

Pilot vangstelsysteem voor plastic afval bij stuw Borgharen

*Noria – Catching plastics
close to the source for a
cleaner world!*



NORIA



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

2-4-2020

V3.0

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	1
1 Inleiding.....	2
1.1 Aanleiding en doel.....	2
1.2 Leeswijzer.....	3
2 Kalibreren sluis.....	4
2.1 Eigenschappen van de sluis.....	4
2.2 Methode kalibratie.....	6
2.3 Stroomsnelheid.....	8
2.4 Resultaten kalibratie.....	9
3 Testen van systeem.....	11
3.1 Installatie systeem in sluis.....	11
3.2 Sorteren geschikt plastic voor test.....	13
3.3 Optimale manier voor toevoegen van drijvend plastic in water.....	13
3.4 Preventie lekkage testplastic naar milieu.....	17
3.5 Werking Noria systeem onder verschillende condities.....	17
4 Conclusies en aanbevelingen.....	22
4.1 Conclusies.....	22
4.2 Aanbevelingen.....	23
Colofon.....	25
Bijlage A rapportage snelheidsmetingen sluis Borgharen.....	26
Bijlage B Foto en videomateriaal.....	27

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Het plastic afvalprobleem komt de laatste jaren steeds meer op de politieke agenda te staan. We gaan ons steeds beter realiseren dat de inhoud van een vuilniswagen plastic, welke iedere minuut in onze oceanen terecht komt, een groot probleem is. Ondanks dat het probleem in landen als China, India, Indonesië en Brazilië vele malen groter is, betekent dit niet dat het probleem in Nederland niet aanwezig is. Naar schatting verdwijnt er via de Nederlandse rivieren jaarlijks enkele miljoenen kilo's plastic in de Noordzee¹.

Rijkswaterstaat ziet het als één van haar verantwoordelijkheden om bij te dragen aan het oplossen van het plastic afvalprobleem in Nederland. Deze pilot is gericht op het testen van een plastic vangstelsel in de sluis van Borgharen. De uitkomsten uit deze pilot dragen bij aan inzicht in de potentie van dit vangstelsel voor watergangen met een hoge waterstroom.

De hoofdvraag in dit onderzoek is drieledig:

1. Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit stromend water halen?
2. Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit het systeem afvoeren?
3. Welke mogelijkheden biedt de sluis bij Borgharen voor het *real life* testen van afvangsystemen (en eventueel vispassagesystemen)?

De test met het systeem van Noria is uitgevoerd in het River Test Center (RTC) van Rijkswaterstaat. Het RTC is een ideale locatie om beheerst testen te doen voor systemen die uiteindelijk in rivieren zoals de Maas opereren. Het RTC zit hier qua moeilijkheidsgraad voor het testen en de techniek precies tussen laboratoriumtesten en testen in de operationele omgeving (zoals de Maas).

Om de pilot goed uit te kunnen voeren is er voorafgaand aan de systeemtesten van het plastic vangstelsel eerst een kalibratie van de sluis gedaan. Hierin is ondersteuning geweest van Loulou Zaat van de TU Delft. Haar onderzoek is input geweest voor het hoofdstuk kalibratie, waarvoor dank. Het onderzoek van Loulou Zaat is als achtergrondinformatie bijgevoegd in de bijlage. Na de kalibratie is er op verschillende locaties in de sluis in kaart gebracht wat de stroomsnelheid van het water is. Aansluitend zijn er verschillende testen uitgevoerd om de functionaliteit van het systeem te beproeven.

¹ Uit onderzoek van Oudendammer & Baalen-Peeters komt naar voren dat in Amsterdam jaarlijks rond de 350.000 kg plastic wordt verwijderd. Uit onderzoek van DHV uit 2008 komt naar voren dat in de Maas jaarlijks meer dan 700.000 kg plastic afval wordt afgevoerd, Pepijn van Aubel (RWS) geeft aan dat hij verwacht dat dit in 2019 al snel meer dan een miljoen kilo per jaar zal zijn. Deze cijfers in combinatie met de afvoerpercentages van het totaal aan waterafvoer in Nederland (0,6% voor het Noordzeekanaal en 11,3% voor de Maas, <https://www.waterforum.net/er-is-volop-ruimte-rivier/>) leidt tot de schatting van enkele miljoenen kilo's die via Nederland in de Noordzee eindigen.

De pilot is uitgevoerd in twee delen. De eerste testen zijn uitgevoerd op drie dagen in week 39. In die week was de afvoer in de Maas relatief gezien laag. Langdurige testen had dan te veel invloed op het waterpeil in de Maas en het Julianakanaal. Doordat de stroming niet volledig laminair was, kon er niet goed worden getest of een deel van het plastic langs of onder de schep dreef.

Daarnaast namen de metingen van de stroming gedurende de testen in week 39 meer tijd in beslag dan vooraf verwacht. Dit had onder andere te maken met meetapparatuur die geen goede verbinding kon maken met de computer. Hierdoor konden de testen niet heel langdurig uitgevoerd worden.

De vervolgtesten zijn uitgevoerd in week 44. In de weken voor deze week was er voldoende regenval, waardoor de aanvoer ruim voldoende was om de gehele dag uitgebreid te testen met open woelkelders.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de kalibratie van de sluis waarin wordt toegelicht hoe de verschillende stroomsnelheden kunnen worden bereikt en wat de meest ideale afstellingen zijn om een test uit te voeren. In hoofdstuk 3 staan de uitkomsten van de testen met het vangstelsel. Hoofdstuk 4 bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 Kalibreren sluis

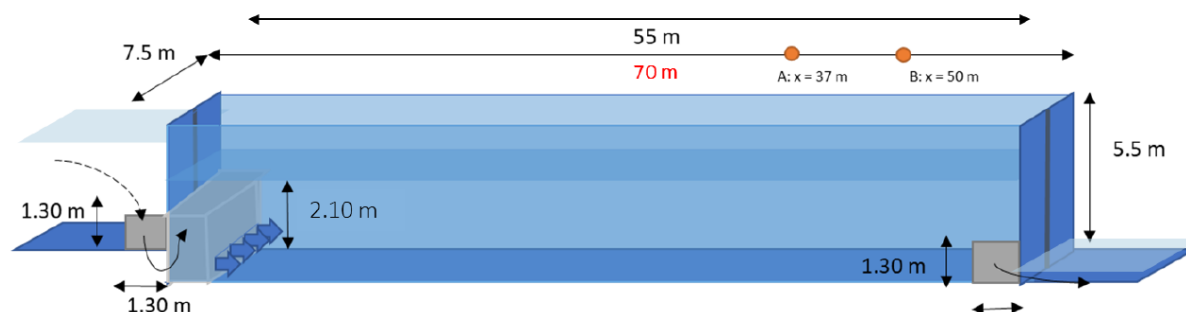
In de eerste testweek (week 39) heeft de kalibratie van de testsluis plaatsgevonden. Doel van dit onderdeel was om een goed beeld te krijgen van de stroming in de sluis en mede aan de hand van dat beeld de testen voor volgende dagen in meer detail in te kunnen vullen. Dit hoofdstuk geeft toelichting op welke manier dat is uitgevoerd en wat de uitkomsten hiervan zijn.

De tweede testweek was hoofdzakelijk gericht op monitoren van de patronen van plastic afval en hoe grote hoeveelheden plastic uit het water worden geschept. Tijdens deze week was het waterpeil ongeveer 44,15 meter boven NAP. Dit komt neer op een waterpeil tussen 5,5 en 6 meter in de sluis.

2.1 Eigenschappen van de sluis

De sluis bij Borgharen heeft een lengte van 55 meter, een maximale diepte van 7,5 meter en is 7,5 meter breed. Aan zowel beneden- alsook bovenstroomse kant zitten sluisdeuren en een woelkelder met vierkante openingen van 130x130 cm.

Met deze onderdelen van de sluis kan worden gevarieerd om een gewenste situatie voor de testen te creëren.



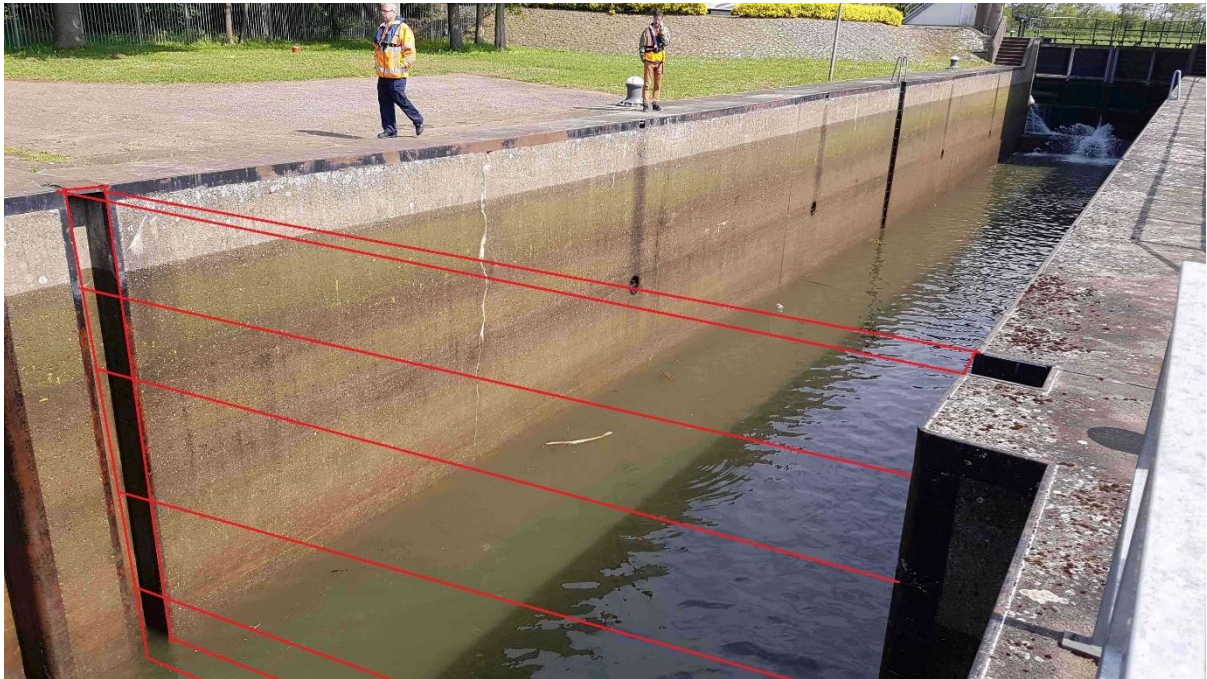
Figuur 2-1 Zijaanzicht van sluis bij Borgharen (Bron: (Zaat, 2019))

Met de sluis kan op verschillende manieren een stroming worden gecreëerd. In onderstaande tabel wordt gewerkt met een aantal afkortingen. Woelkelder= WK en Boven en Beneden staat voor Bovenstrooms en Benedenstrooms.

Tabel 1 Overzicht van scenario's die kunnen worden gebruikt bij testen in de sluis

Deur Boven	Deur Beneden	WK Boven	WK Beneden	Voordeel	Nadeel
Open	Dicht	Dicht	Variabel	Laminaire stroming	Er kan maar met één waterpeil worden getest
Dicht	Dicht	Variabel	Variabel	Afhankelijk van het verschil in de standen van de woelkelders kan er met verschillende dieptes worden getest	Met name bij lage waterstand in de sluis zorgt de stroming die door de bovenstroomse woelkelder gaat voor een erg turbulente stroming
Open en/of Dicht	Open	Dicht en/of Open	Dicht en/of Open	n.v.t.	Geen optie voor testen. Water zal zeer snel wegstromen.

Panelen (zie rode lijnen in Figuur 2-2) kunnen een interessante toevoeging aan de sluis zijn. Door deze panelen te laten maken met gaten en schuiven kan de stroming op laminaire wijze worden gevarieerd. Wanneer deze panelen aan zowel de boven- als ook benedenstroomse zijde worden gemonteerd, kan onder veel omstandigheden in grote nauwkeurigheid worden getest.



Figuur 2-2 Foto van de sluis met rode lijnen op de plek waar een paneel kan worden geïnstalleerd om stroming aan te kunnen passen.

2.2 Methode kalibratie

Tijdens de testen is met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) in kaart gebracht hoe het stromingsprofiel op diverse locaties in de sluis eruitziet bij specifieke instellingen van de sluisdeuren en woelkelders. Het meetprincipe van de ADCP is gebaseerd op de dopplerverschuiving. Een puls wordt met een vaste frequentie uitgezonden en deze wordt gereflecteerd door de deeltjes in het water.

Door de beweging van de deeltjes ten opzichte van de ADCP ontstaat een frequentieverandering. Deze verandering kan worden omgerekend naar de stroomsnelheid en – richting van het water. Hierbij kan in kaart worden gebracht met welke mate het een laminaire stroming betreft of een stroming met meer kolkbewegingen.



Figuur 2-3 Foto van de apparatuur welke tijdens de test is gebruikt om stromingsprofiel in kaart te brengen. Teledyne riverboat 1200 Hz, Rio Grande Workhorse



Figuur 2-4 Kalibratiemetingen van de stroomsnelheid

Met de ADCP zijn stroomprofielen opgesteld welke in bijlage A uitgebreid zijn toegelicht. Dit hoofdstuk beperkt zich tot de voornaamste resultaten die van belang zijn voor het volgende hoofdstuk.

Tijdens de kalibratietesten is met een diepte interval van 25 cm over de gehele breedte steeds vijf keer een meting uitgevoerd om uitschieters te kunnen identificeren en te schrappen uit de meetresultaten. Deze metingen zijn vervolgens op drie verschillende peilhoogtes (5,5 meter 4 meter en 2,5 meter) uitgevoerd.

De metingen zijn uitgevoerd door de ADCP-trimaran aan een touw over de breedte van de sluis te trekken (Figuur 2-4). De ADCP-trimaran heeft geen GPS waardoor de exacte meetlocatie in de sluis niet bekend is. Er is aangenomen dat de snelheid waarmee de trimaran naar de overkant werd getrokken constant was en dus de middelste meting in het midden van de sluis heeft plaatsgevonden.

2.3 Stroomsnelheid

De stroomsnelheden die zijn bereikt zullen hieronder per diepte worden uitgelegd.

2.3.1 Waterpeil in de sluis op 5,5 meter

Door de sluisdeuren bovenstrooms volledig open te zetten en de woelkelder benedenstrooms te variëren kan met een maximaal waterpeil en laminaire

stroming worden getest. De metingen zijn uitgevoerd op ongeveer 37 meter vanaf de sluisinlaat. De stroomsnelheid varieert hier van 0,19 m/s bij opening 7 cm tot 0,32 m/s door de woelkelder op 101,5 cm (bijna 80%) open te zetten. Hier blokkeerde de schuifdeur van de benedenstroomse woelkelder. Dit was in de tweede testweek hersteld, maar toen beschikten we niet over de ACCP-trimaran.

2.3.2 Waterpeil in sluis op 4 meter

Tijdens deze test is gewerkt met een volledig geopende schuif achter de bovenstroomse woelkelder. De schuif voor de benedenstroomse woelkelder stond hierbij voor 52,5 cm geopend. Hierbij is een gemiddelde stroomsnelheid van 0,32 m/s bereikt. Deze test is door gebrek aan tijd eenmalig uitgevoerd. Het is aannemelijk dat nagenoeg dezelfde snelheid wordt behaald met minder laminaire stroming.

2.3.3 Waterpeil in sluis op 2,5 meter

Wanneer beide sluisdeuren gesloten zijn en de woelkelders licht geopend, blijkt dat de watermassa die aanwezig is in de sluis te klein is om de stroming die vanaf de zijkant de sluis binnenkomt stabiel te maken. De stroming schiet eerst met hoge snelheid tegen de zijwand om vervolgens in een vortex (kolk) stroming door de sluis te stromen. Dit zorgt voor omstandigheden die niet geschikt zijn voor testen met de schep.

Tabel 2 overzicht met grove stroomsnelheden per afstelling van de sluis

Benedenstrooms		Bovenstrooms		Waterpeil	Stroomsnelheid (Benadering)
Sluisdeuren	Woelkelder	Sluisdeuren	Woelkelder		
Dicht	Dicht	Open	5%-30% open	5,5 meter	~0,19 m/s
Dicht	Dicht	Open	30%-60% open	5,5 meter	~0,5-0,25 m/s
Dicht	Dicht	Open	70%-80% open	5,5 meter	~0,3 – 0,32 m/s
Dicht	100% open	Dicht	40% open	4 meter	~0,32 m/s

2.4 Resultaten kalibratie

Uit de resultaten van de kalibratie blijkt dat er op dit moment geen sprake is van een volledig gecontroleerde laminaire stroming. Met enkele aanpassingen is dit te realiseren.

De voornaamste conclusie van deze kalibratie voor de testen met het systeem van Noria is dat deze het beste met een volle schutkolk uitgevoerd kunnen worden. Het advies is om eerst maatregelen te treffen om de stroming in de sluis meer laminair te krijgen. Op dat moment is het aan te raden om een vergelijkbare test uit te voeren waarin over de gehele sluis de verschillende stroomsnelheden in kaart gebracht worden.

3 Testen van systeem

De systeemtesten geven in dit hoofdstuk antwoord op de volgende twee hoofdvragen:

- Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit stromend water halen?
- Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit het systeem afvoeren?

Om hier antwoord op te kunnen geven zijn verschillende soorten testen met het vangstelsysteem uitgevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende type testen die zijn uitgevoerd met de bijbehorende resultaten.

De opbouw van dit hoofdstuk is gelijk met de chronologische opbouw van de testen. In dit hoofdstuk komen daarom de volgende testonderwerpen aan de orde:

- Installatie systeem in sluis
- Sorteren van geschikt plastic voor test
- Optimale manier voor toevoegen drijvend plastic in water
- Preventie lekkage testplastic naar milieu
- Werking Noria systeem onder verschillende condities

3.1 Installatie systeem in sluis

Voor het installeren (en verwijderen) van het systeem van Noria in de testsluis van Borgharen zijn er twee verschillende methodes getest. Er is getest om het systeem vanaf een trailerhelling te water te laten en achter een schip naar de sluis te slepen. De tweede methode was door met behulp van een verreiker het systeem aan kettingen te water te laten.

De methode via de steiger is beproefd in de eerste testweek. Deze methode werkt, maar blijkt erg arbeidsintensief. Bij het proces waren zes personen betrokken gedurende 2,5 uur. De mankracht was met name nodig om het systeem bij de trailerhelling van de aanhanger af te halen en drijfelementen eronder te monteren. De ruime tijd die nodig is voor deze installatie zit in het verwijderen van het systeem van de aanhanger en vervolgens het systeem met een schip over een afstand van 1,5 km naar de locatie te slepen



Figuur 3-1 impressie van systeem dat via trailerhelling in het water rolt



Figuur 3-2 Impressie van systeem achter boot in de sluis.

In de tweede testweek is gebruik gemaakt van een verreiker. Hierbij stond het systeem inclusief drijfelementen klaar op de aanhanger. Met deze methode is het in ongeveer 30 minuten mogelijk om het systeem van de aanhanger in de sluis te krijgen. Voor deze operatie zijn drie personen nodig, waarmee het aanzienlijk minder arbeidsintensief is.



Figuur 3-3 Systeem wordt met verreiker van de aanhanger gehaald om hem vervolgens in de sluis te laten zakken

3.2 Sorteren geschikt plastic voor test

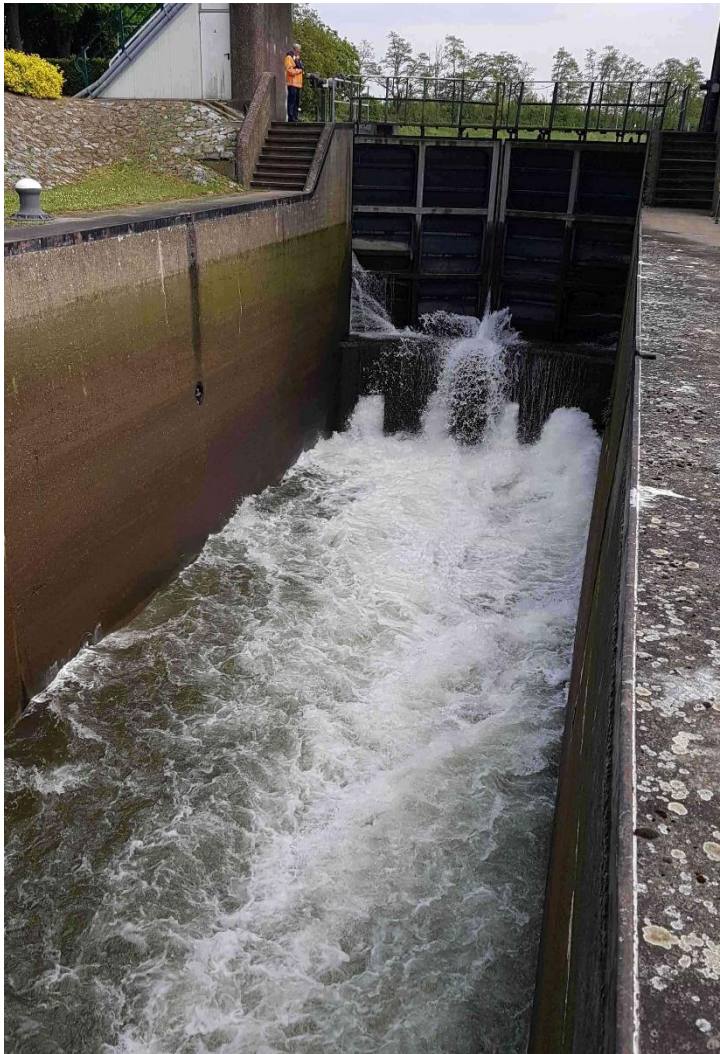
In de testen in de sluis is gewerkt met plastic dat in een eerder stadium langs de oevers van de Maas is opgeruimd. Dit is plastic dat door de Maas is aangevoerd en daarmee ook representatief om te gebruiken bij testen voor de Maas. Om zeker te weten dat er geen plastic naar de bodem van de sluis zinkt, of dat dit plastic via de bodem en de benedenstroomse woelkelder de grensmaas in stroomt, is het vooraf in een losse bak met water getest op drijfvermogen van de objecten. Het plastic dat hierin niet bleef drijven is niet meegenomen in de test.

3.3 Optimale manier voor toevoegen van drijvend plastic in water

Het geselecteerde drijvende plastic is op verschillende plekken in de sluis in het water gedeponeerd om de optimale locatie te bepalen. In de eerste en de tweede

week is zowel met een open als een gesloten bovenstroomse sluisdeur getest. Voor het deponeren van drijvend plastic in water is de stand van de sluisdeuren bovenstrooms bepalend. Er is getest met het deponeren van drijvend plastic vanaf de kade, vanaf de bovenstroomse sluisdeuren en vanaf een ponton.

In de situatie met gesloten sluisdeuren staan de woelkelders zowel bovenstrooms als benedenstrooms open om stroming in de sluis te creëren. In deze opstelling wordt het water via de bovenstroomse woelkelder aan de zijkant van de sluisdeur aangezogen. Naast de sluisdeur gaat het water vervolgens een bocht om waarna het aan de zijkant binnen de sluis naar binnen wordt gespoten. Doordat er aan de buitenkant van de sluis een hoger waterpeil is, drukt water het met grote kracht door de woelkelder naar binnen. Omdat het vervolgens via de andere zijwand weer omhoog de sluis in stroomt ontstaat er een zeer turbulente stroming aan het begin van de sluis. Dit zorgt ervoor dat het niet geschikt is om het plastic in de eerste 20 meter in de sluis te gooien. Het zal weer terugstromen naar de bovenstroomse sluisdeur.



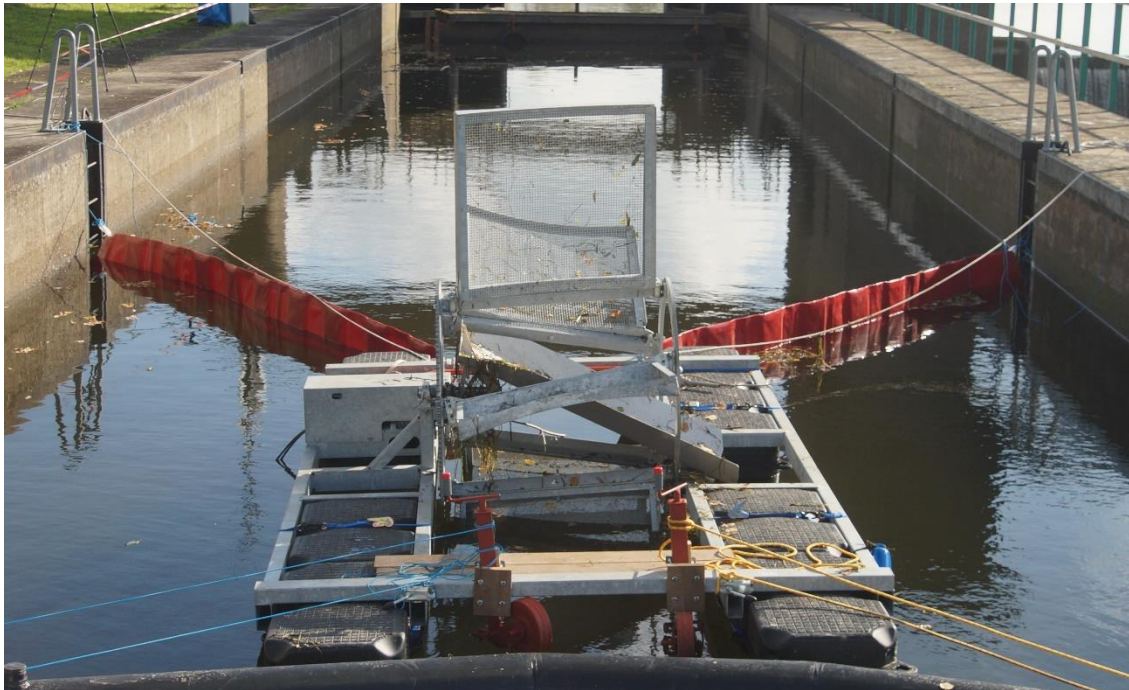
Figuur 3-4 Situatie waarbij water zeer onstuimig door bovenstroomse woelkelder de sluis binnenstroomt

In de situatie met de open sluisdeuren staan de woelkelders benedenstrooms open om stroming in de sluis te creëren. De toevoer van de Maas zorgt voor de aanvoer van water en hiermee voor de stroming. In deze situatie is er (bijna) geen turbulente stroming aanwezig in de sluis. De positie waar het drijvende plastic wordt gedeponereerd wordt hierdoor niet belemmerd door de turbulente stroming, waardoor de positie vrij te bepalen is.



Figuur 3-5 Stabiele situatie met sluisdeuren bovenstrooms volledig geopend en laminaire stroming die wordt veroorzaakt door woelkelder benedenstrooms te openen

In de beide testweken is er zowel getest met het deponeren van drijvend plastic in het water vanaf de kant als wel vanaf een ponton. In beide situaties drijft het plastic na verloop van tijd naar de beide zijkanten tegen de kademuur aan.



Figuur 3-6 Situatie met het systeem van Noria met het ponton boven in beeld

3.4 Preventie lekkage testplastic naar milieu

Een belangrijke voorwaarde bij deze testen was dat er geen onverhoopte lekkage van plastic naar het milieu zou ontstaan. In de test is daarom in eerste instantie al beproefd of het plastic waarmee getest is voldoende drijvend vermogen heeft. Hiermee verkleinen we de kans dat het plastic in het water van de sluis zinkt.

Een tweede maatregel was het werken met een waterpeil van vier tot zes meter hoog. Daardoor zit er een waterbuffer tussen de benedenstroomse woelkelder, die het plastic aantrekt, en het drijvende plastic. Het plastic dreef daardoor wel naar de benedenstroomse sluisdeur maar werd niet naar beneden door de woelkelder getrokken. Bij de benedenstroomse deur kon het eenvoudig met een schepnet worden verwijderd

In deze situatie volstaan deze twee maatregelen. Aangeraden wordt om met een vangnet of rooster voor de woelkelder te werken als er met andere (niet drijvende) soorten plastic gewerkt wordt. En wanneer er met een laag waterpeil in de sluis getest dient te worden.

3.5 Werking Noria systeem onder verschillende condities

Om een beter beeld te krijgen van de verschillende testen die uitgevoerd zijn met het systeem, start deze alinea met een korte beschrijving van de werking van het systeem. Het systeem van Noria is een autonoom drijvende installatie die plastic verwijdert. Het systeem heeft vijf scheppen (1) en een afvoer naar de opslagcontainer (2). Het drijvende en zwevende plastic stroomt naar de mond van

het systeem toe. De scheppen (1) draaien tegen de stroomrichting van het water in.



Figuur 3-7 Werking van het systeem van Noria. Met hierin de draairichting van de scheppen. De stroomrichting van het water en het zwerfafval. En de scheppen (1) en de afvoer naar de opslagcontainer (2).

De testen met het systeem Noria zijn onder de beheerste condities in de testsluis uitgevoerd. Dit kan worden gezien als tussenstap tussen testen in het laboratorium en in de uiteindelijke operationele omgeving. Het River Test Centrum is een ideale tussenstap als locatie voor het testen van een systeem na het laboratorium. In deze test zijn met het systeem onder *real life* omstandigheden testen uitgevoerd met verschillende draaisnelheden van het systeem, verschillende maasgroottes in de roosters van de scheppen en met zwerfvuil van verschillende afmetingen.

Het River Test Center bevat veel parameters en omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de Maas. Zo is de kwaliteit van het water gelijk, de stroomsnelheid kan gevarieerd worden van zeer klein tot bijna gelijk aan de Maas (met beide deuren open). De diepte van het water in het River Test Center is vergelijkbaar met de diepte van de Maas. En bij het openen van de deuren van de sluisen kunnen vissen er eenvoudig doorheen zwemmen.

Tijdens de testen is over de volle breedte van de sluis plastic richting het systeem door middel van drijflijnen naar het systeem geleid. Dit zal in de Maas om een kleiner deel van de breedte van de rivier gaan aangezien hier scheepvaart plaatsvindt. Hierdoor kan niet de volle breedte fysiek geblokkeerd worden. Tijdens de testen is geen gebruik gemaakt van sensoren om de wind, en de snelheid van de waterstroming te meten. Dat is zeer interessant voor een latere test in de Maas. De nadruk lag in deze beproevingen op het testen van het systeem en de sluis zelf.

In de test is met verschillende draaisnelheden van het systeem getest. Zo is er met een minimale draaisnelheid van 0,5 rotatie per minuut tot een maximum van 1,5 rotatie per minuut getest. De voordelen van een lage draaisnelheid zijn dat er

minder waterverplaatsing plaatsvindt en daarmee het plastic niet terug wordt gedrukt, waardoor het niet in de schep komt. De voordelen van een hogere draaisnelheid liggen met name in een verhoogde opscheppcapaciteit van het systeem, aangezien er meerdere schepbewegingen per uur zijn en de capaciteit van één schep gelijk blijft. Uit de test is gebleken dat het plastic makkelijker in het systeem komt met een lagere draaisnelheid. Een lagere draaisnelheid vermindert ook de invloed van een kleinere maasgrootte op het gedrag van het plastic dat voor het systeem drijft.



Figuur 3-7 Bedienpaneel voor aanpassen van rotatiesnelheid

Het toepassen van scheppen met verschillende maasgroottes in de test heeft tot meerdere waardevolle inzichten geleid. De scheppen met een maasgrootte van 3 mm drukken het water en het plastic voor het systeem veelal iets van het systeem af. De scheppen met een maasgrootte van 5 mm geven minder tot geen tegendruk. Hierdoor drijft het plastic bij dit type maasgrootte makkelijker van het water op de schep van het systeem.



Figuur 3-9 Systeem van Noria met plastic afval in het water.



Figuur 3-10 Systeem van Noria met plastic afval opgescheept.

Het plastic glijdt bij beide type maasgrootte eenvoudig van de schep naar de afvoer van het systeem. In het systeem wordt het plastic via de scheppen omhoog

gebracht, waarna het door de zwaartekracht van de scheppen afglijdt. De maasgrootte heeft bij het type plastic dat tijdens deze pilot is gebruikt geen invloed op het “plakken” aan de scheppen. Met het plakken wordt het plastic bedoeld dat aan de schep blijft kleven. Doordat er veel contactpunten zijn waarmee het plastic kan blijven plakken. Uit eerdere testen is gebleken dat bepaalde type plastic tasjes bij het fijnmazige gaas meer blijven kleven dan bij het grofmazige gaas. Plastic tasjes zijn door het oppervlak, het lichte gewicht en flexibel materiaal een goed voorbeeld van plastic materiaal dat blijft plakken. Bij deze pilot was het echter niet mogelijk om met plastic tasjes te testen omdat de kans aanwezig was dat deze tasjes zouden gaan zweven/zinken in plaats van drijven. Daardoor was de kans aanwezig dat ze via de woelkelder benedenstrooms weer uit de sluis in de natuur zouden eindigen. Verder is tijdens deze pilot gebruik gemaakt van plastic dat afkomstig was uit dezelfde Maas en groter dan 5 mm. Daarom kunnen er nu geen conclusies te worden getrokken over kleiner plastic dat uit het water verwijderd kan worden. Het is zeer aannemelijk dat de maasgrootte hiervoor bepalend is.

In de test zijn verschillende formaten zwerfvuil gebruikt om mee te testen. De grootte van het zwerfvuil varieerde van 10 mm tot 700 mm (gemeten over de langste zijde van het object). Het systeem is zeer goed in staat om zwerfafval van al deze formaten uit het water te verwijderen. In het water dreef naast het plastic ook organisch afval. Dit type afval is ook zeer goed te verwijderen door het systeem.

In de test zijn de verschillende variabelen gemeten die aan het systeem aangepast kunnen worden. Tijdens de test is ook een kwantitatieve meting gedaan waarbij 300 plastic objecten in de testsluis zijn gedeponneerd. In deze test is het systeem in staat geweest om 289 objecten (96,3%) uit het water te halen. De onvolkomenheid aan het systeem, waardoor deze 11 objecten niet uit het water zijn gehaald, is met een aantal eenvoudige aanpassingen op te lossen. Het gaat hierbij hoofdzakelijk om geometrische aanpassingen aan de schep en drijfelementen.

De opvangcapaciteit van het systeem is op dit moment erg beperkt omdat de focus tot nu toe lag op het verwijderen van het plastic en nog niet op het afvoeren van het plastic. Dit is een belangrijke uitbreiding in functionaliteit van het systeem welke zal worden meegenomen in het nieuwe ontwerp.

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk staan de conclusies als antwoord op de onderzoeksvragen van dit rapport. Daarnaast is er een aantal aanbevelingen gedaan voor mogelijke vervolgstappen.

4.1 Conclusies

Er waren drie vragen die in dit onderzoek centraal stonden.

1. Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit stromend water halen?
2. Kan het systeem (plastic) zwerfafval uit het systeem afvoeren?
3. Welke mogelijkheden biedt de sluis bij Borgharen voor het *real life* testen van afvangsystemen (en eventueel vispassagesystemen)?

De eerste vraag kan bevestigend worden beantwoord aangezien er meer dan 95% van het plastic afval dat in de sluis is losgelaten met het systeem van Noria uit het water is gehaald. Dit was met een geopende bovenstroomse sluisdeur en woelkelder op een dusdanige opening zodat het waterpeil gelijk bleef. De stroming is tijdens deze test niet gemeten maar er wordt verwacht dat deze tussen de 0,2 en 0,35 m/s is geweest.

Voor de tweede vraag is dit voor de locatie in de sluis nog een uitdaging. Dit heeft met name te maken met het verschil tussen het waterpeil en de kade van zo'n 1,5 meter. Hierdoor moet het plastic, dat wel al tot 0,5 meter boven het waterpeil wordt gebracht door het systeem, nog minimaal 1 meter verder omhoog worden getransporteerd.

Voor situaties in rivieren of vóór de sluis zal dit een minder grote uitdaging zijn aangezien daar een opvangbak dezelfde hoogte als het systeem kan worden geïnstalleerd. Het is interessant om in een later stadium dit proces met de horizontale verplaatsing van plastic afval naar een opvangbak te testen.

Voor het in kaart brengen van de mogelijkheden van de sluis bij Borgharen voor *real life* testen is de definitie van *real life* van belang. De sluis is geschikt om onder bepaalde omstandigheden laminaire stroming te creëren die vergelijkbaar is met de stroming in de rivier. Bij gebruik van beide woelkelders is er tot na twee derde van de sluislengte nog sprake van kolkende stroming. Alleen het laatste deel is daarmee geschikt om onder laminaire stroming *real life* te testen.

Door installatie van een waterdoorlatende wand over de gehele hoogte en breedte van de sluis kolk kan de stroming heel eenvoudig laminair in verschillende snelheden gereguleerd worden. Dan kan de snelheid worden aangepast door schuiven in de waterdoorlatende wand verder of minder ver open te zetten. Dit is een vergelijkbaar principe als in ventilatieroosters welke meer en minder lucht door moeten laten.

Naast deze antwoorden zijn de volgende conclusies uit de pilot getrokken:

1. Het installeren van het vangstelsysteem vanaf de kade totdat het systeem in de testsluis ligt is een tijdrovend traject. Doordat er bij de testsluis geen kranen zijn die het vangstelsysteem in het water kunnen laten, dient het systeem bij de dichtstbijzijnde trailerhelling te water gelaten te worden. Dit heeft voor deze testen per installatie 5 uur (2 x 2,5 uur) gekost.
2. Het systeem is in staat om meer dan 95% van het zwerfvuil uit het water te halen. Dit geldt voor plastic afval alsook voor organisch afval met een grootte van 10 tot 700 mm.
3. De periode in het jaar waarin de testsluis voor testen kan worden gebruikt is erg afhankelijk van de aanwezige wateraanvoer. Bij een te geringe aanvoer kan er niet veel naar de sluis worden afgetapt omdat de scheepvaart in het Julianakanaal voldoende water nodig heeft. Hierdoor kan de sluis in de droge zomermaanden in beperkte mate beschikbaar zijn.
4. De sluis kan na een aantal kleine aanpassingen zeer goed dienstdoen als test centrum voor testen die plaats moeten vinden tussen laboratoriumfase (TRL 4) en de praktijksituatie (TRL 6).
5. Door geslaagde testen in de sluis kan het systeem na de kleine aanpassingen getest worden in operationele omgeving. In deze test is het zeer aan te raden om ook met sensoren de verschillende relevante parameters van de locatie in kaart te brengen. Hiermee wordt een totaalbeeld verkregen van de effectiviteit van het systeem bij verschillende omstandigheden.

4.2 Aanbevelingen

Op basis van de uitkomsten van de pilot worden de volgende zaken aangeraden:

1. Om de stroming laminair te krijgen in de sluis wordt aanbevolen om een geperforeerde wand, welke met schuiven kan worden afgedicht, aan de bovenstroomse alsook de benedenstroomse kant te installeren.
2. Om de tijd die het kost voor de installatie van systemen die getest worden in de sluis te beperken wordt aangeraden om oplossingen te onderzoeken die dit proces kunnen versnellen. Hierbij kan gedacht worden aan permanente oplossingen zoals een kraan of een trailerhelling naast de sluis. Ook niet permanente oplossingen zoals het huren van een kraan voor de testen kan hiervoor een oplossing zijn.
3. Aangezien het systeem in de sluis al meer dan 95% van het plastic uit de sluis heeft gehaald is het aan te bevelen om ook onder de omstandigheden te testen waar het systeem uiteindelijk in zou moeten functioneren. Dat betekent een pilot uitvoeren tijdens zeer hoge waterafvoer. Op deze momenten drijft er veel plastic in de Maas. Het is interessant om in het najaar van 2020 de aangepaste variant van de huidige Plastic afval schep in de sluis te testen. Hierbij kan het plastic met kleine aanpassingen aan de ballenlijnen richting de sluis worden geleid. Er kan in dat geval met open sluisdeuren worden getest hoeveel plastic er langs drijft en of het met dit systeem succesvol kan worden afgevangen.

Colofon

Opdrachtgever
Rijkswaterstaat

Uitgave
Noria
Molengraaffsingel 12
2629 JD Delft

Telefoon
06 – 248 560 70

Auteurs
Rinze de Vries
Arnoud van der Vaart

Projectnummer
4500287210

Kenmerk
2019-CCC-RWS002

Bijlage A rapportage snelheidsmetingen sluis Borgharen

Zie rapportage in losse pdf

Bijlage B Foto en videomateriaal

De foto's en video's zijn separaat op USB-stick aan Lisanne van 't Hoff overhandigd.