

De snelheidsmetingen en de golfrichtings-
metingen in het Grevelingenbekken nabij de
Veermansplaat.

J. van Heteren

Begeleider: dr. ir. J.A. Battjes

Technische Hogeschool Delft.
Afdeling der Civiele Techniek
Vakgroep Vloeistofmechanica /
Kustwaterbouwkunde.

juli 1979

De snelheidsmetingen en golfrichtingsmetingen in het Grevelingenbekken nabij de Veermansplaat.

Inhoud.	blz.
1. Inleiding	1
2. Opzet van de metingen	4
2.1. Locatie	4
2.2. Gemeten grootheden	4
2.3. Inrichting van de metingen	4
3. De gebruikte stroommeter	8
3.1. Het principe van de stroommeter	8
3.2. De nauwkeurigheid van de stroommeter	8
4. Het meten van de golfrichting m.b.v. monofoto's	11
4.1. De waargenomen golfrichting	11
4.2. De bepaling van de golfrichting	11
5. De metingen	14
5.1. Beschrijving van de metingen	14
5.2. Bepaling van het meetniveau	15
5.3. Selectie van het waarnemingsmateriaal	15
6. De verwerking van de snelheidsmetingen	16
7. De stroomvertikalen	18
7.1. De definitie van de "maximale snelheidsfluctuatie"	18
7.2. De definitie van de "significante orbitaalsnelheid"	18
7.3. De stroomvertikalen van de significante orbitaalsnelheden	18
8. Het toetsen van de frequentieverdeling	20
8.1. Beschrijving van de gebruikte toets	20
8.2. De invloed van de klassebreedte	22
9. De toetsing van de frequentieverdeling van de horizontale componenten van de momentane orbitaalsnelheid	24
9.1. De verwachte kansdichtheidsfunctie	24
9.2. De resultaten van de toets	24
9.3. De relatie tussen de statistische chi-kwadraat en het meetniveau	25
9.4. De scheefheid van de frequentieverdelingen	27
10. De toetsing van de frequentieverdeling van de maximale horizontale componenten van de snelheidsfluctuaties	28
10.1. De verwachte kansdichtheidsfunctie	28
10.2. De resultaten van de toets	29
10.3. De Rayleighverdeling	31
10.4. De resultaten van de toets van de Rayleighverdeling	32
11. De golfrichtingen	33
12. De responsiefuncties	35
12.1. De responsiefuncties voor verschillende meetniveau's	35
12.2. De verhouding tussen de totale varianties voor verschillende meetniveau's	36
13. Beschouwing van de invloed van de verticale snelheidscomponent	39
14. Samenvatting en conclusies	41

Literatuurlijst

Bijlagenlijst

Appendix 1 beschrijving computerprogramma VHTEST

Appendix 2 beschrijving computerprogramma VHRESP

1. Inleiding

De stormvloed van 1 febr. 1953 heeft aangetoond dat een vergroting van de veiligheid van de stormvloedkering van ons land noodzakelijk was. Om deze veiligheid te vergroten is het Deltaplan ontworpen. Dit plan hield o.a. in de afsluiting van de zeearmen in het Zuidwesten van het land met uitzondering van de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg. De zeearmen die dus in aanmerking kwamen voor afsluiting waren het Haringvliet, het Brouwershavense Gat, de Oosterschelde en het Veerse Gat. Deze afsluitingen zijn, op die van de Oosterschelde na, alle gerealiseerd.

De werken tot afsluiting van deze zeearmen konden om organisatorische redenen niet alle tegelijk worden verricht. De successievelijke uitvoering maakte echter bijzondere maatregelen noodzakelijk.

Zolang de kombergingsgebieden van het Brouwershavense Gat en Oosterschelde met elkaar in verbinding stonden, zou na afsluiting van één van deze zeearmen de vulling en lediging geheel via Zijpe-Mastgat-Keten moeten plaatsvinden. Hierdoor zouden zeer grote snelheden in deze keten en vooral in het Zijpe ontstaan. Daarom is een dam aangelegd in de bovenmond van de Grevelingen (zie lit. 1).

Door de afsluiting van het Brouwershavense Gat en het Grevelingen is een afgesloten bekken ontstaan, het zogenaamde Grevelingenbekken.

In een afgesloten bekken is de waterbeweging anders dan in een open zeearm omdat de krachten die de beweging van het water veroorzaken anders zijn of een ander effect hebben. Zo zal de invloed van de getijkracht, die voor de afsluiting dominerend is voor de waterbeweging, na afsluiting praktisch nihil zijn, daarentegen zal de invloed van de schuifkracht van de wind op het water na de afsluiting een ander effect hebben omdat in een afgesloten bekken geen water toegevoerd kan worden.

Hierdoor zullen zich o.a. horizontale en verticale circulatiestromingen ontwikkelen alsmede een waterstandsverhang over het gehele bekken (zie lit. 2).

Door de veranderde waterbeweging zal ook het gedrag van de platen en oevers in het bekken veranderen. Voor de afsluiting waren de meeste platen en oevers in een dynamisch evenwicht, wat wil zeggen dat de ligging gezien over een langere periode constant is. Na de afsluiting was er op vele plaatsen in het Grevelingenbekken een achteruitgang te constateren van de plaatoevers nabij de waterlijn.

Teneinde inzicht te verkrijgen in de oorzaken van deze achteruitgang zijn in de zomer 1975 metingen verricht langs de oever van de Veermansplaat (zie bijlage 1) met als doel het verkrijgen van een indruk over de verhouding tussen langs- en dwarstransport van het bodemzand.

Omdat zandtransportmetingen uiterst moeilijk zijn is besloten om metingen te verrichten naar de watersnelheden evenwijdig en loodrecht op de plaat-oever. Tevens werd de golfhoogte, golfrichting, windsnelheid en windrichting gemeten om de waterbeweging te kunnen relateren aan het golf- en windklimaat. Uit deze metingen is een kwalitatieve konklusie getrokken over het langs- en dwarstransport.

De leiding van deze metingen berustte bij de auteur van de onderhavige nota die tevens voor de verslaggeving van de metingen heeft zorggedragen (lit. 3).

Om meer inzicht te krijgen in het snelheidsveld in golven zijnde metingen aan een nader onderzoek onderworpen. Dit onderzoek valt uit één in de volgende deelonderzoeken:

1. het onderzoek naar de verdeling van de momentane horizontale componenten van de orbitaalsnelheid.
2. het onderzoek naar de verdeling van de maxima van de horizontale componenten van de orbitaalsnelheid.
3. het onderzoek naar de relatie tussen de windrichting, de golf-richting en de richting van de orbitaalsnelheid.
4. het onderzoek naar de responsiefuncties van het inwendige snelheidsveld.

De opzet van de metingen wordt beschreven in het tweede hoofdstuk van deze nota en de gebruikte stroommeter alsmede de nauwkeurigheid ervan in het derde hoofdstuk. Het vierde hoofdstuk beschrijft het meten van de golf-richting met behulp van monofoto's. De metingen zelf worden in het vijfde hoofdstuk besproken waarin tevens wordt aangegeven van welke dagen de meetgegevens zijn uitgewerkt en van welke deze niet zijn uitgewerkt. De wijze waarop de snelheidsmetingen zijn verwerkt wordt in het daarop volgend hoofdstuk behandeld. In het zevende hoofdstuk worden enkele definities gegeven en worden de stroomvertikalen gegeven van de uitgewerkte meetdagen.

Hoofdstuk 8 behandelt de chi-kwadraattoets, die toegepast is op de verdeling van de momentane horizontale componenten van de orbitaalsnelheid, hoofdstuk 9 en op de verdeling van de maximale horizontale componenten van de snelheidsfluctuatie orbitaalsnelheden, hoofdstuk 10.

Hoofdstuk 11 geeft de resultaten van de monofoto's en legt een relatie tussen de golfrichting, de windrichting en de orbitaalrichting. De berekening van de responsiefuncties van twee verschillende meetniveau's staan beschreven in hoofdstuk 12. Het voorlaatste hoofdstuk bevat een beschouwing over de invloed van de verticale snelheidscomponent op de meting van de horizontale snelheidscomponenten en het laatste hoofdstuk bevat een samenvatting en de conclusies.

2. Opzet van de metingen

2.1. Locatie

Als plaats van de meting is gekozen de westoever van de Veermansplaat. Hier is, in tegenstelling tot vele andere oevers van platen in het Grevelingenbekken, nog geen grindverdediging toegepast, zodat hier de oorspronkelijke situatie nog aanwezig was. Een tweede reden voor deze keuze is dat er, althans voor het Grevelingenbekken, forse strijklengten mogelijk zijn, zodat relatief hoge golven kunnen worden verwacht. (H_z , 1/3 orde van grootte: 50 cm, zie bijlage 8)

De oeverlijn verloopt t.p.v. de meetlocatie regelmatig golvend. Het dwarsprofiel is een flauw hellende vlakke oever waarvan de helling op ca. 300 m vanaf de oever sterker wordt, zie bijlage 2. Het bodemmateriaal is zand.

2.2. Gemeten grootheden

Bij de metingen zijn zowel de langs- als de dwarscomponent van de stroomsnelheid in een zestal punten in een raai loodrecht op de oever van de Veermansplaat op verschillende niveau's gemeten. Om deze snelheden te kunnen relateren aan het bijbehorend golf- en windklimaat zijn ook de golfbeweging, de golfrichting, de windsnelheid en de windrichting tijdens de metingen bepaald. De bodemligging is vóór en na de metingen m.b.v. lodingen en waterpassingen bepaald, zie bijlage 3 en 4.

2.3. Inrichting van de metingen

In een raai loodrecht op de oever van de Veermansplaat zijn een zestal palen geplaatst waarlangs de stroommeter m.b.v. een slede vertikaal kan worden verplaatst (zie bijlage 5 en foto 1).



foto 1: slede voor het meten langs de vertikaal

Op bepaalde punten in de vertikaal is de stroomsnelheid tweedimensionaal gemeten. De constructie was zodanig dat de slede met de stroommeter in z'n geheel naar een andere paal kon worden gebracht. De registratieapparatuur bevond zich aan boord van een ponton (zie foto 2) die enkele tientallen meters ten noordwesten van de meetpalen lag en via een kabel, waaraan drijvers bevestigd waren, verbonden was met de sensor.



foto 2: bij de metingen gebruikte ponton



foto 3: het overbrengen van de stroommeter
naar een andere meetpaal

Voor het meten van de golfbeweging is gebruik gemaakt van een waverider. Deze boei lag op een plaats met een bodemdiepte van NAP -5,45 m. Deze plaats was 100 meter verwijderd van de raai waar de snelheden zijn bepaald. De registratieapparatuur van de waverider bevond zich in de directieket van de afdeling Inrichtingszaken te Bommenede.

Omdat de frequentie met maximale energiedichtheid voor een gesloten bekken hoog is (in het Grevelingenbekken ca. 0,40 - 0,60 Hz.), zou het met het oog op de Nyquistfrequentie en de responsiefunctie het beter geweest zijn te werken met een stappenbaak. De stappenbaak heeft in het algemeen een bemonsteringsinterval van 0,2 sec. zodat $f_{nyg} = 2,5$ Hz. Bij de waverider is dit interval 0,5 sec. zodat $f_{nyg} = 1,0$ Hz. Echter ten tijde van de metingen was er geen stappenbaak voorhanden, zodat met een waverider moest worden volstaan. Op de significante golfhoogte is het al of niet optreden van het vouweffect niet van invloed. Van meer belang is de invloed van de responsiefunctie van de waverider. Voor het aangegeven frequentiegebied kunnen t.g.v. de opslingeren van het meetinstrument afwijkingen ontstaan van ca. 30% (zie lit. 16).

*invloed op H₀₃ heel
geraag*

De golfrichting is langs fotografische weg vastgelegd. Op een paal welke ca. 5 meter boven het wateroppervlak uitstak is een fototoestel gemonteerd geweest. Om een niet te klein opnameveld te krijgen was het noodzakelijk de foto's schuin op het onderwerp gericht te maken (zijn "oblique" opnamen). In het opnameveld is een rasterwerk van vaste punten, bestaande uit een twaalftal stalen buizen, meegefotografeerd om de golfrichting te kunnen vastleggen (zie foto 4). De hoogte van de paal alsook de afstand van de meetpalen zijn bepaald aan de hand van lit. 4. De manier waarop uit deze foto's de golfrichting is bepaald, wordt behandeld in hoofdstuk 4 van deze nota.



-foto 4: golfmeetpaal en rasterwerk

3. De gebruikte stroommeter

3.1. Het principe van de stroommeter

Voor het meten van de langs- en dwarscomponent is gebruik gemaakt van de electro-magnetische stroommeter van de Colnbrook Instrument Development Ltd., verder "Colnbrook" genoemd. Hoewel de nauwkeurigheid te wensen over laat is voor dit instrument gekozen omdat op de geringe diepte vóór de Veermansplaat en bij stroomsnelheden die voortdurend van richting veranderen geen beter instrument voorhanden was.

De werking van de electro-magnetische stroomsnelheidsmeter berust op de inductiewet van Faraday. D.m.v. een spoel wordt een magnetisch veld opgewekt. Water dat zo'n veld doorsnijdt, gedraagt zich als een elektrische geleider zodat een potentiaal verschil ontstaat.

De grootte ervan is evenredig met de snelheid van het water dat het magnetisch veld doorsnijdt. Deze potentiaalverschillen worden gemeten. Bij de Colnbrook worden de snelheden in twee loodrecht op elkaar staande richtingen gemeten. Een vollediger beschrijving is als bijlage 6 toegevoegd.

3.2. De nauwkeurigheid van de stroommeter

Met de stroommeter is, voordat de metingen zijn uitgevoerd, menigmaal geëxperimenteerd in laboratoria en is wat praktijk-ervaring opgedaan. Deze experimenten en ervaringen zijn beschreven in lit. 5, 6, 7, 8 en 9.

Verschillende storende invloeden zijn geconstateerd. De belangrijkste bleek vuilafzetting op de sensor te zijn. Het instrument bleek vooral gevoelig te zijn voor vet- en olieafzettingen. Hierdoor ontstaat een geleider tussen de meetelectroden waardoor het gemeten spanningsverschil niet meer met de in het laboratorium bepaalde ijkgrafiek kan worden omgerekend tot snelheden. Door de sensor van het meetinstrument dagelijks schoon te maken is getracht de door vervuiling ontstane afwijking zoveel mogelijk te minimaliseren.

Een tweede oorzaak van afwijkingen tussen gemeten waarden van de snelheden en de werkelijke snelheden is de invloed van de verticale snelheidscomponent. Door de vorm van de sensor zal, als de as van de stroommeter vertikaal is opgesteld, de verticale snelheidscomponent een verstorende invloed hebben op de metingen van de twee horizontale snelheidscomponenten.

De invloed van deze verstoring is onderzocht in het laboratorium voor scheepvaartkunde van de T.H. Delft en wel in de kleine sleeptank. De sensor werd, verbonden aan de meetwagen, door het water van de tank getrokken. Hierbij werd de hoek tussen de sensor en de vertikaal steeds gewijzigd (zie fig. 1).

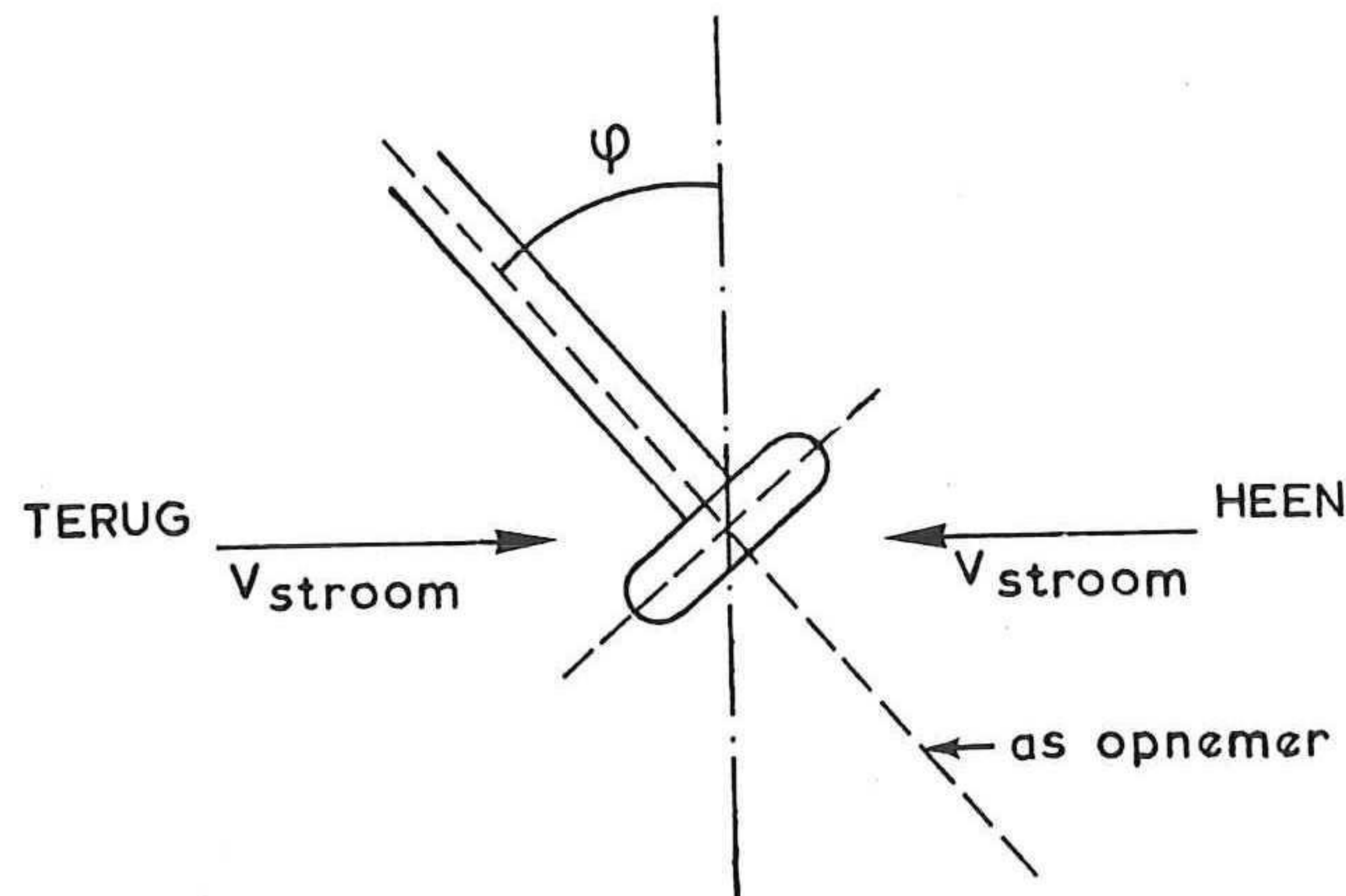


fig. 1

stand sensor t.b.v.
bepaling invloed van
de verticale snelheids-
component

De hoek ϕ is gevarieerd tussen 0 en 30° en wel voor beide kanalen. De resultaten van deze experimenten zijn voor een zekere constante snelheid van de meetwagen van de sleeptank weergegeven op bijlage 7. Hieruit blijkt dat de afwijking t.o.v. de cosinus karakteristiek tot $\phi = + 20^\circ$ beneden de 8% blijft. Dezelfde resultaten werden gevonden voor andere snelheden van de meetwagen.

Hieruit volgt dat metingen met deze stroommeter alleen geschikt zijn indien de arctg van de verticale snelheidscomponent gedeeld door de horizontale snelheidscomponent $< 20^\circ$. Is de gemiddelde snelheid nul en is er sprake van golven op ondiep water dan is de stroommeter het best te gebruiken nabij de bodem waar de verticale snelheid t.g.v. ellipsvormige banen van de waterdeeltjes klein is; is de gemiddelde snelheid ongelijk aan nul dan kan de stroommeter ook voor andere meetniveau's worden gebruikt, afhankelijk van de grootte van de gemiddelde snelheid.

Ook blijkt dat de ijkgrafief van de snelheidsmeter niet geheel constant is. Bij verschillende ijkingen zijn onderling iets verschillende resultaten gevonden. De gemiddelde ijkfactor is $1 \text{ m V} \cong 0,17 \text{ cm/sec.}$ met een spreiding van maximaal $\pm 10\%$ (zie lit. 9).

In lit. 8 zijn experimenten beschreven waarbij de snelheidscomponenten worden gemeten voor verschillende aanstroomrichtingen. Dit is verwekelijkt door in een stroomgoot de sensor te verdraaien rondom de lengte-as van de sensor en daarna ijkingen uit te voeren, zie fig. 2.

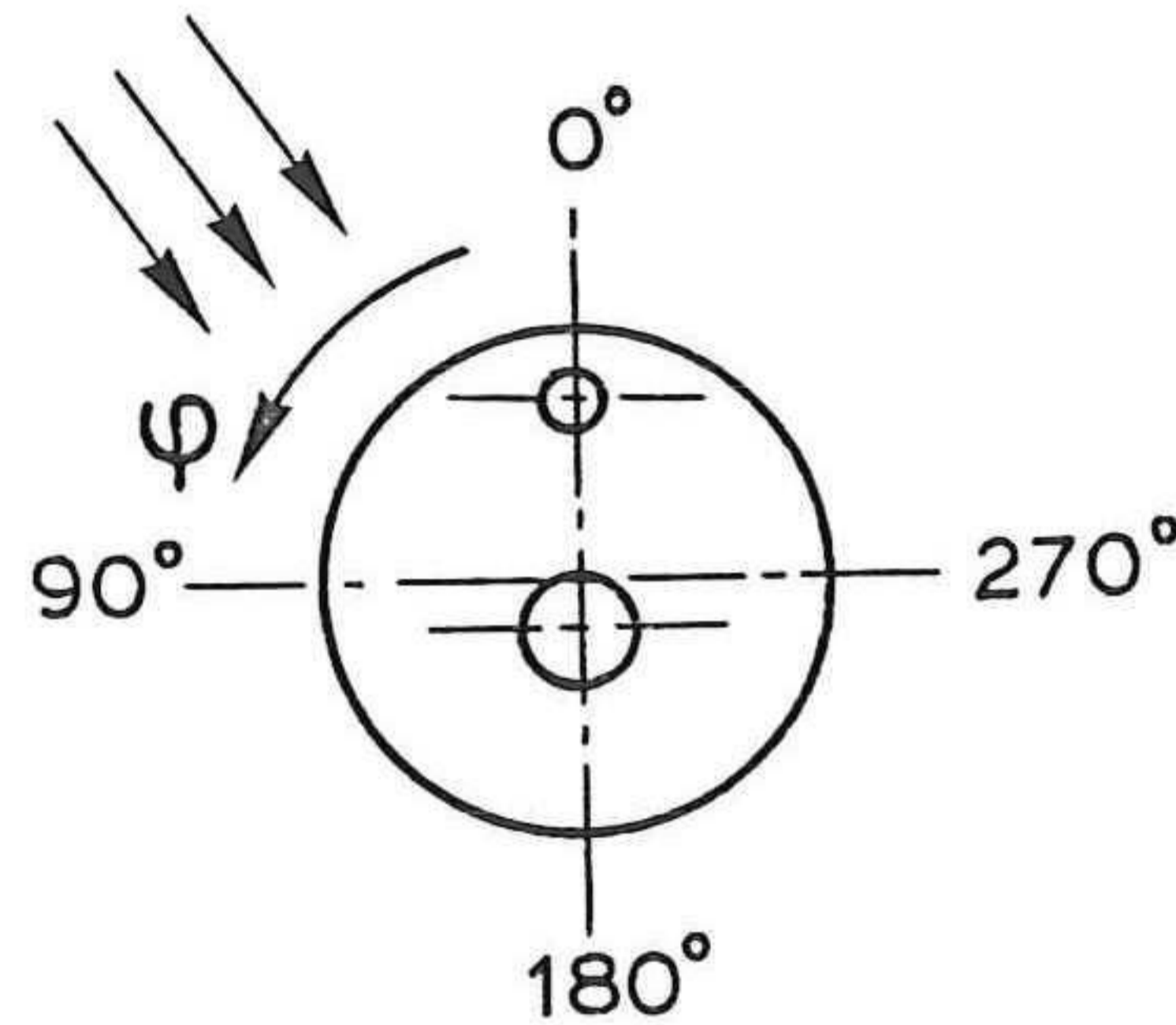


fig. 2: bepaling cosinus karakteristiek Colbrook bovenaanzicht opnemer

De afwijkingen t.o.v. de ideale cosinus karakteristiek zijn voor snelheden > 10 m/sec kleiner dan 10%. Doordat deze experimenten zijn uitgevoerd in een sleeptank zijn de resultaten niet beïnvloed door een verticale snelheidscomponent.

Uit deze experimenten blijkt dat de onnauwkeurigheid van de stroommeter voor wat betreft het meten van de orbitaalsnelheden gesteld kan worden op $\pm 10\%$ wanneer de invloed van de verticale snelheidscomponent wordt verwaarloosd.

4. Het meten van de golfrichting m.b.v. monofoto's

4.1. De waargenomen golfrichting

M.b.v. de monofoto's is getracht de golfrichting te bepalen.

Het op de mono-foto's zichtbare golfbeeld kan worden opgebouwd gedacht uit een groot aantal sinusvormige componenten met elk een eigen frequentie en richting. De bepaling van de richtingen van de afzonderlijke componenten m.b.v. mono-foto's is zeer gecompliceerd. Wil men deze richtingen bepalen dan zijn er geschiktere meetmethoden voorhanden, zoals stereo fotografie.

Wanneer echter één golfcomponent uit één bepaalde richting domineert kan de richting van deze golfcomponent wel m.b.v. monofoto's geschat worden. Aangezien het Grevelingenbekken afgesloten is van de zee, zal deining niet kunnen binnendringen en zullen de golven in het bekken alleen opgewekt worden door plaatselijke wind. Daarbij blijkt uit de beschikbare golfgegevens dat het variantiedichtheidsspectrum $S_{\eta\eta}(f)$, betrekkelijk smal is.

De breedte van het spectrum wordt uitgedrukt in de relatieve spectrumbreedte ϵ , gedefinieerd als:

$$\epsilon^2 = \frac{m_0 m_4 - m_2^2}{m_0 m_4}$$

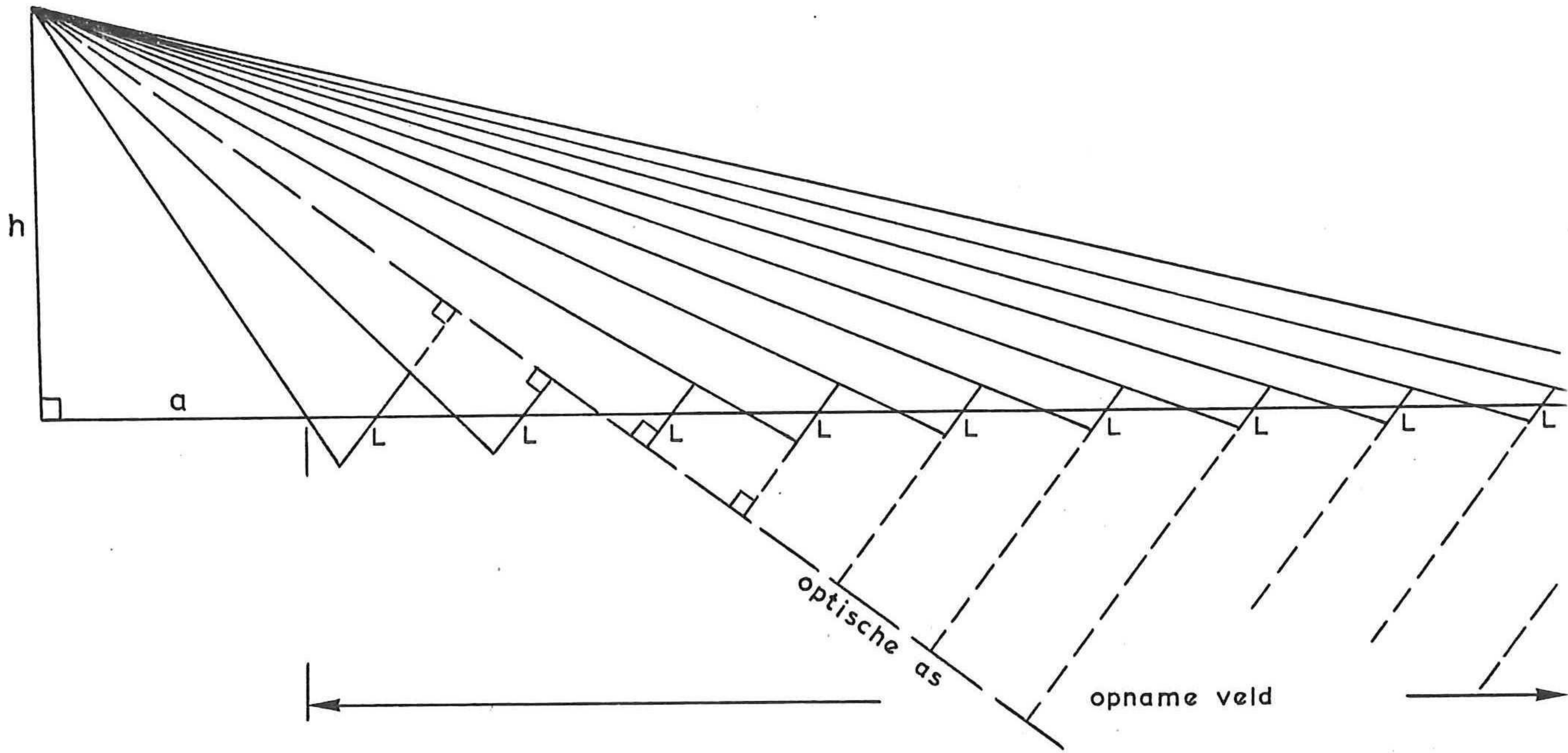
waarin $m_j = \int_0^\infty f^j \cdot S(f) df$; met $j = 1, 2, \dots$

Voor ϵ nadert naar 0 dan hebben we te maken met een smal spectrum, nadert ϵ naar 1 dan is het spectrum breed. Bij de in het Grevelingenbekken gemeten golven bleek dat ϵ ca. 0,5 was, wat in de praktijk een tamelijk smal spectrum is.

Daarom kan worden verondersteld dat de op de foto's zichtbare golfkam de golfkam van een dominerende golfcomponent is, waarvan de frequentie in de buurt zal liggen van de frequentie met de maximale variantiedichtheid.

4.2. De bepaling van de golfrichting

Bij de bepaling van de golfrichting moet rekening worden gehouden met de vertekening t.g.v. de oblique opnamen. Deze vertekening geldt voor vertekening in de as van het beeldveld, zowel als loodrecht daarop.



vertekening van voor naar achter

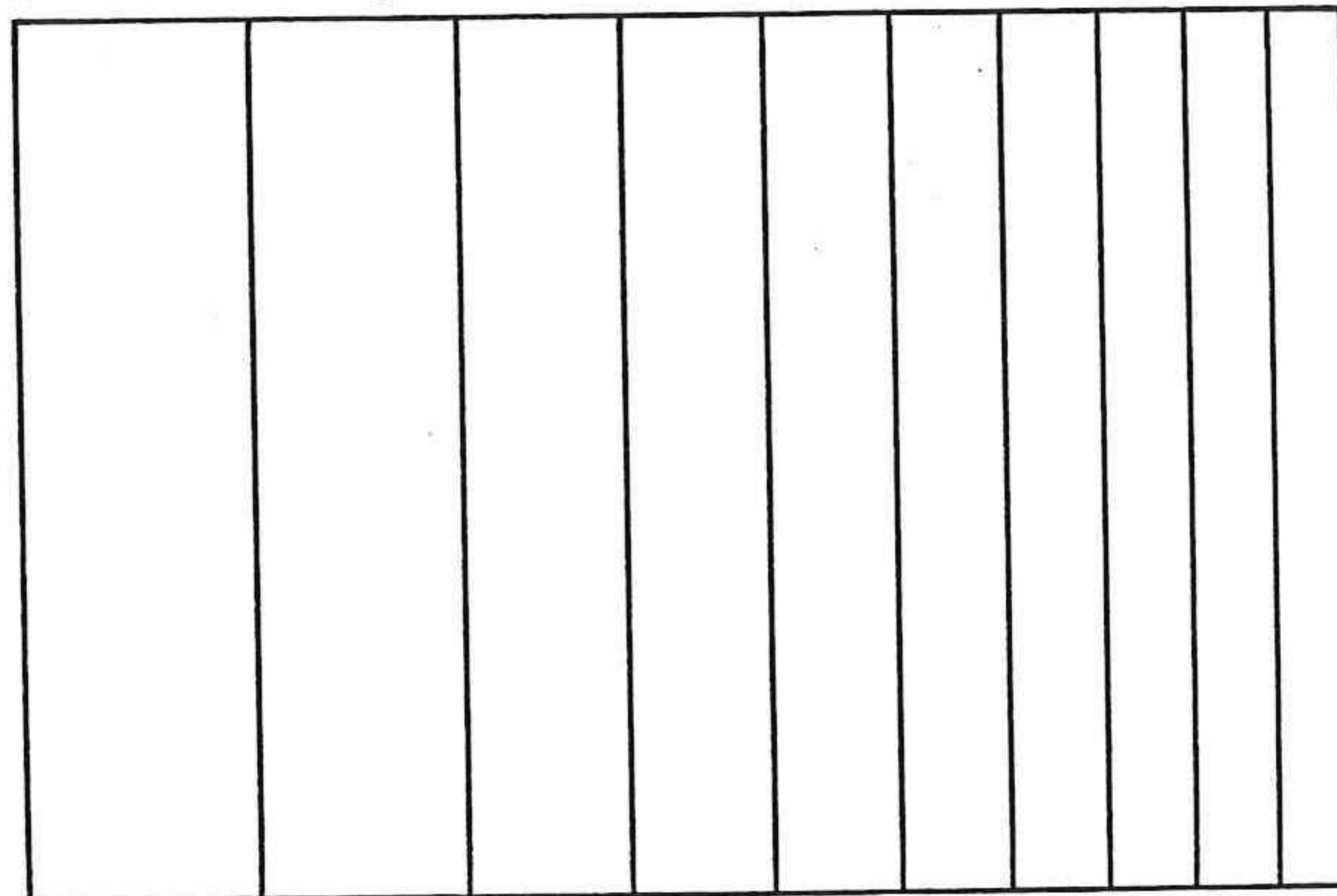


fig. 3
vertekening in de
as van het beeldveld.

Doordat de werkelijke afstand tussen de palen en het rasterwerk bekend zijn, kunnen de golfrichtingen worden bepaald door de afstanden tussen de palen van het rasterwerk vanaf de foto op te meten (zie foto 5) alsmede de afstand van het golffront met de palen. Een voorbeeld is gegeven in fig. 4. De afstand tussen de palen 7 en 8 is opgemeten uit deze figuur: 4,5 cm. In werkelijkheid is deze afstand 7 meter. De afstand uit het as van het beeldveld AC is in fig. 4: 2,0 cm. Deze afstand is dan in werkelijkheid $2,0 \times 7/4,5 = 3,11$ m. Op dezelfde manier geldt voor BD dat de afstand tot de as van het beeldveld gelijk is aan $4,1 \times 7/3,3 = 8,70$ m. De afstand tussen de palen A en B is in werkelijkheid 6 meter zodat

$$\theta = \arctg \frac{6}{8,70 + 3,11} .$$



foto 5 : het meten van de golfrichting

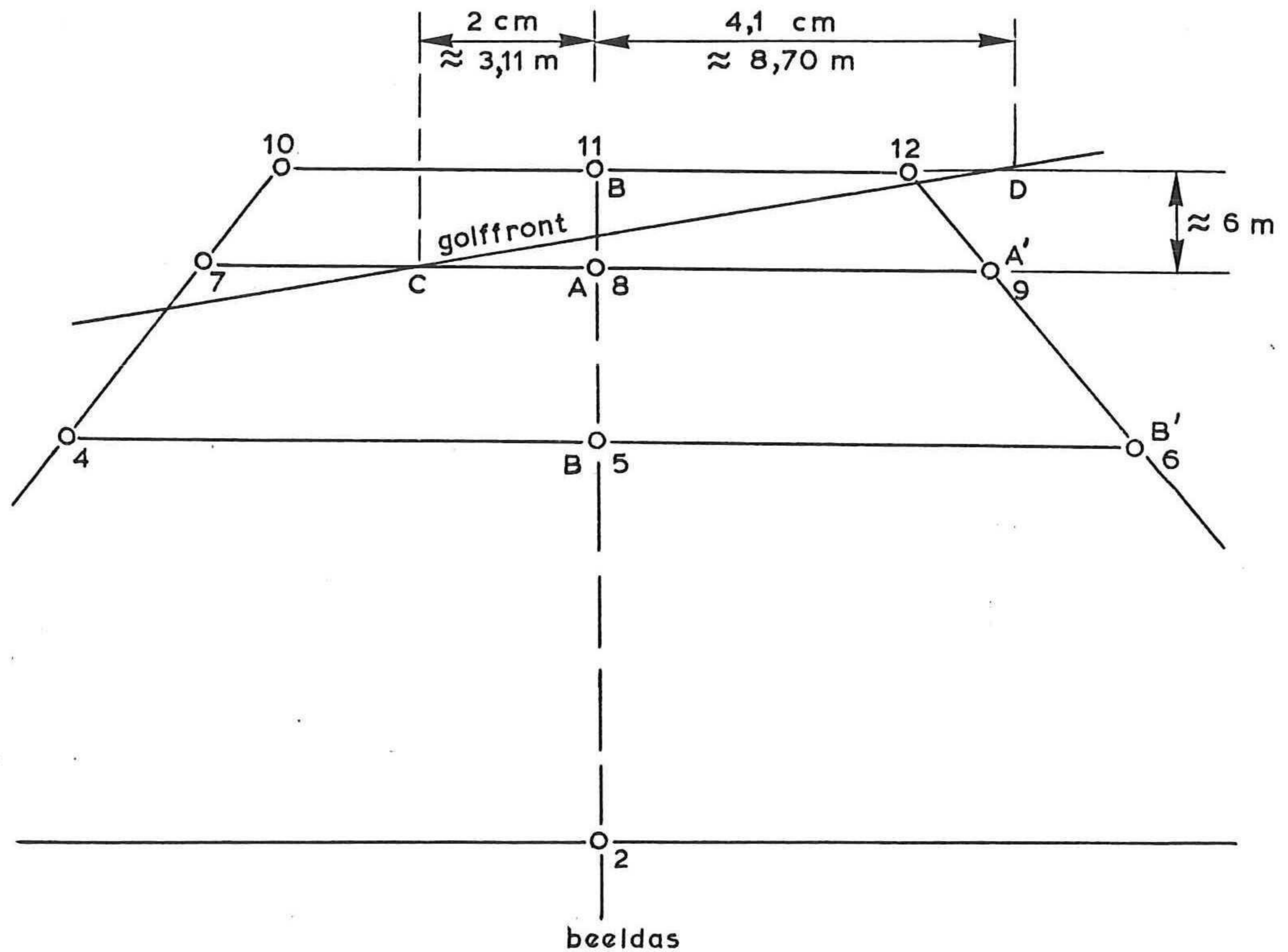


fig. 4
vertekening loodrecht
op as van het beeldveld

Op deze wijze is voor iedere foto de golfrichting bepaald. Per meetdag is van deze richting het gemiddelde en standaardafwijking berekend.

5. De metingen

5.1. Beschrijving van de metingen

De metingen zijn verricht op verschillende meetdagen, verspreid over de periode juni t/m oktober 1975. De waterstand van het Grevelingenbekken was gedurende deze periode ca. 20 cm-NAP. Op deze meetdagen zijn de stroomvertikalen van de twee horizontale snelheidscomponenten bepaald voor de 6 meetpunten.

De snelheidsmetingen hadden een registratielengte van ca. 1 minuut per punt in de vertikaal. Voor het doel waarvoor de metingen zijn opgezet, het verkrijgen van een kwalitatieve indruk van het langs- en dwarstransport leek dit bij de opzet van de metingen voldoende lang te zijn. Achteraf bezien is het jammer dat de registratieduur niet langer is genomen. Bij de bepaling van de registratieduur heeft ook een rol gespeeld dat, om per meetdag op een voldoende aantal niveau's alle 6 vertikalen door te meten, de beschikbare tijd gering was. Dit vanwege het feit dat het overbrengen van de stroommeter van het ene meetpunt naar het andere een tijdrovende zaak was, dat voor iedere meting een tijdje gewacht moest worden om verstoringen t.g.v. het veranderen van meetpunt of meetniveau te vermijden, etc.

Om de verschuiving van het nulpunt t.g.v. vervuiling e.d. te bepalen is het nulpunt aan het begin van iedere meetdag bepaald door de stroommeter in stilstaand water te houden. Daarnaast is een tweede manier van calibratie gebruikt nl. door de meetelektroden kort te sluiten, waardoor het potentiaalverschil nul wordt. Deze laatste methode is ook vóór en na het meten van elke stroomvertikaal toegepast.

Hierdoor kon een schatting verkregen worden van de nauwkeurigheid van de gemeten gemiddelde snelheden.

Doordat deze verschuiving van het nulpunt slechts langzaam in de tijd verandert en het onderhavig onderzoek beperkt is tot de orbitaalbeweging wordt op de verandering van dit nulpunt niet verder ingegaan en zij verwezen naar lit. 3 en 9.

Golfgegevens zijn slechts incidenteel voorhanden. De oorzaak is gelegen in voortdurende instrumentele moeilijkheden met de ontvanger resp. registratie-apparatuur van de Waverider.

De golfrichting is iedere 8 minuten bepaald, de maximaal instelbare tijd van de gebruikte tijd klok. Door de maximaal instelbare tijd te kiezen, kon worden volstaan met één filmrolletje per meetdag zodat tijdens de metingen het filmrolletje niet behoefde te worden verwisseld.

De windgegevens van de Roggeplaat waren voor elk heel uur beschikbaar. De windsnelheden zijn gemiddeld over de tien minuten voorafgaand aan het hele uur, de windrichting is een momentane waarde.

5.2. Bepaling van het meetniveau

Het meetniveau in de vertikaal is bepaald aan de hand van het aantal schakels van de ketting waarmee de slede en sensor langs de meetpaal kan worden bewogen. Als referentieniveau voor deze hoogtebepaling gold het niveau van het laagste golfdal dat gedurende het meten in het hoogste punt in de vertikaal is voorgekomen. Bij het meten in dit punt bleef de sensor daardoor voortdurend onder water. Komt de sensor nl. bij het meten boven water dan wordt de weerstand tussen de meetelektroden zeer groot en zullen foutieve metingen worden verkregen. Aangezien de golfhoogte t.p.v. de meetpalen niet geregistreerd is, was het werkelijk niveau alleen te schatten. Door deze methodiek laat de nauwkeurigheid waarmee het meetniveau kon worden bepaald zeer te wensen over.

5.3. Selectie waarnemingsmateriaal

Van de dagen waarop metingen zijn uitgevoerd zijn 7 dagen geselecteerd waarvan gegevens verder zijn uitgewerkt. De gegevens van de overige meetdagen zijn niet uitgewerkt, dit om de hoeveelheid werk te beperken en omdat op deze dagen, buiten de verwachting, te lage windsnelheden of niet interessante windrichtingen (aflandige wind, draaiende windrichting) zijn opgetreden.

De data van de uitgewerkte meetdagen zijn gegeven in tabel I.

nr. meetdag	datum
3	27-6-75
10	18-9-75
11	23-9-75
12	24-9-75
13	25-9-75
14	1-10-75
16	7-10-75

Tabel I: de nummering en data van de geselecteerde meetdagen.

De wind- en golfgegevens van deze data zijn te vinden op bijlage 8.

6. De verwerking van de snelheidsmetingen

De snelheidsregistraties van de Colnbrook zijn analoog geregistreerd met een tweekanaliige recorder van de Hewlett Packard (zie als voorbeeld bijlage 9).

Om deze registraties met de computer te kunnen verwerken zijn deze eerst gedigitaliseerd m.b.v. een pencilfollower. Dit instrument bestaat uit een tafel, waarop de te digitaliseren registratie wordt gelegd, en een pen waarvan, indien de punt wordt ingedrukt, de positie bepaald wordt t.o.v. een vast assenstelsel. Zolang de pen ingedrukt blijft wordt deze positie met een vaste bemonsteringsfrequentie bepaald. De nauwkeurigheid waarmee de x en y coördinaten worden vastgelegd is tienden van millimeters.

Verder bestaat de pencilfollower uit een ponsers die de coördinaten op een papertape zet. Op de tafel bevindt zich in de rechter bovenhoek een veld waarmee alfanumerieke tekens aan de registratie kunnen worden toegekend. Hierdoor is het mogelijk een administratie aan de gedigitaliseerde meetreeks toe te voegen.

Omdat de snelheid waarmee de pen langs de registratie wordt bewogen nooit geheel constant is, levert dit momentane waarden op met steeds verschillende tijdsintervallen.

De aldus verkregen ponsbanden zijn bij de Dienst Informatie Verwerking van de Rijkswaterstaat (DIV) op magtape gezet. Daar de code van de door de pencilfollower geproduceerde papertape niet overeenstemde met de codes die door de DIV gebruikt worden moest een conversieprogramma worden geschreven. Deze zette de code van de pencilfollower om in 8EP5 binaire code (8 gats binaire code met als 5^o bit een pariteits bit.).

Dit programma zette niet alleen de code om, maar m.b.v. interpolatie werd een nieuwe reeks gegenereerd met alleen de waarden van de momentane snelheden op equidistante afstanden. Verder corrigeerde het programma op fouten, zoals het scheef liggen van de registratie t.o.v. het assenstelsel van de pencilfollower tijdens het digitaliseren, het verwijderen van onder- en overschrijdingen t.g.v. foutief digitaliseren. Ook konden nulpuntscorrecties berekend uit de ijkings van het nulpunt bij de metingen, worden toegevoegd, werd voor een zodanige administratie zorg gedragen dat de registraties verwerkt konden worden met het spectrum-parameter programma Wavepa 19 van de DIV etc. etc.

Voor alle onderzoeken in het kader van deze metingen is gebruik gemaakt van de aldus geconverteerde meetgegevens.

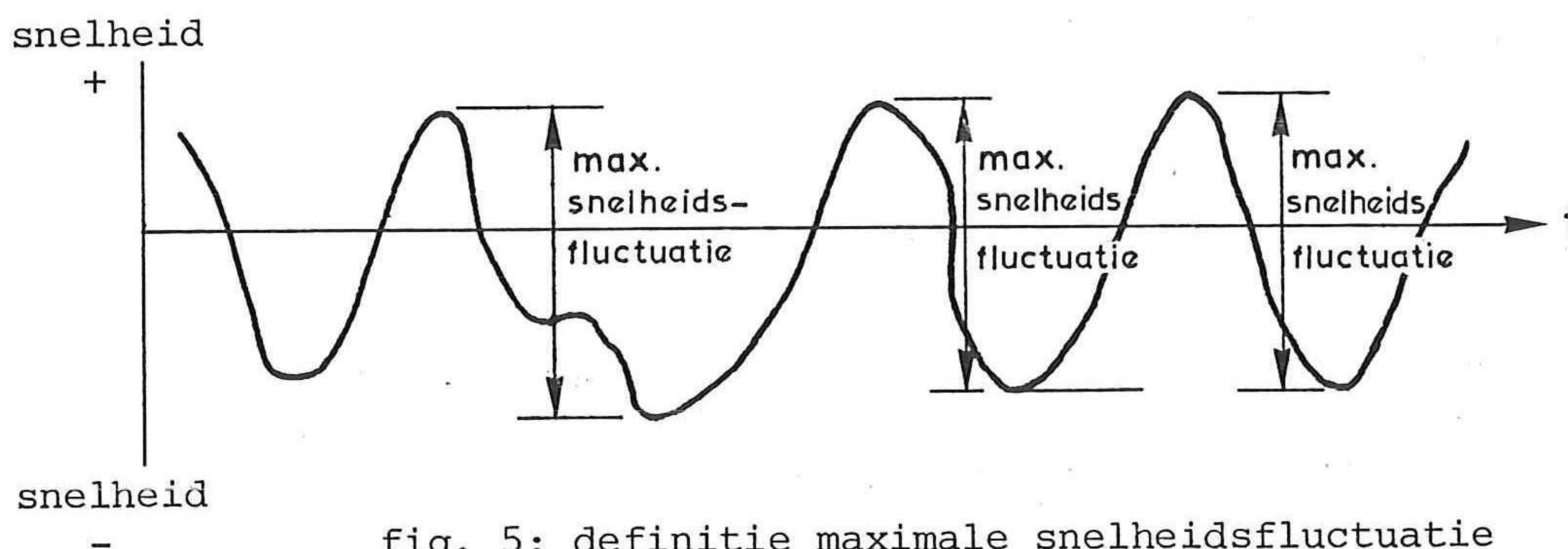
Naast dit conversie-programma is voor de verwerking van de snelheden gebruik gemaakt van de volgende computerprogramma's:

1. Een programma dat de gemiddelde snelheden van beide snelheidscomponenten berekent, de gemiddelde waarde van de moduli van de snelheidsvectoren, alsmede van het argument. Omdat in deze nota geen direct gebruik gemaakt wordt van deze gegevens zal dit programma niet verder worden besproken.
2. Het programma Wavepa 19, het spectrum-parameterprogramma van de DIV. Dit programma is bedoeld voor de verwerking van golfgegevens. Het berekent het variantiedichtheidsspectrum van het signaal, de statistische verdelingen van de golfhoogte en de golfperioden uitgaande van de methoden van de neergaande nulkruisingen. Verder berekent het ook parameters als de gemiddelde periode, etc. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar lit. 10. Het programma is ook bruikbaar voor de verwerking van de snelheidssignalen.
3. Het programma VHTEST, een programma waarmee kan worden getoetst of de momentane waarden van een signaal voldoen aan de normale verdeling. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de chi-kwadraattoets. Dit programma is ontwikkeld in het kader van de onderzoeken die in deze nota worden beschreven. De programmabeschrijving is als appendix 1 aan deze nota toegevoegd.
4. Het programma TNORM3 waarmee een schatting wordt verkregen van de Weibullverdeling die het best aansluit bij een verdeling berekend uit metingen. Tevens kan met dit programma getest worden of een verdeling voldoet aan de Rayleighverdeling. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van de chi-kwadraattoets.

7. De stroomvertikalen

7.1. De definitie van de maximale snelheidsfluctuaties

Naast de momentane orbitaalsnelheden definiëren we, naar analogie van het golfhoogtesignaal $\eta(t)$, de maximale snelheidsfluctuatie als het verschil van de maximale orbitaalsnelheid en van de daarop volgend minimale orbitaalsnelheid, waarbij wordt uitgegaan van de nulkruisingsmethode, d.w.z., dat alleen die fluctuaties in beschouwing worden genomen die de nullijn kruisen, zie fig. 5.



7.2. De definitie van de significante orbitaalsnelheid

De significante orbitaalsnelheid wordt op analoge wijze gedefinieerd als de significante golfhoogte: de gemiddelde snelheid van het grootste derde deel van de maximale snelheidsfluctuaties, zoals hierboven is gedefinieerd.

7.3. De stroomvertikalen van de significante orbitaalsnelheden

Op de bijlagen 10a t/m 10g zijn deze significante orbitaalsnelheden van de beide snelheidscomponenten perspectivisch uitgezet als functie van het meetniveau voor de verschillende meetpalen.

In het algemeen nemen de significante orbitaalsnelheden naar de bodem monotoon af. Afwijkingen kunnen o.a. ontstaan doordat de wind momentaan van richting verandert waardoor golven uit andere richtingen kunnen komen. Doordat de meetduur beperkt is, kunnen daardoor van het algemene beeld afwijkende snelheden worden gemeten. De significante orbitaalsnelheden nabij de bodem zijn nog vrij aanzienlijk. Wel moet daarbij worden opgemerkt dat, zoals eerder reeds beschreven, de bepaling van het meetniveau niet erg nauwkeurig geweest is.

De significante orbitaalsnelheden nabij het oppervlak vertonen geen duidelijke gradiënt langs de raai zodat deze snelheden voor het deel van de raai waar gemeten is voor een zeker windklimaat als constant ^{kunnen} ~~kan~~ worden beschouwd. (zie bijlagen 10h t/m 10k)

8. Het toetsen van een frequentieverdeling

8.1. Beschrijving van de gebruikte toets

Voor het toetsen van frequentieverdelingen aan een verwachte kansdichtheidsfunctie kan gebruik worden gemaakt van de chi-kwadraattoets. Hieronder volgt een beschrijving van deze toets.

Deze toets is gebaseerd op de aanname dat het aantal ~~gemeten~~ waarnemingen in een zekere klasse, een stochastische variabele is. Voor verschillende realisaties heeft deze stochastische variabele een eigen frequentieverdeling die, voor een groot aantal waarnemingen in een klasse, voldoet aan de normale verdeling. De verwachtingswaarde van deze stochastische variabele is, indien de te toetsen verdeling voldoet aan de verwachte kansdichtheidsfunctie, gelijk aan de theoretisch te verwachten frequentie voor die klasse.

Als toetsingsgrootte wordt genomen de z.g. statistische chi-kwadraat:

$$\chi_0^2 = \sum_{j=1}^K \frac{\{p_j(x) - f_j(x)\}^2}{f_j(x)}$$

waarin $p_j(x)$ = waargenomen frequentie voor klasse j

$f_j(x)$ = theoretisch te verwachten frequentie voor klasse j

K = het aantal klassen.

De verdeling van de verzameling van de statistische chi-kwadraat is goed te benaderen door de χ^2 verdeling:

$$f(\chi^2) = C \cdot \chi^{\nu-2} e^{-\frac{1}{2}\chi^2}$$

waarin ν = het aantal vrijheidsgraden

$$C = \text{constante zodanig dat } \int_0^{\infty} f(\chi^2) d\chi^2 = 1$$

mits het aantal theoretisch te verwachten frequentie in een klasse groter is dan 5 (zie lit. 11).

Omdat de aantallen waarnemingen in de klassen als statistisch onafhankelijk kunnen worden beschouwd zal het aantal vrijheidsgraden $(k-1)$ zijn. (Dat het aantal vrijheidsgraden $(k-1)$ is i.p.v. k vindt zijn oorzaak in het feit dat het aantal waarnemingen in de laatste klasse gelijk is aan het totaal aantal waarnemingen verminderd met het totaal aantal waarnemingen uit de andere klassen.)

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de theoretische verdeling volledig bekend is. Bevat deze verdeling een aantal parameters die niet bekend zijn, maar uit de steekproef geschat moeten worden dan vermindert het aantal vrijheidsgraden van de χ^2 -verdeling met het aantal te schatten parameters.

Bij het toetsen van een verdeling zijn er twee mogelijkheden: of de verdeling voldoet aan de theoretisch verwachte verdeling òf de verdeling voldoet niet daaraan. De eerste mogelijkheid wordt nul-hypothese genoemd, aangeduid met H_0 , de tweede mogelijkheid wordt alternatieve hypothese genoemd. Beide hypothesen kunnen worden getoetst. Daarbij doen zich de volgende mogelijkheden voor (zie lit. 20).

- in werkelijkheid voldoet de verdeling aan de verwachte verdeling
 - a. nulhypothese wordt aangenomen (of wel de alternatieve hypothese wordt verworpen): goed
 - b. nulhypothese wordt verworpen (of wel de alternatieve hypothese wordt aangenomen): ten onrechte, zgn. fout van de 1^e soort
- in werkelijkheid voldoet de verdeling niet aan de verwachte verdeling
 - a. nulhypothese wordt aangenomen (of wel de alternatieve hypothese wordt verworpen): ten onrechte: zgn. fout van de 2^e soort
 - b. nulhypothese wordt verworpen (of wel de alternatieve hypothese wordt aangenomen): goed.

De kans op een fout van de 1^e soort wordt de onbetrouwbaarheidsdrempel genoemd.

De nulhypothese wordt verworpen als:

$$\chi_0^2 > \chi_{(1-\alpha)}^2 (k-1-m)$$

waarin $\chi_{(1-\alpha)}^2 (k-1-m)$ = waarde van de χ^2 verdeling met
(k-1-m) aantal vrijheidsgraden
met een overschrijdingskans
van (1- α).

Als α kleiner wordt genomen wordt de kans kleiner dat H_0 ten onrechte wordt verworpen en zal men geneigd zijn de nulhypothese eerder te aanvaarden. Echter hierdoor wordt de kans op een fout van de tweede soort groter.

De kansen op de twee fouten worden alleen beide tegelijk kleiner indien het aantal waarnemingen groter wordt gekozen.

8.2. De invloed van de klassebreedte

Om de invloed van de klassebreedte op de toets na te gaan is voor een aantal (snelheids)metingen de toets uitgevoerd voor verschillende klassebreedten. De resultaten van dit onderzoek zijn te vinden in tabel II, grafisch op de bijlagen 11a t/m 11d.

Hieruit blijkt dat de statistische chi-kwadraat voor verschillende klassebreedten fluctueert.

Dit heeft tot gevolg dat voor een zekere waarde van de onbetrouwbaarheidsdrempel α voor verschillende klassebreedten verschillende conclusies kunnen worden getrokken, zie registratie nummer 03 A 41 A bij $\alpha = 0,05$ en 01 A 31 A voor zowel $\alpha = 0,05$ als $\alpha = 0,01$. Uit de onderzochte registraties blijkt dat steeds dezelfde conclusies worden getrokken indien het aantal vrijheidsgraden $\nu > \text{ca. } 10$. De oorzaak moet gezocht worden in de te grove schematisatie van de verdeling bepaald uit de metingen. In de onderzoeken waarbij gebruik wordt gemaakt van de chi-kwadraat test zullen daarom alleen die registraties in beschouwing worden genomen waarbij $\nu > 10$.

Het onderzoek naar de invloed van de klassebreedte is beperkt tot een klein aantal registraties omdat er niet meer geschikte registraties voorhanden waren, doordat de waarden van de snelheden beperkt waren tot een vrij smalle range. De kleinste klassebreedte die gebruikt kon worden was gelijk aan de grootte van de gedigitaliseerde eenheid. Hierbij wordt het maximum aantal klassen verkregen en daarbij het hoogst aantal vrijheidsgraden (zie tabel II). Door de klassebreedte te vergroten wordt het aantal klassen en daarmee het aantal vrijheidsgraden minder. De grootste klassebreedte wordt verkregen bij $\nu = 1$.

	reg. nr.	kl.breedte (gedigit. eenheid)	gem. μ	st.div. σ	vrijh.gr. aantal ν	χ_0^2	χ_p^2 $\alpha = 0,05$	χ_p^2 $\alpha = 0,01$	H_0 aanv of verw. $\alpha = 0,05$	H_0 aanv. of verw. $\alpha = 0,01$	bijl. nr.
1.	03A 41A N=742	1 2 3 4 5 10	- 15,52	7,31	31 16 10 7 5 2	47,69 38,66 22,27 30,70 19,10 8,61	45,5 26,30 18,31 14,07 11,07 5,99	52,2 32,0 23,2 10,5 15,1 4,21	rej. rej. rej. rej. rej. rej.	acc. acc. acc. rej. rej. acc.	11a
2.	03A 22A N=752	1 2 3 4 5 10	- 25,62	8,64	35 19 12 8 6 2	79,92 63,42 53,17 52,35 39,55 191,44	50,0 30,15 21,03 15,51 12,59 5,99	57,3 30,2 26,2 20,1 16,8 9,21	rej. rej. rej. rej. rej. rej.	rej. rej. rej. rej. rej. rej.	11b
3.	03A 43A N=699	1 2 3 4 5 10	- 12,23	7,91	32 18 11 7 5 1	77,45 62,63 66,15 49,60 41,46 100,94	46,5 28,87 19,68 14,07 11,07 3,84	53,5 34,8 24,7 18,5 15,1 6,63	rej. rej. rej. rej. rej. rej.	rej. rej. rej. rej. rej. rej.	11c
4.	01A 31A N=727	1 2 3 4 5	- 23,09	4,24	18 8 5 3 2	21,15 26,83 5,58 14,89 1,36	28,87 15,51 11,07 7,81 5,99	34,8 20,4 15,1 11,3 9,21	acc. rej. acc. rej. acc.	acc. rej. acc. rej. acc.	11d

tabel II: gevoeligheidsonderzoek klassebreedte
N = aantal waarnemingen in de registratie

rej: H_0 wordt verworpen
acc: H_0 wordt aanvaard

9. De toetsing van de frequentieverdeling van de horizontale componenten van de momentane orbitaalsnelheid

9.1. De verwachte kansdichtheidsfunctie

Gaan we uit van de veronderstelling dat de overdrachtsfunctie van oppervlaktebeweging en orbitaalsnelheid een overdrachtsfunctie is van een lineair systeem dan zal de verdeling van deze snelheden naar alle waarschijnlijkheid dezelfde verdeling hebben als de verdeling van de oppervlaktebeweging.

Het golfbeeld kan opgebouwd worden gedacht uit een groot aantal sinusvormige componenten met ieder een eigen frequentie, amplitude en fase. Aangenomen kan worden dat de fasen van deze componenten stochastisch onafhankelijk zijn. De oppervlaktebeweging bestaat dan uit een groot aantal stochastische onafhankelijke componenten zodat volgens de centrale limietstelling deze beweging normaal verdeeld zal zijn.

In lit. 12 werd voor relatief ondiep water deze aanname getoetst.

Hieruit bleek dat de verdeling van de oppervlaktebeweging soms wel en soms niet aan de normale verdeling voldoet.

In het geval van een lineaire overdrachtsfunctie van oppervlaktebeweging en momentane snelheidscomponenten zullen de laatste een zelfde verdeling hebben als de verdeling van de oppervlaktebeweging.

Om te testen of de momentane horizontale snelheidscomponenten van de orbitaalsnelheid normaal verdeeld zijn, is m.b.v. de chi-kwadraattest deze verdeling getoetst aan de normale verdeling. Daarvoor is gebruik gemaakt van het eerder genoemde programma VHTEST.

Het aantal uit de steekproef te schatten parameters van de normale verdeling is 2, nl. het gemiddelde μ en de variantie σ , zodat voor het toetsen gebruik gemaakt moet worden van de χ^2 (k-3) verdeling.

9.2. De resultaten van de toets

De χ^2 toets is m.b.v. het programma VHTEST uitgevoerd voor beide horizontale componenten van de momentane orbitaalsnelheid, waarbij de ene component de snelheid is dwars op de oever van de Veermansplaat (linkerkanaal: LK, van de analoge schrijver), aangeduid met de letter u; de andere evenwijdig aan de oever (rechterkanaal: RK), aangeduid met de letter v.

De resultaten van de toets zijn te vinden in de tabellen 1 t/m 12 achter in de nota.

In onderstaande tabel III staan het aantal waarnemingen waarbij de nulhypothese "de verdeling voldoet aan de normale verdeling" bij onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 0,05$ en om de gevoeligheid van α na te gaan, voor $\alpha = 0,01$ werd aangenomen (acc) of verworpen (rej) voor de meetdagen 3, 12, 13, 14 en 16 (totaal 224 registraties).

meetdag	$\alpha = 0,05$				$\alpha = 0,01$			
	u		v		u		v	
	acc	rej	acc	rej	acc	rej	acc	rej
3	7	7	17	13	11	3	20	10
12	13	9	2	3	16	6	3	2
13	13	16	14	13	18	11	21	6
14	16	12	13	11	22	6	19	5
16	14	8	17	6	18	4	19	4
	63	52	63	46	85	30	82	27
tot.p.kan.	115		109		115		109	
N	224				224			

tabel III
aantal aangenomen (acc) resp. verworpen (rej) nulhypothesen

N = totaal aantal beschouwde registraties

Voor $\alpha = 0,05$ worden dus $63 + 63 = 126$ nulhypothesen aanvaard en 98 verworpen, zijnde 56% resp. 44%. Voor $\alpha = 0,01$ zijn deze getallen 167 (=75%) en 57 (=25%).

Hieruit blijkt dat de horizontale componenten van de momentane orbitaal-snelheid soms wel en soms niet aan normale verdeling voldoen. Wordt een lage onbetrouwbaarheidsdrempel gekozen dan voldoen de verdelingen in de meeste gevallen wel aan de normale verdeling. Uit een visuele beschouwing van de verdelingen (zie bijlagen 12a t/m 12), kan worden aangenomen dat voor de praktijk geldt dat deze snelheden normaal verdeeld zijn. Hieruit blijkt dat voor de praktijk kan worden volstaan met een lage onbetrouwbaarheidsdrempel ($\alpha = 0,01$)

9.3. De relatie tussen de statistische chi-kwadraat en het meetniveau

De grootte van de statistische chi-kwadraat is afhankelijk van het aantal waarnemingen in een registratie, N, en van het aantal vrijheidsgraden, v. Om de statistische chi-kwadraat van de afzonderlijke registraties onderling vergelijkbaar te maken is een modificatie toegepast. Gebruik wordt gemaakt van de volgende parameter:

$$\frac{\chi_0^2}{\nu \cdot N}$$

waarin χ_0^2 = de statistische chi-kwadraat berekend met het programma VHTEST
 ν = het aantal vrijheidsgraden
 N = het aantal waarnemingen in een registratie

In de eerste plaats wordt de statistische chi-kwadraat gedeeld door het aantal waarnemingen omdat in de definitie van de χ_0^2 gebruik wordt gemaakt van de absolute frequentie van voorkomen. Daardoor kan N voor het somteken worden gehaald:

$$\chi_0^2 = \sum_{j=1}^k \frac{\{p_j(x) - f_j(x)\}^2}{f_j(x)} = N \sum_{j=1}^k \frac{\{p_j(x) - f_j(x)\}^2}{f_j(x)}$$

waarin $p_j(x)$ = waargenomen frequentie voor klasse x in absolute waarden
 $p_j(x)$ = als $p_j(x)$, relatieve frequentie
 $f_j(x)$ = theoretisch te verwachten frequentie voor klasse x in absolute waarde
 $f_j(x)$ = als $f_j(x)$, relatieve frequentie
 K = aantal klassen in de verdeling
 x = de stochastische variabele

Omdat de statistische chi-kwadraat een functie is van het aantal vrijheidsgraden (zie par. 8.2) is ook gedeeld door het aantal vrijheidsgraden ν . Indien als onbetrouwbaarheidsdrempel α gekozen wordt 0,05 is voor $\nu > ca. 5$ χ_p^2 , percentielwaarden van de chi-kwadraat-verdeling (de waarden van de χ^2 verdeling waarvoor de overschrijdingskans $p\%$ is) bijna een lineaire functie van het aantal vrijheidsgraden welke de verticale as bijna in het nulpunt snijdt, zie fig. 5.

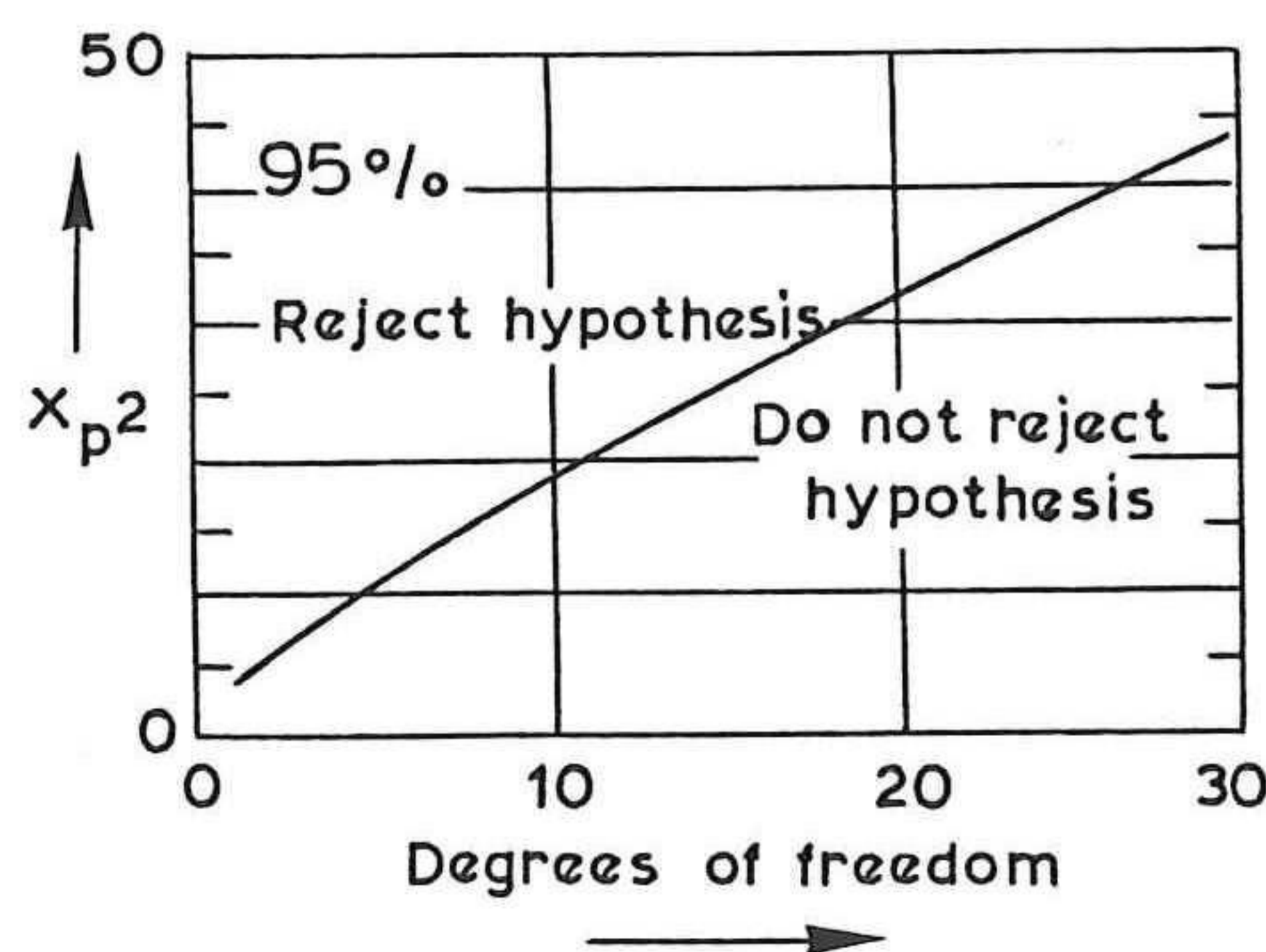


fig. 5 χ_p^2 als functie van het aantal vrijheidsgraden voor $\alpha = 0,05$

Door deze modificatie wordt een parameter verkregen met behulp waarvan de afwijkingen van de verdelingen t.o.v. de theoretische verdeling voor verschillende waarnemingsreeksen onderling kunnen worden vergeleken. Deze parameter is voor de meetdagen 3 en 13 gecorreleerd aan de relatieve diepte z/d , waarin z het meetniveau is en d de plaatselijke diepte, zie bijlagen 13a en 13b. Ook hierin zijn alleen verdelingen betrokken met $v > 10$. Hieruit blijkt dat de afwijking van de verdeling van de momentane horizontale componenten van de orbitaalsnelheid t.o.v. de normale verdeling gemiddeld iets toeneemt indien dichterbij de bodem wordt gemeten.

De gemodificeerde statistische chi-kwadraat is ook uitgezet tegen de gemiddelde golfperiode \bar{T} van de orbitaalbeweging, zie bijlage 14.

Daaruit blijkt niet dat er een relatie is tussen de mate van afwijking t.o.v. de normale verdeling en de gemiddelde orbitaalperiode.

9.4. De scheefheid van de berekende frequentieverdelingen

Naast de hierboven genoemde statistische chi-kwadraat is de scheefheid een maat voor de afwijking van de verdeling van de snelheden t.o.v. de (symmetrische) normale verdeling. Om de scheefheid van een verdeling uit te drukken zijn verschillende definities van scheefheidscoëfficiënten te geven, zie lit. 11 en 12. Hier is gebruik gemaakt van de volgende scheefheidscoëfficiënt.

$$\alpha_3 = m_3 / s^3$$

waarin m_3 = het derde centrale moment van de verdeling

$$= \sum_{j=1}^k p_j (x - \bar{x})^3 / N$$

s = de standaardafwijking van de stochastische variabele x .

α_3 is een dimensieloze grootte. Indien $\alpha_3 = 0$ is de verdeling symmetrisch, voor $|\alpha_3| > 0$ is de verdeling scheef en de scheefheid neemt toe met toenemende waarde van $|\alpha_3|$. Uit de bijlagen 15a en 15b blijkt dat er geen relatie is tussen α_3 en de relatieve diepte z/d .

Omdat α_3 nu eens positief en dan weer negatief is volgt dat de verdelingen geen voorkeur hebben voor een zekere scheefheid.

met gemiddelde s^3

10. De toetsing van de frequentieverdeling van de maximale horizontale componenten van de snelheidsfluctuaties

10.1. De verwachte kansdichtheidsfunctie

De maximale snelheidsfluctuatie is reeds gedefinieerd in 7.1. De verdeling van deze parameter is voor een zeer smal variantiedichtheidsspectrum ($\epsilon \rightarrow 0$) Rayleigh verdeeld. Dit geldt niet voor een breed spectrum ($\epsilon \rightarrow 1$) zie lit. 1. Aangezien ^{de relatieve breedte van} het spectrum van de momentane snelheden ter plaatse van het meetgebied ca. 0,75-0,90 is, is getracht de verdelingen van de maximale snelheidsfluctuaties aan een meer algemene verdeling dan de Rayleighverdeling te toetsen, nl. aan de Weibullverdeling.

De Weibullverdeling ziet er als volgt uit (zie lit. 14).

$$F(x) = e^{-\beta x^\alpha}$$

waarin $F(x)$ = de verdelingsfunctie van x .

x = de stochastische variabelen, α en β zijn constanten.

Indien $\alpha = 2$ is deze verdeling identiek aan de Rayleighverdeling.

Om verdelingen te toetsen aan de Weibullverdeling is in het verleden een computerprogramma TNORM3 ontwikkeld. Door dat programma (lit. 15) worden de α en β waarden zodanig bepaald dat bovenstaande verdeling zo goed mogelijk aansluit bij de experimenteel bepaalde verdelingen.

Het principe van het programma is als volgt: voor een array van waarden van α en β met in te voeren stapgrootten $\Delta\alpha$ en $\Delta\beta$ en in te voeren maximale en minimale waarden voor deze parameters wordt de statistische chi-kwadraat berekend. Uitgevoerd worden die waarden voor α en β waarbij de kleinste waarde van de statistische chi-kwadraat behoort.

Uit ervaringen met dit programma is gebleken dat voor visueel dezelfde verdelingsfuncties toch soms aanzienlijk verschillende waarden voor α en β worden gevonden. Hieruit blijkt dat men bij het gebruik van dit programma bedacht moet zijn op subminima.

Zijn α en β bekend dan kunnen andere eigenschappen van de verdeling worden berekend, zoals het eerste moment van de verdeling m_1 (zie lit. 14):

$$m_1 = \int_0^{\infty} x p(x) dx = \left(\frac{1}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

Aangezien het steekproef gemiddelde \bar{x} een goede schatting is voor dit eerste moment kan naast de in TNORM3 gevolgde methode ook een andere methode worden gevolgd door het eerste moment gelijk te stellen aan het steekproefgemiddelde

$$m_1 = \bar{x} = \left(\frac{1}{\beta}\right) \frac{1}{\alpha} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

zodat:

$$\beta = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)^\alpha}{\bar{x}}$$

Hierdoor zijn α en β afhankelijk van elkaar geworden zodat de statistische chi-kwadraat slechts geminimaliseerd hoeft te worden naar één van beide parameters. Hierdoor zou de rekentijd van het computerprogramma worden teruggebracht. Een nadeel is dat men minder vrijheid heeft in de keuze van α en β wat zal resulteren in een hogere statistische chi-kwadraat en daardoor een minder goed aansluitende verdeling.

Een derde mogelijkheid is om, behalve het eerste moment gelijk te stellen aan het gemiddelde, het tweede (centrale) moment gelijk te stellen aan de variantie van de steekproef. Hierdoor wordt een tweede vergelijking gevonden waaruit α en β zijn op te lossen.

10.2. De resultaten van de toets

De verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties zijn berekend m.b.v. het programma WAVEPA 19 van de DIV. Om de resultaten van de verschillende registraties onderling vergelijkbaar te maken zijn de maximale snelheidsfluctuaties genormaliseerd, dat wil zeggen dat ze zijn gedeeld door de gemiddelde waarde van deze snelheden per registratie.

Grafisch zijn de resultaten weergegeven op "Weibull papier", waarbij op de verticale as uitstaat de dubbele natuurlijke logaritme van $\frac{1}{1 - P(x)}$ en op de horizontale as $\ln x$ waarin x de betreffende stochastische variabele is. Voldoet de frequentieverdeling aan de Weibullverdeling dan levert dit op dit papier een rechte lijn op, omdat

$$P(x) = 1 - F(x) = 1 - e^{-\beta x^\alpha}$$

$$\ln \ln \left(\frac{1}{1 - P(x)} \right) = \ln \beta + \alpha \ln x$$

In onderstaande tabel IV zijn de resultaten van enkele registraties weergegeven; grafisch op de bijlagen 16a t/m 16f. Het aantal vrijheidsgraden van deze verdeling is (k-3) daar het aantal uit de steekproef te schatten parameters gelijk is aan twee, namelijk α en β . Voor het onderzoek zijn alleen registraties gebruikt waarbij $v > 10$. De berekende χ^2_0 is, vanwege het geringe aantal maximale snelheidsfluctuaties per registratie, erg gevoelig voor een enkele hoge maximale fluctuatie. Voor registraties 3 en 5 zijn tussen haakjes toegevoegd de met TNORM3 berekende waarden, indien de enkele hoge fluctuatie wordt weggelaten.

	bijl. nr.	α	β	χ^2_0	v	$\alpha=0,05$	v [cn]
1	16	2,0	0,77	8,66	17	acc	18
2	17	1,8	0,76	6,43	10	acc	9
3	18	1,8 (2,1)	0,78 (0,91)	14,30 (9,74)	11 (8)	acc	10
4	19	1,6	0,91	23,80	15	acc	13
5	20	2,0 (2,3)	0,75 (0,85)	15,40 (9,21)	16 (11)	acc	15
6	21	2,07	0,72	14,00	14	acc	14

tabel IV: resultaten van de verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties.

Daarnaast moet worden opgemerkt dat het toetsen aan de χ^2 verdeling van geringe waarde is omdat, door het geringe aantal maximale snelheden en de in TNORM3 vereiste constante klassebreedte, het aantal waarden per klasse dikwijls beneden de vereiste 5 ligt (zie hoofdstuk 8.1.).

De waarden van α en β uit tabel IV zijn geplot op bijlage 22.

Tevens is daar de relatie tussen α en β weergegeven indien het gemiddelde gelijk wordt gesteld aan het eerste moment. Omdat bij de berekening van de verdeling is uitgegaan van genormaliseerde waarden geldt dat het gemiddelde van de stochastische variabele gelijk is aan 1, zodat deze relatie gelijk is aan:

$$\beta = \{ \Gamma (1 + 1/\alpha) \}^\alpha$$

Uit bijl. 22

Hieruit volgt dat de toegepaste "best fitting" methode een Weibull verdeling oplevert waarvan het eerste moment zal afwijken van het gemiddelde van de steekproef (= 1)

Indien van te voren het steekproefgemiddelde gelijk wordt gesteld aan het eerste moment van de verdeling, zal dit leiden tot een hogere waarde van de statistische chi-kwadraat.

Als de verdelingsfunctie van de bijlagen 16a t/m 16f worden bekeken lijkt het alsof in sommige gevallen de met TNORM3 berekende verdelingsfunctie niet bij de uitmetingen bepaalde verdeling past, zie b.v. bijlage 16f waar de met TNORM3 berekende verdeling geheel ligt boven die uit de metingen.

De oorzaak is dat de waarden van α en β bepaald worden aan de hand van de statistische chi-kwadraat waarbij niet wordt uitgegaan van het verschil tussen de verdelingsfunctie en de cumulatieve frequentieverdeling maar van de kansdichtheidsfunctie en de frequentieverdeling van de gemeten grootte. Wanneer de betreffende kansdichtheidsfunctie wordt uitgezet blijkt de frequentieverdeling zich wel rondom deze functie te slingeren, zie fig. 7.

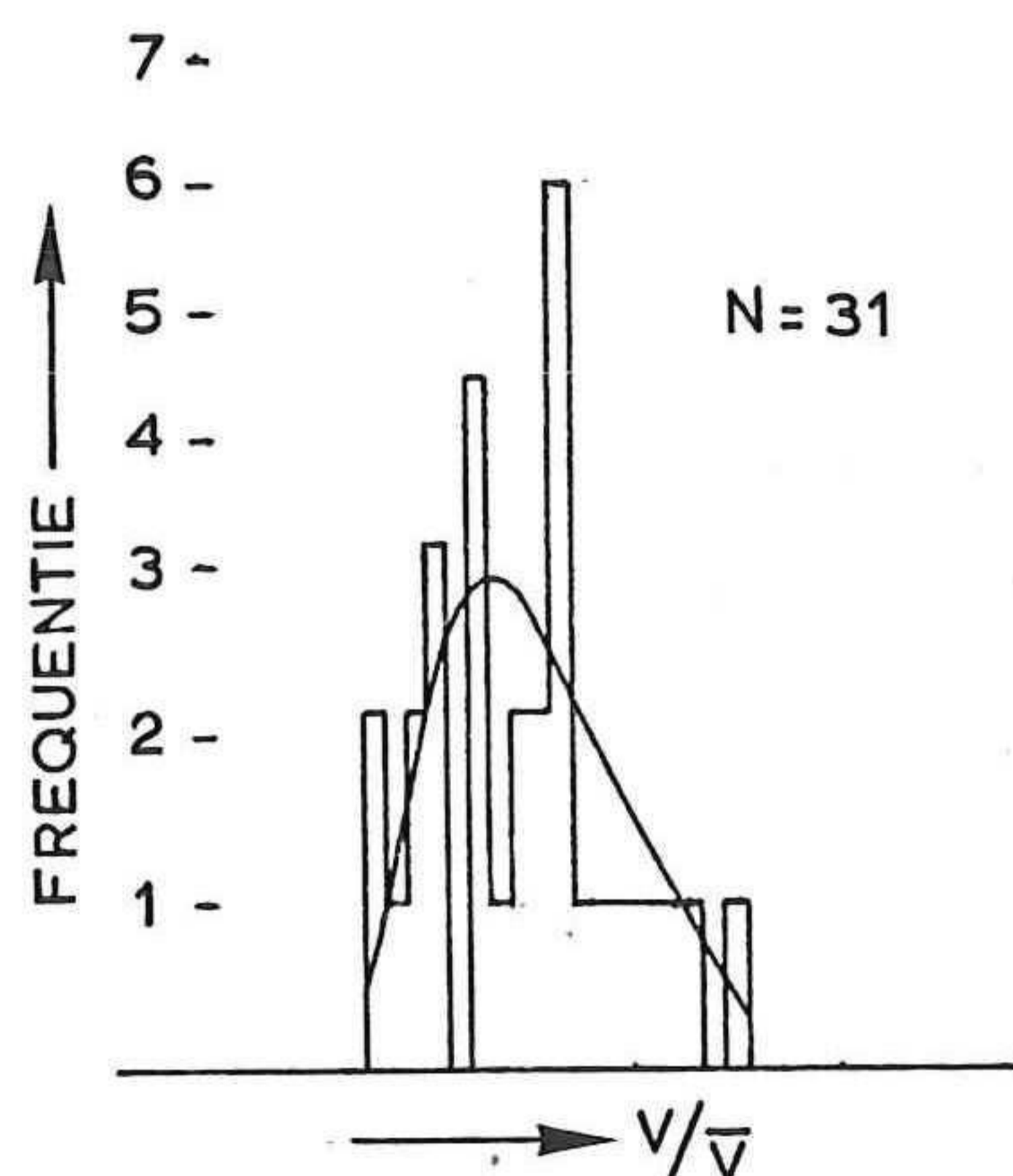


fig. 7: frequentieverdeling maximale snelheidsfluctuatie 18-9-1975 paal 6 niveau 2 R.K.

10.3. De Rayleighverdeling

Hoewel de toets van de verdelingen van de maximale snelheidsfluctuaties aan de Weibullverdeling van geringe waarde is, kan toch uit de resultaten van de toets en uit een visuele inspectie wel worden aangenomen dat de Weibullverdeling een redelijke benadering is voor de verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties.

Daarom is toch geprobeerd dezelfde toets te doen aan een bijzonder geval van de Weibullverdeling, nl. de Rayleighverdeling.

Hiervoor geldt $\alpha = 2,0$ en $\beta = \pi/4$ (voor $\bar{x} = 1$), zodat

$$F(x) = e^{-\frac{\pi}{4} x^2}$$

Voor deze toets geldt om dezelfde reden als genoemd bij de toets aan de Weibullverdeling dat de berekende statistische chi-kwadraat gevoelig is voor een enkele individuele snelheidsfluctuatie en dat de toets zelf een betrekkelijke waarde heeft omdat niet in elke klasse geldt dat de frequentie >5 .

10.4. De resultaten van de toets van de Rayleighverdeling

Om de hoeveelheid werk te beperken, en ook vanwege de betrekkelijke waarde van de toets is het aantal onderzochte registraties beperkt tot twee meetdagen en wel meetdag 3 en meetdag 12. Daarbij zijn weer alleen die registraties in beschouwing genomen waarvoor geldt $v > 10$. Doordat als stochastische variabele de genormaliseerde is beschouwd, geldt: $v = k-1$.

De resultaten van de toets zijn te vinden in de tabellen 13 en 14 achter in deze nota.

In onderstaand tabel V staan het aantal waarnemingen waarbij de nulhypothese "de verdeling voldoet aan de Rayleighverdeling" bij een onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 0,05$ werd aangenomen (acc) of verworpen (rej).

meetdag	$\alpha = 0,05$			
	U/ \bar{U}		V/ \bar{V}	
	acc	rej	acc	rej
3	13	3	23	8
12	19	4	5	1
	32	7	28	9
tot.p.kan.	39		37	
N	76			

tabel V:
aantal aangenomen (acc)
resp. verworpen (rej)
nulhypothesen

N = totaal aantal
beschouwde registraties

Uit deze resultaten blijkt de verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties bijna steeds voldoen aan de Rayleighverdeling. Hierbij moet echter bedacht worden dat de waarde van de toets gering is door het klein aantal waarneminge

11. De golfrichtingen

In par. 4.2. is gesproken over de bepaling van de golfrichting aan de hand van monofoto's. Geconcludeerd werd dat de waargenomen golfrichting, de golfrichting is van de dominerende golfcomponent waarvan de frequentie in de buurt zal liggen van de frequentie van de maximale variantiedichtheid. Daar de golven opgewekt worden door plaatselijke wind zal de golfrichting, althans voor diep water, goed moeten overeenstemmen met de windrichting. Op bijlage 23 zijn de windrichting en golfrichting tegen elkaar uitgezet. De correlatie tussen beide richtingen is goed ($\rho = 0,98$). Verder zullen ook de richtingen van de orbitaalsnelheden een goede overeenkomst moeten vertonen met de golfrichting en daarmee met de windrichting. De richting van de orbitaalsnelheden is te schatten omdat de richting van de horizontale snelheidsvector van de orbitaalbeweging niet constant is in de tijd, maar voortdurend van richting verandert kan niet gesproken worden van de orbitaalrichting voor een zekere registratieduur. Om per meting een vergelijk mogelijk te maken met de wind- en golfrichting is de orbitaalrichting voor een zeker meetpunt gedefinieerd als:

$$\theta_{orb} = \arctg \frac{u_{z, 1/3}}{v_{z, 1/3}}$$

waarin $u_{z, 1/3}$ = de significante orbitaalsnelheid van het linker kanaal (\perp oever)
 $v_{z, 1/3}$ = de significante orbitaalsnelheid van het rechter kanaal ($//$ oever)

Bij deze definitie is gebruik gemaakt van de significante orbitaalsnelheid van de beide horizontale componenten omdat de m.b.v. mono-foto's bepaalde golfrichting overeenkwam met de richting van de dominerende golf.

Omdat we met een oscillerende beweging te maken hebben is de richting van deze orbitaalsnelheid niet eenduidig uit de grootte van de snelheidscomponenten te bepalen. De volgende vier hoeken zijn mogelijk:

- 1^e kwadrant: θ_{orb}
- 2^e kwadrant: $180^\circ - \theta_{orb}$
- 3^e kwadrant: $\theta_{orb} + 180^\circ$
- 4^e kwadrant: $-\theta_{orb}$

In onderstaande tabel VI zijn per meetdag gemiddelde golfrichtingen, met de bijbehorende standaardafwijkingen, alsmede de gemiddelde windrichtingen, met bijbehorende standaardafwijkingen en de vier mogelijke richtingen van de orbitaalsnelheden samengevat:

meet- dag	datum	windrichting		golfrichting		orbitaalrichting			
		μ	σ	μ	σ	1 ^e kw.	2 ^e kw.	3 ^e kw.	4 ^e kw.
3	27-06-75	20°	7°	5°	12°	<u>13°</u>	167°	193°	347°
10	18-09-75	210°	7°	207°	27°	<u>32°</u>	148°	<u>212°</u>	328°
11	23-09-75	233°	13°	211°	20°	47°	133°	<u>227°</u>	313°
12	24-09-75	228°	8°	227°	25°	33°	147°	<u>213°</u>	327°
13	25-09-75	190°	0°	188°	20°	28°	152°	<u>208°</u>	322°
14	01-10-75	184°	5°	160°	18°	17°	<u>163°</u>	197°	343°
16	07-10-75	330°	9°	328°	10°	14°	166°	194°	<u>346°</u>

Tabel VI: overzicht windrichting, golfrichting, orbitaalsnelheidsrichting per meetdag t.o.v. het ware noorden

Uit deze tabel blijkt dat er in het algemeen een goede relatie is tussen de windrichting, de golfrichting en de richting van de orbitaalsnelheden, de spreiding van windrichting en golfrichting in acht nemende.

12. De responsiefuncties

12.1. De responsiefunctie voor verschillende meetniveau's

Omdat de oppervlaktebeweging ter plaatse van de snelheidsmetingen niet is geregistreerd, konden de responsiefuncties van de relatie tussen de oppervlaktebeweging en het inwendige snelheidsveld niet worden bepaald.

Wel is getracht de consistentie met de lineaire theorie te bepalen van de responsiefuncties voor de relatie tussen de variantiedichtheden van de horizontale componenten van de orbitaalsnelheden voor verschillende diepten. Deze responsiefuncties zijn verkregen door deling van de variantiedichtheden van de horizontale componenten van de orbitaalbeweging voor verschillende diepten.

Volgens de lineaire theorie is deze responsiefunctie:

$$\kappa(\omega, d, z_1, z_2) = \left(\frac{\cosh k(\omega) (d + z_1)}{\cosh k(\omega) (d + z_2)} \right)^2$$

waarin ω = radiale frequentie = $2\pi f$

d = plaatselijke diepte

z_1 en z_2 de beide meetniveau's waarvoor de responsiefunctie bepaald wordt.

Deze functie kan worden berekend met het voor dit doel ontworpen computerprogramma VHRESP, waarvan een beschrijving als appendix 2 aan deze nota is toegevoegd. Voor de limietgevallen geldt:

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \kappa(\omega, d, z_1, z_2) = 1$$

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \kappa(\omega, d, z_1, z_2) = 0$$

De resultaten van enkele registraties zijn te vinden op de bijlagen 24a t/m 24d. De uit de metingen bepaalde overdrachtsfuncties bleken niet consistent met de lineaire theorie. Mogelijk is dit te wijten aan de onnauwkeurige bepaling van het meetniveau, terwijl de waarde ervan, door het exponentieel verloop van de responsiefunctie langs de vertikaal, van groot belang is. De betrouwbaarheidsintervallen van de voor dit onderzoek gebruikte spectra zijn erg breed t.g.v. de korte meetduur.

Het bemonsteringsinterval van de verwerkte registraties was 0,1 sec., de registratietijd ongeveer 1 minuut, zodat het aantal waarnemingen per registratie ca. 600 was. Omdat de deelreekslengte van het voor het berekenen van de variantiedichtheidsspectra gebruikte computerprogramma WAVEPA 19 minimaal 200 moest zijn, konden hoogstens 3 deelreeksen per registratie worden verkregen. Het aantal vrijheidsgraden is volgens lit. 15 per elementaire frequentiebandje:

$$\begin{aligned} N &= 2 \times \text{aantal deelreeksen} \\ &= 2 \times \frac{AW}{GR} \end{aligned}$$

waarin AW = aantal waarnemingen in een meetreeks

GR = aantal waarnemingen in een deelreeks

AW/GR wordt naar beneden afgerond, zodat bij meerdere registraties het aantal vrijheidsgraden per elementair frequentiebandje gelijk is aan 4.

Hieruit volgt dat bij betrouwbaarheidsinterval van 80% geldt:

$$\frac{\hat{S}(f)}{1,94} < E \{ \hat{S}(f) \} < \frac{\hat{S}(f)}{0,26} \quad \text{of}$$

$$0,52 \times \hat{S}(f) < E \{ \hat{S}(f) \} < 3,85 \times \hat{S}(f)$$

waarin $\hat{S}(f)$ de schatting is van de energiedichtheid

$E \{ \hat{S}(f) \}$ de verwachtingswaarde van $\hat{S}(f)$.

Omdat de responsiefunctie wordt verkregen door deling van twee spectrale dichtheden is de uiteindelijke onbetrouwbaarheid nog groter.

12.2. De verhouding tussen de totale varianties voor verschillende meetniveau's

Omdat de betrouwbaarheid van de totale varianties veel groter is, is geprobeerd de verhouding te bepalen tussen de totale varianties voor verschillende meetniveau's z_1 en z_2 . De verhoudingen volgens de lineaire theorie zijn hiervoor echter niet te berekenen zonder dat het variantiedichtheidsspectrum van de oppervlaktebeweging,

$S_{\eta\eta}(f)$, bekend is:

$$\begin{aligned} \kappa(d, z_1, z_2) &= \frac{\int_0^{\infty} S_{uu}(f, d, z_1) df}{\int_0^{\infty} S_{uu}(f, d, z_2) df} \\ &= \frac{\int_0^{\infty} K(f, d, z_1) S_{\eta\eta}(f) df}{\int_0^{\infty} K(f, d, z_2) S_{\eta\eta}(f) df} \end{aligned}$$

waarin $S_{uu}(f)$ = variantiedichtheidsspectrum van de snelheidscomponent

⊥ oever van de Veermansplaat

$$K(f, d, z) = 2 \pi f \frac{\cosh k(f) \cdot (d+z)}{\sinh k(f) \cdot d}$$

d = diepte

z = meetniveau langs verticale coördinaat

k = positieve reële wortel uit de dispersierelatie $\omega^2 = gk \tanh kd$

g = zwaartekracht

ω = hoekfrequentie = $2 \pi f$.

De integralen zijn alleen oplosbaar indien $S_{\eta\eta}(f)$ bekend is.

Aangezien deze t.p.v. de snelheidsmetingen niet bepaald is en, t.g.v. de instrumentele moeilijkheden met de ontvanger en registratie-apparatuur van de waverider ook niet in de onmiddellijke nabijheid van de snelheidsmetingen, konden de berekende verhoudingen niet vergeleken worden met die volgens de lineaire theorie.

Een mogelijkheid zou zijn geweest het spectrum te schatten door voor een bepaalde meetniveau, bv. vlak bij de oppervlakte, aan te nemen dat de lineaire theorie opgaat. Het spectrum is dan te schatten d.m.v.:

$$S_{\eta\eta}(f) = \frac{1}{K(f, d, z)} \{ S_{uu}(f, d, z) + S_{vv}(f, d, z) \}$$

waarin $S_{vv}(f)$ = variantiedichtheidsspectrum van de snelheidscomponent //
aan de oever van de Veermansplaat

M.b.v. deze schatting is dan de consistentie te bepalen met de lineaire theorie van de verhouding tussen de totale varianties van de horizontale componenten van de orbitaalsnelheid. De schatting van het spectrum van de oppervlaktebeweging is echter dan sterk afhankelijk van het meetniveau dat gekozen wordt om tot een schatting te komen. Dat de schattingen voor bepaalde meetniveau's onbetrouwbaar kunnen zijn blijkt uit par. 5.2. en uit de bijlagen 10a t/m 10g, waar de significante orbitaalsnelheden voor de verschillende meetniveau's zijn uitgezet.

Gezien de grote onbetrouwbaarheids intervallen van de spectra en de onbetrouwbaarheid van de waarden van de meetniveau's is geen verder onderzoek gedaan naar de bovenstaande responsiefunctie.

13. Invloed verticale snelheidscomponent

Zoals in hoofdstuk 3.2. is besproken zal de verticale snelheidscomponent de meting van de horizontale snelheidscomponent verstoren indien de arctg van de verticale snelheidscomponent gedeeld door de horizontale component $> 20^{\circ}$. Dat wil zeggen dat de verticale snelheidscomponent $> 0,36 \times$ de horizontale snelheidscomponent. Deze horizontale snelheden bestaan uit de gemiddelde snelheden, waarvan, volgens lit. 3, de voornaamste oorzaak de horizontale circulatiestroming is in het bekken, en de horizontale component van de orbitaalsnelheden. Aangezien de orbitaalsnelheden oscillerend zijn, moeten deze bij de gemiddelde snelheden worden opgeteld om de resulterende snelheden te krijgen. Aangenomen kan worden dat de verticale snelheden alleen een gevolg zijn van de orbitaalsnelheden en dat er geen sprake is van een belangrijke circulatiestroming in het verticale vlak gezien het vlakke verloop van de oever voor de plaat.

De gemiddelde horizontale snelheden zijn voor de verschillende meetdagen niet gelijk, ze variëren van meetpaal tot meetpaal, evenals over de vertikaal.

Aangezien echter de gradiënt over de vertikaal in het algemeen niet groot is, evenals langs de raai waarover gemeten is, kan een orde van grootte worden gegeven per meetdag. Hierbij zijn de snelheden van de diepwaterpaal (punt 6) niet in beschouwing genomen, aangezien deze voortdurend iets kleiner zijn dan van de andere meetpalen. Voor de meetdagen waarvan de snelheidsfluctuaties verder zijn onderzocht (meetdagen 3, 12, 13, 14 en 16, zie hoofdstuk 9) zijn deze gemiddelde snelheden ongeveer:

meetdag 3	25 cm/sec.
meetdag 12	10 cm/sec.
meetdag 13	20 cm/sec.
meetdag 14	20 cm/sec.
meetdag 16	25 cm/sec.

Hierbij zij opgemerkt dat de nauwkeurigheid van deze gemiddelde snelheden gering is, zie lit. 9. De standaardafwijking van het verloop van het nulpunt van de Colnbrook, zie par. 3.2., was ca. 15 cm/sec.

Wordt deze gemiddelde horizontale snelheid gesuperponeerd op de significante horizontale orbitaalsnelheid, dan zal de verticale snelheid in het algemeen kleiner zijn dan $0,36 \times$ de resulterende horizontale snelheid indien beide horizontale snelheden hetzelfde teken hebben; zijn beide tekens verschillend dan zal de verticale snelheid groter zijn dan $0,36 \times$ de resulterende horizontale snelheid zodat de metingen van de horizontale snelheden verstoord zullen zijn.

Deze verstoring neemt af naarmate het meetniveau lager ligt, omdat de orbitaalsnelheden afnemen met de diepte terwijl de gemiddelde snelheid praktisch constant is over de vertikaal, zie bijlagen 10a t/m 10g. Hoewel de gemiddelde snelheden van de diepwaterpaal kleiner zijn dan die van de andere palen, zal het voorgaande ook voor deze paal gelden, omdat de orbitaalsnelheden ter plaatse van dit meetpunt ook i.h.a. kleiner zijn en nabij de bodem zelfs zeer klein.

Hierbij moet bedacht worden dat hier vergeleken wordt met de significante orbitaalsnelheden, welke, indien de verdeling ervan aan de Rayleighverdeling voldoet (hoofdstuk 11), slechts in 13½% van het aantal maximale snelheidsfluctuaties worden overschreden, zie lit. 18.

Verder is het de vraag of de resultaten van de ijkingen met een variërende hoek in een stroomgoot, waar de meetwagen met een constante snelheid door het water wordt getrokken wel representatief zijn voor een oscillerende beweging.

14. Samenvatting en conclusies

Om i.v.m. de geconstateerde achteruitgang van de plaatoevers nabij de waterlijn, een beter inzicht te krijgen in het na afsluiting ontstane mechanisme van aanzanding en uitschuring, zijn in het Grevelingenbekken stroom- en golfmetingen verricht. Voor de stroommeting is gebruik gemaakt van de electromagnetische stroommeter van de Colnbrook Ltd. Voor de geringe diepten waar gemeten moest worden en voor het meten van de orbitaalbeweging was dit het best voor handen zijnde instrument. Wel laat de nauwkeurigheid van de stroommeter te wensen over voor wat betreft de gemiddelde snelheden.

Voor de in deze nota beschreven onderzoeken van de orbitaalsnelheden was deze onnauwkeurigheid van minder groot belang. Een nadeel van het instrument is wel dat, t.g.v. de vorm van de sensor, de verticale snelheidscomponent, de metingen van de horizontale componenten verstoort. Deze invloed blijkt niet van dien aard te zijn dat de metingen niet zouden kunnen worden gebruikt voor verder onderzoek. Een groot nadeel van de metingen bleek de zeer korte registratieduur per meetpunt te zijn. Het aantal per registratie beschikbare waarnemingen is daardoor klein, en de betrouwbaarheid van verschillende onderzoeken gering. Enkele onderzoeken moesten om deze reden gestopt worden.

Het doel van het onderzoek is een beter inzicht te krijgen in het snelheidsveld in golven. Daartoe zijn onderzocht de verdeling van de momentane horizontale orbitaalsnelheidscomponenten, die van de maxima van deze componenten, de golfrichting en de richting van de orbitaalsnelheid alsmede de responsiefuncties van het inwendige snelheidsveld.

Uit het onderzoek naar de verdeling van de momentane waarden van de snelheidscomponenten bleek dat de verdelingen soms wel en soms niet aan de normale verdeling voldoen. Wanneer echter een lagere onbetrouwbaarheidsdrempel werd gekozen bleek dat de verdelingen meestal wel aan de normale verdeling voldeed. Mede uit een visuele beschouwing van de verdelingen kan gesteld worden dat voor de praktijk de momentane waarden van de horizontale snelheidscomponenten normaal verdeeld zijn.

De oorzaak van het feit dat niet alle verdelingen voldoen kan een fysische realiteit zijn maar kan ook liggen aan de onnauwkeurigheid van de stroommeter, en/of de invloed van de bewerkingen die de analoge registraties hebben ondergaan om verwerkt te kunnen worden met een digitale computer.

Uit het onderzoek naar de verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties van beide horizontale componenten blijkt dat deze in het algemeen voldoen aan de Rayleighverdeling, al moet worden opgemerkt dat de betrouwbaarheid van deze toets gering is door het kleine aantal maximale snelheidsfluctuaties per registratie, zodat het aantal theoretisch te verwachten waarden per klasse veelal kleiner was dan de vijf die voor de gebruikte toets vereist zijn.

De uit monofoto's bepaalde golfrichting komt overeen met de golfrichting van de dominerende golfcomponent, waarvan de frequentie in de buurt van de frequentie met maximale variantiedichtheid zal liggen.

Deze golfrichting blijkt goed overeen te stemmen met de windrichting en de richting van de significante orbitaalsnelheid. De responsiefuncties van de variantiedichtheidsspectra van de orbitaalsnelheden nabij het oppervlak t.o.v. de spectra op een lager meetniveau waren te onnauwkeurig om deze zinvol te toetsen aan de lineaire theorie. De verhouding van de totale varianties voor verschillende meetniveau's kon met deze theorie niet worden vergeleken omdat de spectra van de oppervlaktebeweging niet bekend waren.

In het onderzoek is steeds gebruik gemaakt van de twee afzonderlijke horizontale snelheidscomponenten. Een andere methode zou zijn geweest om de moduli van de horizontale snelheidsvector te onderzoeken. Hierdoor wordt de invloed van de richting van de snelheidsvector geëlimineerd. Daarentegen is de theoretisch te verwachten kansdichtheid dan niet bekend en kan alleen worden afgeleid indien de verdelingen van de snelheidscomponenten bekend zijn (zie lit. 19).

Wel
zie lit. 19

Literatuurlijst

1. Rapport Deltacommissie
Eindverslag en Interimadviezen deel 1
Uitg. Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
's-Gravenhage
2. J. v. Dijken
Het berekenen van de windinvloed op meren
met behulp van differentiemethoden
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
Nota W 71.013 II okt. 1974
3. J. v. Heteren
Metingen in het Grevelingenbekken nabij de
Veermansplaat
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
Nota DDWT-78.017
4. R.A. Leenman
Vastleggen golfrichtingen d.m.v. fotografie
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
W 76.042 Intern
5. J. v. Heteren
Het onderzoek naar de geschiktheid van stroom-
snelheidsmeters in de brandingszone
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
W 70.038 II
6. J. v. Heteren
Het onderzoek naar de geschiktheid van stroom-
snelheidsmeters in de brandingszone
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
W 70.038 III
7. H. v. Rees
Ijkrapport electro-magnetische stroomsnelheids-
meter Colnbrook met 200 m sensorkabel
Rijkswaterstaat-Waterhuishouding en Waterbeweging
hoofdafdeling Hydro-instrumentatie
rapportnr. 9.10.7506
8. C. Mulder
Voorlopig ijkrapport electromagnetische
stroomsnelheidsmeters
Colnbrook en Marsh Mc. Birney
Rijkswaterstaat-Waterhuishouding en Waterbeweging
hoofdafdeling Hydro-instrumentatie
rapportnr. 9.10.7405
9. J. v. Heteren en
R.A. Leenman
Onderzoek naar de storingen van de stroom-
snelheidsmeter van de Colnbrook Ltd.
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
DDWT-77.129

10. Gebruikersdocumentatie van het programma-
pakket WAVEPA
Verwerking golfponsbanden
Rijkswaterstaat-Dienst Informatieverwerking
jan. 1975
11. M.R. Spiegel Theory and Problems of statistics
Schaum's outline series
Mc Graw - Hill Book Company
12. L.A. Koelé and P.A. de Bruijn Statistical distribution of wave heights in
correlation with energy spectra and water depth
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
K 347
13. D.E. Cartwright and M.S. Longuet Higgins The statistical distribution of the maxima of
a random function
Proceedings of the Royal Society, A,
volume 237, 1956
14. C.L. Bretschneider Generation of waves by wind state of the
art
NESCO Report SN-134-6
jan. 1965
15. Programmabeschrijving TNORM3
Rijkswaterstaat-Deltadienst-Waterloopk. Hoofdafd.
Nota W77.001
16. C.M. Verhagen et.al. Operation and service manual for the waverider
(3000, 4000, 5000, 6000 series)
Datawell b.v. Laboratorium voor instrumentatie
Haarlem
17. J.S. Bendat and A.G. Piersol Random Data: analysis and measurement
procedures
Wiley Interscience
18. E.W. Bijker Statistical description of ocean waves
Delft University of Technology
1953
19. P. Beckmann Rayleigh Distribution and its
Generalization
J. of Radio Science, 68 D, No 9, sept. 1964
20. J. v. Soest Elementaire Statistiek
Delftse Uitgeversmaatschappij 1972

Bijlagenlijst

1. Situatie Grevelingenbekken.
2. Grevelingenmeer, dwarsprofiel.
3. Detaillodingen Veermansplaat 16-6 t/m 18-6-1975
4. Detaillodingen Veermansplaat 30-10 t/m 31-10-1975.
5. Aanzicht en doorsnede van de meetpaal.
6. Beschrijving Colnbrook.
7. IJking bij 1 m/sec. bij variatie van de verticale aanstromingshoek.
8. Wind- en golfgegevens van de meetdagen, windstation Roggeplaat.
9. Voorbeeld registratie Colnbrook.
- 10a t/m 10g De stroomvertikalen van de significante orbitaalsnelheid per meetdag.
- 10h t/m 10k Gradiënt langs de meetraai van de gemiddelde snelheid en de significante orbitaalsnelheid evenwijdig en loodrecht op de meetraai.
- 11a t/m 11d Invloed van de klassebreedte op de chi-kwadraattoets.
- 12a t/m 12 De frequentieverdeling en normale verdeling van de metingen van meetdag 13.
- 13a t/m 13b De statistische chi-kwadraat als functie van de relatieve diepte.
 14. De statistische chi-kwadraat als functie van de gemiddelde golfperiode.
- 15a t/m 15b De scheefheid van de frequentieverdeling gecorreleerd met de relatieve diepte.
- 16a t/m 16f De verdeling van de maximale snelheidsfluctuaties.
 17. Het theoretisch verband tussen α en β en de met TNORM3 bepaalde waarden voor deze coëfficiënten.
 18. Relatie windrichting-golfrichting.
- 19a t/m 19d Responsiefuncties voor verschillende meetniveau's.

datum: 750627

Kanaal: LK (= linkerkanaal)

meetdag nr.: 3

paalnr.	diepte t.o.v. NAP: d [cm]	reg. nr.	meetniveau t.o.v. opp.: z cm	z/d	gemiddelde * ijkfactor cm/sec	standaard-afw. * ijkfactor cm/sec	aantal vrijheidsgr. v	aantal bem. ptn. N	χ^2_0	χ^2_p	aangen.:+ verw. :- $\alpha=0,05/0,01$	$\chi^2/v.N.$	scheefheid α_3
1	- 68	1	4	0,0833	- 33,06	9,42	22	601	35,234	33,90	- +	0,00266	- 0,045
		2	13	0,2708	- 37,77	6,01	15	735	14,441	25,00	+ +	0,00131	+ 0,197
		3	21	0,4375	- 39,00	4,96	11	608	15,967	19,68	+ +	0,00239	+ 0,128
2	- 74	1	4	0,0741	- 31,26	7,12	18	585	59,972	28,87	- -	0,00569	- 0,132
		2	13	0,2407	- 29,75	4,65	11	583	18,527	19,68	+ +	0,00289	+ 0,028
		3	21	0,3889	- 33,02	4,30	10	606	14,871	18,31	+ +	0,00245	- 0,035
3	- 82,5	1	4	0,0640	- 35,81	5,47	13	542	21,577	22,36	+ +	0,00306	- 0,049
		2	13	0,2080	- 34,05	4,21	10	602	9,361	18,31	+ +	0,00155	- 0,062
4	- 93,5	1	4	0,0544	- 24,44	6,70	16	496	90,933	26,30	- -	0,01146	+ 0,085
		2	13	0,1769	- 18,92	4,14	10	598	18,687	18,31	- +	0,00312	- 0,171
		3	21	0,2857	- 18,60	4,28	10	608	22,279	18,31	- +	0,00366	+ 0,083
5	- 121	1	4	0,0396	- 40,32	4,75	11	709	43,156	19,68	- -	0,00553	- 0,042
6	- 208,5	1	4	0,0212	- 40,64	5,00	11	597	12,759	19,68	+ +	0,00194	+ 0,019

d : diepte t.p.v. de meetpaal t.o.v. N.A.P. cm

z : plaats van de stroommeter in de vertikaal t.o.v. opp. cm

v : aantal vrijheidsgraden

N : aantal bemonsteringspunten snelheden

 χ^2_0 : statistische chi-kwadraat χ^2_p : percentiel waarden voor de chi-kwadraat verdeling met v graden van vrijheid

datum: 750627

Kanaal: RK (= rechterkanaal)

meetdag nr.: 3

paalnr.	diepte t.o.v. NAP: d cm	reg. nr.	meetniveau t.o.v. opp.: z cm	z/d	gemiddelde × ijkfactor cm/sec	standaard- afw. × ijkfac- tor cm/sec	aantal vrijheidsgr. v	aantal bem. ptn. N	χ^2_0	χ^2_p	aangen.:+ verw. :- $\alpha=0,05/0,01$	$\chi^2_0/v.N.$	scheef- heid α_3
1	- 68	1	4	0,0833	- 53,82	8,33	19	596	39,210	30,41	- -	0,00346	- 0,054
			13	0,2708	- 51,63	7,24	17	725	16,749	27,59	+ +	0,00136	- 0,037
			21	0,4375	- 52,54	5,63	13	585	22,779	22,36	- +	0,00300	+ 0,084
			29	0,6042	- 50,00	4,84	11	586	13,598	19,68	+ +	0,00211	+ 0,052
			38	0,7917	- 51,30	4,69	10	600	28,887	18,31	- -	0,00481	+ 0,067
			42	0,8750	- 47,77	4,44	10	592	34,209	18,31	- -	0,00578	+ 0,114
2	- 74	1	4	0,0741	- 57,03	8,26	19	584	10,117	30,41	+ +	0,00091	+ 0,016
			13	0,2407	- 55,80	8,05	18	581	22,422	28,87	+ +	0,00214	+ 0,090
			21	0,3889	- 51,50	7,02	17	618	9,872	27,59	+ +	0,00093	- 0,022
			29	0,5370	- 55,08	5,81	13	593	34,172	22,36	- -	0,00443	- 0,154
			38	0,7307	- 52,58	4,37	10	566	9,990	18,31	+ +	0,00177	+ 0,029
3	- 82,5	1	4	0,0640	- 60,45	8,16	18	538	29,277	28,87	- +	0,00302	+ 0,246
			13	0,2080	- 60,39	7,81	18	599	20,661	28,87	+ +	0,00192	+ 0,149
			21	0,3360	- 60,36	6,44	15	590	17,441	25,00	+ +	0,00197	- 0,126
			29	0,4640	- 59,48	5,53	13	589	10,239	22,36	+ +	0,00134	+ 0,059
			38	0,6080	- 58,96	5,24	12	602	36,749	21,03	- -	0,00509	+ 0,225
			46	0,7360	- 57,39	4,89	11	600	9,541	19,68	+ +	0,00145	- 0,032
			54	0,8640	- 54,32	4,43	10	654	36,169	18,31	- -	0,00553	- 0,094
			63	1,0000	- 55,05	4,42	10	599	15,973	18,31	+ +	0,00267	- 0,027
4	- 93,5	1	4	0,0544	- 64,05	12,43	26	495	30,816	38,90	+ +	0,00239	- 0,140
			13	0,1769	- 66,78	7,77	18	593	28,190	28,87	+ +	0,00264	+ 0,045
			21	0,2857	- 63,58	6,82	16	597	12,412	26,30	+ +	0,00130	- 0,028
			29	0,3946	- 66,47	5,16	11	595	26,983	19,68	- -	0,00412	- 0,176
			38	0,5170	- 64,99	5,15	12	634	19,295	21,03	+ +	0,00254	- 0,153
			54	0,7347	- 65,51	4,61	10	501	59,563	18,31	- -	0,01189	- 0,079
			63	0,8571	- 65,28	5,16	12	696	59,768	21,03	- -	0,00716	+ 0,065
			1	0,0396	- 61,93	9,57	22	708	33,378	33,90	+ +	0,00214	+ 0,010
5	- 121	2	25	0,2475	- 62,38	5,47	12	602	28,289	21,03	- +	0,00392	- 0,063
			3	0,4950	- 58,24	4,21	10	704	30,909	18,31	- -	0,00439	- 0,072
			1	0,0212	- 60,11	7,41	18	547	25,169	28,87	+ +	0,00234	+ 0,077
6	- 208,5	1	4	0,0212	- 60,11	7,41	18	547	25,169	28,87	+ +	0,00234	+ 0,077

datum: 760925

Kanaal: LK (= linkerkanaal)

meetdag nr.: 13

paalnr.	diepte t.o.v. NAP: d cm	reg. nr.	meetniveau t.o.v. opp.: z cm	z/d	gemiddelde ≠ ijkfactor cm/sec	standaard- afw.≠ijkfac- tor cm/sec	aantal vrijheidsgr. v	aantal bem. ptn. N	χ_0^2	χ_p^2	aangen.:+ verw. :- $\alpha=0,05/0,01$	$\chi_c^2/v.N.$	scheef- heid α_3
1	- 68	1	4	0,0833	- 41,27	10,76	26	676	57,172	38,90	- -	0,00325	- 0,0929
		2	13	0,2708	- 40,47	9,35	23	697	47,694	35,20	- -	0,00298	- 0,0153
		3	25	0,5208	- 40,83	11,33	28	701	46,651	41,30	- +	0,00237	- 0,0765
		4	33	0,6875	- 41,68	8,28	20	712	45,086	31,41	- -	0,00317	- 0,2053
2	- 74	1	4	0,0741	- 40,97	12,68	31	704	31,137	45,00	+ +	0,00143	- 0,1211
		2	13	0,2407	- 43,04	10,67	26	716	23,099	38,90	+ +	0,00124	- 0,0969
		3	25	0,4630	- 39,80	9,21	22	706	31,731	33,90	+ +	0,00204	- 0,0815
		4	38	0,7307	- 40,04	9,89	24	716	56,112	36,40	- -	0,00327	- 0,1145
3	- 82,5	1	4	0,0640	- 40,72	13,49	32	694	31,910	46,20	+ +	0,00144	+ 0,0217
		3	25	0,4000	- 42,69	11,07	27	692	51,543	40,10	- -	0,00276	- 0,0523
		4	38	0,6080	- 42,87	10,70	26	689	39,997	38,90	- +	0,00223	- 0,1097
		5	50	0,8000	- 42,80	6,53	17	712	27,756	27,59	- +	0,00229	+ 0,0106
		6	58	0,9280	- 44,10	7,25	19	714	16,827	30,14	+ +	0,00124	- 0,0290
4	- 93,5	1	4	0,0544	- 42,56	12,35	30	707	38,833	43,80	+ +	0,00183	- 0,0418
		2	13	0,1769	- 41,93	13,68	34	863	36,254	48,60	+ +	0,00124	- 0,2078
		3	25	0,3401	- 42,40	11,02	27	710	60,868	40,10	- -	0,00318	+ 0,1809
		4	38	0,5170	- 41,88	10,74	26	714	63,007	38,90	- -	0,00339	+ 0,1197
		5	50	0,6803	- 41,35	8,15	20	702	27,114	31,41	+ +	0,00183	+ 0,0497
		6	58	0,7891	- 41,94	7,63	19	715	31,755	30,14	- +	0,00234	- 0,0560
5	- 121	1	4	0,0396	- 48,06	10,85	27	765	39,908	40,10	+ +	0,00193	+ 0,0027
		2	25	0,2475	- 44,55	7,39	18	582	23,773	28,87	+ +	0,00227	+ 0,1218
		3	50	0,4950	- 43,19	3,51	13	678	19,545	22,36	- +	0,00222	+ 0,1258
		4	75	0,7426	- 41,02	5,43	13	607	32,718	22,36	- -	0,00414	- 0,0511
6	- 208,5	1	4	0,0212	- 47,84	11,45	29	705	35,513	42,60	+ +	0,00174	- 0,0679
		2	25	0,1326	- 48,63	8,43	20	704	37,647	31,41	- +	0,00267	- 0,2132
		3	50	0,2653	- 47,88	7,01	18	714	14,176	28,87	+ +	0,00110	- 0,0165
		4	75	0,3979	- 48,62	6,22	16	701	42,921	26,30	- -	0,00382	+ 0,0626
		5	100	0,5305	- 45,43	5,94	15	644	35,273	25,00	- -	0,00365	- 0,1340
		6	125	0,6631	- 48,06	5,42	13	616	61,635	22,36	- -	0,00770	+ 0,1837

datum: 760925

Kanaal: RK (= rechterkanaal)

meetdag nr.: 13

paalnr.	diepte t.o.v. NAP: d cm	reg. nr.	meetniveau t.o.v. opp.: z cm	z/d	gemiddelde * ijkfactor cm/sec	standaard- afw.*ijkfac- tor cm/sec	aantal vrijheidsgr. v	aantal bem. ptn. N	χ^2_0	χ^2_p	aangen.:+ verw. :- $\alpha=0,05/0,01$	$\chi^2/v.N.$	scheef- heid α_3
1	- 68	1	4	0,0833	- 35,79	7,63	18	685	26,005	28,87	+	0,00211	- 0,0113
		2	13	0,2708	- 33,68	5,99	15	697	32,138	25,00	-	0,00307	- 0,0639
		3	25	0,5208	- 38,24	7,28	18	699	21,337	28,87	+	0,00170	- 0,0221
		4	33	0,6875	- 41,07	8,32	19	714	157,548	30,14	-	0,01161	+ 0,0317
2	- 74	1	4	0,0741	- 37,94	8,17	19	704	28,238	30,14	+	0,00211	- 0,1264
		2	13	0,2407	- 34,32	6,46	16	693	30,548	26,30	-	0,00276	- 0,0827
		3	25	0,4630	- 34,85	6,73	16	714	52,867	26,30	-	0,00463	+ 0,0743
		4	38	0,7307	- 38,78	5,40	13	716	31,933	22,36	-	0,00344	- 0,1559
3	- 82,5	1	4	0,0640	- 35,78	11,94	28	700	40,227	41,30	+	0,00205	+ 0,1416
		3	25	0,4000	- 34,10	8,32	19	687	27,942	30,14	+	0,00214	- 0,0870
		4	38	0,6080	- 31,58	6,79	16	683	13,194	26,30	+	0,00121	+ 0,0925
		5	50	0,8000	- 35,73	5,13	12	701	13,868	21,03	+	0,00165	- 0,0771
		6	58	0,9280	- 38,13	4,97	12	700	32,554	21,03	-	0,00387	+ 0,0774
		1	4	0,0544	- 39,28	12,12	29	707	33,405	42,60	+	0,00163	- 0,0075
4	- 93,5	2	13	0,1769	- 36,60	10,83	26	870	63,512	38,90	-	0,00281	- 0,1045
		3	25	0,3401	- 35,31	8,58	20	710	22,625	31,41	+	0,00159	- 0,0510
		4	38	0,5170	- 32,28	9,20	21	710	32,101	32,70	+	0,00215	+ 0,0178
		5	50	0,6803	- 33,39	7,30	17	675	65,002	27,59	-	0,00566	+ 0,0068
		6	58	0,7891	- 34,80	6,90	16	701	33,109	26,30	-	0,00275	+ 0,2495
		1	4	0,0396	- 33,46	11,61	27	775	48,820	40,10	-	0,00233	- 0,1612
5	- 121	2	25	0,2475	- 40,85	6,78	15	584	26,082	25,00	-	0,00298	- 0,1519
		3	50	0,4950	- 37,50	5,60	13	682	27,973	21,36	-	0,00315	- 0,1928
		4	75	0,7425	- 38,33	4,83	10	611	11,132	18,31	+	0,00182	+ 0,0670
		1	4	0,0212	- 38,71	12,24	29	708	40,127	42,60	+	0,00195	- 0,0228
6	- 208,5	2	25	0,1326	- 36,12	8,20	20	704	32,631	31,41	-	0,00232	+ 0,0879
		3	50	0,2653	- 37,96	6,23	15	712	15,486	25,00	+	0,00145	- 0,0524
		4	75	0,3979	- 41,40	5,46	13	711	15,378	22,36	+	0,00166	- 0,0529

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor= 1.73

Datum : 750924

LK

Nota nr.:

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 36.55	8.11	20	19.917	31.41	+ +
	2	- 37.74	7.65	19	25.379	30.14	+ +
	3	- 39.11	5.17	13	16.686	22.36	+ +
	4	- 40.88	5.30	13	15.745	22.36	+ +
2	1	- 38.91	8.29	19	23.975	30.14	+ +
	3	- 39.98	4.81	12	34.915	21.03	- -
	4	- 36.50	4.33	10	23.082	18.31	- +
	5	- 37.31	5.09	13	53.366	22.36	- -
3	1	- 39.55	9.13	23	26.412	35.2	+ +
	2	- 38.92	7.51	19	25.827	30.14	+ +
	3	- 40.40	5.75	14	31.257	23.68	- +
	4	- 39.38	4.52	11	23.426	19.68	- +
	5	- 32.00	5.16	12	14.112	21.03	+ +
4	1	- 40.40	9.26	23	13.384	35.2	+ +
	2	- 38.89	7.03	17	10.026	27.59	+ +
	3	- 37.41	6.92	17	35.547	27.59	- -
	4	- 40.09	5.26	13	18.669	22.36	+ +
	5	- 38.95	5.15	13	72.332	22.36	- -
5	1	- 40.69	8.87	21	30.505	32.7	+ +
	2	- 39.87	5.91	14	37.735	23.68	- -
6	1	- 46.17	7.47	19	39.215	30.14	- -
	2	- 45.85	7.38	19	26.079	30.14	+ +

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor= 1.82

Datum : 750924

RK

Nota nr.:

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
2	1	- 52.39	4.88	11	35.633	19.68	- -
3	1	- 51.94	4.94	11	27.103	19.68	- -
4	1	- 52.03	5.61	13	17.312	22.36	+ +
5	1	- 47.31	4.09	10	30.824	18.31	- -
6	1	- 38.78	7.66	19	36.699	30.14	- +
	2	- 39.86	5.81	14	14.685	23.68	+ +

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor= 1.730

Datum : 751003

LK

Nota nr.

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 34.07	13.22	32	64.088	46.3	- -
	2	- 32.22	11.92	30	102.016	43.8	- -
	3	- 33.00	11.89	30	62.950	43.8	- -
2	1	- 39.41	17.15	41	113.337		- -
	2	- 44.32	14.94	35	79.925	49.8	- -
	3	- 41.89	14.15	35	58.685	49.8	- ?
	4	- 35.21	13.67	33	77.645	47.4	- -
3	1	- 42.86	8.00	20	42.889	31.41	- -
	2	- 42.38	7.65	19	35.837	30.14	- +
	3	- 43.58	6.91	18	41.420	28.87	- -
	4	- 33.49	5.98	15	14.058	25.00	+ +
4	1	- 26.85	12.65	31	47.693	45.0	- +
	2	- 24.47	11.16	28	34.080	41.3	+ +
	3	- 21.16	13.68	32	77.456	46.2	- -
	4	- 36.16	13.17	32	63.105	46.2	- -
	5	- 36.76	11.63	29	52.534	42.6	- -
	6	- 39.10	13.49	33	52.481	47.4	- ?
	7	- 44.46	15.15	36	92.941	51.0	- -
5	1	- 60.34	12.38	34	40.562	48.6	+ +
	2	- 44.13	4.61	11	9.877	19.68	+ +
	3	- 41.35	4.47	10	27.595	18.31	- -

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJkfactor= 1.820

Datum : 751003

RK

Nota nr.

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 73.33	9.07	21	49.021	32.7	- -
	2	- 71.35	8.21	20	33.859	31.41	- +
	3	- 66.44	8.21	19	47.065	30.14	- -
2	1	- 19.33	11.71	28	39.578	41.3	+ +
	2	- 68.62	7.76	19	31.404	30.14	- +
	3	- 67.45	8.55	20	15.690	31.41	+ +
	4	- 64.18	7.19	17	36.469	27.54	- -
3	1	- 53.86	6.30	15	15.464	25.00	+ +
	2	- 56.26	5.05	12	50.626	21.03	- -
	3	- 53.10	4.79	11	36.617	19.68	- -
	4	- 51.56	3.64	8	33.201	15.51	- -
4	1	- 66.74	11.19	27	76.469	40.1	- -
	2	- 72.96	9.16	21	62.394	32.7	- -
	3	- 74.28	9.31	22	51.483	33.9	- -
	4	- 48.68	10.34	24	94.539	36.4	- -
	5	- 44.87	10.16	23	146.144	35.2	- -
	6	- 33.00	9.37	22	37.564	33.9	- +
	7	- 29.77	10.14	23	67.989	35.2	- -
5	1	- 45.12	10.94	28	36.483	41.3	+ +

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor= 1.73

Datum : 751001

LK

Nota nr.

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ^2_0	χ^2_p	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 39.36	8.93	22	23.836	33.9	+ +
	2	- 36.12	7.39	19	9.388	30.41	+ +
	3	- 34.00	7.81	20	35.152	31.41	- +
	4	- 36.94	5.94	15	56.400	25.00	- -
	5	- 35.73	5.38	13	16.659	22.36	+ +
2	1	- 39.96	9.07	22	16.833	33.9	+ +
	2	- 39.02	7.19	19	25.599	30.41	+ +
	3	- 36.61	5.65	14	16.190	23.68	+ +
	4	- 37.47	6.53	17	20.164	27.59	+ +
	5	- 36.82	5.47	14	24.886	23.68	- +
3	1	- 39.95	7.33	18	21.152	28.87	+ +
	2	- 39.73	7.05	18	22.881	28.87	+ +
	3	- 39.10	6.44	17	37.982	27.59	- -
	4	- 37.80	4.77	12	11.041	21.03	+ +
	5	- 38.98	5.83	15	25.809	25.00	- +
4	1	- 39.29	8.14	20	15.226	31.41	+ +
	2	- 38.24	5.07	12	6.928	21.03	+ +
	3	- 38.18	4.92	12	18.454	21.03	+ +
	4	- 37.73	4.34	10	10.162	18.31	+ +
	5	- 39.37	4.56	11	20.309	19.68	+ +
	6	- 38.97	3.63	9	29.204	16.92	- -
5	1	- 41.96	7.01	18	35.139	28.87	- +
	2	- 40.44	5.02	12	32.192	21.03	- -
	3	- 40.31	4.08	10	23.377	18.31	- +
6	1	- 46.51	6.98	17	20.408	27.59	+ +
	2	- 46.65	6.18	16	32.501	26.30	- +
	3	- 45.97	5.58	13	36.803	22.36	- -
	4	- 47.93	4.90	12	33.183	21.03	- -

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor= 1.820

Datum : 751001

RK

Nota nr.

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 47.62	6.85	17	29.033	27.59	- +
	2	- 45.62	6.08	14	22.853	23.68	+ +
	3	- 44.90	6.44	15	41.079	25.00	- -
	4	- 42.05	4.29	10	20.599	18.31	- +
2	1	- 44.62	8.66	21	44.531	32.7	- -
	2	- 42.23	6.14	15	25.905	25.00	+ +
	3	- 40.67	5.19	12	9.517	21.03	+ +
	4	- 41.93	4.66	10	8.422	18.31	+ +
	5	- 43.33	4.21	10	7.516	18.31	+ +
3	1	- 44.52	9.09	21	31.086	32.7	+ +
	2	- 41.22	6.34	15	16.978	25.00	+ +
	3	- 39.52	4.91	11	11.881	19.68	+ +
	4	- 40.85	4.37	10	23.539	18.31	- +
	5	- 43.10	4.78	11	7.693	19.68	+ +
4	1	- 48.10	9.24	21	45.285	32.7	- -
	2	- 42.09	5.42	12	11.344	21.03	+ +
	3	- 41.71	4.83	11	6.371	19.68	+ +
	4	- 40.18	4.29	10	24.789	18.31	- +
5	1	- 44.03	8.79	20	24.882	31.41	+ +
	2	- 42.16	7.00	17	14.489	27.59	+ +
	3	- 39.42	4.37	10	22.793	18.31	- +
6	1	- 34.86	10.92	24	37.765	36.4	- +
	2	- 38.95	8.61	19	63.182	30.14	- -
	3	- 41.77	5.29	12	44.520	21.03	- -

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST

Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJkfactor= 1.730

Datum : 751007

LK

Nota nr.:

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ_0^2	χ_p^2	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 45.97	6.21	15	23.326	25.00	+ +
	2	- 44.84	5.42	13	12.622	22.36	+ +
	3	- 43.65	5.13	12	24.445	21.03	- +
	4	- 44.34	4.77	11	11.757	19.68	+ +
2	1	- 43.90	7.68	18	46.352	28.87	- -
	2	- 45.01	7.50	18	17.650	28.87	+ +
	3	- 44,01	5.60	13	19.378	22.36	+ +
	4	- 43.95	5.83	14	19.246	30.41	+ +
	5	- 44.92	7.27	18	46.300	28.87	- -
3	1	- 45.28	7.56	18	30.170	28.87	- +
	2	- 44.62	6.85	17	15.631	27.59	+ +
	3	- 42.89	5.31	13	4.988	22.36	+ +
	4	- 43.05	4.75	12	4.980	21.03	+ +
	5	- 43.53	4.63	11	31.935	19.68	- -
	6	- 45.10	4.38	10	11.867	18.31	+ +
4	1	- 43.19	6.37	16	22.456	26.30	+ +
	2	- 42.97	5.22	12	11.762	21.03	+ +
	3	- 42.71	5.27	13	14.294	22.36	+ +
	4	- 43.55	5.04	12	32,869	21.03	- -
	5	- 42.65	4.29	10	22.985	18.31	- +
5	1	- 45.01	4.79	12	23.974	21.03	- +
6	1	- 44.22	4.00	10	6.784	18.31	+ +

RIJKSWATERSTAAT-DELTADIENST
Waterloopkundige afdeling

Resultaten Chi-Kwadraattest

Meetdag:

IJKfactor = 1.820

Datum : 751007

RK

Nota nr.:

paalnr.	reg. nr.	μ	σ	aantal vrij- heidsgr.	χ^2_0	χ^2_p	verworpen : - niet verworpen: + $\alpha = 0,05/0,01$
1	1	- 51.60	7.98	19	26.601	30.41	+ +
	2	- 50.27	5.42	12	10.832	21.03	+ +
	3	- 51.13	5.13	12	20.559	21.03	+ +
2	1	- 52.74	7.51	17	19.754	27.59	+ +
	2	- 53.63	7.10	17	27.425	27.59	+ +
	3	- 53.97	5.11	12	43.459	21.03	- -
	4	- 50.41	6.02	13	18.363	22.36	+ +
	5	- 52.40	4.51	10	43.404	18.31	- -
3	1	- 51.36	10.86	25	41.578	37.7	- +
	2	- 53.68	7.68	19	17.278	30.41	+ +
	3	- 54.05	6.00	14	35.007	23.68	- -
	4	- 53.28	5.04	11	41.497	19.68	- -
	5	- 50.60	5.17	12	12.545	21.03	+ +
	6	- 51.50	4.55	10	15.847	18.31	+ +
4	1	- 54.79	8.66	20	28.798	31.41	+ +
	2	- 55.40	6.61	15	23.949	25.00	+ +
	3	- 54.56	5.49	12	27.699	21.03	- +
	4	- 56.22	5.23	12	10.172	21.03	+ +
	6	- 50.86	5.02	12	14.055	21.03	+ +
	5	- 58.25	9.34	20	17.526	31.41	+ +
5	2	- 58.63	5.39	12	14.469	21.03	+ +
	1	- 51.80	8.40	21	27.776	32.7	+ +
6	2	- 52.52	5.54	13	6.529	22.36	+ +

Tabel 13

RK	χ_o^2	K	LK	χ_o^2	K
1-1	34,4	30 acc.	1-1	14,9	27 acc.
1-2	21,4	20 acc.	1-2	17,3	17 acc.
1-3	8,33	17 acc.	1-3	16,5	13 acc.
1-4	5,37	13 acc.	1-4	4,14	11 acc.
1-5	16,7	13 acc.	2-1	50,9	24 rej.
1-6	24,4	14 rej.	2-2	13,5	18 acc.
2-1	83,7	35 rej.	2-3	7,95	11 acc.
(2-1	29,1	22 acc.	3-1	19,1	19 acc.
2-2	60,3	23 rej.	3-2	7,79	10 acc.
2-3	29,1	25 acc.	3-3	13,5	12 acc.
2-4	16,1	19 acc.	3-6	9,13	11 acc.
2-5	12,1	12 acc.			
2-7	9,29	12 acc.	4-6	36,6	12 rej.
3-1	23,1	23 acc.	4-9	15,1	12 acc.
3-2	20,1	19 acc.	5-1	9,40	13 acc.
3-3	15,2	16 acc.	6-1	13,4	14 acc.
3-4	14,2	16 acc.			
3-5	7,67	13 acc.			
3-6	11,4	13 acc.			
3-8	20,7	11 rej.			
4-1	116,0	45 rej.			
4-2	23,5	24 acc.			
4-3	12,9	15 acc.			
4-4	20,5	13 acc.			
4-5	10,5	14 acc.			
4-7	11,3	11 acc.			
4-8	23,1	11 rej.			
5-1	39,1	26 rej.			
5-2	23,3	16 acc.			
5-3	15,9	11 acc.			
6-1	38,0	23 rej.			
6-2	13,1	12 acc.			

totaal aantal registraties: 47

11 rej. 36 acc.

23% 77%

RK	χ^2	K	LK	χ^2	K
2-1	16,0	16 acc.	1-1	17,0	21 acc.
3-1	10,9	15 acc.	1-2	13,7	18 rej.
4-1	17,9	17 acc.	1-3	23,1	20 acc.
5-1	15,1	13 acc.	1-4	3,85	16 acc.
6-1	28,2	24 acc.	2-1	18,2	27 acc.
6-2	43,5	21 rej.	2-3	11,2	13 acc.
			2-4	5,70	13 acc.
			2-5	24,0	15 rej.
			3-1	33,5	28 acc.
			3-2	24,8	23 acc.
			3-3	11,8	19 acc.
			3-4	13,7	13 acc.
			3-5	10,9	15 acc.
			4-1	41,6	35 acc.
			4-2	47,5	28 rej.
			4-3	29,1	25 acc.
			4-4	31,5	15 acc.
			4-5	17,4	16 acc.
			4-6	17,7	13 acc.
			5-1	32,1	30 acc.
			5-2	4,93	14 acc.
			6-1	32,6	27 acc.
			6-2	39,1	25 rej.

totaal aantal registraties: 29

5 rej. 24 acc.

17% 83%

Appendix 1

VHTEST, een programma van het bepalen van de "goodness of fit" van verdelingen berekend met waarnemingen tov. de normale verdeling.

Inhoud

1. Inleiding
2. De statistische chi-kwadraat
3. Het programma VHTEST
4. Evaluatie

Literatuurlijst

Lijst van gebruikte variabelen

Lijst van bijlagen

VHTEST, een programma van het bepalen van de "goodness of fit" van experimentele verdelingen t.o.v. de normale verdeling.

1. Inleiding

Het programma VHTEST is gemaakt om de "goodness of fit" te bepalen van de verdeling van de momentane snelheden t.o.v. de normale verdeling. Om de "goodness of fit" te bepalen wordt gebruik gemaakt van de statistische chi-kwadraat, een maat voor de afwijking tussen de experimenteel bepaalde en theoretische verdelingen. Deze statistische chi-kwadraat wordt nader besproken in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het programma. Hoofdstuk 4 bevat een beschrijving van de invoer en uitvoer van het programma, terwijl het laatste hoofdstuk een evaluatie van het programma VHTEST geeft.

2. De statistische chi-kwadraat

De chi-kwadraat, χ_o^2 , is een maat voor de afwijking van de verdeling berekend uit waarnemingen en een theoretische verdeling. Deze chi-kwadraat is gedefinieerd als (zie lit. 1,2 en 3)

$$\chi_o^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(p_j(\underline{x}) - f_j(\underline{x}))^2}{f_j(\underline{x})}$$

waarin $p_j(\underline{x})$ = waargenomen frequentie voor klasse j.

$f_j(\underline{x})$ = theoretisch te verwachten frequentie voor klasse j.

k = aantal klassen van de verdeling.

Indien de $\chi_o^2 = 0$ komt de verdeling berekend uit waarnemingen precies overeen met de theoretische verdeling, voor $\chi_o^2 > 0$ is de overeenkomst niet precies. Bij de χ^2 -test wordt deze berekende chi-kwadraat vergeleken met een kritische waarde. Als nulhypothese, H_0 , wordt aangenomen dat de verdeling van de waarnemingen voldoet aan de theoretische verdeling. Is de berekende waarde voor χ_o^2 groter dan de kritische waarde dan wordt verondersteld dat de verdeling significant verschilt van de theoretische verdeling en wordt de nulhypothese verworpen.

In het geval dat de berekende χ^2_0 kleiner is dan de kritische waarde wordt H_0 niet verworpen. De verdeling van de verzameling van χ^2_0 is zeer goed te benaderen door de χ^2 verdeling. (zie lit. 1.)

$$f(\chi^2) = C \chi^{\nu-2} e^{-\frac{1}{2} \chi^2}$$

waarin ν = aantal vrijheidsgraden ∞
 C = constante zodanig dat $\int_0^{\infty} f(\chi^2) d\chi^2 = 1$

mits het aantal theoretisch te verwachten waarden in een klasse groter is dan 5.

Voor de kritische waarde van de χ^2 - test wordt een betrouwbaarheids-grens van deze verdeling gebruikt, aangeduid als $\chi^2_{(1-\alpha)}$ en gedefinieerd als (zie lit. 2.)

$$\Pr \{ \chi^2_0 > \chi^2_{(1-\alpha)} \} = (1-\alpha)$$

Hierin is α de onbetrouwbaarheids drempel. Dikwijls wordt hiervoor gebruikt $\alpha = 0,05$, d.w.z. dat de kans dat H_0 ten onrechte wordt verworpen gelijk is aan 5%. Het aantal vrijheidsgraden, ν , is gelijk aan

$$\nu = k-1-m$$

waarin k = aantal klassen van de te toetsen verdeling, waarbij voor iedere klasse geldt dat het theoretisch te verwachten aantal groter is dan 5.
 m = aantal uit de ^{ee}st~~uk~~proef te schatten parameters van de theoretische verdeling (μ , σ of beide)

3. Het programma VHTEST

Het programma VHTEST berekent de statistische chi-kwadraat van een gemeten reeks waarnemingen t.o.v. de normale verdeling. Het bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Inlezen van de waarnemingen
2. Berekenen van het gemiddelde en de standaard-afwijking van de waarnemingen.
3. Het bepalen van de bovengrens van de klasse waarvoor de onderschrijdingsfrequentie voor het aantal te verwachten waarden gelijk is aan of groter dan 5.
4. Het bepalen van de ondergrens van de klasse waarvoor de overschrijdingsfrequentie van het aantal te verwachten waarden gelijk is aan of groter dan 5.
5. Berekening van het verwachte aantal in een klasse.
6. Berekening van het gemeten aantal in een klasse.
7. Bepaling van χ^2_0 en ν .

Het maximaal aantal in te lezen waarnemingen is 1500. De waarnemingen zijn als integers gedeclareerd en kunnen maximaal uit 7 cijfers bestaan. Om de in te lezen waarden van een bepaalde grootheid te kunnen transformeren naar een andere grootheid, b.v. gelijkspanningen naar snelheden, kan een ijkfactor worden meegegeven.

Vervolgens wordt het gemiddelde, μ , en de standaardafwijking, σ , berekend van de waarnemingen. Deze worden gebruikt als schattingen voor de parameters van de normale verdeling. Opgegeven moet worden de grootte van de klassebreedte, kb . Het programma berekent nu de bovengrens A van de laagste klasse zodanig dat de onderschrijdingskans gelijk is aan of juist groter dan 5. Voor de klasse met bovengrens $(A-kb)$ wordt een onderschrijdingskans gevonden die kleiner is dan 5, zie ook fig. 1.

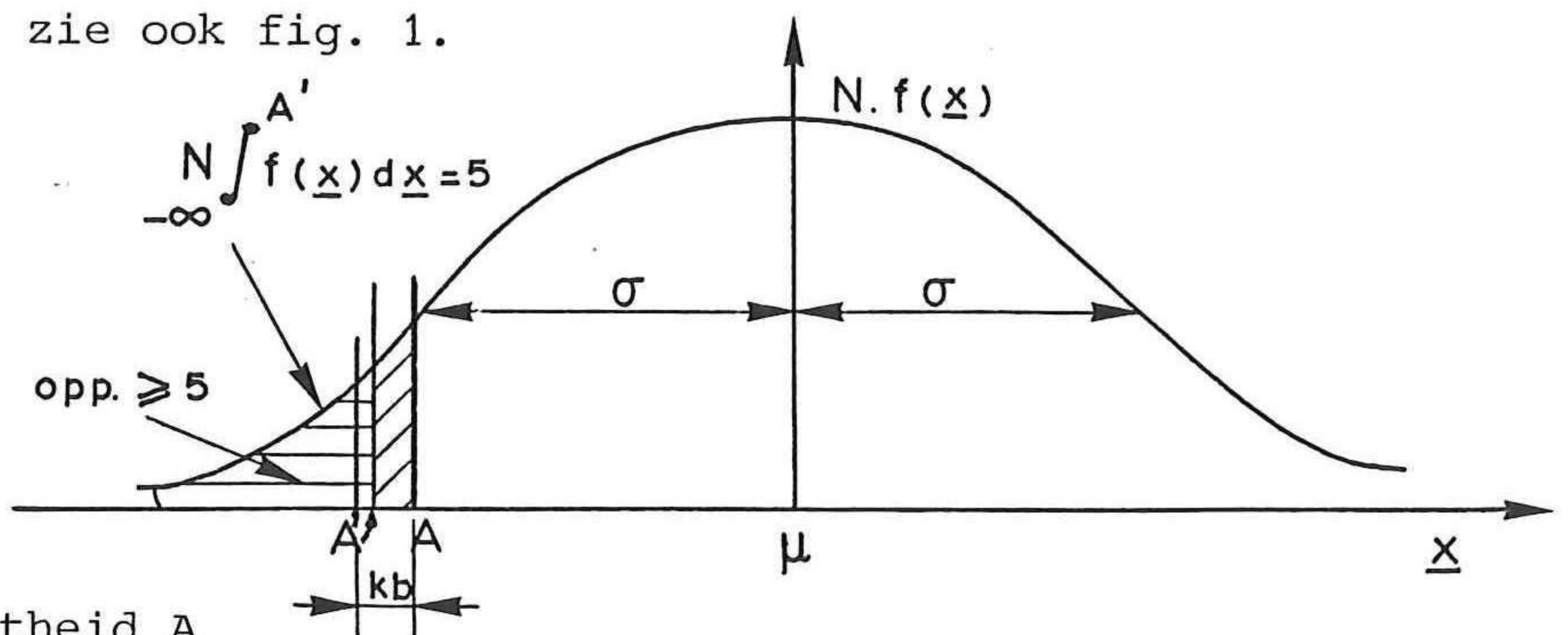


fig. 1: bepaling grootheid A

Als startwaarde voor de berekening van A wordt de kleinste gemeten waarde genomen.

Op gelijke wijze wordt de ondergrens B bepaald waardoor de overschrijdingsfrequentie van het theoretisch te verwachten aantal gelijk is aan of juist groter is dan 5, eveneens rekening houdend met de klassebreedte, zie fig. 2. Startwaarde voor berekening van B: grootste waarde van de meetreeks.

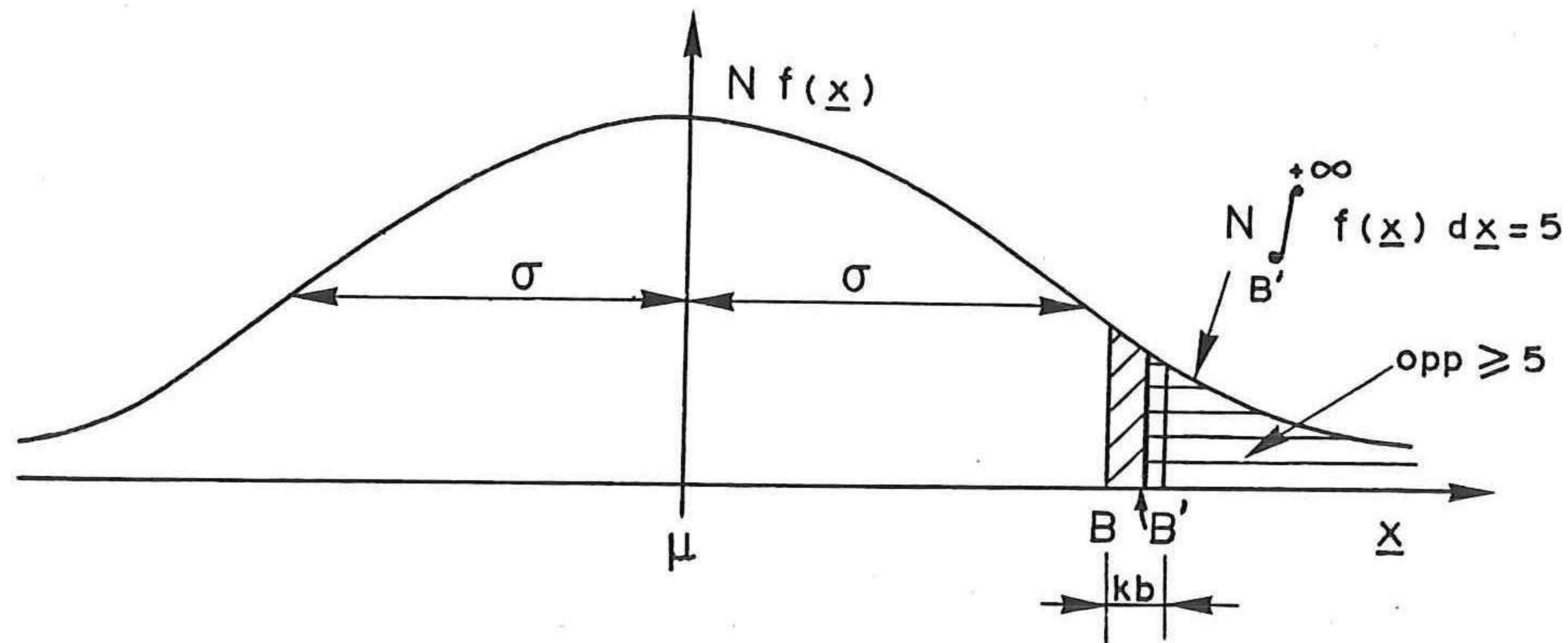


fig. 2. bepaling grootheid B

Vervolgens wordt, te beginnen bij de klasse met bovengrens A, het aantal gemeten waarden en verwachte aantal waarden in de klassen succesievelijk berekend. Daartoe wordt de waarde A steeds met de klassebreedte verhoogd. Steeds wordt daarbij gekeken of het aantal te verwachten waarden groter is dan 5. Is dit niet het geval dan wordt de klassebreedte met eenmaal de klassebreedte verhoogd en wordt nogmaals bekeken of nu het aantal te verwachten waarden groter is dan 5. Is dit nog niet het geval dan wordt weer een verhoging toegepast van eenmaal de klassebreedte; in het andere geval gaat de berekening verder. De laatste klasse is die met ondergrens B behalve wanneer in de voorlaatste klasse het aantal te verwachten waarden kleiner is dan 5. In dat geval worden deze twee klassen samengevoegd. Eventueel wordt dan procedure voor de voorgaande klassen herhaald. De som van de χ^2 van de afzonderlijke klassen, wordt gelijk met de χ^2 van de afzonderlijke klassen berekend. Als alle klassen zijn doorgerekend is de som gelijk aan de statistische chi-kwadraat. Tevens wordt het aantal vrijheidsgraden berekend.

Voor het stroomschema van VHTEST zie bijlage 1, listing: bijlage 2.

4. In- en uitvoer

Ingevoerd moeten worden:

KB : klassebreedte, integer, max 3 posities
IJK : ijkfactor, real, 3 decimalen nauwkeurig, 7 posities
N : het aantal waarnemingen, integer, max 1500, posities
IX(I) : de waarnemingen, I = 1 t/m N, integer, 7 posities
maximaal 3 waarnemingen op een regel.

Indien de waarnemingen in decimaal vorm staan moeten deze worden omgevoerd naar integers. M.b.v. de invoerparameter IJK kan dan de juiste waarden als uitvoer worden verkregen.

Een invoerformulier is als bijlage 3 toegevoegd.

Uitgevoerd worden de volgende grootheden:

1. Ondergrens van de klasse ($-\infty = -999,99$)
2. Bovengrens van de klasse ($+\infty = +999,99$)
3. Aantal gemeten waarden in de klasse
4. Aantal te verwachten waarden in de klasse
5. χ^2 van de klasse
6. Totaal aantal waarnemingen (N)
7. Aantal klassen
8. Aantal vrijheidsgraden
9. De statistische chi-kwadraat.

Een voorbeeld van de uitvoer is te vinden op bijlage 4.

Het programma is getest door enkele berekeningen met de hand na te rekenen.

5. Evaluatie

Bij de berekening van de χ^2_0 m.b.v. het programma VHTEST wordt de berekening begonnen bij de klasse met als ondergrens: $-\infty$ en als bovengrens de grootheid A. Vervolgens wordt de bovengrens met een of meerdere klassebreedten verhoogd en wordt de afwijking van die klasse tussen gemeten en verwachte frequenties berekend.

Dit wordt voortgezet tot dat alle klassen in de berekening zijn betrokken. Deze werkwijze heeft tot gevolg dat het gemiddelde niet samenvalt met het midden van een klasse, zie fig. 3.

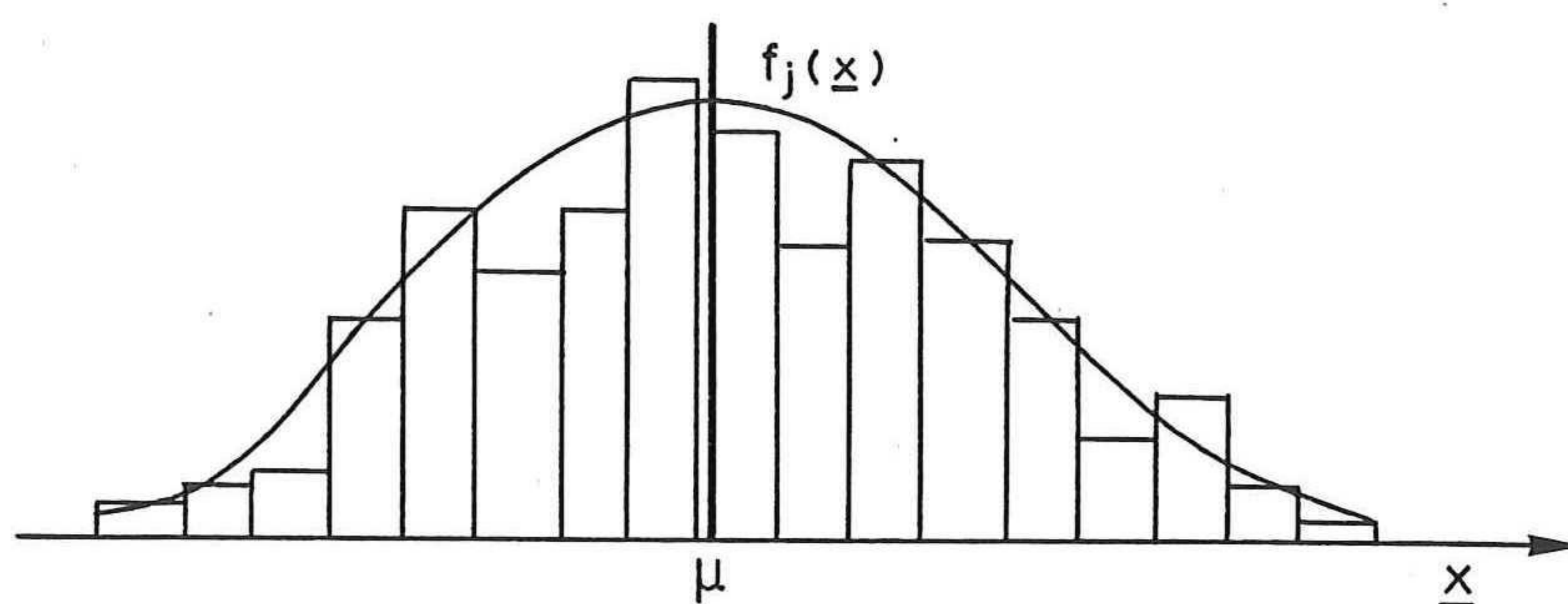


fig. 3. ligging μ t.o.v. klassegrenzen

Een andere werkwijze zou zijn geweest de klassegrenzen zodanig te bepalen dat μ in het midden van een klasse zou komen te liggen, zodat een meer symmetrische ligging van de theoretische verdeling t.o.v. de verdeling van de meetwaarden wordt verkregen. In dat geval zouden echter de meetwaarden niet samenvallen of symmetrisch liggen t.o.v. het klassenmidden waardoor een systematische fout wordt geïntroduceerd bij de berekening van de χ^2_0 , zie fig. 4..

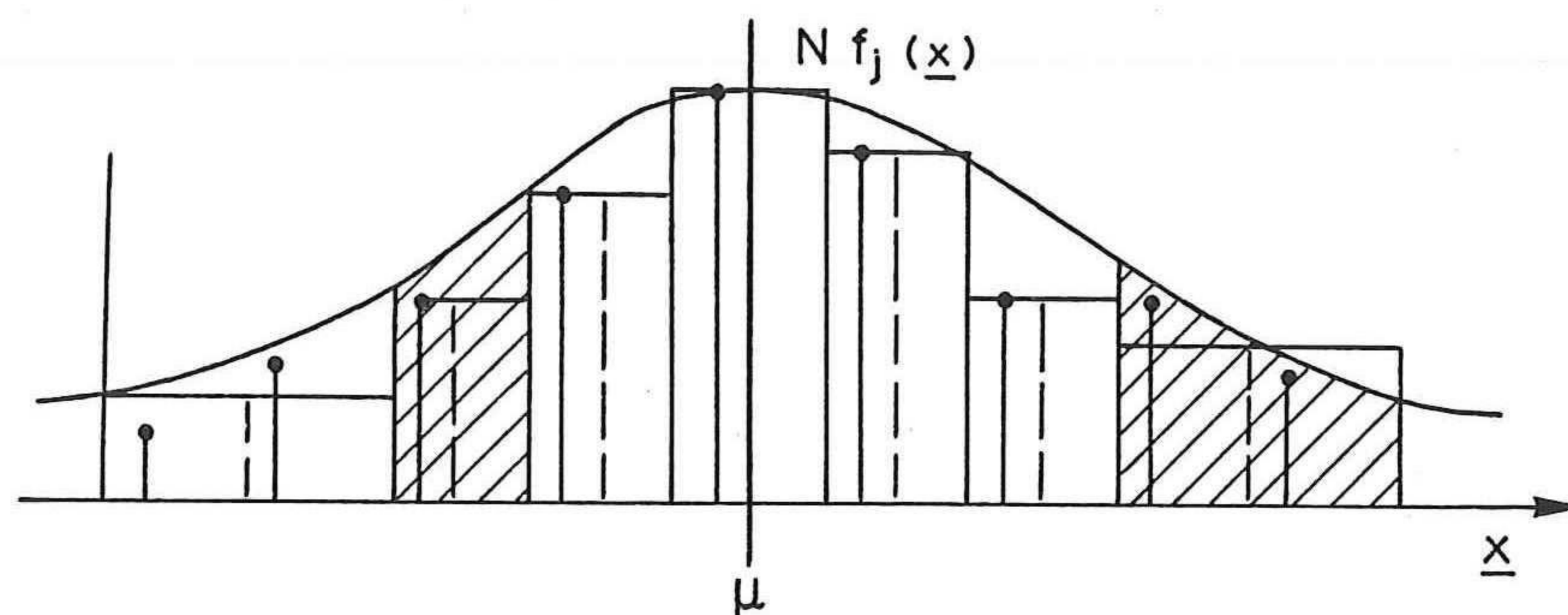


fig. 4. ligging meetwaarden t.o.v. klassemidden indien μ gekozen wordt t.p.v. het klassemidden.

Omdat de ligging van B, de ondergrens van die klasse waarvoor de overschrijdingsfrequentie van de theoretisch te verwachten aantal gelijk is aan of juist groter is dan 5, slechts als criterium dient waar de laatste klasse moet worden gekozen, had kunnen ^{worden} volstaan met de berekening van de waarde van B waarvoor geldt:

$$N \int_B^{+\infty} f(x) dx = 5$$

zie fig. 2.

Voor de berekening van de ondergrens van de integraal kan gebruik worden gemaakt van bestaande subroutines.

Literatuurlijst:

- M.R. Spiegel : Theory and problems of Statistics
Schaum's outline series
Mc Graw - Hill Book Company 1961
- J. v. Soest : Elementaire statistiek
Delftse uitgeversmaatschappij BV 1972
- E. Kreyssig : Introductory mathematical statistics
John Wiley and Sons, Inc.

Lijst van bijlagen

1. Stroomschema VHTEST
2. Listing source tekst VHTEST
3. Invoerformulier VHTEST
4. Voorbeeld VHTEST

Lijst van in het programma VHTEST gebruikte variabelen

A	Bovengrens beschouwde klasse, lopende variabele
B	hulpgrootheid voor bepaling ondergrens van de hoogste klasse
B1	aantal waarnemingen dat kleiner is dan de ondergrens van de beschouwde klasse
B2	aantal waarnemingen dat kleiner is dan de bovengrens van de beschouwde klasse
BJ	aantal waarnemingen in de klasse
C	ondergrens van de hoogste klasse
CH1	χ^2 van beschouwde klasse
CHIS	de statistische chi-kwadraat van de verdeling
E1	als B1 voor de bij de normale verdeling te verwachten aantal
E2	als B2 voor de bij de normale verdeling te verwachten aantal
EJ	als Bj voor de bij de normale verdeling te verwachten aantal
EA	aantal bij de normale verdeling te verwachten waarden voor de laagste klasse
EB	als EA voor de hulpgrootheid B
GR	grootste waarde van de waarnemingen (integer)
GRW	als GR (real)
I	index van de waarnemingen
IX	waarden van de waarnemingen
J	hulpgrootheid voor bepalen aantal vrijheidsgraden
KB	klassebreedte hystogram (integer)
KBW	als KB (real)
KL	kleinste waarde van de waarnemingen (integer)
KLW	als KL (real)
MU	gemiddelde van de waarnemingen (integer)
MUW	als MU vermenigvuldigd met ijkfactor (real)
N	aantal waarnemingen
OG	hulpgrootheid t.b.v. printen ondergrens beschouwde klasse
YA	als EA, relatieve waarde
YB	als EB, relatieve waarde
YK	ijkfactor van de meetgegevens
SIG	standaardafwijking meetgegevens
SIGW	als SIG vermenigvuldigd met ijkfactor
SOM	som van waarnemingen
SOMK	som van waarnemingen in het kwadraat

Appendix 2

VHRESP, een programma voor het bepalen van de responsie-functie van de relatie tussen de snelheden voor een bepaald niveau en die aan het oppervlak.

1. Inleiding

Het programma VHRESP is gemaakt om de responsfunctie te bepalen volgens de lineaire theorie voor de variantiedichtheden van de snelheden op een zeker niveau en die aan het oppervlak.

Deze theorie gaat uit van enkelvoudige sinusvormige golven.

De berekeningen worden successievelijk uitgevoerd voor verschillende diepten en niveau's.

2. De responsiefunctie

Onder een responsiefunctie wordt verstaan de functie die de relatie aangeeft tussen twee grootheden. Tussen de oppervlaktbeweging en de horizontale snelheidscomponent van de orbitaalbeweging geldt de volgende responsiefunctie:

$$K_{\eta u}(\omega, d, z) = \omega \frac{\cosh k(d+z)}{\sinh(k \cdot d)}$$

waarin k = de *positieve* reële wortel uit de volgende dispersie relatie $\omega^2 = gk \tanh(k \cdot d)$

ω = de radiale hoek-frequentie

d = diepte

z = verticale coördinaat

g = de zwaartekracht

f = frequentie

De horizontale snelheidscomponenten kunnen nu als volgt berekend worden:

$$u(z,t) = K(\omega,d,z) \cos \theta \cdot \eta(t)$$

$$v(z,t) = K(\omega,d,z) \sin \theta \cdot \eta(t)$$

waarin $u(z,t)$ = de horizontale snelheidscomponent langs
de aangenomen x-as

$v(z,t)$ = de horizontale snelheidscomponent langs
de aangenomen y-as

θ = de richting van de snelheidsvector

t = de tijd

$\eta(t)$ = de oppervlaktebeweging

De responsiefunctie)

tussen de variantiedichtheden van de oppervlaktebeweging en die van de horizontale snelheidscomponent is het kwadraat van de hierboven gegeven responsiefunctie: $K_{\eta u}^2(\omega, d, z)$

In het programma VHRESP wordt de responsiefunctie berekend voor de variantiedichtheid van de snelheidscomponenten op een zeker niveau t.o.v. de variantiedichtheid van de snelheid aan het oppervlak. Deze responsiefunctie is gelijk aan het quotient van de twee responsiefuncties t.o.v. de oppervlaktebeweging.

$$K(\omega, d, z_1, z_2) = \left[\frac{\cosh \{k(\omega) \cdot (d+z_1)\}}{\cosh \{k(\omega) \cdot (d+z_2)\}} \right]^2$$

waarin z_1 en z_2 de beide verticale coördinaten zijn.

Voor het programma VHRESP geldt: $z_1 = 0$

Deze responsiefunctie geldt zowel voor de spectra van $u(z,t)$ als $v(z,t)$ omdat $\cos \theta$ resp. $\sin \theta$ door de deling wegvallen.

Voor de limietgevallen geldt:

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} K(\omega, d, z_1, z_2) = 1$$

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} K(\omega, d, z_1, z_2) = 0$$

3. Het programma VHRESP

Het programma bestaat uit de volgende onderdelen:

1. inlezen van de invoervariabelen
2. hoofdprogramma
3. function SINH
4. function COSH
5. subroutine BERL

De beide functions berekenen de gelijknamige hyperbolische functies, de subroutine BERL berekent de golflengte die bij een bepaalde diepte en frequentie behoort. Met deze golflengte wordt k berekend omdat de spectra opgebouwd worden gedacht uit een groot aantal enkelvoudige golven, zodat voor elke golf geldt: $k = 2\pi / L$

Een listing is als bijlage 1 toegevoegd aan deze beschrijving.

4. In- en uitvoer

Ingevoerd moeten worden:

B = benedengrens van de frequenties waarvoor responsiefunctie moet worden bepaald, integer, 7 posities

E = bovengrens van de frequenties waarvoor responsiefunctie moet worden bepaald, integer, 7 posities

S = stapgrootte waarmee responsiefunctie moet worden berekend integer, 7 posities.

Omdat B, E, en S integer zijn gedeclareerd, moet een schaalwaarde worden opgegeven om B, E, en S tot de juiste waarden terug te brengen.

U = schaalwaarde, real, 7 posities, geen decimaal.

Verder:

N = het aantal diepten waarvoor de berekeningen moeten worden gedaan, integer 5 posities

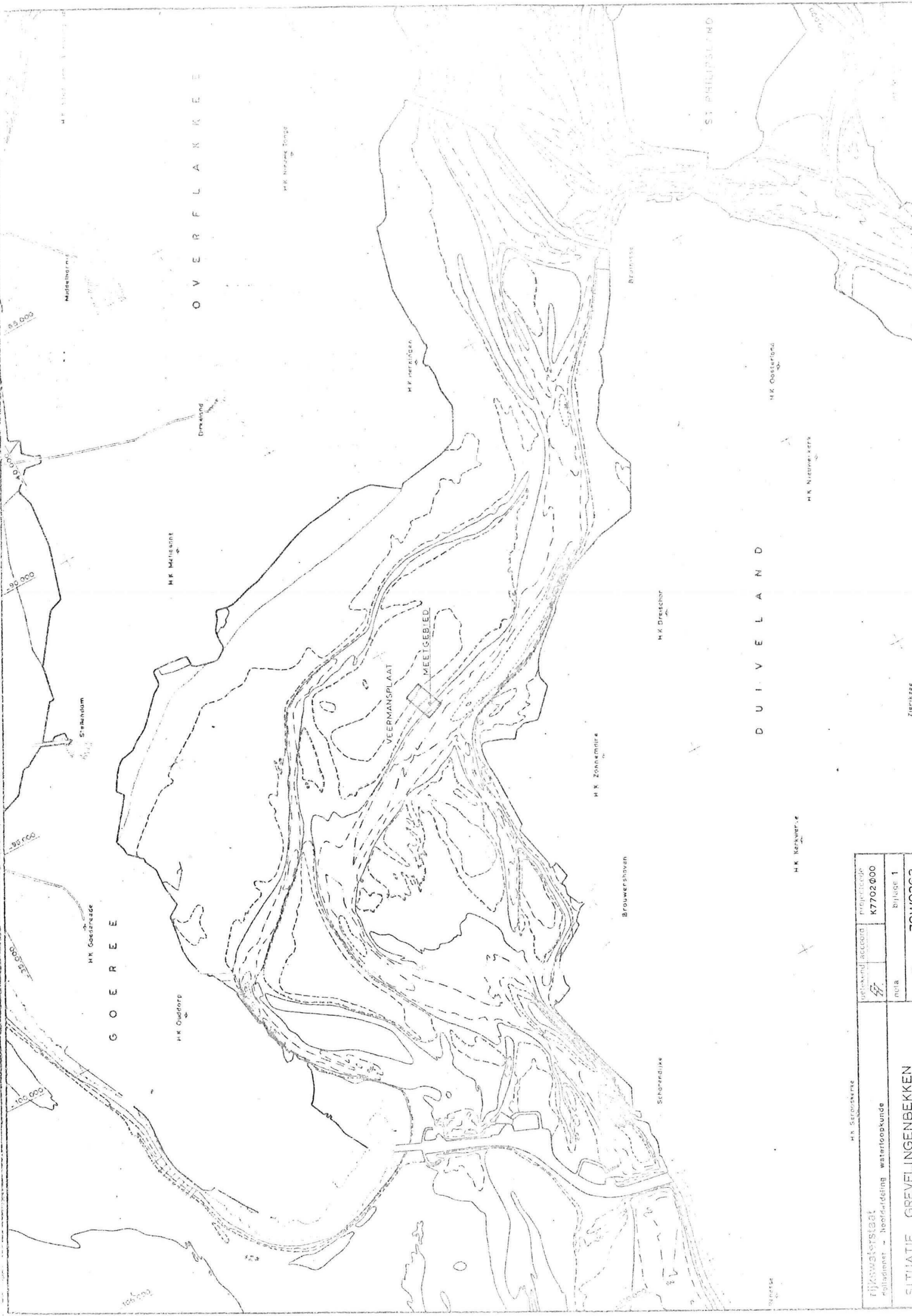
D(I) = de diepten (m), I = 1 t/m N, real 6 posities, twee decimalen nauwkeurig, 6 diepten per regel.

M = het aantal punten voor een zekere diepte waarvoor de berekening moeten worden gedaan, integer, 5 posities.

$Z (I)$ = de verticale coördinaten van de punten waarvoor de berekening bij een bepaalde diepte moet worden gedaan, $I = 1$ t/m M , real, 6 posities, twee decimalen nauwkeurig, 6 waarden per regel.

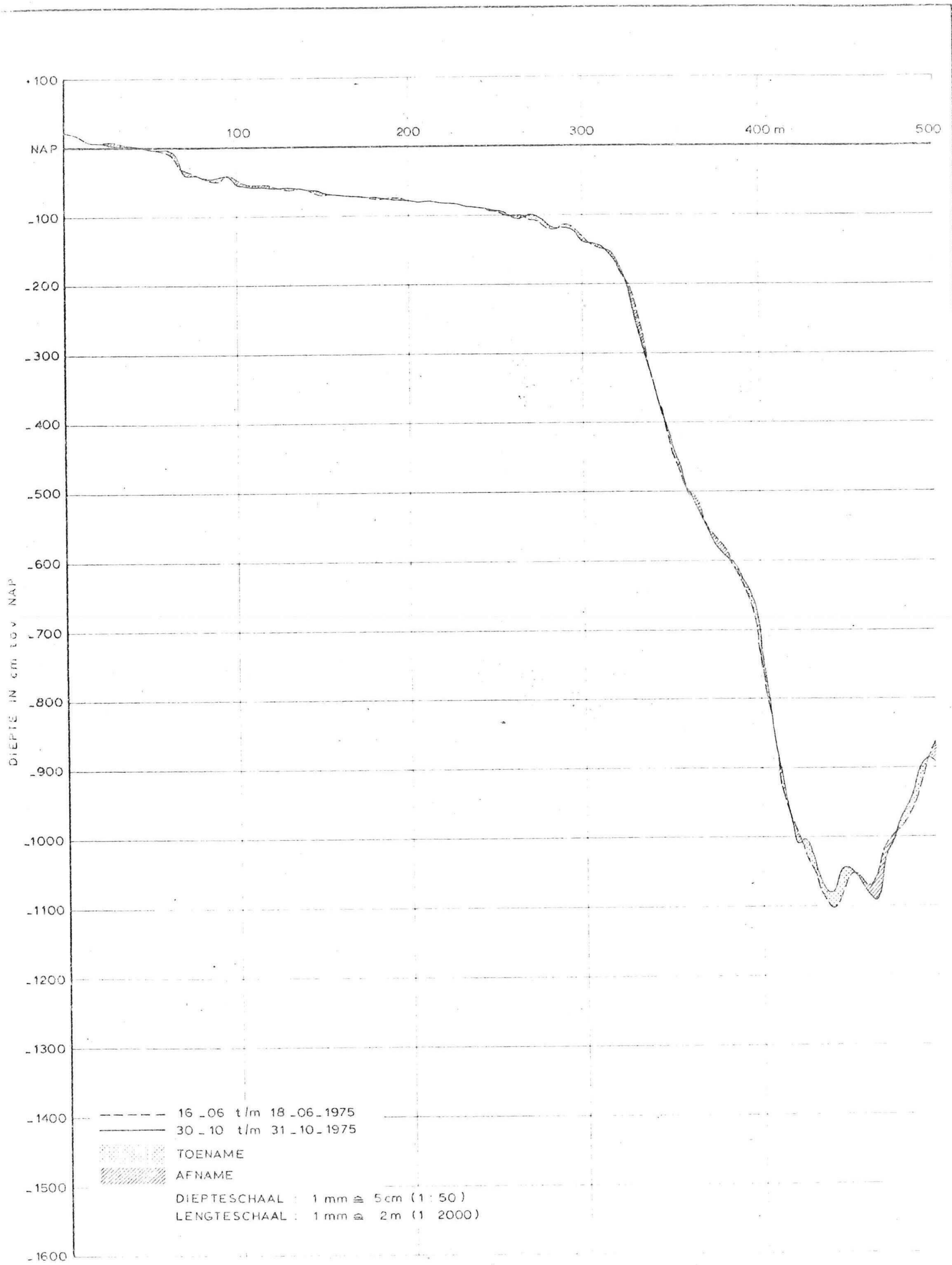
Een invoerformulier is als bijlage 2 toegevoegd.

Uitgevoerd worden tabelarisch de waarden van de responsiefunctie voor de gevraagde diepten $D (I)$ en niveau's $Z (I)$.



H.K. SEROUSSKERE		projectcode	
rijkswaterstaat	bestaand/accord	K7702000	
deltadienst - hoofdreding waterloopkunde		nota	bijlage 1
SITUATIE GREVELINGENBEKKEN		no. 2	79W0363

Zierikzee

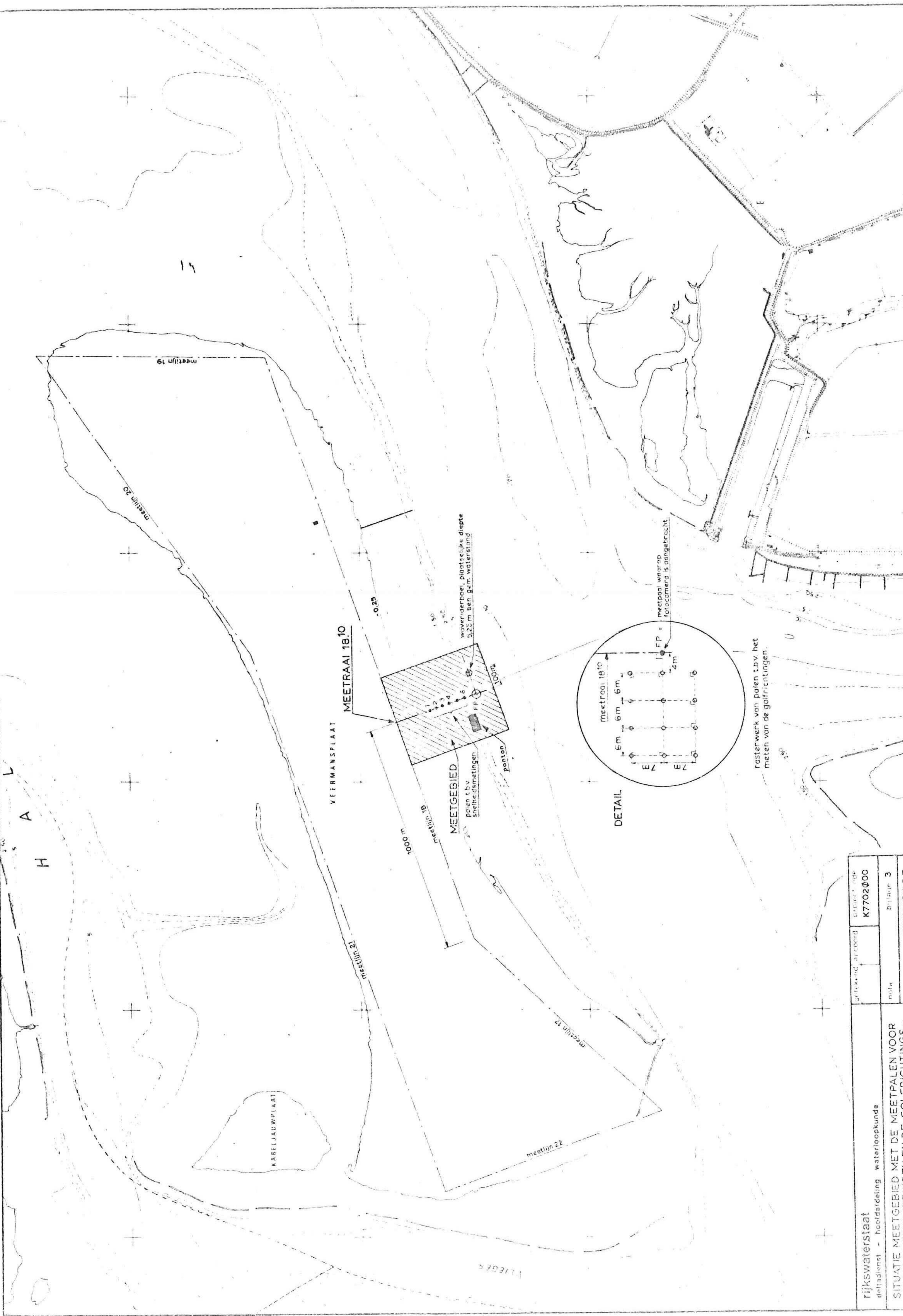


rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend	accorde	projectcode
rv.		K7702000

GREVELINGENMEER, DWARSPROFIELEN LODINGEN
16_06 t/m 18_06-'75 EN 30_10 t/m 31_10-'75
RAAI 1809 t5

nota	blz. pag. 2
d.in A 3	nr 79W0364



VEERMANSPLAAT

MEETRAAI 18.10

MEETGEBIED

palen t.b.v. snelheidsmetingen

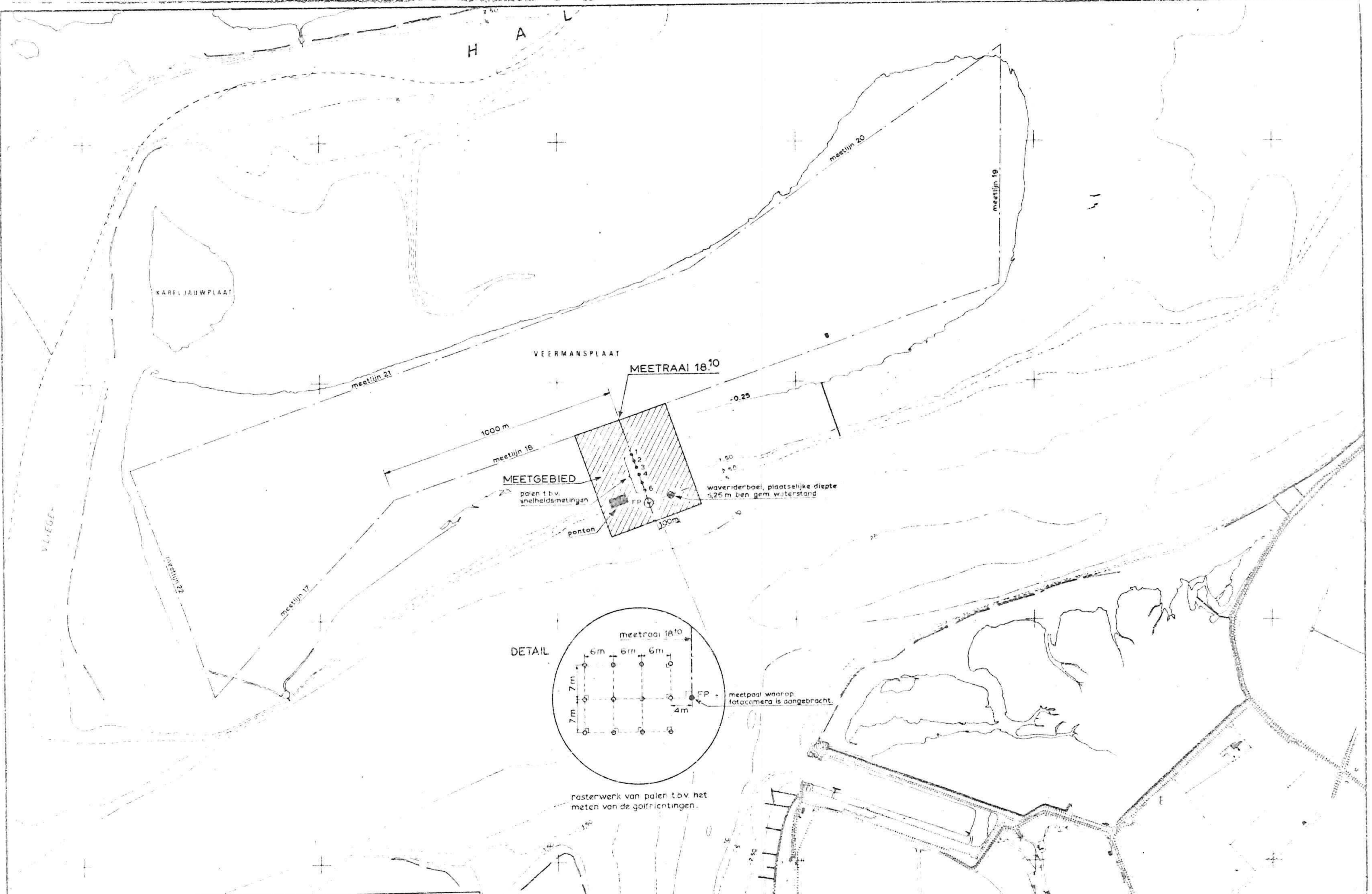
ponton

DETAIL

rasterwerk van palen t.b.v. het meten van de golfrichtingen.

projectcode	K7702000
bestemmingscode	3
notitie	nr 79W0365

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdredeling waterloopkunde
 SITUATIE MEETGEBIED MET DE MEETPALEN VOOR DE SNELHEIDSMETINGEN EN DE GOLFRICHTINGS-



rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde	getekend, accordeerd	projectcode K7702000
	nota	bijlage 3
SITUATIE MEETGEBIED MET DE MEETPALEN VOOR DE SNELHEIDSMETINGEN EN DE GOLFRICHTINGS- METINGEN	din A 2	nr 79W0365

rasterwerk van palen t.b.v. het meten van de golfrichtingen.

meetpaal waarop fotocamera is aangebracht.

waveriderboei, plaatselijke diepte 0,25 m ben gem. waterstand

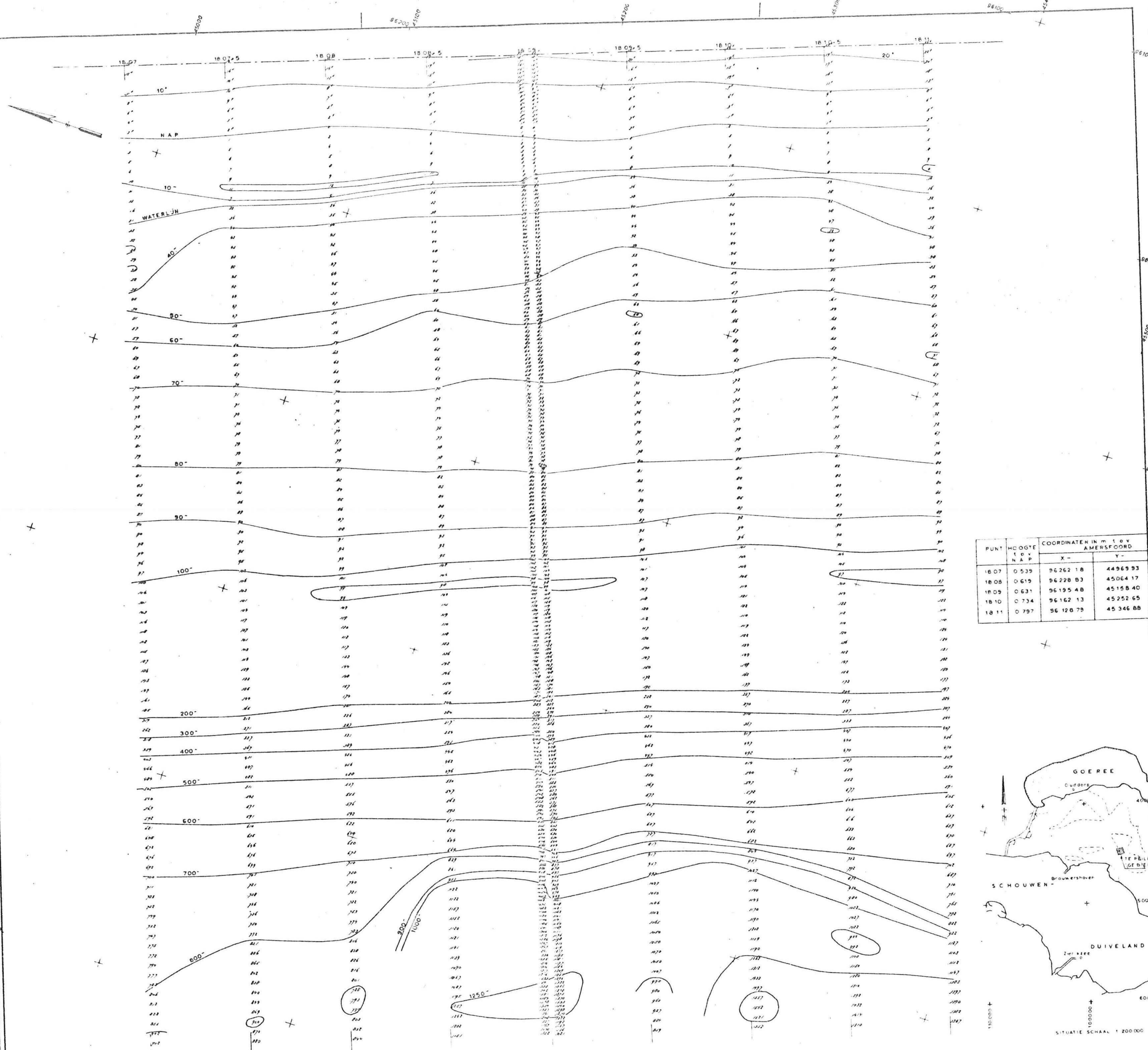
MEETGEBIED
palen t.b.v. snelheidsmetingen

MEETRAAI 18.10

VEERMANSPLAAT

KARELJAUWPLAAT

H A L

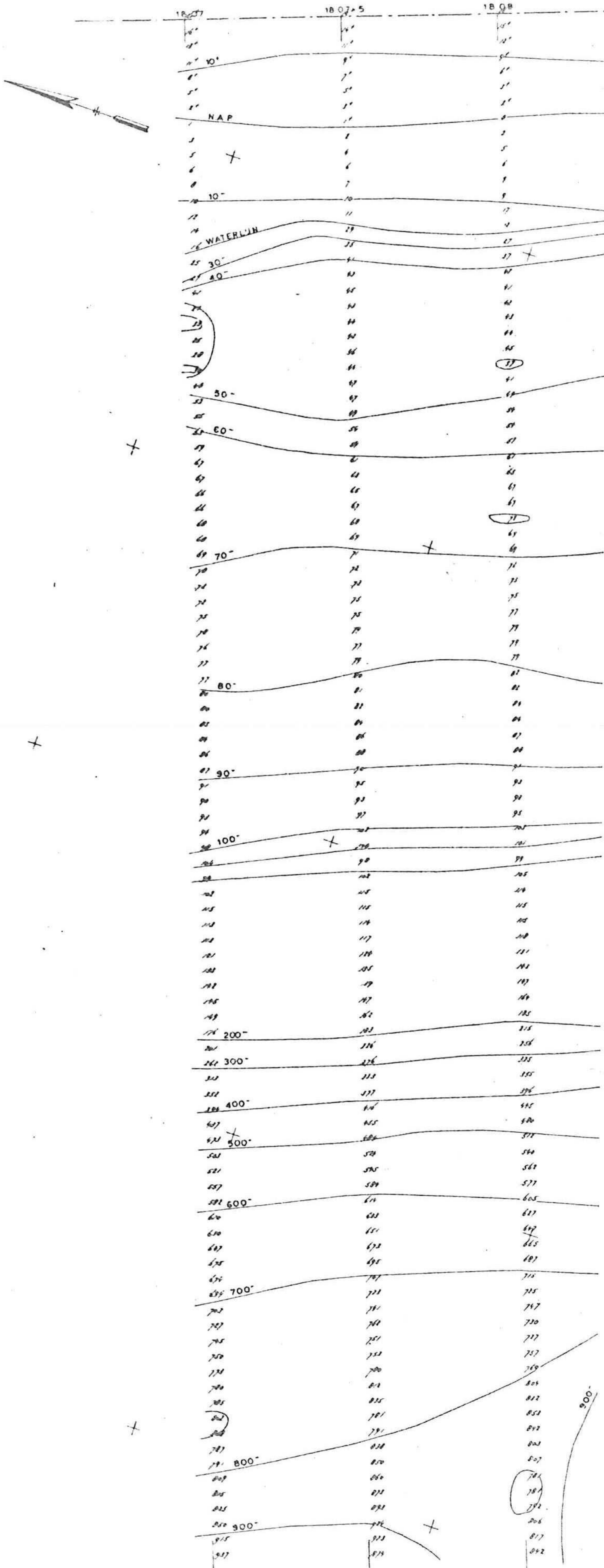


PUNT	HOOGTE t.o.v. N.A.P.	COORDINATEN IN m t.o.v. AMERSFOORD	
		X -	Y -
18 07	0 539	96 262 18	44 969 93
18 08	0 619	96 228 83	45 064 17
18 09	0 631	96 195 48	45 158 40
18 10	0 734	96 162 13	45 252 65
18 11	0 797	96 128 78	45 346 88

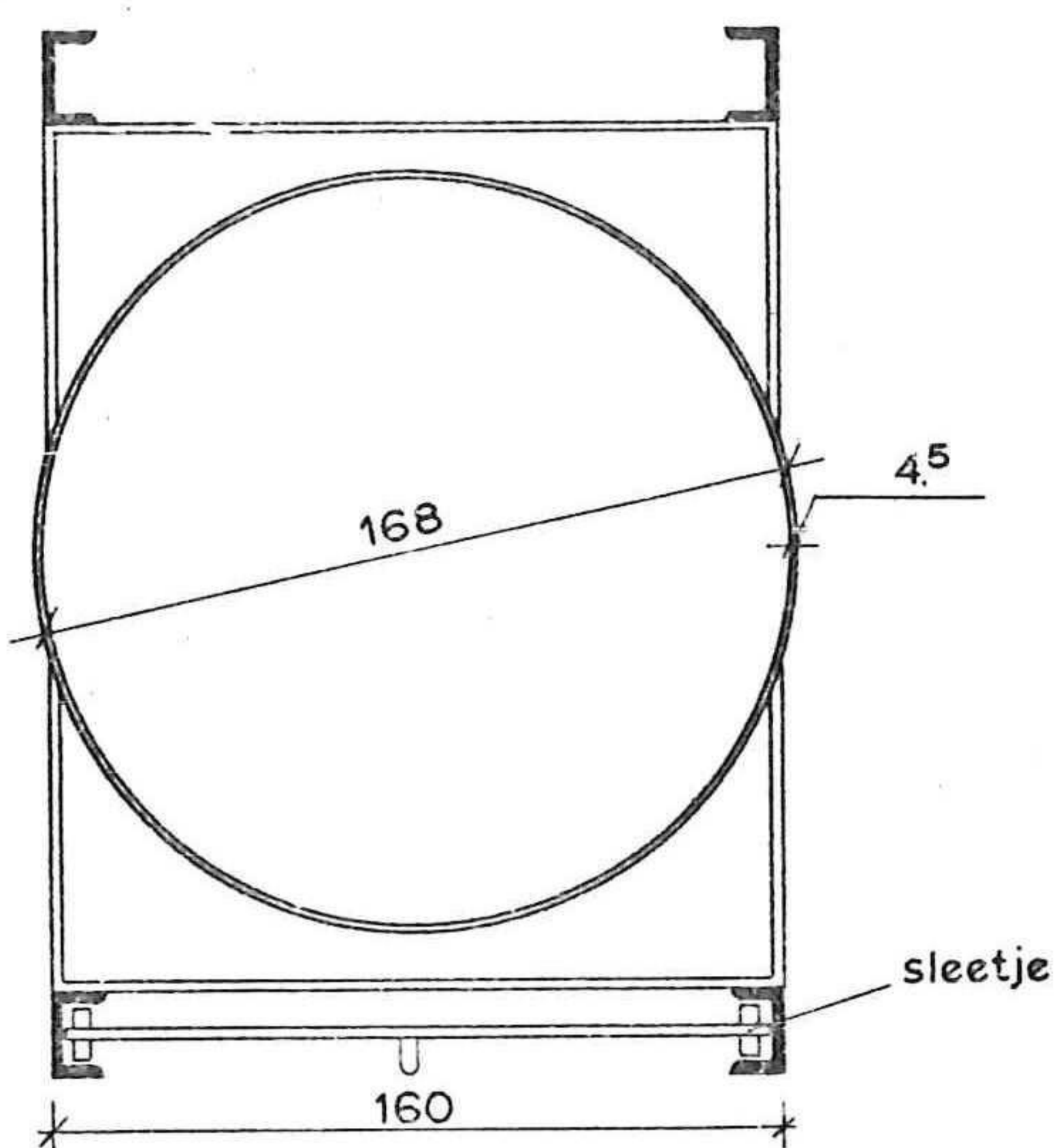


rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofddeling waterloopkunde
 GREVELINGENMEER DETAILLODING VEERMANS-
 PLAAT 16_6 t/m 18_6_1975
 DIEPTEDIJFERS IN cm t.o.v. NAP

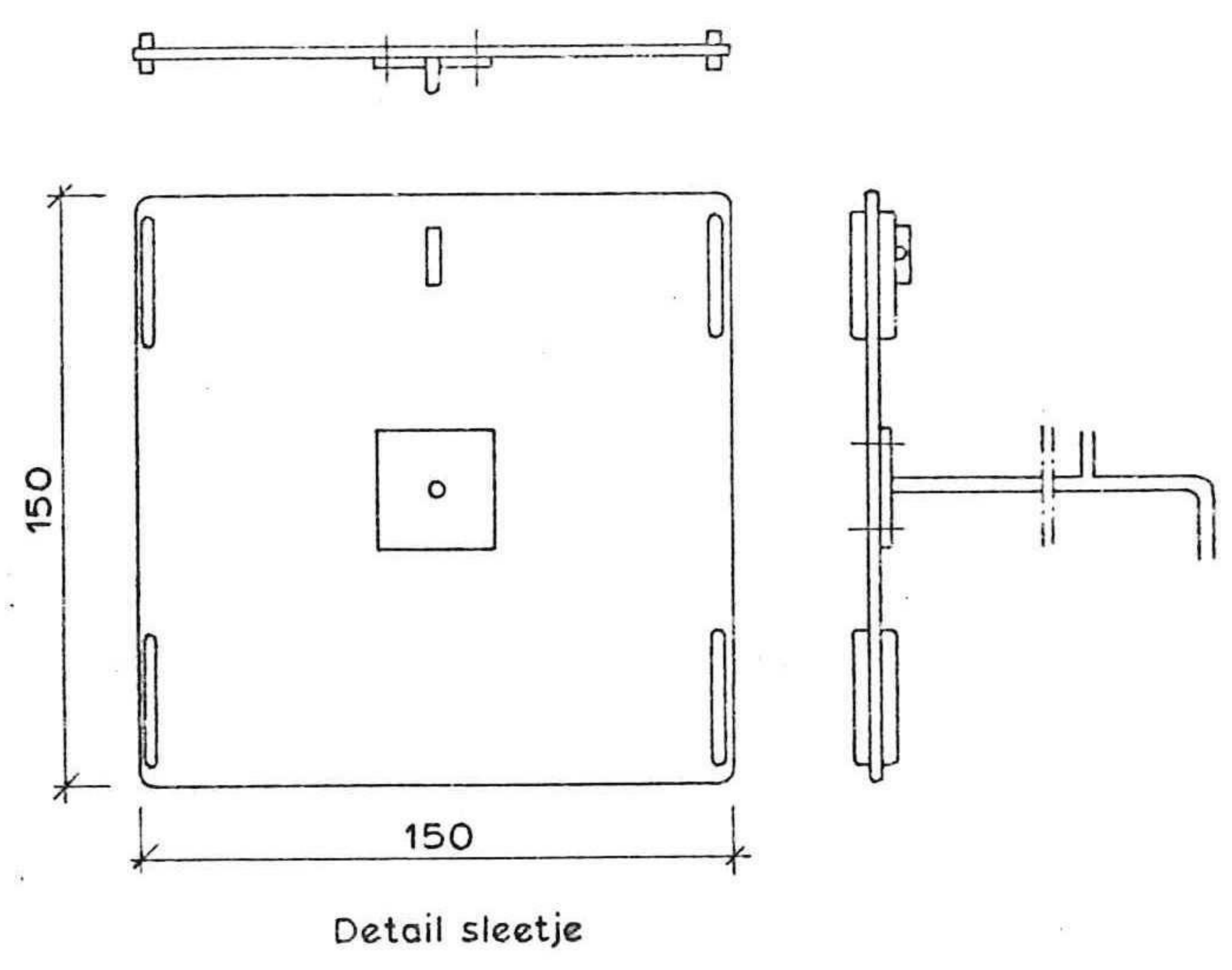
getekend: accord
 K7702Φ00
 nota: bijlage 4a
 d.n. A1 nr 79W0366



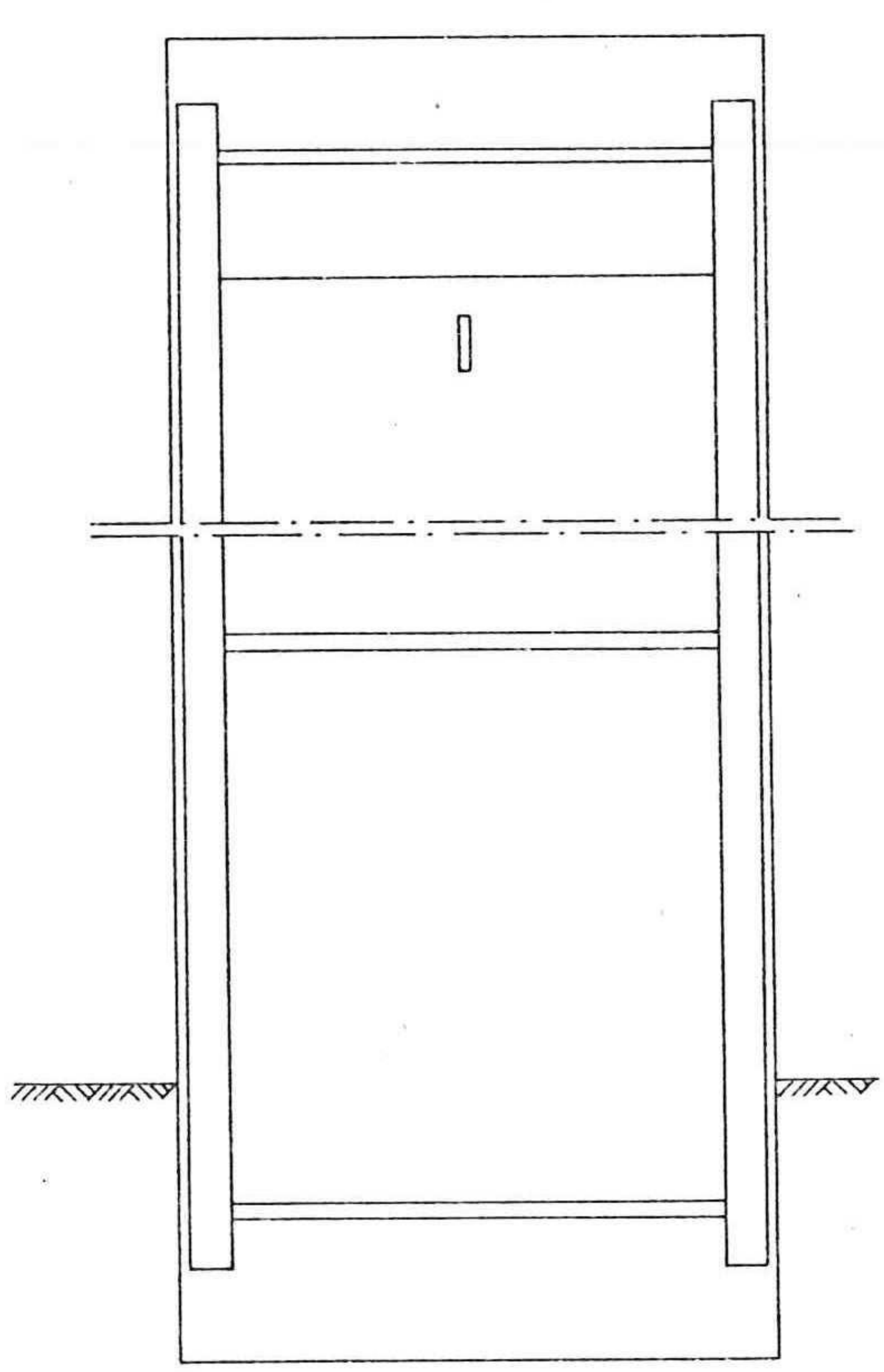
rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde	gelelend	in coörd.	project nr. de
			K7702000
GREVELINGENMEER DETAILLODING VEERMANSPLAAT 30-10 EN 31-10-1975 DIEPTECUFERS IN cm t.o.v. NAP	nota	bijlage 4	
	din A1	nr 79W0367	



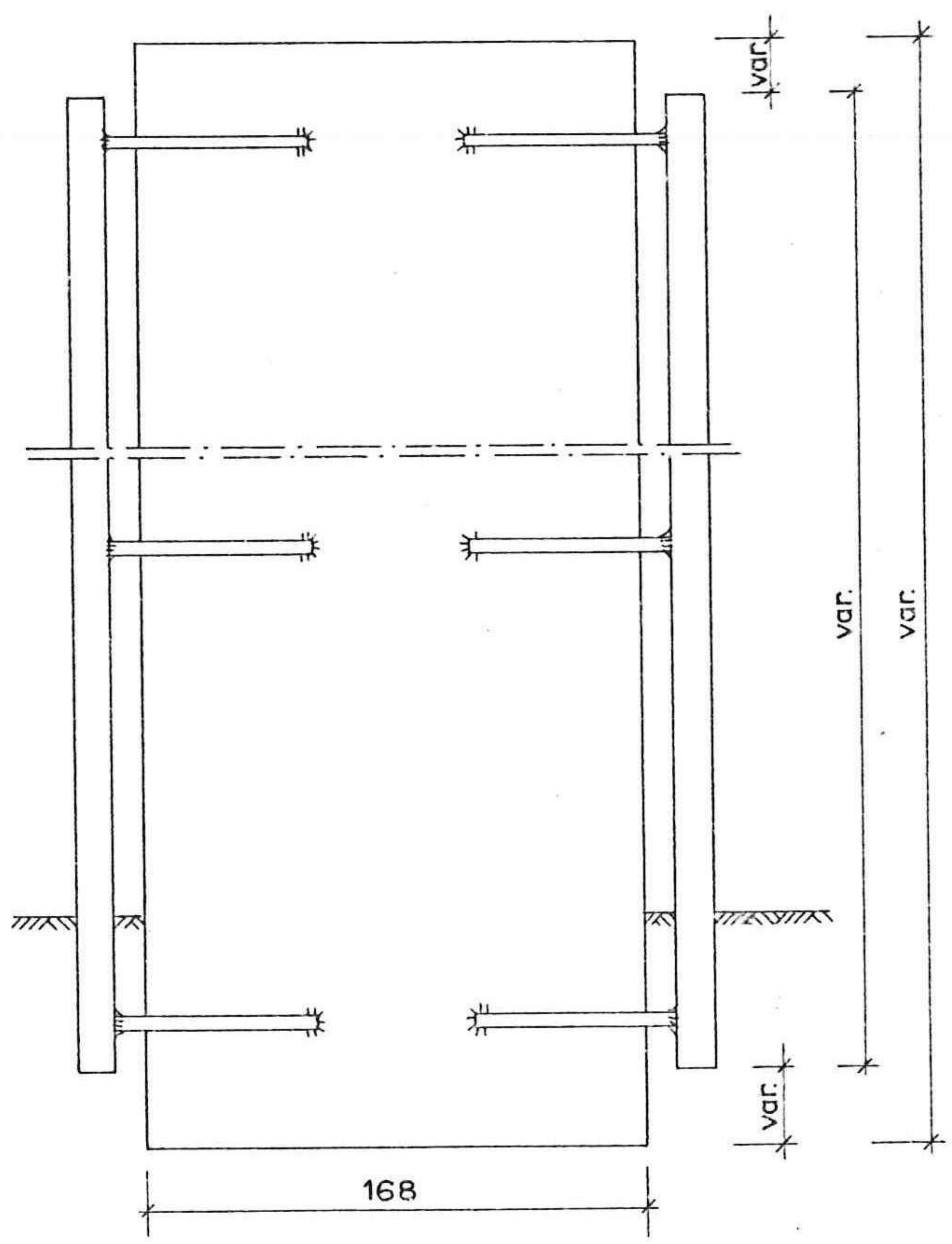
Bovenaanzicht



Detail sleetje



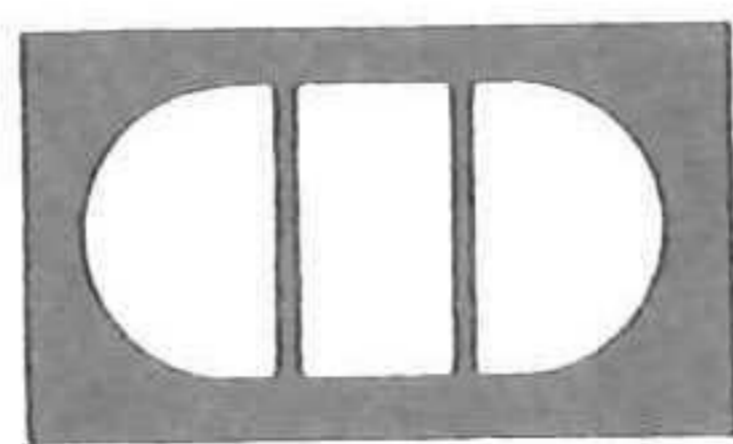
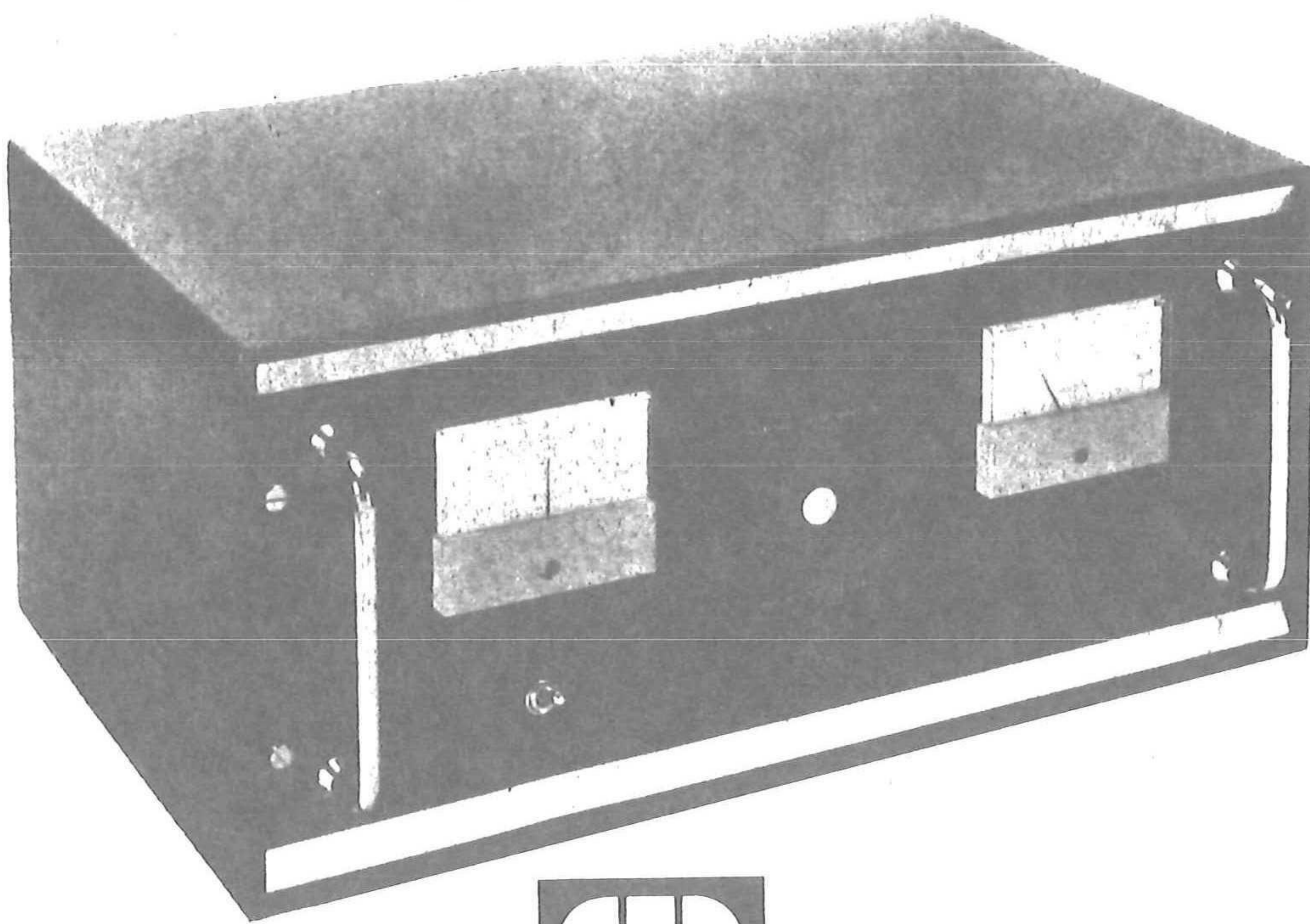
Zijaanzicht



Zijaanzicht

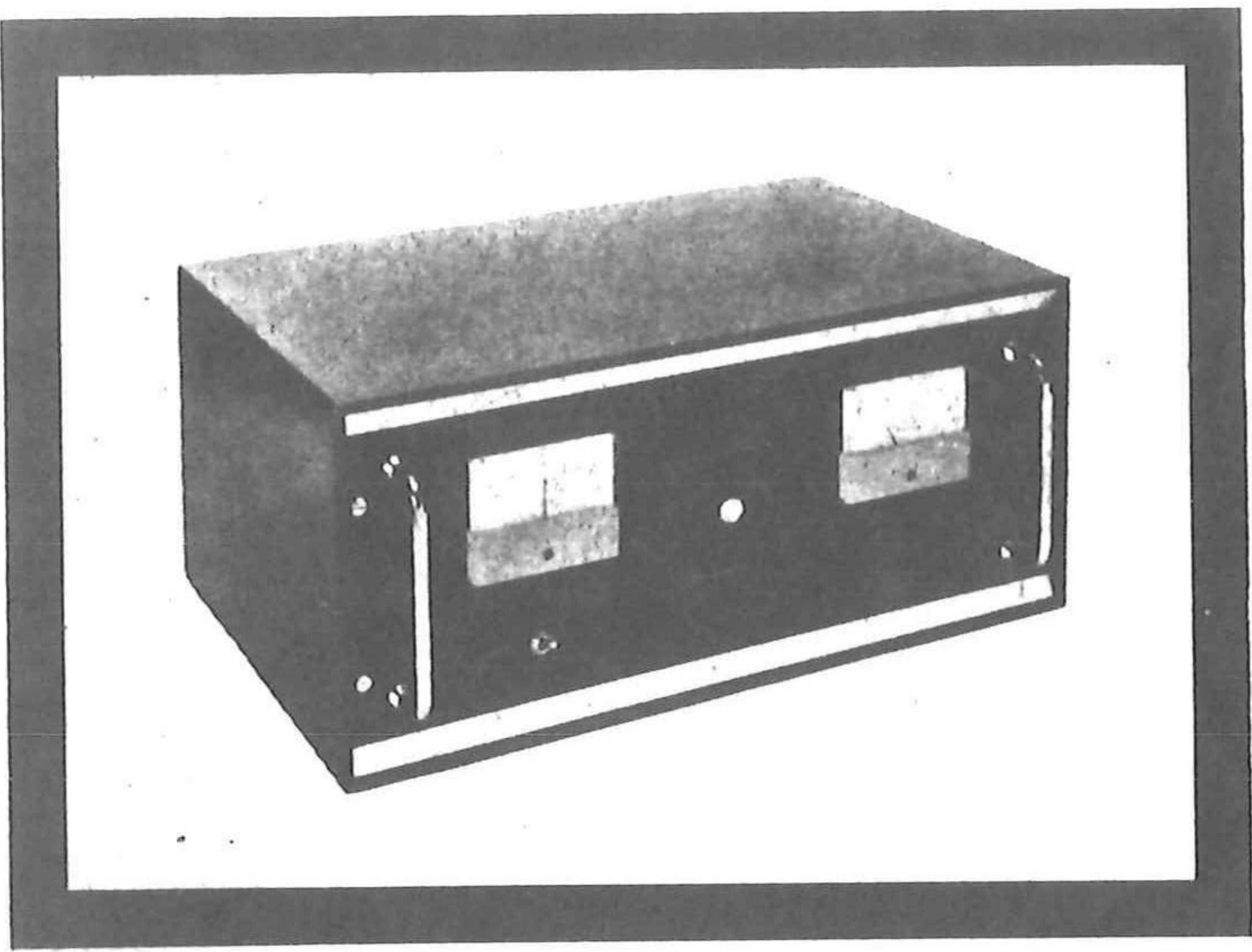
rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde
 AANZICHT EN DOORSNEDE VAN DE MEETPAAL

geleend	accoord	projectcode :
		K7702000
nota w -	bijlage 5	
din A.3	nr 79W0368	

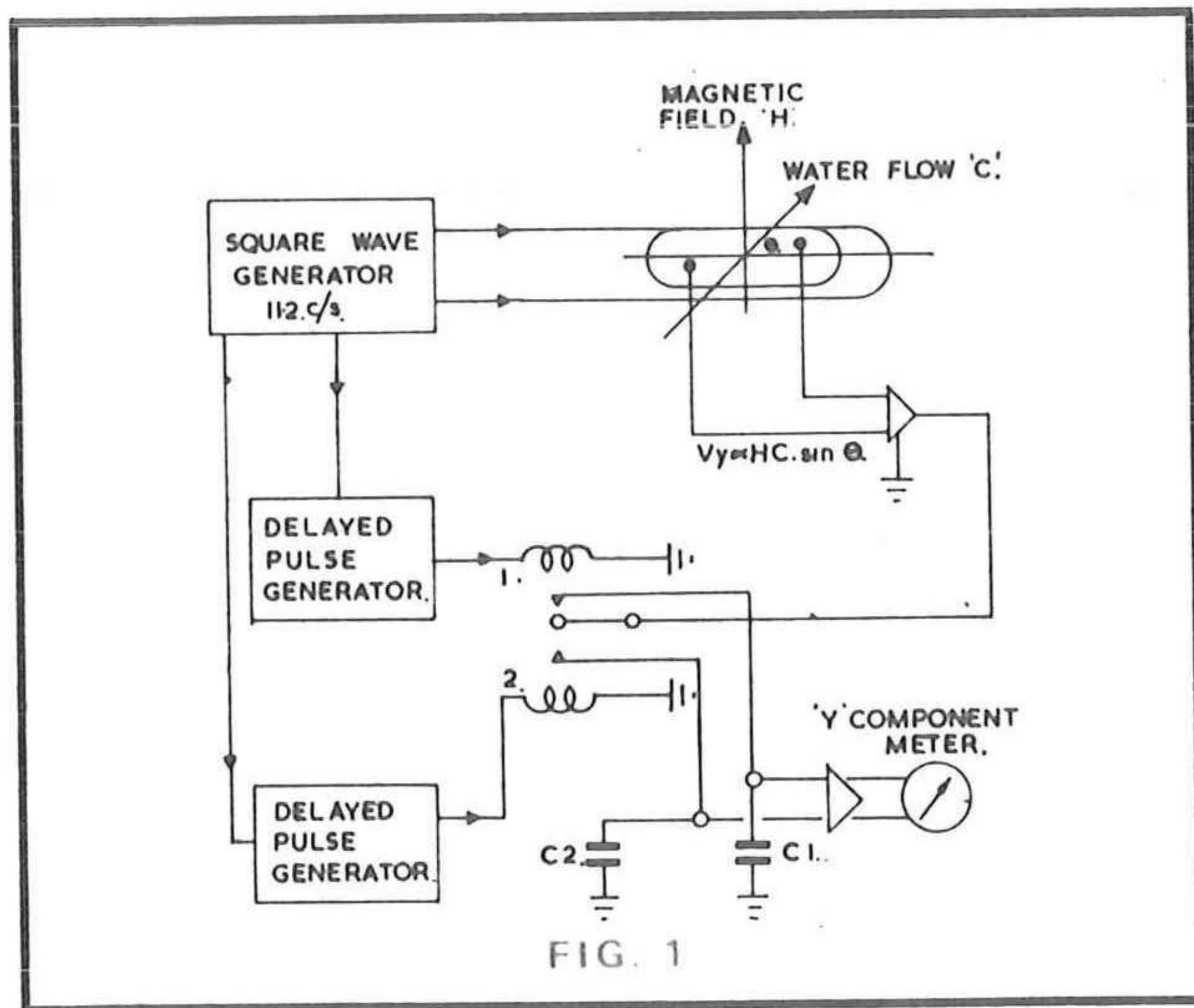
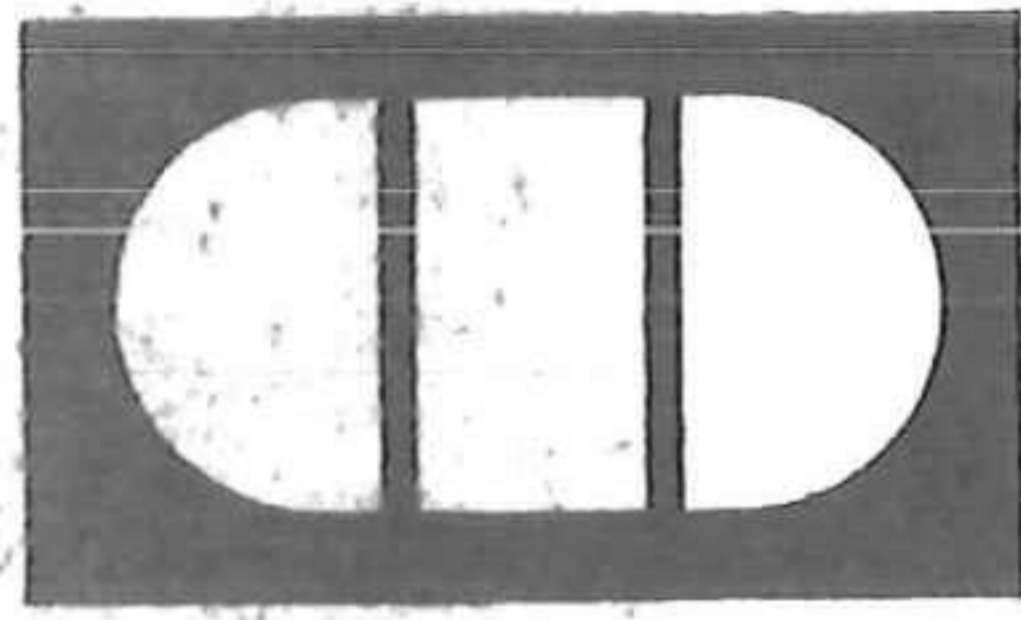


Two-Component Electro-Magnetic Log and Current Meter

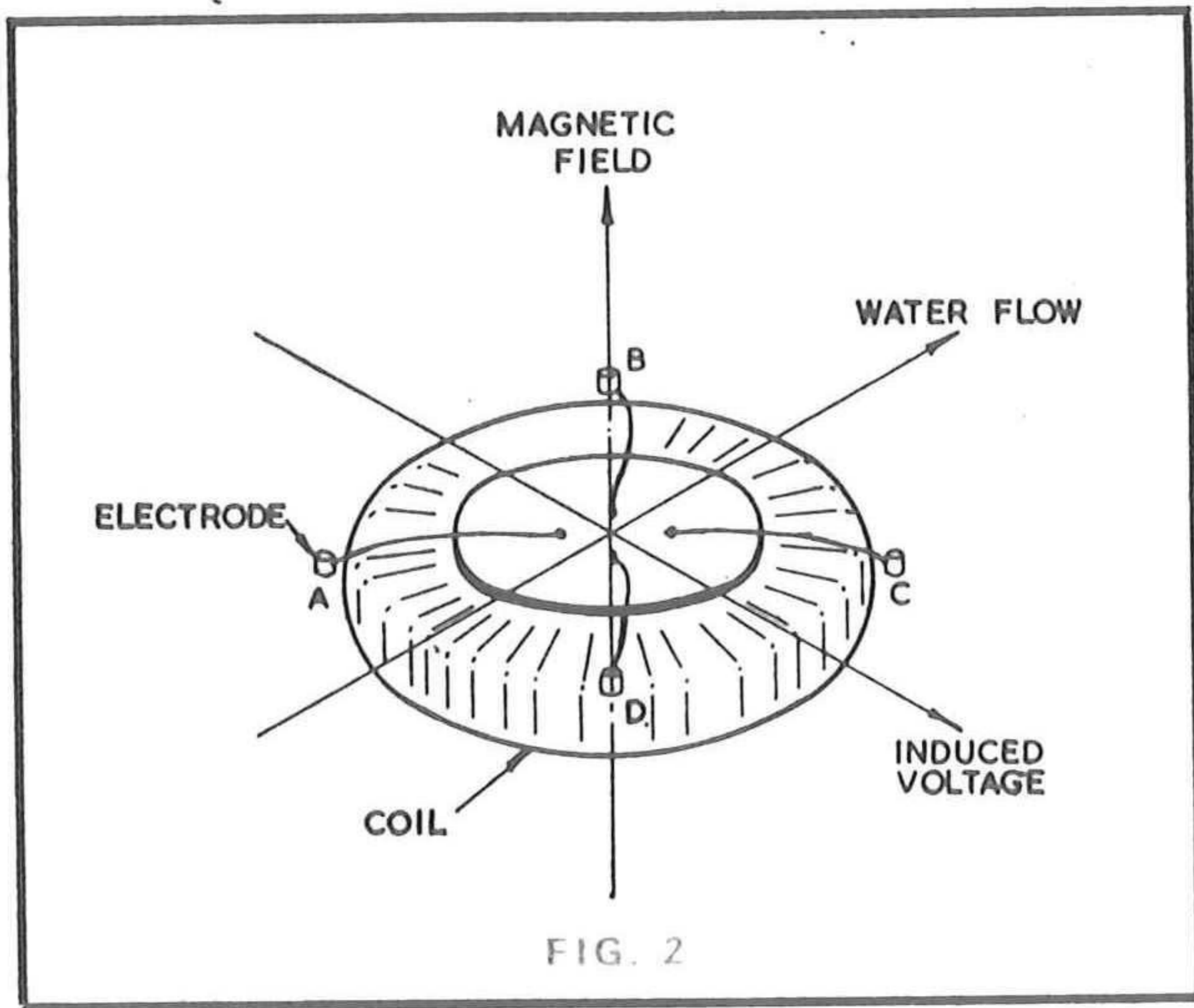
- LOW COST
- HIGH RELIABILITY
- SELF TESTING
- COMPACT FULL SOLID STATE
- LEE AND FORWARD SPEED



Two-Component Electro-Magnetic Log and Current Meter



Switch 1 closes during the positive half-cycle of the square wave energising the coil in the measuring head, and switch 2 during the negative half-cycle, so that the difference voltage between C1 and C2 is proportional to the component of the water velocity flowing at right angles to the line connecting the electrodes. A second pair of electrodes measure the other component of velocity.



Conventional ship's logs measure the forward component of the ship's speed only. For accurate dead reckoning navigation, that is, calculation of the ship's position from a knowledge of its past headings and speeds through the water, it is necessary to allow for the leeway, or sideways drift of the ship. The two-component electro-magnetic log has been developed to measure this as well as the fore-and-aft speed.

The measuring-head is mounted on the end of a spar projecting 1m below the ship's bottom, and consists of a coil with a vertical axis in a 11.4 cm diameter ellipsoidal housing which also carries on its surface a pair of electrodes on a fore-and-aft axis and another on an athwartships axis. The sea water flowing through the magnetic field produced by the coil generates an emf at right angles to both the field and the velocity (Fig. 2). The two electrode pairs therefore pick up voltages proportional to the athwartships and fore-and-aft components of the water velocity.

The head configuration was chosen for hydrodynamic reasons but gives comparatively small emfs. Approximately 10 watts power supplied to the coil gives a sensitivity of about 75 μ V/knot when installed.

These small voltages would be swamped by electro-chemical emfs if DC were used, and AC has therefore been used for such devices in the past. However, when using sinusoidal AC great care has to be taken to minimise emfs induced in the electrode circuit by direct electromagnetic and capaci-

tative coupling; even so, relatively large induced voltages are left and must be balanced out. A unique feature of the present instrument is the use of 'switched DC' to overcome both these effects. The energising current is first switched to the coil in one sense; a period of 20 ms is allowed for the transients to die away; the amplified difference in potential between the electrodes is then sampled and stored on a capacitor. The current is then reversed, and the new electrode PD is sampled similarly and stored on a second capacitor. The potential difference between the capacitors is then that due to the water velocity only (Fig. 1):

In the practical circuit the switching is performed by transistors. If the electrical zero is set up by shorting the amplifier inputs, the change of zero when the head is operating in still water is less than 0.1 knot.

The sensing head coil and electrodes are vacuum encapsulated in marble filled epoxy resin which has a high resistance to deterioration from sea water and marine life (Fig. 3). The electronics are fully solid state carried on 10 plug-in printed circuit cards together with 2 power units in a standard 19 in. chassis (Fig. 4).

A feature of the instrument is the internal test and calibration facilities, permitting rapid checking of correct function by the injection of standard signals together with a number of easily accessible test points (Fig. 5).

Outputs are available for 4 repeaters or distance run integrators plus repeaters, and a computer output with coil current monitoring.

For use as a current meter the instrument is as described above although improved stability is used and both meters have maximums of ± 5 knots. The normal response time is 1 sec. and although this is satisfactory for most applications, this can be reduced for special applications, e.g. measurement of turbulence, to 1/10 sec.

Long term stability is better than ± 0.1 knot.

This instrument was designed by the National Institute of Oceanography and is manufactured under licence from the National Research Development Corporation. Patents pending.

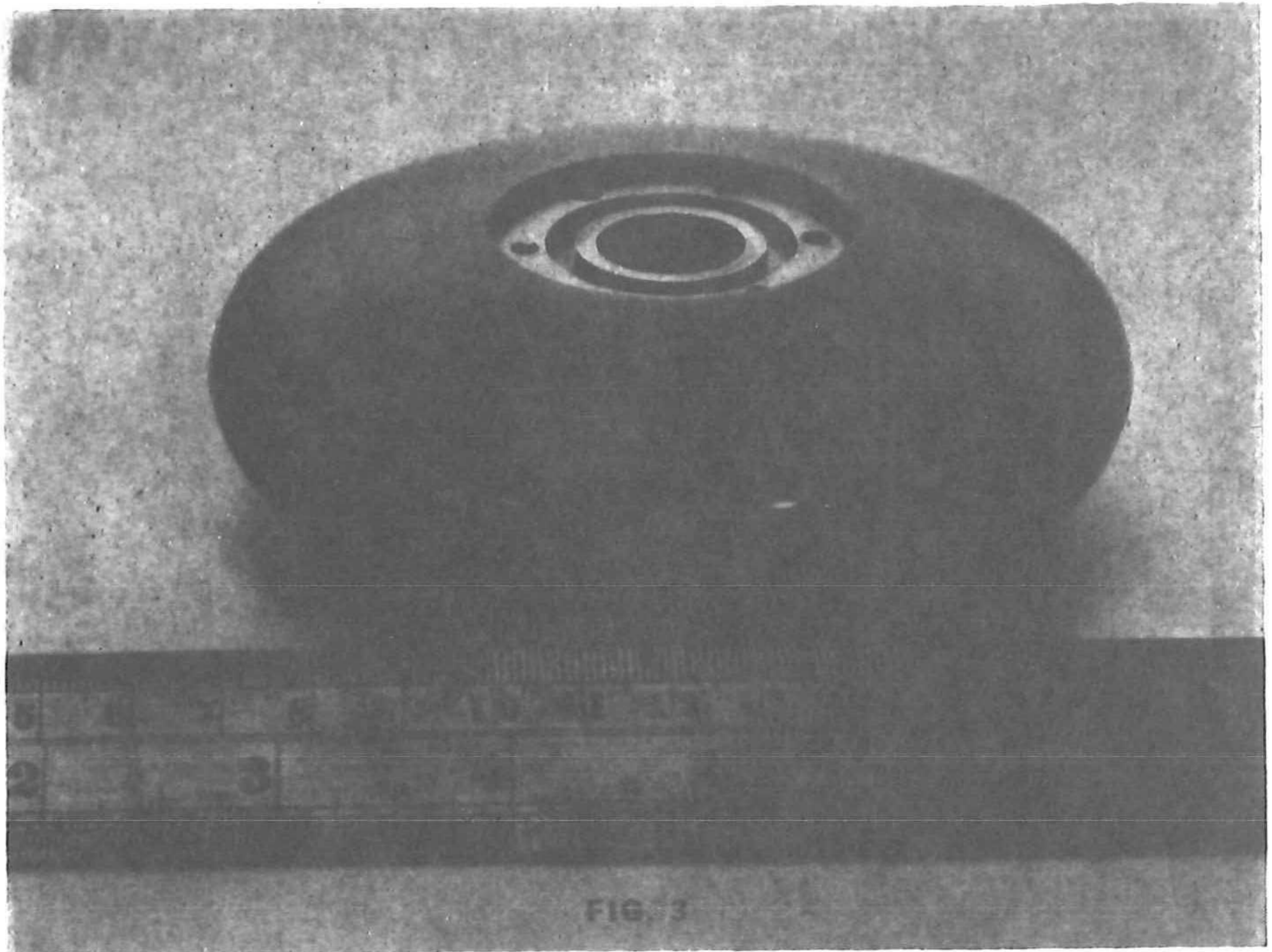


FIG. 3

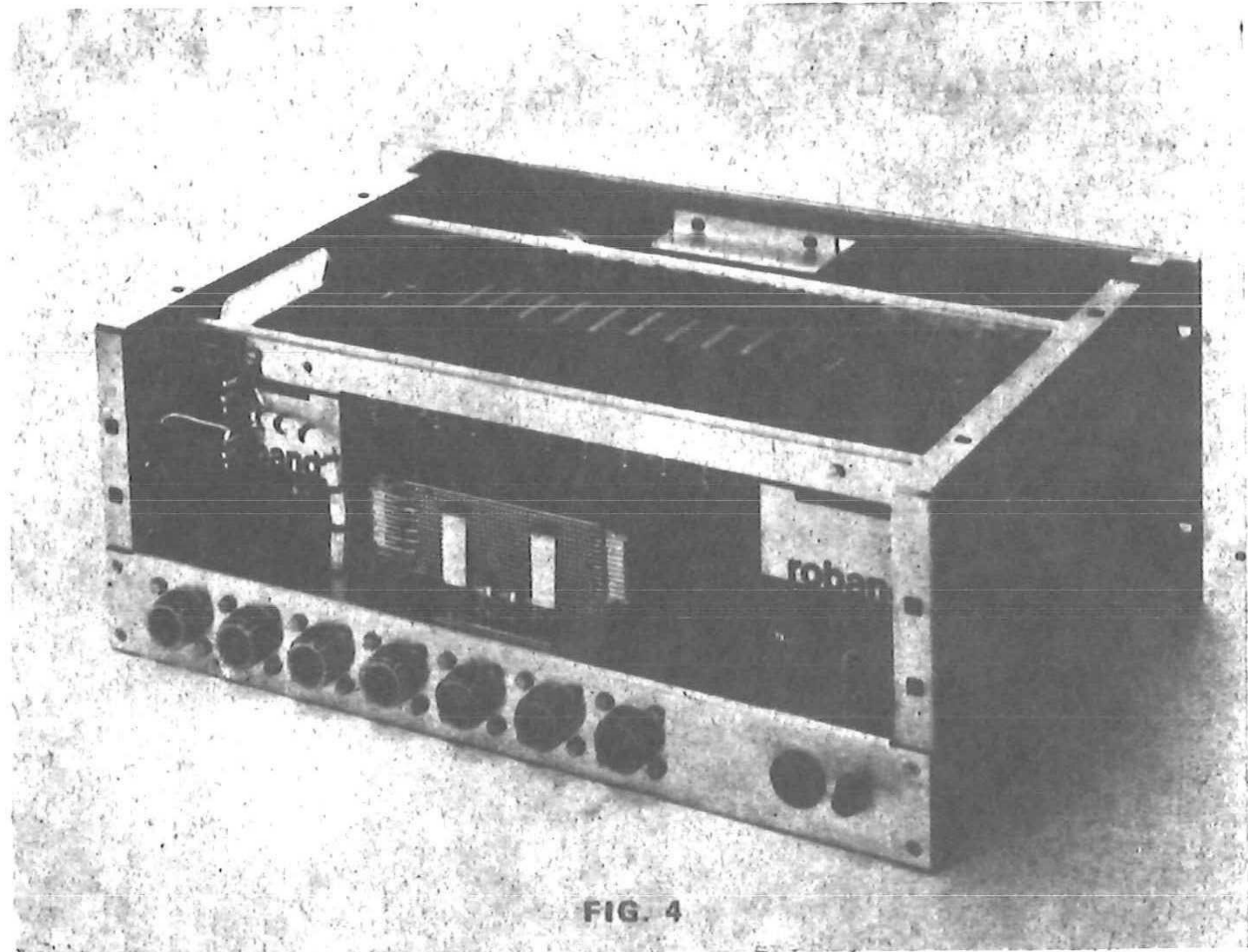


FIG. 4

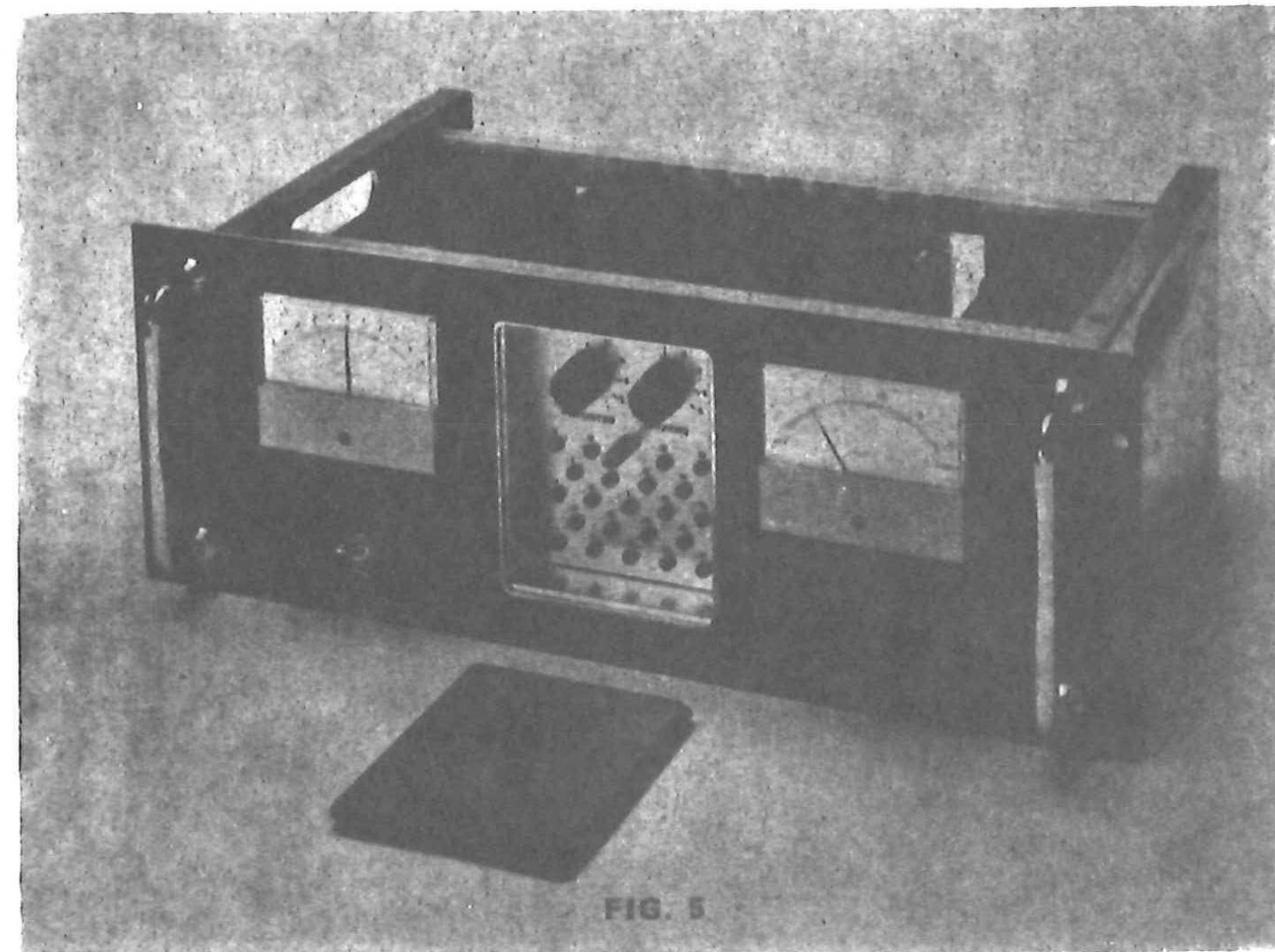
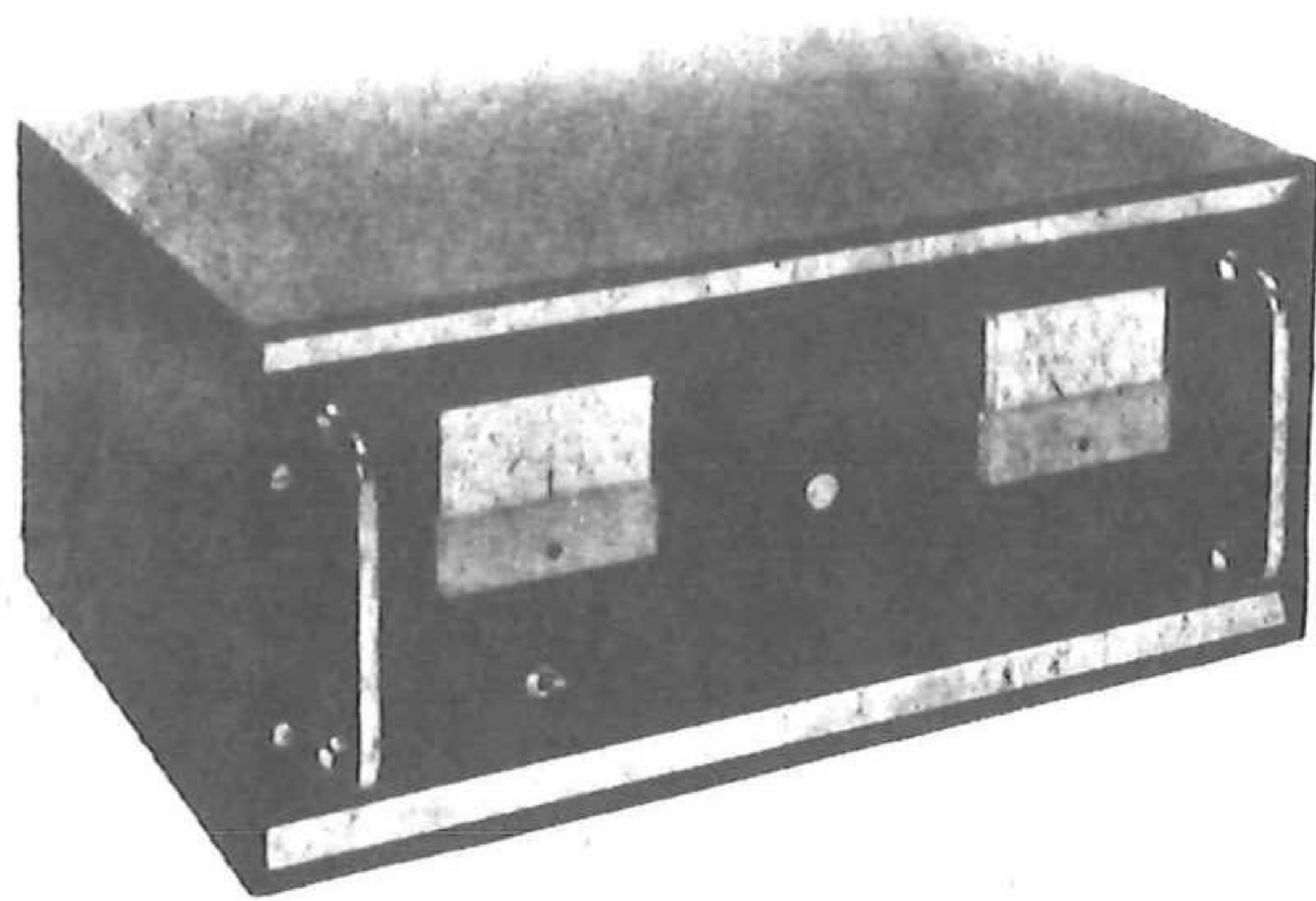


FIG. 5



Technical Data

Sensing Head

Dimensions

114 mm dia. ellipsoid section of 38 mm thickness.
Weight 850 gms.

Bifilar coil resistance 8 ohms/coil
Power consumption 10 watts
Output calibration 60 μ V/knot in free water.
Approx. 75 μ V/knot installed on Ship's Hull.

Note

Apparent increase in sensitivity is due to Hull form.

Ships Log

ELECTRONICS

Dimensions

500 x 225 x 310 mm Case overall.
Standard 19 in. rack mounting chassis 7 in. height.
Weight 15.5 Kgms.

Power supply

100-110 V or 220-240 V 50-6 Hz at 60 watts.
Sampling frequency nominal 11.2 Hz
Sample pulse length nominal 18 mS
Response time—constant 1 sec.
Outputs—4 repeaters/distance run integrators.
—1 computer
at 0.25 V/knot

Meters

20 knots forward 5 knots aft
5 knots port 5 knots starboard

Calibration and Self Check

Zero input calibration
Standard signal injection
Common mode test input
21 test points

Current Meter

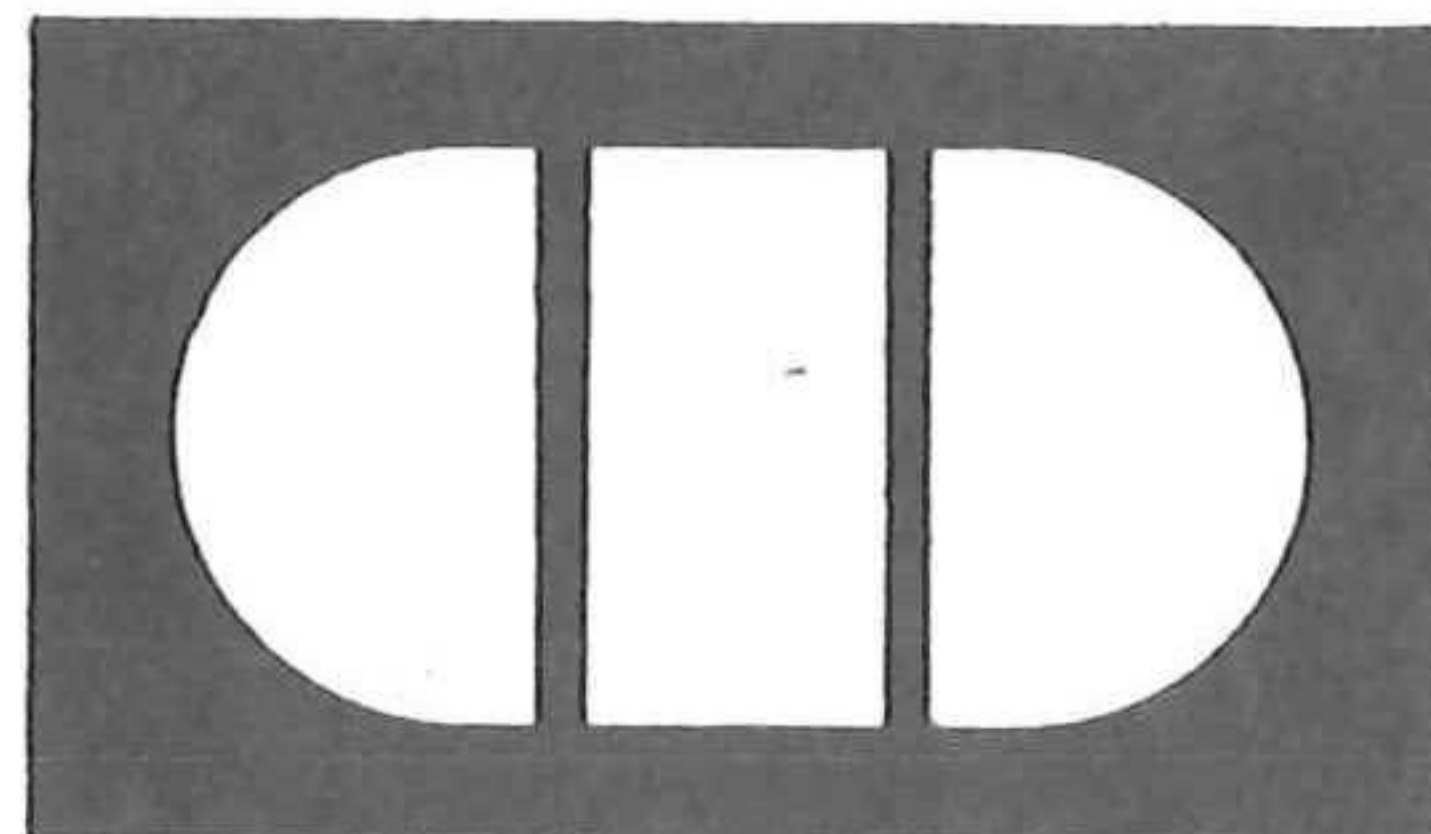
As for Ships Log but both meters ± 5 knots.

Special Turbulence Meter

As above except as follows:
Response time—constant 1/10 sec.
Sampling frequency 22.5 Hz
Sample pulse length 9 mS

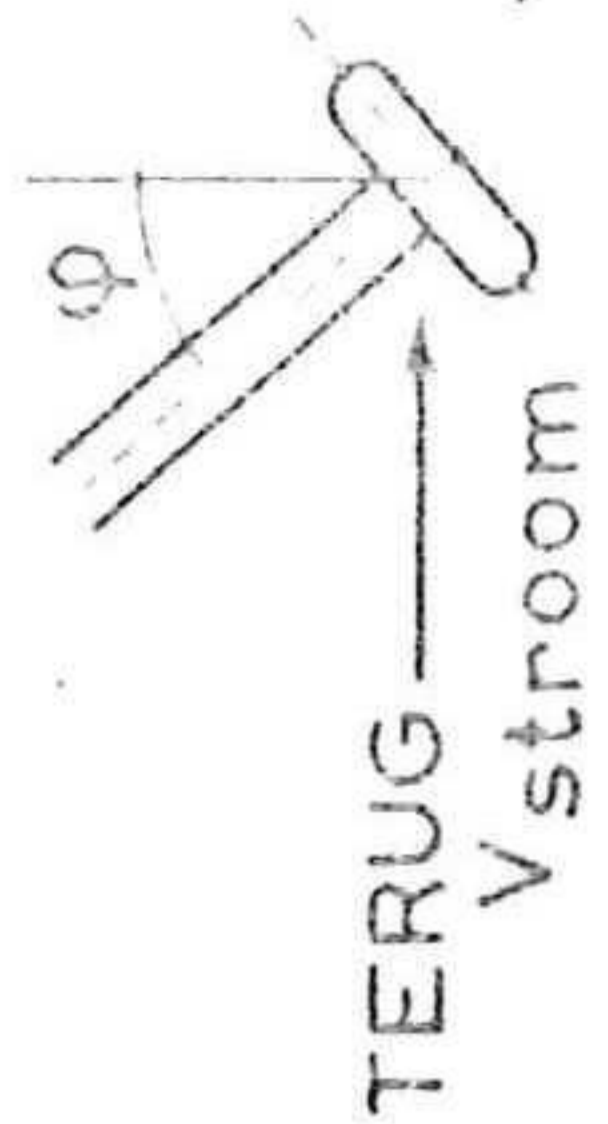


ROTTERDAM - WIJNHAVEN 42
TEL 010 11 59 90

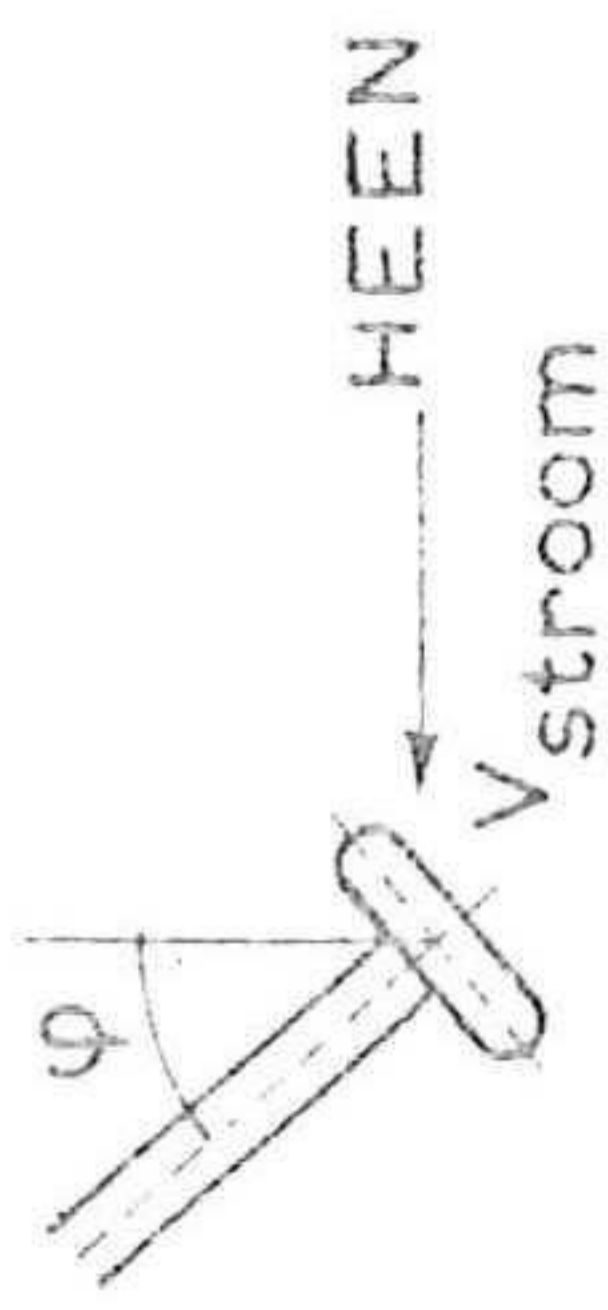
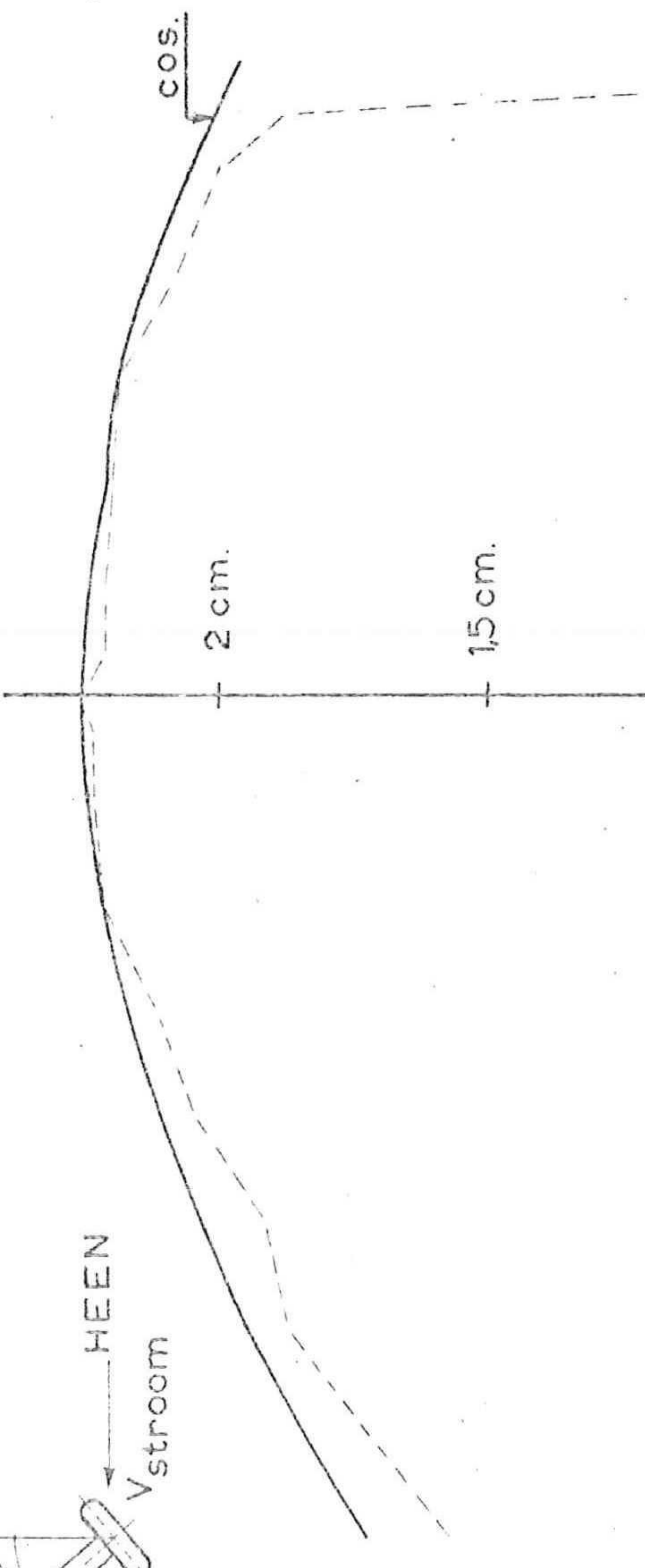


**Colbrook Instrument
Development Limited**

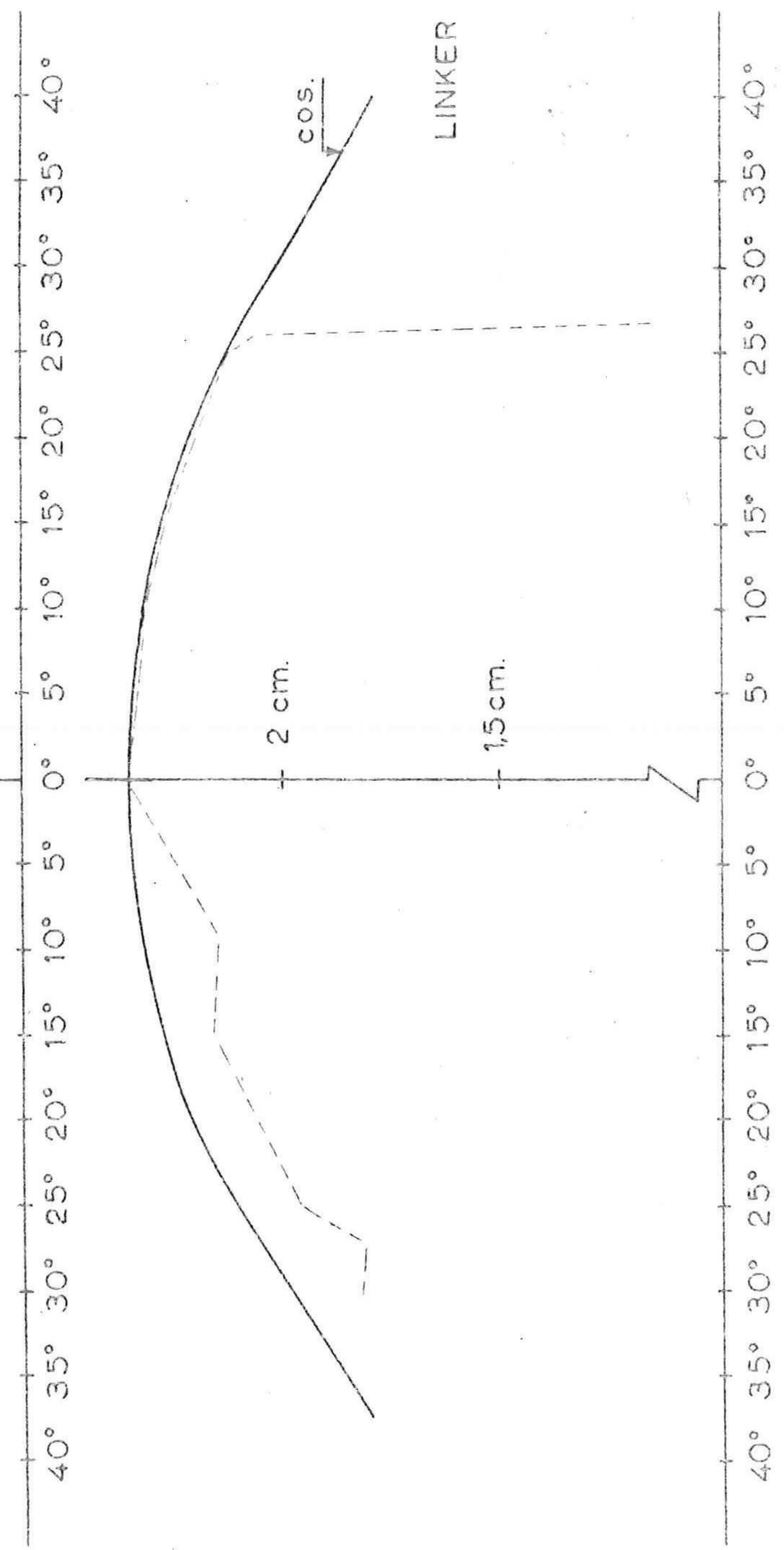
**POYLE ROAD, COLNBROOK,
BUCKINGHAMSHIRE, ENGLAND.
TELEPHONE COLNBROOK 2371-2.**



RECHTER KANAAL



LINKER KANAAL

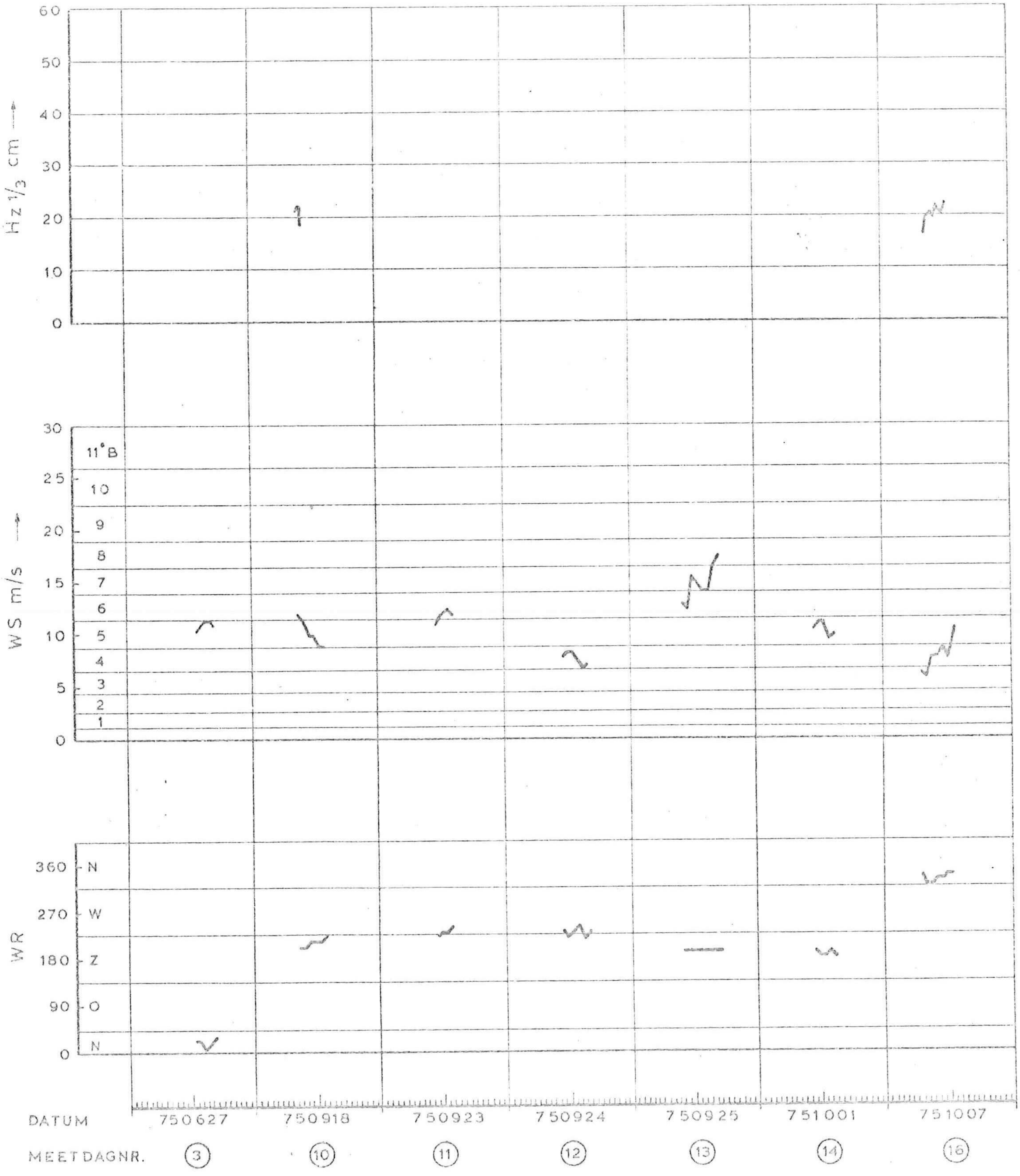


rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend <i>AR</i>	accord	projectcode K7702000
-----------------------	--------	-------------------------

LIJNEN T.H. DELFT AMPLITUDE BIJ 1m/sec. BIJ
VARIATIE VAN DE VERTIKALE AANSTROMINGSHOEK

nota	bilage 7
din A 4	n ^o 79W0369



rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

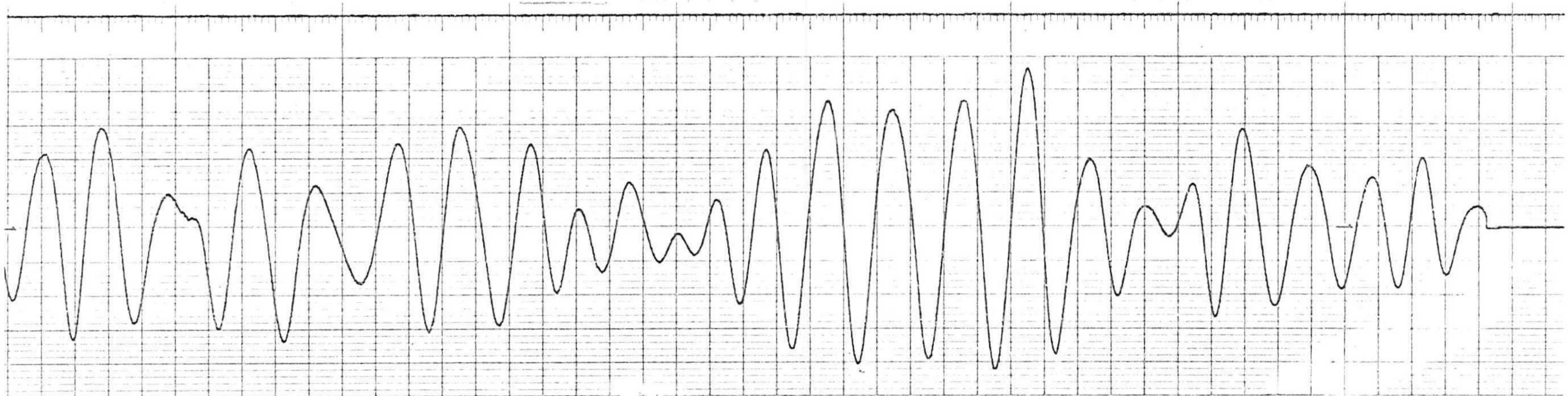
getekend	accoord	projectcode
		K7702000

WIND - EN GOLFGEGEVENS VAN DE MEETDAGEN
WINDMEETSTATION ROGGEPLAAT

nota	blage 8
din A4	nr 79W0370

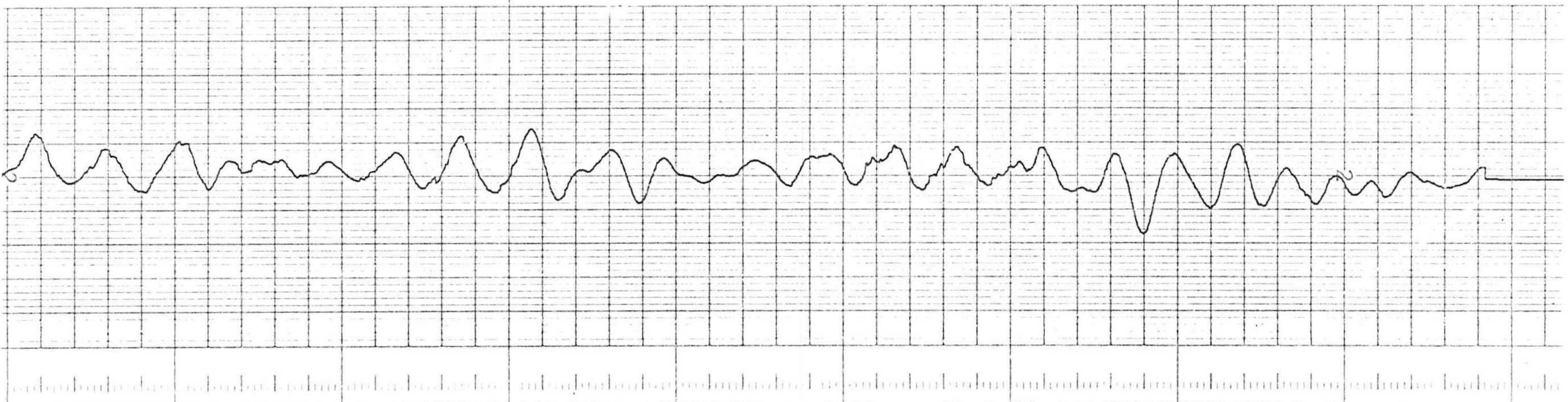
LINKERKANAAL (L.K.)

RECHTERKANAAL (R.K.)



ARD

9280-0258 PRINTED IN U.S.A.



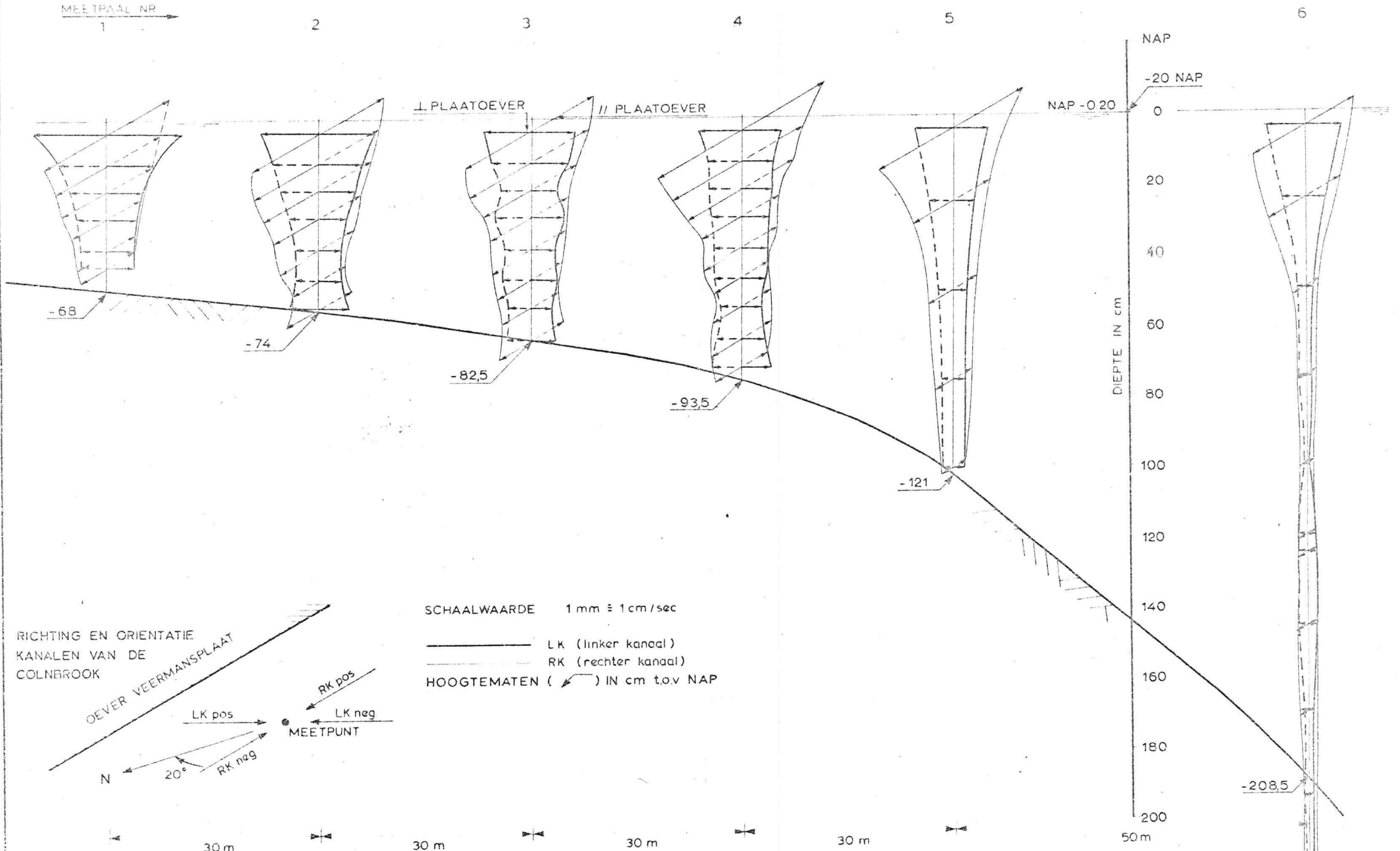
rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

VOORBEELD REGISTRATIE COLNBROOK

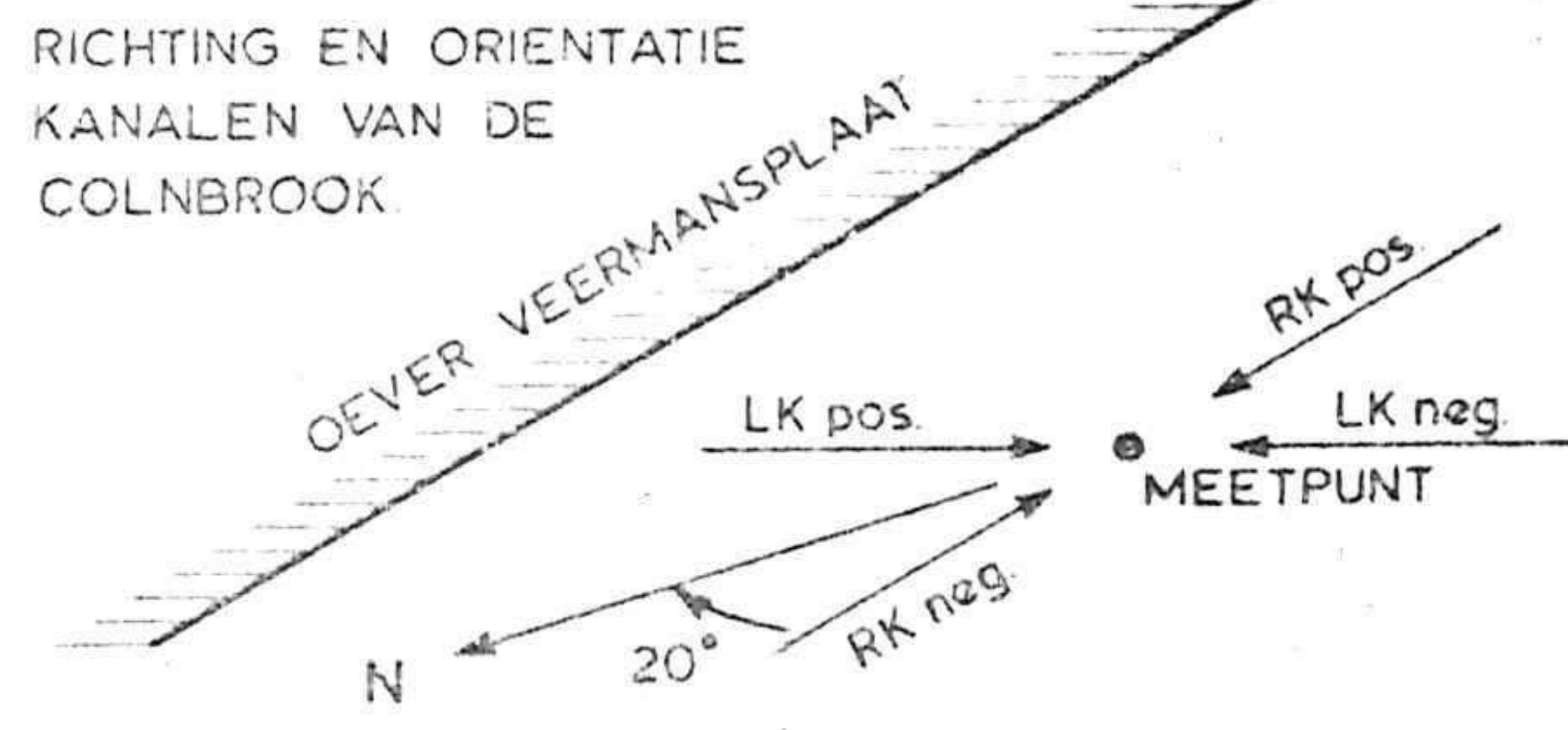
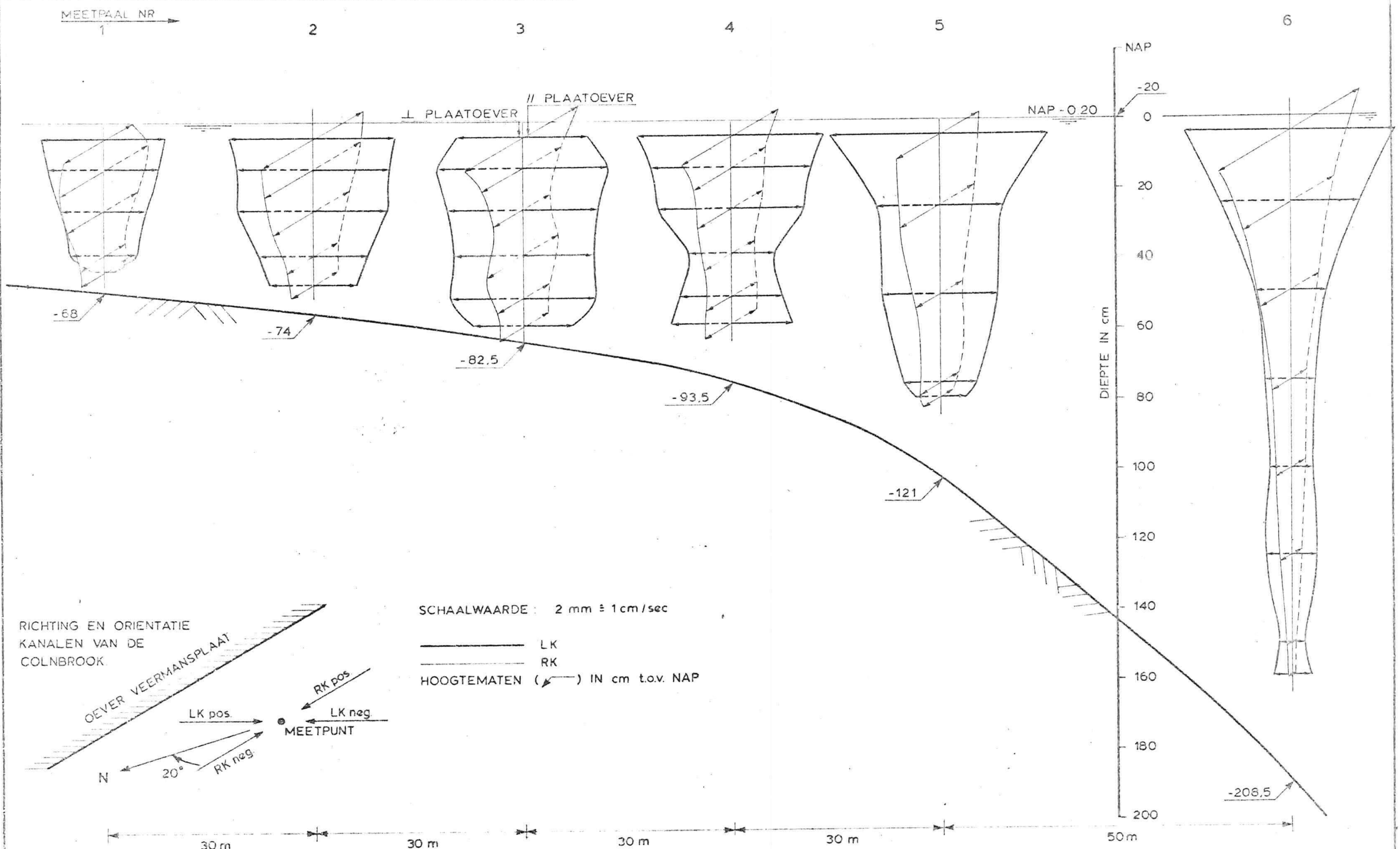
getekend MW	accoord	projectcode: K7702000
----------------	---------	--------------------------

nota w -	bijlage 9
----------	-----------

din A4	nr. 79W0371
--------	-------------



rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde	getekend door <i>AR</i>	projectcode K7702000
	DE STROOMVERTIKALEN VAN DE SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEID PER MEETDAG MEETDAG 3	
d.d. 3	bladz. 10a 79W0372	



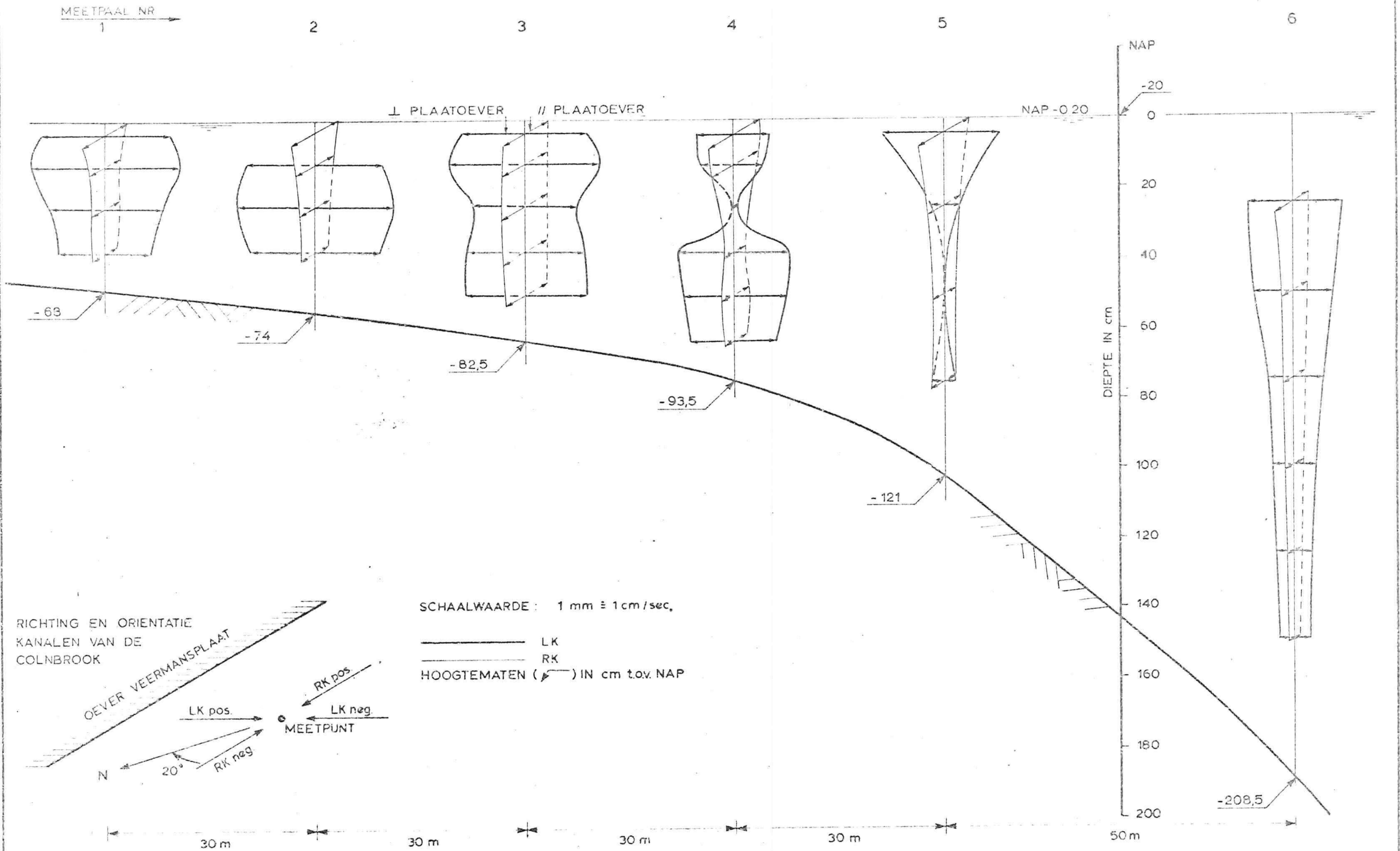
SCHAALWAARDE : 2 mm = 1 cm/sec

———— LK

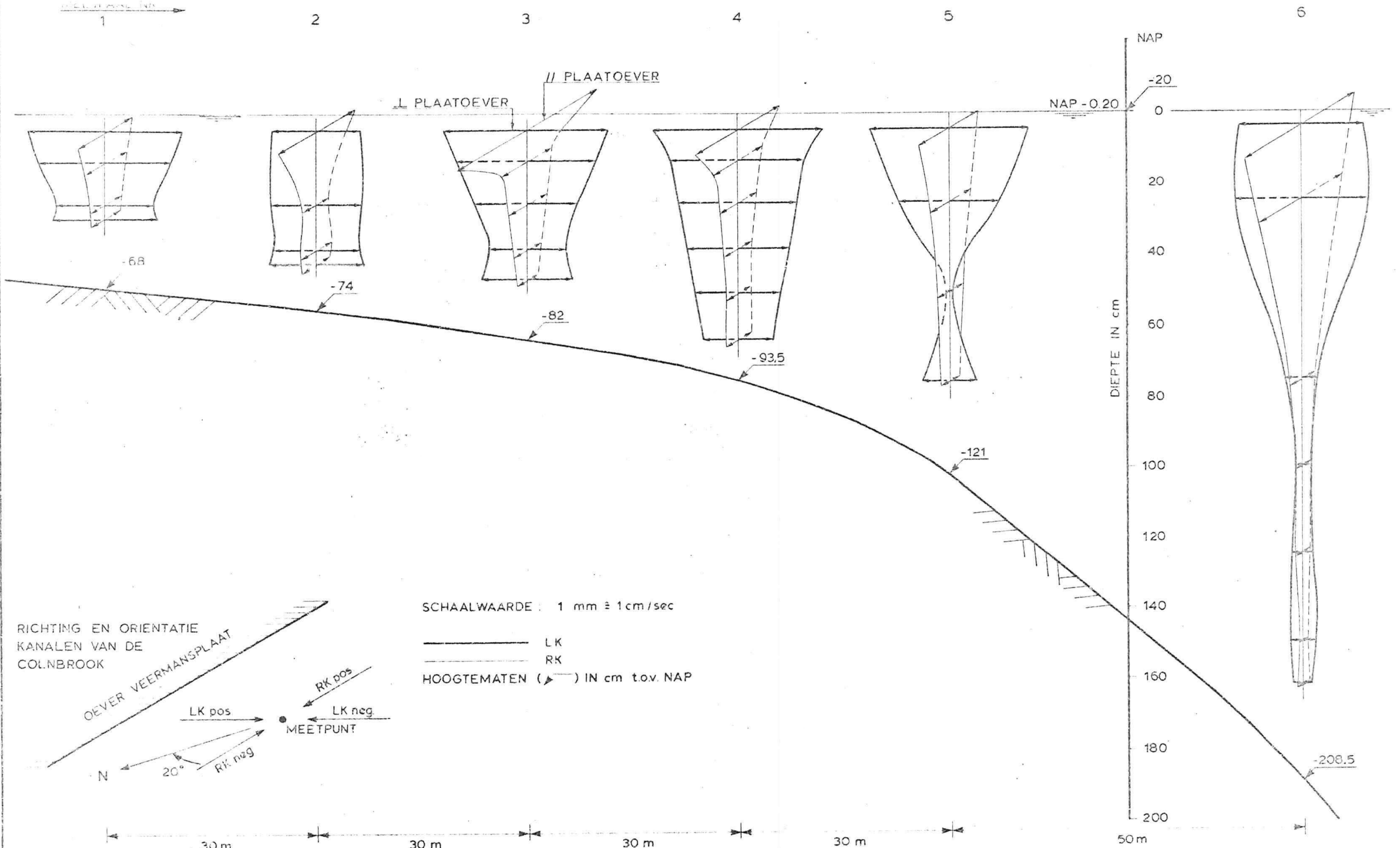
———— RK

HOOGTEMATEN (↙) IN cm t.o.v. NAP

rijkswaterstaat delta-dienst - hoofdafdeling waterloopkunde	getekend	accoord	projectcode K7702000
	r.v.		
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	nota	bijlage 10b	
	din A 3	nr 79W0373	



rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterlooppkunde	getekend	accoord	projectcode
	<i>A.R.</i>		K7702000
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	nota	bijlage 10c	
	din A 3	nr 79W0374	



rijkswaterstaat aelladienst - hoofdafdeling waterloopkunde	getekend	afgeoord	projectcode
	r.v.		K7702000
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	nota	bijlage 10 d	
	din A 3	nr 79W0375	

MEETPAAL NR

1

2

3

4

5

6

⊥ PLAATOEVER // PLAATOEVER

NAP -0.20

NAP
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

DIEPTE IN cm

-68

-74

-82,5

-93,5

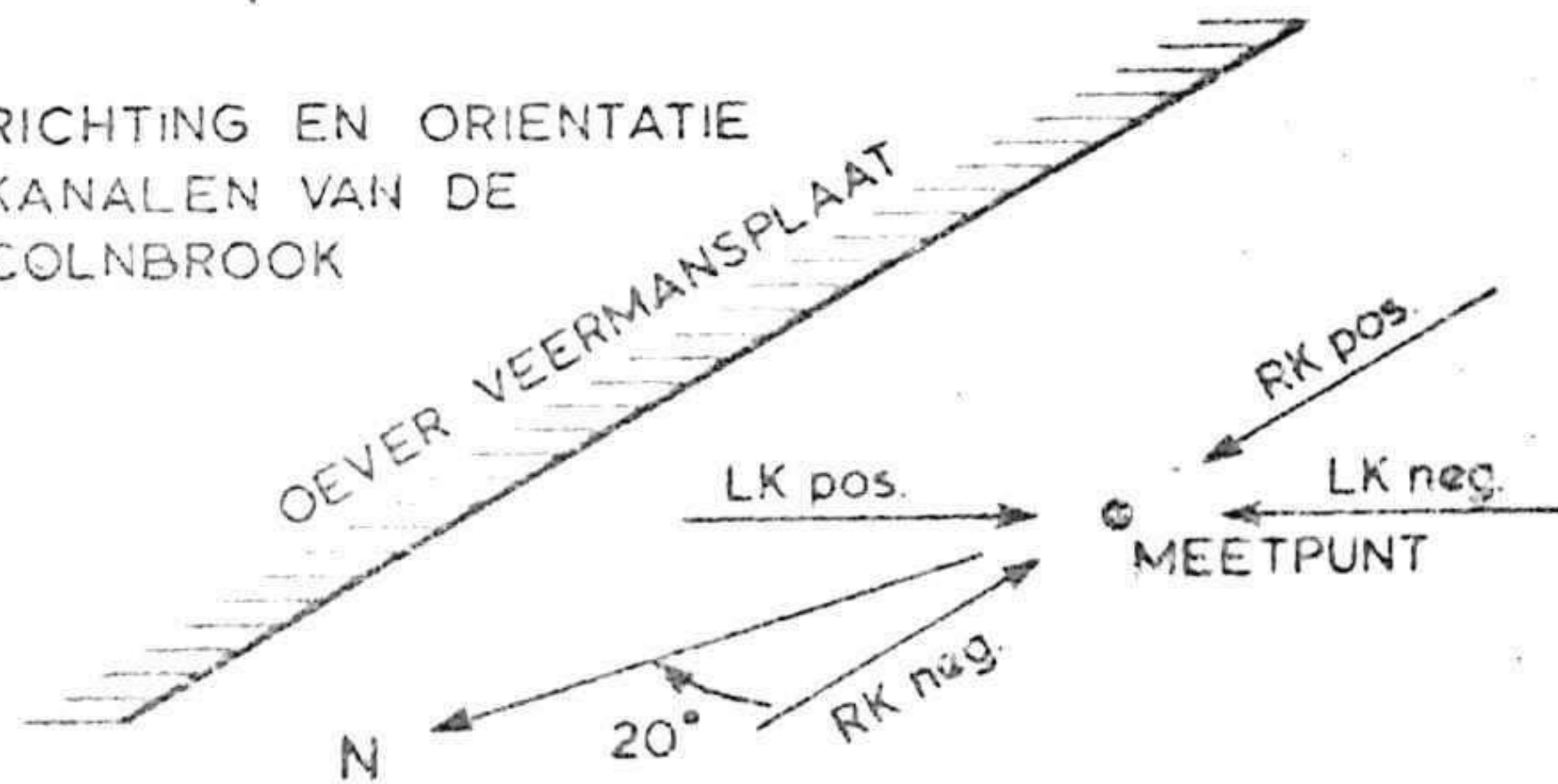
-121

-208,5

RICHTING EN ORIENTATIE
KANALEN VAN DE
COLNBROOK

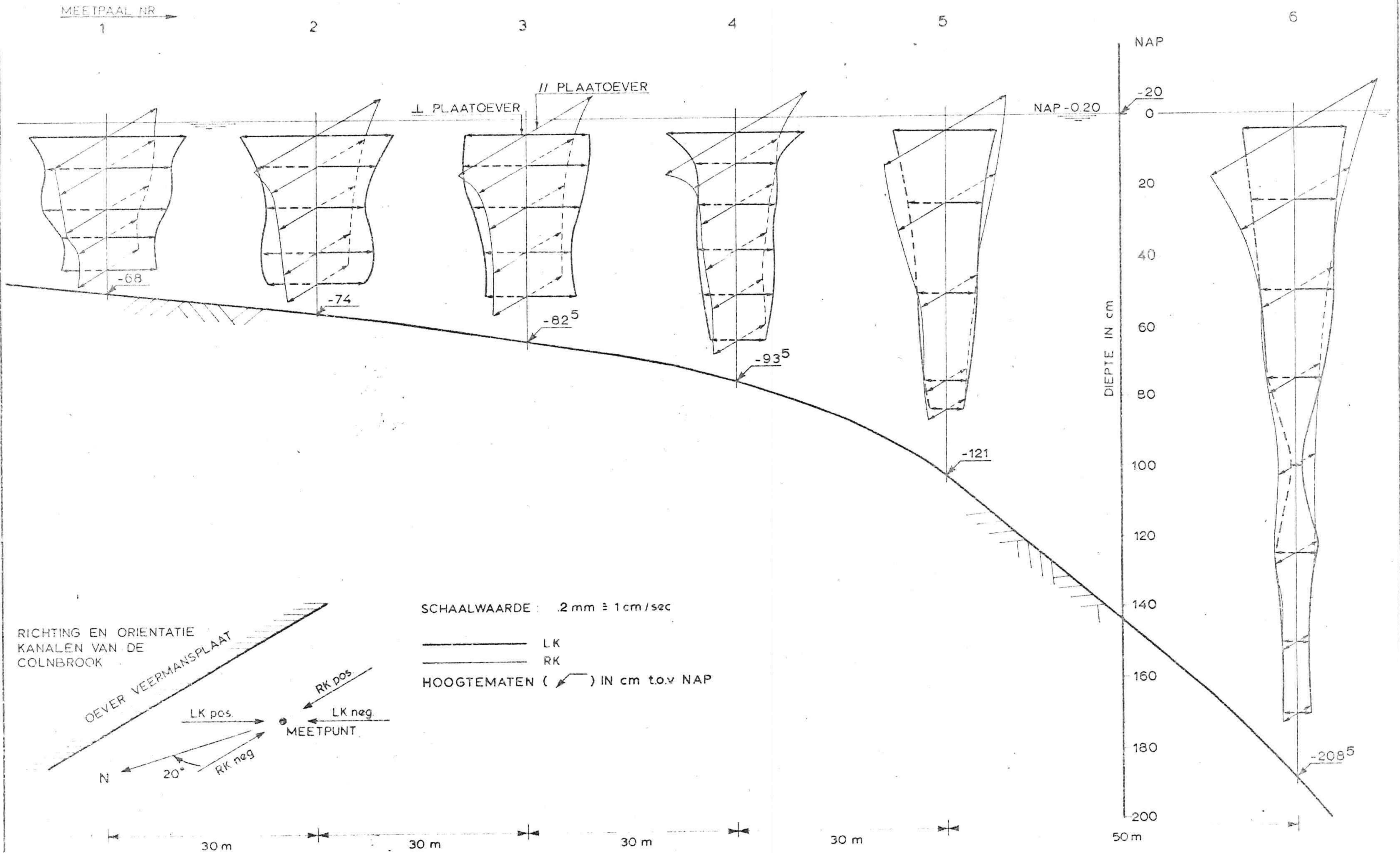
SCHAALWAARDE : 1 mm ≅ 1 cm/sec

———— LK
———— RK
HOOGTEMATEN () IN cm tov. NAP

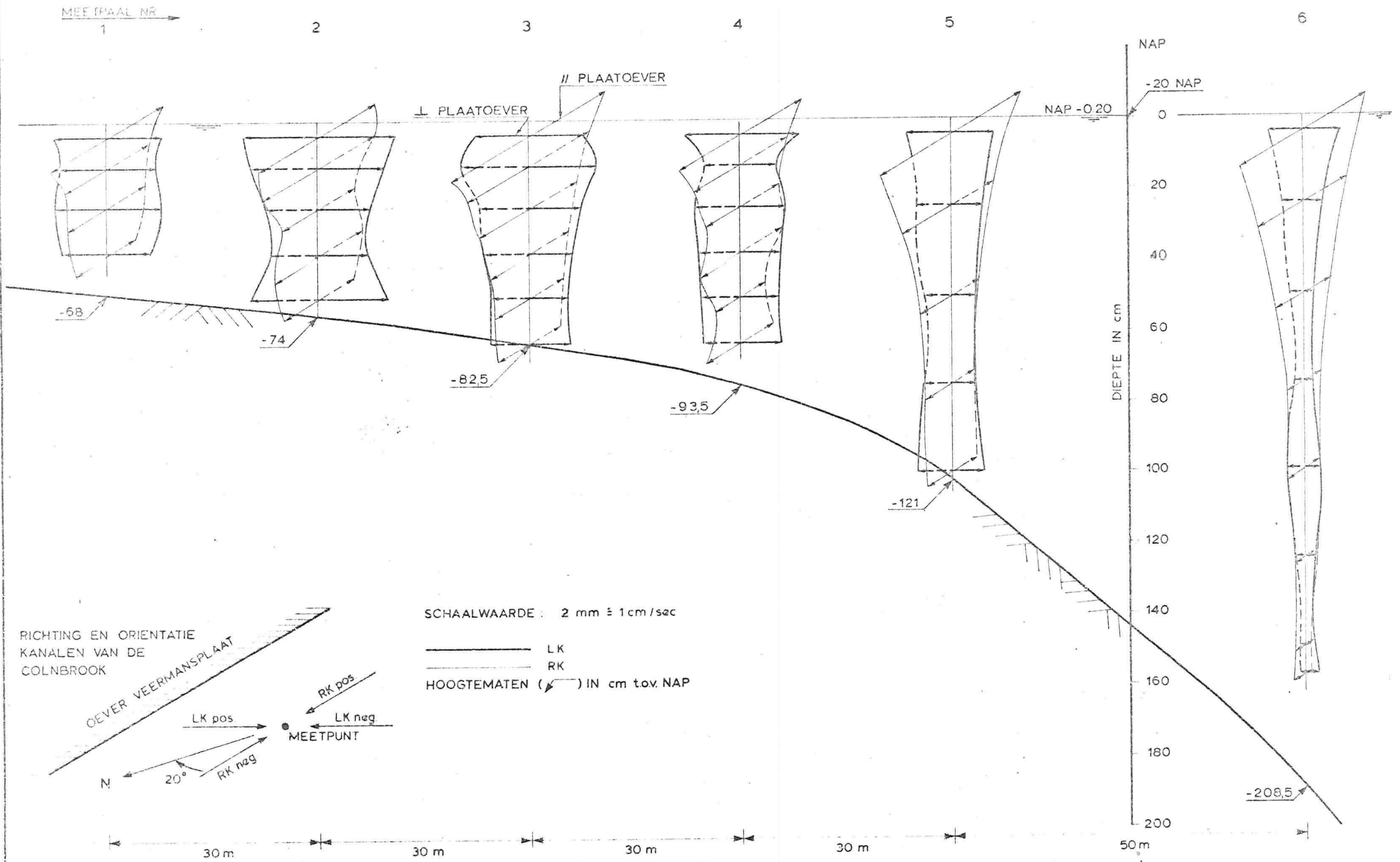


30 m 30 m 30 m 30 m 50 m

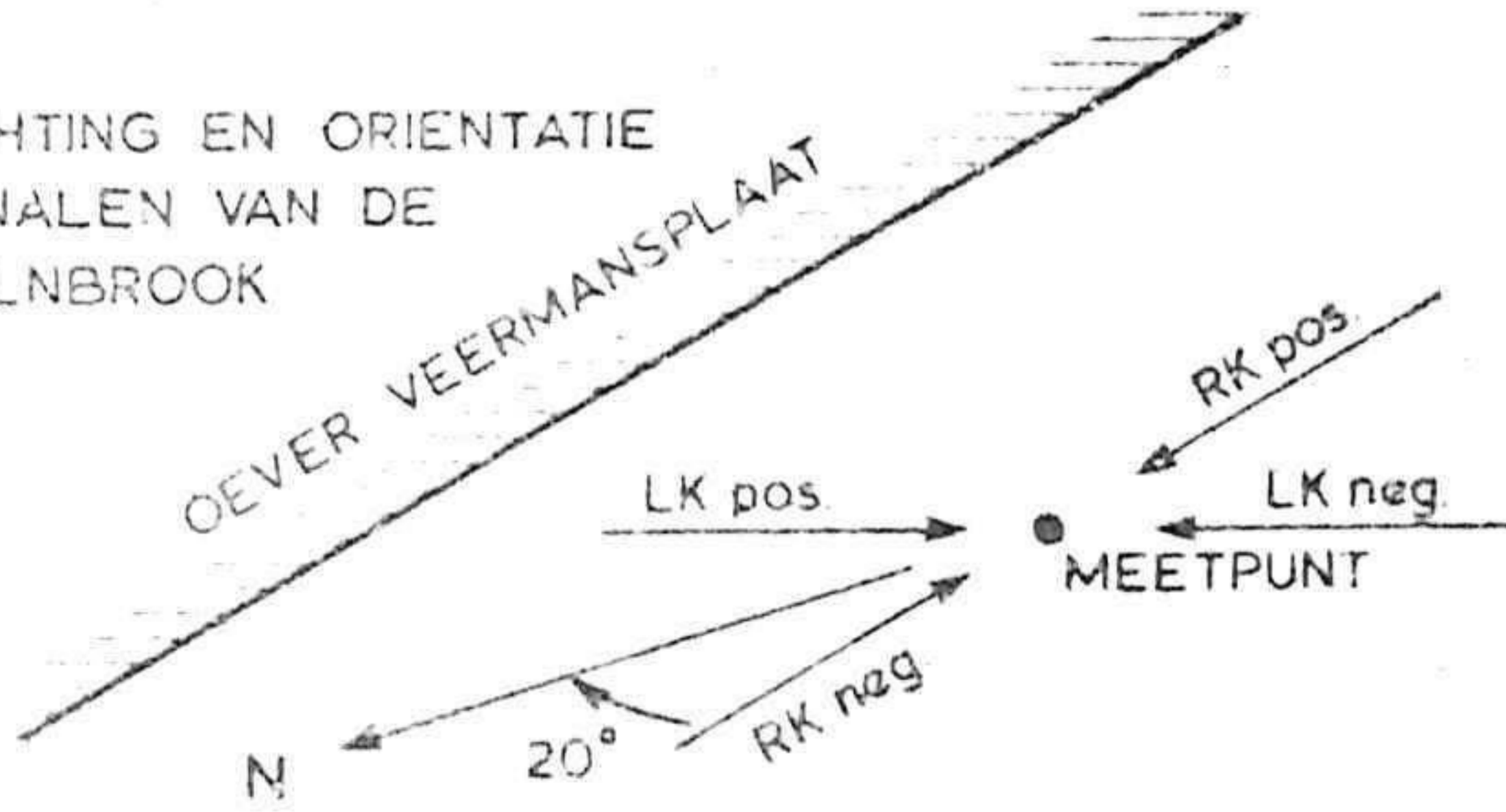
rijkswaterstaat detaaldivisie - noordafdeling waterloophkunde	getekend	accoord	projectcode
	AR.		K7702000
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	nota	bijlage 10 e	
	din A 3	nr 79W0376	



rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde	getekend	AR	project code	K7702000
	nota		bijlage	10f
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	din A 3	nr.	79W0377	
				MEETDAG 14



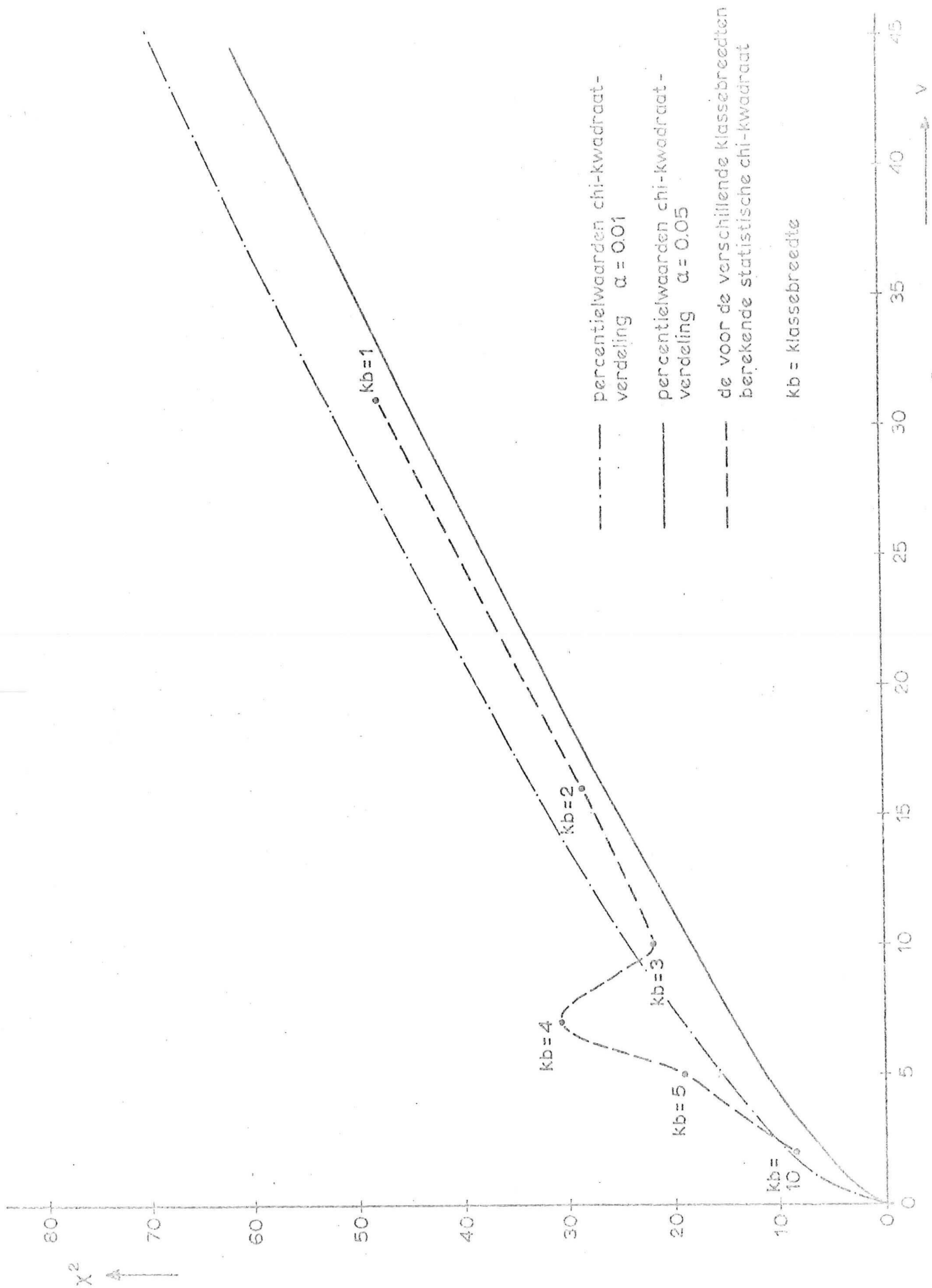
RICHTING EN ORIENTATIE
KANALEN VAN DE
COLNBROOK



SCHAALWAARDE : 2 mm $\hat{=}$ 1 cm / sec

———— LK
 - - - - - RK
 HOOGTEMATEN (∇) IN cm tov. NAP

rijkswaterstaat deltadienst - hoofddeling waterloopkunde	getekend	accorde	projectcode
	rv.		K7702000
SIGNIFICANTE ORBITAALSNELHEDEN PER MEETPUNT	nota	bijlage 10g	
	den A 3	nr 79W0378	

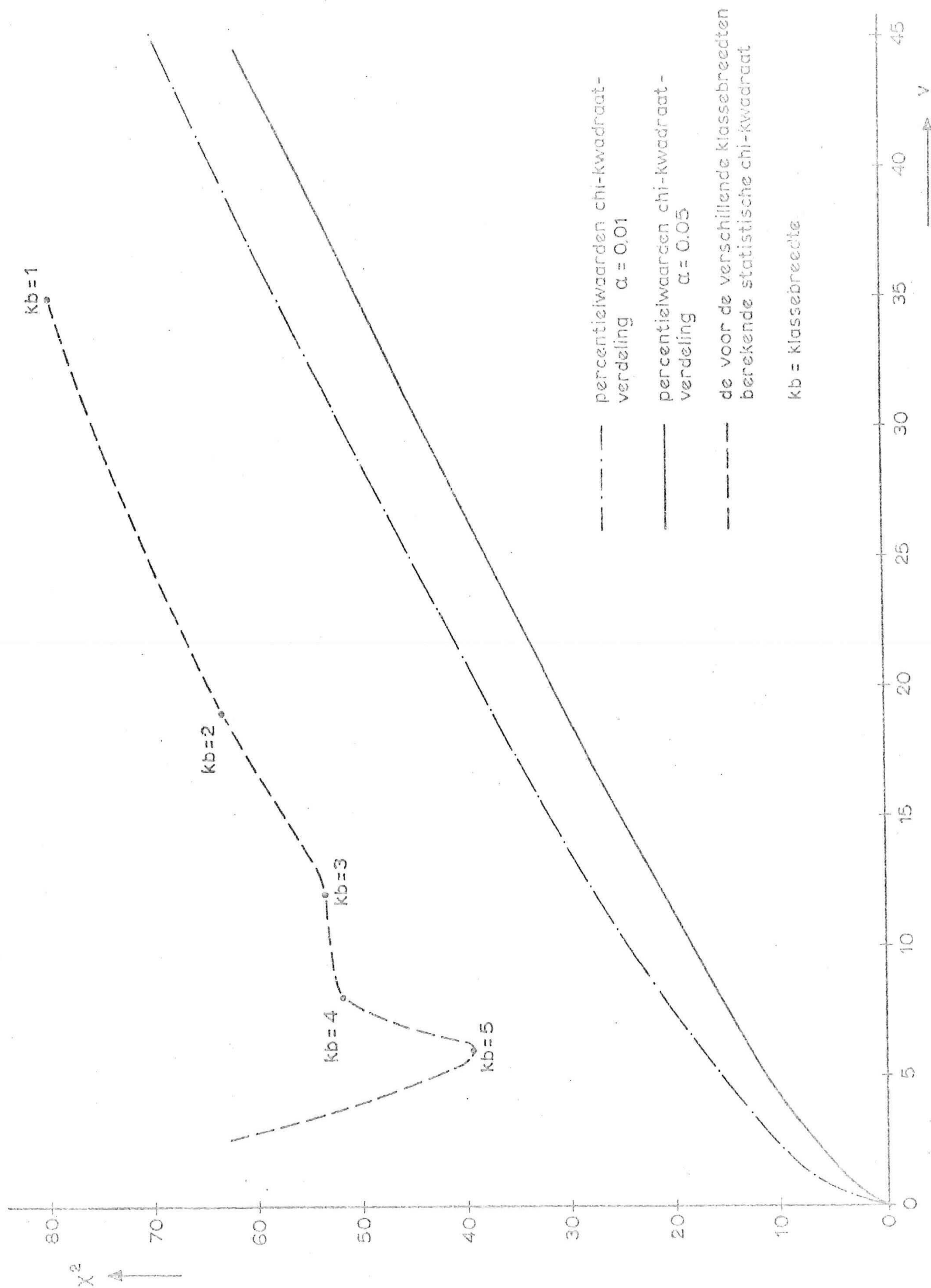


rijkswaterstaat
 deltidienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MV	accoord	projectcode K7702000
----------------	---------	-------------------------

INVLOED VAN DE KLASSEBREEDTE OP DE CHI-KWADRAAT -
 TOETS

nota w -	bijlage 11 ^a
din A-4	nr 79W0379



rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend
NW

accorde

projectcode
K 7702000

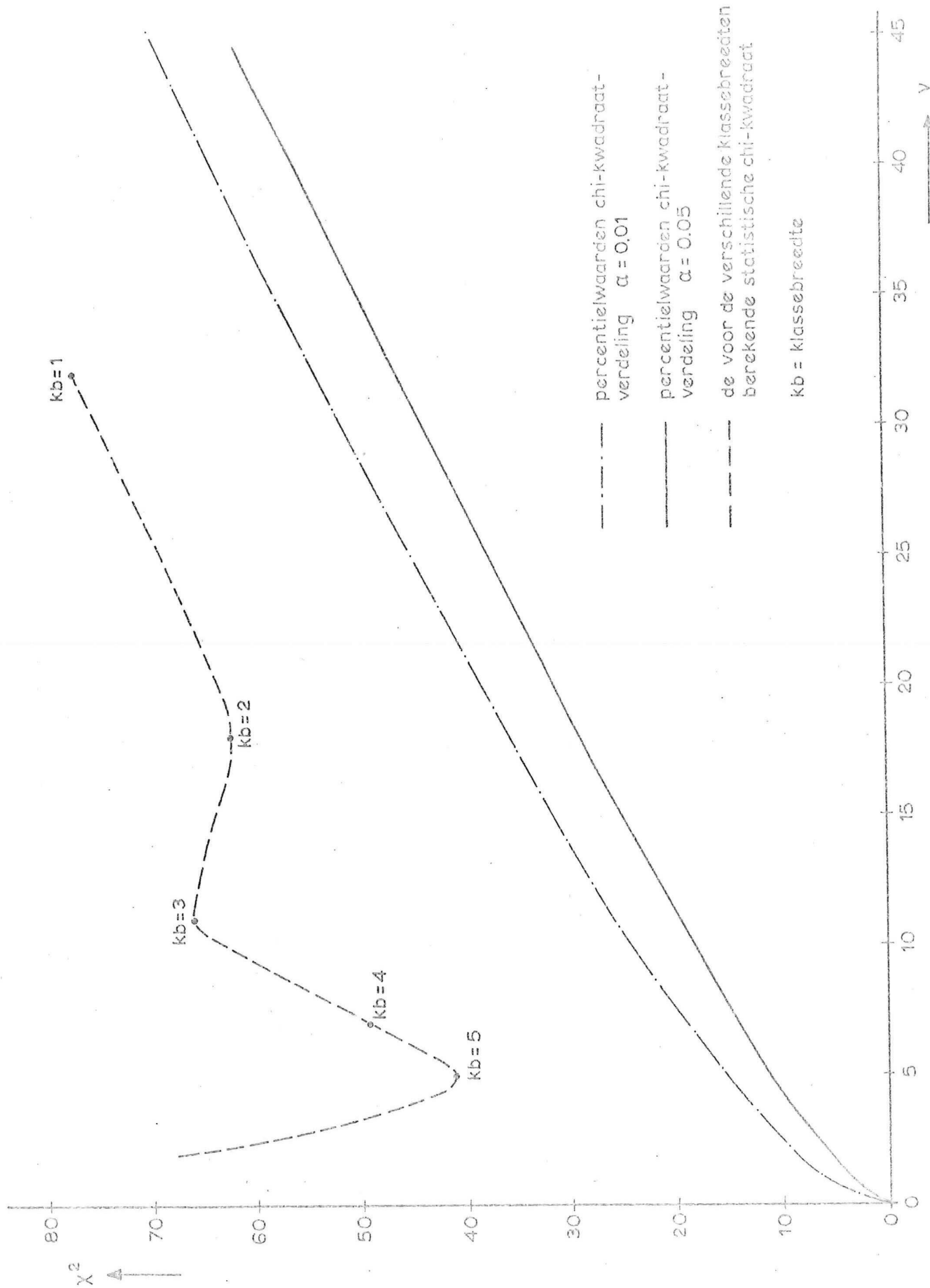
INVLOED VAN DE KLASSEBREEDTE OP DE CHI-KWADRAAT-
TOETS

nota w -

bijlage 11^b

d:n A4

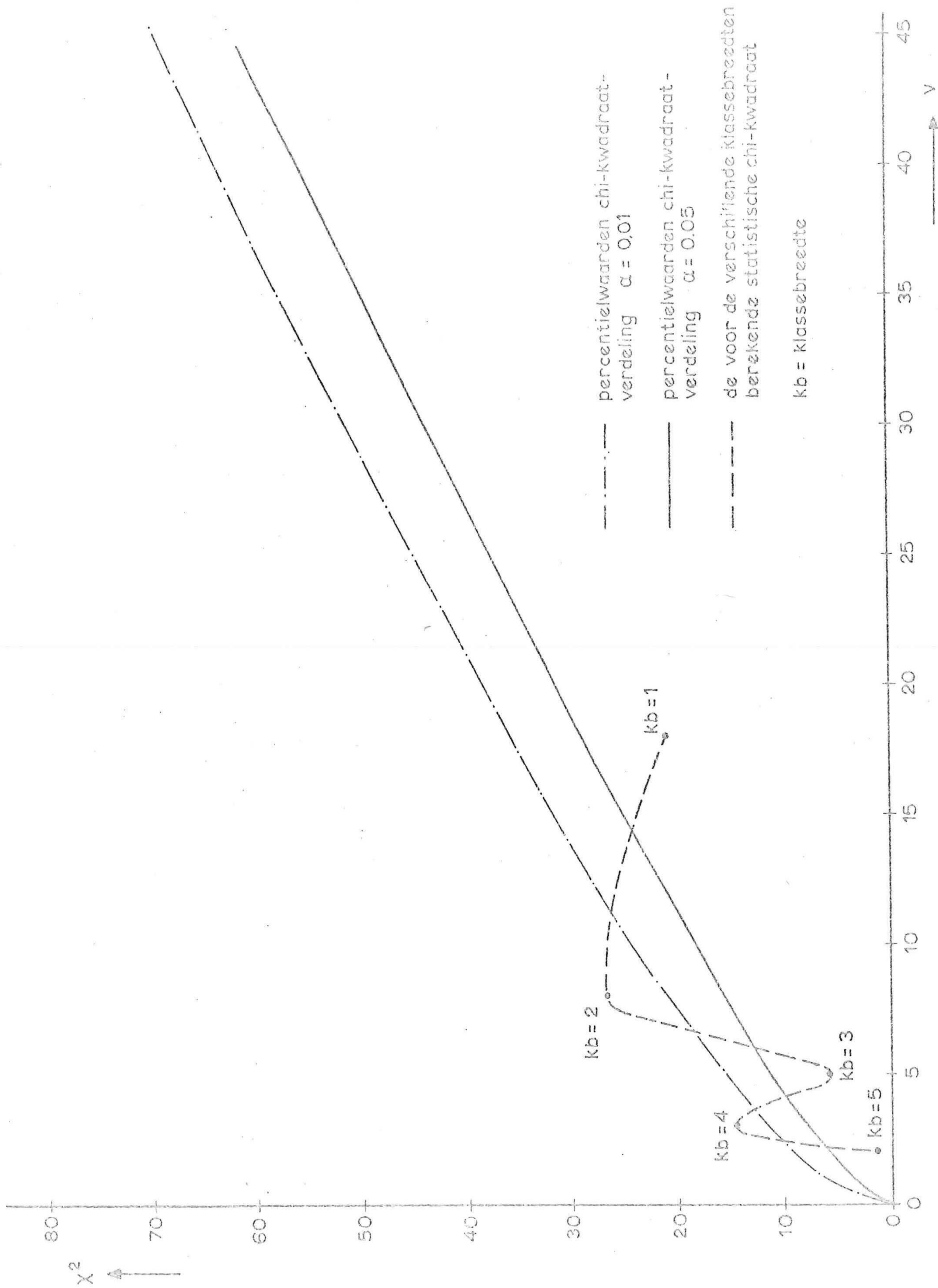
nr 79W0380



rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

INVLOED VAN DE KLASSEBREEDETE OP DE CHI-KWADRAAT-TOETS

getekend	accoord	projectcode
		K7702000
nota w.	bijlage 11c	
dm A4	nr 79W0381	



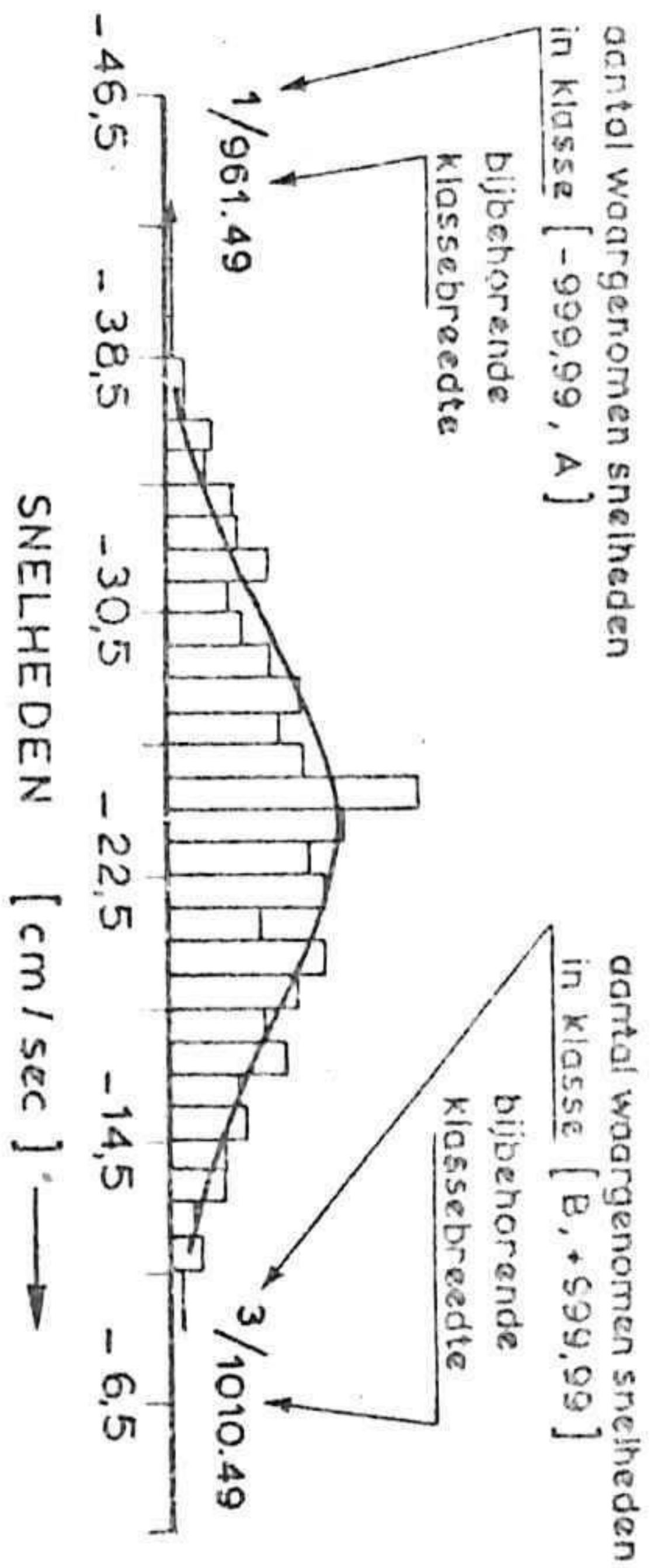
rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MW	accoord	projectcode K7702000
----------------	---------	-------------------------

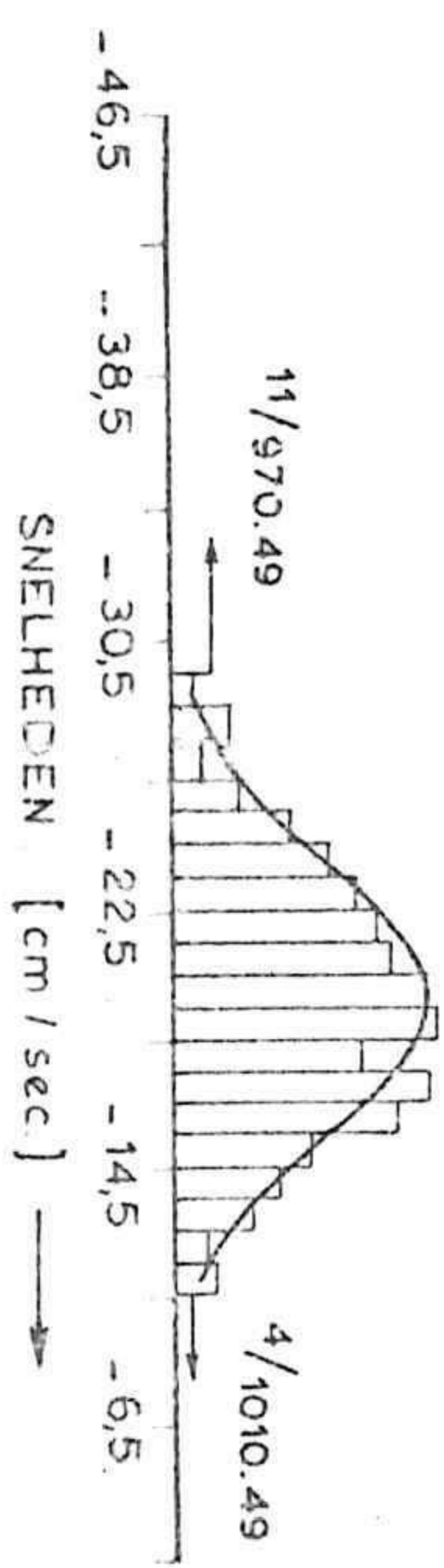
INVLOED VAN DE KLASSEBREEDETE OP DE CHI-KWADRAAT-
 TOETS

nota w-	bijlage 11 ^d
din A4	nr 79W0382

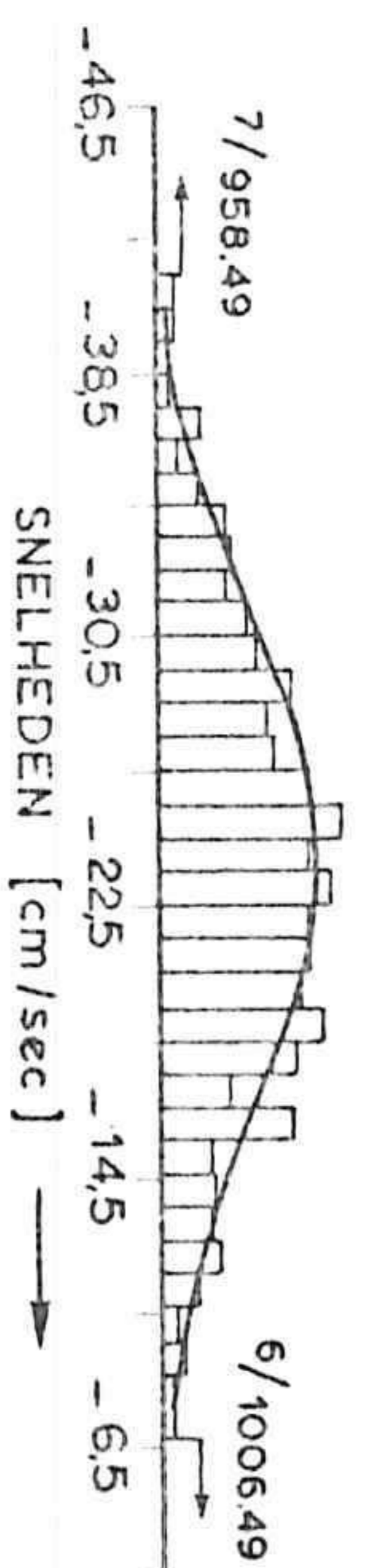
meetpaal: 1
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 676
 sigma: 10.76



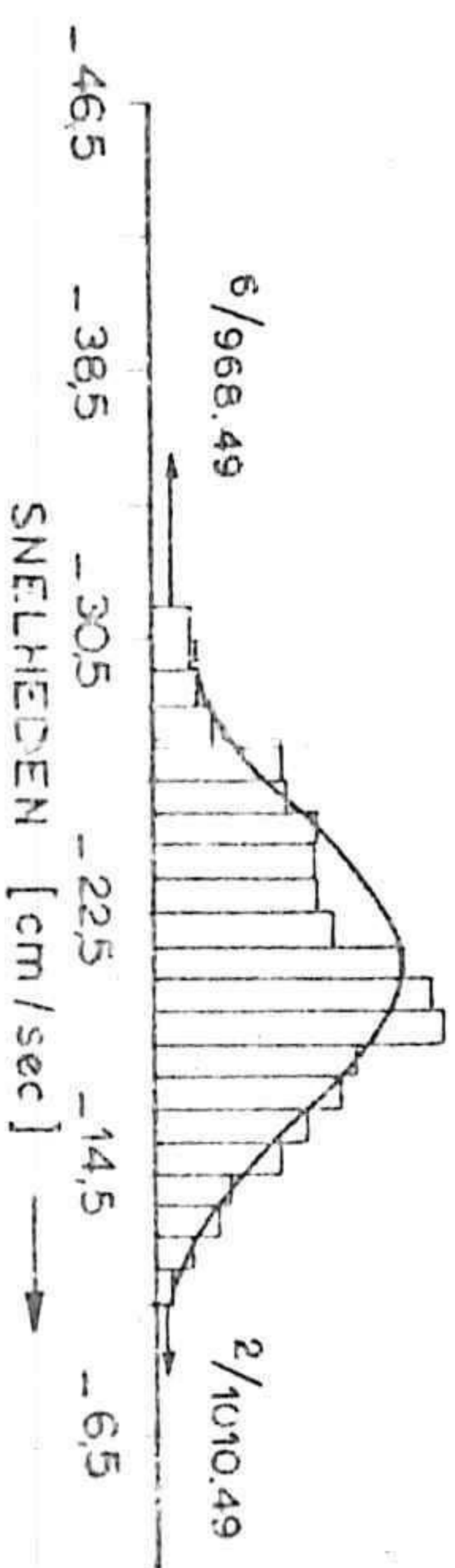
meetpaal: 1
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 685
 sigma: 7.63



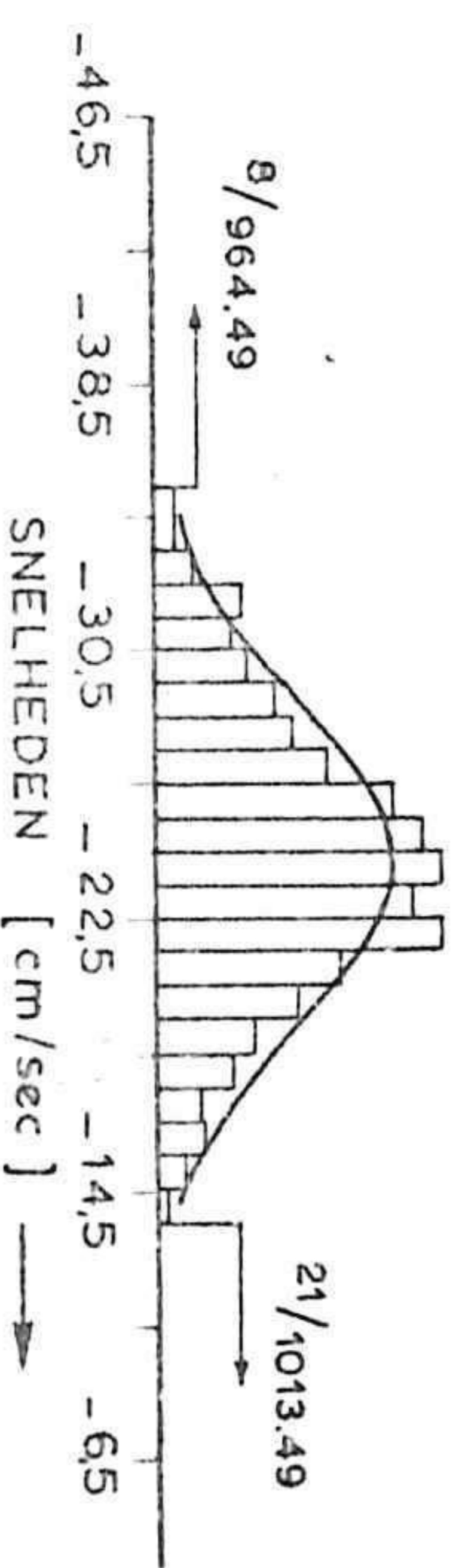
meetpaal: 2
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 704
 sigma: 12.68
 acc



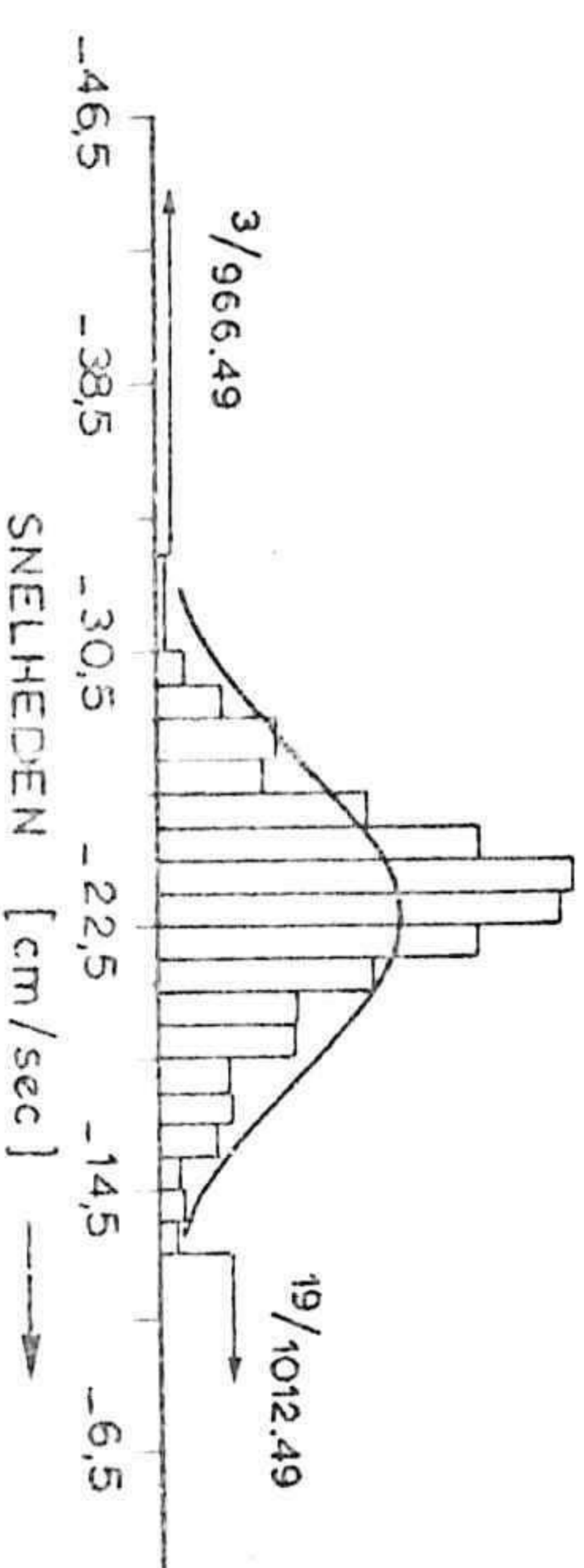
meetpaal: 2
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 704
 sigma: 8.17
 acc



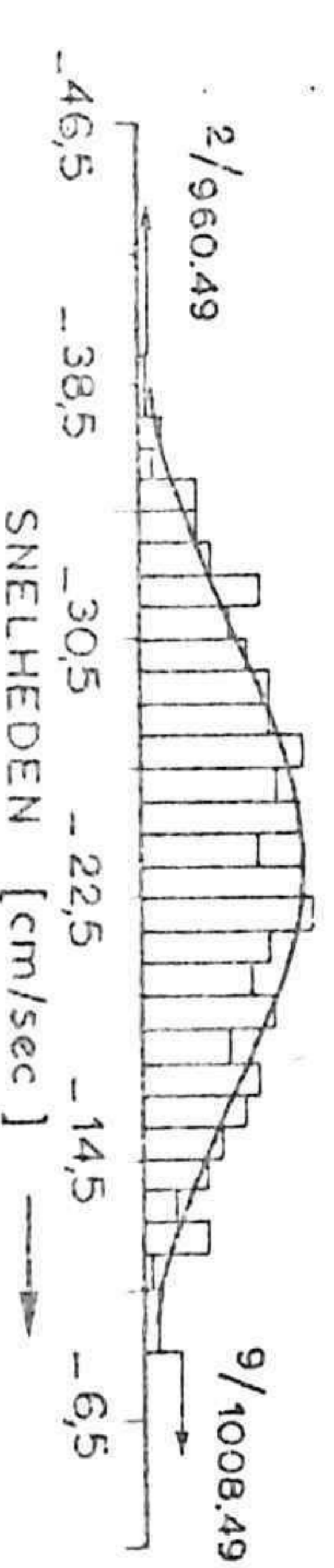
meetpaal: 1
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 712
 sigma: 8.28
 rej



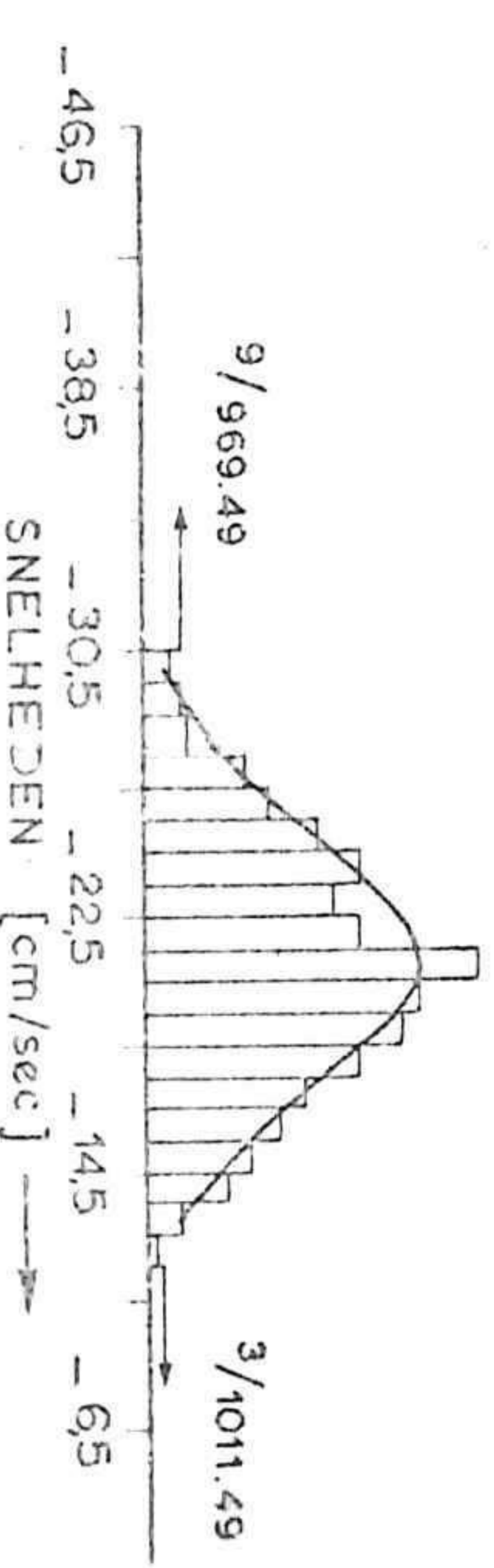
meetpaal: 1
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 714
 sigma: 8.32
 rej



meetpaal: 1
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 701
 sigma: 11.33
 rej



meetpaal: 1
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 699
 sigma: 7.28
 acc



Rijkswaterstaat

delladienst - hoofdafdeling waterloopkunde

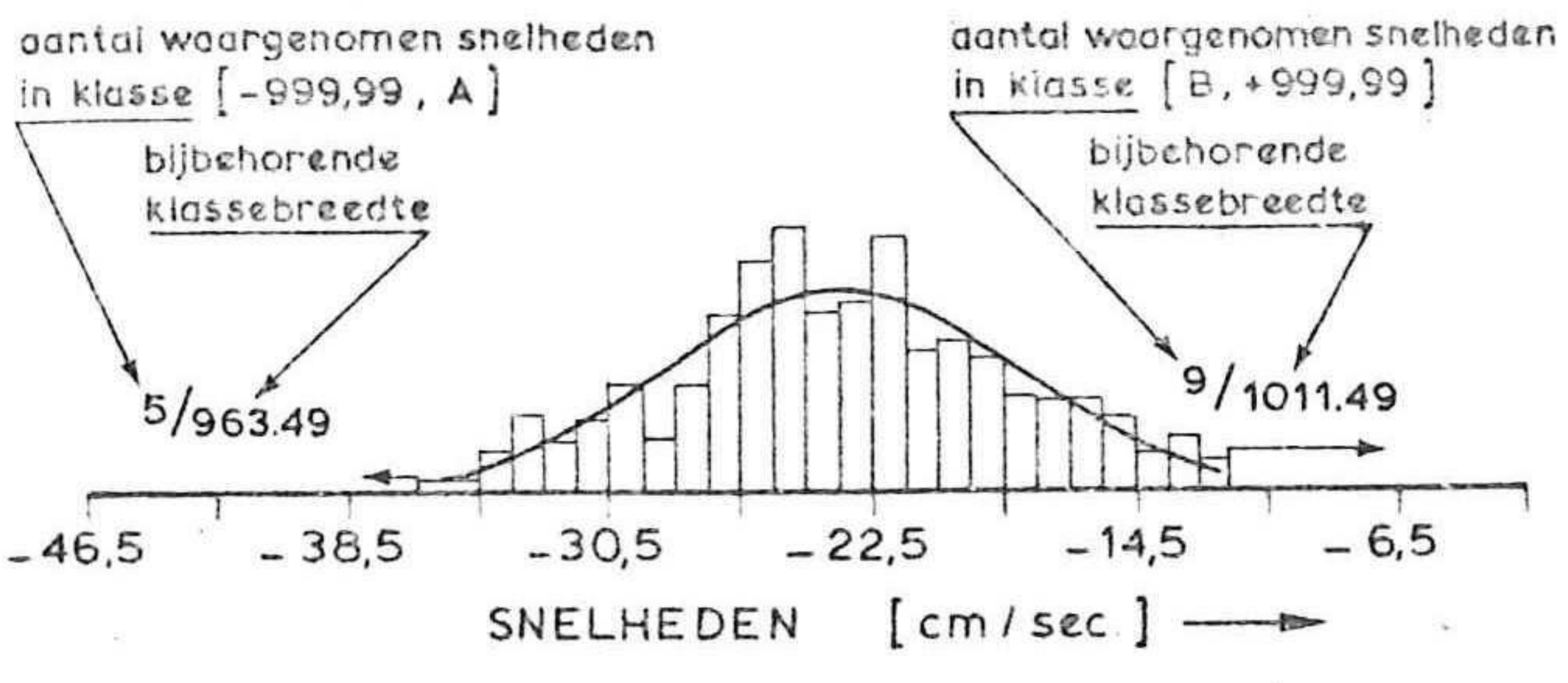
DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE METINGEN VAN MEETDAG 13

ONBETROUWBAARHEIDSDREMPEL $\alpha = 0.05$

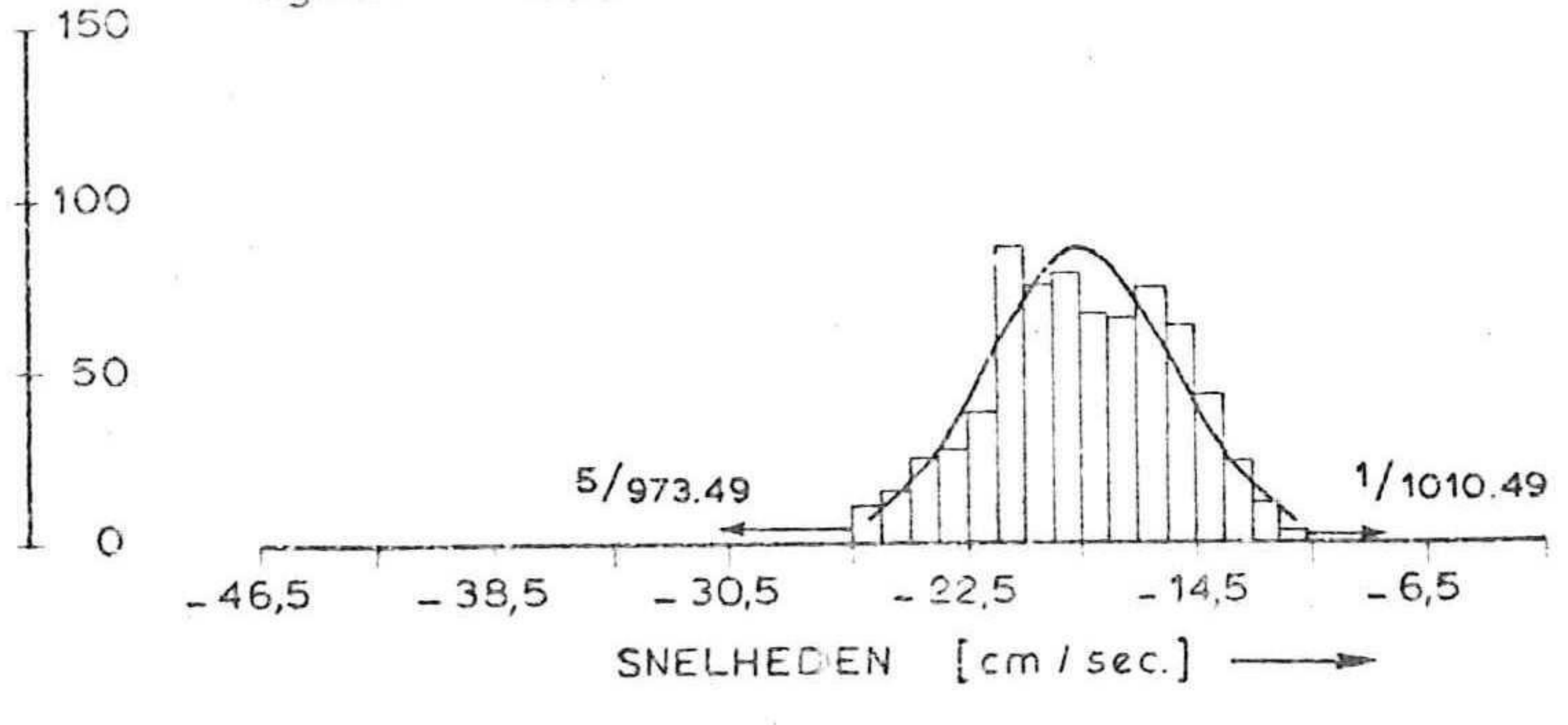
getekend	accorde	projectcode
		K 7702000
nota w.		bijlage 12a
dm A3	nr 79W0383	

rej : nullhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0.05$
 acc : nullhypothese wordt
 aangangen bij $\alpha = 0.05$

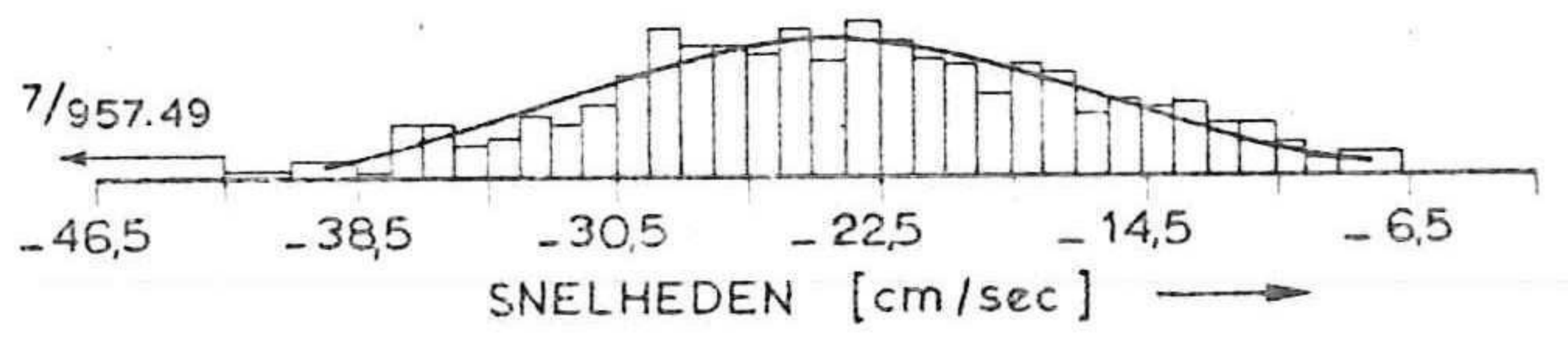
meetpaal: 1
 reg.nr.: 2
 kanaal: LK
 aantal wn.: 697
 sigma: 9.35



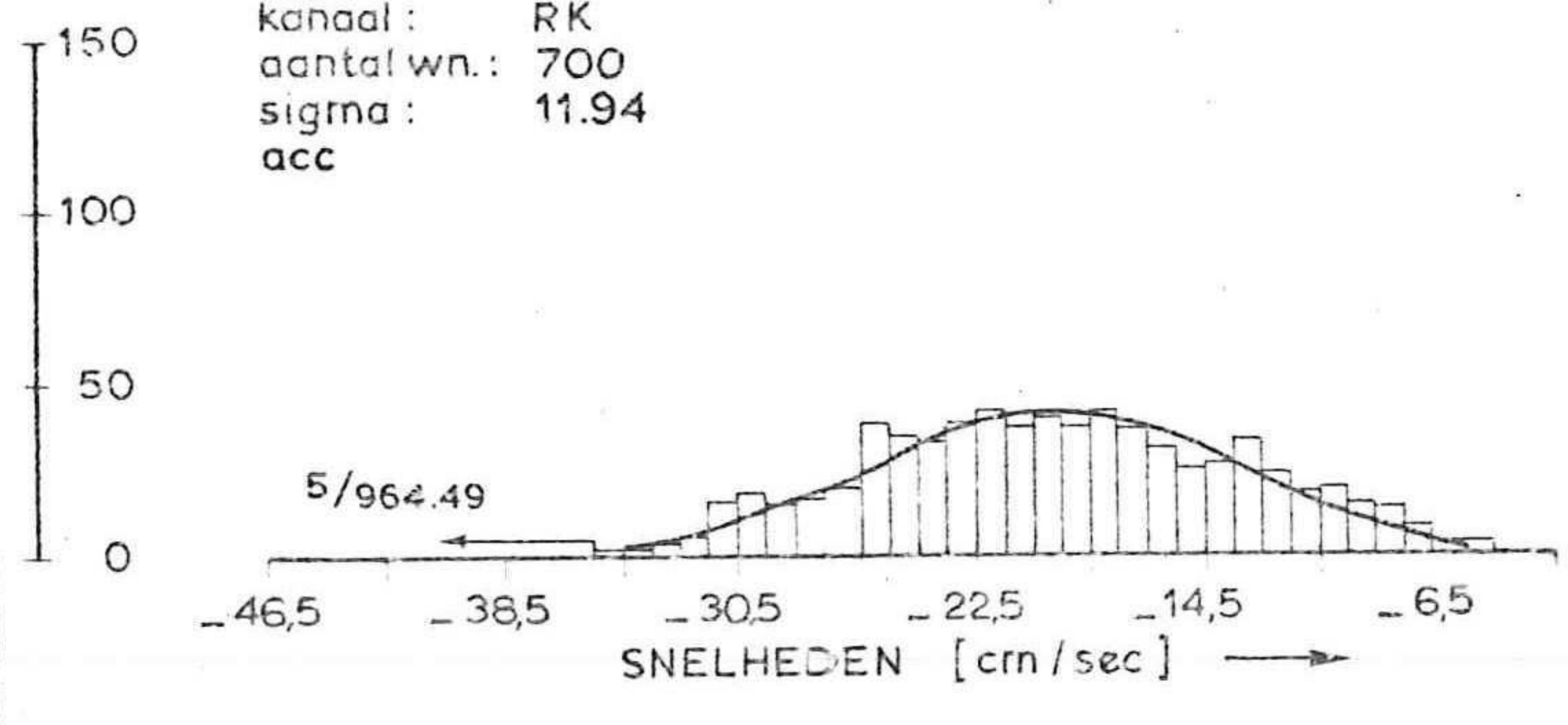
meetpaal: 1
 reg.nr.: 2
 kanaal: RK
 aantal wn.: 697
 sigma: 5.99



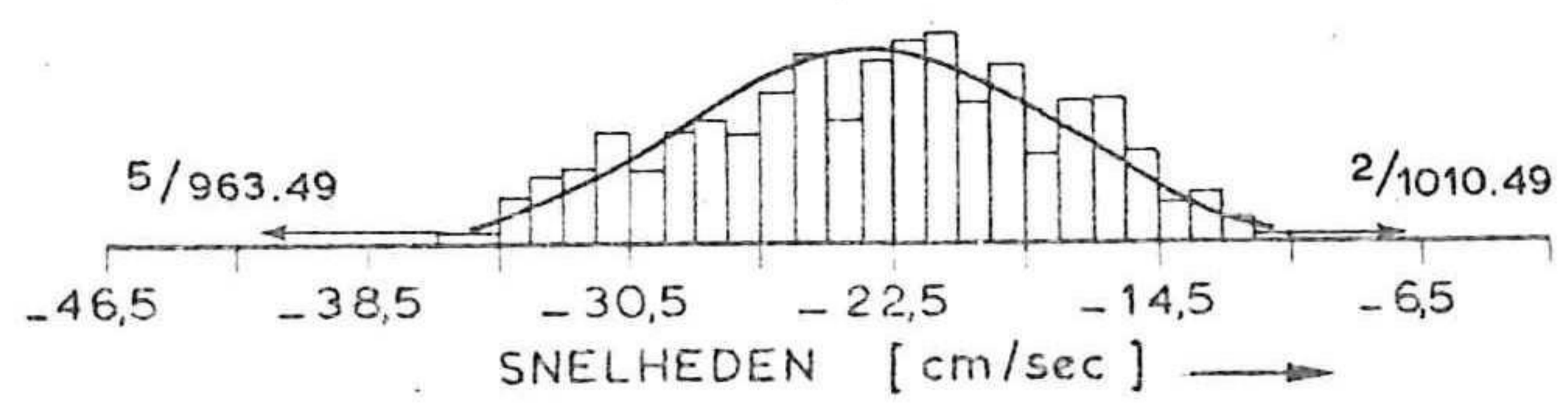
meetpaal: 3
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 694
 sigma: 13.49
 acc



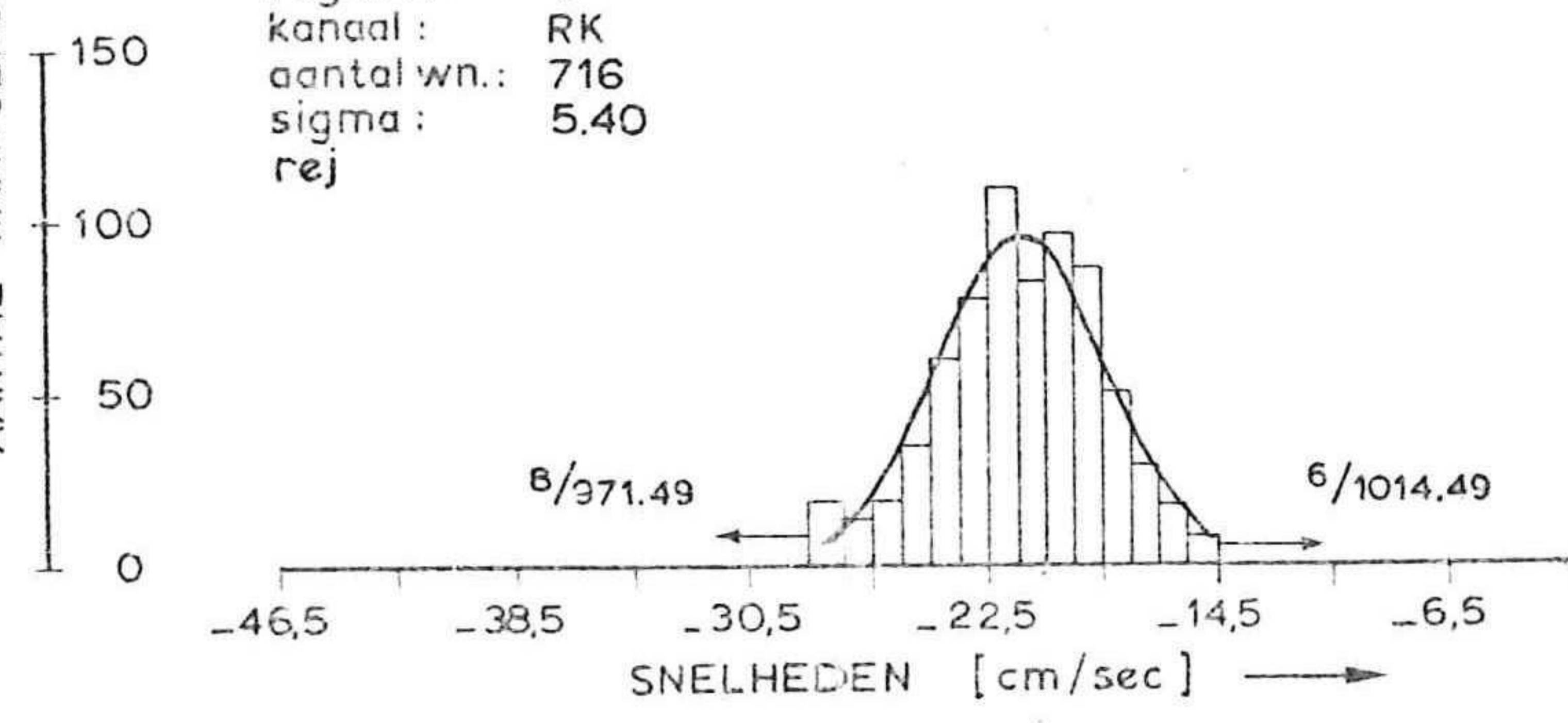
meetpaal: 3
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 700
 sigma: 11.94
 acc



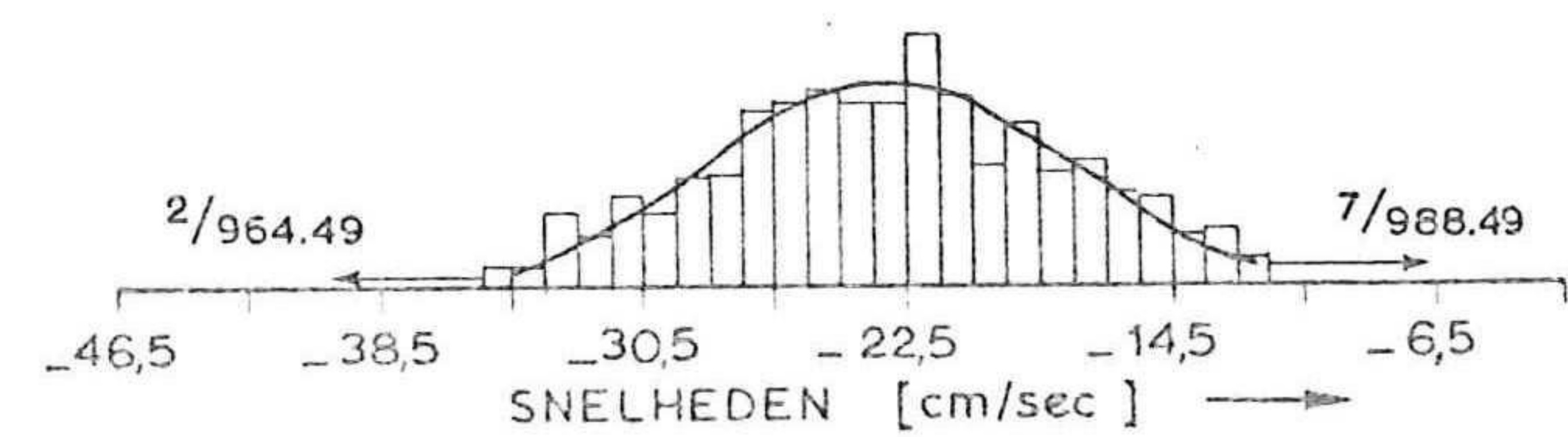
meetpaal: 2
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 716
 sigma: 9.89
 rej



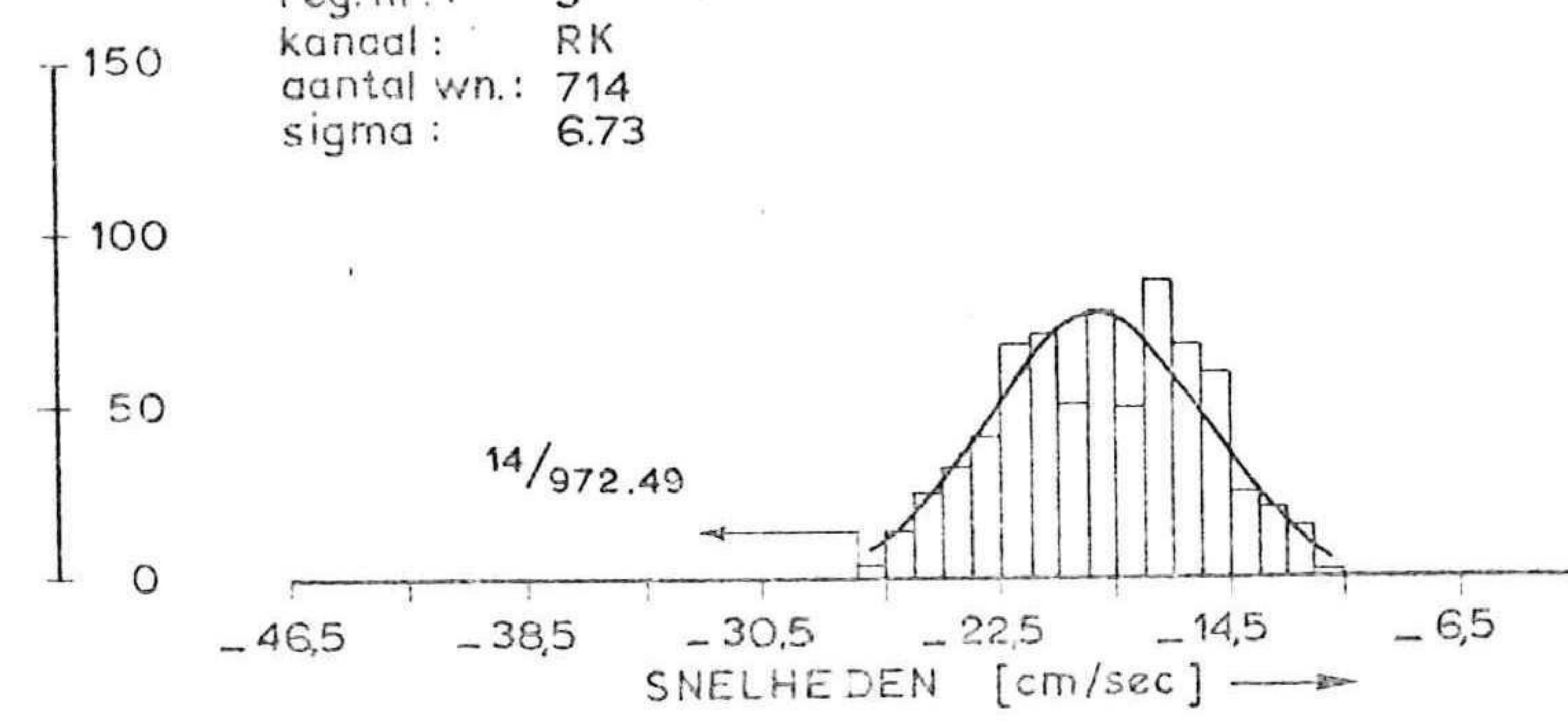
meetpaal: 2
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 716
 sigma: 5.40
 rej



meetpaal: 2
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 706
 sigma: 9.21
 acc



meetpaal: 2
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 714
 sigma: 6.73

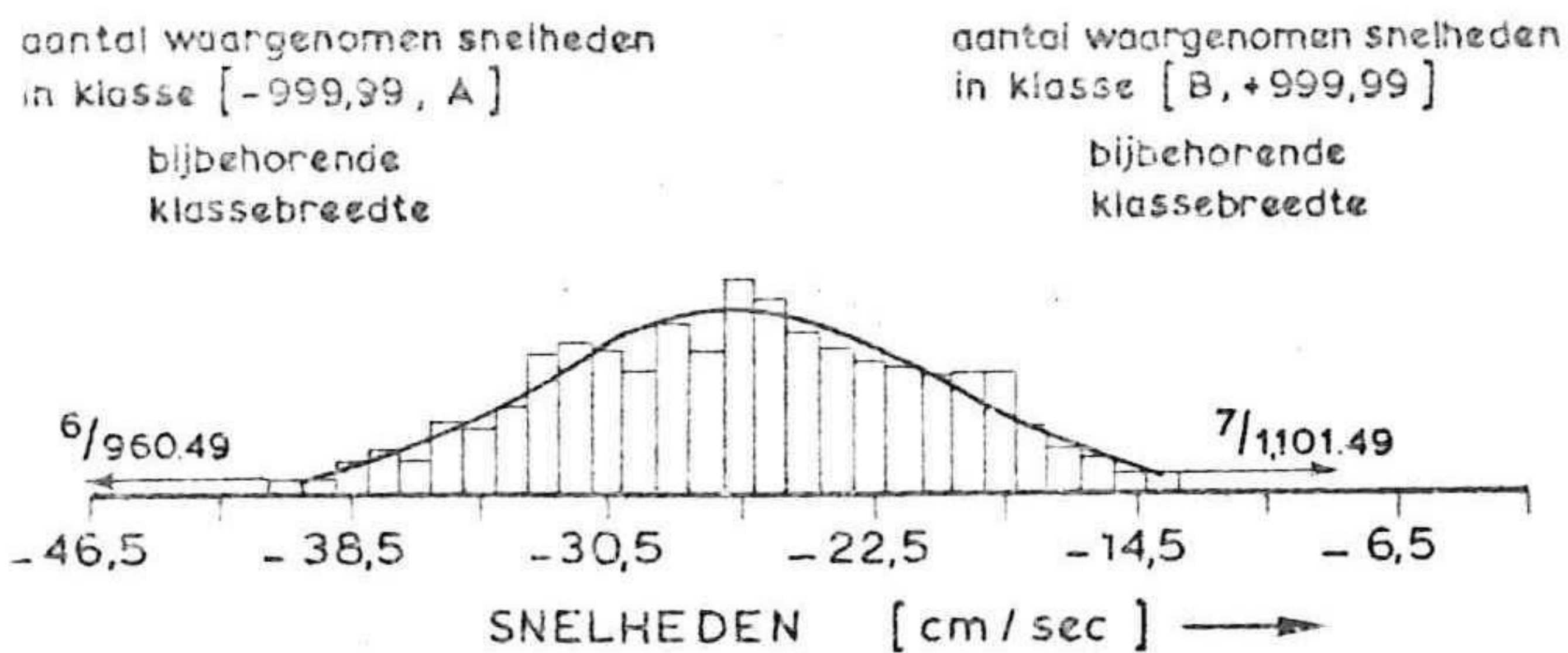


rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde
 DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE
 METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPEL $\alpha = 0,05$

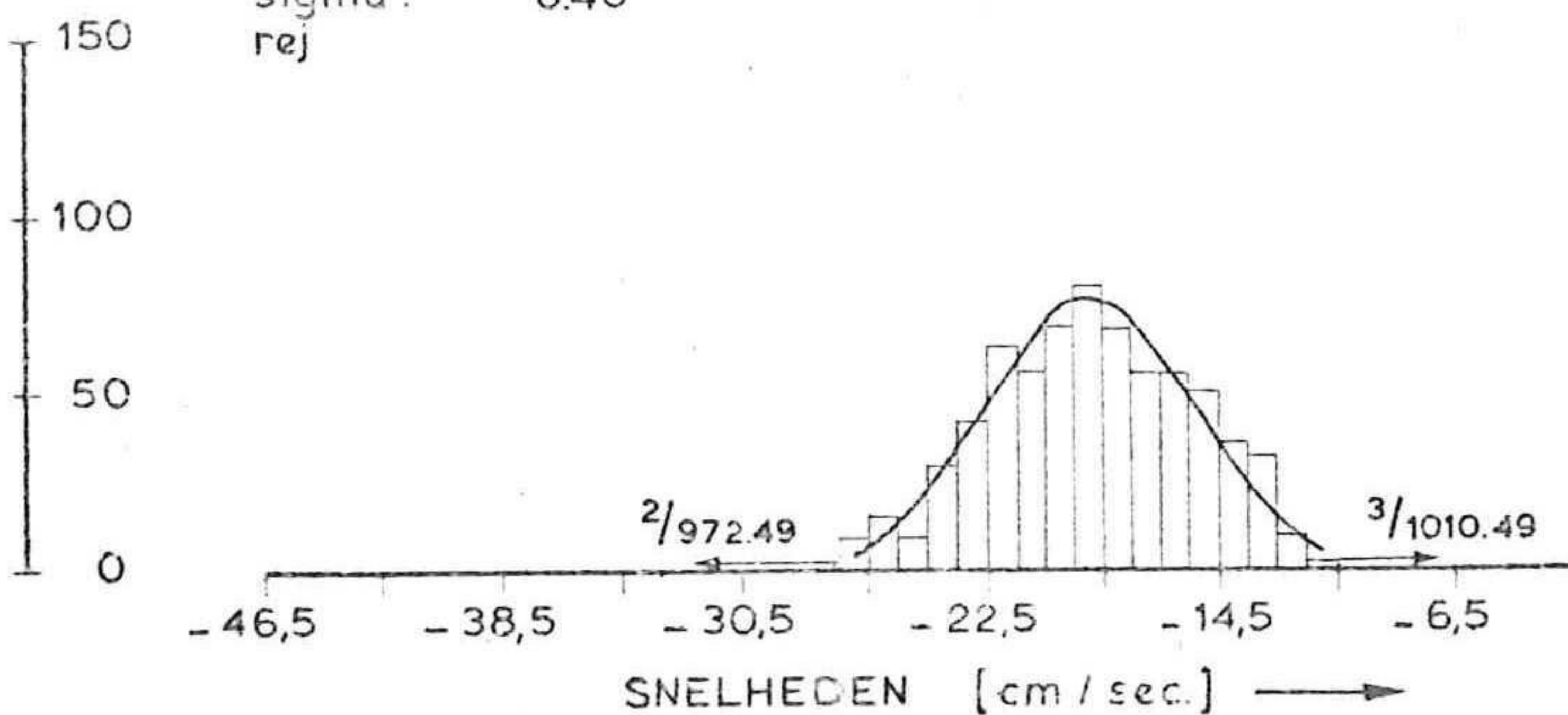
getekend	accoord	projectcode
MW		K 7702000
nota w.	bijlage 12b	
din A3	nr. 79W0384	

rej : nulhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc : nulhypothese wordt
 aangenomen bij $\alpha = 0,05$

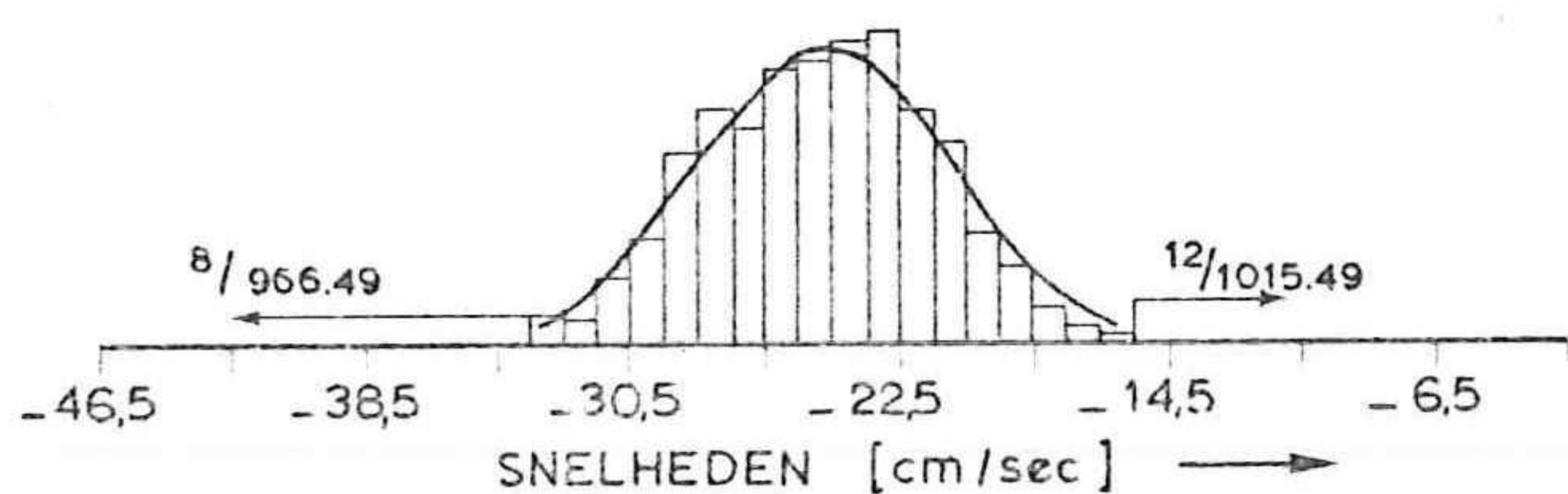
meetpaal: 2
 reg.nr.: 2
 kanaal: LK
 aantal wn.: 716
 sigma: 10.67
 acc



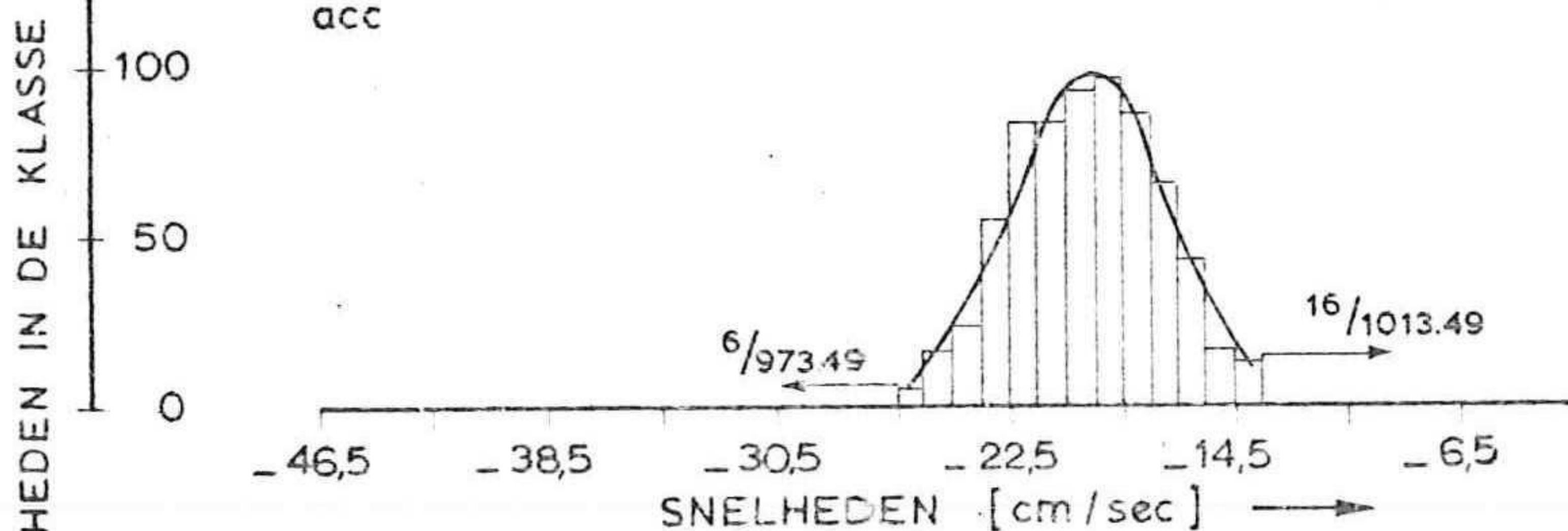
meetpaal: 2
 reg.nr.: 2
 kanaal: RK
 aantal wn.: 693
 sigma: 6.46
 rej



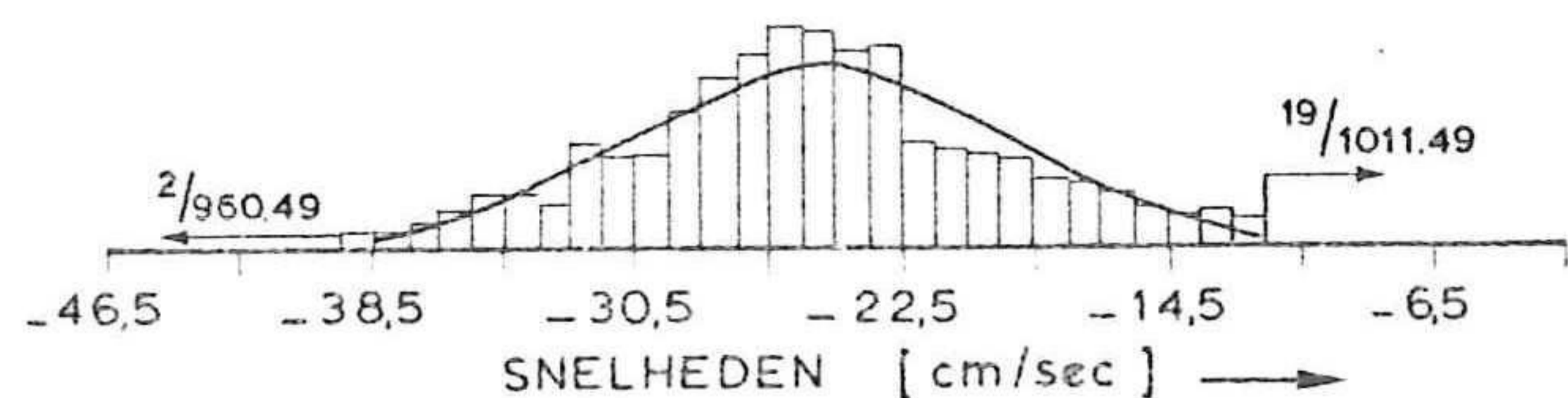
meetpaal: 3
 reg.nr.: 5
 kanaal: LK
 aantal wn.: 712
 sigma: 6.53
 rej



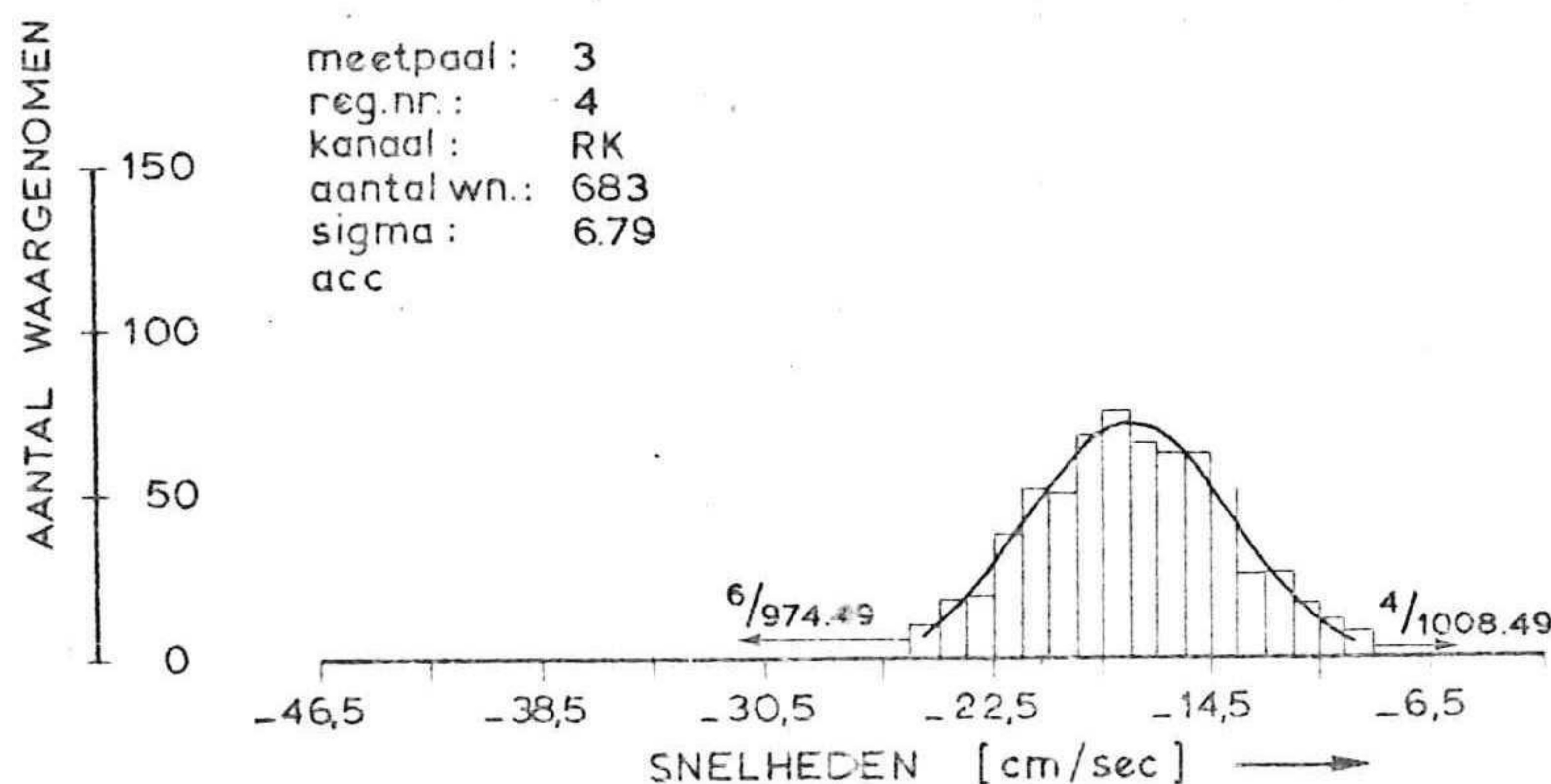
meetpaal: 3
 reg.nr.: 5
 kanaal: RK
 aantal wn.: 701
 sigma: 5.13
 acc



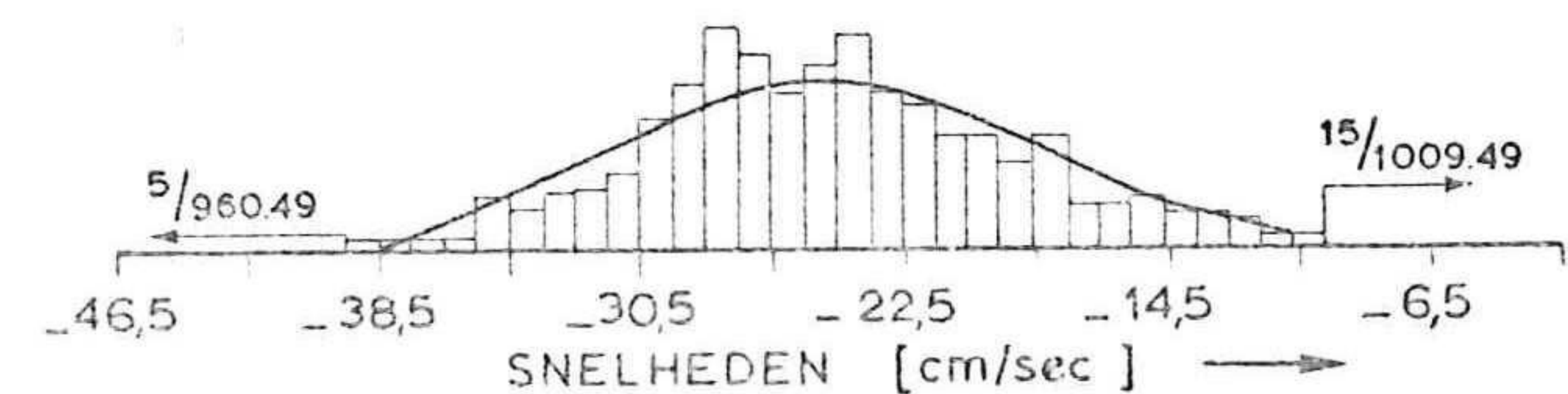
meetpaal: 3
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 689
 sigma: 10.70
 rej



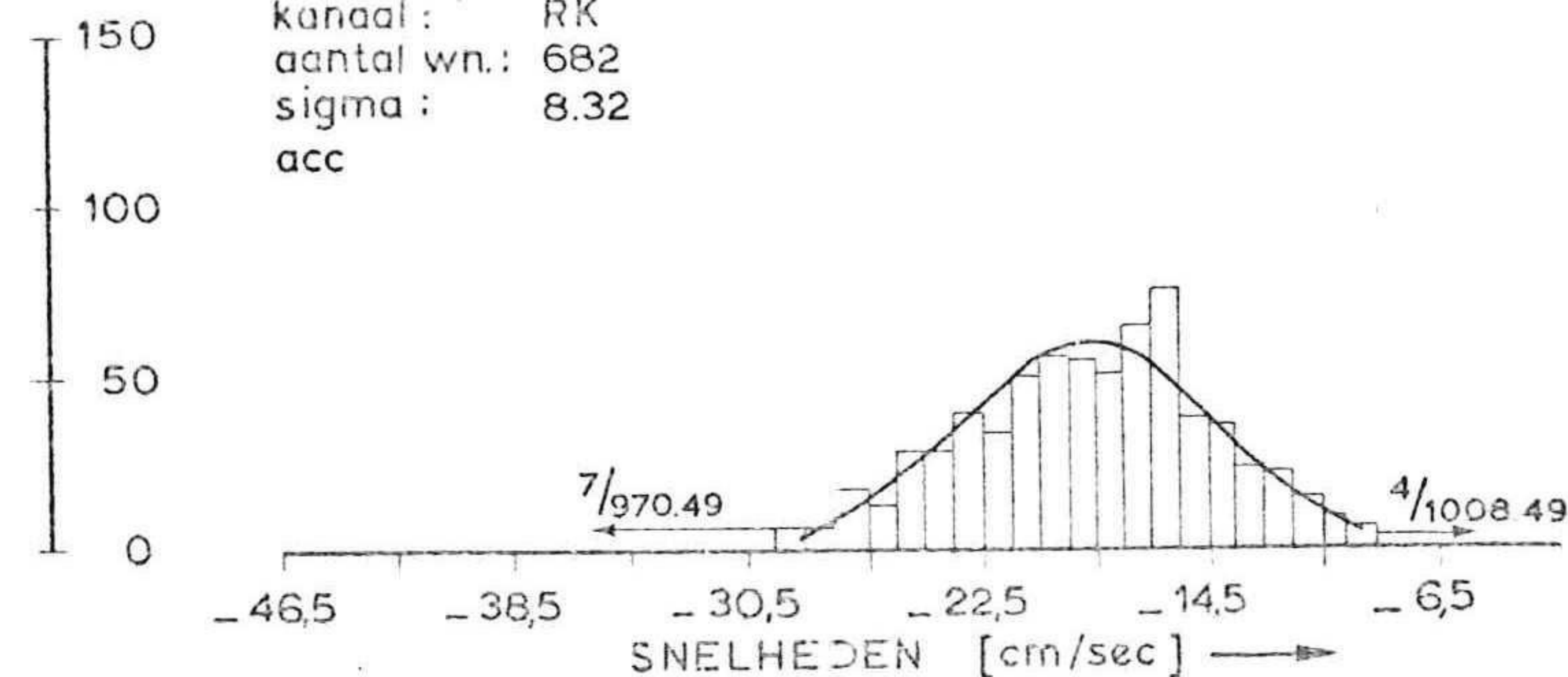
meetpaal: 3
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 683
 sigma: 6.79
 acc



meetpaal: 3
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 692
 sigma: 11.07
 rej



meetpaal: 3
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 682
 sigma: 8.32
 acc



rijkswaterstaat

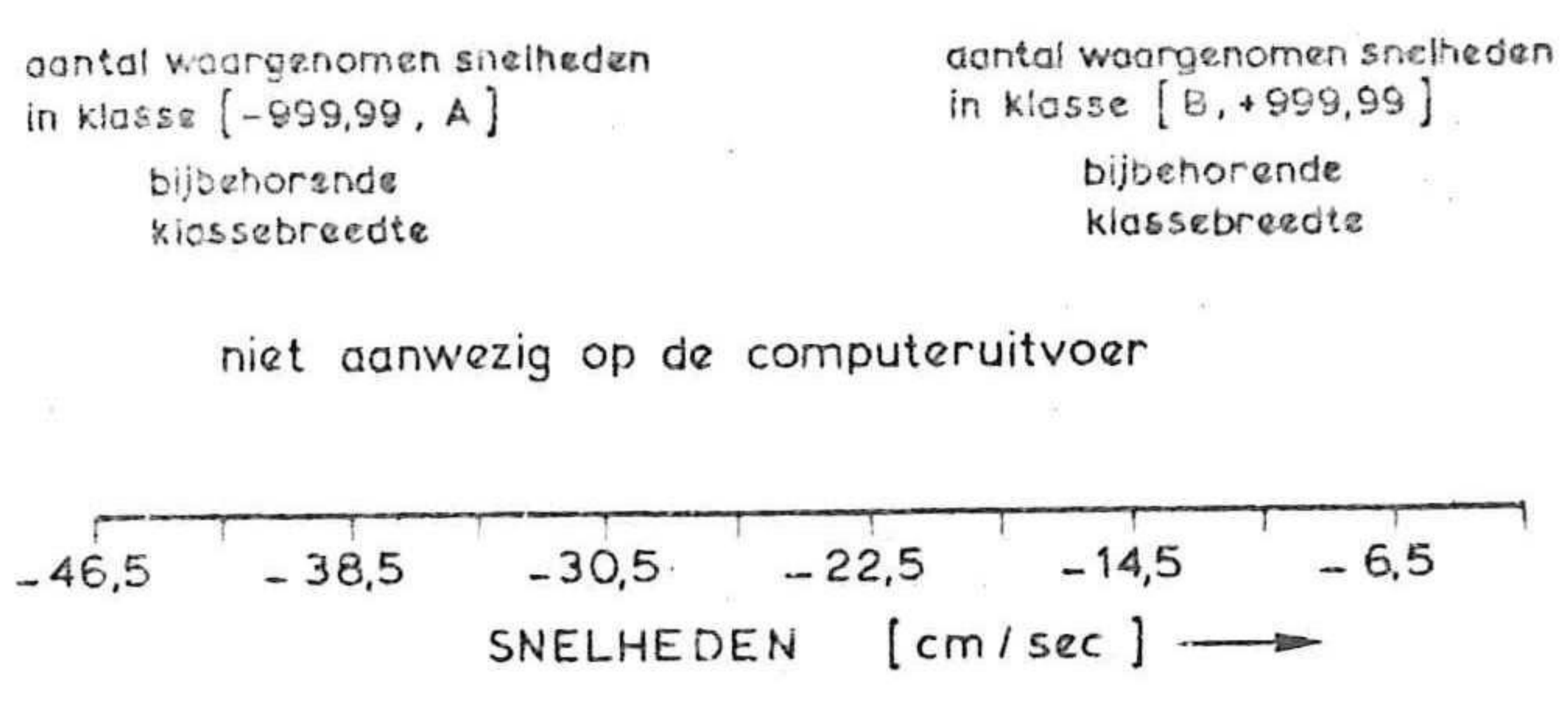
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPSEL $\alpha = 0,05$

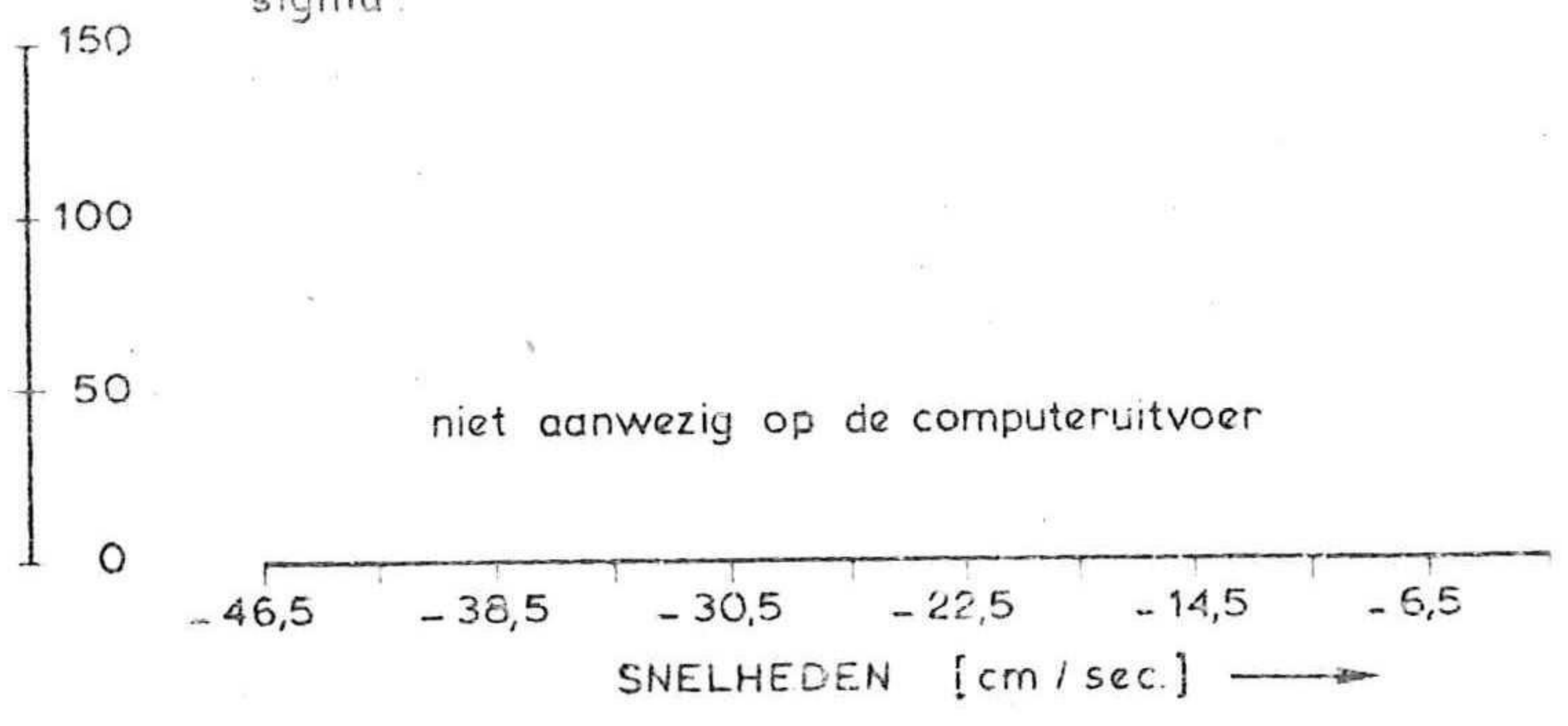
getekend	accorda	projectcode:
		K7702000
nota w-	bijlage 12c	
din A3	nr 79W0385	

rej : nulhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc : nulhypothese wordt
 aangenomen bij $\alpha = 0,05$

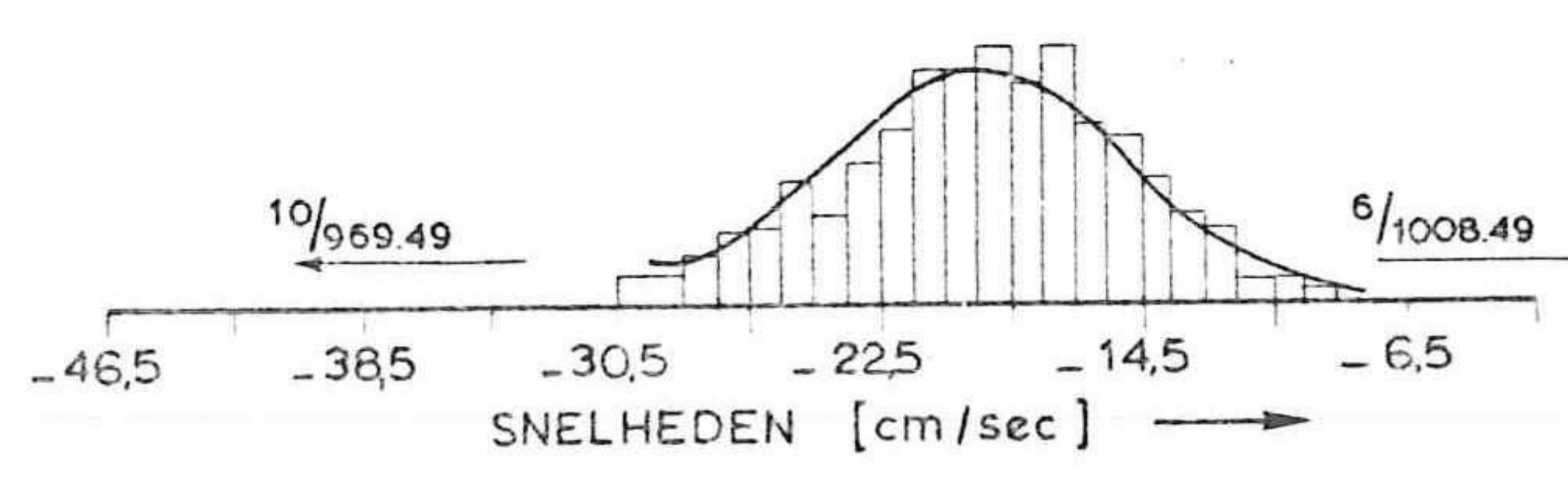
meetpaal: 3
 reg.nr.: 2
 kanaal: LK
 aantal wn.:
 sigma:



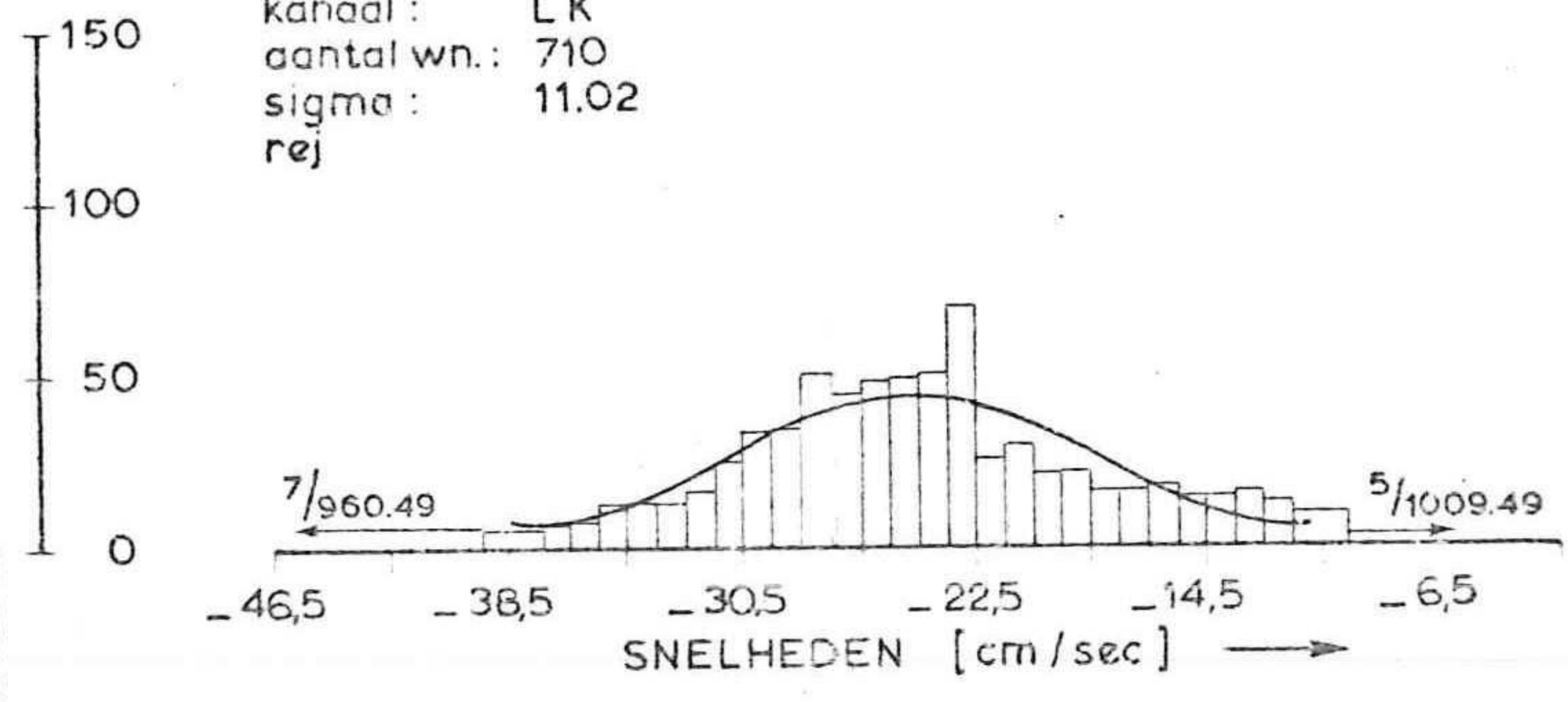
meetpaal: 3
 reg.nr.: 2
 kanaal: RK
 aantal wn.:
 sigma:



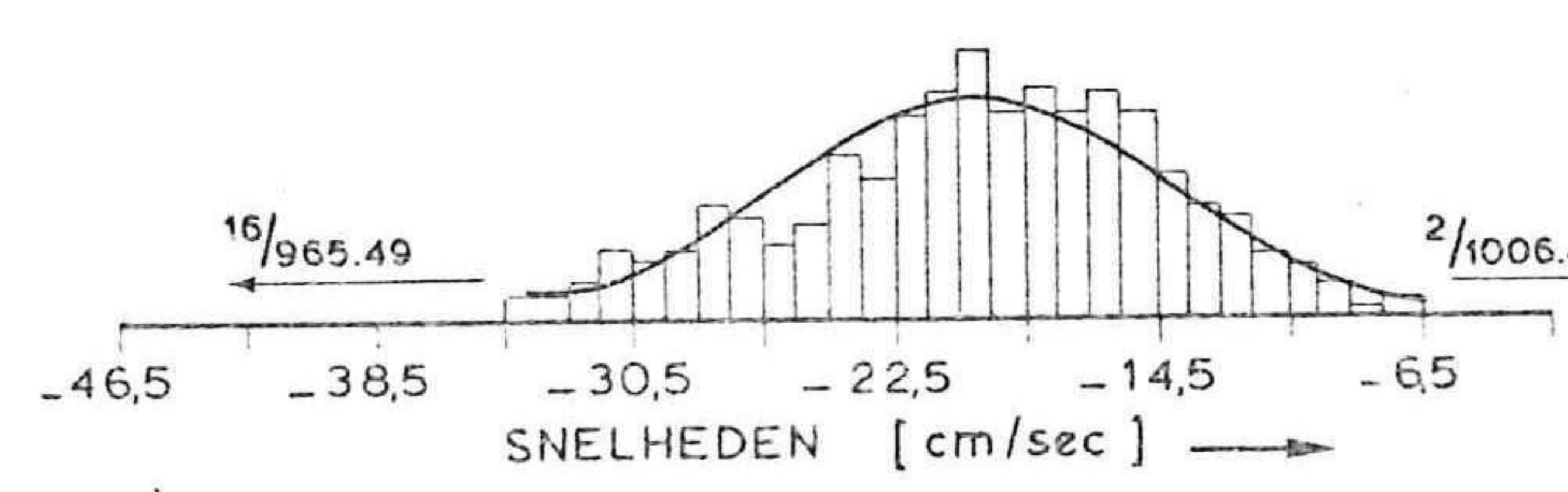
meetpaal: 4
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 710
 sigma: 11.02
 acc



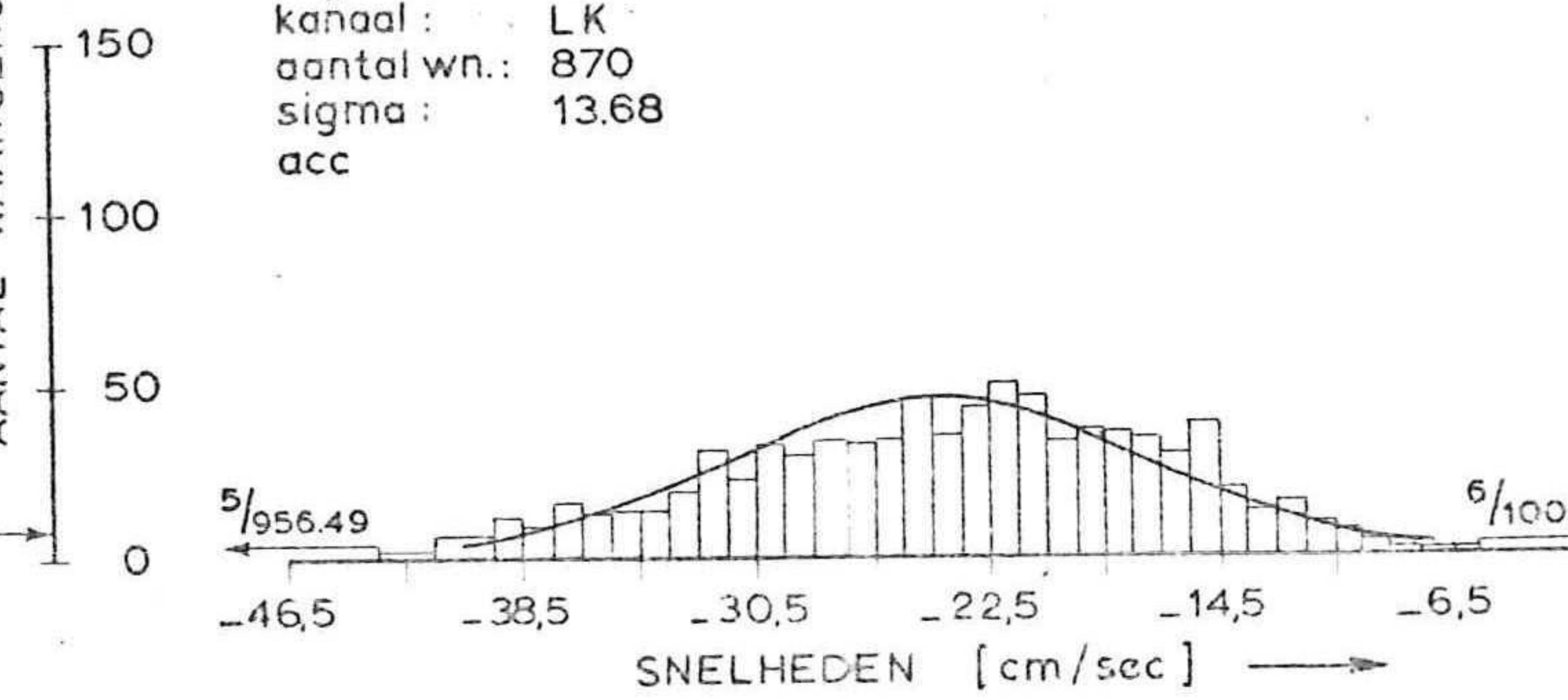
meetpaal: 4
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 710
 sigma: 11.02
 rej



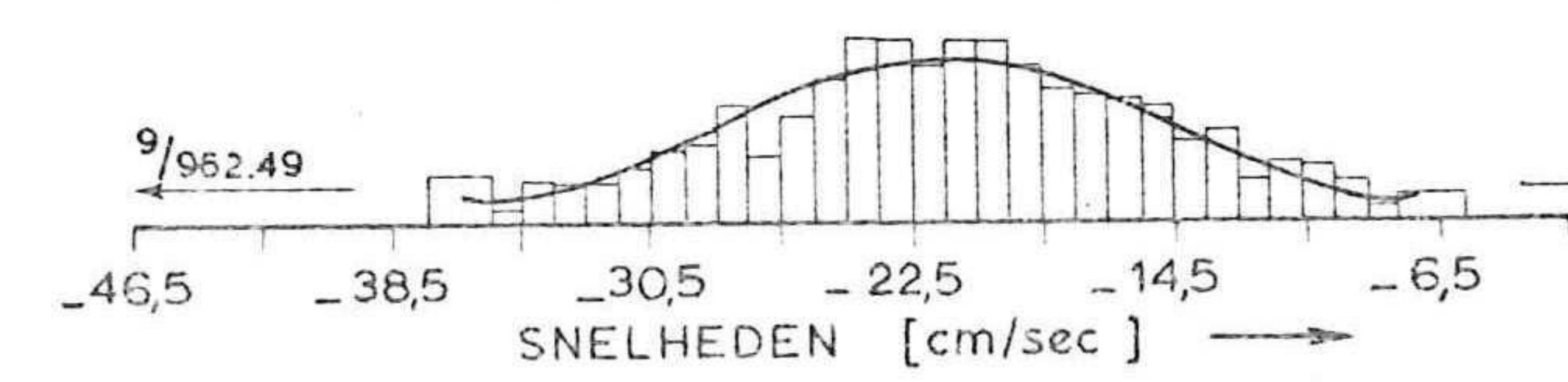
meetpaal: 4
 reg.nr.: 2
 kanaal: RK
 aantal wn.: 863
 sigma: 10.83
 rej



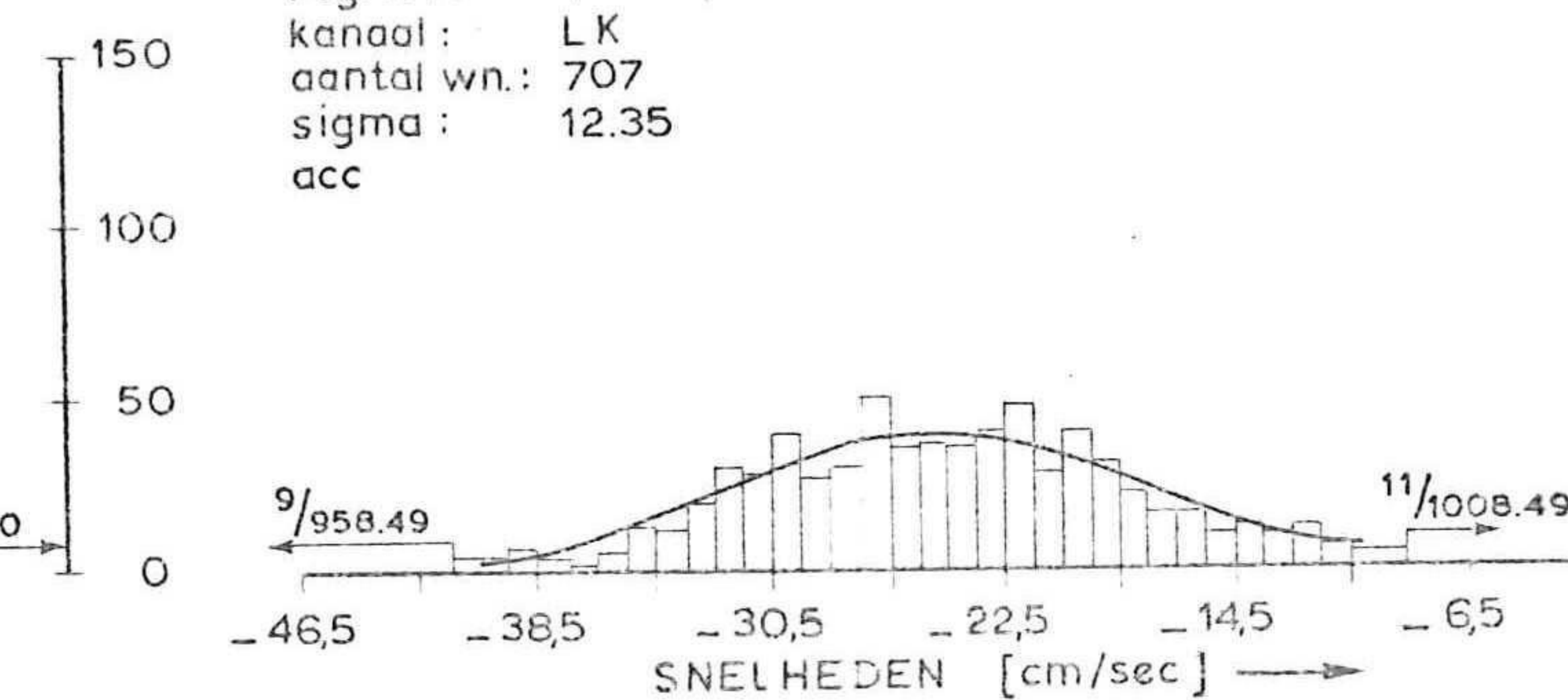
meetpaal: 4
 reg.nr.: 2
 kanaal: LK
 aantal wn.: 870
 sigma: 13.68
 acc



meetpaal: 4
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 707
 sigma: 12.12
 acc



meetpaal: 4
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 707
 sigma: 12.35
 acc



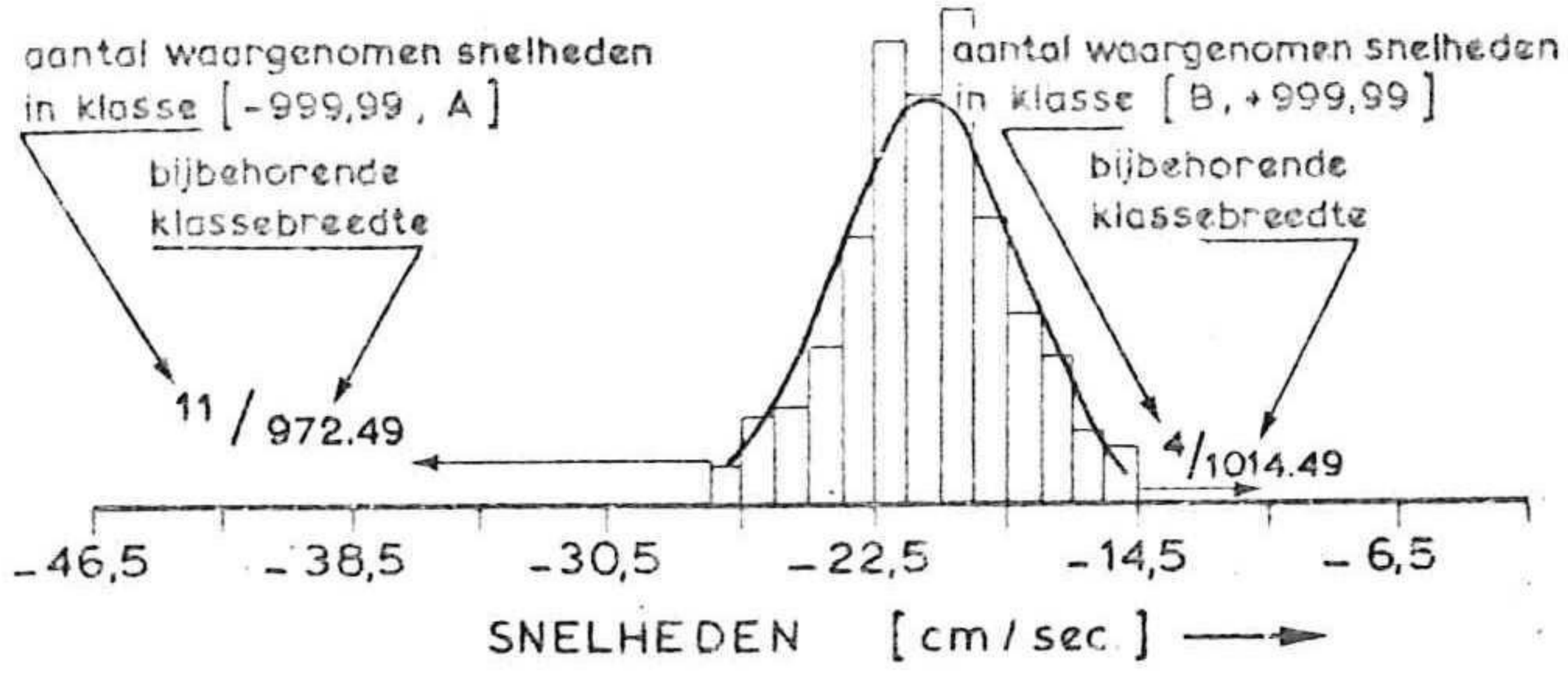
rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofddeling waterloopkunde

DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE
 METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPEL $\alpha = 0,05$

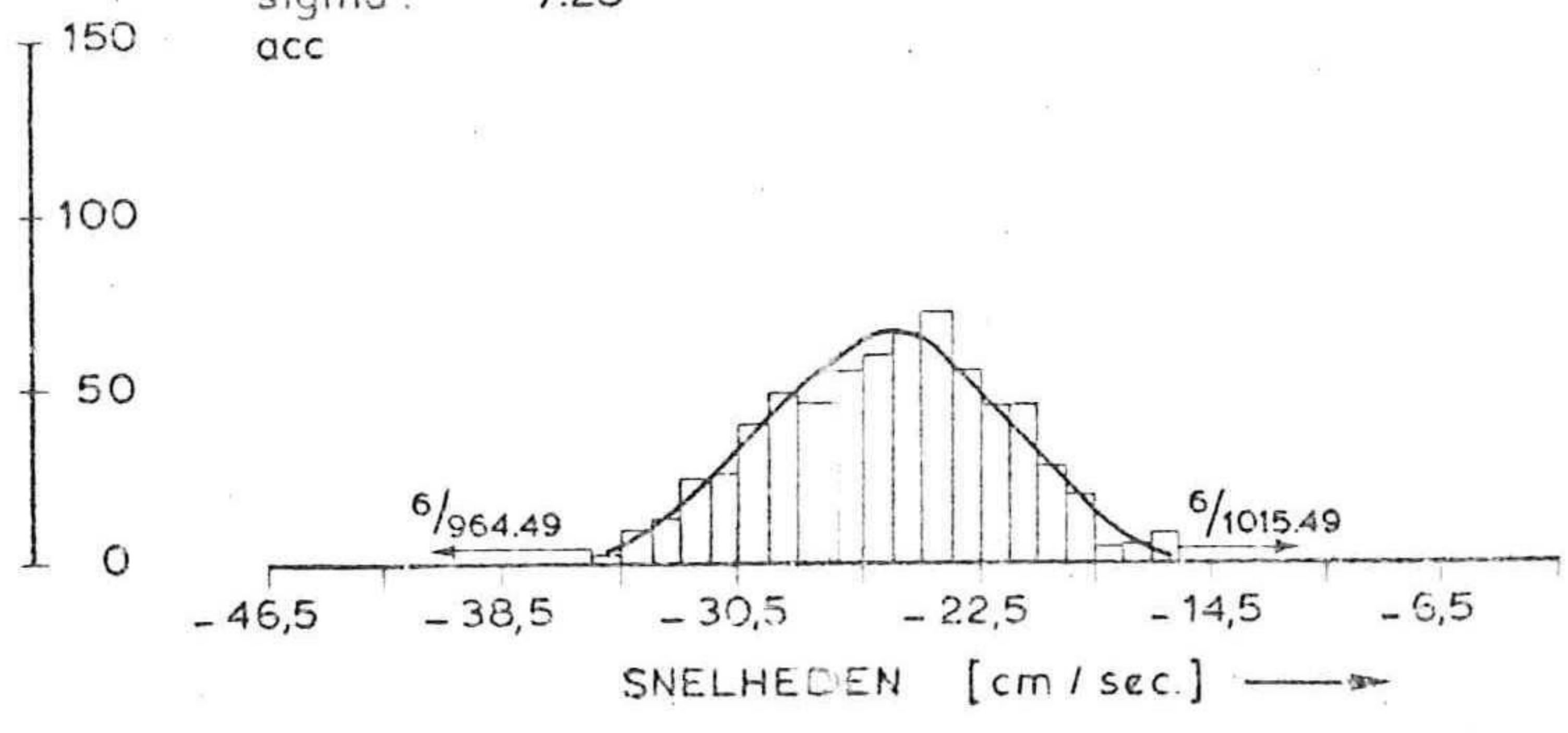
getekend	accoord	projectcode K 7702000
nota w -		bijlage 12 d
din A3	nr 79W0386	

rej: nulhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc: nulhypothese wordt
 aangenomen bij $\alpha = 0,05$

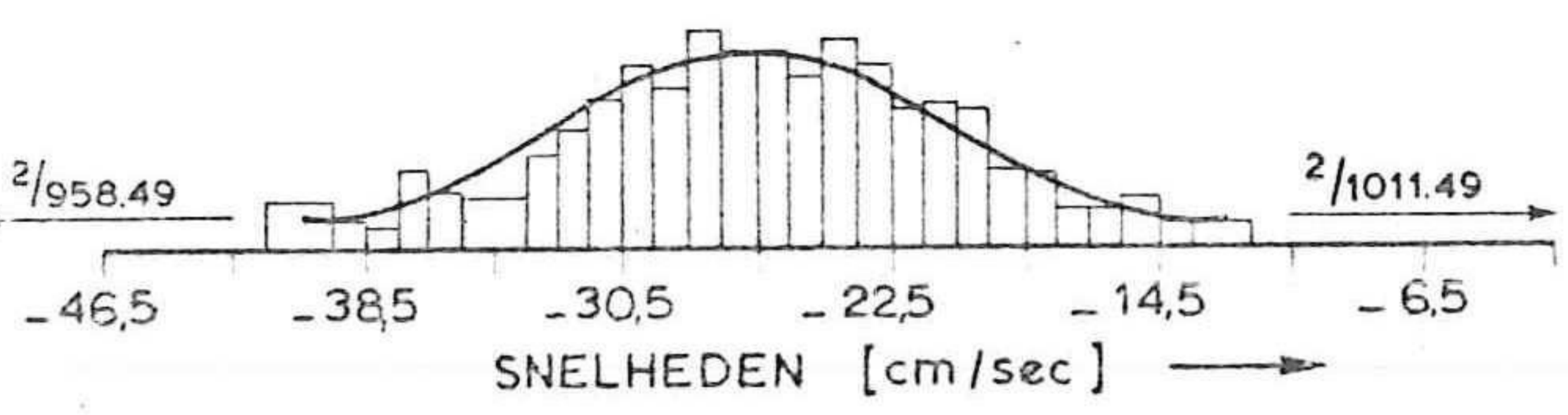
meetpaal: 3
 reg.nr.: 6
 kanaal: RK
 aantal wn.: 714
 sigma: 4.97
 rej



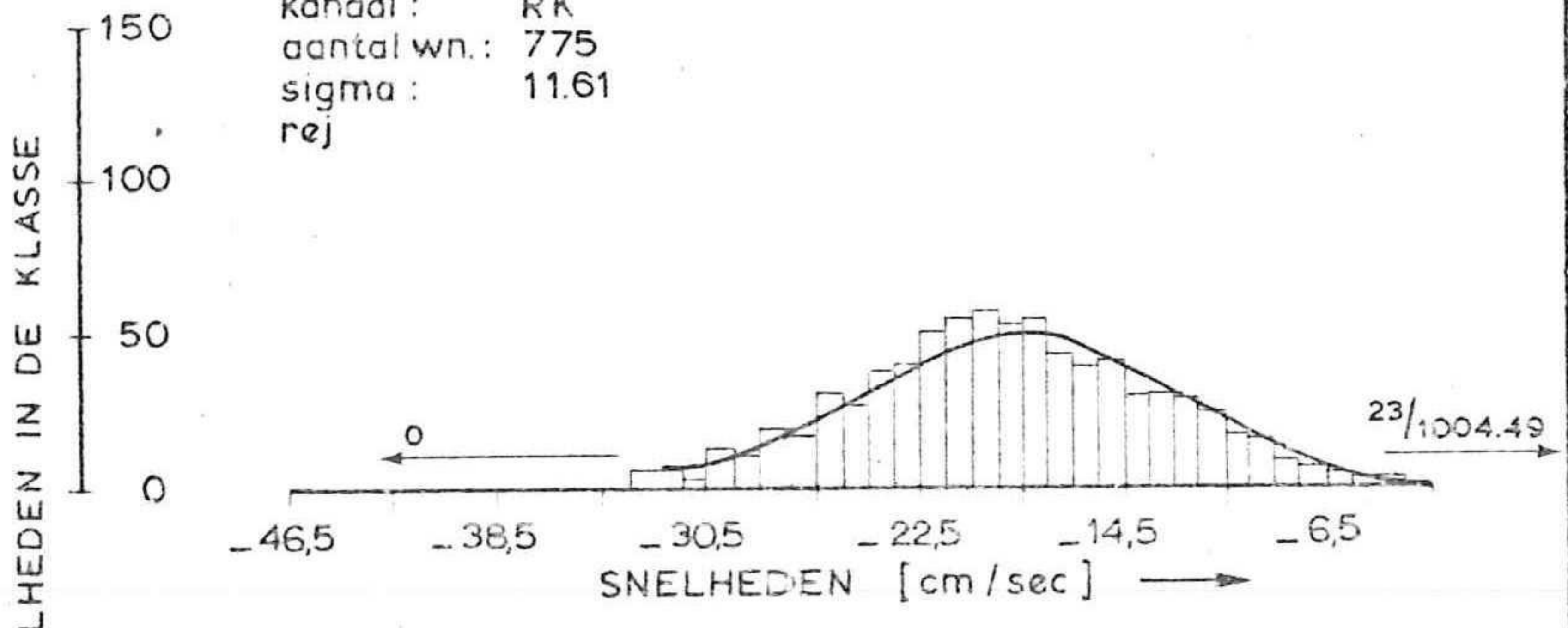
meetpaal: 3
 reg.nr.: 6
 kanaal: LK
 aantal wn.: 700
 sigma: 7.25
 acc



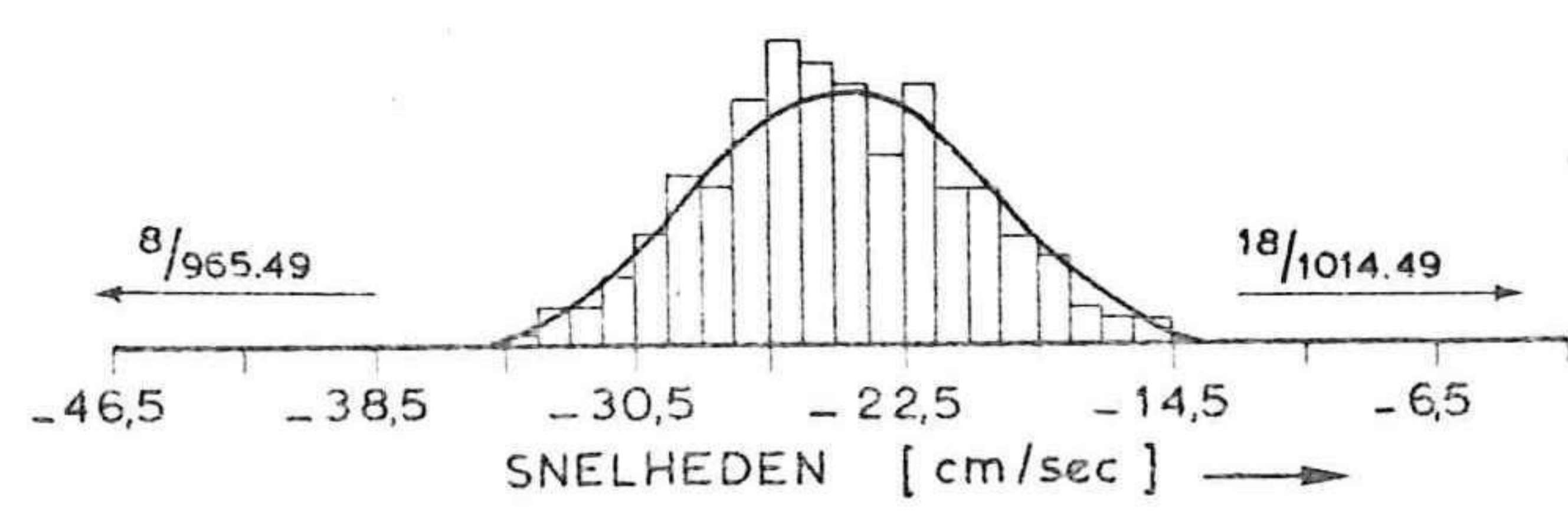
meetpaal: 5
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 765
 sigma: 10.85
 acc



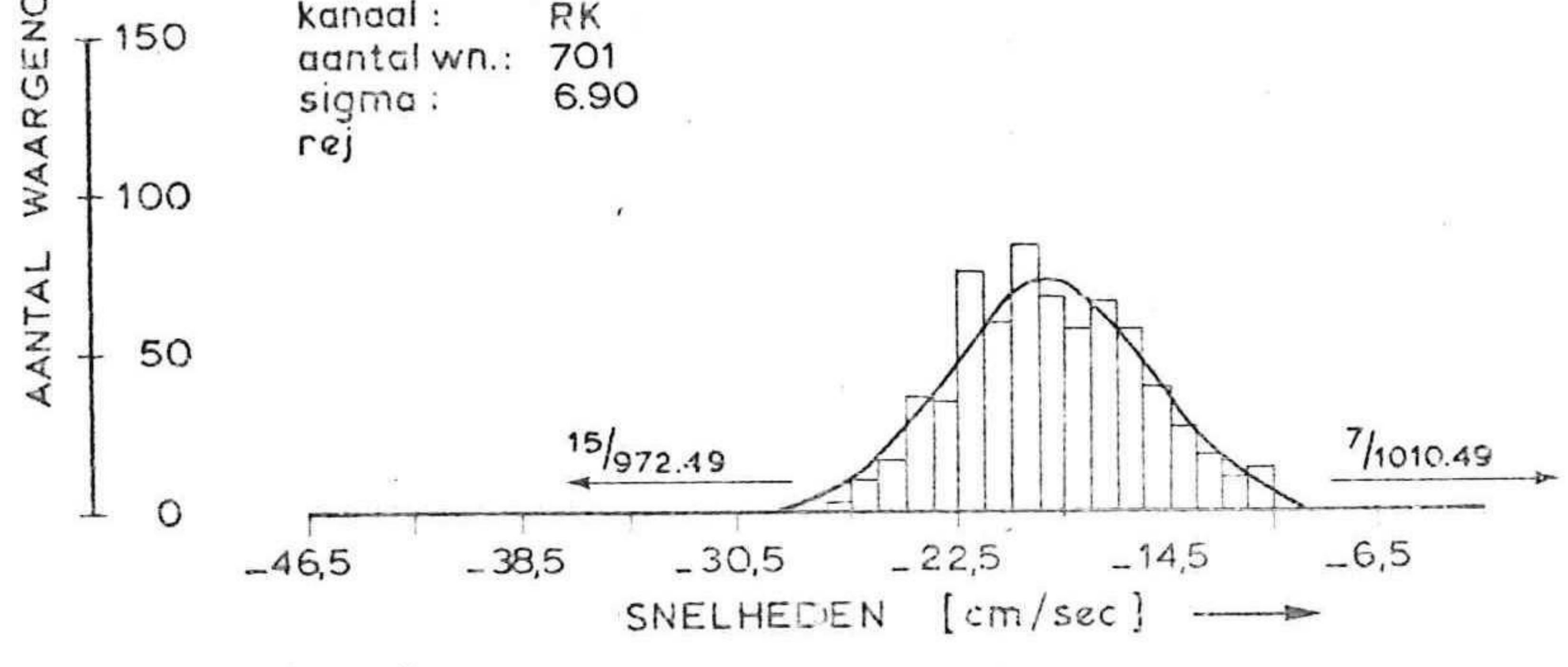
meetpaal: 5
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 775
 sigma: 11.61
 rej



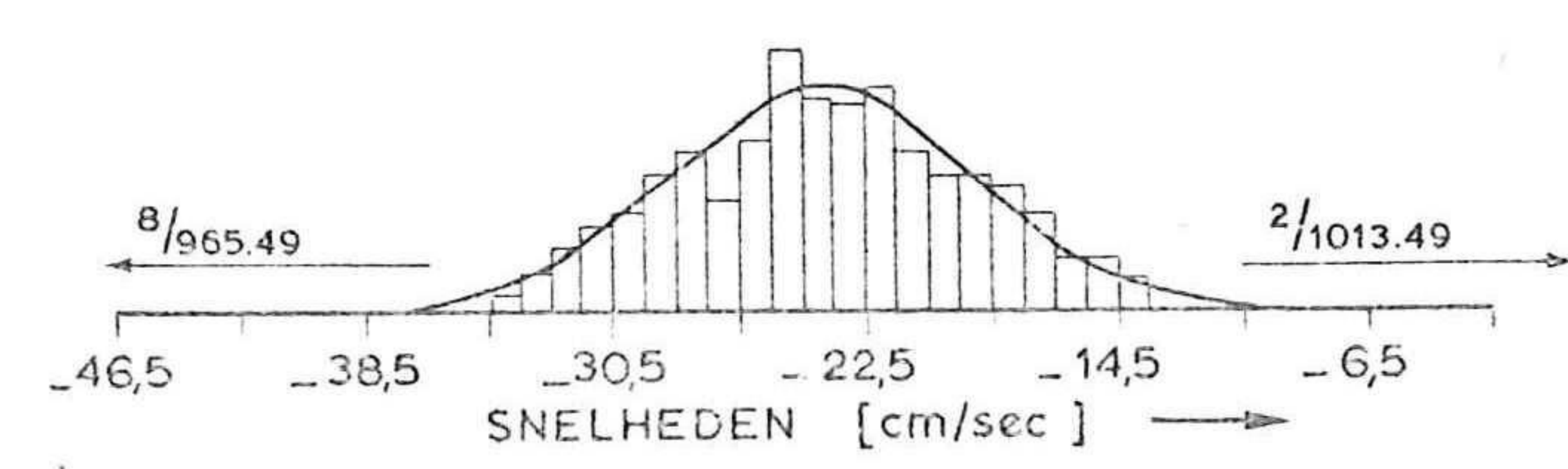
meetpaal: 4
 reg.nr.: 6
 kanaal: LK
 aantal wn.: 715
 sigma: 7.63
 rej



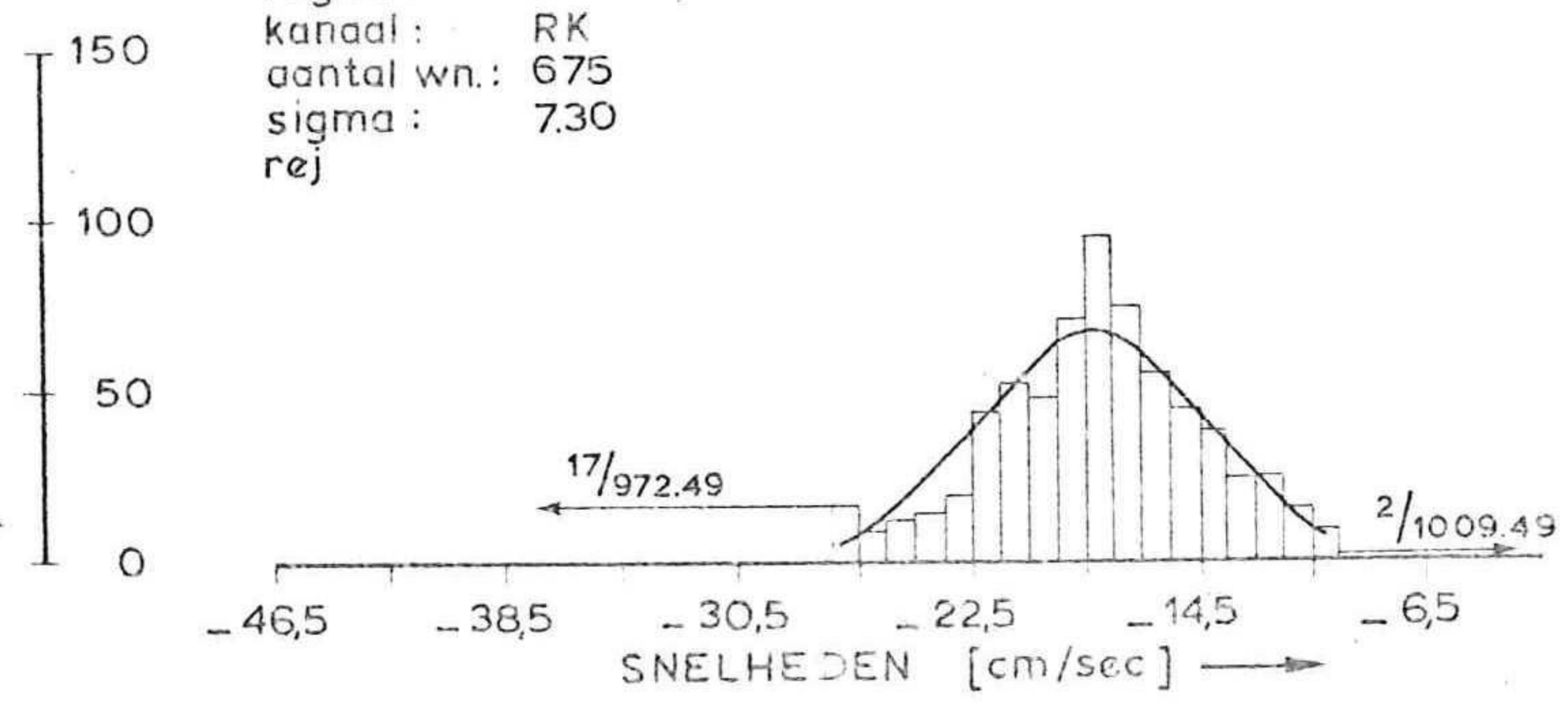
meetpaal: 4
 reg.nr.: 6
 kanaal: RK
 aantal wn.: 701
 sigma: 6.90
 rej



meetpaal: 4
 reg.nr.: 5
 kanaal: LK
 aantal wn.: 702
 sigma: 8.15
 acc



meetpaal: 4
 reg.nr.: 5
 kanaal: RK
 aantal wn.: 675
 sigma: 7.30
 rej

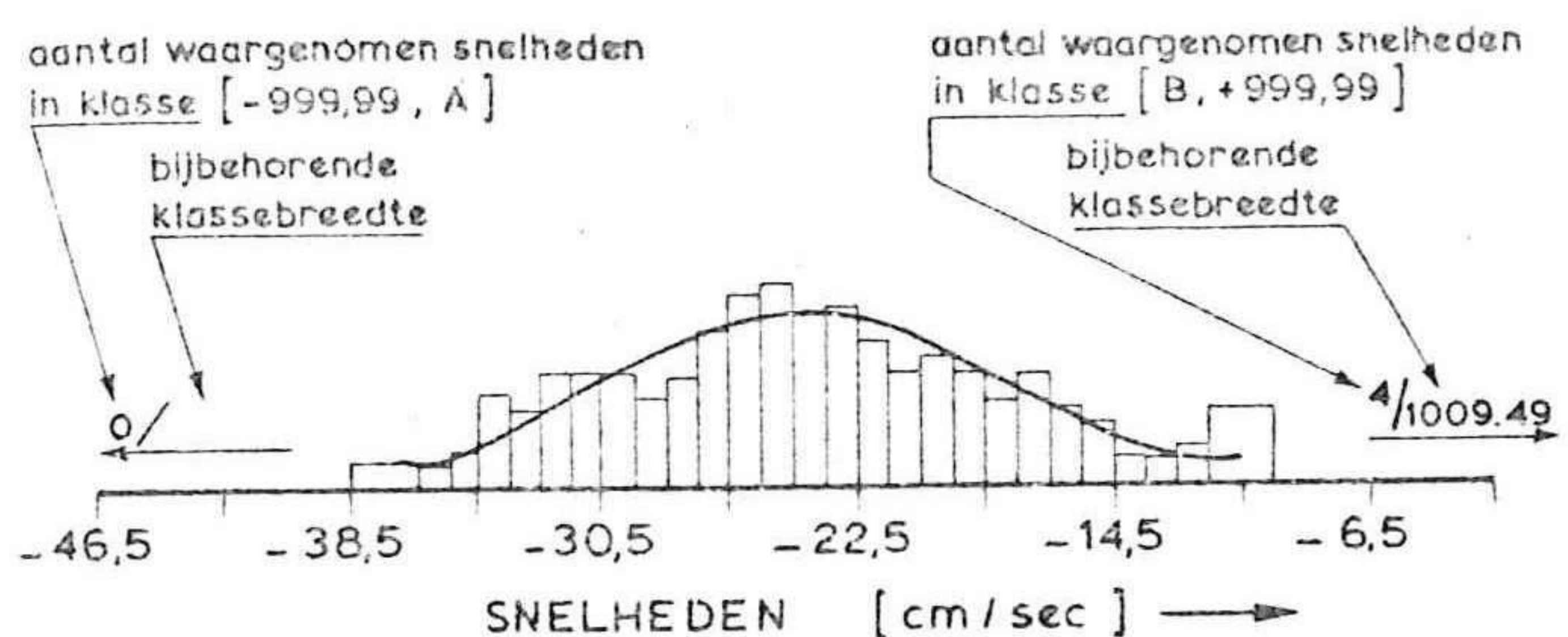


rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde
 DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE
 METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPEL $\alpha = 0,05$

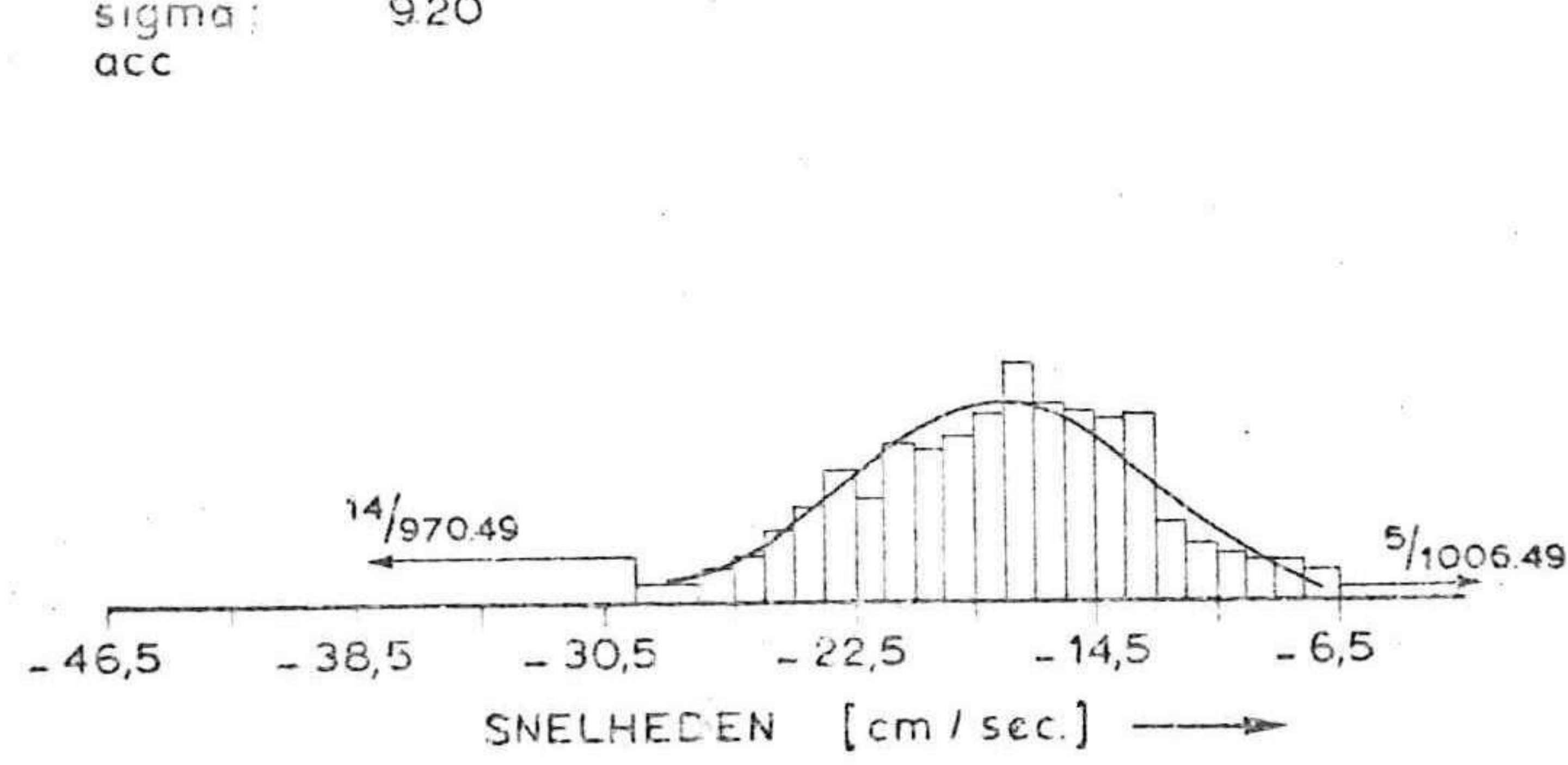
getekend	accoord	projectcode
		K 7702000
nota w.	bijlage 12e	
dia A3	nr 79W0387	

rej : nulhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc : nulhypothese wordt
 aangenomen bij $\alpha = 0,05$

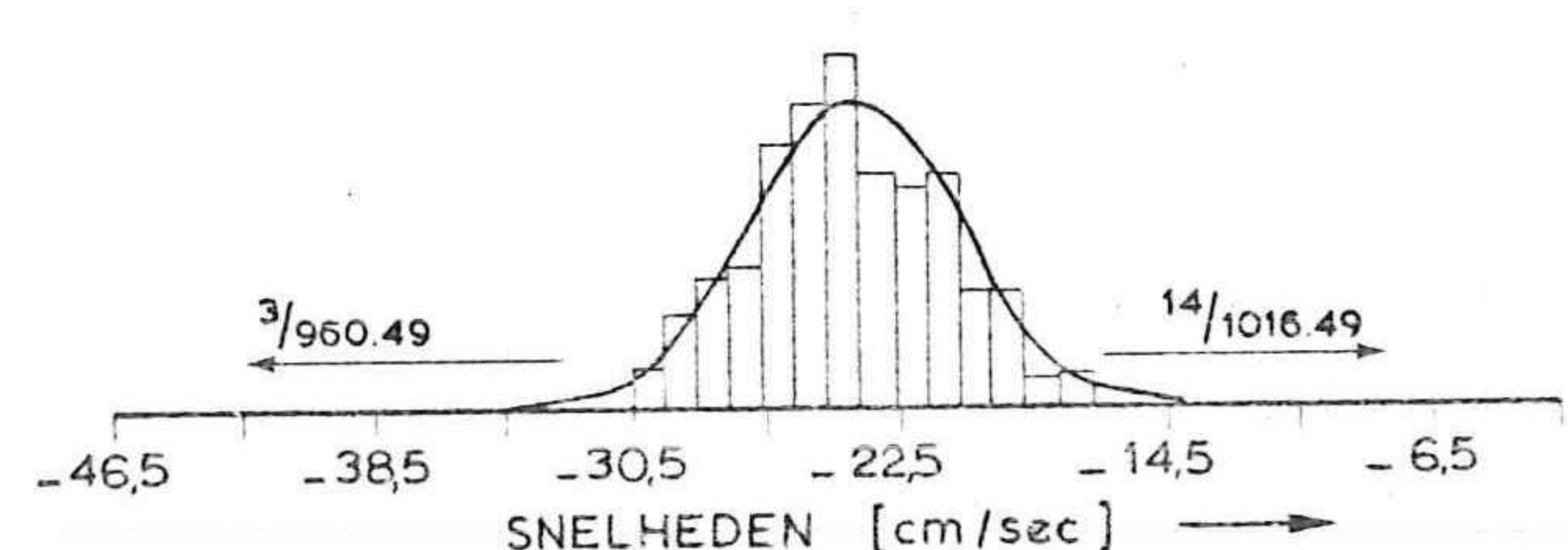
meetpaal: 4
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 714
 sigma: 10.74
 rej



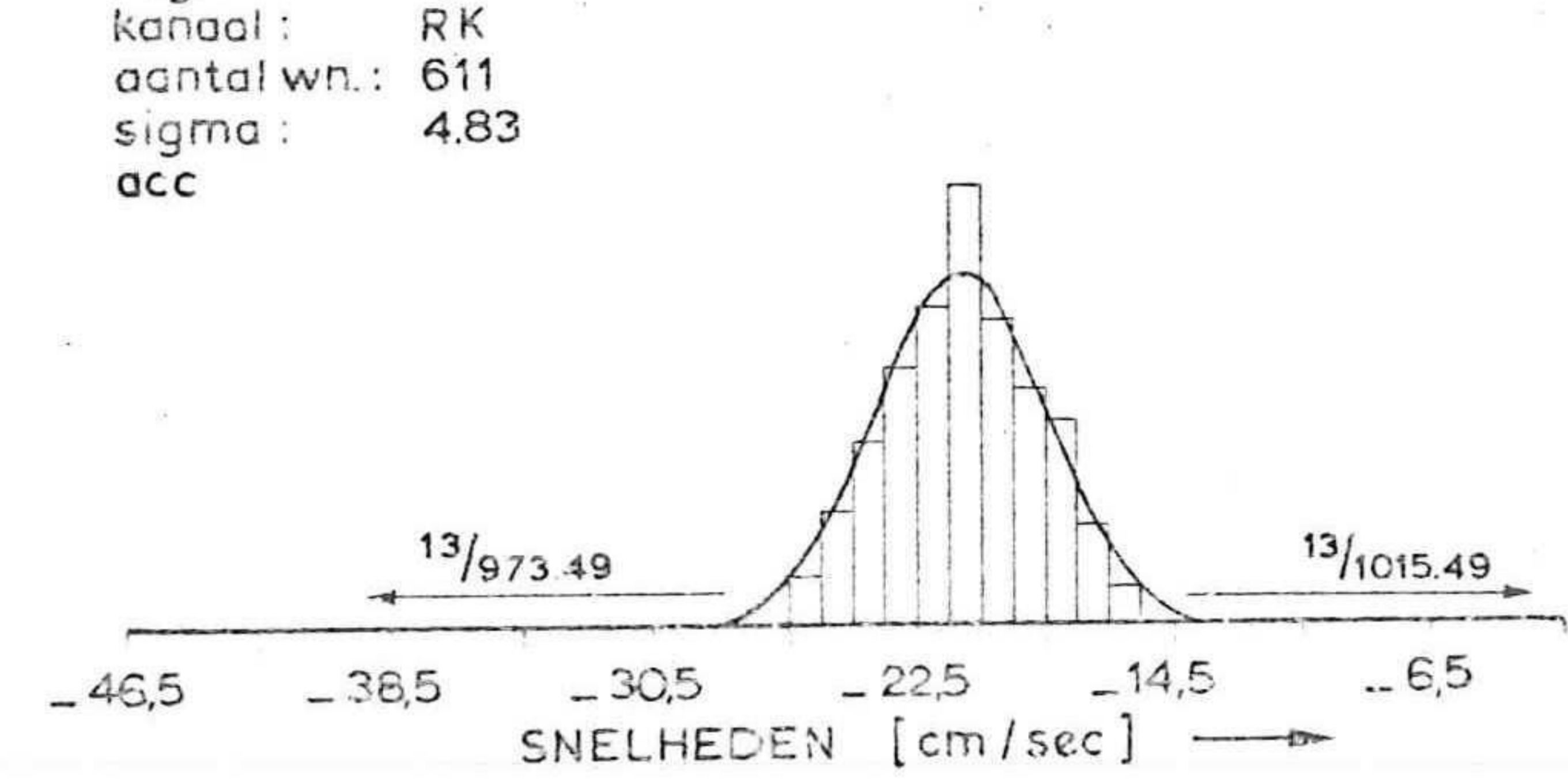
meetpaal: 4
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 710
 sigma: 9.20
 acc



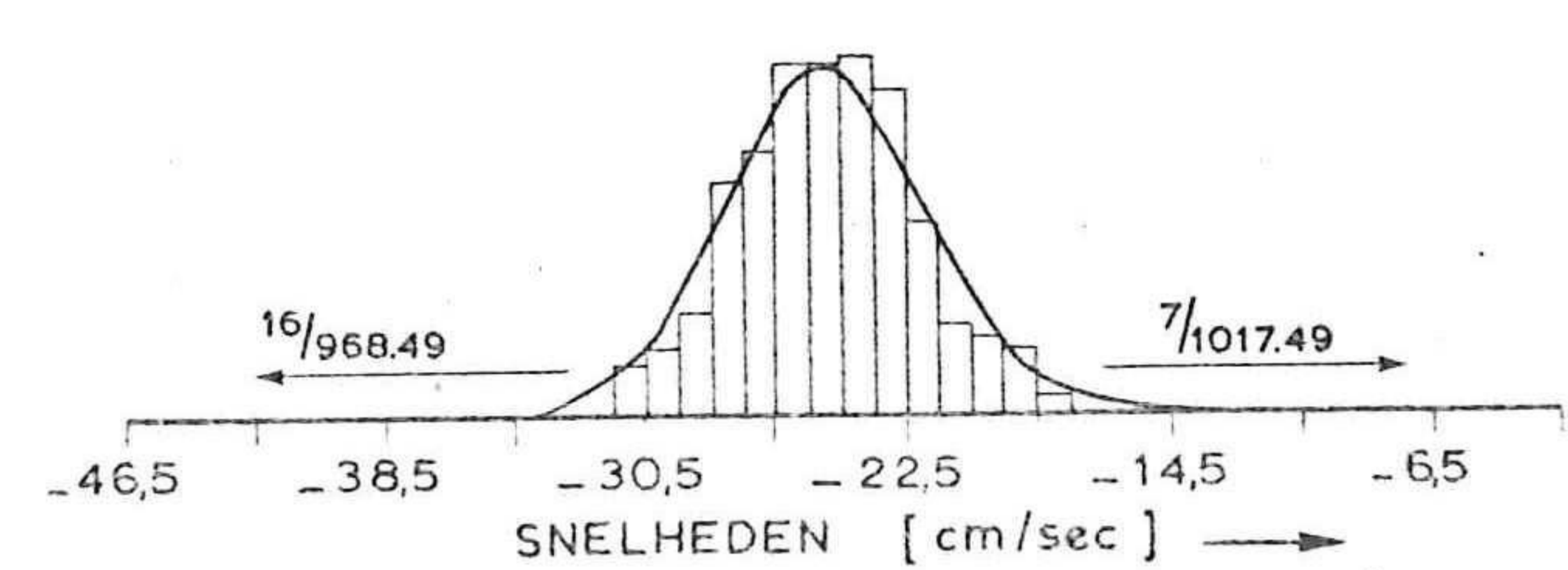
meetpaal: 5
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 607
 sigma: 5.43
 rej



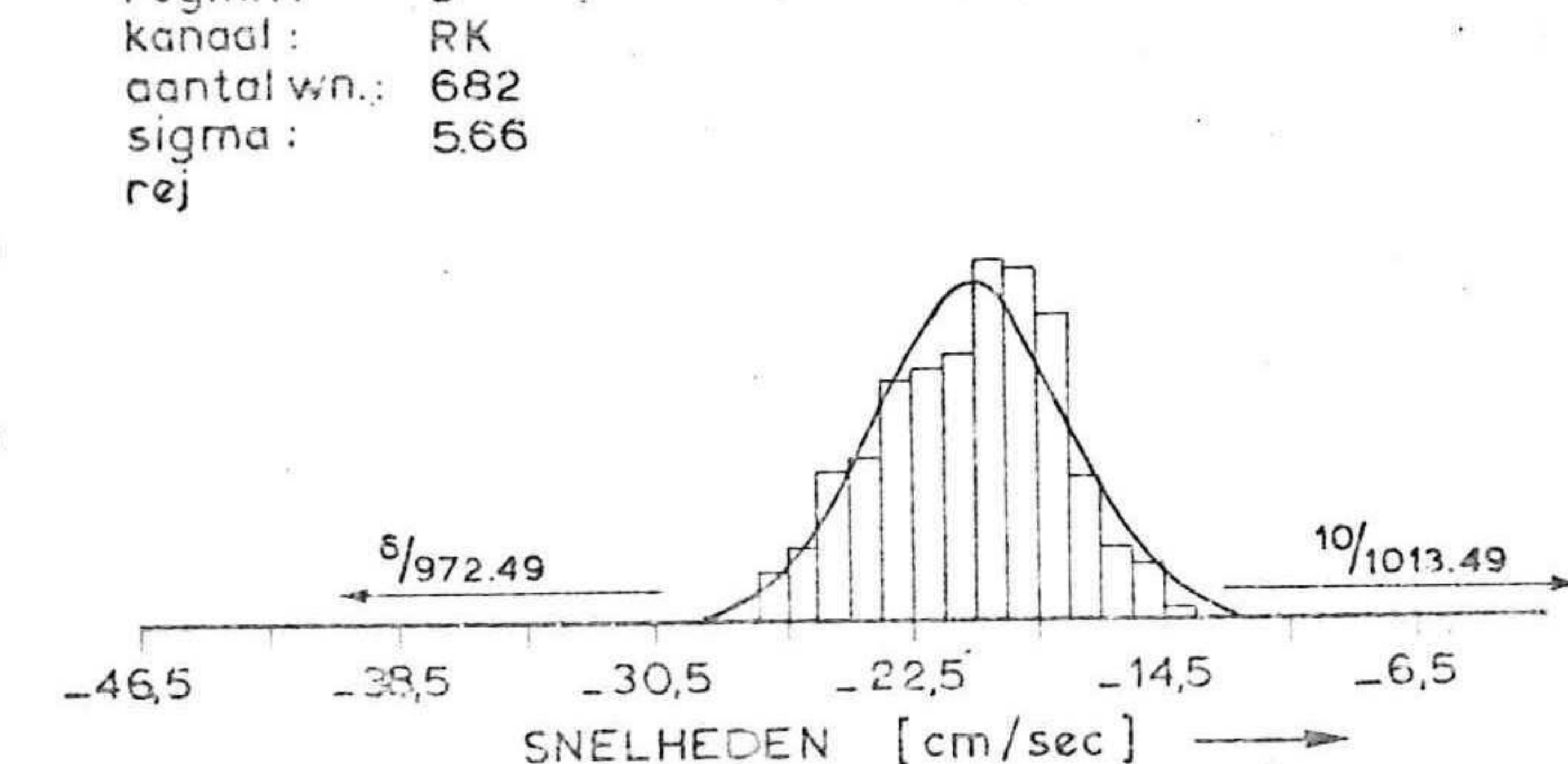
meetpaal: 5
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 611
 sigma: 4.83
 acc



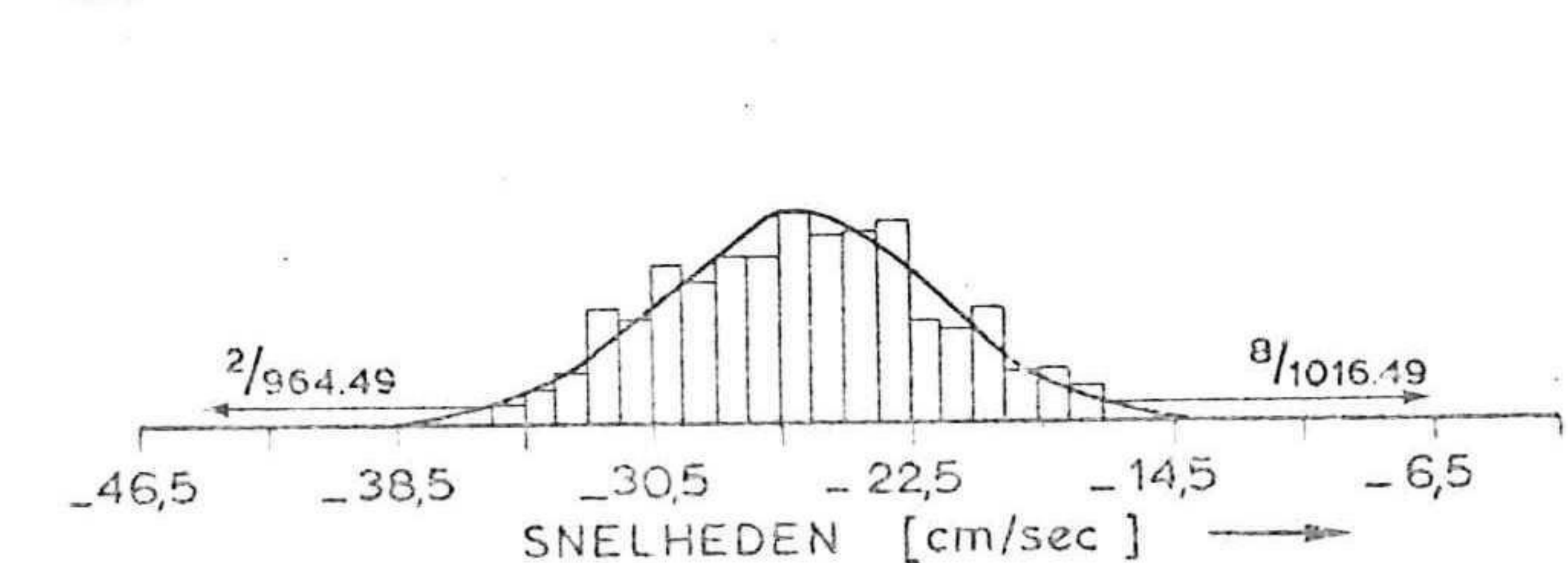
meetpaal: 5
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 678
 sigma: 5.31
 acc



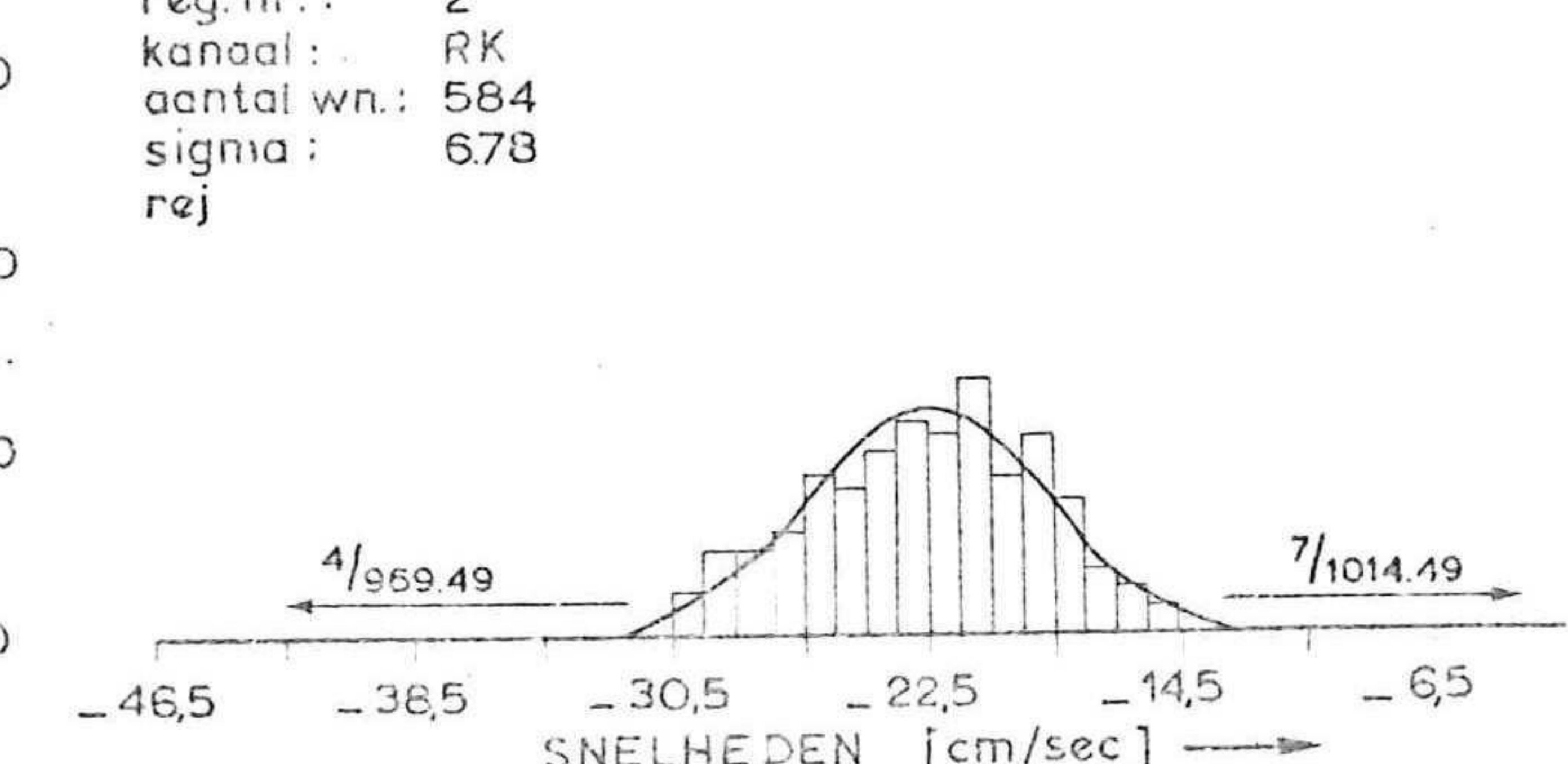
meetpaal: 5
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 682
 sigma: 5.66
 rej



meetpaal: 5
 reg.nr.: 2
 kanaal: LK
 aantal wn.: 582
 sigma: 7.39
 acc



meetpaal: 5
 reg.nr.: 2
 kanaal: RK
 aantal wn.: 584
 sigma: 6.78
 rej



rijkswaterstaat

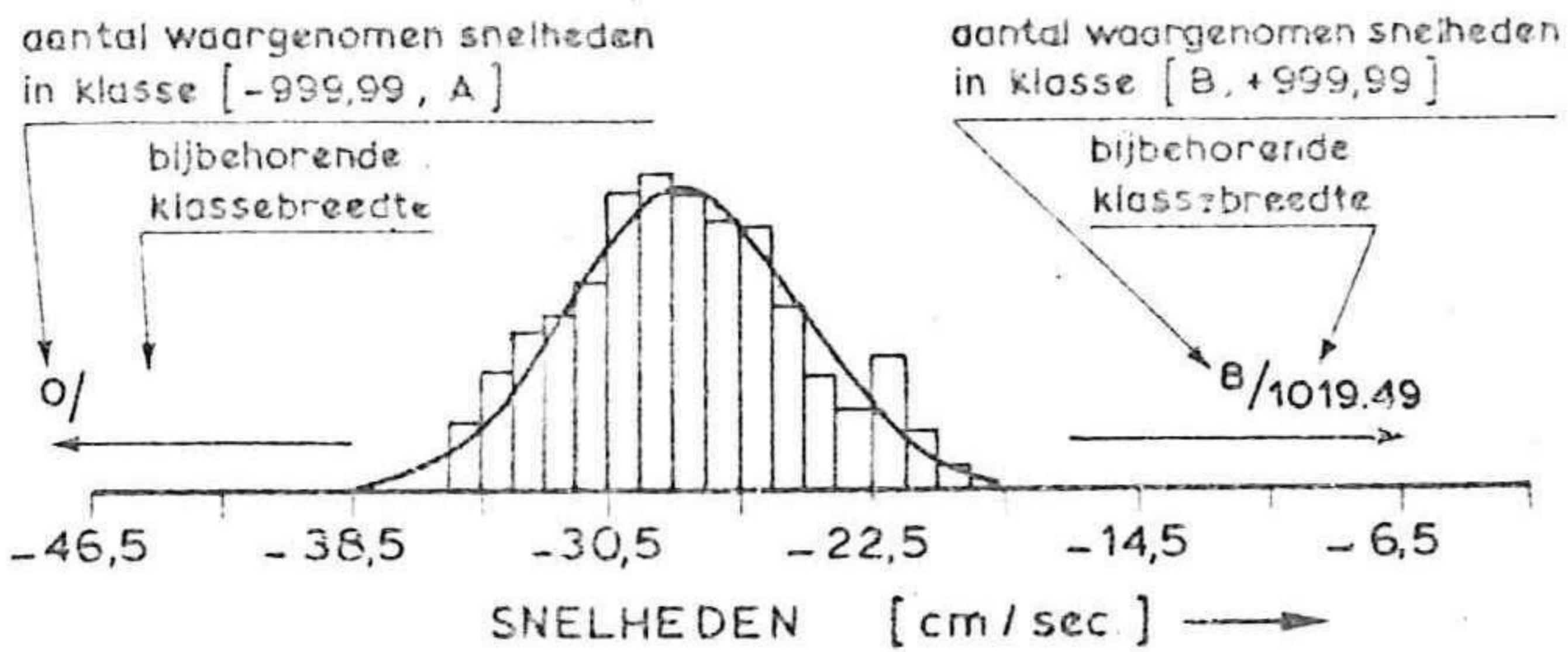
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPSEL $\alpha = 0,05$

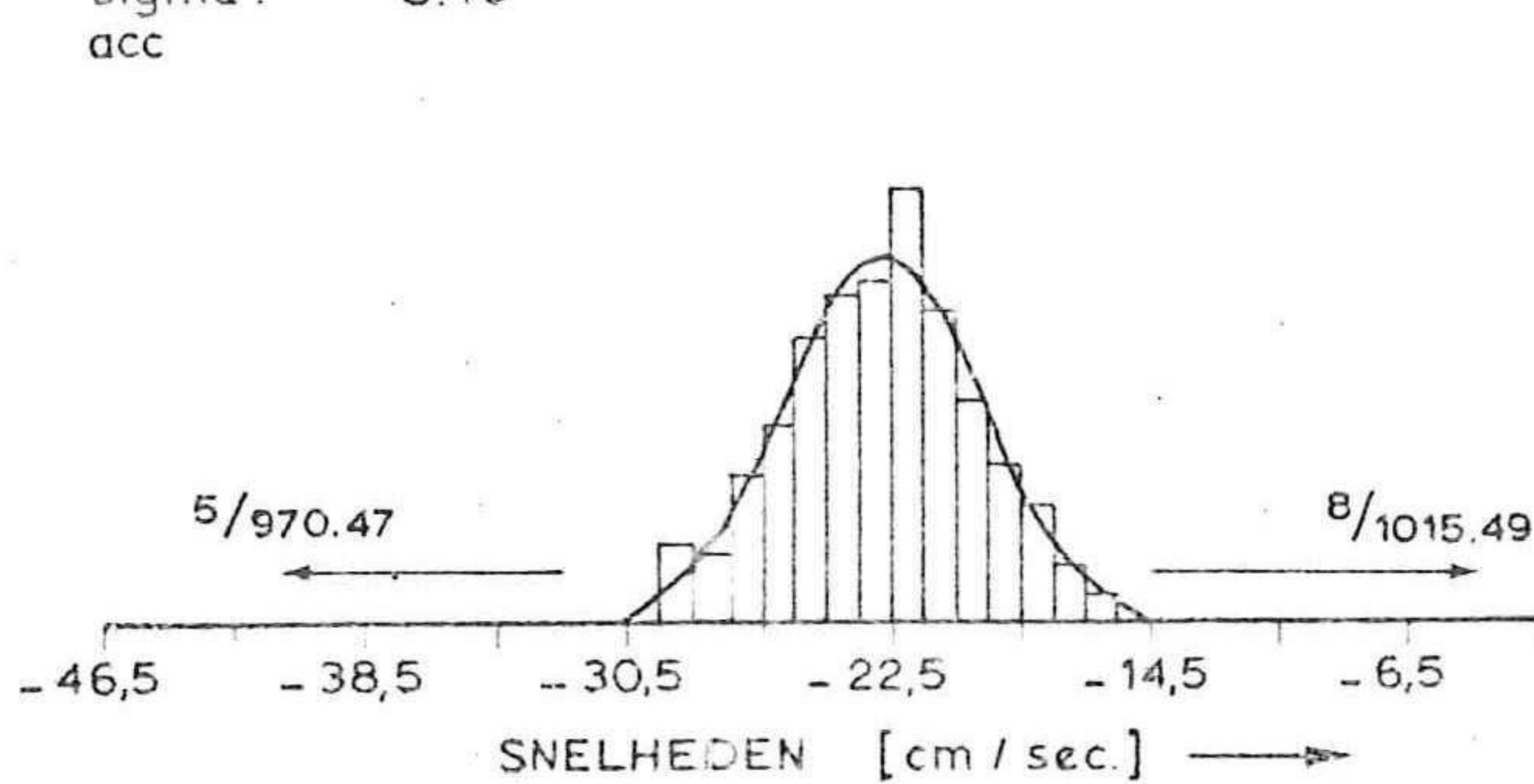
getekend	accorda	projectcode
		K 7702000
nota w-		bijlage 12 f
dm A3		nr 79W0388

rej : nulhypothese wordt verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc : nulhypothese wordt aangenomen bij $\alpha = 0,05$

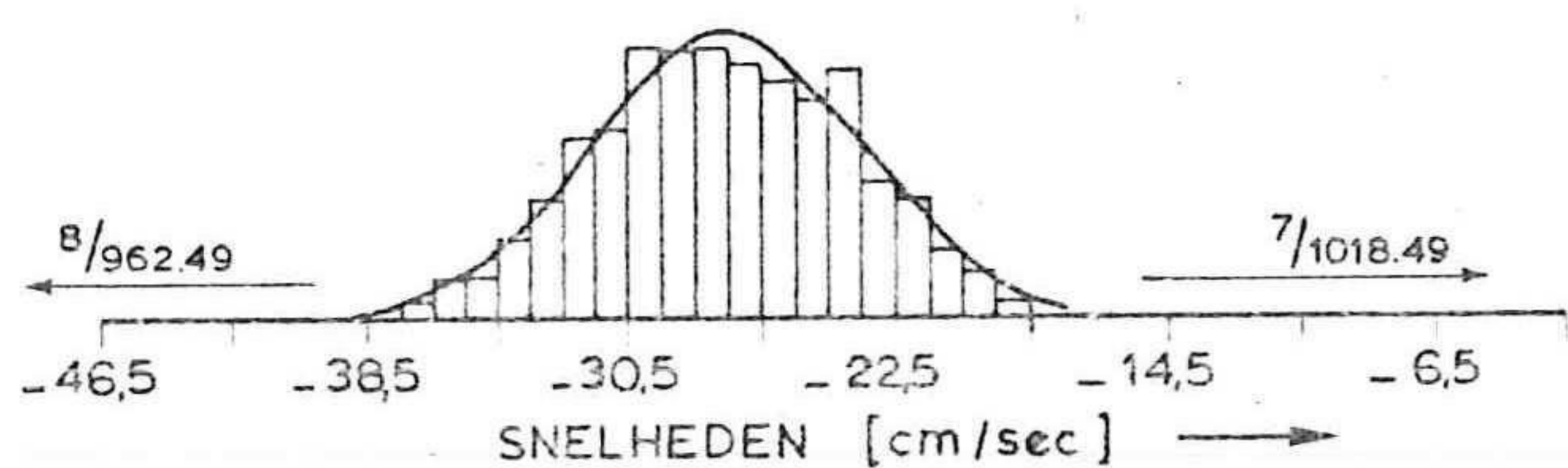
meetpaal: 6
 reg.nr.: 4
 kanaal: LK
 aantal wn.: 701
 sigma: 6.22
 rej



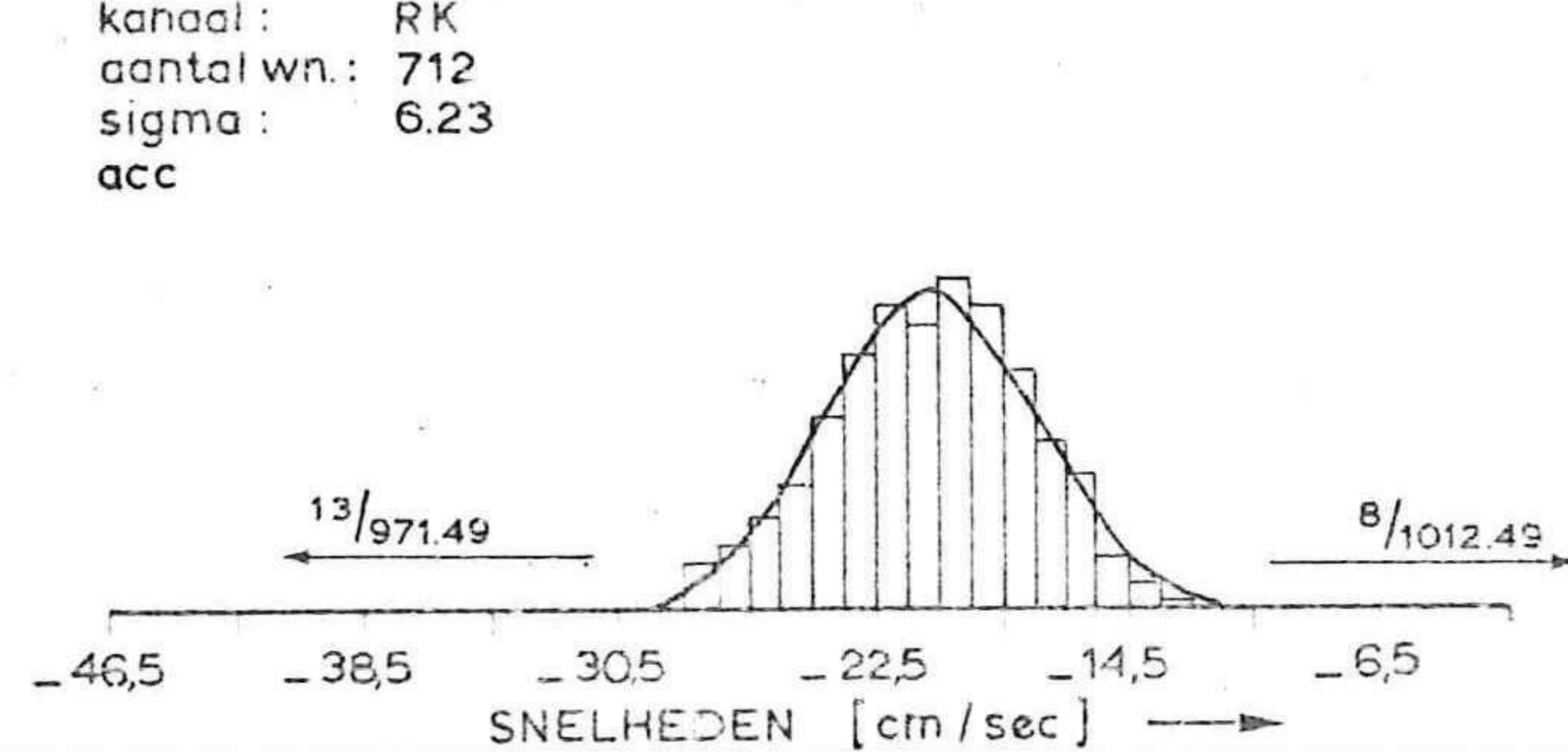
meetpaal: 6
 reg.nr.: 4
 kanaal: RK
 aantal wn.: 711
 sigma: 5.46
 acc



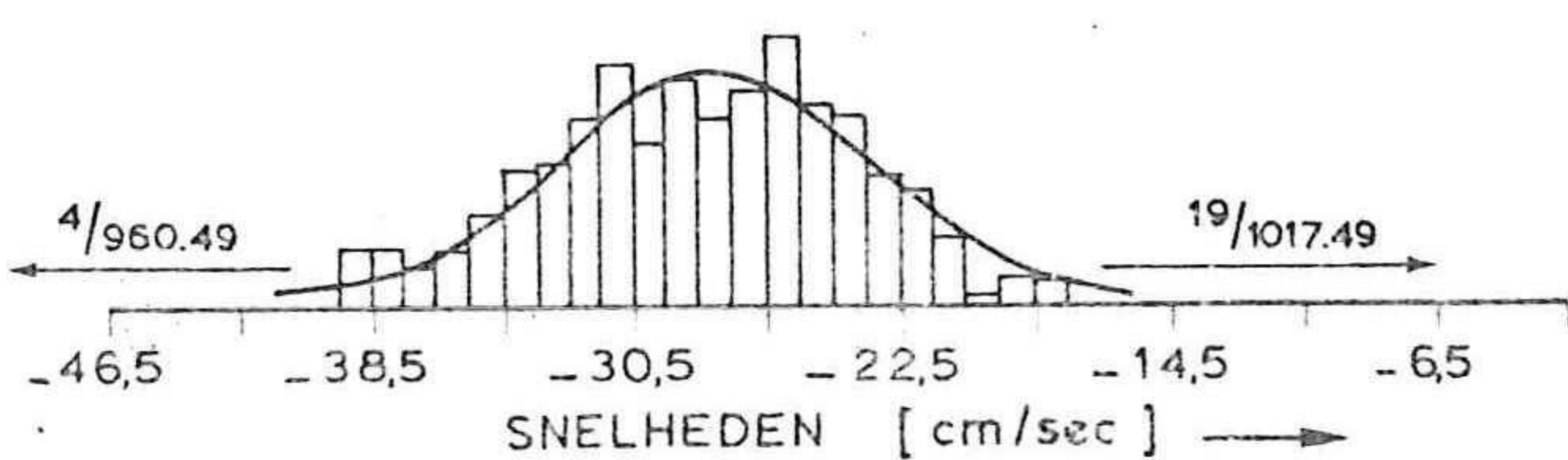
meetpaal: 6
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 714
 sigma: 7.01
 acc



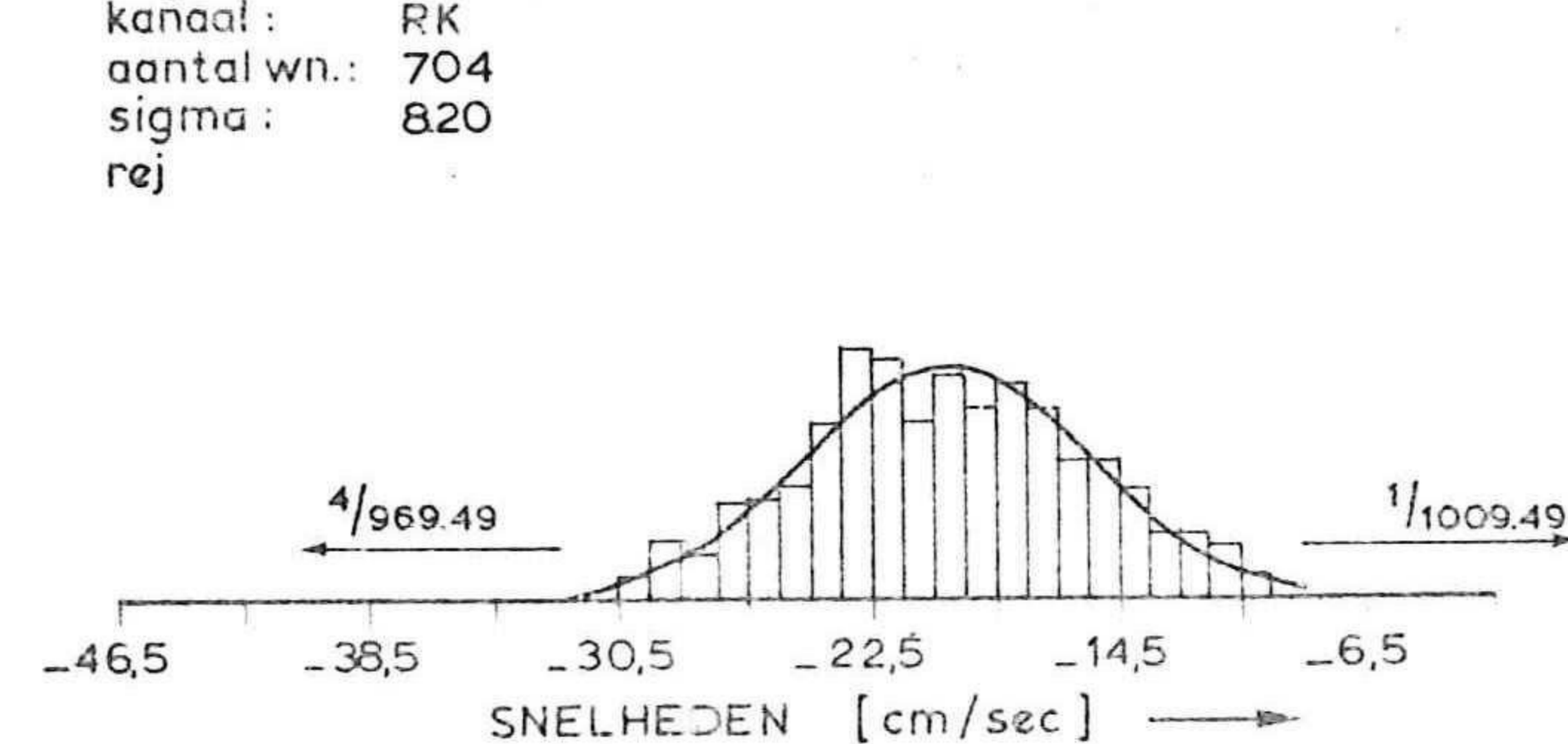
meetpaal: 6
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 712
 sigma: 6.23
 acc



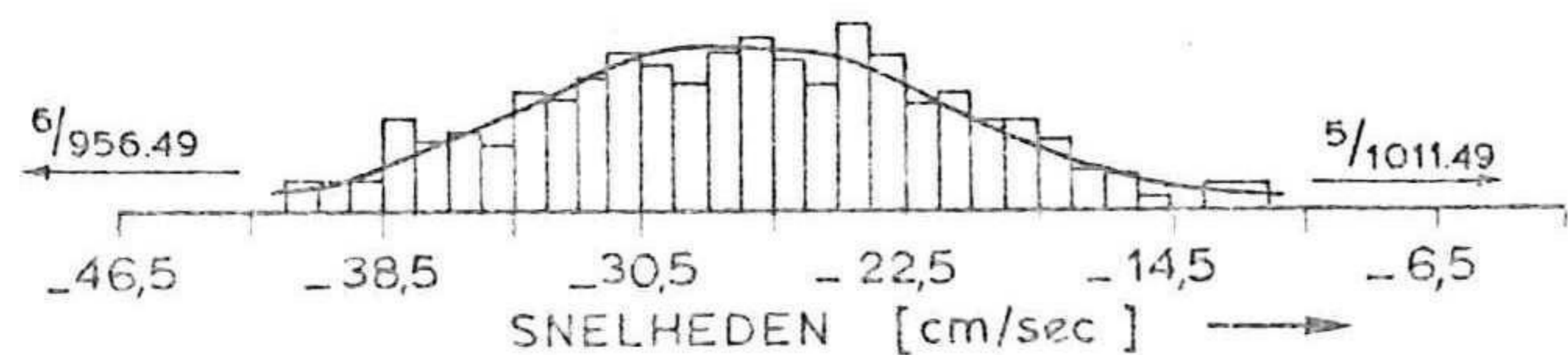
meetpaal: 6
 reg.nr.: 3
 kanaal: LK
 aantal wn.: 704
 sigma: 8.43
 rej



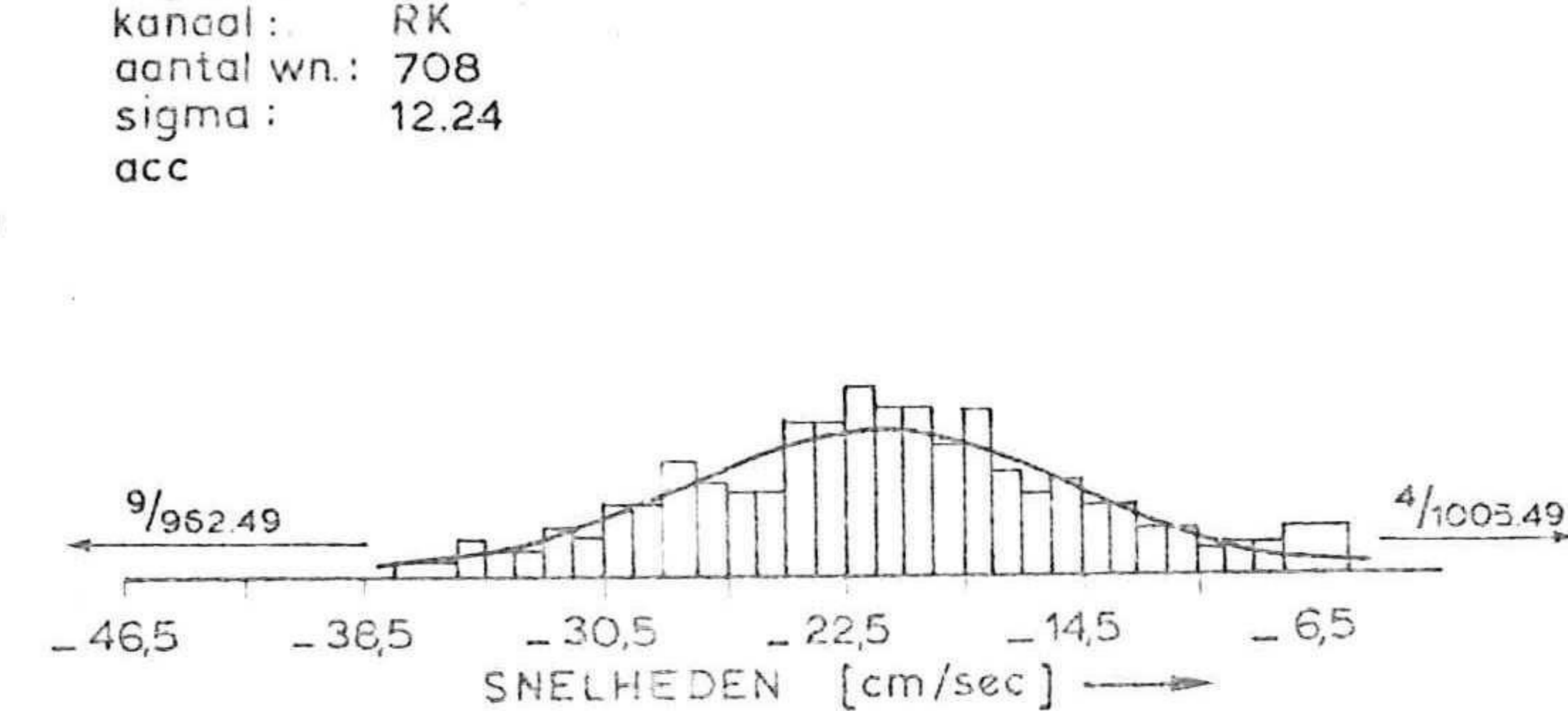
meetpaal: 6
 reg.nr.: 3
 kanaal: RK
 aantal wn.: 704
 sigma: 8.20
 rej



meetpaal: 6
 reg.nr.: 1
 kanaal: LK
 aantal wn.: 705
 sigma: 11.45
 acc



meetpaal: 6
 reg.nr.: 1
 kanaal: RK
 aantal wn.: 708
 sigma: 12.24
 acc



rijkswaterstaat

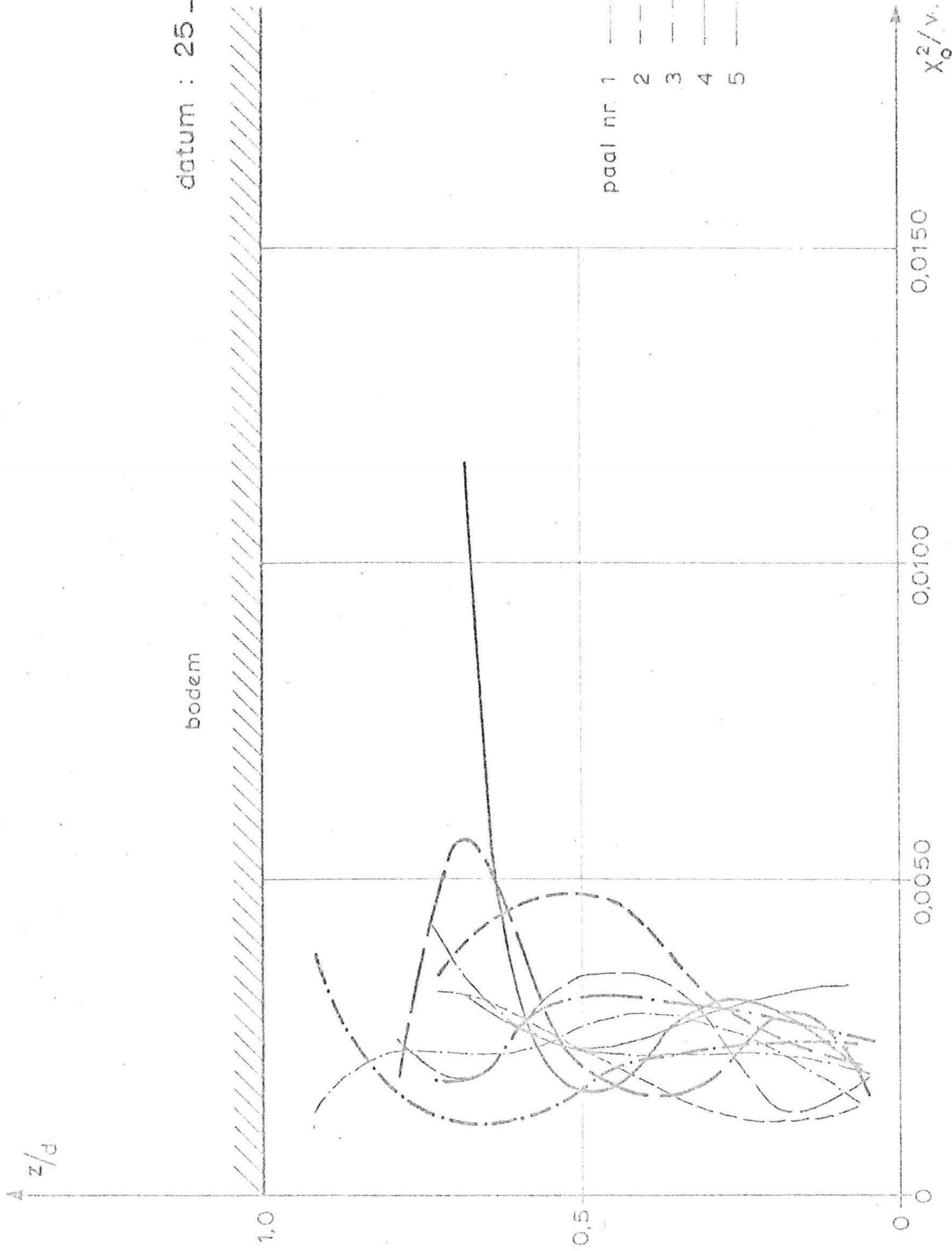
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

DE FREQUENTIEVERDELING EN NORMALE VERDELING VAN DE
 METINGEN VAN MEETDAG 13
 ONBETROUWBAARHEIDSDREMPEL $\alpha = 0,05$

getekend	accoord	projectcode K 7702000
nota w -	bijlage 12g	
din A3	nr 79W0389	

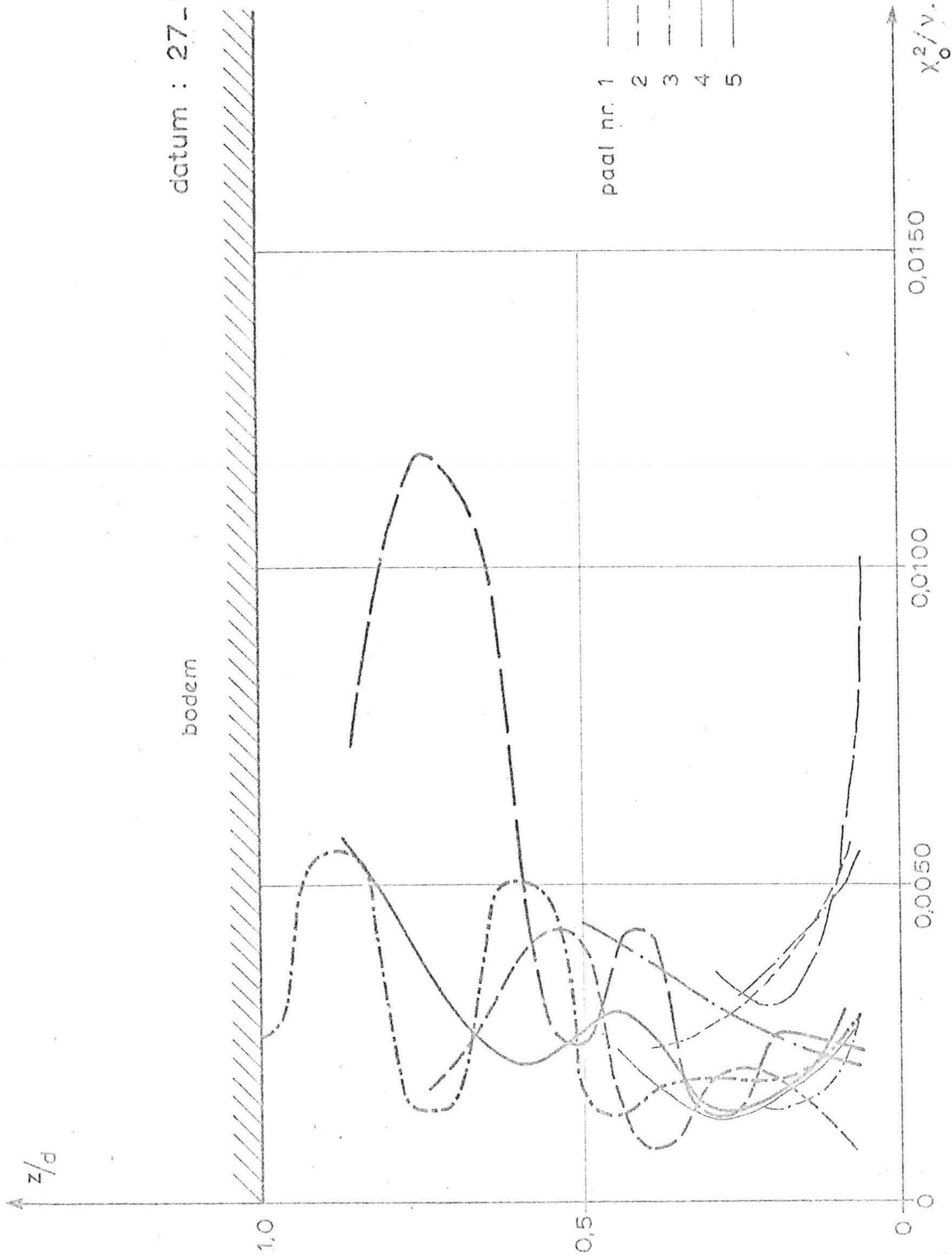
rej: nulhypothese wordt
 verworpen bij $\alpha = 0,05$
 acc: nulhypothese wordt
 aangenomen bij $\alpha = 0,05$

datum : 25_09_75 (13)

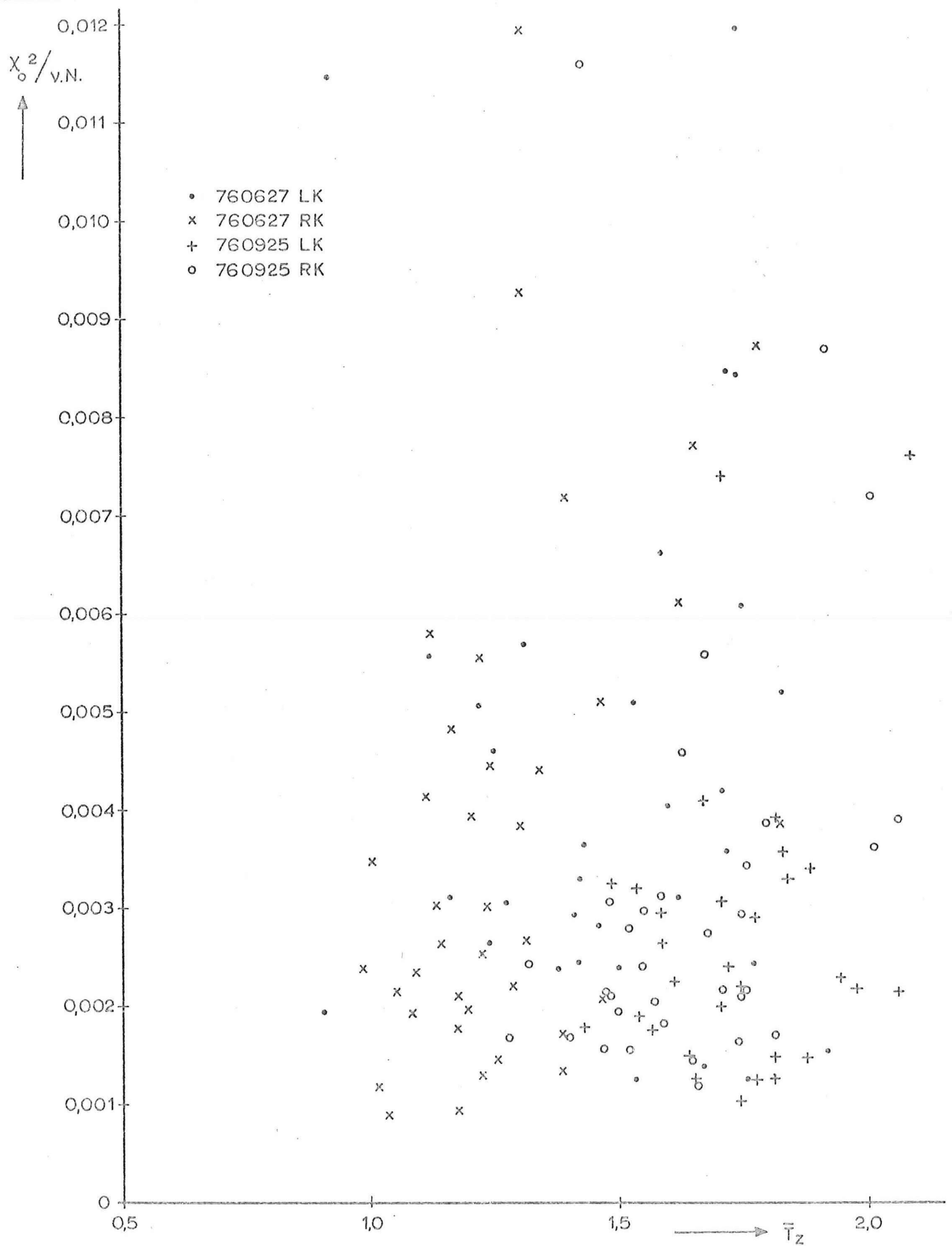


rijkswaterstaat		project nr.	
dienst - hoofdafdeling waterloopkunde		K 7702000	
DE STATISTISCHE CHI-KWADRAAT ALS FUNCTIE		kaart nr. 13a	
VAN DE RELatieve DIEPTE		nr. 79W0390	

datum : 27-06-75 (3)



rijkswaterstaat deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde		getekend in coörd K 7702000	projectcode bijlage 13b
DE STATISTISCHE CHI-KWADRAAT ALS FUNCTIE VAN DE RELATIEVE DIEPTE		note w din A 4	nr 79 W0391



rijkswaterstaat

deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

DE STATISTISCHE CHI-KWADRAAT ALS FUNCTIE VAN DE GEMIDDELDE GOLFPERIODE

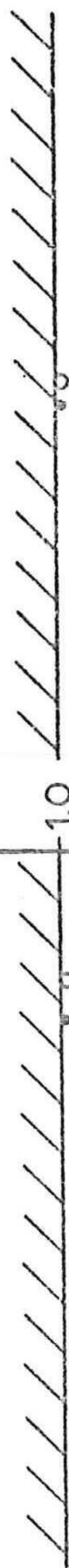
getekend <i>MW</i>	accoord	projectcode : K7702000
nota w-	bijlage 14	
din A4	nr. 79W0392	

datum: 27-06-75 (3)

- Linkerkanaal
- Rechterkanaal

z/d

bodem



1,0

-0,5

0

-0,1

-0,2

0,3

0,2

0,1

rijkswaterstaat

deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend

MW.

accoord

projectcode:

K7702000

DE SCHEEFHEID VAN DE FREQUENTIEVERDELING GECORRELEERD MET DE RELATIEVE DIEPTE

nota w -

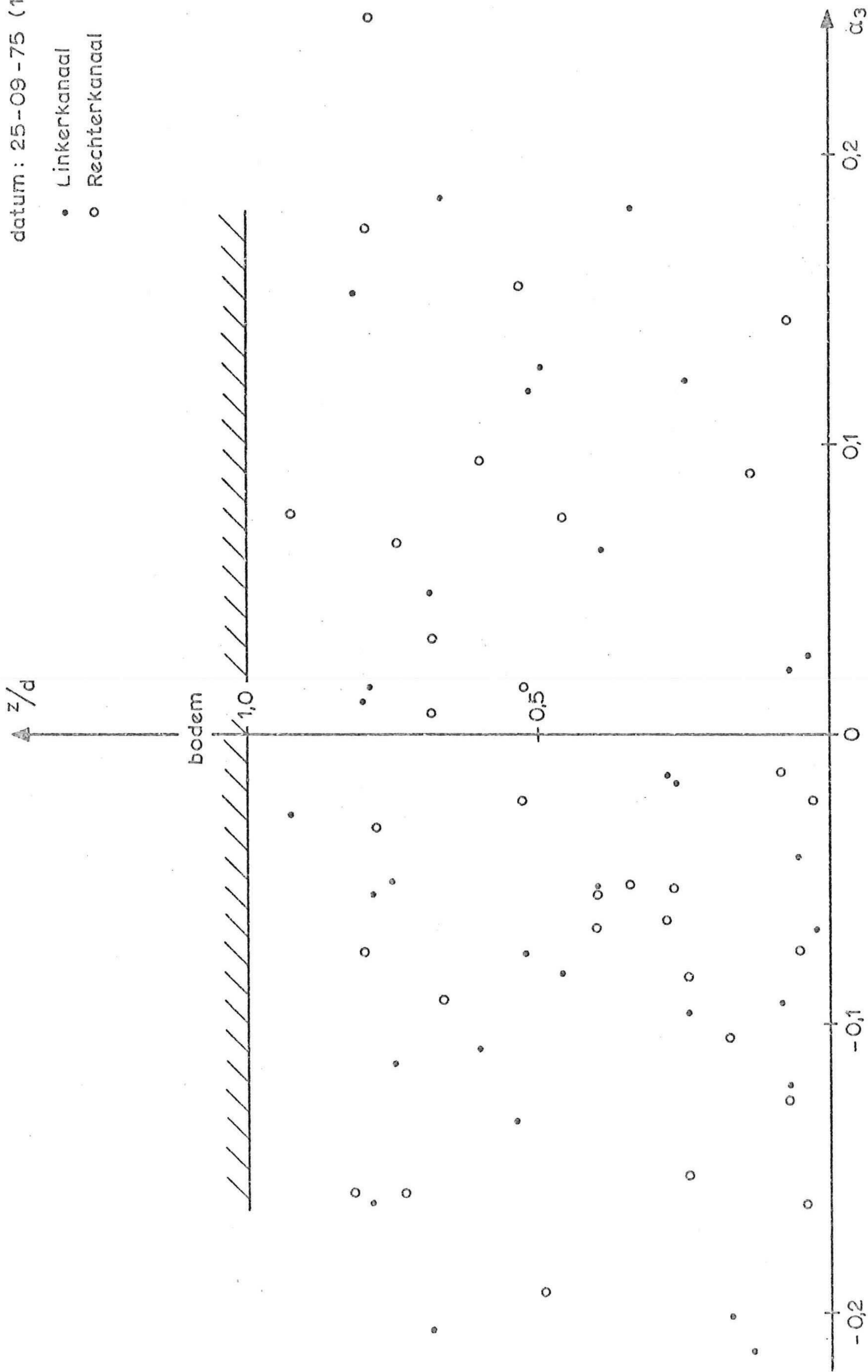
bijlage 15^a

din A4

nr. 79W0393

datum: 25-09-75 (13)

- Linkerkanaal
- Rechterkanaal



rijkswaterstaat

deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend

MW.

accoord

projectcode:

K7702000

DE SCHEEFHEID VAN DE FREQUENTIEVERDELING GECORRELEERD MET DE RELATIEVE DIEPTE

nota w -

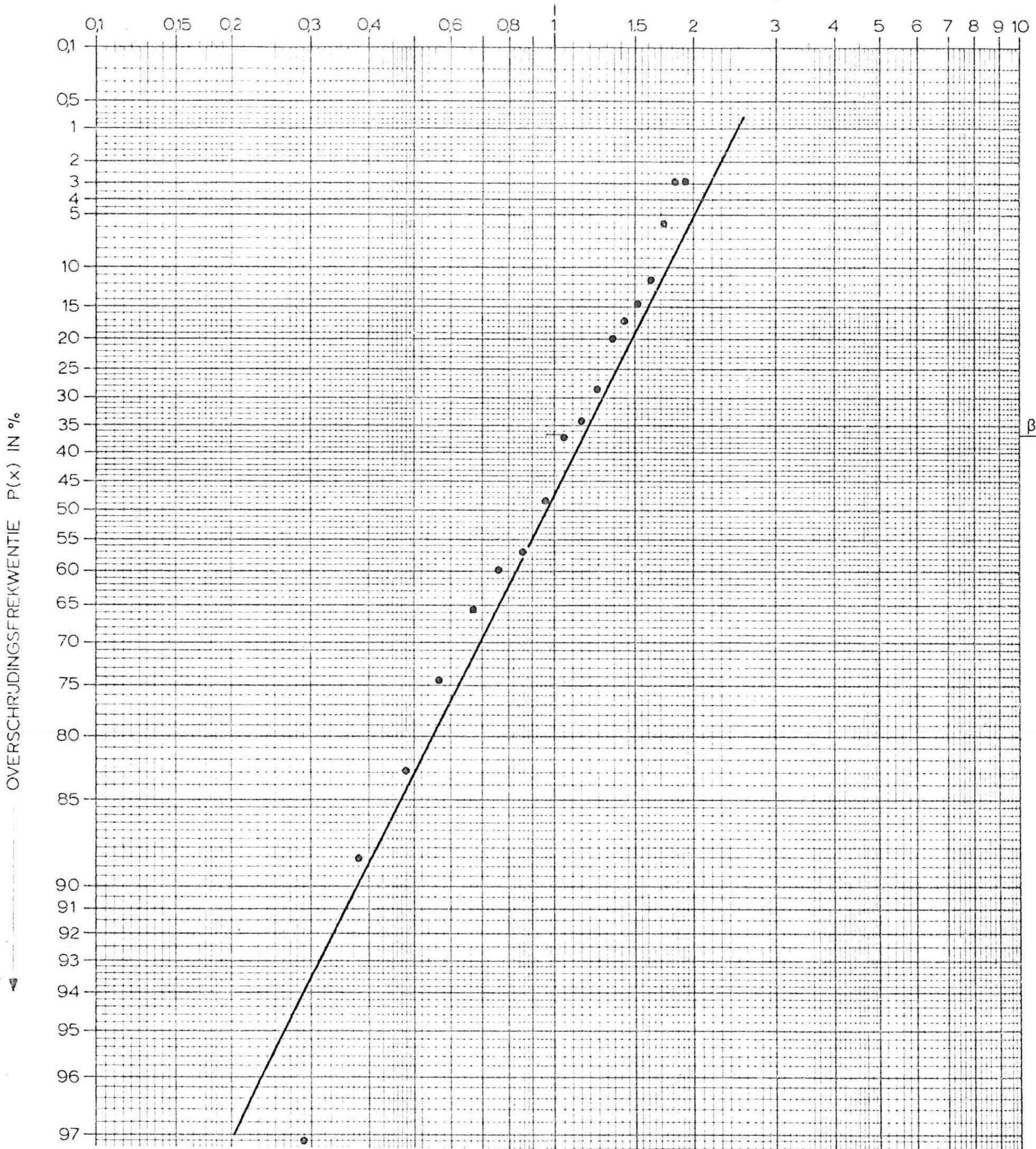
bijlage 15^b

din A4

nr. 79W0394

WEIBULL-VERDELING $F(x) = 1 - e^{-\beta x^k}$
 HOR AS $\ln x$ VERT AS $\ln(1 - F(x))$

V/\bar{V} →



	21	35	18.1	1.73	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00
\bar{F}	1.000	1.000	.971	.886	.829	.743	.652	.571	.486
\bar{F}	.371	.343	.286	.200	.171	.143	.114	.057	.029
\bar{F}	.000								

de genormaliseerde golfperiode

.096	.191	.287	.382	.478	.573	.669	.765	.860	.956
1.051	1.147	1.243	1.338	1.434	1.529	1.625	1.720	1.816	1.912
2.007									

a	b	chi2	k
2.00	-.77	.866e+01	20

de overschr. frekwentie bij die a en b

.993	.972	.939	.894	.839	.776	.708	.638	.566	.495
.427	.363	.305	.252	.205	.165	.131	.102	.079	.060
.045									

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MW	accoord	projectcode : K7702000
----------------	---------	---------------------------

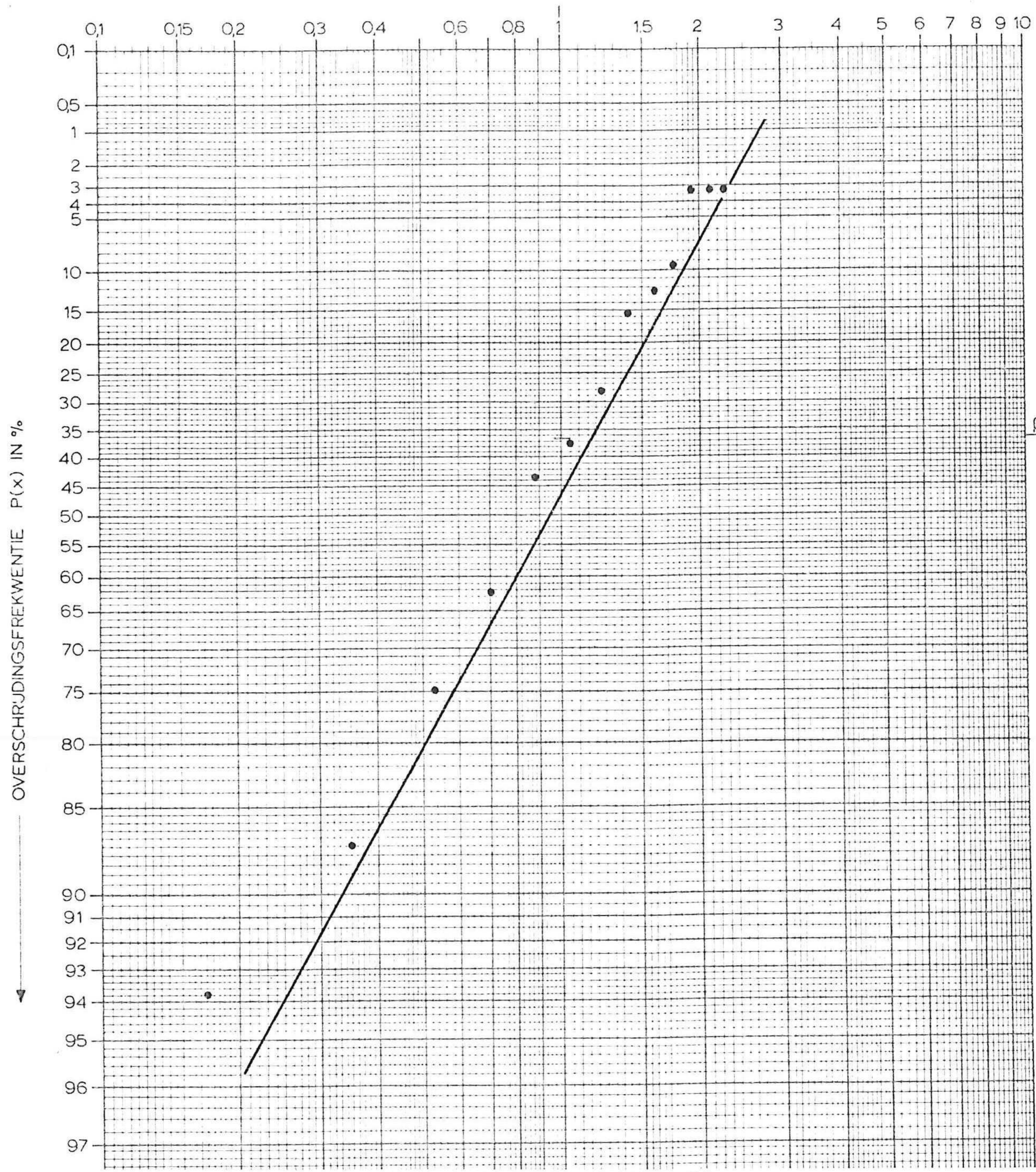
GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 1, REG.NR 1 - LINKERKANAAL
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE

nota w - bijlage 16^a

din A4 nr. 79W0395

WEIBULL-VERDELING $P(x) = e^{-\beta x^a}$
 HOR AS $\ln x$ VERT AS $\ln(-\ln P(x))$

$\frac{V}{\bar{V}}$ →



	14	32	9.9	1.73	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00
\bar{P}	.938	.875	.750	.625	.438	.375	.281	.156	.125
\bar{P}	.031	.031	.031	.000					

de genormaliseerde golfperiode

.175	.349	.524	.699	.874	1.048	1.223	1.398	1.573	1.747
1.922	2.097	2.272	2.446						

a	b	chi2	k
1.80	-.76	.643e+01	13

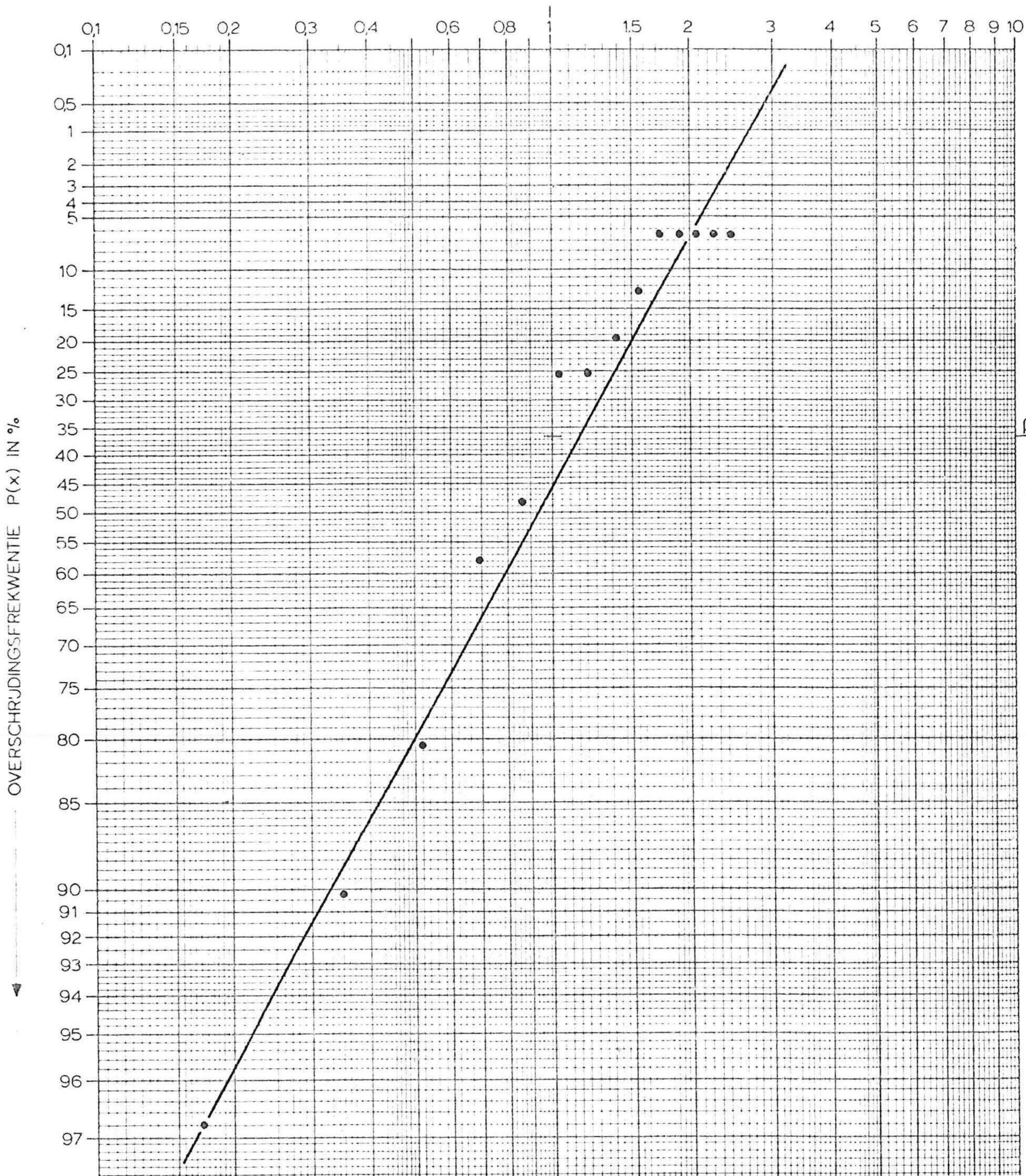
de overschr. frekwentie bij die a en b

.968	.892	.788	.671	.551	.437	.335	.249	.180	.125
.085	.056	.036	.022						

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MW	accoord	projectcode: K7702000
nota w-		bijlage 16 ^b
din A4		nr. 79W0396

GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 1, REG.NR 4 - LINKERKANAAL
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE



?=exe tnorm13

15	31	10.0	1.73	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00
.968	.903	.806	.581	.484	.258	.258	.194	.129
.065	.032	.032	.032	.000				

de genormaliseerde golfperiode

.173	.346	.519	.692	.865	1.038	1.211	1.384	1.557	1.730
1.903	2.076	2.249	2.422	2.595					

a	b	chi2	k
1.80	-.78	.143e+02	14

de overschr. frekwentie bij die a en b

.967	.891	.787	.669	.548	.434	.333	.247	.177	.123
.083	.055	.035	.022	.013					

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

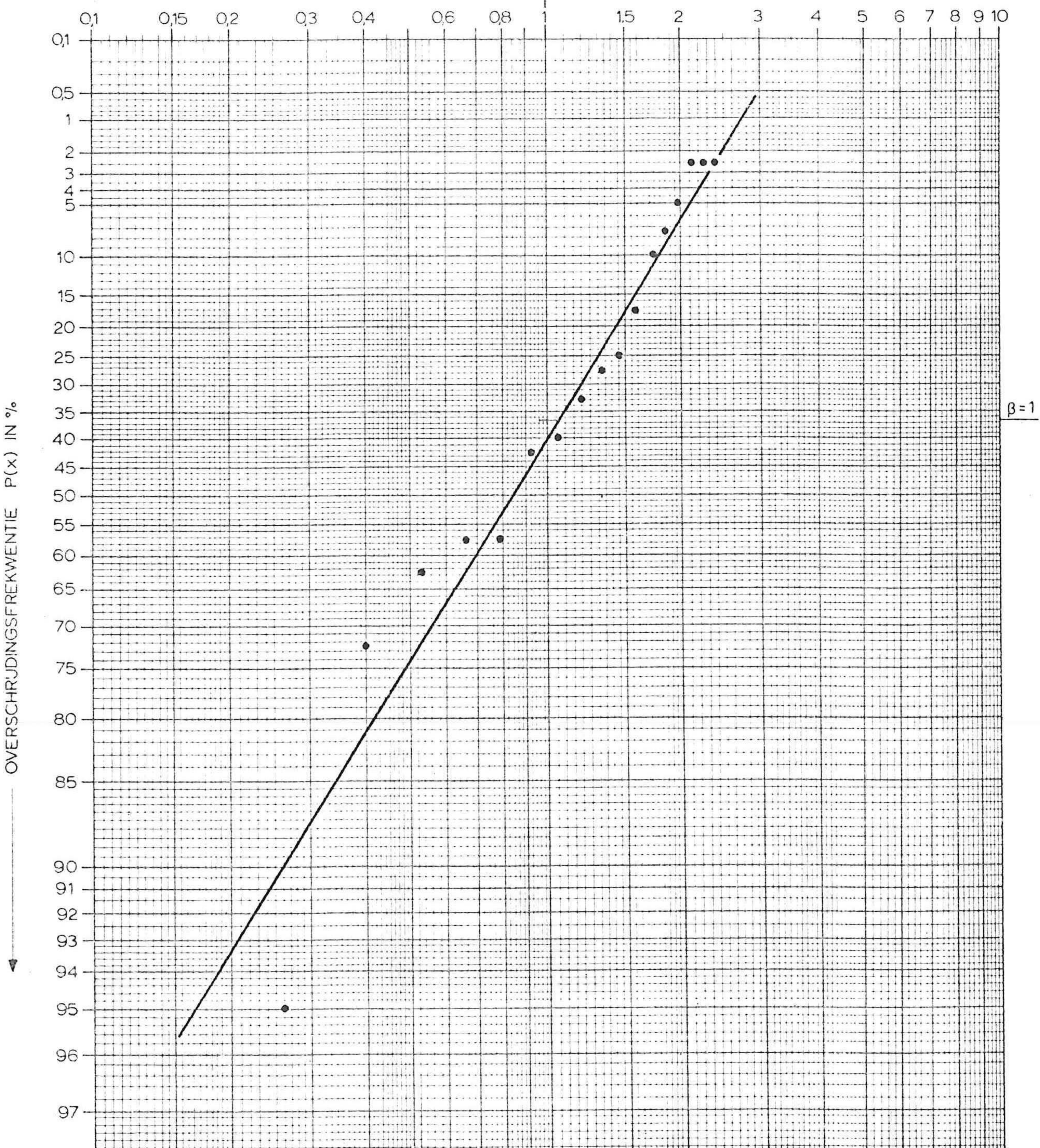
getekend MW	accoord	projectcode: K7702000
----------------	---------	--------------------------

GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 6, REG.NR. 3 - LINKERKANAAL
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE

nota w -	biilage 16 ^c
din A4	nr. 79W0397

WEIBULL-VERDELING $P(x) = e^{-\beta x^k}$
 HOR AS $\ln x$ VERT AS $\ln(-\ln P(x))$

V/\bar{v} →



	19	40	13.8	1.82	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00	
\bar{v}	1.000	.950	.725	.625	.575	.575	.425	.400	.325	.275
\bar{v}	.250	.175	.100	.075	.050	.025	.025	.025	.000	

de genormaliseerde golfperiode

	.132	.264	.396	.528	.659	.791	.923	1.055	1.187	1.319
	1.451	1.583	1.714	1.846	1.978	2.110	2.242	2.374	2.506	

a	b	chi2	k
1.60	-.91	.238e+02	18

de overschr. frekwentie bij die a en b

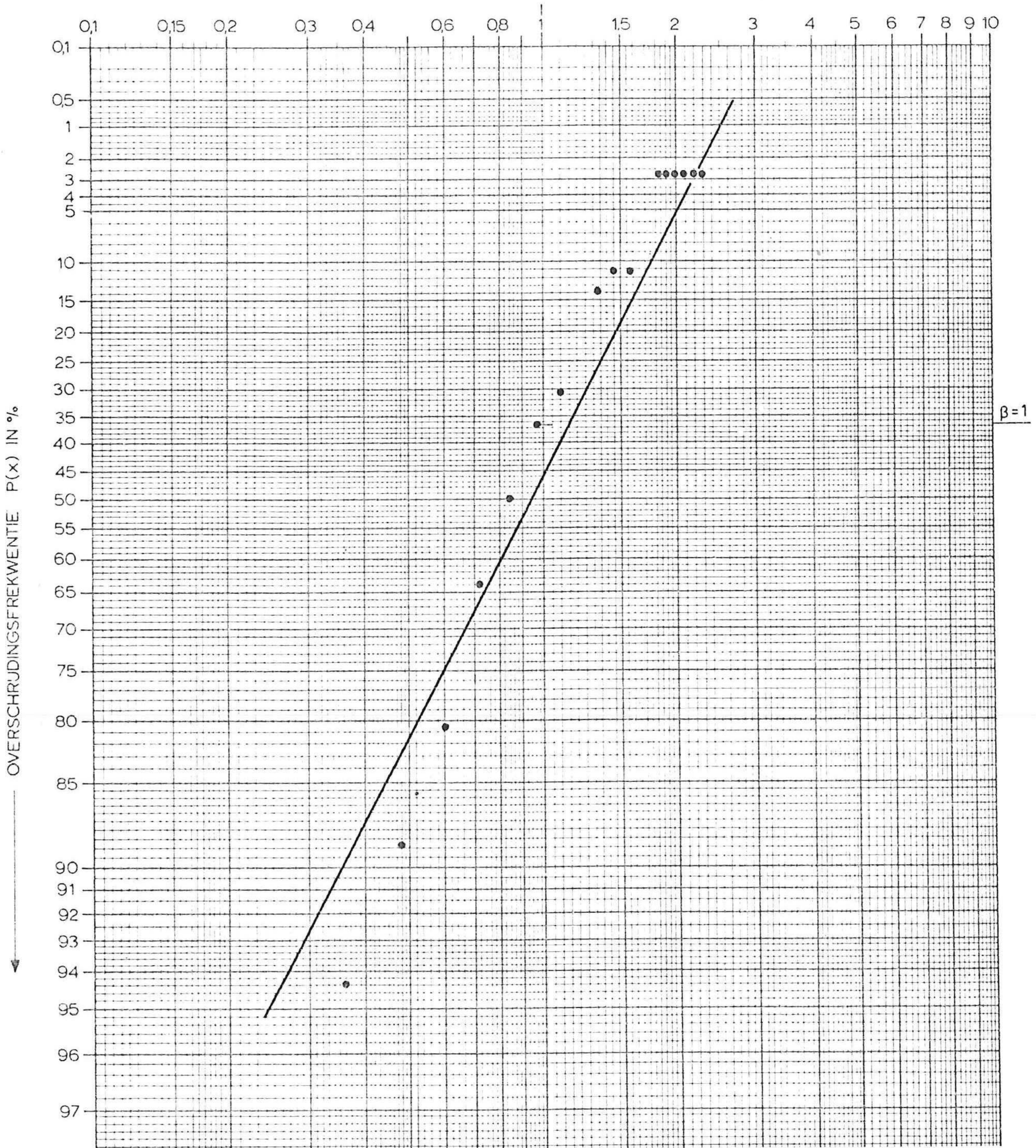
	.965	.898	.813	.721	.627	.535	.449	.371	.302	.242
	.192	.150	.116	.088	.066	.050	.036	.027	.019	

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MW	accoord	projectcode: K7702000
----------------	---------	--------------------------

GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 1, REG.NR. 1-RECHTERKAN.
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE

nota w-	bijlage 16 ^d
din A4	nr. 79W0398



20	36	15.1	1.82	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00	
1.000	1.000	.944	.889	.806	.639	.500	.361	.306	.250
.139	.111	.111	.083	.028	.028	.028	.028	.028	.000

de genormaliseerde golfperiode

.121	.241	.362	.482	.603	.723	.844	.964	1.085	1.205
1.326	1.446	1.567	1.687	1.808	1.928	2.049	2.170	2.290	2.411

a	b	ch12	k
2.00	-.75	.154e+02	19

de overschr. frekwentie bij die a en b

.989	.957	.907	.840	.762	.676	.586	.498	.414	.336
.268	.208	.159	.118	.086	.061	.043	.029	.020	.013

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

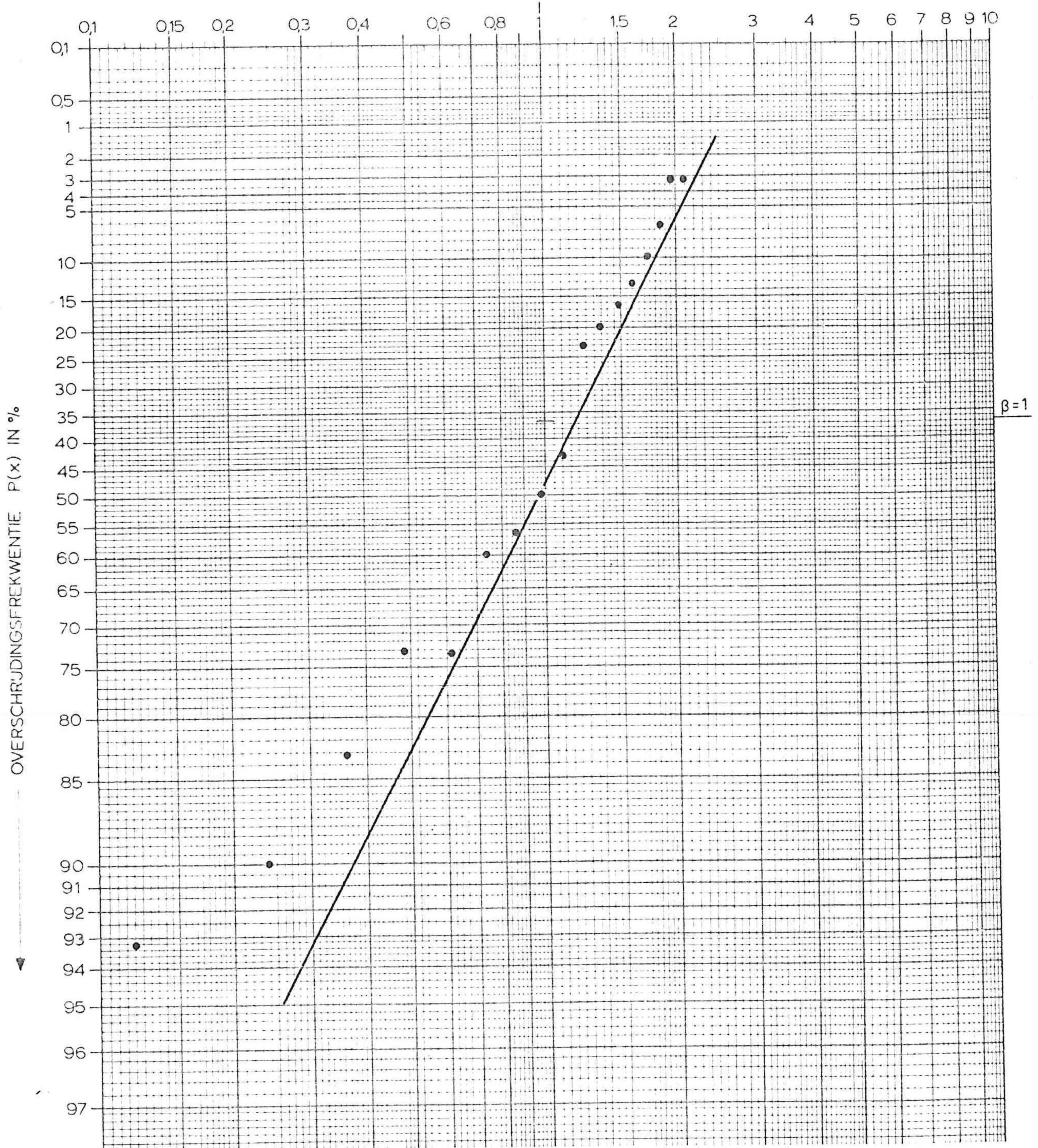
getekend *MW.* accoord projectcode :
 K7702000

GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 1, REG. NR. 2 - RECHTERKANAAL
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE

nota w- bijlage 16^e
 din A4 nr. 79W0399

WEIBULL-VERDELING $P(x) = e^{-\beta x^a}$
 HOR AS $\ln x$ VERT AS $\ln(-\ln P(x))$

v/\bar{v} →



$\beta=1$

	18	31	14.9	1.82	0.00	0.50	1.00	1.50	3.00	
\bar{v}	.933	.900	.833	.733	.733	.600	.567	.500	.433	.233
\bar{v}	.200	.167	.133	.100	.067	.033	.033	.000		

de genormaliseerde golfperiode

	.122	.244	.366	.489	.611	.733	.855	.977	1.099	1.221
	1.344	1.466	1.588	1.710	1.832	1.954	2.077	2.199		

a	b	chi2	k
2.00	-.72	.140e+02	17

de overschr. frekwentie bij die a en b

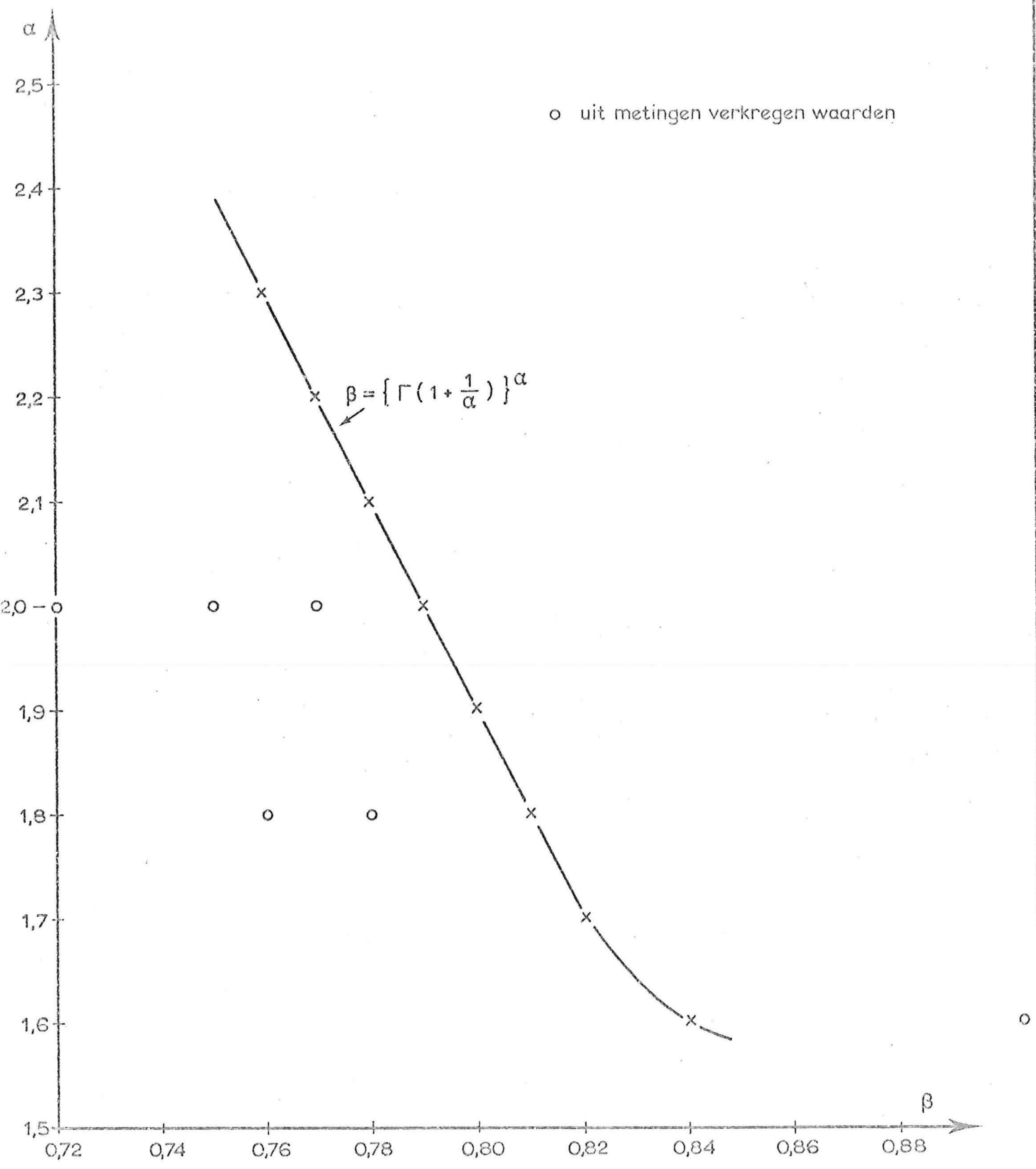
	.989	.958	.908	.842	.764	.679	.591	.503	.419	.342
	.273	.213	.163	.122	.089	.064	.045	.031		

rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend	accoord	projectcode:
		K7702000

GREVELINGEN 18-9-1975, PAAL 6, REG.NR.2 - RECHTERKANAAL
 DE VERDELING VAN DE MAXIMALE SNELHEIDS FLUCTUATIE

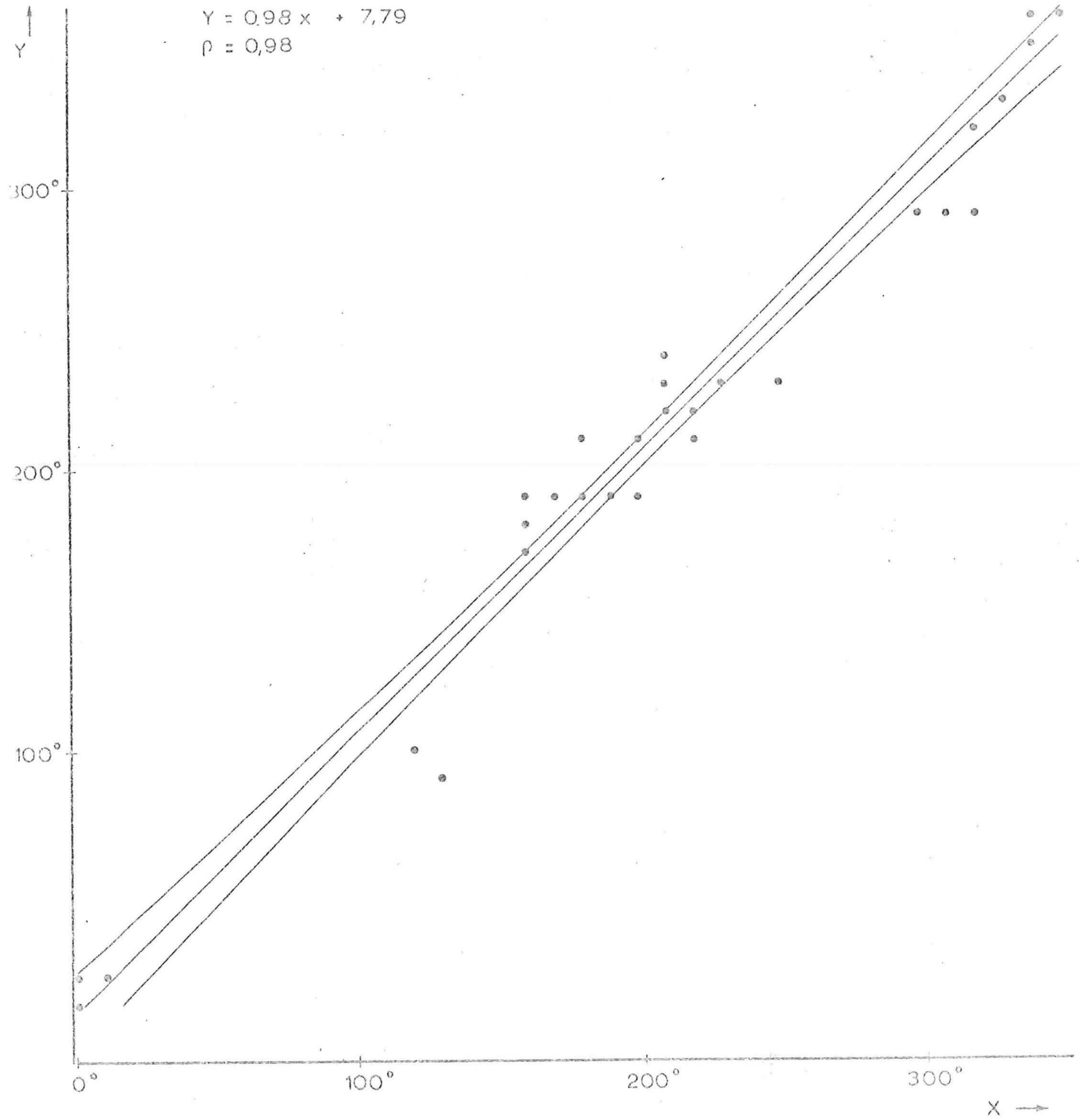
nota w-	bijlage 16f
din A4	nr. 79W0400



rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend MW	accoord	projectcode: K7702000
nota w -		bijlage 17
din A 4	nr. 79W0401	

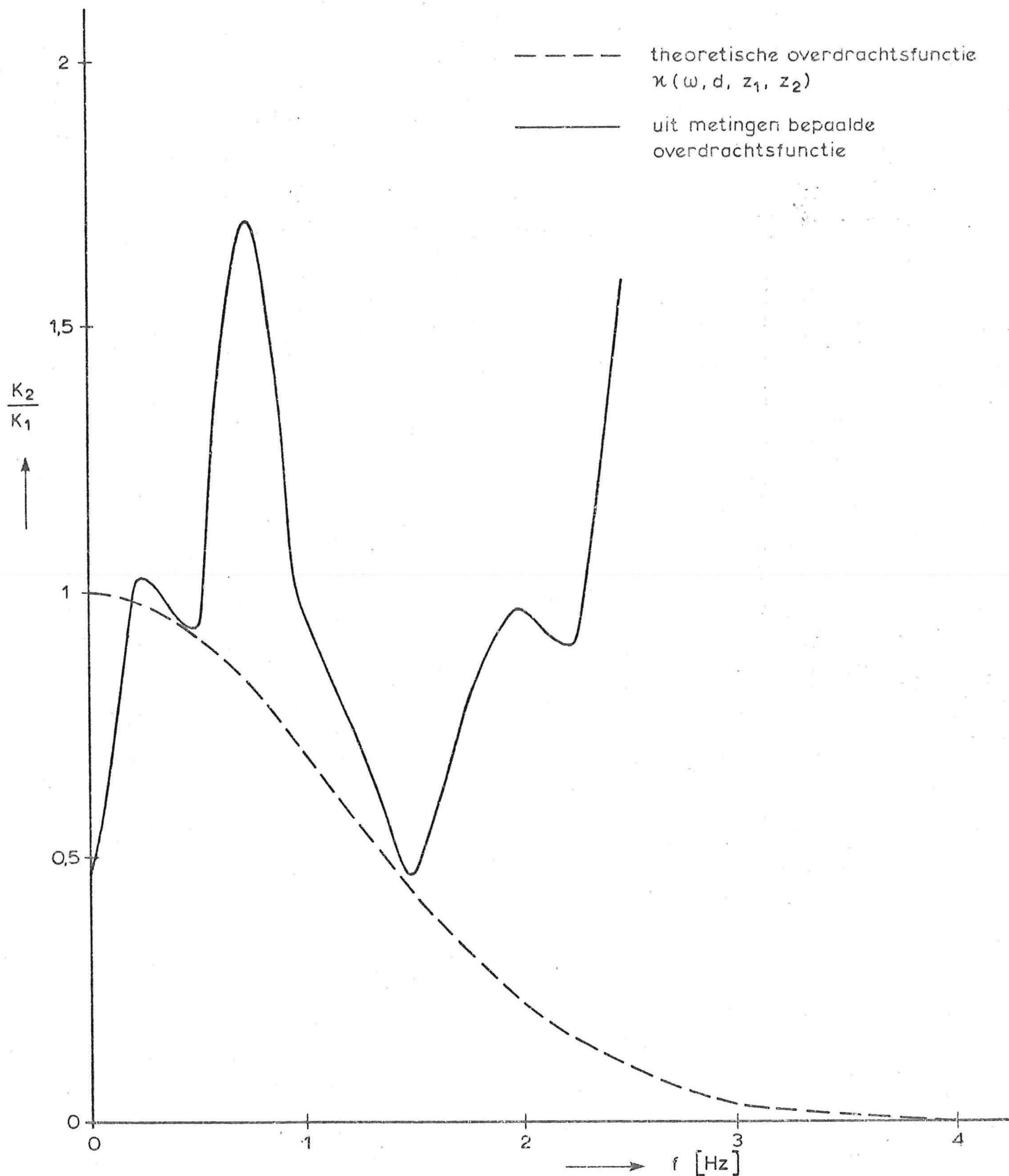
HET THEORETISCH VERBAND TUSSEN α EN β VAN DE MET TNORM 3 BEPAALDE WAARDEN VOOR DEZE COËFFICIËNTEN



rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend + accoord <i>A.R.</i>	projectcode K7702000
nota	bijlage 18
din A 4	nr 79W0402

CORR. GOLFRICHTING (X) WINDRICHTING (Y)
 REGRES 31



rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend <i>MW</i>	accoord	projectcode K7702000
-----------------------	---------	-------------------------

PAAL 1 - RK 12-10-'76
 RESPONSIEFUNCTIES VOOR VERSCHILLENDE MEETNIVEAU
 $d = 0,48$ [m] ; $z_1 = 0$ [m] ; $z_2 = 0,13$ [m]

nota w -	bijlage 19 ^a
din A 4	nr 79W0403



rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloepkunde

getekend <i>MW</i>	accoord	projectcode K7702000
-----------------------	---------	-------------------------

PAAL 1 - RK 12-10-'76
 RESPONSIEFUNCTIES VOOR VERSCHILLENDE MEETNIVEAU
 $d = 0,48$ [m]; $z_1 = 0$ [m]; $z_2 = 0,25$ [m]

nota w -	bijlage 19 ^b
din A 4	nr 79W0404

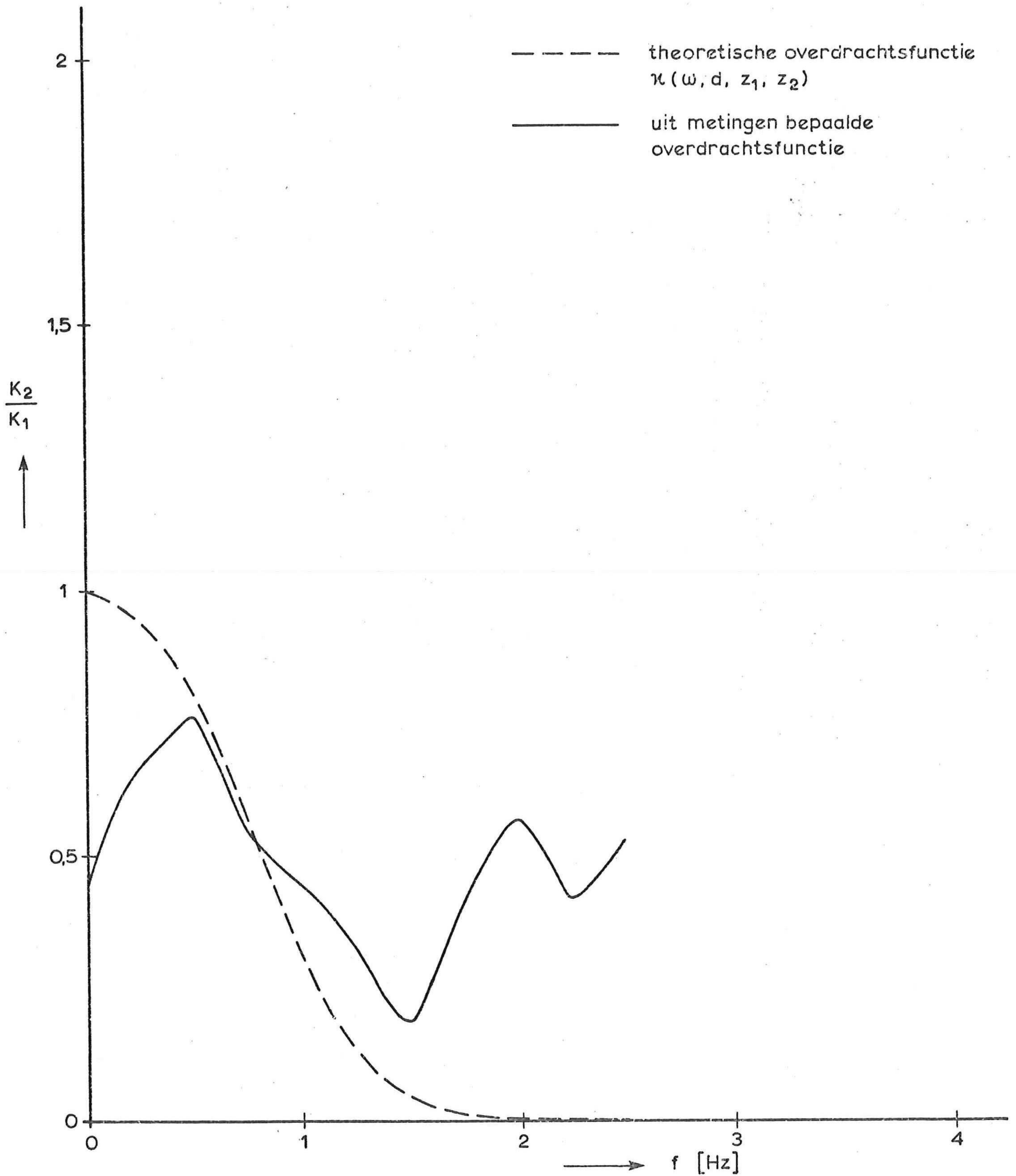


rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend <i>MW</i>	accoord	projectcode K7702000
-----------------------	---------	-------------------------

PAAL 1 - RK 12-10-'76
 RESPONSIEFUNCTIES VOOR VERSCHILLENDE MEETNIVEAU
 $d = 0,48 [m]$; $z_1 = 0 [m]$; $z_2 = 0,38 [m]$

nota w -	bijlage 19 ^c
din A 4	nr 79W0405

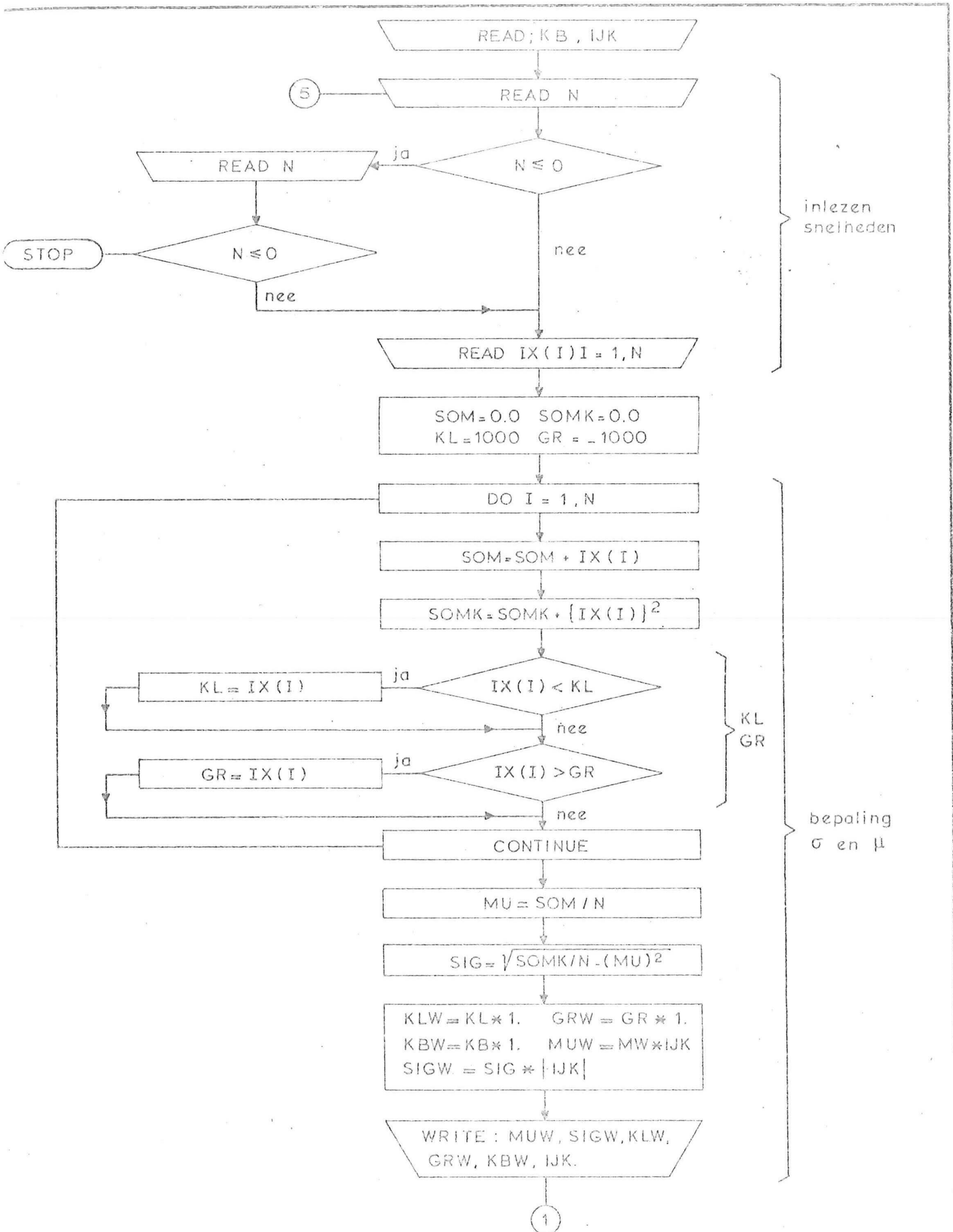


rijkswaterstaat
 deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend	accoord	projectcode :
MW		K7702000

PAAL 1 - RK 12-10-'76
 RESPONSIEFUNCTIES VOOR VERSCHILLENDE MEETNIVEAU
 $d = 0.48$ [m] ; $z_1 = 0$ [m] ; $z_2 = 0.42$ [m]

nota w -	bijlage 19 ^d
din A 4	nr. 79W0406



inlezen
snelheden

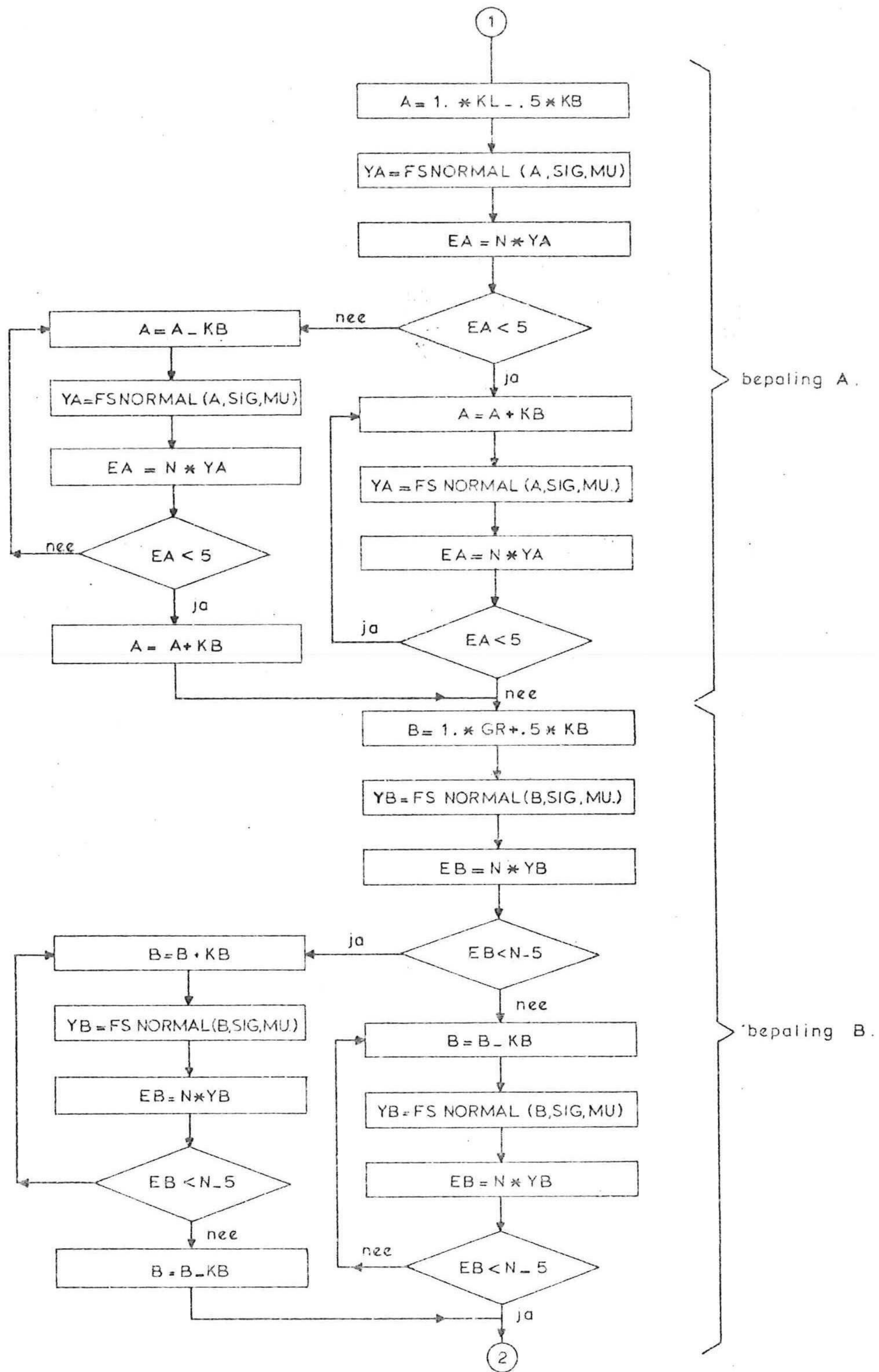
KL
GR

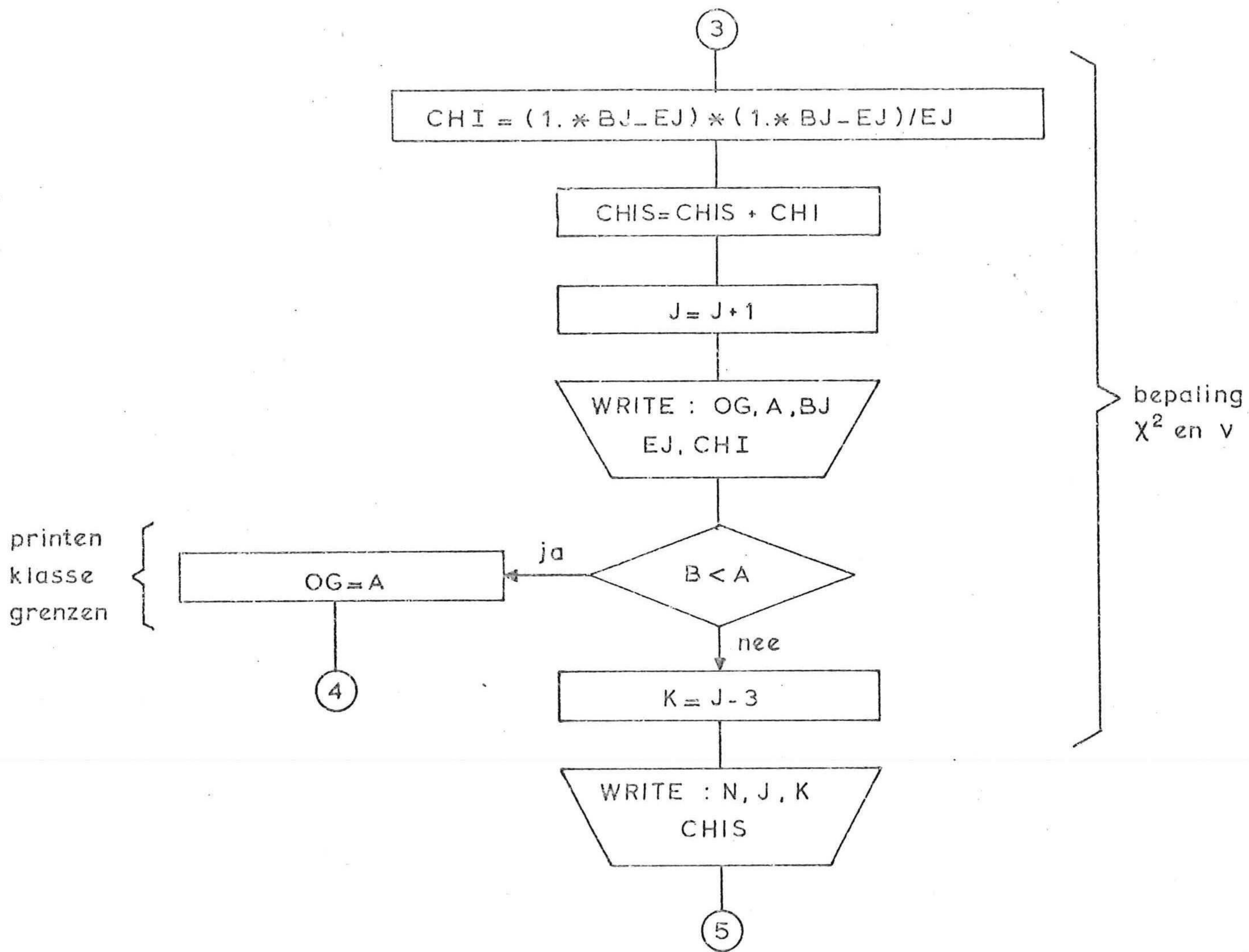
bepaling
 σ en μ

rijkswaterstaat
delladienst - hoofdafdeling waterloopkunde

STROOMSCHEMA VHTTEST

getekend	accoord	projectcode : K7702000
nota w -		bijlage 1a appendix 1
dm A4	nr. 79W0407	






```

1:@FTN ..VHTEST
2:C BEPALING CHI-KWADRAAT T.O.V.
3:C DE NORMALE VERDFLINGSFUNCTIE.
4:   DIMENSION IX(1500)
5:   INTEGER GR,B1,B2,BJ
6:   REAL MU,IJK,KLW,KBW,MUW
7:   READ(5,6000) KB,IJK
8:160 READ(5,7000) N
9:   IF(N) 180,180,190
10:180 READ(5,7000) N
11:   IF(N.EQ.0) GOTO 170
12:190 READ(5,8000) (IX(I),I=1,N)
13:   SOM=0.0
14:   SOMK=0.0
15:   KL=1000
16:   GR=-1000
17:   DO 14 I=1,N
18:     SOM=SOM+IX(I)
19:     SOMK=SOMK+IX(I)*IX(I)
20:     IF(IX(I)-KL) 11,12,12
21:11   KL=IX(I)
22:12   IF(IX(I)-GR) 14,14,13
23:13   GR=IX(I)
24:14   CONTINUE
25:   MU=SOM/N
26:   SIG=SQRT((SOMK/N)-(MU*MU))
27:   KLW=KL*1.
28:   GRW=GR*1.
29:   KBW=KB*1.
30:   MUW=MU*IJK
31:   SIGW=ABS(SIG)*IJK
32:   WRITE(6,500)
33:   WRITE(6,600) MUW,SIGW
34:   WRITE(6,1000)
35:   WRITE(6,2000) KLW,GRW,KBW,IJK
36:   WRITE(6,3000)
37:C HOOFDPROGRAMMA
38:   A=1.*KL-.5*KB
39:   YA=FSNORM(A,SIG,MU)
40:   EA=N*YA
41:   IF(EA-5) 20,10,10
42:10   A=A-KB
43:   YA=FSNORM(A,SIG,MU)
44:   EA=N*YA
45:   IF(EA-5) 30,10,10
46:30   A=A+KB
47:   GOTO 40
48:20   A=A+KB
49:   YA=FSNORM(A,SIG,MU)
50:   EA=N*YA
51:   IF(EA-5) 20,40,40
52:40   B=1.*GR+.5*KB
53:   YB=FSNORM(B,SIG,MU)
54:   EB=N*YB
55:   IF(EB-N+5) 50,50,60
56:50   B=B+KB
57:   YB=FSNORM(B,SIG,MU)
58:   EB=N*YB
59:   IF(EB-N+5) 50,50,70
60:70   B=B-KB
61:   GOTO 80
62:60   B=B-KB
63:   YB=FSNORM(B,SIG,MU)
64:   EB=N*YB
65:   IF(EB-N+5) 60,80,60

```



```

66:80      B1=0
67:         J=0
68:         E1=0.0
69:         CHIS=0.0
70:         OG=-999.99
71:110     Y=FSNORM(A,SIG,MU)
72:         E2=Y*N
73:         EJ=E2-E1
74:         IF(EJ-5) 200,210,210
75:210     E1=E2
76:         B2=0
77:         DO 90 I=1,N
78:         IF(IX(I)-A) 100,100,90
79:100     B2=B2+1
80:90      CONTINUE
81:         BJ=B2-B1
82:         B1=B2
83:         GOTO 120
84:150     OG=A
85:200     A=A+KB
86:         IF(B-A) 130,110,110
87:130     IF(EJ-5) 220,230,230
88:220     C=A-1.*KB
89:         GOTO 240
90:230     C=A
91:240     OG=C
92:         A=999.99
93:         BJ=N-B1
94:         Y=FSNORM(C,SIG,MU)
95:         EJ=(1.-Y)*N
96:120     CHI=(1.*BJ-EJ)*(1.*BJ-EJ)/EJ
97:         CHIS=CHIS+CHI
98:         J=J+1
99:         WRITE(6,4000) OG,A,BJ,EJ,CHI
100:        IF(B-A) 140,150,150
101:140     WRITE(6,8300)
102:        K=J-3
103:        W ( . . 0 ) . . .
104:        WRITE(6,8500)
105:        GOTO 160
106:170     STOP
107:500     FORMAT(//.5X,'MU      SIGMA',/)
108:600     FORMAT(2F8.2)
109:1000    FORMAT(//.5X,'KLW      GRW      KB      IJK',/)
110:2000    FORMAT(3F8.2,F9.3)
111:3000    FORMAT(//.8X,'0GR',8X,'BGR',6X,'FP      ET      CHI-KWDR',/)
112:4000    FORMAT(2F11.2,I8,2F10.2)
113:6000    FORMAT(I3,F7.3)
114:7000    FORMAT(I4)
115:8000    FORMAT(3I7)
116:8300    FORMAT(//.' AANT.WN.  AANT.KL.  AANT.VRG.  CHI-KWADR.',/)
117:8400    FORMAT(I8,2I10,F12.3)
118:8500    FORMAT(/,'+++++',/)
119:        END
120:RMAP ,DDWTK7715S20*HETEREN.VHTEST
121:IN ,VHTEST
122:LIB SYSS*MATH-FUNC
123:END

```

END ONSITE PRINTOUT ON JANUARY 8, 1979 AT 16:13:00
DDWTK7715S20*HETEREN(1),VHTEST(2)

NO 315 1A

-43.19 6.37

KLW GRW KB IJK

-37.00 -14.00 1.00 1.730

OGK	8GR	FP	FT	CHI-KWDR
-999.99	-33.50	5	6.06	.00
-33.50	-32.50	10	6.01	2.06
-32.50	-31.50	6	10.43	1.88
-31.50	-30.50	19	15.85	.28
-30.50	-29.50	26	25.28	.02
-29.50	-28.50	27	35.25	1.93
-28.50	-27.50	36	45.68	2.05
-27.50	-26.50	71	55.01	4.65
-26.50	-25.50	61	61.57	.01
-25.50	-24.50	70	64.04	.56
-24.50	-23.50	59	61.90	.14
-23.50	-22.50	49	55.61	.79
-22.50	-21.50	54	46.43	1.24
-21.50	-20.50	39	36.02	.25
-20.50	-19.50	26	25.97	.00
-19.50	-18.50	8	17.41	5.08
-18.50	-17.50	10	10.84	.06
-17.50	-16.50	8	6.27	.48
-16.50	999.99	8	6.39	.40

AANT.WN. AANT.KL. AANT.VRG. CHI-KWDR.

593 19 16 22.456

+++++

rijkswaterstaat
deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

getekend	accoord	projectcode :
		K7702000

VOORBEELD VHTEST

nota w -	bijlage 4 appendix 1
----------	-------------------------

din A4	nr. 79W0414
--------	-------------


```

?=lis vhrsp
100.? =for out=vhrsp:joblib
200.c bepaling responsiefactoren v.d. orbitaalsnelheden
300.c bepaling verhouding v.deze factoren t.o.v. die aan het opp.
400. dimension d(10),z(20),r(100),rv(100),rc(100),rkw(100),g(10)
500. real l
600. integer b,e,s
700. read(5,50) b,e,s,u
800. read(5,100) n
900. read(5,110) (d(i),i=1,n)
1000. do 10 i=1,n
1100. read(5,130) m
1200. read(5,140) (z(j),j=1,m)
1300. write(6,120)
1400. write(6,125) d(i)
1500. do 10 j=1,m
1600. write(6,150)
1700. write(6,155) z(j)
1800. write(6,160)
1900. do 10 k=b,e,s
2000. f=k/u
2100. o=6.28318?+f
2200. t=1./f
2300. g(i)=6.28319?+d(i)
2400. call berl(t,l,g(i))
2500. p=6.28318/l
2600. c1=p?+(d(i)-z(j))
2700. c2=cosh(c1)
2800. c3=p?+d(i)
2900. c4=sinh(c3)
3000. r(k)=(o?+c2)/c4
3100. rkw(k)=r(k)?+r(k)
3200. if(j.eq.1) rv(k)=r(k)
3300. rc(k)=r(k)/rv(k)
3400. write(6,170) f,r(k),rc(k),rkw(k)
3500.10 continue
3600. stop
3700.50 format(3i7,f7.0)
3800.100 format(i5)
3900.110 format(6f6.2)
4000.120 format(////,5x,'d'/)
4100.125 format(f6.2)
4200.130 format(i5)
4300.140 format(6f6.2)
4400.150 format(//,5x,'z'/)
4500.155 format(f6.2)
4600.160 format(//,5x,'f',13x,'resp.fact',11x,'verh.opp',15x,'r.kw')
4700.170 format(f8.4,3f20.4)
4800. end
4900. real function sinh(a)
5000. h=2.71828?+?+a
5100. sinh=(h-1./h)?+0.5
5200. return
5300. end
5400. real function cosh(a)
5500. h=2.71828?+?+a
5600. cosh=(h+1./h)?+0.5
5700. return
5800. end
5900. subroutine berl(t,l,c5)
6000. real l,l1,ltol
6100. c1=9.81?+t?+t/6.28319
6200. l1=0.78?+t?+t
6300.10 l=c1?+tanh(c5/l1)
6400. ltol=0.01?+l
6500. if(ltol-abs(l-l1)) 20,20,30
6600.20 l1=0.5?+(l+l1)
6700. goto 10
6800.30 return
6900. end

```

rijkswaterstaat

deltadienst - hoofdafdeling waterloopkunde

LISTING VHRESP

getekend	accoord	projectcode :
		K7702000
nota w -	bijlage 1 appendix 2	
din A4	nr. 79WO415	

