HL
29-1

Witteveen + Bos

Esco-Salt

Inzuiging van vis in het koelwatersysteem van Esco-Salt

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Witteveen+Bos

Esco-Salt

Inzuiging van vis in het koelwatersysteem van Esco-Salt

referentie	projectcode	status
HL29-1/bote/004	HL29-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
dr. G. Kruitwagen	drs. M. Klinge	1 september 2009

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. klinge	

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1947048

INHOUDSOPGAVE **blz.**

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding en doel 1
1.2. Leeswijzer 1

2. KOELWATERINNAME INSTALLATIE **2**
2.1. systeembeschrijving 2
2.2. Optredende stroomsnelheden 2

3. AANPAK **3**
3.1. Bemonsteringen 3
3.2. Verwerking van de vangsten 4
3.3. Statistische toetsing 4

4. RESULTATEN **5**
4.1. Omvang en samenstelling ingezogen bestand 5
4.2. Lengteverdeling 6
4.3. Effectiviteit van de zeef 7
4.3.1. Vangstgrootte 7
4.3.2. Lengtefrequentieverdeling 9
4.3.3. Sterftepercentage 9
4.3.4. Werking van de zeef 10

5. DISCUSSIE **11**
5.1. Omvang en samenstelling ingezogen visbestand 11
5.2. Ecologisch effect van de inzuiging 11
5.3. Effectiviteit van de zeef 12
5.4. Synthese en conclusies 13

laatste bladzijde **13**

bijlagen aantal bladzijden
I Lengtefrequentieverdelingen 5
II Vangstresultaten 3

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding en doel

In de haven van Harlingen is Frisia Zout BV, een vestiging van Esco-Salt, gevestigd. Voor haar productieprocessen maakt Frisia Zout gebruik van een koelwatersysteem. Dit koelwatersysteem maakt gebruik van water dat wordt aangezogen uit de buitenhaven van Harlingen. De inzuigopening is voorzien van een zeef om de inname van grofvuil en vis te beperken.

In het kader van vergunningverlening voor het koelwatergebruik heeft Rijkswaterstaat (bevoegd gezag) behoefte aan inzicht in de mate van inzuiging van vissen in het koelwatercircuit van Frisia Zout BV. In opdracht van Frisia Zout heeft Witteveen+Bos onderzoek naar de inzuiging uitgevoerd.

Het doel van het onderzoek was om:
- vast te stellen hoeveel vissen het koelwatercircuit passeren;
- vast te stellen wat de soort- en lengteverdeling van het passerende aanbod is;
- vast te stellen wat het effect van de zeef voor de pomp op het passerende visbestand is;
- een inschatting te maken van de ecologische gevolgen van de sterfte van de ingezogen vissen.

1.2. Leeswijzer

De verdere indeling van deze rapportage is als volgt:
- in hoofdstuk 2 wordt een beschrijving van de installatie voor koelwaterinname gegeven;
- in hoofdstuk 3 wordt de gevolgde aanpak bij de uitvoering van de bemonsteringen beschreven;
- in hoofdstuk 4 worden de onderzoeksresultaten beschreven;
- in hoofdstuk 5 worden de resultaten besproken en worden conclusies getrokken;
- tenslotte wordt in hoofdstuk 6 een overzicht gegeven van de literatuur die bij het opstellen van deze rapportage is gebruikt.

2. KOELWATERINNAME INSTALLATIE

2.1. systeembeschrijving

Om Frisia Zout BV van koelwater te voorzien is er in de haven van Harlingen een koelwaterinstallatie gebouwd. Het innamepunt van deze installatie bestaat uit een pompkelder met twee kanalen die is opgebouwd uit waterkerende damwanden. In de pompkelder staan twee verticaal geplaatste axiaalpompen met een capaciteit van 3.000 m^3/uur of 8,3 m^3/s. De pompen zijn axiaalpompen die veel geluid en trillingen veroorzaken. Deze pompen zijn vrijwel continu in bedrijf.

De instroomopening van de toevoerkanalen heeft een hoogte van 2 m en een breedte van 1,25 m. De vloer van de toevoerkanalen bevindt zich op –3,5m tov NAP. In de instroomopening is een grofmazig rooster aangebracht met mazen van 38 bij 38 mm. Om de inzuiging van fijn vuil in het koelwatercircuit te voorkomen is onder de aanzuigmond van de twee pompen een fijnmazige korf (afbeelding 2.1) aangebracht. Deze korf heeft een diameter van 0,6 m, een hoogte van circa 1 m en een mazen van 8 bij 8 mm. Er is geen installatie aanwezig om vuil voor het grof of fijnrooster te verwijderen.

afbeelding 2.1. De korven die als fijnmazige filters onder de koelwaterpompen worden aangebracht

Aan de rechter korf is zichtbaar dat het gaaswerk het onder de waterdruk begeven heeft. Vermoedelijke als gevolg van vuilophoping

2.2. Optredende stroomsnelheden

Wanneer de koelwaterpompen op maximale capaciteit draaien is de stroomsnelheid in de pompleidingen ongeveer 30 m/s. Dit levert naar schatting een stroomsnelheid van circa 3,3 m/s over het grofrooster en 3,7 m/s over de fijnmazige korf.

3. AANPAK

3.1. Bemonsteringen

De passage van het koelwatercircuit van Esco-Salt door vis is onderzocht door een vangstconstructie achter de uitstroomopening van het koelwatercircuit te plaatsen (afbeelding 3.1). Deze uitstroom bevindt zich onder water in een damwand en komt in de haven van Harlingen uit. Aan weerszijden van de uitstroomopening is een U-profiel op de damwand aangebracht. In deze U-profielen is ten behoeve van de bemonsteringen een metalen raamwerk geplaatst dat voorzien was van wielen. Aan dit raamwerk werd een fijnmazige fuik bevestigd. Om de scheepvaart op het vangtuig te attenderen is aan het eind van de fuik een boei bevestigd.

Het uitstroomwater van het koelwatersysteem is gedurende de volgende periodes bemonsterd:

- van 3 tot en met 13 juni 2008. Gedurende deze periode is de uitstroom gedurende 8 etmalen bemonsterd. Tijdens 4 etmalen werd het water ingezogen terwijl er een zeef voor de pomp was bevestigd. Tijdens de overige 4 etmalen werd water zonder zeef aangezogen;
- van 29 september tot en met 3 oktober 2008. Gedurende deze periode is de uitstroom tijdens 4 etmalen bemonsterd. Tijdens deze bemonsteringen was er geen zeef aanwezig voor de pomp;
- van 15 tot en met 19 december 2008. Gedurende deze periode is de uitstroom gedurende 4 etmalen bemonsterd, waarvan 2 etmalen met zeef en 2 zonder zeef.

afbeelding 3.1. Vangstconstructie die is ingezet bij het onderzoek

3.2. Verwerking van de vangsten

Na elke bemonstering zijn de vangsten geregistreerd. Hierbij is gekeken naar de aanwezige soorten, aantal aangetroffen individuen per soort en de lengtefrequentieverdeling. Daarnaast is gekeken naar de mate van beschadiging en sterfte van de gevangen vissen.

3.3. Statistische toetsing

De invloed van de aanwezigheid van de zeef op het aantal ingezogen vissen is getoetst met behulp van t-toetsen in het statistisch programma SPSS 17.0. Hierbij zijn de vangsten bij inzet van de zeef vergeleken met de vangsten zonder de zeef. Er is zowel per bemonsteringsperiode als over alle bemonsteringen samen bekeken of er verschillen zijn in de totale vangst en de vangst per soort. Statistische verschillen werden geaccepteerd bij een P-waarde groter of gelijk aan 0,05.

4. RESULTATEN

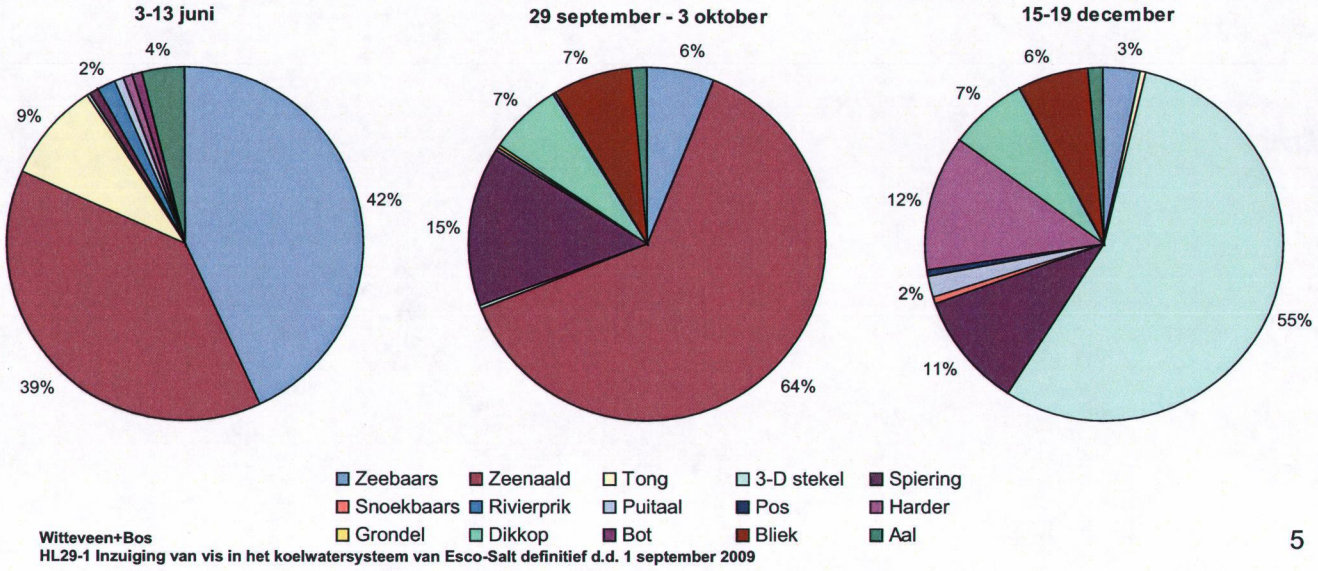
4.1. Omvang en samenstelling ingezogen bestand

Bij de bemonsteringen van het koelwater zijn verdeeld over de drie bemonsteringsperioden in totaal 1888 vissen gevangen. Tijdens de derde bemonsteringsperiode bleek het grootste aantal vissen ingezogen te worden, zowel in absolute aantallen als in de gemiddelde vangst per dag. In tabel 4.1 is de verdeling van de vangst over de drie bemonsteringsperioden en de diverse vissoorten weergegeven. In bijlage II zijn de onbewerkte vangstgegevens per periode opgenomen. Bij de bemonsteringen zijn in totaal 15 vissoorten aangetroffen. De kleine zeenaald, de driedoornige stekelbaars en de zeebaars waren het meest talrijk in de vangsten. In afbeelding 4.1 is de verdeling van de vangsten over de verschillende vissoorten per bemonsteringsperiode weergegeven. Uit de afbeelding komt naar voren dat zeebaars en zeenaald tijdens de eerste bemonsteringsperiode samen 81% van de vangst uit maakten. De zeenaald had ook tijdens de tweede bemonsteringsperiode een groot aandeel aan de vangst. Tijdens de derde bemonsteringsperiode bleek met name de driedoornige stekelbaars talrijk in de vangsten met een aandeel van 55% aan het totaal aantal gevangen vissen.

tabel 4.1. Omvang en samenstelling van de vangst per onderzoeksperiode

	03/06 –13/06		29/09 – 03/10		15/12 – 19/12	
	aantal	aantal per dag	aantal	aantal per dag	aantal	aantal per dag
Aal	19	2,4	9	2,3	11	2,8
Bliek (jonge haring of sprot)	1	0,1	47	11,8	46	11,5
Bot	4	0,5	1	0,3	0	0
Dikkop	0	0	44	11	54	13,5
Grondel	0	0	2	0,5	0	0
Harder	4	0,5	1	0,3	91	22,8
Pos	0	0	0	0	4	1
Puitaal	4	0,5	0	0	15	3,8
Rivierprik	9	1,1	0	0	0	0
Snoekbaars	0	0	0	0	4	1
Spiering	4	0,5	96	24	78	19,5
Driedoornige stekelbaars	1	0,1	1	0,3	406	101,5
Tong	46	5,8	0	0	4	1
Zeenaald	195	24,4	405	101,2	0	0
Zeebaars	218	27,3	40	10	24	6
Totaal	505	63	646	81	737	92

afbeelding 4.1. Aandeel van de aangetroffen vissoorten aan het totaal aantal gevangen vissen



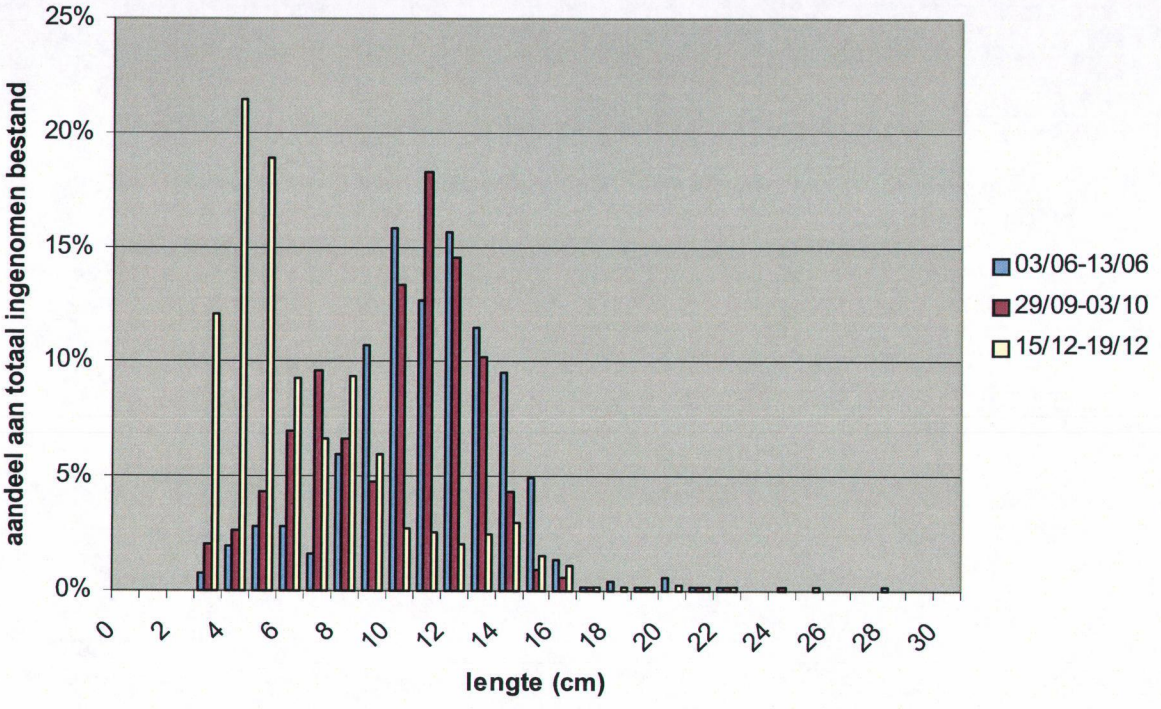
afbeeling 4.2. Vangst aan overwegend zeebaars en zeenaald op 3 juni 2008

afbeelding 4.3. Vangst van 1 oktober, bestaand uit voornamelijk zeenaald en spiering

4.2. Lengteverdeling

In afbeelding 4.4 is de lengtefrequentieverdeling van de totale vangst in elk van de drie bemonsteringsperioden weergegeven. Uit de afbeelding blijkt dat de lengtefrequentieverdeling tijdens de tweede en derde perioden vrijwel vergelijkbaar was. Tijdens de derde bemonsteringsperiode hadden de lengteklassen tot 7 centimeter een relatief groot aandeel aan de vangsten, terwijl deze lengteklassen bij de eerdere vangsten slechts beperkt vertegenwoordigd waren. Wanneer naar de lengtefrequentieverdelingen per vissoort gekeken wordt (bijlage I), blijkt dat het verschil in lengtefrequentieverdelingen wordt veroorzaakt door de vangsten aan driedoornige stekelbaars, zeenaald en zeebaars. Tijdens de derde bemonsteringsperiode zijn veel driedoornige stekelbaarsjes met een lengte tussen 4 en 6 centimeter gevangen, terwijl zeenaalden en zeebaarzen zorgen voor het relatief grote aandeel van de lengteklassen tussen de 10 en 15 centimeter tijdens de eerste twee bemonsteringsperioden.

afbeelding 4.4. Lengtefrequentieverdeling van de totale vangst in de verschillende onderzoeksperioden



Uit de gevonden lengtefrequentieverdelingen per soort blijkt dat:

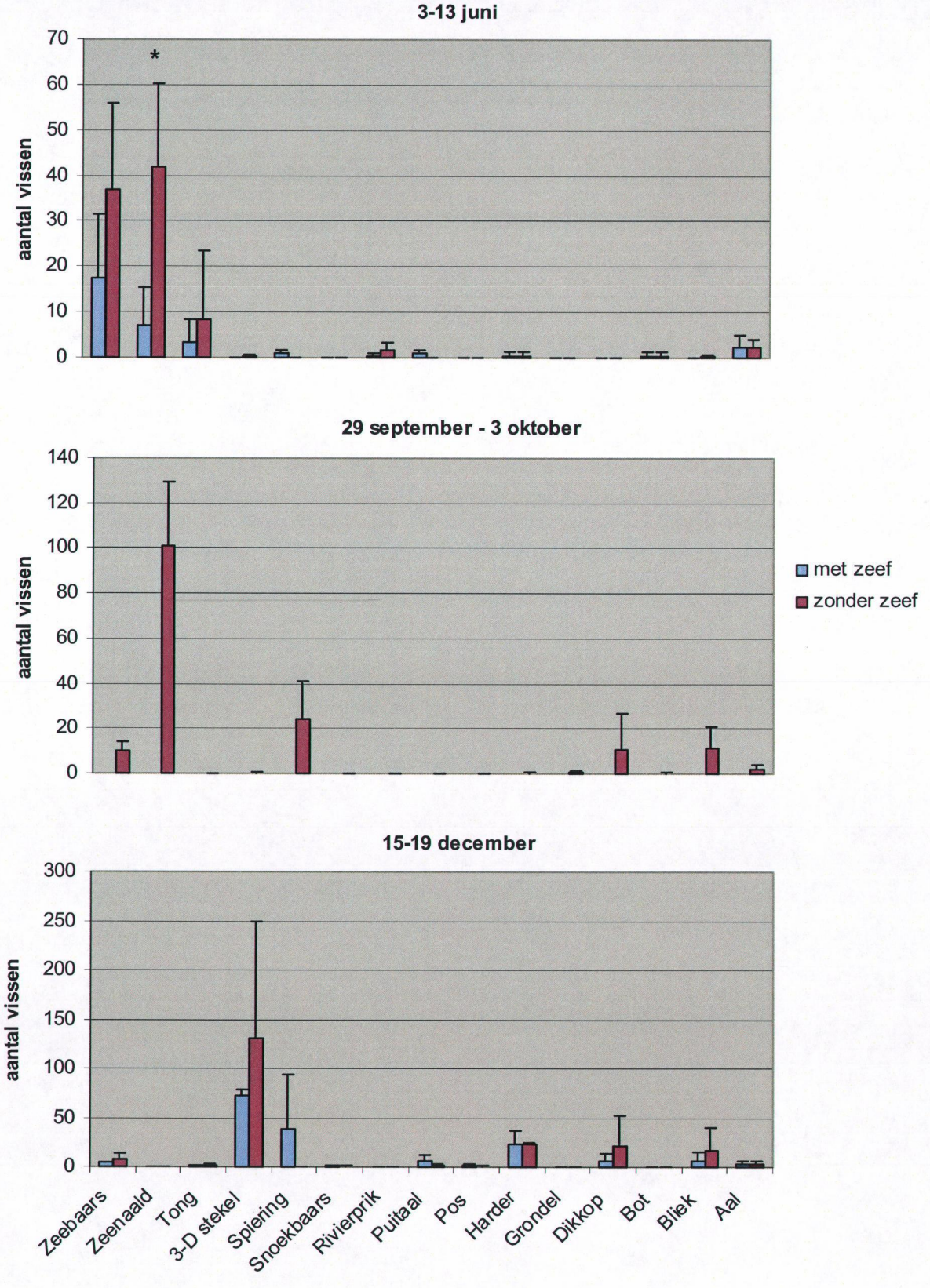
- de vangsten aan aal voornamelijk bestonden uit jonge paling. Dit zijn waarschijnlijk palingen die de buitenhaven gedurende één of meerdere jaren als opgroeigebied gebruiken;
- de gevangen bliek bestaat voornamelijk vissen met een lengte tot 10 centimeter. Dit zijn jonge vissen die de haven intrekken om te overwinteren;
- de aangetroffen dikkoppen houden zich in de zomer en het najaar op in de kustzone om in de winter verder de Waddenzee op te trekken;
- voor de driedoornige stekelbaars, tong, spiering en harder geldt dat het gevangen bestand voornamelijk uit 1-jarige vissen bestaat. Vermoedelijk trekken deze vissen in het najaar de buitenhaven in om te overwinteren;
- de zeenaalden die gevangen zijn betreffen volwassen exemplaren van de kleine zeenaald. Deze vissen zijn gedurende het hele jaar langs de kust aanwezig en verblijven waarschijnlijk in de buitenhaven;
- van de overige soorten zijn slechts enkele exemplaren gevangen. Dit betreffen soorten die in lage dichtheden aanwezig zijn of passanten.

4.3. Effectiviteit van de zeef

4.3.1. Vangstgrootte

De invloed van de zeef op de inname van vis is tijdens de onderzoeksperiode vastgesteld zowel op dagen dat de zeef wel bevestigd was als op dagen waarop de zeef niet bevestigd was bemonsteringen uit te voeren. In afbeelding 4.5 is de gemiddelde vangst per soort weergegeven voor de bemonsteringen met en zonder zeef in de drie onderzoekperioden.

afbeelding 4.5. Gemiddelde vangst per etmaal per vissoort bij bemonstering met en zonder zeef. De variatie in de vangsten is door middel van foutbalken (standaarddeviaties) aangegeven. De asterisk geeft een statistisch significant verschil weer (P > 0,05)

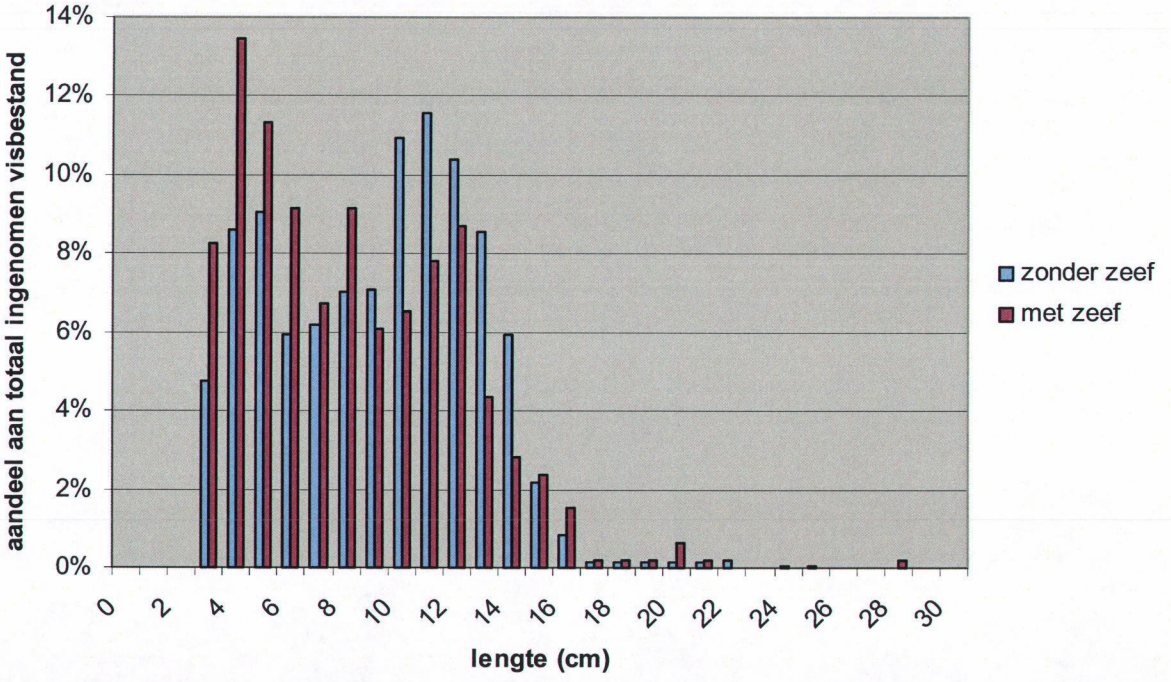


Door middel van statistische toetsing is bekeken of de aanwezigheid van de zeef invloed had op de vangstgrootte. De toetsing laat zien dat er in de eerste bemonsteringsperiode significant meer zeenaalden zijn ingezogen bij bemonstering zonder zeef dan bij bemonsteringen met de zeef. Er zijn geen statistisch significante verschillen in de vangstresultaten voor de andere vissoorten, voor andere onderzoeksperioden of voor de totale vangsten. Wel kan worden geconstateerd dat er gedurende de hele onderzoeksperiode voor vrijwel alle soorten meer vissen blijken te zijn ingezogen wanneer de zeef niet gebruikt werd.

4.3.2. Lengtefrequentieverdeling

In afbeelding 4.5 is de lengtefrequentieverdeling van het ingezogen visbestand opgenomen voor zowel de bemonsteringen met als zonder zeef. Uit de afbeelding komt naar voren dat de aanwezigheid van de zeef geen invloed lijkt te hebben op de lengtefrequentieverdeling van het ingezogen visbestand.

afbeelding 4.5. Lengtefrequentieverdeling in vangsten met en zonder zeef



4.3.3. Sterftepercentage

In tabel 4.2 is het sterftepercentage voor de ingezogen vissen weergegeven. Uit de tabel komt naar voren dat het sterftepercentage voor alle vissen zeer hoog is. Van de meest ingezogen vissoorten blijkt alleen een deel van de zeebaarzen de inname te overleven. De sterftepercentages blijken gedurende elk van de drie onderzoeksperiodes hoog te zijn. De aanwezigheid van de zeef lijkt geen duidelijk effect op de overleving te hebben. Voor sommige soorten lijkt de zeef in een daling van de sterfte te resulteren, terwijl het sterftepercentage voor andere soorten toeneemt bij aanwezigheid van de zeef.

tabel 4.2. Sterftepercentage onder de verschillende vissoorten in de drie onderzoeksperioden bij bemonstering met en zonder zeef. Tijdens de tweede onderzoeksperiode zijn alleen waarnemingen zonder zeef gedaan

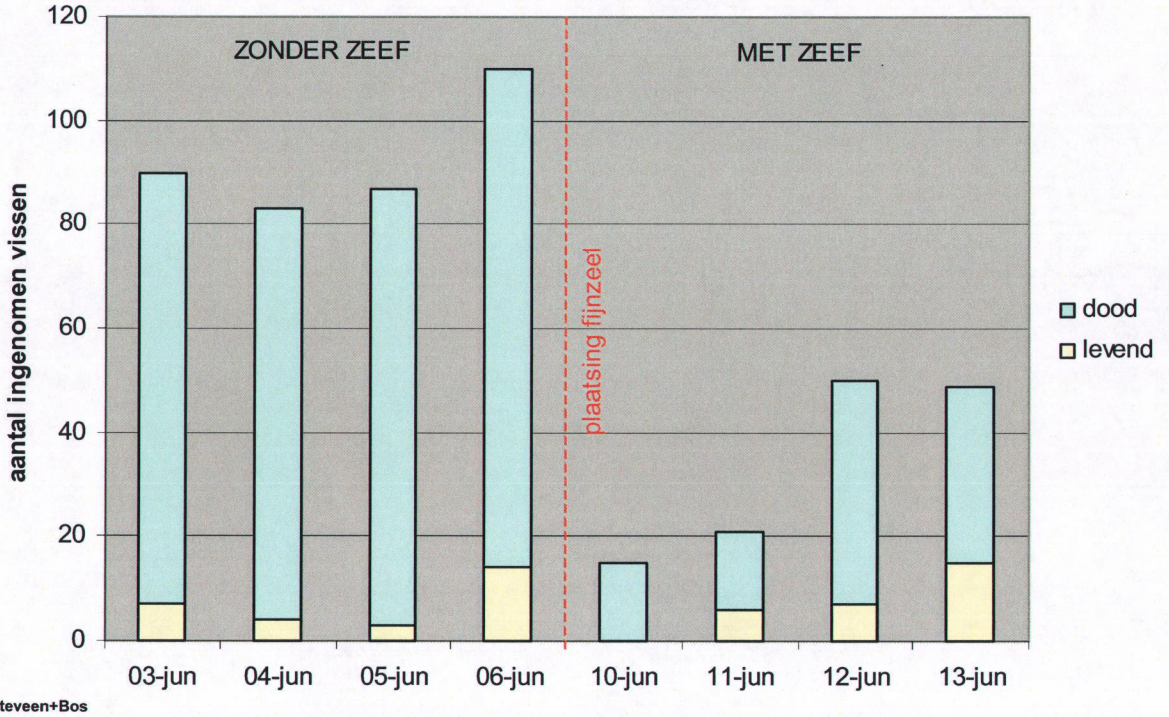
		Zeebaars	Zeenaald	Tong	3-D stekel	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal	totaal
03/06 – 13/06	met zeef	60	100	100		100		100	100		100			100		100	79
	zonder zeef	83	100	100	100			100			50			100	100	78	92
29/09 – 03/10	met zeef																
	zonder zeef	98	100		100	100					100	100	100	100	100	89	100
15/12 – 19/12	met zeef	100		100	74	100	100		100	100	83		45		100	100	84
	zonder zeef	88		100	89		100		100	100	42		100		100	83	86

Een groot deel van de vissen die dood in de netten zijn aangetroffen bleek te zijn beschadigd. Veel van de langere vissen (paling en zeenaalden) vertoonden breuken. Bij een deel van de zeebaarzen bleek de buikholte open te zijn gescheurd. Mogelijk door het optreden van onderdruk in het koelwatercircuit

4.3.4. Werking van de zeef

Uit de onderzoeksresultaten komt naar voren dat, zowel in de eerste als derde onderzoeksperiode, vissen zijn ingezogen tijdens bemonsteringen met de zeef. Gezien de maaswijdte van 0,6 mm hele maas zou er bij gebruik van de zeef vrijwel geen vis ingezogen kunnen worden omdat de meeste vissen breder zijn dan deze maaswijdte. In afbeelding 4.6 is het verloop in het aantal ingenomen vissen weergegeven voor zowel de periode voor de plaatsing van de fijnmazige zeef als voor de periode na de plaatsing van deze zeef. Er valt op dat het aantal ingezogen vissen sterk afneemt na de plaatsing, maar dat er ook na de plaatsing van de zeef nog vissen (voornamelijk baars en tong) worden ingezogen. Verder valt op dat het aantal ingezogen vissen geleidelijk toeneemt in de dagen na de plaatsing. Dit duidt erop dat vissen steeds slechter door de zeef worden tegengehouden. Het is bij Frisia Zout bekend dat de fijnmazige zeef snel dichtslaat door aangezogen materiaal, zoals drijvend vuil. Het komt geregeld voor dat de zeef het al enkele dagen na plaatsing begeeft onder de waterdruk die het aangezogen materiaal veroorzaakt (zie ook afbeelding 2.1). Het is daardoor aannemelijk dat de daling in de efficiëntie om vis te weren het gevolg is van schade aan de fijnmazige zeef.

afbeelding 4.6. Visinname tijdens de eerste onderzoeksperiode met en zonder zeef



5. DISCUSSIE

5.1. Omvang en samenstelling ingezogen visbestand

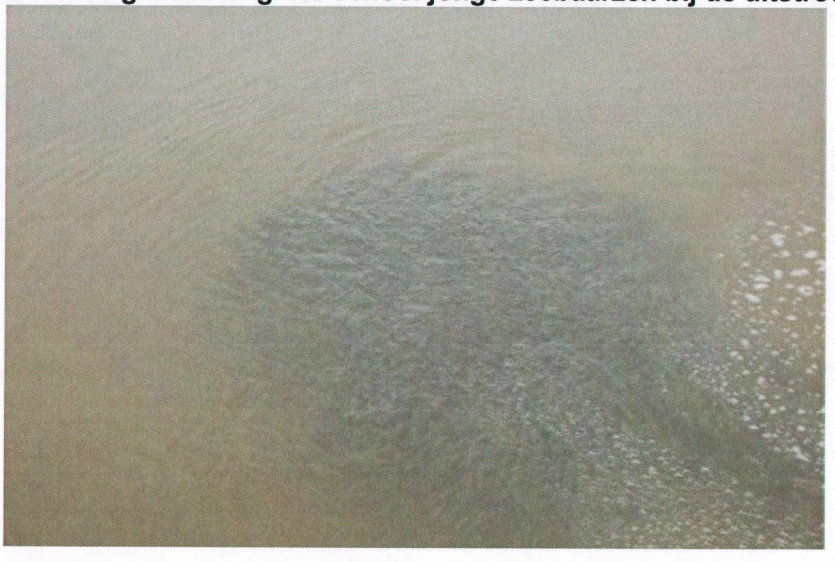
De bemonsteringen die binnen het onderzoek naar de inzuiging van vis in het koelwatercircuit van Frisia Zout zijn uitgevoerd zijn verdeeld over drie periodes. Uit de bemonsteringen komt naar voren dat de omvang en samenstelling van het ingezogen visbestand door het jaar heen varieert doordat de buitenhaven voor vissen verschillende functies vervult:

- in juni zijn de eerste bemonsteringen uitgevoerd. Deze periode valt kort na de paaitijd van veel vissoorten waardoor relatief veel broed en jonge vis in het oppervlaktewater aanwezig is. In de vangstresultaten is dit vooral zichtbaar door de inzuiging van een groot aantal jonge zeebaarzen. Dit waren juveniele vissen waarvoor de buitenhaven waarschijnlijk een relatief beschermde opgroeihabitat vormt. Ook de ingezogen vissen van de andere soorten betroffen hoofdzakelijk juvenielen. Bijzondere aandacht verdient de inzuiging van juveniele rivierprikken. De rivierprik is de enige door de Flora- en Faunawet beschermde vissoort die bij de bemonsteringen is aangetroffen. Deze zijn na enkele jaren in de bodem van een rivier te hebben geleefd stroomafwaarts gezwommen en in de kustwateren aangekomen. In totaal zijn er tijdens de bemonsteringen 9 rivierprikken aangetroffen. Deze zijn allemaal gevangen tijdens de bemonsteringen in juni;
- in september/oktober heeft de tweede bemonsteringsperiode plaatsgevonden. Deze periode valt aan het eind van het groeiseizoen. Van een aantal soorten die zich in het voorjaar voortplanten zijn de jongen inmiddels doorgegroeid en waarschijnlijk minder gevoelig voor inzuiging. Het lagere aantal ingezogen vissen van onder meer de zeebaars lijkt dit te bevestigen. Aan het eind van de zomer zijn er echter jonge vissen van andere soorten aanwezig in de haven, zo worden er onder andere jonge spieringen, dikkoppen en haringen (bliek) ingezogen;
- in december heeft de derde bemonsteringsperiode plaatsgevonden. Deze periode valt aan het begin van de winter. Vis verzamelt zich in het begin van de winter op overwinteringsplekken. De vangst van harders en stekelbaarzen lijkt erop te duiden dat de buitenhaven van Harlingen voor deze vissoorten een overwinteringsplek vormt.

5.2. Ecologisch effect van de inzuiging

De visdichtheid in havens is over het algemeen hoger dan in het open water. Dit komt vooral door de diversiteit aan structuren en de vele schuilmogelijkheden onder kades, aanlegsteigers en afgemeerde schepen [lit. 1, 2 en 3]. Daarnaast zijn havens veelal voedselrijker (eutrofer) dan het open water. Op basis daarvan kan verwacht worden dat er zich relatief grote hoeveelheden vis in de Harlingse buitenhaven op kunnen houden. Tijdens de bemonsteringen waren met enige regelmaat grote scholen kleine vis waarneembaar waaruit bleek dat er zich inderdaad talrijke vissen in de buitenhaven ophielden. Een duidelijk voorbeeld hiervan is zichtbaar in afbeelding 5.1. Deze opname is bij de uitstroomopening van het koelwatercircuit genomen.

afbeelding 5.1. Een grote school jonge zeebaarzen bij de uitstroom van het koelwatercircuit



Hoewel er dus verwacht kan worden dat er zich regelmatig grote hoeveelheden vis in de buitenhaven ophouden, zijn er tijdens de 16 bemonsteringsdagen in totaal slechts 1.888 vissen ingezogen. Dit komt overeen met een gemiddelde inzuiging van 118 vissen per 24 uur dat het koelwatercircuit in bedrijf is. Gezien de visbiomassa's die in de buitenhaven verwacht kunnen worden is dit een relatief laag aantal. Het is aannemelijk dat het relatief lage aantal vissen dat is ingezogen samenhangt met het geluid en de sterke trillingen die door de pompen van de koelwaterinstallatie geproduceerd worden. Over het algemeen hebben vissen namelijk een natuurlijke afkeer van objecten die trillingen en geluiden produceren [lit. 4]. De kans dat vissen vrijwilig trillende en/of luidruchtige installaties passeren is klein. Wij adviseren daarom om de huidige 'lawaaierige' koelwaterpompen te laten staan en zeker niet te vervangen door stillere pompen.

Uit de bemonsteringsresultaten blijkt dat vrijwel het gehele ingezogen visbestand de passage door het koelwatercircuit niet overleeft. De gevolgen van dit verlies op populatieniveau zijn afhankelijk van de leeftijd van de ingezogen vissen. Het verlies op populatieniveau is het grootst wanneer de ingezogen individuen volwassen vissen zijn die aan de reproductie deel kunnen nemen. In dat geval wordt het reproductieve vermogen van de populatie geschaad. Bij het huidige onderzoek bestond alleen de vangst aan kleine zeenaalden voor een groot deel uit volwassen exemplaren. In hoeverre dit effecten op populatieniveau heeft is onduidelijk, dit hangt af van de omvang van de lokale populatie. Bij onderzoek bij de Eems centrale is eerder gevonden dat het gewicht aan kleine zeenaalden dat per 1.000 m^3 inlaatwater werd ingezogen slechts 1% vertegenwoordigde van het bestand dat in het hetzelfde volume aan zeewater aanwezig was [lit. 5]. Aangezien voor het koelwatercircuit van de Eems centrale veel grotere watervolumes ingezogen worden dan bij Frisia Zout is het aannemelijk dat er geen effecten van de inzuiging bij Frisia Zout op de aanwezige populatie optreden. Van de overige vissoorten zijn hoofdzakelijk juvenielen ingezogen. De sterfte van deze juvenielen heeft naar verwachting geen effect op populatieniveau omdat deze individuen niet geslachtsrijp zijn. De sterfte door inzuiging van deze juvenielen zal bovendien voor de meeste vissoorten verwaarloosbaar zijn in vergelijking tot de natuurlijke sterfte. Deze natuurlijke sterfte is bij vissen over het algemeen hoog. Vissen spelen hierop in door grote aantallen nakomelingen te produceren. Het verlies van relatief kleine aantallen nog niet geslachtsrijpe nakomelingen schaadt de populatie daardoor niet.

5.3. Effectiviteit van de zeef

In de opzet van het huidige onderzoek is ervoor gekozen om de effectiviteit van de zeef te toetsen door zowel bemonsteringen uit te voeren met als zonder fijnmazige zeef voor de inlaat van het koelwatercircuit. De bemonsteringsresultaten duiden erop dat met zeef minder vis wordt ingezogen dan zonder zeef. Tijdens het onderzoek is echter ook vastgesteld dat er geen goede vergelijking te maken is tussen het meten met en zonder zeef. Hiervoor zijn twee redenen te noemen:

- de eerste reden is dat uit de resultaten naar voren komt dat de zeef al korte tijd na plaatsing beschadigd is geraakt. Dit blijkt uit het feit dat vissen werden ingezogen, terwijl dit gezien de maaswijdte van de fijnmazige zeef in theorie niet mogelijk is. De schade lijkt te ontstaan doordat de fijne mazen van de zeefkorf dichtslaan door aangezogen vuil. Er is geen systeem aanwezig om het vuil af te voeren, waardoor dit zich ophoopt tot de zeef het begeeft;
- de tweede reden is dat de optredende stroomsnelheden (3 tot 4 m/s) boven de maximale sprintsnelheid van de meeste vissoorten ligt [lit. 6]. Daardoor is het waarschijnlijk dat vissen niet meer weg kunnen komen zodra ze zich in het toevoerkanaal van de koelwaterpompen bevinden. Hierdoor worden de vissen altijd in de richting van de koelwaterpompen gezogen. De aan- of afwezigheid van de zeef bepaalt of de vissen daadwerkelijk worden ingezogen, maar heeft geen invloed op de aanzuiging. Ook in aanwezigheid van de fijnmazige zeef krijgen vissen niet de kans om om te draaien en van de koelwaterpompen weg te zwemmen.

De ophoping van vuil, de afwezigheid van een reinigingssysteem en de hoge stroomsnelheden over de fijnmazige zeef maken dat de zeef geen effectief middel vormt om de inname van vis in het koelwatersysteem te voorkomen. De huidige fijnmazige zeef heeft ook geen invloed op de overleving van inge-

zogen vissen en heeft daardoor vanuit ecologisch oogpunt geen meerwaarde. De zeef kan naar onze mening verwijderd worden zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor het aangezogen visbestand. Mogelijk verbeterd de overleving van het ingezogen visbestand zelfs doordat sterfte door 'impingement', het vastzuigen tegen de fijnmazige zeef, wordt voorkomen. Het alternatief is om de huidige fijnmazige zeef te vervangen door een zeefsysteem met reinigingsinstallatie, zoals een trommelzeef. Er zijn echter hoge kosten met de realisatie van dergelijke oplossingen gemoeid. Het relatief lage aantal vissen dat zonder zeef wordt ingezogen rechtvaardigt dergelijke investeringen naar onze mening niet.

5.4. Synthese en conclusies

De uitkomsten van het onderzoek kunnen als volgt worden samengevat:

- de omvang en samenstelling van het visbestand dat wordt ingezogen varieert door het jaar heen, maar bleek met gemiddeld 118 vissen per etmaal tijdens alle bemonsteringsperiodes relatief laag te zijn;
- vrijwel alle vis die wordt ingezogen overleeft de passage van het koelwatercircuit niet;
- de rivierprik is de enige beschermde vissoort die in de vangsten is aangetroffen;
- het ingezogen visbestand bestaat hoofdzakelijk uit jonge vis. Alleen van de kleine zeenaald zijn relatief veel volwassen exemplaren ingezogen;
- er worden geen gevolgen op populatieniveau verwacht van de inzuiging van koelwater door Frisia Zout;
- naar verwachting gaat er al een viswerende werking van de koelwaterpompen uit als gevolg van de sterke trillingen die de pompen veroorzaken;
- de huidige fijnmazige zeef is niet effectief voor het voorkomen van inzuiging van vis.

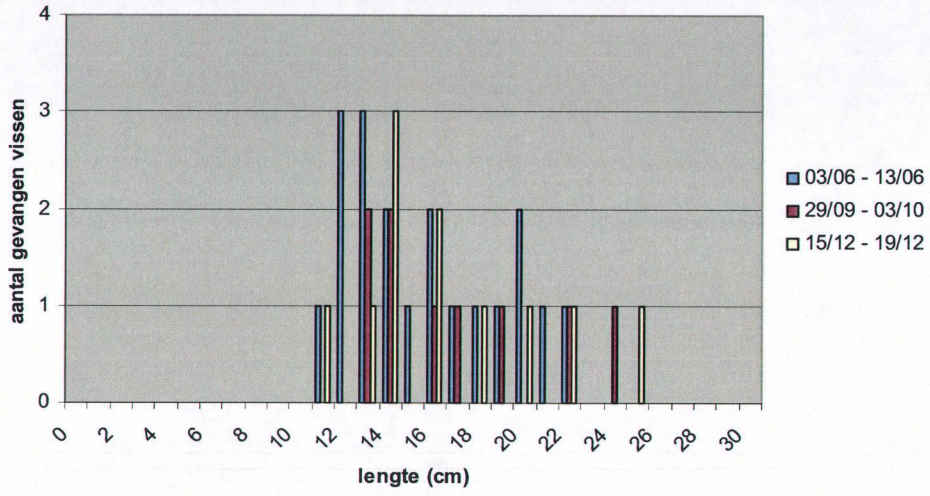
Naar onze mening is het aantal vissen dat per tijdseenheid wordt ingezogen in het koelwatercircuit van Frisia Zout relatief laag. Wij zien daardoor geen noodzaak voor aanpassing van de koelwaterinstallatie. Het is in onze ogen niet nodig om bijzondere maatregelen te treffen om de inzuiging van rivierprikken te voorkomen. Gezien het feit dat de huidige fijnmazige zeef niet effectief is adviseren wij om deze zeef te verwijderen. Naar onze mening is het aantal vissen dat zonder de fijnmazige zeef wordt ingezogen dusdanig laag dat grote investeringen in vervangende viswerende maatregelen niet gerechtvaardigd zijn.

6. REFERENTIES

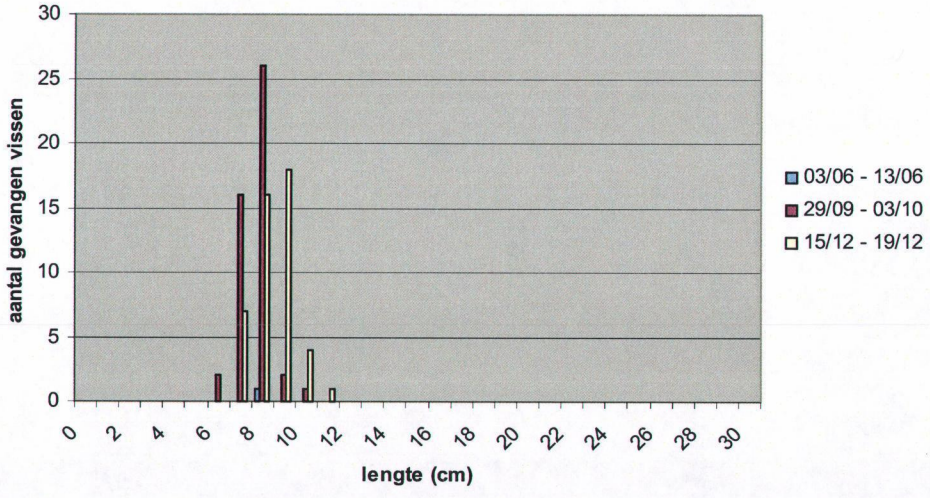
1. Connell, S.D., 2001. Urban structures as marine habitats: an experimental comparison of the composition and abundance of subtidal epibiota among pilings, pontoons and rocky reefs. Marine Environmental Research 52: 115-125
2. Copp, G.H., 1997. Importance of marinas and off-channel waterbodies as refuges for young fishes in regulated lowland rivers. Regulated Rivers 13: 303-307
3. Horky, P., Slavik, O., Bartos, L., Kolarova, J., Randak, T., 2007. Docksides as winter habitats of chub and pikeperch in the channelised Elbe River. Archiv für Hydrobiologie 168 (3): 281-287
4. Van Opzeeland, I., Slabbekoorn, H., ten Cate, C., 2007. Vissen en geluidsoverlast: Effect van geluidsbelasting onder water op zoetwatervissen. Rapport van de Universiteit Leiden
5. Kruitwagen, G., Klinge, M., 2008. Nadere analyse van de effecten van koelwateronttrekking op vis. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst
6. Winter, H.V., van Densen, W.L.T., 2001. Assessing the opportunities for upstream migration of non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. Fisheries management and ecology 8: 513 - 532

BIJLAGE I Lengtefrequentieverdelingen

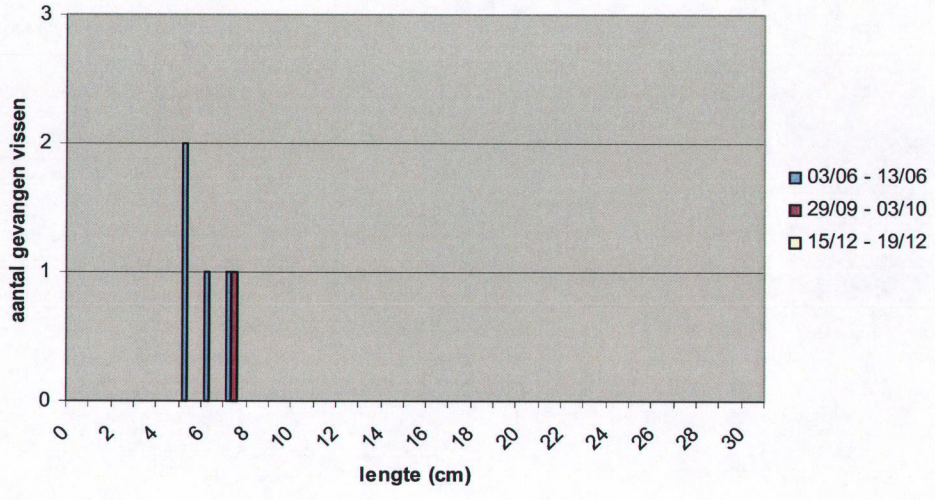
aal of paling



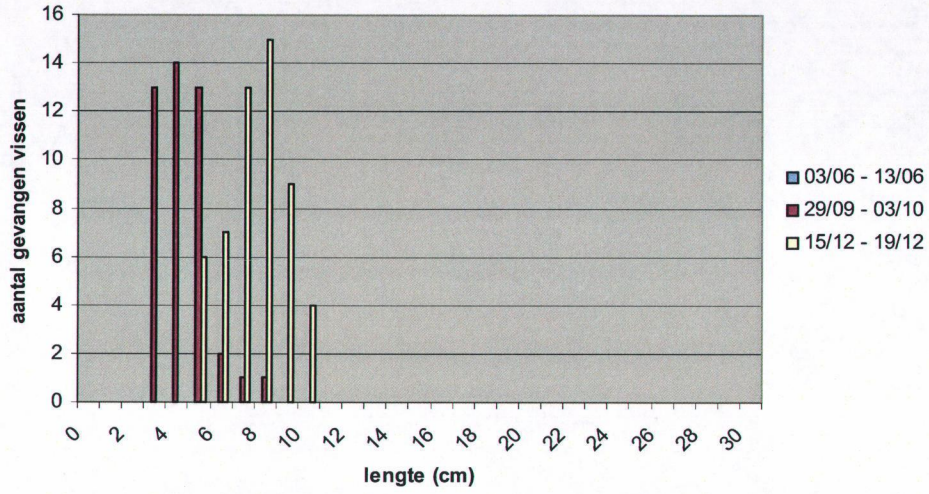
bliek



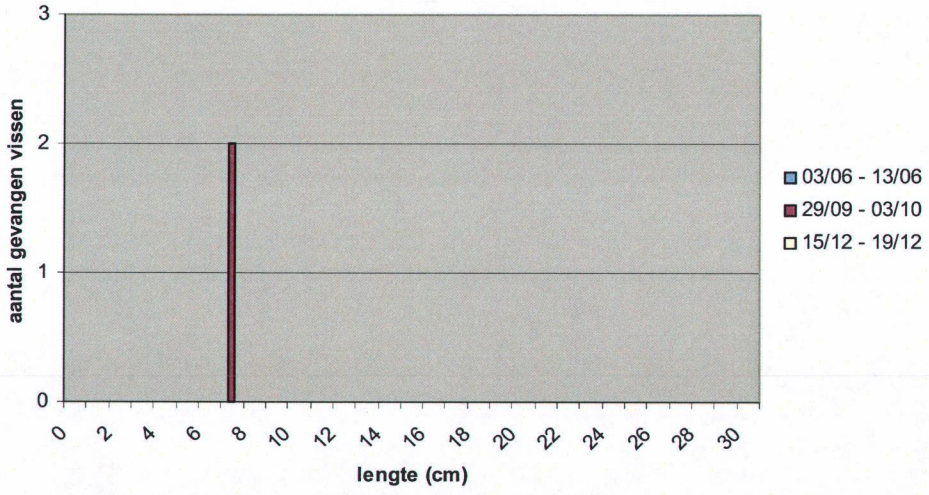
bot



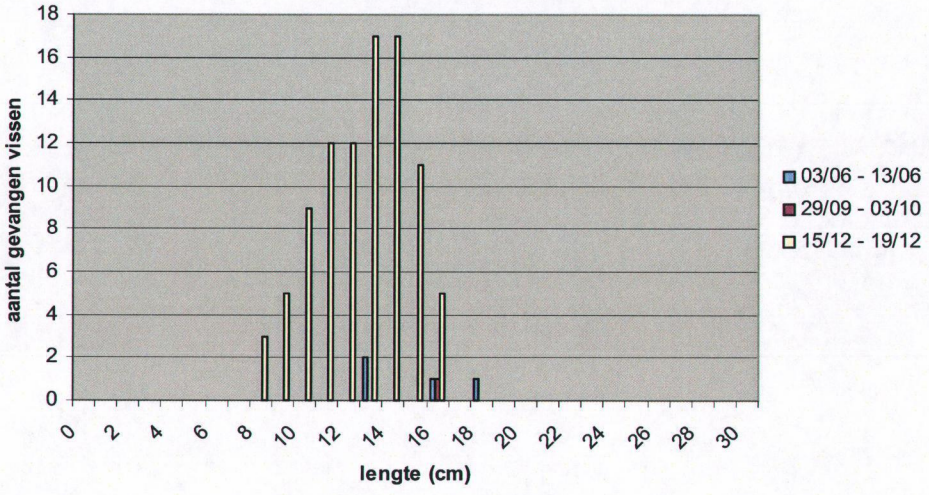
dikkop

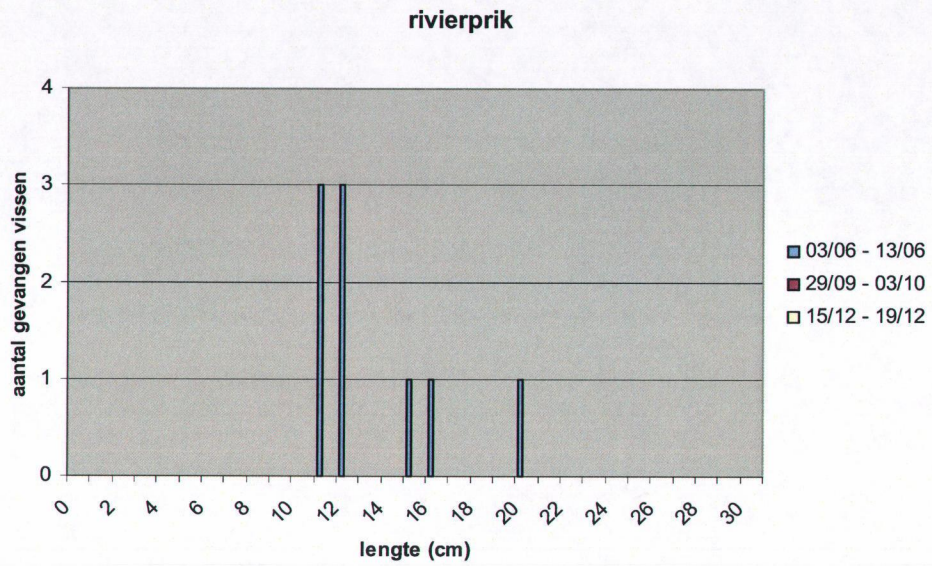


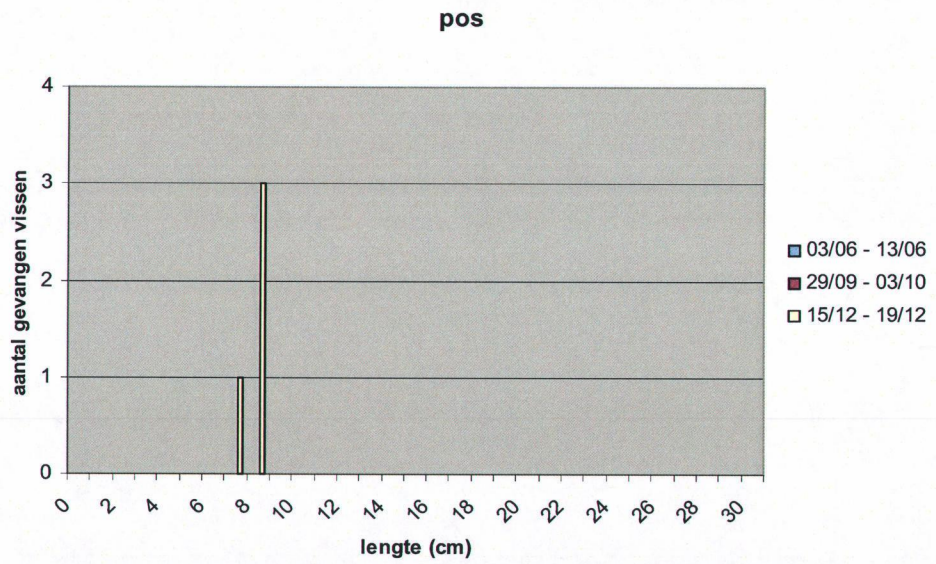
grondel

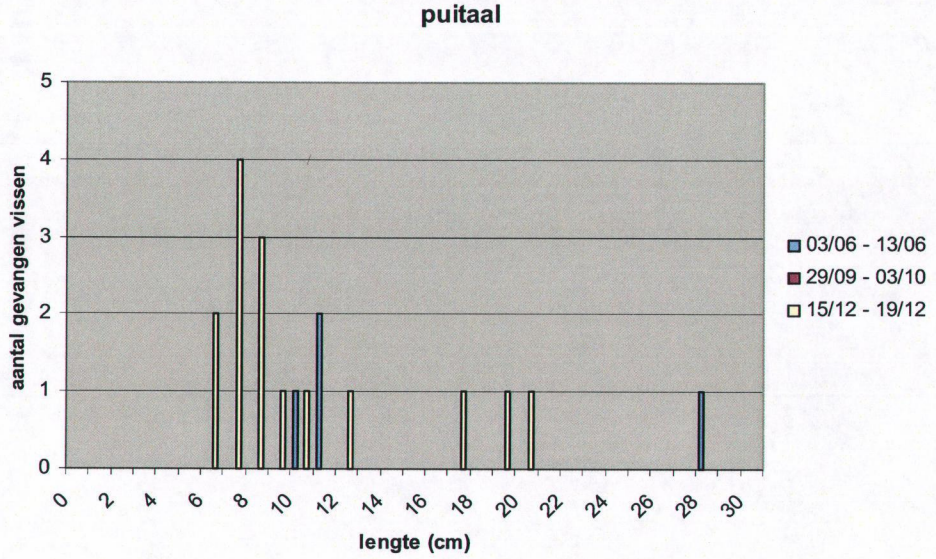


harder

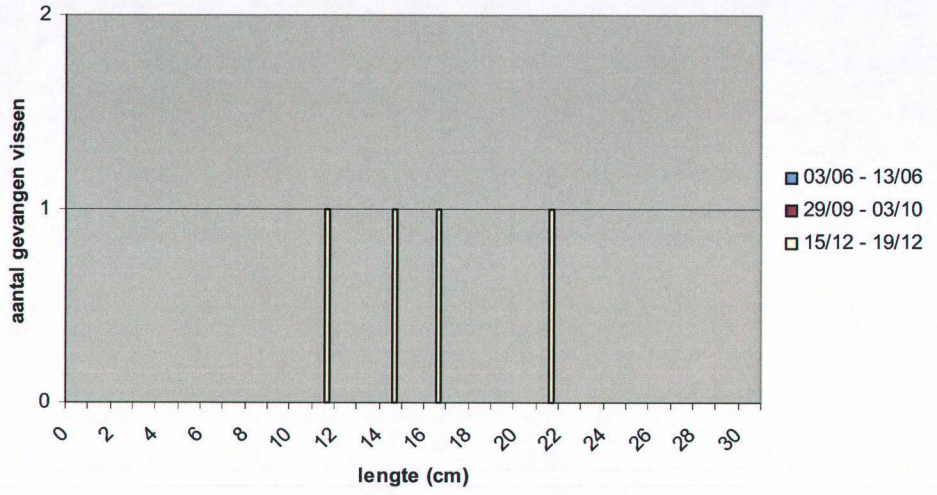



rivierprik
aantal gevangen vissen
lengte (cm)
03/06 - 13/06
29/09 - 03/10
15/12 - 19/12

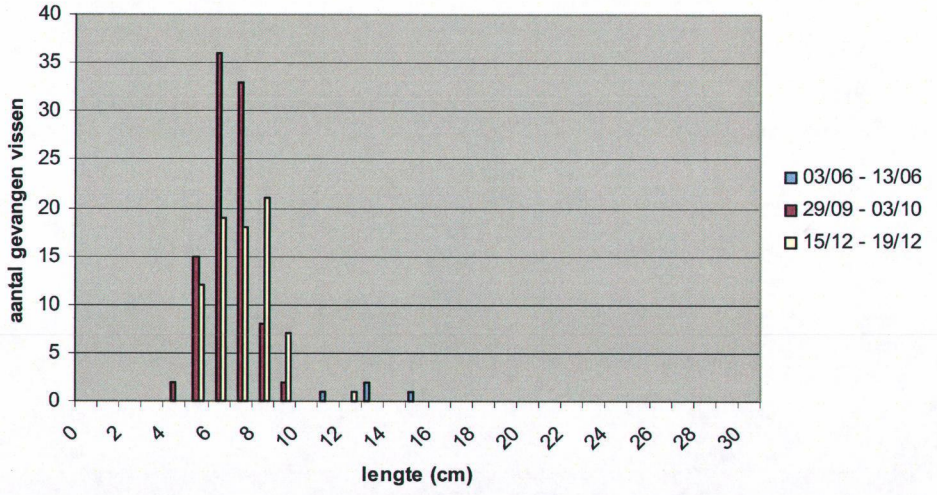

pos
aantal gevangen vissen
lengte (cm)
03/06 - 13/06
29/09 - 03/10
15/12 - 19/12


puitaal
aantal gevangen vissen
lengte (cm)
03/06 - 13/06
29/09 - 03/10
15/12 - 19/12

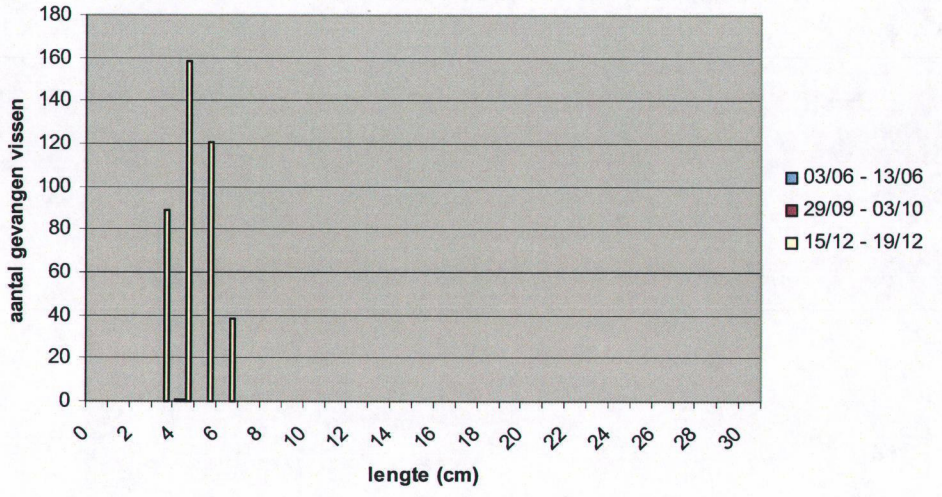
snoekbaars



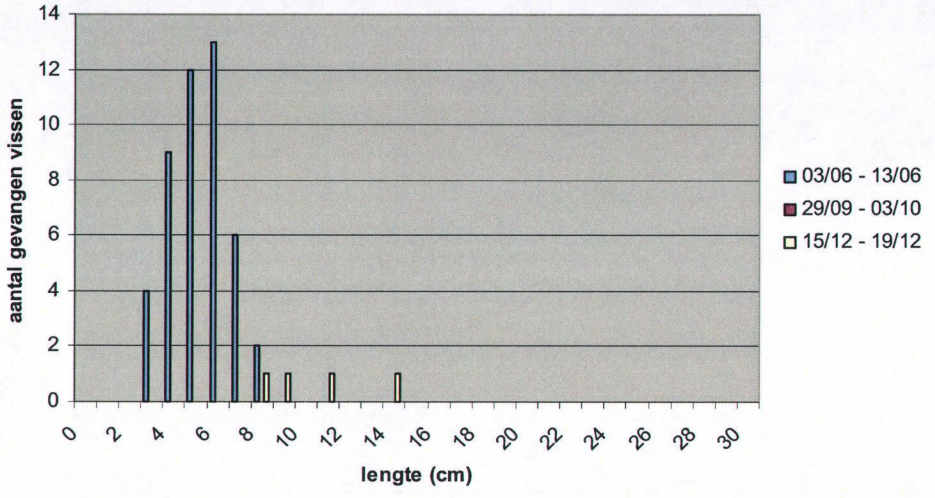
spiering



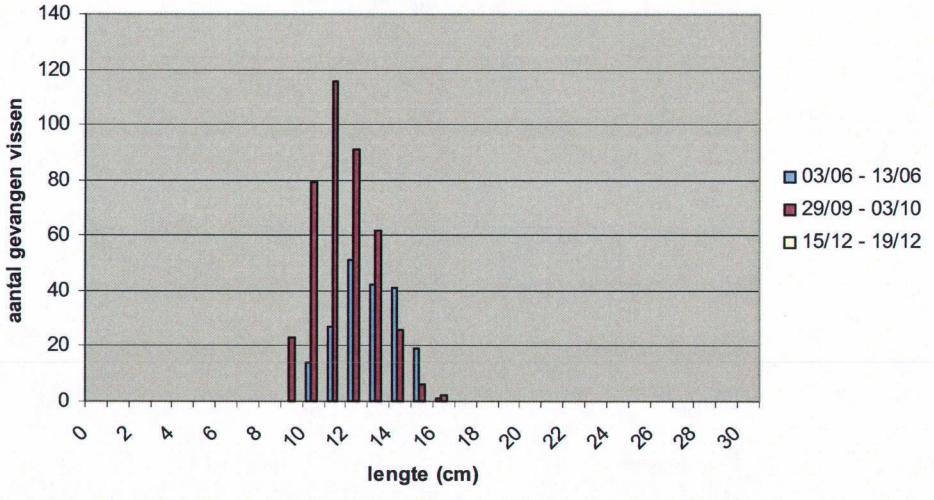
driedoornige stekelbaars



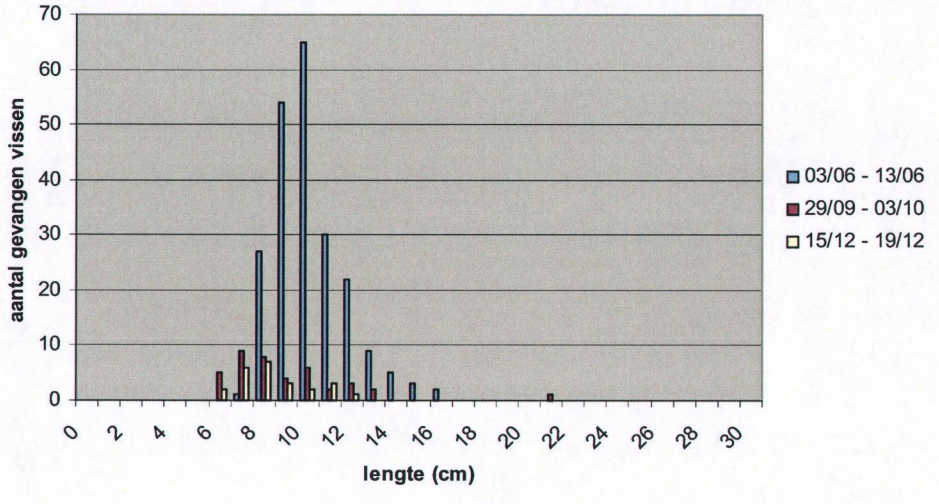
tong



zeenaald



zeebaars



BIJLAGE II Vangstresultaten

tabel 1. Vangstoverzicht van de eerste bemonsteringsperiode (3-13 juni 2008)

	Levende vis															Dode vis														
lengte	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	27	0	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1
12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	51	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	42	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

tabel 2. Vangstoverzicht van de tweede bemonsteringsperiode (29 september-3 oktober 2008)

	Levende vis															Dode vis														
lengte	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	33	0	0	0	0	0	2	1	1	16	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	26	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	23	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

tabel 3. Vangstoverzicht van de derde bemonsteringsperiode (15-19 december 2008)

	Levende vis															Dode vis														
lengte	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal	Zeebaars	Zeenaald	Tong	driedoornige stekelbaars	Spiering	Snoekbaars	Rivierprik	Puitaal	Pos	Harder	Grondel	Dikkop	Bot	Bliek	Aal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	12	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	37	19	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	18	0	0	4	1	0	0	13	0	7	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6	0	1	0	21	0	0	3	3	3	0	13	0	16	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0	1	0	7	0	0	1	0	4	0	8	0	18	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	3	0	4	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	10	0	0	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	11	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0