

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN.

CHLORIDEGEHALTEMETINGEN IN ~~DE WESTERSCHELDE~~
HET ZEESCHELDEBEKKEN

Samenvattend verslag over de metingen

van 1942 tot 1970

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN.

CHLORIDEGEHALTEMETINGEN IN ~~DE WESTERSCHELDE~~
HET ZEESCHELDEBEKKEN

Samenvattend verslag over de metingen

van 1942 tot 1970

INLEIDING

Sedert 1942 worden door de Antwerpse Zeediensten metingen verricht ten einde ingelicht te zijn over de wijze, waarop de chloridegehalten variëren in de Westerschelde. Verschillende rapporten werden hierover in het verleden opge- maakt. (x)

Het laatste rapport dateert van 1966. Onderhavig rapport bespreekt de verdere meetresultaten vanaf 1966 tot heden en is tevens als een samenvattend verslag bedoeld van de metingen en bevindingen, opgedaan sedert 1942. Hierbij werd meermaals teruggegrepen naar de publicatie van ir. R. CODDE : "Het verloop van het Zoutgehalte in de Zeeschelde" (1958).

In het verleden werden de meetresultaten uitge- drukt in natriumchloridegehalten (gr/l) of millivalenties. Tegenwoordig wordt echter algemeen gebruik gemaakt van het begrip chloridegehalten (gr/l). De meetresultaten werden in dit rapport in die zin aangepast. Hierbij werd door het Waterbouwkundig Laboratorium welwillend medewerking verleend door het ter beschikking stellen van een computer.

(x) Zie op bijlage 19 de lijst van de rapporten en publi-
caties.

././.

1. BEPALING VAN HET CHLORIDEGEHALTE.

Het chloridegehalte (of chloorionconcentratie) in een oplossing kan bepaald worden door middel van een scheikundige titratie volgens de methode van Mohr met zilvernitraat als reagens en kaliumchromaat als indicator. Voor de reacties, die hierbij optreden en de bepaling van het begrip Natriumchloridegehalte, waarvan in het verleden gebruik gemaakt werd, verwijzen we naar de bijlage 1. De methode van Mohr levert betrouwbare resultaten op maar is voor uitgebreide metingen vrij omslachtig.

Een andere methode bestaat erin de elektrische geleidbaarheid van de oplossing te meten. Deze methode is geschikt voor continue metingen. Ze vergt een nauwgezet toezicht, daar verschillende uitwendige factoren (o.a. temperatuur, electrolyseverschijnselen, vervuiling van de elektroden, enz.) de resultaten in belangrijke mate kunnen beïnvloeden. De beide meetmethodes worden door de Antwerpse Zeediensten toegepast.

De toestellen, waarvan het meetprincipe berust op de elektrische geleidbaarheid en die door de Antwerpse Zeediensten voor metingen in situ aangewend worden, zijn van het registrerende type KENT.

Van 1949 tot 1960 werd ook gebruik gemaakt van een Philips meetbrug (2 electrodensysteem) voor niet continue metingen. Sedert juli 1971 is een 4 electrodengeleidheidsmeter in gebruik van de firma ECR (type P4EN) voor de metingen in het laboratorium en in situ (het meten van het verloop van het chloridegehalte in een vertikaal).

2. HET CHLORIDEGEHALTE VAN HET ZEEWATER.

De analyses van verschillende onderzoekers tonen aan dat de physico-chemische samenstelling van het Noordzeewater vrijwel constant is. Er zijn zouten in opgelost, in totaal voor ongeveer 35,5 gr. per liter, waarvan de voornaamste Natrium- en Magnesiumchloride zijn (samen voor \pm 88%). Het chloridegehalte dat hiermede overeenstemt bedraagt ongeveer 19,5 gr. per liter.

Metingen op watermonsters, genomen te Zeebrugge in 1950, ter hoogte van het Zand, vertonen een zekere schommeling van het chloridegehalte rond een gemiddelde waarde van 18,42 gr. per liter. Het betreft metingen op in totaal 57 monsternamen, gespreid over het ganse jaar. De tabellen op bijlage 2 vatten deze meetresultaten samen.

3. HET CHLORIDEGEHALTE VAN HET BOVENWATER.

Het chloridegehalte van het bovenwater (Bovenschelde en bijrivieren) is normaal zeer laag.

Uitgebreide metingen tijdens de jaren 1950 en 1951 uitgevoerd, tonen aan dat het chloridegehalte weinig varieert, zoals op de tabel op bijlage 2 te zien is.

De gemiddelde waarde ligt voor het Netekanaal en de Grote en Kleine Nete beneden 0,1 gr/l. Hetzelfde geldt voor de Dender. Voor de Dijle, de Zenne en de Bovenschelde liggen de gemiddelde waarden hoger maar blijven $< 0,16$ gr./l. Sporadisch worden op alle bijrivieren hogere waarden waargenomen, die echter geen blijvend karakter vertonen. Het zou wenselijk zijn opnieuw na te gaan in hoever hierin sindsdien veranderingen plaats gegrepen hebben, wat overigens weinig waarschijnlijk is.

4. HYDRAULISCHE FAKTOREN DIE HET CHLORIDEGEHALTE BEINVLOEDEN.

Zoals bekend, zijn de hydraulische factoren, die het chloridegehalte in een estuarium beïnvloeden, de getijdebeweging en de bovenafvoer.

Aan de monding staat de Westerschelde in verbinding met de Noordzee, zodat bij vloed water met een hoog chloridegehalte aangevoerd wordt van afwaarts. Van opwaarts wordt bovenwater met een laag chloridegehalte aangevoerd. Bij het contact tussen dit bovenwater en het zoute water ontstaat een menging of diffusie, welke door de riviermorfologie in de hand gewerkt wordt. Het onregelmatig karakter van de bodemconfiguratie met zijn opeenvolging van geulen, bochten en zandplaten veroorzaakt inderdaad allerlei dwarsstromingen en secundaire stromingen zoals overstorting over plaatranden

en dgl., die van invloed zijn op de turbulentie en dus op het mengproces. Deze wisselwerking tussen de getijde aan- en afvoer en de bovenafvoer heeft tot resultaat dat het chloridegehalte op een bepaalde plaats van de Westerschelde varieert van eb naar vloed. In langszin verloopt het gemiddelde chloridegehalte van het chloridegehalte van zeewater tot dat van het bovenwater. Het verloop in langszin heeft trouwens evenmin een permanent karakter als het locale chlorideverloop, maar verandert eveneens met de sterkte van het getij en de bovenafvoer (seizoeninvloed).

De intense menging heeft tot gevolg dat er zich in een dwarsprofiel van de Schelde nauwelijks een chloridegradiënt voordoet, zodat het chloridegehalte van het water aan het oppervlak bepalend is voor de ganse dwarssectie.

In sommige omstandigheden is er wel enige verticale variatie van het chloridegehalte merkbaar, te wijten aan lokale invloeden (bijvoorbeeld aan de toegangsgeulen van de sluizen, waar water met een hoog chloridegehalte in contact komt met water met een lager chloridegehalte en zich dichtheidsstromingen voordoet), of aan een plotse ontziltling, als gevolg van een belangrijke en plotse stijging van de bovenafvoer.

4.1. INVLOED VAN HET GETIJ OP HET CHLORIDEGEHALTE.

Het chloridegehalte in een bepaalde plaats van de Schelde vertoont een variatie analoog aan deze van het verticale getij. Een maximum treedt op bij vloedkentering, een minimum bij ebkentering. Er is dus een faseverschuiving merkbaar t.o.v. het verticale getij. De bijlage 3 geeft hiervan een voorbeeld, opgenomen aan het Loodsgebouw.

Zowel de extreme als de gemiddelde waarden van het chloridegehalte hangen voor een constante bovenafvoer af van de getijamplitude. Gezien over de maandgemiddelden, blijkt deze invloed voor een gemiddelde bovenafvoer aanzienlijker te zijn dan voor een grote bovenafvoer.

Voor het Loodsgebouw kan men benaderend aannemen dat bij een afvoer van 50 m³ het maandgemiddeld chloridegehalte met ± 1 gr. per liter stijgt voor een toename van ± 30 cm van de maandgemiddelde getijamplitude van 4,72 m naar 5,02 m. Bij 80 m³/s blijkt deze stijging slechts $\pm 0,5$ gr. per liter voor eenzelfde toename van de getijamplitude. (Zie ook verder blz. 7 en bijlage 14).

4.2. INVLOED VAN DE BOVENAFVOER OP HET CHLORIDEGEHALTE.

Zoals bekend is wordt het chloridegehalte sterk beïnvloed door de bovenafvoer van de Schelde en haar bijrivieren. De seizoenen en de min of meer grote regen-neerslag brengen een voortdurende variatie met zich van de bovenafvoer, waardoor het chloridegehalte eveneens aan variaties onderhevig is.

Hierbij moet men drie perioden onderscheiden : een periode van verzilting, van ontzilting en een overgangsperiode. De periode van verzilting treedt op wanneer het bovendebiet voortdurend daalt. De periode van ontzilting treedt op bij stijgend bovendebiet. Tussen beide perioden is er over 't algemeen een overgangsperiode, waarbij de bovenafvoer min of meer constant blijft en ook het gemiddeld chloridegehalte weinig verandert. Deze perioden zijn echter niet altijd nauwkeurig af te bakenen. Een periode van verzilting wordt bijvoorbeeld soms onderbroken door een korte ontziltingsperiode, waarna de verzilting verder gaat.

Ter illustratie van deze verschijnselen kan bijlage 14 gelden. Ze geeft de maandgemiddelden van de chloridegehalten voor de waarnemingsposten Loodsgebouw en Schelle in functie van de maandgemiddelde bovenafvoer te Schelle (Schelde + Rupel). Men merkt op dat aan het Loodsgebouw het maandgemiddelde van het gemiddelde chloridegehalte tijdens de verziltingsperiodes vrij goed aan een bepaald wetmatig verloop beantwoordt. Voor de overgangs- en ontziltingsperioden is dit veel minder het geval.

De verzilting van de rivier is namelijk het gevolg van een continue vermindering van het bovendebiet, die meestal een regelmatig karakter vertoont. De menging kan hierdoor gelijke tred houden met de variatie van het bovendebiet.

Een ontzilting van de rivier daarentegen is dikwijls het gevolg van een plotse en aanzienlijke stijging van het bovendebiet, waardoor het mengproces gestoord wordt.

Gemiddeld genomen vormen de opeenvolgende verziltings- en ontziltingsperioden lusvormige verlopen -zoals op bijlage 4 is weergegeven- die op een vertraging wijzen van het mengverschijnsel tijdens de ontziltingsperioden.

Uit het voorgaande is ook op te maken dat een permanente toestand qua verzilting slechts min of meer bereikt wordt na een zeer langdurige droge periode (dus minimale bovenafvoer).

Ten einde de variaties van het chloridegehalte in functie van de tijd weer te geven werden de bijlagen 5, 6 en 7 gemaakt.

De bijlage 5 stelt de variatie voor van de tiendaagse gemiddelde waarden en van de maandgemiddelden van de extreme chloridegehalten (bij vloedkentering : V en bij ebkentering : E) voor de periode 1949 tot 1970 voor het Loodsgebouw.

De bijlagen 6, 7 en 8 geven dezelfde waarden voor respectievelijk Zandvliet (periode 1962 tot 1970), Liefkenshoek (periode 1959-1970) en Schelle (periode 1953-1964).

De bijlage 9 geeft de tiendaagse gemiddelde waarden van het gemiddelde chloridegehalte $M = \frac{V + E}{2}$ en de amplitude $A = V - E$ in functie van de tijd voor Loodsgebouw (periode 1949-1970).

De bijlagen 10, 11 en 12 geven dezelfde waarden voor de posten Zandvliet (periode 1961-1970), Liefkenshoek (periode 1959-1970) en Schelle (periode 1953-1964). Deze bijlagen vervolledigen en vatten de gegevens samen, welke gedeeltelijk ook reeds in vroegere rapporten werden meegedeeld.

De tabel op bijlage 20 geeft een overzicht van de voor de verschillende waarnemingsposten in het verleden gebruikte meetmethoden en/of -toestellen.

De tabel op bijlage 21 geeft de extreme waarden van het chloridegehalte, welke aan het Loodsgebouw van 1949 tot 1970 door de Antwerpse Zeediensten werden waargenomen.

5. CHLORIDE -AFVOERCORRELATIES:

De afvoergegevens van de Schelde, waarover men beschikt voor de periode 1949 tot 1958 laten toe correlaties op te maken tussen het chloridegehalte en de bovenafvoer. De waarnemingsposten, die hiervoor **meest** in aanmerking komen zijn Loodsgebouw en Schelle. Als bovenafvoer van de Schelde wordt de afvoer te Schelle genomen.

De bijlage 13 geeft voor de periode 1949-1958 de correlatie weer tussen de jaargemiddelden van V, E en M voor het Loodsgebouw. Deze grafiek is een vervollediging van de correlatie, welke door ir. Codde werd vastgesteld.

Op de bijlage 14 zijn de maandgemiddelden van M uitgezet tegenover Q voor de periode 1953-1958 voor Loodsgebouw en Schelle. Er werd onderscheid gemaakt tussen verziltings- en ontziltings- of overgangsperioden, in overeenstemming met de bemerkingen op blz. 4.

De correlatie der maandgemiddelden blijkt voor de waarnemingspost te Schelle beter te voldoen dan voor deze aan **het** Loodsgebouw. Voor de ontziltingsperioden is een correlatiekromme moeilijk weer te geven, wegens de grote spreiding der waarnemingen. De spreiding der waarnemingen voor de verziltingsperioden kan gedeeltelijk verklaard worden door de invloed van de getijamplitude.

Inderdaad vallen de gemiddelde chloridegehalten, die overeenstemmen met een maandgemiddelde getijamplitude van 5,02 m (1958) boven de correlatie, terwijl deze met 4,72 m (1952) er onder vallen, dit althans voor de gemiddelde debieten. Er is verdere studie nodig om deze invloed nauwkeuriger te omschrijven.

Door de Antwerpse Zeediensten worden sedert 1952 alle 14 dagen monsters genomen bij kentering hoogwater op verschillende plaatsen, o.a. nabij het Loodsgebouw. Deze metingen geven een goed beeld van de variaties van het chloridegehalte bij KHW in functie van de tijd. Men kan op de grafische voorstelling hiervan (x) een "maand-gemiddelde" bepalen. De aldus bekomen resultaten werden op de bijlage 15 tegenover de bovendebieten uitgezet. Ook hier is de correlatie behoorlijk voor de verziltingsperioden maar vertoont een sterke spreiding voor de ontziltingsperioden.

Het belang van de correlatie der maandgemiddelden ligt hierin dat ze toelaat door kennis van het maandgemiddeld chloridegehalte de maandgemiddelde bovendebieten te kennen op eenvoudige en voldoende nauwkeurige wijze. Daar veranderingen in het hydraulisch regime van de Schelde ook hun weerslag kunnen hebben op hogervermelde correlaties is voortdurende controle ervan echter ten zeerste aangeraden.

6. VARIATIE VAN HET CHLORIDEGEHALTE VOLGENS DE LANGSAS VAN DE SCHELDE.

Uitgebreide metingen, tijdens de jaren 1949-1950 verricht, hebben toegelaten gemiddelde verlopen op te maken van het chloridegehalte van Vlissingen tot Gentbrugge. De bijlage 16 geeft deze verlopen weer, zowel van V, E, als (grafiek overgenomen uit de publicatie van ir. Codde, vermeld in de inleiding). Door rekening te houden met het feit dat het gemiddeld chloridegehalte van het bovenwater voor 1950 te Dendermonde 0,2 gr./l bedroeg en na invoeren van het begrip penetratielengte L van de chlorideïnvloed, kan een verloop in langszin opgemaakt worden van het plaatselijk relatief chloridegehalte ten opzichte van het chloridegehalte van zeewater.

 (x) Zie het verslag : "Zoutmetingen in de dokken van de Antwerpse Haven - Periode 1966-1970" (jan. 1971).

De bijlage 17 geeft dit verloop weer voor de waarnemingen van 1950.

De symbolen hebben de volgende betekenis :

C : chloridegehalte (gr/l) op een bepaalde plaats (gemiddeld)

CZ: chloridegehalte (gr/l) van zeewater

ℓ : afstand (m) van de monding tot de beschouwde meetplaats

L : totale penetratielengte (m) van de chlorideinvloed.

Indien men rekening houdt met bovengaannde bemerkingen, blijkt dat men het relatieve chloridegehalte voor het jaar 1950 goed in overeenstemming kan brengen met de diffusietheorie van Arons en Stommel (x). Het verloop blijkt aan de volgende exponentiële formule te voldoen :

$$\frac{C}{CZ} = e^{-\alpha \left(\frac{\ell}{L - \ell} \right)}$$

Hierin is α een coëfficiënt. Voor de beschouwde periode is $\alpha = 0,8$ (zie op bijlage 17 het theoretisch verloop).

Het aldus weergegeven verloop kan men opvatten als een gemiddelde toestand van diffusieevenwicht. De weergave in niet-dimensionele vorm van de chloridegemiddelden levert een diagramma op, dat voor vergelijkende studies van de chlorideinvloed nuttig kan aangewend worden.

De bepaling van de penetratielengte L levert in de praktijk wel enige moeilijkheden wegens de meetnauwkeurigheid bij lage chloridegehalten.

Op bijlage 17 zijn voor enkele recente metingen (1971) de resultaten weergegeven. De overeenkomst met de theoretische kromme is bevredigend.

(x) "A Mixing Length Theory of Tidal Flushing"

A. Arons en H. Stommel. Transactions Am. Geogr. Union
Vol. 32 nr. 3 . . .

7. AMPLITUDEVARIATIES IN LANGSZIN.

Op bijlage 16 werd een gemiddeld verloop in langszin weergegeven (voor de waarnemingen van 1950) van de chloride-amplituden ($A = V-E$). Zoals reeds werd aangetoond zijn deze amplituden plaatselijk zeer veranderlijk (getij-invloed en bovenafvoer

Voor de periode 1950 werden de maandgemiddelde verlopen van op bijlage 18 weergegeven. Uit deze bijlage is op te maken dat de amplitudeverlopen een maximum vertonen dat zich (voor de beschouwde periode) situeert tussen Bath en Antwerpen. De ligging maar ook de absolute waarde van het maximum is afhankelijk van het bovendebiet (vgl. februari met oktober).

Bij een langere periode van verzilting wordt een zeker evenwicht bereikt (juli, augustus).

Bij plotse stijging van de afvoer verschuift het maximum naar afwaarts, maar wordt de absolute waarde van het maximum ook plots veel groter (januari, februari, oktober, november).

Als de ontzilting aanhoudt vermindert de absolute waarde van het maximum, dat zich echter meer naar afwaarts verlegt (november, december). Zeker spelen hier ook getijfactoren een rol.

Er is verder studiewerk vereist om de invloed van deze factoren nauwkeuriger te bepalen. Deze studie kan echter slechts tot een goed einde gebracht worden indien in verschillende vaste waarnemingsposten langs de ganse Schelde continu registrerende chloridegehaltemeters kunnen geïnstalleerd worden.

.//.

8. BESLUITEN.

In onderhavig rapport werd getracht een overzicht te geven van de voornaamste meetresultaten en bevindingen, die sedert 1942 door de Antwerpse Zeediensten, in verband met de chloridegehalten, van het Scheldewater werden verkregen.

De voornaamste factoren, die de chloridegehalten beïnvloeden, zijn het getij en de bovenafvoer van de rivier.

De studie leidde tot het opmaken van enkele diagramma's, die de variatie weergeven van het chloridegehalte met de tijd. Hiervoor kan men de bijlagen 5 tot 12 raadplegen.

Het verband, dat kan gelegd worden tussen het chloridegehalte en de bovenafvoer, vindt men op bijlagen 13 tot 15.

Het verloop van de chloridegehalten in langszin beantwoordt aan een exponentiële wetmatigheid, die op de bijlagen 16 en 17 tot uiting komt.

Bij gebrek aan voldoende gegevens is het voorlopig niet mogelijk het verziltings- en ontziltingsmechanisme volledig te beschrijven. Verdere studie is noodzakelijk. Ze zal echter slechts bevredigende resultaten kunnen geven indien de meetinstallaties voor de continue bepaling van het chloridegehalte kunnen aangepast en uitgebreid worden.

Een referentielijst der rapporten en publicaties over de chloridegehaltemetingen in de Schelde vindt men op bijlage 19.

Antwerpen, oktober 1971

De e.a. Ingenieur van Bruggen en
Wegen - Hoofd van Dienst,

ir. I. COEN

INHOUDSTAFEL

Inleiding	p. 1
1. Bepaling van het chloridegehalte	p. 2
2. Het chloridegehalte van het zeewater	p. 2
3. Het chloridegehalte van het bovenwater	p. 3
4. Hydraulische factoren die het chloridegehalte beïnvloeden	p. 3
4.1. Invloed van het getij op het chloridegehalte	p. 4
4.2. Invloed van de bovenafvoer op het chloridegehalte	p. 5
5. Chloride-afvoerrelaties	p. 7
6. Variatie van het chloridegehalte volgens de langsas van de Schelde	p. 8
7. Amplitudevariatiën in langszin	p. 10
8. Besluiten	p. 11

VERBAND TUSSEN CHLORIDEGEHALTE EN NaCl. GEHALTE.

Bij titratie van chloorionen volgens de methode van Mohr met zilvernitraat als reagens en kaliumchromaat als indicator treden volgende scheikundige reacties op :



Moleculair gewicht NaCl :

$$\begin{array}{r} 22,997 \text{ gr atoomgewicht natrium (Na}^+) \\ + 35,457 \text{ gr.} \quad \quad \quad \text{"} \quad \quad \quad \text{chloor (Cl}^-) \\ \hline 58,454 \text{ gr} \end{array}$$

Moleculair gewicht MgCl₂ :

$$\begin{array}{r} 24,32 \text{ gr atoomgewicht magnesium (Mg}^{++}) \\ 2 \times 35,457 \text{ gr} \quad \quad \quad \text{"} \quad \quad \quad \text{chloor (Cl}^-) \\ \hline 95,234 \text{ gr} \end{array}$$

Het werkelijk gewicht der chloorzouten is dus :
58,454 gr + 95,234 gr of 153,688 gr.

Als men veronderstelt dat alle chloor op natrium gebonden is wordt het totaal gewicht :

$$\begin{array}{r} 3 \times 22,997 = 68,991 \text{ gr Na}^+ \\ + 3 \times 35,457 = 106,371 \text{ gr Cl}^- \\ \hline 175,362 \text{ gr.} \end{array}$$

Men bekomt bij deze onderstelling een fictief NaCl.gehalte .
In het verleden werden de titraties volgens deze onderstelling uitgevoerd.

Vergelijking van het fictief NaCl.gehalte met het werkelijk gehalte aan Cl⁻ alleen geeft

$$\frac{175,362}{106,371} = 1,65$$

De factor 1,65 moet men met het Cl⁻gehalte vermenigvuldigen om het NaCl.gehalte te kennen zoals het in het verleden werd bepaald.

BEMERKINGEN.

- 1) Soms drukte men in het verleden het chloridegehalte uit in millivalenties : 1 millivalentie komt overeen met 35,457 mg Cl^- per liter.
Zeewater met een chloridegehalte van 19,5 gr/l geeft 550 millivalenties.
- 2) Tussen het totale zoutgehalte en het chloridegehalte van zeewater geldt het verband :
zoutgehalte $\frac{35,50}{19,50}$ chloridegehalte.

CHLORIDEGEHALTEN VAN HET NOORDZEEWATER EN VAN DE BOVENRIVIEREN
VAN DE SCHELDE
PERIODE 1950 - 1951

		Aantal Monsters	Gemiddelde Waarde	Minimum	Maximum
Zeebrugge	1950	57	18,42 gr/l	17,33 gr/l	19,63 gr/l
	1951				
Gentbrugge	1950	38	0,16 gr/l	0,07 gr/l	0,55 gr/l
	1951	32	0,11 gr/l	0,07 gr/l	0,17 gr/l
Denderbelle	1950	38	0,08 gr/l	0,05 gr/l	0,17 gr/l
	1951	16	0,08 gr/l	0,06 gr/l	0,11 gr/l
Haacht	1950	48	0,16 gr/l	0,07 gr/l	0,31 gr/l
	1951	20	0,18 gr/l	0,11 gr/l	0,27 gr/l
Epegem	1950	35	0,14 gr/l	0,07 gr/l	0,27 gr/l
	1951	18	0,14 gr/l	0,06 gr/l	0,21 gr/l
Netekanaal Nijlen	1950	37	0,05 gr/l	0,04 gr/l	0,08 gr/l
	1951	17	0,06 gr/l	0,04 gr/l	0,12 gr/l
Lier	1950	93	0,08 gr/l	0,04 gr/l	0,22 gr/l
	1951	18	0,10 gr/l	0,06 gr/l	0,17 gr/l
Itegem	1950	37	0,07 gr/l	0,04 gr/l	0,18 gr/l
	1951	20	0,11 gr/l	0,05 gr/l	0,18 gr/l
Grobendonk	1950	48	0,04 gr/l	0,04 gr/l	0,08 gr/l
	1951	23	0,05 gr/l	0,04 gr/l	0,07 gr/l

HOOGTE NKD

5m
4m
3m
2m
1m
0

GETUJHOOGTE

HOOG WATER

±VLOEDKENTERING

CHLORIDEGEHALTE

CHLORIDEGEHALTE

(gr/l)

4
3
2
1
0

LAAG WATER

LAAG WATER

0 1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 1h 2h 3h

$$M = \frac{V + E}{2}$$

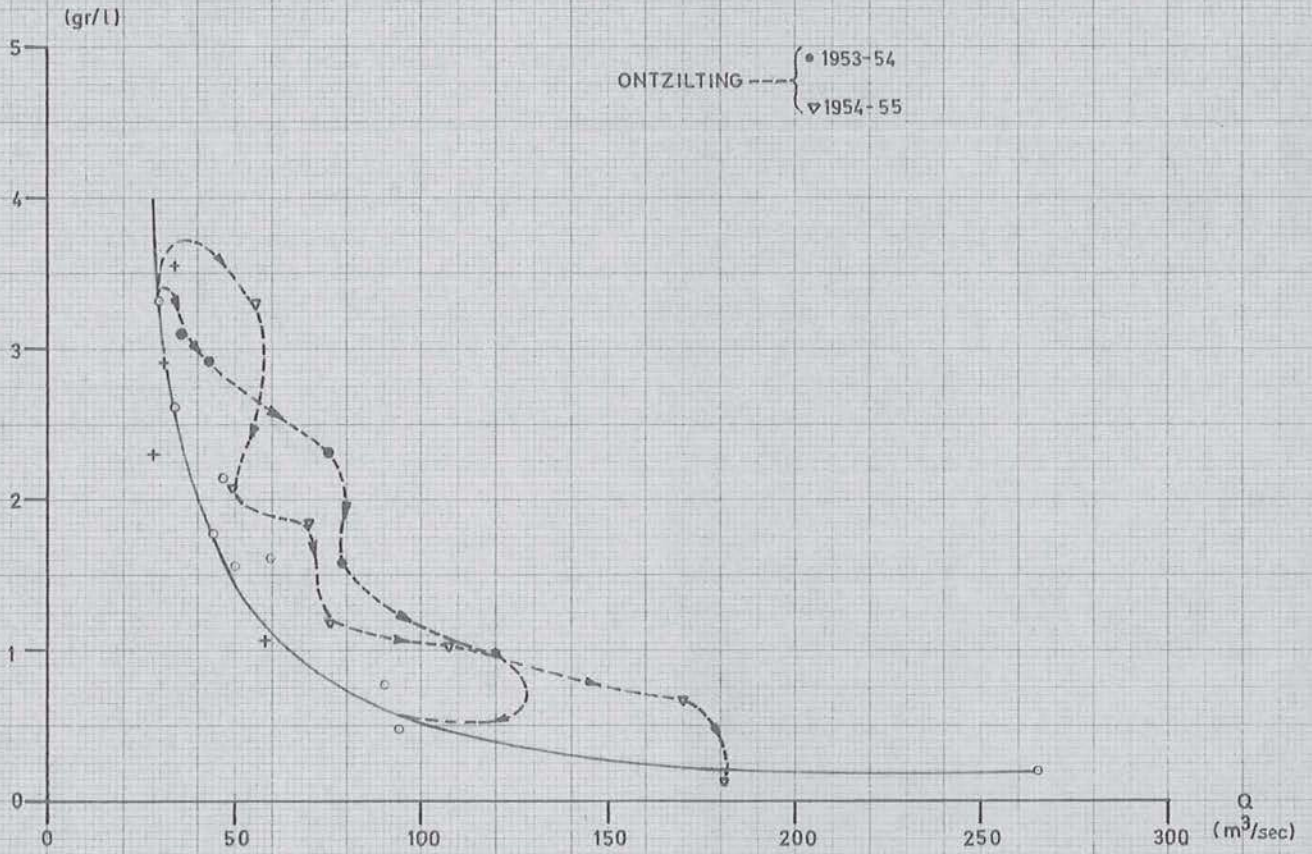
$$A = V - E$$

INVLOED VAN HET GETIJ OP HET CHLORIDEGEHALTE

ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

Bijlage 3

CHLORIDEGEHALTE MAANDGEMIDDELDEN (gr/l)



Q : DEBIET TE SCHELLE (MAANDGEMIDDELDEN)

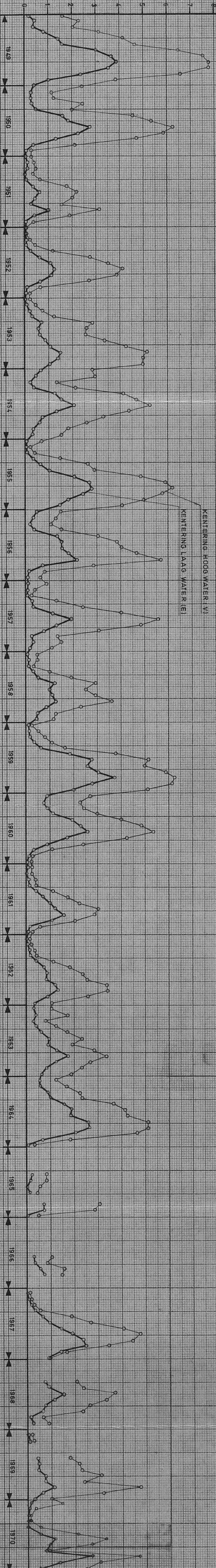
STB
523 A4
732501



Nr 1634

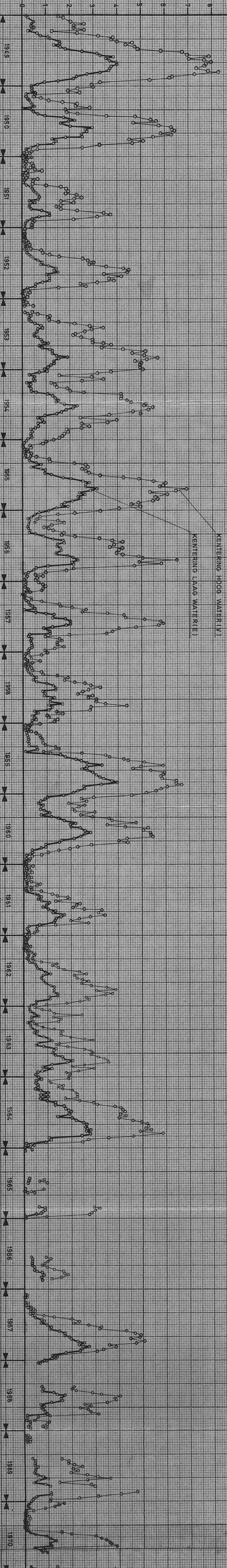
CHLORIDEGEHALTE
(g/l)

MAANDGEMIDDELDE



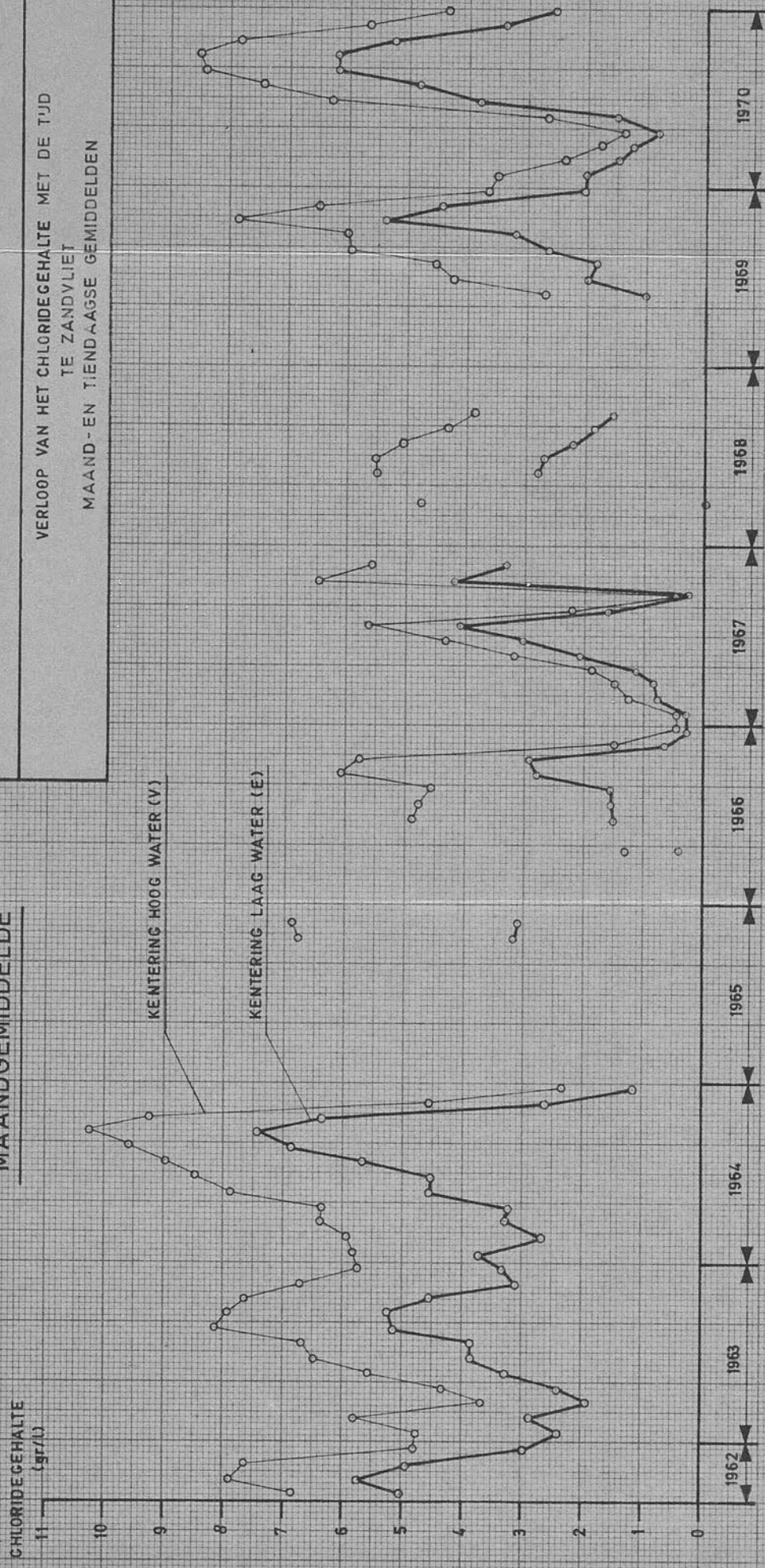
CHLORIDEGEHALTE
(g/l)

TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

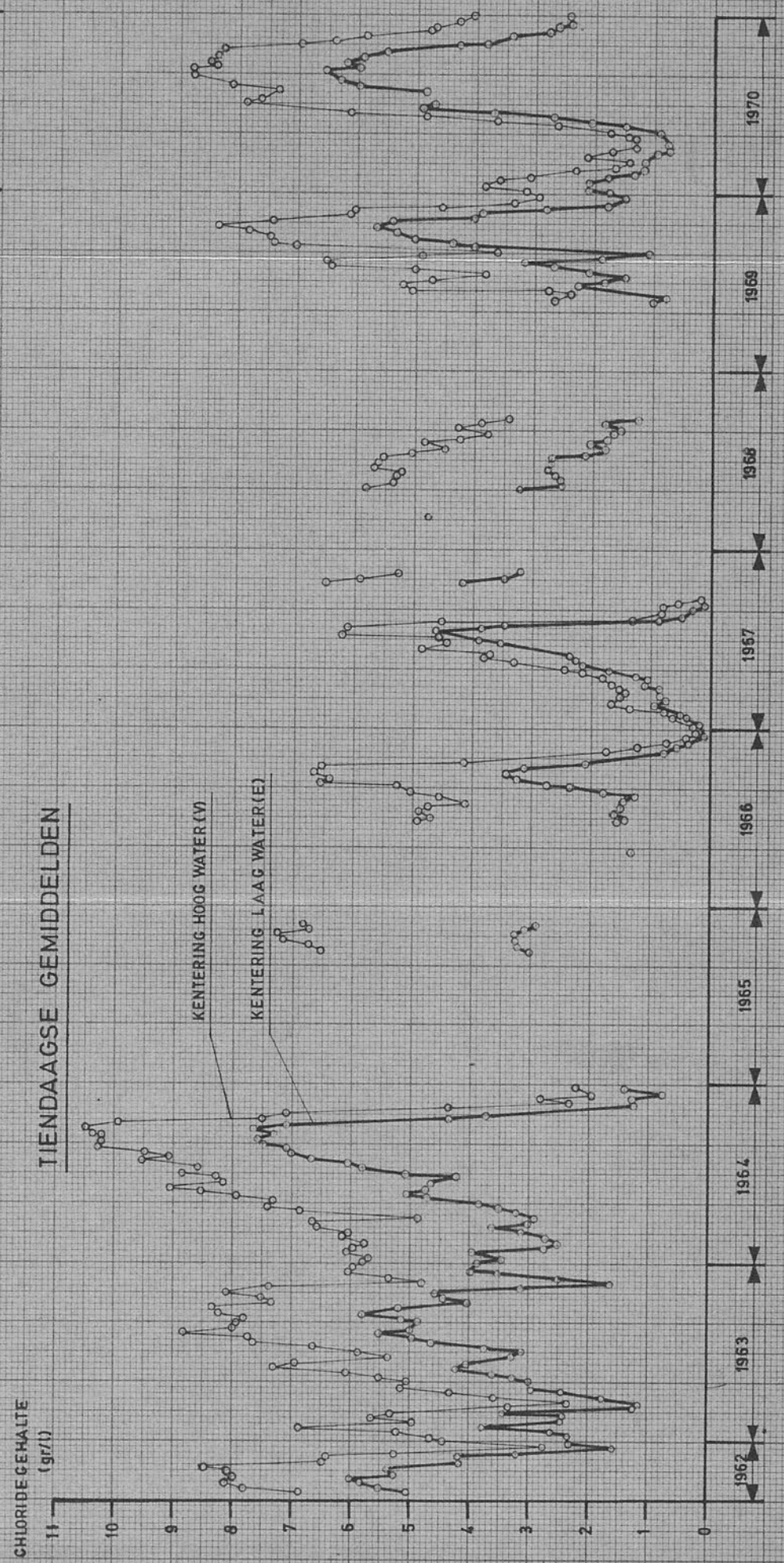


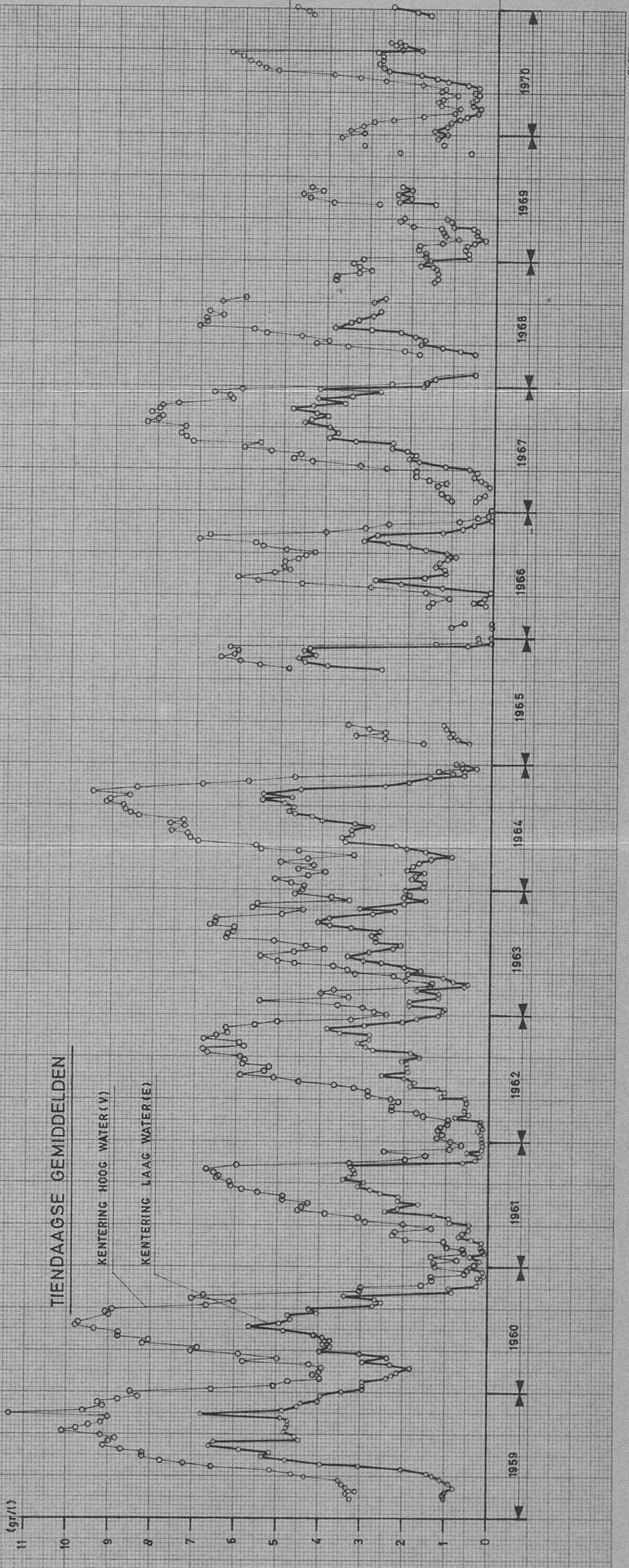
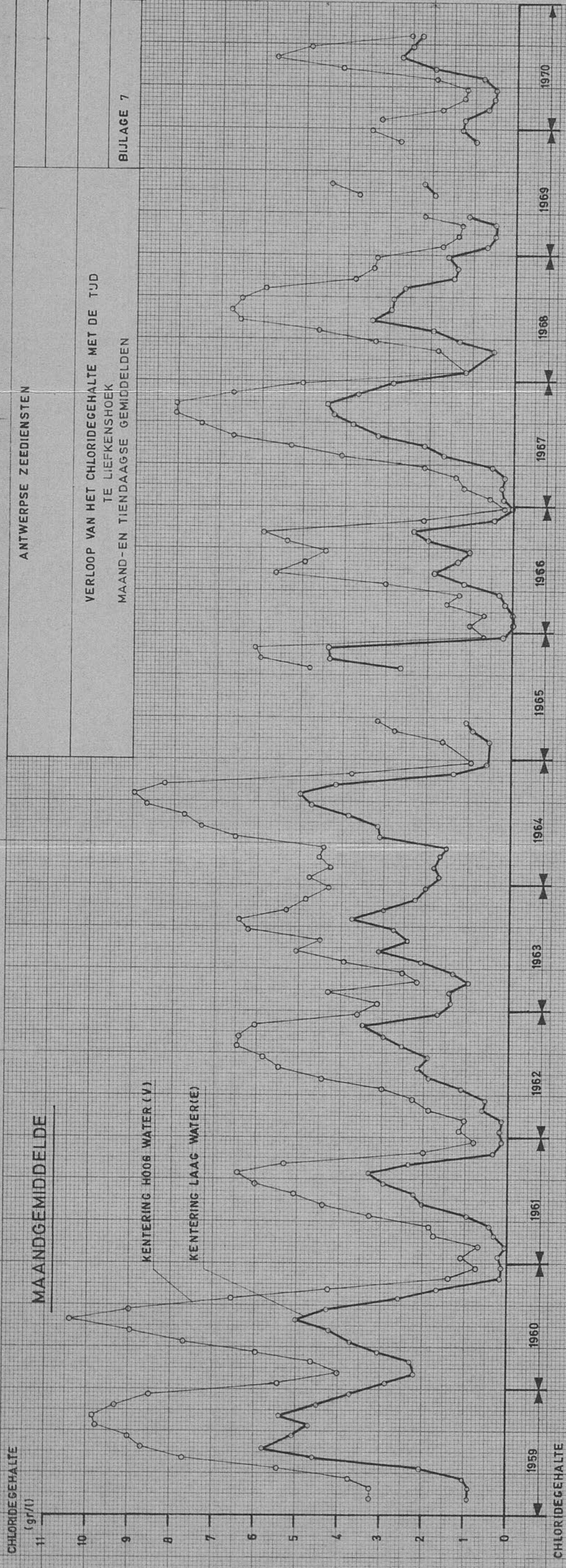
VERLOOP VAN HET CHLORIDEGEHALTE MET DE TIJD
TE ZANDVLIET
MAAND- EN TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

MAANDGEMIDDELDE

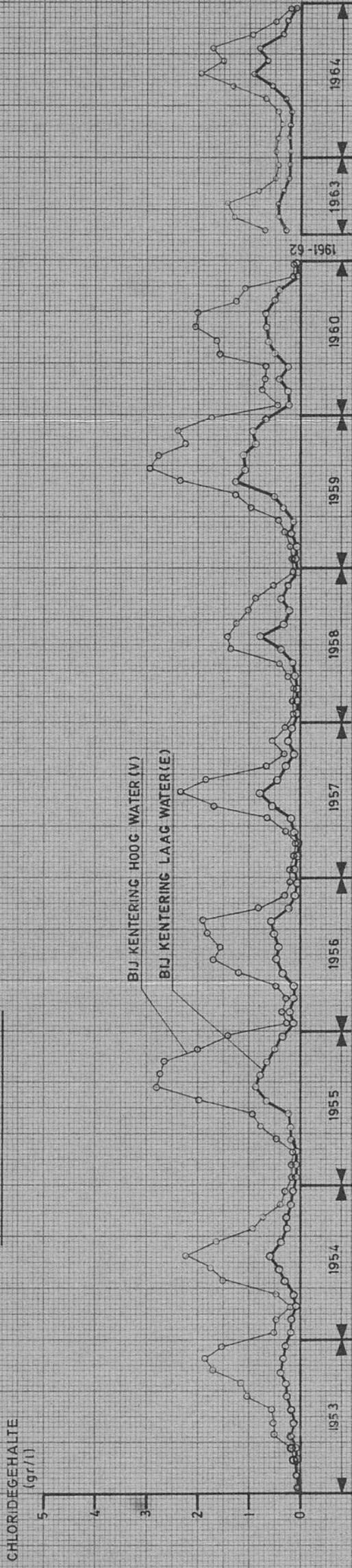


TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

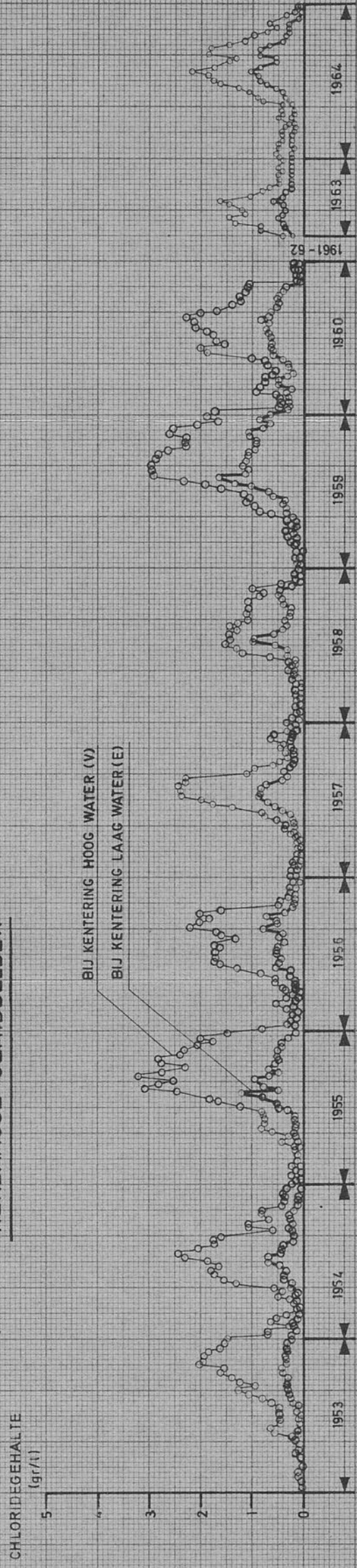




MAANDGEMIDDELDE



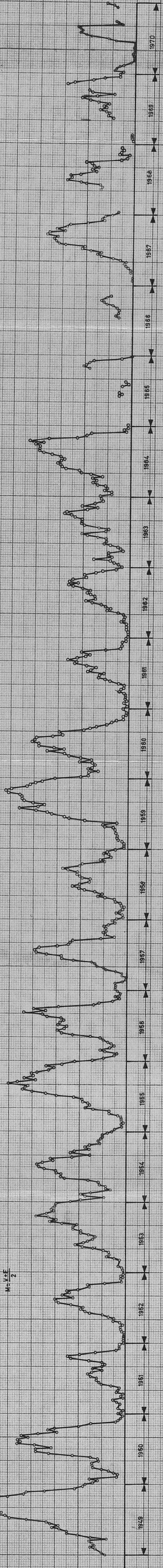
TIENDAAGSE GEMIDDELDEN



CHLORIDEGEHALTE
(gr/l)

TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

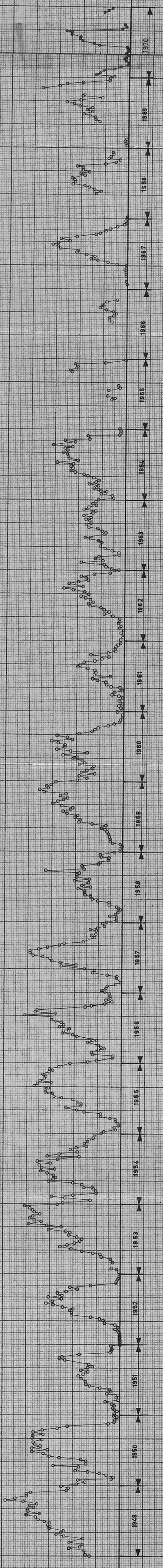
GEMIDDELTE WAARDE
 $M = \frac{V \cdot E}{2}$



CHLORIDE GEHALTE
(gr/l)

TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

AMPLITUDE
 $A = V - E$

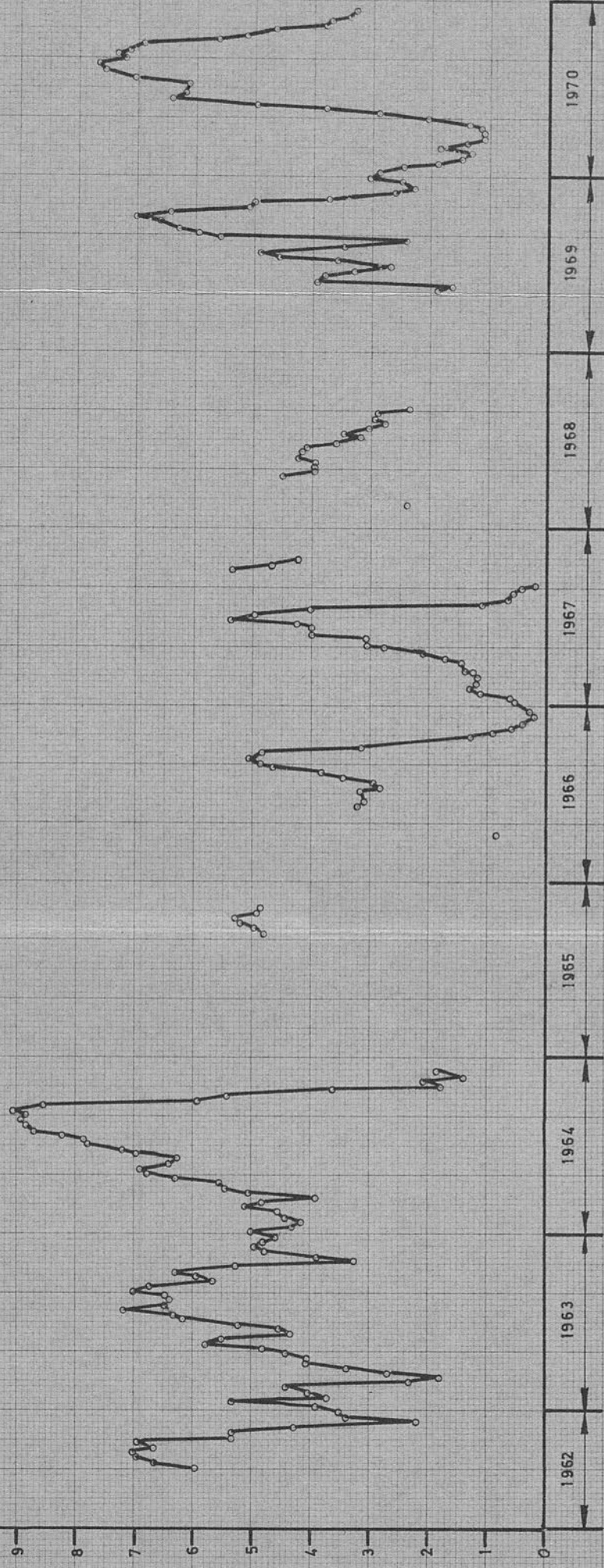


TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

CHLORIDEGEHALTE
(gr/l)

GEMIDDELTE WAARDE

$$M = \frac{V+E}{2}$$

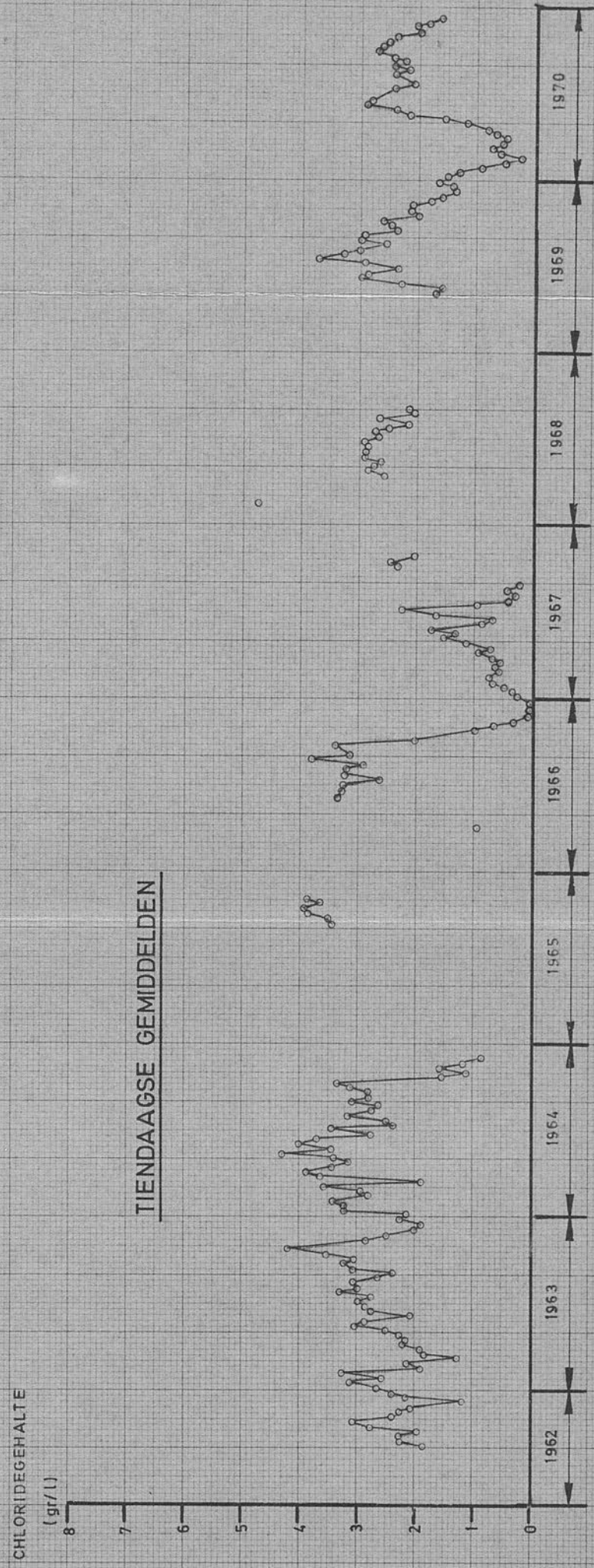


TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

CHLORIDEGEHALTE
(gr/l)

AMPLITUDE

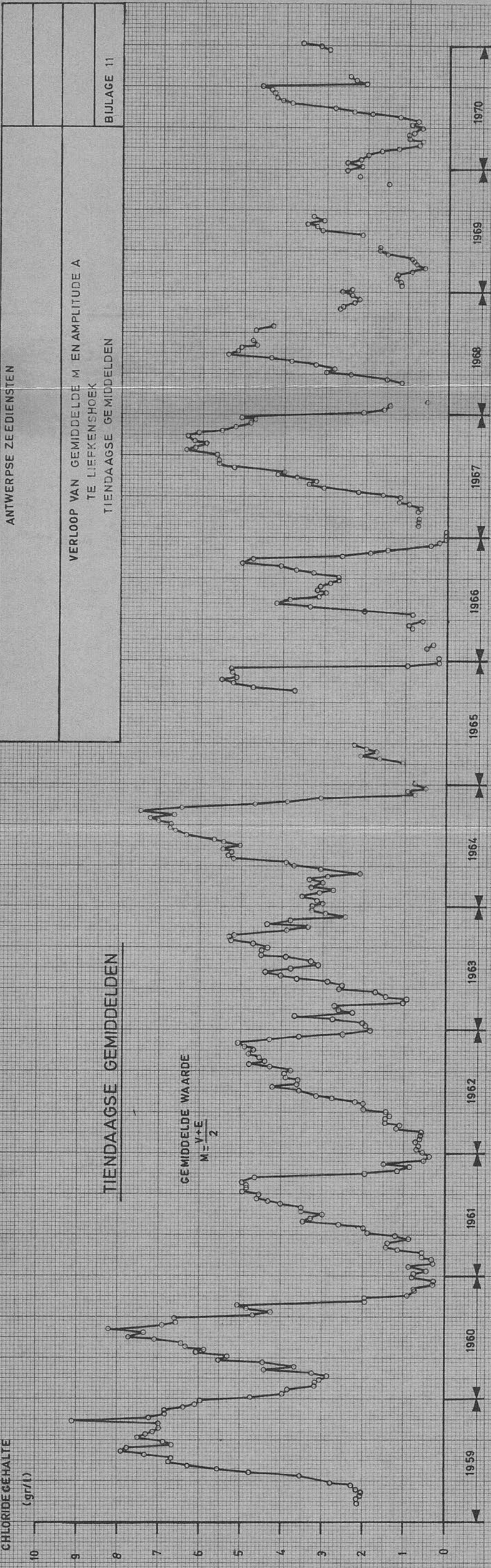
$$A = V-E$$



CHLORIDEGEHALTE
(gr/l)

TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

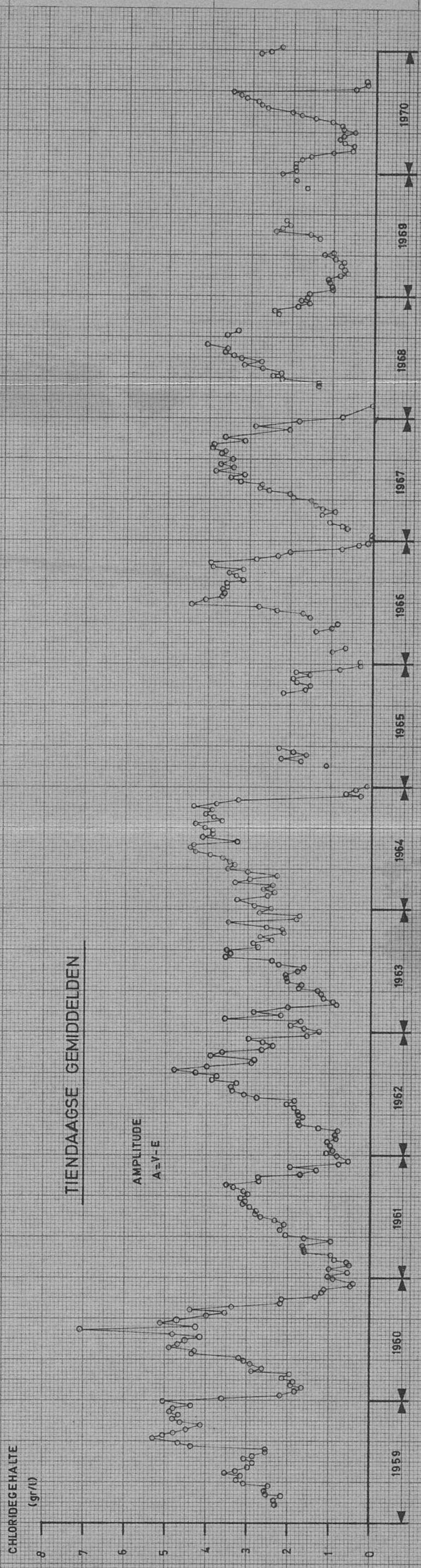
GEMIDDELDE WAARDE
 $M = \frac{V+E}{2}$



CHLORIDEGEHALTE
(gr/l)

TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

AMPLITUDE
 $A = V - E$

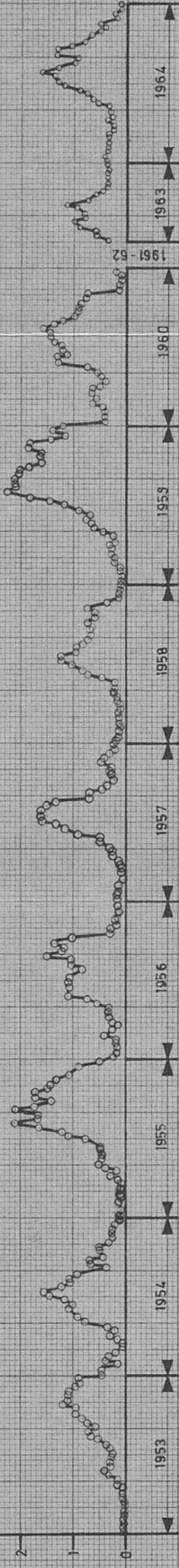


TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

CHLORIDEGEHALTE

(gr/l)

GEMIDDELTE WAARDE $M = \frac{V+E}{2}$



TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

CHLORIDEGEHALTE

(gr/l)

AMPLITUDE $A = V-E$



CHLORIDEGEHALTE

LOODSGEBOUW (1949-1958)

gr/l

7

6

5

4

3

2

1

0

BIJ KENTERING HOOG WATER (V)
BIJ KENTERING LAAG WATER (E)
GEMIDDELDE (M)

Q
m³/sec

0

50

100

150

200

250

300

Q = DEBIET TE SCHELLE

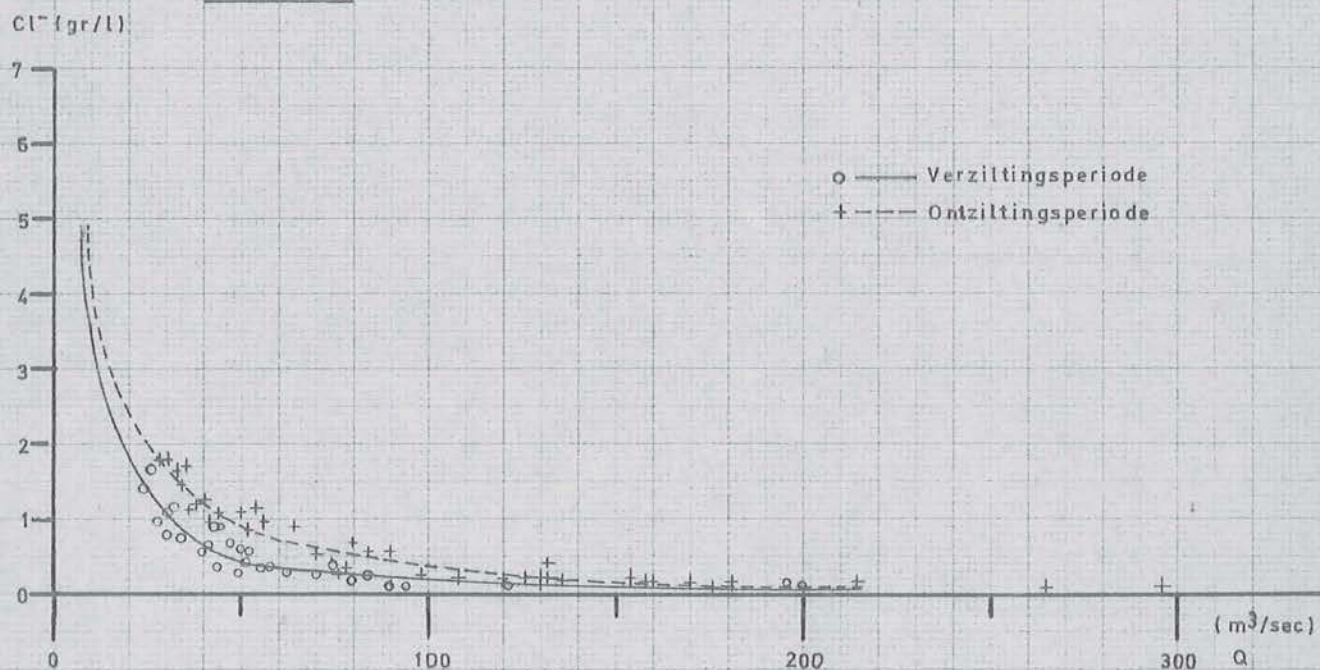
523 A4
73250



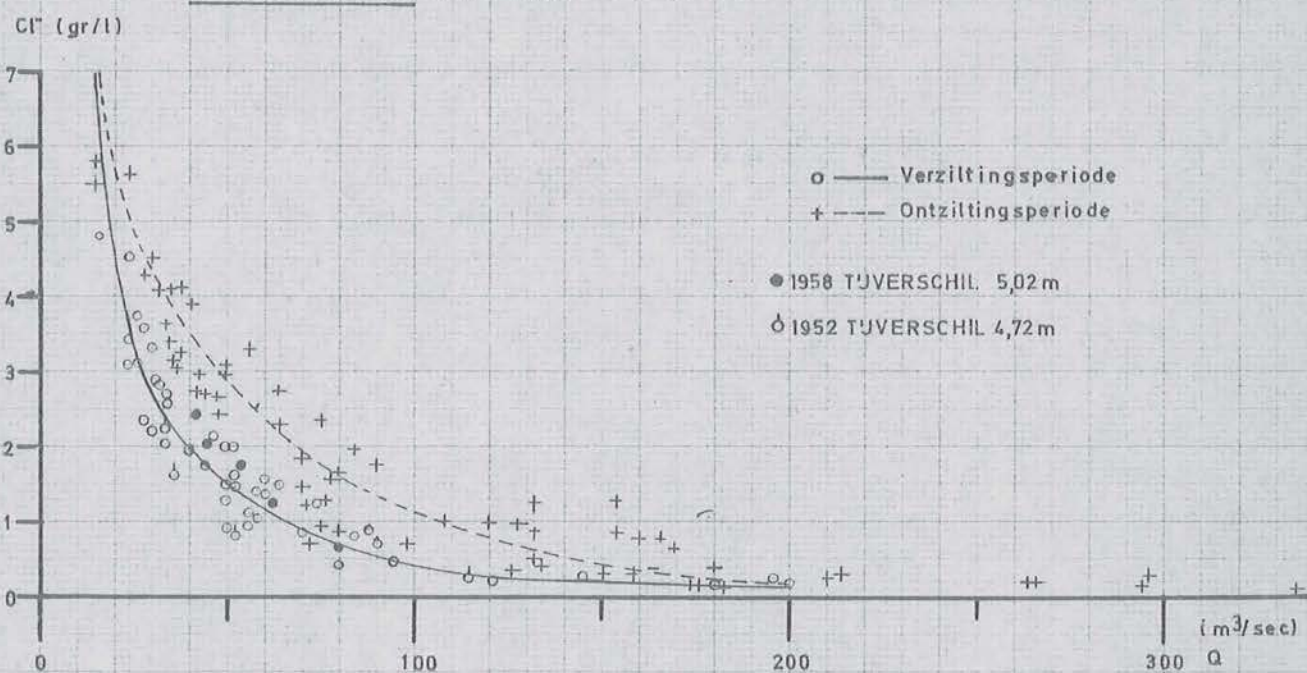
Nr 1634

CORRELATIE CHLORIDEGEHALTE - AFVOER
 MAANDGEMIDDELDEN VAN $M = \frac{V+E}{2}$ EN Q

SCHELLE (1953-1958)



LOODSGEBOUW (1953-1958)



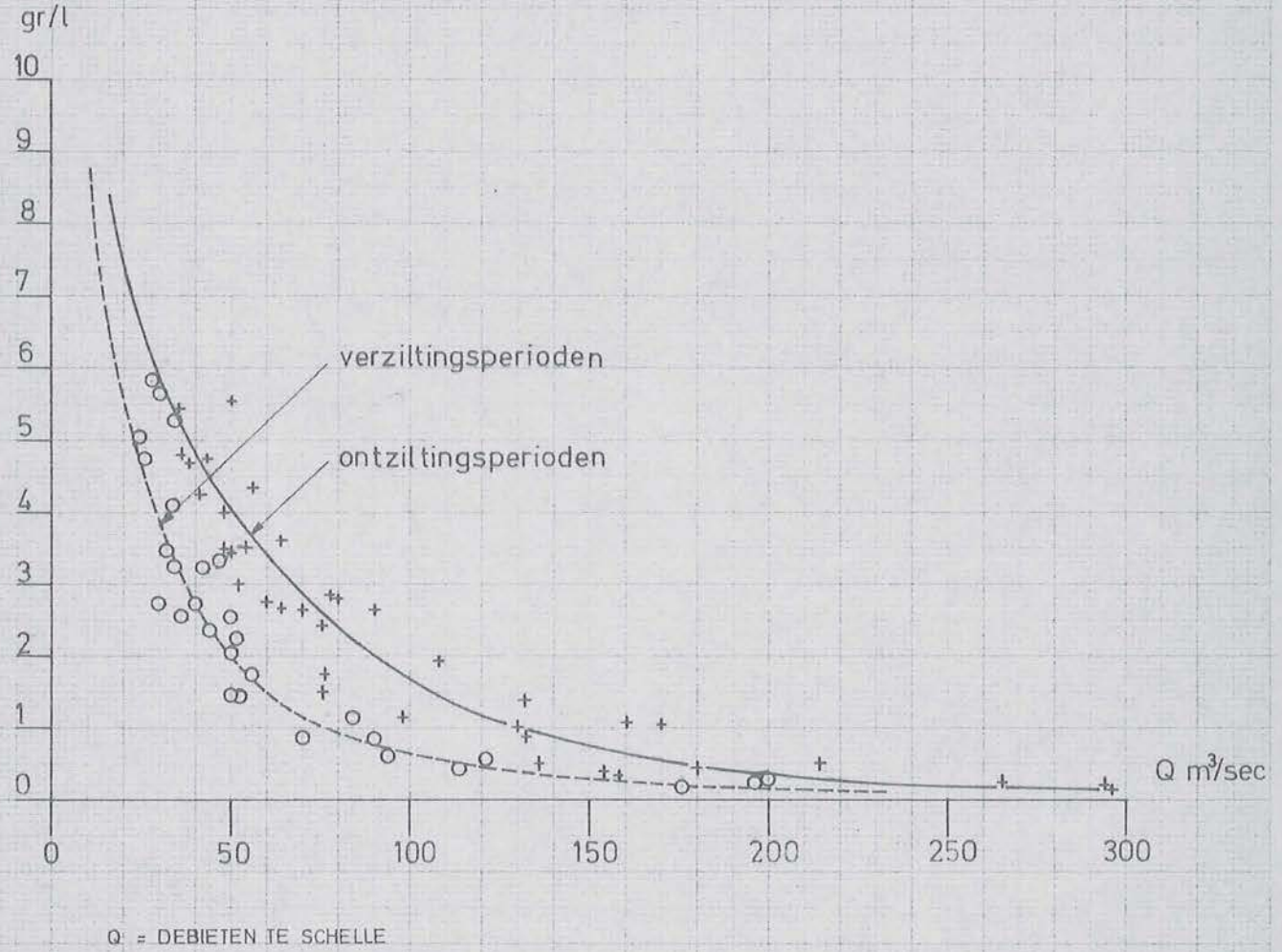
Q = DEBIET TE SCHELLE

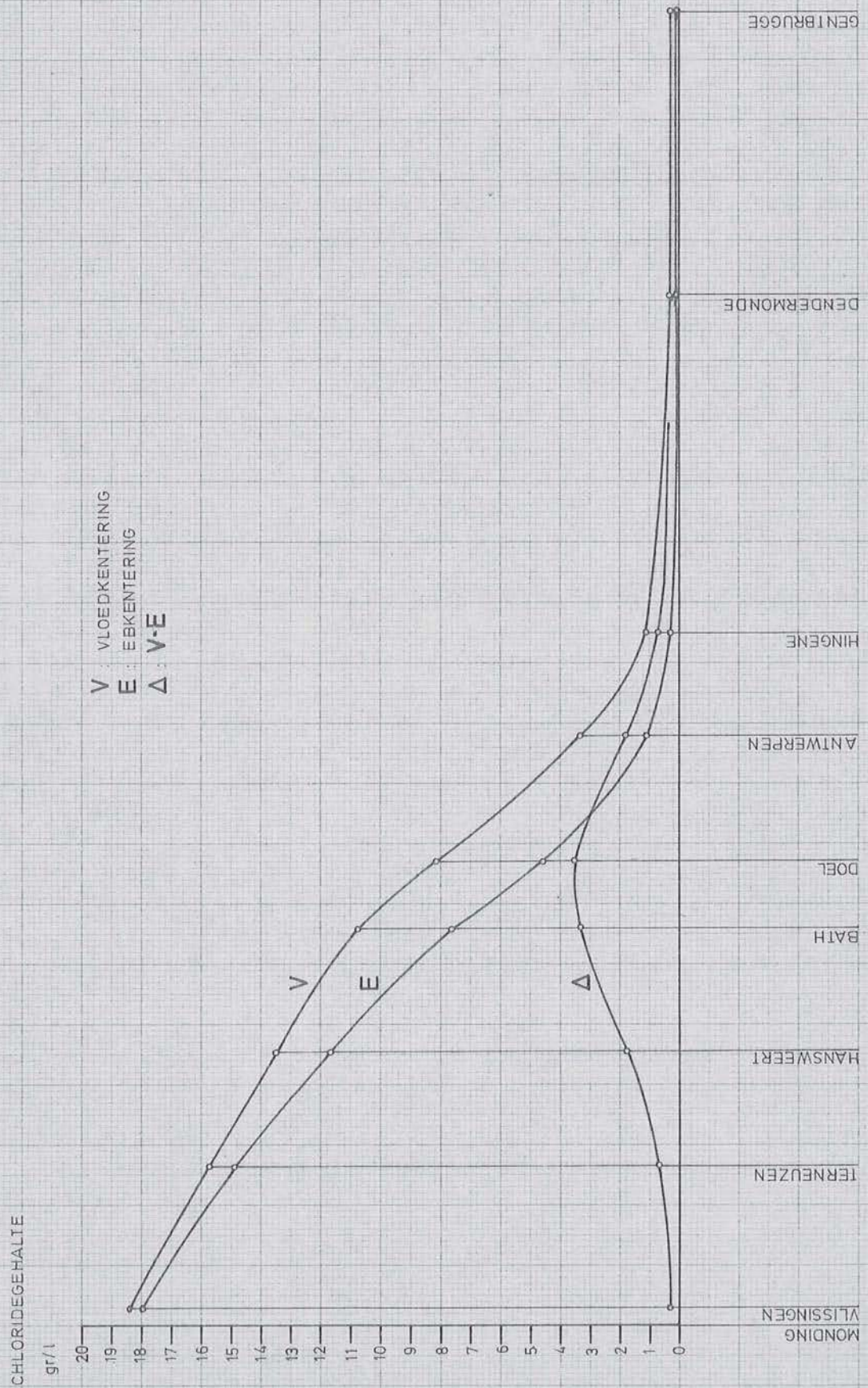
STB
 522 AA
 732501



Nr 1634

CHLORIDEGEHALTE maandgemiddelden Loodsgebouw (KHW)





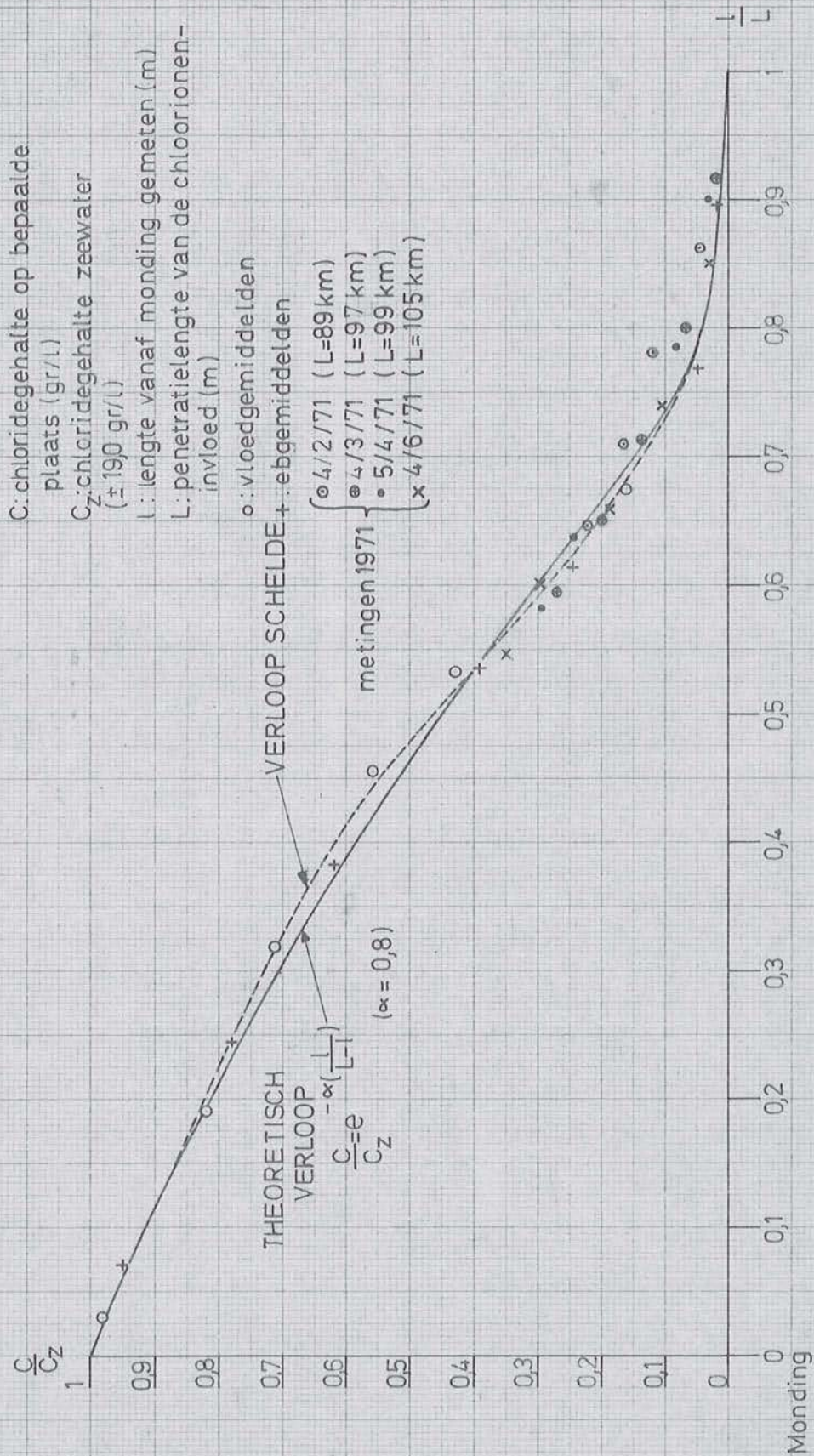
523 A4
732501



Nr 1634

GEMIDDELD VERLOOP IN LANGSZIN VAN DE RELatieve
CHLORIDEGEHALTEN $\frac{C}{C_z}$ (VOLGENS WAARNEMINGEN 1950)

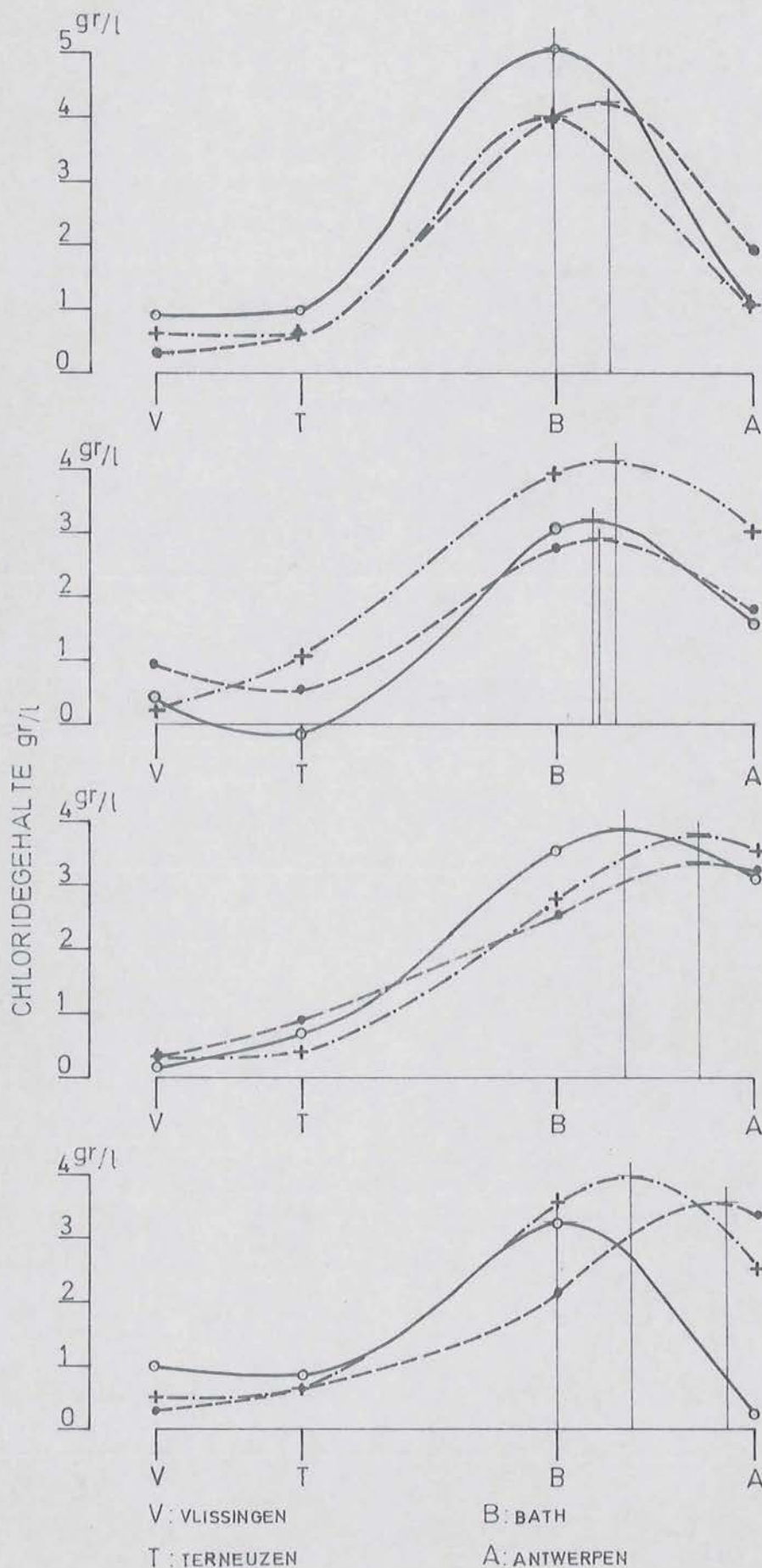
BULAGE 17



523 A4
732501



Nr 1634



JAN	•
FEB	○
MRT	+

APR	•
MEI	○
JUNI	+

JULI	•
AUG	+
SEP	○

OKT	•
NOV	+
DEC	○

OVERZICHT VAN DE CHLORIDEGEHALTEMETINGEN IN DE WESTERSCHELDE

GEBRUIKTE METHODEN EN TOESTELLEN .

Waarnemingspost	Aard der meting Methode of toestel	Periode
Liefkenshoek	- Continue registratie van het chloridegehalte met Kenttoestel	1950 tot heden
	- Controle door 14-daagse monsternamen bij KHW (titratie van Mohr) (⊗)	idem
Zandvliet	- Continue registratie van het chloridegehalte met Kenttoestel	september 1962 tot heden
	- dagelijkse monsternamen bij KHW en KLW (titratie van Mohr) (⊗)	tijdens bouw van Zeesluis
	- Controle door 14-daagse monsternamen bij KHW (titratie van Mohr) (⊗)	
Loodsgebouw	- Continue registratie van het chloridegehalte	1953 tot heden
	- dagelijkse monsternamen bij KHW en KLW (titratie van Mohr) (⊗)	1951 tot heden
	- Controle door 14-daagse monsternamen bij KHW (titratie van Mohr) (⊗)	idem
Schelle	- dagelijkse monsternamen bij KHW en KLW	1953 tot 1965

(⊗) Sedert juli 1971 is een geleidbaarheidsmeter met 4-electroden systeem ECR-P4EN in gebruik.
De titraties van 1949 tot 1960 gingen gepaard met geleidbaarheidsmetingen door middel van een Philips-Meetbrug (2 electrodensysteem).

UITERSTE WAARGENOMEN CHLORIDEGEHALTEN (gr/l) TE ANTWERPENLOODSGEBOUW - PERIODE 1949-1970TIENDAAGSE GEMIDDELDEN

Jaar	Maand	Maximum	Minimum
1949	oktober (3) januari (1)	8,18	0,18
1950	augustus (3) december (3)	6,36	0,06
1951	oktober (2) januari (2)	3,73	0,06
1952	augustus (1) januari (1)	4,48	0,06
1953	oktober (3) januari (2)	5,70	0,06
1954	juli (2) maart (1)	5,45	0,18
1955	september (1) januari (3)	6,85	0,06
1956	september (1) december (2)	6,42	0,06
1957	juli (2) februari (2)	5,94	0,06
1958	september (3) januari (2)	4,36	0,06
1959	november (1) januari (1)	6,60	0,12
1960	juli (3) december (1)	5,42	0,07
1961	september (1) februari (1)	3,42	0,08
1962	september (3) januari (2)	3,87	0,09
1963	oktober (1) maart (2)	3,56	0,17
1964	oktober (1) december (2)	5,82	0,15

Jaar	Maand	Maximum	Minimum
1965	oktober (3) juli (2)	3,20	0,04
1966	oktober (1) juli (1)	1,84	0,30
1967	september (1) januari (3)	5,05	0,08
1968	juni (2) oktober (1)	4,04	0,10
1969	oktober (3) januari (1)	4,73	0,08
1970	augustus (2) april (3)	3,85 ^G	0,02 ^G

(1), (2) of (3) duiden de decade aan

3,85^G : gegiste waarde