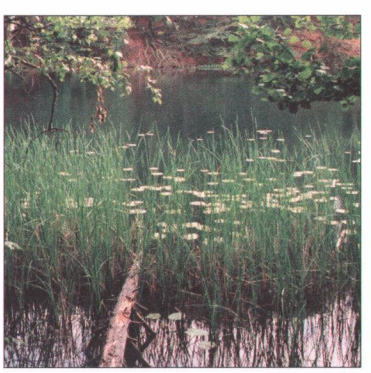
RW
17031

Witteveen+Bos

Rijkswaterstaat Waterdienst

Nadere analyse van de effecten van koelwateronttrekking op vis



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

Witteveen+Bos

Rijkswaterstaat Waterdienst

Nadere analyse van de effecten van koelwateronttrekking op vis

referentie	projectcode	status
RW1783-1/krub/002	RW1783-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
dr. G. Kruitwagen	drs. M. Klinge	18 december 2008

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.

194630

INHOUDSOPGAVE **blz.**

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding 1
1.2. Doel 1
1.3. Leeswijzer 1

2. AANPAK **2**
2.1. Algemene basisbewerking 2
2.1.1. Mate van inzuiging per koelwatergebruiker, lengteklasse of jaar 2
2.1.2. Mate van inzuiging per soort 2
2.2. Statistiek 3
2.2.1. Mate van inzuiging per koelwatergebruiker, lengteklasse en soort 4
2.2.2. Mate van inzuiging per jaar 4

3. RESULTATEN **5**
3.1. Drie koelwatergebruikers 5
3.1.1. Koelwatergebruiker 5
3.1.2. Jaar 6
3.1.3. Lengteklasse 6
3.2. Per koelwatergebruiker: Eon centrale 7
3.2.1. Jaar 8
3.2.2. Lengteklasse 8
3.2.3. Vissoort 9
3.3. Per koelwatergebruiker: Eemscentrale 11
3.3.1. Jaar 12
3.3.2. Lengteklasse 12
3.3.3. Vissoort 13
3.4. Per koelwatergebruiker: Shell Moerdijk 14
3.4.1. Jaar 15
3.4.2. Lengteklasse 15
3.4.3. Vissoort 17

4. BESPREKING **19**

5. REFERENTIES **21**

laatste bladzijde **21**

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Bij veel elektriciteitscentrales en industriële processen wordt oppervlakte water als koelwater gebruikt. Hierbij worden relatief grote hoeveelheden water onttrokken uit rivieren, meren, kanalen en kustwateren. Tegelijkertijd met het onttrekken van water worden waterorganismen in het koelsysteem gezogen. Deze organismen blijven achter op mechanische filters, kunnen daar mogelijk beschadigen of sterven (impingment) en worden vervolgens afgevoerd of teruggevoerd naar het oppervlakte water. Organismen die te klein zijn voor het filter en daar doorheen gaan passeren het koelwatersysteem en kunnen mogelijk beschadigen of sterven in het systeem door temperatuur- en drukverschillen (entrainment).

Vanaf juni 2005 worden koelwaterlozingen en onttrekkingen getoetst aan de hand van de NBW-beoordelingssystematiek. Deze systematiek beoordeelt de lozing of onttrekking op basis van ecologische effecten van opwarming en onttrekking van oppervlaktewater. De mate waarin een onttrekking of lozing de lokale visstand beïnvloedt is echter lastig vast te stellen doordat de invloed sterk afhankelijk is van lokale omstandigheden. Om toe te werken naar een methode om de mate van inzuiging te kwantificeren heeft Rijkswaterstaat in het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008 het visaanbod en het ingenomen visbestand laten bemonsteren bij drie koelwatergebruikers. Deze bemonsteringen waren erop gericht om vast te stellen wat de ernst is van onttrekking in de voornaamste perioden waarin paai, opgroei en migratie plaatsvinden. Aan de hand van een beoordeling van bemonsteringsresultaten wenst Rijkswaterstaat te komen tot een handreiking voor de beoordeling van de ecologische effecten bij koelwatergebruik.

Rijkswaterstaat heeft Witteveen+Bos opdracht gegeven voor de uitvoering van een nadere analyse van de bemonsteringsresultaten. De uitkomsten van deze nadere analyse dienen samen met de eerdere resultaten als basis voor de ontwikkeling van een methodiek om de mate van inzuiging te kwantificeren. De mate van inzuiging wordt hierbij gedefinieerd als het deel van het visbestand dat in een onttrekkingsgebied aanwezig is dat wordt ingezogen in een koelwaterinstallatie.

1.2. Doel

Het doel van de nadere analyse van de databestanden van de uitgevoerde bemonsteringen is om te onderzoeken of er verschillen in de mate van inzuiging (uitgedrukt als de hoeveelheid ingezogen vis in verhouding tot het aanwezige visbestand) bestaan tussen:

- de waarnemingen in het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008;
- de verschillende koelwatergebruikers;
- de aangetroffen vissoorten;
- de aangetroffen lengteklassen.

1.3. Leeswijzer

De verdere indeling van deze rapportage is als volgt:

- in hoofdstuk 2 wordt de aanpak beschreven die bij de nadere analyse gevolgd is;
- in hoofdstuk 3 worden de analyseresultaten gepresenteerd;
- in hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken;
- tenslotte is in hoofdstuk 5 een overzicht opgenomen van de literatuur die bij de uitvoering van deze opdracht is geraadpleegd.

2. AANPAK

Bij alle analyses zijn Excel-bestanden uit het onderzoek dat door AquaTerra-KuiperBurger is uitgevoerd als bronbestanden gebruikt [lit. 1 en 2]. AquaTerra-KuiperBurger heeft in zowel het najaar van 2007 als het voorjaar van 2008 bemonsteringen uitgevoerd bij de koelwatergebruikers:

- de Eon centrale, een kolen- en biomassacentrale op de Maasvlakte in het Rotterdamse havengebied;
- de Eemscentrale, een energiecentrale vlakbij de Eemshaven in Noord-Groningen;
- Shell Moerdijk (verder aangeduid als Shell), een chemische fabriek aan het Hollands Diep (Natura 2000 gebied).

In de beide perioden zijn bij elke koelwatergebruiker vijf bemonsteringen uitgevoerd, verdeeld over vijf weken. Bij iedere bemonstering is zowel het visaanbod in het open water rond het innamepunt voor koelwater bepaald als de omvang van het bestand dat in de koelwaterinstallatie is ingezogen. De bemonstering van het open water was gericht op een fictief onttrekkingsgebied.

2.1. Algemene basisbewerking

De basisgegevens die van AquaTerra-KuiperBurger zijn ontvangen betroffen de vangstgegevens in zowel biomassa als aantal. Omdat er in de bronbestanden verschillende eenheden zijn gebruikt zijn de gegevens omgerekend tot dezelfde eenheden. Daarbij zijn de vangsten in het open water omgerekend naar een totaal bestand voor het volume van de fictieve onttrekkingsgebieden. De beschikbare gegevens met betrekking tot het ingezogen visbestand zijn uitgedrukt in totale bestanden die per etmaal worden ingezogen. De basis bewerkingen op de beschikbare gegevens en de verwerkingen tot grafieken zijn in Microsoft Excel uitgevoerd.

2.1.1. Mate van inzuiging per koelwatergebruiker, lengteklasse of jaar

Niet alle soorten en lengteklassen zijn bij elke bemonstering zowel in het open water aangetroffen als ingezogen. Dit resulteert erin dat veel data zouden wegvallen wanneer de mate van inzuiging per soort en lengteklasse zou worden bepaald. Om dit te voorkomen is voor de analyses van de mate van inzuiging bij de verschillende koelwatergebruikers, lengteklassen en jaren gebruik gemaakt van totale biomassa's en aantallen per koelwatergebruiker, lengteklasse en bemonstering. Hierbij zijn de aangetroffen bestanden voor alle soorten bij elkaar opgeteld. Vervolgens zijn de gevonden waarden voor het ingezogen visbestand gedeeld door de gevonden waarden voor het open water van de onttrekkingsgebieden om te komen tot de mate van inzuiging. De vergelijking van de mate van inzuiging voor de verschillende lengteklassen en jaren is zowel voor alle koelwatergebruikers samen als per koelwatergebruiker uitgevoerd.

2.1.2. Mate van inzuiging per soort

Vanwege de grote verschillen in aantallen en biomassa's tussen de verschillende lengtegroepen, zijn de vijf lengteklassen ten behoeve van de onderlinge vergelijking van de mate van inzuiging van de verschillende vissoorten als volgt samengevoegd:

- de lengteklassen 0+ en >0+-15 cm zijn samengevoegd tot de lengtegroep 0+-15 cm;
- de lengteklassen 16-25, 26-40 en >40 cm zijn samengevoegd tot de lengtegroep >15 cm.

De verschillen tussen de soorten zijn alleen per koelwatergebruiker gemaakt omdat de soortensamenstelling van de vangsten bij de verschillende gebruikers grote verschillen vertoont.

Voor de beide lengtegroepen zijn vervolgens inzuigingspercentages gebruikt, waarbij de volgende correcties zijn toegepast:

- de maximale score voor het inzuigingspercentage is op 100% gesteld. Het komt voor dat meer vis op de zeven is aangetroffen dan dat er in het onttrekkingsgebied is aangetroffen. In werkelijkheid kan dit niet omdat het ingezogen bestand nooit groter kan zijn dan het bestand dat oorspronkelijk in het open water van het onttrekkingsgebied aanwezig was. Deze fout kan echter optreden door een

verschil in vangstefficiëntie tussen de zeven en de methoden die in het open water zijn gebruikt. Bovendien geldt dat de bemonstering van het onttrekkingsgebied één momentopname is, terwijl de vangsten op de zeven de vangst over een veel langere periode betreffen;

- er is een minimale waarde aangehouden voor de omvang van het ingezogen visbestand. Doordat bij de bepaling van de mate van inzuiging gebruik wordt gemaakt van percentages bestaat de kans dat een zeer hoog percentage wordt gevonden, terwijl het aantal ingezogen vissen in werkelijkheid zeer laag is. Als gevolg van dit verschijnsel kan een bepaalde soort onevenredig veel gewicht krijgen in verhouding tot het aantal aanwezige vissen. Daarom is een minimale waarde gehanteerd die als drempelwaarde geldt. Alleen bij de vangst van hogere aantallen of een hoger gewicht dan de drempelwaarde wordt het inzuigingspercentage meegeteld. Als de vangst lager is dan de drempelwaarde wordt het percentage voor de betreffende groep op 0 gesteld. De gehanteerde drempelwaarden zijn als volgt:

tabel 2.1. Gehanteerde drempelwaarden bij de vergelijking van de mate van inzuiging van verschillende soorten

	biomassa	aantal lengtegroep 0+-15 cm	aantal lengtegroep >15 cm
Eon-centrale	1	100	1
Eemscentrale	1	100	10
Shell	0,1	10	1

De drempelwaarden zijn subjectief en zijn vastgesteld op basis van een beoordeling van de gevangen aantallen en biomassa's. Omdat de mate van inzuiging voor de verschillende soorten alleen binnen een lengtegroep en per koelwatergebruiker worden vergeleken, heeft de keuze voor verschillende drempelwaarden geen effect op de analyse.

2.2. Statistiek

Bij statistische toetsing wordt de relatie tussen waarnemingen getoetst. Daarbij wordt er (meestal) vanuit gegaan dat er geen relatie tussen verschillende variabelen bestaat. Dit uitgangspunt wordt ook wel de nulhypothese genoemd. De statistische toetsingen bekijken hoe groot de kans is dat de nulhypothese waar is, en er dus geen relatie tussen variabelen is. Deze kans wordt uitgedrukt in een significantieniveau en wordt aangeduid met een p-waarde. Hoe kleiner de p-waarde is, hoe waarschijnlijker het is dat er een relatie tussen variabelen bestaat. Bij de statistiek wordt uitgegaan van een drempelwaarde waaronder de significantie wordt geaccepteerd. Bij een waarde boven deze drempelwaarde is de kans dat er geen relatie tussen variabelen bestaat te groot om van een statistisch verschil te kunnen spreken.

Bij alle statistische testen die binnen dit project zijn uitgevoerd wordt uitgegaan van een significantie niveau van $p \leq 0,05$, tenzij anders aangegeven. Dit wil zeggen dat er sprake is van een statistisch significant verschil als bij een vergelijking van waarden een significantieniveau lager dan 0,05 wordt gevonden. Dus wanneer bij de vergelijking van de vangstaantallen van twee vissoorten een p-waarde van 0,02 wordt gevonden, kan met 98% zekerheid worden gezegd dat er van de ene soort statistisch significant meer vissen gevangen zijn dan van de andere soort. Wanneer er geen statistisch significant effect is gevonden is dit weergegeven met de afkorting n.s. (niet significant). De gevonden p-waarde is dan hoger dan het weergegeven significantieniveau.

Voor de statistische analyses is gebruik gemaakt van het statistiek pakket SPSS 16.0. Omdat de berekeningen worden uitgevoerd met de mate van inzuiging, uitgedrukt in percentages, is er geen sprake van een normale verdeling. Daarom worden alle statistische toetsingen uitgevoerd met non-parametrische testen, testen die geen aannames over de normaliteit van de verdeling doen. De foutbalken in de afbeeldingen geven de standaardfout (*standard error*) weer. De standaardfout is een maat

voor de spreiding tussen de verschillende waarnemingen. De standaardfout wordt kleiner naarmate het aantal waarnemingen groter is.

2.2.1. Mate van inzuiging per koelwatergebruiker, lengteklasse en soort

Binnen de brongegevens is er sprake van 3 koelwatergebruikers (Eon centrale, Eemscentrale en Shell) en 5 lengteklassen (0+, >0+-15, 16-25, 26-40 en >41 cm). Om te toetsen of er een overall significant effect van de factor koelwatergebruiker of lengteklasse op de mate van inzuiging van het aanwezige visbestand was, is gebruik gemaakt van Kruskal-Wallis testen. Deze test toont alleen aan óf er een algemeen significant effect van de betreffende factor op de mate van inzuiging aanwezig is. Om vervolgens te bepalen welke groepen (koelwatergebruikers of lengteklassen) statistisch van elkaar verschillen is gebruik gemaakt van Mann-Whitney testen. Bij deze toetsingen bestaat het risico op zogenaamde Type I fouten. Dit wil zeggen dat meer significante verschillen worden gevonden dan dat er daadwerkelijk bestaan doordat bij elke test tussen twee groepen opnieuw een significantie niveau van p=0,05 wordt aangehouden. Om dit te voorkomen zijn aangepaste Bonferroni correcties uitgevoerd. Hierbij wordt de p-waarde gedeeld door per vergelijking een aangepaste grenswaarde voor significantie te berekenen.

Deze berekening is als volgt [lit. 3]:

$$\text{gecorrigeerde significantiewaarde} = \frac{\text{standaard significantieniveau } p \leq 0{,}05}{n - \text{rangnummer van het vergeleken paar in significantie} + 1}$$

waarbij de waarde voor n wordt berekend door het totaal aantal groepen binnen de vergelijking te vermenigvuldigen met de eigen waarde – 1, en vervolgens te delen door 2. Bij de beschrijving van de resultaten zijn de gecorrigeerde significantiewaarden weergegeven na toepassing van een Bonferroni-correctie.

2.2.2. Mate van inzuiging per jaar

Bij de vergelijking van de twee waarnemingsperiodes (2007 en 2008) is gebruik gemaakt van een Mann-Whitney test omdat slechts sprake is van twee groepen die onderling vergeleken worden.

3. RESULTATEN

3.1. Drie koelwatergebruikers

3.1.1. Koelwatergebruiker

In tabel 3.1 zijn de resultaten van een vergelijking van de mate van inzuiging bij de verschillende koelwatergebruikers voor zowel biomassa als aantal weergegeven. De waarde geven aan dat er een algemeen significant effect van de functie koelwatergebruiker op de mate van inzuiging is. Tabel 3.2. geeft de resultaten weer van de toetsing waarin is bepaald welke groepen van elkaar verschillen. In afbeelding 3.1 is de mate van inzuiging grafisch weergegeven.

Uit tabel 3.2 en afbeelding 3.1 blijkt dat de mate van inzuiging van de visbiomassa bij de Eemscentrale significant hoger is dan bij de andere twee koelwatergebruikers en dat de mate van inzuiging van de visbiomassa bij de Eon centrale significant hoger is dan bij Shell. Wanneer wordt gekeken naar de mate van inzuiging van de aanwezige aantallen is er geen significant verschil tussen de Eemscentrale en de Eon centrale, maar wel tussen de Eemscentrale en Shell en de Eon centrale en Shell.

tabel 3.1. Significantie niveaus van verschillen tussen groepen volgens Kruskal-Wallis test (significant bij p≤0,05)

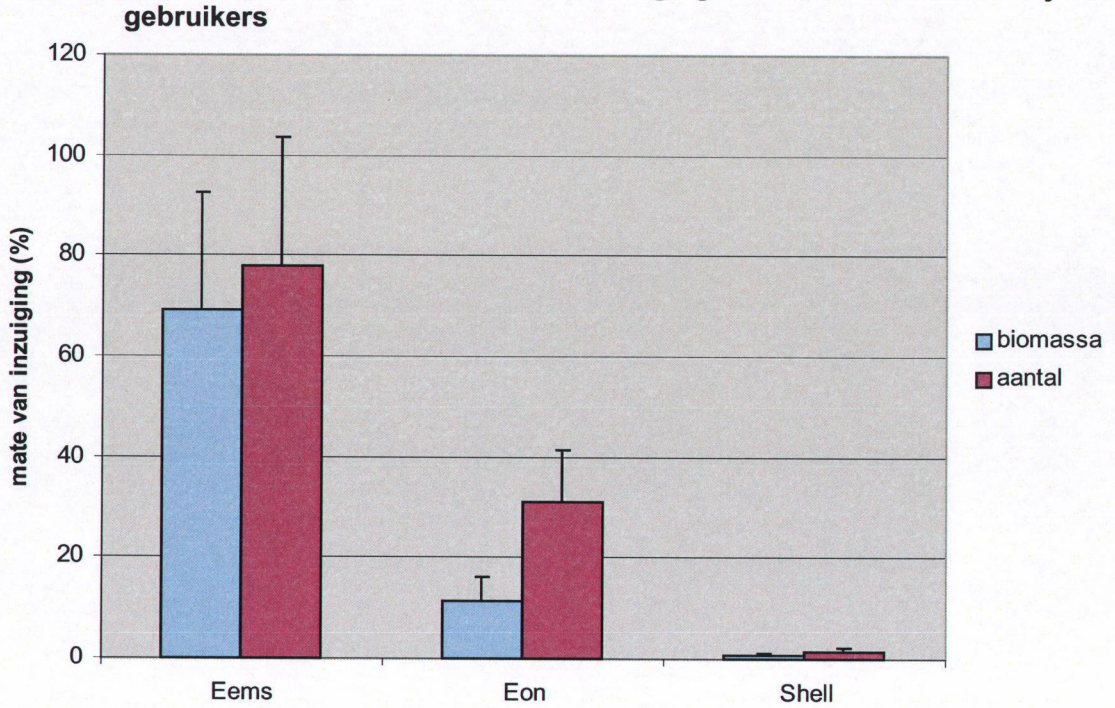
	biomassa	aantal
alle groepen	<0,001	<0,001

tabel 3.2. Significantie niveaus van verschillen tussen alle lengtegroepen volgens Mann-Whitney test met Bonferroni correctie (gecorrigeerd significantieniveau van p≤0,016). Waarde onder de diagonaal betreffen waarden behorend bij de vangstbiomassa's, terwijl de waarden boven de diagonaal waarden betreffen behorend bij de vangst in aantallen (cursief gedrukt)

	Eemscentrale	Eon centrale	Shell
Eemscentrale	---	*n.s.*	*<0,001*
Eon-centrale	0,001	----	*<0,001*
Shell	<0,001	0,002	----

n.s.=niet significant

afbeelding 3.1. Vergelijking van de mate van inzuiging in biomassa en aantal bij drie koelwatergebruikers



3.1.2. Jaar

In tabel 3.3 zijn de resultaten van een algemene vergelijking van de mate van inzuiging in het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008 opgenomen. Hieruit blijkt dat de mate van inzuiging in het najaar van 2007 niet significant verschilt van de mate inzuiging in het voorjaar van 2008.

tabel 3.3. Significantie niveaus van overall verschillen tussen metingen in najaar 2007 en voorjaar 2008 volgens Mann-Whitney test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
2007 en 2008	n.s.	n.s.

n.s.=niet significant

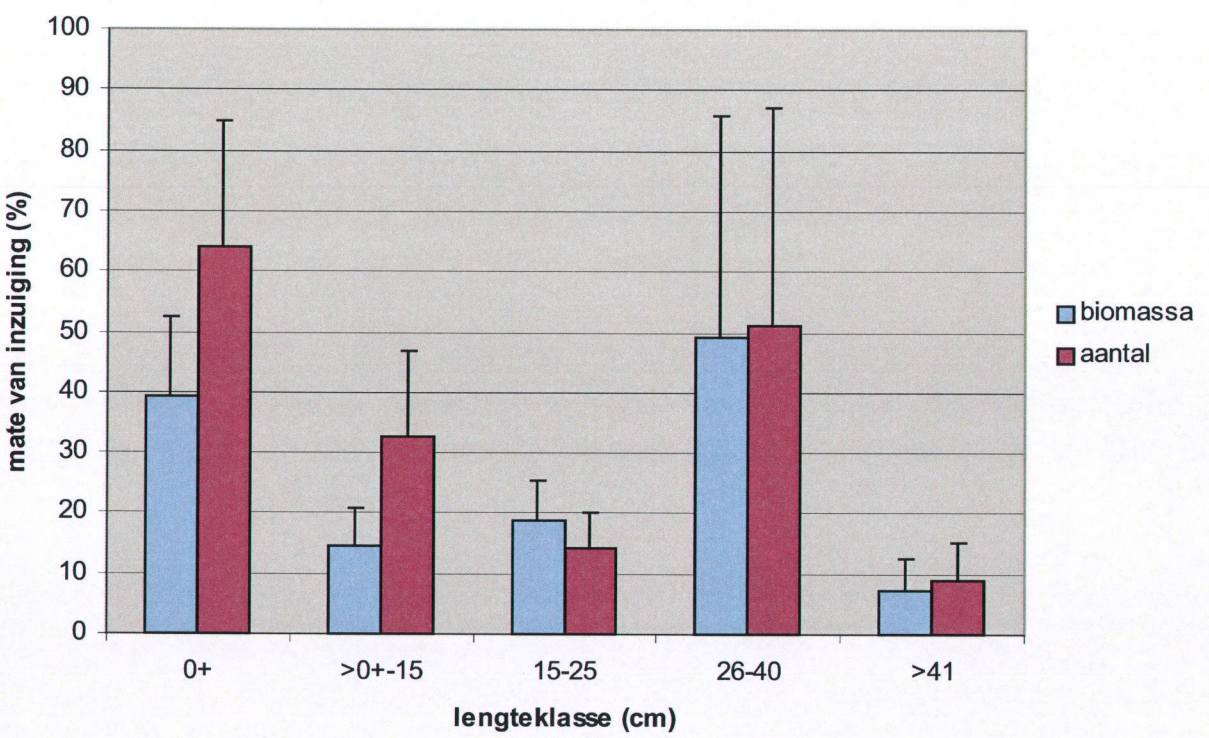
3.1.3. Lengteklasse

De resultaten in tabel 3.4 laten zien dat er een algemeen significant effect van de factor lengteklasse op de mate van inzuiging bestaat voor zowel biomassa als aantal. Tabel 3.5 en afbeelding 3.2 laten zien dat de verschillen in de mate van inzuiging voor de biomassa vooral bestaan tussen de laagste (0+ en >0+-15 cm) en de hoogste lengteklassen (26-40 en >40 cm), terwijl de verschillen in aantal bestaan tussen de laagste lengteklasse (0+) en alle overige lengteklassen.

tabel 3.4. Significantie niveaus van verschillen tussen alle lengtegroepen volgens Kruskal-Wallis test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
alle groepen	<0,001	<0,001

afbeelding 3.2. Mate van inzuiging bij de drie koelwatergebruikers voor de verschillende lengteklassen



tabel 3.5. significantieniveau van overall verschillen tussen lengtegroepen volgens Mann-Whitney test met Bonferroni correctie (gecorrigeerd significantieniveau van p≤0,005). Waarde onder de diagonaal betreffen waarden behorend bij de vangstbiomassa's, terwijl de waarden boven de diagonaal waarden betreffen behorend bij de vangst in aantallen (cursief gedrukt)

	0+	>0+-15	16-25	26-40	>41
0+	---	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
>0+-15	n.s.	---	n.s.	n.s.	<0,001
16-25	n.s.	n.s.	---	n.s.	n.s.
26-40	0,001	n.s.	n.s.	---	n.s.
>41	<0,001	0,001	n.s.	n.s.	---

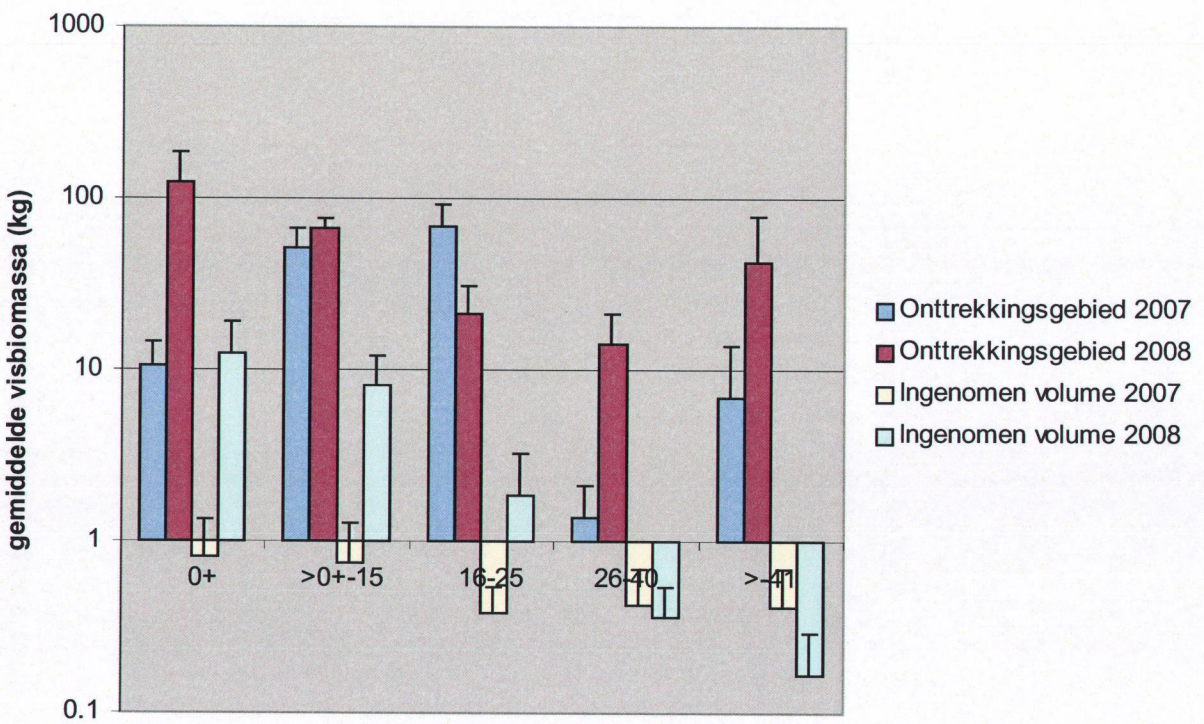
n.s.=niet significant

3.2. Per koelwatergebruiker: Eon centrale

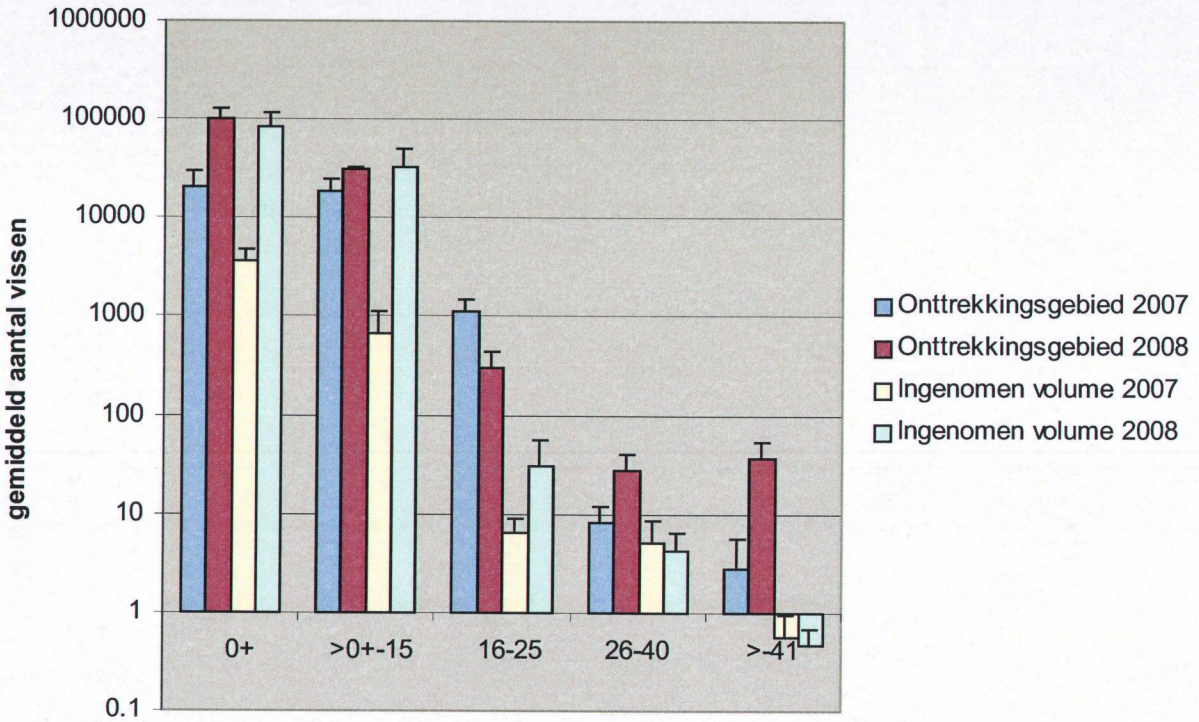
De mate van inzuiging is uitgedrukt in percentages. Om inzicht te krijgen in de biomassa en het aantal vissen waar de percentages betrekking op hebben zijn in de afbeeldingen 3.3 en 3.4 respectievelijk de gemiddelde biomassa en aantallen weergegeven die per bemonstering gevangen zijn.

Uit de afbeeldingen komt naar voren dat de visbiomassa in het onttrekkingsgebied voor alle lengteklassen in vrijwel dezelfde orde van grootte lag, terwijl de ingezogen visbiomassa lager wordt naar mate de lengte van de vissen toeneemt. Grotere vissen worden dus relatief minder ingezogen. Wanneer de bestanden worden uitgedrukt in aantallen is dit effect nog veel sterker. Verder valt op dat het aandeel van de verschillende lengteklassen in het visbestand in het onttrekkingsgebied sterke overeenkomsten vertoont met het aandeel in het ingezogen bestand.

afbeelding 3.3. Visbiomassa die in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij de Eon centrale is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



afbeelding 3.4. Aantal vissen dat in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij de Eon centrale is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



3.2.1. Jaar

In tabel 3.6 zijn de resultaten van de vergelijking van de mate van inzuiging bij de Eon centrale in het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008 opgenomen. Hieruit blijkt dat er geen verschil in de mate van inzuiging in biomassa was, maar wel in de mate van inzuiging in aantal. Dit significante verschil is een gevolg van de inzuiging van grote aantallen haring, spiering en glasgrondels die niet bij de bemonsteringen in het onttrekkingsgebied gevangen zijn.

tabel 3.6. Significantie niveaus van verschillen tussen metingen in najaar 2007 en voorjaar 2008 bij de Eon centrale volgens Mann-Whitney test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
2007 en 2008	n.s.	0,047

n.s.=niet significant

3.2.2. Lengteklasse

Tabel 3.7 laat zien dat er algemene significante verschillen in de mate van inzuiging van de verschillende lengteklassen zijn voor aantal. Aanvullende tests (tabel 3.8) en afbeelding 3.5 laten zien dat de verschillen bestaan tussen de laagste lengteklasse en twee hogere lengteklassen. De Mann-Whitney test laat zien dat ook een significant verschil bestaat tussen de groepen 0+ en 26-40 cm, maar dit verschil valt weg als gevolg van de Bonferroni-correctie. Uit afbeelding 3.5 blijkt een zeer duidelijke trend met een lagere mate van inzuiging in aantallen met een toenemende lengte.

tabel 3.7. Significantie niveaus van verschillen tussen alle lengtegroepen bij de Eon centrale volgens Kruskal-Wallis test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
alle groepen	n.s.	0,001

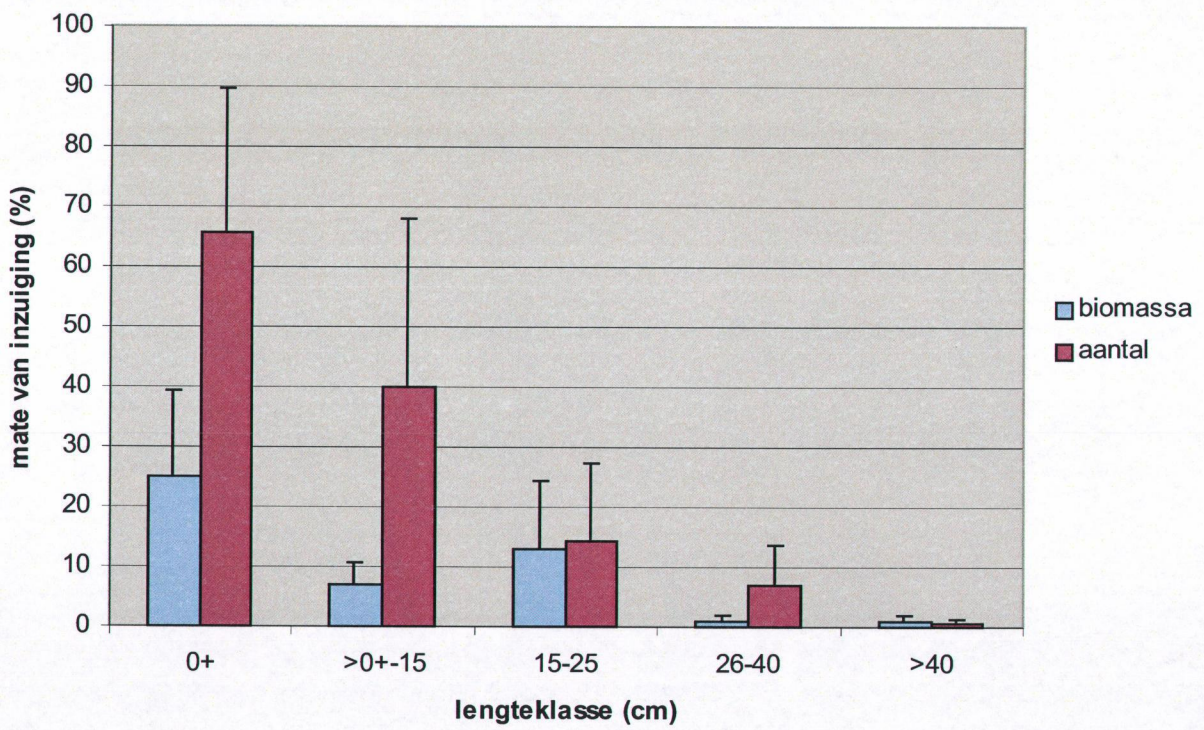
n.s.=niet significant

tabel 3.8. significantieniveau van verschillen tussen lengtegroepen bij de Eon centrale volgens Mann-Whitney test met Bonferroni correctie (gecorrigeerd significantieniveau van p≤0,005). Waarde onder de diagonaal betreffen waarden behorend bij de vangstbiomassa's, terwijl de waarden boven de diagonaal waarden betreffen behorend bij de vangst in aantallen (cursief gedrukt)

	0+	>0+-15	16-25	26-40	>41
0+	---	n.s.	0,001	n.s.	0,004
>0+-15	n.s.	---	n.s.	n.s.	n.s.
16-25	n.s.	n.s.	---	n.s.	n.s.
26-40	n.s.	n.s.	n.s.	---	n.s.
>41	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	---

n.s.=niet significant

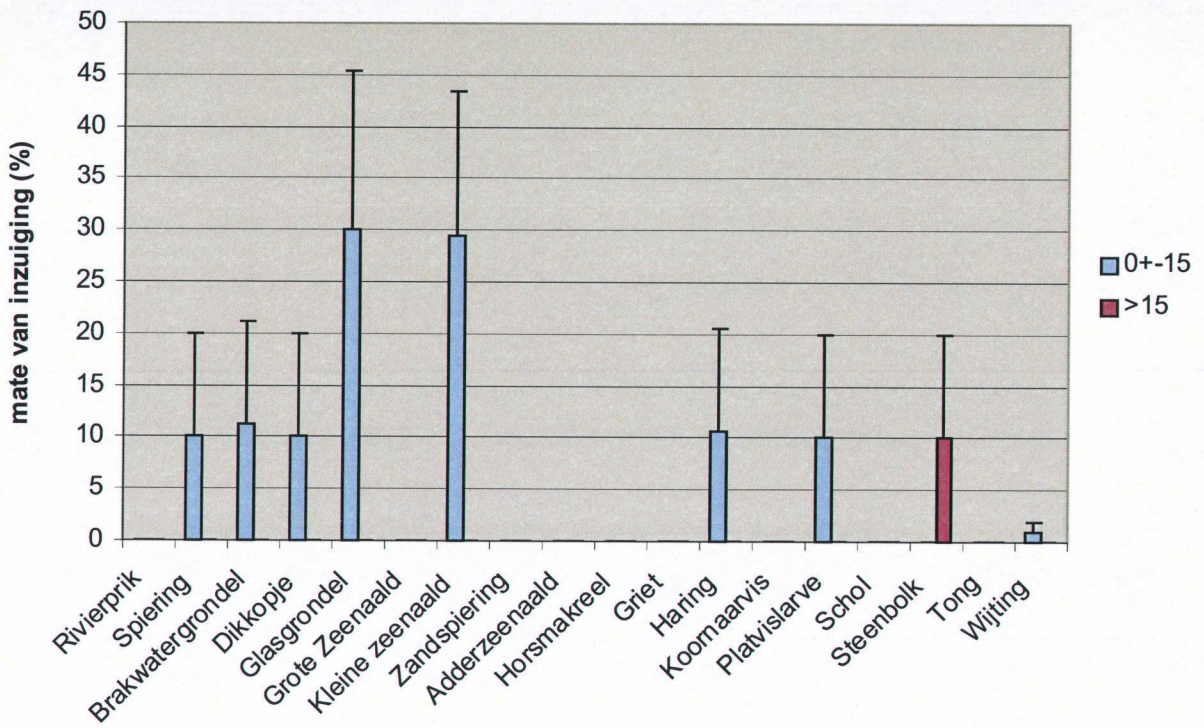
afbeelding 3.5. Mate van inzuiging in het koelwatercircuit van de Eon centrale voor de verschillende lengteklassen, uitgedrukt in percentage van het visbestand dat in het onttrekkingsgebied



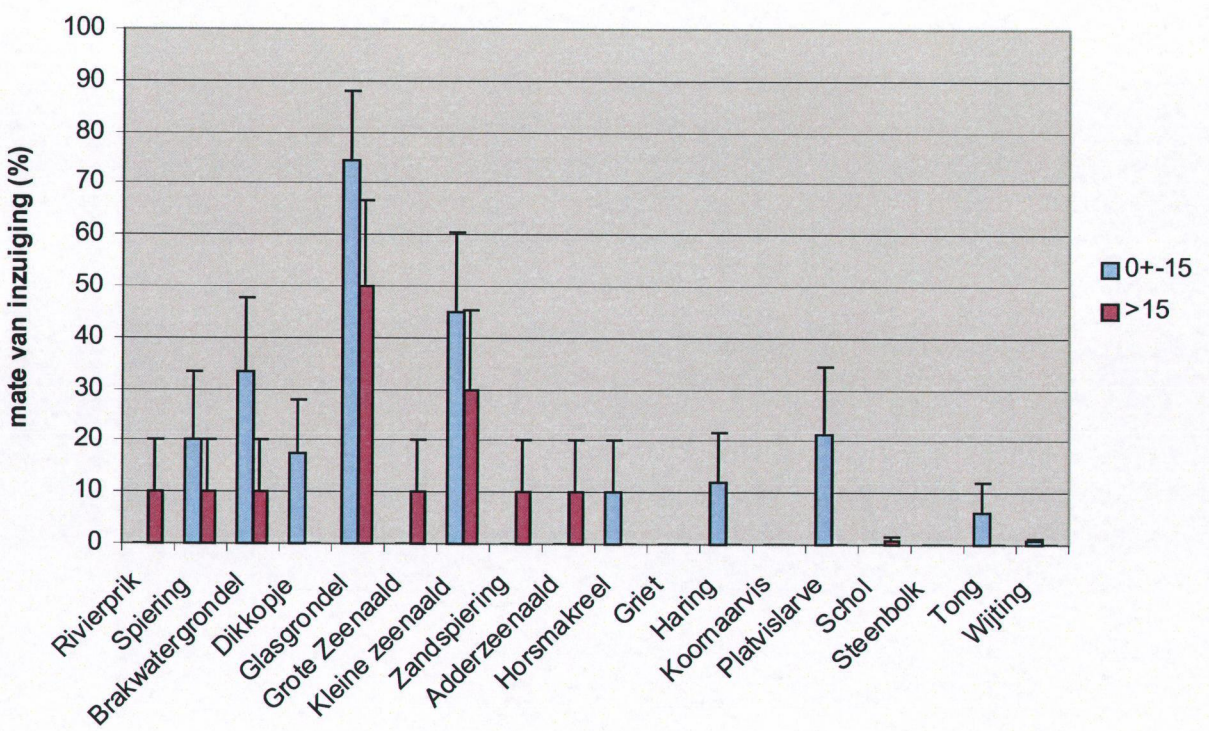
3.2.3. Vissoort

In de afbeeldingen 3.6 en 3.7 is de mate van inzuiging bij de Eon centrale weergegeven voor de verschillende vissoorten. Statistische toetsing toont algehele effecten tussen de factor soort en de mate van inzuiging voor aantallen aan voor zowel vissen met een lengte tot 15 cm (p<0,001) als voor grotere vissen (p=0,003). Voor de mate van inzuiging van visbiomassa's bestaat alleen een algeheel significant effect voor de vis met een lengte tot 15 centimeter (p=0,015). Nadere analyse toont aan dat er alleen significante verschillen bestaan tussen glasgrondel en wijting en tussen glasgrondel en tong (p=0,001, bij een gecorrigeerd significantieniveau van p≤0,001) voor de lengtegroep tot 15 cm. Beide significanties zijn het gevolg van de inzuiging van een zeer groot aantal glasgrondels bij een van de bemonsteringen in 2008. De afbeeldingen 3.6 en 3.7 laten zien dat naast de glasgrondels ook grote aantallen kleine zeenaalden en platvislarven zijn ingezogen.

afbeelding 3.6. Vergelijking van het inzuigingspercentage van de aanwezige visbiomassa per soort bij de Eon centrale. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven



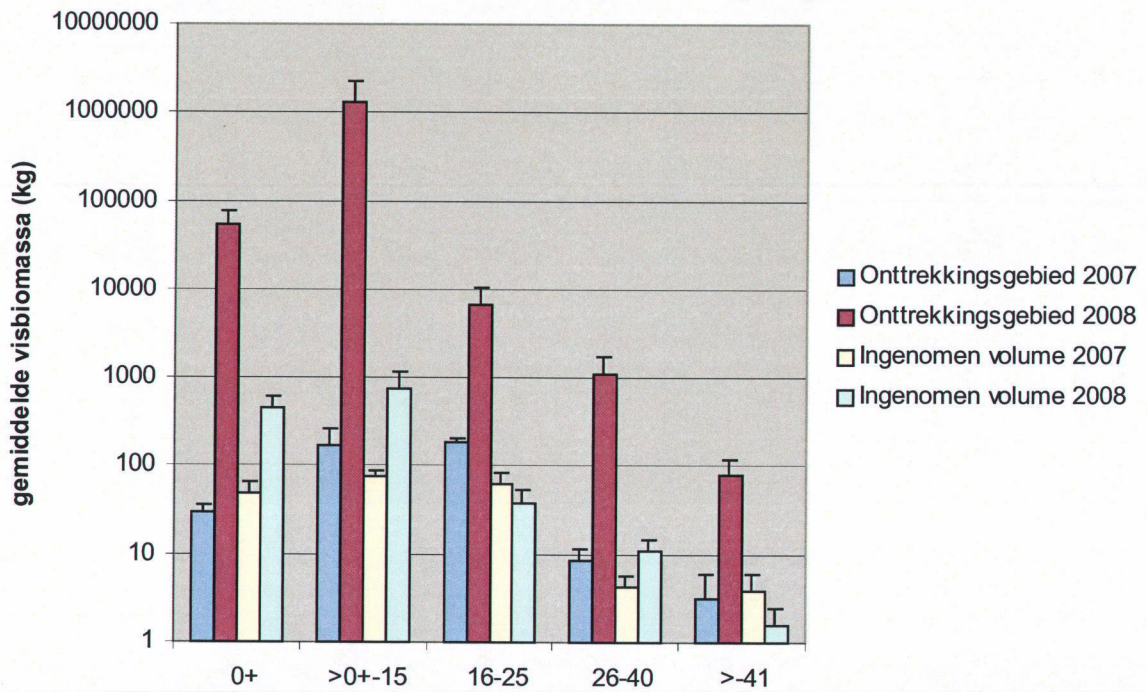
afbeelding 3.7. Vergelijking van het inzuigingspercentage van het aanwezige aantal vissen per soort bij de Eon centrale. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven



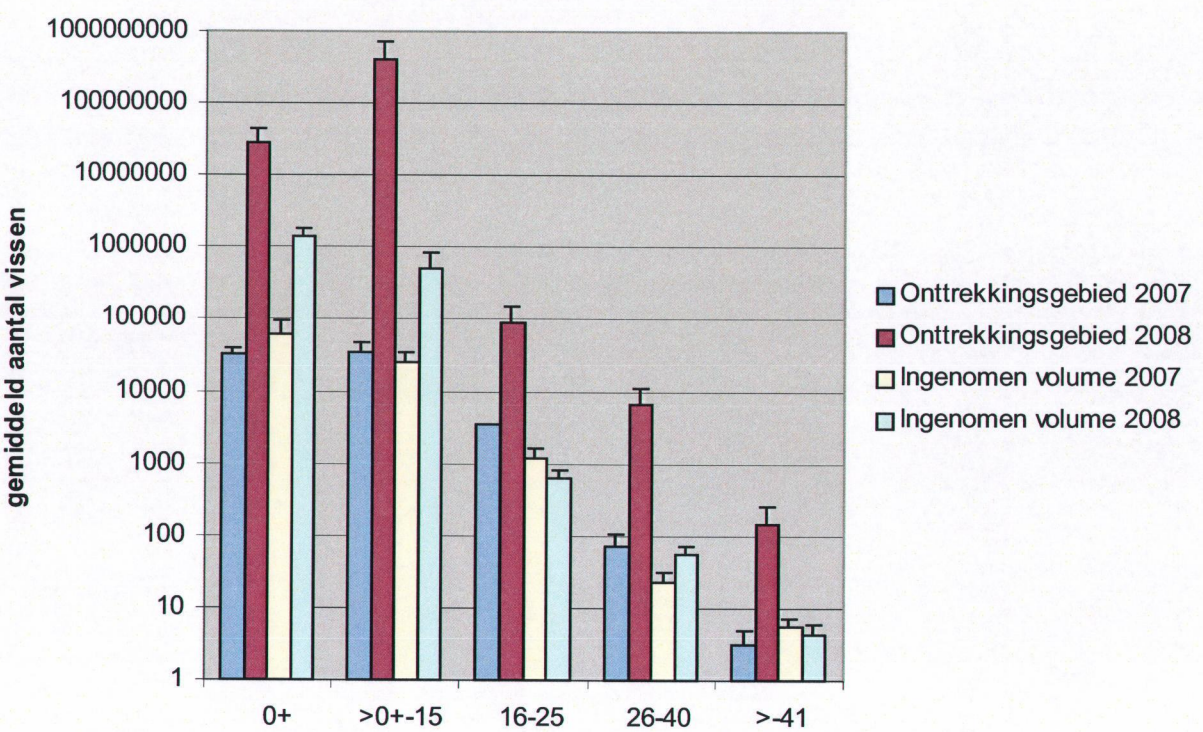
3.3. Per koelwatergebruiker: Eemscentrale

In de afbeeldingen 3.8 en 3.9 zijn respectievelijk de gemiddelde biomassa en aantallen weergegeven die per bemonstering bij de Eemscentrale gevangen zijn. De verdeling van de visbiomassa en het aantal vissen over de verschillende lengteklassen komt in grote mate overeen. Opvallend is dat de bestanden die in het onttrekkingsgebied zijn aangetroffen in 2007 van vrijwel gelijke orde waren als de ingezogen bestanden terwijl in het voorjaar van 2008 relatief veel minder vis is ingezogen. De grotere vangst in het open water in 2008 is ook gesignaleerd door AquaTerra-KuiperBurger [lit. 1 en 2].

afbeelding 3.8. Visbiomassa die in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij de Eemscentrale is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



afbeelding 3.9. Aantal vissen dat in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij de Eemscentrale is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



3.3.1. Jaar

De mate van inzuiging bij de Eemscentrale blijkt voor zowel biomassa als aantal significant verschillend tussen 2007 en 2008 (tabel 3.9). Dit komt overeen met de afbeeldingen 3.8 en 3.9. Uit de afbeeldingen wordt duidelijk dat de mate van inzuiging in 2007 hoger is dan in 2008.

tabel 3.9. Significantie niveaus van verschillen tussen metingen in najaar 2007 en voorjaar 2008 bij de Eemscentrale volgens Mann-Whitney test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
2007 en 2008	<0,001	<0,001

3.3.2. Lengteklasse

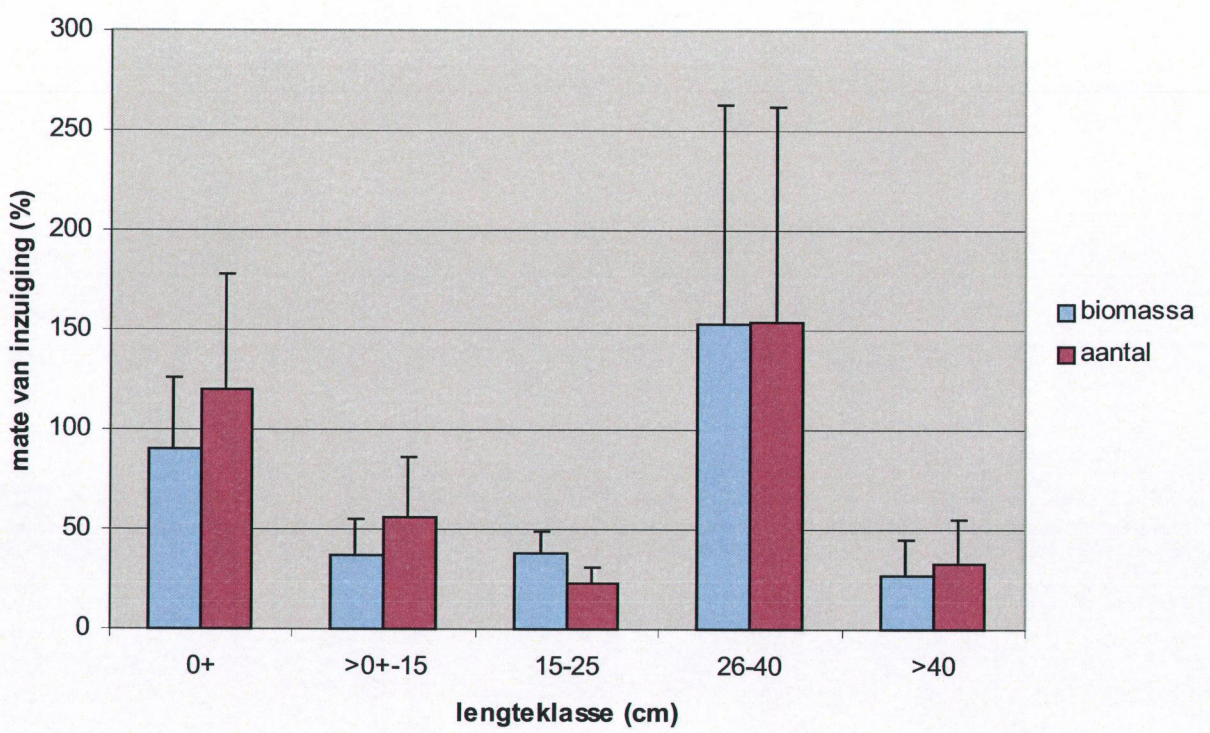
Uit tabel 3.10 komt naar voren dat er geen algemene effecten van de lengteklassen op de mate van inzuiging bestaan bij de Eemscentrale. Dit wordt onder meer veroorzaakt door de relatief hoge percentages die voor de lengteklasse 26-40 cm zijn gevonden. Deze percentages worden veroorzaakt door een enkele waarneming waarbij een zeer hoge mate van inzuiging is gevonden, terwijl het in absolute zin, zowel in het onttrekkingsgebied als bij de inzuiging, om een gering aantal vissen gaat. Er moet daarom niet teveel betekenis aan deze hoge percentages worden toegekend.

tabel 3.10. Significantie niveaus van verschillen tussen alle lengtegroepen bij de Eemscentrale volgens Kruskal-Wallis test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
alle groepen	n.s.	n.s.

n.s.=niet significant

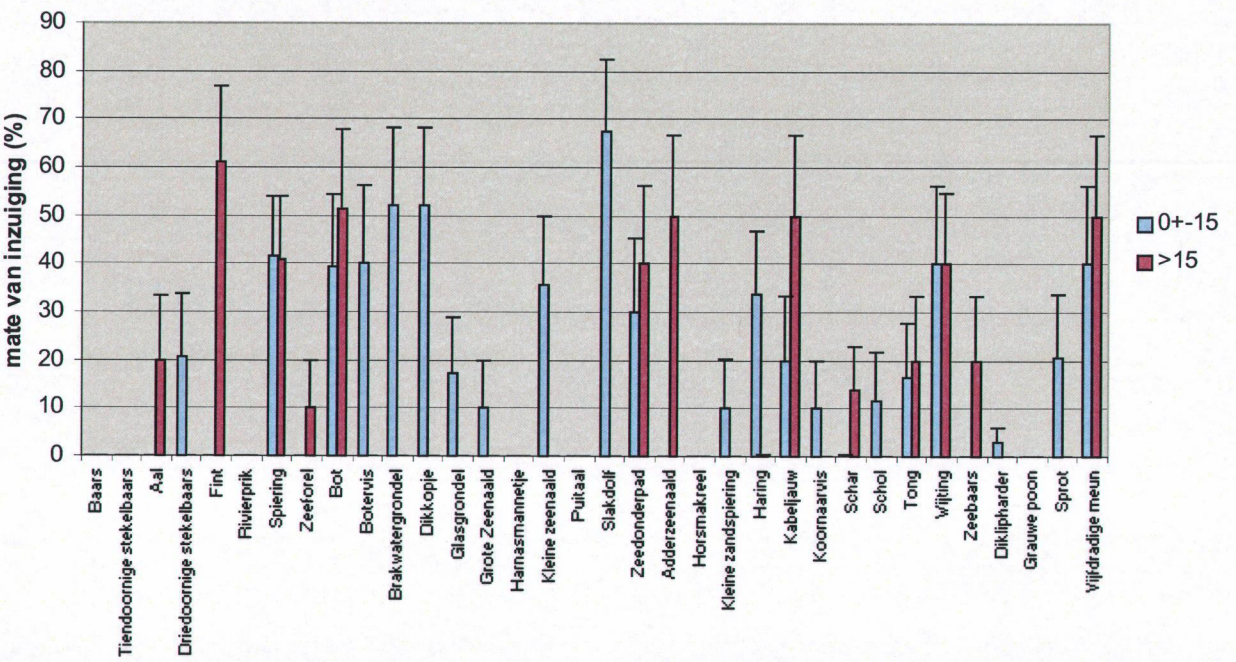
afbeelding 3.10. Mate van inzuiging in het koelwatercircuit van de Eemscentrale voor de verschillende lengteklassen, uitgedrukt in percentage van het visbestand dat in het onttrekkingsgebied aanwezig is



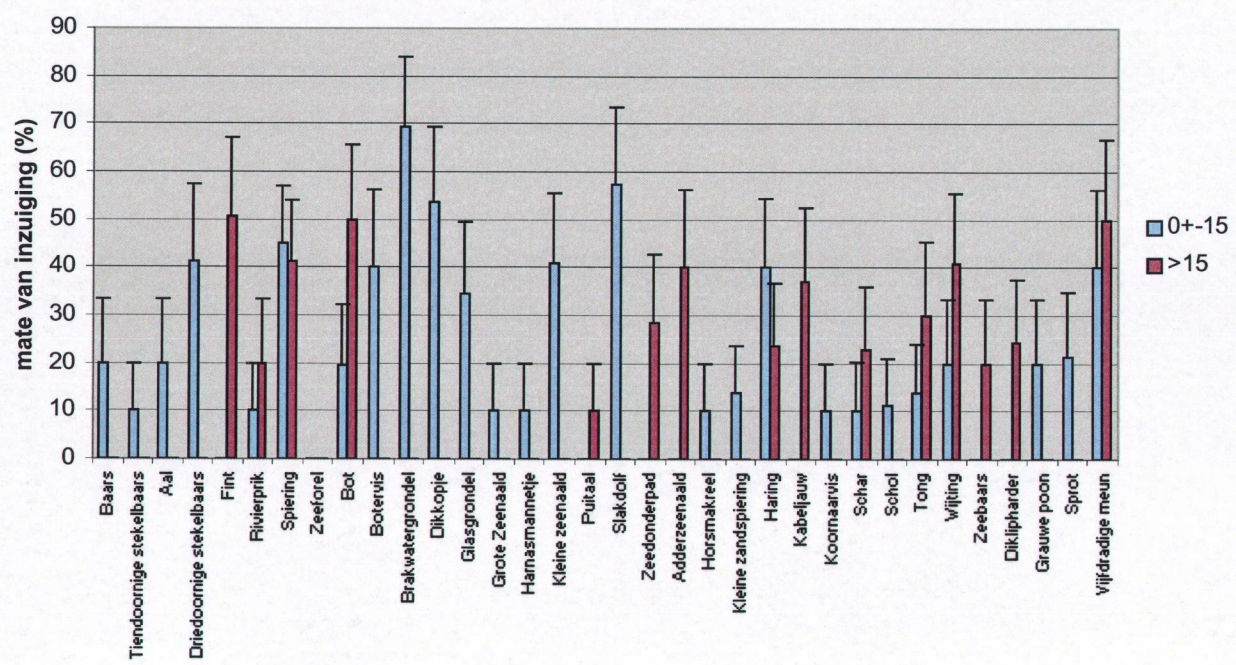
3.3.3. Vissoort

In de afbeeldingen 3.11 en 3.12 is de mate van inzuiging bij de Eemscentrale weergegeven voor de verschillende vissoorten. Statistische toetsing toont algehele effecten tussen de factor soort en de mate van inzuiging voor aantallen aan voor zowel vissen met een lengte tot 15 cm ($p<0,001$) als voor grotere vissen ($p<0,001$). Voor de mate van inzuiging van visbiomassa's zijn eveneens significante effecten aanwezig voor zowel vissen met een lengte tot 15 cm ($p<0,001$) als voor grotere vissen ($p<0,001$).

afbeelding 3.11. Vergelijking van het inzuigingspercentage van de aanwezige visbiomassa per soort bij de Eemscentrale. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven



afbeelding 3.12. Vergelijking van het inzuigingspercentage van het aanwezige aantal vissen per soort bij de Eemscentrale. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven

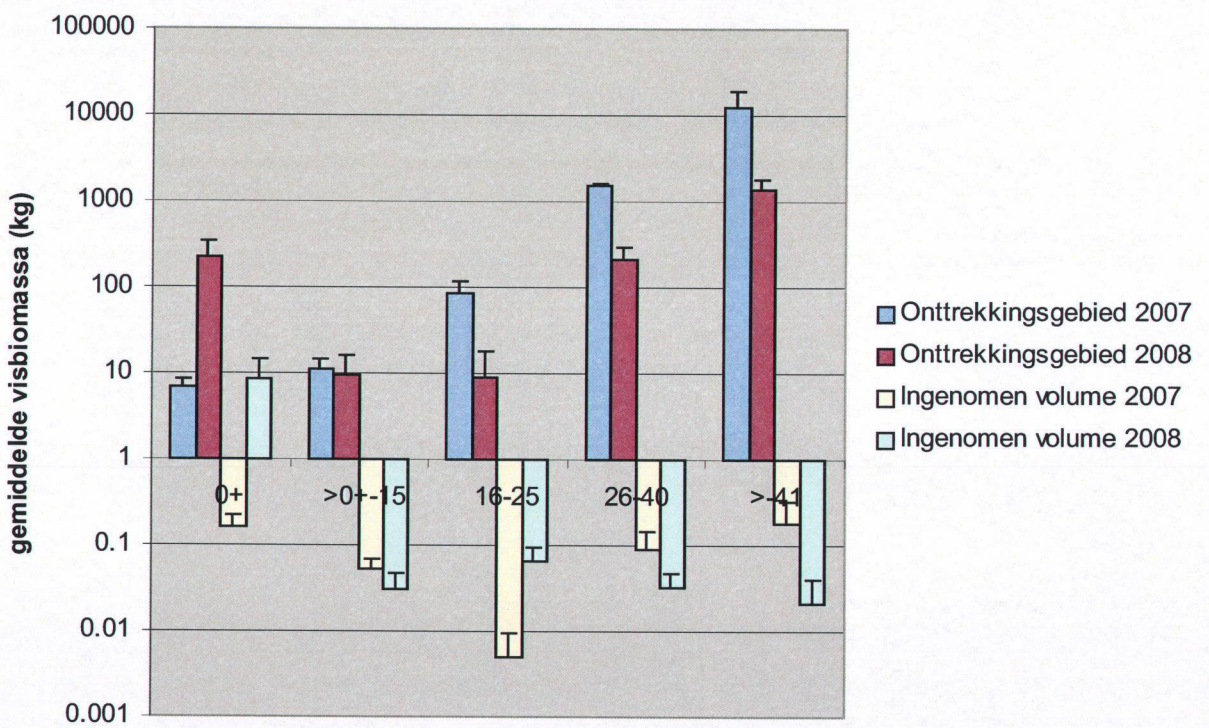


Nadere analyse laat echter alleen een significant verschil zien in de mate van inzuiging van brakwatergrondels ten opzichte van tiendoornige stekelbaarzen ($p<0,001$, bij een gecorrigeerde significantieniveau van $p<0,001$), beide met een lengte tot 15 cm. Uit afbeelding 3.12 blijkt dat de mate van inzuiging van brakwatergrondels significant hoger ligt dan van tiendoornige stekelbaarzen.

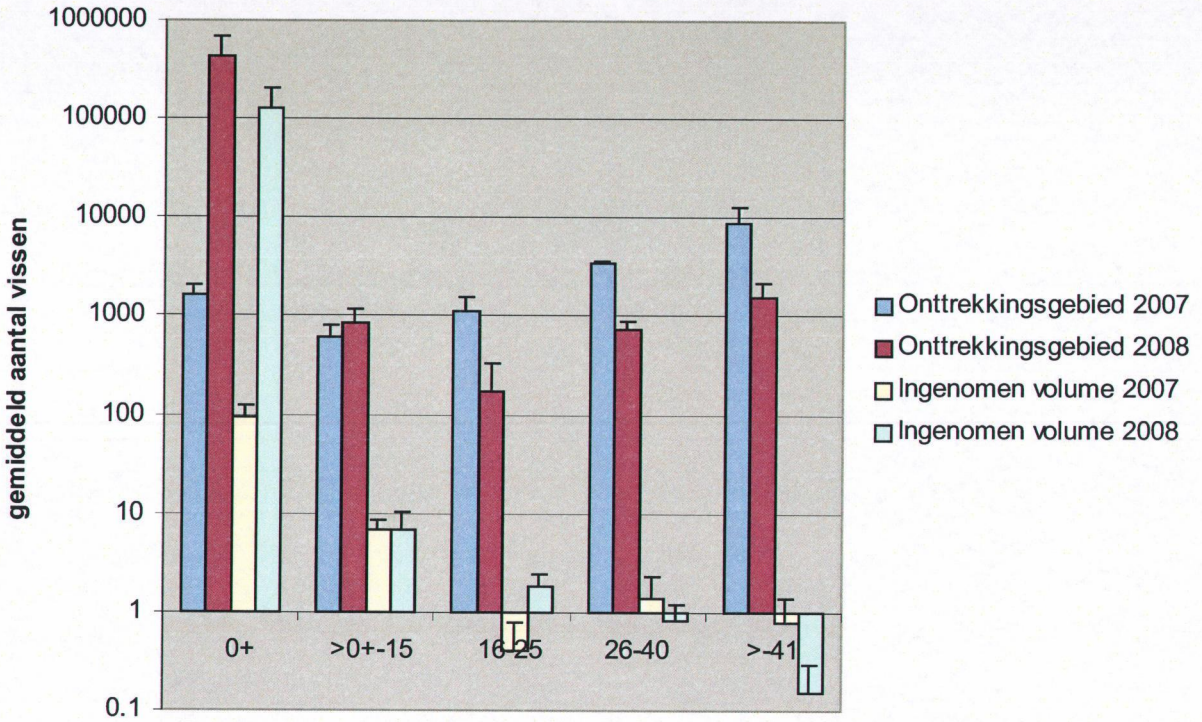
3.4. Per koelwatergebruiker: Shell Moerdijk

In de afbeeldingen 3.8 en 3.9 zijn respectievelijk de gemiddelde biomassa en aantallen weergegeven die per bemonstering bij Shell Moerdijk gevangen zijn. Uit de afbeeldingen komt naar voren dat het ingezogen visbestand slechts een klein deel van het aanwezige visbestand uitmaakt. Verder valt op dat algemeen lijkt te gelden dat de grotere lengteklassen een grotere biomassa én aantal hebben in het onttrekkingsgebied dan kleinere lengteklassen. De enige uitzondering wordt gevormd door de 0+-vis in 2008. De hoge waarden van deze groep in biomassa en aantal worden veroorzaakt door de aanwezigheid van grote aantallen kleine botten.

afbeelding 3.13. Visbiomassa die in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij Shell is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



afbeelding 3.14. Aantal vissen dat in 2007 en 2008 in het onttrekkingsgebied bij Shell is aangetroffen of in de koelwaterinstallatie is ingezogen



3.4.1. Jaar

In tabel 3.11 zijn de resultaten van de vergelijking van de mate van inzuiging bij Shell Moerdijk in het najaar van 2007 en het voorjaar 2008 opgenomen. Hieruit blijkt dat er geen verschil in de mate van inzuiging tussen de beide jaren is.

tabel 3.11. Significantie niveaus van verschillen tussen metingen in najaar 2007 en voorjaar 2008 bij Shell volgens Mann-Whitney test (significant bij p≤0,05)

	biomassa	aantal
2007 en 2008	n.s.	n.s.

n.s.=niet significant

3.4.2. Lengteklasse

Omdat slechts bij één bemonstering zeer grote hoeveelheden kleine botten gevangen zijn, is deze piek bij de statistische analyse van de lengteklassen buiten beschouwing gelaten.

Uit tabel 3.12 komt naar voren dat er zowel in biomassa als aantal algemene significante effecten van de lengteklassen op de mate van inzuiging bestaan bij Shell Moerdijk. Tabel 3.13 en afbeelding 3.16 laten zien dat er, ook zonder de waarneming van de grote hoeveelheid botten, significante verschillen in de mate van inzuiging bestaan tussen de lengteklasse 0+ en de grotere lengteklassen en de lengteklasse >0+-15 en de hoogste lengteklassen.

tabel 3.12. Significantie niveaus van verschillen tussen alle lengtegroepen bij Shell volgens Kruskal-Wallis test (significant bij p≤0,05)

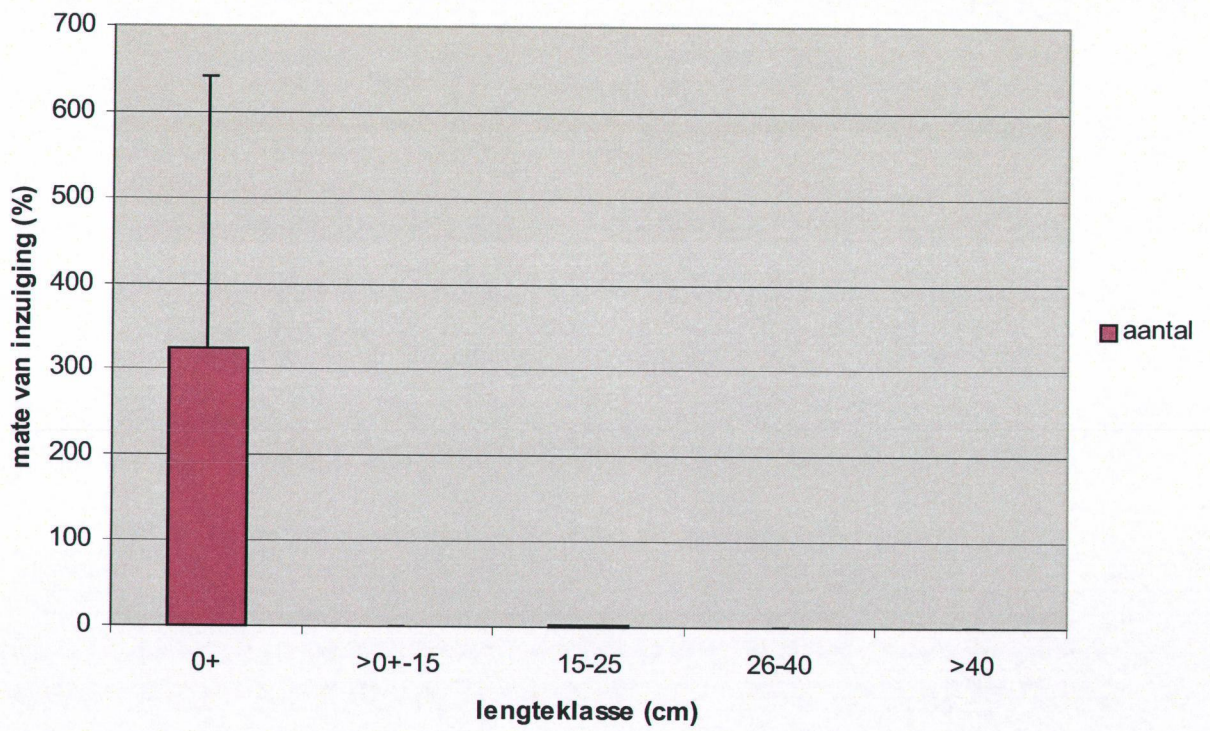
	biomassa	aantal
alle groepen	<0,001	<0,001

tabel 3.13. significantieniveau van verschillen tussen lengtegroepen bij Shell volgens Mann-Whitney test met Bonferroni correctie (gecorrigeerd significantieniveau van p≤0,005). Waarde onder de diagonaal betreffen waarden behorend bij de vangstbiomassa's, terwijl de waarden boven de diagonaal waarden betreffen behorend bij de vangst in aantallen (cursief gedrukt)

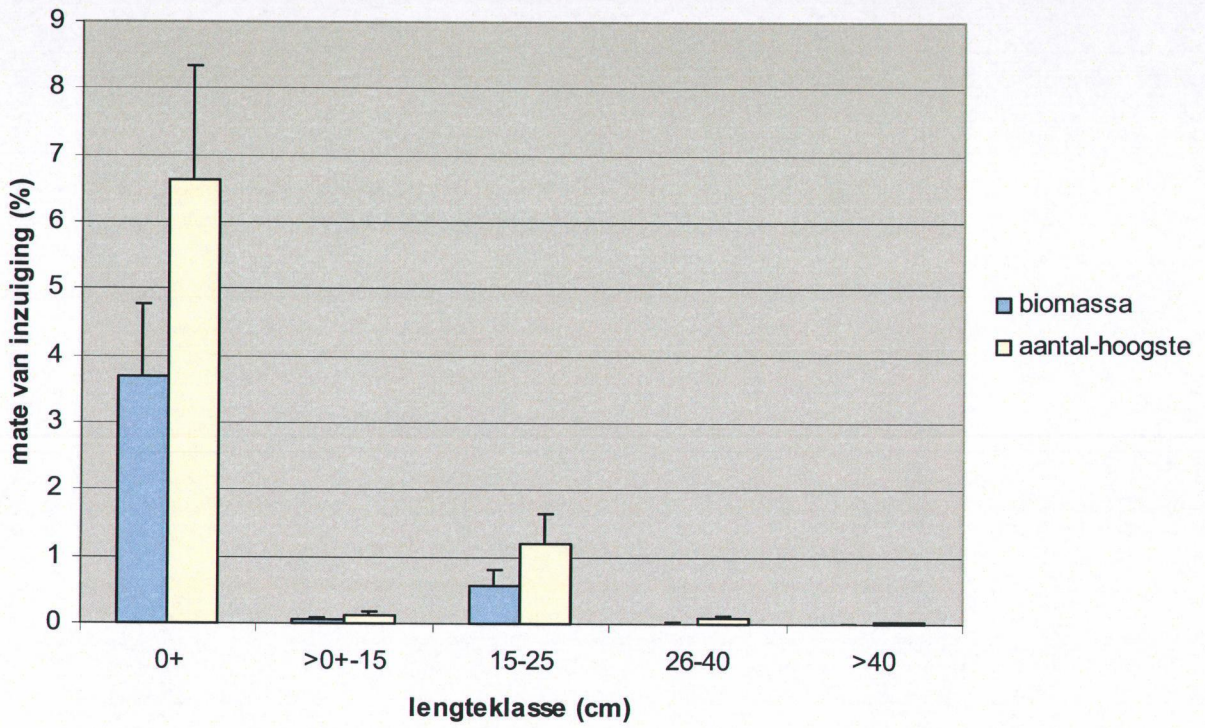
	0+	>0+-15	16-25	26-40	>41
0+	---	0,004	0,002	<0,001	<0,001
>0+-15	0,004	---	n.s.	0,002	0,001
16-25	0,002	n.s.	---	n.s.	n.s.
26-40	<0,001	0,001	n.s.	---	n.s.
>41	<0,001	0,001	n.s.	n.s.	---

n.s.=niet significant

afbeelding 3.15. Mate van inzuiging in het koelwatercircuit van Shell voor de verschillende lengteklassen, uitgedrukt in percentage van het visbestand dat in het onttrekkingsgebied aanwezig is



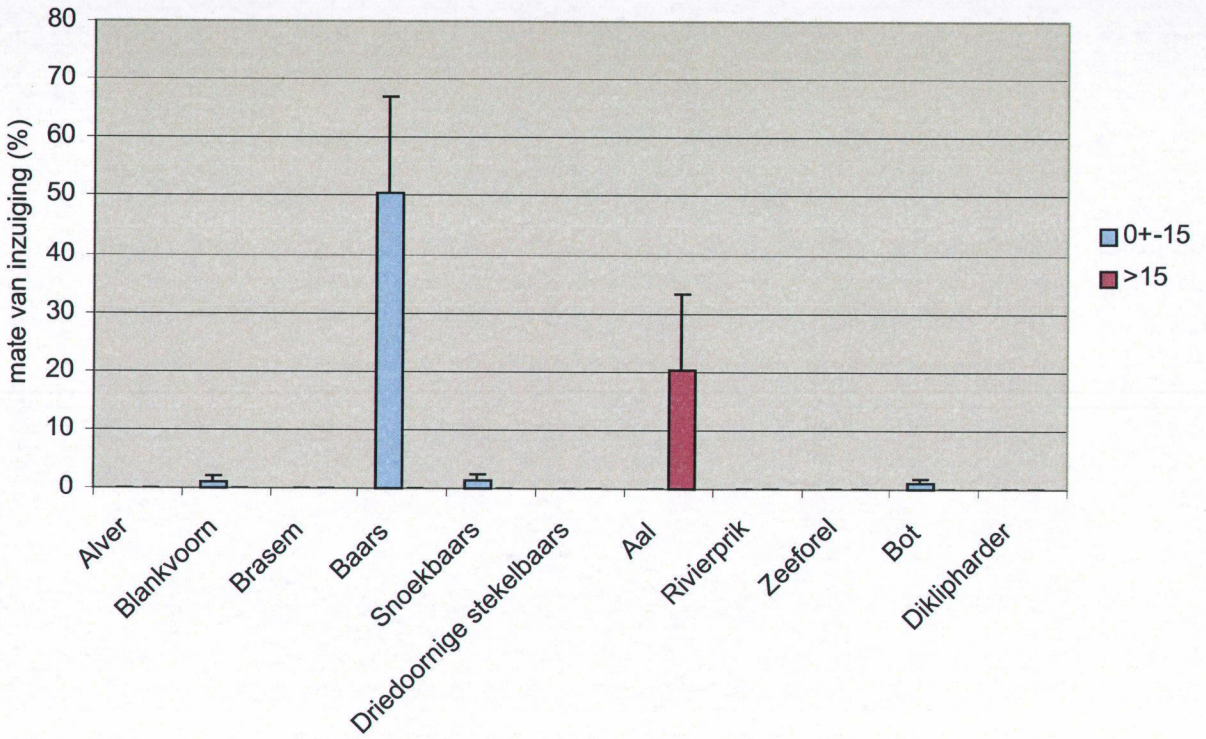
afbeelding 3.16. Mate van inzuiging in het koelwatercircuit van Shell voor de verschillende lengteklassen, uitgedrukt in percentage van het visbestand dat in het onttrekkingsgebied aanwezig is. Waarden exclusief een extreem hoge waarde in de 0+-groep



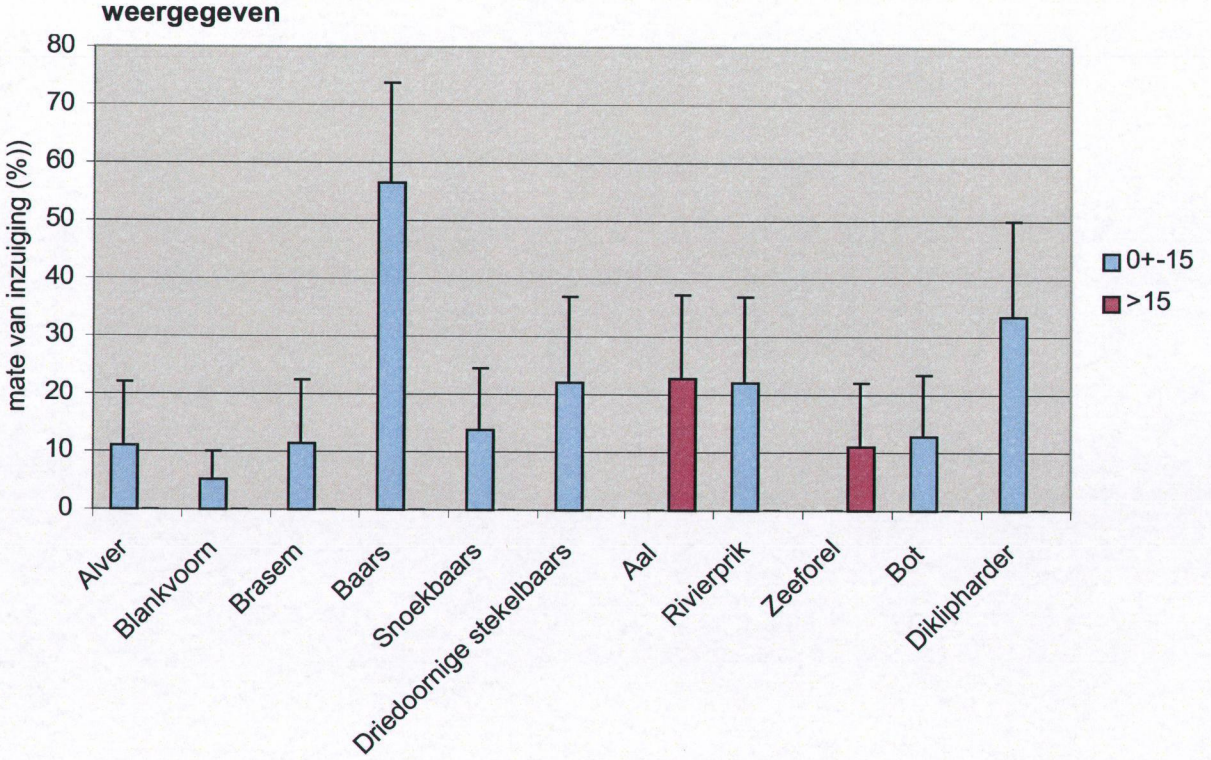
3.4.3. Vissoort

Statistische analyse van de mate van inzuiging van de verschillende vissoorten laat zien dat er voor zowel de lengtegroep van 0+-15 cm als voor de grotere algemene significante effecten bestaan voor biomassa (respectievelijk $p<0,001$ en $p=0,028$) en aantal ($p=0,007$ en $p=0,038$). Nadere analyse toont echter na toepassing van de Bonferroni correctie geen statistisch significante verschillen aan tussen soorten. De relatief grote mate van inzuiging van baars in de afbeeldingen 3.17 en 3.18 is het gevolg van het feit dat tijdens meerdere bemonsteringen meer baarzen zijn ingezogen dan dat in het onttrekkingsgebied zijn aangetroffen. Het aantal baarzen waar het om gaat is echter te gering om in een significant effect te resulteren.

afbeelding 3.17. Vergelijking van het inzuigingspercentage van de aanwezige visbiomassa per soort bij Shell. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven



afbeelding 3.18 Vergelijking van het inzuigingspercentage van het aanwezige aantal vissen per soort bij Shell. De mate van inzuiging is voor de twee lengtegroepen afzonderlijk weergegeven



4. BESPREKING

Bij de eerdere analyses ten behoeve van de rapporten van AquaTerra-KuiperBurger is gewerkt met absolute gegevens. Daarbij bleken in veel gevallen geen statistisch significante verschillen gevonden te worden vanwege de grote spreiding in de resultaten van verschillende bemonsteringen. In het voorliggende rapport is dit ondervangen door ervoor te kiezen om de resultaten in een mate van inzuiging, dus een relatieve maat, uit te drukken. Centraal hierbij staat de vertaling van visbestanden in het open water van de onttrekkingsgebieden naar de visbestanden op de zeven van de koelwatergebruikers. In het onttrekkingsgebied heeft AquaTerra-KuiperBurger bij iedere bemonstering een momentopname van het visbestand in een wateroppervlak gedaan, terwijl het visbestand dat op de zeven is aangetroffen gedurende langere tijd is verzameld en daardoor per tijdseenheid of ingezogen volume uit te drukken is. De manier waarop de vertaling tussen het visbestand in het onttrekkingsgebied en het ingezogen bestand wordt uitgevoerd heeft een grote invloed op de uitkomsten.

Bij de bepaling van de mate van inzuiging is ervoor gekozen om de resultaten van verschillende groepen (soorten of lengteklassen) samen te voegen. De beide keuzes hebben tot gevolg gehad dat er robuustere gegevens zijn verkregen, die meer statistische analyses mogelijk maken. Doordat de manier van samenvoegen van gegevens is afgestemd op de analyses, is gewaarborgd dat er geen waardevolle informatie bij de samenvoegingen verloren is gegaan. De uitgevoerde analyses laten ook zien dat de keuze voor een relatieve maat om de inzuiging uit te drukken ertoe leidt dat kleine verschillen in aantallen of biomassa dezelfde waardering krijgen als grote verschillen. Dit is duidelijk naar voren gekomen bij de analyse van de mate van inzuiging bij verschillende lengteklassen bij de Eems. Dit voorbeeld illustreert de waarde van de combinatie van zowel absolute als relatieve maten.

Bij onderlinge vergelijking van de mate van inzuiging bij elk van de drie koelwatergebruikers blijken duidelijke verschillen te bestaan. De mate van inzuiging bij de Eemscentrale ligt beduidend hoger dan bij Shell Moerdijk, terwijl de mate van inzuiging bij de Eon centrale tussen de Eems en Shell in ligt. Deze verschillen zijn waarschijnlijk het gevolg van verschillen in lokale condities, waaronder de situering van het innamepunt ten opzichte van stromingen en oevers en innamedebieten.

Bij de analyses is de mate van inzuiging in het najaar van 2007 zowel per koelwatergebruiker als voor de drie koelwatergebruikers samen vergeleken met de mate van inzuiging in het voorjaar van 2008. Er blikt geen duidelijk verschil tussen het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008 aanwezig te zijn. Hoewel te verwachten is dat in het voorjaar meer jonge vis wordt ingezogen is dit slechts in beperkte mate het geval. Bij de Eon centrale bestaat weliswaar wel een significant effect met een hogere mate van inzuiging in het voorjaar, maar dit lijkt te zijn ingegeven door een lage vangstefficiëntie voor deze soorten in het onttrekkingsgebied. Mogelijk zijn er wel verschillen tussen voor- en najaar zichtbaar wanneer gegevens van meerdere jaren worden vergeleken om zo de ernst van onttrekking in voor- en najaar vast te stellen, maar op basis van de huidige gegevens zijn hier geen uitspraken over te doen.

Wanneer de mate van inzuiging van de verschillende lengteklassen wordt bekeken, blijkt bij elk van de drie koelwatergebruikers te gelden dat de mate van inzuiging voor de kleinere vissen hoger is dan voor de grotere vissen, hetgeen overeenstemt met de verwachting. Dit effect resulteert bij de Eon en Shell in significante algemene effecten en blijkt ook significant te zijn wanneer de gegevens van de drie koelwatergebruikers samen worden gevoegd. Het algemene verband tussen vislengte en mate van inzuiging is daarmee bevestigd. Het feit dat dit verband desondanks niet bij elk van de drie koelwatergebruikers even sterk naar voren komt is waarschijnlijk het gevolg van verschillen in lokale condities.

Voor elk van de drie koelwatergebruikers is een vergelijking tussen soorten gemaakt van de mate van inzuiging. Hierbij is gebleken dat er wel algemene significante effecten bestaan, maar dat er nauwelijks statistisch significante verschillen tussen soorten bestaan. Dit is het effect van de grote variatie in het aanbod van veel vissoorten in de onttrekkingsgebieden door de tijd heen. Deze variatie zal grotendeels het gevolg zijn van de migratie van soorten en wordt versterkt door het feit dat elke bemonstering

slechts een momentopname betreft. Dit blijkt ook duidelijk uit het feit dat er bij een aantal bemonsteringen plots grote hoeveelheden juvenielen van een bepaalde soort gevangen zijn, terwijl dit in de voorafgaande en navolgende bemonsteringen niet het geval was. Daar komt bij dat de analyse van de verschillen tussen vissoorten alleen op een betrouwbare wijze gedaan kan worden als de vangstefficiëntie voor alle soorten vrijwel gelijk is. Uit het feit dat regelmatig beduidend meer vis ingezogen is dan dat in het onttrekkingsgebied is aangetroffen blijkt dat de vangstefficiëntie bij de bemonsteringen bij de Eon centrale, de Eemscentrale en Shell Moerdijk niet voor alle soorten gelijk was. Met name voor de kleinere vissen ontstaat zo een onderschatting van het bestand in het onttrekkingsgebied, waardoor een onderlinge vergelijking tussen soorten niet goed te maken is. Dit zou mogelijk kunnen worden opgevangen door, voorafgaand aan de onderlinge vergelijking van soorten, een correctie voor de vangstefficientie toe te passen.

Samenvattend kan gesteld worden dat:

- het gebruik van de mate van inzuiging waardevolle aanvullende gegevens kan opleveren bij de analyse van gegevens over visinzuiging bij koelwateronttrekkingen;
- de mate van inzuiging het best gebruikt kan worden in combinatie met de analyse van absolute waarden;
- de onderlinge vergelijking van koelwatergebruikers algemene trends naar voren laat komen;
- de mate van inzuiging bij de Eemscentrale het hoogst is en bij Shell Moerdijk het laagst is;
- er geen verschil lijkt te bestaan tussen de mate van inzuiging in het najaar van 2007 en het voorjaar van 2008;
- over het algemeen relatief meer kleine vis wordt ingezogen dan grote vis;
- er weliswaar significante algemene effecten tussen soorten en mate van inzuiging bestaan, maar slechts een beperkt aantal significante verschillen in de mate van inzuiging van verschillende soorten is gevonden.

5. REFERENTIES

1. Giels, J. van, V. Breen, S. Vernooij, 2007. De effecten van onttrekking van koelwater op vis. Metingen najaar 2007. Rapport AquaTerra-KuiperBurger. In opdracht van RWS Waterdienst, Lelystad.
2. Giels, J. van, 2008. De effecten van onttrekking van koelwater op vis. Metingen voorjaar 2008. Rapport AquaTerra-KuiperBurger In opdracht van RWS Waterdienst, Lelystad.
3. Holm, S., 1979. A simple sequential rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics 6: 65-70.