Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provinciaal Groninger Fonds

Onderzoek naar de migratie van vis door de vissluis, de schutsluis en het gemaal bij Den Deel

Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provinciaal Groninger Fonds

Onderzoek naar de migratie van vis door de vissluis, de schutsluis en het gemaal bij Den Deel

registratie	projectcode	status
Rap/70/494	Odd3.1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
drs. ing. S. Semmekrot	drs. M.P. Grimm	98-08-20

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. Klinge	

Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

De kwaliteitssystemen van Witteveen+Bos zijn gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001

194286

© Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v.
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.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1
1.1. Achtergrond van het onderzoek 1
1.2. Doelstellingen 1

2. MATERIAAL EN METHODE 4
2.1. Directe meting van de hoeveelheid vissen 4
2.2. Verplaatsingsexperimenten 5
2.2.1. Algemene werkwijze van merken en verplaatsen 5
2.2.2. Verschillende typen verplaatsingsexperimenten 5
2.3. Tijdstip van uitvoering 6
2.4. Mankracht en materialen 8

3. RESULTATEN 9
3.1. Directe meting van het aantal gemigreerde vissen door vissluis 9
3.2. Verplaatsingsexperimenten (1 + 2) 10
3.3. Verplaatsingsexperiment 3: migratie van polder naar boezem via vissluis en gemaal 12

4. DISCUSSIE 16

5. CONCLUSIES 18

6. LITERATUUR 20

laatste bladzijde 20

BIJLAGEN aantal bladzijden
I Gehanteerde merkmethode bij het vismigratie-onderzoek Den Deel 1
II Aantal gevangen vissen gedurende de vangperiode 12
III Lengteverdeling van de gevangen vissen 4
VI Vergelijking van de terugvangsten 1

1. INLEIDING

1.1. Achtergrond van het onderzoek

Ten gevolge van de aardgaswinning daalt de bodem in Groningen. Dit leidt ertoe dat er voor de waterhuishouding nieuwe gemalen en stuwen moeten worden geplaatst. Normaal gesproken zijn gemalen of stuwen in stroomopwaartse richting onpasseerbaar voor vissen en in stroomafwaartse richting kunnen vissen door de werking van het gemaal worden verwond of zelfs worden gedood. De compartimentering van de polder- en boezemwateren belemmert derhalve de natuurlijke migratie van vis door de Groningse wateren. Om de migratie van vissen te bevorderen worden in Nederland inmiddels bij tal van stuwen en gemalen vispassages aangelegd. Het is echter niet duidelijk in hoeverre de barrièrewerking van de aan te leggen kunstwerken (gemaal of stuw) voor de migratie van vis in de toekomst kan worden opgeheven of beperkt door de aanleg van vispassages.

Ten aanzien van de migratie door gemalen en stuwen zijn twee vragen belangrijk:

1. in hoeverre is er migratie van vis mogelijk via een gemaal of stuw door de aanleg van een vispassage in de vorm van een vissluis of schutsluis?
2. hoe groot is de sterfte van stroomafwaarts migrerende vissen in gemalen?

In het Boterdiep bij Onderdendam heeft het toenmalige Waterschap Hunsingo (nu Waterschap Noorderzijlvest) in 1991 het nieuwe gemaal "Den Deel" in gebruik genomen. Bij dit gemaal is in 1993 een vissluis aangebracht (zie afbeelding 1.1.). In rivieren en beken is de vismigratie tijdens de paaitijd stroomopwaarts gericht: de vissen zwemmen hierbij tegen de waterstroming in. Bij Den Deel moeten de vis daarentegen juist migreren van een water met een hoge waterstand (boezem) naar een water met lagere waterstand (polder). Om dit probleem op te lossen is gekozen voor een vissluis, bestaande uit een wachtkamer en een daarnaast in een zijkanaal geplaatste pomp. Met een lokstroom worden migrerende vissen vanuit de boezem in de wachtkamer gelokt. Vervolgens wordt de inzwemopening van de wachtkamer met schuiven afgesloten en wordt de vis met een tweede lokstroom uit de wachtkamer in de polder gelokt (afbeelding 1.2.). Naar verwachting is de vissluis alleen functioneel voor de migratie van boezem naar polder. In omgekeerde richting worden de vissen immers niet aangetrokken door een lokstroom.

Een goed werkende vissluis zou veel van de problemen omtrent stroomafwaartse vismigratie door gemalen kunnen oplossen. Hiermee zou de vissluis een goed instrument zijn om de barrièrewerking van toekomstige gemalen en stuwen in Groningen te voorkomen. Op dit moment is echter onvoldoende bekend over het functioneren van de vissluis in het gemaal Den Deel. Onduidelijk is of de constructie voldoet, welke aanpassingen gewenst zijn en of toepassing elders kansrijk is (Kwaadsteniet & Giessen, 1994).

Het Provinciaal Groninger Fonds heeft daarom de effectiviteit van bovenstaande vissluis laten onderzoeken. Tevens is nagegaan welke rol de schutsluis kan spelen bij de migratie van vis en in hoeverre er door het gemaal beschadiging of sterfte optreedt onder de migrerende vissen. Dit vismigratie-onderzoek zal onderdeel uit maken van het basisdocument dat door de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij wordt opgesteld ten behoeve van het visstandbeheer in Groningen.

1.2. Doelstellingen

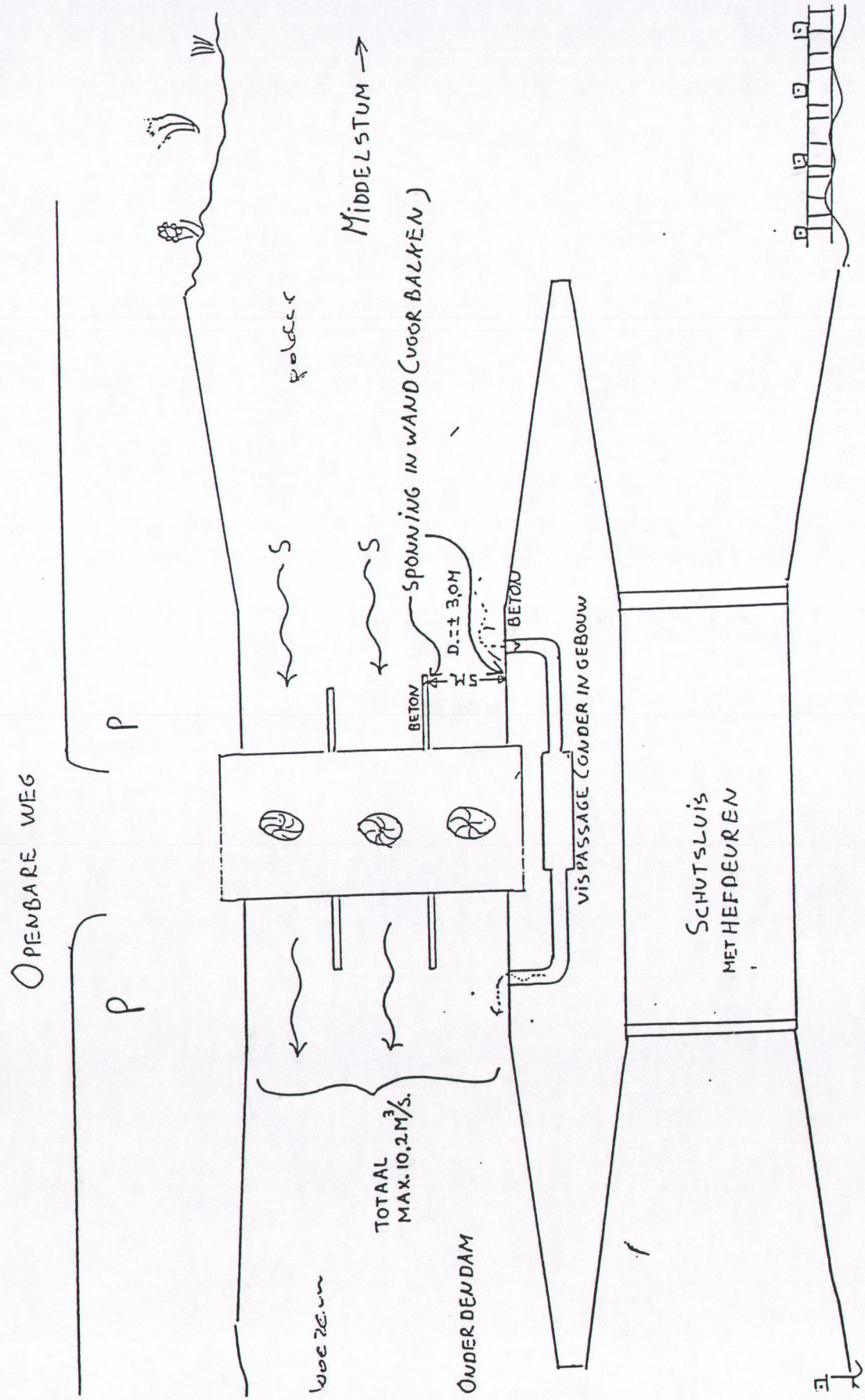
Op basis van het bovenstaande is voor het onderzoek de volgende doelstelling geformuleerd:

- In hoeverre is het complex Den Deel passeerbaar voor vissen, zowel voor de migratie vanuit de boezem naar de polder als voor migratie vanuit de polder naar de boezem?

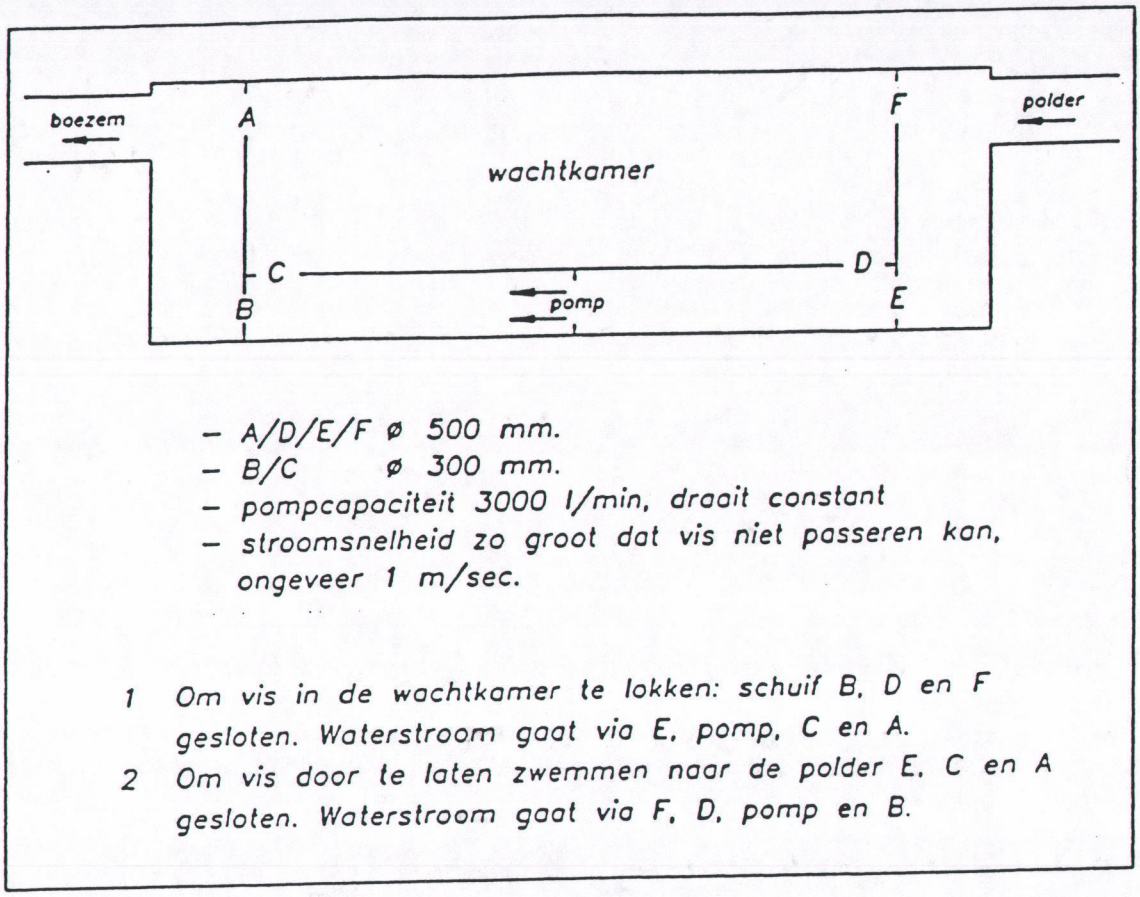
Vanuit deze doelstelling dienen de volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

- Welke rol speelt de vissluis en schutsluis bij de passeerbaarheid van het complex?
- Welke rol speelt het gemaal bij de migratie van vis vanuit de polder naar de boezem en in hoeverre treedt er sterfte op bij passage van het gemaal.

Afbeelding 1.1. Bovenaanzicht gemaal Den Deel



Afbeelding 1.2. Bovenaanzicht vissluis in gemaal Den Deel



Schets van de vislift bij gemaal Den Deel (Boterdiep).

2. MATERIAAL EN METHODE

Om aan de gestelde onderzoeksvragen te beantwoorden is gebruik gemaakt van de volgende methoden:

1. In het voorjaar (tijdens de vismigratie naar de paaiplaatsen) en het najaar (tijdens de vismigratie naar de overwinteringsgebieden) zijn de vissen die de vissluis passeren tijdens hun trek van boezem naar polder gevangen, geteld en gemeten. Dit is de zogenaamde **directe meting** van de migrerende vissen door de vissluis. Nadeel van de directe meting van passerende vissen is dat hieruit niet kan worden afgeleid hoe effectief de vissluis is. Met dit experiment wordt alleen bekend hoeveel vissen de vispassage passeren. Onbekend blijft hoeveel vissen de vispassage niet kunnen passeren, maar wel willen passeren. Daarom is er in navolging op de directe meting van de vismigratie een tweede methode noodzakelijk waarmee de effectiviteit van de vispassage kan worden bepaald;

2. Deze tweede methode is uitgevoerd direct na de paaitijd en in september en oktober. In deze maanden is er echter normaliter geen gerichte migratie van vissen waar te nemen. Daarom is de migratie kunstmatig gestimuleerd door standvissen te vangen en te verplaatsen naar de andere kant van het complex Den Deel. Een groot deel van deze verplaatste standvissen zal terug willen zwemmen naar hun standplaats waar ze zijn gevangen. Door het aantal verplaatste en teruggezwommen vissen te vergelijken met een referentiegroep die niet is verplaatst, kan met dit zogenaamde **verplaatsingsexperiment** de effectiviteit van migratievoorzieningen worden bepaald. Hierbij wordt verondersteld dat de vissluis optimaal functioneert wanneer een groot deel van de vissen die wil passeren ook daadwerkelijk kan passeren. Bij een goede evaluatie van de vissluis moet daarom niet alleen worden onderzocht hoe groot het aandeel is van de vispopulatie of visgemeenschap dat passeert, maar ook welk aandeel van de vispopulatie of visgemeenschap gemotiveerd is om de vissluis te passeren. De ratio tussen deze twee parameters geeft een indicatie van het rendement van de vissluis:

   Vis_{pas}/Vis_{mot} x 100% = rendement van de vissluis

   Waarbij geldt:

   Vis_{pas} = aantal passerende vissen
   Vis_{mot} = aantal gemotiveerde vissen

Onderstaand wordt kort ingegaan op de achtergrond van deze gebruikte methoden.

2.1. Directe meting van de hoeveelheid vissen

Het meten van de natuurlijke migratie via de vissluis geeft belangrijke informatie over de migratieperiode, de aantallen vissen per soort en de lengteverdeling van de soorten die gebruik maken van de vissluis.

Voor de bepaling van de migratie via de vissluis is een vangconstructie aan de uitzwemopening van de vissluis aan de polderzijde bevestigd. Deze constructie sloot de uitstroomopening van de gehele vissluis af en ving de vissen die de vissluis passeren op. De migratie is gedurende twee periodes vastgesteld, te weten een periode gedurende de paaitijd in het voorjaar (11 april t/m 11 mei) en een periode in het najaar (23 oktober t/m 18 november). Door een beroepsvisser van de Groninger Bond is de vangconstructie 6 keer per week gecontroleerd en geleegd waarna de omvang en samenstelling van de vangsten is bepaald en op logboekformulieren werd genoteerd.

Voor de passage van glasaal door de vissluis werd een aparte vangstmethode gebruikt. Hiervoor is een speciale vangconstructie met een zeer fijn netwerk geplaatst in de vissluis. Dit experiment werd uitgevoerd in de periode 12 mei t/m 2 juni.

Ter aanvulling van de gegevens van de merk- en terugvangmethode (zie paragraaf 2.2) is tijdens het derde verplaatsingsexperiment ook het totale aantal migrerende vis gemeten. Met behulp van verschillende vangtuigen is zowel de doortrek via het gemaal als de vissluis van de polder naar de boezem gemeten (zie tabel 2.1.). Tevens kon op deze manier een indicatie worden verkregen van de sterfte van stroomafwaarts migrerende vis.

2.2. Verplaatsingsexperimenten

Bij verplaatsingsexperimenten wordt gebruik gemaakt van het algemene verschijnsel dat vissen na verplaatsing de neiging hebben terug te keren naar de oorspronkelijke plaats (zie o.a. Goldspink, 1977; McCleave & Labar, 1977; L'Abée-Lund & Vollestad, 1985; Svenning & Grotnes, 1991; Klinge, 1994). Door vissen te vangen, te merken, te verplaatsen en op hun vangplaats weer terug te vangen kan de eventuele migratie vanuit de polder naar de boezem en in omgekeerde richting vastgesteld worden. Aan de hand van de verhouding tussen de gemerkte en ongemerkte vissen kan bovendien de effectiviteit van de vissluis en de schutsluis worden bepaald en kan worden nagegaan hoeveel vissen het gemaal passeren.

2.2.1. Algemene werkwijze van merken en verplaatsen

Het principe van de verplaatsingsexperimenten is schematisch weergegeven in afbeelding 2.3. en 2.4.. Aan één zijde, op minimaal 1 km afstand van het complex, is met behulp van een zegen en electrovisserij een hoeveelheid vissen gevangen. De vangst werd in twee delen gesplitst (resp. 75% en 25%) en elk deel werd apart gemerkt door een stukje van één van de vinnen af te knippen. De gehanteerde merken zijn weergegeven in bijlage I. Vervolgens werden de vissen verplaatst. De grootste groep (75%) werd hierbij aan de andere zijde van het complex losgelaten. De kleinste groep werd teruggezet aan dezelfde zijde. Na 10 à 12 dagen werd de vanglokatie nogmaals bevist (zie tabel 2.1.). Uit de verhouding tussen de twee merken in de terugvangst van de teruggekeerde vissen kan afgeleid worden welk percentage van de migrerende vis het complex gepasseerd is en in hoeverre het complex een barrière voor de vissen vormt.

2.2.2. Verschillende typen verplaatsingsexperimenten

Er zijn drie typen verplaatsingsexperimenten uitgevoerd, te weten:

1) Experimenten waarbij alleen de rol van de vissluis in de passeerbaarheid van het complex, voor migratie in beide richtingen, onderzocht wordt;
2) Experimenten waarbij de rol van de vissluis en de schutsluis in de passeerbaarheid van het complex, voor migratie in beide richtingen, onderzocht wordt.
3) Experimenten waarbij de rol van het gemaal in de migratie van vissen vanuit de polder naar de boezem onderzocht wordt.

Onderstaand wordt de uitvoering van deze typen nader toegelicht:

1. Rol van de vissluis bij de migratie

In het eerstgenoemde experiment is de rol van de vissluis onderzocht in de passeerbaarheid van het complex voor migratie in beide richtingen. Hiervoor zijn aan weerszijden van het complex vissen gevangen, gemerkt, verplaatst en weer teruggevangen, conform de beschrijving in paragraaf 2.2.1.

2. Rol van de vissluis en schutsluis bij de migratie

In het tweede experiment is de rol van de vissluis en schutsluis onderzocht in de passeerbaarheid van het complex voor migratie in beide richtingen. Hiervoor zijn aan weerszijden van het complex vissen gevangen, gemerkt, verplaatst en weer teruggevangen, conform de beschrijving in paragraaf 2.2.1. Het gemaal is gedurende de experimenten zo veel mogelijk buiten werking gesteld. De vissluis functioneerde normaal.

3. Rol van het gemaal bij de migratie

In het derde experiment werd de rol van de vissluis, schutsluis en gemaal onderzocht in de passeerbaarheid van het complex voor migratie van de polder naar de boezem.

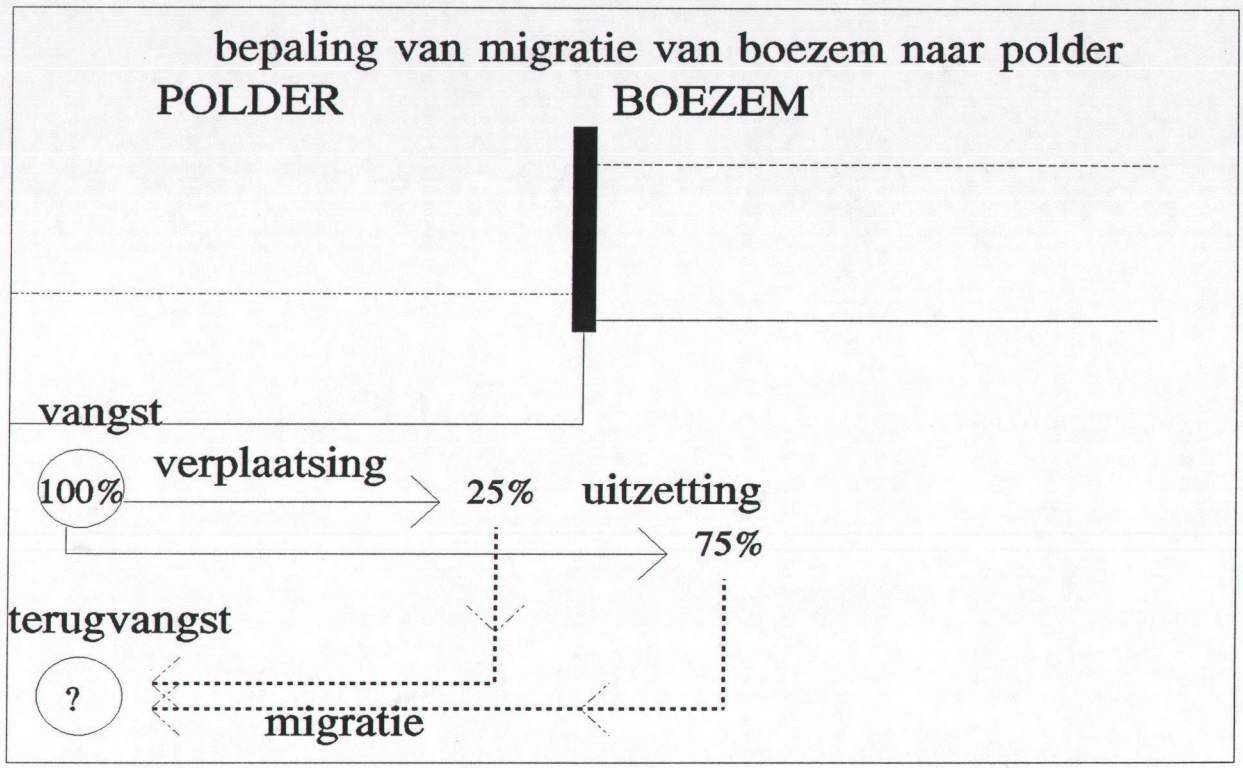
Hiervoor werden alleen aan de boezemzijde van het complex vissen gevangen, gemerkt, verplaatst en weer teruggevangen, conform de beschrijving in paragraaf 2.2.1. Hiernaast werd ook een directe meting uitgevoerd van het aantal migrerende vissen door het gemaal en vissluis. Hiervoor waren aan de boezemzijde van het complex vangtuigen aangebracht. Aan het gemaal was een ankerkuil bevestigd, die alle vissen welke het gemaal passeerden opving. Aan de boezemopening van de vissluis werd een vangconstructie bevestigd, die alle vissen opving welke via de vissluis naar de boezem zwommen. De vangconstructies zijn zes maal per week gecontroleerd en geleegd waarna de omvang en samenstelling van de vangsten is bepaald en op logboekformulieren werd genoteerd.

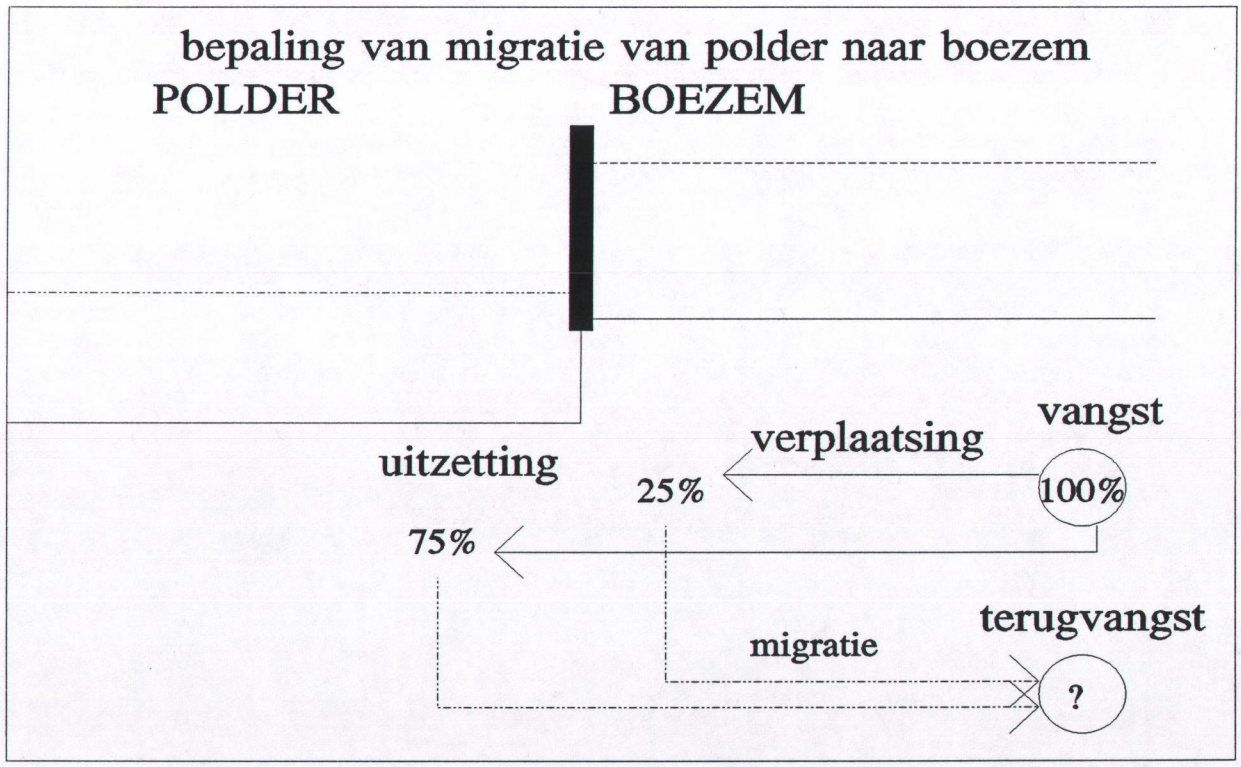
2.3. Tijdstip van uitvoering

Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk is aangegeven, is de directe meting van de migratie van vis door de vissluis tijdens de twee belangrijkste jaarlijkse migratieperioden uitgevoerd (in het voorjaar en het najaar). Direct na de paaitijd in juni is begonnen met de eerste serie van drie verplaatsingsexperimenten. Gezien de complexiteit en onzekerheden bij het uitvoeren van de verplaatsingsexperimenten zijn deze experimenten twee maal uitgevoerd, zodat het onderzoek vrijwel zeker bruikbare resultaten op zal leveren. De tweede serie van drie verplaatsingsexperimenten (de zogenaamde duplo-experimenten) is in september en oktober uitgevoerd. Tijdens de zomermaanden (juli, augustus en september) zijn er geen verplaatsingsexperimenten uitgevoerd. Als gevolg van de hoge temperaturen is er dan een verhoogde kans op sterfte van gevangen en gemerkte vissen. De uitvoeringsdata van de verplaatsingsexperimenten en directe metingen staan vermeld in tabel 2.1..

Tabel 2.1. Tijdschema van de verplaatsingsexperimenten en directe metingen van het totaal aantal gemigreerde vissen

Datum		Migratieroute	Vangtuig
11 april - 11 mei	Directe meting	vissluis * boezem --> polder	fuik
12 mei - 2 juni	Directe meting	vissluis * boezem --> polder	glasaalfuik
2 juni - 12 juni	Verplaatsingsexperiment 1	vissluis * polder --> boezem * boezem --> polder	
12 juni - 24 juni	Verplaatsingsexperiment 2	vissluis/schutsluis * polder --> boezem * boezem --> polder	
24 juni - 3 juli	Verplaatsingsexperiment 3	vissluis/schutsluis/gemaal * polder --> boezem	
24 juni - 3 juli	Directe meting	vissluis gemaal * polder --> boezem	fuik ankerkuil
22 sept. - 2 okt.	Verplaatsingsexperiment 1	vissluis * boezem --> polder * polder --> boezem	
2 okt. - 14 okt.	Verplaatsingsexperiment 2	vissluis/schutsluis * boezem --> polder * polder --> boezem	
14 okt. - 23 okt.	Verplaatsingsexperiment 3	vissluis/schutsluis/gemaal * polder --> boezem	
14 okt. - 23 okt.	Directe meting	vissluis gemaal * polder --> boezem	fuik ankerkuil
23 okt. - 18 nov.	Directe meting	vissluis * boezem --> polder	fuik





Afbeelding 2.3 en 2.4. Bij de experimenten werd resp. aan de boezem- en polderzijde een aantal vissen gevangen en gemerkt. Bij de bepaling van de intrek van de boezem naar de polder werd van dit aantal (100%) 75% aan de boezemzijde en 25% aan de polderzijde uitgezet. Hierbij waren de vissen die aan de polderzijde werden uitgezet anders gemerkt dan de vissen van de polderzijde. Na circa twee weken werd de terugvangst bepaald van de vissen in de polder. De bepaling van de intrek van de polder naar de boezem werd op identieke wijze uitgevoerd. In dit geval was alleen de verhouding 75% - 25% omgedraaid en werden de vissen in de boezem teruggevangen.

2.4. Mankracht en materialen

De zegen- en electrovisserijen ten behoeve van het verplaatsingsexperiment zijn uitgevoerd door J. Kampen van AquaTerra Water en Bodem BV, onder begeleiding van Witteveen+Bos. Dit bedrijf heeft ook de zegen, het electrovisapparaat en toebehoren geleverd. De ankerkuil en de vangconstructie zijn bemonsterd door een lokale beroepsvisser van de Groninger Bond. AquaTerra heeft in opdracht van Witteveen+Bos gezorgd voor de vangconstructie aan de uitstroomzijde van de vissluis, de ankerkuilen voor het gemaal, de begeleiding en instructie van de beroepsvisser en voor een logboek en een meetplank voor het registreren van alle vangsten.

3. RESULTATEN

3.1. Directe meting van het aantal gemigreerde vissen door vissluis

De constructie van de vissluis is zodanig dat alleen de vismigratie van de boezem naar de polder wordt gestimuleerd (zie paragraaf 1.1.). In tabel 3.1. is het aantal vissen weergegeven dat de vissluis in deze richting is gepasseerd. Deze experimenten zijn uitgevoerd in de twee belangrijkste migratieperiodes voor vissen, namelijk in de paaiperiode en in de herfst als de vissen naar de overwinteringsplaatsen trekken.

Uit tabel 3.1. blijkt dat vooral kleinere pootaal de vissluis in het voorjaar goed passeert: in totaal werden ruim 6500 exemplaar gevangen. Andere vissoorten migreren in veel kleinere aantallen door de vissluis. In het voorjaar trokken er gemiddeld 214 vissen per 10 dagen door. Baars en pos behoorden hierbij tot de meest dominante soorten. In het najaar trokken beduidend minder vissen door de vissluis, gemiddeld 108 vissen per 10 dagen. Ditmaal waren baars en blankvoorn de meest talrijke soorten.

Tabel 3.1. Aantal gevangen vis dat gedurende de paaiperiode en de herfst Den Deel via de vissluis in stroomafwaartse richting (van de boezem naar de polder) is gemigreerd

Vangtuig	fuik		glasaalfuik		fuik	
Migratieroute	boezem naar polder		boezem naar polder		boezem naar polder	
Uitvoeringsperiode	11 april t/m 11 mei		12 mei t/m 2 juni		24 okt t/m 18 nov	
	totale aantal	gemiddeld aantal per decade	totale aantal	gemiddeld aantal per decade	totale aantal	gemiddeld aantal per decade
(poot)aal	15	5	6539	3114	1	0
brasem	51	17	12	6	8	3
kolblei	17	6	31	1	56	22
blankvoorn	131	44	21	10	72	29
ruisvoorn	2	1	0	0	0	0
zeelt	1	0	0	0	1	0
kleine modderkruiper	0	0	1	0	0	0
baars	307	102	16	1	99	38
snoekbaars	13	4	0	0	4	2
pos	116	39	0	0	30	12
3 D stekelbaars	3	1	0	0	0	0
totaal	656	219	6620	3152	271	108
totaal (excl. aal)	641	214	81	39	270	108

De migratie van vissen verschilt sterk per periode van het jaar en is afhankelijk van de daglengte en de (water)temperatuur. Om een beeld te krijgen van het verloop van de migratie via de vissluis van boezem naar polder, zijn in bijlage II enkele grafieken opgenomen met het aantal gevangen vis tijdens de periodes van 11 april t/m 11 mei en van 12 mei t/m 2 juni, welke een groot deel van de paaitijd beslaan. Wat hierbij opvalt is dat bij veel soorten de vangsten in het voorjaar vrij gelijkmatig over de tijd verdeeld. Alleen de vangsten van pos en brasem concentreren zich in het tweede deel van de vangperiode. De afwezigheid van een duidelijk temporeel migratiepatroon wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de temperatuur tijdens het onderzoek. Hierdoor was er sprake van een geringe migratie-activiteit. Dit was ook het geval bij een migratie-onderzoek dat in het voorjaar van 1997 is uitgevoerd in Limburg (Witteveen+ Bos, 1997).

In bijlage III is, bij wijze van illustratie, van elke soort het gevangen aantal per ecologische lengtegroep weergegeven gedurende de periodes 11 april t/m 11 mei en 12 mei t/m 2 juni. Deze resultaten geven inzicht in het aantal gepasseerde vissen per lengteklasse. Deze indeling is gebaseerd op de voedselvoorkeur van de vissen. Alle vissen tot 15 cm, met uitzondering van pos, snoek en aal worden planktivoor (watervlooien-etend) verondersteld te zijn. Brasem van 15-24 cm en pos kunnen zowel planktivoor als benthivoor zijn. Benthivore vissen leven van voedsel in de bodem. Brasem > 25 cm en karper > 15 cm zijn benthivoor. Snoek, snoekbaars en baars zijn vanaf 15 cm piscivoor (visetend). De overige soorten eten voornamelijk macrofauna en waterplanten.

Uit bijlage III blijkt dat van blankvoorn en baars voornamelijk de nog niet paaiende exemplaren kleiner dan 15 cm via de vissluis migreren. Bij de brasem daarentegen is het merendeel van de gepasseerde vis in de paaiperiode groter dan 40 cm en paairijp.

Bovenstaande resultaten geven aan hoeveel vissen per lengteklasse de vispassage zijn gepasseerd. Het is echter onbekend hoeveel vis per lengteklasse de vispassage wel willen, maar niet kunnen passeren. De resultaten van de verplaatsingsexperimenten, die in paragraaf 3.2. en tabel 3.5. zijn weergegeven, geven hier meer duidelijkheid over.

3.2. Verplaatsingsexperimenten(1 + 2)

Bij de verplaatsingsexperimenten wordt het aantal gemigreerde vissen vergeleken met het aantal vis dat ook werkelijk wil migreren. Hierdoor wordt een indicatie verkregen van de passeerbaarheid van complex Den Deel. Gezien de complexiteit en onzekerheden van de verplaatsingsexperimenten, zijn deze experimenten in twee series (duplo's) uitgevoerd. Per serie zijn vier verschillende verplaatsingsexperimenten uitgevoerd. Hierbij is de passeerbaarheid van de vissluis afzonderlijk en in combinatie met de schutsluis onderzocht. Zowel de vismigratie van boezem naar polder als in omgekeerde richting is gemeten.

In tabel 3.2. zijn de resultaten van de vier experimenten in het voorjaar samengevat. Uit de resultaten komt naar voren dat de passeerbaarheid van de vissluis gering is. Slechts 3% van de gemotiveerde vissen passeert het complex Den Deel via de vissluis van de boezem naar de polder. De migratie in deze richting nam duidelijk toe door het gebruik van de schutsluizen (tot 12%). Dit komt overeen met de resultaten van het verplaatsingsexperiment waarbij de migratie in omgekeerde richting is bepaald. Alleen bij het experiment waarmee de migratie van polder naar boezem via de vissluis moest worden vastgesteld, werden van de referentiegroep te weinig gemerkte vissen teruggevangen om betrouwbare conclusies mogelijk te maken. Dit is logisch, omdat de vissluis is ontworpen voor de migratie van boezem naar polder.

Tabel 3.2. Totaal aantal uitgezette en teruggevangen vis (> 10 cm) bij de eerste serie verplaatsingexperimenten (in het voorjaar)

migratie	boezem naar polder		polder naar boezem	
passagemogelijkheden	vissluis	vissluis schutsluis	vissluis	vissluis schutsluis
aantal schuttingen	0	69,5	1	71,5
periode	2 - 11 juni	11 - 23 juni	3 - 12 juni	12 - 24 juni
aantal uitgezette vis (± 75%)	244	638	238	489
terugvangsten gemigreerde vis op vangstplaats	1	7	3	5
aantal uitgezette vis (± 25%)	139	421	134	248
terugvangsten niet gemigreerde vis op uitzetplaats	19	37	3	21
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel gepasseerd is	3	**12**	**te weinig terugvangsten van referentie-groep**	**12**
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel gepasseerd is per 10 schuttingen		**1,7**		**1,7**

In tabel 3.3. zijn de resultaten van de tweede serie verplaatsingsexperimenten uit het najaar weergegeven. De resultaten in deze tabel zijn gestandaardiseerd naar een vast aantal schuttingen. Het aantal schuttingen verschilt namelijk sterk tussen voor- en najaar.

De resultaten van de experimenten in het najaar zijn vergelijkbaar met die van het voorjaar (vergelijk tabel 3.3. met tabel 3.2.). In het najaar werden geen terugvangsten verricht van vissen die via de vissluis het complex Den Deel wilden passeren. De migratie nam duidelijk toe door gebruik van de schutsluis. Dit betrof zowel de migratie van boezem naar polder als in omgekeerde richting.

Tabel 3.3. Totaal aantal uitgezette en teruggevangen vis (> 10 cm) bij de tweede serie verplaatsingsexperimenten (in het najaar)

migratieroute	boezem naar polder		polder naar boezem	
passagemogelijkheden	vissluis	vissluis schutsluis	vissluis	vissluis schutsluis
aantal schuttingen	5,5	45,5	4,5	47,5
periode	22 sept - 1 okt	1 - 13 okt	23 sept - 2 okt	2 - 14 okt
aantal uitgezette vis (± 75%)	864	1119	530	1021
terugvangsten gemigreerde vis op vangst-plaats	0	2	0	9
aantal uitgezette vis (± 25%)	334	550	211	436
terugvangsten niet gemigreerde vis op uitzet-plaats	20	22	10	45
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel gepasseerd is	**0**	**5**	**0**	**9**
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel gepasseerd is per 10 schuttingen	**n.v.t.**	**1,1**	**n.v.t.**	**1,9**

In de herfst werden tijdens het verplaatsingsexperiment met vissluis en schutsluis (in de periode 2 t/m 14 okt), gemerkte vissen teruggevangen uit het voorgaande experiment (23 sept t/m 2 okt). Voor deze vissen was het gedurende een periode van drie weken mogelijk om via de vissluis te migreren. De terugvangstpercentages van deze periode komen sterk overeen met het experiment uit de periode 2 t/m 14 oktober (vergelijk resultaten tabel 3.4. met tabel 3.3.).

Tabel 3.4. Totaal aantal uitgezette en teruggevangen vis bij passagemogelijkheid via vissluis en schutsluis gedurende de periode van 23 september t/m 14 oktober

migratieroute	boezem naar polder	polder naar boezem
aantal schuttingen	48,5	48,5
aantal uitgezette vis (± 75%)	864	530
terugvangst gemigreerde vis op vangstplaats	2	2
aantal uitgezette vis (± 25%) op vangstplaats	334	210
terugvangsten niet-gemigreerde vis op vangstplaats	15	10
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel gepasseerd is	**5**	**8**
percentage van gemotiveerde vis dat Den Deel per 10 schuttingen gepasseerd is	**1,0**	**1,6**

In tabel 3.5. wordt per lengteklasse het percentage gepasseerde vissen ten opzichte van het totaal aantal gepasseerde vissen weergegeven. Hierdoor wordt een indruk verkregen van de relatie tussen de vislengte en de passeerbaarheid van de vissluis in combinatie met de schutsluis. Hierbij zijn alleen de verplaatsingsexperimenten gebruikt waar minimaal vijf gemigreerde vissen zijn gevangen. Uit tabel 3.5. blijkt dat kleine vis Den Deel beter passeert dan grote vis. Dit was zowel in het voor- als in het najaar het geval. Ongeveer 12 tot 25% van de vis tussen 10 en 14 cm passeert het gemaal, terwijl dit bij de vis van 15-24 cm 6 à 7% is. Over de grotere vissen zijn vanwege het geringe aantal terugvangsten geen harde uitspraken mogelijk.

Tabel 3.5. Vergelijking van de terugvangsten tussen verschillende lengteklassen bij de passagemogelijkheden via vissluis en schutsluis (in beide richtingen) (X = geen berekening mogelijk doordat er geen vissen van de referentie (25%) groep zijn gevangen)

migratieroute	boezem naar polder	polder naar boezem	polder naar boezem
periode	11 - 23 juni	12 juni - 24 juni	2 okt - 14 okt
percentage van gemotiveerde vis die zijn gepasseerd			
10-14 cm	25	16	12
15-24 cm	6	7	6
25-39 cm	0	X	0
≥ 40 cm	X	X	0

3.3. Verplaatsingsexperiment 3: migratie van polder naar boezem via vissluis en gemaal

In dit experiment is alleen de (stroomopwaartse) migratie van de polder naar de boezem gemeten. Hiertoe is met vangtuigen het totaal aantal gemigreerde vis bepaald dat complex Den Deel via de vissluis en het gemaal is gepasseerd (zie respectievelijk tabel 3.6. en 3.7.). De gevangen vissen hebben zich met het water laten meevoeren. Deze vorm van migratie is min of meer passief: actief migrerende vissen richten zich namelijk tegen de waterstroom in.

In tabel 3.6. staat het aantal vis weergegeven dat Den Deel via de vissluis van de polder naar de boezem is gepasseerd. Hierbij springt vooral het grote aantal driedoornige stekelbaars in het oog: in totaal zijn circa 60.000 exemplaar van deze soort de vissluis gepasseerd. Er is echter een reële kans dat niet al deze vissen Den Deel via de vissluis zijn gepasseerd.

Een deel kan ook via het gemaal zijn gepasseerd. Het gemaal van Den Deel bestaat namelijk uit drie pompen, waarvan er één aan zijde van de vissluis is gesitueerd. Deze laatste pomp is als gevolg van extreme regenval tijdens de looptijd van dit experiment van 30 juni tot 3 juli regelmatig en langdurig in werking geweest. De grote vangsten van driedoornige stekelbaars en veel andere soorten valt precies samen met de werktijd van deze pomp. Om deze reden is het aannemelijk dat de vissluis slechts een veel geringere bijdrage levert aan de vismigratie van de polder naar de boezem dan uit tabel 3.6. blijkt.

Tabel 3.6. Aantal gevangen vis dat Den Deel via de vissluis van de polder naar de boezem is gepasseerd

uitvoeringsperiode	24 juni t/m 3 juli		14 okt. t/m 23 okt.	
	totaal n	n/1000 m³	totaal n	n/1000 m³
aal	67	9	10	2
brasem	400	51	2	0
kolblei	569	72	33	5
blankvoorn	757	96	9	1
ruisvoorn	1	0	1	0
zeelt	1	0	0	0
baars	106	14	24	4
snoekbaars	8	1	3	0
pos	36	5	15	3
3-D stekelbaars	60.000	7618	0	0
snoek	1	0	0	0
totaal	61.946	7.865	97	15
totaal (excl. 3-D stekelbaars)	1.946	247	97	15

In tabel 3.7. is het aantal vissen weergegeven dat Den Deel via het gemaal is gepasseerd. Ook hier valt het zeer hoge aantal driedoornige stekelbaars op: in totaal zijn in de voorzomer meer dan 232.000 exemplaar van deze soort het gemaal van polder naar boezem gepasseerd. De passage van het gemaal is passief en derhalve afhankelijk van debiet. Om deze reden zijn de aantallen gestandaardiseerd naar een 1000 m³ verpompt water, zodat de resultaten tussen voor- en najaar vergelijkbaar worden.

Wanneer de driedoornige stekelbaars buiten beschouwing wordt gelaten, dan zijn in het najaar meer vissen het gemaal gepasseerd dan in het voorjaar. In het voorjaar zijn na driedoornige stekelbaars blankvoorn en kolblei de meest dominante soorten. In het najaar werden geen stekelbaarzen waargenomen; toen was baars de meest dominante soort.

De vissterfte door gemaal bleek gedurende het experiment beperkt. Alleen enkele alen groter dan 45 cm en een enkele witvis (minder dan 10 ex.) werden door de schoepen van het gemaal gedood. Dit lage sterfte percentage werd beïnvloed door het geringe aantal draaiuren van het gemaal. Harde conclusies van de vissterfte door het gemaal zijn hierdoor niet mogelijk.

Tabel 3.7. Aantal gevangen vis dat Den Deel via het gemaal van de polder naar de boezem is gepasseerd

uitvoeringsperiode	24 juni t/m 2 juli		14 okt t/m 23 okt	
	n	n/1000 m^3	n	n/1000 m^3
aal	159	22	11	1,7
brasem	183	25	41	6,5
kolblei	275	38	209	33
blankvoorn	569	46	86	14
ruisvoorn	4	1	0	0
zeelt	3	0	1	0,2
baars	48	7	963	153
snoekbaars	13	2	18	2,9
pos	28	4	124	20
3D st.baars	232.258	32.146	0	0
10D st.baars	59	8	0	0
snoek	1	0	0	0
totaal	233.600	32.299	1.453	231
totaal (excl. 3D st.baars)	1.342	153	1.453	231

Naast de directe vangst van vissen is aan de hand van verplaatsingsexperimenten bepaald welk aandeel van de vis dat gemotiveerd is om van polder naar boezem te migreren ook daadwerkelijk via het gemaal en de vissluis is gepasseerd. Hiertoe zijn vanuit de boezem afkomstige vissen gemerkt en aan de polderzijde uitgezet. Vervolgens zijn de vangsten in de vangtuigen op merken gecontroleerd. De resultaten hiervan zijn in tabel 3.8. weergegeven. Aangezien alleen vissen groter dan 10 cm zijn gemerkt, valt de migratie van driedoornige stekelbaars buiten dit experiment.

Getracht is om een inschatting te maken van de hoeveelheid vis die bij het bemalen van de polder via het gemaal en de vissluis naar de boezem migreert. Deze schatting is weergegeven in tabel 3.8.. Hieruit blijkt dat slechts een zeer gering aantal vissen het gemaal passeert (0,3%). Ook de passeerbaarheid van de vissluis is zeer gering (0,6%). Dit komt overeen met de resultaten van de andere verplaatsingsexperimenten (zie tabel 3.2. en 3.3.).

Tabel 3.8. De hoeveelheid gemigreerde vis via de vissluis en het gemaal van polder naar boezem

migratieroute	**polder naar boezem**	polder naar boezem
uitvoeringsperiode	24 juni t/m 2 juli	14 t/m 23 okt
vissluis verpompt volume water (m^3)	38.880	43.200
gemaal verpompt volume water (m^3)	7225,05	6296,85
aantal uitgezette vis (± 75%)	702	1068
totaal aantal gemigreerde vis		
* via vissluis	2	0
* via gemaal	4	0
totaal aantal gemigreerde vis per 1000 m^3		
* via vissluis	0,05	0,0
* via gemaal	0,5	0,0
percentage gemigreerde vis t.o.v. het aantal uitgezette vis		
* via vissluis	0,3	0,0
* via gemaal	0,6	0,0
percentage gemigreerde vis per 1000 m^3 t.o.v. het aantal uitgezette vis		
* via vissluis		
* via gemaal		
totaal	0,9	0,0
totaal per 1000 m^3	80,3 . 10^{-5}	0,0

4. DISCUSSIE

evaluatie van de onderzoeksmethode
Naast de directe meting van migratie zijn verplaatsingsexperimenten in de zomer uitgevoerd. In de zomermaanden is er normaliter geen gerichte migratie van vissen. Daarom is de migratie kunstmatig gestimuleerd door standvissen te vangen en te verplaatsen naar de andere kant van complex Den Deel. Bij dit experiment is aangenomen dat de vissen gemotiveerd zijn om naar hun standplaats terug te zwemmen. Deze methode is reeds eerder door Witteveen+Bos met succes in de zomermaanden toegepast (Klinge, 1994).

De gehanteerde merk- en terugvangmethode voldeed goed. Ondanks het relatief geringe aantal teruggevangen vissen, zijn de resultaten goed met elkaar in overeenstemming. Bovendien is het daadwerkelijk aantal gepasseerde vissen veel groter dan uit de terugvangsten blijkt. De gemerkte vissen die zijn teruggezwommen hebben zich verspreid over een veel groter leefgebied dan het oppervlak dat is bevist. Hierdoor is slechts een klein deel van de gemerkte vissen die zijn teruggezwommen ook daadwerkelijk teruggevangen. Aangezien dit verschijnsel voor beide uitgezette groepen vis opgaat, wordt de berekening van de passeerbaarheid hierdoor niet beïnvloed (pm).

passage van de vissluis
Alleen de aal maakt in de paaitijd in grote aantallen gebruik van de passageroute via de vissluis van de boezem naar de polder. Voor deze soort vervult de vissluis waarschijnlijk een belangrijke rol bij passage van Den Deel. Bij de migratie is aal namelijk aangewezen op een continue lokstroom. Van de schutsluis gaat hoogstwaarschijnlijk geen voldoende grote en continue lokstroomwerking uit.

Andere vissoorten maken maar nauwelijks gebruik van de vissluis bij de migratie van boezem naar polder. Mogelijk is dit het gevolg van de constructie van de vissluis. Zo kunnen het donkere gat en de kleine afmetingen van de inzwemopening een barrière vormen voor de passage van schubvis. Daarnaast kunnen ook lokatiegebonden eigenschappen een rol spelen. Mogelijk wordt de polder maar weinig gebruikt als paaigebied voor vissen vanuit de boezem, waardoor slechts een gering aantal vissen in het voorjaar een voldoende sterke migratiedrang vertonen om complex Den Deel te passeren. Echter, de verplaatsingsexperimenten duiden erop dat het vooral een constructief probleem is.

Het zeer lage migratiepercentage in omgekeerde richting, dus van de polder naar de boezem, laat zich door de constructie van de vissluis goed verklaren. In deze richting is een lokstroom immers afwezig.

passage van de vissluis in combinatie met de schutsluis
De passeerbaarheid van Den Deel wordt duidelijk vergroot (ongeveer een factor vier) door de combinatie van vissluis en schutsluis. Aangezien de migratieroute door de vissluis nauwelijks gebruikt wordt (zie boven), mag worden geconcludeerd dat de vergrote passeerbaarheid veroorzaakt wordt door de schutsluis. Opvallend is dat de migratiepercentages in beide richtingen vergelijkbaar zijn.

passage van het gemaal van polder naar boezem
Uit de resultaten van de verplaatsingsexperimenten volgt dat het gemaal door een zeer gering percentage van gemotiveerde vissen van de polder naar de boezem wordt gepasseerd. Uit de directe metingen blijkt dat alleen driedoornige stekelbaars Den Deel in grote aantallen via het gemaal van polder naar boezem passeert. Het is echter onbekend welk aandeel van de driedoornige stekelbaars dat Den Deel wil passeren ook daadwerkelijk via het gemaal passeert. De verplaatsingsexperimenten geven hier geen uitsluitsel over omdat hier alleen migratie van vis groter dan tien cm is bepaald. Het is niet uitgesloten dat veel meer driedoornige stekelbaarzen via de schutsluis passeren.

Er treedt vrijwel geen vissterfte op bij passage door het gemaal. De enkele vissen waarbij sterfte is geconstateerd betroffen voornamelijk grotere individuen. Procentueel gezien blijft de sterfte ook onder grote vissen laag.

barrièrewerking van complex Den Deel
Met uitzondering van aal functioneert de vissluis voor andere vissoorten vrijwel niet. Eveneens passeren via het gemaal een gering aantal vissen. Alleen bij de combinatie vissluis en schutsluis is een migratiepercentage van maximaal 12% bereikt. Hieruit volgt dat een verhoging van de schutfrequentie waarschijnlijk een goede maatregel is om de vismigratie te stimuleren. Hierbij moet echter bedacht worden dat tijdens dit experiment reeds een extra aantal schuttingen zijn uitgevoerd. Een nog sterkere verhoging van het aantal schuttingen is vanuit praktisch oogpunt mogelijk niet haalbaar. Het migratiepercentage zal hierdoor misschien nooit veel hoger worden dan de waargenomen 12%. Den Deel zal daarom ook in de toekomst vermoedelijk een barrière voor de vismigratie blijven.

vertaling van de resultaten naar andere gemalen en stuwen
Als gevolg van de bodemdaling in Groningen moeten in de toekomst nieuwe gemalen en stuwen worden geplaatst. Hierdoor wordt de Groningse boezem in verschillende waterhuishoudkundige systemen opgedeeld, wat de vismigratie sterk kan belemmeren. Dit onderzoek geeft mogelijk inzicht in welke barrièrewerking er van de geplande kunstwerken uitgaat en op welke wijze de passeerbaarheid kan worden vergroot.

Een passagemogelijkheid via de vissluis alleen is onvoldoende voor zowel de generalistische als specialistische soorten: het migratiepercentage bedraagt bij de vissluis slechts 0-3%. Voor met name de pootaal lijkt de vissluis wel voldoende passagemogelijkheid te bieden.

De resultaten van het migratie-onderzoek bij Den Deel zijn echter niet op voorhand vertaalbaar naar andere stuwen en gemalen. De gevolgen van dergelijke barrières zijn namelijk afhankelijk van de (gewenste) visstandsamenstelling in het gebied en de ligging van het kunstwerk in het landschap. Zo zullen migratiebarrières met name een probleem vormen voor de specialistische soorten. Deze soorten zijn voor hun voortplanting vaak sterk aangewezen op specifieke paai- en opgroeigebieden aan de andere zijde van het kunstwerk, die ze dan niet kunnen bereiken. Meer plaatsvaste generalistische soorten, die minder specifieke eisen stellen, kunnen hun levenscyclus vaak aan beide zijden van de barrière voltooien, zodat bij deze soorten dit probleem veel minder sterk speelt. Er is in Groningen echter ook sprake van trekkende populaties van generalistische soorten. Afhankelijk van de migratieroutes kan het voortbestaan van deze populaties worden bedreigd door migratiebarrières zoals Den Deel.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat voor een goede beoordeling van andere lokaties een gedegen kennis van de visstand en -migratie noodzakelijk is. Hierbij moet niet alleen de huidige visstandsamenstelling bij de evaluatie worden betrokken, maar ook soorten waarvan de terugkeer wordt nagestreefd.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1. Conclusies

- met de gehanteerde methode (directe meting in voor- en najaar en de verplaatsingsexperimenten) kon de migratie door het complex Den Deel goed in beeld gebracht worden;

- hoewel de resultaten van de verschillende experimenten zeer consistent zijn, hebben de resultaten een beperkte betrouwbaarheid als gevolg van het kleine aantal terugvangsten;

- de vissluis functioneert in het voorjaar goed voor de migratie van jonge (poot)aal (12-27 cm) van de boezem naar de polder;

- andere vissoorten maken in het voor- en najaar maar in (zeer) geringe mate gebruik van de passagemogelijkheid via de vissluis bij migratie van polder naar boezem;

- uit de verplaatsingsexperimenten komt naar voren dat de vissluis in het voor- en najaar vrijwel niet gepasseerd wordt door vissen groter dan 10 cm. Dit betreft zowel de passage van boezem naar polder als in omgekeerde richting. Slechts 0-3% van de migrerende vissen kan de vissluis passeren;

- de vissluis in combinatie met extra schuttingen van de schutsluis verhoogt de passeerbaarheid tot maximaal 12%;

- uit de verplaatsingsexperimenten komt naar voren dat kleine vis (10-15 cm) beter migreert bij passagemogelijkheid via vissluis en schutsluis dan grote vis (> 15 cm). Dit betreft zowel de migratie van boezem naar polder als in omgekeerde richting.

De belangrijke conclusies van het onderzoek naar de passeerbaarheid van complex Den Deel zijn samengevat in tabel 5.1..

Tabel 5.1. : Belangrijkste conclusies van de migratie van vis het complex Den Deel

passageroute	richting	passeerbaarheid
vissluis	boezem --> polder	goed voor met name pootaal in voorjaar, zeer beperkt voor andere vis (0 - 3%)
	polder --> boezem	vrijwel geen migratie waargenomen
schutsluis	beide richtingen	passeerbaarheid 12% (afhankelijk van het aantal schuttingen) van het aantal vissen > 10 cm dat gemotiveerd is om te migreren.
gemaal	polder --> boezem	wordt met uitzondering van driedoornige stekelbaars bijna niet gepasseerd. De sterfte was gedurende het experiment gering.

5.2. Aanbevelingen

Op basis van het hiervoor beschreven onderzoek blijven nog twee belangrijke vragen onbeantwoord:

1. Hoe kan het migratieknelpunt voor vis door de vissluis en de schutsluis bij Den Deel worden opgelost;
2. Hoe moeten de resultaten van het onderzoek naar de vismigratie door de vissluis, schutsluis en het gemaal van Den Deel worden vertaald naar andere gemalen in Groningen.

Om beide vragen te beantwoorden is vervolg onderzoek noodzakelijk. Voor de eerste vraag moet allereerst worden nagegaan op welke wijze de vissluis en schutsluis kunnen worden geoptimaliseerd. Voor de vissluis kan bijvoorbeeld worden gedacht aan:

- het verbeteren van de lokstroom (debiet, stroomsnelheid, richting en frequentie);
- het optimaliseren van de uitstroomopening (de ingang voor de stroomopwaarts zwemmende vissen);

Voor de optimalisatie van de schutsluis komen vooral beheersmaatregelen in aanmerking, zoals:

- het tijdelijk openen van de rinketten in het voorjaar t.b.v. de intrek van glasaal en pootaal;
- het aanpassen van het spuiregime op de migratie-eisen van vissen. Door het spuiregime aan te passen aan de migratie-eisen van vissen is het mogelijk de passeerbaarheid te verbeteren, het is echter niet mogelijk om met een aangepast schutregime het migratieknelpunt op te lossen. Aanpassing van het schutregime blijft daardoor een noodoplossing. Aanpassing van het schutregime kan door drie beheersmaatregelen:
  1. het schutregime zoveel mogelijk aangepassen aan de periode waarin (voor- en najaar) en het tijdstip (ochtend en avondschemering) waarop de vissen migreren;
  2. de tijd waarin de vissen de sluiskolk kunnen binnentrekken en weer verlaten zoveel mogelijk verlengen;
  3. het debiet van de lokstroom zoveel mogelijk vergroten.

De effectiviteit van deze maatregelen moet vervolgens met migratie-experimenten of visserijkundigonderzoek worden onderzocht. Voor de vertaling van de resultaten van Den Deel naar andere gemalen in Groningen is in eerste instantie een verkennende studie naar de aard en omvang van de vismigratieknelpunten bij gemalen noodzakelijk om de problemen in kaart te brengen. Hiervoor is het noodzakelijk om de bestaande en nog aan te leggen gemalen te inventariseren en te beschrijven en om de (migrerende) vispopulaties en de verschillende vishabitats (o.a. paai- en overwinteringsgebieden) in kaart te brengen. Op basis van dit onderzoek kunnen lokale problemen bij andere gemalen worden geanalyseerd en kunnen oplossingen worden aangedragen om de vismigratie te verbeteren.

6. LITERATUUR

Goldspink, C.R., 1977.
The return of marked roach (*Rutilus rutilus* L.) to spawning grounds in Tjeukemeer, The Netherlands. *J. Fish. Biol.* 11: 599-603.

L'Abée-Lund, J.H., Vollestad, L.A., 1985.
Homing precision of roach (*Rutilus rutilus*) in Lake Årungen, Norway. *Env. Biol. of Fishes* 13(3):235-239.

Klinge, M., 1994.
Fish migration via the shipping lock at the Hagestein barrage: results of an indicative study. *Wat. Sci. Tech.* 29(3): 357-361.

Kwaadsteniet, P.I.M. & C. van der Giessen, 1994.
Ontwerp vissluis in de Regge en het Boterdiep. In: Raat, J.P. (red). Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. OVB, 281 pp.

McCleave, J.D. & Labar, G.W., 1977.
Within-season homing movements of displaced mature Sunapee Trout (*Salvelinus alpinus*) in Floods pond, Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.* 106(2): 156-162.

Svenning, M.A., Grotnes, P., 1991.
Stationarity and homing ability of landlocked Arctic Charr. *Nordic J. Freshw. Res.* 66:36-43.

BIJLAGE I Gehanteerde merkmethode bij het vismigratie-onderzoek Den Deel

Gehanteerde merkmethoden bij het vismigratie-onderzoek naar de passerbaarheid van de sluis bij Den Deel in 1997:

	Polder		Boezem	
Datum uitzetting	Uitzetting in polder	Uitzetting in boezem	Uitzetting in polder	Uitzetting in boezem
2 juni	bovenkantstaart	onderkantstaart		
3 juni			linkerbuikvin	rechterbuikvin
11 juni	rechterborstvin	linkerborstvin		
12 juni			linkerbuikvin onderkantstaart	linkerbuikvin bovenkantstaart
24 juni			bovenkantstaart linkerborstvin	bovenkantstaart rechterborstvin

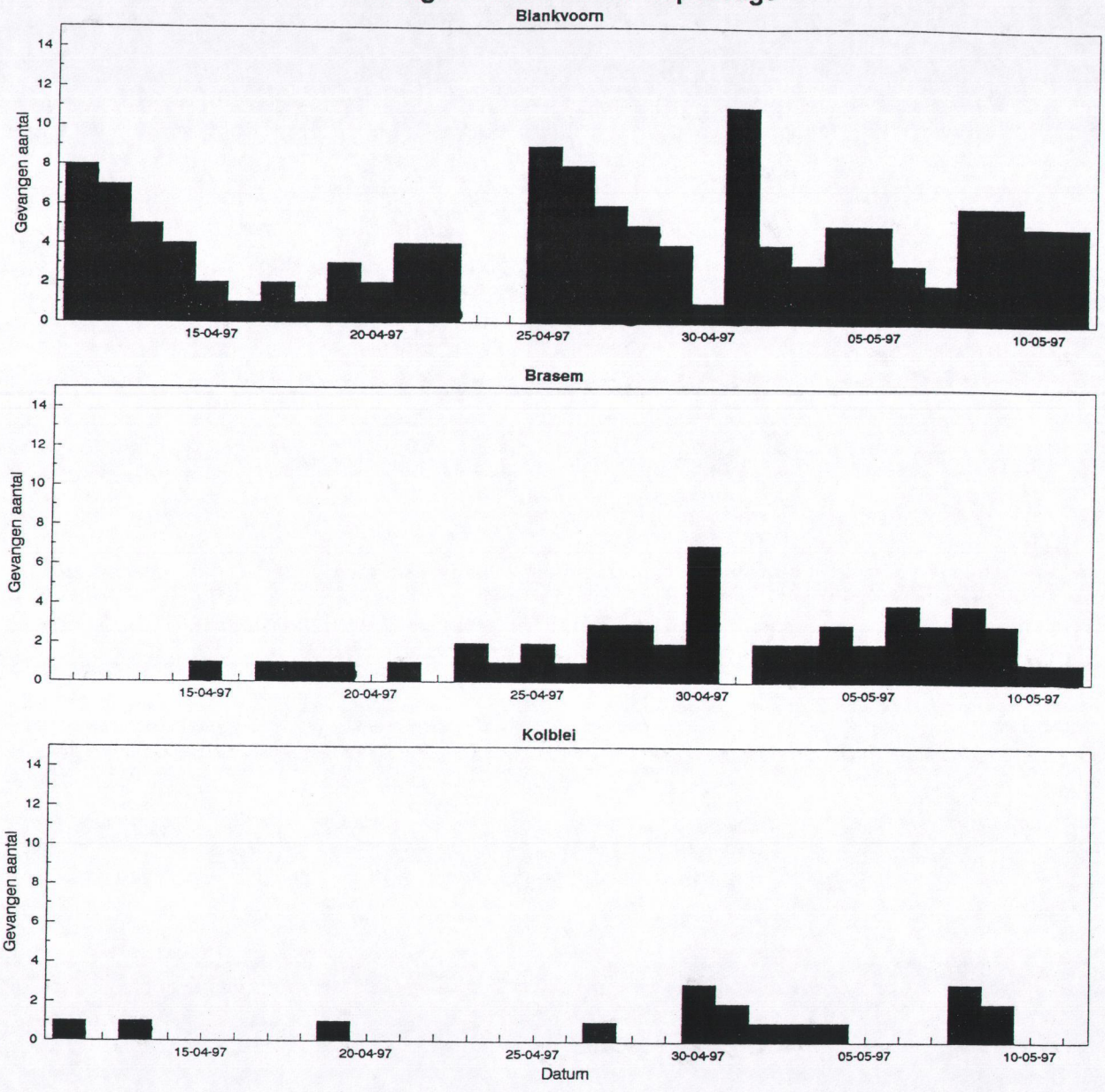
Mogelijkheden voor de vissen om de sluis bij Den Deel te passeren gedurende het onderzoek:

- Van 2 tot en met 12 juni 1997 waren de sluizen gestremd, zodat de vis alleen via de vispassage kon passeren.
- Van 12 tot en met 24 juni 1997 zijn dagelijks schuttingen uitgevoerd, zodat de vis zowel via de sluis als de vispassage kon passeren.
- Van 24 juni tot en met 3 juli 1997 zijn zowel schuttingen als lozingen met het gemaal uitgevoerd, zodat de vis via de vispassage, de sluis en het gemaal kon passeren.

BIJLAGE II **Aantal gevangen vissen gedurende de vangperiodes 11 april t/m 11 mei, 12 mei t/m 2 juni en 25 juni t/m 3 juli 1997.**

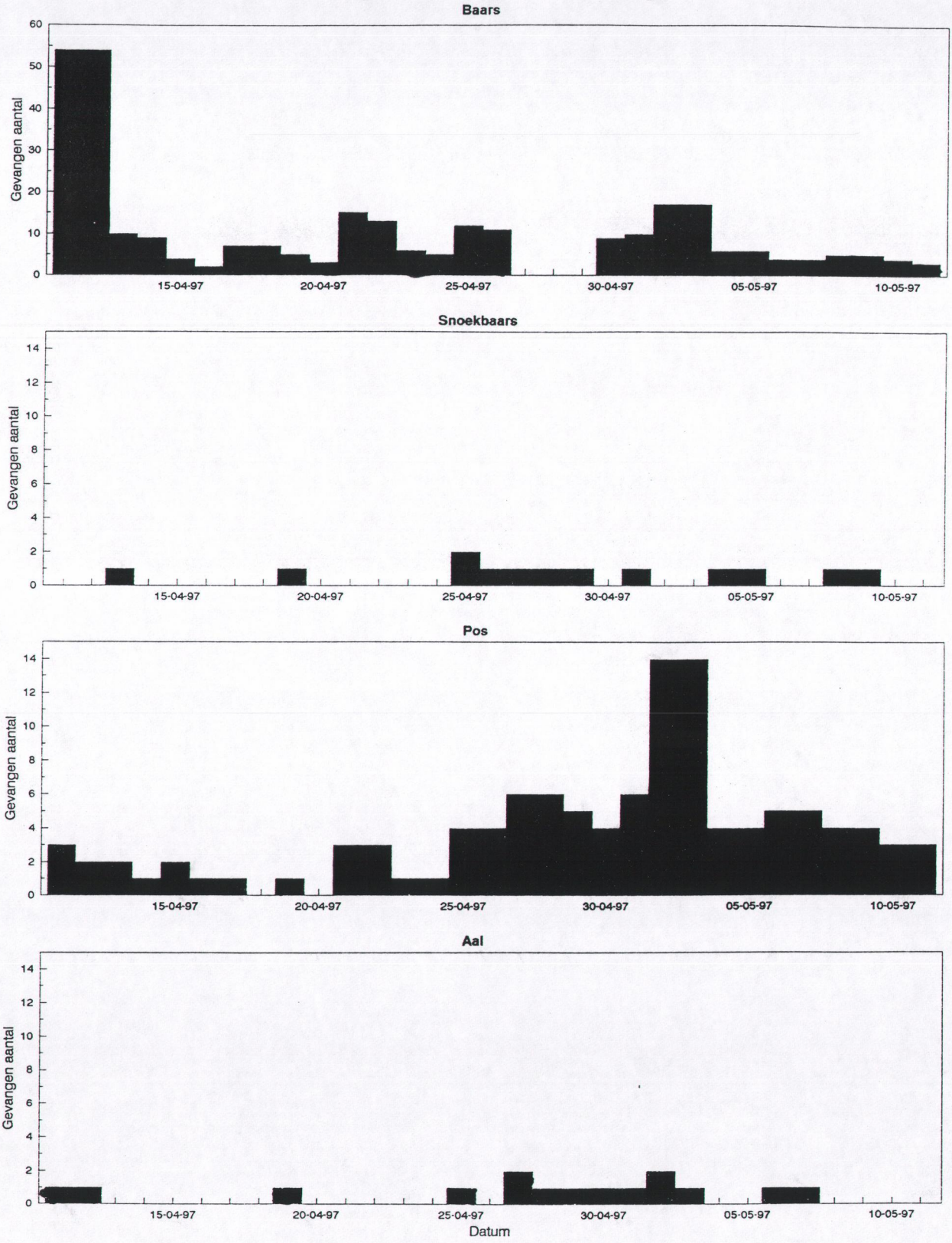
Resultaten van onderzoek met visfuik bij Den Deel (11 april tot 11 mei 1997)

Gevangen vissen achter vispassage



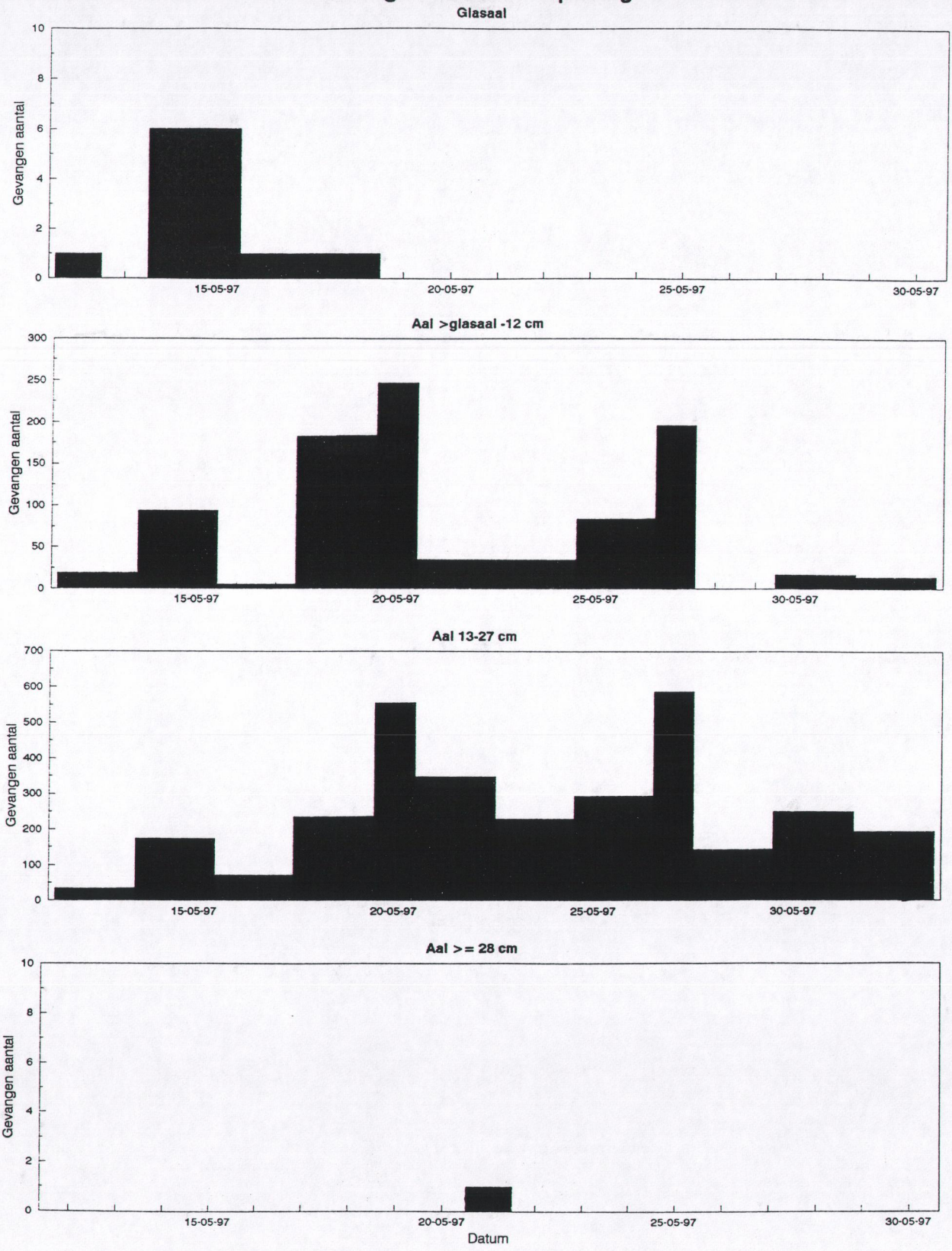
Resultaten van onderzoek met visfuik bij Den Deel (11 april tot 11 mei 1997)

Gevangen vissen achter vispassage



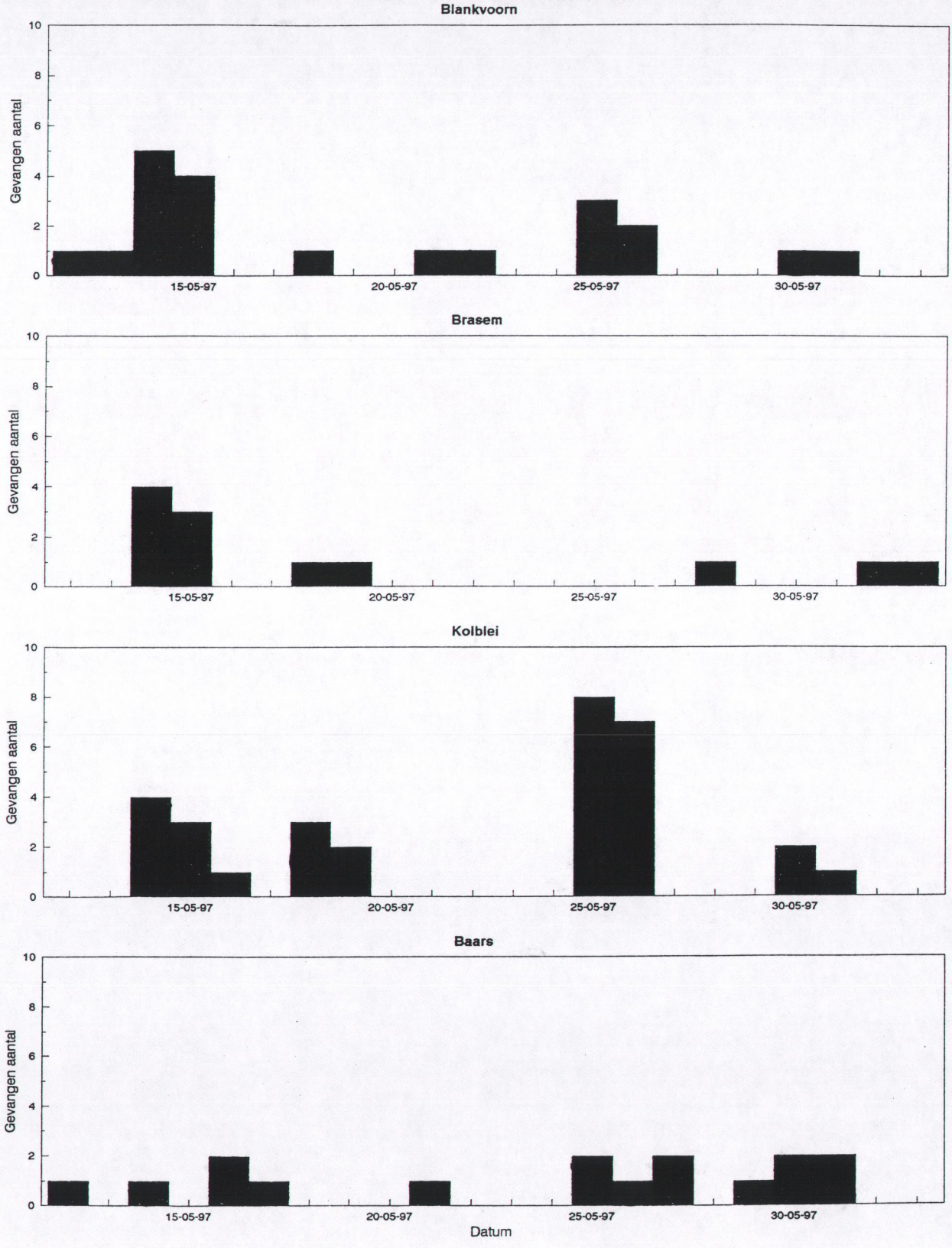
Resultaten van onderzoek met glasaalfuik bij Den Deel (12 mei tot 2 juni 1997)

Gevangen vissen in vispassage

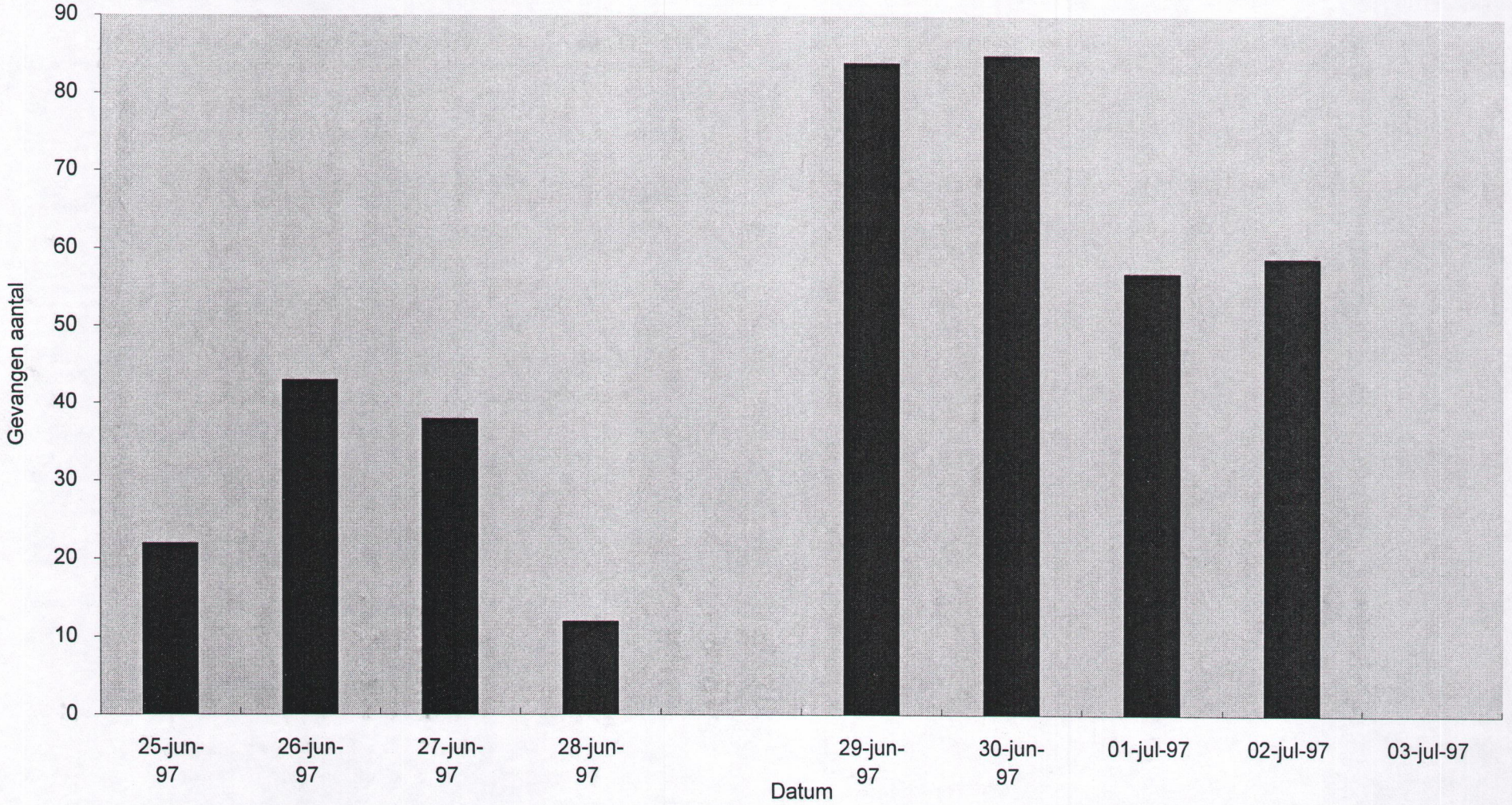


Resultaten van onderzoek met glasaalfuik bij Den Deel (12 mei tot 2 juni 1997)

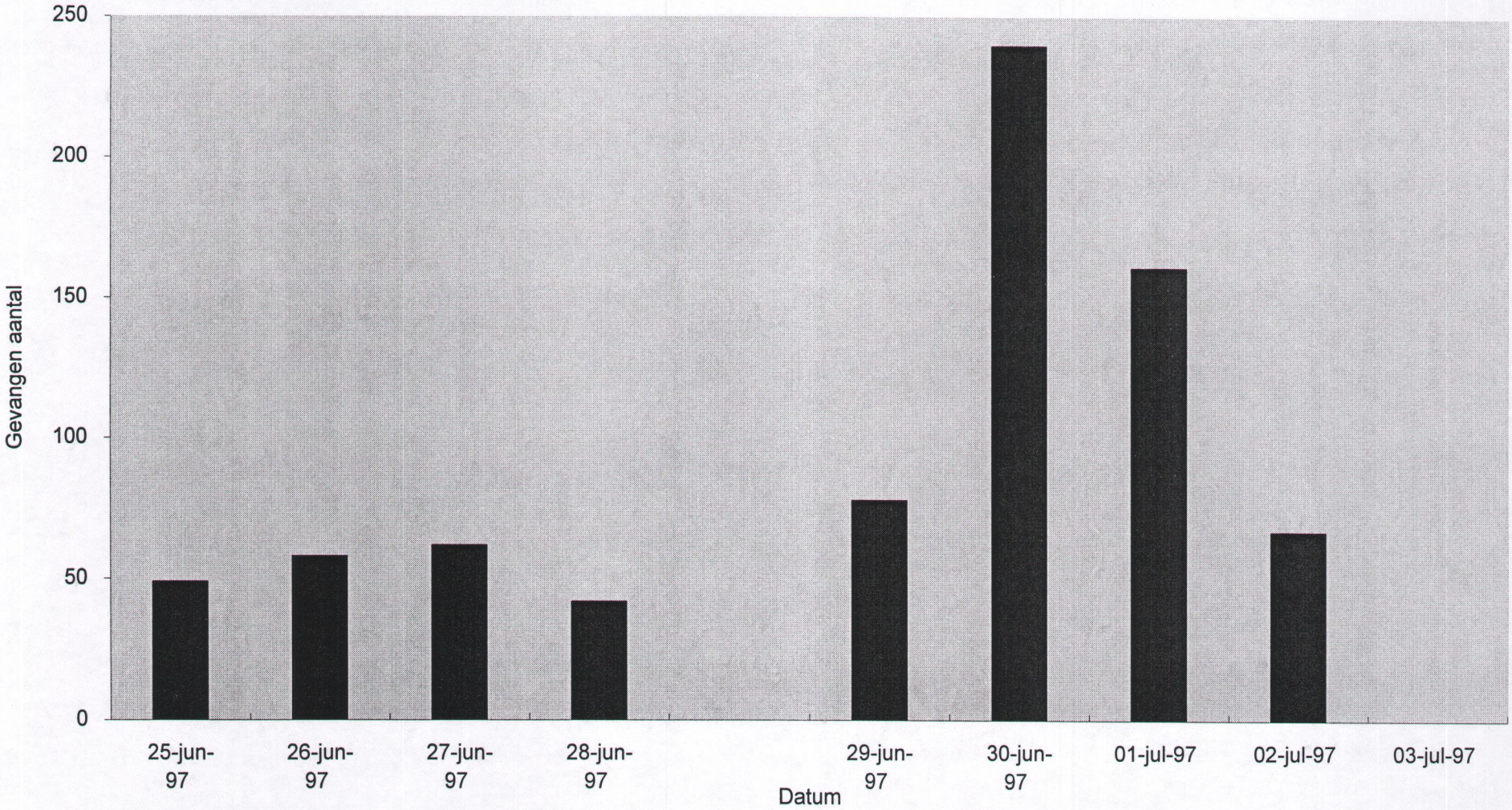
Gevangen vissen in vispassage



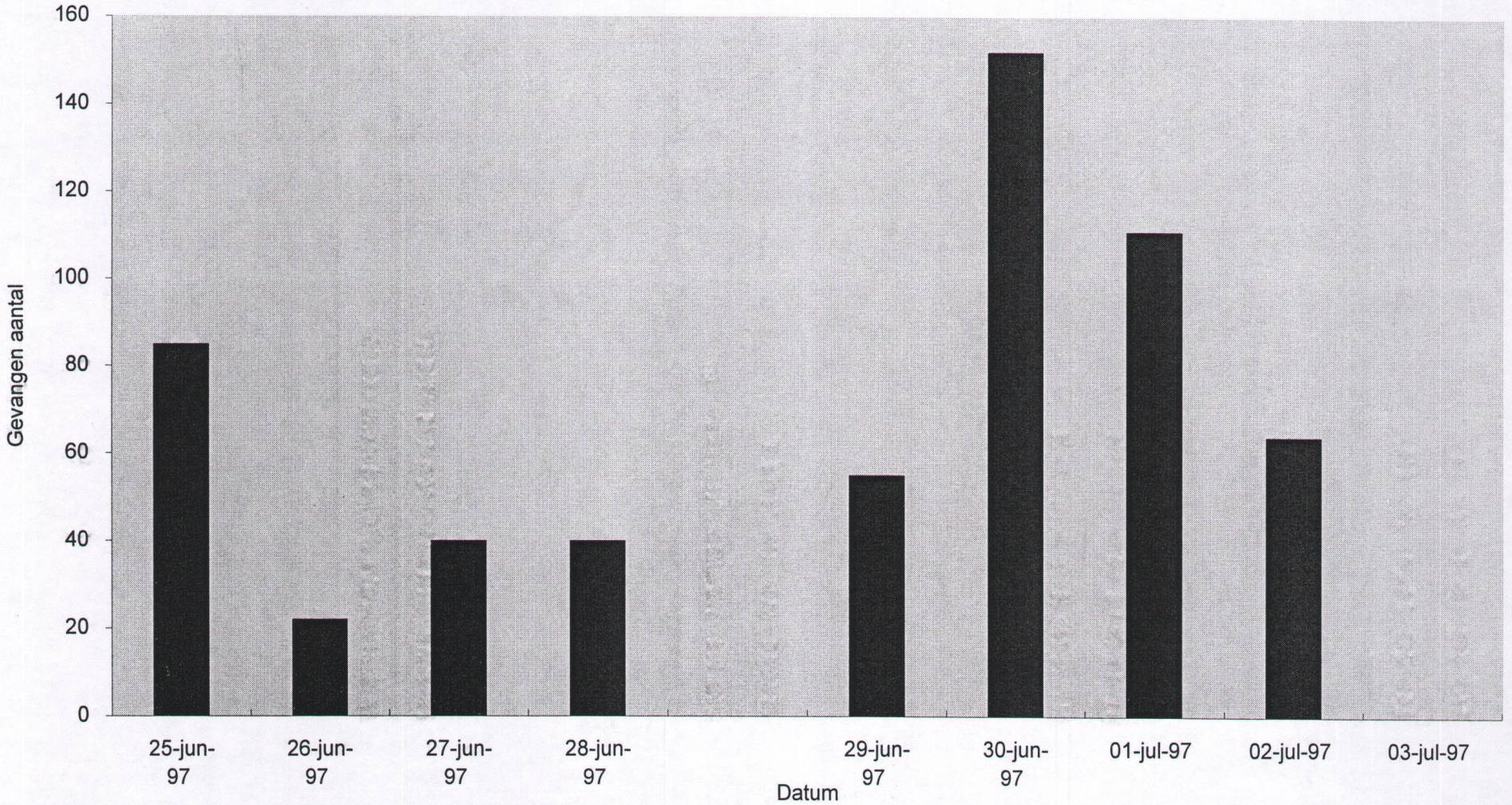
Gevangen vissen voor vispassage
Brasem



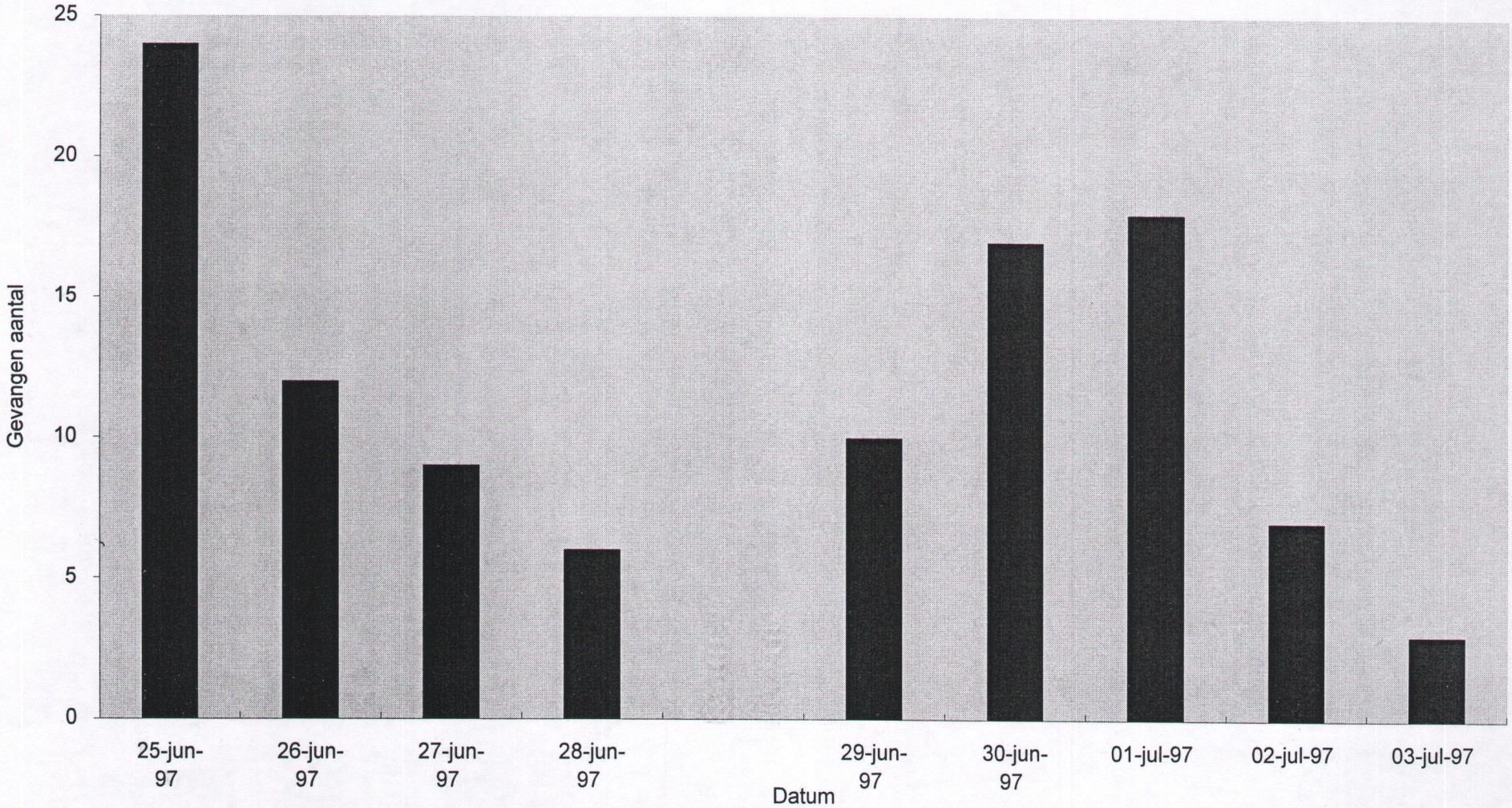
Gevangen vissen voorr vispassage
Blankvoorn



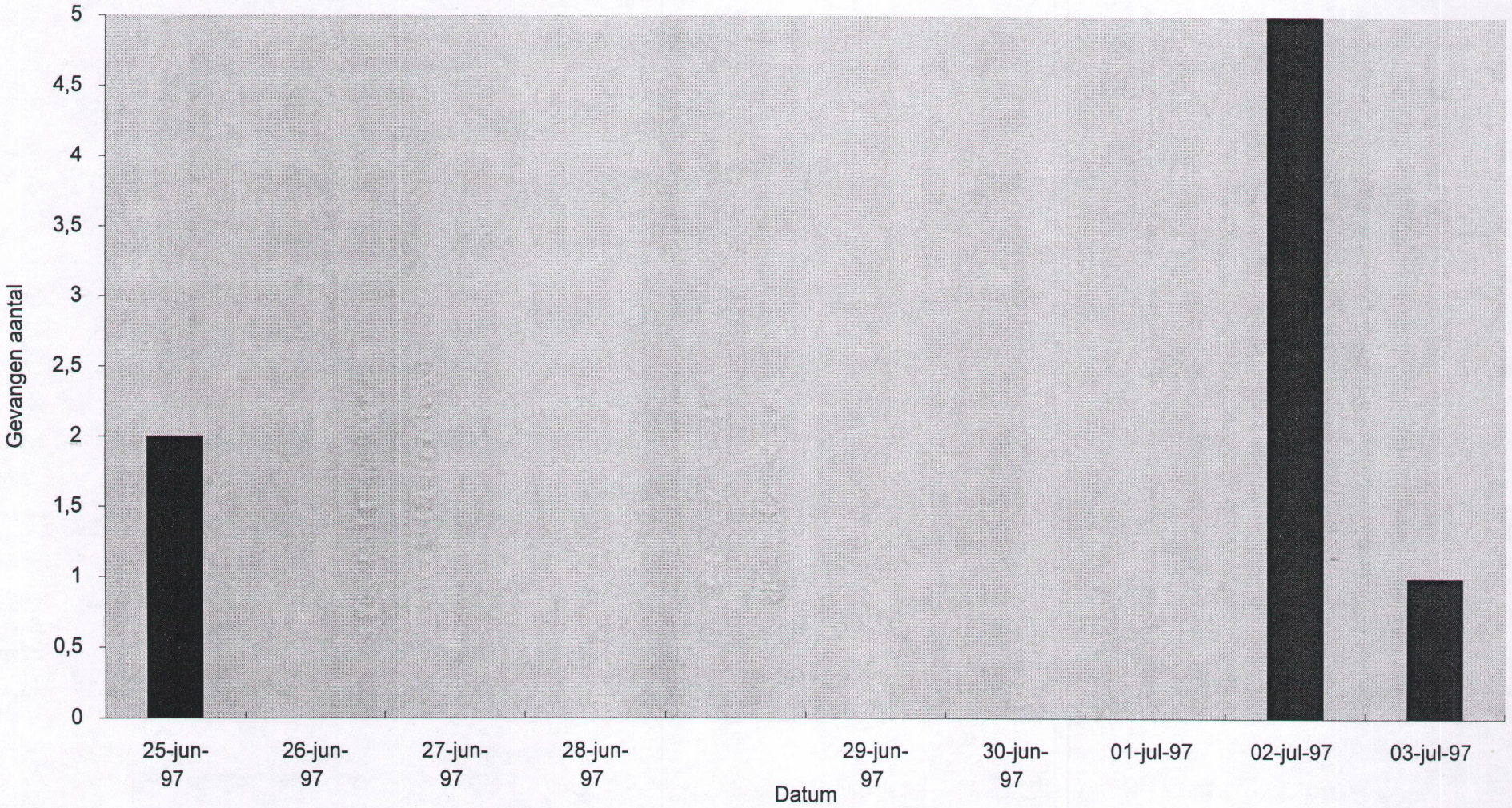
Gevangen vissen voor vispassage
Kolblei



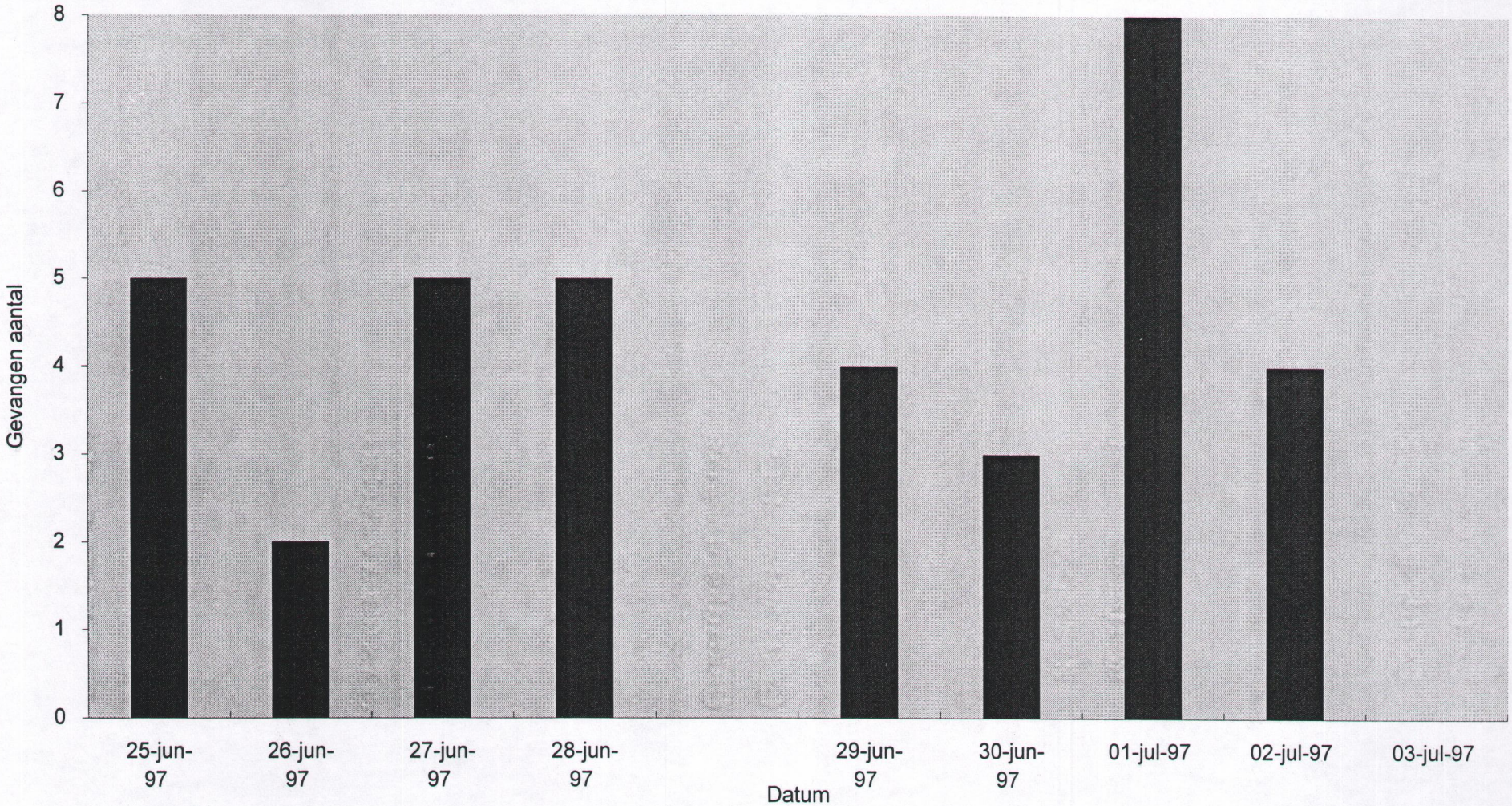
Gevangen vissen voor vispassage
Baars



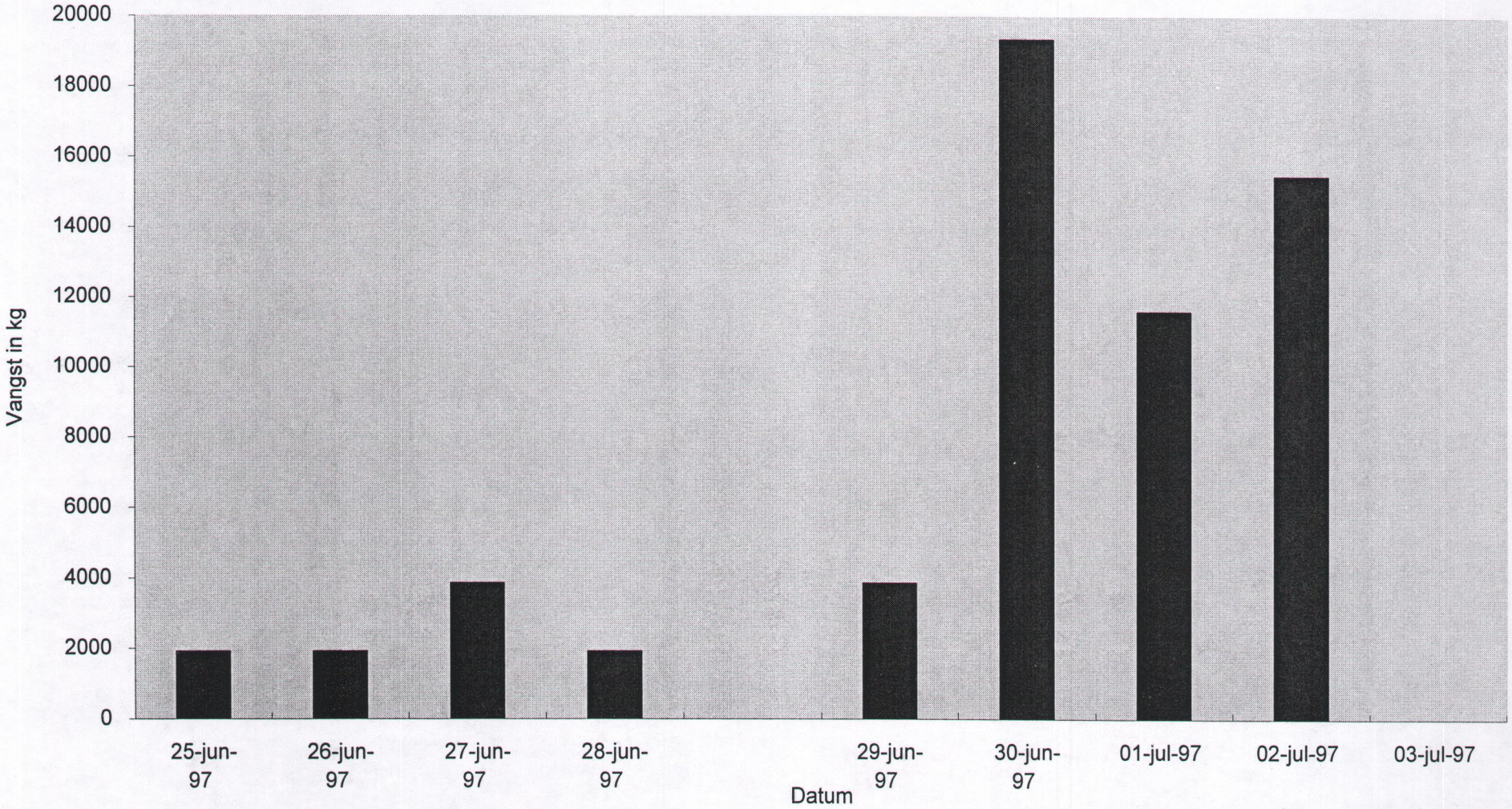
Gevangen vissen voor vispassage
Snoekbaars



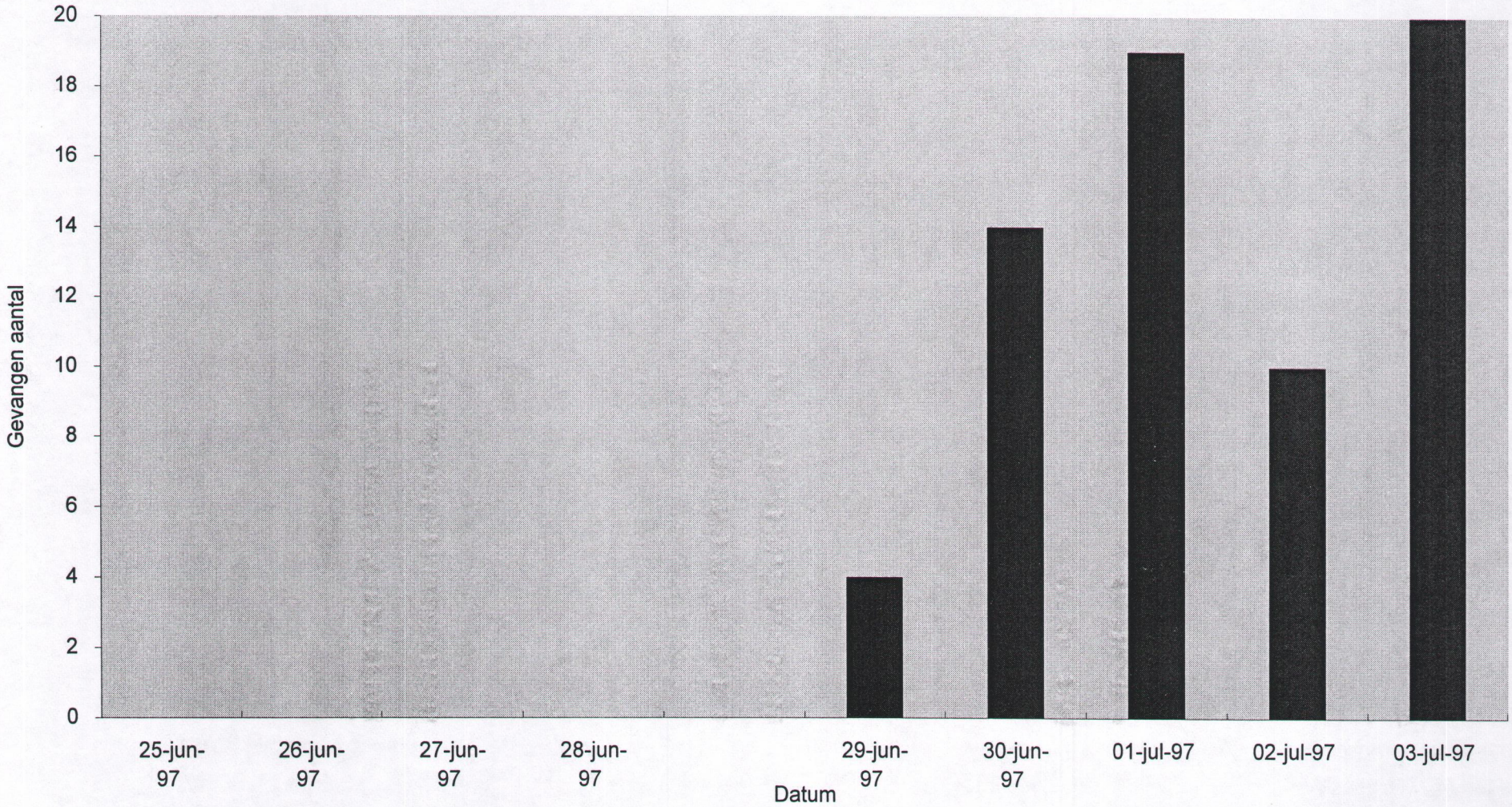
Gevangen vissen voor vispassage
Pos



Gevangen vissen voor vispassage
Driedoornige Stekelbaars



Gevangen vissen voor vispassage
Aal



BIJLAGE III **Lengteverdeling van de gevangen vissen in de periodes 11 april t/m 11 mei en 12 mei t/m 2 juni 1997.**

Resultaten van onderzoek naar de werking van de vissluis bij Den Deel met de fuik aan de polderzijde van de sluis, achter de vissluis (11 april tot en met 11 mei):

Vissoort	ecologische groep	aantallen
Aal	glasaal	-
	> glasaal-12	-
	13-27	14
	≥ 28	1
	totaal	15
Brasem	0-14	-
	15-24	-
	25-39	8
	≥ 40	43
	totaal	51
Blankvoorn	0-14	111
	15-24	20
	25-39	-
	totaal	131
Baars	0-14	257
	15-24	49
	25-39	1
	totaal	307
Snoekbaars	totaal	13
Pos	totaal	116
Kolblei	totaal	17
Zeelt	totaal	1
Driedoornige Stekelbaars	totaal	3
Ruisvoorn	totaal	2
	totaal	2
TOTAAL		656

Resultaten van onderzoek met de glasaalfuik in de vispassage (12 mei tot en met 2 juni) naar de werking van de vissluis bij Den Deel:

Vissoort	ecologische groep	aantal
Aal	glasaal	16
	> glasaal-12	1416
	13-27	5106
	≥ 28	1
	totaal	6539
Brasem	totaal	12
Blankvoorn	totaal	21
Baars	totaal	16
Kolblei	totaal	31
Kleine Modderkruiper	totaal	1
TOTAAL		6620

Resultaten van onderzoek naar de werking van de vissluis bij Den Deel met de fuik aan de boezemzijde van de sluis, voor de vissluis (24 juni tot en met 2 juli):

Vissoort	ecologische groep	aantal	biomassa (kg)
Aal	glasaal	-	
	> glasaal-12	1	
	13-27	37	
	≥ 28	29	
	totaal	67	
Brasem	0-14	404	
	15-24	1	
	totaal	405	
Blankvoorn	0-14	771	
	15-24	6	
	totaal	777	
Kolblei	0-14	565	
	15-24	11	
	totaal	576	
Baars	0-14	120	
	15-24	14	
	totaal	134	
Snoekbaars	totaal	8	
Pos	totaal	38	
Driedoornige Stekelbaars	totaal		15,5
Zeelt	totaal	1	
Ruisvoorn	totaal	1	
Snoek	totaal	1	
vis < 12 cm	totaal		3
TOTAAL		2008	18,5

Resultaten van onderzoek naar de werking van de vissluis bij Den Deel met de ankerkuil aan de boezemzijde van de sluis, voor het gemaal (24 juni tot en met 2 juli):

Vissoort	ecologische groep	aantallen	biomassa (kg)
Aal	glasaal	-	
	> glasaal-12	-	
	13-27	140	
	≥ 28	19	
	totaal	159	
Brasem	0+	12	
	> 0+-14	177	
	15-24	5	
	25-39	-	
	≥ 40	1	
	totaal	195	
Blankvoorn	0+	4	
	> 0+-14	322	
	15-24	10	
	totaal	336	
Kolblei	0-14	275	
	15-24	9	
	totaal	284	
Snoekbaars	totaal	28	
Pos	totaal	28	
Baars	totaal	48	
Driedoornige Stekelbaars	totaal	14	60
Tiendoornige Stekelbaars	totaal	1	
Zeelt	totaal	3	
Ruisvoorn	totaal	4	
Snoek	totaal	1	
broed	totaal		2
TOTAAL		1101	62

BIJLAGE IV Vergelijking van de terugvangsten tussen verschillende lengteklassen bij de passagemogelijkheden via vissluis en schutsluis (in beide richtingen)

Migratieroute	boezem naar polder		polder naar boezem		
	exp1	exp3	exp2	exp4	exp5
aantal verplaatste vis					
>0+-14	534	473	276	477	662
15-24	250	440	202	462	340
25-39	79	190	43	68	59
«40	1	16	9	14	7
teruggevangen gemigreerde vis op vangplaats					
>0+-14	0	0	0	6	0
15-24	0	1	0	3	0
25-39	0	1	0	0	0
«40	0	0	0	0	0
aantal controle groep					
>0+-14	193	233	97	181	340
15-24	112	189	89	212	214
25-39	27	113	19	34	47
«40	2	15	6	9	5
terugvangsten controle groep					
>0+-14	6	9	4	19	1
15-24	12	10	4	22	1
25-39	2	3	2	3	5
«40	0	0	0	1	1
percentage vissen dat is gepasseerd t.o.v. het aantal dat wil passeren					
>0+-14	0	0	0	12	0
15-24	0	4	0	6	0
25-39	0	20	0	0	0
«40	-	-	-	0	0