

Het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde: soortensamenstelling, ruimtelijke verspreiding en seizoenaliteit (periode 1988-1992).

Kris Hostens, Jan Mees, Bregje Beyst & André Cattijssse

**Sektie Mariene Biologie, Instituut voor Dierkunde, Universiteit Gent
K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent, België.**

In opdracht van

**Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Afdeling AXW
Postbus 5041, 4330 KA Middelburg, Nederland**

Gent, November 1996

12254

Jan. 1885.

**Het vis- en garnaalbestand in de
Westerschelde: soortensamenstelling,
ruimtelijke verspreiding en seizoenaliteit
(periode 1988-1992).**

Kris Hostens, Jan Mees, Bregje Beyst & André Cattrijsse

**Sektie Mariene Biologie, Instituut voor Dierkunde, Universiteit Gent
K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent, België.
Tel. +32-(0)9-2645230 ; Fax. +32-0(9)-2645344
Email. Kris.Hostens@rug.ac.be**

In opdracht van

**Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Afdeling AXW
Postbus 5041, 4330 KA Middelburg, Nederland**

Gent, November 1996

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van een samenwerking tussen de sectie Mariene Biologie van de Universiteit Gent (België) en de Direktie Zeeland van Rijkswaterstaat in Middelburg (Nederland).

Als drukstbevaren estuarium van Europa, belangt de Westerschelde vele en vooral verschillende mensen aan. De problematiek eromtrent is zowel belangrijk uit economisch als uit ecologisch oogpunt.

De meeste studies over de demersale (en bentische) vissen en garnalen zijn gebaseerd op jaarlijkse of halfjaarlijkse gegevens, waardoor onvermijdelijk informatie over de seizoensaliteit en de populatiedynamiek verloren gaat. Zeker voor soorten die slechts een korte periode in het estuarium verblijven. Bovendien is de kennis over de vroeg postlarvale stadia van deze organismen in de Westerschelde miniem.

Mede door een belangrijke financiële en vooral logistieke steun vanuit Nederland (Centrum voor Estuariene en Mariene Oecologie, CEMO, NIOO, Yerseke), kon vanaf 1988 een maandelijks staalname uitgevoerd worden in de hoofdvaargeul (of het subtidaal) van de Westerschelde, waarbij de verschillende levensstadia van bodembewonende vissen en ongewervelden (epi- en hyperbenthos) werden onderzocht. Hierbij wil ik zeker de schipper en de bemanning van het onderzoeksschip de "Luctor" bedanken, nl. Wim Röber, Piet de Koeyer en Co van Sprundel. De epibenthische stalen van 1988 en 1989 werden grotendeels uitgewerkt door Olivier Hamerlynck (die dit onderzoek startte), Pol van Damme en Kris Hostens. De data van 1990 - 1992 door Kris Hostens. De hyperbenthische data werden grotendeels uitgewerkt door Jan Mees en Bregje Beyst.

Aanvullend werd in 1992 het intergetijdengebied op en rond de Platen van Valkenisse bemonsterd. Hierbij wil ik in het bijzonder Hans Francke bedanken voor de kundige besturing van de sloep de "Riekus".

Verder lieten de stichting Het Zeeuwse Landschap en Staatsbosbeheer toe dat er maandelijks stalen konden worden genomen in de schorkreken van Saeftinghe en Waarde, die uitgewerkt werden door André Cattrijsse.

Hierbij moeten ook alle thesisstudenten en de mensen die assistentie verleenden bij de staalnames bedankt worden.

Het onderzoek werd uitgevoerd aan de Sectie Mariene Biologie, financieel gesteund door tal van projecten: GOA project 92/98-08 van de Universiteit Gent - Vlaamse Gemeenschap, Ministerie van Onderwijs; Impulsprogramma Zeewetenschappen (MS/02/080) van het Belgisch Ministerie van Wetenschap; FKFO project 32.0094.92 van het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk onderzoek; Vlaams Instituut voor de bevordering van het Wetenschappelijk-Technologisch Onderzoek in de Industrie (IWT, voormalig IWONL); project JEEP 92 (MAST-0024C) van de Europese Gemeenschap; Dienst Getijdenwateren van Rijkswaterstaat, Nederlands Ministerie van Verkeer.

Dit rapport kwam ondermeer tot stand door gesprekken met en konstruktieve kritieken van Jon Coosen (RIKZ, Middelburg), Zwanette Jager (RWS, Haren) en Eugène Daemen (RWS, direktie Zeeland, Middelburg).

Inhoudstafel

VOORWOORD INHOUDSTAFEL

1. INLEIDING	1
1.1. AANLEIDING	1
1.2. BESCHIKBARE STUDIES EN LITERATUUR	1
2. MATERIAAL EN METHODEN.....	3
2.1. STUDIEGEBIED	3
2.1.1. <i>De Westerschelde</i>	3
2.1.2. <i>De Platen van Valkenisse</i>	4
2.1.3. <i>Het Schor van Waarde</i>	5
2.1.4. <i>Het Verdrongen Land van Saeftinghe</i>	5
2.2. STAALNAME EN BASISGEGEVENSVERWERKING	6
2.2.1. <i>Epibenthos</i>	7
a. Staalname geulen (Subtidaal)	7
b. Staalname platen (Intertidaal)	8
c. Verwerking van de stalen	9
d. Basisgegevens	9
2.2.2. <i>Hyperbenthos</i>	10
a. Staalname geulen (Subtidaal)	10
b. Verwerking van de stalen	10
c. Basisgegevens	11
2.2.3. <i>Nekton</i>	11
a. Staalname schorkreken (Intertidaal)	11
b. Verwerking van de stalen	13
c. Basisgegevens	13
2.3. ANALYSES	13
2.3.1. <i>Ruimtelijke en seizoenale patronen in het epibenthos</i>	13
a. Ruimtelijke analyse	14
b. Temporele analyse	14
2.3.2. <i>Ruimtelijke en seizoenale patronen voor de belangrijke soorten</i>	15
2.3.3. <i>De vitale functies van de Westerschelde</i>	15
2.3.4. <i>Verdieping van de Westerschelde</i>	17
3. RESULTATEN EN DISKUSSIE	18
3.1. RUIMTELIJKE EN SEIZOENALE VERSPREIDING VAN HET EPIBENTHOS IN DE WESTERSCHELDE	18
3.1.1. <i>Ruimtelijke analyse in het subtidaal</i>	18
a. Diversiteit	18
b. Indeling in systematische groepen	18
c. Klassifikatie	19
d. Omgevingsvariabelen	20
e. Ordinatie	20
f. Bespreking van de ruimtelijke zones	22
3.1.2. <i>Temporele analyse in het subtidaal</i>	23
a. Diversiteit	23
b. Seizoenaliteit per ruimtelijke zone	23
c. Temporele kategoriën	25
d. Omgevingsvariabelen	26
e. Ordinatie	26
f. Bespreking van de seizoenaliteit	27
3.2. RUIMTELIJKE EN SEIZOENALE VERSPREIDING VOOR DE BELANGRIJKE SOORTEN	29
3.2.1. <i>Algemeen</i>	29

3.2.2. Gedetailleerde beschrijving	31
a. De Garnaal <i>Crangon crangon</i> (Fig. 3-11, A tot G)	32
b. Schar <i>Limanda limanda</i> (Fig. 3-13, A tot E)	36
c. Tong <i>Solea solea</i> (Fig. 3-16, A tot K)	38
d. Schol <i>Pleuronectes platessa</i> (Fig. 3-19, A tot L)	41
e. Bot <i>Pleuronectes flesus</i> (Fig. 3-22, A tot L)	45
f. <i>Pomatoschistus</i> species Postlarvae (Fig. 3-24, A tot D)	48
g. Dikkopje <i>Pomatoschistus minutus</i> (Fig. 3-26, A tot I)	50
h. Lozano's grondel <i>Pomatoschistus lozanoi</i> (Fig. 3-28, A tot H)	53
i. Brakwatergrondel <i>Pomatoschistus microps</i> (Fig. 3-30, A tot K)	56
j. <i>Clupeidae</i> species Postlarvae (Fig. 3-33, A tot F)	59
k. sprot <i>Sprattus sprattus</i> (Fig. 3-35, A tot J)	61
l. Haring <i>Clupea harengus</i> (Fig. 3-37, A tot J)	64
m. Kleine zeenaald <i>Syngnathus rostellatus</i> (Fig. 3-40, A tot M)	67
n. Zandspiering <i>Ammodytes tobianus</i> (Fig. 3-43, A tot F)	71
o. Steenbolk <i>Trisopterus luscus</i> (Fig. 3-46, A tot C)	73
p. Wijting <i>Merlangius merlangus</i> (Fig. 3-46, D tot F)	73
q. Slakdolf <i>Liparis liparis</i> (Fig. 3-49, A tot C)	75
r. Zeebaars <i>Dicentrarchus labrax</i> (Fig. 3-49, D tot G)	75
s. Strandkrab <i>Carcinus maenas</i> (Fig. 3-52, A tot D)	77
t. Zwemkrab <i>Liocarcinus holsatus</i> (Fig. 3-52, E)	77
u. Overige soorten	79
Mariene occasionele soorten	79
Occasionele brakwatersoorten	79
Occasionele zoetwatersoorten	79
Catadrome soorten	79
Anadrome soorten	80
3.2.3. Samenvattende bespreking	80
3.3. DE VITALE FUNKTIES VAN DE WESTERSCHELDE VOOR VISSSEN EN GARNALEN	83
3.3.1. Algemeen	83
3.3.2. De kinderkamerfunctie van de Westerschelde	84
a. Aanvoerfunctie	84
b. Beschermingsfunctie	85
De mesohaliene zone	85
Vergelijking Westerschelde met Voordelta en Oosterschelde	86
c. Eetkamerfunctie	87
3.3.3. De doortrekfunctie van de Westerschelde	88
a. Vergelijking Westerschelde met andere Europese estuaria	89
b. Vergelijking Westerschelde "nu" ten opzichte van "vroeger"	89
3.4. MOGELIJKE BEDREIGINGEN DOOR VERDIEPING VAN DE WESTERSCHELDE	90
4. SAMENVATTING EN BESLUIT	93
5. SUMMARY	96
6. REFERENTIES	99

LIJST VAN TABELLEN
LIJST VAN FIGUREN

1. INLEIDING

1.1. AANLEIDING

Zoals vele estuaria, moet de Westerschelde vele doelen dienen. Sinds het ontstaan van het Scheldebekken dient het estuarium als natuurlijke afvoer van water en sediment. Door de eeuwen heen vervult het Westerschelde estuarium echter ook voor de mens een aantal belangrijke functies, zoals scheepvaart, visserij en - recenter - recreatie. De Westerschelde is bijgevolg onderhevig aan tal van antropogene activiteiten, zoals o.a. lozing van ongezuiverd rioolwater en persistente contaminanten (zware metalen, PCB's, e.a.), baggeractiviteiten ten behoeve van de scheepvaart en de zandwinning, thermische vervuiling (koelwater van elektriciteitscentrales), afvoer van meststoffen afkomstig van de landbouw, en inpoldering.

Daarnaast is uit diverse studies gebleken dat het estuariene habitat verscheidene vitale functies vervult in de levenscycli van talrijke vissoorten en ongewervelden (Haedrich 1983, Elliott & DeWailly 1995). De impact van alle menselijke activiteiten op het leven in de Westerschelde is echter moeilijk in te schatten zonder diepgaand onderzoek. Ter illustratie: de afname van zestien vissershavens in de negentiende eeuw tot slechts twee (Breskens en Terneuzen) in de tweede helft van de twintigste eeuw (Meire *et al.* 1992), kan enerzijds te wijten zijn aan overbevissing, anderzijds aan een vergesloopte vervuiling van het Scheldewater.

In functie van een goed beheer van estuaria, die sterk onderhevig zijn aan allerlei potentieel schadelijke invloeden, is het belangrijk om de structuur, het functioneren en de natuurlijke variabiliteit van deze ecosystemen te begrijpen (Elliott & Taylor 1989). De verspreiding en abundantie van vissen in het estuariene milieu worden bepaald door (1) fysische en chemische factoren, bvb. saliniteit, temperatuur, turbiditeit, getijden, golven en wind, en (2) biotische factoren, bvb. migratie, reproductie, voeding en habitat selectie (Morin *et al.* 1992). Bij dit laatste speelt eveneens de morfologie en samenstelling van de bodem een belangrijke rol (Hamerlynck *et al.* 1993a).

Ten behoeve van de scheepvaart, en vooral het toelaten van schepen met een grotere diepgang (48 i.p.v. 43 voet) tot de haven van Antwerpen, werd een verdiepingsprogramma opgesteld. Daarbij zal gestreefd worden om de opeenvolgende 'drempels' in de vaargeul, die momenteel op een gemiddelde diepte van 14 m beneden NAP (Nieuw Amsterdams Peil) liggen (Mol 1994), minimaal 1 meter af te graven (Intven 1995). Als gevolg van de baggerwerkzaamheden in het kader van de verdieping van de Westerschelde, zullen er veranderingen optreden in de geomorfologie van het estuarium (Intven 1995). Zo wordt ondermeer verondersteld dat de stroomsnelheden hoger zullen worden, waardoor schor- en intergetijdegebieden sterker zullen eroderen. Hierbij wordt de vraag gesteld of de verdieping eveneens een invloed zal hebben op een aantal sleutelfuncties voor de vis- en garnaalpopulaties in de Westerschelde.

1.2. BESCHIKBARE STUDIES EN LITERATUUR

De kinderkamerfunctie van de Westerschelde is een veel genoemd onderwerp in de discussies omtrent het Natuur-Herstelplan in Nederland (Coosen, 1996). Reeds in de beginjaren zeventig werd de Westerschelde, naast de Waddenzee, erkend als belangrijke kinderkamer voor de Noordzee-populaties van platvissen, haring- en kabeljauwachtigen (Zijlstra, 1972). Op basis van de jaarlijkse gegevens verzameld door het RIVO (IJmuiden) in het kader van de Demersal Young Fish Surveys (DYFS) werd eind jaren zeventig de kinderkamerfunctie voor juvenielen van commercieel belangrijke soorten, zoals tong,

schar, schol en garnaal benadrukt (de Veen *et al.* 1979). Bij een analyse van 16 jaar bijvangstgegevens (RIVO), werd een densiteitstoename vastgesteld, in mindere of meerdere mate, van een aantal niet-kommerciële soorten, zoals dikkopje, zeedonderpad en bot in de Westerschelde (van Beek & Rink 1987). Voor een aantal soorten, zoals schol en garnaal, toont de analyse op 23 jaar gegevens, zowel naar aantallen als recrutering, weinig verandering (Daan 1995). Een sterke verarming in de visfauna van de Zeeschelde in de periode 1991-93 t.o.v. de vooroorlogse periode, werd gepubliceerd door Van Damme *et al.* (1994). De meeste literatuur omtrent de vispopulaties in de Westerschelde werd opgenomen in de referentielijst.

Tussen 1988 en 1992 werden verschillende levensstadia van de actief bewegende bodemfauna op diverse plaatsen in de Westerschelde intensief onderzocht door de Sectie Mariene Biologie van de Universiteit Gent. Deze gegevens zijn reeds gedeeltelijk gepubliceerd (Hamerlynck 1993, Mees 1994, Cattrijsse 1994). Het voorliggende rapport wenst een beschrijving te geven van het huidige voorkomen van jonge vis en garnalen in de Westerschelde aan de hand van deze en ongepubliceerde gegevens (Hostens, unpubl.data). In eerste instantie worden de verschillende staalname methodieken iets nader toegelicht. Vervolgens kan het rapport opgedeeld worden in 4 luiken.

In het eerste luik worden de juvenielen van verschillende soorten meer als groep of gemeenschap beschouwd, waarbij gezocht wordt naar mogelijke correlaties tussen de fauna in de geulen en een aantal omgevingsvariabelen.

In een tweede luik worden de soorten apart behandeld, waarbij ook de vroege larvale levensstadia in rekening worden gebracht. Bovendien worden gegevens uit diverse delen van de Westerschelde (geulen, ondiepwater- en intergetijdegebieden) met elkaar vergeleken. Hiermee wordt gepoogd een uitgangssituatie te schetsen vóór de verdieping van de Westerschelde.

In een derde en vierde luik worden dan de mogelijke functies van de Westerschelde voor vissen en garnalen, en de bedreiging ervan, nader toegelicht aan de hand van de bestaande literatuur, gebaseerd op vergelijkingen met andere gebieden en historische data.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. STUDIEGEBIED

2.1.1. De Westerschelde

De Westerschelde is de maritieme zone van het Schelde estuarium in het Deltagebied van Nederland. De Westerschelde versmalt van 5000 m aan de monding ter hoogte van Vlissingen naar nog slechts 350 m aan de Nederlands-Belgische grens ter hoogte van Bath (Fig. 2-1). Het Schelde estuarium is sterk vervuild, zowel met industrieel als huishoudelijk afval. Het ecosysteem is onderhevig aan zware menselijke druk, en wordt vooral bedreigd door hoge concentraties aan organisch materiaal.

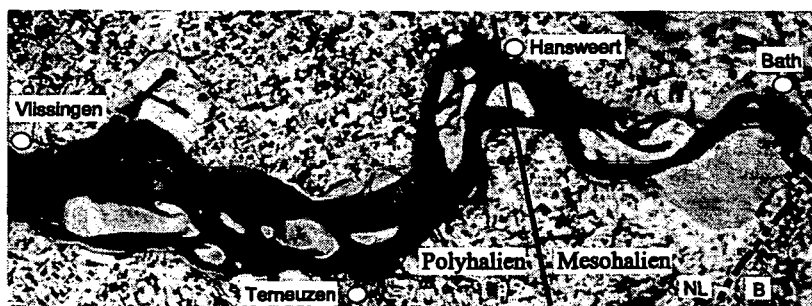


Fig. 2-1. De Westerschelde (uit Meire *et al.* 1995).

Het estuarium is gekenmerkt door een typische saliniteitsgradient. De Westerschelde kan bijgevolg opgedeeld worden in een polyhaliene en een mesohaliene zone, grosso modo gescheiden ter hoogte van Hansweert bij een gemiddelde saliniteit van 18 psu (practical salinity units). Marien slib wordt vooral ten westen van Hansweert afgezet, fluviaal slib ten oosten hiervan.

Anderzijds wordt de Westerschelde gekenmerkt door grote, ondiepe zandplaten die doorsneden worden door twee hoofdkanalen, waarvan één kanaal de hoofdvaargeul vormt (Van Maldegem *et al.* 1993). Deze vaargeul bestaat eigenlijk uit een opeenvolging van kortere ebgeulen, waarbij telkens drempels worden gevormd op twee opeenvolgende bochten in de geul. Bovendien ontstaan door de inwerking van het getij kleinere nevengeulen, die ook wel vloedscharen worden genoemd. Het geheel wordt omzoomd door slikken en schorren, die doorsneden worden door kreken van verschillende omvang.

De staalnames die in dit rapport worden besproken, gebeurden zowel in de hoofdvaargeul (van Vlissingen tot Bath) als op de plaatranden en in de schorkreken van de mesohaliene zone. Hierbij werd telkens een bepaalde dieptezone of -stratum gevolgd. In Fig. 2-2 worden de verschillende onderdelen van een estuarium, de verschillende dieptestrata, en de specifieke terminologie die gebruikt wordt voor de biota, schematisch weergegeven. Alle dieptes worden in dit rapport uitgedrukt t.o.v. het Nieuw Amsterdams Peil (NAP). Intergetijdengebieden, ondiepwatergebieden en geulen worden respectievelijk gescheiden door de gemiddelde laagwaterlijn (GLW) en door NAP -5m (Intven 1995). De 'biologische' scheiding tussen intertidaal en subtidaal ligt rond de gemiddelde laaglaagwaterlijn (GLLW).

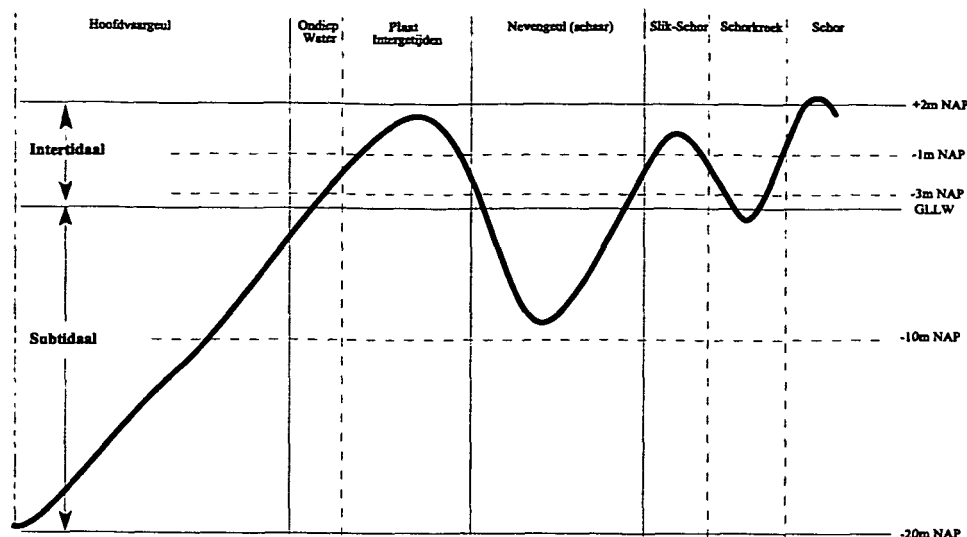


Fig. 2-2. Eenzijdig schematisch profiel van een estuarium.

De hoofdvaargeul is gemiddeld 20 m diep en wordt hoofdzakelijk gekenmerkt door een zandige bodem. Het totale wateroppervlak van de geulen wordt geschat op 90 km². Het estuarium is onderhevig aan het getij dat, met een getijverschil van gemiddeld 4 m, tweemaal per dag 1 km³ zoutwater aanvoert en gemiddeld 100 m³.s⁻¹ zoetwater afvoert. Voor een gedetailleerde beschrijving van het schelde estuarium wordt verwezen naar Meire *et al.* (1992, 1995).

Het onderzoek naar het epi- en hyperbenthos in het subtidaal (zie verder) situeert zich in of aan de rand van de hoofdvaargeul, waarbij telkens getracht werd het -10 meter stratum te bemonsteren, en dit langsheen de volledige saliniteitsgradient van Vlissingen tot aan Bath.

2.1.2. De Platen van Valkenisse

De 'Platen van Valkenisse' maken eigenlijk deel uit van een groter platencomplex in het mesohaliene deel van de Westerschelde (Fig. 2-3). In de geul die de platen min of meer doormidden snijdt, bevindt zich een zandwinlokatie. Boven deze scheidingsgeul bestaat het platencomplex vooral uit ondiepwatergebied. Ten noorden hiervan bevindt zich de Zimmermangeul waar jaarlijks zo'n 4 miljoen m³ verontreinigde baggerspecie, afkomstig uit de vaargeul, wordt gestort.

Een gedeelte van het platencomplex ligt altijd droog, terwijl ongeveer 40% van de totale oppervlakte van 10 km² enkel droogvalt bij laagwater. Aan de rand van de Platen van Valkenisse, ter hoogte van het Zuidergat (de vaargeul), wordt jaarlijks 1 miljoen m³ opgebaggerd, en ook hier is er een zandwinlokatie (Boeijs 1992).

Het onderzoek situeert zich op de plaatrand in het intertidaal rond de Platen van Valkenisse in het -1 en -3 meter stratum.

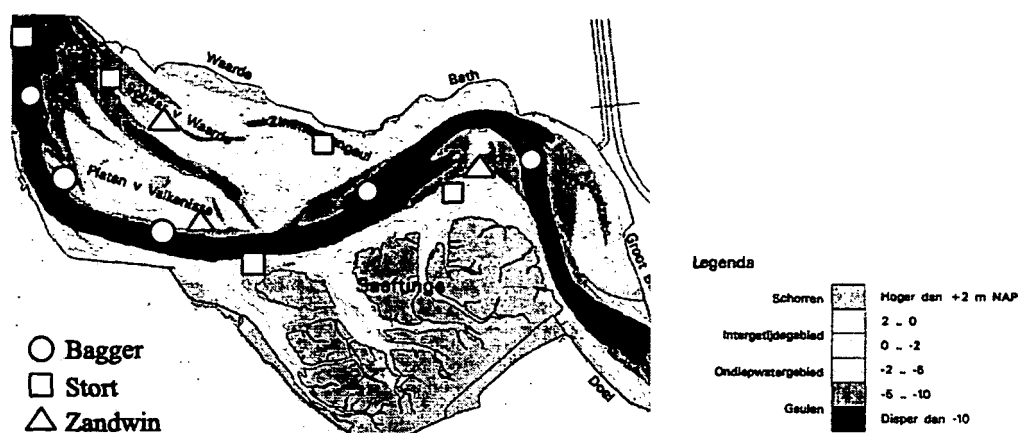


Fig. 2-3. De mesohaliene zone van de Westerschelde (uit Intven 1995).

2.1.3. Het Schor van Waarde

Ter hoogte van de Platen van Valkenisse bevindt zich op de rechteroever van de Westerschelde het schor van Waarde, met een oppervlak van ongeveer 1 km² (Van Schaik *et al.* 1988). De hoofdgeul van het estuarium ligt hier meer dan 2 km van verwijderd (Fig. 2-3).

De fauna werd onderzocht in het intertidaal van de grootste kreek van het schor. Deze kreek loopt evenwijdig met de schorrand en met een kleinere vloodschaar (de Schaar van Waarde) in het estuarium. Ze heeft een totale lengte van 1200 m en is 15 m breed op de staalnameplaats, die 200 m verwijderd is van de schorrand (Fig. 2-9). Met een oppervlakte van slechts 2 ha bevoeit deze kreek ongeveer de helft van het schoroppervlak.

De kreek valt bij elk getij tenminste 7 uur droog en de gemiddelde diepte van de kreek ligt op -2m NAP. De stroomsnelheden zijn het hoogst (gemiddeld 0.2 m.s⁻¹) tijdens het eerste uur van 'vloed' en het laatste uur van 'eb', en het laagst rond het moment van hoogwater.

2.1.4. Het Verdrongen Land van Saeftinghe

Eén der grootste schorren van Europa (28 km²) bevindt zich op de linkeroever van de Westerschelde, nabij de Belgisch-Nederlandse grens (Dijkema *et al.* 1984). De grote kreek die het schor van Saeftinghe bevoeien behoren tot het ondiepwatergebied en zijn waarschijnlijk vergelijkbaar met de geulen in het estuarium zelf (Fig. 2-3). Vandaar dat het intertidale onderzoek in een smallere kreek aan de oostelijke zijde van het schor is gesitueerd (Fig. 2-9).

De kreek loopt loodrecht op het nabijgelegen hoofdkanaal van het estuarium. Ze is ongeveer 1600 m lang en 36 m breed, en bevoeit minder dan 1 km² schoroppervlak. Halverwege bevindt zich het staalnamepunt, waar de kreek 4 m diep is t.o.v. van de schorrand, wat overeenkomt met -2m NAP.

In Saeftinghe valt de kreek tenminste 5 uur droog bij elk getij, waarbij slechts een kleine stroom restwater van enkele centimeters diep de kreek blijft uitstromen. De maximale stroomsnelheden (0.25 m.s⁻¹) werden, in tegenstelling tot in Waarde, waargenomen net vóór en na hoogwater.

2.2. STAALNAME EN BASISGEGEVENSVERWERKING

Dit rapport handelt over die fauna die zich gedurende een belangrijke periode van het leven ophoudt op of in de nabijheid van de bodem van een estuarium, en daarbij afhankelijk is van die bodem, enerzijds als voedselbron anderzijds als verblijfplaats. Het betreft vooral bodembewonende vissen en ongewervelde diersoorten die zich actief voortbewegen boven de bodem. Om logistieke redenen worden de verschillende gebieden van een estuarium en de verschillende levensstadia van de soorten via verschillende technieken bemonsterd. Daarbij wordt telkens een specifieke gemeenschap bemonsterd, waartoe ook andere soorten behoren die hier niet aan bod komen. In Fig. 2-4 wordt de ecologische 'plaats' van de epi- en hyperbenthische gemeenschappen gesitueerd binnen een marien ecosysteem.

Mariene bodemdieren

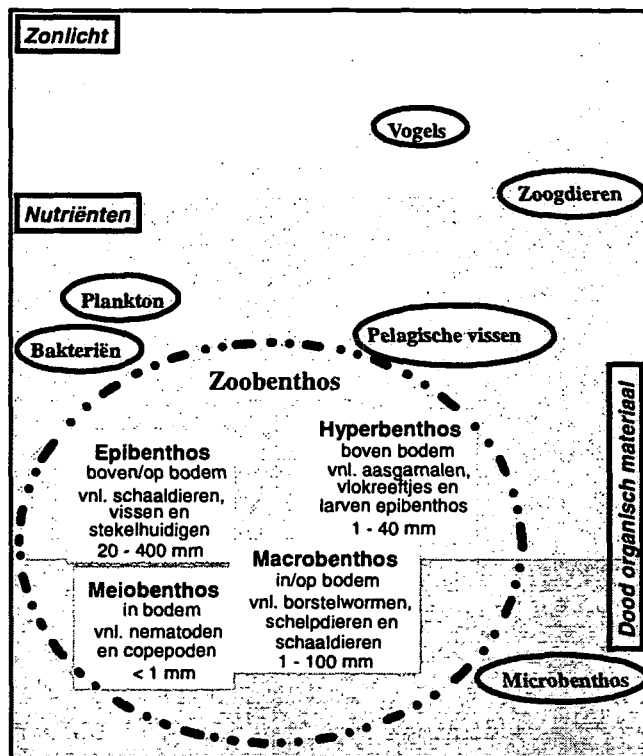


Fig. 2-4. Basisschema van een marien ecosysteem, en situering van de verschillende benthische gemeenschappen.

In de volgende paragrafen wordt telkens eerst een omschrijving gegeven van de bemonsterde gemeenschap. Vervolgens wordt genoteerd waar en wanneer deze gemeenschappen werden bemonsterd, hoe de stalen werden verwerkt en welke gegevens uiteindelijk werden gebruikt ten behoeve van dit rapport. Een overzicht wordt gegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Overzicht van de staalname

Gemeenschap	Gebied	Stratum	Vistulig (mass)	Periode	Frekventie	Aantal stations	Data gebruikt	Via-garnaal-kraak	Luik: Analyses (f)
epibenthos	vaargeul	-10m	3m kor (5*5mm)	jan '88 - dec '91	maandelijks	14 (gradient)	88 - 89, 90 88 - 91	gemeenschap juvenile stadia	1 d, b, mv 2 d, II
	Pl. v. Valkenisse	-3m	3m kor (5*5mm)	maa - okt '92	maandelijks	6 zuid, 4 noord	alle stalen	juvenile stadia	2 d, II
		-1m	2m kor (5*5 mm)	maa - okt '92	maandelijks	idem	alle stalen	juvenile stadia	2 d, II
hyperbenthos	vaargeul	-10m	slee (1*1mm)	jan '90 - dec '91	maandelijks	14 (gradient)	april '90 - april '91	(post)larvale stadia	2 d, II
nekton	schortreken	Saeflinghe	tuiknet (1*1mm)	maa '90 - okt '91	maandelijks	3 vloed, 4 eb	alle stalen	verschillende stadia	2 d, II
		Waarde	tuiknet (1*1mm)	maa '90 - aug '91	maandelijks	2 vloed, 3 eb	alle stalen	verschillende stadia	2 d, II

* (densiteit (d), biomassa (b), multivariate analyses (mv), lengte-frekventie verdelingen (II))

2.2.1. Epibenthos

Het epibenthos kan omschreven worden als de gemeenschap van grotere dieren die op de bodem leven. Het omvat vooral de 0- en 1-groepen van de demersale en benthische vissoorten en 'actieve' invertebraten (vooral Crustacea: garnalen, krabben,...). 'Demersaal' betekent levend in de nabijheid van de bodem en 'benthisch' op of in de bodem (Fig. 2-4). Deze fauna wordt het meest efficiënt bemonsterd door met een boomkor over de bodem te slepen.

a. Staalname geulen (Subtidaal)

Veertien stations gelegen in het -10m stratum aan de rand van de hoofdvaargeul, werden maandelijks bemonsterd van januari 1988 tot december 1991 (Fig. 2-5). De stations waren gelegen in de zone tussen Vlissingen en Bath (respektievelijk 3 en 52 km stroomopwaarts van de monding).

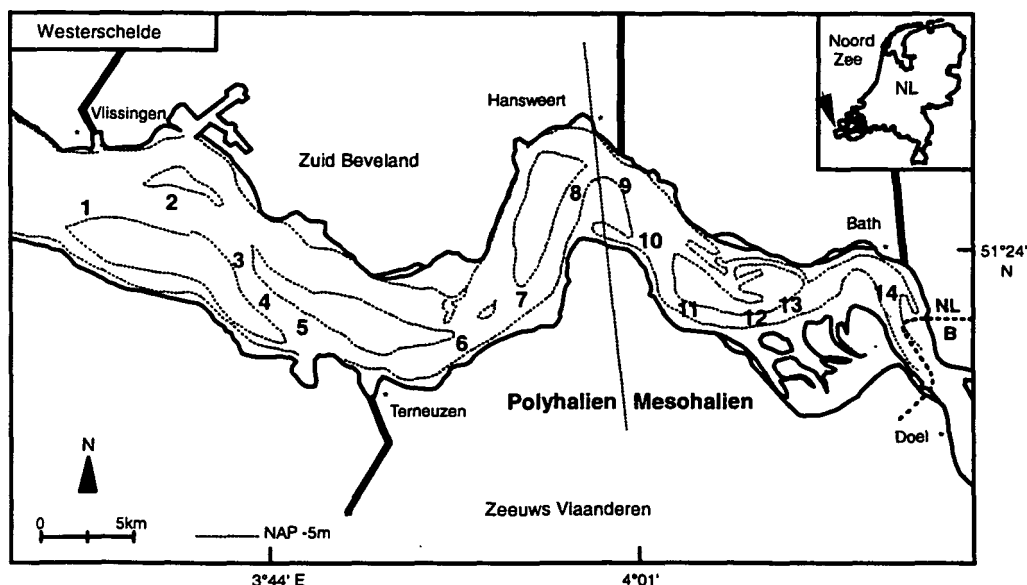
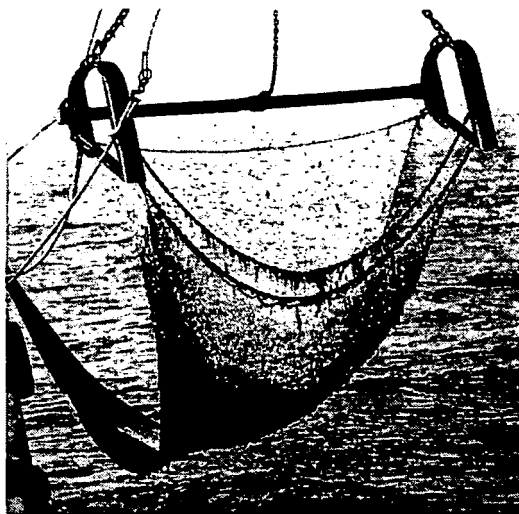


Fig. 2-5. Overzichtskaart met aanduiding van de 14 stations in het subtidaal van de Westerschelde.

In de vaargeul werd de epibenthische fauna bemonsterd met een 3 meter boomkor vanaf de R.V. Luctor (34 m, CEMO). Er werd vóór stroom gesleept aan een snelheid van 4.5 knopen, en dit telkens over een afstand van 1000 meter. Alle stalen werden overdag genomen. De boomkor was uitgerust met een fijnmazig net (10 mm gestrekt in de kuil), één wekkerketting en een ketting in de voorpees (Fig. 2-6).



*Fig. 2-6. Drie meter boomkor met 5*5 mm net.*

Na het slepen werden in elk station 4 omgevingsvariabelen gemeten: temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), saliniteit (psu), opgeloste zuurstof (mg.l^{-1}) en Secchi diepte (cm). Deze laatste variabele werd voor de verdere verwerking reciprook getransformeerd, waardoor een maat voor de turbiditeit van het water werd verkregen (lichtextinctie, cm^{-1}).

b. Staalname platen (Intertidaal)

De epibenthische gemeenschap van de Platen van Valkenisse werd maandelijks bemonsterd tussen maart en oktober 1992. Alle stalen werden genomen tussen 1 uur vóór en 1 uur na hoogwater, telkens rond springtij. Per maand werden 10 stations bemonsterd met de Luctor met een 3 meter boomkor (cfr. a.) in het ondiepwatergebied in het -3m stratum (Fig. 2-7, stations L1 tot L10). Ook hier werd vóór stroom gesleept aan een snelheid van 4.5 knopen en over een afstand van 1000 meter.

Simultaan werden eveneens 10 stations bemonsterd hoger op de plaat in het intergetijdegebied in het -1m stratum (Fig. 2-7, stations R1 tot R10). Met de sloep de Riekus (7 m, CEMO), werd telkens gedurende 10 minuten gesleept met een 2m boomkor aan een snelheid van ongeveer 1.5 knopen. Gemiddeld werd op die manier ongeveer een afstand van 800 m bemonsterd per station.

Rekening houdend met de topografie van de plaat, werd geopteerd voor 6 stations ten zuiden en 4 stations ten noorden van de plaat. Hierbij dient te worden opgemerkt dat stations L9 en L10 iets verder ten oosten van de Platen van Valkenisse afliggen.

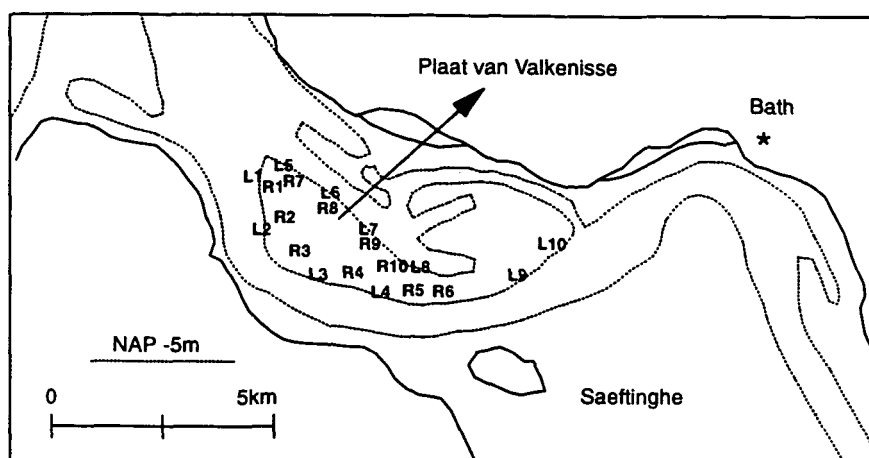


Fig. 2-7. Situering van staalname punten op de intertidale Plaat van Valkenisse. L1-L10 liggen in het -3m stratum, R1-R10 in het -1m stratum.

c. Verwerking van de stalen

De volledige inhoud van het visnet, of een deelmonster indien de vangst te groot was, werd aan boord gesorteerd. De vissen werden onmiddellijk verdoofd in een benzocaine (ethyl-4-aminobenzoaat) oplossing in zeewater, om de kans op regurgitatie van de maaginhoud bij fixatie (7% formaldehyde oplossing) te minimaliseren.

Alle vissen werden gedetermineerd tot op soortniveau, geteld en individueel gemeten. In regel werd de totale lengte, eventueel opgedeeld in 5 mm-klassen, bepaald behalve voor de grondels waarvan de standaardlengte werd bepaald. De totale lengte wordt gedefinieerd als de lengte van de snuitpunt tot het eindpunt van de staartvin; de standaardlengte als de afstand vanaf de snuitpunt tot en met de staartwortel.

Van de actieve invertebraten werden enkel de gamalen en krabben verder behandeld. Bij kleine hoeveelheden werden ze geteld, maar meestal werd enkel het totale gewicht per vangst, per categorie, aan boord bepaald. Een aantal zeldzame soorten werd bijgevolg niet gekwantificeerd, o.a. de steurgamalen *Palaemonetes varians* en *Palaemon elegans*, de krabben *Portunus latipes* en *Eriocheir cinensis* en de heremietkreeft *Pagurus bernhardus*.

Uit de intertidale stalen werd voor een deel van de gamalen de standaardlengte bepaald. Hier is de standaardlengte gedefinieerd als de lengte tussen de voorrand van de carapax, zonder het rostrum, en het achtereinde van het abdomen, zonder het telson.

d. Basisgegevens

De gevangen aantallen per soort en per staal werden omgerekend naar densiteiten, en worden verder uitgedrukt als aantal individuen per 1000m², waarbij een net-efficiëntie van 20% wordt verondersteld voor de 0- en 1-groepen van alle vissen en invertebraten. Er bestaan nog steeds onzekerheden omtrent de net-efficiëntie in het mariene milieu. Deze is blijkbaar afhankelijk van het gebruikte materiaal, het bodemtype, de vissoort, de grootte van de vissen, het tijdstip van staalname, etc. (zie eveneens Hamerlynck & Hostens 1993, Hamerlynck *et al.* 1993). De gegeven densiteiten moeten dan ook eerder gezien worden als schattingen dan als exakte getallen. Om eventuele vergelijkingen met gegevens uit andere rapporten te vergemakkelijken, worden hier enkele konversiefactoren gegeven. Ruwweg moet voor een omrekening naar aantallen per 60

minuten korren, de densiteit (zoals hier gegeven) vermenigvuldigd worden met een faktor van 4.4; voor een omrekening naar gevangen aantallen per 1000m² moet de densiteit terug gedeeld worden door 5.

De biomassa werd berekend aan de hand van lengte-frekwentie distributies en soort-specifieke lengte-gewichtsregressies. De biomassa wordt uitgedrukt in gram asvrij drooggewicht (ADW) per 1000m². Voor een aantal soorten werden bestaande regressies uit de literatuur gebruikt, voor andere werd een regressie opgesteld aan de hand van dieren afkomstig uit het studiegebied.

In het eerste luik van dit rapport zijn vooral densiteits- en biomassagemiddelen gebruikt van de periode 1988 - 1989 en van 1990, uit het subtidaal. Bij de gedetailleerde beschrijving in het tweede luik zijn alle densiteitsgegevens, zowel uit het subtidaal als het intertiaal, over de periode 1988 - 1992 gebruikt.

2.2.2. *Hyperbenthos*

Het hyperbenthos omvat de kleinere dieren, doch groter dan 1 mm, die in de onderste laag van de waterkolom leven (0 tot 1 m boven de bodem), en die afhankelijk zijn van de nabijheid van de bodem (Fig. 2-4). Het is datgene wat met een zogenaamde hyperbenthische slee gevangen wordt, doch toevallige vangsten van epibenthische soorten (zoals grote vissen en adulte krabben) of endobenthische soorten (zoals sedentaire polychaeten of bivalven) die manifest tot andere kategoriën behoren, worden niet in rekening gebracht. Naast de larvale en postlarvale stadia van de organismen die in het epibenthos beschouwd worden, worden vooral kleine kreeftachtigen, zoals o.a. aasgarnalen en vlokreeftjes, gevangen. Een gedetailleerd overzicht van het hyperbenthos onderzoek, inclusief de staalname methodologie, wordt gegeven in Mees & Jones (in druk) en Mees (1994).

a. Staalname geulen (Subtidaal)

Het hyperbenthos werd maandelijks bemonsterd in dezelfde stations als voor het epibenthos (-10m stratum), en dit tussen januari 1990 en december 1991 (Fig. 2-5).

De hyperbenthische slee heeft twee boven elkaar geplaatste netten van 4 meter lang met een maaswijdte van 2*2 mm in de eerste 3 meter en 1*1 mm in de laatste meter (= kuil). Het onderste net is bevestigd op een hoogte van 20 tot 50 cm boven de bodem. Het bovenste net is bevestigd op een hoogte van 50 cm tot 1 meter boven de bodem; de oppervlakte van beide netopeningen tesamen bedraagt 0.8 m² (Fig. 2-8). Ook hier werden telkens slepen van 1000 m vóór stroom uitgevoerd.

b. Verwerking van de stalen

De hyperbenthos monsters werden per net bewaard in een 7% formaldehyde oplossing. Bij grote hoeveelheden kwallen, kamkwallen of detritus in het net, werd een volumetrisch deelstaal genomen. In het lab werden alle dieren gedetermineerd, zoveel mogelijk tot op soortniveau, en werden per soort de individuen eventueel ingedeeld in verschillende levensstadia (zoea, megalopa, postlarven) en geteld. Per staal werden maximaal 100 individuen per soort per levensstadium gemeten. Aan de hand van deze metingen werden alle individuen opgedeeld in lengteklassen.

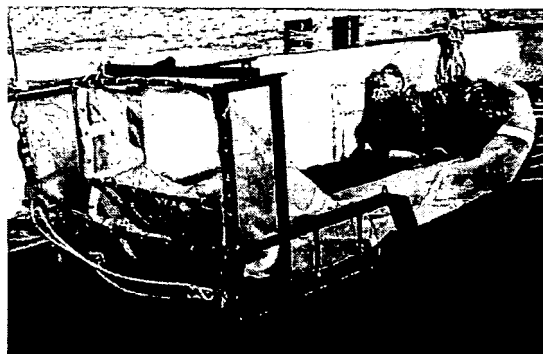


Fig. 2-8. Hyperbenthische slee met 2 netten met maas 1*1 mm.

c. Basisgegevens

Ten behoeve van dit rapport werden alle larvale en vroeg-postlarvale vissen uit het hyperbenthos geselecteerd per station en per maand uit de periode april 1990 - april 1991. Deze visgegevens worden pas gebruikt in het tweede luik, bij de gedetailleerde bespreking per soort. Voor de gamalen zijn enerzijds de gegevens van april, augustus en december 1990 voor de 14 subtidale stations gebruikt in de gedetailleerde ruimtelijke analyse. Voorts werden de gegevens van twee polyhaliene stations (ter hoogte van Vlissingen) en twee mesohaliene stations (ter hoogte van Bath) over de ganse bestudeerde periode gebruikt voor de gedetailleerde temporele bespreking van de gamalen.

Voor de hyperbenthische slede bestaan er momenteel nog geen vergelijkende studies wat betreft netefficiëntie, zodat een literatuurgemiddelde niet voorhanden is. Voor de hyperbenthische organismen werd bijgevolg niet gecorrigeerd voor netefficiëntie. Bij de berekening van de densiteiten werden de aantallen van beide netten samen beschouwd. De densiteiten worden ook hier uitgedrukt in aantallen per 1000 m².

2.2.3. Nekton

Het nekton kan omschreven worden als alle organismen die zich actief in de waterkolom voortbewegen. In deze context omvat deze term dus ook het epi- en hyperbenthos. In dit rapport wordt met 'nekton' bedoeld de vissen en macrocrustacea (groter dan 1 mm), die actief met de getijden de schorkreken in- en uitzwemmen, en die via een passieve bemonsteringsmethode gevangen kunnen worden.

a. Staalname schorkreken (Intertidaal)

Het nekton van twee ondiepe schorkreken werd maandelijks bemonsterd tussen maart 1990 en oktober 1991, vanop een brug (Fig. 2-9). In Saeftinghe werd telkens rond springtij bemonsterd, in Waarde vielen de staalnames halfweg doodtij en springtij.

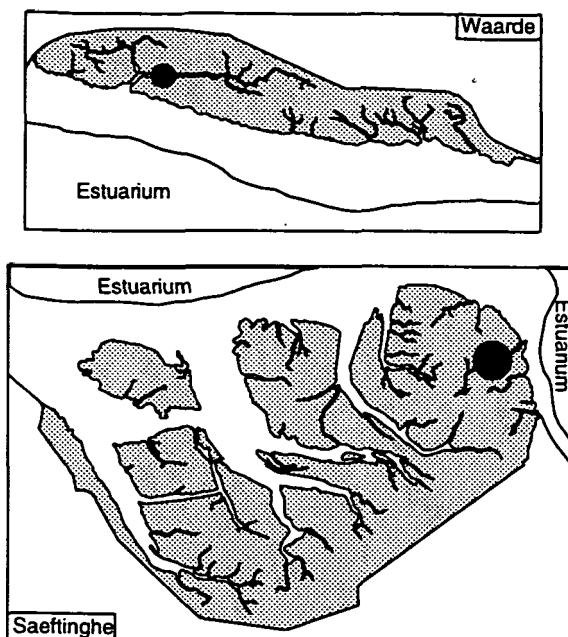


Fig. 2-9. Schematische weergave van het Schor van Waarde (Boven) en het Verdronken Land van Saeftinghe (Onder). De staalnamepunten (= brug over de kreek) zijn omcirkeld.

Alle stalen werden genomen met behulp van een 5 meter lang fuiknet (een gemodificeerd staand net, bevestigd op een metalen frame), met maaswijdte 1 mm en een opening van 1 m² (Fig. 2-10).



Fig. 2-10. Staand net (of fuiknet) met 1*1 mm maaswijdte in de Schorkreek van Saeftinghe.

Gedurende de tijd dat er water in de kreek stond, werd telkens een uur lang en om het uur met vloed de immigrerende en met eb de emigrerende fauna bemonsterd in de onderste meter van de waterkolom. In Waarde zijn slechts 2 uur 'vloed' en 3 uur 'eb' te bemonsteren per getijdencyclus, in Saeftinghe werden respectievelijk 3 vloed en 4 eb stalen genomen.

Naast de vier omgevingsvariabelen die eveneens werden gemeten bij de epibenthische staalname, werden de waterhoogte en de stroomsnelheid gemeten, waardoor een omrekening naar volume (m³) mogelijk wordt. Een gedetailleerde beschrijving wordt gegeven in Cattrijsse (1994) en Cattrijsse *et al.* (1994).

b. Verwerking van de stalen

De nekton monsters werden per staal bewaard in een 7% formaldehyde oplossing. Bij grote hoeveelheden detritus in het fuiknet, werden eerst alle grotere dieren uitgesorteerd, waarna een volumetrisch deelstaal werd genomen. In het lab werden alle dieren gedetermineerd, zoveel mogelijk tot op soortniveau, eventueel ingedeeld in verschillende levensstadia (zoea, megalopa, postlarven) en geteld. Per staal werden maximaal 100 individuen per soort gemeten, uitgezonderd voor de vissen die allemaal werden gemeten. Zowel voor de vissen als de garnalen werd hier de standaardlengte gemeten.

c. Basisgegevens

Ook hier werden enkel de vissoorten en garnalen uit de nektonstalen geselecteerd voor de periode maart 1990 - oktober 1991. Vermits het nekton passief werd bemonsterd is het moeilijk een densiteitsschatting te geven per oppervlakte eenheid. Op basis van de waterhoogte, de stroomsnelheid en de oppervlaktEDOORSNEDEN van de kreek per interval van 15 minuten, werd het volume water berekend dat door de kreek stroomde en het volume water dat door het net werd gefilterd.

Een ruwe schatting geeft aan dat er in Saeftinghe gemiddeld $1500 (\pm 600) \text{ m}^3$ water werd gefilterd door het net per staalname datum, in Waarde was dit gemiddeld $900 (\pm 300) \text{ m}^3$. Dit komt ongeveer neer op een totaal gemiddeld volume van $2 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ en $6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ in de onderste meter van de waterkolom, dat per getij in en uit de kreek van respectievelijk Saeftinghe en Waarde stroomt.

Bij de berekening van de densiteiten werd het volume water beschouwd dat door de onderste meter van de waterkolom stroomde. De densiteitsgegevens, die enkel in het tweede luik worden gebruikt, worden uitgedrukt in aantal individuen per 1000 m^3 per schorgebied.

2.3. ANALYSES

Gebruik makend van verschillende datasets wordt het rapport verder opgedeeld in vier luiken. In het eerste luik worden de gemeenschappelijke verspreidingspatronen van de juvenielen van verschillende soorten in het subtidaal onderzocht. In een tweede luik worden de belangrijkste soorten afzonderlijk behandeld, waarbij het voorkomen van de verschillende levensstadia in de verschillende delen van de Westerschelde gedetailleerd wordt besproken. In een derde luik worden dan de mogelijke ecologische functies van de Westerschelde voor vissen en garnalen beschreven, waarbij rekening wordt gehouden met een indeling in functionele groepen. Tenslotte wordt de uitdieping van de Westerschelde als 'bedreiging' voor de epibenthische fauna besproken.

2.3.1. Ruimtelijke en seizoenale patronen in het epibenthos

De beschrijving van de ruimtelijke en seizoenale verspreidingspatronen van het epibenthos in het subtidaal is vooral gebaseerd op de gegevens van 1988 en 1989, aangevuld met de data van 1990, verzameld langsheen de saliniteitsgradient in de vaargeul.

a. Ruimtelijke analyse

In eerste instantie wordt de diversiteit over de verschillende stations berekend. De diversiteit van een gemeenschap wordt bepaald door de verspreiding, de abundantie, de soortenrijkdom, het milieu, de interspecifieke relaties en de stabiliteit van die gemeenschap (Heip *et al.* 1988). Daarom werd de diversiteit berekend onder de vorm van de getallen van Hill (Hill 1973) van de orde 0 (aantal soorten, onafhankelijk van de abundantie) en 1 (de exponent van de Shannon-Wiener diversiteitsindex, waarbij hoge densiteiten belangrijker worden). In deze ruimtelijke analyse werd gebruikt gemaakt van de gemiddelde densiteiten per station (ruimtelijke analyse).

Een eerste opdeling van de verschillende soorten in grotere 'systematische' groepen wordt gebruikt bij de beschrijving van de ruimtelijke patronen in densiteit en biomassa langsheen de saliniteitsgradient in de vaargeul.

Vervolgens werden verschillende multivariate statistische technieken gebruikt om de ruimtelijke patronen in het epibenthos te beschrijven. Deze werden toegepast op de gemiddelde densiteiten en biomassa's per station voor de periode 1988-'89. Om de variantie in de datamatrix te verkleinen werden de gegevens vooraf met een vierdemachtswortel getransformeerd. Er werden eveneens diverse dataredukties doorgevoerd, op basis van de totale gemiddelde densiteiten en biomassa's.

Als klassifikatie werden twee technieken gebruikt: 'Two Way Indicator SPecies ANalysis' (TWINSpan, Hill 1979) en 'Group Average Sorting' klusteranalyse aan de hand van Bray-Curtis dissimilariteiten (Bray & Curtis 1957). Als ordinatie technieken werden 'Correspondance Analysis' (CA) en 'Canonical Correspondance Analysis' (CCA) gebruikt. Voor meer uitleg over de gebruikte technieken verwijzen we naar Jongman *et al.* (1987) en Hamerlynck *et al.* (1993a). Bij de klassifikatie technieken worden bepaalde stations samengeplaatst op basis van overeenkomsten in het voorkomen van de soorten. Bij de ordinatietechnieken kan daarbij, al dan niet op voorhand, ook nog een korrelatie worden gemaakt met de gemeten omgevingsvariabelen.

De samenstelling van de gemeenschappen in de verschillende ruimtelijke zones wordt eveneens weergegeven op basis van de dataset van 1990.

b. Temporele analyse

De temporele diversiteit werd ook hier berekend als de getallen van Hill, N_0 en N_1 , gebaseerd op de gemiddelde densiteiten per maand.

Aan de hand van verscheidene aspecten van de biologie van de **juvenile** vissen en ongewervelden, wordt een eigen klassifikatie van de soorten voorgesteld. De periode van maximale abundantie en de modale lengteklasse in deze periode werden geëxtraheerd uit de gemiddelde densiteiten en biomassa's per maand in de periode 1988-'89. Vervolgens werden de soorten opgedeeld in verschillende kategoriën en densiteitsklassen, afhankelijk van hun seizoenale aanwezigheid en de tijdspanne dat ze in het estuarium verblijven. Voor de garnalen zijn de patronen gebaseerd op de biomassawaarden, gezien deze soort meestal in bulk werd gewogen, en er geen lengte-frekwentie verdelingen beschikbaar waren.

Op basis van de periode(s) van maximale abundantie van de juvenielen kunnen de epibenthische soorten in een vijftal kategoriën opgedeeld worden: de 'residente soorten' zijn gedurende het ganse jaar afhankelijk van het estuarium, maar vertonen een piek in de zomer ('zomer residenten' - SR) of in de winter ('winter residenten' - WR); de 'bimodale soorten' (B) vertonen twee duidelijke densiteitspieken; andere soorten gebruiken het estuarium vooral tijdens de zomer ('zomer soorten' - S) of tijdens de winter ('winter soorten' - W). De zomer wordt hierbij gedefinieerd als de periode van mei tot september, en de winter als de periode van oktober tot april.

Aan de hand van de gemiddelde densiteit over de periode 1988-1989 en de modale lengteklasse kan het epibenthos verder opgedeeld worden in een zestal klassen: enerzijds wordt een onderscheid gemaakt tussen occasionele soorten (O, < 1 individu per 1000m²), algemene soorten (C) en abundante soorten (A); anderzijds worden de soorten geklasseerd als juvenielen (J), oudere dieren (E) of levenstadium-onafhankelijke soorten (I).

Ter vergelijking wordt een onderverdeling van de soorten opgenomen, naargelang hun estuariene afhankelijkheid, zoals die werd voorgesteld door Elliott & Dewailly (1995) (zie luik 3).

De korrelatie van de voorgestelde klassifikatie van de soorten met de omgevingsvariabelen, wordt weergegeven d.m.v. een CCA ordinatie op de gemiddelde biomassa's per maand voor de periode 1988-1989. Daarna wordt het seizoenale voorkomen van de juvenielen in de verschillende ruimtelijke zones weergegeven op basis van de maandelijkse gemiddelden per 'systematische' groep en d.m.v. twee CA-analyses op de gemiddelde biomassa's per maand in 1990.

2.3.2. Ruimtelijke en seizoenale patronen voor de belangrijke soorten

In een tweede luik worden de verspreidingspatronen meer in detail besproken voor de meer algemene soorten. Een aantal andere soorten, die niet algemeen voorkomen, doch belangrijk zijn in het kader van de biodiversiteit, worden kort aangehaald. Voor dit deel worden alle beschikbare dichtheitsgegevens van vissen en garnalen over de bestudeerde periodes gebruikt. Voor het epibenthos is dat de periode van januari 1988 tot en met december 1991 in de vaargeul (subtidaal) en de periode van maart 1992 tot en met oktober 1992 op de mesohaliene zandplaat (intertidaal, 2 dieptestrata); voor het hyperbenthos periode april 1990 - april 1991 in het subtidaal; voor het nekton periode maart 1990 - oktober 1991 in twee schorkreken.

De ruimtelijke voorstelling is gebaseerd op de totale gemiddelde dichtheiten over de bestudeerde periodes per station (voor het subtidaal) of per gebied (voor de intertidale zandplaat en de schorkreken), eventueel opgedeeld in verschillende levensstadia. Zo werden de garnalen bijvoorbeeld opgedeeld in zoea-larven, postlarven (5-12 mm), en juvenielen (> 12 mm). De platvissen daarentegen werden opgedeeld in postlarven, 0-groep (> 15 mm), 1-groep en 1+groep. Postlarven van haringachtigen, zeenaalden en grondels konden niet tot op soortniveau gedetermineerd worden. Ze worden dan ook samen genomen als respectievelijk Clupeidae, Syngnathidae en Gobiidae Species.

Vervolgens werden er lengte-frekwentie verdelingen opgesteld over de volledige periode. Daarna werd per maand het dichtheitsverloop, en eventueel het gemiddelde lengteverloop per jaarklasse (en/of per levensstadium), in de verschillende deelgebieden van de Westerschelde voorgesteld.

2.3.3. De vitale functies van de Westerschelde

Een goed-funktionerend estuarium moet voor vissen twee belangrijke ecologische functies vervullen, namelijk de rol als kinderkamer en de rol als doortrekroute.

Een estuarium kan pas belangrijk worden als de soorten in hoge aantallen 'de weg vinden' naar dat gebied. In eerste instantie moeten dus de eieren en (post)larven aangevoerd of vervoerd worden. Vervolgens moeten deze vroege stadia kunnen uitgroeien tot juvenielen. Een 'kinderkamer' kan bijgevolg omschreven worden als een gebied waar de overlevingskansen voor de jonge stadia groter zijn, en waar de 'scope of growth' of de groeisnelheid wordt bevorderd. Konkreet betekent dit dat de jonge levensstadia in het estuarium leefgebieden vinden (aanvoerfunctie), waar de predatiedruk laag blijft (beschermingsfunctie) en het voedselaanbod groot is (eetkamerfunctie).

Wat de doortrekfunctie betreft is het estuarium vooral belangrijk als migratieroute voor adulte diadrome vissoorten, die enerzijds het zoete (anadroom), anderzijds het zoute (catadroom) water nodig hebben om te kunnen paaien, en vice versa voor de juvenielen.

Hoe de Westerschelde deze functies vervult, wordt beschreven aan de hand van de bestaande literatuur, gebaseerd op vergelijkingen met andere gebieden en historische data. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een opdeling in functionele groepen of 'guilds', zoals deze werden voorgesteld door diverse auteurs (o.a. McHugh 1967, Elliott & Dewailly 1995). Deze laatste auteurs omschrijven een 28-tal 'ecotrofische guilds', die de biologische karakteristieken van de organismen beschrijven op basis van vijf criteria:

(1) een eerste groep, de ecologische guilds is gebaseerd op het ecologisch type en verwijst naar het gebruik en belang van het estuarium voor de vissen. Het is naar deze indeling dat verwezen wordt in luik 1 van dit rapport. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- **estuariene residenten (ER)**, die hun ganse leven in het estuarium doorbrengen
- **mariene (brakke) juveniele migranten (MJ)**, die het estuarium vooral als 0-groep en eventueel als 1+groep gebruiken
- **mariene seizoenale migranten (MS)**, die het estuarium vooral als adulten, in bepaalde seizoenen bezoeken
- **mariene bezoekers (MA)**, die onregelmatig vanuit zee in het estuarium komen
- **diadrome migranten (CA)**, catadroom of anadroom, die het estuarium gebruiken als doortrekroute tussen zoet en zout water
- **zoetwater soorten (FW)**, die occasioneel vanuit de rivieren in brakwater komen

(2) in de tweede indeling, de vertikale distributie guilds, wordt een onderscheid gemaakt tussen (P) pelagische vissen, die in de waterkolom leven; (D) demersale vissen, levend net boven de bodem; en (B) bentische vissen, levend op de bodem

(3) de derde indeling, de substraat guilds, maakt een onderscheid op basis van de voorkeur voor bepaalde bodemtypes waarop de demersale soorten voorkomen: uitsluitend zand (S), zachte bodems zoals zand, slib en kiezel (F), harde substraten zoals rotsen, stenen en keien of met zeegras of algen begroeide bodems (V). Soorten die onafhankelijk zijn van het bodemtype worden in de klasse (M) geplaatst

(4) de vierde indeling, de voeding guilds, baseert zich op het type voedsel dat gegeten wordt door de vissoorten: uitsluitend plankton (PS), uitsluitend invertebraten (IS), uitsluitend vis (FS), invertebraten en vis (IF), carnivoor (CS), herbivoor-carnivoor (HC), omnivoor (OV) of detritivoor (D)

(5) de laatste indeling, de voortplantingsguilds, maakt een onderscheid tussen vivipare (V), ovovivipare (W) en ovipare (O) vissen, gebaseerd op de wijze van voortplanting. De laatste klasse wordt nog verder ingedeeld naargelang de 'toekomst' van de eieren, i.e. pelagisch (O_p), bentisch (O_b), bewaakt (O_g), in een nest-kapsel-broedbuidel (O_s) of in vegetatie (O_v).

Bij de bespreking van de aanvoerfunctie van de Westerschelde wordt vooral gebruik gemaakt van de 'ecologische' en 'voortplantings' guilds. Voor de beschermingsfunctie zijn de 'vertikale distributie' en 'substraat' guilds van belang, anderzijds zijn de 'voedings' guilds belangrijk bij de bespreking van de eetkamerfunctie. Bij de doortrekfunctie worden vooral de 'ecologische' guilds gebruikt.

2.3.4. Verdieping van de Westerschelde

Gebaseerd op de resultaten van dit rapport en op een aantal hypothesen die werden vooropgesteld door verschillende werkgroepen van het RIKZ, wordt in dit luik onderzocht wat het effect kan zijn van de verdieping in de Westerschelde op de vitale functies voor de epibenthische fauna. Naast de waterkwaliteit (zuurstof en microverontreinigingen), zijn mogelijke verschuivingen in temperatuur, saliniteit en pH, maar vooral veranderingen in de bodemstructuur in de verschillende strata van belang, bij het bepalen van mogelijke bedreigingen voor de vis- en garnaalfauna door verdieping van het Westerschelde estuarium.

Volgende hypothesen werden in juni 1996 voorgesteld door de werkgroep Fysica van het RIKZ (opmerking: gezien in het huidige rapport de Westerschelde werd opgedeeld in een polyhaliene en een mesohaliene zone, werden het westelijk en middendeel uit de hypothesen samen beschouwd als de polyhaliene zone):

- de verdieping op zich zal vooral in de mesohaliene (M) zone een invloed hebben
- de veranderde stortstrategie (o.a. het opheffen van de stortlokatie ter hoogte van de Hooge Platen) zal vooral een invloed hebben op het polyhaliene deel (P)
- de maximale stroomsnelheden zullen iets verhogen
- het getijverschil neemt ter hoogte van Bath met 15 cm toe (i.e. 10 cm lager bij laagwater, 5 cm hoger bij hoogwater) en het getijvolume neemt toe met 5%
- het areaal schorren zal zowel in P als in M met 30 ha afnemen
- het areaal ondiep water (slik) neemt af met 260 ha in P en met 110 ha in M
- het areaal platen neemt toe met 330 ha in P; het areaal platen neemt af met 110 ha in M
- het areaal geulen neemt toe met 250 ha in M en blijft ongeveer gelijk in P.

Volgende hypothesen werden in juni 1996 voorgesteld door de werkgroep chemie/biologie van het RIKZ:

- er treedt geen significante verandering op in de bodemkwaliteit; mogelijk is er wel een verbeterde bodemkwaliteit in P door het opgeven van de stortlokatie
- er treedt geen significante verandering op in de waterkwaliteit; mogelijks is er wel een verslechtering waar te nemen door het vrijkomen van verontreinigingen tijdens het baggeren
- er treedt geen verandering op in biomassa per oppervlak voor alle organismen (primaire produktie tot vogels)
- er treedt wel een verandering op in de totale biomassa voor alle organismen, evenredig met de relatieve verandering in de desbetreffende strata, in de veronderstelling dat de 'carrying capacity' van het systeem nu reeds bereikt is
- vooral de schorren van Waarde, Bath en Ellewoutsdijk zullen afnemen met respectievelijk 0.9, 0.4 en 0.9 ha per jaar.

De eventuele 'abiotische' veranderingen in de verschillende deelgebieden van de Westerschelde (geulen, platen, schorren) worden getoetst aan de kennis die werd opgedaan in deze en andere studies.

3. RESULTATEN EN DISKUSSIE

3.1. RUIMTELIJKE EN SEIZOENALE VERSPREIDING VAN HET EPIBENTHOS IN DE WESTERSCHELDE

3.1.1. Ruimtelijke analyse in het subtidaal

a. Diversiteit

Er werden 37 vissoorten en 3 soorten invertebraten gevangen (gemiddeld 8 per maand en 11 per station). Het aantal soorten (N_0) per station over de 25 maanden varieerde van 23 tot 30 (Tabel 3-1). Ook de N_1 diversiteitsindex vertoont geen duidelijk patroon, maar schommelt rond een waarde van 2.

Tabel 3-1. Gemiddelde densiteit (ind/1000m²) en biomassa (gADW/1000m²) over de periode januari 1988 - december 1989, voor de 40 epibenthische soorten samen, en voor de 37 vissoorten, en de Hill's diversiteits getallen N_0 en N_1 , per station (25 campagnes).

station km vanaf monding	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	3	8	11	13	16	23	26	30	34	36	40	43	47	52
tot. gem. dens.	1900	2220	1370	1490	1000	1390	1250	1650	2390	4440	4130	2810	1950	3310
tot. gem. dens. vis	170	320	90	200	150	160	250	300	450	1070	750	330	220	770
tot. gem. biom.	1000	610	500	580	480	480	430	500	970	2430	1880	940	790	1860
tot. gem. biom. vis	320	130	120	220	200	160	180	180	500	1630	1080	340	370	1280
# soorten (N_0)	25	26	27	25	28	29	25	23	30	23	29	28	25	27
diversiteit (N_1)	2.1	1.9	1.6	2.1	2.3	1.9	2.4	2.2	2.4	2.7	2.3	1.8	1.8	2.4
	Polyhalien								Mesohalien					

b. Indeling in systematische groepen

De totale gemiddelde epibenthische densiteit en biomassa voor de periode 1988-1989 (gemiddelde over alle stations en alle maanden) bedroeg 2250 individuen per 1000m² en 970 gADW per 1000m². Drie groepen organismen domineerden de fauna. De grijze garnaal *Crangon crangon* vertegenwoordigde ongeveer 80 % van de totale densiteit (Tabel 3-1). In termen van biomassa waren de platvissen iets dominanter in de meer brakke stations, stroomopwaarts van Hansweert (bvb. 1440 gADW per 1000m² in station 10) (Fig. 3-1)

Een derde belangrijke groep zijn de grondels. Deze vissen waren even abundant als de platvissen (gemiddeld 200 individuen per 1000m²). Garnalen, platvissen en grondels vertoonden een vergelijkbaar patroon langsheen de saliniteitsgradiënt: de densiteiten bleven uniform laag in het polyhalieene deel (van de monding tot aan Hansweert, behalve in station 2), stegen dan geleidelijk tot rond station 10 waarna terug een daling optrad, met uitzondering van het laatste station rond Bath, waar opnieuw hoge densiteiten werden genoteerd.

Twee andere groepen volgden deze trend niet: krabben hadden hogere biomassa's in het polyhalieene deel en de "andere vissen" hadden overal vergelijkbare densiteiten en biomassa's. De relatieve samenstelling van deze laatste groep wordt eveneens weergegeven in Fig. 3-1. De clupeiden waren het belangrijkste qua densiteiten, terwijl de gadiden, scorpaeniformen en anguilliformen ongeveer even belangrijk waren qua biomassa. De soortensamenstelling wordt verder meer in detail besproken.

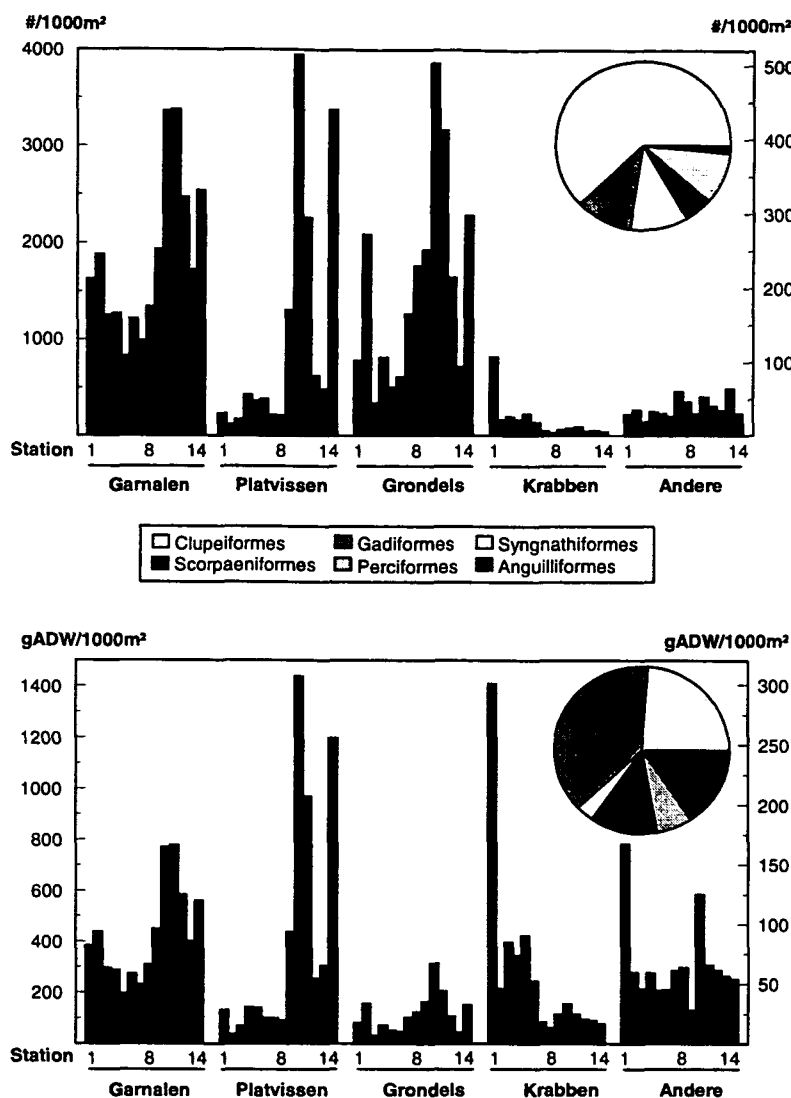


Fig. 3-1. Gemiddelde densiteit (ind/1000m²) en gemiddelde biomassa (gADW/1000m²) per station voor de vijf epibenthische groepen, en de relatieve samenstelling (gemiddeld over alle stations) voor de 'Andere' groep. Noteer dat de linkeras enkel refereert naar de 'garnalen' in de densiteits plot en naar 'garnalen' en 'platvissen' in de biomassa plot.

c. Klassifikatie

De analyses met de densiteits- en biomassagegevens leverden dezelfde resultaten op. Enkel de analyses met de gemiddelde biomassa's per station worden voorgesteld.

TWINSpan (cut-levels 0, 0.1, 0.36, 0.81, 1.58 en 2.3) verdeelde de 14 stations over twee hoofdgroepen: één stroomopwaarts, de andere stroomafwaarts van Hansweert (niet afgebeeld).

Dezelfde groepen werden ook gevonden met de klusteranalyse, alhoewel hieruit blijkt dat de fauna van alle stations zeer vergelijkbaar was (Fig. 3-2): de dissimilariteit bedroeg maximaal 0.3 op een schaal van 0 tot 1.

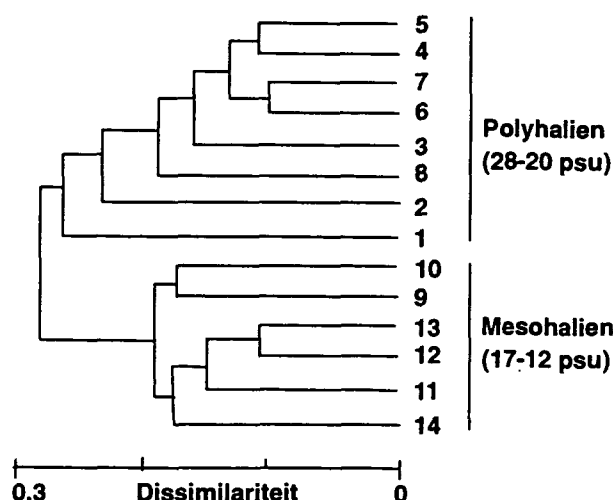


Fig. 3-2. Dendrogram van de klusteranalyse, met een indicatie van de twee zones en de graad van dissimilariteit op een schaal van 0 tot 1.

d. Omgevingsvariabelen

De gemiddelde waarden voor de gemeten omgevingsvariabelen worden weergegeven in Fig. 3-3. De saliniteit daalde geleidelijk van 28 psu nabij de monding tot 12 psu stroomopwaarts.

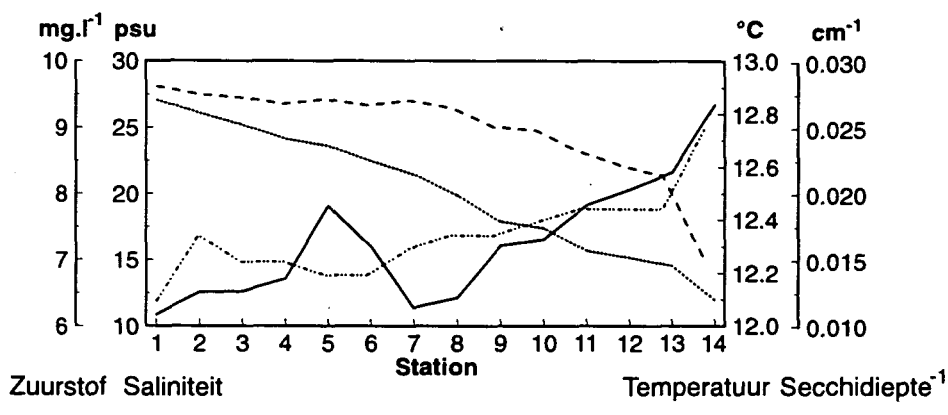


Fig. 3-3. Gemiddelde waarden voor de vier omgevingsvariabelen per station.

De concentratie opgeloste zuurstof bleef hoger dan de verzadigingswaarde stroomafwaarts van Hansweert, maar daalde stroomopwaarts ervan tot 8.2 mg.l⁻¹ en zelfs tot 7 mg.l⁻¹ nabij Bath. De turbiditeit, gemeten als de reciproke van de Secchi diepte, toonde het inverse patroon van het zuurstofgehalte. De temperatuur steeg geleidelijk van 12 tot 13 °C in stroomopwaartse richting, met iets hogere waarden rond stations 5 en 6.

e. Ordinatie

De CCA met de biomassa gegevens toont de belangrijkste structurerende gradiënten in het estuarium en de voorkeur van de dominante soorten voor bepaalde

omgevingsvariabelen (Fig. 3-4). De volledige benaming van de soorten wordt gegeven in Tabel 3-4.

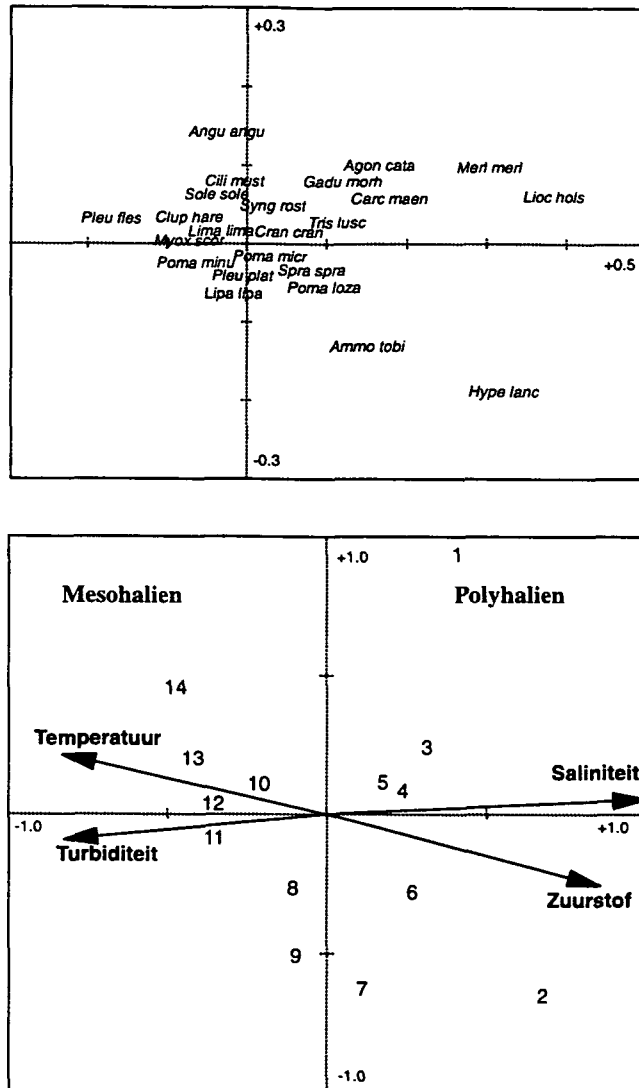


Fig. 3-4. CCA ordinatie plots (as 1 en 2), gebaseerd op de gereduceerde set van gemiddelde biomassa data per station en op de omgevingsvariabelen.

De 4 gemeten omgevingsvariabelen verklaren samen 73% van de variantie rond de eerste as (eigenwaarde 0.09). De projectie van de Twinspan groepen op de CCA plot visualiseert een duidelijke scheiding tussen de polyhaliene en mesohaliene (meer turbide) stations langsheen deze eerste as. Twee kleinere deelclusters kunnen verder worden onderscheiden: stations 3 tot 5, met de strandkrab *Carcinus maenas* en wijting *Merlangius merlangus* als karakteristieke soorten, en stations 10 tot 13, gekenmerkt door hoge biomassa's voor het dikkopje *Pomatoschistus minutus*, schar *Limanda limanda*, tong *Solea solea* en haring *Clupea harengus*. Stations 6, 8 en 9 bevinden zich tussen deze twee groepen met als dominante soorten lozano's grondel *Pomatoschistus lozanoi* en slakdolf *Liparis liparis*. Langs de tweede as (eigenwaarde 0.02) vinden we de stations 1, 2 en 7 terug tegen de boven- en onderranden. Voor het meest mariene station is dit gekorreleerd

met de aanwezigheid van de grote zeenaald *Syngnathus acus* (niet opgenomen in de grafiek), terwijl stations 2 en 7 gekenmerkt zijn door de vertegenwoordigers van de familie Ammodytidae (zandspiering *Ammodytes tobianus* en smelt *Hyperoplus lanceolatus*).

f. Bespreking van de ruimtelijke zones

Het estuariene milieu vormt door de brede waaier van fluktuierende kondities in de omgevingsvariabelen, een uitdaging voor elk organisme dat erin leeft (Wootton, 1992). Veranderingen in saliniteit zijn hierbij het belangrijkste. In vergelijking met andere ecosysteem componenten, o.a. macro- en hyperbenthos waar meer soorten genoteerd werden in de meest saliene stations, vertoont het gemiddeld aantal soorten per station voor het epibenthos eerder een atypisch verloop in de polyhaliene zone. Vermoedelijk kan de hogere diversiteit voor het epibenthos ter hoogte van Hansweert verklaard worden door een samenkomst van de polyhaliene en mesohaliene visgemeenschap (Hostens in druk). Dit werd bijvoorbeeld ook in het hyperbenthos teruggevonden (Mees *et al.* 1993b). Anderzijds bevindt dit station zich ter hoogte van het verbindingskanaal tussen de Westerschelde en de Oosterschelde. Een aantal typische soorten in de Oosterschelde, zoals rode poot *Trigla lucerna*, puitaal *Zoarces viviparus* en ansjovis *Engraulis encrasicolus* (Hostens & Hamerlynck 1994, Hamerlynck & Hostens 1994), zijn waarschijnlijk van daaruit naar de Westerschelde gemigreerd.

Ter vergelijking wordt het verschil getoond tussen de twee zones langsheen de saliniteitsgradient voor de belangrijkste epibenthische groepen, op basis van de gemiddelde densiteiten in 1990 (Fig. 3-5).

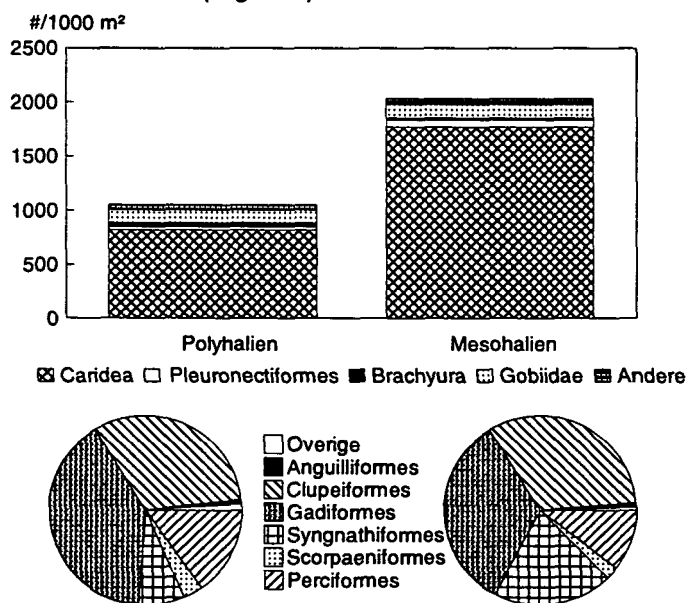


Fig. 3-5. Gemiddelde densiteit (ind/1000m²) in 1990 voor de vijf epibenthische groepen, en de relatieve samenstelling voor de 'Andere' groep, in de polyhaliene en mesohaliene zones van de Westerschelde.

De scheiding tussen de twee ruimtelijke 'zones' werd reeds in diverse studies aangehaald (o.a. Hamerlynck *et al.* 1993b). De polyhaliene zone is vooral gekarakteriseerd door een hogere saliniteit en volledige zuurstofverzadiging. De ruimtelijke structuur in de

epibenthische gemeenschap binnen deze zone was eerder gekorreleerd met de expositiegraad, die bepaald wordt door stroomsnelheid, stroomrichting, golven en getijden (cf. Barry & Dayton 1991). Stations 2 en 7 zijn bijvoorbeeld gekarakteriseerd door de aanwezigheid van zandspiering *Ammodytes tobianus* (en griet *Scophthalmus rhombus* als hun belangrijkste predator). Dit zijn twee soorten die typisch zijn voor geëxposeerde gebieden (Hostens & Hamerlynck 1994). De epibenthische gemeenschap ter hoogte van Terneuzen wordt mogelijk beïnvloed door water dat via het kanaal Gent-Terneuzen in de Westerschelde binnenkomt (cf. de iets hogere gemiddelde temperaturen gemeten in stations 5 en 6 in 1988-1989).

De mesohaliene zone wordt vooral gekenmerkt door een hogere turbiditeit en de aanwezigheid van grote intergetijdengebieden, zoals de Platen van Valkenisse en het Schor van Saeftinghe. Voor de meeste systematische groepen is het duidelijk dat de hoogste densiteiten voor de juveniele stadia werden genoteerd in de mesohaliene zone. Het belang van de intergetijdengebieden wordt verder uitgediept in het derde luik van dit rapport.

3.1.2. Temporele analyse in het subtidaal

a. Diversiteit

Het gemiddeld aantal soorten, berekend over 28 observaties per maand (i.e. 14 stations, 2 jaar), was het laagst in februari (21) en het hoogst in september (30) (Tabel 3-2). De diversiteit N_1 was maximaal in januari (4.2), daalde dan geleidelijk tot in juni en bleef lager dan 2 tot december.

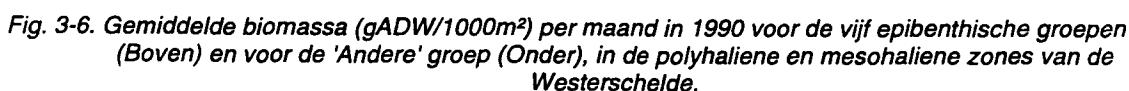
Tabel 3-2. Gemiddelde densiteit (ind/1000m²) en biomassa (gADW/1000m²) voor de epibenthische gemeenschap en voor alle vissoorten, en Hill's diversiteitsgetallen (N_0 en N_1) per maand (28 observaties).

maand	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
tot. gem. dens.	1690	700	650	720	1160	1630	3880	3270	4920	3080	2850	1810
tot. gem. dens. vis	700	210	130	270	130	120	470	440	990	460	390	300
tot. gem. biom.	2110	560	440	660	510	570	1050	860	1430	1200	1120	1110
tot. gem. biom. vis	1810	450	320	520	180	140	170	170	240	400	570	610
# soorten (N_0)	25	21	23	24	22	25	28	28	30	28	24	26
diversiteit (N_1)	4.2	3.6	2.7	2.9	2.0	1.6	1.7	1.8	2.0	2.0	1.8	2.1
	Winter			Zomer						Winter		

b. Seizoenaliteit per ruimtelijke zone

Een overzicht van de seizoenaliteit voor de belangrijkste epibenthische groepen, gebaseerd op de maandelijkse biomassa gegevens van 1990, voor de twee zones, wordt procentueel voorgesteld in Fig. 3-6.

De CA analyses, gebaseerd op de maandelijkse biomassadata van 1990, illustreren een duidelijke opeenvolging van de maanden met typische soorten in beide zones (Fig. 3-7). De 'zomer' periode werd gekarakteriseerd door juveniele steenbolk *Trisopterus luscus* en vooral veel 'occasionele' soorten. De 'vroeg winter' periode was gekenmerkt door de meest abundante soorten, zoals sprat *Sprattus sprattus* en de brakwatergrondel *Pomatoschistus microps*, en de overwinterende soorten zoals schar *Limanda limanda* en schol *Pleuronectes platessa*. De 'late winter' periode was gekenmerkt door puitaal *Zoarces viviparus* en lozano's grondel *Pomatoschistus lozanoi*.



c. Temporele categoriën

Alhoewel de meeste soorten het hele jaar door werden gevangen, vertoonden hun densiteiten en biomassa's duidelijke seizoensale patronen. In Tabel 3-3 wordt een eigen klassifikatie voorgesteld van de 40 epibenthische soorten, gebaseerd op de gemiddelde densiteit (biomassa voor garnalen) per maand.

Tabel 3-3. Enkele biologische aspecten van de 40 epibenthische soorten gevangen in de Westerschelde, gebaseerd op de maandelijkse gemiddelde densiteiten (*) over de periode januari 1988 - december 1989, met een indicatie van de voorgestelde klassifikaties. Voor een verklaring van de gebruikte afkortingen wordt verwezen naar de tekst in Materiaal en Methoden (p14 en p16).

Densiteits klasse	Soort	Systemat. groep	Gemid. dens. (*)	Periode maximum dens.	Maand van, en max. densiteit (*)	Seizoens Klasse	Mod. lengte (*) tijdens max.	Belangr. levensst.	Levens- geschiedenis	E&D (!)
Abundant	<i>Crangon crangon</i>	Caridea	416.9	Jul-Nov	Sep, 639	SR		I	Marlen	
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Gobiidae	110.5	Aug-Okt	Sep, 529	SR	30-40	J	Brak	MA,MJ
	<i>Limanda limanda</i>	Pleuronectiformes	84.4	Okt-Jan, Jan	Jan, 385	W	60-90, 140-160	J	Marlen	MJ
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobiidae	76.7	Jul-Sep	Jul, 344	SR	25-45	J	Brak	ER
	<i>Solea solea</i>	Pleuronectiformes	33.4	Jan-Apr	Apr, 215	WR	90-110	J	Brak	MJ
	<i>Scorpaenopsis</i>	Cupelliformes	17.2	Dec-Jan, Jul	Jan, 53	B	65-80, 45	J	Marlen	MS
	<i>Pleuronectes platessa</i>	Pleuronectiformes	16.9	Sep-Feb	Jan, 70	W	70-100	J	Marlen	MJ
Algemeen	<i>Carcinus maenas</i>	Brachyura	16.6	Mei-Aug ±	Mei, 28	SR		I	Brak	
	<i>Clupea harengus</i>	Cupelliformes	7.7	Jan-Feb, Jul-Aug	Jan, 32	B	90-100, 45-55	J	Marlen	MJ
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobiidae	6.5	Nov-Mar	Jan, 24	W	30-40	E	Brak	ER
	<i>Liocarcinus holsatus</i>	Brachyura	4.1	Mei-Sep	Mei, 12	S		I	Marlen	
	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Syngnathiformes	3.9	Aug-Sep, Jun	Aug, 10	S	90-100, 110-120	J	Marlen	ER
	<i>Ammodytes tobianus</i>	Perciformes	3.5	Feb-Apr	Apr, 9	WR	80-90	J	Marlen	ER
	<i>Pleuronectes flesus</i>	Pleuronectiformes	2.7	Okt-Nov, Dec-Maa	Maa, 5.8	WR	200-240, 100-120	I	Catadroom	ER
	<i>Trisopterus luscus</i>	Gadiformes	2.0	Jun-Aug	Jun, 9	S	70-75 (50-130 *)	J	Marlen	MJ
	<i>Merlangius merlangus</i>	Gadiformes	1.3	Jun-Jul	Jun, 9	S	70-90	J	Marlen	MJ
	<i>Agorus cataphractus</i>	Scorpeniformes	1.0	Dec-Feb (*)	Jan, 2.6	WR	65-75	J	Marlen	ER
Occasioneel	<i>Liparis liparis</i>	Scorpeniformes	0.8	Mei-Jul, Sep-Dec	Jun, 2.2	B	60-70, 110-120	I	Brak	ER
	<i>Gadus morhua</i>	Gadiformes	0.4	Sep-Nov (*)	Sep, 1.2	S	160-220	E	Marlen	MJ
	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguilliformes	0.3	Mei-Jul	Jul, 1	S	300-400	E	Catadroom	CA
	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Scorpeniformes	0.3	Feb-Maa	Feb, 1	W	160-200	E	Marlen	ER
	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Perciformes	0.2	Jun-Sep	Jun, 0.7	S	150-180	J	Marlen	MA
	<i>Glyptocephalus</i>	Gadiformes	0.2	Sep-Nov	Okt, 1.3	W	100-120	J	Marlen	MS
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Gasterosteiformes	0.2	Dec-Maa	Maa, 0.7	W	45-55	J	Brak	CA
	<i>Zoarces viviparus</i>	Perciformes	0.08		Mei, 0.2	SR	150-155	J	Brak	ER
	<i>Trigla lucerna</i>	Scorpeniformes	0.06	Mei, Okt	Okt, 0.3	B	150-170, 45-60	I	Marlen	MJ
	<i>Mugilidae Species</i>	Perciformes	0.05	Okt-Dec	Okt, 0.3	W	40-45	J	Catadroom	MS,CA
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Cupelliformes	0.04	Sep-Okt	Okt, 0.3	W	65-75	J	Brak	MS
	<i>Syngnathus acus</i>	Syngnathiformes	0.04	Jun-Jul	Jul, 0.1	S	320-380	E	Marlen	ER
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Perciformes	0.04	Dec-Maa	Dec, 0.4	W	70-75	J	Brak	MJ
	<i>Pungitius pungitius</i>	Gasterosteiformes	0.03	Maa (*)	Maa, 0.3	W	40-45	J	Fresh	FW
	<i>Alosa tallas</i>	Cupelliformes	0.02	Nov (**)	Nov, 0.2	W	95-100	J	Anadroom	CA
	<i>Aphia minuta</i>	Gobiidae	0.02	Apr-Jul	Okt, 0.06	S	40-50	E	Marlen	ER
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Pleuronectiformes	0.02	Jan-Apr	Sep, 0.07	W	200-230	E	Marlen	MJ
	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Petromyzontiformes	0.01	Jun (**)	Jun, 0.1	S	170-175	E	Anadroom	CA
	<i>Atherina presbyter</i>	Atheriniformes	0.01	Sep-Okt (**)	Okt, 0.07	W	85-90	E	Marlen	MJ
	<i>Trachurus trachurus</i>	Perciformes	0.01	Aug-Sep	Sep, 0.07	S	60-70	J	Marlen	MA
	<i>Buglossidium luteum</i>	Pleuronectiformes	0.006	Mei (*)	Mei, 0.07	S	55-60	J	Marlen	MA
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	Gobiidae	0.006	Okt (*)	Okt, 0.07	W	30-35	J	Marlen	MA
	<i>Solea lascaris</i>	Pleuronectiformes	0.006	Jul (**)	Jul, 0.07	S	100-105	J	Marlen	MA

* (densiteit: #/1000m²; uitgezonderd voor *Crangon crangon*: biomassa gADW/1000m²)

(modale lengteklasse in periode van maximale abundantie, in millimeter totale lengte, uitgezonderd Gobiidae: mm standaard lengte)

I (indeling in ekologische guilds volgens Elliott & Dewailly 1995)

(range over drie maanden)

(voors 1988) ; ** (voors 1989)

In totaal werden 25 'juvenile', 9 'oudere' en 6 'onafhankelijke' soorten gevonden (Tabel 3-3). In de 'abundante' (8 soorten) en 'algemene' (9 soorten) densiteitsklassen, waren vooral de juvenielen belangrijk, terwijl in de groep van de 'occasionele' soorten (23 soorten) 'juvenile' en 'oudere' dieren ongeveer evenveel voorkwamen. Het aantal zomer en winter soorten was ongeveer gelijk (5 SR en 13 S; 4 WR en 14 W), maar de distributie van de belangrijkste levensstadia was verschillend: 7 J, 5 E en 1 I in de zomer, tegen 10 J

en 4 E in de winter en 6 J en 3 I in de groep van de residente soorten. De 4 'bimodale' soorten waren ofwel 'juvenielen', ofwel behoorden de 2 pieken tot verschillende lengte kohorten, waarbij de hoogste densiteiten in de winter werden aangetroffen (Tabel 3-3).

d. Omgevingsvariabelen

De seizoenale patronen van de 4 omgevingsvariabelen worden voorgesteld in Fig. 3-8. De concentratie aan opgeloste zuurstof daalde geleidelijk van 10.5 mg.l⁻¹ in februari tot 7.5 mg.l⁻¹ in augustus. De temperatuur vertoonde een omgekeerd patroon met een minimum van 6 °C in februari en een maximum van 19 °C in augustus. De turbiditeit was het hoogst tijdens de winter (0.02 cm⁻¹ van november tot april), en viel terug tot 0.01 cm⁻¹ tussen mei en juli. De saliniteit steeg van 16 psu in januari tot 23 psu in december, met uitzonderingen in maart en april toen lage saliniteiten genoteerd werden (15 psu).

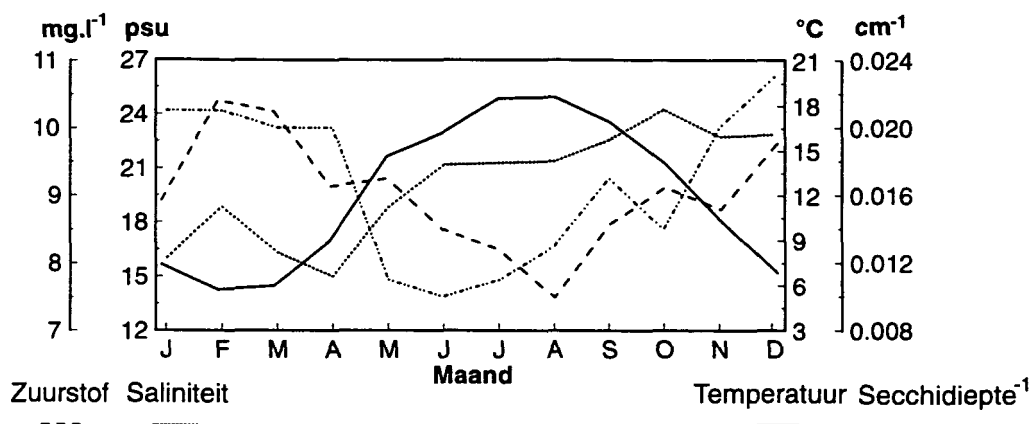


Fig. 3-8. Gemiddelde waarden voor de vier omgevingsvariabelen per maand.

e. Ordinatie

De klassifikatie die in paragraaf c (zie vroeger) werd voorgesteld, wordt gereflecteerd in the CCA met de gemiddelde biomassa's per maand (Fig. 3-9).

De relaties tussen de soorten en de omgevingsvariabelen van de eerste twee assen verklaren 92 % van de variantie in de data. De 'winter' en 'zomer' periodes worden gescheiden langs de eerste as (eigenwaarde 0.16). Langs de tweede as (eigenwaarde 0.07) wordt de 'winter' periode verder opgedeeld in de 'vroeg winter' (september tot december) en de 'late winter' (januari tot maart).

In de plot van de species scores zijn slechts 34 soorten weergegeven. De andere 6 soorten werden éénmalig gevangen, en werden uit de analyse geweerd. De opdeling in winter en zomer soorten komt overeen met de plot van de maanden. September wordt het best gekorreleerd als zomermaand. Residente (R) soorten en algemene juveniele (C,J) en onafhankelijke (C,I) soorten komen gegroepeerd voor rond het centrum van de grafiek. Occasionele juveniele (O,J) en oudere (O,E) soorten komen eerder nabij de randen te liggen.

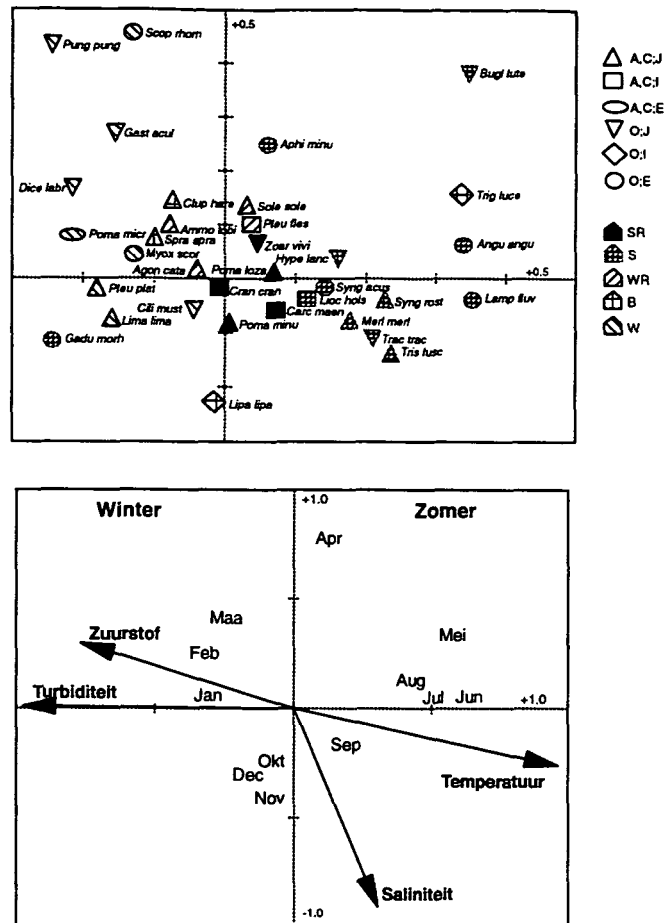


Fig. 3-9. CCA ordinatie plots gebaseerd op de gemiddelde biomassa per maand en op de vier omgevingsvariabelen, met een projectie van de voorgestelde klassifikatie van de epibenthische soorten. Zie tekst voor uitleg van de codes.

f. Bespreking van de seizoenaliteit

De Westerschelde is vooral belangrijk voor de juveniele 0- groepen van mariene soorten en van brakwatersoorten. De soortenrijkdom (N_0) was het hoogst tussen juli en oktober. Het is de periode waarin de meeste zomer juvenielen en oudere soorten vanuit de zee het estuarium binnentrekken, en dat de residente soorten maximale densiteiten bereiken. De diversiteit (N_1) was hoog tussen januari en april. In januari was de densiteit maximaal voor vijf van de tien abundante soorten. Ook Elliott *et al.* (1990) vonden dat de mariene juvenielen en de overwinterende soorten de belangrijkste componenten van de visfauna zijn in de meeste estuaria.

De opeenvolging van de maanden in de sample plot van de CA, illustreert de cyclische veranderingen in densiteit, soortenrijkdom en soortensamenstelling in de gemeenschappen van de Westerschelde. Toch kunnen de epibenthische organismen min of meer verdeeld worden over twee seizoenen, nl. zomer (mei - september) en winter (oktober - april). Tot de eerste groep behoren o.a. de invertebraten, grondels, gadiden en zeenaalden. Een aantal abundante soorten vertonen echter een maximale densiteit tussen oktober en februari. Het zijn de overwinterende, juveniele mariene soorten en winter-residente soorten, waartoe vooral de platvissen en zandspieringen behoren.

Verschillende auteurs hebben diverse klassifikaties voorgesteld, die meestal gebaseerd zijn op de levensgeschiedenis en de densiteiten van de epibenthische soorten (o.a. McHugh 1967, Pomfret *et al.* 1991). In deze studie is de klassifikatie gebaseerd op het belangrijkste 'seizoen' waarin het epibenthos afhankelijk is van het estuarium, en op het levensstadium en de densiteit gedurende die periode.

Het klasseren van vissoorten is blijkbaar niet zo eenvoudig. Ook de hier voorgestelde indeling is niet sluitend en ze vertoont zekere overeenkomsten met andere studies. De maandelijkse gegevens tonen aan dat 8 abundante epibenthische soorten gedurende langere periodes aanwezig zijn in het estuarium. Het zijn de zomer of winter residenten (SR, WR), die eveneens in een groep van 'estuaria' residente soorten (ER) kunnen worden geplaatst. Deze soorten komen echter ook voor in mariene kustsystemen (Hamerlynck *et al.* 1993a) en in andere aanpalende gebieden zoals de Oosterschelde (Hostens & Hamerlynck 1994) of de Grevelingen (Doornbos 1982). Vermits de klassifikatie die hier werd voorgesteld, gebaseerd is op data over de juveniele stadia, wordt met 'resident' bedoeld aanwezig zijn in het estuarium gedurende een volledig jaar, niet gedurende een volledige levenscyclus.

Aan de andere kant kan gesteld worden dat de meerderheid van de soorten in variabele seizoenen van de Westerschelde gebruik maakt. Het zijn de zomer, winter of bimodale soorten, die meestal slechts gedurende een korte periode abundant zijn (9 algemene soorten). Een tweede verschil met andere studies is de klasse van 'bimodale' soorten, die vooral bestaat uit clupeiden en slakdolf in de Westerschelde. Een verdere uitdieping van deze klassifikatie wordt gegeven in Hostens (in druk). De temporele veranderingen in abundantie, soortenrijkdom en soortensamenstelling van de epibenthische gemeenschappen van de Westerschelde, kunnen volledig verklaard worden door de seizoenale veranderingen in temperatuur, saliniteit, zuurstofconcentratie en turbiditeit. Ook de verdeling van de verschillende klassen in de plot van de species scores in de CCA, reflekteert de verschillende periodes van maximale abundantie. Dit kan gedeeltelijk teruggebracht worden naar de periode van immigratie voor de verschillende soorten, wat op zich weer in verband staat met het opeenvolgende patroon in rekrutering.

Het is duidelijk dat men voor een volledige klassifikatie rekening dient te houden met alle aspecten van de biologie van de verschillende soorten, zoals deze voorgesteld door o.a. Elliott & Dewailly (1995). Een meer gedetailleerde seizoenale beschrijving wordt gegeven in het tweede luik, waar niet alleen de juveniele doch ook de vroeg postlarvale stadia werden verwerkt. In het derde luik kon dan verder worden gewerkt met de klassifikatie volgens deze laatste auteurs.

3.2. RUIMTELIJKE EN SEIZOENALE VERSPREIDING VOOR DE BELANGRIJKE SOORTEN

3.2.1. Algemeen

In totaal werden ⁴²45 vissoorten genoteerd langsheen de saliniteitsgradient in de vaargeul (het subtidaal) (Tabel 3-4). De 15 meest algemene epibenthische vissoorten, de garnalen en de krabben worden in dit luik gedetailleerd beschreven; de overige soorten worden kort behandeld.

Uit het hyperbenthos van de geulen werden 22 vissoorten gedetermineerd tot op soortniveau. In dit luik worden binnen het hyperbenthos, behalve voor de grondels en haringachtigen, de (post)larvale levensstadia van 3 platvissoorten en van de garnalen, naast de postlarven van 3 systematische groepen behandeld (Tabel 3-4).

Op basis van het eerste luik en andere studies is het duidelijk dat de Westerschelde kan opgedeeld worden in een polyhaline zone tussen Vlissingen en Hansweert, en een mesohaline zone tussen Hansweert en Bath (Hamerlynck *et al.* 1993a, 1993b, Puturuhi 1994, Hostens 1996, in druk). Gedetailleerde studies beschrijven dezelfde twee geografisch afgebakende gemeenschappen eveneens voor het hyperbenthos (Mees & Hamerlynck 1992, Mees *et al.* 1993b, in druk). In hetgeen volgt zal dan ook telkens een onderscheid gemaakt worden tussen deze twee subtidale zones.

De ruimtelijke verspreiding op de Platen van Valkenisse is vrij uniform (Sas 1993). Er wordt wel een onderscheid gemaakt tussen het intergetijdengebied (-1 m stratum) en de iets dieper gelegen ondiepwaterzone (-3 m stratum). De gegevens omtrent de juveniele stadia die voorkomen in het intertidaal, kunnen bijgevolg gepresenteerd worden als gemiddelden van de 10 stations per dieptestratum. In deze strata werden er respectievelijk 17 en 31 vissoorten genoteerd (Tabel 3-4). Vergelijkbaar met het subtidaal bereiken de garnalen ook hier hogere densiteiten dan alle vissoorten samen.

Voor de schorkreken werd geen significant verschil gevonden tussen de eb- en vloedstalen (Cattrijsse *et al.* 1994, in druk). Omwille van de geografisch verschillende lokatie en vorm van de intertidale schorkreken, wordt een onderscheid gemaakt tussen Saeflinghe en Waarde. In beide gebieden werden naast de garnalen, respectievelijk 20 en 13 vissoorten, en 3 postlarvale groepen genoteerd (Tabel 3-4). De verschillende levensstadia van de belangrijkste soorten die in de schorkreken voorkomen, worden in dit luik besproken.

Tabel 3-4 . Systematische lijst van alle gevangen soorten (en levensstadia), de gebruikte afkortingen in de voorgaande analyses, en de aanwezigheid in de diverse strata (gegeven in volgorde van belangrijkheid): vaargeul (G), zandplaat -3m (-3m) en -1m (-1m) stratum, Schorkreken van Saeftinghe (S) en Waarde (W).

Systematische groep	Soortnaam	Afkorting	Nederlandse naam	Voorkomen
Petromyzontiformes	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Lamp flu	riverprik	G,-3m
Anguilliformes	<i>Anguilla anguilla postlarvae</i>	Angu Juve	glasaal	G,S
	<i>Anguilla anguilla</i>	Angu angu	paling	G,S,W,-3m
Clupeiformes	<i>Clupeidae species Postlarvae</i>	Clup Spec		G,S,W
	<i>Clupea harengus</i>	Clup hare	haring	G,S,W,-3m,-1m
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat sprat	sprot	G,S,W,-3m,-1m
	<i>Alosa fallax</i>	Alos fala	fint	G
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Engr encr	ansjovis	G,-3m,-1m
Cypriniformes	<i>Alburnus alburnus</i>	Albu albu	alver	S
Gadiformes	<i>Gadus morhua</i>	Gadu morh	kabellauw	G,-3m
	<i>Merlangius merlangus</i>	Merl merl	wijting	G,-3m,S
	<i>Trisopterus luscus</i>	Tris lusc	steenboik	G,-3m
	<i>Trisopterus minutus</i>	Tris minu	dwergbolk	G
	<i>Ciliata mustela</i>	Cili must	5-dradige meun	G
Cyprinodontiformes	<i>Belone belone</i>	Belo belo	geep	G
Atheriniformes	<i>Atherina presbyter</i>	Athe pres	koomaarvis	G,-3m,S,W
Gasterosteiformes	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Gast acul	3-doomige stekelbaars	G,-1m,-3m,S,W
	<i>Pungitius pungitius</i>	Pung pung	10-doomige stekelbaars	G,S
Syngnathiformes	<i>Syngnathidae Species</i>	Syng Spec		G,S,W
	<i>Syngnathus acus</i>	Syng acus	grote zeenaald	G
	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Syng rost	kleine zeenaald	G,-3m,-1m,S,W
Scorpaeniformes	<i>Trigla lucerna</i>	Trig luce	rode poon	G,-3m
	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Myox scor	zeedonderpad	G,-3m
	<i>Enophrys bubalis</i>	Enop buba	groene zeedonderpad	G
	<i>Agonus cataphractus</i>	Agon cata	hamasmannetje	G,-3m
	<i>Liparis liparis</i>	Lipa lipa	slakdolf	G,-3m
Perciformes	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Dice labr	zeebaars	S,-1m,W,-3m,G
	<i>Perca fluviatilis</i>	Perc flu	baars	-3m,-1m
	<i>Stizostedion lucioperca</i>	Stiz luci	snoekbaars	-1m,-3m,S
	<i>Trachurus trachurus</i>	Trac trac	horsmakreel	G,-3m
	<i>Mugilidae Species</i>	Mugi Spec		G
	<i>Chelon labrosus</i>	Chel labr	diklipharder	S,W
	<i>Liza ramada</i>	Liza rama	dunlipharder	S,W,G
	<i>Zoarces viviparus</i>	Zoar vivi	puttaal	G,-3m,-1m
	<i>Pholis gunnellus</i>	Phol gunn	botervis	G,-1m
	<i>Echichthys vipera</i>	Echl vipe	kleine pieterman	G,-3m
	<i>Parablennius gattorugine</i>	Para gatt	gehoomde stijmvij	G
	<i>Ammodytes tobianus</i>	Ammo tobi	zandspieling	G,-3m,-1m,S
	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Hype lanc	smelt	G,-3m
	<i>Callionymus lyra</i>	Call lyra	pitvis	G,S
	<i>Callionymus reticulatus</i>	Call reti	rasterpitvis	G
	<i>Pomatoschistus Postlarvae</i>	Poma Spec		G,S,W
	<i>Pomatoschistus microps</i>	Poma micr	brakwatergrondel	S,W,-1m,-3m,G
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Poma minu	dikkopje	G,-3m,-1m,S,W
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Poma loza	lozano's grondel	G,-3m,-1m,S,W
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	Poma pict	kleurige grondel	G
	<i>Aphia minuta</i>	Aphi minu	glasgrondel	G
Pleuronectiformes	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Scop rhom	griet	G,-3m
	<i>Pleuronectes platessa Postlarvae</i>	Pleu Post		G,S,W
	<i>Pleuronectes platessa</i>	Pleu plat	schol	G,-3m,-1m,S,W
	<i>Limanda limanda</i>	Lima lima	schar	G,-3m
	<i>Pleuronectes flesus Postlarvae</i>	Plef Post		S,W,G
	<i>Pleuronectes flesus</i>	Pleu fles	bot	G,-3m,-1m,S,W
	<i>Solea solea Postlarvae</i>	Sole Post		G,S
	<i>Solea solea</i>	Sole sole	tong	G,-3m,-1m
	<i>Solea lascaris</i>	Sole lasc	franse tong	G
	<i>Buglossidium luteum</i>	Bugl lute	dwergtong	G
Brachyura	<i>Carcinus maenas Zoeae</i>	Carc Zoea		G
	<i>Carcinus maenas Megalopae</i>	Carc Mega		G,S,W
	<i>Carcinus maenas</i>	Carc maen	strandkrab	G,-3m,-1m,S,W
	<i>Liocarcinus holsatus Zoeae</i>	Lioc Zoea		G
	<i>Liocarcinus holsatus Megalopae</i>	Lioc Mega		G,S,W
Caridea	<i>Liocarcinus holsatus</i>	Lioc hols	zwemkrab	G,-3m,W
	<i>Crangon crangon Zoeae</i>	Cran Zoea		G
	<i>Crangon crangon Postlarvae</i>	Cran Post		G,S,W,G
	<i>Crangon crangon</i>	Cran cran	grijze gamaal	G,-3m,-1m,S,W

97
vissers
met bombar!

30

+ 2 met schol.

= 49 soorten

waarde

6 met water

3.2.2. Gedetailleerde beschrijving

Om het lezen van de hierna volgende figuren iets te verduidelijken wordt een verklaring gegeven van de informatie die er in terug te vinden is:

- ruimtelijke verspreiding

- * hyperbenthos geulen (**Hyperbenthos**), densiteiten per 1000m², gemiddeld over april 1990 - april 1991, voor stations H₁ tot H₁₄
- * nekton schorkreken (**Schor**), densiteiten per 1000m³, gemiddeld over alle staalnames over alle maanden tussen maart 1990 - oktober 1991, aangeduid met **S** (Saeftinghe) en **W** (Waarde) in de figuren, geografisch gelegen t.h.v. respectievelijk station 14 en station 11
- * epibenthos geulen (**Subtidaal**), densiteiten per 1000m², gemiddeld over januari 1988 - december 1990, voor stations G₁ tot G₁₄
- * epibenthos zandplaat (**Intertidaal**), densiteiten per 1000m², totaal gemiddeld over alle stations over alle maanden tussen maart 1992 - oktober 1992, aangeduid met - **1m** (-1m stratum) en - **3m** (-3m stratum) in de figuren, geografisch gelegen t.h.v. stations 11 en 12

- temporele verspreiding

- * hyperbenthos subtidaal, densiteit per 1000m² per maand, gemiddeld voor de **polyhalie** (stations 1-8) en **mesohalie** (stations 9-14) zone
- * nekton schorkreken, gemiddelde densiteit per maand over eb- en vloedstalen, per schor (**Saeftinghe**, **Waarde**)
- * epibenthos subtidaal, gemiddeld per maand voor twee zones, met aanduiding van gemiddelde *lengtetoename* (14 stations tesamen) in de tijd (in millimeter standaardlengte (**SL**) of millimeter totale lengte (**TL**))
- * epibenthos intertidaal (-1m en -3m), gemiddeld per maand, telkens over de 10 stations (L1-L10 en R1-R10), met aanduiding van de gemiddelde *lengtetoename* in de tijd (per dieptestratum) in mm SL of mm TL

- lengte-frekwentie verdeling

- * gebaseerd op alle gemeten individuen van alle stations en alle maanden, per soort per stratum, procentueel uitgedrukt (%).

a. De Garnaal *Crangon crangon* (Fig. 3-11, A tot G)

Zoals reeds eerder vermeld is de garnaal de belangrijkste komponent van de epibenthische gemeenschap. De jongste stadia, nl. de zoeae-larven (Fig. 3-10) werden vooral in het polyhaliene deel waargenomen (A). Ze komen slechts gedurende een korte periode van het jaar voor in de vaargeul: tussen april en juni met een maximale piek in mei 1990 (60 ind/1000m²), en in lagere aantallen tussen augustus en oktober (B). In april 1991 waren de zoeae nog niet verschenen.

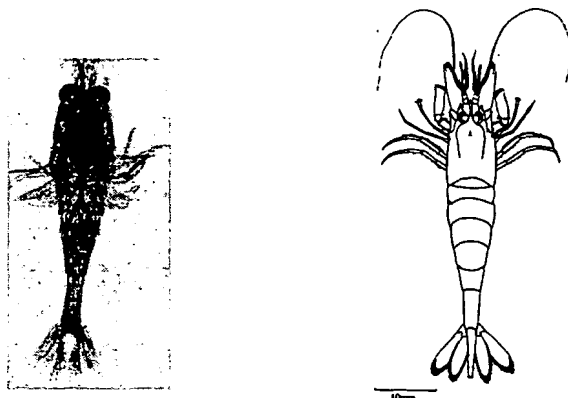


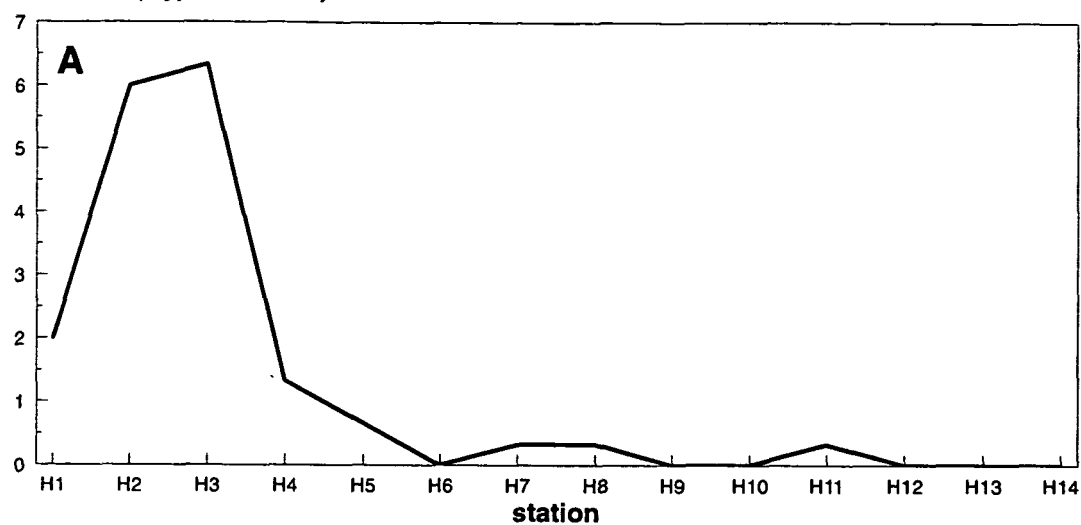
Fig. 3-10. Grize garnaal. Links: zoeae-larve (4^{de} stadium) lengte 4mm (Uit Todd & Laverack 1991). Rechts: adult vrouwtje (Uit Smaldon *et al.* 1993).

De postlarven (< 12 mm) die erop volgen worden veeleer in het mesohaliene deel gevonden, met gemiddeld 800 ind/1000m² in de vaargeul en 2500 en 3700 ind/1000m³ in de krekken van Waarde en Saeftinghe (C). Het gros van de postlarven in de schorkrekken hebben een standaardlengte tussen 4 en 7 mm (D,E). Ze worden, behalve in de wintermaanden, continu gevangen met pieken van meer dan 6000 ind/1000m² in de mesohaliene vaargeul (F) en 26000 ind/1000m³ in Waarde in april 1990 (G). In Saeftinghe werd de maximale piek van 40000 ind/1000m³ gemeten in juni 1990. In 1991 lagen de densiteiten beduidend lager (maximaal 5000 ind/1000m³), vergelijkbaar met de kleinere piek van oktober 1990.

De juveniele en adulte garnalen die hieruit rekruteren vertonen vergelijkbare densiteiten in het sub- en intertidaal van het mesohalien (2500-2900 ind/1000m²). In de polyhaliene zone is de densiteit gemiddeld nog half zo hoog, in de schorkrekken nog slechts 200 ind/1000m³ (H). In de schorren is het densiteitspatroon voor de postlarven en juvenielen volledig gelijklopend in de tijd (I). Zowel in de vaargeul als op de ondiepe zandplaat zijn de juveniele garnalen het hele jaar aanwezig. Tussen januari en mei schommelen de densiteiten rond de 1000 ind/1000m². Op de intertidale Platen van Valkenisse treedt daarna een stijging op tot 5000 en 8000 ind/1000m² in oktober 1992 in respektievelijk het -1m en -3m stratum (J). De lengte-frekwentieverdelingen voor het -1m stratum tonen aan dat de garnalen gemiddeld tussen de 20 en de 40mm groot zijn (K). In de vaargeul wordt het verschil meso-polyhalien vooral duidelijk tussen juni en december (L). In het polyhalien stijgen de densiteiten tot gemiddeld 1500 ind/1000m². In het mesohalien werd in de jaren 1988 - 1991 telkens een piek genoteerd van 4000 ind/1000m² in juni of juli, gevolgd door een hogere piek van 7000 ind/1000m² tussen augustus en oktober. Het verschil tussen 1990 en 1991 voor de postlarven in het schor, is in het subtidaal volledig verdwenen.

Crangon crangon zoeae

#/1000m² (Hyperbenthos)



#/1000m² (Hyperbenthos)

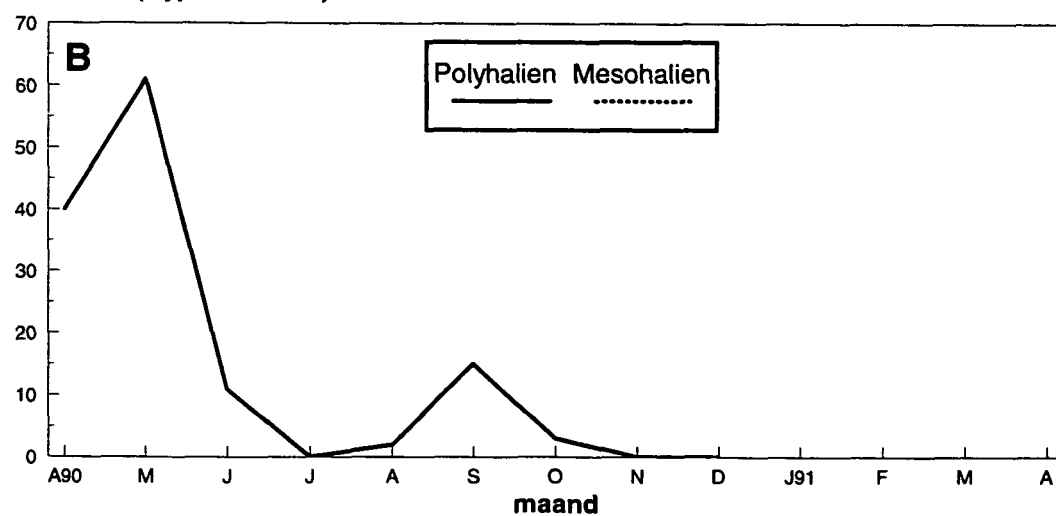


Fig. 3-11. Vroege levensgeschiedenis van de grijze gamaal *Crangon crangon* in de Westerschelde.

Crangon crangon Postlarvae <12mm

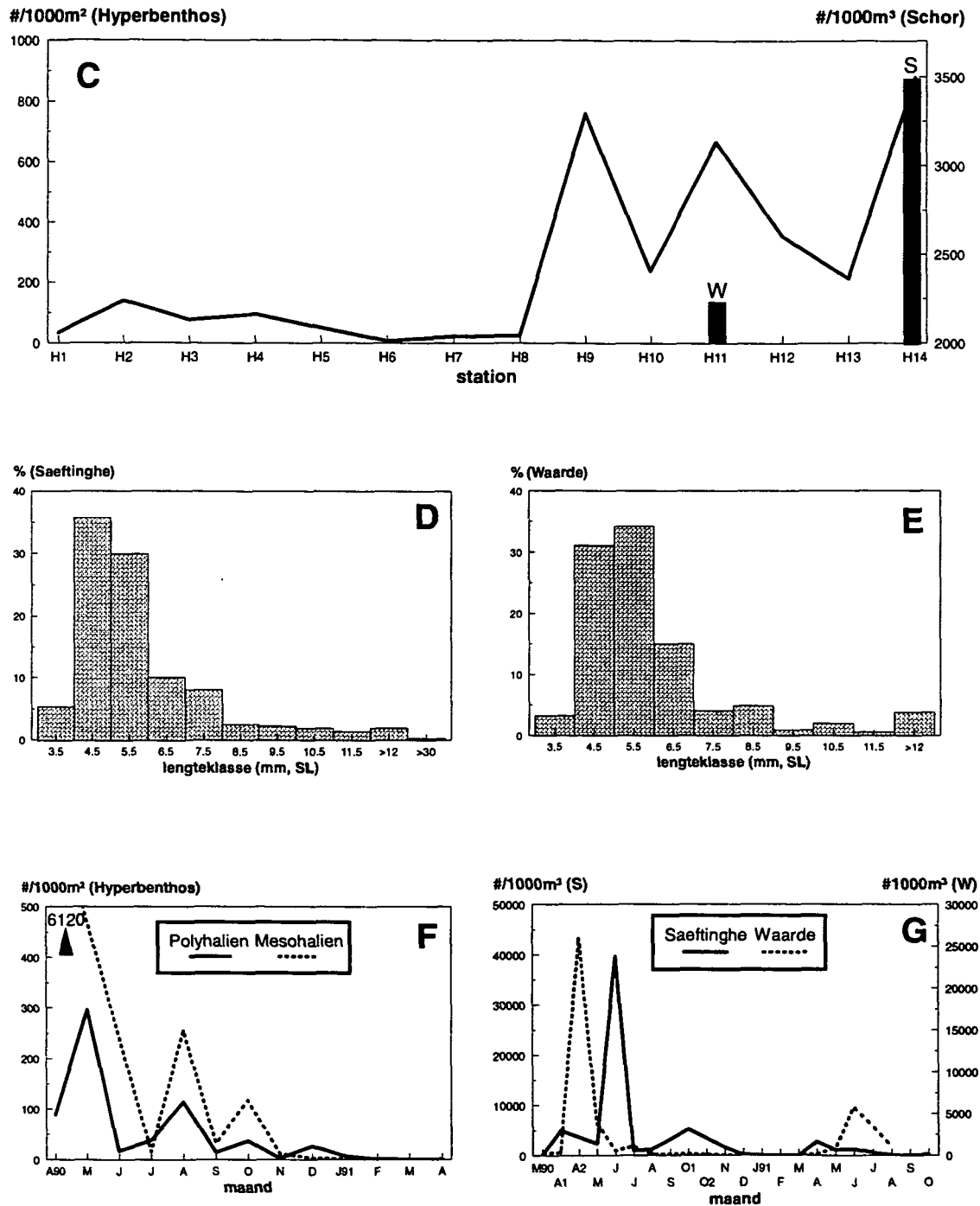


Fig. 3-11. Vroege levensgeschiedenis van de grijze gamaal *Crangon crangon* in de Westerschelde. (Vervolg)

Crangon crangon Juvenielen

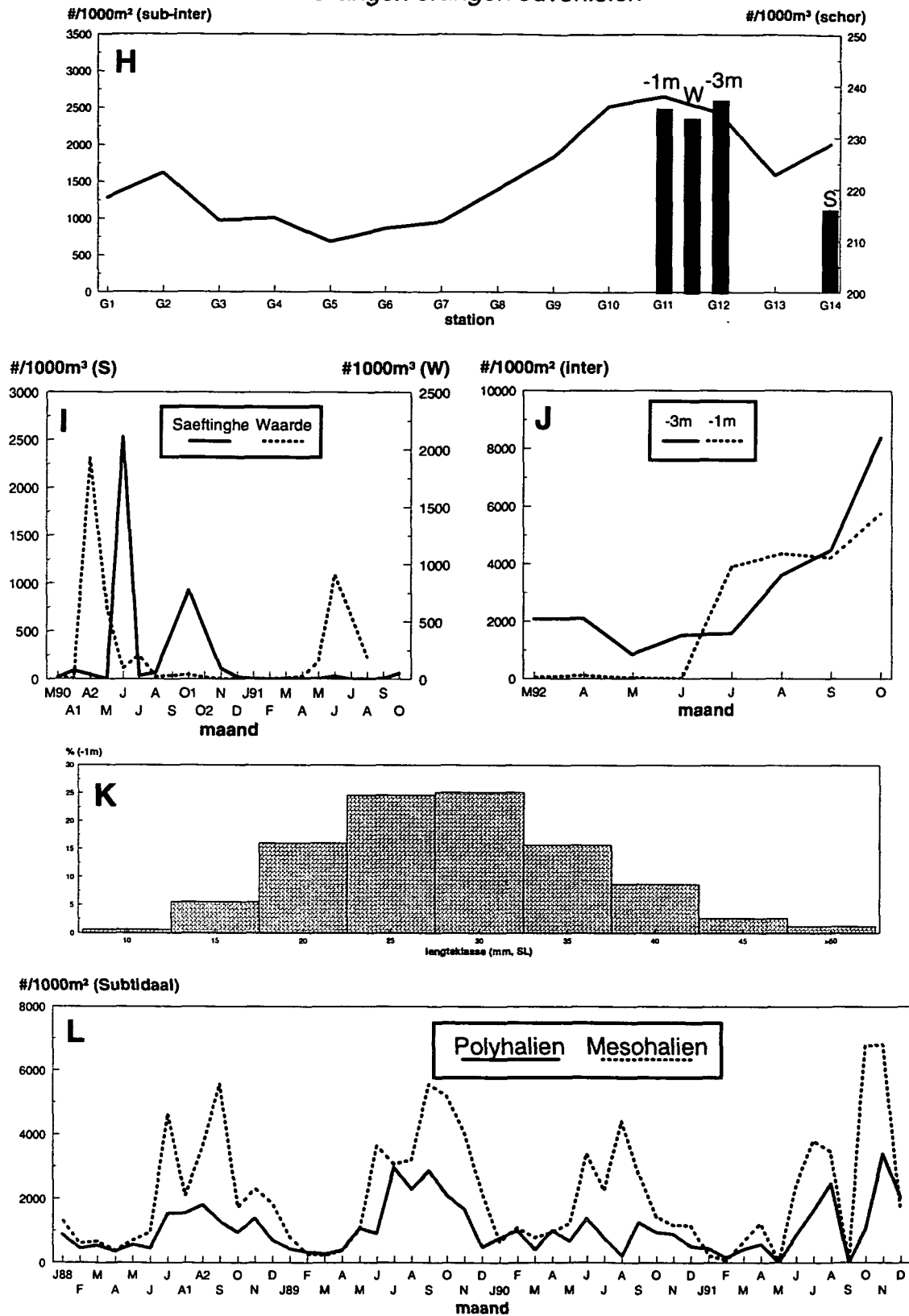


Fig. 3-11. Vroege levensgeschiedenis van de grijze garnaal *Crangon crangon* in de Westerschelde. (Vervolg)

b. Schar *Limanda limanda* (Fig. 3-13, A tot E)

Hoewel postlarvale scharretjes (het 'postzegel'-stadium) slechts zelden worden waargenomen in de Westerschelde, zijn de 0- en 1-groep (Fig. 3-12) sterk vertegenwoordigd in de vaargeul, met een totaal gemiddelde van 50 ind/1000m² (A).

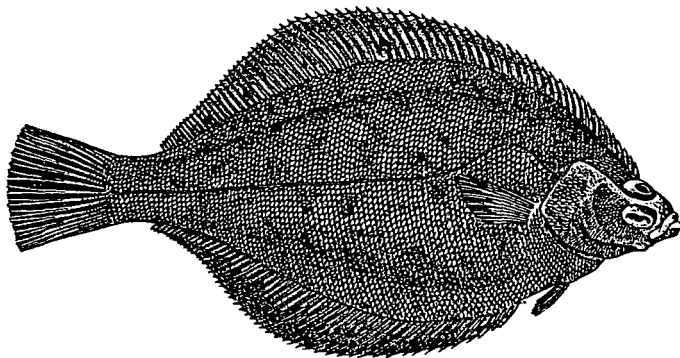


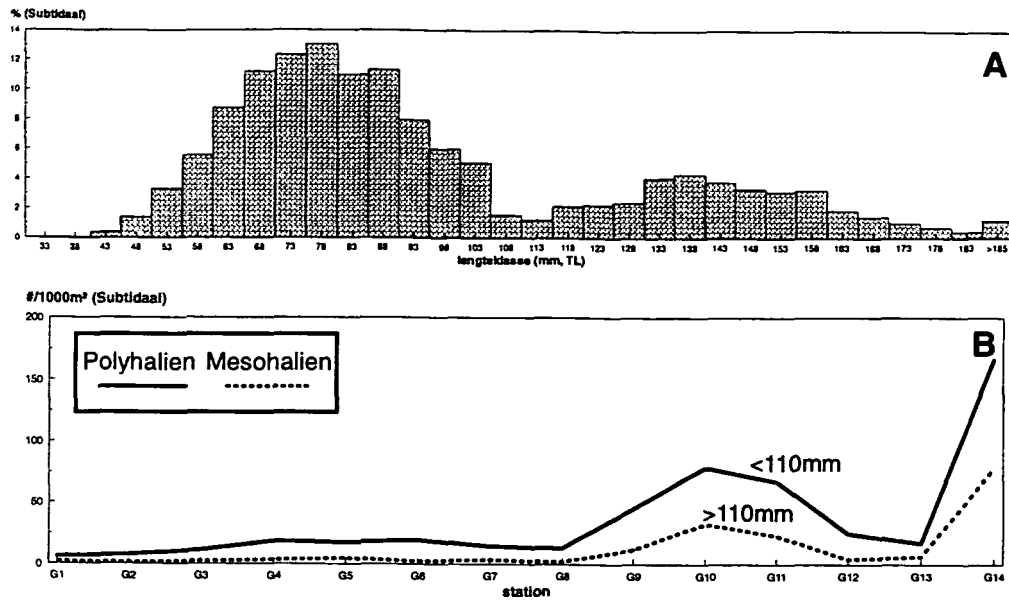
Fig. 3-12. Schar (Uit Nijssen & De Groot 1987).

De twee kohortes kunnen min of meer gescheiden worden rond een lengte van 110 mm. De belangrijkste lengteklassen liggen tussen 60 en 90 mm voor de 0-groep, en tussen 130 en 160 mm voor de 1-groep. De paar individuen gevangen in het ondiep -3m stratum behoorden eveneens tot deze twee kohortes. In de schorkreken werden geen juveniele scharren gevangen.

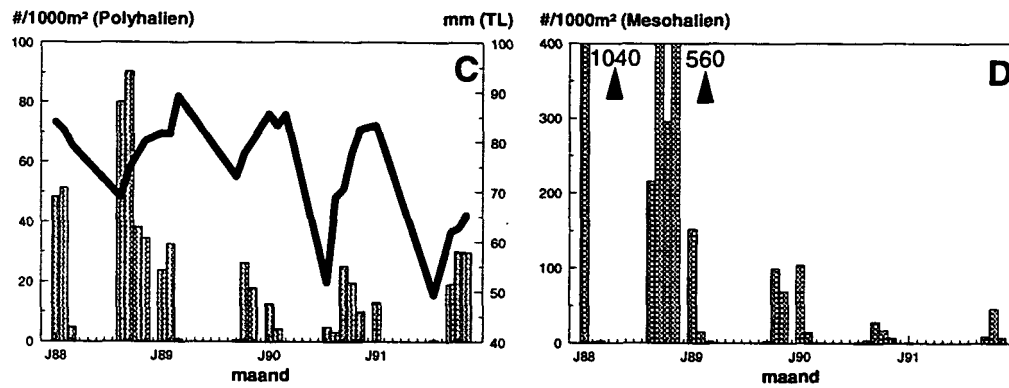
De schar houdt zich voornamelijk op in de mesohaliene zone, waarbij de 0-groep tweemaal hogere densiteiten vertoont dan de 1-groep, met een maximum van 160 ind/1000m² in station 14 ter hoogte van Bath (B). Bovendien wordt de schar enkel in de herfst en winterperiode waargenomen, met maxima gewoonlijk rond september-oktober voor de 0-groep (C), en rond december-januari voor de 1-groep (E). In 1990 en 1991 werden de kleinste individuen (± 50 mm) reeds genoteerd in augustus (D). Daarna groeien de juvenielen tot een gemiddelde lengte van 85 mm in januari en verdwijnt de 0-groep (en ook de 1-groep) ten laatste in maart uit de Westerschelde.

Eind jaren tachtig waren uitzonderlijk sterke jaarklassen (D): bvb. 430 ind/1000m² voor de 1-groep van jaarklasse 1986 in januari 1988; 1040 ind/1000m² voor de 0-groep van jaarklasse 1987 in januari 1988, wat gereflekt wordt in de 1-groep in december 1988. Ook de jaarklasse 1988 was nog goed vertegenwoordigd, doch de daaropvolgende jaren is de densiteit in het mesohaliene deel sterk verminderd tot net iets boven de maxima (30 ind/1000m²) in het polyhaliene deel.

Limanda limanda



Limanda limanda <110mm



Limanda limanda >110mm

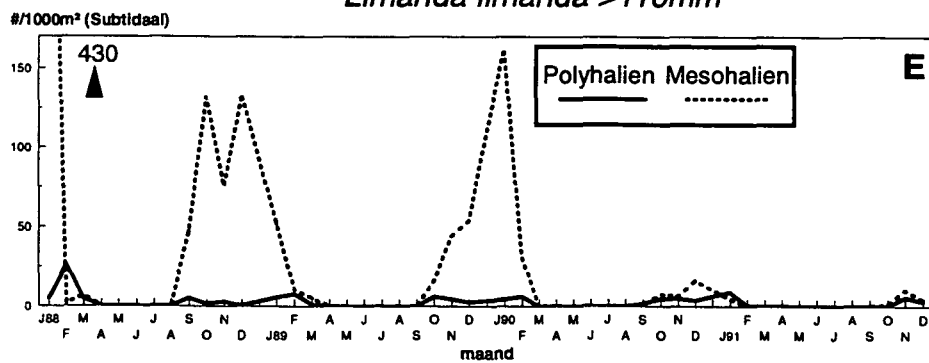


Fig. 3-13. Vroege levensgeschiedenis van schar *Limanda limanda* in de Westerschelde.

c. Tong *Solea solea* (Fig. 3-16, A tot K)

De opeenvolgende levensstadia van tong hebben verschillende habitat preferenties, doch ze worden bijna niet gevonden in de meest brakke stations. De postlarven (Fig. 3-14) zijn maximaal vertegenwoordigd in de vaargeul ter hoogte van Terneuzen en Hansweert (8 ind/1000m²) en in de schorkreek van Waarde (35 ind/1000m³) (A). In beide gebieden zijn ze gemiddeld tussen de 6 en 10 mm groot (B,C).

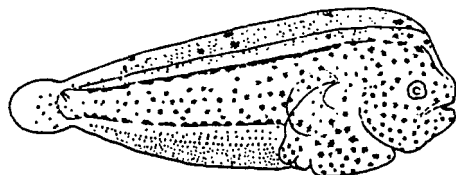


Fig. 3-14. Tong: metamorfoserende postlarve, lengte 9 mm (Uit Russell 1976).

Postlarvale tongen worden slechts gedurende 3 maanden gevangen, met maxima in mei 1990 (20 ind/1000m² in de polyhaliene zone (D), en 550 ind/1000m³ in de schorkreek van Waarde (E). In 1991 werden ze bijna niet gevangen.

De juveniele lengteklasse tussen 15 en 70 mm werd slechts zelden waargenomen (maximaal 5 ind/1000m² in station 10), in tegenstelling tot de beter vertegenwoordigde 0-1-groep (max. 150 ind/1000m²), die vooral in de mesohaliene zone voorkomt, maar niet in het -1m stratum (F). Zowel in het sub- als intertidaal ligt de gemiddelde lengte van deze kohorte tussen 90 en 120 mm (G,H). In het -3m stratum zijn ze enkel in het voorjaar aanwezig met een maximum van 100 ind/1000m² in mei 1992 (I).

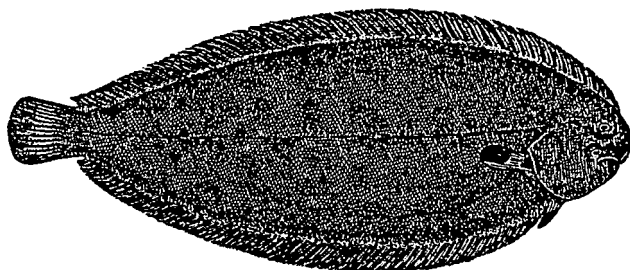


Fig. 3-15. Tong (Uit Nijssen & De Groot 1987).

In het subtidaal worden ze het hele jaar door gevangen, hoewel er duidelijk twee pieken per jaar zijn (J,K). De eerste individuen van deze 'lengte-kohorte' verschijnen in het net rond juni-juli (gemiddelde lengte 80 mm), bereiken een maximum densiteit in augustus (0-groep, gemiddelde lengte 100 mm), waarna de densiteit terug daalt, om opnieuw te stijgen vanaf januari naar een tweede piek rond maart (1-groep, gemiddelde lengte 120 mm). Zoals bij schar was de jaarklasse van 1987 veel sterker (max. 940 ind/1000m² in maart 1988) dan de daarop volgende jaarklassen (max. 40 ind/1000m² in augustus 1990).

Oudere kohortes werden vooral in het polyhaliene deel gevangen (F). Van de tongen groter dan 150 mm werden maximaal 45 ind/1000m² gevangen in het meest mariene station ter hoogte van Vlissingen.

Solea solea postlarvae

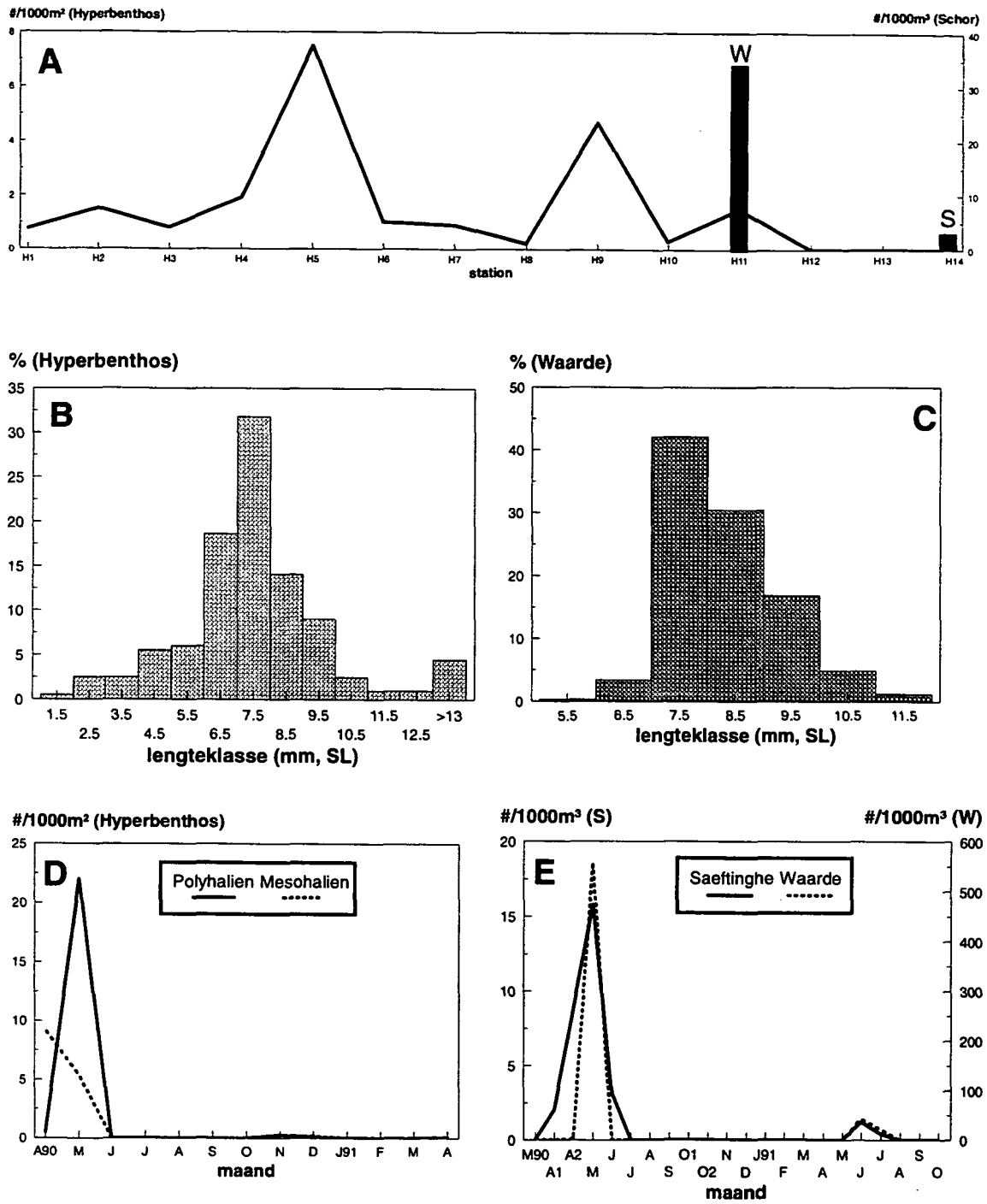


Fig. 3-16. Vroege levensgeschiedenis van tong *Solea solea* in de Westerschelde.

Solea solea

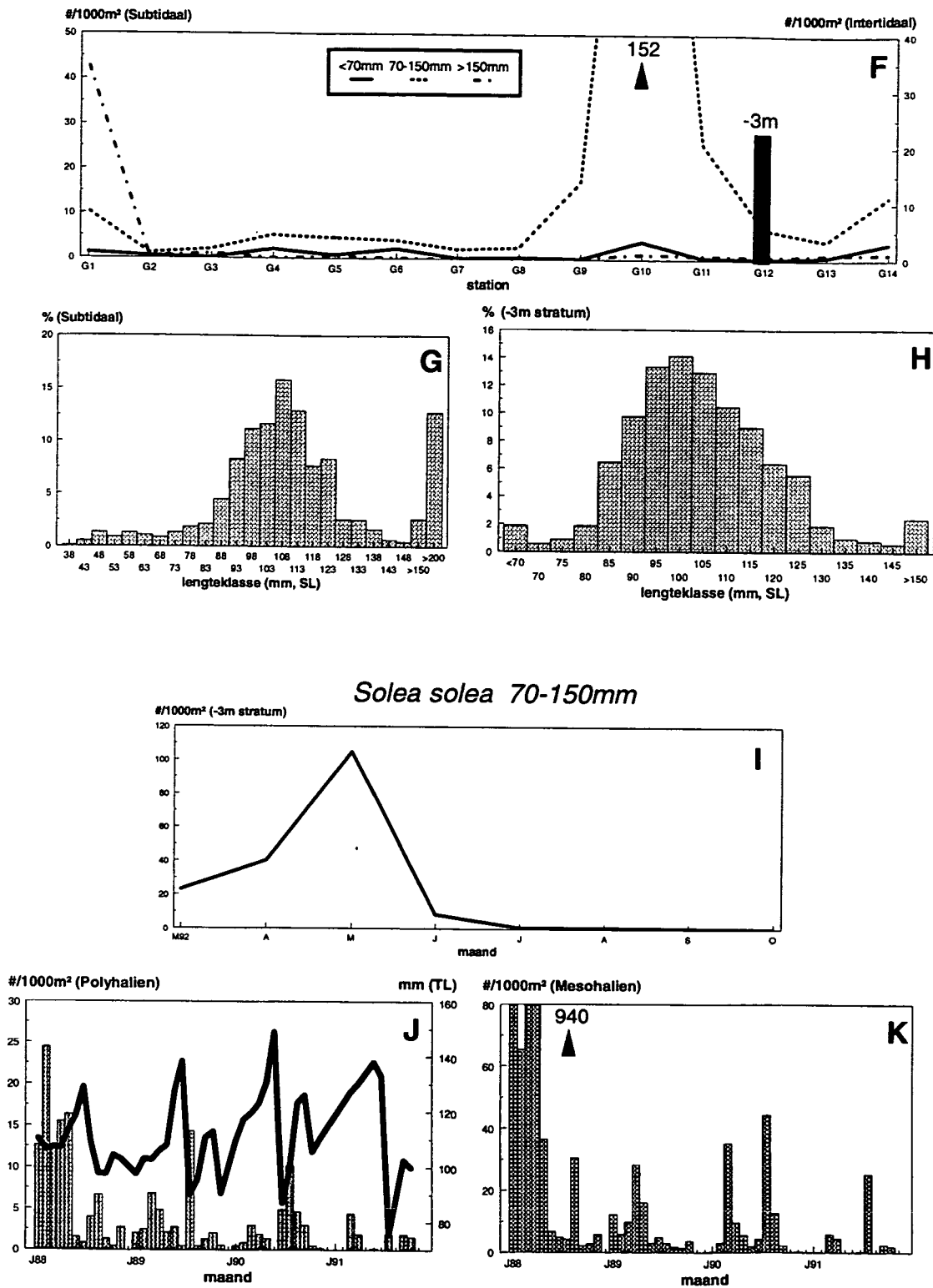


Fig. 3-16. Vroege levensgeschiedenis van tong *Solea solea* in de Westerschelde. (Vervolg)

d. Schol *Pleuronectes platessa* (Fig. 3-19, A tot L)

Postlarvale scholletjes (Fig. 3-17) worden over de volledige saliniteitsgradient aangetroffen (max. 4 ind/1000m²), maar komen zelden de schorkreken binnen (A). De gemiddelde lengte ligt tussen 9 en 13 mm (B). Ze worden ten vroegste rond februari aangetroffen in het estuarium bij een lengte van 8 mm, met een piek van 20 ind/1000m² in het mesohalien in maart (C). Vanaf april vormen ze de juveniele 0-groep.

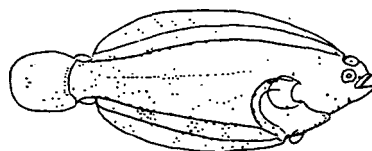


Fig. 3-17. Schol: metamorfoserende postlarve, lengte 16 mm (Uit Russell 1976).

Zowel de 0- als 1+groep zijn het best vertegenwoordigd in het mesohaliene deel (D). De densiteit van de 0-groep in de vaargeul ligt gemiddeld 3 maal hoger dan voor de oudere kohortes (max. 40 ind/1000m² ter hoogte van de Platen van Valkenisse). Op de Platen van Valkenisse is vooral de 0-groep belangrijk (max. 60 ind/1000m² in het -3m stratum).

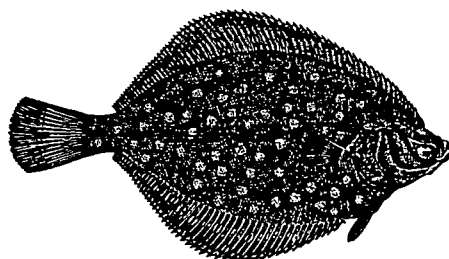


Fig. 3-18. Schol (Uit Nijssen & De Groot 1987).

Grosso modo kan de scheiding tussen de kohortes gesitueerd worden rond een lengte van 130 mm. In het -1m stratum werden geen oudere individuen gevangen. Reeds bij een lengte van 20-25 mm worden de juveniele schollen gevangen in maart-april. De belangrijkste lengteklassen voor de 0-groep situeren zich echter tussen 60 en 90 mm in het intertidaal (E,F) en tussen 65 en 100 mm in het subtidaal (G). Deze lengtetoeename gebeurt in de zomerperiode tussen juni en september, waarna de schollen afhankelijk van het gebied en het jaar een maximum densiteit bereiken in één van de najaarsmaanden (H,I,J,K). Hoewel iets minder uitgesproken dan bij schar en tong, waren ook voor schol de jaarklassen van 1987 (max. 170 ind/1000m² in januari 1988) en 1988 (max. 93 ind/1000m² in september 1988) iets sterker dan de daaropvolgende jaren in het mesohalien (K).

Gedurende de winterperiode blijven de schollen van de 0-groep in het estuarium, maar ze groeien bijna niet meer. In april 1992 werd nog een maximale densiteit genoteerd van 120 ind/1000m² in het -3m stratum (H), doch meestal zijn ze dan reeds verdwenen uit het estuarium. Pas in september worden de schollen groter dan 130 mm (1-groep) terug aangetroffen in de vaargeul (L). Ze bereiken meestal een maximale densiteit in januari, en emigreren terug uit het estuarium rond maart. Oudere schollen worden slechts zeer sporadisch gevangen.

Pleuronectes platessa postlarvae

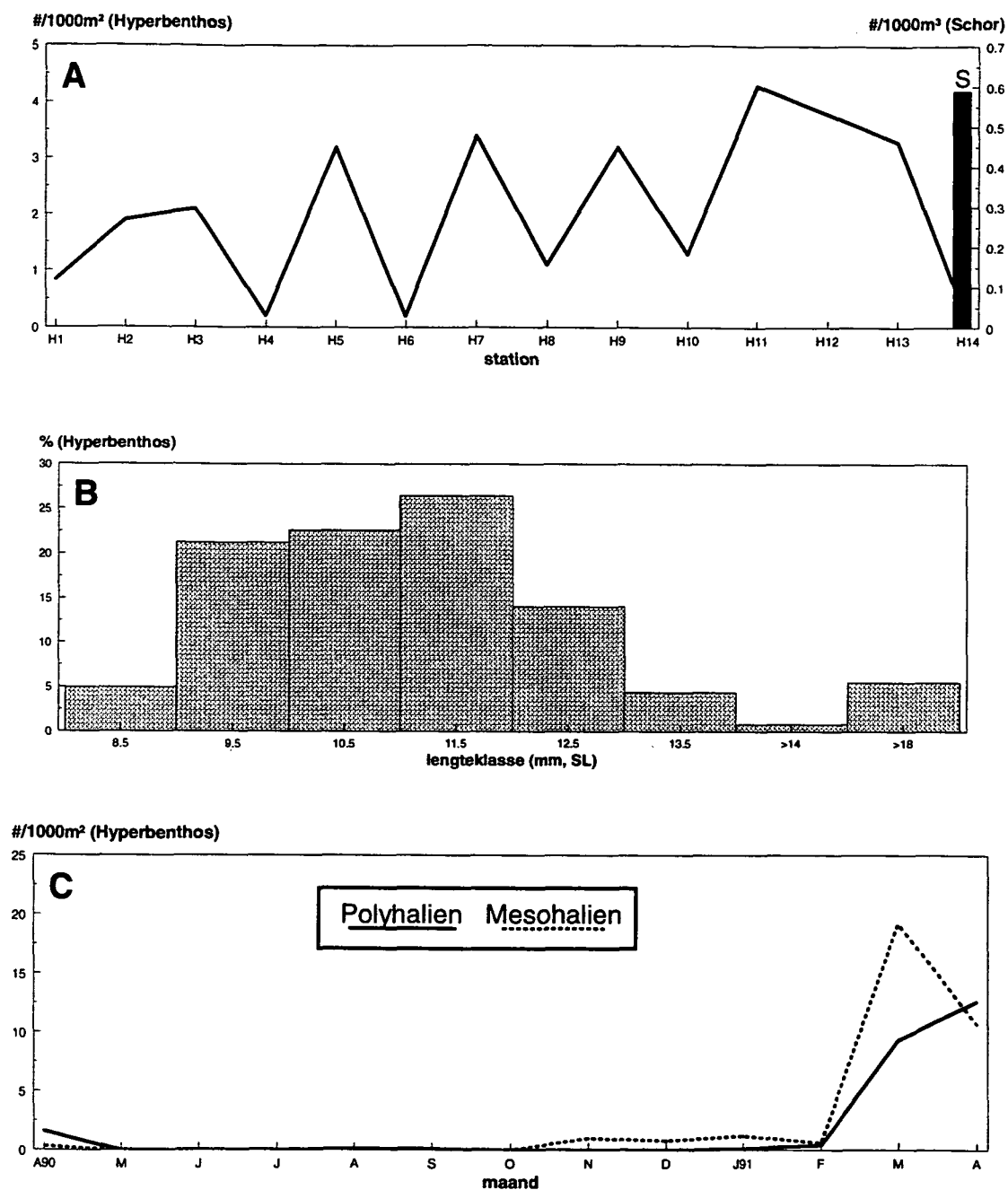
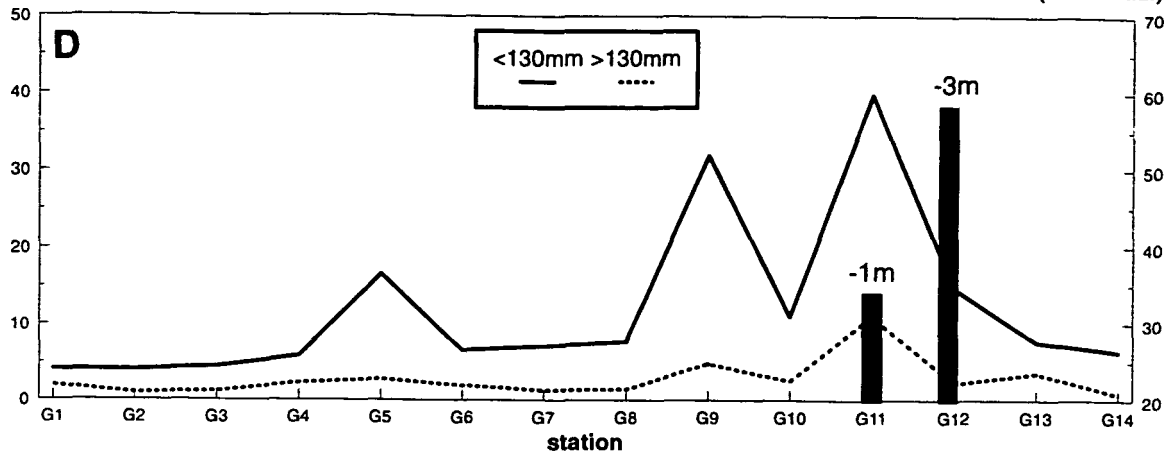


Fig. 3-19. Vroege levensgeschiedenis van schol *Pleuronectes platessa* in de Westerschelde.

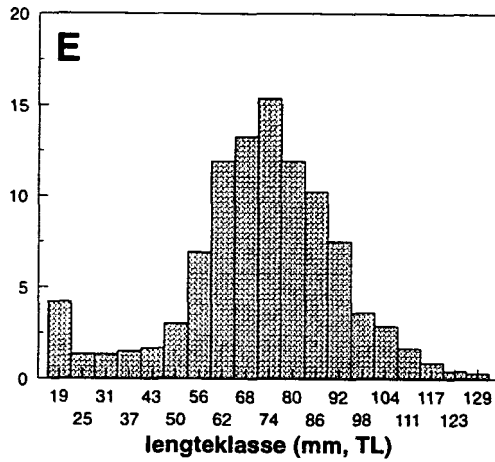
Pleuronectes platessa

#/1000m² (Subtidaal)

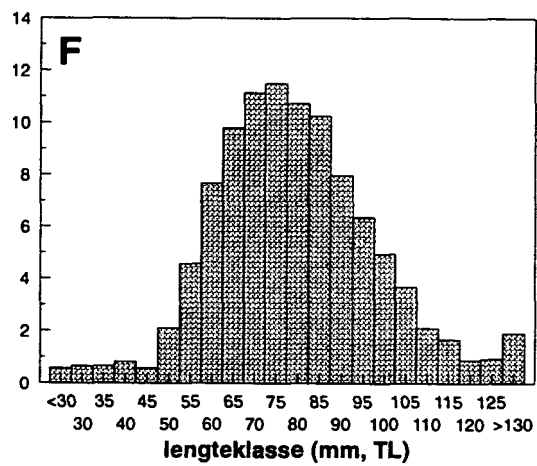
#/1000m² (Intertidaal)



% (-1m)



% (-3m)



% (Subtidaal)

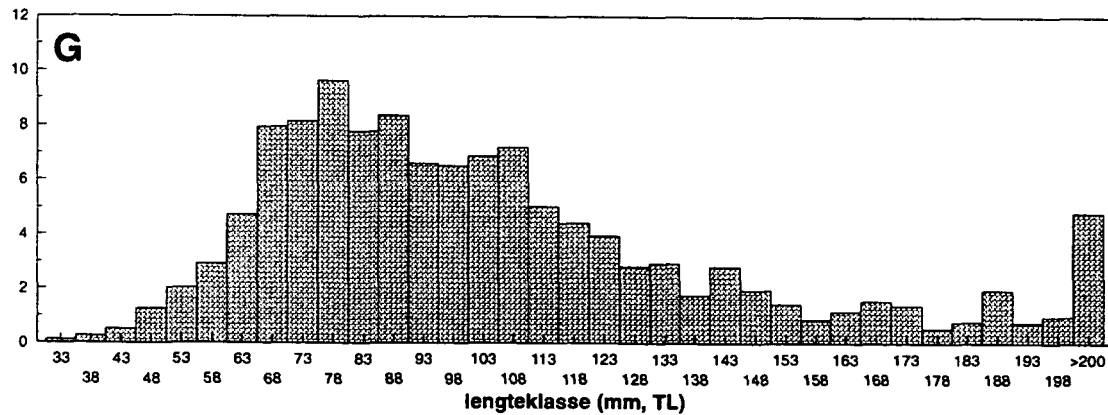


Fig. 3-19. Vroege levensgeschiedenis van schol *Pleuronectes platessa* in de Westerschelde. (Vervolg)

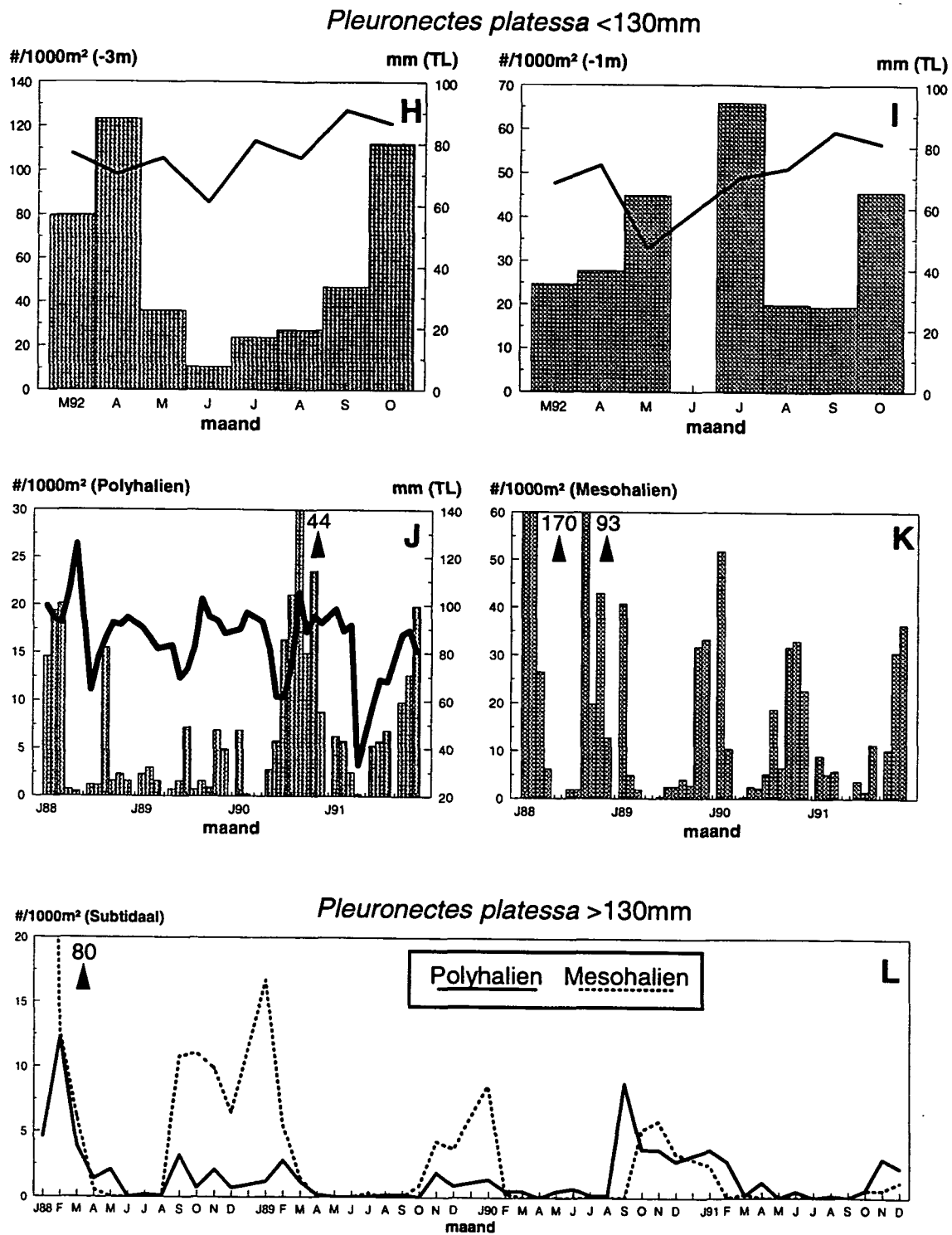


Fig. 3-19. Vroege levensgeschiedenis van schol *Pleuronectes platessa* in de Westerschelde. (Vervolg)

e. Bot *Pleuronectes flesus* (Fig. 3-22, A tot L)

Botjes zijn de meest voorkomende postlarvale platvissen (Fig. 3-20) in de Westerschelde, met een maximale densiteit van 10 ind/1000m² in de vaargeul ter hoogte van Bath (A). Ze zijn echter veel talrijker in de schorkreken (gemiddeld 145 ind/1000m³ in Saeftinghe).

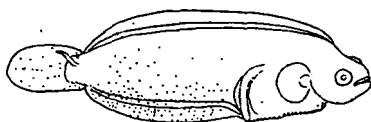


Fig. 3-20. Bot: Metamorfoserende postlarve, lengte 9.5 mm (Uit Russell 1976).

Met een lengteverdeling tussen 6 en 10 mm zijn de postlarvale botjes gemiddeld 3 mm kleiner dan de scholletjes (B,C,D). In de vaargeul was april de belangrijkste maand in 1990 (max. 35 ind/1000m²) voor de postlarven, in 1991 lag de maximale densiteit lager en 1 maand vroeger (E). In de schorkreken werden de pieken telkens een maand later genoteerd (F). Terwijl de densiteit in Waarde rond de 300 ind/1000m³ bleef in beide jaren, lag de densiteit in Saeftinghe zo'n achtmaal hoger in 1991 (2000 ind/1000m³).

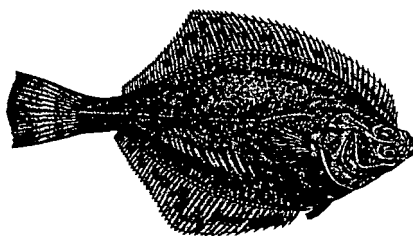


Fig. 3-21. Bot (Uit Nijssen & De Groot 1987).

Net als bij tong werd de juveniele lengteklasse kleiner dan 70 mm bijna niet aangetroffen in de Westerschelde. De grotere lengteklassen zijn veel minder vertegenwoordigd (max. 8 ind/1000m²) dan voor de andere platvissen, en werden vooral in de mesohaliene zone aangetroffen (G). In het -1m stratum is vooral de lengteklasse tussen 80 en 120 mm belangrijk (H), met een piekje van 7 ind/1000m² in augustus (K). In het -3m stratum komen daar nog een ganse reeks lengteklassen bij (I), die tesamen de hogere piek van 25 ind/1000m² in mei 1992 samenstellen (K).

In het subtidaal is de lengterange nog verder uitgerokken tot individuen groter dan 350 mm. Er kunnen wel min of meer twee kohortes onderscheiden worden, nl. tussen 70 en 150 mm en tussen 170 en 300 mm (J). Al deze lengteklassen komen gedurende de grootste periode van het jaar voor in de mesohaliene zone, met iets lagere densiteitswaarden tussen mei en juli (L). Meestal is er een piekje in augustus-september, gevolgd door hogere waarden in januari en maart (max. 17 ind/1000m² in januari 1991). De kleinste kohorte wordt meestal aangetroffen in januari, terwijl gedurende de rest van het jaar de gemiddelde lengte schommelt tussen 200 en 270 mm.

Pleuronectes flesus postlarvae

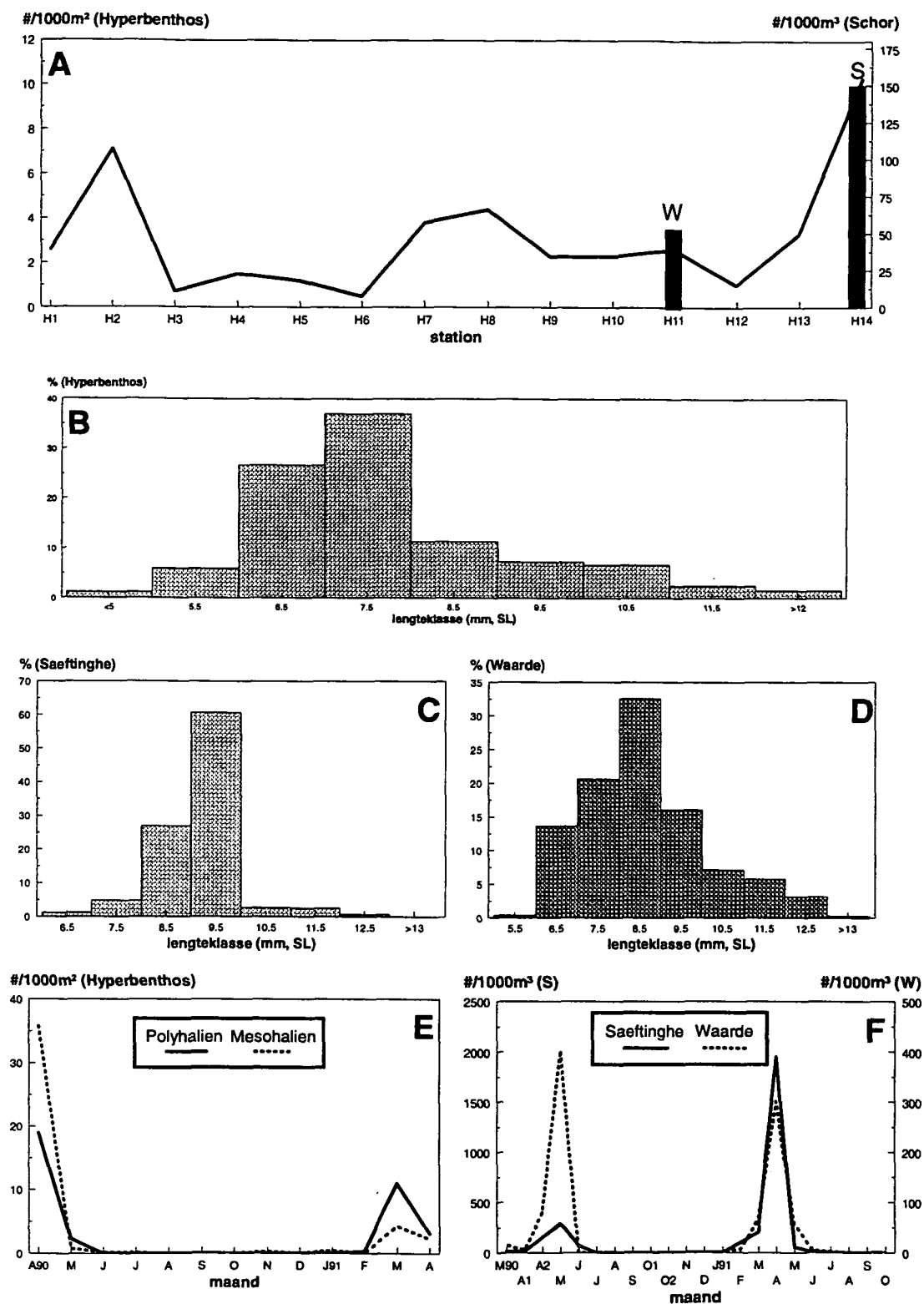


Fig. 3-22. Vroege levensgeschiedenis van bot *Pleuronectes flesus* in de Westerschelde.

Pleuronectes flesus

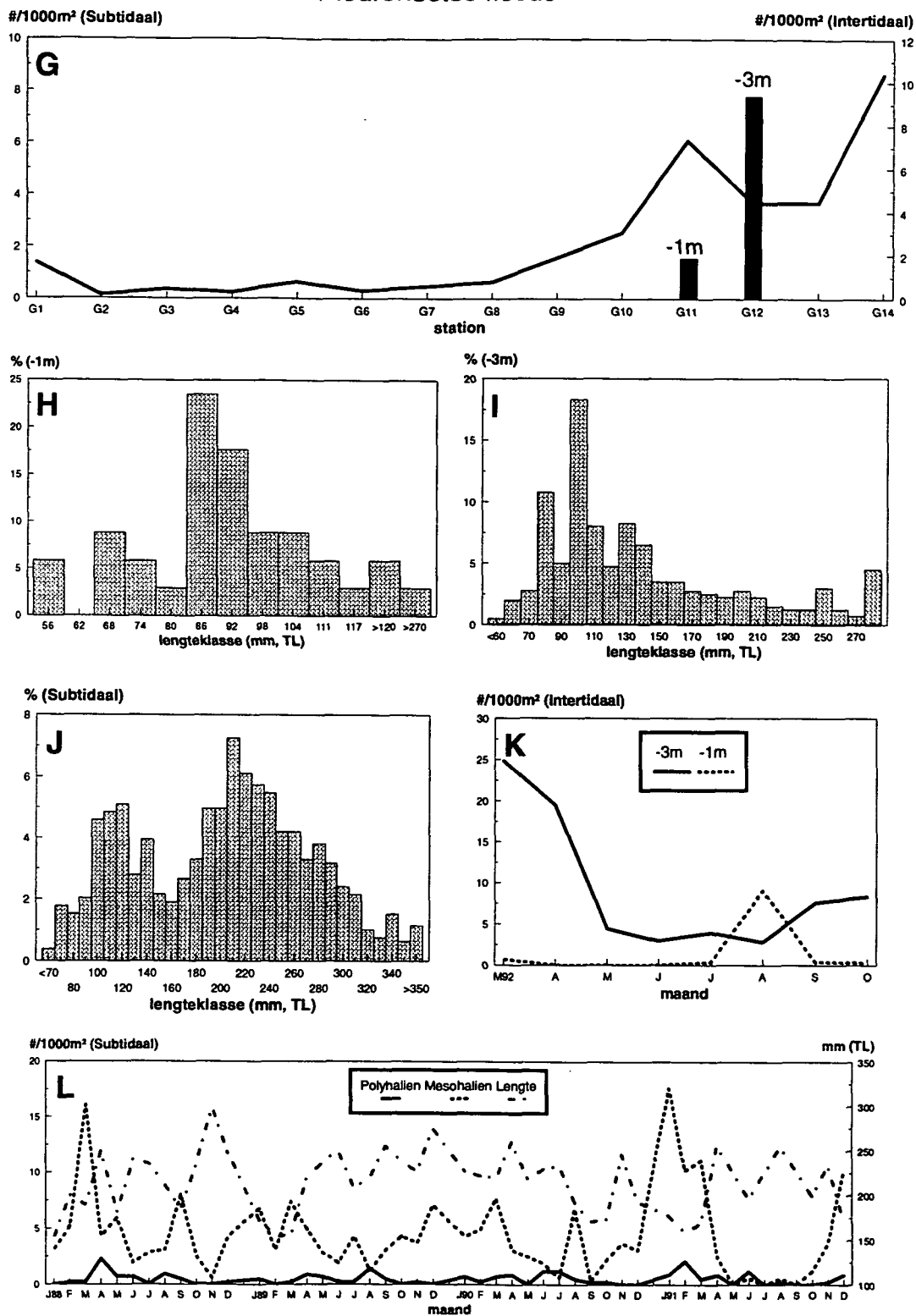


Fig. 3-22. Vroege levensgeschiedenis van bot *Pleuronectes flesus* in de Westerschelde. (Vervolg)

f. *Pomatoschistus* species Postlarvae (Fig. 3-24, A tot D)

De postlarven van de drie belangrijkste grondelsoorten (Fig. 3-23), maar vooral van *Pomatoschistus minutus* en *P. lozanoi*, zijn moeilijk tot op soort te determineren. Ze worden bijgevolg tesamen behandeld. De postlarven worden zowel in de poly- als mesohaliene zone gevonden in ongeveer dezelfde densiteiten (max. 30 ind/1000m²), vergelijkbaar met de schorkreek van Waarde (A). Links en rechts ter hoogte van Hansweert is de densiteit iets lager.

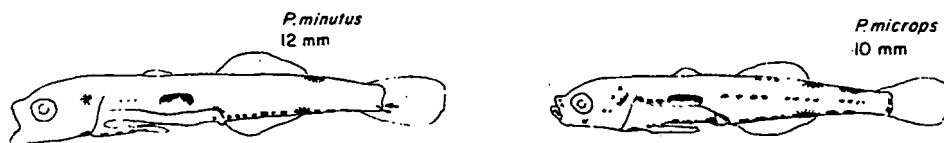


Fig. 3-23. Postlarven van dikkopje (en ev. Lozano's grondel) en brakwatergrondel, lengte 10 mm (Uit Russell 1976).

De kleinste individuen waren slechts 3 mm groot, doch het merendeel had een lengte tussen 9 en 16 mm (B). In de vaargeul worden de postlarven bijna het ganse jaar door gevangen, maar er zijn twee pieken te onderscheiden, nl. mei (vooral mesohalien) en juli-augustus (max. 60 ind/1000m²) (C). In de schorkreken worden de postlarvale grondels enkel gevangen in juni-juli (45 ind/1000m³) in Saeftinghe, en in oktober (550 ind/1000m³) in Waarde (D). Hier dient echter opgemerkt te worden dat de identifikatie tot op soortniveau wel reeds bij een kleinere lengte kon gebeuren (cf. paragraaf over *P. microps*).

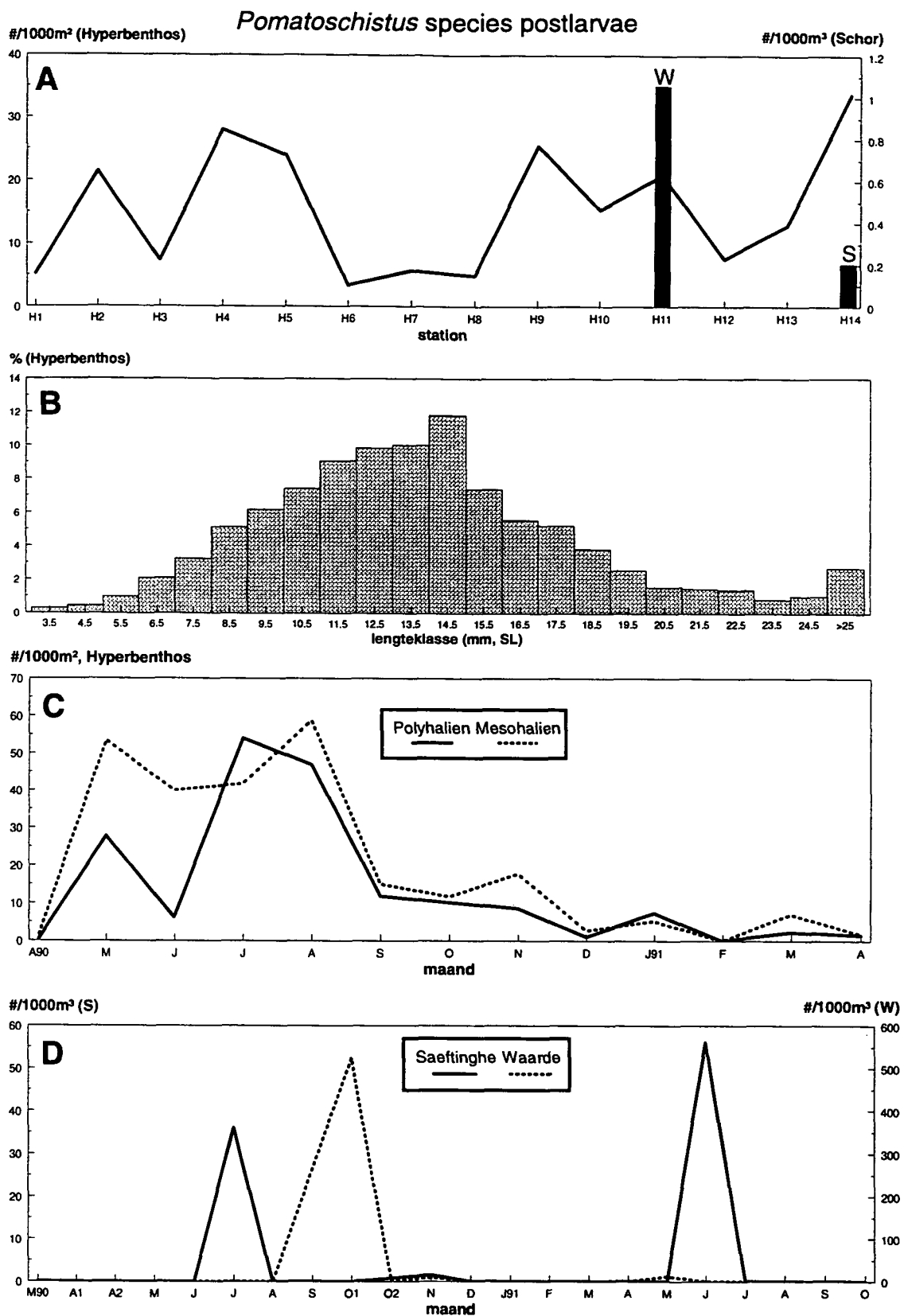


Fig. 3-24. Vroege levensgeschiedenis van grondels in de Westerschelde.

g. Dikkopje *Pomatoschistus minutus* (Fig. 3-26, A tot I)

De oudere levensstadia van de grondels worden niet efficiënt gevangen met de hyperbenthische slee. De juveniele en adulte dikkopjes, die gevangen werden met een boomkor, vertonen hogere densiteiten in het mesohaliene -10m stratum, met een maximum van 320 ind/1000m² ter hoogte van Bath (A). In het -3m stratum ligt de gemiddelde densiteit tweemaal hoger. De belangrijkste lengteklassen liggen tussen 30 en 60 mm SL in de drie strata (B,C,D).

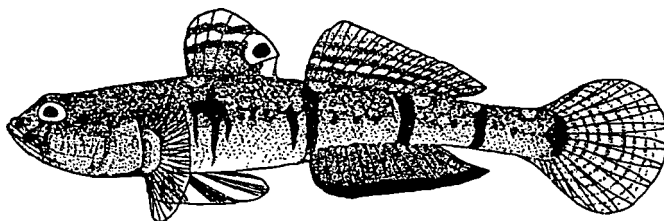


Fig. 3-25. Dikkopje (Uit Nijssen & De Groot 1987).

In de schorkreken werden de juveniele dikkopjes enkel gevangen tussen mei en juni in Waarde (max. 230 ind/1000m³) en in juni 1991 in Saeftinghe (E). De postlarven gevangen in mei in de vaargeul en in juni in de schorkreken zijn dus vermoedelijk dikkopjes (zie Fig. 3-24).

In het estuarium worden de juvenielen ten vroegste gevangen vanaf juni bij een gemiddelde standaardlengte van 30 mm, ze groeien tot ongeveer 60 mm in december en blijven bij deze lengte in het estuarium tot maart (F). In de periode juli-september bereiken de juvenielen in het estuarium hun maximale densiteiten (gemiddeld 100 ind/1000m²) in het polyhalien -10m stratum (F) en het mesohalien -1m stratum (I), met een uitschieter van 400 ind/1000m² in augustus 1991. In het mesohalien -10m stratum (G) werd in diezelfde periode een maximale densiteit van 1800 ind/1000m² berekend. In het -3m stratum werd de maximale densiteit geschat op 2000 ind/1000m² in augustus 1992 (H). In april en mei worden geen adulten meer gevangen.

Pomatoschistus minutus

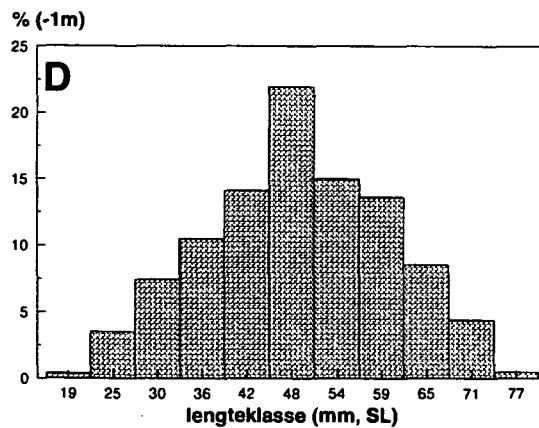
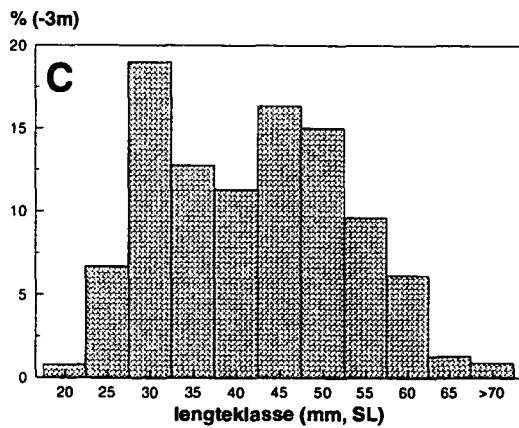
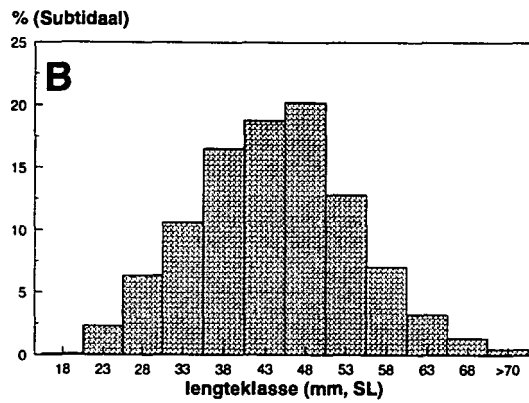
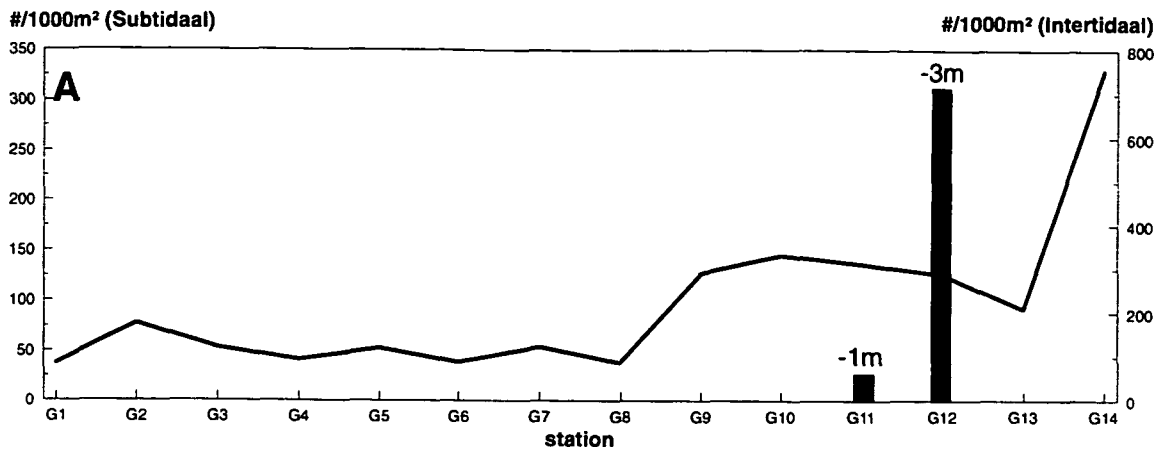


Fig. 3-26. Vroege levensgeschiedenis van het dikkopje *Pomatoschistus minutus* in de Westerschelde.

Pomatoschistus minutus

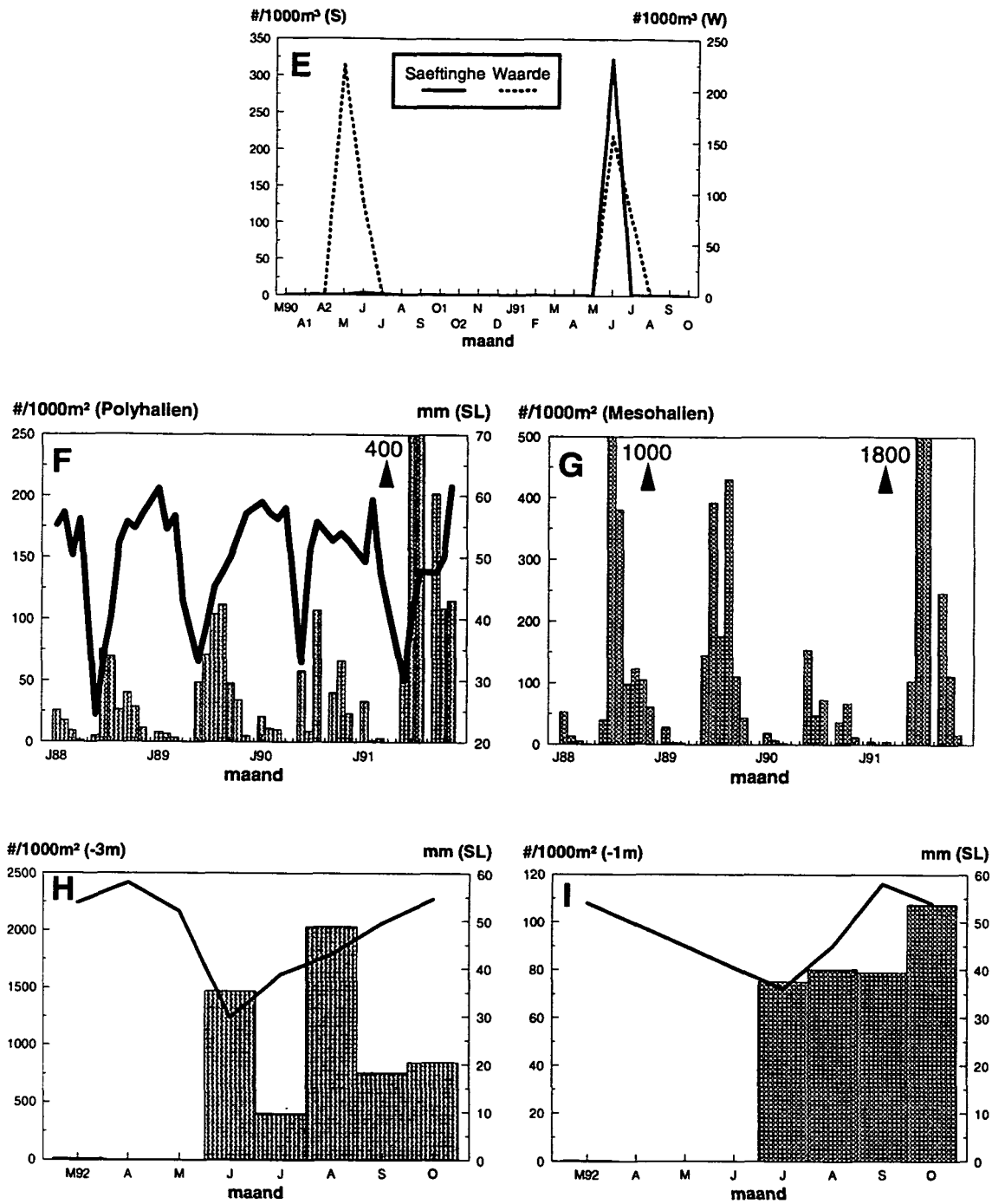


Fig. 3-26. Vroege levensgeschiedenis van het dikkopje *Pomatoschistus minutus* in de Westerschelde. (Vervolg)

h. Lozano's grondel *Pomatoschistus lozanoi* (Fig. 3-28, A tot H)

Met de boomkor worden de juvenielen langsheen de volledige saliniteitsgradient gevangen, met een maximum van 170 ind/1000m² in het -10m stratum en 350 ind/1000m² in het -3m stratum (A). Ze worden slechts zelden waargenomen in de schorkreken.

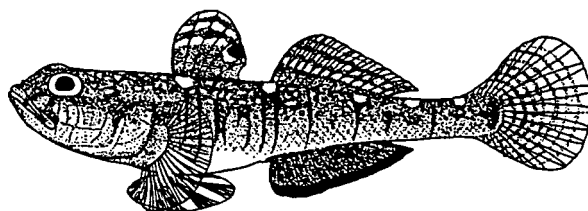


Fig. 3-27. Lozano's grondel (Uit Nijssen & De Groot 1987).

De belangrijkste lengteklassen voor lozano's grondels liggen tussen 25 en 50 mm (B,C,D). Dat is gemiddeld 5 à 10 mm lager dan voor het dikkopje. Ze bereiken zelden een lengte groter dan 60 mm. De juvenielen verschijnen in het net rond juli-augustus, minstens een maand na het dikkopje. Over de verschillende jaren vertonen ze hogere densiteiten in één der maanden van de periode augustus-november: in het -1m stratum is dat 38 ind/1000m² (F) en in het -3m stratum 1200 ind/1000m² (E) in oktober 1992. In het subtidaal liggen de maxima tussen 100 en 450 ind/1000m² met uitschieters van 700 en 1340 in september 1989 respectievelijk in het poly- en mesohalien (G,H). De lozano's grondels van 1989 vormden dus een sterke jaarklasse, deze van 1990 daarentegen een zeer zwakke jaarklasse.

In de periode juli-oktober groeien de juveniele grondels van gemiddeld 25 mm standaardlengte naar 35-40 mm (G). Vermoedelijk kunnen de ongedetermineerde postlarven van juli-augustus in de vaargeul als lozano's grondels beschouwd worden (zie Fig. 3-24). Gedurende de winterperiode blijven ze echter verder groeien tot een gemiddelde lengte van 50 mm. Deze adulte individuen vertonen vooral in het polyhalieen deel een tweede, kleinere densiteitspiek in het vroege voorjaar tussen april en mei (G).

Pomatoschistus lozanoi

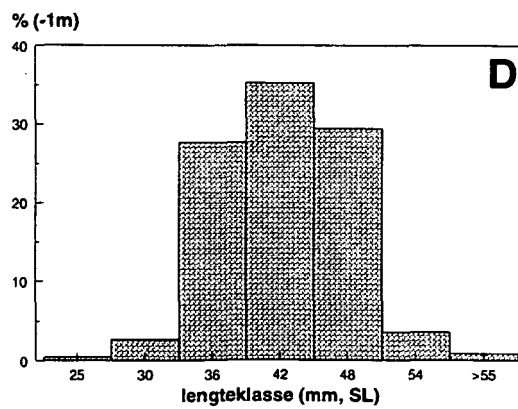
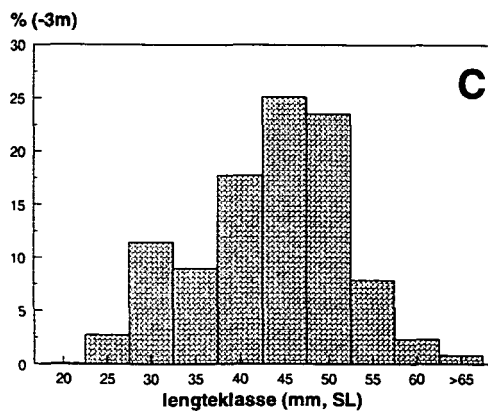
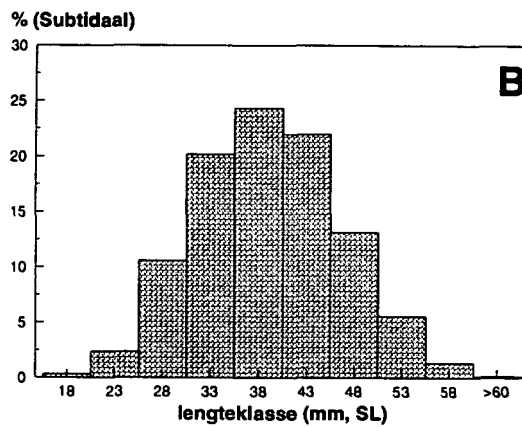
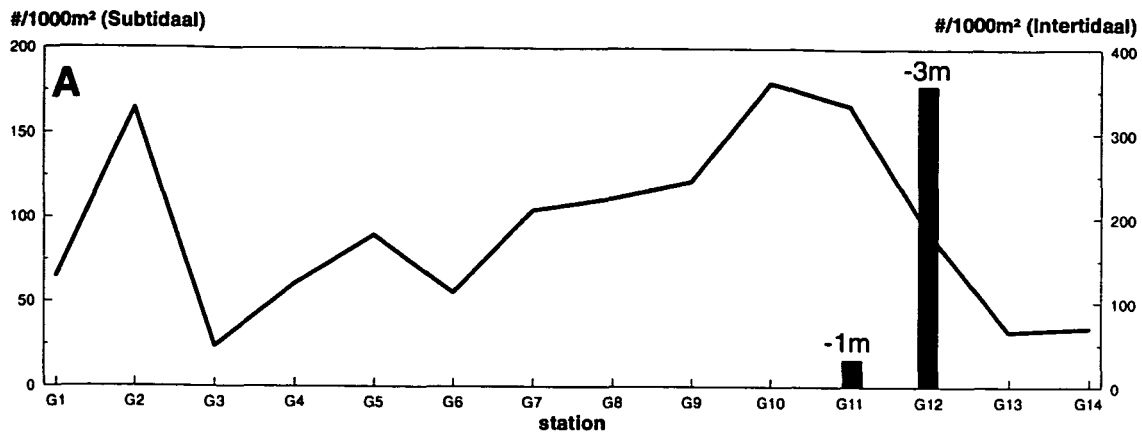


Fig. 3-28. Vroege levensgeschiedenis van lozano's grondel *Pomatoschistus lozanoi* in de Westerschelde.

Pomatoschistus lozanoi

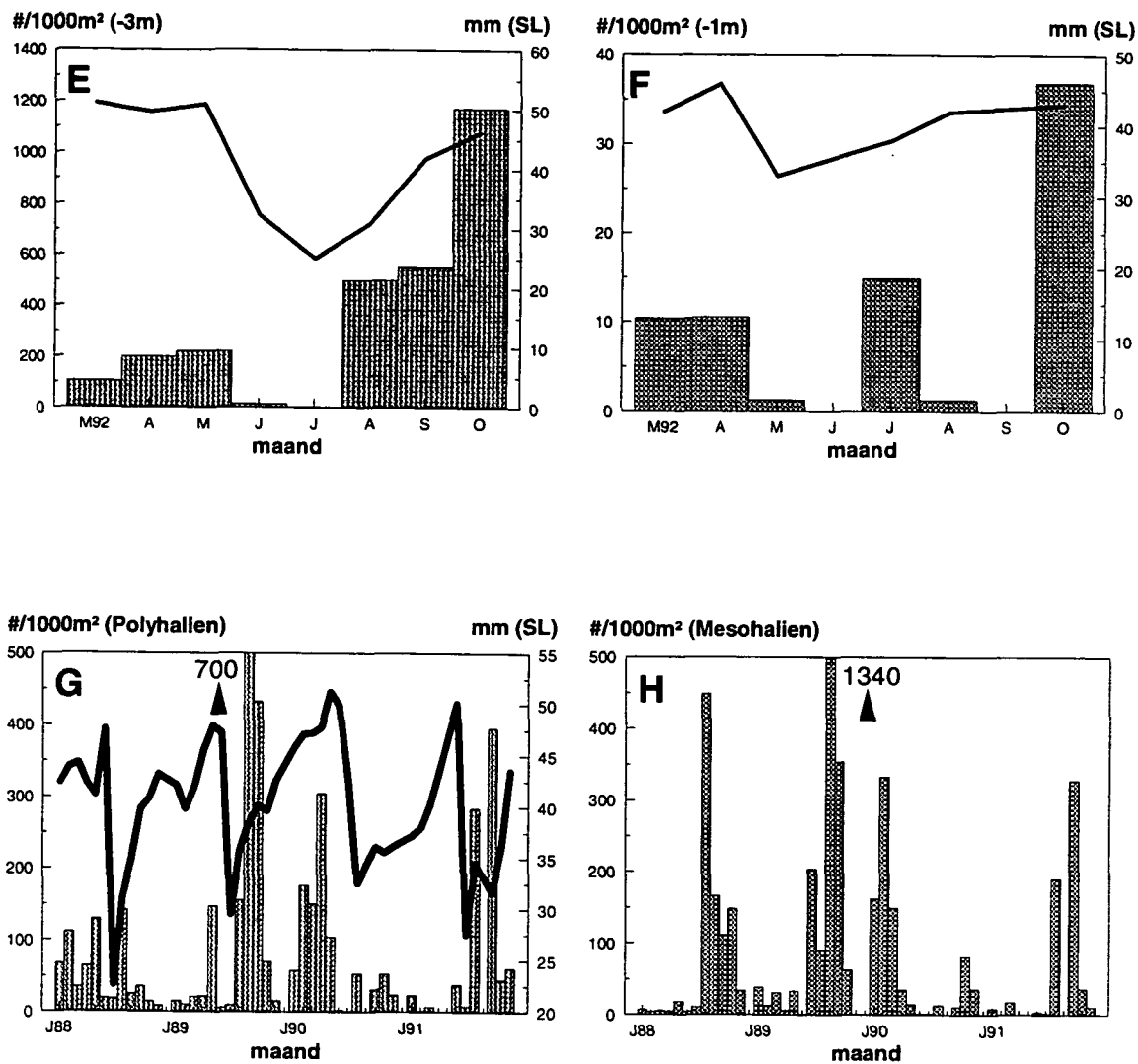


Fig. 3-28. Vroege levensgeschiedenis van lozano's grondel *Pomatoschistus lozanoi* in de Westerschelde. (Vervolg)

i. Brakwatergrondel *Pomatoschistus microps* (Fig. 3-30, A tot K)

De juvenielen van deze soort komen bijna niet voor in de vaargeul: ze bereiken slechts een maximale densiteit van 35 ind/1000m² in de mesohaliene zone (A). Ze zijn daarentegen overheersend in de intertidale gebieden, met maximaal 560 ind/1000m² in het -1m stratum en 1070 ind/1000m³ in de schorkreek van Saeftinghe.

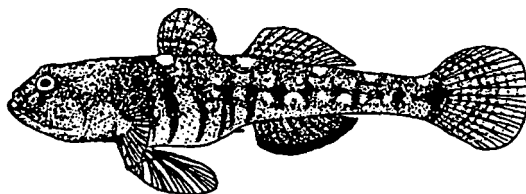


Fig. 3-29. Brakwatergrondel (Uit Nijssen & De Groot 1987).

De brakwatergrondel is de kleinste van de drie grondelsoorten. In de schorkreken konden de individuen vanaf 7 mm standaardlengte gedetermineerd worden. Het zijn vooral de lengteklassen tussen 7 en 20 mm die hier werden teruggevonden (B,C). In het estuarium zijn de juvenielen gemiddeld tussen 25 en 45 mm groot (D,E,F). De adulten worden zelden groter dan 55mm.

De kleinste individuen worden ten vroegste in de schorkreken aangetroffen in juni, en blijven er in zeer hoge densiteiten tot september-oktober (G). In Saeftinghe was de densiteit maximaal in augustus 1990 (5200 ind/1000m³), en half zo hoog in Waarde in juli 1990. In 1991 was de densiteit min of meer gehalveerd. In het estuarium verschijnen de juveniele brakwatergrondels ten vroegste in juli-augustus bij een gemiddelde lengte van 25 mm (H,J). In het -1m stratum (I) was de densiteit maximaal in september (1200 ind/1000m²). Net als in de schorkreken zijn de meeste brakwatergrondels na oktober geëmigreerd naar dieper water.

In de diepere gebieden van het estuarium bereikt deze soort een maximale densiteit in de vroege winter, bij een gemiddelde lengte van 40 mm. In het -3m stratum (H) was dat 430 ind/1000m² in oktober 1992. In de polyhaliene zone (J) is dat meestal tussen 15 en 35 ind/1000m² in januari met een uitschieter van 135 ind/1000m² in december 1991. In de mesohaliene zone (K) valt de maximale densiteit meestal een maand vroeger met een waarde tussen 60 en 80 ind/1000m². Jaarklasse 1988 was zeer zwak, daarna is er een stijgende trend waar te nemen.

Pomatoschistus microps

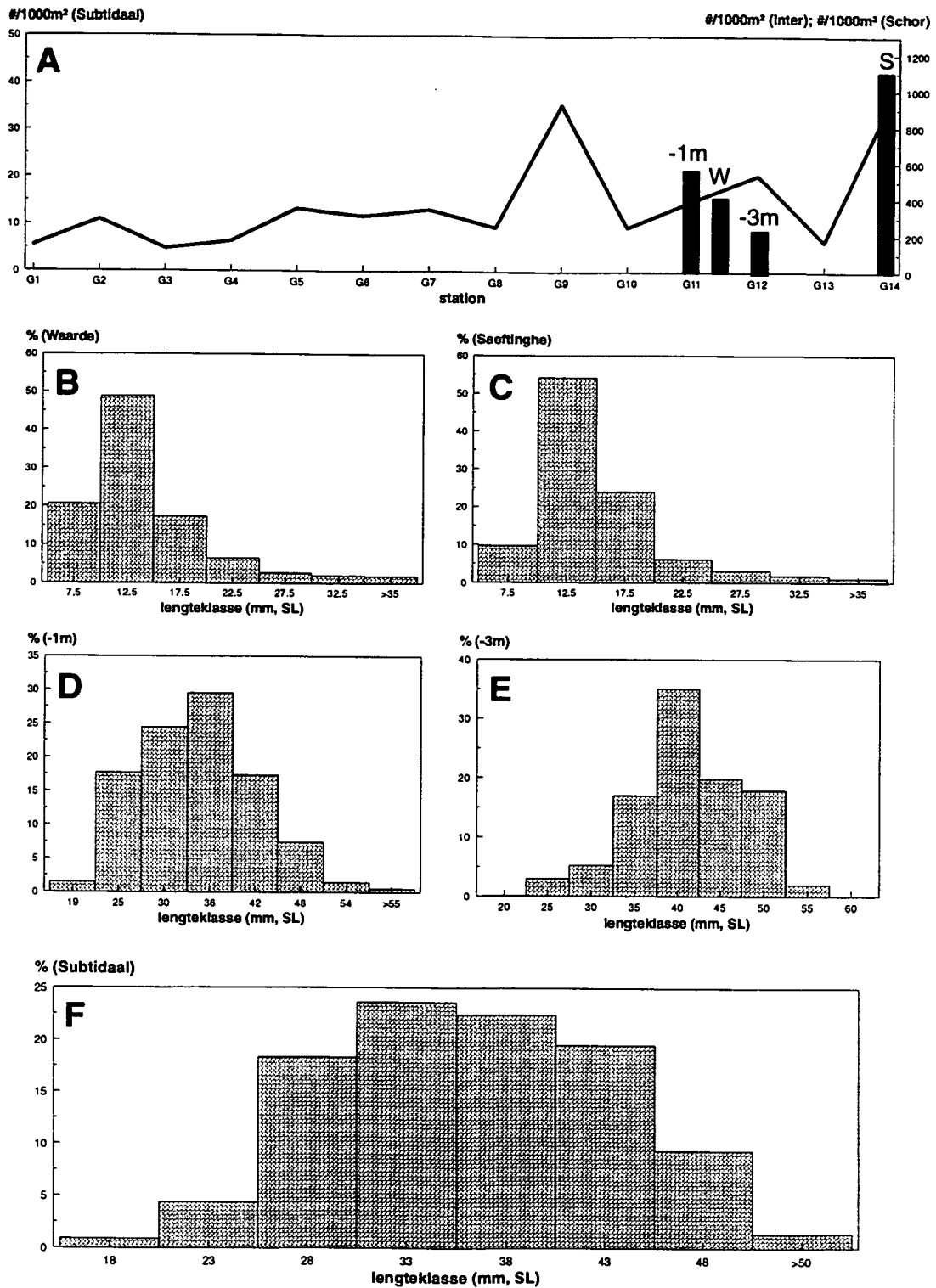


Fig. 3-30. Vroege levensgeschiedenis van de brakwatergrondel *Pomatoschistus microps* in de Westerschelde.

Pomatoschistus microps

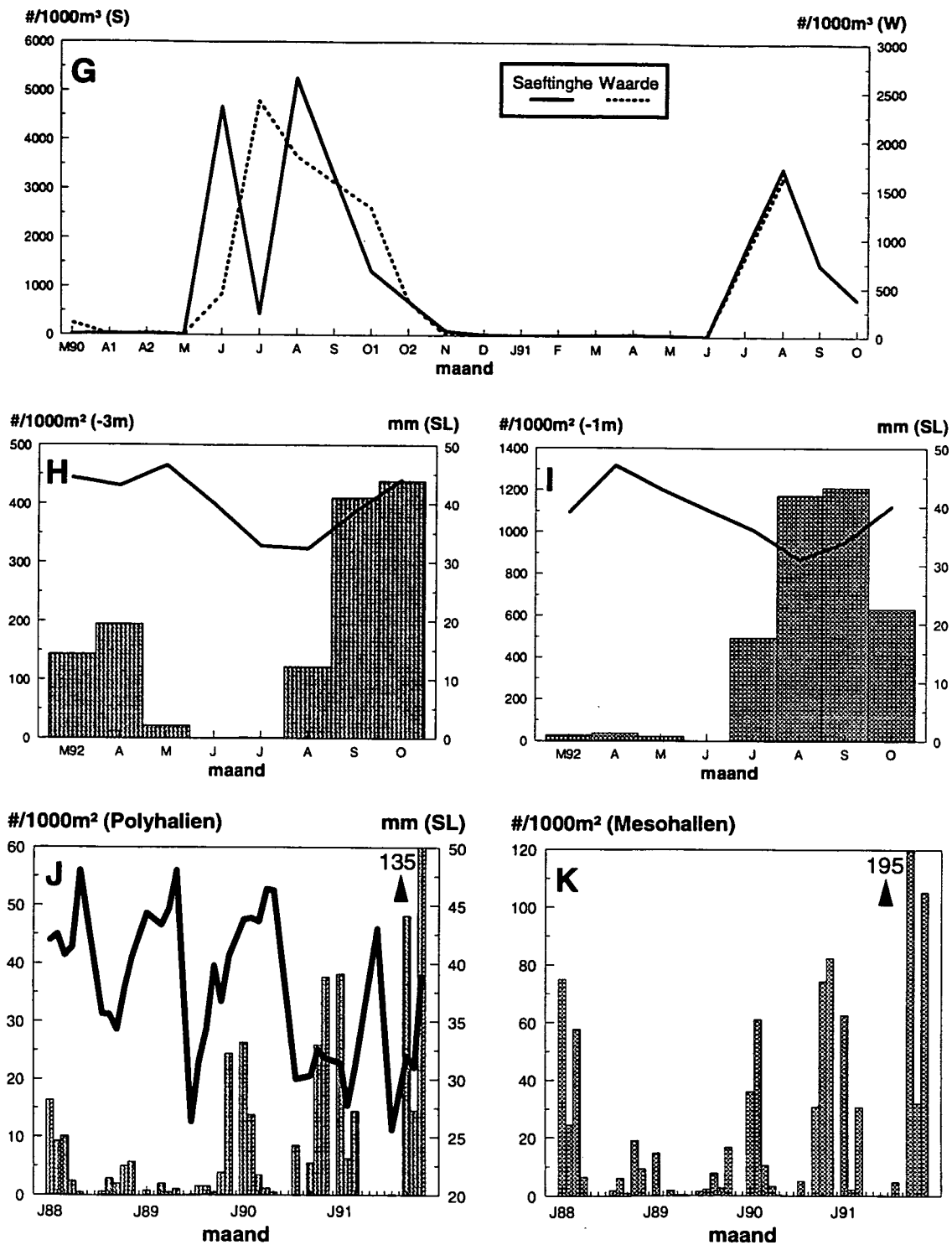


Fig. 3-30. Vroege levensgeschiedenis van de brakwatergrondel *Pomatoschistus microps* in de Westerschelde. (Vervolg)

j. *Clupeidae* species Postlarvae (Fig. 3-33, A tot F)

Ook voor de haringachtigen of clupeiden is het moeilijk een onderscheid te maken tussen de postlarven van sprot (Fig. 3-31) en haring (Fig. 3-32). Ze komen in vergelijkbare densiteiten voor in de poly- en mesohaliene zone (gemiddeld 9 ind/1000m²) (A). In de schorkreek van Saeftinghe bedraagt de gemiddelde densiteit 45 ind/1000m³.



Fig. 3-31. Sprot. Postlarve, lengte 22 mm (Uit Russell 1976).



Fig. 3-32. Haring. Postlarve, lengte 22 mm (Uit Russell 1976).

In de vaargeul kunnen twee lengtecohorte onderscheiden worden, met als meest voorkomende lengteklassen 8 - 18 mm en 24 - 32 mm (B). In Waarde vallen de meeste individuen tussen 25 en 35 mm (C), in Saeftinghe zijn de postlarven iets groter (35 - 45 mm) (D). De clupeide postlarven worden vooral tussen april en juni gevangen in de Westerschelde, met een maximum van 100 ind/1000m² in het mesohalien en 40 ind/1000m² in het polyhalien (E). In beide schorren werd een maximum densiteit genoteerd in juni 1991, nl. 430 ind/1000m³ in Saeftinghe en 120 ind/1000m³ in Waarde (F).

Clupeidae species postlarvae

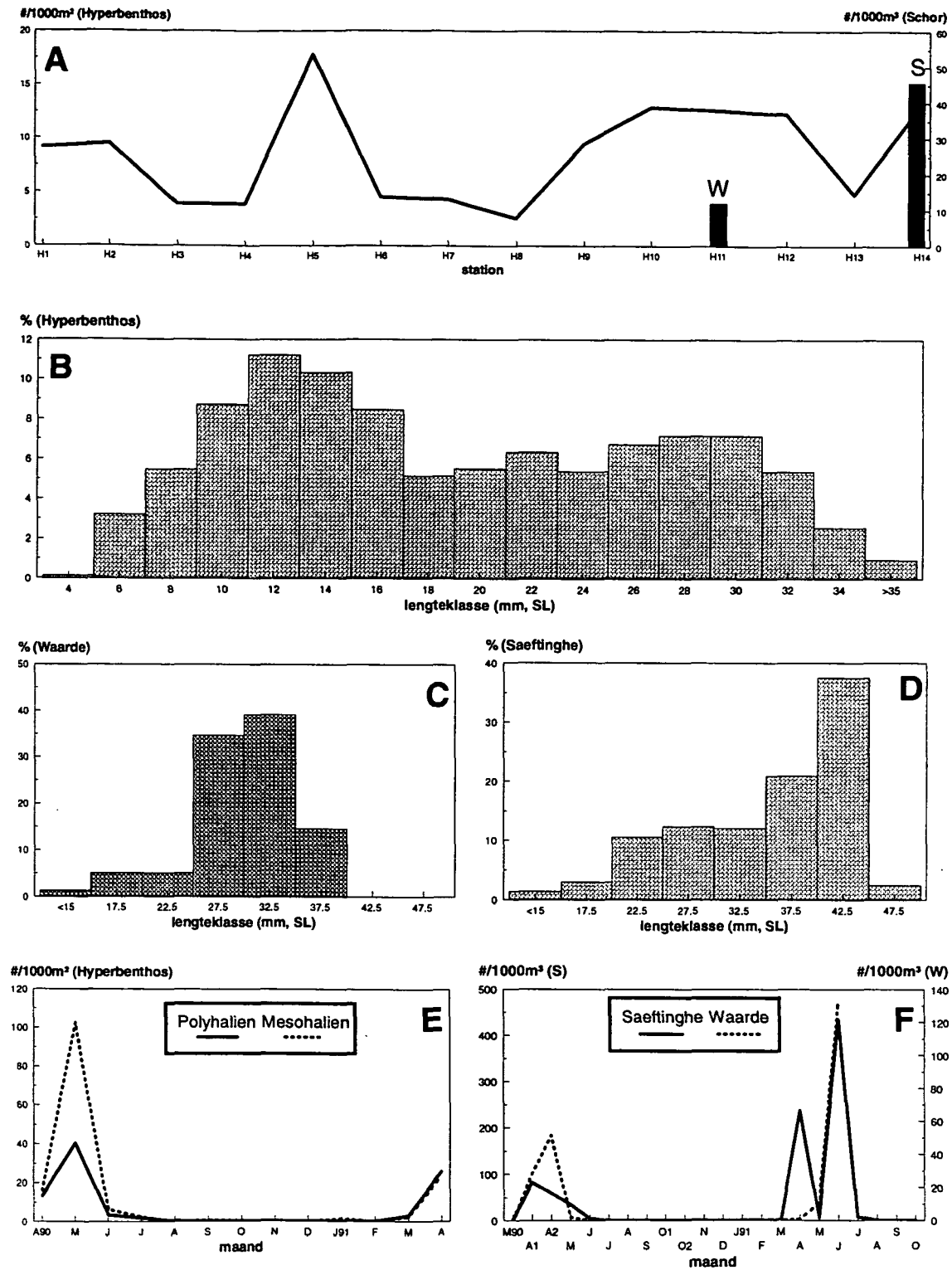


Fig. 3-33. Vroege levensgeschiedenis van clupeiden in de Westerschelde.

k. sprot *Sprattus sprattus* (Fig. 3-35, A tot J)

Rond 30-35 mm beginnen de postlarven van sprot uit te kleuren, en zijn ze tot op soort te determineren. Deze eerste juvenielen tussen 30 en 40 mm standaardlengte werden vooral in het -1m stratum genoteerd in mei (150 ind/1000m²) (A,F).

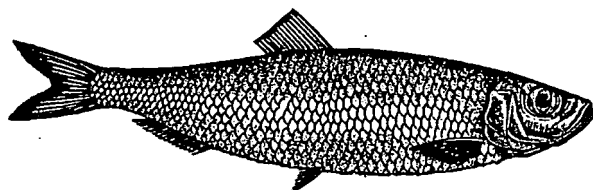


Fig. 3-34. Sprot (Uit Nijssen & De Groot 1987).

Individuen tussen 50 en 60 mm totale lengte kwamen bijna uitsluitend voor in de vaargeul in de periode juni-juli (max. 105 ind/1000m² in juli 1988 in het mesohalien) (H,I). De grotere lengteklassen werden in zowat alle strata gevangen, met maximale densiteiten van 16 ind/1000m³ in de schorkreek van Saeftinghe, 30 ind/1000m² in het -10m stratum en 40 ind/1000m² in het -3m stratum (E). Vanaf augustus groeien deze juveniele sproten verder tot ze in juni van het daaropvolgende jaar een maximale lengte bereiken van meer dan 130 mm, waarna ze uit het estuarium verdwijnen (H).

De belangrijkste lengteklassen liggen echter tussen 60 en 80 mm totale lengte (= 50-65 mm standaardlengte) (B,C,D). Ze zijn het meest algemeen in de winterperiode tussen oktober en maart. De piekdensiteiten vallen meestal in december of januari: 220 ind/1000m² in het -3m stratum (oktober) (G), 130 ind/1000m³ in Saeftinghe (J), en gemiddeld 60 ind/1000m² in het subtidaal met een uitschieter van 140 ind/1000m² in december 1989 in de polyhaliene zone (I). Er is een lichte afname van de jaarklassterkte in de periode 1988-1991.

Sprattus sprattus

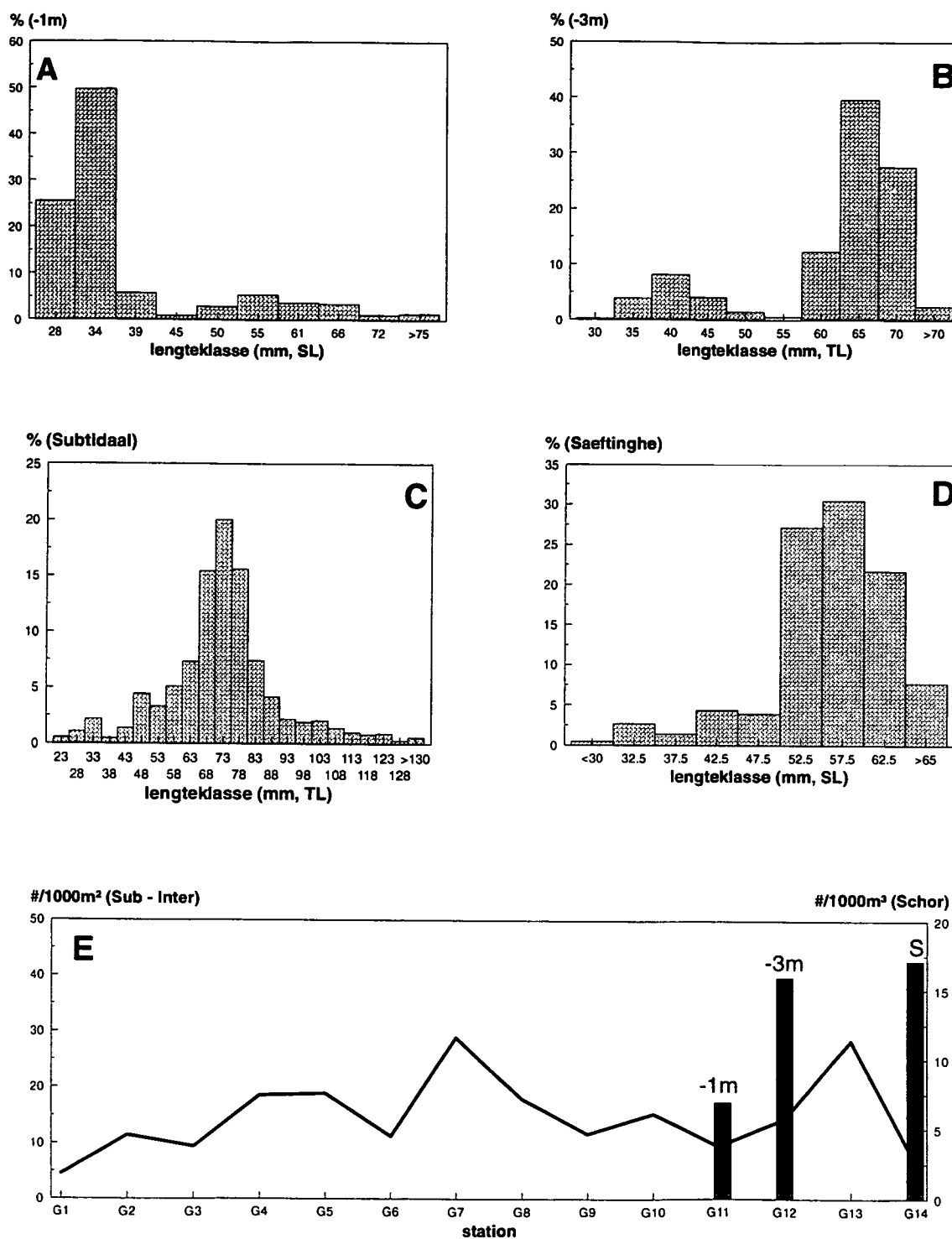


Fig. 3-35. Vroege levensgeschiedenis van sprot *Sprattus sprattus* in de Westerschelde.

Sprattus sprattus

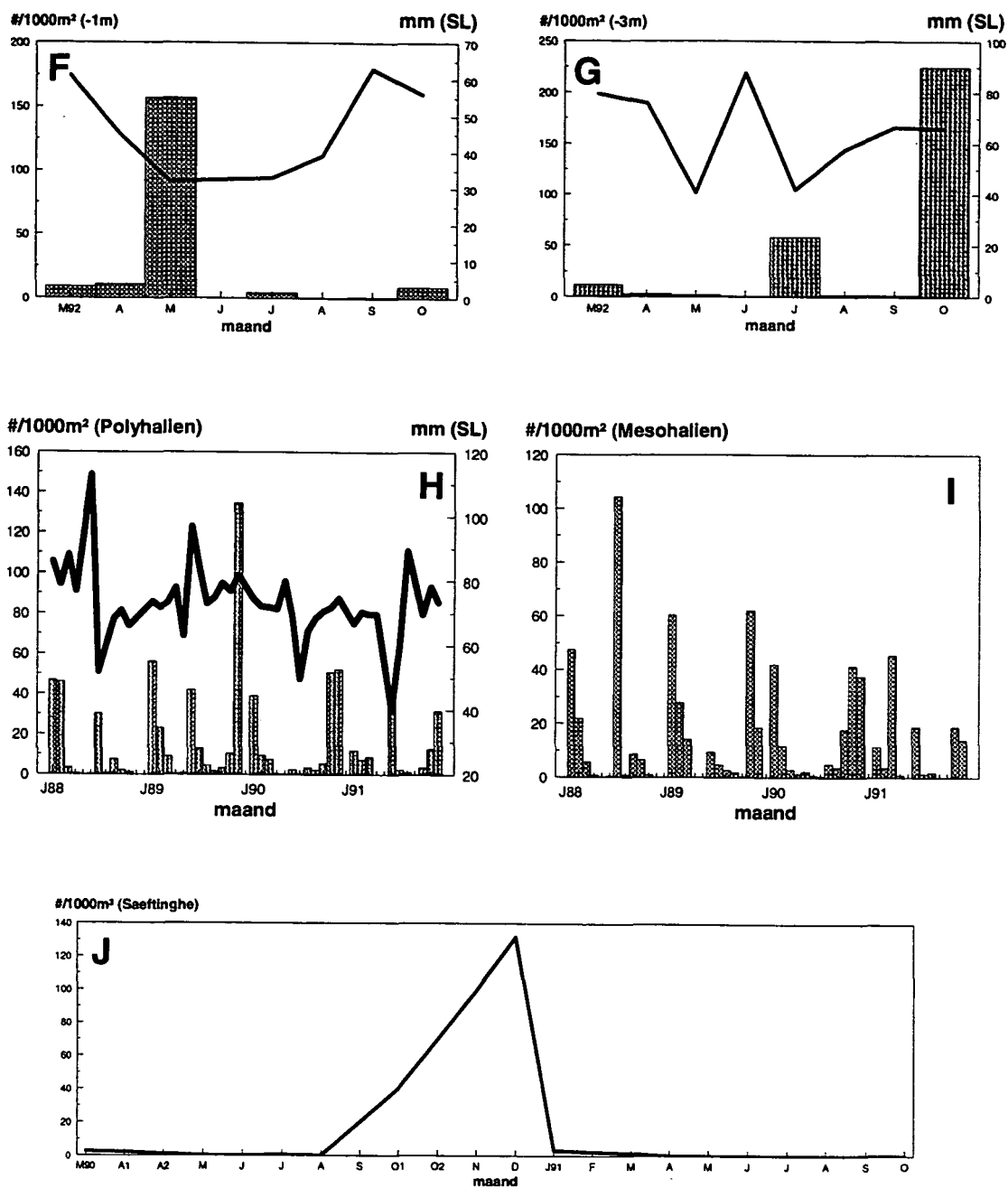


Fig. 3-35. Vroege levensgeschiedenis van sprot *Sprattus sprattus* in de Westerschelde. (Vervolg)

I. Haring *Clupea harengus* (Fig. 3-37, A tot J)

In de schorkreek van Waarde werden zo goed als geen juveniele haringen gevonden. In de schorkreek van Saeftinghe was vooral de lengteklasse tussen 30 en 45 mm standaardlengte belangrijk (A). Dit was enkel het geval in juni 1991, met een piekdensiteit van 350 ind/1000m³ (B). Slechts een klein aantal van deze eerste juvenielen werden genoteerd in mei in het -10m en -1m stratum (C,D).

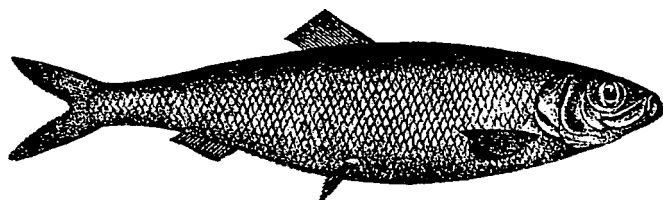


Fig. 3-36. Haring (Uit Nijssen & De Groot 1987).

In de periode juni - augustus vertonen de haringen een sterke lengtetoeename van 50 naar 80 mm totale lengte (F). In het -10 m stratum werden hoge densiteiten gemeten in juni 1991 (25 ind/1000m²), in het -3m stratum in augustus 1992 (100 ind/1000m²) (H).

De meeste juveniele haringen in het estuarium maken echter deel uit van de lengtekohorte tussen 80 en 105 mm totale lengte (C,D,E). Ze zijn hiermee gemiddeld 15 mm groter dan de sprotten. In het subtidaal (J) werden de haringen langsheen de volledige saliniteitsgradient gevangen, in densiteiten die half zo laag liggen als bij sprot, hoewel ze toch iets meer abundant zijn in de mesohaliene zone: max. 15 ind/1000m² ter hoogte van Bath (J). In het intertidaal is vooral het -3m stratum (H) belangrijk (gemiddeld 56 ind/1000m²). Deze lengtekohorte blijft gedurende de rest van het jaar (zomer, winter, voorjaar) aanwezig in het estuarium (F). Vooral in het mesohalien vertonen ze hoge densiteiten in de winterperiode met een maximum van 100 ind/1000m² in januari 1988 in het -10m stratum (G), 150 ind/1000m² in het -3m stratum (H) en 42 ind/1000m² in het -1m stratum (I) in oktober 1992. Na mei-juni zijn de oudere individuen (groter dan 140 mm) verdwenen uit het estuarium. In de periode 1988-1991 lijkt er een tendens te zijn naar kleinere individuen die in de winter telkens iets vroeger een piekdensiteit bereiken.

Clupea harengus

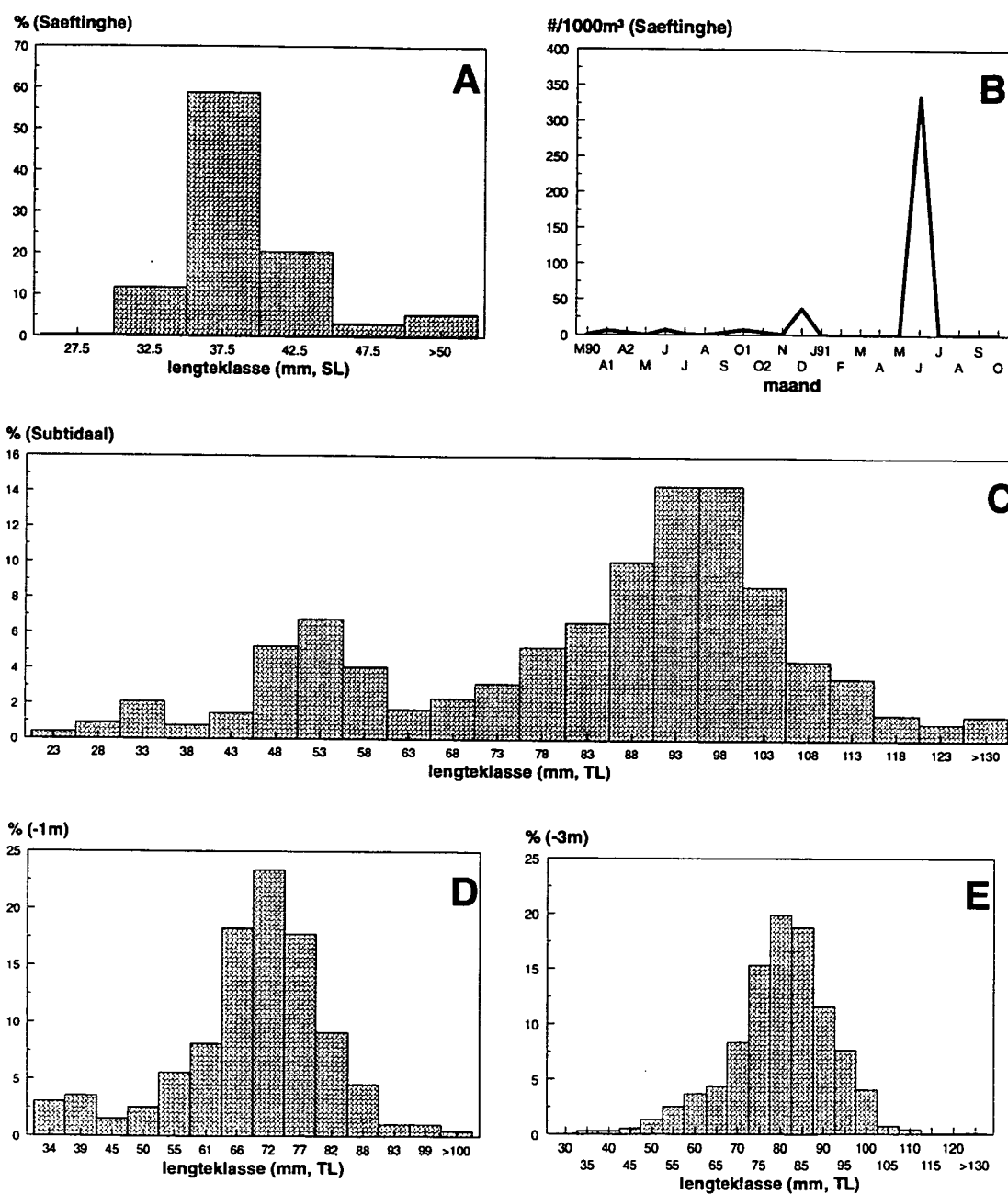


Fig. 3-37. Vroege levensgeschiedenis van haring *Clupea harengus* in de Westerschelde.

Clupea harengus

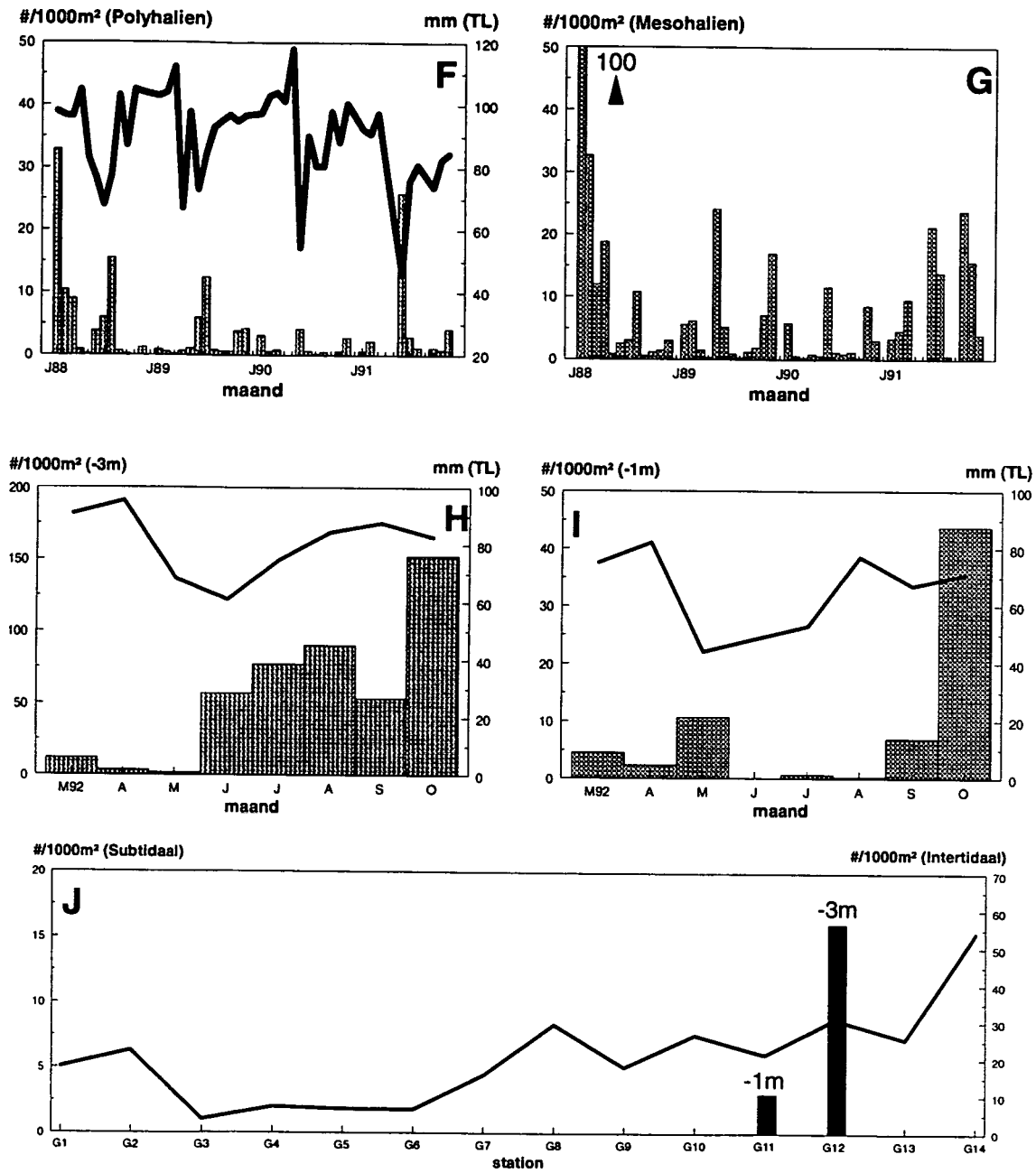


Fig. 3-37. Vroege levensgeschiedenis van haring *Clupea harengus* in de Westerschelde. (Vervolg)

m. Kleine zeenaald *Syngnathus rostellatus* (Fig. 3-40, A tot M)

De postlarven en kleine juvenielen (Fig. 3-38) van de twee soorten zeenaalden die in de Westerschelde voorkomen, zijn moeilijk van elkaar te onderscheiden. Gezien de grote zeenaald *Syngnathus acus* slechts sporadisch werd gevangen, betreft het hier waarschijnlijk toch allemaal individuen behorende tot de kleine zeenaald.



Fig. 3-38. Kleine zeenaald. Pas 'vrijgelaten' juveniel, lengte 13 mm (Uit Russell 1976).

In het subtidaal zijn ze vooral in de mesohaliene zone belangrijk (max. 7 ind/1000m²) (A). De kleinste individuen waren kleiner dan 15 mm (B). De lengtecohorte tussen 15 en 35 mm werd vooral in de maanden juni en juli gevangen met de hyperbenthische slede (C). De belangrijkste lengteklassen in de vaargeul liggen echter tussen 40 en 60 mm (B), die in augustus 1990 een piekdensiteit van 35 ind/1000m² vertoonden in het mesohalien. Deze kleinere lengteklassen werden in het intertidaal enkel in de schorkreek van Saeftinghe weergevonden (D).



Fig. 3-39. Kleine zeenaald (Uit Nijssen & De Groot 1987).

De belangrijkste lengteklassen in het intertidaal liggen tussen 70 en 95 mm standaardlengte (D,E) of tussen 75 en 105 mm totale lengte (F,G). Deze lengtecohorte verblijft in het intertidaal gedurende de korte periode september - november met een piekdensiteit in oktober (65 ind/1000m³ in Saeftinghe, 1100 ind/1000m³ in Waarde, 600 ind/1000m² in het -1 m stratum en 350 ind/1000m² in het -3 m stratum) (H,I).

In die periode wordt ook het subtidaal belangrijker voor de juveniele zeenaalden tussen 90 en 105 mm. Het zijn echter de lengteklassen tussen 100 en 130 mm die het meest voorkomen in de vaargeul gedurende de rest van het jaar (J,K). In het mesohalien werd een maximale densiteit berekend van 15 ind/1000m² ter hoogte van de Platen van Valkenisse (M). De hoogste densiteiten werden meestal genoteerd in mei - juni, veroorzaakt door de adulte zeenaalden groter dan 120 mm (K). Net in deze periode worden de kleinste zeenaalden 'vrijgelaten' uit de broedzorg van de mannetjes. Vooral 1989 was een sterke jaarklasse, met een maximum aantal adulte zeenaalden van 60 ind/1000m² in mei 1990 (L).

Syngnathidae Species

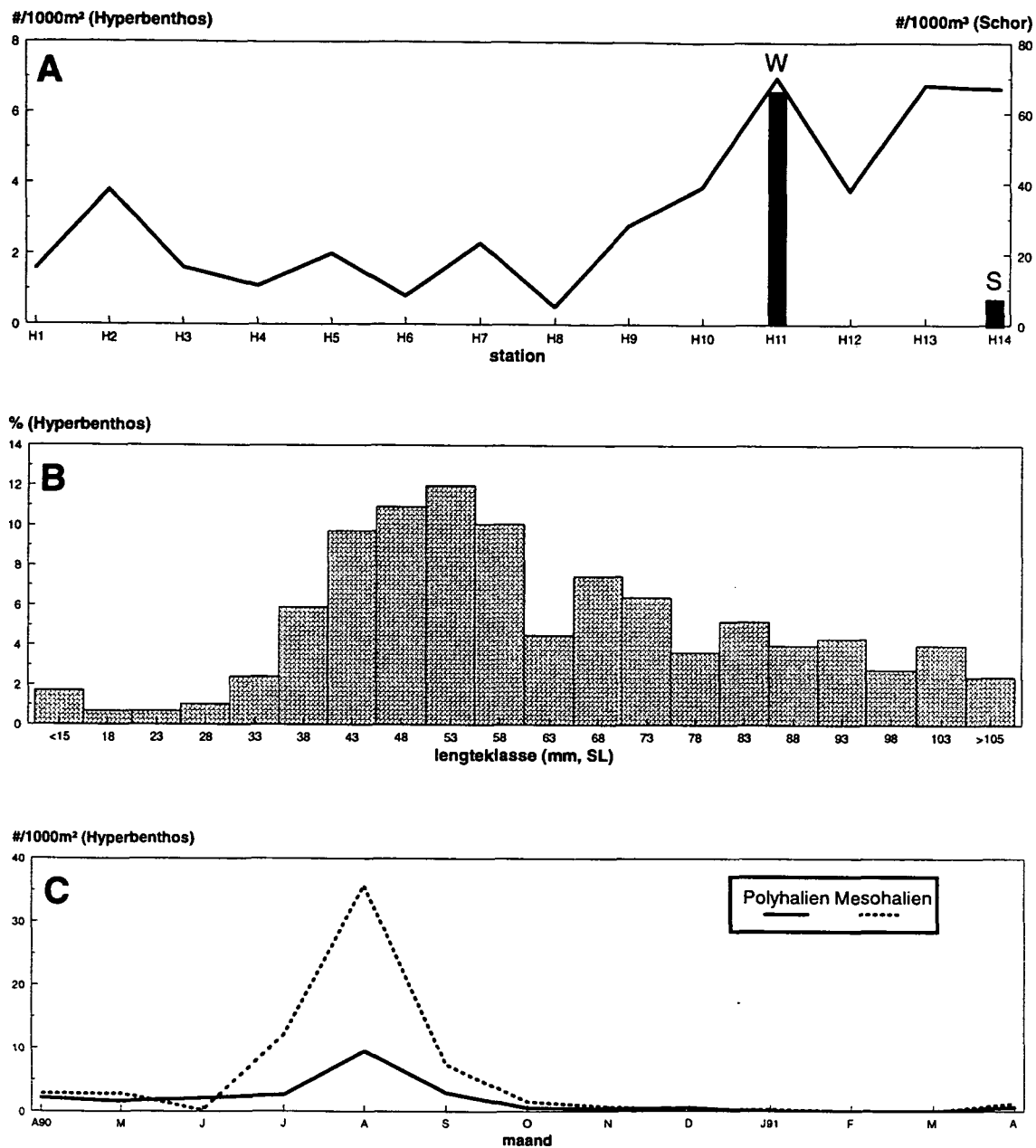


Fig. 3-40. Vroege levensgeschiedenis van de kleine zeenaald *Syngnathus rostellatus* in de Westerschelde.

Syngnathus rostellatus

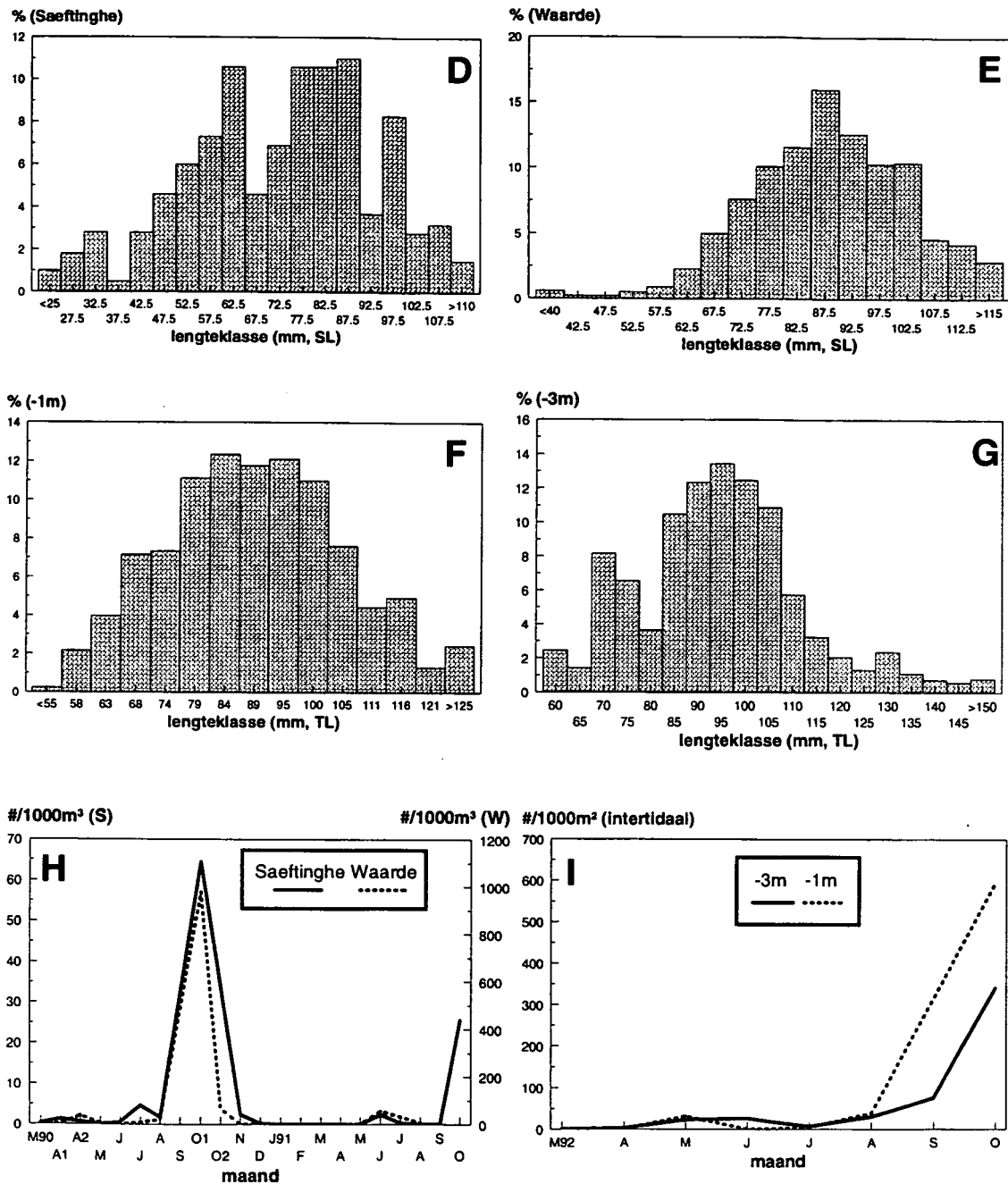


Fig. 3-40. Vroege levensgeschiedenis van de kleine zeenaald *Syngnathus rostellatus* in de Westerschelde. (Vervolg)

Syngnathus rostellatus

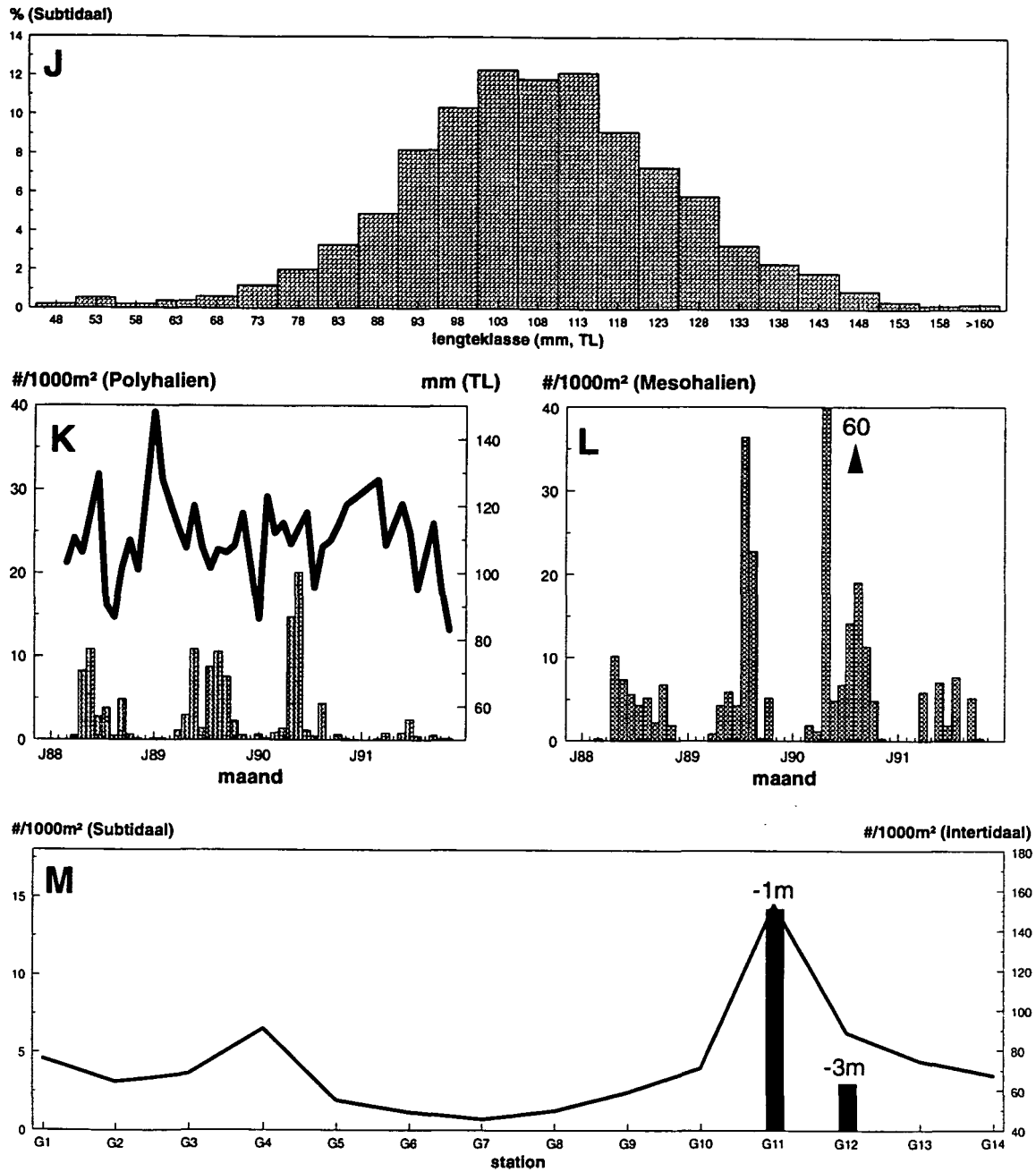


Fig. 3-40. Vroege levensgeschiedenis van de kleine zeenaald *Syngnathus rostellatus* in de Westerschelde. (Vervolg)

n. Zandspiering *Ammodytes tobianus* (Fig. 3-43, A tot F)

De kleinste zandspierungen die in de Westerschelde werden gevangen waren 40 mm groot. Deze soort is iets abundanter in de polyhaliene zone, met maximaal 17 ind/1000m² in station 2 (A). In het -3 m stratum bedroeg de densiteit gemiddeld 11 ind/1000m². Er werd slechts eenmaal een zandspiering gevangen in de schorkreek van Saeftinghe en in het -1m stratum zijn ze eveneens minder belangrijk.

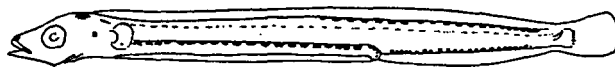


Fig. 3-41. Zandspiering. Postlarve, lengte 20 mm (Uit Russell 1976).

Er kunnen min of meer 3 lengtecohorte onderscheiden worden in het sub- en intertidaal, nl. 65-80 mm, 85-110 mm en groter dan 120 mm (B,D,E). In het -3m stratum schommelt de middelste lengteklasse eerder tussen 100 en 120 mm. De drie lengtecohorte worden gedurende het hele jaar gevangen, maar de grotere individuen zijn iets minder vertegenwoordigd, en tussen mei en juli ligt de densiteit meestal iets lager (F).

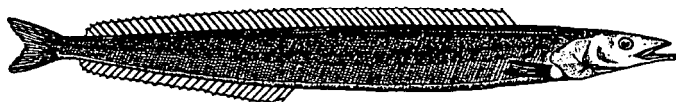


Fig. 3-42. Zandspiering (Uit Nijssen & De Groot 1987).

In beide strata is er een eerste input van juveniele zandspierungen in maart-april (max. 15 ind/1000m² in het -10m stratum en 27 ind/1000m² in het -3m stratum) (F,C). Deze kohorte bereikt een lengte van gemiddeld 120 mm in oktober en verdwijnt uit het estuarium rond maart van het daaropvolgende jaar. Ondertussen is er in de zomer een nieuwe input van juveniele dieren, die gedurende de winterperiode tot in maart in de middelste lengteklasse blijven en vanaf mei nog slechts sporadisch gevangen worden als adulten. De combinatie van beide cohortes zorgt voor de hogere densiteiten in de winterperiode, met een maximum van 35 ind/1000m² in januari 1991 in de polyhaliene zone.

Ammodytes tobianus

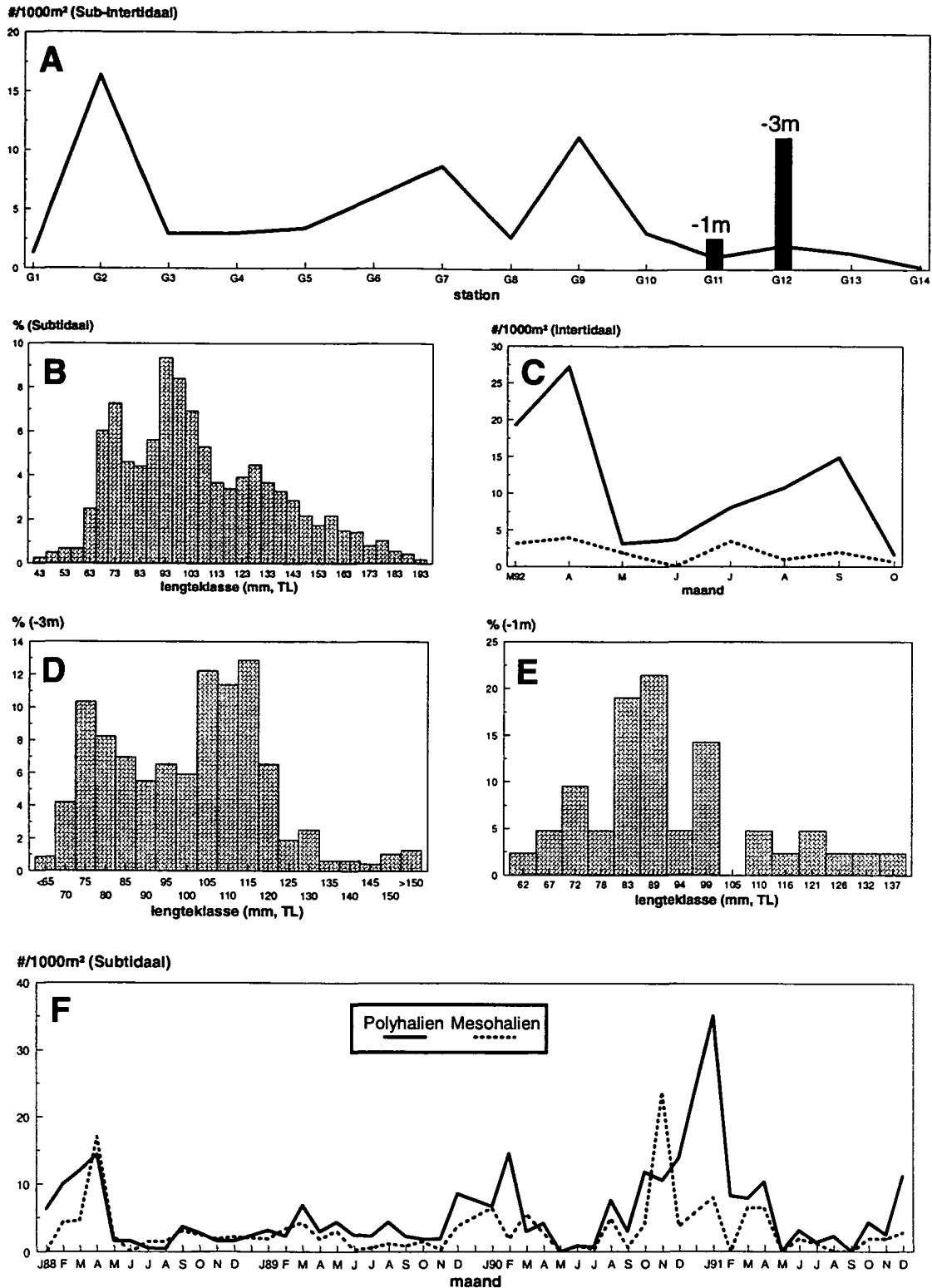


Fig. 3-43. Vroege levensgeschiedenis van de zandspiëring *Ammodytes tobianus* in de Westerschelde.

o. Steenbolk *Trisopterus luscus* (Fig. 3-46, A tot C)

Van de kabeljauwachtigen werden eveneens geen (post)larvale stadia gevangen in de Westerschelde. De juveniele 0-groep van steenbolk is vooral in de mesohaliene zone van de vaargeul belangrijk, met een maximale densiteit van 25 ind/1000m² in station 10 (A).

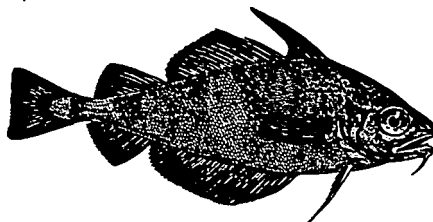


Fig. 3-44. Steenbolk (Uit Nijssen & De Groot 1987).

De lengte-frekwentie verdeling toont een aantal lengtecohorte (B). Deze volgen elkaar op in de tijd. De kleinste individuen tussen 30 en 45 mm worden meestal in mei gevangen. In juni liggen de belangrijkste lengteklassen tussen 65 en 90 mm, in juli hebben de juveniele steenbolken reeds een gemiddelde lengte van 118 mm bereikt, en in augustus zijn ze gemiddeld 135 mm groot. Het zijn deze laatste 3 lengtecohorte die het meest abundant zijn, met een maximum van 70 ind/1000m² in juli 1990 (C). Ook in het polyhalien ter hoogte van Vlissingen werd toen een hoge densiteit genoteerd. In de herfst komen er nog enkele grotere individuen voor. Behalve in april, werd slechts sporadisch een individu van de 1-groep gevangen in de daaropvolgende wintermaanden. De densiteiten lagen beduidend hoger in 1990 en 1991.

p. Wijting *Merlangius merlangus* (Fig. 3-46, D tot F)

De 0-groep van wijting is iets meer algemeen in de meest mariene stations (maximaal 5 ind/1000m² ter hoogte van Vlissingen) (D). De kleinste individuen die in de Westerschelde worden gevangen zijn 40 mm groot, doch de gemiddelde lengte van de juvenielen die in mei gevangen worden, bedraagt reeds 60 mm (E).

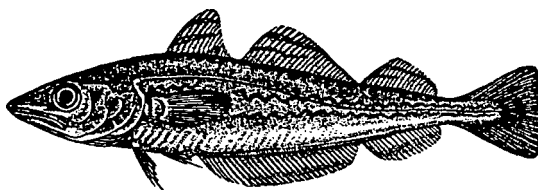


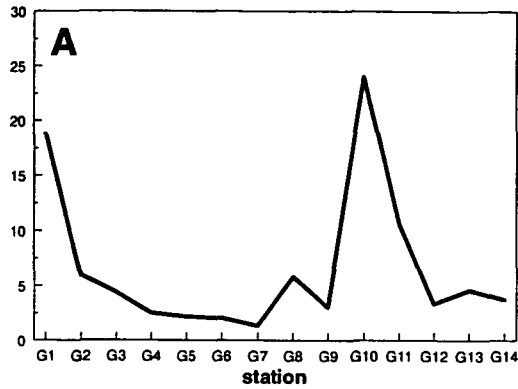
Fig. 3-45. Wijting (Uit Nijssen & De Groot 1987).

Juni is de belangrijkste maand voor wijting, met een maximale densiteit van 22 ind/1000m² in 1990 in de lengteklasse tussen 70 en 90 mm (F). Verder neemt de densiteit sterk af terwijl de wijtingen groeien tot een gemiddelde lengte van 165 mm in oktober. In de winter worden ze niet meer gevangen, in februari en april werden soms enkele individuen van de 1-groep genoteerd.

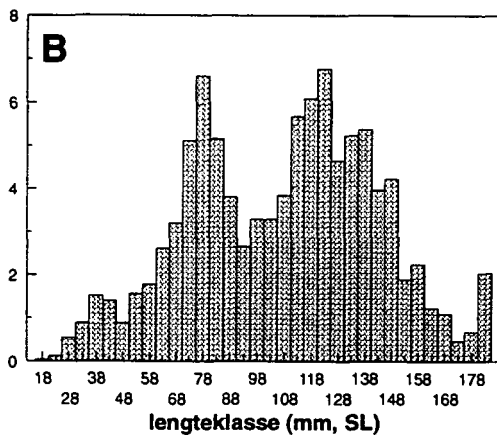
Trisopterus luscus

Merlangius merlangus

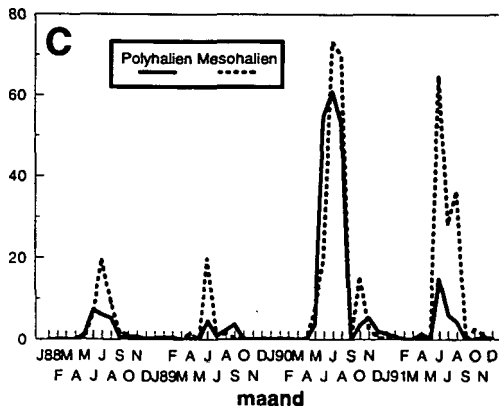
#/1000m² (Subtidaal)



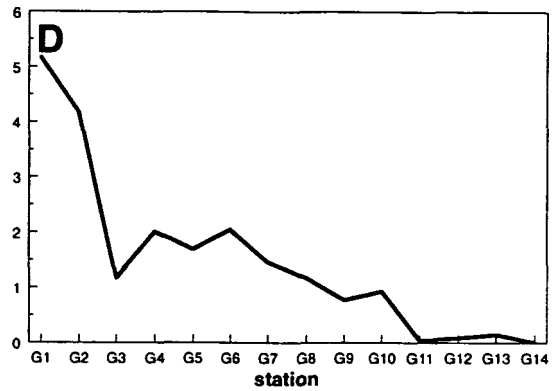
% (Subtidaal)



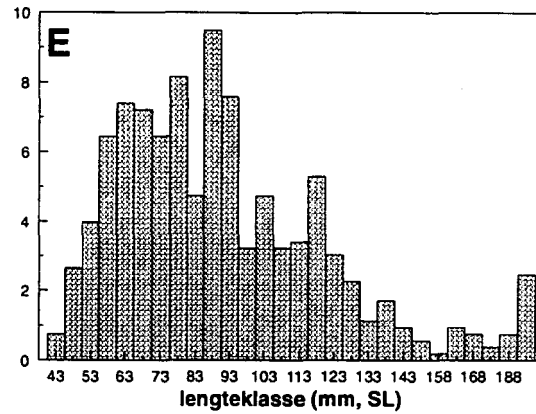
#/1000m² (Subtidaal)



#/1000m² (Subtidaal)



% (Subtidaal)



#/1000m² (Subtidaal)

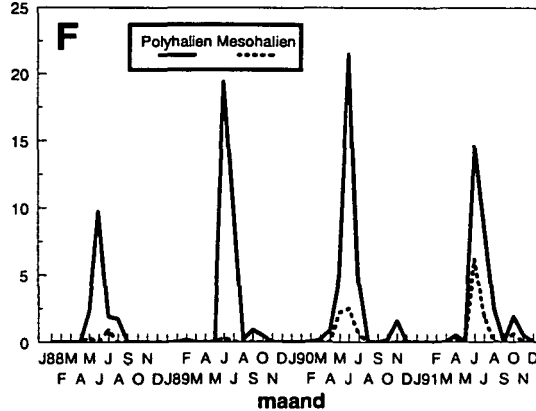


Fig. 3-46. Vroege levensgeschiedenis van steenbolk *Trisopterus luscus* (links) en wijting *Merlangius merlangus* (rechts) in de Westerschelde.

q. Slakdolf *Liparis liparis* (Fig. 3-49, A tot C)

Slakdolf werd langsheen de volledige saliniteitsgradient gevangen in het -10m stratum, maar vertoont een piekdensiteit van 14 ind/1000m² ter hoogte van de Platen van Valkenisse (A).

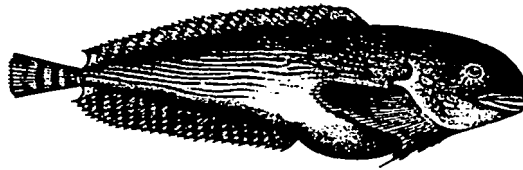


Fig. 3-47. Slakdolf (Uit Nijssen & De Groot 1987).

Er zijn duidelijk twee lengtecohorte te onderscheiden (B). De kleinste lengteklassen tussen 40 en 65 mm worden tussen april en augustus gevangen, maar ze zijn vooral belangrijk in juni en juli in de polyhaliene zone (C). In 1991 werd eveneens een piekdensiteit van 60 ind/1000m² genoteerd voor de mesohaliene zone. Tussen september en maart werden grotere individuen gevangen. De belangrijkste lengteklassen tussen 110 en 130 mm werden vooral tussen oktober en december waargenomen in het mesohaliene gebied (maximaal 6 ind/1000m² in oktober 1988) (C).

r. Zeebaars *Dicentrarchus labrax* (Fig. 3-49, D tot G)

De zeebaars komt slechts sporadisch voor in het subtidaal, maar de juvenielen zijn wel abundant in het intertidaal. In de schorkreek van Saeftinghe worden ze gevangen vanaf juni rond een lengte van 18 mm (D). In augustus bereiken ze een maximale densiteit van 40 ind/1000m³ bij een gemiddelde lengte van 28 mm.

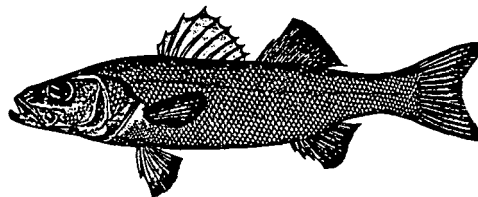
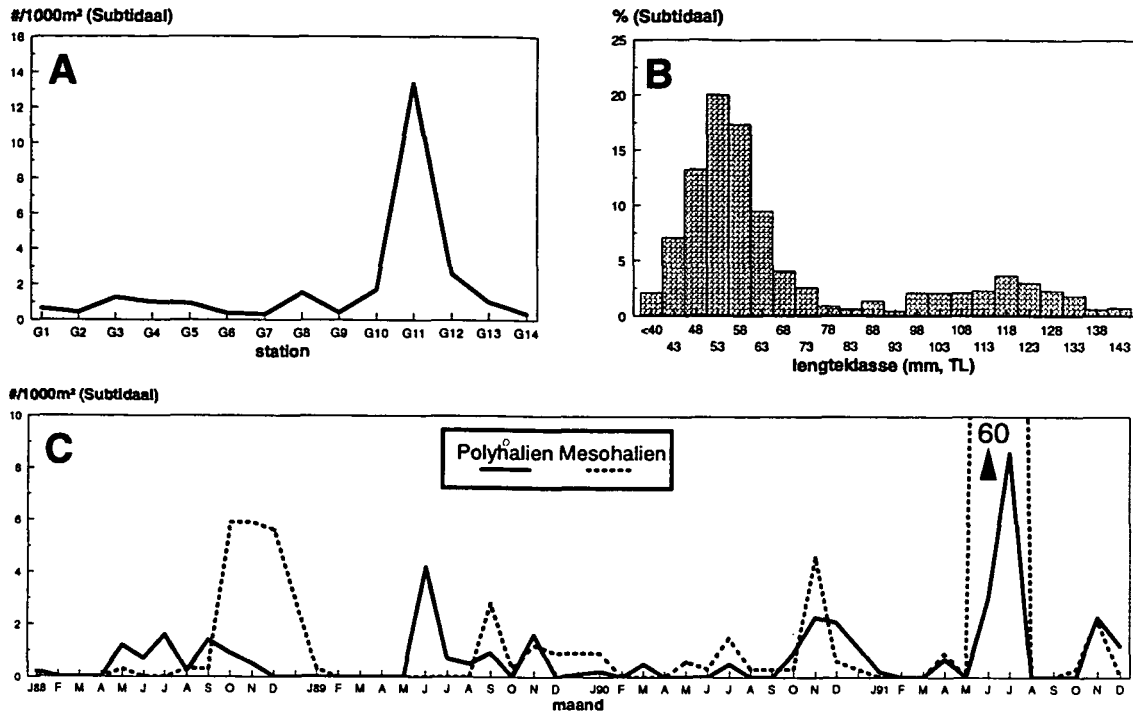


Fig. 3-48. Zeebaars (Uit Nijssen & De Groot 1987).

In oktober was de densiteit maximaal op de Platen van Valkenisse met 15 ind/1000m² in het -3m stratum (E). Op dat moment hebben ze een gemiddelde lengte van 60-70 mm standaardlengte (F) of 70-80 mm totale lengte (G) bereikt. In de winter worden ze bijna niet meer gevangen, maar tussen maart en mei werden nog enkele oudere individuen gevangen in het -3m stratum, vooral tussen 90 en 110 mm totale lengte, waarbij ze zelden groter worden dan 120 mm (E).

Liparis liparis



Dicentrarchus labrax

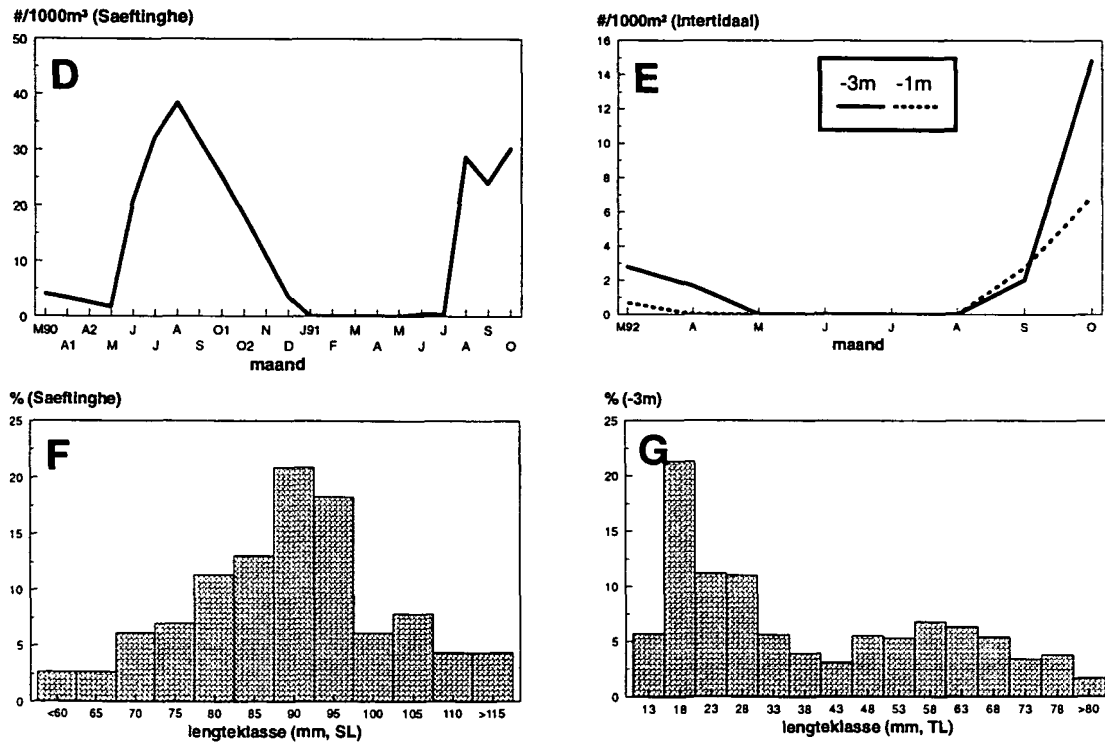


Fig. 3-49. Vroege levensgeschiedenis van slakdolf *Liparis liparis* (boven) en zeebaars *Dicentrarchus labrax* (onder) in de Westerschelde.

s. Strandkrab *Carcinus maenas* (Fig. 3-52, A tot D)

Van de twee algemene soorten is de strandkrab de meest voorkomende in de Westerschelde. De zoeae larven van de strandkrab werden enkel in de meest mariene stations gevangen, met een gemiddelde densiteit van 320 ind/1000m² in mei 1990. Het daaropvolgende megalopa stadium werd vooral in de periode mei - juli gevangen. Met de hyperbenthische slede werden gemiddeld 300 ind/1000m² gevangen in het subtidaal. In de schorkreken werden in juni 1990 piekdensiteiten gemeten van 7700 ind/1000m³ in Saeftinghe en 3000 ind/1000m³ in Waarde.

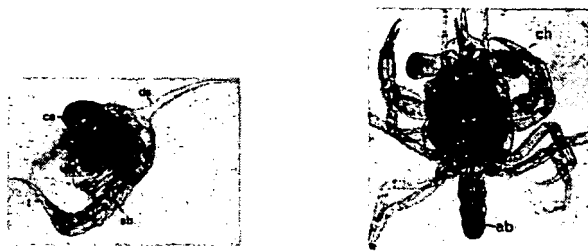


Fig. 3-50. Strandkrab. Links: zoeae, lengte rostro-dorsale stekel (ds) 1.5 mm. Rechts: megalopa, carapaxbreedte 2.5 mm (Uit Todd & Laverack 1991).

De juveniele strandkrabben waren in het subtidaal gemiddeld tweemaal abundanter in de polyhaliene zone met een maximum van 70 ind/1000m² ter hoogte van Vlissingen (A). Ze vertoonden een zelfde gemiddelde densiteit in het -1m stratum en in de schorkreek van Saeftinghe. Ze zijn gedurende het hele jaar aanwezig in het estuarium, met densiteiten die schommelen tussen 10 en 40 ind/1000m² in de vaargeul (B). In juli 1991 en januari 1988 werden piekdensiteiten van 100 ind/1000m² genoteerd. In het -1m stratum bereikten de kleinere juvenielen tussen 10 en 20 mm carapaxbreedte een maximum densiteit van 250 ind/1000m² in augustus 1992. (C). Tijdens de andere maanden waren vooral de grotere individuen tussen 25 en 40 mm carapaxbreedte belangrijk (D).

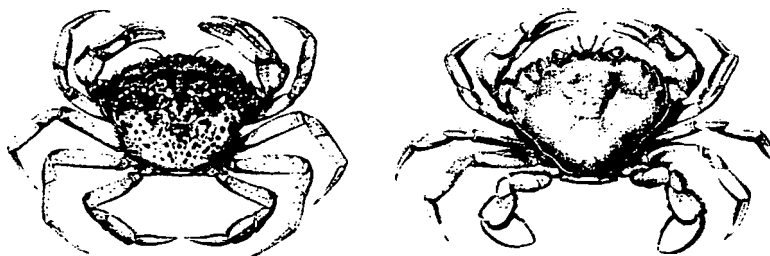


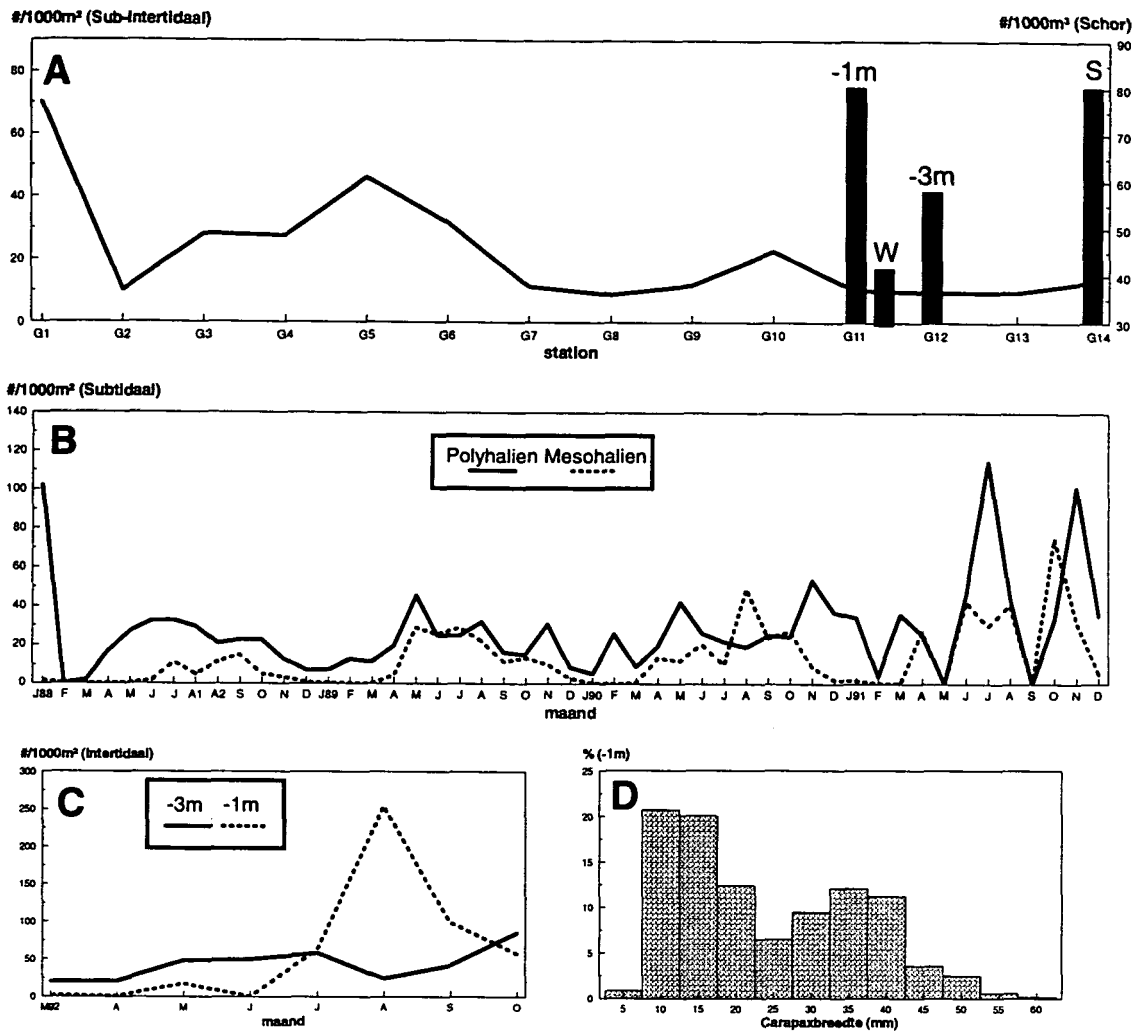
Fig. 3-51. Links: strandkrab. Rechts: zwemkrab (Uit Adema 1991).

t. Zwemkrab *Liocarcinus holsatus* (Fig. 3-52, E)

De gewone zwemkrab werd bijna uitsluitend in de polyhaliene zone aangetroffen. De zoeae larven verschijnen rond april (gemiddeld 380 ind/1000m²), gevolgd door de megalopa larven in mei (gemiddeld 30 ind/1000m²).

De juveniele zwemkrabben worden meestal gevangen vanaf mei - juni (gemiddeld 20 ind/1000m²) (E). In de periode augustus-september bereiken ze een maximale densiteit (50 ind/1000m² in september 1990). Tussen december en februari worden ze niet gevangen in de Westerschelde.

Carcinus maenas



Liocarcinus holsatus

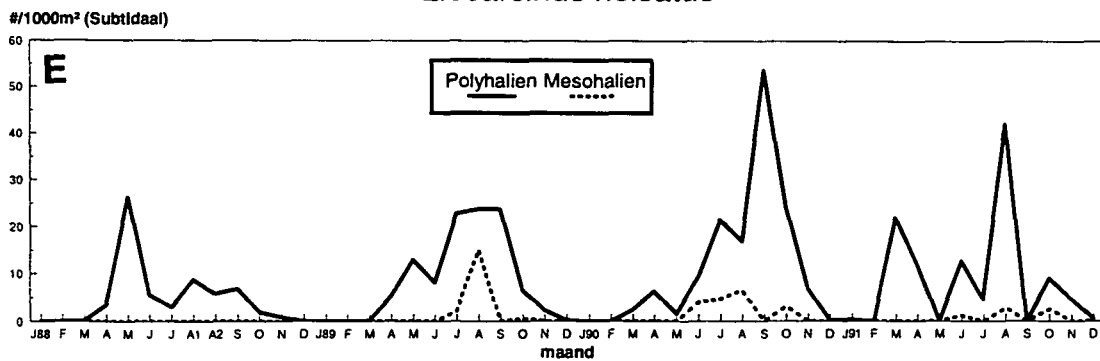


Fig. 3-52. Vroege levensgeschiedenis van strandkrab *Carcinus maenas* (boven) en zwemkrab *Liocarcinus holsatus* (onder) in de Westerschelde.

u. Overige soorten

Er werden in totaal 49 vissoorten gevangen in de verschillende strata van de Westerschelde. Daarvan zijn er 33 vissoorten met een totaal gemiddelde densiteit lager dan 1 ind/1000m². Ze zijn als dusdanig niet echt belangrijk in het estuarium. Anderzijds is het estuarium wel belangrijk voor een aantal van deze soorten, zei het als occasioneel verblijf als juveniel of adult vanuit zee- of zoetwater, of als migratieroute van en naar de zee. Ze worden hier in deze volgorde kort behandeld.

Mariene occasionele soorten

In de periode 1988 - 1992 werden er 14 occasionele soorten genoteerd, waarvan de juvenielen soms vanuit de zee binnenkwamen in het estuarium. Daarvan werden 9 soorten slechts eenmalig gevangen en dit dan vooral in 1990 en 1991. Ze werden uitsluitend gevangen in de polyhaline zone in het najaar en de winterperiode. Een aantal van deze soorten, zoals dwergbolc *Trisopterus minutus*, franse tong *Solea lascaris*, rasterpitvis *Callionymus reticulatus* en groene zeedonderpad *Enophrys bubalis*, verschillen qua morfologie slechts in geringe mate van de meer algemene soorten. De soorten die iets meer voorkomen zijn harnasmannetje *Agonus cataphractus* (december - februari), smelt *Hyperoplus lanceolatus* (juni - september) en vijfdradige meun *Ciliata mustela* (september - november). De eerste twee soorten werden eveneens in het -3m stratum waargenomen.

Naast de 14 juveniele soorten zijn er ook nog 7 occasionele soorten waarvan de oudere individuen soms het estuarium binnentrekken. Ze werden zowel in de vaargeul als op de Platen van Valkenisse genoteerd. Enkel koomaarvis *Atherina presbyter* werd eveneens in de schorkreken waargenomen. De meer 'algemene' soorten zijn hier kabeljauw *Gadus morhua* (september - november) en zeedonderpad *Myoxocephalus scorpius* (februari - maart).

Occasionele brakwatersoorten

Het betreft hier 4 soorten die vooral in brakwater milieus voorkomen, en het estuarium via verbindingskanalen kunnen bereiken. Het zijn driedoornige stekelbaars *Gasterosteus aculeatus* (december - maart), puitaal *Zoarces viviparus* (resident) ansjovis *Engraulis encrasicolus* (september - oktober) en snoekbaars *Stizostedion lucioperca* (juli - september). De eerste en laatste soort werden eveneens in de schorkreken aangetroffen. Snoekbaars werd niet in de vaargeul gevonden.



Occasionele zoetwatersoorten

Het betreft hier 3 soorten die normaal in zoetwater voorkomen, en eerder toevallig in het estuarium werden gevangen. De tiendoornige stekelbaars *Pungitius pungitius* werd enkele keren zowel in de vaargeul als in de schorkreken gevangen, baars *Perca fluviatilis* enkel op de ondiepe zandplaat en alver *Alburnus alburnus* eenmalig in de schorkreek van Saeftinghe.

Catadrome soorten

Dit zijn die soorten die vanuit de rivier wegtrekken om in zee te paaien. Eveneens 3 soorten werden occasioneel gevangen in de Westerschelde. Oudere paling *Anguilla*

anguilla werden in de vaargeul gevangen tussen mei en augustus, de kleine individuen of glasaaltjes werden vooral in het voorjaar gevangen met de hyperbenthische slee en in de schorkreken in de mesohaliene zone.

Daarnaast werden nog 2 hardersoorten gevangen. In de schorkreken kwam dunlipharder *Liza ramada* voor in het voorjaar, en diklipharder *Chelon labrosus* in het najaar. In de mesohaliene zone van het -10m stratum werden de harders vooral in het najaar gevangen. Vermoedelijk betreft het hier diklipharders. Het zijn echter pelagische soorten die zeker veel abundanter aanwezig zijn in de schorgebieden, doch niet efficiënt werden bemonsterd met de gebruikte staalnametechnieken.

Anadrome soorten

Slechts 2 soorten werden gevangen op hun migratieroute naar het zoetwater toe, nl. fint *Alosa fallax* en rivierprik *Lampetra fluviatilis*. Vooral na 1990 werd de rivierprik belangrijker tussen mei en juli in de vaargeul.

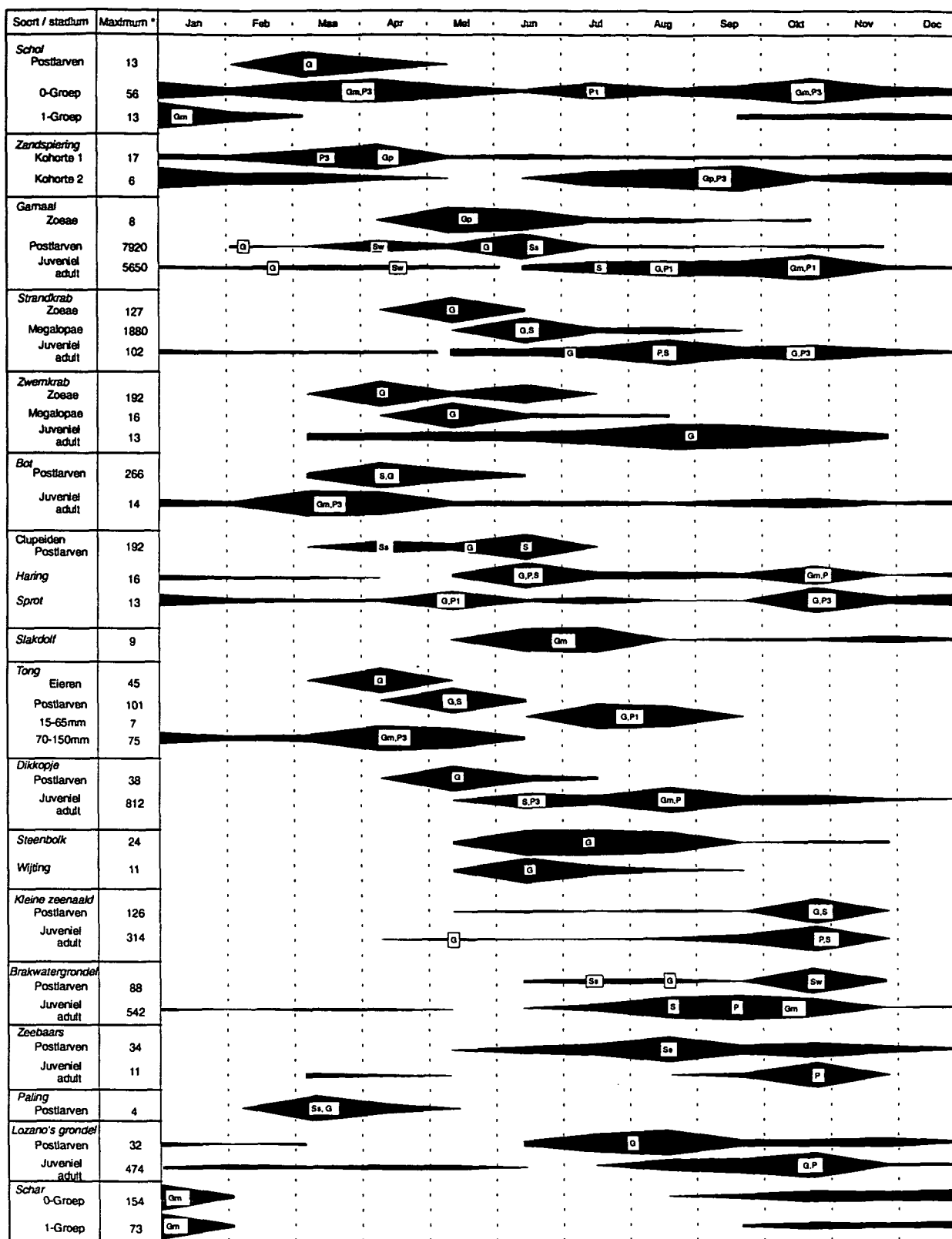
3.2.3. Samenvattende bespreking

De verschillende staalnametechnieken kunnen grotendeels de diskripties in densiteiten verklaren, wat het soms moeilijk maakt om de densiteiten in de verschillende strata met elkaar te vergelijken. Toch kan gesteld worden dat naast de grijze garnaal, de strandkrab en - in mindere mate - de zwemkrab, slechts 14 vissoorten 'algemeen' zijn in de Westerschelde. Het betreft hier dus 4 soorten platvissen, 3 grondels, 2 clupeiden, 2 gadiden en 4 soorten die tot andere families behoren. Ook in andere Europese estuaria domineren een beperkt aantal soorten de epibenthische gemeenschappen. Bovendien is het duidelijk dat de meeste van deze soorten de hoogste densiteiten vertonen in de mesohaliene zone, grosso modo te situeren tussen Hansweert en Bath.

In hetgeen volgt wordt een samenvatting gegeven van de seizoensale veranderingen per maand in de epibenthische soorten van de Westerschelde (Fig. 3-53). Reeds in **februari** worden de eerste postlarvale scholletjes gevangen in de geulen, gevolgd door de kleinste juvenielen in maart - april in de mesohaliene zone. In **maart** wordt een eerste golf van juveniele zandspieringen genoteerd in de polyhaliene geul en in het - 3m stratum. Eveneens in maart worden de eerste zoeae larven van de zwemkrab gevangen in de vaargeul.

De zoea larven van grijze garnaal en strandkrab verschijnen in de polyhaliene zone in **april - mei**, onmiddellijk gevolgd door de zeer hoge aantallen aan postlarvale garnalen en megalopae van de strandkrabben in de geulen en in de schorkreken. Ook postlarvale botjes en clupeide larven migreren in april vanuit zee naar deze beide strata. Uit de viseieren die in april in de polyhaliene zone worden gevonden, ontluiten postlarvale tongetjes. Tussen april en oktober zorgen de postlarvale garnalen in de schorkreken voor een continue aangroei van de juveniele populatie in de geulen en op de platen.

In **mei** migreren de postlarvale dikkopjes naar de mesohaliene zone. Ondertussen trekken de juveniele steenbolken en wijtingen de geulen binnen. In mei worden de kleinste juveniele sprotjes vooral in het -1m stratum genoteerd. De postlarvale tongetjes bereiken een piekdensiteit in de geulen en schorkreken en de megalopae van zwemkrab enkel in de geulen.



* (de grootste breedte komt telkens overeen met de aangegeven maximum densiteit (in #/1000m², gemiddeld per maand over alle data (1988-1992) en alle strata))

Fig. 3-53. Samenvattend schema van het voorkomen van de belangrijkste epibenthische soorten (en levensstadia) in de Westerschelde: geul (G) mesohalien (Gm) en polyhalien (Gp), plaat (P) -3m stratum (P3) en -1m stratum (P1), schorkreek (S) van Saeftinghe (Ss) en Waarde (Sw).

Pas in **juni** worden de kleinste juveniele haringen gevangen in de schorkreken. Ondertussen zijn in juni de kleinste zeenaalden in de mesohaliene zone 'vrijgelaten' uit de broedbuidel van de mannetjes, en vertonen de juveniele 'bimodale' soorten zoals slakdolf en haring een eerste densiteitspiek in de geulen. De eerste postlarvale brakwatergrondels en zeebaarzen worden in de schorkreken genoteerd. De postlarvale gamalen en de megalopae van de strandkrab bereiken er een maximumdensiteit. Eveneens in juni bereiken de wijtingen een maximale densiteit in de vaargeul, en de migrerende oudere katadrome palingen en anadrome rivierprikken wordenesignaleerd in de geulen. De juveniele tongen (lengteklasse 15-65 mm) verschijnen in het -10m stratum.

Vanaf **juni - juli** worden de eerste postlarven van lozano's grondel gevangen in de geulen. De juveniele strandkrabben en de juveniele gamalen bereiken hoge densiteiten, respectievelijk in het subtidaal en in de schorkreken. De densiteit aan jonge scholletjes is maximaal in het -1m stratum, en steenbolken bereiken een maximum in het subtidaal. Er wordt een nieuwe golf aan juveniele zandspierungen genoteerd in het -10m en -3m stratum. De 0-groep van tong bereikt ondertussen maximum densiteiten in de geul en het -1m stratum.

Juveniele scharren worden vanaf **augustus** en enkel in het mesohaliene subtidaal gevangen. In deze zomermaand wordt een maximale densiteit genoteerd voor de dikkopjes in de mesohaliene zone, de brakwatergrondels en zeebaarzen in de schorkreken, de zwemkrabben in de geulen en de strandkrabben in het intertidaal. De postlarvale lozano's grondels zijn maximaal aanwezig in de geulen.

In **september** zijn de brakwatergrondels maximaal op de platen, daarna migreren ze naar de dieper gelegen geulen in het mesohalien, terwijl de wijtingen migreren naar zee. In deze periode verschijnt de 1-groep van schol opnieuw in het estuarium. In **oktober** zijn verschillende lengtekohortes van de zeenaalden maximaal aanwezig in het intertidaal en de juveniele zeebaarzen enkel op de platen. De 0-groep van schol en de gamalen en lozano's grondels vertonen maximum densiteiten in de mesohaliene zone. De verschillende lengteklassen van bot vertonen hier een iets hogere densiteit. De tweede golf van sprot en haring is eveneens maximaal vertegenwoordigd in het mesohalien.

Na oktober emigreren de zeebaarzen en steenbolken naar zee. Tussen **november** en **december** bereikt een tweede golf van grotere slakdolfen een maximum in de mesohaliene zone. In de wintermaand **januari** bereiken 1-groep schol in de mesohaliene zone en zandspierung in de polyhaliene zone een maximum.

Rond **februari - maart** migreren beide kohortes van schar en van schol naar zee. In maart vertonen verschillende lengteklassen van bot een maximum in de mesohaliene zone. In **april** bereikt de 1-groep van tong hier een maximale densiteit en vertonen de 1-jarige lozano's grondels een klein piekje in de polyhaliene zone. In april zijn eveneens de sprotten en haringen geëmigreerd naar dieper water. In **mei** verdwijnen de zandspierungen en vertonen de adulte zeenaalden een maximum in de geulen, waarna ze net als de 1-jarige tongen en lozano's grondels in **juni** verdwijnen.

In de korte periodes dat de verschillende soorten aanwezig zijn vertonen ze hoge groeisnelheden. Oudere individuen worden slechts zelden waargenomen in de Westerschelde. Het betreft meestal individuen van mariene soorten die eerder toevallig in de Westerschelde terecht zijn gekomen. Samenvattend zijn de maanden (maart) april - juni vooral belangrijk voor de kleinste (postlarvale) stadia. Voor de juveniele stadia zijn de maanden juni - augustus belangrijk voor de meeste soorten in het subtidaal, de maanden september - november in alle strata, en december - januari voor de plavissen in het subtidaal.

3.3. DE VITALE FUNKTIES VAN DE WESTERSCHELDE VOOR VISSEN EN GARNALEN

3.3.1. Algemeen

In recente studies is de rol van estuaria voor de demersale vispopulaties betrekkelijk goed onderzocht (Haedrich 1983, Elliott & Dewailly 1995). Nochtans vormen de ongewervelde soorten, nl. de garnalen, krabben (en zeesterren), de dominante komponent van epibenthische gemeenschappen in estuaria (80% garnalen) en in ondiepe kustgebieden (50% zeesterren, 30% garnalen) (Hamertynck *et al.* 1993a). Bij een bespreking van de vitale functies van een estuarium, moeten ze bijgevolg zeker in rekening worden gebracht.

Een indeling van 49 gevangen vissoorten en de 3 ongewervelde soorten volgens de klassificatie van Elliott & Dewailly (1995) wordt gegeven in Tabel 3-5.

Tabel 3-5. Klassifikatie van het epibenthos in de Westerschelde a.d.h.v. Elliott & Dewailly (1995). Voor meer uitleg wat betreft de codes wordt verwezen naar de tekst in Materiaal en Methoden (p 16).

Soort	Ekologische guilde	Vert. distributie guilde	Substraat guilde	Voedings guilde	Voorplantings guilde	Densiteits klasse (*)
<i>Pomatoschistus minutus</i>	ER	B	S	I	Ob	100-10
<i>Pomatoschistus microps</i>	ER	B	S	I	Ob	10-1
<i>Syngnathus rostellatus</i>	ER	B	S,V	I	Oa	10-1
<i>Ammodytes tobianus</i>	ER	B	S	P	Ob	10-1
<i>Pleuronectes flesus</i>	ER	B	F	LF	Op	10-1
<i>Agonus cataphractus</i>	ER	B	F	I	Ov	10-1
<i>Liparis liparis</i>	ER	B	M	LF	Ov	1-0.1
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	ER	B	F,V	LF	Og	1-0.1
<i>Zoarces viviparus</i>	ER	B	M,V	I	V	0.1-0.01
<i>Syngnathus acus</i>	ER	B	M	LF	Oa	0.1-0.01
<i>Aphia minuta</i>	ER	P	I	P	Oa	0.1-0.01
<i>Pholis gunnellus</i>	ER	B	M,V	I	Og	
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	MJ (*)	B	S	I	Ob	>100
<i>Limanda limanda</i>	MJ	B	S	LF	Ob	100-10
<i>Solea solea</i>	MJ	B	F	I	Op	100-10
<i>Pleuronectes platessa</i>	MJ	B	F	I	Op	100-10
<i>Clupea harengus</i>	MJ	P	I	LF	Ob	10-1
<i>Trisopterus luscus</i>	MJ	D	M	LF	Ob	10-1
<i>Merlangius merlangus</i>	MJ	D	F	LF	Ob	10-1
<i>Gadus morhua</i>	MJ	D	F	LF	Op	1-0.1
<i>Trigla lucerna</i>	MJ	D	F	LF	Ob	0.1-0.01
<i>Dicentrarchus labrax</i>	MJ	D	M	LF	Op	0.1-0.01
<i>Scophthalmus rhombus</i>	MJ	B	F	LF	Ob	0.1-0.01
<i>Atherina presbyter</i>	MJ	P	I	LF	Ov	0.1-0.01
<i>Sprattus sprattus</i>	MS	P	I	P	Op	100-10
<i>Gillettea mustela</i>	MS	B	M,I	F	Op	1-0.1
<i>Engraulis encrasicolus</i>	MS	P	I	P	Op	0.1-0.01
<i>Balanus balanoides</i>	MS	P	I	LF	Ov	
<i>Chelon labrosus</i>	MS	D	R,V	P,I,D	Op	
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	MA	B	S	P,F	Ob	1-0.1
<i>Trachurus trachurus</i>	MA	D	S	LF	Op	0.1-0.01
<i>Buglossidium luteum</i>	MA	B	S	I	Op	<0.01
<i>Pomatoschistus pictus</i>	MA	B	S	I	Ob	<0.01
<i>Solea lascaris</i>	MA	D	F	I	Op	<0.01
<i>Trisopterus minutus</i>	MA	D	R	LF	Ob	
<i>Enoplosus armatus</i>	MA	B	R,V	LF	Ov	
<i>Echichthys vipera</i>	MA	B	F	LF	Op	
<i>Parablennius gattorugine</i>	MA	B	R,V	LV	Og	
<i>Callionymus reticulatus</i>	MA	B	S	I	Op	
<i>Anguilla anguilla</i>	CA	B	F	P,I,J,F	Op	1-0.1
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	CA	P	I	LF	Og	1-0.1
<i>Alosa fallax</i>	CA	P	I	P,F	Ob	0.1-0.01
<i>Lampetra fluviatilis</i>	CA	B	F	F	Oa	0.1-0.01
<i>Mugilidae Species</i>	MS,CA					0.1-0.01
<i>Liza ramada</i>	CA	P	I	P,I,D,V	Op	
<i>Pungitius pungitius</i>	FW	P	I	I	Og	0.1-0.01
<i>Stizostedion lucioperca</i>	FW	D	R	LF	Ob	
<i>Alburnus alburnus</i>	FW	P	I	I,J,F	Ov	
<i>Perca fluviatilis</i>	FW	P	I	P,I,F	Ov	
<i>Crangon crangon</i>						>100
<i>Carcinus maenas</i>						100-10
<i>Uca carolinensis</i>						100-10

* (densiteitsklassen a.d.h.v. totaal gemiddelde densiteit in 1968-1969, zie luk 1)

* (P. lozanoi werd bij Elliott & Dewailly (1995) ingedeeld bij MA)

3.3.2. De kinderkamerfunctie van de Westerschelde

De kinderkamerfunctie omvat eigenlijk 3 onderdelen, nl. een aanvoerfunctie van eieren en larven, naast een beschermings- en eetkamerfunctie voor postlarven en juvenielen.

a. Aanvoerfunctie

Hierbij moet gedacht worden aan het feit dat de eieren en/of de larvale stadia van de meest voorkomende soorten op de één of andere manier terecht moeten komen in het estuarium. Met andere woorden: hoe worden de verschillende soorten getransporteerd van hun kraamkamer (of de plaats waar de eieren afgezet worden) naar het estuarium, en vooral vanaf welk levensstadium worden ze aangetroffen in de diverse dieptestrata of zones van het estuarium.

Volgens de hierboven vermelde indeling werden er in de Westerschelde 12 estuariene residente (ER) vissoorten gevangen, maar slechts voor 6 van deze soorten is de Westerschelde belangrijk (Tabel 3-5). Gezien de residente soorten zich voortplanten in het estuarium, vormt de Westerschelde zelf een essentiële kraamkamer voor deze brakwaterendemen. Hoewel de soort hier niet wordt behandeld, is het wel interessant om de kraamkamerfunctie van de schorkreken voor bvb. de steurgarnaal *Palaemon varians* te onderstrepen.

Toch werden slechts zelden eieren waargenomen in de Westerschelde, wat vooral te wijten is aan het type eieren dat geproduceerd wordt en aan de gebruikte bemonsteringstechnieken. Een aantal residente soorten produceren namelijk benthische eieren of vertonen één of andere vorm van broedzorg waardoor de larven beter in het estuarium kunnen worden gehouden. Daarentegen werden de (post)larvale stadia van de 6 abundante residente soorten, naast deze van 5 abundante mariene migranten (MJ, MS) en deze van de garnalen en krabben, in vrij hoge densiteiten gevangen. Voor deze soorten heeft de Westerschelde, en vooral de ondiepe schorkreken en de geulen, dus een belangrijke aanvoerfunctie.

Van de 14 meest voorkomende soorten dragen de garnalen en de krabben hun eieren mee op het lichaam (O_s). De zoeae van garnalen en zwemkrabben verschijnen ten vroegste in april in de polyhaline zone, deze van strandkrab in mei. Daaropvolgend werden de megalopae van vooral strandkrab en de postlarven van garnaal in hoge aantallen gevangen, zowel in de geulen als in de schorkreken. De habitat selectie bij de larvale stadia van crustaceën is een actief proces, eerder dan een gevolg van passieve accumulatie of habitat-afhankelijke mortaliteit (Bell & Westoby 1986, Boddeke 1982). Megalopae van de strandkrab vestigen zich voornamelijk in slibrijke gebieden en in mosselbanken, waardoor ze makkelijker kunnen ontsnappen aan predatoren (Klein Breteler 1976).

De kleine zeenaald vertoont eveneens broedzorg (O_s), waarbij de adulte mannetjes de eieren en 'postlarven' meedragen in een soort broedbuidel. De kleinste individuen rekruteren tot de subtidale populatie rond juni-juli vanaf een lengte van 15 mm.

Vijf soorten, nl. de 3 grondelsoorten, haring en zandspiering, produceren benthische eieren (O_b). Vier soorten, nl. schol, tong, bot en sprot, produceren pelagische eieren (O_p). Slakdolf zet de eieren af boven de vegetatie (O_v). De kleinste individuen van de zandspiering zijn reeds 40 mm groot wanneer ze voor het eerst gevangen worden in de vaargeul. De voortplantingsperiode van de endemische brakwatergrondel loopt van juni tot september (Rogers 1989). Dit uitte zich in twee broedgolven in juli en oktober in de schorkreken.

In de vaargeul werden enkel in april in de polyhaline zone viseieren gevangen met een gemiddelde densiteit van 260 stuks per 1000m² (Mees *et al.* 1993b). Het is niet volledig duidelijk van welke soort deze eieren afkomstig zijn. De postlarvale botjes en de

clupeidelarven werden reeds in april waargenomen zowel in de geulen als in de schorkreken. De postlarvale scholletjes werden al in februari gevangen in de geulen. Bovendien is het intrekmechanisme van postlarvale schol vanuit de zuidelijke Noordzee populaties gedetailleerd beschreven (cfr. Creutzberg *et al.* 1978). De residente dikkopjes zetten hun benthische eieren af in de Westerschelde, terwijl de kleinste postlarven van lozano's grondel pas in juli werden gevangen in de vaargeul. Hoogstwaarschijnlijk zijn de viseieren afkomstig van tong, een soort die als postlarve in de geulen verschijnt rond mei, bij een lengte van 2 mm. De pelagische tongeieren werden geproduceerd in het ondiepe paaigebied net buiten de Westerschelde (de Veen *et al.* 1979).

b. Beschermingsfunctie

Slechts 8 van de 49 vissoorten werden uitsluitend door oudere individuen vertegenwoordigd. Van alle andere soorten werden grotendeels juvenielen gevangen die tot de 0-groep van de populaties behoren (Tabel 3-3). In eerste instantie zullen de postlarvale en juveniele stadia in het estuarium bescherming zoeken tegen predatoren. De habitat preferenties en de factoren die de beschermingsfunctie van een kinderkamer karakteriseren, worden in de volgende twee paragrafen uitgelegd. Hierbij wordt enerzijds gekeken naar het voorkomen van verschillende soorten in de mesohaliene zone van de Westerschelde, anderzijds wordt een vergelijking gemaakt met aangrenzende gebieden.

De mesohaliene zone

De mesohaliene zone wordt gekenmerkt door een hogere turbiditeit en de aanwezigheid van grote intergetijdengebieden, zoals de Platen van Valkenisse en het Schor van Saeftinghe. De geulen en de platen zijn overwegend zandige gebieden met een laag percentage slib, in de kleinere schorkreken bestaat de bodem overwegend uit slib. De meeste soorten in een estuarium vertonen weinig voorkeur voor een specifiek bodemtype (V), zolang het maar een zachte bodem (S,F) blijft (Elliott & Dewailly 1995).

Tussen april en juli, maar zelfs tot in oktober, zorgen de zeer hoge aantallen postlarvale gamalen in de schorkreken voor een continue aangroei van de juveniele populatie die zich vooral in het estuarium zelf ophoudt. De schorkreken bieden duidelijk bescherming aan de postlarvale gamalen, gezien tijdens de meeste maanden de abundantie van de potentiële predatoren vrij laag was in deze gebieden. Bovendien bleef tijdens laagwater een groot aantal postlarven achter in de ondiepe poeltjes in de schorkreek (Cattrijsse 1994).

De belangrijkste estuariene soorten vertonen een benthische (B) of demersale (D) levenswijze (Wootton 1992). Voor de juvenielen van de meeste abundante soorten werden de hoogste densiteiten genoteerd in de mesohaliene zone, met uitzondering van zandspiering, wijting en zwemkrab. De occasionele mariene migranten (MA) zijn niet bestand tegen lage saliniteiten, en blijven bijgevolg eerder in de polyhaliene zone. De soorten met een benthische levenswijze hebben evolutieve adaptaties ondergaan zoals de typische vorm van de platvissen, de 'zuignap' bij slakdolf en grondels, of het ontbreken van een zwemblaas bij zeenaalden en platvissen, om op de bodem te kunnen blijven. Deze adaptaties stellen de juveniele stadia in staat om de mesohaliene kondities in turbiditeit, saliniteit en temperatuur te trotseren waardoor ze het gebied extra kunnen exploiteren. In de mesohaliene gebieden zijn ze beschermd tegen predatoren, die minder aangepast zijn aan de seizoensale veranderingen in het milieu (Potter *et al.* 1986).

De soorten die een meer demersale (gadiden) of semipelagische (clupeiden) levenswijze vertonen, zijn eerder gestroomlijnd en daardoor beter aangepast aan snelle ontsnappingen in open water. Zij kunnen zich gemakkelijker verplaatsen langsheen de saliniteitsgradient, en worden daardoor ook in iets hogere aantallen in de polyhaliene zone gevonden. Toch zullen de juvenielen van deze soorten in de turbide mesohaliene zone

bescherming vinden, doordat ze minder zichtbaar zijn voor grotere visuele predatoren (cfr. Blaber & Blaber 1980).

Vorige paragrafen hebben duidelijk de beschermingsfunctie van de Westerschelde aangetoond. Hierna wordt aangegeven wanneer en in welk stratum bepaalde soorten van deze 'bescherming' genieten. Als alle soorten tesamen worden genomen, dan kan gesteld worden dat gedurende het hele jaar hoge densiteiten aan juvenielen worden gevangen. Voor soorten zoals de brakwatergrondel en de zeebaars zijn vooral de ondiepe schorkreken en zandplaten belangrijk. In de geulen zijn soorten zoals steenbolk en wijting vooral in het voorjaar belangrijk. De meeste soorten verschijnen echter in juni - juli en verdwijnen of verminderen in aantallen in het late najaar zoals dikkopje, grijze garnaal en kleine zeenaald, of in het vroege voorjaar zoals schol en haring. Nog andere soorten, zoals tong en schaar, verschijnen in de late zomer en verdwijnen pas in de zeer vroege lente. Gewoonlijk blijven de densiteiten hoog gedurende een aantal maanden, gevolgd door een geleidelijke afname in aantallen tengevolge van natuurlijke mortaliteit of door emigratie naar andere gebieden. Grondels bvb. hebben slechts een korte levensduur van 16 à 18 maanden. Van soorten zoals de platvissen komt de 1-groep nog wel terug in het estuarium, zij het in kleinere aantallen. De meeste andere soorten blijven echter in zee.

Wat het uiteindelijke belang is van de Westerschelde voor de Noordzee populaties is niet eenduidig in te schatten op basis van de standing stock of biomassagegevens. Op basis van de verzamelde gegevens over densiteit, groei en konsumptie in de verschillende strata, in combinatie met een bijkomend eenvoudig staalnameschema gedurende één of meerdere seizoenen in de diverse strata, zouden minimum en maximum produktieschattingen kunnen worden gemaakt voor de juveniele commerciële vissoorten en gamalen. Een vergelijking met densiteitsgegevens uit de aanpalende ondiepe gebieden, kan enigszins het relatieve belang van de Westerschelde onderstrepen.

Vergelijking Westerschelde met Voordelta en Oosterschelde

Hamerlynck *et al.* (1993a) publiceerden de resultaten van een studie, waarbij in 1989 deze drie gebieden op een uniforme wijze werden bemonsterd. De Voordelta is het ondiepe kustgebied gevormd door de buitengaatse delta's van Oosterschelde, Grevelingen en Haringvliet. Enkel de delta's van de eerste twee gebieden worden hier beschouwd. De Oosterschelde kan min of meer aanzien worden als een mariene baai. De gemeenschappen van de Westerschelde waren naast de turbiditeit gekorreleerd met een hogere hyperbenthische biomassa.

Een eerste belangrijk resultaat was dat de soortenrijkdom in de Westerschelde veel lager was dan in de Oosterschelde en de Voordelta. Op het eerste zicht lijkt dit logisch gezien slechts een beperkt aantal soorten kunnen weerstaan aan de harde kondities van een estuarium. De Westerschelde wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de brakwaterendemen, terwijl de meer mariene soorten ontbreken.

Voor enkele soorten, waarvoor de Westerschelde geen 'bescherming' meer kan bieden, zijn echter andere factoren belangrijk. Er werden bijvoorbeeld geen zeesterren *Asterias rubens* gevonden in de Westerschelde, alhoewel deze soort vroeger algemeen voorkwam in het estuarium (van Eck *et al.* 1991). Bij een experimentele opzet lagen de gehalten aan PCB's en cadmium in de zeesterren die in de Westerschelde werden 'geplaatst', tot zes maal hoger dan de gehalten in de zeesterren van de Oosterschelde, wat te wijten is aan de zware industriële vervuiling in het estuarium. PCB's en cadmium zijn stoffen die de reproductie bij de zeesterren afremmen (Den Besten 1991), wat verklaart waarom de zeesterren verdwenen zijn uit de Westerschelde.

Ook voor de puitaal is de beschermende kinderkamerfunctie van de Westerschelde momenteel te verwaarlozen. Deze estuarien residente soort komt nochtans algemeen voor in de engelse estuaria de Tyne en de Forth (Pomfret *et al.* 1991). Voor puitaal zijn het vooral de broedsels die niet kunnen overleven bij hoge concentraties aan

kwik (Jacobsson *et al.* 1986). Hoewel de kwikgehalten in het opgeloste partikulair materiaal sterk zijn afgenomen in de laatste jaren, liggen de concentraties in het sediment nog steeds vier tot twintig maal hoger dan de achtergrondwaarden in de Noordzee (Van Eck *et al.* 1991).

Toch is de Westerschelde nog steeds belangrijk in vergelijking met de aanpalende kustgebieden. Indien de zeesterren buiten beschouwing worden gelaten, dan zijn de densiteiten voor de volledige epibenthische gemeenschappen in de Westerschelde en de Voordelta hoger dan in de Oosterschelde. Het betreft vooral de densiteiten aan grijze garnaal, die in het mesohaliene deel van de Westerschelde slechts een weinig lager liggen dan in de rijkste gemeenschap in de buitendelta van de Grevelingen (gemiddeld 2500 t.o.v. 3070 ind/1000m²). Ook de gegevens uit de DYFS tonen hetzelfde patroon in de drie gebieden (Daan 1995). Bovendien laten deze gegevens zien dat voor de grijze garnaal de densiteiten in het mesohaliene deel van de Westerschelde ná 1991 vergelijkbare hoge waarden als in 1988 vertoonden. In de gegevens die in het huidig rapport worden voorgesteld, was de jaarlijkse variabiliteit in het subtidaal van de Westerschelde veel minder uitgesproken.

Voor de vissen waren de inshore gebieden van de Voordelta en de Oosterschelde iets rijker dan de Westerschelde gemeenschappen. Ter hoogte van de Oosterschelde komt schol iets meer voor, terwijl ter hoogte van de Grevelingen haring, sprat, wijting, schar, dikkopje en zwemkrab hogere densiteiten vertoonden in de kustzone. In het Forth estuarium lagen de maximale densiteiten voor wijting en haringachtigen eveneens veel hoger dan in de Westerschelde, terwijl voor schar en schol de densiteiten er lager waren (Elliott *et al.* 1990). In vergelijking met de gegevens uit DYFS lagen de gemiddelde densiteiten voor de belangrijkste soorten in de periode 1988 - 1991 veel hoger dan in de periode 1969 - 1978 (de Veen *et al.* 1979).

c. Eetkamerfunctie

De beschermingsfunctie die de Westerschelde vervult voor zowel postlarven als juvenielen, kan niet los gezien worden van de rol die het estuarium heeft als eetkamer. Het ligt zeker niet in de bedoeling van dit rapport een volledig overzicht te geven van de kwalitatieve en kwantitatieve prooisamenstellingen van de verschillende soorten in de diverse strata van de Westerschelde. Er wordt enkel ingegaan op de drijvende krachten, en de ermee gepaard gaande verschillen in de verschillende strata.

Gebaseerd op een vergelijking tussen verschillende ecosysteem componenten, kwamen Hamerlynck *et al.* (1993b) tot de konklusie dat in de Westerschelde twee rijke gemeenschappen gescheiden worden door een armere, doch nutriëntenrijke zone. Deze twee gemeenschappen zouden dan een reflectie zijn van de twee voedselketens in het systeem, die gedefinieerd werden door Hummel *et al.* (1988). De polyhaliene zone wordt gekenmerkt door een typische kustwaterfauna met een grote soortenrijkdom in zowel het plankton als in het benthos, en steunt volledig op een lokale primaire produktie van het fytoplankton en fytobenthos. Het voedselweb in de mesohaliene zone daarentegen is kenmerkend heterotroof, wat betekent dat het organisch materiaal (of detritus) vooral vanuit de rivieren geïmporteerd wordt in het systeem (zie verder).

In hoeverre deze twee voedselketens gereflekteerd worden in de prooispektra van de juveniele vissen en garnalen, is momenteel niet duidelijk. Er kan wel gesteld worden dat detritus (en de ermee samenhangende bacteriën) een belangrijke energiebron zijn voor tal van organismen, die op hun beurt als voedsel dienen voor de juveniele vissen en garnalen. De concentraties aan opgelost en partikulair organisch materiaal (DOC en POC) zijn het hoogst in de mesohaliene zone (Soetaert & van Rijswijk 1993). Recent onderzoek bevestigt dat o.a. de zeer abundante copepoden (Tackx *et al.* 1995) en aasgarnalen (Fockedeij & Mees ingediend, Mees *et al.* 1993a) in de mesohaliene zone ten dele direkte grazers zijn op het detritus. Ook de verschillende types macrobenthos (vooral 'deposit'

feeders), die zeer abundant zijn op de ondiepe zandplaten (Ysebaert *et al.* 1993) en in de schorkreken (Cattrijsse 1994), kunnen profiteren van de hoge concentraties aan detritus.

Het enorme voedselaanbod leidt tot een hogere draagkracht, wat de hoge densiteiten voor een verscheidenheid aan soorten in de mesohaliene zone kan verklaren. In het Loire estuarium waren de meeste vissen gekoncentreerd in zones met een hoog voedselaanbod (Marchand 1993). Bovendien heeft het energierijke voedsel een positieve weerslag op de groei, zodat de juvenielen van alle soorten zeker gedurende de eerste maanden, een snelle lengtetoename kennen. Een paar voorbeelden: tussen april en juli groeit de 0-groep van schol in het -3m stratum van de Platen van Valkenisse van 25 naar 75 mm standaardlengte (Sas 1993). In de vaargeul groeien de dikkopjes van 25 naar 65 mm SL in 5 maanden, en de haringen van 50 naar 100 mm totale lengte in 3 maanden.

Het prooiaanbod en de groeisnelheden bevestigen de eetkamerfunctie van de mesohaliene zone in de Westerschelde voor de vissen. De polyhaliene intergetijden-gebieden bevatten hoge densiteiten aan mollusken, die o.a. als voedsel dienen voor de foeragerende vogels in dit gebied (Ysebaert *et al.* 1993). Gezien de vissoorten doorheen de verschillende levensstadia diverse voedingspatronen vertonen, is de indeling in voedingsgilden volgens Elliott & Dewailly (1995) moeilijk te hanteren. De juvenielen van de meeste soorten zijn in die mate opportunistisch dat ze gemakkelijk kunnen overschakelen van de ene naar de andere voedingsgild. Toch kunnen de vissoorten grosso modo ingedeeld worden in een groep die in de geulen foerageert, en een groep die met hoogwater de intergetijden-gebieden opzweemt om er gedurende een korte periode te foerageren. Hierbij dient men natuurlijk rekening te houden met diurnale, (semi)lunaire en seizoensale verschillen.

De eerste 'subtidale' groep profiteert vooral van de hoge densiteiten aan copepoden (P) en aasgarnalen (IS), naast de aanwezigheid van kleine garnalen en vissen (I,F). Hiertoe behoren o.a. de gadiden, clupeiden en zeenaalden (Puturuhi 1994, Hostens unpubl.data). De tweede 'intertidale' groep foerageert op macrobenthische, hyperbenthische en kleinere epibenthische (CS) prooien. Hiertoe behoren vooral de platvissen zoals schol (Sas 1993), bot en tong (Hostens, unpubl.data) op de mesohaliene zandplaten, en de brakwatergrondels en zeebaarzen (Cattrijsse 1994) in de schorkreken. De juveniele garnalen (o.a. Dankwa 1993), grondels (o.a. Verbeke 1994) en strandkrabben foerageren vermoedelijk in de verschillende strata, en kunnen als dusdanig bij beide groepen ingedeeld worden.

3.3.3. De doortrekfunctie van de Westerschelde

Een tweede functie die de Westerschelde zou moeten vervullen is de rol als migratieroute voor de diadrome vissoorten. Verschillende studies stellen dat het estuariene milieu belangrijk is voor anadrome vissoorten (o.a. Morin *et al.* 1992). Bovendien zou de doortrekfunctie in de Westerschelde normaal zeer belangrijk moeten zijn, gezien de Westerschelde na de zogenaamde deltawerken als enig estuarium overbleef in het Nederlandse Deltagebied. Volgende paragrafen maken duidelijk dat het niet zo is.

In een 'gezond' estuarium moet de soortenrijkdom normaal terug stijgen in de oligohaliene zone, doordat een aantal soorten vanuit het zoete water erbij kunnen komen (Peterson & Ross 1991). Helaas vormen de zware organische belasting en andere menselijke ingrepen (zoals sluizen in de bovenlopen van de rivieren), een fysische barrière waardoor de diadrome soorten (en de zoetwatersoorten) sterk afgenomen of verdwenen zijn uit de Westerschelde. Volgens de indeling van Elliott & Dewailly (1995) werden in de verschillende strata tezamen slechts 3 anadrome (CA), 3 catadrome (CA) en 4 zoetwatersoorten (FW) genoteerd, eenmalig of in zeer lage aantallen.

De Westerschelde voldoet dus zeker niet (meer) aan de normen om als doortrekroute te fungeren. Een aantal aspecten omtrent het verlies van de doortrekfunctie in de

Westerschelde kunnen worden beschreven a.d.h.v. een vergelijking met andere estuaria en met historische gegevens.

a. Vergelijking Westerschelde met andere Europese estuaria

Stroomopwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens wordt de fotosynthese beperkt door de hoge turbiditeit van het systeem, en zorgt de hoge bacteriële activiteit ervoor dat het zuurstofgehalte in deze zone meestal onderverzadigd is. De zware organische belasting leidt dus tot zuurstofdepletie, waardoor slechts weinig organismen kunnen overleven in de oligohaliene zone.

In augustus 1991 werden het hyperbenthos bemonsterd in drie Europese estuaria, die een vergelijkbaar hydrologisch regime hebben, maar met een verschillende graad van vervuiling (Mees *et al.* 1995). In de "gezonde" estuaria zoals de Eems (Nederland / Duitsland) en de Gironde (Frankrijk) ligt de meest produktieve zone voor het hyperbenthos tussen saliniteiten van 1 en 5 psu. In deze zone werden ook de hoogste densiteiten aan postlarvale en juveniele vissen en garnalen aangetroffen. Postlarvale clupeiden bvb. werden het meest gevangen in de Eems (max. 84 ind/1000m²). In de Gironde bereikten de juveniele zeenaalden een maximum piek van 260 ind/1000m² bij 0.1 psu. Het dikkopje vertoonde in de drie estuaria vergelijkbare densiteiten, alleen lagen de maxima in de Eems en de Gironde bij veel lagere saliniteitswaarden. De brakwatergrondel die in de vaargeul van de Westerschelde bijna niet werd gevangen, bereikte in de Gironde een maximum piek van 6300 ind/1000m² bij 4 psu. De densiteit aan juveniele garnalen nam toe met stijgende breedtegraad en lag ook hier opnieuw in de laagste saliniteitsgrens voor de Eems en de Gironde en bij 10 psu voor de Westerschelde.

In de Westerschelde is zeker de (bijna) afwezigheid van de spiering *Osmerus eperlanus* vermeldenswaard. Dit is een anadrome zalmachtige die zeer gevoelig is aan zuurstofdepletie. In de Eems werd spiering bvb. met 125 ind/1000m² gevangen bij 4 psu. Ook in andere estuaria waar de zuurstofconcentratie voldoende hoog is, komt de spiering algemeen voor (Wharfe *et al.* 1984). Vroeger was dit een algemene soort in de brakke Westerschelde (Meire *et al.* 1995).

Elliott *et al.* (1995) vergeleken de literatuurgegevens over de epibenthische gemeenschappen van 17 Europese estuaria op basis van de verschillende ecotrofische guilds. Binnen de limieten van de verschillende bemonsterings strategieën was er een hoge similariteit tussen de estuaria. Over het algemeen vertoont de Westerschelde het meeste overeenkomst met de Engelse estuaria langsheen de Noordzee. Op basis van de graad van industrialisatie/urbanisatie, kon er geen éénduidig verschil gevonden worden tussen estuaria met een hogere en lagere graad van vervuiling. Anadrome soorten zoals rivierprik en fint zijn echter veel algemener in bvb. de Severn (Claridge *et al.* 1986), en in de Tyne en de Forth estuaria (Pomfret *et al.* 1991). In de Taag (Portugal), waar geen zuurstofloosheid optreedt, worden de jonge botjes nog terug gevonden tot in de zoetwater regio (Costa & Elliott 1991). Recent wordt wel terug een kleine populatie aan juveniele botjes genoteerd ter hoogte van Schellebelle, die waarschijnlijk gedurende de winter-vroege lengte doorheen de 'zuurstofarme' zone kunnen passeren (Van Damme *et al.* 1996). In de vroege zomer kunnen deze juvenielen echter niet meer terugkeren naar de mesohaliene zone, en sterven ze volledig af.

b. Vergelijking Westerschelde "nu" ten opzichte van "vroeger"

Het transport van de diadrome soorten in de Westerschelde kan niet los gezien worden van de migratie doorheen de laagsaliene zones in het estuarium. Tijdens de campagnes in de Westerschelde werden enkele pogingen ondernomen om de visfauna stroomopwaarts van Bath te bemonsteren met een boomkor. Dit is meestal mislukt doordat de netten scheurden tengevolge van de rommel die in deze gebieden achtergelaten werd gedurende

de 'gouden jaren' van de visvangst. Er zijn dus geen boomkorgegevens uit de Zeeschelde voorhanden. De hyperbenthische gegevens uit de Beneden Zeeschelde tonen echter aan dat stroomopwaarts van de Belgisch-Nederlandse geen hyperbenthos meer voorkomt (Mees *et al.* 1993a, 1995).

Verder blijkt uit gegevens die verzameld werden in het koelwater van de kerncentrale van Doel, dat in de Beneden Zeeschelde 13 mariene, 3 diadrome, 9 residente en amper 6 zoetwater soorten werden gevonden (van Damme *et al.* 1994). Van de zoetwatersoorten werden 3 soorten eenmalig genoteerd, 16 soorten zijn gemiddeld met minder dan 0.1 ind/1000m³ vertegenwoordigd. Vooral de anadrome soorten zijn zo goed als afwezig. Enkel de 3 grondelsoorten, de 2 clupeiden en de kleine zeenaalden hebben een gemiddelde densiteit tussen 1 en 10 ind/1000m³. In vergelijking met de mesohaliene zone is dit minimaal. Waarschijnlijk is er ter hoogte van de inzuigplaats van het koelwater in de vaargeul een dusdanige turbulentie, waardoor lokale aeratie voor voldoende zuurstof zorgt in het Schelde water. Daardoor kunnen de enkele vissen, die eventueel via het Albertkanaal of via het zoommeer in de oligohaliene zone terechtgekomen zijn, in de beperkte omgeving rond de kerncentrale van Doel overleven.

In vergelijking met de situatie bij het begin van de industriële revolutie (Poll 1945) is de visfauna van het Scheldebekken sterk verarmd (van Damme *et al.* 1994, van Damme *et al.* 1996). Het totaal aantal vissoorten in het Westerschelde estuarium is in de loop van 50 jaar afgenomen van 67 naar 40 soorten. Het is echter niet altijd duidelijk in welke zone de soorten in de studie van Poll (1945) werden aangetroffen. Er zijn momenteel ook geen gegevens voorhanden over de pelagische soorten, bijvoorbeeld de harders. Een studie in het pelagiaal zou onze kennis van het Westerschelde ecosysteem kunnen vervolledigen.

Het zijn vooral de anadrome en zoetwater soorten die verdwenen zijn. Er moet hierbij wel een onderscheid worden gemaakt tussen soorten die over geheel Noordwest Europa sterk afgenomen of (bijna) uitgestorven zijn, en soorten die vooral uit de Westerschelde quasi verdwenen zijn. Voorbeelden van de eerste groep zijn elft *Alosa alosa*, zeeperk *Petromyzon marinus*, houting *Coregonus oxyrinchus*, zalm *Salmo salar* en steur *Acipenser sturio*. Populatieherstel van deze soorten is enkel te verwachten op lange termijn en met behulp van internationaal gekoördineerde reïntroductie-programma's.

Tot de tweede groep behoren soorten als rivierperk *Lampetra fluviatilis*, fint *Alosa fallax*, smelt *Hyperoplus lanceolatus*, ansjovis *Engraulis encrasicolus*, koornaarvis *Atherina presbyter*, spiering *Osmerus eperlanus*, zeeforel *Salmo trutta* en in mindere mate snoekbaars *Stizostedion lucioperca* en paling *Anguilla anguilla*. Natuurlijk kunnen menselijke konstrukties zoals sluizen, pompgemalen en stuwen, in de bovenlopen van de rivieren een fysische barrière vormen (van Wershoven 1995). Momenteel echter kunnen de lage densiteiten aan anadrome soorten volledig toegeschreven worden aan de lage zuurstofconcentraties stroomopwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens. Deze soorten zouden de Schelde vrij snel kunnen herkoloniseren vanuit naburige systemen (bvb. de Oosterschelde, de Waddenzee, het Zoommeer), mits het Scheldebekken geleidelijk wordt gesaneerd.

3.4. MOGELIJKE BEDREIGINGEN DOOR VERDIEPING VAN DE WESTERSCHELDE

Zoals uit de voorgaande paragrafen blijkt, vervult de Westerschelde nog in grote mate de kinderkamerfunctie, maar is de doortrekfunctie verre van optimaal. Alle geografische veranderingen in het volledige Westerschelde estuarium zullen dus in eerste instantie overschaduwd worden door eventuele veranderingen in de zuurstofhuishouding van het systeem. De verdieping van de drempels in de Westerschelde is op vrij korte termijn gepland (Intven 95). Anderzijds wordt er gestreefd naar het bereiken van de Nederlandse grenswaarden (minimumkwaliteit) voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in het jaar 2000 (Anonymus 1989). Afvalwaterlozingen vanuit de landbouw en de communale zullen aan banden worden gelegd. De geplande waterzuiveringsinstallaties

zullen echter pas tegen 2025 meer dan 90% van het Belgische huishoudelijk rioolwater kunnen zuiveren (i.p.v. 30% in 1994) om dan pas de basiskwaliteit te bereiken (De Pauw & Poelman 1994). Bovendien zullen de microverontreinigingen, gesteld dat er geen ongezuiverde industriële lozingen meer gebeuren, nog decennia lang in de bodem achterblijven (Van Eck *et al.* 1991).

Zolang de zuurstofhuishouding niet drastisch verbetert, zal de oligohaliene zone van het estuarium niet door vissen en garnalen gekoloniseerd worden. Waarschijnlijk zullen door de grotere getijvolumes die na verdieping door het estuarium zullen stromen, de hoge concentraties aan organisch materiaal vlugger uitgespoeld of verdund worden. Hierdoor zou de zuurstofconcentratie iets kunnen verhogen. Dit zal zeker niet voldoende zijn om epibenthisch leven in de oligohaliene zone mogelijk te maken. Een uitbreiding of verplaatsing naar het optimale saliniteitsgebied van een aantal soorten zoals o.a. de brakwatergrondel, is in de eerste decennia nog niet te verwachten. Ook voor de anadrome soorten zitten er niet directe grote veranderingen in. De doortrekfunctie zal dus zeker niet verbeteren.

In de volgende paragrafen wordt bijgevolg enkel onderzocht wat het effect kan zijn van de verdieping in de Westerschelde *sensu strictu*. Naast de waterkwaliteit (zuurstof en microverontreinigingen) is vooral de bodemstructuur van belang voor de kinderkamerfunctie.

Uit de gegevens van luik 2 in dit rapport, kan gesteld worden dat momenteel de maximale draagkracht van de Westerschelde bereikt is, waarbij de verschillende strata in de mesohaliene zone veel belangrijker zijn dan deze in de polyhaliene zone.

Door de verhoogde stroomsnelheden zullen vooral de slikken en schorren in de buitenbochten worden bedreigd door erosie. Van de onderzochte schorren zal het oppervlak van het schor van Waarde iets afnemen aan de westzijde, doordat een vloodschaar verschuift in de richting van het schor (Intven 1995). Vermoedelijk zal ook het noordoostelijk deel van Saeftinghe iets eroderen. In Saeftinghe zijn de schorranden reeds gedeeltelijk 'verdedigd', waardoor de erosie door verdieping beperkt blijft. Het effect van de schorafname op het kreekvolume dat eigenlijk als kinderkamer fungeert, zal waarschijnlijk miniem zijn. We kunnen dus stellen dat de kinderkamerfunctie en meer bepaald de beschermingsfunctie van de schorkreken niet of slechts weinig zal veranderen.

De verdieping van de Westerschelde zal waarschijnlijk gepaard gaan met het ontpolderen van bepaalde gebieden. Enkel in de mesohaliene zone komt de Hedwige polder in aanmerking voor ontpoldering, waardoor de komberging kan vergroten wat een gunstig effect heeft op de zelfregulering van het systeem (Mol 1995). Een soortgelijke ontwikkeling werd reeds genoteerd in het nieuwe Sieperda schor, dat ontstond na een dijkbreuk in de voormalige Selenapolder sinds 1990. Het belang van dergelijke gebieden als kinderkamer kan zeker geëvalueerd worden op basis van de gegevens in het schor van Saeftinghe, in combinatie met bvb. een beperkte zomerstaalname in de gebieden zelf.

De ondiepe zandplaten zijn vooral belangrijk als foerageergebied voor platvissen, grondels en garnalen. Het belang ervan als eetkamer is gekorreleerd met de densiteiten aan deze juveniele soorten in de geulen. De zandplaten zullen vooral in de polyhaliene zone in oppervlakte toenemen. De lagere densiteiten aan juveniele vissen en garnalen in deze zone laten vermoeden dat de eetkamerfunctie van deze gebieden voor de vissen minder uitgesproken is dan in het mesohalien. Waarschijnlijk zal de oppervlakte toename hier vooral ten goede komen aan de diverse vogelsoorten.

In het mesohaliene deel wordt het intergetijdengebied in grote mate gevormd door de Platen van Valkenisse. Ongeveer 10% van het gebied zal verdwijnen. In de veronderstelling dat momenteel inderdaad de maximale draagkracht bereikt is, dan zal de afname aan foerageeroppervlak waarschijnlijk een negatief effect hebben op de platvispopulaties. Er kan mogelijks competitie optreden voor voedsel bij juveniele schollen, met een verhoogde mortaliteit tot gevolg. Tengevolge van de verdieping zal gedurende de eerste jaren eveneens veel materiaal gebaggerd moeten worden (Pieters *et al.* 1991). Eén van de gevolgen van de baggerwerkzaamheden is de versteiling van de plaat-geul helling

door verhoging van de platen en geleidelijke verdieping van de geulen (Storm & de Ruig 1990). Dit kan voor soorten zoals tong, die vooral in het -3 m stratum foerageren, een negatieve evolutie zijn.

De grondel- en gamaalpopulaties, die minder afhankelijk zijn van deze ondiepe platen, zullen waarschijnlijk minder beïnvloed worden door de afname van het platen areaal. Net als de andere belangrijke soorten, zoals clupeiden, gadiden en zeenaalden, zullen ze waarschijnlijk kunnen profiteren van de kleine areaaluitbreiding in de geulen. Van de 9000 ha geuloppervlak in de Westerschelde, behoren er ongeveer 3000 ha tot de mesohaliene zone (Intven 1995). Daar zullen dus 200 ha bijkomen. De verstoringen tijdens de uitdieping zelf, zullen slechts een minimaal effect hebben op deze demersale soorten, die net boven de bodem leven. Naast de postlarvale stadia van deze soorten kan ook voor de belangrijke hyperbenthische prooien, zoals de aasgarnalen, de draagkracht van het systeem mogelijks iets worden vergroot.

Voor de kinderkamerfunctie van de Westerschelde kan dus min of meer gesteld worden dat een eventuele afname aan platvissen gekompenseerd zal worden door een beperkte toename aan rondvissen. Gezien de 'natuurlijke' jaarlijkse variabiliteit kan worden ingeschat, geven ook hier de reeds beschikbare gegevens, aangevuld met een korte termijn studie van het epibenthos en het hyperbenthos in de verschillende strata, ons de mogelijkheid om een inschatting te maken van de veranderingen in aantallen in relatie met de veranderingen in de verschillende strata. In de toekomst kan dan een monitoringsprogramma worden opgesteld, aansluitend op de gegevens die jaarlijks verzameld worden tijdens de Demersal Young Fish Surveys van het RIVO. Dit moet verder beleid mogelijk maken waarbij advies kan worden gegeven om de Westerschelde, naast alle andere economische functies, efficiënt te beheren als kinderkamer voor juveniele vissen en garnalen.

4. SAMENVATTING EN BESLUIT

Naar aanleiding van de verdieping van de Westerschelde, in functie van de scheepvaart naar de haven van Antwerpen, wordt in dit rapport samengevat wat de vitale functies zijn van het systeem voor de vis- en gamaalpopulaties. Hiervoor wordt de huidige situatie betreffende de stand van de benthische en demersale juveniele vissen en garnalen in het Westerschelde estuarium beschreven in ruimte en tijd. Dit gebeurt aan de hand van verscheidene jaarcycli van maandelijks stalen die in het gebied tussen de monding (Vlissingen) en de Belgisch-Nederlandse grens (Bath) werden genomen in verschillende dieptestrata in de periode 1988-1992.

Ten eerste worden de verschillende staalname methodieken iets nader toegelicht. Een eerste reeks stalen werd genomen in 14 stations gelegen langsheen de saliniteitsgradient, in de **vaargeul** (-10m stratum, subtidaal) van het estuarium. Hierbij werd een 3-meter boomkor gebruikt voor de juveniele, **epibenthische** organismen (vissen, garnalen, krabben) die op of in de nabijheid van de bodem leven, en een hyperbenthische slee voor de vroeg-postlarvale, **hyperbenthische** stadia van dezelfde soorten, die net boven de bodem zwemmen. Een tweede reeks stalen is afkomstig van de Platen van Valkenisse, de belangrijkste intertidale **zandplaat** in het mesohaliene deel van de Westerschelde. Deze stalen werden genomen met een 3-meter boomkor in het -3m stratum en met een 2-meter boomkor in het -1m stratum. Een laatste reeks stalen zijn afkomstig van de intergetijdenkreeken van twee belangrijke **brakwaterschorren** in de mesohaliene zone van het estuarium: het Schor van Waarde en het Verdrongen Land van Saeftinghe. Deze **nekton** stalen werden genomen met een fijnmazig fuiknet.

Vervolgens kan het rapport worden opgedeeld in 4 luiken. In een **eerste luik** wordt de ruimtelijke en temporele structuur in de juveniele epibenthische gemeenschap van de geulen van de Westerschelde in de periode 1988 - 1989 beschreven. Met behulp van multivariate technieken en diversiteits-indices worden mogelijke korrelaties tussen de fauna in het subtidaal en een aantal omgevingsvariabelen opgespoord. De Westerschelde herbergt een groot aantal epibenthische organismen (gemiddeld 2250 individuen per 1000m²), maar het systeem is duidelijk gekenmerkt door een verarmde fauna. Er werden slechts 40 soorten gevonden, waarvan er 17 algemeen zijn en slechts 8 zeer abundant. De grijze **garnaal** *Crangon crangon* is de meest algemene soort, gevolgd door **platvissen**, **grondels** en **krabben**. Een ganse resem andere vissoorten werd in veel lagere densiteiten aangetroffen.

Langsheen de belangrijke saliniteit-zuurstof-turbiditeit gradiënten van het estuarium, kunnen de vissen en invertebraten ingedeeld worden in een polyhaliene en een mesohaliene gemeenschap, ruwweg gescheiden ter hoogte van Hansweert waar de diversiteit hoger was. De **mesohaliene** zone is gekenmerkt door hogere densiteiten en biomassa's voor garnalen, grondels en platvissen. Dit is vooral gekorreleerd met een hogere turbiditeit en een groter voedselaanbod. De **polyhaliene** zone is gekenmerkt door lagere densiteiten, maar ook door een lagere soortenrijkdom. In deze polyhaliene zone is de ruimtelijke structuur eerder gekorreleerd met de expositiegraad (i.e. stroomsnelheden, getijden, invloed van de zee), maar ook de watermassa's van de verbindingskanalen en zijarmen van het estuarium beïnvloeden het epibenthos.

De **klassifikatie** op basis van het belangrijkste 'seizoen' dat de verschillende epibenthische soorten afhankelijk zijn van het estuarium, toont aan dat ofschoon de 8 abundante epibenthische soorten gedurende langere periodes aanwezig zijn (zomer of winter residenten), de meerderheid van de soorten in variabele seizoenen van de Westerschelde gebruik maken (zomer, winter of bimodale soorten) en vaak slechts gedurende een korte periode abundant zijn (9 algemene soorten).

De soortenrijkdom is het hoogst tussen juli en oktober met een piek in september. Het is de periode dat de meeste juveniele en oudere mariene individuen het estuarium

binnenkomen, en dat de zomer-residente soorten een maximale densiteit bereiken. Tot deze groep behoren o.a. de invertebraten, grondels, kabeljauwachtigen en zeenaalden. Een aantal abundante soorten vertonen echter een maximale densiteit tussen oktober en februari. Het zijn de overwinterende, juveniele mariene soorten en winter-residente soorten, waartoe vooral de platvissen en zandspieringen behoren. Deze **temporele** veranderingen in abundantie, soortenrijkdom en soortensamenstelling van de epibenthische gemeenschappen van de Westerschelde, kunnen volledig verklaard worden door de seizoenale veranderingen in temperatuur, saliniteit, zuurstofconcentratie en turbiditeit.

In een **tweede luik** wordt de temporele variabiliteit in densiteit en groei voor de **juveniele** stadia, aangevuld met gegevens over de **vroeg-postlarvale** levensstadia, en wordt de ruimtelijke verspreiding van de verschillende levensstadia in de diverse strata (poly- mesohalien, sub- intertidaal, plaat-schor) meer in detail beschreven voor de **14** belangrijkste vissoorten naast de grijze garnaal, de strandkrab *Carcinus maenas* en de zwemkrab *Liocarcinus holsatus*. Het betreft de postlarvale en juveniele 0- en 1-groepen van vier soorten platvissen, schar *Limanda limanda*, tong *Solea solea*, schol *Pleuronectes platessa* en bot *Pleuronectes flesus*; 3 soorten grondels, dikkopje *Pomatoschistus minutus*, lozano's grondel *P. lozanoi* en brakwatergrondel *P. microps*; 2 soorten clupeiden, sprat *Sprattus sprattus* en haring *Clupea harengus*; 2 soorten gadiden, steenbol *Trisopterus luscus* en wijting *Merlangius merlangus*; en 4 soorten van andere families, kleine zeenaald *Syngnathus rostellatus*, zandspiering *Ammodytes tobianus*, slakdolf *Liparis liparis* en zeebaars *Dicentrarchus labrax*.

De **seizoenale opeenvolging** vanaf het ei of postlarvaal stadium tot ze als 1-jarigen uit het estuarium verdwijnen, en de opeenvolging van maximale densiteiten voor verschillende levensstadia van de belangrijkste soorten in de diverse strata, bevestigen het belang van de Westerschelde. Bovendien vertonen de verschillende soorten hoge **groeisnelheden** in de korte periodes dat ze aanwezig zijn.

Samenvattend zijn de maanden **maart - juni** vooral belangrijk voor de kleinste (postlarvale) stadia van opeenvolgende soorten. Voor de juveniele stadia zijn de maanden **juni - augustus** belangrijk voor de meeste soorten in het subtidaal, de maanden **september - november** in alle strata, en **december - januari** voor schar en schol in het subtidaal.

In een **derde luik** worden de twee belangrijkste ecologische **funkties** van de Westerschelde, namelijk de rol als kinderkamer en als doortrekroute, voor de vissen en garnalen beschreven aan de hand van de bestaande literatuur, met een aantal 'ecotrofische guilds' als leidraad.

De rol als '**kinderkamer**' kan worden opgedeeld in 3 andere funkties. Ten eerste is er de **aanvoerfunctie**, waardoor de soorten in een bepaald levensstadium terechtkomen in het estuarium. Voor 6 residente soorten is de Westerschelde zelf een 'kraamkamer'. Naast de vroege stadia van deze brakwaterendemen, worden de (post)larvale stadia van 5 mariene migranten en deze van de garnalen en krabben in hoge aantallen aangevoerd naar de ondiepe schorkreken en de geulen.

Ten tweede vervult de Westerschelde, en vooral de **mesohaliene** zone, een **beschermingsfunctie** voor de postlarvale en juveniele stadia. De postlarvale stadia van garnalen bijvoorbeeld vinden in de ondiepe schorkreken een veilig onderkomen. Aan de andere kant zijn de benthische en demersale vissoorten op diverse wijzen evolutief **geadapteerd** aan de strenge kondities in de mesohaliene omgeving. Daardoor kunnen ze in de verschillende strata voorkomen in hoge densiteiten, en vinden ze in verschillende periodes van het jaar bescherming tegen predatoren. Bovendien zijn de gemiddelde densiteiten voor een aantal belangrijke soorten vergelijkbaar of zelfs hoger in de Westerschelde dan in de ondiepe Zuid-Nederlandse kustzone of de Oosterschelde. Toch kan de Westerschelde voor enkele soorten geen 'bescherming' meer bieden. De hoge

graad van **industriële vervuiling** in de Westerschelde met o.a. PCB's en zware metalen, is de belangrijkste oorzaak voor het (bijna) verdwijnen van soorten zoals zeester *Asterias rubens* en puitaal *Zoarces viviparus*.

De hoge densiteiten aan juvenielen moeten rechtstreeks worden gekoppeld aan de **eetkamerfunctie** die de Westerschelde vervult voor de belangrijkste soorten. Het grote **voedselaanbod**, namelijk het hyperbenthos en het zooplankton in het subtidaal en het macrobenthos in de intertidale gebieden (gebaseerd op een hoge **detritus** aanvoer), draagt in grote mate bij tot het belang van de mesohaliene zone als kinderkamer. Bovendien kunnen de kleine juvenielen van de vissen, garnalen en krabben zelf een bijdrage leveren tot het prooiaanbod. Vissen zoals gadiden, clupeiden en zeenaalden foerageren in de geulen, terwijl soorten zoals de platvissen en brakwatergrondels in de ondiepe gebieden foerageren. De garnalen, grondels en strandkrabben foerageren in alle strata.

De tweede rol, namelijk de **doortrekfunctie** voor diadrome vissoorten, wordt zo goed als **niet vervuld**. De verarmde visfauna ten opzichte van 50 jaar geleden (67 ten opzichte van 40 soorten) kan in belangrijke mate toegeschreven worden aan de zware organische belasting van het systeem, waardoor het gebied stroomopwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens gedurende lange periodes **zuurstofloos** blijft. Daarmee gekorreleerd is de afwezigheid van typisch estuariene anadrome soorten en zoetwater organismen, doordat het 'optimale' leefgebied voor deze en andere soorten niet meer bereikbaar is. De Westerschelde kan echter bij een geleidelijke **sanering** van het Scheldebekken, vlot gehekoloniseerd worden door een aantal soorten vanuit naburige ecosystemen zoals de Oosterschelde.

Tenslotte wordt in een **vierde luik** het mogelijke effect van de **verdieping** op de visgemeenschappen van de Westerschelde beschreven aan de hand van een aantal hypothetische veranderingen in de geomorfologie en hydrologie van het systeem.

Gezien geen grote veranderingen worden verwacht in de water- of bodemkwaliteit tengevolge van de verdieping van de Westerschelde, zal de **doortrekfunctie minimaal** blijven. Los van de verdieping zullen ook de geplande waterzuiveringsinstallaties op korte termijn geen positieve bijdrage leveren aan een uitbreiding of verplaatsing van het optimale levensgebied voor een aantal soorten.

Waarschijnlijk zal de **beschermingsfunctie** van de schorkreken niet veranderen, gezien slechts een klein percentage schor zal verdwijnen. De kinderkamerfunctie kan echter wel toenemen indien er een nieuw schor gekreëerd wordt, door uitdijking van de Hedwige polder. De toename aan ondiepe platen in de polyhaliene zone zal geen effect hebben op de kinderkamerfunctie voor de vissen en garnalen. De afname aan intergetijdengebied en de toename aan geuloppervlak in de **mesohaliene** zone zal mogelijk een effect hebben op de **eetkamerfunctie**. De platvissen kunnen meer in competitie treden voor een verminderd macrobenthos aanbod. Dit kan anderzijds gecompenseerd worden door een iets hoger aantal rondvissen die kunnen profiteren van een eventueel verhoogde hyperbenthos densiteit in de geulen.

Het zou aangewezen zijn om de grote **bagger** werkzaamheden af te stemmen op de **seizoenaliteit** in het voorkomen van de verschillende levensstadia van de epibenthische soorten. Hierbij kan vooral gedacht worden aan de periode maart - juni, wanneer de postlarvale stadia aangevoerd worden enerzijds, en anderzijds aan de periodes waarin verschillende juvenielen een maximale densiteit bereiken, i.e. juli - augustus voor de meeste soorten en oktober - januari voor de platvissen.

Tot besluit kan gesteld worden dat de huidige kennis van het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde, op het pelagiaal na, voldoende is om met behulp van een beperkt **monitoringsprogramma** in de verschillende strata, advies te geven over mogelijke veranderingen in het systeem. Vanuit ecologisch standpunt zou de verdieping van de Westerschelde zeker als een uniek **veldexperiment** kunnen worden beschouwd.

5. SUMMARY

In anticipation of the planned deepening of the main channel of the Westerschelde estuary, this report tries to summarize the possible threats to the vital functions of the ecosystem for fish and shrimp populations. Spatial and temporal patterns in the communities of the benthic and demersal juvenile fish and shrimps in the Westerschelde estuary, and a current knowledge about the populations of the dominant species, are described in detail. This analysis is based on different series of monthly campaigns from the period 1988 - 1992, conducted between the mouth of the estuary near Vlissingen and the Dutch - Belgian border near Bath. This description actually represents a time-zero situation of the fish and shrimp communities of the Westerschelde.

Firstly, the different sampling methodologies are presented. A first series of samples was taken in the main subtidal channel (-10m stratum) along the salinity gradient. A 3-metre beamtrawl was used to sample the juvenile epibenthic organisms (fishes, shrimps, crabs), living on or in the vicinity of the bottom. A hyperbenthic sledge was used to sample the early-postlarval, hyperbenthic stages of the same species, which are living in the waterlayers close to the substratum. In a second series, the intertidal sandbank of Valkenisse, located in the mesohaline zone of the Westerschelde, was sampled with a 3-metre beamtrawl in the -3m stratum and with a 2-metre beamtrawl in the -1m stratum. A third series of samples was taken with a stow net in the intertidal creeks of two important brackish tidal marshes (Waarde and Saeftinghe) in the mesohaline zone of the estuary.

The bulk of the report can further be divided into 4 major parts. In the first part the spatial and seasonal structure of the juvenile epibenthic community of the subtidal Westerschelde is described for the period 1988 - 1989. By means of multivariate statistics and diversity indices, correlations between the subtidal fauna and some environmental envirables are sought. Forty species were recorded, but on average a low number of epibenthic species (8 abundant and 9 common species) occurred in high densities (total average 2250 individuals per 1000m²) in the Westerschelde. Along the important salinity-oxygen-turbidity gradients of the estuary, the epibenthic species can be grouped into a polyhaline and a mesohaline community. The mesohaline zone is characterized by higher densities and biomasses for shrimps, gobies and flatfishes, which is correlated with a higher turbidity and a higher food supply. The polyhaline zone is characterized by lower densities (except for crabs), but also by a lower species richness. The spatial structure in this polyhaline zone seems to be correlated with the degree of exposition (current velocities, tides, influence of the sea), but is probably also influenced by the watermasses of the connecting channels and branches of the estuary. A classification is proposed, based on the 'season' in which the different epibenthic species are mainly dependent on the estuary. This analysis showed that although the 8 most abundant epibenthic species were present during longer periods of the year (summer or winter residents), the majority of species used the Westerschelde in variable seasons (summer, winter or bimodal species) and often during a short period (8 abundant species). The species richness was highest between July and October, with a peak in September. During this period most juvenile and elder marine individuals entered the estuary, and the summer-resident species reached maximum densities. This latter group consisted of invertebrates, gobies, gadoids and pipefish. Still, a number of abundant species occurred with maximal densities between October and February. These are the overwintering, juvenile marine species and winter-resident species, mainly flatfishes and sandeels. These temporal changes in abundance, species richness and species composition of the epibenthic communities in the Westerschelde, can be explained by the seasonal changes in temperature, salinity, dissolved oxygen concentration and turbidity.

In a second part of the report, the data on the temporal variability in density and growth for the juvenile stages of the individual species, is supplemented with data on the early-postlarval stages. The spatial patterns of the different life-history stages in the various strata (polyhaline and mesohaline zone, subtidal and intertidal habitat, sandflats and tidal marshes) are described in more detail for the postlarval and juvenile 0- and 1-groups of the 14 most important fish species and for the 3 invertebrate species. The following species are treated here: brown shrimp *Crangon crangon*, shorecrab *Carcinus maenas*, swimming crab *Liocarcinus holsatus*, dab *Limanda limanda*, sole *Solea solea*, plaice *Pleuronectes platessa*, flounder *Pleuronectes flesus*, sandgoby *Pomatoschistus minutus*, lozano's goby *P. lozanoi*, common goby *P. microps*, sprat *Sprattus sprattus*, herring *Clupea harengus*, bib *Trisopterus luscus*, whiting *Merlangius merlangus*, nillson's pipefish *Syngnathus rostellatus*, sandeel *Ammodytes tobianus*, seasnail *Liparis liparis* and seabass *Dicentrarchus labrax*. The seasonal succession from the egg or early larval or postlarval stages until they leave the estuary as 1-year old individuals, and the maximum densities that the different life stages reach in the various strata, confirm the importance of the Westerschelde as a nursery area. Furthermore, the different species displayed high growth rates during the short period that they were present in the estuary. In summary, the period from March through June is mainly important for the smallest (postlarval) stages of different species. For the juvenile stages, the period from June through August is important for most species in the subtidal; the period from September through November in all strata, and December - January for dab and plaice in the subtidal.

In a third part of the report the 2 important ecological functions of the Westerschelde, i.e. its role as a nursery and as a migration route, are discussed in function of the data presented in this report and the existing literature. The 'ecotrophic guild' concept is used for guidance. The role as a nursery can be divided into 3 other functions. The 'supply function' brings the species into the estuary in a certain lifestage. For 6 resident species the Westerschelde itself functions as a 'maternity'. Next to the early stages of these brackish water endemics, the (post)larval stages of 5 marine migrant fish (and those of shrimps and crabs) are supplied in high numbers to the shallow tidal marsh creeks and to the subtidal channels. Secondly, the Westerschelde, mainly the mesohaline zone, accomplishes a 'protection function' for the postlarval and juvenile stages. The shallow saltmarsh creeks f.e. act as a refugium for postlarval shrimps. Also, the benthic and demersal fish species are adapted in different ways to the harsh conditions in the mesohaline environment. This allows them to appear at high densities in the different strata, where they can find protection against predators during different periods of the year. Furthermore, the average densities of some species are equal or even higher in the Westerschelde as compared to neighbouring coastal areas or bays (Voordelta and Oosterschelde). Still, for some epibenthic species the Westerschelde will no longer offer protection. The high degree of industrial pollution with PCBs and heavy metals, is the main reason for the (almost) disappearance of species like starfish *Asterias rubens* and viviparous blenny *Zoarces viviparus*. The high densities of juveniles are, especially in the mesohaline zone, related to the function of the estuary as 'dining-room' or foraging area for the main epibenthic species. The high food supply (mainly hyperbenthos and mesozooplankton subtidally; macrobenthos intertidally), contributes significantly to the importance of the system as a nursery area. Gadoids and clupeoids mainly forage in the subtidal channels, while flatfishes and common gobies rather forage in the intertidal areas. Shrimps, gobies, pipefish and shorecrabs forage in all depth strata. The second major role, namely the migration function for diadromous fish species, is almost non-existent in the Westerschelde. The impoverished fish fauna of the system, as compared to the situation some 50 years ago (40 versus 67 species), can mainly be attributed mainly to the high organic loads in the system. Due to the dissolved oxygen depletion upstream of the Dutch-Belgian border, a number of species are not able to reach their 'optimal' habitat anymore. This is reflected in the absence of typical estuarine anadromous species and freshwater

species. A thorough reduction of the organic loads in the Schelde basin, will probably allow for a recolonization of the Westerschelde by some species from neighbouring ecosystems (e.g. the Oosterschelde).

Finally, in the fourth part of this report, the possible effects of the deepening of the Westerschelde on the fish communities are discussed. This discussion is based on some hypothetical changes in the geomorphology and hydrology of the system. Since no important changes are expected in the water and bottom quality, the migration function is not likely to improve. The nursery function of the saltmarsh creeks will not change dramatically, as only a small part of the saltmarshes will disappear. The nursery function may even be enlarged if a new saltmarsh is created by removing the dikes of the Hedwige Polder. The nursery function for juvenile fishes and shrimps probably will not be affected by the increase of the intertidal sandflats in the polyhaline zone. But the reduction of the intertidal area and the increase of the subtidal surface in the mesohaline zone, can have an effect on the foraging function. The flatfish population may decrease (cf. a diminished supply of macrobenthos). This could be compensated by a higher number of round fish, which can possibly take advantage of the expected higher densities of the hyperbenthos in the channels. Obviously, the major dredging activities should take the seasonal occurrence of the different life stages of the epibenthic species into account: in the period March - June most postlarval stages are supplied, and in the periods July - August and October - January the juveniles of most species and the juveniles of the flatfishes respectively reach maximum densities.

In conclusion, the current knowledge about the fish and shrimp populations in the Westerschelde (excluding the pelagic) is sufficient to allow for advice on possible changes in the system, based on a smallscale monitoring programme in the different strata. From an ecological point of view, the deepening of the Westerschelde can surely be seen as a unique field experiment.

6. REFERENTIES

- Adema, J.P.H.M. (1991) - De krabben van Nederland en België (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Van Achterberg, C. (ed.). Nat. Natuurhist. Mus., Leiden.
- Anonymus (1989) - Water voor nu en later. *Ministerie van Verkeer en Waterstaat*. Derde Nota Waterhuishouding, SDU drukkerij, Den Haag.
- Barry, J.P. & P.K. Dayton (1991) - Physical heterogeneity and the organization of marine communities. In J. Kolasa and S.W. Pickett (eds) : *Ecological heterogeneity*. Springer Verlag, New York, 270-320.
- Bell, J.D. & M. Westoby (1986) - Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. *Oecologia*, **68**: 205-209.
- Blaber, S.J.M & T.G. Blaber (1980) - Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *J. Fish Biol.*, **17** : 143-162.
- Boddeke, R. (1982) - The occurrence of winter and summer eggs in the brown shrimp (*Crangon crangon*) and the pattern of recruitment. *Neth. J. Sea Res.*, **16**: 151-162.
- Boeije, R.C. (1992) - Perspectief voor het Schelde-estuarium. *Rijkswaterstaat*. Dienst Getijdewateren, Middelburg. Rapport DGW-92.034.
- Bray, J.R & J.T. Curtis (1957) - An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27** : 325-349.
- Cattrijsse, A. (1994) - Schorkreken in het brakke deel van het Westerschelde estuarium als habitat voor vissen en macrocrustacea. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.
- Cattrijsse, A., E.S. Makwaia, H.R. Dankwa, O. Hamerlynck & M.A. Hemminga (1994) - Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **109** : 195-208.
- Cattrijsse, A., J. Mees, K. Hostens & E.S. Makwaia (in druk) - The aquatic fauna of two intertidal salt marsh creeks in the Westerschelde estuary. *Belg. J. Zool.*
- Claridge, P.N., I.C. Potter & M.W. Hardisty (1986) - Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn estuary. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **66** : 229-258.
- Coosen, J. (1996) - Betekenis oostelijk deel Westerschelde voor vissen. *Interne nota Rijksinstituut voor Kust en Zee, RIKZ*- concept.
- Costa, M.J. & M. Elliott (1991) - Fish usage and feeding in two industrialised estuaries - the Tagus, Portugal, and the Forth, Scotland. In M. Elliott and J.P. Ducrotoy (eds) : *Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons*. Olson & Olson, Denmark, 289-297.
- Creutzberg, F, A.Th. Eltink & G.J. van Noort (1978) - The migration of plaice larvae *Pleuronectes platessa* into the western Wadden Sea. In D.S. McLusky & A.J. Berry (eds.): *Physiology and behaviour of marine organisms*. Pergamon Press, Oxford, 243-251.

- Daan, N. (1995) - Ecoprofiel-informatie met betrekking tot diverse vissoorten en garnaal. *Rapport van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek*, RIVO-DLO, IJmuiden, C057/95.
- Dankwa, H.R. (1993) - Utilization of estuarine salt marshes by postlarval brown shrimp *Crangon crangon*. Thesis, University Gent - Free University Brussels.
- Den Besten, P.J. (1991) - Effects of cadmium and PCB's on reproduction of the sea star *Asterias rubens*. Rijksuniversiteit Utrecht.
- De Pauw, N. & E. Poelman (1994) - Waterverontreiniging. In: A. Verbruggen (ed) *Leren om te keren: milieu- en natuurrapport Vlaanderen*. Vlaamse Milieumaatschappij. Garant, Leuven-Apeldoorn.
- De Veen, J.F., R. Boddeke & K.H. Postuma (1979) - Tien jaar kinderkamer-opnames in Nederland. I. Het Zeeuwse estuarium. *Visserij*, **32** : 3-23.
- Dijkema, K.S., W.G. Beeftink, J.P. Doody, J.M. Gehu, B. Heydemann & S. Rivaz Martinez (1984) - Salt marshes in Europe. *European committee for the conservation of nature and natural resources*, Straatsburg.
- Doornbos, G. (1982) - Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971. *Hydrobiol. Bull.*, **16**: 279-283.
- Elliott, M. & C.J.L. Taylor (1989) - The structure and functioning of an estuarine/marine fish community in the Forth estuary, Scotland. *Proceedings of the 21st European Marine Biology Symposium*, Gdansk, 227-240.
- Elliott, M. & F. Dewailly (1995) - The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **29**: 397-417.
- Elliott, M., M.G. O'Reilly & C.J.L. Taylor (1990) - The Forth estuary: a nursery and overwintering area for North Sea fishes. *Hydrobiologia*, **195** :89-103.
- Fockedeij, N. & J. Mees (ingediend) - Feeding of the hyperbenthic mysid *Neomysis integer* in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries.
- Haedrich, R.L. (1983) - Estuarine fishes, Chapter 7. - In B.H. Ketchum (ed): *Ecosystems of the world, 26, Estuaries and enclosed seas*. Elsevier, Amsterdam, 183-207.
- Hamerlynck, O. (1993) - The ecology of *Pomatoschistus minutus* Pallas and *Pomatoschistus lozanoi* De Buen (Pisces, Gobiidae in the shallow coastal waters and estuaries of the Southern Bight of the North Sea. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.
- Hamerlynck, O. & K. Hostens (1993) - Growth, feeding, production, and consumption in 0-group bib (*Trisopterus luscus* L.) and whiting (*Merlangius merlangus* L.) in a shallow coastal area of the south-west Netherlands. *ICES J. mar. Sci.*, **50** : 81-91.
- Hamerlynck, O. & K. Hostens (1994) - Changes in the fish fauna of the Oosterschelde estuary -a ten-year time series of fyke catches. *Hydrobiologia*, **282/283** : 497-507.
- Hamerlynck, O., K. Hostens, R.V. Arellano, J. Mees & P.A. Van Damme (1993a) - The mobile epibenthic fauna of soft bottoms in the Dutch delta (south west Netherlands): spatial structure. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27** : 343-358.

Hamerlynck, O., J. Mees, J.A. Craeymeersch, K. Soetaert, K. Hostens, A. Cattijse & P.A. Van Damme (1993b) - The Westerschelde estuary: two food webs and a nutrient rich desert. *Progress in Belgian Oceanographic Research*, Royal Academy of Belgium. 217-234.

Heip, C., P. Herman & K. Soetaert (1988) - Data processing, evaluation and analysis. In R.P. Higgins & H. Thiel (eds): *Introduction to the study of meiofauna*. The Smithsonian Institution Press, Washington, 197-231.

Hill, M.O. (1973) - Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, **54** : 427-432.

Hill, M.O. (1979) - TWINSpan a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Cornell University, Ithaca.

Hostens, K. (1996) - Spatial and seasonal patterns in the epibenthos of the Westerschelde. *Progress in Belgian Oceanographic Research*, Royal Academy of Belgium. 107-110.

Hostens, K. (in druk) - Spatial patterns and seasonality in the epibenthic communities of the Westerschelde (Southern Bight of the North Sea). *Belg. J. Zool.*

Hostens, K. & O. Hamerlynck (1994) - The mobile epifauna of the soft bottoms in the subtidal Oosterschelde estuary: structure, function and impact of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia*, **282/283** : 479-496.

Hummel, H., C. Bakker, A.H.L. Huiskes & A.G.A. Merks (eds) (1988) - Hydrobiology and chemistry of the Schelde and Westerschelde. *Proceedings of the Schelde symposium*. Communication 432 of the Delta Institute for Hydrobiological Research, the Netherlands.

Intven, L.M. (1995) - Ecoseries in het brakke deel van het Schelde-estuarium: potenties voor flora en fauna. *Rijksinstituut voor Kust en Zee*, Middelburg - Nijmegen. Werkdocument RIKZ/AB-95.844x.

Jacobsson A., E. Neuman & G. Thoreson (1986) - The viviparous blenny as an indicator of environmental effects of harmful substances. *Ambio*, **15** :236-238.

Jongman, R.H.G., C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren (1987) - Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen.

Klein Breteler, W.C.M. (1976) - Settlement, growth, and production of the shore crab *Carcinus maenas*, on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, **10**: 354-376.

Marchand, J. (1993) - The influence of seasonal salinity and turbidity maximum variations on the nursery function of the Loire estuary (France). *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27** : 427-436.

McHugh, J.L. (1967) - Estuarine nekton. In G.H. Lauff (ed.): *Estuaries*. Am. Assoc. Adv. Sci. Publ., **83**: 581-620.

Mees, J. (1994) - Het hyperbenthos van ondiepe kustgebieden en estuaria: gemeenschaps-structuur en biologie van de dominante soorten. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.

Mees, J. & O. Hamerlynck (1992) - Spatial community structure of the winter hyperbenthos of the Schelde estuary, the Netherlands, and the adjacent coastal waters. *Neth. J. Sea Res.*, **29** : 357-370.

Mees, J. & M.B. Jones (in druk) - The hyperbenthos. *Oc. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **35**.

Mees, J., A. Cattrijsse & O. Hamerlynck (1993a) - Distribution and abundance of shallow-water hyperbenthic mysids (Crustacea, Mysidacea) and euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) in the Voordelta and the Westerschelde, south-west Netherlands. *Cah. Biol. Mar.*, **34** : 165-186.

Mees, J., A. Dewicke & O. Hamerlynck (1993b) - Seasonal composition and spatial distribution of hyperbenthic communities along estuarine gradients in the Westerschelde. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27** : 359-376.

Mees, J., A. Dewicke, A. Cattrijsse, N. Fockedey & K. Hostens (in druk) - Seasonality in hyperbenthic communities of the Westerschelde estuary. *Belg. J. Zool.*

Mees, J., N. Fockedey & O. Hamerlynck (1995) - Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia*, **311**: 153-174.

Meire, P., M. Hoffmann & T. Ysebaert (eds.) (1995) - De Schelde: een stroom natuurtalent. *Instituut voor Natuurbehoud*, Hasselt. Rapport 95.10.

Meire, P., G. Rossaert, N. De Regge, T. Ysebaert & E. Kuijken (1992) - Het Schelde-estuarium: ecologische beschrijving en visie op de toekomst. *Internal report University Gent and Institute of Nature Conservation RUG-WWE 28*, IN-A.92.57.

Mol, G. (1994) - Overzicht menselijke ingrepen Westerschelde. *Rijksinstituut voor Kust en Zee*. Middelburg. Werkdocument RIKZ/AB-concept.

Mol, G. (1995) - Analyse zoutberekeningen SCALDIS 400. *Rijksinstituut voor Kust en Zee*. Middelburg. Werkdocument RIKZ/AB-concept.

Morin, B., C. Hudon & F.G. Whoriskey (1992) - Environmental influences on seasonal distribution of coastal and estuarine fish assemblages at Wemindji, eastern James Bay. *Env. Biol. Fish.*, **35**: 219-229.

Nijssen, H. & S.J. de Groot (1987) - De vissen van Nederland. KNNV nr. 43. Uitgeverij van de Konink. Ned. Natuurhist. Verenig., Utrecht.

Peterson, M.S. & S.T. Ross (1991) - Dynamics of littoral fishes and decapods along a coastal river-estuarine gradient. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **33** : 467-484.

Pieters, T., C. Storm, T. Walhout & T. Ysebaert (1991) (eds) - Het Schelde-estuarium, méér dan een vaarweg. Nota GWWS-91.081.

Poll, M. (1945) - Contribution à la connaissance de la faune ichthyologique du bas-Escaut. *Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg.*, **21** : 1-32.

Pomfret, J.R., M. Elliott, M.G. O'Reilly & S. Phillips (1991) - Spatial and temporal patterns in the fish communities in two UK North Sea estuaries. In: M. Elliott & J.P. Ducrottoy (eds), *Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons*. Olsen & Olsen, Denmark, 277-284.

Potter, I.C., P.N. Claridge & R.M. Warwick (1986) - Consistency of seasonal changes in an estuarine fish assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **32** : 217-228.

Puturuhu, L. (1994) - Density, biomass and feeding consumption of some demersal fish along salinity gradient in the Westerschelde area. Thesis, University Gent and Free University Brussels.

Rogers, S.I. (1989) - Seasonal variation in fecundity and egg size of the common goby, *Pomatoschistus microps*. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, **69**, 535-543.

Russell, F.S. (1976) - The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Acad. Press, London.

Sas, P. (1993) - Intertidaal voorkomen, groei en konsumptie van schol *Pleuronectes platessa* rond de plaat van Valkenisse in het Westerschelde estuarium. University Gent.

Smaldon, G., L.B. Holthuis & C.H.J.M. Fransen (1993) - Coastal shrimps and prawns (2nd ed.). Barnes, R.S.K. & J.H. Crothers (eds.) *Synopses of the British fauna (New series)*. No. 15. Field Studies Council, Shrewsbury.

Soetaert, K. & P. Van Rijswijk (1993) - Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **97** : 47-59.

Storm, C. & J.H.M. de Ruig (1990) - Problematiek van het baggeren en storten in het oostelijk deel van de Westerschelde. *Rijkswaterstaat*, DGW-OW 90.050.

Tackx, M., X. Irigoien, N. Daro, J. Castel, L. Zhu, X. Zhang & J. Nijs (1995) - Copepod feeding in the Westerschelde and the Gironde. *Hydrobiol.*, **311** : 71-83.

Todd, C.D. & M.S. Laverack (1991) - Coastal marine zooplankton: A practical manual for students. Cambridge Univ. Press.

Ysebaert, T., P. Meire, D. Maes & J. Buijs (1993) - The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Schelde estuary. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27** : 327-341.

van Beek, F.A. & G.J. Rink (1987) - Aantalfluktuaties en verspreiding van enige niet commerciële vissoorten in het Schelde estuarium. *Rapport van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek RIVO-IJmuiden*, ZE 87-103.

Van Damme, P.A., K. Hostens & F. Ollevier (1994) - Fish species of the lower Zeeschelde (Belgium) : a comparison with historical checklists. *Belg. J. Zool.*, **124** : 93-103.

Van Damme, D & N. De Pauw (1996) - Ontwikkelingsplan voor de visserij in de Zeeschelde. *Lab. voor Biologisch Onderzoek van de Waterverontreiniging*. Universiteit Gent. AMINAL/BNO/WB/VD/94-2.

van Eck, G.T.M., N. De Pauw, M. Van den Langenbergh & G. Verreut (1991) - Emissies, gehalten, gedrag en effecten van (micro)verontreinigingen in het stroomgebied van de Schelde en Schelde-estuarium. *Water*, **60** : 164-181.

Van Maldegem, D.C., H.P.J. Mulder & A. Langerak (1993) - A cohesive sediment balance for the Scheldt estuary. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27** : 247-256.

van Schaik, A.W.J., D.J. de Jong & A.M. van der Pluijm (1988) - Vegetatie buitendijkse gebieden Westerschelde. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdenwateren*, Middelburg. Nota GWAO 88.1003.

Van Wershoven, T.C. (1995) - Potenties en maatregelen voor terugkeer van trekvis in het Schelde-stroomgebied. *Rijksinstituut voor Kust en Zee*. Middelburg - Nijmegen. Werkdokument RIKZ/AB-95.840x.

Verbeke, M. (1994) - Ecologisch onderzoek naar drie grondelsoorten (Pisces: Gobiidae) in het subtidale brakwaterdeel van het Westerschelde estuarium. University Gent.

Wharfe, J.F., S.R. Wilson & R.A. Dines (1984) - Observations on the fish populations of an east coast estuary. *Mar. Poll. Bull.*, 15: 133-136.

Wootton, R.J. (ed.) (1992) - Fish Ecology. Chapman and Hall, New York, 212 pp.

Zijlstra, J.J. (1972) - On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea Fishery resources. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 29: 233-258.

Lijst van tabellen

Tabel 2-1: Overzicht van de staalname	7
Tabel 3-1. Gemiddelde densiteit (ind/1000m ²) en biomassa (gADW/1000m ²) over de periode januari 1988 - december 1989, voor de 40 epibenthische soorten samen, en voor de 37 vissoorten, en de Hill's diversiteits getallen N_0 en N_1 , per station (25 campagnes).....	18
Tabel 3-2. Gemiddelde densiteit (ind/1000m ²) en biomassa (gADW/1000m ²) voor de epibenthische gemeenschap en voor alle vissoorten, en Hill's diversiteitsgetallen (N_0 en N_1) per maand (28 observaties).....	23
Tabel 3-3. Enkele biologische aspecten van de 40 epibenthische soorten gevangen in de Westerschelde, gebaseerd op de maandelijkse gemiddelde densiteiten (°) over de periode januari 1988 - december 1989, met een indicatie van de voorgestelde klassifikaties. Voor een verklaring van de gebruikte afkortingen wordt verwezen naar de tekst in Materiaal en Methoden (p14 en p16)	25
Tabel 3-4 . Systematische lijst van alle gevangen soorten (en levensstadia), de gebruikte afkortingen in de voorgaande analyses, en de aanwezigheid in de diverse strata (gegeven in volgorde van belangrijkheid): vaargeul (G), zandplaat -3m (-3m) en -1m (-1m) stratum, Schorkreken van Saeftinghe (S) en Waarde (W).	30
Tabel 3-5. Klassifikatie van het epibenthos in de Westerschelde a.d.h.v. Elliott & Dewailly (1995). Voor meer uitleg wat betreft de codes wordt verwezen naar de tekst in Materiaal en Methoden (p 16).	83

Lijst van figuren

Fig. 2-1. De Westerschelde (uit Meire <i>et al.</i> 1995).....	3
Fig. 2-2. Eenzijdig schematisch profiel van een estuarium.	4
Fig. 2-3. De mesohaliene zone van de Westerschelde (uit Intven 1995).....	5
Fig. 2-4. Basisschema van een marien ecosysteem, en situering van de verschillende benthische gemeenschappen.	6
Fig. 2-5. Overzichtskaart met aanduiding van de 14 stations in het subtidaal van de Westerschelde.	7
Fig. 2-6. Drie meter boomkor met 5*5 mm net.....	8
Fig. 2-7. Situering van staalname punten op de intertidale Plaat van Valkenisse. L1-L10 liggen in het -3m stratum, R1-R10 in het -1m stratum.	9
Fig. 2-8. Hyperbenthische slee met 2 netten met maas 1*1 mm.	11
Fig. 2-9. Schematische weergave van het Schor van Waarde (Boven) en het Verdrongen Land van Saeftinghe (Onder). De staalnamepunten (= brug over de kreek) zijn omcirkeld.	12
Fig. 2-10. Staand net (of fuiknet) met 1*1 mm maaswijdte in de Schorkreek van Saeftinghe.	12
Fig. 3-1. Gemiddelde densiteit (ind/1000m ²) en gemiddelde biomassa (gADW/1000m ²) per station voor de vijf epibenthische groepen, en de relatieve samenstelling (gemiddeld over alle stations) voor de 'Andere' groep. Noteer dat de linkeras enkel refereert naar de 'garnalen' in de densiteits plot en naar 'garnalen' en 'platvissen' in de biomassa plot.....	19
Fig. 3-2. Dendrogram van de clusteranalyse, met een indicatie van de twee zones en de graad van dissimilariteit op een schaal van 0 tot 1.....	20
Fig. 3-3. Gemiddelde waarden voor de vier omgevingsvariabelen per station.	20
Fig. 3-4. CCA ordinatie plots (as 1 en 2), gebaseerd op de gereduceerde set van gemiddelde biomassa data per station en op de omgevingsvariabelen.....	21
Fig. 3-5. Gemiddelde densiteit (ind/1000m ²) in 1990 voor de vijf epibenthische groepen, en de relatieve samenstelling voor de 'Andere' groep, in de polyhaliene en mesohaliene zones van de Westerschelde.	22
Fig. 3-6. Gemiddelde biomassa (gADW/1000m ²) per maand in 1990 voor de vijf epibenthische groepen (Boven) en voor de 'Andere' groep (Onder), in de polyhaliene en mesohaliene zones van de Westerschelde.	24
Fig. 3-7. Resultaat van de CA analyses, gebaseerd op de gemiddelde biomassa in 1990 per maand in de polyhaliene en mesohaliene zones van de Westerschelde.	24
Fig. 3-8. Gemiddelde waarden voor de vier omgevingsvariabelen per maand.	26
Fig. 3-9. CCA ordinatie plots gebaseerd op de gemiddelde biomassa per maand en op de vier omgevingsvariabelen, met een projectie van de voorgestelde klassifikatie van de epibenthische soorten. Zie tekst voor uitleg van de kodes.	27
Fig. 3-10. Grijs garnaal. Links: zoeae-larve (4 ^{de} stadium) lengte 4mm (Uit Todd & Laverack 1991). Rechts: adult vrouwtje (Uit Smaldon <i>et al.</i> 1993).	32
Fig. 3-11. Vroege levensgeschiedenis van de grijs garnaal <i>Crangon crangon</i> in de Westerschelde.....	33
Fig. 3-12. Schar (Uit Nijssen & De Groot 1987).	36
Fig. 3-13. Vroege levensgeschiedenis van schar <i>Limanda limanda</i> in de Westerschelde.	37
Fig. 3-14. Tong: metamorfoaserende postlarve, lengte 9 mm (Uit Russell 1976).	38
Fig. 3-15. Tong (Uit Nijssen & De Groot 1987).	38
Fig. 3-16. Vroege levensgeschiedenis van tong <i>Solea solea</i> in de Westerschelde.	39
Fig. 3-17. Schol: metamorfoaserende postlarve, lengte 16 mm (Uit Russell 1976).	41
Fig. 3-18. Schol (Uit Nijssen & De Groot 1987).	41
Fig. 3-19. Vroege levensgeschiedenis van schol <i>Pleuronectes platessa</i> in de Westerschelde.	42
Fig. 3-20. Bot: Metamorfoaserende postlarve, lengte 9.5 mm (Uit Russell 1976).	45
Fig. 3-21. Bot (Uit Nijssen & De Groot 1987).	45
Fig. 3-22. Vroege levensgeschiedenis van bot <i>Pleuronectes flesus</i> in de Westerschelde.....	46
Fig. 3-23. Postlarven van dikkopje (en ev. Lozano's grondel) en brakwatergrondel, lengte 10 mm (Uit Russell 1976).	48
Fig. 3-24. Vroege levensgeschiedenis van grondels in de Westerschelde.	49
Fig. 3-25. Dikkopje (Uit Nijssen & De Groot 1987).	50
Fig. 3-26. Vroege levensgeschiedenis van het dikkopje <i>Pomatoschistus minutus</i> in de Westerschelde.....	51
Fig. 3-27. Lozano's grondel (Uit Nijssen & De Groot 1987).	53

Fig. 3-28. Vroege levensgeschiedenis van lozano's grondel <i>Pomatoschistus lozanoi</i> in de Westerschelde.....	54
Fig. 3-29. Brakwatergrondel (Uit Nijssen & De Groot 1987).	56
Fig. 3-30. Vroege levensgeschiedenis van de brakwatergrondel <i>Pomatoschistus microps</i> in de Westerschelde.....	57
Fig. 3-31. Sprot. Postlarve, lengte 22 mm (Uit Russell 1976).	59
Fig. 3-32. Haring. Postlarve, lengte 22 mm (Uit Russell 1976).	59
Fig. 3-33. Vroege levensgeschiedenis van clupeiden in de Westerschelde.	60
Fig. 3-34. Sprot (Uit Nijssen & De Groot 1987).	61
Fig. 3-35. Vroege levensgeschiedenis van sprot <i>Sprattus sprattus</i> in de Westerschelde.	62
Fig. 3-36. Haring (Uit Nijssen & De Groot 1987).	64
Fig. 3-37. Vroege levensgeschiedenis van haring <i>Clupea harengus</i> in de Westerschelde.	65
Fig. 3-38. Kleine zeenaald. Pas 'vrijgelaten' juveniel, lengte 13 mm (Uit Russell 1976).	67
Fig. 3-39. Kleine zeenaald (Uit Nijssen & De Groot 1987).	67
Fig. 3-40. Vroege levensgeschiedenis van de kleine zeenaald <i>Syngnathus rostellatus</i> in de Westerschelde.....	68
Fig. 3-41. Zandspiering. Postlarve, lengte 20 mm (Uit Russell 1976).	71
Fig. 3-42. Zandspiering (Uit Nijssen & De Groot 1987).	71
Fig. 3-43. Vroege levensgeschiedenis van de zandspiering <i>Ammodytes tobianus</i> in de Westerschelde.	72
Fig. 3-44. Steenbolk (Uit Nijssen & De Groot 1987).	73
Fig. 3-45. Wijting (Uit Nijssen & De Groot 1987).	73
Fig. 3-46. Vroege levensgeschiedenis van steenbolk <i>Trisopterus luscus</i> (links) en wijting <i>Merlangius merlangus</i> (rechts) in de Westerschelde.....	74
Fig. 3-47. Slakdolf (Uit Nijssen & De Groot 1987).	75
Fig. 3-48. Zeebaars (Uit Nijssen & De Groot 1987).	75
Fig. 3-49. Vroege levensgeschiedenis van slakdolf <i>Liparis liparis</i> (boven) en zeebaars <i>Dicentrarchus labrax</i> (onder) in de Westerschelde.....	76
Fig. 3-50. Strandkrab. Links: zoeae, lengte rostro-dorsale stekel (ds) 1.5 mm. Rechts: megalopa, carapaxbreedte 2.5 mm (Uit Todd & Laverack 1991).	77
Fig. 3-51. Links: strandkrab. Rechts: zwemkrab (Uit Adema 1991).	77
Fig. 3-52. Vroege levensgeschiedenis van strandkrab <i>Carcinus maenas</i> (boven) en zwemkrab <i>Liocarcinus holsatus</i> (onder) in de Westerschelde.....	78
Fig. 3-53. Samenvattend schema van het voorkomen van de belangrijkste epibenthische soorten (en levensstadia) in de Westerschelde: geul (G) mesohalien (Gm) en polyhalien (Gp), plaat (P) -3m stratum (P3) en -1m stratum (P1), schorkreek (S) van Saeftinghe (Ss) en Waarde (Sw).	81