



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde
kwasistatische golfbelastingen op de plaatliggerschuif
sektie R15

loodrechte golfaanval en aanstroming

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M1509

mei 1982

stormvloedkering Oosterschelde
kwasistatische golfbelastingen op de plaatliggerschuif
sektie R15

loodrechte golfaanval en aanstroming

verslag modelonderzoek

M1509

mei 1982

INHOUD

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Lijst van symbolen

	blz.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
<u>2</u> <u>Samenvatting</u>	2
<u>3</u> <u>Probleemstelling</u>	3
<u>4</u> <u>Randvoorwaarden</u>	4
<u>5</u> <u>Model en modelopstelling</u>	7
5.1 Schaalkeuze.....	7
5.2 Onderzoeksfaciliteit.....	7
5.3 Model.....	8
5.4 Meetopstelling.....	9
5.5 Meetprocedure.....	10
<u>6</u> <u>Verwerking</u>	12
<u>7</u> <u>Resultaten</u>	13
7.1 Algemeen.....	13
7.2 Golfkondities.....	14
7.3 Statische en kwasistatische belastingen.....	14
7.3.1 Algemeen.....	14
7.3.2 Bespreking van de resultaten.....	15
7.4 Golfklappen.....	18

REFERENTIES

TABELLEN

FIGUREN

Lijst van tabellen

1. Proevenprogramma
2. Reflektiemetingen
3. Golfkondities tijdens de metingen
4. Horizontale vervalbelastingen op de schuif
5. Vertikale golfkrachten op de schuif
6. Horizontale golfkrachten op de schuif

Lijst van figuren

1. Overzicht van de Oosterscheldemonde met het tracé van de Stormvloedkering
 2. Perspektieftekening van de Stormvloedkering Oosterschelde
 3. Ontwerpschets hefschuif
 4. Plattegrond en doorsnede windgolfgoten
 5. Schema geprogrammeerde golfmachine
 6. Overzicht van de opstelling in de 2 m goot
 7. Vertikale doorsnede over het model
 8. Bovenaanzicht en verticale doorsnede meetschuif
 9. Blokschema instrumentatie, tekenafpraak
-
- 10 t/m 59 Energiedichtheidsspektra en statistische verdelingen van golfhoogten van de golfsignalen H2 (kanaal 2), gemeten op stilstaand water, en H3 (kanaal 3), gemeten op stromend water
-
- 10,11 Proef 110
- 12,13,14,15 Proef 122
- 16,17,18,19 Proef 131
- 20,21,22,23 Proef 141
- 24,25 Proef 152
- 26,27,28,29 Proef 161
- 30,31,32,33 Proef 171
- 34,35 Proef 180
- 36,37,38,39 Proef 190
- 40,41,42,43 Proef 200
- 44,45,46,47 Proef 211
- 48,49,50,51 Proef 321
- 52,53,54,55 Proef 391
- 56,57,58,59 Proef 410
-
- 60 t/m 87 Energiedichtheidsspektra en statistische verdelingen van amplituden van F_v
-
- 60,61 Proef 110
- 62,63 Proef 122
- 64,65 Proef 131
- 66,67 Proef 141

Lijst van figuren

68,69	Proef 152
70,71	Proef 161
72,73	Proef 171
74,75	Proef 180
76,77	Proef 190
78,79	Proef 200
80,81	Proef 211
82,83	Proef 321
84,85	Proef 391
86,87	Proef 410
88 t/m 115	Energiedichtheidsspektra en statistische verdelingen van amplituden van F_H
88,89	Proef 110
90,91	Proef 122
92,93	Proef 131
94,95	Proef 141
96,97	Proef 152
98,99	Proef 161
110,101	Proef 171
102,103	Proef 180
104,105	Proef 190
106,107	Proef 200
108,109	Proef 211
110,111	Proef 321
112,113	Proef 391
114,115	Proef 410
116.	Fasespektrum en koherentiefunctie, F_V t.o.v. F_H , proef 122
117.	Fasespektrum en koherentiefunctie, F_V t.o.v. F_H , proef 211
118.	Faserelatie $F_V - F_H$, F_H o-t max, proef 122
119.	Faserelatie $F_V - F_H$, F_H o-d max, proef 122
120.	Faserelatie $F_V - F_H$, F_V o-t max, proef 122
121.	Faserelatie $F_V - F_H$, F_V o-d max, proef 122

Lijst van symbolen

a	versnelling	m/s ²
DF	frekwentie-interval tussen twee spektrale schatters	Hz
EDF	aantal graden van vrijheid in de spektrumberekening	-
f	frekwentie	Hz
f _{Ny}	Nyquist-frekwentie van de spektrumberekening	Hz
F	kracht	kN
	indices: H horizontaal	
	V vertikaal	
g	versnelling van de zwaartekracht	m/s ²
H	golfhoogte	m
	indices: i inkomend	
	s significant	
	z tussen twee neergaande nuldoorgangen	
J	aantal golven in een registratie	-
l	lengte	m
m	massa	kg
m ₀	oppervlak van het golfspektrum = golfenergie	m ²
M	moment	kNm
p	druk	kN/m ²
t	tijd	s
T	golfperiode	s
	indices: D dominant	
	z tussen twee neergaande nuldoorgangen	
v	snelheid	m/s
α	reflektiecoëfficiënt	-
η	uitwijking van het wateroppervlak	m
ρ	soortelijke massa	kg/m ³

Overige notaties volgens PIANC

1 Inleiding

In de brief nummer 3503, gedateerd 1 september 1977, heeft de Deltadienst van de Rijkswaterstaat het Waterloopkundig Laboratorium opdracht verleend tot het uitvoeren van een hydraulisch modelonderzoek naar golfbelastingen op de stalen hefschuiven van de Stormvloedkering Oosterschelde.

Het onderzoek maakt deel uit van projektnummer F760221A van de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst.

Het onderzoek heeft betrekking op kwasistatische golfbelastingen, waarvan de fluktuatiefrekwenties liggen in de orde van de golffrekwenties, en op golfklappen, waarvan de fluktuaties veel sneller verlopen dan van de golven zelf. De eisen die voor het bestuderen van deze twee typen belastingen in dit geval aan het model gesteld moeten worden, lopen te sterk uiteen om op economisch verantwoorde wijze in één model te kunnen worden verwezenlijkt. Om deze reden hebben de metingen ten behoeve van de kwasistatische golfbelastingen en golfklappen met twee verschillende modellen plaatsgevonden.

Het oriënterend onderzoek naar golfklappen is uitgevoerd met een gedeeltelijk doorzichtig model van de schuif op schaal $n_\lambda = 50$, waarin tevens klapdrukken op de achterwand van de schuif zijn gemeten. Dit deel van het onderzoek is beschreven in het verslag M 1504: "Stormvloedkering Oosterschelde, Oriënterend onderzoek naar golfklappen op de plaatliggerschuif, Sektie R15, Loodrechte golfaanval en aanstroming" [1].

Het onderhavige verslag beschrijft het onderzoek naar (kwasi)statische golf- en stroombelastingen op de plaatliggerschuif. De betreffende proeven zijn verricht met een model met schaal $n_\lambda = 60$, waarin met behulp van een meetsysteem voor totaalbelastingen in twee richtingen horizontale en verticale golf- en vervalbelastingen op de gehele schuif zijn gemeten bij loodrechte golfaanval en aanstroming.

De metingen hebben plaatsgevonden in de 2 m brede Windgolfgoot van het Waterloopkundig Laboratorium in Delft in de periode september tot november 1977 onder leiding van ir. R.M. Korthof, die ook dit verslag heeft samengesteld.

2 Samenvatting

Ten behoeve van het ontwerp van de stalen hefschuiven van de Stormvloedkering Oosterschelde (fig. 1 en 2) is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar golfklapbelastingen op de schuif.

Dit onderzoek bestaat uit een deel dat betrekking heeft op golfklappen, dat beschreven is in het verslag M 1504 [1], en een gedeelte dat verband houdt met (kwasi)statische golf- en stroombelastingen, waarover het onderhavige verslag M 1509 handelt.

De doelen van dit onderzoek zijn de volgende:

1. Het vaststellen van maatgevende belastingssituaties.
2. Het bepalen van de grootte van golf- en stroombelastingen op de schuif.
3. Het verkrijgen van een indruk van de meest ongunstige situatie voor golfklappen.

In het beheer van de kering zijn zeer veel verschillende belastingssituaties mogelijk. Om die reden is het scala van te beproeven situaties tamelijk ruim gekozen, zie tabel 1.

De metingen zijn uitgevoerd met een model van de SVKO op schaal $n_\lambda = 60$, dat geplaatst is in de 2 m brede Windgolfgoot van het Laboratorium Delft (zie fig. 5, 6, 7). De schuif (zie fig. 3 en 8) is opgehangen in een krachtenmeetsysteem, waarmee gemeten kunnen worden: horizontale krachten, verticale krachten en het horizontale moment ten gevolge van deze twee krachten (zie fig. 9).

De ingestelde golfkondities worden beschreven met spektra en statistische verdelingen van golfhoogten. Deze zijn gegeven in figuur 10-59 en tabel 3. De gemeten waarden van F_V en F_H ten gevolge van golven zijn gepresenteerd in de vorm van spektra en kumulatieve frekwentieverdelingen van amplituden, zie figuur 60-115 en tabellen 5 en 6. Enkele vervalbelastingen zijn gegeven in tabel 4.

De grootste belastingen treden op bij gesloten schuif en zware golfaanval ($H_s \approx 4,7$ m). De extreme waarden bedragen:

$F_H = 32000 \text{ à } 33000 \text{ kN}$ (zeewaarts gericht)

$F_V \approx 12000 \text{ kN}$ (opwaarts gericht).

Het aanbrengen van een damwandscherm aan de zeezijde van de schuif heeft geen invloed op de grootste gemeten belastingen en doet overigens de golfbelastingen in geringe mate afnemen.

Voor twee situaties (proeven 122 en 211, zie tabel 1) is de faserelatie tussen F_V en F_H nagegaan door het fasespektrum te berekenen (zie fig. 116 en 117). F_V (neerwaarts positief) loopt ongeveer 90° achter op F_H (landinwaarts positief). Door het grillige verloop van F_V en F_H (zie fig. 118-121) is een beschrijving met behulp van het fasespektrum niet volledig als de faserelatie tussen F_V en F_H moet worden ingevoerd in een berekening van spanningen in de schuif als gevolg van gelijktijdig optredende waarden van F_V en F_H . Een betere beschrijving kan worden verkregen door een tweedimensionale kansverdeling van F_V en F_H .

3 Probleemstelling

De Stormvloedkering (fig. 1) is opgebouwd uit voorgefabriceerde betonnen en stalen elementen. De ruggegraat wordt gevormd door 66 zware betonnen pijlers, die gefundeerd zijn op een grondverbetering. De tussenliggende openingen worden gedeeltelijk permanent afgesloten met behulp van betonnen balken: de dorpelbalk aan de onderzijde en de bovenbalk aan de bovenzijde. De resterende openingen kunnen met stalen hefschuiven worden afgesloten.

De schuiven bestaan uit een kerende schaalbeplating, gesteund door horizontale plaatliggers, die de op de schaalwand uitgeoefende belastingen overdragen op de pijlers.

Op grond van overwegingen van bouwplanning en ekonomie van het totale ontwerp van de Stormvloedkering zijn de liggers aan de zeezijde geplaatst (fig. 2), hetgeen van groot belang is voor de verticale golfbelastingen op de schuif.

In het beheer van de kering zijn zeer veel verschillende belastingssituaties mogelijk. Het is niet mogelijk om met behulp van berekeningen de maatgevende combinaties van schuifstand, zeewaterstand, Oosterscheldewaterstand en golfaanval te bepalen. Doel van dit onderzoek is:

1. Het vaststellen van de maatgevende belastingssituaties.
2. Het bepalen van de grootte van de golf- en stroombelastingen op de schuif.

Zoals reeds is gesteld, vormt het onderhavige onderzoek één geheel met het oriënterende onderzoek naar golfklappen op de schuif [1]. Omdat aanvankelijk werd verondersteld dat golfklappen van ondergeschikt belang zouden zijn ten opzichte van statische en kwasistatische belastingen is begonnen met de uitvoering van het onderhavige onderzoek M 1509. Niettemin werd het van belang geacht om reeds in dit stadium een indruk te verkrijgen van de meest ongunstige situatie voor golfklappen. Hiermee is het derde doel van dit onderzoek geformuleerd.

4 Randvoorwaarden

Omdat zowel sterkte van de schuif als vermoeiingsaspecten van belang zijn, omvat het proevenprogramma zowel extreme als dagelijkse belastingssituaties. Voor beide categorieën geldt, dat het scala van in te stellen kondities tamelijk ruim gekozen moet worden om er zeker van te zijn dat maatgevende situaties niet buiten beschouwing blijven.

De schuif is derhalve in veel posities onderzocht, variërend van geheel gesloten tot geheel geopend. In gedeeltelijk geopende positie is de combinatie van zeewaterstand en schuifpositie steeds zo gekozen, dat het hart van één van de liggers zich op het zeewaterniveau bevindt. Deze keuze houdt verband met golfklappen: uit voorgaand onderzoek [2] is gebleken dat in deze posities de grootste klapbelastingen kunnen worden verwacht.

Aanvankelijk is een proevenprogramma opgesteld voor metingen aan een schuif met open zeezijde. In het model werden onder sommige omstandigheden tamelijk veel responsies ten gevolge van golfklappen gemeten met aanzienlijke amplituden ten opzichte van het kwasistatische krachtverloop. Hoewel de interpretatie daarvan problematisch is wegens gebrek aan inzicht in karakteristieken van de klappen, is in dit stadium toch gekonkludeerd dat het niet uitgesloten mag worden geacht dat op grond van het oriënterende onderzoek naar golfklappen zal worden besloten tot het aanbrengen van een damwandscherm aan de zeezijde ter reductie van de klappen.

Een gering aantal proefkondities is daarom nogmaals ingesteld nadat de schuif voorzien was van een damwandscherm.

Een tweetal metingen is uitgevoerd met een tegengesteld verval (Oosterscheldewaterstand > zeewaterstand). Het doel hiervan was na te gaan of golven tegen de schuif kunnen breken, en derhalve tot klapbelastingen kunnen leiden, ten gevolge van stroming onder een gedeeltelijk geheven schuif.

Alle metingen zijn uitgevoerd met onregelmatige golven. De golfkondities zijn zo goed mogelijk in overeenstemming gebracht met de door de Deltadienst opgestelde relaties tussen zeewaterstand en golfparameters, die als volgt geformuleerd waren:

$$H_s = 0,6 * ((\text{zeewaterstand in m} + \text{NAP}) + 2,8 \text{ m})$$

$$H_s = 0,08 \bar{T}_z^{2,1}$$

$$T_p / T_z = 1,8$$

Het spektrum is enkeltoppig met zeer steile laagfrequentie flank.

Deze golfkondities gelden op stromend water. Het is niet mogelijk gebleken om de gevraagde waarde van T_p / \bar{T}_z te verwezenlijken. Bij het inregelen van de spektra is prioriteit gegeven aan een juiste weergave van T_p .

Het proevenprogramma is weergegeven in tabel 1.

5 Model en modelopstelling

5.1 Schaalkeuze

Vereisten ten aanzien van de toe te passen waterdiepte, afmetingen van de konstruktie en weer te geven verschijnselen hebben de keuze van de modelfaciliteit doen vallen op de 2 m brede windgolfgoot van het Waterloopkundig Laboratorium in Delft. Een gunstige omstandigheid was daarbij, dat gebruik kon worden gemaakt van een model van de Stormvloedkering, dat daar was opgesteld voor metingen van totaalbelasting op een gehele sectie van de kering (M 1469, [3]). Nadat dit model op enkele punten was aangepast, is het voor het onderhavige onderzoek gebruikt.

De lengteschaal van dit model is: $n_\lambda = 60$. Volgens de Froude-schaalregels, die van toepassing zijn op de weer te geven verschijnselen (behalve sommige klapverschijnselen [1]) gelden de volgende schaalwaarden:

$$\begin{array}{lll} \text{versnelling} & : n_a & = 1 \\ \text{snelheid, tijd} & : n_v = n_t = \sqrt{n_\lambda} & = 7,75 \\ \text{druk, lengte} & : n_p = n_\lambda & = 60 \\ \text{massa, kracht} & : n_m = n_F = n_\lambda^3 & = 216 * 10^3 \\ \text{moment} & : n_M = n_\lambda^4 & = 12,96 * 10^6. \end{array}$$

5.2 Onderzoeksfaciliteit

Voor dit onderzoek bij loodrechte golfaanval is de 2 meter brede en ongeveer 100 meter lange windgolfgoot gebruikt van het Laboratorium in Delft (zie fig. 4).

In deze goot vindt de golfopwekking plaats door middel van een golfmachine (zie fig. 5) die gestuurd wordt door een servomechanisme. Dit mechanisme krijgt een stuursignaal aangeboden van een ponsband, waarop een golfregistratie uit het prototype of een kunstmatige registratie is aangebracht, of van een ruisgenerator, waarvan het signaal door filters en versterkers zodanig kan worden veranderd dat het uiteindelijke signaal tot het gewenste onregelmatige golfbeeld leidt.

Het stuursignaal veroorzaakt via versterkers en een overdrachtsnetwerk een translatie- en een rotatiebeweging van het golfschot en daardoor de golfbeweging. Ook kunnen regelmatige golven worden opgewekt door als signaalbron een sinusgenerator te gebruiken. Dankzij de grote variatiemogelijkheid van het stuursignaal bij de opwekking van zowel regelmatige als onregelmatige golven is ook een grote range van golfhoogten en golfperioden respektievelijk spektra mogelijk.

Voor een nog betere aanpassing van de golfbeelden in het model aan die in het prototype kan tevens wind worden toegepast. De lengte van de goot garandeert een goede aanpassing van de golfvorm aan de windsnelheid.

De opgewekte golfbeweging wordt gecontroleerd door het meten van het golfbeeld op diverse plaatsen in de goot. Bij onregelmatige golven worden per plaats de kumulatieve frekwentieverdeling van de golfhoogten met als karakteristieke waarde H_s , het energiedichtheidsspektrum met als karakteristieke waarde de topperiode T_p , en de gemiddelde periode \bar{T}_z bepaald.

De 2 meter brede windgolfgoot heeft ook voorzieningen voor het instellen van een stroomsnelheid. Deze mogelijkheid wordt bij het onderhavige onderzoek benut voor het handhaven van de waterstand aan de zeezijde en aan de Oosterscheldezijde, daar in de sluitingssituatie vooral een debiet door de opening onder de schuiven optreedt.

De Oosterscheldewaterstand wordt konstant gehouden door een verstelbare overstort. Uit de stroombak achter de overstort wordt het water naar de zeezijde teruggepompt. Het komt ongeveer 13 m voor het model weer in de goot terug (zie fig. 6).

5.3 Model

Het gehele model beslaat 3 sekties van de kering, zie fig. 6. De hart op hart afstand van de pijlers bedraagt 40 m.

De meetschuif bevindt zich in de middensektie. De buitenste sekties zijn slechts zover gedetailleerd als nodig is voor hun functie, te weten: het leveren van golfreflektie en toelaten van een doorstroomdebet, gelijk aan de middensektie.

De gootbodem is gelegen op NAP -34 m. Ter plaatse van het model is een gladde gesloten drempel aangebracht met taludhellingen 1:4, zie figuur 7. De bovenzijde van de drempel ligt op NAP -21,5 m. De dorpelbalk is 9,9 m hoog, en de bovenzijde is gelegen op NAP -11,6 m. Tussen NAP +1,0 m en NAP +5,5 m is een bovenbalk aangebracht (fig. 7).

De pijlers van de middensectie zijn voorzien van sponningen, zie figuur 8. Ten opzichte van het prototype heeft de sponning wat overdiepte, waarin de ophangkonstruktie van de schuif is ondergebracht.

De meetschuif is gebouwd overeenkomstig tekening SCOS 1 van Rijkswaterstaat, Directie Bruggen, zie figuur 3 en 8, waarbij aanvankelijk het damwandscherm is weggelaten. De dummy-schuiven zijn geschematiseerd tot prismatische bakken, waarin in verticale richting een perforatie van 12,5% is aangebracht. De verticale beplating aan de zeezijde is 5% open. Alle schuiven zijn in hoogte verstelbaar.

5.4 Meetopstelling

Stroom- en golfbelastingen op de meetschuif worden gemeten met behulp van een viertal boven water geplaatste gekombineerde krachtopnemers voor normaal- en schuifkrachten. Boven water is een vast frame opgehangen, dat een grote stijfheid heeft. Dit frame overspant de gehele gootbreedte. Aan dit frame is via de vier krachtopnemers een tweede frame opgehangen, waaraan de schuif is bevestigd. Zie figuur 6 en 9. Uit de vier gemeten horizontale en verticale krachten worden volgens het meetcircuit van figuur 9 de horizontale en verticale krachten op de gehele schuif (F_H en F_V) bepaald, alsmede het resulterende moment ten opzichte van NAP +1 m.

Het geheel van meetschuif en krachtmeetsysteem is zodanig ontworpen dat de eigenfrequentie van het systeem zo hoog mogelijk ligt. Dit is gerealiseerd door de onderdelen licht en stijf te konstrueren en krachtopnemers met hoge veerstijfheid te gebruiken. De hoge eigenfrequentie (gemeten in het model: $40 \text{ Hz} < f_e < 50 \text{ Hz}$) is nodig om nog een redelijke indruk te krijgen van de ongunstigste situatie voor golfklappen.

Het meetbereik van de stijve opnemers is ruimer dan voor optimale nauwkeurigheid van de krachtmeting wenselijk is. De onnauwkeurigheid van de metingen

wordt geschat op ongeveer 5%.

Golven worden op vier plaatsen in de goot geregistreerd: H1 nabij het golfschot (x = 19 m), H2 vóór de instroombak op stilstaand water (x = 74 m), H3 op stromend water (x = 79 m) en H4 aan de Oosterscheldezijde (x = 92 m). Zie figuur 6.

Ten gevolge van reflecties tegen het model en het golfschot bestaat het golfbeeld in de goot uit een deel dat zich naar de konstruktie toe beweegt, het inkomende deel, en een deel dat zich van de konstruktie af beweegt, het gereflekteerde deel.

Het inkomende deel wordt uit het gemeten golfbeeld bepaald door de reflectiecoëfficiënt in rekening te brengen volgens de volgende formule [3]:

$$H_{si} = \sqrt{\frac{1}{1+\alpha^2}} H_{sg} \cdot$$

Toepassing hiervan is slechts mogelijk indien reflectiegegevens beschikbaar zijn. Voorzover de waarden van α niet aan voorgaand onderzoek met dit model [3] kunnen worden ontleend, zijn deze gemeten in speciaal daartoe verrichte reflectiemetingen, zie tabel 2.

Alle gemeten signalen zijn vastgelegd op analoge en digitale magneetband.

5.5 Meetprocedure

Nadat alle instrumenten zijn geijkt (golfhoogtemeters 1 x per week) worden de metingen als volgt uitgevoerd.

1. Waterstand zeezijde = waterstand Oosterscheldezijde.
2. Instrumenten worden op nul ingesteld.
3. Instellen van de juiste waterstanden.
4. Meting vervalbelastingen.
5. Instrumenten worden op nul ingesteld.
6. Start golfschot en 15 min ingolven (energie-opbouw in de goot tot stabiel niveau).

7. Controle en zonodig bijstelling van het verval, nodig omdat het debiet verandert ten gevolge van de invallende golven.
8. Start registratie-apparatuur, opnameduur ongeveer 1000 watergolven.
9. Stop proef.
10. Controle nulinstellingen.

6 Verwerking

Golfsignalen

Gemeten golfsignalen worden geanalyseerd met het computerprogramma GOLANA. De analyse bestaat uit berekening van het energiedichtheidsspektrum en van een statistische verdeling van golfhoogten. Een digitaal laagdoorlaatfilter met afkapfrequentie $f = 10$ Hz (model) maakt deel uit van de verwerking. Dit filter dient om hoogfrequentie ruis uit het signaal te verwijderen.

Kracht- en momentensignalen

Ook voor de verwerking van de kracht- en momentensignalen is gebruik gemaakt van GOLANA voor statistische en spektrale analyse. Responsies van het krachtmeet-systeem zijn uit de signalen verwijderd door toepassing van een digitaal 4 Hz laagdoorfilter. Deze frequentie komt overeen met een prototypewaarde $f = 0,52$ Hz.

De top- en dalwaarden zijn bepaald ten opzichte van de nulsituatie, zoals ingesteld in de situatie met verval zonder golven.

Voor enkele proeven is met behulp van het kruisspektrumprogramma KRUSPE de faserelatie berekend tussen F_H en F_V .

7 Resultaten

7.1 Algemeen

Het onderzoek dat in dit verslag wordt beschreven vormt één geheel met het oriënterend onderzoek naar golfklappen, M 1504 [1]. Beide onderzoeken zijn uitgevoerd in het voorontwerp-stadium van de plaatliggerschuif. De proevenseries van beide onderzoeken zijn kort na elkaar uitgevoerd, waarbij is begonnen met de metingen van kwasistatische golfbelastingen.

Nog tijdens de uitvoering van de onderhavige metingen is een begin gemaakt met het uitwerken ervan. De uitwerking is gestart met golfbelastingen F_H en F_V . Kort daarna werd uit de eerste resultaten van het golfklappenonderzoek duidelijk, dat de aandacht gekoncentreerd moest worden op de golfklappenproblematiek. Uit de golfklappenonderzoeken is uiteindelijk gekonkludeerd dat met bijzonder hoge ontwerpwaarden voor golfklapbelastingen moet worden gerekend. Dit heeft vervolgens geleid tot een ingrijpende wijziging van het schuifontwerp, te weten het vervangen van de plaatliggers door vakwerkliggers, opgebouwd uit ronde buisprofielen.

Op het moment van deze wijziging was een groot deel van het trillingen-golfbelastingenonderzoek aan het elastisch gelijkvormige model [4, 5] reeds uitgevoerd. In dit onderzoek zijn onder andere verval- en golfbelastingen op een plaatliggerschuif bepaald. De schuifgeometrie was daarbij aangepast aan het meest recente ontwerp, dat in de kerende beplatingshoogte en het aantal horizontale liggers afweek van de in het onderhavige onderzoek gebruikte schuifontwerp.

De in dit verslag gepresenteerde meetresultaten omvatten de gegevens die verkregen zijn uit de uitwerkingen, verricht in het voorontwerp-stadium. Van verdere verwerking en analyse van de metingen is afgezien om de in het voorgaande aangestipte redenen:

1. Het onderzochte schuifontwerp is thans achterhaald.
2. De vervolgonderzoeken M 1561 en M 1594 [3, 4], hebben geresulteerd in een grote hoeveelheid gegevens over hydraulische belastingen op de plaatliggerschuif.

7.2 Golfkondities

Van de golven, gemeten op stilstaand water en op stromend water, zijn in tabel 3 gegeven: H_z 13,5%, H_z 0,1%, m_0 , \bar{T}_z en T_D .

In de tabel zijn bovendien de waarden van de reflektiecoëfficiënt α en de met behulp daarvan berekende inkomende golfhoogten aangegeven. Gemeten reflektiecoëfficiënten zijn gegeven in tabel 2.

De berekende golfspektra en statistische verdelingen van gemeten golfhoogten zijn weergegeven in figuur 10 t/m 59.

7.3 Statische en kwasistatische hydraulische belastingen

7.3.1 Algemeen

In tabel 4 zijn voor een aantal gevallen de horizontale vervalbelastingen gegeven.

Tabellen 5 en 6 geven van golfbelastingen F_H en F_V per proef:

- de 13,5% o-top en o-dalwaarden
- de 0,1% o-top en o-dalwaarden (of bij gebreke daarvan de 0,125%-waarden)
- de gemiddelde periode van de belastingfluctuaties
- de topperiode (T_D) van de belastingfluctuaties
- de m_0 van de belastingenspektra.

De gemeten spektra en statistische verdelingen van o-top en nul-dalwaarden zijn weergegeven in figuur 88 t/m 115.

Voor enkele onderzochte gevallen zijn de fasespektra van F_H en F_V berekend. Deze zijn weergegeven in figuur 116 en 117. Enkele tijdregistraties van F_H en F_V , genomen bij extreme o-top en o-dalwaarden van F_H en F_V zijn gegeven in figuur 118 t/m 121.

De gemeten momenten zijn niet uitgewerkt.

N.B. Alle belastingen moeten met 2,5% worden verhoogd om het verschil in $\rho_{\text{water,proto}} = 1025 \text{ kg/m}^3$ en $\rho_{\text{water,model}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ te verdiskonteren.

7.3.2 Bespreking van de resultaten

Horizontale belastingen

De grootste horizontale belastingen zijn gemeten in de proeven 122 en 321, waarin de schuif in gesloten toestand is onderworpen aan de hoogste golven die in dit onderzoek zijn toegepast ($H_s \approx 4,7$ m). De extreme belastingen in de golfdalen zijn tot 50% hoger dan in de golftoppen. De 0,1%-belastingen in een golfdal bedragen 32000 à 33000 kN. De aanwezigheid van een damwandscherm is in deze situatie nauwelijks van invloed op de waarden van F_H (fig. 90, 91, 110, 111). De statistische verdeling van de belastingamplituden is ongeveer volgens Rayleigh.

Van de onderzochte sluitingssituaties leveren de proeven waarin de schuif tamelijk diep is ondergedompeld bij een zeewaterstand van NAP +3 m de grootste horizontale belastingen. (Proeven 211 en 410.) Deze belastingen zijn echter aanzienlijk geringer dan die bij de proeven 122 en 321. De extreme waarde in 1000 golven bedraagt ongeveer 20000 kN. Onder deze omstandigheden nemen de horizontale belastingen iets af door het aanbrengen van een damwandscherm (fig. 108, 109, 112, 113). De belastingen zijn ten gevolge van verschil in belast oppervlak in deze situatie groter in de golftop dan in het golfdal.

Onder frekvent voorkomende omstandigheden (proef 131) bedragen de extreme belastingen slechts enkele procenten van de extreme waarden, gemeten in de proeven 122 en 321. De reden daarvoor moet gezocht worden in het geringe belaste oppervlak (geheel geopende schuif gekombineerd met milde golfkondities (H_s bedraagt ruim 2 m)).

In alle onderzochte situaties, uitgezonderd die met gesloten schuif, is de gemiddelde periode van de belastingenfluctuaties korter dan van de inkomende golven. Aangezien dit verschil in sommige kondities vrij groot is (bijvoorbeeld proef 131), is het van belang om bij het bepalen van de overschrijdingsfrequenties van de belastingen per jaar uit de gegeven overschrijdingsfrequenties in golfkondities het verschil in \bar{T}_Z in aanmerking te nemen. Niet in aanmerking nemen hiervan zou leiden tot te lage waarden van de overschrijdingsfrequenties per jaar.

Vertikale belastingen

Ook voor de verticale belastingen geldt dat de grootste waarden zijn gemeten bij gesloten schuif en zware golfaanval (proeven 122 en 321). De aanwezigheid van een damwandscherm is niet van belang voor de grootte van F_V (fig. 62, 63, 82, 83).

De statistische verdeling van deze verticale belastingen is ongeveer volgens Rayleigh. Door de asymmetrie van de golven (voorflanken steiler dan achterflanken) zijn de opwaartse belastingen (negatieve waarden van F_V) groter dan de neerwaartse.

De extreme waarden van F_V (opwaarts) liggen in de orde van 12000 kN.

Vertikale belastingen in de situatie met de 3e ligger op NAP +3 m (proeven 211 en 410) zijn vrijwel even groot als die in de proeven 122 en 321. Het eerder gesignaleerde verschil tussen opwaartse en neerwaartse belastingen doet zich hierbij echter niet voor. Het aanbrengen van een damwand beïnvloedt de verticale belastingen in deze omstandigheden slechts weinig. Opvallend is echter, dat de 0,1%-opwaartse belasting op de schuif met damwanden een kwart kleiner is dan de overeenkomstige belasting op de schuif met open voorzijde.

In de frekvent voorkomende situatie die is onderzocht in proef 131 zijn de extreme verticale golfbelastingen nog relatief groot: 5 à 15% van de grootste gemeten extreme belastingen, dit in tegenstelling tot de bevindingen ten aanzien van de horizontale golfbelastingen. Opvallend is de bijzonder hoge 0,1%-neerwaartse belasting, gemeten in proef 131 (1500 kN).

De gemiddelde perioden van de fluktuaties van de verticale golfbelastingen zijn evenals die van de horizontale golfbelastingen in het algemeen korter dan die van de inkomende golven.

Faserelaties $F_V - F_H$

De faserelaties van figuur 116 en 117 geven aan, dat bij gesloten schuif en zware golfaanval (proef 122) de verticale golfbelastingen op een schuif met open voorzijde 60° tot 90° achterlopen op de horizontale golfbelastingen, en dat dit faseverschil in de situatie van proef 211 iets groter is.

Deze faserelatie kan kwalitatief als volgt worden verklaard:

De horizontale golfbelastingen worden voornamelijk veroorzaakt door golfdrukfluctuaties, die in fase lopen met η (= uitwijking van de waterspiegel voor de schuif). De verticale golfbelastingen worden voornamelijk veroorzaakt door sleepweerstand in de stroming door en langs de plaatliggers als gevolg van verticale orbitaalsnelheden, die ongeveer 90° voorlopen op η . De druk die hierbij op de liggers wordt uitgeoefend, werkt ten dele ook op de achterwand van de schuif, zodat een indirecte stromingsdruk-bijdrage aan F_H tot de mogelijkheden behoort. Uit het bovenstaande volgt dat F_V ruwweg 90° voor zal lopen op F_H .

In deze beschouwing is de verticale richting omhoog positief verondersteld. Bij de metingen was het tegendeel het geval, zodat de gemeten F_V rond de 90° zal achterlopen op de gemeten F_H . Kleinere faseverschillen zijn verklaarbaar door een bijdrage aan F_H ten gevolge van stromingsdruk. Grotere faseverschillen kunnen worden verklaard door te veronderstellen dat de gemeten F_V ten dele samenhangt met traagheidskrachten op de liggers. Deze worden bepaald door orbitaalversnellingen, die (opwaarts weer +) ongeveer 180° voorlopen op η .

Voor enkele grote waarden van F_V en F_H is het verband tussen deze signalen weergegeven in figuur 118-121. Het blijkt, dat het fasespektrum (fig. 116 en 117) een te eenvoudige voorstelling van zaken is, omdat de signalen een zeer grillig verloop hebben. Als het erom gaat de spanningen in de schuif te berekenen die optreden ten gevolge van tegelijkertijd op de schuif werkende horizontale en verticale golfbelastingen, wordt een betere benadering verkregen met een tweedimensionale kansverdeling van F_V en F_H (niet uitgevoerd).

Stroom tegen golven

In de tabellen en figuren met meetresultaten ontbreken de proeven 220 en 230, die zijn uitgevoerd ten einde na te gaan of er golven tegen de schuif breken als de Oosterscheldewaterstand hoger is dan de zeewaterstand en de schuif gedeeltelijk geheven is.

Gedurende deze metingen hebben zich geen brekende golven in de nabijheid van de schuif voorgedaan.

7.4 Golfklappen

Met behulp van de in dit onderzoek uitgevoerde metingen is getracht een indruk te verkrijgen van de meest ongunstige situatie voor golfklappen. Het meetsysteem voor F_H en F_V is om die reden licht en stijf uitgevoerd, zodat het frekwentiebereik zo hoog mogelijk is (zie par. 5.4). Weliswaar kunnen met dit systeem de klap-amplituden niet worden bepaald omdat de snelheid van de belastingfluctuaties de bovengrens van het meetsysteem te boven gaat, maar toch kan de dynamische responsie van de modelschuif wel een hulpmiddel zijn bij de beoordeling van de ingestelde kondities ten aanzien van golfklappen.

De stijfheid van het meetsysteem is zodanig, dat klappen met een duur van 5 à 10 ms in het model nog een waarneembare responsie teweegbrengen. Ten gevolge van het dynamisch gedrag van het model worden klappen met een langere duur relatief versterkt ten opzichte van de kortere. Naar verwachting zullen de klappen met een duur van 20 à 30 ms het sterkst worden waargenomen. Vergelijking met resultaten van het golfklappenonderzoek [1] wijst uit dat uitsluitend de kortste klappen buiten het bereik van de waarneming vallen. Aangezien ook in het prototype de responsies van de schuif als geheel, ten gevolge van deze korte klappen van relatief gering belang zullen zijn, is dit geen groot bezwaar.

In de registraties van F_H en F_V , vastgelegd tijdens de metingen waarin golfklappen zijn opgetreden, is het aantal malen bepaald, dat de dynamische responsie van de modelschuif bepaalde waarden te boven gaat. De resultaten daarvan zijn vermeld in tabel 7. De gemeten responsies zijn niet omgerekend naar prototypewaarden, omdat het dynamische gedrag van de prototypeschuif door het model niet juist wordt weergegeven: de getallen hebben uitsluitend vergelijkende waarde.

N.B. Ook deze vergelijkende waarde is betrekkelijk, omdat een vertekend beeld kan ontstaan als de klaptijden per onderzochte situatie sterk uiteenlopen.

De grootste responsies worden gemeten bij gesloten schuif, zeewaterstand NAP +5,5 m en $H_s \approx 5,5$ m, maar het totale aantal responsies $> 12,5$ N is gering in deze situatie. Het grootste aantal klapresponsies is gemeten bij proeven 190 en 391, waarbij de benedenligger en de zeewaterstand op NAP +3 m waren ingesteld en H_s ongeveer 3 m bedroeg. Ook bij proef 211 is een fors aantal responsies $> 12,5$ N opgetreden.

Hoewel de resultaten van tabel 7 vragen oproepen, bijvoorbeeld met betrekking tot de oorzaak van grote gemeten responsies bij gesloten schuif en van de grote verschillen in aantallen responsies in horizontale en vertikale richting tussen de proeven, zijn de responsies niet nader beschouwd. Zolang nadere gegevens over de klappen, zoals het verloop van de kracht in tijd en ruimte, ontbreken, heeft dit geen zin.

De bevindingen ten aanzien van klappen zijn van belang geweest voor het opstellen van het proevenprogramma van het oriënterende onderzoek naar golfklappen M 1504 [1]. In dat onderzoek zijn de situaties onderzocht die zijn ingesteld bij de volgende proeven: 122, 190, 211, 410.

REFERENTIES

- 1 Waterloopkundig Laboratorium, Stormvloedkering Oosterschelde, Oriënterend onderzoek naar golfklappen op de plaatliggerschuif, Sektie R15, Loodrechte golfaanval en aanstroming
Verslag modelonderzoek M 1504, april 1982
- 2 Waterloopkundig Laboratorium, Stormvloedkering Oosterschelde, Golfklappen op de schuif in de Oosterschelde-caisson
Verslag modelonderzoek M 1335 deel I, april 1977
- 3 Waterloopkundig Laboratorium, Stormvloedkering Oosterschelde, Belasting in gesloten toestand, Diepe en ondiepe sektie, Systemtisch onderzoek bij loodrechte aanval van regelmatige en onregelmatige golven
Verslag modelonderzoek M 1469, juni 1978
- 4 Waterloopkundig Laboratorium, Stormvloedkering Oosterschelde, Golfklapbelastingonderzoek plaatliggerschuiven en bovenbalk met behulp van een elastisch gelijkvormig model (2 delen)
februari 1982

Tabel 1 Proevenprogramma

Schuifstand	Schuif- opening [m]	Zee w.s. [m+NAP]	O'schelde w.s. [m+NAP]	Dam- wand	$\bar{H}_{iz,1/3}$ [m]	T_p [s]	Proef nr.
Gesloten	0,0	-0,6	-1,0	-	1,3	6,8	110
Gesloten	0,0	+5,5	-1,0	-	5,0	12,9	122
Geheel geopend	12,6	+1,5	0,0	-	2,6	9,4	131
Onderste ligger gelijk zee w.s.	8,3	-1,0	-1,0	-	1,1	6,3	141
2e ligger v.o. gelijk zee w.s.	5,1	-1,0	-1,0	-	1,1	6,3	152
Onderste ligger gelijk zee w.s.	10,3	+1,0	0,0	-	2,3	8,9	161
2e ligger v.o. gelijk zee w.s.	7,1	+1,0	0,0	-	2,3	8,9	171
3e ligger v.o. gelijk zee w.s.	3,9	+1,0	0,0	-	2,3	8,9	180
Onderste ligger gelijk zee w.s.	12,3	+3,0	0,0	-	3,5	10,9	190
2e ligger v.o. gelijk zee w.s.	9,1	+3,0	0,0	-	3,5	10,9	200
3e ligger v.o. gelijk zee w.s.	5,9	+3,0	0,0	-	3,5	10,9	211
Bovenste ligger gelijk zee w.s.	0,9	+0,5	+2,5	-	2,0	8,3	220
2e ligger v.b. gelijk zee w.s.	2,9	0,0	+2,0	-	1,7	7,7	230
Gesloten	0,0	+5,5	-1,0	+	5,0	12,9	321
Onderste ligger gelijk zee w.s.	12,3	+3,0	0,0	+	3,5	10,9	391
3e ligger v.o. gelijk zee w.s.	5,9	+3,0	0,0	+	3,5	10,9	410

Bij proeven 220 en 230 lopen stroom en golven in tegengestelde richtingen.

Tabel 2 Reflektiemetingen

Schuifstand	Schuif- opening [m]	Zeewater stand [m+NAP]	O'schelde Waterstand [m+NAP]	\bar{H} [m]	\bar{T} [s]	α -
Geheel open	12,6	+1,5	0,0	2,6	9,1	0,44
Onderste ligger gelijk zee w.s.	8,3	-1,0	-1,0	1,1	6,0	0,16
2e ligger v.o. gelijk zee w.s.	5,1	-1,0	-1,0	1,1	6,1	0,51
Onderste ligger gelijk zee w.s.	10,3	+1,0	0,0	2,3	8,7	0,35
3e ligger v.o. gelijk zee w.s.	3,9	+1,0	0,0	2,3	8,7	0,67
Onderste ligger gelijk zee w.s.	12,3	+3,0	0,0	3,6	10,6	0,56
3e ligger v.o. gelijk zee w.s.	5,9	+3,0	0,0	3,4	10,6	0,68

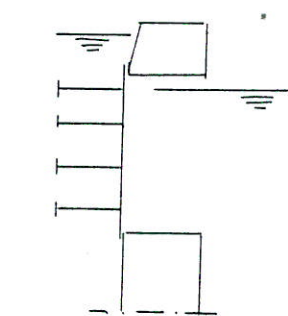
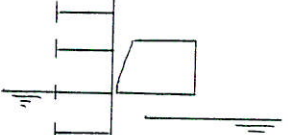
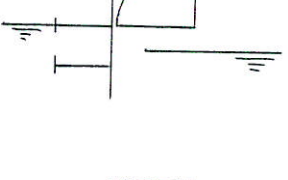
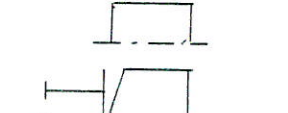
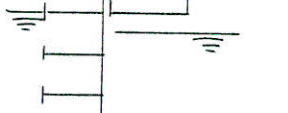
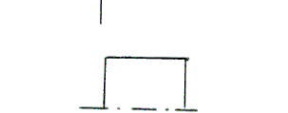
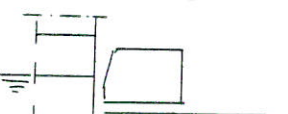
Alle reflektiemetingen zijn verricht aan een schuif zonder damwanden.

Tabel 3 Golfcondities tijdens metingen

Proef	Gemeten golven op stilstaand water					Gemeten golven op stromend water					Stromend water	
	$H_{z13,5\%}$ [m]	$H_{z0,1\%}$ [m]	m_0 [m ²]	\bar{T}_z [s]	T_D [s]	$H_{z13,5\%}$ [m]	$H_{z0,1\%}$ [m]	m_0 [m ²]	\bar{T}_z [s]	T_D [s]	α [-]	$H_{z13,5\%}$ [m]
110	1,93	3,75	0,254	5,3	6,7						0,59	1,65*
122	6,15	12,0	2,60	9,6	13,0	5,68	10,72	2,22	9,3	12,9	0,63	4,80
131	2,68	4,83	0,481	6,7	8,9	2,10	4,10	0,287	7,2	8,9	0,44	1,90
141	1,22	2,67	0,102	5,3	6,2	1,11	2,04	0,0842	5,4	6,2	0,16	1,10
152	1,28	2,70	0,111	5,3	6,1						0,51	1,10*
161	2,63	4,77	0,449	6,3	8,3	2,12	3,81	0,290	6,5	8,3	0,35	2,00
171	2,62	4,86	0,451	6,3	8,4	2,26	4,45	0,348	6,6	8,5	0,51	2,00
180	2,85	4,86	0,540	6,4	8,4						0,67	2,15*
190	3,87	6,76	0,995	7,3	10,0	2,96	5,23	0,589	8,2	10,2	0,56	2,60
200	3,85	6,45	0,968	7,6	10,2	3,10	5,26	0,630	8,2	10,3	0,62	2,65
211	4,16	9,68	1,26	7,6	10,7	3,85	7,59	1,00	8,0	10,0	0,68	3,20
321	5,79	11,1	2,37	9,5	13,2	5,43	10,4	2,08	9,4	13,1	0,63	4,60
391	3,75	7,31	1,00	7,3	10,6	2,89	5,58	0,567	8,2	10,6	0,56	2,50
410	4,18	9,64	1,20	7,7	10,4	4,09	7,90	1,12	7,9	10,0	0,68	3,4

* geschat

Tabel 4 Horizontale vervalbelastingen

Situatieschets	Proef	Waterstand zeezijde [m+NAP]	Waterstand O'schelde [m+NAP]	Onderzijde schuif [m+NAP]	Horizontale vervalbelasting F_H [kN]
<p>zeezijde O'scheldezijde</p> 	122	+5,5	-1,0	-11,8	29300
	321*				
	110	-0,6	-1,0	-11,8	1500
	171	+1,0	0,0	-4,5	1700
	180	+1,0	0,0	-7,7	2700
	200	+3,0	0,0	-2,5	4000
	211	3,0	0,0	-5,7	7300
	410*				

* Schuif met damwandscherm

Tabel 5 Vertikale golfkrachten op de schuif (kanaal 6)

Proef	Waterstanden [m+NAP]		Schuif- positie [onder- zijde in m+NAP]	H _{iz} 13,5% [m]	Dam- wanden	13,5%-waarde [kN]		0,1%-waarde [kN]		\bar{T}_z [s]	T _D [s]	m _{O_z} [kN ²]
	Zee- zijde	O'schelde zijde				o-top	o-dal	o-top	o-dal			
110	-0,6	-1,0	-11,8	1,65	-	1020	-1030	2080	-2110	6,2	6,8	0,243.10 ⁶
122	+5,5	-1,0	-11,8	4,80	-	2880	-4860	5650	-12500	10,4	11,6	0,330.10 ⁷
131	+1,5	0,0	+1,2	1,90	-	390	-200	1500	-530	5,0	8,8	0,244.10 ⁵
141	-1,0	-1,0	-3,3	1,10	-	430	-470	800	-760	5,1	5,9	0,560.10 ⁵
152	-1,0	-1,0	-6,5	1,10	-	540	-580	1410	-1650	5,5	6,2	0,786.10 ⁵
161	+1,0	0,0	-1,3	2,00	-	830	-650	2190	-1420	5,1	8,0	0,126.10 ⁶
170	+1,0	0,0	-4,5	2,00	-	1330	-1110	2690	-2860	7,1	8,8	0,361.10 ⁶
180	+1,0	0,0	-7,7	2,15	-	1230	-1280	2740	-3010	7,3	8,6	0,353.10 ⁶
190	+3,0	0,0	+0,7	2,60	-	1930	-1410	4730	-3350	8,5	9,6	0,565.10 ⁶
200	+3,0	0,0	-2,5	2,65	-	2470	-1920	5200	-3480	8,6	10,3	0,132.10 ⁷
211	+3,0	0,0	-5,7	3,20	-	2830	-2740	5320	-5020	9,1	10,4	0,197.10 ⁷
321	+5,5	-1,0	-11,8	4,60	+	2700	-4530	6000	-10500	10,0	11,7	0,283.10 ⁷
391	+3,0	0,0	+0,7	2,50	+	1620	-980	3550	-2220	6,2	9,8	0,352.10 ⁶
410	+3,0	0,0	-5,7	3,40	+	2380	-2050	5350	-3880	8,9	10,5	0,122.10 ⁷

Tabel 6 Horizontale golfkrachten op schuif (kanaal 7)

Proef	Waterstanden [m+NAP]		Schuif- positie [onder- zijde in m+NAP]	H _{iz} 13,5% [m]	Dam- wanden	13,5%-waarde [kN]		0,1%-waarde [kN]		\bar{T}_z [s]	T _D [s]	m _o [kN ²]
	Zee- zijde	O'Schelde zijde				o-top	o-dal	o-top	o-dal			
110	-0,6	-1,0	-11,8	1,65	-	2890	- 2340	5950	- 4270	6,3	6,8	0,189.10 ⁷
122	+5,5	-1,0	-11,8	4,80	-	12000	-14200	21100*	-31900*	11,7	13,5	0,449.10 ⁸
131	+1,5	0,0	+ 1,2	1,90	-	390	- 280	1350	- 1420	3,7	7,1	0,420.10 ⁵
141	-1,0	-1,0	- 3,3	1,10	-	370	- 330	730	- 580	4,9	6,5	0,306.10 ⁵
152	-1,0	-1,0	- 6,5	1,10	-	1170	- 770	2400	- 1480	5,4	6,1	0,233.10 ⁶
161	+1,0	0,0	- 1,3	2,00	-	1110	- 730	2400	- 990	6,6	8,5	0,229.10 ⁶
171	+1,0	0,0	- 4,5	2,00	-	2190	- 1570	5000	- 2380	7,1	8,6	0,987.10 ⁶
180	+1,0	0,0	- 7,7	2,14	-	3040	- 2350	7650	- 3710	7,7	8,9	0,214.10 ⁷
190	+3,0	0,0	+ 0,7	2,60	-	2190	- 1220	7010	- 1540	8,2	9,8	0,829.10 ⁶
200	+3,0	0,0	- 2,5	2,65	-	4450	- 2990	10600	- 4230	9,0	10,5	0,407.10 ⁷
211	+3,0	0,0	- 5,7	3,20	-	8200	- 5890	20000	- 9280	9,2	10,7	0,139.10 ⁸
321	+5,5	-1,0	-11,8	4,60	+	11500	-13600	22800*	-32900*	11,7	13,8	0,406.10 ⁸
391	+3,0	0,0	+0,7	2,50	+	2520	- 1250	6080	- 1980	8,0	9,9	0,921.10 ⁶
410	+3,0	0,0	-5,7	3,40	+	7420	- 5420	15600	- 8030	8,6	10,7	0,104.10 ⁸

* 0,125%-waarde in plaats van 0,1%-waarde

Tabel 7 Aantallen waargenomen golfklapresponsies per klasse (modelwaarden)

Proef	Zeewater stand [m+NAP]	O'schelde waterstand [m+NAP]	Onderzijde schuif [m+NAP]	Dam-wand	Responsies		
					klasse* [N]	F _v aantal	F _H aantal
122	+5,5	-1,0	-11,8	-	15	-	12
					20	-	6
					25	-	3
					30	1	2
					40	2	-
321	+5,5	-1,0	-11,8	+	15	-	9
					20	1	3
					25	1	2
					30	-	1
					55	-	1
					>60	3	-
171	+1,0	0	-4,5	-	15	11	8
					20	2	8
					25	-	2
180	+1,0	0	-7,7	-	15	10	11
					20	-	8
					25	-	6
190	+3,0	0	+0,7	-	15	59	22
					20	37	10
					25	20	5
					30	5	2
					35	2	2
					>40	1	1

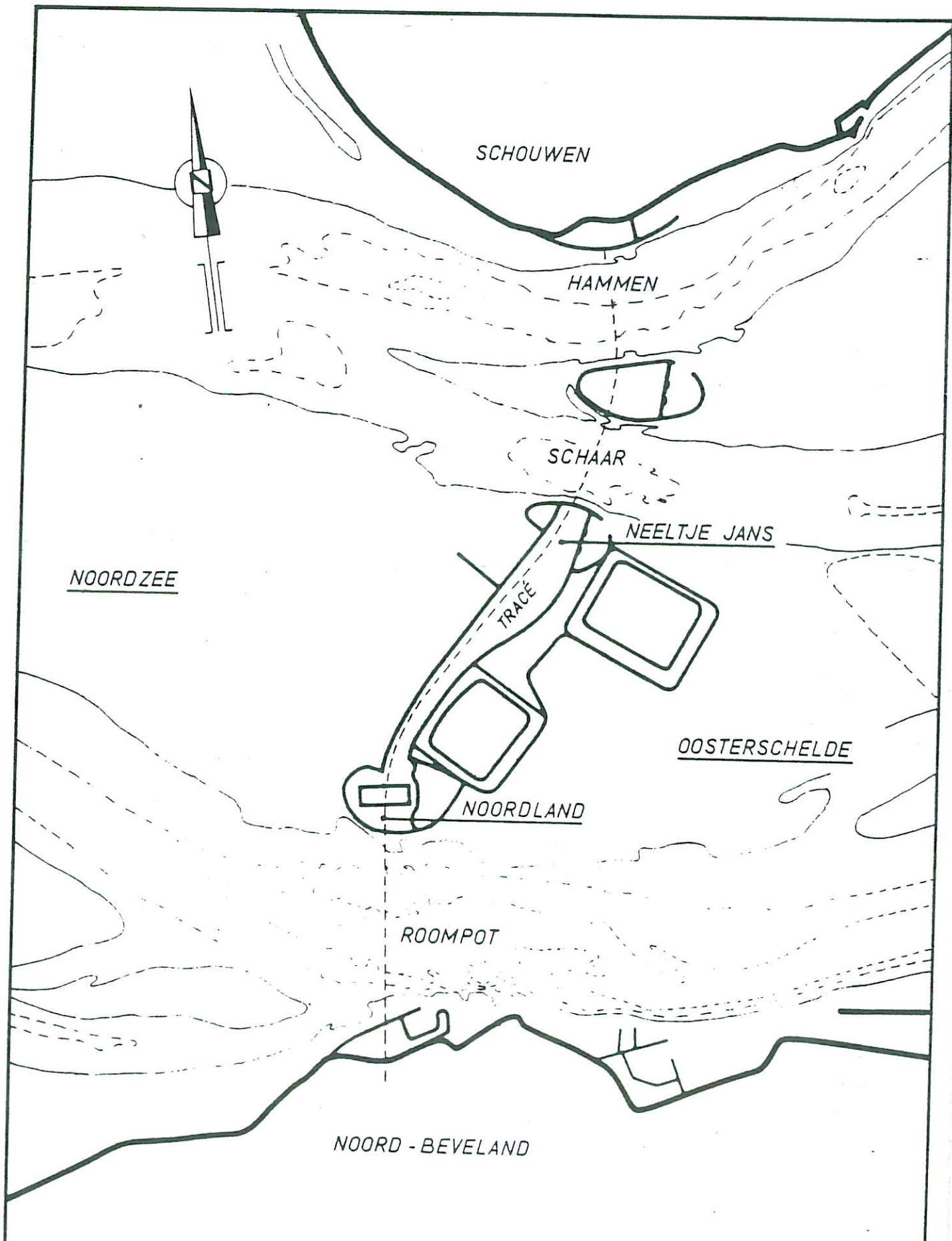
* klasse 15 staat voor: 12,6-17,5; 20 voor: 17,6-22,5, enz.

Vervolg tabel 7

Proef	Zeewater stand [m+NAP]	O'schelde waterstand [m+NAP]	Onderzijde schuif [m+NAP]	Dam-wand	Responsies		
					klasse* [N]	F _V aantal	F _H aantal
391	+3,0	0	+0,7	+	15	87	-
					20	15	-
					25	4	-
					30	1	-
200	+3,0	0	-2,5	-	15	-	3
					20	-	4
					25	-	4
					30	-	-
211	+3,0	0	-5,7	-	15	4	25
					20	-	13
					25	1	1
					30	-	-
410	3,0	0	-5,7	+	15	3	3
					20	4	1
					25	1	-
					30	-	3
					>35	1	2

In de overige proeven is het aantal golfklapresponsies >12,5 N verwaarloosbaar geweest.

* klasse 15 staat voor: 12,6-17,5; 20 voor: 17,6-22,5, enz.



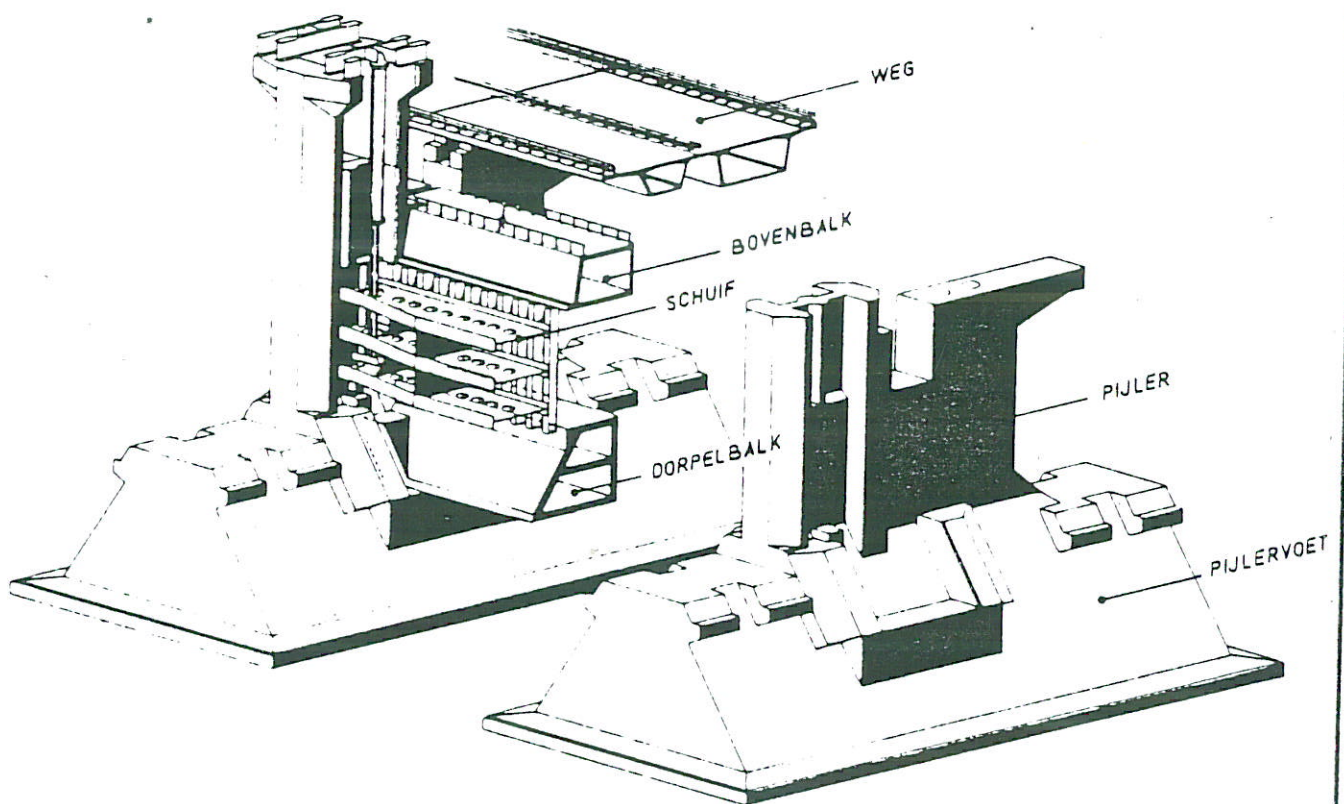
OVERZICHT VAN DE OOSTERSCHELDEMOND MET
HET TRACÉ VAN DE STORMVLOEDKERING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1509-1007

FIG. 1

A4



PERSPEKTIEFTEKENING VAN DE STORMVLOEDKERING
OOSTERSCHELDE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

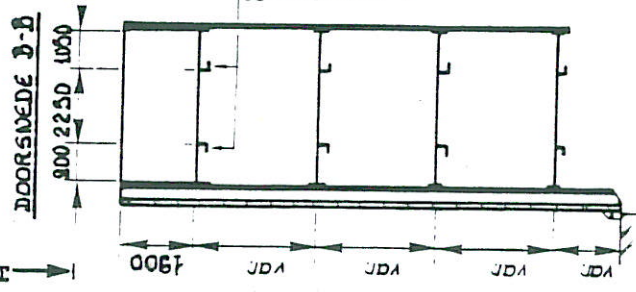
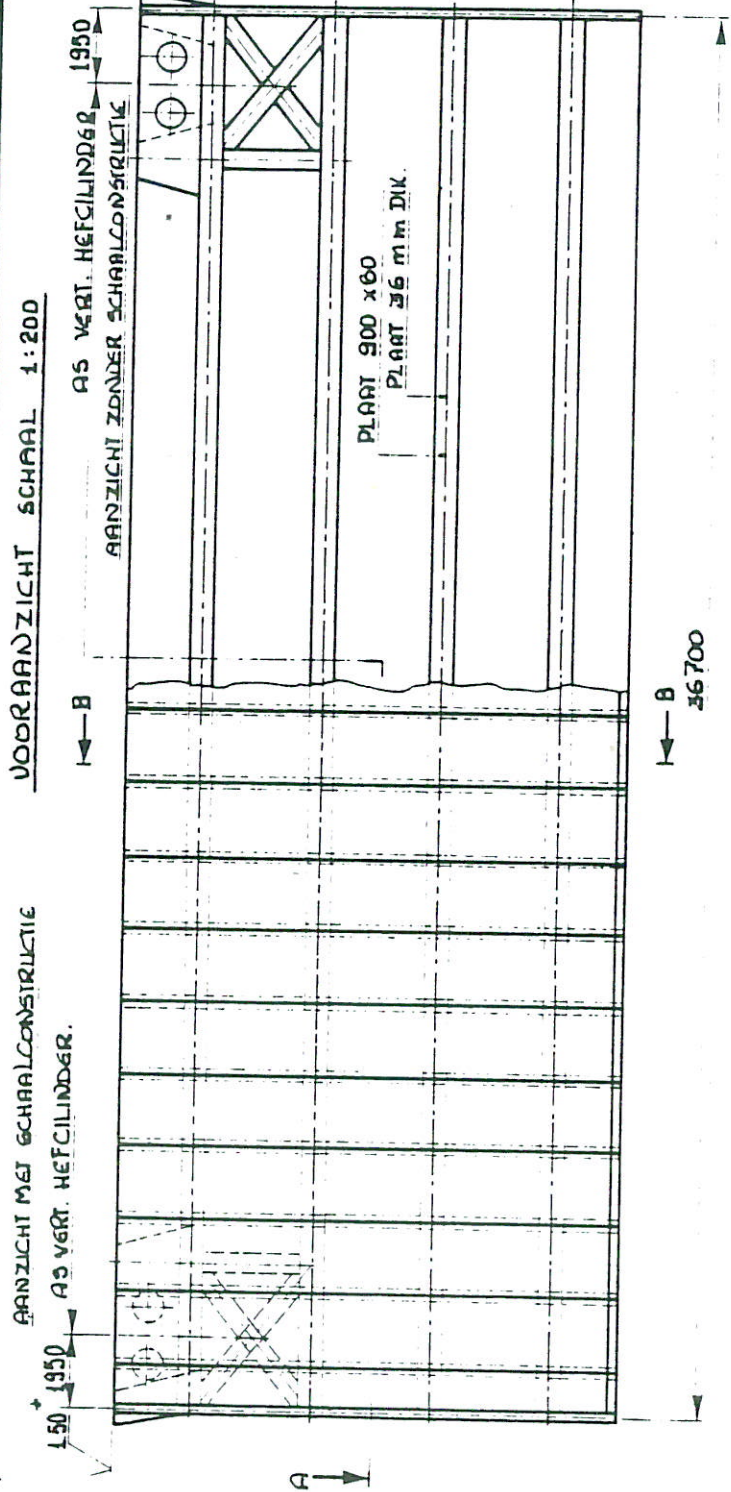
M1509-1008

FIG. 2

A4

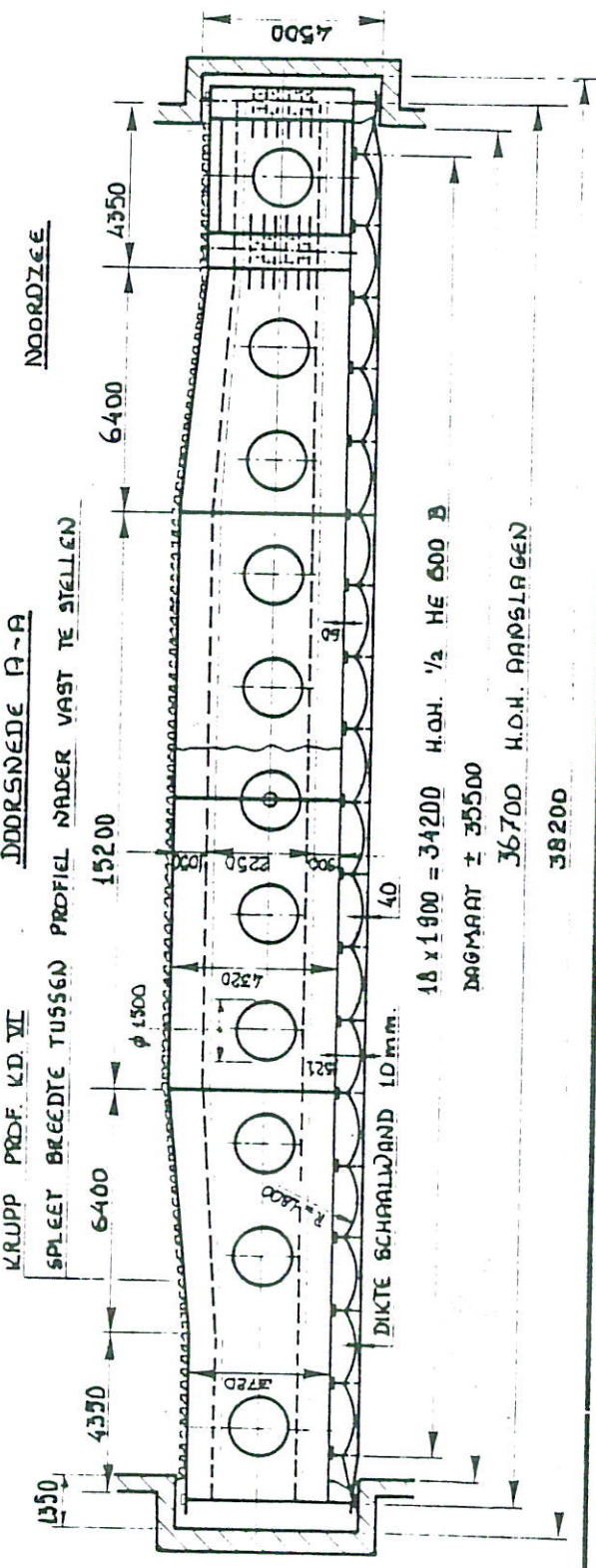
VOORAANZICHT SCHAAL 1:200

AANZICHT MET SCHAALCONSTRUCTIE
A5 VERT. HEFCILINDER.



L 200 x 200 x 20

KRUPP PROF. KD VII
SPLEET BREEDTE TUSSEN PROFIEL NADER VAST TE STELLEN



NOORDZEE

18 x 1800 = 34200 H.O.H. 1/2 HE 600 B
DAGMAAT ± 35500
36700 H.O.H. AANSLAGEN
38200

ONTWERPSCHETS HEFSCHUIF

OVERGENOMEN VAN TEK. NO SC.O.S.1 (DIR. BRUGGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

MATEN IN mm

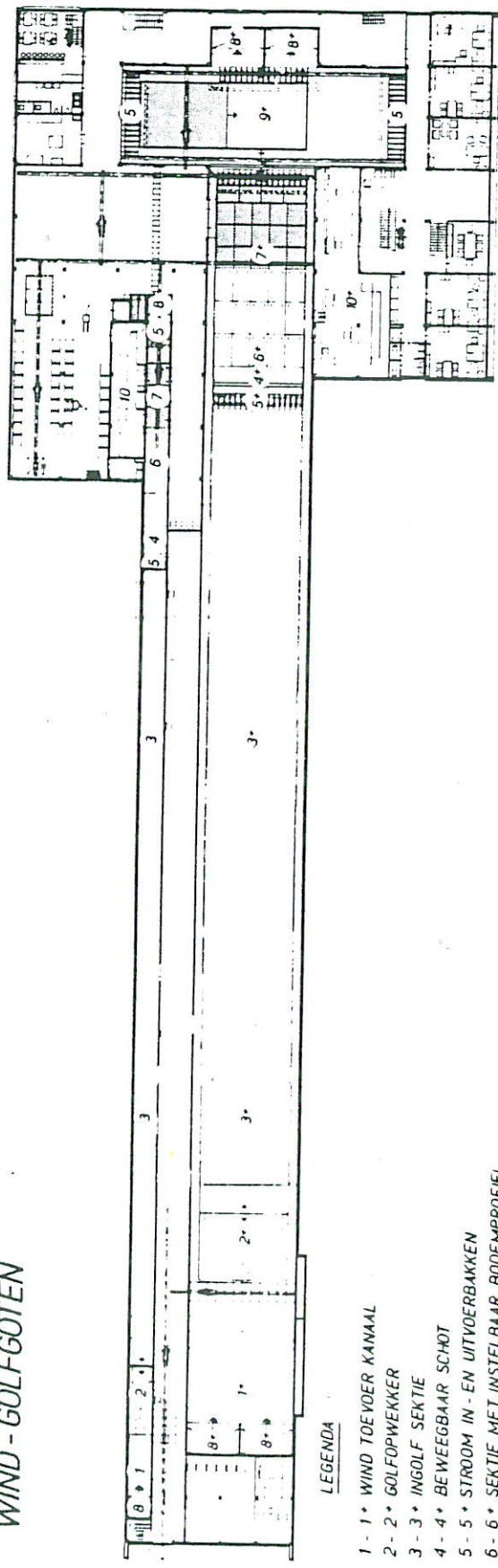
A4

M. 1509 - 1009

FIG. 3

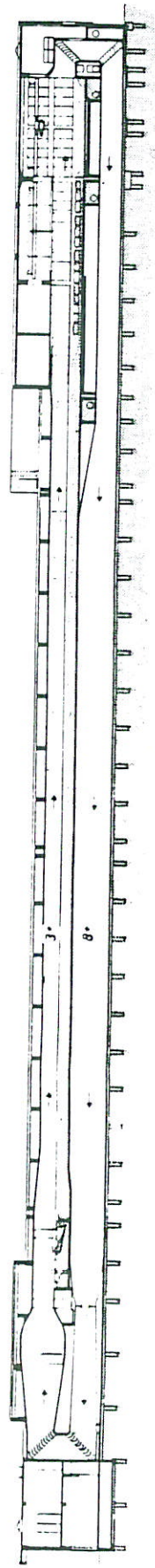
Hogedruk naar rechts, 2 fs wijken

WIND - GOLFGOTEN



LEGENDA

- 1 - 1* WIND TOEVOER KANAAL
- 2 - 2* GOLFOPEWKKER
- 3 - 3* INGOLF SEKTIE
- 4 - 4* BEWEEGBAAR SCHOT
- 5 - 5* STROOM IN- EN UITVOERBAKKEN
- 6 - 6* SEKTIE MET INSTELBAAR BODEMPROFIEL
- 7 - 7* MODEL SEKTIE
- 8 - 8* OMLOOPKANAAL
- 9 - 9 GOLFBASSIN
- 10 - 10* MEET- EN KONTROLERUIMTE



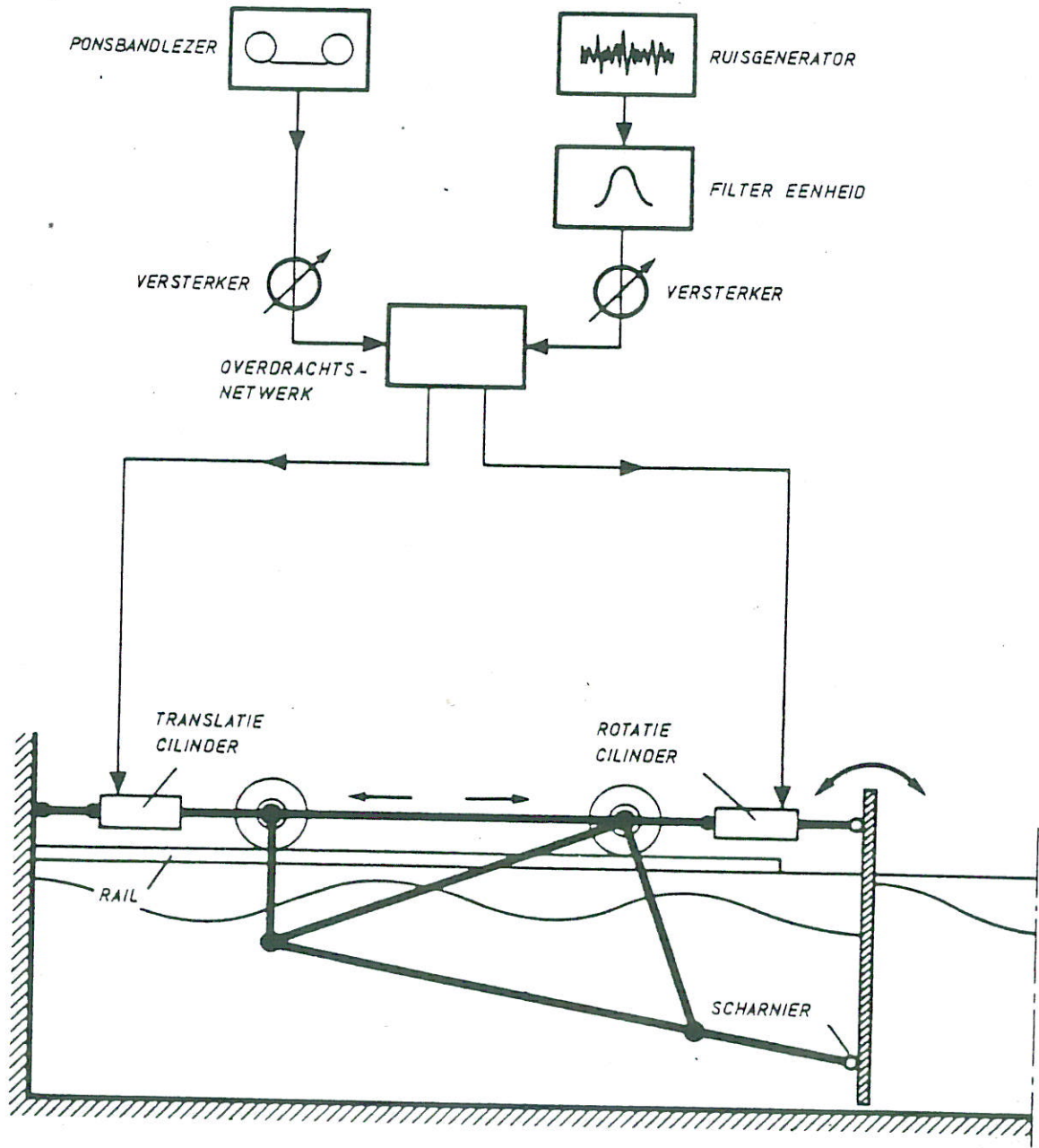
PLATTEGROND EN DOORSNEDE WINDGOLFGOTEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1509 - 1010

FIG. 4

A4



SCHEMA GEPROGRAMMEERDE GOLFMACHINE

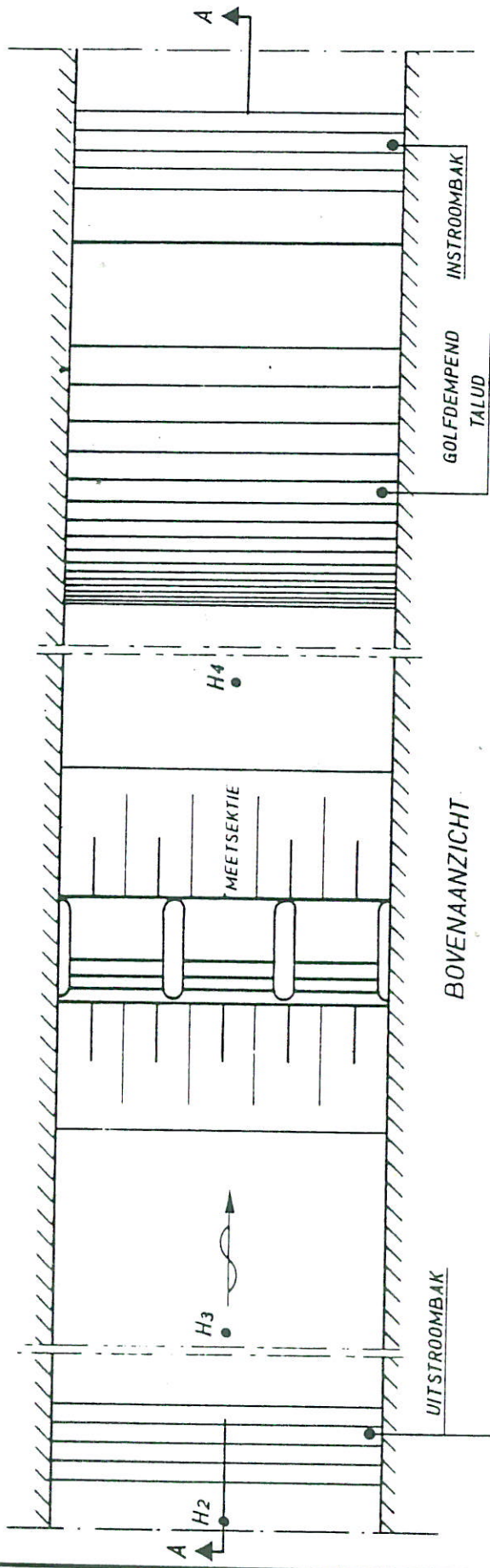
R.R.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1509-1011

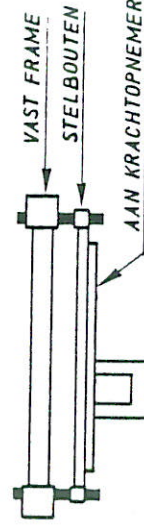
FIG. 5



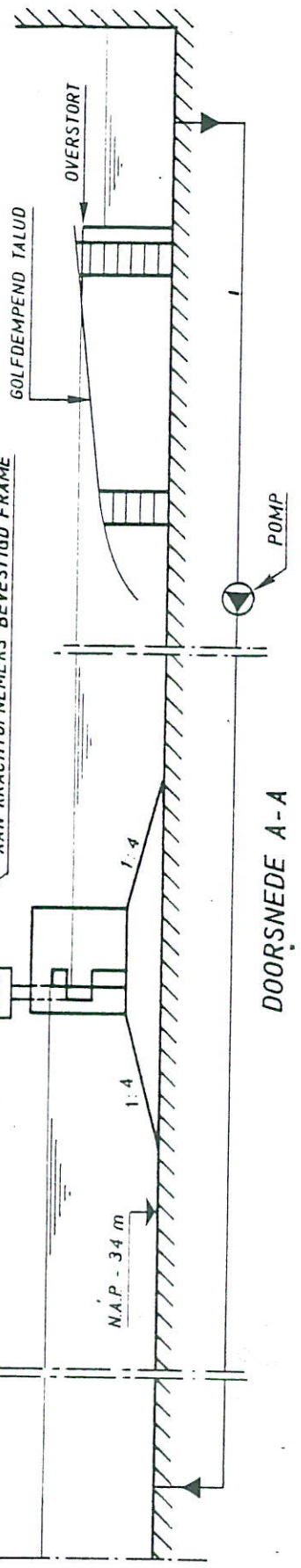
BOVENAANZICHT

H2: x = 74 m
 H3: x = 75 m
 H4: x = 89 m

ZEEZIJDE



H1
 x = 19 m



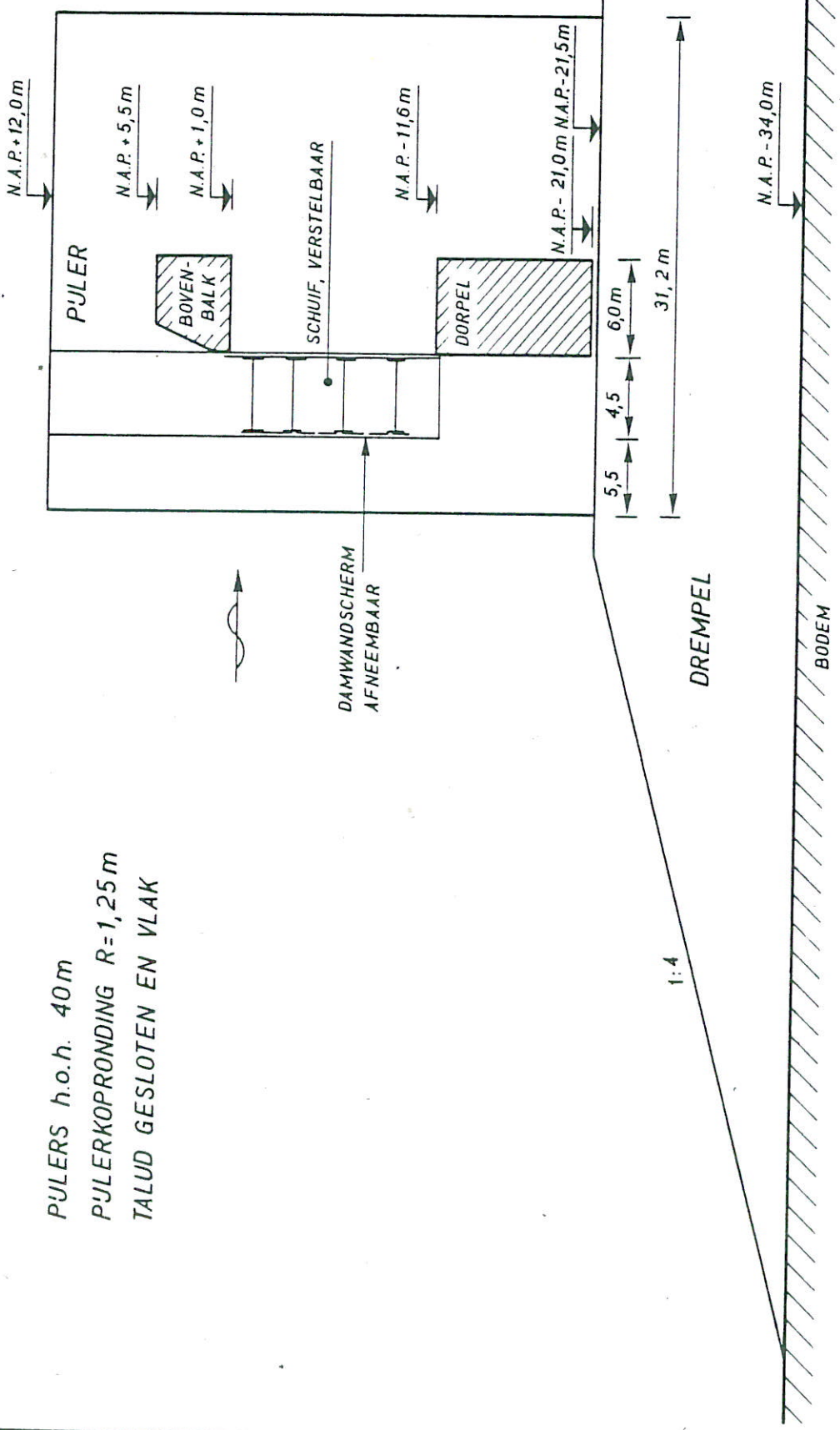
DOORSNEDE A-A

OVERZICHT VAN DE OPSTELLING IN DE 2m GOOT

MODELSCHAAL 1:60	R.R.
SCHAAL 10 v PROTOTYPE 1:2400	A4
M.1509-1012	FIG. 6

BOVENBOUW NIET
GETOOND

PULERS h.o.h. 40m
PULERKOPRONDING R=1,25m
TALUD GESLOTEN EN VLAK



VERTIKALE DSN. MODEL

VERTIKALE DOORSNEDE OVER HET MODEL

MODELSCHAAL 1:60

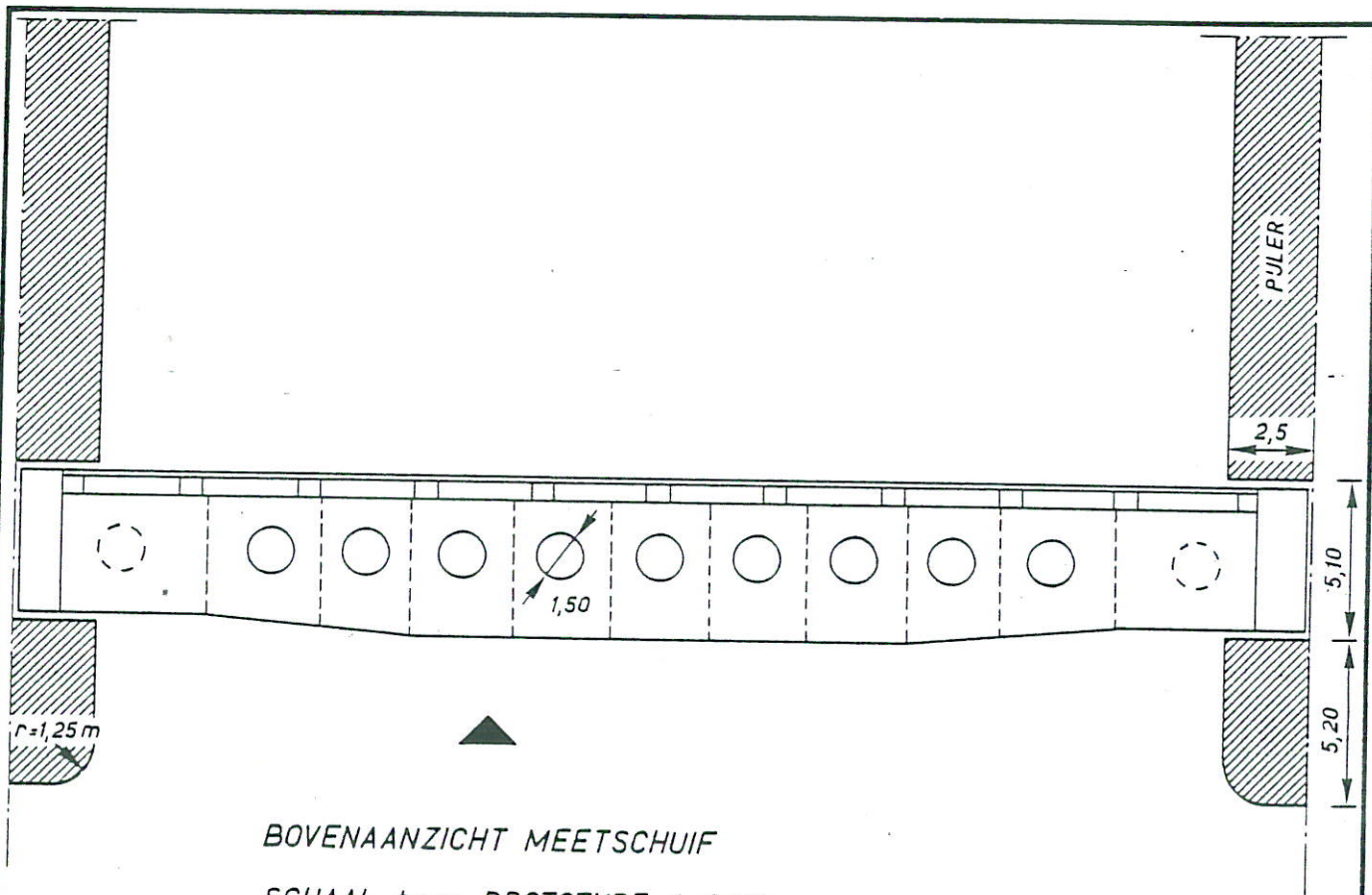
SCHAAL t.o.v.
PROTOTYPE 1:400

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1509-1013

FIG.7

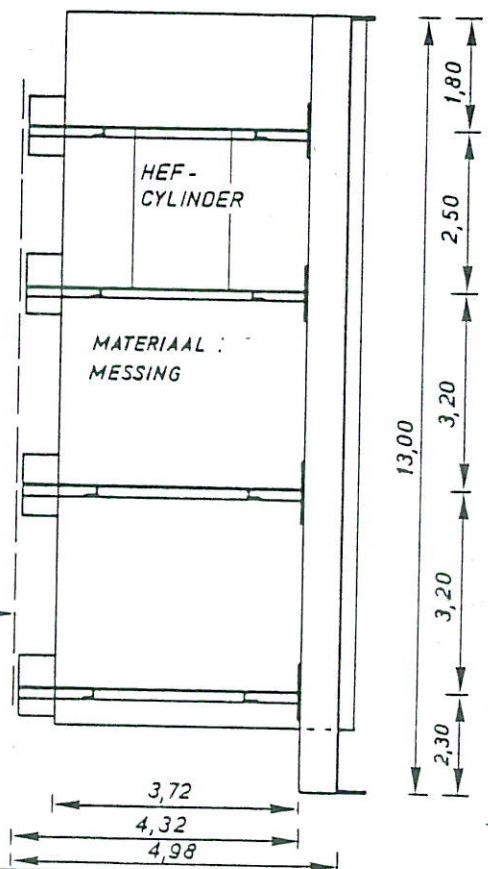


BOVENAANZICHT MEETSCHUIF
 SCHAAL t.o.v. PROTOTYPE 1:240

SCHUIFOPHANGING
 NIET GETOOND

VERTIKALE DOORSNEDE MEET-
 SCHUIF (MIDDEN)
 SCHAAL t.o.v. PROTOTYPE 1:120

AFNEEMBAAR
 DAMWANDSCHERM
 5% OPEN



BOVENAANZICHT EN VERTIKALE DSN. MEETSCHUIF

MODELSCHAAL 1:60
 MATEN IN m

K_M

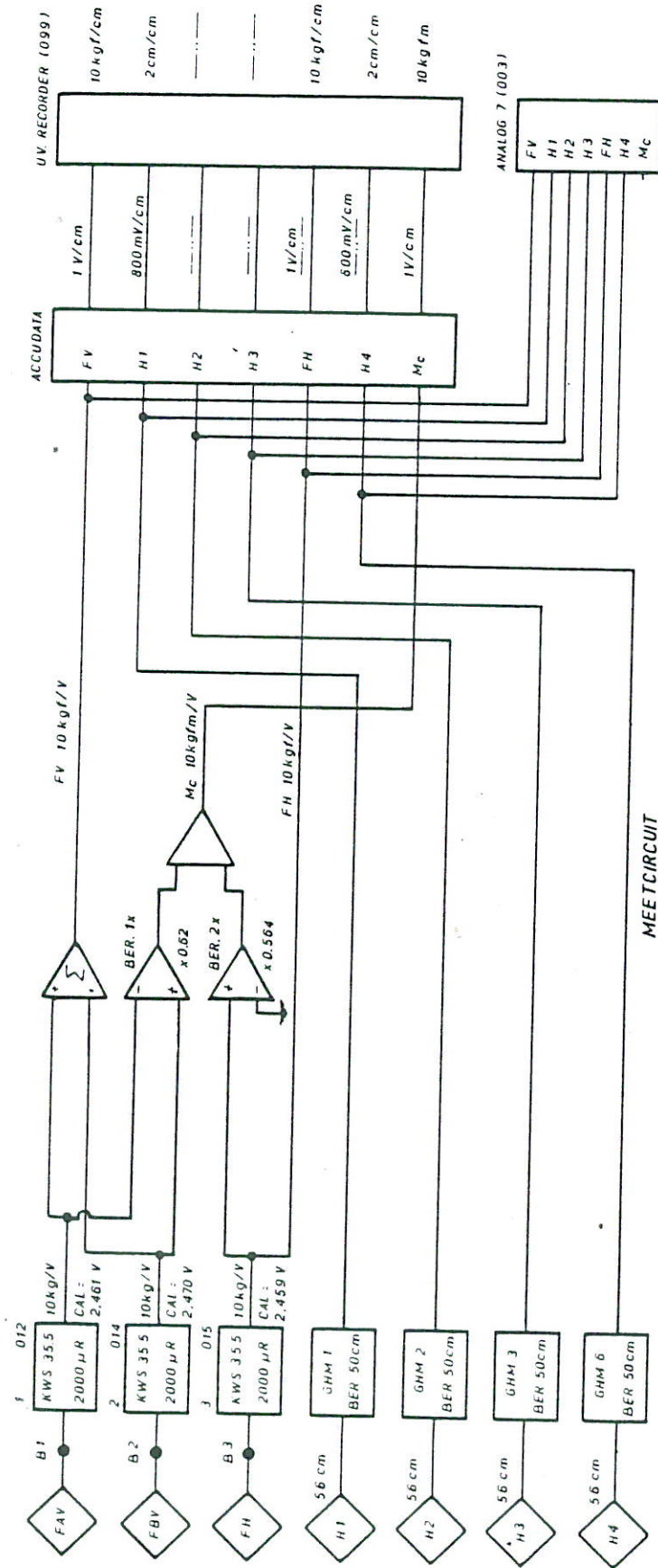
SCHALEN t.o.v. PROTO-
 TYPE: 1:240 EN 1:120

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

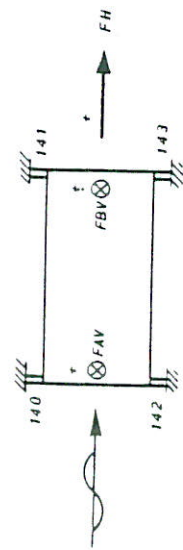
M.1509-1014

FIG.8



BLOKSCHEMA INSTRUMENTATIE,
TEKENAFSPRAAK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM



⊗ : KRACHT NAAR BENEDEN

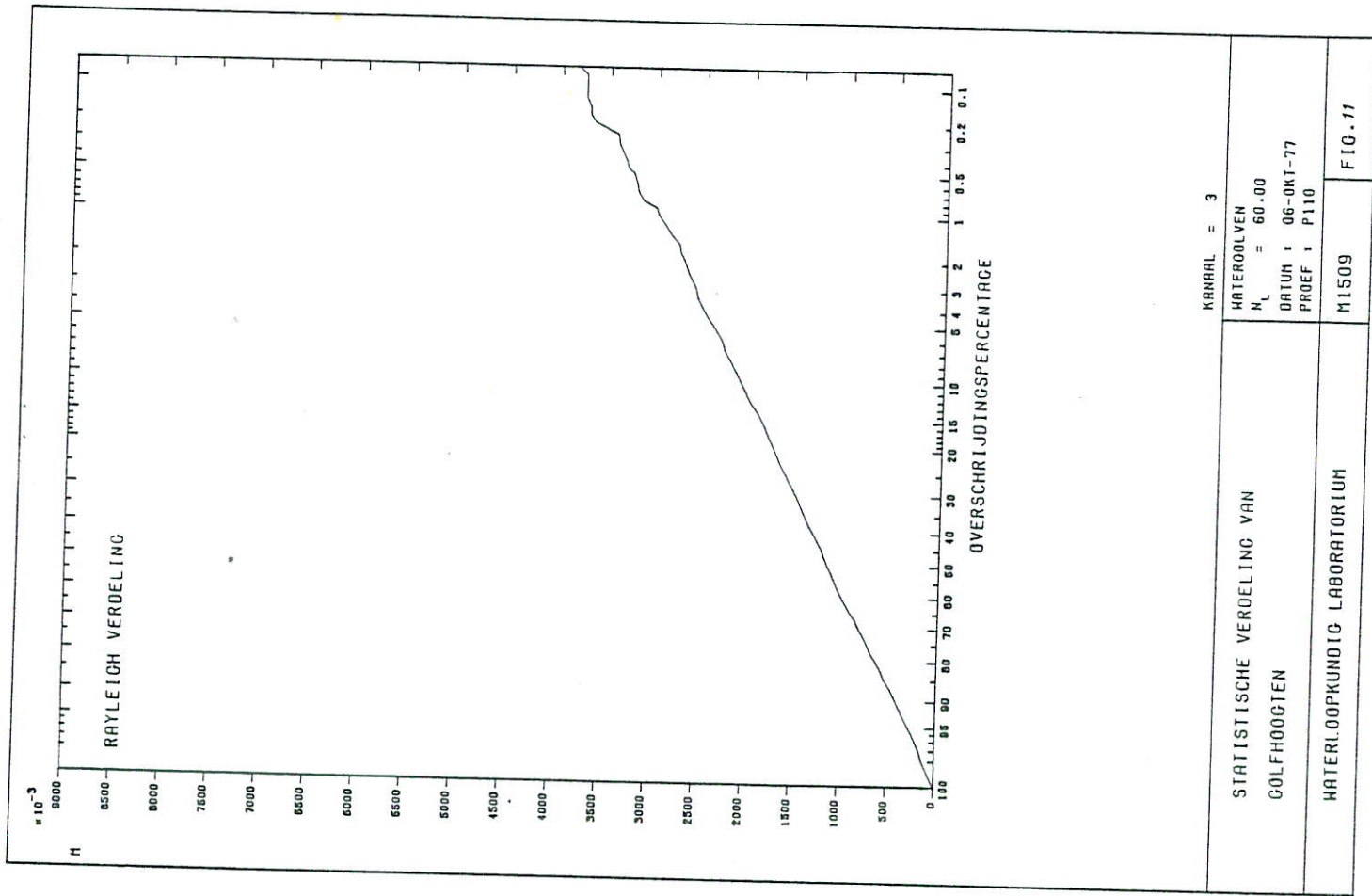
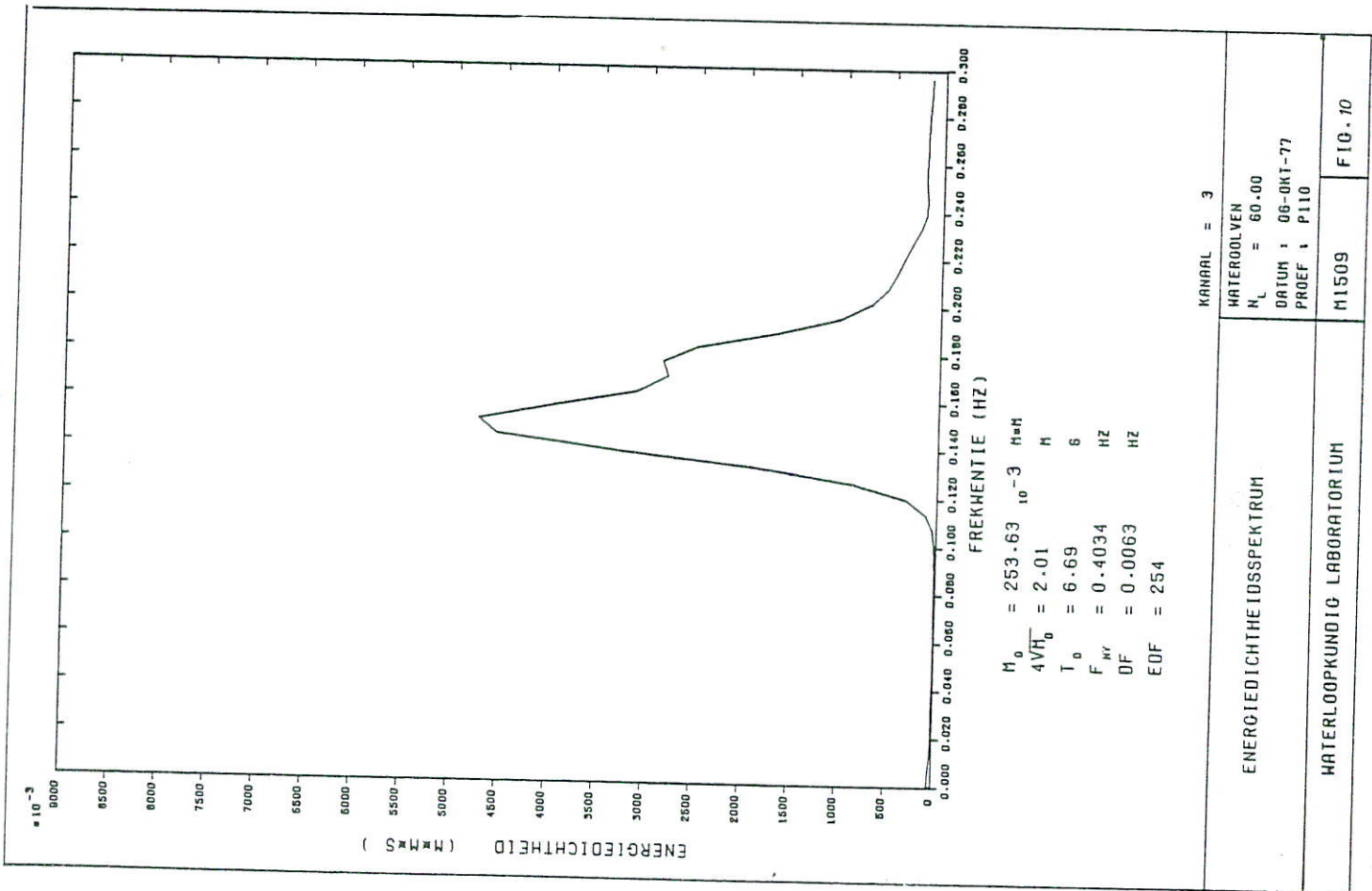
BOVENAANZICHT

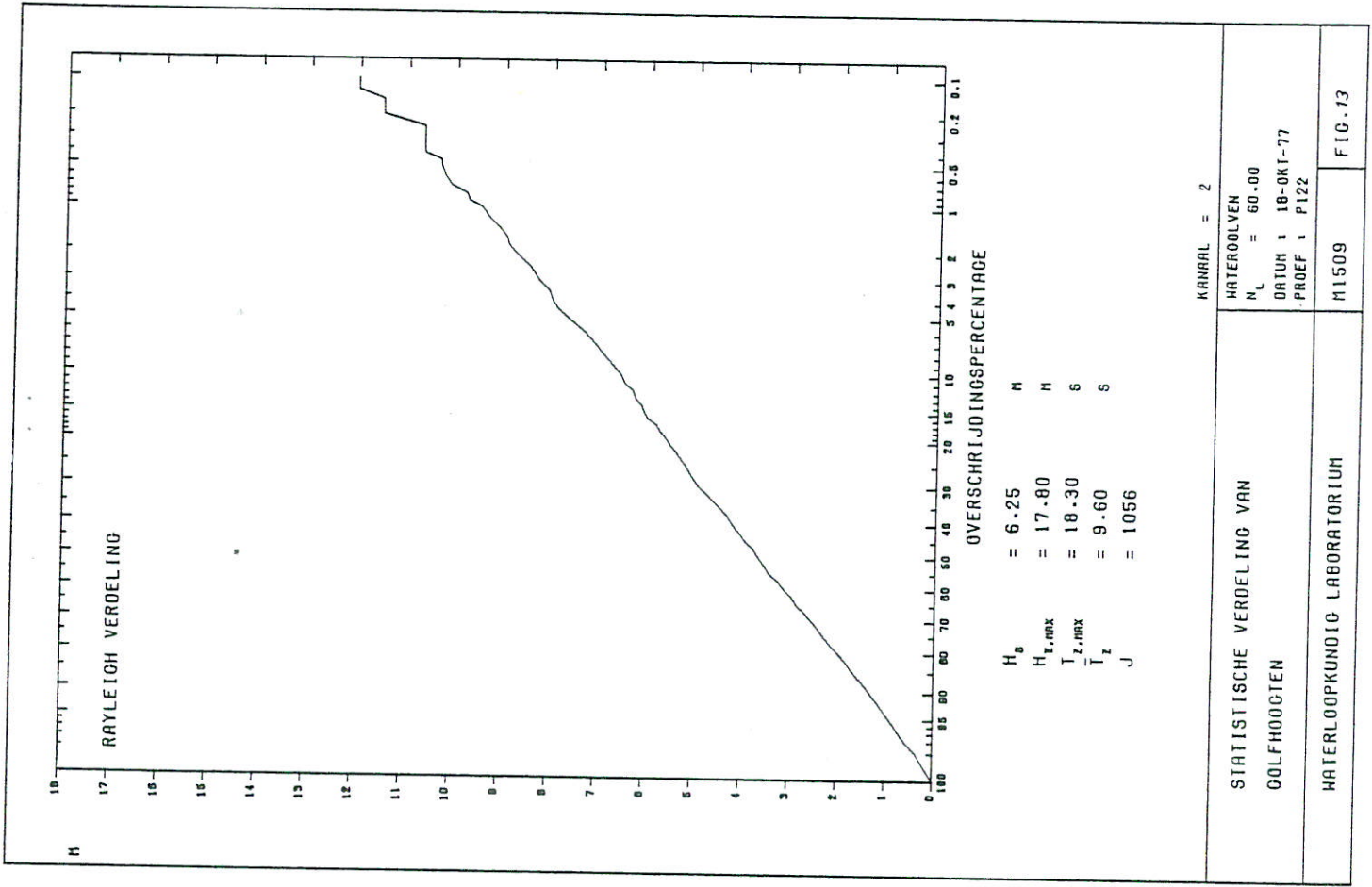
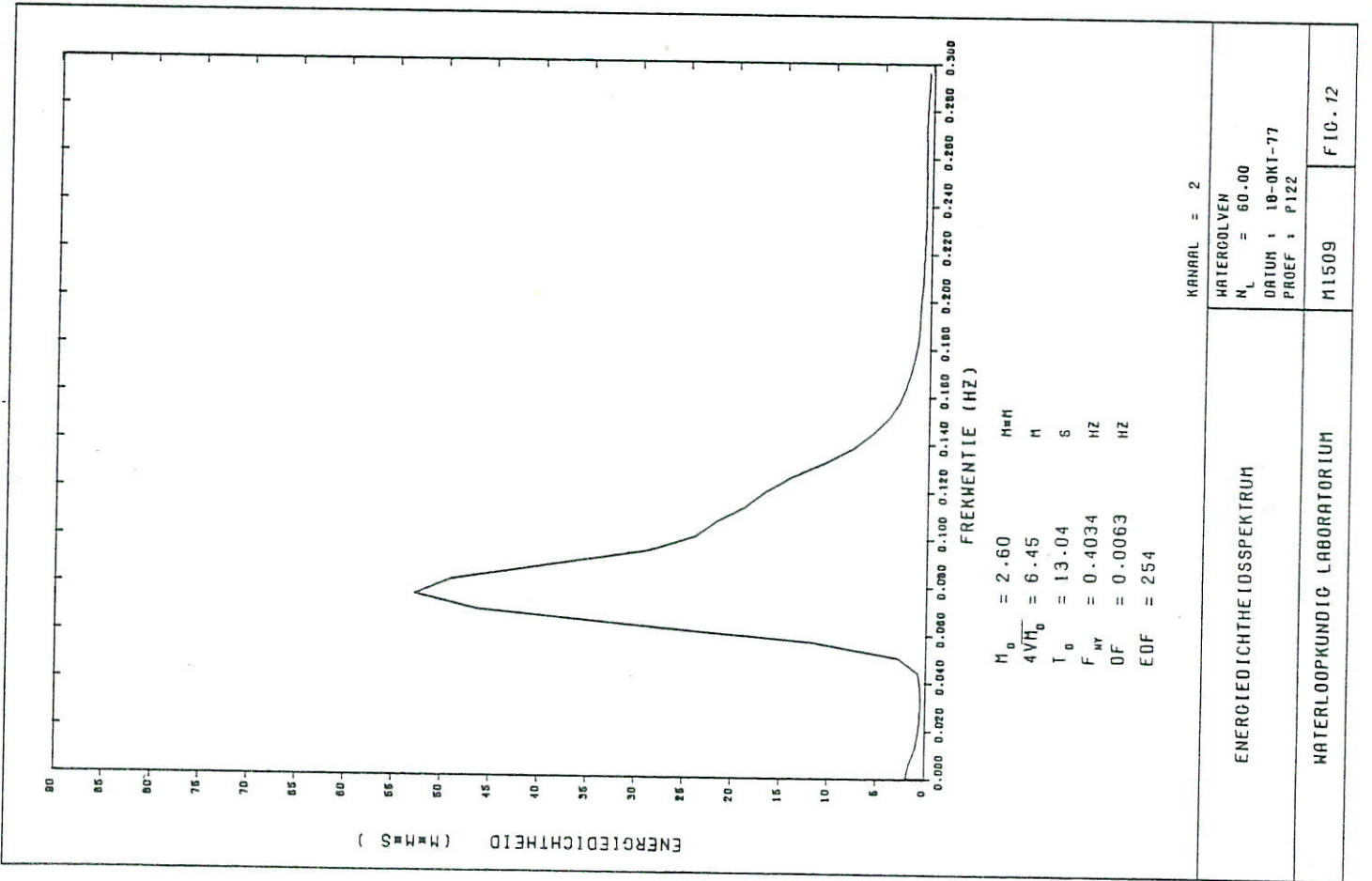
R.R.

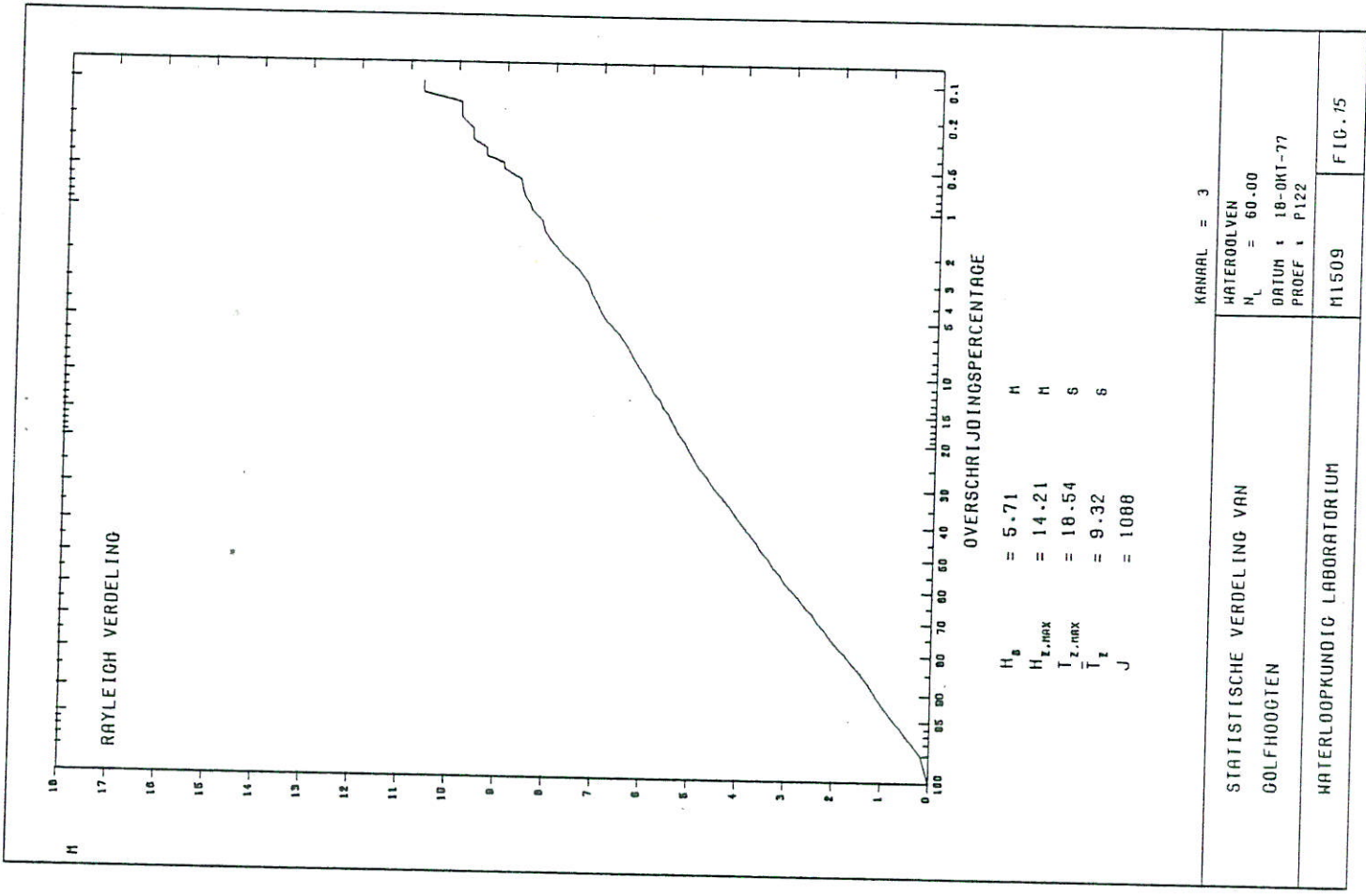
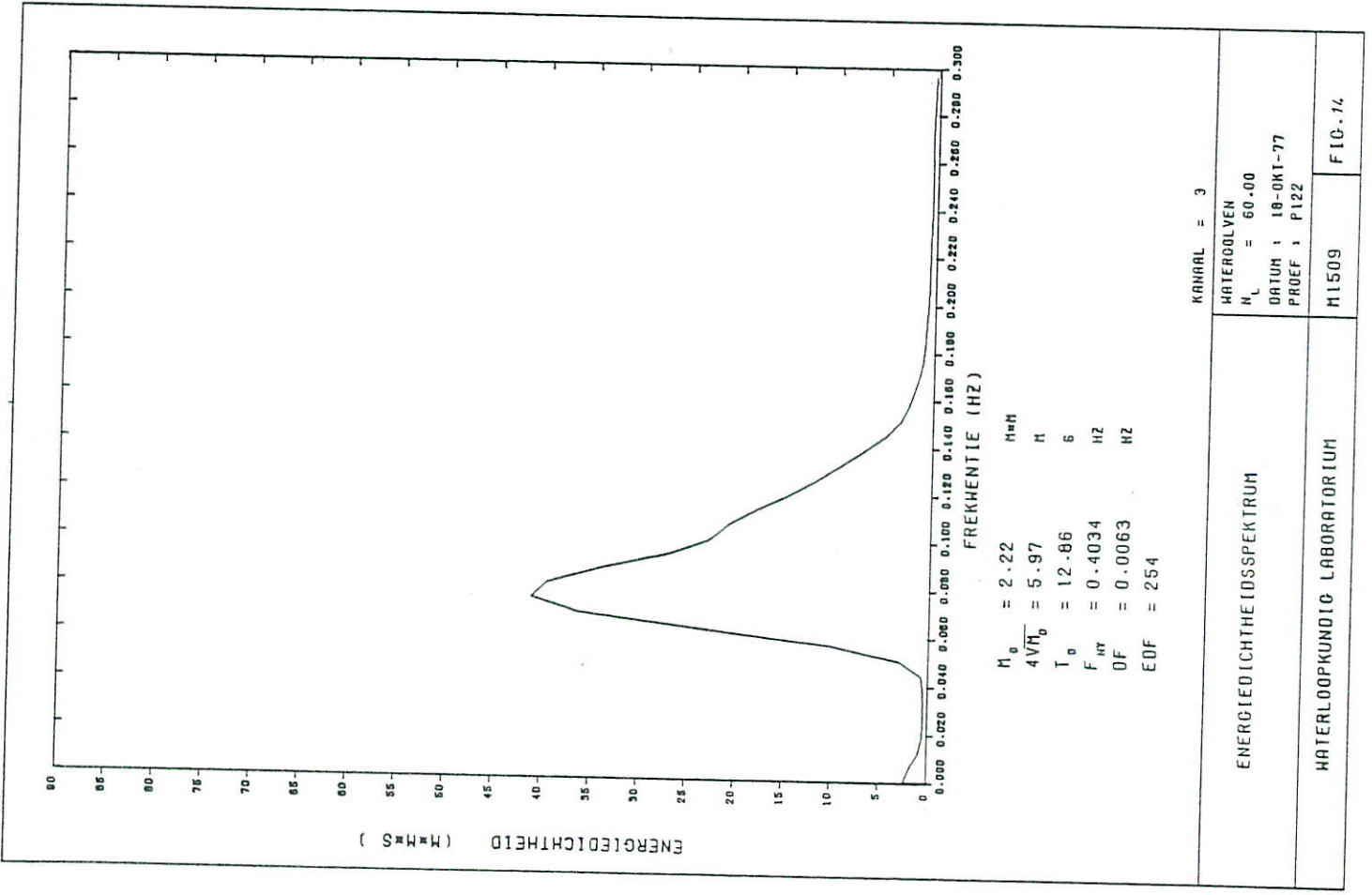
A4

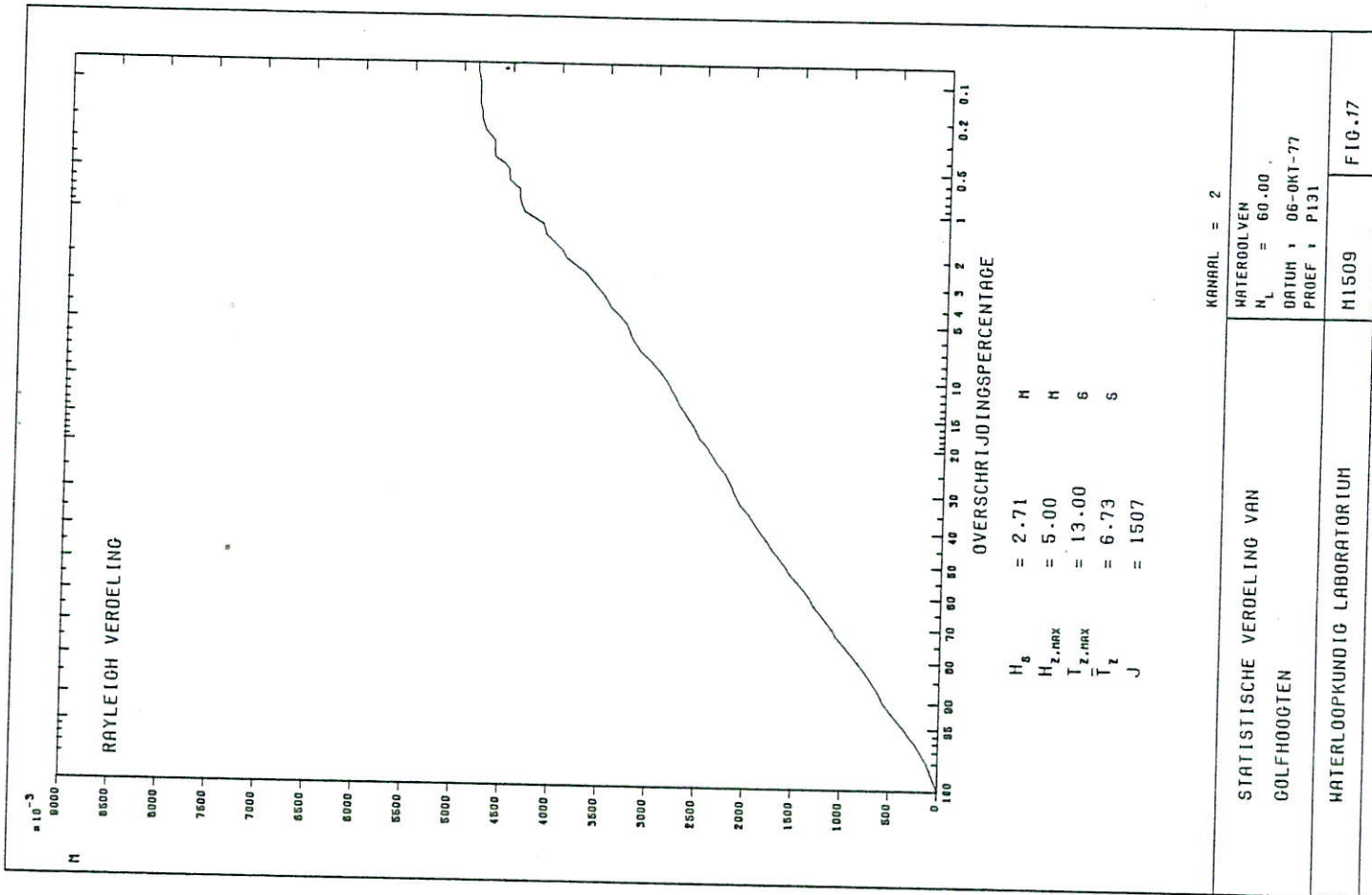
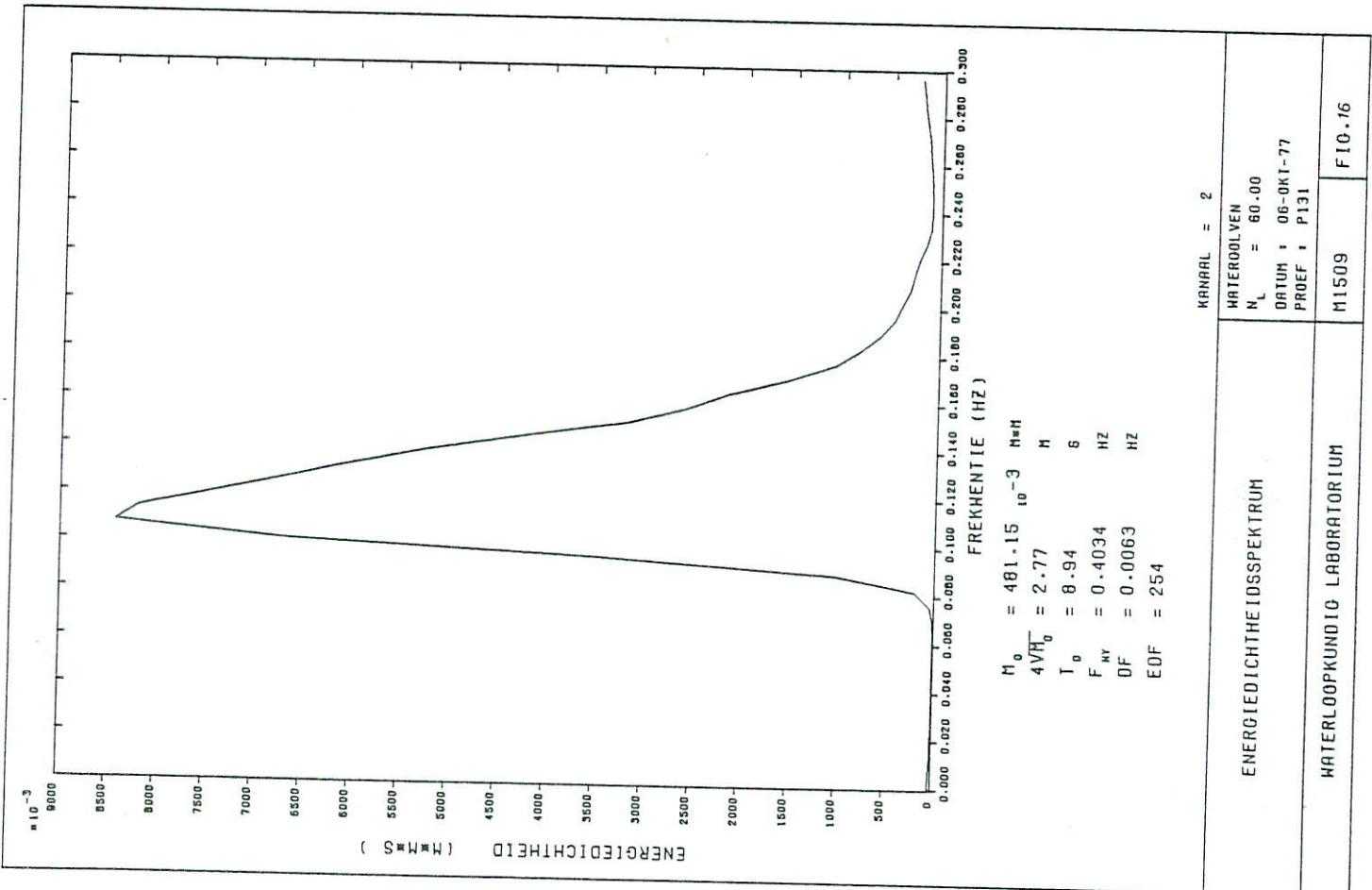
M.1509-1015

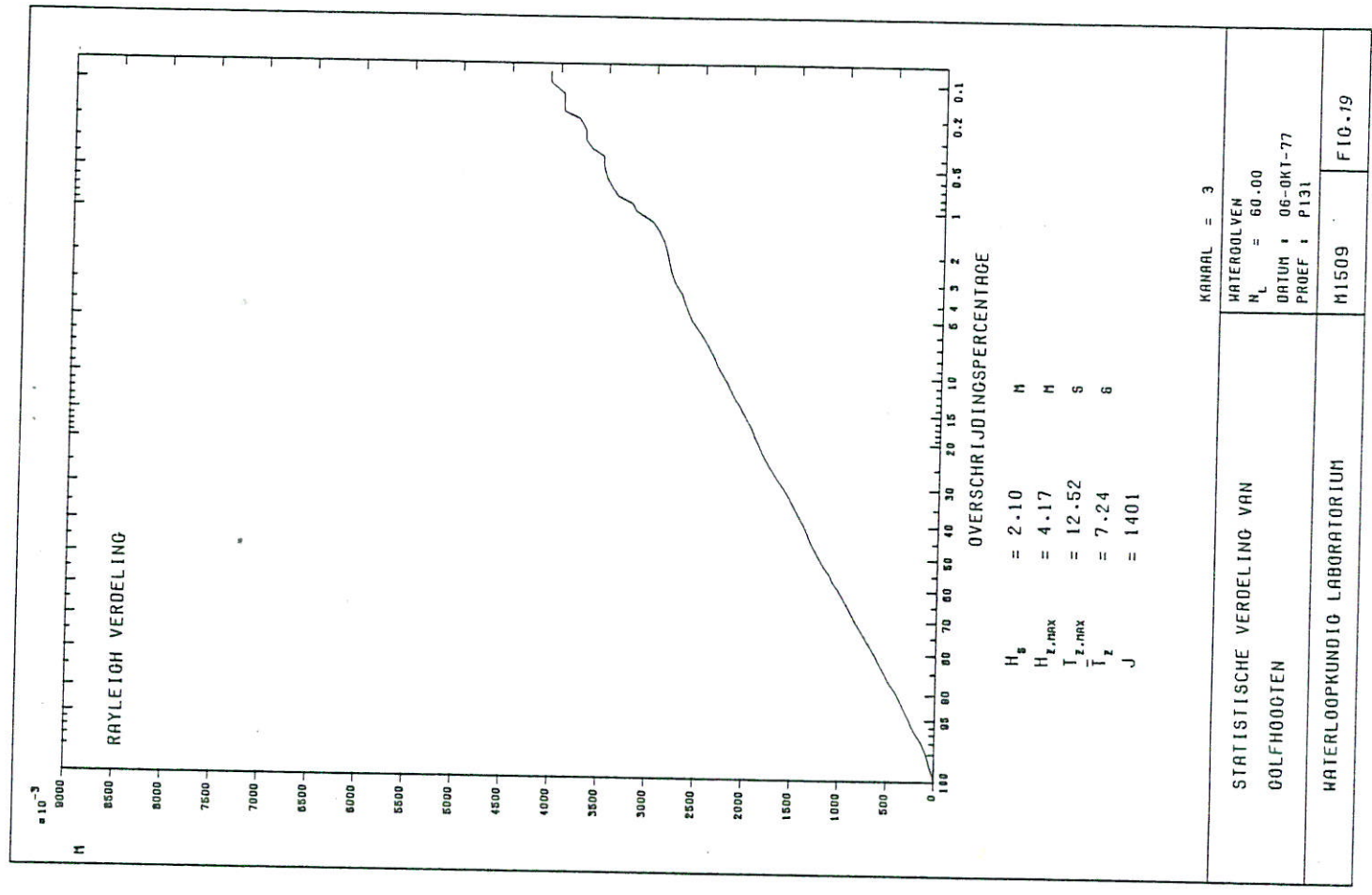
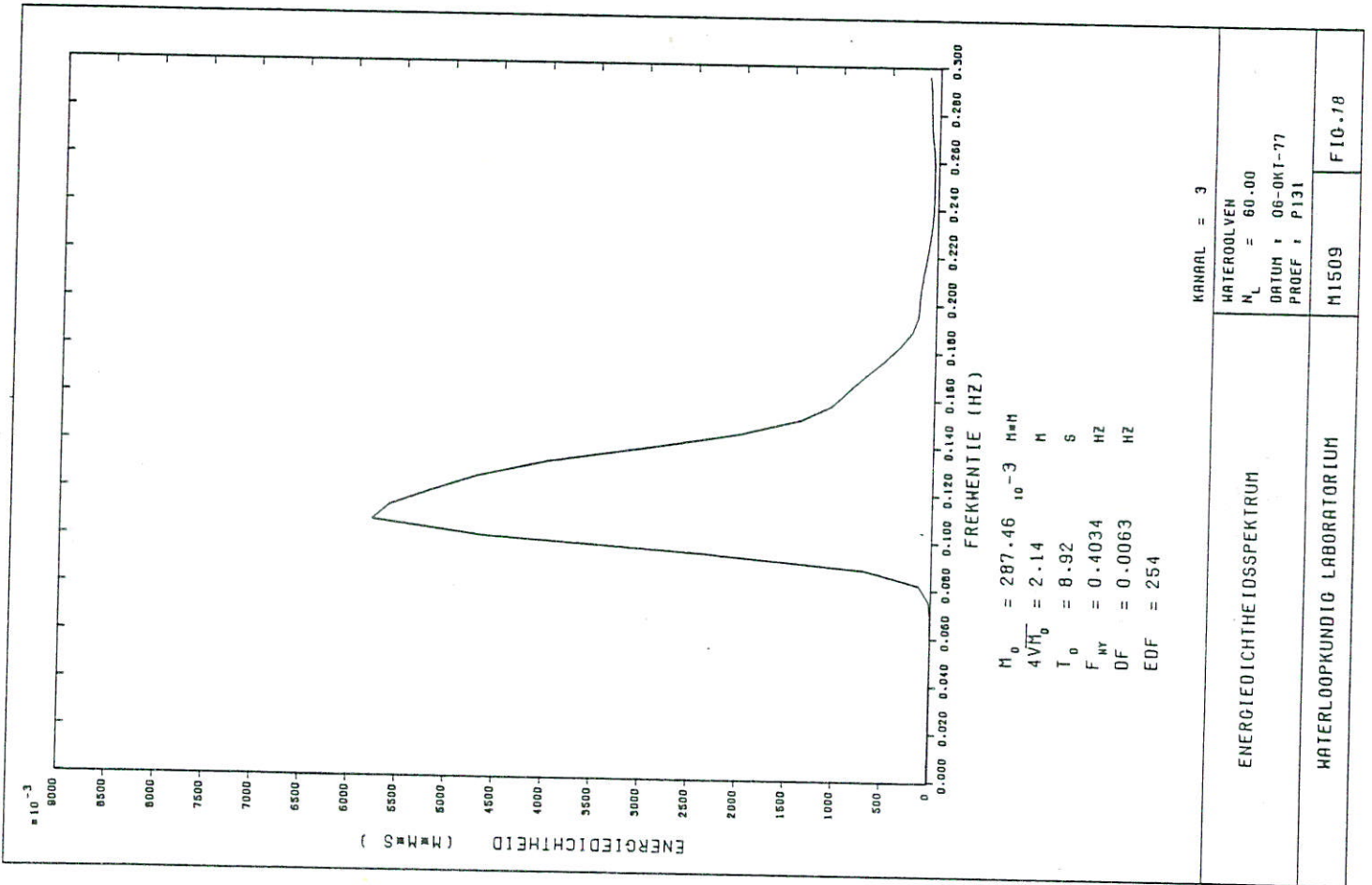
FIG. 9

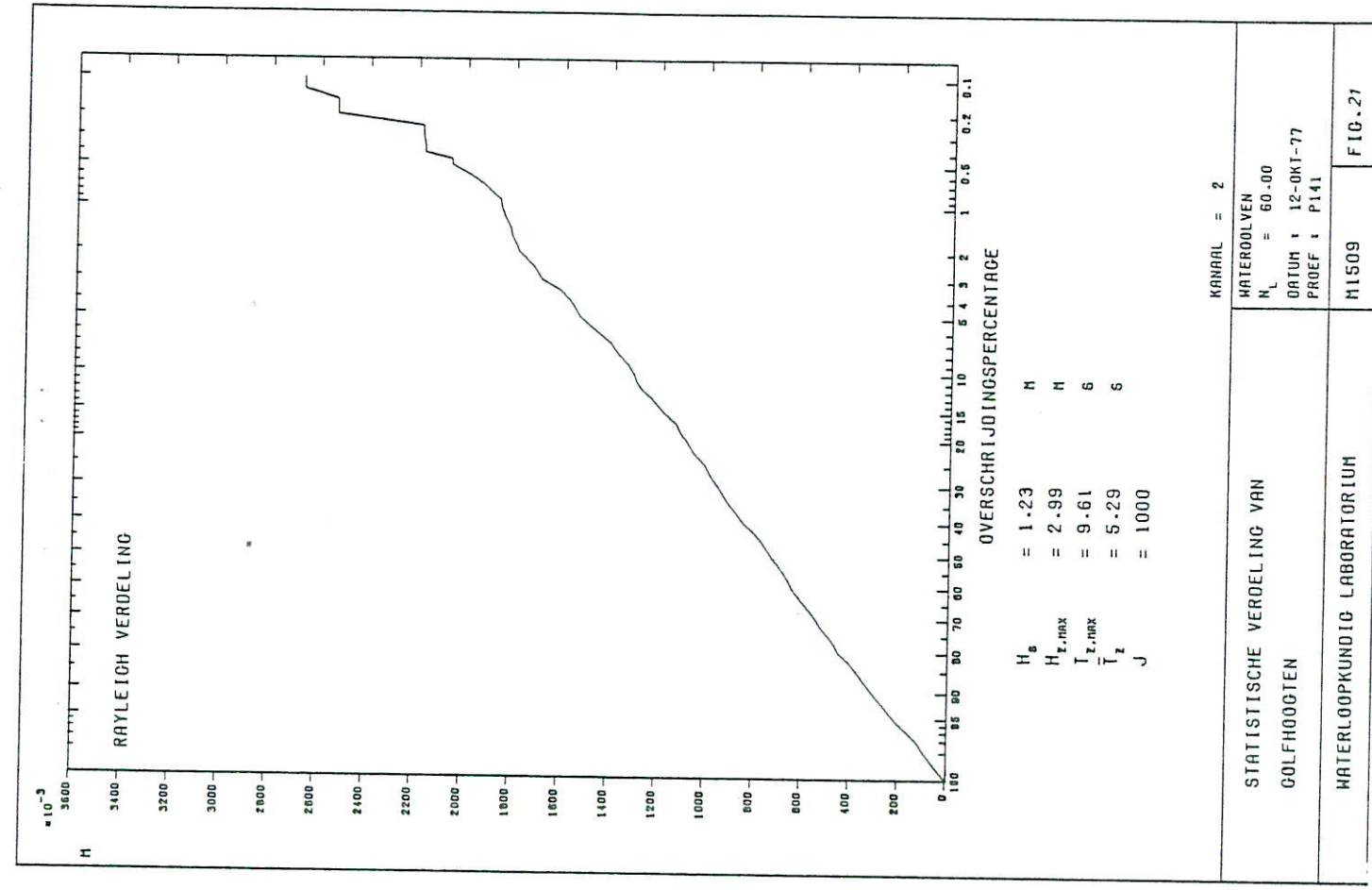
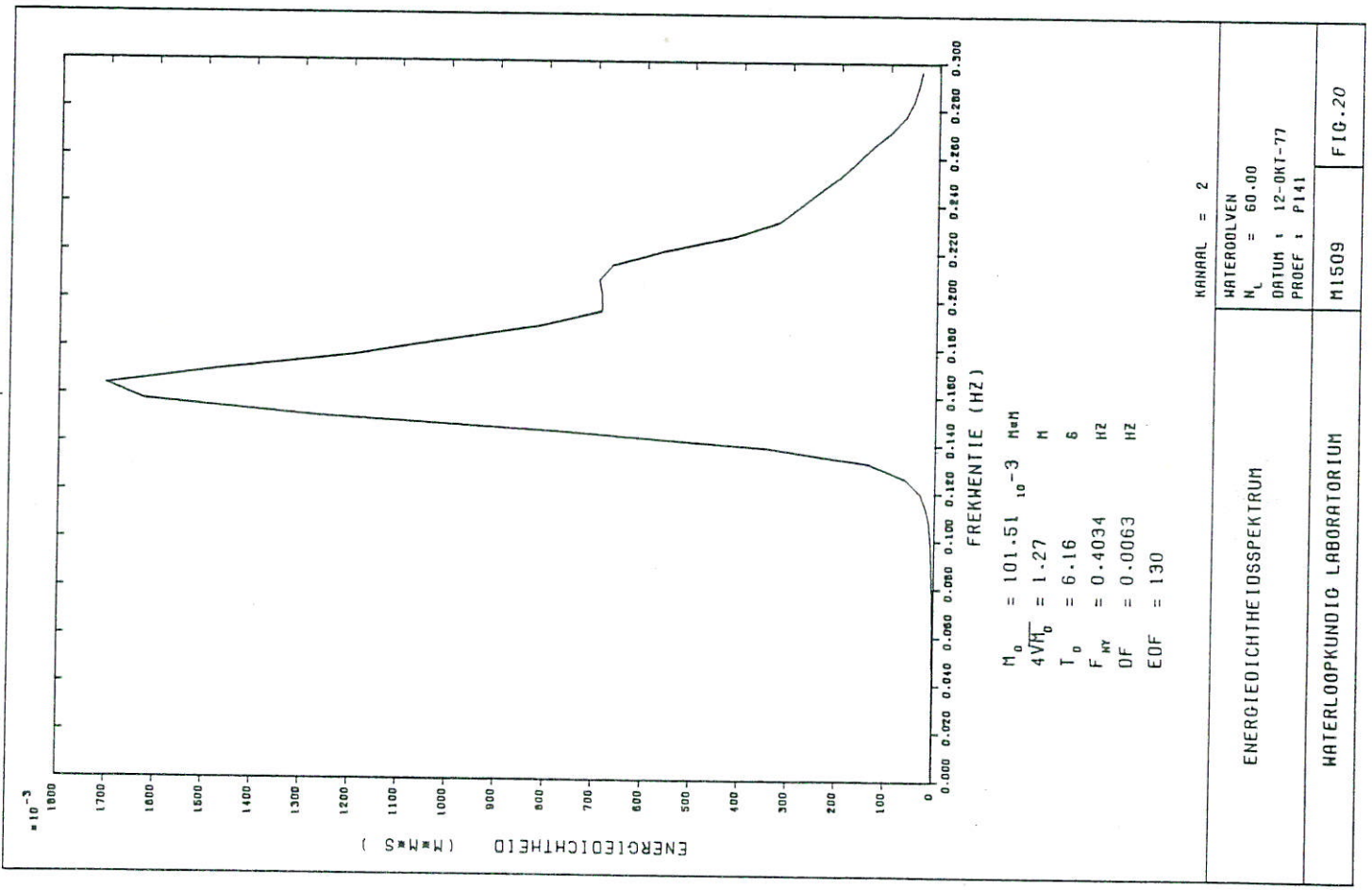


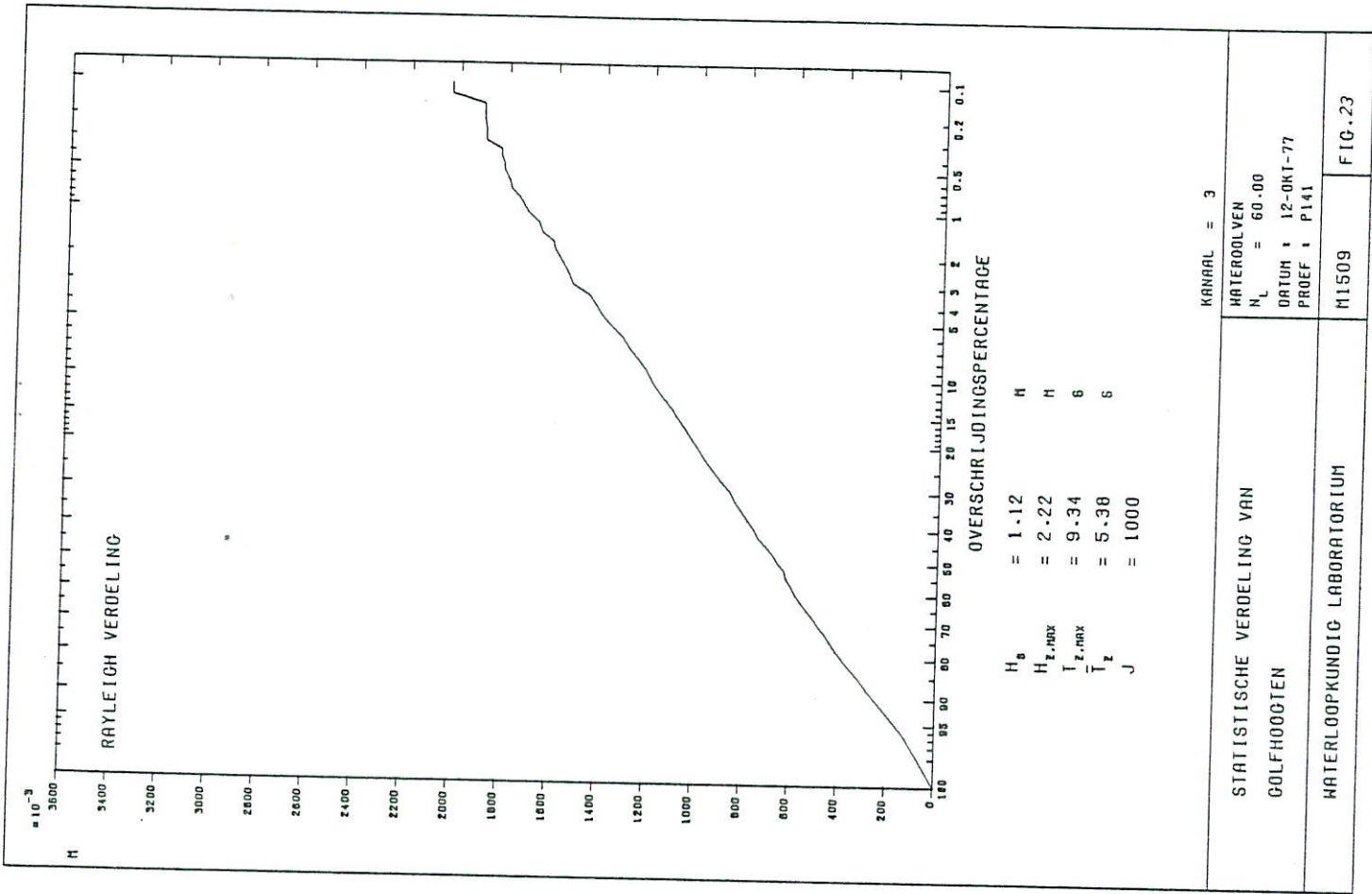
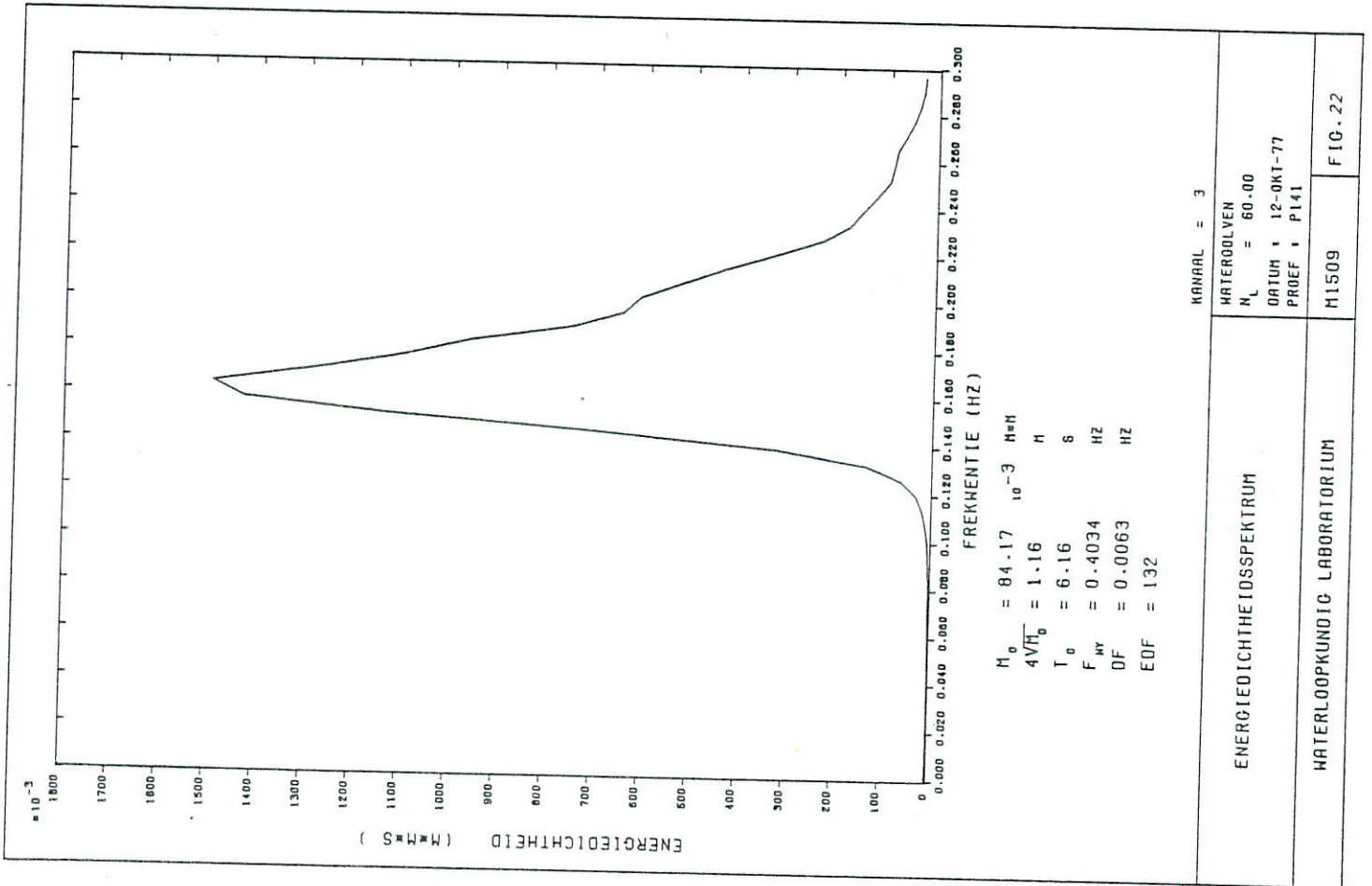


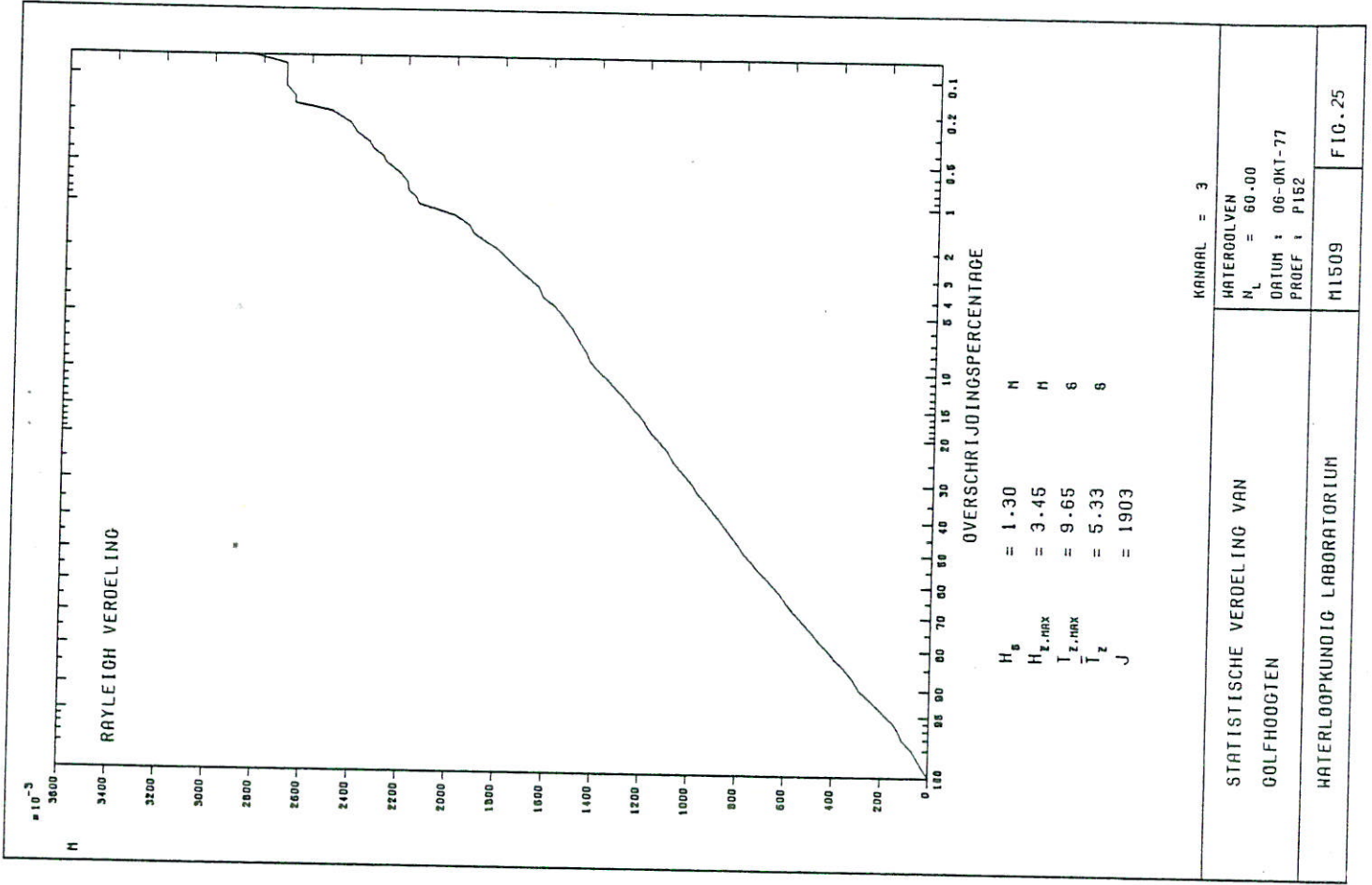
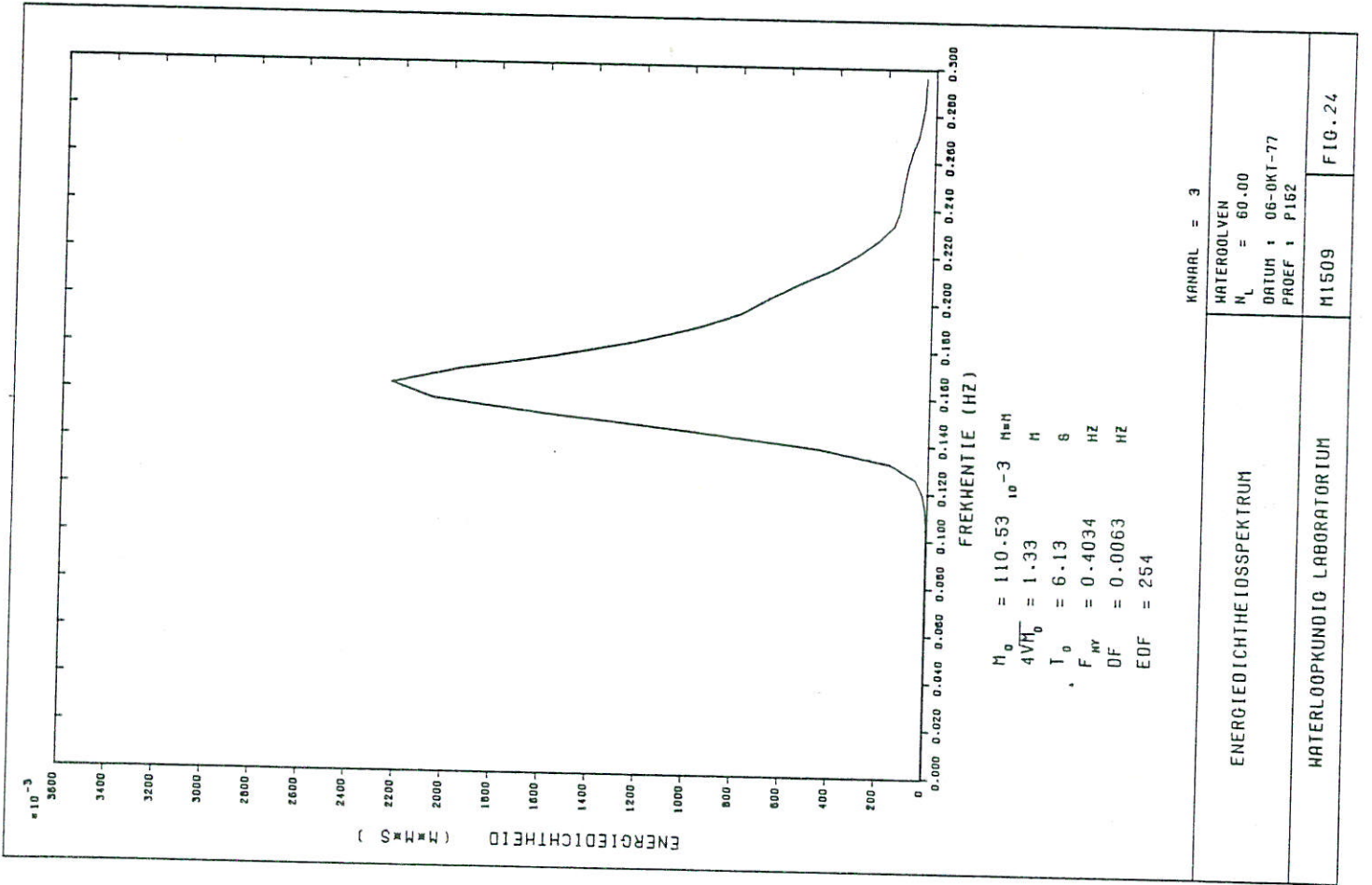


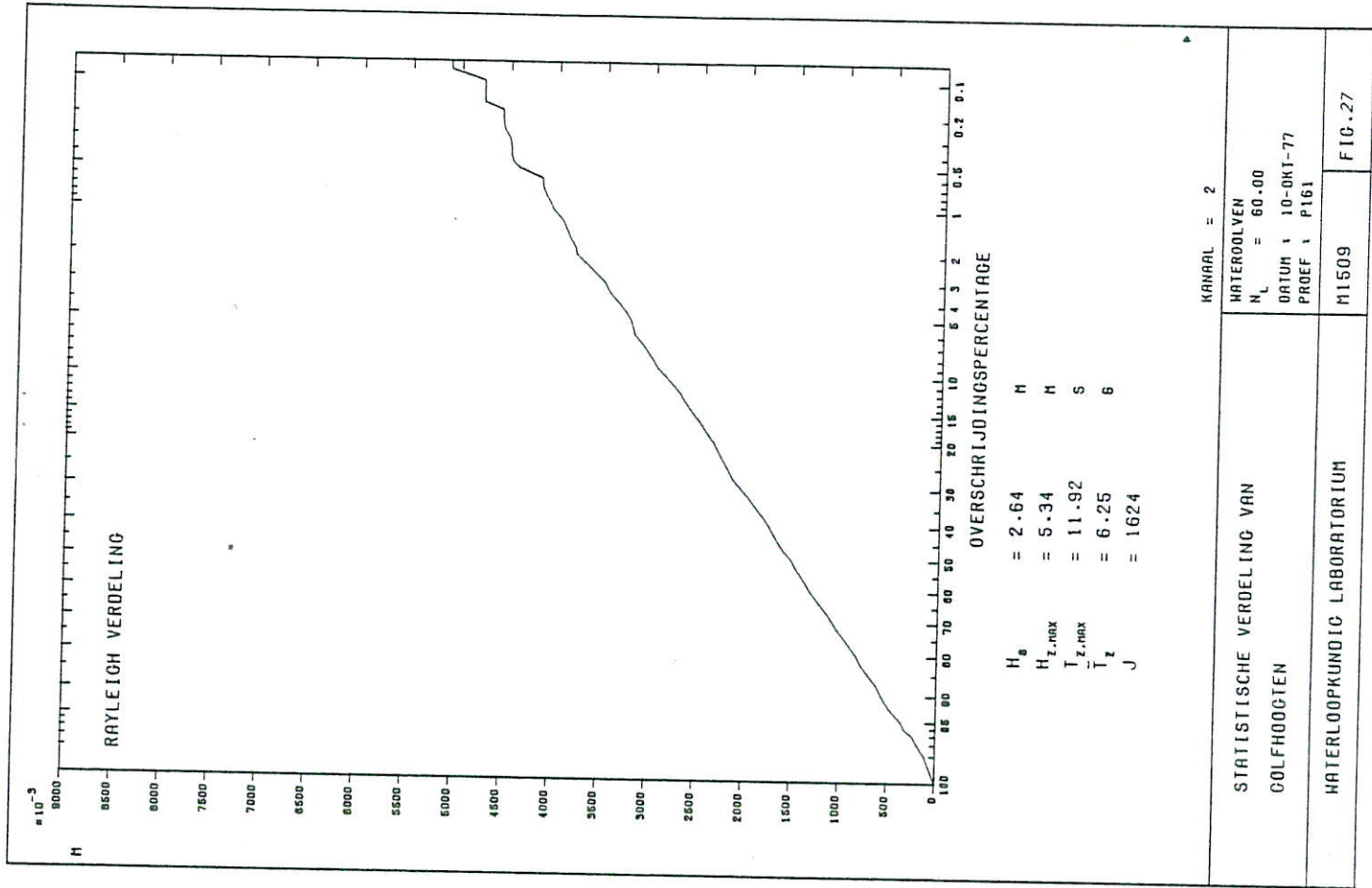
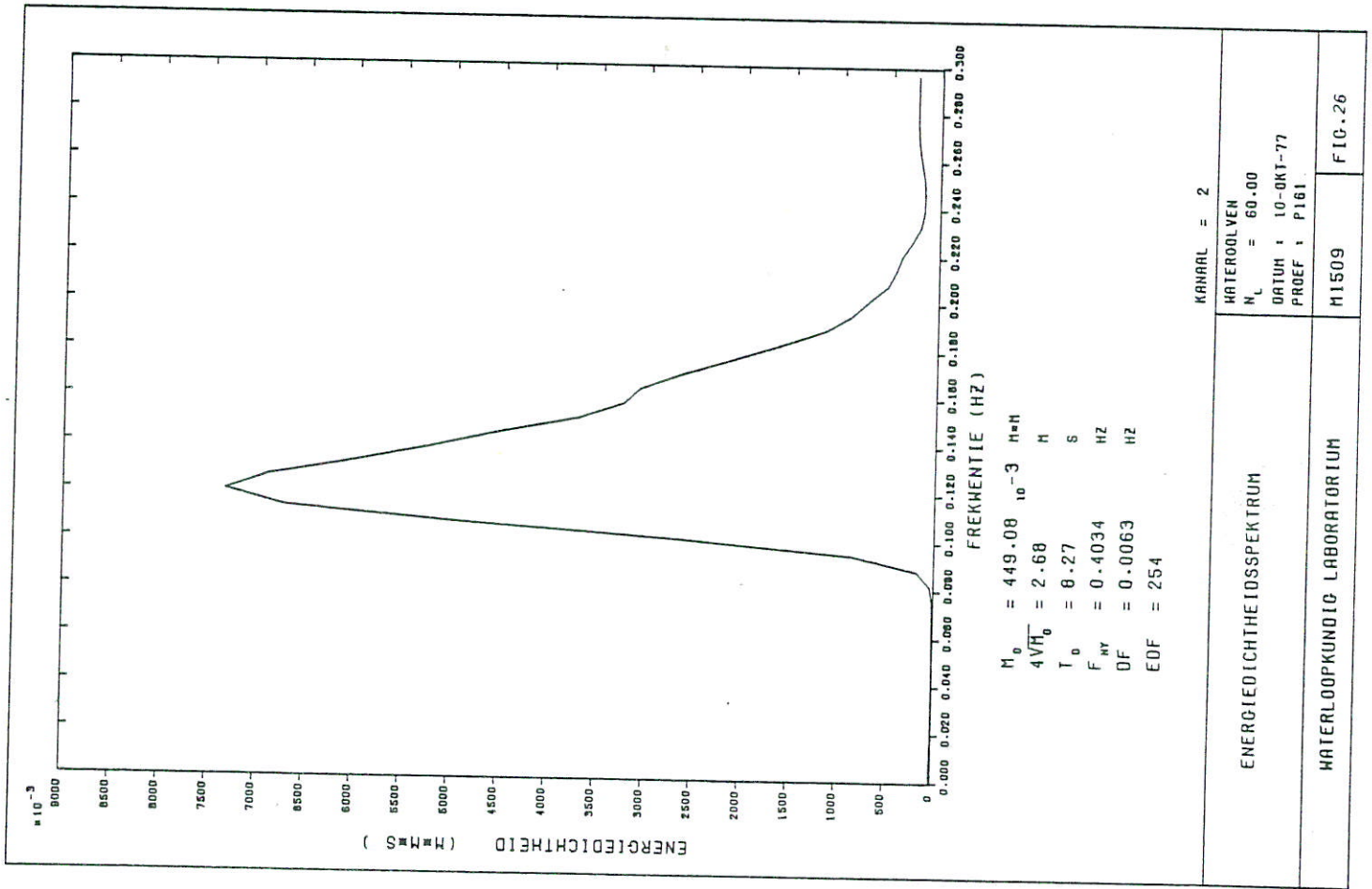


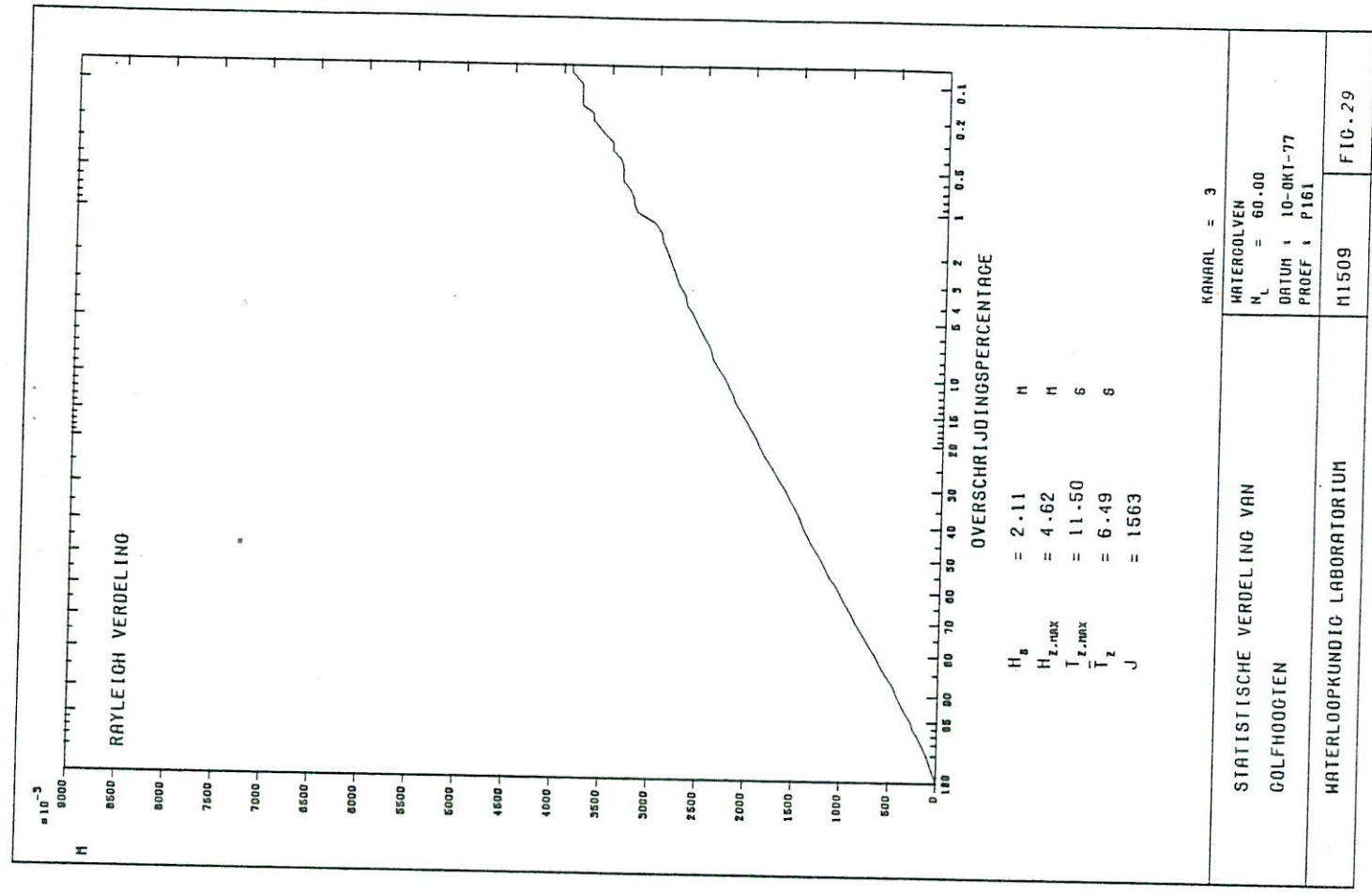
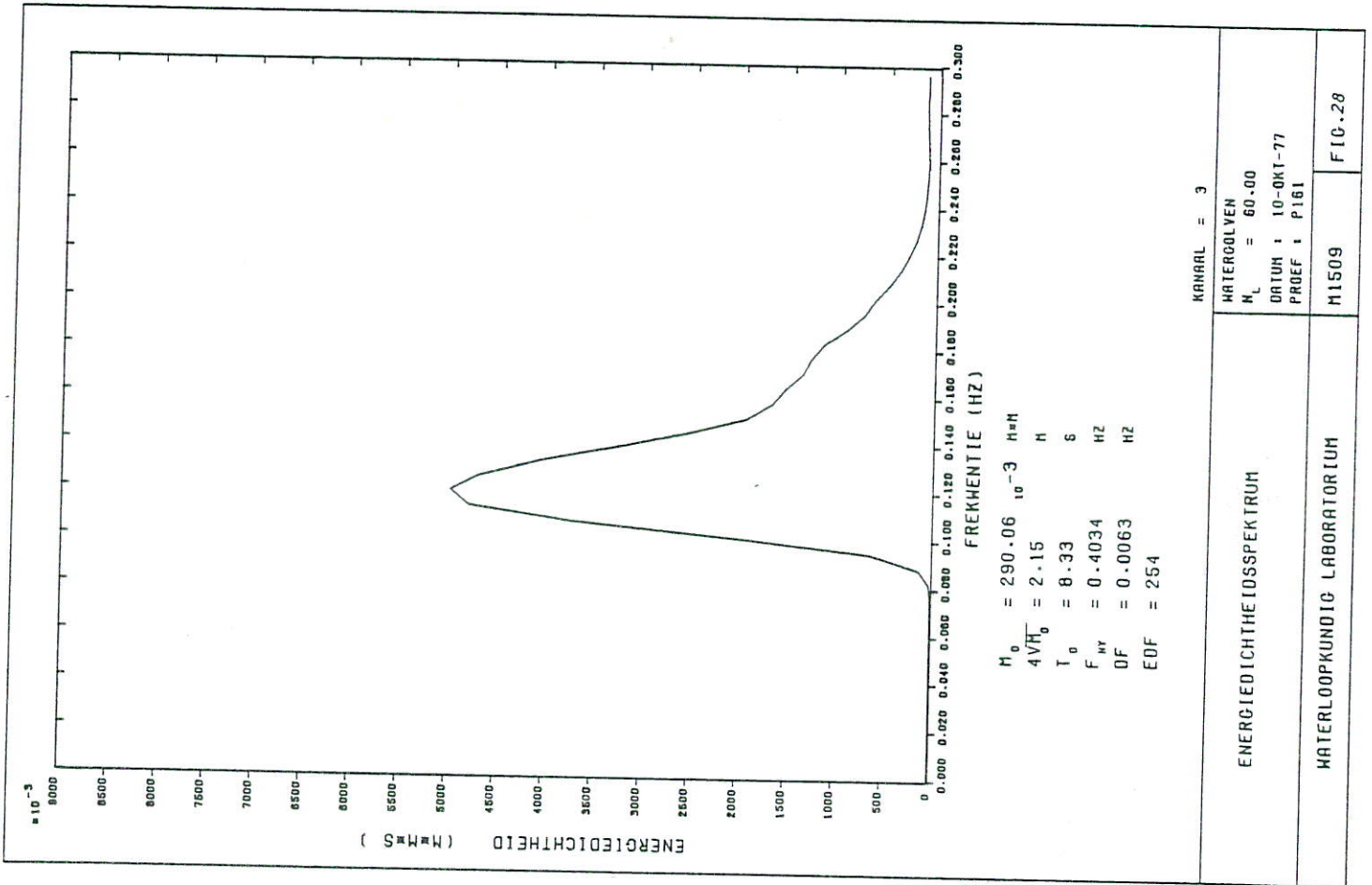


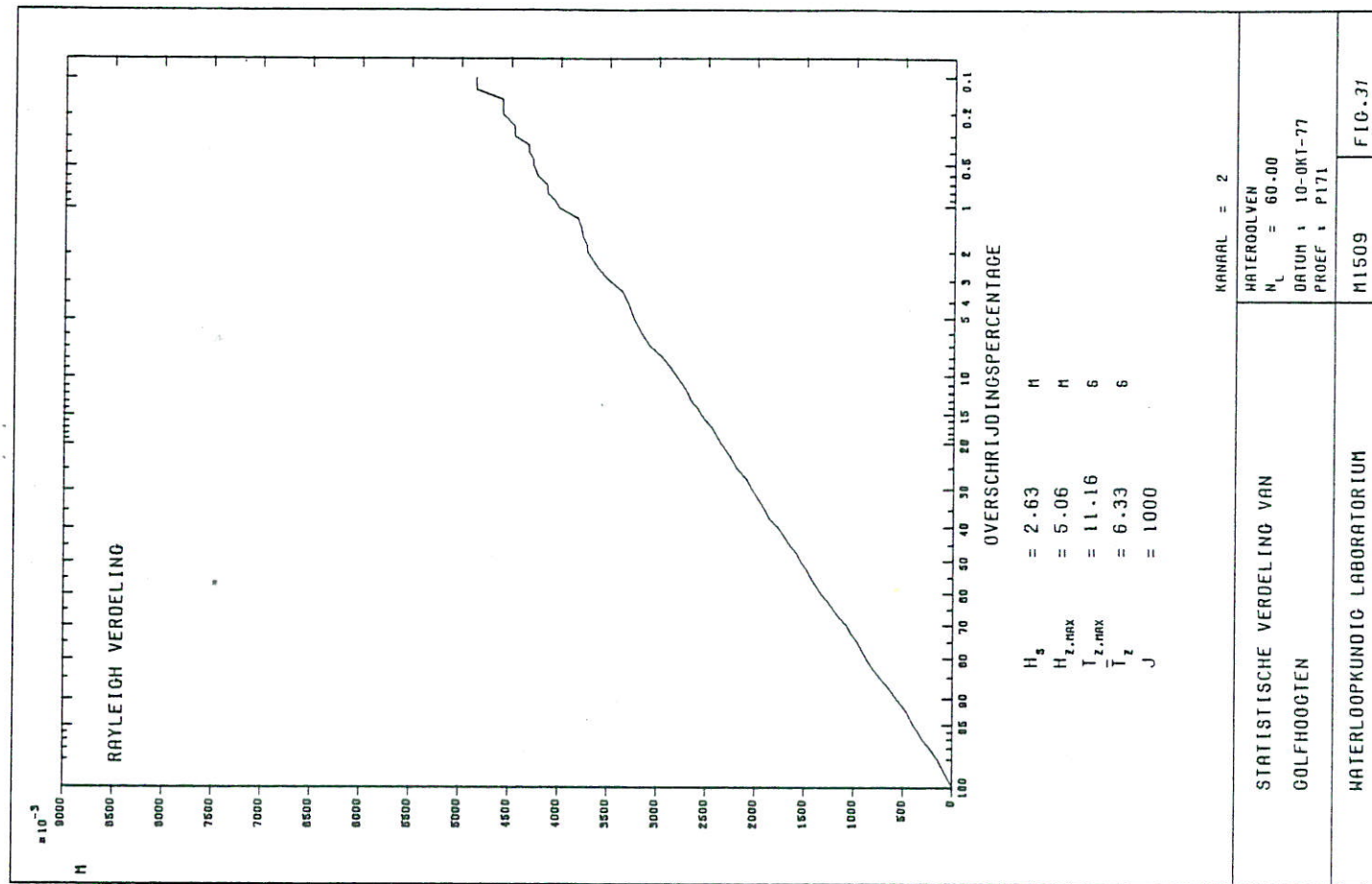
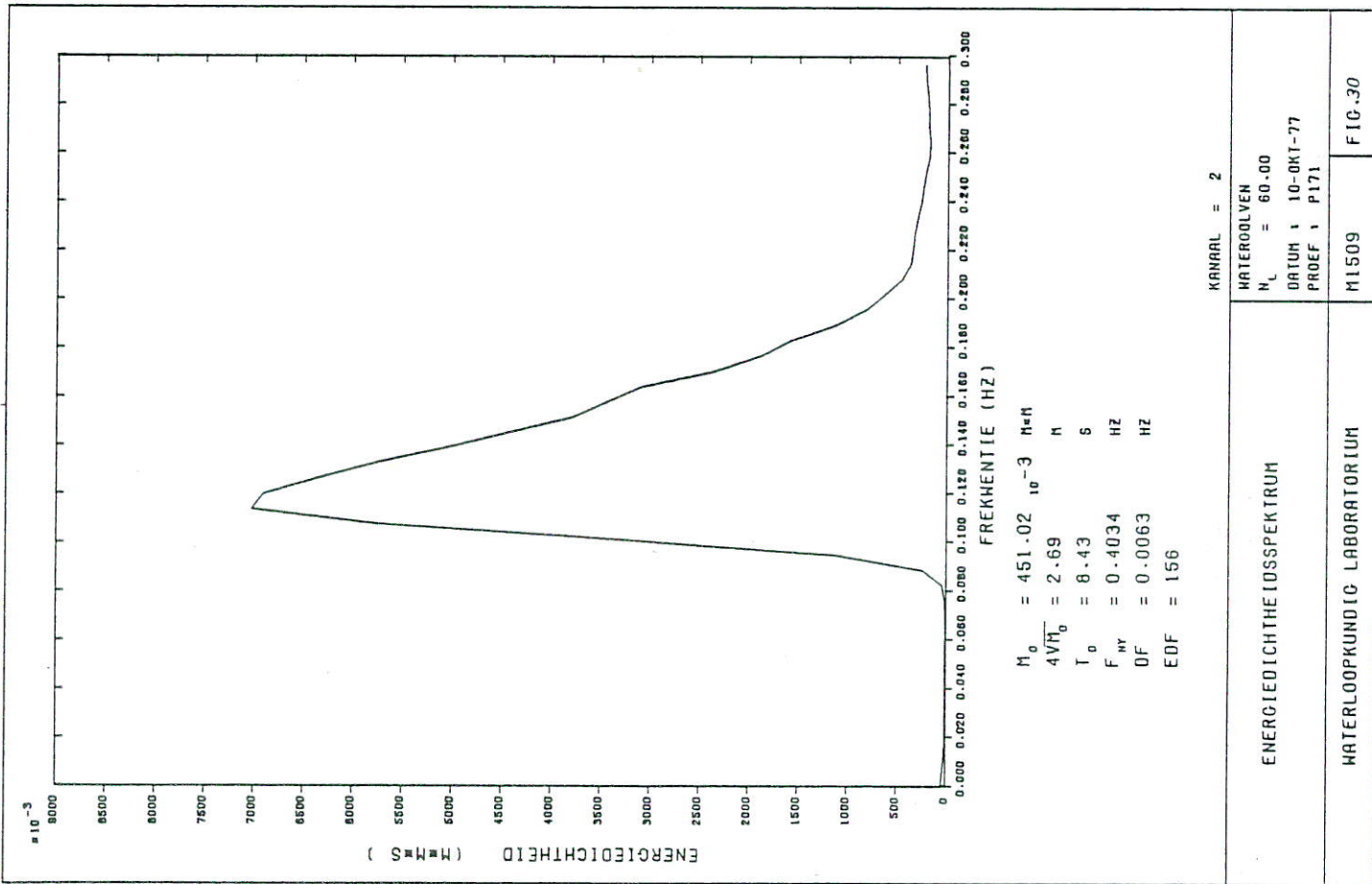






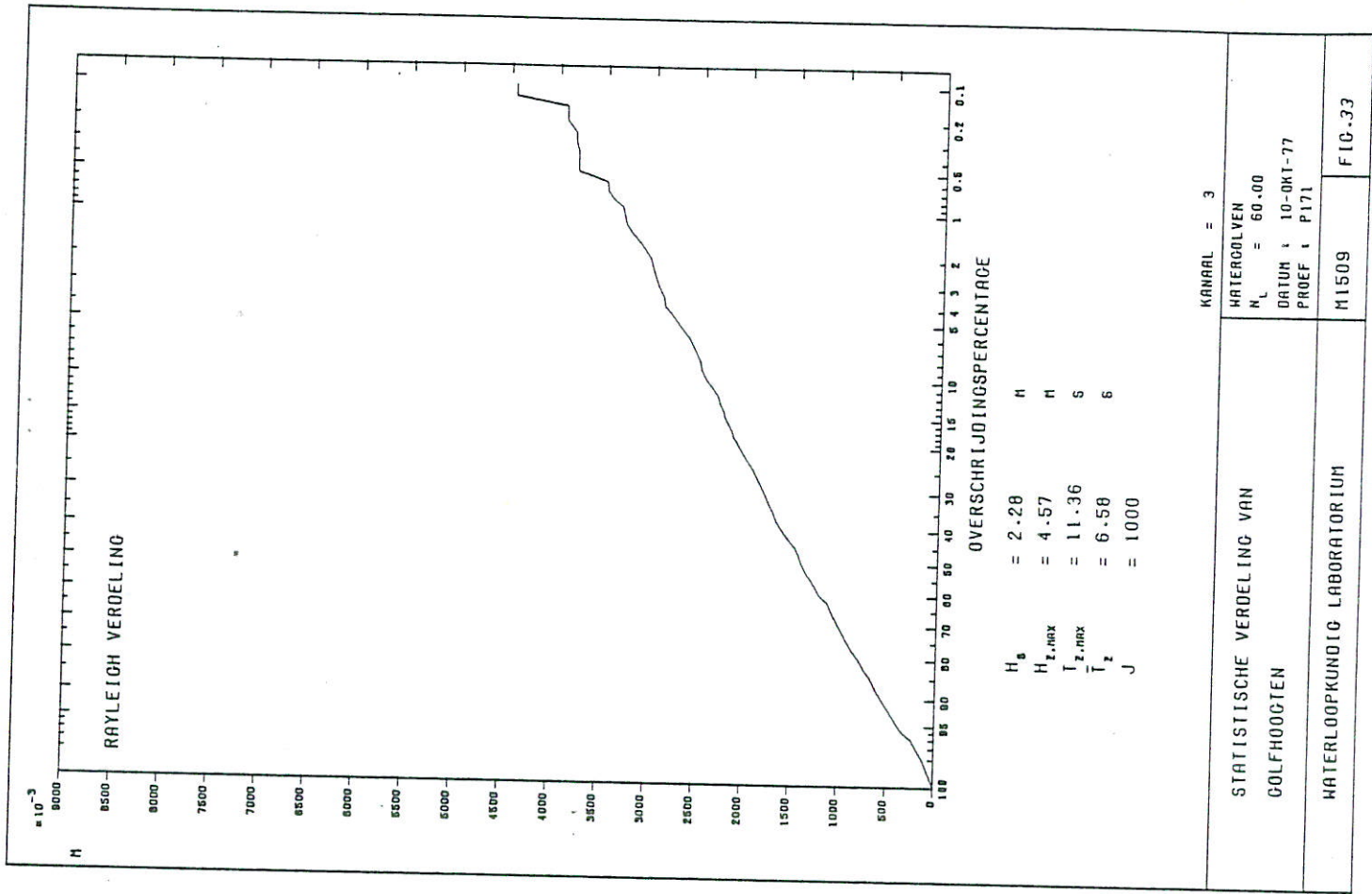
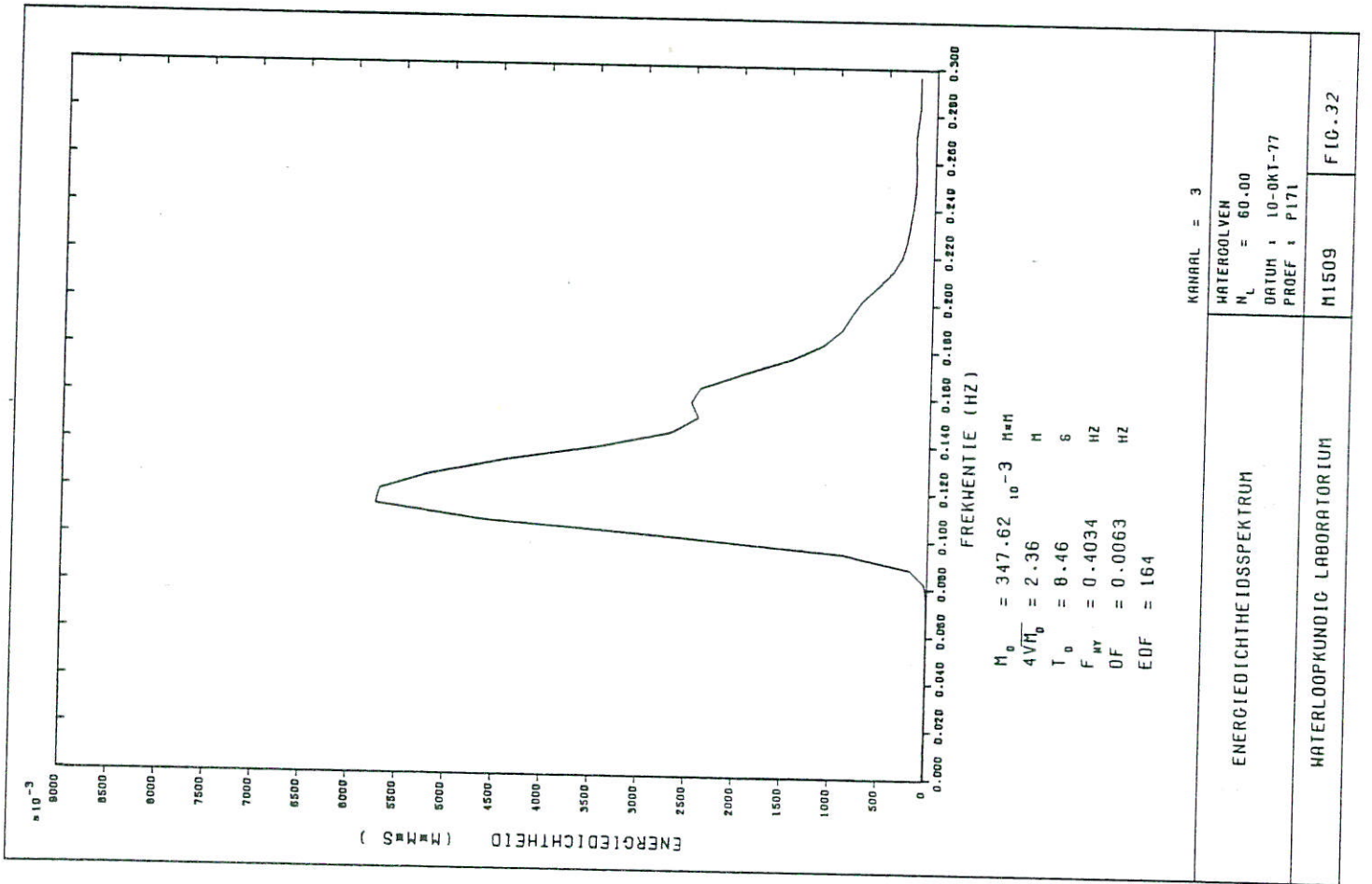


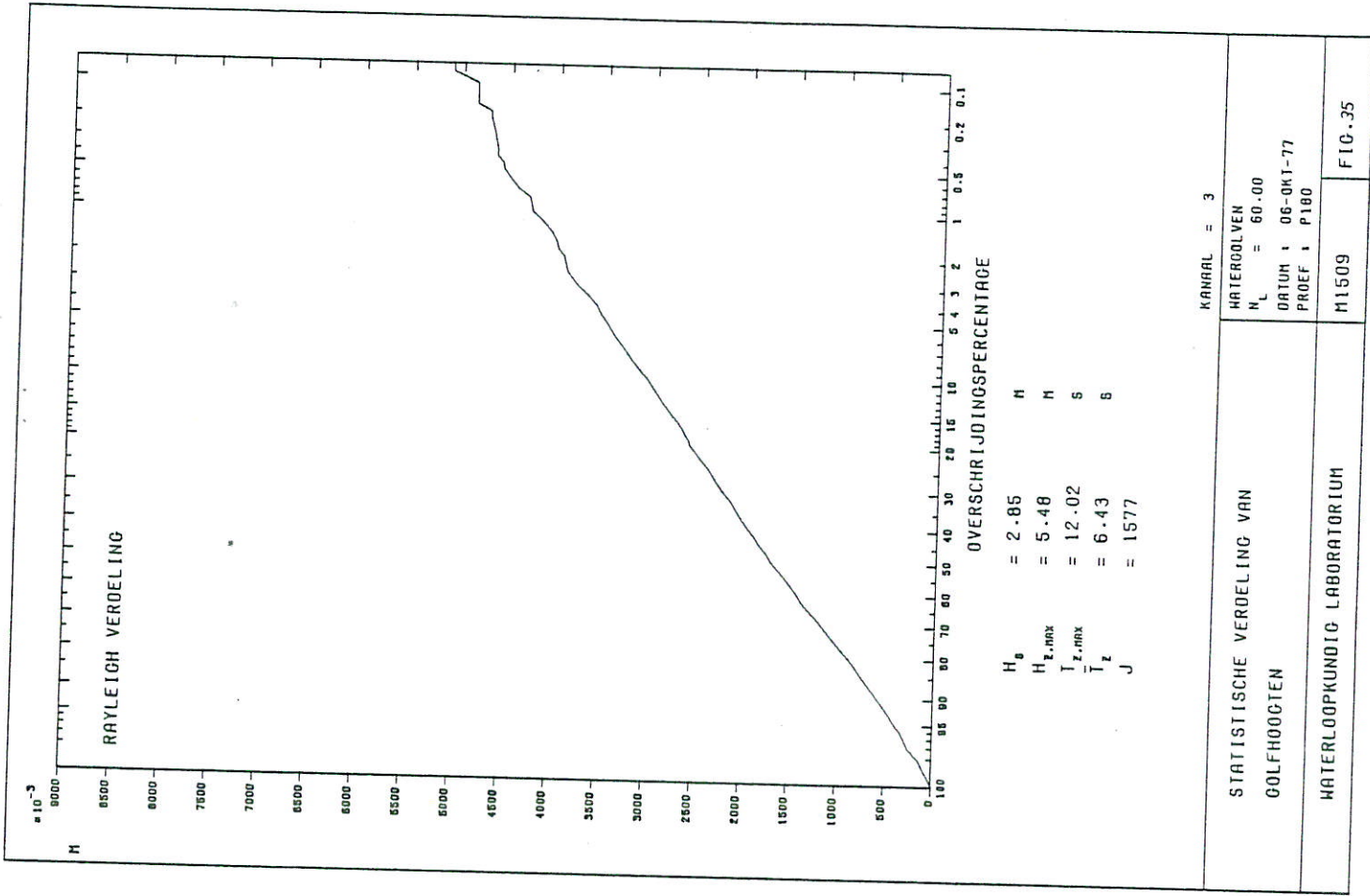
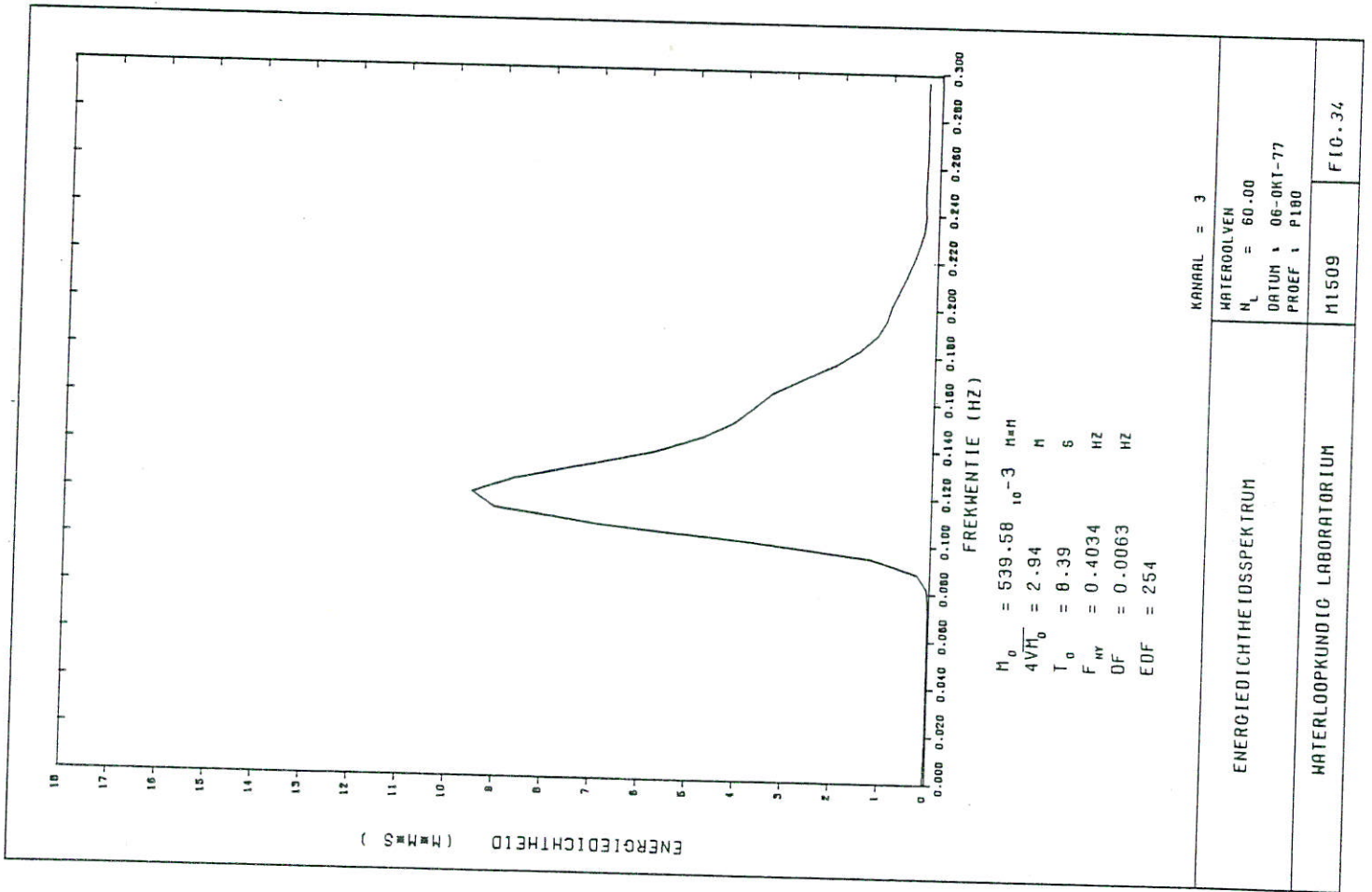


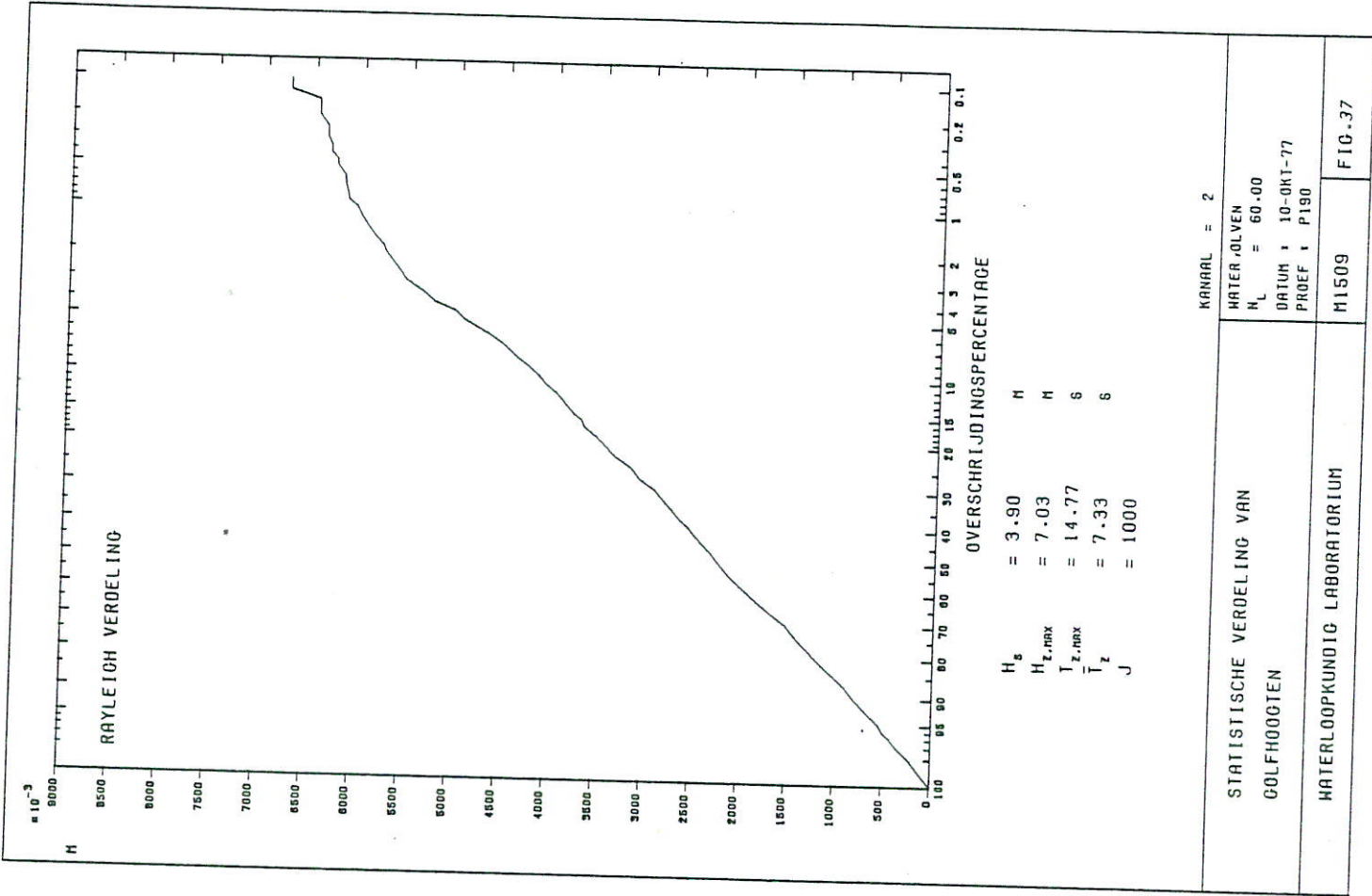
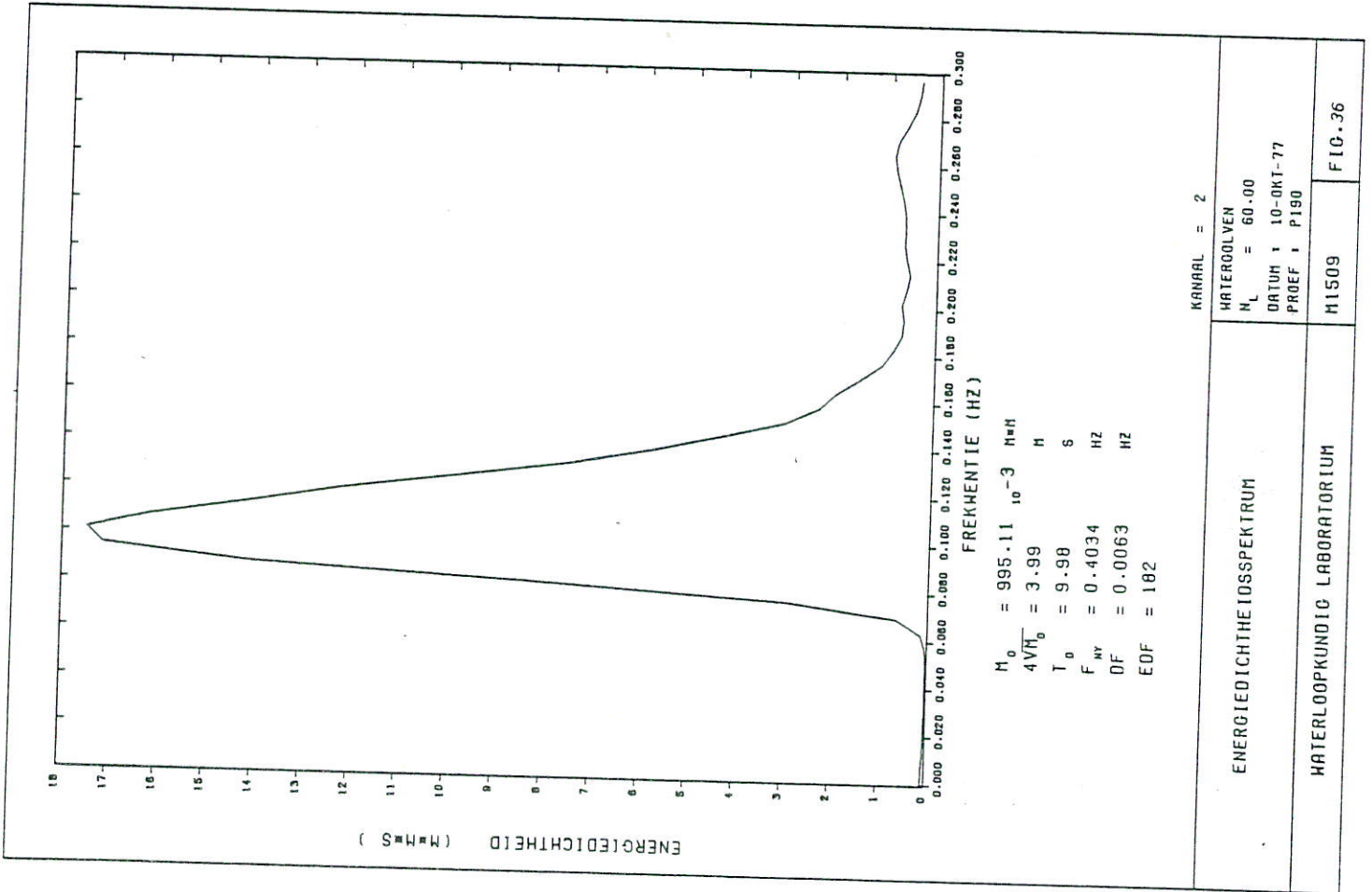


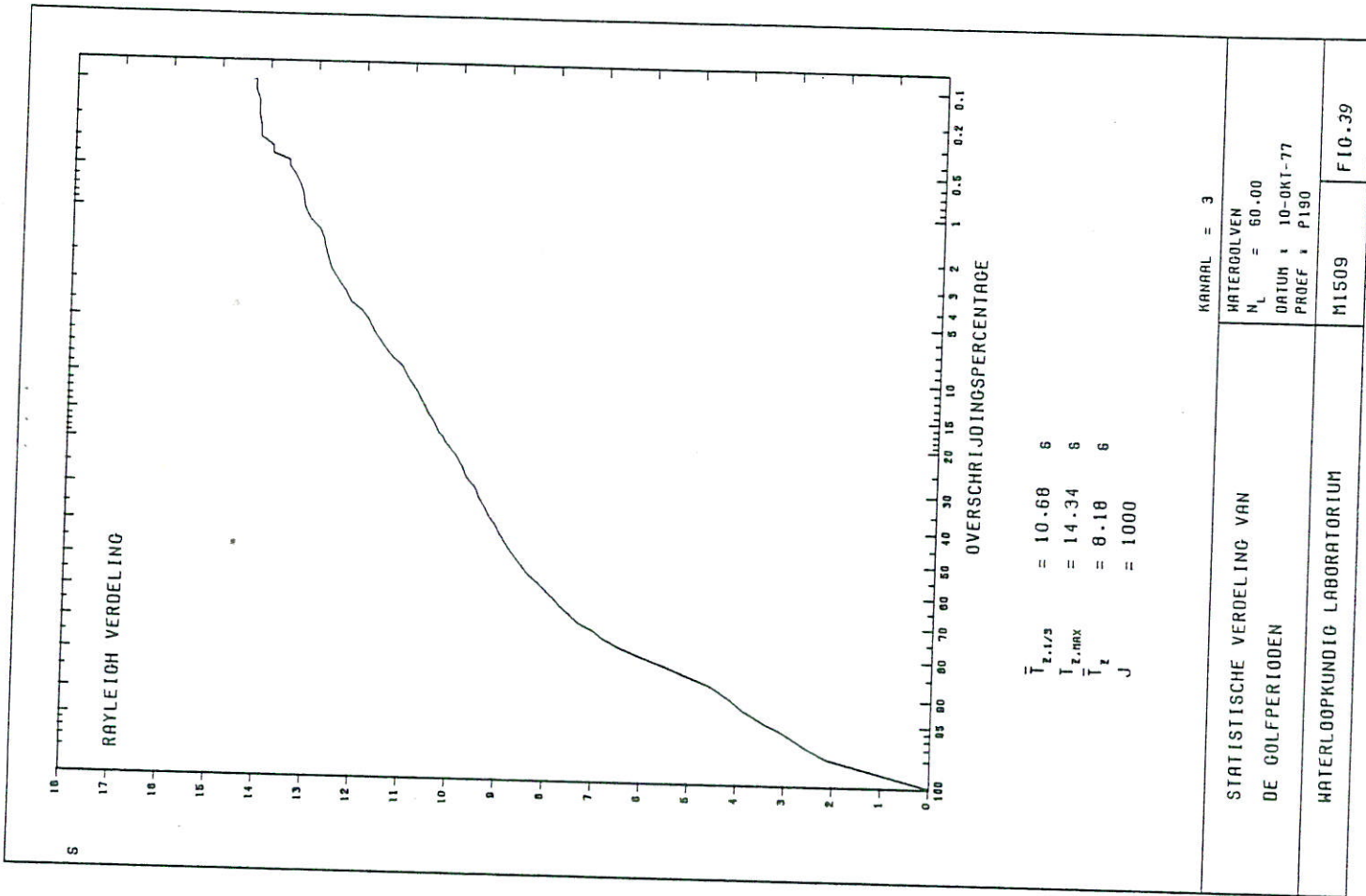
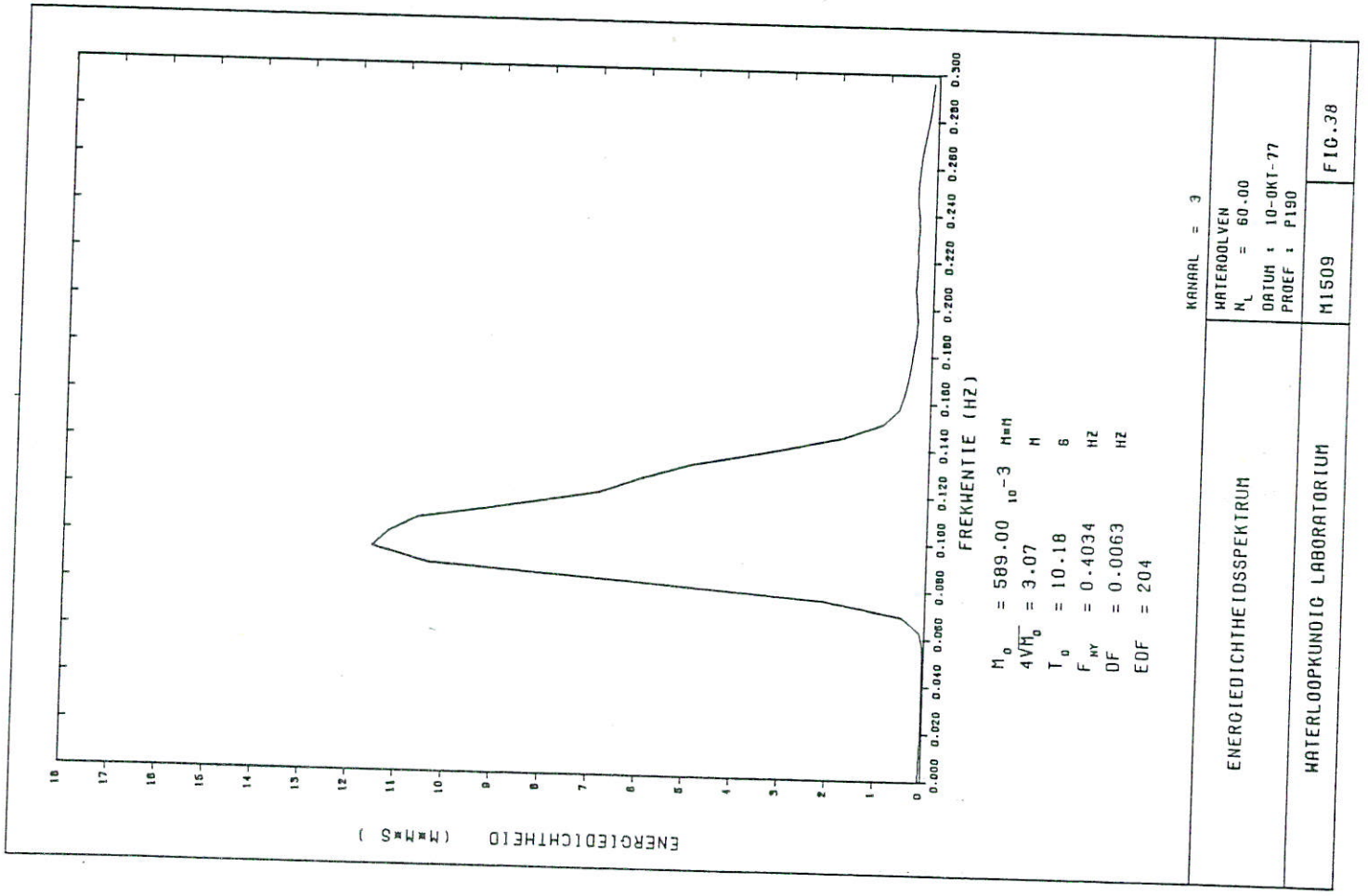
STATISTISCHE VERDELING VAN GOLFHOOGTEN	M1509	FIG.37
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M1509	FIG.37

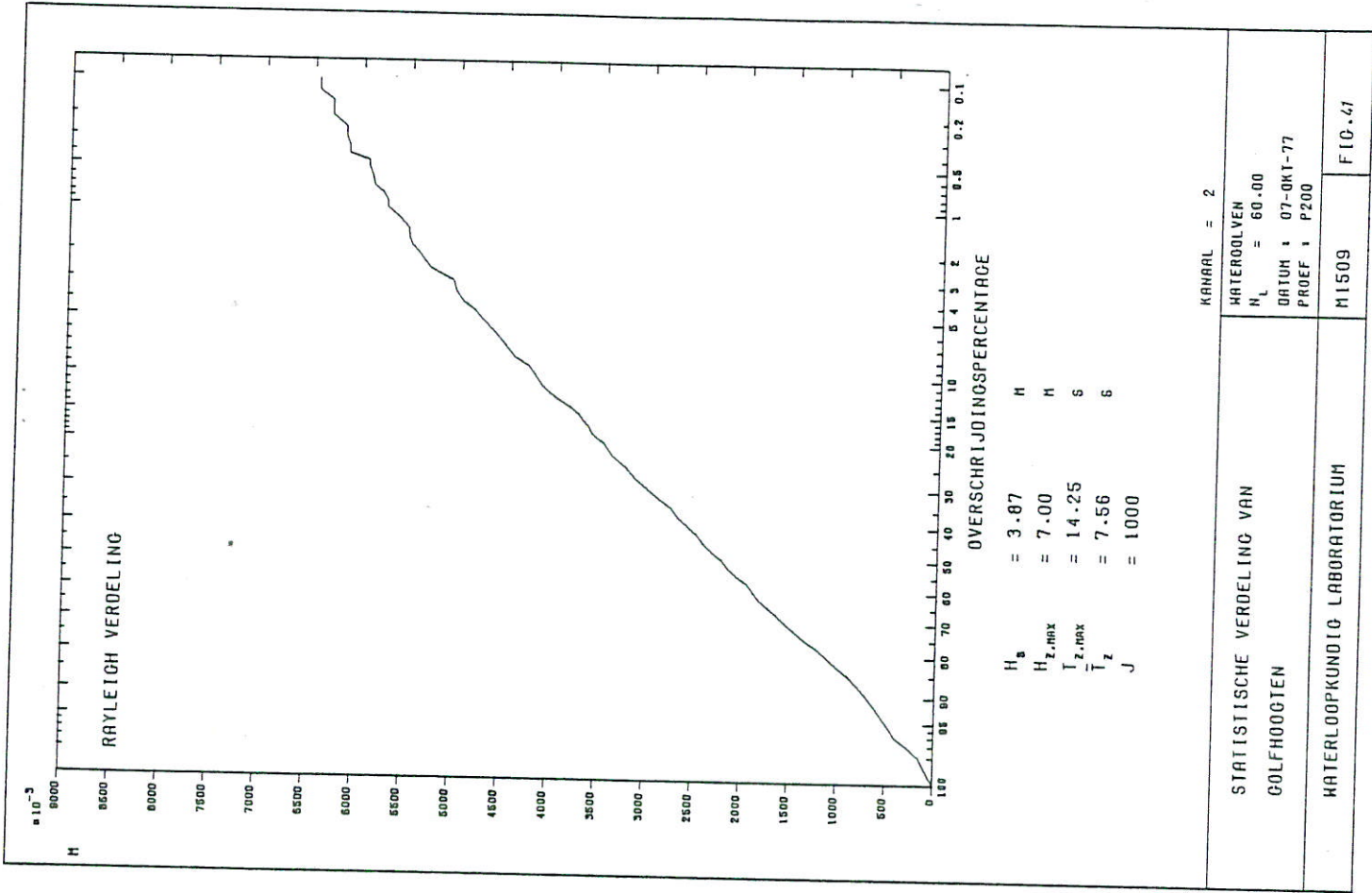
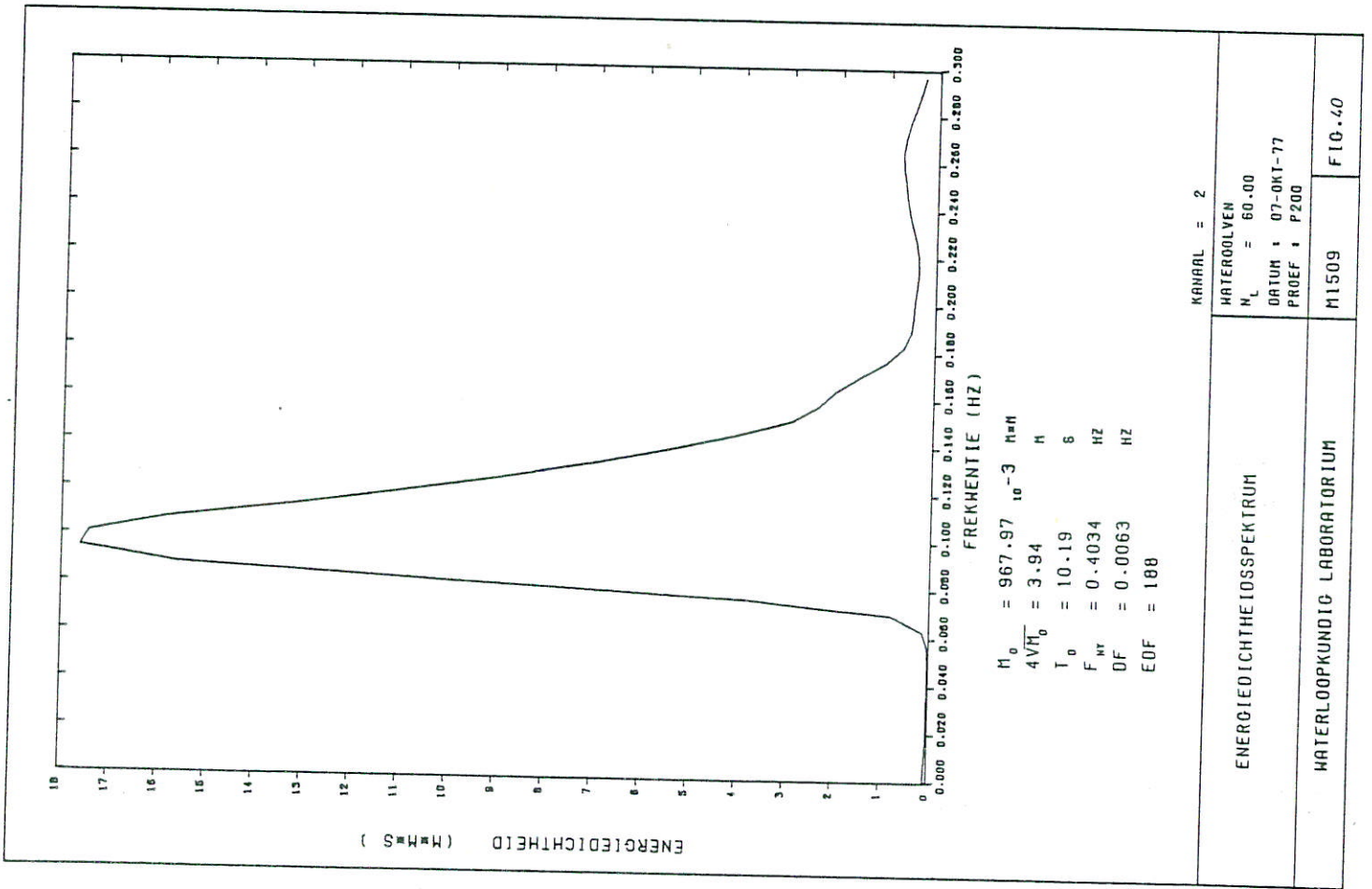
ENERGIEDICHTHEIDSSPEKTRUM	M1509	FIG.30
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M1509	FIG.30

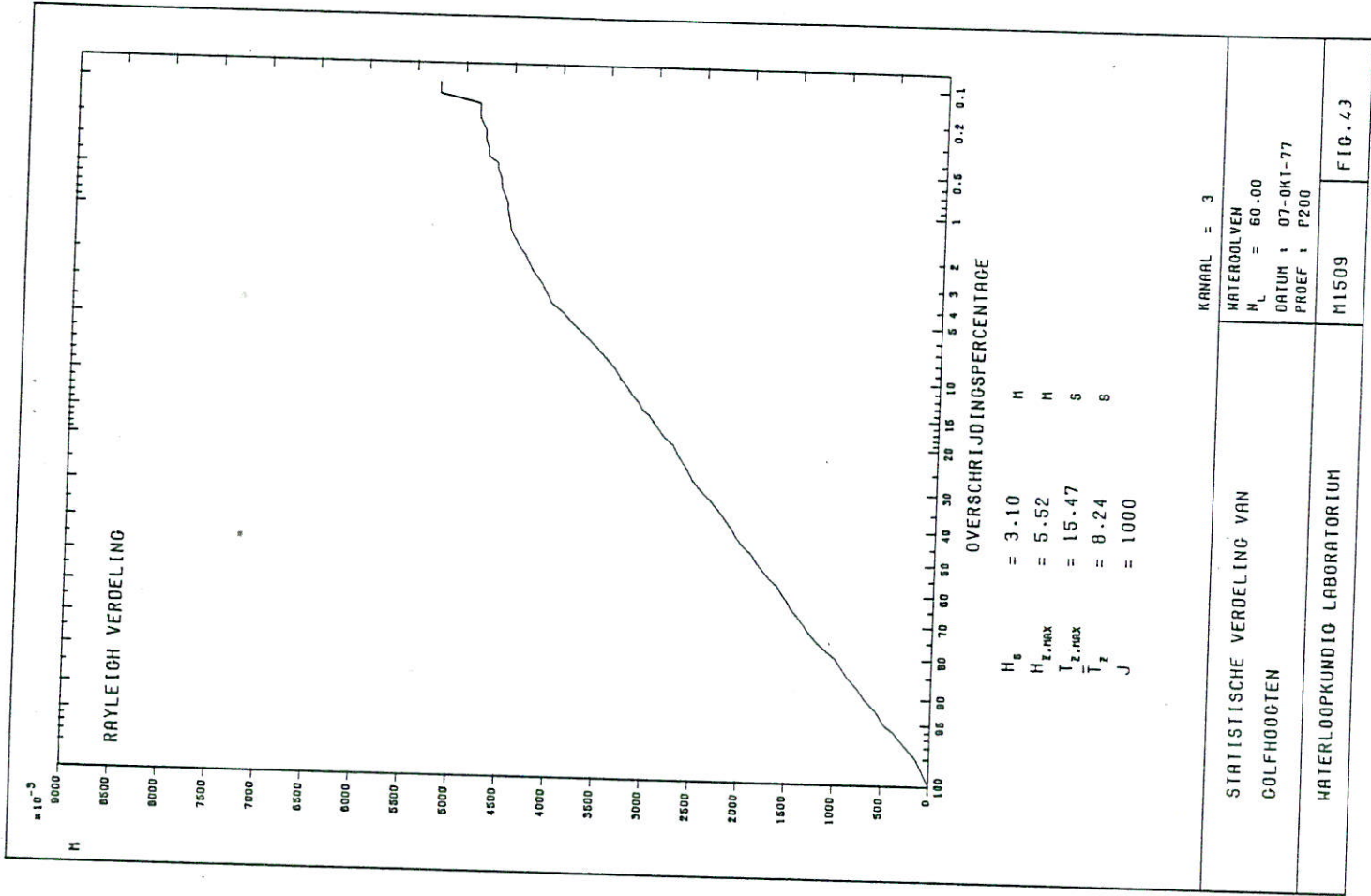
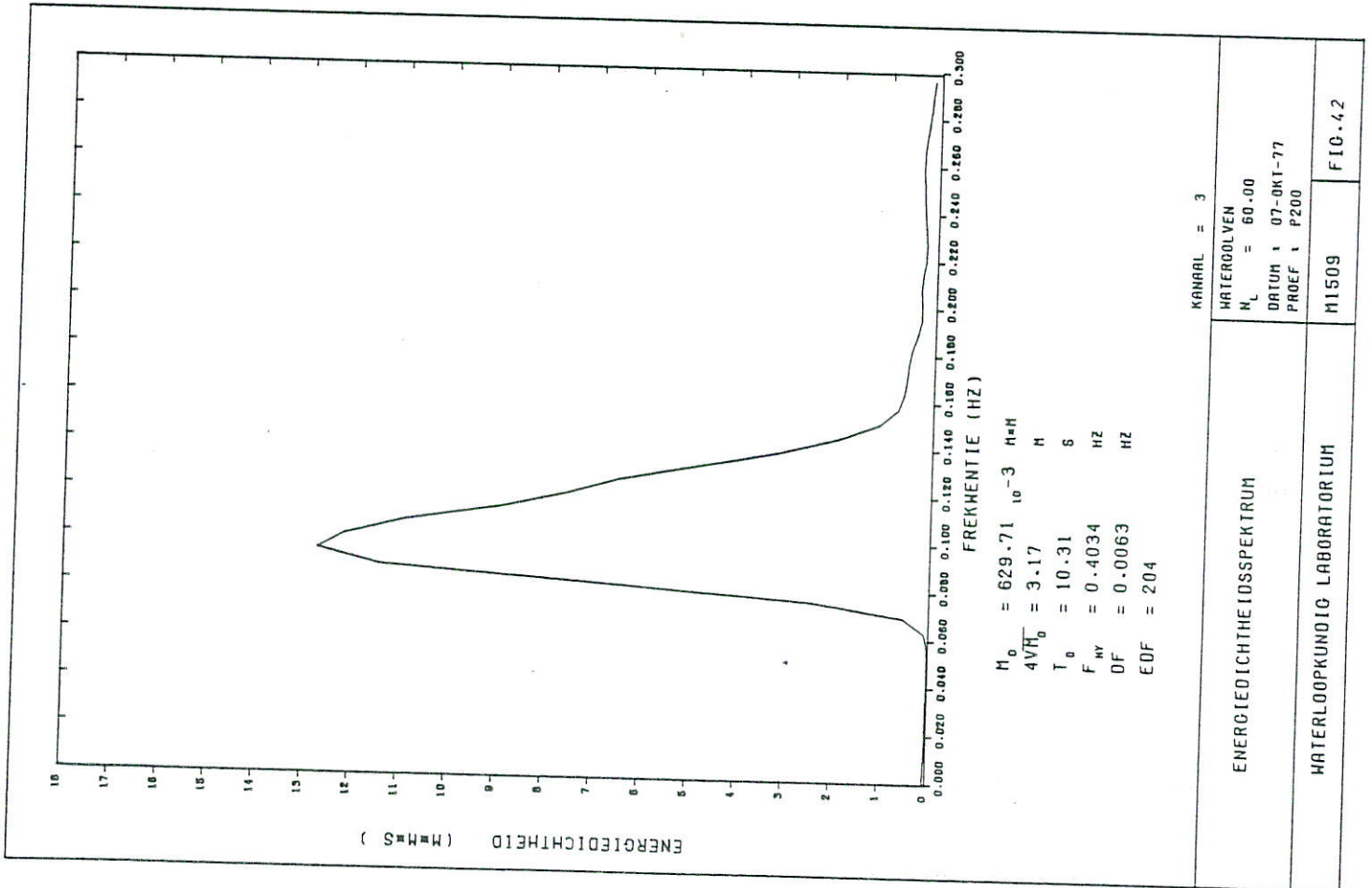


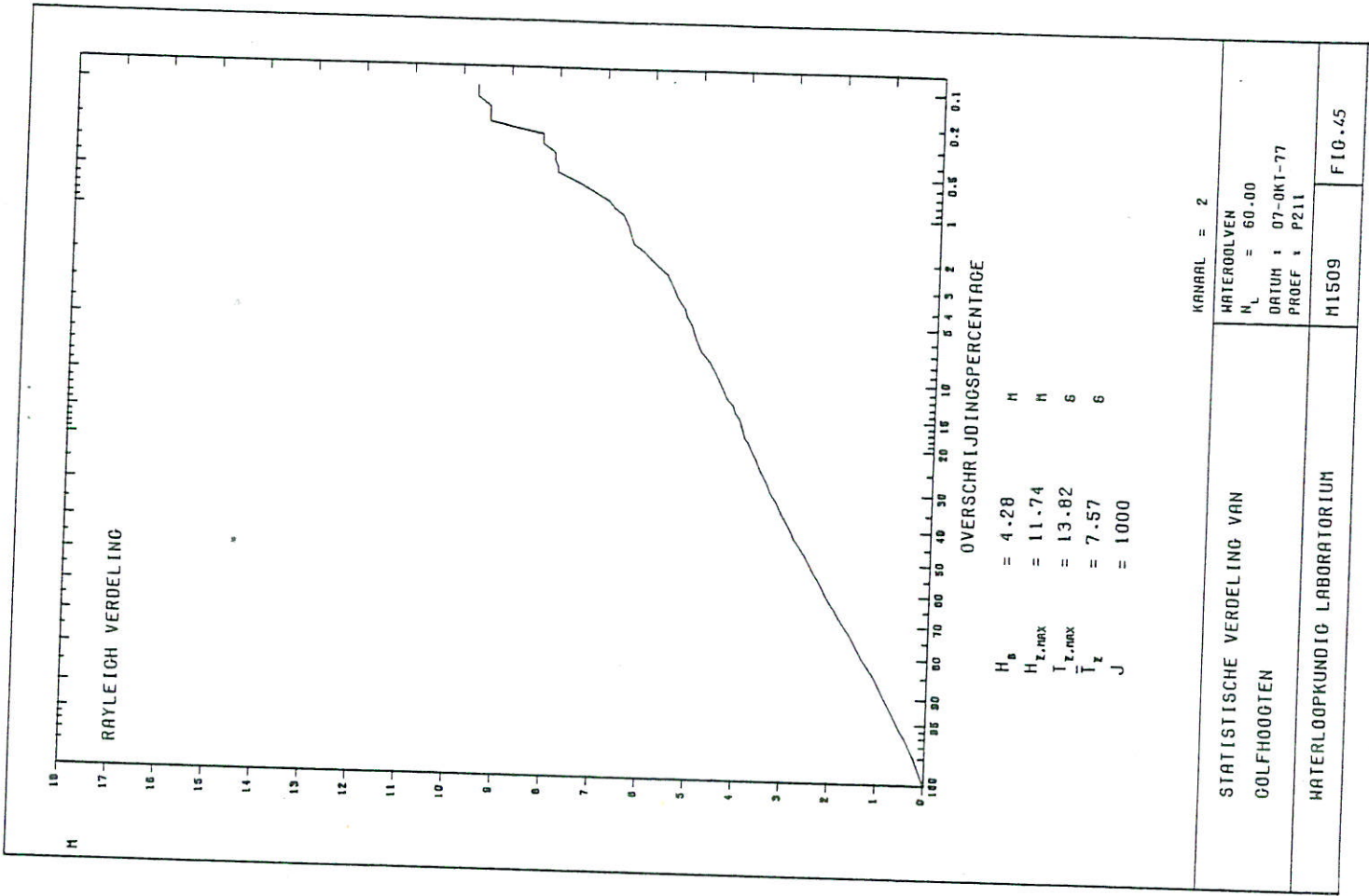
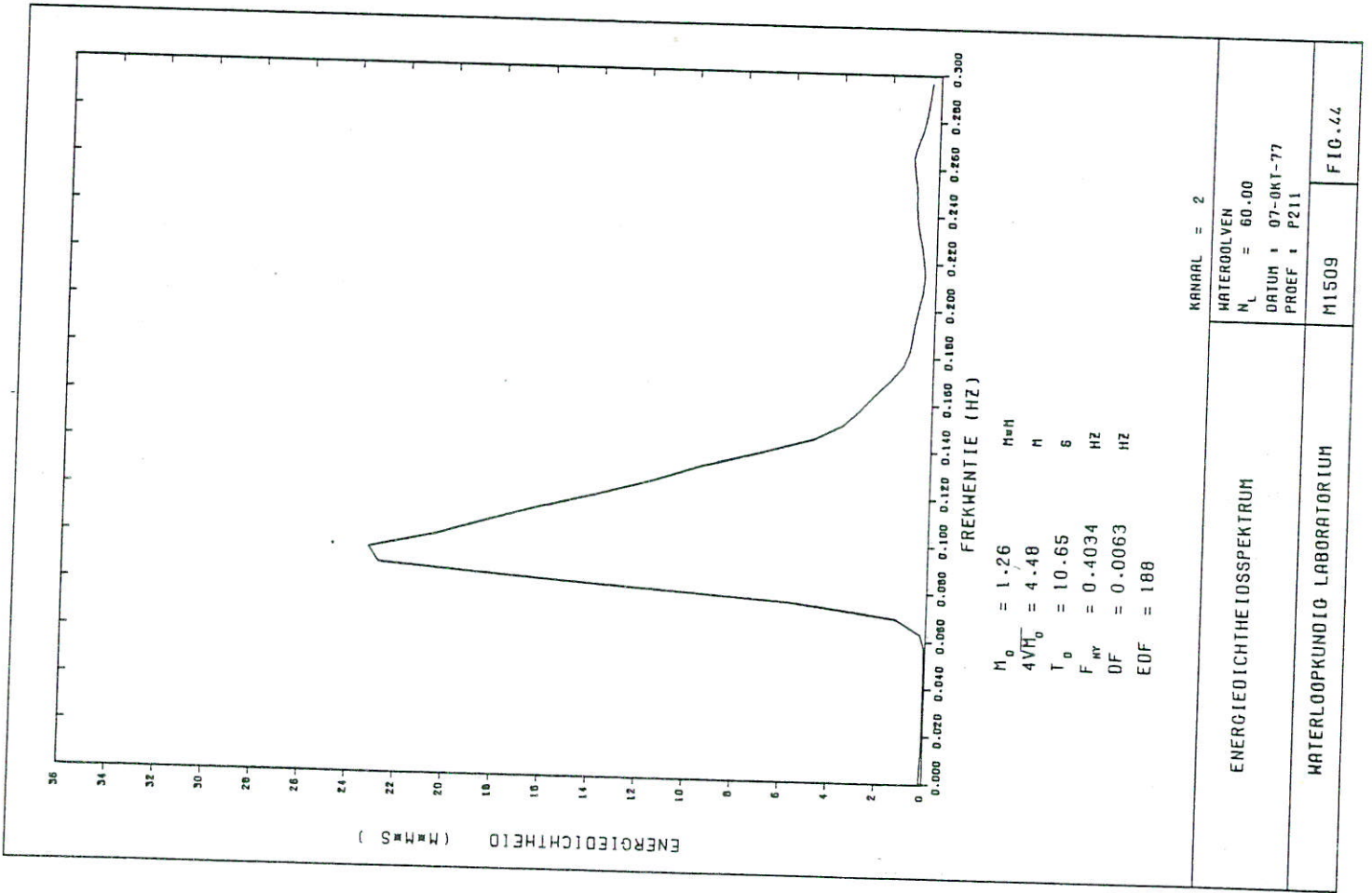


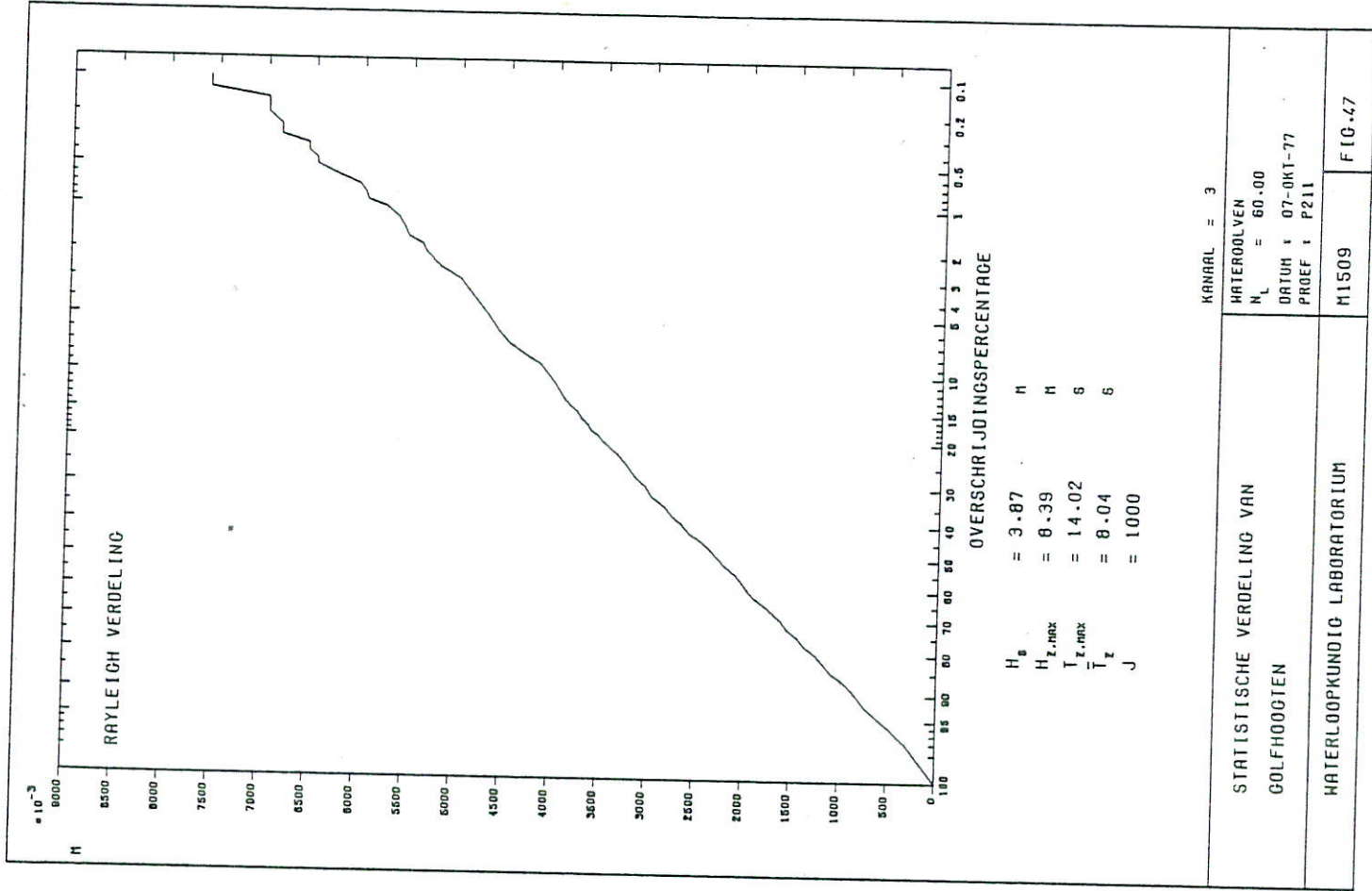
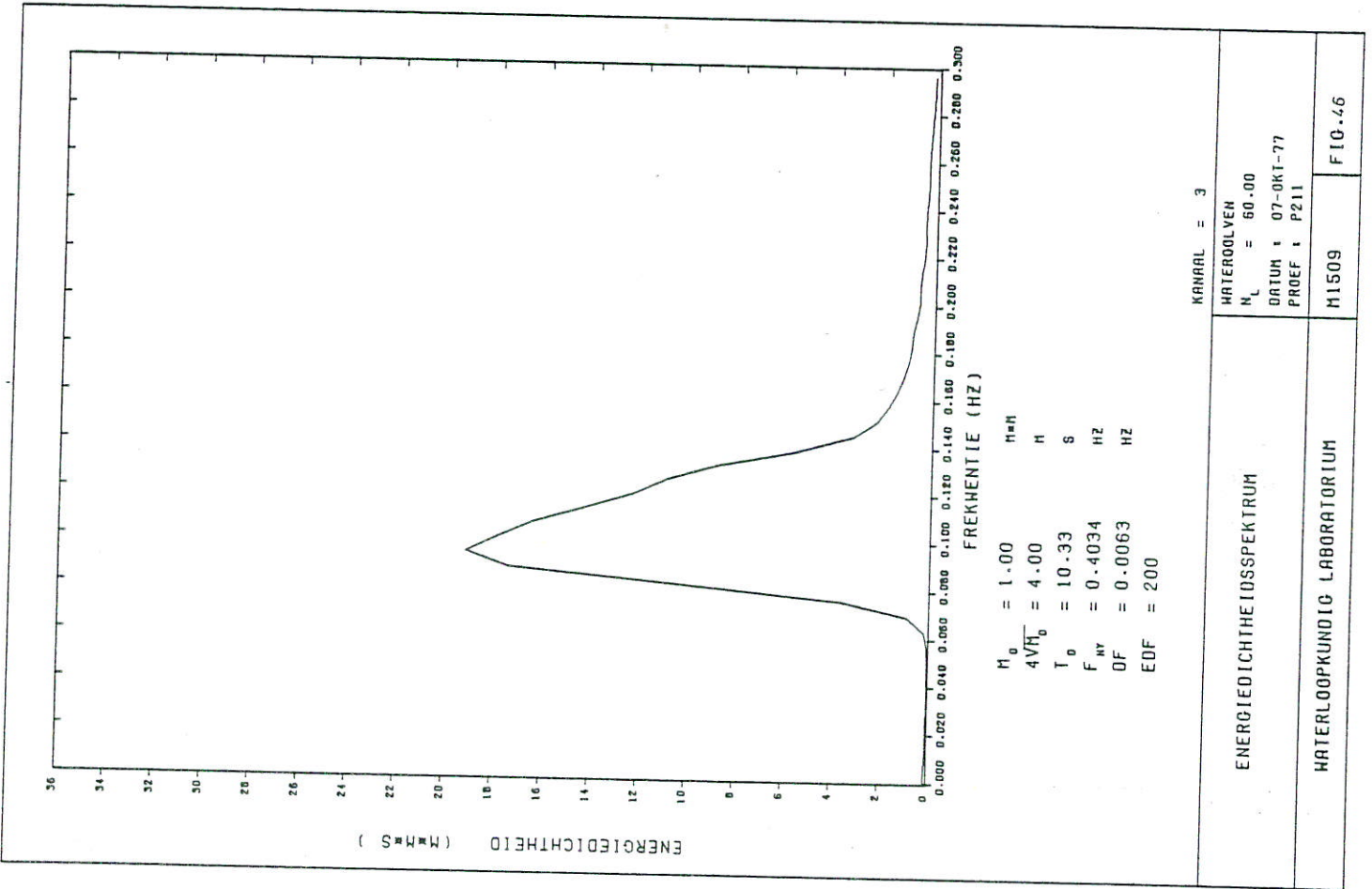


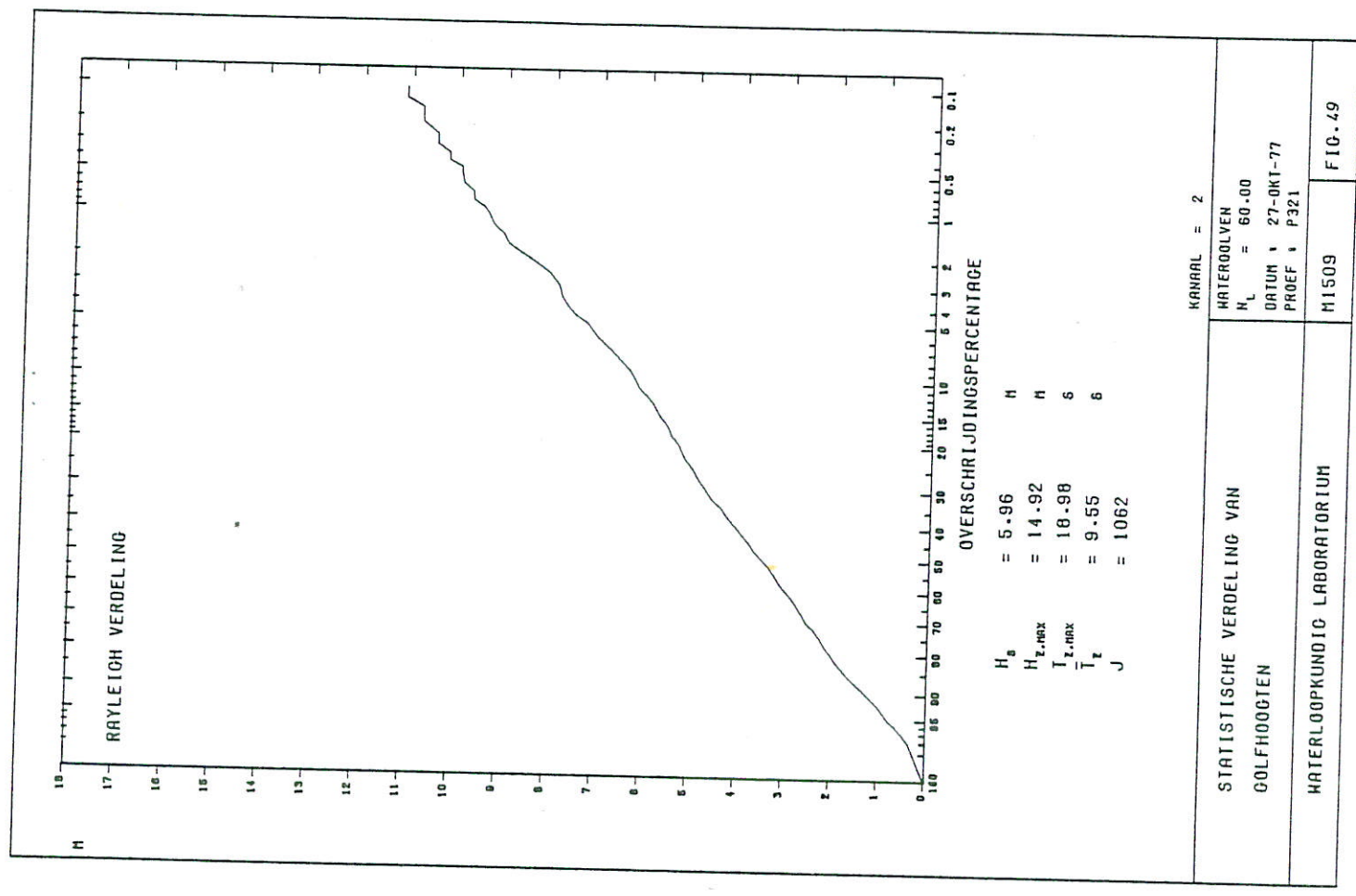
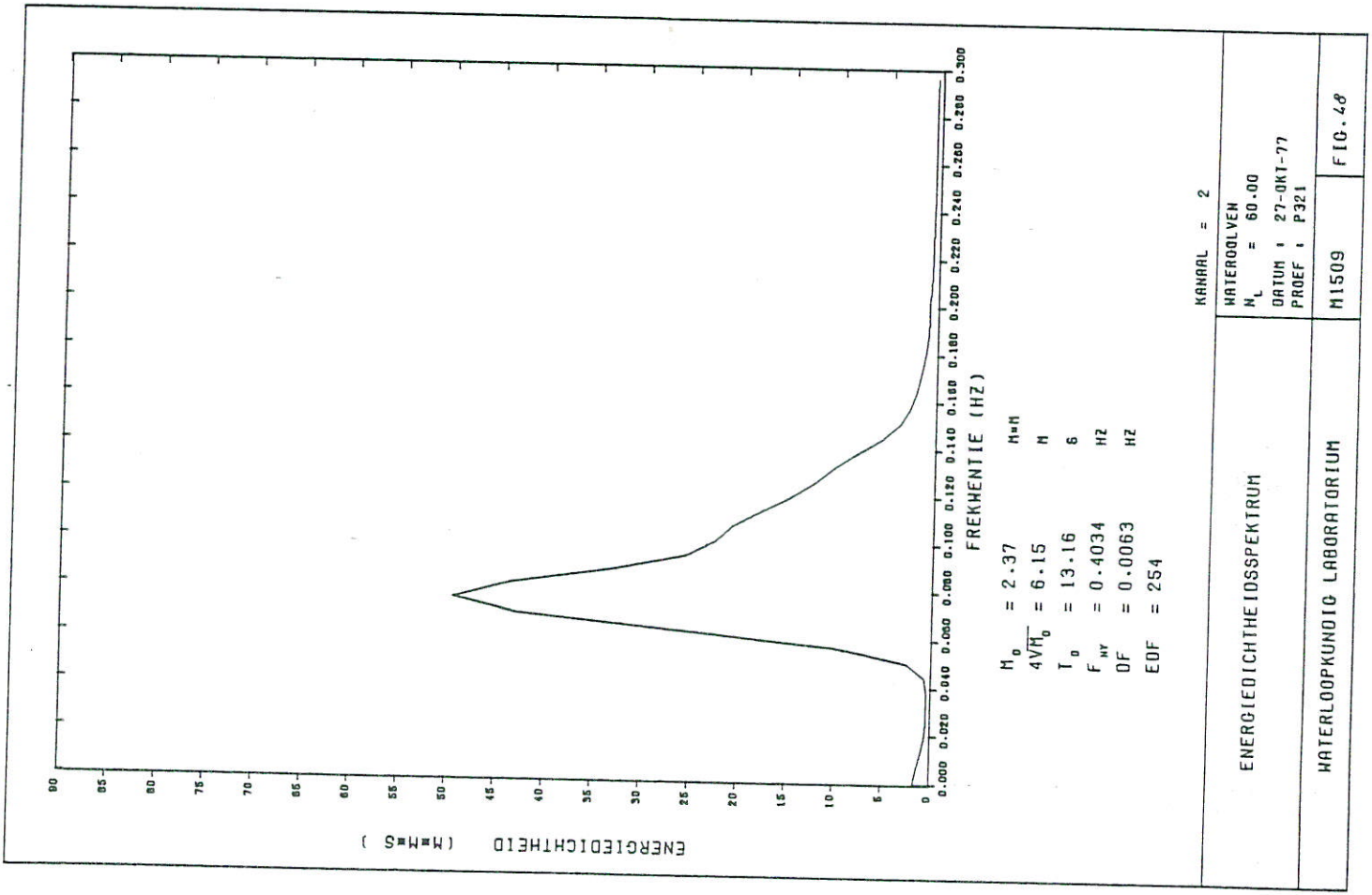


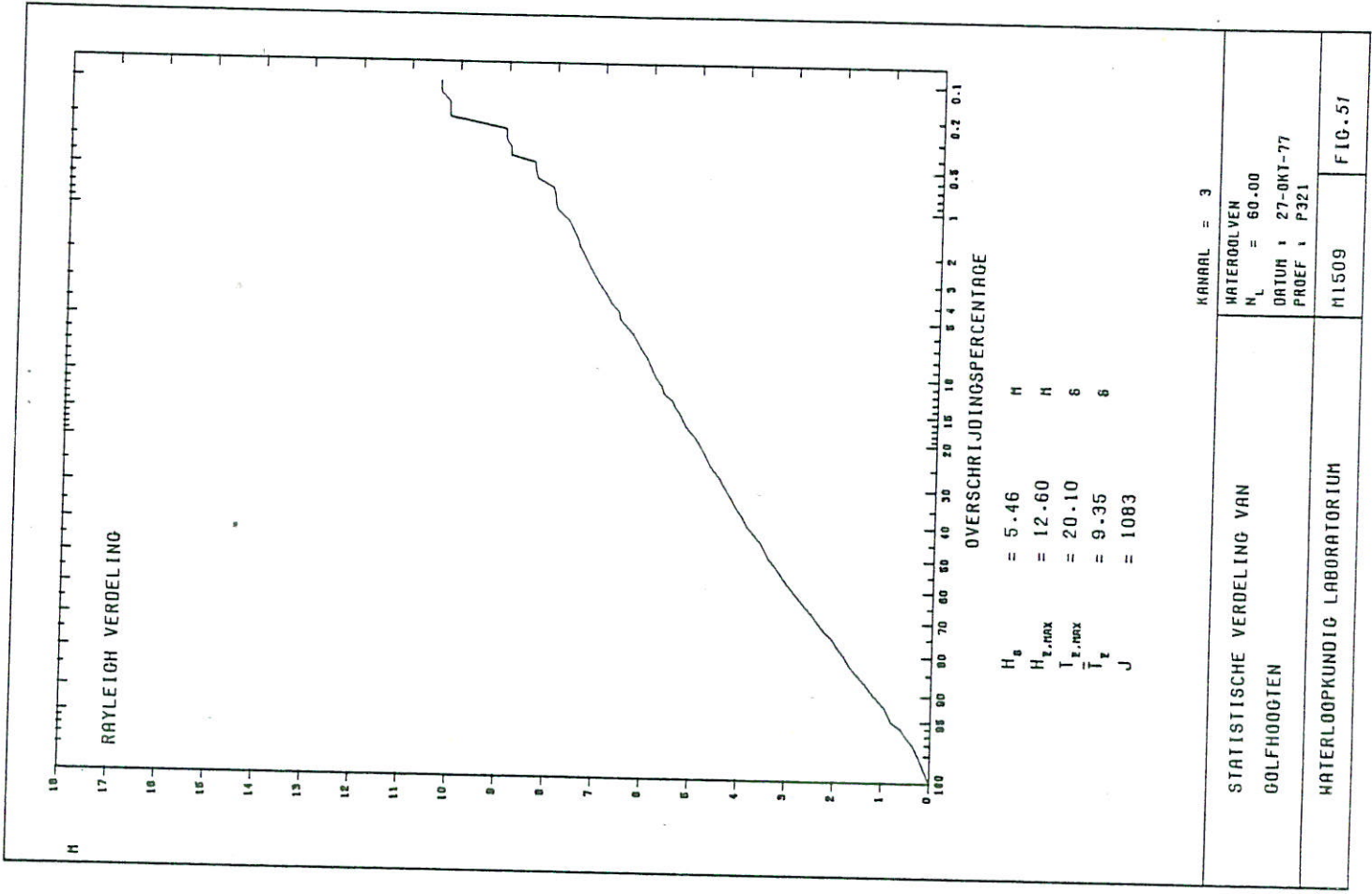
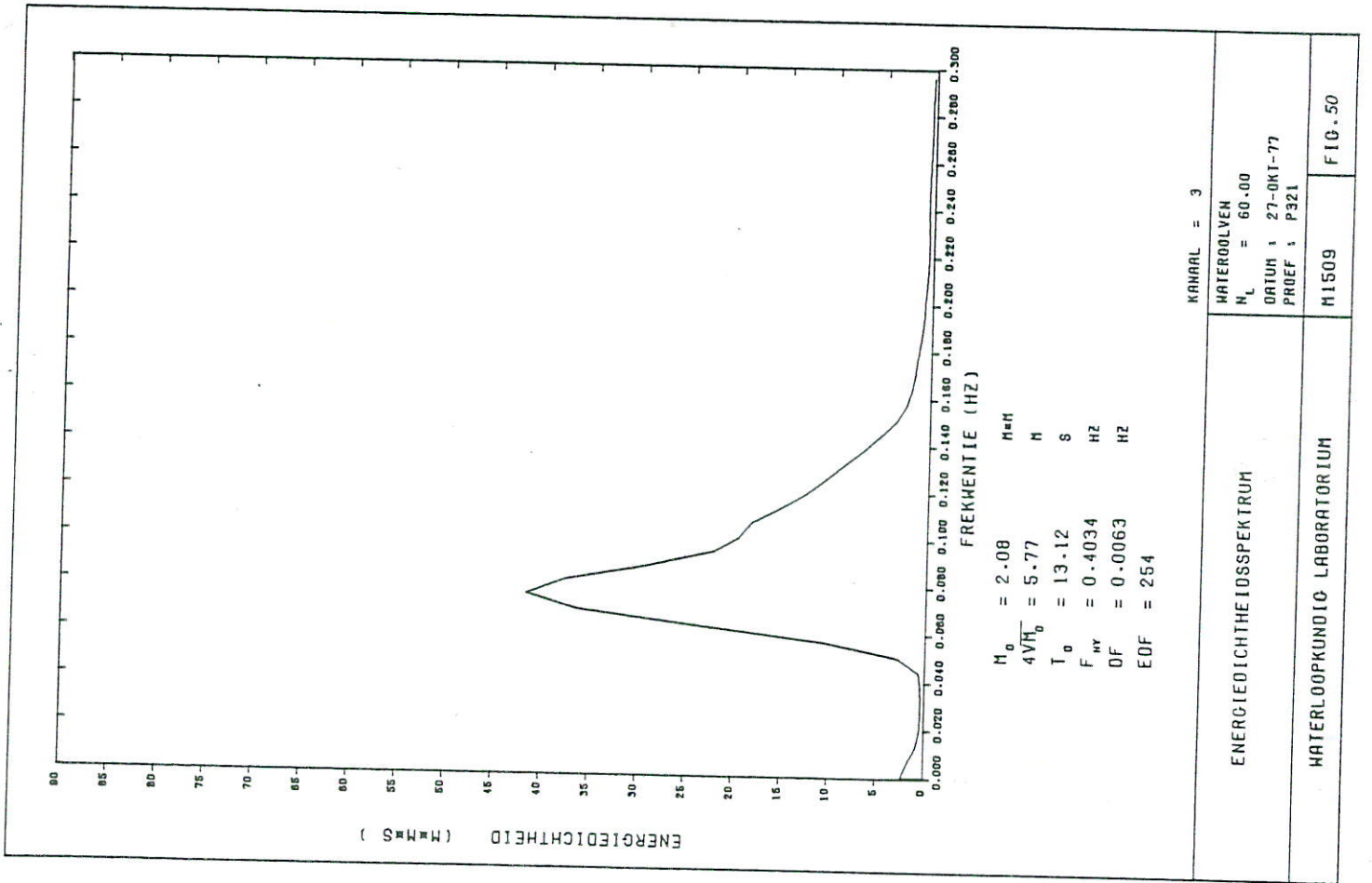


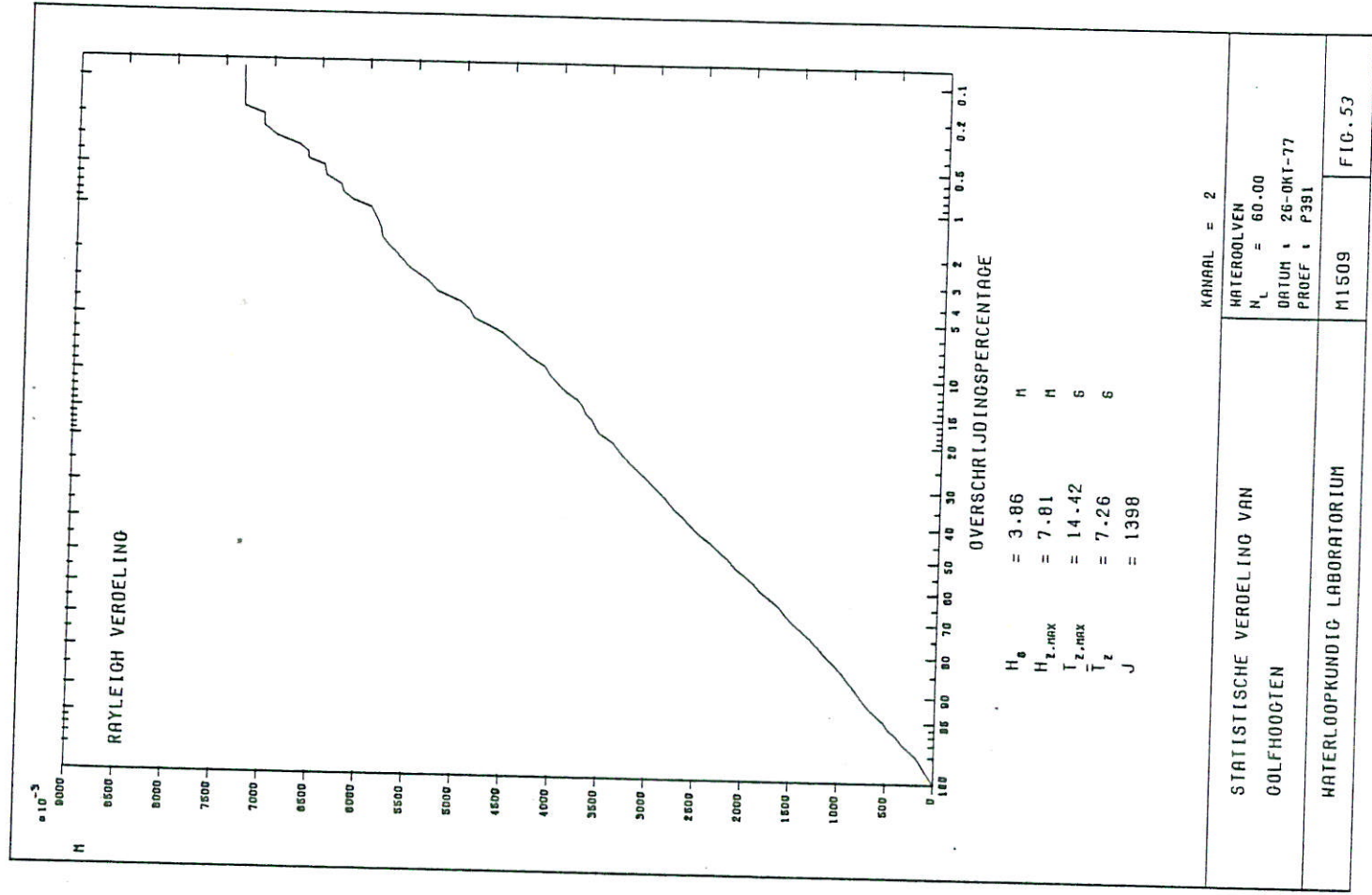
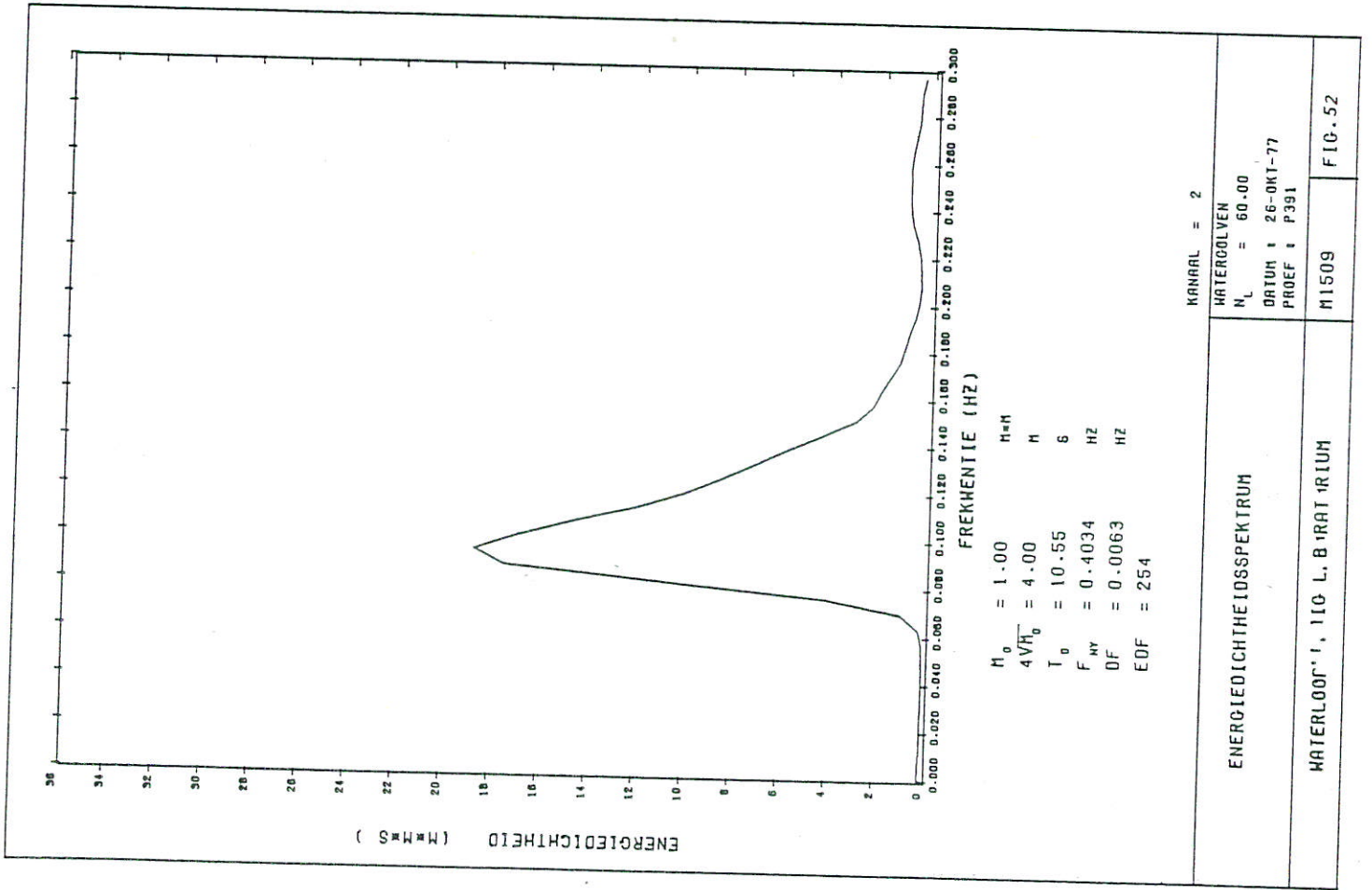


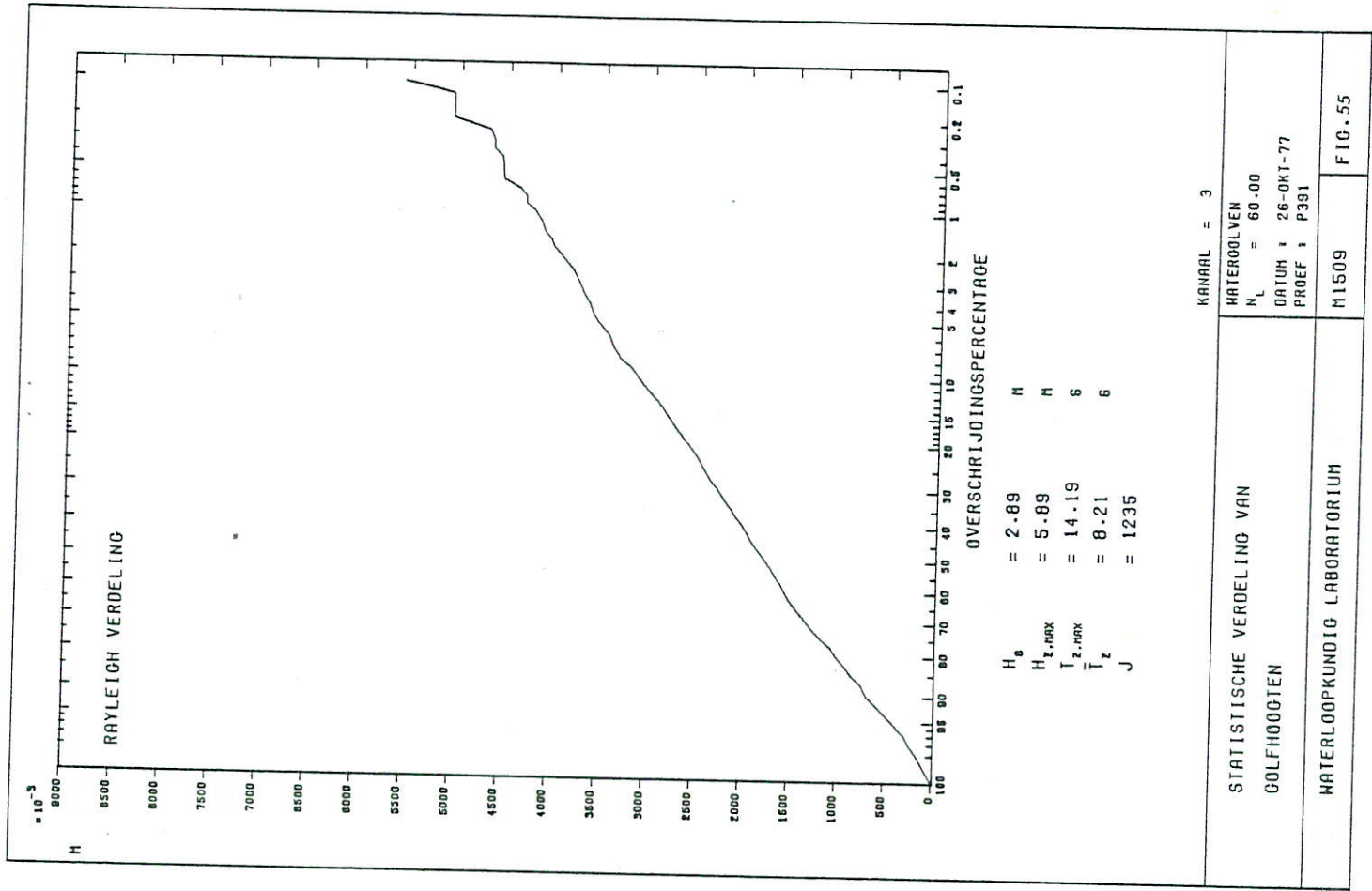
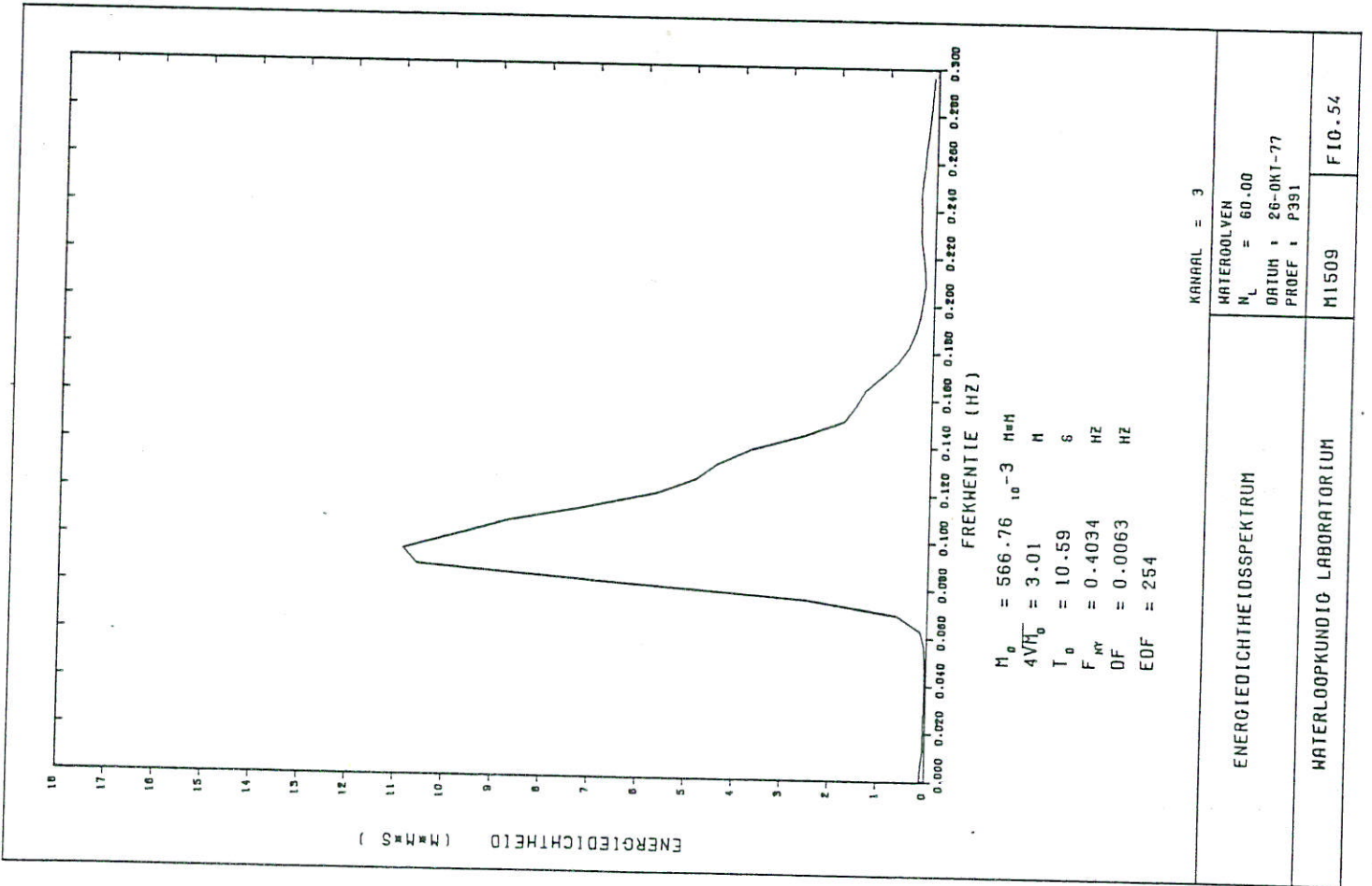


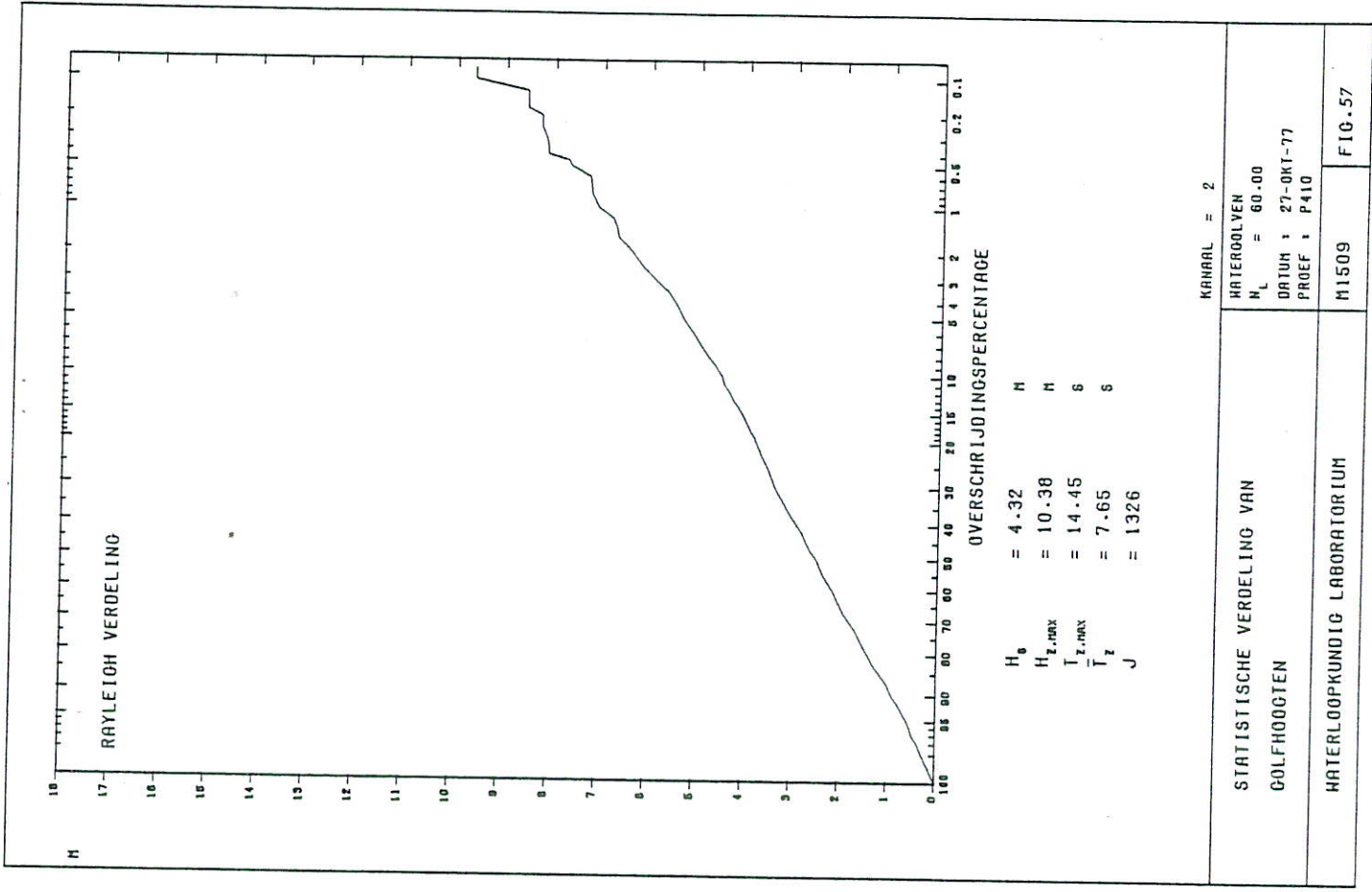
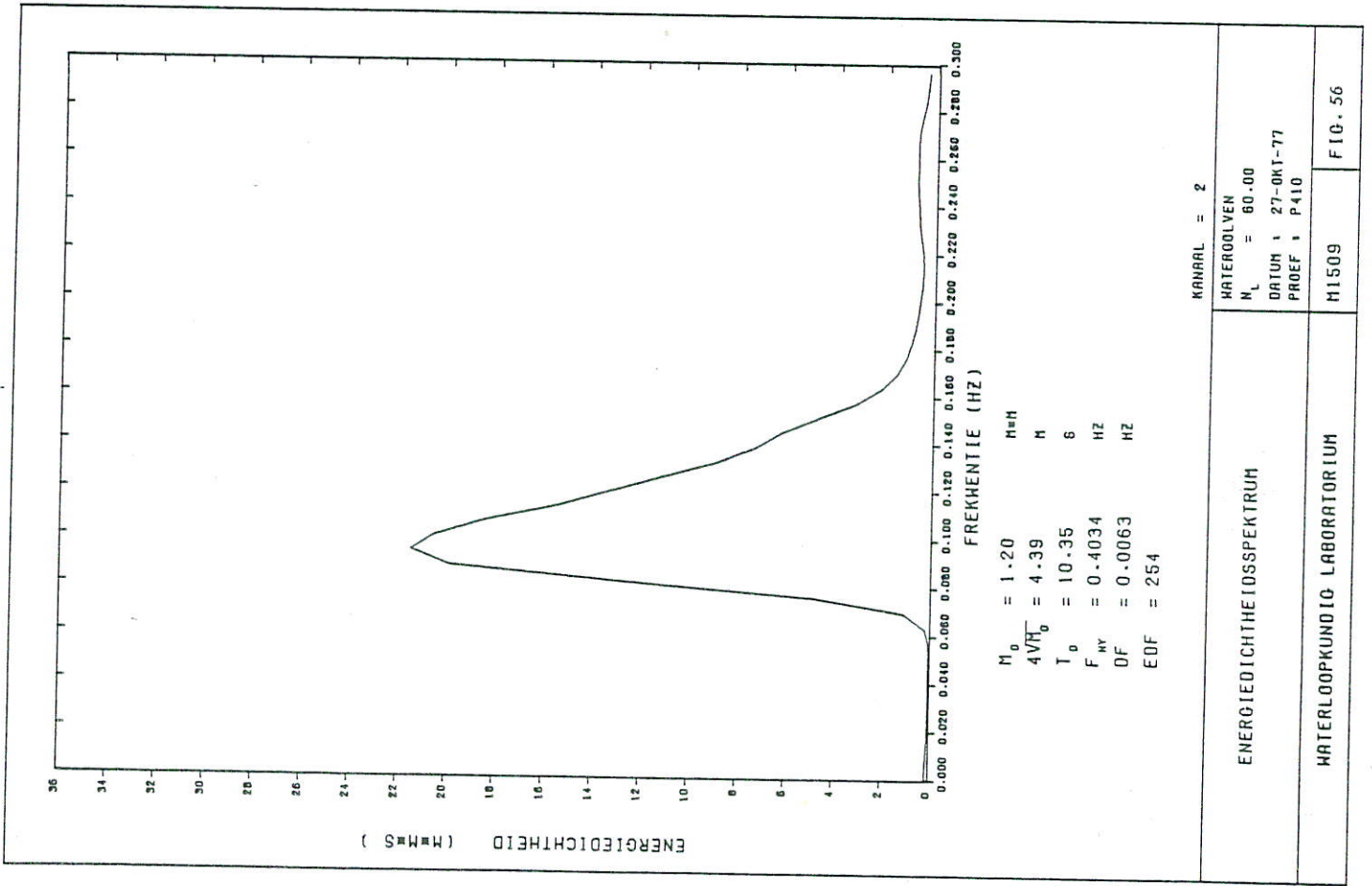


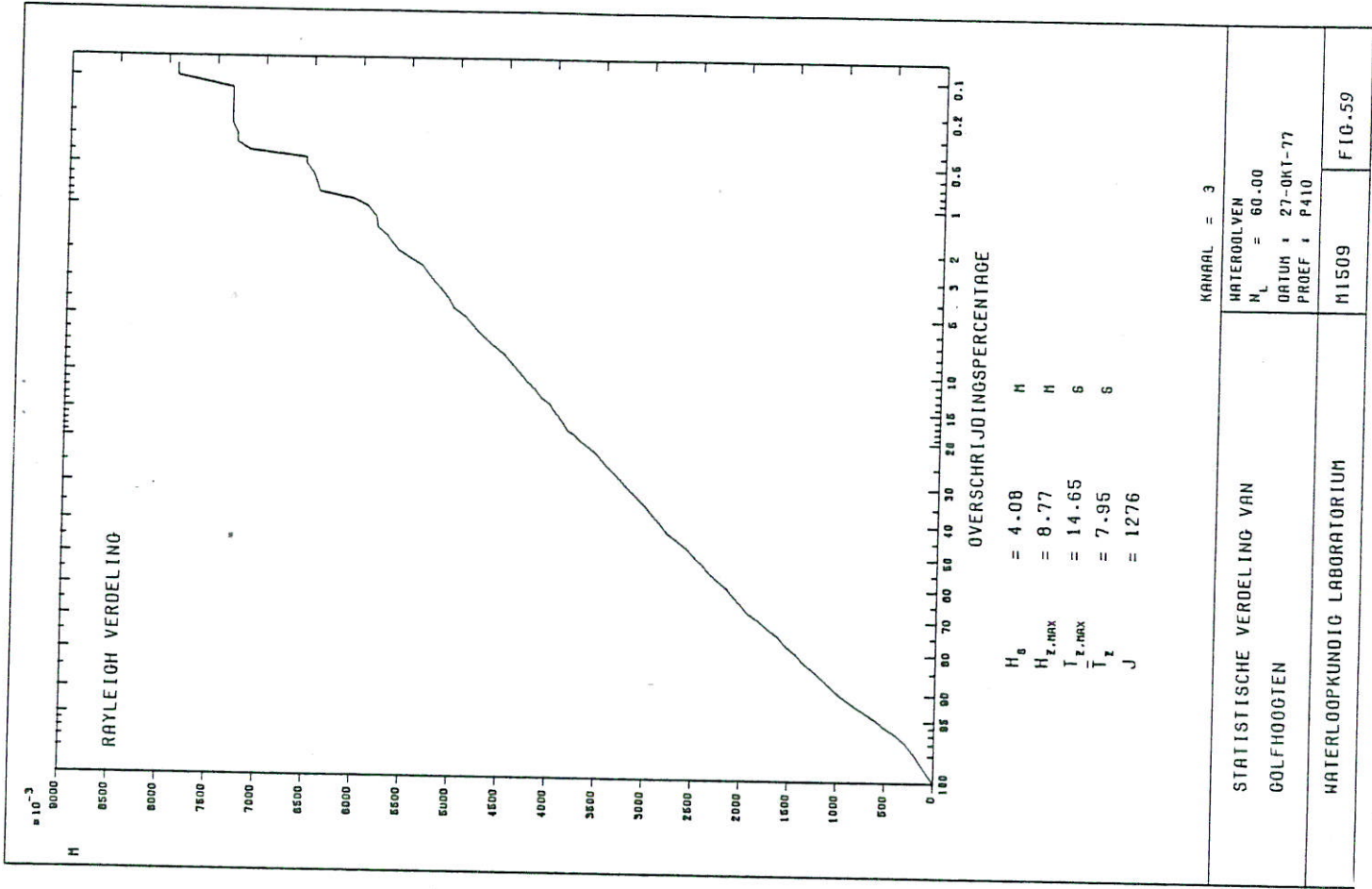
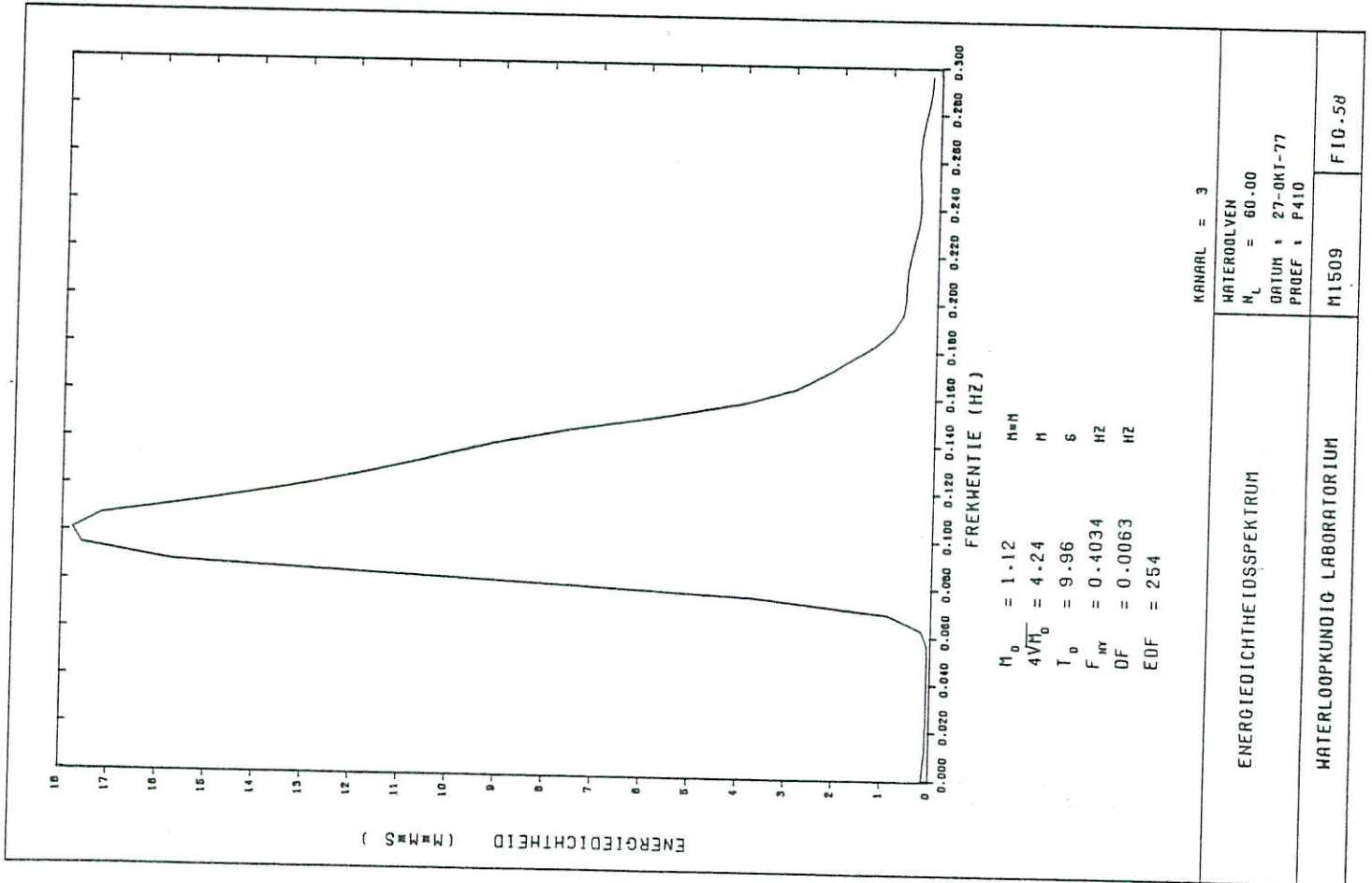


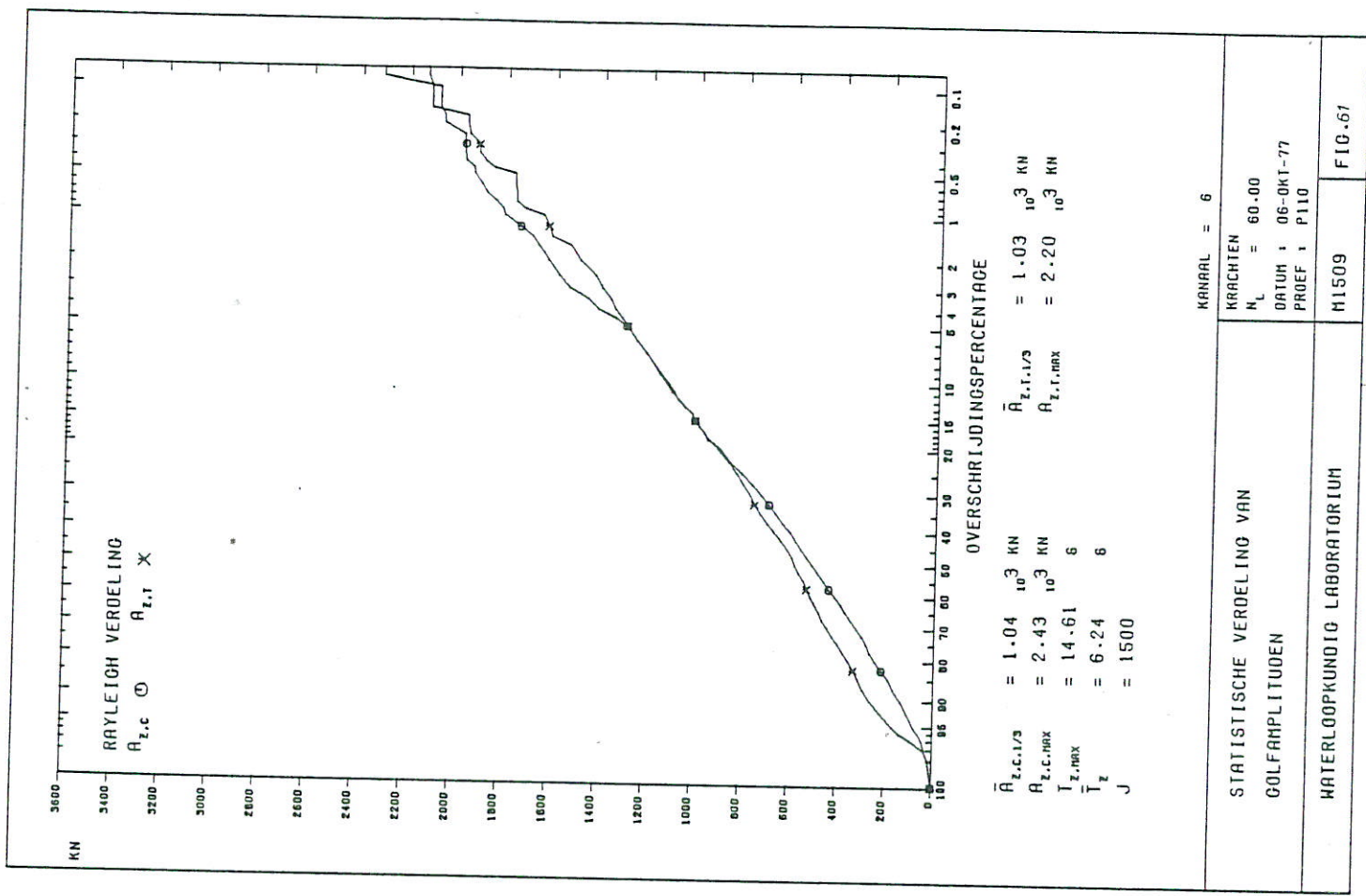
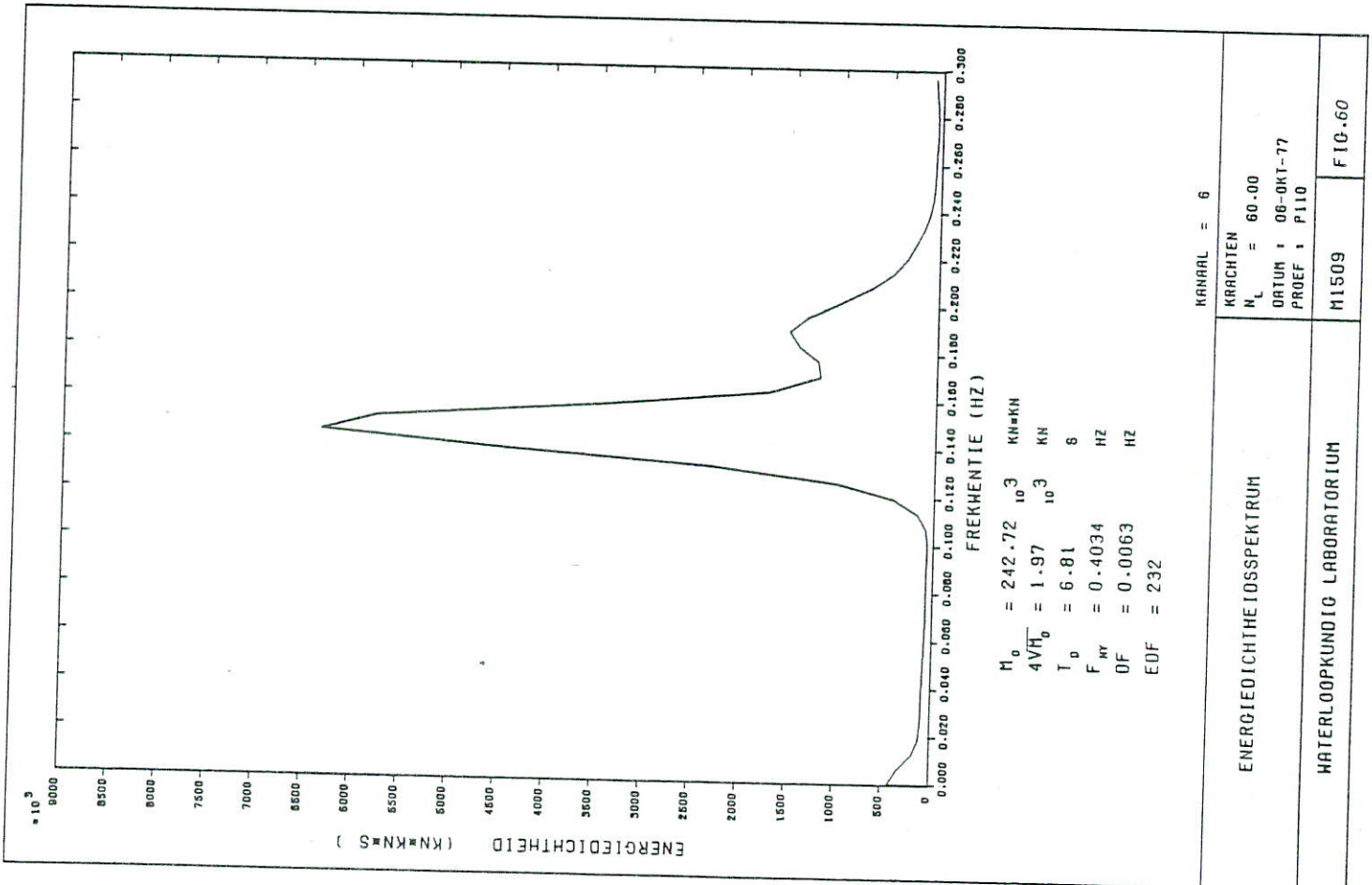


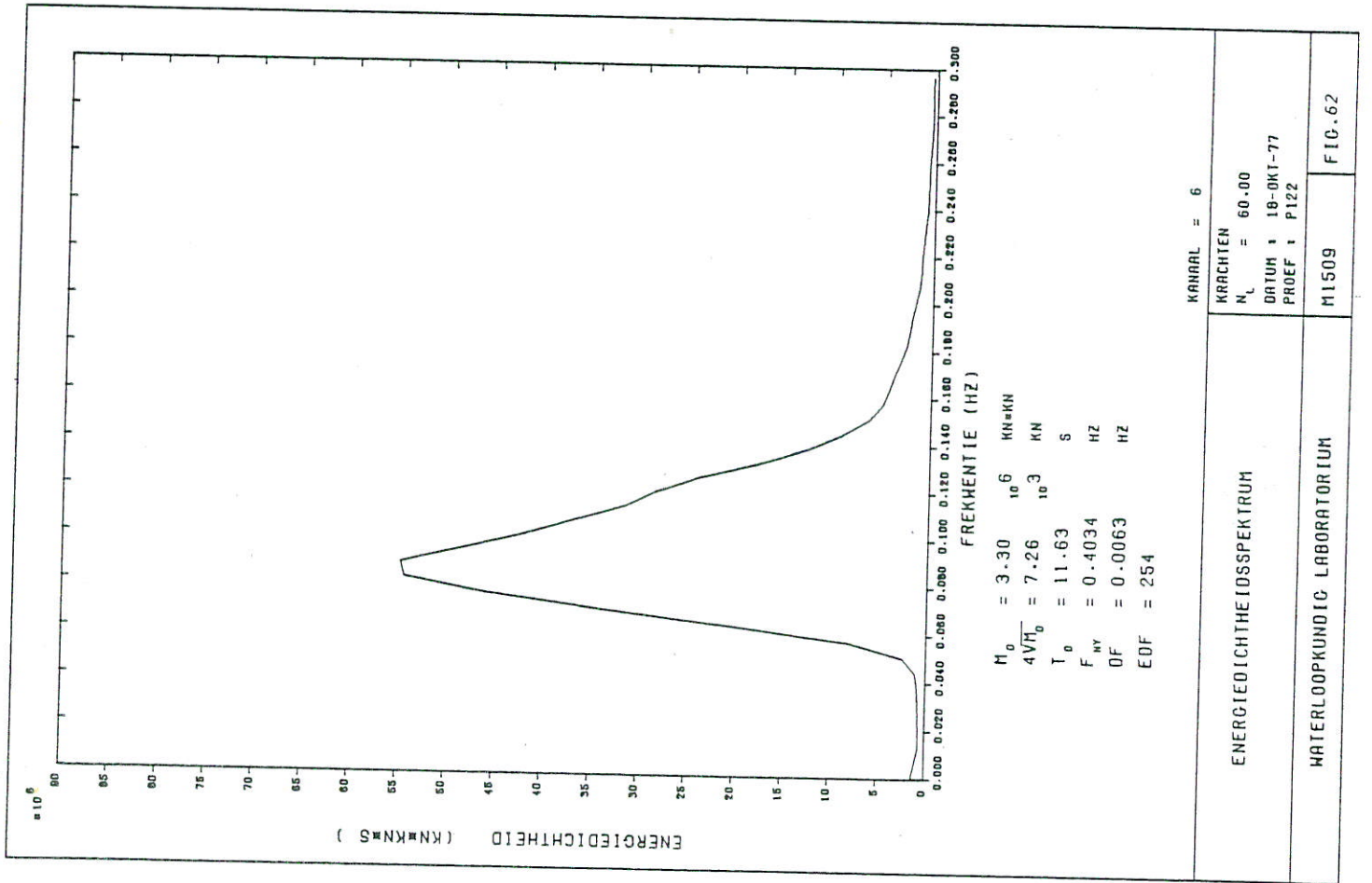




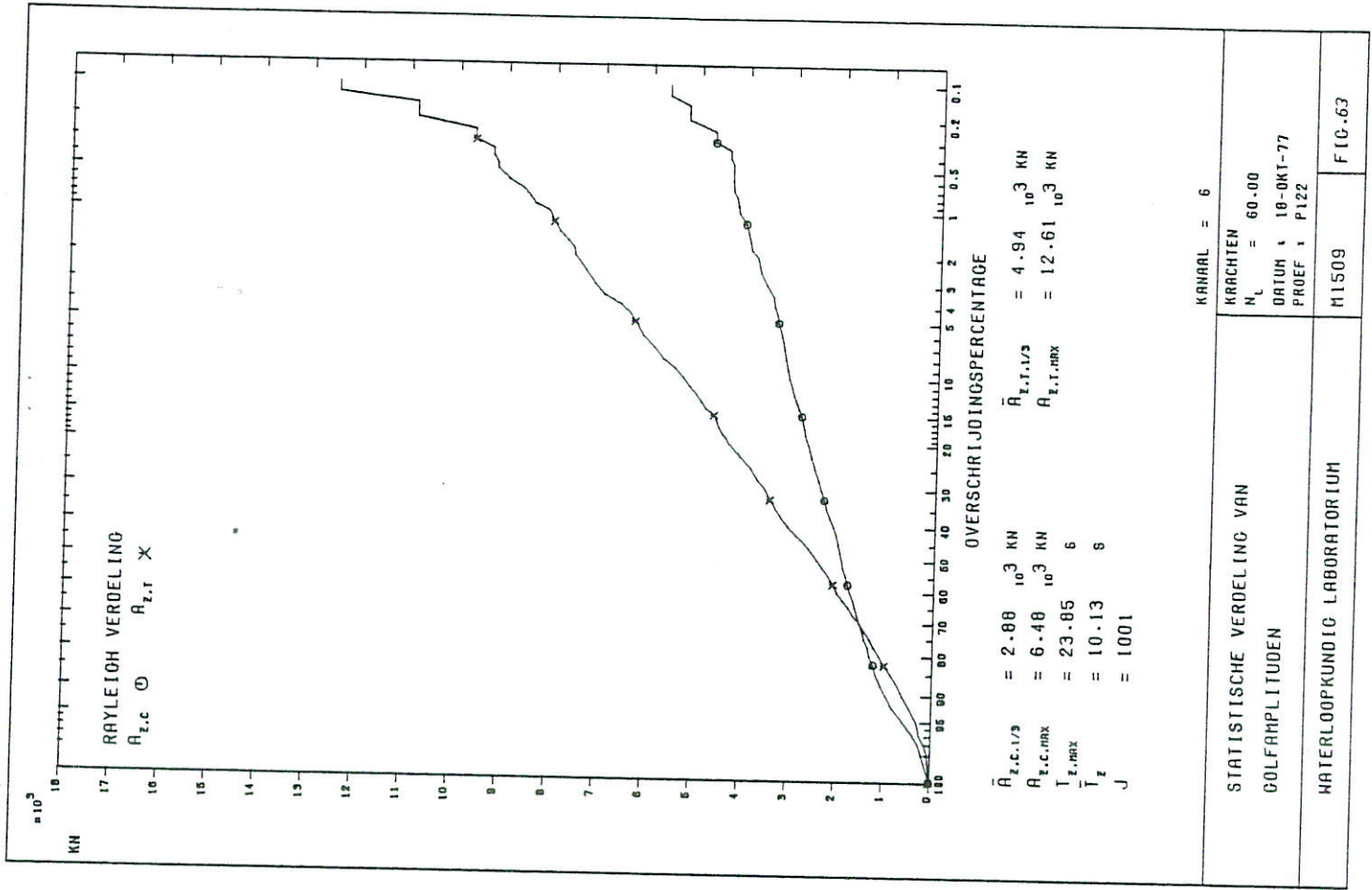


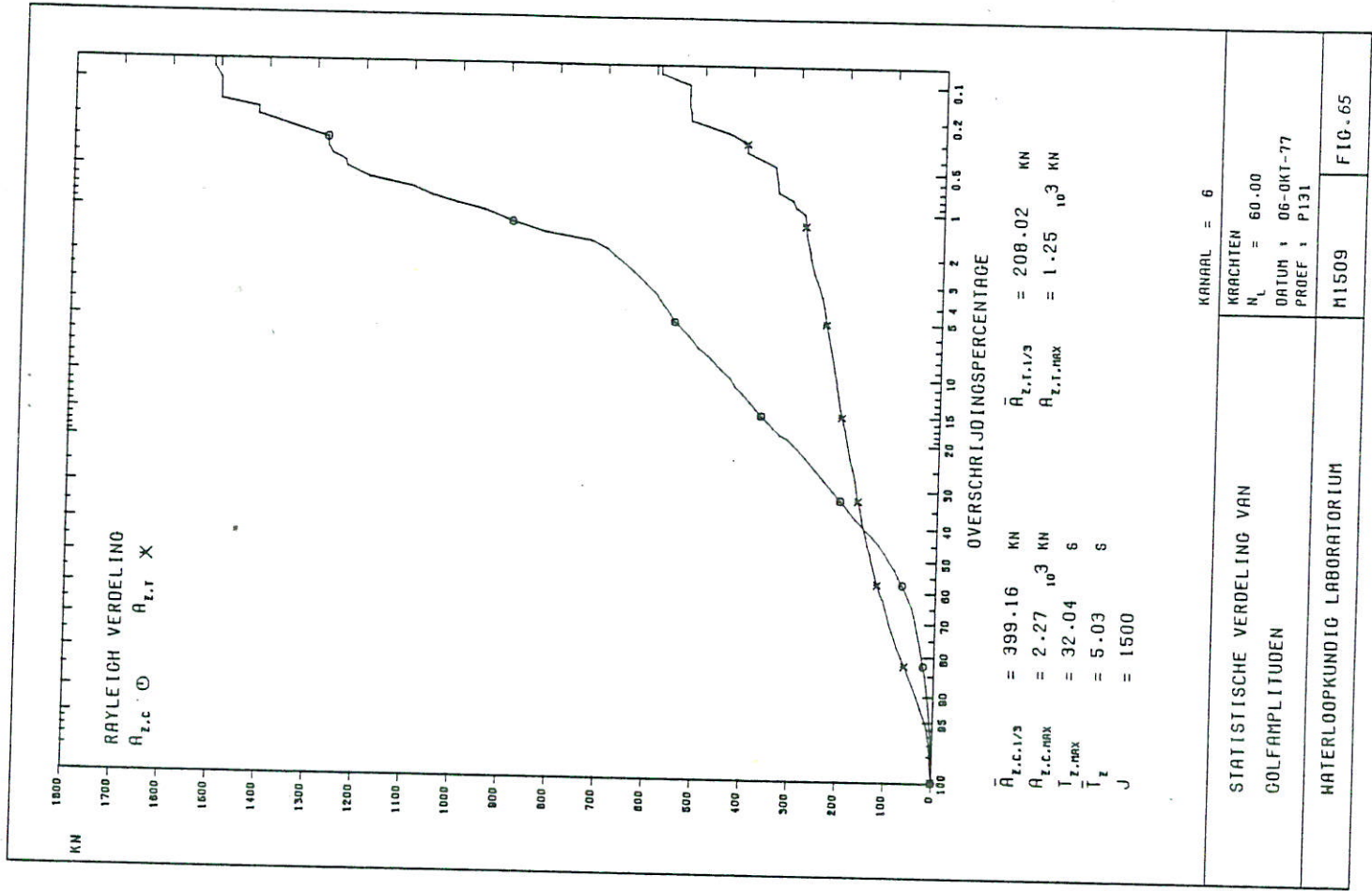
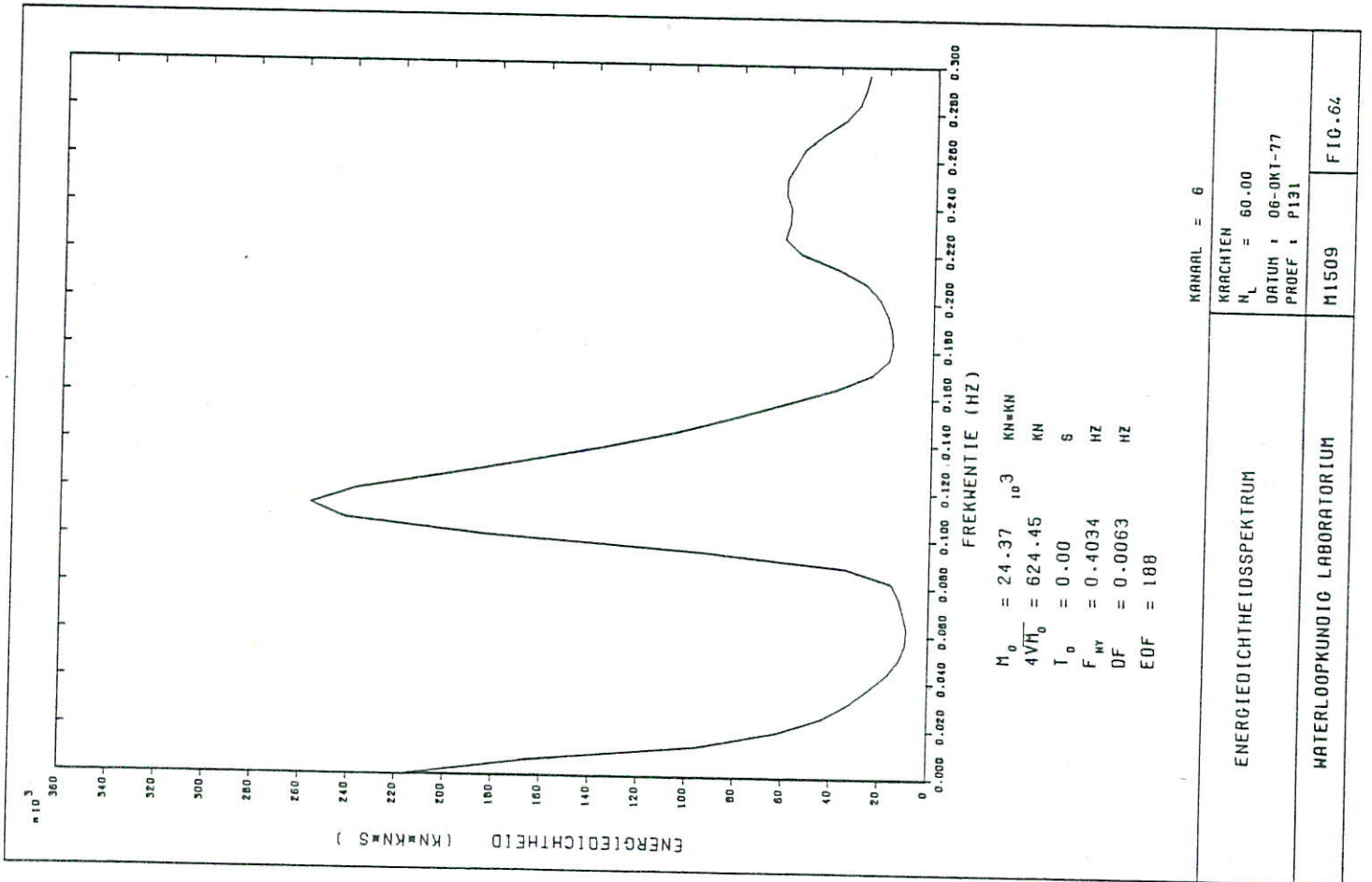


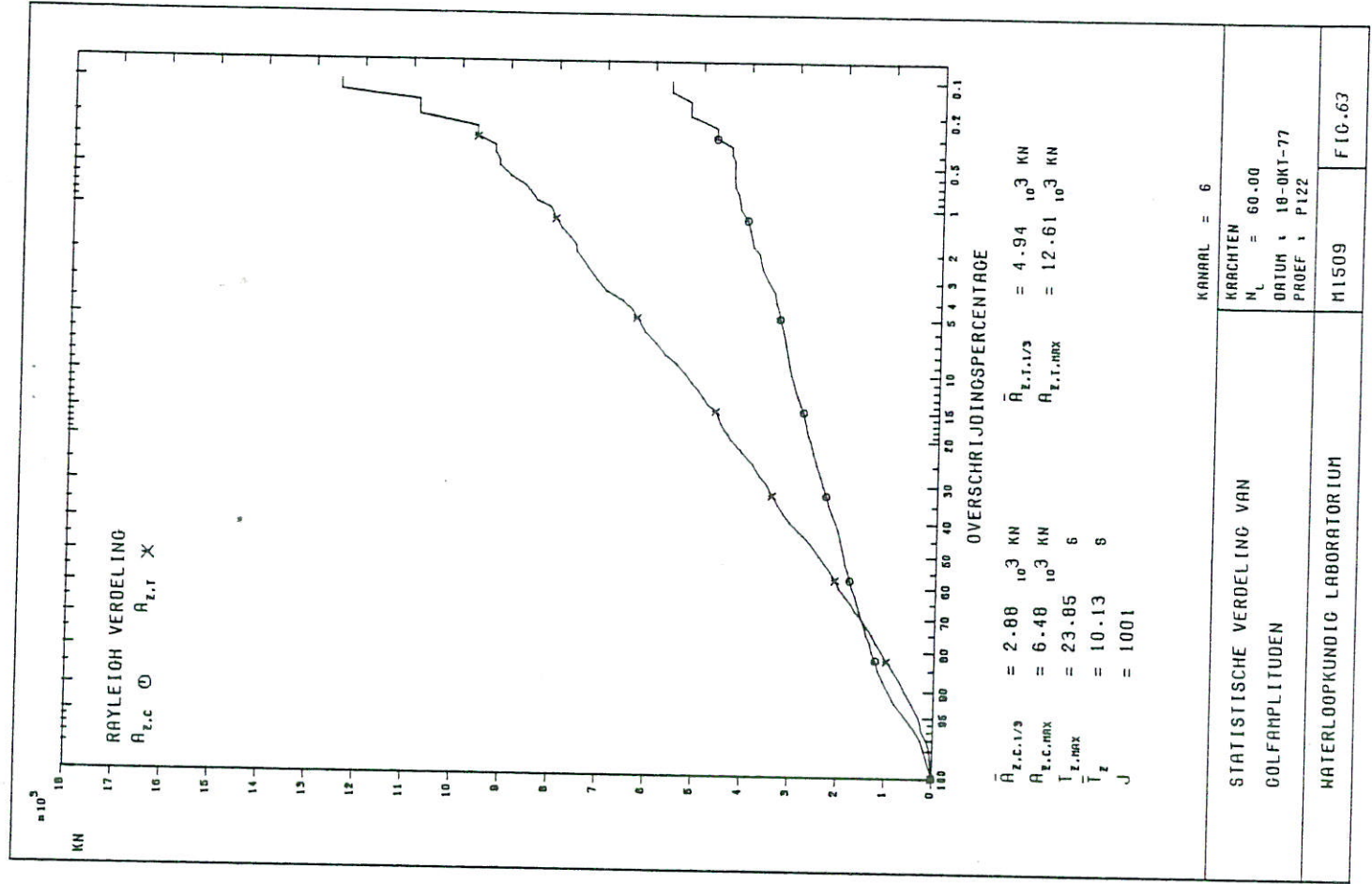
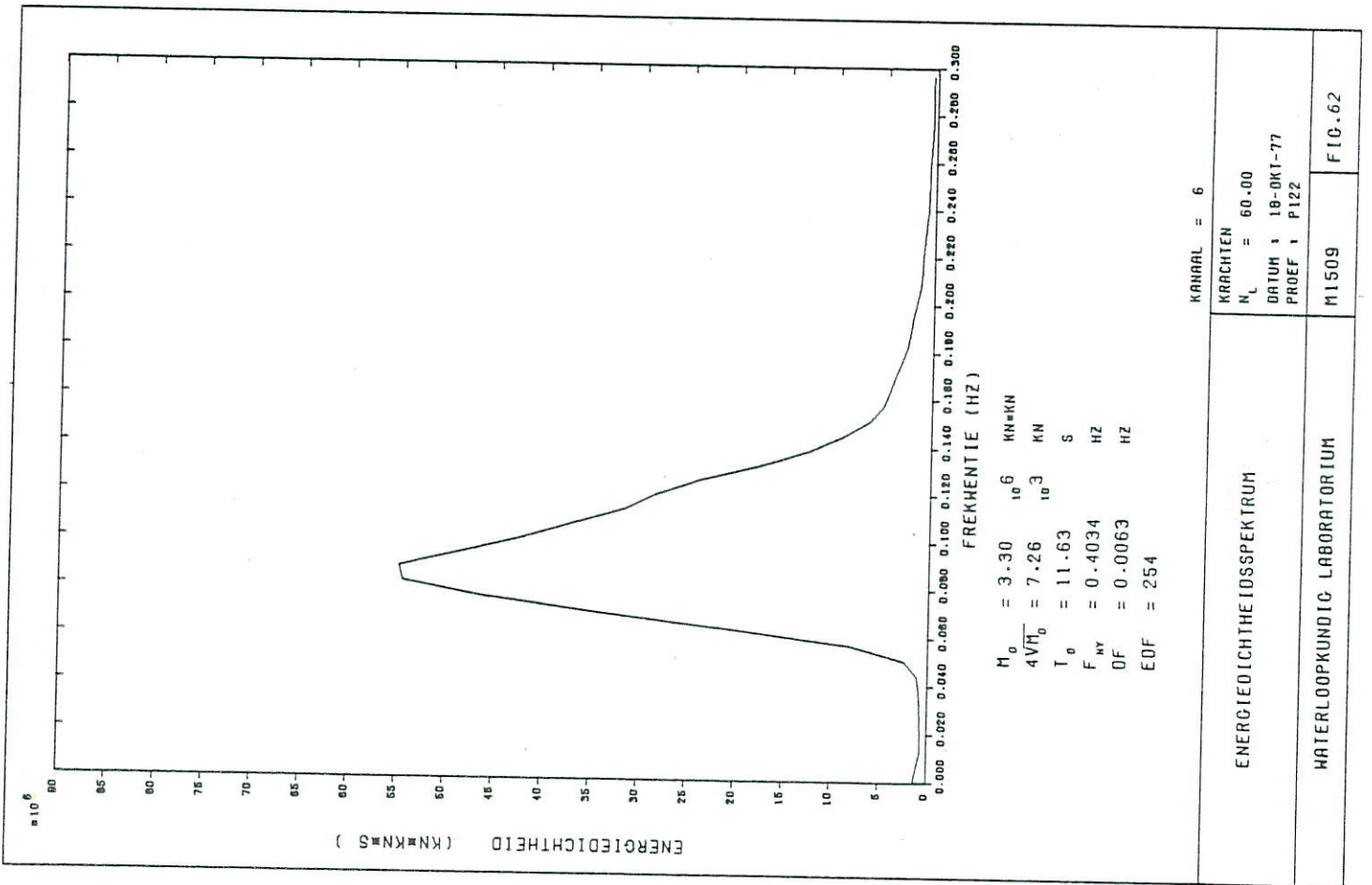


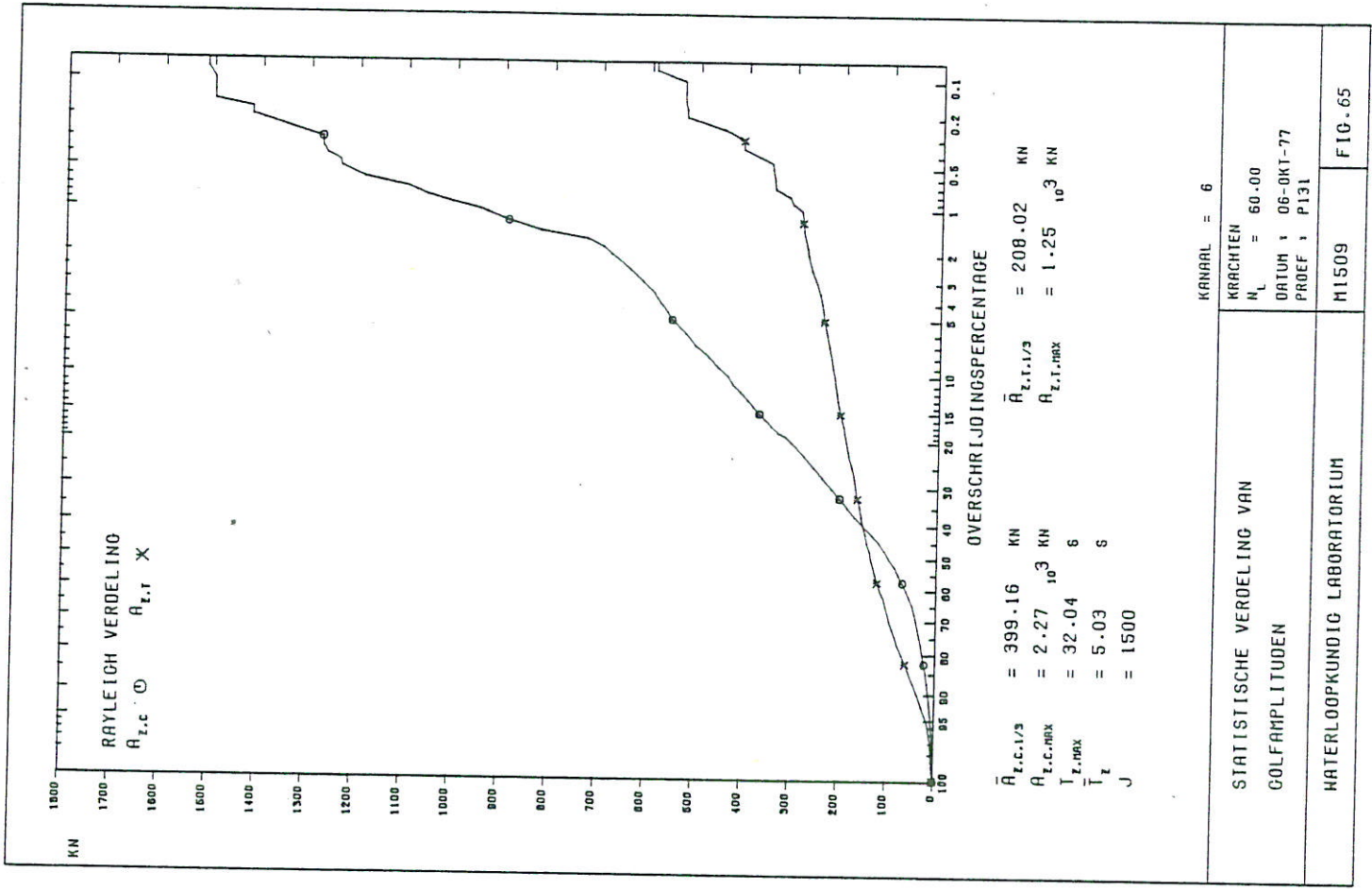
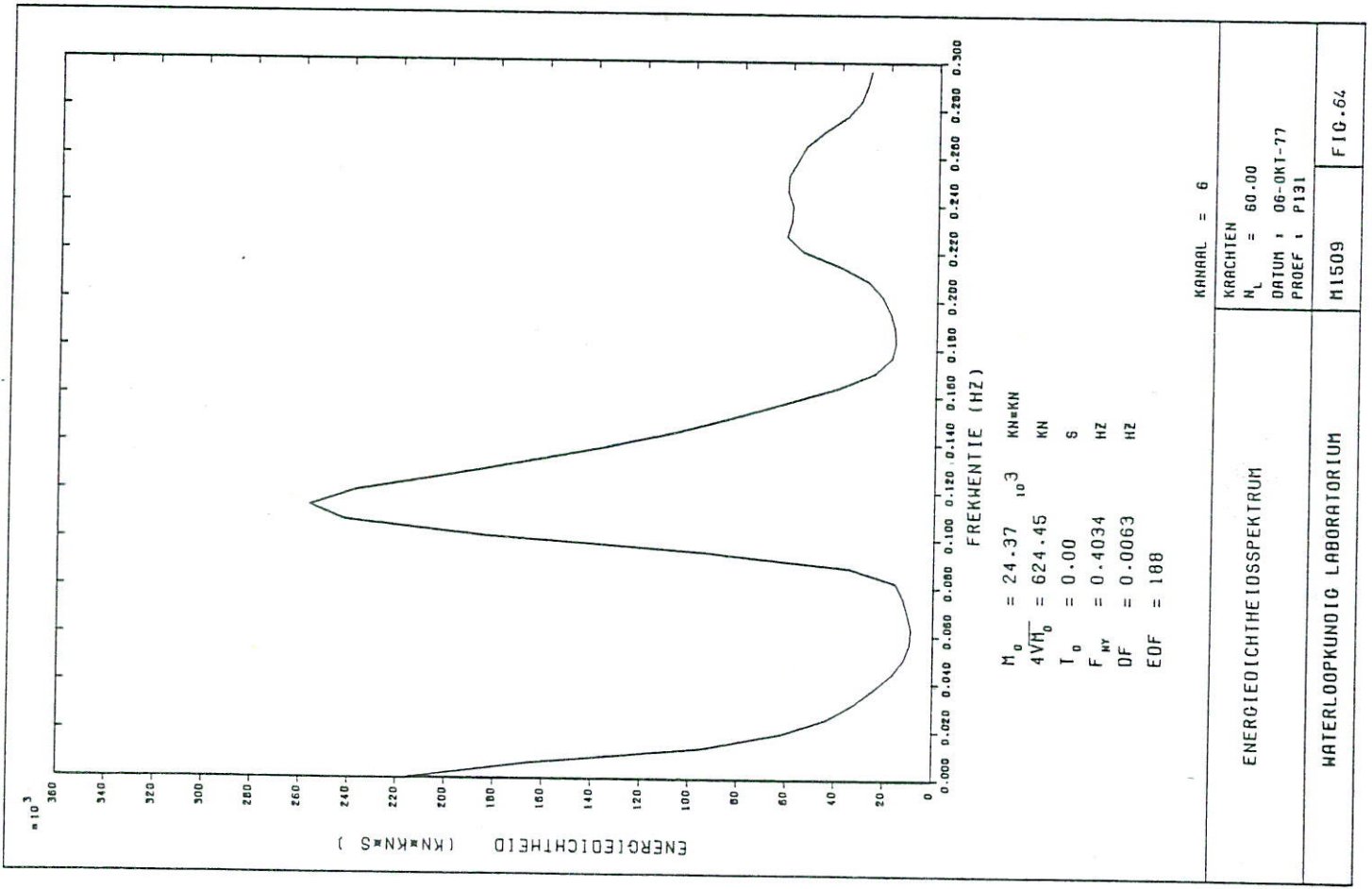


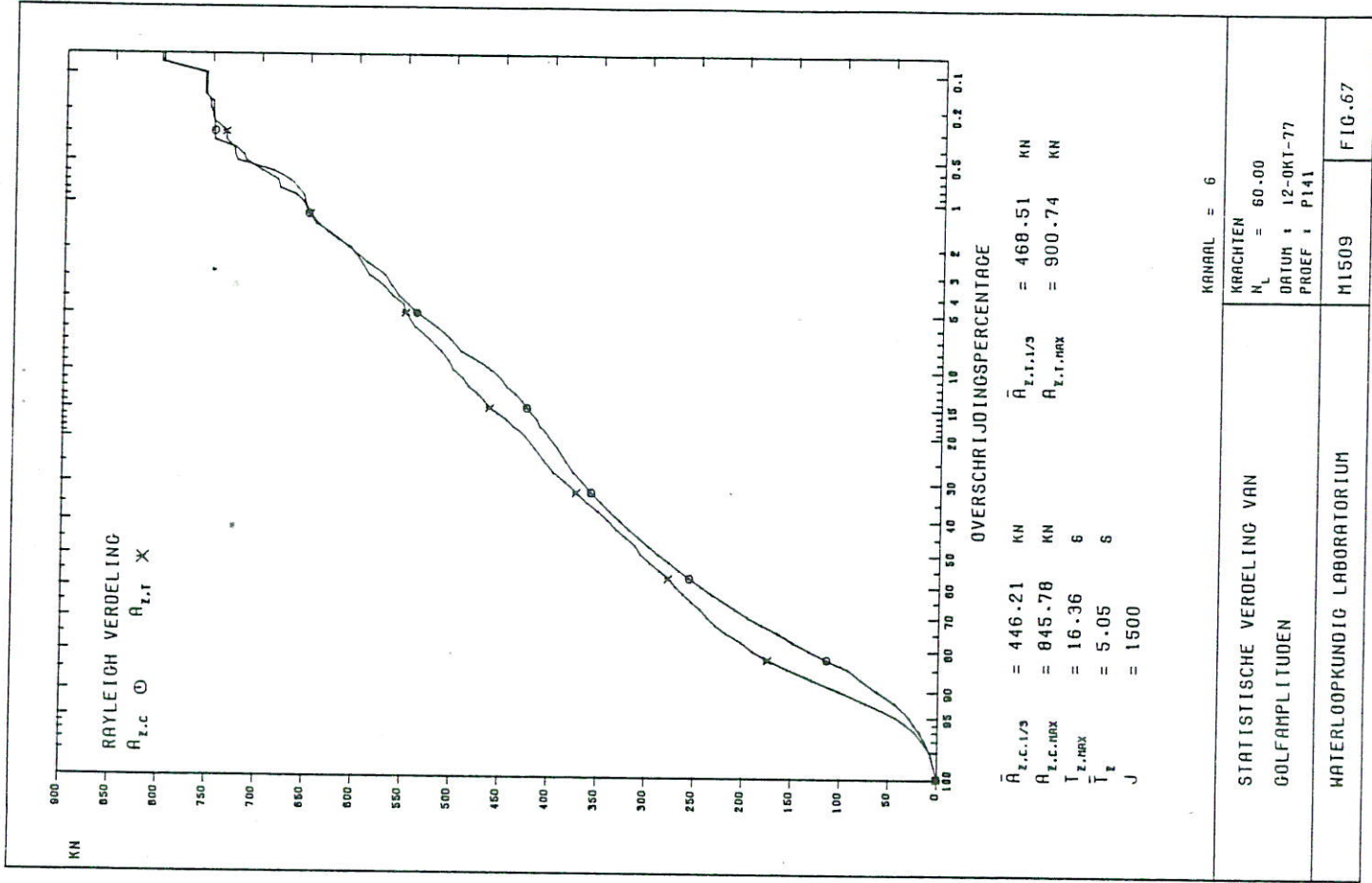
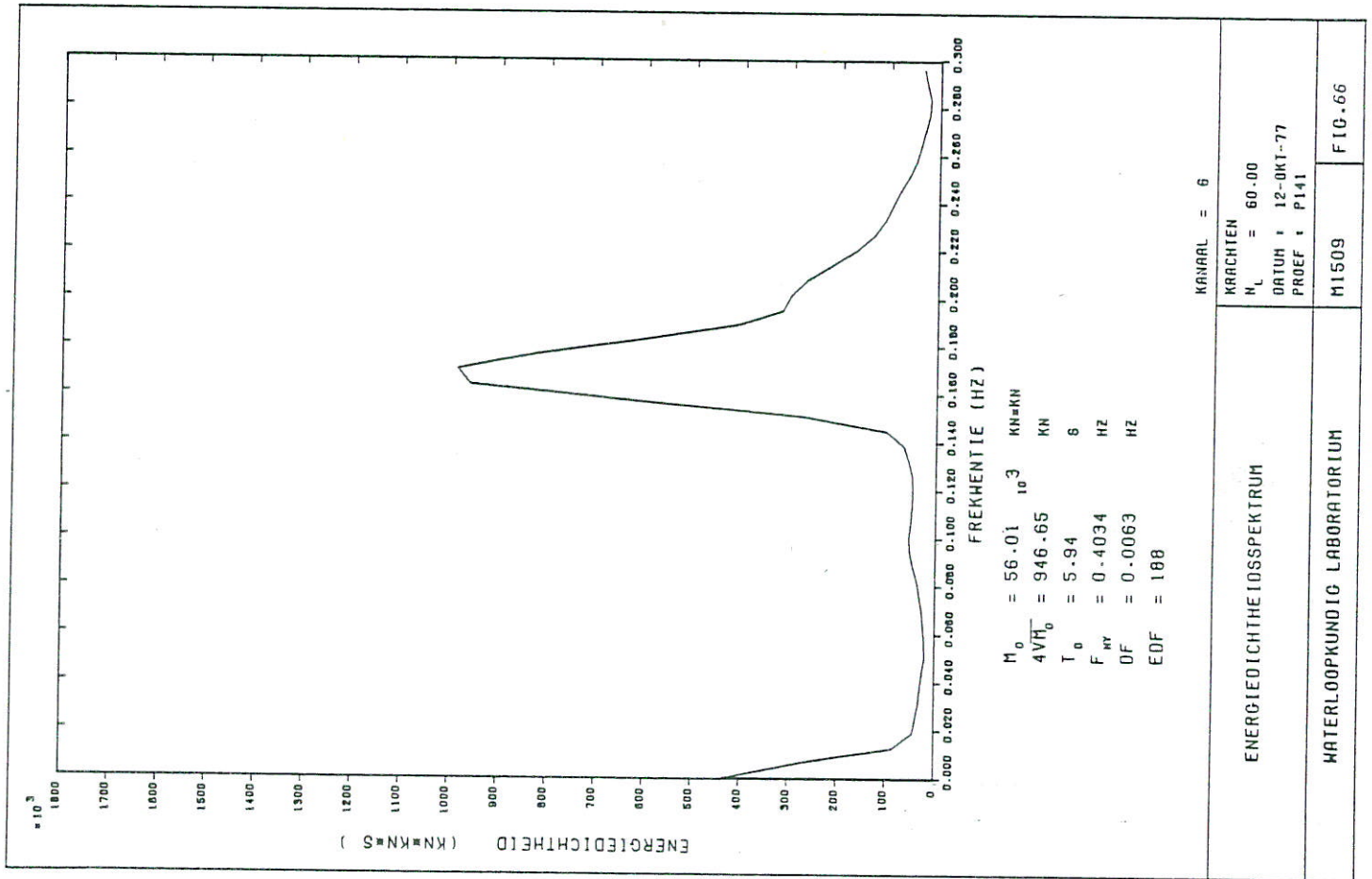
gms = 0.33

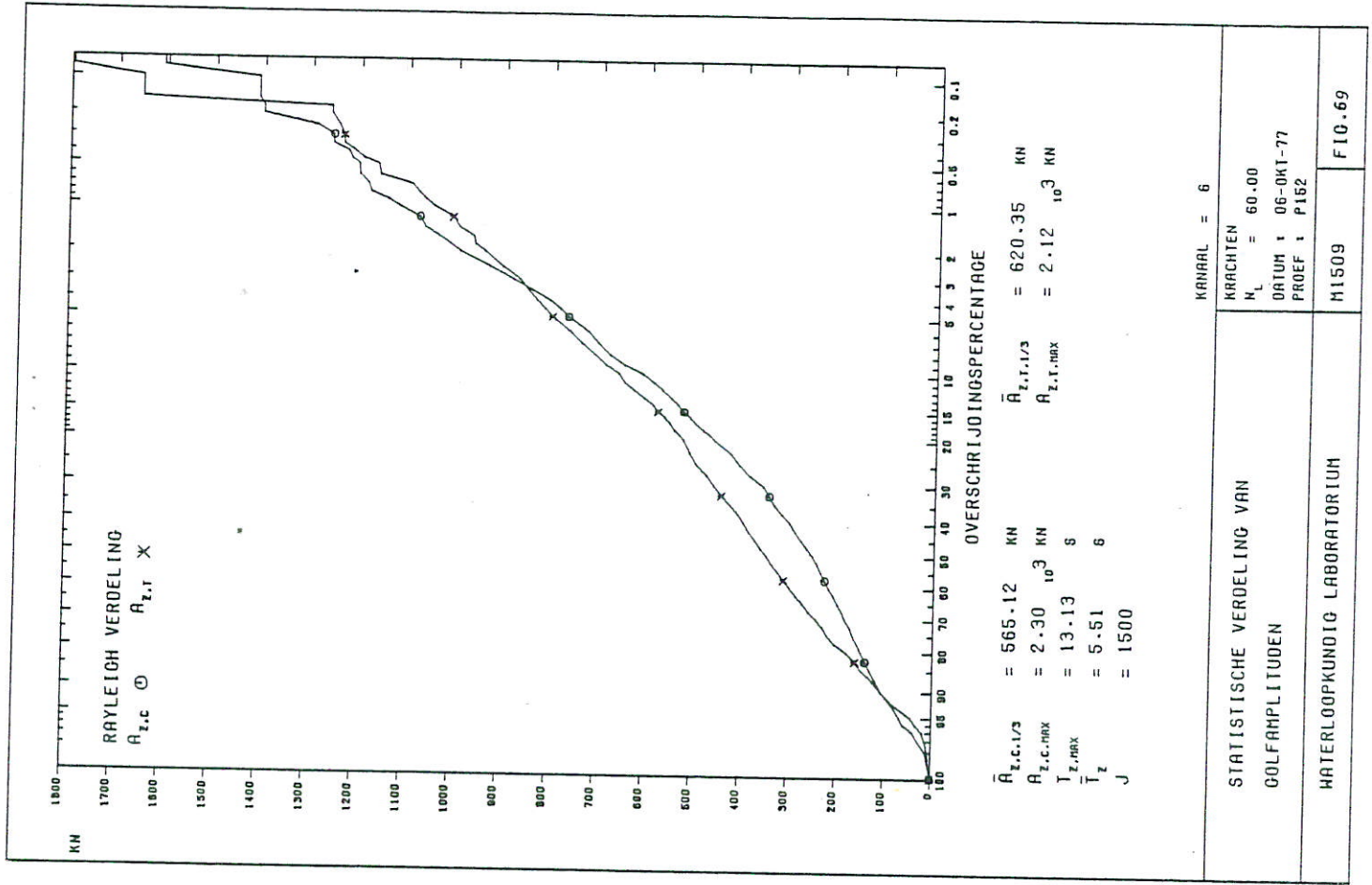
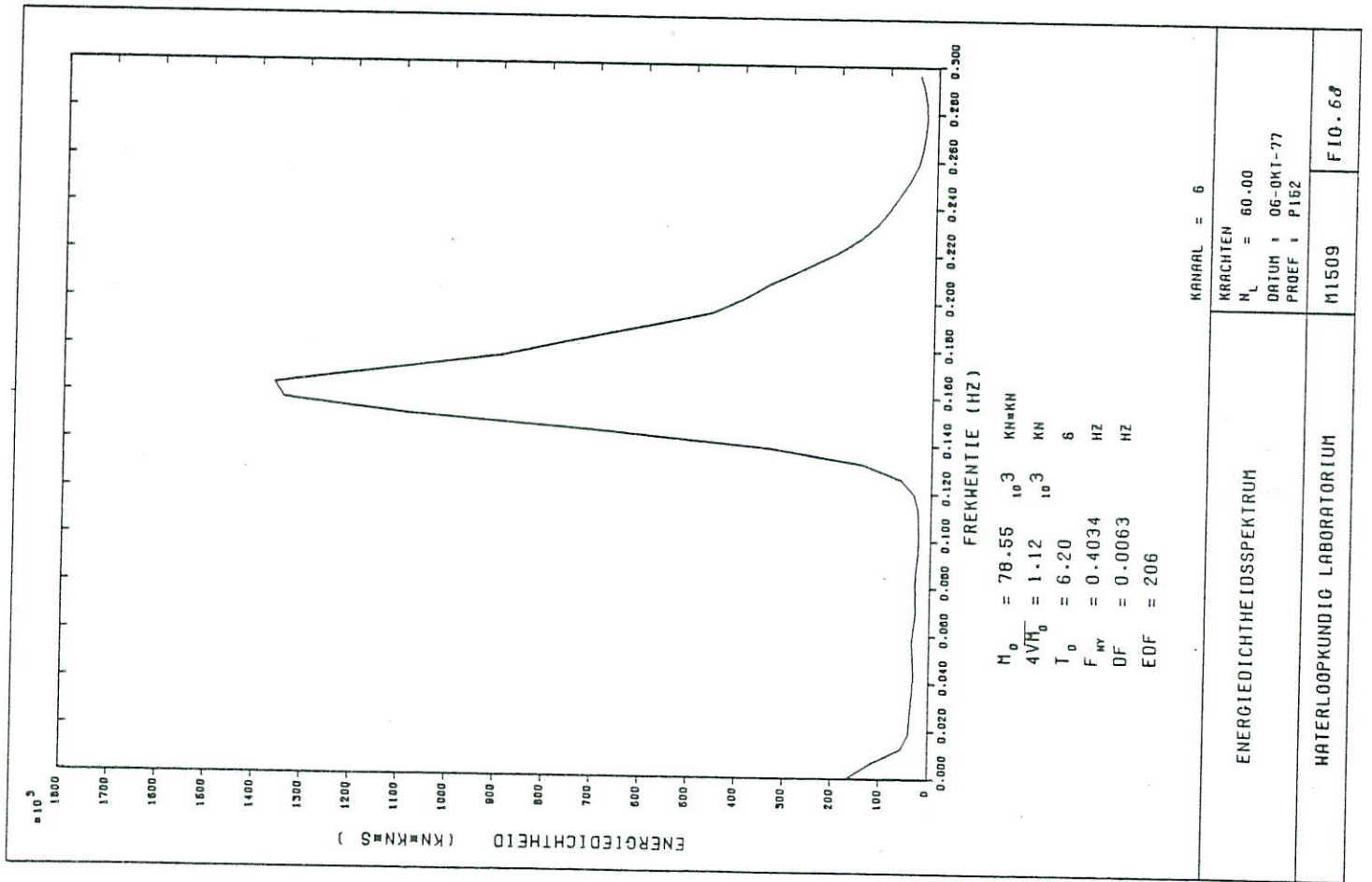


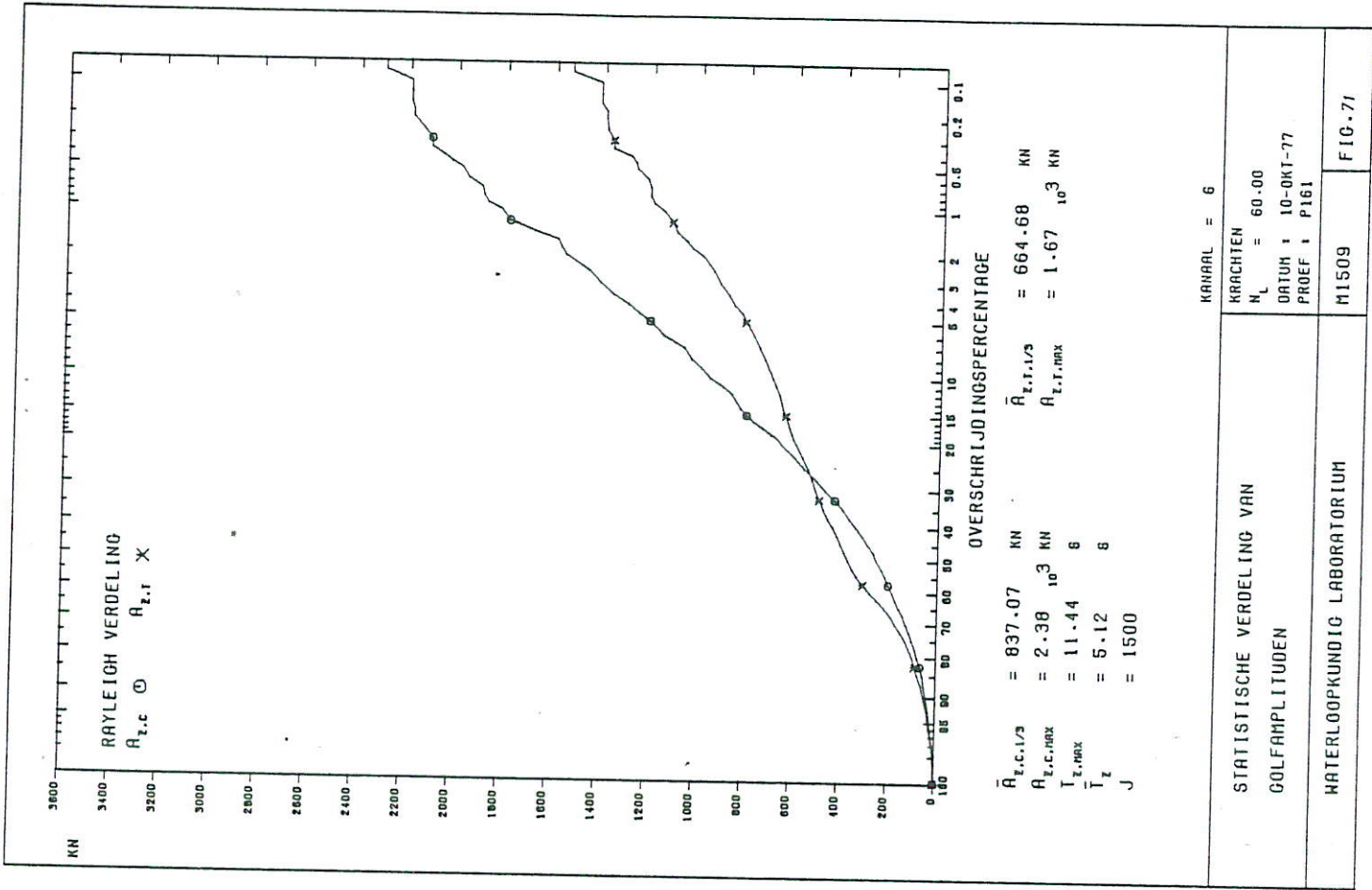
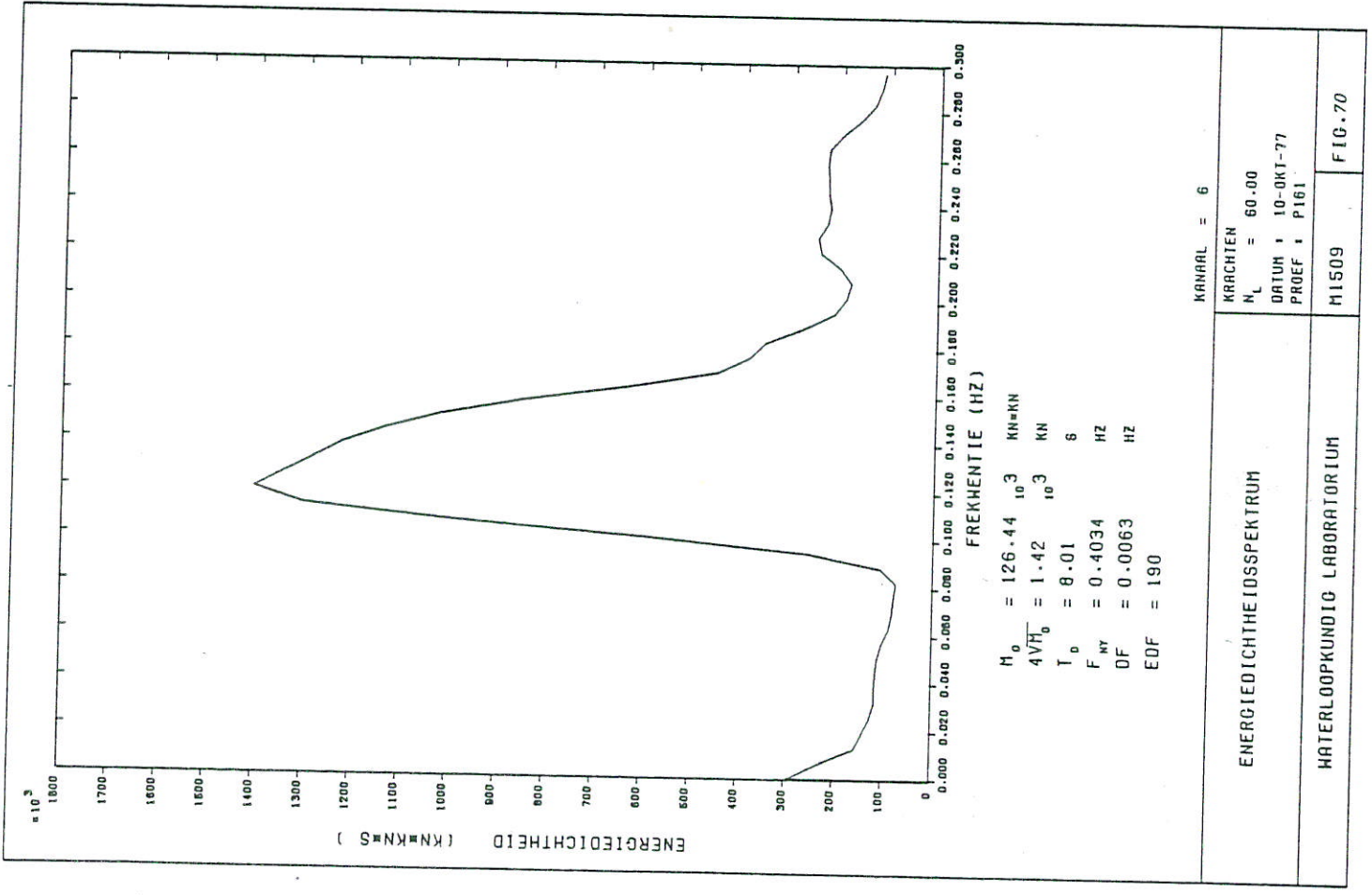


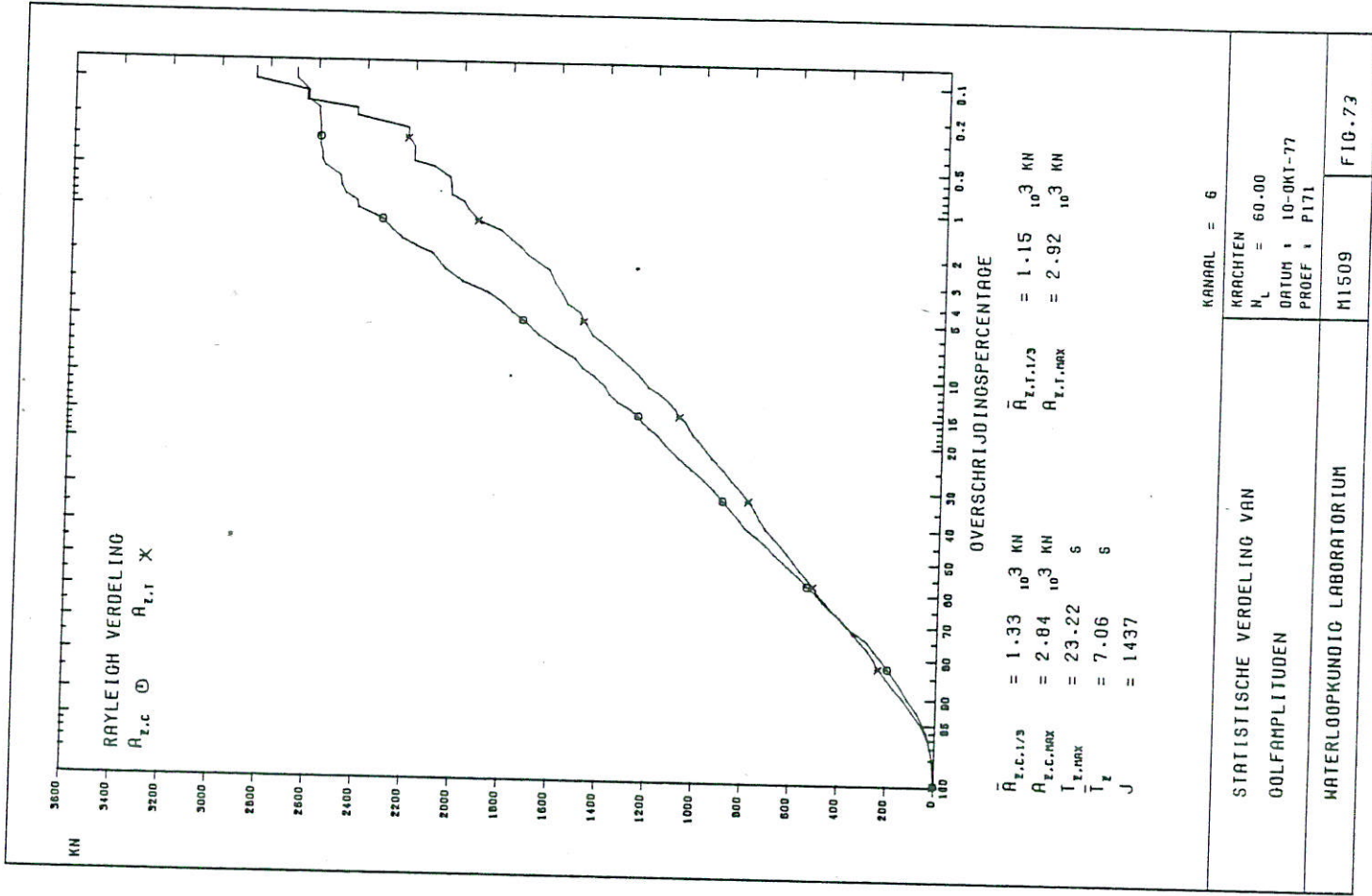
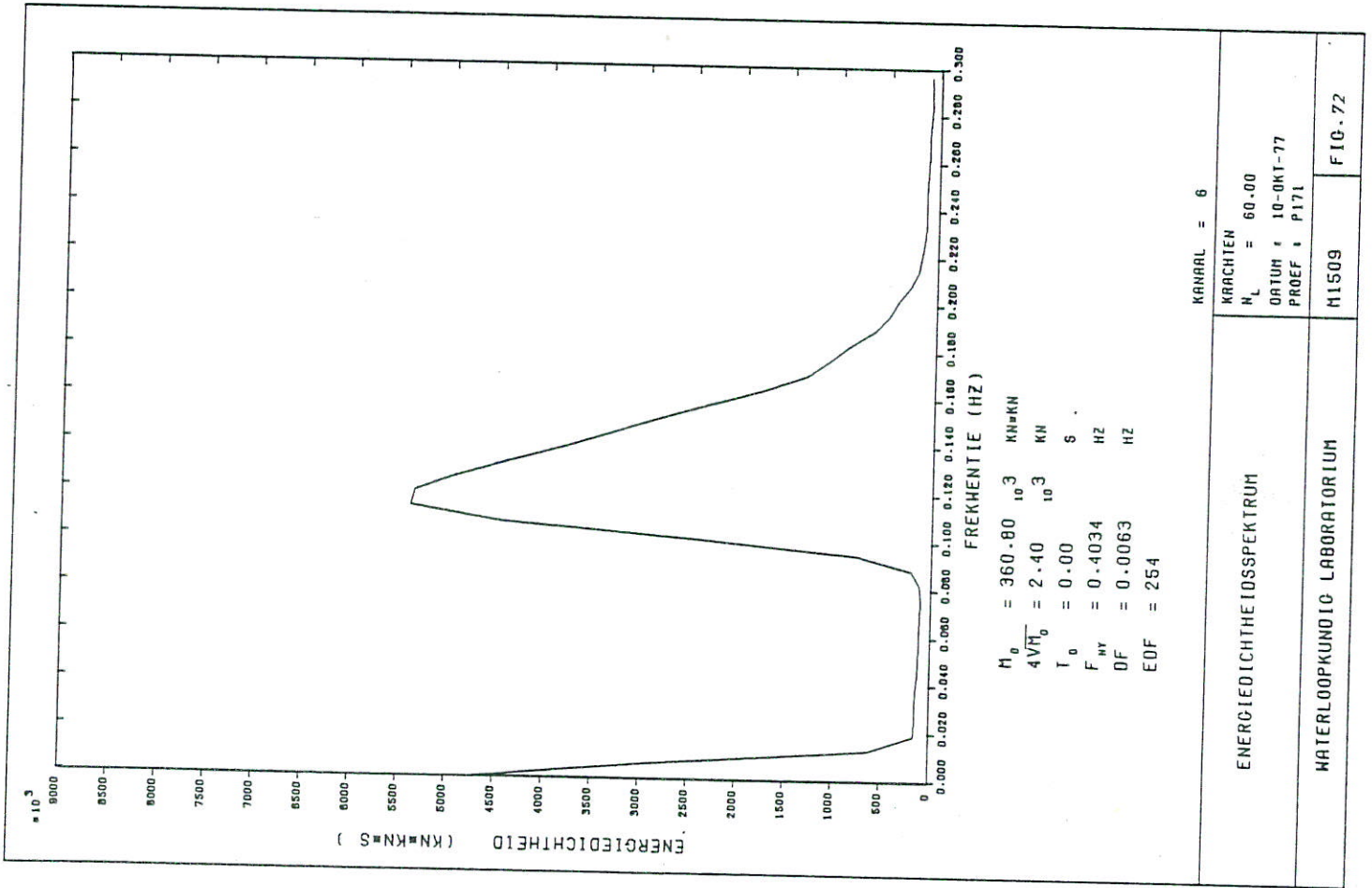


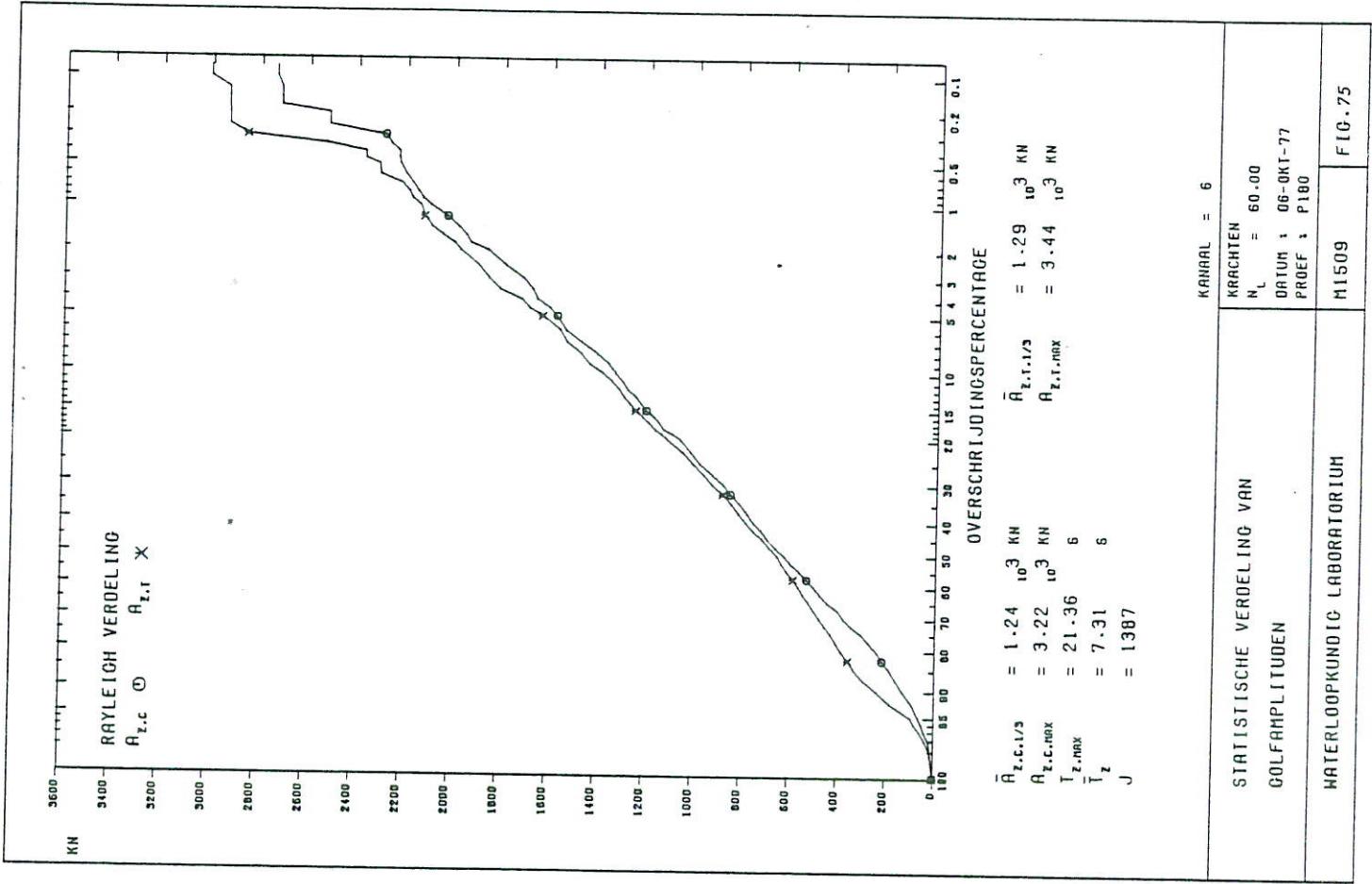
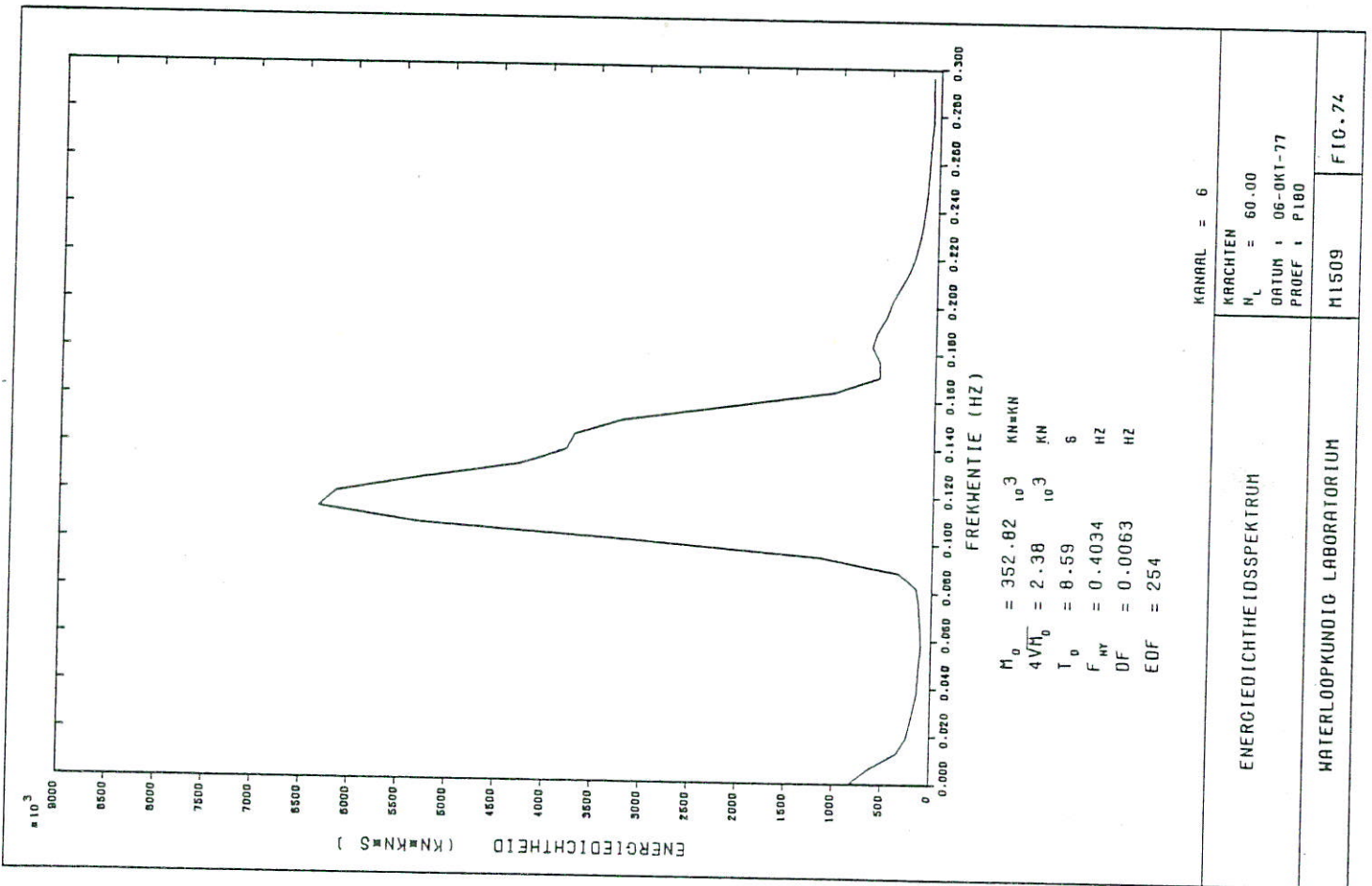


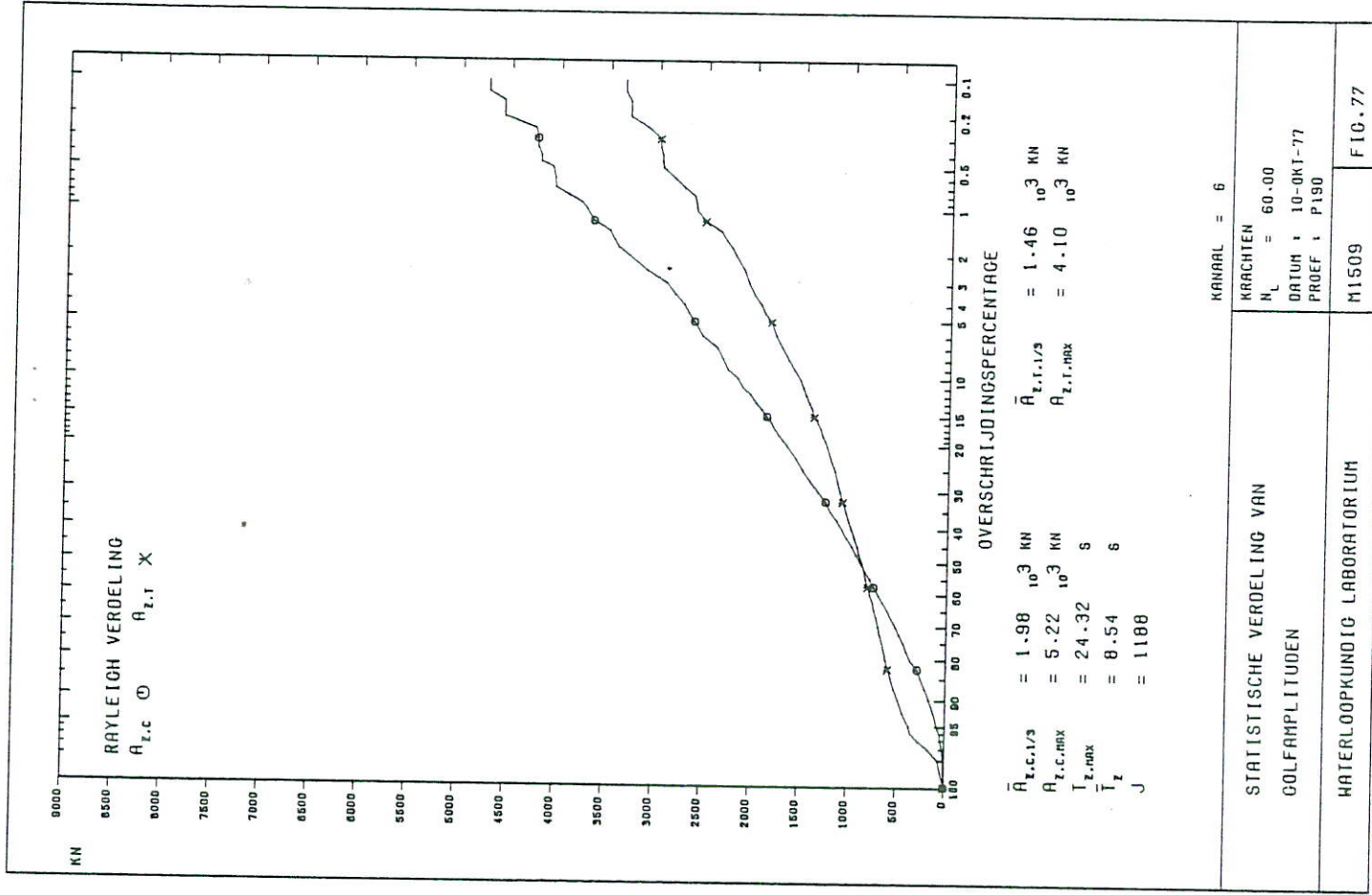
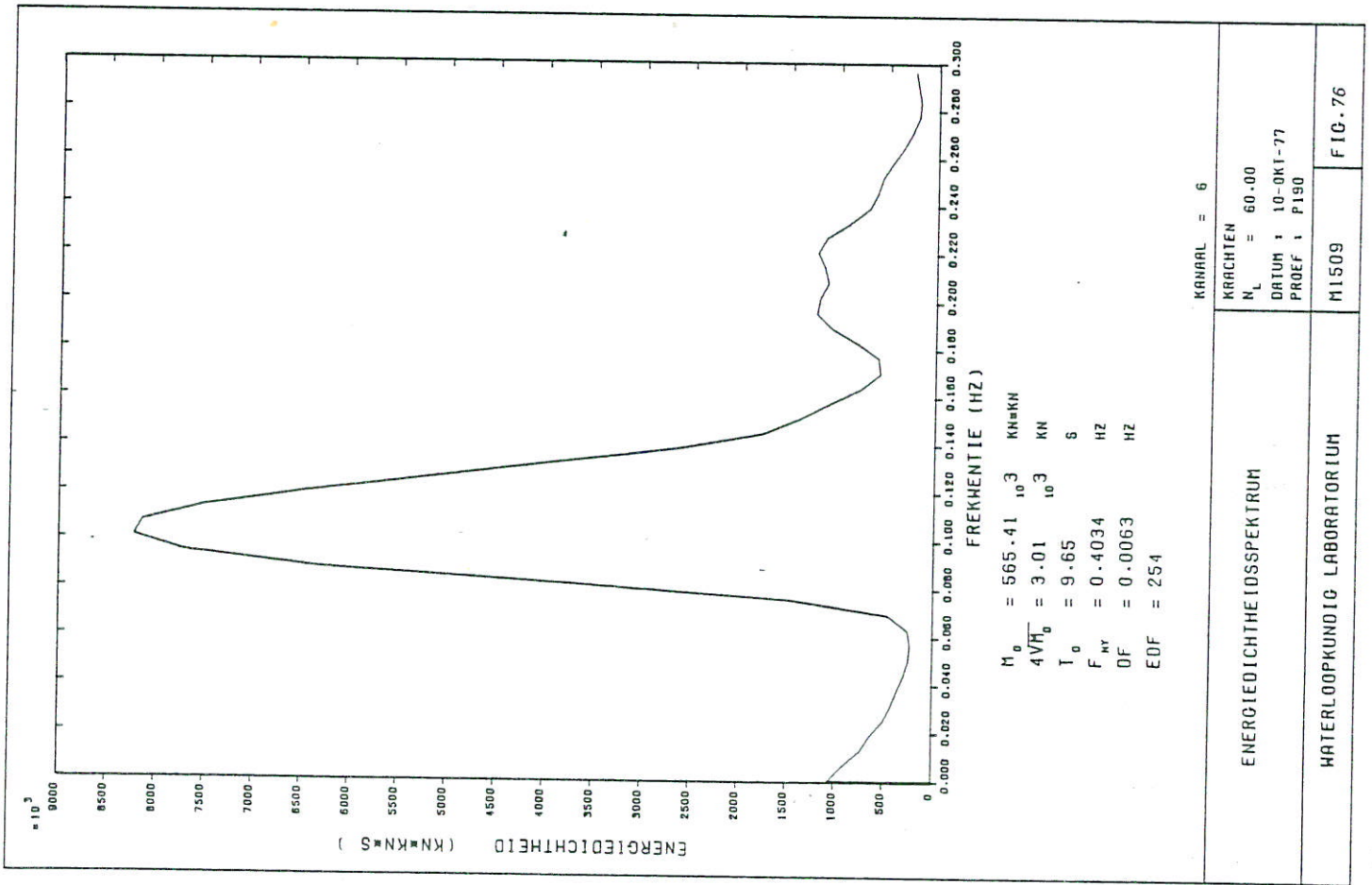


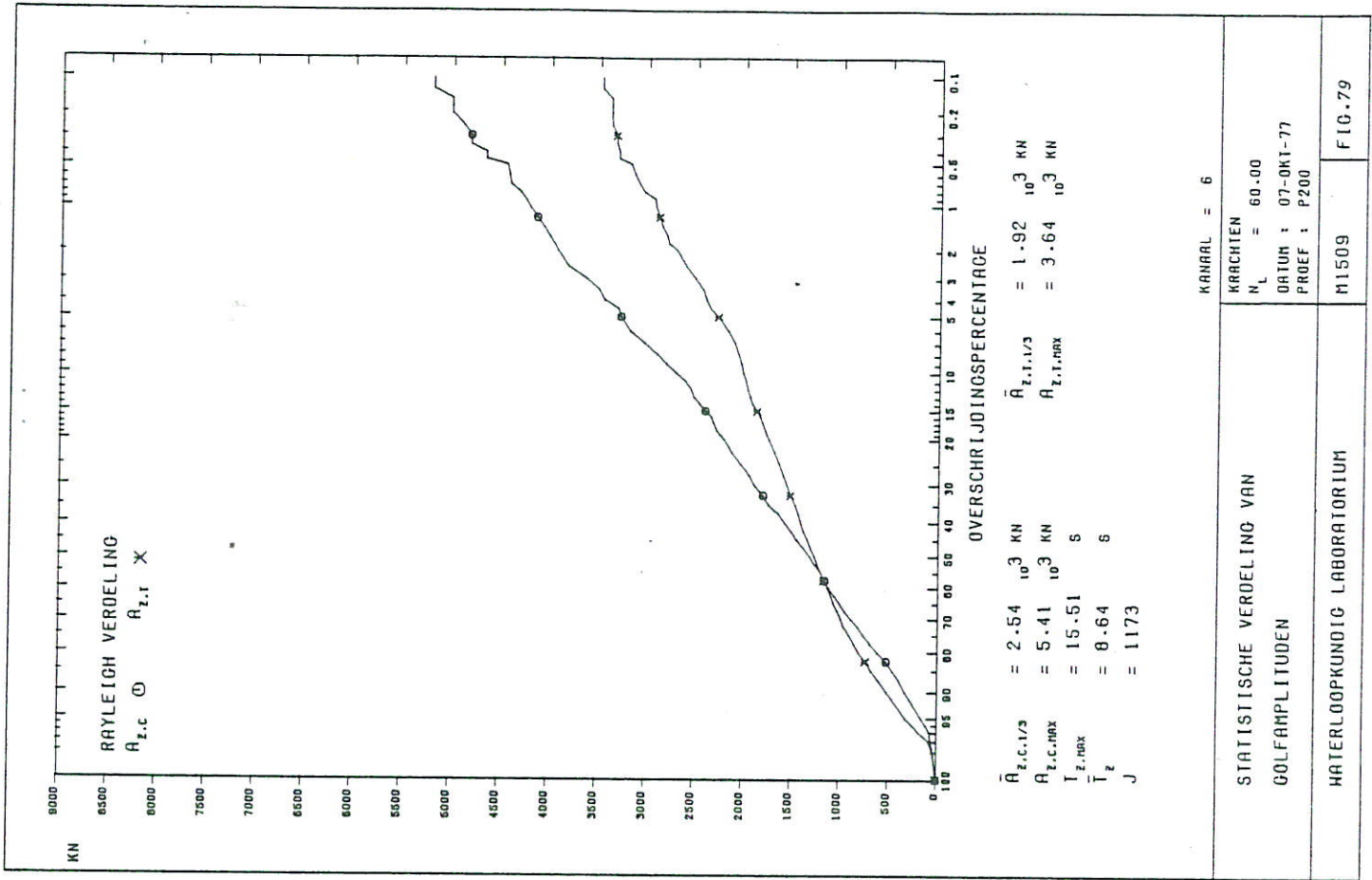
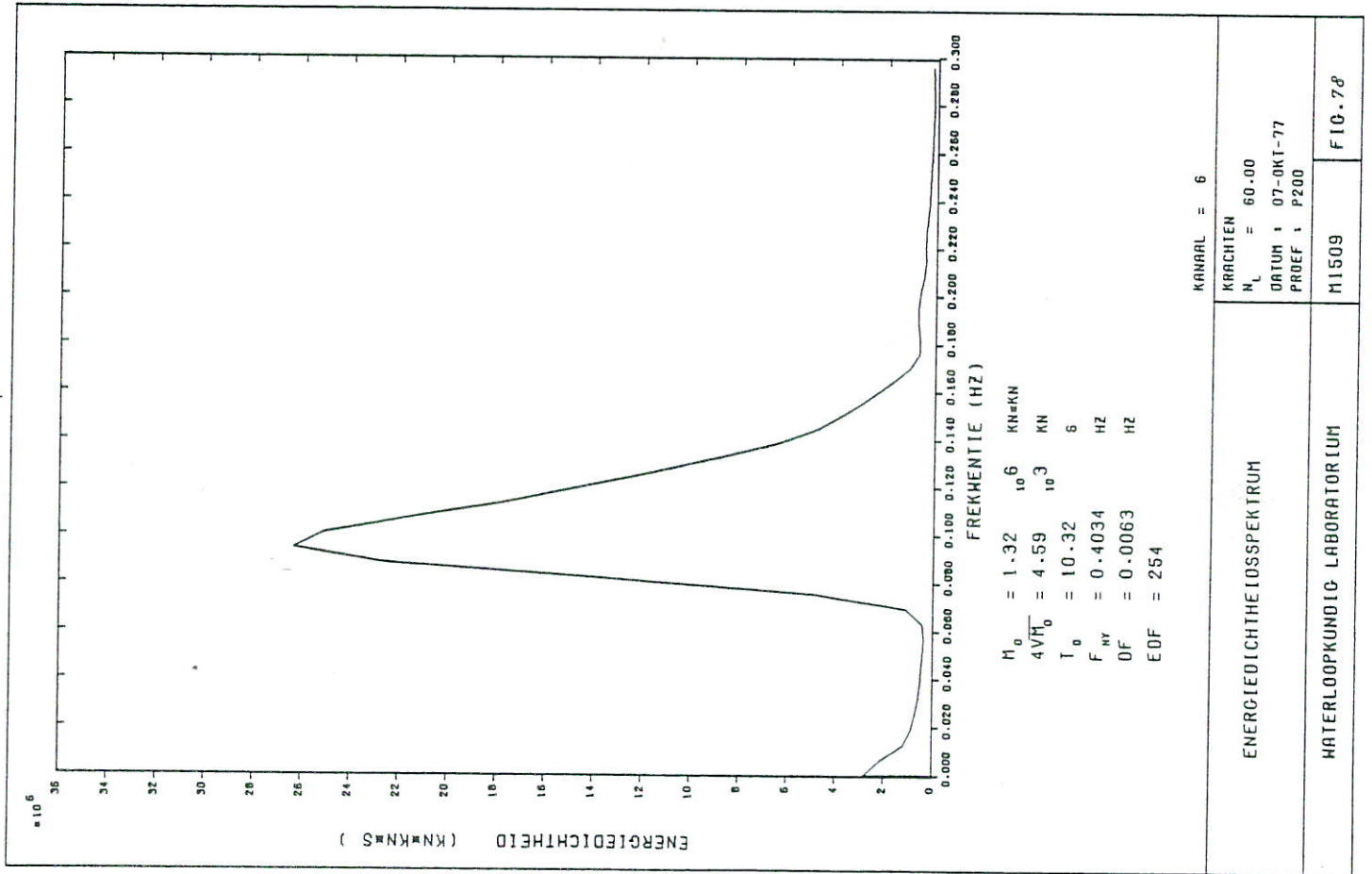


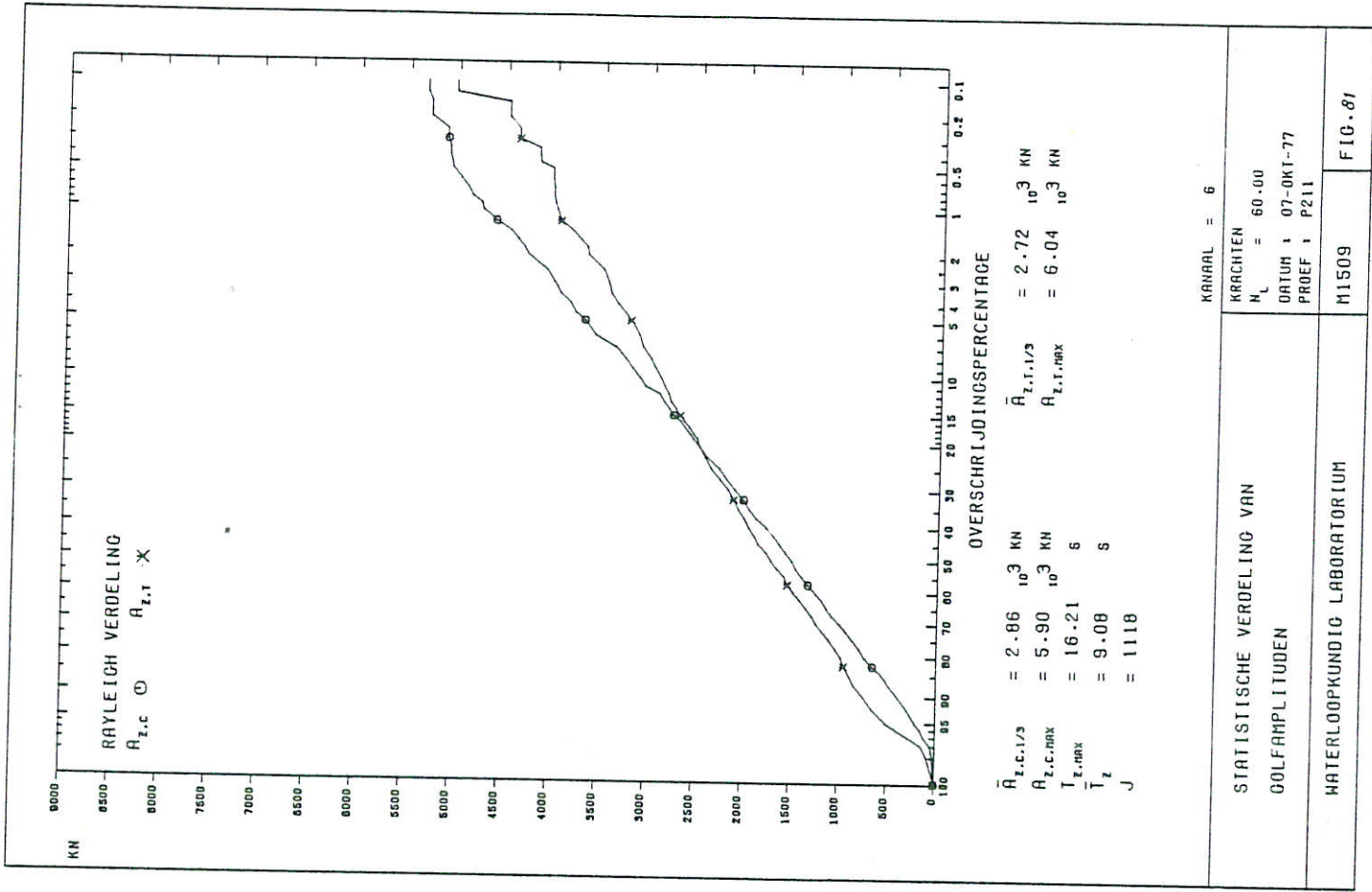
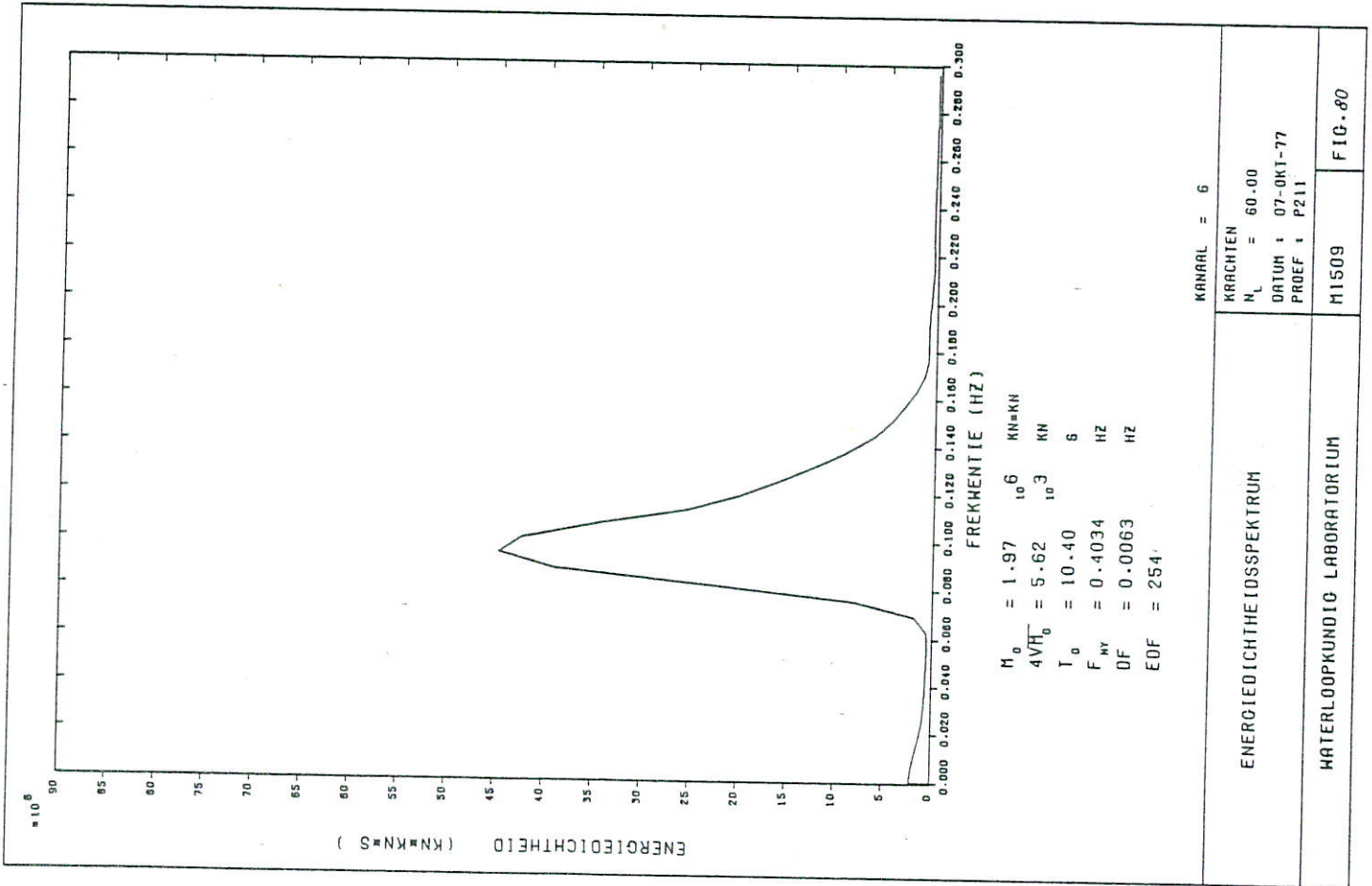


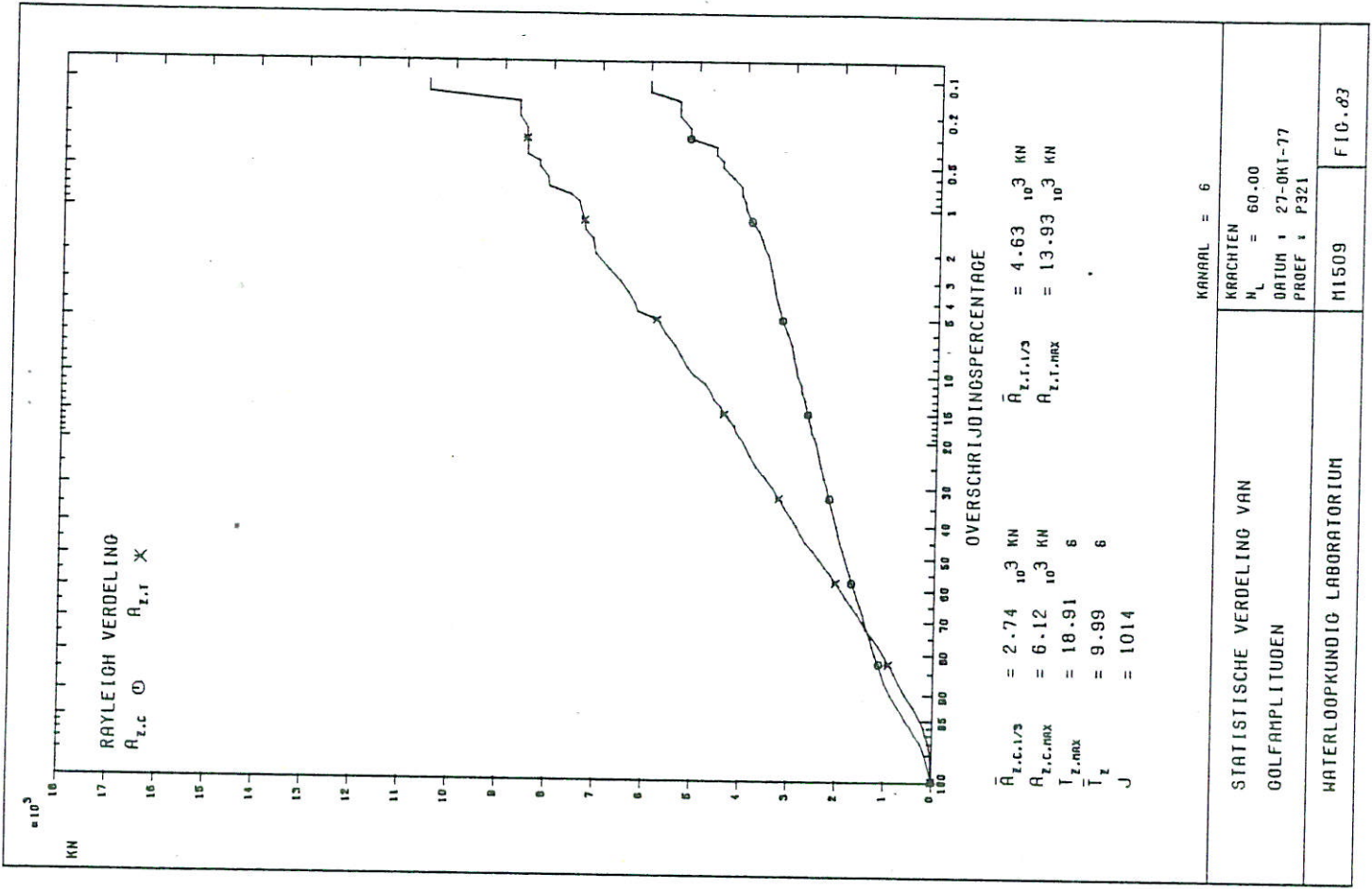
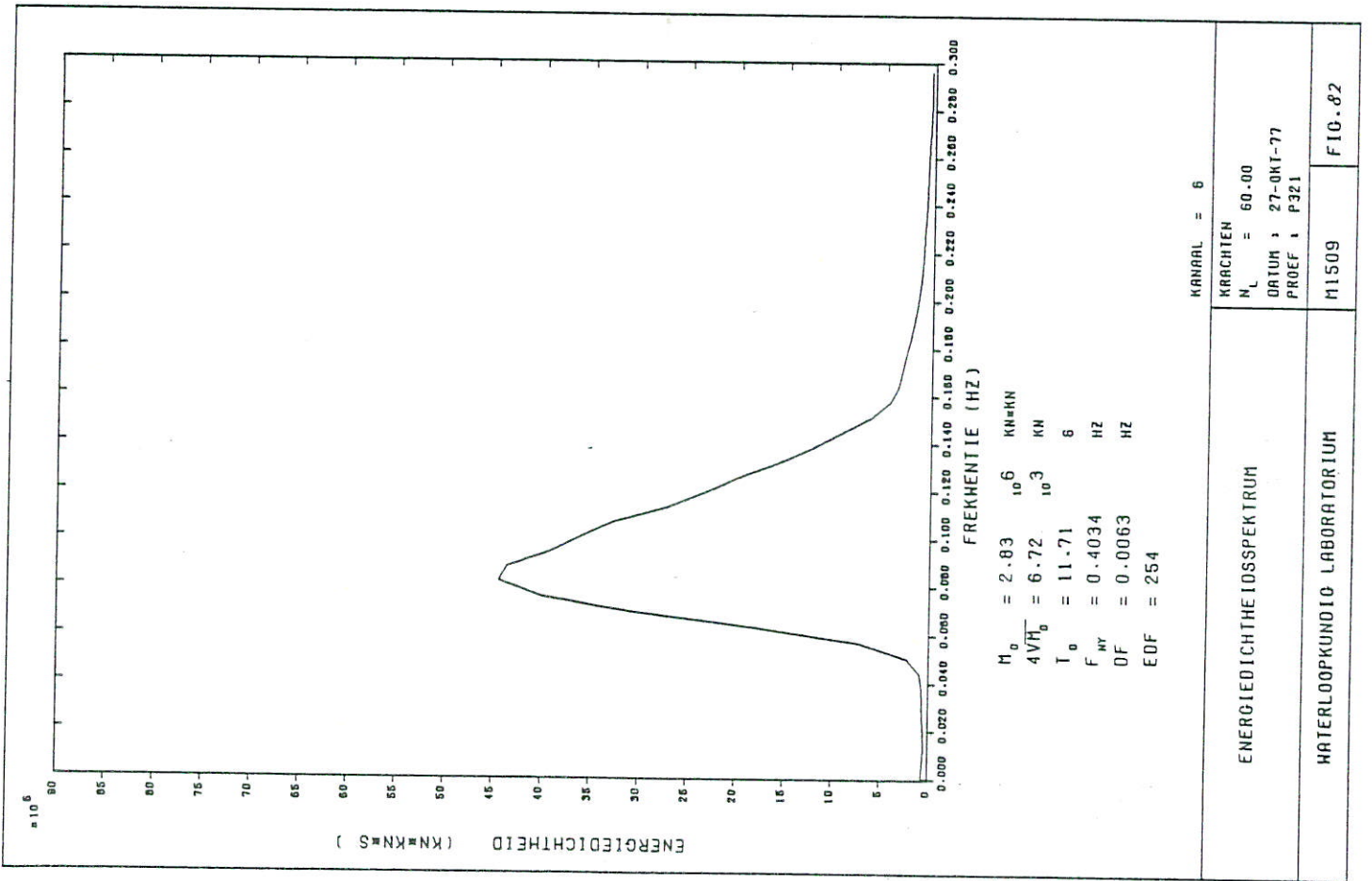


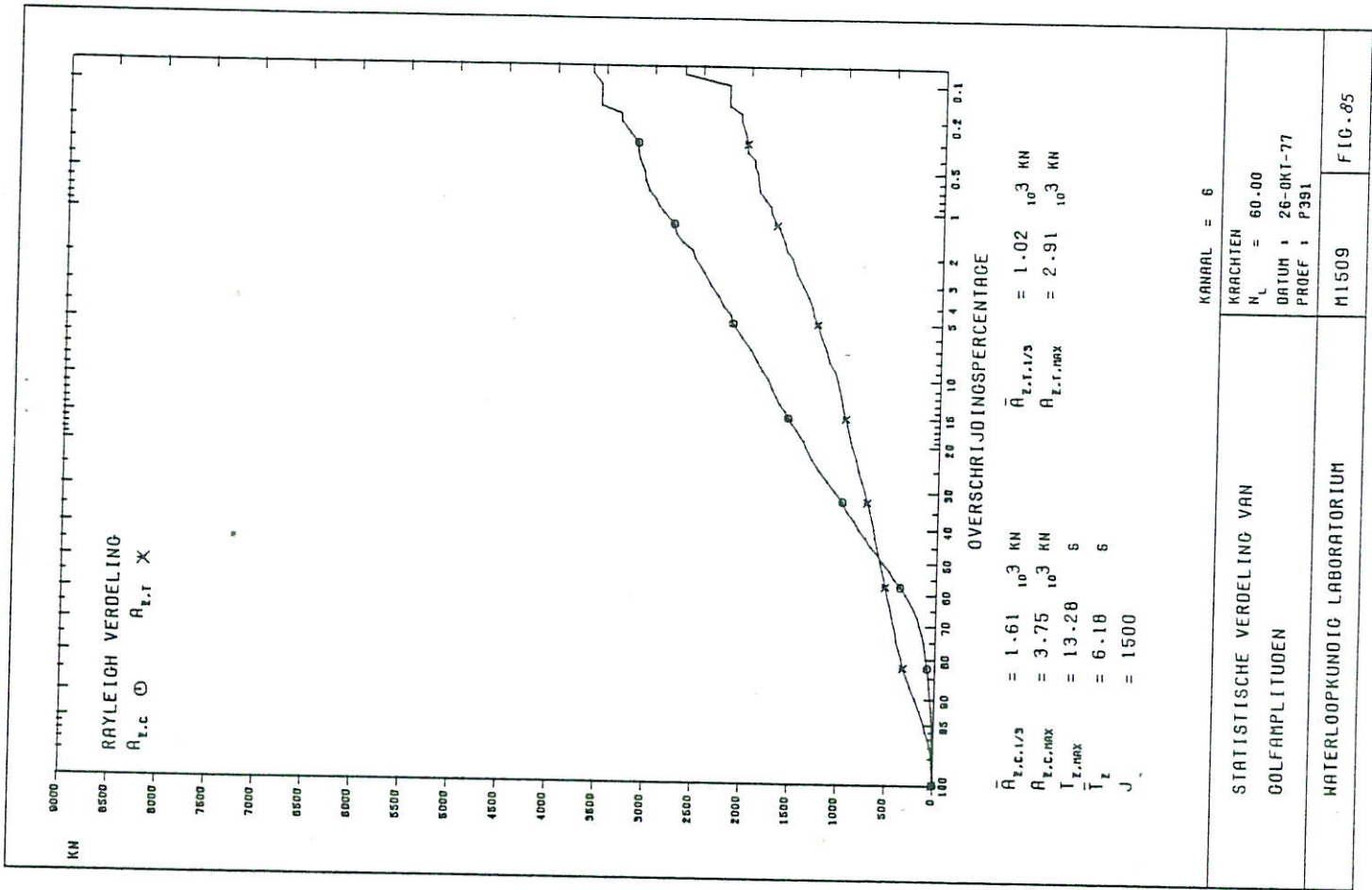
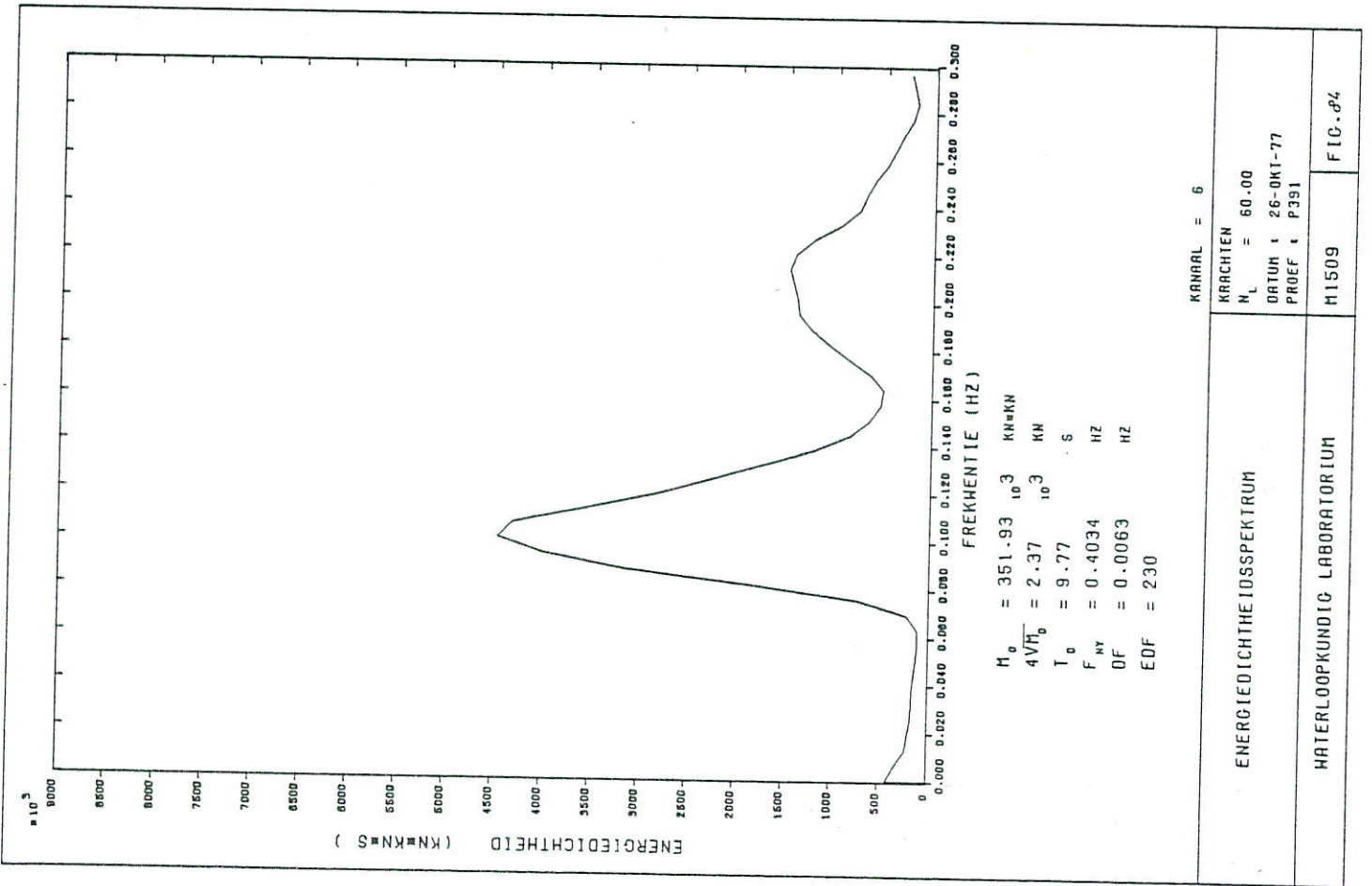


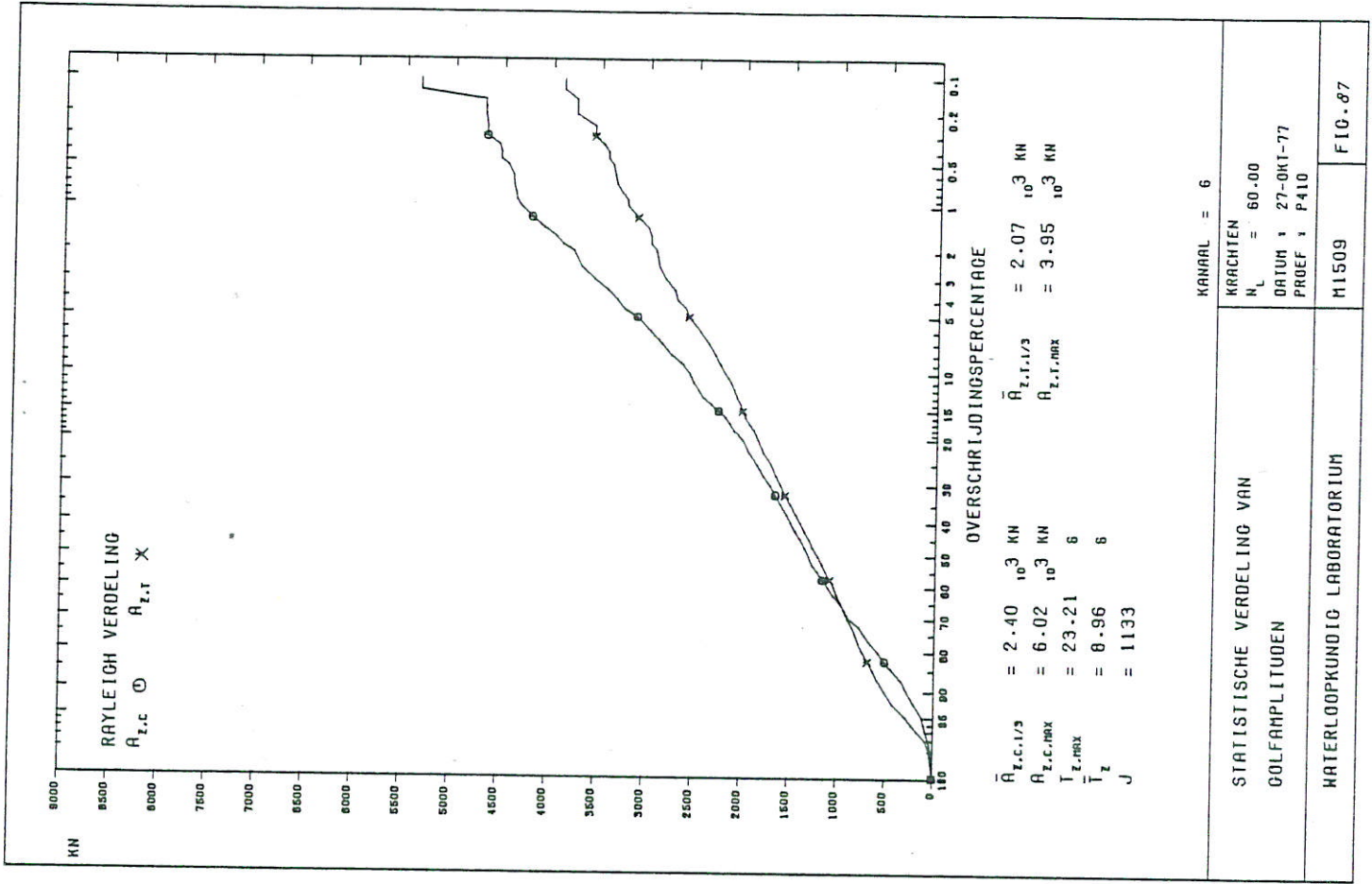
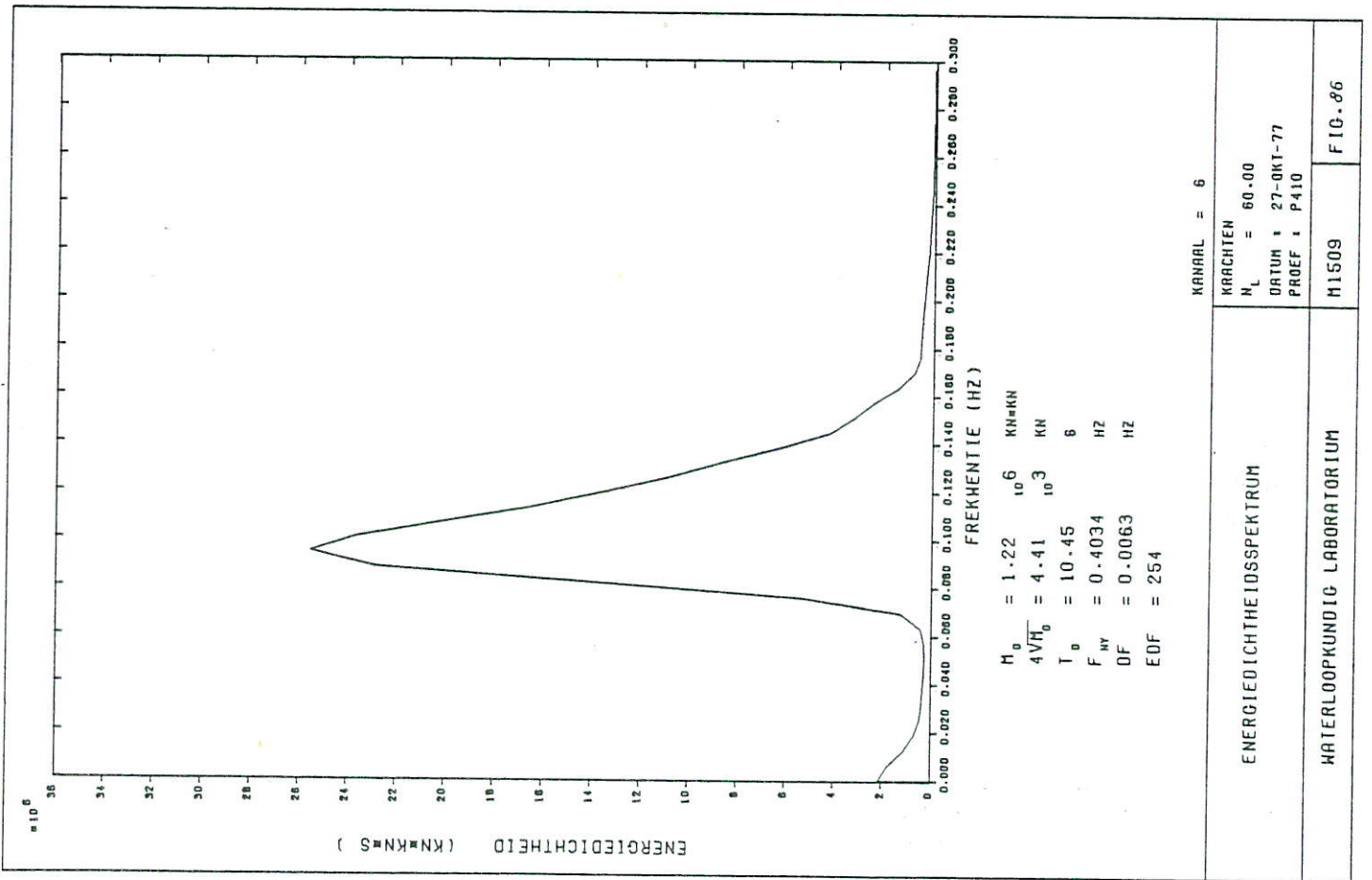


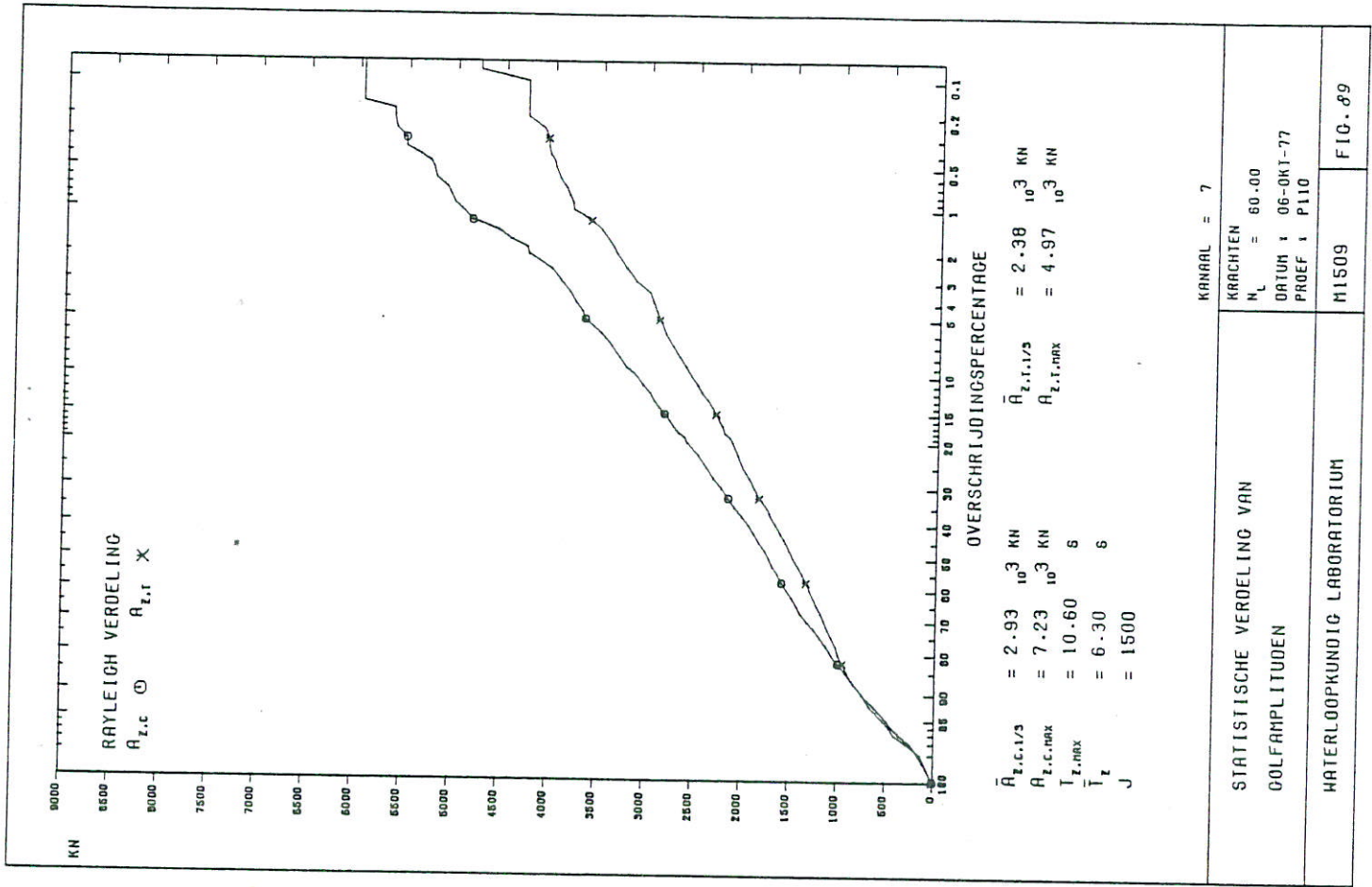
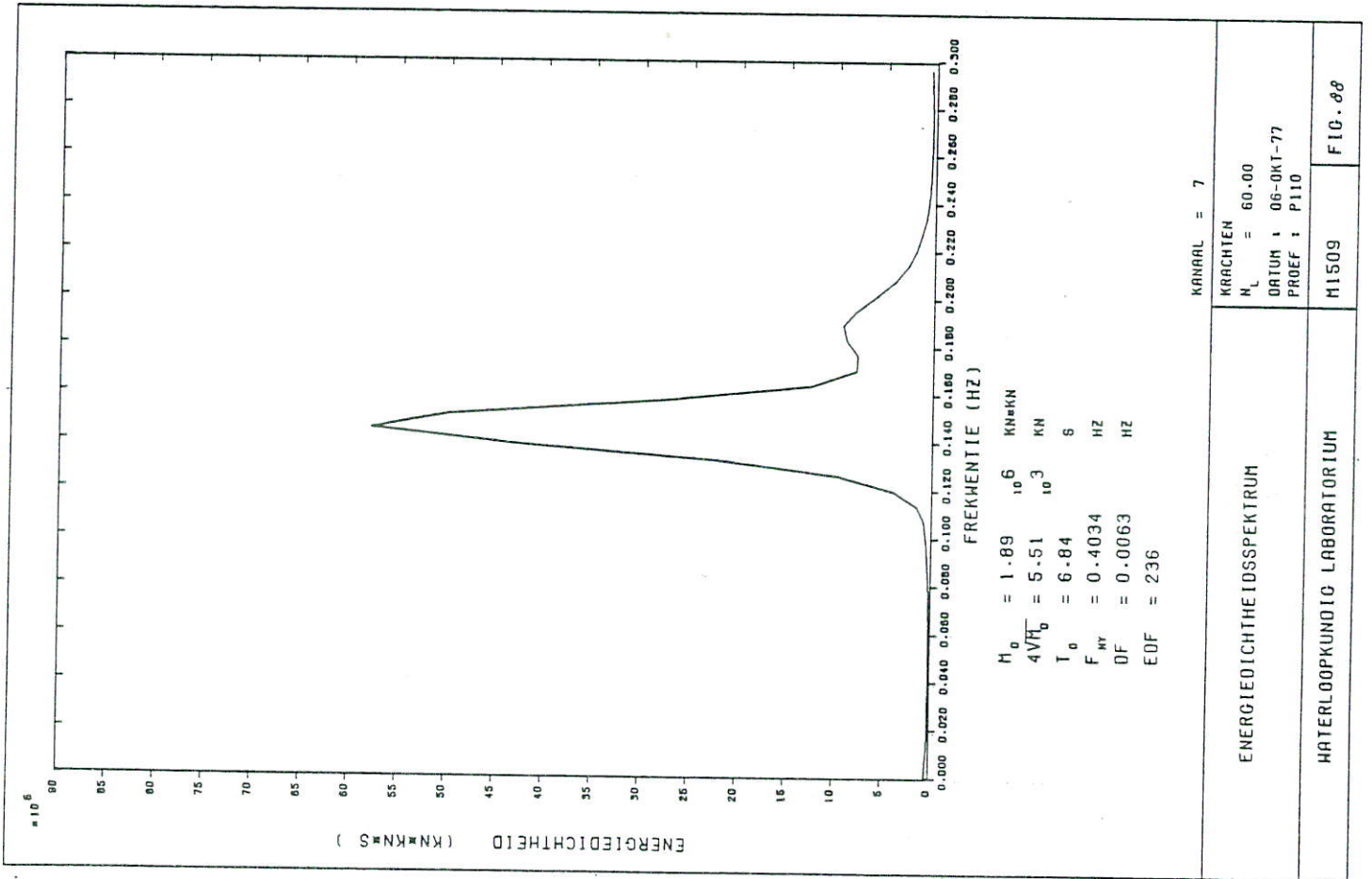




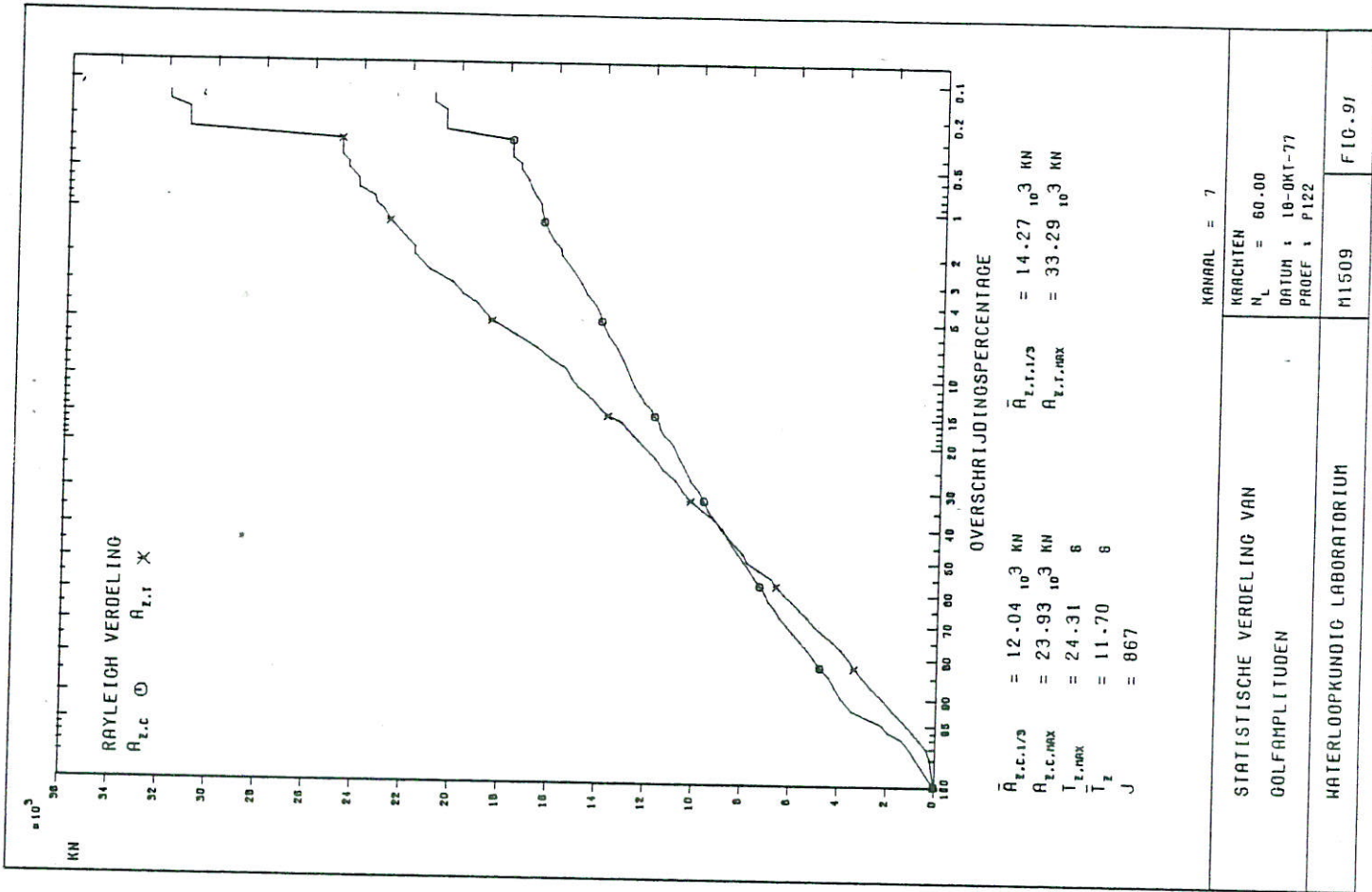
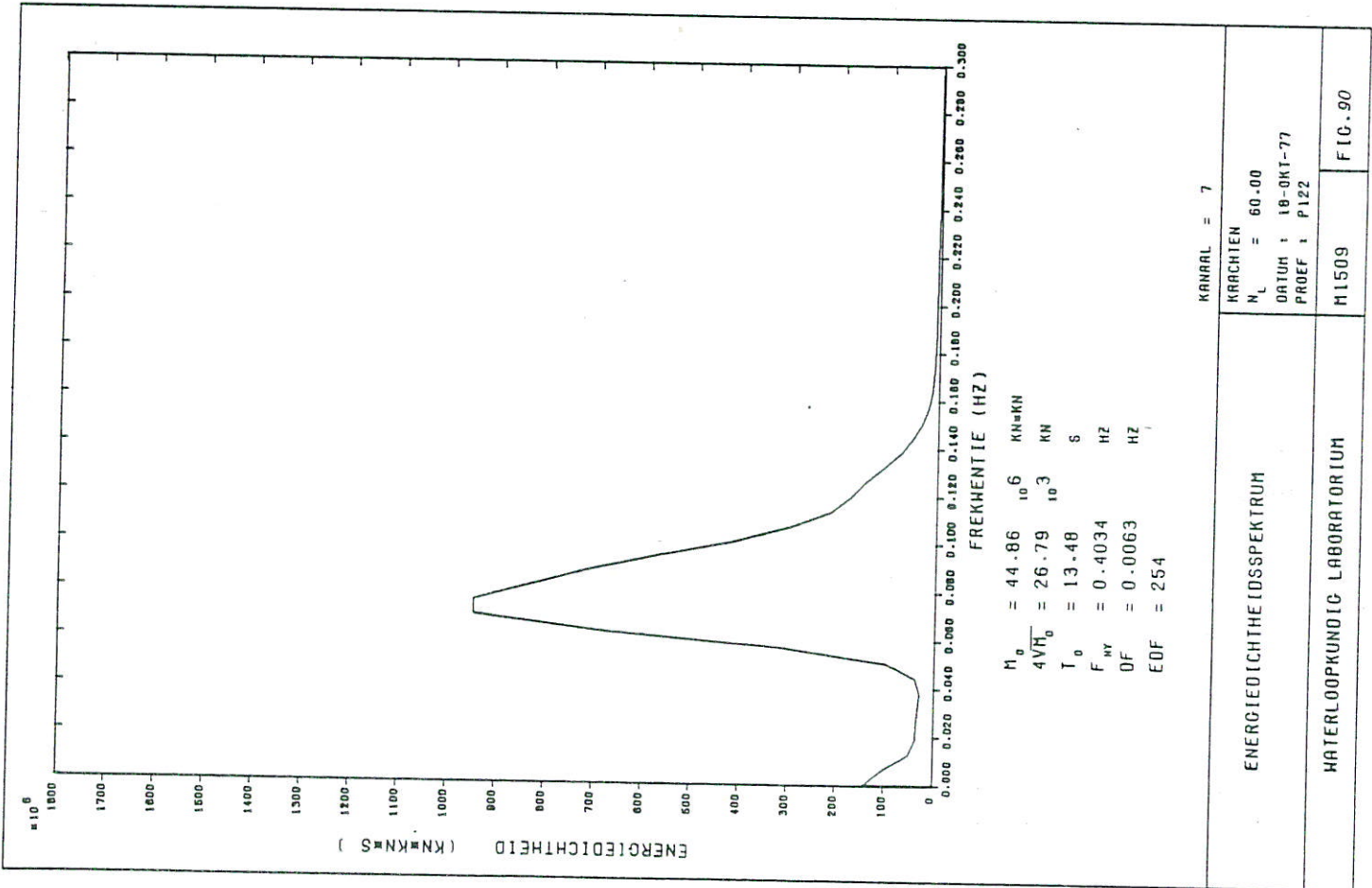


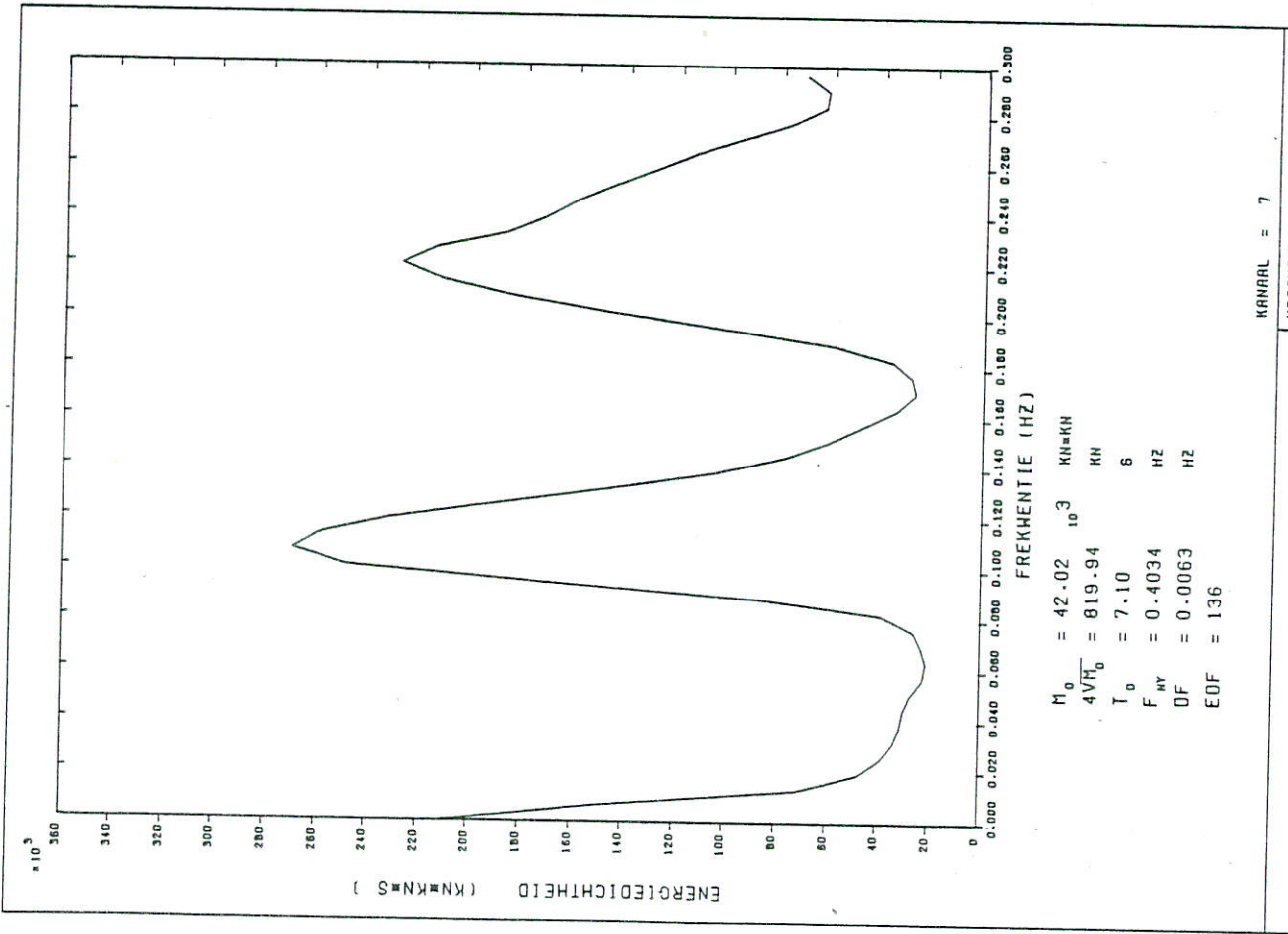






979955





KANAAL = 7

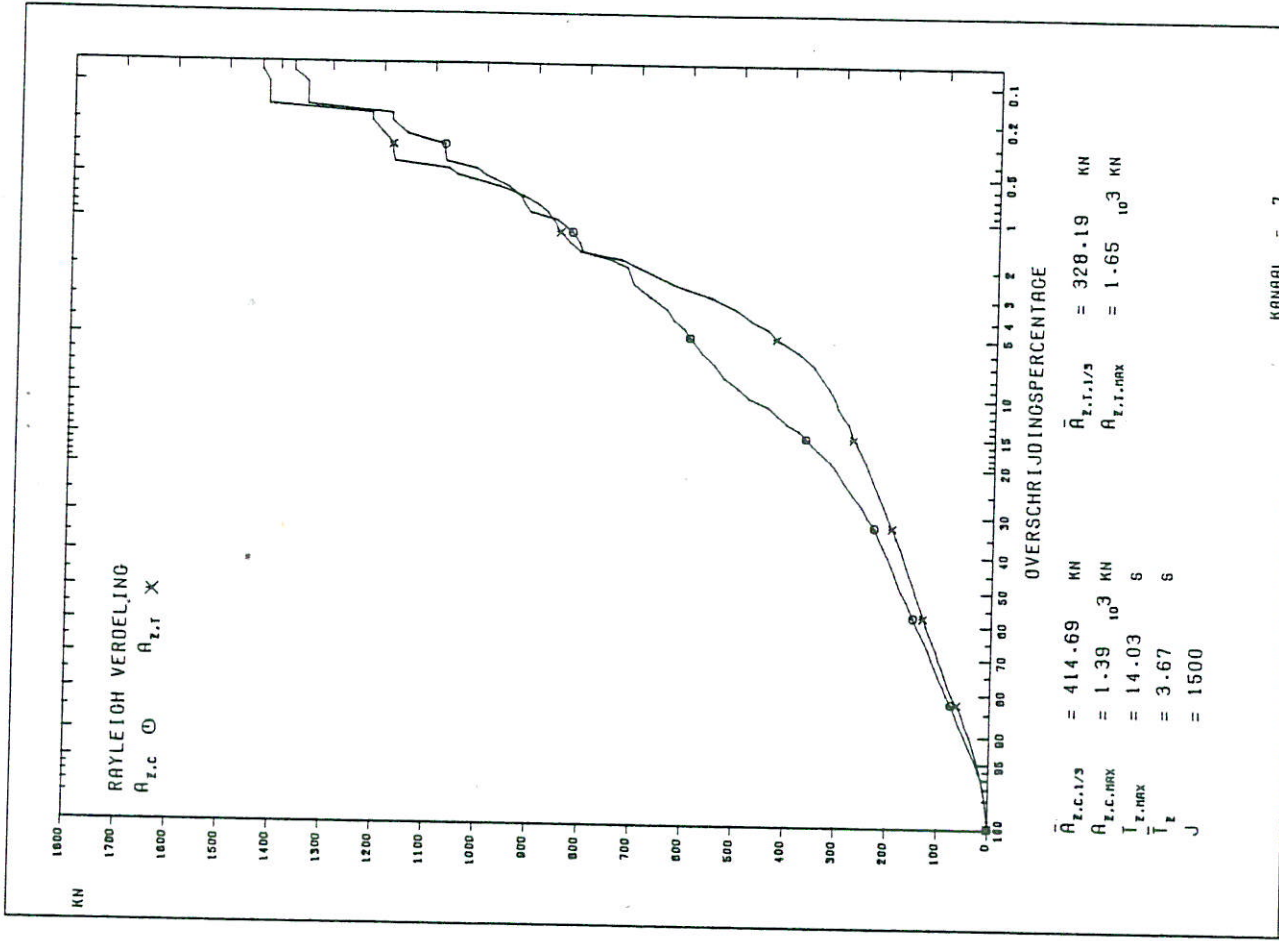
ENERGIEDICHTHEIDSPESKTRUM

KRACHTEN
 $N_L = 60.00$
 DATUM : 06-OKT-77
 PROEF : P131

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1509

FIG. 92



KANAAL = 7

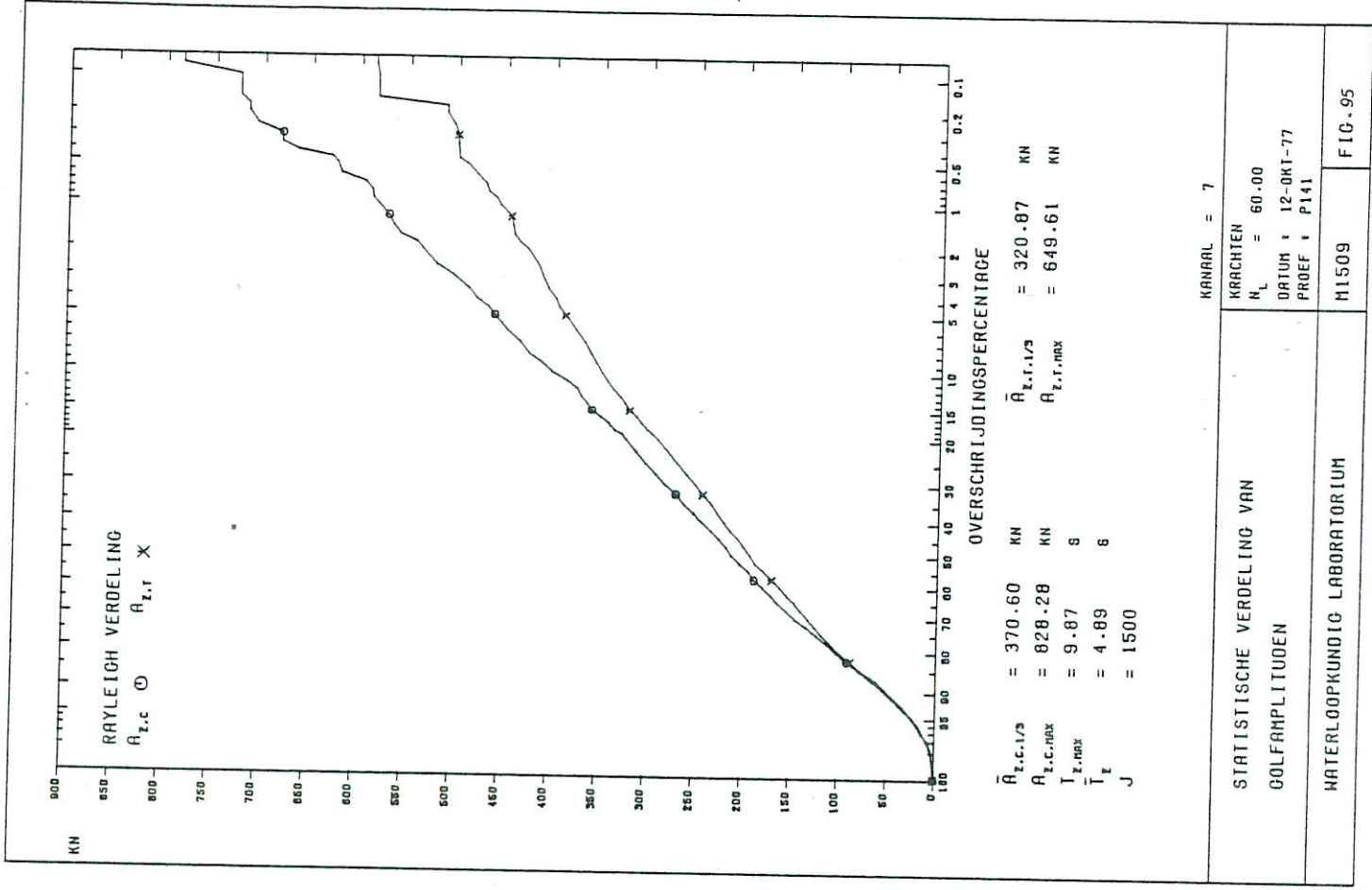
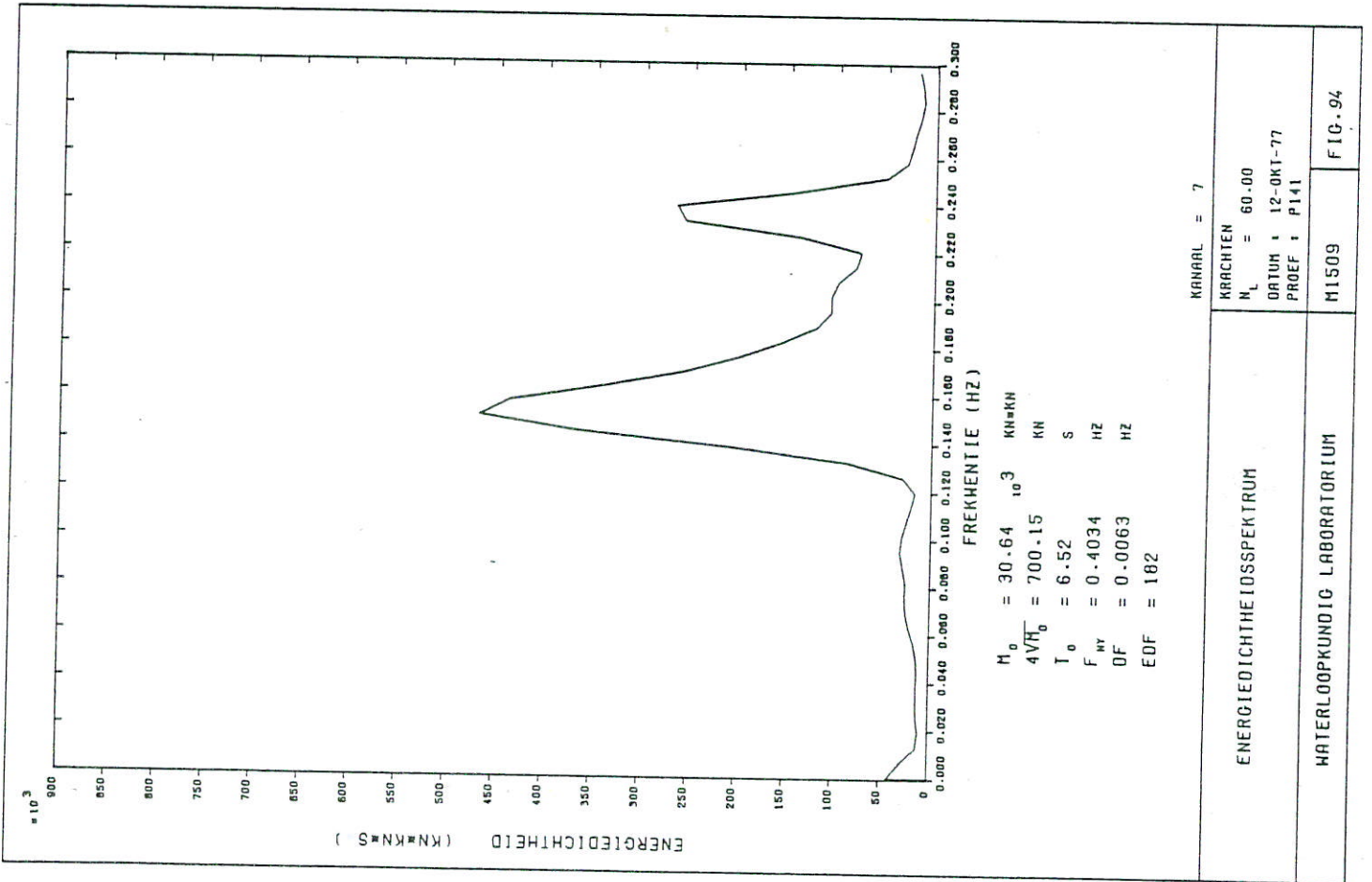
STATISTISCHE VERDELING VAN
GOLFAMPLITUUDEN

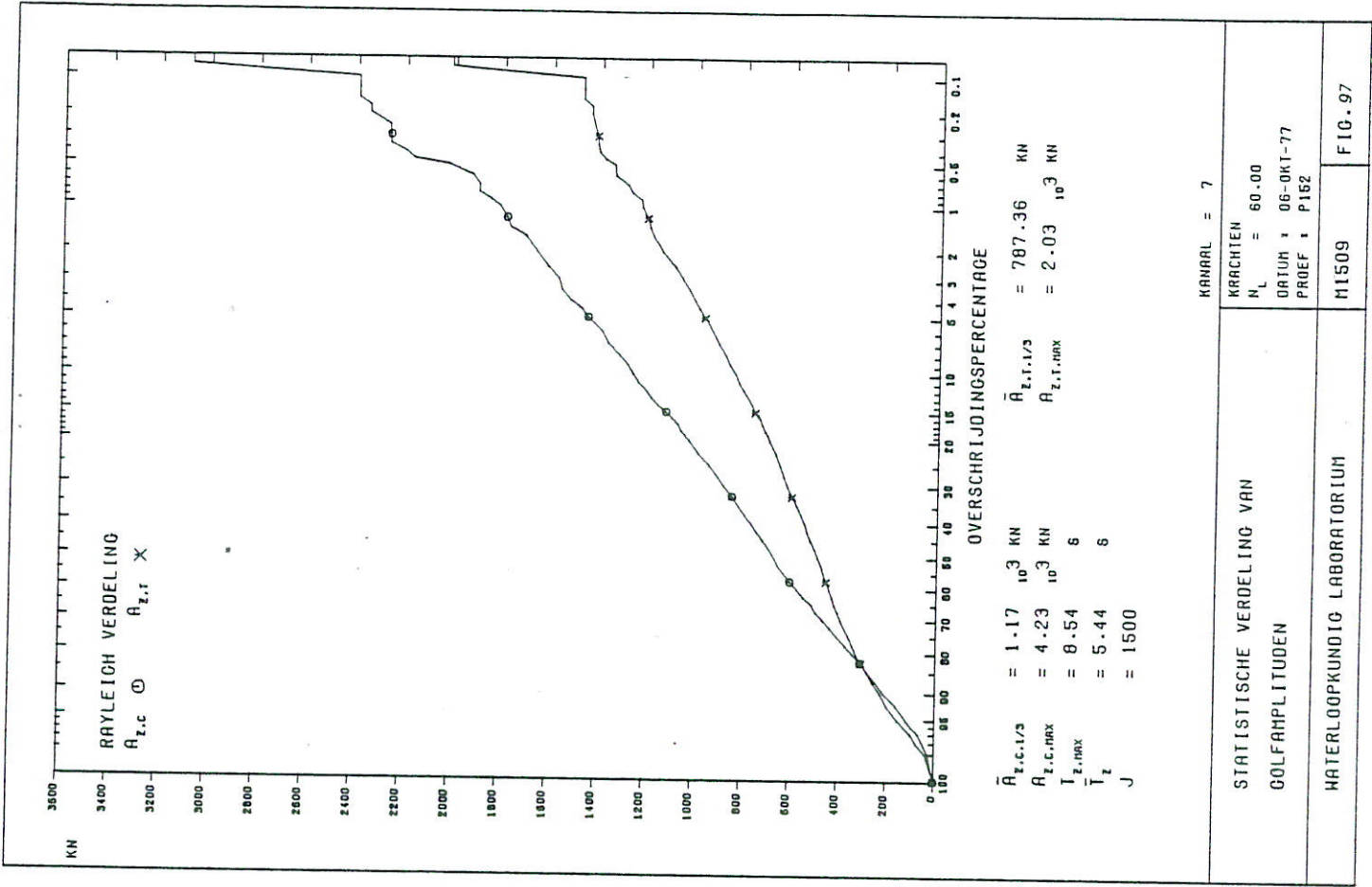
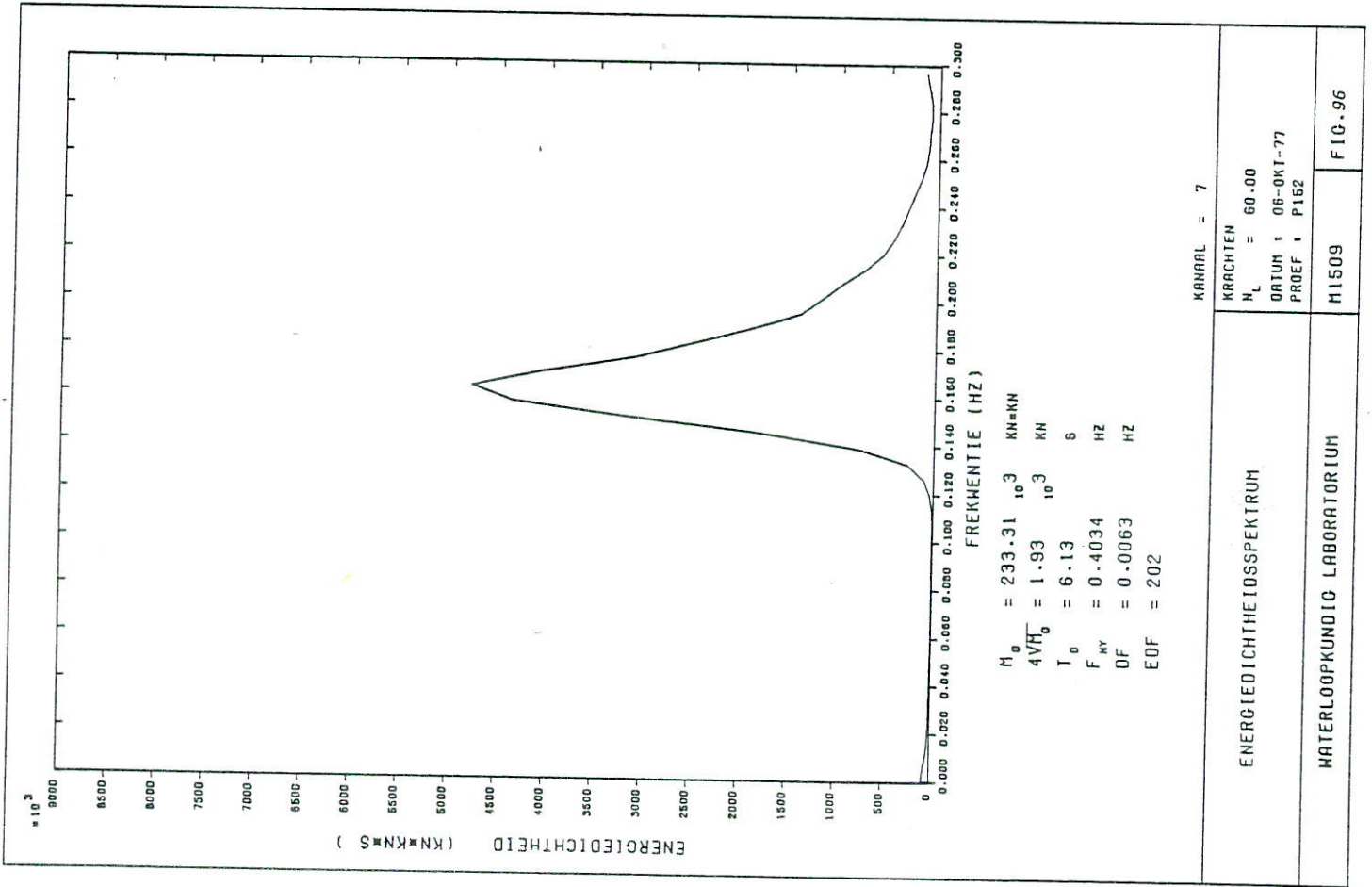
KRACHTEN
 $N_L = 60.00$
 DATUM : 06-OKT-77
 PROEF : P131

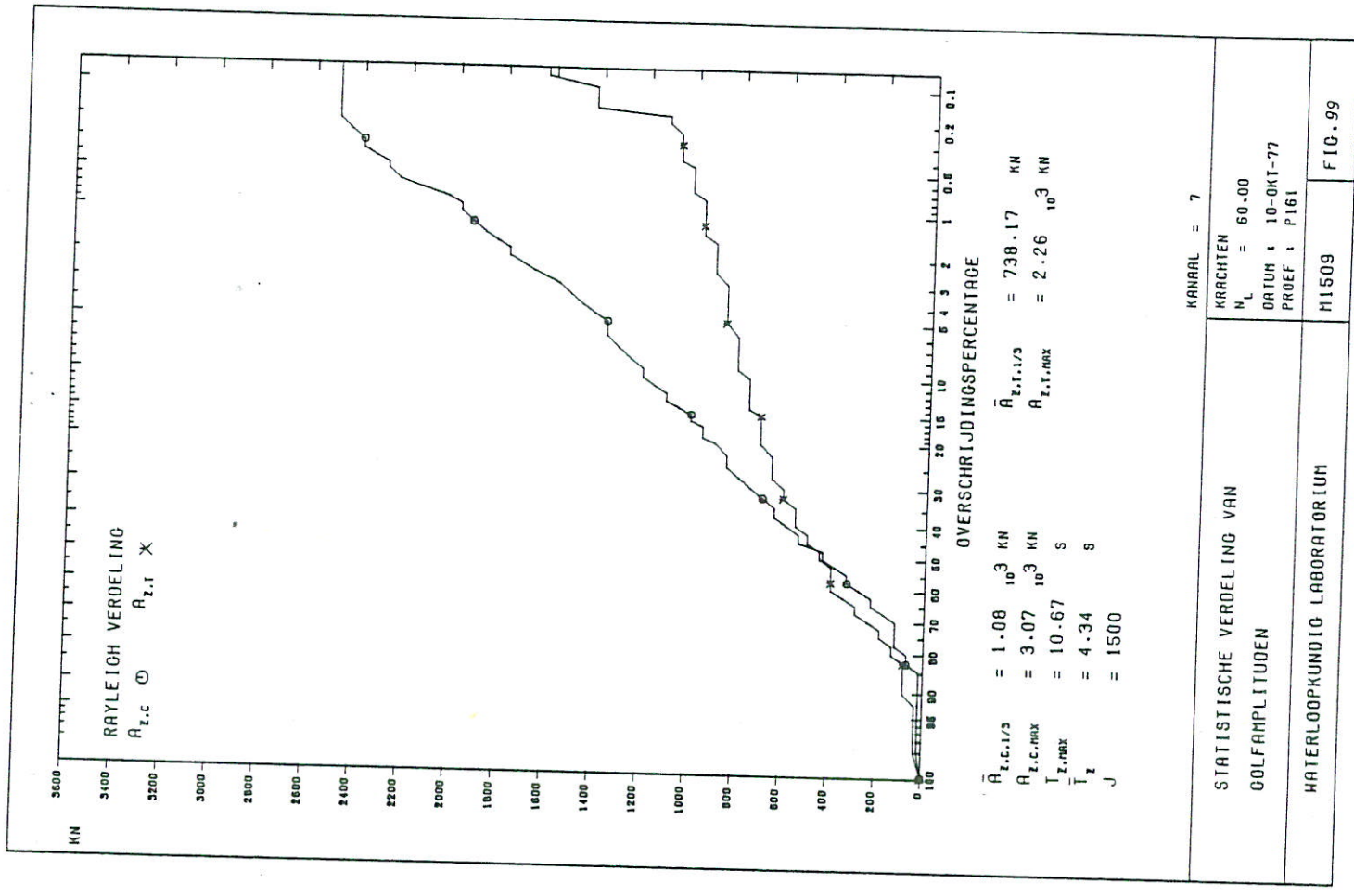
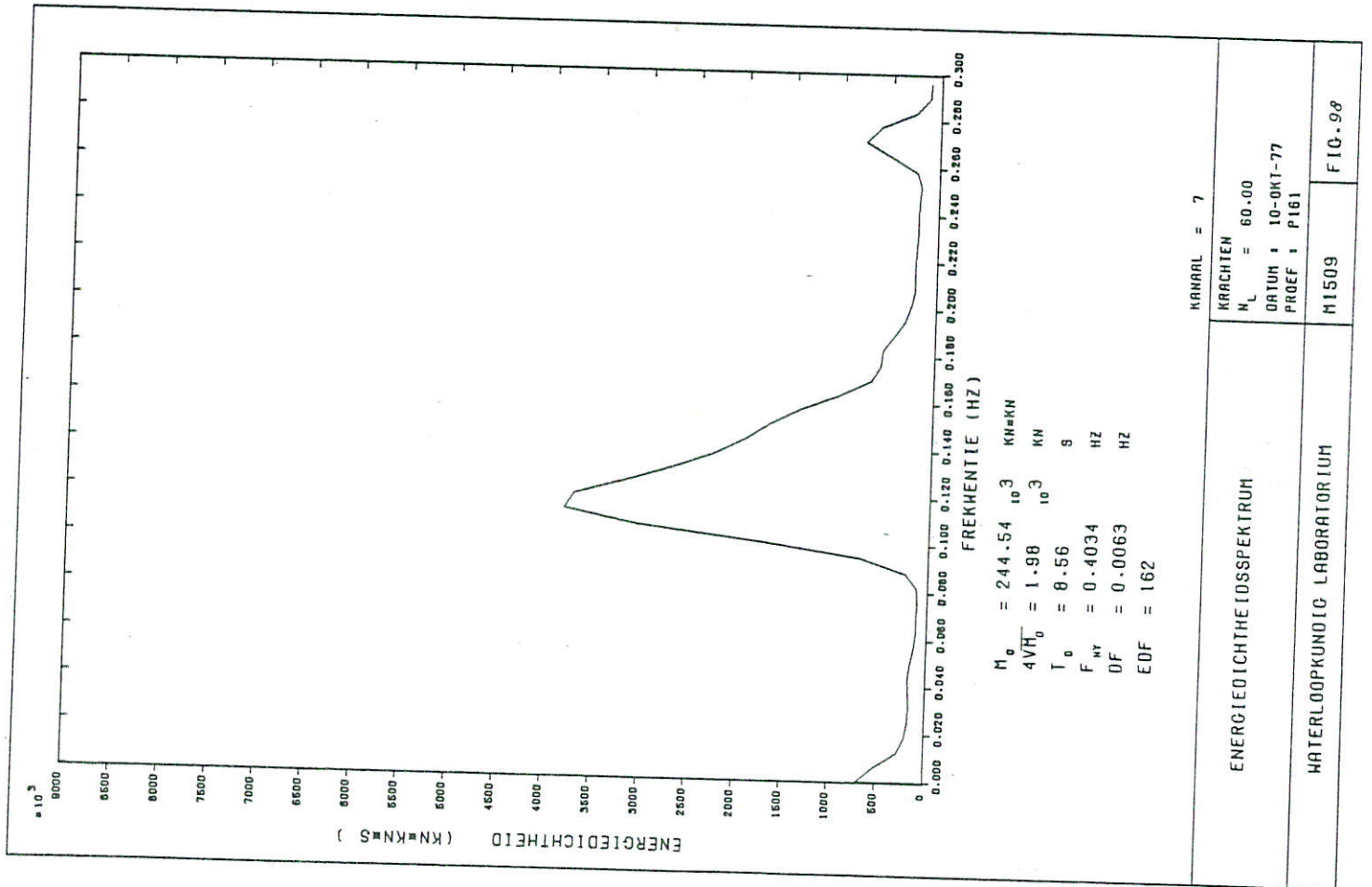
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

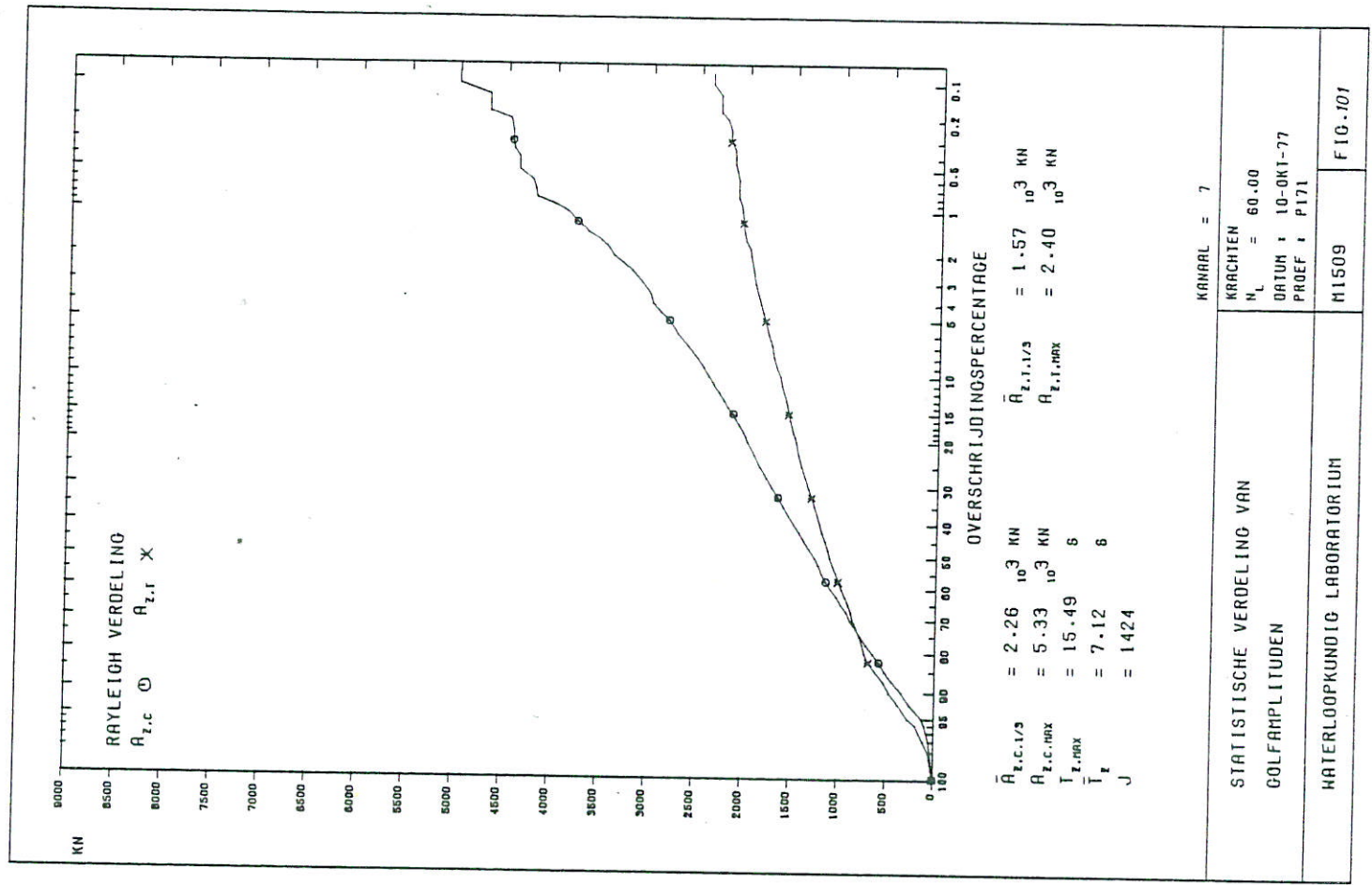
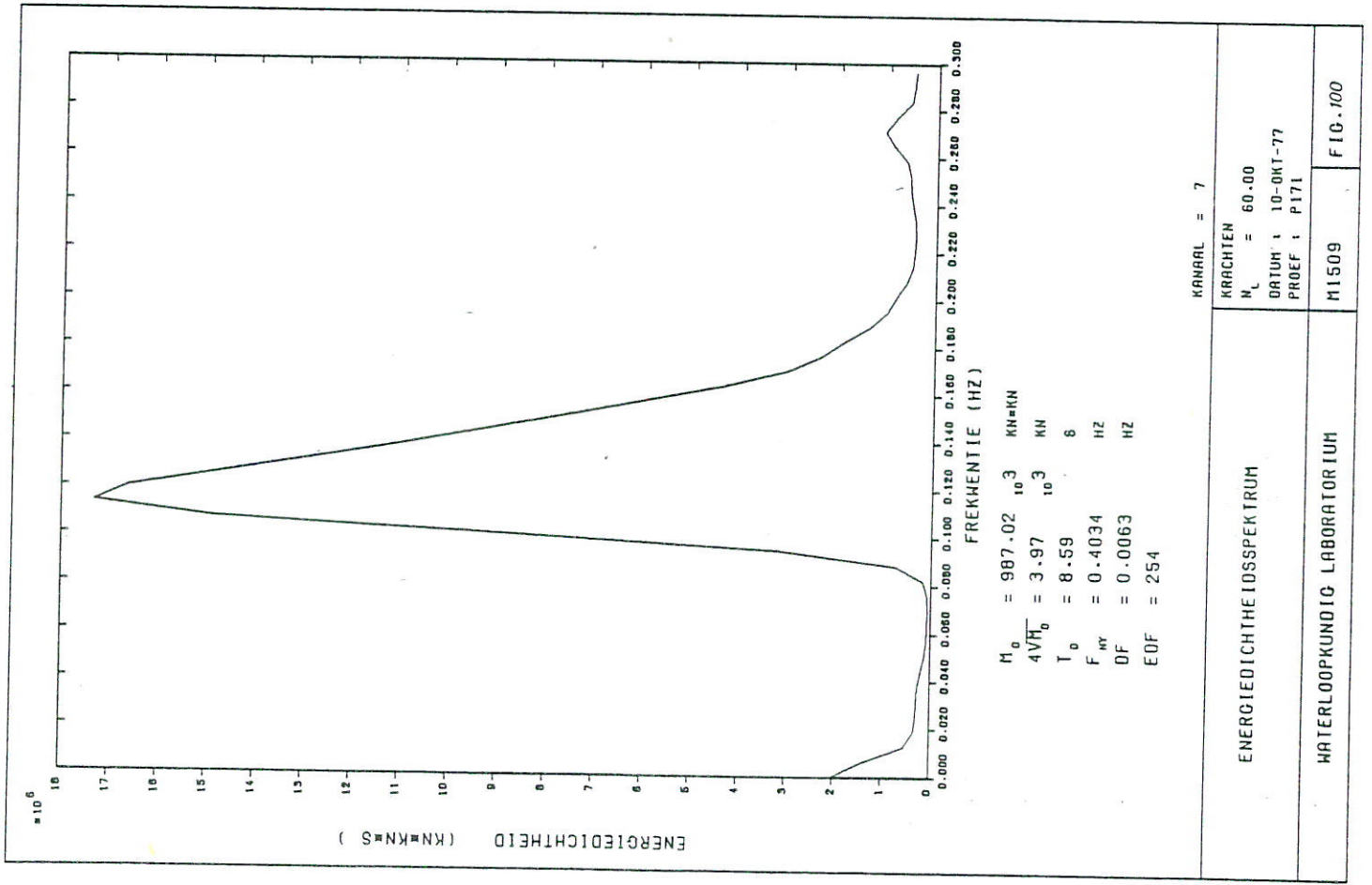
M1509

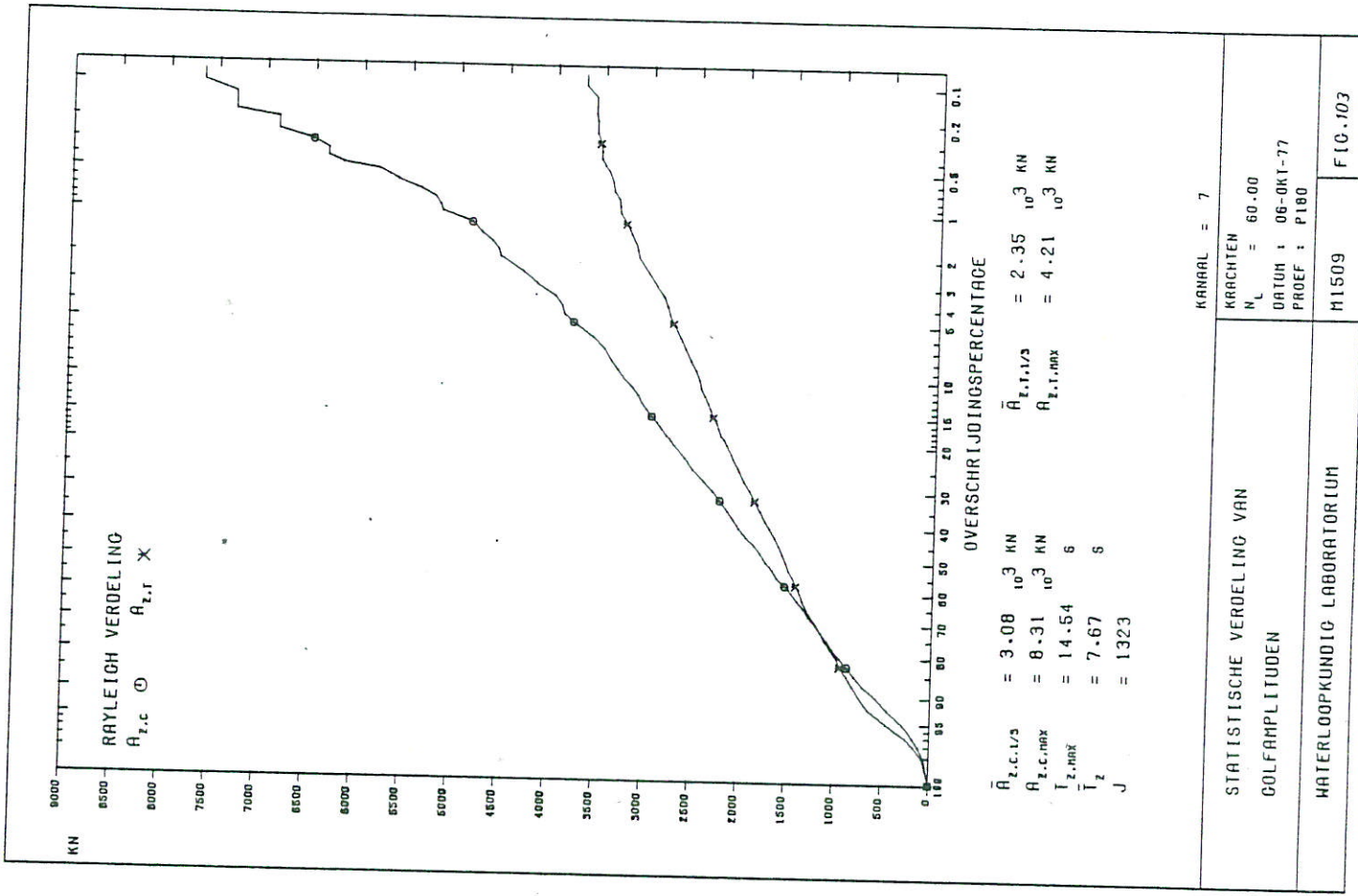
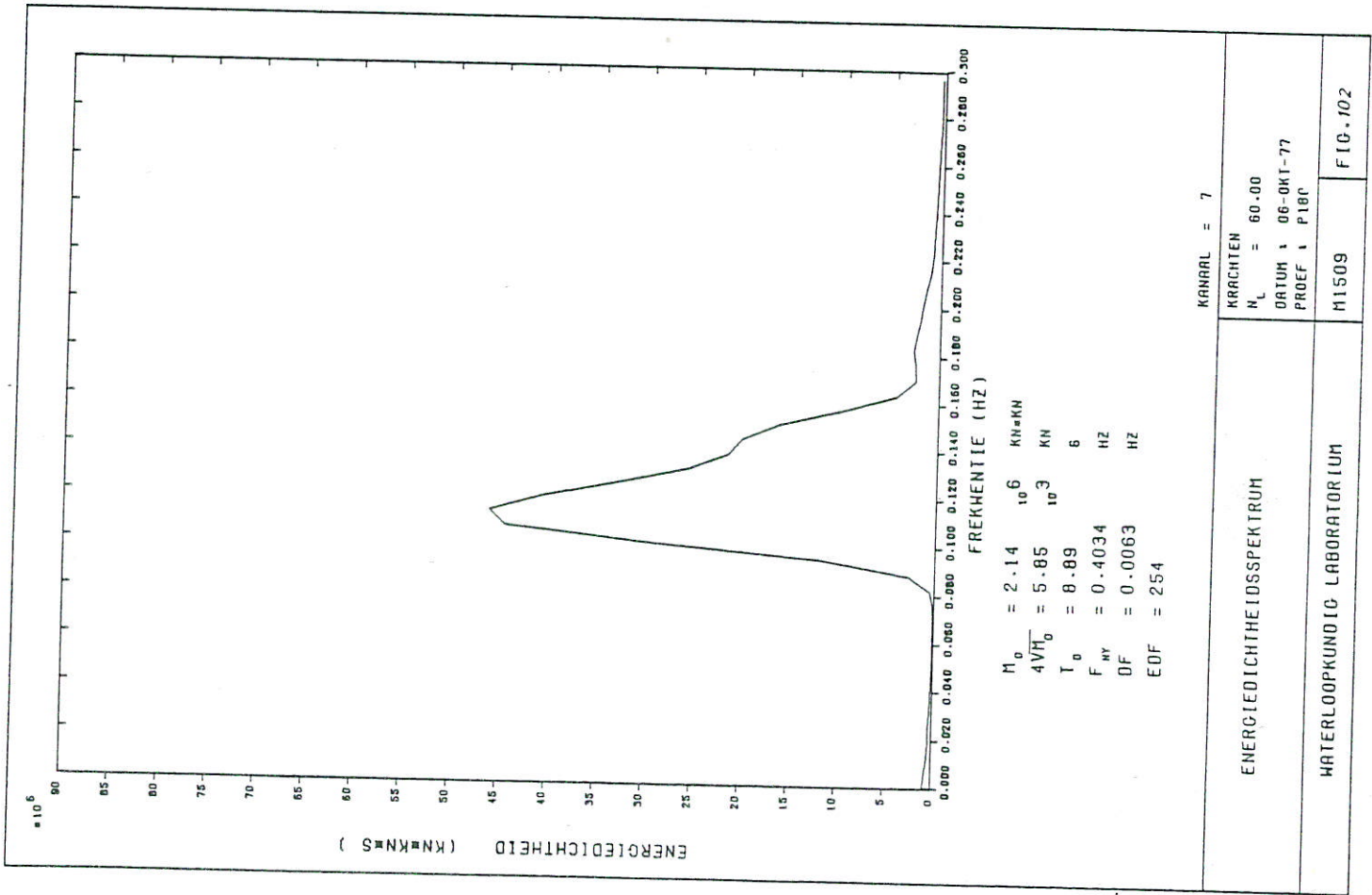
FIG. 93

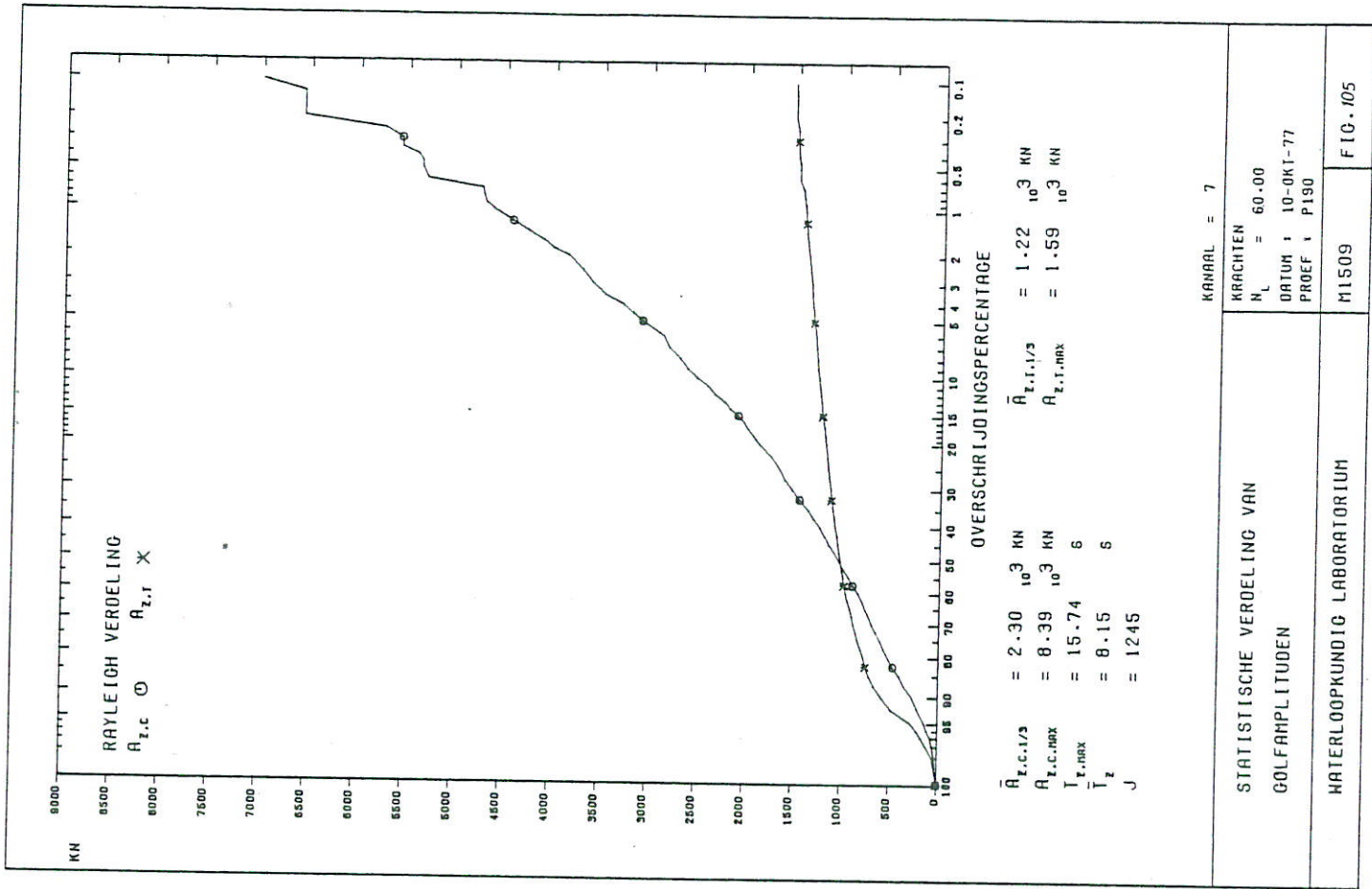
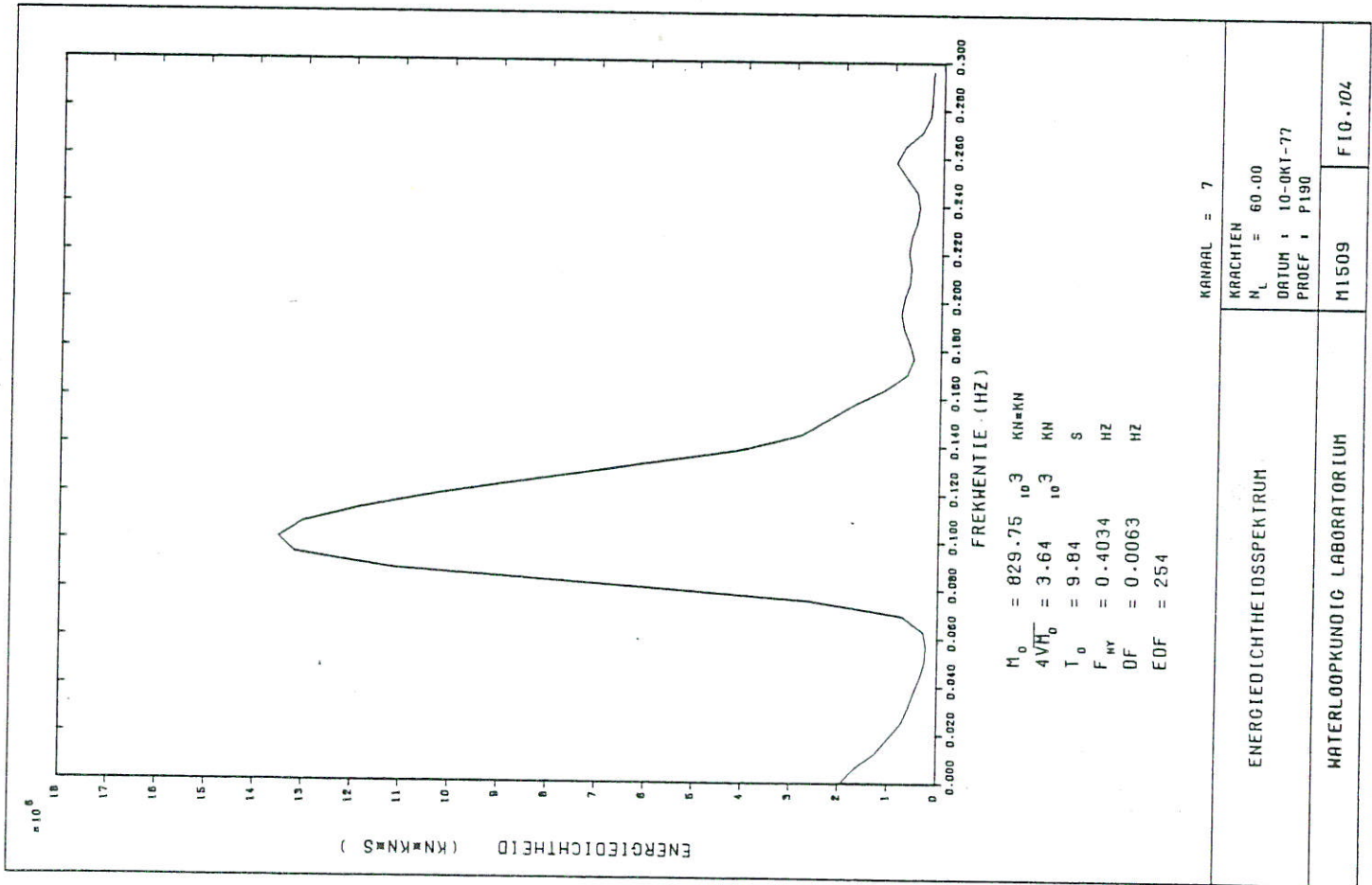


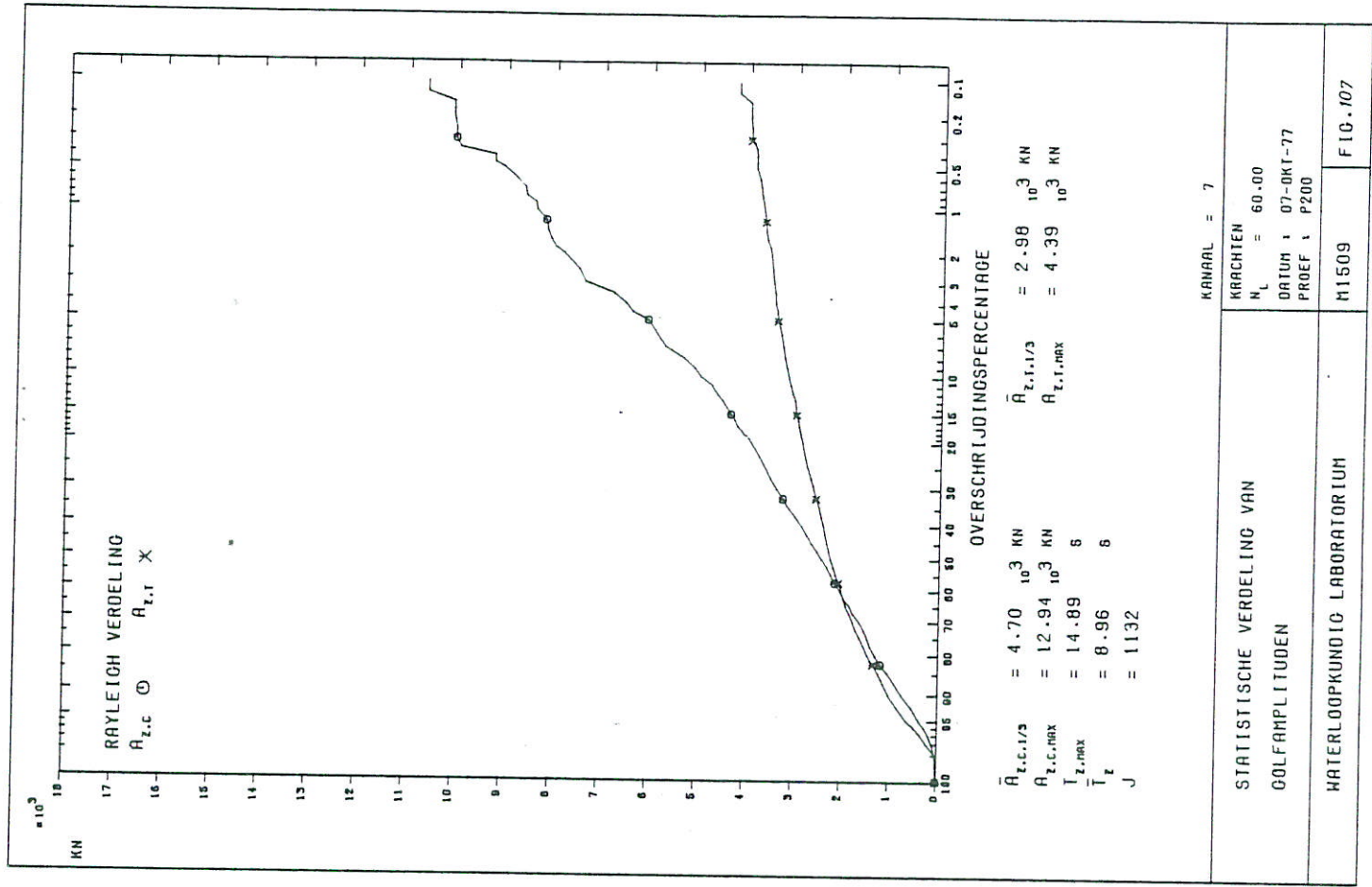
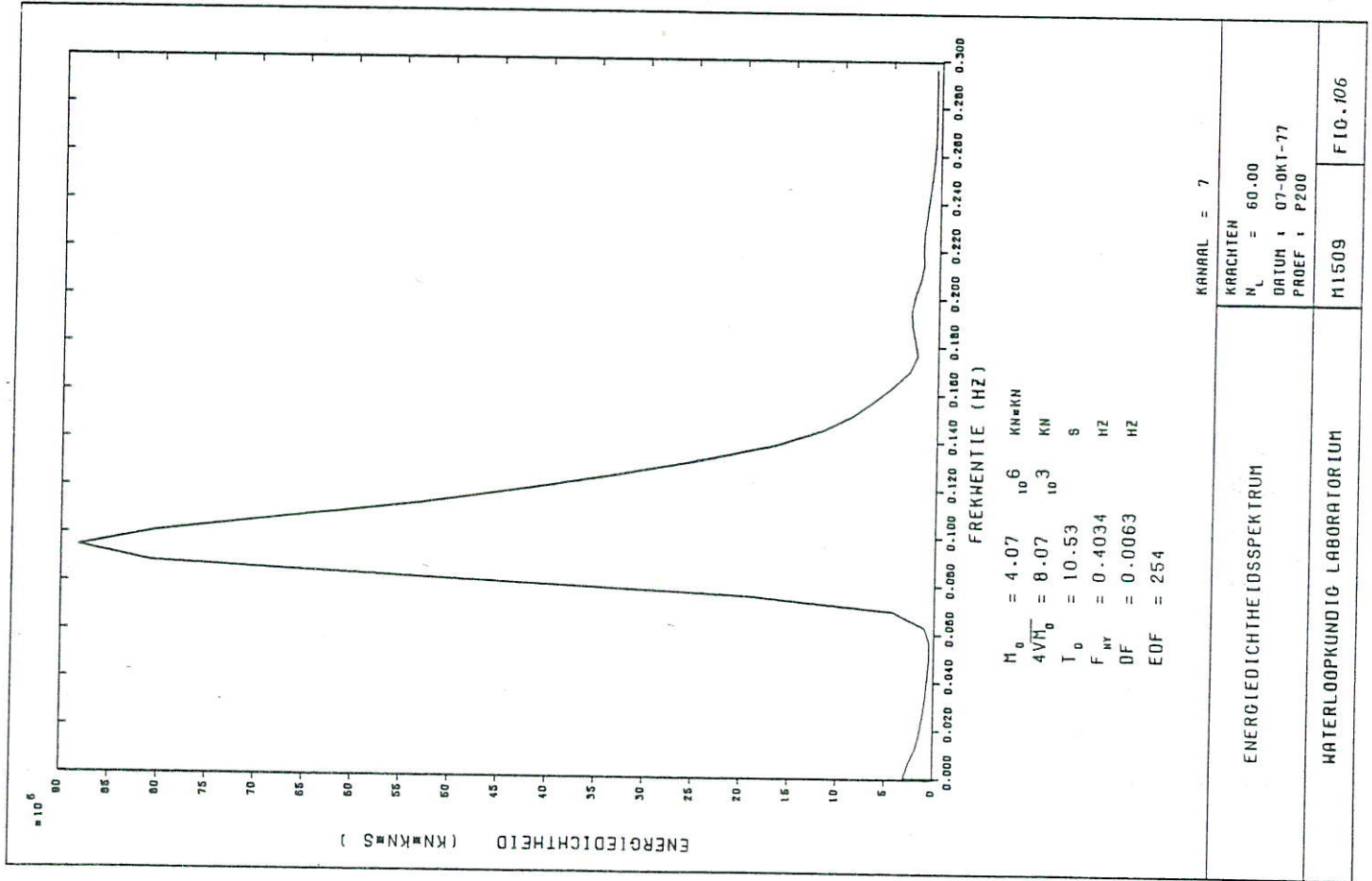


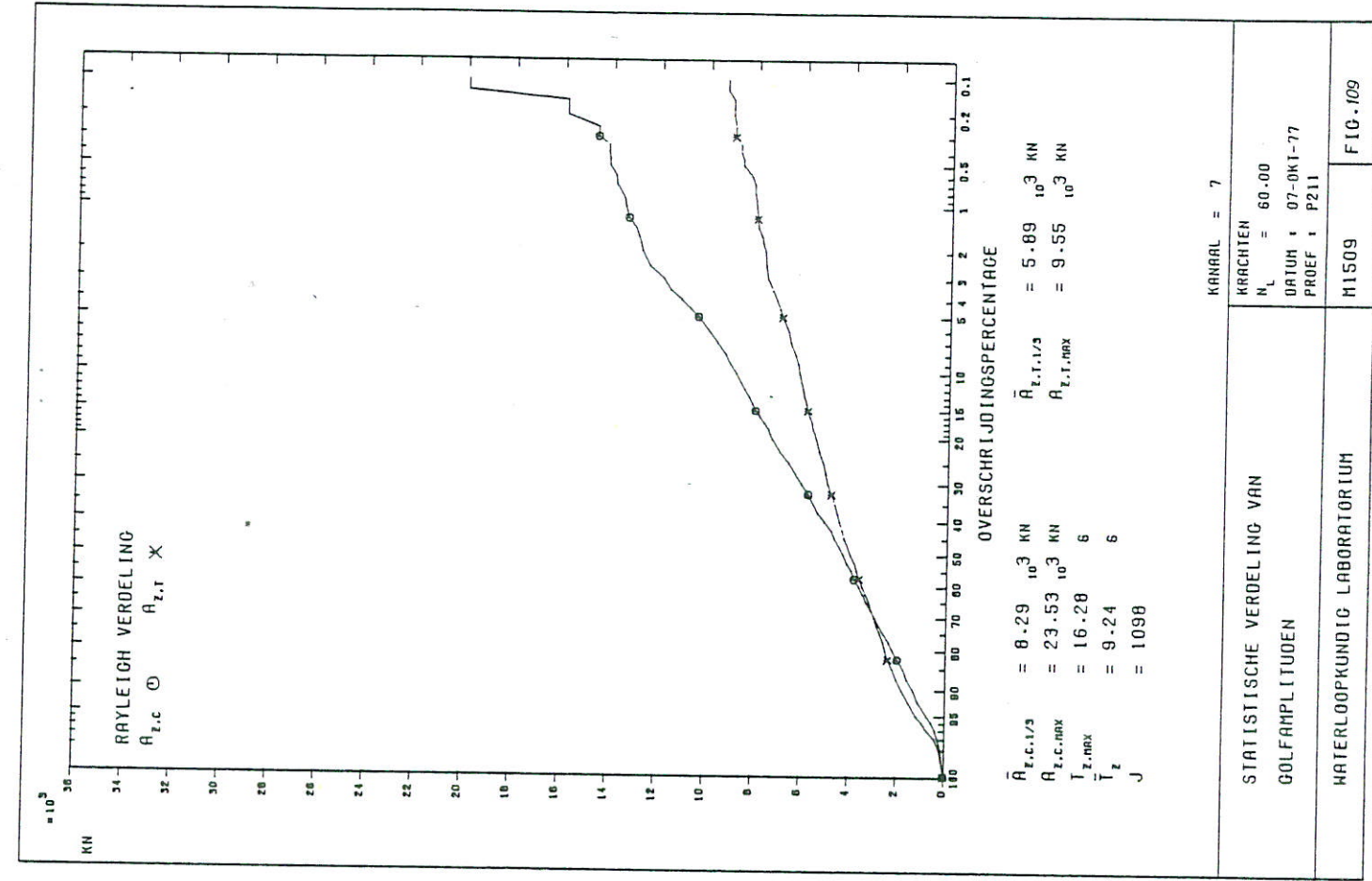
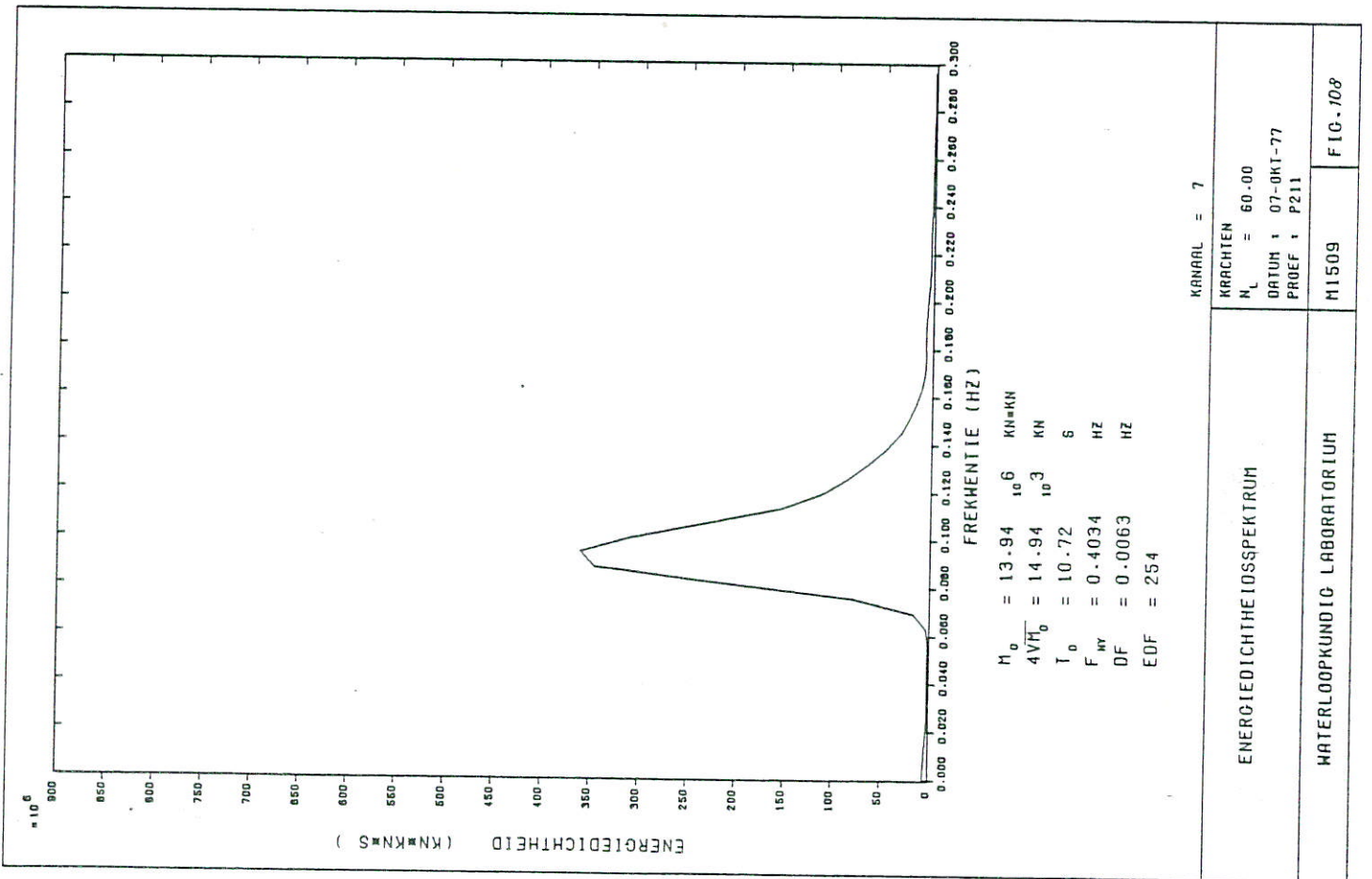


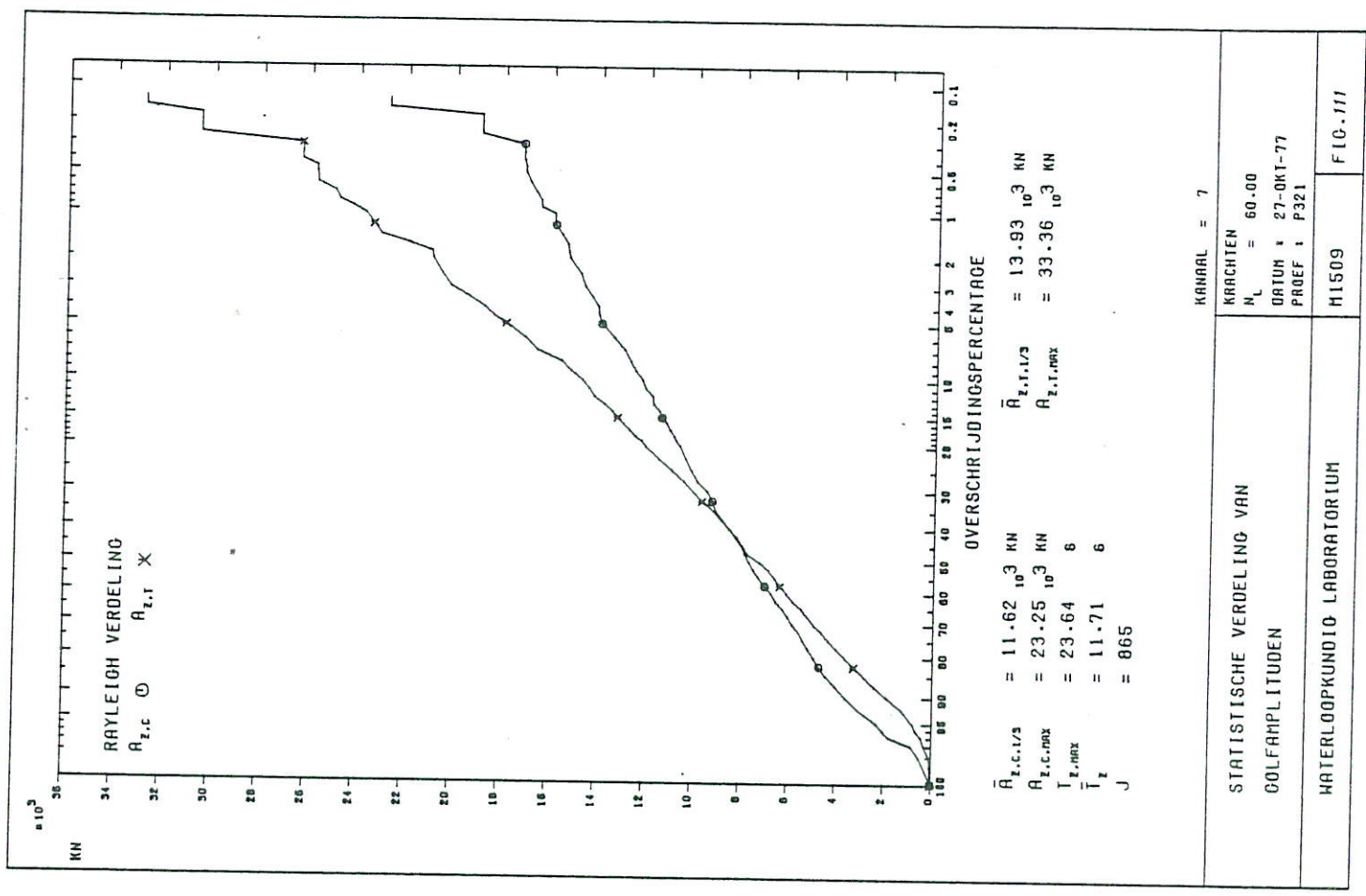
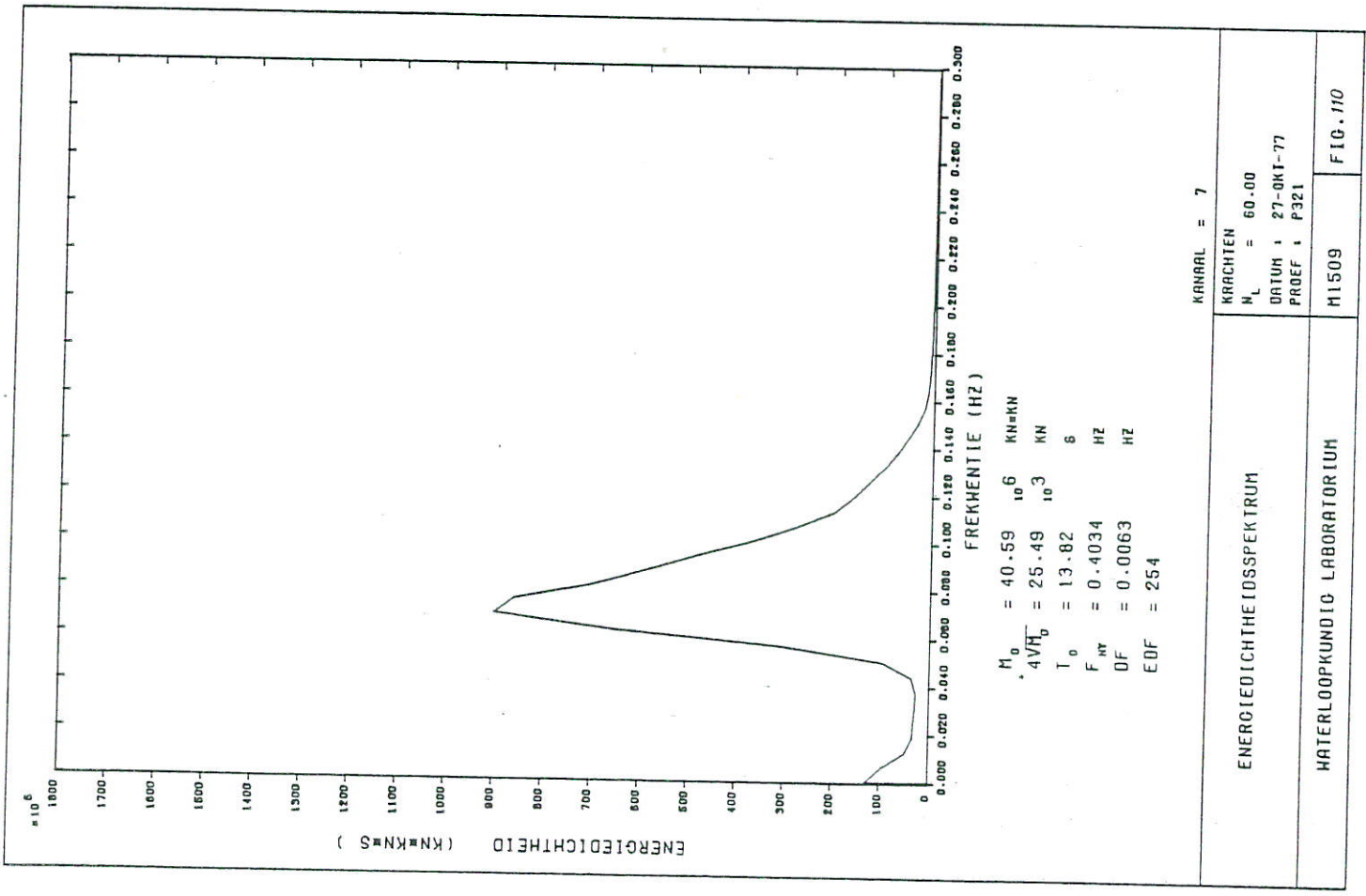


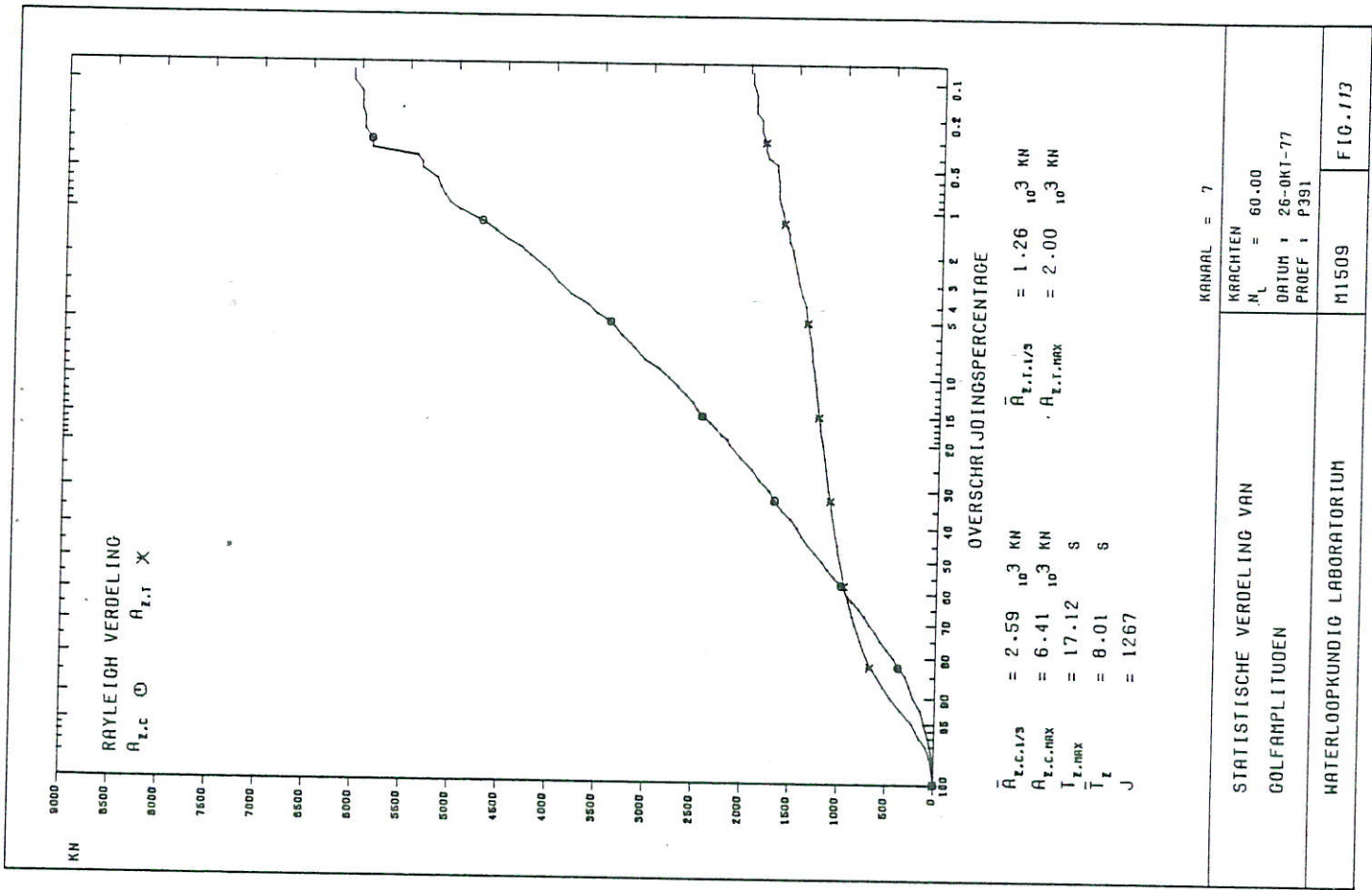
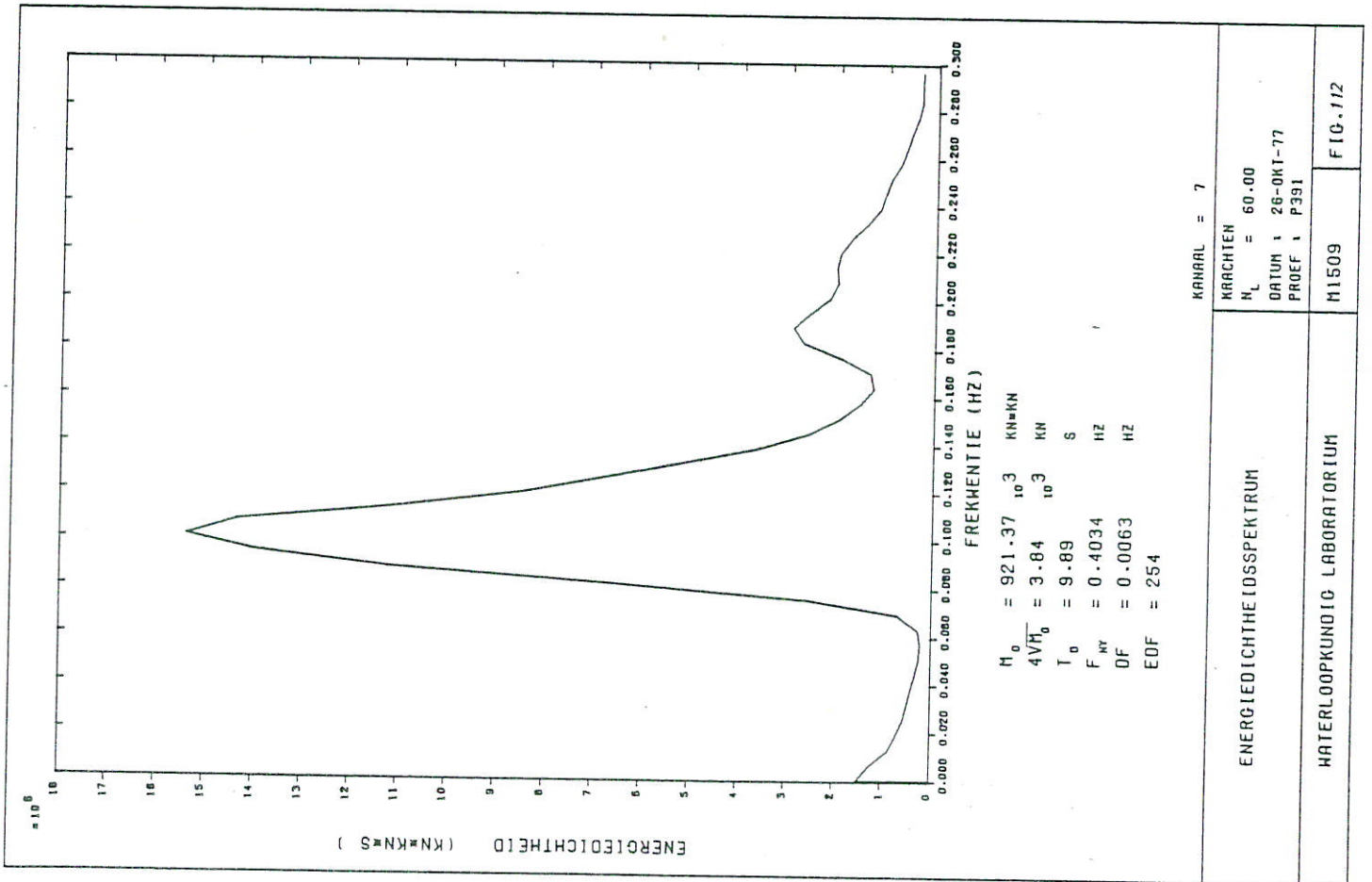


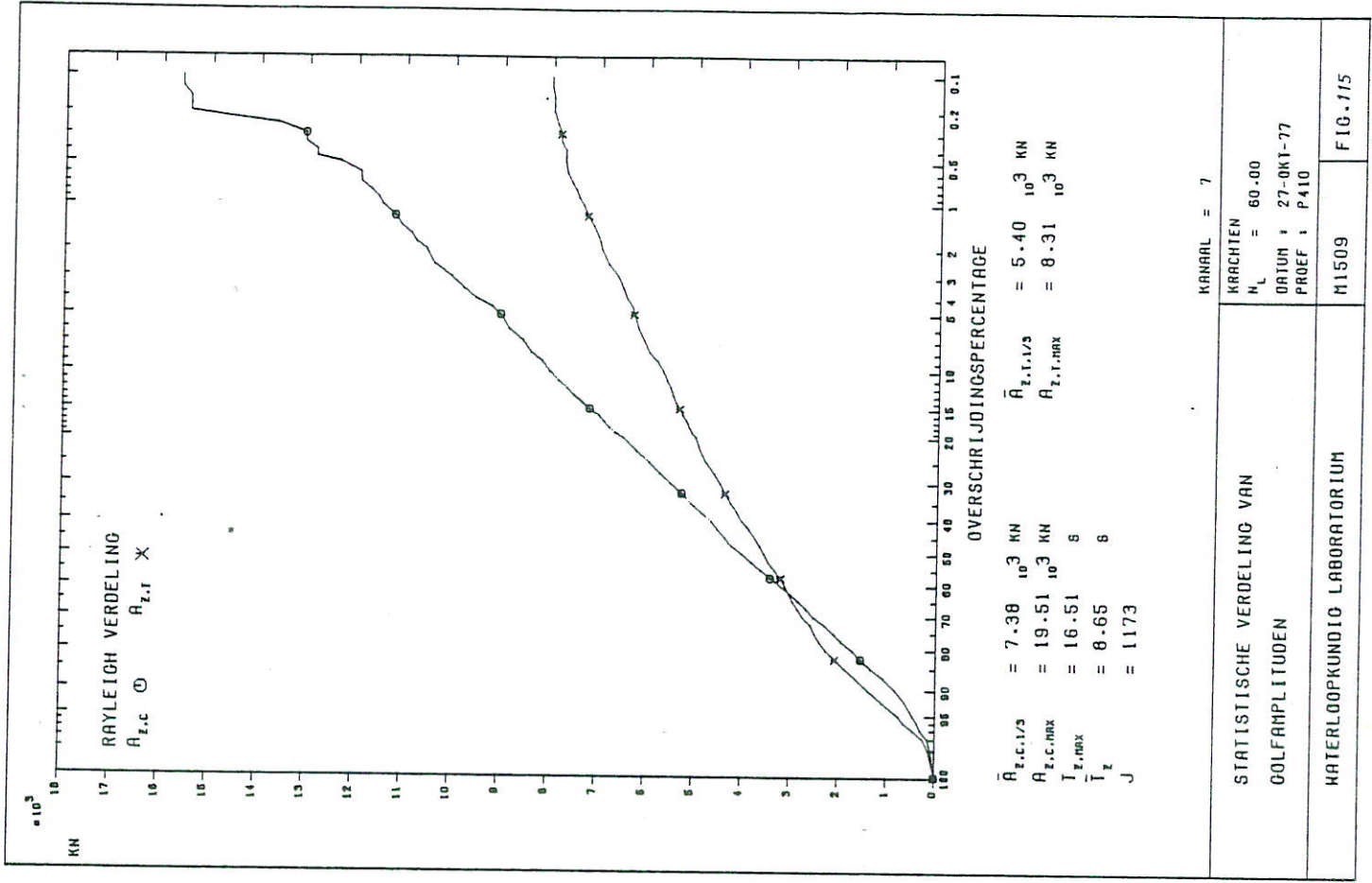
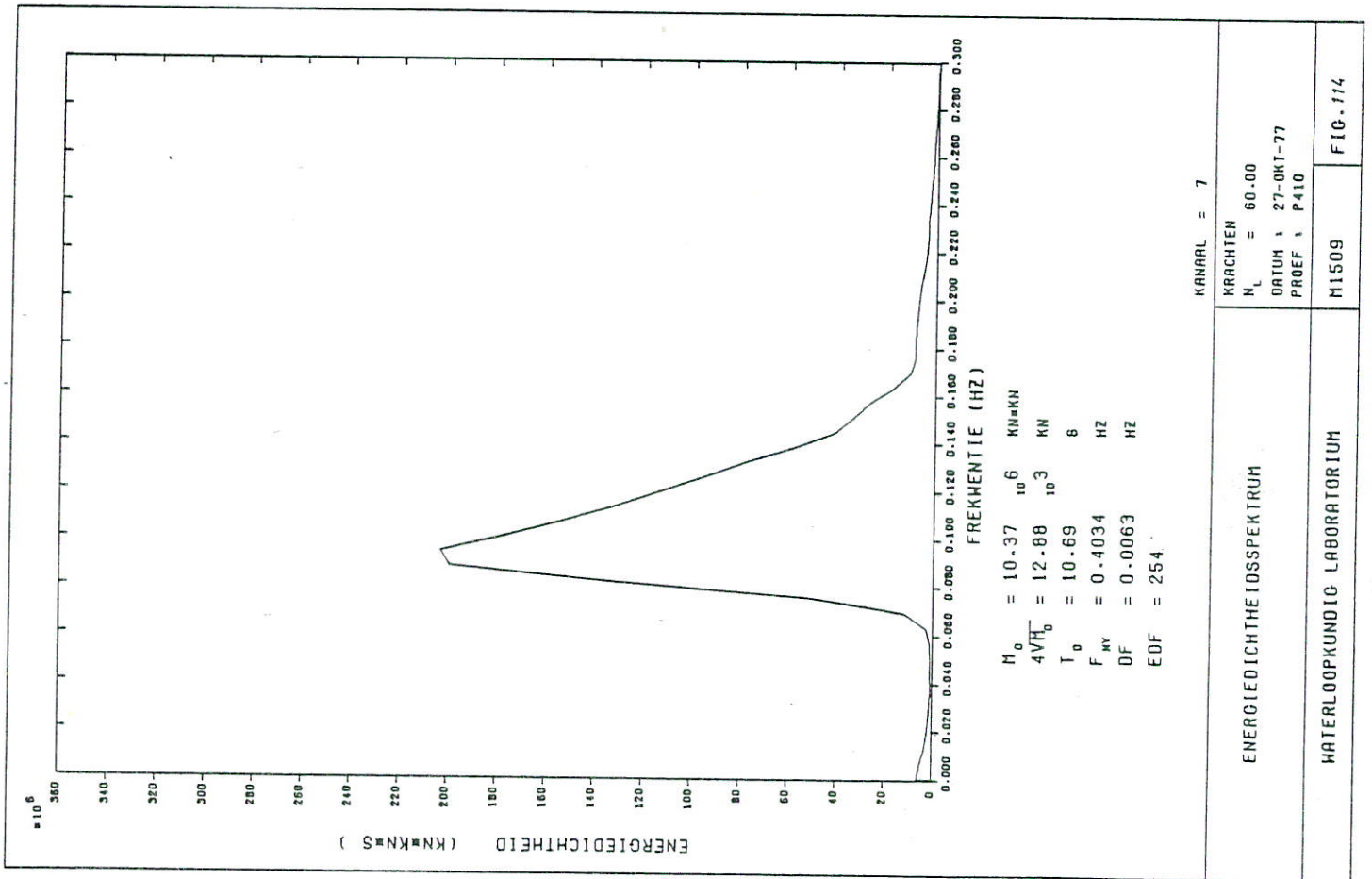












p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands