Deze methodes zijn gevoelig voor in de watergang aanwezige kunstwerken. Grachten lenen zich daarentegen juist goed voor dit soort oplossingen, vanwege de beperkte stroming en diepgang van het water.

Inpassing van methodes in een gemaal blijkt vaak moeilijk; de aanvoerwatergang is daarom veel geschikter voor methodes waarvoor enige stroming een vereiste is.

5 Denkrichtingen

In interne brainstorm is met experts een aantal schetsontwerpen gemaakt voor de meest kansrijke locaties voor kroosafvang:

- Kroosafvang bij half-verzonken duiker met een kroosband (of krooskimmer of kettingreiniger)
- Kroosafvang in aanvoerwatergang gemaal met kroosband (of krooskimmer)
- Kroosafvang bij gemaal met krooskimmer (of kroosband)

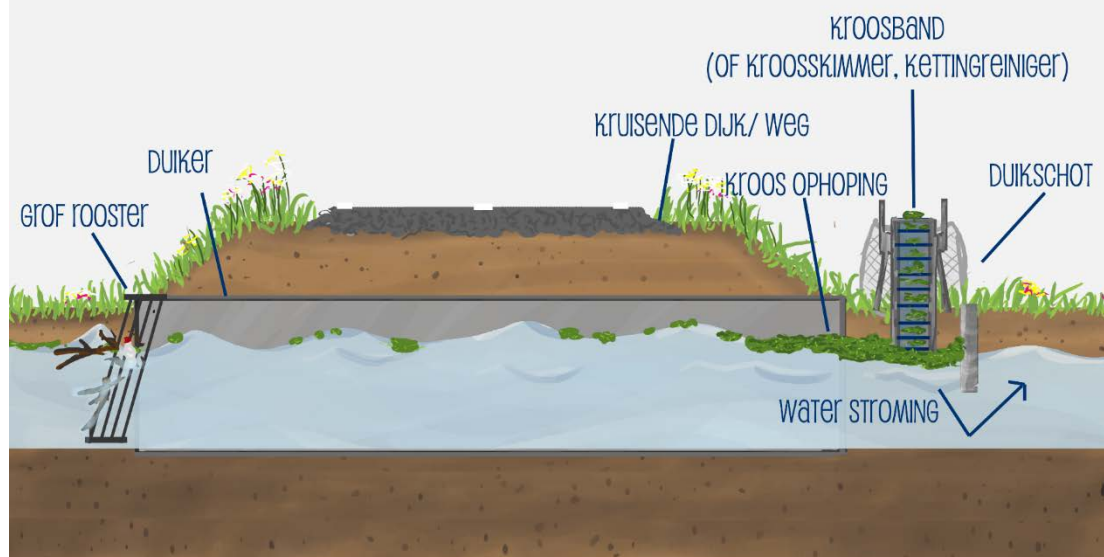
Hieronder staat per methode een beknopte toelichting en beschrijving van voor- en nadelen op hoofdlijnen.

5.1 Denkrichting 1: Kroosafvang bij half-verzonken duiker in de buurt van gemaal of stuw



DENKRICHTING 1

EEN NIET ONDERGEDOKEN DUIKER IN DE BUURT VAN EEN GEMAAL OF STUW (STROMING)



Figuur 5.1 Schematische weergave van Denkrichting 1: Kroosafvang bij een half-verzonken duiker in de buurt van een gemaal of stuw

5.1.1 Beschrijving (beknopt)

In Figuur 5.1 staat een schematische weergave van deze denkrichting. Bij deze methode wordt ná een half-verzonken duiker een duikschot of drijfbalk geplaatst die kroos oppervlakkig tegenhoudt. Kroos wordt ter plaatse met een kroosband, kroosskimmer of aangepaste kettingreiniger uit het water getransporteerd en in een “big-bag” of container opgevangen. Met een aangepaste kettingreiniger wordt een kettingreiniger met kleine maaswijdte, die daardoor ook kroos afvangt, bedoeld. Om te voorkomen dat de duiker verstopt raakt wordt in de aanvoerrichting van de half-verzonken duiker een grof rooster (eventueel met machinale verwijderingsmethode) geplaatst. Vereiste bij deze denkrichting is dat het water constant stroomt en dat de stroomrichting in de zomer altijd hetzelfde is.

5.1.2 Varianten

Feitelijk zijn er meerdere opties mogelijk, namelijk:

- In te zetten kroosafvangmethode: kroosband, kroosskimmer of (aangepaste) kettingreiniger
- Handmatige of machinale reiniging grof rooster



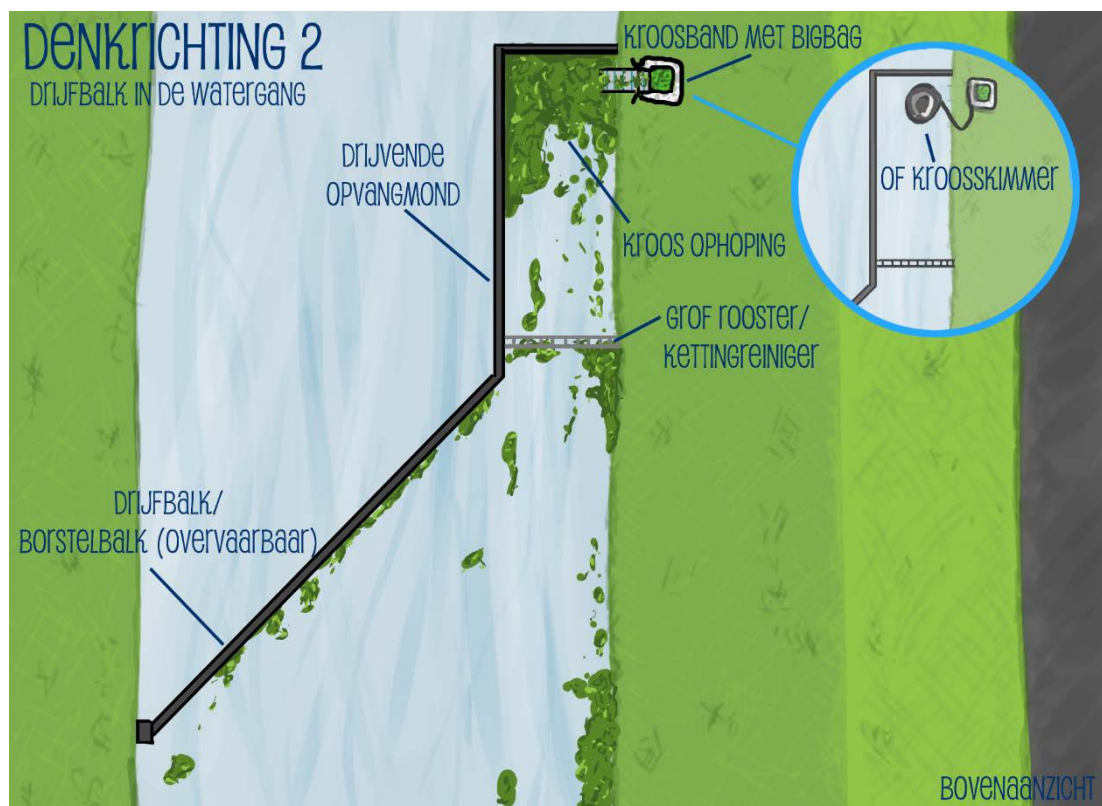
5.1.3 Voor- en nadelen

In Tabel 5.1 zijn de voor- en nadelen van de verschillende varianten van Denkrichting 2 beknopt opgeschreven.

Tabel 5.1 Voor- en nadelen van de verschillende varianten van Denkrichting 1: Kroosafvang bij half-verzonken duiker in aanvoerrichting gemaal of stuw.

Denkrichting	Voordelen	Nadelen
1 algemeen	<ul style="list-style-type: none">- Eenvoud- Robuust- Verplaatsbaar- Relatief lage kosten	<ul style="list-style-type: none">- Gevaar verstopping rooster grof vuil (periodiek inspectie/reinigen nodig)- Omvang kroosoogst afhankelijk van hoeveelheid stroming, dus mate van afvoer via gemaal of stuw- Voor optimale effectiviteit waarschijnlijk verval nodig, dit is in de praktijk vaak lastig te realiseren.- Alleen bij (niet verzonken) duikers toepasbaar
1a met kroosband	<ul style="list-style-type: none">- Bewezen techniek	<ul style="list-style-type: none">- Geen actieve toestroom van kroos, dus deel kroos blijft in opvangbak
1b met kroosskimmer	<ul style="list-style-type: none">- Deels bewezen, opschalen- Brengt extra water- (+ kroos) stroom tot stand	<ul style="list-style-type: none">- Mogelijk kans op verstopping bij grovere soorten kroos
1c met kettingreiniger	<ul style="list-style-type: none">- Bewezen techniek, aanpassing voor kroos (fijnmazig)	<ul style="list-style-type: none">- Onderzoeken aanpassing naar fijnmazige variant (gewicht constructie i.r.t. verplaatsbaarheid)

5.2 Denkrichting 2: Kroosafvang met drijfbalk in de watergang



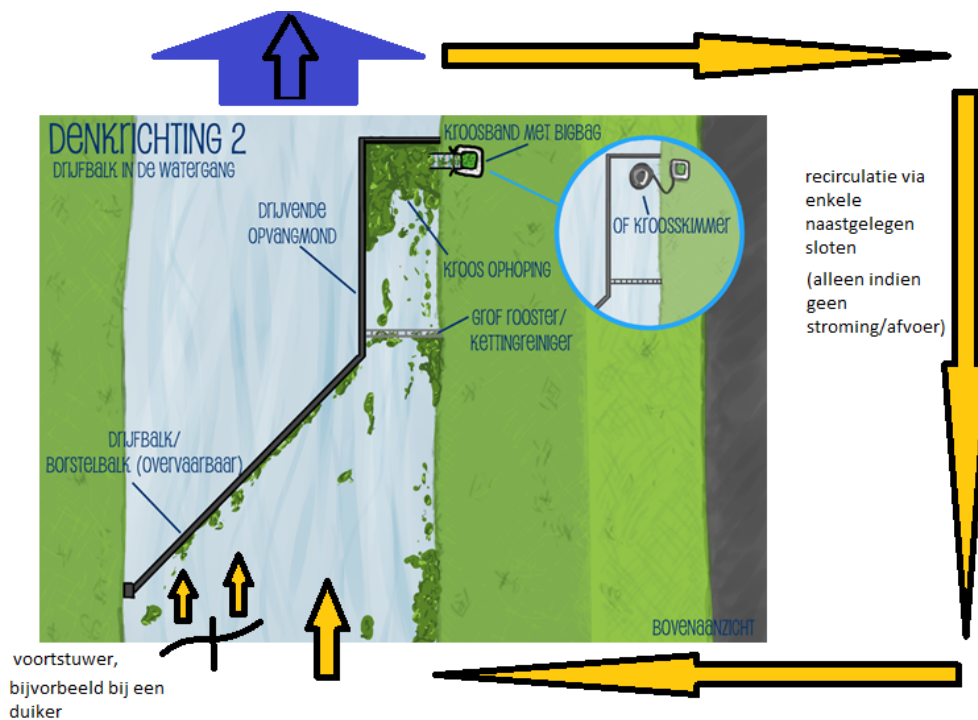
Figuur 5.2 Schematische weergave Denkrichting 2: Kroosafvang met drijfbalk in de watergang

5.2.1 Beschrijving

In Figuur 5.2 staat een schematische weergave van Denkrichting 2. Bij deze methode wordt kroos oppervlakkig tegengehouden door een drijfbalk en vervolgens richting een opvangmond gedreven. In deze opvangmond wordt het kroos middels een kroosband of kroosskimmer uit het water getransporteerd en in een bigbag of container opgeslagen. Aan het begin van de drijvende opvangmond is een grof rooster al dan niet in combinatie met een kettingreiniger aanwezig om grofvuil te verwijderen en te voorkomen dat dit schade aan de kroosskimmer of kroosband veroorzaakt. Ook bij deze denkrichting is een vereiste dat enige stroming in altijd dezelfde stroomrichting aanwezig is in de watergang. In stilstaand water kan anders nog een recirculatiesysteem met voortstuwer geplaatst worden die het water in beweging brengt. Deze constructie zou ook mobiel gemaakt kunnen worden, zodat deze gedurende de zomer op meerdere plekken kan worden ingezet. In het volgende hoofdstuk staat een beknopte ontwerpnoot voor deze denkrichting.

Recirculatie met voortstuwer

Een schematische weergave van deze methode staat weergegeven in Figuur 5.3. Om stilstaand water in beweging te brengen is het soms mogelijk om een voortstuwer (langzaam draaiende propeller) te plaatsen. Deze wordt geplaatst bij bijvoorbeeld in een duiker in de aanstroomrichting. Via aangrenzende sloten of vaarten kan een “ringleiding” worden gecreëerd binnen hetzelfde peilgebied, en waarmee het water weer terug wordt geleid tot voor de voortstuwer.



Figuur 5.3 Schematische weergave Denkrichting 2 in combinatie met een voortstuwer

5.2.2 Varianten

Feitelijk zijn er meerdere opties mogelijk, namelijk:

- In te zetten kroosafvangmethode: kroosband of kroosskimmer
- Grof rooster of kettingreiniger bij opvangmond
- Recirculatie met voortstuwer

5.2.3 Voor- en nadelen

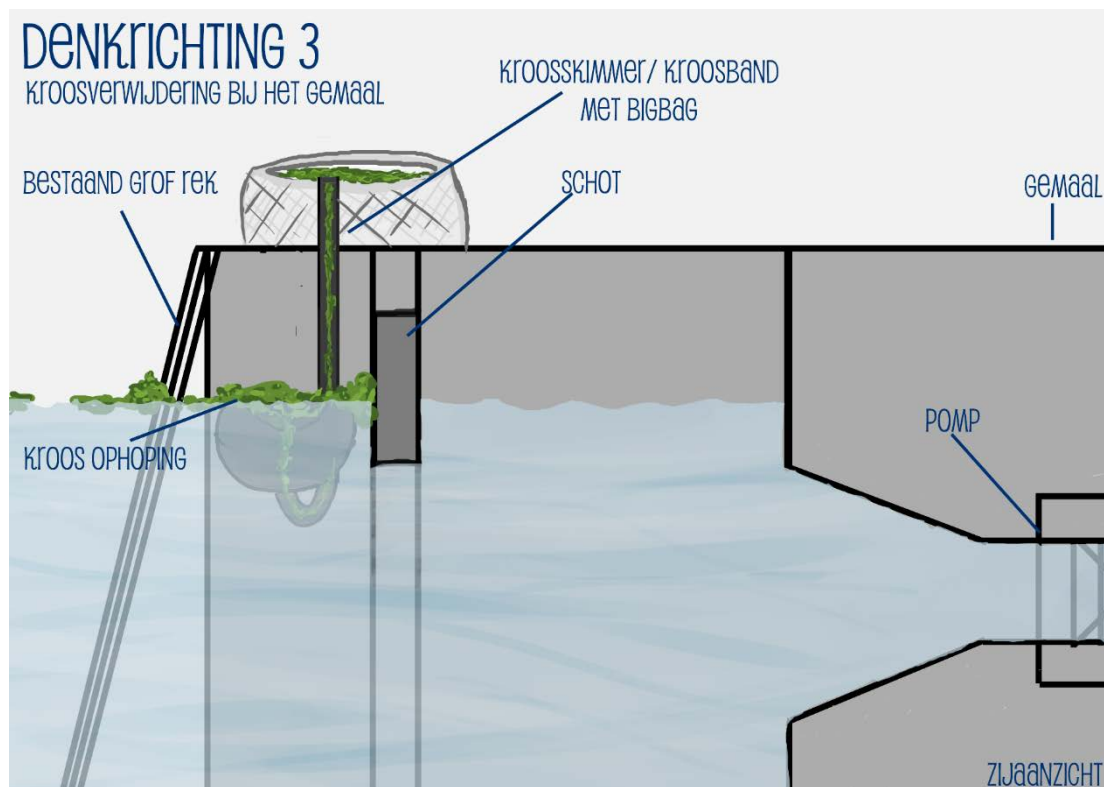
In Tabel 5.2 Tabel 5.1 zijn de voor- en nadelen van de verschillende varianten van Denkrichting 2 beknopt opgeschreven.

Tabel 5.2 Voor- en nadelen van de verschillende varianten van Denkrichting 2: Kroosafvang met drijfbalk in de watergang.

Denkrichting	Voordelen	Nadelen
2 algemeen	<ul style="list-style-type: none"> - Eenvoud - Robuust - Zeer grote kroosoogst - Drijfvuil wordt apart gescheiden - Verplaatsbaar 	<ul style="list-style-type: none"> - Alleen toepasbaar in stromende watergang (afvoer via gemaal of natuurlijk verval/stuw)
2a met kroosband	<ul style="list-style-type: none"> - Bewezen techniek 	<ul style="list-style-type: none"> - Geen actieve toestroom van kroos, dus deel kroos blijft in opvangbak
2b met kroosskimmer	<ul style="list-style-type: none"> - Deels bewezen, opschalen - Brengt extra waterstroom tot stand in oppervlak bak 	<ul style="list-style-type: none"> - Mogelijk kans op verstopping bij grovere soorten kroos – innovatie nodig kroosskimmer



5.3 Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij het gemaal



Figuur 5.4 Schematische weergave van Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij het gemaal

5.3.1 Beschrijving

In Figuur 5.4 staat een schematische weergave van Denkrichting 2. Bij deze methode wordt tussen het krooshek en de pomp een schot geplaatst dat kroos oppervlakkig tegenhoudt. Hier wordt tevens een kroosskimmer, krooshek of aangepaste kettingreiniger geplaatst die kroos uit het water transporteert en in een bigbag of container opslaat. Deze methode is alleen toepasbaar in gemalen met een grote ruimte tussen het krooshek en de pomp, en alleen wanneer het gemaal op lage toeren draait om te voorkomen dat de stroming turbulent wordt. Bij deze methode wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande technieken (bijv. het bestaande grof rek). In het volgende hoofdstuk staat een beknopte ontwerpnotitie voor deze denkrichting.

5.3.2 Varianten

In deze denkrichting zijn twee varianten mogelijk:

- Met kroosband
- Met kroosskimmer
- Met (aangepaste) kettingreiniger

5.3.3 Voor- en nadelen

In Tabel 5.3 zijn de voor- en nadelen van de verschillende varianten van Denkrichting 2 beknopt opgeschreven.

Tabel 5.3 Voor- en nadelen van de verschillende varianten voor Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij gemaal.

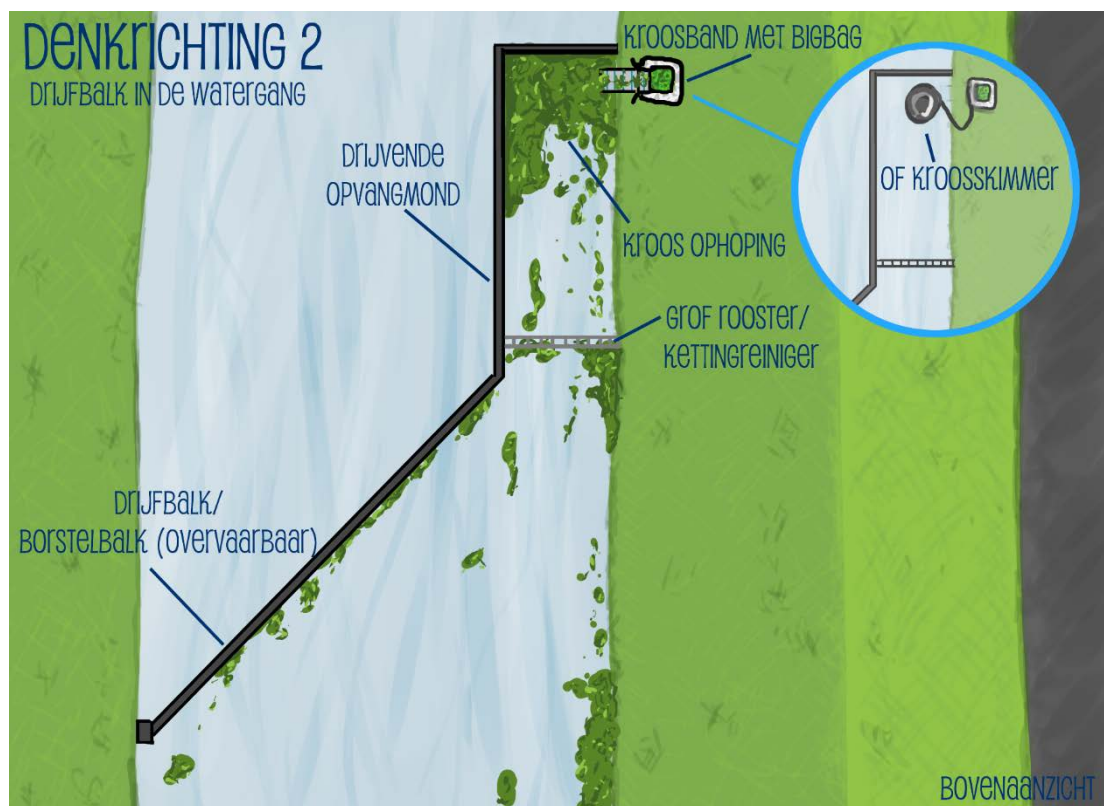
Denkrichting	Voordelen	Nadelen
3 algemeen	<ul style="list-style-type: none"> - Eenvoud - Robuust - Grote kroosoogst - Stroom bij gemaal voorhanden - Drijfvuil wordt door bestaand hek al gescheiden van kroos 	<ul style="list-style-type: none"> - Alleen toepasbaar bij een gemaal met voldoende ruimte achter het krooshek
3a met kroosband	<ul style="list-style-type: none"> - Bewezen techniek 	
3b met krooskimmer	<ul style="list-style-type: none"> - Deels bewezen, opschalen - Brengt extra waterstroom tot stand 	<ul style="list-style-type: none"> - Mogelijk kans op verstopping – innovatie nodig bij opschalen
3c met kettingreiniger	<ul style="list-style-type: none"> - Bewezen techniek, aanpassing voor kroos (fijnmazig) 	

5.4 Conclusie denkrichtingen

In de werksessie met Delfland zijn bovenstaande opties gepresenteerd. Daarbij werd Delfland het meest enthousiast van Denkrichting 2 en waren zij ook wel benieuwd naar de mogelijkheden voor Denkrichting 3. Deze denkrichtingen staan daarom in de volgende twee hoofdstukken toegelicht en uitgewerkt.

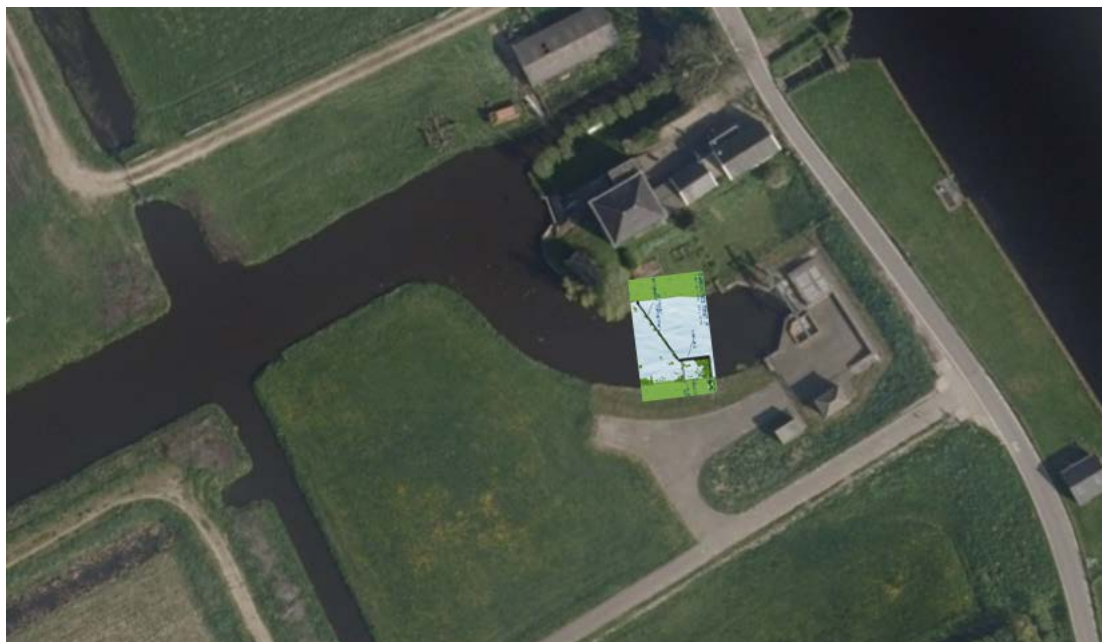
6 Beknopte ontwerpnotitie Denkrichting 2

Zoals beschreven in Paragraaf 5.4 is denkrichting 2 als voorkeursvariant naar voren gekomen. Deze variant bestaat uit een drijfbalk welke onder een hoek is geplaatst ten opzichte van de stroomrichting, waardoor het kroos zich concentreert aan de oever en waar het verwijderd kan worden zoals weergegeven in Figuur 6.1. Voorwaarde voor deze denkrichting is dat de stroming in de watergang gewaarborgd is, zodat aanvoer van kroos blijft plaatsvinden.



Figuur 6.1 Schets denkrichting 2

Door Hoogheemraadschap van Delfland is een locatie in de aanvoerwatergang naar gemaal Noord-Kethelpolder aangedragen als testlocatie. In Figuur 6.2 is een luchtfoto van de aangewezen testlocatie weergegeven. De opzet van een test op deze locatie is hierna verder uitgewerkt in een stappenplan, waarbij afwegingen zijn gemaakt op basis van inpasbaarheid op de locatie, als ook aanpassingsmogelijkheden ter optimalisatie gedurende de testen.



Figuur 6.2 Test locatie nabij gemaal Noord-Kethelpolder

6.1 Uitgangspunten

Voor de testlocatie zijn de volgende uitgangspunten van toepassing:

- De afvoercapaciteit van de watergang bedraagt, op basis van de opgegeven capaciteit van het gemaal, 40 m³/min. Dat is niet heel hoog
- Voor de aanvoerwatergang is geen ingemeten dwarsprofiel beschikbaar, derhalve baseren we ons op de Legger wateren:
 - De breedte van de watergang aan het oppervlak is 13,5 meter (bron: Legger wateren, arcgis)
 - De minimale diepte dient 0,75 meter te bedragen (bron: Legger wateren, arcgis)
 - De watergang dient een talud van 1:2 te hebben (bron: Legger wateren, tekstuele deel)
- Onbekend is wat het aantal draaiuren is van het gemaal per periode. Dit is wel van belang voor een goede aanvoer en dus de werking van het systeem
- De hoeveelheid (grof)vuil bedraagt jaarlijks ongeveer één container, afgevangen door de aanwezige krooshekreiniger op het gemaal. Dit vuil zal door het voorliggende kroosafvangsysteem moeten worden afgevangen

6.2 Stroomsnelheid en kroosaanvoer

Op basis van uitgangspunten berekenen we bij de maximale afvoercapaciteit een stroomsnelheid ter plaatse van ca 4,5 m/min (0,075 m/s). Deze stroomsnelheid resulteert in een oppervlak aan watertoevoer (in theorie max. kroos aanvoer) van ca 60 m²/min, ofwel 3600 m²/h.

6.3 Materialisatie

Denkrichting 2 (Figuur 6.1) bestaat uit drie onderdelen:

- Drijfbalk/shoreliner
- Grofrooster
- Kroosverwijdering

Per onderdeel worden hieronder de opties besproken met de voor- en nadelen.

6.3.1 Kroosbalk

Om het kroos naar de kroos verwijder installatie te krijgen is een drijfconstructie nodig; water kan hier onderdoor stromen en kroos wordt tegengehouden. Hiervoor kan gekozen worden voor een balk (stijf) of een flexibele blokkade. In Tabel 6.1 staan de voor- en nadelen van deze drijfconstructies samengevat.

Balk constructie

Een drijvende balk (of meerdere aan elkaar gemonteerd) wordt over de breedte van de watergang gelegd en verankerd. De balk moet onder een hoek liggen zodat het kroos door de stroming naar de verste hoek wordt gedreven. De optimale hoek kan getest worden middels de testopstellen zoals voorgesteld in H 6.5. In deze hoek wordt van eveneens drijvende balken een bak gemaakt waarin tevens de kroosverwijderaar wordt geïnstalleerd, zie par 6.3.3. De balk kan zowel worden uitgevoerd als kunststof barrière of als houten balk. Daarbij mogelijk de houten balk (Figuur 6.3) wat beter past in de omgeving, en bovendien voor een testsituatie eenvoudiger/goedkoper aanpasbaar is. De maximum capaciteit van het gemaal is niet zo hoog, waardoor beide constructies robuust genoeg zijn om de kroos oppervlakkig tegen te houden. Als de afvanginstallatie stilvalt bestaat het risico dat de balk teveel weerstand ondervindt van het opgehoopte kroos.



Figuur 6.3 Houten drijfbalk



Figuur 6.4 Bolina booms "drijfbalk"

Flexibele constructie

Een andere optie is een flexibele barrière met drijvers te plaatsen. Deze wordt net als de balk constructie onder een hoek gemonteerd met een bak aan één oever. In Figuur 6.4 is een voorbeeld te zien van het merk Bolina Booms.

*Tabel 6.1 Voor- en nadelen van een balkconstructie en een flexibele constructie.*

	Balk constructie	Flexibele constructie
Voordelen	- Goedkoper	- Zeer efficiënt - Robuust, zolang kroos wordt afgevangen
Nadelen	- Minder efficiënt, vuil kan makkelijker onderdoor stromen - Grote balk nodig of meerdere balken koppelen	- Duurder

Optie kanogoot

Indien de kroosvanger in een kano route wordt gerealiseerd kan deze worden uitgerust met een vuil-werende-kanogoot (Figuur 6.5). Dit zorgt ervoor dat kano's geen hinder ondervinden maar kroos nog steeds wel wordt tegengehouden. Waterschap Rivierenland heeft hier reeds ervaring mee opgedaan. Voor de gekozen test locatie is dit overigens niet van toepassing, aangezien het geen doorvaarbare locatie is gezien het gemaal er direct achter.

*Figuur 6.5 Vuil-werende kanogoot*

6.3.2 Grof rooster

Vóór de kroosverwijder installatie kan gekozen worden voor een grof rooster om het grove drijfvuil al af te vangen en te voorkomen dat dit problemen oplevert bij de daadwerkelijke verwijdering van kroos. Feit is wel dat grof drijfvuil zich ophoopt bij het grof rooster (takken, plastic, etc.). Indien dit niet verwijderd wordt zorgt het drijfvuil ervoor dat ook het kroos wordt geblokkeerd en niet verwijderd kan worden. Om dit te voorkomen moet dit vuil dus regelmatig verwijderd worden, ofwel handmatig ofwel machinaal middels een zgn. krooshekreiniger. In een kleine opstelling valt te denken aan bijvoorbeeld een kettingreiniger. Een automatische reiniger vereist wel een zwaardere constructie t.b.v. de montage, aanvullende stroomvoorziening en nog steeds periodieke afvoer van het vrijgekomen (grof)vuil. De voor- en nadelen van de drie bovenstaande opties zijn beschreven in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Voor- en nadelen van geen gebruik grof rooster, handmatige- en machinale reiniging van het grof rooster.

	Geen grof rooster	Handmatige reiniging	Machinale reiniging
Voordelen	- Geen kosten - Geen blokkade voor kroos	- Overal toepasbaar - Makkelijker verplaatsbaar	- Continue vuilverwijdering - Duur
Nadelen	- Grof vuil kan het verwijder apparaat beschadigen en of verstopen	- Handmatig = mankracht - Niet continue vuilverwijdering	- Tweede machine en opvangbak nodig - Extra stroomvoorziening - moeilijk verplaatsbaar

6.3.3 Kroosverwijdering

Voor het verwijderen van het daadwerkelijke kroos in combinatie met een drijfvuil/kroos barrière zijn twee systemen beoordeeld:

- Kroosband
- Kroos-skimmer.

In Tabel 6.3 zijn de voor- en nadelen van bovenstaande methodes samengevat.

Kroosband

Een transport band wordt op het talud geïnstalleerd (Figuur 6.66). Het kroos wordt door de lopende band uit het water geschept en in een transportbak of “bigbag” gestort waarin het water door de wanden weer naar buiten vloeit en terugstroomt naar het wateroppervlak. Indien de kroosband reeds voorzien is van een geperforeerde band wordt het kroos al gedurende het transport ontwaterd.

Kroos-skimmer

De werking van de skimmer (Figuur 6.66) is het middels een pomp afzuigen van de bovenste laag van het wateroppervlak. In deze laag bevindt zich ook het drijvende kroos wat hierdoor, evenals bij de kroosband, wordt afgevoerd en gestort in een bak of “bigbag”. Opgemerkt moet worden dat de kroos-skimmer volgens leverancier ProSkim wel een minimale diepte nodig heeft van 0,6 meter, en dit geeft dus mogelijk beperkingen ten aanzien van de beschikbare diepte op diverse locaties.

Als we kijken naar onze testlocatie zal de kroos-skimmer dus circa 1,2 tot 1,5 meter uit de kant moet worden geplaatst. Ook is het niet ondenkbaar dat de werkelijke waterdiepte kleiner is dan de Legger wateren vermeld, waardoor deze optie niet in te passen is.

De maximale aanvoer in extreme situaties is ca 3600 m²/h aan kroos. Dit is zuiver theoretisch, er zal uiteraard geen oneindige aanvoer plaats vinden. Volgens Canadianpond is de capaciteit van de kroos-skimmer 1,2 ha (12.000 m²) in “een aantal uur”. Als we aannemen dat niet meer dan 3 uur is dan zou de kroos-skimmer de maximale aanvoer ter plaatse moeten kunnen bijhouden en afvoeren.

Tabel 6.3 Voor- en nadelen transportband en kroos-skimmer.

	Transportband	Kroos-skimmer
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> - Drijfvuil bestendig - Volgt helling van het talud 	<ul style="list-style-type: none"> - Zuigt zelf kroos aan - Makkelijk verplaatsbaar
Nadelen	<ul style="list-style-type: none"> - Trek uit zichzelf geen kroos aan, er zal wat kroos achterblijven 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimale diepte watergang 60 cm, dus bij talud verder uit de oever - Gevoelig voor grof drijfvuil



Figuur 6.6 Transportband (links) en kroos-skimmer (rechts)

6.4 Kosten

De kosten raming (exclusief BTW) zijn in Tabel 6.4 per onderdeel uitgezet. De kosten zijn inclusief de installatie (transport, aanbrengen, bevestigingsmiddelen, etc.).

Tabel 6.4 Inschatting kosten per onderdeel en optie. De benoemde kosten zijn inclusief installatie (transport, aanbrengen, bevestigingsmiddelen, etc.) en exclusief BTW en energie- en aansluitkosten).

Onderdeel	Kosten
Drijfbalk	
Optie 1: Houten drijfbalk (20m drijfbalk, inclusief lengte voor opvangbak, gebaseerd op andere projecten)	+/- EUR 5.000,00
Optie 2: Bolina booms (Modulaire Drijfvuil barrière, 20m, gebaseerd op andere projecten)	+/- EUR 15.000,00
Grofrooster	
Grof rooster, 2,00m breed, handmatige vuilverwijdering	+/- EUR 2.000,00
Grof rooster, 2,00m breed, machinale vuilverwijdering	onbekend
Kroosverwijdering	
Optie 1: Transportband (merk en prijs bekend bij Delfland)	+/- EUR 15.000,00
Optie 2: Kroos-skimmer	+/- EUR 7.000,00 bij ProSkim +/- EUR 11.000,00 bij Canadianpond

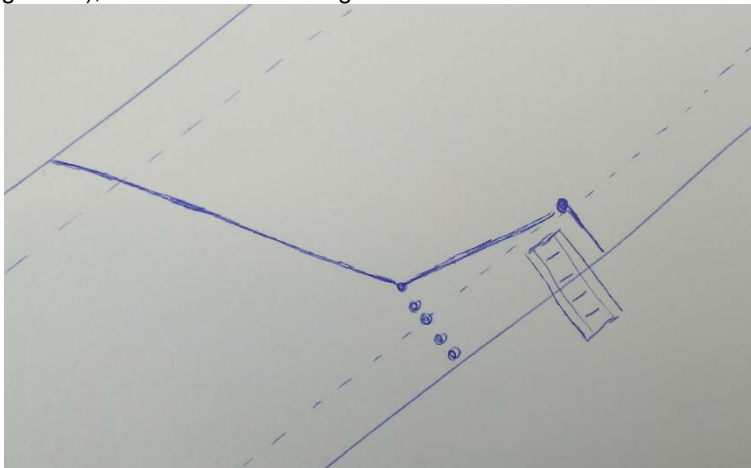
6.5 Conclusie

De in dit hoofdstuk uitgewerkte variant voor kroosafvang is een systeem dat alleen werkt op plaatsen en momenten dat stroming aanwezig is. Als een achterliggend gemaal stilstaat, of een stuwklep wordt gesloten vindt geen stroming plaats, en is er dus ook geen sprake van kroosafvang.

Verder is duidelijk dat er nog getest moet worden met de installatiedelen. Welke hoek van drijfbalk is optimaal, is een grofrooster noodzakelijk, welke kroosverwijderaar functioneert het beste. Daarnaast spelen ook kosten een rol, voordat er grote investeringen gedaan worden is het beter eerst de principes te testen met een “low-budget” opstelling. Deze zal zeker een lagere levensduur hebben, maar dat zijn zaken die aan de orde komen bij latere optimalisaties, nadat de goede werking is bewezen.

We stellen de volgende stappen en keuzes voor:

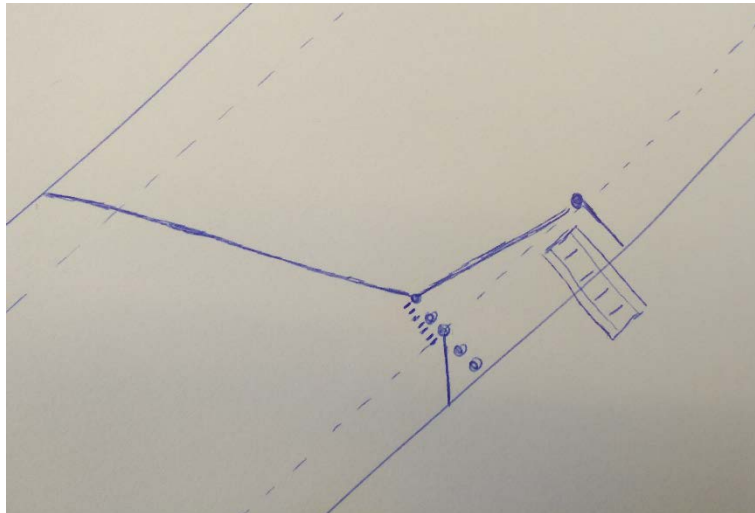
- *Stap 1: Startsituatie (Figuur 6.7)*
 - Keuze voor de houten drijfbalken, deze kunnen eenvoudiger/goedkoper worden verlengd of verkort indien de hoek van de balk in de watergang moet worden vergroot of verkleind.
 - Een grofrooster laten we in eerste instantie achterwege. Wel plaatsen we een paar extra palen bij de intree van de opvangbak om de grootste takken en objecten tegen te houden, en te voorkomen dat de kroosverwijderaar wordt beschadigd.
 - Eventueel grof vuil dat zich ophoopt kan periodiek handmatig worden verwijderd, of eventueel ook over de barrière worden “geschept” zodat het grofrooster voor het gemaal deze afvangt.
 - Keuze voor de transportband als afvoersysteem. Deze is minder gevoelig voor grofvuil en verstopping waardoor een grofrooster in eerste instantie achterwege gelaten kan worden.
- Bij voorkeur wordt de transportband gehuurd (dit is al eerder door Delfland gedaan), waardoor de kosten gereduceerd kunnen worden tot EUR 9.860,00.



Figuur 6.7 Stap 1: Startsituatie

- *Stap 2: Optimalisatie bij veel vuilaanbod (Figuur 6.8)*

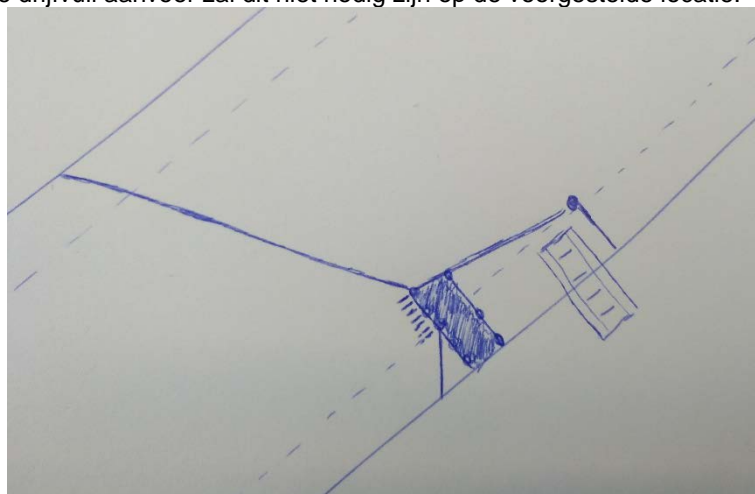
Mocht blijken dat er veel aanbod is van grof vuil waardoor de afvoerband wordt gehinderd, dan dient een (mobiel) grofrooster te worden geplaatst bij de ingang van de drijvende opvangbak. Dit rooster dient regelmatig (frequentie te bepalen op basis van ervaring) handmatig te worden gereinigd, hierbij kunnen de al geplaatste palen als steun constructie dienen. De extra kosten voor deze stap zijn EUR 3.375,00.



Figuur 6.8 Stap 2: Optimalisatie bij veel vuilaanbod

- Stap 3: Optimalisatie bij extreem veel vuilaanbod (Figuur 6.9)*

Indien het niet haalbaar blijkt om handmatig te reinigen kan de koosreiniger worden uitgevoerd met een automatische reiniger. Dit is echter een vrij kostbare oplossing, en is in feite ook een dubbeling met de reeds bij het gemaal aanwezige krooshek. Met de huidige drijfvuil aanvoer zal dit niet nodig zijn op de voorgestelde locatie.



Figuur 6.9 Stap 3: Optimalisatie bij extreem veel vuilaanbod

Aanbevelingen:

- Het is aan te raden om tijdens bijvoorbeeld het maaiseizoen de drijfbalk weg te klappen omdat het vele maaisel verstoppingen zal veroorzaken; het systeem is hier niet op ontworpen. Dit maaisel kan dan regulier worden verwijderd door de krooshekreiniger van het gemaal.

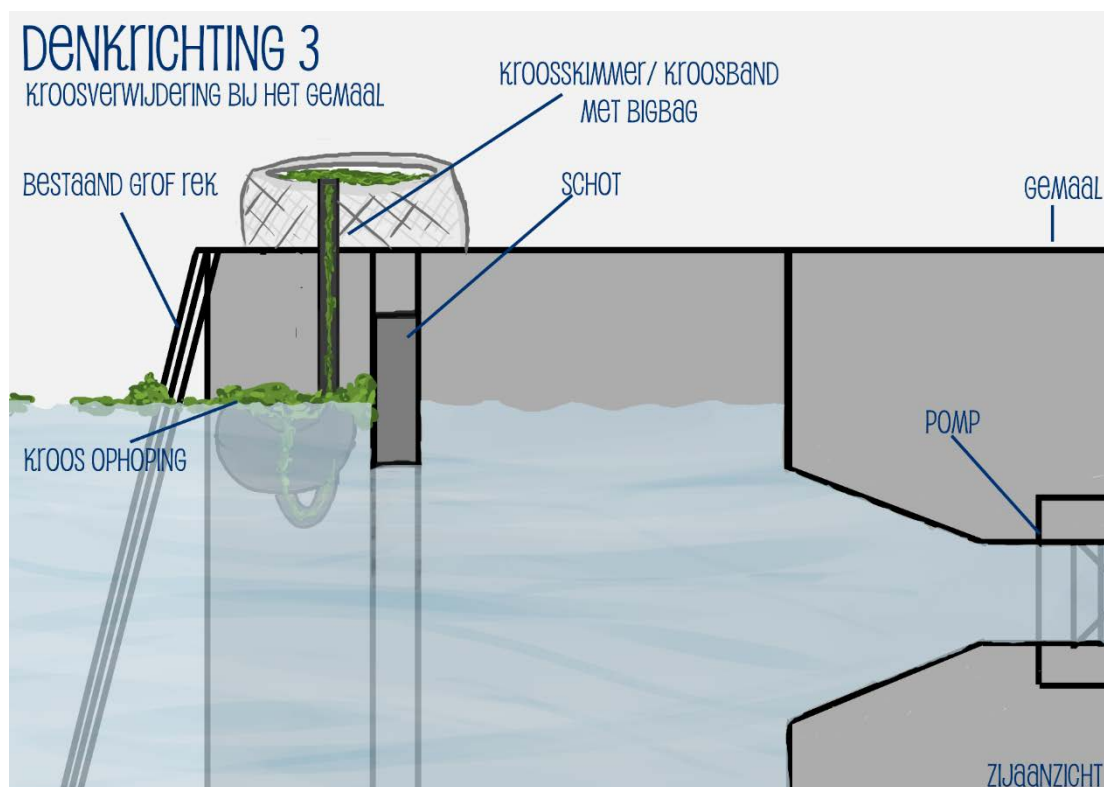


- Het is van belang dat de installatie wordt afgeschermd door bijvoorbeeld een (bouw)hekwerk omdat de installatie anders kan worden beschadigd door vandalisme of kan worden gestolen.
- Gedurende de testen moet worden getest met:
 - De hoek van de drijfbalk om te zien welke hoek benodigd is om het vuil goed naar de verwijder installatie te laten stromen.
 - De locatie van de band in de opvangbak om te testen hoe de minste verstopping optreedt en het meeste kroos kan worden verwijderd.
 - De mate van vuilaanbod vs. het alsnog plaatsen van een grofrooster.



7 Beknopte ontwerpnotitie Denkrichting 3

Denkrichting 3 is bedacht om kroos te verwijderen bij een gemaal tussen het grofrooster en de pomp (Figuur 7.1). Deze oplossing is voor elke locatie anders door de vormgeving van een gemaal en de beschikbare ruimte achter het grofrooster (varieert per gemaal). Om denkrichting 3 te testen is gemaal Noord Kethelpolder geselecteerd door Hoogheemraadschap van Delfland. Voor het gemaal zijn drie oplossingen bekeken: kettingreiniger, transportband en kroosskimmer.



Figuur 7.1 Denkrichting 3: Kroosverwijdering bij het gemaal

Net als bij denkrichting 2 is een drijfbalk nodig om het kroos tegen te houden. De makkelijkste oplossing hiervoor is in de sponning van de droogzet schotten. Echter bevindt deze sponning zich bij gemaal Noord Kethelpolder voor het grofrooster van het gemaal. Om de drijfbalk dus achter het grofrooster te monteren is een constructie nodig op de wanden achter het grofrooster. Dit is niet ideaal.

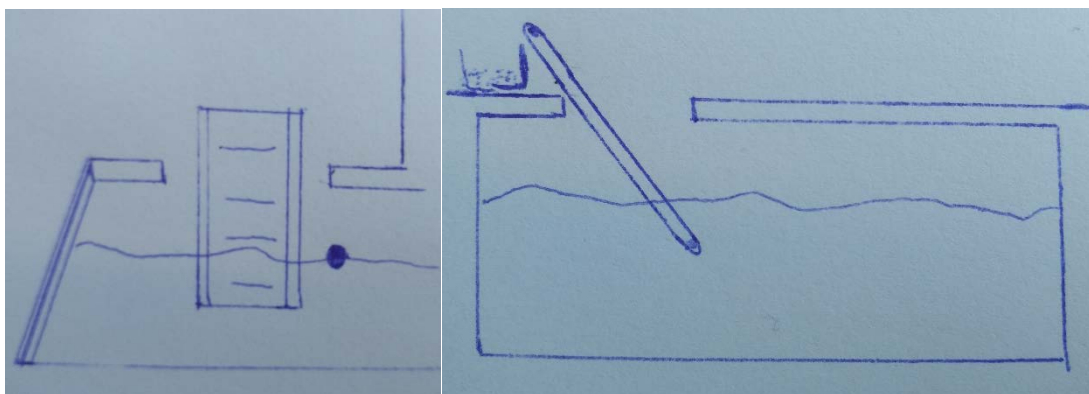


7.1 Kettingreiniger en transportband

De ruimte tussen de pomp en het grofrooster is bereikbaar door een luik van 800x800mm, zie Figuur 7.2. Doordat zowel de transportband als de kettingreiniger het kroos uit deze ruimte moeten transporteren, moeten deze beide door het luik heen worden geïnstalleerd. Hierdoor komen beide oplossingen parallel aan de stroomrichting te staan (Figuur 7.3), samen met dat ze beide geen actieve toestroom hebben, maakt dat deze oplossingen niet geschikt zijn voor gemaal Noord Kethelpolder.



Figuur 7.2 Luik 800x800mm, rode vierkant



Figuur 7.3 Schets dwarsdoorsnede (links) en vooraanzicht (rechts) transportband

7.2 Kroos-skimmer

De kroos-skimmer is een drijvend object waardoor deze stevig aan de wand moet worden bevestigd om te voorkomen dat wanneer het gemaal op volle toeren draait de kroos-skimmer de pomp in wordt gezogen. Daarnaast zal de kroos-skimmer zorgen voor extra weerstand voor de pomp. Verder is (als het gemaal draait) de zuigkracht door de pompen van het gemaal sterker dan die van de kroos-skimmer. Het voordeel van de kroos-skimmer is dat deze actieve aanzuiging heeft dus wanneer het gemaal niet (of laag) draait zuigt de kroos-skimmer het kroos aan.

7.3 Conclusie

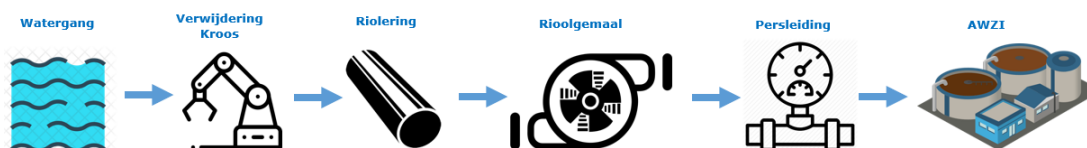
Achter het grofrooster is maar beperkte ruimte die alleen bereikbaar is door een luik van 800x800mm. Door de beperkte ruimte en toegang zijn de transportband en kettingreiniger geen optie. De kroos-skimmer is mogelijk maar is minder rendabel dan op andere locaties mogelijk is. Gemaal Noord Kethelpolder is dus niet een realistische optie op dit moment.

8 Hoe kroos af te voeren?

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag of kroos afgevoerd zou kunnen worden via het Afvalwatertransportsysteem (riolering, gemalen, persleidingen) naar de afvalwaterzuivering AWZI.

8.1 Transportsysteem

Het transport van het kroos vanuit de watergang naar de AWZI is Figuur 8.1 schematisch weergegeven.



Figuur 8.1 Transportsysteem kroos

De haalbaarheidsscan richt zicht met name op de volgende drie onderdelen:

- Riolering
- Rioolgemaal
- Persleiding

Samengevat noemen we deze drie onderdelen het 'afvalwatertransportsysteem'.

De overige drie onderdelen van het systeem (de watergang met het kroos, de verwijdering van het kroos en de AWZI) hebben op dit moment een lagere prioriteit en worden daarom beknopter behandeld.

8.2 Deelsystemen

Voor de zes deelsystemen van het (afvoer)systeem zijn in overleg tussen Tauw en het Hoogheemraadschap van Delfland een aantal vragen geformuleerd. Deze worden hieronder samengevat. Uiteindelijk moet per onderdeel de totaalvraag worden beantwoord "Wordt de doelmatige werking van dit onderdeel van het afvalwatertransportsysteem benadeeld en zo ja, in welke mate?".

8.2.1 Watergang en kroosverwijdering

1. Uit welke materialen/onderdelen bestaat de kroosdrijfslag, welke eigenschappen heeft kroos en zijn er verschillen in type kroos?
2. Waarheen wordt het kroos normaal gesproken afgevoerd?
3. Waarvoor wordt het kroos momenteel (her)gebruikt?
4. Hoe groot is het gevaar van microplastics in het kroos?

In paragraaf 8.4 worden deze vragen besproken.

8.2.2 Riolering

5. In hoeverre is kroos te vergelijken met GFT?
6. Gaat het kroos ophopen/bezinken en blijft het aan de buis kleven?
7. Zijn er risico's met betrekking tot gasvorming en/of stankoverlast?
8. Zijn er risico's voor de rioolbuis?
9. Moet het kroos eerst gehakseld worden voordat het geloosd wordt?
10. Welke type rioolstelsels zijn bruikbaar?
11. Wat voor effect heeft de hydraulische afvoer?
12. Wat is het risico op het overstorten van het kroos?

In paragraaf 8.5 worden deze vragen besproken.

8.2.3 Rioolgemaal

13. Zijn er risico's voor het rioolgemaal?
14. Moet het kroos gehakseld zijn?
15. Zijn er beperkingen bij verschillende typen rioolgemalen?

In paragraaf 8.6 worden deze vragen besproken.

8.2.4 Persleiding

16. Zijn er risico's voor de persleiding?
17. Moet het kroos gehakseld zijn?

In paragraaf 8.7 worden deze vragen besproken.

8.2.5 AWZI

18. Zijn er risico's voor de AWZI?
19. Gaat de AWZI er beter of slechter van werken?
20. Is de AWZI in staat om alle materialen uit de drijfslaag te verwerken?

In paragraaf 8.8 worden deze vragen besproken.

8.2.6 Wetgeving & Regelgeving

In paragraaf 8.9 wordt apart ingegaan op de wettelijke, juridische en/of vergunningstechnische aspecten van het transport van kroos via het afvalwatertransportsysteem.

8.3 Literatuur

Voor zover wij hebben kunnen nagaan is er geen literatuur over het vervoer van kroos via riolering en/of persleidingen. Over kroos zelf, en over de kroosproblematiek, is wel veel te vinden. Om tot een goede beantwoording van de vragen te komen is daarom overleg gevoerd met een aantal deskundigen binnen Tauw.



8.4 Watergang en verwijdering kroos

In de volgende paragrafen gaan we in op de deelvragen.

8.4.1 Uit welke materialen/onderdelen bestaat de kroosdrijflaag, welke eigenschappen heeft kroos en zijn er verschillen in type kroos?

De kroosdrijflaag bestaat uit het kroos zelf met, afhankelijk van de locatie, waterplanten (met name grof hoornblad). Incidenteel bevat het ook takken en afgevallen blad en tussen het kroos bevinden zich meestal waterbeestjes (dood en levend). Daarnaast ligt er soms zwerfafval, waaronder ook kleine plastics. Dat laatste is waarschijnlijk in stedelijk gebied meer aanwezig dan in landelijk gebied.

Er zijn meerdere typen kroos, deze zijn grofweg onder te verdelen in twee groepen:

1. Eendenkrozen: klein, dwerg, bult, veelwortelig, wortelloos, allemaal in één familie en evolutionair nog vrij dicht bij elkaar. Dit type kroos is groen en vrij sappig materiaal
2. Kroosvaren (echt een andere familie): dit type kroos is wat steviger en robuuster van structuur (minder sappig)

8.4.2 Waarheen wordt het kroos normaal gesproken afgevoerd?

Kroos wordt altijd naar een composteerder afgevoerd.

8.4.3 Waarvoor wordt het kroos momenteel (her)gebruikt?

Er is momenteel maar één toepassing bekend: compost.

8.4.4 Hoe groot is het gevaar van microplastics in het kroos?

Voorals in de stedelijke omgeving zit er plastic tussen het kroos (bijvoorbeeld piepschuimbolletjes).

8.5 Riolering

In de volgende paragrafen gaan we in op de deelvragen.

8.5.1 In hoeverre is kroos te vergelijken met GFT?

Kroos is goed vergelijkbaar met GFT, in zoverre dat het uit organische stof bestaat. Het enige grote verschil is de hoeveelheid water die altijd met kroos meekomt (in feite de lage verhouding droge stof/water die de kroosplanten hebben). Mogelijk kan door het uitlekken en/of persen van het kroos het vochtgehalte worden teruggebracht.

Vervolgacties

Nagegaan dient te worden of voor kroos dezelfde wettelijke beperkingen gelden als voor GFT voor wat betreft het lozen op de riolering. Lozen van GFT op de riolering door 'keukenhakselaars' (gebruikelijk in onder andere de Verenigde Staten) is in Nederland namelijk niet toegestaan.

8.5.2 Gaat het kroos ophopen/bezinken en blijft het aan de buis kleven?

Onze inschatting is dat het kroos (door de eigen vochtigheid of door het water in de riolering) voldoende wordt meegevoerd. Het zal naar verwachting minder snel bezinken dan wat er normaal

gesproken door een riool stroomt (fecaliën, straatvuil), mede doordat de kroosdeeltjes zeer klein zijn (<1 cm).

Omdat het kroos drijft, bestaat wel het gevaar dat het kroos bij onvoldoende stroming hetzelfde gedrag gaat vertonen als in het oppervlaktewater: het wordt een dikke 'koek' (waar je soms bijna op kan lopen). Dit kan leiden tot verstoppingen in de riolering. Daarbij komt dat het met het stijgen en dalen van de waterstand ook in de schachten van de putten terecht komt. Onduidelijk is wat er gebeurt als het waterpeil dan weer zakt. De schachten zijn relatief smal (800x800), dus de kans bestaat dat zo'n koek dan blijft hangen in de put.

Vervolgacties

Om een goed antwoord op deze vraag te krijgen zou een uitgebreider praktijkonderzoek (op een testlocatie) moeten worden gedaan naar de eigenschappen van kroos en het gedrag bij vervoer door de riolering.

8.5.3 Zijn er risico's met betrekking tot gasvorming en/of stankoverlast?

Indien kroos zich in een droge periode zou ophopen in de riolering is er natuurlijk een kans op stankoverlast als het kroos opdroogt en gaat rotten. Dit probleem is natuurlijk relatief eenvoudig te voorkomen door in droge perioden iets meer water met het kroos mee te voeren waardoor het beter afstroomt. Een andere mogelijkheid is om het kroos ter plaatse van het lozingspunt op te slaan en te wachten tot een periode met neerslag.

Een reël probleem hierbij zijn echter de lange, droge zomers. Dan groeit kroos exponentieel en wil je juist veel kroos verwijderen (terwijl er dan geen afvoer mogelijk is). Langdurige en grootschalige opslag lijkt daarbij geen optie (stank, extra complexe afvoer na afloop van de droge periode).

8.5.4 Zijn er risico's voor de rioolbuis?

Wij verwachten niet dat het vervoer van kroos door de riolering tot schade kan leiden aan de rioolbuizen, ongeacht het materiaal. Voor zover bekend scheidt de plant geen zuren af.

Vervolgacties

Eventueel kan deze vraag uit worden gezet bij een buizenfabrikant.

8.5.5 Moet het kroos eerst gehakseld worden voordat het geloosd wordt?

Het antwoord op deze vraag hangt samen met de vraag of het drijvende kroos problemen oplevert, zie paragraaf 6.2. Mogelijk moet het kroos dusdanig fijn gemalen worden dat de 'drijfkussentjes' kapot worden gemaakt.

Mogelijk kan het kroos ook gewalst worden in plaats van gehakseld. In dit rapport zijn die nog buiten beschouwing gelaten.

Vervolgacties

Eventueel kan er verder naar de mogelijkheden van walsen worden gekeken.



Vervolgacties

Het onderzoek dat wordt geadviseerd in paragraaf 6.2 zou moeten worden uitgebreid met een onderzoek naar de mogelijkheden van hakselen en de effecten hiervan op de eigenschappen van het kroos.

8.5.6 Welke type rioolstelsels zijn bruikbaar?

Wij adviseren om het kroos niet in een DWA-riool te vervoeren. De afvoer in een dergelijk riool is vaak gering en hoewel wij de kans op problemen (zie ophoping, verstopping, rotten) gering achten is dit toch niet te adviseren. Ook regenwaterriolen zijn om een overduidelijke reden niet geschikt: deze lozen namelijk op oppervlaktewater. In feite zijn dus alleen gemengde riolen geschikt voor het vervoer van kroos. Dit betekent dat rioolstelsels die grofweg vanaf de jaren '80 zijn aangelegd niet in aanmerking komen.

8.5.7 Wat is het effect van de hydraulische afvoer?

Het is essentieel dat de locatie van de lozing in het rioolstelsel goed gekozen wordt. Aan het begin van een leiding, waar nog weinig instroom is ligt niet voor de hand, bij voorkeur vindt de lozing op een grotere doorgaande leiding plaats. In neerslagperioden voorzien wij geen hydraulische problemen omdat er dan voldoende regenwater door het riool stroomt.

Lozing in een droge periode adviseren wij niet, zie de opmerking in paragraaf 6.6. Omdat kroos in droge warme zomers als kool groeit en die zomers naar verwachting steeds meer voorkomen beperkt dit wel de mogelijkheden. Daarnaast zijn onweersbuien in deze perioden vaak onvoorspelbaar.

8.5.8 Wat is het risico op het overstorten van het kroos?

Indien het kroos via een gemengd riool wordt afgevoerd in regentijd, dan bestaat de kans dat dit bij overstortingen mee wordt gevoerd naar het oppervlaktewater. Dit geeft een reële kans op verspreiding van het kroos naar waterpartijen waar het eerder niet voorkwam. Bij de keuze van het lozingspunt moet hier dus goed rekening mee worden gehouden!

8.5.9 Conclusie

Tot slotte wordt de belangrijke vraag gesteld: '**Wordt de doelmatige werking van de riolering benadeeld door kroostransport?**'. Het antwoord daarop is **nee, mits** het drijvende vermogen teniet kan worden gedaan.

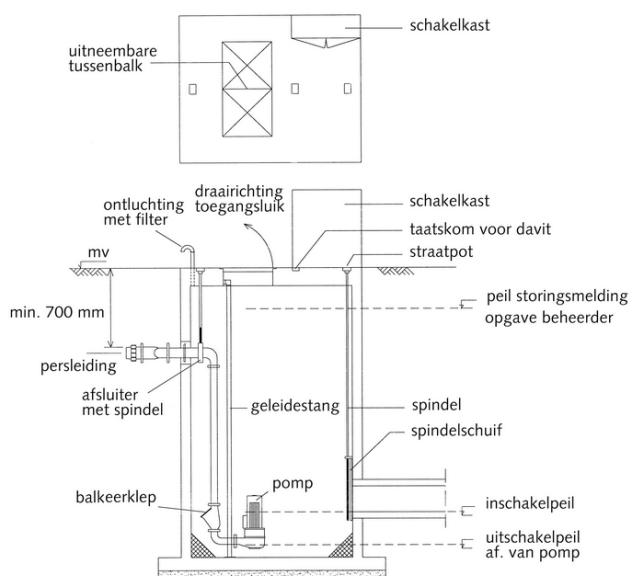
Een **tweede conclusie** gaat over de toepasbaarheid in 'ruimte en tijd'. Die is namelijk vrij beperkt: alleen daar waar een gemengd riool aanwezig is, alleen in de delen van een gemengd systeem waar voldoende stroming is en waar er geen overstorten aanwezig zijn. En alleen in zomers met voldoende frequente én voorspelbare neerslag.

8.6 Rioolgemaal

In de volgende paragrafen gaan we in op de deelvragen.

8.6.1 Zijn er risico's voor het rioolgemaal?

Een rioolgemaal bestaat doorgaans uit een ontvangkelder (bassin), een besturingsgebouwtje (of besturingskast) en één of meerdere pompen. In Figuur 8.2 is een principeschets weergegeven van een rioolgemaal.



Figuur 8.2 Principeschets rioolgemaal (bron: Rioned)

De risico's voor een rioolgemaal worden hieronder per 'onderdeel' beschouwd:

a. *Ontvangkelder*

In de ontvangkelder komt het te verpompen rioolwater samen. Indien er drijvende materie in zit dan gaat dit aan het oppervlakte drijven. Indien dit erg veel is kan dit storing veroorzaken - het waterniveau in de kelder wordt bijvoorbeeld niet meer juist weergegeven. De laag drijfvuil kan ook zo groot worden dat dit tegen het putdeksel aan komt te zitten. De kans bestaat dat het een niet verpompbare dikke brij vormt

b. *Besturingskast*

De besturingskast en de besturingsinstallatie zelf ondervinden geen problemen het kroos. Mocht de niveausensor een drijvende schakelaar zijn dan kan deze boven op het kroos gaan liggen (het water staat dan lager, maar de pomp slaat wel aan). De pomp kan dan lucht gaan aanzuigen of cavitatie ervaren omdat deze bij een te lage 'dompeldiepte' moet werken

c. *Pomp(en)*

Het verpompen van kroos zelf zal geen problemen veroorzaken



8.6.2 Moet het kroos gehakseld zijn?

Om problemen in het transportsysteem te voorkomen moet het drijvende vermogen van het kroos teniet worden gedaan. In feite geldt hier hetzelfde als bij de riolering (en ook hetzelfde advies over vervolgonderzoek).

8.6.3 Zijn er beperkingen bij verschillende typen rioolgemalen?

Een rioolgemaal bestaan in een natte en in een droge opstelling. Voor wat betreft de risico's ten aanzien van de relatie tussen kroos en de werking van het rioolgemaal zit er naar ons idee geen verschil.

8.6.4 Conclusie

Tot slotte wordt de belangrijke vraag gesteld: **'Wordt de doelmatige werking van de rioolgemalen benadeeld door kroostransport?'**. Het antwoord daarop is naar onze mening **nee, mits het drijvende vermogen teniet kan worden gedaan.**

8.7 Persleiding

In de volgende paragrafen gaan we in op de deelvragen.

8.7.1 Zijn er risico's voor de persleiding?

Als het kroos niet meer drijft, zijn er geen risico's.

8.7.2 Moet het kroos gehakseld zijn?

Ja, hiervoor geldt hetzelfde als bij de riolering en het rioolgemaal.

8.7.3 Conclusie

Tot slotte wordt de belangrijke vraag gesteld: **'Wordt de doelmatige werking van de persleidingen benadeeld door kroostransport?'**. Het antwoord daarop is naar onze mening identiek aan het antwoord in paragraaf 8.5 en paragraaf 8.6: **nee, mits het drijvende vermogen teniet kan worden gedaan.**

8.8 AWZI

In de volgende paragrafen gaan we in op de deelvragen.

8.8.1 Zijn er risico's voor de AWZI?

Het Hoogheemraadschap beschikt op dit moment niet over voldoende kennis over de biologische afbreekbaarheid en daarmee de risico's voor de AWZI.

8.8.2 Gaat de AWZI er beter of slechter van werken?

Volgens de procestechnologen van het Hoogheemraadschap gaat de AWZI er niet beter van werken omdat het hier om vaste stoffen gaat. Als deze op de zuivering aankomen dan moet het kroos direct naar de vergisting, bij voorkeur een 'dedicated digester'. Uitgangspunt hierbij is dat er niet getornd moet worden aan de samenstelling van het totale afvalwater en van de concentraatstromen vanuit het slibverwerkingssysteem.



Daarnaast is kroosaanvoer jaargetijde afhankelijk. Er is dus geen continue aanvoer. Een klein gedeelte van het kroos kan verwerkt worden in de bestaande vergister, ander moet er een 'dedicated vergister' worden aangelegd. Zo'n dedicated vergister zal aanzienlijke investeringskosten geven.

Vervolgacties

Eventueel kan er een kostenvergelijking worden gemaakt, maar de inschatting is deze positiever zal uitvallen voor het vervoeren per as.

8.8.3 Is de AWZI in staat om alle materialen uit de drijfslag te verwerken?

Dit is naar alle waarschijnlijkheid geen probleem.

8.8.4 Conclusie

Tot slotte wordt de belangrijke vraag gesteld: **'Wordt de doelmatige werking van de AWZI benadeeld door kroostransport?'** Het antwoord daarop is **ja. Technisch gezien kan het allemaal wel, maar de maar de investeringen wegen naar alle waarschijnlijkheid niet op tegen de kostenbesparing op het transport per as naar een composteerder.**

8.9 Wetgeving & Regelgeving

Kroos is naar onze te vergelijken met GFT. En daarvoor geldt een duidelijk verbod om dit te lozen op het riool. Zie hiervoor: [bron](#).

Een belangrijke zin uit deze wettekst is: *"de vermalen stoffen kunnen leiden tot verstopping, maar zorgen ook voor een ongewenste toename van organisch afval in het afvalwater"*.

In aanvulling daarop stelt de wet milieubeheer (artikel 10.29a, zie [bron](#)):

"Een bestuursorgaan houdt er bij het uitoefenen van een bevoegdheid krachtens deze wet, voor zover die bevoegdheid wordt uitgeoefend met betrekking tot afvalwater, rekening mee dat het belang van de bescherming van het milieu vereist dat in de navolgende voorkeursvolgorde:

- a) het ontstaan van afvalwater wordt voorkomen of beperkt*
- b) verontreiniging van afvalwater wordt voorkomen of beperkt*
- c) afvalwaterstromen gescheiden worden gehouden, tenzij het niet gescheiden houden geen nadelige gevolgen heeft voor een doelmatig beheer van afvalwater*
- d) huishoudelijk afvalwater en, voor zover doelmatig en kostenefficiënt, afvalwater dat daarmee wat biologische afbreekbaarheid betreft overeenkomt worden ingezameld en naar een inrichting als bedoeld in artikel 3.4 van de Waterwet getransporteerd*
- e) ander afvalwater dan bedoeld in onderdeel d zo nodig na retentie of zuivering bij de bron, wordt hergebruikt*
- f) ander afvalwater dan bedoeld in onderdeel d lokaal, zo nodig na retentie of zuivering bij de bron, in het milieu wordt gebracht en*



- g) ander afvalwater dan bedoeld in onderdeel d naar een inrichting als bedoeld in artikel 3.4 van de Waterwet wordt getransporteerd"*

8.10 Conclusie en aanbevelingen

Gegeven alles dat in dit hoofdstuk is beschreven lijkt het er op dat het duurzamer is om het kroos gewoon per as te blijven vervoeren naar een composteerder. Daarnaast zijn er de wettelijke beperkingen zoals die in paragraaf 8.9 zijn genoemd. Een toename in organisch materiaal in het hemelwater is niet wenselijk. Daarom adviseren wij op dit moment niet om over te gaan tot vervoer van kroos via het afvalwatertransportsysteem. De optionele vervolgonderzoeken die in dit hoofdstuk zijn benoemd hoeven naar onze mening dan ook niet te worden uitgevoerd.