



Optimalisatie glasaalcollector: hydraulische metingen

Project: VA2008_41

Opgesteld in opdracht van:

Ministerie van LNV

februari 2009

door:

Igor L.Y. Spierts en Jan H. Kemper

Statuspagina

Titel: Optimalisatie glasaalcollector: hydraulische metingen

Samenstelling: VisAdvies BV
Adres: Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

Telefoon: 030 2805433
Homepage: <http://www.VisAdvies.nl>

Opdrachtgever: Ministerie van LNV
Auteur(s): I.L.Y. Spierts en Jan H. Kemper
E-mail adres: Spierts@visadvies.nl

Eindverantwoording I.L.Y. Spierts
Aantal pagina's: 16
Trefwoorden: Glasaal, collector, hydraulica, stroomsnelheid, debiet.
Projectnummer: VA2008_41
Datum: 26 februari 2009

Bibliografische referentie

I.L.Y. Spierts & Jan H. Kemper, 2009. Optimalisatie glasaalcollector: hydraulische metingen. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2008_41, 16 pag.

Copyright: © 2009 VisAdvies BV

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit document worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VisAdvies BV.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding.....	1
1.1.1	Achtergrond.....	1
1.1.2	Prototype glasaalcollector 2008	1
1.2	Doelstellingen en onderzoeksvragen	3
1.2.1	Doelstellingen.....	3
1.2.2	Onderzoeksvragen	4
2	Materiaal en methode	5
2.1	Proefopstelling laboratorium.....	5
2.1.1	Randvoorzieningen laboratorium	5
2.1.2	Ontwerp werkmodel glasaalcollector	6
2.2	Formules hydraulische metingen	8
2.2.1	Theoretisch.....	8
2.2.2	Werkelijk.....	9
2.3	Metingenreeks.....	10
2.3.1	Weerstand van collectorsysteem	10
2.3.2	Vergelijking pompeigenschappen	10
3	Resultaten en conclusies	11
3.1	Stabiliteit	11
3.2	Hydraulische karakteristieken	11
3.2.1	Weerstand collectorsysteem	11
3.2.2	Pomp eigenschappen	13
3.3	Algemene herbeoordeling	14
3.3.1	Algemene ontwerp systeem.....	14
3.3.2	Licht.....	14
3.3.3	Lengte aanzuigbuizen	15
4	Referenties	15

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

1.1.1 Achtergrond

Het gaat slecht met de Europese aal: sinds de jaren 1960 zijn de vangsten gestaag afgenomen met ca. 75%, en sinds 2000 is de intrek van glas niet meer boven de 5% van het historische niveau van vóór 1980 geweest (Dekker 2004; FAO, 2007). Voor deze dalende trends zijn verschillende oorzaken geopperd, maar bij gebrek aan overtuigend bewijs, blijft de werkelijke oorzaak vooralsnog onduidelijk. Er is daarom sinds 1998 door de Internationale Raad voor het Zeeonderzoek (ICES) geadviseerd uit voorzorg strikte beschermingsmaatregelen te nemen, en een internationaal herstelprogramma op te stellen.

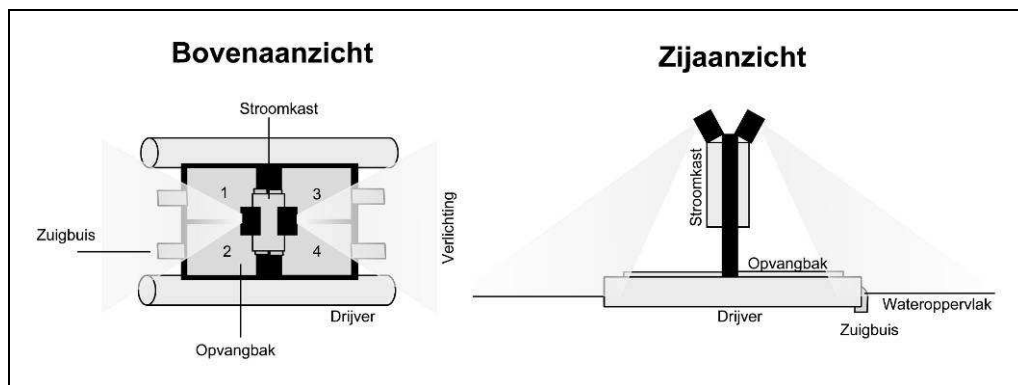
In 2007 is door de Ministerraad van de Europese Unie een voorstel van de Europese Commissie aangenomen voor een "Verordening tot Vaststelling van Maatregelen voor het Herstel van het Bestand van Europese Aal" (Commissie van de Europese Gemeenschappen 2007). In deze Verordening wordt het doel ("het herstel van het bestand van Europese aal") en het streefbeeld ("40 % van de natuurlijke productie van de paarijpe schieraal kan ontsnappen naar zee") vastgesteld. De uitwerking, de keuze van beschermingsmaatregelen en de implementatie daarvan worden aan de lidstaten opgedragen. De Europese aalverordening voorziet in een terugkerende evaluatie: eerst om de 3 jaar en later om de 6 jaar. Belangrijke instrumenten daarbij zijn monitoring en toestandsbeoordeling.

1.1.2 Prototype glasaalcollector 2008

VisAdvies heeft, in samenwerking met Visserijbedrijf den Boer, een glasaalcollector ontwikkeld. De glasaalcollector heeft twee gebruiksfuncties:

- In de eerste plaats kan de installatie worden gebruikt om glasaal te vangen op locaties in Nederland die voor glasaal een ernstige migratiebarrière vormen (gemalen, sluizen stuwen, etc.). De gevangen glasaal kan vervolgens in geschikte habitats worden uitgezet om op te groeien tot volwassen dieren.
- In de tweede plaats kan de collector worden ingezet om de (glas)aalstand op een gestandaardiseerde wijze te monitoren. De collector doet dan dienst als een alternatief voor de kruisnetbevissing op glasaal.

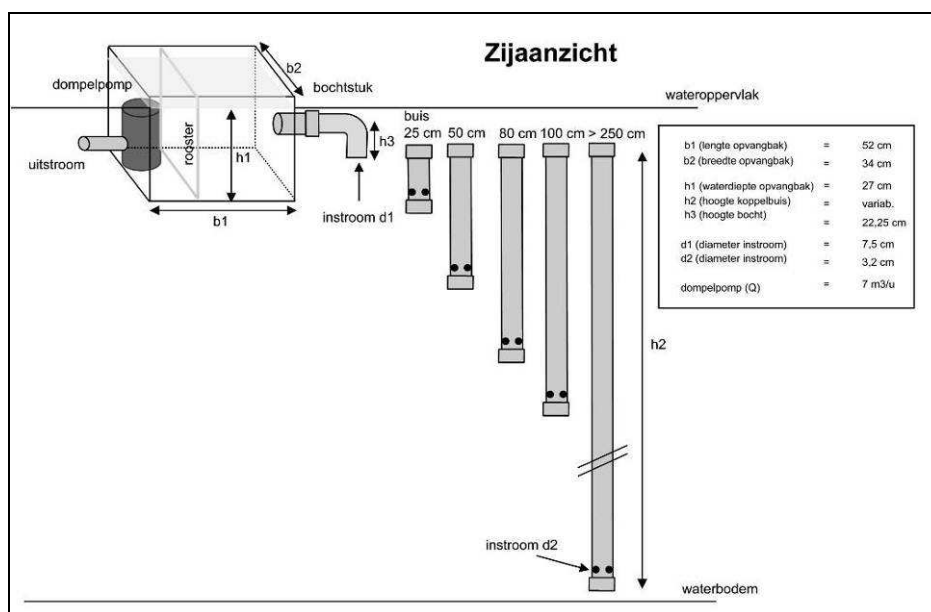
In het prototype zoals dat in het voorjaar van 2008 is ingezet (figuur 1.1) bestaat het collectorsysteem uit vier onafhankelijke opvangbakken, bijeengehouden in een aluminium frame (zie ook figuur 3.3). Het collectorsysteem is voorzien van een lamp die op 1,5 m boven de waterspiegel is geïnstalleerd (500W). Iedere opvangbak zuigt via een Pvc-buis water aan d.m.v. een dompelpomp (400W, 7 m³/u) en vangt de glasaal op die daarmee naar binnen komt.



figuur 1.1 Boven- en zijaanzicht van het glasaalcollector systeem (uit Kroes et al., 2008a,b).

Per bak wordt op één diepte water aangezogen. De Pvc-buizen zijn van onderen afgesloten en er zijn 6 gaten in aangebracht. In het bochtstuk, waarmee kort onder het oppervlak water wordt aanzogen, zijn geen gaten aangebracht. De gevoeligheid voor verstopping met vuil is gering.

figuur 1.2 laat een schets van één collectorbak zien (linksboven) en ook is aangegeven welke aanzuigdieptes zijn toegepast per collectorsysteem.



figuur 1.2 Ontwerp van de glasaalcollector met de toegepaste zuigbuizen. Per collectorsysteem zijn vier zuigdieptes toegepast (uit Kroes et al, 2008a,b).

De collectorsystemen zijn aangepast aan lokaal verschillende veldomstandigheden door gebruik te maken van afkoppelbare pijpen en sluitingen. De collectorbak is eenvoudig te legen. Om te voorkomen dat aal in de pomp terecht komt is iedere bak afgeschermd met een fijn aluminium rooster (0,002m perforatie).

In het voorjaar van 2008 is met de hierboven beschreven glasaalcollector een experiment uitgevoerd (Kroes et al., 2008b). De eerste collector was gelegen bij hetemaal en de keersluis in Scheveningen. De eerste resultaten lieten zien dat glasaal zich succesvol liet aantrekken en opzuigen.

1.2 Doelstellingen en onderzoeksvragen

Ondanks dat de collector in de eerste try out in Scheveningen succesvol glasaal aantrok bestond de behoefte het huidige ontwerp te verbeteren. De belangrijkste problemen met het ontwerp van de collector zijn:

- *Instabiliteit van de collector tijdens het functioneren.* In het huidige ontwerp bevindt de collector zich deels (10-20 cm) boven de waterspiegel en is van bovenaf niet luchtdicht afgesloten. Wanneer de collectorpomp wordt geactiveerd, zuigt de pomp meer water aan dan via de aanvoerbuis (die op 1-1.5 m diepte verticaal in de waterkolom steekt) aangezogen kan worden. Het gevolg is dat de collectorbak na enige tijd leeggezogen is door de pomp (afvoer > aanvoer, en dat in alle 4 de collectoren per systeem) waardoor de gehele constructie boven water komt te drijven en compleet instabiel en onhandelbaar wordt.
- *Te lage stroomsnelheid in de aanvoerbuizen.* Een minimale waterstroomsnelheid is van belang voor het vasthouden van de glasaal in de verzamelbak zodat de glasalen niet tegen de stroom in weer uit de collector en / of de aanzuigbuis naar buiten kunnen zwemmen.

In dit onderzoek zijn de hydraulische aspecten van de collector (stroomsnelheden, druk opbouw, weerstanden, debiet, verval in debiet, etc.) in kaart gebracht. De informatie die dit opleverde heeft geleid tot een beter inzicht in de constructie als geheel en in de hydraulische parameters die ten grondslag liggen aan het, al dan niet, correct functioneren van de collector. De verbeteringen zijn doorgevoerd voor de collectoren die in het voorjaar van 2009 worden ingezet.

1.2.1 Doelstellingen

- Het ontwerpen van een stabiele constructie.
- De hydraulische karakteristieken van de collector (o.a. stroomsnelheden op diverse locaties, druk opbouw, weerstanden van de buizen en hele systeem, pompdebiet onder verschillende belastingen, etc.) in kaart brengen.
- De relatie tussen het type pomp, de pompcapaciteit, de gebruikte buisdiameter en de uiteindelijk optredende stroomsnelheden op diverse meetlocaties in de buis wordt grondig bestudeerd onder gecontroleerde omstandigheden. Tevens wordt de pompcapaciteit belast onder verschillende atmosferische druk. De informatie die dit oplevert leidt tot een beter inzicht in de constructie als geheel en in de hydraulische parameters die ten grondslag liggen aan het, al dan niet, correct functioneren van de collector.
- Een herbeoordeling maken van het huidige ontwerp, zoals gebruikt in de pilotstudy (kroes *et al.*, 2008a,b): welke aanzuigdieptes zijn relevant, is licht noodzakelijk, moet er een luchtdicht afgesloten collectorbak komen, etc?

Met de informatie die hiermee vergaard is worden vervolgens de zwakke technische punten in het huidige ontwerp van de collector geanalyseerd en op een aantal cruciale punten verbeterd / geoptimaliseerd. Alle onderzoeken zijn uitgevoerd in de laboratoriumruimte van VisAdvies.

1.2.2 Onderzoeksvragen

- Wat is het effect van een luchtdicht afgesloten collectorbak, die nét onder de waterspiegel drijft, op diens stabiliteit gedurende langdurig functioneren bij verschillende pompcapaciteiten ($7 \text{ m}^3/\text{u}$ en $9 \text{ m}^3/\text{u}$)?
- Wat zijn de stroomsnelheden in de instroomopeningen en de debieten door de collectorbak onder wisselende omstandigheden (variabelen zijn: buisdiameter instroomopening, pompcapaciteit, totale buislengte gebruikte koppelingen)?
- In welke mate presteren de verschillende pompen ($7 \text{ m}^3/\text{u}$ en $9 \text{ m}^3/\text{u}$) onder geleidelijk toenemende atmosferische onderdruk? Verliezen de pompen hun debiet, en zo ja, wat is het optredende verlies (verval)?
- Wat zijn de pro' s en contra ' s van het gebruik van licht bij een glasaalcollector systeem om de glasaal aan te trekken?

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopstelling laboratorium

2.1.1 Randvoorzieningen laboratorium

Voor de experimenten is gebruik gemaakt van een visbekken (lxbxh: 1.55x1.19x0.95 m, zie figuur 2.1) en een inhoud van 1,75 m³.



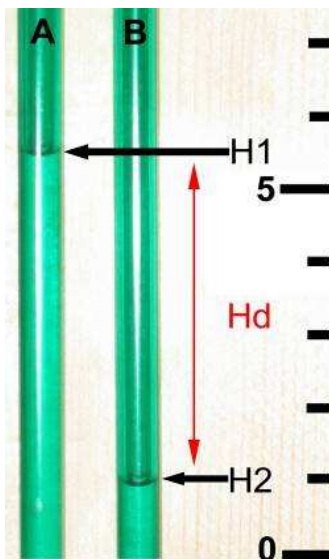
figuur 2.1 Het visbekken (1,75 m³) waarin de hydraulische metingen met de collector zijn uitgevoerd.

Het visbekken is opgesteld in het natte laboratorium in het gebouw van VisAdvies. Voor een stabiele opstelling van de glasaalcollector in het visbekken werden de randen verstevigd met houten balken (zie figuur 2.1). Loodrecht op de dwarsbalken is een verstelbaar aluminium frame gemonteerd dat deels in het water hangt. Hieraan werd het glasaalsysteem gemonteerd zodanig dat het systeem 10 cm onder de waterspiegel hing.

Voor het berekenen van de debieten en de stroomsnelheden in aan- en afvoerbuizen van de collector is gebruik gemaakt van de onderdruk in de collector (zie ook paragraaf 2.2). Hiervoor werd de waterdruk op twee plaatsen gemeten:

- Aan het wateroppervlak van het visbekken als referentie (dit is de atmosferische druk van 1 Bar).
- In de collector

Hiervoor werd een dunne flexibele slang vanuit het visbekken naar de vloerbodem en vervolgens 1.5 meter omhoog gebracht (buisje A en waterdruk H1 in figuur 2.2). Het 1,5 m hoge deel van het buisje is tegen een houten meetlat met maatverdeling (cm) vastgemaakt.



figuur 2.2 Verschil in waterdruk (H_d) tussen het wateroppervlak van het visbekken (H_1), en de afgesloten collectorbak (H_2), tijdens het functioneren van de pomp. Maatverdeling: in cm.

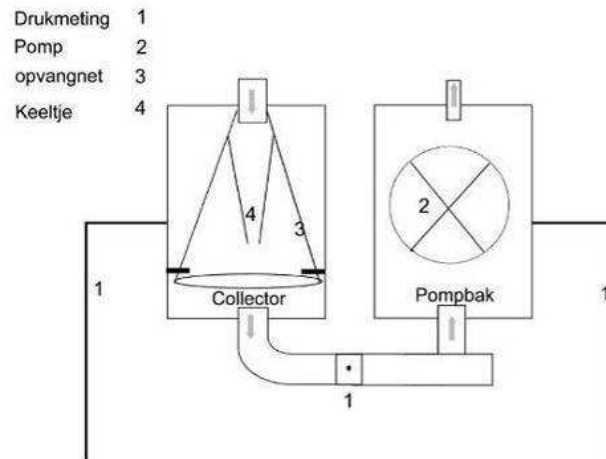
Een tweede slang liep vanuit de hermetisch afgesloten collectorbak tot naast de eerste slang instroombuis (buisje B en waterdruk H_2 in figuur 2.2). Beide slangen behoren volledig met water te zijn gevuld. In rust zullen beide waterniveaus gelijk zijn aan het niveau van het visbekken. Tijdens het functioneren van de pomp zuigt deze water uit de collectorbak met een bepaald debiet, en ontstaat er een onderdruk. Het water in het buisje dat in de collector gemonteerd is, B, wordt daardoor iets naar beneden gezogen waardoor er een hoogteverschil tussen beide waterniveaus ontstaat, H_d in figuur 2.2. Elke meter waterkolom levert een drukverhoging van 0,1 Bar op. Een onderdruk van 1 m in slang B resulteert derhalve in een drukverlaging van 0.1 Bar. Het ontstane hoogteverschil in waterniveau is uiteindelijk een maat voor:

- de weerstand die in het gehele glasaalcollector systeem aanwezig is; en bij hoge weerstanden is het ook een maat voor:
- het debiet dat door het systeem stroomt (dit hangt o.a. af van het type pomp en de totale weerstand die in het gehele systeem aanwezig is), en
- de snelheid waarmee het water door de openingen in de glasaalcollector bak stroomt.

2.1.2 Ontwerp werkmodel glasaalcollector

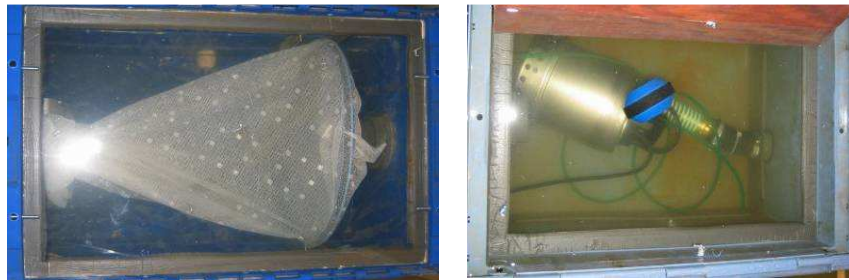
Voor het ontwerp van de glasaalcollector is een nieuw model bedacht dat afwijkt van het originele prototype van 4 collectoren in een systeem met elk één pomp. Een reden voor de hieronder beschreven wijziging is de maximale afmeting die de collector mag hebben vanwege het formaat visbekken waarin de collector komt te 'hangen'. Om praktische redenen (naast de maximale totale afmeting, ook de toegankelijkheid bij metingen, het testen van verschillende pompen, het optimaliseren van de vangconstructie voor glasaal in de collector, etc) is gekozen om de glasaalcollector fysiek te scheiden van de pomp. Op deze wijze ontstaat er dus één glasaalcollector bak (l x b x h: 0,519 x 0,35 x 0,30 m) en één pompbak (l x b x h: 0,519 x 0,348 x 0,32 m). De collectorbak is voorzien van één aanzuigopening en één uitstroomopening. (binnendiameters: 0,625 m). In figuur 2.3 is een schematische weergave te zien van het bovenaanzicht van de glasaalcollector bak (links) met de pompbak (rechts). De beide bakken zijn verbonden met elkaar door een buis van 0,5 m. Op de pompbak kan aan de rechterzijde, indien gewenst, een tweede collectorbak gemonteerd worden. Een andere belangrijke, functionele, wijziging in het ontwerp is dat het gehele systeem in het nieuwe ontwerp ongeveer 0,1 m onder water komt te 'hangen'. De collector en de pompbak zijn luchtdicht afgesloten en tijdens het functi-

oneren van de pomp worden de deksels van de bakken, door de gecreëerde onderdruk in beide bakken, min of meer de bak 'in' gezogen. Op deze wijze zal er naar verwachting geen instabiliteit meer ontstaan in het systeem, zoals dat wel voorkwam in het 'open' prototype collectorsysteem.



figuur 2.3 Bovenaanzicht van het ontwerp van de glasaalcollector voor hydraulische metingen.

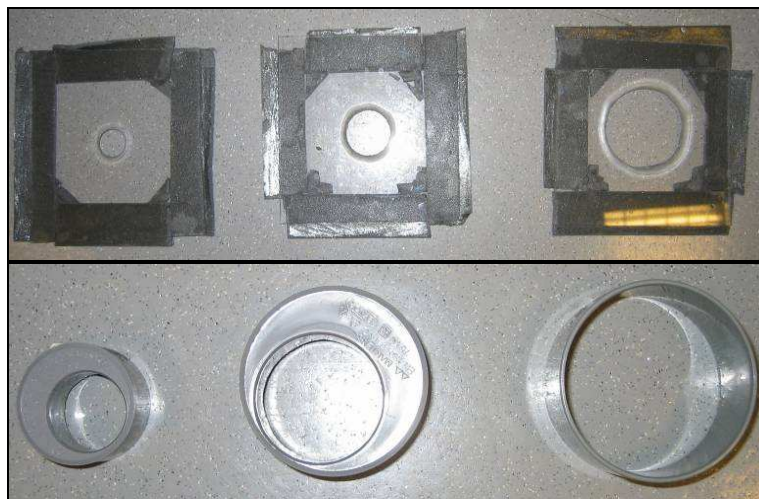
De collectorbak is uitgerust met een kegelvormig net met een keeltje erin bevestigd (figuur 2.3). Het keeltje voorkomt dat de gevangen glasalen weer via de instroomopening naar buiten kunnen zwemmen.



figuur 2.4 Bovenaanzicht van glasaalcollector bak (links) en pompbak (rechts).

In de foto links is te zien hoe het opvangnet in de collectorbak (met doorzichtige deksel) geplaatst is. In de pompbak (rechts) ligt een Grundfos pomp met een maximaal debiet van $9 \text{ m}^3/\text{h}$; het groene slangetje dient voor de drukmeting.

Om het effect van een kleinere diameter instroomopening op het totale pompdebiet en op stroomsnelheid in de instroomopening te testen zijn diverse, in diameter variërende opzetstukken gebruikt (zie figuur 2.5).



figuur 2.5 Enkele voorbeelden van opzetstukken om de instroomdiameter van de glasaalcollector te variëren.

Tevens zijn diverse in lengte variërende buizen gemaakt (0,5; 0,95 en 1,45 m) met een of meerdere bochten (45 en 90 graden) om de veldcondities zoveel mogelijk te kunnen imiteren.

2.2 Formules hydraulische metingen

De theoretische stroomsnelheid door de aanvoerbuizen van het systeem kunnen worden berekend aan de hand van de waterdruk in de collector. Daarnaast kan de werkelijke stroomsnelheid fysiek worden gemeten. Het verschil tussen de theoretische en werkelijke stroomsnelheden (debieten) zijn het gevolg van de weerstand in het systeem. De weerstand zal in dit geval worden bepaald door:

- De lengte van de aanvoerbuis (langere buis → meer weerstand)
- De dikte van de aanvoerbuis (dunnere buis → meer weerstand)
- De bochten in de buis (meer/ scherpere bochten → meer weerstand).

De factor die verhouding tussen de theoretische en werkelijke stroomsnelheid aangeeft is de C_d waarde. Een C_d van 0,8 geeft aan dat de werkelijke waarde 20% lager ligt dan theoretische waarde.

De C_d waarde biedt de mogelijkheid om op voorhand aan te geven wat het verlies in stroomsnelheid is bij het gebruik van een bepaalde set van aanvoerbuizen.

2.2.1 Theoretisch

De (theoretische) stroomsnelheden in de inlaatbuis van de collectorbak zijn berekend door gebruik te maken van een verschil tussen de normale atmosferische druk van 1 Bar en de ontstane onderdruk in de collectorbak t.g.v. de zuigende werking van de pomp. Dit drukverschil (H_d) is gemeten zoals beschreven in paragraaf 2.1.1, onder variabele condities.

De *theoretische snelheid* V wordt berekend met onderstaande formule (Hamill, 1995):

$$V_{\text{theor.}} = (2g \cdot H_d)^{1/2} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Wanneer H_d gemeten wordt kan bij elke diameter instroomopening de daar aanwezige theoretische stroomsnelheid berekend worden. Belangrijk is om te beseffen dat de gemeten H_d direct positief gecorreleerd is aan de weerstand die de pomp ondervindt van het systeem tijdens functioneren.

Het *theoretische debiet* Q wordt berekend met de formule (Hamill, 1995):

$$Q_{\text{theor.}} = C_d \cdot A \cdot V = 2\pi \cdot R^2 \cdot (2g \cdot H_d)^{1/2} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2)$$

A = oppervlakte van de inlaat van de collector.

C_d = debiet coëfficiënt, deze is een maat voor de totale weerstand van het systeem: hoe hoger de weerstand, des te lager is C_d ($1 =$ geen weerstand)

R = straal instroomopening collectorbak

Omdat C_d de weerstand in het gehele systeem weerspiegelt onder die specifieke omstandigheid is deze factor vooralsnog een onbekende. Stel er is een oppervlak van de instroomopening van $0,00307 \text{ m}^2$ en een berekende theoretische snelheid van $0,77 \text{ m/s}$, dan luidt de uitkomst van formule (2):

$$Q_{\text{theor.}} = C_d \cdot A \cdot V = C_d \cdot 0,00307 \cdot 0,77 = C_d \cdot 0,00236 \text{ m}^3\text{/s} \quad (3)$$

2.2.2

Werkelijk

Naast het berekenen van de theoretische stroomsnelheden is deze ook gemeten voor de uitlaat van de pompbak (Portable Flowmeter: Flow-Mate™, Marsh-McBirney Inc., Model 2000). Ook het debiet is werkelijk gemeten. Hiertoe is gedurende een vooraf bepaalde periode het water opgevangen tijdens het functioneren van de pomp en gewogen met een AND Digital Weighing Scale FU 60 (nauwkeurigheid: 20 g).

Wanneer $Q_{\text{theor.}}$ berekend is (zie formule (3)) kan de onbekende factor C_d bepaald worden, welke een maat is voor de totale weerstand die in het systeem op dat moment aanwezig is. Met deze factor kan vervolgens het echte debiet en de echte stroomsnelheid in de instroomopening *berekend* (dus niet gemeten!) worden. Het echt (gemeten) debiet komt namelijk niet overeen met het theoretische berekende debiet omdat er een bepaald percentage verlies optreedt in het systeem door weerstand, C_d , van het systeem. De onbekende weerstandsfactor kan berekend worden omdat het echte debiet gelijk is aan het theoretische debiet min het verlies in debiet door weerstand, volgens de formule:

$$Q_{\text{echt.}} = Q_{\text{theor.}} \quad (4)$$

C_d is de enige onbekende in formule (4) en kan hieruit dus herleid worden (zie ook formule (3)). Wanneer C_d herleid is kunnen het echte debiet en de echte stroomsnelheid onder die condities *berekend* worden.

2.3 Metingenreeks

2.3.1 Weerstand van collectorsysteem

In een eerste reeks metingen is het effect onderzocht van een (toenemende) weerstand (uitgedrukt als C_d) van het systeem op het debiet en op de stroomsnelheid. Deze metingen zijn uitgevoerd met een variabele hoeveelheid bochten, instroomdiameters en buislengtes van de invoerbuis naar de glasaalcollector (Zie paragraaf 2.1.2). Het resultaat is een overzicht van het effect van de gebruikte weerstandsvariabelen op Q en V , waarbij de weerstand zelf als C_d tot uitdrukking komt. Er is ook onderzocht of de gebruikte pompen, binnen het weerstandsniveau zoals die in de veldexperimenten voorkomen, voldoende vermogen hebben om mogelijk optredend verlies aan Q en V te minimaliseren.

Alle metingen zijn zowel uitgevoerd met een 'Gamma' pomp met een debiet van 7 m³/h (400W) als met een Grunfos pomp met een debiet van 9 m³/h (450 W).

2.3.2 Vergelijking pompeigenschappen

In deze reeks metingen is onderzocht in welke mate de twee verschillende pompen presteren onder geleidelijk toenemende atmosferische onderdruk.

Wat is het optredende verlies (verval) in debiet bij hogere atmosferische onderdruk voor beide type pompen?

Voor deze metingen is onder variabele atmosferische druk (H_d) de stroomsnelheid gemeten aan de uitstroomopening van de pompbak en zijn de bijhorende debieten berekend.

3 Resultaten en conclusies

3.1 Stabiliteit

Het systeem zoals boven beschreven is uitvoerig getest op stabiliteit bij geleidelijk oplopende weerstand (diameter van de instroomopening): van geheel open (62,5 mm) tot nagenoeg dicht (20 mm). Er is hierbij gelet op: stabiele ligging in de waterkolom, geluidsniveau, sterkte gebruikte bakken en het lucht (water) dicht zijn van de bakken.

Uit de experimenten is geconcludeerd dat het ontwerp goed voldoet aan de eisen die er aan gesteld worden in het veld. Het systeem ligt onder alle geteste omstandigheden stabiel in de waterkolom, 10 cm onder de waterspiegel. De constructie kan niet meer boven water komen te drijven omdat de gebruikte bakken volledig waterdicht, en dus ook luchtdicht, zijn. Een ander bijkomend positief effect is dat de geluidsproductie nihil is, in tegenstelling tot het prototype glasaalcollector, welke veel geluid produceerde. Een groot voordeel van een nagenoeg geruisloos systeem is dat het in het veld geen onnodige aandacht trekt.

Het bleek dat beide bakken voldoende weerstand bieden tegen de heersende onderdruk. Dit heeft als voordeel dat collectorbakken die in het veld een vervuilde instroomopening hebben niet stukdraaien.

3.2 Hydraulische karakteristieken

3.2.1 Weerstand collectorsysteem

Per pomp zijn 7 metingen gedaan met elk een andere weerstand van het collectorsysteem (zie tabel 3.1). De te variëren factoren zijn de totale buislengte en het aantal gebruikte bochten van de invoerbuis naar de glasaalcollector, gelijk aan de variaties zoals deze in het veld zullen worden uitgevoerd.

De diameter van de instroomopening zelf is niet gewijzigd, wat betekent dat de stroomsnelheid van het water daar niet zal verhogen t.g.v. een kleinere diameter. Wel kan de stroomsnelheid uiteindelijk beïnvloedt worden door een te hoge weerstand (C_d).

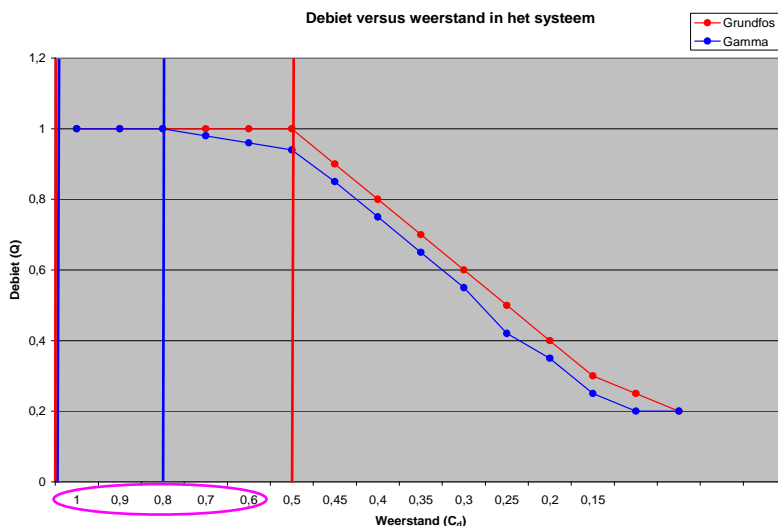
De C_d factor is de meest interessante waarde omdat deze aangeeft hoeveel weerstand er in het systeem aanwezig is bij gebruik van verschillende buislengtes en aantal bochten. Worden bijvoorbeeld 2 bochten van 90 graden gebruikt met een totale buislengte van 0,95 m, dan zal dat leiden tot een C_d van 0,66 (zie tabel 3.1).

De gebruikte pompen hebben echter, behalve een bepaalde capaciteit (maximaal debiet), tevens een bepaald vermogen. Wanneer de weerstand C_d die de pomp ondervindt hoger wordt, zal deze meer vermogen gebruiken om toch het maximale debiet te 'verpompen'. De verhoogde weerstand die de pomp ondervindt wordt op deze wijze dus gecompenseerd doordat de pomp meer vermogen levert. In dat geval zal er nauwelijks of géén verlies in debiet of in stroomsnelheid optreden.

tabel 3.1 Meetresultaten van het effect van een variabele weerstand (C_d , blauw gearceerd) van het gehele collectorsysteem op het debiet Q van de Grundfos pomp (metingen 1-7, rood) en van de Gamma pomp (metingen 8-14, blauw). $C_d = 1$: geen weerstand. Het oppervlak van de instroomopening is overal $0,00307 \text{ m}^2$. Alle variabelen staan in SI eenheden vermeld.

Meting	Bochten	Buis- lengte	H_d gemeten	$V_{\text{theor.}}$	$Q_{\text{theor.}}$	Q_{echt}	C_d
1	0	0	0,030	0,77	0,002350	0,002013	0,86
2	1 x 90°	0	0,035	0,83	0,002535	0,002013	0,79
3	1 x 90°	0,5	0,042	0,91	0,002778	0,002013	0,72
4	2 x 90°	0,5	0,046	0,95	0,002921	0,002013	0,69
5	2 x 90°	1,45	0,062	1,10	0,003381	0,002013	0,60
6	1x 90°	0,95	0,046	0,95	0,002927	0,002013	0,69
7	2x 90°	0,95	0,051	1,00	0,003054	0,002013	0,66
8	0	0	0,012	0,49	0,001489	0,001439	0,97
9	1 x 90°	0	0,019	0,61	0,001883	0,001382	0,73
10	1 x 90°	0,5	0,023	0,67	0,002056	0,001381	0,67
11	2 x 90°	0,5	0,028	0,74	0,002282	0,001381	0,60
12	2 x 90°	1,45	0,030	0,77	0,002365	0,001345	0,57
13	1x 90°	0,95	0,025	0,71	0,002166	0,001380	0,64
14	2x 90°	0,95	0,027	0,72	0,002221	0,001375	0,62

Bij een te hoge weerstand (dus een lage C_d) komt er een punt waarop er debietverlies, en dus ook verlies aan stroomsnelheid, optreedt omdat de pomp niet meer voldoende vermogen heeft om de, te, grote weerstand tegen te gaan. Het punt waarop dit gebeurt, verschilt per pomp (zie figuur 3.1).



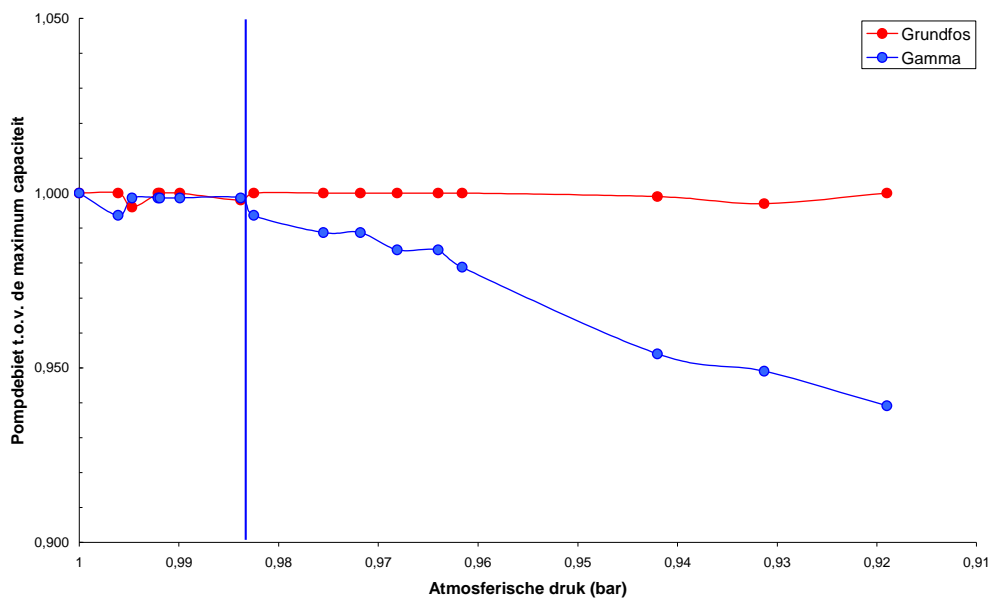
figuur 3.1 Schematische weergave van de relatie tussen het debiet van de pompen en de ondervonden weerstand in het systeem.

In bovenstaande figuur is de relatie tussen het debiet en de weerstand schematisch voor beide pompen weergegeven. Uit tabel 3.1 blijkt dat de Grundfos pomp zelfs bij een weerstandswaarde C_d van 0,6 geen debiet verliest (Q_{echt}). De rode lijnen in bovenstaande figuur geven de weerstandsniveaus aan waarbinnen de Grundfos pomp zijn debiet behoudt. Er valt meteen op dat deze ruim vallen binnen de weerstandsniveaus (meting 1-7 in tabel 3.1) zoals toegepast in de metingen. De Gamma pomp kan de toenemende weerstand compenseren met meer vermogen tot een weerstandswaarde C_d van ongeveer 0,8 (blauwe lijnen in figuur 3.1). Bij een hogere weerstand verliest deze pomp iets debiet (verval, zie ook meting 9-14 in tabel 3.1). De roze lijn geeft tenslotte de weerstandsrage van het glasaalcollector systeem aan zoals die onder veldcondities voor zal komen.

Er kan worden geconcludeerd dat beide pompen in ruime mate het vermogen hebben om de weerstandscondities zoals die in het veld gaan voorkomen kunnen compenseren door meer vermogen te leveren. Ofwel, tijdens de veldexperimenten zullen de pompen hun maximale debiet en stroomsnelheid handhaven onder de variabele weerstandscondities (o.a. ten gevolge van buislengtes, instroomopening, bochten en vervuiling).

3.2.2 Pomp eigenschappen

In deze reeks metingen is onderzocht in welke mate de twee verschillende pompen presteren onder geleidelijk toenemende atmosferische onderdruk. Wat is het optredende verlies (verval) in debiet bij hogere atmosferische druk voor beide type pompen? figuur 3.2 geeft de relatie weer tussen de atmosferische druk en het debiet. Het valt op dat de Grundfos pomp het debiet zeer stabiel op nagenoeg 100 % (1) houdt.



figuur 3.2 Schematische weergave van de relatie tussen het debiet van de pomp en de onderzochte weerstand in het systeem.

De Gamma pomp echter begint bij een atmosferische druk van 0,984 Bar debiet te verliezen (zie blauwe lijn in figuur 3.2).

Geconcludeerd kan worden dat de Grundfos pomp beter het debiet kan behouden onder hogere atmosferische druk, echter de Gamma pomp voldoet ruimschoots aan de eisen zoals deze in het veld aan de pomp en aan het systeem zullen worden gesteld.

3.3 Algemene herbeoordeling

3.3.1 Algemene ontwerp systeem

Het prototype glasaalcollector, zoals gebruikt bij gemaal in Katwijk in 2008 (Kroes *et al.*, 2008a,b), bestond uit 4 glasaalcollector bakken met elk één pomp. In de reeks hydraulische metingen, zoals in dit rapport beschreven, is van dit originele ontwerp afgeweken om praktische redenen (beschreven in paragraaf 2.1.2). De glasaalcollector die voor de veldwerkzaamheden in productie genomen gaat worden, bestaat evenals het originele model, uit vier aparte glasaalcollector bakken met elk een eigen pomp. De pompen zijn van het model Gamma (400W, 7 m³/h). In elke bak bevindt zich een aluminium frame om te voorkomen dat glasaal in de pomp terecht komt (0,002m perforatie). Tevens is elke bak voorzien van een kegelvormig net met een keeltje (zie paragraaf 2.1.2) zodat de gevangen glasaal niet via de instroomopening weer terug naar 'buiten' kan zwemmen. Tenslotte zal elke bak een aanzuigbuis bevatten van 0-1,5 m lengte, afhankelijk van de locale veldomstandigheden.



figuur 3.3 Foto van het originele complete glasaal collectorsysteem.

De vier bakken zijn 'opgehangen' in een aluminium constructie (zie figuur 3.3) die drijvend gehouden wordt met 2 grote drijvers (boven en onder in figuur 3.3). De vier collectorbakken zullen uiteindelijk 10 cm onder de waterspiegel komen te liggen en volkomen luchtdicht afgesloten zijn.

3.3.2 Licht

Er is in het prototype glasaalcollector, zoals deze al is gebruikt bij het gemaal in Katwijk in 2008 (Kroes *et al.*, 2008a), gebruik gemaakt van twee lichtbronnen die op 1,5 m boven het collectorsysteem geplaatst zijn (500W en 380 W). Het idee achter deze

lichtbron is dat de glasalen door licht aangetrokken zouden worden, en dat zou weer gunstig zijn voor de vangsten.

Voor de in productie te nemen glasaalcollector voor de komende veldwerkzaamheden is bewust gekozen om géén gebruik te maken van een lichtbron. Hiervoor zijn drie redenen aan te voeren:

- Er is geen wetenschappelijk bewijs in de literatuur te vinden dat glasaal daadwerkelijk door licht zou worden aangetrokken.
- Een belangrijk doel van de uit te voeren veldwerkzaamheden is om de glasaalcollector als monitorings instrument in te zetten. Op deze wijze wordt getracht een beter beeld te krijgen van de verdeling en dichtheid van glasaal in de Nederlandse zoete wateren. Het gebruik van een lichtbron zou het correct uitvoeren van experimenten, om het beschreven doel te bereiken, in de weg staan. Wanneer de collector als monitorings instrument dient om op verschillende locaties een indicatie te geven van dichtheden dan kan het ene water bijvoorbeeld troebeler zijn dan het andere. Het inzetten van licht om daarmee glasalen te trekken zou dan in het ene water wel werken (helder water) en in het andere niet, waardoor elke correcte vergelijking onmogelijk wordt.
- Een laatste bijkomend nadeel van licht is dat het juist de aandacht trekt op het systeem. De collectoren liggen veelal op afgelegen plaatsen. Wanneer ze voorzien zouden worden van een krachtige lichtbron (> 300W) zou dat onnodige en ongewenste aandacht trekken.

3.3.3 Lengte aanzuigbuizen

Er is voor de in productie te nemen glasaalcollector gekozen voor aanzuigbuizen met een lengte van maximaal 1,5 m. Uit eerder onderzoek met de prototype glasaalcollector is namelijk gebleken dat aanzuigbuizen met een lengte > 1,5 m significant minder glasalen opzogen (Kroes *et al.*, 2008a,b).

4 Referenties

Kroes, M.J., F.T. Vriese, & W.J. den Boer, 2008a. Collectorsysteem voor vangst en monitoring van migratiepatronen van glasaal d.m.v. een opwaartse (vloed)stroom. VisAdvies BV, Utrecht. Visserijbedrijf W.J. den Boer, Nieuwekerk aan de IJssel. 31 pp.

Kroes, M.J., F.T. Vriese, & W.J. den Boer, 2008b. Collectorsysteem voor glasaal d.m.v. vloedsimulatie bij Scheveningen. Monitoren, verzamelen en uitzetten. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2008_09, 39 pp.

Dekker, W., 2004a. Monitoring van de intrek van glasaal in Nederland: evaluatie van de huidige en alternatieve methodieken. RIVO Rapport. Nummer: C006/04.

Europese Gemeenschappen, 2007. Proposal for a Council Regulation establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Permanent Representatives Committee. No. Cion prop.: 13139/05 PECHE 203 – COM(2005) 472 final.

FAO, 2007. Project Regional Mediterranean de development de l'aquaculture Mediterranean regional aquaculture project. Techniques used for intensive rearing and alimentation of fish and shellfish.

Hamill, L., 1995. Understanding hydraulics. MACMILLAN PRESS LTD, London, UK. 366 pp.



Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

t. 030 285 10 66
e. info@VisAdvies.nl
www.VisAdvies.nl

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

Aansprakelijkheid:

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeien uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichtte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximaal aansprakelijkheid van [€50.000].



Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

t. 030 285 10 66
e. info@VisAdvies.nl
www.VisAdvies.nl

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

Aansprakelijkheid:

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeiend uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichtte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximaal aansprakelijkheid van [€50.000].