

MINISTERIE VAN LANDBOUW

Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk
Onderzoek in de Zeevisserij (T.W.O.Z.)

(Voorzitter : **F. Lievens**, directeur-generaal)

EERSTE RESULTATEN VAN HYDRO-AKOESTISCHE METINGEN

R. Fonteyne

ONDERWERP «TECHNIEK IN DE ZEEVISSERIJ»

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (CLO Gent)
Publikatie n^o 84/1973

MINISTERIE VAN LANDBOUW

Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk
Onderzoek in de Zeevisserij (T.W.O.Z.)

(Voorzitter : **F. Lievens**, directeur-generaal)

EERSTE RESULTATEN VAN HYDRO-AKOESTISCHE METINGEN

R. Fonteyne

ONDERWERP «TECHNIEK IN DE ZEEVISSERIJ»

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (CLO Gent)
Publikatie n° 84/1973
D/1974/0889/13

Inleiding.

In het kader van de onderzoeken over de invloed op de vangst van geluid opgewekt door vissersvaartuigen en hun vistuig, werden in België een eerste reeks metingen uitgevoerd.

In onderhavig rapport worden de eerste resultaten van een aantal hydro-akoestische metingen gegeven. Deze metingen zijn de eerste in een reeks in open zee uitgevoerde geluidsmetingen met het doel een relatie te vinden tussen het vangstbeeld van vissersvaartuigen en vistuig en hun hydro-akoestische eigenschappen.

Er werd een inspanning geleverd om de metingen in overeenstemming met de voorstellen van de I.R.O.Z. werkgroep "Underwater sound in relation to fish capture" (Anon, 1972).

Proefomstandigheden.

De hydroakoestische metingen grepen plaats nabij de Belgische kust in maart 1973. De diepte op de meetplaatsen varieerde tussen 11 en 18 m. De bodem bestond uit modder en zand. De windsnelheid schommelde tussen 1 en 2 Beaufort. Het niveau van het achtergrondlawaai was 16 dB en de index waarde van het geluidsniveau varieerde tussen 0 dB bij 25 Hz en - 55 dB bij 10.000 Hz.

De technische specificaties van het vissersvaartuig viz. het onderzoeksvaartuig "Hinders", zijn weergegeven in tabel 1. Bij het vissen sleepte het schip een net met de karakteristieken vermeld in tabel 2.

Apparatuur en methoden.

De blokschema's van de opname- en analyseketen zijn weergegeven in figuren 1 en 2. Alle meetinstrumenten gebruikt bij de metingen op zee

kunnen door batterijen worden gevoed, zodat alle machines aan boord van het meetschip konden worden stilgelegd.

De omnidirektionele hydrofoon, gevat in een metalen draagstel, werd tot op de zeebodem neergelaten. De gevoeligheid, als opgegeven door de konstrukteur, is $-70 \text{ dB/1V/1}\mu\text{ Bar} \pm 1 \text{ dB}$ van 10 Hz tot 30 kHz. Een referentiesignaal van 100 mV/1.000 Hz , overeenkomende met een akoestische druk van $50 \text{ dB re } 1\mu\text{ Bar}$ aan de ingang van de hydrofoon, werd op elke magneetband opgenomen alvorens de metingen te beginnen.

Het opgenomen geluid werd geanalyseerd in $1/3$ oktaaf banden tussen 25 en 10.000 Hz. Daarenboven werd elke opname onderzocht op het eventueel voorkomen van spektraallijnen in een frekwentieband van 40 tot 10.000 Hz. De gebruikte selektiviteit van de frekwentie-analyser was 35 dB/oktaaf waarvoor de 3 dB bandbreedte $1/24$ van de overeenkomstige oktaaf bedroeg. De geluidsdrukken worden weergegeven als index waarden van het geluidsniveau in $\text{dB re } 1\mu\text{ Bar}$, 1 Hz bandbreedte en een afstand van 1 m van het proefvaartuig. Sferische spreiding werd verondersteld.

Volgende opnamen werden verwezenlijkt :

- schroef ontkoppeld, de motor draaiend bij 400, 750 en 1150 t/min ; afstand proefvaartuig - hydrofoon : 58 tot 60 m ;
- enkel de hulpmotor draait ; afstand 56 m ;
- onbelast varend bij 750 t/min (toerental bij het vissen) en 1150 t/min (volle snelheid) ; afstand 35 tot 46 m ;
- vissend bij 750 t/min ; afstand 110 tot 140 m ;
- uitzetten van het vistuig ; afstand 85 tot 160 m.

De afstanden werden gemeten met een telemeter (Wild). Het toestel heeft een procentuele fout kleiner dan 5 % voor afstanden kleiner dan 200 m.

Resultaten en bespreking.

De resultaten van de frekwentie-analyse van het geluid opgewekt door de hoofdmotor met ontkoppeld schroef en door de hulpmotor zijn gegroepeerd in tabel 3. De frekwentie en het geluidsniveau van de spektraallijnen zijn opgenomen in tabel 4. De diagrammen van de geluidsniveau's in functie van de frekwentie zijn weergegeven in de figuren 3 tot 6.

De spektra van de hoofdmotor met ontkoppeld schroef, figuren 3, 4 en 5, vertonen de hoogste geluidsdrukken bij de lagere frekwenties, waar eveneens de spektraallijnen worden gevonden. Bij stijgend toerental nemen de geluidsniveau's toe en verschuiven de spektraallijnen naar hogere frekwenties. Deze verschuiving van de spektraallijnen is toe te schrijven aan het feit dat zij opgewekt worden door draaiende en heen en weer bewegende machineonderdelen. Zo kan berekend worden dat de lijnen bij 74 Hz (400 t/min), 48 Hz en 97 Hz (750 t/min) en 76 Hz en 149 Hz (1150 t/min) voorkomen bij de fundamentele en eerste harmonische van de ontstekingsfrekwentie.

De piek in het spektrum bij 500 Hz, die eveneens optreedt bij andere werkingsvoorwaarden, kon tot nog toe niet worden verklaard. In de overeenkomstige 1/3 oktaaf band werden geen spektraallijnen gevonden. Tilingsmetingen, uit te voeren in een latere fase van het programma, zullen wellicht meer klaarheid scheppen.

Het spektrum van de hulpmotor vertoont pieken bij 31,5 en 50 Hz. Spektraallijnen komen voor tussen 57 en 129 Hz. Met uitzondering van de waarden gevonden bij het begin van de frekwentieband, is de geluidsdruk van de hulpmotor veel lager dan deze van de hoofdmotor, zo dat zijn bijdrage tot de totale geluidsdruk opgewekt door het vaartuig eerder klein zal zijn.

Tabel 5 vermeldt de geluidsdrukken van het onbelast varend vaartuig bij 750 en 1150 t/min en al vissend. De spektraallijnen zijn opgenomen in tabel 6. De spektrogrammen zijn weergegeven in figuren 7 tot 9. De opgegeven waarden zijn de gemiddelden van 3 analyses. De spreiding tussen de resultaten is weergegeven door de variatiebreedte.

Het geluid opgewekt door de schroef, en in het bijzonder door de cavitatie die de belangrijkste component van het schroeflawaai is, resulteert in een vlak spektrum tot 500 Hz en in een belangrijke toename in geluidsdruk bij de hogere frekwenties.

Bij een toerental van de motor van 750 t/min zijn de geluidsdrukken in de verschillende frekwentiebanden tot 80 Hz opgewekt door het onbelast varend vaartuig lager dan deze gegenereert door het vaartuig met ontkoppeld schroef. Vanaf 100 Hz echter, worden veel hogere waarden bekomen, die een maximum bereiken bij 160 Hz (42 dB) en bij 500 Hz (43 dB). Tussen 500 en 2500 Hz bedraagt de toename in geluidsdruk 7 dB in de meeste 1/3 oktaaf banden. Vanaf 3150 Hz wordt een nog groter verschil bekomen, opklimmend tot 16 dB bij 5000 en 10000 Hz.

Bij een toerental van 1150 t/min liggen alle waarden, gemeten bij het onbelast varend vaartuig hoger dan deze van het vaartuig met ontkoppeld schroef, uitgezonderd de significant lagere waarde bij 31,5 Hz. De meest belangrijke toename in geluidsdruk wordt genoteerd in de frekwentieband van 160 tot 500 Hz waar ook de hoogste geluidsniveaus bekomen worden : 53 dB bij 160 Hz en 51 dB bij 500 Hz. Tussen 630 en 2500 Hz, bij onbelast varen bij 1150 t/min, bedraagt de verhoging in geluidsstrekte 10 tot 13 dB. Het grootste verschil wordt bekomen bij 10000 Hz waar de geluidsdruk van het onbelast varend vaartuig 23 dB hoger ligt dan bij de motor met ontkoppeld schroef.

De belangrijkste spektraallijnen bereiken een niveau van 50 dB bij 74 Hz voor 750 t/min en 61 dB bij 150 Hz voor 1150 t/min.

Uit tabellen 5 en 6 en figuur 9 kan het effect van het slepen van het vistuig op het spektrum worden afgeleid. Het geluid opgewekt door het vistuig en de verschillende belasting van het schip resulteren in een totaal ander spektrum. Bij vergelijking van de waarden bekomen bij het onbelast varend vaartuig en het vissend vaartuig, beide bij 750 t/min, wordt een toename in niveau van 15 dB bekomen bij 31,5 Hz. Bij 80 en 100 Hz valt een kleinere toename te noteren, bij 250 Hz loopt het verschil opnieuw op tot 12 dB. Bij deze frekwenties en bij 500 Hz komen respectievelijk pieken voor van 58,43 en 44 dB. Vanaf 500 Hz is er een geleidelijke toename in geluidsdruk in vergelijking met het onbelast varend vaartuig. Vanaf 2500 Hz blijft het verschil in niveau konstant op ongeveer 13 dB. Alle spektraallijnen (tabel 8) worden teruggevonden in een smalle band van 24 Hz. De hoogste waarde, 53 dB, wordt bekomen bij 97 Hz.

Figuur 10 toont de geluidsdruk in functie van de tijd voor 40, 160 en 630 Hz terwijl het vistuig gevierd wordt.

De volgende fasen kunnen gemakkelijk worden onderscheiden :

- (1) de schroef wordt ontkoppeld,
- (2) de schroef draait achteruit teneinde het schip volledig te stoppen,
- (3) het net is overboord gezet, het toerental van de motor wordt opgevoerd, en terwijl het schip een cirkel beschrijft worden de visborden gevierd,
- (4) op het einde van het vieren ligt het schip in de koers van de sleep en kan het eigenlijk vissen beginnen.

De figuur toont duidelijk dat plotse veranderingen in koers en toerental grote schommelingen in geluidsdruk voor gevolg hebben.

Tabel 7 geeft de waarneembare frekwentieband en de gehoordrempels voor zuivere tonen, bekomen in open zee, van enkele commerciële vissoorten.

De vergelijking van deze gegevens met de resultaten van onze metingen, toont aan dat de frekwentiebanden waar de grootste geluidsdrukken werden gevonden samenvallen met de laagste gehoordrempels. Deze gehoordrempels hebben een niveau dat 70 tot 80 dB lager is dan de hoogste geluidsdrukken in dezelfde frekwentieband. Dit komt overeen met een detektieafstand van 3 tot 10 km.

De vergelijking van gehoordrempels met gemeten geluidsdrukken van vissersvaartuigen is echter onzeker. Gehoordrempels bekomen door toepassing van geluid samengesteld uit verschillende frekwenties zijn 3 à 4 dB lager dan deze voor zuivere tonen (Enger, 1969). Dit betekent dat vissen vissersvaartuigen zelfs zouden kunnen detekteren op afstanden groter dan hogervermelde. Anderzijds wordt algemeen aanvaard dat vissen hevig reageren op plotse veranderingen in geluidsniveau, maar dat ze zich daarentegen vlug aanpassen aan konstante geluiden (Mac Lennan en Hawkins, 1973).

De betekenis van de spektraallijnen met betrekking tot het gedragingspatroon van vissen is, tot op heden, niet volkomen gekend. Het maskeren van zuivere tonen door achtergrondlawaai doet zich voor bij vissen (Buerkle, 1968 ; Chapman, 1973) en het blijft een open vraag of de spektraallijnen, zoals gevonden in de analyses, van enige invloed kunnen zijn op het vangstproces.

Besluiten.

Hydroakoestische metingen werden in open zee uitgevoerd op het onderzoekingsvaartuig "Hinders" in verschillende bedrijfsomstandigheden, zodat de invloed van het motortoerental, de cavitatie, de belasting van het vaartuig enz. op het geluidsspektrum kon worden nagegaan. Volgende besluiten kunnen uit de analyses worden getrokken :

1. Onafhankelijk van de bedrijfsomstandigheden doen de hoogste geluidsdrukken zich voor bij de lagere frekwenties tot 500 Hz.

2. Het geluidsniveau neemt toe met stijgend toerental.
3. Door de cavitatie ontstaat een vervlaking van het spektrum tot 500 Hz en wordt een belangrijke toename van het geluidsniveau bij de hogere frekwenties bekomen.
4. Door het slepen van het net worden bijkomende pieken in de frekwentieband beneden 400 Hz gegenereert.
5. Bij het buitenzetten van het net veroorzaken veranderingen in toerental en koers plotse veranderingen in geluidsterkte.
6. Omzeggens alle spektraallijnen worden bekomen bij frekwenties lager dan 100 Hz.
7. Vergelijking tussen de bekomen spektra en de gehoordrempels van enkele commerciële vissoorten toont aan dat vissen een schip wellicht over grote afstanden kunnen detekteren.

Bibliografie.

- Anon, 1972 - Preliminary proposal of a standardized procedure of noise measurements in fishing vessels. Report from the Working Group on "Underwater sound in relation to fish capture" - ICES, CM 1972/B:4 (Suppl.).
- Buerkle (U.), 1968 - Relation of pure tone thresholds to background noise level in the Atlantic cod (*Gadus morhua*) - J. Fish. Res. Bd. Can. 25, no. 6, 1155-1160.
- Chapman (C.J.), 1973 - Field studies of hearing in teleost fish - Helgoländer wiss. Meeresunters. 24, 371-390.
- Enger (P.S.), 1969 - Nervous responses in the fish brain to pure tones and to noise - ICES, C.M. 1969/B:7.
- Hawkins (A.D.) en Chapman (C.J.), 1969 - A field determination of hearing thresholds for the cod, *Gadus morhua* L. - Report of the 8th IF Meeting.
- MacLennan (D.N.) en Hawkins (A.D.), 1973 - Sound in fishing - Fish Industry Review vol. 3, no. 1, 2-6.
- Olsen (K.), 1969 - Directional hearing in cod (*Gadus morhua* L.) - Report of the 8th IF Meeting.

Tabel 1 - Technische specificaties van het proefvaartuig "Hinders".

Type : gekombineerde zijtrawler en boomkorrevaartuig.

Rompkonstruktie : ijzeren spanten, houten romp.

Hoofdafmetingen : L.O.A. : 25,15 m

Breedte : 6,44 m

Holte : 2,89 m

Bruto tonnemaat : 78

Hoofdmotor : type : MWM, 4-takt

vermogen : 250 pk

max. toerental : 1150

aantal cilinders : 8

montage : vast

Hulpmotor : type : Enfield, 4-takt

vermogen : 5,5 pk

toerental : 1500

aantal cilinders : 1

montage : vast

Schroef : spoed : vast

diameter : 1,25 m

aantal bladen : 4

tandwielreduktie : 1/3

Tabel 2 - Karakteristieken van het net.

Type : garnaalnet

Lengte bovenpees : 10,5

Lengte bodempes : 12,8 m, bezet met houten rollen van 12,5 x 12,5 cm

Oplangers : 4,9 m

Visborden : rechthoekig 2 x 1 m

Het netmateriaal is polyamide met een tex nummer van 630 R ter.

Maaswijdte : 19, 18, 16, 14 en 12 mm.

Alle netdelen zijn geminderd volgens de verhouding 1/2.

Tabel 3 - Index waarde van de geluidsdruk van het onderzoekingsvaartuig
Hinders - ontkoppeld schroef.

f _c (Hz)	Geluidsdruk bij een toerental (t/min)			Hulpmotor L _{is} (dB)
	400 L _{is} (dB)	750 L _{is} (dB)	1150 L _{is} (dB)	
25	31	33	32	29
31,5	43	44	44	36
40	40	40	46	28
50	38	44	45	35
63	37	41	45	30
80	35	37	39	27
100	30	33	39	26
125	30	35	40	25
160	28	32	45	19
200	29	29	35	14
250	29	32	34	12
315	27	30	35	12
400	22	24	27	8
500	27	29	37	9
630	21	23	30	6
800	15	19	26	-3
1 000	12	18	24	-4
1 250	7	12	17	-8
1 600	12	9	13	-11
2 000	1	10	10	-11
2 500	-4	3	5	-13
3 150	-9	-3	3	-14
4 000	-12	-7	-3	-15
5 000	-12	-11	-7	-17
6 300	-12	-12	-7	-20
8 000	-13	-13	-9	-22
10 000	-15	-15	-12	-26

Tabel 4 - Frekventie en index waarde van de geluidsdruk van de spektraal-
lijnen - ontkoppeld schroef.

Motortoerental (t/min)						Hulpmotor	
400		750		1150			
f(Hz)	L _{is} (dB)	f(Hz)	L _{is} (dB)	f(Hz)	L _{is} (dB)	f(Hz)	L _{is} (dB)
55	45	48	47	51	53	57	40
63	42	55	55	60	53	84	33
74	41	62	48	68	55	112	36
				76	49		
		82	46	85	46	129	31
		89	39	93	45		
		97	38	149	42		

Tabel 5 - Index waarde van de geluidsdruk van het onderzoekingsvaartuig
Hinders - onbelast varend en vissend.

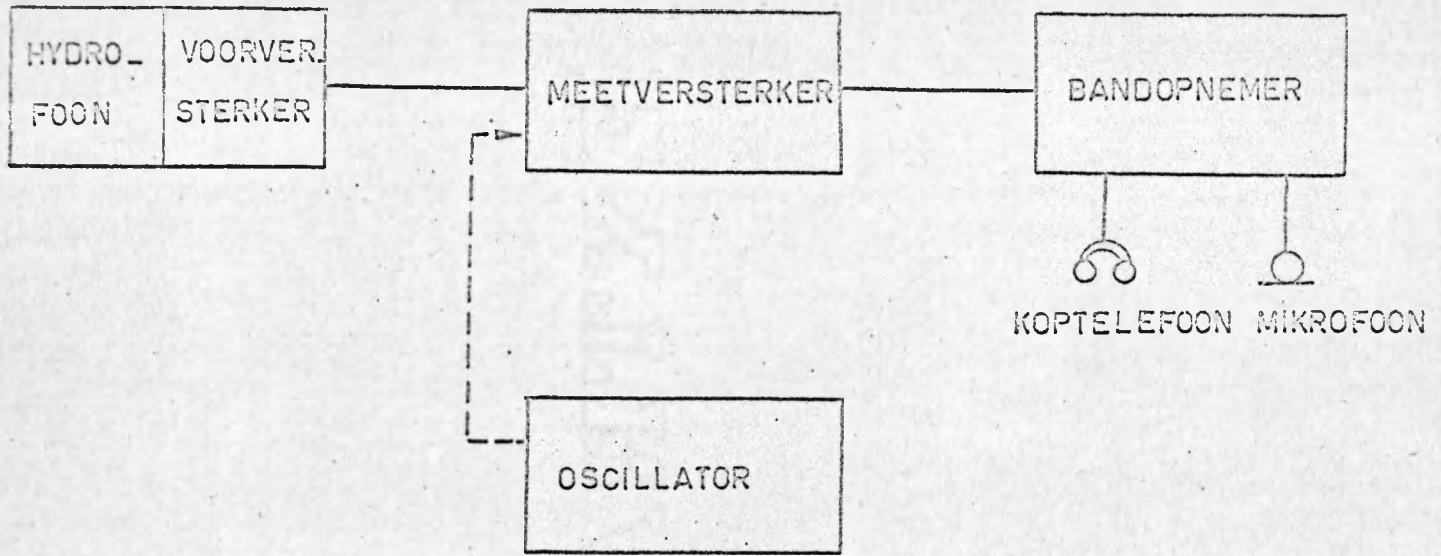
fc (Hz)	Motortoerental (t/min)					
	750		1150		750-vissend	
	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)
25	28	1	38	2	39	4
31,5	33	2	36	1	48	4
40	40	1	45	3	45	3
50	39	5	46	4	38	3
63	36	3	47	2	38	2
80	36	3	45	3	43	1
100	39	3	43	0	43	1
125	36	7	46	2	37	5
160	42	2	53	1	39	1
200	35	4	51	4	41	5
250	32	2	50	2	44	5
315	34	2	50	2	42	7
400	30	2	45	2	35	3
500	43	3	51	1	44	5
630	31	2	42	3	37	3
800	29	4	36	2	33	6
1 000	24	4	35	0	28	1
1 250	19	2	30	2	25	2
1 600	16	3	24	2	25	4
2 000	13	3	22	2	23	3
2 500	9	4	18	1	22	2
3 150	8	2	18	1	21	3
4 000	6	1	18	2	19	2
5 000	5	4	15	1	16	1
6 300	2	1	12	2	16	2
8 000	1	6	10	1	14	1
10 000	1	4	11	2	13	1

Tabel 6 - Frekwentie en index waarde van de geluidsdruk van de spektraallijnen - onbelast varend en vissend.

Motortoerental (t/min)								
750			1150			750-vissend		
f(Hz)	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)	f(Hz)	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)	f(Hz)	L_{is} (dB)	Variatie- breedte (dB)
48	49	4	51	54	1	73	48	3
74	50	1	67	55	4	84	52	1
82	43	2	85	54	0	90	51	4
			150	61	2	97	53	0

Tabel 7 - Gehoorzin van enkele commerciële vissoorten.

Soort	Frekwentieband (Hz)	Gehoordrempel (dBre 1 μ Bar)	Bron
Kabeljauw Gadus morhua	40-400 20-400	-27 dB bij 200 Hz -28 dB bij 160 Hz	Hawkins en Chapman, 1969 Olsen, 1969
Schelvis Melanogrammus aeglefinus	30-470	-15 tot -20 dB van 110 tot 310 Hz	Chapman, 1973
Leng Molva molva	40-550	-19dB bij 200 Hz	Chapman, 1973
Vlaswijting Pollachius pollachius	40-470	-22 tot -24 dB van 100 tot 200 Hz	Chapman, 1973



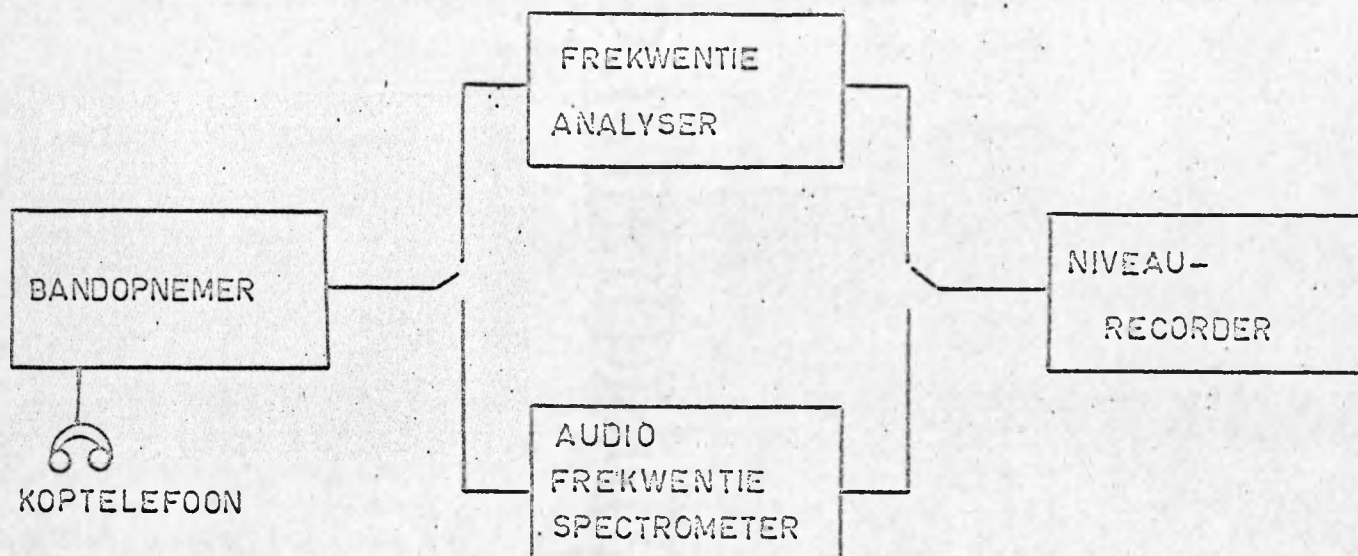
Figuur 1_ Blokschema van de opnameketen

Hydrofoon : Thomson-CSF, type TSM 6.120.

Meetversterker : Brüel & Kjaer, type 2606.

Bandopnemer : Nagra III.

Oscillator : zwevingsfrequentie-oscillator, Brüel & Kjaer, type 1014.



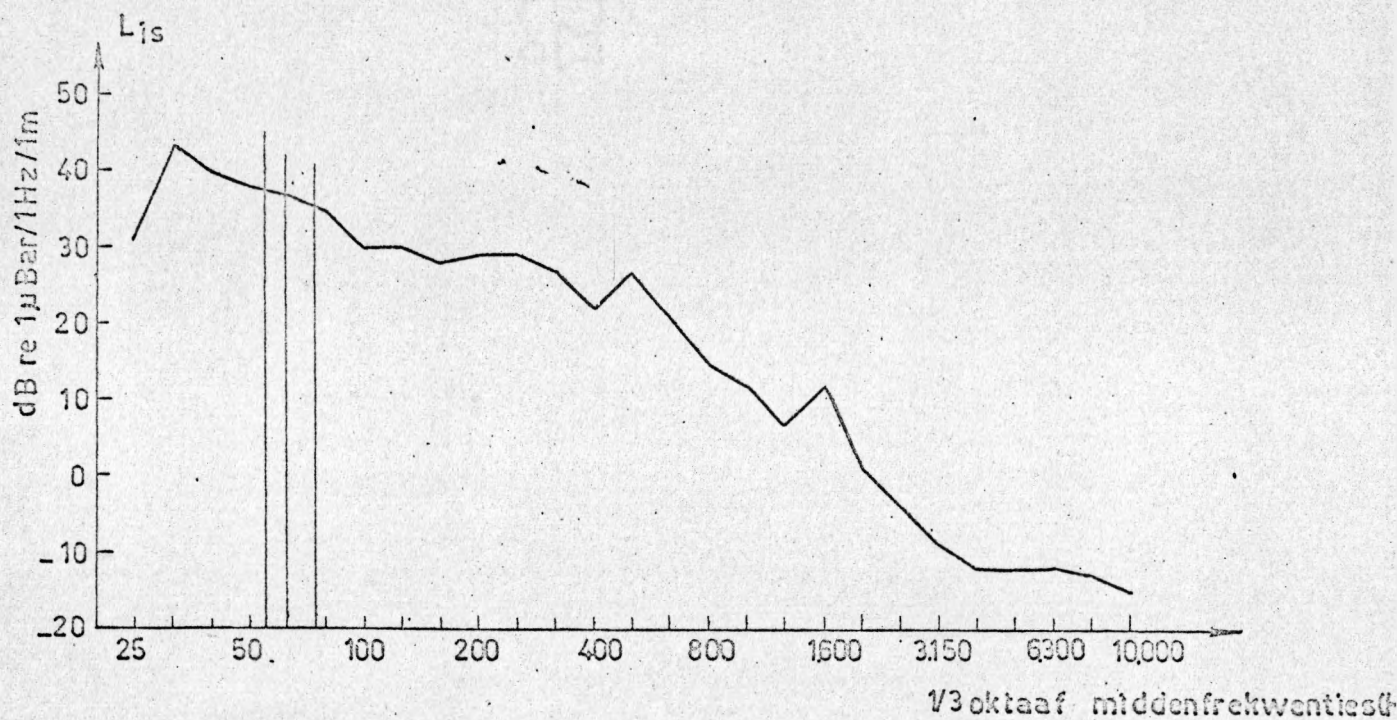
Figuur 2 - Blokschema van de analyseketen

Bandopnemer : Nagra III.

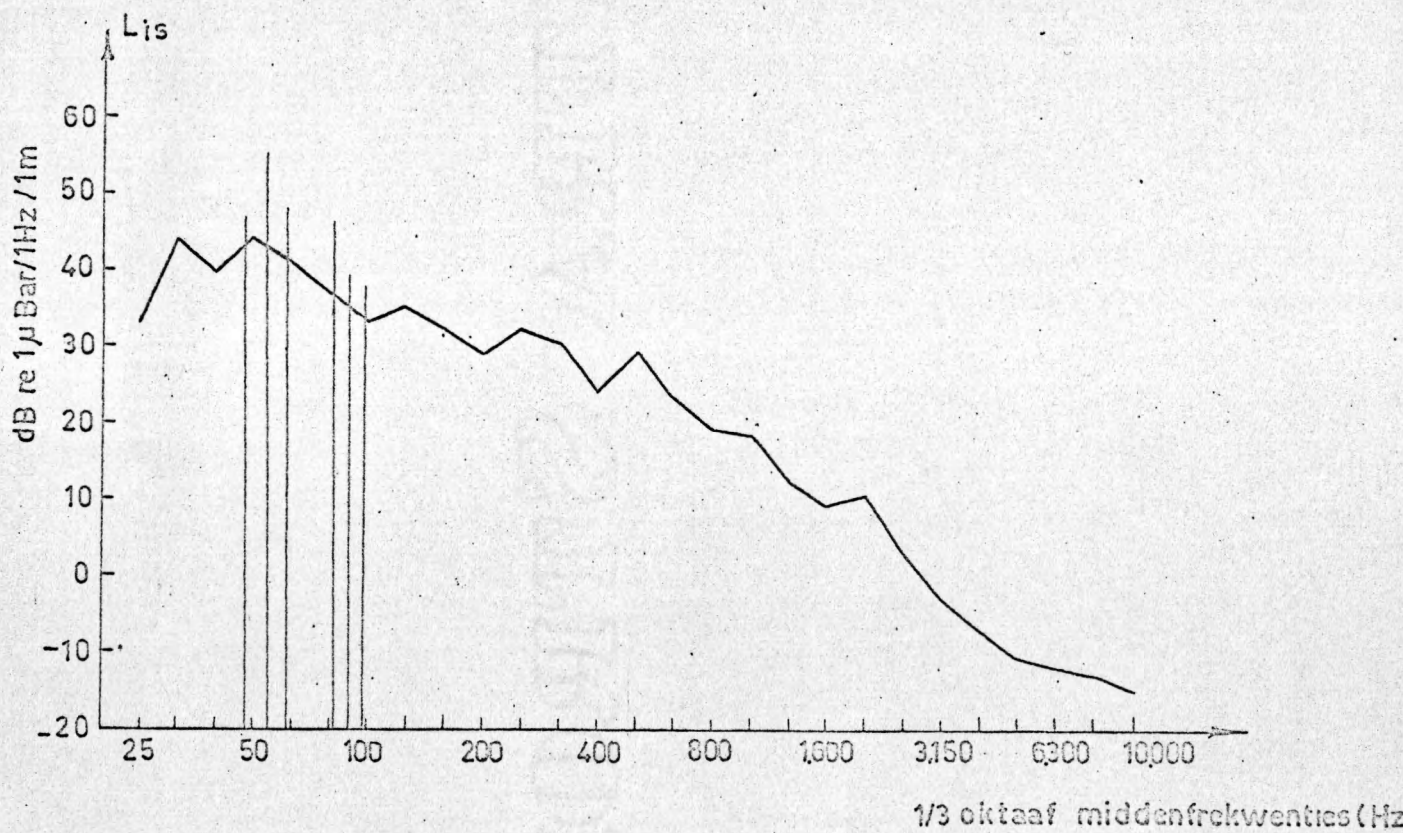
Frekwentie analyser : Brüel & Kjaer, type 2105.

Audio frekwentie spectrometer : Brüel & Kjaer, type 2112.

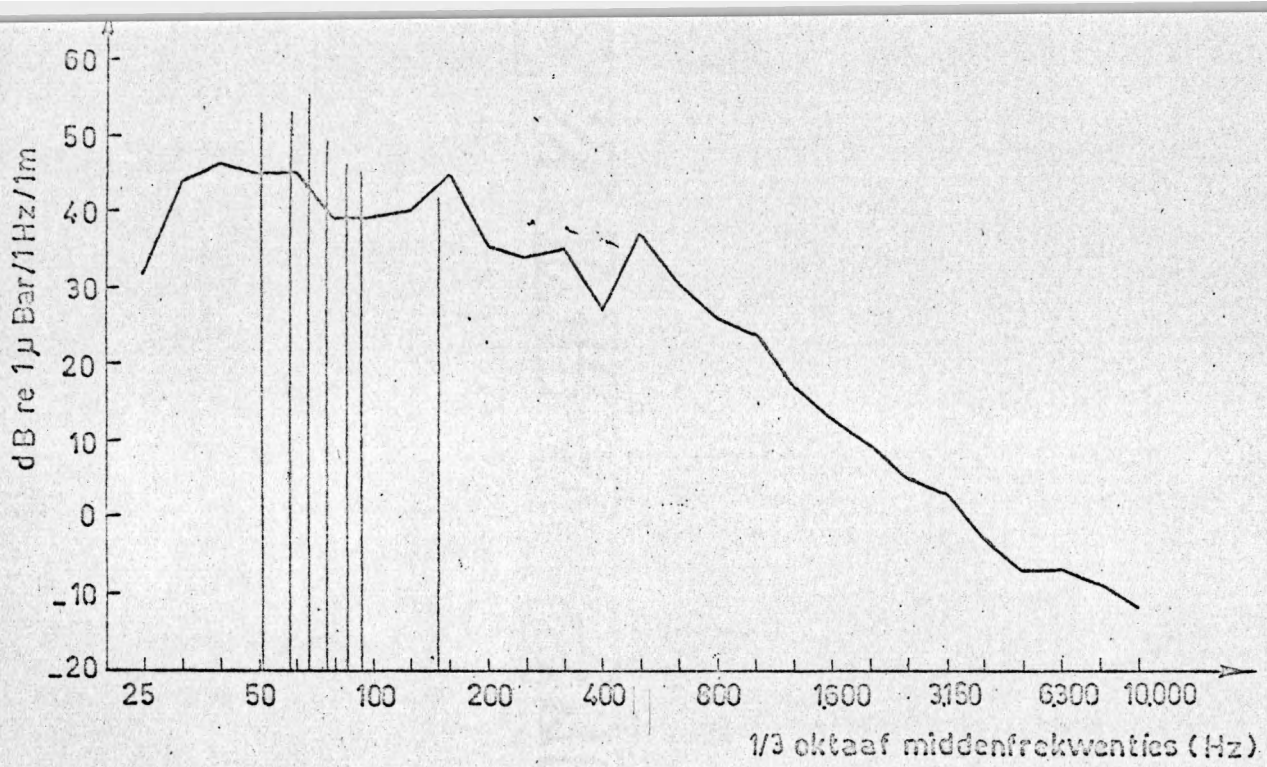
Niveau recorder : Brüel & Kjaer, type 2305.



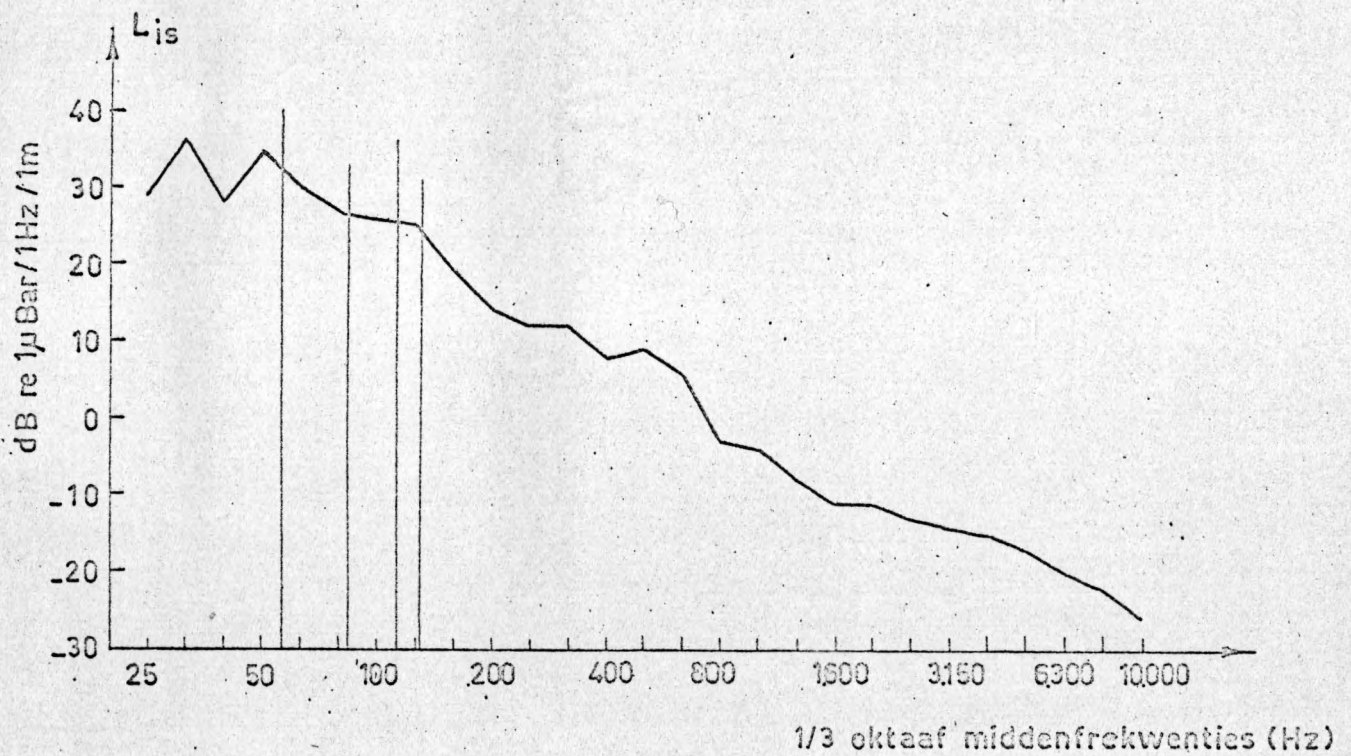
Figuur 3 — Geluidsspektrum van de hoofdmotor bij 400 t/min —
ontkoppeld schroef.



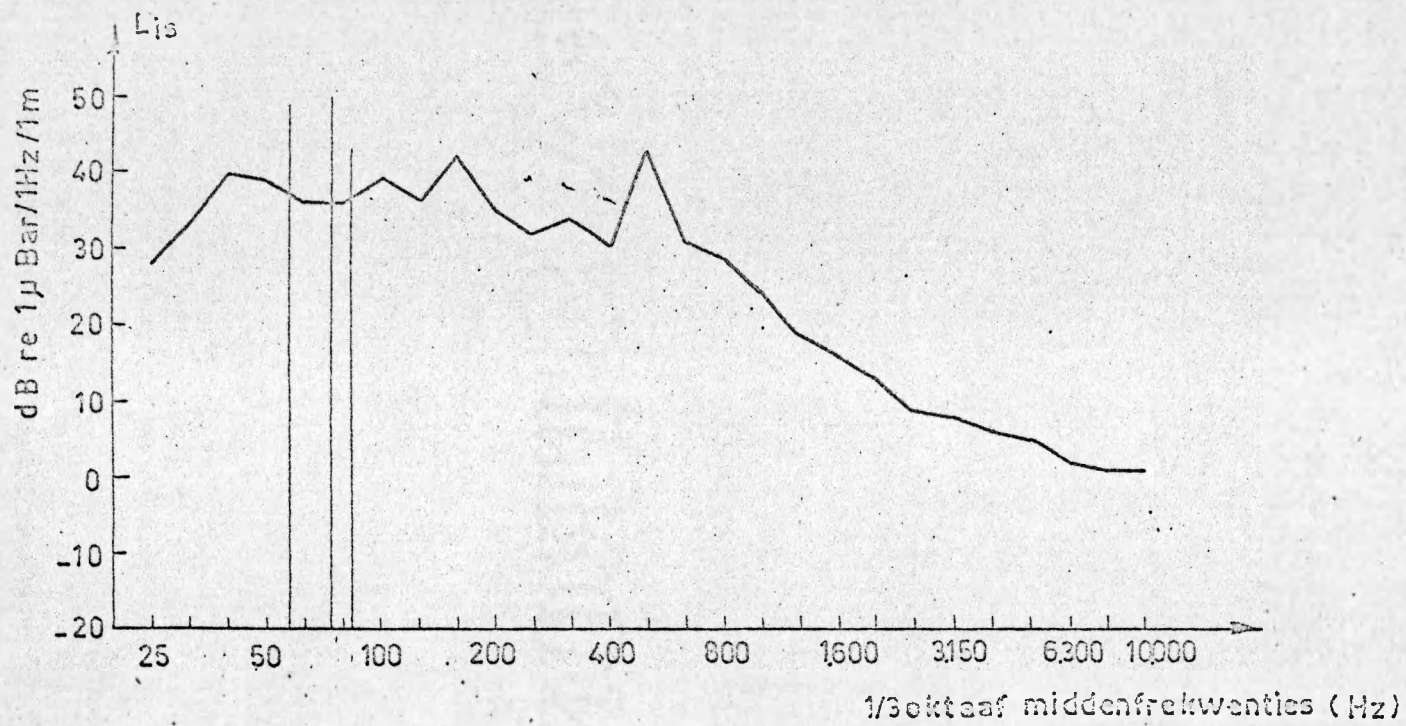
Figuur 4 — Geluidsspektrum van de hoofdmotor bij 450 t/min —
ontkoppeld schroef.



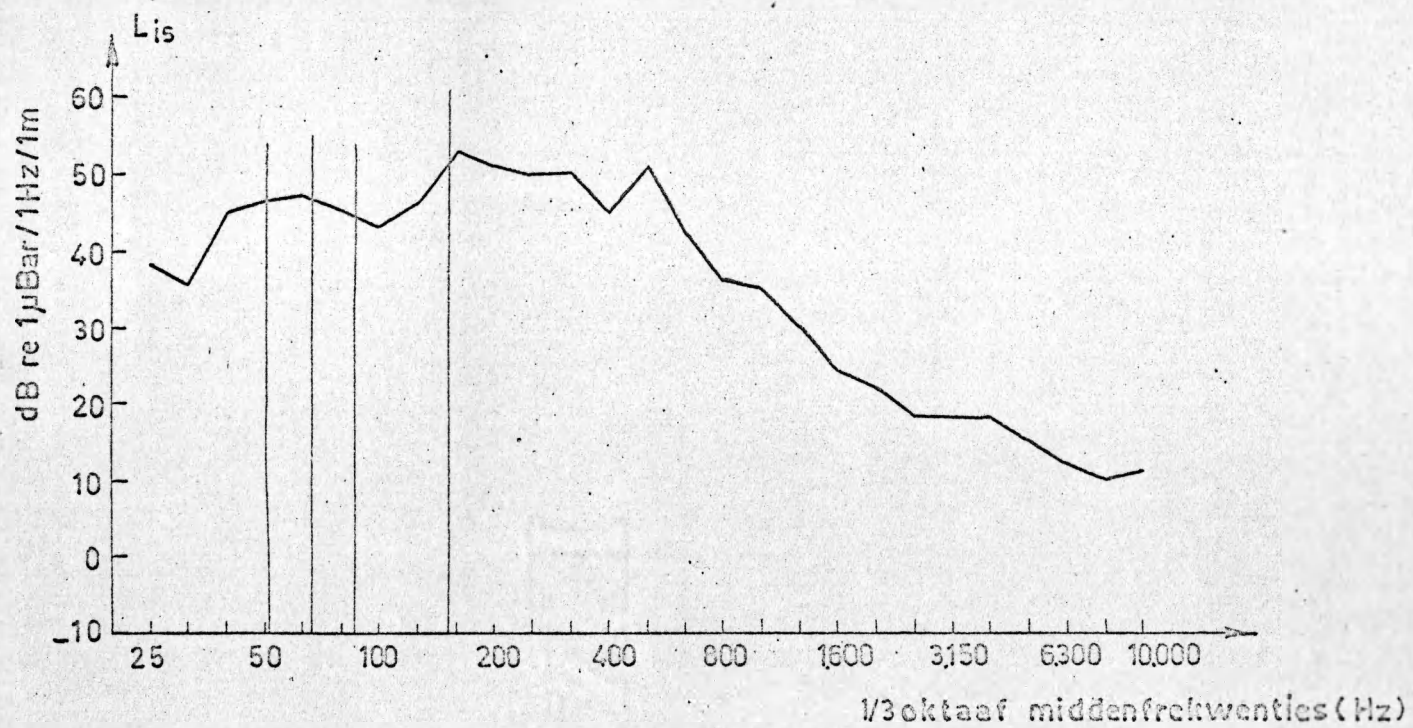
Figuur 5 - Geluidsspectrum van de hoofdmotor bij 1150 t/min. -
ontkoppeld schreef



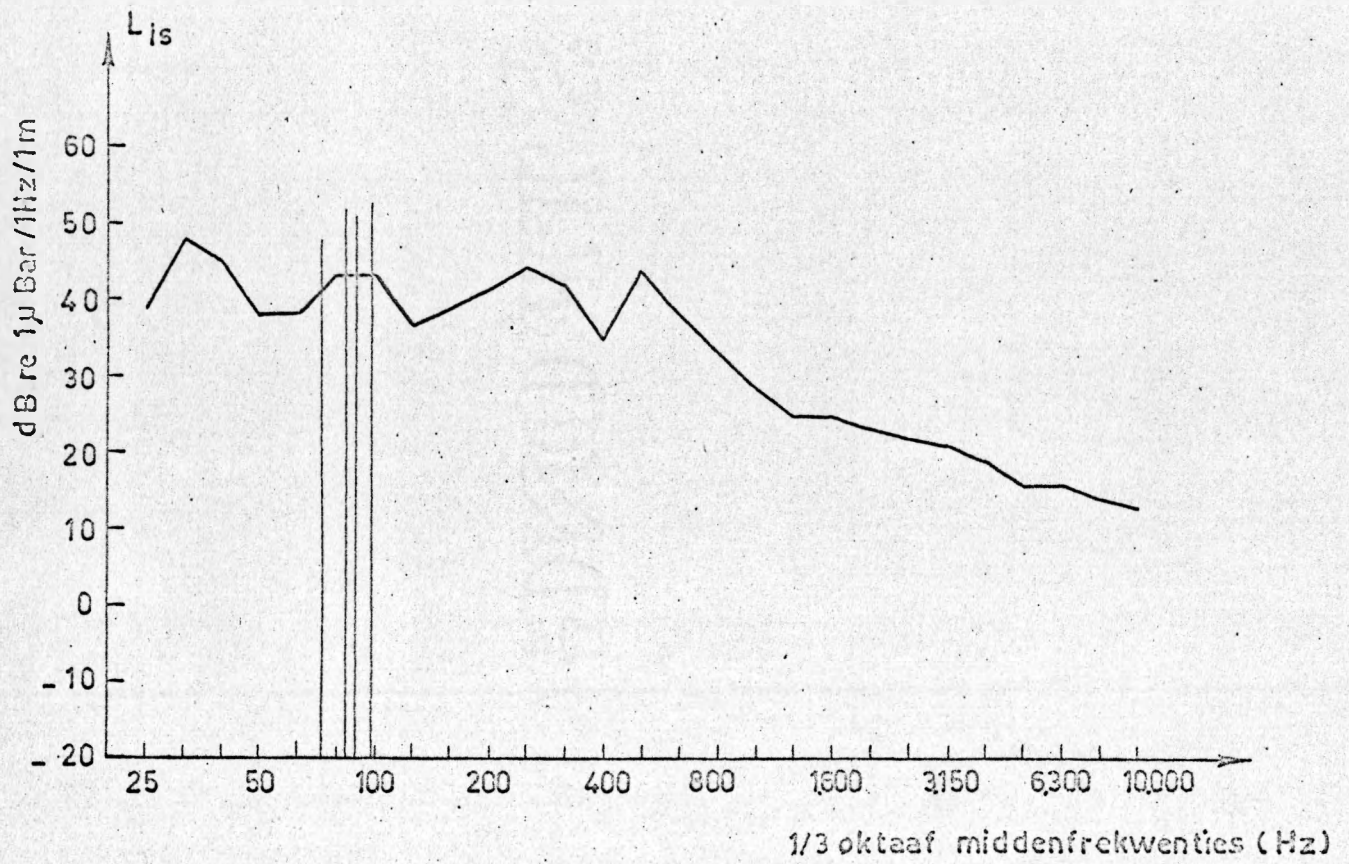
Figuur 6 - Geluidsspectrum van de hulpmotor.



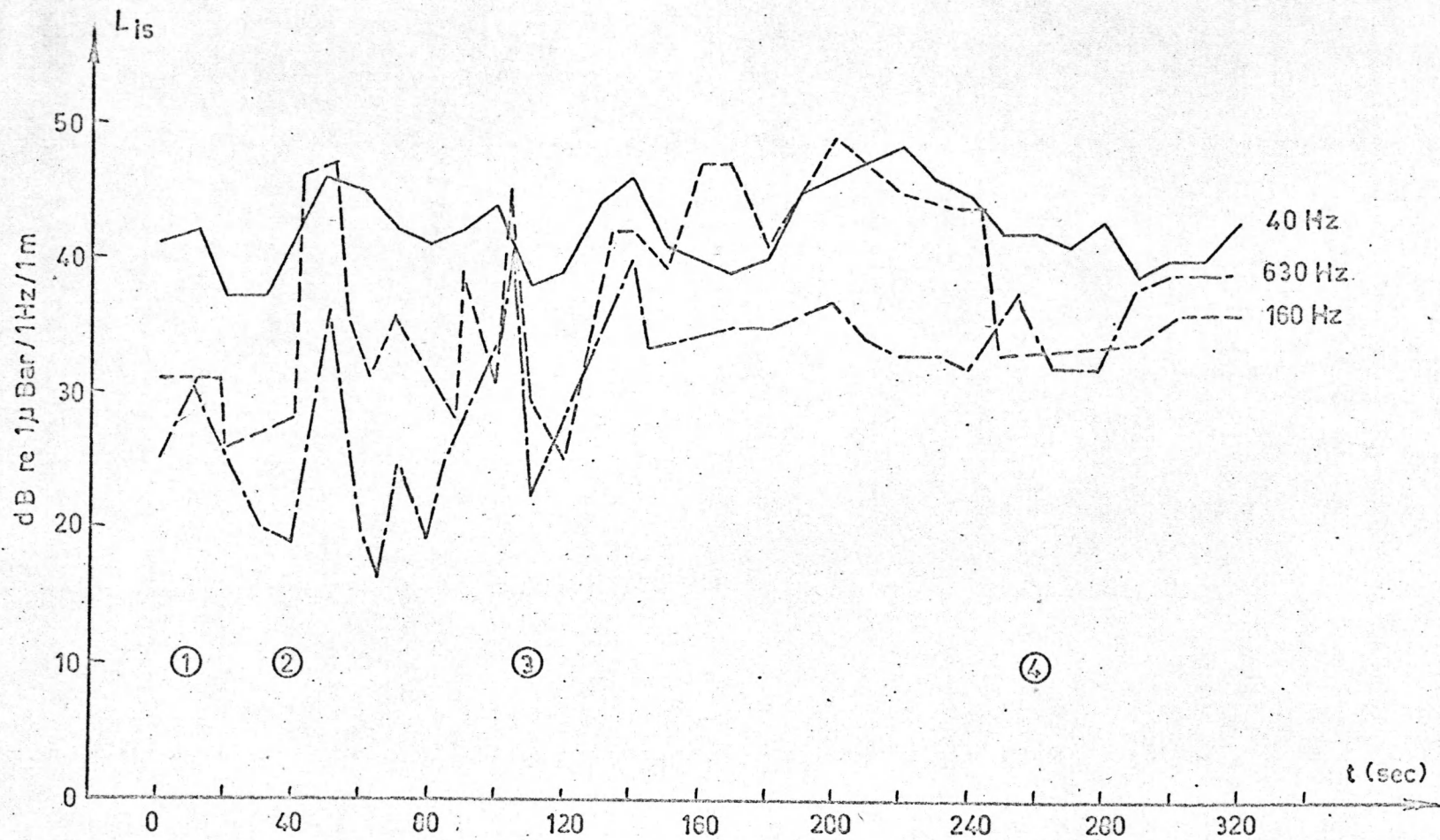
Figuur 7_ Geluidsspektrum van het onbelast varende vaartuig bij 750 t/min.



Figuur 8_ Geluidsspektrum van het onbelast varende vaartuig bij 1150 t/min.



Figuur 9 - Geluidsspectrum van het vissend vaartuig bij 750 t/min



Figuur 10 — Getuidsrukken bij het buitenzetten van het vistuig

