KATHOLIEKE UNIVERSITEIT TE LEUVEN

FAKULTEIT DER WETENSCHAPPEN

# Ekologische en Algologische Studie

van de

# Estuaria-Wateren

te

# Oostende, Nieuwpoort en Blankenberge

Sectie I

PROEFSCHRIFT
ingeleverd tot het bekomen
van de graad van
Doctor in de Wetenschappen,
door

JOS PETES

LABORATORIUM VAN ALGOLOGIE
Professor Dr. A. LOUIS

1978

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT TE LEUVEN

FAKULTEIT DER WETENSCHAPPEN

236287

# Ekologische en Algologische Studie

van de

# Estuaria-Wateren

te

# Oostende, Nieuwpoort en Blankenberge

Sectie I

Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

PROEFSCHRIFT
ingeleverd tot het bekomen
van de graad van
Doctor in de Wetenschappen,
door

JOS PETES

LABORATORIUM VAN ALGOLOGIE
Professor Dr. A. LOUIS

1978

Dankwoord.

In de eerste plaats willen wij onze promotor, Professor dr. A. LOUIS, bedanken voor de voortdurende belangstelling, de gewaardeerde wetenschappelijke hulp, en de aanmoedingen bij het tot stand komen van dit werk.

Verder wensen wij ook te bedanken de heer J. ROBIJNS die samen met en onder leiding van Professor LOUIS de staalnamen tijdens de campagne 1971 voor zijn rekening heeft genomen.

Voor de campagne van 1973-74 willen wij ook bedanken mevrouw L. HUYSVANDERCAM en de heer L. NOLLET voor hun hulp op het terrein.

Voor de nauwgezette verwerking van de stalen van de herborisaties in de vaargeulen van Nieuwpoort en Blankenberge gaat onze bijzondere waardering uit naar Mejuffrouwen V. BEULS, S. BEULENS, M. BRANCKAERT, M. VANNOTEN (Nieuwpoort 73-74); R. CORNELISSEN, D. DE CREMER, M. FEUSELS (Nieuwpoort 74-75) en A. DENDONCKER, L. ERMIN, G. T'JONCK (Blankenberge 74-75).

Mevrouw dr. N. DE MAESSCHALCK-PODOOR willen wij bedanken voor haar altijd bereidwillige hulp in raad en daad en in haar willen wij ook de leden van het laboratorium bedanken, die hebben gezorgd voor een aangename werksfeer.

Voor het typewerk bedanken we mevrouw I. BEUTELS-BLEVI.

Tenslotte wil ik hier ook mijn dank uiten aan mijn echtgenote, Jacqueline PUES, voor haar niet aflatende hulp op alle mogelijke gebieden.

Voorafgaandelijke opmerkingen.

a. Nummering Tabellen.

De in de tekst opgenomen tabellen werden genummerd met romeinse cijfers. De tabellen met arabische nummering zijn opgenomen in bijlage.

b. Ekologische en Algologische Fiches.

Zowel de fysico-chemische waarnemingen als de resultaten van het algologisch onderzoek werden weergegeven op fiches. Hierbij werden per datum en per moment van staalname de waarnemingen op de verschillende niveaus aangegeven. De onderscheiden momenten van staalnamen werden op basis van de waterhoogte en de tijd van staalname gesynchroniseerd.
Op iedere tabel werden ook de gemiddelden berekend, hiervoor gelden de volgende afkortingen.

M.V. : vertikaal gemiddelde, het gemiddelde van de niveaus op elk moment van staalname.

M.C. : kronologisch gemiddelde, per niveau en per datum.

M.C.T. : totaal kronologisch gemiddelde, per datum.

M.T. : tidaal gemiddelde, het gemiddelde per niveau en per moment van staalname.

M.T.C. : globaal tidaal gemiddelde per moment van staalname.

F.I. : frekwentie-index, het jaargemiddelde van alle waarnemingen.

In 1971 werd aan de oppervlakte (S), 4 meter boven het nulpunt (+ 4), 2 meter boven het nulpunt (+ 2) en aan de bodem (F) waterstalen genomen. In 1973-74 werd aan de oppervlakte (S), 3 meter boven het nulpunt (m) en aan de bodem (F) waterstalen genomen.

M.M. : Vloedherborisaties.

M.D. : Ebherborisaties.

# Inleiding.

## § 1. Opzet van de studie.

Het bestudeerde gebied moet gezien worden in het kader van de projekten van het laboratorium van fytohydrobiologie. Op dit laboratorium werden talrijke kleine zoetwaterbiotopen van uiteenlopende types - alkalisch, zure - algologisch en in een zekere mate ook chemisch onderzocht (1)(2)(3).

Na dit eerste stadium kwam het watermilieu van de Noord-Atlantische Oceaan en de Noordzee aan de beurt. In dit kader werden in 1968 zeventien vaarten, in 1969 vier vaarten en in 1970 zeventien vaarten naar Ijsland ondernomen (4)(5).

Onderwijl werd eveneens een aanvang gemaakt met het onderzoek van bepaalde rivieren en kanalen, o.m. de Samber, het kanaal Leuven-Dijle (6), de Lovaart en de Veurnevaart (7).

Bij al deze projekten werden regelmatig samplings over minstens één vegetatiejaar uitgevoerd.

In 1973 werd zelfs een algemeen onderzoek ingesteld over 980 km kanalen en rivieren, éénmalig te onderzoeken in vier dagen (8).

Al deze onderzochte biotopen in de verschillende projekten vertoonden een min of meer grote ekologische stabiliteit, afgezien van bepaalde pollutie-interferrenties.

De resultaten van de vorige onderzoeken hebben ons aangespoord een gedetailleerde studie te gaan maken van het meer beperkte interactiegebied tussen beide types water, zoet en zout, nl. in de estuaria. De overtalrijke en regelmatige chemische en algologische waarnemingen, uitgevoerd in de vaargeul van Blankenberge, Oostende en Nieuwpoort, werden hierbij gesynthetiseerd. Het weze vermeld dat de vaargeulen van Blankenberge en Nieuwpoort door licentie-thesisten onderzocht werden, nl. in Blankenberge voor de periode 1974-75, in Nieuwpoort voor de perioden 1973-74 en 1974-75 (9)(10)(11). Deze van Oostende werd persoonlijk door ons onderzocht voor de perioden 1971 en 1973-74.

Het doel van deze studie beperkt zich bijgevolg in hoofdzaak tot het bestuderen van de kronologische, tidale en vertikale fluctuaties van de

fytoplanktonische organismen in de interactiezone van landdraineringswater en zoutwater.

Daar verwacht kon worden dat deze zone uiteraard sterke fysico-chemische variaties moest vertonen, werden bepaalde fysico-chemische analyses regelmatig uitgevoerd om de aard van dit zeer typisch milieu enigszins te belichten. Hierbij kwamen echter belangrijke feiten van pollutionele aard aan het licht, zodat hier meer uitvoerig dan verwacht moest op ingegaan worden; nochtans slechts in zoverre dat deze pollutie-toestanden enige weerslag zouden vertonen op het fytoplanktonische leven.

De beste verantwoording voor deze studie vinden we verwoord door STEWART (12) : De tegenwoordige belangstelling voor estuaria gaat van het opstellen van zuiver beschrijvende lijsten van planten en dieren - <u>een belangrijke voorwaarde als de toekomstige evolutie in de estuaria wil gevolgd worden</u> - naar studies over de rol van de micro-organismen bij de aangroei, de erosie en de terugwinning van land.

---

(1) PODOOR, N. <u>Floristische en Ecologische gegevens betreffende de Wierflorula in drie Meanders van de Dijle te Rijmenam</u>. Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1965.

(2) PODOOR, N. <u>Ecologische, Floristische en Geografische Studie van 5 Biotopen in de streek van de middelloop van de Dijle</u>. Doktoraatstesis. Leuven. 1970.

(3) MICHIELS, L. <u>Studie van de Vertikale Planktonische Wierverspreiding gedurende de Periode van een Dag in "Le Noir Etang" te Orval</u>. Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1971.

(4) CLARYSSE, R. <u>Ekologische, geografische en kronologische studie van de kwalitatieve en kwantitatieve samenstelling van het phytoplankton van de Bovenste Waterlagen van de N.O. Atlantische Oceaan en de Noordzee</u>. Doktoraatstesis. Leuven. 1971.

(5) LOUIS, A., PETES, J., RAMBOER, T., VANDERVEKEN, L. <u>La Végétation Phytoplanctonique de l'Océan Atlantique N.E. et de la Mer du Nord</u>. Studia Algologica Lovaniensia. Vol. I. E. Story-Scientia, s.p.r.l. Louvain-Ghent. 1974, 370 p, 37 tab.

(6) JAIN, R.K. <u>Studies on the Resistance of Phytoplankton (Algae) Biomass to the Pollution in the Canal Louvain-Dyle</u>. Doktoraatstesis. 1977.

(7) LOUIS, A. & Col. <u>Etude Chimique et Algologique des Canaux de Lo et de Veurne (Furnes)</u>. Studia Algologica Lovaniensia. Vol. IV. E. Story-Scientia, s.p.r.l. Louvain-Ghent, 1976. 852 p, 92 tab.

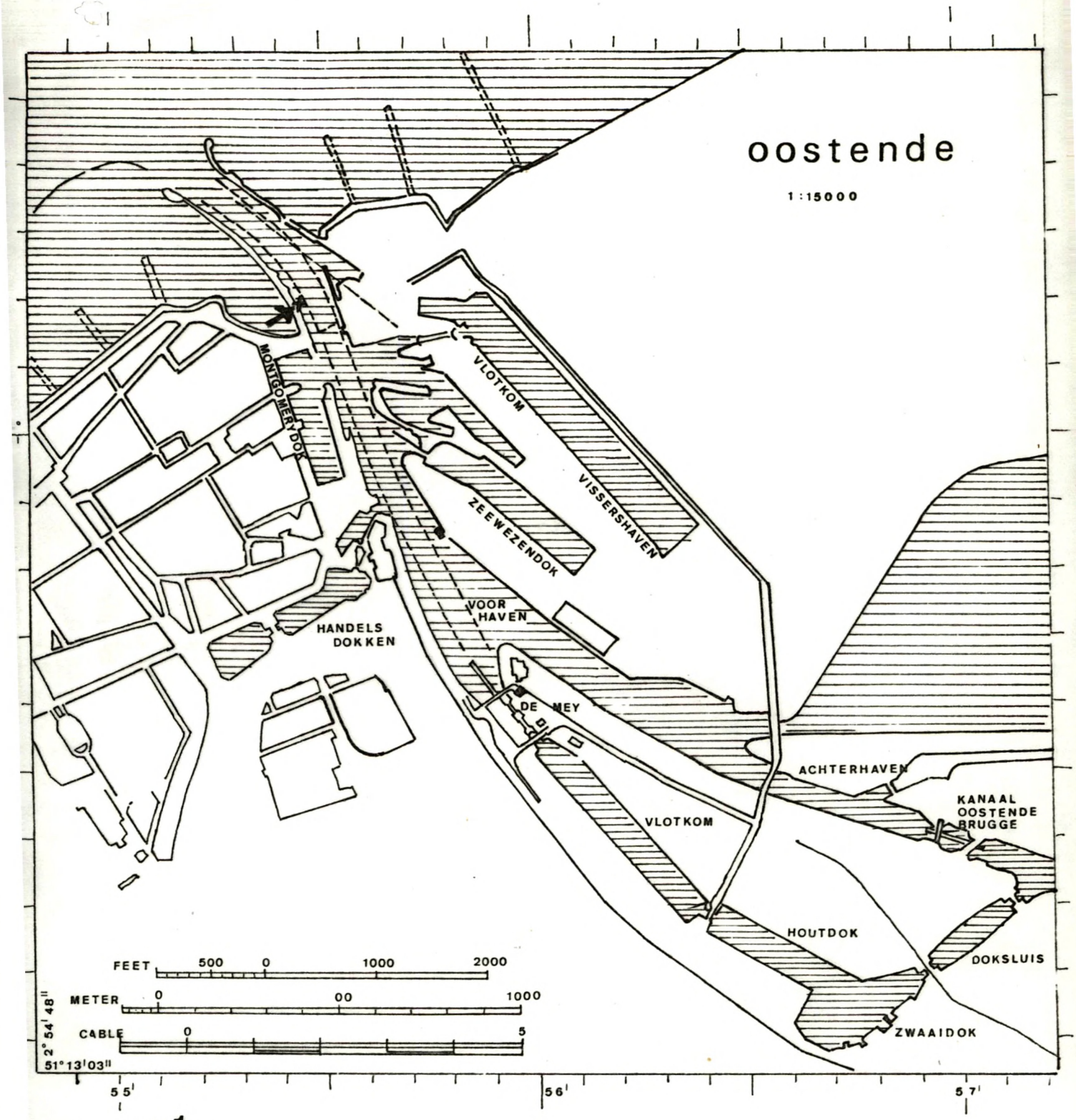
(8) LOUIS, A. & Col. <u>Rivières et Canaux Belges</u>. Studia Algologica Lovaniensia. E. Story-Scientia, s.p.r.l. Louvain-Ghent, 1975. Vol. II. 170 pp. XLI tab, Vol. III. 470 p, CXVII tab.

(9) BEULS, V., BEULENS, S., BRANCKAERT, M., VANNOTEN, M. Ecologische en Algologische Studie van de vaargeul te Nieuwpoort (1973-74). Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1975.

(10) CORNELISSEN, R., DE CREMER, D., FEUSELS, M. Ecologische en Algologische Studie van de vaargeul te Nieuwpoort (1974-75). Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1976.

(11) DENDONCKER, A., ERMIN, L., T'JONCK, G. Ecologische en Algologische Studie van de vaargeul te Blankenberge (1974-75). Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1976.

(12) In BARNES, R.S.K. & GREEN, J. The Estuarine Environement. Applied Science Publishers. Ltd. London, 1971. 133 p, 33 fig, 11 tab.
1. W.D.P. STEWART. Estuarine and Brackish Waters - an Introduction. p. 1-9.




KAART 1

NAAR NORTH SEA - BELGIUM

APPROACHES TO OOSTENDE

Published at Taunton 1 st. June 1973 under the superintendence of Rear-Admiral G.P.D. Hall, C.B., D.S.C., Hydrographer of the Navy.

§ 2. Beschrijving van het onderzochte biotoop.

1. Situering van het biotoop (Kaart 1).

De haven van Oostende bestaat uit een eerder smalle waterweg, begrensd door een Oost- en een Westpier, en verschillende dokken. De breedte van de waterweg aan de ingang, gelegen op 51°14'N en 02°55'O, bedraagt 164,6 meter, waarna ze afneemt tot 118,9 meter over de grootste lengte (1).

De vaargeul geeft toegang tot de voorhaven, waarin zowel langs de Oost- als de Westkant verschillende dokken uitmonden. De voorhaven loopt Zuid-oostwaarts verder tot aan de vaste brug, waarna ze overgaat in de achterhaven. Aan de Zuid-westkant van de voorhaven leidt de De Mey-geul naar drie commerciële dokken en vervolgens door een andere geul naar het kanaal Gent-Oostende. De belangrijkste toevoer van draineringswater van dat kanaal gebeurt langs de achterhaven.

De aan de navigatie voorbehouden vaargeul wordt door dregging bewaard op 4,6 meter diepte over een breedte van 54,9 meter tussen de pieren. In het grootste gedeelte van de voorhaven wordt gebaggerd tot op 4 meter. De diepten zijn aangegeven met als referentiepunt het lokaal gemiddeld laag laagwaterspringtij (1) (2).

Het kanaal Gent-Oostende is tot Brugge 3,4 meter diep en gans het jaar bevaarbaar voor schepen tot 1350 ton, tot Gent voor schepen tot 600 ton (1).

2. Het stromingspatroon in de aanliggende zone van de Noordzee en in de vaargeul.

Het grootste gedeelte van de waterbeweging is te wijten aan de getijdestromingen (de Oost- en westgaande stroming) (zie kaart 2). Over een langere periode is er toch een algemene N-O doorstroming vanuit het Nauw van Calais naar de Noordzee langs de kusten van België en Nederland. Vanaf de kust van Norfolk loopt de stroming zuidwaarts, de kustlijn volgend tot aan het

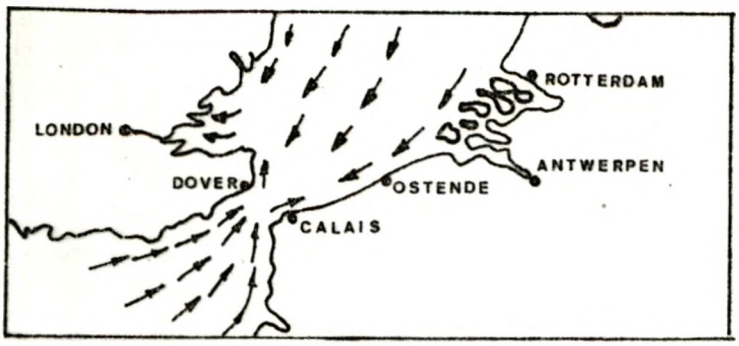
---

(1) Dover Strait Pilot. The south-eastern coast of England from Selsey Bill to Orford Ness and the coast of Europe from Cap d'Antifer to Scheveningen. First Edition. 1971. Published by the Hydrographer of the Navy. 490 pp. Op.cit. p. 306 tot 313.

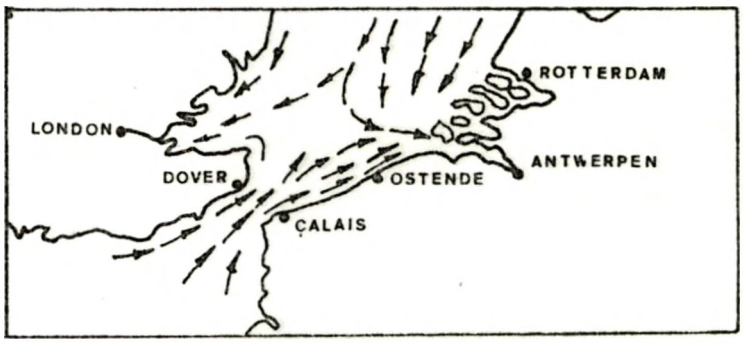
(2) Vlaamse Banken. opgemaakt door de Hydrografische Dienst der Kust. Oostende. Uitgegeven door het Ministerie van Openbare Werken. Brussel. Oktober, 1971.

# STROMINGEN

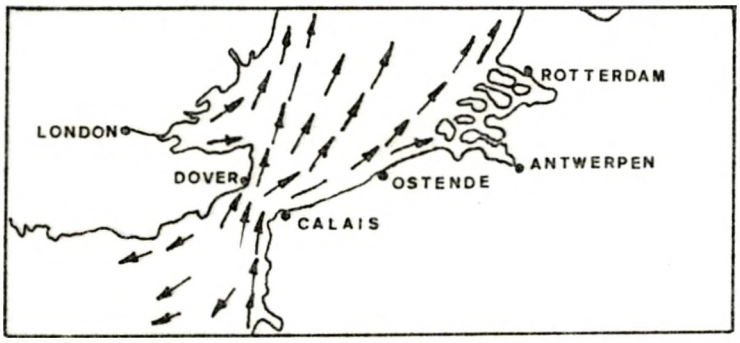




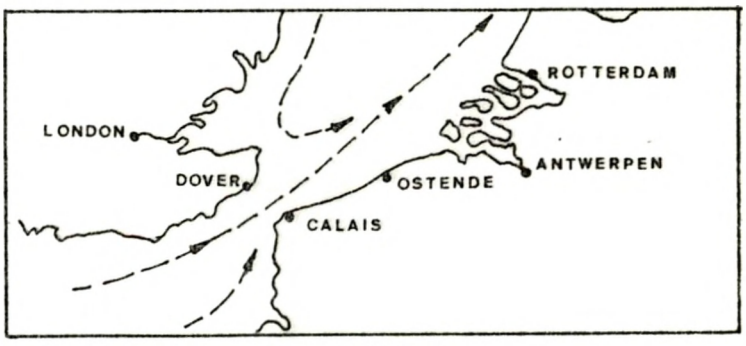

I uur voor Dover - Getijdestromen (1)




Hoogwater in Dover - Getijdestromen (1)




3 uur na Dover - Getijdestromen (1)




Zeestroming - Gemiddelde beweging over lange periode (2)

---

(1) uit Brown's Tidal Streams in Twelve charts. 17 th. ed.

Brown, Son & Ferguson, Ltd., 52 Darnley Street, Glasgow, 1972, 48 p.

(2) uit Dover Strait Pilot. Op.cit. p. 43

Thames-estuarium waar ze oostwaarts draait om de N-O stroming te vervoegen. De gemiddelde snelheid is niet groter dan 6 mijl (11 km) per dag (zie kaart 2). Bij West tot Zuid-Westwinden is er een versterking van die N-O drift. Bij Oost tot Noord-Oostwinden is er een afzwakking tot zelfs een omkering (1).

Bovendien is er over een grotere tijdspanne nog een tegenklokse beweging van de Noordatlantische stroom - een arm van de golfstroom - langs de kusten van Schotland en Engeland, ombuigend naar de kusten van België en Nederland. Deze stroom komt ook langs het Nauw van Calais in de Noordzee.

Hieronder volgt tabel I met de getijdestroom-richting en -snelheid (uitgedrukt in knopen) van twee punten in de Noordzee die kort bij Oostende gelegen zijn. Voor de tabel werd H.W. te Oostende als referentiepunt genomen (2).

De stroming staat dikwijls dwars op de ingang van de vaargeul. Tussen twee uur voor hoogwater en hoogwater loopt de getijdestroom in de vaargeul oostwaarts en de schepen lopen gevaar tegen de Oostpier gedreven te worden (1).

Opmerking.

De aangegeven afmetingen gelden voor de waarnemingsperiode. Sindsdien werd de oude oostpier echter afgebroken en vervangen door een nieuwe - meer oostwaarts gelegen - pier.

---

(1) Dover Strait Pilot. Op. cit. pag. 42 en 310.

(2) Vlaamse Banken opgemaakt door de Hydrografische Dienst der Kust Oostende. Uitgegeven door het Ministerie van Openbare Werken. Brussel. Oktober, 1971.

TABEL I — Getijdestroom-richting en -snelheid (knopen)

| | 51°12'7 N 2°49'1 O | | | | 51°17'2 N 2°55'4 O | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ST | | DT | | ST | | DT | |
| | richting | snelheid | richting | snelheid | richting | snelheid | richting | snelheid |
| - 6 u | 236° | 1,2 | 233° | 1,1 | 239° | 1,1 | 237° | 1,0 |
| - 5 u | 233° | 1,2 | 232° | 1,1 | 231° | 1,2 | 235° | 1,0 |
| - 4 u | 232° | 1,0 | 231° | 0,9 | 229° | 1,1 | 230° | 1,0 |
| - 3 u | 233° | 0,8 | 186° | 0,6 | 219° | 0,8 | 224° | 0,7 |
| - 2 u | 130° | 0,5 | 086° | 0,9 | 140° | 0,5 | 130° | 0,6 |
| - 1 u | 055° | 2,0 | 052° | 1,2 | 055° | 1,9 | 059° | 1,3 |
| H.W. | 052° | 2,0 | 054° | 1,1 | 046° | 2,5 | 054° | 1,4 |
| + 1 u | 052° | 1,6 | 057° | 1,0 | 044° | 2,0 | 050° | 1,3 |
| + 2 u | 053° | 1,2 | 060° | 0,9 | 042° | 1,5 | 048° | 1,1 |
| + 3 u | 069° | 0,6 | 305° | 0,4 | 035° | 0,8 | 045° | 0,8 |
| + 4 u | 339° | 0,6 | 240° | 0,7 | 320° | 0,4 | 355° | 0,4 |
| + 5 u | 239° | 1,0 | 241° | 0,9 | 248° | 1,0 | 260° | 0,8 |
| + 6 u | 238° | 1,2 | 235° | 1,1 | 242° | 1,1 | 241° | 0,9 |

360° = 0° = Noord
90° = Oost
180° = Zuid
270° = West

1 knoop = 1 zeemijl = 1,8 km

3. Kunnen de vaargeulen beschouwd worden als estuaria.

In de litteratuur worden verschillende bepalingen gegeven van het begrip estuarium. Als zeer algemene definitie geeft auteur DYER (1) het interactie gebied tussen zoet- en zoutwater. Hij beroept zich hiervoor op de definitie volgens Cameron en Pritchard (1963) die een estuarium opvatten als een halfopen kustwatermassa met open verbinding tot de open zee en binnen dewelke zeewater meetbaar verdund wordt door zoetwater afkomstig van landdrainering. Deze bepaling wordt niet door iedereen aanvaard, getuige daarvan de talrijke verschillende bepalingen in de litteratuur.

Volgens STEWART (2) zouden estuariumgebieden deze zijn waar zeewater voelbaar verdund wordt door zoetwaterafvoer van rivieren. Hij stelt deze bepaling in tegenstelling met de brakwaters waar zeewater verdund wordt door zoetwater, ongeacht de herkomst.

REID (3) beschouwt een estuarium als een bufferzone tussen zoetwater van rivieren en zeewater. Hierbij zou deze bufferzone in een brede monding van de rivier of zeearm gelegen zijn waar de getijstromingen de rivierstromingen ontmoeten.

Wat betreft het eerste gedeelte van de definitie volgens Cameron en Pritchard, nl. een half-open kustwatermassa met open verbinding tot de open zee, voldoen de vaargeulen van Blankenberge, Oostende en Nieuwpoort aan de voorwaarden.

Immers de Noordzee, waarmee de vaargeulen in open verbinding staan kan worden beschouwd als een euhaline zee volgens de indeling van het symposium in Venetië (1958) (4).

---

(1) DYER, K.R. Estuaries : A physical Introduction. John Willey & Sons. London, New-York, Sydney, Toronto. 1973, 140 p. 1973 .(p. 1)

(2) In BARNES, R.S.K. & GREEN, J. The Estuarine Environement 1971 (p. 1)

(3) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. Reinhold Publishing Corporation. New-York. 1961, 375 pp. 1961 (p. 69)

(4) In Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. Heinemann Educational Books. London. 1974, pp. 144, fig. 55, 1974 .(p. 13)

| TABEL II - Symposium van Venetië | Saliniteit ‰ |
|---|---|
| Hyperhaline | $> \pm 40$ |
| Euhaline | $\pm 40 \pm 30$ |
| Mixohaline | $\pm 30 \pm 0,5$ |
| Mixo-euhaline | $> 30$, maar $<$ aanliggende zee |
| -polyhaline | $\pm 30 \pm 18$ |
| -mesohaline | $\pm 18 \pm 5$ |
| -oligohaline | $\pm 5 \pm 0,5$ |
| Zoetwater | $< \pm 0,5$ |

In de studie van de Ijslandroute (1) werden op de zes plaatsen van staalname, gelegen in de Noordzee kort bij Oostende, gemiddeld volgende gehalten aan $Cl^-$ -ionen waargenomen.

| TABEL III $Cl^-$ -gehalte en Saliniteit op zes plaatsen in de Noordzee | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Zone | limieten | | | | $Cl^-$ - mg/l | ‰ Saliniteit* |
| | N | | O | | | |
| 20 | 54°25' | 53°45' | 00°08' | 00°45' | 19.791 | 35,8 |
| 21 | 53°46' | 53°19' | 00°35' | 01°10' | 19.683 | 35,6 |
| 22 | 52°56' | 52°40' | 00°36' | 01°50' | 19.680 | 35,6 |
| 23 | 52°26' | 52°16' | 02°07' | 02°22' | 19.686 | 35,6 |
| 24 | 51°46' | 51°41' | 02°36' | 02°47' | 19.830 | 35,8 |
| 25 | 51°24' | 51°18' | 02°46' | 02°56' | 18.959 | 34,3 |

* Omrekening van Chloorgehalte naar Saliniteit volgens de formule van Nicol (1967) (2) ‰ Saliniteit = 0,03 + 1,805 x Chloorgehalte

De gemiddelden van de $Cl^-$ -ionen concentratie in de vaargeul werden in tabel IV aangegeven, samen met de omgerekende waarde van de Saliniteit.

(1) LOUIS, A. La végétation phytoplanctonique de l'Océan atlantique N-E et de la mer du Nord. 1974 (p. 25).

(2) In Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. 1974 (p. 112).

| TABEL IV - Oostende Gemiddelde $Cl^-$ -gehalte en Saliniteit | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1971 | | 1973-74 | |
| | Eb | Vloed | Eb | Vloed |
| $Cl^-$ mg/l | 17.617 | 16.776 | 16.494 | 16.406 |
| S ‰ | 31,8 | 30,3 | 29,8 | 29,6 |

Dit betekent dat het water in de vaargeul van Oostende in 1971 gemiddeld mixo-euhalien was en in 1973-74 gemiddeld mixo-polyhalien.

De volgende tabel geeft de maximale en minimale waargenomen $Cl^-$ -ionen gehalten en de omgerekende saliniteit in de vaargeul van Oostende, Blankenberge en Nieuwpoort.

| TABEL V Maximale en minimale waargenomen $Cl^-$ -gehalte en Saliniteit | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BLANKENBERGE | OOSTENDE | | | | NIEUWPOORT | | |
| 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 | |
| Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed | |
| MAXIMALE WAARDEN | | | | | | | |
| 22.365 | 20.590 | 20.590 | 20.945 | 20.590 | 24.300 | 24.850 | $Cl^-$ mg/l |
| 40,4 | 37,2 | 37,2 | 37,8 | 37,2 | 43,9 | 44,9 | S ‰ |
| MINIMALE WAARDEN | | | | | | | |
| 4.615 | 8.520 | 11.360 | 7.455 | 13.135 | 5.680 | 1.420 | $Cl^-$ mg/l |
| 8,4 | 15,4 | 20,5 | 13,5 | 23,7 | 10,3 | 2,6 | S ‰ |

Deze maximale waargenomen waarden liggen allen in het hyperhaline en euhaline bereik, terwijl de minimale waargenomen waarden tijdens de vloed liggen in het mixo-oligohaline en mixo-mesohaline gebied en tijdens eb in het mixo-polyhaline gebied.

We stellen dus vast dat de jaarlijkse gemiddelden van de saliniteit in de vaargeul van Oostende lager liggen dan de gemiddelde waarden in de Noordzee. Dit is ook zo voor de vaargeulen van Nieuwpoort en Blankenberge. Bovendien wijken de laagst waargenomen waarden nog sterk af van de gemiddelden. Daaruit kunnen we dus besluiten dat er een vermenging met water van een lagere saliniteit moet gebeuren.

In de achterhaven van Oostende mondt het kanaal Gent-Oostende uit. Tijdens een steekproef op 29 november 1977 in dat kanaal werden de volgende waarden opgetekend :

TABEL VI Kanaal Gent-Oostende 29.11.1977.

| | pH | Konduktiviteit | $Cl^-$ - mg/l | S ‰ |
|---|---|---|---|---|
| 1. Aalter-kade | 7,44 | 745 | 100 | 0,21 |
| 2. Assebroek-brug | 7,30 | 706 | 82 | 0,18 |
| 3. Stalhille-brug | 7,22 | 857 | 197 | 0,39 |
| 4. Oostende-sluis | 7,06 | 1.118 | 308 | 0,59 |

Hieruit blijkt dat het water van het kanaal zoet tot zeer zwak brak is.

Uit een studie van AMERYCKX en T'JONCK (1) blijkt dat langs de drie bestudeerde estuaria zeer grote oppervlakten bodemwater gedraineerd worden (zie kaart 3).

1. Lossingspunt Blankenberge : 5.667 ha (C)

De Blankenberge-vaart mondt uit in de Spuikom die bij laag water geloosd wordt. Het verzamelgebied bedraagt 5.000 ha en bovendien wordt in de vaart nog water gepompt van 667 ha lage Moeren van Meetkerke.

2. Lossingspunt Oostende : 45.860 ha (D)

a. Vicognezwin : het water van 250 ha gelegen op Bredene wordt afgevoerd ($D_1$).

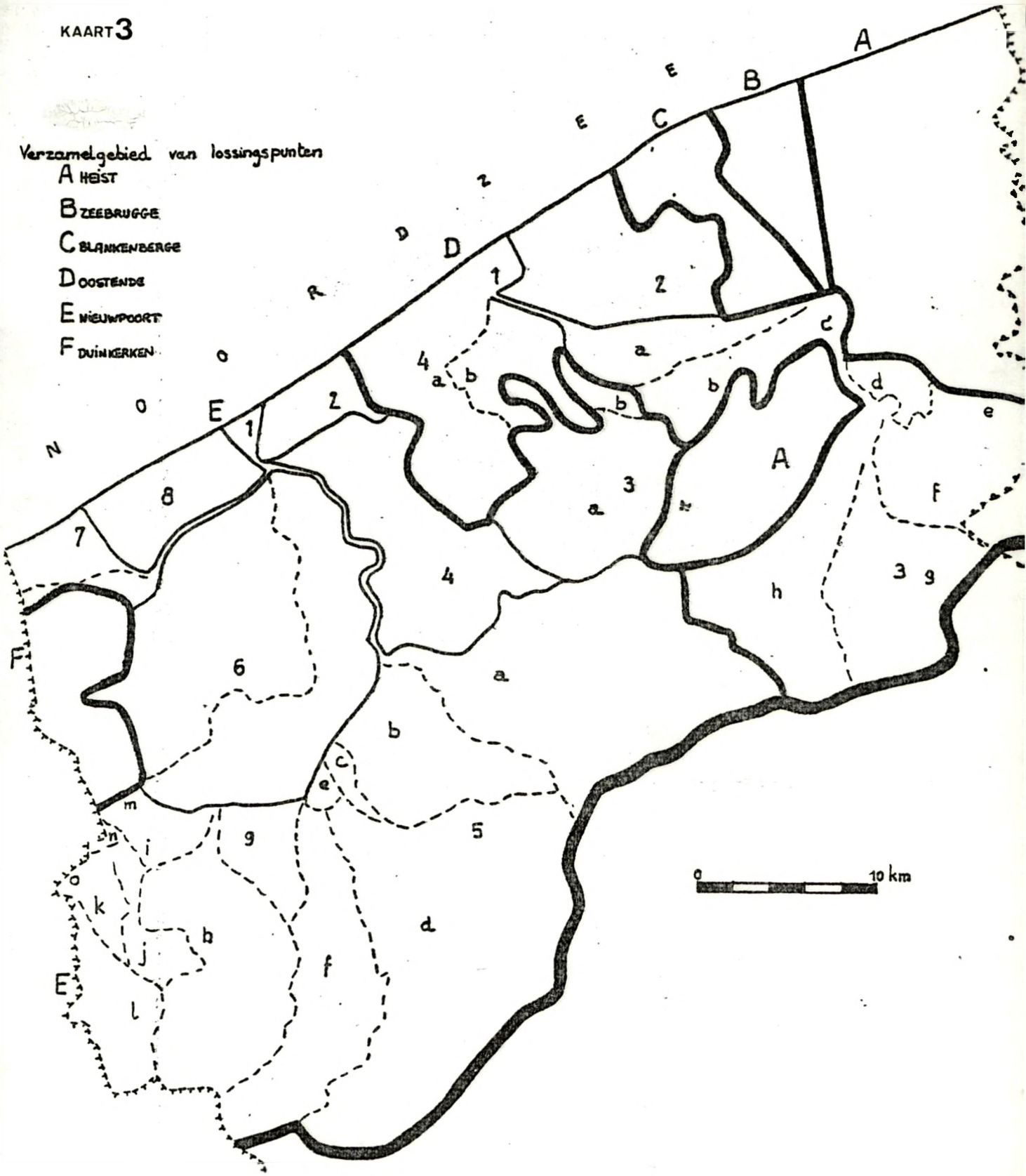
b. Langs de Noordede wordt 7.500 ha afgewaterd ($D_2$).

c. Via het kanaal Gent-Oostende wordt een oppervlakte van 26.310 ha gedraineerd ($D_3$). Hiervan wordt 3.000 ha poldergronden ($D_{3a}$) bemalen in het kanaal, langs de Jabbeekse beek en de Boterbeek wateren 360 ha ($D_{3b}$) erin af; en ook de Brugse agglomeratie ($D_{3c}$) met haar 450 ha voert het water af in het kanaal. Het verzamelgebied van het kanaal tussen Gent en Brugge bedraagt in West-Vlaanderen nog 22.500 ha ($D_3$ d, e, f, g, h).

d. Langs de Koksijdesluis wordt van 11.800 ha ($D_4$) het water afge-

(1) AMERYCKX, J. en T'JONCK, G. De waterzieke landbouwgronden in West-Vlaanderen. Bekroond op de Provinciale Wedstrijd 1957 voor Ekonomische Monografieën. 218 pp. (p. 128 tot 174)

KAART 3


Verzamelgebied van lossingspunten
A HEIST
B ZEEBRUGGE
C BLANKENBERGE
D OOSTENDE
E NIEUWPOORT
F DUINKERKEN
0
10 km

voerd. Via het Provinciegeleed 8.000 ha ($D_{4a}$) en langs de Gauwelooskreek 3.800 ha ($D_{4b}$).

3. Lossingspunt Nieuwpoort : 160.000 ha, waarvan 123.000 ha gelegen in België en 37.000 ha in Frankrijk (E).

a. Langs het Lombardsijdegeleed wordt het water afgevoerd van 300 ha ($E_1$).

b. Het Nieuwbedelf draineert 2.200 ha ($E_2$).

c. Het kanaal Plassendale-Nieuwpoort voert het water af van 7.890 ha ($E_3$), 7.240 ha langs de Moerdijkvaart ($E_{3a}$) en 650 ha langs de Beek 3-3-04 ($E_{3b}$).

d. Het verzamelgebied van de Vladslovaart bedraagt 10.000 ha ($E_4$).

c. De Yzer draineert 80.200 ha ($E_5$).

| | | | |
|---|---|---|---|
| - $E_{5a}$ | : Handzamevaart | : | 16.950 ha |
| - $E_{5b}$ | : Blankaartbroeken | : | 6.600 ha |
| - $E_{5c}$ | : Engelendelft | : | 600 ha |
| - $E_{5d}$ | : Ieperlee | : | 10.100 ha |
| | Martjevaart | : | 9.600 ha |
| - $E_{5c}$ | : Noordschote Broekbeken | : | 300 ha |
| - $E_{5f}$ | : Kemmelbeek | : | 8.000 ha |
| - $E_{5g}$ | : Boezingegracht | : | 2.300 ha |
| - $E_{5h}$ | : Poperingevaart | : | 11.000 ha |
| - $E_{5i}$ | : Meerdere kleine waterlopen | : | 650 ha |
| - $E_{5j}$ | : Haringbeek | : | 1.650 ha |
| - $E_{5k}$ | : Meerdere kleine beken | : | 900 ha |
| - $E_{5l}$ | : Grensbeek | : | 8.650 ha |
| - $E_{5m}$ | : Beverenbeekjes ) | | |
| - $E_{5n}$ | : Callebeek ) samen | : | 2.900 ha |
| - $E_{5o}$ | : Zwijnebeek ) | | |

f. De aflozingsvaart Veurne-Ambacht draineert 21.600 ha ($E_5$), waarvan 10.300 ha via de grote Beverdijkvaart ($E_{6a}$) en 11.300 ha langs de Koolhofvaart ($E_{6b}$).

g. Het kanaal Duinkerke-Nieuwpoort voert het water af van 3.000 ha gelegen in België ($E_7$).

h. Langs de Langelis wateren 4.000 ha af ($E_8$).

Uit het bovenstaande blijkt dus dat ook aan de laatste voorwaarde, nl. zoetwater afkomstig van landdrainering, is voldaan.

Voor een gedetailleerde situatieschets van het chemisme van o.a. de Lovaart, het kanaal Plassendale-Nieuwpoort en de Yzer verwijzen we naar het werk van Professor LOUIS en medewerkers (1)(2).

Cameron en Pritchard schijnen nu wel de mengeling tussen het afgevoerde zoetwater en het zeewater op te vatten zoals hierboven aangegeven. Hierbij moet aangestipt worden dat dit zeker het geval was vóór de bouw van de sluizen. Sindsdien is deze mengeling niet meer volledig vrij, maar wordt ze geregeld volgens de noodwendigheden naargelang de waterstand in de aanvoerkanalen die dan zelf een gevolg is van het peil van de watertafel in de bodem dat op zijn beurt afhankelijk is van de regenval.

Door dat sluizensysteem wordt echter het binnenland beveiligd tegen aanvoer van brak- of zoutwater, hetgeen voor de landbouwgronden zeer nadelig zou uitvallen. Anderzijds laat dit systeem toe het waterpeil in de bodem op optimale hoogte voor de landbouw te houden.

Reserve gemaakt voor deze restrictie kunnen de drie vaargeulen dan zonder twijfel beschouwd worden als estuaria.

4. Klassifikatie van de estuaria (3).

I. Topografisch (Pritchard, 1952).

1. Overstroomde riviervalleien.

Ontstaan : Tijdens de Flandrische Transgressie.

Kenmerken :
- Topografie is gelijk aan de topografie van de vallei.
- Relatief breed en zelden dieper dan 30 meter.
- Dwarse doorsnede is driehoekig, veelal exponentieel toenemend naar de monding.

---

(1) LOUIS, A. Etude chimique et algologique des Canaux de Lo et de Veurne (Furnes). Studia Algologica Lovaniensia. Vol. IV. E. Story-Scientia. Louvain-Ghent. 1976. 852 p, 92 tab.

(2) LOUIS, A. Rivières et Canaux Belges. Studia Algologica Lovaniensia. E. Story-Scientia. Louvain-Ghent. 1975. Vol. II. 170 p, XLI tab; Vol. VIII. 470 p, CXVII tab.

(3) Volgens DYER, K.R. Estuaries. 1973 ( p. 4-14)

- Relatief beperkte sedimentatie.
- Toevoer van de rivieren is klein vergeleken met het volume van de getijden.

Voorkomen : Gematigde gebieden.

2. Fjorden.

Ontstaan : In gebieden overdekt met Pleistoceen ijs, waarvan de druk de riviervalleien verbreedde en verdiepte.

Kenmerken :
- In de monding van de fjorden komen rotsen voor, de drempel.
- De verhouding breedte tot diepte is klein.
- De dwarse doorsnede evenals de algemene vorm is rechthoekig.
- Bodem is rotsachtig met zeer dunne sedimentie aan het hoofd van de fjord, landinwaarts waar de rivier toevloeit.
- Toevoer van de rivieren is klein vergeleken met het fjordvolume, maar groot vergeleken met het getijdenvolume.

Voorkomen : Hoge breedteligging in bergachtige streken.

3. "Bar-built" Estuaria.

Ontstaan : Insnijding tijdens Ijstijd, gevolgd door overstroming.

Kenmerken :
- De sedimentatie heeft gelijke tred gehouden met de overvloeiîng, vandaar de karakteristieke "bar" in de monding.
- De diepte bedraagt slechts enkele meter, er zijn ondiepe waterwegen in de monding.
- "Bar" : de plaats waar de golven breken op het strand. Hiervoor moet het getijdenverschil klein zijn en moet er een grote hoeveelheid sediment aanwezig zijn.
- De vorm van het estuarium is bepaald door het rivierregime. Bij hoge waterstand kan de "bar" worden weggevaagd, waarna ze zichzelf herstelt.

- De riviertoevoer is groot, verandert met de seizoenen en er worden grote hoeveelheden sedimenten afgevoerd.

Voorkomen : Vooral in tropische gebieden of in gebieden met aktieve kustafzetting van sedimenten.

4. Tectonisch ontstane estuaria.

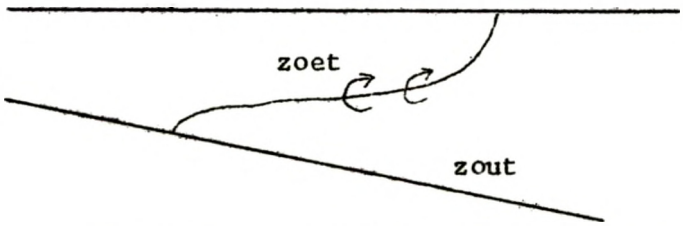
II. Saliniteits-struktuur (Pritchard, 1955, Cameron & Pritchard, 1963).

1. Sterk gestratifieerde estuaria.

a. Salt-Wedge-type :

Hiervoor zijn nodig : - een zeer grote toevoer van de rivier.
- een grote diepte van het estuarium.

We gaan uit van een estuarium waarin zoetwater van de rivier uitmondt in een getijdenloze zee. Als we het water zonder viscositeit zouden veronderstellen, dan zou het zoetwater vloeien over een bewegingsloze zoutwaterlaag. De scheiding tussen zoet- en zoutwater zou dan horizontaal verlopen op het niveau van de zeespiegel.




Als we de viscositeit in aanmerking nemen, dan zal de zoutwaterlaag stroomafwaarts worden opgeduwd, en door de snelheid van de zoetwaterlaag zal op het scheidingsniveau zoutwater mee naar zee worden getrokken, waardoor er vermenging ontstaat. De saliniteit in die menglaag is konstant.

Ter compensatie zal in de zoutwaterlaag een landinwaartse stroming optreden.

Gedurende de eb kan de stroming zeewaarts zijn op alle diepten (Wright, 1971).

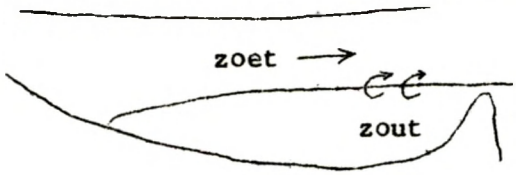
b. Fjord-type :

Is een variant van het vorige type.

De onderste isohaline laag is zeer dik. De bovenste zoetwaterlaag is

gewoonlijk overal even dik.

Bij de drempel gebeurt de menging tussen kustwater en uitvloeiend water, terwijl in de fjord de getijdenaktie klein is. Dikwijls ontstaat er een gelaagde struktuur met het opeenvolgende binnenstromen van zoutwater.



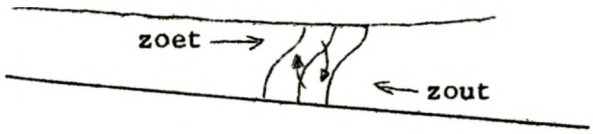

Die zoutwatertoevloei is het grootst in de zomer, bij grote rivierstroming, dan is de menging het grootst en bijgevolg ook de landinwaartse zoutwaterstroming.

2. Gedeeltelijk gemengde Estuaria.

Hiervoor is nodig dat de toevoer van de rivieren zeer klein is ten opzichte van het getijdenvolume.

De grote kinetische energie van de waterpartikels gaat grotendeels verloren in het estuarium, vooral door de wrijving van de bodem. Er ontstaat een turbulente beweging.

Hierdoor ontstaat vermenging van zoutwater opwaarts en zoetwater neerwaarts. De saliniteit van de oppervlaktelaag wordt aanzienlijk verhoogd en om een volume zoetwater te ontlasten, gelijk aan de toevoer van de rivier, wordt de zeewaartse oppervlaktestroom versterkt hetgeen ook een verhoging veroorzaakt van de landinwaartse bodemstroom.




Pritchard heeft voor het James-estuarium berekend dat de zeewaartse vloed in de bovenste laag twintig maal de riviertoevloei bedroeg en de compenserende bodemstroom negentien maal. Dat is echter zeer moeilijk te berekenen, vermits de oscillerende getijdentoevloei alles overtreft.

Het horizontaal saliniteitsprofiel vertoont in dit soort estuaria zowel aan de oppervlakte als aan de bodem een gradient. Aan de oppervlakte komt er enkel zoetwater voor bij de monding van de rivier waarna de saliniteit toeneemt naar zee toe.

Het vertikale saliniteitsprofiel vertoont meestal een zone met hoge saliniteitsgradient halfweg de diepte, terwijl de oppervlakte- en bodemlagen min of meer homogeen zijn.

Aan de ondiepere zijkanten van het estuarium kan de homogene bodemlaag ontbreken en de maximale saliniteitsgradient kan dan voorkomen bij de bodem.

3. Vertikaal homogeen Estuarium.

Als de watersnelheid bij de bodem groot genoeg is om de waterkolom volledig te mengen en alzo het estuarium vertikaal homogeen te maken.

a. Zijdelings niet-homogeen.

Bij voldoende brede estuaria zal door de Coreoliskracht de zeewaartse stroming op elke diepte rechts en de compenserende landinwaartse stroming links verlopen. De saliniteitsgradient naar de monding toe zal regelmatig zijn aan beide zijden.

b. Zijdelings homogeen.

Als de breedte minder is kan de zijdelingse wrijving voldoende zijn om alzo tot zijdelingse homogene situaties te komen.

Besluit :

Het is duidelijk dat zowel de diepte en breedte van het estuarium als het getijdenvolume en riviertoevloei verantwoordelijk zijn voor de min of meer grote menging van zoet- en zoutwater.

5. Algemeenheden over waterbewegingen - Golven en Getijden.(1).

Volgens LACOMBE kunnen er vier basisbewegingen onderscheiden worden :

1. A-periodische zeestromingen.
2. Periodische getijdenstromingen.
3. Periodische bewegingen van de golven in de oppervlakkige waterlaag.
4. Turbulentie door allerlei bewegingen.

---

(1) Volgens LACOMBE, H. Les Mouvements de la Mer. Doin, Editeurs, S.A. 8, Place de l'Odéon, Paris VI°, 1971. 98 p, 41 fig.

De bewegingen worden verder ingedeeld volgens hun periode :

| TABEL VII | Waterbewegingen |
|---|---|
| Periode | Aard |
| 0,1 - 30 sec. | Oppervlaktegolven (opgewekt door de wind). |
| 30 sec. - enige minuten | Oscillaties indirekt verbonden met de wind. |
| Enkele minuten - 2 à 3 uren | Bewegingen te wijten aan meteriologische of seismische veranderingen. |
| 3 uur | Te wijten aan de getijden. |
| Nog groter | Transtidale golven. |

De krachten die deze bewegingen veroorzaken kunnen ingedeeld worden in :

a. Primaire krachten : - inwendige : horizontale drukkracht gericht naar de kleinste druk.
- uitwendige: windkracht, luchtdruk, helling van het watervlak.

b. Secundaire krachten : die de bewegingen, opgewekt door de primaire krachten, wijzigen : - Corioliskracht : rechts gericht in het noordelijk halfrond en te wijten aan de draaiïng van de aardbol.
- Viscositeit of inwendige wrijving van het fluidum : kan turbulentie voor gevolg hebben.

A. Golven.

De golven zijn het gevolg van de windwerking op het zeeoppervlak.

| TABEL VIII | Windwerking |
|---|---|
| Windkracht | Golf |
| 1 à 2 m/s (1 Beaufort) | Plaatselijke kabbelen golflengte enkele centimeter. |
| 3 à 4 m/s (2 Beaufort) | Golflengte en amplitude neemt toe. |
| 6 à 7 m/s (3-4 Beaufort) | Overslaande golven, als de verhouding golflengte tot amplitudo groter wordt dan 1/7. |

| TABEL IX | Beaufort-schaal | | |
|---|---|---|---|
| Windsterkte Beaufort | Benaming | Snelheid | |
| | | m/s | km/u |
| 0 | Stil | 0,1 - 0,6 | 2,16 |
| 1 | | 0,7 - 2,3 | 8,28 |
| 2 | Zwak | 2,4 - 4,4 | 15,8 |
| 3 | | 4,5 - 6,6 | 23,8 |
| 4 | Matig | 6,7 - 8,9 | 32,0 |
| 5 | Vrij krachtig | 9,0 - 11,3 | 40,7 |
| 6 | Krachtig | 11,4 - 13,8 | 49,7 |
| 7 | Hard | 13,9 - 16,4 | 59,0 |
| 8 | Stormachtig | 16,5 - 19,0 | 68,4 |
| 9 | Storm | 19,1 - 21,8 | 78,5 |
| 10 | Zware storm | 21,9 - 24,8 | 89,3 |
| 11 | Zeer zware storm | 24,9 - 28,2 | 101,5 |
| 12 | Orkaan | $>$ 28,2 | $>$101,5 |

Een meteriologische depressie is de centrale- of generatiezone van waaruit de golven divergeren. Tijdens dit uitstralen treedt er een selektieve verzachting op van de samenstellende frekwenties en over uitgestrekte gebieden met andere winden gaan de golven met konstante richting en periode over in deining.

Deze deining is gekenmerkt door haar periode T, de golflengte L, de snelheid c (L = cT), de amplitudo A en de richting.

Door superpositie van diverse deiningen met andere periode, amplitudo en richting krijgen we de typische "windzee".

Bij voldoende diepte van de zee (diepte groter dan L/2) hangt de golfsnelheid alleen af van de golflengte en de oppervlakte-watermolekulen beschrijven per periode een cirkel met doormeter gelijk aan de amplitudo van de golf. Er is geen watertransport, enkel een voortgaan van de beweging. De oscillatie van waterdeeltjes dieper van L/2 is te verwaarlozen.

Voor minder diepe zones worden de cirkels beschreven door de watermolekulen afgeplat en tegen de bodem is er enkel nog een heen- en weergaande beweging.

Voor grote amplitudes wordt de golftop scherper, het dal platter, de snelheid neemt toe en er is bovendien toch een weinig watertransport in de richting van de voortbeweging.

Bij het naderen van de kust kunnen zich twee mogelijkheden voordoen :

1. De golf komt toe evenwijdig met de niveaulijnen van een zachte helling van de kust. De golfsnelheid en bijgevolg ook de golflengte zal afnemen. De amplitudo zal eerst verminderen en dan snel toenemen tot overslaan. Het zijn dus de golven met de langste golflengte en de kleinste amplitudo die het verst op de kust overslaan.

2. De golf komt toe loodrecht op de hoogtelijnen. Vermits op de kleinste diepte de golfsnelheid het kleinst is, buigt de golf af. Als de convexe kant van de golf naar de kust gekeerd is, spreidt de energie zich uit over een grote zone en wordt de amplitudo kleiner.

B. Getijden (zie kaart 4).

De getijden ontstaan onder invloed van zon en maan. Volgens de evenwichtstheorie van Newton (1687) wordt het aardoppervlak veronderstelt bedekt te zijn met een laag water die onmiddellijk op de heersende krachten zou reageren.

De verklaring van de getijden gebeurt dan door het samenspel van de aantrekkingskracht van de maan en van de centrifugale kracht die ontstaat door de draaiing van de aarde en de maan om hun gemeenschappelijk zwaartepunt. Aan twee zijden van de aarde ontstaat alzo een stijging van het waterpeil, één naar de maan toe en één ervan weg. Ieder punt op aarde zou dus door de dagelijkse wenteling twee maal per dag hoogwater en twee maal per dag laagwater ondergaan. Voor de zon kan een gelijkaardige redenering worden opgebouwd.

Bij volle en nieuwe maan staan zon, maan en aarde op een lijn en de getijtoppen van de bij de zon en maan horende systemen vallen samen : springtij.

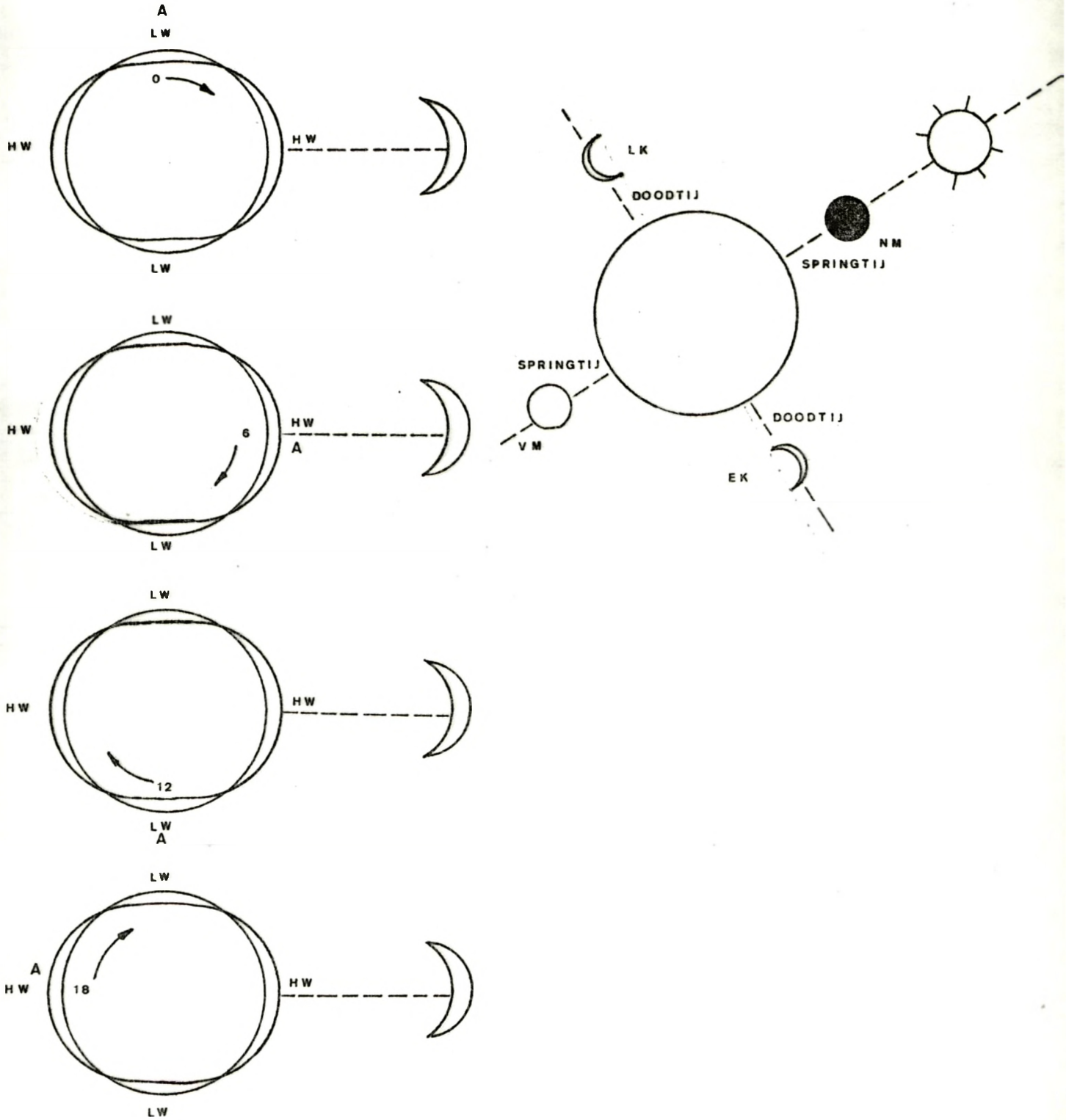
Bij het eerste en laatste kwartier is er tegenwerking van de zons- en maansgetijden : doodtij.

Er is berekend dat de getijverwekkende kracht van maan en zon verantwoordelijk zou zijn voor hoogteverschillen van respektievelijk ongeveer 60 en 25 cm.

In werkelijkheid worden echter grotere verschillen waargenomen doordat het water door zijn inertie geen tijd heeft zich voortdurend bij de getijkrach-

KAART 4

# GETIJDEN




Volgens COOLHAAS W.P. Praktische Navigatie op Zee.
Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB
Koninklijk Nederlands Watersport Verbond
Druk: B.V. Drukkerij De Eendracht, Schiedam,1975,125p.,75 fig.

ten aan te passen en bovendien de verdeling van land en zee en de Coriolis-kracht nog een belangrijke rol spelen.

De dynamische theorie volgens Laplace (1799) probeert hiermee wel rekening te houden, maar levert toch geen direkte mogelijkheid om de getijden kwantitatief te verklaren.

Volgens het princiep van de harmonische analyse is het wel mogelijk de getijden te voorspellen. Hiertoe analyseert men het getij op verschillende plaatsen in verschillende sinusvormige komponenten, waarvan men door vele waarnemingen de grootte bepaalt. Aan de hand hiervan kan men dan voorspellingen doen.

Men beschouwt dus het getij als samengesteld uit enkelvoudige getijgolven, elk veroorzaakt door een ingebeeld hemellichaam met een vaste omloopstijd en afstand, die bepaald wordt door astronomische relaties tussen zon, aarde en maan. De gezamelijke werking van al die "astres fictifs" is gelijk aan die van de werkelijke zon en maan.

In de Noordzee zijn vooral het $M_2$- (middelbaar maansgetij) en het $S_2$- (middelbaar zonsgetij) getij van belang met een respektievelijke periode van 12 u 25 en 12 u. Voor vervormingen die de getijgolf ondergaat in ondiepe waters zijn er andere getijkomponenten, bv. $M_4$ en $MS_4$ die vier maal per dag hoog- en laagwater geven. Zij zijn verantwoordelijk voor het dubbel laagwater of "agger" bij Hoek van Holland en het dubbel hoogwater te Den Helder.

Het $K_2$- (zons- maansdeclinatiegetij) getij veroorzaakt de maximale hoogten rond equinox.

Als alleen de $K_1$- (zons- maansdeclinatiegetij) en de $O_1$- (maansdeclinatiegetij) getij golven van belang zijn is er slechts één maal per dag hoog- en laagwater. Dit zijn de tropische getijden, bv. in de Golf van Tonkin.

Naast de getij-hoogte zijn ook de getij-stromingen van belang. In een getijstroming maken de waterdeeltjes soms heen- en weergaande bewegingen, gebonden aan eb en vloed, gescheiden door een kentering. Soms maken de waterdeeltjes ook ellipsvormige banen. Het moment van kentering valt niet noodzakelijk samen met het moment van hoog- of laagwater.

In het estuarium zelf kan zowel de amplitudo van de getijden als de golfwerking zelf merkelijk veranderd worden. Zo kan bv. een smalle ingang ervoor zorgen dat de tijd van hoogwater later en de waterhoogte lager ligt binnen het

estuarium dan in open zee.

Binnen het estuarium wordt bovendien de aktie van de golven door wrijving en golfbreking sterk verzwakt (1).

§ 3. Bondige opsomming van reeds gedane studies in gelijkaardige en aanverwante biotopen.

Tussen 1897 en 1898 werd op internationaal initiatief de Atlantische Oceaan en de noordelijke zeeën onderzocht. Uit het kwalitatief onderzoek van de 1331 oppervlakte-waterstalen resulteerde het onderscheid van verschillende fytoplankton-associaties : pelagische, neritische, arctische, boreale, gematigde en tropische (2).

Een internationale campagne in mei 1912 bestudeerde de geografische verspreiding van de wierflorula in de Noordzee en aanliggende waters (3).

In mei 1948 werd door de "International Council for Sea" gedurende de periode van rijkste fytoplankton-ontwikkeling een onderzoek gedaan in de Noordzee. Honderd plaatsen werden op verschillende diepten onderzocht, zowel kwalitatief als kwantitatief. Hieruit bleek dat de wierflorula in de Noordzee een mengeling is van neritische en pelagische soorten (4).

Op initiatief van Professor LOUIS werd de Ijslandroute (1.800 km) in 1968 gedurende 17 reizen op 8 punten, in 1969 gedurende 4 reizen op 8 punten en in 1970-71 gedurende 17 reizen op 25 punten onderzocht.

De kwalitatieve en kwantitatieve verwerking van deze 593 stalen vond zijn visualisering in soortfiches, waarop voor elke waargenomen planktonsoort de

---

(1) Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. 1974. ( p. 7)

(2) CLEVE, P.T. The seasonal distribution of Atlantic plancton organisms. Göteborgs Kuugl. Vetenskap - och Vitterhets - Samhälbes Handlingar. Göteborg. Wettergren. Kerber. 1900. Fjärde följden, 3 : dje häftett 369.

(3) GRAN, H.H. The plankton production of the North European waters in the spring of 1912. Cons. Internat. Explor. Mer., Bull. Planctonique de l'Année 1912.

(4) BRAARUD, R., RINGDAL, GAARDER, K. and GRONTVED, J. The phytoplancton of the Nord Sea and adjacent Waters. Rapp. Proc. Verb. Const. Int. Explor. Mer. Copenhague. Andr. Fred. Host & Fils. 1955. Vol. 133. pp. 1-89.

geografische en kronologische verspreiding wordt aangegeven (1) (2).

Van 1971 tot 1976 werd een internationale interdisciplinaire campagne georganiseerd. Het Belgisch aandeel bestond in het opstellen van een mathematisch model ter bestudering van de "Southern Bight" van de Noordzee.

Tijdens deze campagne werd ook het Schelde-estuarium bestudeerd. Bij dit onderzoek lag de klemtoon eerder op andere dan kwalitatieve en kwantitatieve mikroskopische bepalingen (3). Ook bij de "Continuous Plancton Recorder" (4) (5) (6) en door enkel titraties van fotosynthetische pigmenten verliest men voor een groot deel het inzicht in de wiersoorten, de wierassociaties die de fotosynthese verzekeren.

Het is niet te verwonderen dat het onderzoek betreffende estuaria 75 jaar geleden in Engeland begon bij de oprichting van de Marine Biological Association. Er ontstonden verschillende regionale studiegroepen rond verschillende estuaria zoals de Severn, Clyde, Forth en Tay. Het onderzoek werd ook nog bevorderd door het Institute of Marine Environmental Research en de Estuarine and Brakish-water Sciences Association.

Op het laboratorium van Phytohydrobiologie werden van november 1965 tot november 1966 de vaargeulen van Blankenberge, Zeebrugge, Oostende en Nieuw-

---

(1) LOUIS, A., PETES, J., RAMBOER, T., VANDERVEKEN, L. La végétation phytoplanctonique de l'Océan Atlantique N-E et de la Mer du Nord. Studia Algologica Lovaniensia. Vol.I. E. Story-Scientia s.p.r.l. Louvain-Ghent. 1974, 370 p, 37 tab.

(2) LOUIS, A. & CLARYSSE, R. Contribution à la connaissance du phytoplancton de l'Atlantique Nord-Est et de la Mer du Nord. Biologisch Jaarboek. 1971, 39,pp. 261-337.

(3) PROJEKT-ZEE - Eindverslag. Vol. 1 tot 10. Nationaal Onderzoeks- en Ontwikkelingsprogramma. Leefmilieu-Water.

(4) HARDY, A.C. The Continuous Plancton Recorder : A new method of survey. Cons. Internat. Explor. Mer., Rapp. et Proc. Verb. 95, 1935.

(5) LUCAS, C.E. Ecological investigations with the continuous plankton recorder. The phytoplankton of the Southern North Sea, 1932-1937. Hill. Bull. Mar. Ecol. 1, 3. p. 73-170, 1940.

(6) ROBINSON, G.A. Contribution towards a plancton atlas of the North Eastern Atlantic and the Nord Sea. Bulletins of Marine Ecology. University of Hull. 1961. 5. n° 42. pp. 81-89, Pl. 15-20.

poort eens per maand, ongeacht de waterstand onderzocht (1) (2).

Van oktober 1973 tot september 1975 werd de vaargeul van Nieuwpoort om de maand bestudeerd, 23 maal tijdens vloed en 1 maal tijdens eb. Daarbij werden om de 45 minuten waterstalen genomen op verschillende diepten (3) (4).

Van oktober 1974 tot september 1975 werd de vaargeul van Blankenberge tijdens 11 vloed-herborisaties en 1 eb-herborisatie op dezelfde manier onderzocht (5).

§ 4. Staalnamen tijdens de campagnes 1971 en 1973-74 te Oostende.

De staalnamen gebeurden voor beide campagnes tijdens het grootste deel van het jaar vanop het westelijk staketsel (richting Oostende). Tijdens de zomermaanden werden de stalen echter, wegens de grote toeloop van toeristen, genomen vanop het oostelijk staketsel (richting Bredene).

Benevens het nemen van de waterstalen en het fixeren ervan werden op het terrein ook de watertemperatuur, luchttemperatuur, transparantie van het water, lichtklimaat in de lucht en het water, waterrijzing en konduktiviteit gemeten.

Voor algologisch onderzoek werd telkens 100 cc ongefiltreerd water meegebracht, voor de dosering van de chemische faktoren op het laboratorium werd 2 liter water opgehaald.

A. Staalnamen tijdens de campagne 1971.

Met uitzondering van de herborisatie van 20.04.71, toen van hoogwater

---

(1) ALAERTS, E. Etude floristique et écologique de la population algale de trois biotopes d'eau Marine et Saumâtre de la côte Ouest belge. Mémoire de licence. UCL. 1967.

(2) VAN DER WIELEN, C. Observations écologiques et floristiques concernant la florule algale au littoral belge. Mémoire de licence. UCL. 1967.

(3) BEULS, V., BEULENS, S., BRANCKAERT, M., VANNOTEN, M. Ecologische en Algologische studie van de vaargeul te Nieuwpoort (1973-74). Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1975.

(4) CORNELISSEN, R., DE CREMER, D., FEUSELS, M. Ecologische en Algologische studie van de vaargeul te Nieuwpoort (1974-75). Licentiaatsverhandeling. Leuven 1976

(5) DENDONCKER, A., ERMIN, L., T'JONCK, G. Ecologische en Algologische studie van de vaargeul te Blankenberge (1974-75). Licentiaatsverhandeling. Leuven. 1976.

tot hoogwater werd geherboriseerd, gebeurden alle andere herborisaties van laagwater tot laagwater, dus telkens een volledige eb en vloed. De bemonstering gebeurde om de 45 minuten en afhankelijk van de waterhoogte werden dan op 2, 3 of 4 niveaus stalen genomen. De fixatie van deze stalen voor algologisch onderzoek gebeurde met formol.

De wijze van staalname was het resultaat van onze bevindingen van een prospectie-herborisatie in december 1970 tijdens dewelke een volledige eb en vloed werd gevolgd op twee niveaus, nl. oppervlak en twee meter onder watervlak, om het half uur.

De uren van staalname, de waterhoogten (1) en de niveaus van bemonstering zijn aangegeven in tabel 1.

B. Staalnamen tijdens de campagne 1973-74.

De herborisaties gebeurden om de veertien dagen tijdens een eb en afwisselend daarmeer om de veertien dagen tijdens een vloed. De bemonstering gebeurde om het uur en afhankelijk van de waterhoogte op 1, 2 of 3 niveaus. De waterstalen werden gefixeerd met lugol (2 ml) om een onderscheid tussen levende en dode organismen te vergemakkelijken.

De uren van staalname, de waterhoogten (1) en de niveaus van bemonstering zijn aangegeven in tabel 2.

In grafieken 1 tot 5 is de waterrijzing en de punten van staalnamen voor de prospektie-herborisatie, voor 1971 en voor 1973-74, voor een maximale en minimale eb en vloed aangeduid.

Uit deze grafieken blijkt duidelijk dat deze waterrijzing niet regelmatig is, maar dat na een aanvankelijk trage waterstijging bij het begin van de vloed er een versnelling van de waterstijging gebeurt, die geleidelijk overgaat in een geleidelijk sterk vertraagde stijging.

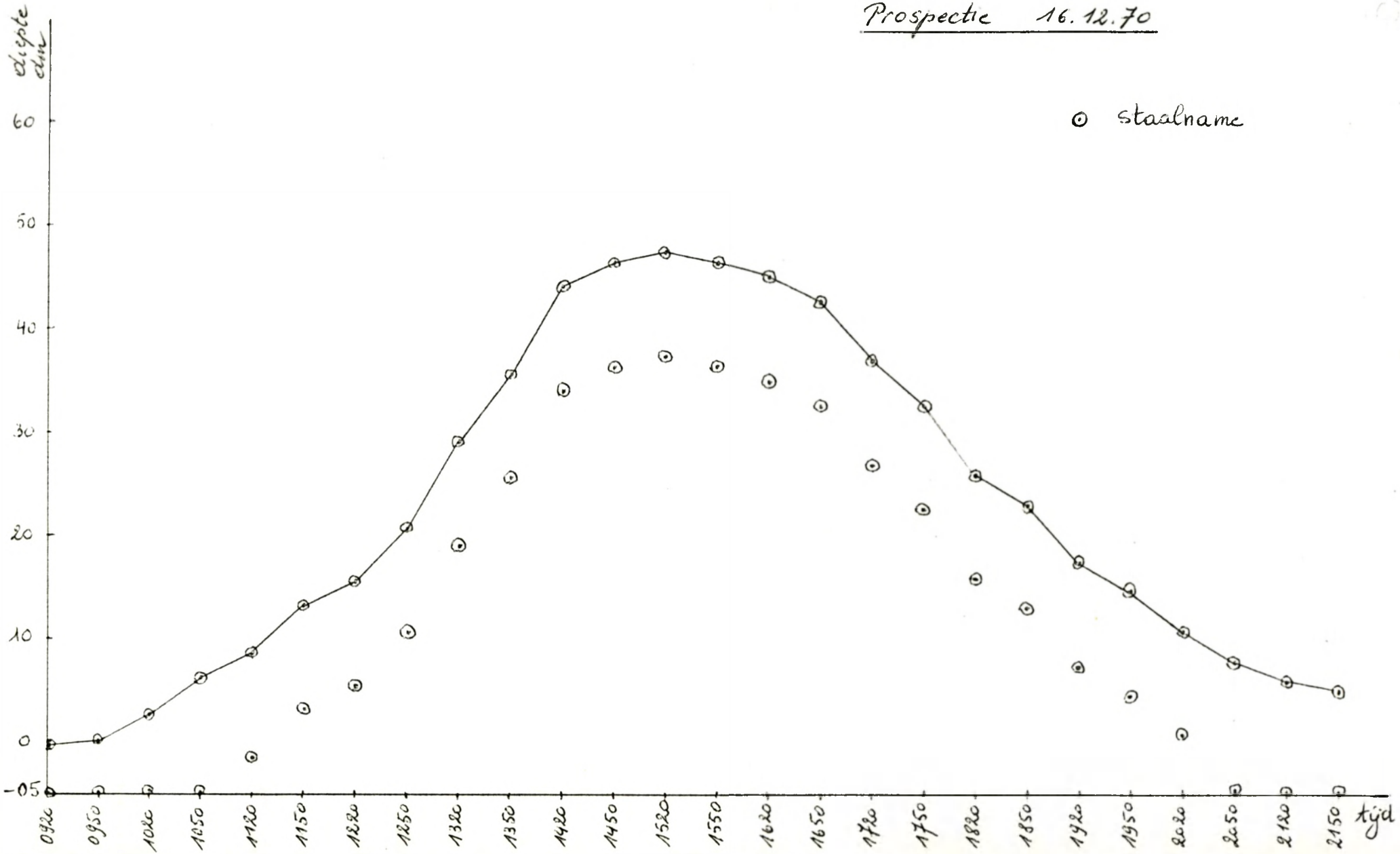
---

(1) De waterhoogten zijn aangegeven boven het 0-punt, in centimeter voor 1971, in decimeter voor 1973-74.

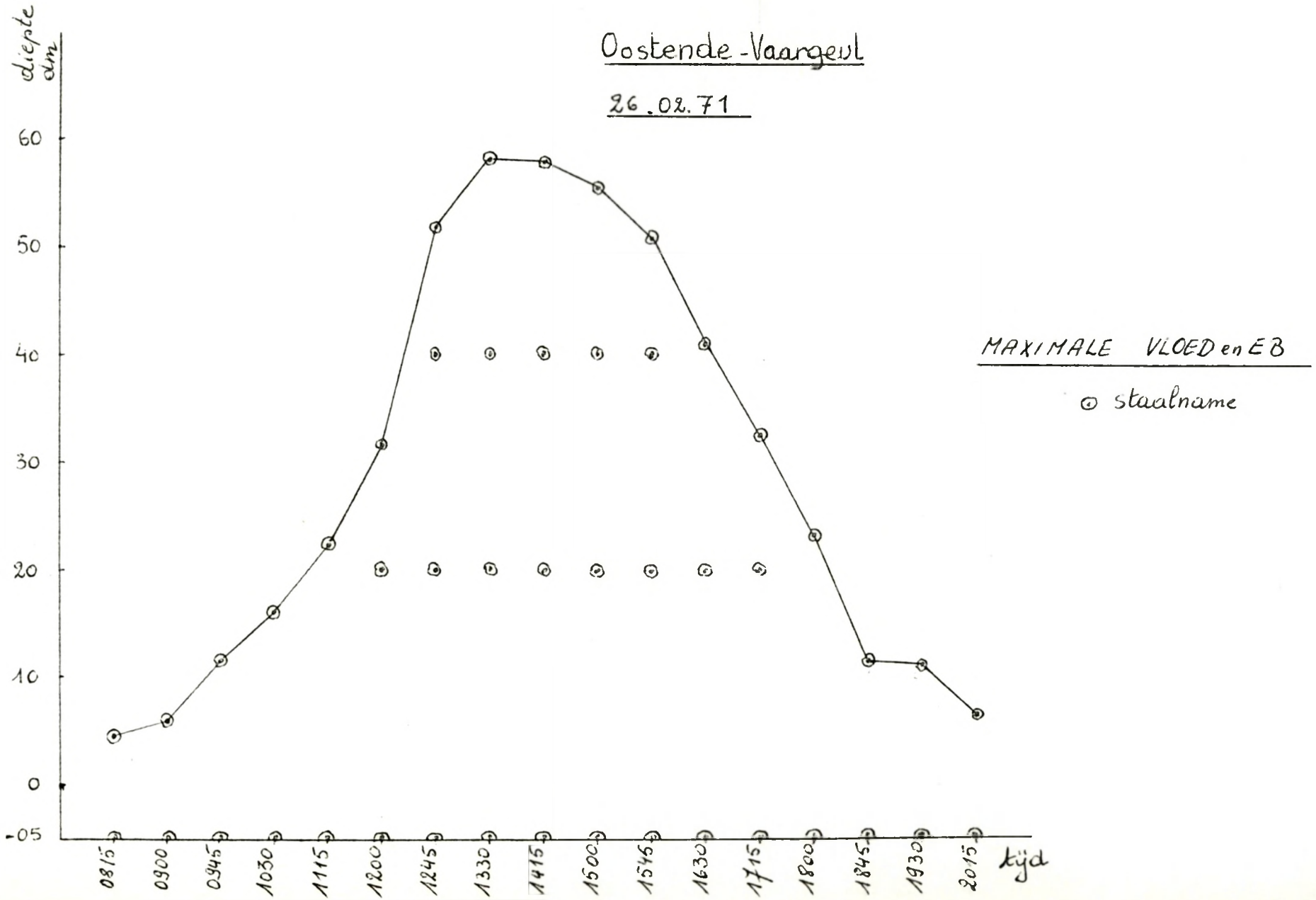
GRAFIEK 1 Staalnamen en Waterpeil

Oostende Vaargeul

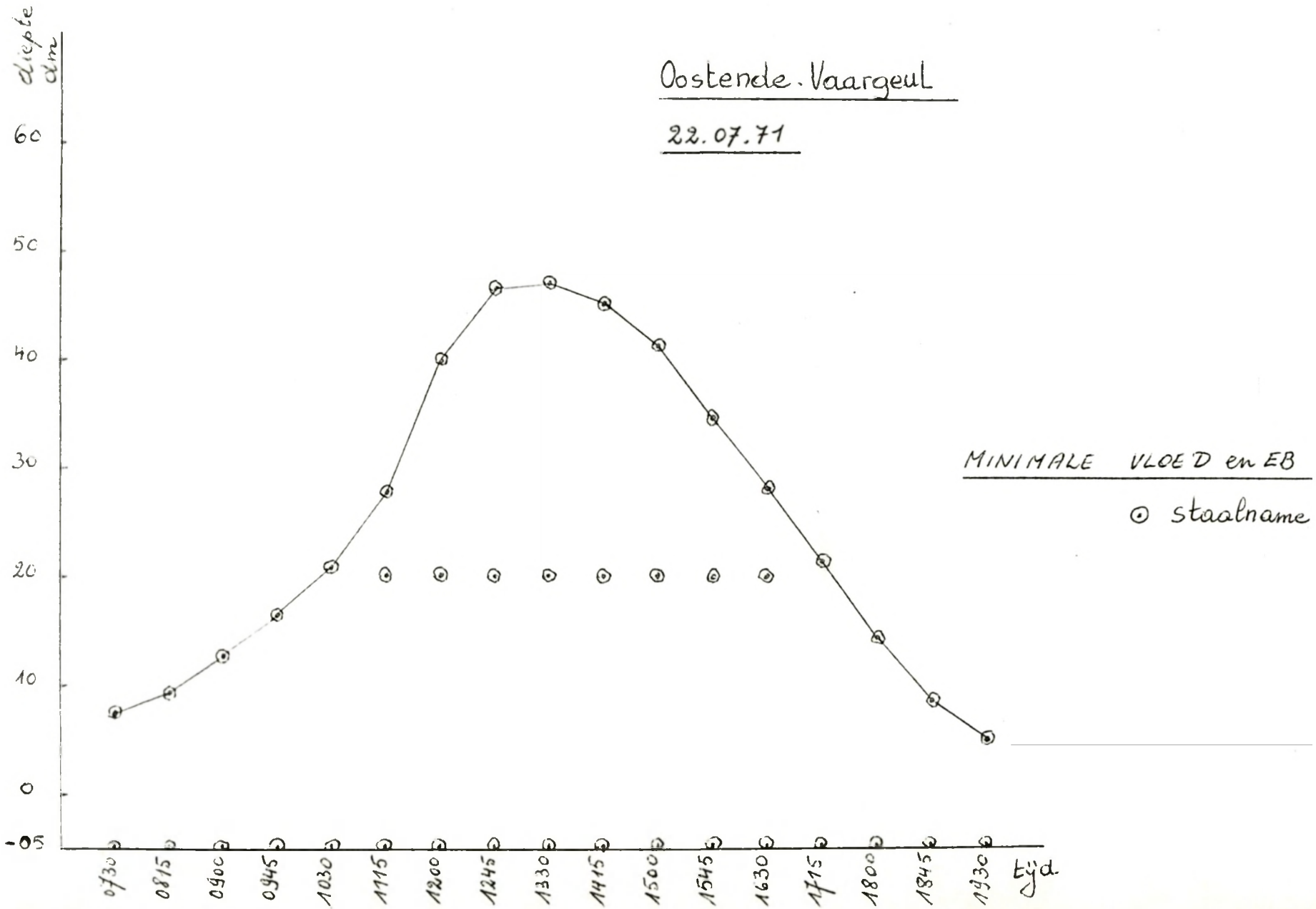
Prospectie 16.12.70



GRAFIEK 2 Staalnamen en Waterpeil



GRAFIEK 3 Staalnamen en Waterpeil

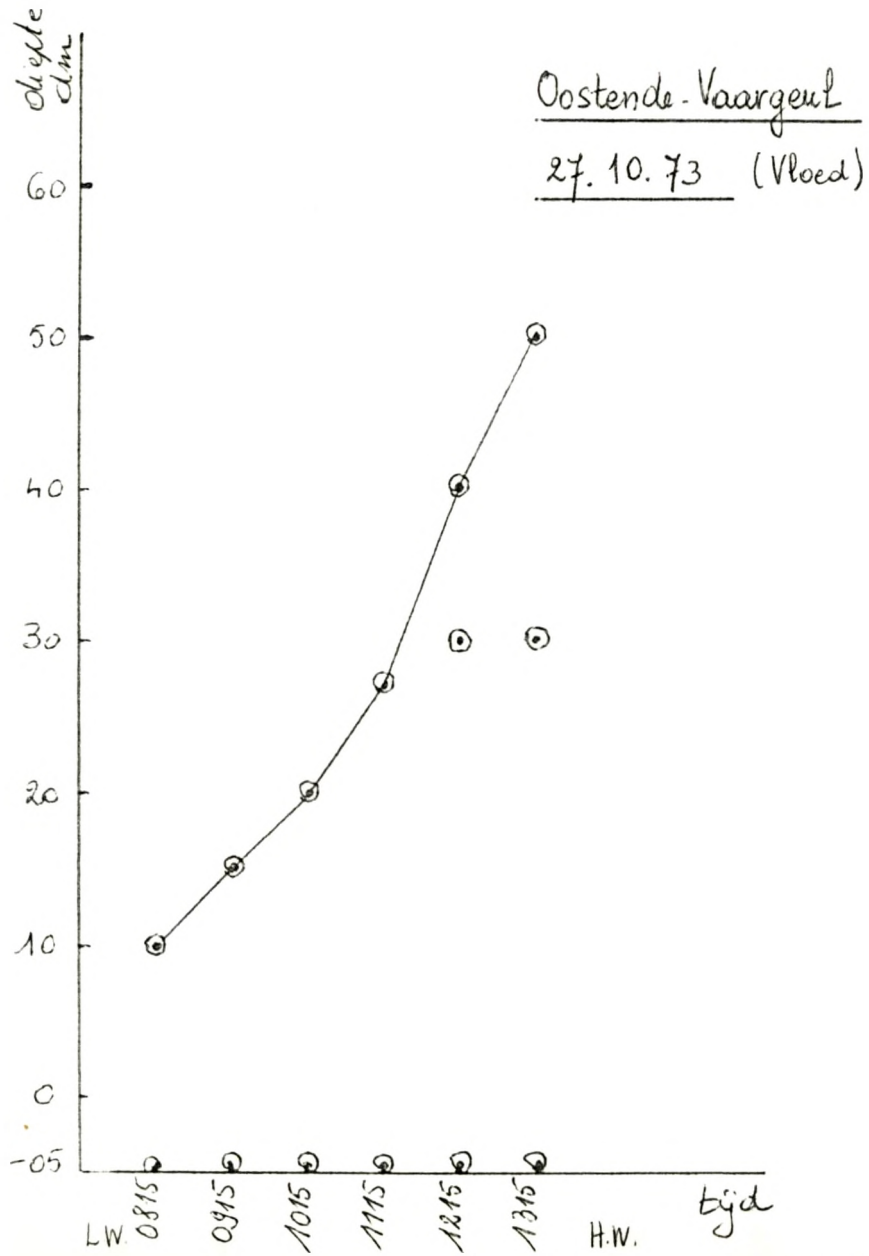


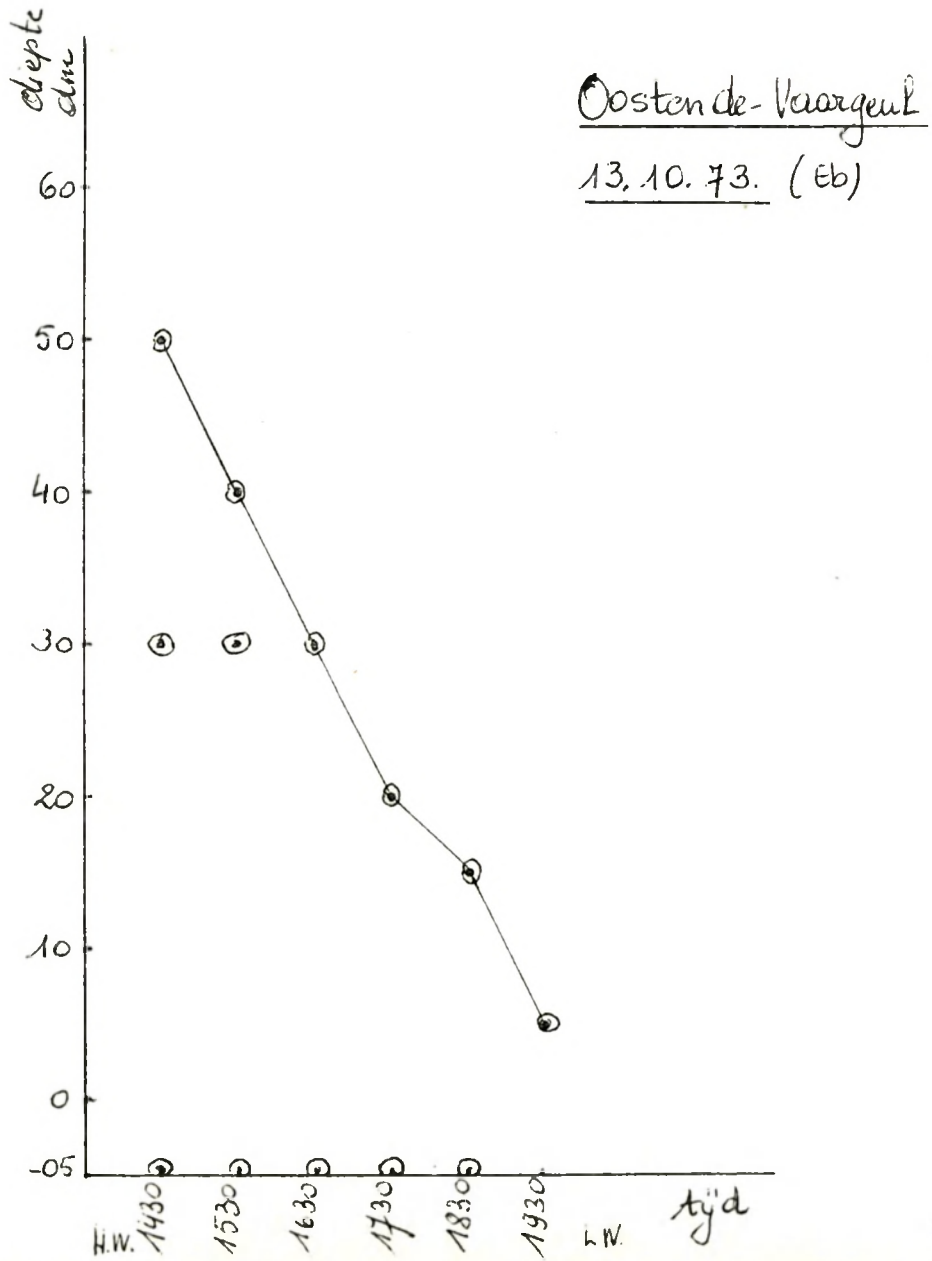
GRAFIEK 4

MAXIMALE VLOED EN EB

Staalnamen en Waterpeil

⊙ staalname



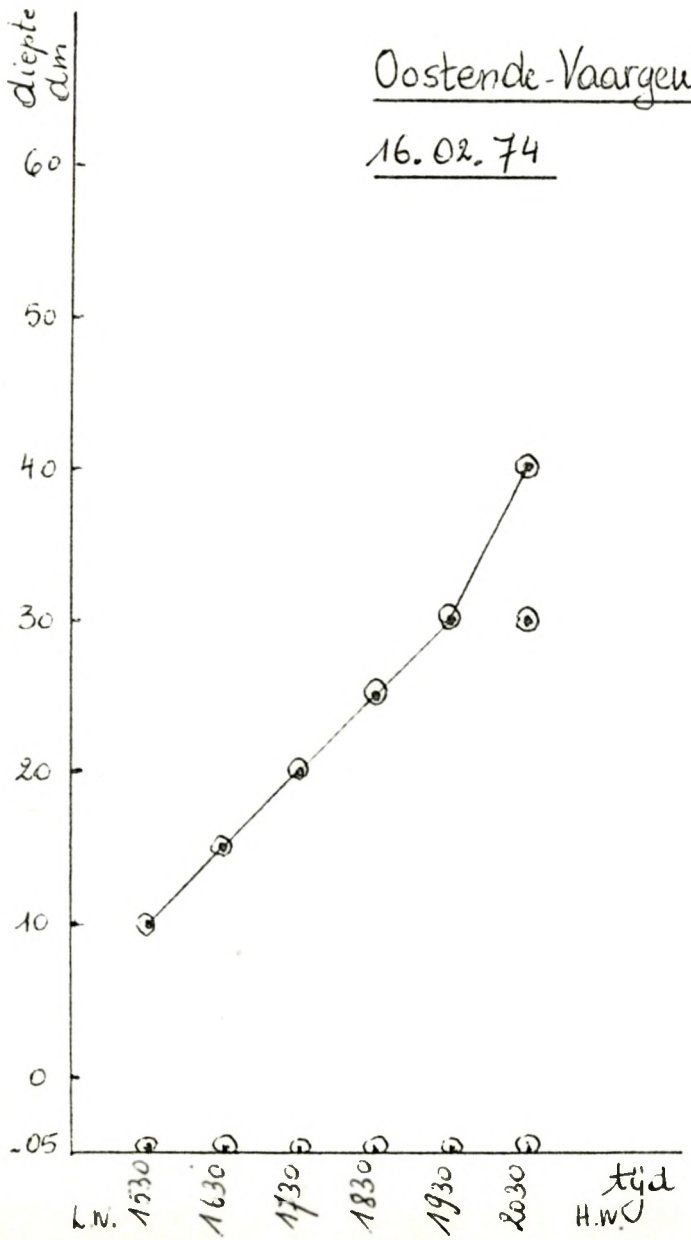



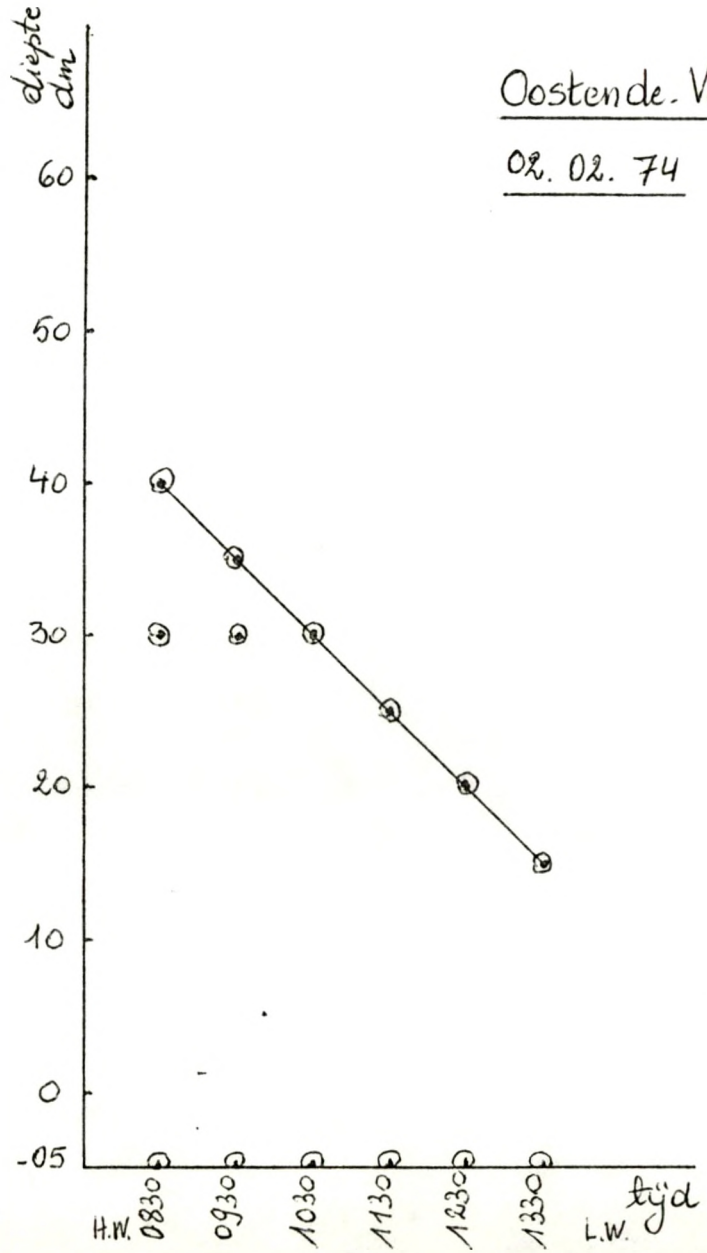
GRAFIEK 5

# MINIMALE VLOED EN EB

Staalnamen en Waterpeil

⊙ Staalname



SECTIE I. Ecologisch gedeelte.

Hoofdstuk I. Klimatologische faktoren.

Benevens persoonlijke metingen wordt er hier ook gebruik gemaakt van de gegevens ons ter beschikking gesteld door het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (K.M.I.).

§ 1. Licht- en watertemperatuur.

De temperatuursmetingen gebeurden met een kwiktermometer.

1. Prospectie-herborisatie : 16 december 1970.

Volgens de gegevens van het K.M.I. bedroeg de gemiddelde temperatuur te Oostende in december 1970 4,6° C en waren er 17 dagen met een gemiddelde temperatuur boven 5° C.

In onderstaande tabel zijn onze eigen metingen in luchtmilieu en in de oppervlaktewaterlaag aangegeven samen met de gemiddelden. Wegens omstandigheden kon enkel gedurende de eerste 6 momenten van staalnamen de temperatuur worden gemeten. Uiteraard zijn deze gegevens te beperkt om enige konklusie te trekken.

TABEL X Temperatuursmetingen - Oostende : 16.12.70

| Uur | T° lucht °C | T° watervlak °C |
|---|---|---|
| 0920 | 5,5 | 6,9 |
| 0950 | 3,5 | 6,9 |
| 1020 | 3,0 | 5,9 |
| 1050 | 3,0 | 6,0 |
| 1120 | 3,0 | 6,0 |
| 1150 | 3,0 | 2,5 |
| 1220 | 1,0 | 1,0 |
| Gemiddelde | 3,1 | 5,0 |

Wij stellen vast dat de luchttemperatuur gedurende de waarnemingen op drie uur tijd daalt met 4,5° C. In het water daarentegen neemt de tempera-

tuur gedurende de eerste twee uren slechts af met 0,9° C, om dan gedurende het laatste uur te verminderen met 5° C. Het waterpeil is ondertussen reeds 1,50 meter gestegen.

Verder merken we ook op dat de gemiddelde temperatuur in het water ongeveer 2° C hoger ligt dan de luchttemperatuur.

2. Herborisaties 1971.

Hieronder volgen de gegevens van het K.M.I. wat betreft de gemiddelde maand-temperatuur en het aantal dagen met een gemiddelde luchttemperatuur boven een bepaalde waarde voor Oostende.

TABEL XI Oostende 71 - Temperatuurgegevens K.M.I.

| 1971 | maandgemid. °C | Aantal dagen met gemiddelde t° | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5° C | 10° C | 15° C | 20° C |
| Januari | 3,9 | 15 | - | - | - |
| Februari | 5,1 | 18 | - | - | - |
| Maart | 4,3 | 20 | - | - | - |
| April | 8,0 | 30 | 4 | 1 | - |
| Mei | 13,0 | 31 | 29 | 5 | - |
| Juni | 14,2 | 30 | 30 | 8 | - |
| Juli | 18,3 | 31 | 31 | 31 | 5 |
| Augustus | 18,0 | 31 | 31 | 31 | 3 |
| September | 15,7 | 30 | 30 | 22 | - |

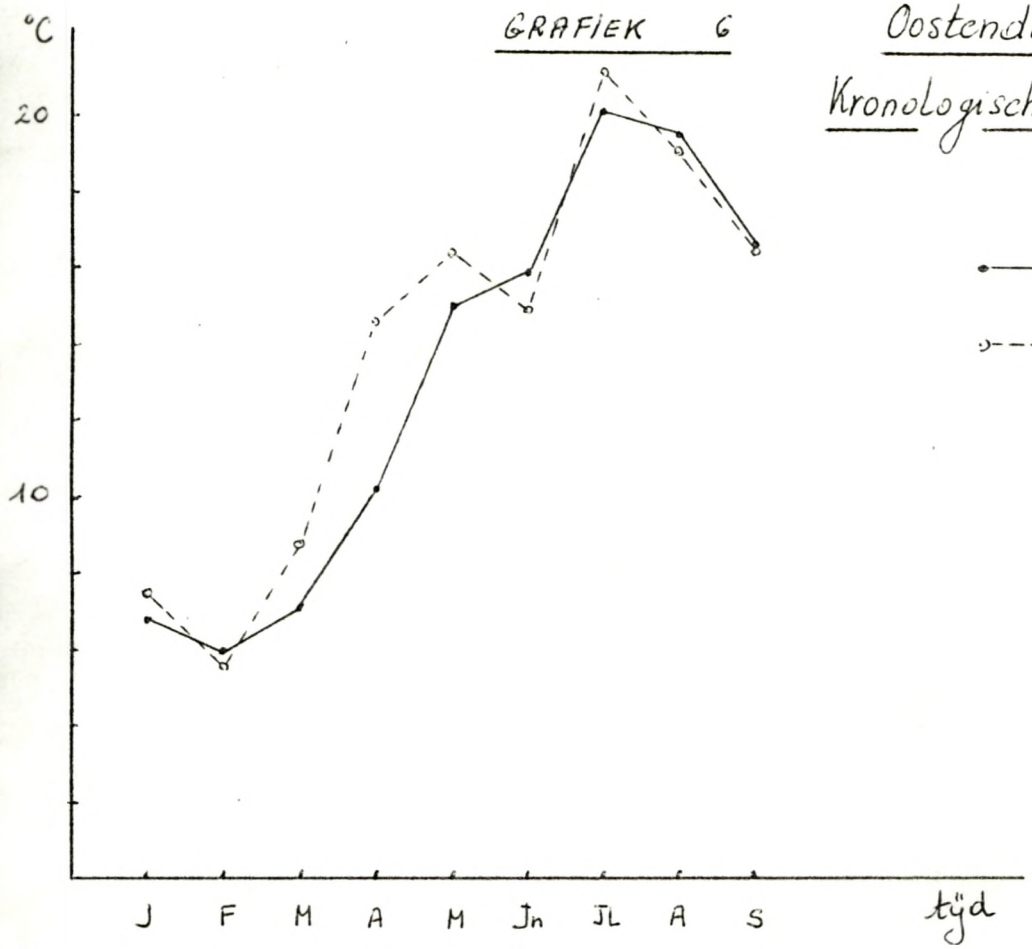
De experimentele resultaten zijn te vinden in tabel 3.

A. Kronologisch verloop van de temperatuur.

In grafiek 6 zijn de gemiddelde kronologische waarden van lucht- en watertemperatuur aangegeven.

Het temperatuursverloop in het water is, alhoewel afgezwakt en vertraagd, grosso modo hetzelfde als in de lucht. Afgezwakt wil zeggen dat de maxima en minima minder uitgesproken zijn;en vertraagd wil zeggen dat de opwarming van het water in het voorjaar en de afkoeling ervan in het najaar verlaat zijn ten opzichte van de temperatuurschommelingen in de lucht.

De laagste gemiddelde luchttemperatuur werd waargenomen op 26 februari 1971 :



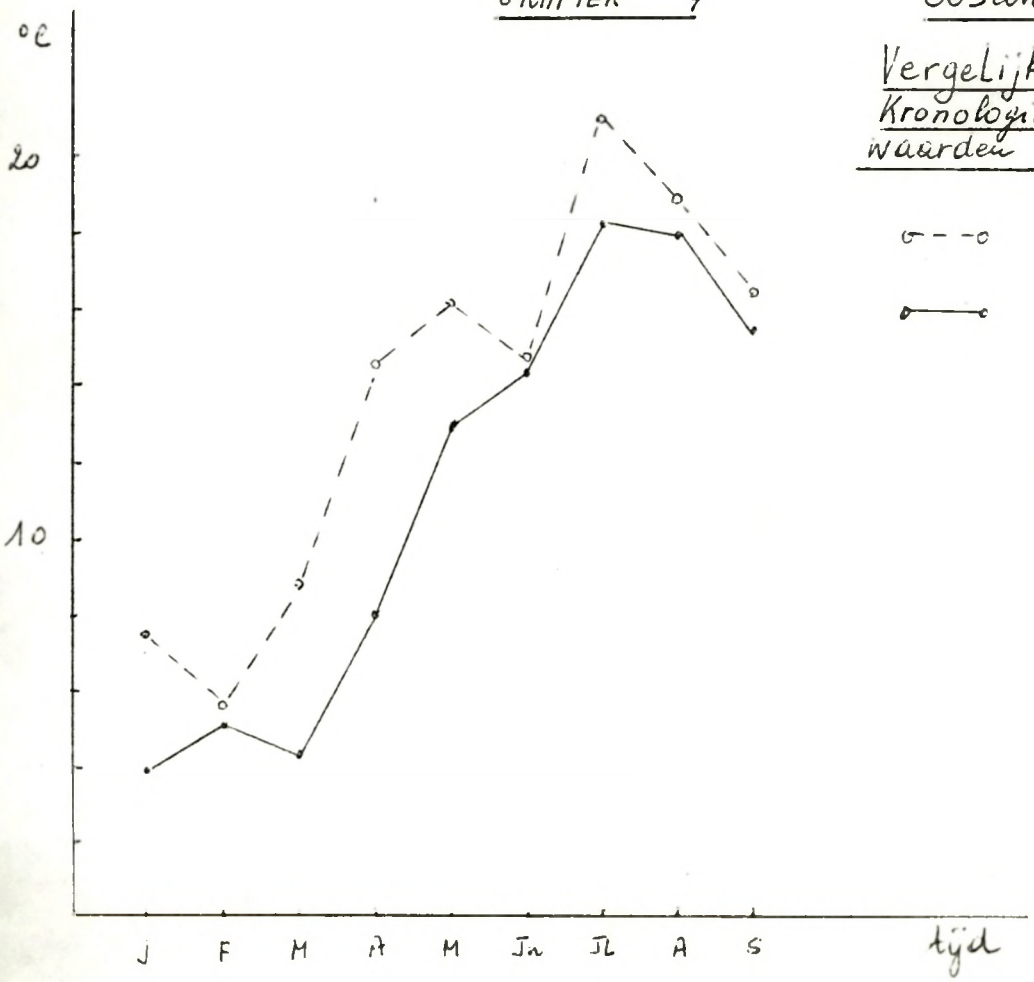

GRAFIEK 6

Oostende - Vaargeul 1971

Kronologische Gemiddelde Temperatuur (°C)

water vlak

lucht




GRAFIEK 7

Oostende - Vaargeul 1971

Vergelijking Gemiddelde Kronologische waarden Temperatuur (°C)

experimenteel lucht

K.M.I lucht temperatuur

5,6° C in de lucht en 6° C in het water; de hoogste gemiddelde temperatuur kwam voor op 22 juli 1971 : 21,1° C in de lucht en 20,1° C in het water (het betreft hier dag-gemiddelden).

Dit wil zeggen dat de minima en maxima van lucht- en watertemperatuur samenvallen, maar tijdens de opwarmingsperiode tot juni is de temperatuurstijging in het water ongeveer een maand verlaat om vervolgens synchroon met de luchttemperatuur te verlopen tot het maximum. Tijdens de afkoelingsperiode is de watertemperatuur iets verlaat ten opzichte van de luchttemperatuur.

Bij vergelijking van onze experimenteel bepaalde gemiddelde waarden van de luchttemperatuur met de gemiddelde maandtemperatuur opgegeven door het K.M.I., stellen we een aantal verschillen vast (Grafiek 7).

1° Onze gemiddelde waarden liggen hoger dan deze van het K.M.I. Dit komt omdat de waarden van Ukkel het gemiddelde zijn van een hele maand, zowel van dag en nacht.

2° Het gemiddelde van januari 71 ten opzichte van februari ligt lager bij het K.M.I. door de koude eerste helft van de maand, terwijl het op 26 januari 1971 bewolkt was met een Z- tot ZW-wind.

3° Dezelfde redenering geldt voor maart 1971. Op 25 maart 1971 was het bewolkt met een W- tot ZW-wind.

4° Op 10 juni 1971 was er een NO-wind met bewolking en neerslag.

B. Temperatuurvariatie van het water tijdens vloed en eb.

In grafiek 8 is het tidale verloop van de watertemperaturen bij een maximaal getij (25.03.71), bij een minimaal getij (22.07.71) en van de tidale jaargemiddelden (M.T.) aangegeven.

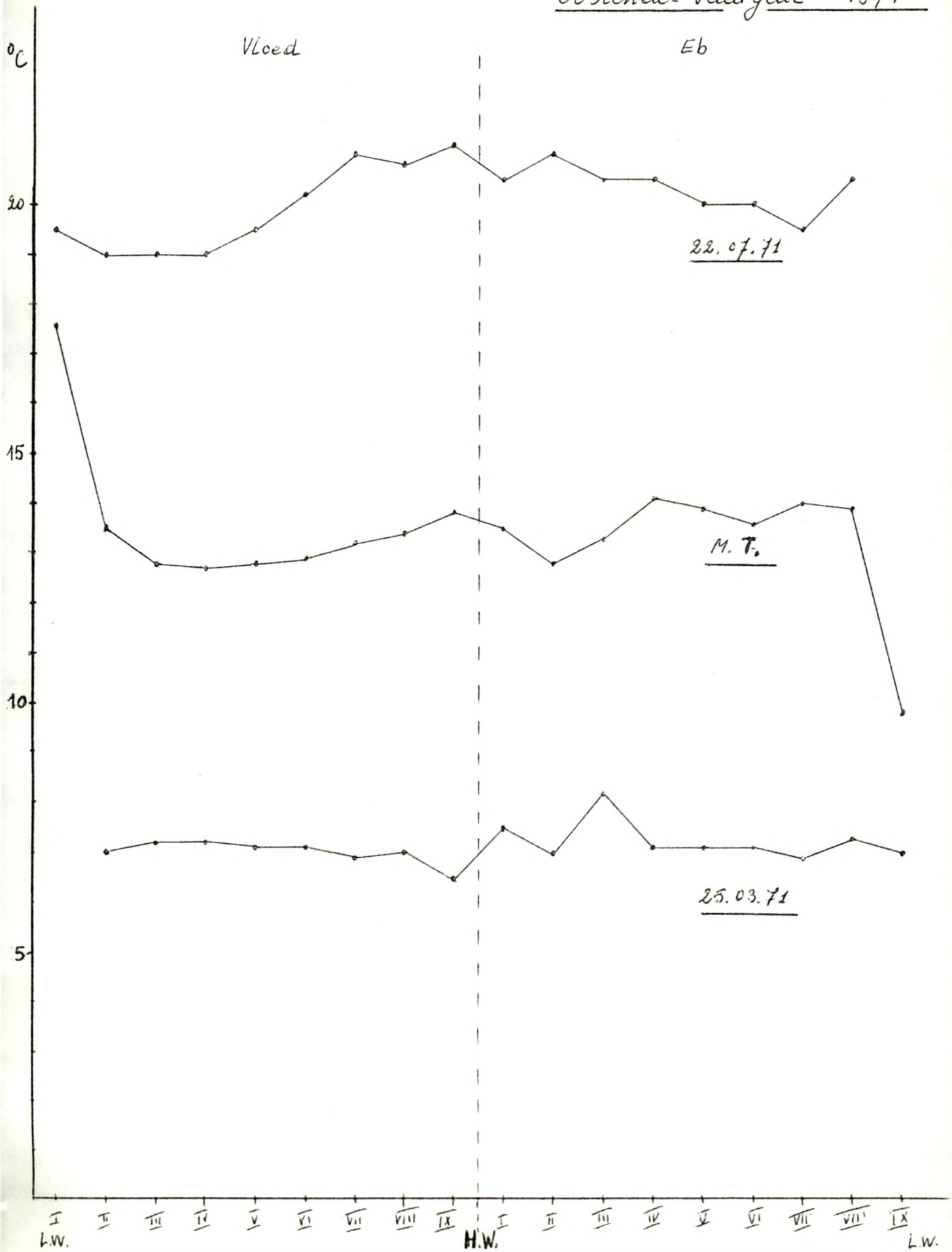
Algemeen kan worden opgemerkt dat de totale temperatuurvariatie tijdens vloed en eb eigenlijk zeer miniem is. Voor 25.03.71 bedroeg het verschil tussen de maximale en minimale temperatuur 1,7° C, voor 22.07.71 was dit 2,2° C.

Voor de tidale jaargemiddelden moet er worden opgemerkt dat het gemiddelde van het eerste moment tijdens de vloed berekend werd op slechts vier waarnemingen in de zomermaanden, en het gemiddelde van het laatste moment tijdens de eb eveneens op slechts vier waarnemingen tijdens het voorjaar. Dit verklaart natuurlijk de hoge gemiddelde waarde op moment I van de vloed en de lage gemiddelde waarde op moment IX van de eb. Wanneer we deze twee waarden buiten beschouwing laten, bedraagt het verschil tussen minimale en maximale

GRAFIEK 8

# Tidale Waarden Temperatuur Water (°C)

## Oostende-Vaargeul 1971



M.T. 1,4 °C.

Uit tabel 3 blijkt eveneens dat globaal gezien het vloedwater 0,5 °C warmer was dan het eb-water.

3. Herborisaties 1973-74.

De gegevens van het K.M.I. zijn aangegeven in onderstaande tabel.

| TABEL XII | Oostende 73-74 - Temperatuurgegevens K.M.I. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 73-74 | maandgemid. °C | Aantal dagen met gemiddelde t° | | | |
| | | 5 °C | 10 °C | 15 °C | 20 °C |
| Maart 73 | 6,2 | 25 | - | - | - |
| April | 7,3 | 27 | 1 | - | - |
| Mei | 12,4 | 31 | 25 | 4 | - |
| Juni | 16,0 | 30 | 30 | 21 | 2 |
| Juli | 17,3 | 31 | 31 | 29 | 3 |
| Augustus | 18,4 | 31 | 31 | 31 | 3 |
| September | 16,0 | 30 | 30 | 21 | - |
| Oktober | 11,5 | 31 | 21 | 3 | - |
| November | 7,8 | 25 | 7 | - | - |
| December | 5,1 | 18 | - | - | - |
| Januari 74 | 6,4 | 24 | 1 | - | - |
| Februari | 6,0 | 19 | 3 | - | - |
| Maart | 6,1 | 21 | 1 | - | - |

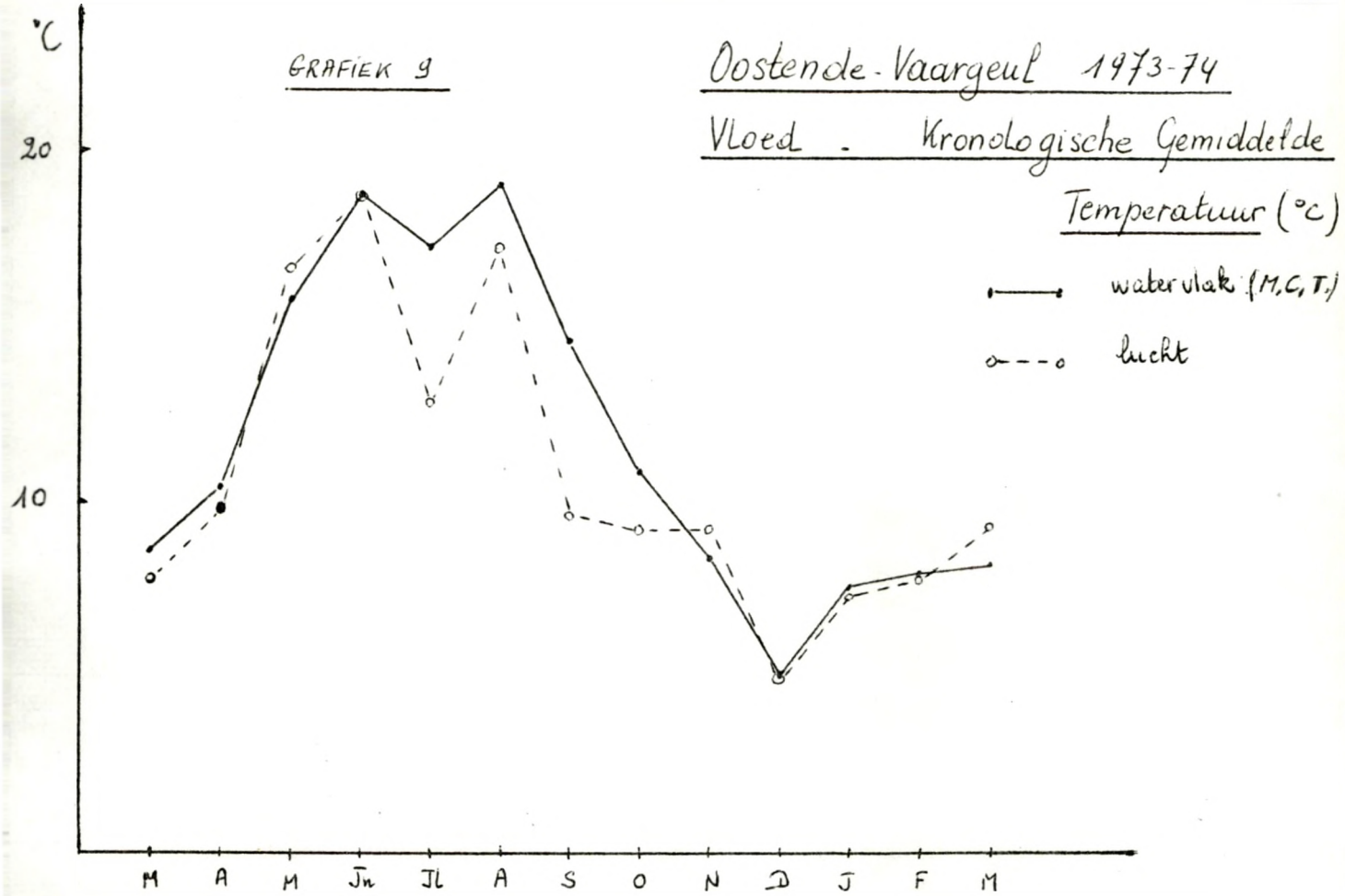
De experimentele gegevens zijn vermeld in tabel 4.

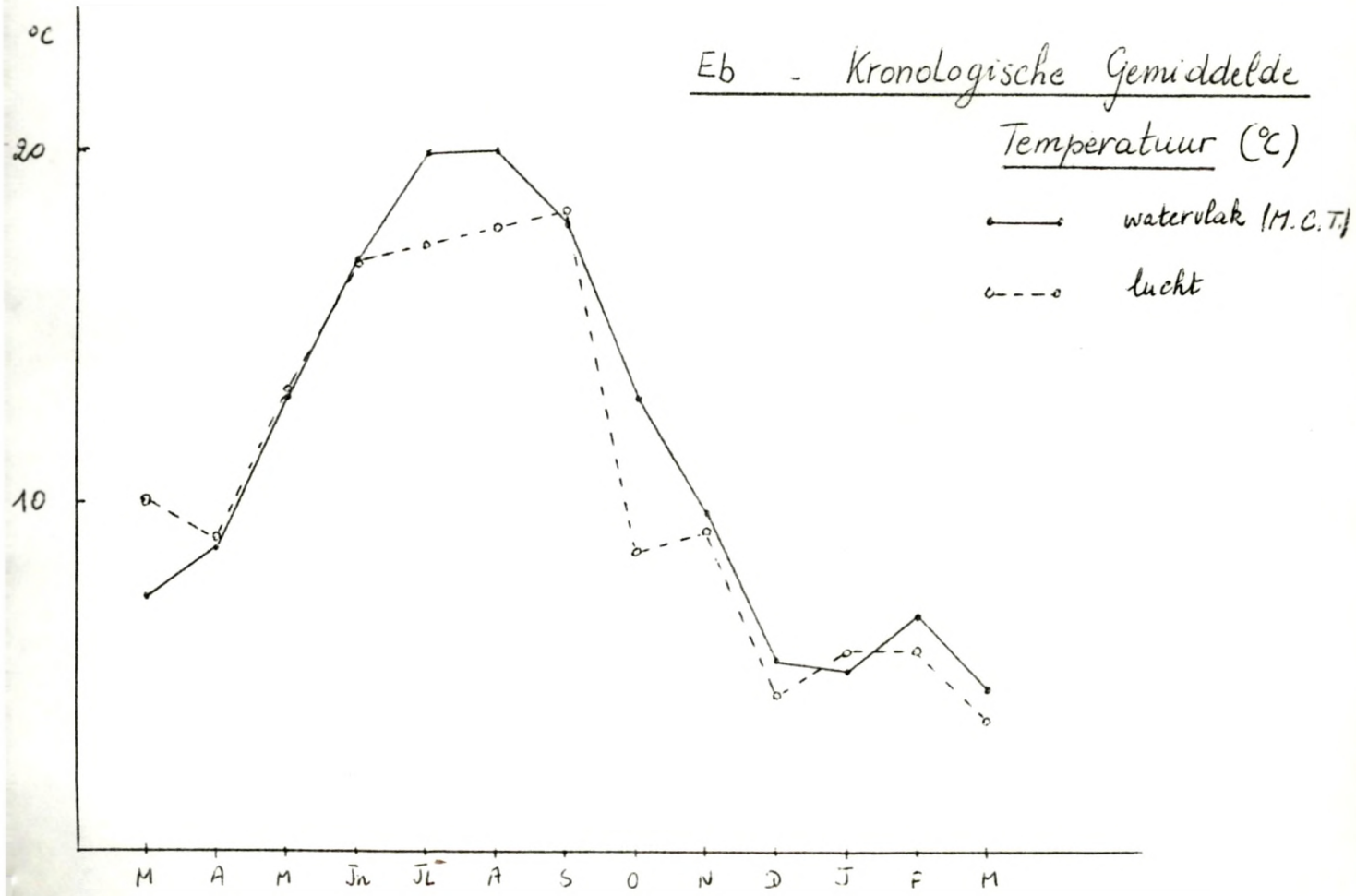
A. Kronologisch verloop van de temperatuur.

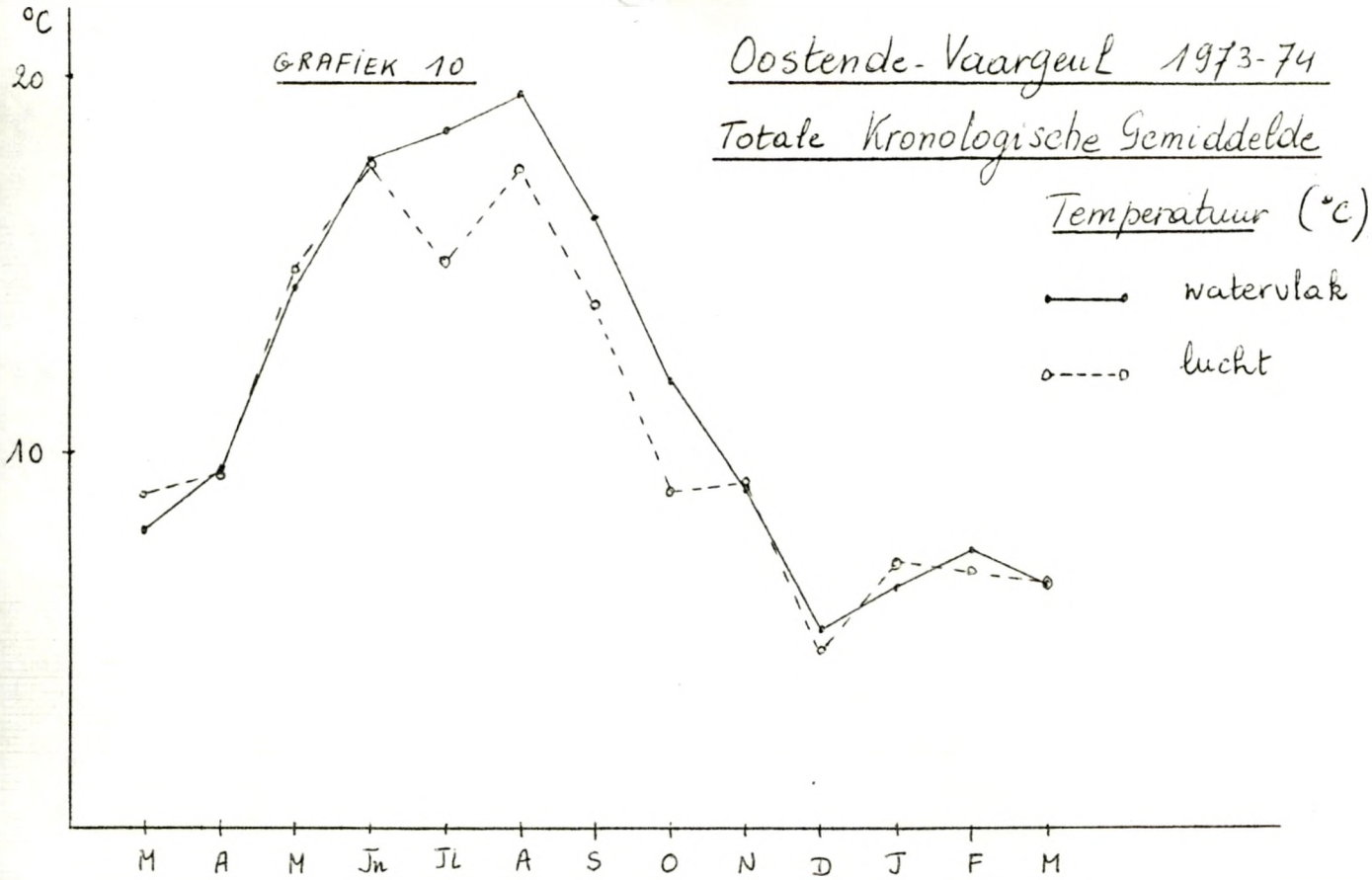
In grafiek 9 zijn de gemiddelde kronologische waarden van lucht- en watertemperatuur afzonderlijk voor de vloed en de eb-herborisaties aangegeven.

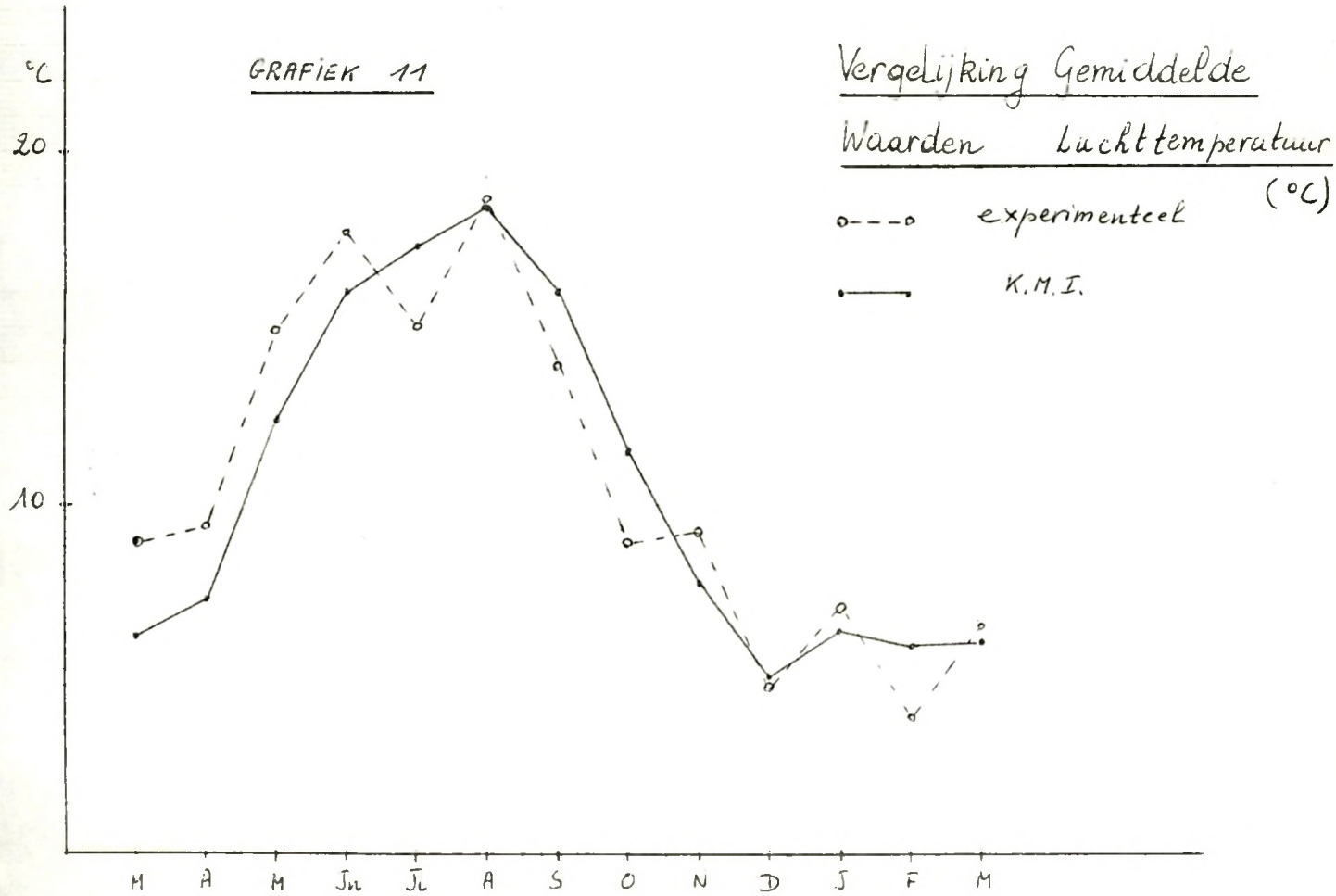
Men merkt op dat het temperatuursverloop in het water, gebaseerd op de M.C.T.-waarden, niet zo duidelijk het verloop van de experimenteel gemiddelde luchttemperatuur volgt.

Ook bij vergelijking van onze experimentele waarden met de gegevens van het K.M.I. blijkt de temperatuursvariatie niet gelijklopend te zijn (grafiek 11). Dit alles is naast de toevallige weersomstandigheden hoofdzakelijk te


°C
GRAFIEK 9
Oostende-Vaargeul 1973-74
Vloed - Kronologische Gemiddelde
Temperatuur (°C)
watervlak (M.C.T.)
lucht
20
10
M A M Jn Jl A S O N D J F M


°C
Eb - Kronologische Gemiddelde
Temperatuur (°C)
watervlak (M.C.T.)
lucht
20
10
M A M Jn Jl A S O N D J F M


°C
20
10
GRAFIEK 10
Oostende-Vaargeul 1973-74
Totale Kronologische Gemiddelde
Temperatuur (°C)
watervlak
lucht
M A M Jn Jl A S O N D J F M


°C
20
10
GRAFIEK 11
Vergelijking Gemiddelde
Waarden Lucht temperatuur
(°C)
experimenteel
K.M.I.
M A M Jn Jl A S O N D J F M

wijten aan het feit dat onze experimenteel berekende maandgemiddelden gebaseerd zijn op slechts zes temperatuursmetingen per herborisatie.

In grafiek 10 is de globale kronologische gemiddelde watertemperatuur, eb- en vloed-herborisaties door mekaar gerekend, weergegeven. Het blijkt dat het verloop van deze temperatuurskurve praktisch hetzelfde is als de kurve van de gemiddelde maandtemperatuur van het K.M.I.

B. Temperatuurvariatie tijdens vloed en eb.

In grafiek 12 is het verloop van de tidale watertemperaturen, gebaseerd op de vertikale gemiddelden, bij een maximale vloed (27.10.73), een maximale eb (13.10.73), een minimale vloed (16.02.74), een minimale eb (02.02.74) en van de globale tidale gemiddelden (M.T.G.) aangegeven.

Ook hier merken we op dat de totale temperatuurvariatie zowel tijdens vloed als tijdens eb zeer miniem is. Het verschil tussen maximale en minimale temperatuur bedroeg voor de vloed (27.10.73) : 1,3 °C; vloed (16.02.74) : 0,8 °C; vloed M.G.G. : 1,5 °C; eb (13.10.73) : 1,7 °C; eb (02.02.74) : 1,2 °C en eb M.G.G. : 0,6 °C.

Uit het verloop van de M.T.G.-waarden blijkt dat de temperatuurkurve zowel tijdens vloed als tijdens eb een maximum kent op moment IV, dus juist vóór de maximale waterrijzing en juist na de maximale waterdaling. Het verschil in gemiddelde temperatuur tussen vloed- en ebwater is te verwaarlozen (0,2 °C).

C. Niveauvariatie van de watertemperatuur.

In grafiek 13 zijn de gemiddelde kronologische waarden van de watertemperatuur aan het oppervlak en de bodem aangegeven voor de vloedherborisaties.

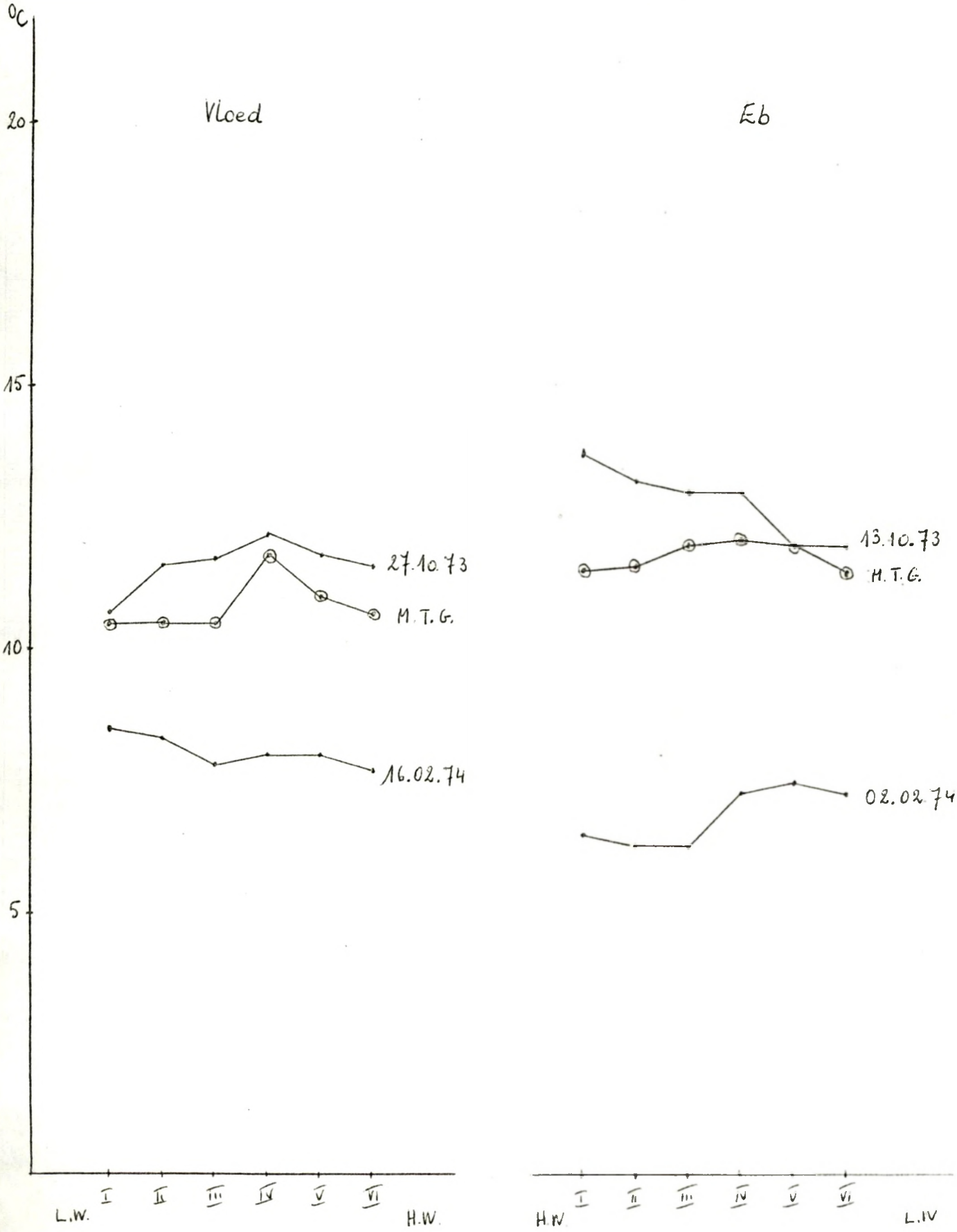
Het blijkt duidelijk dat het temperatuurverloop op beide niveaus hetzelfde is. De grootste verschillen tussen de gemiddelde temperatuur van watervlak en bodem komen voor in februari 74 (1,2 °C) en maart 74 (1,4 °C) terwijl voor de overige maanden de bodemtemperatuur tussen 0 °C en 1 °C lager ligt dan de oppervlaktetemperatuur.

Hetzelfde geldt voor de gemiddelde kronologische niveauwaarden tijdens de eb-herborisaties waar het grootste verschil in oppervlakte- en bodemtemperatuur voorkomt in mei 73 met 1,7 °C.

In grafieken 14, 15 en 16 zijn respektievelijk de tidale gemiddelde waar-

GRAFIEK 12 — Oostende - Vaargeul 1973-74

Tidale Waarden Temperatuur Water (°C)

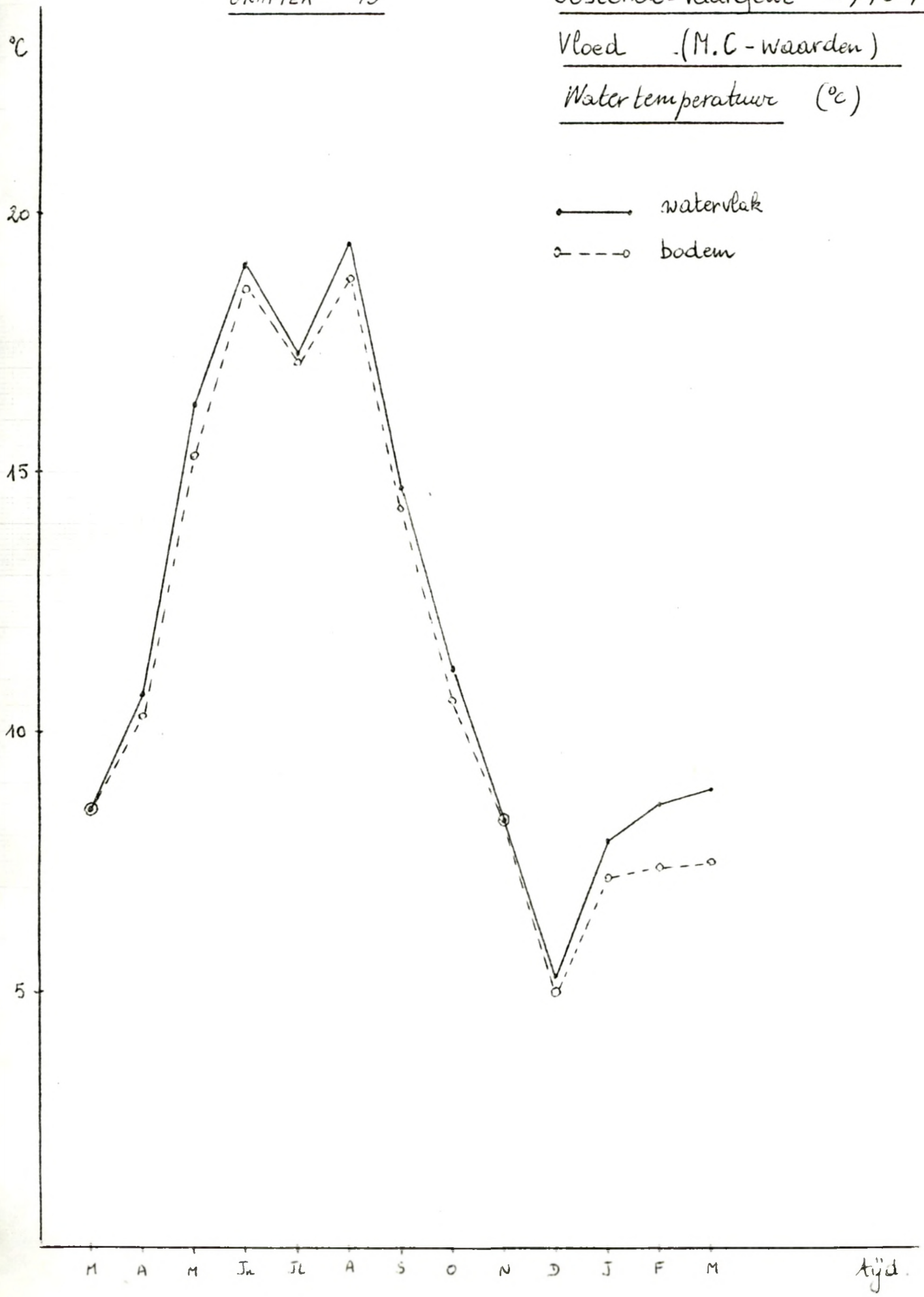


GRAFIEK 13

Oostende-Vaargeul 1973-74

Vloed (M.C-waarden)

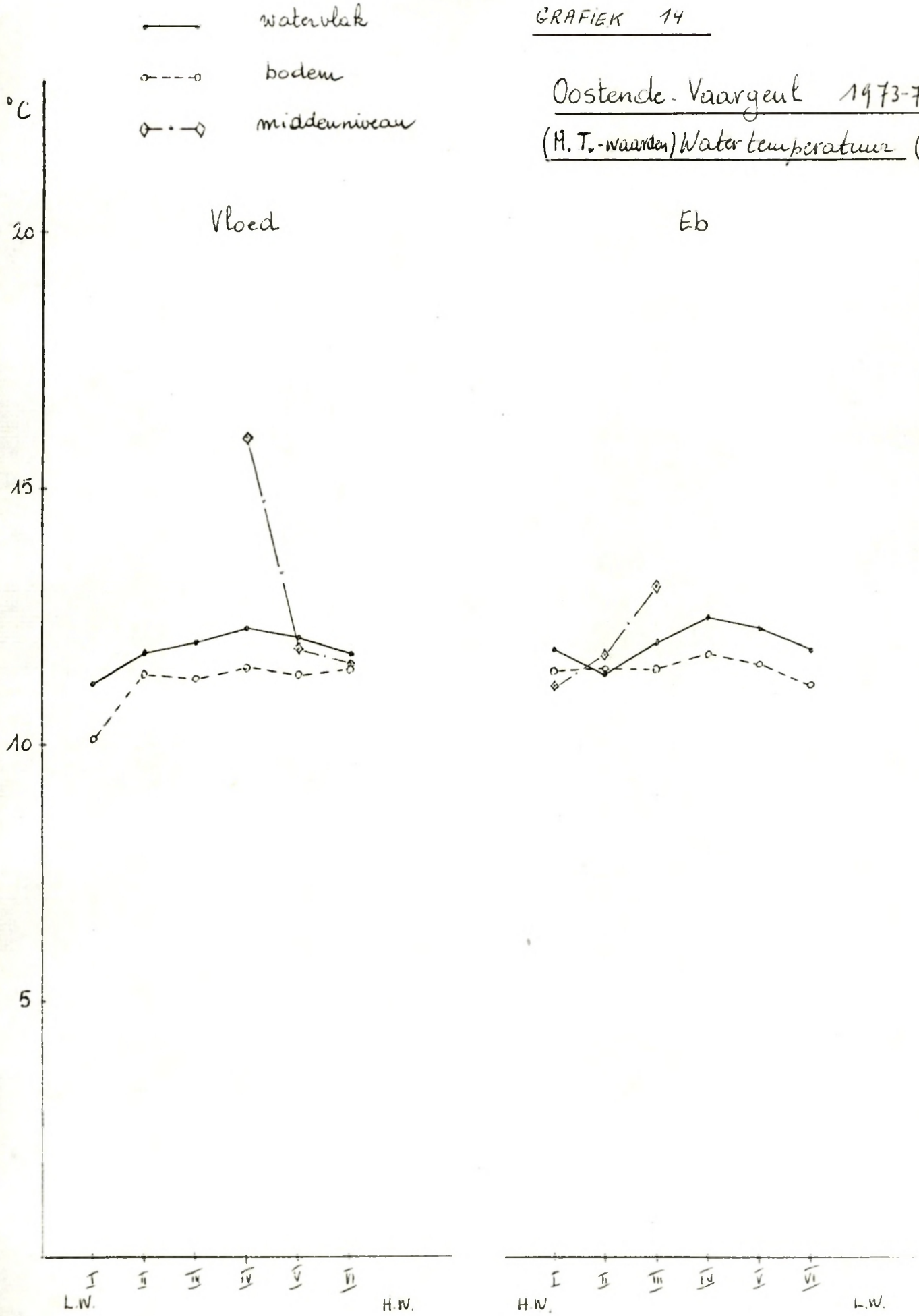
Watertemperatuur (°C)



GRAFIEK 14

Oostende - Vaargeul 1973-74

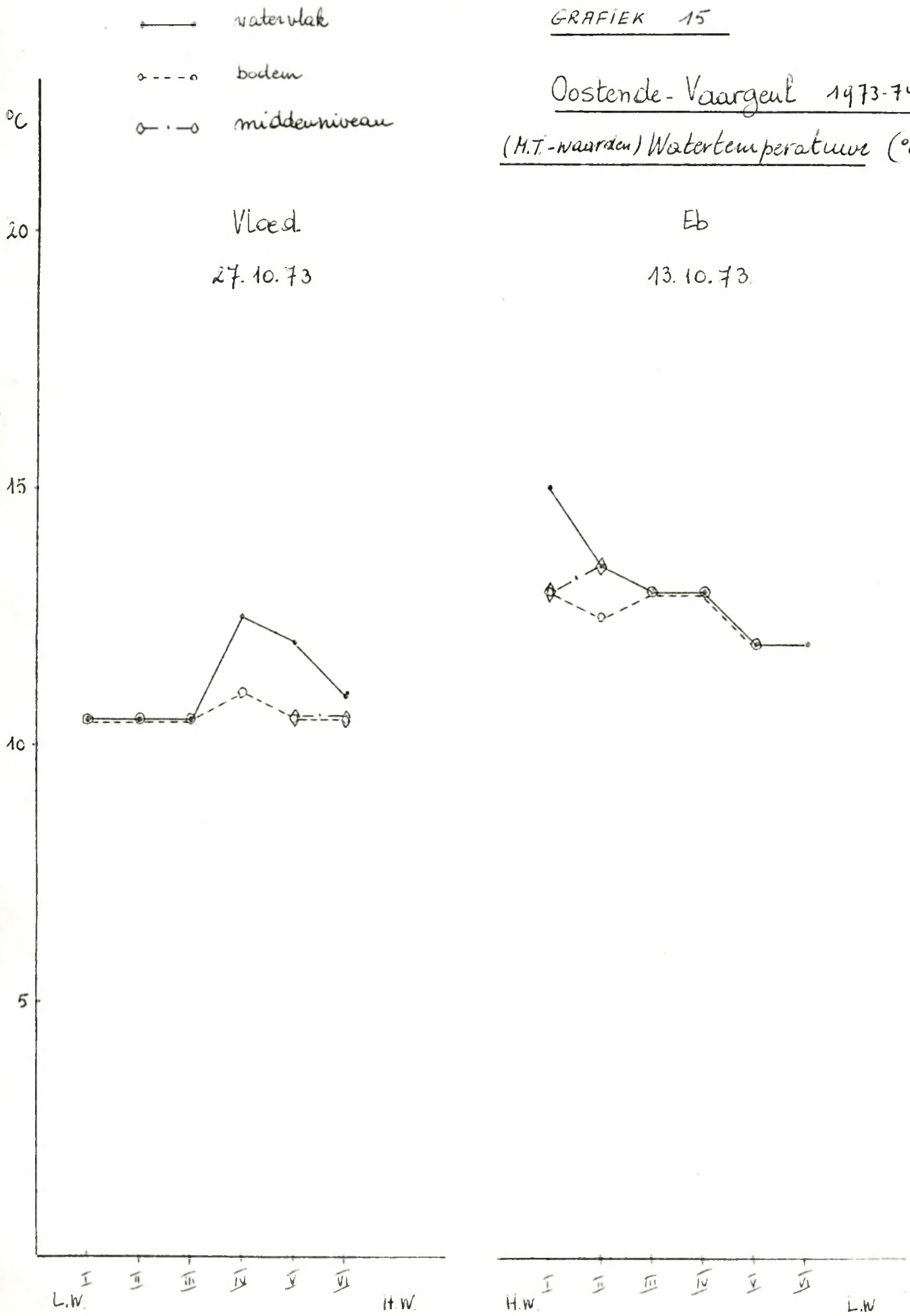
(H.T.-waarden) Watertemperatuur (°C)



GRAFIEK 15

Oostende - Vaargeul 1973-74

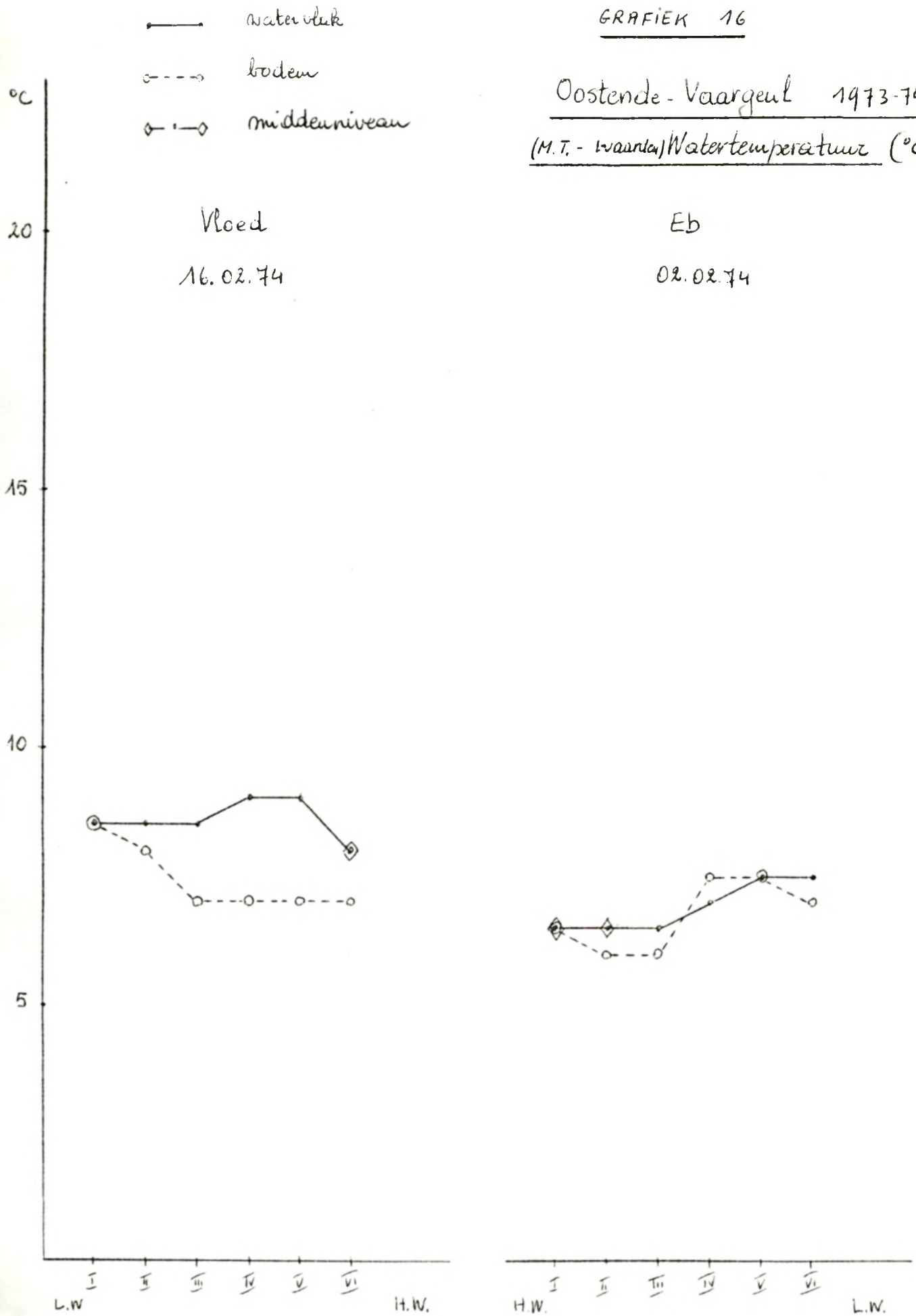
(H.T.-waarden) Watertemperatuur (°C)



GRAFIEK 16

Oostende - Vaargeul 1973-74

(M.T. - waarden) Watertemperatuur (°C)



den bij vloed en eb, de temperaturen bij een maximale vloed en eb en de temperaturen bij een minimale vloed en eb per niveau aangegeven.

Ook hier blijkt dat de oppervlakte-temperatuur hoger ligt dan de bodemtemperatuur en dat de temperatuur van het middenniveau meestal begrepen ligt tussen de temperatuur van oppervlak en bodem.

Uit grafiek 14 met de M.T.-waarden zou men kunnen afleiden dat de temperatuur van het middenniveau gemiddeld heel wat hoger ligt dan die van de andere niveaus. Hierbij moeten we echter wel rekening houden met het feit dat de gemiddelden voor het middenniveau voor vloed IV op 2, vloed V op 12, eb II op 12 en eb III op 5 waarnemingen zijn gebaseerd.

Vloed-herborisaties.

Uit de grafieken zou men kunnen besluiten dat de oppervlakte-watertemperatuur een maximum bereikt rond moment IV om dan te dalen naar hoogwater toe. Voor de bodemtemperatuur is het verloop wisselvallig, wel zouden we kunnen zeggen dat het temperatuurverschil tussen bodem en oppervlakte het grootst is halfweg het opkomend water.

Eb-herborisaties.

Uit de M.T.-grafiek zou men kunnen afleiden dat er tijdens de eb eerst een daling gebeurt van de oppervlakte-temperatuur, gevolgd door een stijging tot moment IV, om dan weer af te nemen naar laagwater toe. Uit de eb-grafieken van 13.10.73 en 02.02.74 blijkt echter dat de oppervlakte-temperatuur zowel kan dalen als stijgen naar laagwater toe. Ook het verloop van de bodemtemperatuur is zeer wisselvallig, alhoewel ook hier de maximale waarde wordt aangetroffen op moment IV.

Uit het vorige blijkt dat de watertemperatuur daalt van oppervlakte naar bodem. Toch zijn hierop een aantal uitzonderingen waargenomen waarbij de bodemtemperatuur hoger lag dan de oppervlakte-temperatuur. In volgende tabel zijn voor deze gevallen het temperatuurverschil, datum, getij en moment van staalname aangegeven.

Bovendien was tijdens de vloedherborisatie op 09.06.73 op moment III de temperatuur van het middenniveau 1 °C hoger dan de oppervlakte- en 0,5 °C hoger dan de bodemtemperatuur en tijdens de vloed op 15.09.73 op moment II de temperatuur van het middenniveau 0,5 °C hoger dan de oppervlakte- en bodem-

temperatuur.

| TABEL XIII | Oostende 73-74 | |
|---|---|---|
| Bodemtemperatuur hoger dan oppervlaktetemperatuur | | |
| 0,5 °C | 1 °C | 1,5 °C |
| 31.03.73 Vl. IV | 31.03.73 Vl. I | |
| 28.04.73 Vl. IV | | 28.04.73 Vl. VI |
| 09.06.73 Eb III | 09.06.73 Eb II | |
| 23.06.73 Vl. VI | | |
| 07.07.73 Eb II | | |
| 24.11.73 Vl. V | | |
| 02.02.74 Eb IV | | |
| 02.03.74 Eb I | | |

4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. Kronologisch.

Werkwijze.

In een synoptische tabel zijn de totale kronologische gemiddelden aangegeven. Per jaar, afzonderlijk voor eb en vloed werden per vaargeul de drie maximale en de drie minimale gemiddelden aangeduid. Volgens degressiviteit werden hiervan waarden van + 3 (hoogste maximum) tot - 3 (laagste minimum) toegekend, die dan per maand werden gesommeerd. Deze sommen zijn dan in grafiek weergegeven.

Opmerking.

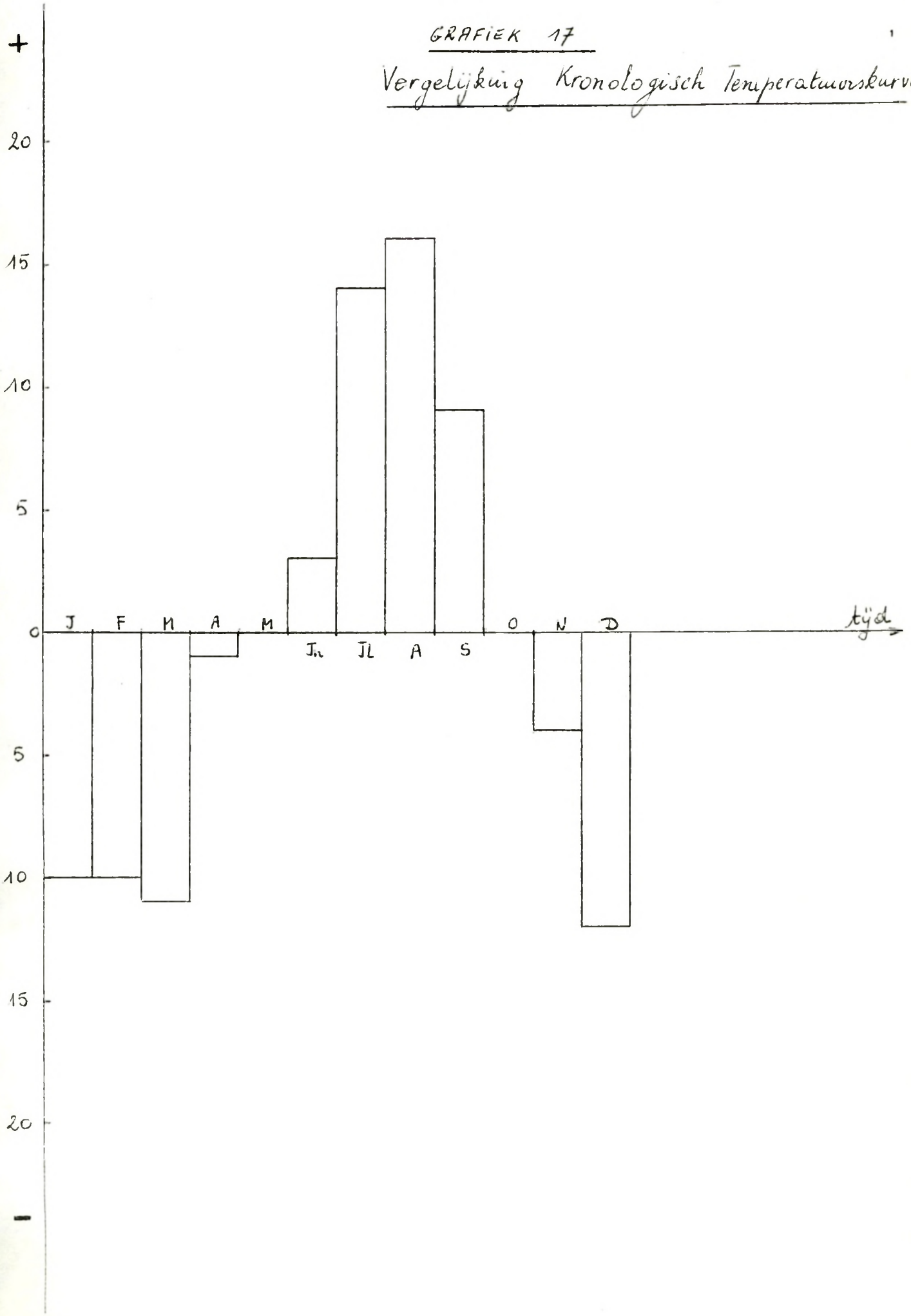
In de tabel zijn de meeste maanden dubbel aangegeven, het ging hier dan om herborisaties respektievelijk in de eerste en tweede helft van de maand. Waar er slechts één herborisatie per maand gebeurde is die maand slechts één maal vermeld.

Bespreking Temperatuur (Tabel 5).

De globale gemiddelde jaartemperatuur (F.I.) verschilt niet van jaar tot jaar. De hogere temperaturen in 1971 voor Oostende zijn te wijten aan het

GRAFIEK 17

Vergelijking Kronologisch Temperatuurskurven



feit dat hier alleen oppervlakte-temperatuur werd gemeten tijdens negen herborisaties van januari tot september, terwijl voor de overige jaren en estuaria op verschillende niveaus gedurende een volledig jaar temperatuurmetingen werden verricht.

Uit grafiek 17 blijkt dat tijdens de verschillende herborisatiejaren het temperatuursverloop in het water de normale kurve volgt, nl. hoge waarden in de zomermaanden, lage temperatuur in de wintermaanden.

B. Tidaal.

Werkwijze.

In een synoptische tabel worden de globale tidale gemiddelden aangegeven. Ook hier worden per jaar, afzonderlijk voor eb en vloed, per vaargeul de maximale en minimale gemiddelden aangeduid. Na toekenning van waarden van + 3 tot - 3 worden de sommen gemaakt per moment. Deze sommen worden dan uitgezet in grafiek (1).

Bespreking temperatuur (Tabel 6).

Uit grafiek 18 zou men kunnen afleiden dat de temperatuur lager is in het begin van het opkomend water en daarna neiging heeft tot stijgen naar hoogwater toe, terwijl tijdens eb de temperatuur eerst zou dalen om daarna te stijgen en vervolgens te dalen naar laagwater toe.

5. Besluit.

1° Kronologisch.

Zuiver water heeft een soortelijke warmte van 1. Dat betekent dat er een warmtehoeveelheid van 1 gram calorie nodig is om de temperatuur van 1 gram water te doen stijgen van 14,5 °C tot 15,5 °C. Naarmate er meer stoffen in oplossing zijn daalt de soortelijke warmte; voor zeewater van 17 °C met een saliniteit van 35 ‰ bedraagt ze 0,932 (2). Dit alles betekent dat het water langzaam opwarmt en ook traag weer warmte afgeeft, hetgeen moet resulteren in :

a. een verlating van de seizoenen in watermilieu. Dit stellen we zeker

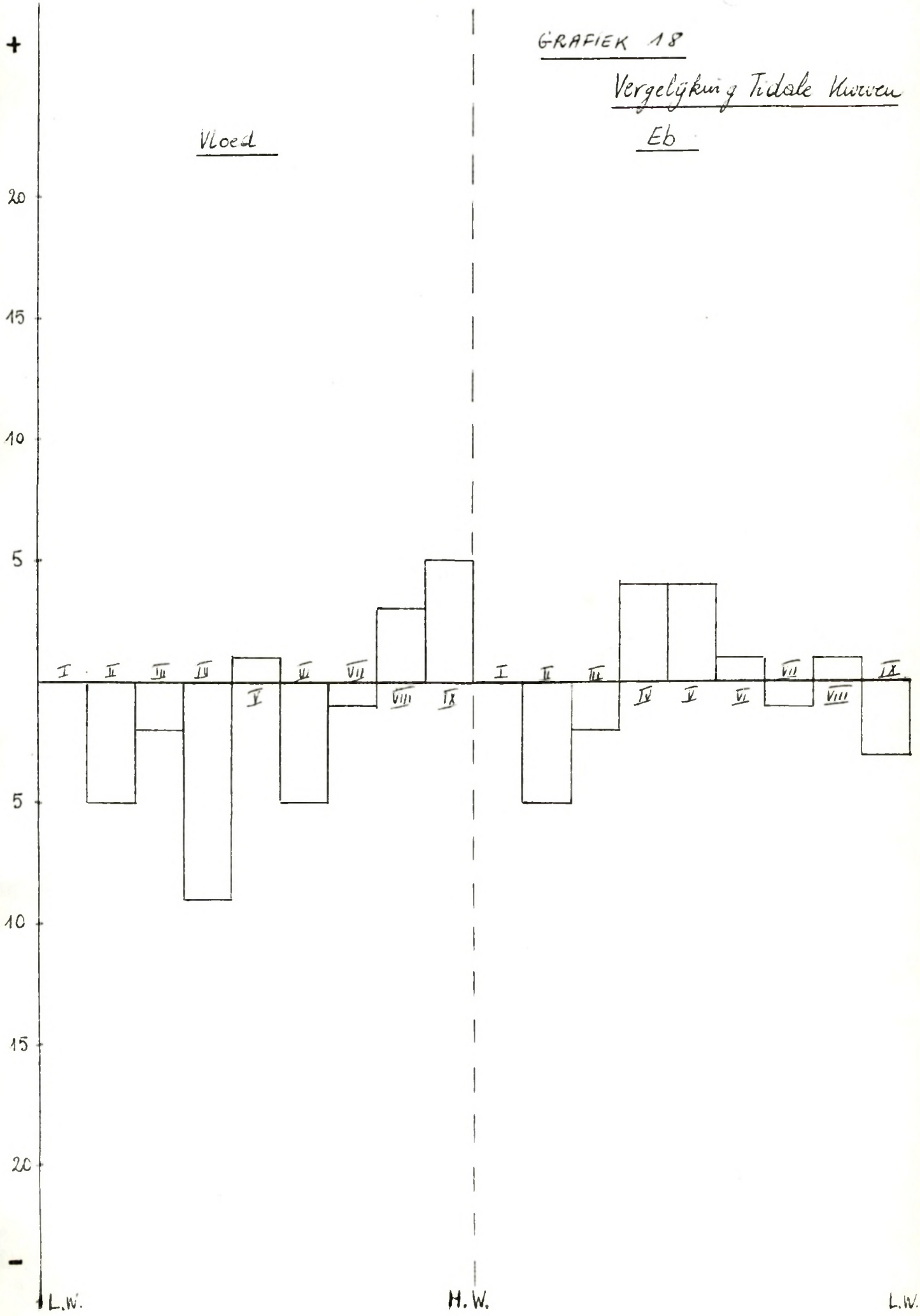
---

(1) De konklusies voor eb zijn minder duidelijk omdat er slechts twee herborisatiejaren in beschouwing zijn genomen tegen vijf voor de vloedherborisaties.

(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 ( p. 85)

GRAFIEK 18

Vergelijking Tidale Kurven



vast in 1971 bij vergelijking van de experimentele lucht- en watertemperaturen. Voor 1973-74 is dat niet duidelijk. Voor beide jaren is het verloop van de gemiddelde watertemperatuur identiek aan het verloop van de gemiddelde maandtemperaturen (K.M.I.). Dus moeten we besluiten dat er een zekere opschuiving van seizoenen kan voorkomen, maar dat ze niet uitgesproken is wegens de geringe diepte van de vaargeul.

b. Een mildering van de temperatuurvariaties in het water. Voor de experimentele waarden van 1971 schijnt dit op te gaan, voor 1973-74 niet. Wel zijn de temperatuurveranderingen in watermilieu geleidelijker dan in de lucht waar de temperatuur afhankelijk is van lokale omstandigheden zoals wind en bewolking. De verschillen tussen jaarmaximum en -minimum (M.C.T.) zijn door de beperktheid van de watermassa toch zeer groot : 14,1 °C voor 1971 en 14,9 °C voor 1973-74. Ter vergelijking voor de Ijslandroute 1970-71 bedroeg het verschil tussen gemiddelde maximum en minimum slechts 6,8 °C (1).

2° Vertikaal.

De grootste temperatuurverschillen tussen oppervlakte en bodemtemperatuur komen voor tijdens de vloed in februari 74, maart 74, april 73, tijdens de eb van mei 73 en bij hoogwater in oktober 73. Voor het overige is het verschil kleiner dan 1 °C.

Algemeen kunnen we dus zeggen dat de watertemperatuur daalt met de diepte, alhoewel tijdens een groot aantal waarnemingen de temperatuur praktisch homogeen was vooral in de zomer en het najaar.

Het is vooral door de geringe diepte van de vaargeul en door de drukke scheepvaart dat er een homogenisering van de waterlagen plaatsvindt. Zonder deze omwoeling zouden in de zomer een duidelijke stratifikatie aantreffen waarbij de lichtere warme oppervlaktelaag zou drijven op een koudere onderlaag. In de winter zal de zwaardere koude bovenlaag dalen hetgeen ook zeer homogeniserend werkt.

3° Tidaal.

Het is moeilijk om hierin een bepaalde lijn terug te vinden omdat hier zeer vele faktoren meespelen zoals het getijdenvolume, de invloed van de zoet-

---

(1) LOUIS, A., PETES, J., RAMBOER, T., VANDERVEKEN, L. La végétation phytoplanctonique de l'Océan Atlantique N-E et de la Mer du Nord. 1974. (p. 18 en 19)

watertoevloei en de klimatologische omstandigheden zowel boven land, estuarium als zee.

§ 2. Neerslag.

De hieronder aangegeven neerslagwaarden betreffen de maandelijkse hoeveelheden uitgedrukt in millimeter, zoals opgemeten door het K.M.I. Wij geven de waarden voor Oostende alsook het aantal dagen met neerslag.

| TABEL XIV | | Neerslaggegevens K.M.I. | |
|---|---|---|---|
| | | Oostende | |
| | | Neerslag in mm | Aantal dagen met neerslag |
| 1970 | XII | 40,4 | 11 |
| 1971 | I | 41,9 | 16 |
| | II | 27,1 | 8 |
| | III | 21,1 | 9 |
| | IV | 24,3 | 3 |
| | V | 45,1 | 12 |
| | VI | 69,3 | 11 |
| | VII | 2,6 | 2 |
| | VIII | 32,4 | 11 |
| | IX | 21,7 | 5 |
| 1973 | III | 8,0 | 3 |
| | IV | 49,5 | 14 |
| | V | 58,6 | 17 |
| | VI | 15,8 | 4 |
| | VII | 57,4 | 8 |
| | VIII | 3,7 | 3 |
| | IX | 79,7 | 11 |
| | X | 44,8 | 9 |
| | XI | 17,2 | 6 |
| | XII | 32,7 | 10 |
| 1974 | I | 39,1 | 16 |
| | II | 48,1 | 10 |
| | III | 47,1 | 8 |

In grafiek 19 werden de maandelijkse gemiddelde neerslagwaarden en de kronologische gemiddelde waarden van de konduktiviteit van de oppervlaktewaterlaag bij eb uitgezet.

Op enkele uitzonderingen na kan worden opgemerkt dat de konduktiviteit stijgt als de neerslaghoeveelheid vermindert en omgekeerd. Er moet worden opgemerkt dat enkel de gemiddelde neerslagwaarden te Oostende zelf in aanmerking worden genomen en dat de invloed van de neerslag in het verzamelgebied (zie hoger) niet is kunnen nagegaan worden.

Verder moet er ook rekening gehouden worden met het feit dat het hier gaat over maandelijkse neerslaggemiddelden en dat die neerslag niet gelijkmatig verdeeld was over de maand. Zo kan voor de uitzonderingen mei 71, mei 73 en juli 73 vermeld worden dat de herborisaties in relatief droge perioden gebeurden, maar anderzijds moet er ook worden op gewezen dat het getijde toen minimaal was zodat bij laagwater de waterstand relatief hoog bleef (+ 10 dm boven nulpunt) hetgeen ook de hogere konduktiviteit kan verklaren.

Voor september 71 en oktober 73 schijnt vooral het maximale getijde, waarbij het water bij eb aftrok tot + 3 à + 4 dus boven het nulpunt, verantwoordelijk te zijn voor de lage konduktiviteit,daar ook toen werd geherboriseerd tijdens droge perioden.

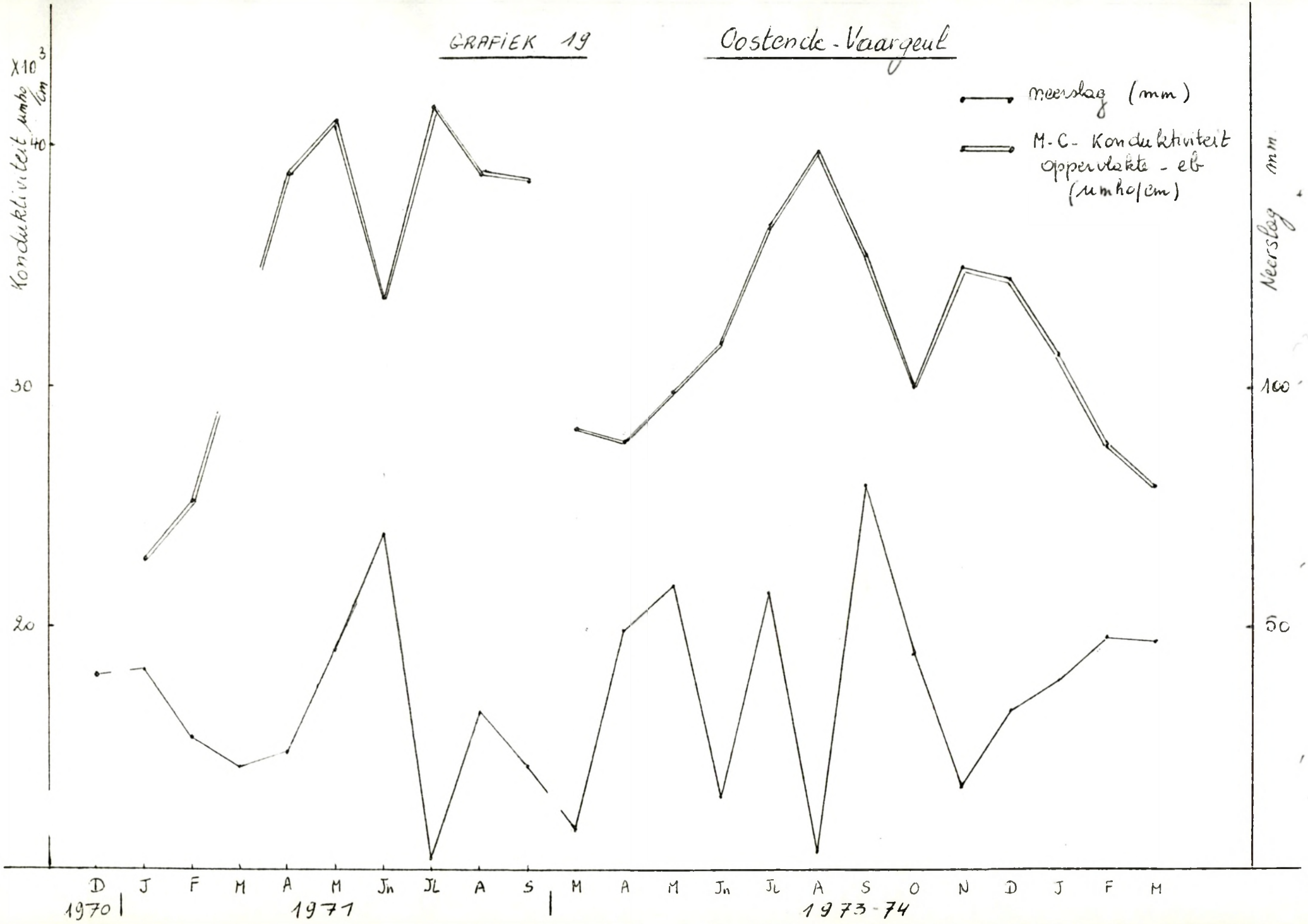
§ 3. Wind (gegevens gebaseerd op het K.M.I.).

In tabel 7 zijn per herborisatiedatum de maximale, minimale en gemiddelde windsnelheid in km/u en Beaufort aangegeven.

Hieruit blijkt dat op de 36 herborisaties er slechts 13 bij een gemiddelde windsnelheid van 4 Beaufort of hoger gebeurden. Gedurende slechts 6 herborisaties was de wind krachtig tot hard (5 tot 7 Beaufort). De windsnelheid heeft golfvorming tot gevolg (zie hoger).

In grafieken 20a tot c zijn eveneens per datum de windrichtingen aangegeven. De lengte van elke vektor is rechtevenredig met het aantal keren op 12 waarnemingen per dag dat de wind uit een bepaalde richting kwam.

Het is duidelijk dat de wind op éénzelfde dag uit zeer verschillende richtingen kan waaien. Op 14 herborisaties, waarvan 7 met een windkracht sterker dan 4 Beaufort, kwam de wind uit zuid-westelijke richtingen. Op

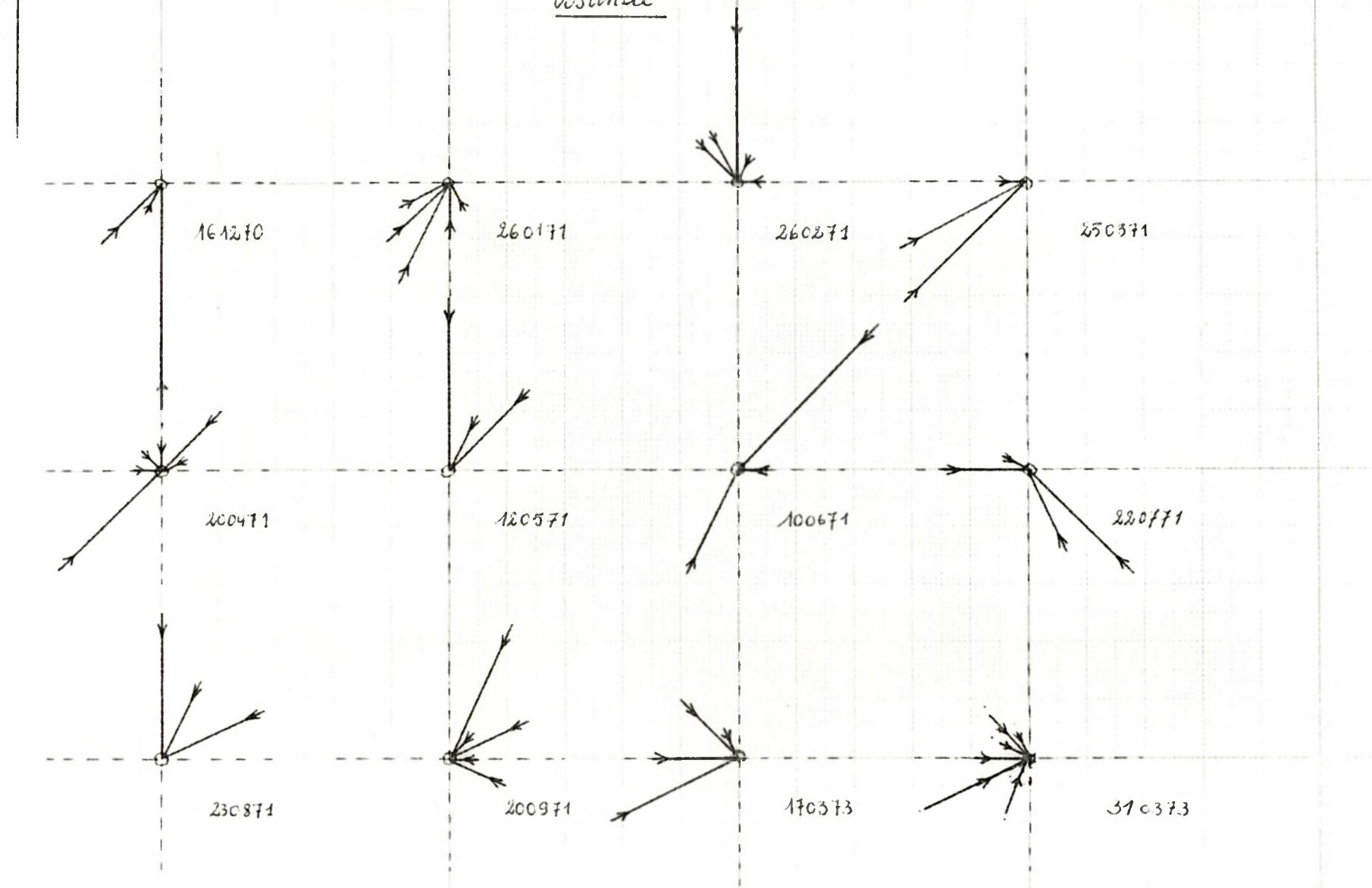

GRAFIEK 19
Oostende - Vaargeul
neerslag (mm)
M-C- Konduktiviteit oppervlakte - eb (umho/cm)
Konduktiviteit umho/cm X10³
40
30
20
Neerslag mm
100
50
D J F M A M Jn JL A S M A M Jn JL A S O N D J F M
1970
1971
1973-74

GRAFIEK 20 a

Windrichting.

Oostende

( volgens gegevens K.M.I. )

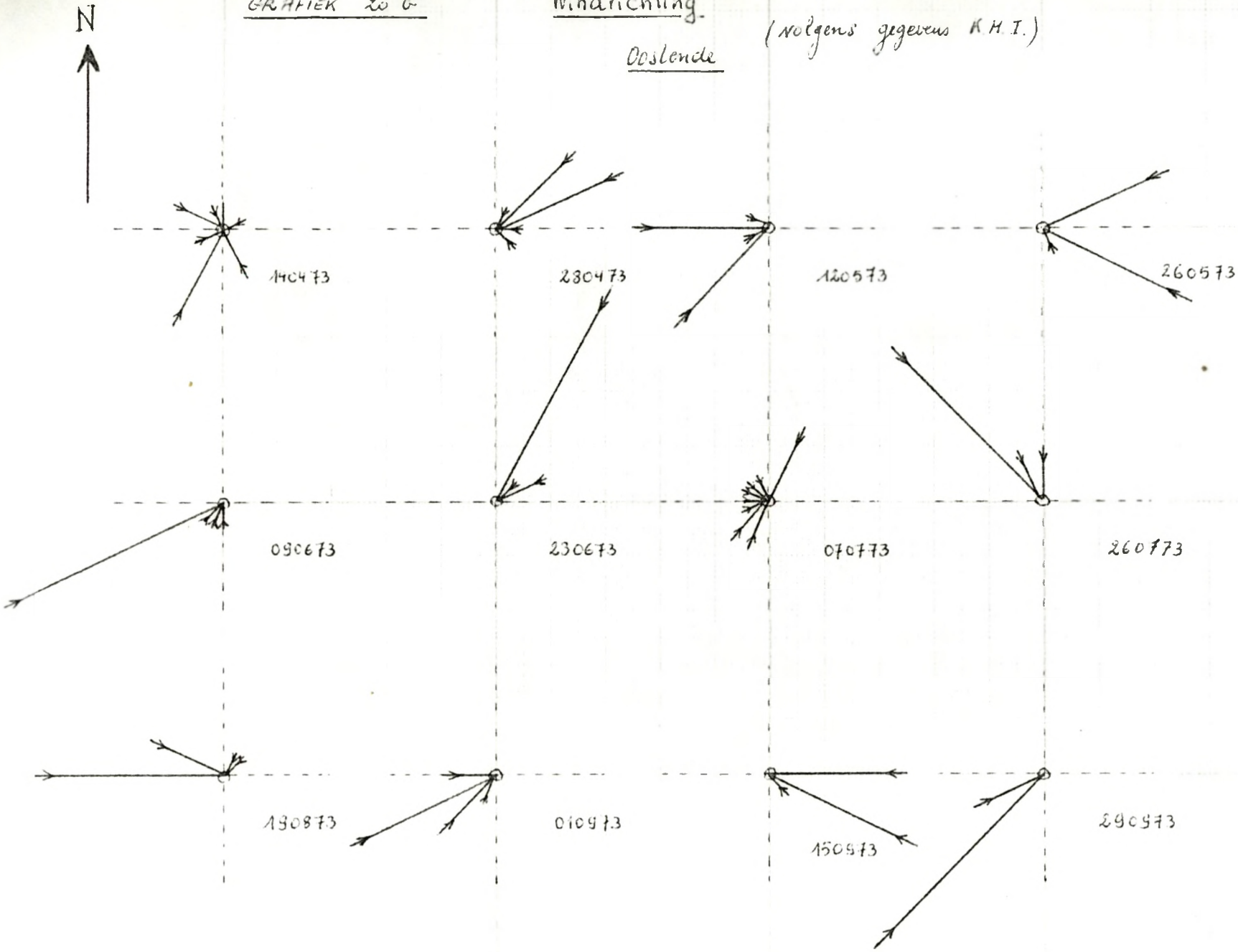


GRAFIEK 20 b

Windrichting.

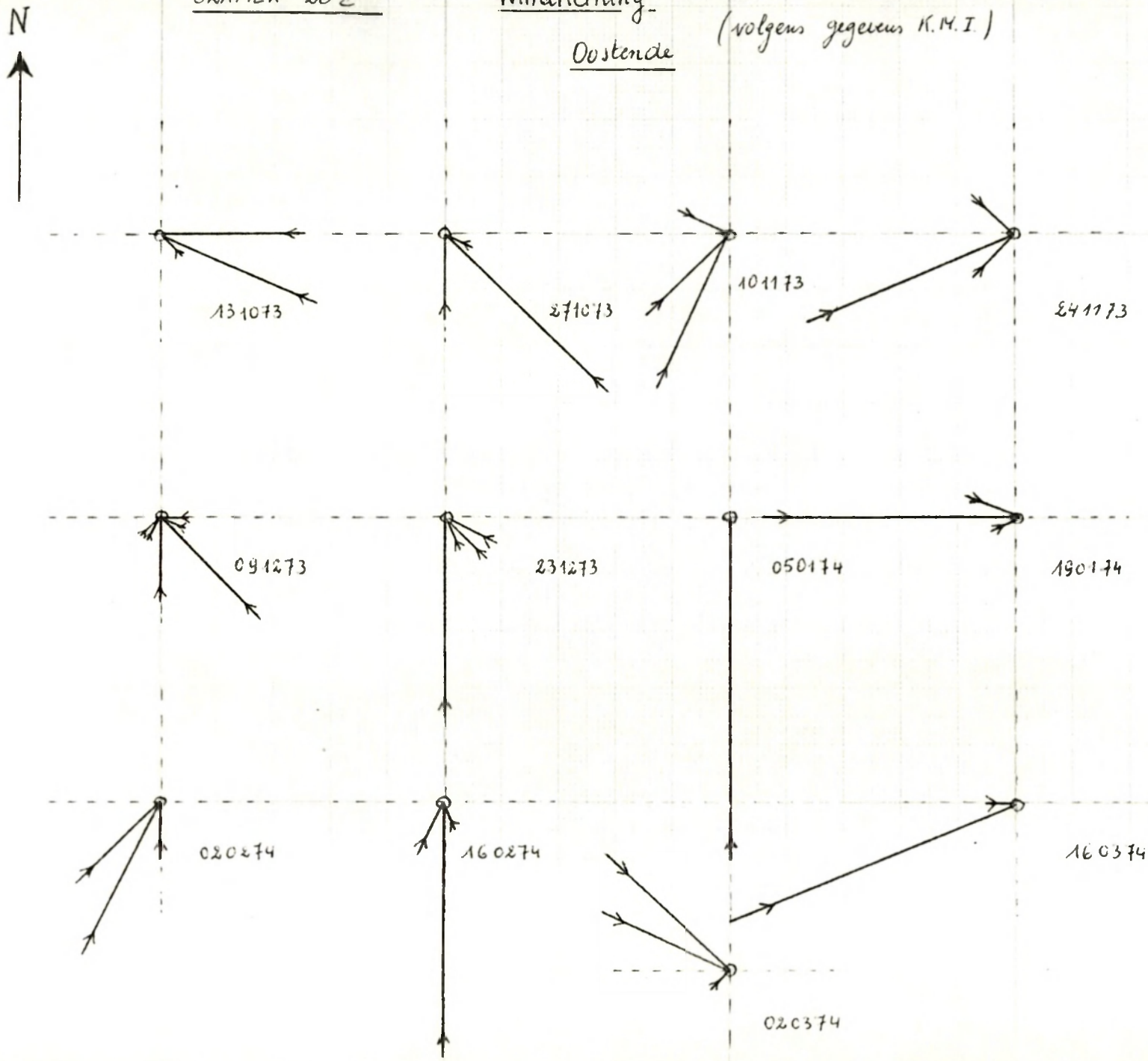
Oostende

(volgens gegevens K.H.I.)



GRAFIEK 20c

Windrichting - Oostende (volgens gegevens K.M.I.)



4 herborisaties, nl. in december 70, december 73, januari 74 en februari 74 kwam de wind hoofdzakelijk uit het zuiden. Noordelijke windrichtingen overheersten tijdens tien herborisaties, zuid-oostelijke tijdens zes en westenwind tijdens twee herborisaties.

De windrichting kan samen met o.a. de luchtdruk afwijkingen veroorzaken van de voorspelde getijden.

## Hoofdstuk II. Turbiditeit, transparantie en lichtklimaat.

### § 1. Turbiditeit.

#### 1. Bepalingsmethode.

De turbiditeit werd gemeten met een "Snellen" buis.

#### 2. Betekenis van turbiditeit.

Turbiditeit is een toestand van het water te wijten aan aanwezigheid van o.a. :

- oplosbare stoffen : zouten, proteïnen, vetten, koolhydraten en hun afbraakprodukten;
- organische deeltjes (Seston)
  - fytoplankton, zoöplankton.
  - niet levende deeltjes (Tripton) : dode organismen, detritus, kolloidale substanties.

De aard van het materiaal in suspensie bepaalt de waterkleur, de koncentratie van het materiaal de turbiditeit (1).

In de kustwaters, vooral in estuaria zal de turbiditeit vooral bepaald zijn door de rivieraanvoer- die verschilt volgens de seizoenen - en een minieme fraktie materiaal uit zee.

Zo zal de turbiditeit in een estuarium afnemen naar zee toe en de transparantie verhoudingsgewijs toenemen door een verlaging van de snelheid en draagkracht van de rivierafvoer en het elektrolytisch effekt van zeewater,

---

(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 (p. 108)

waardoor coagulatie zal optreden van negatief geladen colloidale deeltjes met positieve ionen van bepaalde metalen uit zeewater (1).

Jerlov (1951) stelde vast dat het verschil in lichtdoorlaatbaarheid van kustwaters en oceaanwaters voor een deel te wijten is aan het voorkomen in de littorale waters van een oplosbaar geel pigment, geelstof. Deze geelstof, waarschijnlijk afkomstig van koolhydratenmateriaal van planten, wordt vooral door de rivieren in zee gebracht (2).

Volgens de wet van Stokes is de sedimentatiesnelheid van bolvormige partikels in een fluidum afhankelijk van de zwaartekracht, de straal van het deeltje en de viscositeit van het fluidum. Vermits de viscositeit verandert in funktie van de temperatuur zou er ook een verband bestaan tussen turbiditeit en watertemperatuur.

Niet alle deeltjes die de turbiditeit veroorzaken gaan naar de bodem zinken. Zo zullen de partikels met een kleiner soortelijk gewicht dan zeewater blijven zweven terwijl ook vele planktonorganismen hun soortelijk gewicht kunnen veranderen of andere mechanismen kunnen gebruiken om hun positie te handhaven (3).

Bovendien is in estuaria de turbiditeit in zeer grote mate bepaald door stromingen, getijden, golfwerkingen en scheepvaart, die voortdurend zorgen voor een algemene turbulente beweging.

3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens zijn weergegeven in tabellen 8, 9 en 10.

A. Kronologische variatie.

In grafiek 21 is de variatie van de totale kronologische gemiddelden (M.C.T.) voor vloed en eb, respektievelijk voor 1971 en 1973-74 aangeduid.

---

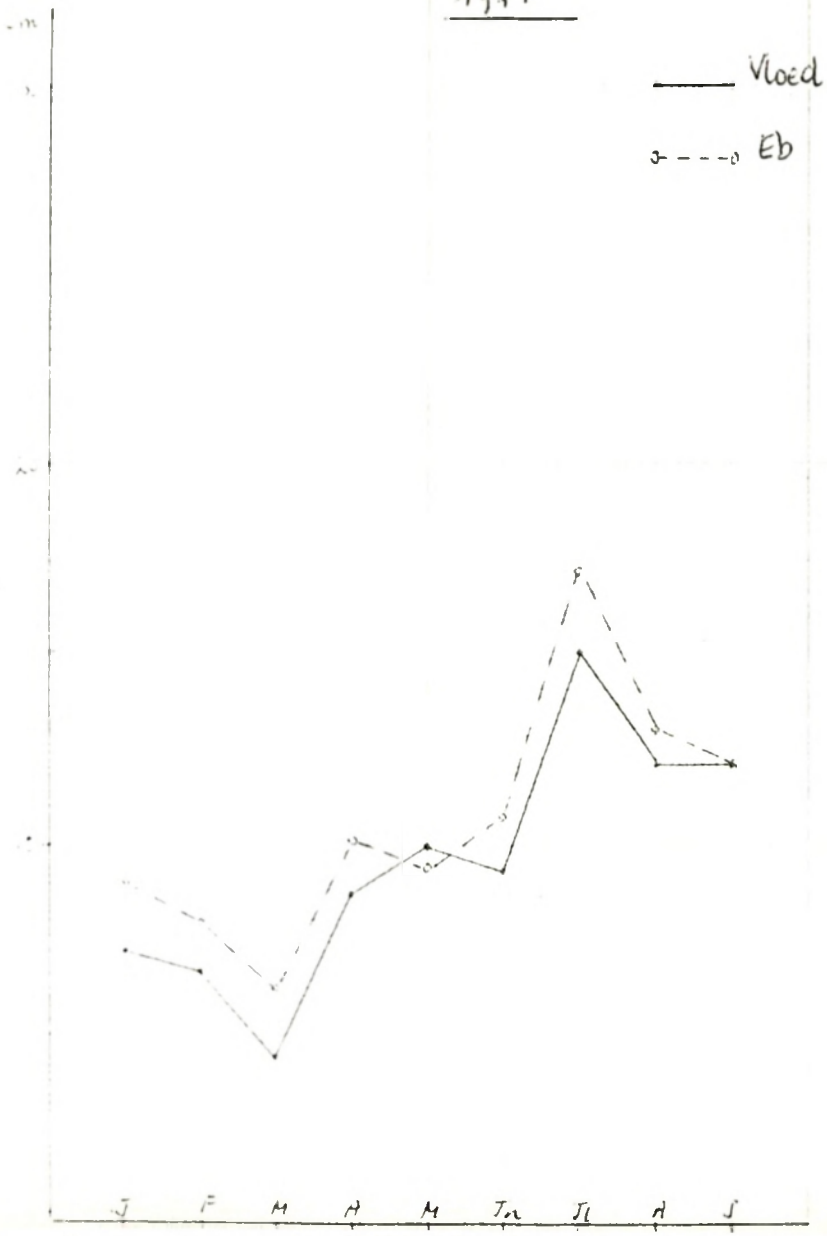
(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 (p. 108)

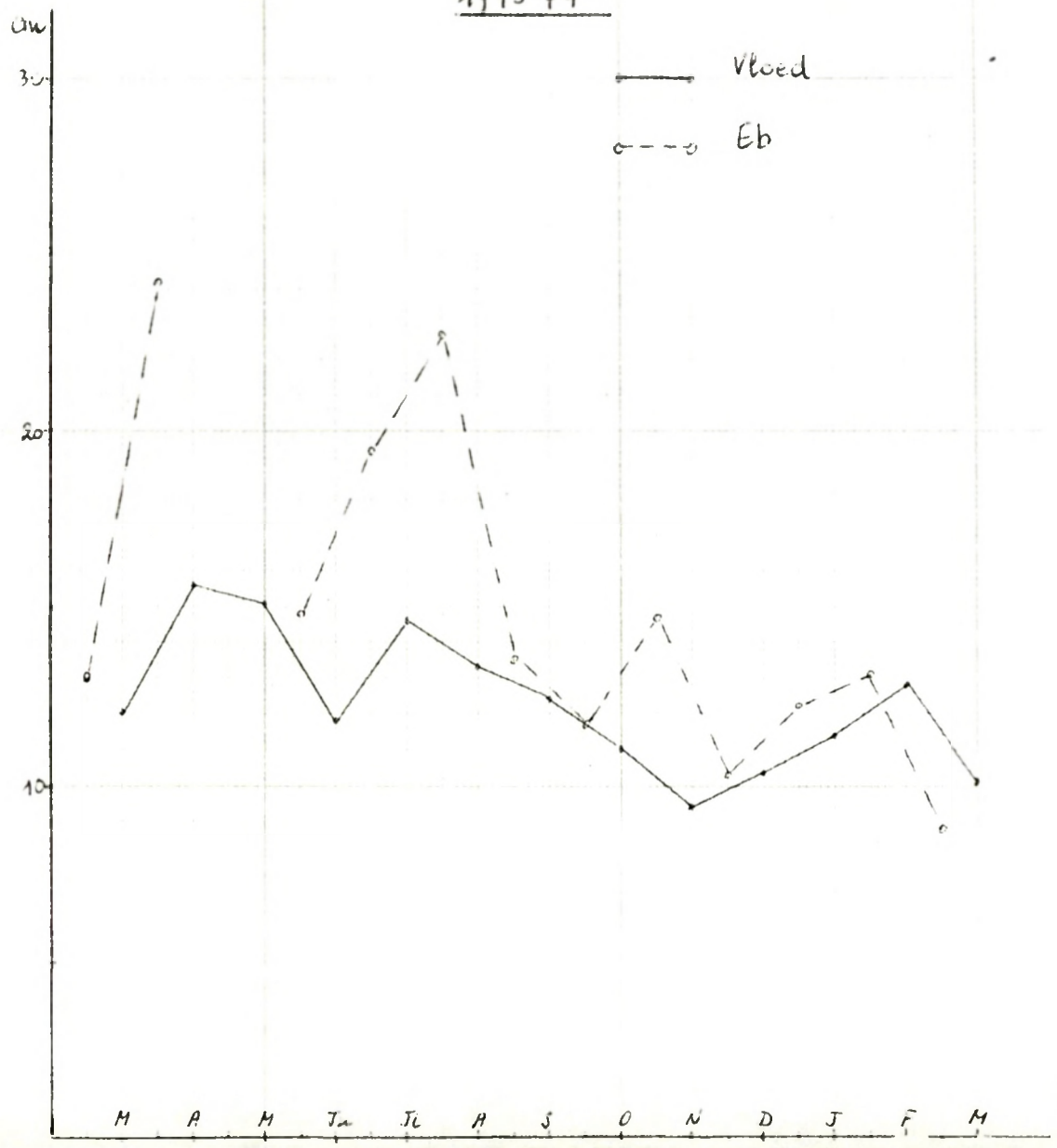
(2) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. Pergamon Press Oxford, London, Edinburgh, New-York, Toronto, Sydney, Paris, Braunschweig. 1967, 660 pp. (p. 204)

(3) BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. I. Le phytoplancton. Massar et Cie, Editeurs. Paris-VI°. 1974, 196 pp. 1974 (p. 103)

GRAFIEK 21 Oostende - Vaargeul Kronologische Variatie

(M.C.T.) Transparantie (cm)



Hieruit blijkt dat :

1° Voor beide jaren de gemiddelde transparantie hoger en dus de turbiditeit lager was tijdens de eb-herborisaties. De F.I.-waarden respektievelijk voor vloed en eb, waren voor 1971 : 9,7 cm en 10,4 cm; voor 1973-74 : 12,3 cm en 15,3 cm.

| TABEL XV Oostende-vaargeul Transparantie (cm) M.C.T.-waarden | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Minima | | Maxima | |
| | 1971 | 1973-74 | 1971 | 1973-74 |
| Vloed | 4,4 (maart 71) | 9,4 (november 73) | 15,0 (juli 71) | 15,6 (april 73) |
| Eb | 6,2 (maart 71) | 8,8 (maart 74) | 17,1 (juli 71) | 24,2 (april 73) |

In voorgaande tabel zijn de maximale en minimale totale kronologische gemiddelden aangegeven.

Uit deze tabel en uit grafiek 21 blijkt dat het kronologisch verloop tijdens de eb-herborisaties in 1973-74 niet zo gelijklopend is met de kronologische evolutie tijdens de vloed-herborisaties, maar er moet hier worden bedacht dat eb- en vloed-herborisaties in 1973-74 niet op dezelfde dagen gebeurden.

2° Het algemeen verloop van de kurven zowel voor vloed als eb in 1971 en 1973-74, tamelijk gelijkend is. Zo worden hoge transparantiewaarden bereikt in april-mei en juli-augustus. Bij vergelijking van grafiek 21 met grafiek 19 met de gemiddelde neerslagwaarden, blijkt dat alleen de maximale transparantie in juli 1971 overeenkomt met een minimum in de neerslag en dus een minimum in landdrainering.

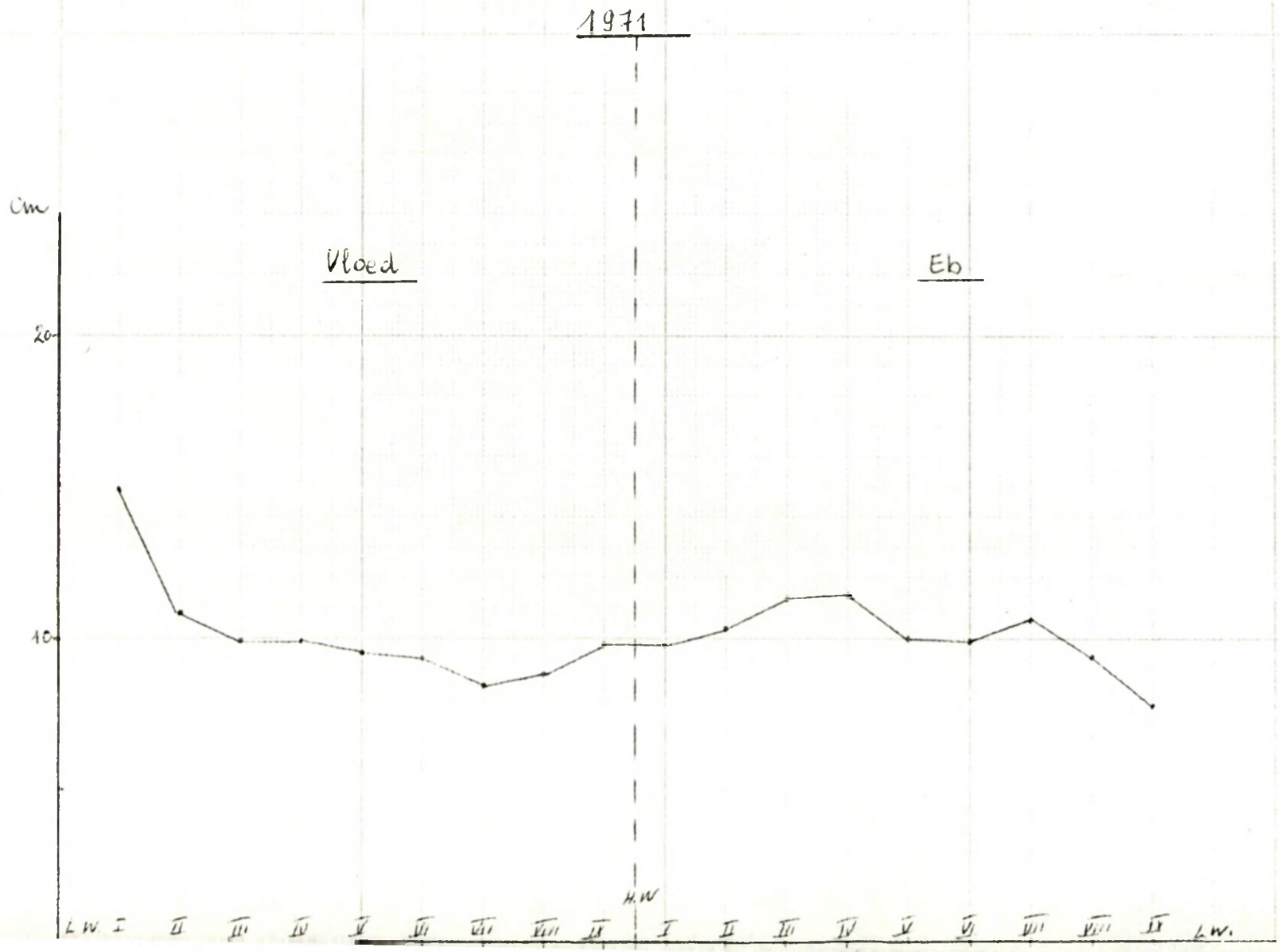
Uit de hogervermelde tabel met maximale en minimale totale kronologische gemiddelden blijkt dat tijdens de vloedherborisaties vooral de minimale waarden van transparantie lager lagen in 1971, terwijl het voor de eb-herborisaties vooral de maximale waarden waren die lager lagen in 1971.

B. Tidale variatie.

In grafieken 22 en 23 is de tidale variatie gebaseerd op de globale tidale gemiddelden (M.T.G.) respektievelijk voor 1971 en 1973-74 aangegeven. Het is zeer moeilijk hier een bepaalde tendentie aan te geven vooral omdat de M.T.G.-

GRAFIEK 22 — Oostende - Vaargeut — Tidale Variatie

(M.T.G.) Transparantie (cm)



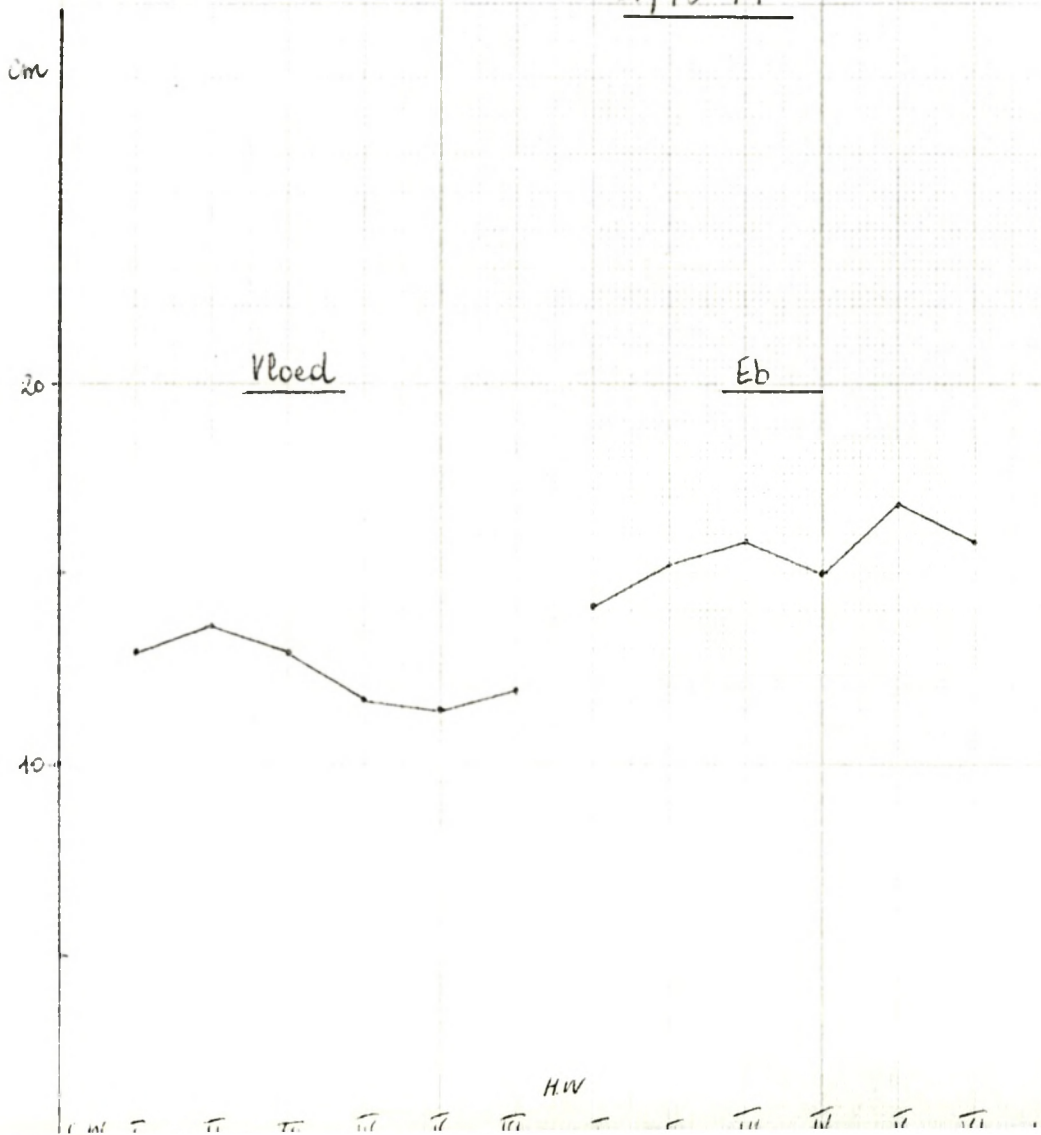
GRAFIEK 23

Oostende - Vaargeul

Tidale Variatie

(M. T. G.) Transparantie (cm)

1973-74



waarden op zeer verschillend aantal waarnemingen berusten. Toch kan het volgende worden afgeleid :

Waarschijnlijk zal in het begin van de vloed, wanneer het zeewater langzaam binnenvloeit, de transparantie stijgen om dan tijdens het snelle binnenstromen te dalen vanwege de grote turbulentie. Op het einde van de vloed zou de stroomsnelheid afnemen, de partikels beginnen sedimenteren hetgeen zou resulteren in een stijging van transparantie. Deze stijging zou zich doorzetten in het begin van de eb om dan om te buigen in een daling op het moment van de grootste stromingssnelheid zeewaarts. Bij afzwakking van deze stromingssnelheid zou de transparantie opnieuw vermeerderen om tegen laagwater wegens de geringe diepte terug af te nemen. Vanzelfsprekend zal hier ook de brassage door de scheepvaart een invloed hebben op het tidale verloop van de transparantie.

| TABEL XVI Oostende-vaargeul Transparantie (cm) M.T.G.-waarden | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1971 | | 1973-74 | |
| | Maximum | minimum | Maximum | minimum |
| Vloed | 14,9 (I) | 8,4 (VII) | 13,6 (II) | 11,4 (V) |
| Eb | 11,4 (IV) | 7,8 (IX) | 16,8 (V) | 14,1 (I) |

In voorgaande tabel zijn de maximale en minimale globale tidale gemiddelden van de transparantie in cm, samen met het moment waarop ze voorkwamen, aangegeven.

| TABEL XVII Oostende-vaargeul Aantal maxima en minima der transparantie per moment | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Vloed 71 | Max. | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 2 |
| | min. | | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | |
| Eb 71 | Max. | | | 2 | 4 | 1 | | 2 | | |
| | min. | 1 | 1 | | | 1 | 2 | | 3 | 1 |
| Vloed 73-74 | Max. | | 1 | 6 | 4 | 1 | 1 | 2 | | |
| | min. | | 2 | | 3 | 6 | 3 | 2 | | |
| Eb 73-74 | Max. | | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | | |
| | min. | | 6 | 3 | | 3 | 1 | 2 | | |

Per herborisatiedatum werd nagegaan tijdens welke momenten van staalnamen de maximale en minimale waarden van de transparantie (gebaseerd op de vertikale gemiddelden) voorkwamen. Vervolgens werd het aantal maxima en minima gesommeerd. Dit resultaat is weergegeven in tabel XVII. Hieruit blijkt duidelijk dat de transparantie in de vaargeul zeer wisselvallig is en meestal beïnvloed door toevallige verschijnselen.

C. Stratifikatie.

a. Kronologisch (grafieken 24 en 25).

Opmerkingen :

De gemiddelden voor de tussenniveaus zijn gebaseerd op minder waarnemingen dan de M.C.-waarden van oppervlakte en bodem. Daarom vertonen zij ook meermaals een afwijkend verloop.

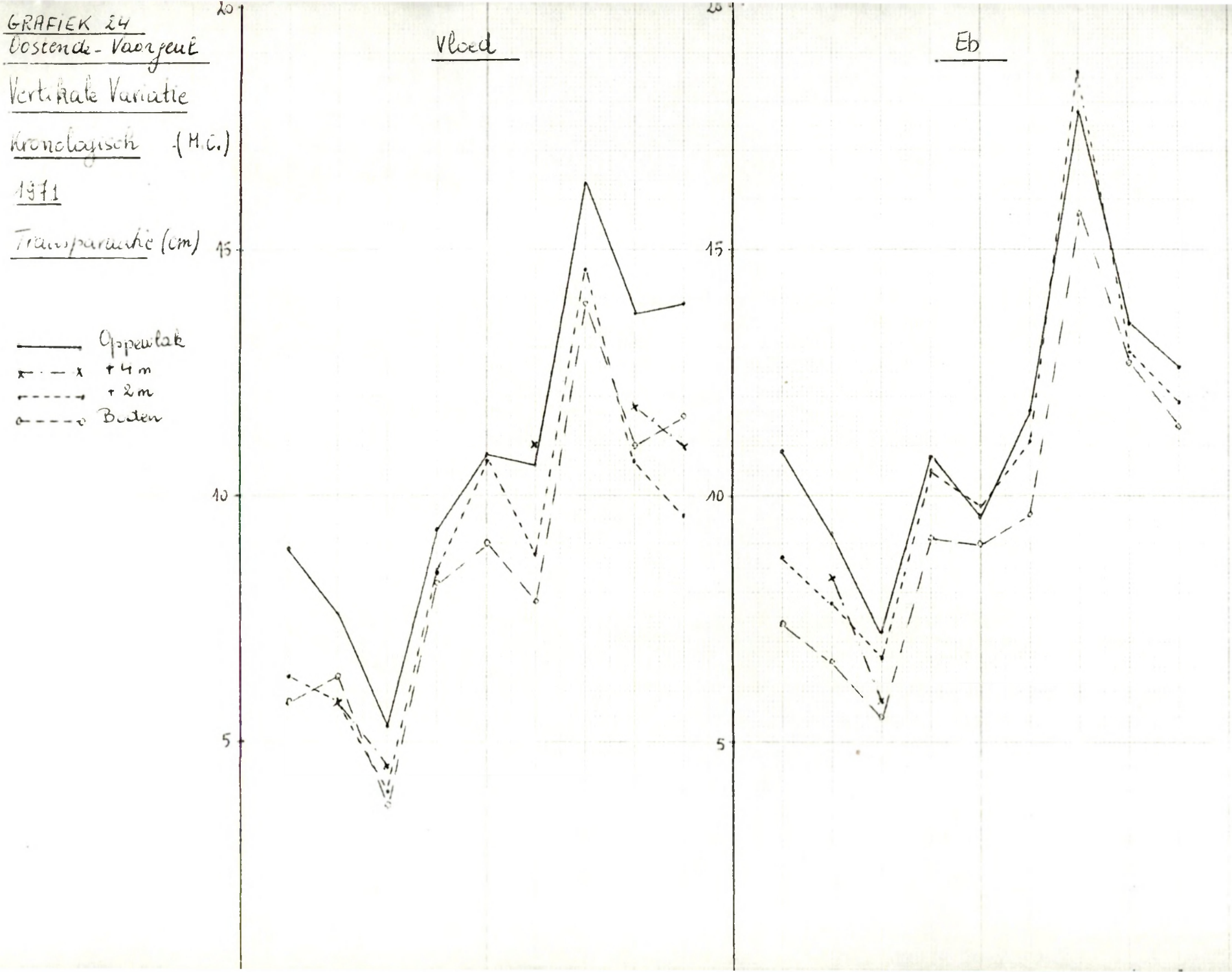
Op twee uitzonderingen na, nl. de eb-herborisaties van april 73 en augustus 73 is de transparantie van de oppervlaktewaters groter dan die van de bodemwaters. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de grotere turbulentie bij de bodem.

In tabel XVIII is het verschil tussen maximale en minimale M.C.-waarden van oppervlakte en bodem aangegeven.

TABEL XVIII Oostende-vaargeul Transparantie (cm) M.C.-waarden

| | | | Maximum | minimum | ≠ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1971 | Vloed | Oppervlakte | 16,3 (22.07.71) | 5,3 (25.03.71) | 11,0 |
| | | Bodem | 13,9 (22.07.71) | 3,7 (25.03.71) | 10,2 |
| | Eb | Oppervlakte | 17,8 (22.07.71) | 7,2 (25.03.71) | 10,6 |
| | | Bodem | 15,7 (22.07.71) | 5,5 (25.03.71) | 10,2 |
| 1973-74 | Vloed | Oppervlakte | 17,7 (28.04.73) | 10,8 (24.11.73) | 6,9 |
| | | Bodem | 14,5 (26.05.73) | 8,0 (19.01.74) | 6,5 |
| | Eb | Oppervlakte | 23,3 (14.04.73) | 9,2 (02.03.74) | 14,1 |
| | | Bodem | 24,5 (14.04.73) | 8,0 (02.03.74) | 16,5 |

GRAFIEK 24
Oostende - Vaargeul
Verticale Variatie
Kronologisch (M.C.)
1971
Transparantie (cm)



GRAFIEK 25 Oostende - Vaargeul

Vertikale Variatie - Kronologisch

(M.C.) Transparantie (cm)

1973-74

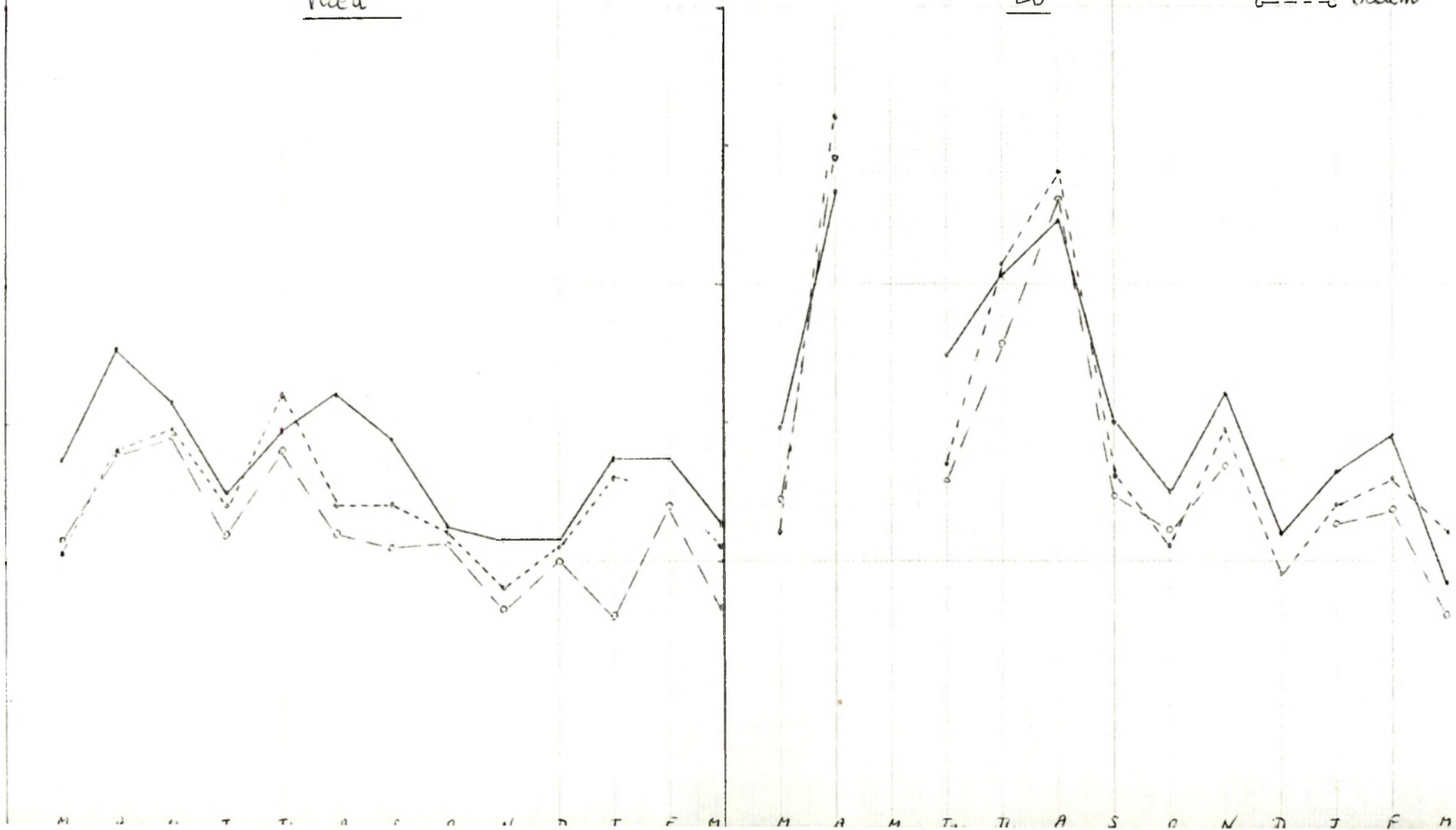
Oppervlak

Midden

Bodem

Vloed

Eb



Hieruit blijkt dat er niet veel verschil is in de schommelingen in transparantie die zich gedurende een jaar aan oppervlakte en bodem voordoen. Wel merkwaardig is dat de verschillen tijdens de vloed 73-74 eerder gering zijn, terwijl ze tijdens de eb groot zijn, vooral door de hoge maximale M.C.-waarden.

Voor de M.C.-waarden van 1971 bedroeg het grootste verschil tussen oppervlakte- en bodemtransparantie tijdens vloed 3,1 cm op 26.01.71, het kleinste verschil 1,1 cm op 20.04.71. Voor de eb-herborisaties bedroegen die waarden respektievelijk 3,5 cm op 26.01.71 en 0,6 cm op 12.05.71.

Voor de M.C.-waarden van 1973-74 bedroeg tijdens de vloed-herborisaties het grootste verschil 5,7 cm op 19.01.74, het kleinste 0,7 cm op 27.10.73. Voor de eb-herborisaties was dit respektievelijk 4,5 cm op 09.06.73 en 1,2 cm op 02.03.74.

b. Tidaal.(grafieken 26 en 27).

Ook hier blijkt duidelijk dat de transparantie van de oppervlaktewaters groter is dan die van de bodemwaters.

| TABEL XIX Oostende-vaargeul | | | | Transparantie (cm) M.T.-waarden | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1971 | | | 1973-74 | | |
| | | Max. | min. | ≠ | Max. | min. | ≠ |
| Vloed | Opp. | 15,5 (I) | 10,1 (VII) | 5,4 | 14,2 (II) | 13,1 (I) | 1,1 |
| | Bod. | 14,3 (I) | 6,9 (VII) | 7,4 | 13,0 (II) | 9,5 (V) | 3,5 |
| Eb | Opp. | 12,6 (III) | 8,3 (IX) | 4,3 | 17,1 (V) | 15,2 (I) | 1,9 |
| | Bod. | 10,5 (III) | 7,3 (IX) | 3,2 | 16,5 (V) | 12,7 (I) | 3,8 |

Met uitzondering van de eb 1971 is de variatie aan de bodem telkens groter dan aan de oppervlakte.

Tijdens de vloed-herborisaties is duidelijk het binnenstromen van het zeewater aan de bodem te volgen door de duidelijke daling van de transparantie, gevolg van de grote turbulentie. Tijdens de eb-herborisaties is het verloop zeer wisselvallig.

Het is algemeen zo dat de grootste verschillen tussen oppervlakte- en bodemtransparantie aangetroffen worden in de periode voor en na hoogwater.

GRAFIEK 26

Oostende Vaargeul

Vertikale Variatie . Tidaal

(M.T.) Transparantie (cm)

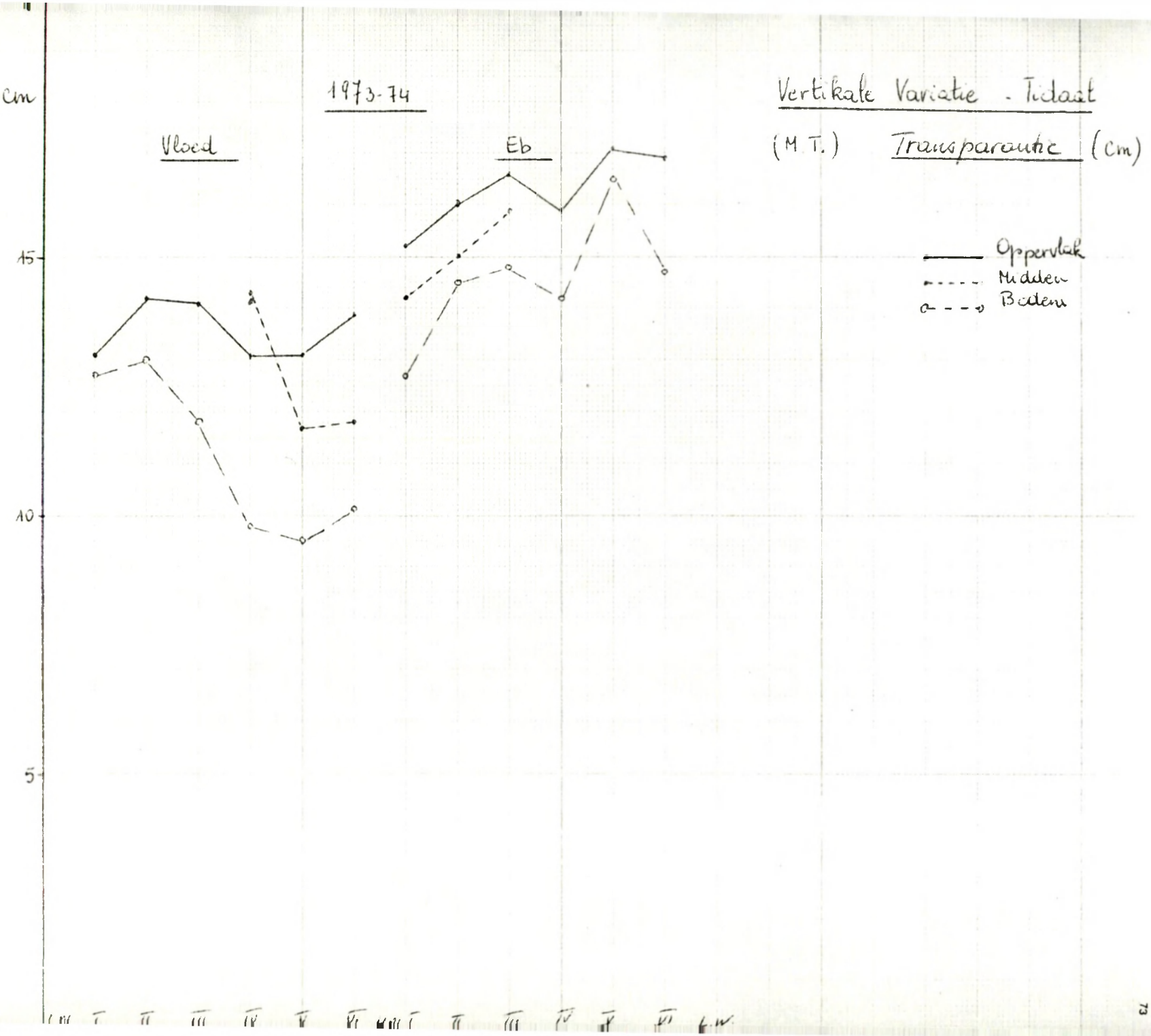
GRAFIEK 27

Oostende - Vaarpeil

1973-74

Vertikale Variatie - Tidaal

(M.T.) Transparantie (cm)



Het grootste niveauverschil tussen oppervlakte en bodem bedroeg 10 cm op moment II van de eb-herborisatie van 09.06.73. Op 19.08.73 was de transparantie aan de bodem 6 cm groter dan aan de oppervlakte. Op het algemeen waargenomen feit dat de transparantie daalt met toenemende diepte werden zowat 25 uitzonderingen waargenomen.

4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

1° Vloed-herborisaties.

Uit de vergelijking van de F.I.-waarden blijkt duidelijk dat de turbiditeit afhankelijk is van vele toevallige faktoren zoals landdrainering, neerslag, phytoplankton, windwerking en scheepvaart.

Het verschil tussen grootste gemiddelde transparantie (Oostende 73-74) en laagste gemiddelde transparantie (Nieuwpoort 1973-74) bedroeg amper 2,8 cm.

2° Eb-herborisaties.

Tegen 1971 is de transparantie in 1973-74 met 4,9 cm toegenomen. Tijdens eb 1973-74 waren de waters het meest transparant.

B. Kronologisch op basis van de totale kronologische gemiddelden M.C.T.-waarden (tabel 11 en grafiek 28).

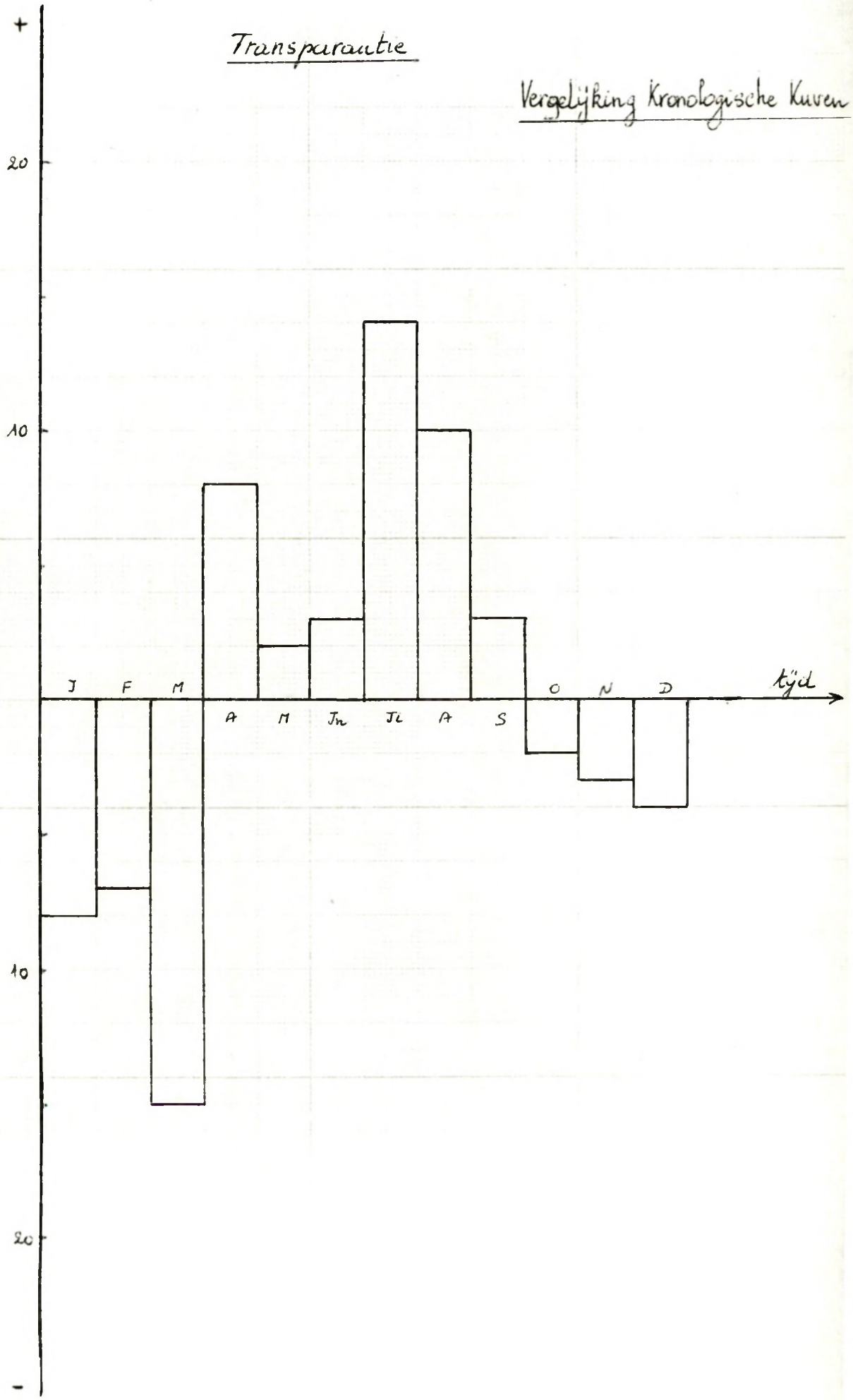
Hieruit blijkt dat de transparantie het grootst was van april tot september, waarschijnlijk te wijten aan de rustiger weersomstandigheden en de hogere temperatuur waardoor de sedimentatiesnelheid zou vergroten.

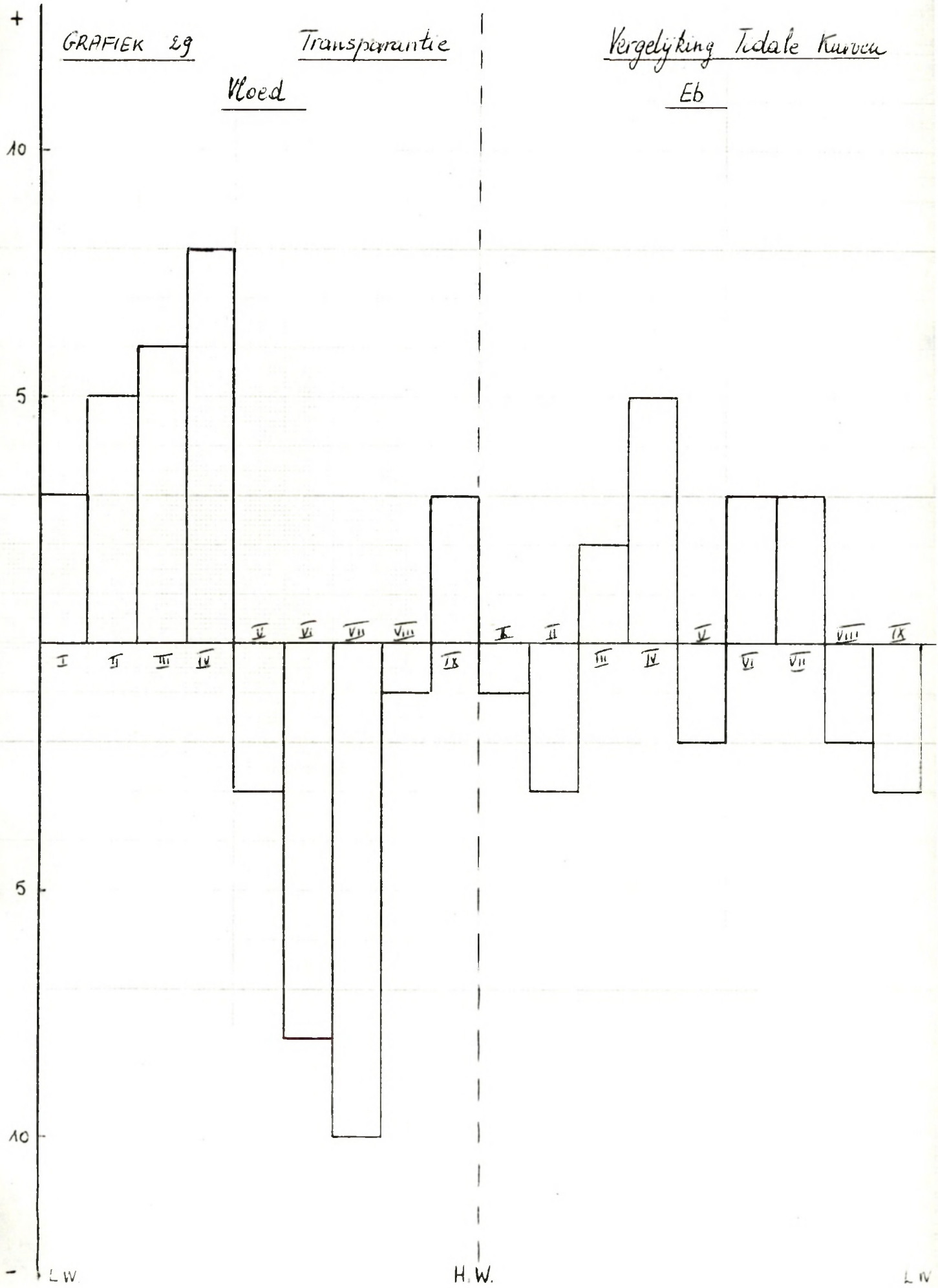
C. Tidaal op basis van de globale tidale gemiddelden M.T.G.-waarden (tabel 12 en grafiek 29).

Het blijkt dat de transparantie tijdens de vloed eerst maximaal is om dan tijdens het snelle binnenstromen van het zeewater te dalen.

Voor de eb-herborisaties zijn de gegevens te beperkt om enige duidelijke trend aan te wijzen.

AFIEK 28


Transparantie
Vergelijking Kronologische Kuven
+
20
10
10
20
-
J
F
M
A
M
Jn
Jl
A
S
O
N
D
tijd


GRAFIEK 29
Transparantie
Vergelijking Tidale Kurven
Vloed
Eb
+
10
5
5
10
-
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
L.W.
H.W.
L.W.

§ 2. Lichtklimaat in water.

1. Bepalingmethode.

De lichtintensiteit op verschillende diepten werd bepaald door middel van een foto-elektrische cel verbonden met een galvanometer waarop de lichtintensiteit in lux kon worden afgelezen.

2. Betekenis van het licht.

De totale zonnestraling bedraagt buiten de aardatmosfeer gemiddeld 1,92 gcal/cm$^2$/min. Hiervan blijft na doorgang van de atmosfeer (stofdeeltjes, waterdamp, koolzuurgas) nog 1,5 gcal/cm$^2$/min. over aan het aardoppervlak (1). Vermits de zonnestralingen nuttig voor de fotosynthese (350 tot 750 mm) slechts 50 % uitmaken van de totale zonnestraling, zal de beschikbare zonne-energie aan het zee-oppervlak nooit meer dan 0,7 à 0,8 gcal/cm$^2$/min. bedragen (2).

Bovendien is de gemiddelde hoeveelheid zonnelicht die op zeeniveau invalt zeer sterk veranderlijk met de breedteligging, de seizoenen en de bewolkingsgraad. Van de totale hoeveelheid lichtenergie is ongeveer 80 % direkte zonnestraling en 20 % indirekt (1).

In volgende tabel zijn de gemiddelde hoeveelheden invallend zonnelicht, uitgedrukt in gcal/cm$^2$/min. op 52°N, 10°W aangegeven (3).

| TABEL XX Gemiddelde hoeveelheid zonnelicht (gcal/cm$^2$/min) op 52°N,10°W | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Februari | April | Juni | Augustus | Oktober | December |
| 0,089 | 0,219 | 0,267 | 0,211 | 0,104 | 0,041 |

Naast de kwantitatieve verandering die de zonnestraling ondergaat bij het door de atmosfeer gaan, gebeuren er ook kwalitatieve veranderingen. Zo blijft er van de 7,2 % ultraviolettestralen ( $<$ 350 mm) aan het aardoppervlakte door absorptie door de ozonlaag slechts 1 % over. De infrarode stralen ( $>$ 750 mm) worden voornamelijk geabsorbeerd door de waterdamp en het koolzuurgas uit de atmosfeer (1).

---

(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 (p. 95)

(2) BOUGIS, I. Ecologie du plancton marin. I. Le Phytoplancton. 1974 (p. 20)

(3) Volgens RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967 (p. 198)

Een bepaalde fraktie van het licht dat op het zeeoppervlak valt, dringt niet door tot de diepere lagen : het wordt teruggekaatst. Deze terugkaatsing is des te groter naargelang de zon lager boven de horizon staat en de zee fel in beweging is.

De waarden van reflektie zouden gaan van 5 à 17 % bij kalme zee tot 30 % bij woelige zee (1) en van 3 à 4 % als de zon minstens 40° boven de horizon staat, tot 40 % als ze slechts 5° hoog staat (2).

In het water worden de lichtstralen geabsorbeerd en treedt er diffusie op door de watermolekulen en de deeltjes in suspensie. Volgens Atkins en Poole (1940) bedraagt de verhouding horizontaal licht tot vertikaal licht 73 - 84 % (3). De lichtintensiteit neemt dus af met toenemende diepte. De extinctiekoëfficient die aangeeft in welke mate de lichtsterkte afneemt tussen twee niveaus, $N_1$ en $N_2$ waar respektievelijk een lichtintensiteit $I_1$ en $I_2$ wordt waargenomen, kan als volgt worden berekend :

$$K_{1-2} = -\frac{\text{Log } I_2 - \text{Log } I_1}{N_2 - N_1} \qquad (2)$$

Ongeveer 50 % van de totale zonnestraling die het zeeoppervlak bereikt, ligt in het infrarode gebied en wordt zeer snel geabsorbeerd in zeewater zodat na een meter nog slechts een kleine fraktie overblijft. Dit geldt ook voor de invallende ultraviolette stralingen zodat het zichtbare gedeelte van het spectrum het best doordringt (4).

De extinctiekoëfficient is niet gelijk voor alle golflengten. Zo zal in de kustwateren, in tegenstelling tot de oceaanwaters waar blauw licht het best doordringt (1 % op 140 meter), het groene licht het diepst doordringen (1 % op 40 meter). In zeer turbiede waters zou in het geel/groene bereik nog 1 % doordringen tot op 16 meter mede door de aanwezige geelstof (zie hoger p. 62) (4).

---

(1) STRICKLAND, F.D.H. (1958). Solar radiation penetrating the ocean. A revieuw of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. J. Fish.Res.Bd.Can. 15, 453-493.

(2) BOUGIS, P. Ecologie du Plancton marin. I. Le phytoplancton. 1974 (p. 21 en 23)

(3) ATKINS, N.R.G. and POOLE, H.H. (1940). A cubical photometer for studying the angular distribution of submarine daylight. J. Mar. Biol. Ass. 24, 271-281.

(4) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967 (p. 199 en volgende.)

De rode lichtstralen worden snel geabsorbeerd in de bovenste waterlagen. Het is dus duidelijk dat naast de lichtintensiteit ook de spectrale samenstelling van het licht verandert met de diepte.

Door de snelle lichtabsorptie wordt slechts een klein gedeelte van het invallende zonlicht gebruikt in het mariene milieu. Steemann Nielsen en Aabye Jensen (1957) berekenden dat in tropische en subtropische zeeën slechts 0,02 % van de totale zonne-energie wordt gebruikt bij de produktie van organische stoffen (1).

De diepte van de fotosynthetische of euphotische zone verandert met de breedteligging, de seizoenen, de turbiditeit, enz... De kompensatiediepte is die diepte waarop de fotosynthesesnelheid gelijk is aan de ademhaling. Boven deze diepte neemt de fotosynthese lineair toe met de lichtintensiteit totdat het lichtoptimum wordt bereikt (2).

3. Bespreking van de resultaten.

In de litteratuur is de lichtenergie meestal uitgedrukt in $gcal/cm^2/min$. Onze persoonlijke metingen gaven de energie aan in lux. Om de vergelijking met de litteratuur mogelijk te maken is hieronder de omrekening aangegeven :

$$
\begin{aligned}
1 \text{ lux} &= 1 \text{ lumen}/m^2 \\
&= 1{,}6.10^{-3} \text{ Watt}/m^2 \\
&= 1{,}6.10^{-3} \text{ Joule}/s/m^2 \\
&= 1{,}6.10^{-3}.0{,}239 \text{ gcal}/s/m^2 \\
&= 1{,}6.10^{-6}.0{,}239 \text{ gcal}/cm^2/min. \\
&= 23.10^{-7} \text{ gcal}/cm^2/min.
\end{aligned}
$$

In tabel 13 zijn de lichtmetingen aan het wateroppervlak en om de 10 cm in het water aangegeven (lux). Met een asterix is het niveau aangegeven waarop nog 50 %(of juist minder) van de lichtenergie voorkomt.

De maximaal waargenomen lichtenergie bedroeg 65.000 lux of 0,150 $gcal/cm^2/min$ op 12.05.73 te 11.15 u en 12.15 u.

---

(1) STEEMANN NIELSEN, E. and AABYE JENSEN, E. (1957). Primary oceanic production. The antotrophic production of organic matter in the oceans. Galathea Rept. 1, 49-136.

(2) BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. I. Le phytoplancton. 1974 (p. 33).

Slechts één enkele keer werd op 50 cm diepte nog 50 % van de invallende lichtsterkte teruggevonden, nl. op 23.08.71 te 18.00 u werd op 50 cm nog 52,7 % van de invallende 7.400 lux waargenomen. Op 100 cm diepte werd als maximum op 14.04.73 te 13.20 u nog 11,2 % van de invallende 25.000 lux waargenomen, terwijl toen zelfs nog 3,6 % werd teruggevonden op 150 cm. Op die datum was de turbiditeit het geringst.

De sterkste lichtenergie in absolute waarden op 50, 100, 150 en 200 cm werd waargenomen op 12.05.73 te 12.15 u, respektievelijk 21.000, 6.900, 1.600 en 300 lux of in gcal/cm$^2$/min : 0,048; 0,015; 0,003 en 0,0007.

Volgens Jerlov (1951) zou in kustwaters met grote turbiditeit "type 9" op 1 m nog 17,6 % van de invallende zonne-energie voorkomen (1). Op 14.04.73 te 13.20 u werd op 1 m nog 11,2 % van het invallende zonnelicht waargenomen.

Uit de tabel blijkt dat :

1° Gedurende een dag het licht dieper doordringt in het water naarmate de zon hoger komt te staan en de lichtenergie aan de oppervlakte toeneemt.

2° In de loop van het jaar de dikte van de lichtdoorstraalde waterlaag varieert met de zonnestand. Zie ook grafiek 30.

3° Veranderingen aan de twee hoger genoemde algemene regels optreden door graad van bewolking, agitatie van de waterspiegel en de turbiditeit.

Volgens de formule aangegeven op pagina 78 werd de extinctiekoëfficient berekend tussen oppervlakte en niveau - 50 cm. De positieve waarden van de Koëfficient (K) zijn aangegeven op tabel 13. Een duidelijke korrelatie met de turbiditeit kon niet worden aangeduid hetgeen erop wijst dat niet alleen de koncentratie van de stoffen in oplossing en suspensie, maar ook hun aard van belang is.

In grafiek 31 werd de procentuele lichtafname en de waarde van de extinctiekoëfficient op de verschillende niveaus op 26.02.71 te 09.45 u aangegeven. Hieruit blijkt duidelijk dat de grootste extinctie gebeurt tussen oppervlakte en niveau - 20 cm en dat de extinctiekoëfficient sterk vermindert met toenemende diepte.

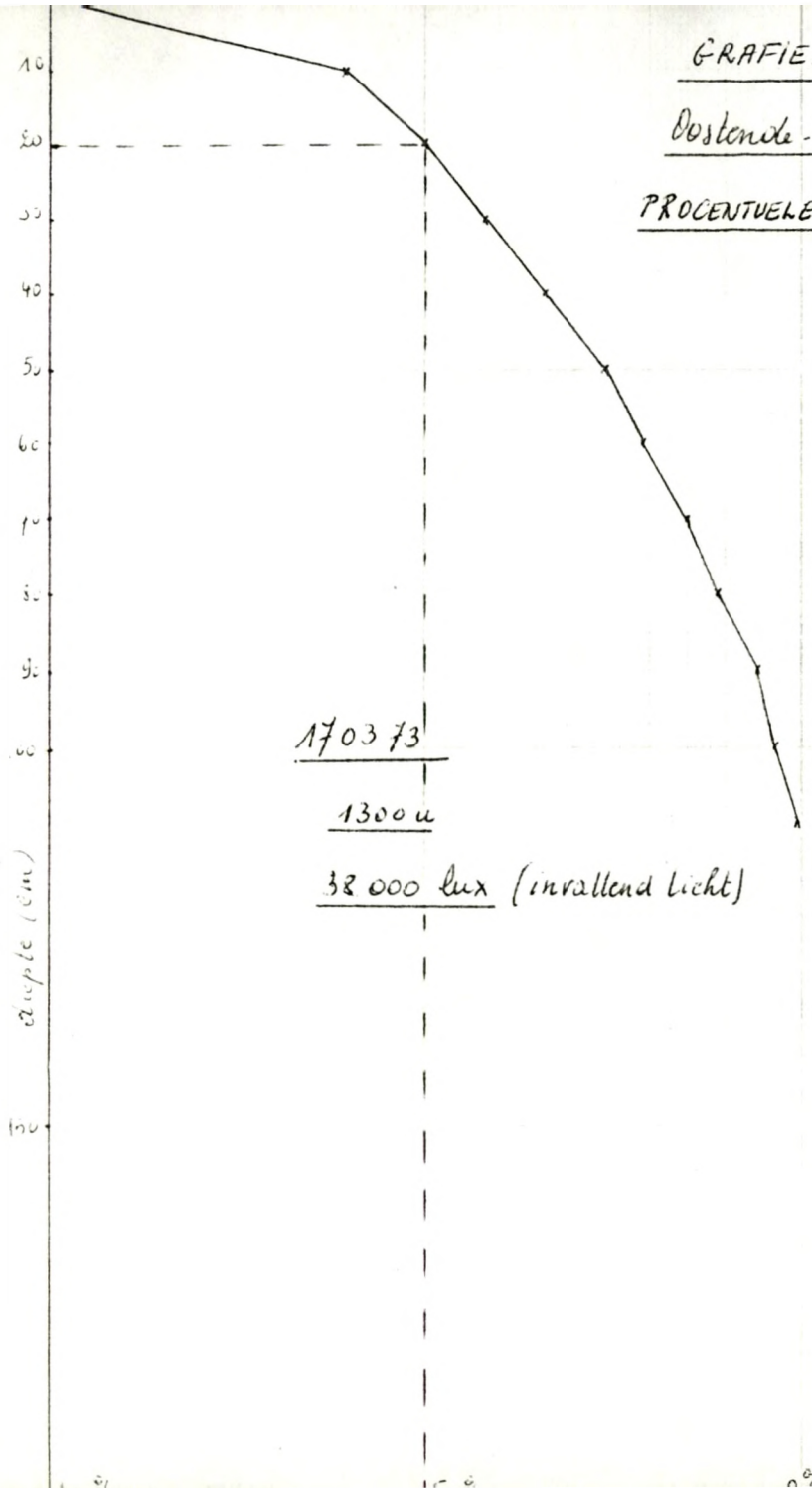
---

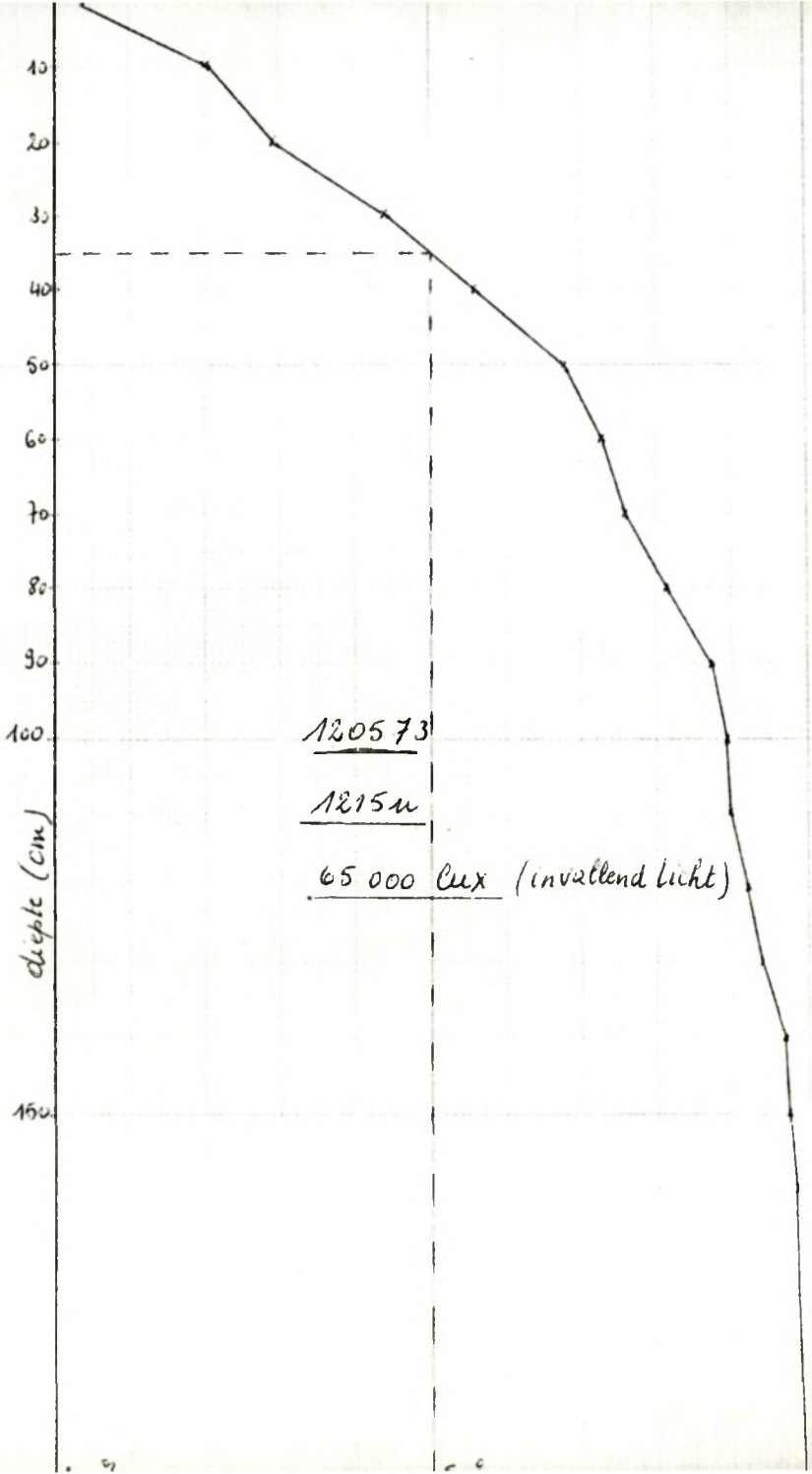
(1) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans.1967 (p. 199)

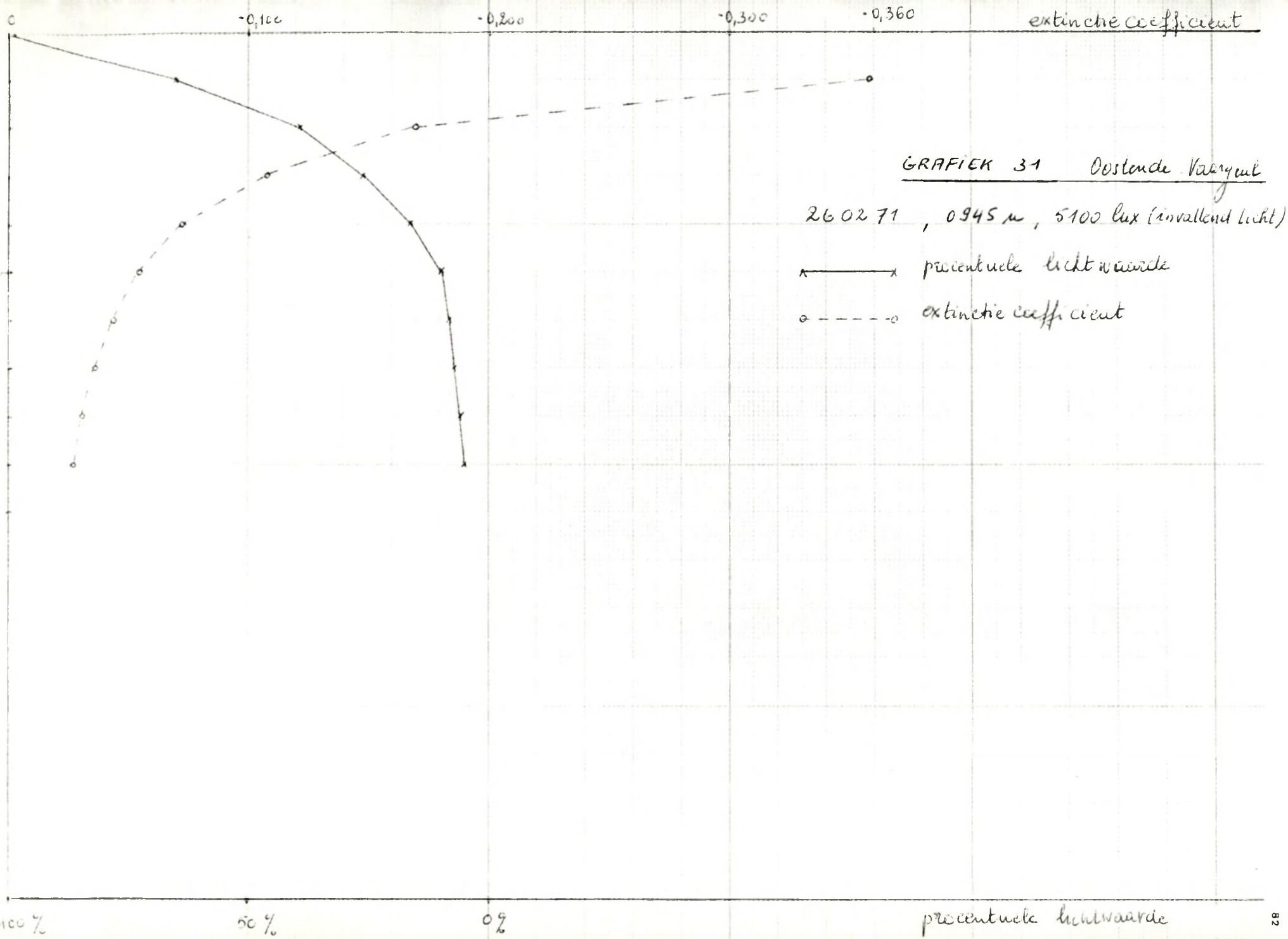
GRAFIEK 30

Oostende - Vaargeul.

PROCENTUELE LICHTAFNAME




0
-0,100
-0,200
-0,300
-0,360
extinctie coefficient
GRAFIEK 31 Oostende Vaargeul
26 02 71 , 0945 u , 5100 lux (invallend licht)
procentuele lichtwaarde
extinctie coefficient
100 %
50 %
0 %
procentuele lichtwaarde

§ 3. Besluit turbiditeit, transparantie en lichtklimaat.

Tot algemeen besluit kan er worden gezegd dat we hier te doen hebben met zeer turbiede waters waar een zeer snelle absorptie gebeurt van de aanwezige zonne-energie zodat het licht slechts tot op zeer geringe diepte doordringt.

Door de aard van het biotoop met afwisselend laag- en hoogwater kan de vraag gesteld worden in hoeverre het waargenomen lichtklimaat in het water een invloed zal hebben op het aanwezige fytoplankton dat telkens slechts korte tijd in die bepaalde situatie vertoeft.

Hoofdstuk III. Konduktiviteit en voornaamste bepalende faktoren.

§ 1. Bepalingsmethoden.

A. Konduktiviteit.

De elketrische geleidbaarheid werd gemeten met een konduktiviteitsmeter van het type WTW (Mad. LF. 54). De celkonstante was 7,43.

B. Chloride-gehalte.

Titrimetrische bepaling volgens de methode van Mohr.

C. Natrium- en kaliumgehalte.

Vlamfotometrisch bij een golflengte van respektievelijk 589 mμ en 768 mμ.

D. Calcium- en magnesiumgehalte.

Titrimetrisch met E.D.T.A. (ethyleendiaminetetra-acetaat). Eerst worden de $Mg^{++}$ -ionen afgeschermd door middel van NaOH en worden de $Ca^{++}$ -ionen bepaald. Onmiddellijk daarna worden de Mg-ionen vrijgemaakt met HCl en bepaald.

E. Sulfaatgehalte.

Met Technicon Auto-Analyzer, gebaseerd op de vorming van $BaSO_4$-neerslag.

§ 2. Betekenis van konduktiviteit en bepalende faktoren.

Wij verwijzen hier ook naar de Inleiding § 2.3.

De konduktiviteit of het elektrisch geleidingsvermogen van water is afhankelijk van de hoeveelheid opgeloste geïoniseerde anorganische stoffen (zouten, zuren, bazen) in dit water.

Het is doormeerdere onderzoeken bekend (Murray, 1818; Marcet, 1819; Dittmar, 1884) dat alhoewel de massa van de opgeloste zouten in onderscheiden zeewaters verschillend is, de relatieve verhouding van de samenstellende zouten konstant is, vooral wanneer abstractie wordt gemaakt van kustwateren waar er een merkbare invloed is van de landdrainering (1).

De saliniteit of het zoutgehalte is de hoeveelheid opgeloste stoffen die in 1 kg zeewater voorhanden is, wanneer alle karbonaten in oxide, bromide en iodide in chloride is omgezet en alle organische stoffen zijn geoxideerd. De saliniteit wordt uitgedrukt in g/kg of ‰.

Wegens de konstante verhoudingen van de zouten in zeewater is het mogelijk uit het chloorgehalte de saliniteit te berekenen volgens de formule $S ‰ = 0,30 + 1,805 \times Cl ‰$ (2).

Het is duidelijk dat er een verband bestaat tussen konduktiviteit en saliniteit vermits ze beiden afhankelijk zijn van de opgeloste geïoniseerde zouten. In 1974-75 bedroeg de korrelatiekoëfficient tussen saliniteit en konduktiviteit in de vaargeul van Nieuwpoort 0,72 (3).

In tabel XXI zijn de hoofdbestanddelen van zeewater per $m^3$ bij 20°C aangegeven volgens Gessner (4).

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. Tome I. Librairie Vuibert, Paris. 1972. 208 pp. (p. 16.)

(2) Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. 1974 (p. 112.)

(3) DE CREMER, D. Ecologische en Algologische studie van de vaargeul te Nieuwpoort. Deel II. Licentiaatsverhandeling. Leuven, 1976. p. 48.

(4) GESSNER, F. Hydrobotanik. Band II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin, 1959. 701 pp. (p. 344.)

| TABEL XXI Samenstelling van zeewater per $m^3$ bij 20°C | | | |
|---|---|---|---|
| | $kg/m^3$ | | $kg/m^3$ |
| $NaCl$ | 28,014 | $CaCO_3$ | 0,12206 |
| $MgCl_2$ | 3,812 | $KBr$ | 0,10126 |
| $MgSO_4$ | 1,752 | $Sr_2SO_4$ | 0,02824 |
| $CaSO_4$ | 1,283 | $H_3BO_3$ | 0,02768 |
| $K_2SO_4$ | 0,8163 | | |

De koncentratie van de elementen in zeewater van 34,33 ‰ S (Cox, 1959) en het procentuele aandeel der anionen en kationen (Harvey, 1955) zijn in tabel XXII weergegeven (1).

| TABEL XXII Samenstelling van zeewater van 34,33 ‰ S | | |
|---|---|---|
| | Koncentratie in mg/kg | Procentueel aandeel |
| $Cl^-$ | 18.980 | 55,2 |
| $Na^+$ | 10.561 | 30,4 |
| $Mg^{++}$ | 1.272 | 3,7 |
| $SO_4^{--}$ | 884 | 7,7 |
| $Ca^{++}$ | 400 | 1,16 |
| $K^+$ | 380 | 1,1 |
| $Br^-$ | 65 | 0,19 |
| $HCO_3^-$, $CO_3^{--}$ | 28 | 0,35 |
| $Sr^{++}$ | 13 | 0,04 |
| $H_3BO_3$ | 4,6 | 0,07 |
| $F^-$ | 1,4 | 0,004 |
| Sporenelementen | | 0,02 - 0,03 |

Hieruit blijkt dat het gezamelijk aandeel van $Cl^-$, $Na^+$, $Mg^{++}$, $SO_4^{--}$, $Ca^{++}$ en $K^+$ 99,26 % bedraagt.

Vijf kationen of bazenvormers ($Na^+$, $Mg^{++}$, $Ca^{++}$, $K^+$ en $Sr^{++}$) staan tegenover zes anionen of zuurvormers ($Cl^-$, $SO_4^{--}$, $Br^-$, $F^-$, $HCO_3^-$ en $H_2BO_3^-$).

(1) In FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. Gebrüder Borntraeger. Berlin-Nikolassee. 1965. 436 pp.( p. 73 )

Bicarbonaten en boorzuren zijn relatief zwakke zuren zodat het resultaat een overschot van sterke bazen op sterke zuren van 2,38 milliekivalenten per kg zeewater is, hetgeen het alkalisch karakter en het bufferingsvermogen van zeewater verklaart (1).

Door het dissociatievermogen van water zijn de zouten voor het grootste gedeelte aanwezig als ionen.

| TABEL XXIII | Dissociatiegraad in zeewater bij 25 °C | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ion | % vrij | % verbonden met | | |
| | | $SO_4^{--}$ | $HCO_3^-$ | $CO_3^{--}$ |
| $Ca^{++}$ | 88 | 11 | 0,6 | 0,1 |
| $Mg^{++}$ | 89 | 10 | 0,6 | 0,1 |
| $Na^+$ | 97,7 | 2,2 | 0,03 | |
| $K^+$ | 98,8 | 1,2 | | |
| | | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | $Na^+$ |
| $Cl^-$ | ± 100 | | | |
| $SO_4^{--}$ | 39 | 4 | 19 | 37 |
| $HCO_3^-$ | 64 | 3 | 16 | 8 |
| $F^-$ | 50-80 | | 20-50 | |

Uit voorgaande tabel die de graad van dissociatie weergeeft in zeewater ($Cl^-$ -gehalte : 19,375 ‰, pH : 8,0) bij 25 °C volgens R.M. Pytkowicz en D.N. Kester (1971) (2) blijkt dat de chloriden praktisch volledig gedissocieerd zijn. Slechts 12 % van calcium, 11 % van magnesium, 2 % van natrium en 1 % van kalium zouden verbonden zijn met anionen. Daarentegen zouden de helft der sulfaten, een derde van de carbonaten en 20 à 50 % van de fluoriden, geassocieerd zijn met kationen. Boor zou vooral voorkomen als boorzuur ($H_3BO_3$), niet geïoniseerd.

In rivieren zouden de voornaamste anionen $HCO_3^-$, $SO_4^{--}$ en $Cl^-$ en de voornaamste kationen $Ca^{++}$, $Na^+$, $Mg^{++}$ en $K^+$ zijn (2).

(1) GESSNER, F. Hydrobotanik. 1959 ( p. 343)

(2) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 ( p. 18)

Het zoutgehalte heeft een invloed op de dichtheid, de draagkracht en de osmotische waarde van het water.

Op veranderingen van die osmotische waarde kunnen sommige wieren reageren, anderen sterven af. Zo kunnen bepaalde diatomeeën zich aktief verplaatsen naar gunstiger omstandigheden. Fischer (1952) toonde aan dat Scoliopleura op een verdubbelde zoutkoncentratie reageert met plasmolyze die na twintig minuten verdwijnt doordat zout uit het milieu is opgenomen (1). In brakwatermilieu is het probleem dubbel : mariene soorten worden gekonfronteerd met een verlaging van het zoutgehalte, zoetwatersoorten met een verhoging. Saliniteit is een zeer kritische faktor in de verspreiding van de estuarium-organismen. De gemiddelde waarde is minder van belang dan de snelheid en de grootte van de tidale en kronologische variaties (2).

Naast hun aandeel in het bepalen van de osmotische waarde van het zeewater beïnvloeden de ionen ook de stofwisselingsprocessen van de wieren.

$Na^+$.

In tegenstelling tot dierlijke organismen welke $Na^+$ -ionen opnemen, selekteren plantaardige organismen vooral $K^+$ -ionen (Gross en Zeuthen, 1948; Scott en Haywood, 1955). Natrium zou wel optreden als reserve-element voor kalium (Heimann, 1958) (3).

Experimenten toonden aan dat natriumverbindingen de ontwikkeling van diatomeeën beïnvloeden (4).

$K^+$.

Kalium wordt in het celvocht van planten geaccumuleerd ten opzichte van het zeewater (3). Volgens Sernow zou de koncentratie tot tienmaal meer bedragen dan in zeewater (4).

$Mg^{++}$.

Samen met het kalium-ion treedt het op als hydratatieregulator in het cytoplasma, het maakt deel uit van chlorofylmolekulen en het treedt op als

---

(1) FISCHER, H. (1952). Uber das Verhalten einiger Watt-Diatomeen in hypertonischen Lösungen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 65, (p. 217-227.)

(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 ( p. 205.)

(3) In GESSNER, F. Hydrobotanik. 1959 ( p. 431-432.)

(4) SERNOW. Algemeine Hydrobiologie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 1958. 676 pp. (p. 217-219.)

katalysator van verscheidene enzymen.

$Cl^-$.

Vermoedelijk speelt het chloride-ion een katalytische rol.

$SO_4^{--}$.

Wordt in de plantencel grotendeels aangetroffen onder de vorm van organische zwavelverbindingen.

$Ca^{++}$.

Komt voor in de pektaten van de primaire celwand, samen met magnesium. Het werkt regulerend op de celpermeabiliteit.

Samengevat kan worden gezegd dat,vermits de verhoudingen in het celvocht verschillend zijn van in het watermilieu, de organismen een selektieve keuze maken uit de aangeboden ionen.

§ 3. Bespreking van de resultaten.

Opmerking.

In 1971 was de konduktiviteitsmeter herhaaldelijk defekt zodat de waarnemingen onvoldoende talrijk waren. In de grafieken zijn toch bepaalde voorhanden zijnde resultaten ter illustratie weergegeven, doch ze moeten met de nodige reserve worden beschouwd.

De resultaten zijn weergegeven in tabellen 15 tot en met 27.

A. Kronologische variatie.

In grafieken 32 tot en met 35 is de variatie van de totale kronologische gemiddelden aangegeven.

Hieruit blijkt :

1° Voor 1971 waar de vloed- en ebherborisaties op dezelfde dag gebeurden, is het kronologisch verloop tijdens vloed en eb van de konduktiviteit en de verschillende bepalende faktoren tamelijk gelijk.

Voor 1973-74 waar de vloed- en ebherborisaties met tussenpozen van 14 dagen werden gedaan, is het verloop toch nog tamelijk gelijk voor het chloorgehalte en het sulfaatgehalte.

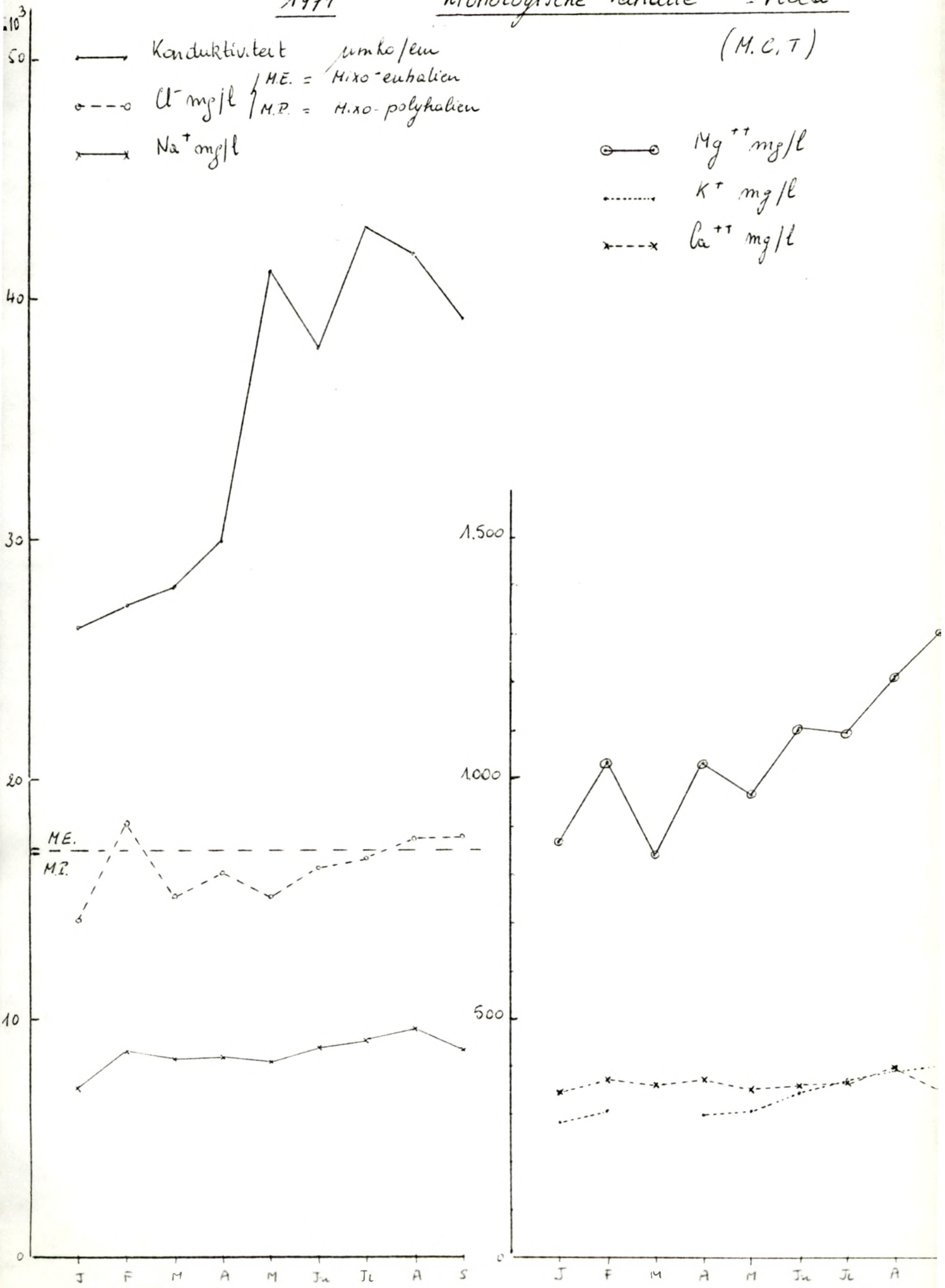
TABEL XXIV Oostende-vaargeul M.C.T.-waarden

| 1971 | Vloed | | Eb | |
|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | Maximum | minimum |
| $Cl^-$ - mg/l | 18.133 (feb.) | 14.194 (jan.) | 17.750 (sep.) | 15.576 (jan.) |
| $Na^+$ - mg/l | 9.683 (aug.) | 7.158 (jan.) | 9.427 (aug.) | 7.902 (feb.) |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.211 (aug.) | 843 (maart) | 1.308 (sep.) | 987 (jan.) |
| $K^+$ - mg/l | 396 (sep.) | 284 (jan.) | 408 (sep.) | 291 (feb.) |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 398 (aug.) | 344 (jan.) | 388 (aug.) | 346 (sep.) |
| 1973-74 | Maximum | minimum | Maximum | minimum |
| Konduktiviteit umho/cm | 36.887 (juli) | 21.092 (maart 74) | 40.607 (aug.) | 26.918 (maart 74) |
| $Cl^-$ - mg/l | 19.466 (sep.) | 13.026 (feb. 74) | 18.536 (feb.74) | 16.164 (juni) |
| $SO_4^-$ - mg/l | 2.596 (dec.) | 1.735 (april) | 2.818 (feb.74) | 2.128 (juni) |

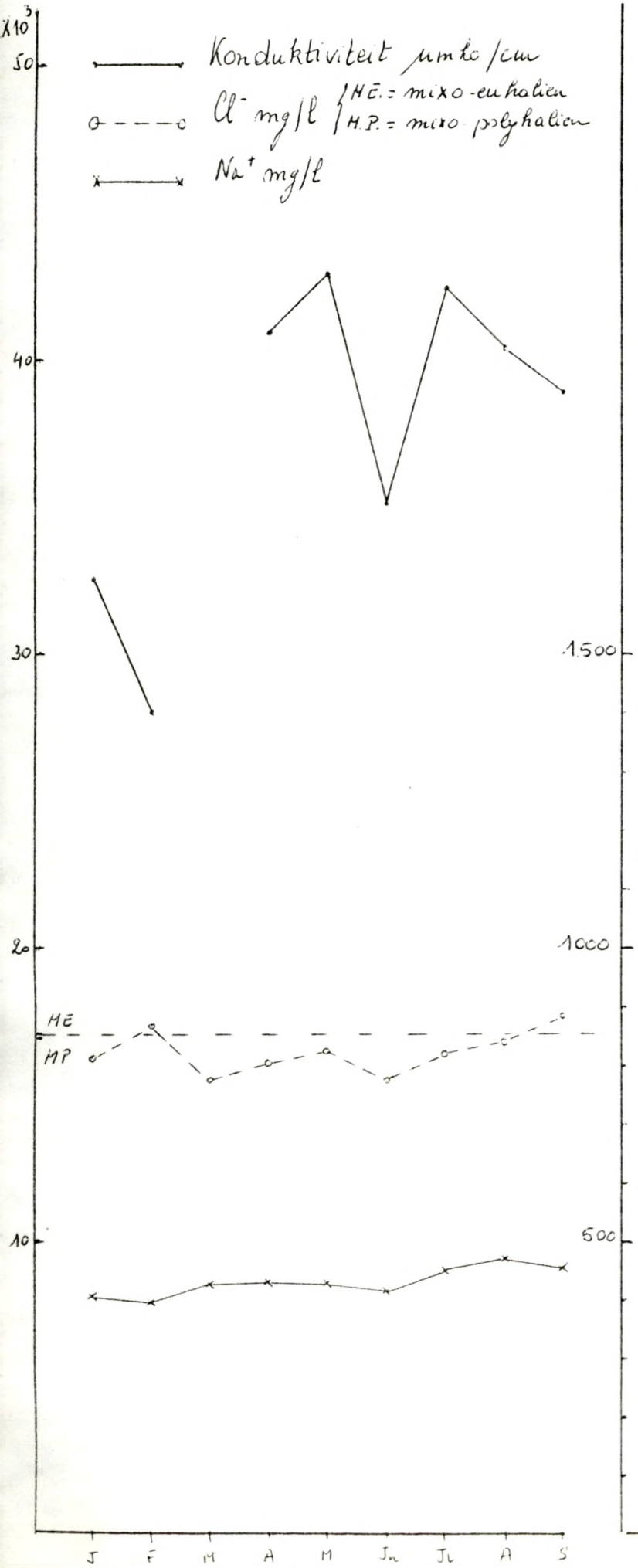
GRAFIEK 32 Oostende-Vaarzeut

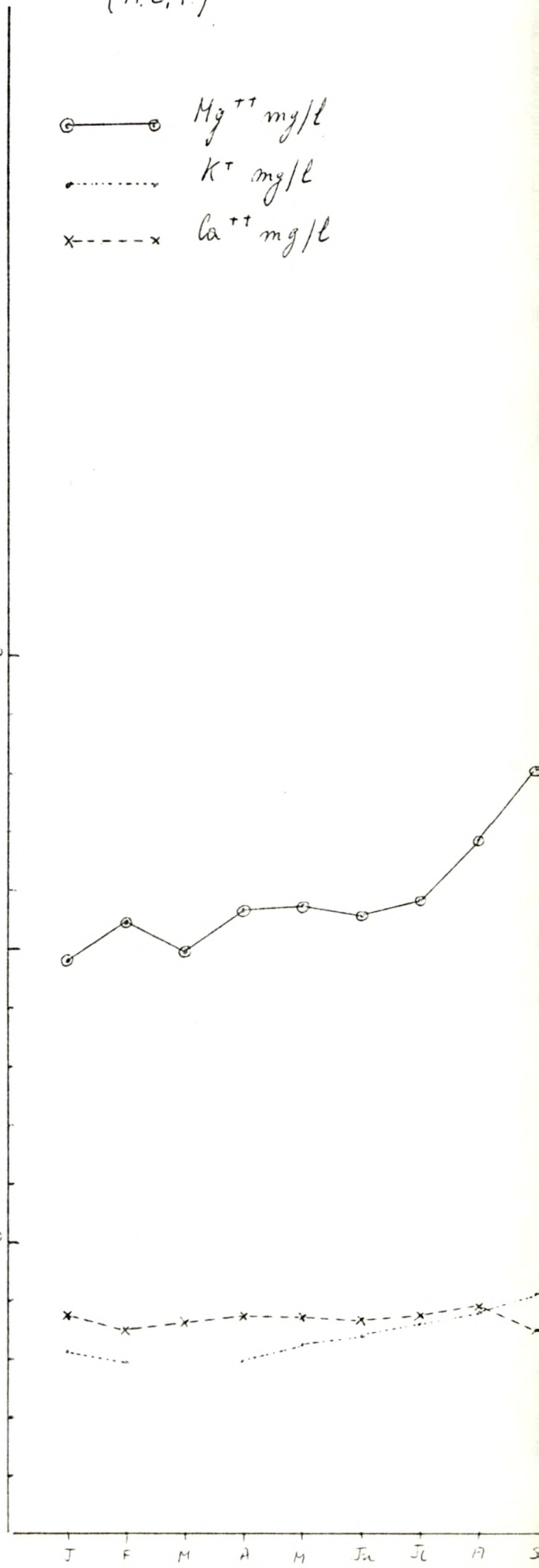
1971 Kronologische Variatie - Vloed

(M.C.T)

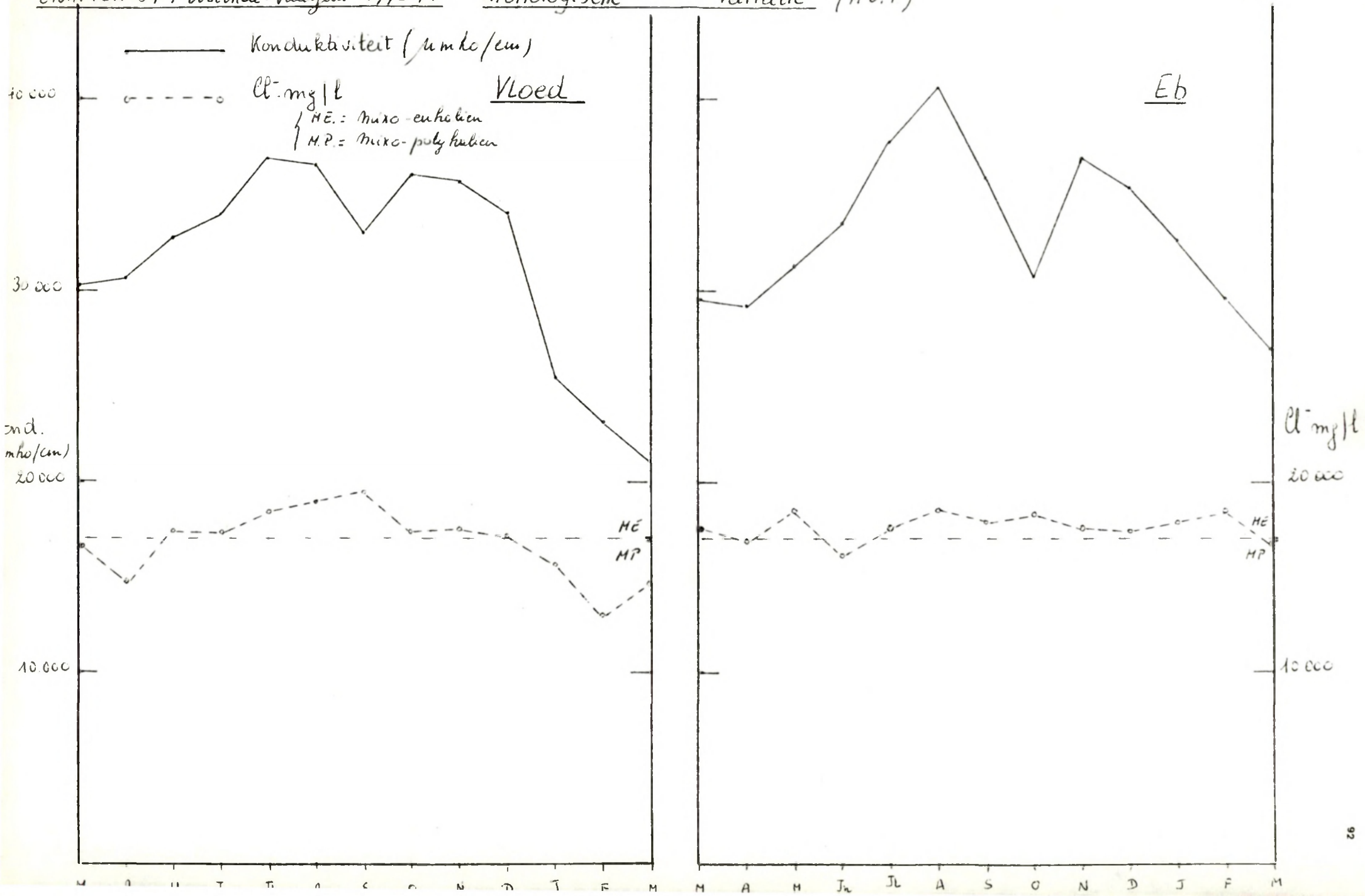


GRAFIEK 33 : Oostende-Vaargeul 1971 Kronologische Variatie - Eb (M.C.T.)



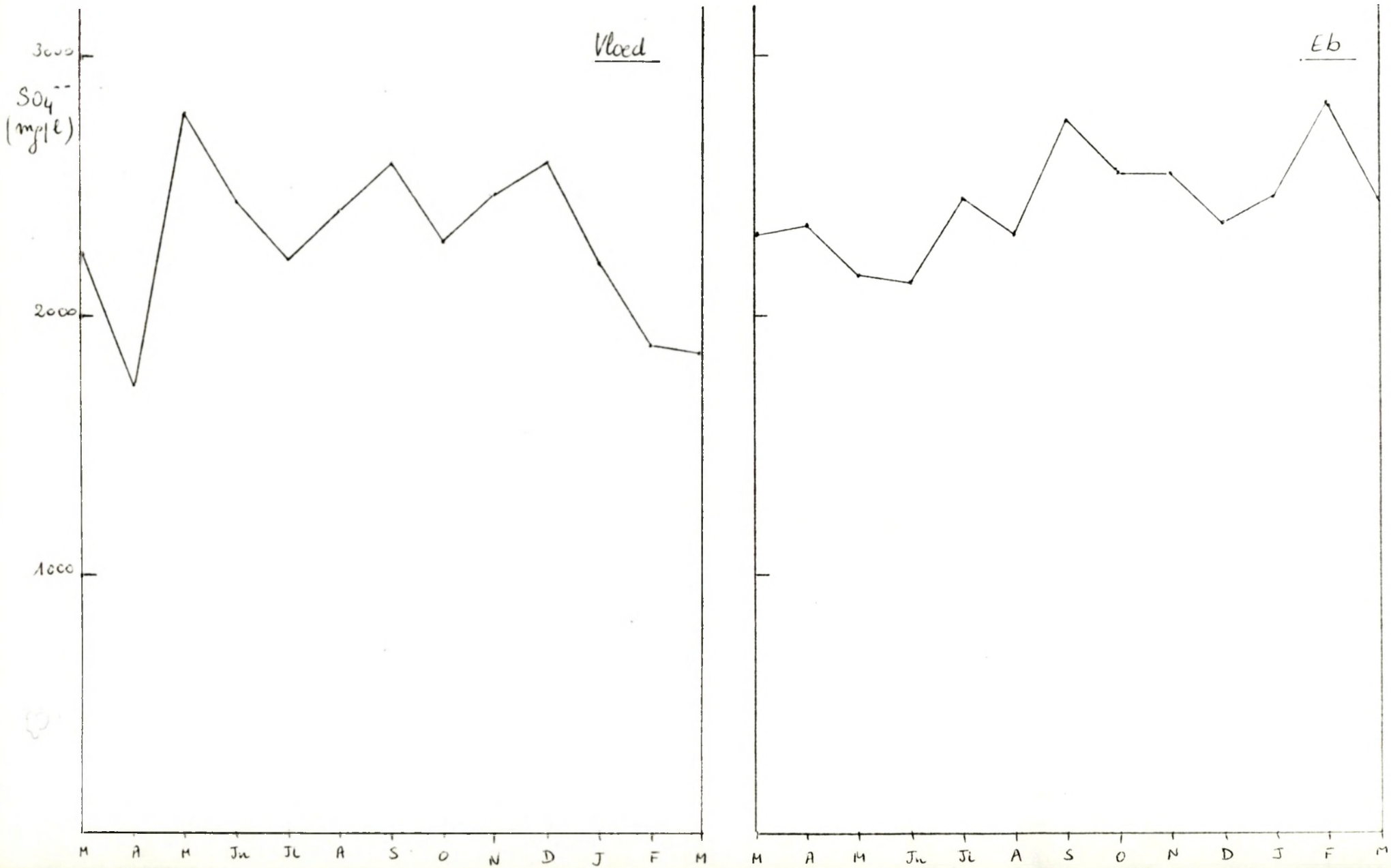



GRAFIEK 34 : Oostende-Vaarzeul 1973-74 Kronologische Variatie (M.E.T)



GRAFIEK 35 : Oostende-Vaargeul 1973-74 Kronologische Variatie (M.C.T)

$SO_4^{--}$ mg/l



Uit vorige tabel blijkt dat de maximale M.C.T.-waarden voor 1971 meestal bereikt werden in de zomermaanden, terwijl lage waarden werden genoteerd in de wintermaanden dit zowel voor vloed als voor eb.

Hierop doen zich nochtans enkele uitzonderingen voor, nl. het maximale chloorgehalte in februari 71 tijdens de vloed en de minimale waarden van chloorgehalte en calciumgehalte respektievelijk in juni 71 en september 71 tijdens de eb-herborisaties. Toch moet worden opgemerkt dat deze afwijkingen waarschijnlijk aan toevallige omstandigheden te wijten zijn en dat ook voor deze faktoren voor het overige hoge waarden in de zomer en lage waarden in de winter werden waargenomen.

Er weze hier nog eens gewezen op het verband tussen neerslag en konduktiviteit dat reeds hoger werd aangetoond (zie grafiek 19). Hierdoor kan de daling van de konduktiviteit in juni 71,uiteraard gebaseerd op onvolledige gegevens, zowel tijdens de eb- als de vloed-herborisaties in verband gebracht worden met de grote neerslaghoeveelheid in die maand.

Uit grafiek 32 blijkt dat tijdens de vloedherborisaties in 1971 het kronologische verloop van $Cl^-$, $Na^+$, $Mg^{++}$, $K^+$ en $Ca^{++}$ zeer veel gelijkenis vertoont.

Zoals uit grafiek 33 duidelijk is volgt tijdens de eb-herborisaties het verloop van de magnesium-ionen dat van de chloor-ionen, terwijl $Na^+$, $K^+$ en $Ca^{++}$ tamelijk gelijklopend zijn.

2° Voor 1973-74 bereikt de konduktiviteit zowel voor de vloed- als voor de eb-herborisaties hoge waarden van juni tot december, behalve in september 73 voor de vloed en september-oktober 73 voor de eb-herborisaties, zoals blijkt uit grafiek 34. Ook hier moet worden verwezen naar grafiek 19 waaruit blijkt dat de neerslag gedurende die maanden relatief hoog was.

Het chloorgehalte volgt voor de vloedherborisaties tamelijk goed het verloop van de konduktiviteit. Tijdens de eb-herborisaties is de variatie van de $Cl^-$ -ionen gering.

Uit grafiek 35 komt naar voor dat het verloop van de sulfaat-ionen zeer wisselvallig is. Voor de vloedherborisaties worden hogere waarden bereikt in mei, september en december 73. Tijdens de eb-herborisaties is het verloop van de sulfaat-ionen praktisch gelijklopend met de maandelijkse

neerslaghoeveelheden (zie grafiek 19).

| TABEL XXV Oostende-vaargeul Speling tussen maximale en minimale M.C.T.-waarden | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1971 | | 1973-74 | |
| | Vloed | Eb | Vloed | Eb |
| Konduktiviteit - µmho/cm | - | - | 15.795 | 13.918 |
| $Cl^-$ - mg/l | 3.939 | 2.174 | 6.440 | 2.372 |
| $Na^+$ - mg/l | 2.525 | 1.525 | - | - |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 368 | 321 | - | - |
| $K^+$ - mg/l | 112 | 117 | - | - |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 54 | 42 | - | - |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | - | - | 861 | 690 |

Uit voorgaande tabel waar de speling tussen maximale en minimale M.C.T.-waarden voor de konduktiviteit en de verschillende bepalende faktoren tijdens vloed en eb respektievelijk voor 1971 en 1973-74 is weergegeven, blijkt dat met uitzondering van $K^+$ -ionen de variatie steeds groter is tijdens de vloedherborisaties.

Besluit.

1° Algemeen kan worden gezegd dat de konduktiviteit en de bepalende faktoren maximale waarden bereiken in de warmere maanden.

2° Uit de grafieken blijkt dat het verband tussen de elektrische geleidbaarheid en de verschillende ionen ingewikkeld is.

3° De koncentratie van de verschillende ionen is afhankelijk van talrijke omstandigheden zoals neerslag en landdrainering, het volume van de getijden.

4° Verwijzend naar de indeling van waters op basis van de saliniteit door het Symposium van Venetië (1958) (zie p. 11) kan er worden gezegd dat het water in de vaargeul in 1971 tijdens de vloedherborisaties mixopolyhalien was in januari en van maart tot juli, tijdens de eb-herborisaties in januari en van maart tot augustus.

In 1973-74 was de saliniteit hoger. Het water was tijdens de vloedherborisaties gemiddeld mixo-euhalien van maart tot oktober 73 en tijdens de eb-herborisaties was het op uitzondering van april 73, juni 73 en maart 74 steeds mixo-euhalien.

B. Tidale variatie.

In grafieken 36 tot en met 39 is de variatie van de globale tidale gemiddelden (M.T.G.) van de konduktiviteit en bepalende faktoren uiteengezet.

In tabel XXVI werden de maximale en minimale M.T.G.-waarden tijdens vloed en eb respektievelijk voor 1970, 1971 en 1973-74 samen met de speling tussen maximale en minimale waarden aangegeven.

Opmerking.

Bij de tidale bespreking voor 1971 moet rekening gehouden worden met het feit dat de M.T.G.-waarden voor moment I van de vloed en voor moment IX van de eb berekend werden op merkelijk minder waarnemingen dan voor de overige momenten, hetgeen de veelal zeer uiterste waarden op die momenten verklaart.

Uit tabel XXVI blijkt duidelijk dat de maximale waarden van de konduktiviteit en van de bepalende faktoren voor alle jaren voorkwamen in de tweede helft van de vloed en de eerste helft van de eb, de minimale waarden in de eerste helft van de vloed en de tweede helft van de eb. Alleen de sulfaten tijdens de eb-herborisaties in 1973-74 en de $K^{+}$ en $Ca^{++}$ -ionen tijdens de vloedherborisaties in 1970 maakten hierop een uitzondering.

Uit tabel XXVI blijkt eveneens dat de grootste speling tussen maximale en minimale M.T.G.-waarden meestal voorkwam tijdens de vloed.

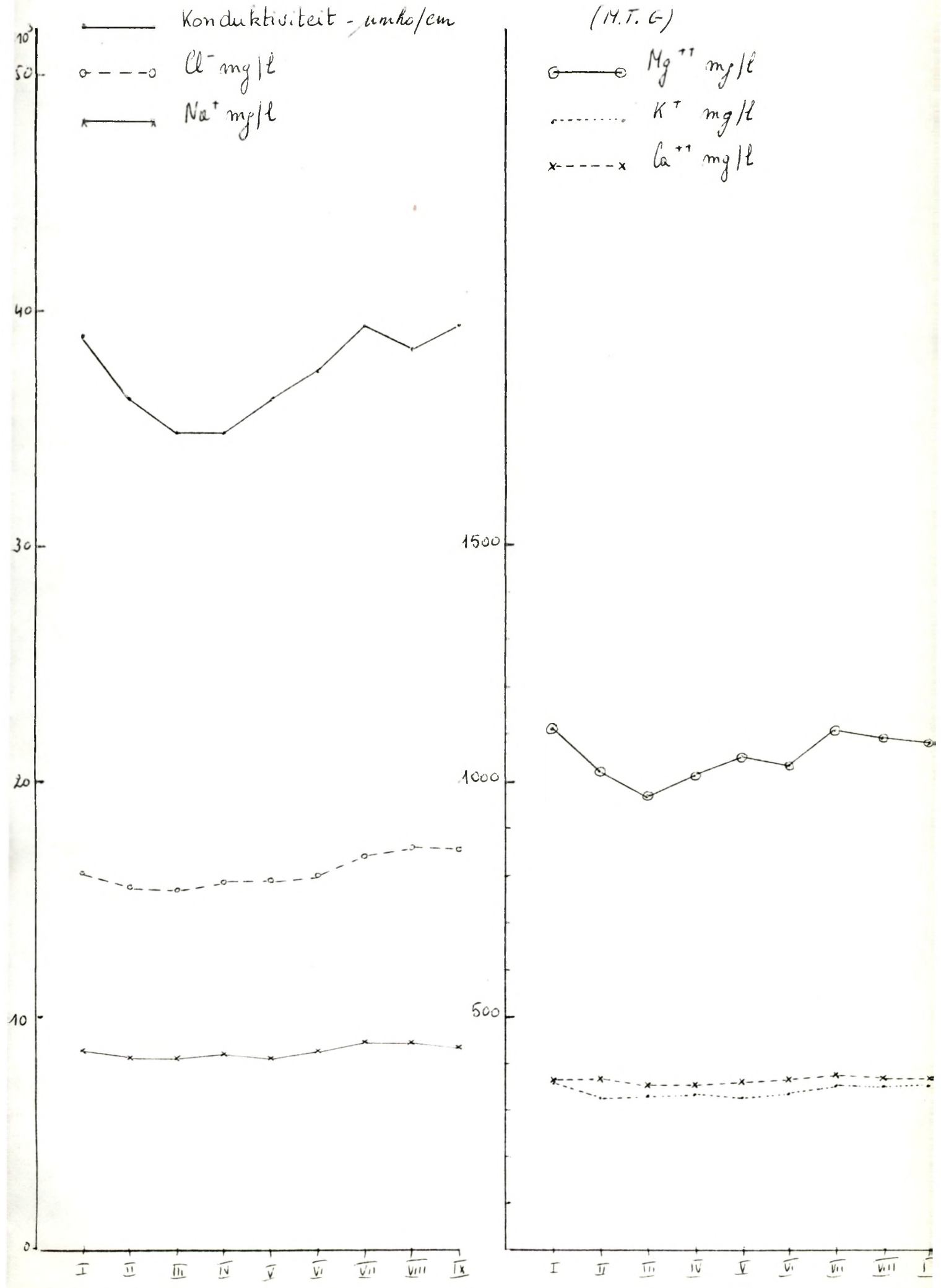
Ook uit de grafieken blijkt duidelijk dat de konduktiviteit, het chloorgehalte, het natriumgehalte en het magnesiumgehalte stijgen naar hoogwater toe en dalen tijdens de eb. Het gehalte aan $K^{+}$ en $Ca^{++}$ varieert slechts minimaal tijdens de getijden. Het maximale gehalte aan sulfaten schijnt zowel tijdens vloed- als eb-herborisaties ongeveer halfweg hoog- en laagwater gelegen te zijn.

TABEL XXVI - OOSTENDE-VAARGEUL M.T.G.-WAARDEN

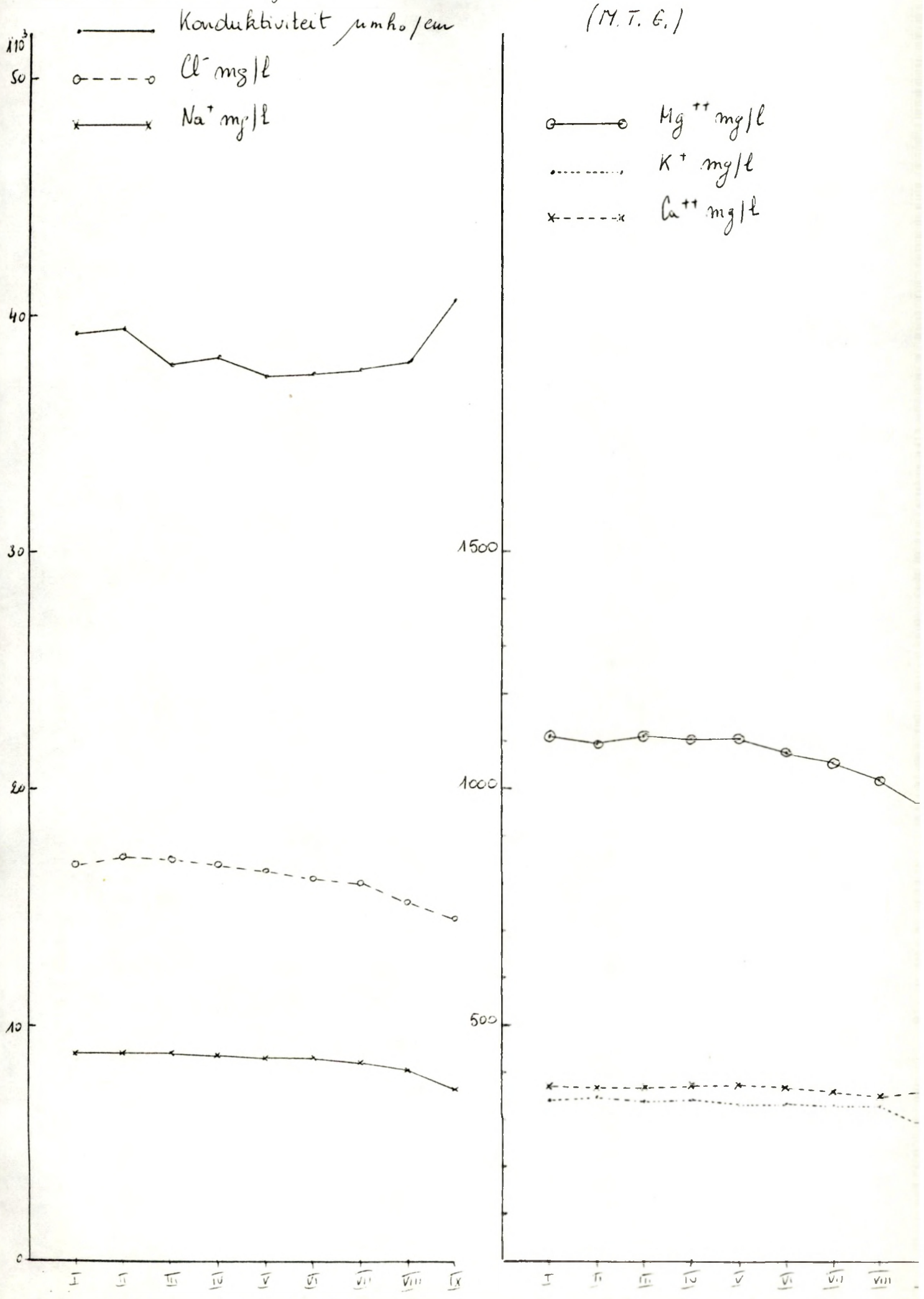
| 1970-1974 | VLOED | | | | | EB | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | | minimum | | ≠ | Maximum | | minimum | | ≠ |
| | 16.12.70 | | | | | | | | | |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 29.500 | VIII | 24.500 | IV | 5.000 | - | | - | | - |
| $Cl^-$ - mg/l | 15.975 | IX | 14.022 | II | 1.953 | 17.129 | VI | 15.265 | I | 1.864 |
| $Na^+$ - mg/l | 8.488 | IX | 7.250 | I | 1.238 | 9.700 | X | 7.950 | I | 1.750 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.056 | IX | 945 | II | 111 | 1.125 | VI | 936 | II | 189 |
| $K^+$ - mg/l | 340 | IX | 283 | XIII | 57 | 338 | VII | 310 | I | 28 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 375 | VI | 315 | VIII-X | 60 | 399 | VIII | 323 | I | 76 |
| | 1971 | | | | | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.219 | VIII | 15.482 | III | 1.737 | 17.132 | II | (14.556<br>15.206 | IX)<br>VIII | 2.576<br>1.926 |
| $Na^+$ - mg/l | 8.987 | VIII | 8.212 | II | 775 | 8.831 | III | ( 7.375<br>8.079 | IX)<br>VIII | 1.456<br>752 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | ( 1.111<br>1.107 | I)<br>VII | 977 | III | 134<br>130 | 1.113 | III | ( 960<br>1.022 | IX)<br>VIII | 153<br>91 |
| $K^+$ - mg/l | 350 | VII-IX | 325 | II | 25 | 347 | II | ( 283<br>323 | IX)<br>VIII | 64<br>24 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 373 | VII | 350 | III | 23 | 373 | V | 349 | VIII | 24 |
| | 1973-74 | | | | | | | | | |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 31.987 | VI | 29.906 | I | 2.081 | 33.606 | I | 32.195 | VI | 1.411 |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.185 | V | 15.992 | I | 1.193 | 17.862 | I | 17.141 | VI | 721 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.374 | V | 2.133 | I | 241 | 2.495 | V | 2.369 | I | 126 |

(Romeinse cijfers = momenten van staalnamen)

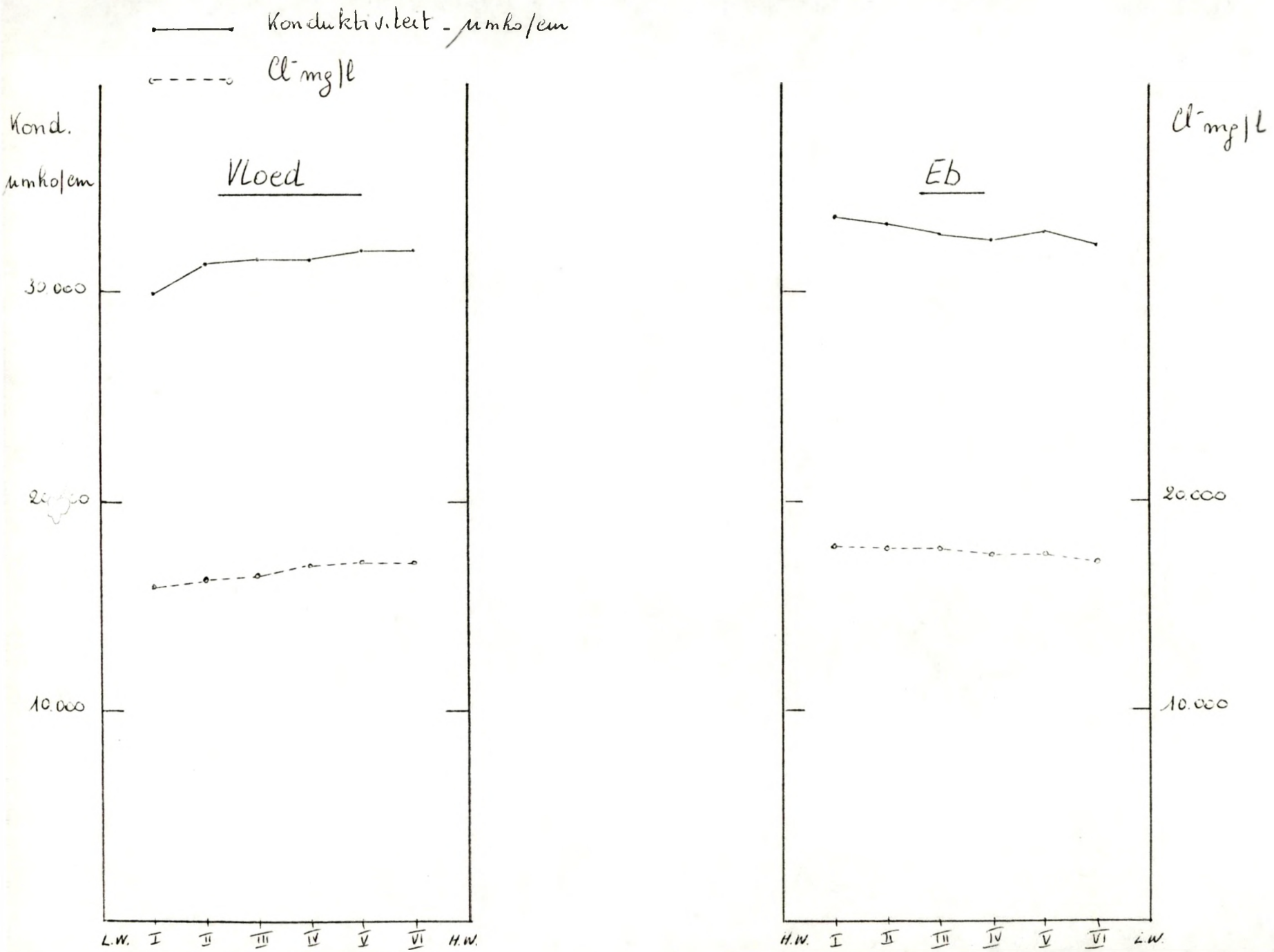
GRAFIEK 36: Oostende-Vaarwat 1971 Tidale Variatie - Vloed



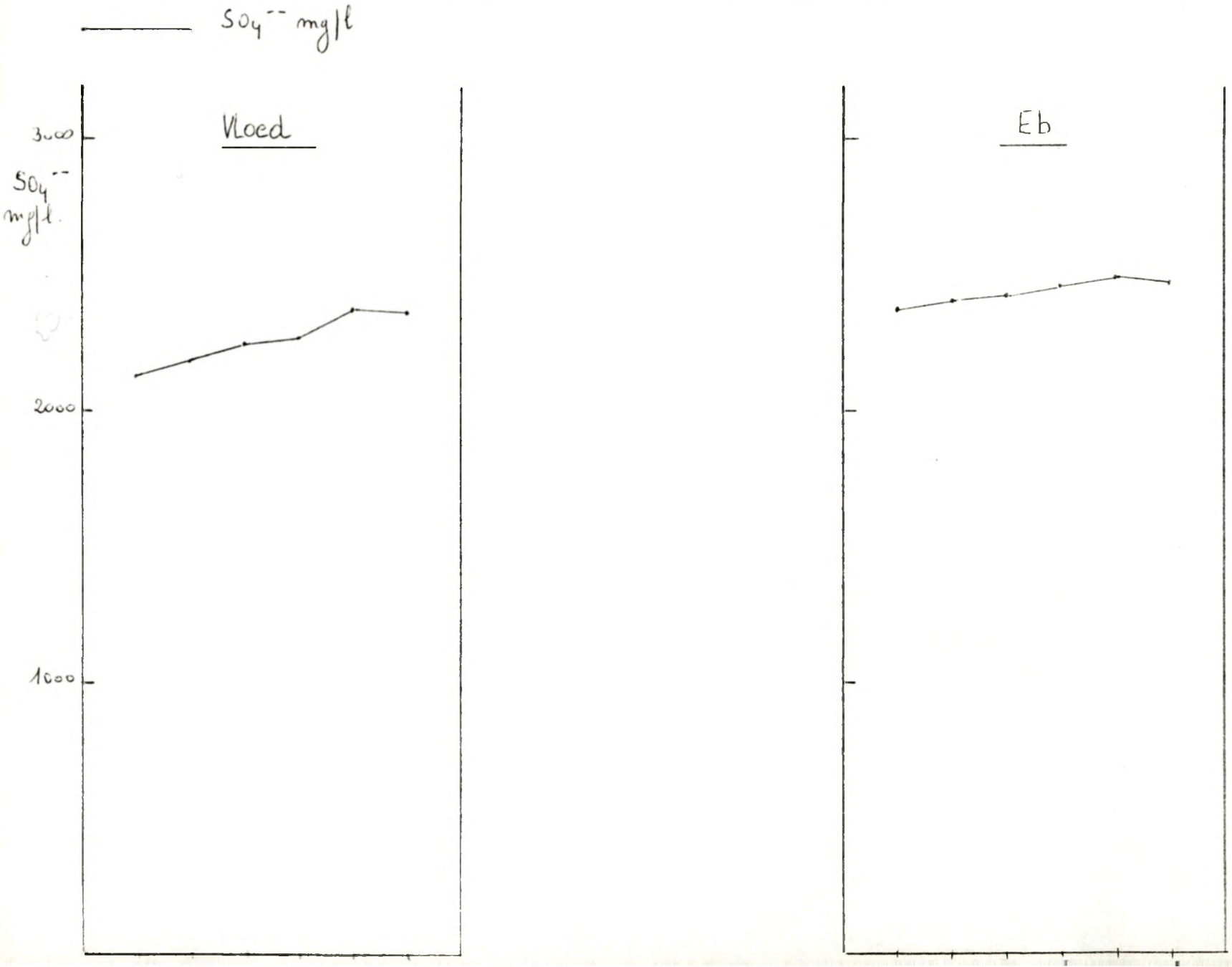
GRAFIEK 37: Oostende-Vaargeul 1971. Tidale Variatie . Eb (M.T.G.)



GRAFIEK 38 : Oostende-Vaargeul 1973-74 Tidale Variatie (M.T.G.)



GRAFIEK 39: Oostende - Vaargeul 1973-74 Tidale Variatie (M.T.G.)



C. Stratifikatie.

Bij de bespreking worden enkel het oppervlakteniveau en het bodemniveau behandeld.

a. Kronologisch.

In grafieken 40 tot en met 45 werd de vertikale variatie van de verschillende faktoren aan oppervlakte en bodem respektievelijk voor eb- en vloedherborisaties aangegeven.

Hieruit blijkt :

1° Het verloop aan oppervlakte en bodem is voor de verschillende faktoren gelijklopend.

2° Het gehalte aan de verschillende ionen is steeds hoger aan de bodem dan aan de oppervlakte, hetgeen nog eens aantoont dat het zwaardere en zoutere zeewater zich tegen de bodem bevindt.

Uit de tabellen met de waarnemingen (15 t.e.m. 27) blijkt dat, met uitzondering van magnesium, waar het grootste aantal verstoringen van hoger vermelde stratifikatie voorkwam tijdens de vloedherborisaties, voor alle faktoren meer verstoringen van de stratifikatie voorkwamen tijdens eb dan tijdens vloed.

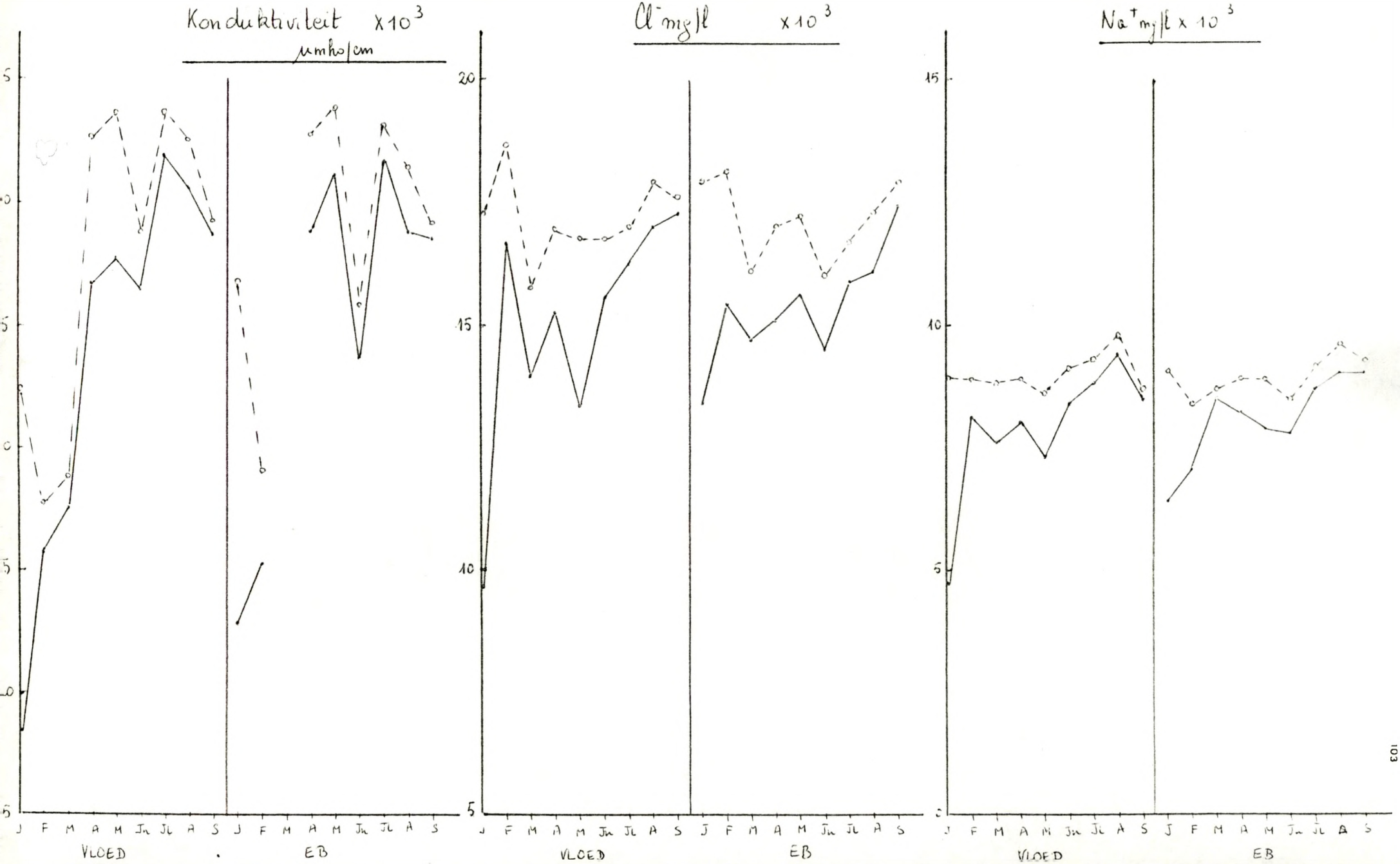
In tabel XXVII is aangegeven hoeveel % van de bodemkoncentratie aan het oppervlak aanwezig is op het moment van de maximale en minimale M.C.T.-waarden tijdens eb- en vloedherborisaties.

Hieruit blijkt dat de stratifikatie van de M.C.-waarden het grootst is wanneer de M.C.T.-waarden minimaal zijn.

GRAFIEK 40: Oostende - Vaargeul 1971

Oppervlak
Bodem

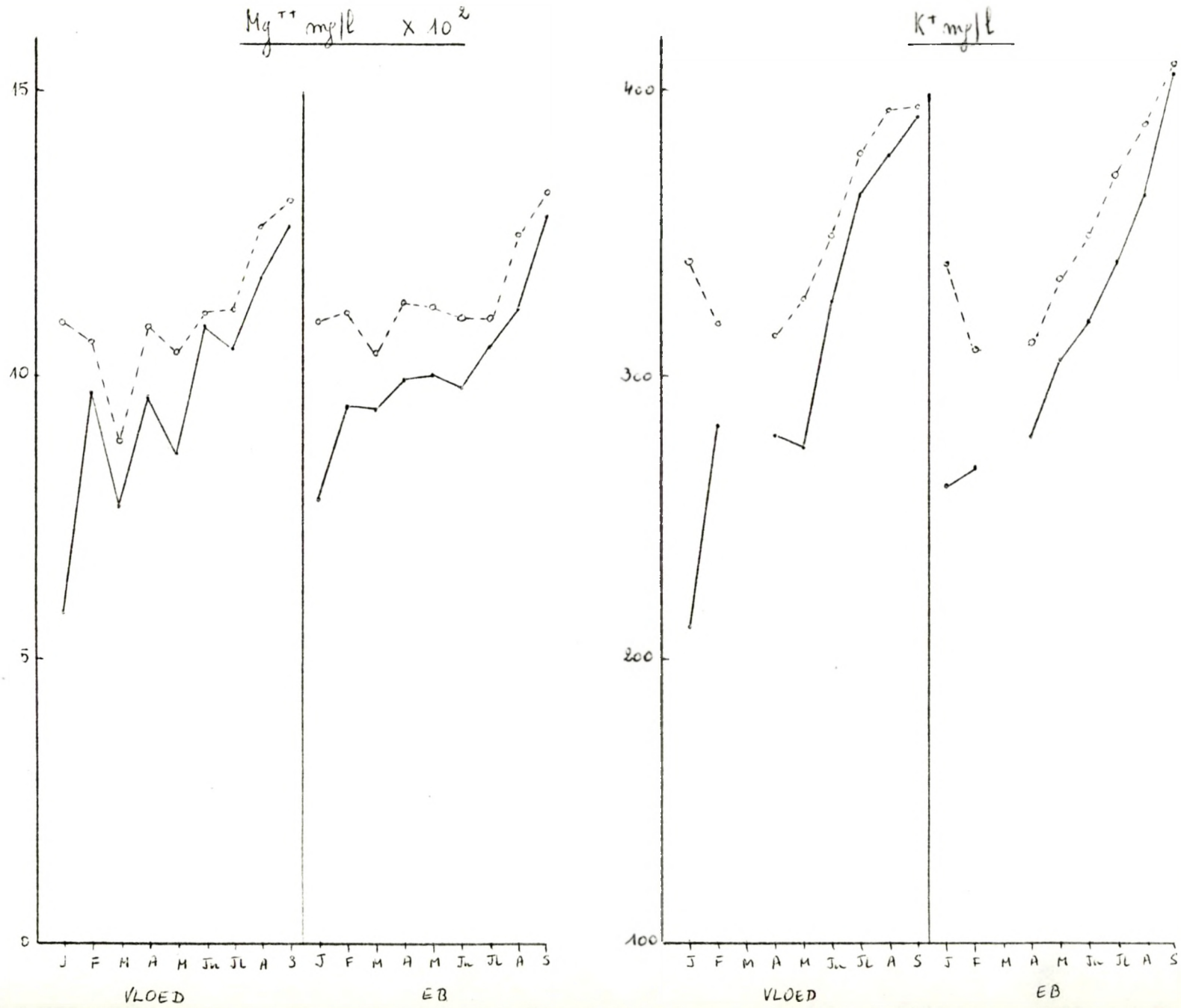
Vertikale Variatie Kronologisch (M.C.)



GRAFIEK 41 : Oostende. Vaargeul 1971

Vertikale Variatie Kronologisch

(M.C.)

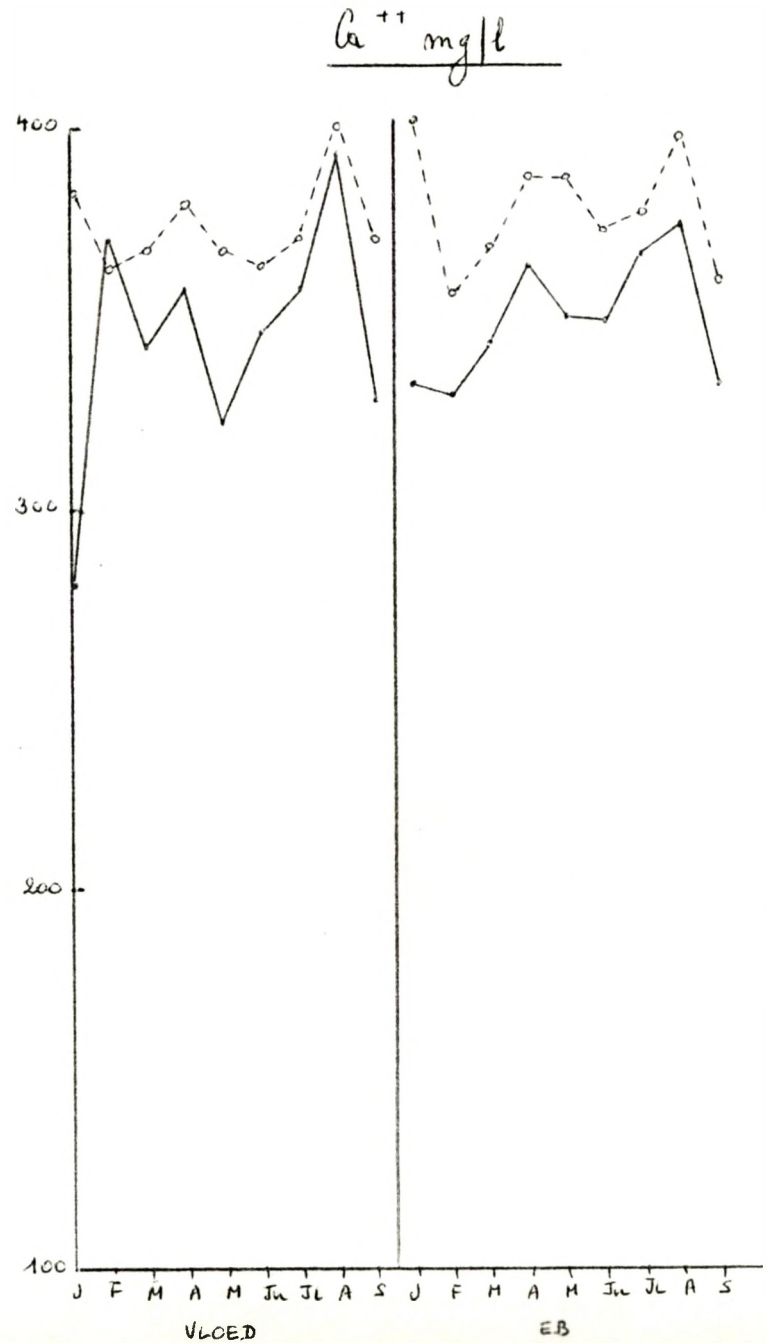


GRAFIEK 42 : Oostende - Vaargeut 1971

——— Oppervlak

o - - - o Bodem

Vertikale Variatie Kronologisch (MC)

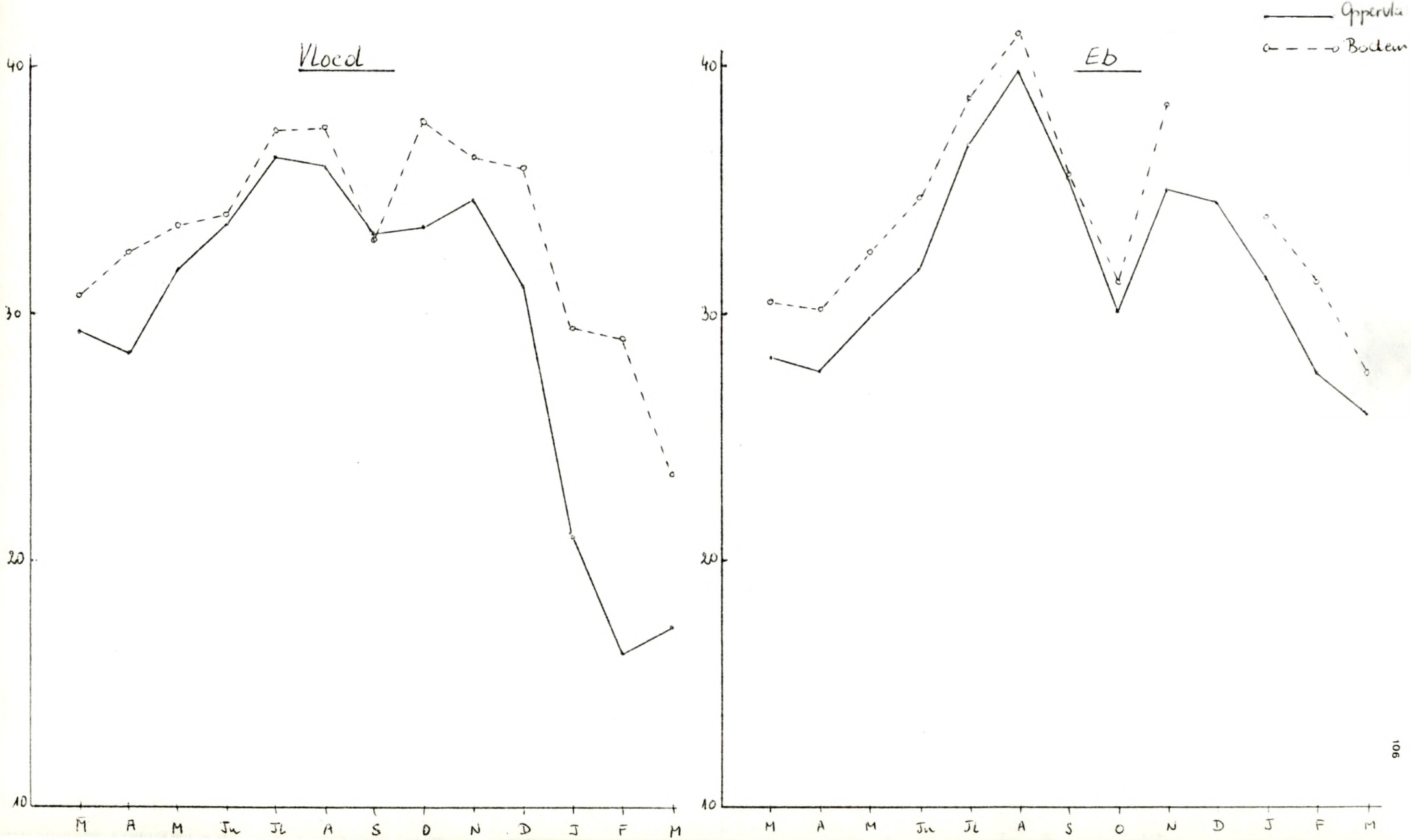


GRAFIEK 43 : Oostende - Vaargeul 1973-74 Konduktiviteit - µmho/cm

x 10³

Vertikale Variatie Kronologisch

(M.C.)

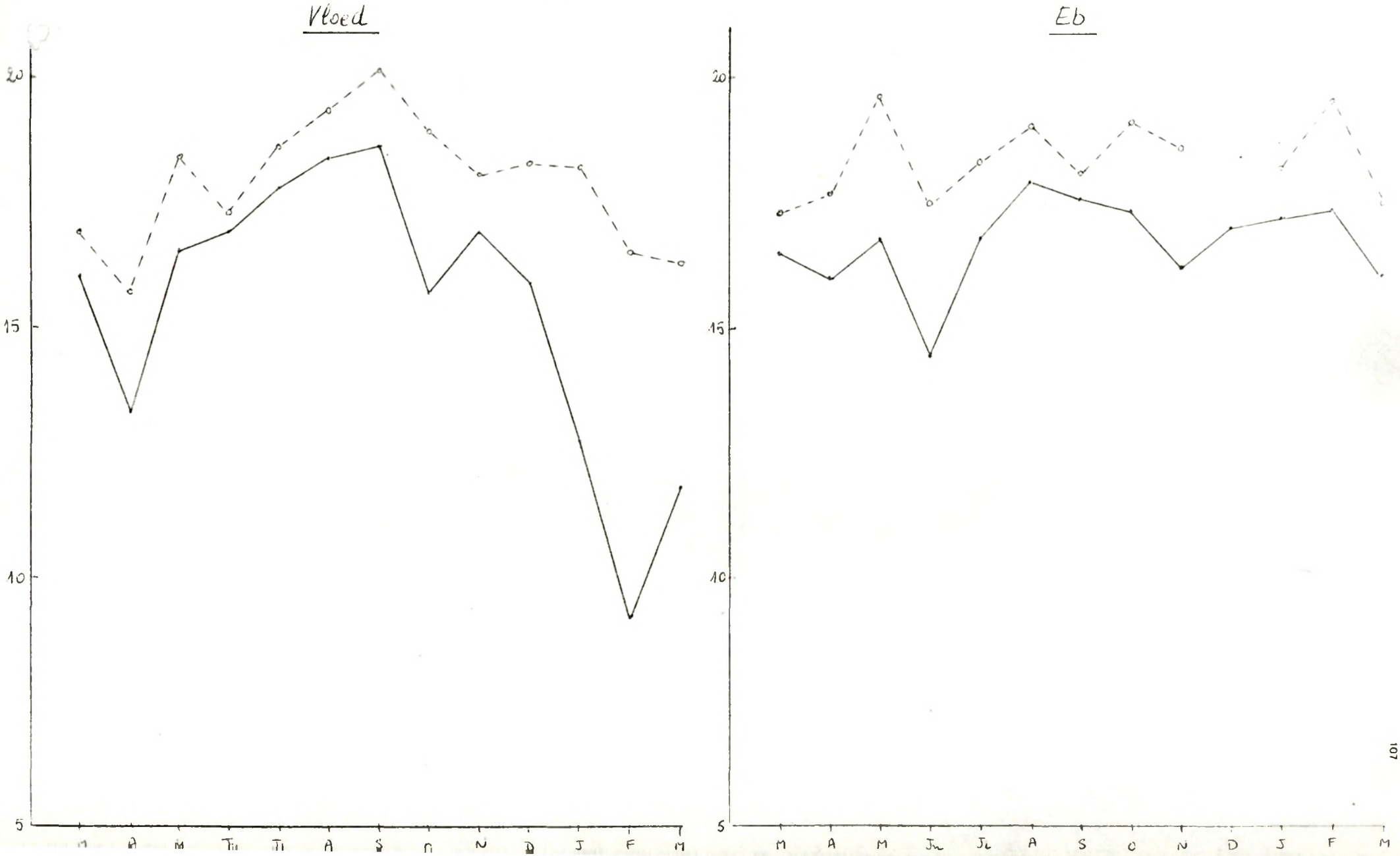


GRAFIEK 44: Oostende-Vaarzeul 1973 74 $Cl^-$ mg/l

$\times 10^3$

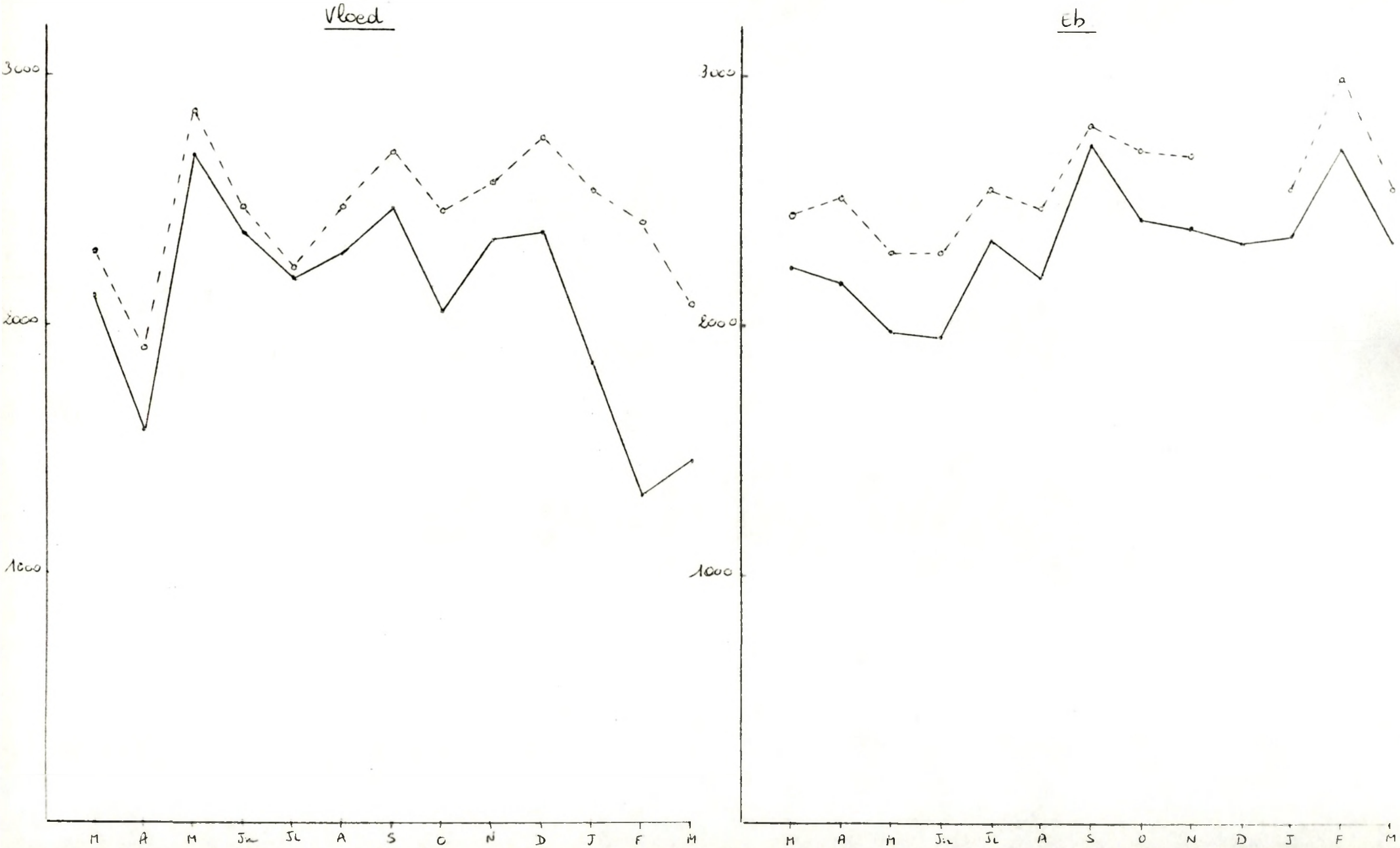
Vertikale Variatie Kronologisch

(M.C.)



GRAFIEK 45 : Oostende Vaargeul 1973-74 $SO_4^{--}$ mg/l

Vertikale Variatie Kronologisch (M.C.)



| TABEL XXVII | Oostende-vaargeul | | Procentuele verhouding oppervlakte- en bodemconcentraties | |
|---|---|---|---|---|
| 1971 | Vloed | | Eb | |
| | Maximum M.C.T. | minimum M.C.T. | Maximum M.C.T. | minimum M.C.T. |
| $Cl^-$ | 89 | 56 | 98 | 91 |
| $Na^+$ | 95 | 54 | 94 | 84 |
| $Mg^{++}$ | 97 | 87 | 97 | 71 |
| $Ca^{++}$ | 98 | 73 | 94 | 93 |
| $K^+$ | 99 | 62 | 99 | 87 |
| 1973-74 | Vloed | | Eb | |
| | Maximum M.C.T. | minimum M.C.T. | Maximum M.C.T. | minimum M.C.T. |
| Konduktiviteit | 97 | 74 | 96 | 94 |
| $Cl^-$ | 93 | 56 | 89 | 83 |
| $SO_4^{--}$ | 94 | 83 | 91 | 85 |

In tabel XXVIII zijn de maximale en minimale M.C.-waarden en de speling tussen beide aangegeven.

Hieruit blijkt dat de jaarlijkse variatie aan de oppervlakte steeds groter is dan aan de bodem, zowel tijdens de eb als tijdens de vloed. Bovendien is de variatie tijdens vloed zowel aan het oppervlak als aan de bodem groter dan tijdens eb. Ook hier zijn $K^+$ en $Ca^{++}$ -ionen uitzondering.

b. Tidaal.

In grafieken 46 tot en met 57 is de vertikale tidale variatie op basis van de M.T.-waarden voor 1971, alsook de vertikale tidale variatie tijdens een maximaal en minimaal getijde in 1971 en 1973-74 aangegeven.

Uit de grafieken 46 en 47, waar de variatie van de gemiddelde tidale waarden van de verschillende ionen in de oppervlakte- en bodemwaterlaag is weergegeven blijkt :

1° Dat de gehalten van de verschillende ionen steeds hoger liggen aan

TABEL XXVIII OOSTENDE-VAARGEUL M.C.-WAARDEN

| 1971 - Vloed | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.257 (s) | 9.635 (j) | 7.622 | 18.690 (f) | 15.775 (mt) | 2.915 |
| $Na^+$ - mg/l | 9.406 (au) | 4.836 (j) | 4.570 | 9.854 (au) | 8.664 (m) | 1.190 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.264 (s) | 583 (j) | 681 | 1.306 (s) | 887 (mt) | 419 |
| $K^+$ - mg/l | 396 (s) | 284 (j) | 112 | 394 (s) | 314 (ap) | 80 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 393 (au) | 280 (j) | 113 | 400 (au) | 363 (f) | 37 |
| 1973-74 - Vloed | | | | | | |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 36.306 (jl) | 16.285 (f) | 20.021 | 37.824 (o) | 23.546 (mt 74) | 14.278 |
| $Cl^-$ - mg/l | 18.602 (s) | 9.230 (f) | 9.372 | 20.093 (s) | 15.738 (ap) | 4.355 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.680 (m) | 1.312 (f) | 1.368 | 2.856 (m) | 1.905 (ap) | 951 |
| 1971 - Eb | | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.484 (s) | 13.446 (j) | 4.038 | 18.165 (f) | 16.041 (jn) | 2.124 |
| $Na^+$ - mg/l | 9.075 (au) | 6.419 (j) | 2.656 | 9.662 (au) | 8.408 (f) | 1.254 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.278 (s) | 780 (j) | 498 | 1.324 (s) | 1.044 (mt) | 280 |
| $K^+$ - mg/l | 406 (s) | 261 (j) | 145 | 409 (s) | 309 (f) | 100 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 375 (au) | 330 (f) | 45 | 402 (j) | 357 (f) | 45 |
| 1973-74 - Eb | | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 39.848 (au) | 25.933 (mt 74) | 13.915 | 41.366 (au) | 27.640 (mt 74) | 13.726 |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.927 (au) | 14.496 (jn) | 3.431 | 19.643 (m) | 17.335 (mt) | 2.308 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.720 (s) | 1.951 (jn) | 769 | 2.995 (f) | 2.295 (m-jn) | 700 |

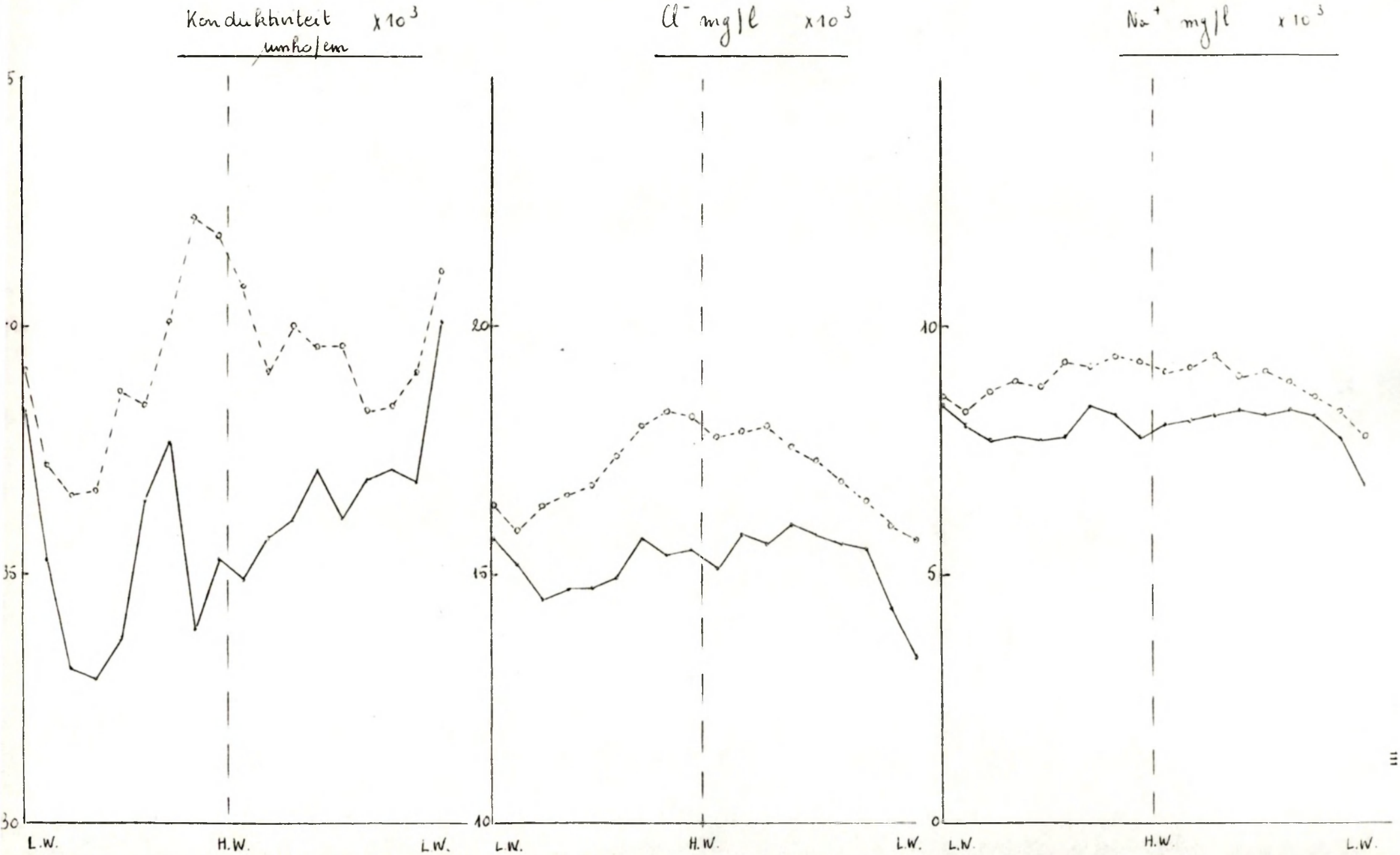
GRAFIEK 46 : Oostende - Vaargeul 1971

Oppervlak

Bodem

Verticale Variatie Tijdeel

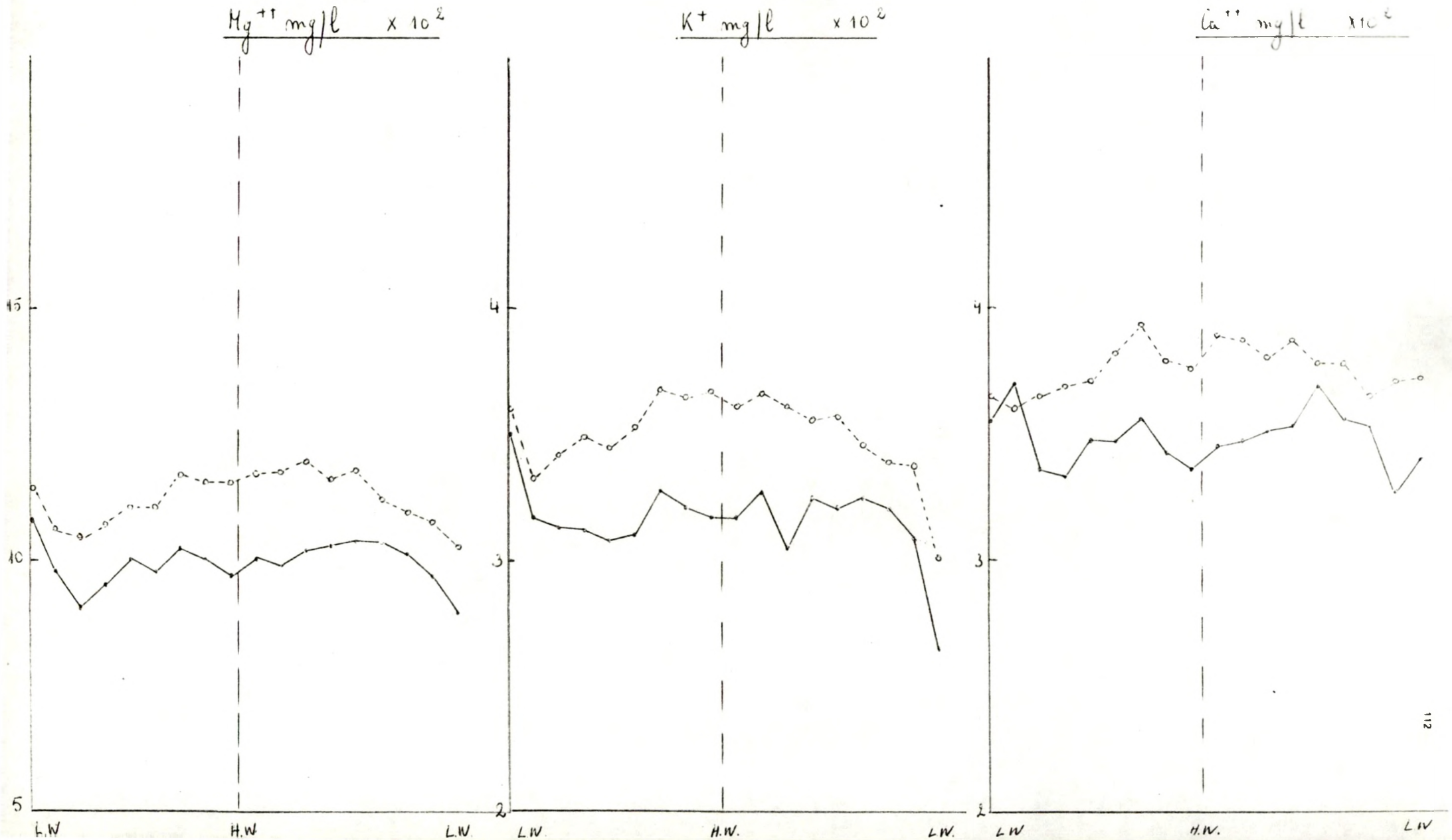
(M.T.)



GRAFIEK 47 : Oostende - Vaargeul 1971

Vertikale Variatie Totaal

(M. T.)



de bodem (uitzondering gemaakt voor de $Ca^{++}$ -ionen op moment II van de vloed).

2° Dat het verloop van de M.T.-waarden aan bodem en oppervlakte gelijkend is. Tijdens de vloed is er eerst een daling van de bepalende faktoren van de konduktiviteit, uitzondering gemaakt voor $Ca^{++}$. Vervolgens stijgen de koncentraties om een maximum te bereiken op moment VII van de vloed, daarna volgt een daling naar hoogwater toe. In het begin van de eb vertonen de kurven een stijging, daarna verminderen de gehalten van de verschillende ionen. Deze vermindering zet eerder in aan de bodem dan aan het oppervlak.

3° Het grootste verschil tussen oppervlakte en bodemkoncentraties komt voor in de buurt van hoogwater.

In tabel XXIX zijn de maximale en minimale M.T.-waarden tijdens vloed en eb aan de oppervlakte en bodem samen met de speling ertussen aangegeven.

Hieruit blijkt dat de maximale variatie voor konduktiviteit-, chloor-, natrium- en sulfaat-ionen tijdens de vloed voorkomt aan de bodem. Voor magnesium-, kalium- en calcium-ionen is de speling tijdens de vloed het grootst aan de oppervlakte.

Tijdens de eb-herborisaties komt de maximale variatie voor konduktiviteit , chloor-, natrium-, magnesium- en kalium-ionen voor aan de bodem (uitzondering gemaakt voor het $Cl^{-}$ -gehalte in 1971). Voor de calcium- en fosfaatgehaltes is de variatie maximaal aan de oppervlakte.

In grafieken 48 tot en met 53 is het verloop van de verschillende ionenkoncentraties voor een maximaal en minimaal getijde aangegeven voor 1971.

In tabel XXX zijn de maximale en minimale waargenomen waarden van de verschillende ionenkoncentraties aan oppervlakte en bodem tijdens vloed en eb vermeld.

Uit grafieken 48 t.e.m. 53 en tabel XXX blijkt :

1° De variatie schijnt het grootst te zijn tijdens het maximale getijde zowel tijdens vloed- als eb-herborisaties aan oppervlak en aan bodem, uitzondering gemaakt voor natrium-, magnesium- en kaliumgehalten die hun grootste tidale speling kennen tijdens de minimale eb aan het oppervlak.

TABEL XXIX - OOSTENDE-VAARGEUL M.T.-WAARDEN

| 1971 - Vloed | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| $Cl^-$ - mg/l | 15.797 (I) | 14.536 (III) | 1.261 | 18.360 (VIII) | 15.975 (II) | 2.385 |
| $Na^+$ - mg/l | 8.439 (VII) | 7.713 (V) | 726 | 9.489 (VIII) | 8.397 (II) | 1.092 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.082 (I) | 907 (III) | 175 | 1.170 (VII) | 1.047 (III) | 123 |
| $K^+$ - mg/l | 350 (I) | 308 (V) | 42 | 368 (VII) | 333 (II) | 35 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 370 (II) | 333 (III) | 37 | 393 (VII) | 360 (II) | 33 |
| 1973-74 - Vloed | | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 29.950 (II) | 28.903 (I) | 1.047 | 33.863 (VI) | 31.011 (I) | 2.853 |
| $Cl^-$ - mg/l | 15.511 (IV) | 15.136 (I) | 375 | 18.405 (VI) | 16.934 (I) | 1.471 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.132 (V) | 2.026 (I) | 106 | 2.532 (V) | 2.250 (I) | 282 |
| 1971 - Eb | | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 16.089 (IV) | 13.383 (IX) | 2.706 | 18.000 (III) | 15.728 (IX) | 2.272 |
| $Na^+$ - mg/l | 8.381 (VI) | 6.870 (IX) | 1.511 | 9.457 (III) | 7.880 (IX) | 1.577 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.037 (V) | 899 (IX) | 138 | 1.195 (III) | 1.022 (IX) | 173 |
| $K^+$ - mg/l | 327 (II) | 265 (IX) | 62 | 366 (II) | 301 (IX) | 65 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 369 (V) | 327 (VIII) | 42 | 389 (I) | 365 (VII) | 24 |
| 1973-74 - Eb | | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 32.330 (I) | 31.130 (VI) | 1.200 | 34.573 (I) | 33.368 (VI) | 1.205 |
| $Cl^-$ - mg/l | 16.803 (III) | 16.478 (IV) | 325 | 18.904 (I) | 17.679 (VI) | 1.225 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.429 (V) | 2.197 (I) | 232 | 2.592 (IV) | 2.541 (I) | 51 |

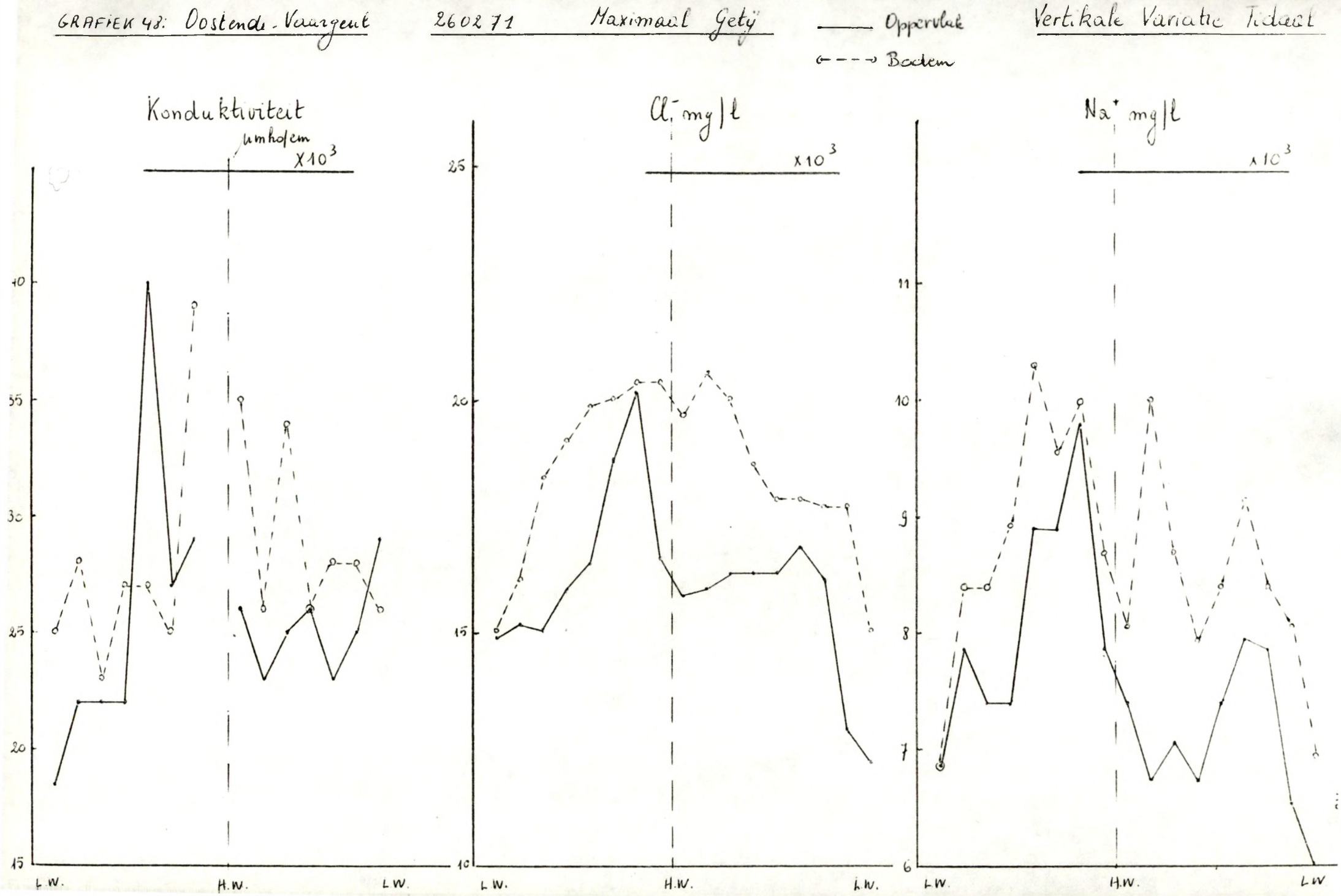
(Romeinse cijfers = momenten van staalnamen)

TABEL XXX - OOSTENDE-VAARGEUL MAXIMALE EN MINIMALE WAARGENOMEN WAARDEN

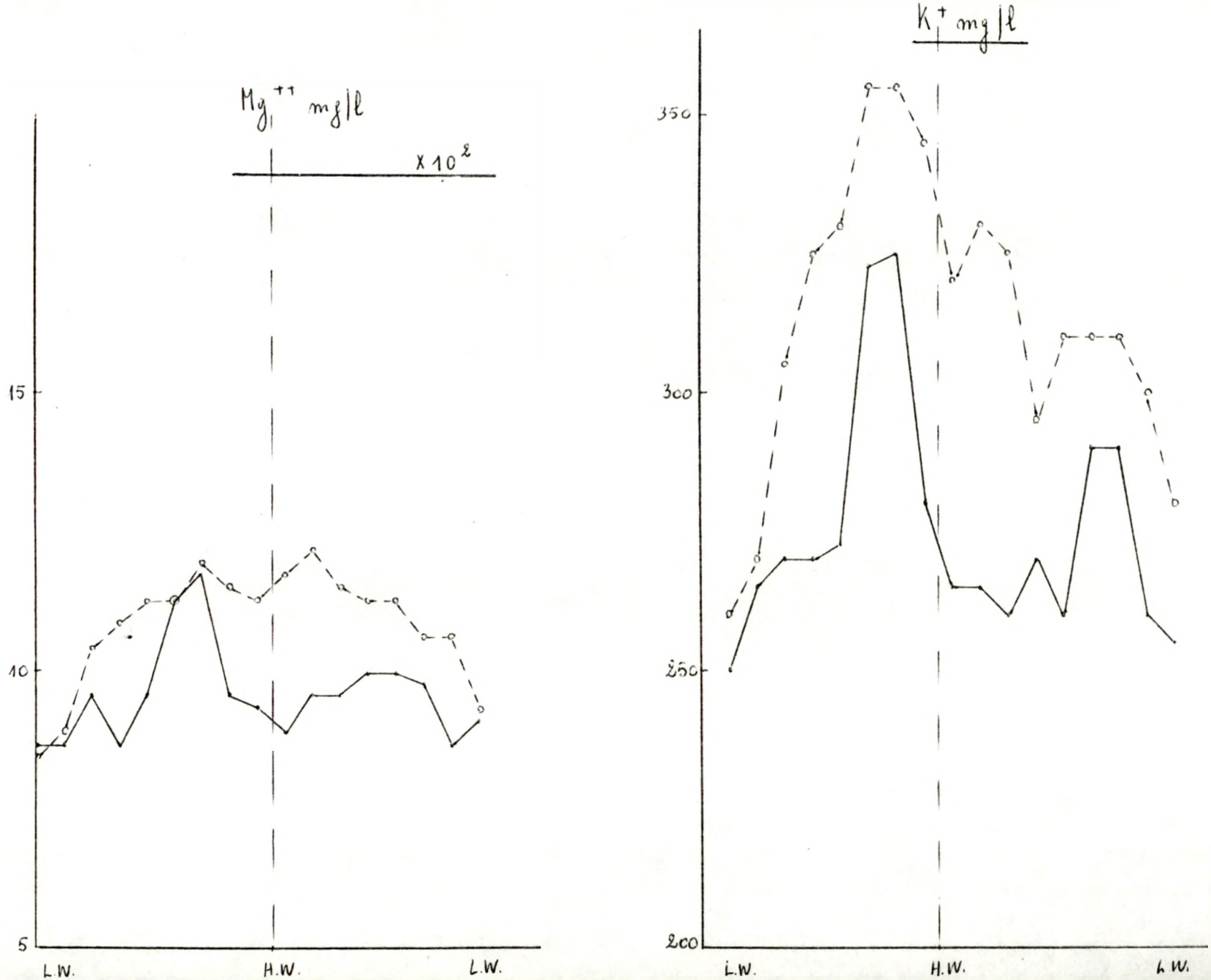
| 1971 | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| | Maximaal Getij Vloed : 26.02.71 | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 20.235 | 14.910 | 5.325 | 20.412 | 15.087 | 5.325 |
| $Na^+$ - mg/l | 9.800 | 6.875 | 2.925 | 10.350 | 6.875 | 3.475 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.172 | 868 | 304 | 1.194 | 846 | 348 |
| $K^+$ - mg/l | 325 | 250 | 75 | 355 | 260 | 95 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 521 | 321 | 200 | 401 | 321 | 80 |
| | Minimaal Getij Vloed : 22.07.71 | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.750 | 15.442 | 2.308 | 17.750 | 16.685 | 1.065 |
| $Na^+$ - mg/l | 9.250 | 8.275 | 975 | 9.900 | 8.725 | 1.175 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.128 | 998 | 130 | 1.150 | 1.042 | 108 |
| $K^+$ - mg/l | 380 | 345 | 35 | 400 | 362 | 38 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 380 | 320 | 60 | 400 | 320 | 80 |
| | Maximaal Getij Eb : 26.02.71 | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 16.862 | 12.247 | 4.615 | 20.590 | 15.087 | 5.503 |
| $Na^+$ - mg/l | 7.950 | 6.550 | 1.400 | 10.000 | 6.975 | 3.025 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 998 | 868 | 130 | 1.215 | 933 | 282 |
| $K^+$ - mg/l | 290 | 255 | 35 | 330 | 280 | 50 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 361 | 301 | 60 | 381 | 321 | 60 |
| | Minimaal Getij Eb : 22.07.71 | | | | | |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.040 | 13.667 | 3.373 | 17.395 | 15.442 | 1.953 |
| $Na^+$ - mg/l | 9.250 | 7.475 | 1.775 | 9.575 | 8.725 | 850 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.107 | 933 | 174 | 1.172 | 1.020 | 152 |
| $K^+$ - mg/l | 365 | 257 | 108 | 390 | 350 | 40 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 380 | 340 | 40 | 400 | 360 | 40 |

GRAFIEK 48: Oostende - Vaargeul 260271 Maximaal Getij

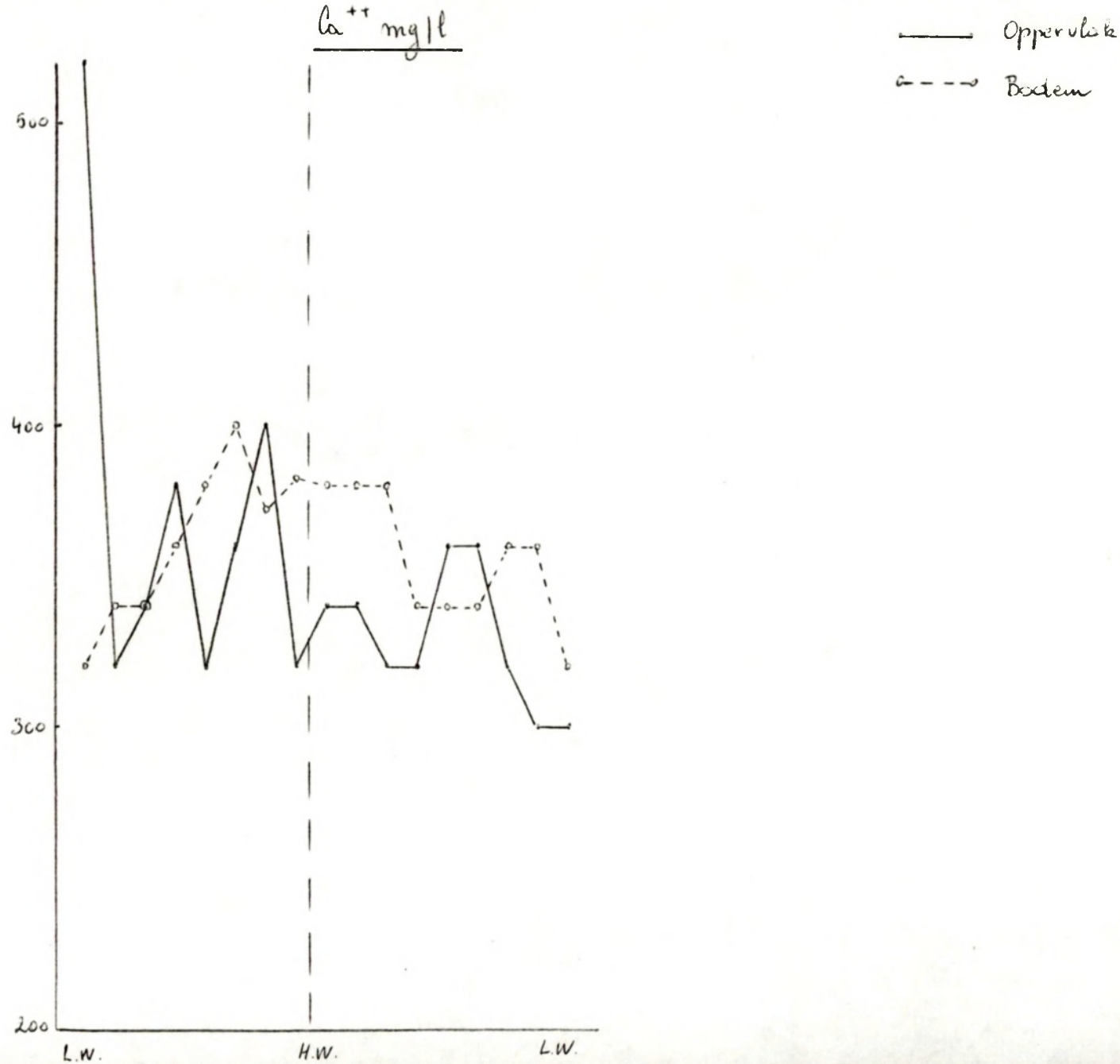
Vertikale Variatie Tidaal



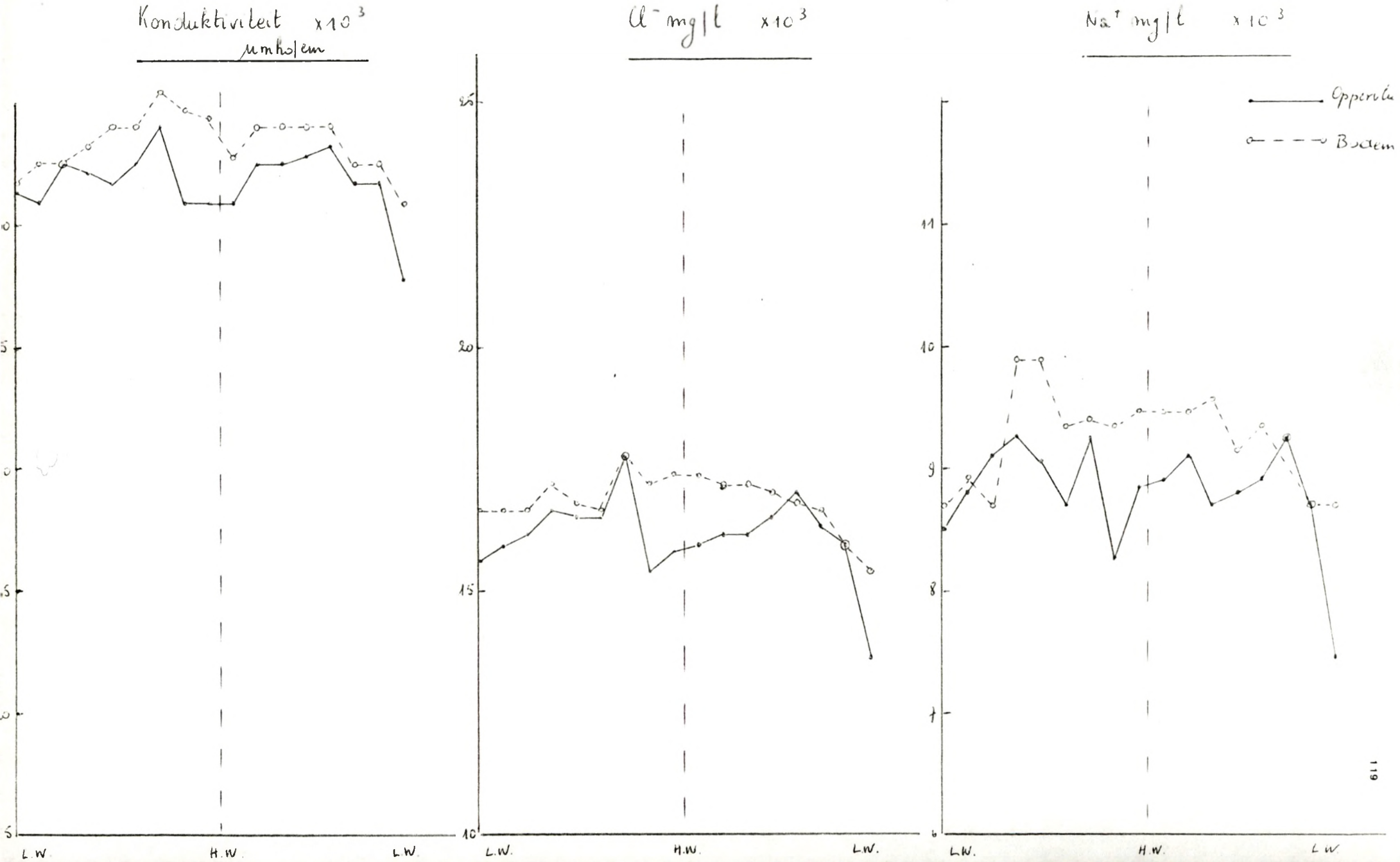
GRAFIEK 49: Oostende-Vaargeul 26 0271 Maximaal Getij Vertikale Variatie Tidaal



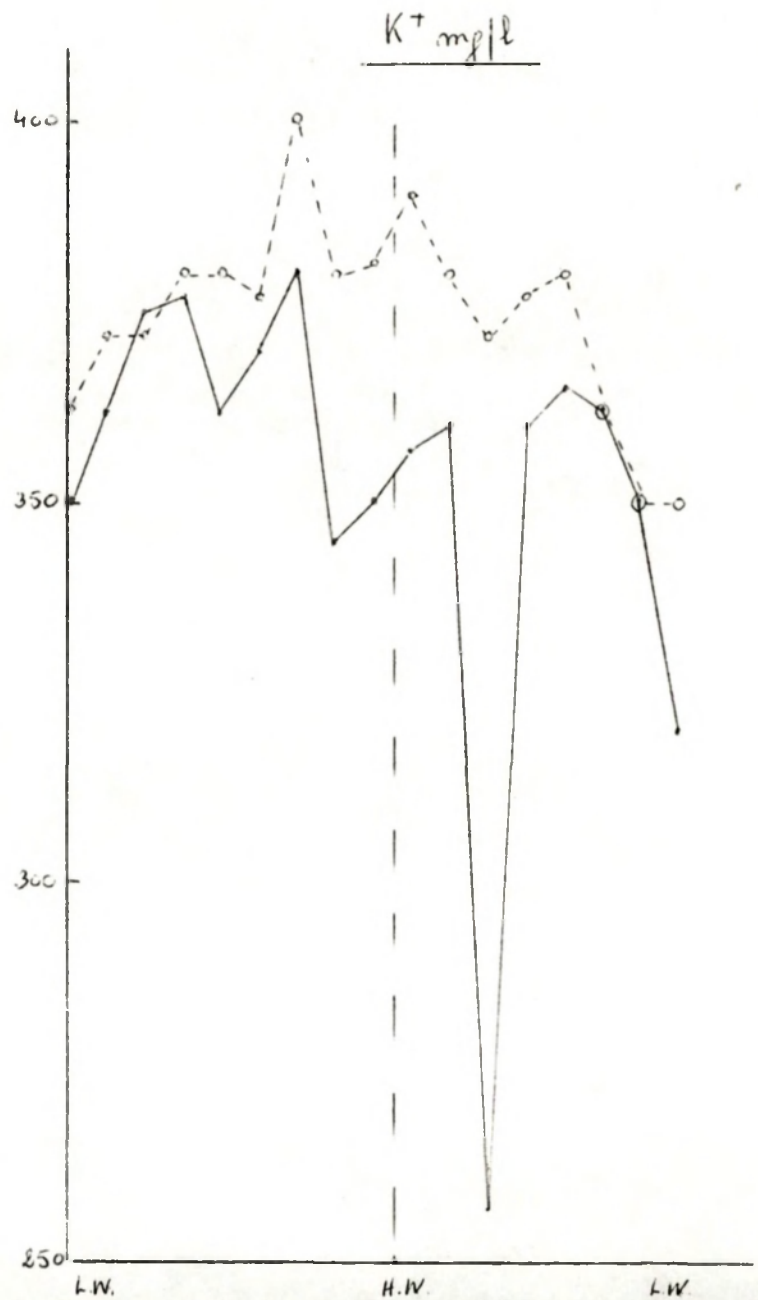
GRAFIEK 50 : Oostende-Vaargeul 260271 Maximaal Getij Vertikale Variatie Tidaal



GRAFIEK 51: Oostende - Vaargeul 220771 Minimaal Getij Vertikale Variatie Tideaal



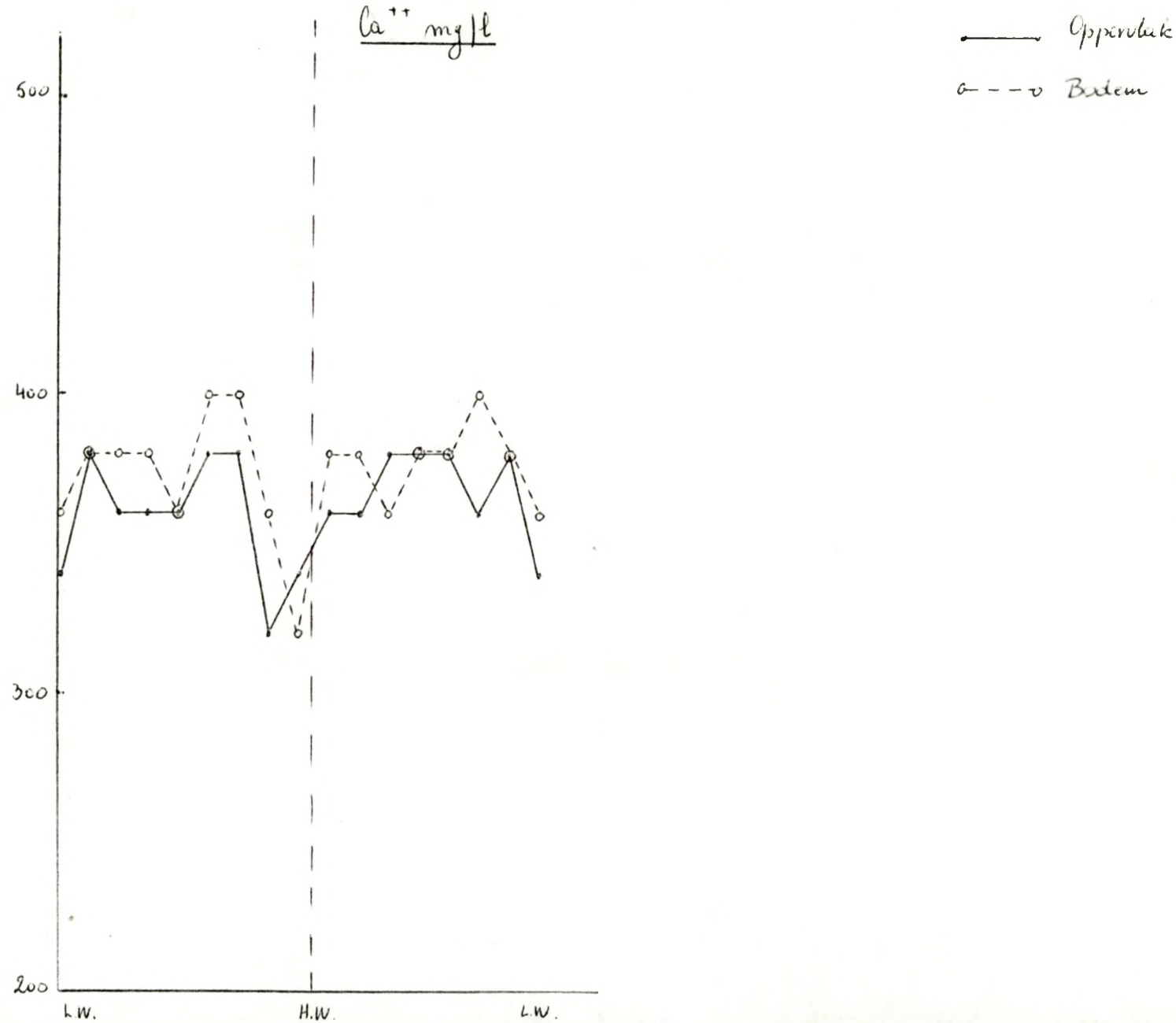
GRAFIEK 52: Oostende - Vaargeul 22 0/71 Minimaal Getij Verticale Variatie Tidaal




Oppervlak

Bodem

GRAFIEK 53: Oostende - Vaargeul 220771 Minimaal Getij Verticale Variatie Tidaal



2° Tijdens de maximale vloed kent calcium de grootste variatie aan het oppervlak; natrium, magnesium en kalium aan de bodem.

Tijdens de maximale eb komen voor alle faktoren de grootste variaties voor aan de bodem, uitzondering gemaakt voor calcium.

3° Tijdens de minimale vloed komt met uitzondering van chloor en magnesium de maximale variatie voor aan de bodem. Bij minimale eb is de variatie het grootst aan het oppervlak, behalve voor calcium.

4° Tijdens het maximale getij blijkt de stratifikatie vooral bij calcium verstoord te zijn, terwijl dit voor een minimaal getij vooral het geval is voor natrium en calcium.

5° Uit bovenstaande tabel blijkt dat voor de meeste faktoren de maximale en minimale waarden hoger waren tijdens het minimale getij van 22.07.71 dan tijdens het maximale getij van 26.01.71. Er moet hierbij worden bedacht dat juli 71 een droge maand was, hetgeen de hoge waarden kan verklaren.

In grafieken 54 tot en met 57 is het verloop van de konduktiviteit , chloor- en sulfaat-ionen aangegeven en in tabel XXXI werden de maximale en minimale waarden en de speling tussen beide aangegeven voor 1973-74.

Hieruit blijkt :

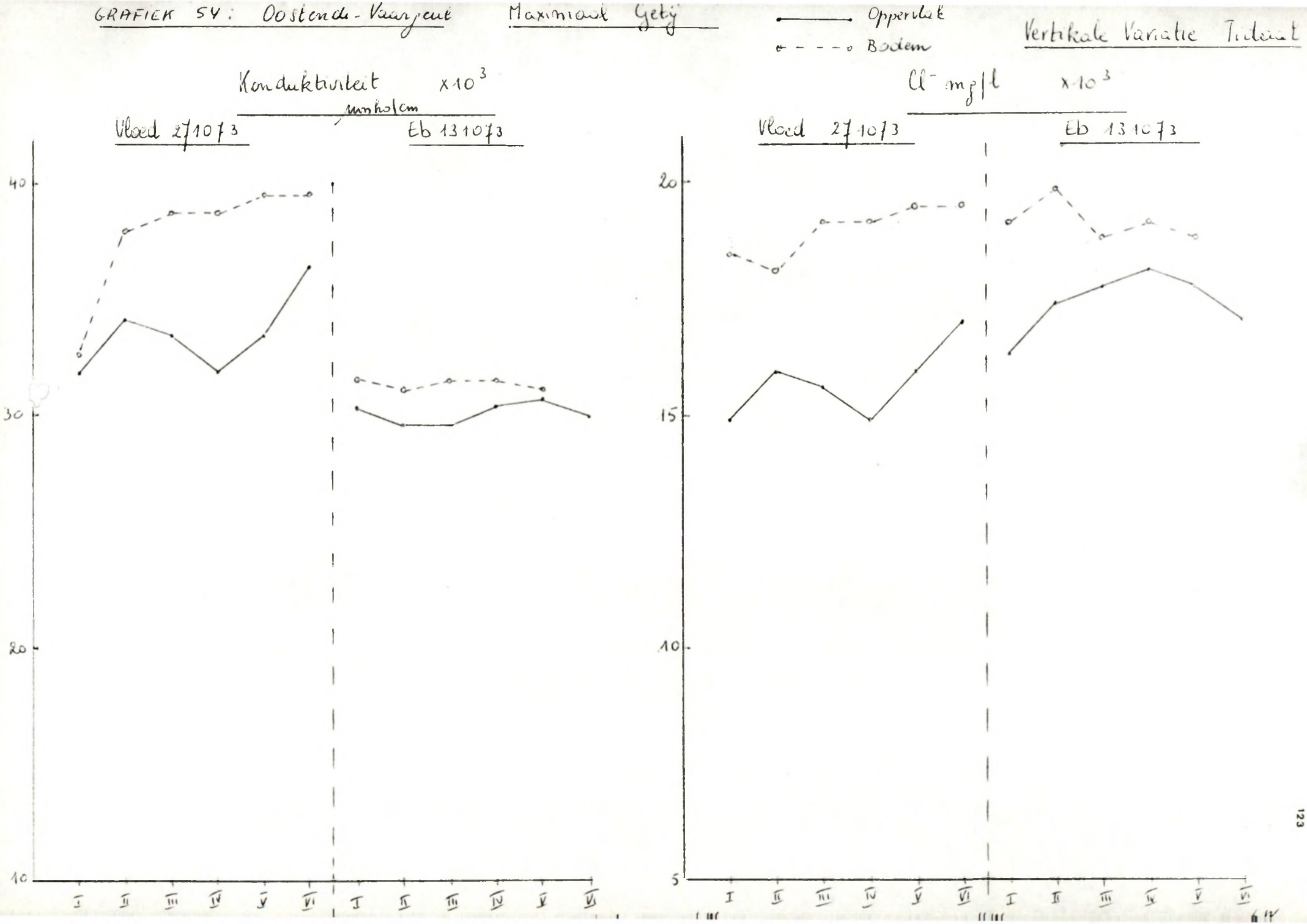
1° In tegenstelling tot in 1971 komt hier de grootste tidale variatie aan oppervlakte en bodem zowel bij vloed als bij eb voor tijdens het minimale getij.

2° Op uitzondering van de konduktiviteit tijdens de maximale vloed, komt de grootste variatie voor alle faktoren voor aan de oppervlakte zowel tijdens maximale als minimale vloed.

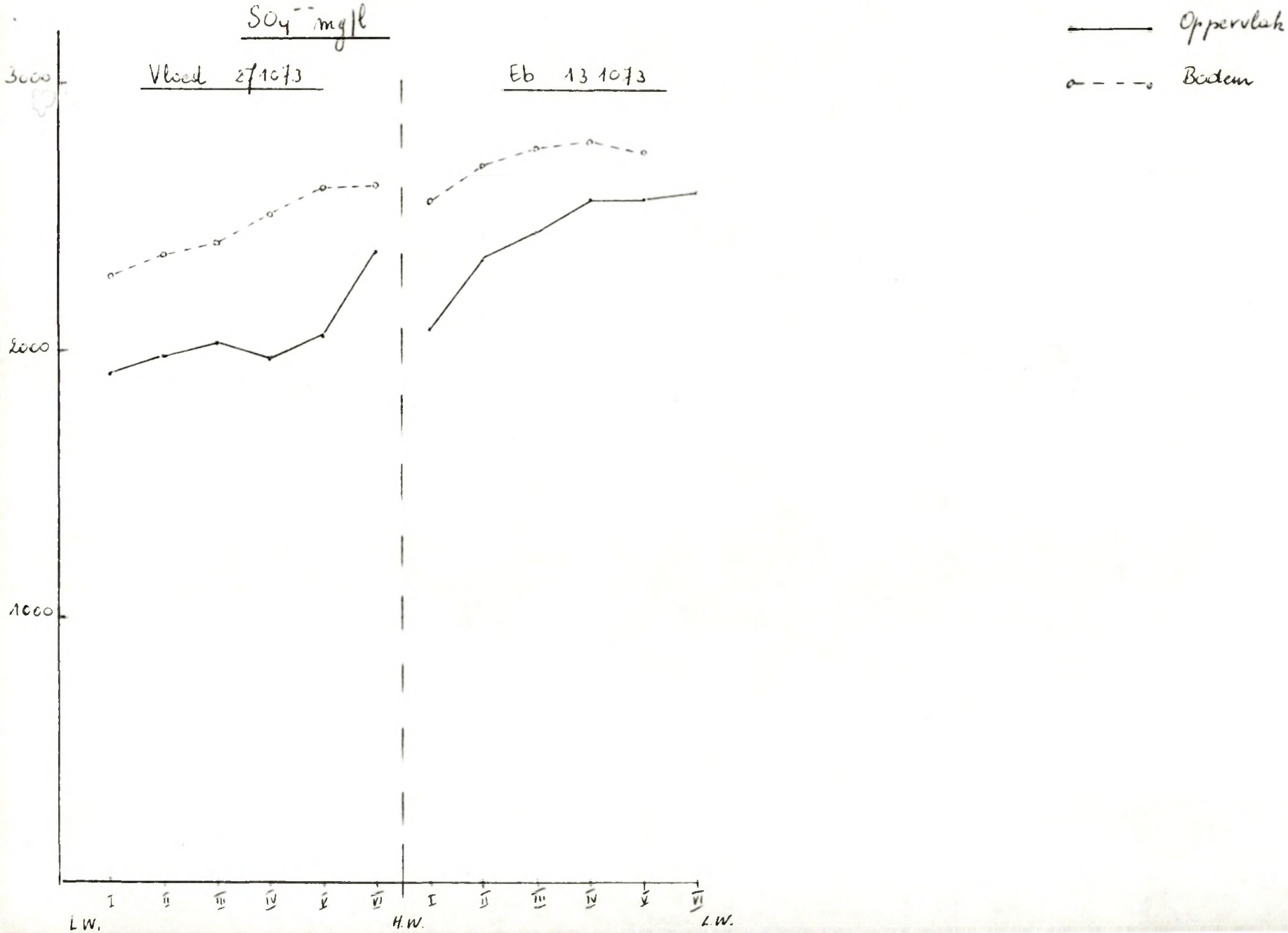
3° Tijdens de minimale vloed vertonen de kurven aan oppervlakte en bodem een duidelijk tegengesteld verloop.

GRAFIEK 54: Oostende-Vaargeul Maximaal Getij

Vertikale Variatie Tidaat



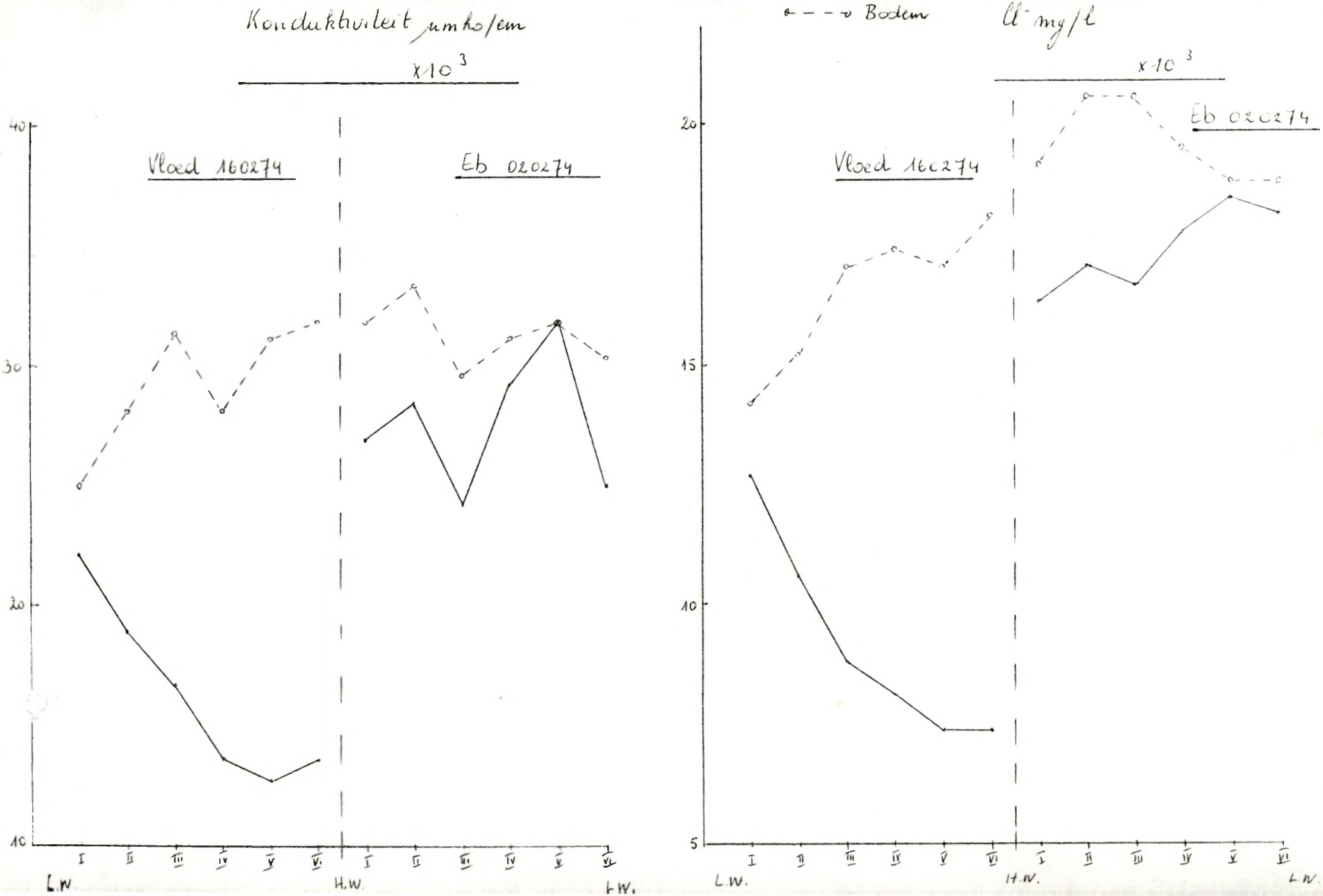
GRAFIEK 55: Oostende - Vaarjeul  Maximaal Getij  Vertikale Variatie Tidant



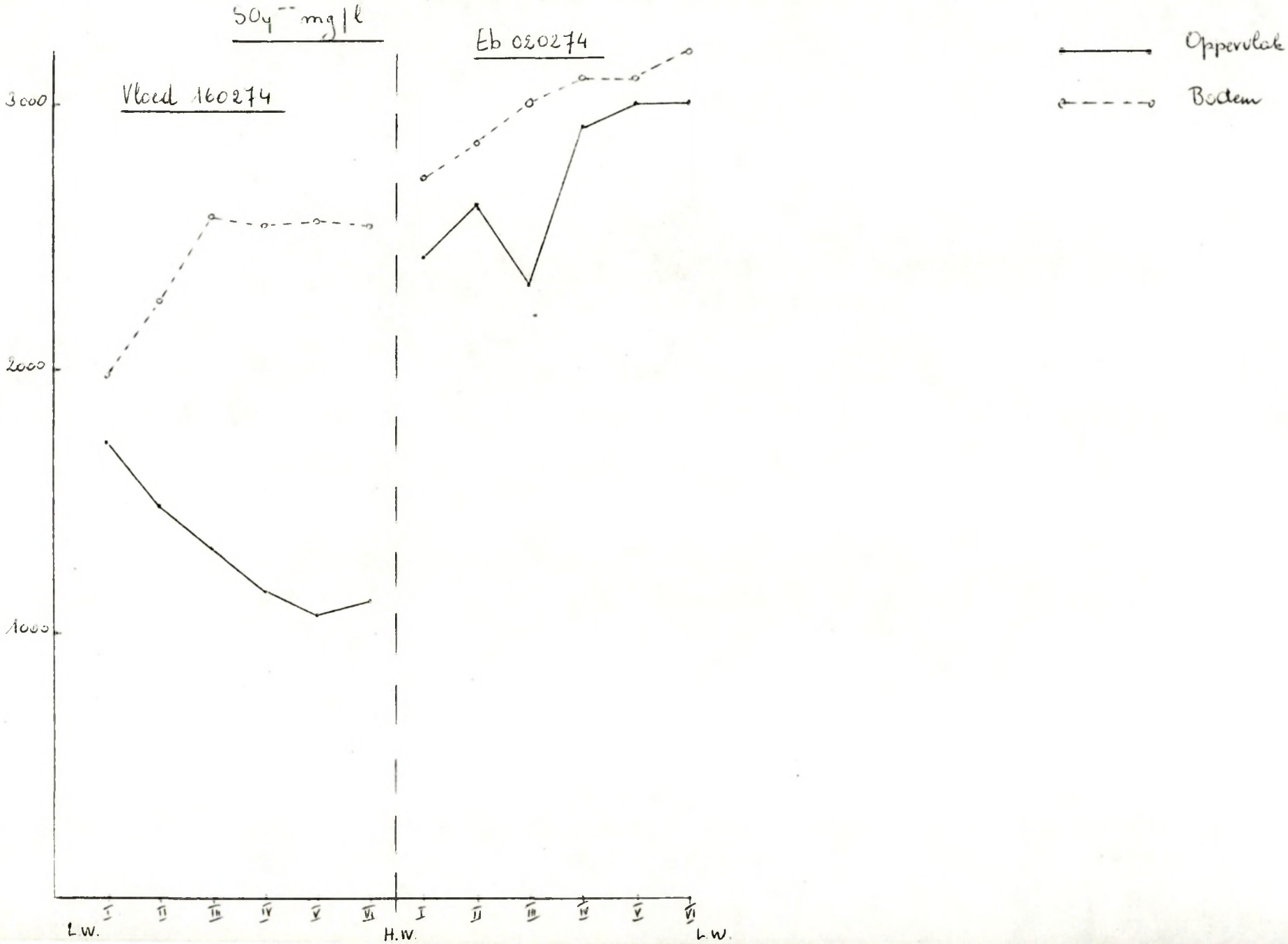
GRAFIEK 56: Oostende - Vaargeul

Minimaal Getij

Vertikale Variatie Tidaal



GRAFIEK 57. Oostende - Vaargeul  Minimaal Getij  Verticale Variatie Tidaal



TABEL XXXI Oostende-vaargeul Maximale en minimale waargenomen waarden

| 1973-74 | Maximaal Getij Vloed : 27.10.73 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oppervlakte | | | Bodem | | |
| | Max. | min. | ≠ | Max. | min. | ≠ |
| Konduktiviteit µmho/cm | 36.432 | 31.878 | 4.554 | 39.468 | 32.637 | 6.831 |
| $Cl^-$ - mg/l | 17.040 | 14.910 | 2.130 | 19.525 | 18.105 | 1.420 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.370 | 1.910 | 460 | 2.620 | 2.280 | 340 |
| | Minimaal Getij Vloed : 16.02.74 | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 22.101 | 12.703 | 9.398 | 31.878 | 25.047 | 6.831 |
| $Cl^-$ - mg/l | 12.780 | 7.455 | 5.325 | 18.105 | 14.200 | 3.905 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 1.720 | 1.070 | 650 | 2.580 | 1.980 | 600 |
| | Maximaal Getij Eb : 13.10.73 | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 30.740 | 29.601 | 1.139 | 31.499 | 31.119 | 380 |
| $Cl^-$ - mg/l | 18.105 | 16.330 | 1.775 | 19.880 | 18.815 | 1.065 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.590 | 2.080 | 510 | 2.780 | 2.560 | 220 |
| | Minimaal Getij Eb : 02.02.74 | | | | | |
| Konduktiviteit µmho/cm | 31.878 | 24.288 | 7.590 | 33.396 | 29.601 | 3.795 |
| $Cl^-$ - mg/l | 18.460 | 16.330 | 2.130 | 20.590 | 18.815 | 1.775 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 3.000 | 2.320 | 680 | 3.200 | 2.720 | 480 |

D. Verhouding van verschillende ionen.

In tabel XXXII zijn de waarden van de verhoudingen van sulfaat-, calcium-, magnesium-, kalium- en natrium- tot chloor-ionen aangegeven. De experimentele verhoudingen, gebaseerd op de F.I.-waarden, worden vergeleken met de litteratuurgegevens afkomstig van Gessner (1) en Ivanoff (2).

(1) Volgens GESSNER, F. Hydrobotanik. 1959 (p. 344)

(2) Volgens IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 28-31)

| TABEL XXXII | Verhouding van verschillende ionen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Litteratuur-gegevens | | Oostende-Vaargeul | | | |
| | | | 1971 | | 1973-74 | |
| | GESSNER | IVANOFF | Vloed | Eb | Vloed | Eb |
| $SO_4^{--}/Cl^-$ | 0,1396 | 0,1395-0,1406 | - | - | 0,1361 | 0,1380 |
| $Ca^{++}/Cl^-$ | 0,0215 | 0,0213 | 0,0221 | 0,0222 | - | - |
| $Mg^{++}/Cl^-$ | 0,06694 | 0,0668 | 0,06467 | 0,06572 | - | - |
| $K^+/Cl^-$ | 0,02024 | 0,0206 | 0,02072 | 0,02031 | - | - |
| $Na^+/Cl^-$ | - | 0,554-0,5562 | 0,525 | 0,521 | - | - |

In tabel XXXIII zijn de procentuele verschillen tussen de experimentele verhoudingen en de litteratuurgegevens die betrekking hebben op de verhoudingen,zoals ze zich voordoen in volle zee, aangegeven. Het blijkt dat de experimenteel bepaalde verhoudingen voor de vaargeul van Oostende eigenlijk zeer gelijkend zijn aan de verhoudingen in volle zee, hetgeen wijst op een overwicht van de zee-invloed ten opzichte van de landafvoer.

| TABEL XXXIII | Vergelijking van de experimentele verhoudingen met de litteratuurgegevens | | |
|---|---|---|---|
| | | Vloed | Eb |
| Vergelijking met gegevens volgens GESSNER | $SO_4^{--}/Cl^-$ | - 2,5 % | - 0,1 % |
| | $Ca^{++}/Cl^-$ | + 2,8 % | + 3,3 % |
| | $Mg^{++}/Cl^-$ | - 3,4 % | - 1,8 % |
| | $K^+/Cl^-$ | + 2,4 % | + 0,3 % |
| Vergelijking met gegevens volgens IVANOFF | $SO_4^{--}/Cl^-$ | - 2,5 % à - 3,2 % | - 1,1 % à - 1,8 % |
| | $Ca^{++}/Cl^-$ | + 3,8 % | + 4,2 % |
| | $Mg^{++}/Cl^-$ | - 3,2 % | - 1,6 % |
| | $K^+/Cl^-$ | + 0,5 % | - 1,4 % |
| | $Na^+/Cl^-$ | - 5,2 % | - 6,0 % |

Tijdens de vloedherborisaties blijken $K^+$ en $Ca^{++}$ in verhouding tot $Cl^-$ iets meer voor te komen, terwijl de $SO_4^{--}$-, $Mg^{++}$- en $Na^+$ -ionen een kleinere koncentratie hebben vergeleken met de chloor-ionen.

Tijdens de eb-herborisaties blijkt alleen de calcium-ionenkoncentratie tegenover de $Cl^-$ -ionen hoger te liggen.

E. Korrelaties tussen de verschillende ionen.

Op basis van een steekproef van 24 waarnemingen werden volgende korrelatiekoëfficienten volgens de formule

$$r = \frac{\Sigma x Y - \Sigma x \Sigma Y/n}{\sqrt{[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n][\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n]}}$$

berekend (1).

Uit tabel XI (pag. 239) in Verklarende Statistiek van Wyvekate (1) blijkt dan voor n = 24 (n = het aantal waarnemingsparen) en een éénzijdige overschrijdingskans van 5 % de grenswaarde van r = 0,344.

Dit betekent dat we de hypothese dat er geen korrelatie is tussen twee parameters slechts kunnen verwerpen voor voldoende hoge waarden van r. Toetsen we bv. met een 5 % signifikantiegebied en éénzijdig dan moet $r > 0,344$ om signifikant te zijn.

De berekende korrelatiekoëfficienten zijn aangegeven in tabel XXXIV.

---

(1) WYVEKATE, M.L. Verklarende Statistiek. Uitgeverij Het Spectrum. N.V. Utrecht/Antwerpen, 1969, pp. 251.

TABEL XXXIV Oostende-Vaargeul Korrelatiekoëfficienten

Voor n = 24, waarden van r bij een éénzijdige overschrijdingskans

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Van 5 % | (r = 0,344 | (+) | 1 % | (r = 0,472 | (+++) |
| | (r = -0,344 | (-) | | (r = -0,472 | (---) |
| 2,5 % | (r = 0,404 | (++) | 0,5 % | (r = 0,515 | (++++) |
| | (r = -0,404 | (--) | | (r = -0,515 | (----) |

0 betekent dat er geen duidelijke positieve noch negatieve korrelatie werd waargenomen.

| 1971 | Vloed | | | | Eb | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Opp. | | Bodem | | Opp. | | Bodem | |
| $Mg^{++}/Ca^{++}$ | 0,485 | +++ | 0,798 | ++++ | -0,473 | --- | 0,132 | 0 |
| $Na^{+}/Cl^{-}$ | 0,840 | ++++ | 0,806 | ++++ | 0,652 | ++++ | 0,515 | ++++ |
| $Mg^{++}/Cl^{-}$ | 0,822 | ++++ | 0,552 | ++++ | 0,734 | ++++ | 0,886 | ++++ |
| $Ca^{++}/Cl^{-}$ | 0,491 | +++ | 0,608 | ++++ | -0,342 | - | -0,141 | 0 |
| $K^{+}/Cl^{-}$ | 0,690 | ++++ | 0,518 | ++++ | 0,268 | 0 | 0,901 | ++++ |
| 1973 | | | | | | | | |
| Kond./$Cl^{-}$ | 0,890 | ++++ | 0,513 | +++ | 0,018 | 0 | 0,488 | +++ |
| Kond./$SO_4^{--}$ | 0,763 | ++++ | 0,282 | 0 | 0,396 | + | 0,427 | ++ |
| $Cl^{-}/SO_4^{--}$ | 0,877 | ++++ | 0,057 | 0 | 0,560 | ++++ | 0,246 | 0 |

In tabel XXXV zijn de positieve en negatieve korrelaties volgens degressiviteit van de korrelatie aangegeven.

TABEL XXXV - OOSTENDE-VAARGEUL DEGRESSIEVE RANGSCHIKKING VAN DE KORRELATIES

| POSITIEVE KORRELATIES | | | |
|---|---|---|---|
| V L O E D | | E B | |
| Oppervlakte | Bodem | Oppervlakte | Bodem |
| Kond./$Cl^-$ (73-74) | $Na^+$ /$Cl^-$ | $Mg^{++}$ /$Cl^-$ | $K^+$ /$Cl^-$ |
| $Cl^-$ /$SO_4^{--}$ (73-74) | $Mg^{++}$ /$Ca^{++}$ | $Na^+$ /$Cl^-$ | $Mg^{++}$ /$Cl^-$ |
| $Na^+$ /$Cl^-$ | $Ca^{++}$ /$Cl^-$ | $Cl^-$ /$SO_4^{--}$ (73-74) | $Na^+$ /$Cl^-$ |
| $Mg^{++}$ /$Cl^-$ | $Mg^{++}$ /$Cl^-$ | | Kond./$Cl^-$ (73-74) |
| Kond./$SO_4^{--}$ (73-74) | | Kond./$SO_4^{--}$ (73-74) | |
| $K^+$ /$Cl^-$ | $K^+$ /$Cl^-$ | | Kond./$SO_4^{--}$ (73-74) |
| | Kond./$Cl^-$ (73-74) | | |
| $Ca^{++}$ /$Cl^-$ | | | |
| $Mg^{++}$ /$Ca^{++}$ | | | |
| NEGATIEVE KORRELATIES | | | |
| | | $Mg^{++}$ /$Ca^{++}$ | |
| | | $Ca^{++}$ /$Cl^-$ | |
| AANTAL KORRELATIES | | | |
| Pos. korrelaties 8/8 | Pos. korrelaties 6/8 | Pos. korrelaties 4/8<br>Neg. korrelaties 2/8 | Pos. korrelaties 5/8 |

Besluit.

1° $Mg^{++}/Cl^{-}$ en $Na^{+}/Cl^{-}$ vertonen een duidelijk positieve korrelatie aan oppervlakte en bodem zowel tijdens vloed als eb.

2° $K^{+}/Cl^{-}$ en Kond./$Cl^{-}$ (73-74) vertonen een positieve korrelatie aan de oppervlakte en de bodem tijdens de vloed en aan de bodem tijdens de eb.

3° $Mg^{++}/Ca^{++}$ en $Ca^{++}/Cl^{-}$ vertonen een positieve korrelatie aan oppervlakte en bodem tijdens de vloed en een negatieve korrelatie aan de oppervlakte tijdens de eb.

4° Kond./$SO_4^{--}$ en $Cl^{-}/SO_4^{--}$ vertonen een positieve korrelatie tijdens de eb aan de oppervlakte. Kond./$SO_4^{--}$ eveneens positief aan de bodem gedurende eb.

Tijdens de vloed zijn de Kond./$SO_4^{--}$ en $Cl^{-}/SO_4^{--}$ positief gekorreleerd aan de oppervlakte.

5° Tijdens de eb-herborisaties is het aantal positieve korrelaties het kleinst en bovendien komen er aan de oppervlakte twee negatieve korrelaties voor tussen faktoren die tijdens de vloed positief gekorreleerd zijn. Hieruit blijkt dat het normale verloop tijdens de eb verstoord wordt, waarschijnlijk door allerlei lozingen.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

In tabellen 28 en 29 zijn de M.C.T. en M.T.G.-waarden aangegeven.

A. F.I.-waarden.

Zoals blijkt uit tabel XXXVI, waar het procentuele verschil tussen maximale en minimale F.I.-waarden (vloedherborisaties) voor de verschillende faktoren is aangegeven, zijn de verschillen van de F.I.-waarden tijdens de vloedherborisaties in de estuaria toch vrij aanzienlijk.

| TABEL XXXVI - Oostende-Vaargeul | | Maximale en minimale F.I.-waarden (vloedherborisaties) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Procentueel verschil tussen max. en min. | Maximum te | | minimum te | |
| $Ca^{++}$ | 39,2 | Nieuwpoort | 73-74 | Oostende | 71 |
| $Na^{+}$ | 26,4 | Nieuwpoort | 73-74 | Blankenberge | 74-75 |
| Kond. | 21,1 | Oostende | 71 | Nieuwpoort | 74-75 |
| $K^{+}$ | 20,4 | Nieuwpoort | 74-75 | Oostende | 71 |
| $Mg^{++}$ | 17,3 | Nieuwpoort | 73-74 | Oostende | 71 |
| $Cl^{-}$ | 10,9 | Nieuwpoort | 73-74 | Nieuwpoort | 74-75 |
| $SO_4^{--}$ | 10,0 | Nieuwpoort | 73-74 | Oostende | 71 |

Met uitzondering voor de konduktiviteit worden de maximale F.I.-waarden steeds aangetroffen te Nieuwpoort. Zoals reeds vermeld (pag. 88) moeten de waarden van de konduktiviteit in Oostende 71 echter met de nodige reserve worden beschouwd. De minimale F.I.-waarden van konduktiviteit en chloor worden eveneens aangetroffen te Nieuwpoort, terwijl de minimale F.I.-waarden van $Ca^{++}$, $K^{+}$, $Mg^{++}$ en $SO_4^{--}$ -ionen voorkomen te Oostende. Dit zou er kunnen op wijzen dat de invloed van de landdrainering sterker is te Nieuwpoort dan te Oostende.

Voor Nieuwpoort is in 1974-75 zowel de konduktiviteit als de koncentratie van de verschillende ionen (met uitzondering van $K^{+}$ -ionen) gedaald ten opzichte van 1973-74.

In Oostende zijn de F.I.-waarden (met uitzondering van natrium en kalium) groter tijdens de eb dan tijdens de vloed.

In tabel XXXVII is het procentuele verschil van de F.I.-waarden tijdens de eb in vergelijking met de F.I.-waarden tijdens de vloed aangegeven.

| TABEL XXXVIII | Procentueel verschil (F.I.-waarden eb, in vergelijking met F.I.-waarden vloed.) | |
|---|---|---|
| | 1971 | 1973-74 |
| Konduktiviteit | + 1,8 % | + 4,6 % |
| $Cl^-$ | + 0,5 % | + 5,0 % |
| $Na^+$ | - 0,3 % | - |
| $K^+$ | - 1,5 % | - |
| $Mg^{++}$ | + 2,2 % | - |
| $Ca^{++}$ | + 0,8 % | - |
| $SO_4^{--}$ | + 6,5 % | - |

B. Kronologisch.

Op basis van de totale kronologische gemiddelden zoals aangegeven in tabel 28.

Uit grafiek 58 blijkt duidelijk dat zowel de konduktiviteit als de bepalende faktoren maximaal zijn in de zomermaanden, minimaal in het voor- en het najaar. Calcium en magnesium wijken enigszins af.

C. Tidaal.

Op basis van de globale tidale gemiddelden aangegeven in tabel 29.

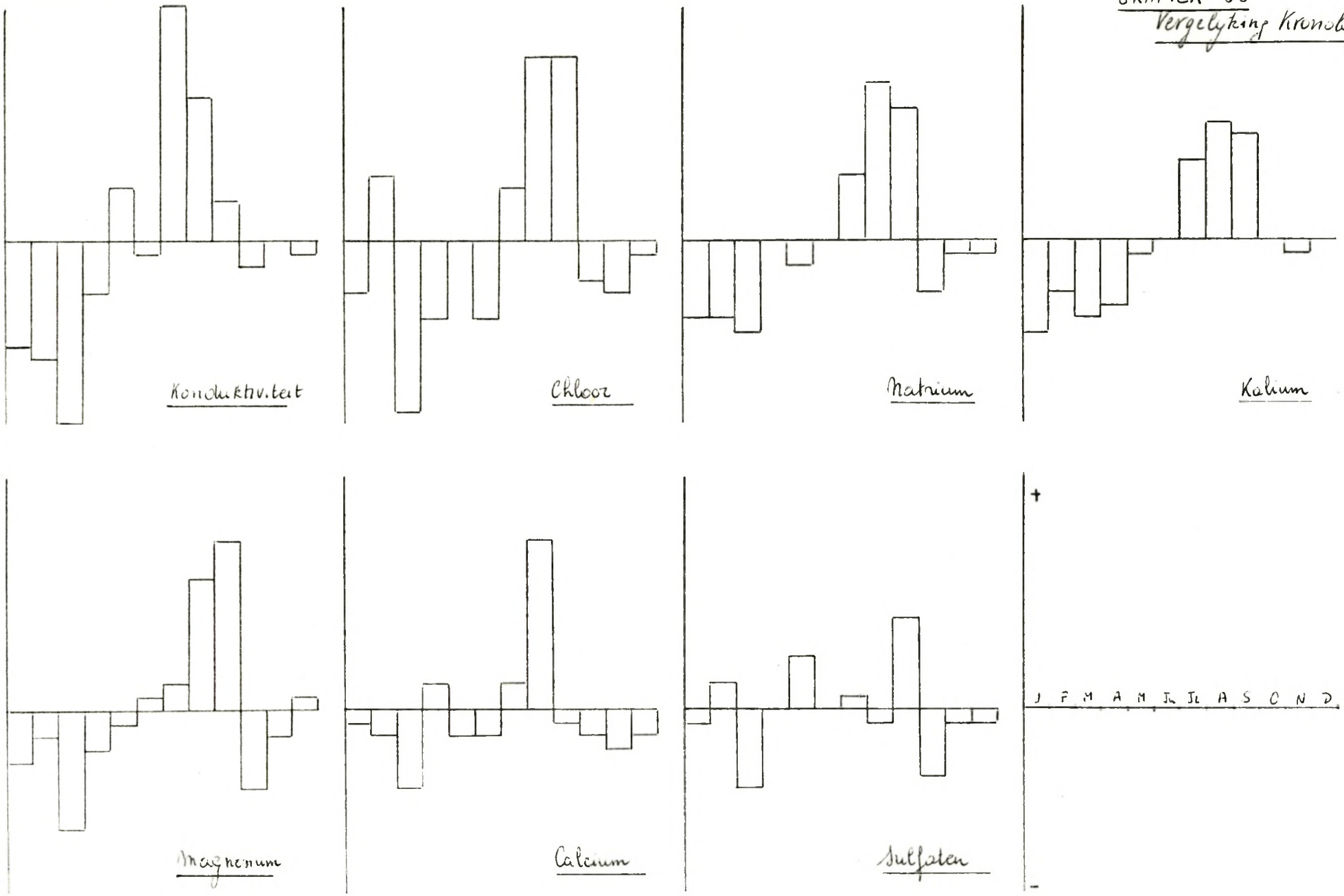
In grafiek 59 is het tidale verloop, gebaseerd op de M.C.T.-waarden weergegeven.

Duidelijk is dat de hoge waarden voorkomen tijdens de tweede periode van de vloed en de eerste periode van de eb, terwijl de lage waarden voornamelijk bij laagwater worden opgemerkt.

De sulfaatgehaltes hebben een afwijkend verloop tijdens de eb, nl. hoge waarden bij laagwater, waarschijnlijk onder invloed van de landdrainering.

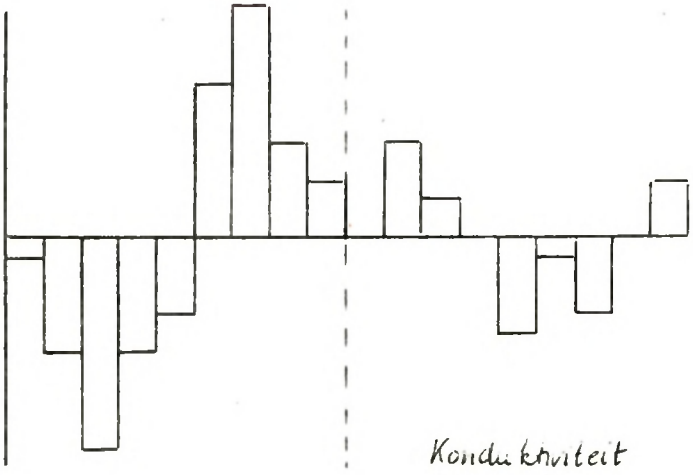
GRAFIEK 58

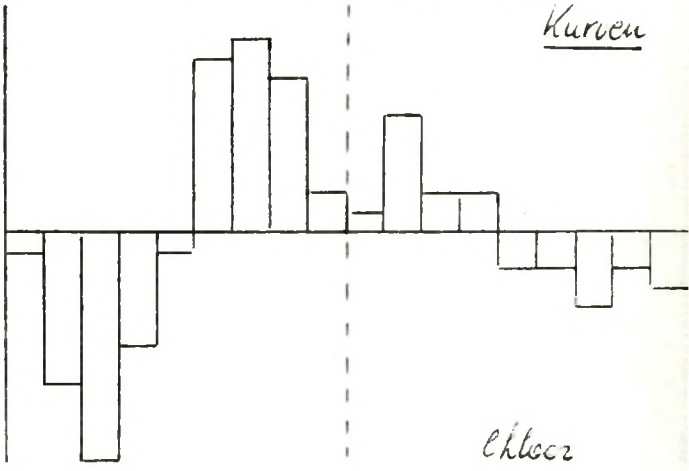
Vergelyking Kronologiese Kurwe

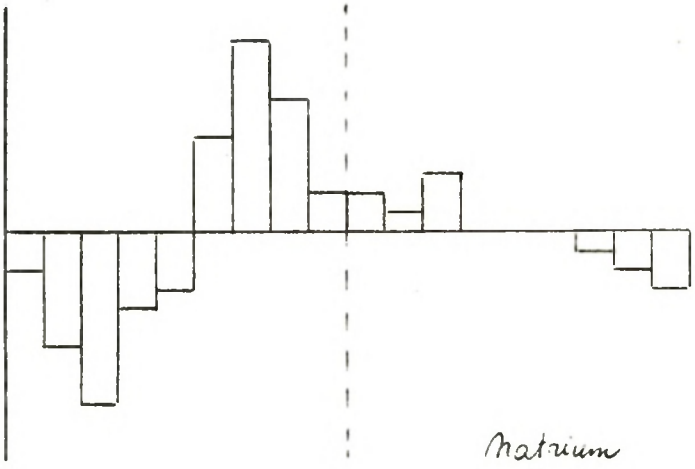


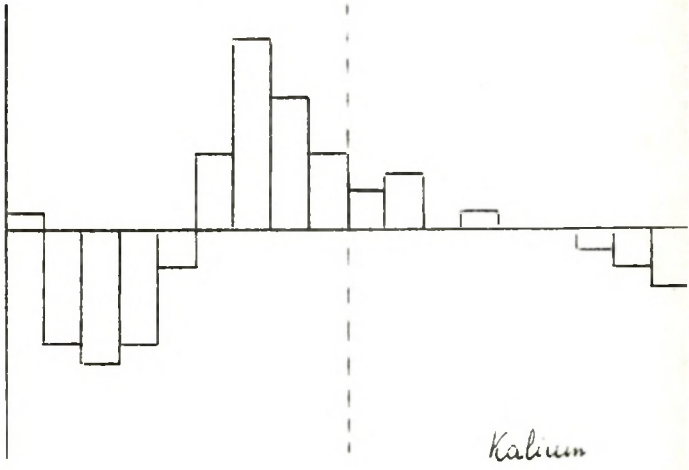
GRAFIEK 59 Vergelijking Nolate

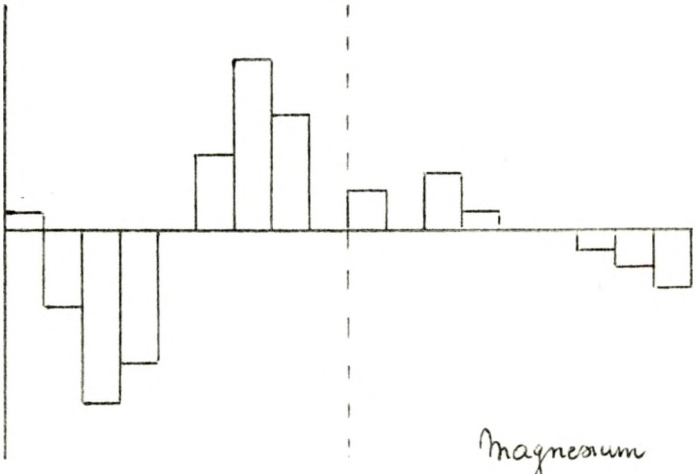
Kurven

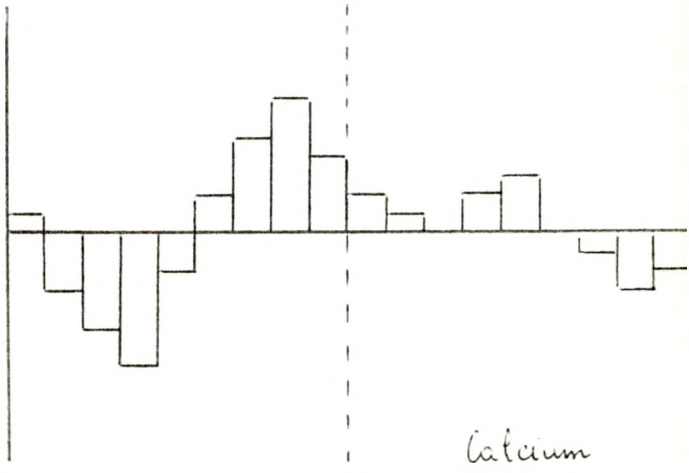


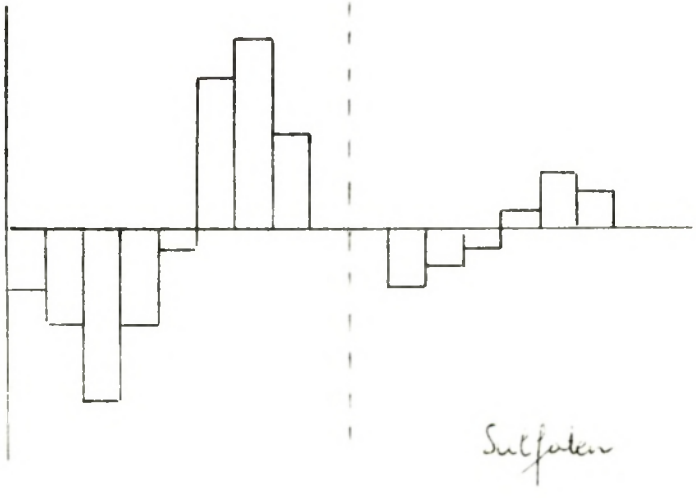



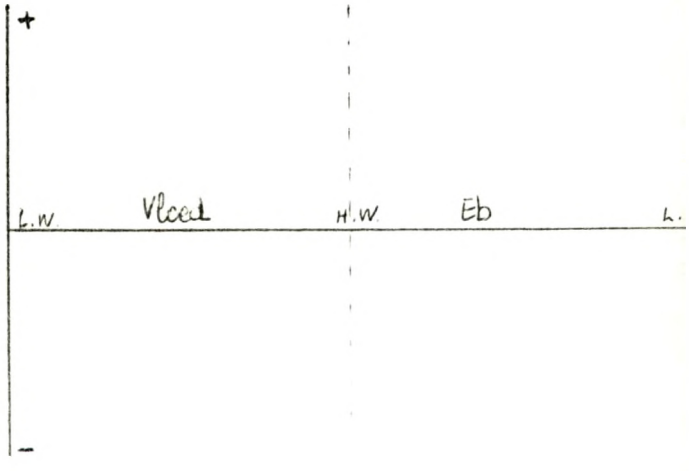



§ 5. Besluit.

1. Kronologisch vertonen de konduktiviteit en de bepalende faktoren maximale waarden in de zomermaanden, minimale waarden in het voor- en het najaar. Het verloop van de kurven van het oppervlaktewater en het bodemwater is voor elke faktor afzonderlijk gelijkend. De jaarlijkse variatie is steeds groter aan het oppervlak dan aan de bodem.

2. Tidaal vertonen de verschillende kurven over het algemeen hoge waarden bij hoogwater en lage waarden bij laagwater. Globaal gezien komt het verloop aan de oppervlakte overeen met het verloop in het bodemwater.

3. Meestal is er een stratifikatie in die zin, dat de konduktiviteit en de koncentraties van de verschillende bepalende ionen stijgen met de diepte.

4. Uit de vergelijking van de verschillende estuaria blijkt dat te Nieuwpoort de invloed van het draineringswater het grootst is. Uit een vergelijking van de onderlinge verhouding van verschillende ionen zou kunnen worden afgeleid dat het regime in de vaargeul te Oostende vooral door de zee wordt bepaald.

5. Het verband tussen konduktiviteit, $Cl^-$, $Na^+$, $K^+$, $Mg^{++}$, $Ca^{++}$ en $SO_4^{--}$ is zeer ingewikkeld en sterk afhankelijk van o.a. de neerslag en het getijdenvolume.

6. Bij het onderzoek naar eventuele korrelaties tussen de verschillende onderzochte faktoren kwam voor de vloedherborisaties voor de meeste faktoren een duidelijke positieve korrelatie naar voor, terwijl tijdens de eb het aantal positieve korrelaties lager lag en er zelfs een aantal negatieve optraden. Ook was het aantal verstoringen van de hoger vermelde stratifikaties groter tijdens de eb dan tijdens de vloed, hetgeen zou kunnen aantonen dat er tijdens afgaand water invloeden optreden die het normale verloop verstoren.

# Hoofdstuk IV. pH, Alkaliniteit, $CO_2$ en Calciumgehalte.

## § 1. Bepalingsmethoden.

### 1. pH.

De metingen gebeurden met een pH-meter W.T.W. (Digitalmeter DIGI 610) voorzien van een pH-elektrode 610E met automatische temperatuurskompensatie.

### 2. Alkaliniteit.

Berust op een dubbele titratie met HCl en respektievelijk fenolftaleine en methyloranje als indikatoren.

De eerste titratie geeft de $OH^-$ en $CO_3^{--}$ -ionen, de tweede de resterende $OH^-$ en $CO_3^{--}$ en de $HCO_3^-$ -ionen. De som der twee titraties geeft de totale alkaliniteit, uitgedrukt in meq/liter.

### 3. Vrije $CO_2$.

Vrije $CO_2$ moet worden opgevat als een mengsel van $CO_2$ en $H_2CO_3$. Ook calcium en magnesiumbicarbonaatverbindingen bevatten een bepaald gehalte aan $CO_2$. De titratie van het ongefiltreerd water gebeurt met NaOH en fenolftaleine als indikator. Bij kleuromslag (pH : 8,3) is alle $H_2CO_3$ omgezet in $NaHCO_3$.

### 4. Calcium : Zie pagina 83.

## § 2. Betekenis van pH, Alkaliniteit, $CO_2$ en Calcium (1).

A. Koolzuurgas reageert op water en vormt een zwak zuur (weinig gedissocieerd) waterstofcarbonaat. De zouten van dit zuur worden gehydroliseerd :

$$\left.\begin{array}{l} HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^- \\ CO_3^{--} + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + 2OH^- \end{array}\right) \quad (a)$$

Dus zeewater bevat $CO_2$ opgelost, $H_2CO_3$ ongedissocieerd en de anionen $HCO_3^-$ en $CO_3^{--}$ alles in evenwicht volgens :

---

(1) Volgens IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 ( p. 137-159)

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_3^{--} + 2H^+ \quad (b)$$

Daar de oplossing van $CO_2$ in water zich als een zwak zuur gedraagt dacht men vroeger dat,vermits vooral $H_2CO_3$ zou aanwezig zijn, dit laatste - een zwak zuur - dus weinig gedissocieerd was.

Later stelde men voorop dat koolzuurgas als dusdanig voor het grootste deel in oplossing zou blijven en dat $H_2CO_3$, dat volgens Thiel en Strohecker slechts voor 0,67 % zou aanwezig zijn, voor 91 % zou gedissocieerd zijn (1).

Buiten de dissociatie van carbonaten en waterstofcarbonaat, moet ook die van water in acht worden genomen :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

Door de hydrolyze van carbonaten en bicarbonaten (a) (ook van boraten, fosfaten en silicaten) is er een overmaat aan $OH^-$ -ionen, vandaar de alkalische reaktie van zeewater.

Hoger vermeld evenwicht (b) is bij bepaalde temperatuur en druk afhankelijk van de pH. Zoals blijkt uit reaktie (b) zal een toename van $H^+$ -ionen het evenwicht naar links dringen, terwijl een toename van $OH^-$ -ionen het evenwicht naar rechts zal verplaatsen.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = - \log [H^+]$$

Als het $CO_2$ -gehalte daalt, bv. door assimilatie, stijgt de pH en bijgevolg gebeurt er een transformatie van bicarbonaten in carbonaten. Ook veroorzaakt de hydrolyze van carbonaten een stijging van de pH en een overgang van opgelost $CO_2$ naar bicarbonaten.

Omgekeerd als het $CO_2$ -gehalte stijgt, bv. door oxidatie of ademhaling, daalt de pH en zetten carbonaten om in bicarbonaten. Een neerslaan van carbonaten vermindert ook de pH en zorgt voor een omzetten van bicarbonaten in opgelost $CO_2$.

---

(1) In PIA, J. - Kohlensäure und Kalk in Die Binnengewässer von Dr. A. Thienemann. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 1933. 183 pp. ( p. 23)

B. In feite wordt bij de pH-meting niet de koncentratie aan $H^+$ maar de aktiviteit van de protonen gemeten zodat de pH = - log a $H^+$

K. Buch en O. Nynäs (1939) toonden aan dat een temperatuurstijging een vermindering van de pH teweegbrengt, des te sterker naarmate de saliniteit en de pH hoger is (1).

Zeer algemeen zou een temperatuurstijging de pH verminderen met 0,01. K. Buch en S. Grippenberg (1932) toonden ook aan dat de pH proportioneel vermindert met de druk (1).

De pH in de oppervlaktelagen varieert voor zeewater tussen 8,0 en 8,3. Hogere waarden tot 8,9 kunnen voorkomen bij zeer sterke fotosynthetische aktiviteit.

Het systeem $CO_2$ - $HCO_3^-$ - $CO_3^{--}$ determineert of is een indikator van de waarde van de pH. Volgens L.G. Sillén (1961) zou de waarde van de pH gefixeerd worden door de silicaten.

C. Om de koncentratie van één of meerdere komponenten uit evenwicht (b) te meten kan het totale koolzuurgas $[\Sigma CO_2]$ door toevoeging van een sterk zuur worden bepaald of de partiële druk van $CO_2$.

Meestal wordt de hoeveelheid zuur gemeten die aan een waterstaal moet toegevoegd worden om de pH tot 7 te brengen onder verwijderen van $CO_2$-gas door koken. Deze hoeveelheid zuur is nodig om de carbonaten en bicarbonaten alsook de zouten van andere zwakke zuren (vooral boraten) om te zetten in niet geïoniseerde vormen en de overmaat $OH^-$ op protonen te neutraliseren (uitgedrukt in meq/l).

$$[Z] = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{--}] + [H_2BO_3^-] + [OH^-] - [H^+] \quad (c)$$

De hoeveelheid toegevoegd zuur wordt alkaliniteit genoemd. In de gelijkheid (c) moet worden opgemerkt dat boorzuur een zeer zwak zuur is en dat alleen zijn eerste zuurfunktie tussenkomt. De hoeveelheid $[OH^-] - [H^+]$ is te verwaarlozen zolang de pH begrepen is tussen 5,5 en 8,5; hetgeen bijna steeds het geval is.

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 139).

Volgens de wet van Dittmar zou er een konstant verband bestaan tussen de alkaliniteit (meq/l) en het chloorgehalte (g/kg). Dit verband, de specifieke alkaliniteit, zou kunnen variëren tussen 0,119 en 0,133 (1).

Volgens E.G. Moberg en R. Reville (1937) zouden de variaties van de alkaliniteit vooral te wijten zijn aan de variaties van de koncentraties van $CaCO_3$ (1).

Zoals de pH, zou de alkaliniteit ook verbonden zijn met het verbruik aan zuurstof en de produktie van koolzuurgas. Dit laatste verhoogt de oplosbaarheid van calciet en dus ook de alkaliniteit.

De carbonaat-alkaliniteit $|ZCO_2|$ is dat gedeelte van de alkaliniteit dat overeenkomt met bicarbonaten en carbonaten. K. Buch heeft vastgesteld dat het verschil tussen alkaliniteit en carbonaat-alkaliniteit slechts 1 % bij pH-waarden onder 7,7 en 5 % bij pH-waarden onder 8,4 (2).

Welch (1952) (3) schrijft : "Daar er een konstante mathematische verhouding bestaat tussen de hydroxylionen-koncentratie en de waterstofionen-koncentratie in een bepaald biotoop, kan de alkaliniteit uitgedrukt worden in termen van waterstofionen-koncentratie".

Hier wordt dan echter alleen maar de $OH^-$ ionenkoncentratie beschouwd.

Liebmann (1962) (4) spreekt van "zoutzuurbindingsvermogen" of "HCl-bindingsvermogen".

Pia (1933) (5) geeft volgende verhouding aan tussen alkaliniteit en pH : Alkaliniteit = - 3,78 x pH + 32,64

D. Uit de carbonaatalkaliniteit, de pH en het totale $CO_2$ kunnen de twee dissociatiekonstanten van waterstofcarbonaat worden bepaald. K. Buch (1951) publiceerde tabellen met die konstanten in funktie van de saliniteit, de temperatuur en de druk (2). Het gaat om schijndissociatie-konstanten in

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 143)

(2) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 144)

(3) WELCH, P.S. Limnology. MacGraw. Hill Book Company, Inc. 1952. 538 p. ( p. 114)

(4) LIEBMANN, H. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Band I. R. Oldenbourg, München, 1962. 588 pp, XXII Pl. (p. 124)

(5) PIA, J. Kohlenmure und Kalk. 1933 ( p. 79.)

dewelke de aktiviteiten van de $H^+$ -ionen en van de niet gedissocieerde $H_2CO_3$ -molekulen zijn opgenomen :

$$K'_1 = \frac{a_{H^+} . |HCO_3^-|}{a_{H_2CO_3}} \quad ; \quad K'_2 = \frac{a_{H^+} . |CO_3^{--}|}{|HCO_3^-|}$$

Uitgaande van deze dissociatiekonstanten kan in funktie van de carbonaatalkaliniteit en de pH het totale koolzuurgas $|\Sigma CO_2|$ en de koncentraties van de verschillende komponenten $CO_3^{--}$, $HCO_3^-$, $H_2CO_3$ en $CO_2$ worden bepaald.

Vermits de hoeveelheid niet gedissocieerde molekulen $H_2CO_3$ zeer klein is wordt de koncentratie van $H_2CO_3$ en $CO_2$ samengenomen en aangeduid onder de benaming niet geïoniseerd vrij $CO_2$.

De verzadigingskoëfficient van koolzuurgas wordt gedefinieerd door de relatie $|CO_2| = \alpha\ PCO_2$. $PCO_2$ is de partiële druk van $CO_2$, $\alpha$ hangt af van de saliniteit en de temperatuur.

De koncentraties van bicarbonaten en carbonaten zijn de totale koncentraties ongeacht de vormen waaronder ze voorkomen. Volgens R.M. Pytkowicz en D.R. Kester (1971) zouden in zeewater met pH 8,0 en chloorgehalte 19.375 mg/l volgende bicarbonaten en carbonaten voorkomen : $HCO_3^-$ (64 %), $MgHCO_3^+$ (16 %), $NaHCO_3$ (8 %), $CaHCO_3^+$ (3 %), $CO_3^{--}$ (0,8 %), $MgCO_3$ (6 %), $NaCO_3^-$ (1 %) en $CaCO_3$ (0,5 %) (1).

Bij pH-waarden tussen 7,5 en 8,5 bevindt het grootste gedeelte van het totale koolzuurgas zich onder de vorm van bicarbonaten (2).

E. De partiële druk van koolzuurgas bedraagt $3,10^{-4}$ atmosfeer voor zeewater bij 16 °C en met een chloorgehalte van 19.900 mg/l en een pH van 8,2 (3).

Volgens metingen van A. Krogh (1910), K. Buch (1939), L.H.N. Cooper (1956) en T. Takahashi zou de partiële druk van $CO_2$ op middelmatige en hoge breedteligging kleiner zijn in het water dan in de lucht hetgeen zou leiden

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 145)

(2) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 146)

(3) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 148)

tot een langzaam oplossen in het water van $CO_2$ uit de lucht (1).

Een stijging van de temperatuur en de saliniteit zou een verlaging van de verzadigingskoëfficient meebrengen en dus ook van $[CO_2]$ hetgeen een verplaatsing van het evenwicht ten gunste van de carbonaten veroorzaakt.

Belang van $CO_2$ (2).

1. Om te bufferen tegen grote en snelle veranderingen van de pH.
2. Regulator van biologische processen.
3. Het bevat koolstof dat samen met waterstof en zuurstof de voornaamste komponenten van het protoplasma zijn.

Naast de $CO_2$ -uitwisseling met de atmosfeer wordt het $CO_2$ -gehalte in water onder andere bepaald door de bacteriële decompositie van organische stoffen, de ademhaling, de fotosynthese, chemische reakties tussen zuren en verschillende carbonaatverbindingen, neerslag.

De oplosbaarheid van $CO_2$ in estuaria is gedetermineerd door de hoeveelheid zeewater dat gemengd wordt met zoetwater, secundair door de temperatuur (3).

Planten gebruiken als koolstofbron hoofdzakelijk het bicarbonaat-ion waar het $CO_2$ in minder stabiele vorm aanwezig is dan in $CaCO_3$ dat ongeschikt schijnt (4).

F. Buffereffekt van zeewater.

Zoals elke oplossing van een zwak zuur dat een zout van dat zwak zuur en een sterke base bevat, heeft het zeewater een buffereffekt. Dit wil zeggen zowel om de carbonaten en bicarbonaten om te zetten in vrij $CO_2$ en een pH te bereiken van 6, als om bicarbonaten in carbonaten om te zetten, moeten respektievelijk grote hoeveelheden zuur en base worden toegevoegd.

Het buffereffekt wordt uitgedrukt door de verhouding $\frac{dc}{dpH}$, waarin dc

---

(1) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 148 )

(2) Volgens REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. ( p. 156)

(3) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961 (p. 174 )

(4) WOOD, E.J. Microbiology of Oceans and Estuaries. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York. 1967, 379 pp. ( p. 139)

de hoeveelheid sterk zuur of base is (geq/l) nodig om de pH met dpH te veranderen (1).

G. Oplosbaarheid van calciumcarbonaat.

$$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{++} + CO_3^{--}$$

Calciet is in waterige oplossing, zoals alle zouten, gedissocieerd in ionen. De dissociatie is des te groter naarmate de verdunning groter is.

Voor verzadigde oplossingen van moeilijk oplosbare zouten geldt dat het ionenprodukt konstant is zolang de temperatuur gelijk blijft.

$$k_c = \frac{[Ca^{++}]\ [CO_3^{--}]}{[CaCO_3]}$$

In hogere gelijkheid mag $[CaCO_3]$ worden weggelaten daar het konstant is in verzadigde oplossingen.

De maximale limietwaarde bereikt door het ionenprodukt in verzadigde oplossing in evenwicht met de vaste toestand wordt ook oplosbaarheidsprodukt genoemd :

$$k_s = [Ca^{++}]_{verzad.}\ [CO_3^{--}]_{verzad.}$$

Door aan de oplossing $CaCO_3$ een homo-ionisch elektroliet (bv. $CaSO_4$) die één ion gemeen heeft, toe te voegen wordt de oplosbaarheid van $CaCO_3$ wegens de konstante waarde van het oplosbaarheidsprodukt verminderd.

Omgekeerd kan het toevoegen van een hetero-ionisch komponent de oplosbaarheid vergroten door een vermindering van de aktiviteitskoëfficienten van $Ca^{++}$ en $CO_3^{--}$, hetgeen moet gekompenseerd worden door een verhoging van hun koncentraties. Hierdoor schijnen vele zouten meer oplosbaar in zeewater dan in gedistilleerd water.

H. Wattenberg en E. Timmermann (1938) hebben $CaCO_3$, $MgCO_3$, $3H_2O$, $SrCO_3$ en $Mg(OH)_2$ bestudeerd (1). Hun bevindingen zijn weergegeven in tabel XXXVIII.

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 151)

TABEL XXXVIII

| | Oplosbaarheids-produkt in gedestilleerd water bij 20 °C | Oplosbaarheids-produkt in zeewater S = 35 ‰ T = 20 °C | Ionenprodukt in zeewater Cl = 19 ‰ T = 20 °C pH = 8,2 |
|---|---|---|---|
| $CaCO_3$ | $0,5.10^{-8}$ | $0,50.10^{-6}$ (calciet) | $2,70.10^{-6}$ |
| $MgCO_3.3H_2O$ | $0,1.10^{-4}$ | $3,1.10^{-4}$ | $0,14.10^{-4}$ |
| $SrCO_3$ | $0,3.10^{-9}$ | $500.10^{-9}$ | $39.10^{-9}$ |
| $Mg(OH)_2$ | $1.10^{-11}$ | $5.10^{-11}$ | $0,02.10^{-11}$ |

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de meeste zouten in zee ver van verzadigd zijn, uitgenomen $CaCO_3$, waarvan het ionenprodukt veel groter is dan het oplosbaarheidsprodukt.

De oplosbaarheid van $CaCO_3$ neemt toe met de saliniteit en af met stijgende temperatuur.

Volgens de bevindingen van H. Wattenberg en E. Timmermann (1) zouden alle waters met pH hoger dan 7,4 oververzadigd zijn met calciet.

Deze oververzadiging aan $CaCO_3$ vergemakkelijkt de opname van calcium uit oplossing door organismen.

De voorwaarden waaronder $CaCO_3$ neerslaat of in oplossing gaat zijn zeer komplex, vermits de oplosbaarheid van calciet afhangt van de temperatuur, de pH, het zoutgehalte en de druk.

Een temperatuurverhoging veroorzaakt een vermindering van het oplosbaarheidsprodukt en begunstigt dus het neerslaan van $CaCO_3$.

Een verhoging van de pH of een vermindering van $PCO_2$ doet het ionenprodukt stijgen en begunstigt dus ook het neerslaan van $CaCO_3$. Als illustratie kan hier de theorie van Johnsten worden vermeld over de verhoudingen in een oplossing van $CO_2$ en $CaCO_3$ (2). Vooropgezet moet worden dat er een konstante temperatuur en een voorraad vast calciet aanwezig zijn.

---

(1) In IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972 (p. 153)

(2) In PIA, J. Kohlensaüre und Kalk. 1933 (p. 24)

De door de dissociatie van $CaCO_3$ en $H_2CO_3$ gevormde $CO_3^{--}$ en $H^+$ -ionen kunnen in hoge koncentratie niet naast elkaar blijven voortbestaan daar de voorwaarden voor een hoogwaardige tweede dissociatiegraad van waterstofcarbonaat niet aanwezig zijn. Ze moeten zich verbinden volgens volgende gelijkheid :

$$Ca^{++} + CO_3^{--} + H^+ + HCO_3^- = Ca^{++} + 2HCO_3^-$$

Met andere woorden er zal zich bicarbonaat uit carbonaat vormen :

$$Ca^{++} + 2HCO_3^- \rightleftharpoons Ca\,(HCO_3)_2$$

Hierdoor wordt $CO_3^{--}$ uit de oplossing onttrokken en zal meer $CaCO_3$ in oplossing gaan (konstant ionenprodukt). Calcium speelt slechts een passieve rol en de essentie van alle omzettingen ligt in het evenwicht tussen de ionen die uit koolzuur kunnen ontstaan.

$$CO_3^{--} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-$$

Neemt $[CO_2]$ toe, dan verschuift het evenwicht naar rechts en wordt $CaCO_3$ opgelost.

Neemt $[CO_2]$ af, dan worden $CO_3^{--}$ -ionen gevormd en slaat $CaCO_3$ neer.

Een verhoging van de saliniteit doet het oplosbaarheidsprodukt stijgen, maar de stijging van het ionenprodukt is nog groter zodat ook hier $CaCO_3$ neerslaat.

Een verhoging van de druk zou de oplosbaarheid van $CaCO_3$ vergroten.

Micro-organismen en partikels in suspensie schijnen een belangrijke rol te spelen bij het neerslaan van calciet en ook zou het magnesiumgehalte een rol spelen bij het in oplossing gaan van $CaCO_3$.

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens van pH-, alkaliniteit- en $CO_2$ -metingen zijn weergegeven in tabellen 30 tot en met 36. Voor de gegevens der calciummetingen verwijzen we naar tabellen 25 en 26.

A. Kronologische variatie.

In grafiek 60 zijn de kronologische variaties van pH, alkaliniteit, $CO_2$ en $Ca^{++}$ -gehaltes aangegeven voor 1971, respektievelijk voor de vloed en de eb.

Grafiek 61 geeft tijdens de vloed- en de eb-herborisaties het kronologisch verloop van de pH-waarden voor 1973-74. In beide grafieken gaat het om de totale kronologische gemiddelden (M.C.T.-waarden).

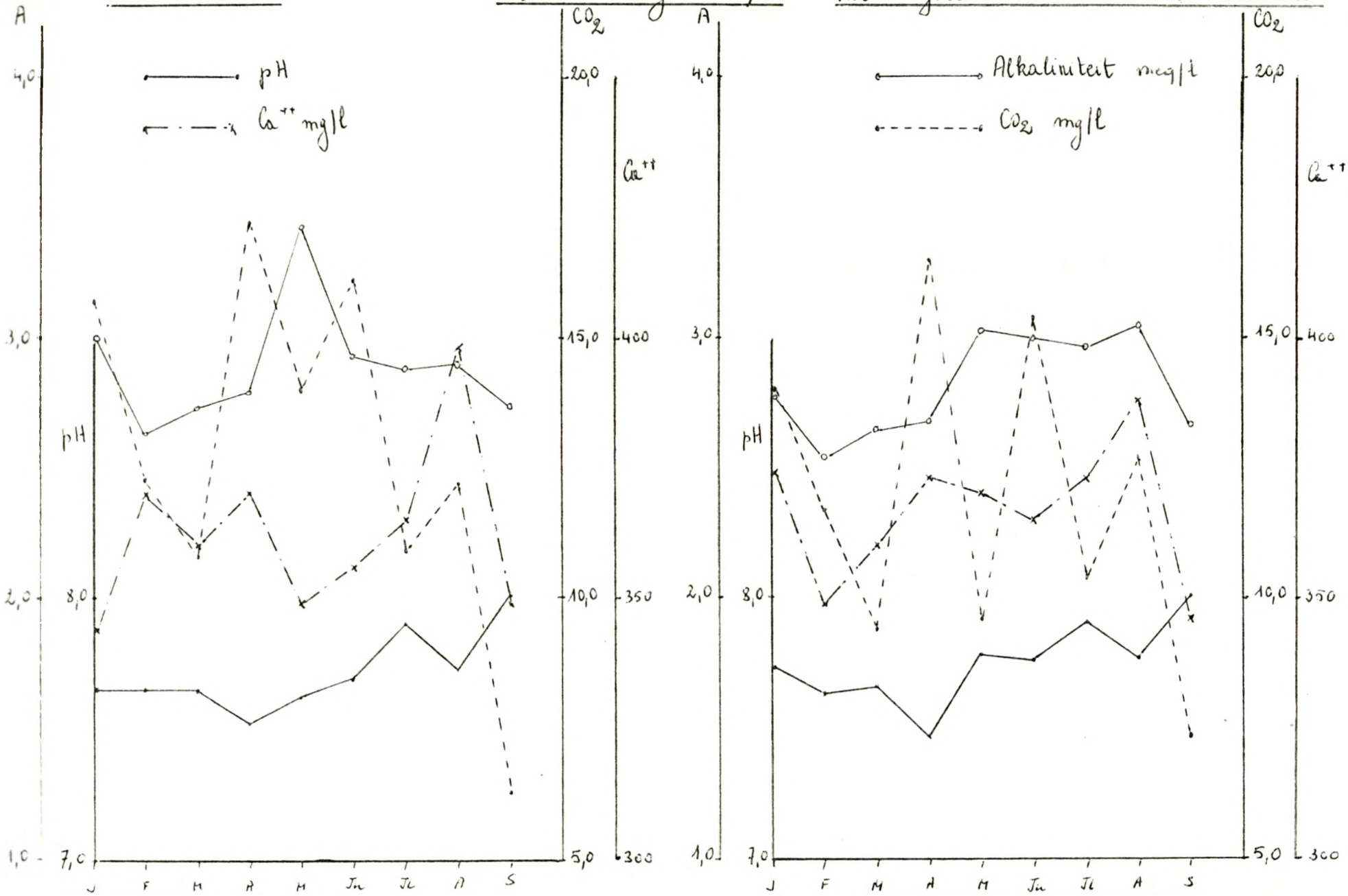
TABEL XXXIX Oostende-vaargeul M.C.T.-waarden

| 1971 | Vloed | | | Eb | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| pH | 8,10 (s) | 7,52 (a) | 0,58 ( 7 %) | 8,07 (s) | 7,47 (a) | 0,60 ( 7 %) |
| Alk.-meq/l | 3,42 (m) | 2,63 (f) | 0,79 (23 %) | 3,05 (au) | 2,54 (f) | 0,51 (17 %) |
| $CO_2$ -mg/l | 17,23 (a) | 6,33 (s) | 10,90 (63 %) | 16,53 (a) | 7,37 (s) | 9,16 (55 %) |
| $Ca^{++}$-mg/l | 398 (au) | 344 (ja) | 54 (14 %) | 388 (au) | 346 (s) | 42 (11 %) |
| 1973-74 | | | | | | |
| pH | 7,94 (jn) | 7,34 (o) | 0,60 ( 8 %) | 7,81 (a) | 7,32 (d) | 0,49 ( 6 %) |
| | | | | | 7,57 (jn) | 0,24 ( 3 %) |

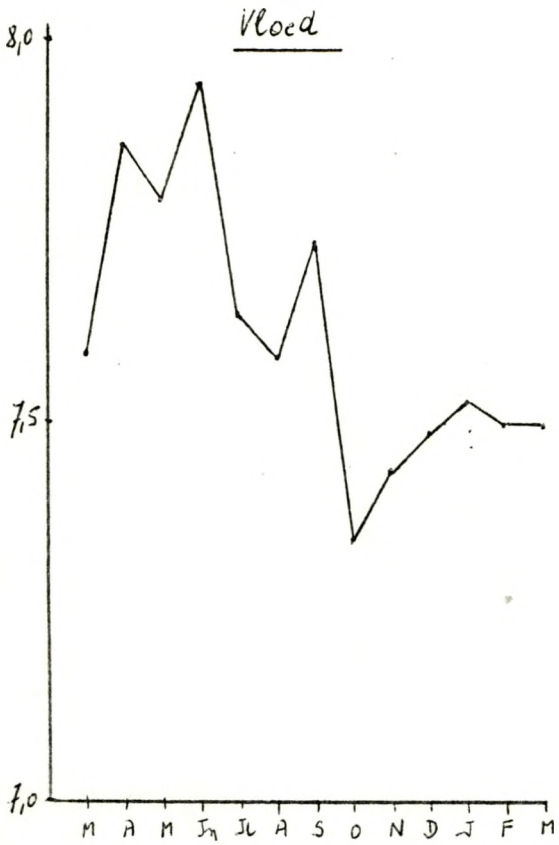
In tabel XXXIX zijn de maximale en minimale M.C.T.-waarden en de speling tussen beide aangegeven, alsook het procentueel verschil tussen maximum en minimum.

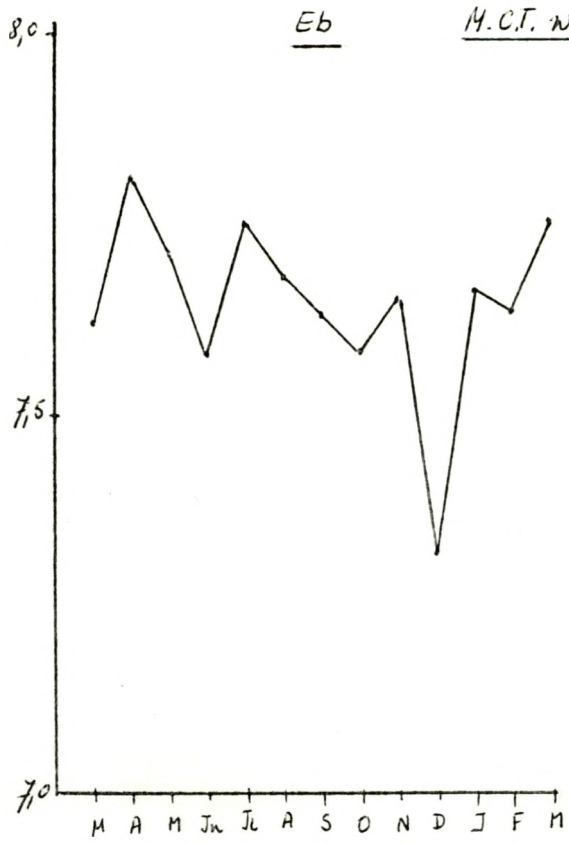
Uit grafiek 60 blijkt dat het kronologisch verloop van pH, alkaliniteit, $CO_2$ en $Ca^{++}$ -gehalte tijdens vloed-en ebherborisaties identiek is in 1971 waar beide herborisaties op dezelfde dag gebeurden. Alleen het verloop van $Ca^{++}$ -ionen en pH is soms afwijkend. Alhoewel het algemeen verloop tijdens vloed en eb gelijk is blijkt uit tabel XXXIX toch dat voor de alkaliniteit de maximale M.C.T.-waarde en voor calcium de minimale M.C.T.-waarde niet op dezelfde dag voorkwamen tijdens vloed en eb.

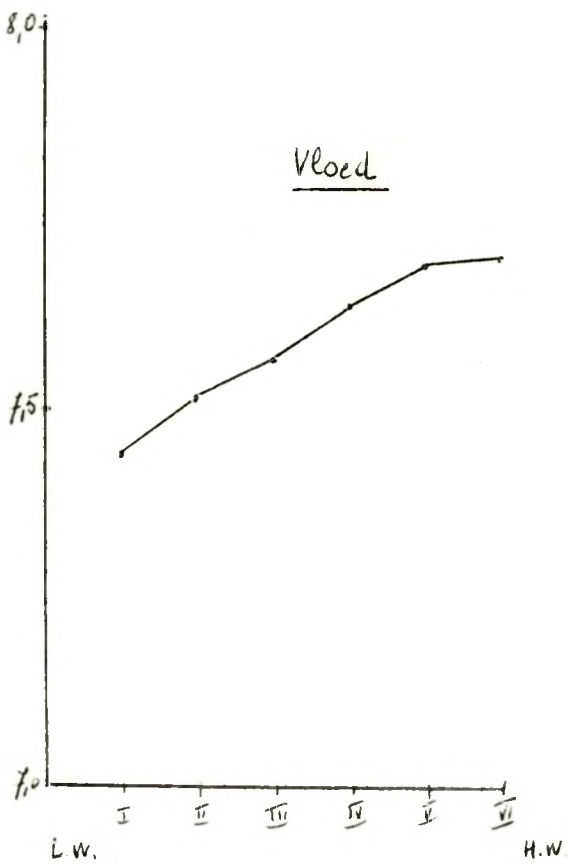
GRAFIEK 60 Oostende-Vaargeul 1971 Kronologische Variatie M.C.T. waarden

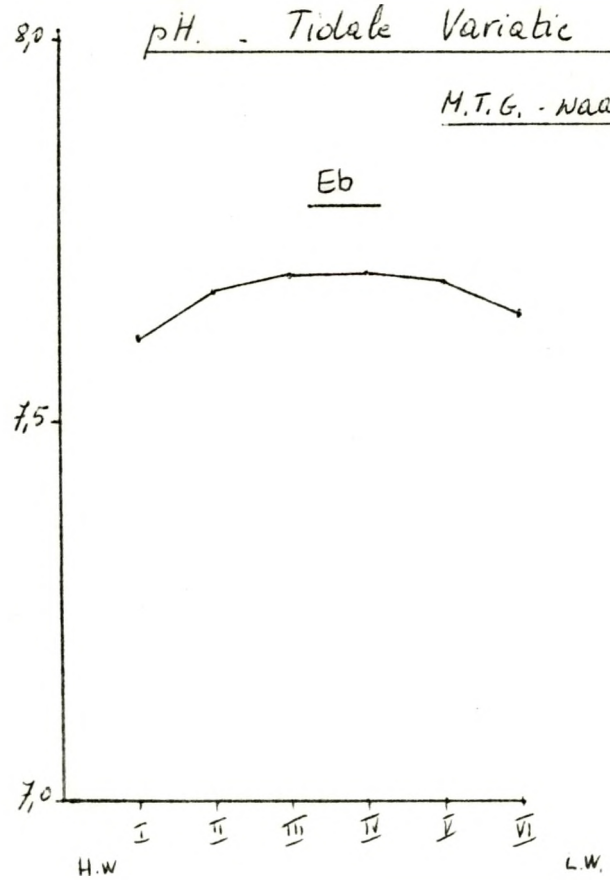


GRAFIEK 61 Oostende-Vaargeul 1973-74 pH - Kronologische Variatie



Op uitzondering van de pH, waar de kronologische variatie eigenlijk miniem is ($\pm$ 7 %), is de variatie van alkaliniteit, $CO_2$ en $Ca^{++}$ -gehaltes iets groter tijdens de vloed. Vooral het $CO_2$ -gehalte kent kronologisch een grote variatie (55-63 %).

Zoals blijkt uit grafiek 61 waar de kronologische variaties van de pH respektievelijk voor vloed en eb in 1973-74 werden uitgezet is hier het verloop tijdens opkomend en afgaand getij zeer verschillend. Er moet hier wel worden op gewezen dat de vloed-en eb-herborisaties met een tussenpoze van 14 dagen gebeurden. Ook hier is de kronologische variatie van de pH miniem.

Algemeen kan worden gezegd dat het kronologisch verloop van pH, alkaliniteit, $CO_2$ en calcium zeer wisselvallig is. Toch schijnen de hoogste waarden van pH en $Ca^{++}$ -gehalte voor te komen einde zomer, terwijl de maximale waarden van de alkaliniteit eerder voorkomen einde lente.

Dit zeer wisselvallig verloop is het gevolg van de invloed ondervonden van de saliniteit, de temperatuur en de aktiviteiten van de biomassa. Ter illustratie van laatstvernoemde invloed wordt in tabel XL een vergelijking gemaakt tussen de totale numerieke biomassa (M.C.T.-waarden) en het $CO_2$ -gehalte (M.C.T.-waarden).

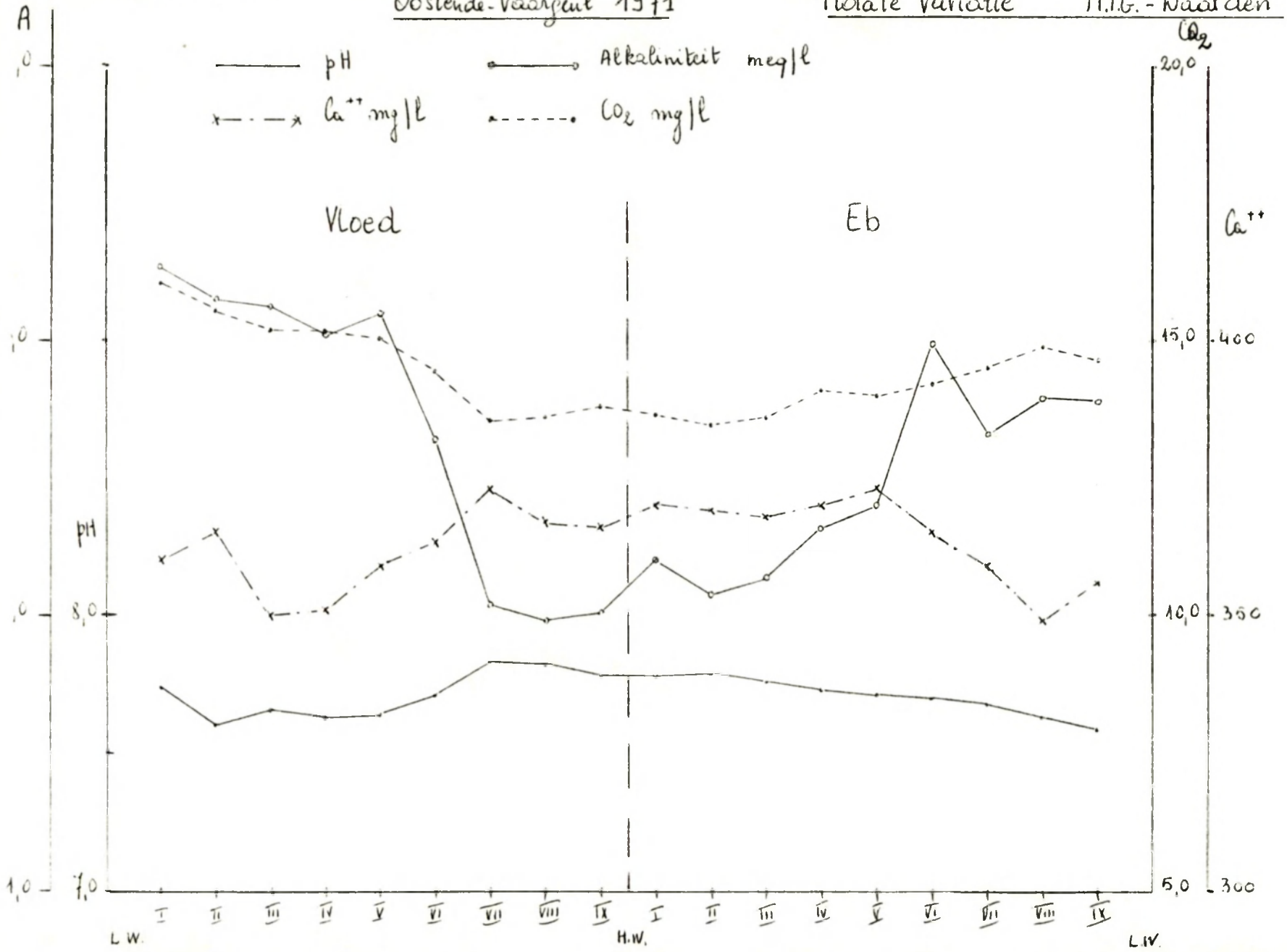
TABEL XL Oostende-vaargeul Vergelijking M.C.T.-waarden $CO_2$ en Numerieke biomassa

| 1971 | Vloed | | Eb | |
|---|---|---|---|---|
| | Numerieke biomassa (x 1000) | $CO_2$ -gehalte mg/l | Numerieke biomassa (x 1000) | $CO_2$ -gehalte mg/l |
| Maximum | 2.897 (sep.71) | 6,33 | 2.761 (sep.71) | 7,37 |
| Minimum | 500 (jan.71) | 15,70 | 455 (jan.71) | 13,95 |

Hieruit blijkt dat het $CO_2$ -gehalte laag is bij grote fytoplanktonontwikkeling en omgekeerd. Zoals blijkt uit § 2 (pagina 139) zal bij daling van het $CO_2$ -gehalte de pH stijgen en de alkaliniteit dalen.

GRAFIEK 62

Oostende-Vaargeul 1971 — Tidale Variatie — M.T.G.-Waarden



B. Tidale variatie.

In grafiek 62 is de tidale variatie voor 1971 en in grafiek 61 voor 1973-74 op basis van de globale tidale gemiddelden (M.T.G.-waarden) weergegeven.

In tabel XLI werden de maximale en minimale M.T.G.-waarden en de tidale speling tussen beide aangegeven.

TABEL XLI Oostende-vaargeul M.T.G.-waarden

| 1971 | Vloed | | | Eb | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| pH | 7,83 (VII) | 7,60 (II) | 0,23 ( 3 %) | 7,79 (II) | 7,59 (IX) | 0,20 ( 3 %) |
| Alk. meq/l | 3,21 (I) | 2,71 (VII) | 0,50 | 2,98 (VIII) | 2,69 (II) | 0,29 (10 %) |
| $CO_2$ mg/l | 16,35 (I) | 9,88 (VIII) | 6,57 (40 %) | 14,91 (VI) | 10,37 (II) | 4,54 (30 %) |
| $Ca^{++}$ mg/l | 373 (VII) | 350 (III) | 23 ( 6 %) | 373 (V) | 349 (VIII) | 24 ( 6 %) |
| 1973-74 | | | | | | |
| pH | 7,69 (VI) | 7,44 (I) | 0,25 ( 3 %) | 7,69 (III-IV) | 7,61 (I) | 0,08 ( 1 %) |

Romeinse cijfers = momenten van staalname

Uit de grafieken blijkt dat tijdens de vloed de pH en het $Ca^{++}$ -gehalte stijgen, terwijl de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte dalen. Omgekeerd, tijdens de eb dalen pH en calcium-gehalte, terwijl alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte stijgen.

Dit komt tot uiting in tabel XLI. De maximale waarde van pH en $Ca^{++}$ -gehalte komen voor in de tweede helft van de vloed en de eerste helft van de eb, terwijl dan de minimale waarden van alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte voorkomen.

Uit tabel XLI blijkt ook dat de tidale pH-variatie miniem is, terwijl de $CO_2$ -variatie het grootst is en verder dat de tidale variatie van alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte groter zijn tijdens de vloed dan tijdens de eb.

Uit deze tidale variatie blijkt eveneens duidelijk de invloed van het binnen- en buitenstromend zeewater. Zo is de pH van zeewater hoog (overmaat basen) en daalt het $CO_2$ -gehalte met stijgende saliniteit (zie § 2 pag. 143).

C. Stratifikatie.

Bij de bespreking worden enkel het oppervlakte- en bodemniveau behandeld.

a. Kronologisch.

Zoals duidelijk is uit grafieken 63 en 64, waar respektievelijk vertikale kronologische variatie (M.C.-waarden) tijdens de vloedherborisaties in 1971 en tijdens de vloed- en ebherborisaties in 1973-74 zijn uitgezet en uit grafiek 42, waar de vertikale kronologische variatie van het $Ca^{++}$ -gehalte in 1971 is uitgezet, zijn de pH en het $Ca^{++}$ -gehalte hoger aan de bodem, terwijl de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte het hoogst zijn aan het watervlak. Over het algemeen is kronologisch verloop aan oppervlak en bodem zeer gelijkend.

Dit laatste blijkt ook uit tabel XLII waar voor 1971 en 1973-74 voor oppervlakte en bodem, respektievelijk tijdens vloed en eb, de maximale en minimale kronologische gemiddelden (M.C.-waarden) en de speling tussen beide zijn aangegeven.

Uit tabel XLII blijkt :

1° De kronologische variatie van de pH is zowel tijdens vloed als eb aan de oppervlakte en de bodem klein (3 - 9 %).

2° Uitzondering gemaakt voor het $CO_2$ -gehalte is de variatie voor de andere faktoren zowel tijdens de vloed- als tijdens de eb-herborisaties kleiner aan de bodem dan aan de oppervlakte.

3° Over het algemeen is de kronologische variatie groter tijdens de vloed dan tijdens de eb.

TABEL XLII - OOSTENDE-VAARGEUL M.C.-WAARDEN

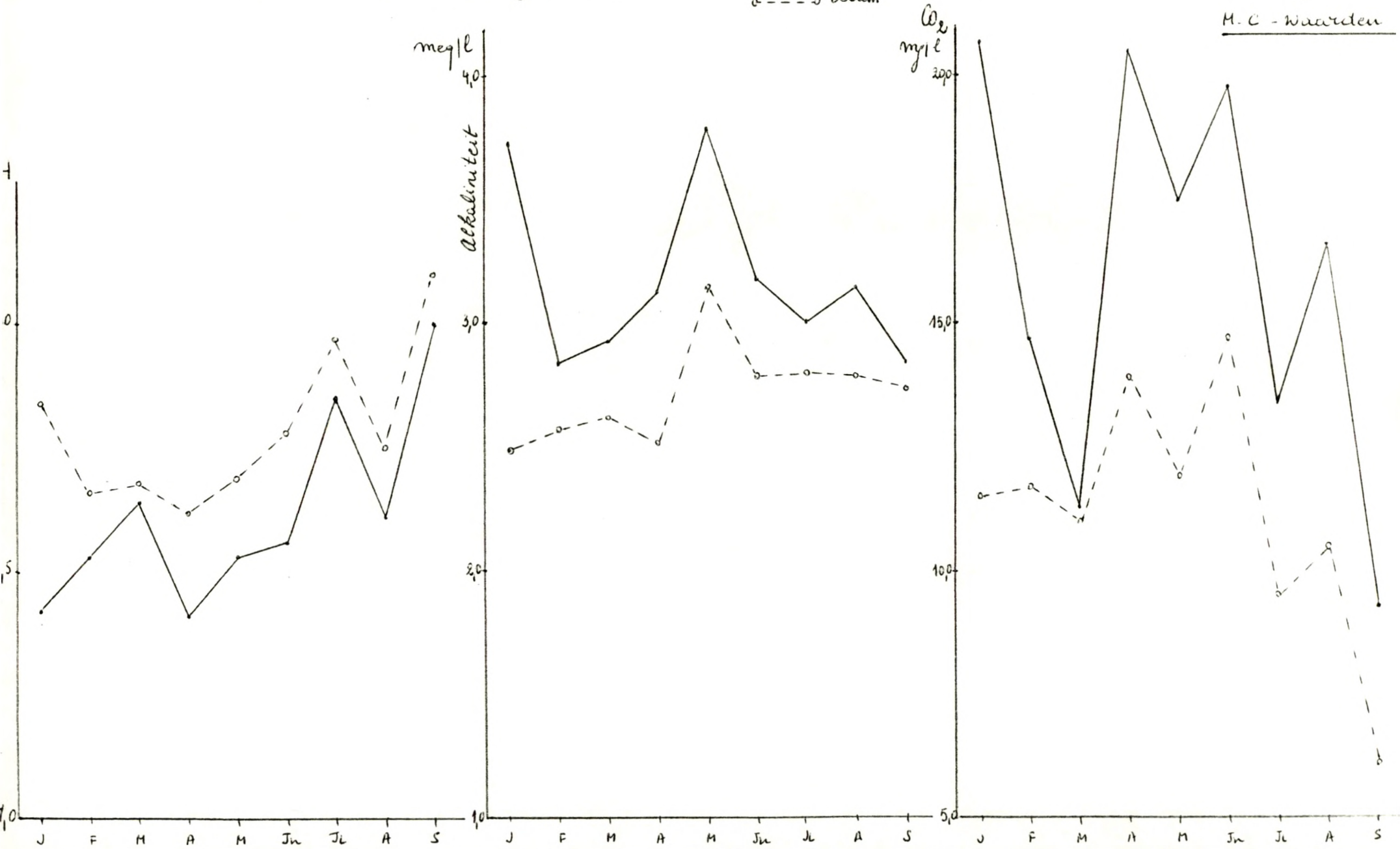
| 1971 - Vloed | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| pH | 8,00 (sep.) | 7,41 (april) | 0,59 ( 7 %) | 8,10 (sep.) | 7,62 (april) | 0,48 ( 6 %) |
| Alkalin. | 3,79 (mei) | 2,84 (feb.) | 0,95 (25 %) | 3,15 (mei) | 2,50 (jan.) | 0,65 (21 %) |
| $CO_2$ | 20,71 (jan.) | 9,29 (sep.) | 11,42 (55 %) | 14,67 (juni) | 6,11 (sep.) | 8,56 (58 %) |
| $Ca^{++}$ | 393 (aug.) | 280 (jan.) | 113 (29 %) | 400 (aug.) | 363 (feb.) | 37 ( 9 %) |
| 1973-74 - Vloed | | | | | | |
| pH | 7,92 (juni) | 7,21 (okt.) | 0,71 ( 9 %) | 7,96 (juni) | 7,45 (okt.) | 0,51 ( 6 %) |
| 1971 - Eb | | | | | | |
| pH | 8,03 (sep.) | 7,40 (april) | 0,63 ( 8 %) | 8,09 (sep.) | 7,57 (april) | 0,52 ( 6 %) |
| Alkalin. | 3,44 (mei) | 2,74 (feb-sep) | 0,70 (20 %) | 2,88 (juli) | 2,44 (feb.) | 0,44 (15 %) |
| $CO_2$ | 19,29 (april) | 9,08 (sep.) | 10,21 (53 %) | 13,71 (april) | 6,33 (sep.) | 7,38 (54 %) |
| $Ca^{++}$ | 375 (aug.) | 330 (feb.) | 45 (12 %) | 402 (jan.) | 357 (feb.) | 45 (11 %) |
| 1973-74 - Eb | | | | | | |
| pH | 7,73 (april) | 7,42 (juni)<br>[7,31 (dec.)] | 0,31 ( 4 %)<br>[0,42 ( 5 %)] | 7,88 (april) | 7,67 (juni) | 0,21 ( 3 %) |

GRAFIEK 63

Oostende-Vaargeul 1971

Vertikale Variatie Kronologisch

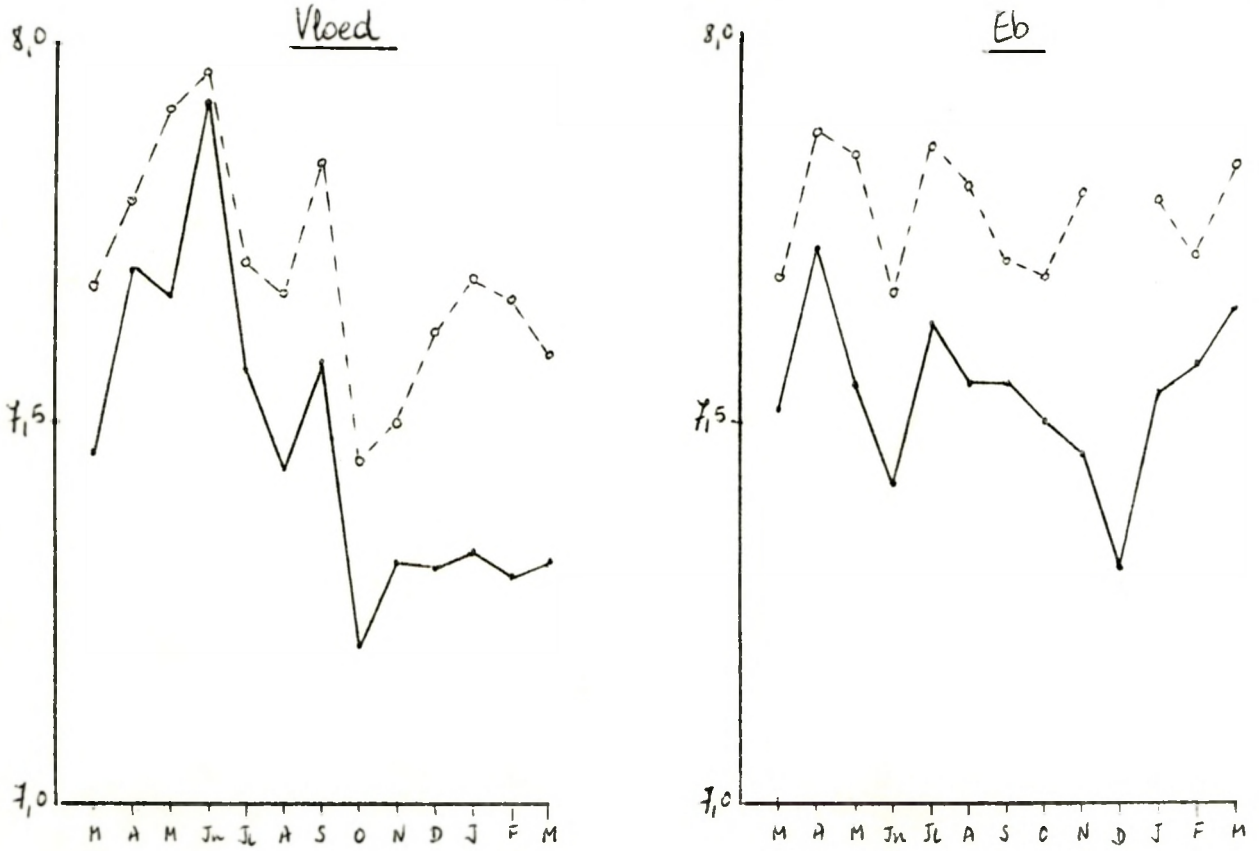
M.C - Waarden



GRAFIEK 64 : Oostende Vaargeul 1973 74 pH

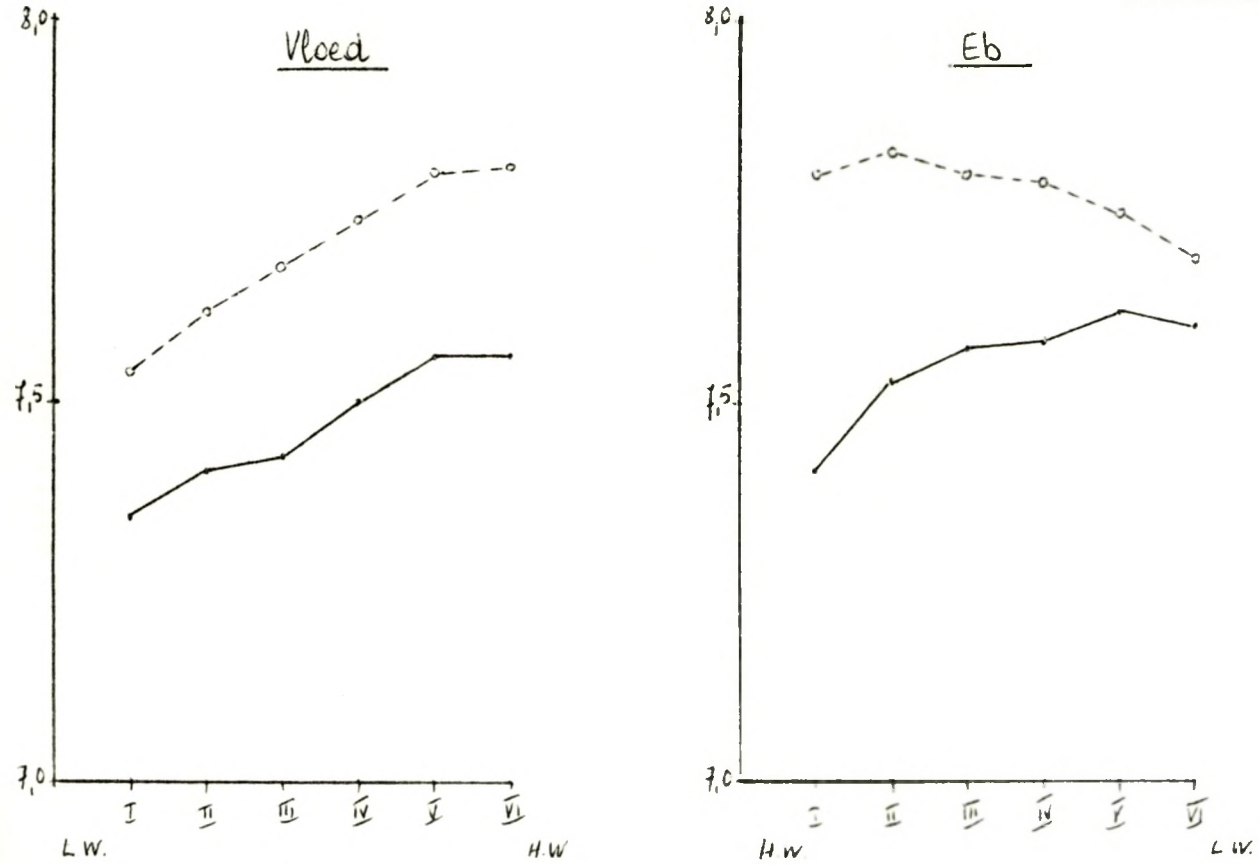
Vertikale Variatie Kronologisch

M.C. - waarden




Vertikale Variatie Tidaal

M.T - waarden



TABEL XLII - Oostende-Vaargeul

Stratifikatie op het moment der maximale en minimale M.C.T.-waarden, uitgedrukt in procentueel verschil tussen oppervlakte en bodem waarbij de waarde aan de bodem gelijkgesteld wordt aan 100 %.

| 1971 | Vloed | | Eb | |
|---|---|---|---|---|
| | Max. M.C.T. | Min. M.C.T. | Max. M.C.T. | Min. M.C.T. |
| pH | 98,8 | 77,0 | 99,3 | 97,8 |
| Alkal. | 120,3 | 110,1 | 114,9 | 112,3 |
| $CO_2$ | 147,5 | 152,5 | 140,9 | 144,4 |
| $Ca^{++}$ | 98,3 | 73,1 | 94,2 | 92,5 |
| 1973-74 | | | | |
| pH | 99,5 | 96,8 | 98,1 | 96,7 |

Uit tabel XLIII kan worden besloten dat de stratifikatie van pH en $Ca^{++}$ -ionen en $CO_2$ -gehalte het sterkst is op het tijdstip dat de M.C.T. -waarden minimaal zijn, terwijl de alkaliniteit maximaal zou gestratifieerd zijn als de M.C.T.-waarden maximaal zijn.

b. Tidaal.

In grafieken 65 en 66 is de vertikale tidale variatie van pH, alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte tijdens een maximaal en minimaal getij voor 1971 aangegeven.

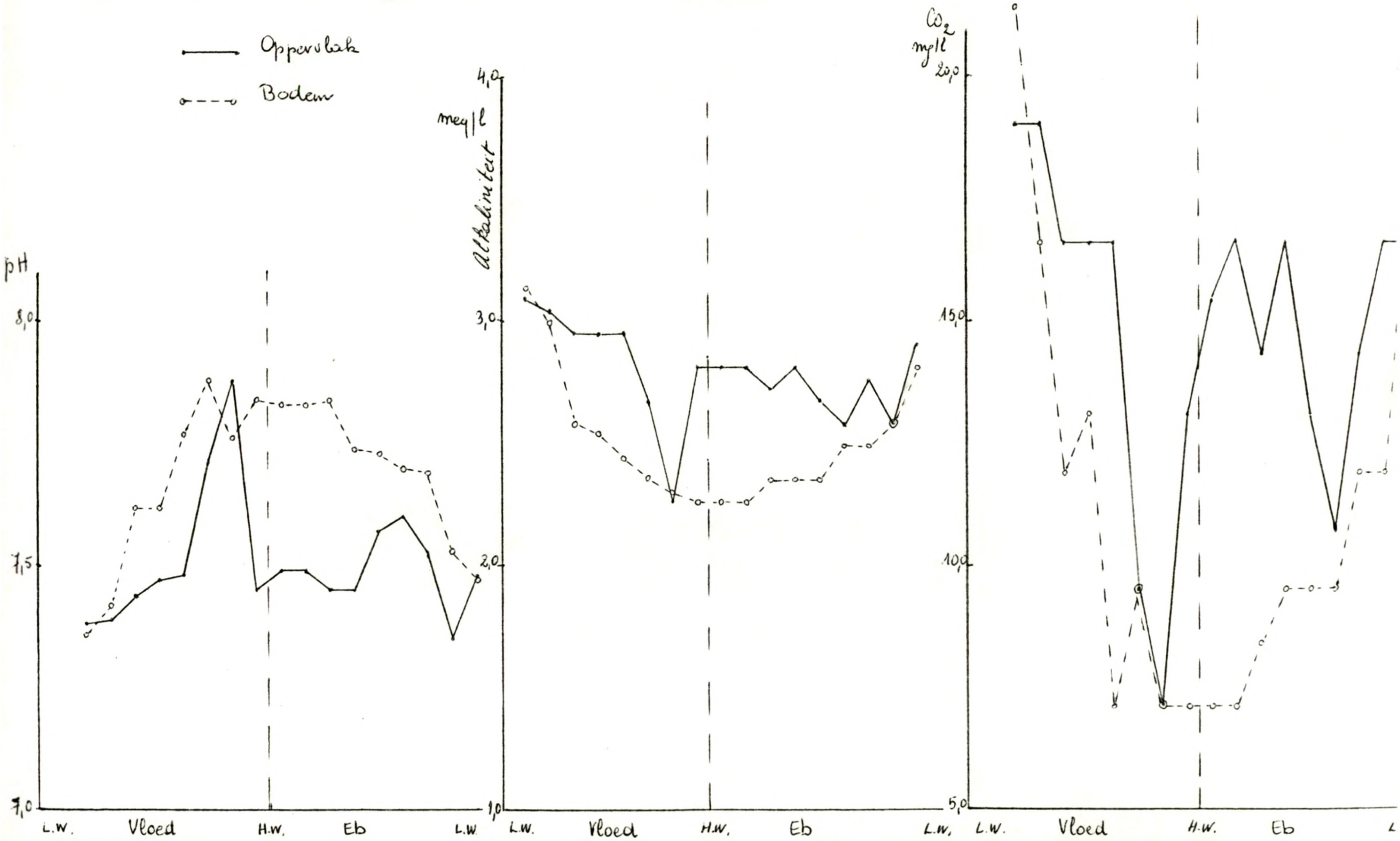
Op grafiek 67 werd de vertikale tidale variatie van de pH tijdens een maximale en minimale vloed en eb voor 1973-74 uitgezet.

Voor de vertikale tidale variatie van het $Ca^{++}$ -gehalte wordt verwezen naar grafieken 50 en 53. Ook uit deze grafieken kan worden besloten dat :

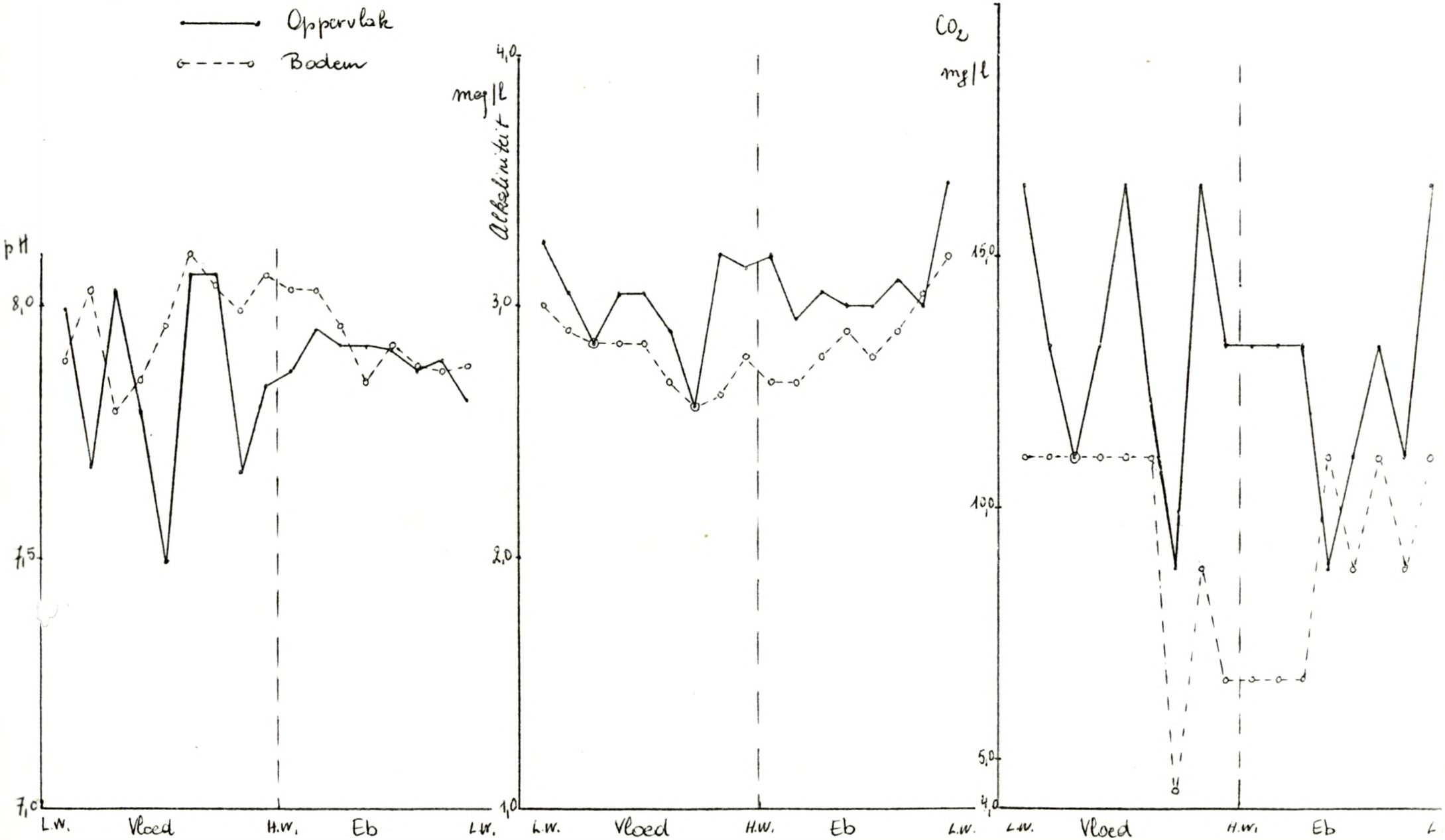
1° De pH en het gehalte aan calcium-ionen stijgen met de diepte, terwijl de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte dalen.

2° Het verloop voor de vier faktoren is aan de bodem veel regelmatiger dan aan het oppervlak, stijgend naar hoogwater en dalend naar laagwater voor de pH en het $Ca^{++}$ -gehalte, dalende naar hoogwater en stijgend naar laagwater voor de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte.

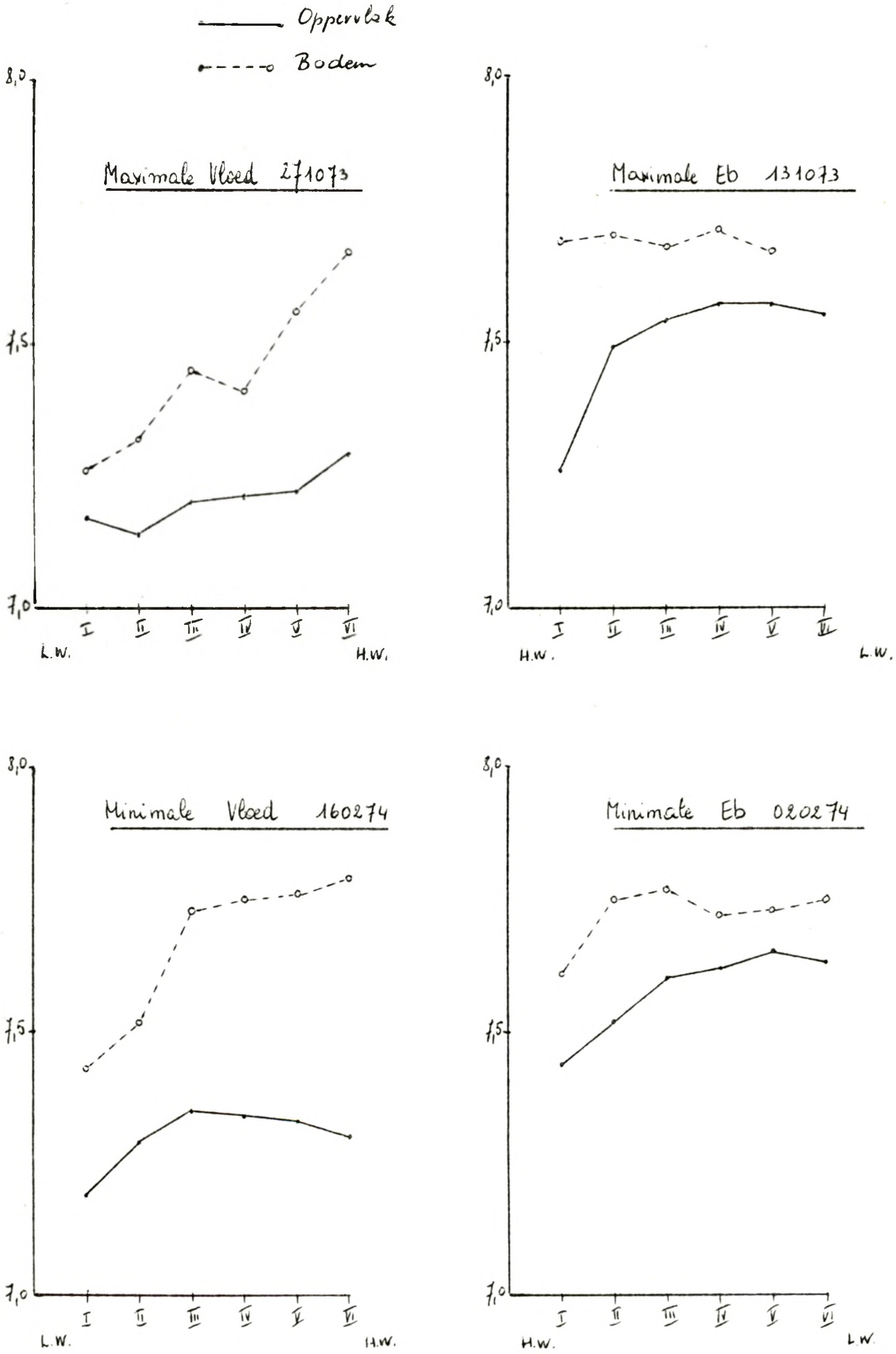
GRAFIEK 65 Oostende. Vaargeul 1971 Maximaal Getij 26.02.71 Verticale Variatie



GRAFIEK 66 : Oostende - Vaargeul 1971 Minimaal Getij 22 0771 Verticale Variatie



GRAFIEK 64 : Oostende-Vaargeul 1973-74 pH. Vertikale Variatie Tidaal



TABEL XLIV - OOSTENDE-VAARGEUL M.T.-WAARDEN

| 1971 - Vloed | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| pH | 7,74 (I-VII) | 7,53 (V) | 0,21 ( 3 %) | 7,91(VII-VIII) | 7,64 (II) | 0,27 ( 3 %) |
| Alkalin. | 3,31 (I-IV) | 2,95 (VII) | 0,36 (11 %) | 3,11 (I) | 2,51 (VIII) | 0,60 (19 %) |
| $CO_2$ | 18,21 (V) | 12,98 (VII) | 5,23 (29 %) | [15,04 (I)]<br>14,77 (II) | 7,32 (VII) | [7,72 (51 %)]<br>7,45 (50 %) |
| $Ca^{++}$ | 370 (II) | 333 (III) | 37 (10 %) | 393 (VII) | 360 (II) | 33 ( 8 %) |
| 1973-74 - Vloed | | | | | | |
| pH | 7,56 (V-VI) | 7,35 (I) | 0,21 ( 3 %) | 7,81 (VI) | 7,54 (I) | 0,27 ( 3 %) |
| 1971 - Eb | | | | | | |
| pH | 7,69 (II) | 7,56 (IX) | 0,13 ( 2 %) | 7,90 (I) | 7,61 (IX) | 0,29 ( 4 %) |
| Alkalin. | 3,13 (IV) | 2,99 (III) | 0,14 ( 4 %) | 2,83 (VIII) | 2,50 (II) | 0,33 (12 %) |
| $CO_2$ | 15,69 (VIII) | 13,72 (IV) | 1,97 (13 %) | [12,82 (IX)]<br>12,51 (VII) | 7,76 (II) | [5,06 (39 %)]<br>4,75 (38 %) |
| $Ca^{++}$ | 369 (I) | 327 (VIII) | 42 (11 %) | 389 (I) | 365 (VII) | 24 ( 6 %) |
| 1973-74 - Eb | | | | | | |
| pH | 7,62 (V) | 7,41 (I) | 0,21 ( 3 %) | 7,83 (II) | 7,69 (VI) | 0,14 ( 2 %) |

Romeinse cijfers = momenten van staalname

3° Zoals vooral uit grafieken 65 en 66 blijkt is de variatie aan de bodem groter tijdens een maximaal getij dan tijdens een minimaal getij.

In tabel XLIV zijn de maximale en minimale tidale gemiddelden (M.T.-waarden) en de variatie tussen beide aan oppervlakte en bodem, respektievelijk voor eb en vloed aangegeven.

Ook hieruit is duidelijk dat :

1° Tidale variatie van de pH klein is (2 - 4 %).

2° De variatie tijdens de vloed zowel aan oppervlakte als aan bodem groter is als tijdens eb.

3° Voor de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte de variatie zowel tijdens vloed als tijdens eb groter is aan de bodem dan aan het oppervlak.

TABEL XLV - Oostende-Vaargeul

| | Stratifikatie op het moment der maximale en minimale M.T.G.-waarden uitgedrukt in procentueel verschil tussen oppervlakte en bodem waarbij de waarde aan de bodem gelijkgesteld wordt aan 100 %. | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1971 | Vloed | | Eb | |
| | Max. M.T.G. | Min. M.T.G. | Max. M.T.G. | Min. M.T.G. |
| pH | 97,9 | 98,8 | 97,7 | 99,3 |
| Alkal. | 106,4 | 116,6 | 110,2 | 120,4 |
| $CO_2$ | 118,0 | 188,0 | 135,8 | 184,6 |
| $Ca^{++}$ | 90,6 | 92,1 | 97,6 | 88,1 |
| 1973-74 | | | | |
| pH | 96,8 | 97,5 | 97,1 | 95,0 |

Uit tabel XLV blijkt dat de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte maximaal gestratifieerd zijn op het moment dat de M.T.G.-waarden minimaal zijn, dus bij hoogwater. Ook de pH en het $Ca^{++}$ -gehalte schijnen bij hoogwater het meest gestratifieerd te zijn (maximale M.T.G.-waarden), al is dit niet zo duidelijk.

D. Korrelaties.

| TABEL XLVI | Korrelaties - Oostende-Vaargeul : 1971 | | | |
|---|---|---|---|---|
| Voor n = 24, waarden van r bij een éénzijdige overschrijdingskans van | | | | |
| | 5 % r = 0,344 | | 1 % r = 0,472 | |
| | 2,5 % r = 0,404 | | 1,5 % r = 0,515 | |
| | Vloed | | Eb | |
| | Opp. | Bodem | Opp. | Bodem |
| pH/Alkaliniteit | - 0,665 | - 0,559 | - 0,906 | - 0,255 |
| pH/$CO_2$ | - 0,607 | - 0,627 | - 0,957 | - 0,916 |
| pH/$Ca^{++}$ | 0,735 | 0,487 | 0,123 | - 0,106 |
| Alkaliniteit/$CO_2$ | 0,479 | 0,502 | 0,859 | 0,641 |
| Alkaliniteit/$Ca^{++}$ | - 0,787 | - 0,512 | - 0,443 | - 0,559 |
| $CO_2$/$Ca^{++}$ | - 0,547 | - 0,703 | - 0,133 | 0,056 |

Uit de korrelatiekoëfficienten, berekend op een steekproef van 24 waarnemingen blijkt :

1° De pH is steeds negatief gekorreleerd met het $CO_2$ -gehalte en eveneens met de alkaliniteit, met uitzondering van de bodem tijdens de eb-herborisaties.

2° Tijdens de vloed zowel aan oppervlak als aan bodem is er een positieve korrelatie tussen pH en $Ca^{++}$ -gehalte.

3° Alkaliniteit en $CO_2$ zijn steeds duidelijk positief gekorreleerd.

4° Alkaliniteit en $Ca^{++}$ -gehalte zijn steeds negatief gekorreleerd.

5° $CO_2$ en $Ca^{++}$ -gehalte zijn negatief gekorreleerd tijdens de vloed.

Uit het voorgaande blijkt dat er tijdens de eb faktoren optreden die vooral de verhouding pH/$Ca^{++}$ en $CO_2$/$Ca^{++}$ verstoren.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

In tabellen 37 en 38 zijn de M.C.T.- en M.T.G.-waarden aangegeven. Voor $Ca^{++}$ wordt verwezen naar tabellen 28/6 en 29/6.

A. F.I.-waarden.

Voor pH, alkaliniteit en $Ca^{++}$ -gehalte lagen de F.I.-waarden lager in Oostende dan in Blankenberge en Nieuwpoort. Het $CO_2$ -gehalte daarentegen lag hoger te Oostende.

In tabel XLVII zijn de vaargeulen gerangschikt volgens degressiviteit van pH; de waarden van $CO_2$ -gehalte, alkaliniteit en $Ca^{++}$ -gehalte zijn eveneens aangegeven Het zijn de F.I.-waarden van de vloedherborisaties.

TABEL XLVII Degressieve rangschikking van de estuaria op basis van de pH

| | | pH | $CO_2$ mg/l | Alkaliniteit meq/l | $Ca^{++}$ mg/l |
|---|---|---|---|---|---|
| Nieuwpoort | 74-75 | 8,40 | 0,010 | 3,11 | 446 |
| Blankenberge | 74-75 | 8,13 | 0,060 | 3,32 | 398 |
| Nieuwpoort | 73-74 | 8,00 | 1,50 | 3,10 | 597 |
| Oostende | 71 | 7,73 | 12,70 | 2,88 | 363 |
| Oostende | 73-74 | 7,60 | - | - | - |

Hieruit blijkt dat vooral in Oostende de pH-waarden afwijken van de waarden die in de litteratuur worden opgegeven ( pH 8,0 - 8,3). Verder is er een zeer duidelijk verband tussen het $CO_2$ -gehalte en de pH-waarden.

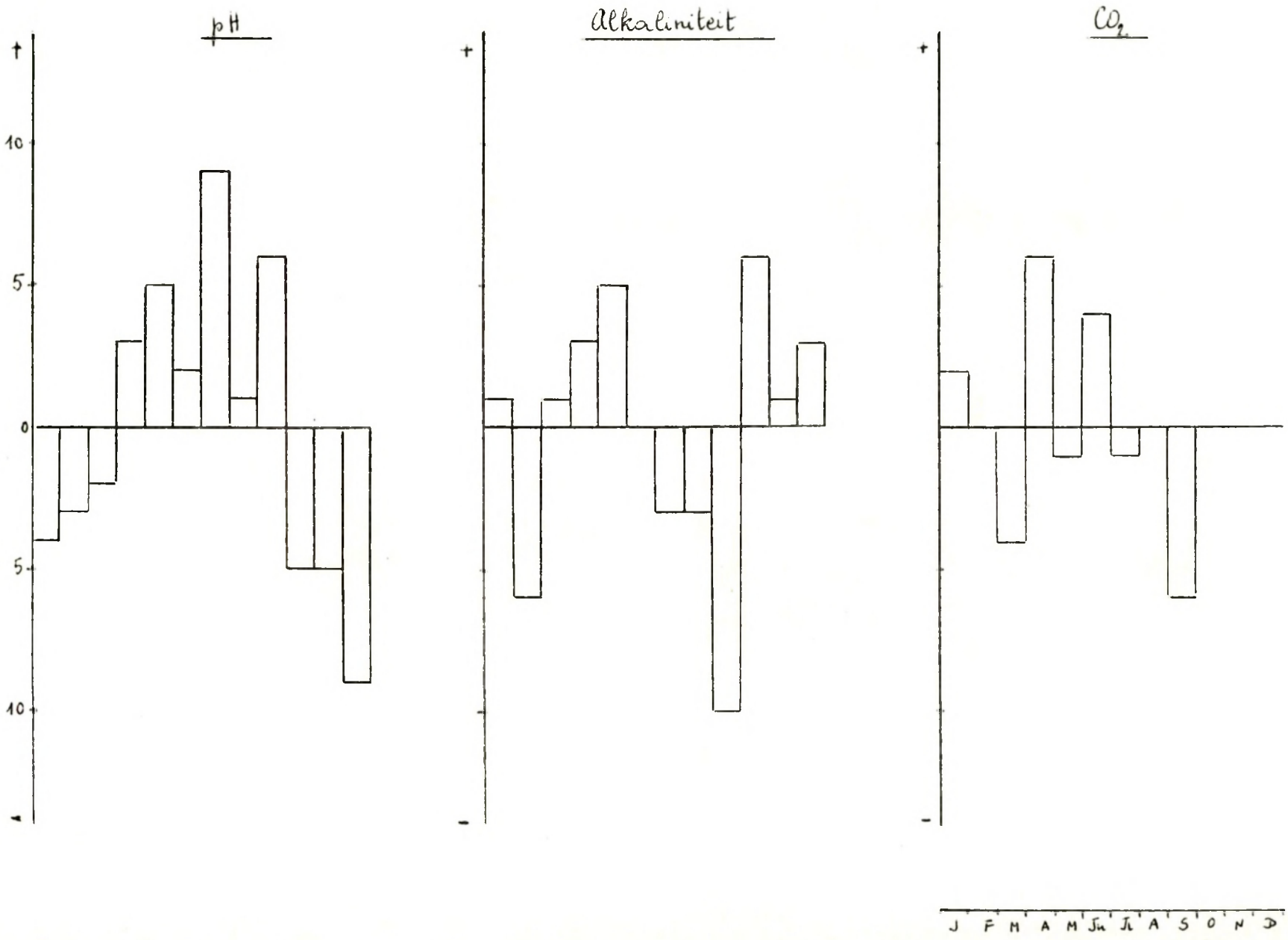
B. Kronologisch.

Op basis van de totale kronologische gemiddelden zoals aangegeven in tabel 37, voor het $Ca^{++}$ -gehalte tabel 28/6.

In grafiek 68 is het kronologisch verloop (M.C.T.-waarden) aangegeven (zie ook grafiek 58 voor het $Ca^{++}$ -gehalte). Hieruit blijkt dat vooral de pH en de alkaliniteit een duidelijk kronologisch verloop kennen, voor de pH hoge waarden en voor de alkaliniteit lage waarden in de zomermaanden. Het kronologisch verloop van $Ca^{++}$ en $CO_2$ -gehalte is meer wisselvallig, toch komt de minimale waarde van het $CO_2$ -gehalte overeen met de minimale waarde van de alkaliniteit in september, terwijl de maximale waarde van de calciumionen samenvalt met de maximale waarden van de pH in de zomermaanden.

GRAFIEK 68

Vergelijking Kronologische Kurven



C. Tidaal.

Op basis van de globale tidale gemiddelden zoals vermeld is in tabel 38, voor het $Ca^{++}$ -gehalte tabel 29/6.

In grafiek 69 is het tidale verloop (M.T.G.-waarden) aangegeven (zie ook grafiek 59 voor de calcium-ionen). Hieruit blijkt dat de pH en calcium een zelfde verloop kennen, nl. hoge waarden in de tweede helft van de vloed en de eerste helft van de eb, lage waarden tegen laagwater. Ook alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte kennen een gelijkaardig verloop, nl. hoge waarden bij laagwater en lage waarden bij hoogwater.

§ 5. Besluit.

1° Er moet vooreerst worden op gewezen dat de verandering van de pH, zowel kronologisch, tidaal als vertikaal eigenlijk zeer miniem is. Wanneer er wordt gesproken van pH-dalingen en -stijgingen gaat het slechts om veranderingen van 2 - 9 %. Dit is te wijten aan het buffereffekt van zeewater.

2° De veranderingen van pH, alkaliniteit, $CO_2$ en $Ca^{++}$ -gehalte zijn waarschijnlijk vooral veroorzaakt door veranderingen van temperatuur en saliniteit.

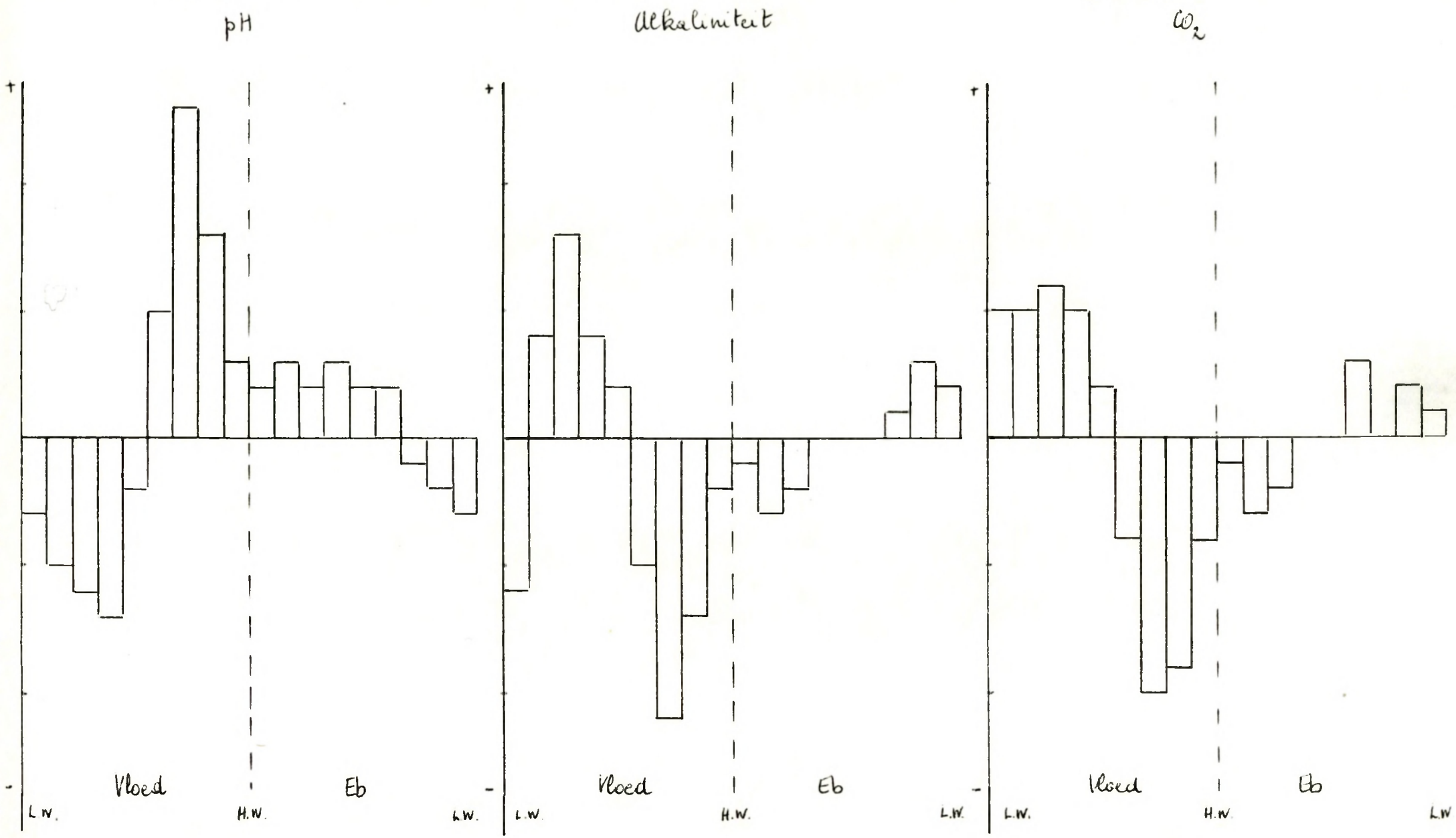
3° Zoals blijkt uit de litteratuurgegevens is tussen pH-waarden 7,5 tot 8,5 het grootste gedeelte van het totale koolzuurgas aanwezig onder de vorm van bicarbonaten. Het zijn deze bicarbonaten die in hoofdzaak de alkaliniteit bepalen. Zo zal bij een stijging van de pH de afname aan bicarbonaten groter zijn dan de toename aan carbonaten,zodat de totale alkaliniteit zal dalen met stijgende pH en omgekeerd.

4° Bij opkomend water verhoogt de saliniteit van het water en deze verhoging heeft een daling van het gehalte aan vrij $CO_2$ voor gevolg. Deze vermindering aan $|CO_2|$ heeft een stijging van de pH voor gevolg en een daling van de alkaliniteit. Deze veranderingen resulteren in een overgang van bicarbonaten naar carbonaten.

Het oplosbaarheidsprodukt van $CaCO_3$ wordt verhoogd met stijgende saliniteit, maar de stijging van het ionenprodukt is nog groter zodat het gehalte aan $Ca^{++}$ stijgt met de saliniteit.

GRAFIEK 69

Vergelijking Tidale Kurven



Uit voorgaande zou volgende betrekking kunnen worden afgeleid :

temperatuurstijging ↘
saliniteitstijging ↗ vrije $CO_2$ daling → pH stijging → alkaliniteit-daling
↓
$Ca^{++}$ -ionen-stijging

Dit is slechts een poging tot verklaring van de variaties die in het onderzoek werden waargenomen. Er moet ook worden op gewezen dat het probleem van de relaties tussen $CO_2$, pH, alkaliniteit en $Ca^{++}$ -gehalte nog ver van opgeklaard is.

5° Dit zou overeen komen met de korrelaties die werden gevonden op basis van de experimentele gegevens, nl. : een negatieve korrelatie tussen pH en alkaliniteit, pH en $CO_2$, $Ca^{++}$ en $CO_2$ en alkaliniteit en $Ca^{++}$; een positieve korrelatie tussen pH en calcium (die in feite terug te brengen is tot een positieve korrelatie tussen saliniteit en $Ca^{++}$) en tussen alkaliniteit en $CO_2$.

Tijdens de eb zijn bepaalde korrelaties verstoord of minder duidelijk.

6° Het voorgaande zou ook het stijgen van pH en calciumionen-gehalte naar hoogwater toe kunnen verklaren, terwijl dan de alkaliniteit en het $CO_2$ -gehalte zouden dalen.

7° Vooral de temperatuur- en saliniteitveranderingen zouden verantwoordelijk zijn voor de kronologische variaties waarbij pH en $Ca^{++}$ -gehalte maximaal zijn in de warme maanden terwijl alkaliniteit en $CO_2$ -gehalte dan minimaal zijn.

8° Ook de vertikale verdeling is duidelijk : pH en calcium-gehalte nemen toe met de diepte, terwijl alkaliniteit en $CO_2$ afnemen.

9° Uit de vergelijking tussen de verschillende estuaria blijkt dat de pH te Oostende lager ligt. De verschillen tussen vloed- en ebherborisaties zijn te verwaarlozen.

10° Bij vergelijking van de twee herborisatiejaren in Nieuwpoort blijkt dat het $CO_2$ -gehalte in 74-75 merkelijk lager is dan in 73-74, terwijl de pH dan hoger ligt.

# Hoofdstuk V. Organische Stoffen - stikstofcyclus.

## § 1. Bepalingsmethoden.

### A. Organische Stoffen.

De stoffen oxideerbaar door kaliumpermanganaat worden bepaald. De dosering gebeurt in alkalisch midden vermits het chloorgehalte 300 mg/l overschrijdt.

B. $NH_4^+$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$ werden bepaald met Technicon.

## § 2. Betekenis van organische stoffen en van de stikstofcyclus.

### A. Organische Stoffen.

De organische stoffen zijn opgelost in het water ofwel als partikels (seston) gesuspendeerd (1).

Natuurlijke waters bevatten niet alleen de produkten van de oplossing van het substraat en van het gas uit de atmosfeer in het water, maar ook substanties aangebracht door bodemerosie en vooral als resultaat van het metabolisme der organismen (2).

Hutchinson (1957) (3) maakt onderscheid in autochtone opgeloste organische stoffen, die ongeveer 24 % proteïnen zouden bevatten en een C/N -verhouding hebben van 12/1 en hoofdzakelijk afkomstig zijn van de decompositie van het plankton, en allochtone organische stoffen, minder rijk aan proteïnen (6 %) en met een C/N -verhouding gelijk aan 45-50/1.

Het zijn vooral de allochtone organische stoffen die de donkerbruine kleuren geven aan het water als resultaat van de decompositie van de littorale gordels (4).

Hutchinson (1957) (3) stelde verder ook dat de relatieve proteïneinhoud zou dalen met stijgende totale organische inhoud en dat het relatieve

---

(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 101).

(2) DUSSART, B. Limnologie. Gauthier-Villars. Paris, 1966. 677 pp. (p. 109).

(3) HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. Vol. I. John Wiley & Sons, Inc. New-York, 1957, 1015 pp. (p. 882 tot 886).

(4) DUSSART, B. Limnologie. 1966. (p. 110).

aandeel van het seston eerst zou stijgen met toenemende hoeveelheid totale organische stof om daarna konstant te blijven. Deze laatste relatie zou beduiden dat het autochtoon organisch materiaal niet zou bijdragen tot de produktiviteit van het water.

De aangetroffen organische stoffen zijn koolhydraten, proteïnen en aminozuren, lipiden en andere reservestoffen. Sommige spelen de rol van katalysator, stimulator of inhibitor van biologische funkties (pigmenten, vitamines, hormonen). De opgeloste organische stoffen zijn voor de organismen een essentiële bron van direkt bruikbare voedingsstoffen (1).

Zo kunnen sommige bacteriën opgeloste organische stoffen gebruiken als energiebron. Bepaalde aminozuren (glycine, glutaminezuur, tyrosine) zouden van belang zijn voor organismen die bepaalde zuren niet kunnen synthetiseren. Gele fluorescerende carotenoïden zijn waargenomen in mariene waters (2).

Hutchinson (1943) vond vitamine $B_1$ (thiamine), Hutchinson en Setlow (1946) niacine en biotine. Alhoewel de koncentraties van de vitaminen zeer klein zijn, zijn ze biologisch toch belangrijk. Het fytoplankton kan ontwikkelen bij zeer lage fosfaatkoncentraties. In de onderzochte meren bedroeg de koncentratie van de belangrijkste vitaminen 1 - 10 % van de fosfaatkoncentratie. Als het fytoplankton fosfor kan gebruiken aan zulke lage koncentraties, is het waarschijnlijk dat de soorten die thiamine en niacine nodig hebben, deze ook kunnen betrekken uit het milieu (3).

Niacine-coenzyme treedt op als coenzyme voor dehydrogenasen die oxidoreductiereakties katalyzeren, terwijl het thiaminecoenzyme deelneemt o.a. aan de transketolase en phosphoketolase.

Biotine kan optreden als een groeifaktor voor gist en sommige bacteriën; als coenzyme treedt het op bij carboxylatiereakties (4).

Een aantal organismen hebben vitamine $B_{12}$ of cyanocobalamine nodig in hun milieu, andere kunnen het synthetiseren als kobalt aanwezig is. Droop

---

(1) DUSSART, B. Limnologie. 1966. (p. 109).

(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 198).

(3) In HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 896-899).

(4) CONN, E.E. and STUMPF, P.K. Outlines of Biochemistry. John Wiley & Sons. Inc. New-York-London-Sydney. 1966. 469 pp. (p. 154-191).

(1955) vond dat dit het geval was voor Sceletonema costatum (1). $B_{12}$ neemt deel aan twee types van reakties nl. isomerisatie van dicarboxylzuren en conversie van dihydroxi-komponenten in desoxy-monohydroxylgroepen (2).

De kwantiteit en kwaliteit van de opgeloste stoffen in het water determineert de variëteit en de numerieke ontwikkeling van planten en dieren. De limiterende waarde van de opgeloste stoffen is tweeërlei :

1° de chemische densiteit van het watermilieu is funktie van het totaal aan opgeloste stoffen en beïnvloedt de osmoregulatie van de organismen.

2° de samenstelling van de fytoplankton-populatie wordt bepaald door de voorraad nutrienten. De enige bron van belangrijke voedingsionen is de reserve in het water aan opgeloste stoffen (3)

Reid (3) schrijft ook :

"Het is bekend dat bepaalde organismen, vooral algen, metabolieten produceren die de ontwikkeling van de natuurlijke algenpopulatie regelen. De chemische aard van deze stoffen is niet gekend, alhoewel de mogelijkheid van hormonen en vetzuren is voorgesteld".

Pütter (1924) toonde aan dat planktonische wieren 95 % van hun assimilaten in het water afgeven (4).

B. Stikstofcyclus.

a. Biochemische aspekten van het stikstofgebruik (5).

Vele bestanddelen van de levende cel bevatten stikstof : proteïnen, aminozuren, nucleïnezuren, purines, pyrimidines, alkaloïden, vitamines. Analytische bepalingen toonden aan dat de verhouding N/C in de cel ongeveer 20/100 is (6). Experimenten van Kain en Fogg (1960) op Prorocentrum micans maakten duidelijk dat een tekort aan stikstof de groei der wieren kan beperken (6). Bijgevolg moet in zeewater een stikstofbron aanwezig zijn.

---

(1) In HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 896-899).

(2) CONN, E.E. and STUMPF, P.K. Outlines of Biochemistry. 1966. (p. 154-191).

(3) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 198).

(4) In FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 90).

(5) Volgens CONN, E.E. en STUMPF, P.K. Outlines of Biochemistry.1966. (p. 380-390).

(6) In BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. 1974. (p. 38).

Het grote reservoir aan molekulaire stikstof is natuurlijk de atmosfeer die 78 % $N_2$ bevat. $N_2$ -gas kan als dusdanig door de meeste organismen niet gebruikt worden, wel onder andere anorganische vormen $NH_3$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$. Deze omzetting van molekulaire stikstof in anorganische vormen noemt men de stikstoffixatie. Ook in zee heeft men stikstoffixerende bacteriën (Azotobacter, Clostridium) geïdentificeerd. Vaccora (1965) twijfelt echter aan het belang ervan (1).

Recent werd het ook duidelijk dat bepaalde Cyanophyta belangrijke stikstoffixerende organismen zijn (2). Niet-biologische stikstoffixatie kan gebeuren bij elektrische ontladingen tijdens onweders.waarbij stikstofoxides worden gevormd die gehydrateerd worden en op aarde neerkomen als $NO_2^-$ en $NO_3^-$. Ammonia zou de eerste stap van de biologische stikstoffixatie zijn. $NH_3$ wordt niet geaccumuleerd maar omgevormd tot proteïnen, enz... De overmaat aan $NH_3$ wordt aan het milieu afgegeven en ondergaat dan nitrifikatie, ofwel wordt het opgenomen door organismen die geen stikstof kunnen fixeren.

De nitrifikatie of oxidatie van $NH_3$ gebeurt door twee groepen nitrifiërende bacteriën :

1° Nitrosomonas, Nitrosocystis oceanus zetten $NH_3$ om tot $NO_2^-$.

2° Nitrobacter zet $NO_2^-$ om tot $NO_3^-$.

De organismen moeten dan opnieuw nitraten en nitrieten omzetten in ammonia dat dan kan ingebouwd worden in aminozuren. Dit gebeurt door een reeks reductasen. Het proces wordt de nitraatassimilatie genoemd. Dit gebeurt omdat $NH_4^+$ toxisch is en dus niet kan opgestapeld worden in de weefsels, terwijl $NO_3^-$ een meer stabiele vorm is die bovendien minder toxisch is.

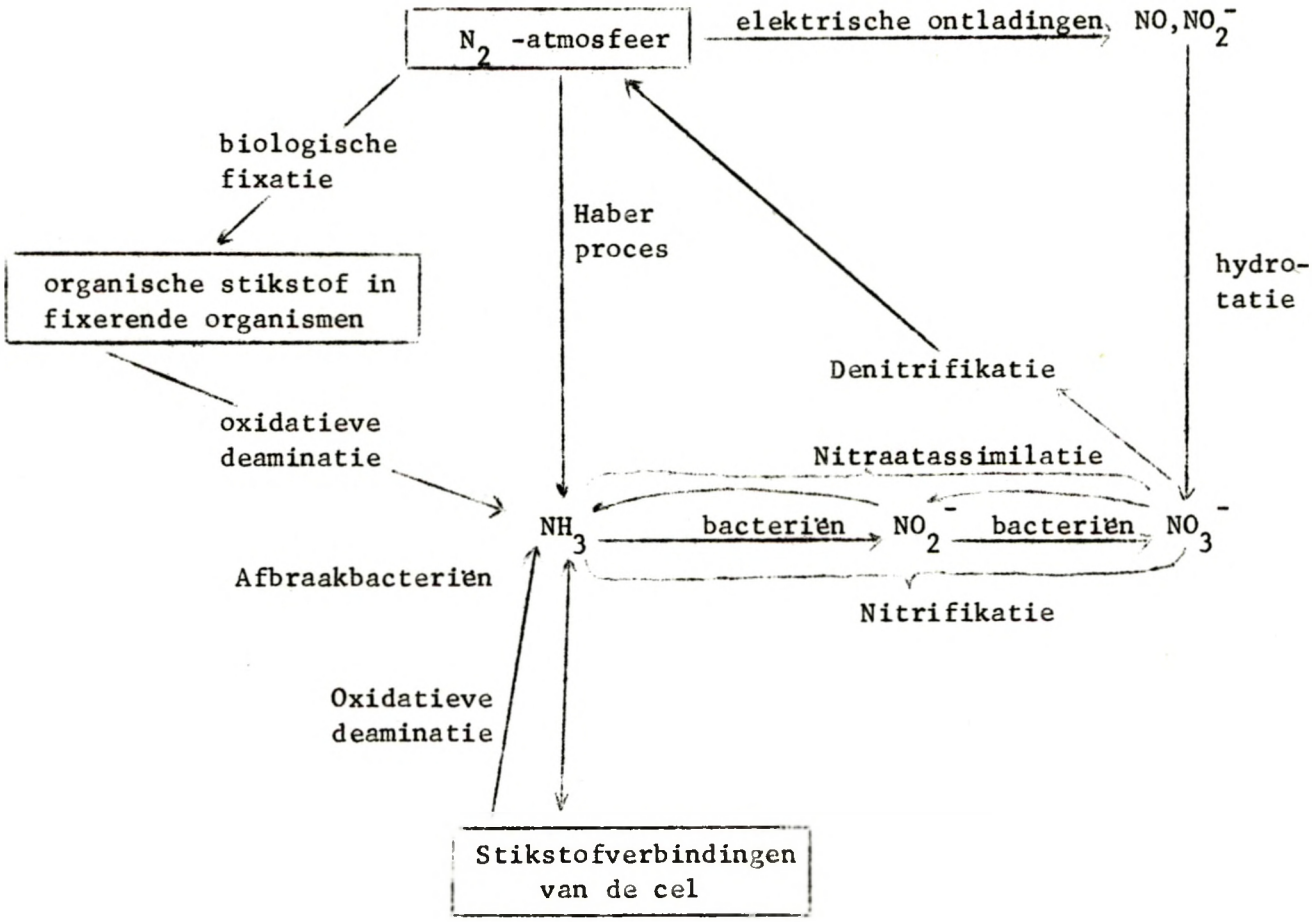
Denitrifikatie is het proces waarbij door werking van bacteriën (bv. Pseudomonas perfectomarinus) nitraten gereduceerd worden tot molekulaire stikstof. Het doet zich vooral voor wanneer de zuurstofkoncentratie in zee fel daalt (2).

---

(1) In BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. 1974. (p. 48).

(2) HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 865-869).

Het volgende schema geeft het voorgaande overzichtelijk weer.




b. De stikstofcyclus in zee.

Stikstof bevindt zich in zeewater onder volgende vormen (1) :

- opgelost stikstofgas
- opgeloste organische stikstof of organische stikstof in suspensie (decompositieprodukten : proteïnen, ureum, methylamines)
- minerale vormen

{ ammoniumionen $NH_4^+$
{ nitriet $NO_2^-$
{ nitraat $NO_3^-$

De stikstof van deze minerale vormen, die deel uitmaken van de voedingszouten, wordt geassimileerd door de algen en getransformeerd in organische stoffen die als voeding dienen voor het zooplankton en de vissen.

---

(1) HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 836-877).

De aanvoer van stikstof door stromen en neerslag kan dit verbruik aan minerale stikstof niet kompenseren. De organische stikstof wordt echter geremineraliseerd door enzymen gesekreteerd door het spijsverteringskanaal van de dieren, vooral echter door de werking van bacteriën (1).

Het eerste stadium van deze mineralisatie is ammoniak. Ammonia is in zeewater aanwezig als $NH_4^+$ en $NH_4OH$ (ongedissocieerd). De verhouding tussen beide is afhankelijk van de pH.

Bij pH = 6 is $NH_4^+/NH_4OH$ = 3000/1, bij pH = 8 is de verhouding 30/1 (1).
Bij opname van zuurstof, zoals dit het geval is bij pollutie, kan de koncentratie van ammoniak en ammiumhydroxide stijgen (1).

$NH_4^+$ -ionen zijn direkt bruikbaar vooral door unicellulaire algen, het grootste gedeelte wordt echter door nitrifiërende bacteriën geoxideerd tot $NO_2^-$ en $NO_3^-$ (2).

Volgens Bougis (2) wordt eerst $NH_4^+$ opgenomen, indien aanwezig in voldoende koncentratie, de absorptie van $NO_3^-$ en $NO_2^-$ zou slechts beginnen als de $NH_4^+$ -koncentratie onder een bepaalde waarde daalt.

Volgens Zobell (1935) verkiest Nitzschia closterium $NH_4^+$ boven nitraat. Pediastrum boryanum, Staurastrum paradoxum en Nitzschia palea gebruiken beide vormen, maar bij grote verdunning verkiezen ze ammoniak (1).

Zoals vermeld (pag. 172) noodzaakt het gebruik van nitraten en nitrieten een reduktie die energie vergt. Bepaalde flagellaten zoals Euglena gracilis kunnen door ontbreken van reductasen geen $NO_3^-$ gebruiken (3).

Mac Isaac & Dugdale (1969) hebben aangetoond dat de absorptiesnelheid eerst snel stijgt met de toename van de stikstofkoncentratie in het water om daarna hetzelfde te blijven (3).

Oscillatoria zou ook opgelost stikstofgas kunnen verbruiken, dit zou echter het gebruik van $NH_4^+$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$ niet uitsluiten.

Goering, Dugdale & Menzel hebben met gemarkeerd glycine aangetoond dat dit aminozuur wordt opgenomen door Oscillatoria (4). Braarud en Föyn (1930)

---

(1) Volgens HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Lymnology. 1957. (p. 836-877).
(2) BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. 1974. (p. 39).
(3) In BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. 1974. (p. 40-41).
(4) In BOUGIS, P. Ecologie du plancton marin. 1974. (p. 43).

bewezen dat Chlamydomonas glycine, alanine en aspargine gebruikt (1).

Over de seizoenvariatie schrijft Ivanov (2) : "De fotosynthese in het voorjaar brengt een verlaging teweeg van de koncentraties aan stikstofzouten. De regeneratie begint met ammoniak, vervolgens nitrieten en dan nitraten. Toch bereiken ammoniak en nitrieten nooit de koncentraties van de nitraten".

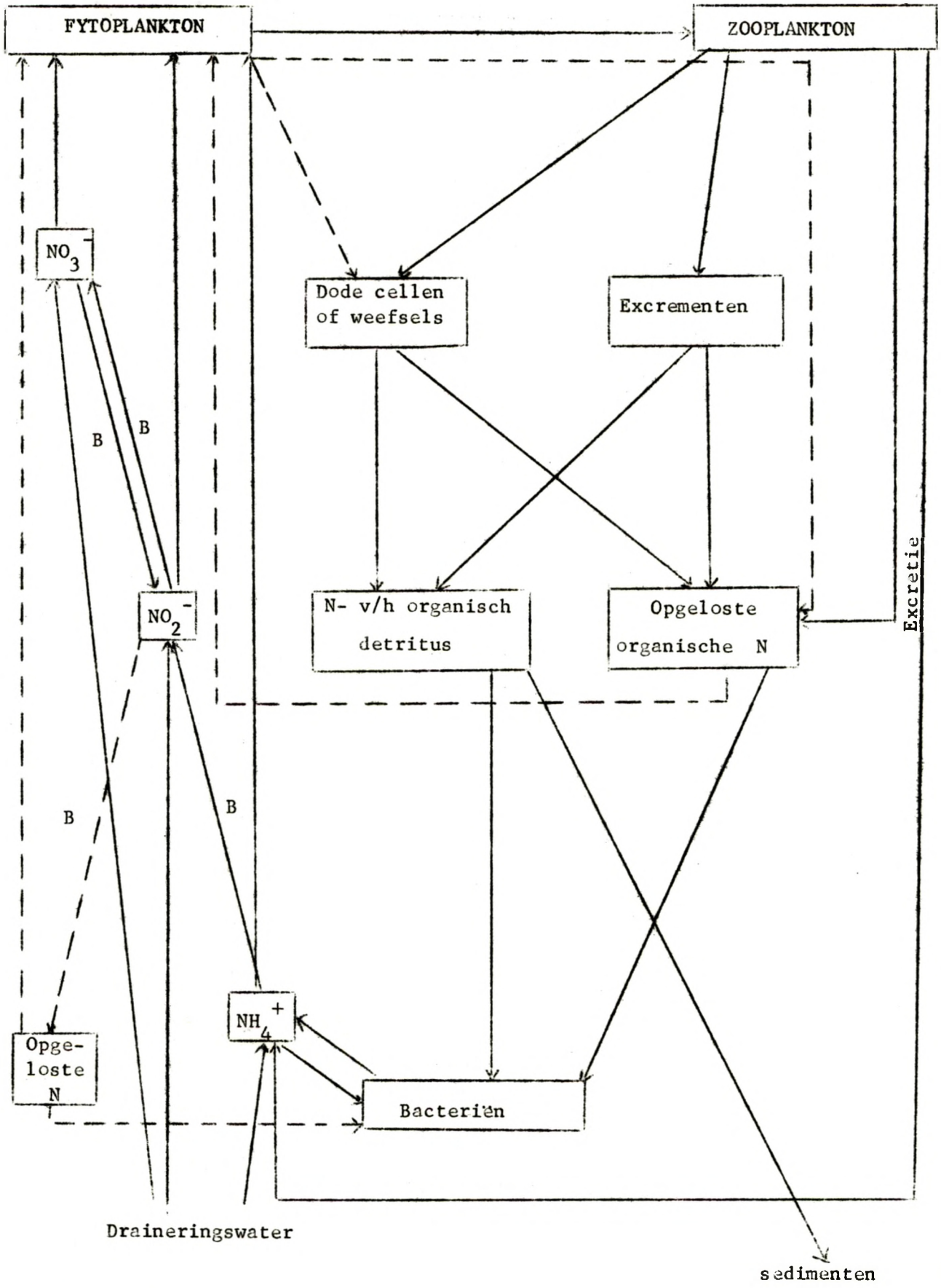
Volgens Lagarde (1963) komen $NH_4^+$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$ in de oppervlakkige waterlagen voor in wisselende verhoudingen, bepaald door de seizoenen en door de stofwisseling van de organismen (3).

---

(1) In HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 851).

(2) IVANOV, A. Introduction à l'Océanographie. 1972. (p. 106).

(3) In FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 79).


FYTOPLANKTON
ZOOPLANKTON
$NO_3^-$
Dode cellen of weefsels
Excrementen
B
B
$NO_2^-$
N- v/h organisch detritus
Opgeloste organische N
Excretie
B
B
$NH_4^+$
Opge-loste N
Bacteriën
Draineringswater
sedimenten

B = Bacteriën

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens zijn weergegeven in tabellen 39 tot en met 46.

A. Kronologische variatie.

In grafieken 70 t.e.m. 72 werd de kronologische variatie tijdens de vloedherborisaties van 1971 voor organische stoffen, nitrieten en nitraten en tijdens de vloed- en eb-herborisaties voor 1973-74 voor ammoniak, nitrieten en nitraten weergegeven.

Hieruit blijkt :

1° In 1971 is het gehalte aan organische stoffen het hoogst in mei, minimaal in februari.

2° Het kronologisch verloop van het $NH_4^+$ -gehalte in 1973-74 is zeer wisselvallig en verschilt zelfs essentieel tijdens de vloed- en de eb-herborisaties. Vooral van maart 73 tot juli 73 is het verloop veelal tegengesteld. Er moet worden op gewezen dat de vloed- en ebherborisaties in 73-74 niet op dezelfde dag gebeurden.

3° Het nitriet-gehalte schijnt in 1971 en in 1973-74 een gelijkaardig verloop te kennen met maxima in februari, maart en juli. Ook voor de vloed- en ebherborisaties van 1973-74 schijnt het verloop gelijkend te zijn. Er moet ook reeds worden op gewezen dat het nitriet-gehalte in 1973-74 veel hoger lag dan in 1971.

4° Het nitraat-gehalte kent in 1971 een uitgesproken maximum in februari. In 1973-74 is het kronologisch verloop tamelijk gelijk tijdens vloed- en ebherborisaties, maar veel wisselvalliger dan tijdens 1971. Ook het nitraat-gehalte ligt veel hoger in 1973-74.

In tabel XLVIII werden de maximale en minimale totale kronologische gemiddelden (M.C.T.-waarden) alsook de speling tussen beide aangegeven.

Hieruit kan het volgende worden afgeleid :

1° Het kronologisch verloop is identiek tijdens de vloed- en ebherborisaties in 1971 waar ze op dezelfde dag gebeurden en verschillend in 1973-74 waar ze met tussenpozen van 14 dagen gebeurden.

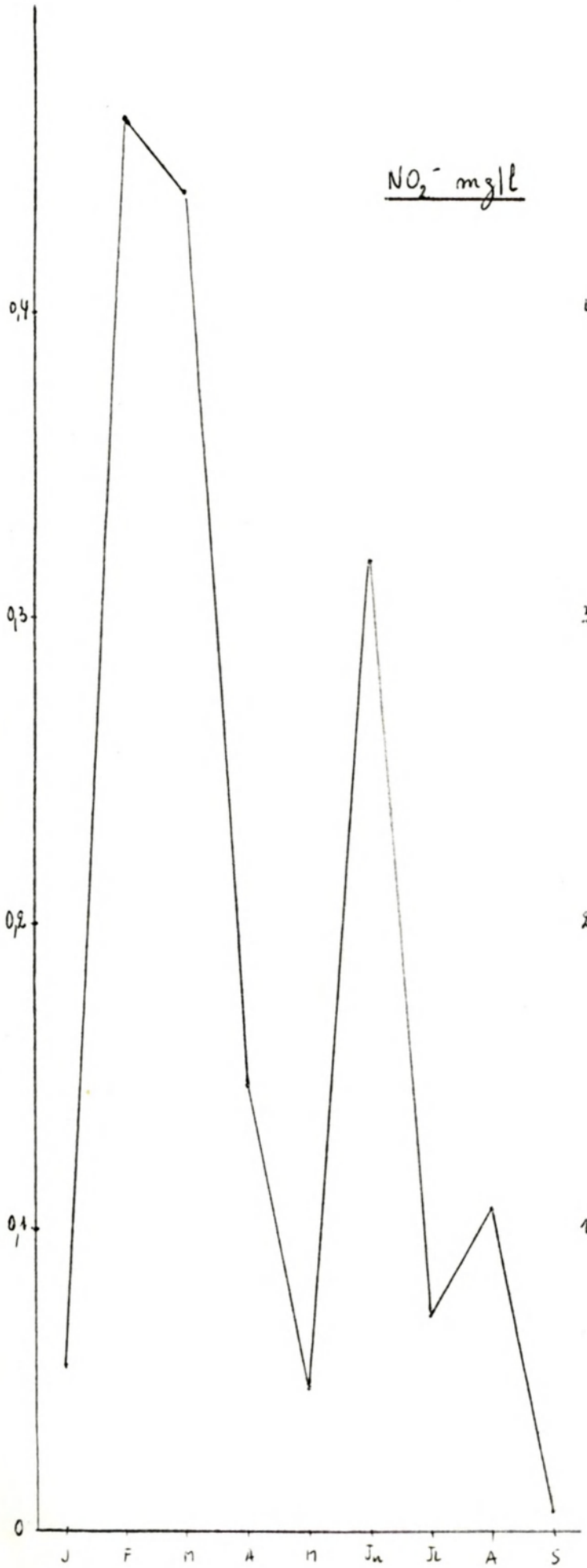
GRAFIEK 70: Oostende-Vaargeul 1971

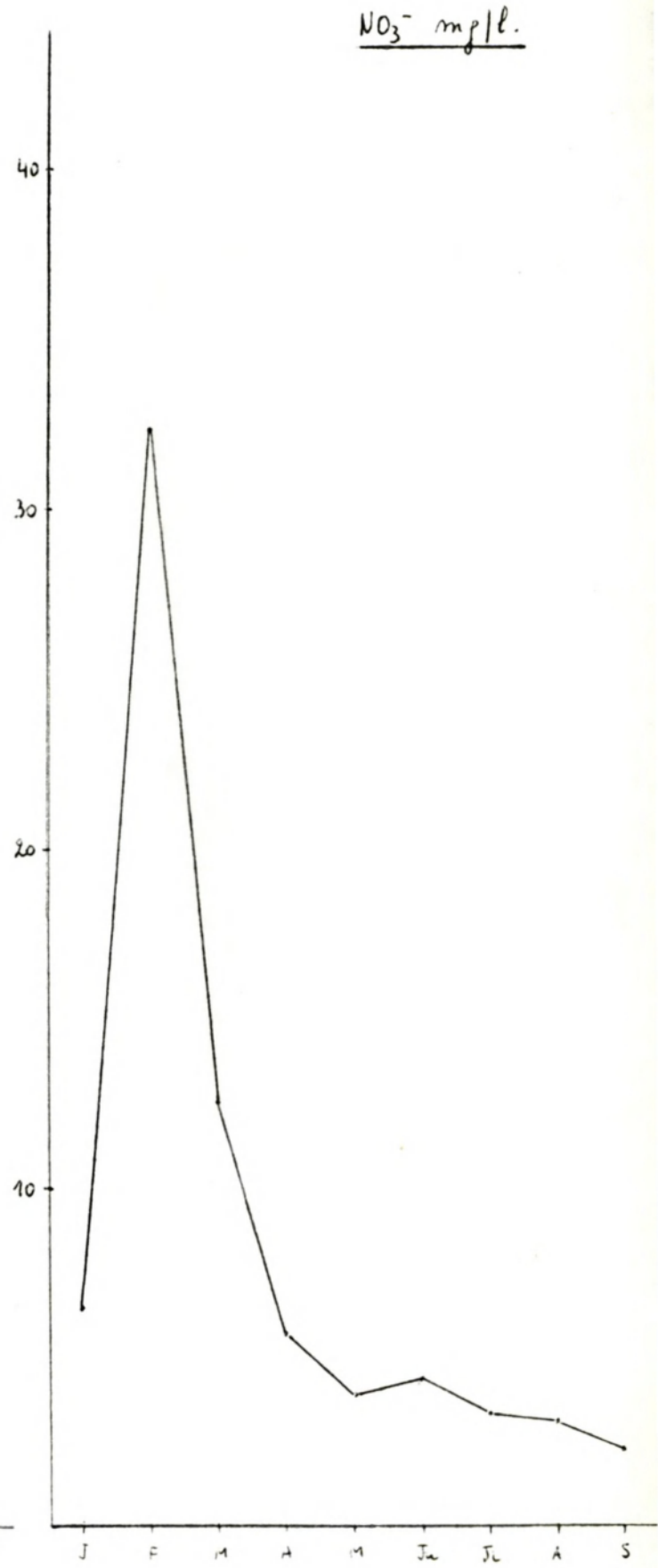
Kronologische Variatie



Vloed

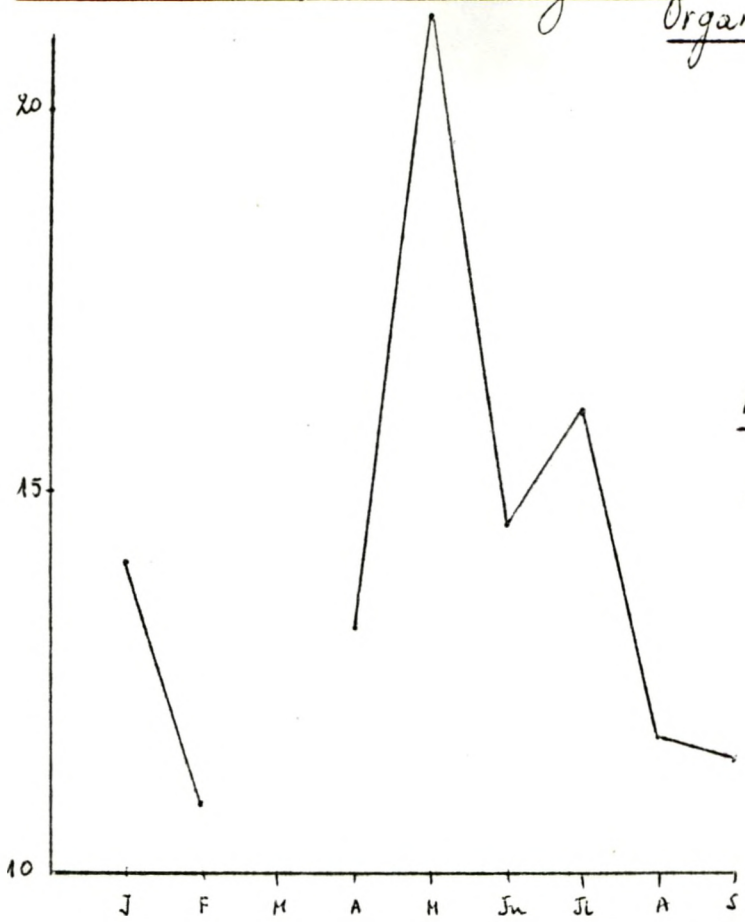
M.C.T.-waarden



GRAFIEK 71 Oostende-Vaargeul 1971

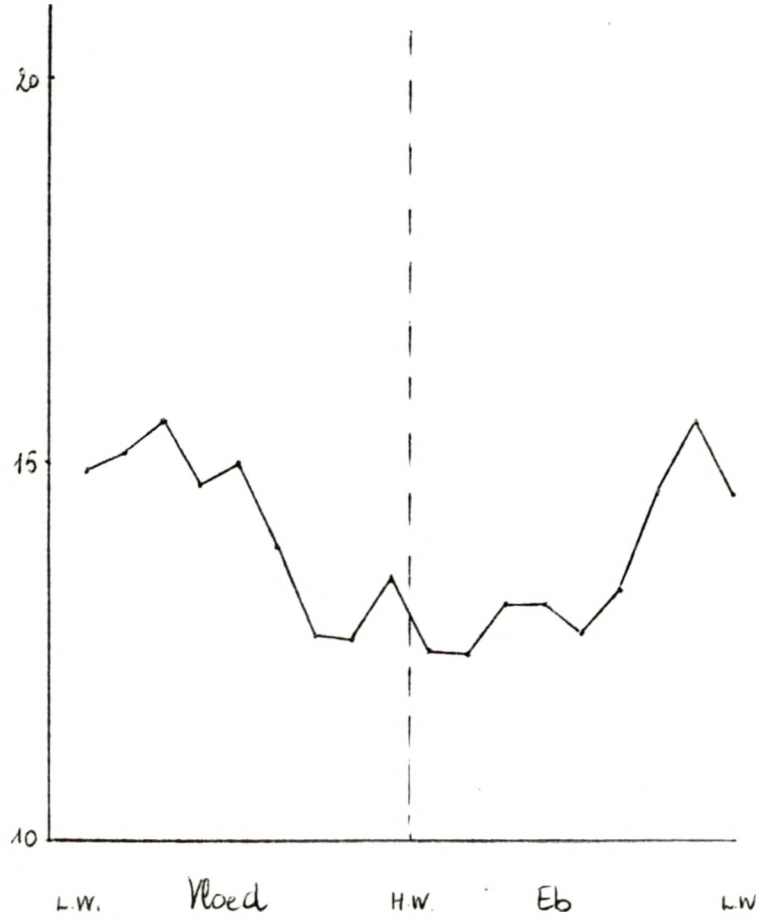
Organische Stoffen mg/l




Kronologische Variatie

Vloed

M C T. - Waarden

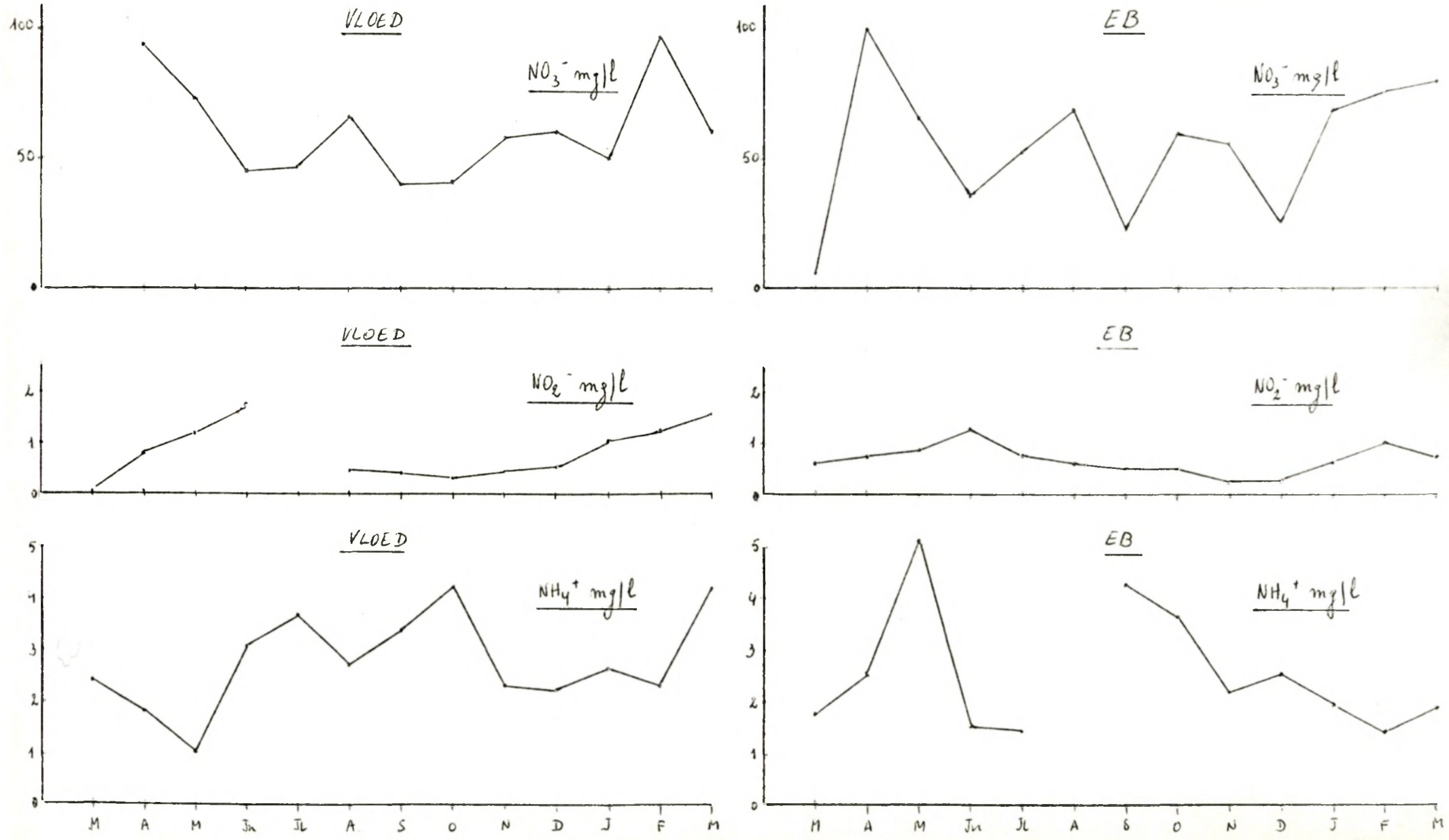



Tidale Variatie

M.T.G. - Waarden

GRAFIEK 72 Oostende. Vaargeut 1973-74 Kronologische Variatie

M.C.T. Vaurden



| TABEL XLVIII Oostende-vaargeul M.C.T.-waarden | | | |
|---|---|---|---|
| Vloed 1971 | Maximum | minimum | ≠ |
| Organische Stoffen - mg/l | 21,20 (mei) | 10,94 (feb.) | 10,26 (49 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,463 (feb.) | 0,006 (sep.) | 0,457 (87 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 32,4 (feb.) | 2,3 (sep.) | 30,1 (93 %) |
| Vloed 1973-74 | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 4,21 (okt.) | 1,03 (mei) | 3,18 (76 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,76 (juni) | 0,070 (mt 73) | 1,69 (96 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 96,6 (feb.) | 40,0 (sep.) | 56,6 (59 %) |
| Eb 1971 | | | |
| Organische Stoffen - mg/l | 17,59 (mei) | 10,78 (feb.) | 6,81 (39 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,613 (feb.) | 0,008 (sep.) | 0,605 (87 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 47,5 (feb.) | 2,9 (aug.) | 44,6 (94 %) |
| Eb 1973-74 | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 5,11 (mei) | 1,44 (feb.) | 3,67 (72 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,32 (juni) | 0,29 (nov.) | 1,03 (78 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 100,1 (april) | 6,2 (mt 73) | 93,9 (94 %) |

2° De maximale M.C.T.-waarden van nitraten en nitrieten liggen in 1973-74 twee- tot viermaal hoger dan in 1971, terwijl de minimale waarden van nitrieten tijdens vloed en eb respektievelijk twaalfmaal en zesendertigmaal en voor nitraten respektievelijk zeventien- en tweemaal hoger lagen in 1973-74 dan in 1971.

3° Met uitzondering van de maximale en minimale waarden van de organische stoffen in 1971, de maximale waarde van nitrieten in 1973-74 en de minimale waarde van nitraten in 1973-74, waren de maximale en minimale waarden hoger tijdens de ebherborisaties.

4° In 1971 is het kronologisch verloop van nitrieten en nitraten gelijk, terwijl de organische stoffen een tegengesteld verloop kennen met maxima als de nitrieten en nitraten minimaal zijn en omgekeerd.

5° In 1973-74 is er geen gelijklopende kronologische variatie van de verschillende minerale stikstofkomponenten.

6° De ammoniak- en nitrietkoncentraties zijn steeds beduidend lager dan de nitraatkoncentraties.

B. Tidale variatie.

In grafiek 71 is de tidale variatie van de organische stoffen in 1971 aangegeven, het tidale verloop van de overige faktoren in 1971 en 1973-74 is weergegeven in grafieken 73 en 74.

Globaal gezien blijken de koncentraties aan organische stoffen, ammoniak en nitrieten te dalen met opkomend water, terwijl het nitraatgehalte eerder schijnt te evolueren naar hoge waarden bij vloed.

In tabel XLIX zijn de maximale en minimale globale tidale gemiddelden en de speling tussen beide aangegeven (M.T.G.-waarden).

Ook uit tabel XLIX wordt duidelijk dat :

1° De organische stoffen maximaal zijn bij laagwater en minimaal naar hoogwater toe.

2° Ammoniak daalt met opkomend water.

3° Nitrieten dalen tijdens de vloed.

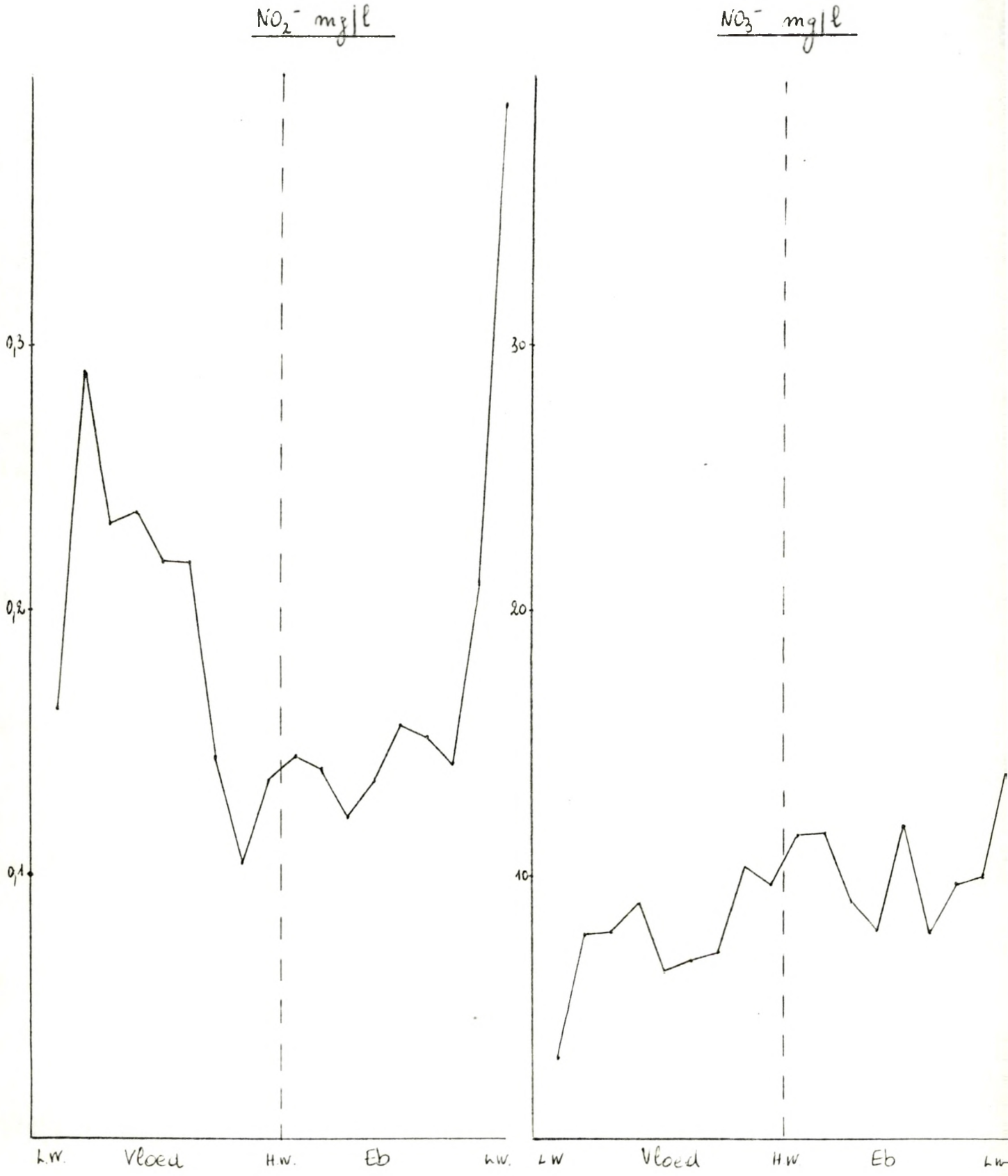
4° In tegenstelling tot de vorige anorganische stikstofverbindingen de maximale M.T.G.-waarden voorkomen in de tweede helft van de vloed en de eerste helft van de eb.

5° Alhoewel de nitrietkoncentratie veel lager is dan de nitraatkoncentratie, de tidale variatie van nitrieten bijna steeds groter is dan de tidale variatie aan nitraten.

6° Alhoewel zowel het nitriet- als het nitraat-gehalte hoger is in 1973-74, voor beide faktoren de maximale tidale variatie voorkomt in 1971.

GRAFIEK 73 Oostende. Vaargeul 1971 Tidale Variatie

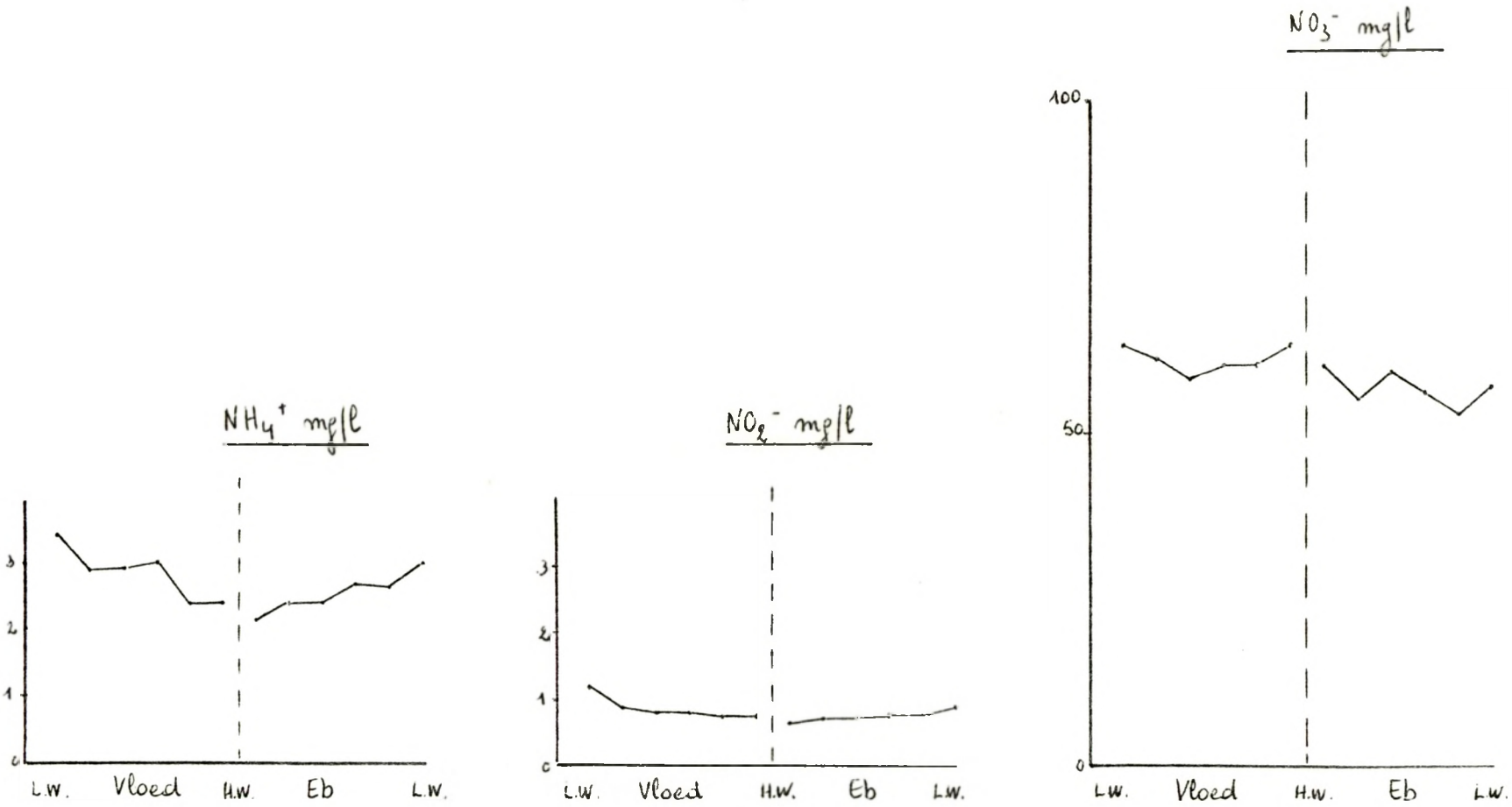
M.T.G. Waarden



GRAFIEK 74 Oostende-Vaargeul 1973-74

Tidale Variatie

M.T.G. - waarden



| TABEL XLIX Oostende-vaargeul M.T.G.-waarden | | | |
|---|---|---|---|
| Vloed 1971 | Maximum | minimum | ≠ |
| Organische Stoffen - mg/l | 15,52 (III) | 12,65 (VIII) | 2,87 (18 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,290 (II) | 0,105 (VIII) | 0,185 (64 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 10,3 (VIII) | 3,1 (I) | 7,2 (70 %) |
| Vloed 1973-74 | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 3,40 (I) | 2,42 (V) | 0,98 (29 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,18 (I) | 0,75 (V) | 0,43 (36 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 63,1 (VI) | 57,6 (III) | 5,5 ( 9 %) |
| Eb 1971 | | | |
| Organische Stoffen - mg/l | 15,51 (VIII) | 12,50 (I) | 3,01 (19 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,391 (IX)<br>0,210 (VIII) | 0,122 (III) | 0,269<br>0,088 (42 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 14,3 (IX)<br>11,9 (V) | 7,9 (VI) | 6,4<br>4,0 (34 %) |
| Eb 1973-74 | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 3,00 (VI) | 2,17 (I) | 0,83 (28 %) |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,89 (VI) | 0,64 (I) | 0,25 (28 %) |
| $NO_3^-$ - mg/l | 60,4 (I) | 53,2 (V) | 7,2 (12 %) |
| Romeinse cijfers = momenten van staalname | | | |

C. Stratifikatie.

Bij de bespreking wordt meestal enkel het oppervlakte- en het bodemniveau in acht genomen.

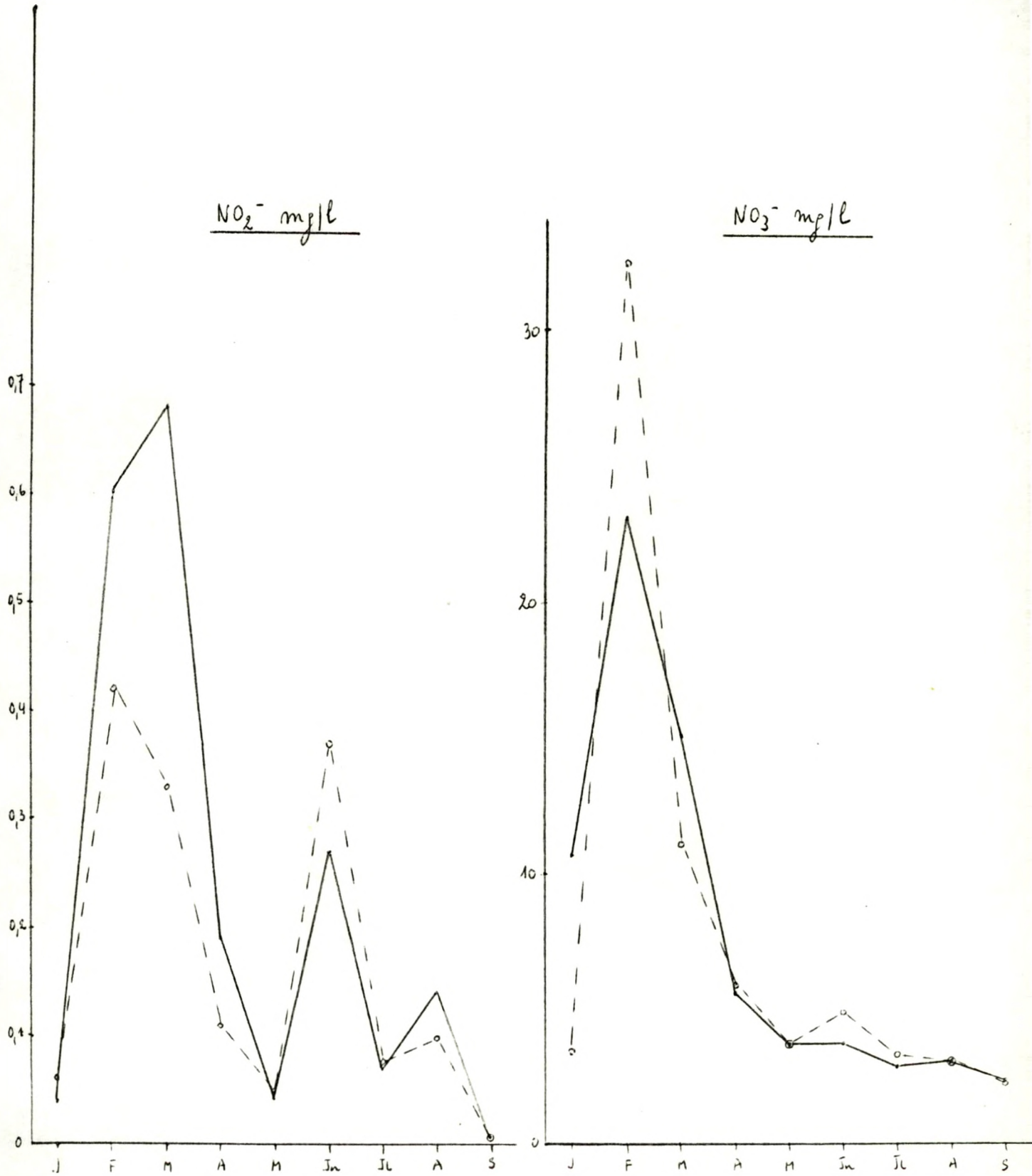
a. Kronologisch.

In grafieken 75 t.e.m. 78 werd de vertikale kronologische variatie (M.C.-waarden) weergegeven. In tabel L zijn de maximale en minimale M.C.-waarden aan oppervlakte en bodem, respektievelijk voor vloed en eb aangegeven, samen met de speling tussen beide .

GRAFIEK 75 Oostende - Vaargeul 1971

Vertikale Variatie Kronologisch

Vloed H.C.-waarden



GRAFIEK 76 Oostende - Vaargeul 1971

Organische Stoffen mg/l Vertikale Variatie.

Kronologisch

MC. . Waarden

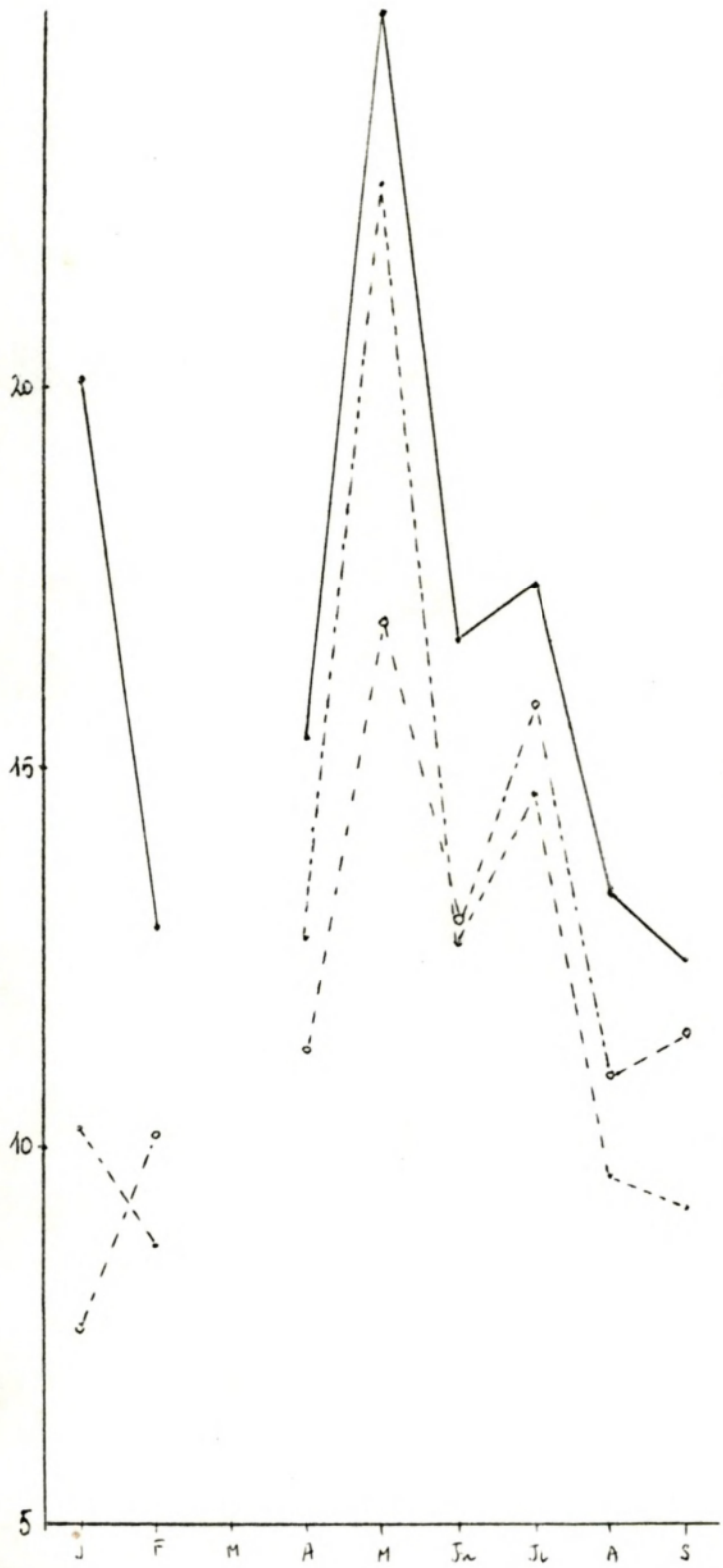
Oppervlak

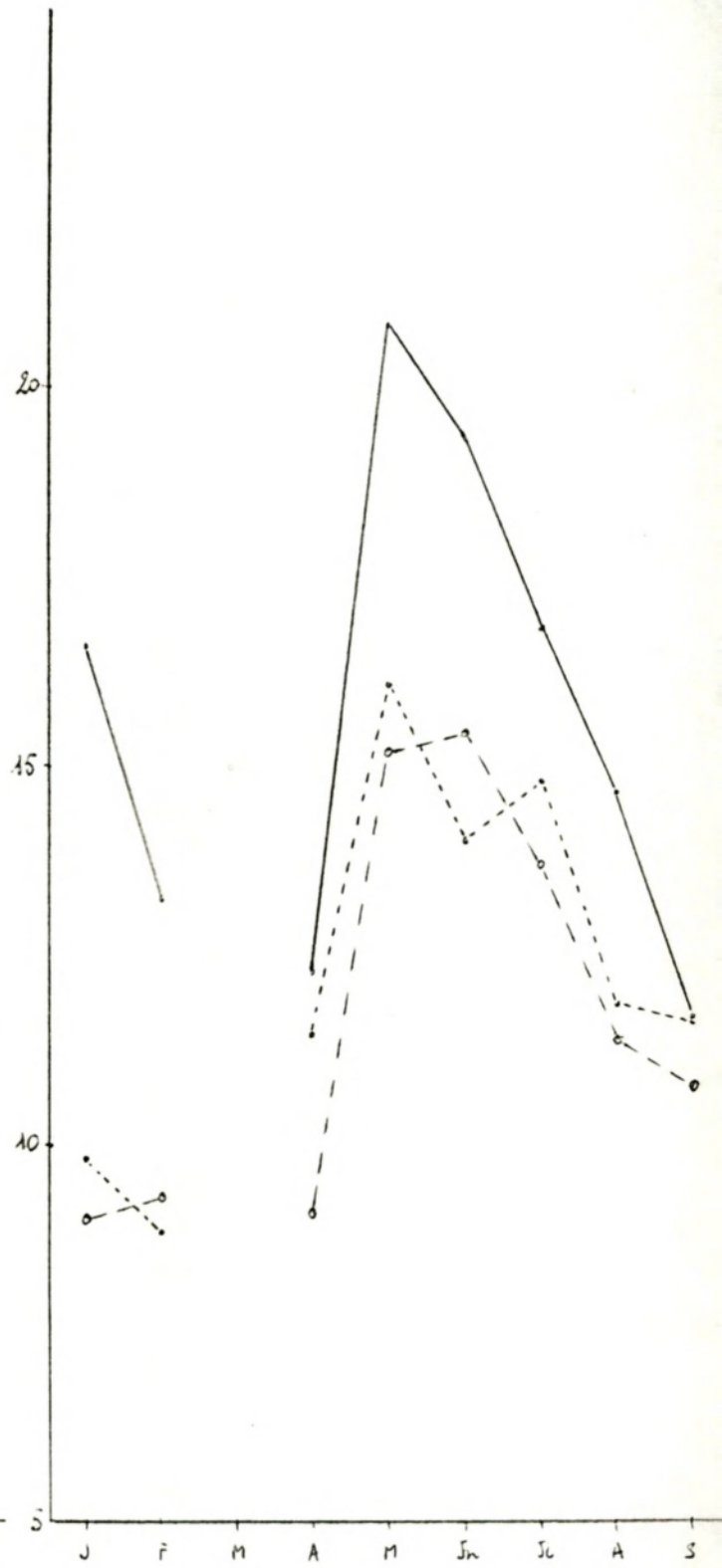
+ 2 m

Bodem

Vloed

Eb



GRAFIEK 77

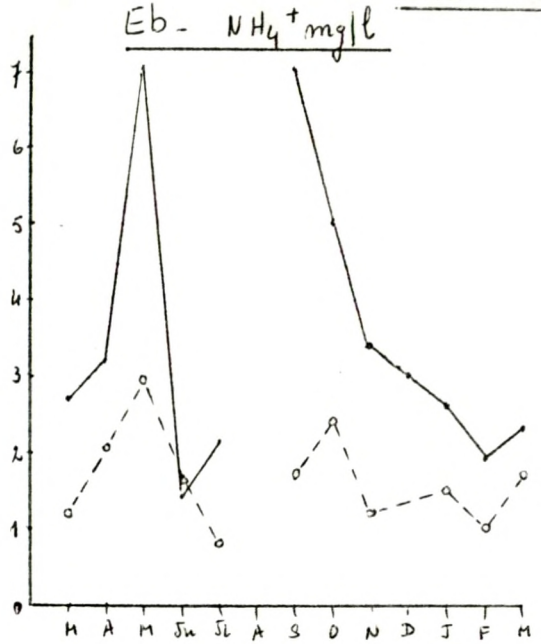
Oostende-Vaargeul 1973-74

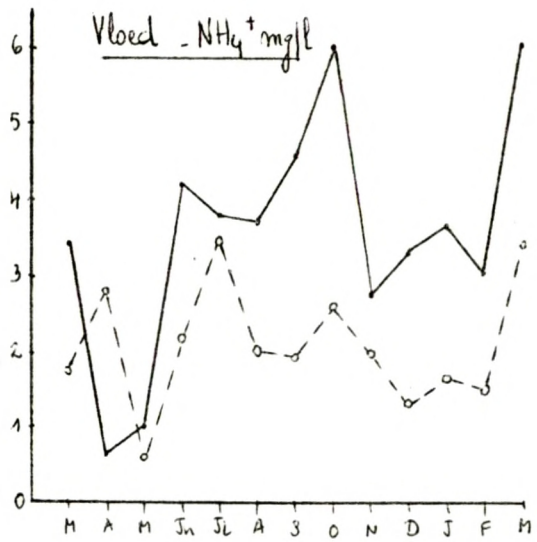
Vertikale Variatie Kronologisch

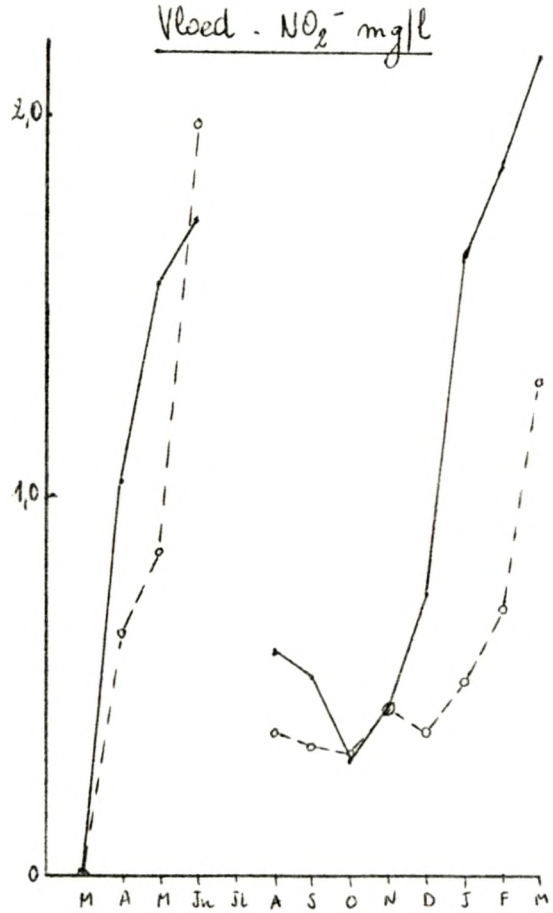
M.C. waarden

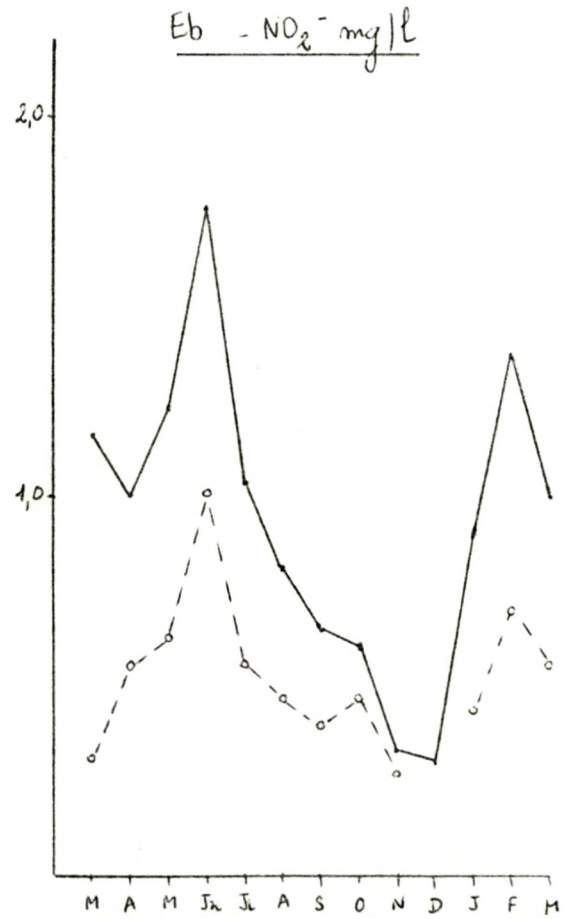
Oppervlak

Bodem



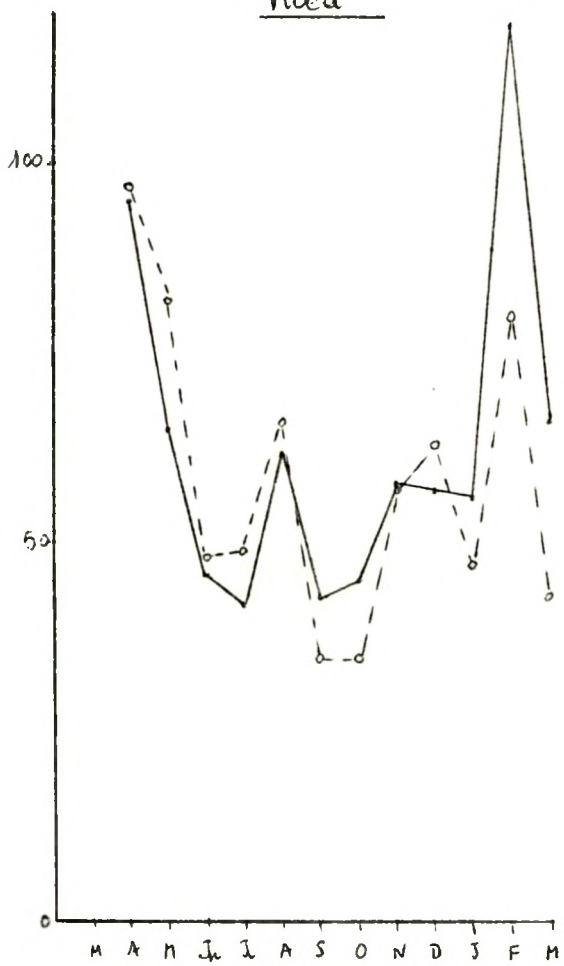

188

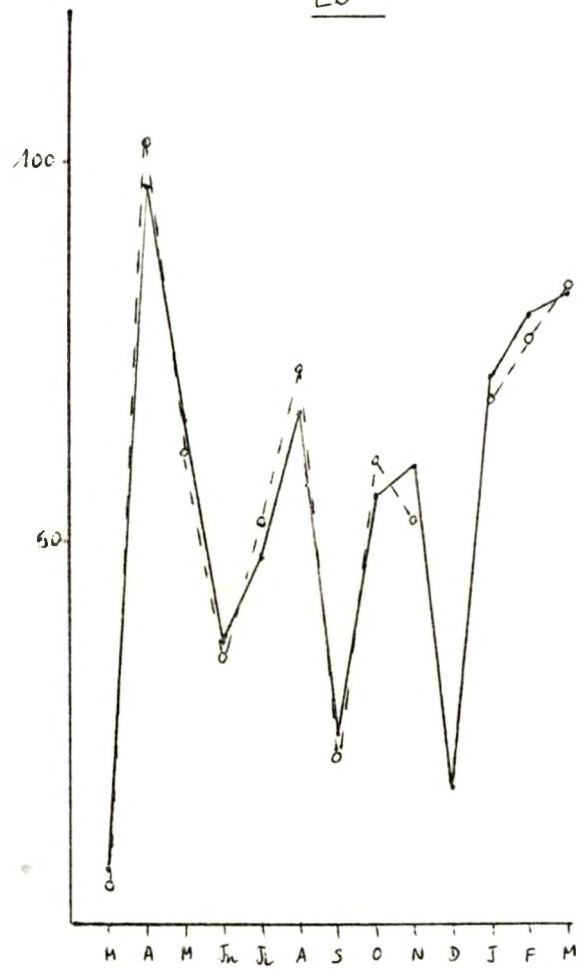
GRAFIEK 78 Oostende - Vaargeul 1973-74

Vertikale Variatie Kronologisch

$NO_3$ mg/l

HC - waarden




——— Oppervlakte

o - - - - o Bodem

TABEL L - OOSTENDE-VAARGEUL M.C.-WAARDEN

| Vloed 1971 | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Organische Stoffen - mg/l | 24,94 (mei) | 12,48 (sep.) | 12,46 | 16,91 (mei) | 7,64 (jan.) | 9,27 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,681 (mt) | 0,006 (sep.) | 0,675 | 0,421 (feb.) | 0,006 (sep.) | 0,415 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 23,1 (feb.) | 2,4 (sep.) | 20,7 | 32,5 (feb.) | 2,3 (sep.) | 30,2 |
| Vloed 1973-74 | | | | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 6,06 (mt 74) | 0,65 (april) | 5,41 | 3,48 (juli) | 0,61 (mei) | 2,87 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 2,15 (mt 74) | 0,053 (mt 73) | 2,097 | 1,98 (juni) | 0,082 (mt 73) | 1,898 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 117,7 (feb.) | 41,7 (juli) | 76,0 | 97,2 (april) | 35,2 (okt.) | 62,0 |
| Eb 1971 | | | | | | |
| Organische Stoffen - mg/l | 20,8 (mei) | 11,71 (mei) | 9,13 | 15,43 (jan.) | 9,09 (jan.) | 6,34 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,883 (feb.) | 0,009 (sep.) | 0,874 | 0,564 (feb.) | 0,007 (sep.) | 0,557 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 46,4 (feb.) | 2,8 (juli) | 43,6 | 50,0 (feb.) | 2,9 (aug-sep) | 47,1 |
| Eb 1973-74 | | | | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 7,08 (mei) | 1,41 (juni) | 5,67 | 2,86 (mei) | 0,81 (juli) | 2,05 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,76 (juni) | 0,33 (nov.) | 1,43 | 1,01 (juni) | 0,27 (nov.) | 0,74 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 97,3 (april) | 7,3 (mt 73) | 90,0 | 103,3 (april) | 5,5 (mt 73) | 97,8 |

Uit grafieken 75 t.e.m. 78 en tabel L blijkt het volgende :

1° De kronologische variatie van de organische stoffen is ongeveer gelijklopend aan oppervlakte en bodem, alhoewel op die twee niveaus de maximale en minimale M.C.-waarden niet steeds op dezelfde datum vallen. Steeds zijn de waarden aan de bodem lager dan aan het oppervlak.

De kronologische variatie van de organische stoffen is groter tijdens de vloedherborisaties zowel aan de bodem als aan de oppervlakte, en bovendien is de variatie zowel tijdens de eb als tijdens de vloedherborisaties groter aan de oppervlakte dan aan de bodem.

2° Het kronologisch verloop van de $NH_4^+$ -ionen aan oppervlak en bodem is gelijkend. Vooral van mei 73 tot juni 73 is er geen duidelijke stratifikatie. Voor het overige schijnt ammoniak in grotere koncentraties voor te komen aan het oppervlak.

De kronologische variatie is zowel tijdens vloed als eb groter aan het oppervlak dan aan de bodem.

3° Globaal gezien variëren de nitrieten zowel in 1971 als in 1973-74 gelijk aan oppervlak en bodem. Met uitzondering van de maanden juni en juli 71 schijnt het nitrietgehalte groter te zijn in de oppervlakkige waterlagen dan in het bodemwater.

De kronologische variatie is steeds groter aan oppervlak dan aan bodem. In juni en juli 1971 is de koncentratie aan nitrieten veelal groter aan de bodem dan aan de oppervlakte, vooral bij laagwater.

4° Ook het nitraat-gehalte kent aan oppervlak en bodem een gelijkaardig verloop. De stratifikatie is evenwel zeer onduidelijk. Vooral in februari 71 en van mei tot juli 71 schijnen de koncentraties aan de bodem hoger te liggen dan aan het oppervlak. Voor het overige van het jaar 71 is nu eens de bodemkoncentratie hoger, dan eens de oppervlaktekoncentratie.

Tijdens 1973-74 is de koncentratie aan nitraten meermaals hoger aan de bodem dan aan de oppervlakte, tijdens de vloed vooral van april tot september 73 en in december 73, tijdens de eb vooral in april, juli, augustus en oktober 73.

Met uitzondering van vloed 73-74 was de kronologische variatie aan de bodem steeds groter dan aan het oppervlak.

b. Tidaal.

In grafieken 79 t.e.m. 84 werd het vertikale tidale verloop van de organische stoffen, $NH_4^+$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$ -ionen, aangegeven.

Uit grafieken 79, 80 en 84 blijkt :

1° Voor organische stoffen, ammoniak en nitrieten is het verloop van de bodemkoncentraties gelijk. Er is een regelmatige daling met opkomend water. De variatie van de koncentraties in de oppervlaktelagen van $NO_2^-$ volgt tamelijk goed dit verloop. De oppervlaktevariaties van $NH_4^+$ en organische stoffen zijn heel wisselvallig, alhoewel ook hier de minimale waarden voorkomen tijdens de tweede helft van de vloed en de eerste helft van de eb. De oppervlaktekoncentraties zijn steeds hoger dan de bodemkoncentraties.

2° Het nitraatgehalte varieert zowel aan bodem als aan oppervlak zeer veel, toch schijnt er aan de bodem bij opkomend water een neiging tot hogere nitraatkoncentraties te bestaan.

In 1971 blijkt de nitraatkoncentratie aan de bodem hoger te liggen dan aan de oppervlakte bij laagwater en tegen hoogwater. Halfweg vloed en eb is de oppervlaktekoncentratie hoger dan de bodemkoncentratie.

3° Algemeen is voor de verschillende faktoren het verschil tussen oppervlakte- en bodemkoncentraties het grootst bij hoogwater.

Uit grafieken 81, 82 en 83 waar de tidale variaties van de verschillende faktoren tijdens een maximaal en minimaal getij in 1971 zijn aangegeven, kan worden besloten dat globaal gezien de tidale variatie zowel aan oppervlak als aan bodem groter is tijdens een maximaal getij.

In tabel LI werden de maximale en minimale M.T.-waarden en de speling tussen beide aangegeven.

Deze tabel bevestigt de vorige besluiten en bovendien blijkt hieruit dat de tidale variatie aan de bodem meestal groter is dan aan het oppervlak en dit zowel tijdens vloed als tijdens eb.

RAFIEK 79

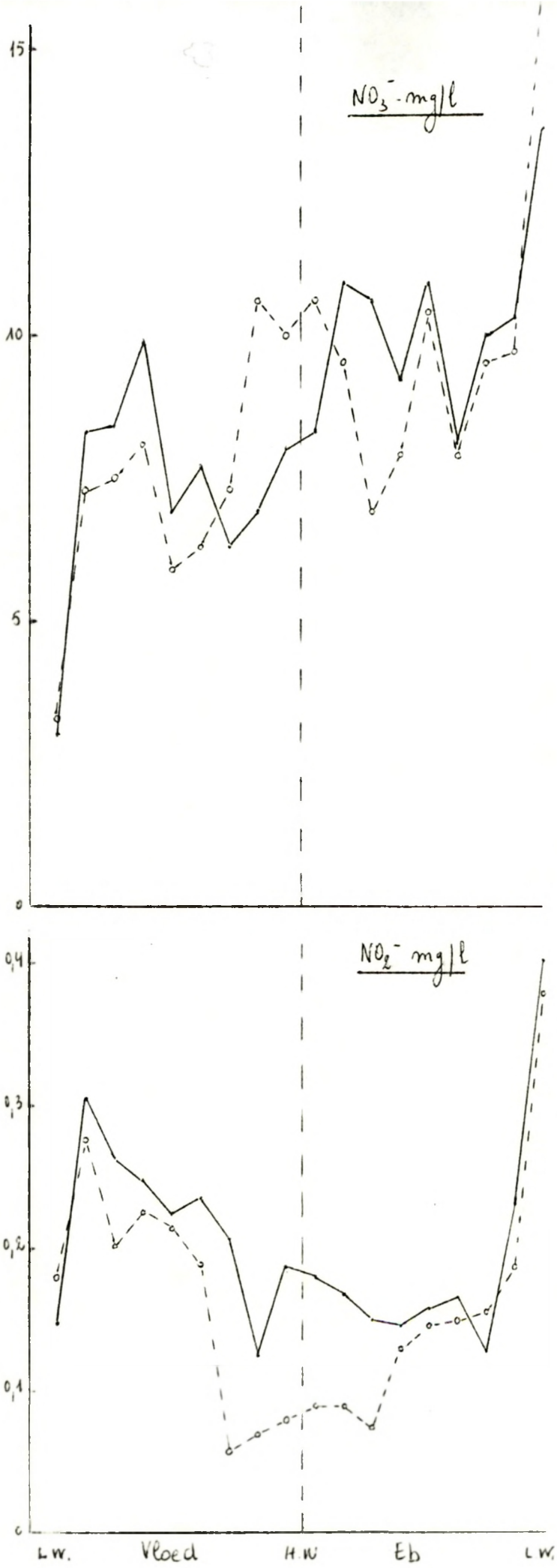
Oostende - Vaargeul

1971

Vertikale Variatie

Tidaal

M.T - Waarden




——— Oppervlak

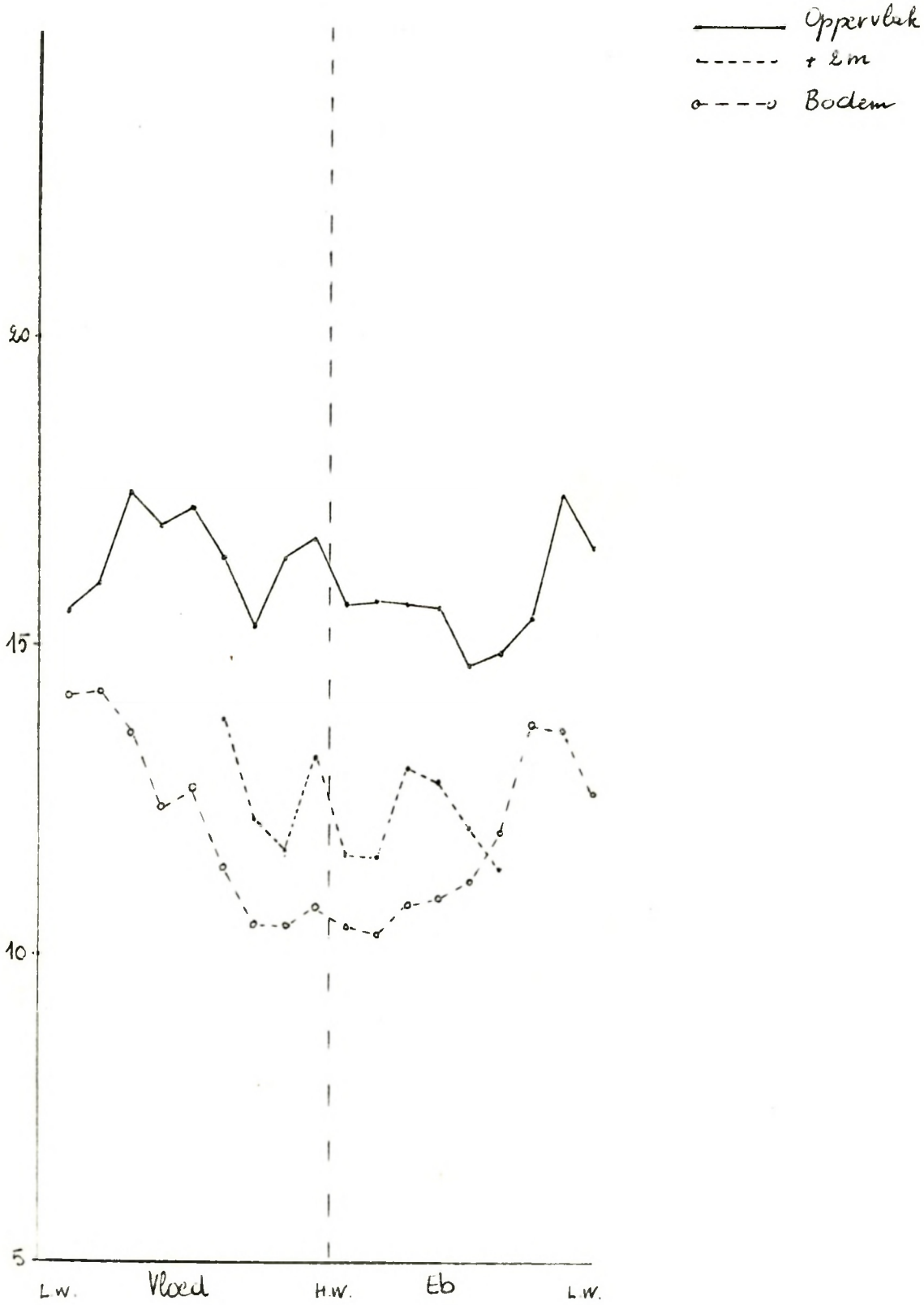
o - - - - o Bodem

GRAFIEK 80 Oostende - Vaingent 1971

Organische Stoffen mg/l Verticale Variatie.

Tidaal

H.T.-waarden



GRAFIEK 81

Oostende-Vaargeul 1971

Verticale Variatie Tidaal

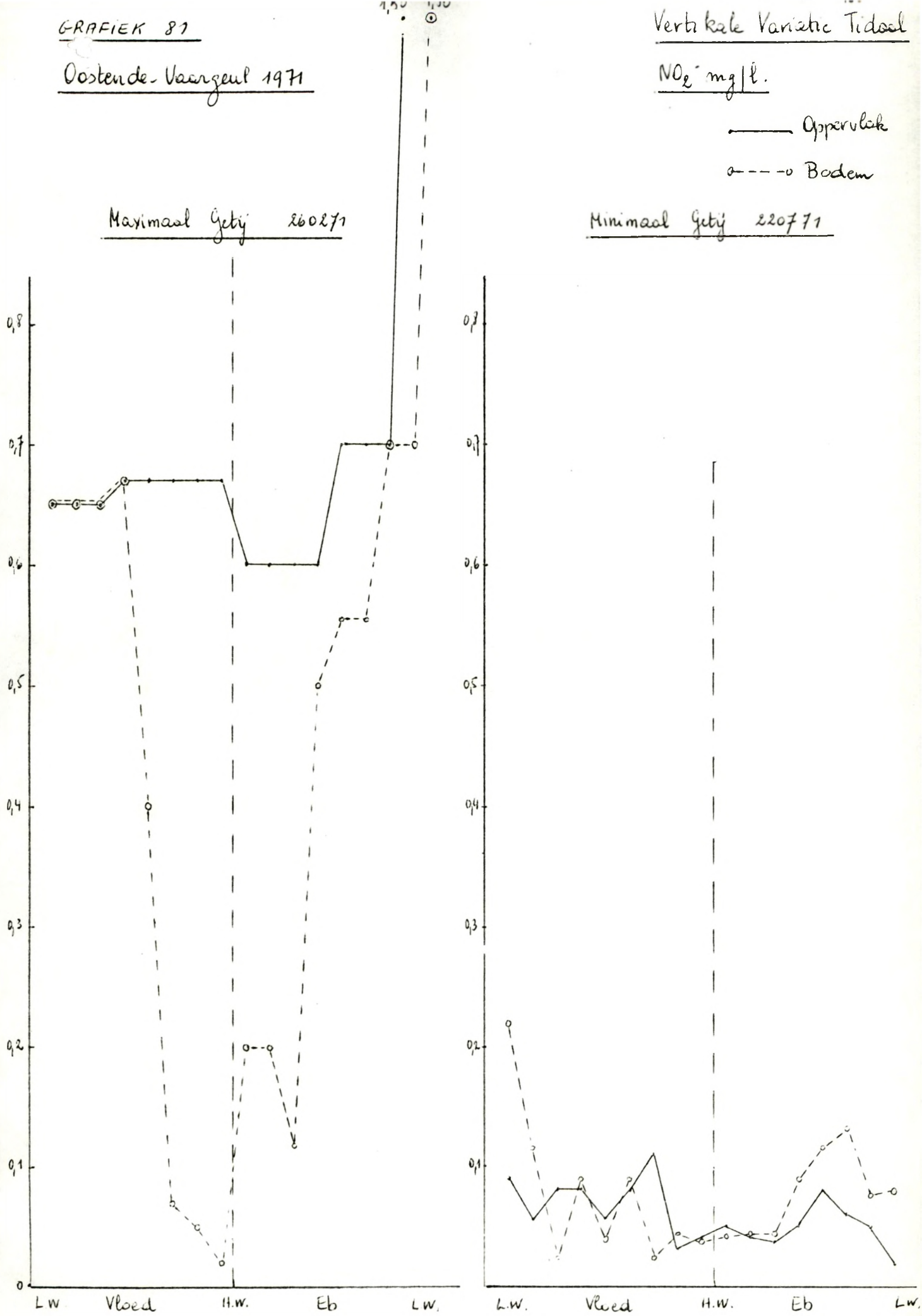
$NO_2^-$ mg/l.

——— Oppervlak

o- - - -o Bodem

Maximaal Getij 260271

Minimaal Getij 220771



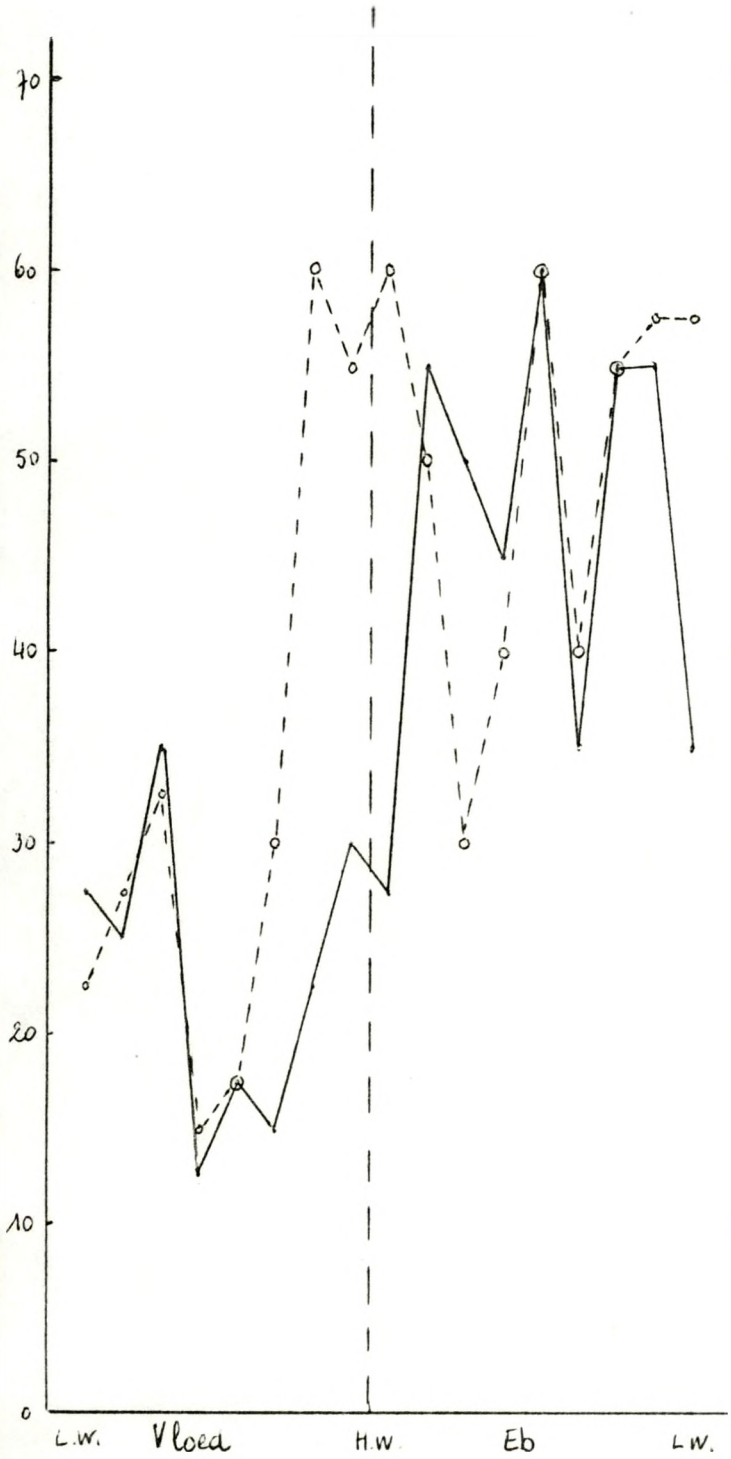
GRAFIEK 82 Oostende-Vaargeul 1971 Verticale Variatie Tidaal

$NO_3^-$ mg/l

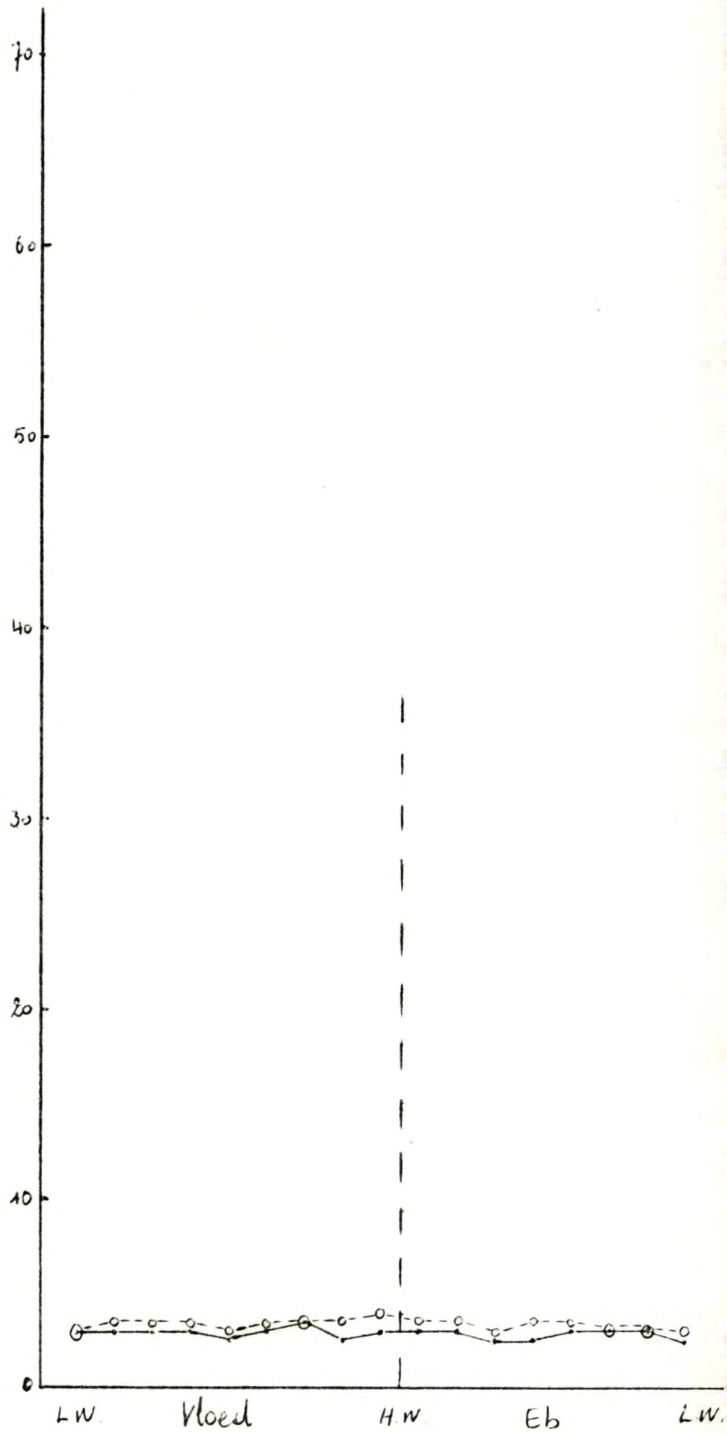
——— Oppervlak

o - - - o Bodem

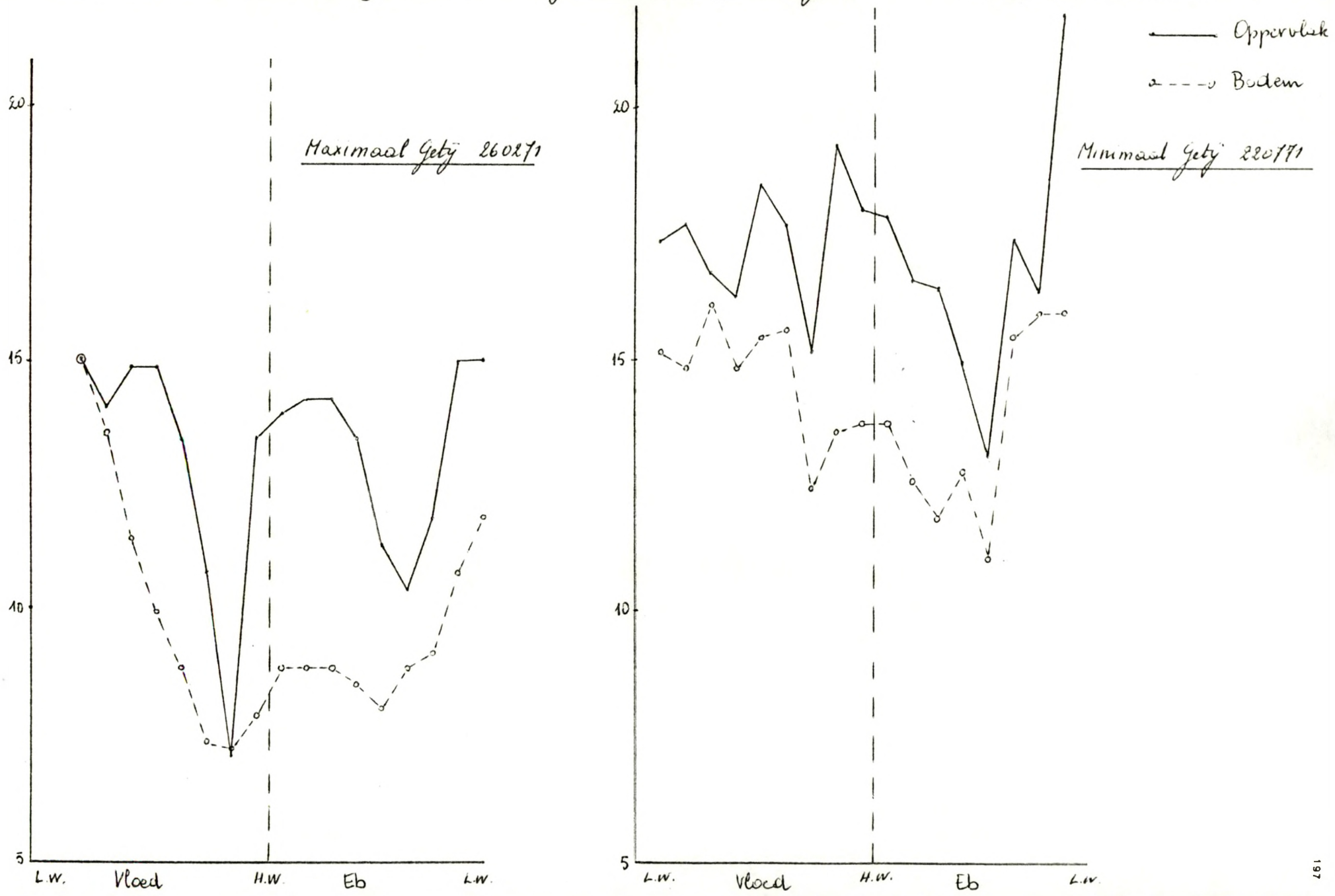
Maximaal Getij 260271




Minimaal Getij 220771



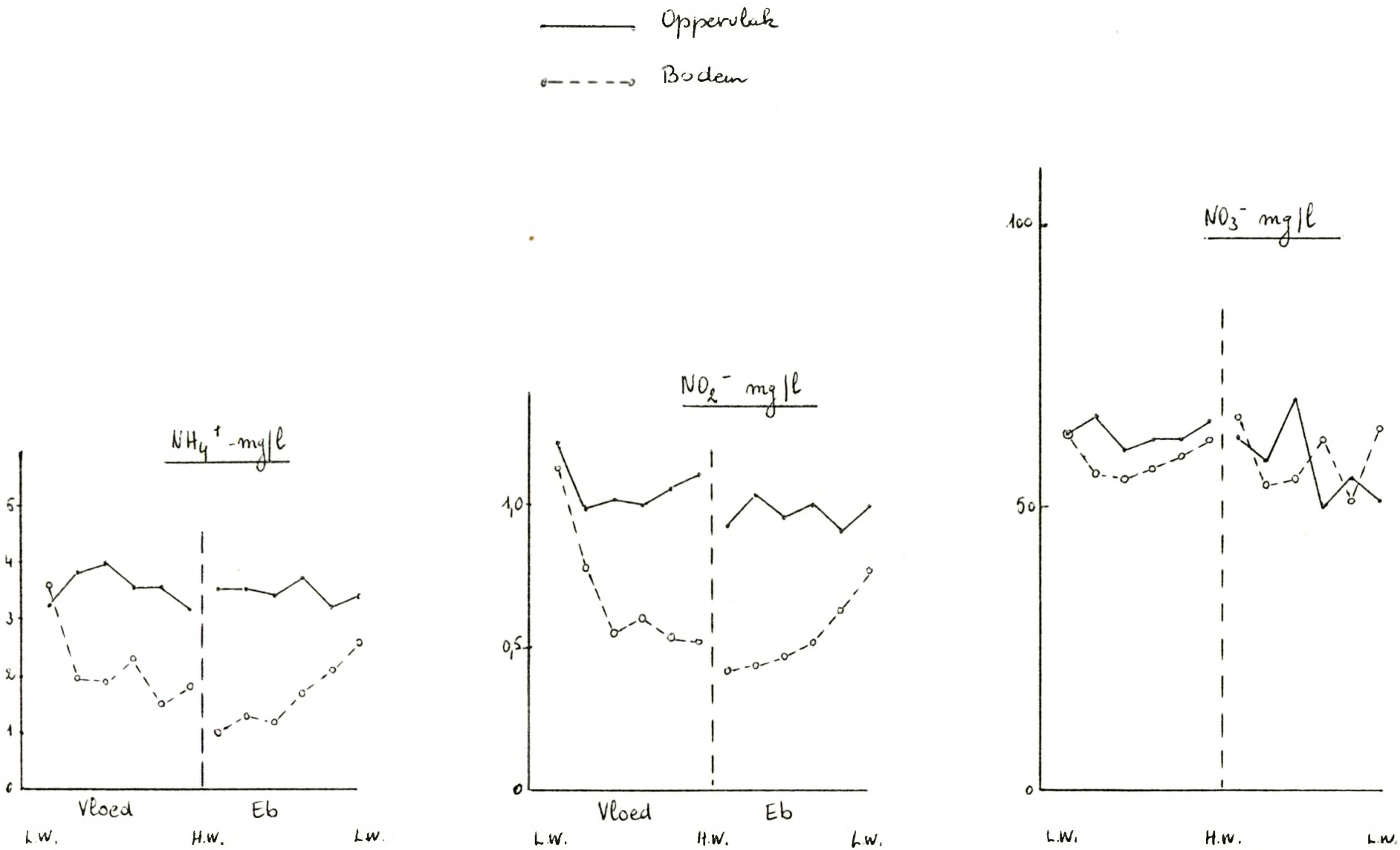
GRAFIEK 83 : Oostende-Vaargeul 1971 Organische Stoffen mg/l Vertikale Variatie Tidaal



GRAFIEK 84: Oostende. Vaargeul 1973-74

Vertikale Variatie Tidaal

M.T. waarden




198

TABEL LI - OOSTENDE-VAARGEUL M.T -WAARDEN

| Vloed 1971 | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Organische Stoffen - mg/l | 17,46 (III) | 15,35 (VII) | 2,11 | 14,26 (II) | 10,47 (VIII) | 3,79 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,304 (II) | 0,125 (VIII) | 0,179 | 0,276 (II) | 0,058 (VII) | 0,218 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 9,9 (IV) | 3,0 (I) | 6,9 | 10,6 (VIII) | 3,3 (I) | 7,3 |
| Vloed 1973-74 | | | | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 3,95 (III) | 3,17 (VI) | 0,78 | 3,60 (I) | 1,51 (V) | 2,09 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,22 (I) | 0,99 (II) | 0,23 | 1,13 (I) | 0,52 (VI) | 0,61 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 66,2 (II) | 60,0 (III) | 6,2 | 62,9 (I) | 55,2 (III) | 7,7 |
| Eb 1971 | | | | | | |
| Organische Stoffen - mg/l | 17,42 (VIII) | 14,66 (V) | 2,76 | 13,73 (VII) | 10,33 (II) | 3,40 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,402 (IX)<br>0,232 (VIII) | 0,128 (VII) | 0,274<br>0,104 | 0,380 (IX)<br>0,188 (VIII) | 0,075 (III) | 0,305<br>0,113 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 13,6 (IX)<br>10,9 (III-V) | 8,1 (VI) | 5,5<br>2,8 | 15,9 (IX)<br>10,6 (I) | 6,9 (III) | 9,0<br>3,7 |
| Eb 1973-74 | | | | | | |
| $NH_4^+$ - mg/l | 3,69 (IV) | 3,23 (V) | 0,46 | 2,58 (VI) | 1,00 (I) | 1,58 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 1,04 (II) | 0,91 (V) | 0,13 | 0,77 (VI) | 0,42 (I) | 0,35 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 69,3 (III) | 50,0 (IV) | 19,3 | 66,5 (I) | 51,4 (V) | 15,1 |

Romeinse cijfers = momenten van staalname.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

Bij klassifikatie van de estuaria tijdens de vloedherborisaties volgens degressiviteit van de koncentraties der verschillende faktoren wordt hetzelfde resultaat bekomen voor organische stoffen, nitrieten en ammoniak.

TABEL LII Klassifikatie der estuaria volgens degressiviteit van organische stoffen, nitrieten en ammoniak-gehaltes.

| | | Organ. Stof (mg/l) | $NO_2^-$ | $NH_4^+$ |
|---|---|---|---|---|
| Oostende | 74-75 | (?)- | 0,84 | 2,77 |
| Nieuwpoort | 73-74 | 56,5 | 0,28 | 2,28 |
| Blankenberge | 74-75 | 38,0 | 0,26 | 1,73 |
| Nieuwpoort | 74-75 | 32,7 | 0,25 | 1,42 |
| Oostende | 71 | 13,9 | 0,182 | -(?) |

Voor nitraten geldt de volgende klassifikatie :

TABEL LIII Klassifikatie der estuaria volgens degressiviteit van nitraat-gehaltes ( mg/l)

| | Oostende 73-74 | Blankenberge 74-75 | Nieuwpoort | | Oostende 71 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 73-74 | 74-75 | |
| $NO_3^-$ | 60,9 | 52,7 | 44,9 | 44,3 | 8,1 |

Uit tabellen LII en LIII wordt het volgende duidelijk :

1° Het gehalte aan ammoniak, nitrieten en nitraten is het grootst in Oostende 73-74.

2° Op een paar jaar tijd is het gehalte aan nitrieten en nitraten respektievelijk 4,6 en 7,5 maal groter geworden te Oostende.

3° In Nieuwpoort daarentegen is het verschil in koncentraties aan nitraten en nitrieten tussen 73-74 en 74-75 te verwaarlozen, terwijl organische stoffen en ammoniak in 74-75 respektievelijk zelfs 1,7 en 1,6 maal kleiner waren.

Het verschil tussen eb- en vloedherborisaties te Oostende is praktisch te verwaarlozen. De F.I.-waarden van organische stoffen, ammoniak en nitrieten liggen evenwel toch iets lager tijdens de ebherborisaties. Dit geldt ook voor de nitraten in 73-74, maar in 1971 was het gemiddelde nitraatgehalte tijdens de ebherborisaties groter dan tijdens de vloedherborisaties.

B. Kronologisch.

Op basis van de M.C.T.-waarden zoals aangegeven in tabel 47. In grafiek 85 is het gemiddelde kronologische verloop in de onderzochte estuaria van de verschillende faktoren aangegeven.

De organische stoffen schijnen maximaal te zijn in de lente en de herfst, ammoniak blijkt minimaal te zijn in de lente en de zomer, terwijl nitrieten en nitraten globaal gezien maximaal zijn in de winter en de lente ; minimaal in de zomer en de herfst.

C. Tidaal.

Op basis van de M.T.G.-waarden zoals vermeld in tabel 48. Het grafisch verloop is aangegeven in grafiek 86.

Organische stoffen, ammoniak en nitrieten volgen éénzelfde tidaal verloop, nl. hoge waarden bij laagwater en lage waarden bij hoogwater. Het nitraatgehalte varieert anders tijdens de getijden : na de hoge waarden bij laagwater volgt een daling van de koncentratie die tegen hoogwater overgaat in een stijging; tijdens de eb is het verloop omgekeerd : ook hier worden lage koncentraties bereikt halfweg het afgaand water.

§ 5. Besluit

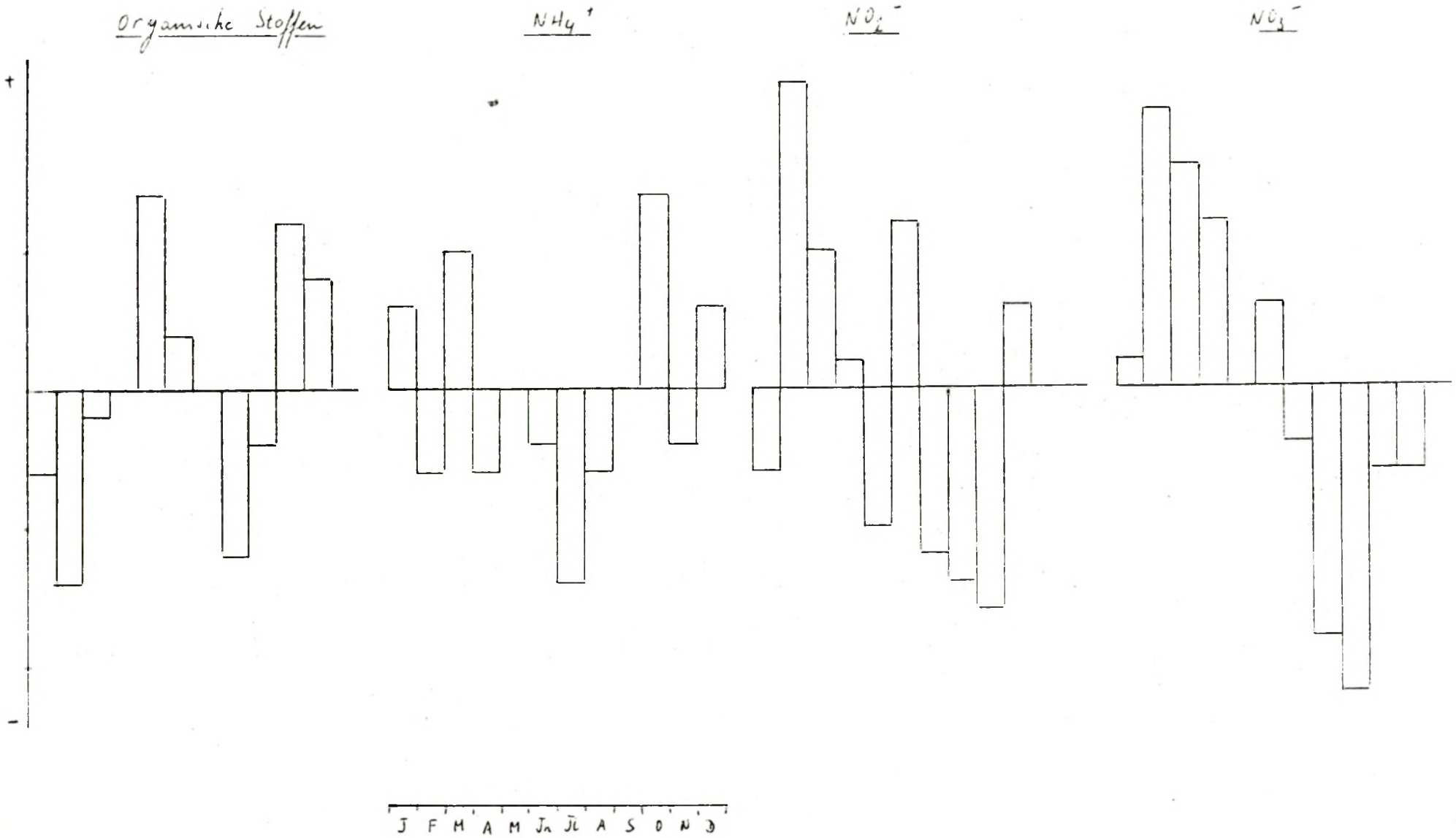
1. De voornaamste anorganische stikstofverbinding blijkt $NO_3^-$ te zijn dat altijd in merkelijk grotere koncentraties voorkomt dan $NH_4^+$ en $NO_2^-$.

2. De gehaltes aan organische stoffen, ammoniak, nitrieten en nitraten zijn waarschijnlijk sterk afhankelijk van de fytoplankton-ontwikkeling, de neerslag en in verband daarmee de landdrainering en van het getijdenvolume.

3. Het vorige komt zeer goed tot uiting in het wisselvallig kronologisch

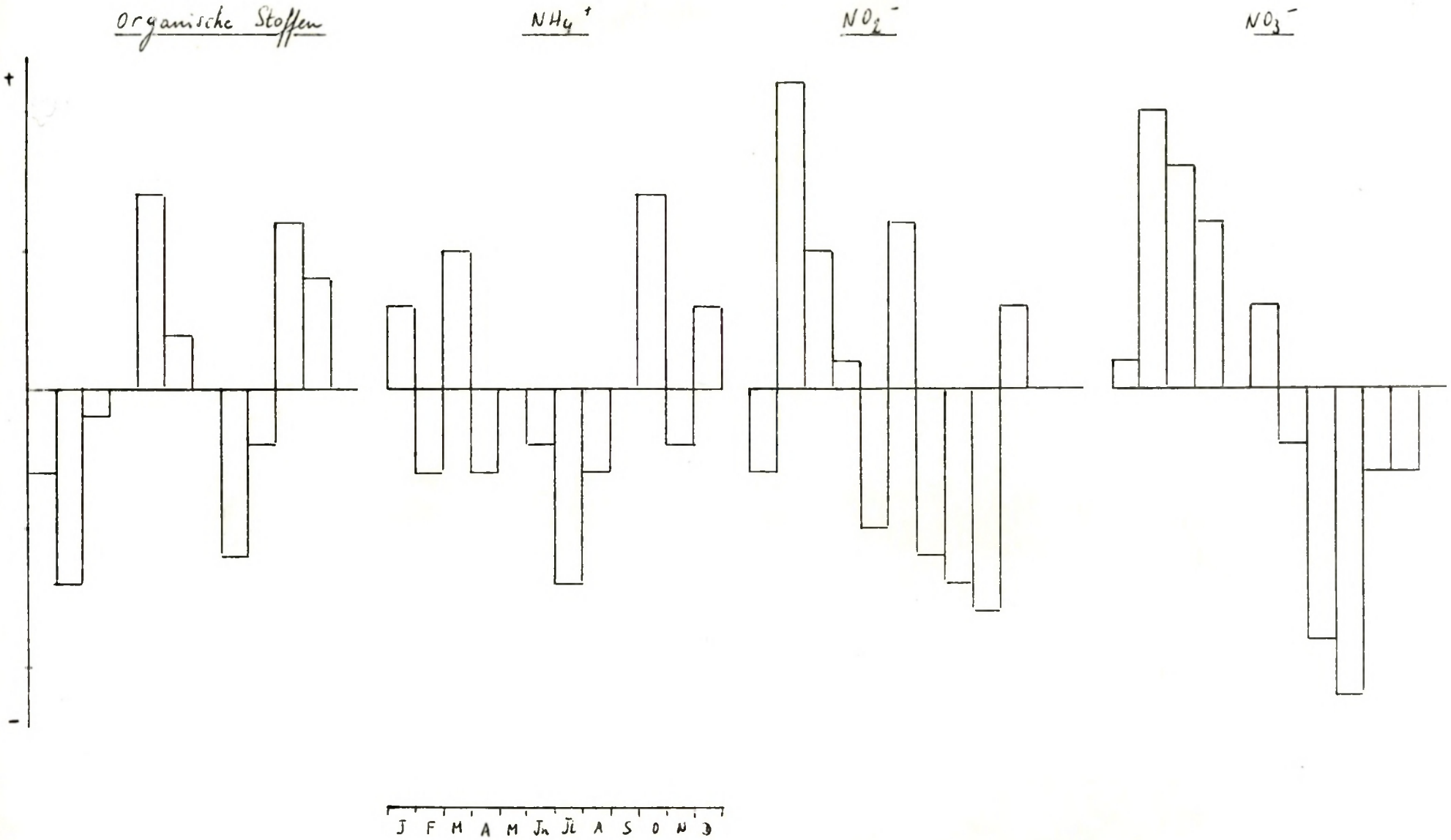
GRAFIEK 85

Vergelykende Kronologiese kurwes



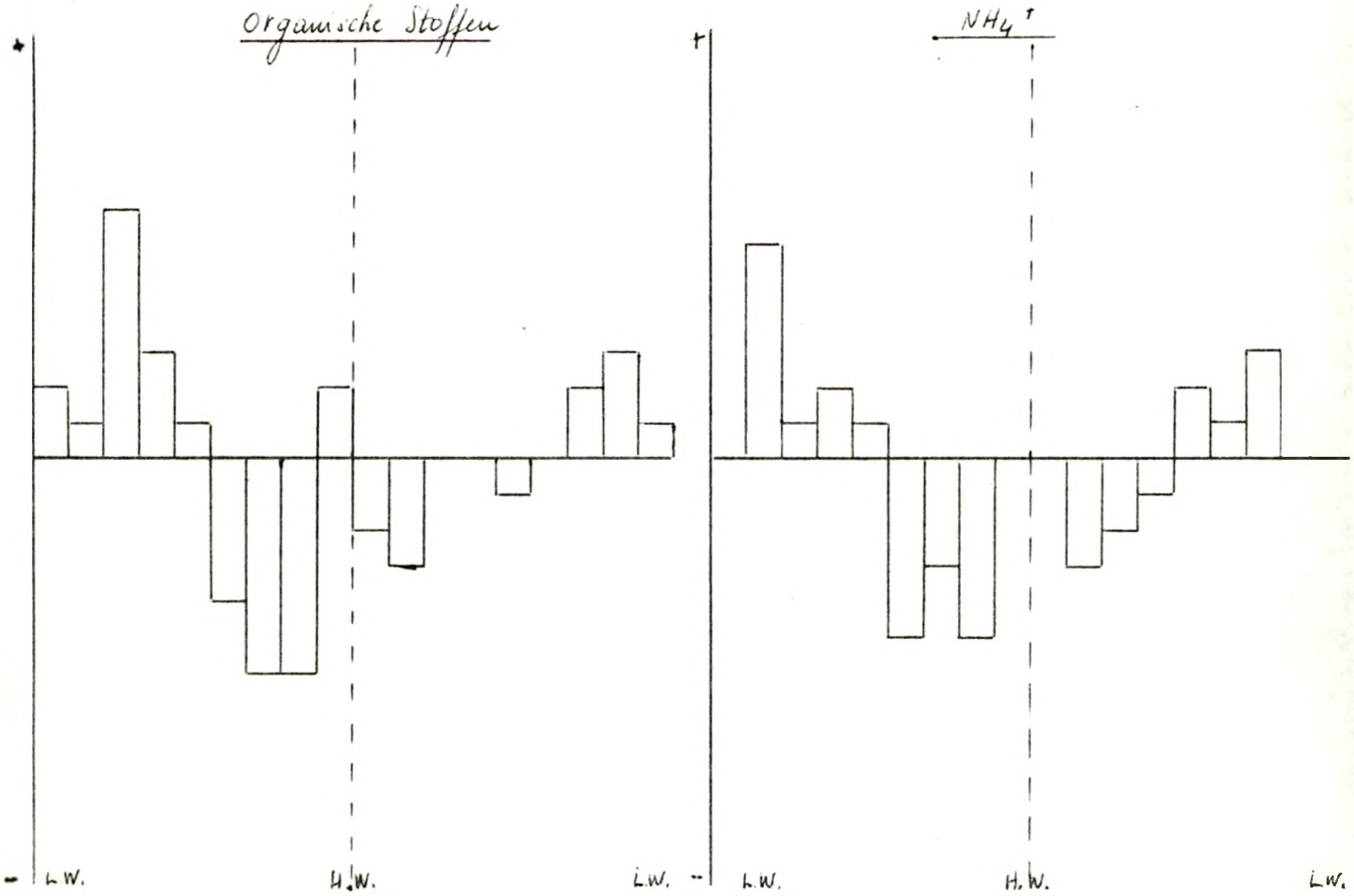
GRAFIEK 85

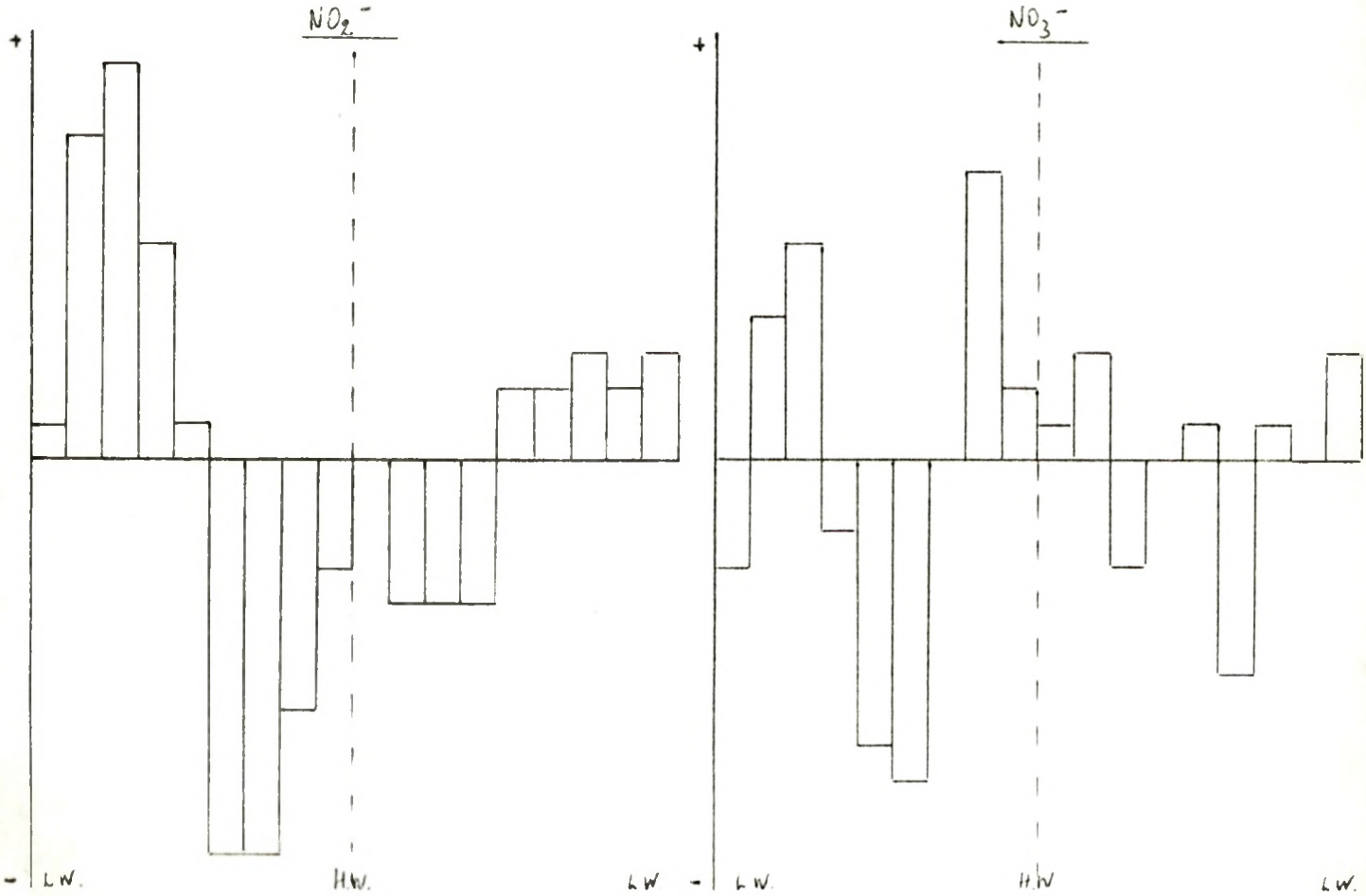
Vergelykende Kronologiese Kurwes



GRAFIEK 86

Vergelyking Tidale Kurven



verloop van de verschillende faktoren, dat zeer veranderlijk is in de verschillende estuaria en tijdens de onderscheiden jaren. **Dit is duidelijk geillustreerd in grafiek 85.**

Het kronologisch verloop op de verschillende niveaus is gelijkend.

4° Tidaal is het verloop der organische stoffen, $NH_4^+$ en $NO_2^-$ gelijk, nl. hoge waarden bij laagwater en lage waarden bij hoogwater. De variatie van de nitraten wijkt hiervan enigszins af, er komen nl. zowel bij laagwater als bij hoogwater hoge waarden voor, terwijl de $NO_3^-$ -koncentraties lager zijn halfweg eb- en vloed.

Het grootste verschil tussen oppervlakte- en bodemkoncentraties komt voor bij hoogwater; voor organische stoffen, $NH_4^+$ en $NO_2^-$ is de oppervlaktekoncentratie het grootst; voor $NO_3^-$ de bodemkoncentratie.

5° In Oostende 73-74 zijn de koncentraties van nitrieten, nitraten en ammoniak het grootst. In Oostende 71 zijn de organische stoffen, nitrieten en nitraten gemiddeld het laagst. Dit betekent dat in Oostende het gehalte aan nitrieten ongeveer vijfmaal en het gehalte aan nitraten ongeveer achtmaal groter geworden is van 1971 tot 1973-74.

Er moet evenwel opgemerkt worden dat in 1971 geen volledig jaar werd geherboriseerd; volgens grafiek 85 zou dat de gemiddelde waarden van nitrieten en nitraten waarschijnlijk echter niet verhogen.

6° Het verschil in koncentraties van organische stoffen, ammoniak, nitrieten en nitraten tussen vloed- en ebherborisaties in Oostende is niet zeer groot. Voor organische stoffen, $NH_4^+$, $NO_2^-$ en $NO_3^-$ is het gehalte tijdens de eb 5 à 15 % lager dan tijdens de vloed. Enkel in 1971 was het gemiddelde nitraatgehalte 23 % hoger tijdens de eb dan tijdens de vloed.

# Hoofdstuk VI. Fosfor.

## § 1. Bepalingsmethode.

Ze berust op de vorming van fosfomolybdeenzuur, dat in een tweede stap gereduceerd wordt met ascorbinezuur onder vorming van een blauw komplex met hoge absorptiekoëfficient dat colorimetrisch onderzocht wordt. In 1973-74 werden de bepalingen gedaan met auto-analyzer Technicon.

## § 2. Betekenis van de fosfor.

Dikwijls wordt fosfor beschouwd als de meest kritische faktor in watermilieu. Fosfor is immers onontbeerlijk voor de meest fundamentele levensprocessen van de cel (ATP, nucleinezuren, lipiden) en bovendien komt het veelal voor in kleine koncentraties. Hierdoor kan er een tekort aan het nutrient ontstaan, hetgeen inhiberend werkt op de fytoplankton-ontwikkeling (1).

Proeven van Kain en Fogg (1960) hebben aangetoond dat het aantal cellen rechtevenredig is met de hoeveelheid initieel fosfaat en hieruit kon ook de gemiddelde hoeveelheid fosfor nodig per cel worden afgeleid (2).

Er moet op worden gewezen dat de verhouding fosfor tot koolstof in een cel zal dalen wanneer de fosforbron onvoldoende wordt en Kuenzler en Ketchum (1962) toonden aan dat de celdelingen ophouden beneden een bepaald gehalte aan fosfor (3).

De belangrijkste vormen waaronder P voorkomt in de natuurlijke waters zijn anorganische oplosbare fosfaten, organische komponenten in oplossing en suspensie en fosforverbindingen met Ca en Fe (4).

Het fytoplankton neemt P hoofdzakelijk op onder de vorm van orthofosfaationen $H_2PO_4^-$ en $HPO_4^{--}$.

---

(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 187)

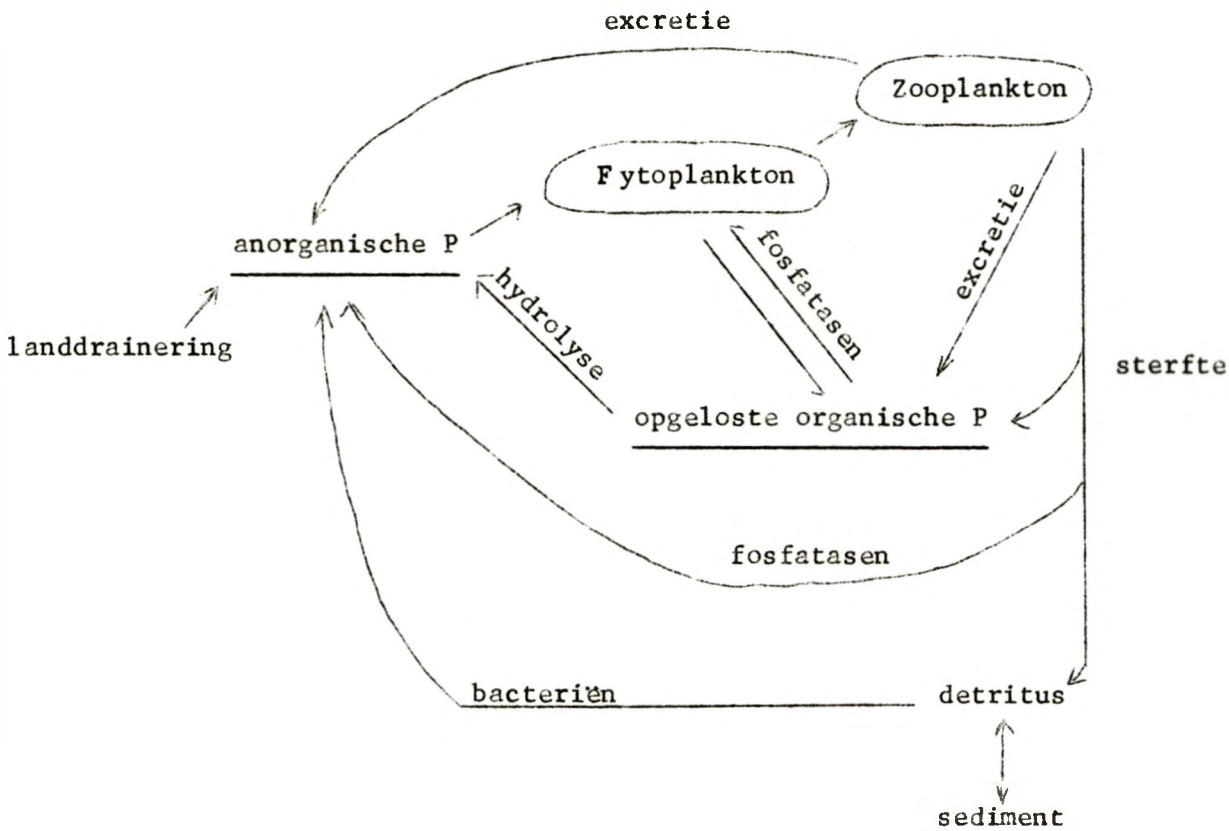
(2) BOUGIS, P. Ecologie du Plancton marin. 1974. (p. 61).

(3) KUENZLER, E.J. & KETCHUM, B.H. (1962). Rate of phosphours uptake by Phaeodactylum tricornutum. Biol. Bull. 123, 134-145.

(4) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 188).

Recente opzoekingen hebben echter aangetoond dat naast deze anorganische fosfor, ook organische verbindingen door een groot aantal unicellulaire algen kan worden gebruikt. Deze zouden dan, van zodra er een tekort is aan minerale fosfor, fosfatasen produceren die het fosfaat-radicaal afscheiden van het organisch bestanddeel (Kuenzler en Perras, 1965) (1).

Remineralisatie en Cyclus van P.




Er blijkt dus steeds een bepaalde hoeveelheid organische P in oplossing te bestaan. Harvey (1955) wijst op het belang hiervan en vermeldt dat de koncentratie ervan merkelijk verhoogd na de voorjaarsbloei om te dalen in de herfst (2).

In gematigde streken met een voorjaars-fytoplanktonbloei werd meermaals een regelmatige seizoencyclus waargenomen van het fosfaatgehalte, een minimum in de zomer, dus na de lentebloei en een maximum in de winter.

---

(1) KUENZLER, E.J. & PERRAS, J.P. (1965). Phosphatasen of marine algae. Biol. Bull. 128, 271-284.

(2) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the oceans. 1967.(p. 471).

Door Miller (1952) werd een inverse relatie vastgesteld tussen de P in sedimenten en bovenliggend water (1). Volgens Carrit en Goodgal (1954) werd een reversibele adsorptie van opgelost fosfaat op sediment in suspensie waargenomen. De maximale adsorptie zou gebeuren onder licht-zure omstandigheden en stijgen met de temperatuur en dalen met de saliniteit (2). Dit zou verklaren waarom fosfaat slechts zelden uitgeput wordt in estuaria.

Een belangrijke hoeveelheid fosfor komt door de regenval in de kustwateren terecht. Volgens Reinold en Daiber (3) zou dat variëren van 5 µg-at/l in de winter tot 150 µg-at/l gedurende de zomer. Dit zou voor een deel de anomelïen in de fosfor-seizoencyslus kunnen verklaren.

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens zijn weergegeven in tabellen 49 t.e.m. 51.

A. Kronologische variatie.

In grafiek 87 is de kronologische variatie van het fosfaatgehalte, gebaseerd op de globale kronologische gemiddelden, voor eb en vloed respektievelijk voor 1971 en 1973-74 weergegeven.

Het is opvallend dat het kronologisch verloop tijdens de eb- en vloedherborisaties zowel voor 1971 als voor 1973-74 niet hetzelfde is. Het verschil is tweeërlei :

1. Tijdens de eb-herborisaties is de koncentratie aan fosfaationen, op enkele uitzonderingen na, steeds lager dan tijdens de vloed-herborisaties. Dit geldt zowel voor 1971, waar de eb- en vloedwaarnemingen op dezelfde dag gebeurden, als voor 1973-74 waar ze met tussenpozen van 14 dagen werden gedaan.

Dat zou als volgt kunnen verklaard worden : het zoetwater, rijk aan fosfaten, dat bij laagwater in de achterhaven wordt geloosd, zou pas bij opkomend vloedwater tot aan het punt van staalname worden opgestuwd.

---

(1) MILLER, S.M. (1952). Phophorus exchange in a sub-tropical marine basin. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 1, 257-65.

(2) CARRIT, D.E. and GOODGAL, S. (1954). Sorption reactions and some ecological implications. Deep-Sea Res., 1, 224-43.

(3) REINOLD, R.J. and DAIBER, F.C. (1967). Eutrophication of estuarine areas by rainwater. Chesapeake Sci., 8, 132-3.

GRAFIEK 87

Oostende - Vaargeul

$PO_4^{3-}$ mg/l

Kronologische Variatie

M.C.T. - waarden

1971

1973-74

Vloed

Eb

15

10

5

M A M J J A S O N D J F M

2. Het verloop van de eb- en vloedkurven is niet identiek.

Voor 1971 wordt tijdens de vloedherborisaties het minimum bereikt in februari (1,78 mg/l), het maximum in mei (3,85 mg/l), verschil : 2,07 mg/l. Voor de ebherborisaties valt het minimum in januari (0,93 mg/l), een maximum in juni (3,19 mg/l) en een tweede maximum in augustus (3,31 mg/l), verschil : 2,38 mg/l.

Voor 1973-74 is het kronologisch verloop zeer wisselvallig. Voor de vloedherborisaties is er een eerste maximum in april (10,6 mg/l) terwijl ook van augustus tot november (9,2 mg/l) hoge waarden worden bereikt. De minima vallen in mei (3,7 mg/l) en van december (5,0 mg/l) tot maart 74. Het grootste verschil bedraagt 6,9 mg/l. Voor de eb-herborisaties ligt een minimum in mei (2,0 mg/l) en in februari 74 (2,3 mg/l), terwijl daartussen hogere waarden worden bereikt met een maximum in juni (7,1 mg/l). Hier bedraagt het verschil tussen maximum en minimum 5,1 mg/l.

Voor dit zeer wisselvallig verloop zijn zeer waarschijnlijk de gekombineerde invloed van het fytoplankton en de neerslag verantwoordelijk.

Opmerkelijk is ook dat de waarden voor 1973-74, twee tot drie maal hoger liggen dan in 1971, zodat de minima in 1973-74 ongeveer gelijk zijn aan de maxima in 1971.

Wanneer we per moment van staalname de kronologische variatie beschouwen (M.V.-waarden, zie tabel LIV) dan stellen we voor 1971 vast dat het verloop ongeveer gelijk is aan de kurve van de M.C.T.-waarden : de minima komen allen voor van januari tot april, de maxima voor de vloedherborisaties komen vooral voor in mei, voor de ebherborisaties in augustus. De grootste verschillen tussen maxima en minima komen voor op moment II (3,18 mg/l), V (4,35 mg/l) en VI (3,00 mg/l) tijdens de vloed en van moment V (3,37 mg/l) tot VIII (5,09 mg/l) voor de ebherborisaties.

Voor de vloedherborisaties van 1973-74 ligt voor de eerste drie momenten het maximum op 24.11.73, terwijl voor de laatste drie momenten de M.V.-waarden veel lager liggen vooral door de lage fosfaatwaarden van de bodemwaters.

Voor de laatste drie momenten vallen de maxima op 28.04.73, vooral te wijten aan de hoge oppervlaktewaarden. Hier komen echter ook hoge waarden voor tijdens de eerste drie momenten mede te wijten aan de relatief hoge

TABEL LIV - Oostende-Vaargeul Kronologische variatie (M.V.-waarden) $PO_4^{3-}$ mg/l

| | | Vloedherborisaties | | | Ebherborisaties | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| 1971 | I | - | - | - | 3,05 (12.05.71) | 0,92 (25.03.71) | 2,13 |
| | II | 4,47 (12.05.71) | 1,90 (20.04.71) | 2,57 | 2,53 (22.07.71) | 1,14 (25.03.71) | 1,39 |
| | III | 5,00 (20.09.71) | 1,82 (20.04.71) | 3,18 | 2,71 (20.09.71) | 1,10 (26.01.71) | 1,61 |
| | IV | 4,74 (12.05.71) | 2,01 (26.01.71) | 2,73 | 3,60 (23.08.71) | 1,10 (26.01.71) | 2,50 |
| | V | 5,44 (22.07.71) | 1,09 (26.02.71) | 4,35 | 3,96 (23.08.71) | 0,59 (26.01.71) | 3,37 |
| | VI | 4,13 (12 05.71) | 1,13 (26.02.71) | 3,00 | 4,36 (23.08.71) | 0,38 (26.01.71) | 3,98 |
| | VII | 3,43 (12.05.71) | 1,08 (26.02.71) | 2,35 | 5,25 (10.06.71) | 0,55 (26.01.71) | 4,70 |
| | VIII | 3,12 (12.05.71) | 0,27 (26.02.71) | 2,85 | 5,42 (23.08.71) | 0,33 (26.01.71) | 5,09 |
| | IX | 2,48 (22.07.71) | 0,97 (25.03.71) | 1,51 | - | - | - |
| 1973-74 | I | 15,0 (24.11.73) | 4,2 (16.03.74) | 10,8 | 6,3 (15.09.73) | 2,4 (02.02.74) | 3,9 |
| | II | 13,2 (24.11.73) | 5,1 (26.05.73) | 8,1 | 10,0 (19.08.73) | 1,6 (12.05.73) | 8,4 |
| | III | 12,8 (01.09.73) | 3,5 (26.05.73) | 9,3 | 8,1 (19.08.73) | 1,6 (12.05.73) | 6,5 |
| | IV | 11,2 (28.04.73) | 2,9 (26.05.73) | 8,3 | 10,0 (09.06.73) | 1,2 (12.05.73) | 8,8 |
| | V | 8,0 (28.04.73) | 2,7 (23.06.73) | 5,3 | 9,2 (09.06.73) | 2,1 (02.02.74) | 7,1 |
| | VI | 9,5 (28.04.73) | 3,0 (26.05.73) | 6,5 | 10,2 (09.06.73) | 2,0 (14.04.73) | 8,2 |

fosfaatkoncentraties van de bodemwaters. De minimale waarden komen voor in mei.

Voor de ebherborisaties van 1973-74 ligt voor de eerste drie momenten het maximum in augustus of september. Dan komen, door de relatief lage waarden aan de oppervlakte, lage M.V.-waarden voor op de laatste drie momenten.

De maxima voor de laatste drie momenten liggen op 09.06.73, terwijl er voor de eerste drie momenten dan minima voorkomen vooral door de lage oppervlaktewaarden. De minimale waarden komen hoofdzakelijk voor in mei.

De grootste verschillen tussen maximale en minimale waarden bedragen voor de vloed 10,8 mg/l op moment I en voor de eb 8,8 mg/l op moment IV. De minimale verschillen bedragen respektievelijk 5,3 mg/l op moment V en 3,9 mg/l op moment I.

Uit dit alles zou kunnen blijken dat de jaarlijkse fosfaatvariatie in de vaargeul zou kunnen opgevat worden als een superpositie van de jaarvariaties aan fosfaten in zeemilieu en in het water afkomstig van landdrainering.

Zo vallen de maximale fosfaatwaarden in de oppervlaktelagen op 28.04.73 en 09.06.73 bij laagwater samen met grote neerslaghoeveelheden (zie grafiek 19).

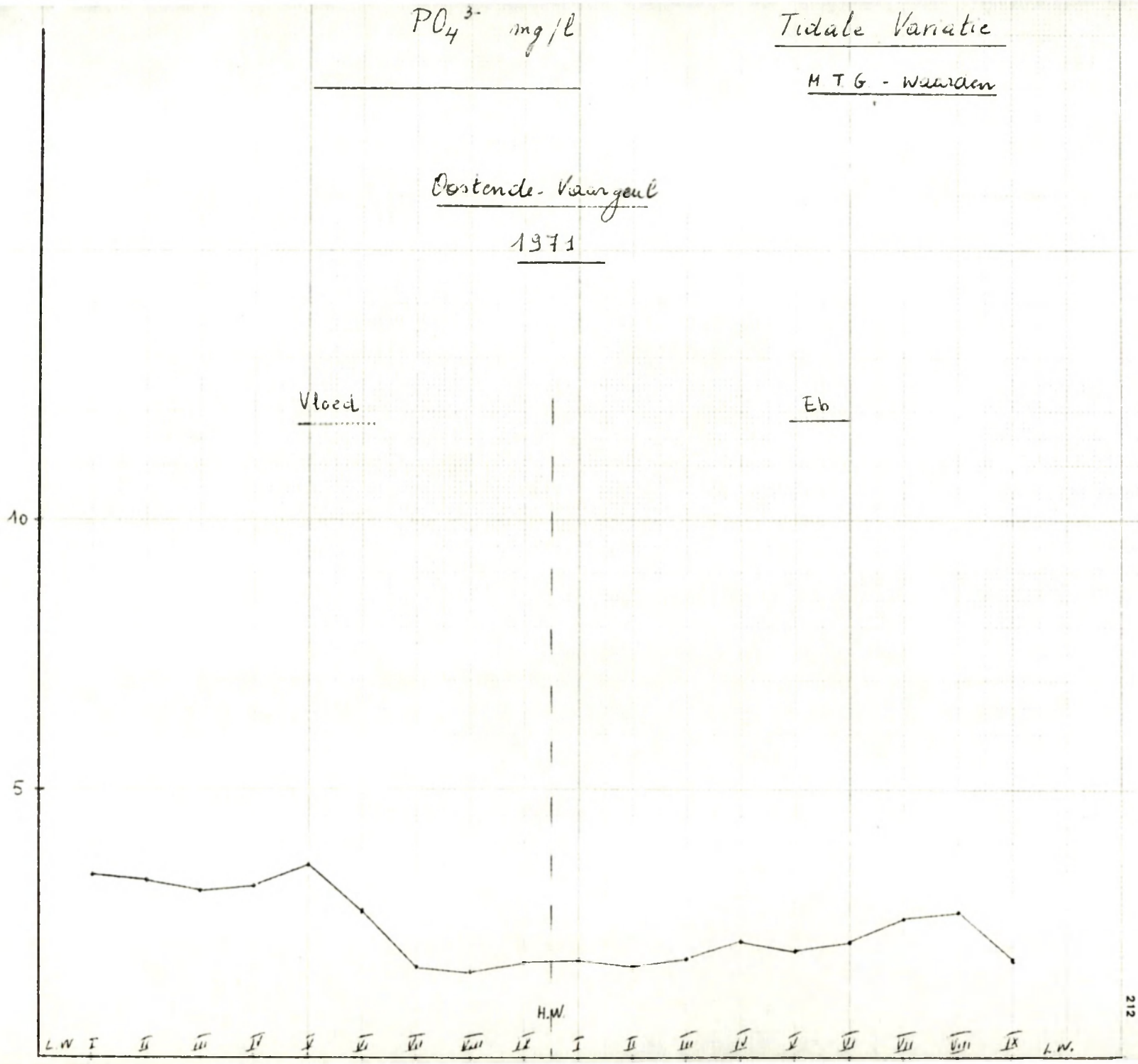
B. Tidale variatie.

In grafieken 88 en 89 is de tidale variatie, gebaseerd op de globale tidale gemiddelden, voor 1971 en voor 1973-74 aangegeven.

Tijdens de vloed is er een daling van het fosfaatgehalte. Het fosfaatarmere zeewater komt langs de bodem binnengestroomd zodat de verhouding zout/zoetwater groter wordt, hetgeen resulteert in een vermindering van het fosfaatgehalte. Tijdens de eb doet zich het omgekeerde verschijnsel voor zodat bij laagwater er in verhouding meer zoetwater aanwezig is hetgeen leidt tot hoger koncentraties aan fosfaationen.

Uit tabel LV,waar per datum de maximale en minimale M.V.-waarden zijn aangegeven, blijkt dat met uitzondering van 16.02.74, waar het maximum op moment V, en van 16.03.74, waar het maximum op moment IV en het minimum op moment I voorkwam, de maximale waarden altijd in de eerste helft van opkomend water en de minimale waarden altijd in de tweede helft optraden.

GRAFIEK 88


$PO_4^{3-}$ mg/l
Tidale Variatie
M T G - waarden
Oostende - Vaargeul
1971
Vloed
Eb
10
5
H.W.
L.W. I II III IV V VI VII VIII IX I II III IV V VI VII VIII IX L.W.

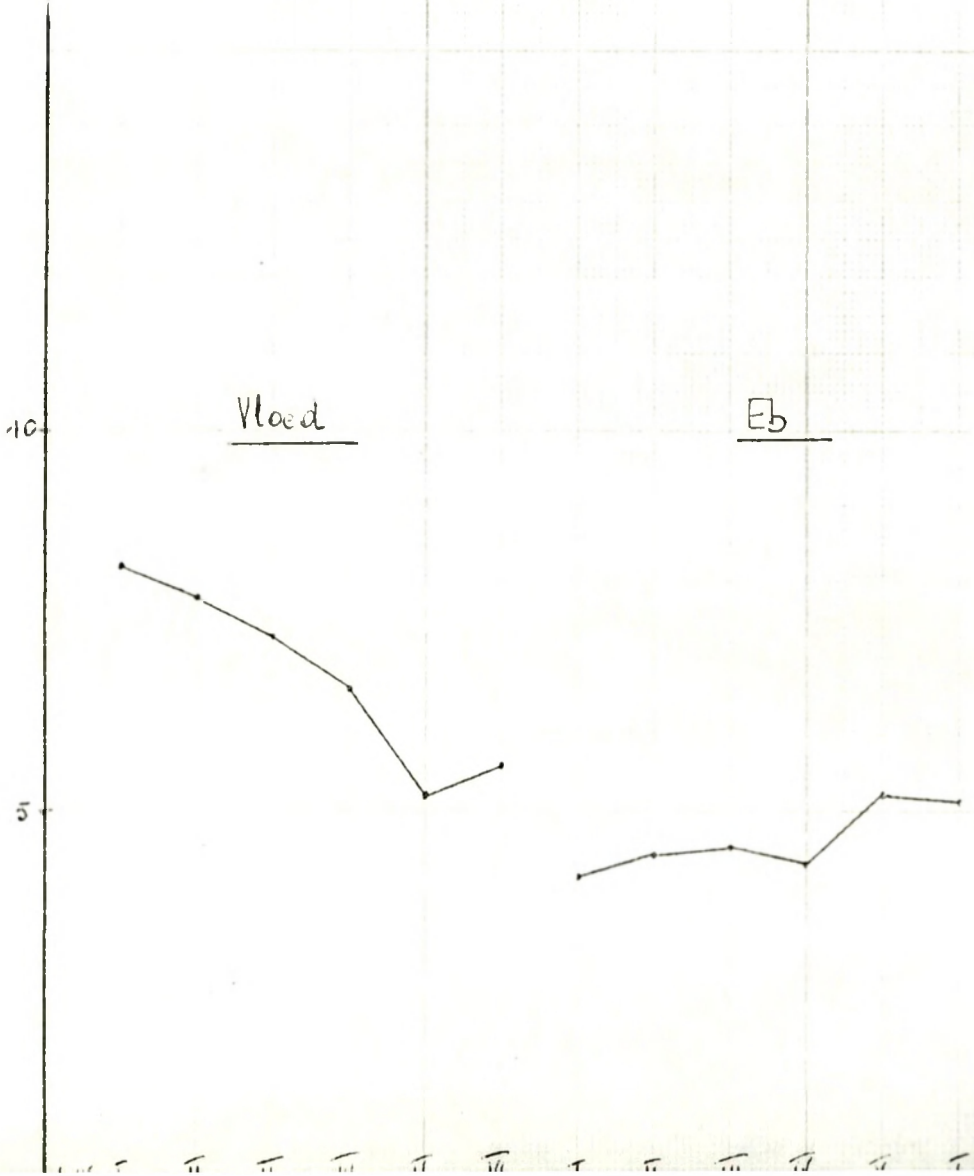
GRAFIEK 89

$PO_4^{3-}$ mg/l

Tidale Variatie

H.T.G. - Waarden

Oostende. Vaargeul 1973-74



TABEL LV/1 - Oostende-Vaargeul Tidale variatie (M.V.-waarden) $PO_4^{3-}$ mg/l

| 1970-74 | V L O E D | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | | minimum | | ≠ |
| 16.12.70 | 3,60 | VIII | 1,64 | XIII | 1,96 |
| 26.01.71 | 3,69 | V | 1,50 | IX | 2,19 |
| 26.02.71 | 4,29 | II | 0,27 | VIII | 4,02 |
| 25.03.71 | 2,69 | III | 0,97 | IX | 1,72 |
| 20.04.71 | 3,53 | IV | 1,51 | VII | 2,02 |
| 12.05.71 | 5,39 | V | 2,25 | IX | 3,14 |
| 10.06.71 | 4,23 | V | 2,20 | IX | 2,03 |
| 22.07.71 | 5,44 | V | 0,92 | VII | 4,52 |
| 23.08.71 | 3,82 | I | 1,54 | VIII | 2,28 |
| 20.09.71 | 5,00 | III | 0,53 | VII | 4,47 |
| 31.03.73 | 10,8 | II | 3,9 | VI | 6,9 |
| 28.04.73 | 13,9 | I | 8,0 | V | 5,9 |
| 26.05.73 | 6,1 | I | 2,9 | IV | 3,2 |
| 23.06.73 | 5,8 | I | 2,2 | VI | 3,6 |
| 26.07.73 | 6,8 | I | 4,0 | V | 2,8 |
| 01.09.73 | 12,8 | I | 6,2 | V | 6,6 |
| 29.09.73 | 8,4 | III | 4,9 | V | 3,5 |
| 27.10.73 | 12,0 | II | 6,2 | VI | 5,8 |
| 24.11.73 | 15,0 | I | 4,3 | IV | 10,7 |
| 23.12.73 | 7,8 | II | 3,3 | VI | 4,5 |
| 19.01.74 | 6,8 | II | 4,5 | VI | 2,3 |
| 16.02.74 | 5,7 | V | 4,6 | VI | 1,1 |
| 16.03.74 | 6,9 | IV | 4,2 | I | 2,7 |

TABEL LV/2 - Oostende-Vaargeul Tidale variatie (M.V.-waarden) $PO_4^{3-}$ mg/l

| 1970-74 | E B | | |
|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ |
| 16.12.70 | 1,83 II | 1,01 VI | 0,82 |
| 26.01.71 | 1,41 I | 0,33 VIII | 1,08 |
| 26.02.71 | 1,85 I | 1,34 II | 0,51 |
| 25.03.71 | 1,81 IX | 0,92 I | 0,89 |
| 20.04.71 | 2,07 VI | 1,41 II | 0,66 |
| 12.05.71 | 3,05 I | 1,60 III | 1,45 |
| 10.06.71 | 5,25 VII | 2,03 II | 3,22 |
| 22.07.71 | 3,85 VIII | 2,14 III | 1,71 |
| 23.08.71 | 5,42 VIII | 1,79 (II) | 3,63 |
| 20.09.71 | 3,30 VII | 1,46 (I) | 1,84 |
| 17.03.73 | 4,4 (V) | 2,4 III | 2,0 |
| 14.04.73 | 3,1 V | 1,9 III | 1,2 |
| 12.05.73 | 3,4 VI | 1,2 IV | 2,2 |
| 09.06.73 | 10,2 VI | 4,8 I | 5,4 |
| 07.07.73 | 7,3 III | 3,9 V | 3,4 |
| 19.08.73 | 10,0 II | 4,7 I | 5,3 |
| 15.09.73 | 7,7 II | 5,6 IV | 2,1 |
| 13.10.73 | 7,2 V | 6,0 IV | 1,2 |
| 10.11.73 | 8,4 V | 3,2 II | 5,2 |
| 09.12.73 | - | - | - |
| 05.01.74 | 4,7 VI | 2,8 II | 1,9 |
| 02.02.74 | 2,7 II | 2,1 V | 0,6 |
| 02.03.74 | 4,2 VI | 2,5 II | 1,7 |

De grootste en kleinste speling tussen maximale en minimale M.V.-waarden bedroegen voor 1971 respektievelijk 4,52 mg/l op 22.07.71 en 1,72 mg/l op 25.03.71; voor 1973-74 : 10,7 mg/l op 24.11.73 en 1,1 mg/l op 16.02.74.

Voor de ebherborisaties is het verloop niet zo duidelijk. Zo kwam op 26.01.71 (1,41 mg/l), 26.02.71 (1,85 mg/l), 12.05.71 (3,05 mg/l), 07.07.73 (7,3 mg/l), 19.08.73 (10,0 mg/l), 15.09.73 (7,7 mg/l) en 02.02.74 (2,7 mg/l) het maximum voor op het eerste, tweede of derde moment na hoogwater.

Op 26.01.71 (0,33 mg/l), 12.05.73 (1,2 mg/l), 07.07.73 (3,9 mg/l), 15.09.73 (5,6 mg/l), 13.10.73 (6,0 mg/l) en 02.02.74 (2,1 mg/l) kwam het minimum voor in de tweede helft van de eb-periode, dus naar laagwater toe.

Het is dus duidelijk dat er tijdens afgaand water op één of ander manier een verstoring optreedt van wat zou mogen verwacht worden op basis van de verhouding zout/zoetwater.

De grootste en kleinste speling tussen maximale en minimale M.V.-waarden bedroeg voor 1971 : 3,63 mg/l op 23.08.71 en 0,51 mg/l op 26.02.71, voor 1973-74 : 5,3 mg/l op 19.08.73 en 0,6 mg/l op 02.02.74.

C. Stratifikatie.

a. Kronologisch.

Opmerkingen : Daar de gemiddelden voor de tussenniveaus gebaseerd zijn op minder waarnemingen dan voor oppervlakte en bodem is een onderlinge vergelijking moeilijk. Daarom zullen we ons bij de verdere bespreking van de stratifikatie eerder beperken tot oppervlakte- en bodem.

Uit grafieken 90 en 91 met de M.C.-waarden blijkt duidelijk dat de fosfaatgehaltes in de oppervlaktelagen altijd hoger liggen dan aan de bodem waar zich fosfaatarmere zeewater bevindt.

Algemeen kan er worden opgemerkt dat de variatie aan de bodem en de oppervlakte zowel tijdens de eb- als de vloedherborisaties ongeveer gelijklopend is.

Alhoewel het algemene verloop aan oppervlakte en bodem gelijkend is, blijkt uit tabel LVI toch dat de absolute maxima en minima niet op dezelfde data vallen en dat het verschil tussen maximum en minimum aan de bodem veel minder is, dus dat het verloop aan de bodem meer afgezwakt is dan aan de

GRAFIEK 90

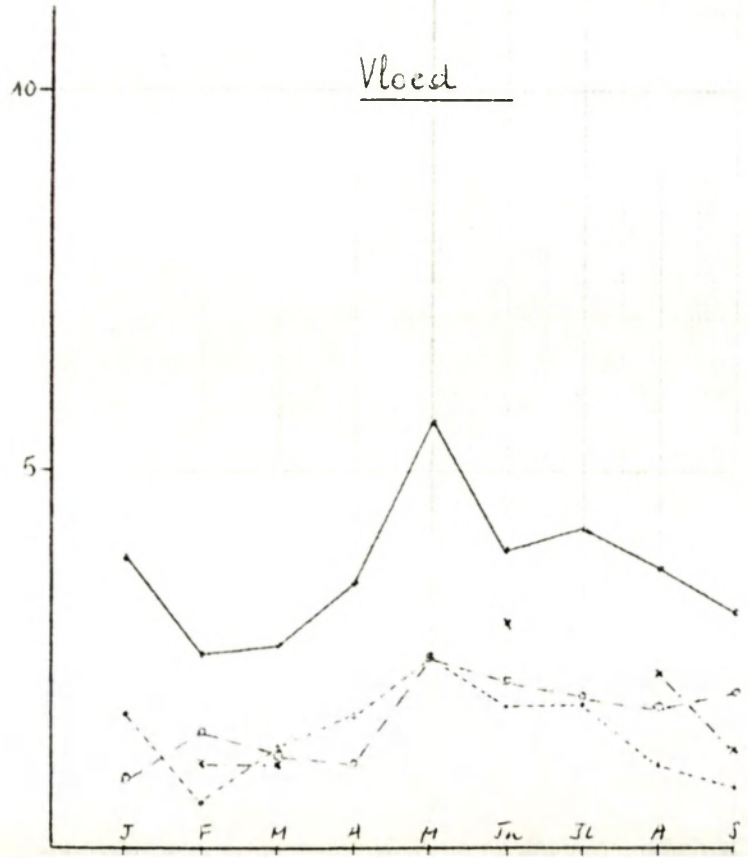
$PO_4^{3-}$ mg/l

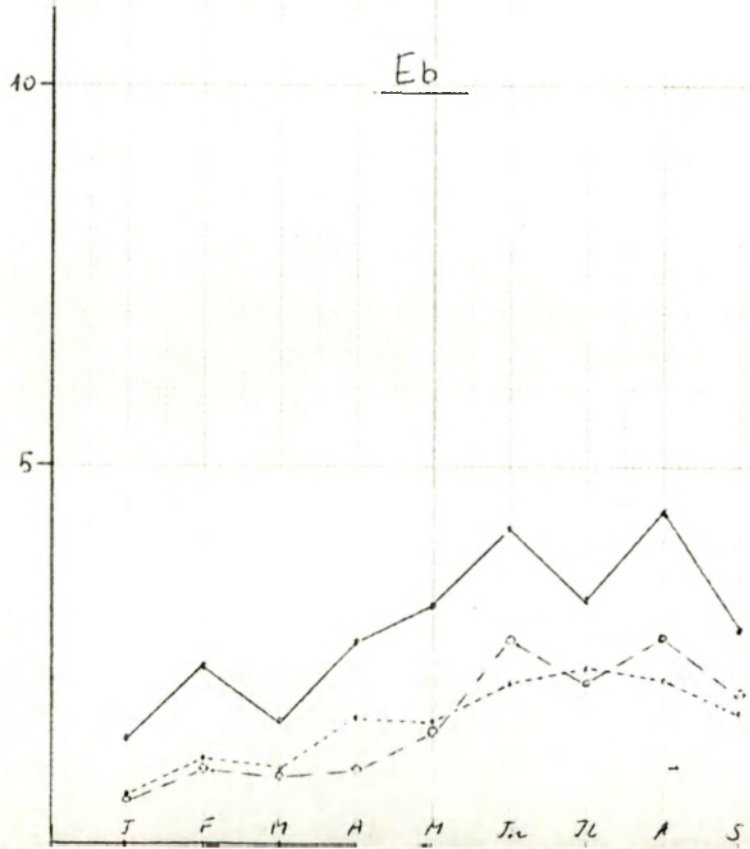
Vertikale Variatie - Kronologisch

M. C. - Waarden

Oostende - Vaargeul 1971

Oppervlak
+2m
+4m
Bodem



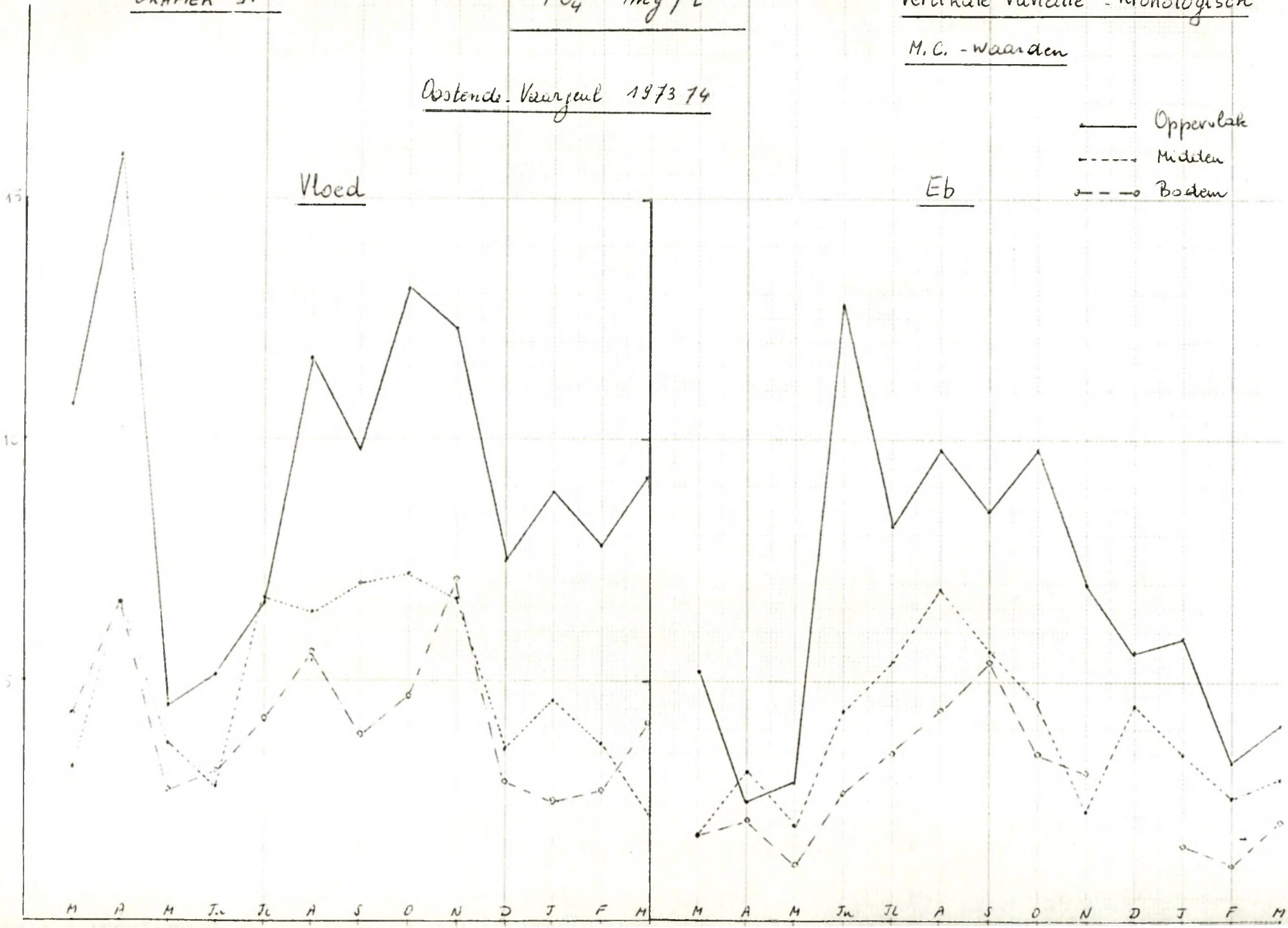
GRAFIEK 91

$PO_4^{3-}$ mg/l

Vertikale Variatie - Kronologisch

M.C. - Waarden

Oostende - Vaargeul 1973 74



oppervlakte waar er vooral in 1973-74 een opeenvolging is van verschillende pieken.

| TABEL LVI Oostende-vaargeul M.C.-waarden $PO_4^{3-}$ mg/l | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1971 | | Maximum | minimum | ≠ |
| Vloed | Oppervlakte | 5,64 (120571) | 2,69 (250371) | 2,95 |
| | Bodem | 2,55 (120571) | 0,96 (260171) | 1,59 |
| Eb | Oppervlakte | 4,42 (230871) | 1,42 (260171) | 3,00 |
| | Bodem | 2,75 (230871) | 0,59 (260171) | 2,16 |
| 1973-74 | | | | |
| Vloed | Oppervlakte | 15,9 (280473) | 4,5 (260573) | 11,4 |
| | Bodem | 7,1 (241173) | 2,5 (190174) | 4,6 |
| Eb | Oppervlakte | 12,8 (090673) | 2,5 (140473) | 10,3 |
| | Bodem | 5,4 (150973) | 1,2 (120573) | 4,2 |

Voor wat betreft de gemiddelde kronologische waarden per niveau (M.C.-waarden, zie tabel LVII) situeert zich, op uitzondering van de eb op 20.09.71, het grootste verschil tussen oppervlakte en bodem op het moment van het jaarlijkse maximum (M.C.T.) en het kleinste verschil op het moment van het jaarlijkse minimum (M.C.T.).

| TABEL LVII Oostende-vaargeul $PO_4^{3-}$ (mg/l) Maximaal en minimaal verschil tussen oppervlakte en bodem (M.C.-waarden) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Datum | | Maximaal niveauverschil | minimaal niveauverschil | M.C.T.-waarde |
| 12.05.71 | Vloed | 3,09 | | 3,85 |
| 26.02.71 | Vloed | | 1,02 | 1,78 |
| 23.08.71 | Eb | 1,67 | | 3,31 |
| 20.09.71 | Eb | | 0,79 | 2,33 |
| 28.04.73 | Vloed | 9,3 | | 10,6 |
| 26.05.73 | Vloed | | 1,8 | 3,7 |
| 09.06.73 | Eb | 10,1 | | 7,1 |
| 14.04.73 | Eb | | 0,4 | 2,4 |

Op 26.01.71 komt echter ook een minimaal verschil voor, nl. 0,823 mg/l daar waar de M.C.T.-waarde minimaal is.

Voor de vloedherborisaties 1971 komt het grootste verschil tussen waargenomen oppervlakte- en bodemfosfaatkoncentraties voor in juli (4,80 mg/l). Het grootst aantal maximale niveauverschillen ligt in de maand mei dus wanneer de M.C.T.-waarde maximaal is.

In februari is op moment III van de vloedherborisaties de fosfaatkoncentratie aan oppervlakte en bodem gelijk. De meeste andere minimale niveauverschillen liggen in de maanden augustus en september, dus ook juist in die maanden waar de M.C.T.-waarden een minimum bereiken.

Voor de ebherborisaties 1971 bedraagt het grootste niveauverschil 3,90 mg/l in september. Het grootst aantal maximale verschillen ligt in de maanden mei, juni en augustus.

Het kleinste niveauverschil viel in de maand juli (0,10 mg/l) en het grootst aantal minimale verschillen ligt in de maanden februari en maart.

Voor de vloedherborisaties 1973-74 viel het grootste niveauverschil (13,6 mg/l) samen met het maximum van de M.C.T.-waarden, terwijl er ook een groot aantal maximale verschillen voorkwam in oktober. De minimale niveauverschillen met als kleinste 0 mg/l, vielen samen met de minimale M.C.T.-waarden in de maanden maart, mei, juni en juli 1973.

Hetzelfde geldt voor de ebherborisaties 1973-74 waar de maximale verschillen (grootste verschil 15,4 mg/l) samenvielen met de maximale M.C.T.-waarden van juni, augustus en oktober. Minimale waarden (0,1 mg/l) kwamen voor in maart en mei 1973.

Samengevat kan er worden besloten dat wanneer het fosfaatgehalte stijgt, waarschijnlijk vooral door afvoer van draineringswater, dat dan ook de verschillen tussen oppervlakte- en bodemfosfaatkoncentraties toenemen.

b. Tidaal.

In grafieken 92 t.e.m. 97 werd respektievelijk voor 1971 en 1973-74 de tidale niveauvariatie op basis van de M.T.-waarden, voor een maximaal getij en voor een minimaal getij, uitgezet.

GRAFIEK 92

$PO_4^{3-}$ mg/l

Vertikale Variatie . Tidaal

M. T. - Waarden

Oostende - Veergeul 1971

Oppervlak
+4m
+2m
Bodem

Vloed

Eb

10

5

L.W. I II III IV V VI VII VIII IX H.W. I II III IV V VI VII VIII IX L.W.

GRAFIEK 93

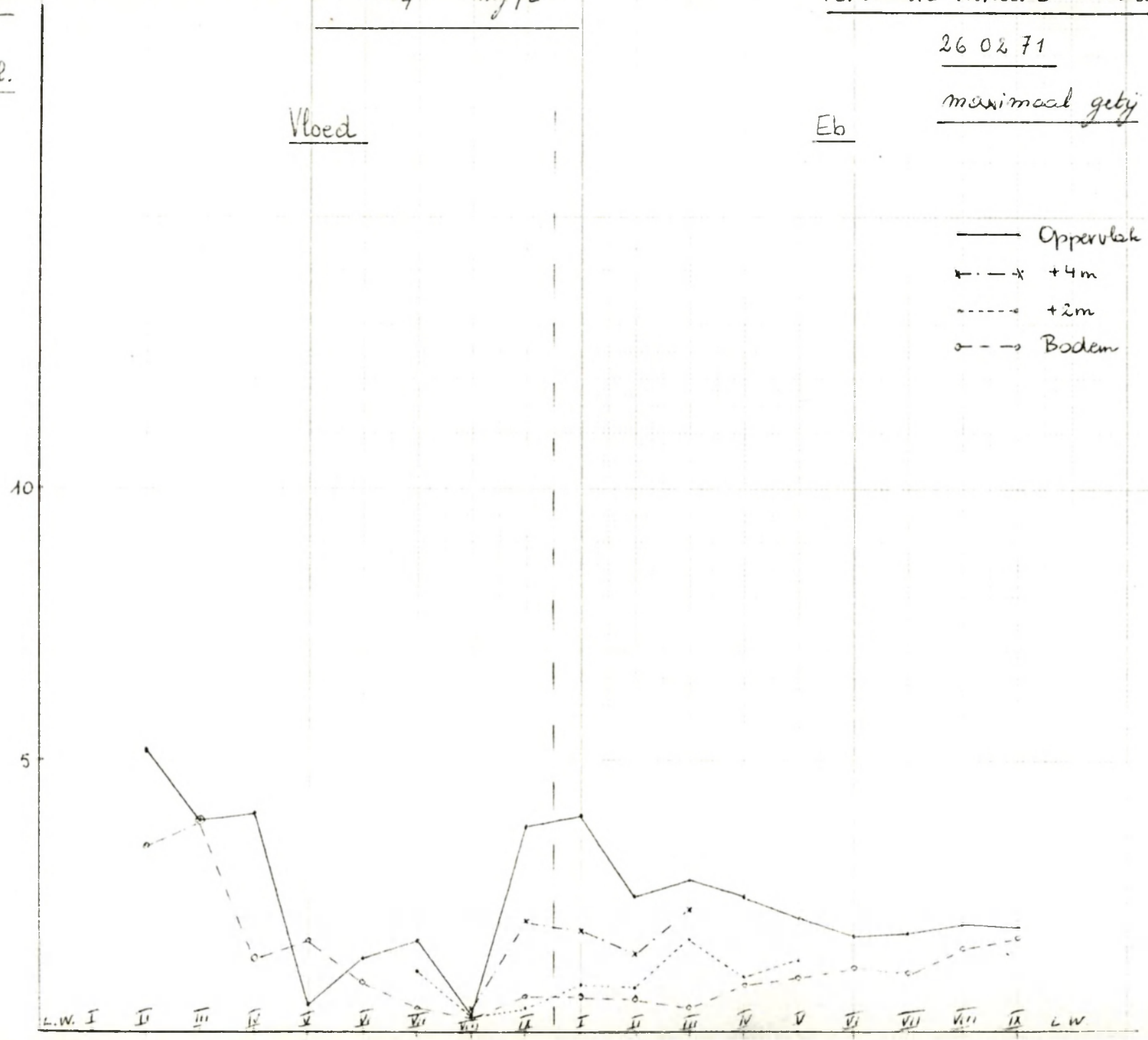
Oostende. Vaargeul.

$PO_4^{3-}$ mg/l

Verticale Variatie - Tidaal

26 02 71

maximaal getij



GRAFIEK 94

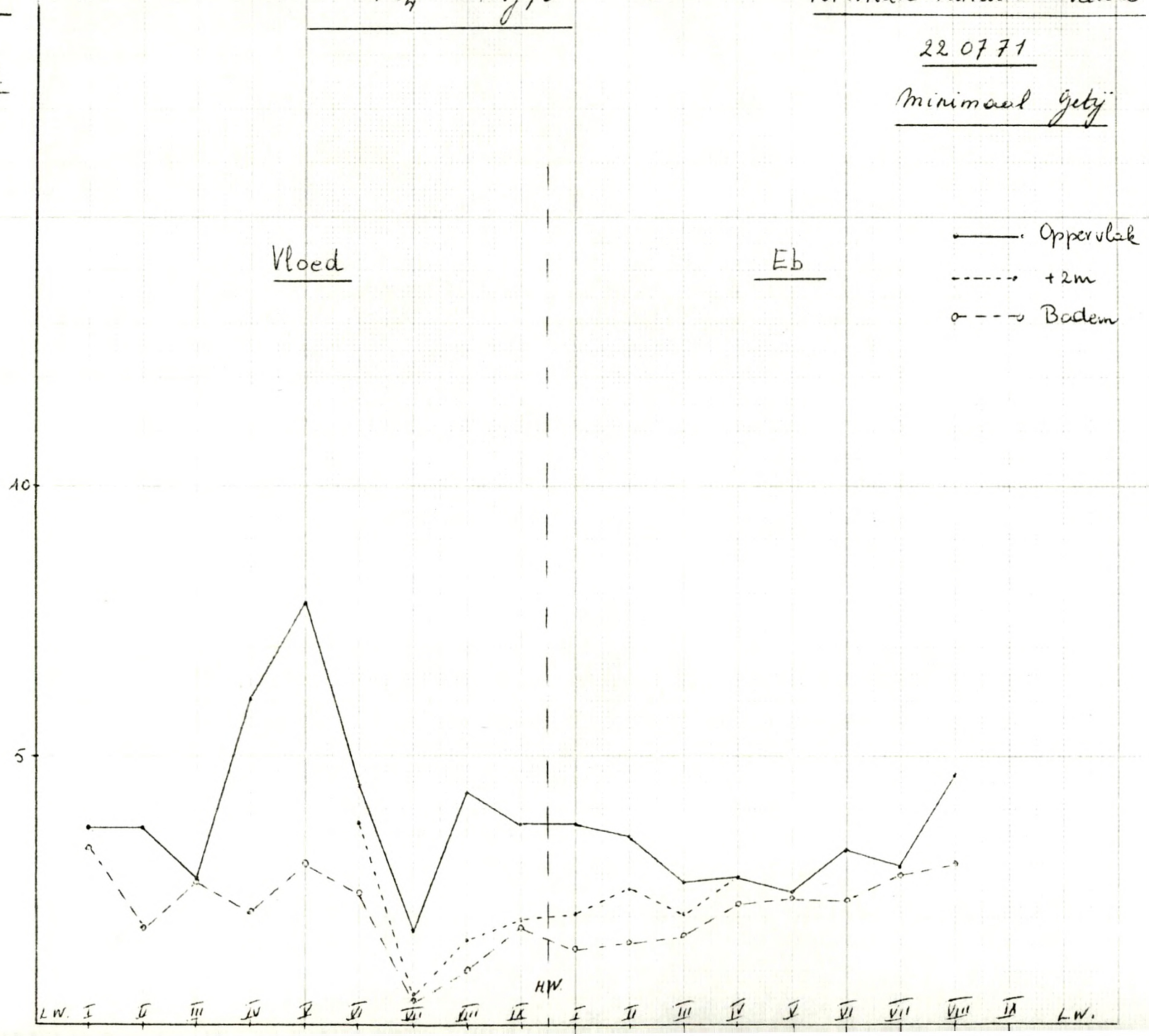
Oostende - Vaargeul.

$PO_4^{3-}$ mg/l

Vertikale Variatie - Tidaal

22 07 71

Minimaal getij



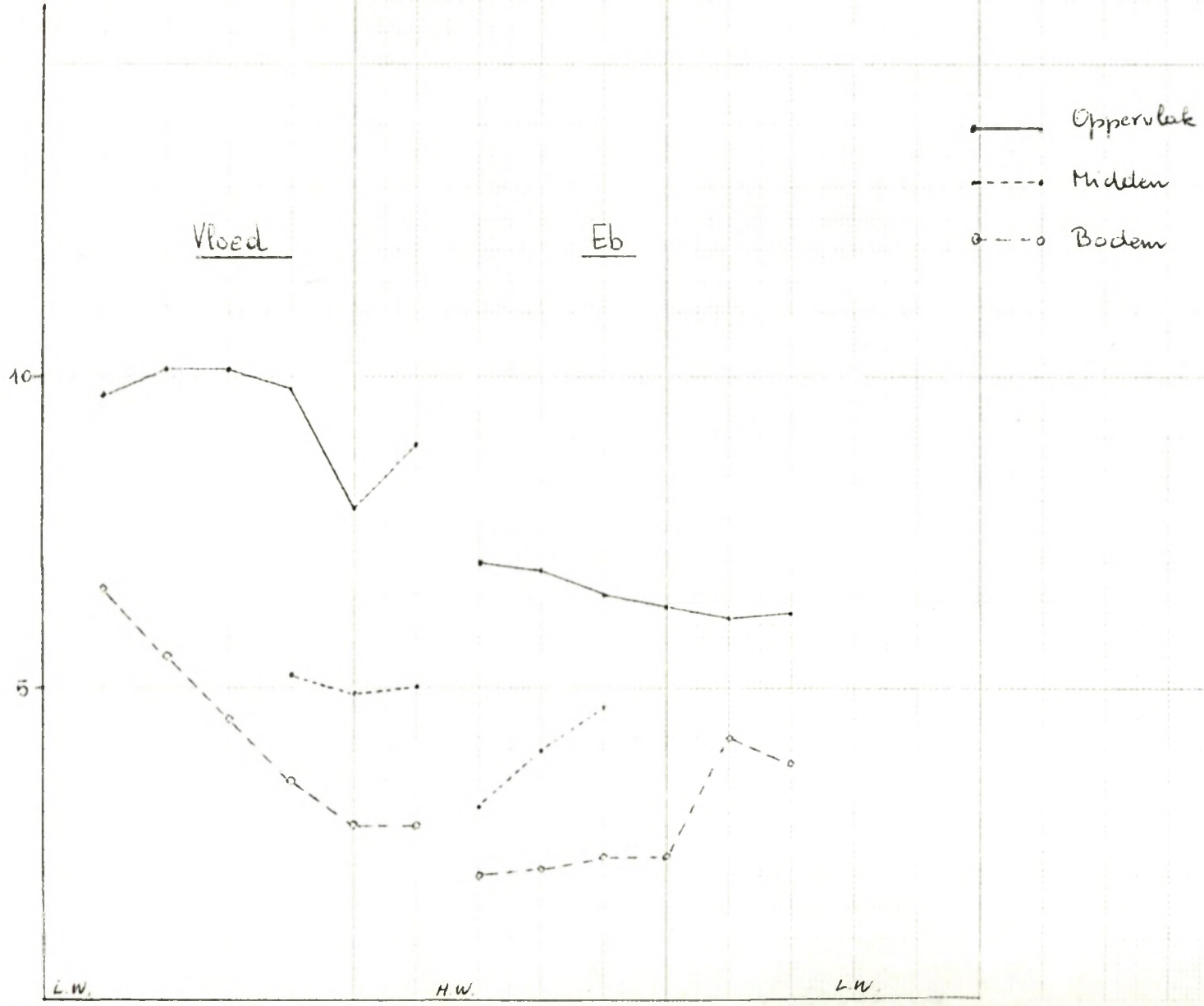
GRAFIEK 95

$PO_4^{3}$ mg/l

Vertikale Variatie . Tidaal

Oostende. Vaargeul 1973-74

M. T. - waarden



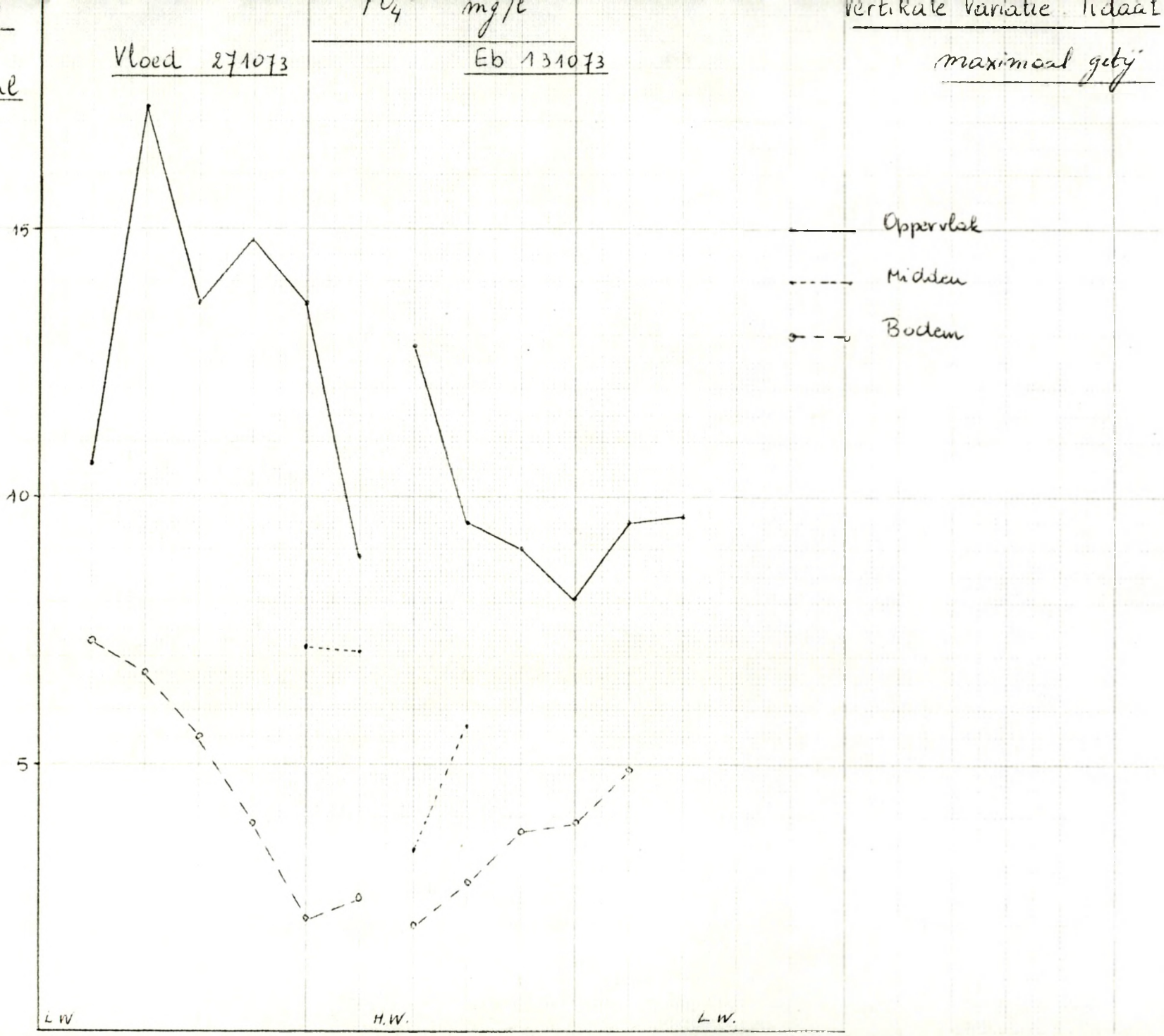
GRAFIEK 96

Oostende - Vaargeul

$PO_4$ mg/l

Vertikale Variatie Tidaal

maximaal getij



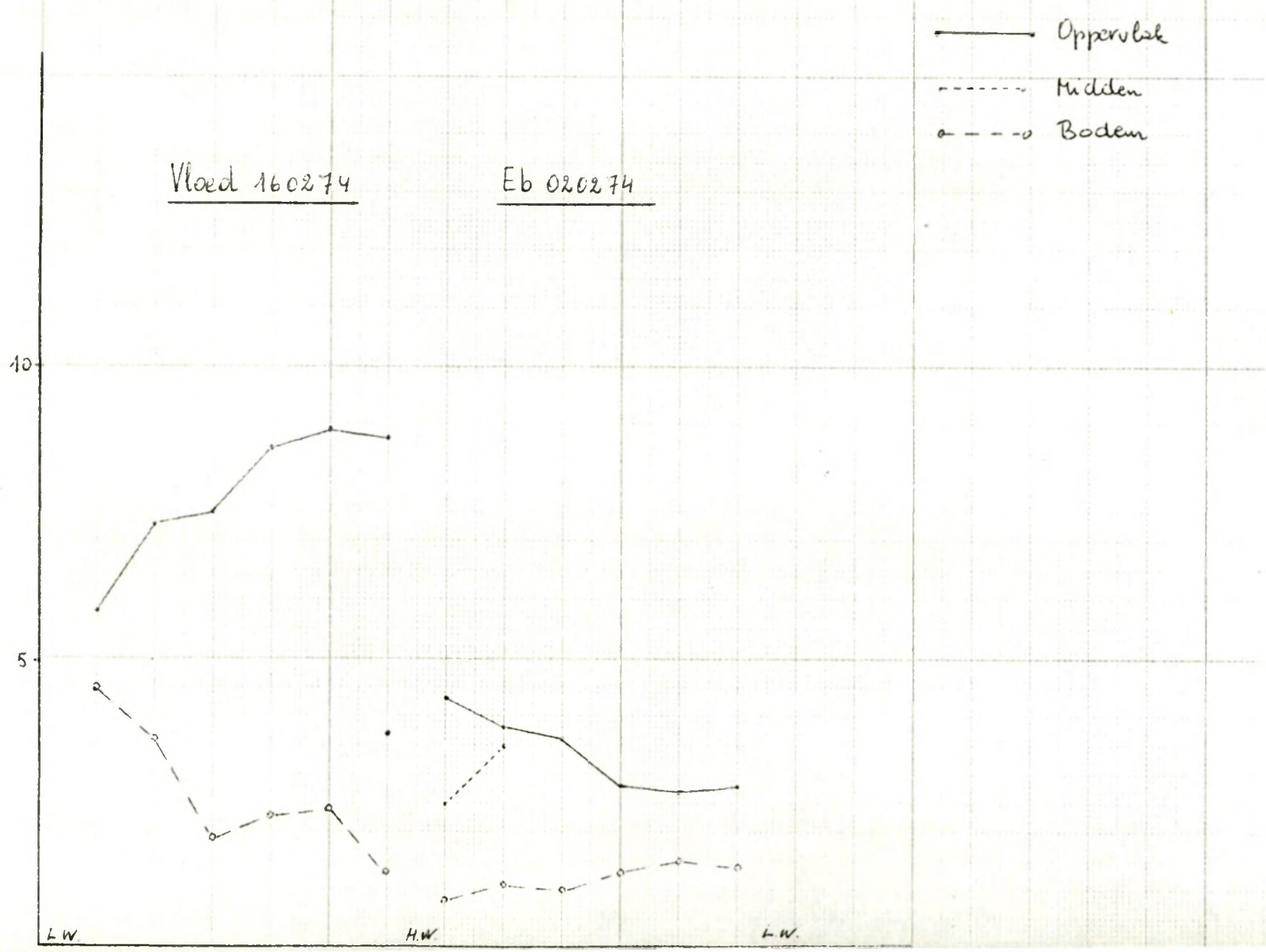
GRAFIEK 97

Oostende. Vaargeul

$PO_4^{3-}$ mg/l

Vertikale Variatie - Tidaal

Minimaal Getij



Tidale vertikale variatie - M.T.-waarden (grafieken 92 en 95).

Ook hier blijkt duidelijk dat de oppervlaktewaarden steeds hoger liggen dan de fosfaatkoncentraties in de onderliggende niveaus.

Tijdens de vloed stijgt aanvankelijk het fosfaatgehalte van de oppervlaktewaterlaag om dan te dalen naar hoogwater toe. Die stijging zou weeral kunnen te wijten zijn aan het opduwen van het, bij eb, in de achterhaven geloosde water door het opkomend getij. Daarna treedt er waarschijnlijk menging op met het fosfaatarmere zeewater hetgeen resulteert in de daling van het fosfaatgehalte. Het oppervlaktewater bij eb vertoont geen zeer duidelijke variatie van het $PO_4^{3-}$ -gehalte. Het fosfaatgehalte van het bodemwater daalt met opkomende vloed en het stijgt opnieuw naar laagwater toe.

Tijdens de eb zou er een zekere menging optreden van de oppervlaktewaterlaag met de daaronder liggende waterlagen, hetgeen zou leiden tot een min of meer konstant tot dalend gehalte aan fosfaten in de oppervlaktelaag en een stijgende koncentratie in de bodemwaters.

Tijdens vloed 1971 bedroeg het maximale tidale verschil aan de oppervlakte 1,90 mg/l, aan de bodem 2,81 mg/l; voor de eb 1971 aan de oppervlakte 1,09 mg/l, aan de bodem 1,39 mg/l.

Voor de vloedherborisaties van 1973-74 bedroeg het maximale tidale verschil aan de oppervlakte 2,2 mg/l, aan de bodem 3,8 mg/l; voor de eb was dit respektievelijk 0,9 mg/l en 2,2 mg/l.

Uit het voorgaande blijkt dus dat tijdens de getijden de variatie van de fosfaatgehaltes aan de bodem steeds groter is dan de variatie aan de oppervlakte.

De tidale vertikale variatie tijdens een maximaal en minimaal getij.

In grafieken 93, 94, 96 en 97 zijn de tidale niveauvariaties respektievelijk voor een maximaal en minimaal getij in 1971 en voor een maximaal en minimaal getij in 1973-74 weergegeven.

Uit de tabel LVIII waar de tidale verschillen tussen hoogste en laagste waargenomen fosfaatgehaltes zijn aangegeven aan oppervlakte en bodem voor een maximaal en minimaal getij in 1971 en 1973-74 en de grafieken 93, 94, 96 en 97 blijkt :

| TABEL LVIII - Oostende-vaargeul | $PO_4^{3-}$ (mg/l) Niveauvariaties tijdens een minimaal en maximaal getij | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Oppervlakte | Bodem | Oppervlakte | Bodem |
| 1971 | Maximaal getij | | minimaal getij | |
| Vloed | 4,86 | 3,65 | 4,34 | 2,82 |
| Eb | 2,21 | 1,28 | 2,17 | 1,62 |
| 1973-74 | | | | |
| Vloed | 8,4 | 5,2 | 3,1 | 3,2 |
| Eb | 4,7 | 2,9 | 1,6 | 0,7 |

1° De grootste tidale variatie in het bodemwater gebeurt tijdens de maximale getijden, dus wanneer er veel zeewater de vaargeul binnenstroomt. Het algemene verloop aan de bodem is van hogere koncentraties bij laagwater naar lagere koncentraties bij hoogwater.

2° De variatie van de fosfaatkoncentratie in de oppervlaktelaag is zeer veranderlijk en in sterke mate afhankelijk van het getijvolume en de neerslaghoeveelheid. Zo zal het moment waarop het hoogste gehalte aan fosfaationen tijdens de vloed waargenomen wordt bij een maximaal getij en minimale neerslag (26.02.71) voorkomen tegen hoogwater en bij een maximaal getij en matige neerslag (27.10.73) halfweg het opkomend water.

Bij een minimaal getij en weinig neerslag is het tidale verloop zeer wisselvallig toch met een maximum halfweg de vloed, bij een minimaal getij met tamelijk veel neerslag zal de fosfaatkoncentratie aan de oppervlakte regelmatig toenemen tijdens de vloed. Tijdens de eb daalt de fosfaatkoncentratie in de oppervlaktelaag om tegen laagwater opnieuw te stijgen.

3° De variaties van de fosfaat-gehaltes op de tussenniveaus zijn intermediair aan de schommelingen van de oppervlakte- en bodemfosfaatkoncentraties.

De maximale niveauverschillen komen vooral voor rond hoogwater.

Op slechts 15 momenten van staalname was de koncentratie aan fosfaationen hoger aan de bodem dan aan de oppervlakte. Hieronder zijn de data, de momenten en de verschillen (in mg/l) aangegeven.

26 januari 1971 : : Eb V (0,41), VI (0,22), VII (0,43), VIII (0,08)
26 februari 1971 : Vloed V (1,18).
10 juni 1971 : Vloed I (2,98).
23 augustus 1971 : Eb VIII (0,60).
20 september 1971 : Eb II (0,50), VII (1,20).
14 april 1973 : Eb III (0,3), IV (0,2), V (0,9), VI (0,9).
19 augustus 1973 : Eb VI (0,7).
10 november 1973 : Eb V (7,0).

Hieruit blijkt dat die uitzonderingen op twee na voorkomen tijdens de eb en dan nog meestal tegen laagwater aan.

Bovendien kwam het enkele keren voor, vooral direkt voor en na hoogwater, dat de fosfaatkoncentratie hoger was aan de bodem dan op het tussenniveau en ook dat de koncentratie van het middenniveau hoger was dan de gehaltes aan oppervlakte en bodem.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

a. Vloedherborisaties.

De hoogste waarden komen voor in Oostende, de laagste in Nieuwpoort. Blankenberge is intermediair. Bovendien kan er worden vastgesteld dat het gehalte aan fosfaationen zowel voor Nieuwpoort als voor Oostende hoger ligt tijdens de respektievelijke tweede campagnes. Voor Oostende is dat verschil zeer groot : 4 mg/l of bijna drie maal hoger in 1973-74 dan in 1971.

b. Ebherborisaties.

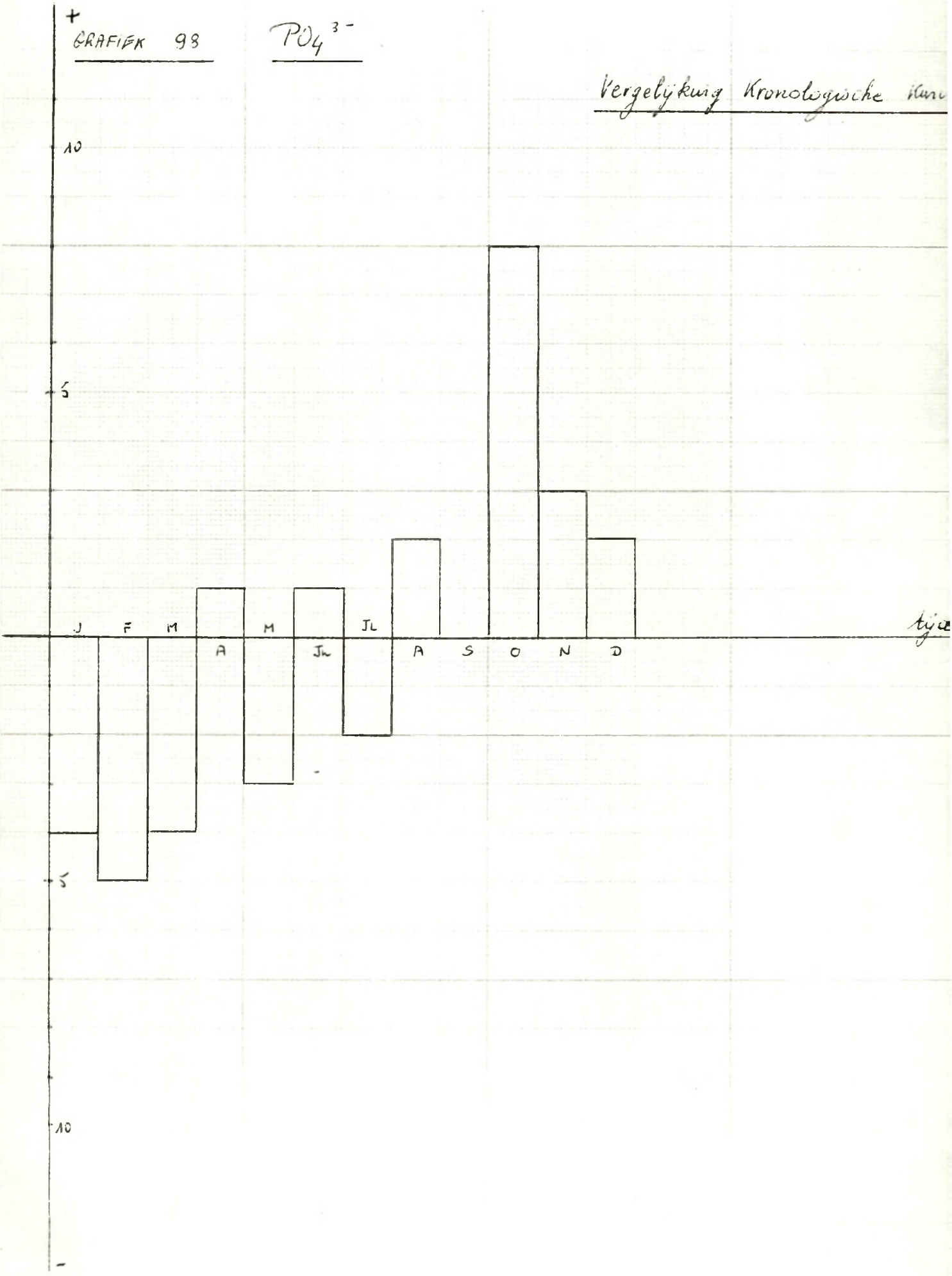
Ook hier stellen we voor Oostende hetzelfde vast : de koncentratie is van 1971 naar 1973-74 meer dan verdubbeld van 2,08 mg/l tot 4,5 mg/l.

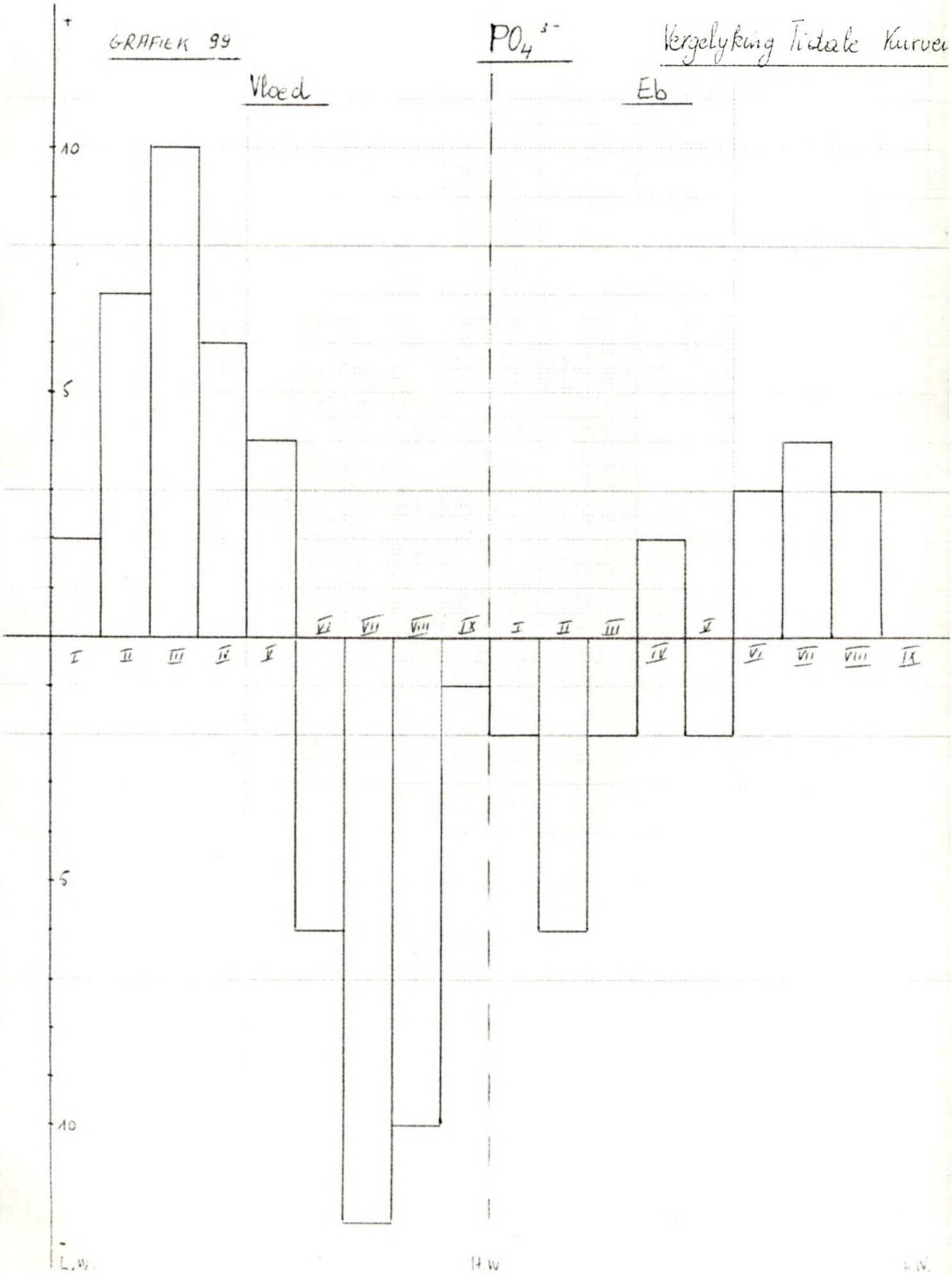
B. Kronologisch op basis van de totale kronologische gemiddelden (tabel 52).

Uit grafiek 98 blijkt dat globaal gezien de fosfaationenkoncentratie minimaal was in de eerste helft van het jaar en maximaal in de tweede helft.

GRAFIEK 98 $PO_4^{3-}$

Vergelijking Kronologische Kurve




GRAFIEK 99
$PO_4^{3-}$
Vergelyking Tidale Kurven
Vloed
Eb
+
10
5
5
10
-
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
L.W.
H.W
L.W.

Toch hangt de kronologische evolutie per jaar waarschijnlijk zeer sterk af van de getijdenvolumes en de neerslaghoeveelheden en kan ze dus zeer wisselend zijn.

C. Tidaal, gebaseerd op de globale tidale gemiddelden weergegeven in tabel 53.

In grafiek 99 komt zeer duidelijk tot uiting dat de fosfaten de hoogste waarden bereiken bij laagwater en minimaal zijn bij hoogwater. Dit zou vooral te wijten zijn aan de verhoudingen zoet/zeewater.

§ 5. Besluit.

1. Het kronologisch verloop van de fosfaatkoncentraties is zeer wisselvallig en in sterke mate afhankelijk van het getijvolume en de neerslaghoeveelheden. Het verloop op de verschillende niveaus is ongeveer gelijk. De grootste niveauverschillen komen voor op momenten dat de totale kronologische gemiddelden een maximum kennen.

2. Tijdens de getijden vertonen de fosfaatgehaltes in de oppervlaktelagen en de bodemlagen een verschillend verloop :

Aan de bodem varieert het fosfaatgehalte regelmatig met het opkomend en afgaand getij, tijdens hetwelk het respektievelijk daalt en stijgt.

Aan de oppervlakte is het verloop waarschijnlijk vooral bepaald door de hoeveelheid afgevoerd landwater en het getijvolume.

3. Algemeen daalt het fosfaatgehalte met de diepte.

4. Uit een vergelijking van de verschillende estuaria tijdens de verschillende herborisatiejaren blijkt dat de gehaltes in Oostende tot de hoogste behoren, terwijl de koncentraties nog toenemen met de jaren. In Oostende zijn de koncentraties verdubbeld tot verdrievoudigd op anderhalfjaar tijd.

5. Het fosfaatgehalte ligt tijdens de vloedherborisaties hoger dan tijdens de ebherborisaties, waarschijnlijk omdat tijdens het opkomend water het draineringswater opgeduwd wordt tot aan de plaats van staalname.

# Hoofdstuk VII. Silikaten.

## § 1. Bepalingsmethode.

Het siliciumgehalte werd bepaald met de Technicon Auto-Analyzer.

## § 2. Betekenis van Silicium.

Alhoewel $SiO_2$ tot 60 % uitmaakt van gesteenten en de aardbodem, kan het in zeemilieu onvoldoende voorkomen, vooral wegens zijn moeizame oplosbaarheid (1).

Silicium komt in water voor als $SiO_2$, in echte oplossing als ongedissocieerd **siliciumzuur**, als orthosilicaat-ion $HnSiO_4^{(4-n)-}$, als kompleks silicaation, als kolloidaal Si en in seston-partikels (2).

Het meeste silicium in oplossing komt voor als $Si(OH)_4$ (orthosiliciumzuur) dat slechts zeer weinig zou geïoniseerd zijn (5 % bij pH 8,2) (1).

Silicium speelt als bouwelement voor de skeletten van vele planktonorganismen een belangrijke rol (diatomeae, silicoflagellatae, enz...). Daar bij optredend tekort aan silicium zoals ook voor fosfor en stikstof, de gezamelijke biologische produktie wordt beïnvloed, worden deze drie elementen als "minimumstoffen" aangeduid (3).

Atkins en Cooper (1933), Armstrong (1954) stelden in het kanaal een seizoenscyclus vast met zeer wisselvallig karakter, toch met een minimum in de lente en een maximum in de winter (4).

Het minimum in de lente is te wijten aan de opname van het silicium door de diatomeën bij de opbouw van hun schalen (4). De kronologische variatie voor een bepaalde plaats zou voor silikaten en fosfaten ongeveer gelijk zijn (5). Diatomeën, vooral planktonische soorten kunnen Si gebruiken in zeer

---

(1) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972. (p. 101).

(2) HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 788).

(3) FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 77).

(4) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967 (p.180).

(5) FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 81).

lage koncentraties (1).

Lund (1954) stelde vast dat Asterionella en Tabellaria worden gelimiteerd in hun ontwikkeling bij koncentraties lager dan 0,5 mg $SiO_2$/l (1).

Chu (1942) meldt dat Nitzschia palea en N. acicularis het best zouden ontwikkelen bij een siliciumkoncentratie van 30 mg $SiO_2$/l. Deze koncentratie zou echter schadelijk zijn voor groene algen en Asterionella (1).

Het staat vast dat $SiO_2$ sneller wordt geregenereerd dan andere nutrienten, zodat in éénzelfde jaar de dode diatomee-schalen zouden oplossen en het vrijgekomen $SiO_2$ opnieuw zou gebruikt worden (2).

Proeven met Ditylum hebben aangetoond dat bij, door een temperatuursverhoging, gedode eksemplaren die bewaard werden bij een pH 8,2 op twee maanden tijd 50 % van het silicium was opgelost (3). Toch gaat niet alle silicium opnieuw in oplossing, vermits ook diatomeeën-aarde er bevat (3).

Cooper (1952) merkt op dat bepaalde diatomeeën siliciumskeletten hebben die zeer weerstandig zijn aan oplossing, maar eens de schalen beschadigd, zoals na doorgang door het spijsverteringskanaal der dieren, schijnt het skelet beter oplosbaar (4).

Het verlies aan silikaten, door dit onvolledig terug in oplossing gaan, wordt gekompenseerd door de rivieraanvoer rijk aan silicium (5). Volgens Armstrong en Atkins wordt het opgeloste Si dat door de diatomeeën wordt opgevangen, gedeeltelijk vervangen door oplossing van gesuspendeerde silikaatverbindingen (6).

---

(1) In HUTCHINSON, G.E. A Treatise on Limnology. 1957. (p. 797).

(2) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967.(p. 180).

(3) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972. (p. 101).

(4) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967.(p.182).

(5) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972. (p. 102).

(6) FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 84).

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele waarnemingen werden weergegeven in tabellen 54 t.e.m. 56.

A. Kronologische variatie.

In grafiek 100 is de kronologische variatie van de totale kronologische gemiddelden aangegeven.

Het is duidelijk dat noch in 1971, noch in 1973-74, waar de vloed- en ebherborisaties met tussenpozen van 14 dagen gebeurden, het kronologisch verloop tijdens vloed en eb hetzelfde is. Vooral tijdens de ebherborisaties in 1973-74 is het kronologisch verloop zeer wisselvallig.

Worden alleen de vloedherborisaties van 1971 en 1973-74 beschouwd, dan zou kunnen worden besloten dat de $SiO_2$-koncentraties minimaal zijn begin van de lente (maart) en einde zomer (augustus), terwijl de hoogste waarden worden waargenomen in de wintermaanden (1973-74). Dit zou overeenkomen met de seizoencyclus zoals aangegeven in de litteratuur.

Toch is deze seizoencyclus niet erg regelmatig, zeker niet tijdens de ebherborisaties, maar er moet hier ook rekening worden gehouden met een hele reeks faktoren die de Si-inhoud van de watermassa bepalen, als daar zijn de fytoplankton-ontwikkeling, de neerslag en landdrainering, de windkracht, de waterbewegingen, de turbulentie.

In tabel LIX zijn de maximale en minimale M.C.T.-waarden en het verschil tussen beide voor de vloed- en ebherborisaties van 1971 en 1973-74 aangegeven.

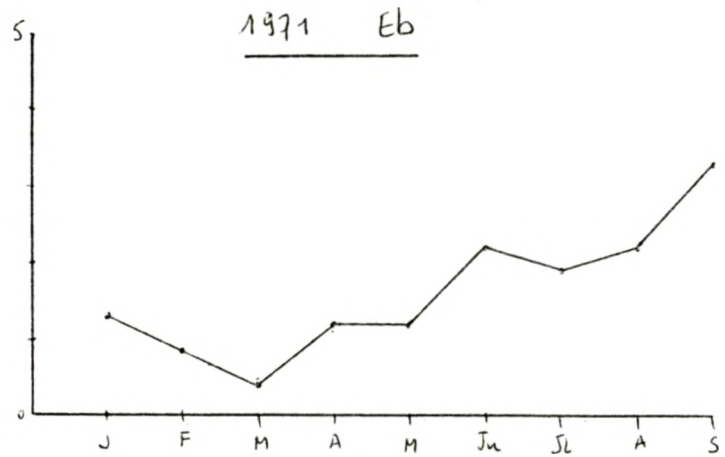
TABEL LIX - Oostende-vaargeul $SiO_2$ (mg/l) M.C.T.-waarden

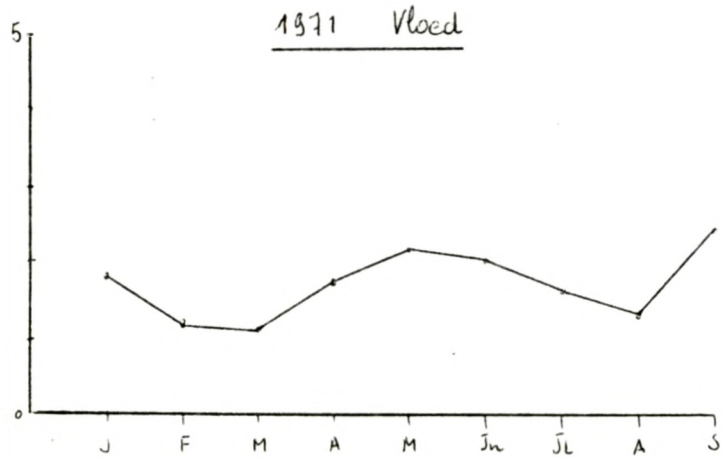
| 1971-74 | 1971 | | | 1973-74 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Vloed | 2,44 (sep) | 1,11 (mt) | 1,33 | 10,46 (jan) | 2,17 (mt) | 8,29 |
| Eb | 3,28 (sep) | 0,42 (mt) | 2,86 | 5,98 (mt 74) | 0,57 (mt 73) | 5,41 |

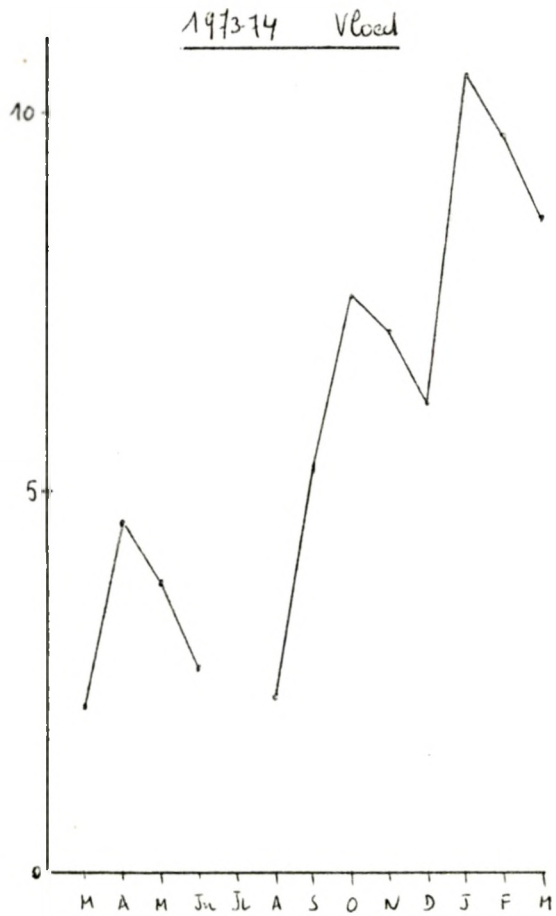
Hieruit blijkt dat de maximale, zowel als de minimale totale kronologische gemiddelden hoger lagen in 1973-74 dan in 1971. In 1971 kwam de

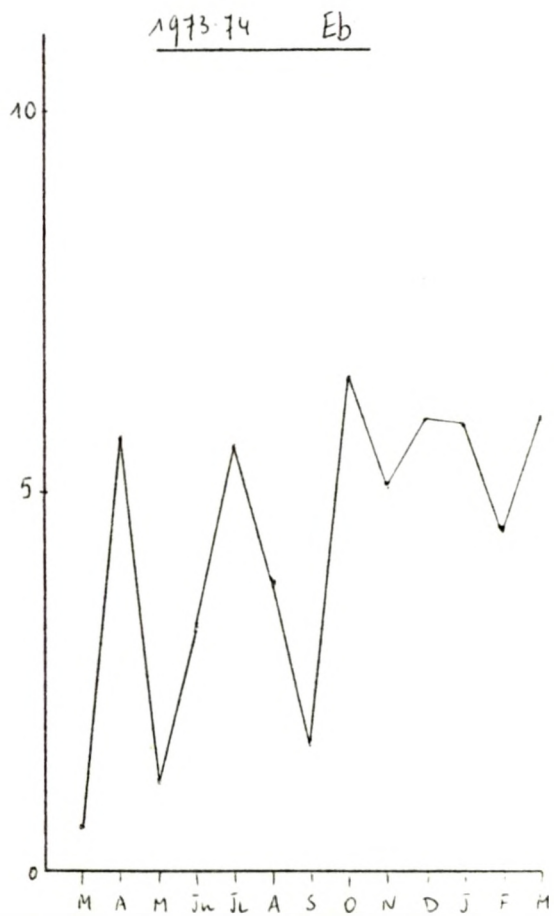
GRAFIEK 100 Oostende - Vaargeut $SiO_2$ mg/l Kronologische Variatie

M.C.T. Waardeu



grootste kronologische variatie voor tijdens de ebherborisaties, in 1973-74 was ze het grootst tijdens de vloedherborisaties.

Het is dus een feit dat de kronologische variatie van het silicaatgehalte niet hetzelfde is gedurende alle jaren. Dit wordt zeer duidelijk geïllustreerd door het feit dat het silicaatgehalte in maart 1973 maximaal was en in maart 1974 minimaal.

B. Tidale variatie.

In grafiek 101 is het tidale verloop op basis van de globale tidale gemiddelden aangegeven. Hieruit blijkt zeer duidelijk dat de silikaatgehaltes het hoogst zijn bij laagwater, dus dalen bij opkomend water en stijgen tijdens de eb.

Onregelmatigheden kunnen zich voordoen tijdens het snelle op- of afstromen van het water, waarschijnlijk als er door grote turbulentie veel $SiO_2$ wordt opgewoeld.

Voor 1971 moet moment I van de vloed en moment IX van de eb buiten beschouwing worden gelaten omdat de gemiddelden voor die momenten op een kleiner aantal waarnemingen berusten.

In tabel LX zijn dan de maximale en minimale M.T.G.-waarden en de speling tussen beide aangegeven.

TABEL LX - Oostende-vaargeul $SiO_2$ (mg/l) M.T.G.-waarden

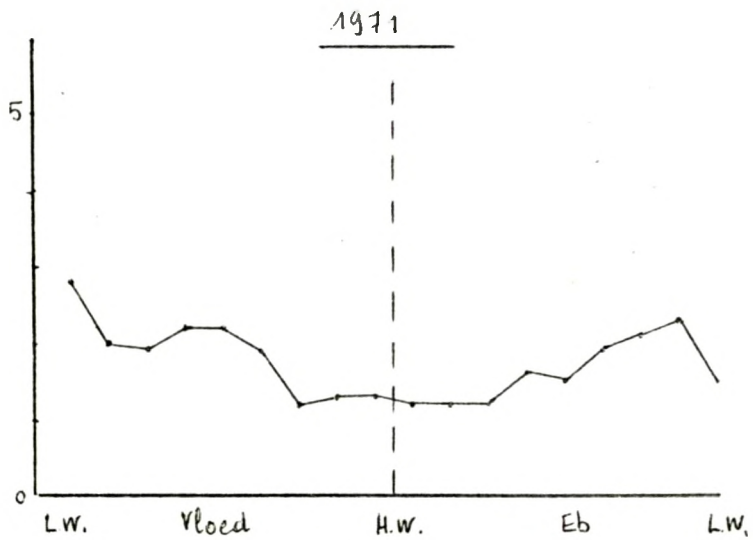
| 1971-74 | 1971 | | | 1973-74 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Vloed | 2,20 (V) | 1,21 (VII) | 0,99 | 7,44 (I) | 5,00 (V) | 2,44 |
| Eb | 2,31 (VIII) | 1,18 (II) | 1,13 | 4,85 (VI) | 3,79 (II) | 1,06 |

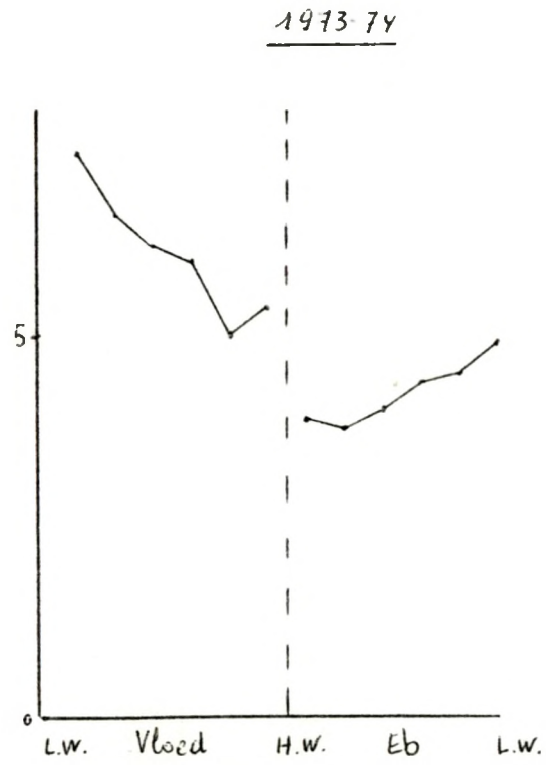
Romeinse cijfers = momenten van staalname.

Ook hieruit blijkt dat het silikaatgehalte in 1973-74 hoger was en ook hier is in 1971 de variatie tijdens de eb groter dan tijdens de vloed en in 1973-74 groter tijdens de vloed dan tijdens de eb.

GRAFIEK 101 : Oostende-Vaargeul  S. $O_2$ - mg/l  Tidale Variatie

M.T.6 - Waarden



C. Stratifikatie.

Alleen oppervlakte- en bodemniveau werden in beschouwing genomen.

a. Kronologisch.

In grafiek 102 werd op basis van de gemiddelde kronologische niveauwaarden (M.C.-waarden) de kronologische variatie aan oppervlakte en bodem tijdens de vloed- en ebherborisaties in 1971 en 1973-74 aangegeven.

Globaal gezien is het verloop op beide niveaus identiek, met dien verstande dat de silikaatkoncentraties in de oppervlaktelagen steeds hoger waren dan in het bodemwater.

TABEL LXI - Oostende-vaargeul $SiO_2$ (mg/l) M.C.-waarden

| 1971 | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Vloed | 3,15 (mei) | 1,73 (mt) | 1,42 | 2,40 (sep) | 0,81 (mt) | 1,59 |
| Eb | 3,54 (sep) | 0,41 (mt) | 3,13 | 3,15 (sep) | 0,41 (mt) | 2,74 |
| 1973-74 | | | | | | |
| Vloed | 16,78 (j) | 3,19 (sep) | 13,59 | 5,88 (nov) | 1,16 (mt) | 4,72 |
| Eb | 9,13 (o) | 0,72 (mt) | 8,41 | 4,86 (mt 74) | 0,50 (mt 73) | 3,70 |

In tabel LXI zijn de maximale en minimale M.C.-waarden, alsook de speling tussen beide aangegeven.

Hieruit blijkt het volgende :

1° Zowel tijdens vloed- als ebherborisatie aan oppervlak en bodem waren de maximale en minimale waarden hoger tijdens 1973-74 dan tijdens 1971. Er moet hier wel worden op gewezen dat in 1971 slechts gedurende negen maanden werd geherboriseerd.

2° Zowel aan oppervlak als aan bodem was de kronologische variatie in 1971 groter tijdens de eb dan tijdens de vloed. In 1973-74 werd de grootste kronologische variatie aangetroffen tijdens de vloed.

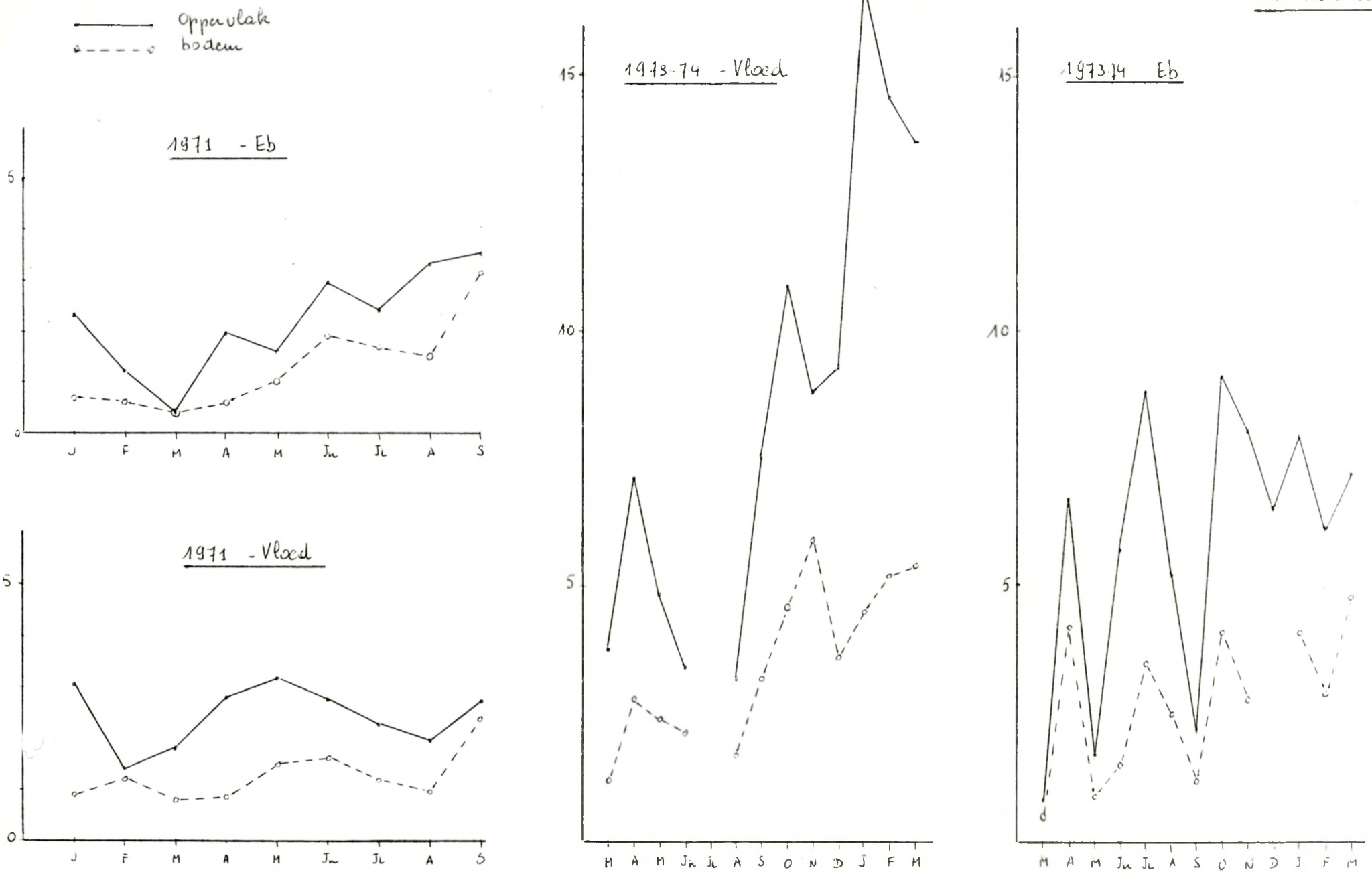
3° Met uitzondering van de vloedherborisaties in 1971, was de silikaatvariatie steeds groter aan de oppervlakte.

GRAFIEK 102 Oostende-Vaargeul

$SiO_2$ mg/l

Vertikale Variatie Kronologisch

M.C. Waarden



b. Tidaal.

In grafiek 103 werd de tidale silikaat-variatie in 1971 en 1973-74 op basis van de gemiddelde tidale niveauwaarden weergegeven.

Steeds is de bodemkoncentratie lager dan de oppervlaktekoncentratie. Het blijkt dat er in het bodemwater een duidelijke en geleidelijke afname van het silikaatgehalte optreedt tijdens het opkomend water en een toename tijdens de eb.

De koncentratie in het oppervlaktewater vertoont een minder duidelijk verloop.

In tabel LXII werden de maximale en minimale M.T.-waarden en de speling tussen beide aangegeven.

TABEL LXII Oostende-vaargeul $SiO_2$ (mg/l) M.T.-waarden

| 1971 | Oppervlakte | | | Bodem | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum | minimum | ≠ | Maximum | minimum | ≠ |
| Vloed | 2,88 (IV) | 1,89 (VII) | 0,99 | 1,85 (II) | 0,72 (VII) | 1,13 |
| Eb | 2,65 (VIII) | 1,80 (II) | 0,85 | 1,98 (VIII) | 0,84 (II) | 1,14 |
| 1973-74 | | | | | | |
| Vloed | 9,15 (I) | 8,09 (V) | 1,06 | 5,54 (I) | 2,88 (V) | 2,66 |
| Eb | 6,53 (I) | 5,18 (II) | 1,35 | 4,01 (VI) | 1,83 (I) | 2,18 |

Met uitzondering van de maximale M.T.-waarden aan het oppervlak tijdens de eb, komen alle maxima voor tijdens het eerste deel van de vloed en het tweede deel van de eb, dus tegen laagwater, en dit zowel voor het oppervlakte- als voor de bodemkoncentraties.

In grafiek 104 werd de variatie van het silikaatgehalte aan oppervlak en bodem tijdens een maximaal en minimaal getij in 1971 en 1973-74 aangegeven.

Hieruit blijkt dat het silikaatgehalte tijdens de getijden zeer verschillend kan evolueren.

De variatie aan de bodem is altijd veel regelmatiger dan aan de oppervlakte, ze gaat van hogere waarden bij laagwater naar lagere waarden bij

GRAFIEK 103 Oostende - Vaargeul

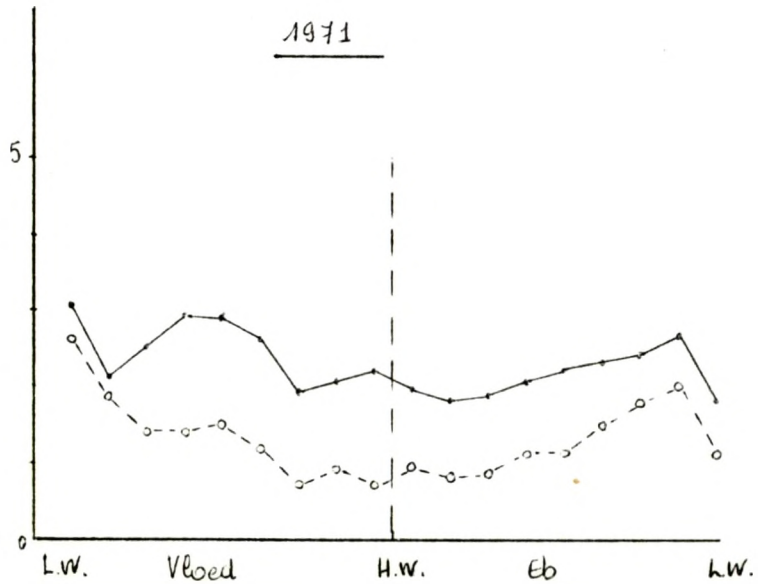
$SiO_2$ mg/l

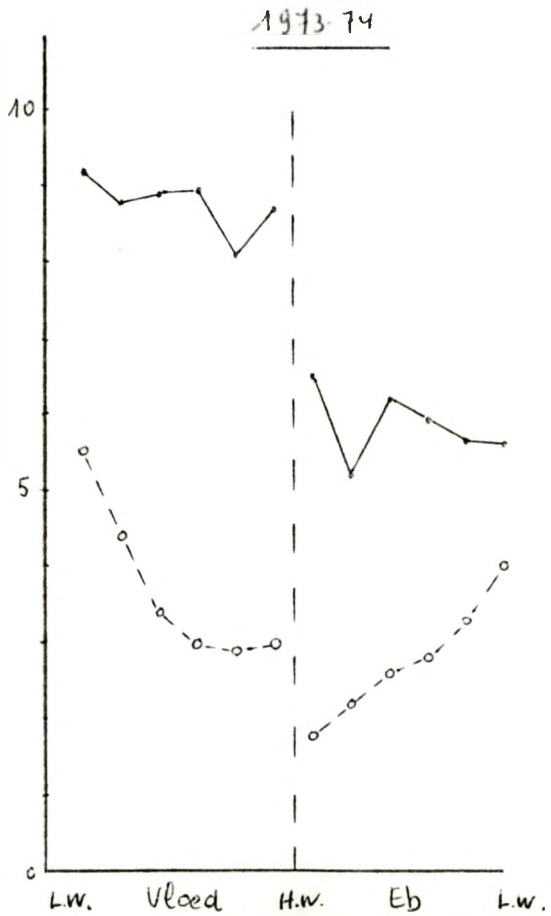
Vertikale Variatie Tidaal

M.T. - Waarden

Oppervlak

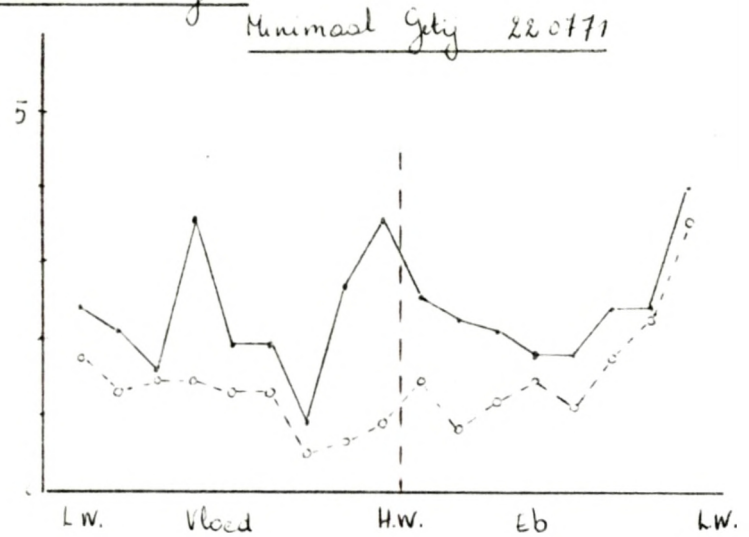
Bodem

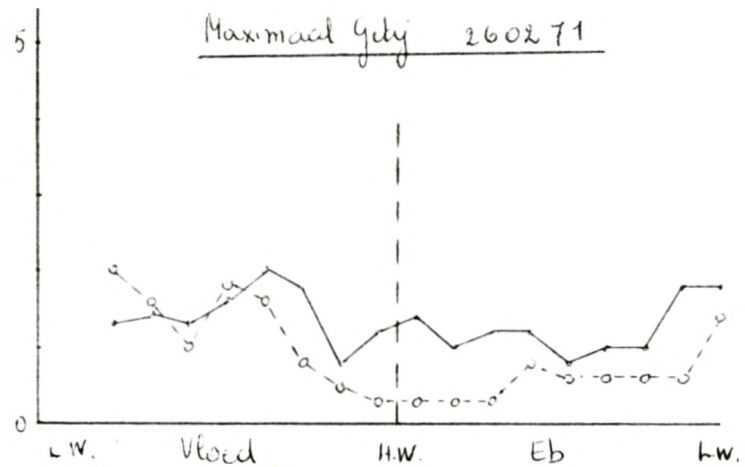


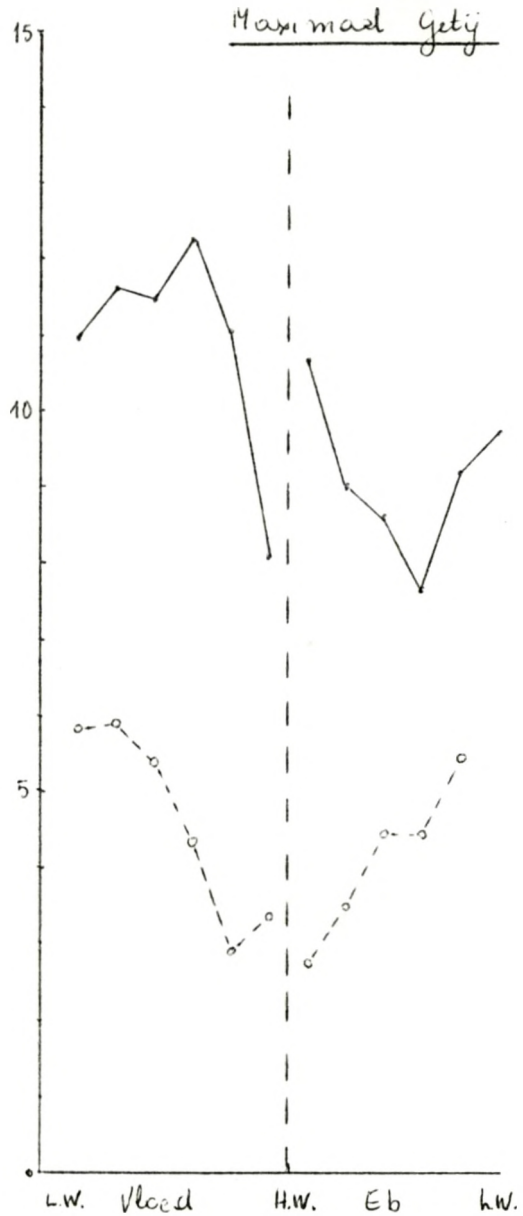



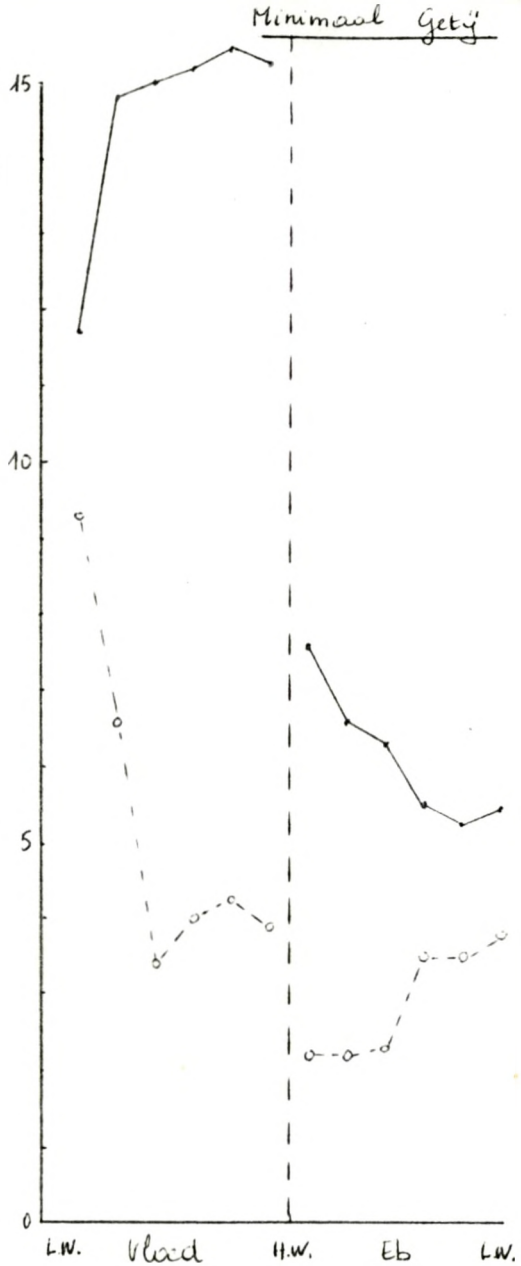
GRAFIEK 104 $SiO_2$-mg/l Tidale Variatie

Oostende. Vaargeul




——— oppervlak

- - - - o bodem

271013 131073 160274 020274

hoogwater. Op de beschouwde data blijkt de variatie van de bodemkoncentraties zelfs groter te zijn tijdens de minimale getijden dan tijdens de maximale getijden.

Globaal gezien schijnt er een grote overeenkomst te zijn tussen de vertikale tidale variatie van fosfaten en silikaten (zie grafieken 93, 94, 96 en 97). Op pagina 228 werd reeds gewezen op de mogelijke invloed van de neerslag en het getijdenvolume op de fosfaatkoncentraties, hetzelfde kan hier nog eens worden herhaald voor de silikaatgehaltes.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

| TABEL LXIII | $SiO_2$ (mg/l) | F.I.-waarden |
|---|---|---|
| Oostende | 1973-74 | 5,91 |
| Blankenberge | 1974-75 | 5,32 |
| Nieuwpoort | 1974-75 | 3,59 |
| Nieuwpoort | 1973-74 | 3,10 |
| Oostende | 1971 | 1,71 |

Uit tabel LXIII waar de F.I.-waarden van $SiO_2$ tijdens de vloedherborisaties zijn aangegeven blijkt :

1° Het silikaatgehalte ligt gemiddeld het hoogst in Oostende 1973-74. Het is van 1971 tot 1973-74 meer dan verdrievoudigd.

2° In Nieuwpoort is het gehalte op één jaar tijd slechts weinig toegenomen.

3° Te Nieuwpoort blijkt het silikaatgehalte merkelijk lager te liggen dan in Oostende (1973-74) en dan in Blankenberge (1974-75).

B. Kronologisch.

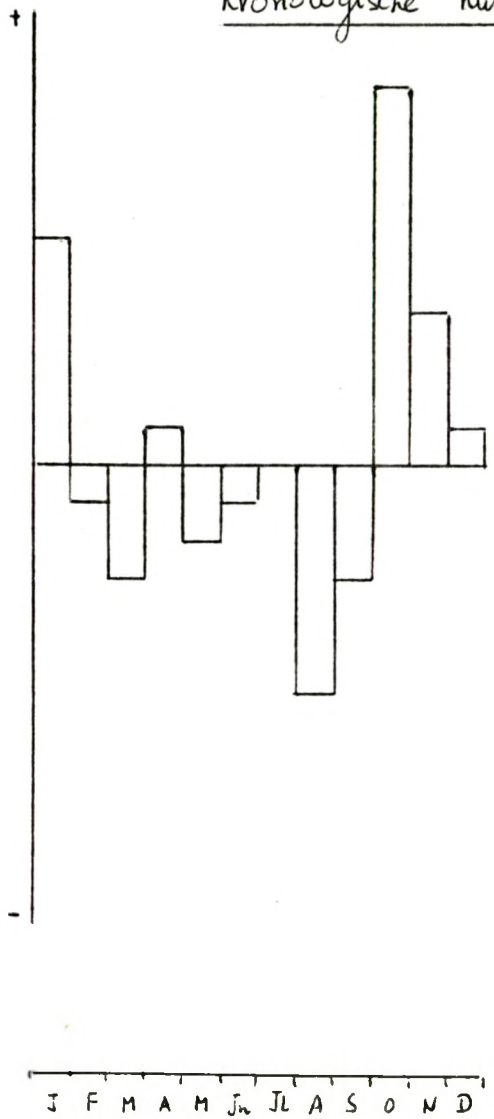
Op basis van de M.C.T.-waarden zoals aangegeven in tabel 57. De vergelijking van de totale kronologische gemiddelden is grafisch aangegeven in grafiek 105.

GRAFIEK 105

$SiO_2$

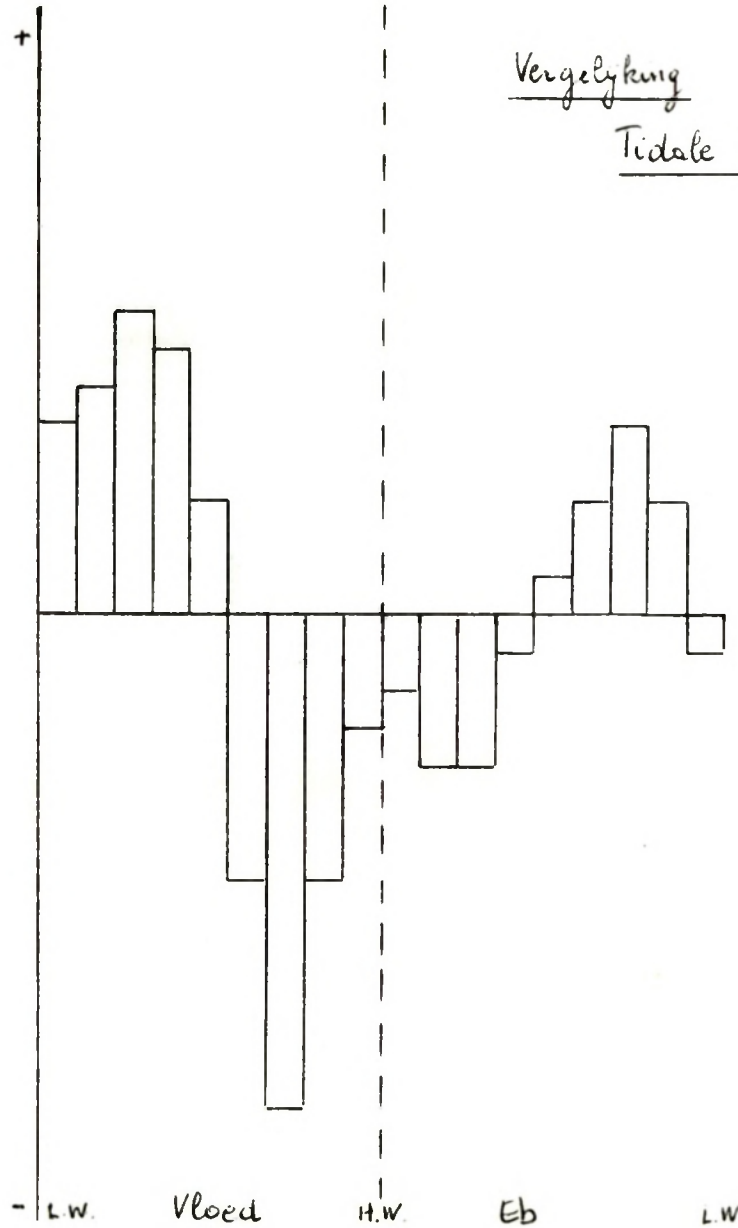
Vergelijking

Kronologische Kurven




Vergelijking

Tidale Kurven



Hieruit blijkt dat het silikaatgehalte het hoogst is van oktober tot januari, dus in herfst en winter.

C. Tidaal.

Op basis van de M.T.G.-waarden zoals aangegeven in tabel 58. De vergelijking van de globale tidale gemiddelden werd weergegeven in grafiek 105.

Globaal gezien blijken de grootste koncentraties van silikaten voor te komen tijdens de eerste helft van de vloed en de tweede helft van de eb.

§ 5. Besluit.

1° Alhoewel de seizoencyclus van silikaten zeer wisselvallig is kan algemeen toch worden gezegd dat het maximum aan $SiO_2$ voorkomt in de herfst- en wintermaanden. Het silikaatgehalte aan de bodem en oppervlakte evolueert ongeveer gelijk. Er is een stratifikatie in die zin dat de hoogste waarden voorkomen aan de oppervlakte.

2° Tidaal vertoont het silikaatgehalte een verloop dat zeer gelijkend is aan dat van de fosfaten, nl. hoge waarden bij laagwater, lage waarden bij hoogwater. Ook de tidale variatie aan oppervlakte en bodem is hier, zoals bij de fosfaten, enigszins verschillend. Aan de bodem is er een regelmatige overgang van hoge waarden bij laagwater naar lage waarden bij hoogwater, terwijl het verloop aan de oppervlakte meer wisselvallig is. De stratifikatie is ook tidaal duidelijk : hogere waarden aan de oppervlakte.

3° Bij vergelijking van de verschillende estuaria blijkt dat het silikaatgehalte in Oostende 1973-74 meer dan drie maal hoger ligt dan in 1971. Het is dan het hoogst van alle onderzochte estuaria.

4° Bij vergelijking van de F.I.-waarden tijdens vloed- en ebherborisaties in Oostende blijkt dat zowel in 1971 als in 1973-74 het gemiddelde silikaatgehalte hoger was tijdens de vloed dan tijdens de eb. Dit werd ook vastgesteld voor het fosfaatgehalte.

# Hoofdstuk VIII. Yzer.

## § 1. Bepalingsmethode.

Kolorimetrisch met Neo-comparator Hellige, voorzien van een standaardschijf 3060/50. Er wordt ongefiltreerd water gebruikt zodat zowel opgelost ijzer als ijzer in suspensie wordt bepaald. Zowel $Fe^{++}$ als $Fe^{+++}$ -ionen worden gedoseerd.

## § 2. Betekenis van Yzer.

In zee komt ijzer praktisch uitsluitend voor als $Fe(OH)_3$ en dit laatste is zeer onoplosbaar zodat het grotendeels voorkomt onder de vorm van kolloïdale partikels. Ook kleine hoeveelheden ferri-sulfaat kunnen voorkomen (1).

In de natuur wordt ijzer aangetroffen als ferro- ($Fe^{++}$) en ferri- ($Fe^{+++}$) -ionen. $Fe^{++}$ is oplosbaar in water onder anaerobe omstandigheden. In aanwezigheid van zuurstof is $Fe^{+++}$ aanwezig als een kolloïdaal komplex in kombinatie met andere anorganische ionen en eenvoudige dekompositieprodukten. Bij uitputting van zuurstof, als resultaat van de organische dekompositie waarbij ook organische komponenten worden gevormd die $Fe^{+++}$ reduceren, wordt $Fe^{+++}$ gereduceerd tot $Fe^{++}$ hetgeen dikwijls gepaard gaat met een stijging van het silikaat-, fosfaat-, bicarbonaat- en ijzergehalte (2).

Volgens Damas (1964) zal ijzer zich boven pH 7,5 niet in oplossing bevinden onder de vorm van zouten, maar zal het uitvlokken als $Fe(OH)_3$ (3).

Alhoewel zowel de maximum- als minimum-hoeveelheden ijzer klein zijn, zodat ze geen effekt hebben op de saliniteit, toch kunnen de variaties van de koncentraties van groot belang zijn vanuit biologisch standpunt (4).

Yzer maakt deel uit van het cytochroom-systeem en in de planten komt het voor als een deel van de chlorofylmolekule (1).

---

(1) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967.(p. 176).

(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 193).

(3) In DUSSART, B. Limnologie. 1966. (p. 99).

(4) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967.(p. 56).

Het is ook belangrijk door zijn aandeel in de vele chemische reakties in water (1).

Volgens Harvey (1955) maken fytoplanktoncellen gebruik van de kolloïdale $Fe(OH)_3$ partikels die eerst door adsorptie zouden vastzitten op de celwanden. Hoe het ijzer in de cellen geraakt is twijfelachtig. Bij diatomeae zou er een langzame oplossing van de partikels gebeuren. Alhoewel slechts kleine hoeveelheden kolloïdaal $Fe(OH)_3$ nodig zijn voor een goede ontwikkeling van kiezelalgen zou de ijzer-koncentratie op bepaalde momenten toch limiterend kunnen zijn (2).

In zee komt ijzer voor als spore-element met koncentraties van minder dan 0,001 tot maximaal 0,050 mg/l (3).

Cooper (1935) bepaalde dat de totale hoeveelheid ijzer in de Noordzee varieert van 0,004 tot 0,025 mg/l (4).

Armstrong (1957) stelde vast dat het water bij Plymouth tot 0,2 mg/l ijzer bevatte, terwijl verder van de kust weg de gemiddelde ijzerwaarde van de waterkolom zelden meer dan 0,070 mg/l bedroeg (4).

Armstrong bevestigt de bevindingen van Cooper betreffende een uitgesproken seizoenvariatie van ijzer. De ijzerkoncentratie-vermindering gebeurt na de voornaamste lentegroei van de diatomeae (4).

Thompson en Brenner (1935) vonden een maximum van ongeveer 0,1 mg/l in Friday Harbour. In maart gebeurde er een daling van het ijzergehalte tot 0,026 mg/l en verder bleven de koncentraties laag tot in september (4).

Einsele (1938) heeft de belangrijke rol van ijzer aangetoond in de cyclus van de fosfaten. Het onoplosbaar $Fe_2(SO_4)_3$ wordt in reductiemidden getransformeerd in fosfaten en oplosbare ijzerzouten (5).

---

(1) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 193).

(2) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 178).

(3) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 176).

(4) In RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 176).

(5) In DUSSART, B. Limnologie. 1966. (p. 100).

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens zijn vermeld in tabellen 59 en 60. Het ijzergehalte werd in Oostende alleen tijdens de prospektieherborisatie en tijdens 1971 bepaald.

A. Kronologische variatie.

In grafiek 106 werd het kronologisch verloop op basis van de totale kronologische gemiddelden (M.C.T.-waarden) aangegeven voor de vloed- en de ebherborisaties in 1971.

Het is duidelijk dat het kronologisch verloop tijdens de vloed en eb gelijk is, de twee herborisaties gebeurden dan ook op dezelfde dag.

Globaal gezien is het ijzergehalte duidelijk lager van februari tot maart, ook in juli is de daling uitgesproken. Dit kronologisch verloop is waarschijnlijk hoofdzakelijk bepaald door de fytoplankton-ontwikkeling en de neerslaghoeveelheid. Zo komt bv. de lage waarde van het ijzergehalte in juli overeen met de zeer lage neerslagwaarden in juli (zie grafiek 19).

De waarden van het ijzergehalte die in de vaargeul te Oostende tijdens 1971 werden opgetekend liggen merkelijk hoger dan de waarden die in de litteratuur worden aangegeven (zie pagina 248).

De maximale kronologische variatie (M.C.T.-waarden) bedroeg tijdens de vloedherborisaties in Oostende 1971 : 0,510 mg/l en voor de ebherborisaties 0,445 mg/l. Uit tabel 60 blijkt dus dat zowel de gemiddelde ijzerwaarde als de kronologische variatie ervan groter waren tijdens de vloedherborisaties dan tijdens de ebherborisaties.

B. Tidale variatie.

In grafiek 107 is de tidale variatie op basis van de globale tidale gemiddelden (M.T.G.-waarden) aangegeven.

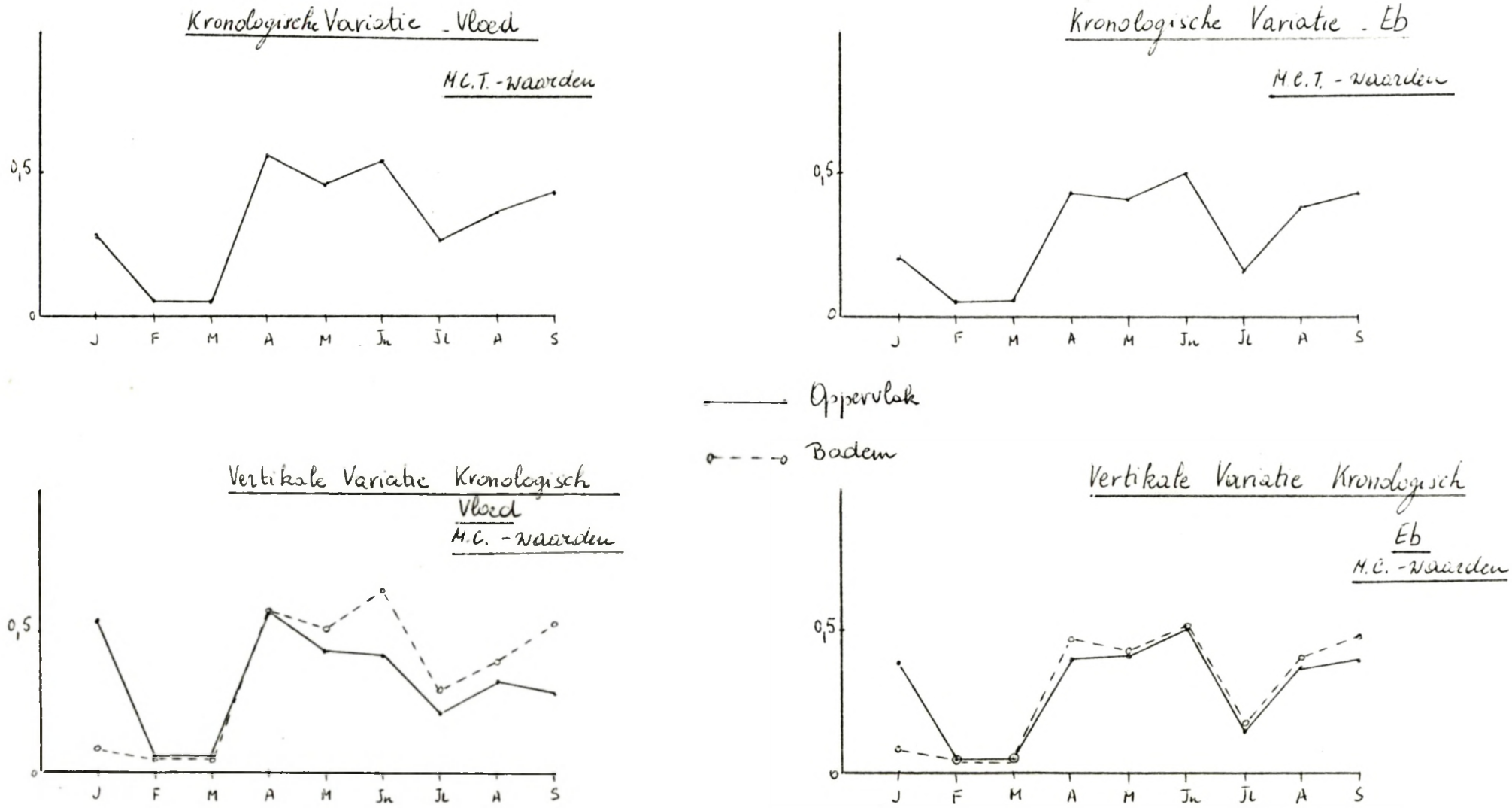
Het blijkt dat het tidale verloop tijdens het grootste gedeelte van de vloed en van de eb slechts zeer minieme variaties kent, enkel op moment VI, VII en VIII van de vloed en op moment VIII van de eb liggen de gemiddelde ijzerwaarden hoger.

Tijdens de vloed blijken zowel de maximale als de minimale M.T.G.-waarden hoger te liggen dan tijdens de eb, toch is het verschil tussen beide

GRAFIEK 106

# Totaal Fe mg/l

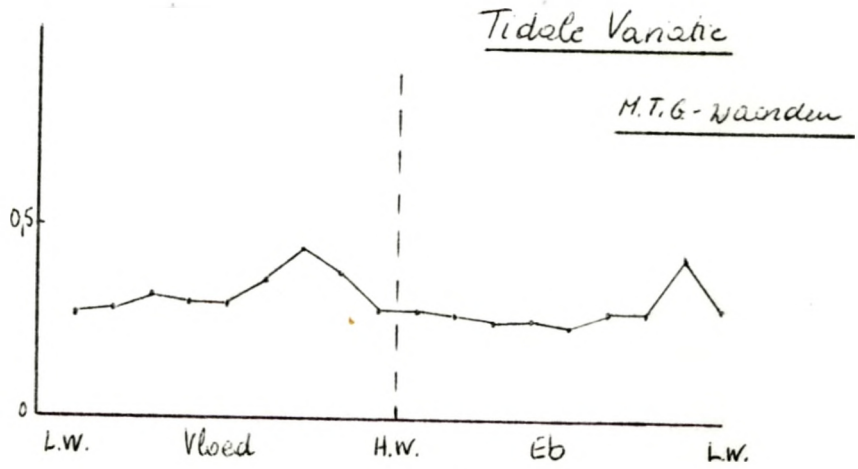
Oostende - Vaargeul 1971

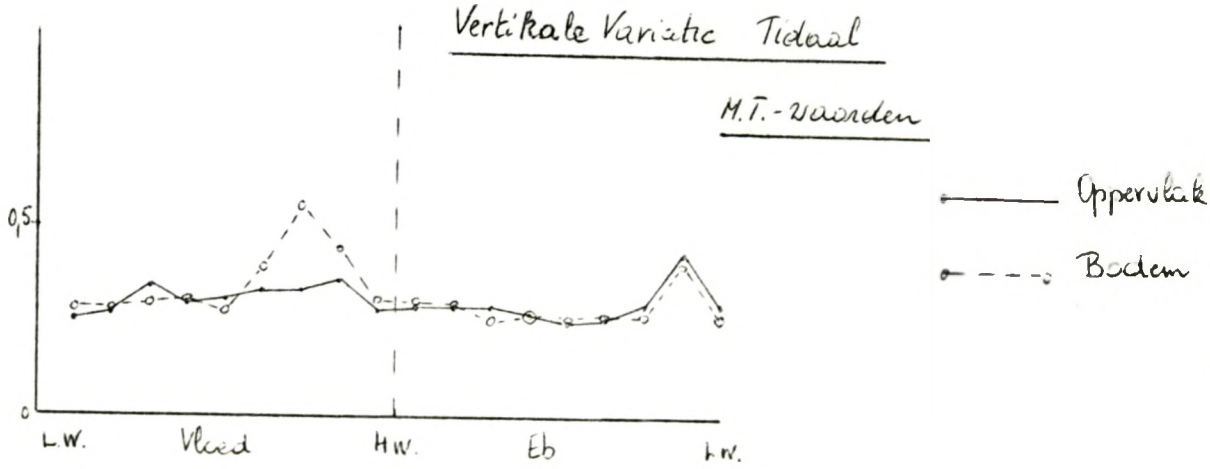


GRAFIEK 107

Totaal Fe mg/l

Oostende-Vaargeul 1971



groter tijdens de eb (0,180 mg/l) dan tijdens de vloed (0,160 mg/l).

C. Stratifikatie.

a. Kronologisch.

In grafiek 106 is het kronologisch verloop van het ijzergehalte aan oppervlakte en bodem aangegeven (M.C.-waarden).

Zowel tijdens de vloed- als tijdens de ebherborisaties blijkt de ijzerkoncentratie van januari tot maart lager (of gelijk) te zijn aan de bodem dan aan de oppervlakte.

Van april tot september is de bodemkoncentratie hoger dan de oppervlaktekoncentratie.

Zowel tijdens de vloed- als tijdens de ebherborisaties is de kronologische variatie van het ijzergehalte groter aan de bodem, dan aan de oppervlakte. De grootste kronologische speling trad op tijdens de vloed aan de bodem (0,593 mg/l), de kleinste tijdens de eb aan het oppervlak (0,453 mg/l).

Het grootste verschil tussen oppervlakte en bodemkoncentraties kwam voor in januari waar de bodemkoncentratie tijdens vloed- en ebherborisaties respektievelijk 0,432 en 0,299 mg/l lager was dan de oppervlaktekoncentratie.

b. Tidaal.

In grafiek 107 werd het tidale verloop op basis van de M.T.-waarden aangegeven.

Uit de grafiek blijkt dat er geen duidelijke stratifikatie is van het ijzergehalte tijdens de getijden op uitzondering van de tweede helft van de vloed waar de bodemkoncentratie hoger is dan de oppervlaktekoncentratie.

De grootste tidale variatie komt voor tijdens de vloed aan de bodem (0,276 mg/l), de kleinste tijdens de vloed aan het oppervlak (0,095 mg/l). Tijdens de eb is de tidale variatie aan oppervlakte en bodem slechts weinig verschillend : respektievelijk 0,180 en 0,149 mg/l.

De stijging van de M.T.G.-waarden tijdens momenten VI, VII en VIII van de vloed schijnt dus in hoofdzaak bepaald te zijn door de stijging van de ijzerkoncentratie in het bodemwater. De stijging van de M.T.G.-waarden op moment VIII van de eb schijnt te wijten aan een stijging van de ijzerkoncen-

tratie zowel in de oppervlakte- als de bodemwaters.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

In vergelijking met de andere estuaria is het totale ijzergehalte in Oostende laag, vooral in vergelijking met Nieuwpoort waar een grotere aanvoer van draineringswater gebeurt.

Degressief ziet de klassifikatie van de estuaria er als volgt uit :

| TABEL LXIV | Yzergehalte (mg/l) | F.I.-waarden |
|---|---|---|
| Nieuwpoort | 1973-74 | 0,540 |
| Nieuwpoort | 1974-75 | 0,470 |
| Blankenberge | 1974-75 | 0,400 |
| Oostende | 1971 | 0,335 |

In Oostende zelf is het gemiddelde ijzergehalte lager tijdens de eb dan tijdens de vloed, respektievelijke F.I.-waarden : 0,280 en 0,335 mg/l.

B. Kronologisch.

Op basis van de M.C.T.-waarden zoals aangegeven in tabel 61. In grafiek 108 is de vergelijking tussen de verschillende estuaria weergegeven.

Globaal gezien blijkt het ijzergehalte vooral in februari, maart en juli minimaal te zijn.

C. Tidaal.

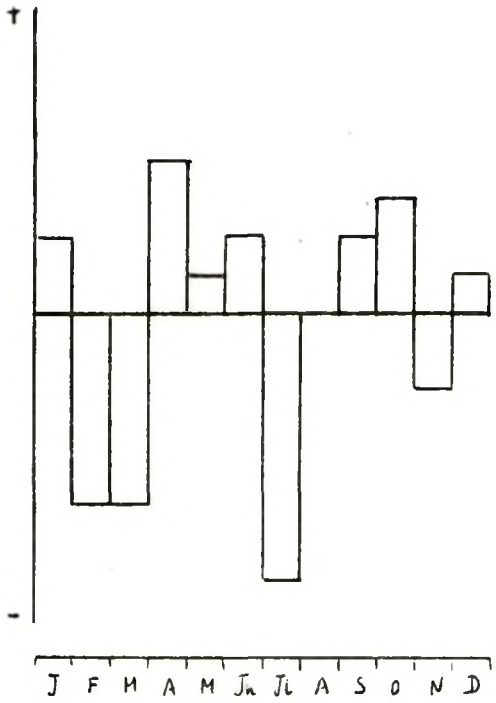
Op basis van de M.T.G.-waarden aangegeven in tabel 62 en van de vergelijkende tidale kurven op grafiek 108.

Het tidale verloop tijdens de vloed is zeer wisselvallig, ook over het tidale verloop tijdens de eb kan weinig worden gezegd vermits slechts gedurende de ebherborisaties van 1971 in Oostende ijzerbepalingen werden verricht.

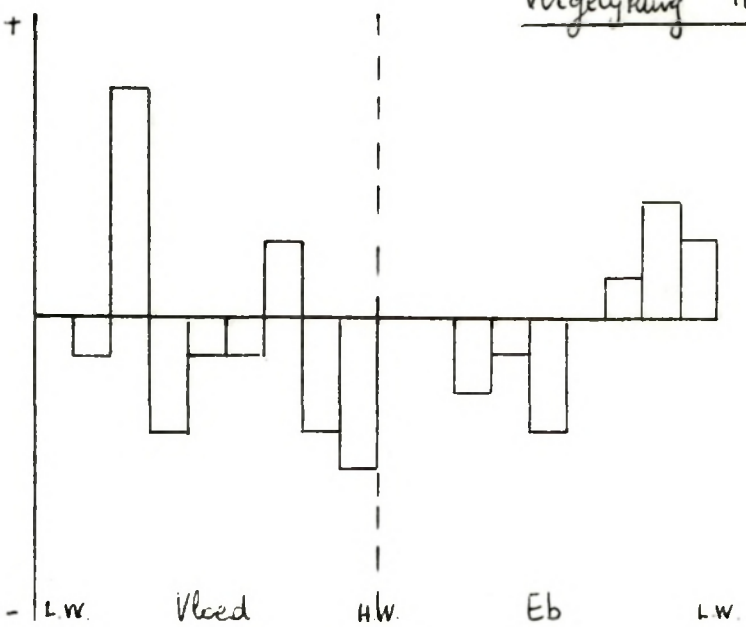
GRAFIEK 108

Fe

Vergelijking Kronologische Kurven




Vergelijking Tidale Kurven



§ 5. Besluit.

1. Het kronologisch verloop van het totale ijzergehalte kent een duidelijk minimum in februari-maart, een tweede in juli. De kronologische variatie wordt in hoofdzaak waarschijnlijk bepaald door de fytoplankton-ontwikkeling en de neerslagwaarden.

De stratifikatie was verschillend in de loop van het jaar. Van januari tot maart was de ijzerkoncentratie hoger aan het oppervlak, terwijl van april tot september de bodemkoncentratie het hoogst was.

2. Tijdens de getijden is de variatie zeer klein, alleen op het einde van de vloed en op het einde van de eb blijken hogere waarden voor te komen.

De stratifikatie is ook minimaal,behalve tijdens de hogere waarden op het einde van de vloed waar de bodemkoncentratie groter is dan de oppervlaktekoncentratie.

# Hoofdstuk IX. Zuurstof.

## § 1. Bepalingsmethode.

De opgeloste zuurstof wordt titrimetrisch bepaald volgens de Winkler-methode. Onmiddellijk na de staalname in geijkte (Winkler-) flesjes wordt de zuurstof gefixeerd met 1,5 ml 50 % oplossing $MnSO_4$ en 1,5 ml 13 % NaOH, 10 % KI-oplossing. Hierbij vormt zich een neerslag die voor de iodometrische bepaling wordt opgelost met 3 ml $H_3PO_4$ 90 %. De gevormde $I_2$ wordt na toevoeging van 3 % zetmeeloplossing met $Na_2S_2O_3$ 0,1 N getitreerd.

## § 2. Betekenis van zuurstof.

Zuurstof neemt naast waterstof de tweede plaats in tussen de makrobioelementen.

Praktisch alle waterstof is gebonden in de watermolekulen, daarnaast komt een kleine fraktie voor als $OH^-$ -ionen.

Ook zuurstof is voor 99 % ingebouwd in de watermolekulen, het resterende deel komt voor in carbonaten, bicarbonaten, sulfaten, silikaten en andere oxides.

Slechts een geringe hoeveelheid, meestal minder dan 10 cc/l is in opgeloste vorm aanwezig (1).

De oplossing van de verschillende gassen in zeewater begunstigt vooral zuurstof en koolzuurgas. Zoals blijkt uit volgende tabel naar Ivanoff (2), zijn beide procentueel meer aanwezig in zeewater dan in de atmosfeer.

Niettegenstaande blijkt zuurstof slechts matig oplosbaar in water; voor zuiver water bij 0 °C ongeveer 10 cc/liter (3).

De maximale oplosbaarheid van zuurstof in water is afhankelijk van:

1° De partiële gasdruk in de atmosfeer. Deze hoeveelheid is ongeveer

---

(1) Ciaccio, L.L. Water and Waterpollution handbook. Vol. I, Marcel Dekker. New-York. 1971. (p. 78).

(2) IVANOFF, A. Introduction à l'Océanographie. 1972. (p. 119).

(3) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 23).

| TABEL LXV - Oostende-vaargeul | Procentuele verhouding van verschillende gassen | |
|---|---|---|
| | Atmosfeer | Zeewater 35‰ saliniteit bij 10 °C |
| Stikstof | 78,08 % | 62,1 % |
| Zuurstof | 20,95 % | 34,4 % |
| Argon | 0,93 % | 1,7 % |
| Koolzuurgas | 0,03 % | 1,8 % |

konstant (± 210 cc/l).

2° Een konstante die zelf afhankelijk is van de temperatuur en het zoutgehalte van het water (1).

Zowel een stijging van de temperatuur, als een stijging van de saliniteit heeft een daling van de oplosbaarheid van zuurstof voor gevolg (2).

Zuurstof komt in zeewater door opname uit de atmosfeer. Dit vindt uitsluitend plaats aan het kontaktoppervlak water/lucht en de snelheid van opname en diffusie is afhankelijk van de temperatuur, de verzadigingsgraad van het water en de waterbewegingen (3).

In oppervlaktewaters, vooral daar waar er golfwerking is, is het water dikwijls oververzadigd met zuurstof (4).

Ook bij de fotosynthese van de planten wordt zuurstof afgegeven. Deze zuurstofproduktie kent een dagelijkse cyclus, nl. een maximale produktie in de namiddag en een minimum na zonsopgang (3).

Tot oververzadiging kan het komen door absorptie van de bij de fotosynthese gevormde zuurstof. Dit komt slechts voor bij weinig beweeglijke oppervlakten (5).

Voor de energievergende levensprocessen is, op uitzondering van anaerobe vormen, zuurstof nodig, vermits de benodigde energie door oxidatie van orga-

(1) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 23).
(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 146).
(3) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 148).
(4) WOOD, E.J. Microbiology of Oceans and Estuaries. 1967. (p. 137).
(5) FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 82).

nische stoffen wordt gewonnen (1).

De zuurstofproduktie door fotosynthese is natuurlijk beperkt tot de eufotische zone. De diepte waarop de zuurstofproduktie gelijk is aan het zuurstofverbruik door ademhaling wordt de kompensatiediepte genoemd (2).

Dikwijls is er een reduktie van het zuurstofgehalte bij de bodem van estuaria door de ademhaling van bodemdieren en micro-organismen (3).

Alhoewel de zuurstofinhoud van water slechts één twintigste bedraagt van die in de atmosfeer (10 cc tegen 210 cc per liter), toch zijn de ademhalingsmechanismen van vele waterorganismen zo efficiënt dat de hoeveelheid zuurstof van verzadigd water meer dan voldoende is voor hun metabolische behoeften. Zelfs bij ondersaturatie blijven ze efficiënt ademhalen (4).

Door de regelmatige menging van zoet- en zoutwater is er meestal een ruime voorraad aan opgeloste zuurstof (5).

Pollutie is vaak nadeliger door de daling van het zuurstofgehalte, wegens de zich ontwikkelende bacteriële populaties, dan door het direkt giftige effekt (5).

Het verschil tussen de waargenomen zuurstofkoncentratie en de hoeveelheid die bij saturatie zou aanwezig zijn, wordt saturatie-deficiet genoemd (6).

Zuurstof is dus belangrijk als regulator van metabolische processen en als indikator van de situatie in een biotoop (7).

§ 3. Bespreking van de resultaten.

De experimentele gegevens zijn vermeld in tabellen 63 en 64.

---

(1) FRIEDRICH, H. Meeresbiologie. 1965. (p. 81).

(2) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 148).

(3) Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. 1974. (p. 16).

(4) RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. 1967. (p. 24).

(5) Mc LUSKY, S.D. Ecology of Estuaries. 1974. (p. 15).

(6) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 164).

(7) REID, G.K. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 1961. (p. 146).

A. Kronologische variatie.

In grafiek 109 is de kronologische variatie van de totale kronologische gemiddelden (M.C.T.-waarden) in 1971 weergegeven.

Het algemeen kronologisch verloop is identiek tijdens de vloed en de ebherborisaties. Met uitzondering van januari, april en september is het totale kronologische gemiddelde het hoogst tijdens de ebherborisaties.

| TABEL LXVI - Oostende-vaargeul | | $O_2$ (mg/1) M.C.T.-waarden | |
|---|---|---|---|
| 1971 | Maximum | Minimum | ≠ |
| Vloed | 9,44 (maart) | 3,70 (juli) | 5,74 |
| Eb | 12,22 (maart) | 3,87 (sep.) | 8,35 |

Uit tabel LXVI blijkt dat zowel de maximale als de minimale kronologische gemiddelden en ook de speling tussen beide hoger waren tijdens de ebherborisaties.

Het algemeen kronologisch verloop is wisselvallig met hogere waarden tijdens de eerste helft van het jaar en lagere waarden in de zomer. Het weerspiegelt de invloed van temperatuur, saliniteit, waterbeweging en fytoplankton-ontwikkeling op het zuurstofgehalte.

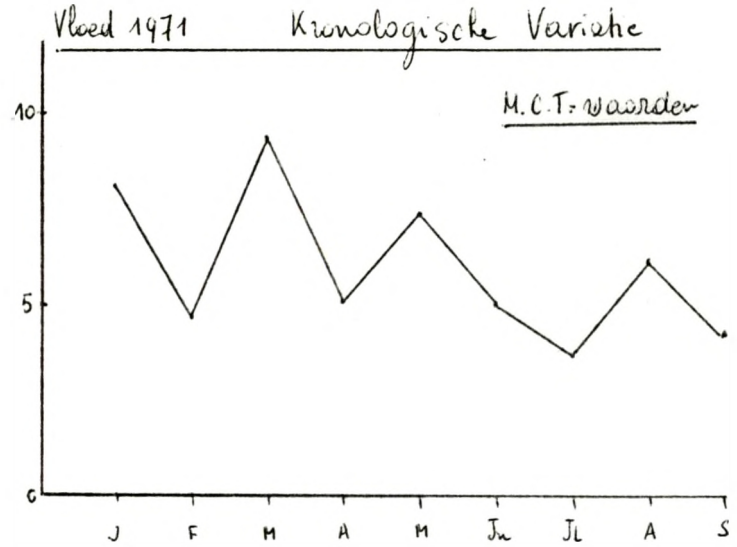
Zo kan er bv. worden op gewezen dat op 25 maart 1971 de gemiddelde windkracht 5 Beaufort bedroeg, op 22 juli en 20 september 1971 bedroeg de gemiddelde windkracht slechts 2 Beaufort (tabel 7). Op 25 maart 1971 was de gemiddelde temperatuur minimaal (vloed = 7 °C, eb = 7,2 °C) en het gemiddeld chloorgehalte laag (vloed : 15.158 mg/1, eb : 15.584 mg/1).

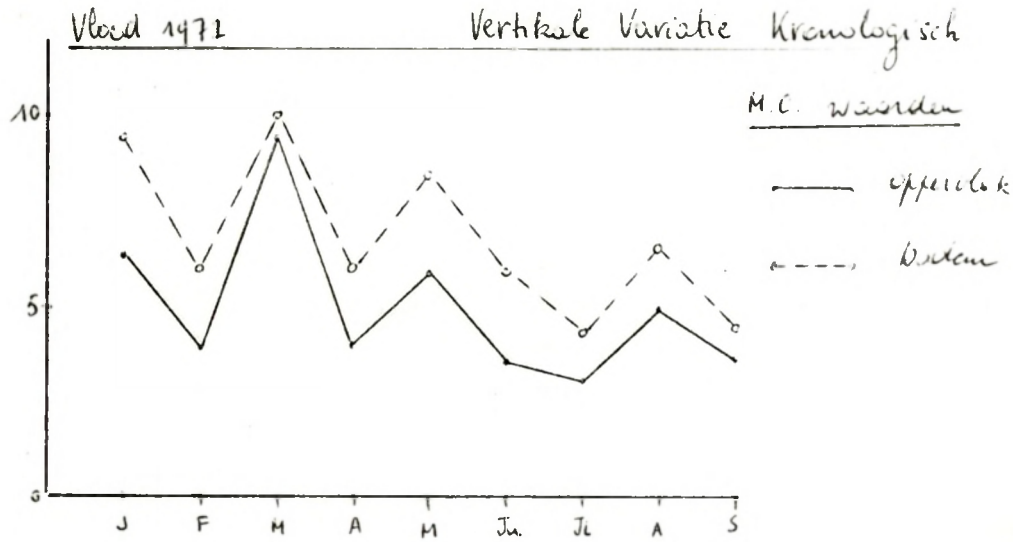
Tijdens de vloedherborisatie van 22 juli 1971 bedroeg de gemiddelde temperatuur 19,9 °C en het gemiddelde chloorgehalte 16.709 mg/1. Voor de ebherborisatie van 20 september 1971 was dit respektievelijk 17,0 °C en 17.750 mg/1.

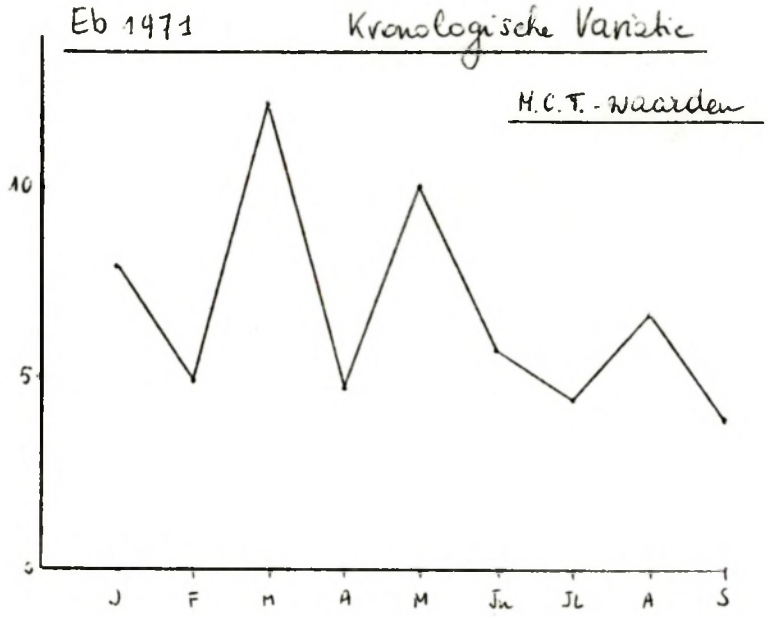
B. Tidale variatie.

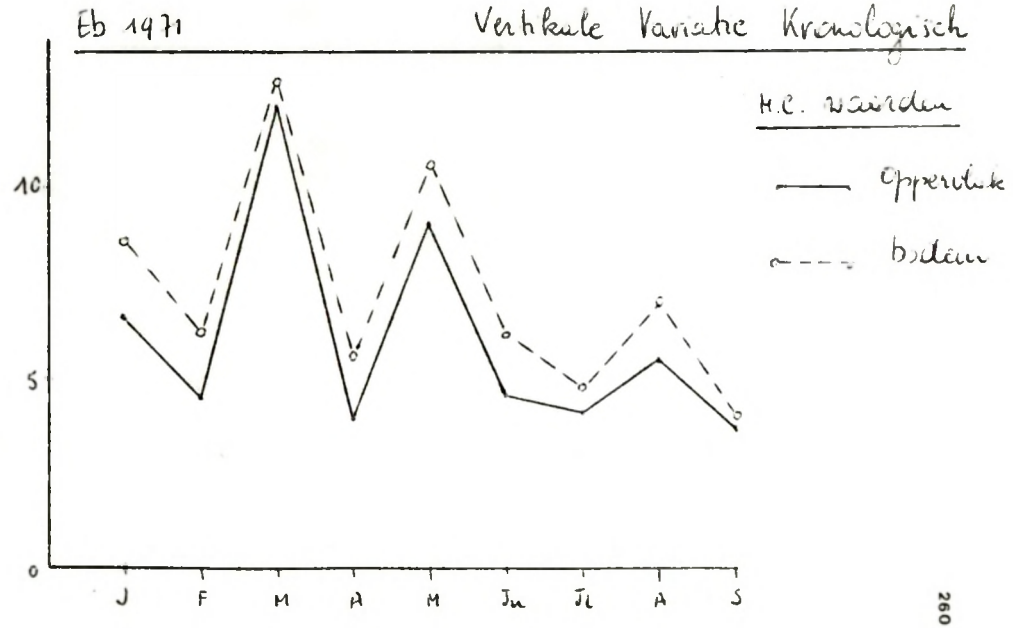
In grafiek 110 werd de tidale variatie op basis van de globale tidale gemiddelden (M.T.G.-waarden) in 1971 weergegeven.

GRAFIEK 109 Oostende-Vaargeul $O_2$ - mg/l



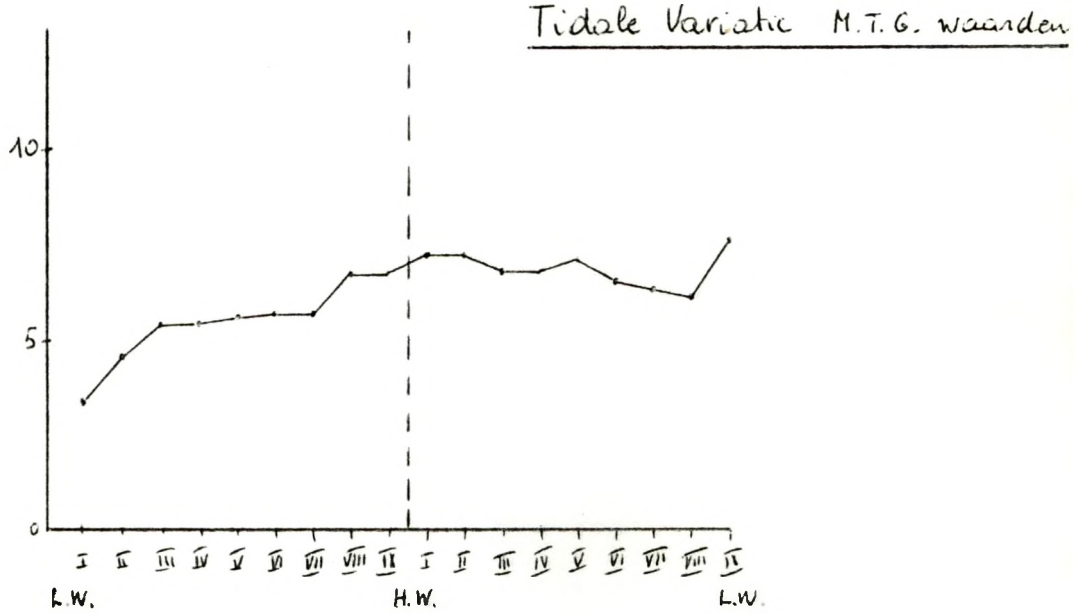



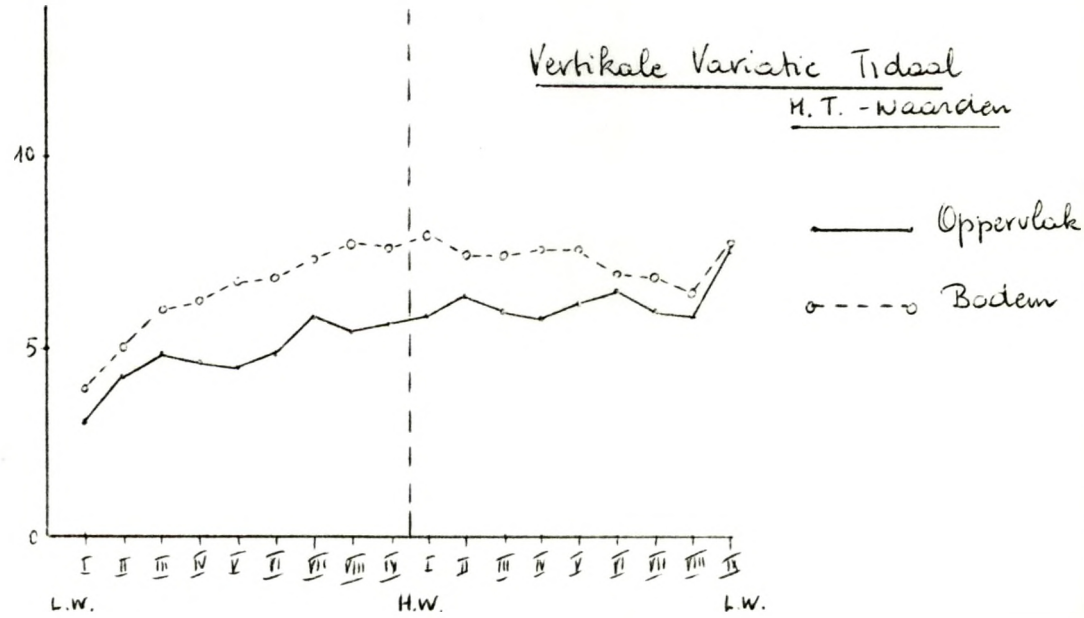



GRAFIEK 110

$O_2$ - mg/l

Oostende - Vaargeul 1971



Globaal gezien lijkt er een stijging te zijn naar hoogwater, een zeer lichte daling naar laagwater. Dit zou in tegenspraak zijn met wat kan worden verwacht, enkel op basis van de tidale variatie van de saliniteit.

TABEL LXVII - Oostende-vaargeul $O_2$ (mg/l) M.T.G.-waarden

| 1971 | Maximum | minimum | ≠ |
|---|---|---|---|
| Vloed | 6,72 (IX) | 4,63 (II) | 2,09 |
| Eb | 7,16 (I) | 6,11 (IX) | 1,05 |

In tabel LXVII zijn de maximale en minimale M.T.G.-waarden en de speling tussen beide voor vloed en eb aangegeven. De tidale variatie is dus groter tijdens de vloed dan tijdens de eb, alhoewel zowel de maximale als de minimale M.T.G.-waarden hoger zijn tijdens de eb.

C. Stratifikatie.

In Oostende 1971 blijkt er zowel kronologisch als tidaal een stratifikatie te bestaan in die zin dat de zuurstofkoncentratie toeneemt met de diepte.

Kronologisch is de stratifikatie het kleinst in maart, wanneer de totale gemiddelde kronologische waarde het hoogst is. Tidaal is de zuurstofkoncentratie steeds hoger aan de bodem en ook hier neemt vooral de bodemkoncentratie regelmatig toe tijdens de vloed en af tijdens de eb. De grootste verschillen tussen bodem en oppervlaktekoncentratie komen voor bij hoogwater.

Waarschijnlijk komt dit doordat het zeewater meer zuurstof bevat - wegens de intensere waterbewegingen die een grotere zuurstofabsorptie voor gevolg hebben - terwijl het water bij laagwater meer bezoedeld is, hetgeen een daling van het zuurstofgehalte teweeg brengt. Deze faktoren zouden dan het effekt van de toenemende saliniteit bij vloed op het zuurstofgehalte verstoren.

In Nieuwpoort 1973-74, Nieuwpoort 1974-75 en Blankenberge 1974-75 is de stratifikatie en het tidale verloop van het zuurstofgehalte veelal omgekeerd. Dikwijls neemt het zuurstofgehalte af bij opkomend water en ook het vertikale patroon is veelal omgekeerd, nl. dalend zuurstofgehalte met toenemende

diepte.

Hieruit blijkt dat de evolutie van het zuurstofgehalte zeer wisselvallig is, afhankelijk van veel faktoren en dus verschillend van estuarium tot estuarium. Zo moet worden gemeld dat in Nieuwpoort veel meer zoetwater wordt geloosd dan in Oostende, hetgeen reeds gedeeltelijk de verschillen kan verklaren.

D. Zuurstofverzadigingsgraad.

Aan de hand van tabel 25 in Standard Methods (1) werden de gemiddelde kronologische en tidale zuurstofverzadigingswaarden van de oppervlaktelaag berekend, dus rekening houdend met de temperatuur en het chloridegehalte

TABEL LXVIII - Oostende-vaargeul Zuurstofverzadigingsgraad - kronologisch

| 1971 | VLOED | | | EB | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $O_2$ mg/l verzadig. | $O_2$ mg/l waargen. | % | $O_2$ mg/l verzadig. | $O_2$ mg/l waargen. | % |
| januari | 10,70 | 6,29 | 59 | 10,15 | 6,53 | 65 |
| februari | 10,00 | 3,90 | 39 | 10,20 | 4,45 | 44 |
| maart | 10,05 | 9,43 | 94 | 9,92 | 12,10 | 122 |
| april | 9,24 | 4,02 | 44 | 9,16 | 3,95 | 43 |
| mei | 8,27 | 5,76 | 70 | 8,28 | 9,05 | 109 |
| juni | 8,16 | 3,45 | 42 | 8,10 | 4,58 | 57 |
| juli | 7,45 | 3,04 | 41 | 7,45 | 4,09 | 55 |
| augustus | 7,46 | 4,85 | 65 | 7,50 | 5,54 | 74 |
| september | 7,88 | 3,64 | 46 | 7,75 | 3,66 | 47 |

Uit tabel LXVIII waar de oppervlaktelaag (M.C.-waarden) de berekende verzadigingswaarden, de gemiddelde waargenomen zuurstofkoncentratie en het percentage dat deze laatste uitmaakt van de verzadigingswaarde zijn aangegeven, blijkt :

1° Kronologisch is er slechts weinig verschil tussen de zuurstofverzadigingswaarden tijdens de vloed- en ebherborisaties.

(1) In Standard Methods. 1969. (p. 409).

2° De verzadigingswaarden kunnen kronologisch ingedeeld worden, nl. van januari tot maart (± 10 mg/l), van april tot juni (8 - 9 mg/l), van juli tot september (7 - 8 mg/l).

De hoogste verzadigingswaarden liggen dus in de wintermaanden, de laagste in de zomermaanden.

3° De verzadigingsgraad blijkt telkens hoger te liggen tijdens de ebherborisaties, waarschijnlijk te wijten aan de toevoer van zuurstofrijker water tijdens de voorgaande vloed. In februari, april, juni, juli en september 1971 was het water gemiddeld voor minder dan 50 % verzadigd, terwijl in maart en mei een hogere verzadigingsgraad voorkwam zelfs een oververzadiging tijdens de ebherborisaties.

TABEL LXIX - Oostende-vaargeul Zuurstofverzadigingsgraad - Tidaal

| 1971 | VLOED | | | EB | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $O_2$ mg/l verzadig. | $O_2$ mg/l waargen. | % | $O_2$ mg/l verzadig. | $O_2$ mg/l waargen. | % |
| I | 7,83 | 3,03 | 39 | 8,55 | 5,84 | 68 |
| II | 8,55 | 4,24 | 50 | 8,60 | 6,27 | 73 |
| III | 8,75 | 4,83 | 55 | 8,55 | 5,88 | 69 |
| IV | 8,75 | 4,61 | 53 | 8,37 | 5,73 | 68 |
| V | 8,75 | 4,47 | 51 | 8,42 | 6,08 | 72 |
| VI | 8,68 | 4,80 | 56 | 8,50 | 6,39 | 75 |
| VII | 8,54 | 5,76 | 67 | 8,44 | 5,86 | 69 |
| VIII | 8,55 | 5,42 | 63 | 8,56 | 5,83 | 68 |
| IX | 8,47 | 5,64 | 67 | 9,50 | 7,48 | 79 |

In tabel LXIX zijn voor de oppervlaktelaag (M.T.-waarden) de berekende verzadigingswaarden, de gemiddelde waargenomen zuurstofkoncentratie en het percentage van deze laatste van de verzadigingswaarde aangegeven.

Hieruit blijkt :

1° De verzadigingswaarde verandert slechts weinig tijdens de getijden.

2° De verzadigingsgraad neemt toe tijdens de vloed, alhoewel het water altijd gemiddeld onverzadigd blijft.

3° De verzadigingsgraad blijft ongeveer onveranderd tijdens de eb.

In 1971 werd alleen de temperatuur van de oppervlaktewaters gemeten zodat er geen exacte berekeningen mogelijk zijn van de zuurstofverzadigingswaarden van de bodemwaters. Toch schijnt het zo te zijn dat, rekening gehouden met de eerder geringe vertikale temperatuursgradiënt die in 1973-74 werd waargenomen, de gemiddelde verzadigingswaarden aan de bodem iets lager liggen dan aan de oppervlakte.

Vermits de waargenomen gemiddelde zuurstofkoncentratie hoger lag aan de bodem, is het duidelijk dat de zuurstofverzadigingsgraad van de bodemwaters meestal heel wat hoger lag dan aan de oppervlakte. Het bodemwater bij hoogwater zou zelfs praktisch verzadigd zijn met zuurstof.

Al de vorige konstatataties schijnen er dus op te wijzen dat bij vloed het zuurstofklimaat in de vaargeul telkens verbeterd wordt door het binnenstromen van zuurstofrijk zeewater langs de bodem dat dan gemengd wordt met het zuurstofarmere bovendrijvende zoetere water.

§ 4. Vergelijkende studie van de verschillende herborisatiejaren in de verschillende estuaria.

A. F.I.-waarden.

TABEL LXX - Oostende-vaargeul $O_2$ (mg/l) F.I.waarden

| | | | $O_2$ mg/l | % verzadiging |
|---|---|---|---|---|
| Vloed | Oostende | 71 | 5,90 | 71 |
| | Nieuwpoort | 73-74 | 5,80 | 67 |
| | Nieuwpoort | 74-75 | 5,11 | 59 |
| | Blankenberge | 74-75 | 4,36 | 51 |
| Eb | Oostende | 71 | 6,84 | 81 |

Uit vorige tabel blijkt dat de situatie tijdens de ebherborisatie in Oostende 1971 het gezondst was. Ook tijdens de vloedherborisaties in Oostende 1971 was er gemiddeld nog 71 % zuurstofverzadiging. In Nieuwpoort is de situatie verslechterd op één jaar tijd. In 1974-75 was het zuurstofgehalte lager in Blankenberge dan in Nieuwpoort.

B. Kronologisch.

Op basis van de totale kronologische gemiddelden zoals aangegeven in tabel 65 en van grafiek 111.

Algemeen kan worden gezegd dat het zuurstofgehalte het laagst is in de zomer- en herfstmaanden, het hoogst in de winter en lente.

C. Tidaal.

Op basis van de globale tidale gemiddelden zoals vermeld in tabel 66 en van grafiek 111.

Het tidale verloop van het zuurstofgehalte in Nieuwpoort wijkt af van dat in Oostende en Blankenberge. In Nieuwpoort blijken de hoogste waarden vooral voor te komen halfweg het opkomend water, terwijl in Blankenberge en Oostende de hoogste waarden voorkomen bij hoogwater.

Dit verschijnsel is waarschijnlijk te verklaren doordat in Nieuwpoort veel meer zoetwater geloosd wordt en dat het residuele water te Blankenberge en Oostende meer bezoedeld is.

Globaal gezien voor alle estuaria is het zuurstofgehalte lager bij laagwater en hoger bij hoogwater (grafiek 111).

§ 5. Besluit.

1. Het is zeer moeilijk een algemeen geldend besluit voor alle estuaria te trekken.

2. Kronologisch is het zuurstofgehalte voornamelijk bepaald door de kronologische variatie van de temperatuur, saliniteit, wind- en waterbewegingen en fytoplankton-ontwikkeling. Dit resulteert in hoge waarden tijdens de winter en lente, lage waarden in de zomer en herfst. De kronologische variatie verschilt toch sterk naargelang het estuarium.

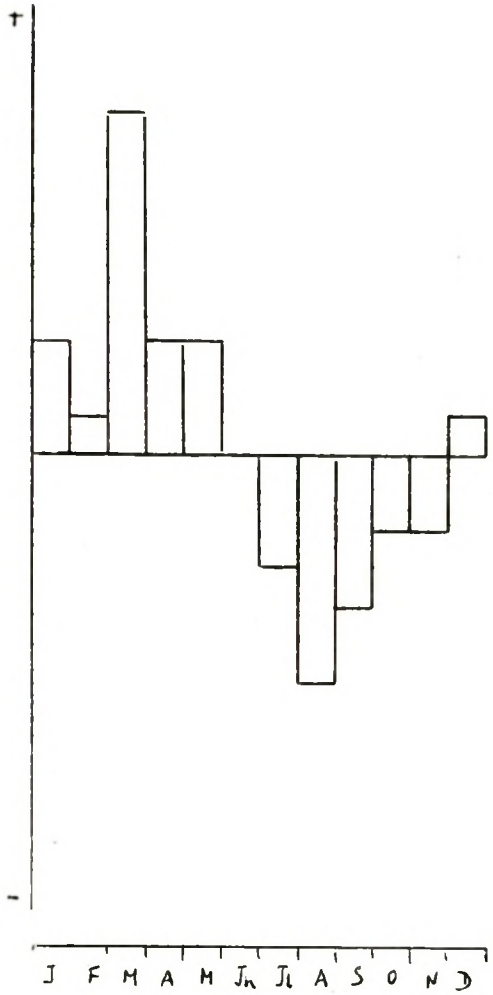
3. Ook tidaal is de variatie van het zuurstofgehalte sterk wisselend naargelang de lokale en temporele omstandigheden. Toch mag worden gezegd dat het opkomend zeewater het zuurstofklimaat in de vaargeulen verbetert.

4. Ook de stratifikatie is zeer verschillend zodat hier zeker geen algemene regel kan worden vastgesteld.

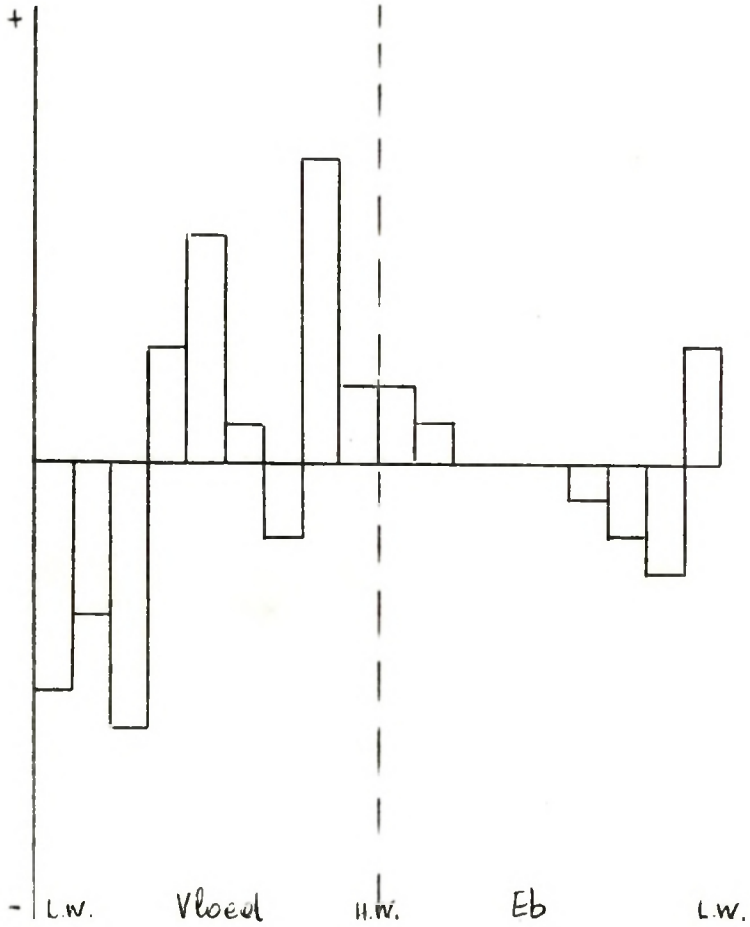
GRAFIEK 111

$O_2$ - gehalte

Vergelijking Kronologische Kurven




Vergelijking Tidale Kurven



5. In Oostende 1971 bleek het zuurstofgehalte hoger te zijn tijdens de ebherborisaties.

6. De F.I.-waarden van de waargenomen zuurstofgehaltes in de verschillende estuaria verschilden weinig, toch is er een tamelijke grote speling in de zuurstofverzadigingsgraad die afneemt met de tijd en verschilt naargelang het estuarium.

## Hoofdstuk X. Hardheid, Verdampingsresten, Fluor en Iodium.

Deze faktoren worden in een afzonderlijk hoofdstuk vermeld omdat ze slechts gedurende één jaar of een gedeelte van een jaar werden bepaald.

### § 1. Totale Hardheid.

A. De totale hardheid is de som van de als carbonaat, sulfaat, nitraat, chloride en fosfaat gebonden aardalkalimetalen (magnesium, calcium, strontium en barium) (1).

De tijdelijke hardheid of hardheid die neerslaat bij het koken is te wijten aan bicarbonaten en carbonaten en komt dus overeen met de alkaliniteit (2).

De blijvende hardheid : het verschil tussen totale hardheid en de tijdelijke hardheid. Ze is dus te wijten aan de $Ca^{++}$- en $Mg^{++}$ -ionen die gebonden zijn aan andere dan aan carbonaat en bicarbonaationen.

De bepaling van de totale hardheid gebeurt doot titratie met EDTA dat met calcium en magnesium een komplex vormt.

B. De totale hardheid werd enkel bepaald in Oostende gedurende de vloed- en ebherborisaties van 16 december 1970 en de vloed- en ebherborisaties van 1971.

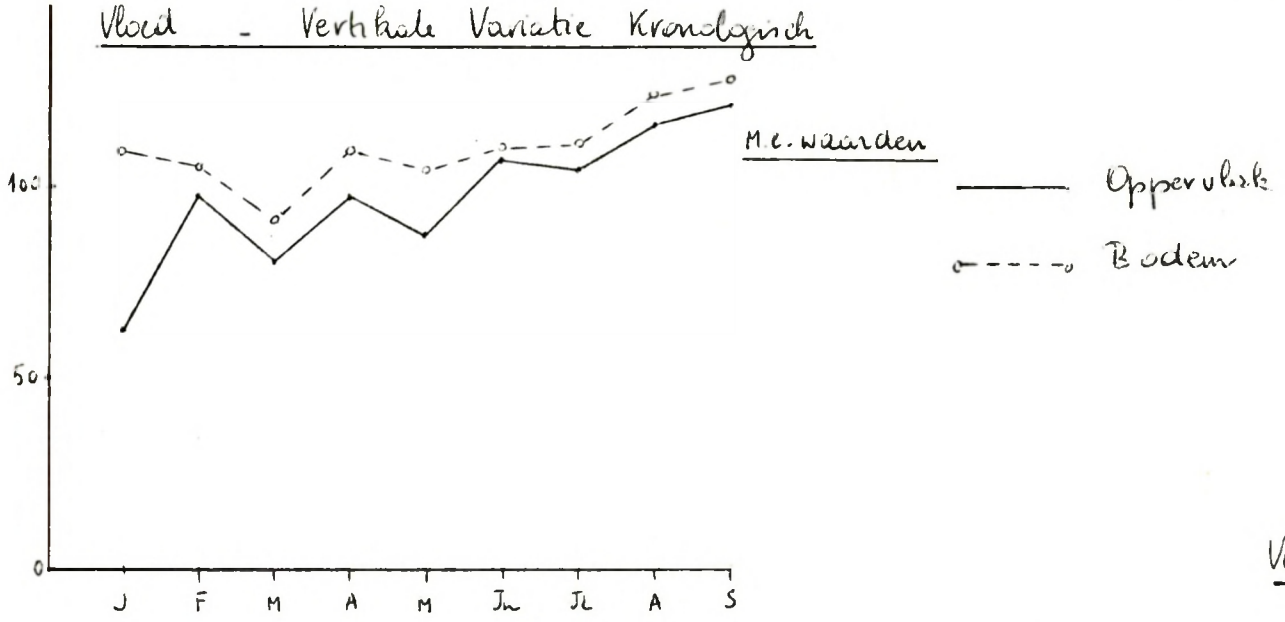
In tabellen 67 en 68 zijn de experimentele waarnemingen weergegeven en in grafiek 112 is het kronologisch verloop tijdens vloed- en ebherborisaties en het tidale verloop aan oppervlakte en bodem aangegeven.

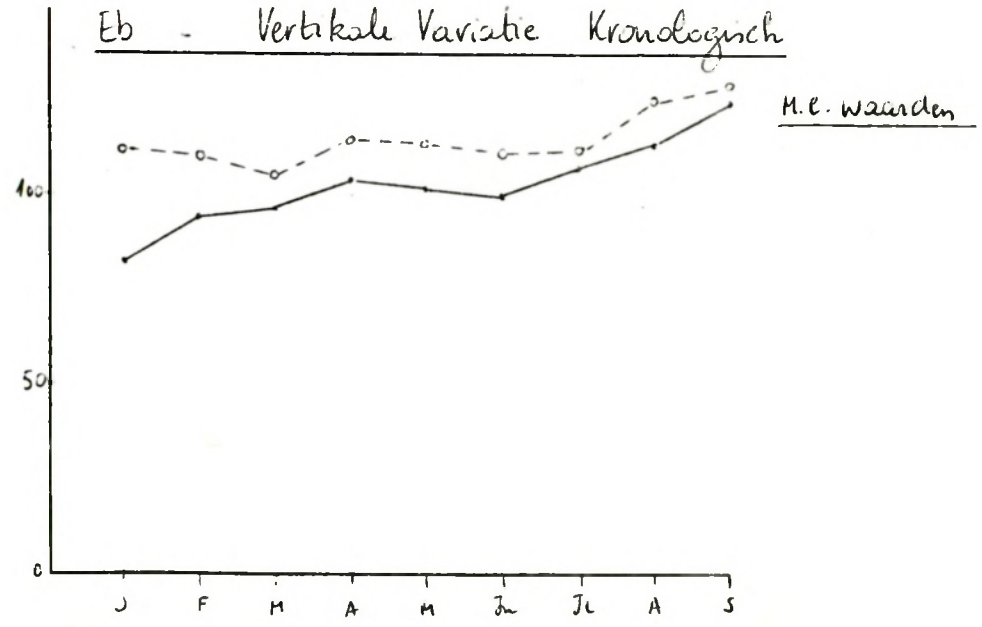
---

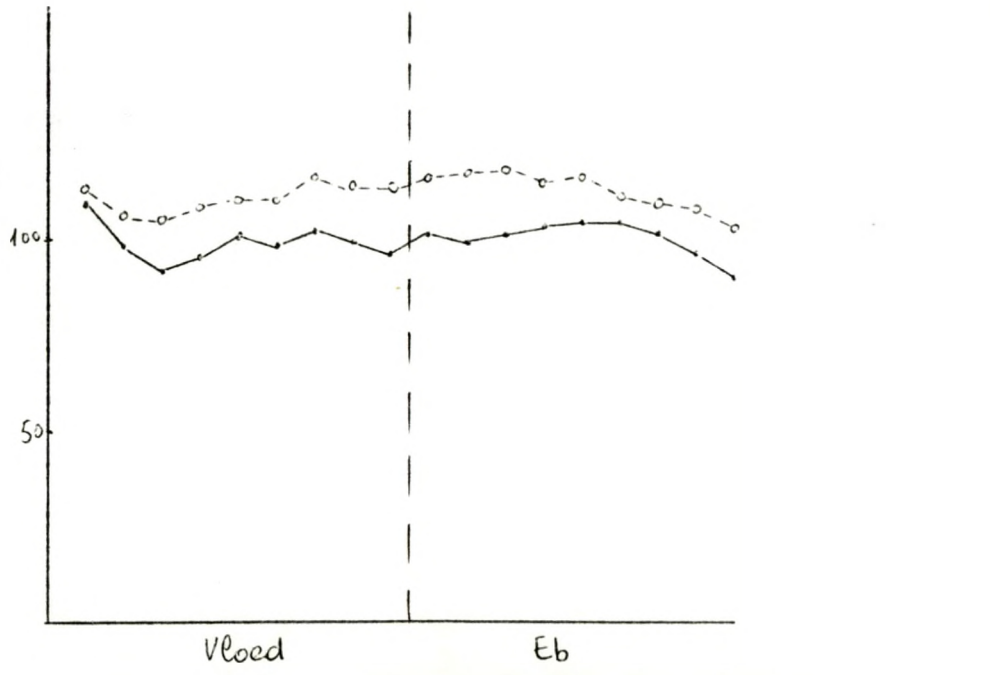
(1) Die Untersuchung von Wasser. E. Merck. Darmstadt. (p. 87).

(2) In Standard Methods. 1969. (p. 147).

GRAFIEK 112 Oostende-Vaargeul 1971 Totale Hardheid meq/l



Bij vergelijking van de totale hardheid met de alkaliniteit of carbonaathardheid, zoals aangegeven in volgende tabel, blijkt dat het grootste gedeelte van de totale hardheid, blijvende hardheid is.

| TABEL LXXI - Oostende-vaargeul Hardheid F.I.-waarden | | | |
|---|---|---|---|
| 1971 | F.I. Totale hardheid meq/l | F.I. Alkaliniteit meq/l | Blijvende hardheid meq/l |
| Vloed | 109 | 2,88 | 106,12 |
| Eb | 107 | 2,81 | 104,19 |

Er bestaat dan ook een grote gelijkenis tussen de kronologische, tidale en vertikale evolutie van het chloorgehalte en de totale hardheid (zie onder hoofdstuk III).

§ 2. Verdampingsresten.

A. De gravimetrische bepaling van het aantal mg/l opgelost residu komt neer op het droogdampen van 250 ml gefiltreerd staal. Globaal komt dit overeen met het totaal der opgeloste zouten.

B. In tabellen 69 en 70 zijn de experimentele gegevens weergegeven en in grafieken 113 en 114 is de vertikale kronologische en tidale variatie grafisch weergegeven.

Het is duidelijk dat zowel de kronologische, als de tidale en vertikale variatie van de verdampingsresten vrij goed overeenkomt met die van de konduktiviteitsbepalende faktoren (zie onder hoofdstuk III).

§ 3. Iodium en Fluor.

Gedurende een gedeelte van de herborisaties in Nieuwpoort (1) en Blankenberge (2) tijdens 1974-75 werd het iodium- en fluorgehalte bepaald met behulp van de Ionenanalyzer (specific ion meter; model 407 A).

---

(1) DE CREMER, D. Op.cit. (p. 56-58).

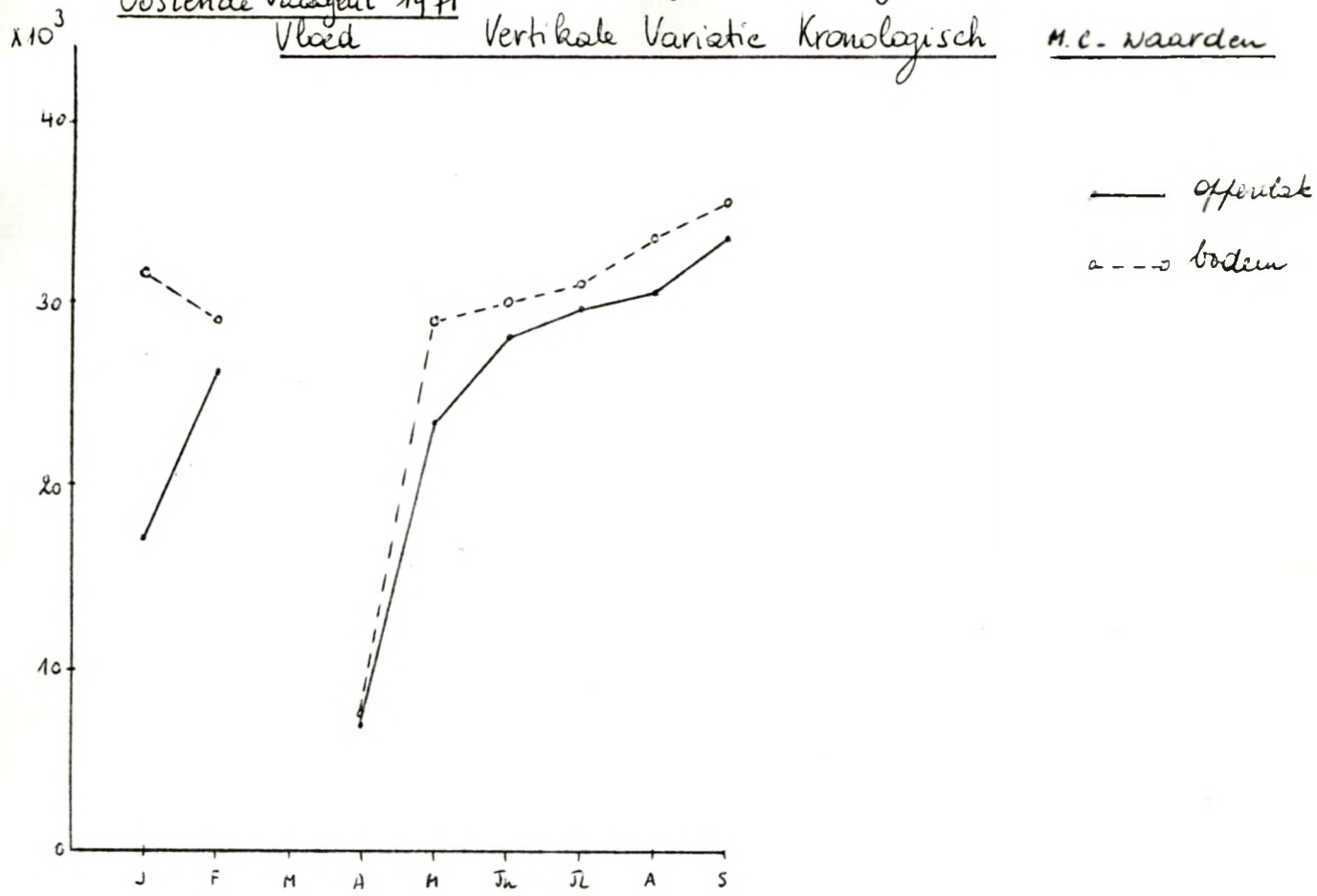
(2) T'JONCK, G. Op.cit. (p. 41-44).

GRAFIEK 113

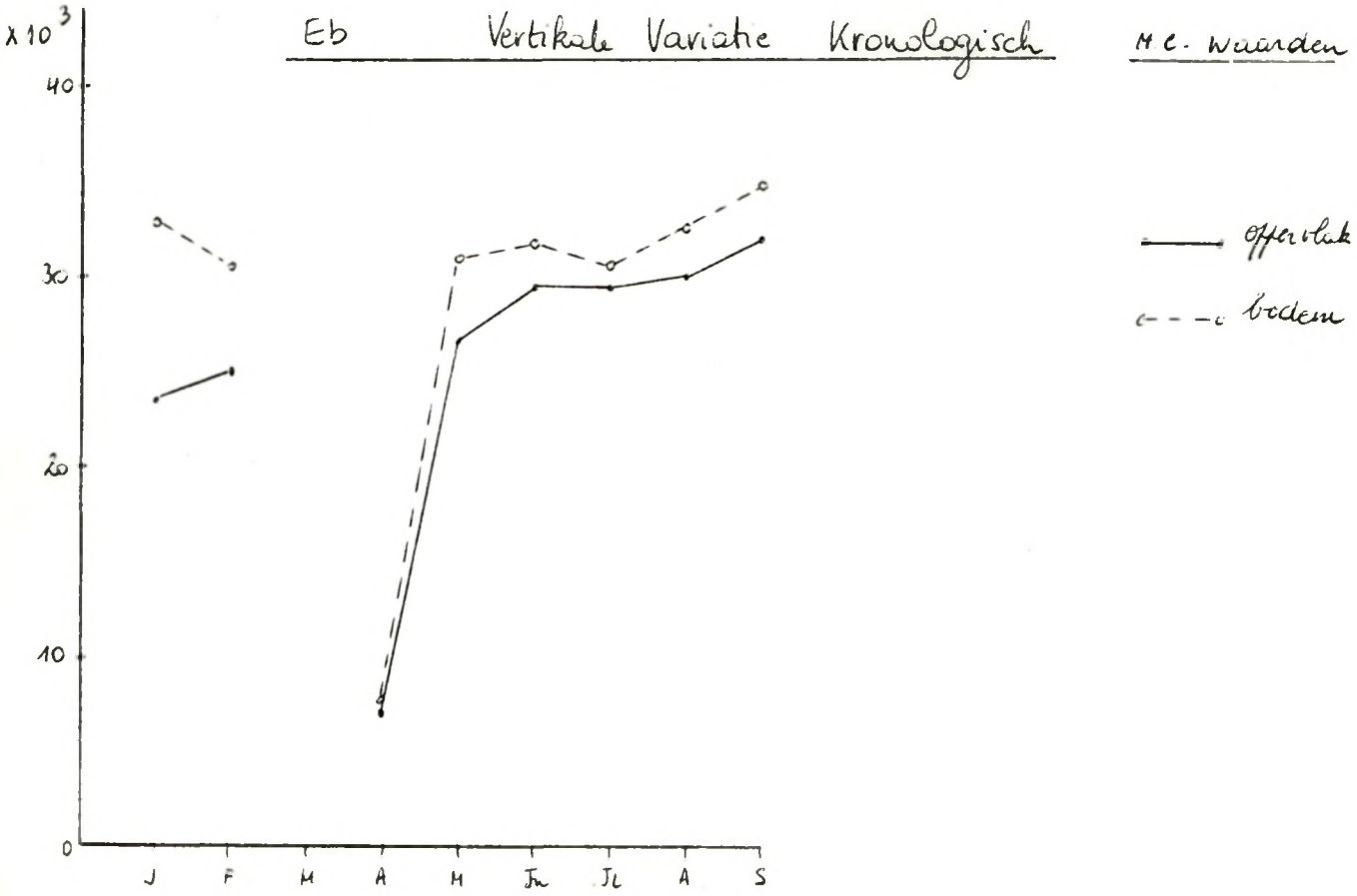
Oostende Vaargeul 1971

Verdampingsresten mg/l

Vloed Vertikale Variatie Kronologisch M.C. waarden

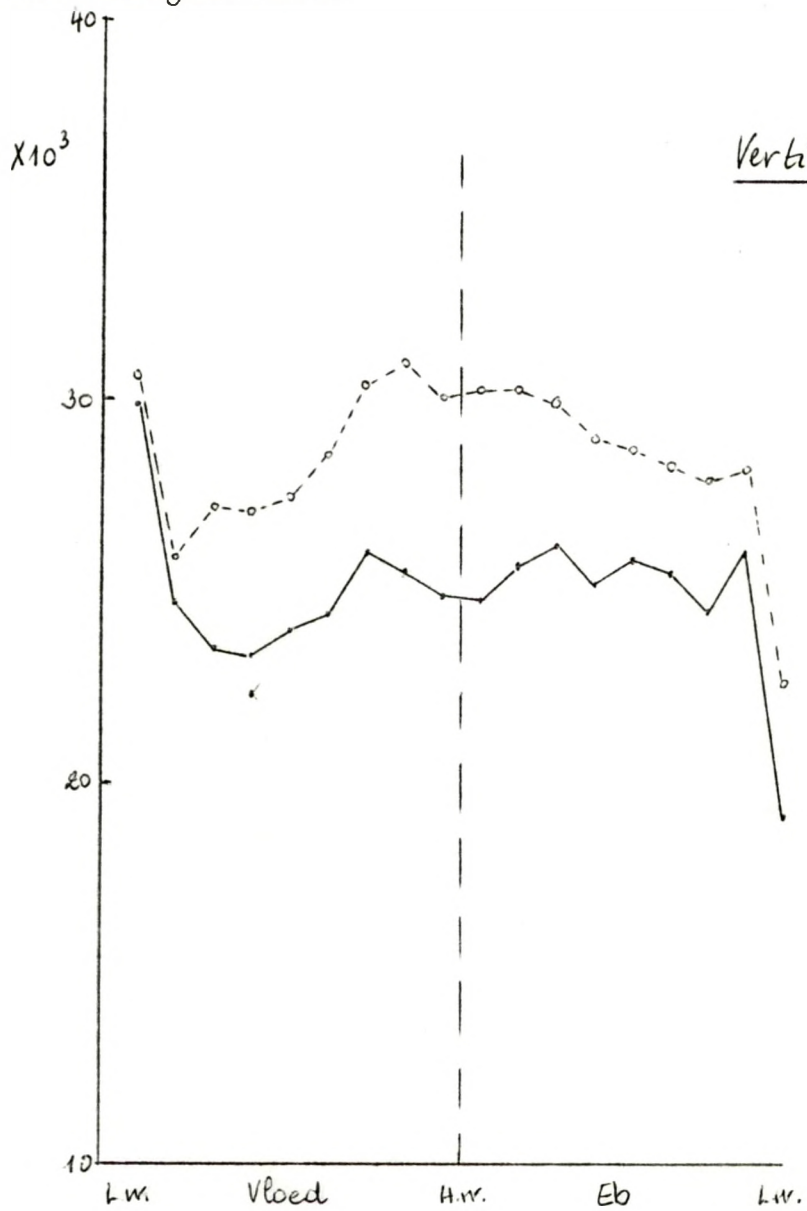



Eb Vertikale Variatie Kronologisch M.C. waarden



GRAFIEK 114 - Verdampingresten mg/l

Oostende - Vaargeul 1971




Vertikale Variatie Tidaal

M.T. - Waarden

Over de betekenis van beide faktoren voor de planktonische wieren zijn weinig gegevens in de litteratuur voorhanden.

| TABEL LXXII | | Fluor- en Iodium-gehaltes | |
|---|---|---|---|
| | | $F^-$ mg/l | $I^-$ mg/l |
| Nieuwpoort | Maximum | 0,98 | 2,35 |
| | minimum | 0,48 | 0,11 |
| Blankenberge | Maximum | 0,96 | 2,10 |
| | minimum | 0,47 | 0,30 |

In vorige tabel zijn de absolute waargenomen maximale en minimale waarden voor fluor- en ioodionen aangegeven. Wegens de beperktheid van de gegevens kan er moeilijk iets over het kronologisch verloop gedurende een jaar worden gezegd, toch schijnt het fluorgehalte zijn hoogste waarde te bereiken in de lente, het jodiumgehalte in de zomer.

Tidaal zou er een toename zijn van jodium- en fluorionen; de koncentraties van beide faktoren schijnen te stijgen met de diepte.

## Hoofdstuk XI. Algemeen Besluit.

De watermassa's in de vaargeulen van Oostende, Blankenberge en Nieuwpoort moeten opgevat worden als een mengeling van Noordzeewater en kontinentaal afvoerwater.

Het is uiteindelijk de interactie van deze twee watertypes - interactie waarvan de graad in de eerste plaats wordt bepaald door het getijdenvolume, anderzijds het afdraineren van neerslagwater en secundair door de windwerking en de daaraan verbonden turbulente waterbewegingen - die samen met de fytoplankton-ontwikkeling het kronologische, tidale en vertikale profiel bepalen van het vaargeulwater.

Vermits het getijdenprisma en het gedraineerde landoppervlak verschillen naargelang de vaargeul, en daar ook de neerslaghoeveelheid, waterbewegingen en fytoplankton-ontwikkeling zowel lokaal als temporeel variëren, zullen de

kronologische, tidale en vertikale variaties niet identiek zijn in alle onderzochte vaargeulen tijdens de verschillende herborisatiejaren. Toch kunnen een aantal algemene tendenties worden aangestipt.

A. Kronologisch.

1° De temperatuur, konduktiviteit, natrium-, chloor-, kalium-, magnesium- en calciumgehaltes zijn maximaal in de zomermaanden.

2° De transparantie, het sulfaatgehalte en de pH vertonen hoge waarden in de lente en de zomer.

3° Het zuurstofgehalte, nitriet- en nitraatgehalte kennen hoge waarden in de winter en de lente.

4° De alkaliniteit, het ijzergehalte en de organische stoffen zijn het hoogst in de lente en de herfst.

5° Het ammoniakgehalte en het silicaatgehalte is hoog in de herfst en de winter.

6° Het fosfaatgehalte kent zijn maximum in de herfst. Hoge waarden ook in april, juni en augustus.

7° Vrije $CO_2$ is maximaal in de lente.

In tabel LXXIII is het voorgaande, nl. de perioden met duidelijke maxima voor de verschillende faktoren overzichtelijk weergegeven.

TABEL LXXIII Perioden van duidelijke maxima voor de verschillende onderzochte fysico-chemische faktoren

| | WINTER | | | LENTE | | | ZOMER | | | HERFST | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Watertemperatuur | | | | | | /// | /// | /// | /// | | | |
| Transparantie | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | | | |
| Konduktiviteit | | | | | /// | | /// | /// | /// | | | |
| Natrium | | | | | | | /// | /// | /// | | | |
| Chloor | | /// | | | | | /// | /// | /// | | | |
| Sulfaten | | | | | /// | | /// | | /// | | | |
| Kalium | | | | | | | /// | /// | /// | | | |
| Magnesium | | | | | | /// | /// | /// | /// | | | |
| Calcium | | | | /// | | | /// | /// | | | | |
| pH | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | | | |
| Alkaliniteit | /// | | /// | /// | /// | | | | | /// | /// | /// |
| $CO_2$ | /// | | | /// | | /// | | | | | | |
| Organische stoffen | | | | | /// | /// | | | | /// | /// | /// |
| Ammoniak | /// | | /// | | | | | | | /// | | /// |
| Nitrieten | | /// | /// | /// | | /// | | | | /// | | |
| Nitraten | /// | /// | /// | /// | | /// | | | | | | |
| Fosfaten | | | | /// | | /// | | /// | | /// | /// | /// |
| Silikaten | /// | | | /// | | | | | | /// | /// | /// |
| Ijzer | /// | | | /// | /// | /// | | | /// | /// | | /// |
| Zuurstof | /// | /// | /// | /// | /// | | | | | | | /// |

De gearceerde vakjes duiden de maxima aan.

B. Tidaal.

Vermits slechts gedurende twee jaren in Oostende ebherborisaties werden verricht zijn volgende besluiten alleen gebaseerd op de tidale evolutie tijdens de vloed.

1° Volgende faktoren nemen toe tijdens de vloed zodat de hoge waarden bereikt worden naar hoogwater toe : Konduktiviteit, natrium, chloor, kalium, magnesium, calcium, sulfaten, pH en zuurstof.

2° Transparantie, fosfaten, silikaten, organische stoffen, ammoniak, nitrieten, $CO_2$ en alkaliniteit nemen af tijdens de vloed. Ze zijn dus maximaal bij laagwater.

3° Het temperatuurverloop, het ijzer- en het nitraatgehalte kennen een onduidelijk tidaal verloop.

4° De tidale evolutie van het zuurstofgehalte is zeer uiteenlopend (cfr. Hoofdstuk IX).

C. Stratifikatie.

Juist zoals in de tidale evolutie komt ook hier de invloed van het zeewater en het draineringswater naar voor.

1° Dezelfde faktoren die stijgen tijdens de vloed, dus bij het binnenstromen van het zeewater, nemen toe met de diepte. Dit is normaal vermits het zwaardere zeewater zich langs de bodem bevindt. Dit type stratifikatie geldt dus voor de konduktiviteit, natrium, chloor, kalium, magnesium, calcium, sulfaten, pH en zuurstof.

2° De waarden van de transparantie, fosfaten, silikaten, organische stoffen, ammoniak, nitrieten, $CO_2$ en alkaliniteit dalen met toenemende diepte.

3° Ook de stratifikatie van temperatuur, ijzer- en nitraatgehalte is onduidelijk.

4° De stratifikatie van het zuurstofgehalte is zeer uiteenlopend (cfr. Hoofdstuk IX).

In tabel LXXIV zijn de F.I.-waarden van de verschillende faktoren tijdens de onderscheiden herborisaties aangegeven.

TABEL LXXIV - BELGISCHE AESTUARIA F.I.-waarden van de verschillende onderzochte fysico-chemische faktoren

| 1971-1975 | Blankenberge | Oostende | | | | Nieuwpoort | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 |
| | Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed |
| Watertemperatuur - °C | 12,5 | 13,9 | 13,4 | 11,6 | 11,8 | 11,2 | 12,1 |
| Transparantie - cm | 12,2 | 9,7 | 10,4 | 12,3 | 15,3 | 9,5 | 10,9 |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 29.631 | 37.393 | 38.090 | 31.486 | 32.931 | 36.229 | 29.515 |
| $Na^+$ - mg/l | 7.551 | 8.617 | 8.594 | - | - | 10.264 | 7.569 |
| $Cl^-$ - mg/l | 16.245 | 16.406 | 16.494 | 16.776 | 17.617 | 18.225 | 16.230 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 2.292 | - | - | 2.283 | 2.431 | 2.536 | 2.343 |
| $K^+$ - mg/l | 401 | 340 | 335 | - | - | 405 | 427 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 1.237 | 1.061 | 1.084 | - | - | 1.283 | 1.201 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 398 | 363 | 366 | - | - | 597 | 446 |
| pH | 8,13 | 7,73 | 7,72 | 7,60 | 7,66 | 8,00 | 8,40 |
| Alkaliniteit - meq/l | 3,32 | 2,88 | 2,81 | - | - | 3,10 | 3,11 |
| $CO_2$ - mg/l | 0,06 | 12,67 | 11,52 | - | - | 1,50 | 0,01 |
| Organische stoffen - mg/l | 37,99 | 13,92 | 13,33 | - | - | 56,47 | 32,71 |
| $NH_4^+$ - mg/l | 1,73 | - | - | 2,77 | 2,51 | 2,28 | 1,42 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,26 | 0,18 | 0,16 | 0,84 | 0,73 | 0,28 | 0,25 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 52,7 | 8,1 | 10,3 | 60,9 | 57,0 | 44,9 | 44,3 |
| $PO_4^{---}$ - mg/l | 1,18 | 2,50 | 2,08 | 6,50 | 4,50 | 0,67 | 0,81 |
| $SiO_2$ - mg/l | 5,32 | 1,71 | 1,55 | 5,91 | 4,17 | 3,10 | 3,59 |
| Fe - mg/l | 0,40 | 0,34 | 0,28 | - | - | 0,54 | 0,47 |
| $O_2$ - mg/l | 4,36 | 5,90 | 6,84 | - | - | 5,80 | 5,11 |
| Totale Hardheid - mg/l | - | 107 | 109 | - | - | - | - |
| Verdampingsresten | - | 27.366 | 27.481 | - | - | - | - |
| $F^-$ - mg/l | 0,72 | - | - | - | - | - | 0,68 |
| $I^-$ - mg/l | 1,07 | - | - | - | - | - | 1,24 |

Samenvattend kan de toestand van de verschillende kenmerken als volgt worden aangegeven :

1° De gemiddelde temperatuur is tijdens de verschillende herborisatieperiodes in de verschillende estuaria weinig uiteenlopend. Ook tussen de vloed- en ebherborisaties in Oostende is het verschil miniem.

2° De gemiddelde transparantie was het grootst in Oostende 1973-74 (waarbij de transparantie tijdens de eb groter was dan tijdens de vloed) en het kleinst in Nieuwpoort 1973-74. Waarschijnlijk is dit verschil voor een deel te verklaren door de verschillende hoeveelheden draineringswater die in Oostende en Nieuwpoort langs de vaargeul worden afgevoerd.

3° Voor de konduktiviteit en bepalende faktoren zijn de verschillen tussen de onderscheiden herborisatiejaren in de afzonderlijke estuaria meer uitgesproken. Met uitzondering van de konduktiviteit worden de maximale F.I.-waarden van de faktoren aangetroffen te Nieuwpoort. Ook de minimale F.I.-waarden van konduktiviteit en chloor worden, zij het tijdens een ander jaar, waargenomen te Nieuwpoort. Dit zou er ook kunnen op wijzen dat de invloed van de landdrainering groter is te Nieuwpoort dan in Oostende en Blankenberge.

Dat de situatie wat betreft konduktiviteit en bepalende faktoren sterk kan variëren van jaar tot jaar wordt vooral geïllustreerd in Nieuwpoort, daar zijn de konduktiviteit, het natrium-, chloor-, sulfaat-, magnesium- en calciumgehalte lager tijdens 1974-75 dan tijdens 1973-74.

Bij vergelijking van de vloed- en ebherborisaties in Oostende kon worden vastgesteld dat de koncentratie-verschillen tussen vloed en eb meestal klein zijn, hetgeen zou betekenen dat het draineringswater daar minder invloed heeft op de konduktiviteit en de zouten die ze bepalen.

4° De pH en alkaliniteit waren merkelijk lager in Oostende, terwijl het $CO_2$-gehalte er aanzienlijk hoger was. Dit zou kunnen wijzen op een grotere bezoedeling in Oostende. De pH daalde zelfs aanzienlijk in Oostende van 1971 naar 1973-74. Deze lage pH in Oostende dient des te meer benadrukt daar uit vorige punten blijkt dat de draineringstoevoer in Oostende eerder gering is en dat er dus door de overheersende invloed van het zeewater slechts geringe afwijkingen van pH 8,0 zouden mogen optreden. In Oostende is er slechts weinig pH-verschil tussen vloed en eb.

5° De laagste gehaltes aan organische stoffen, nitrieten en nitraten komen voor in Oostende 1971. Ze zijn merkelijk hoger in Blankenberge en

Nieuwpoort. Terwijl er niet veel verschil is tussen Blankenberge en Nieuwpoort, en tussen de twee herborisatiejaren in Nieuwpoort onderling, is er voor nitrieten en nitraten in Oostende een zeer sterke toename van de koncentraties in 1973-74 in vergelijking met 1971. Deze hoge waarden zouden ook kunnen wijzen op bezoedeling. Tussen vloed en eb is er slechts weinig verschil in Oostende.

6° De gemiddelde koncentratie aan fosfaten is het hoogst in Oostende, waarbij ook het fosfaatgehalte sterk is toegenomen van 1971 naar 1973-74. Ook in Nieuwpoort is er een kleine toename van 1973-74 naar 1974-75, toch blijven de waarden veel lager dan in Oostende. Het fosfaatgehalte is iets lager tijdens de ebherborisaties dan tijdens de vloedherborisaties in Oostende.

7° Voor het silikaatgehalte gelden dezelfde opmerkingen als voor het fosfaatgehalte. Er is ook hier een sterke toename van de koncentraties in Oostende 1973-74 in vergelijking met 1971.

8° Het ijzergehalte is het laagst in Oostende 1971, het is iets lager tijdens de ebherborisaties dan tijdens de vloedherborisaties. In Blankenberge en vooral in Nieuwpoort is het gemiddelde ijzergehalte hoger.

9° Het zuurstofgehalte is het hoogst in Oostende 1971. Tijdens de eb is de koncentratie aldaar hoger dan tijdens de vloed. In Nieuwpoort daalt het zuurstofgehalte lichtjes van 1973-74 naar 1974-75 en in 1974-75 was er gemiddeld minder zuurstof in Blankenberge dan in Nieuwpoort.

In tabellen LXXV, LXXVI en LXXVII werden voor de verschillende parameters respektievelijk de maximale en minimale waargenomen waarden, alsook het procentuele verschil tussen beiden in de onderscheiden estuaria tijdens de opeenvolgende herborisatiejaren aangegeven.

Een eerste feit dat opvalt zijn de zeer grote intervallen tussen maximale en minimale waarden van de onderscheiden faktoren; dit maakt nog eens duidelijk dat het watermilieu in de vaargeulen gekenmerkt is door grote fysico-chemische schommelingen.

Bij omrekening van de maximale en minimale waargenomen chloorgehaltes naar de saliniteit volgens de formule van Nicol (zie pagina 12) worden volgende waarden bekomen (tabel LXXVIII).

| TABEL LXXV - BELGISCHE AESTUARIA | Waargenomen maximale waarden | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Blankenberge | Oostende | | | | Nieuwpoort | |
| 1971-1975 | 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 |
| | Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed |
| Watertemperatuur - °C | 22,5 | 21,2 | 21,0 | 20,0 | 21,0 | 20,0 | 19,5 |
| Transparantie - cm | 26,0 | 18,0 | 20,0 | 19,0 | 26,0 | 22,0 | 27,0 |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 40.122 | 47.000 | 46.000 | 39.468 | 42.504 | 50.094 | 39.379 |
| $Na^+$ - mg/l | 10.080 | 10.375 | 10.725 | - | - | 14.800 | 11.360 |
| $Cl^-$ - mg/l | 22.365 | 20.590 | 20.590 | 20.945 | 20.590 | 24.300 | 24.850 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 3.320 | - | - | 3.000 | 3.200 | 3.300 | 3.940 |
| $K^+$ - mg/l | 540 | 410 | 430 | - | - | 1.100 | 760 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 2.425 | 1.389 | 1.420 | - | - | 1.978 | 2.941 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 704 | 521 | 440 | - | - | 1.760 | 960 |
| pH | 8,13 | 8,44 | 8,23 | 8,14 | 7,95 | 8,78 | 9,20 |
| Alkaliniteit - meq/l | 7,30 | 3,95 | 3,90 | - | - | 5,70 | 5,80 |
| $CO_2$ - mg/l | 0,19 | 26,10 | 23,80 | - | - | 8,80 | 0,16 |
| Organische stoffen - mg/l | 70,78 | 29,55 | 27,81 | - | - | 186,00 | 76,47 |
| $NH_4^+$ - mg/l | 7,19 | - | - | 14,00 | 8,00 | 13,30 | 5,37 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,58 | 1,10 | 1,50 | 4,60 | 2,17 | 2,58 | 1,07 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 107,0 | 60,0 | 60,0 | 122,0 | 149,0 | 115,0 | 95,8 |
| $PO_4^{---}$ - mg/l | 4,75 | 7,84 | 6,00 | 18,00 | 19,00 | 6,15 | 2,46 |
| $SiO_2$ - mg/l | 31,00 | 5,50 | 4,75 | 18,9 | 12,4 | 21,4 | 23,8 |
| Fe - mg/l | 1,70 | 1,32 | 1,35 | - | - | 1,65 | 2,50 |
| $O_2$ - mg/l | 7,80 | 11,95 | 15,20 | - | - | 10,80 | 10,60 |
| Totale Hardheid - mg/l | - | 138 | 140 | - | - | - | - |
| Verdampingsresten | - | 42.632 | 37.493 | - | - | - | - |
| $F^-$ - mg/l | 0,96 | - | - | - | - | - | 0,98 |
| $I^-$ - mg/l | 2,10 | - | - | - | - | - | 2,35 |

| TABEL LXXVI - BELGISCHE AESTUARIA | Waargenomen minimale waarden | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1971-1975 | Blankenberge | Oostende | | | | Nieuwpoort | |
| | 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 |
| | Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed |
| Watertemperatuur - °C | 5,5 | 5,5 | 6,0 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 5,0 |
| Transparantie - cm | 4,0 | 2,5 | 4,0 | 4,0 | 6,0 | 2,0 | 2,5 |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 8.916 | 15.000 | 9.000 | 12.703 | 24.288 | 7.969 | 2.452 |
| $Na^+$ - mg/l | 1.600 | 4.025 | 5.150 | - | - | 1.860 | 320 |
| $Cl^-$ - mg/l | 4.615 | 8.520 | 11.360 | 7.455 | 13.135 | 5.680 | 1.420 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 300 | - | - | 1.070 | 1.710 | 430 | 390 |
| $K^+$ - mg/l | 160 | 185 | 220 | - | - | 90 | 108 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 331 | 504 | 612 | - | - | 327 | 52 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 192 | 240 | 300 | - | - | 160 | 112 |
| pH | 6,40 | 7,28 | 7,22 | 7,08 | 7,13 | 7,39 | 7,59 |
| Alkaliniteit - meq/l | 2,40 | 2,26 | 2,26 | - | - | 2,10 | 2,40 |
| $CO_2$ - mg/l | 0,00 | 0,00 | 2,20 | - | - | 0,00 | 0,00 |
| Organische stoffen - mg/l | 18,96 | 6,32 | 7,40 | - | - | 7,90 | 18,96 |
| $NH_4^+$ - mg/l | 0,00 | - | - | 0,10 | 0,30 | 0,05 | 0,00 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,10 | 0,04 | 0,03 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 21,0 | 1,0 | 2,3 | 21,0 | 4,7 | 4,6 | 6,0 |
| $PO_4^{---}$ - mg/l | 0,10 | 0,02 | 0,21 | 0,90 | 0,50 | 0,06 | 0,00 |
| $SiO_2$ - mg/l | 0,10 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,20 | 0,20 | 0,00 |
| Fe - mg/l | 0,05 | 0,05 | 0,05 | - | - | 0,05 | 0,05 |
| $O_2$ - mg/l | 0,50 | 1,15 | 2,65 | - | - | 2,80 | 2,20 |
| Totale Hardheid - mg/l | - | 55 | 67 | - | - | - | - |
| Verdampingsresten | - | 6.495 | 6.564 | - | - | - | - |
| $F^-$ - mg/l | 0,47 | - | - | - | - | - | 0,48 |
| $I^-$ - mg/l | 0,31 | - | - | - | - | - | 0,08 |

| TABEL LXVII - BELGISCHE AESTUARIA | Procentueel verschil tussen waargenomen maximale en minimale waarden | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1971-1975 | Blankenberge | Oostende | | | | Nieuwpoort | |
| | 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 |
| | Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed |
| Watertemperatuur - °C | 75,6 | 74,1 | 71,4 | 75,0 | 78,6 | 80,0 | 74,4 |
| Transparantie - cm | 84,6 | 86,1 | 80,0 | 78,9 | 76,9 | 90,9 | 90,7 |
| Konduktiviteit - µmho/cm | 77,8 | 68,1 | 80,4 | 67,8 | 42,9 | 84,1 | 93,8 |
| $Na^+$ - mg/l | 84,1 | 61,2 | 52,0 | - | - | 87,4 | 97,2 |
| $Cl^-$ - mg/l | 79,4 | 58,6 | 44,8 | 64,4 | 36,2 | 76,6 | 94,3 |
| $SO_4^{--}$ - mg/l | 91,0 | - | - | 64,3 | 46,6 | 87,0 | 90,1 |
| $K^+$ - mg/l | 70,4 | 54,9 | 48,8 | - | - | 91,8 | 85,8 |
| $Mg^{++}$ - mg/l | 86,4 | 63,7 | 56,9 | - | - | 83,5 | 98,2 |
| $Ca^{++}$ - mg/l | 72,7 | 53,9 | 31,8 | - | - | 90,9 | 88,3 |
| pH | 28,1 | 13,7 | 12,3 | 13,0 | 10,3 | 15,8 | 17,5 |
| Alkaliniteit - meq/l | 67,1 | 42,8 | 42,1 | - | - | 63,2 | 58,6 |
| $CO_2$ - mg/l | 100,0 | 100,0 | 90,8 | - | - | 100,0 | 100,0 |
| Organische stoffen - mg/l | 73,2 | 78,6 | 73,4 | - | - | 95,8 | 75,2 |
| $NH_4^+$ - mg/l | 100,0 | - | - | 99,3 | 96,3 | 99,6 | 100,0 |
| $NO_2^-$ - mg/l | 74,1 | 99,1 | 99,3 | 99,8 | 95,4 | 98,5 | 97,2 |
| $NO_3^-$ - mg/l | 80,4 | 98,3 | 96,2 | 82,8 | 96,8 | 96,0 | 93,7 |
| $PO_4^{---}$ - mg/l | 97,9 | 99,4 | 96,5 | 95,0 | 97,4 | 99,0 | 100,0 |
| $SiO_2$ - mg/l | 99,7 | 94,5 | 93,7 | 97,9 | 98,4 | 99,1 | 100,0 |
| Fe - mg/l | 97,1 | 96,2 | 96,3 | - | - | 97,0 | 98,0 |
| $O_2$ - mg/l | 93,6 | 90,4 | 82,6 | - | - | 74,1 | 79,2 |
| Totale Hardheid - mg/l | - | 60,1 | 52,1 | - | - | - | - |
| Verdampingsresten | - | 84,8 | 82,5 | - | - | - | - |
| $F^-$ - mg/l | 51,0 | - | - | - | - | - | 51,0 |
| $I^-$ - mg/l | 85,2 | - | - | - | - | - | 96,6 |

| TABEL LXXVIII | Maximale en minimale saliniteitswaarden ‰ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Blankenberge | Oostende | | | | Nieuwpoort | |
| | 1974-75 | 1971 | | 1973-74 | | 1973-74 | 1974-75 |
| | Vloed | Vloed | Eb | Vloed | Eb | Vloed | Vloed |
| Max. | 40,4 | 37,2 | 37,2 | 37,8 | 37,2 | 43,9 | 44,9 |
| min. | 8,4 | 15,4 | 20,5 | 13,5 | 23,7 | 10,3 | 2,6 |

Volgens de indeling van het symposium van Venetië (zie pagina 11) blijken de maximale waarden te liggen in het hyperhaliene (Nieuwpoort) en het euhaliene gebied. De minimale waarden behoren tot het mixopolyhaliene- (eb-Oostende), het mixomesohaliene- (Blankenberge, Vloed-Oostende, Nieuwpoort 73-74) en het mixooligohaliene gebied (Nieuwpoort 74-75).

Hieruit blijkt duidelijk dat de wisselwerking tussen zeewater en landdraineringswater belangrijker is in Nieuwpoort en Blankenberge dan in Oostende. Dit komt ook tot uiting door het feit dat de grootste procentuele verschillen tussen waargenomen maxima en minima van de konduktiviteit en bepalende faktoren voorkomen in Nieuwpoort en Blankenberge.

Ook de grotere pH- en alkaliniteit-variatie in Nieuwpoort en Blankenberge zou gedeeltelijk kunnen toegeschreven worden aan de grotere landafvoer aldaar. Toch blijft voor de drie onderzochte vaargeulen het zeewater doorslaggevend zodat waarschijnlijk ook polluanten het buffer -vermogen van zeewater verstoren en oorzaak zijn van grote schommelingen van pH en alkaliniteit.

Het $CO_2$ en $O_2$ -gehalte kent ook zeer grote variaties waarvoor waarschijnlijk de toevoer van organische stoffen via de landdrainering en stedelijk rioolwater, gepaard gaande met ontwikkeling van afbraakbacteriën, mede verantwoordelijk moet worden gesteld. Er moet hier nogmaals worden op gewezen dat het vaargeulwater bijna steeds onderverzadigd aan zuurstof was. Vermits het zuurstofgehalte tot zeer lage waarden daalt zal dat een invloed hebben op de ontwikkeling van de organismen. Hierbij past een toelichting van het begrip "zelfreinigend vermogen". Hiermee wordt bedoelt het vermogen van water om onder aerobe omstandigheden door biologische aktiviteit afvalstoffen te verwerken en de bij deze processen verbruikte zuurstof door absorptie uit de lucht weer aan te vullen. De oorspronkelijke toestand wordt dus alleen hersteld wat

betreft het zuurstofgehalte. Voor de voedingsstoffen, nitraten, nitrieten, ammoniak silikaten kan de oorspronkelijke toestand niet hersteld worden en dit resulteert dan in eutrofiëring.

Dit eutrofiëringsverschijnsel stelden we zeer duidelijk vast in Oostende, waar de gehaltes aan nitrieten, nitraten, fosfaten en silikaten zeer sterk waren toegenomen van 1971 tot 1973-74. Deze eutrofiëring kan aanleiding geven tot explosieve fytoplankton-ontwikkeling waarbij het natuurlijk evenwicht wordt verstoord en kan oorzaak zijn van kwalitatieve veranderingen in de fytoplankton-populaties.

Volgens Mellanby (1) kan alleen van pollutie worden gesproken in zoverre er een waarneembaar, meestal schadelijk, effekt is: bijvoorbeeld een verandering van de waterflorula. In andere gevallen moet worden gesproken van onschadelijke kontaminatie.

Er moet hierbij opgemerkt worden:

1° Een kwalitatieve of kwantitatieve verandering van de waterflorula is niet noodzakelijk schadelijk.

2° Pollutie bepalen door een kwantitatieve of kwalitatieve verandering in de waterflorula schijnt onaanvaardbaar. Het is inderdaad mogelijk en het werd herhaaldelijk vastgesteld dat polluanten door oxidatieverschijnselen het water zuurstofarm maken, waardoor de vis en andere fauna emigreert of ten ondergaat. Precies dezelfde polluanten kunnen stimulerend werken op de fytoplanktonische florula. Deze vermeerdering van de florula blijft mogelijk bij lage zuurstof-waarden omdat deze dan integraal ter hunner beschikking komen door het verdwijnen van de fauna.

---

(1) MELLANBY, K. The Biology of Pollution. Studies in Biology n° 38. Edward Arnold(Publishers) Limited. 1975. 60 pp. (p. 1 )