

MINISTERIE VAN LANDBOUW

Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek

Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek

In de Zeevisserij (T.W.O.Z.)

(Voorzitter : F. LIEVENS, Directeur-Generaal)

Gebruik en mogelijkheden van de sonar in de zeevisserij

G. VANDEN BROUCKE

Onderwerkgroep „Techniek in de Zeevisserij”

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent)

Publikatie nr. 52 - TZ/41/1971



MINISTERIE VAN LANDBOUW

Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek

Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek

in de Zeevisserij (T.W.O.Z.)

(Voorzitter : F. LIEVENS, Directeur-Generaal)

Gebruik en mogelijkheden van de sonar in de zeevisserij

G. VANDEN BROUCKE

Onderwerkgroep „Techniek in de Zeevisserij”

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent)

Publikatie nr. 52 - TZ/41/1971

D/1972/0889/2



Inleiding.

Toen de echo-sounder nog niet was ontwikkeld, werd de diepte van het water gemeten door middel van een handlijn met een gewicht aan het uiteind. Dit systeem werd gebruikt voor kleine diepten. Voor grotere diepten werd een systeem hamer-chronometer aangewend.

Met deze methoden was het slechts mogelijk een ruwe schatting van de waterdiepte te verkrijgen, daar de dieptepeilingen afhankelijk waren van de menselijke handigheid en reacties.

In een verder stadium van de ontwikkeling werd het systeem van hamer-chronometer respectievelijk vervangen door een transducer en een grafische recorder, de zogenaamde echo-sounder of dieptemeter. De transducer zendt een ultrasone puls uit en ontvangt het echo ervan ; de recorder zet de tijd tussen zenden en ontvangen van dezelfde puls om in afstand (meter of vadem).

De tijd tussen het ontvangen en het uitzenden van een puls is recht evenredig met de diepte. Gezien de snelheid van het geluid in het water ongeveer 1.500 m/sec. bedraagt.

Door het gebruik van de echo-sounder in de visserij werd geconstateerd dat niet alleen bodemecho's op de recorder te voorschijn kwamen, maar ook echo's tussen de bodem en de romp van het schip. Deze bijkomende signalen werden geïnterpreteerd als zijnde afkomstig van visscholen.

Deze hypothese werd door de pelagische visserij bewezen. Er werd namelijk met succes gevestigd op de diepten door de echo's aangeduid. De eerste resultaten in de gerichte visserij werden aldus bekomen.

De mogelijkheden van de echo-sounder zijn beperkt, omdat slechts echo's worden ontvangen van visscholen die zich onder de romp van het schip bevinden, terwijl de visscholen in de buurt van het schip niet worden gedetecteerd.

Een oplossing voor dit probleem werd gevonden na de tweede wereldoorlog door de "asdic" (Allied Submarine Detection Investigation Committee) in de visserij toe te passen. De term "asdic" werd later vervangen door het woord sonar (Sound Navigation and Ranging).

Door middel van de sonar konden de oppervlakte schepen de duikboten opsporen in om het even welke richting. Tijdens de oorlog werden echter benevens duikboten ook veel visscholen geregistreerd, zodat dit instrument in de visserij werd toegepast.

Het opsporingssysteem werd voor het eerst door de seinevissers gebruikt en momenteel tracht men de sonar bij andere visserijmethoden toe te passen.

De traditionele Belgische visserijtechnieken kunnen aan deze evolutie niet ontsnappen en daarom werden in de IJslandse wateren met de sonar proeven ondernomen ; de mogelijkheden van de sonar voor een pelagische en semi-pelagische visserij werden nagegaan.

In onderhavig verslag worden vooreerst de principes van de echo-sounder uiteengezet en vervolgens wordt de beschrijving en de werking van de sonar weergegeven.

Verder worden enkele interpretaties van echo-grammen gegeven en tenslotte worden enkele nabeschouwingen over de toepassingsmogelijkheden van de sonar vermeld.

§ 1. - Principes van de akoustische detectie.

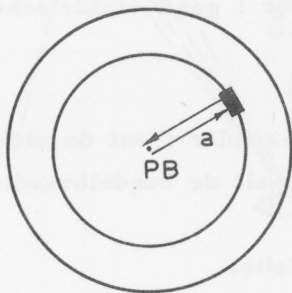
Het akoustisch systeem van de echo-sounder is in principe eenvoudig en is gebaseerd op de voortplanting van het geluid in het water. De transmissie van geluid door het water gebeurt onder de vorm van drukgolven waarvan de snelheid afhangt van de densiteit en de elasticiteit van het medium. Zo is de snelheid van akoustische golven in het water ongeveer 1.500 m/sec., terwijl de geluissnelheid in de lucht 333 m/sec. bedraagt.

Een puntvormige geluidsbron in water veroorzaakt akoustische golven die zich in alle richtingen voortplanten, zodat de akoustische energie-niveau's concentrische sferen zijn met als middelpunt de puntvormige bron. Wanneer in een bepaalde richting een voorwerp of een medium met andere akoustische eigenschappen dan die van het water aanwezig is, wordt een gedeelte van de akoustische energie gereflekteerd naar de puntvormige bron. De afstand van het voorwerp tot de akoustische bron kan worden gemeten door de tijd op te nemen tussen zenden en ontvangen van de puls.

De snelheid van de golf in het water is ongeveer 1.500 m/sec. Als de tijd nu t sec. is, dan is de afstand van voorwerp tot de puntbron.

$$a = \frac{1.500 \times t}{2} \quad (\text{figuur 1})$$

Figuur 1 - Afstand a van reflekterend voorwerp tot de puntvormige geluidsbron (PB).



Voor de dieptepeilingen is het gewenst, met het oog op energiebesparing en ook om storingen van nevenecho's te elimineren, de energie van de geluidsgolven samen te bundelen in één richting, namelijk van de romp van het schip naar de bodem. Dit geschiedt door middel van een transducer-zender.

Deze concentratie van energie wordt bekomen door het gebruik van een parabolische reflektor of door een vibrerende plaat waarvan de afmetingen vier of vijfmaal de golflengte moeten bedragen.

De op deze wijze bekomen akoustische bundel is geen conus met wel bepaalde afmetingen, maar eerder een concentratie van akoustische energie die het grootst is aan de centrale as van de bundel en vermindert met de tophoek van de kegel. De bundelbreedte wordt uitgedrukt in een aantal graden α , waarbij α door de helft van de energie van de centrale as wordt bepaald.

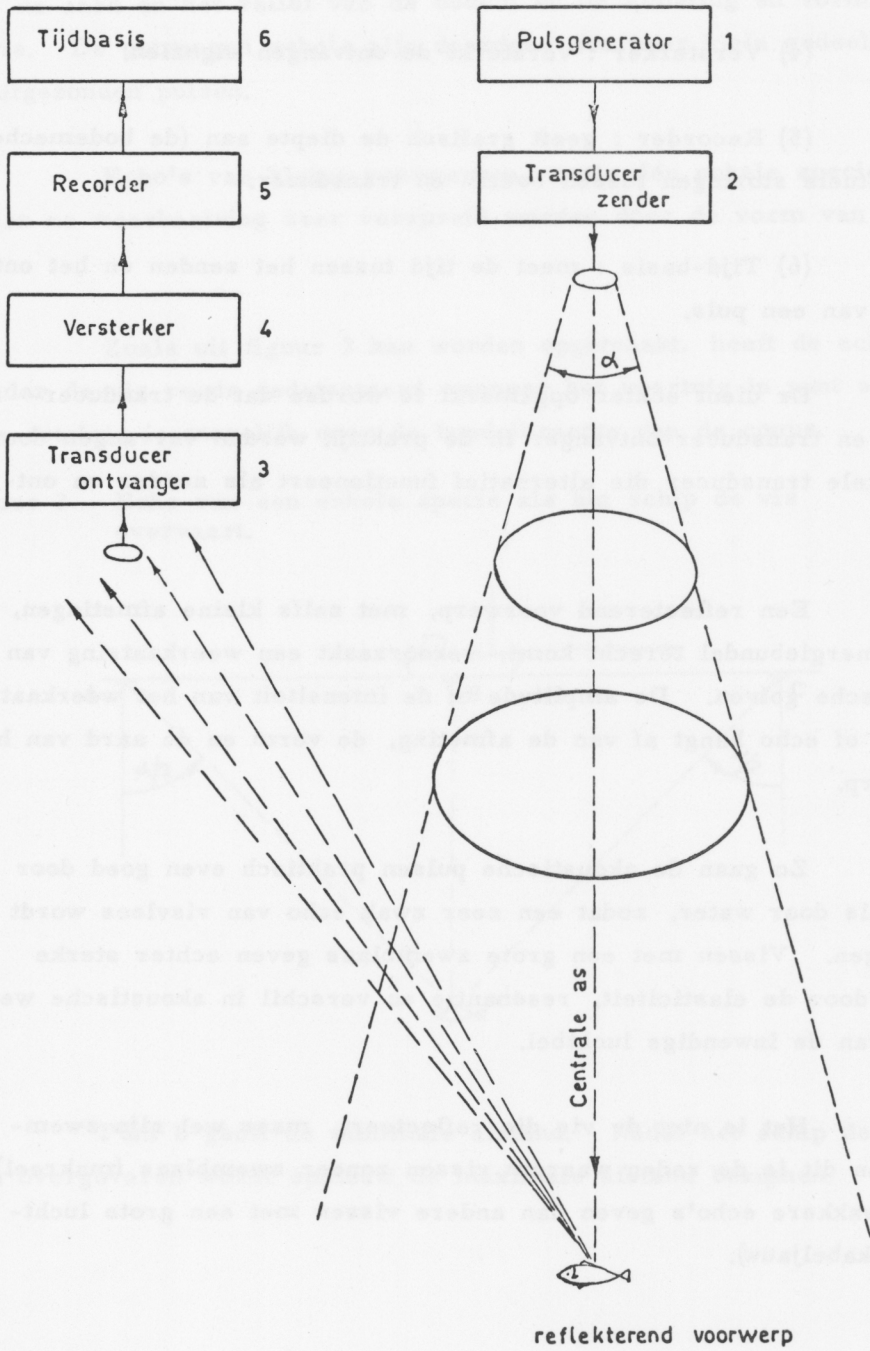
Enig object met reflekerend vermogen, zoals de bodem of een zeer kompresserend en resonerend voorwerp of medium bv. de luchtblaas van een vis of luchtbellens, geeft een gedeelte van de energie terug naar de transducer-ontvanger. De ontvangen signalen worden na versterking naar een recorder gezonden die, gekoppeld met de tijdsbasis de diepte en andere echo's grafisch weergeeft.

In principe kan het elektronisch schema als volgt worden samengevat (figuur 2) :

(1) Pulsgenerator : geeft elektrische pulsen aan de transducer-zender.

(2) Transducer-zender : zet de elektrische pulsen om in akoustische energie en bepaalt de bundelbreedte.

Figuur 2 - PRINCIPE SCHEMA VAN DE ECHO SOUNDER



(3) Transducer-ontvanger : zet de weerkaatste akoustische golven om in elektrische energie.

(4) Versterker : versterkt de ontvangen signalen.

(5) Recorder : geeft grafisch de diepte aan (de bodemecho's) en eventuele storingen tussen bodem en transducer.

(6) Tijd-basis : meet de tijd tussen het zenden en het ontvangen van een puls.

Er dient echter opgemerkt te worden dat de transducer-zender en transducer-ontvanger in de praktijk worden vervangen door één enkele transducer die alternatief functioneert als zender en ontvanger.

Een reflecterend voorwerp, met zelfs kleine afmetingen, dat in de energiebundel terecht komt, veroorzaakt een weerkaatsing van akoustische golven. De amplitude of de intensiteit van het weerkaatste signaal of echo hangt af van de afmeting, de vorm en de aard van het voorwerp.

Zo gaan de akoustische pulsen praktisch even goed door visvlees als door water, zodat een zeer zwak echo van visvlees wordt verkregen. Vissen met een grote zwemblaas geven echter sterke echo's door de elasticiteit, resonantie en verschil in akoustische weerstand van de inwendige luchtbel.

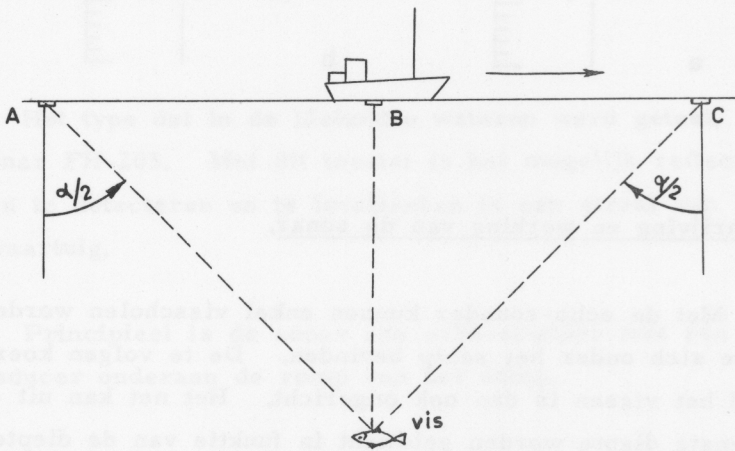
Het is niet de vis die reflecteert, maar wel zijn zwemblaas en dit is de reden waarom vissen zonder zwemblaas (makreel) veel zwakkere echo's geven dan andere vissen met een grote luchtblaas (kabeljauw).

Wanneer de zendpuls wordt gereflekteerd door vis of door de bodem, wordt de weerkaatste akoustische energie verstoord en dit door de aard en het reliëf van de bodem en de afmeting en vorm van de vis. De ontvangen echo's zijn daardoor een zeer klein gedeelte van de uitgezonden pulsen.

Echo's van kleine voorwerpen, zoals één enkele specie, kunnen na weerkaatsing zeer verspreid worden door de vorm van de vis.

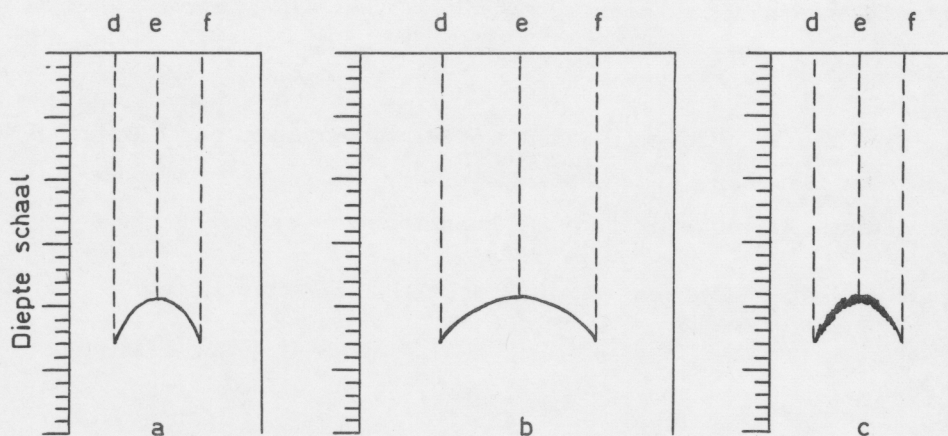
Zoals uit figuur 3 kan worden opgemaakt, heeft de echosounder de vis reeds gedetecteerd wanneer het vaartuig in punt a is. Deze detektie is mogelijk door de bundelbreedte van de conus.

Figuur 3 - Echo van een enkele specie als het schip de vis overvaart.



Punt b geeft de minimale afstand. Nadat het schip de vis heeft overgevaren wordt opnieuw de maximale afstand bekomen.

De detectie op de recorder vormt een boog d, e, f die kort is bij een grote vaartsnelheid (figuur 3a), meer uitgerokken bij een kleine snelheid (figuur 3b) en waarop een storing te voorschijn komt bij ruw weder door de onregelmatige bewegingen van het schip (figuur 3c).

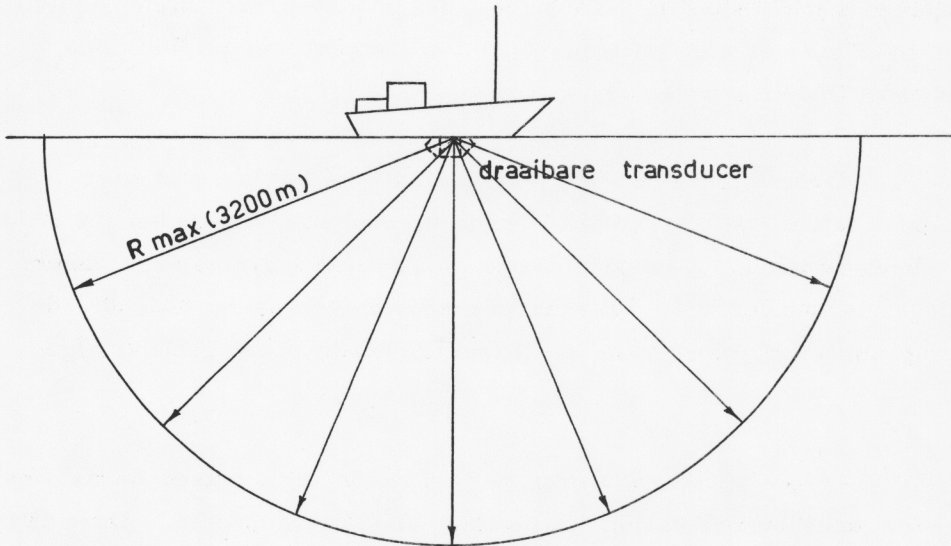


§ 2. Beschrijving en werking van de sonar.

Met de echo-sounder kunnen enkel visscholen worden gedetecteerd die zich onder het schip bevinden. De te volgen koers van de schepen bij het vissen is dan ook ongericht. Het net kan uit ervaring op de gewenste diepte worden gebracht in functie van de diepte waarop de visscholen werden gedetecteerd.

Om uit te maken in welke richting de vissen zwemmen, moeten de visscholen rond het schip kunnen worden gedetecteerd. De transducer moet aldus kunnen draaien om een horizontale as ca 90° en om een verticale as over 360° . Door deze mogelijkheden kan een halve sfeer worden afgezocht (figuur 4).

Figuur 4 - Draaibare transducer van de sonar.



Het ontwikkelde apparaat met deze mogelijkheden is de sonar.

Het type dat in de IJslandse wateren werd getest, is de Furuno Sonar FH-203. Met dit toestel is het mogelijk reflecterende voorwerpen te detecteren en te localiseren in een straal van 3.200 m rond het vaartuig.

Principieel is de sonar een echo-sounder met een beweegbare transducer onderaan de romp van het schip.

Door het aanschakelen van de sonar, worden elektrische pulsen gezonden naar de transducer waar zij tot ultrasonische pulsen worden omgevormd. Deze ultrasonische pulsen planten zich voort in de ingestelde richting met een bundelbreedte van 21 graden.

Wanneer deze pulsen worden weerkaatst, worden de echo's door de transducer ontvangen, in elektrische pulsen omgevormd en na versterking door de recorder geregistreerd.

Voor de lokalisatie is een drie koördinatensysteem nodig. Visscholen moeten kunnen worden gesitueerd in een drie-dimensionele halve sfeer met straal R (figuur 5). Deze straal kan op 400, 800, 1.600 en 3.200 m worden ingesteld.

Door middel van een verschuifbare schaallat met vier schaalgraduaties, wordt gemakkelijk de afstand van visscholen tot de transducer bepaald. De koördinaat r wordt grafisch afgelezen, zoals bij de echo-sounder. De twee andere koördinaten ψ en θ , die de richting aangeven, worden op de tiltschaal en de bearingschaal afgelezen.

Op de tiltschaal wordt de ingestelde hoek tussen de as van de akoustische bundel en het horizontaal vlak β aangeduid. Deze tiltschaal is gegraduateerd van $10^\circ-0^\circ-90^\circ$, dus over 100° (figuur 6).

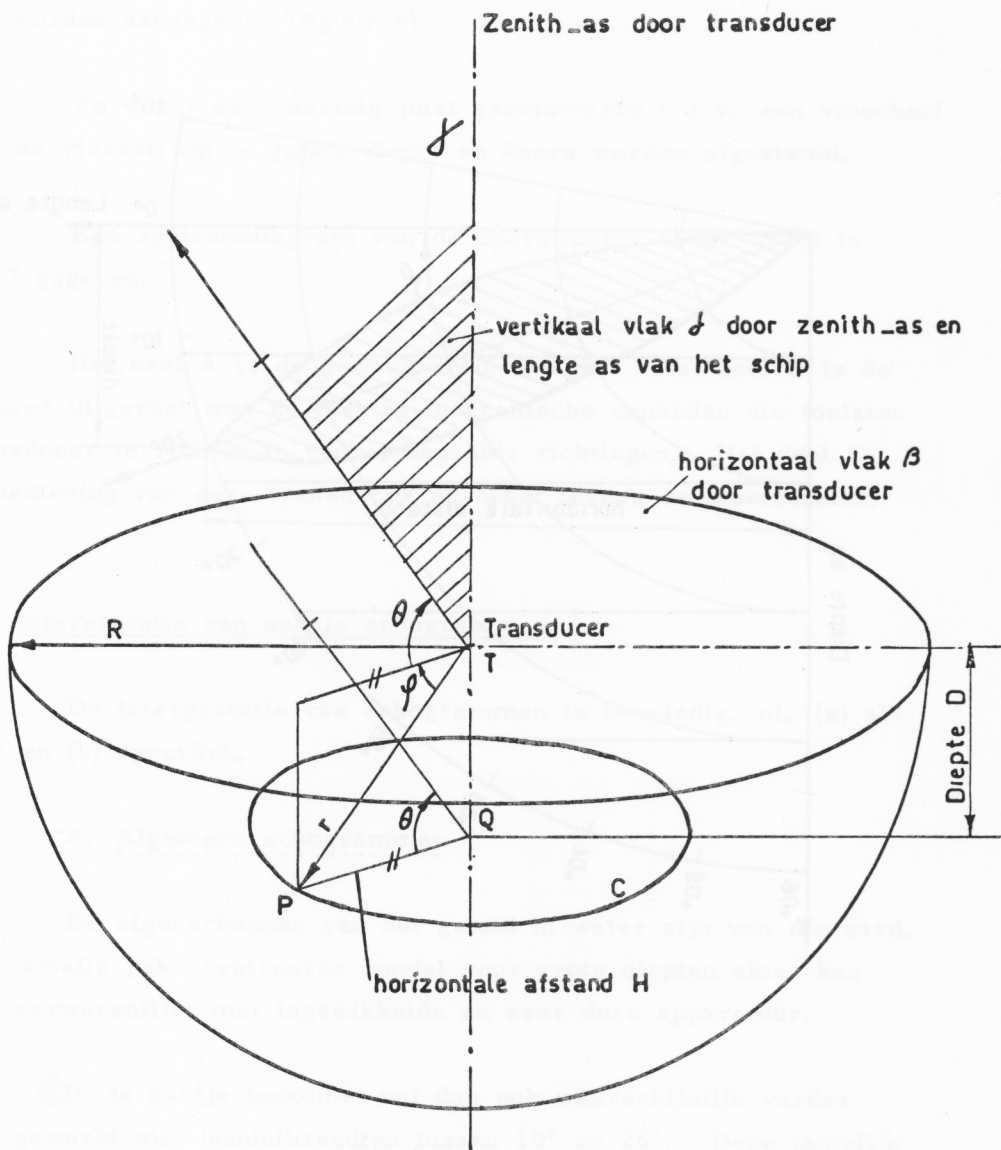
In de stand 90° is de transducer verticaal gericht en hij funktioneert als een gewone echo-sounder. Op 0° ligt de horizontale stand, waarbij in horizontale richting wordt gedetecteerd. De tussenstanden zijn instelbaar en zijn via een wijzer gemakkelijk afleesbaar. De hoek die van de wijzerplaat wordt afgelezen, is de koördinaat ψ van figuur 5. Deze hoek ψ en de afstand r bepalen de cirkel C waarop een vis of een visschool zich bevindt. De juiste plaatsbepaling op de cirkel C geschiedt door middel van de bearingschaal.

Op de wijzerplaat van de bearingschaal wordt de hoek afgelezen, dit is de hoek tussen de centrale as van de akoustische bundel en het verticale vlak γ . Deze drie koördinaten geven de lokalisatie in P op de cirkel C .

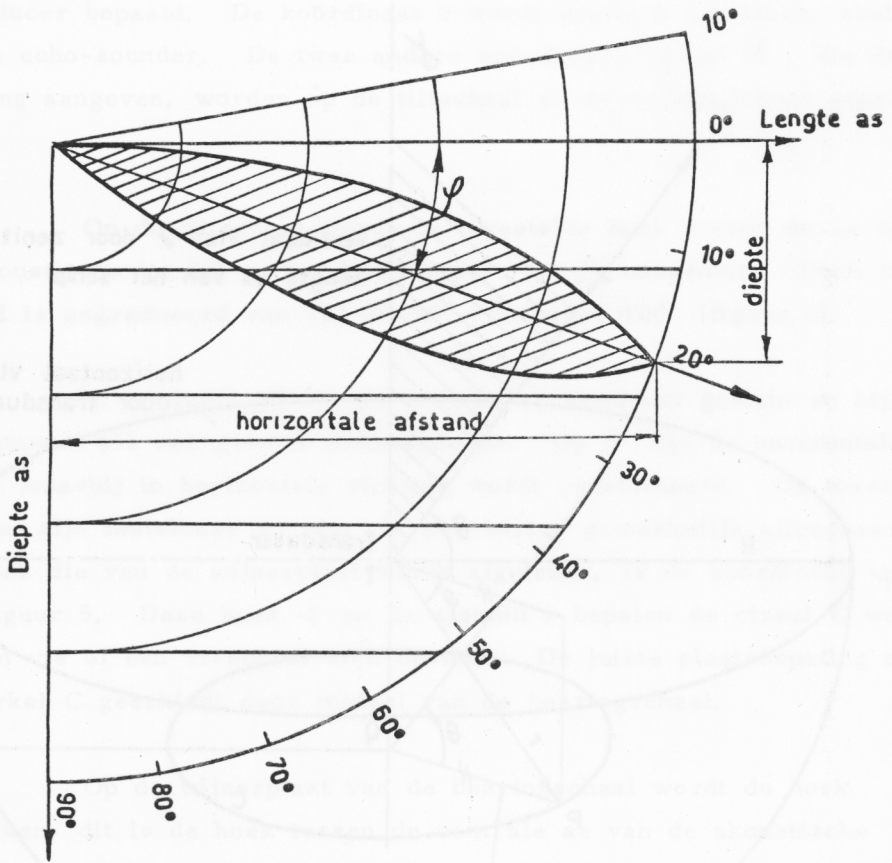
Verder geven de afstanden TQ en PQ de diepte D en de horizontale afstand H van het punt P (figuur 5).

De horizontale afstand H en de diepte D kunnen ook grafisch op de tiltschaal worden afgelezen.

Figuur 5_ KOÖRDINATEN SYSTEEM VAN EEN SONAR



Figuur 6 - GRADUATIE VAN DE TILTSCHAAL



Op de wijzer wordt op schaal de lengte r uitgezet en door dit punt worden twee rechten getekend evenwijdig met de lengte- en de diepte-as.

De diepte D en de lengte H kunnen dan grafisch op dezelfde schaal worden aangegeven (figuur 6).

Zo wordt een vaartuig juist georiënteerd t. o. v. een visschool en kan de visserij op de juiste diepte en koers worden afgestemd.

Een systeemdiagram van de operationele sonar wordt in figuur 7 gegeven.

Het deel A is de gewone echo-sounder. Het deel B is de transducer uitgerust met de elektro-mechanische eenheden die toelaten de transducer te richten in vooraf bepaalde richtingen. Het deel C is de bediening van deze transducer en bevat tevens de meetschalen.

§ 3. - Interpretatie van enkele echogrammen.

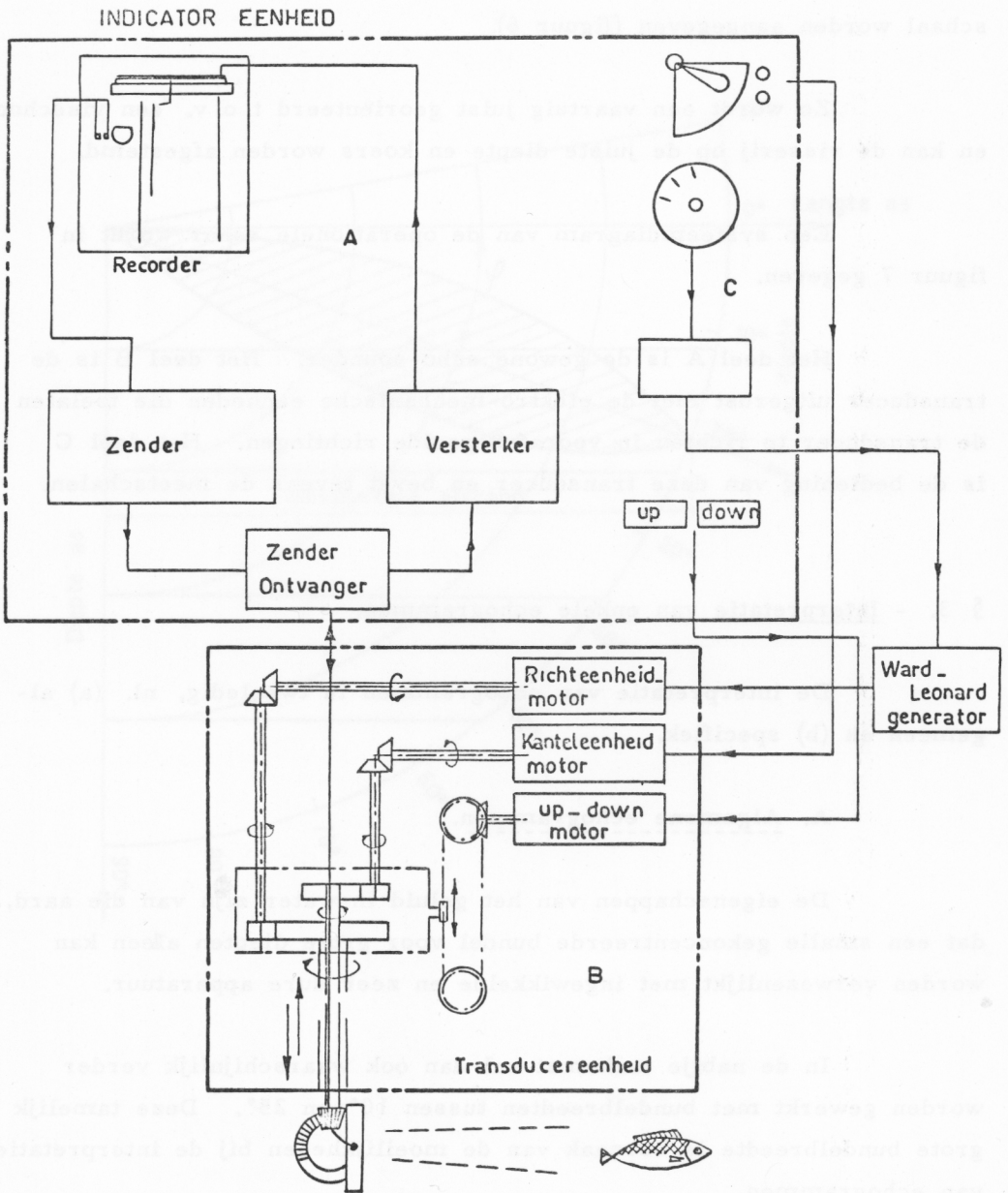
De interpretatie van echogrammen is tweeledig, nl. (a) algemeen en (b) specifiek.

A. Algemene echogrammen.

De eigenschappen van het geluid in water zijn van die aard, dat een smalle gekoncentreerde bundel voor grote diepten alleen kan worden verwezenlijkt met ingewikkelde en zeer dure apparatuur.

In de nabije toekomst zal dan ook waarschijnlijk verder worden gewerkt met bundelbreedten tussen 10° en 25° . Deze tamelijk grote bundelbreedte is oorzaak van de moeilijkheden bij de interpretatie van echogrammen.

Figuur 7 - SYSTEEM DIAGRAM



Door de bundelbreedte ontvangt en weerkaatst één enkele vis meerdere impulsen. Deze echo's geven op het recorderpapier een kontinu spoor in boogvorm. Het punt van de boog waar de raaklijn evenwijdig is met de referentielijng geeft de werkelijke diepte aan waarop de vis zich bevindt en dit slechts in geval het schip juist over de vis vaart. In geval het vaartuig een weinig opzij voorbijvaart, is er eenzelfde echo, maar de diepte van de vis is moeilijk te schatten. Dit is een van de redenen waarom bij bodemtrawlen de vangsten niet altijd overeenstemmen met de dichtheid van de echo's.

Bovendien is de grootte van een vis-echo afhankelijk van volgende factoren :

- schaal van de recorder,
- bundelbreedte van de transducer,
- snelheid van het schip en van de vis,
- diepte van de vis,
- deining van het schip,
- snelheid van het recorderpapier en
- het al dan niet gevuld zijn van de zwemblaas van de vis met lucht.

Door al deze variabele parameters kan een echogram, zelfs indien hij afkomstig is van eenzelfde reflecterend voorwerp, verschillen in vorm en dichtheid.

Het echo van een visschool kan als een verzameling van individuele echo's worden beschouwd. Het resultaat is dan ook een echo met grote dichtheid.

De diepte van de bovenste laag van de school kan op de recorder worden afgelezen, terwijl de diepte van de onderste laag niet kan worden onderscheiden, omdat de frequentie van het zendpuls te hoog zou oplopen.

Het is immers zo dat twee belangrijke factoren afhankelijk zijn van de frequentie van het ultrasoon signaal.

Vooreerst zijn er de voortplanting-ranges die omgekeerd evenredig zijn met het kwadraat van de frequentie f of

$$V_r = k \cdot \frac{1}{f^2}$$

Voor een grote range moet f klein zijn.

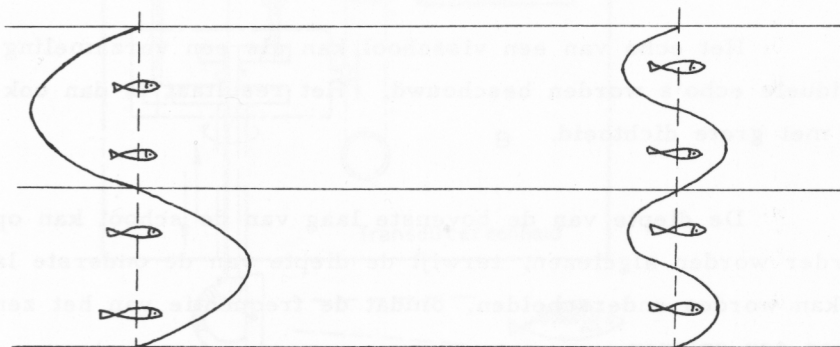
Een tweede faktor van groot belang voor de interpretatie van een echogram, is de definitie van het beeld.

De duidelijkheid van het beeld is recht evenredig met de frequentie f of

$$D = k \cdot f$$

In geval a wordt hetzelfde echo verkregen voor twee vissen en in geval b, waar de frequentie verdubbeld is, twee verschillende echo's voor elk van de species (figuur 8).

Figuur 8 - Ontdubbeling van de echo's door opvoering van de frekwentie.



Andere echo's die op de recorder verschijnen, zijn bodem-echo's, plankton, vislijnen van andere vaartuigen, wrakken, schroefwater enz.

De observatie en de interpretatie van de echogrammen zijn nogal ingewikkeld bij de sonar, omdat zich verschillende gevallen kunnen voordoen.

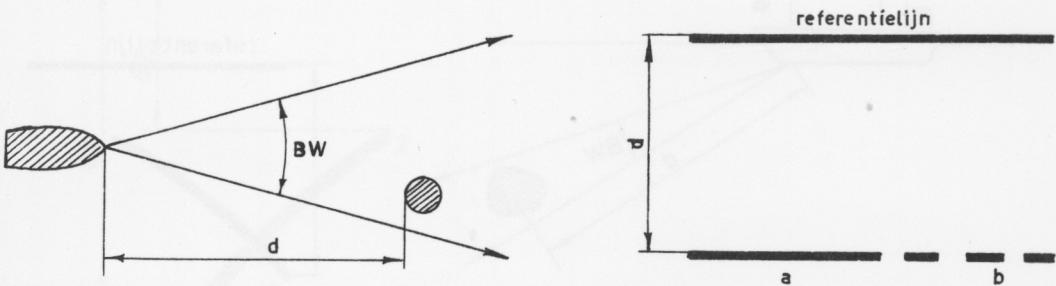
Een van de belangrijkste factoren die de configuratie van een echogram beïnvloedt, is de relatieve positie en snelheid van het vaartuig t. o. v. de visscholen, het schroefwater, de bodempieken enz.

Om een idee te krijgen hoe een echogram kan veranderen in functie van deze parameter werden enkele echogrammen met hun interpretatie weergegeven.

1. Vaartuig en vis zijn stationair t. o. v. elkaar.

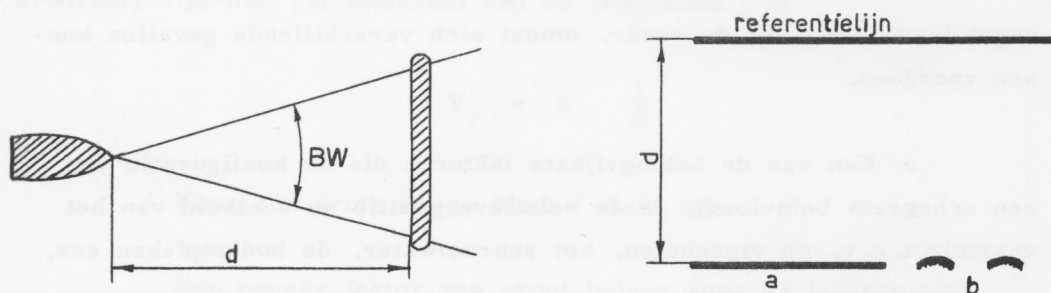
Figuur 9(a) geeft het echogram van de vis met een vaste op de vis gerichte akoustische bundel, terwijl figuur 9(b) een onderbroken echogram van een draaiende bundel weergeeft.

Figuur 9



Voor een visschool wordt een intenser echo verkregen, terwijl voor een draaiende bundel onderbroken echo's in boogvorm worden bekomen (figuur 10a, b).

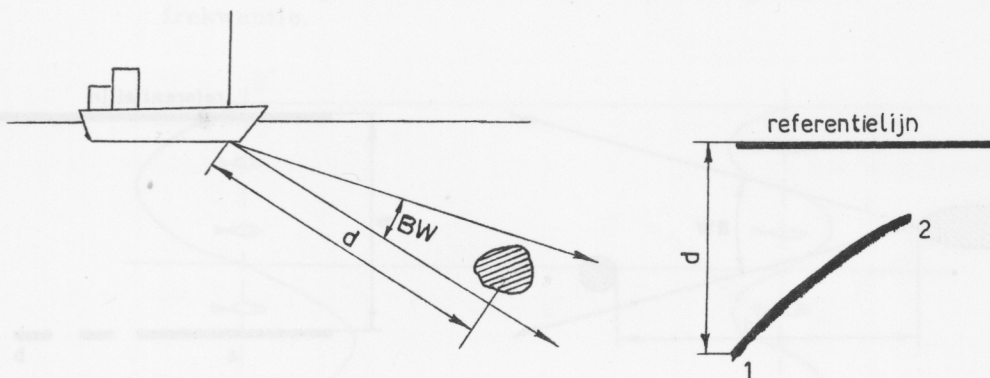
Figuur 10



2. Het vaartuig nadert een visschool op kleine diepte met konstante snelheid en de bundel heeft een bepaalde richting.

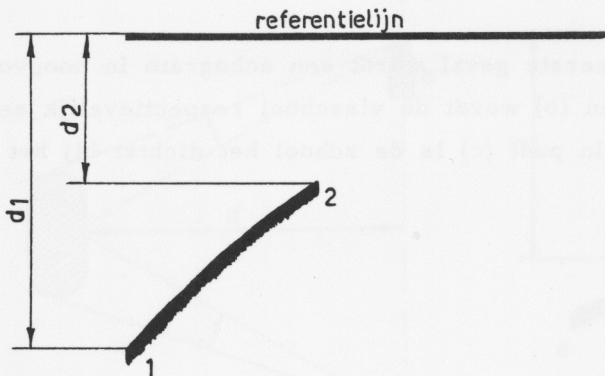
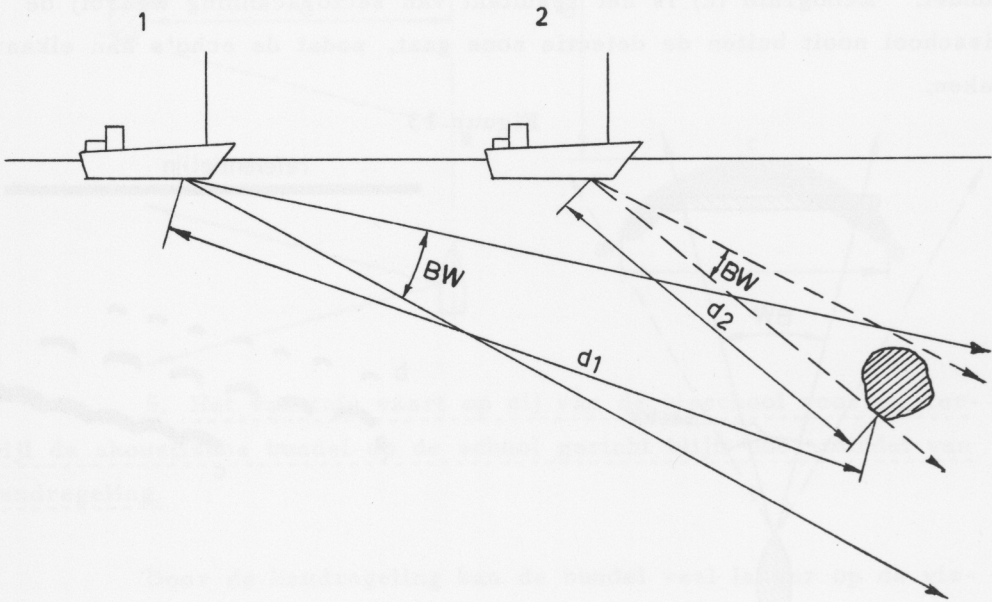
Het echogram van figuur 11 brengt hierover een duidelijk beeld. In het punt 1 wordt de visschool voor het eerst gedetecteerd, terwijl in het punt 2 het vaartuig zeer dicht bij de visschool is.

Figuur 11



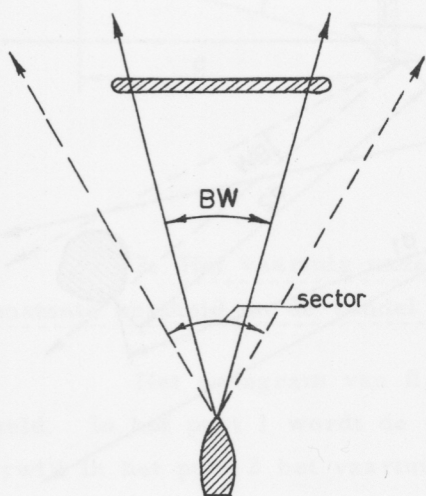
Indien de visschool zich op grotere diepte bevindt, ligt de echolijn verder van de referentielijn (figuur 12).

Figuur 12

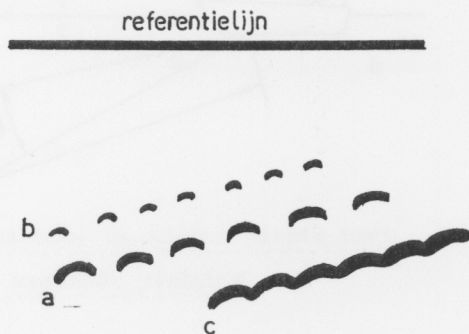


3. Het vissersvaartuig nadert de visschool met draaiende bundel binnen een bepaalde sector en met konstante helling.

Op figuur 13 worden verschillende gevallen vermeld. Het echogram (a) geeft de echo's van een grote visschool en (b) van een kleine visschool. Deze echogrammen zijn gedetecteerd met draaiende bundel. Echogram (c) is het resultaat van sectorscanning waarbij de visschool nooit buiten de detectie zone gaat, zodat de echo's aan elkaar raken.



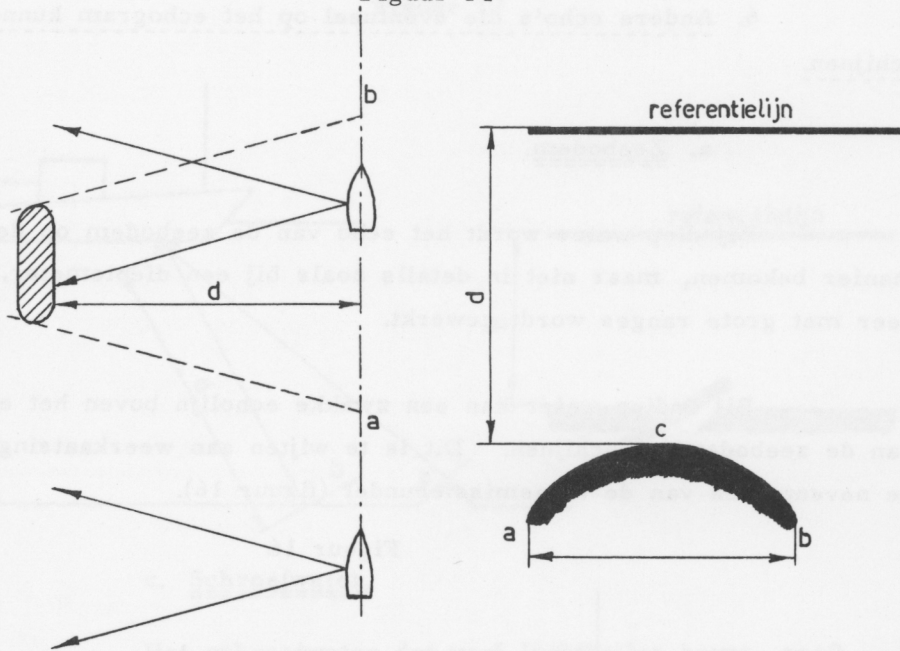
Figuur 13



4. Het vaartuig vaart langs een visschool met gefixeerde bundel in een bepaalde richting.

Zoals in het eerste geval wordt een echogram in boogvorm verkregen. In punt (a) en (b) wordt de visschool respectievelijk eerst en laatst gedetecteerd. In punt (c) is de school het dichtst bij het vaartuig (figuur 14).

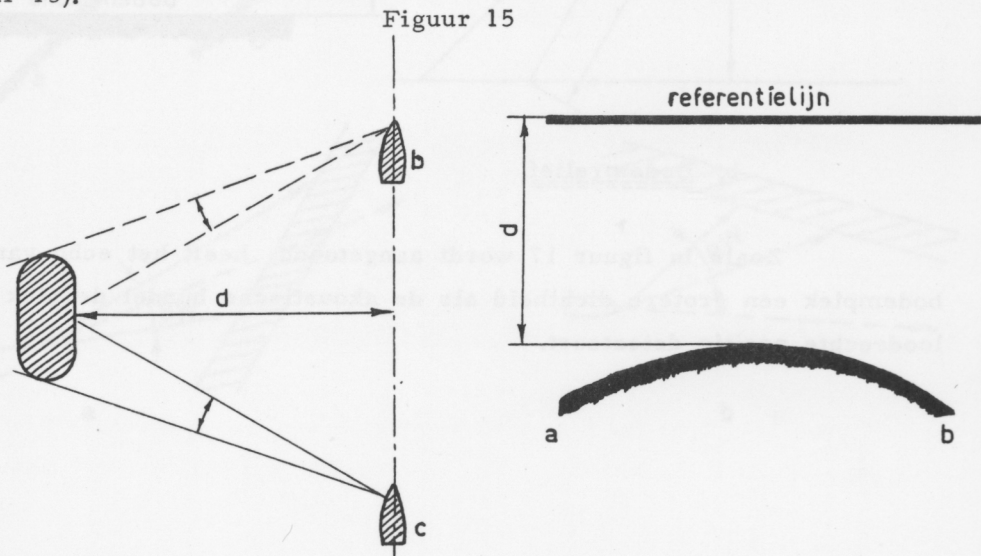
Figuur 14



5. Het vaartuig vaart op zij van de visschool voorbij, terwijl de akoustische bundel op de school gericht blijft door middel van handregeling.

Door de handregeling kan de bundel veel langer op de vis-school gericht blijven. Het resultaat is dan ook een uitgerokken boog (figuur 15).

Figuur 15



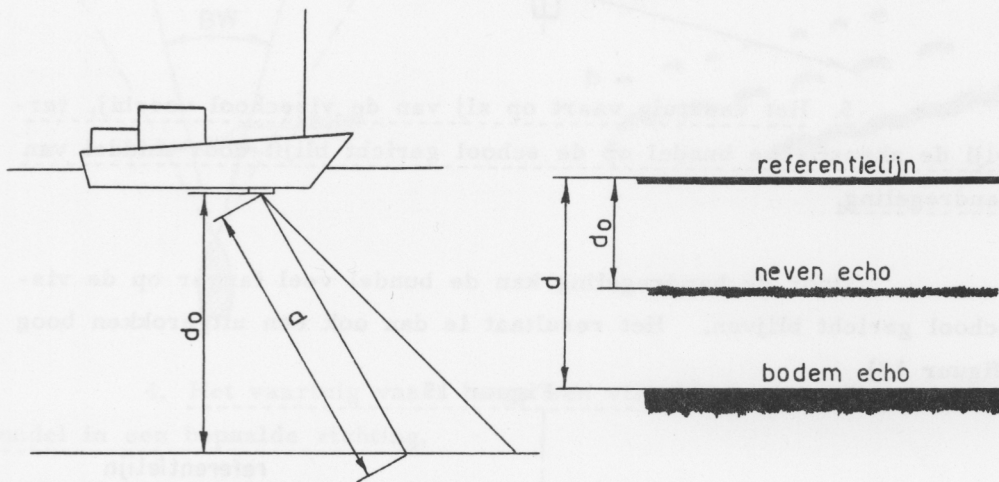
6. Andere echo's die eventueel op het echogram kunnen verschijnen.

a. Zeebodem.

Bij diep water wordt het echo van de zeebodem op de gewone manier bekomen, maar niet in details zoals bij een dieptemeter, wanneer met grote ranges wordt gewerkt.

Bij ondiep water kan een zwakke echolijn boven het echo van de zeebodem verschijnen. Dit is te wijten aan weerkaatsing van de nevenpulsen van de transmissiebundel (figuur 16).

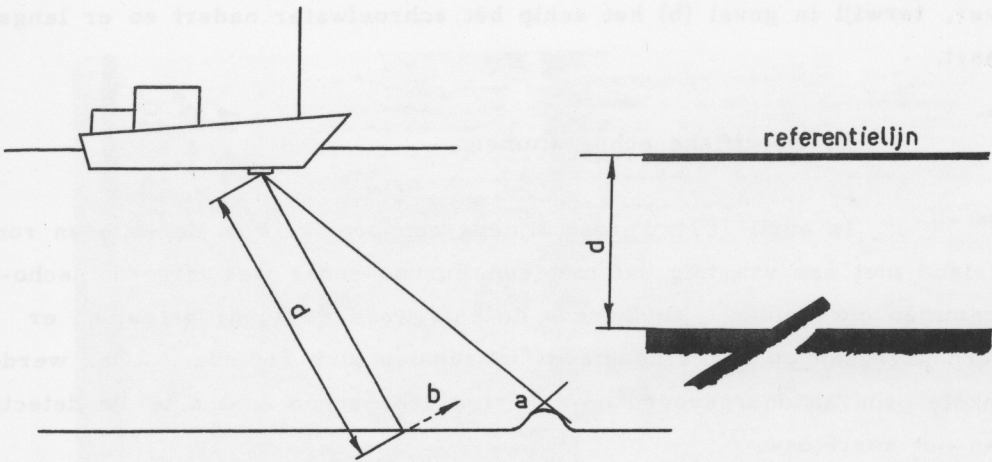
Figuur 16



b. Bodemreliëf.

Zoals in figuur 17 wordt aangetoond, heeft het echo van een bodempiek een grotere dichtheid als de akoestische bundel de piek in loodrechte positie detecteert.

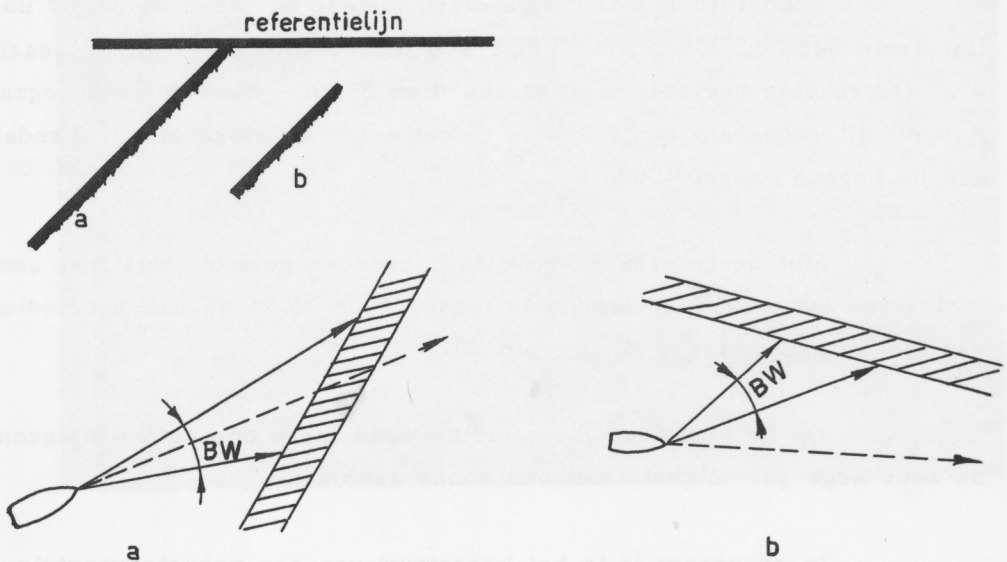
Figuur 17



c. Schroefwater.

Het schroefwater dat veel luchtbellenvat, geeft een goed echo (figuur 18).

Figuur 18



In geval (a) nadert het schip het schroefwater en vaart er over, terwijl in geval (b) het schip het schroefwater nadert en er langs vaart.

B. Specifieke echogrammen.

In april 1971 werden tijdens een proefreis in de wateren rond IJsland met een vaartuig dat met een Furuno-sonar was uitgerust echogrammen opgenomen. Gedurende de reis werd de sonar getest en er werd nagegaan op welke hoogte de visscholen zich bevinden. Ook werden enkele proeven doorgevoerd op naburige schepen, o. a. t. a. v. de detectie van het korretouw.

Echogram A werd genomen op de visgrond het Gentekot tijdens de dag. De diepte was 230 m, de gebruikte range 400 m, de tilting 80° en de bearing 0° . De visscholen komen voor tussen 0 en 18 m. De vangst gedurende deze sleep bedroeg ongeveer 1.750 kg.

Echogram B werd opgenomen tijdens de sleep na 18.00 uur. De diepte bedroeg 300 m, de range 400 m, de tilting 80° en de bearing 0° . De scholen bevinden zich tussen 0 en 35 m. Tegenover echogram A heeft dit echogram een continue detectie van de visscholen. Vandaar ook de hogere vangst 4.000 kg.

Met de transducer klok naar beneden gericht, dus met een tilting van 90° , werden visscholen tussen 0 en 35 m op een bodemdiepte van 800 m gedetecteerd (Echogram C).

Op de klassieke dieptemeter werd niets opgenomen hetgeen de zeer hoge gevoeligheid van een sonar aantoont.

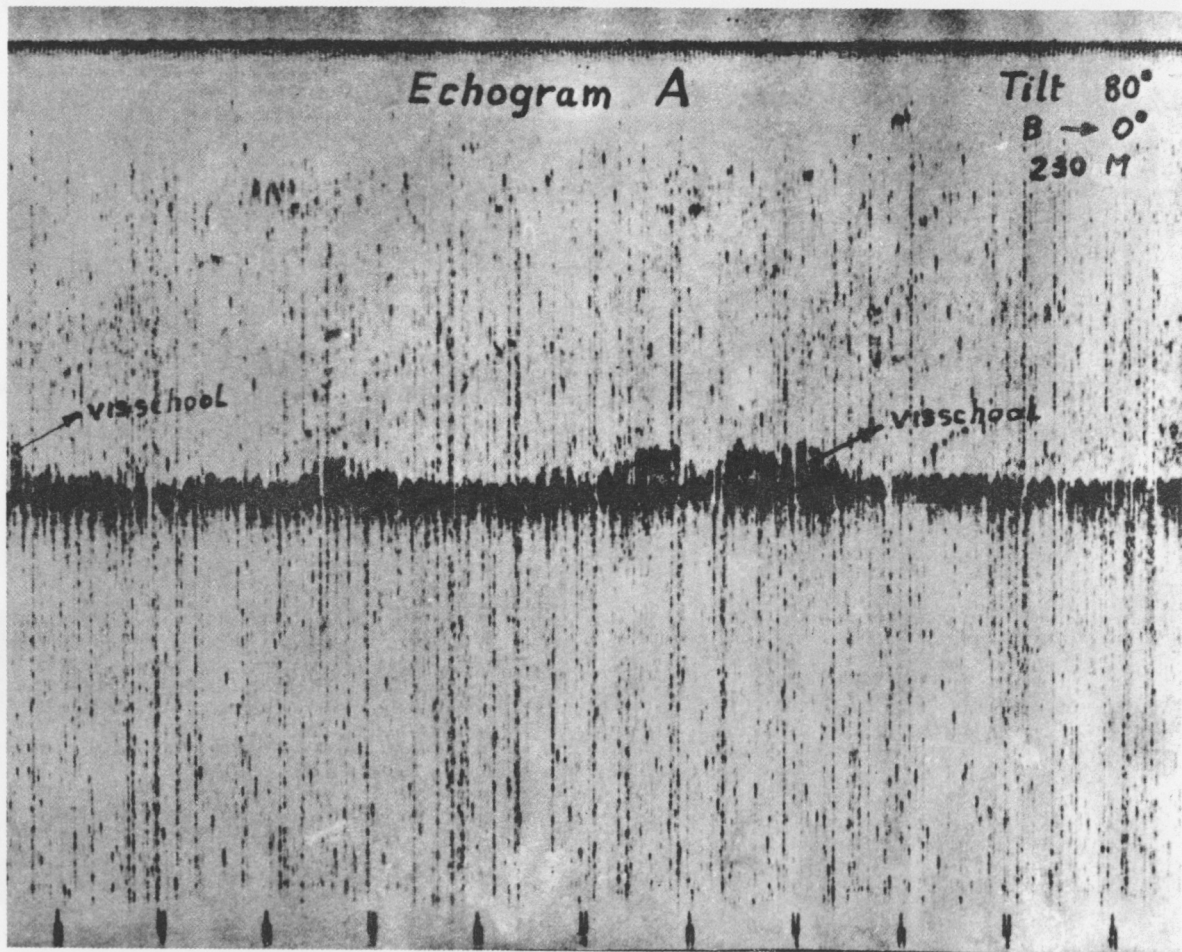
In echogram D is het korretouw van een naburig vaartuig aan stuurboord gedetecteerd. Het korretouw gaat van het net naar het

Echogram A

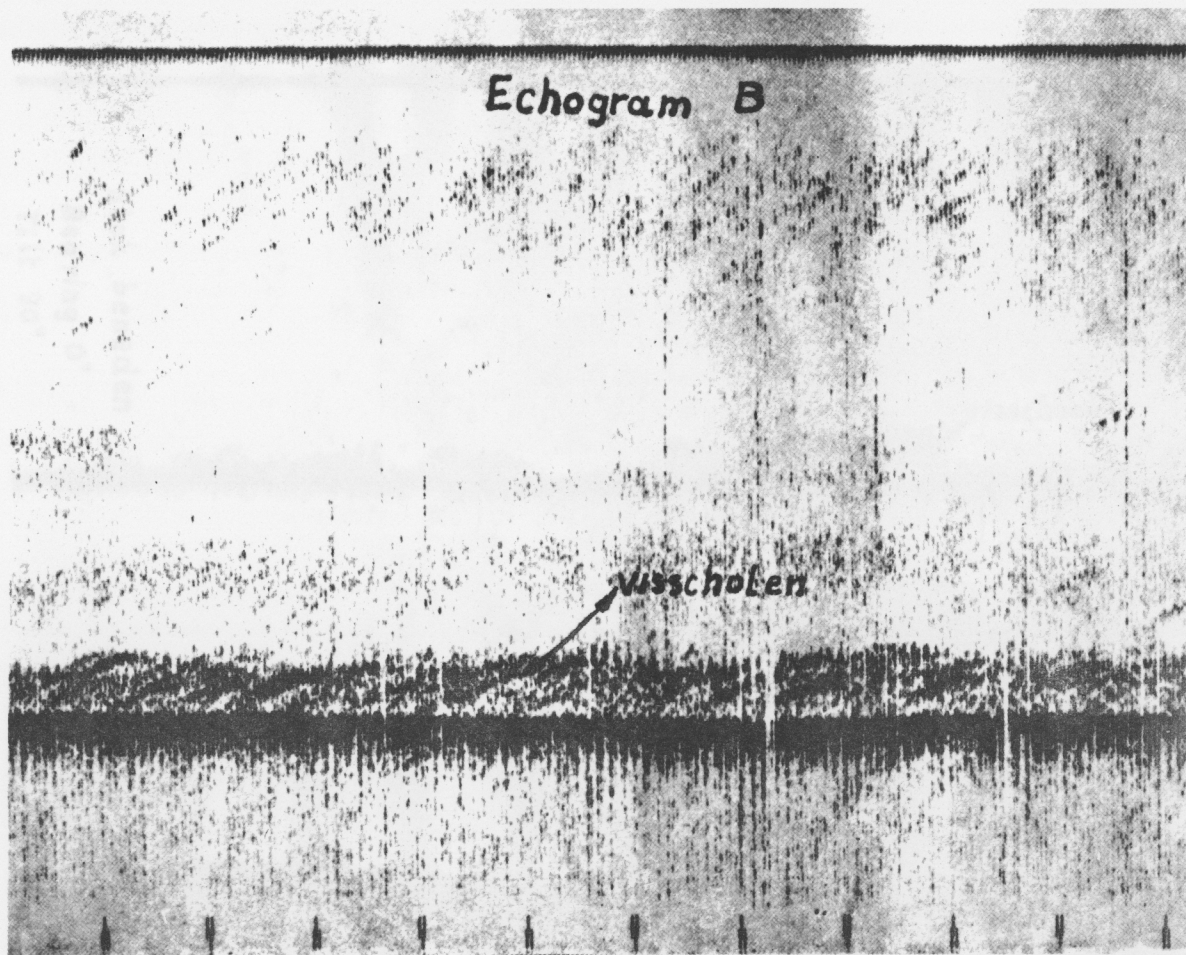
Tilt 80°

B → 0°

230 M



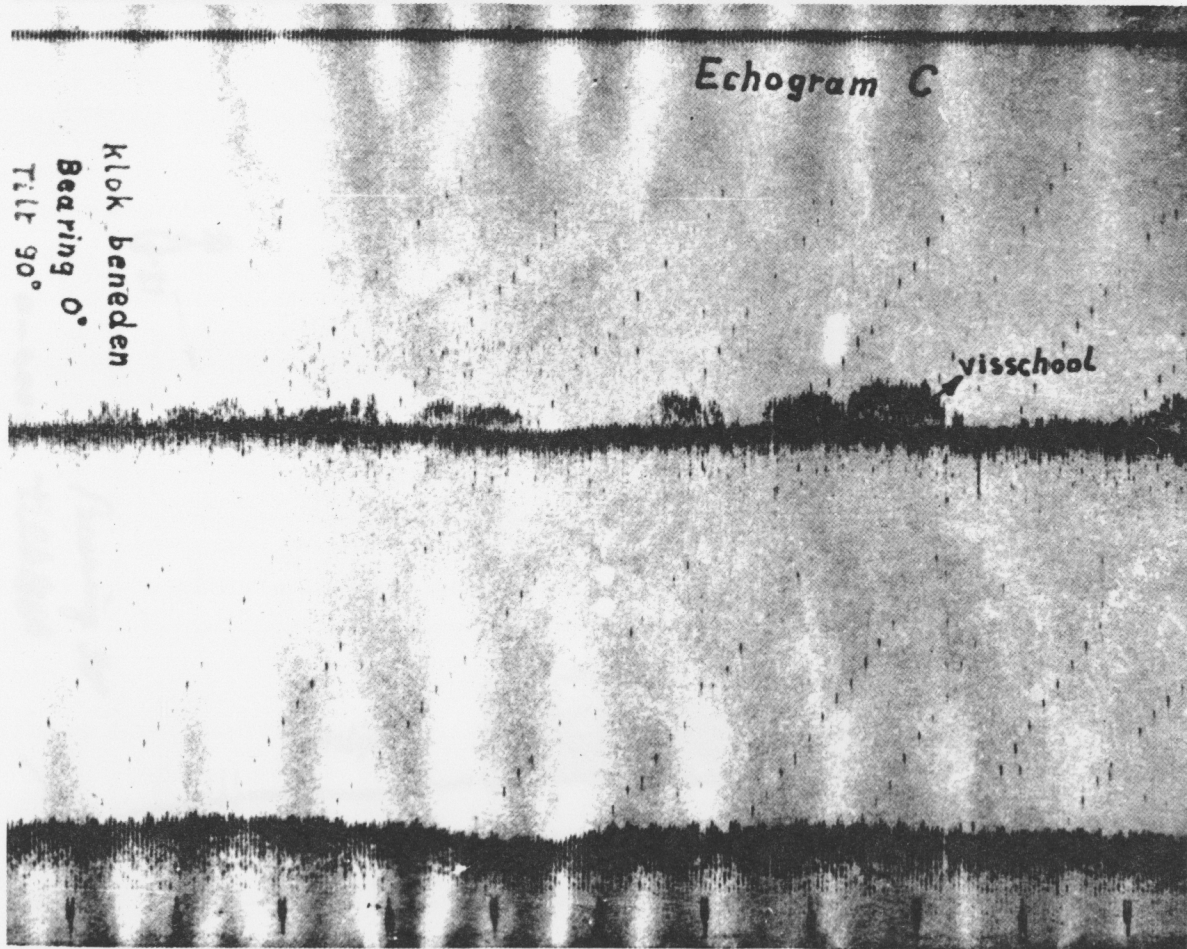
Echogram B



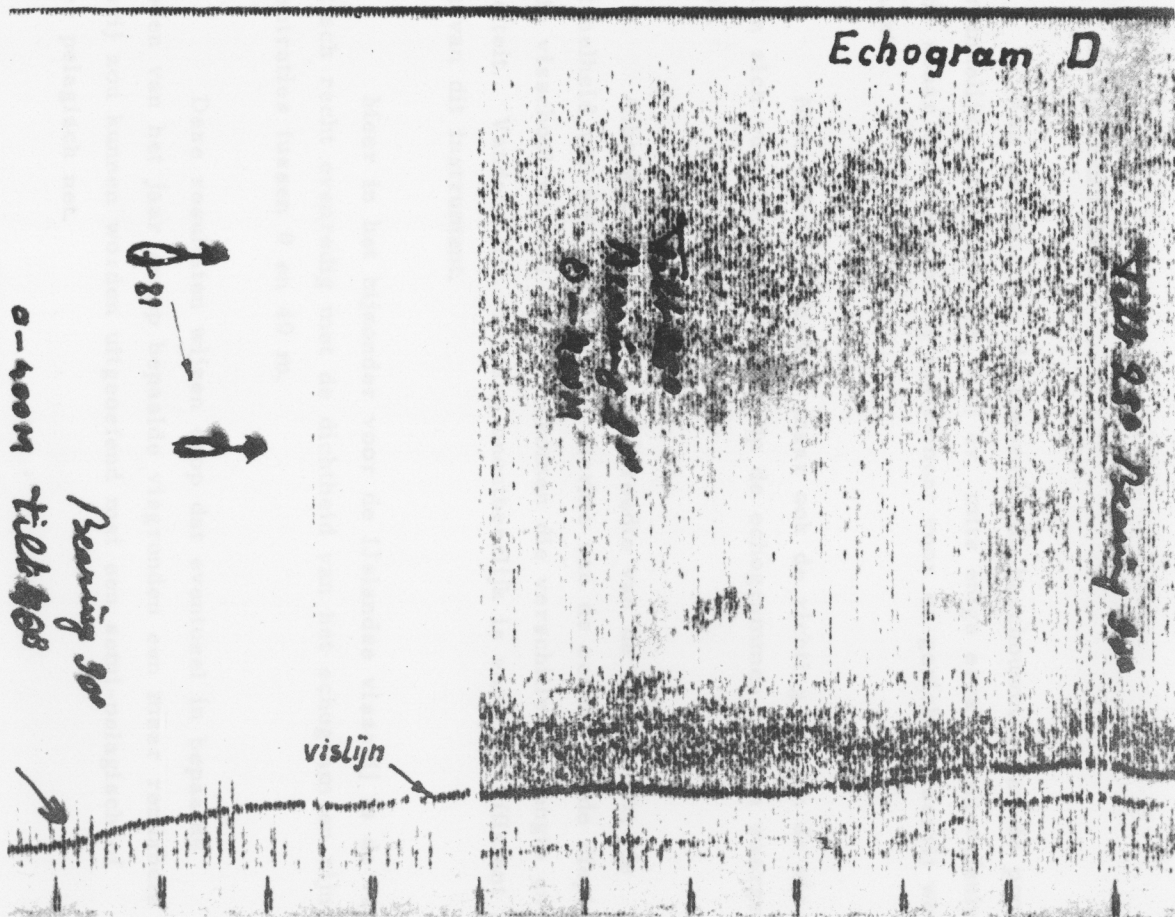
Echogram C

Klok beneden
Bearing 0°
Tilt 90°

visschool



Echogram D



schip, vandaar dat de transducer klok een tilting had van 40° bij het begin van de detectie, aan het net, om dan geleidelijk horizontaal te gaan en tenslotte het vissersvaartuig op te nemen.

§ 4. - Nabeschouwingen.

Aan de hand van de theoretische beschouwingen en de proef-
ondervindelijke echogrammen, kan er, mits enige ervaring en oefening,
van de sonar een zeer nuttig instrument voor de gerichte visserij worden
gemaakt.

Niet enkel de diepte, maar ook de richting waarin de vis-
scholen zich voortbewegen kunnen op de echogrammen worden waarge-
nomen.

Afhankelijk van de bundelbreedte van de transducer, de
vaartsnelheid van het vaartuig, de sterkte van de zender en de diepte
van de visschool worden echo's bekomen die verschillen in lengte en
intensiteit. Vandaar dat ervaring onontbeerlijk is voor het efficiënt ge-
bruik van dit instrument.

Meer in het bijzonder voor de IJslandse visserij is de vangst
praktisch recht evenredig met de dichtheid van het echogram en zijn vis-
concentraties tussen 0 en 40 m.

Deze resultaten wijzen erop dat eventueel in bepaalde
perioden van het jaar en op bepaalde visgronden een meer rendabele
visserij zou kunnen worden uitgeoefend met een semi-pelagisch of
zuiver pelagisch net.



C.L.O. Offset-Repro-Fotografie

