RAPPORT Nº 11 ①

DDW7-BEN-1947-11

CHLOORGEHALTE VAN DE BENEDEN-RIVIEREN

1947

drs. C.W. COPPOOLSE

R 298

R 290.

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN

'S-GRAVENHAGE, October 1945.

van Hogenhoucklaan 60
Telefoon 776390/95

No.

Brief / Kantschrift van

Betreffende:

Bijlagen: terug / nieuw

Opdracht No. 27

In 1935 schreef ik een rapport over het zoutgehalte van het water der Benedenrivieren en kwam daarbij tot de conclusie, dat dit sinds 1908 vooral op den Waterweg en op het benedendeel der Oude Maas was toegenomen.
Dit rapport werd telkens bijgehouden en het vermoeden kwam daarbij naar voren, dat het zoutgehalte nog steeds toenemende is.
Zie ook mijn artikel over „ De toeneming van het zoutgehalte in de Benedenrivieren" in het Tijdschrift van het Aardrijkskundig Genootschap van 1941.

Ik verzoek U thans, nu een aantal nieuwe zoutwaarnemingsstations aan de oude zijn toegevoegd, deze studie te vervolgen en daarover een rapport te schrijven, zulks met het doel de uitvoeringen van het Vier- of Vijfeilandenplan in de hand te werken.

DE HOOFDINGENIEUR,

AAN den Heer:
Drs. C.W. Coppoolse.

CHLOORGEHALTE VAN HET WATER DER BENEDENRIVIEREN

Inleiding

A. Enkele algemene gegevens.

In de literatuur over het zoutgehalte van rivier- en zeewater en van kanalen en polderboezems wordt afwisselend gesproken van zoutgehalte, chloorgehalte, soortelijk gewicht en electrisch geleidingsvermogen, wat wel eens tot verwarring aanleiding geeft, temeer daar er tussen deze vier grootheden geen algemeen geldend verband bestaat. Het is zonder meer niet te zeggen, welke van deze grootheden het meest van belang is en het hangt dan ook vaak van de omstandigheden af, welke keuze men doet, b.v. van de toegepaste meetmethode of van de concentratie van de oplossing.

In het hier volgende zal hoofdzakelijk het chloorgehalte worden opgegeven, terwijl bij de behandeling der meetmethoden ook de andere grootheden ter sprake komen.-

In het water der Benedenrivieren treft men zeezout aan en rivierzout en mengsels van beiden in allerlei verhoudingen.

Het zoutgehalte van zeewater is over de hele wereld en op alle tijden vrijwel constant en bedraagt ongeveer 35 gram zout per liter. Het chloor is hiervan het voornaamste bestanddeel, het chloorgehalte is ongeveer 20 gram per liter (literatuurlijst no.1). Het zoutgehalte in de Noordzee, onmiddellijk voor de Hollandse kust is iets lager (lit.no.2).

Met het rivierzout is het minder eenvoudig gesteld. Dit zout, dat hoofdzakelijk afkomstig is uit de kalimijnen wordt n.l. door meer of minder opperwaterafvoer ook meer of minder verdund, zodat het chloorgehalte bij grote opperwaterafvoer kan dalen tot 30 mg. per liter, terwijl het bij zeer weinig opperwater stijgt tot 150 mg. per liter.(lit.no.3)

In de Benedenrivieren vermengt het zeewater zich met rivierwater, zodat men er alle chloorgehalten aantreft tussen 30 mg. per liter en 18 gram per liter. Hoe hoog het chloorgehalte op een bepaalde plaats is hangt van vele factoren af. In de eerste plaats ziet men in de variatie van het chloorgehalte een weerspiegeling van de getijbeweging. De vloedstroom voert van de zeezijde water aan met een toenemend chloorgehalte. Dit gaat door tot op het tijdstip van de stroomkentering. Daarna voert de ebstroom water aan met een afnemend chloorgehalte. Zo heeft het chloorgehalte dus tweemaal per dag een minimum en tweemaal een maximumwaarde.

Hoe hoog deze minima en maxima voor een bepaalde plaats zijn hangt weer af ten eerste van de grootte van de opperwaterafvoer en ten tweede van het getijamplitude. Veel opperwaterafvoer doet op twee manieren het chloorgehalte dalen n.l. doordat het, zoals reeds opgemerkt is de chloorconcentratie van het opperwater verlaagt en doordat tengevolge van veel opperwater het zeezout verder teruggedreven wordt. Tenslotte zijn er nog meteorologische invloeden op het zoutgehalte en wel de wind, varierende in

kracht en in richting en ijsbezetting. Beiden, de wind en het ijs, kunnen sterk afwijkende chloorgehalten veroorzaken.

Vooral het laatste kan ongekend hoge chloorwaarden tengevolge hebben, wat waarschijnlijk toegeschreven moet worden aan de extra weerstand, die het opperwater door het ijs ondervindt, zodat bij een bepaalde opperwaterstand de opperwaterafvoer sterk daalt met het gevolg dat het zeezout verder de rivier opkomt. Ook het uitvriezen van het zuivere water kan plaatselijk onregelmatigheden in de zoutconcentratie tengevolge hebben. Het zijn dus wel zeer uiteenlopende factoren, die het chloorgehalte bepalen en er zijn dan ook lange series van deugdelijke waarnemingen nodig, om een juiste en kwantitatieve beschrijving van het chloorgehalte te kunnen geven.

B. Meetmethoden.

Er zijn in hoofdzaak drie methoden om het chloorgehalte van het rivierwater te bepalen, n.l. 1e. de chemische (titratie); 2e. met de areometer (soortelijk gewicht); 3e. de electrische (electrisch geleidingsvermogen).

Welke van deze drie methoden de beste is, hangt van de omstandigheden af en van het doel, dat men beoogt. De methode van de chemische analyse is zeer nauwkeurig te maken, terwijl men niet te doen heeft met temperatuur afhankelijkheid. Zij is ook voor kleine chloorgehalten van toepassing. De areometer-methode is alleen te gebruiken bij betrekkelijk hoge concentratie van het zout, daar anders de soortelijke gewichtsverschillen te gering zijn om met enige nauwkeurigheid bepaald te kunnen worden. Een nadeel van deze methode is voorts, dat het s.g. sterk temperatuurafhankelijk is en dat ook zwevende stoffen, zoals slib, invloed kunnen hebben op het S.g. Een voordeel is wel de directe aflezing, zodat men met de areometer in gebieden van veel zout op een vlugge manier een eerste indruk kan krijgen van de situatie. De electrische methode verenigt beide voordelen in zich van grote nauwkeurigheid bij iedere concentratie en van een directe aflezing, maar heeft evenals de areometer de sterke temperatuurafhankelijkheid. Bovendien meet men alleen het totale geleidingsvermogen, zonder dat men weet wat de aard der ionen is, die de stroom geleiden. Ook vereisen de electrische metingen veel voorzorgen tegen polarisatie der electroden, overgangsweerstanden en slechte contacten. Een groot voordeel is ondertusaen, dat men door middel van een stroomkabel de aflezing op een andere plaats kan doen dan waar zich de electroden bevinden. Men kan b.v. de electroden in de rivier laten hangen en zelf in de kajuit het geleidingsvermogen aflezen. Ook zijn de electrische apparaten vry gemakkelijk zelfregistrerend te maken.

C. Beschikbare gegevens.

Op 24 September 1907 werden door de Rijkswaterstaat metingen verricht gedurende de gehele dag gelijktijdig op 6 verschillende plaatsen op onderlinge afstand van 4 km op de Rotterdamsche Waterweg.
Dit waren bepalingen van het soortelijk gewicht aan oppervlakte en bodem (literatuur no. 4). Zij geven een beeld van de beweging van het zout gedurende een heel getij (bijlage no.1). In het volgende jaar werd een dergelijke meting verricht, waarbij behalve aan oppervlakte en bodem ook nog op halve diepte een monster werd genomen. De metingen hadden echter op twee verschillende data plaats (21 Juli en 3o Augustus), zodat ze niet een geheel vormden, zoals die van 19o7. Na die tijd is er nimmer een zo volledige serie gelijktijdige zoutmetingen meer gedaan. Het zou m.i. aanbeveling verdienen om in de toekomst, wanneer de Rijkswaterstaat weer over de nodige instrumenten e.d. beschikt zulk een meting te organiseren.
In 1926 en 1928 werden eveneens s.g. bepalingen gedaan op de Waterweg, doch slechts op enkele punten, zodat deze niet in staat zijn een totaalbeeld te geven van de zoutbeweging. Ook liggen de waarnemingen verspreid over enkele data, zodat ze evenmin gemiddelde waarden over langere tijd opleveren.
Een aaneengesloten serie s.g. bepalingen werd verricht gedurende twee weken in 1933 te Maassluis en Vlaardingen.
Voorts werden dagelijks om 8 uur bepalingen van s.g. en geleidingsvermogen gedaan te Maassluis en Nieuwesluis in de jaren 1935 t/m '38 en te Spijkenisse in 1938. In Willemstad en Numansdorp is in 1941 een serie dagelijksche monsterwaarnemingen begonnen, die te Numansdorp in 1944 wegens de inundatie en later door de oorlogsvernielingen werden stopgezet, maar in Willemstad nog steeds doorgaan.
In September 1946 werden dergelijke series dagelijkse monsterwaarnemingen begonnen te Kralingscheveer, Nieuwesluis, Goidschalkoord en Strijensas. Goidschalkoord lag blijkbaar te hoog de rivier op en werd vervangen door Maasoord.
Ook worden sinds October 1946 zoveel mogelijk dagelijks geleidbaarheidsmetingen gedaan op de Nieuwe Maas, om de grens van 3oo mg chloor per liter onder verschillende omstandigheden vast te stellen.
Behalve van de R.W.S. zijn gegevens beschikbaar van de Drinkwaterleidingen van Rotterdam en Maassluis en van het Hoogheemraadschap Delfland. Rotterdam stond de gegevens af van de dagelijkse monstername sedert 192o, Maassluis sedert 1923 en Delfland van de wekelijkse monstername sedert 1922 te Vijfsluizen. Voorts zijn er door de drinkwaterleiding van Rotterdam registrerende geleidbaarheidsmeters geplaatst n.l. in 1935 te Rotterdam, in 1936 te Vlaardingen en in 1939 te Spijkenisse.

Par. 1 Toename van het chloorgehalte gedurende de laatste 25 jaar in de Waterweg en Nieuwe Maas.

Te Rotterdam worden sinds 1920 dagelijks monsters genomen van het rivierwater bij het waterwerk, dat is aan de Oostzijde van de stad in kmr. 998 (volgens de oude notatie kmr.140).

Deze monsters worden genomen op een bepaald uur (meestal 's morgens om 8 uur) en dus in allerlei phasen van het getij. Ze worden dan chemisch onderzocht door titratie met zilvernitraat en tevens wordt het electrisch geleidingsvermogen bepaald. Van de getijphase was er in de vroegere jaren zelden iets te merken, in de laatste jaren vrij geregeld. Het is thans zo, dat er veertiendaagse schommelingen in het chloorgehalte optreden. Telkens wanneer het H.W. (hoogwater) omstreeks de tijd van de monsterneming ligt treedt er een maximum in het chloorgehalte op.

Dit is dus een bewijs, dat het zeezout thans vrij geregeld in Rotterdam merkbaar is, terwijl het vroeger slechts zelden deze plaats bereikte.

Een beeld van de geleidelijke toename van het chloorgehalte verkrijgt men ook door voor ieder jaar het gemiddelde chloorgehalte te berekenen eenvoudig als rekenkundig gemiddelde van alle daggegevens. Zie bijlage 2.

Men ziet hieruit, dat gedurende de eerste twaalf jaren het gemiddelde chloorgehalte om de 50 mg/liter schommelde en slechts éénmaal, n.l. in 1921 boven de 100 mg/liter kwam. In de latere jaren schommelt de gemiddelde waarde om de 100 mg/liter en bereikt in 1943 zelfs 250 mg/liter.

Het verschijnsel, dat sommige jaren hoger, andere lager zijn dan de omringende jaren vindt zijn verklaring in de omstandigheid, dat de gemiddelde opperwaterstanden lager resp. hoger zijn. Zo had 1921 een zeer lage gemiddelde opperwaterstand van 9.10 m + N.A.P. te Lobith. Doch hoevel deze stand lager was dan die in 1943, n.l. 9.70 m + N.A.P., was het gemiddelde chloorgehalte in 1943 toch bijna 2½ maal zo hoog als in 1921.

Het verloop van het chloorgehalte te Maassluis is eveneens ontleend aan de dagelijkse monsters van het waterleidingbedrijf daar ter plaatse, dat is in kmr.1018 (oude notatie kmr. 160), doch niet op een bepaald uur van de dag, maar op de gunstigste tijd, n.l. de laagwaterkentering, dus de tijd van het geringste chloorgehalte.

In de jaargemiddelden van het chloorgehalte te Maassluis tijdens laagwaterkentering zit nu een duidelijke regelmatige stijging gedurende de laatste 25 jaar, terwijl de toename verhoudingsgewijs zeer beduidend is. Beweegt het gemiddelde chloorgehalte zich in de eerste jaren om de 150 mg/ per liter, in de laatste jaren is dat 700 mg/liter, dus een verhouding van bijna 1 : 5.

Ook Vijfsluizen vertoont een duidelijke en zeer belangrijke stijging van het chloorgehalte in het genoemde tijdperk. Deze gegevens zijn ontleend aan de wekelijkse monsters vanwege het Hoogheemraadschap Delfland te Vijfsluizen genomen, dat is in kmr. 1009 (oude notatie 151) Hier zijn monsters genomen zowel gedurende de vloed als gedurende de eb. Het is evenwel niet zo, dat de vloedwaarden steeds hoger zijn, dat de ebwaarden, wat men in het brakwatergebied, waarin Vijfsluizen ligt wel zou verwachten. De oorzaak van

-deze schijnbare-

schijnbare anomalie zit waarschijnlijk hierin, dat de monsterplaats zich op enige afstand van de rivier bevindt, zodat het chloorgehalte daar ter plaatse zich niet direct instelt naar het chloorgehalte op de rivier en men moet deze waarden dus niet als maxima en minima beschouwen, maar als een soort van gemiddelde waarden. Wat betreft de stijging van het chloorgehalte kan men zeggen, dat dat in de eerste jaren ongeveer 100 mg/per liter bedroeg en in de laatste jaren circa 400 mg/liter, dus in een verhouding van 1 : 4.

Het is nu de vraag aan welke oorzaak of oorzaken deze algemene stijging van het chloorgehalte gedurende de laatste 25 jaar in de Waterweg en Nieuwe Maas is toe te schrijven. Het is wel te verwachten, dat de diepte hier een belangrijke rol speelt.

Tengevolge van het verschil in soortelijk gewicht tussen zout en zoet water kruipt het zoute water langs de bodem de rivier op. Zo worden de vlakken van gelijke zoutgehalte in de rivier hellende vlakken en deze zullen zich bij een bepaalde helling verder uitstrekken naarmate de diepte groter is.

Ook is bij een grotere diepte de wrijvingsweerstand geringer en dus de stroomsnelheid groter. Wel geldt dit in gelijke mate voor de eb als voor de vloed, zodat zowel de ebweg als de vloedweg van de waterdeeltjes bij toenemende diepte groter worden, maar het resultaat is, dan toch dat de omkeerpunten hoger op de rivier komen en het gemiddelde chloorgehalte op een bepaalde plaats dus ook toeneemt.

Om een indruk te krijgen van het verband tussen de diepte en het chloorgehalte is de gemiddelde diepte van de vaargeul in de waterweg in de loop van de tijd grafisch uitgezet.

Een tweede omstandigheid, die waarschijnlijk bijdraagt tot verhoging van het chloorgehalte is de vergroting van het havenoppervlak. Hoe groter dat oppervlak wordt des te groter is de komberging en dus ook de totale vloedstroom, die de kom vullen moet. Het havenoppervlak van Rotterdam in de loop van de tijd is eveneens grafisch uitgezet en men ziet, dat dit oppervlak in de laatste 25 jaar eveneens beduidend is toegenomen. Toch is men geneigd bij de beschouwing van deze figuren meer waarde toe te kennen aan de dieptetoename dan aan de aan~~wij~~zing van het havenoppervlak.

groei

Stelt men nu meteen de practische vraag, wat er gedaan kan worden, om het zout op de waterweg te keren, dan zijn er dus twee middelen: vermindering van de diepte en van het havenoppervlak. Beiden zijn in strijd met de scheepvaartbelangen. Men kan echter in het oog houden, dat het aanbeveling ver~~eist~~dient, om de diepte door baggerwerk niet onnodig te vergroten en verder, dat inpoldering door vermindering van het kombergingsoppervlak kan bijdragen tot bestrijding van het zout.

Par. 2 De gegevens van Spijkenisse.

Deze plaats is meermalen als monsterplaats gekozen voor het water van de Oude Maas, daar het op de grens van het brakwatergebied ligt.

Gedurende het gehele jaar 1938 werden hier dagelijks watermonsters genomen zowel van het oppervlak als nabij de bodem. Van deze monsters werden drie grootheden bepaald n.l. de temperatuur, het soortelijk gewicht (met de areometer) en het electrisch geleidingsvermogen (met de dionic). Uit het laatste werd met behulp van tabellen, het chloorgehalte vastgesteld. Reeds een oppervlakkige beschouwing dezer waarnemingen leert, dat er tijden zijn, dat het chloorgehalte van hetMaaswater te Spijkenisse voortdurend beneden de 1oo mg/liter blijft, dus steeds zoet te noemen is, zowel bij de bodem als aan het oppervlak. Er zijn echter ook tijden, dat het chloorgehalte gedurende het gehele getij boven de 1oo mg/liter blijft. Dan stijgt gedurende de vloed het chloorgehalte tot enkele grammen per liter, b.v. aan het oppervlak tot 1½ gram per liter en aan de bodem 2 gram per liter.

Het is evenwel niet zo, dat men een vaste verhouding op kan geven voor het chloorgehalte aan oppervlak en bodem.
Deze verhouding is zeer varierend zonder dat men kan zeggen van welke omstandigheden zij afhangt. Alleen wanneer men lange reeksen waarnemingen ter beschikking heeft en men bepaalt daaruit gemiddelde waarden, dan blijkt er enige regelmaat in te zitten. Zo kan men bijv. de waarnemingen groeperen naar de bijbehorende waarden van de opperwaterafvoer van de Rijn, of wat gemakkelijker is en op hetzelfde neerkomt, naar de waterstanden bv. te Lobith. Hierbij moet men steeds bedenken, dat een verandering in de waterstand te Lobith pas twee dagen later merkbaar is te Spijkenisse, zodat het chloorgehalte te Spijkenisse wordt geconxreleerd aan de waterstand te Lobith van twee dagen eerder.
Afzonderlijk zijn nu bekeken de waarden van het chloorgehalte tijdens H.W. en tijdens L.W., dus de maximumwaarden en de minimumwaarden en in elk van deze groepen nog weer afzonderlijk de chloorwaarden aan de bodem en aan het oppervlak.
Zie figuur 4a+b.

Uit deze figuur ziet men, dat bij O.L.R.)overeengekomen lage rivierstand) d.i. bij een stand van 9,1 m + N.A.P. te Lobith het chloorgehalte te Spijkenisse aan het oppervlak ten tijde van H.W. 14oo mg/liter bedraagt en bij de bodem 175o mg/liter.

Ten tijde van L.W. 15o mg/liter, dan is er zo weinig verschil tussen oppervlak en bodem, dat men kan zeggen, dat het gelijk is. Bij M.R. (middelbare rivierstand), dat is bij een stand van 11,2 m + N.A.P. te Lobith is het chloorgehalte te Spijkenisse tijdens H.W. aan het oppervlak 25o mg/liter en bij de bodem 35o mg/liter. Ten tijde van L.W. is het aan het oppervlak en bij de bodem 75 mg/liter. Bij een nog hogere opperwaterstand n.l. 12 m. + N.A.P. te Lobith is er te Spijkenisse weinig meer merkbaar van het zeezout. Het chloorgehalte is dan doorlopend 4o à 8o mg/liter.

Dit zijn allemaal gemiddelde chloorwaarden uit grpepen van waarnemingen. Men moet niet verwachten, dat afzonderlijke waarnemingen hiermede in overeenstemming zijn, daar andere oorzaken, b.v. de wind en het getijamplitude, hierin variatie brengen.

In December 1938 werd er te Spijkenisse een begin gemaakt met de registratie van het electrisch geleidingsvermogen van het rivierwater, waarvoor een installatie van de Duinwaterleidingmaatschappij te Rotterdam beschikbaar gesteld werd. Dat apparaat registreert doorlopend het electrisch geleidingsvermogen op een hoogte van 3 m. boven de bodem. De aanwijzing is echter vrij onbetrouwbaar. Verschillende oorzaken werken hiertoe samen, zoals de vervuiling der electrodem door aangroeiing, veranderingen in de electrische apparatuur en onvoldoende temperatuurcompensatie.
Bovendien is er nog de variatie in de samenstelling van het rivierwater. Ter contrôle van de registratie worden op dezelfde plaats van tijd tot tijd, bv. éénmaal per week watermonsters genomen en op chloorgehalte getitreerd.
De geregistreerde waarden vertonen dan een sterke spreiding, zodat aan de afzonderlijke waarden slechts weinig betekenis gehecht kan worden. De registratie geeft echter wel een goed beeld van het algemene verloop, en van de gemiddelde minimum- en maximum chloorwaarden over enige tijd. Ook de duur van de zoutperiode, d.w.z. de tijd gedurende welke de de invloed van het zeezout merkbaar is, alsmede het phaseverschil tussen deze zoutperiode en het getij zijn uit de registratie af te leiden. Dit zijn gegevens, die van belang zijn voor de bruikbaarheid van het rivierwater in de land- en tuinbouw en als drinkwater, n.l. voor de vraag in welke tijden men water in kan laten. Als grens wordt meestal genomen een chloorgehalte van 300 mg per liter.
Het is thans zó, dat bij een middelbare rivierstand (d.i. Lobith 11,2 m + N.A.P.) het rivierwater te Spijkenisse gedurende ongeveer 2 uur de grens van 300 mg per liter overschrijdt en wel van 1 uur vóór tot 1 uur na H.W.
Bij een hogere opperwaterafvoer (Lobith boven 12,5 m + N.A.P) wordt de grens van 300 mg per liter gewoonlijk niet overschreden. Bij lager afvoer wordt de zoutperiode langer. B.v. O.L.R. (d.i. Lobith 9.1 m + N.A.P.) is het chloorgehalte te Spijkenisse gedurende 6 à 7 uur boven 300 mg per liter en wel van 3 uur vóór tot 3 uur na H.W. Het maximum chloorgehalte, dat ongeveer samenvalt met de tijd van H.W., is bij M.R. 500 à 600 mg per liter en bij O.L.R. ongeveer 2½ gram per liter. Zie figuur 5.

Van een voortdurende toename van het chloorgehalte gedurende de laatste jaren kan op grond van deze waarnemingen blijkbaar niet gesproken worden, alleen de waarden van 1938 zijn wel iets lager dan die der laatste jaren. Vergeleken met oudere gegevens is er echter sprake van een zeer sterke toename. Ter vergelijking is in de figuur ook een lijn getekend voor 1908. Deze is ontleend aan de waarnemingen, gepubliceerd in 1909 door de commissie voor de watervoorziening van Delft (lit.no. 7..). Bij deze waarnemingen van 1908 treft men echter enkele uitzonderlijk hoge waarden aan, die niet meegeteld zijn.

Par. 3 Een lange reeks waarnemingen te Willemstad en Numansdorp.

Van de verschillende methoden ter bepaling van het chloorgehalte van rivierwater is de chemische (titratie) de meest betrouwbare. In het gebied van eb en vloed, dus de Benedenrivieren is voorts het chloorgehalte zo sterk variabel en zozeer van allerlei omstandigheden afhankelijk, dat een enkele waarneming of zelfs een korte serie waarnemingen niet veel waarde heeft.
Vandaar dat besloten werd tot het doen van lange reeksen waarnemingen volgens de methode van het monsters nemen en deze titreren.
Zo zijn in Willemstad en Numansdorp in Juni 1941 waarnemingsseries begonnen, die hierin bestaan, dat te Willemstad uit het Hollandsch Diep dagelijks ten tijde van H.W. twee monsters genomen worden, een aan het oppervlak en drie een op ~~deze~~ meter onder het oppervlak en te Numansdorp dagelijks een monster aan het oppervlak. Weliswaar liggen Willemstad en Numansdorp ongeveer tegenover elkaar, zodat men ook ongeveer een overeenkomstig chloorgehalte zou verwachten, doch tengevolge van de stroomvertakking ter plaatse is het chloorgehalte te Willemstad beduidend hoger dan dat te Numansdorp.
Voorts blijkt uit deze waarnemingen al gauw, dat hier evenals op andere plaatsen in de Benedenrivieren het chloorgehalte afhankelijk is van, en hoofdzakelijk bepaald wordt door, de opperwaterafvoer van de Rijn, resp. de rivierstand te Lobith.
Om een duidelijk overzicht der waarnemingen te krijgen kan men ze op verschillende manieren groeperen. Zet men ze eenvoudig in tijdsvolgorde grafisch uit , dan blijken de waarden van het chloorgehalte van dag tot dag zo verschillend te zijn, dat de grafiek te grillig wordt om er iets aan te kunnen zien. Daarom is de methode gevolgd van het verschuivend gemiddelde, welke methode ook in de meteorologie wel toegepast wordt en die hierin bestaat, dat men een oneven aantal (b.v. 5 of 7) opeenvolgende waarnemingen samenneemt en daarvan het gemiddelde bepaalt en dat gemiddelde noteert als de waarde, die bij de middelste datum hoort. Zo krijgt iedere datum weer zijn eigen waarde en deze waarden gaan met het algemene verloop der waarnemingen mee.
Het voordeel van deze voorstellingswijze is, dat de zo verkregen kromme veel minder grillig is, zodat men een beter overzicht van het geheel krijgt. Hier staat echter tegenover, dat de kromme afgevlakt is, zodat ze geen uitsluitsel meer geeft over de uiterste waarden.
Op die manier zijn van Willemstad twee krommen verkregen, een voor het oppervlak en een voor 3 meter onder het oppervlak en van Numansdorp een kromme. De waarnemingen lopen ongestoord tot December 1943, met uitzondering van een onderbreking te Willemstad in de strenge vorstperiode van Januari-Februari 1942. In December 1943 kwam te Numansdorp de inundatie waardoor de waarnemingen eerst onderbroken en later geheel onmogelijk werden. Na de bevrijding waren de haveninstallaties te Numansdorp zozeer vernield, dat ook daarna de waarnemingen niet meer hervat werden. Te Willemstad is er tengevolge der oorlogsomstandigheden een onderbreking geweest van Juli '44 tot Juli '45 en voorts nog twee maanden n.l. September en October '45. Overigens is de waarnemingsserie te Willemstad doorlopend.

-Behalve-

Behalve hetgeen reeds werd opgemaakt over het verband van het chloorgehalte en de opperwaterafvoer van de Rijn, is uit de figuur ook het verband met het getijamplitude duidelijk zichtbaar. Daartoe zijn de dagen van volle en nieuwe maan in de figuur aangegeven en men ziet bijna zonder uitzondering hoe telkens een paar dagen na deze maangestalten (springtij) het chloorgehalte een maximum waarde heeft. (Zie figuur 7a).

Van een duidelijke toeneming van het chloorgehalte in het Hollandsch Diep kan op grond dezer waarnemingen niet gesproken worden.

Om betere kwantitatieve uitkomsten te krijgen kan men de waarnemingen nog anders groeperen n.l. volgens de waterstanden te Lobith. Zo krijgt men figuur 7 b-d

Hieruit leest men af, dat bij een gemiddelde opperwaterstand het chloorgehalte te Numansdorp ongeveer 600 mg per liter is, te Willemstad aan het oppervlak ongeveer 1200 mg per liter en op 3 m. onder het oppervlak ongeveer 1600 mg per liter.

Bij lage opperwaterstanden zijn deze getallen ongeveer 2 gram chloor per liter; 3½ gram per liter en 4½ gram per liter. Springtij en doodtij brengen hierin belangrijke variaties.

Par. 4 De overige vaste waarnemingsposten van de Rijkswaterstaat.

Met het oog op het vastleggen van de huidige toestand van het chloorgehalte in de Benedenrivieren worden serdert September 1946 op verschillende plaatsen dagelijks monsters genomen, n.l. te Kralingsche Veer (Nieuwe Maas, kmr. 995); bij de Psychiatrische Inrichting "Maasoord" (Oude Maas kmr. 998); te Nieuwesluis (Brielsche Maas-Botlek kmr.1011) en te Strijensas (Hollandsch Diep). De waarnemingspost Maasoord is December 1946 in de plaats gekomen van een monsterplaats te Goidschalxoor (Oude Maas kmr. 993), die oorspronkelijk gekozen was, maar blijkbaar te hoog op de rivier ligt, zodat het zeezout daar maar zelden aan toe komt.

De reeks van waarnemingen werd in het begin van 1947 onderbroken door de strenge en langdurige vorst, waardoor het monsternemen soms onmogelijk was. De waarnemingen, die in de tijd van ijsbezetting der rivieren nog gedaan konden worden, tonen wel aan, dat het chloorgehalte in die tijd abnormaal hoog is geweest, maar tevens, dat niet weer het gewone verband bestaat met de opperwaterstand op de benenrivier. Dit is ook wel te verstaan, als men bedenkt, dat het eigenlijk niet de opperwaterstand is, die het chloorgehalte bepaalt, maar de opperwaterafvoer, terwijl in tijden van ijsbezetting, vooral wanneer het ijs ergens op de rivier gaat vastzitten, de opperwaterafvoer niet meer met de waterstand overeenstemt. Dit laatste is weer verklaarbaar uit de sterk toenemende weerstand, die het water van eenijsdek ondervindt, zodat voor een bepaalde afvoer een groter verhang vereist wordt.

Ziet men af van de bijzonder hoge chloorwaarden gedurende de ijsbezetting dan krijgt men het volgende beeld van de chloorgehaltewaarden in de genoemde plaatsen.

Nieuwe Maas, raai 995. Alleen onder bepaalde omstandigheden is de invloed van het zeezout hier merkbaar, n.l. bij lage opperwaterafvoer en dan vooral wanneer het tevens springtij is. B.v. bij O.L.R. (dit is een waterstand te Lobith van 9.1 m + N.A.P.) is het chloorgehalte tijdens de vloedkentering 150 à 300 mg per liter; het laatste bij springtij. Bij normale rivierstanden, b.v. Lobith 10 tot 12 m + N.A.P. is chloorgehalte 60 à 100 mg per liter. Bij nog hogere afvoeren daalt het chloorgehalte nog verder tot 50 mg per liter Het is voorts opmerkelijk, dat er op deze plaats weinig onderscheid bestaat tussen het chloorgehalte aan het oppervlak en bij de bodem. Soms is het eerste hoger en dan weer het andere. Dit is niet volgens de verwachtingen, daar het hogere soortelijk gewicht in het algemeen het water met hoger zoutgehalte bij de bodem houdt. Het is nog niet gebleken, wat de oorzaak is van deze afwijking. Wel zijn er aanwijzingen, dat de spiraalstroming in de rivierbocht er niet vreemd aan is.

Oude Maas (Goidschalkoord, raai 993). Bij betrekkelijk lage opperwaterafvoer (Lobith 9 à 10 m + N.A.P.) is het chloorgehalte tijdens de vloedkentering hier aan het oppervlak 60 tot 100 mg per liter en aan de bodem 80 tot 125 mg per liter. Dit is dus wel ongeveer een chloorgehalte, dat met Rijnwater overeenstemt. Toch wijst het verschil van oppervlak en bodem op sporen van zeezout, die nog niet geheel met het oppervlaktewater vermengd zijn.

Oude Maas (Maasoord, raai 998). Bij een tamelijklage opperwaterafvoer (Lobith 10 m + N.A.P.) is het chloorgehalte aan het oppervlak tijdens de vloedkentering 300 à 400 mg per liter, al naar mate het doodtij of springtij is en bij de bodem 600 à 1200 mg per liter.
Bij middelbare rivierstanden (Lobith 11 m + N.A.P.) varieert het chloorgehalte aan het oppervlak tussen 100 en 150 mg per liter en bij de bodem tussen 150 en 200 mg per liter. Bij hoge afvoeren, b.v. Lobith 13 m + N.A.P. daalt het chloorgehalte tot 50 à 60 mg per liter. Er is dan geen verschil meer tussen oppervlak en bodem en de getijinvloed is ook niet merkbaar. Het zeezout blijft dan beneden Maasoord.

Hollandsch Diep (Strijensas). Hier is het chloorgehalte aan grote schommelingen onderhevig. Bij geringe opperwaterafvoer (Lobith 9 à 10 m + N.A.P.) varieert het chloorgehalte aan de oppervlakte tussen 150 en 500 mg per liter, tijdens de vloedkentering en bij de bodem tussen 200 en 700 mg per liter. Het onderscheid tussen springtij en doodtij komt hierbij ook meestal zeer sterk tot uiting. Bij gemiddelde opperwaterafvoer bereikt het chloorgehalte bij springtij nog een bedrag van 200 à 300 mg per liter doch bij doodtij komt het niet boven de 100 mg per liter. Bij hoge opperwaterstanden is het chloorgehalte zowel bij de bodem als aan het oppervlak ongeveer 50 mg. per liter, dus zuiver rivierwater

Brielsche Maas-Botlek. Hier is blijkbaar het verband tussen chloorgehalte en opperwaterafvoer niet overwegend meer. Wel heeft de opperwaterafvoer nog invloed op het chloorgehalte doch de korte afstand tot de zee maakt blijkbaar de getyinvloed overwegend. Er zijn tijden, dat de ebstroom blijkbaar zo zwak is, dat het chloorgehalte er slechts weinig door verminderd wordt. Toch is het chloorgehalte veel kleiner dan aan de riviermond, wat wel weer hieruit voortvloeit, dat ook de vloedstroomsnelheden tengevolge van de geringe diepte niet

-groot-

groot zijn. De grafieken van het chloorgehalte als functie van de opperwaterstand te Lobith geven een indruk van de gemiddelde waarden doch tonen tevens aan hoe verschillend deze in de achtereenvolgende jaren zijn, zonder dat men zeggen kan wat de oorzaak dezer verschillen is. Zie fig. 8a

Literatuur

1. Krümmel: Ozeanographie
2. Verwey : Overzicht zoutgehalte aan de kust (onuitgegeven)
3. Verslag Commissie Drinkwatervoorziening Westen des lands 1940
4. Ramaer en van Malsem : Rapport zoutgehalte Benedenrivieren 1909
5. Van Veen : Toeneming zoutgehalte Benedenrivieren. Tijdschrift N.A.G. 1941
6. Verslag Commissie Drinkwatervoorziening Amsterdam 1940
7. Verslag Commissie Drinkwatervoorziening Delft 1909

B I J L A G E N :

1. Isohalinen in de Nieuwe Waterweg.

2. Toename chloorgehalte in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas.

3. Dieptetoename N.W. en toename havenoppervlak Rotterdam.

4a,b. Chloorgehalte Oude Maas bij Spijkenisse in het jaar 1938.

5. Chloorgehalte te Spijkenisse bij gemiddelde toestand.

6. Chloorgehalte Oude Maas bij Spijkenisse tijdens H.W.

7a-d. Chloorgehalte Hollands Diep bij Willemstad en Numansdorp ten tijde van H.W.

8a,b. Chloorgehalte te Nieuwesluis, Maasoord, Goidschalxoord, Strijensas en Kralingscheveer.

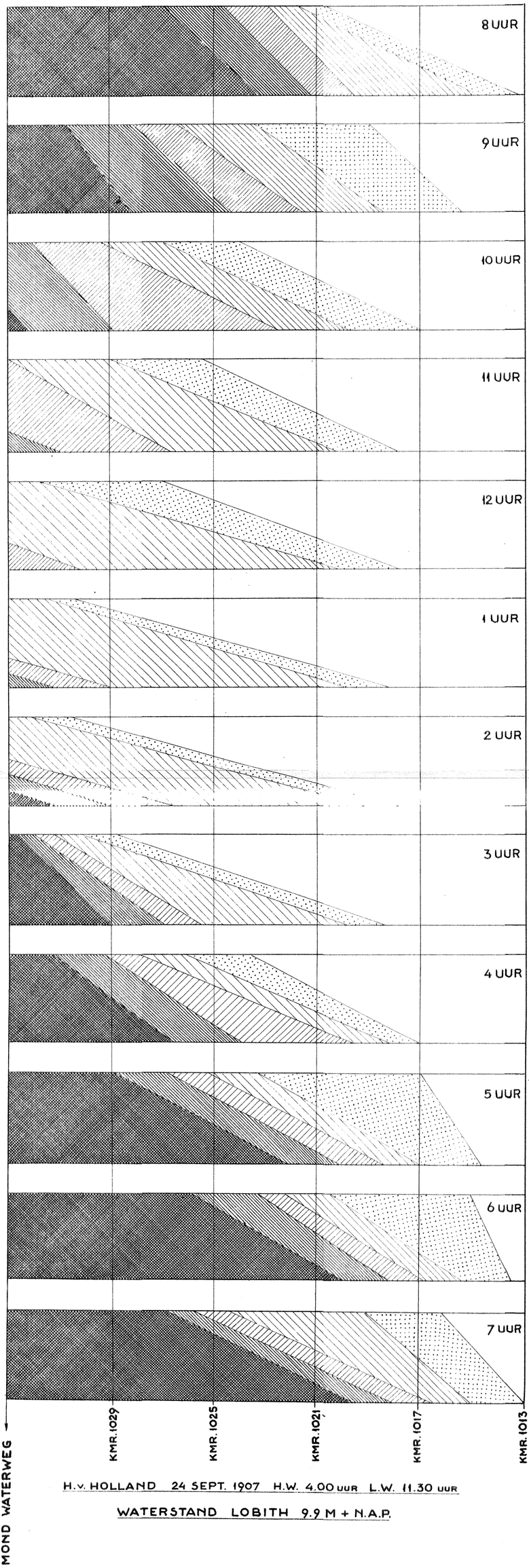
9a-e. Chloorgehalte in de Nieuwe Maas te Rotterdam.

10a-c. Chloorgehalte in de Nieuwe Waterweg te Maassluis.

11. Chloorgehalte bij Vijfsluizen.

12a-c. Verband tussen het Chloorgehalte en het electrisch geleidingsvermogen van rivierwater.

CHLOORGEHALTE IN DE NIEUWE WATERWEG 24 SEPT. 1907
VAN 8 UUR – 19 UUR

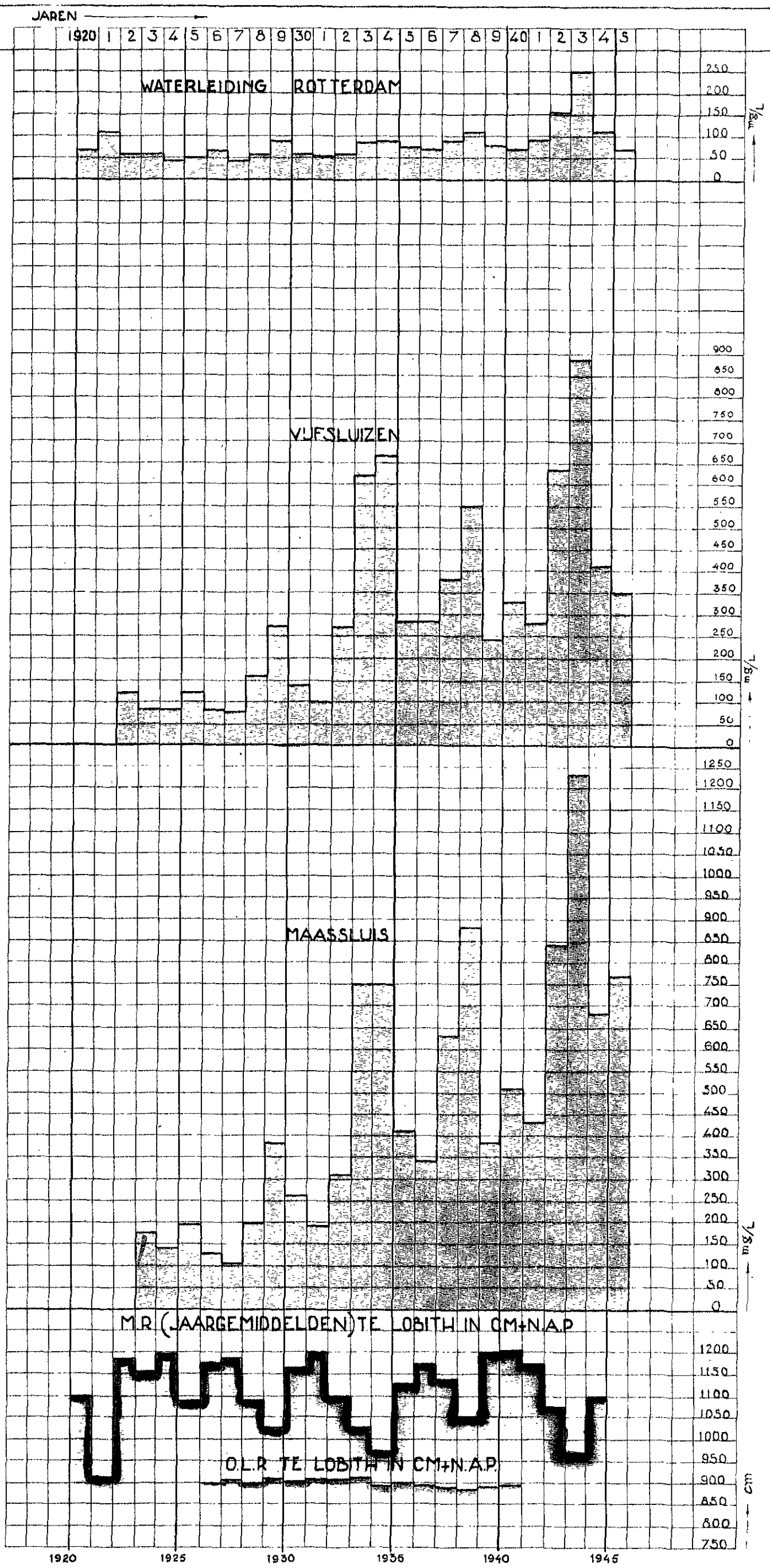


H.v. HOLLAND 24 SEPT. 1907 H.W. 4.00 UUR L.W. 11.30 UUR

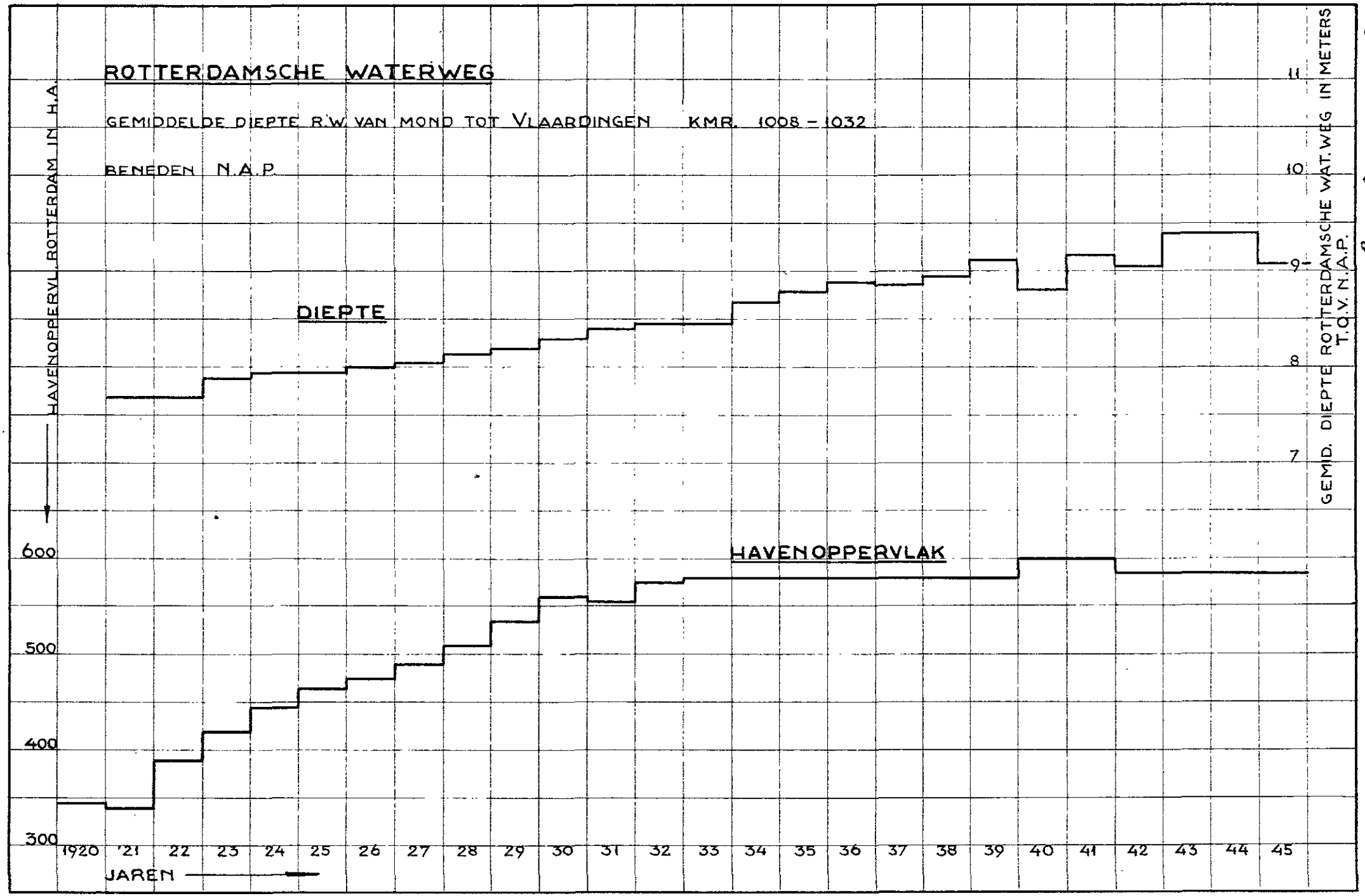
WATERSTAND LOBITH 9.9 M + N.A.P.

R290 Bijl 1

OVERZICHT VAN CHLOORGEHALTE IN mg/L LANGS ROTTERDAMSCHE-WATERWEG

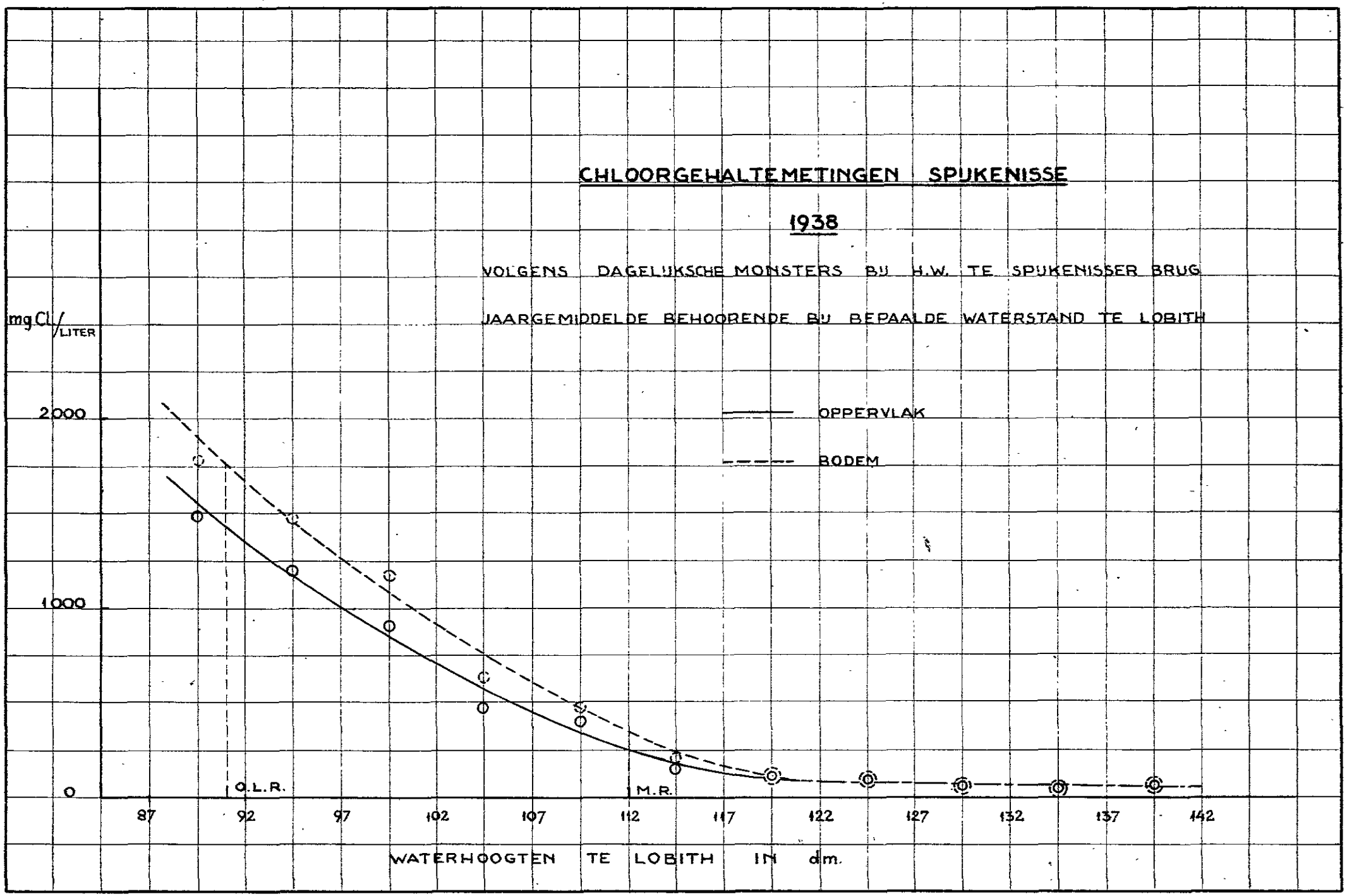


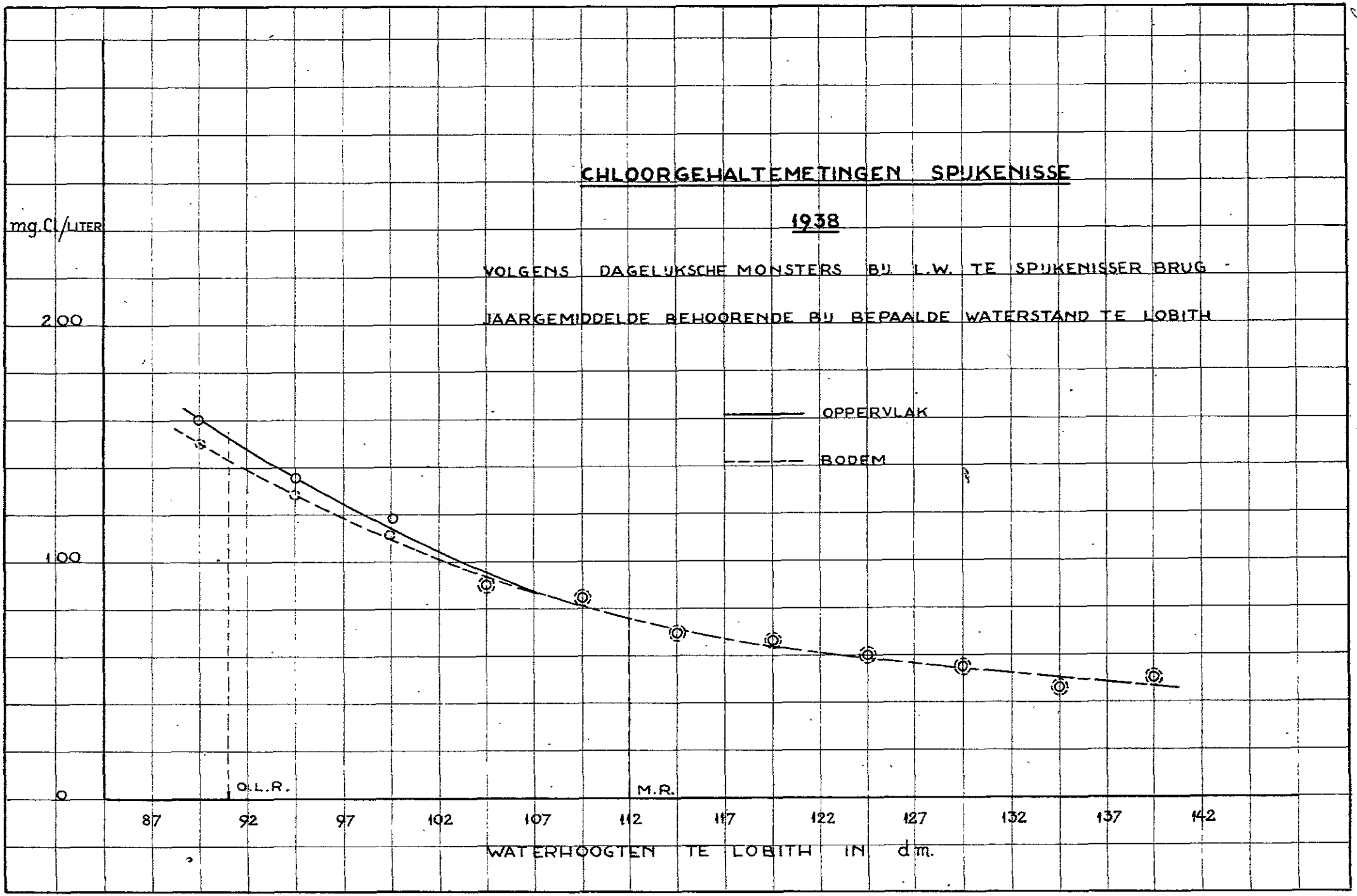
BIJLAGE 2


ROTTERDAMSCHE WATERWEG
GEMIDDELDE DIEPTE R.W. VAN MOND TOT VLAARDINGEN KMR. 1008 – 1032
BENEDEN N.A.P.
DIEPTE
HAVENOPPERVLAK
HAVENOPPERVL. ROTTERDAM IN H.A.
GEMID. DIEPTE ROTTERDAMSCHE WAT. WEG IN METERS T.O.V. N.A.P.
600
500
400
300
7
8
9
10
11
1920 '21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45
JAREN

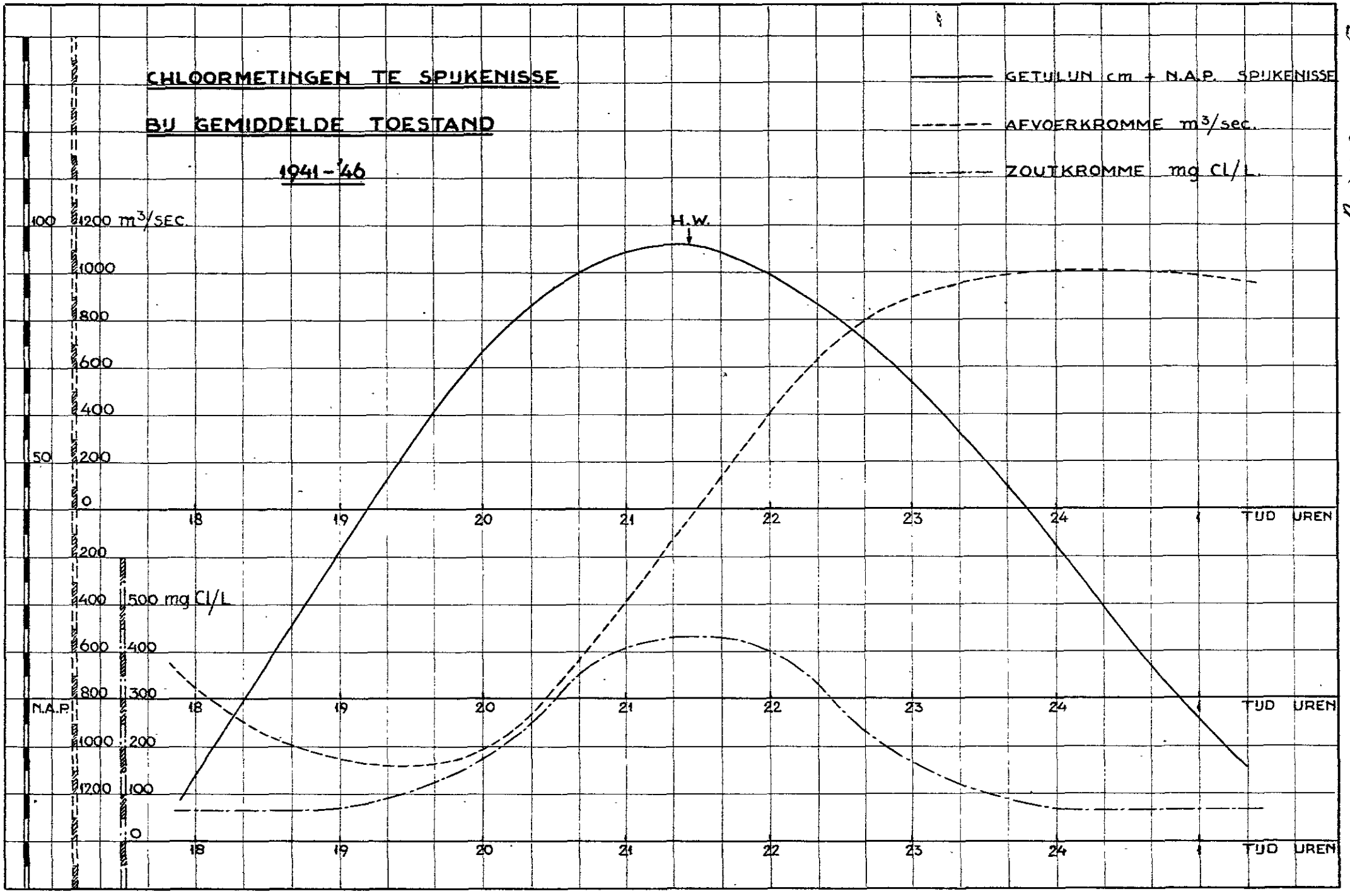
3.

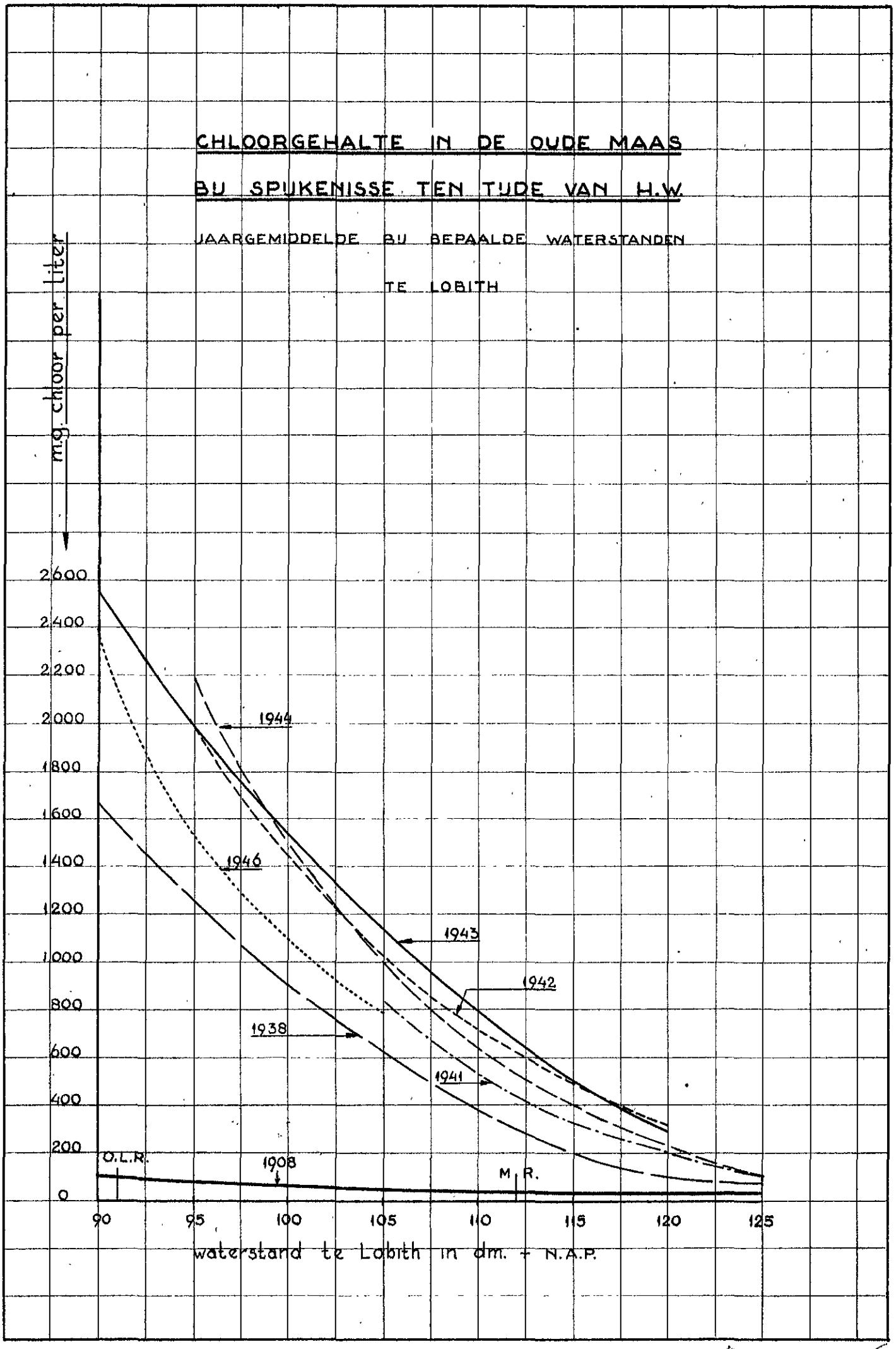
R 248


CHLOORGEHALTEMETINGEN SPUKENISSE
1938
VOLGENS DAGELIJKSCHE MONSTERS BIJ H.W. TE SPUKENISSER BRUG
JAARGEMIDDELDE BEHOORENDE BIJ BEPAALDE WATERSTAND TE LOBITH
mg Cl/LITER
2000
1000
0
OPPERVLAK
BODEM
O.L.R.
M.R.
87
92
97
102
107
112
117
122
127
132
137
142
WATERHOOGTEN TE LOBITH IN dm.

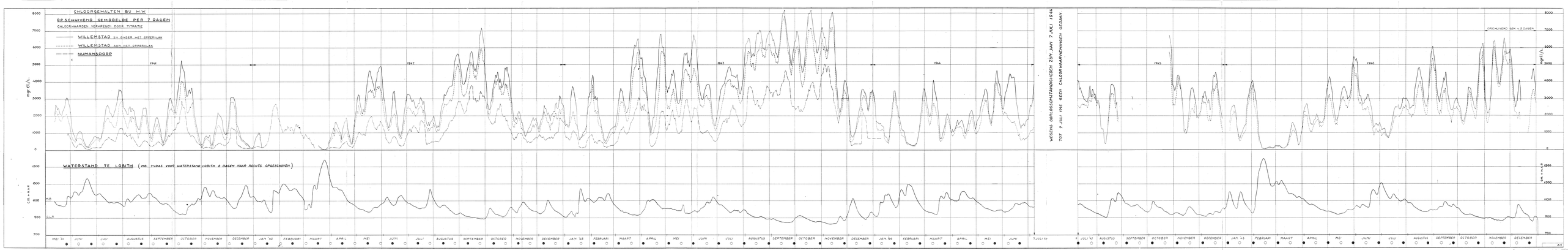

CHLOORGEHALTEMETINGEN SPUKENISSE
1938
VOLGENS DAGELIJKSCHE MONSTERS BIJ L.W. TE SPUKENISSER BRUG
JAARGEMIDDELDE BEHOORENDE BIJ BEPAALDE WATERSTAND TE LOBITH
mg.Cl/LITER
2.00
1.00
0
OPPERVLAK
BODEM
O.L.R.
M.R.
87
92
97
102
107
112
117
122
127
132
137
142
WATERHOOGTEN TE LOBITH IN dm.

R 290

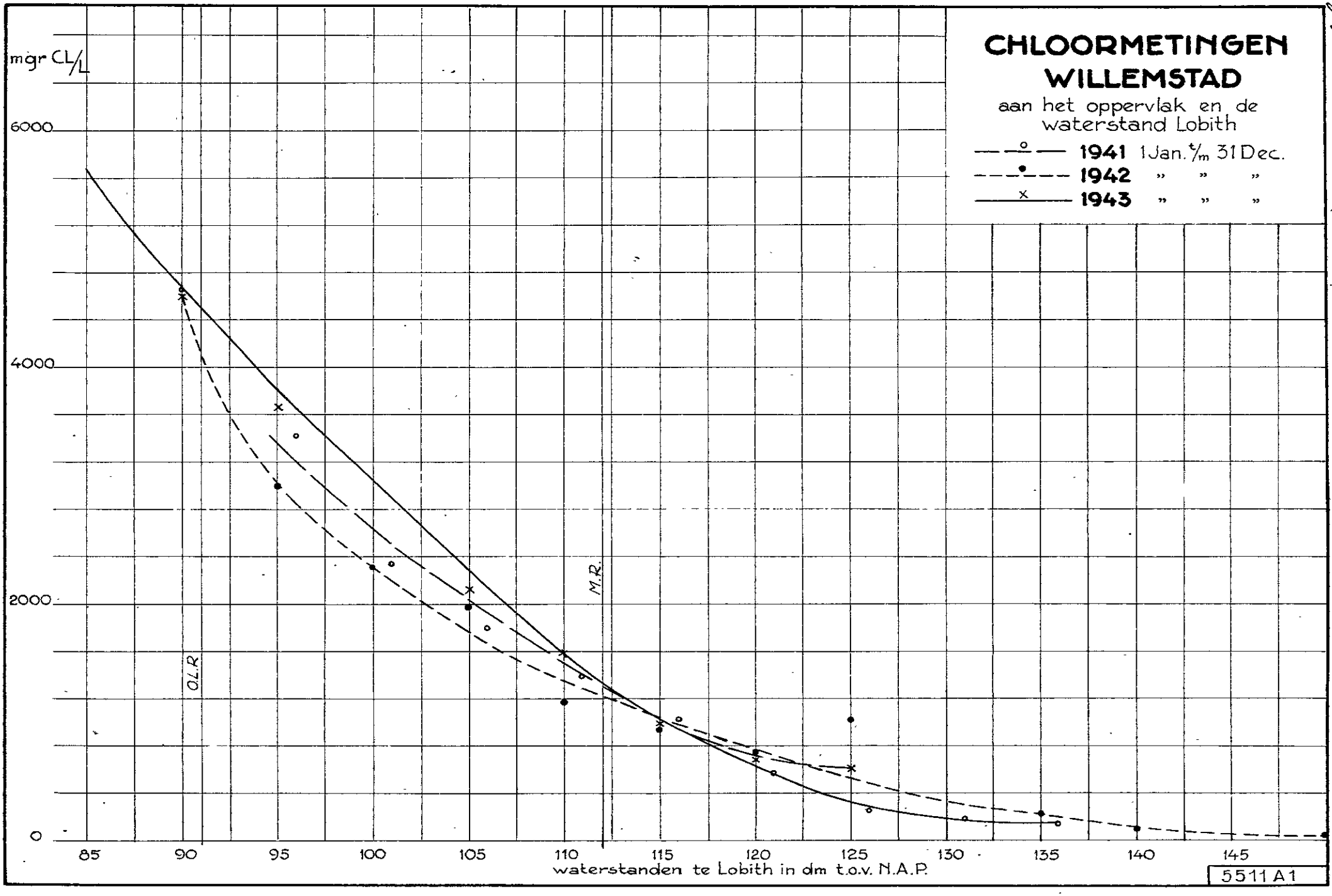

CHLOORMETINGEN TE SPIJKENISSE
BIJ GEMIDDELDE TOESTAND
1941-'46
GETIJLIJN cm + N.A.P. SPIJKENISSE
AFVOERKROMME m³/sec.
ZOUTKROMME mg Cl/L.
H.W.
100
50
1200 m³/SEC.
1000
800
600
400
200
0
18
19
20
21
22
23
24
TIJD UREN
200
400
600
800
1000
1200
N.A.P.
500 mg Cl/L
400
300
200
100
0

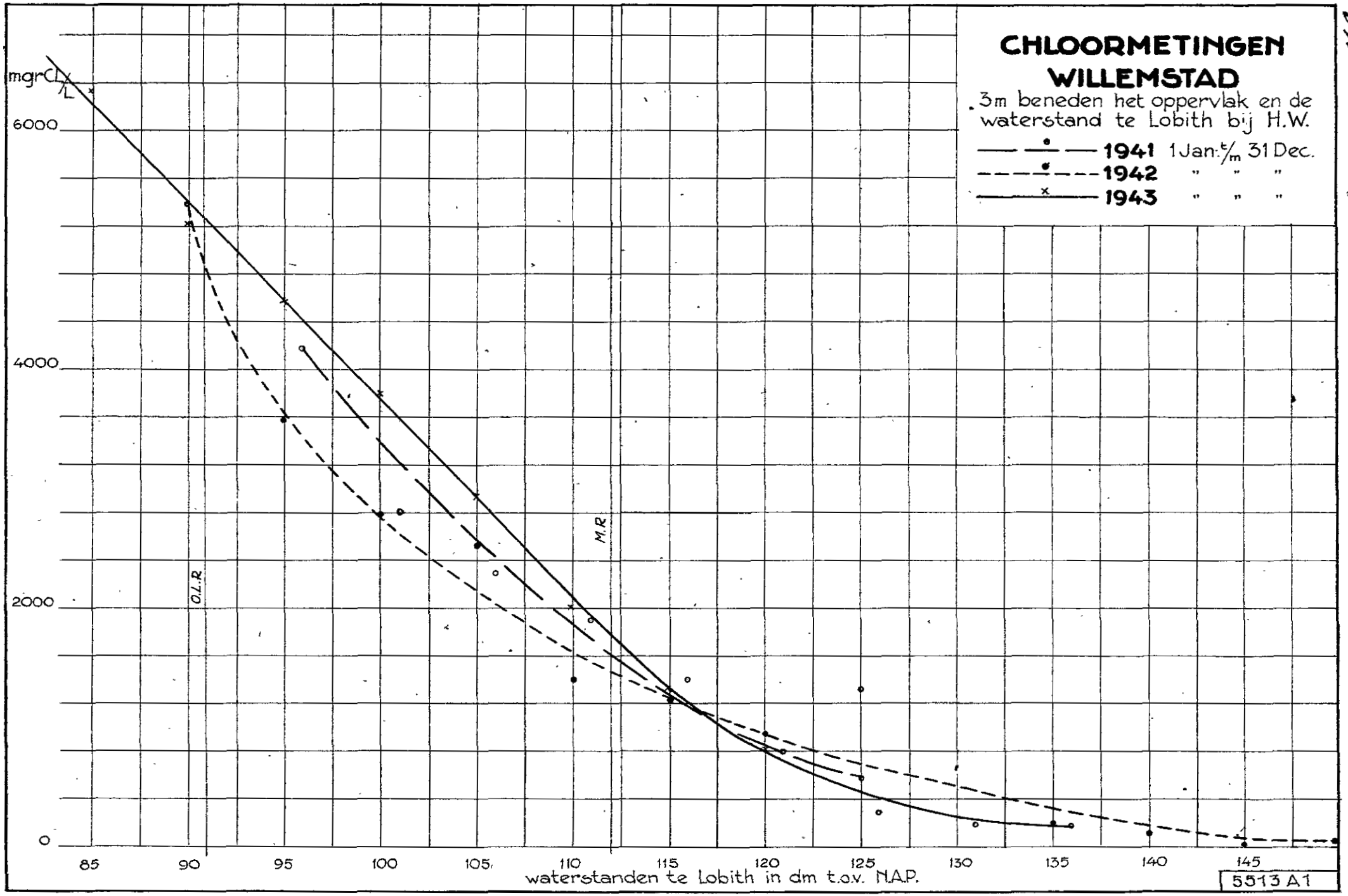

CHLOORGEHALTE IN DE OUDE MAAS
BU SPUKENISSE TEN TUDE VAN H.W.
JAARGEMIDDELDE BU BEPAALDE WATERSTANDEN
TE LOBITH
m.g. chloor per liter
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
1944
1946
1943
1942
1938
1941
1908
O.L.R.
M.R.
90
95
100
105
110
115
120
125
waterstand te Lobith in dm. + N.A.P.

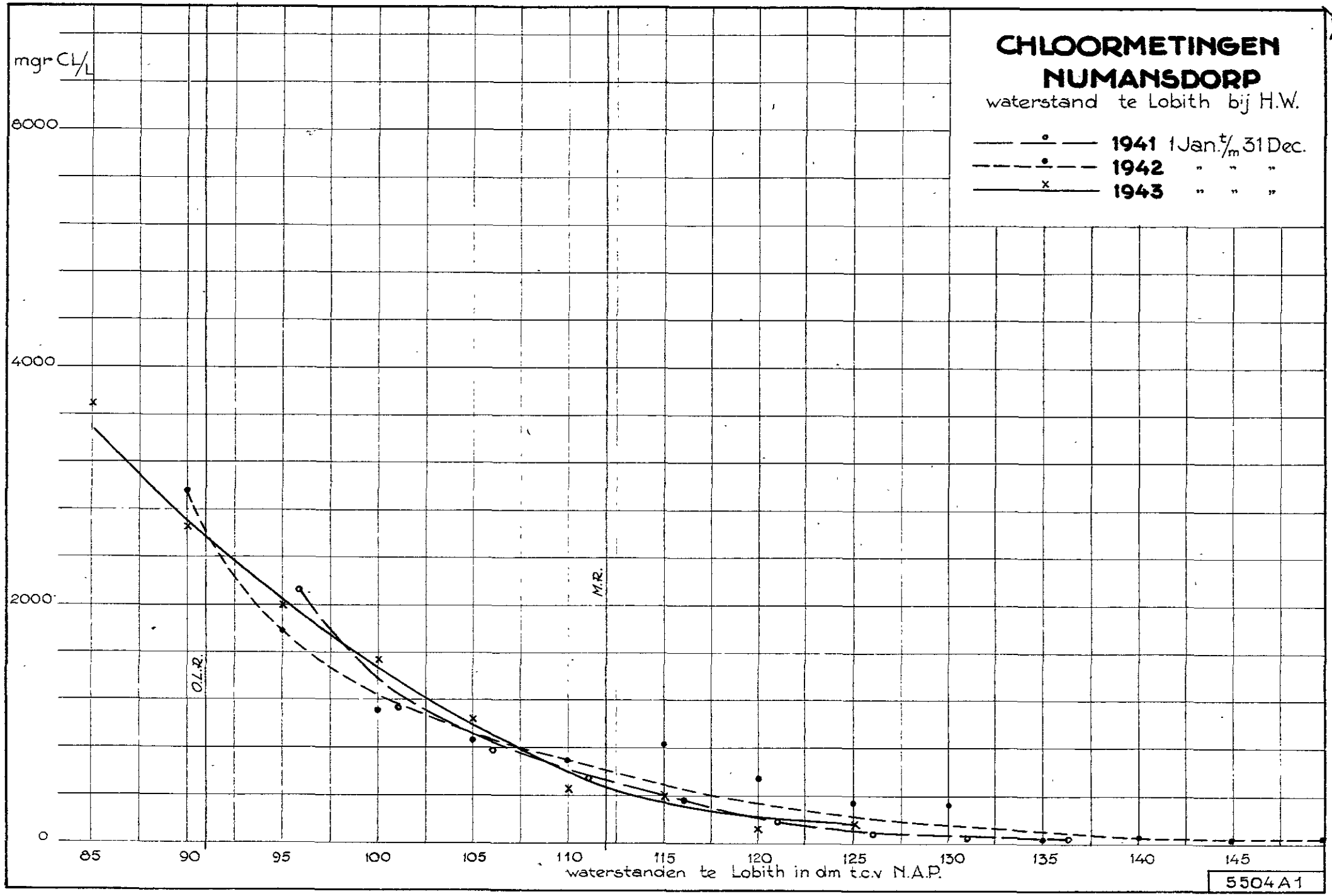
R 290 6.


CHLOORGEHALTEN BU H.W.
OPSCHUIVEND GEMIDDELDE PER 7 DAGEN
CHLOORWAARDEN VERKREGEN DOOR TITRATIE
WILLEMSTAD IN GROEN HET OPPERVLAK
WILLEMSTAD AAN HET OPPERVLAK
NUMANSDORP
mg Cl/L
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1941
1942
1943
1944
1945
1946
WEGENS GEBLOEDSOMSTANDIGHEDEN ZIJN VAN 7 JULI 1944 TOT 9 JULI 1945 GEEN CHLOORWAARNEMINGEN GEDAAN
OPSCHUIVEND GEM. VAN 7 DAGEN
WATERSTAND TE LOBITH (NB. TIJDAS VOOR WATERSTAND LOBITH 2 DAGEN NAAR RECHTS OPGESCHOVEN)
cm + N.A.P.
1500
1300
1100
900
700
N.B.
A.L.R.
MEI 41
JUNI
JULI
AUGUSTUS
SEPTEMBER
OCTOBER
NOVEMBER
DECEMBER
JAN '42
FEBRUARI
MAART
APRIL
MEI
JUNI
JULI
AUGUSTUS
SEPTEMBER
OCTOBER
NOVEMBER
DECEMBER
JAN 43
FEBRUARI
MAART
APRIL
MEI
JUNI
JULI
AUGUSTUS
SEPTEMBER
OCTOBER
NOVEMBER
DECEMBER
JAN 44
FEBRUARI
MAART
APRIL
MEI
JUNI
7 JULI 44
9 JULI 45
AUGUSTUS
SEPTEMBER
OCTOBER
NOVEMBER
DECEMBER
JAN 46
FEBRUARI
MAART
APRIL
MEI
JUNI
JULI
AUGUSTUS
SEPTEMBER
OCTOBER
NOVEMBER
DECEMBER

BIJLAGE 7


CHLOORMETINGEN
WILLEMSTAD
aan het oppervlak en de waterstand Lobith
1941 1 Jan. t/m 31 Dec.
1942 " " "
1943 " " "
mgr CL/L
6000
4000
2000
0
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
O.L.R.
M.R.
5511 A1


CHLOORMETINGEN
WILLEMSTAD
3m beneden het oppervlak en de waterstand te Lobith bij H.W.
1941 1 Jan. t/m 31 Dec.
1942 " " "
1943 " " "
mgr Cl/L
6000
4000
2000
0
O.L.R.
M.R.
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5513 A1


CHLOORMETINGEN
NUMANSDORP
waterstand te Lobith bij H.W.
1941 1 Jan. t/m 31 Dec.
1942 " " "
1943 " " "
mgr CL/L
8000
4000
2000
0
O.L.R.
M.R.
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
waterstanden te Lobith in dm t.o.v N.A.P.
5504 A 1

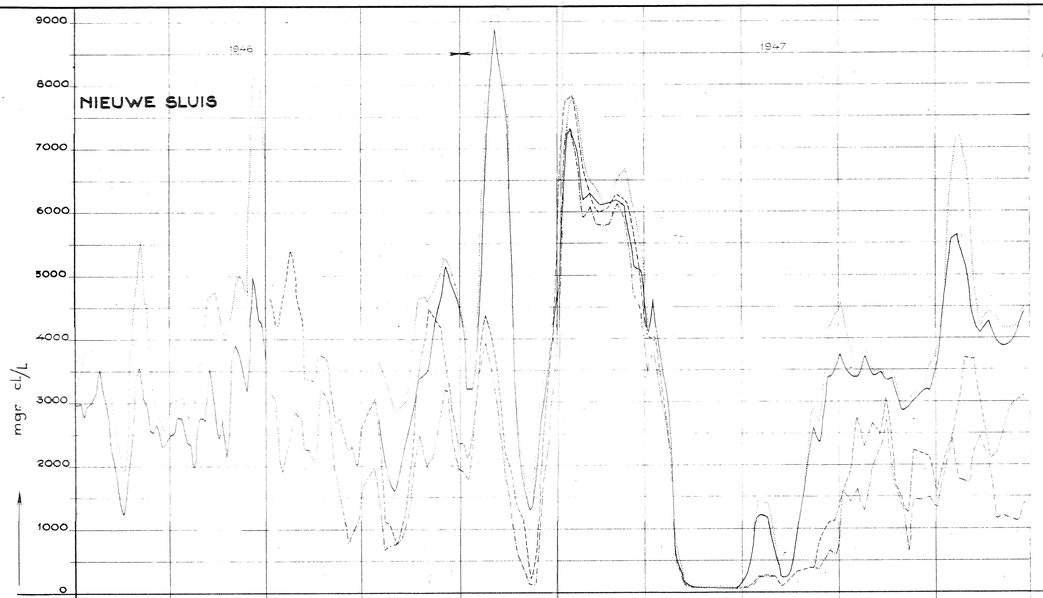
CHLOORGEHALTEN

OPSCHUIVEND GEMIDDELDE PER 5 DAGEN

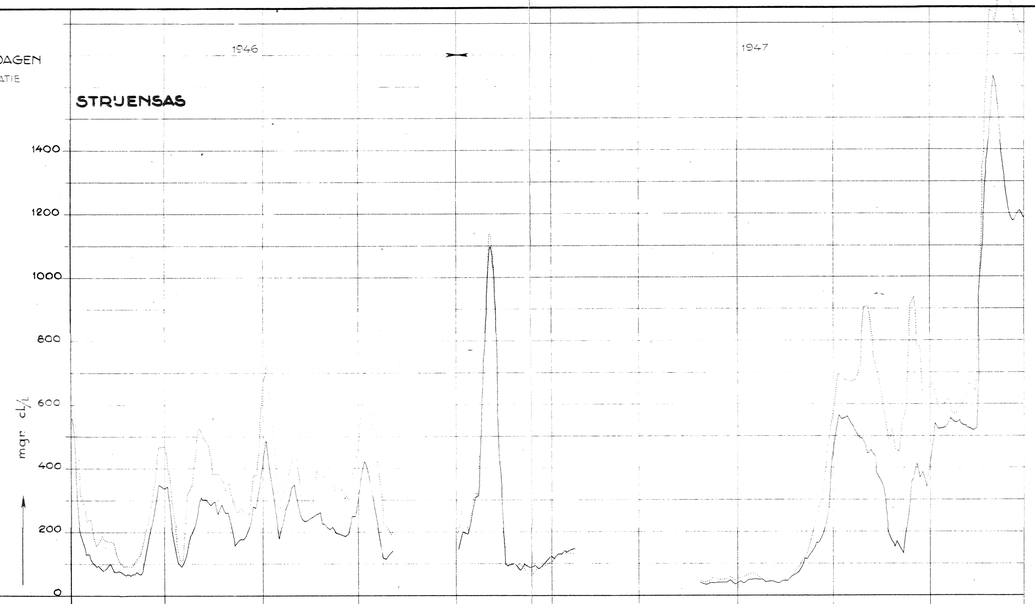
CHLOORWAARDEN VERKREGEN DOOR TITRATIE

OPPERVLAK H.W.
BODEM H.W.
OPPERVLAK L.W.
BODEM L.W.

NIEUWE SLUIS

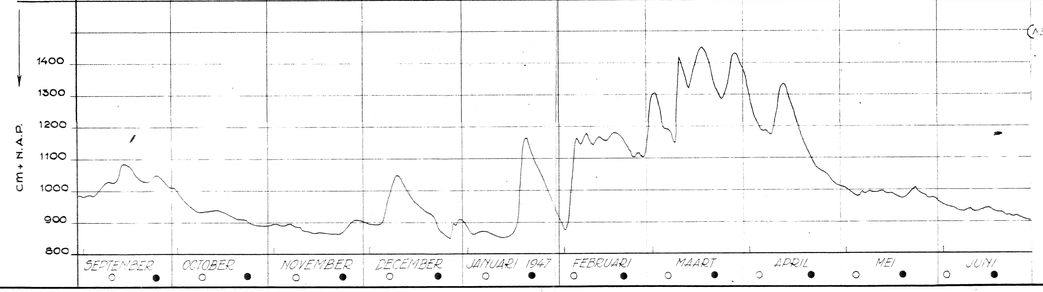


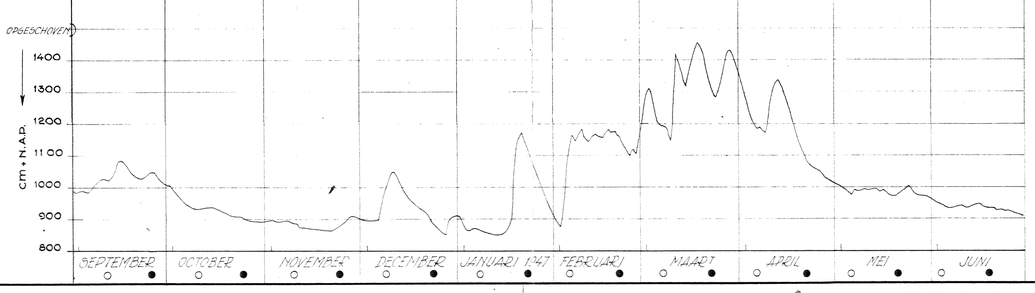
STRIJENSAS



WATERSTAND TE LOBITH

(N.B. TIJDAS VOOR WATERSTAND LOBITH 2 DAGEN MAAR RECHTS OPGESCHOVEN)





5556 A4

R 249

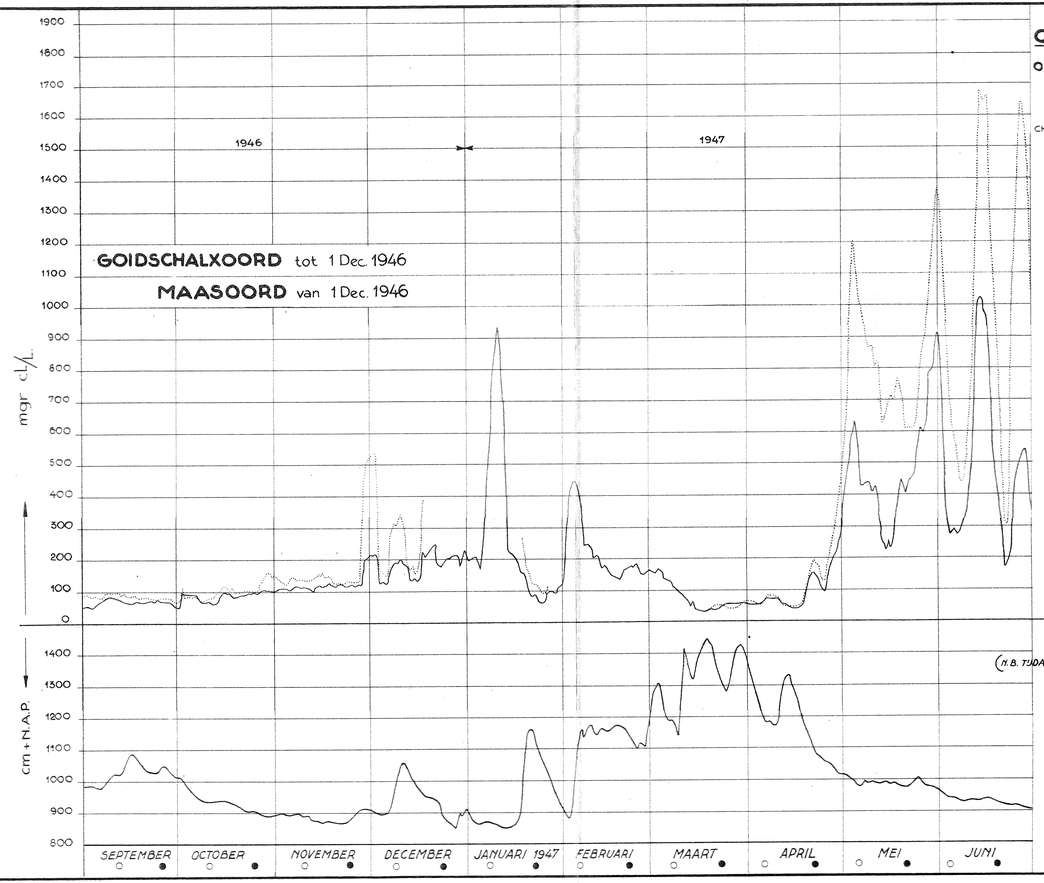
RAPPORT Nº 11 '47 BULAGE 8a.

CHLOORGEHALTEN BIJ H.W.

OPSCHUIVEND GEMIDDELDE PER 5 DAGEN

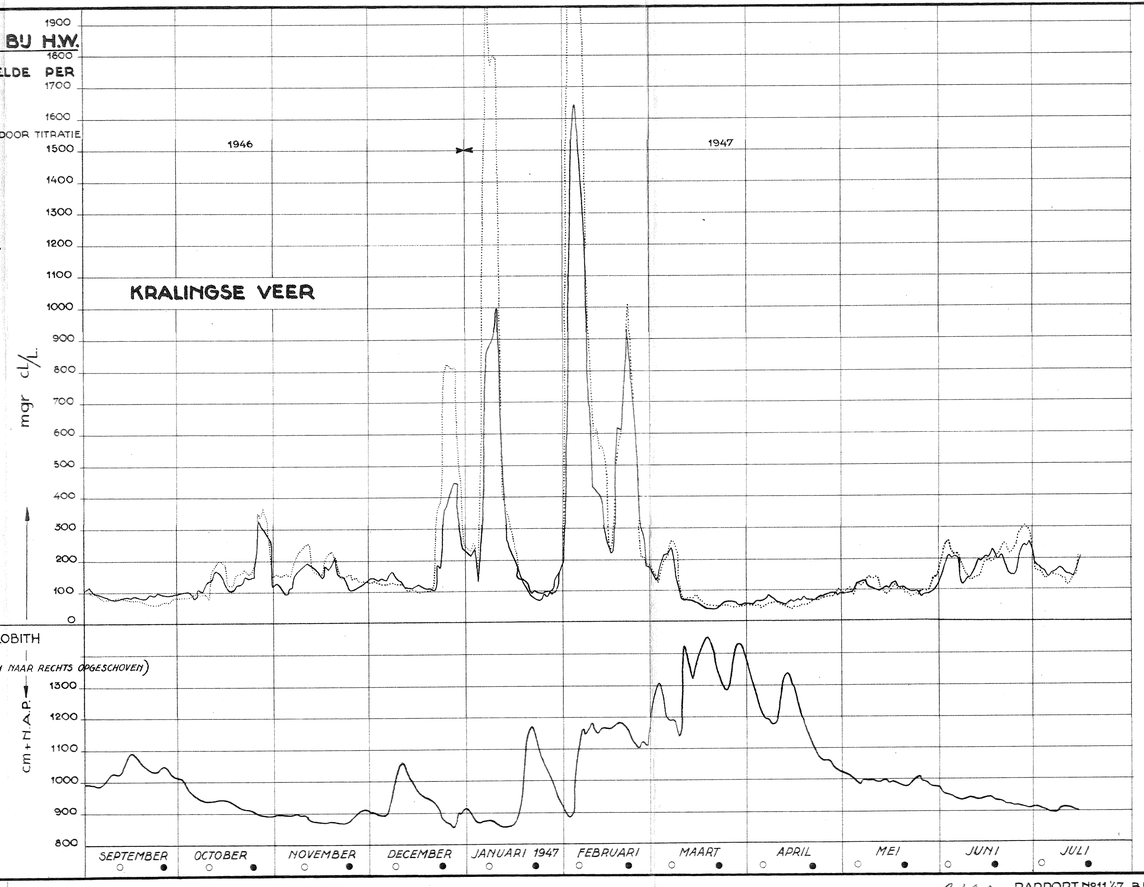
CHLOORWAARDEN VERKREGEN DOOR TITRATIE

——— OPPERVLAK
..... BODEM



WATERSTAND TE LOBITH

(N.B. TIJDAS VOOR WATERSTAND LOBITH 2 DAGEN NAAR RECHTS OPGESCHOVEN)



5587 A4

R 490 RAPPORT No 1147 BIJLAGE 8a

CHLOORMETINGEN ROTTERDAM

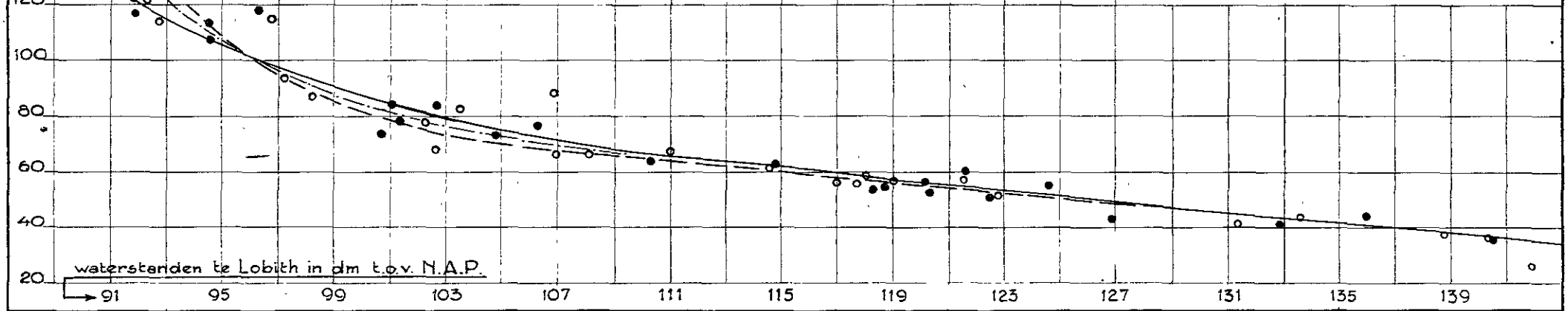
volgens dagelijkse monsters
om 9u. v.m. bij het waterwerk k.m.r 9
gedurende het inlaten

L.W
H.W
Gem.

mg Cl/l.

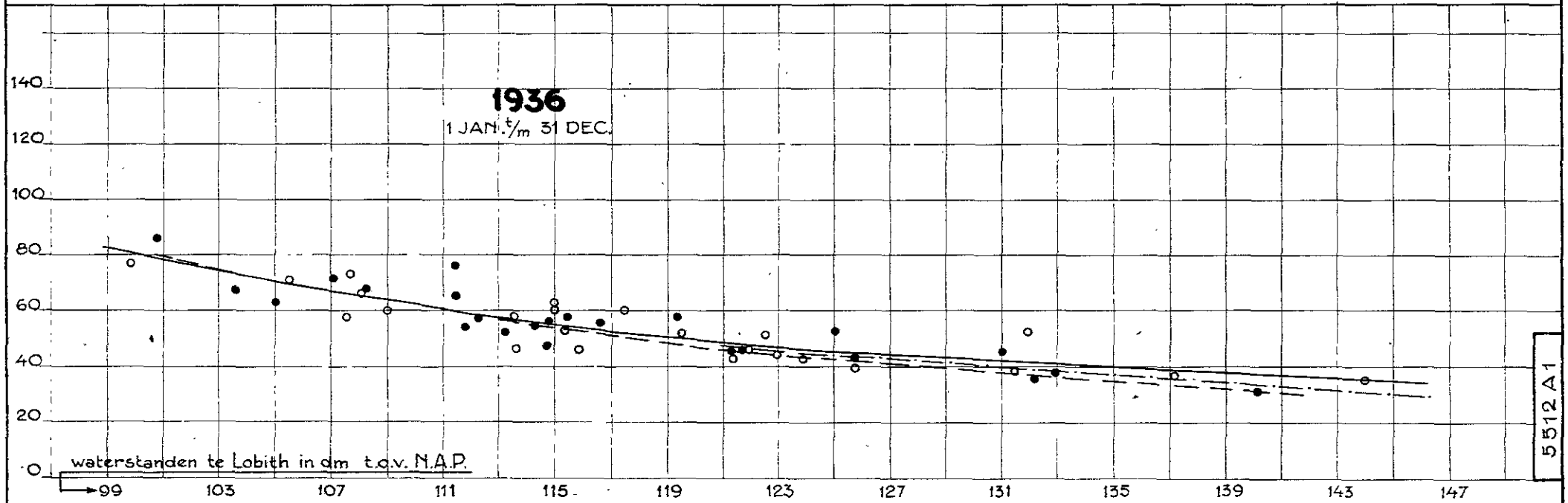
1937
1 JAN. t/m 31 DEC.

waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.



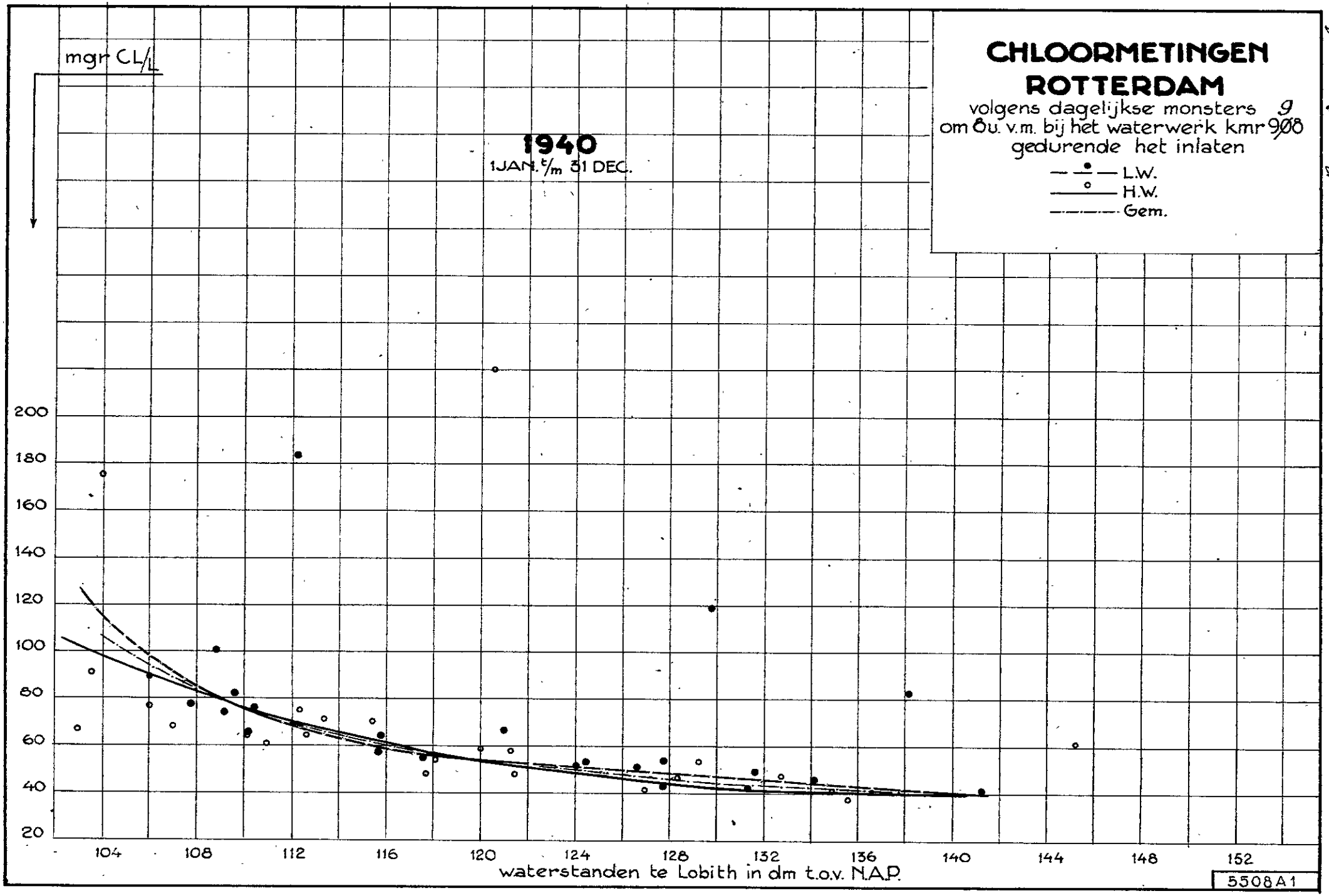
1936
1 JAN. t/m 31 DEC.

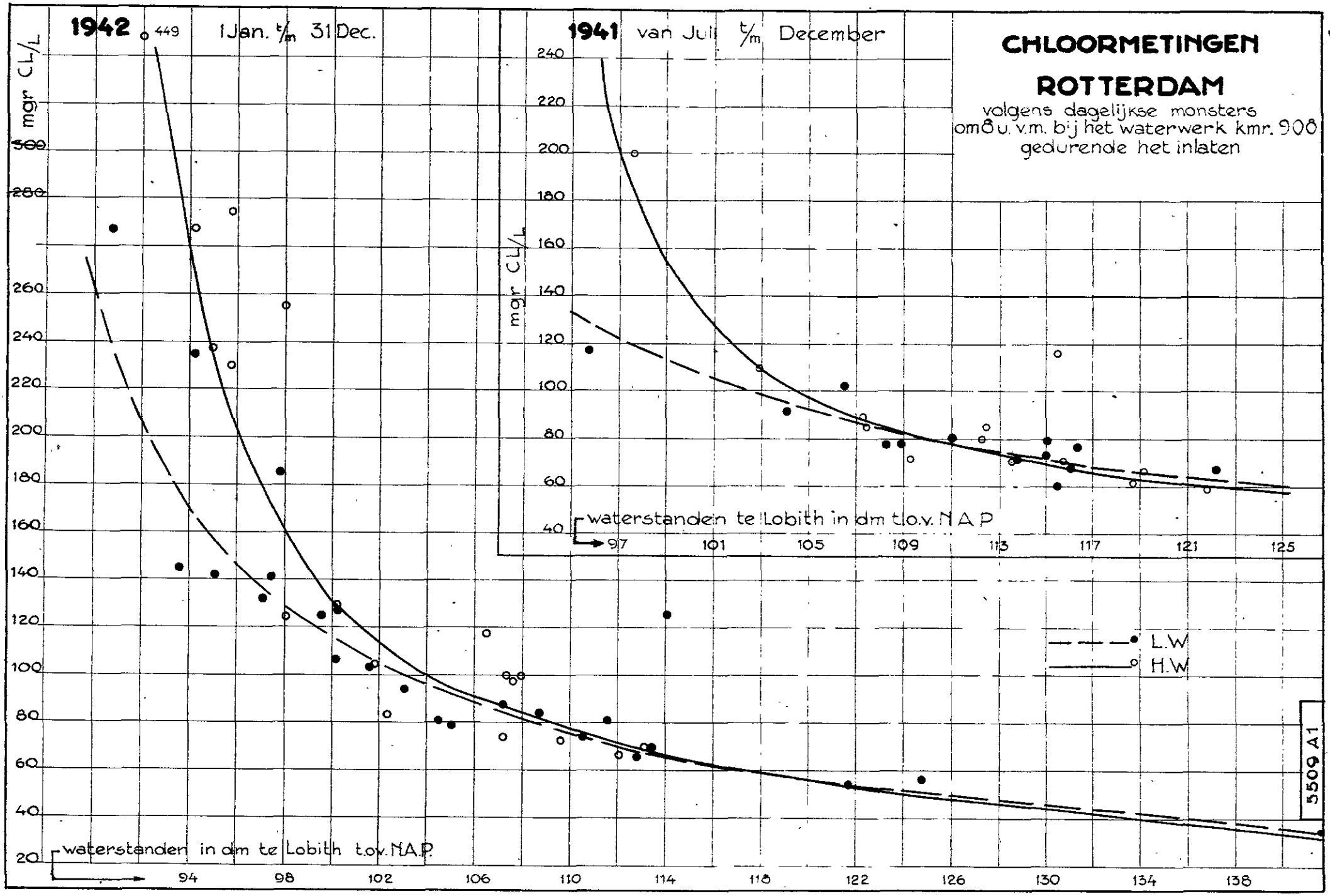
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.

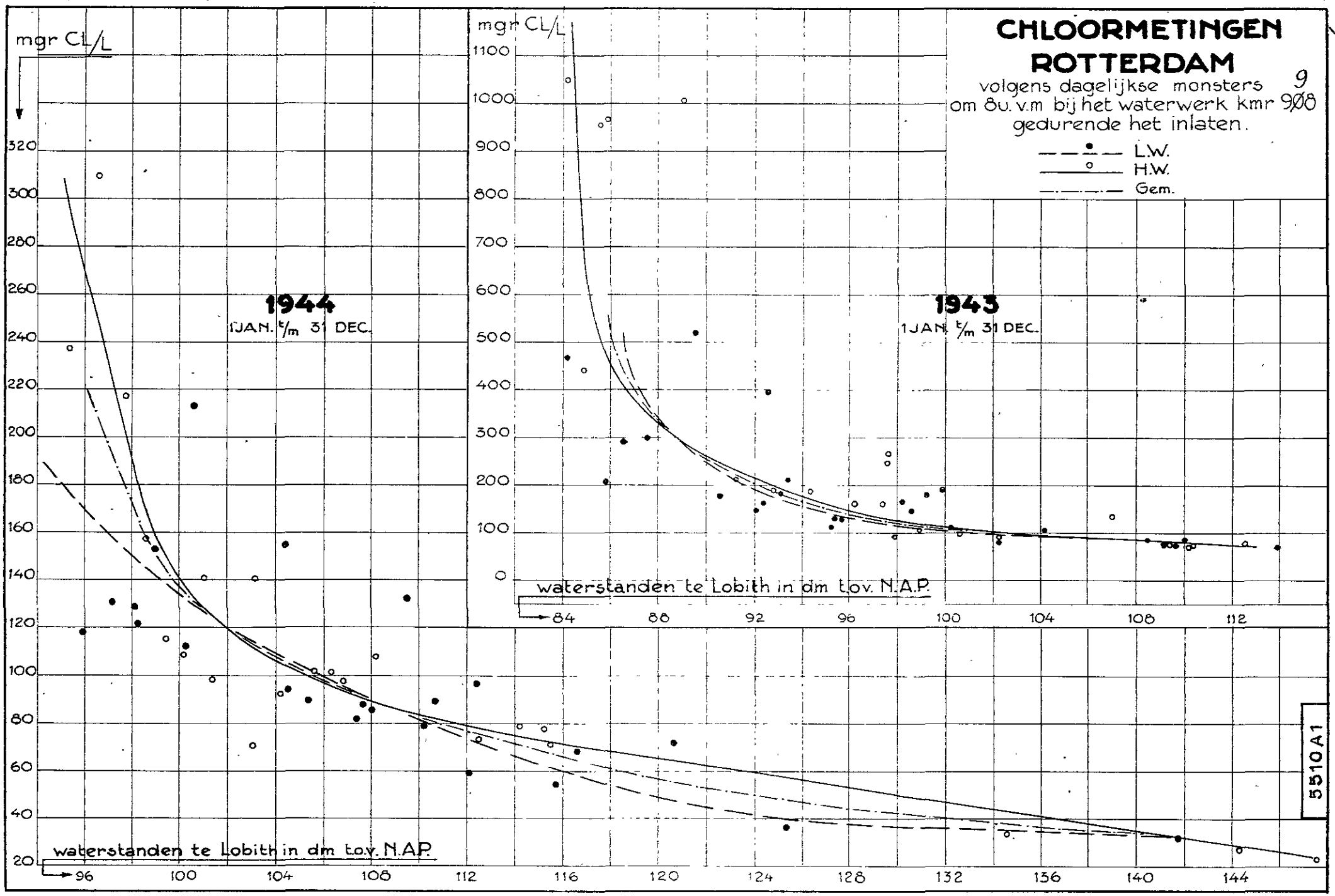


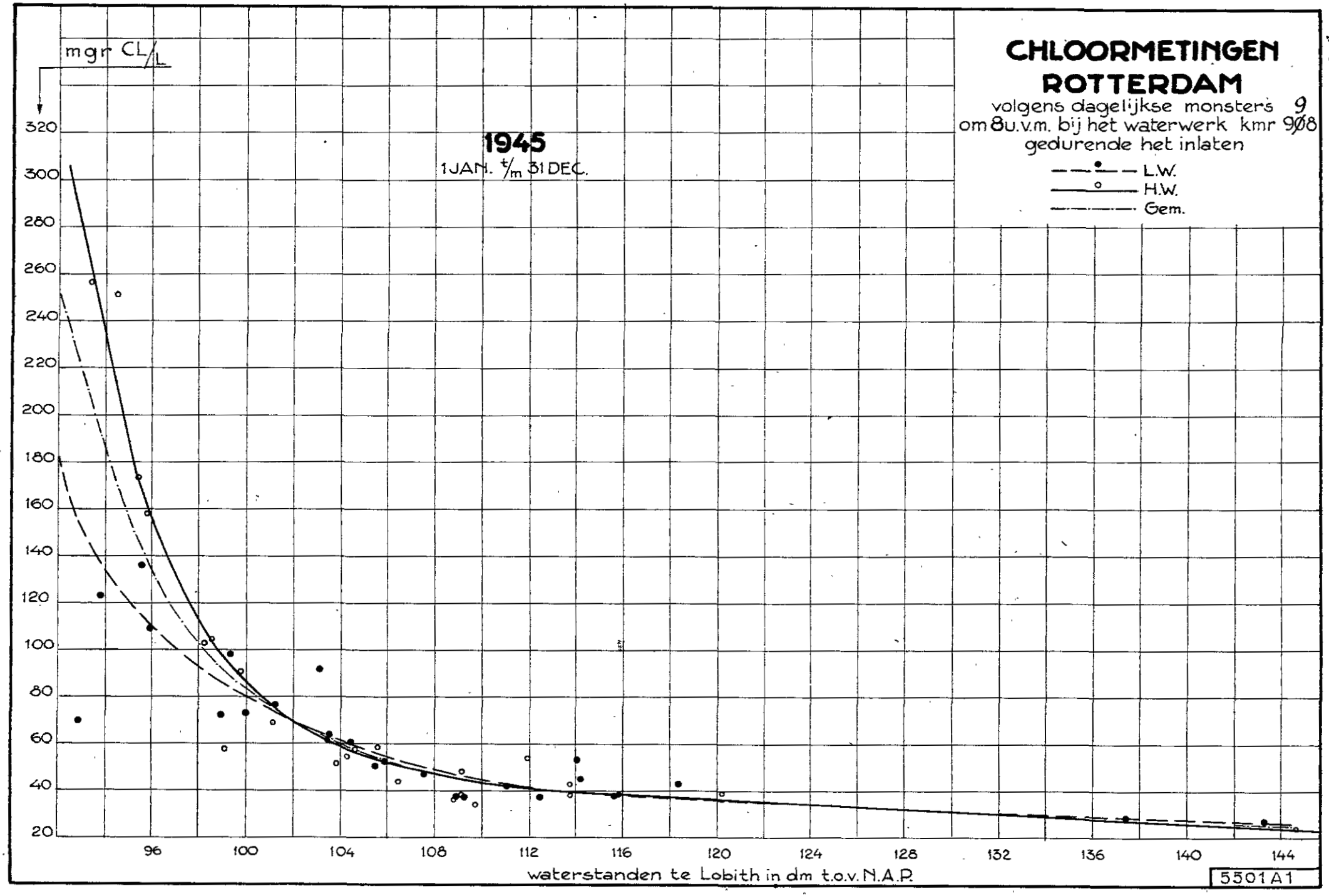
5512 A1

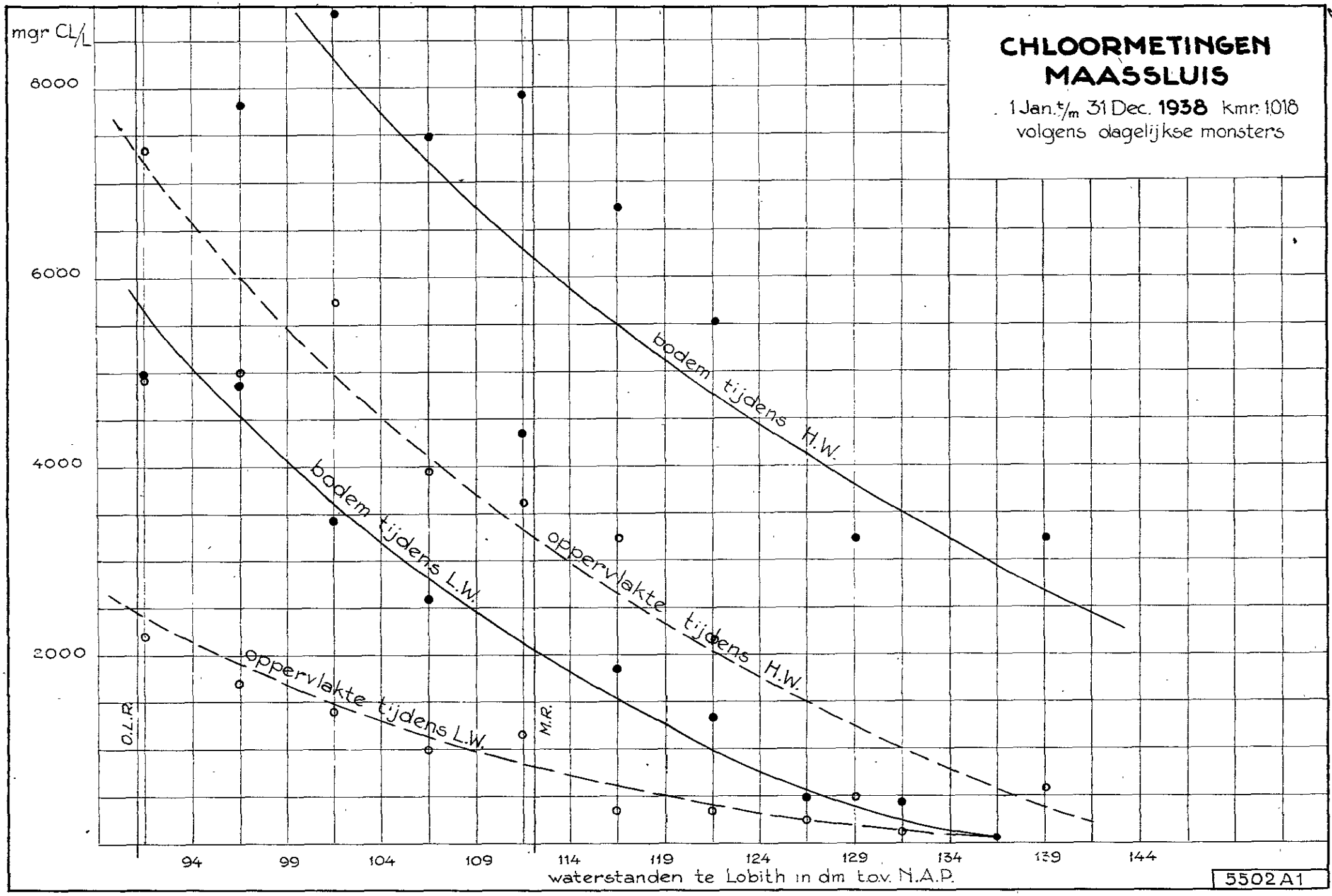
9a

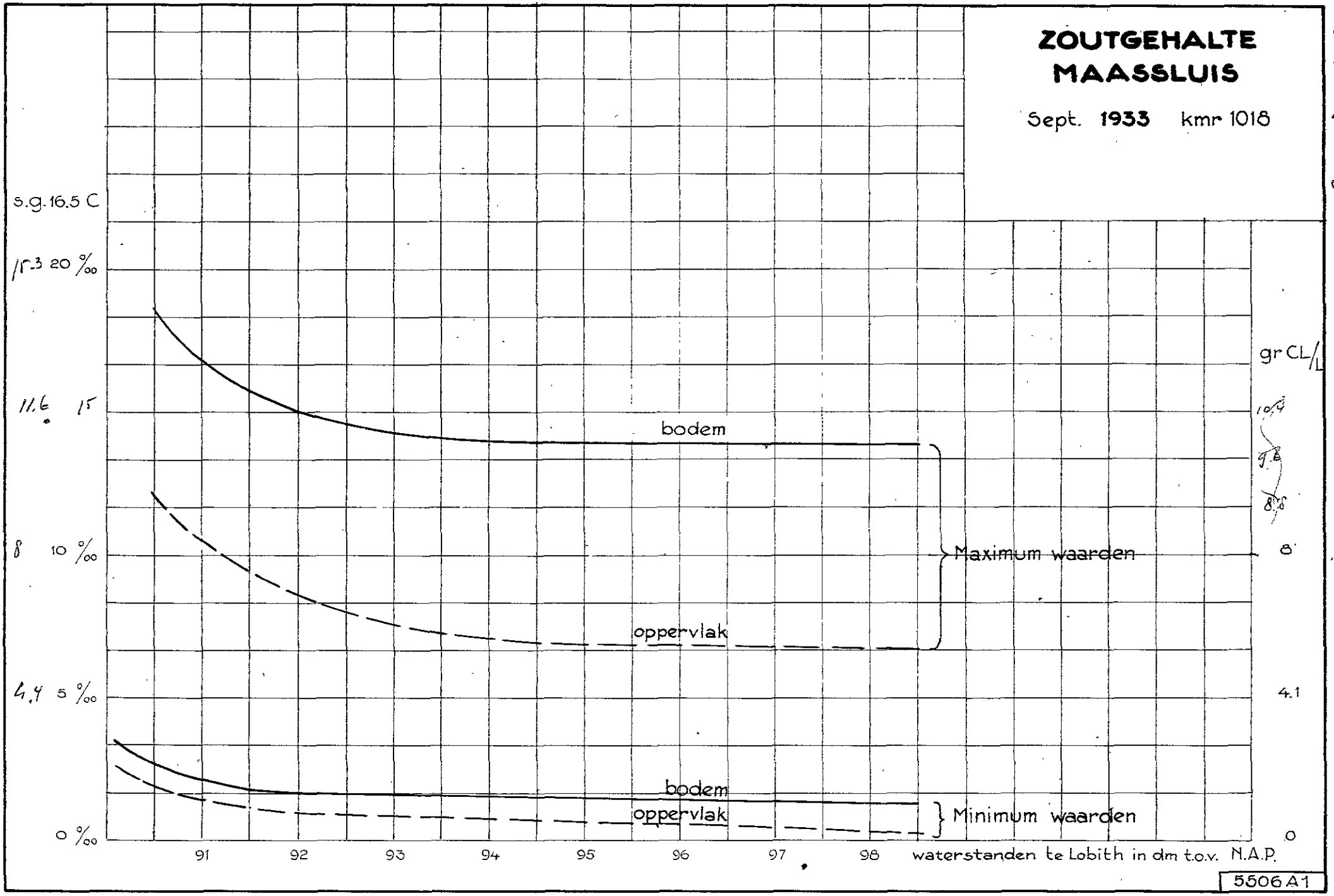

CHLOORMETINGEN
ROTTERDAM
volgens dagelijkse monsters 9
om 8u. v.m. bij het waterwerk kmr 9/08
gedurende het inlaten
L.W.
H.W.
Gem.
1940
1JAN. t/m 31 DEC.
mgr CL/L
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
104
108
112
116
120
124
128
132
136
140
144
148
152
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5508A1

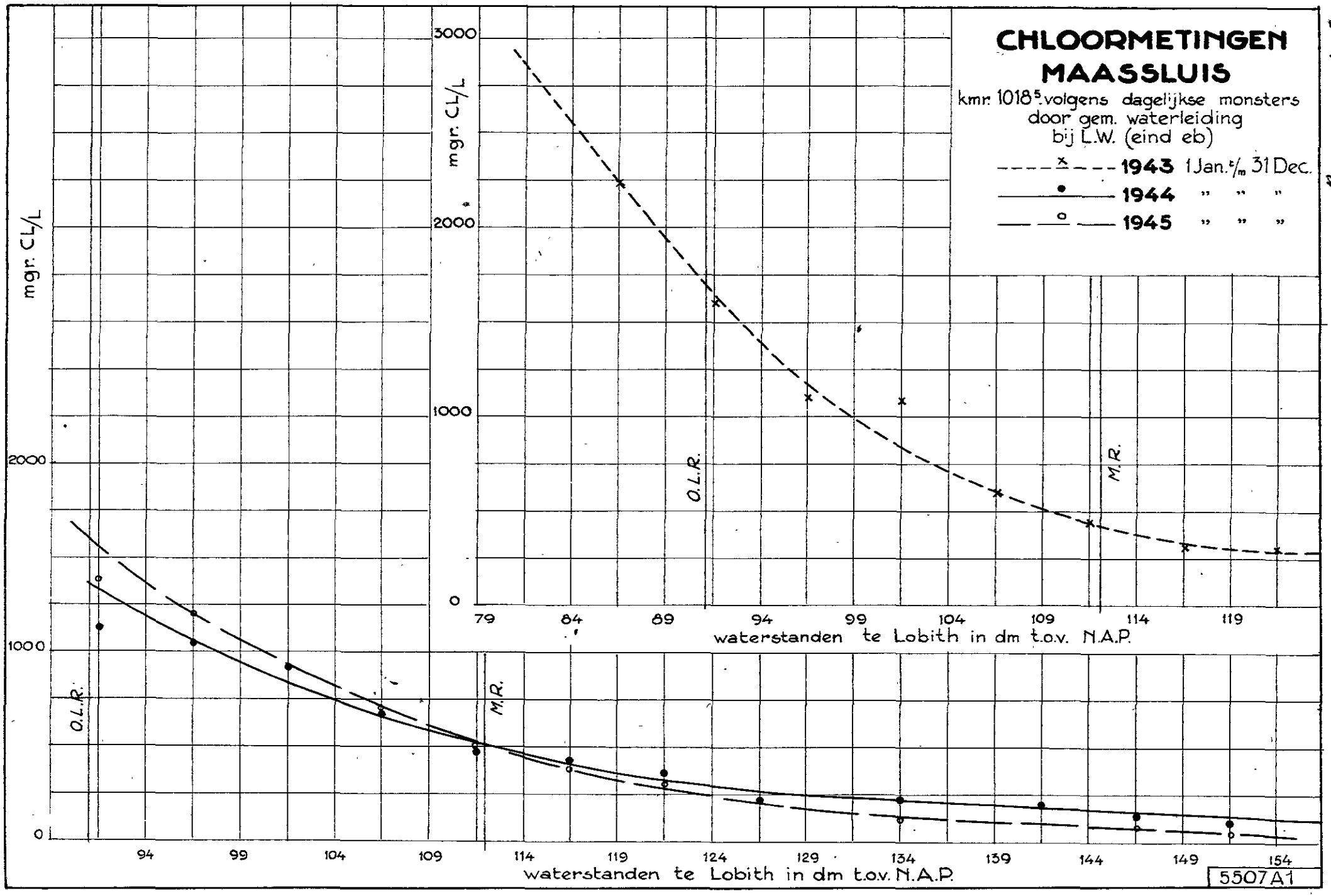

CHLOORMETINGEN
ROTTERDAM
volgens dagelijkse monsters
om 8 u. v.m. bij het waterwerk kmr. 908
gedurende het inlaten
1942 449 1 Jan. t/m 31 Dec.
1941 van Juli t/m December
mgr CL/L
waterstanden in dm te Lobith t.o.v. N.A.P.
L.W
H.W
3509 A1

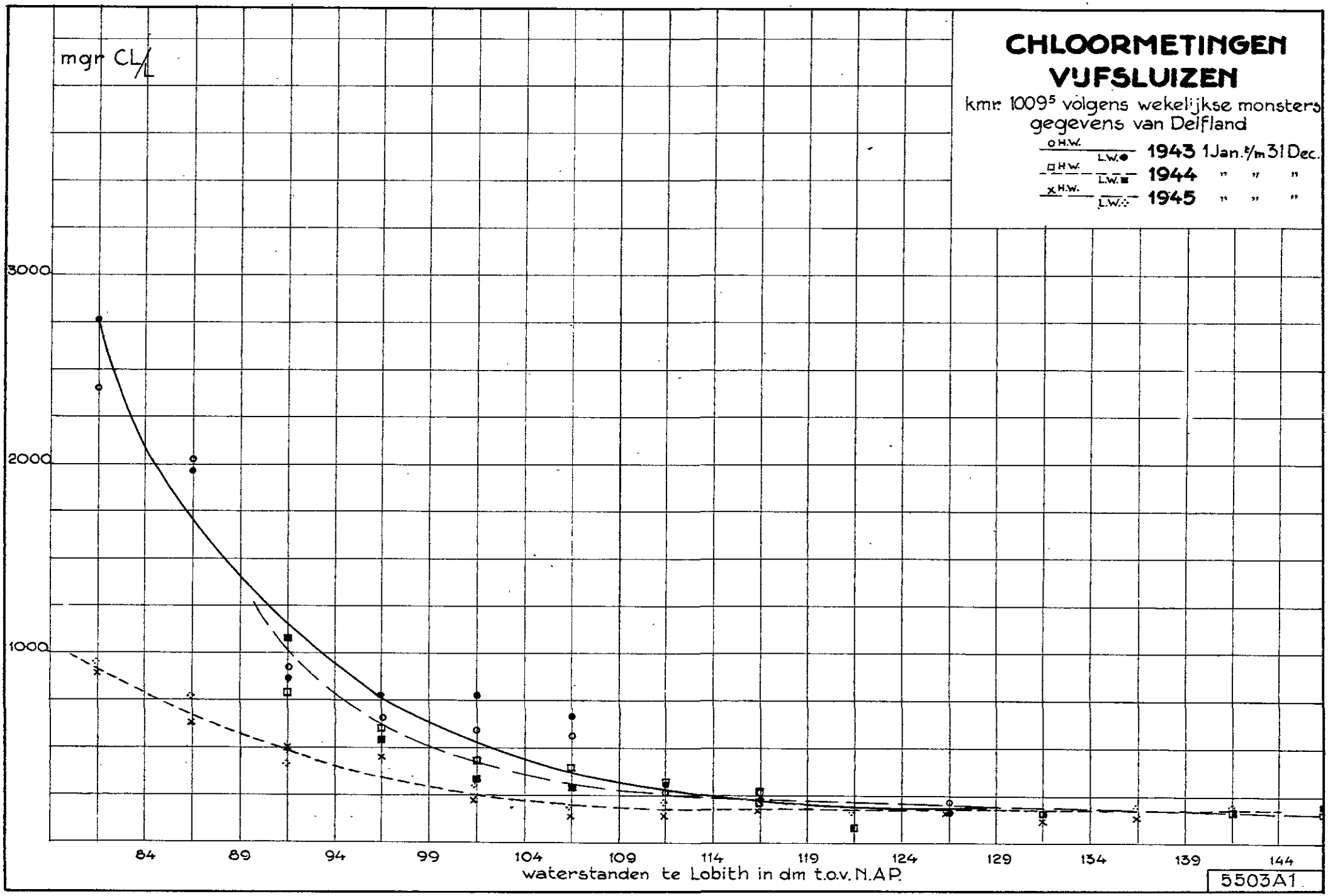

CHLOORMETINGEN
ROTTERDAM
volgens dagelijkse monsters
om 8u. v.m bij het waterwerk kmr 9Ø8
gedurende het inlaten.
L.W.
H.W.
Gem.
mgr CL/L
1944
1 JAN. t/m 31 DEC.
1943
1 JAN. t/m 31 DEC.
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5510 A1

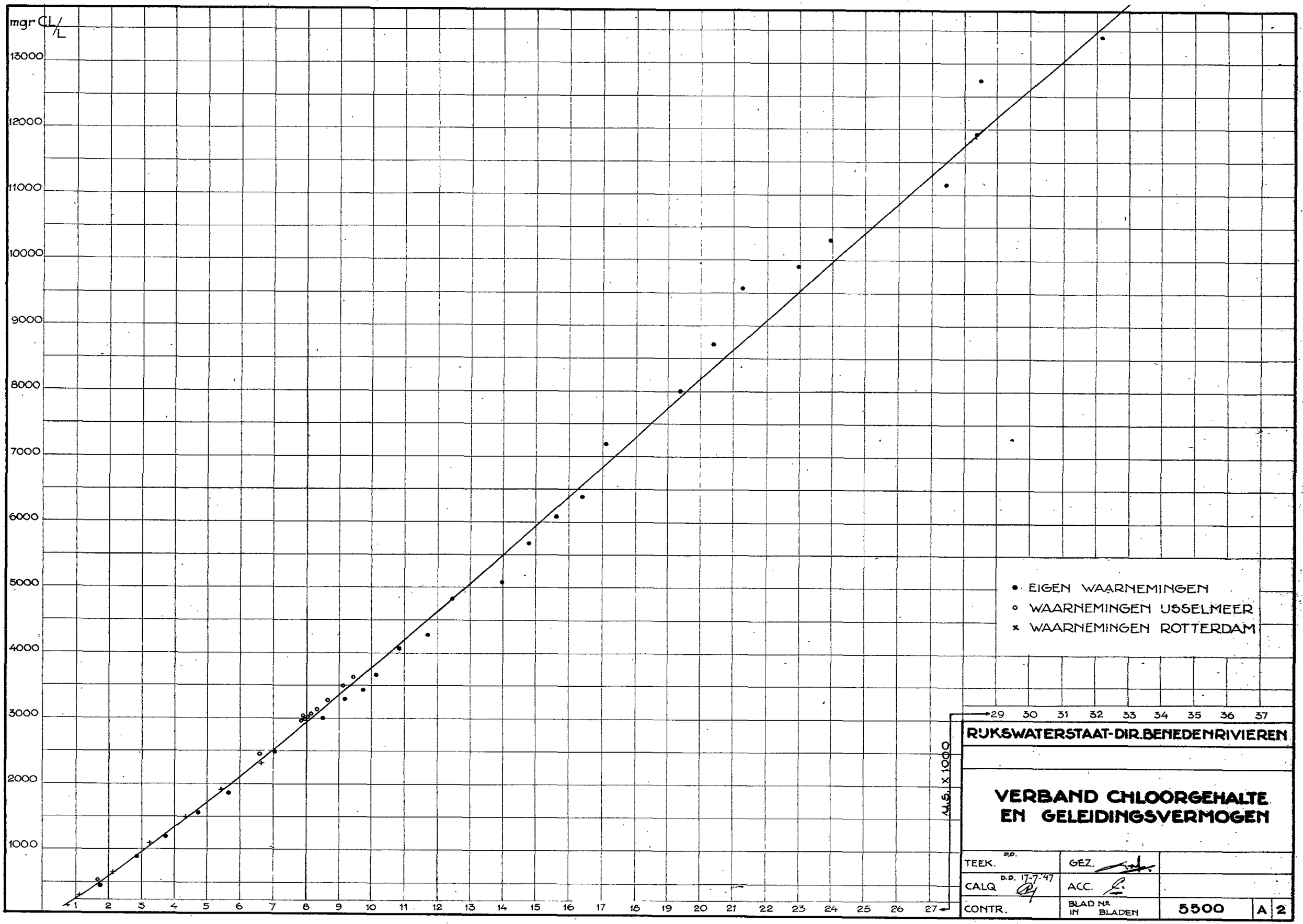

CHLOORMETINGEN
ROTTERDAM
volgens dagelijkse monsters 9
om 8u.v.m. bij het waterwerk kmr 9Ø8
gedurende het inlaten
L.W.
H.W.
Gem.
1945
1 JAN. t/m 31 DEC.
mgr CL/L
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
96
100
104
108
112
116
120
124
128
132
136
140
144
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5501 A1


CHLOORMETINGEN
MAASSLUIS
1 Jan. t/m 31 Dec. 1938 kmr: 1018
volgens dagelijkse monsters
mgr Cl/L
8000
6000
4000
2000
O.L.R.
M.R.
bodem tijdens H.W.
bodem tijdens L.W.
oppervlakte tijdens H.W.
oppervlakte tijdens L.W.
94
99
104
109
114
119
124
129
134
139
144
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5502 A1

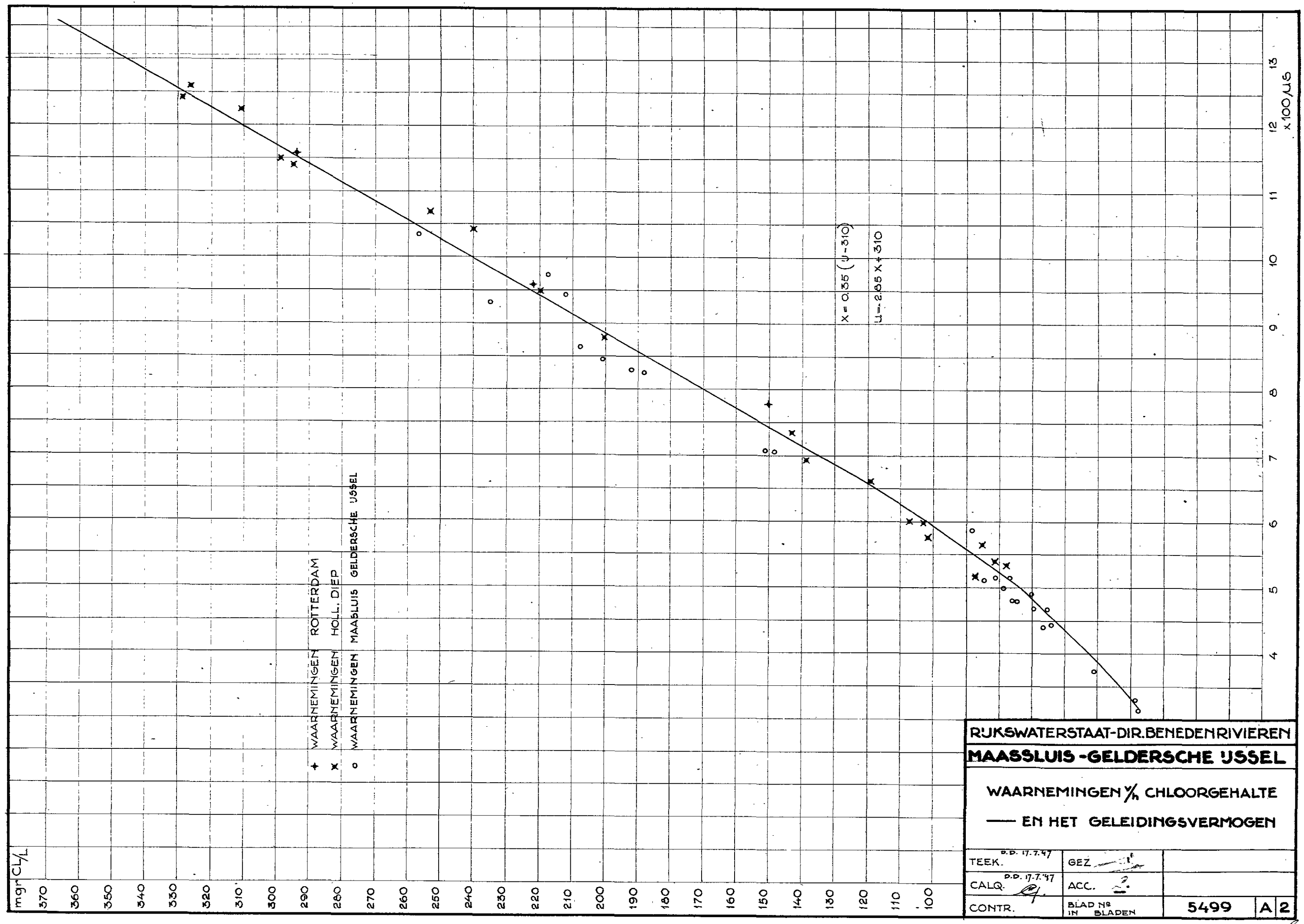

ZOUTGEHALTE
MAASSLUIS
Sept. 1933 kmr 1018
s.g. 16.5 C
20 ‰
15
10 ‰
5 ‰
0 ‰
gr CL/L
8
4.1
0
bodem
oppervlak
Maximum waarden
bodem
oppervlak
Minimum waarden
91
92
93
94
95
96
97
98
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5506 A1


CHLOORMETINGEN
MAASSLUIS
kmr. 1018 5. volgens dagelijkse monsters
door gem. waterleiding
bij L.W. (eind eb)
1943 1 Jan. t/m 31 Dec.
1944 " " "
1945 " " "
mgr. CL/L
3000
2000
1000
0
O.L.R.
M.R.
79
84
89
94
99
104
109
114
119
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
2000
1000
0
94
99
104
109
114
119
124
129
134
139
144
149
154
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5507A1

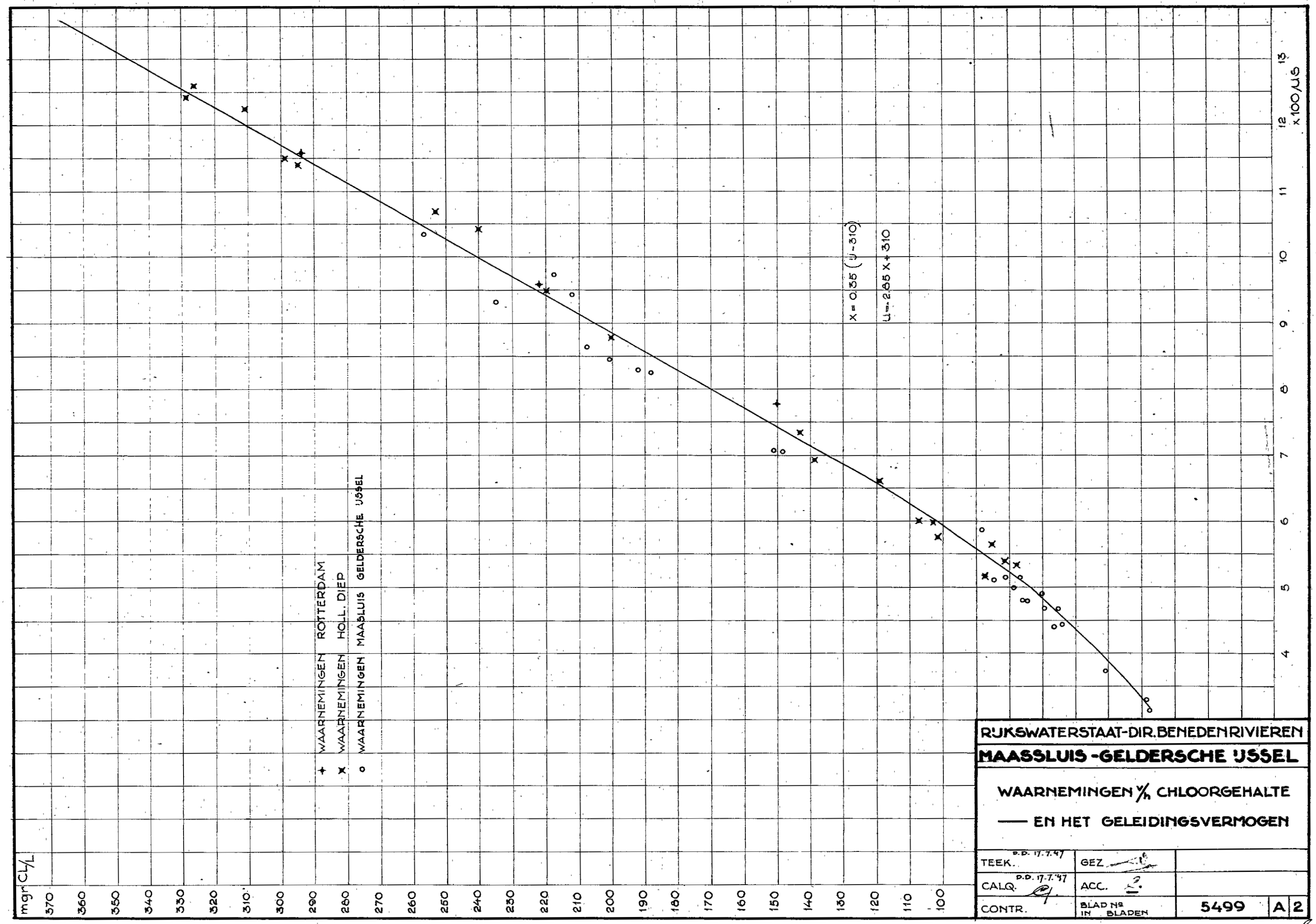

CHLOORMETINGEN
VIJFSLUIZEN
kmr. 1009⁵ volgens wekelijkse monsters
gegevens van Delfland
o H.W. L.W. ● 1943 1 Jan. t/m 31 Dec.
□ H.W. L.W. ■ 1944 " " "
x H.W. L.W. ⁘ 1945 " " "
mgr CL/L
3000
2000
1000
84
89
94
99
104
109
114
119
124
129
134
139
144
waterstanden te Lobith in dm t.o.v. N.A.P.
5503A1


mgr Cl/L
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
29 30 31 32 33 34 35 36 37
µS. X 1000
• EIGEN WAARNEMINGEN
o WAARNEMINGEN USSELMEER
x WAARNEMINGEN ROTTERDAM
RIJKSWATERSTAAT-DIR. BENEDENRIVIEREN
VERBAND CHLOORGEHALTE EN GELEIDINGSVERMOGEN
TEEK. D.D.
GEZ.
CALQ D.D. 17-7-47
ACC.
CONTR.
BLAD Nº IN BLADEN
5500
A
2

R 1490 12a.


mgr CL/L
370
360
350
340
330
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
x 100 µS
+ WAARNEMINGEN ROTTERDAM
× WAARNEMINGEN HOLL. DIEP
o WAARNEMINGEN MAASSLUIS GELDERSCHE IJSSEL
X = 0,35 (Y - 310)
Y = 2,85 X + 310
RIJKSWATERSTAAT-DIR. BENEDENRIVIEREN
MAASSLUIS - GELDERSCHE IJSSEL
WAARNEMINGEN % CHLOORGEHALTE
EN HET GELEIDINGSVERMOGEN
TEEK. D.D. 17.7.47
GEZ.
CALQ. D.D. 17.7.47
ACC.
CONTR.
BLAD Nº IN BLADEN
5499
A
2

R 280 12½.



RIJKSWATERSTAAT-DIR. BENEDENRIVIEREN

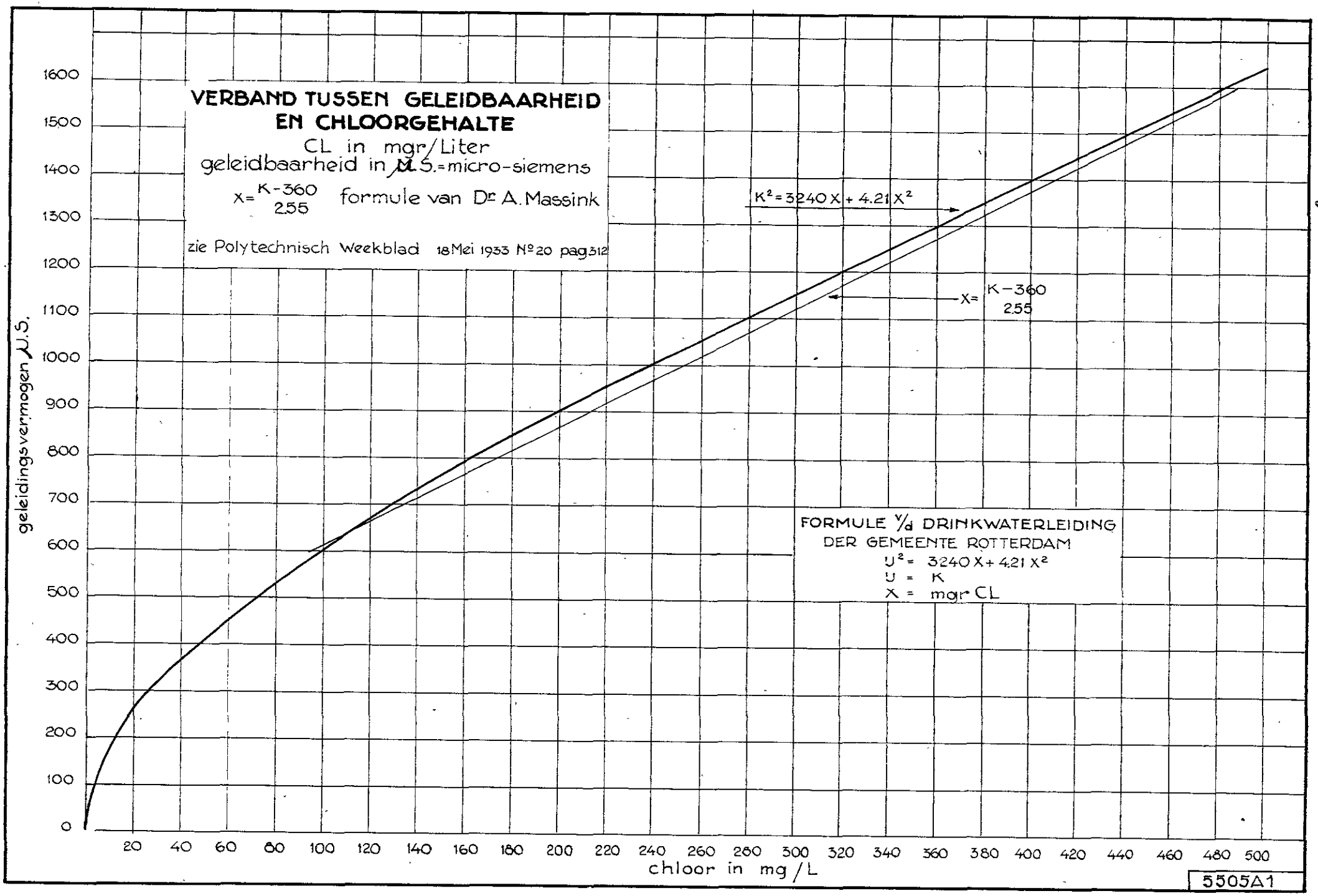
MAASSLUIS - GELDERSCHE IJSSEL

WAARNEMINGEN % CHLOORGEHALTE

— EN HET GELEIDINGSVERMOGEN

TEEK. D.D. 17.7.47	GEZ.		
CALQ. D.D. 17.7.47	ACC.		
CONTR.	BLAD Nº IN BLADEN	5499	A 2

R 260 12 6.


VERBAND TUSSEN GELEIDBAARHEID
EN CHLOORGEHALTE
CL in mgr/Liter
geleidbaarheid in µS.=micro-siemens
X= (K-360)/2.55 formule van Dr A. Massink
zie Polytechnisch Weekblad 18 Mei 1933 No 20 pag 312
K² = 3240 X + 4.21 X²
X= (K-360)/2.55
FORMULE v/d DRINKWATERLEIDING
DER GEMEENTE ROTTERDAM
U² = 3240 X + 4.21 X²
U = K
X = mgr CL
geleidingsvermogen µS.
chloor in mg/L
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
5505A1

R 240 12e.