



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout

WATERKWALITEITS -
METINGEN
SCHELDE ESTUARIUM

1979

MOD. 346

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout antwerpen



ministerie van openbare werken
bruggen en wegen
bestuur der waterwegen

WATERKWALITEITSMETINGEN

SCHELDEESTUARIUM

MOD. 346

INHOUDSTAFEL

BLZ.

INLEIDING

1

HOOFDSTUK I

2

A. Meetmethoden

2

B. Keuze van de gemeten parameters

3

C. Aangewende meettechnieken en gebruikte toestellen

4

D. Bovenafvoer van Schelde en bijrivieren

6

HOOFDSTUK II - Meetdata

7

HOOFDSTUK III - Het chloridegehalte

9

1. Het chloridegehalte van zeewater

9

2. Het chloridegehalte van het bovenwater

9

3. Hydraulische factoren die het chloridegehalte beïnvloeden

9

4. De meetresultaten

12

HOOFDSTUK IV - Het suspensiegehalte

14

HOOFDSTUK V - De watertemperatuur

16

HOOFDSTUK VI - De opgeloste zuurstof

18

HOOFDSTUK VII - De oxydo - reductiepotentiaal

20

HOOFDSTUK VIII - De zuurtegraad

21

HOOFDSTUK IX - Globaal overzicht van het verloop der verschillende kwaliteitsparameters

22

BESLUITEN

24

INLEIDING

Door de Diensten van de Eerste Minister werd op 23 oktober 1970 een nationaal onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma voor het leefmilieu voorgesteld, waarvan de leiding werd toevertrouwd aan de Interministeriële Commissie voor het Wetenschapsbeleid (I.C.W.B.). \cong C.I.P.S.

Een gedeelte van dit programma had betrekking op het onderzoek van de waterverontreiniging van de Noordzee ter hoogte van de Belgische kust en aangrenzende Nederlandse en Franse kusten, met het oog op het ijken van een mathematisch model van de Noordzee (Project "Zee"). Het Scheldeestuarium maakte deel uit van het te onderzoeken gebied.

Aan het Waterbouwkundig Laboratorium werd vanaf 1972 gevraagd medewerking te verlenen bij de in situ uit te voeren metingen van de physico - chemische parameters, die de waterverontreiniging karakteriseren. Het voorliggend verslag brengt een synthese van de in het kader van het I.C.W.B.-programma verkregen meetresultaten.

Voor gedetailleerde gegevens hierover verwijzen we naar de interim-rapporten : "Natuurmetingen Schelde - Langsprofielen Fysico - chemische parameters - Mod. 346" (Delen I tot VI).

De heer ir. J. J. PETERS, e.a. ingenieur van Bruggen en Wegen - Hoofd van Dienst, was belast met de studie, de heer J. ENGELS, technisch ingenieur, met de uitvoering van de metingen en voorbereiding van het rapport.

Vraag: waarom see
controle-metingen??
Afhankelijk??
Personeel??
veld??

Heeft men dat niet
in een punt uitgetest
door controle-metingen?

HOOFDSTUK I

A. Meetmethoden

De metingen die door het Waterbouwkundig Laboratorium verricht werden kan men onderverdelen in twee groepen. Een eerste reeks metingen werd uitgevoerd gedurende een volledig getij op welbepaalde plaatsen in het Scheldeestuarium of in de Noordzee gelegen. Een tweede reeks betreft metingen die uitgevoerd werden in langszin van het estuarium omstreeks de laagwater (of hoogwater) -kenteringen van eenzelfde of gelijkaardig getij. Voorliggend verslag handelt over de tweede reeks metingen die uitgevoerd werden vanaf het einde van 1974.

De physico-chemische parameters, kenmerkend voor de waterverontreiniging en voor de mengverschijnselen in het Scheldeestuarium, werden door monsternamen vanuit een meetvaartuig maandelijks opgemeten in verschillende meetpunten gelegen tussen Breskens en Den-dermonde.

In principe dienden de monsternamen te geschieden bij de laagwaterkenteringen (KLW) en soms ook bij de hoogwaterkenteringen (KHW) omdat geacht werd dat omstreeks die tijdstippen de uiterste waarden van de parameters optreden.

Wegens de vlugge variatie van zekere parameters (vooral de concentraties aan vaste stoffen) rond de kenteringen, verkrijgt men evenwel op deze wijze geen juiste gegevens over de maximale waterverontreiniging.

Met de ter beschikking gestelde meetvaartuigen (x) en ook wegens de aangewende meettechnieken was het onmogelijk de kentering over de

(x) Deze meetvaartuigen werden bereidwillig ter beschikking gesteld van het Laboratorium door de Belgische Zeemacht.

ganse loop van de Schelde te volgen, zodat men genoodzaakt was de metingen over drie opeenvolgende dagen te spreiden. Hierbij werd wel gezorgd voor een zekere overlapping van de metingen, die op verschillende dagen werden uitgevoerd. Op de bijlage 1 is weergegeven hoe de verplaatsing van het meetschip ten opzichte van de kentering van laagwater zich in werkelijkheid voordeed. Er blijkt duidelijk uit dat niet voor alle meetpunten de metingen op hetzelfde ogenblik van het getij konden plaatsvinden. Een gedetailleerde lijst van de meetpunten is op de bijlage 2 en de ligging ervan op de bijlage 3 weergegeven.

De Schelde werd hierbij in drie zones ingedeeld namelijk vanaf Breskens tot Walsoorden, van Hansweert tot Boerenschans en van Fort de Parel tot Dendermonde.

In principe werd om de maand over een volledig langsprofiel gemeten.

B. Keuze van de gemeten parameters.

Om een volledig bilan van de waterkwaliteit van het Scheldeestuarium te verkrijgen zou men een groot aantal parameters moeten bepalen die de verontreiniging, afkomstig uit verschillende bronnen, kenmerken.

Bij de keuze van de meetparameters diende rekening gehouden met het feit dat het estuarium een menggebied vormt voor rivierwater (bovenafvoer) en zeewater (getijdebieten).

Voor de metingen werden de volgende parameters weerhouden :

- chloridegehalte (gr Cl^- / l)
- concentratie aan vaste stoffen (mg/l)
- temperatuur (°C)
- opgeloste zuurstof (mg O_2 / l)
- PH
- oxydo-reductiepotentiaal (m V)

Deze parameters karakteriseren zowel de waterkwaliteit als de menging in het estuarium en kunnen op een snelle en eenvoudige wijze bepaald worden.

Door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (Ministerie van Volksgezondheid en het Gezin) en de Dienst "Environnement et Chimie Industriële" van de Université Libre de Bruxelles werden nog andere parameters gemeten zoals :

- chemisch zuurstofverbruik (C.O.D)
- biochemisch zuurstofverbruik (B.O.D.)
- organische stoffen
- nutriënten
- bacteriologische activiteit
- zware metalen

→ Voor de resultaten van deze metingen verwijzen we naar de rapporten uitgegeven door de vermelde instellingen.

C. Aangewende meettechnieken en gebruikte toestellen

1. Bepaling van het chloridegehalte

Het chloridegehalte in een oplossing kan bepaald worden door middel van een scheikundige titratie volgens de methode van Mohr met zilvernitraat als reagens en kaliumchromaat als indicator. Deze methode levert betrouwbare resultaten op maar is voor uitgebreide metingen vrij omslachtig.

Een andere methode bestaat erin de elektrische geleidbaarheid van de oplossing te meten. Deze methode is geschikt voor continue metingen in situ. Ze vergt een nauwgezet toezicht, daar uitwendige factoren zoals de temperatuur, electrolyseverschijnselen, vervuiling van de electrode e.a., de resultaten in belangrijke mate kunnen beïnvloeden. Voor de geleidbaarheidsmetingen in situ werden toestellen gebruikt van de firma ECR (type P4EN), die voorzien zijn van een temperatuurcompensatie. Deze metingen werden gecontroleerd door titraties, volgens de methode Mohr, van genomen watermonsters.

2. Concentratie aan vaste stoffen

Hiertoe werden watermonsters genomen die in het Laboratorium gefiltreerd werden met een Millipore-filter type GSWP 04700 met poriën van $0,22\mu$ ($\pm 0,02\mu$).

3. Temperatuur

De temperatuur werd gemeten met een geijkte kwikthermometer (schaalverdeling $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en tolerantie $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ter bescherming werd deze thermometer in een dompelaar geplaatst, welke in een meetpunt gedurende 2 minuten in het water werd gelaten, nabij het oppervlak.

4. Opgeloste zuurstof

De opgeloste zuurstof werd gemeten met een zuurstofmeter van het merk YSI, type 54ARC met automatische temperatuurcompensatie. Ook werd ze bepaald door het uitvoeren van de bekende Winkler-titratie op genomen watermonsters, volgens de norm NBN 390 (Belgische Instituut voor Normalisatie).

5. Zuurtegraad

De zuurtegraad werd gemeten met behulp van een PH-meter van het merk Radiometer, type PHM29, voorzien van een samengestelde electrode van het type GK 2311C, platinaelectrode P101 en calomelelectrode K401.

6. Oxydo-reductiepotentiaal

Voor de meting van het oxydo-reductiepotentiaal (Eh) werd gebruik gemaakt van een door de Université Libre de Bruxelles ter beschikking gesteld toestel van het merk Beckman, type Electromate.

D. Bovenafvoer van Schelde en bijrivieren

Een belangrijk element bij de beoordeling van de verkregen meetresultaten is de bovenafvoer van de Schelde. Deze afvoer wordt voor de verschillende bijrivieren en de bovenschelde door de Antwerpse Zeediensten gemeten in meetraaien die gelegen zijn aan de rand van het tijgebied.

Door rekening te houden met de hydrografische oppervlakten van de rivieren of riviergedeelten wordt hieruit de afvoer verkregen van de Schelde afwaarts de Rupel te Schelle (к).

De maandgemiddelde afvoer te Schelle werd voor de meetperiode 1973-1978 op de bijlage 4 weergegeven en op de bijlage 5 grafisch voorgesteld.

De jaargemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle bedraagt ongeveer $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (кк).

In het algemeen kan men de periode 1973-1978 als relatief droog bestempelen, met droge zomers in 1973-en 1976. Ook de winters waren redelijk droog, behalve deze van 1974-1975, met een maximum maandgemiddelde afvoer van $323,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (november 1974)

(к) Zie "Dèbietien van het Scheldebekken - Periode 1959-1972"
Antwerpse Zeediensten - Januari 1974

(кк) Zie "Neerslag-Afvoerrelaties voor Schelde en bijrivieren"
ir. I. Coen. Tijdschrift der Openbare Werken van België
nr. 3 - 1978.

HOOFDSTUK II Meetdata

Hieronder volgt een lijst van de vanaf november 1974 tot december 1978 uitgevoerde meetcampagnes.

18 - 20 november 1974

19 december 1974

13 - 16 januari 1975

28 - 30 januari 1975

25 - 27 maart 1975

28 - 30 april 1975

22 - 25 juli 1975

25 - 29 augustus 1975

9 - 12 september 1975

8 - 11 december 1975

19 - 20 januari 1976

16 - 19 februari 1976

15 - 19 maart 1976

5 - 8 april 1976

4 - 7 mei 1976

31 mei - 3 juni 1976

14 - 17 juni 1976

12 - 15 juli 1976

9 - 13 augustus 1976

13 - 16 september 1976

8 - 11 februari 1977

8 - 10 maart 1977

6 - 8 april 1977

3 - 5 mei 1977

7 - 9 juni 1977

5 - 7 juli 1977

13 - 16 september 1977

17 - 20 oktober 1977
16 - 18 november 1977
13 - 15 december 1977

10 - 11 januari 1978
7 - 9 februari 1978
10 - 12 april 1978
23 - 25 mei 1978
6 - 8 juni 1978
4 - 5 juli 1978
8 - 10 augustus 1978
4 - 6 september 1978
19 - 21 december 1978

De volledige meetresultaten zijn in tabelvorm weergegeven en ook grafisch voorgesteld in de interimrapporten - Model 346 (Delen I tot VI).

In de hierna volgende hoofdstukken wordt voor iedere parameter de rol belicht die deze als maat voor de vervuiling of voor de menging van het Scheldewater vervult en wordt een interpretatie gegeven van de bekomen meetresultaten.

HOOFDSTUK III Het chloridegehalte

1. Het chloridegehalte van zeewater

De chemische samenstelling van het Noordzeewater is vrijwel constant. Er zijn zouten in opgelost, in totaal voor ongeveer 35,5 gr. per liter, waarvan de voornaamste, natrium -en magnesiumchloride zijn (samen voor zowat 88 %). Het chloridegehalte dat hiermede overeenstemt bedraagt ongeveer 19,5 gr. per liter.

Tussen het chloridegehalte en het zoutgehalte bestaat een (temperatuur afhankelijke) relatie, bekend als de regel van Knudsen : zoutgehalte = 0,030 + 1,8053 chloridegehalte. Aan de monding van de Westerschelde is het zeewater min of meer vermengd met het bovenwater afkomstig van de Schelde, maar ook van Maas en Rijn (к)

2. Het chloridegehalte van het bovenwater

Het chloridegehalte van het bovenwater (Bovenschede en bijrivieren) is normaal zeer laag. Zelden wordt de waarde 0,2 gr/l overschreden. Alleen voor de Zenne te Eppegem, de Dijle te Haacht en de Grote Nete te Itegem werden wat hogere waarden waargenomen (кк).

3. Hydraulische factoren die het chloridegehalte beïnvloeden

De hydraulische factoren die het chloridegehalte in een estuarium beïnvloeden zijn de getijdebeweging en de bovenafvoer. Aan de monding staat de Westerschelde in verbinding met de Noordzee, zodat

(к) Zie "De zoutgehalten in de Westerschelde en het mondingsgebied en de veranderingen ervan t.g.v. de Deltawerken. Eerste bericht."
ir. M. Meulenbergh en ir. W. Bakker R.W.S. - Studiedienst Vlissingen.

(кк) Zie ook Waterverontreiniging Westerschelde - overzicht 1971-75
Mod.295/6 - Waterbouwkundig Laboratorium (januari 1977)

bij vloed water met een hoog chloridegehalte aangevoerd wordt van afwaarts. Van opwaarts wordt bovenwater met een laag chloridegehalte afgevoerd. In de contactzone vermengt het zoet bovenwater zich met het zoute water. Door de onregelmatigheden van de rivierconfiguratie treedt een intense turbulentie op die een goede menging mogelijk maakt.

De wisselwerking tussen de getijde aan- en afvoer en de bovenafvoer heeft tot resultaat dat het chloridegehalte op een bepaalde plaats van de Westerschelde varieert van eb naar vloed. Deze variatie is analoog aan de variatie van de waterstanden. Een maximum chloridegehalte treedt echter op bij vloedkentering, een minimum bij ebkentering. Er is dus een faseverschuiving merkbaar t.o.v. het vertikaal getij (κ). De waarden van deze extremen hangen voor een constante bovenafvoer af van de getijamplitude.

In langszin verloopt het chloridegehalte van ongeveer 19,5 gr./l aan de monding (chloridegehalte van het zee water) geleidelijk naar dat van het bovenwater in de opwaartse gedeelten.

De intense menging heeft tot gevolg dat er zich in een dwarsprofiel van de Schelde gewoonlijk nauwelijks een chloridegradiënt voordoet. In sommige omstandigheden is wel enige verticale variatie van het chloridegehalte merkbaar, te wijten aan lokale invloeden (bijvoorbeeld aan de toegangsgeulen van de sluizen, waar zich densiteitstromingen kunnen voordoen omdat water met een relatief hoog chloridegehalte in contact komt met water met lagere chloridegehalten), of bij een plotse ontzilting, als gevolg van een belangrijke en plotse stijging van de bovenafvoer.

Wegens het feit dat eb- en vloedstromingen verschillende geulen volgen zijn vooral in het afwaarts gedeelte van het estuarium ook dwarse gradiënten waarneembaar.

(κ) Zie ook : "Chloridegehaltemetingen in de Westerschelde".
Samenvattend verslag over de metingen van 1942 tot 1970."
Ir. Coen, Antwerpse Zeëdiensten, oktober 1971

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

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

Tussen de bovenafvoer en het chloridegehalte in een bepaalde plaats kunnen aldus aanzienlijke vertragingen optreden van het mengproces. De verzilting van de rivier is het gevolg van een continue vermindering van het bovendebiet, die meestal een vrij regelmatig karakter vertoont. De menging kan hierdoor beter gelijke tred houden met de variatie van het bovendebiet dan het geval is bij een ontzilting van de rivier, die dikwijls het gevolg is van vrij plotse en aanzienlijke stijgingen van het bovendebiet, waardoor het gelijkmatig verlopend mengproces gestoord wordt.

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

Door onvolledige menging kunnen zich vooral in de afwaartse gedeelten van het estuarium dichtheidsströmingen voordoen ten gevolge van dichtheidsverschillen tussen de verschillende waterlagen en dit zowel vertikaal als lateraal.

In de brakwaterzone zijn de zoutconcentraties van die aard dat ze bevorderlijk zijn voor de flocculatie van de in het water aanwezige

suspensiestoffen. Het is van belang deze zone te situeren en de verplaatsing ervan in functie van de bovenafvoer te bestuderen.

4. De meetresultaten

Op de bijlage 6 zijn als voorbeeld langsprofielen voorgesteld van het chloridegehalte bij kentering laagwater (KLW) voor de maandelijkse metingen over het jaar 1976.

Men merkt duidelijk de veranderingen die deze langsprofielen ondergaan onder invloed van de seizoenwisselingen (bovenafvoer). Zoals reeds vermeld verlopen de chloridegehalten en debieten niet in fase. Daar de hier behandelde resultaten betrekking hebben op eendaagse metingen is het niet mogelijk hieruit het chloridegehalte / debietverband nader te bepalen.

Voor de jaren 1975-1978 werden de verlopen van de maximum- en minimumwaarden van het chloridegehalte (gemeten bij KLW en aan de oppervlakte) op de bijlage 7 voorgesteld.

Voor deze periode blijkt tussen de verlopen der maxima en der minima een grootste verplaatsing van 30 à 35 km in langszin voor te komen.

Op de bijlage 8 zijn de uitersten weergegeven die de langsverlopen van het chloridegehalte ondergaan hebben onder invloed van de bovenafvoer en van het getijde tijdens de periode 1966 tot 1978.

Voor de samenstelling van deze figuur werden naast de gegevens bekomen in het kader van het I.C.W.B. -meetprogramma, ook gegevens verwerkt, afkomstig van verschillende metingen die door het laboratorium sedert 1966 werden uitgevoerd.

Voor de periode 1966-1978 noteerde men ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens (km 50) een verschil tussen maximum en minimum chloridegehalte van 10 tot 15 gr/l (minimumwaarde 1 gr/l, maximumwaarde 15,5 gr/l). Uit de metingen blijkt eveneens dat het mengproces zich in zee tot ver voorbij Breskens-Vlissingen uitstrekt. De veranderingen van het chloridegehalte zijn daar inderdaad nog vrij

aanzienlijk (bijlage 8).

Het zeewater voor onze kusten vertoont trouwens geen constant chloridegehalte, omwille van de menging met zoet water afkomstig van de Rijn- en Maasmondingen en wellicht ook van Franse rivieren (zie voetnota^x blz.10).

Vermelden we nog dat de chloriden die in het Scheldewater in oplossing zijn conservatieve stoffen zijn, die niet afgebroken worden of uit het water neerslaan zodat het chloridegehalte als een werkelijke maatstaf voor het mengproces kan gelden. Voor de bepaling van de turbulente dispersiecoëfficiënt bij mathematische studies wordt het zoutverloop dan ook bij voorkeur aangewend.

HOOFDSTUK IV Het suspensiegehalte

Met suspensiegehalte wordt hier bedoeld, het gehalte aan vaste stoffen dat door het rivierwater in suspensie vervoerd wordt.

Het suspensiegehalte wordt uitgedrukt in mg/l.

Voor de Schelde ligt de diameter van de afzonderlijke partikels meestal tussen $0,22 \mu$ en $0,50 \mu$.

Onder invloed van de in het water aanwezige zoutionen kunnen ze tot veel grotere conglomeraten floculeren (diameter van de orde van 50μ), die gemakkelijk tot bezinking komen als de riviersnelheden klein worden, waarbij ze als slib neerslaan omstreeks de kenteringen van hoog- en laagwater.

Deze aanslibbingen situeren zich vooral in de brakwaterzone bij chloridegehalten tussen 1 gr/l en 3 gr/l gelegen.

De suspensiestoffen kunnen zowel van de land- als van de zeezijde afkomstig zijn. In de aanslibbingszone van de Schelde zijn ze waarschijnlijk voornamelijk van de landzijde afkomstig.

De suspensiestoffen die als slib bezinken kunnen verontreinigende elementen zoals zware metalen door adsorptie opnemen, wat tot een voortschrijdende achteruitgang van de waterkwaliteit leidt.

Hoge concentraties aan vaste stoffen kunnen ook een nadelige invloed uitoefenen op de lichtdoorlatendheid en dus op de algengroei en het zelfreinigend vermogen van de rivier.

De metingen van het suspensiegehalte bij kentering laag water wijzen grosso modo op het voorkomen van relatief lage concentraties afwaarts de Belgisch-Nederlandse grens en hogere concentraties opwaarts ervan.

Bij de beoordeling van deze meetresultaten moet men acht geven op het feit dat de floculatieverschijnselen omstreeks de kenteringen het suspensiegehalte in hoge mate beïnvloeden. Het tijdstip van de monsternamen speelt hier een doorslaggevende rol. Daar het hier overigens alleen om oppervlakte monsters gaat verkrijgt men door deze metingen geen werkelijk inzicht in de waterkwaliteit, temeer daar andere kwaliteitsparameters

afhankelijk zijn van het suspensiegehalte (bijv. B.O.D.).

Het is bekend dat de bovenafvoer, door beïnvloeding van het zoutgehalte en ook door het naar afwaarts transporteren van de suspensiestoffen, het suspensiegehalte op een bepaalde plaats in het estuarium mede bepaalt. De combinatie van deze complexe verschijnselen maakt uitgebreide metingen over het volledige getij en gedurende lange perioden noodzakelijk om klaarheid te brengen in de werkelijke kwaliteit van het Scheldewater.

Een voorbeeld van langsprofiel van het suspensiegehalte is voorgesteld op de bijlage 16 waarbij men hogere suspensiegehalten opwaarts de Belgisch-Nederlandse grens waarneemt.

HOOFDSTUK V De watertemperatuur

De watertemperatuur oefent een grote invloed uit op het zelfreinigend vermogen van een rivier. De reactiesnelheid van de bio- en physicochemische reacties hangt er van af. Ook de oplosbaarheid van zuurstof in het water is afhankelijk van de temperatuur. Op een bepaalde plaats van de Schelde wordt de temperatuur bepaald door de mengingsgraad van bovenwater en zeewater. Vandaar dat zich volgens de tijdbeweging een halfdaagse variatie van de temperatuur voordoet. Over het algemeen kunnen men stellen dat in de winter de temperatuur van het vloedwater hoger is dan van het ebwater. Tijdens de zomer doet zich het omgekeerde voor. Gemiddeld genomen verloopt de temperatuurvariatie van het Scheldewater volgens de seizoenen min of meer in fase met de gemiddelde luchttemperatuur (x).

De temperatuur van het water is het resultaat van warmteuitwisselingen met de atmosfeer en met de bodem en van de menging van het zeewater met het bovenwater. Er kunnen zich dan ook tussen de temperatuurvariaties van deze elementen vertragingen voordoen. De laatste decennia is een nieuwe uitwendige warmtebron werkzaam die de natuurlijke warmteuitwisseling verstoort, namelijk de warmwaterlozingen door energiecentrales en industrie, die als thermische verontreiniging wordt betiteld.

Op de bijlage 9 werden de meest representatieve verlopen die men tijdens de meetcampagne 1974-1978 heeft waargenomen voorgesteld en per seizoen gegroepeerd. Men merkt duidelijk de invloed van de seizoenen op de watertemperatuur. In de zomer en de winter is bij kentering laagwater een temperatuurverschil tussen de monding en het opwaarts riviergedeelte aantoonbaar dat voor beide gevallen van dezelfde orde van grootte is. In de herfst is de temperatuur bij K LW veel gelijkmatiger in langszin. In de lente daarentegen is de langse temperatuurgradiënt het grootste.

(x) Cfr. Codde - Atlas van België - (1967)
(platen 18^A en 18^B)

Men merkt ook op dat vanaf Hemiksem ongeveer onregelmatigheden in het verloop van de langsprofielen toenemen, wat zijn oorzaak zou kunnen vinden in de invloed van de Rupel. Tussen de monding en Hansweert ongeveer vertoont het temperatuurverloop een kleine gradiënt. Opwaarts ervan is de gradiënt veel groter en bereikt niet zelden tussen Hansweert en Fort de Parel 4°C . Tussen Fort de Parel en Hemiksem neemt men over het algemeen een kleine gradiënt waar in lente, zomer en winter met zelfs een lichte daling in de herfst. Meer naar opwaarts toe stijgt de temperatuur gradiënt opnieuw.

Overigens is duidelijk het resultaat van de zeer warme zomer 1976 op de Scheldetemperatuur waarneembaar.

Op de bijlage 10 werden de gemiddelde watertemperaturen uitgezet in functie van de tijd en dit voor drie verschillende riviervakken, namelijk van de monding tot 10 km, van 60 tot 70 km en van 100 tot 110 km. De maandgemiddelde luchttemperatuur en het aantal uren zonneschijn te Ukkel werd er eveneens op weergegeven. Hieruit blijkt een zekere vertraging tussen oorzaak (zonnestraling) en gevolg (luchttemperatuur en watertemperatuur). De seizoeninvloed is duidelijk waarneembaar.

We moeten ook hier vaststellen dat het tijdstip waarop de waarnemingen gebeuren de resultaten beïnvloedt. Daar de temperatuur slechts aan de oppervlakte werd genomen en we voor het verleden niet over gelijkaardige metingen beschikken is het moeilijk vaste besluiten te formuleren over een mogelijke voortschrijdende thermische verontreiniging.

HOOFDSTUK VI De opgeloste zuurstof

De opgeloste zuurstof (O_2) geldt als de belangrijkste parameter voor de beschrijving van de waterkwaliteit.

De zelfreiniging van het rivierwater berust in hoofdzaak op biochemische processen in aanwezigheid van aerobe bacteriën, waarbij zuurstof verbruikt wordt.

Bij gebrek aan zuurstof treden zogenaamde anaerobe afbraakprocessen op die tot verdere degradatie van de waterkwaliteit leiden.

Over het algemeen neemt men aan dat minimum 3 à 4 mg/l zuurstof in oplossing moet aanwezig zijn voor de instandhouding van het leven in de rivier.

De oplosbaarheid van zuurstof is overigens niet onbeperkt en hangt af van de heersende zuurstofdruk van de temperatuur en de in het water opgeloste gassen en zouten. De verzadigingsgraad bedraagt bijvoorbeeld voor 12°C en 1,6 gr/l chloridegehalte (gemiddelde waarden voor de Schelde nabij Antwerpen) ongeveer 10,5 mgr/l bij 760 mm atmosferedruk (met waterdamp verzadigd).

Bij verhoging van de temperatuur en/of verhoging van het chloridegehalte daalt de verzadigingsgraad.

De aanwezigheid van slib in het estuarium kan het zuurstofgehalte eveneens beïnvloeden. Het slib bestaat namelijk gedeeltelijk uit organische stoffen waarvan de afbraak zuurstof vereist.

De zuurstof wordt door het water vanuit de lucht opgenomen door diffusie afhankelijk van de turbulentie en de temperatuur van het water, maar ook door zuurstofvorming bij de koolstofassimilatie van het plankton.

Op de bijlage 11 werden de meetresultaten wat zuurstofgehalte betreft voor 1975, 1976, 1977 en 1978 weergegeven.

Men merkt op dat drie zones kunnen onderscheiden worden. In een eerste zone van aan de monding tot ongeveer Bath is het zuurstofgehalte hoog wegens de hoge mengingsgraad van het estuariumwater. Het zuurstofgehalte daalt langzaam naar opwaarts toe. In een tweede zone treedt een sterke

gradiënt op van het zuurstofgehalte, te vergelijken met het chloridegehalte. Te Doel meet men reeds lage waarden van het zuurstofgehalte. De ligging en steilheid van de gradiënt hangen af van de ogenblikkelijke menging. Voor grotere bovendebieten verplaatst deze zich naar afwaarts, voor kleinere meer naar opwaarts. In een derde zone (vanaf de Antwerpse haven) is het zuurstofgehalte zeer laag. In de maanden februari - mei zijn de zuurstofgehalten wat hoger dan in de zomermaanden, waar ze tot nul dalen en er soms over een gedeelte van de rivier een anaerobe toestand ontstaat.

Bij hogere rivierafvoer merkt men soms een lichte en tijdelijke verbetering van de zuurstofgehalten die echter ter hoogte van de Antwerpse haven ophoudt (voorbeeld begin 1975).

Daar de hier besproken metingen van het zuurstofgehalte over een te korte tijdsperiode werden uitgevoerd is het niet aangewezen hieruit vaste conclusies te formuleren in verband met de evolutie van deze kwaliteitsparameter.

HOOFDSTUK VII De oxydo-reductiepotentiaal

De oxydo-reductiepotentiaal (= Eh uitgedrukt in mV) is een maat voor de beschikbaarheid van oxyderende of reducerende stoffen in het beschouwd milieu. Deze potentiaal wordt gemeten tussen een platina-en een calomel-electrode. Wanneer men de metingen van de Eh beoordeelt in combinatie met het zuurstofgehalte bekomt men een bijkomend gegeven over de waterkwaliteit. In het water zijn naast zuurstof immers nog andere oxyderende stoffen aanwezig zoals ijzer (Fe^{3+}), mangaan (Mn^{4+}), nitraten (NO_3^-) en sulfaten (SO_4^{2-}).

Op de bijlagen 12 en 13 worden profielen van de oxydo-reductiepotentiaal weergegeven samen met het zuurstofverloop, voor de periode 1974-1976. Bij vergelijking met de verlopen van het zuurstofgehalte stelt men vast dat de oxydo-reductiepotentiaal vrij constant blijft met waarden van + 200 mV tot + 400 mV in de zone waar het zuurstofgehalte groter is dan 3 à 4 mg/l.

In de zone waar het zuurstofgehalte zeer laag is, beginnen andere scheikundige oxydatie processen een rol te spelen en dalen de Eh-waarden gevoelig, om zelfs negatief te worden.

Het Eh-profiel vertoont er een of meerdere minima, die optreden in de omgeving van de Rupelmonding (bijlage 14), wat op het sterk reductief karakter van het Rupelwater wijst.

De seizoencyclus die we voor het zuurstofgehalte reeds vermeld hebben is hier eveneens aantoonbaar en zelfs nog duidelijker waarneembaar. Een verklaring hiervoor vormt het feit dat de oxydo-reductiepotentiaal ook door andere oxyderende stoffen dan zuurstof (die in geringe mate aanwezig is) bepaald wordt.

HOOFDSTUK VIII De zuurtegraad

De zuurtegraad van het water wordt uitgedrukt in PH-waarden, waarbij lage waarden overeenstemmen met een zuur milieu en hoge waarden met een basisch milieu. De zuurtegraad van het Scheldewater verandert slechts zeer weinig, ondanks de menigvuldige lozingen van soms sterke zure of basische afvalwaters vooral in de Antwerpse havenindustriezone.

Blijkens de metingen bezit het Scheldewater dus de eigenschappen van een sterke buffer. Het water is over het algemeen licht basisch (PH = 7,3 tot 7,5). Aan de monding meet men wat grotere variaties (PH minder dan 7 tot 8).

Op de bijlage 15 worden enkele voorbeelden van gemeten PH-profielen weergegeven. Het profiel van 15.9.1977 toont aan dat rivierwater met PH = $\pm 7,4$ zich mengt met water aan de monding dat meer basisch is (PH = 8). Men merkt duidelijk de invloed van zure lozingen in het gebied tussen Antwerpen en Hansweert.

Het profiel van 9.6.1977 toont een situatie waarbij het water aan de monding neutraal is en geleidelijk overgaat naar de kenmerkende PH-waarden voor het rivierwater. De invloed van de industriezone is hier minder duidelijk aantoonbaar.

Het derde profiel van 30.1.1975 werd opgemeten tijdens een periode van grote bovenafvoer, waarbij het oppervlaktewater weinig PH-variatie blijkt te vertonen, met nochtans een lichte stijging naar de monding toe.

In het Antwerpse havengebied heeft men over het algemeen een PH van $\pm 7,2$ met plaatselijke lagere waarden waargenomen tijdens de meetcampagnes.

HOOFDSTUK IX Globaal overzicht van het verloop der verschillende kwaliteitsparameters

In de vorige hoofdstukken werden de verschillende kwaliteitsparameters die door het Waterbouwkundig Laboratorium werden gemeten, afzonderlijk besproken.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op een volledige meting, zoals die maandelijks werd uitgevoerd, om een globaal overzicht te verkrijgen over het verloop van deze kwaliteitsparameters.

Als typisch voorbeeld werden op bijlage 16 de meetresultaten voorgesteld van de meting die werd uitgevoerd in januari 1973..

Bijna voor iedere parameter kan men de drie zones onderscheiden waarvan hoger sprake was (zie blz. 19 onderaan).

In het mondingsgebied en de zone 1 treden over het algemeen slechts geringe variaties op van de verschillende parameters. De waterkwaliteit is in deze zone goed. Ter hoogte van Terneuzen treden lichte stijgingen op van bepaalde parameters, waardoor de invloed van de lozingen uit het kanaal Gent-Terneuzen tot uiting komt. De derde zone wordt gekenmerkt door de toevoer van verontreinigd rivierwater. Ook in deze zone treden slechts geringe wijzigingen op in de waarden van de meeste parameters, met uitzondering van de nutriënten en de oxydo-reductiepotentiaal. In de tussengelegen zone 2 die grenst aan de zoetwaterzone is de rivierverontreiniging het meest uitgesproken. De verkregen meetresultaten wijzen op een sterkere verontreiniging van de Rupel en bijrivieren (vooral de Zenne) dan van de Schelde opwaarts de Rupel.

In deze zone waar de opgeloste zuurstof meestal volledig verbruikt werd (cfr. de sterke verontreiniging van de Rupel) worden verder andere oxyderende stoffen verbruikt wat tot zeer lage Eh-waarden aanleiding geeft.

Het chloridegehalte (aanvoer van afwaarts) en SiO₂-gehalte (aanvoer van opwaarts) zijn het gevolg van de menging van het zee- en bovenwater in de rivier. Tussen beide parameters bestaat dan ook een verband dat echter nader dient onderzocht. Hetzelfde kan gezegd worden voor de concentratie aan vaste stoffen en het kalium-permanganaat-verloop (indicator voor het BOD-verloop).

Wegens de sterke aanslibbingen in de zone 2 daalt de concentratie aan vaste stoffen afwaarts van Antwerpen, terwijl anderzijds in deze zone de BOD-waarden het grootst zijn wegens de aanwezigheid van organisch materiaal in het slib.

De zuurtegraad vertoont een minimum in de zone 2, waarschijnlijk te wijten aan de lozing van grote hoeveelheden zure afvalwaters in het havengebied. Bij nadere beschouwing van de hier voorgestelde profielen blijkt duidelijk de invloed van bepaalde factoren op de waterkwaliteit.

We vermelden de lozingen in het Antwerpse Industriegebied, de toevoer van sterk verontreinigd Rupelwater, en het geometrisch effect (verhoogde turbulentie) van het Scheldeestuarium afwaarts de Belgisch-Nederlandse grens op de waterkwaliteit.

Deze invloeden kan men waarnemen op de profielen van de opgeloste zuurstof, de oxydo-reductiepotentiaal, de PH, de nitrificatieprocessen, de concentratie aan vaste stoffen en de temperatuur.

De mengzone 2 kan zich afhankelijk van de bovenafvoer, verplaatsen naar af- of opwaarts. De profielen van het chloridegehalte, de concentratie aan vaste stoffen en de BOD-waarden zijn hieraan het meeste gevoelig.

BESLUITEN

In het kader van het onderzoeksprogramma van de Interministeriële Commissie van het Wetenschapsbeleid werden door het Waterbouwkundig Laboratorium metingen uitgevoerd in het Scheldeestuarium om de waterkwaliteit van het Scheldewater vast te stellen.

Hierbij werd aangetoond dat men grosso-modo het estuarium in drie zones kan indelen : in een eerste zone vanaf de monding tot de Belgisch-Nederlandse grens is de waterkwaliteit over het algemeen goed te noemen.

In de zone der Antwerpse haven en der Stad Antwerpen tot aan de Rupel is de waterkwaliteit slecht tot zeer slecht. Opwaarts de samenvloeiing met de Rupel verbetert de waterkwaliteit van de Schelde enigszins. Hoewel in de Rupel zelf niet werd gemeten wijzen de meetresultaten erop dat de waterkwaliteit van deze bijrivier zeer slecht is.

Wegens de aard der metingen (alleen omstreeks kentering laag water) en de relatief korte meetperiode is het niet mogelijk vast te stellen of de waterkwaliteit enige evolutie vertoont in de zin van een voortschrijdende verbetering of verslechting van de toestand.

Van een werkelijk belangrijke wijziging van de toestand kan men echter blijkbaar tijdens deze meetperiode niet gewagen.

De complexe factoren die de menging, flocculatie van vaste stoffen, zuurstofverbruik en andere verschijnselen beïnvloeden brengen mede dat een duidelijk inzicht in enige evolutie slechts kan verkregen worden door metingen over het volledig getij en gedurende lange perioden (seizoeninvloed, invloed van droge en natte jaren). Ontleding van bodemonsters (slib) dient hieraan noodzakelijkerwijze parallel te verlopen.

Aan het doel van deze natuurmetingen, namelijk het verzamelen van terreingegevens voor het opstellen van mathematische modelstudies, werd tegemoet gekomen door het overmaken, tijdens de metingen, van de meetresultaten en door adviesverlening over de verschillende verschijnselen die hier aan de orde zijn. Hiervoor wordt verwezen naar de rapporten die in het kader

van het Project "Zee" werden opgesteld, meer bepaald naar Boekdeel 10 "Het Scheldeestuarium" Diensten van de Eerste Minister - Programmatie van het Wetenschapsbeleid - Nationaal Onderzoeks- en Ontwikkelingsprogramma - Leefmilieu - water.

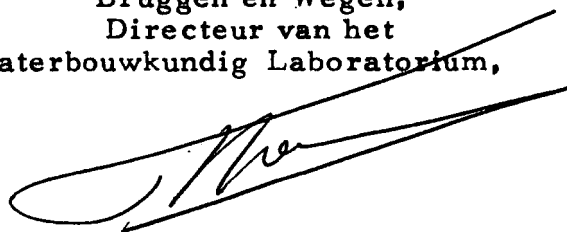
Borgerhout, december 1979

De Hoofdingenieur-Directeur van
Bruggen en Wegen,



ir. I. COEN

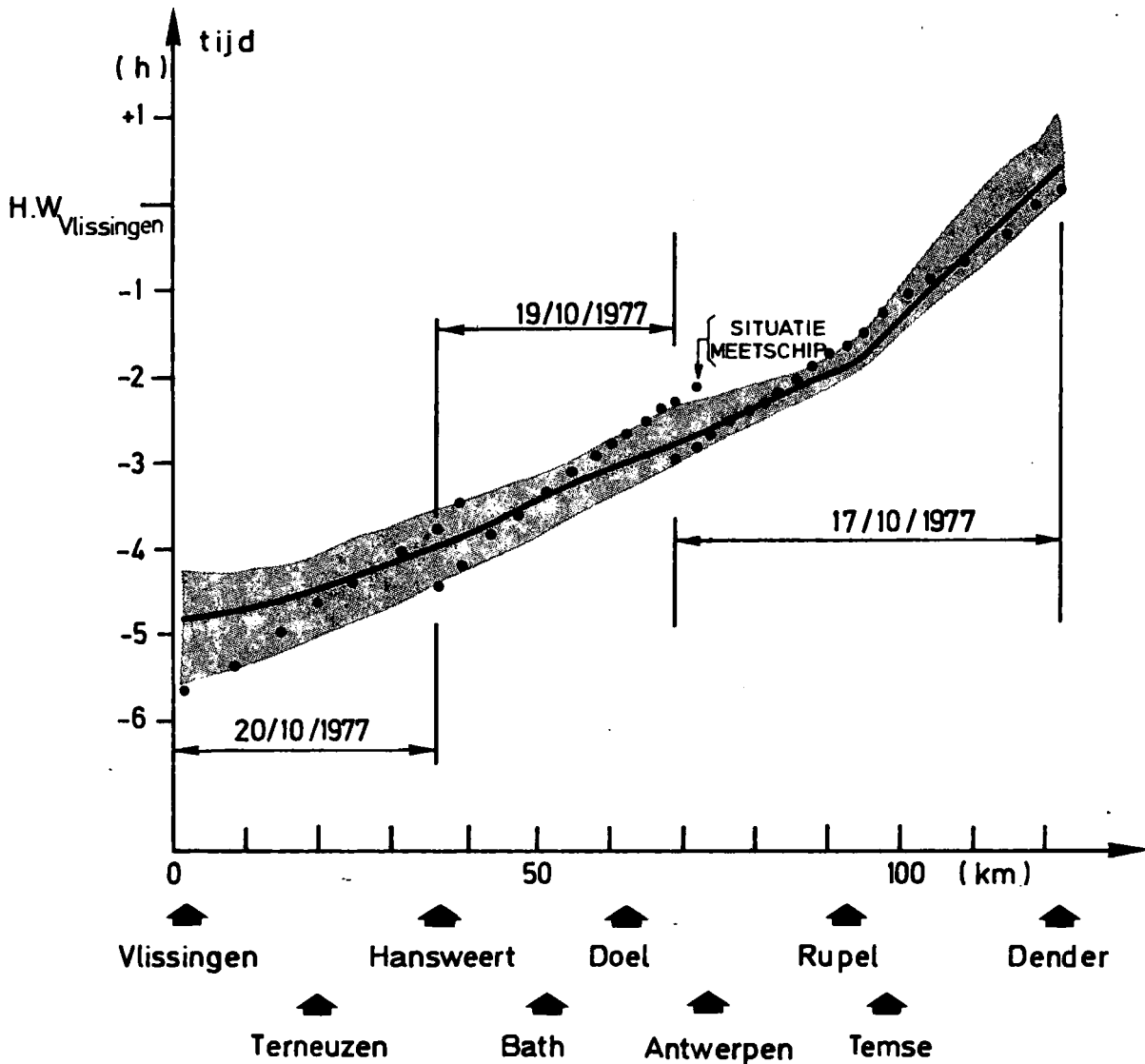
De Hoofdingenieur-Directeur van
Bruggen en Wegen,
Directeur van het
Waterbouwkundig Laboratorium,



ir. P. ROOVERS.

VERPLAATSING MEETSCHIP T.O.V. VERPLAATSING
KENTERING LAAGWATER

lijn van kentering laagwater (theoretisch) ← $\pm 0,25$ m/s
← K.L.W
→ $\pm 0,25$ m/s
zone voor snelheden
kleiner dan $\pm 0,25$ m/s



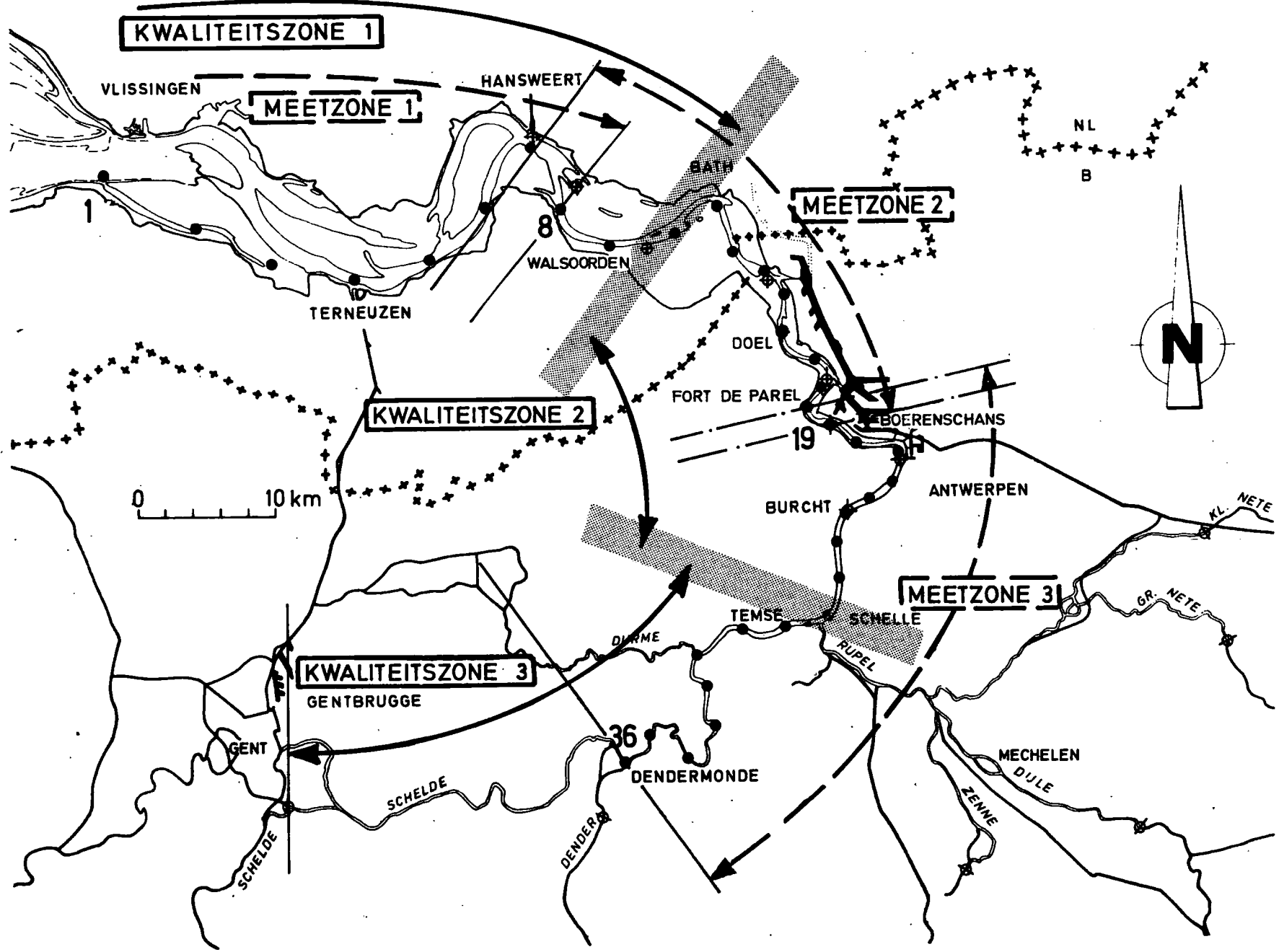


MEETPUNTEN LANGSPROFIEL SCHELDE

MEETPUNTEN LANGSPROFIEL SCHELDE

Nr.	Plaats	Km van monding	Geografische positie	
			Long.	Lat.
1	Breskens SS-VH	2,0	51°24'36"	3°33'58"
2	Hoofdplaat VH-1	9,0	51°23'00"	3°38'16"
3	Faulinapolder PP6	14,0	51°21'36"	3°43'04"
4	Terneuzen B18	20,0	51°21'00"	3°48'48"
5	Eendrachtpolder B28	25,0	51°21'41"	3°53'57"
6	Ossensisse GVO5	31,5	51°23'31"	3°57'32"
7	Hansweert B47	36,0	51°26'02"	4°00'09"
8	Walsoorden B48a	39,0	51°23'16"	4°02'23"
9	Baalhoek B61	43,0	51°22'11"	4°05'01"
10	Marlemonscheplaat B67	46,5	51°22'26"	4°09'01"
11	Bath B68	51,0	51°23'50"	4°12'37"
12	Saaftinge B83	54,5	51°22'12"	4°13'05"
13	Zandvliet B89	57,5	51°20'53"	4°15'41"
14	Fort Frederik B80	59,5	51°20'10"	4°16'32"
15	Doel B86	61,5	51°18'39"	4°16'30"
16	Belgische sluis B99	64,5	51°17'30"	4°18'46"
17	Meestooft B103	66,5	51°16'48"	4°19'13"
18	Fort de Parel B98	68,5	51°15'59"	4°18'15"
19	Boerenschans B 105	71,5	51°15'06"	4°19'36"
20	Boomke B 114	73,5	51°14'26"	4°21'06"
21	Kattendijksluis B109	76,5	51°14'04"	4°23'56"
22	St. Anna B102	78,8	51°13'05"	4°23'27"
23	Tunnel E3	80,8	51°12'22"	4°22'22"
24	Burcht	82,8	51°12'02"	4°20'48"
25	Kruibeke	85,2	51°10'36"	4°19'40"
26	Hemiksem	87,5	51°09'30"	4°19'50"
27	Schelle	89,5	51°08'09"	4°19'34"
28	Rupelmonde	92,0	51°07'20"	4°18'54"
29	Steendorp	94,0	51°07'27"	4°16'28"
30	Temse	97,5	51°07'12"	4°13'17"
31	Weert	100,5	51°05'40"	4°11'15"
32	Briel	103,5	51°05'10"	4°11'04"
33	Mariekerke	108,5	51°03'37"	4°11'23"
34	Baasrode	114,0	51°02'27"	4°10'05"
35	Grembergen	118,6	51°02'58"	4°07'52"
36	Dendermonde	121,6	51°02'08"	4°06'27"

LIGGINGSPAN VAN DE MEETPUNTEN



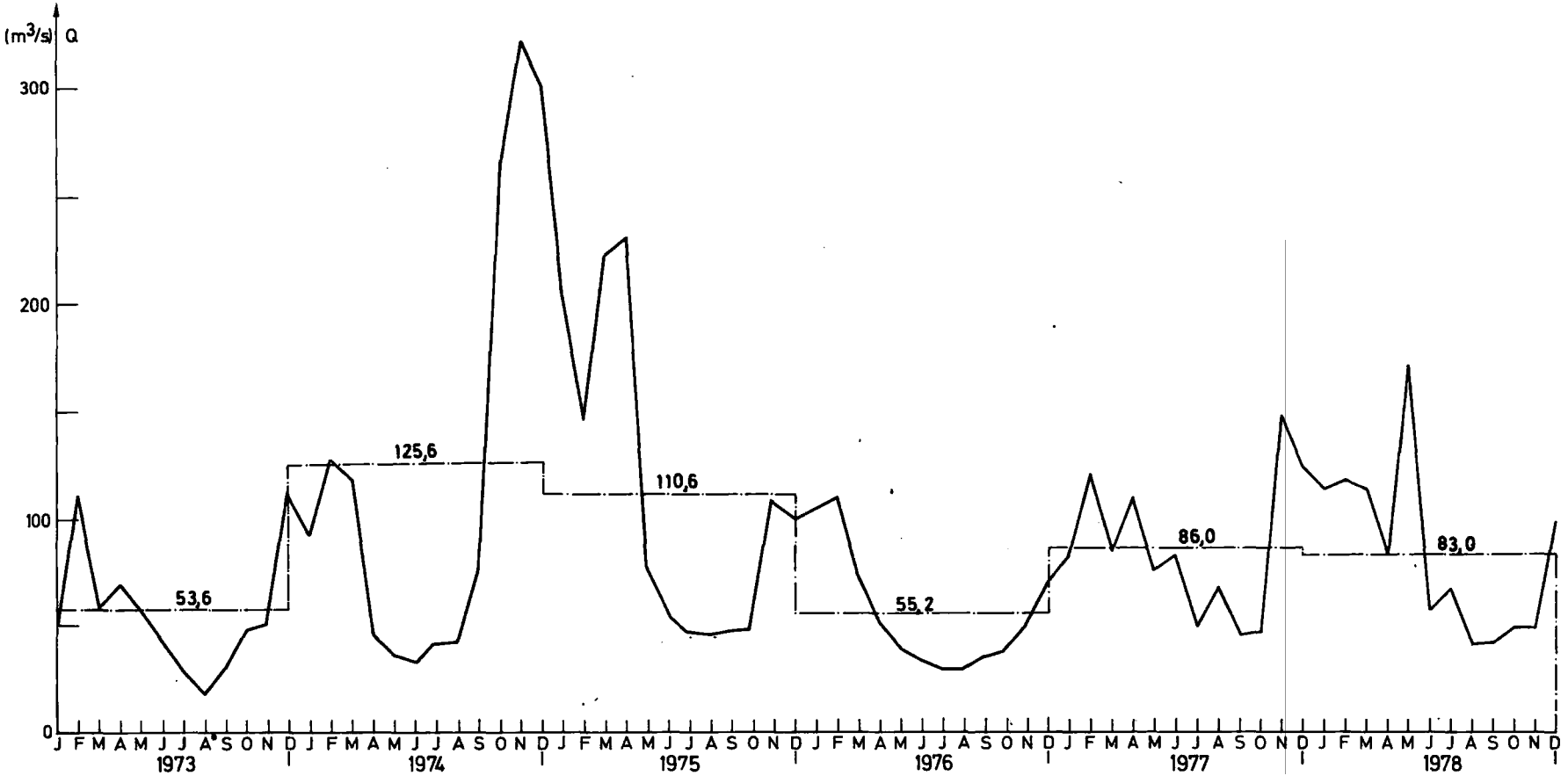
W.L. 80.295



DEBIET VAN DE SCHELDE TE SCHELLE TIJDENS
DE PERIODE 1973 - 1978
Q(M³/SEC)

Maand	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Januari	48,3	92,2	205,0	105,0	82,0	113,0
Februari	110,3	129,9	148,0	110,0	119,0	117,0
Maart	58,9	119,1	222,0	75,0	84,0	113,0
April	69,2	46,8	229,0	51,0	109,0	82,0
Mei	56,5	35,4	76,0	39,0	75,0	170,0
Juni	42,8	32,9	55,0	33,0	82,0	56,0
Juli	28,6	40,6	46,0	29,0	49,0	66,0
Augustus	19,0	42,5	44,0	29,0	67,0	41,0
September	30,7	75,6	47,0	35,0	45,0	41,0
Oktober	47,4	266,0	48,0	37,0	46,0	48,0
November	50,1	323,6	108,0	50,0	147,0	48,0
December	113,8	302,9	100,0	69,0	123,0	98,0
Gemiddelde	56,3	125,6	110,6	55,2	86,0	83,0

**AFKOER VAN DE SCHELDE TE SCHELDE
 PERIODE 1973-1978**



— maandgemiddelden
 - - - - - jaargemiddelden

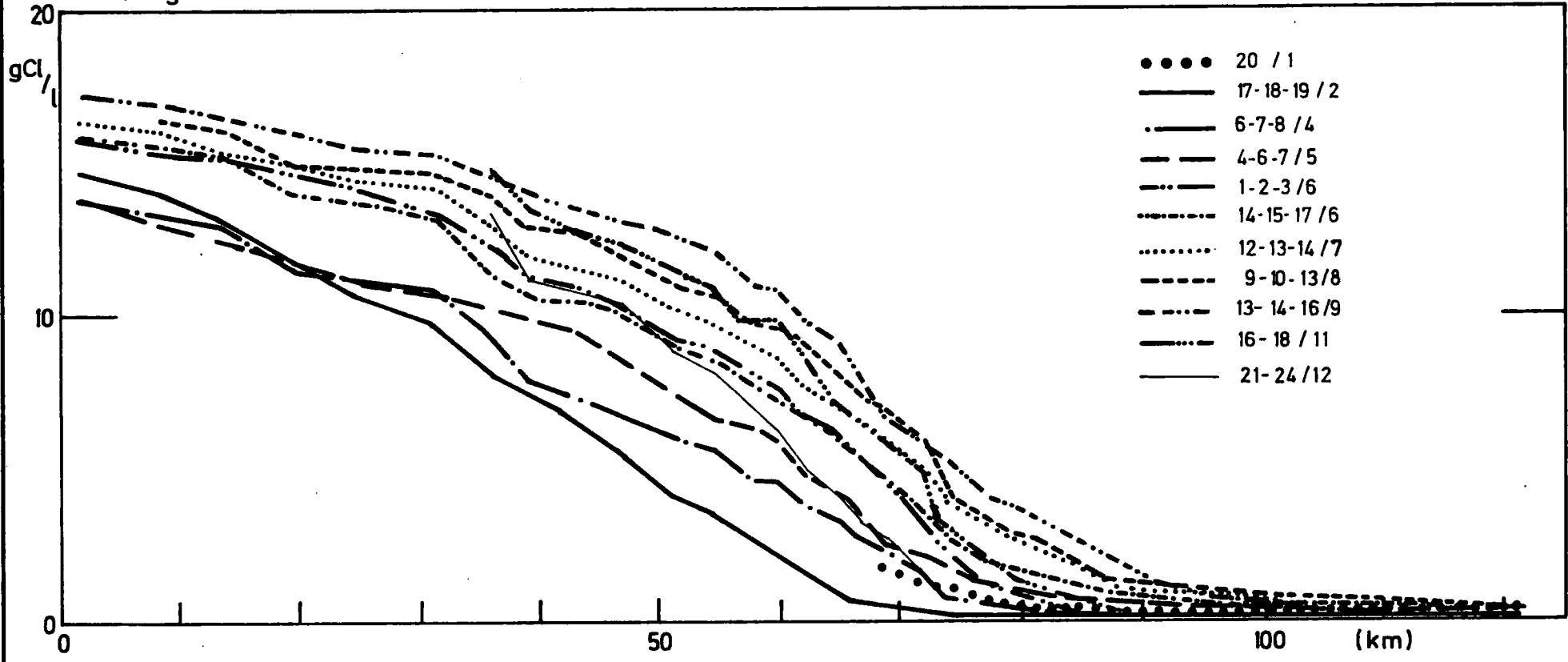
WATERBOUWKUNDIG

OPGEMETEN LANGSPROFIELEN CHLORIDEGEHALTE BIJ
KENTERING LAAGWATER IN 1976

W.L. 80298

Chloridegehalte

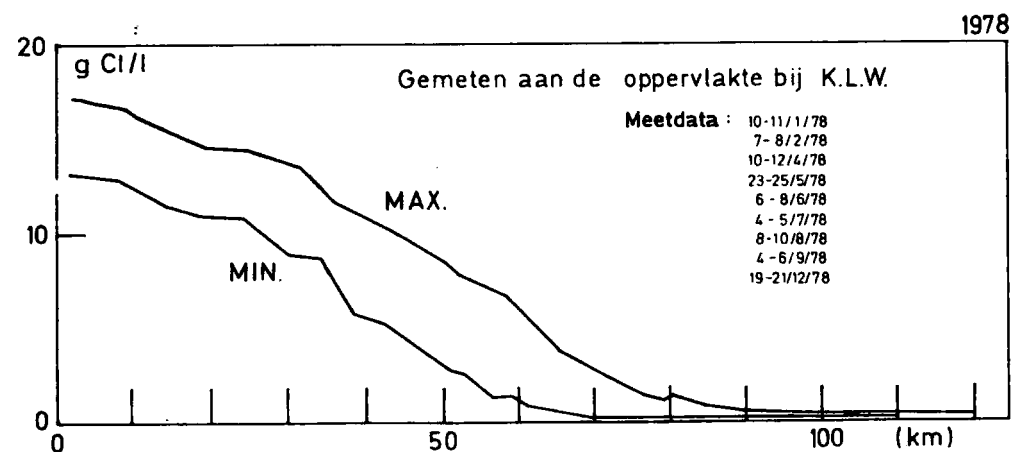
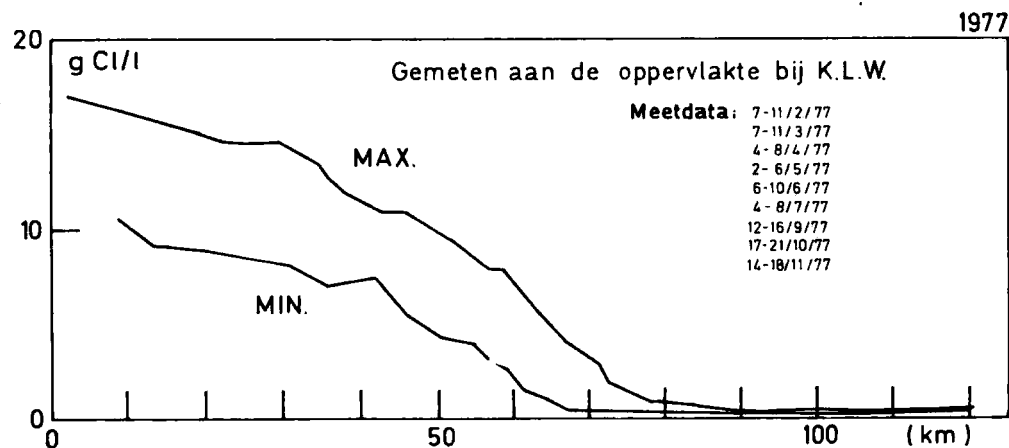
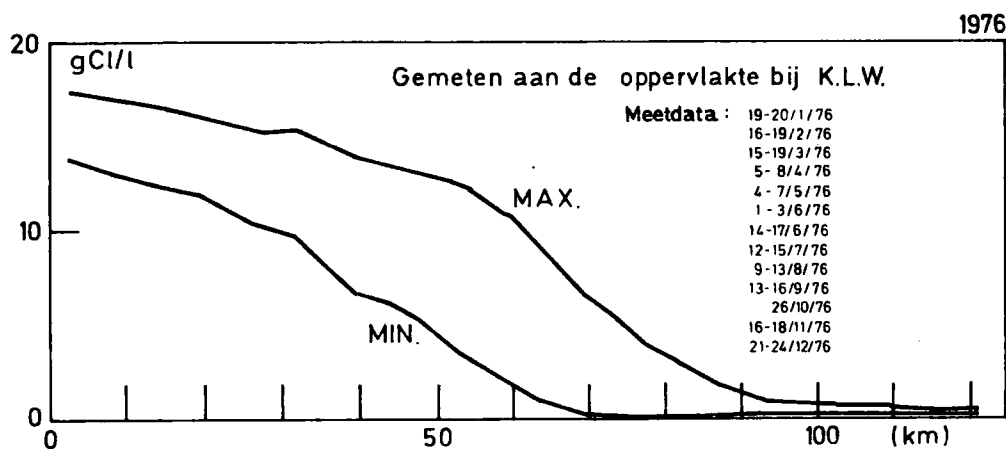
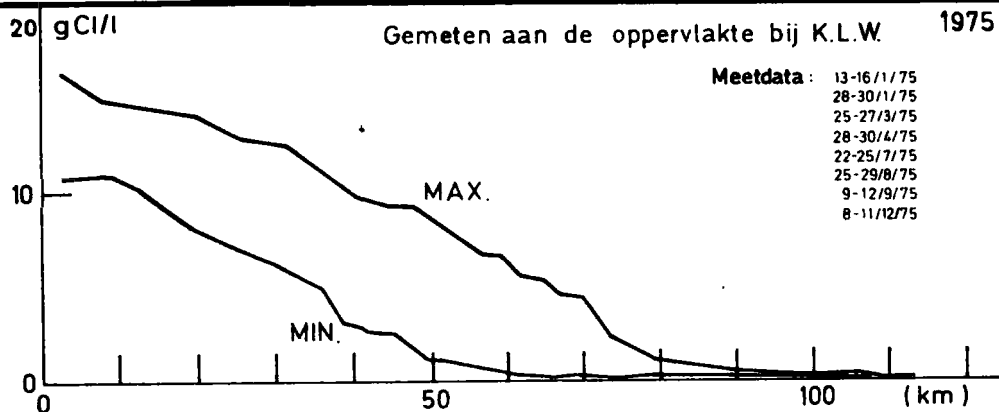
Gemeten aan de oppervlakte en bij K.L.W.



↑ Vlissingen ↑ Terneuzen ↑ Hansweert ↑ Bath ↑ Doel ↑ Antwerpen ↑ Rupel ↑ Temse ↑ Dender



OMHULLENDE VAN DE OPGEMETEN LANGSPROFIELEN
VAN HET CHLORIDEGEHALTE VAN 1975 TOT 1978



↑
Vlissingen

↑
Hansweert

↑
Doel

↑
Rupel

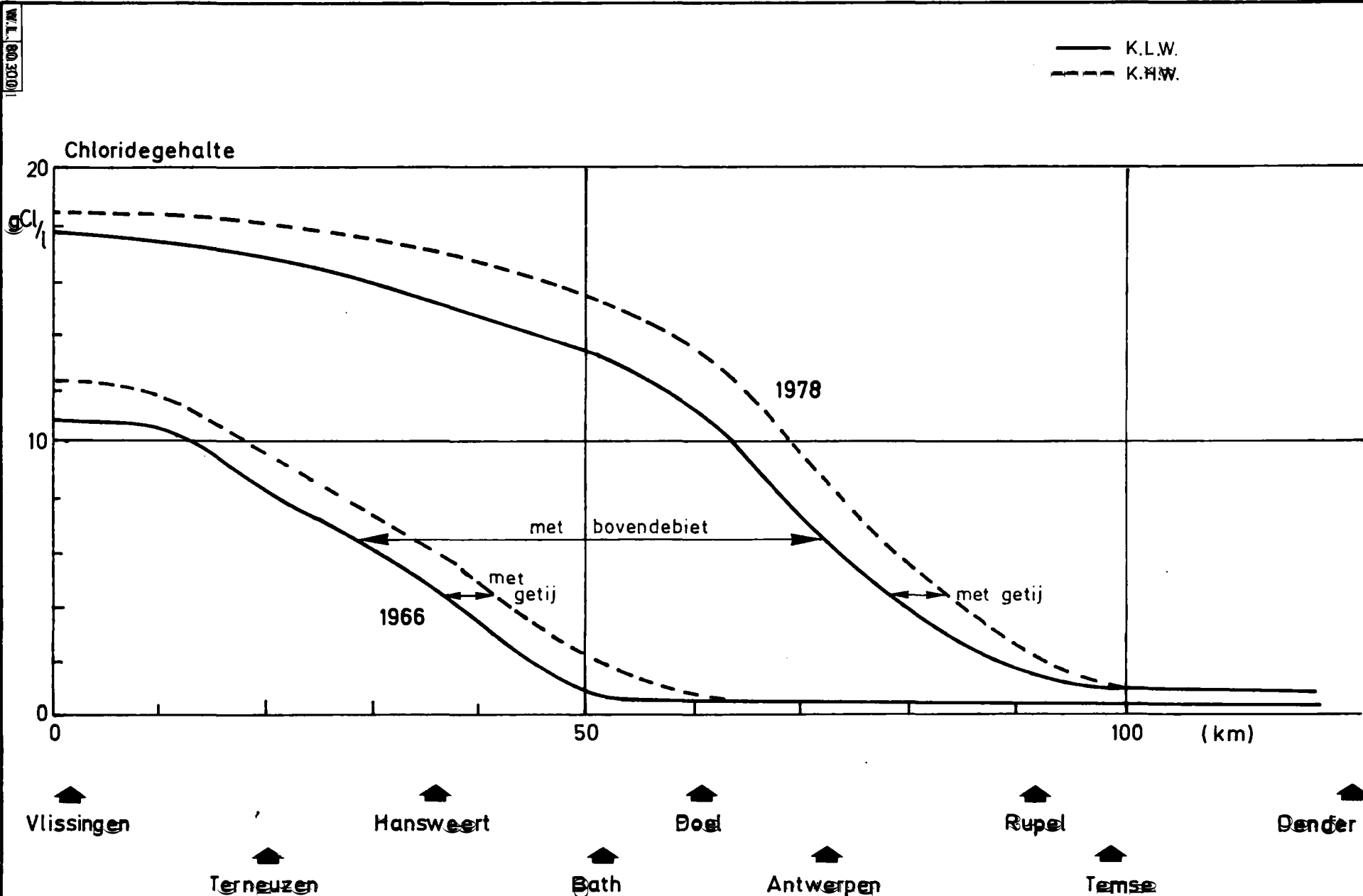
↑
Dender

↑
Terneuzen

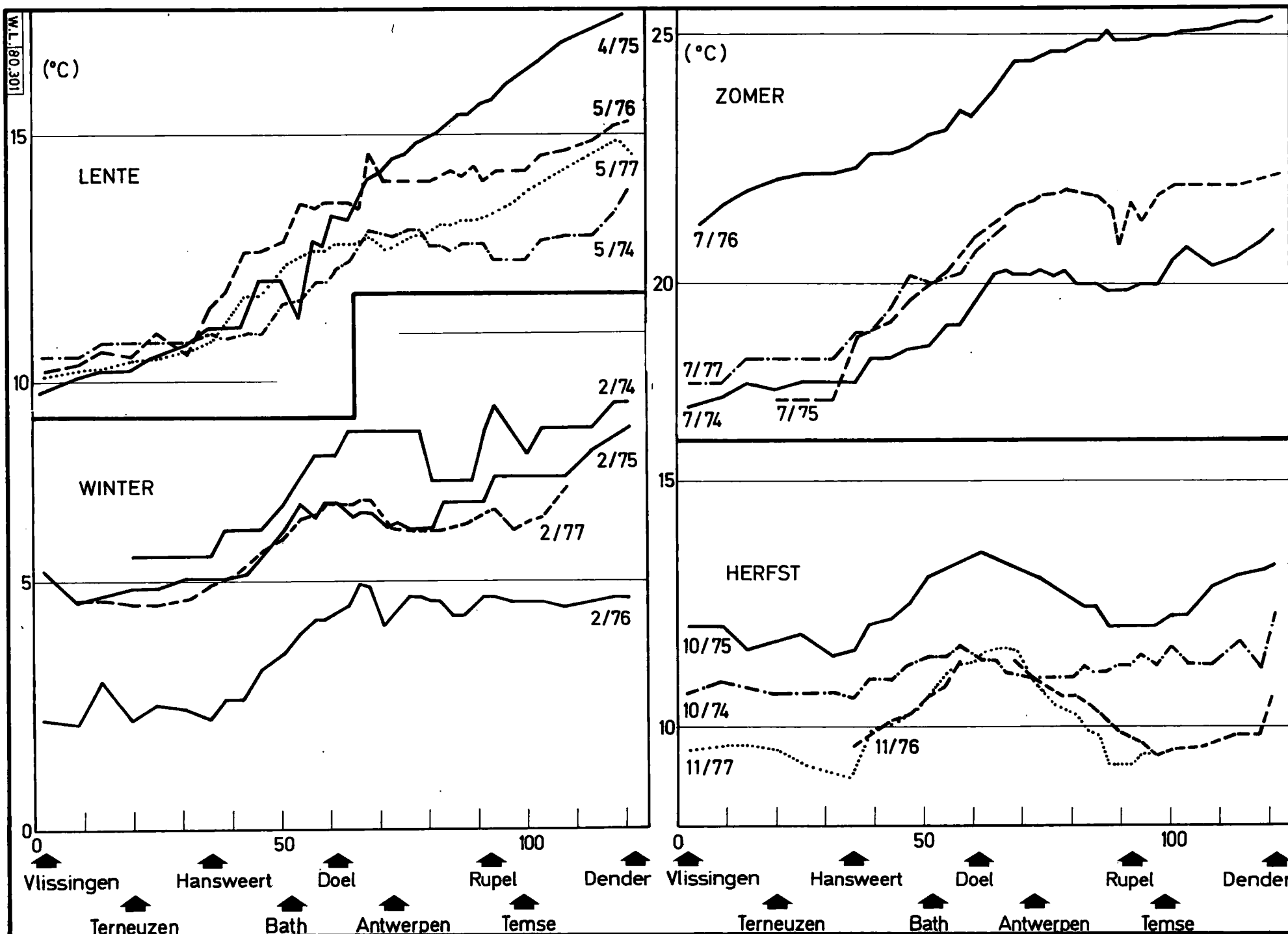
↑
Bath

↑
Antwerpen

↑
Temse



LANGSPROFIELEN TEMPERatuur BIJ K.L.W. PER SEIZOEN



W.L. 80.301

(°C)

LENTE

WINTER

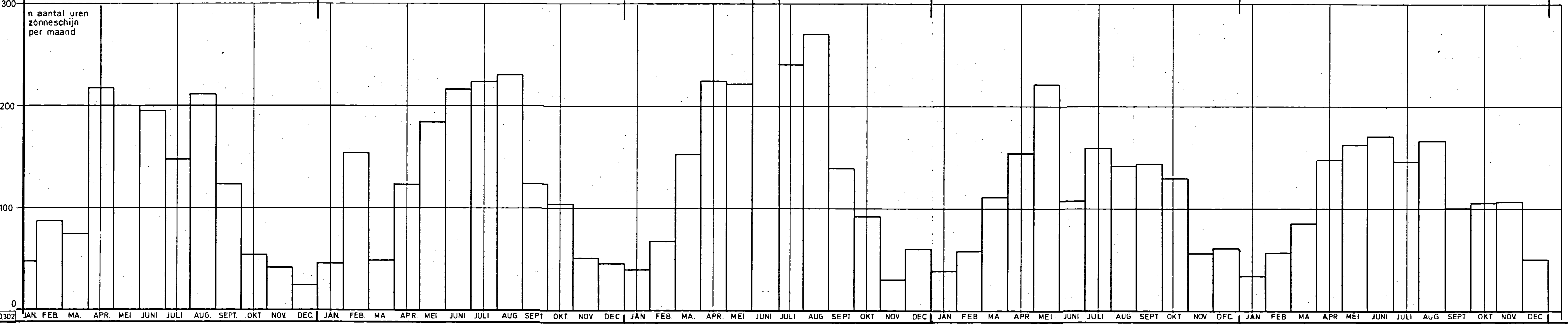
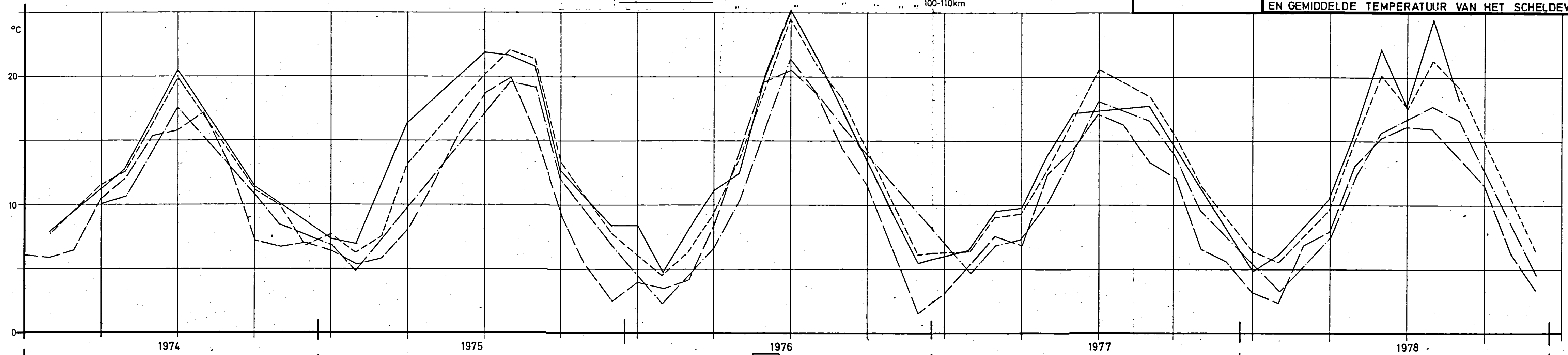
HERFST

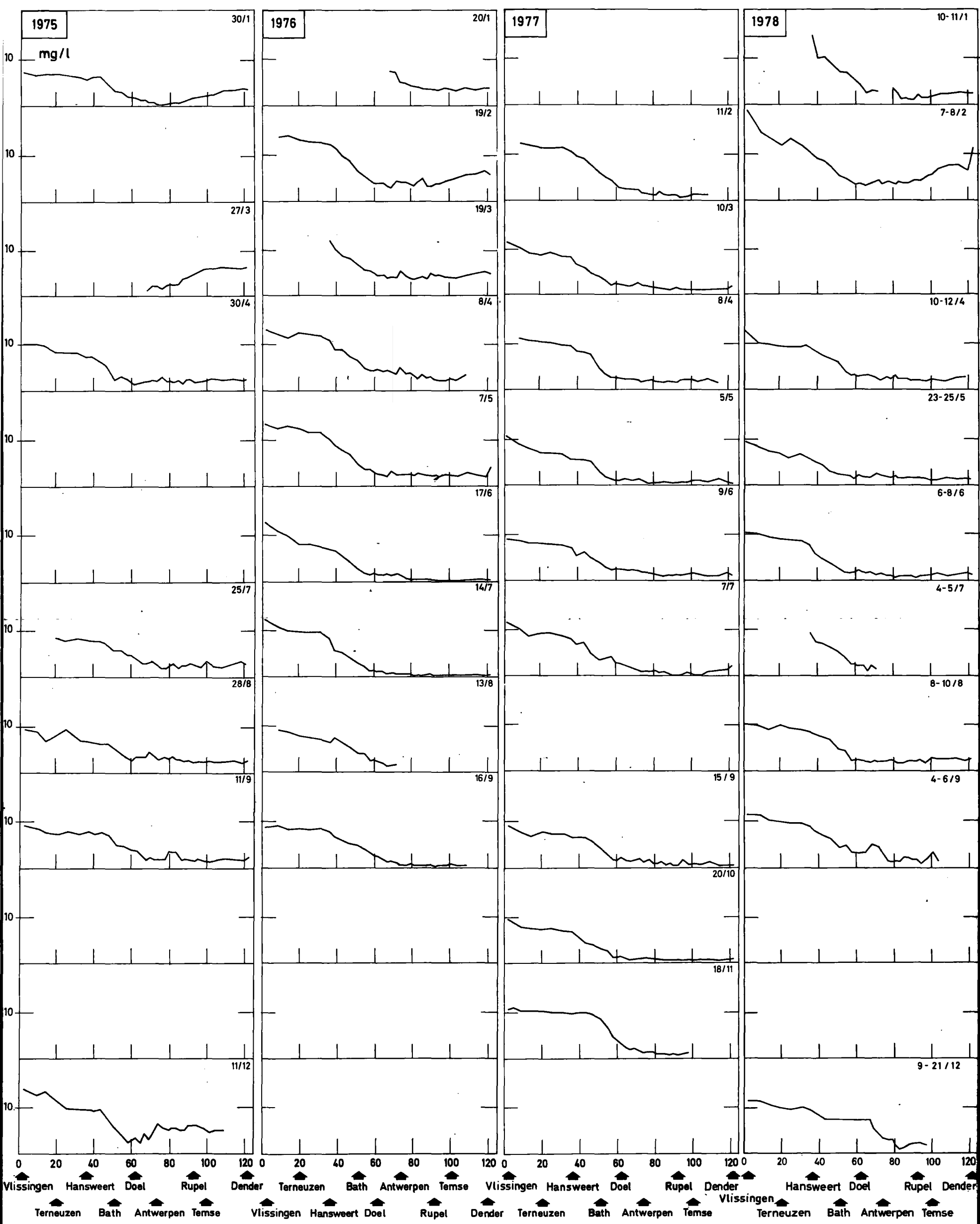
ZOMER

0 50 100 120
 Vlissingen Terneuzen Hansweert Bath Doel Antwerpen Rupel Temse Dender
 Vlissingen Terneuzen Hansweert Bath Doel Antwerpen Rupel Temse Dender

VERGELIJKING TUSSEN DE GEMIDDELTE LUCHTTEMPERAT., HET AANTAL UREN ZONNESCHIJN PER MAAND TE UKKEL EN GEMIDDELTE TEMPERATUUR VAN HET SCHELDEWATER

— Gemidd. luchttemperatuur te Ukkel
 - - - - - Gemidd. temperatuur Scheldewater in vak 0-10 km
 - - - - - " " " " " " 60-70 km
 - - - - - " " " " " " 100-110 km

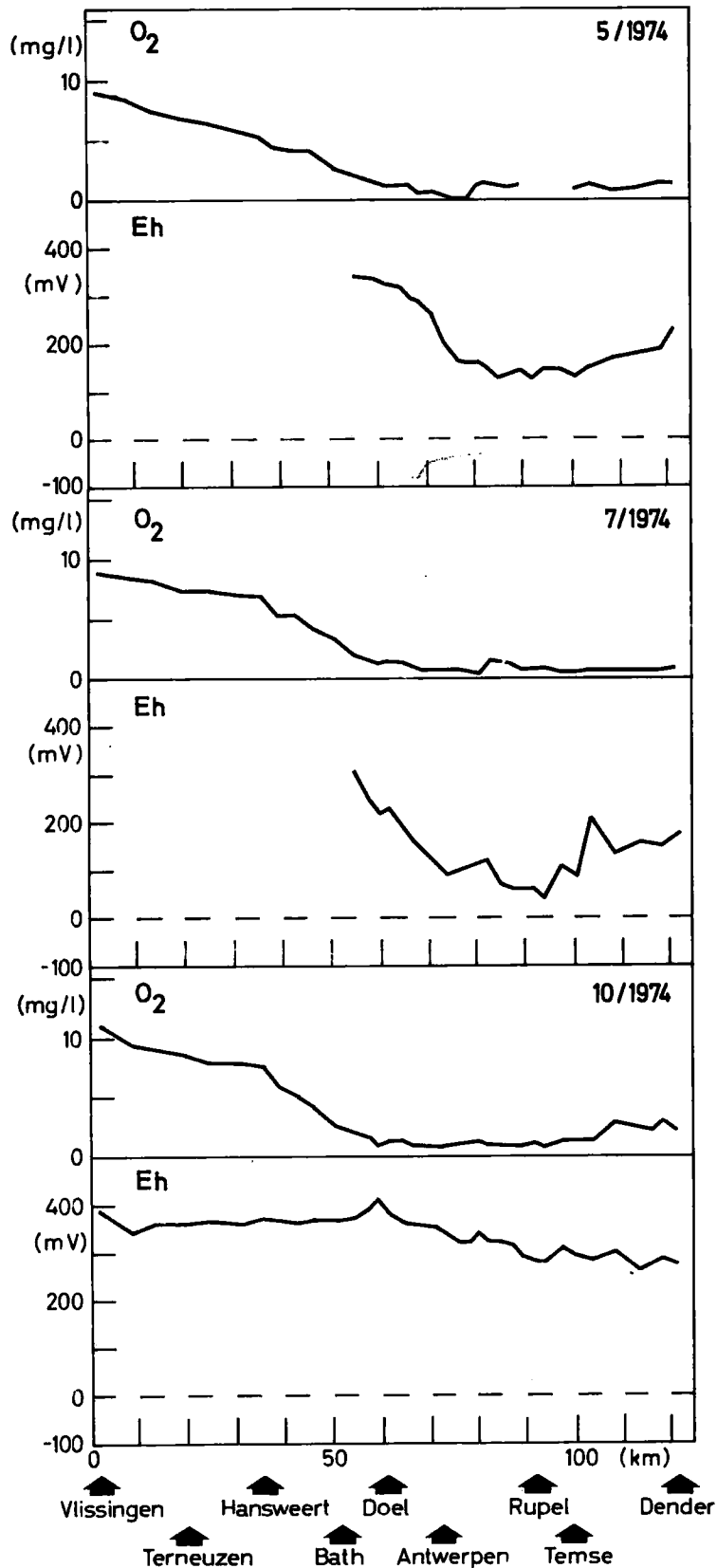




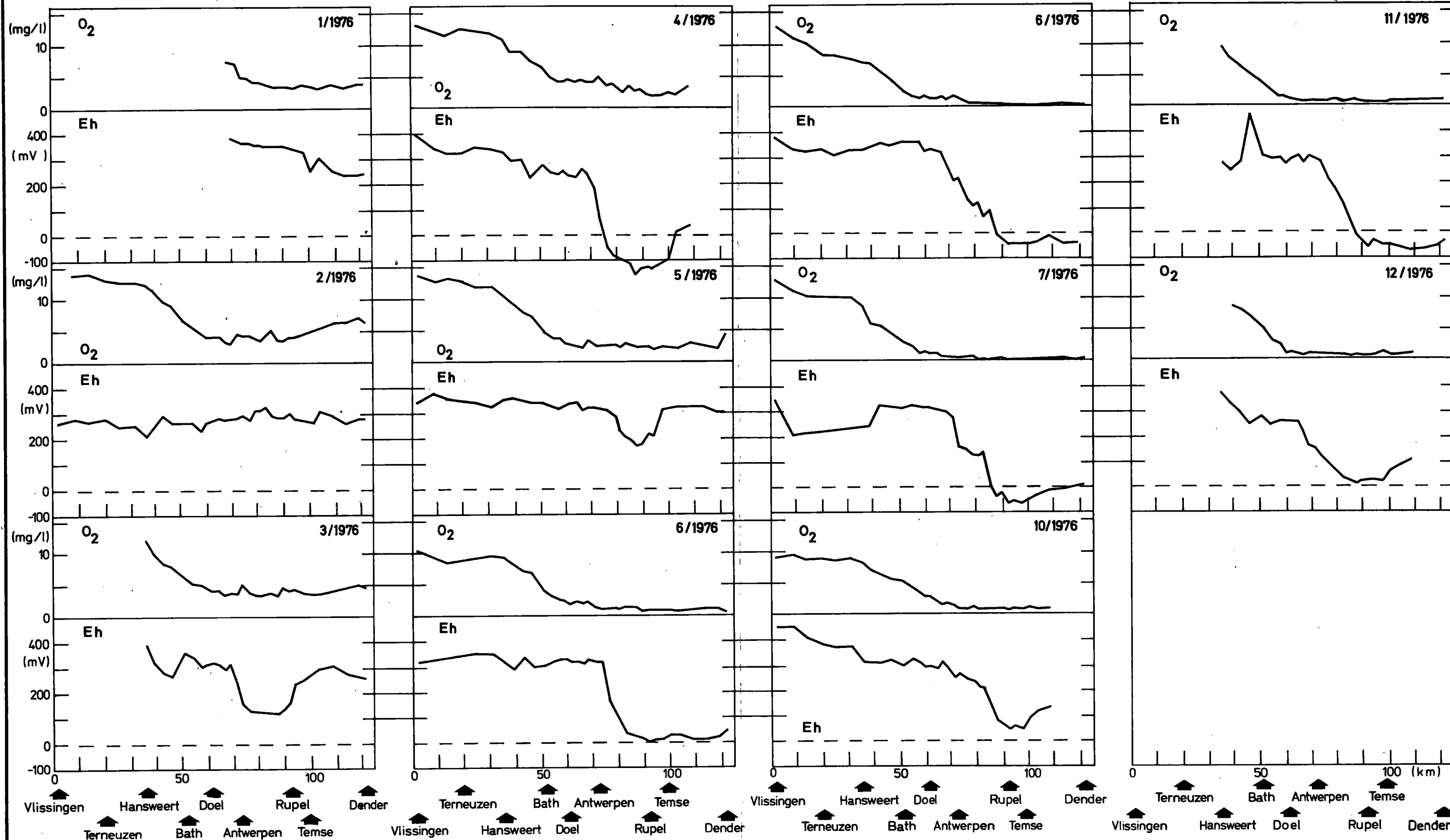
LANGSPROFIELEN OPGELOSTE ZUURSTOF BIJ K.L.W.



VOORBEELDEN DER RELATIE TUSSEN OPGELOSTE
ZUURSTOF EN OXYDO-REDUCTIEPOTENTIAL IN 1974

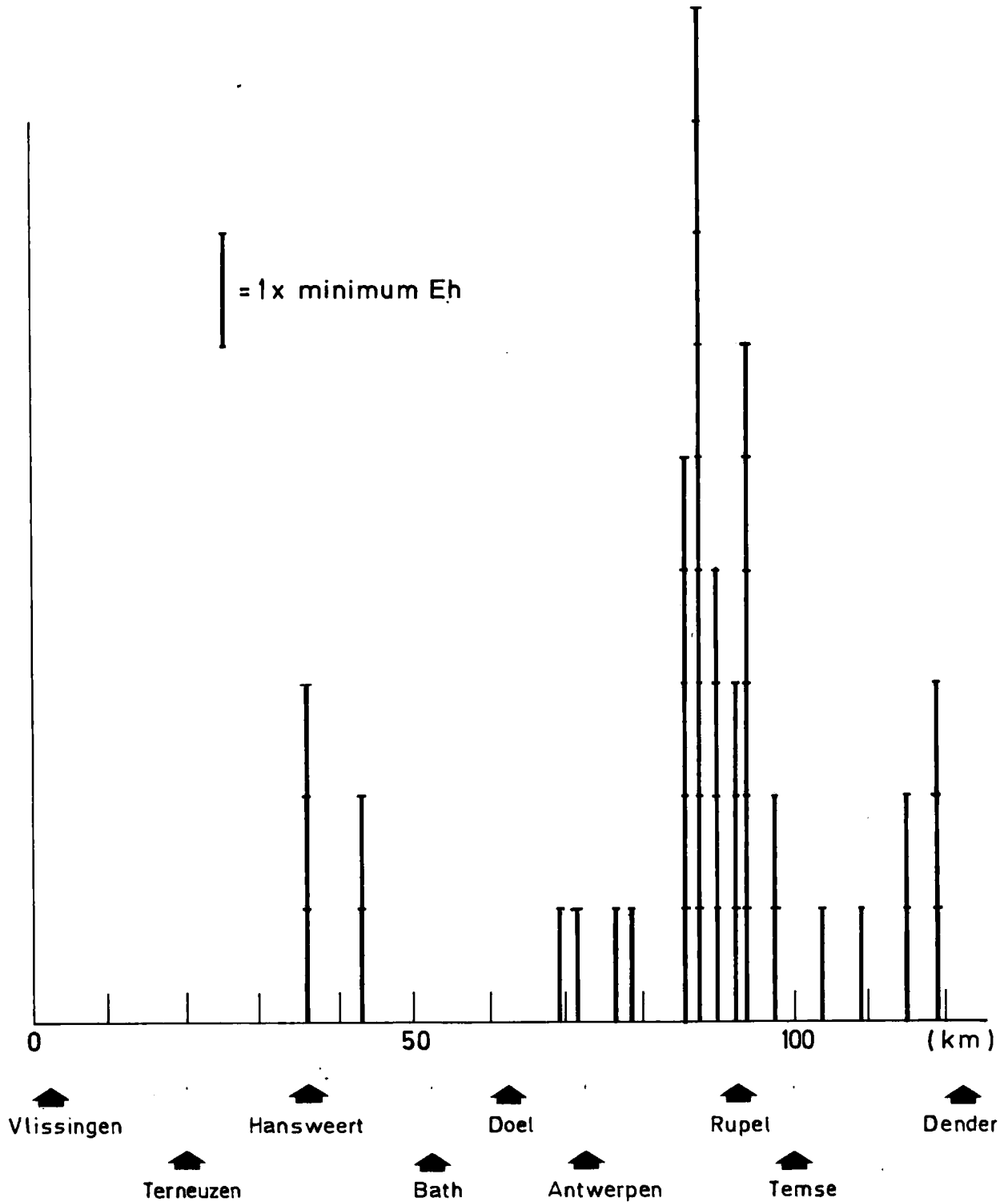


VERGELIJKING VAN LANGSPROFIELEN ZUURSTOFGEHALTE
EN OXYDO-REDUCTIEPOTENTIAL BIJ K.L.W. IN 1976



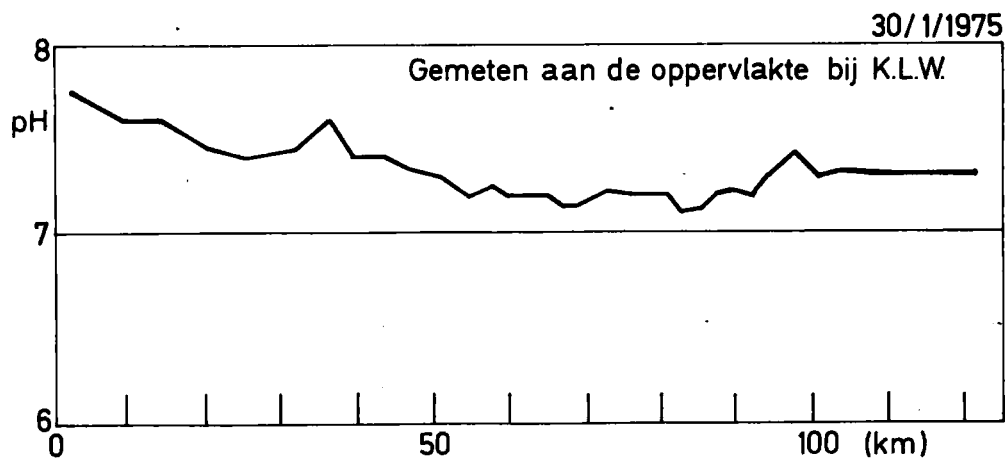
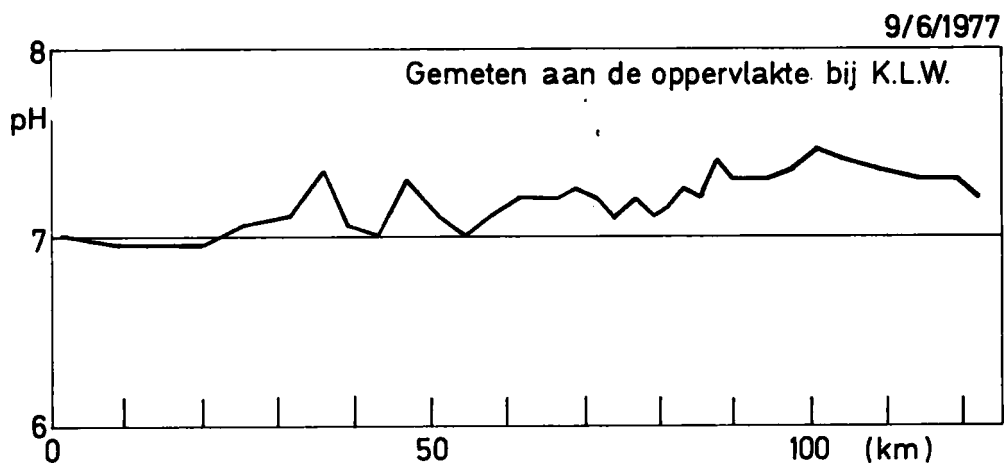
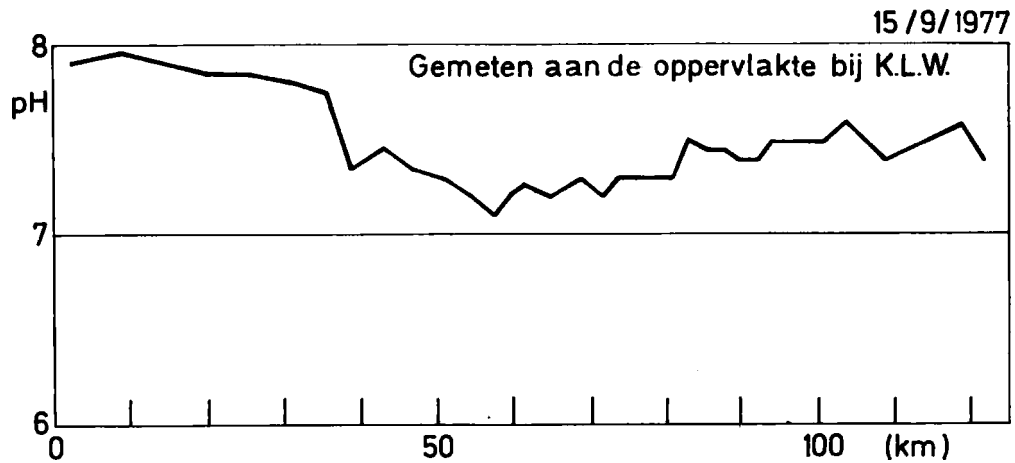


AANTAL EN PLAATS VAN DE MINIMUM OXYDO-REDUCTIE-
POTENTIAL WAARDEN OPGEMETEN VAN 1975 TOT 1978



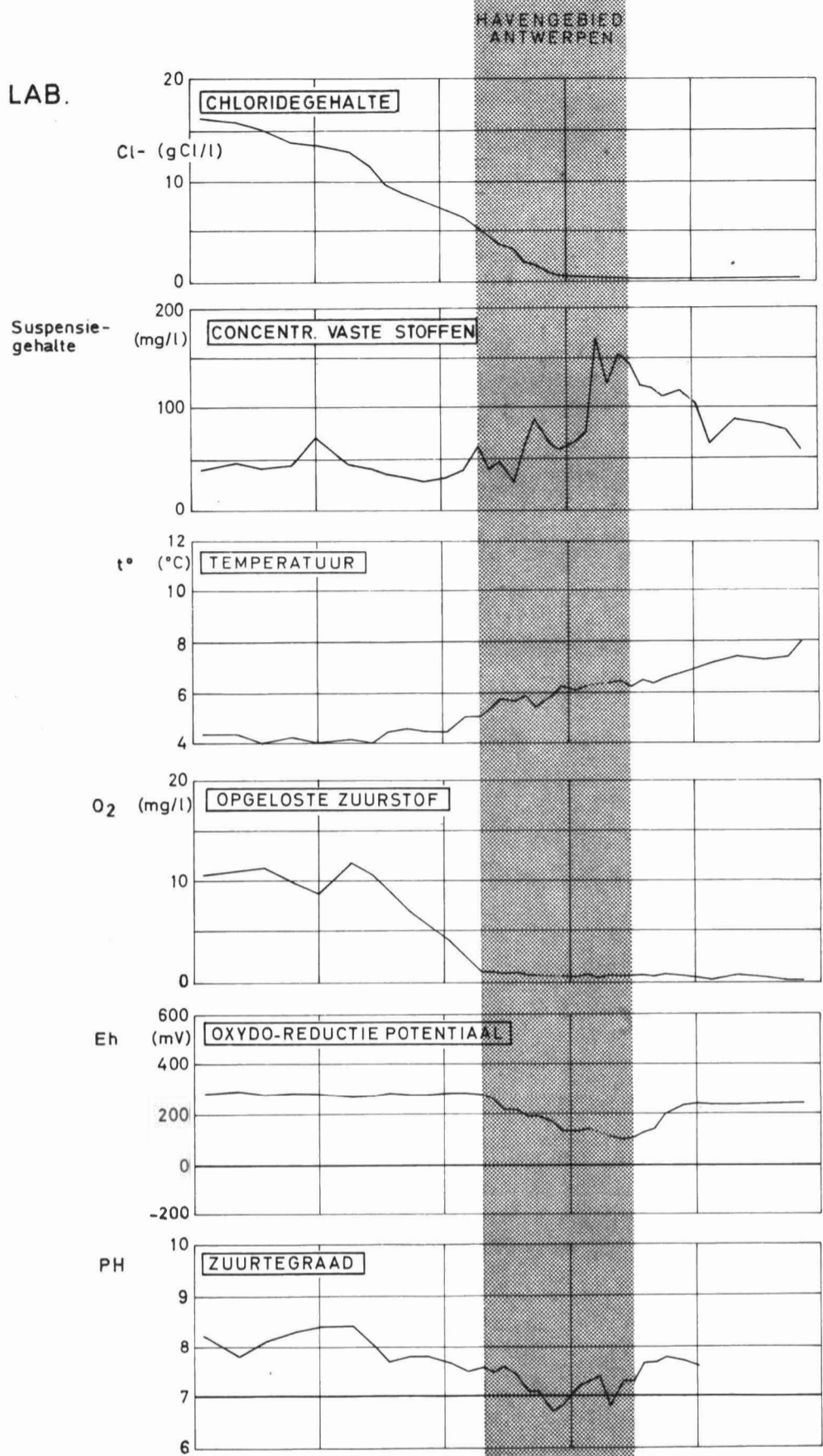


VOORBEELDEN VAN LANGSPROFIELEN ZUURTEGRAAD
(PH)

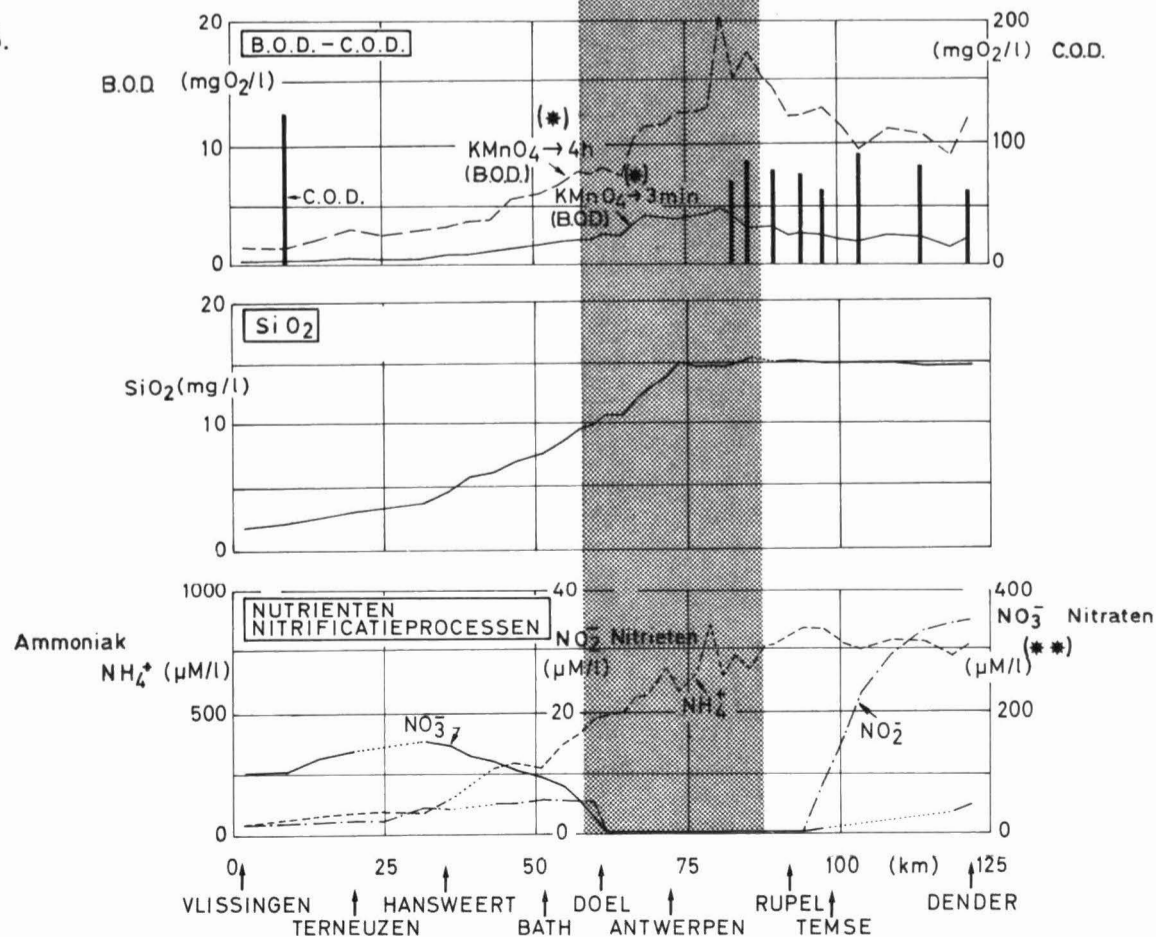


↑ Vlissingen ↑ Hansweert ↑ Doel ↑ Rupel ↑ Dender
↑ Terneuzen ↑ Bath ↑ Antwerpen ↑ Temse

METINGEN WAT. LAB.



METINGEN U.L.B.



(*) K Mn O₄ = Kaliumpermanganaat

(**) μM/l = micromol/liter

editie WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
2200 BORGERHOUT
BELGIE
TELEFOON 031/36.18.50.

