

**Postadres**  
Postbus 433  
3430 AK Nieuwegein  
Nederland  
**Bezoekadres**  
Buxtehudeaan 1  
Nieuwegein  
Telefoon (030) 605 84 11  
Fax (030) 603 98 74

Postbank rek. nr. 595000

ABN-AMRO  
rek. nr. 45.60.53.417

België: ABN-AMRO  
rek. nr. 721.5201991.66

ovb@worldaccess.nl



**ORGANISATIE TER  
VERBETERING VAN DE  
BINNENVISSERIJ**



## **RAPPORT VISSERIJKUNDIG ONDERZOEK**

Sonar-onderzoek naar  
visbewegingen onder invloed  
van het openstellen van  
de Haringvlietsluizen in 1997.

uitgevoerd in opdracht van  
RWS dir. Zuid-Holland

projectnr.  
RWSZH/OVB 1995-02

**Bibliografische referentie:** Kemper Jan H., 1997. Sonar-onderzoek naar visbewegingen, onder invloed van het openstellen van de Haringvlietsluizen in 1997. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. *OVB-Onderzoeksrapport RWSZH/OVB 1997-07*. 23p.

© 1997 Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyright houders.

De OVB is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van de OVB; opdrachtgever vrijwaart de OVB van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

## INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Proefgebied.	3
1.3	Spuiregime.	3
1.4	Vraagstelling.	3
2	MATERIAAL & METHODE	4
2.1	Sonar algemeen	4
2.2	Opzet sonar systeem	4
2.3	Sonar output.	5
2.3.1	Real-time sonar data collectie	5
2.3.2	Bepaling signaalsterkte van individuele vis	6
2.3.3	Bepaling zwemrichting van individuele vis.	6
2.4	Opstelling van de apparatuur.	8
2.5	Onderzoeksperiode.	8
2.6	Verwerking van de gegevens	9
2.6.1	Kwantificering van de hoeveelheid uitgespoelde vis	9
2.6.2	Vislengte gegevens.	9
2.6.3	Verwerking van de peilverschillen (stroomsnelheid).	10
2.6.4	Dagelijkse ritmiek	10
2.7	Bemonstering	10
3	RESULTATEN	11
3.1	Kwantificering van de hoeveelheid uitgespoelde vis.	11
3.2	Lengtefrequentie verdeling en gemiddelde lengte van de waargenomen vis.	12
3.3	Viswaarnemingen in relatie tot de relatieve stroomsnelheid (getij).	14
3.4	Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.	17
3.5	Bemonstering.	18
4	DISCUSSIE	18
5	CONCLUSIES	22
6	AANBEVELINGEN	22
7	LITERATUUR	23

## SAMENVATTING

Een voorzichtige schatting is dat duizenden kilo's vis per dag, via de Haringvlietsluizen naar zee uitspoelen. De oorzaak is in hoofdzaak de stroomsnelheid en het sluiten van de sluisen na een spuiperiode. Daarnaast is er de zeer scherpe overgang van zoet naar zoutwater bij de sluisen. Voor de in gebruikname van de Haringvlietsluizen in 1970, liep de rivier via een brakwaterzone over in de zee. Zoetwatervis werd hierdoor tijdig gewaarschuwd om te voorkomen dat zij in het, voor veel zoetwatervis, dodelijke zeewater terecht komen.

Rijkswaterstaat dir. Zuid-Holland heeft in maart 1997 een proef uitgevoerd, waarbij de spuisluisen van de Haringvlietdam gedurende vijf dagen, gedeeltelijk maar permanent werden geopend (kortweg: **de zoutinlaatproef**). Dit als onderdeel van het onderzoek (MER Beheer Haringvlietsluizen) naar de consequenties van een eventueel besluit om het getijdenregime in het Haringvliet te herstellen. In het kader van deze zoutinlaatproef heeft de OVB met sonarapparatuur onderzocht, wat de effecten van de permanente openstelling van de sluisen op de uitspoeling van vis is. De verwachting was dat zich na het instellen van een brakwaterzone, zoals we dat van estuaria kennen, de ongewenste uitspoeling van vis naar zee, zal worden beperkt.

Ter vergelijking van de meetgegevens, die na het openstellen van de sluisen zijn verzameld, is het verloop in de hoeveelheid uitgespoelde vis vanaf 1 december 1996 gevolgd. De metingen werden onderbroken door een vorstperiode van 1 januari tot 20 februari 1997. Ook tijdens de zoutinlaatproef van 10 tot en met 15 maart 1997, konden geen metingen worden verricht. Het effect van de openstelling op de mate van uitspoeling van vis is, tot drie weken na de zoutinlaatproef, bepaald.

Tegen de verwachting in, bleek de mate van uitspoeling, na de zoutinlaatproef, met ruim een factor 6 te zijn verhoogd (figuur 6). Van een constant niveau van ca 2 000 vissen (50 kg/dag/spuiopening van 30 m<sup>2</sup>), voor de aanvang van de zoutinlaatproef, liep dit op tot ca 13 000 vissen (300 kg). Doordat er geen metingen mogelijk waren tijdens de zoutinlaatproef, zijn er twee mogelijke verklaringen voor de toename te geven. In de eerste plaats wordt gedacht aan een massale instroom van zeevis (m.n. sprat) tijdens de zoutinlaatproef, die vervolgens weer naar buiten is gespoeld. In de tweede plaats bestaat de mogelijkheid, dat veel zoetwatervis is overvallen door de plotselinge overgang naar brak water in het Haringvliet. Door vergiftiging en uitdroging zouden deze verzwakte vissen na de zoutinlaatproef, zijn uitgespoeld. Beide processen hebben wellicht naast elkaar plaatsgevonden. Omdat er aan de zeezijde, niet overmatig veel zoetwatervis werd waargenomen, wordt aangenomen dat de uitspoeling in hoofdzaak sprat betrof.

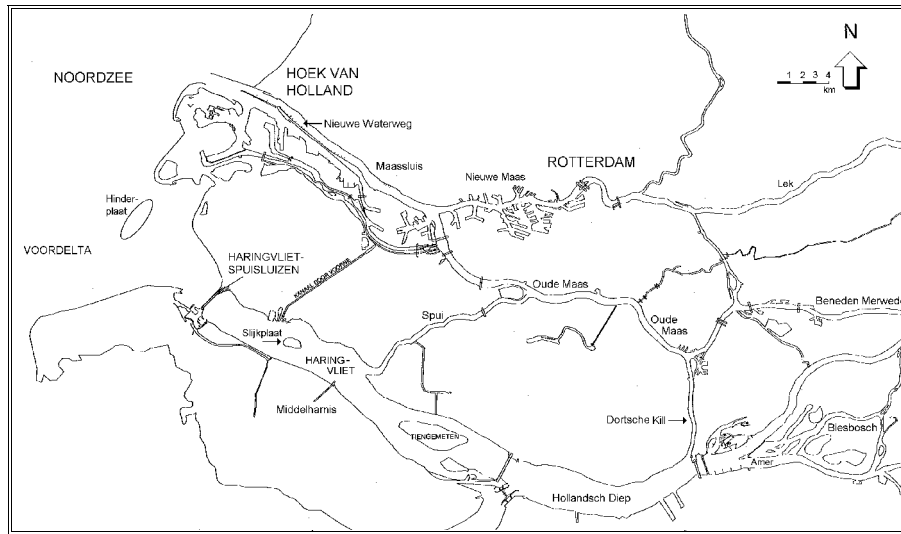
## 1 INLEIDING

### 1.1 Algemeen

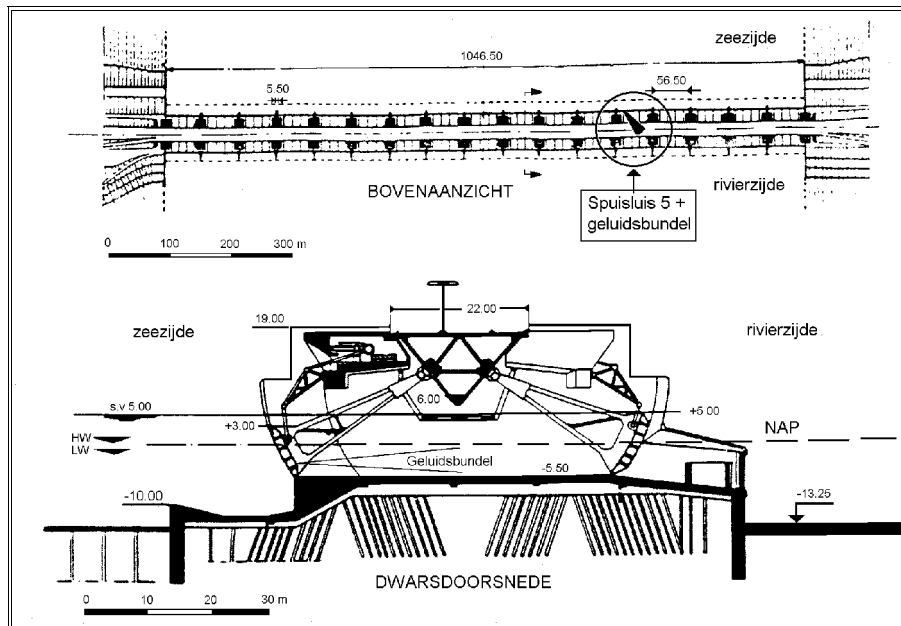
De intrek- en uittrekmogelijkheden voor vis bij de barrières langs de Nederlandse kust zijn reeds enige jaren onderwerp van studie (See & Vertegaal, 1990; Vanhemelrijk & van Broekhoven, 1990; De Haas, 1990; Cazemier, 1990). Zo zijn de migratiemogelijkheden bij de overgang van de Noordzee naar het Haringvliet sterk beperkt na de voltooiing van de Haringvlietsluizen. Voor de bouw was er in het benedenrivierengebied sprake van een lange brakwaterzone bij de overgang van zoet- naar zoutwater. Na de voltooiing in 1970, vindt deze zoetzout overgang plaats binnen enkele honderden meters aangezien het zeewater de rivierzijde niet langer kan bereiken. Deze barrière heeft tot gevolg dat anadrome vissoorten moeite hebben hun weg vanuit zee, rivieropwaarts te vervolgen. Maar evenzo bezwaarlijk is deze situatie voor zoetwatervissen die door de plotselinge overgang worden verrast en

ongewild in zee belanden (Backx, 1987). Dit zelfde probleem is onderkend voor de zoetwatervissen uit het IJsselmeer, die via de spuisluizen bij Den Oever massaal uitspoelen (Kemper, 1993).

In het kader van het overheidsbeleid ten aanzien van de benedenrivieren wordt momenteel nagegaan in hoeverre het spuiregime van de Haringvlietsluizen kan worden gewijzigd. Hierbij worden varianten onderzocht waarbij de sluisen (voor een deel) gedurende het gehele getij open blijven. Voor de intrek van vis uit zee is een dergelijke situatie bevorderlijk, zoals reeds uit proeven met het openzetten van de sluisen is gebleken (Van Beek, 1994). Bij het openstellen van de sluisen ontstaat na enige tijd een brakwaterzone.



**Figuur 1.** Overzicht van het noordelijk deltabekken.



**Figuur 2.** Schematisch bovenaanzicht van de Haringvlietsluizen en een dwarsdoorsnede van een spuisluis met zee- en rivierschuif, met daarin de positie van de geluidsbundel.

De veronderstelling is dat dit de uitspoeling van zoetwatervis naar zee kan beperken. Rijkswaterstaat Zuid-Holland onderzoekt de effecten van het gedeeltelijk openstellen van de Haringvlietsluizen op de menging van zoet en zout water (RWS, 1994a; RWS, 1994b). Teneinde hierin meer inzicht te krijgen is in maart 1997 een proef met zout water inlaten via de Haringvlietsluizen (kortweg: **de zoutinlaatproef**), van start gegaan. Aanvullend op deze zoutinlaatproef is in opdracht van Rijkswaterstaat Zuid-Holland, door de OVB een onderzoek gestart, waarbij visbewegingen in één van de spuisluizen met behulp van sonar-apparatuur is gevolgd. Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen of het openstellen van de sluisen gedurende het gehele getij, leidt tot vermindering van de uitspoeling van zoetwatervis naar zee.

## **1.2 Proefgebied.**

De locatie van de Haringvlietsluizen is aangegeven in figuur 1. Via het Haringvliet wordt jaarlijks circa 30 miljard kubieke meter water afgevoerd. Hiermee komt dit gebied op de tweede plaats na de Nieuwe Waterweg (47 miljard kubieke meter). De Haringvlietdam bevat een sluisencomplex bestaande uit 17 spuisluizen (figuur 2). Elke sluis is 60 meter lang en voorzien van een zeeschuif en een rivierschuif, elk met een breedte van 58,50 m (56,50 m voor schuif 1 en 17). Afhankelijk van de Boven-Rijnafvoer worden bij eb één of meer zeeschuiven tot een bepaalde hoogte geheven. De rivierschuiven zijn onder normale omstandigheden volledig geheven. Verder zijn in zes pijlers van het complex visluizen aangebracht (pijlers 1, 4, 7, 10, 13 en 16), elk met een opening van 3 m<sup>2</sup>. De onderkant van de visluizen ligt op -5,50 m NAP. De visluizen zijn circa 65 m lang (Vanhemelrijk, 1991; De Haas, 1991).

## **1.3 Spuiregime.**

Door Rijkswaterstaat Zuid Holland, is de zoutinlaatproef geformuleerd, waarbij de sluisen gedurende negen getijden, in beperkte mate permanent werden geopend. Op het moment dat er voldoende afvoer was (>2 000 m<sup>3</sup>) op 10 maart, werd een totale opening van 900 m<sup>2</sup>, verdeeld over (een deel) van de 17 spuisluizen, ingesteld. De maximale opening van het sluisencomplex is 6 000 m<sup>2</sup>.

## **1.4 Vraagstelling.**

De primaire opzet van de zoutinlaatproef was om modellen over menging van zoet en zout water te kalibreren/valideren.

Aanvullend hierop is een vismonitorings programma opgezet, waarbij met sonar apparatuur werd gekeken naar vispassage door het sluisencomplex. In overleg met de OVB is door Rijkswaterstaat Zuid-Holland de algemene vraagstelling van het sonaronderzoek geformuleerd:

---

### **Wat is de invloed van een brakwater zone in het Haringvliet op het uitspoelen van zoetwater vis?**

---

Binnen het sonar-onderzoek worden de volgende onderdelen onderscheiden:

---

- C In welke mate trekken vissen vanuit zee het Haringvliet op en in welke mate spoelen vissen uit naar zee bij het huidige spuiregime, waarbij slechts zoet water naar zee wordt gespuid?
  - C In welke mate trekken vissen vanuit zee het Haringvliet op en in welke mate spoelen vissen uit naar zee bij de zoutinlaatproef, waarbij de sluizen ook bij hoogwater voor een deel zijn geopend?
  - C Wat is de invloed van de stroomsnelheid en de getijdenbeweging op de mate van visintrek en uitspoeling?
-

## 2 MATERIAAL & METHODE

### 2.1 Sonar algemeen

Het gebruik van echosounders ten behoeve van visserijonderzoek is de laatste 20-30 jaar sterk toegenomen doordat de sonar apparatuur is verfijnd en doordat met behulp van computerprogramma's het gedigitaliseerde signaal van de echosounder kan worden geïnterpreteerd. Naast de zogenaamde 'single beam' techniek is de laatste jaren de 'dual beam' techniek tot ontwikkeling gekomen. De toepassingsgebieden in zoet water betreffen bestandsopnamen in diepe wateren en rivieren (Kemper & Raat, 1997) en studies met betrekking tot de verspreiding van vis bij kunstwerken in stromend water.

Met behulp van de dual beam techniek is het mogelijk:

- C vis te lokaliseren;*
- C vis bewegingen vast te stellen;*
- C de grootte verdeling van de aangetroffen vissen te bepalen;*
- C een schatting te maken van de dichtheid van de vispopulatie (Kemper & Raat, 1996)*

In 1991 is door de OVB de bruikbaarheid van de dual-beam sonar techniek voor visonderzoek getest in uiteenlopende situaties (Butterworth & Raat, 1991). Sinds augustus 1992 beschikt de OVB over dergelijke apparatuur.

### 2.2 Opzet sonar systeem

In figuur 3 is een overzicht gegeven van de sonar apparatuur.

**De Echosounder** ES 2000 van BioSonic<sup>tm</sup> is de centrale eenheid van het systeem. Dit apparaat geeft impulsen door naar de eigenlijke geluidsbron (**Transducer**), die geluidsgolven door het water zendt. Naast de organisatie voor het verzenden van de signalen is de sounder ook verantwoordelijk voor de ontvangst van de echosignalen en versterking van het signaal. Drie karakteristieke instellingen voor de echosounder zijn:

1. *Puls-frequentie*: Het aantal pulsen (pings) dat per seconde wordt uitgezonden. De puls-frequentie kan worden gevarieerd van 0,2 tot 20 pings.sec<sup>-1</sup>, en is afhankelijk van de opzet van het onderzoek. Zo zal bij het monitoren van vis bij het passeren van een kunstwerk de verblijftijd in de geluidsbundel kort zijn. De puls-frequentie zal navenant hoog moeten zijn om de vis waar te nemen. Voor dit onderzoek is een puls-frequentie van 10 pings.sec<sup>-1</sup> gebruikt.
-

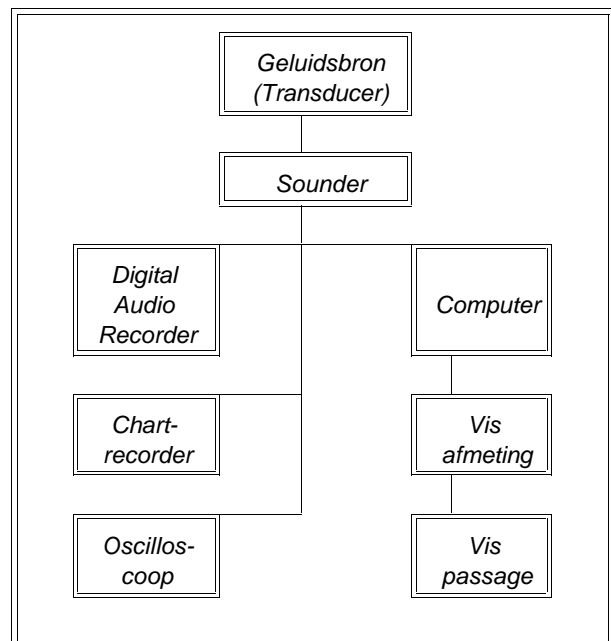


2. Puls-breedte: De duur van de puls in milliseconden (ms). De instellingen variëren van 0,2 tot 1,6 ms en is bepalend voor de mate waarin afzonderlijke vissen kunnen worden waargenomen. Dit is aanschouwelijk te maken door de pulsduur te zien als een golf met een fysieke lengte. Zo heeft een puls van 0,2 ms een lengte van 0,3 meter bij een snelheid van 1500 meter/sec (d.i. snelheid van geluid onder water). Objecten met een onderlinge afstand, kleiner dan een halve pulslengte, ten opzichte van de transducer, zullen niet meer afzonderlijk kunnen worden waargenomen. De vissen, die door de spuisluizen naar binnen zwemmen, of naar zee uitspoelen, hebben over het algemeen een onderlinge afstand die vele malen groter is dan de halve pulslengte.
3. Frequentie: De OVB beschikt momenteel over één mogelijkheid, namelijk 420 kHz. Deze frequentie is in het bijzonder toegespitst op het werk in ondiep water.

**Transducers** zijn de luidsprekers en microfoons van het systeem en worden onder water opgesteld. De transducers van de OVB zijn van het type dual-beam wat betekent dat zij zijn uitgerust met één luidspreker en twee microfoons. De eerste microfoon is gevoelig voor echo's uit een smal gebied binnen de geluidsbundel die door de luidspreker wordt uitgezonden. Het gebied waarvoor de eerste microfoon gevoelig is wordt de "narrow-beam" genoemd. De tweede microfoon is gevoeliger dan de eerste zodat deze een groter gebied bestrijkt ("wide-beam"). Het gevolg is dat eenzelfde object (target) in de geluidsbundel, met de "narrow-beam" als een zwakker signaal wordt waargenomen dan met de "wide-beam". Binnen de "dual-beam" transducers zijn twee typen te onderscheiden. De zogenaamde circulaire transducers zijn kegelvormig. Elliptische transducers zijn daarenboven afgeplat, zodat de bundel wordt beschreven door twee hoeken. Bij het onderzoek is een elliptische transducer gebruikt.

**De Oscilloscoop** (Philips<sup>™</sup> PM 93 scoopmeter) wordt tezamen met de **Chartrecorder** (BioSonics model 111) in het veld gebruikt om een eerste indruk te krijgen van de situatie. Aan de hand van deze bevindingen wordt de echosounder ingesteld. Signalen van de sounder kunnen via een interface (BioSonics Tape recorder interface model 171) worden vastgelegd op een **Digital Audio Recorder** (Sony<sup>™</sup> TCD D3), zodat deze later in het lab met de PC kunnen worden verwerkt.

**De Computer** kan in het veld direct worden aangesloten op de sounder, zodat zogenaamde real-time processing plaats kan vinden. In de regel zal het signaal worden opgenomen op de DAT recorder zodat de verwerking in een later stadium plaats kan vinden. De PC (COMPAQ<sup>™</sup> 486 33 MHz ) is uitgerust met twee boards voor de verwerking. De eerste verwerking wordt uitgevoerd door ESP programmatuur welke onder Windows<sup>™</sup> opereert. Verdere verwerking van de door de ESP programmatuur aangemaakte files wordt uitgevoerd in het Spread-sheet programma Mi-



**Figuur 3.** Opzet van het sonar systeem in het kader van vismonitoring.

Microsoft Excel™ en het databaseprogramma Superbase™

## 2.3 Sonar output.

### 2.3.1 Real-time sonar data collectie

In de regel worden de signalen van de echosounder op audioband geregistreerd om later door de computer te worden verwerkt. Het nadeel van het gebruik van tape is dat in afwezigheid van de onderzoeker, de opname is beperkt tot de capaciteit van één tape (twee uur). Het voordeel is dat de signalen van de sounder met verschillende instellingen van de software kunnen worden bewerkt. Bestaat er daarentegen zekerheid met betrekking tot de juiste instelling, dan kunnen de signalen van de sounder direct door de computer worden bewerkt. Met de vaste opstelling van de apparatuur in dit sonaronderzoek bleek het goed mogelijk om een bevredigende instelling te bepalen. Zodoende zijn voor de volledige onderzoeksperiode de signalen "real-time" verwerkt, gedurende 24 uur per dag.

### 2.3.2 Bepaling signaalsterkte van individuele vis.

Om de afmeting van een vis te bepalen is het noodzakelijk om de exacte plaats van de vis ten opzichte van de centrale geluids-as (akoestische-as) vast te stellen. Dit is mogelijk door gebruik te maken van de tweede microfoon. De clou is dat beide microfoons een gelijke gevoeligheid hebben voor het gebied op de akoestische as (on-axis). Deze as is de centrale as van de geluidsbundel waar het geluid maximaal is (on-axis). Voor het gebied vanaf de akoestische-as (off-axis) verloopt de gevoeligheid, voor beide microfoons verschillend. Omdat de verhouding tussen beide spanningen gelijk blijft, kan deze worden gebruikt voor de bepaling van de afstand tot de as.

De volgende stap is het in verband brengen van de Target Strength (d.i. de akoestische grootheid voor de afmeting van een object) en de fysieke lengte van een individuele vis. Target Strength wordt uitgedrukt in decibel (dB) en ligt voor vissen in het gebied van -25 tot -65 dB. De hoeveelheid energie die een vis reflecteert naar de transducer is sterk afhankelijk van:

- C* oriëntatie van de vis ten opzichte van de transducer;
- C* de lengte van de vis;
- C* de anatomie van de vis waarbij de zwemblaas een belangrijke rol speelt, en
- C* de door sounder uitgezonden frequentie.

Love (1971), heeft een empirische relatie opgesteld waarmee de individuele vislengte is te berekenen aan de hand van de Target Strength, in het geval van een aanzicht op de rugzijde van de vis.

$$Tsd = 19,1 \log(L) - 0,9 \log(f) - 62 \quad (\text{vgl. 1})$$

*Tsd* = target strength, dorsaal aanzicht (dB)

*L* = lengte van de vis (cm)

*f* = frequentie (kilohertz)

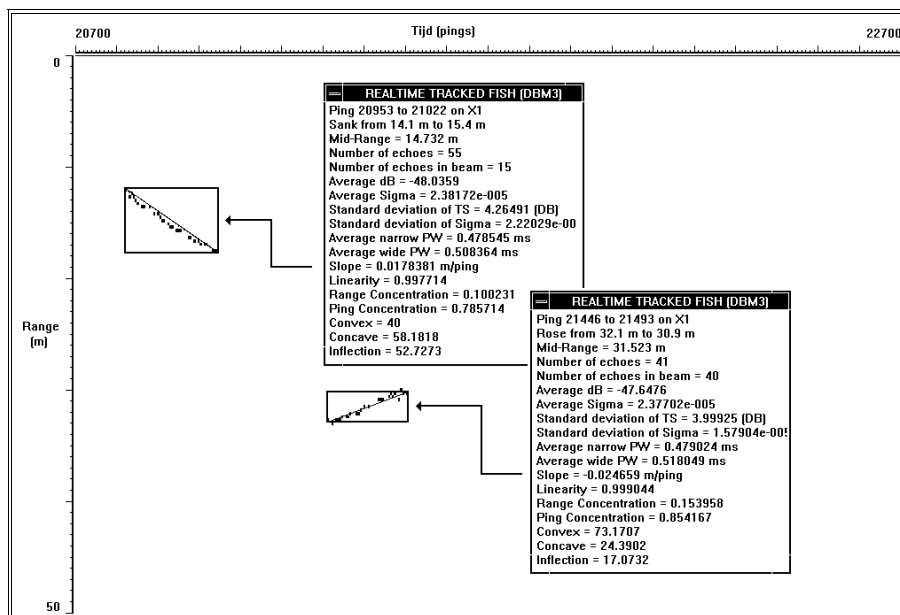
De lengte van een vis wordt overigens niet bepaald aan de hand van één echosignaal. Alleen een serie signalen kan uitsluitsel geven of we werkelijk te maken hebben met een vis. De lengte wordt

bepaald aan de hand van de gemiddelde target strength van alle signalen die worden beschouwd als afkomstig van één viswaarneming (figuur 4).

Net als een fuik of een zegen heeft de sonarapparatuur een maaswijdte die bepalend is voor de kleinste vis die kan worden waargenomen. Bij sonar wordt de maaswijdte bepaald door de achtergrondruis. Om te voorkomen dat ruissignalen nodeloos door de computer worden verwerkt, wordt een zogenaamd ruis niveau ingesteld. Vissen die een echo geven welke onder dit niveau liggen zullen worden genegeerd. Het ruisniveau lag voor dit sonaronderzoek bij een voltage dat correspondeerde met een vislengte van ca 3,5 cm.

### 2.3.3 Bepaling zwemrichting van individuele vis.

Om de bewegingsrichting van de vissen te bepalen wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde echogram. In een echogram worden afzonderlijke echosignalen in de tijd (X-as), en verdeeld over de afstand tot de transducer (Y-as), weergegeven. Er kan onderscheid worden gemaakt in twee typen echogrammen. Het eerste kan worden vergeleken met het echogram van de conventionele fish finder. Voor dit type echogram wordt uitsluitend gebruik gemaakt van het signaal van de 'narrow beam', waarbij de sterkte van het signaal wordt weergegeven in een bepaalde kleur. Daarnaast bestaat er het gedigitaliseerde echogram. Bij dit type echogram wordt alle informatie, die van een enkele echo wordt waargenomen, opgeslagen. Hieronder staan een aantal van de meest essentiële waarnemingen opgesomd:



**Figuur 4.** Voorbeeld van een echogram met twee vissporen. De positieve/negatieve waarde van de slope deze vissen geeft aan dat zij zich in tegengestelde richting verplaatsen. De waarden voor de Average dB zijn een maat voor de afmeting van de vis in decibel. De omrekening naar de fysieke lengte van de vis gebeurt met de vergelijking van Love (vgl. 1).

- C Het volt-Niveau van de narrow beam,
- C volt-Niveau van de wide beam,
- C een getalsmatige beschrijving van de vorm van het echosignaal,
- C afstand tot de transducer,

### *C sterkte van het echo signaal (target strength)*

Een deel van de software is er op gericht om aan de hand van de samenhang van een serie individuele echosignalen aan te geven of er sprake is van een visspoor. Ook deze informatie wordt op file opgeslagen en kan voor de verdere analyse van de gegevens worden gebruikt.

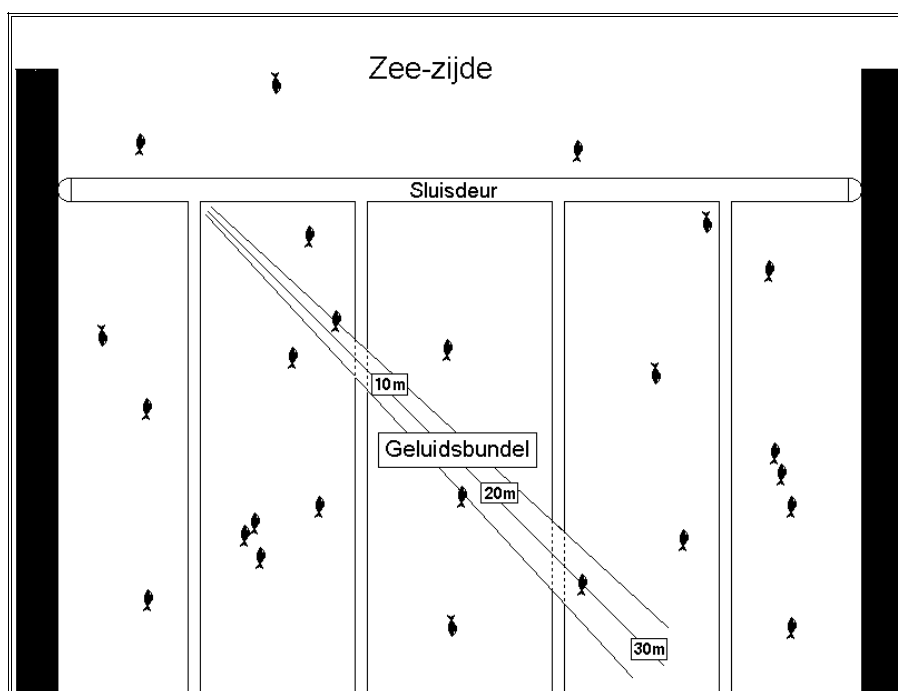
In figuur 4 is een voorbeeld te zien van twee sporen van echosignalen die door de software, met een rechthoek, als vis worden aangemerkt. In dezelfde figuur staat een selectie uit de informatie die over deze vissen wordt vastgelegd.

Een gegeven dat van groot belang is voor de monitoring van passerende vis is de "SLOPE". Hiermee wordt de verplaatsing ten opzichte van de transducer geregistreerd in meter/ping. In dit voorbeeld is de verplaatsing van de bovenste vis + 0,178 meter/sec bij een pulse frequentie van 10 pings/sec. De verplaatsing van de onderste vis is - 0,246 meter/sec. Het teken (+/-) geeft voor de bovenste vis aan dat deze vanuit zee in de richting van de rivier zwemt. De onderste vis (-) spoelt vanaf het Haringvliet uit naar zee. N.B. Deze verplaatsing moet niet worden verward met de zwemsnelheid van de vis, omdat rekening gehouden moet worden met de stroomsnelheid van het water.

## **2.4 Opstelling van de apparatuur.**

De montage van de apparatuur heeft in december 1995 plaatsgevonden in samenwerking met het personeel van RWS, dienstkring Haringvliet. In figuur 5 is een bovenaanzicht gepresenteerd van schuif aan de zeezijde in spuisluis 5. De locatie van de transducer en de richting van de geluidsbundel zijn aangegeven. De onderzijde van de schuif met de transducer was 50 cm verwijderd van de bodem. Er is gebruik gemaakt van een elektrische draaispil, waarmee de oriëntatie van de geluidsbundel in horizontale en verticale richting kon worden ingesteld. De apparatuur (echosounder, computer, besturing van de draaispil etc) was ondergebracht in een container op de dam. De kabels voor aansturing van de transducer en de draaispil liepen via de armen van de schuif.

Onder normale omstandigheden wordt de zeeschuif gebruikt om de spuisluis te openen en te sluiten. Tijdens het sonaronderzoek is echter gebruik gemaakt van de schuif aan de rivierzijde om de volgende redenen. In de eerste plaats kon, door gebruik te maken van de rivierschuif, de stand van de zeeschuif permanent gelijk blijven. Dit was van belang voor de oriëntatie van de geluidsbundel. In de tweede plaats was de rivierschuif ongeschikt door de turbulentie, die vlak achter de schuif ontstaat. Door turbulentie komen veel luchtbellens in het water, waarvan met name de microbellens zinvolle sonaropnamen verhinderen. Om turbulentie bij de zeeschuif te voorkomen was het dan ook van belang, dat tijdens de spuiperioden, de rivierschuif volledig werd geopend. In de derde plaats had de zeeschuif het voordeel dat er bij hoogwater, als de spuisluis was gesloten, naar (uitgespoelde) vis aan de zeezijde kon worden gekeken.



**Figuur 5.** Bovenaanzicht van spuisluis 5 aan de zeezijde. De geluidsbron is op de deur gemonteerd. Het bereik van de geluidsbundel is ingesteld op 30 meter. Alle vissen die de bundel passerden worden geregistreerd.

## 2.5 Onderzoekperiode.

De periode waarin de zoutinlaatproef is uitgevoerd, werd bepaald door het moment waarop de waterafvoer zich tussen bepaalde grenzen bevond. Een bovengrens werd als voorwaarde gesteld om te voorkomen dat een te hoge waterafvoer het indringen van zoutwater zou verhinderen. Een minimale afvoer werd als voorwaarde gesteld om de garantie te bieden dat, na de zoutinlaatproef, het binnen gedrongen zeewater, binnen één week naar zee kon worden afgevoerd.

De eerste periode waarin is gezocht naar een geschikt moment om de zoutinlaatproef uit te voeren was gedurende de eerste drie maanden van 1996. Door het droge voorjaar en het uitblijven van smeltwater, werd in deze periode de minimale afvoer niet bereikt. Omdat er vanuit werd gegaan dat de zoutinlaatproef in deze periode door zou gaan, zijn er wel sonargegevens verzameld (blancobepaling). Er is in dit verslag gebruik gemaakt van deze gegevens, voor zover deze representatief zijn.

Om de kans te vergroten dat de zoutinlaatproef in het daaropvolgende winterseizoen wel doorgang zou kunnen vinden is reeds vanaf 1 december 1996, naar een geschikt moment gezocht. Na afwisselde perioden van veel afvoer, te weinig afvoer en vorst, kon de zoutinlaatproef uiteindelijk op 10 maart 1997 van start gaan. De sonarmetingen zijn, met een aantal onderbrekingen, vanaf 11 december 1996 tot en met 1 april 1997 uitgevoerd. De grootste onderbreking vond plaats van 1 januari tot 21 februari 1997, toen er door de vorst geen metingen konden worden uitgevoerd. Een tweede hiaat viel samen met het permanent openzetten van de sluisen van 10 tot en met 15 maart 1997. Dit was met name het gevolg van de turbulentie, die ontstond bij het naar binnen stromen van zeewater.

## 2.6 Verwerking van de gegevens.

### 2.6.1 Kwantificering van de hoeveelheid uitgespoelde vis

Om de hoeveelheid uitgespoelde vis per tijdseenheid te bepalen, is gebruik gemaakt van;

- C het moment (tijd & datum) waarop een vis werd waargenomen en
- C de richting waarin de vis zich verplaatst (↑ zee / rivier ↓).

Voor de berekening van de hoeveelheid uitgespoelde vis, is de hoeveelheid vis, die binnen de geluidsbundel van de sonar is waargenomen, geëxtrapoleerd naar het totale oppervlak van de spuisluis. Het oppervlak van de geluidsbundel waarlangs de vissen worden waargenomen is 8,3 m<sup>2</sup>. Het totale oppervlak waarlangs vissen door spuisluis 5 passeren is ca 58,5 x 6 meter = 351 m<sup>2</sup>, zodat 2,4 % van het totale oppervlak waar vis passeert, met de sonar wordt bemonsterd.

Als bemonsteringseenheid van tijd is een 10 minuten interval gekozen. Van deze intervallen is een dagelijks gemiddelde bepaald met een 95% betrouwbaarheidsinterval aan de hand van de standaarddeviatie en het aantal intervallen. De absolute hoeveelheid vis die is uitgespoeld, wordt uitgedrukt in het aantal per dag, gedurende de gemiddelde tijd dat de schuiven open hebben gestaan. Dit bleek, voor periode dat het sonaronderzoek werd uitgevoerd, gemiddeld 16 uur te zijn.

### 2.6.2 Vislengte gegevens.

Aan de hand van de lengte bepaling van individuele vis kan een indruk worden opgedaan van lengte opbouw van de vispopulatie. De geëigende methode hiervoor is de verdeling van lengtes van individuele vis, in grootte klassen. Hierdoor ontstaat de zogenaamde lengtefrequentie verdeling. De met de sonar bepaalde vislengtes kunnen vervolgens worden vergeleken met gegevens van een visserij.

Voor elke dag is de gemiddelde lengte bepaald van alle individueel gemeten vissen, die op die dag zijn waargenomen. Aan de hand van deze waarden, is het verloop van de gemiddelde vislengte in de loop van de onderzoeksperiode in de winter van 1996/97 bepaald. Voor elk daggemiddelde is het 95% betrouwbaarheidsinterval berekend, aan de hand van het aantal en de spreiding in de lengtegegevens voor de desbetreffende dag.

### 2.6.3 Verwerking van de peilverschillen (stroomsnelheid).

Er is verband gelegd tussen het tijdstip dat een vis is waargenomen en de stroomsnelheid in de spuisluis. Het peilverschil tussen het Haringvliet en de zee is daarbij als relatieve maat genomen voor stroomsnelheid. Deze gegevens zijn gekoppeld aan de verplaatsingssnelheid van de vis door de spuisluisen. Aan de hand van deze koppeling kan bovendien de stand van de schuiven worden afgeleid. De schuiven worden immers geopend en gesloten bij een peilverschil van 12 cm tussen de zee en rivier. De peilgegevens hebben betrekking op het peil bij Stellendam (zee) en bij Hellevoetsluis (Haringvliet). De gegevens zijn ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat dir. Zuid-Holland. Deze werkwijze bleek, bij de verwerking van de resultaten uit januari 1996, geen gelukkige keuze, zoals verder in het verslag zal worden toegelicht. Voor de overige resultaten (1996/97) is derhalve gebruik gemaakt van de actuele openings- en sluitingstijden van de sluisen.

### 2.6.4 Dagelijkse ritmiek

Nagegaan is of er bij het Haringvliet sprake is van een verloop in de activiteit van vis, gedurende een etmaal. Als er veel vis met de sonar wordt waargenomen, wordt dit geïnterpreteerd als een periode met hoge activiteit. Om dit inzichtelijk te maken zijn alle waarnemingen, die in de winter van 1995/'96 **en** tussen 00:00 u en 01:00 u zijn verzameld, gesommeerd in uurklasse 1. Waarnemingen die tussen 01:00 u en 02:00 u zijn verzameld, zijn gesommeerd in uurklasse 2. Enzovoorts tot uurklasse 24. Op deze wijze wordt een overzicht verkregen van het aantal waarnemingen op een bepaald moment van de dag. Er zijn aparte overzichten gemaakt voor de gegevens die zijn verzameld op de momenten dat de sluizen waren gesloten, en op de momenten dat de sluizen waren geopend. Ook is nagegaan of het opkomend of het afgaande tij invloed heeft op de hoeveelheid waarnemingen, die op een bepaald moment van de dag werden gedaan.

## **2.7 Bemonstering**

Het is niet mogelijk om met behulp van de sonarapparatuur inzicht te krijgen in de soortsaamenstelling van de waargenomen vis. Daarvoor is een visserij uitgevoerd waarbij een kuil (5 x 5 meter) aan een van de schuiven is opgehangen. Daarnaast zijn de visserijgegevens gebruikt van een onderzoek uit 1986 (Backx, 1987). De vraagstelling van dit onderzoek was ook gericht op de uitspoeling van zoetwatervis naar zee. Hiervoor zijn rond de sluizen (anker-) kuilvisserijen uitgevoerd.

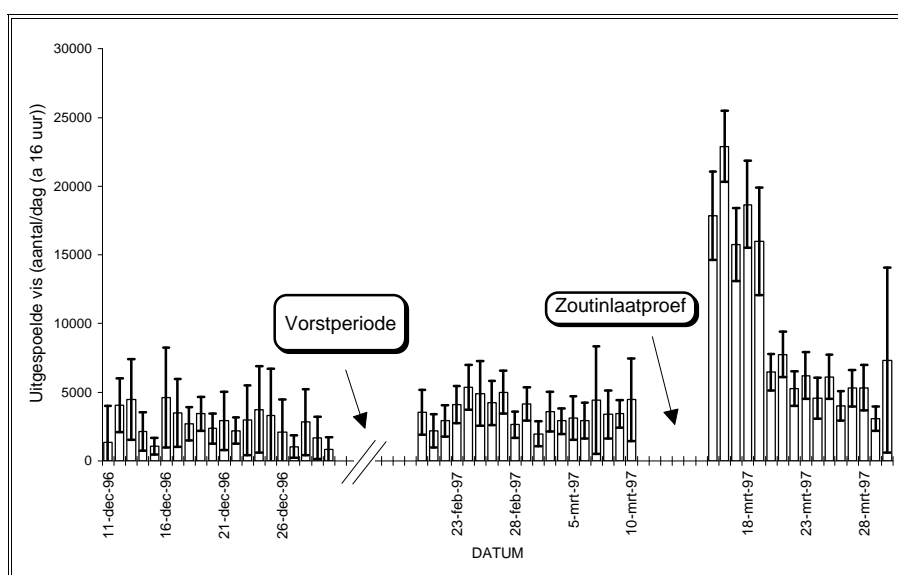
Om deze gegevens aan te vullen zijn op 10 juli 1997, bijvangsten van de kotters de Goeree 58 doorgemeten. Dit betrof een kuilvisserij aan de zeezijde voor de Haringvlietsluizen.

---

### 3 RESULTATEN

#### 3.1 Kwantificering van de hoeveelheid uitgespoelde vis.

In figuur 6 is het absolute aantal vissen dat per dag, door spuisluis 5, naar zee uitspoelt, uitgezet tegen de tijd dat het sonaronderzoek heeft plaatsgevonden. Tevens zijn de perioden aangegeven, waarin geen metingen konden worden uitgevoerd. Het betreft de vorstperiode van 1 januari 1997 tot en met 20 februari 1997, en de periode waarin de spuisluizen in het kader van de zoutinlaatproef permanent zijn geopend (10-15 maart 1997).

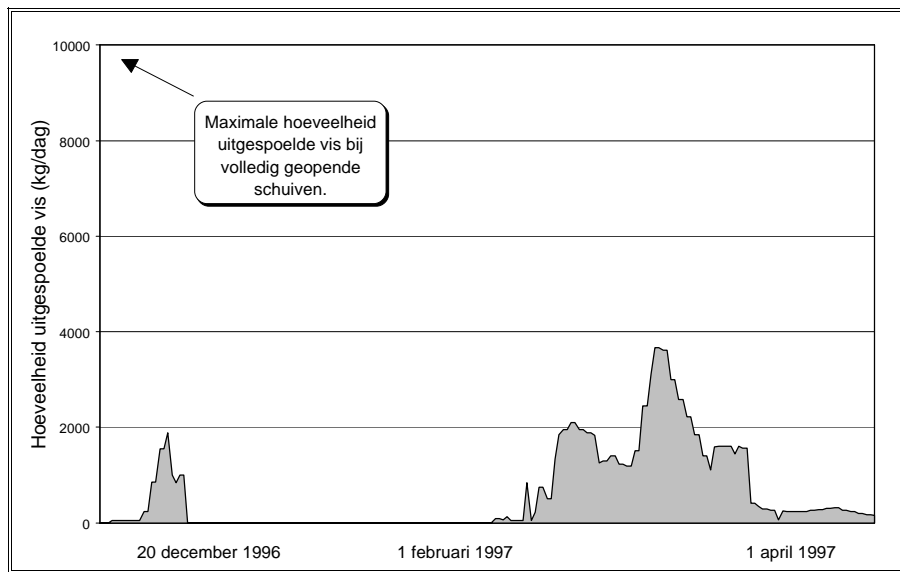


**Figuur 6.** Verloop van de schatting van het aantal vissen dat gemiddeld per dag (à 16 uur) door spuisluis 5, naar zee werd afgevoerd tijdens laagwater. De resultaten zijn per dag gepresenteerd. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is berekend door verdeling van de resultaten in 10-minuten intervallen.

Bij de metingen is uitgegaan van het aantal vissen dat per tijdseenheid wordt uitgespoeld. Om een indruk te geven van de biomassa is uitgegaan van een gemiddeld gewicht van 25 gram. In de periode voorafgaande aan de zoutinlaatproef komt dit neer op  $\pm 50$  kg/dag/spuisluis (opening  $30 \text{ m}^2$ ). Na de zoutinlaatproef liep dit op tot  $\pm 300$  kg.

Aan de hand van deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid vis, die door het totale spuicomples naar zee wordt uitgespoeld. Aangenomen wordt dat er gemiddeld  $50 \text{ kg}$  vis per dag door een spuisluis met een opening van  $30 \text{ m}^2$  (schuif  $0,5$  meter geheven) uitspoelt, zoals voor de uitvoering van de zoutinlaatproef is vastgesteld. De maximale doorstroomopening van het hele spuicomples is  $6\,000 \text{ m}^2$ . De doorstroomsnelheid is recht evenredig aan de doorstroomopening (Kemper, 1993; (vgl. 2)), zodat in het uiterste geval, dat alle spuisluizen volledig zijn geopend, er gemiddeld  $50 \text{ (kg)} \times 6\,000/30 = 10\,000 \text{ kg}$  vis per dag naar zee zal uitspoelen. Dit zal echter sporadisch voorkomen. In figuur 7 is voor de onderzoeksperiode december 1996 tot en met maart 1997, de totale hoeveelheid uitgespoelde vis uitgezet. Daarbij is uitgegaan van de schatting in spuiopening 5, van voor de zoutinlaatproef ( $50 \text{ kg}$ ), en de totale spuiopening per spuiperiode.



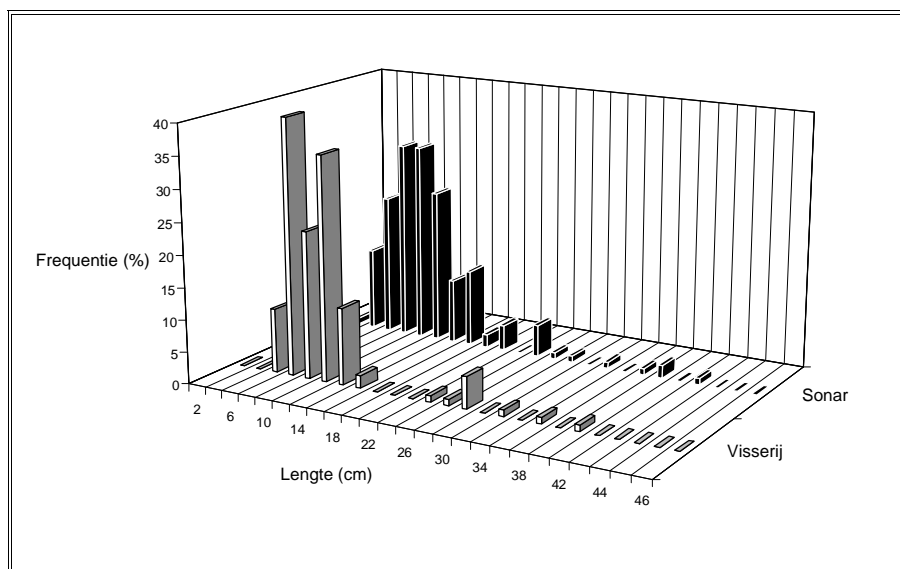


**Figuur 7.** De hoeveelheid uitgespoelde vis vanuit het Haringvliet, in de periode december 1996/maart 1997. Het verloop is bepaald aan de hand van de schatting in spuisluis 5 en de totale spuioopening, zoals deze per spuiperiode door RWS is opgegeven. Als alle 17 schuiven volledig zijn geheven, zal in dit sporadische geval, ca 10 ton vis per dag naar zee spoelen.

### 3.2 Lengtefrequentie verdeling en gemiddelde lengte van de waargenomen vis.

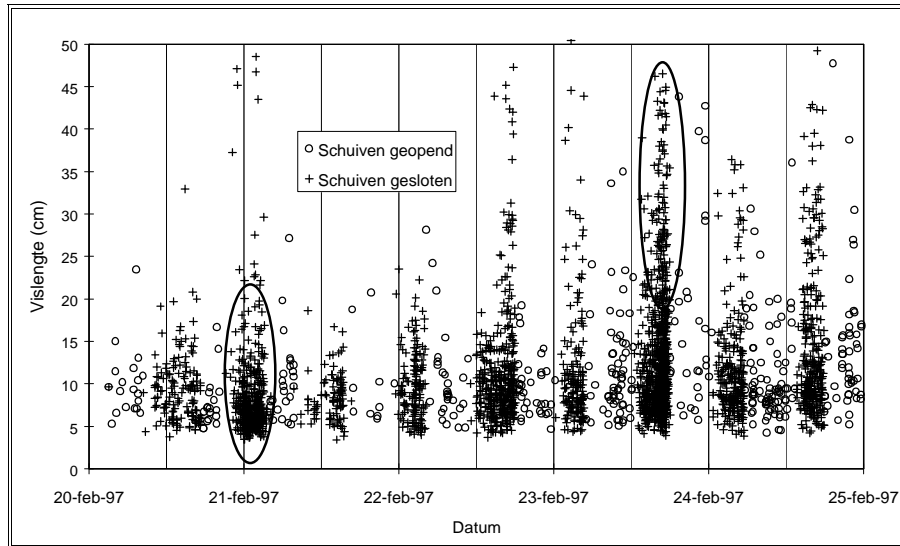
In figuur 8 zijn de sonar resultaten van een reeks representatieve lengte gegevens uitgezet in een lengtefrequentie verdeling. Ter vergelijking zijn de resultaten van een visserij uit 1986, bij de Haringvlietsluizen gepresenteerd.

In figuur 9 is ter illustratie van de variatie in de populatie opbouw, het verloop van de lengteopbouw

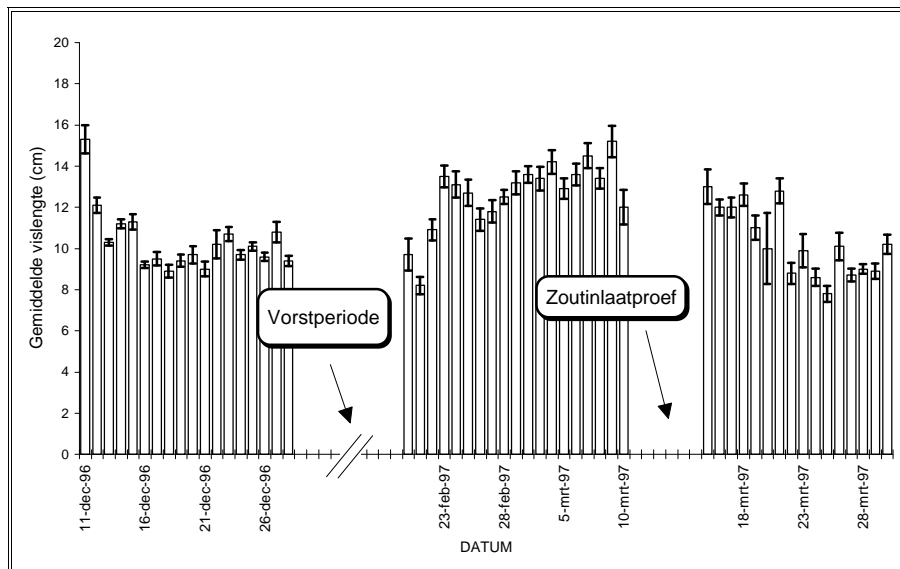


**Figuur 8.** Lengtefrequentie verdeling van de met sonar waargenomen vissen, uitgezet tegen de lengtefrequentie verdeling van actuele visserijgegevens bij de Haringvlietsluizen. N.B. de kleinste vis, die met de sonar kon worden waargenomen, was ca 3,5 cm (zie toelichting § 2.3.2).

van de vispopulatie in een XY-grafiek uitgezet tegen de tijd. Hiervoor is een representatieve periode gekozen (20-25 februari 1997). De betekenis van de omcirkelde groepen wordt besproken in de discussie.



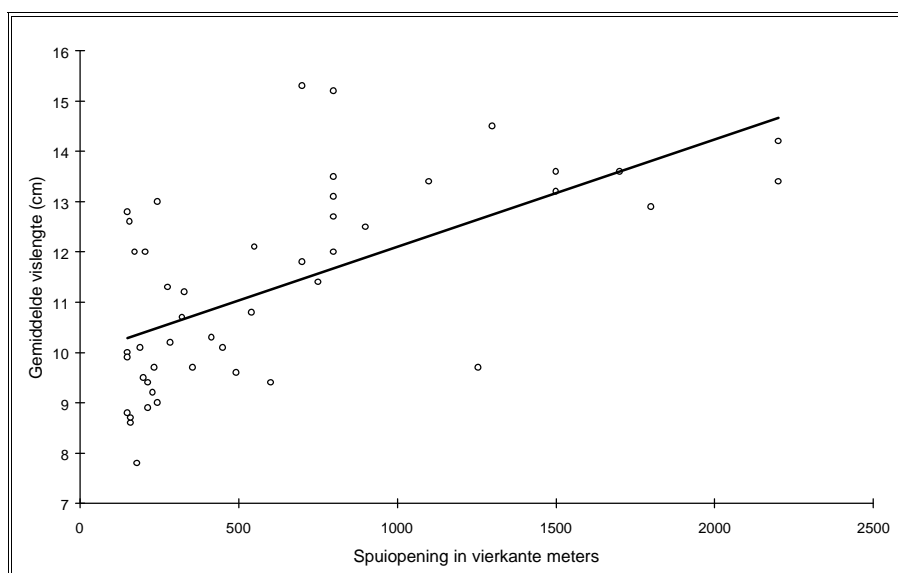
**Figuur 9.** Verloop van de populatie opbouw tijdens een representatieve periode in februari 1997. In deze figuur zijn individuele lengtebepalingen uitgezet tegen de tijd. Aangegeven is of de metingen zijn uitgevoerd bij geopende (o) of bij gesloten (+) sluisen. De omcirkelde punten geven waarnemingen aan die wellicht afkomstig zijn van verschillende vissoorten. (zie toelichting in de tekst)



**Figuur 10.** Verloop in de gemiddelde lengte van de vispopulatie in de periode 16 december 1996- 1 april 1997.

In figuur 10 is de gemiddelde lengte van de vispopulatie per 24 uur (met het 95% betrouwbaarheidsinterval ( | ) van het gemiddelde) uitgezet tegen de periode van het onderzoek. Ook in deze figuur zijn de onderbrekingen in de metingen door de vorst en de zoutinlaatproef, aangegeven.

In figuur 11 is per dag het verband weergegeven tussen de gemiddelde lengte van de vis, zoals deze met de sonar is vastgesteld, en de totale spuiopening van het spuicomplex. Door de gegevens is bovendien een regressielijn getrokken welke een positief verband suggereert. De correlatie coëfficiënt ( $r$ ) tussen deze gegevens is  $= 0,61$  en wijkt significant af van de nulhypothese  $H_0: \rho = 0$  bij  $p < 0.01$  en  $\rho = 47$  (Sokal & Rohlf 1981). Met andere woorden, er kan met 99% zekerheid worden gesteld dat er verband bestaat tussen de afvoer van water en de gemiddelde lengte van vis.

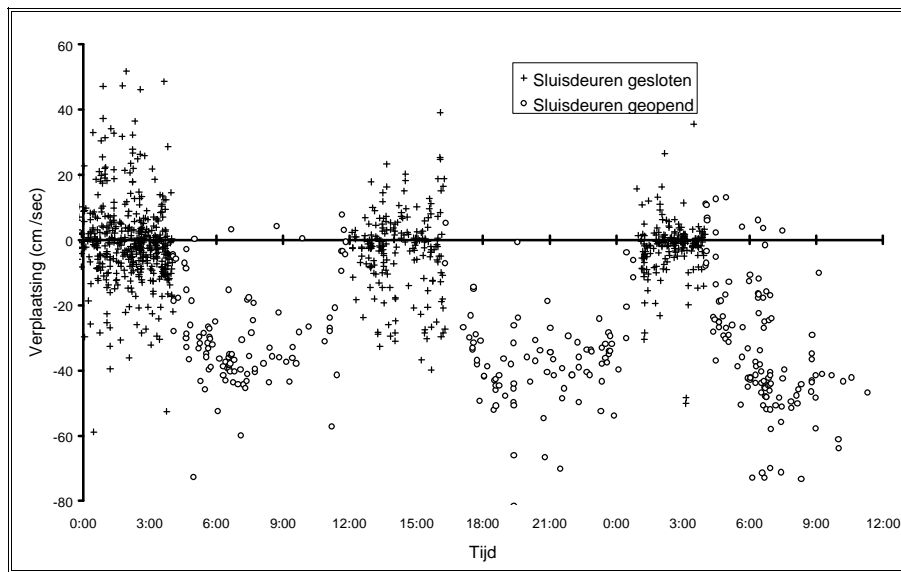


**Figuur 11.** Verband tussen de gemiddelde vislengte per dag, en de spuiopening in de Haringvlietsluizen. De correlatie coëfficiënt  $r = 0,61$  en wijkt significant af van de nulhypothese  $H_0: \rho = 0$  bij  $p < 0.01$ ,  $\rho = 47$ .

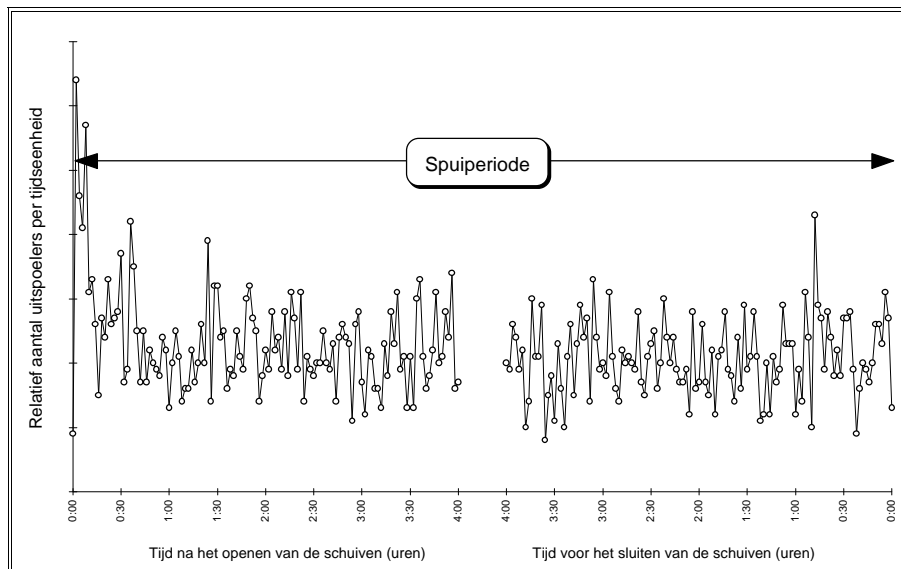
### 3.3 Viswaarnemingen in relatie tot de relatieve stroomsnelheid (getij).

Ter illustratie van de invloed van het openzetten van de schuiven op het uitspoelen van vis, is in figuur 12 de verplaatsingsnelheid en richting van de vissen uitgezet tegen de tijd. Uit deze figuur is tevens het verloop van het aantal vissen dat uitspoelt af te lezen, in relatie tot het afgaande en opkomende tij.

Om het verloop in aantal duidelijker te illustreren is in figuur 13 het verloop van het aantal uitgespoelde vissen uitgezet tegen de tijd vanaf het moment dat de schuiven werden geopend. Hiervoor zijn alle waarnemingen van een tiental representatieve spuiperioden gesommeerd. Omdat niet alle spuiperioden even lang zijn, zijn allen de eerste vier uren, na het openen van de schuiven, gesommeerd. Voor het verloop van het aantal uitspoelers voor het sluiten van de schuiven, is gebruik gemaakt van vier uur voorafgaand aan de sluiting. Alle spuiperioden hebben op deze wijze een gelijk aandeel in de bepaling. Voor deze figuur is gebruik gemaakt van tien representatieve spuiperioden in januari 1996.



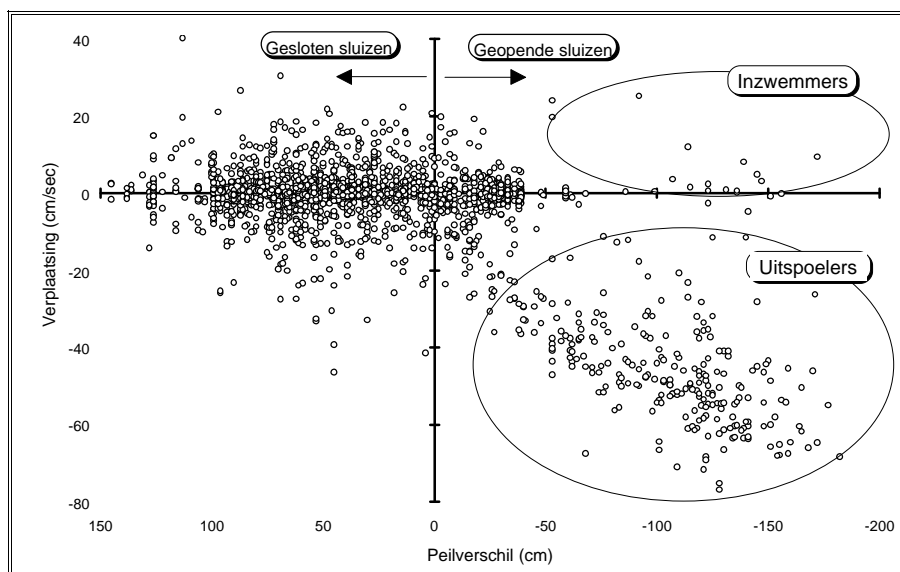
**Figuur 12.** Invloed van het spuiregime (schuiven open (o) / dicht (+)) op de verplaatsing van de vis. Er zijn hiervoor gegevens gebruikt uit februari 1997, die representatief zijn voor de totale onderzoeksperiode.



**Figuur 13.** Gemiddelde hoeveelheid vis die gedurende 4 uur na het openen van de schuiven en gedurende 4 uur voor het sluiten van de schuiven, uitspoelt. Ook voor deze presentatie zijn gegevens gebruikt uit februari 1997 die representatief zijn voor de totale onderzoeksperiode.

In figuur 14 is de verplaatsing (richting & snelheid) van de waargenomen vis (Y-as) uitgezet tegen het peilverschil (X-as) tussen de Noordzee en het Haringvliet. De verplaatsing is gemeten ten opzichte van de transducer op de schuif aan de zeezijde. Een positieve waarde houdt in dat de vis zich in de richting van de rivier verplaatst (zie § 2.3.3). Een negatieve waarde betekent verplaatsing naar zee. Deze groep wordt in hoofdzaak bepaald door jonge zoetwatervis, die met de stroom mee naar zee uitspoelt. Het is deze groep vis, die in het kader van de zoutinlaatproef, centraal staat.

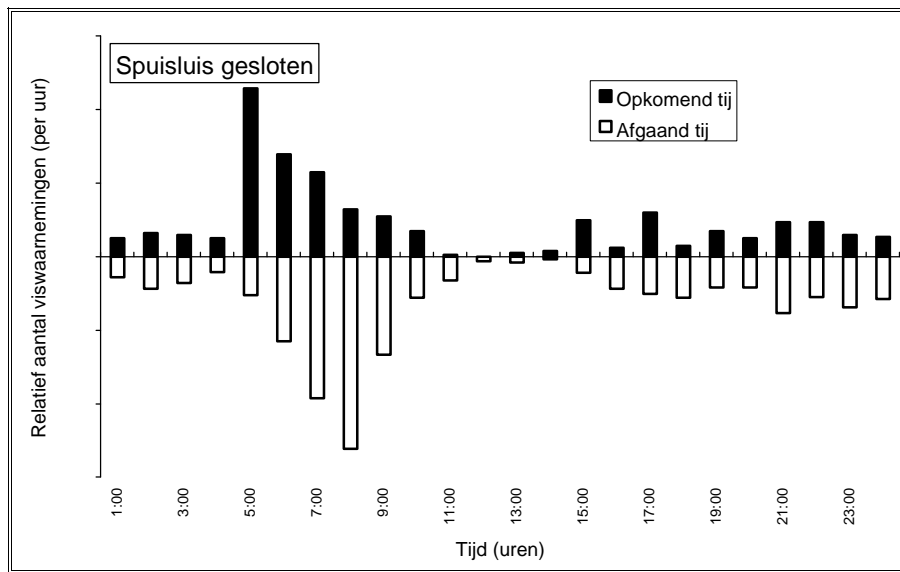
Het peilverschil (X-as) tussen zee en rivier geeft in de eerste plaats aan wat de stand van de schuiven is. Zodra het niveau van de Noordzee 12 centimeter lager ligt dan het niveau van het Haringvliet, kan er worden gespuid. Een negatief peilverschil is hier gedefinieerd als een peil waarbij het zeeniveau onder dat van het Haringvliet ligt. Met andere woorden, de waarnemingen aan de linkerzijde van onderstaande grafieken zijn gedaan in stagnant water. De waarnemingen aan de rechterzijde hebben betrekking op de periodes dat de schuiven open staan. Het peilverschil is daarbij een relatieve maat voor de stroomsnelheid door de spuisluis.



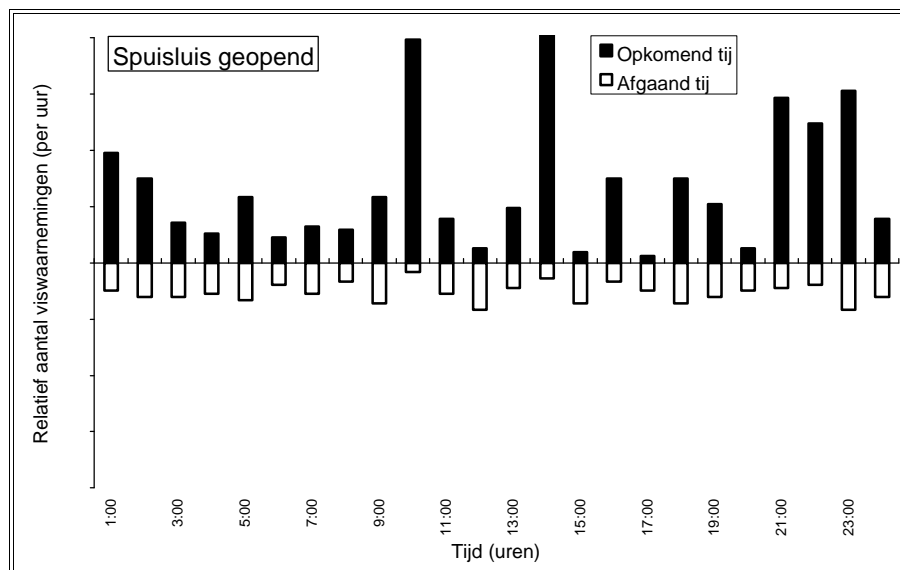
**Figuur 14.** Viswaarnemingen die gedurende de zoutinlaatproef zijn gedaan, met op de X-as het peilverschil tussen de zee en het Haringvliet. Bij een negatief peilverschil is het niveau aan de zeezijde lager. Op de Y-as is de snelheid uitgezet, waarmee de vis zich door de spuisluis verplaatst. Een negatieve waarde geeft aan dat de vis zich in de richting van de zee verplaatst. Voor deze presentatie is gebruik gemaakt van gegevens, verzameld tijdens 22 spuiperioden in januari 1996. Deze perioden waren representatief voor de totale duur van het onderzoek.

### 3.4 Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.

In figuur 15 en 16 is een overzicht gegeven van de verdeling van het aantal waarnemingen, zoals dat gemiddeld over de dag kon worden waargenomen. Hiervoor zijn alle waarnemingen gebruikt, die in de winter van 1995/'96 zijn verzameld. Deze gegevens zijn gebruikt, omdat zij een representatief beeld geven van het verloop gedurende de winterperiode. Er is onderscheid gemaakt tussen de waarnemingen, die zijn gedaan bij gesloten (figuur 15) en bij geopende (figuur 16) sluisen. Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen gegevens, die zijn verzameld tijdens opkomend tij (boven de X-as) en bij afgaand tij (onder de X-as)



**Figuur 15.** In deze figuur is het gemiddelde aantal waarnemingen, verdeeld over de dag weergegeven (zie toelichting § 2.6.4). Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van de winter 1995/96. De waarnemingen hebben betrekking op de perioden dat de sluisen waren gesloten. Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen de perioden dat het opkomend en afgaand tij was.



**Figuur 16.** Gelijk aan figuur 15, maar nu voor de momenten dat de sluisen waren geopend.

### 3.5 Bemonstering.

De visserij met de kuil aan de schuif bleek niet succesvol. De resultaten van de visserij met de kotter en de visserijgegevens van Backx (1987) zijn in tabel 1 weergegeven.

## 4 DISCUSSIE

Het bleek niet goed mogelijk om tijdens de zoutinlaatproef van 10 tot 15 maart 1997, metingen met de sonar uit te voeren. In de eerste plaats was er veel turbulentie waardoor met name tijdens opkomend tij, het "zicht" werd beperkt tot enkele meters vanaf de geluidsbron. In de tweede plaats werden de metingen verstoord, doordat de stand van de schuif tijdens de zoutinlaatproef moest worden gewijzigd. De opening werd gevarieerd van 0,9 m op de eerste dag tot 4,5 meter op de laatste dag van de zoutinlaatproef. Door de verandering in de stand van de geluidsbundel, verandering in de stroomsnelheid en het beperkte zicht, waren de gegevens niet of nauwelijks met de overige data te vergelijken.

Ondanks de grote variatie in de hoeveelheid vis, die op verschillende momenten uitspoelt, kan door de hoge intensiteit waarmee de waarnemingen zijn gedaan, een betrouwbare schatting worden gemaakt van het verloop in de tijd. Voor de start van de zoutinlaatproef op 10 maart 1997, is de mate van uitspoeling op een redelijk constant niveau van  $\pm 2\ 000$  vissen/dag. De toename in de hoeveelheid vis in de eerste week na de zoutinlaatproef ( $\pm 13\ 000$  vissen/dag) is, gezien de omvang van de betrouwbaarheidsintervallen, zonder meer significant.

Aanvankelijke werd verwacht dat door het binnendringen van zout water in het Haringvliet,

Lengte (cm)	Blankvoorn		Brasem		Baars		Snoekbaars		Sprot	Haring	Spie- ring
	Backx	OVB	Backx	OVB	Backx	OVB	Backx	OVB	OVB	OVB	OVB
4								1	19		12
6	10							19	46		33
8	39		1					2	71		30
10	3		9				11		14		2
12			3				33		3		
14			1		1	2	10				
16		3					2				
18								1			
20				1		1				1	
22				4		4					
24	1					2					
26	1										
28	2		3								
30	1		2								
32			1					1			
34											
36			1			1					
38			1								
40			1								
42								1			
44			1								
46							2				
48								1			

**Tabel 1.** Overzicht van de vangsten aan de zeezijde bij de Haringvlietdam. Opgenomen zijn de gegevens zoals deze zijn verzameld door Backx (1987) en door de OVB.

zoetwatervis zich in stroomopwaartse richting zou terugtrekken. Uitspoeling zou hierdoor juist sterk worden beperkt. Daarentegen is een toename met een factor 6,5 van de hoeveelheid uitgespoelde vis, waar te nemen. Na vijf dagen neemt de uitspoeling plotseling weer sterk af, en herstelt zich in de daaropvolgende weken vrijwel tot het oude niveau. Doordat de hoeveelheid uitgespoelde vis juist tegen de verwachting in sterk toenam, zijn er twee mogelijke verklaringen te geven.

#### **Uitspoeling tengevolge van inspoeling.**

In 1994 werd een eerste zoutinlaatproef uitgevoerd, om te onderzoeken of op deze wijze de passeerbaarheid voor vis bij de Haringvlietdam kon worden vergroot (van Beek, 1994). Hieruit bleek dat veel vis, met de vloedstroom mee, in het Haringvliet terecht kwam. Het ligt voor de hand dat ook bij de zoutinlaatproef in maart 1997, vissen uit zee het Haringvliet zijn ingespoeld. Naast anadrome vissoorten als driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) en spiering (*Osmerus eperlanus*), zullen hier ook niet migrerende vissoorten, zoals sprat (*Spratus spratus*), haring (*Clupea harengus*), tong (*Solea vulgaris*) en wijting (*Melangius merlangus*) zijn meegegaan. Deze soorten zullen zich na de zoutinlaatproef, met de stroom mee, weer naar zee af hebben laten voeren. Dit is mogelijk op grote schaal met sprat gebeurd. Scholen sprat, die voor de aanvang van de zoutinlaatproef nog voor de sluisen aan de zeezijde werden waargenomen, bleken tijdens de zoutinlaatproef te zijn verdwenen en wellicht met de vloedstroom te zijn meegevoerd (mond. med. beroepsvisser Thijs de Visser). Omdat sonarwaarnemingen tijdens de zoutinlaatproef niet mogelijk waren, kon de inspoeling van vis vanuit zee, helaas niet worden gekwantificeerd.

#### **Uitspoeling tengevolge van vergiftiging van zoetwatervis.**

Een tweede verklaring is dat de overgang naar een zout milieu in het Haringvliet, voor veel vis te snel is verlopen. Mogelijk is zoetwatervis door het binnenstromende zeewater overvallen, en hebben geen gelegenheid gekregen om zich tijdig in stroomopwaartse richting terug te trekken. Het gevolg is een verstoring in de fysiologie van de vis. De concentratie van opgeloste stoffen in de lichaamsvloeistof van zowel zoetwater- als zeewatervissen (teleosten) is  $\pm a$  van dat van zeewater. Als gevolg hiervan zal zoetwatervis in zoetwater door osmose op zwellen. Het overschot aan water wordt middels sterk verdunde urine weer uitgescheiden en het verlies aan zouten wordt via het voedsel en actief vanuit het water weer opgenomen. Zeevissen zullen in zeewater ten gevolge van osmose juist water verliezen. Het tekort aan water wordt aangevuld door constant te drinken, waarbij veel zouten worden opgenomen. Afhankelijk van de saliniteit, is de inname rond de 1% van het lichaamsgewicht per uur (Hoar & Randall, 1969; Schmidt, 1990). De zouten worden vervolgens in hoofdzaak uitgescheiden via de kieuwen (osmoregulatie). Zoetwatervis, die in zoetwater nog opzwol, zal in zoutwater eveneens water via de huid en de kieuwen verliezen. En net als zeevissen zullen zoetwatervissen water moeten drinken om uitdroging te voorkomen. Zoetwatervissen zijn echter niet in staat om, de met het water ingenomen zouten, door osmoregulatie via de kieuwen uit te scheiden. De zoetwatervissen, die geen mogelijkheid hebben gezien om voor het oprukkende zeewater uit te zwemmen, stonden voor de onmogelijke keus zichzelf uit te laten drogen of te vergiftigen. Een deel van deze stervende vis zal tijdens de zoutinlaatproef, met het op- en afgaande tij mee zijn gevoerd, om na 15 maart 1997, definitief in zee te verdwijnen. De veronderstelling dat het permanent openstellen van de spuisluizen voordelig is om het uitspoelen van vis te beperken, blijft echter onverminderd van kracht. Na een week was wel een evenwicht bereikt in de menging van zoet en zout water, maar voor een merkbaar effect op de vispopulatie is wellicht een langere periode nodig.



Naar verwachting hebben beide processen een rol gespeeld bij de toename in de hoeveelheid vis, die na de zoutinlaatproef, is uitgespoeld. Niettemin zal het in- en uitspoelen van zeevis het meest hiertoe hebben bijgedragen. De hoeveelheid zoetwatervis, die na de zoutinlaatproef, in fuiken aan de zeezijde werd aangetroffen, was namelijk niet drastisch toegenomen (mond. med. Thijs de Visser).

Naast de zwembewegingen van vissen door de sluizen, geeft de sonar een beeld van de lengteopbouw van de vispopulatie. Uit de vangstgegevens van Backx (1987) komt naar voren dat dit gedeelte van het Haringvliet in hoofdzaak wordt bevolkt door brasem (*Abramis brama*) en blankvoorn (*Rutilus rutilus*). De lengtefrequentie verdeling van deze gegevens komen redelijk overeen met de sonar gegevens uit 1996 (figuur 8). Wel valt op dat met de sonar meer grote vis wordt waargenomen. Mogelijk zijn deze tijdens de visserij niet gevangen door beperkingen van het vistuig, of doordat er op het moment van de visserij simpelweg geen grote vis aanwezig is geweest. Dat dit goed tot de mogelijkheden behoort blijkt ook wel uit de lengteopbouw van de vispopulatie, zoals die op verschillende momenten is waargenomen (figuur 9). Zo werd op 21 februari 1997 vrijwel uitsluitend vissen < 20 cm waargenomen, terwijl enkele dagen later op 23 februari, ook een groep vissen > 20 cm werd waargenomen. Deze groep grotere vissen zal worden bepaald door de oudere leeftijdsklassen van bijvoorbeeld blankvoorn, brasem en snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*).

Eén van de sturende krachten hierin lijkt de hoogte van de waterafvoer te zijn, zoals in figuur 11 wordt geïllustreerd. Het verband tussen afvoer en gemiddelde vislengte ligt overigens voor de hand. Naarmate de afvoer toeneemt zullen ook grotere vissen moeilijker weerstand kunnen bieden aan de toenemende stroomsnelheid van het water. Dit houdt in dat de hoeveelheid vis, die naar zee uitspoelt niet alleen een functie zal zijn van de spuiopening. Voor een eenvoudige inschatting van de hoeveelheid vis, die door het totale complex wordt afgevoerd (figuur 7), is nu uitgegaan van een gemiddelde van 50 kg (door een spuiopening van 30 m<sup>2</sup>). De maximale uitspoeling van 10 000 kg/dag bij een spuiopening van 6 000 m<sup>2</sup>, moet daarom als een minimum schatting worden beschouwd.

Het verloop van de visverplaatsingen in relatie tot het openen en sluiten van de sluizen, zoals in figuur 12, 13 en 14 is gepresenteerd, is bedoeld om inzicht te geven in het proces van uitspoeling. Voor de perioden dat de sluizen open staan is duidelijk dat de snelheid waarmee de vissen uitspoelen door het verloop van het tij wordt bepaald (figuur 12 en 14). Vlak na het openen van de sluizen, als het peilverschil tussen zee en rivier nog minimaal is, is de verplaatsingssnelheid nog laag ( $\pm$  -20 cm/sec). Halverwege de spuiperiode als het peilverschil maximaal is loopt dit verder op tot  $\pm$  -80 cm/sec. Tussen de spuiperioden, als het water stil staat, is de verplaatsing in beide richtingen gemiddeld hetzelfde. Opvallend is de grote hoeveelheid vis die zich tussen de spuiperioden, in de spuisluis ophoudt. Dit zijn in hoofdzaak uitgespoelde zoetwatervissen, die direct na het sluiten van de sluizen, het minst brakke water opzoeken in een vergeefse poging om terug te zwemmen naar het Haringvliet. Dit wordt verder ondersteund door het gegeven dat er dikwijls stervende en dode zoetwatervis in de sluis wordt waargenomen, na het sluiten van de sluizen.

In figuur 12 is verder te zien dat vlak na het openen van de sluizen, als de stroomsnelheid nog laag is, er nauwelijks vissen zijn die in staat zijn om onder de schuif door naar binnen te zwemmen. De meeste vis is al te veel verzwakt door het brakke water. De enkele vissen, die wel naar binnen zwemmen, zijn naar verwachting anadrome vissoorten (zeeforel). In figuur 14 is deze (kleine) groep vissen omcirkeld in het kwadrant rechtsboven.

Het valt niet goed te verklaren waarom in de loop van de spuiperiode de hoeveelheid uitgespoelde vis tamelijk constant blijft (figuur 13). Verwacht mag worden, dat met de stijgende stroomsnelheid tijdens afgaand tij, meer vis zal uitspoelen. Ook tijdens het opkomende water blijft het aantal

uitspoelers op een tamelijk constant niveau. Wel is er even een sterke verhoging van het aantal uitspoelers, bij de aanvang van de spuiperiode. Dit is goed te verklaren met het verrassingseffect dat ontstaat als de sluizen plotseling worden geopend.

De resultaten van figuur 14 behoeven een nadere toelichting. De resultaten zijn gebaseerd op gegevens uit de winter van 1995/96. Het jaar dat de zoutinlaatproef geen doorgang kon vinden, door watertekort. Voor deze gegevens is het peilverdich gebruik om het moment te bepalen dat de sluizen werden geopend. In de praktijk bleek dit niet geheel correct. De waterpeilgegevens bij Hellevoetsluis wijken te veel af van het peil vlak bij de sluizen. Het gevolg was dat in veel gevallen werd verondersteld dat de sluizen open stonden, terwijl dat nog niet het geval was. Dit verklaart dat er een groep waarnemingen is van vissen, direct rechts van de Y-as, die ogenschijnlijk niet onder invloed stonden van de stroomsnelheid. Voor de presentatie van figuur 14 is dit geen bezwaar. Voor de kwantificering van de hoeveelheid uitgespoelde was dit ongewenst, zodat voor de berekeningen van 1996/97 de actuele opening en sluitingstijden zijn gebruikt, zoals die in Stellendam zijn gehanteerd.

De gemiddelde dagelijkse activiteit vertoont alleen buiten de spuiperioden om, een zekere ritmiek (figuur 15). Er is daarbij vrijwel geen onderscheid te maken tussen de periode dat het water opkomt of afliet. In beide gevallen is het aantal waarnemingen rond het middaguur minimaal. In de ochtend en de avonden worden de meeste waarnemingen gedaan. Dit beeld komt redelijk overeen met de activiteit, die bij vergelijkbaar onderzoek bij de Afsluitdijk in de winter, is uitgevoerd (Kemper, 1993), maar wordt overigens niet alleen rond onze kustwateren waargenomen. Ook bij stroomopwaarts trekkende chinook zalm (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Alaska, is deze dagelijkse ritmiek duidelijk te herkennen (Johnston, Ransom & Kumagai, 1993). Opvallend en niet te verklaren is waarom er in de periode dat er wel wordt gespuid, juist geen enkele variatie in de activiteit is waar te nemen (figuur 16).

## 5 CONCLUSIES

- C Er is een betrouwbare schatting gemaakt van de hoeveelheid vis, die voor en na de zoutinlaatproef, naar zee is uitgespoeld. De aanvankelijke verwachting was dat de hoeveelheid uitgespoelde vis na de zoutinlaatproef af zou nemen. Dit als gevolg van het terugdringen van zoetwatervis in stroomopwaartse richting door het binnenstromende zeewater. Daarentegen nam de hoeveelheid uitspoelers, gedurende een week na de zoutinlaatproef, sterk toe. Omdat het niet mogelijk bleek om ook tijdens de zoutinlaatproef, metingen uit te voeren kan geen eenduidige conclusie worden getrokken. De toename kan het gevolg zijn van grote hoeveelheden sprot, die bij de openstelling van de sluizen tijdens hoogwater, naar binnen zijn gespuid, en na de zoutinlaatproef weer zijn uitgespoeld. Een alternatieve verklaring is dat veel zoetwatervis (met name jonge vis) door het zeewater is overvallen, en heeft geleid tot een sterke toename in het aantal uitspoelers.
- C Aan de hand van de schatting van de hoeveelheid vis, die door spuisluis 5 (spuiopening 30 m<sup>2</sup>) is uitgespoeld, is een schatting gemaakt voor het totale spuicomplex. Geschat wordt dat er gemiddeld 1 000 à 2 000 kg vis per dag via de Haringvlietsluizen, naar zee wordt uitgespoeld. Volgens deze schatting zal bij volledig geopende sluizen (6 000 m<sup>2</sup>) ca 10 000 kg vis per dag uitspoelen.

- C Er is een positief verband gevonden tussen de gemiddelde grootte van de uitgespoelde vispopulatie en de totale spuiopening (stroomsnelheid). Het is daarom goed mogelijk dat, met name bij hoge afvoeren, de hoeveelheid uitgespoelde vis hoger uit kan komen dan hierboven staat vermeld.

## 6 AANBEVELINGEN

Om een beter inzicht te krijgen in de visverplaatsingen rond de Haringvlietsluizen, wordt aanbevolen om een permanente sonaropstelling te maken. Hierdoor zal een vollediger beeld worden verkregen, omdat rekening wordt gehouden met alle seizoeninvloeden en met jaar tot jaar variaties. Aspecten die nu onder belicht zijn gebleven door de beperkte duur van het onderzoek zijn;

- C **Migratie** van een bepaalde vissoort vindt vaak in een korte periode plaats, waardoor het beeld van passerende vis in verschillende perioden sterk kan wisselen. Ook zoetwatervissen, waarbij de tendens is dat zij zich in het najaar naar meer stroomafwaarts gelegen gebieden laten afzakken, zullen het verloop in de tijd beïnvloeden.

Daarnaast zijn er een aantal abiotische factoren, die door het seizoen heen invloed hebben op de hoeveelheid passerende vis.

- C De **afvoer** lijkt invloed te hebben op de grootte van de vis, die vanuit het Haringvliet uitspoelt. De variatie in de afvoer is tijdens het onderzoek echter beperkt geweest. Tachtig procent van de waarnemingen is gedaan bij een spuiopening < 1 000 m<sup>2</sup>. Een langere onderzoeksperiode, met kans op meer variatie in de afvoer, zal meer duidelijkheid geven over de mate waarin grote vis bij hoge afvoer wordt uitgespoeld.
- C Het **doorzicht** van het water speelt ook een belangrijke rol bij het uitspoelen van vis naar zee. Door een gebrek aan visuele oriëntatie zullen vissen eerder door de sluzen verdwijnen (Smith, 1985), dan wanneer zij het gevaar aan zien komen. De helderheid van het water is een factor die door het jaar heen sterk kan wisselen.
- C **Temperatuur** en **windrichting** zijn tenslotte ook factoren die zeker invloed zullen hebben op de mate van uitspoeling. Ook hier geldt dat de variatie in deze factoren tijdens de onderzoeksperiode te beperkt was om een relatie te kunnen leggen.

Gezien het permanente karakter van een dergelijke opstelling, wordt gedacht aan een geleiderails op de wand(en) van de spuisluis waarlangs de transducers kunnen worden neergelaten. Naast de wetenschappelijke waarde van een dergelijk monitoringsprogramma, kan de opstelling worden ingezet in het kader van PR activiteiten. De nabijgelegen exporuimte van RWS voor de Haringvlietdam, is een uitgelezen locatie. Een vergelijkbaar project wordt momenteel uitgevoerd bij de Oranjesluizen te Schellingwoude. Op deze locatie wordt een sonaropstelling gebouwd voor een permanente monitoring van de visbewegingen door een vispassage. Middels een beeldscherm presentatie, zullen bezoekers (m.n van de pleziervaart) recente resultaten op kunnen vragen (Kemper, 1996).

Bij een eventueel vervolg op het sonaronderzoek, zal ook de visvangstinspanning verhoogd moeten worden. De kuilvisserij op de schuif bleek weinig op te leveren, zodat gebruik gemaakt zal moeten worden van de beroepvisserij (fuij en kuilvisserij).

## 7 LITERATUUR

**Backx, J.G.M., 1987.** Verlies van zoetwatervis uit het Haringvliet door het spuien via de Haringvlietsluizen naar zee. RIVO rapport 87-04. IJmuiden

**Beek, G.C.W. van, 1994.** Visintrek via Haringvlietspuisluizen bij vloedinlaat (onderdeel bij totale rapportage Haringvlietsluizenexperiment). Directie Zuid-Holland Rijkswaterstaat. Bureau Waardenburg b.v. Adviseurs voor milieu en ecologie Culemborg (Nederland): Bureau Waardenburg, 1994. 13 p. : ill. + bijl.

**Butterworth, A.J. & A.J.P. Raat, 1991.** A feasibility study of the application of hydroacoustics to assess fish populations in The Netherlands. NRA/OVB Research Report 1991-01.

**Cazemier, W., 1990.** Onderzoeksmogelijkheden naar vis-intrek via de Haringvlietspuisluizen: een voorstudie. RIVO-Rapport BV 90-01

**Haas, A.W. de, 1990.** Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse Rivieren. RWS Dienst Binnenwateren/ RIZA afd Rivieren. DBW/RIZA nota 90.028

**Hoar W.S. & D.J. Randall, 1969.** Fish Physiology, Volume I. Academic Press, New York and London.

**Johnston Samuel V., Bruce H. Ransom & Kevin K. Kamugai, 1993.** Hydroacoustic evaluation of adult chinook and chum salmon migrations in the Yukon river during 1992. Hydroacoustic Technology, Inc. Seattle.

**Kemper Jan H., 1993.** Onderzoek naar de migratie van pelagische vis i.h.b. zeeforel (*Salmo trutta trutta*) met sonar apparatuur bij de spuisluizen in Den Oever. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-Onderzoeksrapport RWSFL/OVB 93-31.

**Kemper Jan H., 1996.** Opzet voor een permanente monitoring van vismigratie bij de Oranjesluizen met sonar apparatuur. OVB-Projectomschrijving RWSNH/OVB 1996-03.

**Kemper Jan H. & A.J.P. Raat, 1997.** Hydroacoustic assessment of the fish stock in Theodorushaven, a small Dutch harbour. Fisheries Management & Ecology 1997, 4, 63-71.

**Love, R.H., 1971.** Dorsal-aspects target strength of an individual fish. J. Acoust. Soc. Amer. 49: 816-823.

**RWS, 1994a.** Startnotitie ten behoeve van het milieu effect rapport beheer Haringvlietsluizen. RWS dir. Zuid-Holland.

**RWS, 1994b.** Richtlijnen voor het effect-milieurapport over het beheer van de Haringvlietsluizen. RWS dir. Zuid-Holland.

**Schmidt-Nielse, K., 1990.** Animal Physiology. Adaptation and environment. 4th ed. Cambridge University Press, New York.

**Smith R.J.F., 1985.** The control of fish migration. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo.

**See, D. & P. Vertegaal, 1990.** Huidige mogelijkheden voor visintrek via het sluisencomplex te IJmuiden. Projectomschrijving. RWS NH nota ANW/ANV 9002

**Sokal Robert R. & F. James Rohlf, 1981.** Biometry. W.H. Freeman and company, New York.

**Vanhemelrijk, J.A.M. & A.L.M. van Broekhoven, 1990.** Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. Publicatie 26 project Ecologisch Herstel Rijn.

<b>Rapport Status</b>	
<b>Titel:</b>  Sonar-onderzoek naar visbewegingen, onder invloed van het openstellen van de Haringvlietsluizen in 1997.	
<b>Samenstelling:</b> Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij Postbus 433 3430 AK NIEUWEGEIN	<b>Auteur(s):</b> Jan H. Kemper
<b>Opdrachtgever:</b> Rijkswaterstaat - Directie Zuid-Holland, Rotterdam.	<b>Datum:</b> 29 juli 2003  <b>Project nr.:</b> RWSZH/OVB1995-02
<b>Samenvatting:</b> <p><i>Een voorzichtige schatting is dat duizenden kilo's vis per dag, via de Haringvlietsluizen naar zee uitspoelen. De oorzaak is in hoofdzaak de stroomsnelheid en het sluiten van de sluisen na een spuiperiode. Daarnaast is er de zeer scherpe overgang van zoet naar zoutwater bij de sluisen. Voor de in gebruikname van de Haringvlietsluizen in 1970, liep de rivier via een brakwaterzone over in de zee. Zoetwatervis werd hierdoor tijdig gewaarschuwd om te voorkomen dat zij in het, voor veel zoetwatervis, dodelijke zeewater terecht komen.</i></p> <p><i>Rijkswaterstaat dir. Zuid-Holland heeft in maart 1997 een proef uitgevoerd, waarbij de spuisluisen van de Haringvlietdam gedurende vijf dagen, gedeeltelijk maar permanent werden geopend (kortweg: <b>de zoutinlaatproef</b>). Dit als onderdeel van het onderzoek (MER Beheer Haringvlietsluizen) naar de consequenties van een eventueel besluit om het getijdenregime in het Haringvliet te herstellen. In het kader van deze zoutinlaatproef heeft de OVB met sonarapparatuur onderzocht, wat de effecten van de permanente openstelling van de sluisen op de uitspoeling van vis is. De verwachting was dat zich na het instellen van een brakwaterzone, zoals we dat van estuaria kennen, de ongewenste uitspoeling van vis naar zee, zal worden beperkt.</i></p> <p><i>Ter vergelijking van de meetgegevens, die na het openstellen van de sluisen zijn verzameld, is het verloop in de hoeveelheid uitgespoelde vis vanaf 1 december 1996 gevolgd. De metingen werden onderbroken door een vorstperiode van 1 januari tot 20 februari 1997. Ook tijdens de zoutinlaatproef van 10 tot en met 15 maart 1997, konden geen metingen worden verricht. Het effect van de openstelling op de mate van uitspoeling van vis is, tot drie weken na de zoutinlaatproef, bepaald.</i></p> <p><i>Tegen de verwachting in, bleek de mate van uitspoeling, na de zoutinlaatproef, met ruim een factor 6 te zijn verhoogd (figuur 6). Van een constant niveau van ca 2 000 vissen (50 kg/dag/spuiopening van 30 m<sup>2</sup>), voor de aanvang van de zoutinlaatproef, liep dit op tot ca 13 000 vissen (300 kg). Doordat er geen metingen mogelijk waren tijdens de zoutinlaatproef, zijn er twee mogelijke verklaringen voor de toename te geven. In de eerste plaats wordt gedacht aan een massale instroom van zeevis (m.n. sprot) tijdens de zoutinlaatproef, die vervolgens weer naar buiten is gespoeld. In de tweede plaats bestaat de mogelijkheid, dat veel zoetwatervis is overvallen door de plotselinge overgang naar brak water in het Haringvliet. Door vergiftiging en uitdroging zouden deze verzwakte vissen na de zoutinlaatproef, zijn uitgespoeld. Beide processen hebben wellicht naast elkaar plaatsgevonden. Het gegeven, dat er na de zoutinlaatproef aan de zeezijde, niet overmatig veel zoetwatervis werd waargenomen, geeft aan dat het meest sprot is geweest, die is uitgespoeld.</i></p>	
<b>Bibliografische referentie:</b> Kemper Jan H., 1997. Sonar-onderzoek naar visbewegingen, onder invloed van het openstellen van de Haringvlietsluizen in 1997. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. <b>OVB Onderzoeksrapport RWSZH/OVB 1997-07. 23p.</b>	
<b>Trefwoorden:</b> Sonar, uitspoeling, brakwaterzone, zoutinlaatproef	<b>OVB RSN nr:</b> 15876
<b>Verspreiding:</b> RIJKSWATERSTAAT dir. Zuid-Holland	<b>Aantal pag:</b> 23
<b>Verkrijgbaarheid:</b> in overleg met RWS dir. Zuid-Holland	<b>Klasse:</b> OVB-Onderzoeksrapport