

NOTA 1285

juli 1981

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

WERKGROEP NOORD-HOLLAND XXV

TOENAME EN AFNAME DOOR GRONDWATERSTROMING VAN CHLORIDE, STIKSTOF  
EN FOSFAAT IN DE ONDERGROND VAN HOLLANDS NOORDERKWARTIER

H. Witt, ing. E. van Rees Vellinga en ing. K.E. Wit

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-  
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen  
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek  
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking



ISBN 144 678-02

## I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. UITVOERING VAN DE BEREKENINGEN	1
3. UITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN	3
3.1. Chloride	3
3.2. Stikstof en fosfaat	7
4. NABESCHOUWING	10
5. SAMENVATTING	11
6. LITERATUUR	13
LIJST VAN FIGUREN	14
BIJLAGEN	

## 1. INLEIDING

De in de ondergrond van Noord-Holland benoorden het IJ voorkomende hydrologische processen kunnen de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden en spelen zodoende een belangrijke rol bij de interacties tussen grond- en oppervlaktewater.

Voor het verkrijgen van enig inzicht in dit facet van het geohydrologische gebeuren worden in deze nota berekeningen besproken van de hoeveelheden chloride, stikstof en fosfaat, welke in opgeloste toestand in de ondergrond worden verplaatst. Op grond van de uitkomsten van deze berekeningen is vastgesteld waar in de ondergrond toe- of afname van de concentratie van deze stoffen plaats heeft.

De in deze nota gebruikte waterkwaliteitsgegevens zijn ontleend aan de nota's - Het chloridegehalte van het grondwater in Noord-Holland benoorden het IJ en het Noordzeekanaal (WITT, 1980) - en - De chemische samenstelling van het grondwater in Hollands Noorderkwartier (VAN REES VELLINGA en WITT, 1981) -. De gegevens over de grondwaterstromingen zijn ontleend aan de nota - Hydrologische berekeningen in Noord-Holland benoorden het IJ (Wit en Wijnsma in voorbereiding) -.

## 2. UITVOERING VAN DE BEREKENINGEN

De berekeningen zijn uitgevoerd voor het gehele onderzoeksgebied en voor zes 'landstreken', waarin voor dit doel het gehele gebied werd verdeeld, afzonderlijk. Deze zes landstreken zijn:

1. de Schermerboezem
2. de Wieringermeerpolder
3. Waterland samen met de polder Oostzaan
4. de duinen tussen Camperduin en Beverwijk

5. Wieringen

6. West-Friesland samen met de streek tussen de Wieringermeer en de Schermerboezem

Deze laatste landstreek wordt hierna kortheidshalve 'restgebied' genoemd (fig. 1a).

Voor chloride afzonderlijk en voor stikstof en fosfaat samen werden profielen samengesteld rond het gehele gebied (fig. 2a t/m d en fig. 3a t/m d), rond de Schermerboezem (fig. 4a t/m c en 5a t/m c) en rond de Wieringermeerpolder (fig. 6 en 7). Zodoende werden ook de 4 overige landstreken door profielen omgeven (fig. 1a).

De chlorideprofielen konden aan de hand van de fig. 8 tot en met 15 (WITT, 1980) en de in deze figuren gebruikte klasse-indeling goed worden samengesteld, terwijl voor diepten beneden 150 m de gegevens van enige diepe boringen zijn gebruikt. Bij de stikstof- en fosfaatprofielen moest worden volstaan met het per boring opnemen van de analyseresultaten. Voor zover voorhanden werden de gehalten aan totaal stikstof ( $\text{Kjeldahl-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ ) en totaal fosfaat gebruikt. In de andere gevallen werd volstaan met het opnemen van de som van de zuivere stikstof in nitraat-, nitriet- en ammoniumvorm en met de zuivere fosfaat in de vorm van orthofosfaat.

Over alle profielen is de hydrologische indeling geprojecteerd, die is gehanteerd bij het berekenen van de grondwaterstromingen. Deze indeling omvat: bovenste watervoerend pakket, afdekkend pakket 1e, 2e en 3e watervoerende pakket en hydrologische basis (POMPER, 1979). De verdeling door middel van dikke verticale lijnen in de genummerde deelgebieden op de profielen komt overeen met de deelgebieden in fig. 16 (Wit en Wijnsma).

Binnen de deelgebieden zijn per watervoerende laag de gemiddelde chloride-, stikstof- en fosfaatgehalten berekend en op de profielen ingevuld. Voor de stikstof- en fosfaatprofielen zijn in een aantal deelgebieden geen gegevens beschikbaar. Daar zijn de stikstof- en fosfaatgehalten ingeschat aan de hand van de gehalten in naastliggende deelgebieden. De zo gevonden chloride-, stikstof- en fosfaatgehalten zijn hierna vermenigvuldigd met de in fig. 16 per deelgebied en per watervoerend pakket aangegeven hoeveelheden horizontaal toestromend of afstromend water. Voor het gehele gebied of per landstreek gerangschikt, geven de sommen van de verkregen uitkomsten de toe- en

afstroming (fig. 17) in de ondergrond weer van de bovengenoemde stoffen in kg per dag en omgerekend in tonnen per jaar (bijlage, tabellen 1 t/m 25). Door deze getallen te verminderen met de jaarlijkse bovengrondse afvoer (fig. 17) van chloride stikstof en fosfaat tengevolge van kwel (Wit en Wijnsma), grondwateronttrekking ten behoeve van industrie en landbouw (JANSEN en WIJNSMA, 1981) en gas- en koelbronnen (TOUSSAINT en BOOGAARD, 1978), is de jaarlijkse toe- of afname in de ondergrond van bovengenoemde stoffen verkregen (bijlage, tabellen 26 en 27 en fig. 18). Waar in de tabellen sprake is van Noordzee, Waddenzee, IJsselmeer of Amstelmeer is de ondergrond hieronder bedoeld. Ook wordt de ondergrond ten zuiden van het Noordzeekanaal bedoeld als slechts het Noordzeekanaal wordt genoemd.

### 3. UITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN

#### 3.1. Chloride

##### Algemeen

Volgens tabel 1 is de jaarlijkse ondergrondse toestroming van chloride naar het gehele onderzoeksgebied ruim 1,5 miljoen ton. Jaarlijks wordt echter ook bijna 835 000 ton via kwel, grondwateronttrekking voor industrie en landbouw en gas- en koelbronnen naar de oppervlakte afgevoerd (tabel 26). Bij gevolg is er in de ondergrond van het gehele onderzoeksgebied een toename van ruim 700 000 ton chloride per jaar. De ondergrond van Hollands Noorderkwartier verzilt dus nog steeds.

Uit tabel 1 blijkt verder dat de aanvoer van chloride in het derde watervoerend pakket verreweg het grootst is. Uit hydrologische berekeningen is gebleken dat er, behalve de horizontale grondwaterstromingen en de plaatselijke verticale kwelstromen, in praktisch het gehele gebied een verticale stroming van het derde naar het tweede watervoerend pakket bestaat (Wit en Wijnsma). De grootste verzilting voltrekt zich dus in horizontale richting in het derde watervoerend pakket, van waaruit opwaarts weer verzilting plaats heeft.

De afvoer van chloride uit de ondergrond tengevolge van kwel en

de afvoer door grondwateronttrekking ten behoeve van industrie en landbouw zijn volgens tabel 26 van dezelfde orde van grootte. Dit laatste cijfer geeft echter geen goed beeld van het gehele gebied. Het betreft namelijk voor het overgrote deel de onttrekking van grondwater door één industrie in het duingebied. Blijft deze onttrekking buiten beschouwing, dan is de afvoer van chloride door kwel van ongeveer 440 000 ton per jaar verreweg het belangrijkste. De afvoer door gasbronnen en die door de agrarische en overige industriële onttrekkingen bedragen dan elk slechts ongeveer 2% van de afvoer van chloride tengevolge van kwel.

In tabel 8 wordt de berekende ondergrondse toestroming van chloride in het gehele gebied vergeleken met de som van dezelfde berekeningen voor de zes landstreken. Deze som is 26 042 ton chloride per jaar of 1,7% groter dan de berekende hoeveelheid voor het gehele gebied. Er bestaat dus een redelijke overeenkomst tussen beide benaderingswijzen, gezien de plaatselijk grote spreiding van de boringen waaruit de watermonsters zijn genomen, en waarop de chloridekaarten en profielen zijn gebaseerd.

#### Schermerboezem

De berekende ondergrondse toestroming van chloride in de Schermerboezem bedraagt bijna 212 000 ton per jaar (tabel 2). Dit is ruim 13% van de toestroming in het gehele gebied. Daar de totale afvoer bijna 58 000 ton per jaar groot is, is er een jaarlijkse toename van chloride in de ondergrond van bijna 154 000 ton (tabel 27), ofwel bijna 20% van de toename in het gehele gebied. Dit is een naar verhouding gering percentage aangezien de Schermerboezem in oppervlakte bijna de helft van het beschreven gebied beslaat.

Aan de totale afvoer dragen de kwel, onttrekking en gasbronnen voor respectievelijk 79,11 en 10% bij.

#### Wieringermeerpolder

Naar de ondergrond van deze polder stroomt ruim 765 000 ton chloride per jaar, bijna de helft van de toestroming in het gehele gebied (tabel 3). De totale afvoer, welke vrijwel geheel uit kwel bestaat, bedraagt ruim 370 000 ton (tabel 27), zodat de toename in de onder-

grond bijna 395 000 ton per jaar is. Dit is ook ongeveer de helft van de toename in het gehele gebied.

#### Waterland en polder Oostzaan

De ondergrondse toestroming van chloride naar deze landstreek is zeer gering en bedraagt nog geen half procent van de toestroming naar het gehele gebied (tabel 4). Hiervan wordt weer meer dan de helft door kwel, onttrekking en gasbronnen afgevoerd, waarbij deze respectievelijk 42, 38 en 20% van de totale afvoer voor hun rekening nemen (tabel 27).

#### Duinen

Doordat in de duinen voor de drinkwatervoorziening en de industrie grote hoeveelheden grondwater worden onttrokken, is de hydrologische situatie hier vrij ingewikkeld. Daar het drinkwater slechts zeer geringe concentraties aan chloride bevat, is voor de berekening van de afvoer uit de ondergrond hiervan de winning van drinkwater buiten beschouwing gelaten, evenals de voeding door neerslag en spray. Volgens tabel 5 is er een jaarlijkse toestroming van bijna 328 000 ton chloride per jaar, ruim 20% van die in het gehele gebied. Deze hoeveelheid wordt geheel afgevoerd door de industriële en agrarische grondwateronttrekking van ruim 376 000 ton chloride per jaar (tabel 27). Volgens deze cijfers is er in de duinen dus een afname van ruim 48 000 ton chloride per jaar.

De industriële onttrekking is geheel geconcentreerd in deelgebied 32. Het is daarom beter deelgebied 32 afzonderlijk te beschouwen. Voor deelgebied 32 is een ondergrondse toestroming berekend van 323 767 ton chloride per jaar, en een afvoer door industriële onttrekking van 376 149 ton per jaar. Dit resulteert in een afname in de ondergrond van 52 382 ton chloride per jaar, ofwel een dagelijkse vervanging van 10 000 m<sup>3</sup> water met 15 gr Cl per liter door 10 000 m<sup>3</sup> zoet water. Dit is niet onwaarschijnlijk. Er wordt door de industrie hoofdzakelijk zout grondwater uit het derde watervoerend pakket opgepompt, waardoor, behalve de grootste toestroming van grondwater met een hoog chloridegehalte in het derde watervoerend pakket, ook in het eerste en tweede watervoerend pakket uit het noorden en oosten

grondwater met een belangrijk lager chloridegehalte toestroomt. Toch moeten de berekende cijfers met enige reserve worden beschouwd. Het exacte gemiddelde chloridegehalte van het uit verscheidene bronnen gewonnen industriewater is niet bekend. Voor de berekening werd een chloridegehalte van 15 gram per liter aangenomen. Door de grote hoeveelheid water, die wordt opgepompt, geeft een paar honderd milligram lager chloridegehalte van dit water al een belangrijk lagere afvoer van chloride uit de ondergrond en dus ook een geringere afname van de ondergrondse chloridevoorraad.

Voor het overige deel van de duinen resteert nu een ondergrondse toestroming van 4189 ton chloride per jaar en een industriële en agrarische onttrekking van 31 ton. Er heeft dan een toename plaats van 4158 ton chloride per jaar. Deze betrekkelijk geringe toename kan heel goed overeenkomen met de werkelijke toestand. De onttrekking door het drinkwaterbedrijf en de netto afstroming van zoet water zijn groter dan de voeding via neerslag en aanvoer van zoet water van buiten het gebied. Het gevolg is een toestroming van zout water in de ondergrond.

#### Wieringen

De toestand onder het voormalig eiland Wieringen wordt in sterke mate beïnvloed door de Wieringermeerpolder. Een exacte berekening van de ondergrondse waterverplaatsing is daardoor moeilijk uit te voeren. Volgens tabel 6 is er een ondergrondse toestroming van ruim 13 000 ton chloride per jaar, dit is minder dan één procent van de toestroming naar het gehele gebied. De afvoer door kwel bedraagt ruim 1200 ton per jaar, zodat de toename in de ondergrond 12 000 ton chloride per jaar is (tabel 27), minder dan 2% van de toename in het gehele gebied.

#### Restgebied

De toestroming van chloride in het restgebied bedraagt ruim 242 000 ton per jaar (tabel 7). Dit is ruim 15% van de toestroming in het gehele gebied. De afvoer is ruim 24 000 ton chloride per jaar (tabel 27), waaraan de kwel voor bijna 90%, onttrekkingen voor 2,5% en de gasbronnen voor bijna 8% bijdragen. De toename van chloride in



de ondergrond bedraagt bijna 218 000 ton per jaar, of 30% van de toename in het gehele gebied. Na die in de Wieringermeer is dit de grootste toename van chloride in de ondergrond van de besproken landstroken.

Ten einde na te gaan waar in het restgebied de toestroming van chloride het grootst is, is voor de deelgebieden 2, 6, 7 en 13 samen deze toestroming berekend (tabel 9). Deze bedraagt ruim 136 000 ton chloride per jaar of 56% van de toestroming in het gehele restgebied. De afvoer voor deze 4 deelgebieden is ruim 14 700 ton per jaar, zodat de jaarlijkse toename ruim 121 000 ton chloride per jaar bedraagt, of bijna 56% van de toename in het restgebied. Gerelateerd aan de oppervlakte van de deelgebieden 2,6,7 en 13 en het overige deel van het restgebied en dan berekend per hectare, is er in de ondergrond een jaarlijkse toename van 5,6 ton chloride in de deelgebieden 2, 6, 7 en 13 en een toename van 3,1 ton in de overige deelgebieden, ofwel in een verhouding van 13:7. Naast de reeds onder '3.1 Algemeen' genoemde verzilting in horizontale richting in- en in opwaartse richting vanuit het derde watervoerend pakket, bestaat er, gezien de hier veel grotere chloridetoename, in de deelgebieden 2, 6, 7 en 13 nog een andere oorzaak van de verzilting. Deze is te vinden in een zoutfront dat ongeveer tussen Petten en Wieringen van west of noordwest naar oost of zuidoost opschuift in het eerste en tweede watervoerende pakket. In de fig. 8 tot en met 15 is dit zoutfront te zien, beginnend in de vorm van een enkele kilometers brede strook met zout tot zeer brak water in fig. 8 en in de volgende figuren zich uitbreidend naar het oosten met toenemende diepte. Zie ook fig. 19.

### 3.2. S t i k s t o f e n f o s f a a t

#### Algemeen

Stikstof en fosfaat komen in de ondergrond in twee vormen voor, en wel in opgeloste toestand in het grondwater en in niet opgeloste toestand. Dit in tegenstelling tot het chloride dat vrijwel alleen in opgeloste toestand in het grondwater aanwezig is. In niet opgeloste toestand zijn stikstof en fosfaat geadsorbeerd aan de vaste bodemdeeltjes of vastgelegd in slecht oplosbare verbindingen. Een belang-

rijk deel komt ook voor in de organische fractie. Dit laatste is vooral in eutrofe veenpakketten het geval. De geologische opbouw van de bodem en met name de omstandigheden tijdens de afzetting van de sedimenten (voedselrijkdom van het milieu) bepalen in belangrijke mate de hoeveelheid stikstof en fosfaat in het bodemmateriaal. Het is niet bekend hoe groot de voorraad gebonden stikstof en fosfaat in de ondergrond is. De opgeloste hoeveelheden stikstof en fosfaat zijn echter slechts een fractie van de aan de bodemdeeltjes gebonden voorraad.

Als gevolg van biochemische en chemische processen komt er voortdurend stikstof en fosfaat vrij van het bodemmateriaal. Dit verklaart de, in de hieronder volgende berekeningen verkregen ogenschijnlijke tegenstrijdigheid, dat er tegenover een grote bovengrondse afvoer door kwel, grondwateronttrekking en gas- en koelbronnen, slechts een geringe toestroming en in een paar gevallen zelfs een afstroming in de ondergrond staat.

In het gehele onderzoeksgebied is er een ondergrondse toestroming van 1268 ton stikstof en 63 ton fosfaat per jaar (tabel 10 en 18). Hier tegenover staat een afvoer van respectievelijk 1681 en 190 ton (tabel 26), zodat er een afname in de ondergrond is van 413 ton stikstof en 127 ton fosfaat per jaar. De afvoer door kwel voor stikstof en fosfaat is respectievelijk 62 en 56%, de afvoer door grondwateronttrekking respectievelijk 17 en 15% en die door gasbronnen respectievelijk 21 en 29% van de gehele afvoer.

Zoals voor het chloride is gebeurd, is de voor het gehele gebied berekende toestroming van stikstof en fosfaat vergeleken met de som van dezelfde berekeningen van de landstreken (tabel 17 en 25). De som van de stikstofberekening van de landstreken is 2,7% groter dan die van het gehele gebied, bij het fosfaat slechts 0,4%. Gezien de in sommige deelgebieden schaarse gegevens voor stikstof en fosfaat, zijn dit kleine verschillen.

#### Schermerboezem

De ondergrondse toestroming van stikstof en fosfaat is respectievelijk bijna 68 en ruim 9 ton per jaar (tabel 11 en 19). Dit is respectievelijk 5 en 13% van de totale toestroming. De totale afvoer is respectievelijk bijna 555 en bijna 70 ton per jaar (tabel 27). De

afnamen van stikstof en fosfaat zijn respectievelijk bijna 487 en ruim 60 ton per jaar. Voor zowel stikstof en fosfaat is dit de grootste afname die voor de landstreken berekend is. De afvoer door kwel, onttrekking en gasbronnen bedraagt respectievelijk 56, 9 en 35% van de totale afvoer van stikstof. De percentages voor fosfaat zijn respectievelijk 43, 12 en 45.

#### Wieringermeerpolder

De toestroming in de ondergrond van stikstof respectievelijk fosfaat bedraagt ruim 770 en bijna 60 ton per jaar (tabel 12 en 20). Dit is respectievelijk 58 en 87% van de toestroming in het gehele gebied. De afvoer bedraagt respectievelijk bijna 566 en ruim 64 ton per jaar, zodat er voor stikstof een toename is van bijna 205 ton per jaar en voor fosfaat een afname van bijna 5 ton per jaar (tabel 27). Bij stikstof bestaat de afvoer voor 95% uit kwel en 5% komt voor rekening van gas- en koelbronnen. De afvoer van stikstof door onttrekking is verwaarloosbaar klein. De afvoer van fosfaat komt voor 88% door kwel, voor 2% door onttrekking en voor 10% door gasbronnen tot stand.

#### Waterland en polder Oostzaan

Voor deze landstreek is zowel voor stikstof als fosfaat een ondergrondse afstroming berekend, en wel ruim 27 ton stikstof en ruim 4 ton fosfaat per jaar (tabel 13 en 21). De afvoer is respectievelijk bijna 52 en bijna 4 ton per jaar, zodat de afname respectievelijk ruim 79 en 8 ton per jaar bedraagt (tabel 27). De afvoer bestaat bij respectievelijk stikstof en fosfaat voor 45 en 49% uit kwel, voor 17 en 16% uit onttrekking en voor 38 en 35% uit gasbronnen.

#### Duinen

Voor de toestroming van stikstof in de ondergrond van de duinen is bijna 288 ton per jaar berekend, terwijl voor fosfaat de uitkomst een geringe afstroming van 100 kg per jaar is (tabel 14 en 22). De toestroming van stikstof in de duinen bedraagt bijna 22% van de toestroming in het gehele gebied. De afvoer welke geheel uit onttrekking bestaat, bedraagt voor stikstof ruim 204 ton en voor fosfaat 14 ton. Voor stikstof is er dus een ondergrondse toename van bijna 84 ton en

voor fosfaat een afname van ruim 14 ton (tabel 27).

#### Wieringen

De toestroming van stikstof in de ondergrond bedraagt ruim 79 ton per jaar, dit is 6% van de toestroming in het gehele gebied. Voor fosfaat werd hier een verwaarloosbaar kleine afstroming berekend (tabel 15 en 23). De afvoer welke geheel voor rekening van de kwel komt, is voor beide stoffen zeer gering en is minder dan een ton. Al's saldo blijft over een toename van ruim 78 ton stikstof en een afname van minder dan 1 ton fosfaat per jaar (tabel 27).

#### Restgebied

De jaarlijkse ondergrondse toestroming van stikstof, hoewel bijna het dubbele van die in de Schermerboezem, is gering en bedraagt 124 ton; dit is ruim 9% van de toestroming in het gehele gebied. Voor fosfaat is een zeer geringe afstroming berekend van bijna een ton per jaar (tabel 16 en 24). De afvoer van stikstof bedraagt 304 ton en van fosfaat ruim 38 ton per jaar. Het eindresultaat is voor beide stoffen een afname van respectievelijk 180 ton en ruim 38 ton per jaar (tabel 27). De afvoer van stikstof en fosfaat bestaat voor respectievelijk 57 en 46% uit kwel, voor 7 en 8% uit onttrekking en voor 36 en 46% uit gas- en koelbronnen.

#### 4. NABESCHOUWING

In deze nota is getracht een indruk te geven van de verplaatsing en de toe- of afname van chloride, stikstof en fosfaat in de ondergrond van Noord-Holland. Er is vanzelfsprekend naar gestreefd voor de gemaakte berekeningen het juiste cijfermateriaal te verzamelen en te verwerken. In een dergelijk groot onderzoeksgebied blijven er echter veel onzekerheden bestaan. De in de tabellen opgenomen uitkomsten moeten daarom niet als absolute waarden voor de verplaatste stoffen worden beschouwd. Het doel is slechts geweest de orde van grootte aan te geven van de hoeveelheden van de verplaatste stoffen en van de toe- en afname ervan.

Bij het onderzoek is het verschil in de ontstaanswijze van de concentraties in het grondwater van chloride enerzijds, en stikstof en fosfaat anderzijds, duidelijk naar voren gekomen. Er is voor chloride uiteindelijk één externe bron, en wel de zee. Stikstof en fosfaat zijn van een interne bron afkomstig. De verdeling van de chloridegehalten in het grondwater komt hoofdzakelijk door grondwaterstromingen tot stand. De hoeveelheden stikstof en fosfaat die plaatselijk aan de bodemdeeltjes zijn gebonden of in slecht oplosbare toestand verkeren en de snelheid van de chemische en biochemische processen die deze stoffen in oplossing brengen veroorzaken in hoofdzaak de verschillen in concentratie van deze stoffen in het grondwater.

Er is verder een verschil in de belangrijkste stromingsrichting bij chloride en fosfaat. Stikstof neemt hierbij een middenpositie in. Voor chloride is de horizontale verplaatsing, dus de toe- en afstroming veel groter dan de afvoer in verticale richting, want er heeft in de ondergrond een belangrijke toename van chloride plaats. Bij stikstof en fosfaat daarentegen is de afvoer uit de ondergrond door kwel, grondwateronttrekking en koel- en gasbronnen, en dus de verticale verplaatsing het belangrijkste. Dit laatste geldt voor fosfaat nog in sterkere mate dan voor stikstof. Hoewel er voor deze laatste stof in de ondergrond van het gehele gebied een afname is berekend, zijn er drie landstreken (Wieringermeerpolder, het duingebied en Wieringen) waar een toename van stikstof is geconstateerd. Voor fosfaat is echter in alle landstreken een afname gevonden.

Tenslotte kan nog worden gewezen op het grote verschil in de verplaatste totale hoeveelheden van de drie besproken stoffen. Voor respectievelijk fosfaat, stikstof en chloride is er ruwweg een verhouding van deze hoeveelheden van 1:10:10 000.

Een en ander is grafisch weergegeven in fig. 18.

## 5. SAMENVATTING

In het kader van het onderzoek naar de waterkwaliteit en de hydrologie in Hollands Noorderkwartier zijn berekeningen gemaakt van de

toe- en afname van de voorraad chloride, stikstof en fosfaat in de ondergrond van dit gebied.

Er zijn drie profielen geconstrueerd voor chloride afzonderlijk en eenzelfde aantal voor stikstof en fosfaat samen (fig. 1a en 2 t/m 7). Door de bij het hydrologisch onderzoek berekende hoeveelheden water (fig. 16) te vermenigvuldigen met de per deelgebied en per watervoerende laag op de profielen ingevulde waarden, zijn de ondergronds toestromende en afstromende hoeveelheden chloride, stikstof en fosfaat berekend. Aan de hand van de profielen zijn de uitkomsten samengevat voor het gehele gebied en voor zes landstreken waarin dit voor dit onderzoek werd verdeeld. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in 27 tabellen (zie bijlage) en een grafiek (fig. 18).

Door de berekende hoeveelheden toestromende stoffen te verminderen met de reeds eerder door andere auteurs berekende afvoer uit de ondergrond tengevolge van kwel, industriële en agrarische onttrekking en gas- en koelbronnen, is de toe- of afname in de ondergrond van genoemde stoffen verkregen.

Uit de berekeningen blijkt een voortgaande verzilting van de diepere ondergrond. Deze voltrekt zich voor een belangrijk deel in en vanuit het derde watervoerend pakket en tussen Den Helder en Petten tevens door een van west naar oost opdringend zoutfront in het 1e en 2e watervoerend pakket.

De ondergrondse toestroming respectievelijk toename van chloride bedraagt voor het gehele gebied ruim 1 500 000 en ruim 700 000 ton per jaar. Ongeveer de helft van de toestroming en ruim de helft van de toename van de voorraad voltrekt zich in de ondergrond van de Wieringermeerpolder. Ook in de ondergrond van de polders, gelegen direct ten westen van de Wieringermeerpolder, heeft een naar verhouding grote verzilting plaats.

Stikstof en fosfaat komen proportioneel veel meer voor in slecht oplosbare of aan de gronddeeltjes gebonden toestand dan in opgeloste toestand. Dit in tegenstelling tot chloride dat alleen opgelost in het grondwater aanwezig is.

Als gevolg van biochemische en chemische processen komt er voortdurend stikstof en fosfaat vrij van het bodemmateriaal. Uit de berekeningen blijkt dan ook dat er in het gehele gebied een grotere afvoer

van stikstof en fosfaat is, dan er in opgeloste toestand toestroomt. De belangrijkste bron voor stikstof en fosfaat ligt dus in de ondergrond van het gebied zelf. Alleen in de Wieringermeerpolder, Wieringen en de duinen heeft een geringe toename van stikstof plaats. In de ondergrond van alle delen van het onderzoeksgebied heeft er een afname van fosfaat plaats.

## 6. LITERATUUR

- JANSEN, J.W. en M. WIJNSMA, 1981. Grondwateronttrekking ten behoeve van industrie landbouw en drinkwatervoorziening in Noord-Holland benoorden het IJ. Nota ICW 1245.
- POMPER, A.B., 1979. De geologische en geohydrologische opbouw van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal. Nota ICW 1135.
- REES VELLINGA, E. VAN en H. WITT, 1981. De chemische samenstelling van het grondwater in Hollands Noorderkwartier. Nota ICW 1258.
- TOUSSAINT, C.G. en T. BOOGAARD, 1978. Chloride-, stikstof- en fosfaat-belasting van polderwater door gas- en koelbronnen. Nota ICW 1061.
- WIT, K.E. en M. WIJNSMA. Hydrologische berekeningen in Noord-Holland benoorden het IJ (in voorbereiding).
- WITT, H. 1980. Het chloridegehalte van het grondwater in Noord-Holland benoorden het IJ en het Noordzeekanaal. Nota ICW 1173.

## LIJST VAN FIGUREN

- Fig. 1a. Lokatiekaart met de deelgebieden  
1b. Lokatiekaart met monsterpunten  
2a t/m d. Chlorideprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
3a t/m d. Fosfaat- en stikstofprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
4a t/m c. Chlorideprofiel rond de Schermerboezem  
5a t/m c. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Schermerboezem  
6. Chlorideprofiel rond de Wieringermeerpolder  
7. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Wieringermeerpolder  
8. Chloridekaart van maaiveld - 15 m-NAP  
9. " " 15- 25 m-NAP  
10. " " 25- 35 m-NAP  
11. " " 35- 45 m-NAP  
12. " " 45- 55 m-NAP  
13. " " 55- 75 m-NAP  
14. " " 75-100 m-NAP  
15. " " 100-150 m-NAP  
16. Ondergrondse toestroming per deelgebied in  $m^3 \cdot dag^{-1}$   
17. Schematisch beeld van de toe- en afstroming en de afvoer  
18. Jaarlijkse ondergrondse toe- en afstroming en afvoer van Cl, N en P.  
19. Chlorideprofiel van Huisduinen naar Z.W. hoek van de Wieringermeer



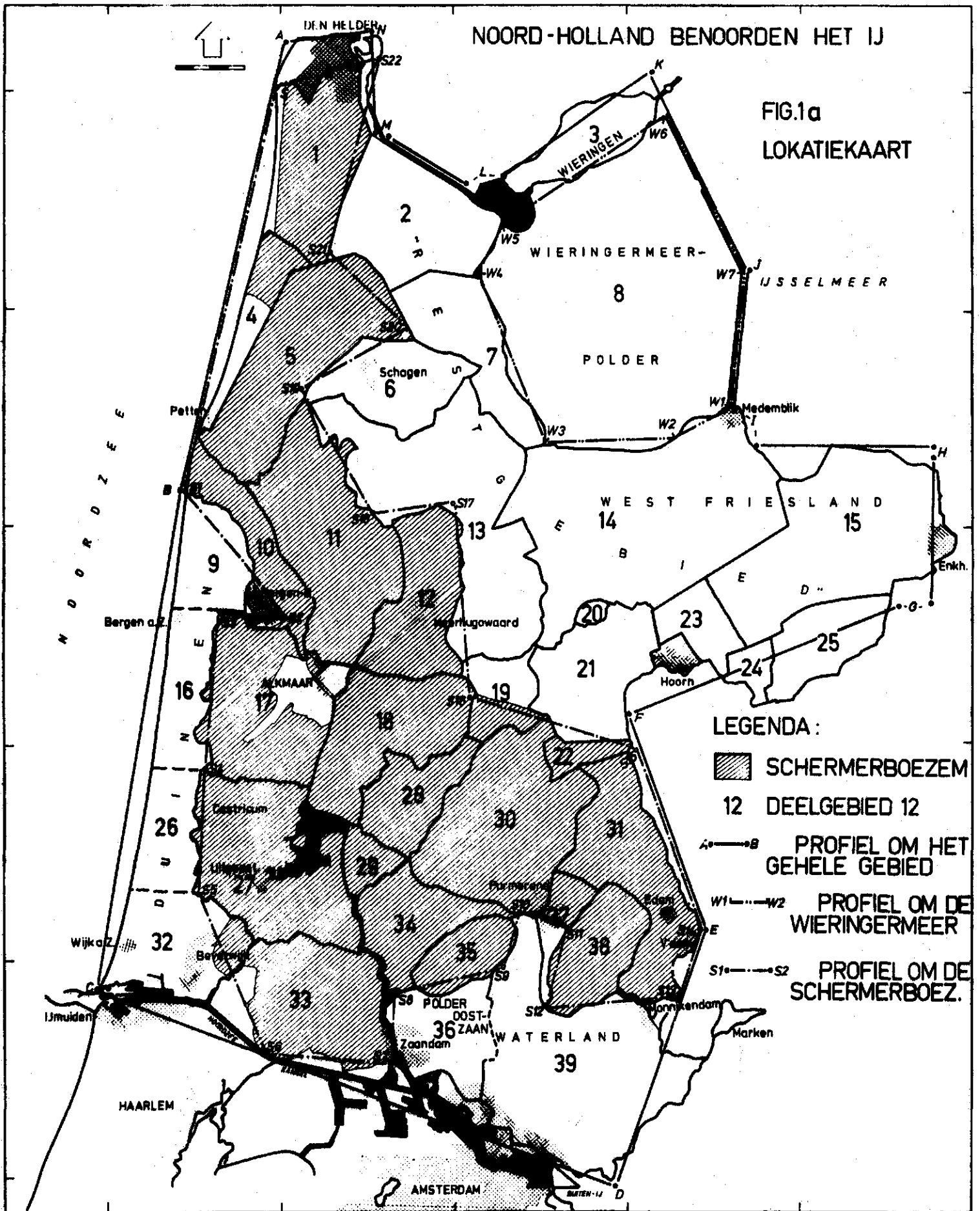


Fig. 1a. Lokatiekaart profielen

Tabel 1. Ondergrondse toestroming van CI in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar geheel Hollands Noorderkwartier

Deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
1	9 240	36 450	179 408	225 098
2	2 968	22 080	64 740	89 788
3	-	146 223	276 250	422 473
4	14 560	66 960	278 835	360 355
8	-	565 404	816 500	1 381 904
9	÷ 105	÷1 500	259 765	258 160
10	1 253	9 000	65 250	75 503
14	240	6 840	37 620	44 700
15	1 242	22 400	119 700	143 342
16	280	8 250	216 286	224 816
21	20	900	20 000	20 920
22	6	432	5 000	5 438
23	0	÷ 60	0	÷ 60
24	÷ 2	÷ 135	÷16 800	÷16 937
25	÷ 95	÷ 880	25 000	24 025
26	÷ 360	245	159 616	159 501
31	1 830	11 500	28 900	42 230
32	2 000	0	723 105	725 105
33	÷ 567	÷ 600	÷ 3 600	÷ 4 767
36	÷6 440	429	3 300	÷ 2 711
39	2 964	12 540	29 250	44 754
	29 034	906 478	3 228 125	4 223 637
				totaal 1 541 628 $\text{ton.jr}^{-1}$

Tabel 2. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar de Schermerboezem

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
Noordzee	1	9 240	36 450	179 408	225 098	
"	4	14 560	66 960	278 835	360 355	
"	10	1 253	9 000	65 250	75 503	
9	10	346	14 621	116 250	131 217	
16	17	1 210	6 189	205 770	213 169	
26	27	200	1 332	125 550	127 082	
32	27	÷ 15	÷ 2 400	÷ 13 260	÷ 15 675	
32	33	18	0	13 260	13 278	
Noordzeekanaal	33	÷1 215	÷ 640	÷ 3 510	÷ 5 365	
36	33	0	0	÷ 14 400	÷ 14 400	
36	35	1 920	8 436	0	10 356	
39	35	1 363	2 223	÷ 5 200	÷ 1 614	
39	30	120	875	5 200	6 195	
39	37	0	0	7 800	7 800	
39	38	608	9 900	3 750	14 258	
IJsselmeer	31	3 111	19 550	37 400	60 061	
IJsselmeer	22	6	540	6 000	6 546	
21	22	5	1 836	÷ 6 903	÷ 5 062	
21	30	18	952	÷ 6 500	÷ 5 530	
19	18	44	242	÷ 13 325	÷ 13 039	
19	12	0	0	÷ 20 800	÷ 20 800	
13	12	43	9 620	÷101 920	÷ 92 257	
13	11	÷ 450	÷ 7 875	÷ 89 180	÷ 97 505	
6	5	÷1 672	÷34 770	÷150 220	÷186 662	
7	5	÷ 576	÷ 9 075	÷ 50 750	÷ 60 401	
2	5	258	4 320	0	4 578	
2	1	÷3 504	÷21 960	÷131 250	÷156 714	
		26 891	116 326	437 255	580 472	totaal 211 872 ton Cl.jr

Tabel 3. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar de Wieringermeerpolder  
(deelgebied 8)

Van deelgebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
IJsselmeer		565 404	816 500	1 381 904
Amstelmeer	1 200	12 750	39 000	52 950
2	944	9 800	66 192	76 936
3		109 875	276 250	386 125
7	356	17 400	108 000	125 756
14	729	18 000	54 000	72 729
	3 229	733 229	1 359 942	2 096 400
totaal 765 186 ton.jr <sup>-1</sup>				

Tabel 4. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar Waterland en polder Oostzaan  
(deelgebied 39 en 36)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
Noordzeekanaal	36	+6440	429	3 300	÷ 2 711
	35	+1920	+8 436	0	÷10 356
	33	0	0	14 400	14 400
IJsselmeer	39	2964	12 540	29 250	44 754
	38	÷ 608	÷9 900	÷3 750	÷14 258
	37	0	0	÷7 800	÷ 7 800
	30	÷ 120	÷ 875	÷5 200	÷ 6 195
	35	÷1363	÷2 223	5 200	1 614
		÷7487	÷8 465	35 400	19 448
					totaal 7099 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 5. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar de duinen  
(deelgebieden 9, 16, 26, 32)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
Noordzee	9	÷ 105	÷ 1 500	259 765	258 160
10	9	÷ 346	÷14 621	÷116 250	÷131 217
Noordzee	16	280	8 250	216 286	224 816
17	16	÷1210	÷ 6 189	÷205 770	÷213 169
Noordzee	26	÷ 360	245	159 616	159 501
27	26	÷ 200	÷ 1 332	÷125 550	÷127 082
Noordzeekanaal	32	2000	0	723 105	725 105
33	32	÷ 18	0	÷ 13 260	÷ 13 278
27	32	15	2 400	13 260	15 675
		56	÷12 747	911 202	898 511
					totaal 327 956 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 6. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar Wieringen (deelgebied 3)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
Waddenzee	3	-	146 223	276 250	422 473
8	3	-	÷109 875	÷276 250	÷386 125
		0	36 348	0	36 348
					totaal 13 267 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 7. Ondergrondse toestroming van Cl in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar het restgebied  
(deelgebieden 2, 6, 7, 13, 14, 15, 19 ged., 20, 21, 23, 24, 25)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
1	2	3504	21 960	131 250	156 714
5	2	÷ 258	÷ 4 320	0	÷ 4 578
5	7	576	9 075	50 750	60 401
5	6	1672	34 770	150 220	186 662
11	13	450	7 875	89 180	97 505
12	13	÷ 43	÷ 9 620	101 920	92 257
12	19	0	0	20 800	20 800
18	19	÷ 44	÷ 242	13 325	13 039
30	21	÷ 18	÷ 952	6 500	5 530
22	21	÷ 5	÷ 1 836	6 903	5 062
IJsselmeer	21	20	900	20 000	20 920
"	24	÷ 2	÷ 135	÷ 16 800	÷ 16 937
"	25	÷ 95	÷ 880	25 000	24 025
"	15	1242	22 400	119 700	143 342
"	14	240	6 840	37 620	44 700
8	14	÷ 729	÷ 18 000	÷ 54 000	÷ 72 729
8	7	÷ 356	÷ 17 400	÷ 108 000	÷ 125 756
8	2	÷ 944	÷ 9 800	÷ 66 192	÷ 76 936
Waddenzee	2	2968	22 080	64 740	89 788
		8178	62 715	592 916	663 809
					totaal 242 290 $\text{ton.jr}^{-1}$

Tabel 8. Vergelijking van de berekeningen van de ondergrondse toestroming van Cl in ton.jr<sup>-1</sup> naar het gehele gebied volgens tabel 1 en volgens de som van de uitkomsten van de tabellen 2 tot en met 7

Geheel Hollands Noorderkwartier (tabel 1)	1 541 628
Schermerboezem (tabel 2)	211 872
Wieringermeerpolder (tabel 3)	765 186
Waterland + polder Oostzaan (tabel 4)	7 099
Duinen (tabel 5)	327 956
Wieringen (tabel 6)	13 267
Restgebied (tabel 7)	242 290
	+ 1 567 670
	÷26 042 = 1,7%

Tabel 9. Ondergrondse toestroming van Cl in kg.dag<sup>-1</sup> naar de deelgebieden 2, 6, 7 en 13

Van deelgebied	Naar deelgebied	1e water-voerend pakket	2e water-voerend pakket	3e water-voerend pakket	Totaal
1	2	3504	21 960	131 250	156 714
5	2	÷ 258	÷ 4 320	0	÷ 4 578
5	7	576	9 075	50 750	60 401
5	6	1672	34 770	150 220	186 662
11	13	450	7 875	89 180	97 505
12	13	÷ 43	÷ 9 620	101 920	92 257
19	13	÷ 21	÷ 2 768	÷ 18 700	÷ 21 489
14	13	÷ 3	÷ 2 550	÷ 78 870	÷ 81 423
8	7	÷ 356	÷17 400	÷108 000	÷125 756
8	2	÷ 944	÷ 9 800	÷ 66 192	÷ 76 936
Waddenzee	2	2968	22 080	64 740	89 788
		7545	49 302	316 298	373 145
					totaal 136 198 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 10. Ondergrondse toestroming van N in  $\text{kg}\cdot\text{dag}^{-1}$  naar geheel Hollands Noorderkwartier

Deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
1	7,26	12,15	78,49	97,90
2	11,02	27,60	25,90	64,52
3		48,74	170,00	218,74
4	20,80	21,60	134,61	177,01
8		323,09	979,80	1302,89
9	÷ 4,20	÷ 2,40	100,55	93,95
10	2,86	3,60	27,00	33,46
14	2,10	13,68	41,80	57,58
15	14,08	51,20	75,60	140,88
16	1,75	5,50	108,14	115,39
21	5,80	7,80	28,00	41,60
22	1,86	2,59	6,50	10,95
23	0	÷ 3,60	0	÷ 3,60
24	÷ 0,64	÷ 4,05	÷ 16,00	÷ 20,69
25	÷ 2,08	÷ 9,24	25,00	13,68
26	÷ 6,00	1,22	88,06	83,28
31	60,39	63,25	40,80	164,44
32	10,00	0	819,52	829,52
33	÷ 4,05	÷ 2,00	÷ 4,20	÷ 10,25
36	÷ 30,59	1,29	4,20	÷ 25,10
39	22,72	28,22	35,75	86,69
	113,08	590,24	2769,52	3472,84
				totaal 1268 ton.jr <sup>-1</sup>



Tabel 11. Ondergrondse toestroming van N in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar de Schermerboezem

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
Noordzee	1	7,26	12,15	78,49	97,90
"	4	20,80	21,60	134,61	177,01
"	10	2,86	3,60	27,00	33,46
9	10	3,46	4,70	30,00	38,16
16	17	50,82	82,52	99,34	232,68
26	27	2,00	6,66	56,70	65,36
32	27	÷ 1,00	÷ 7,20	÷ 12,24	÷ 20,44
32	33	0,18	0	17,34	17,52
Noordzeekanaal	33	÷ 0,81	÷ 2,20	÷ 6,30	÷ 9,31
36	33	0	0	÷ 30,00	÷ 30,00
36	35	23,04	79,80	0	102,84
39	35	19,62	2,85	÷ 10,40	12,07
39	30	3,20	1,13	8,80	13,13
39	37	0	0	10,80	10,80
39	38	6,69	17,60	3,90	28,19
IJsselmeer	31	58,56	69,00	27,20	154,76
"	22	2,82	3,46	5,50	11,78
21	22	0,95	10,26	÷ 8,19	3,02
21	30	4,90	7,00	÷ 7,00	4,90
19	18	1,76	0,29	÷ 13,32	÷ 11,27
19	12	0	0	÷ 19,20	÷ 19,20
13	12	2,85	24,05	÷ 86,24	÷ 59,34
13	11	÷ 2,85	÷ 36,00	÷ 63,70	÷ 102,55
6	5	÷ 12,76	÷ 61,00	÷ 268,25	÷ 342,01
7	5	÷ 3,96	÷ 40,43	÷ 136,50	÷ 180,89
2	5	0,90	9,36	0	10,26
2	1	÷ 3,84	÷ 5,40	÷ 43,75	÷ 52,99
		187,45	203,80	÷ 205,41	185,84
					totaal 67,8 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 12. Ondergrondse toestroming van N in kg.dag<sup>-1</sup> naar de Wieringermeerpolder (deelgebied 8)

Van deelgebied	1e water-voerend pakket	2e water-voerend pakket	3e water-voerend pakket	Totaal
IJsselmeer	0	323,09	979,80	1302,89
Amstelmeer	0,12	0,85	13,00	13,97
2	8,97	21,00	33,10	63,07
3	0	43,95	42,50	86,45
7	5,59	37,70	405,00	448,29
14	9,38	36,00	151,20	196,58
	24,06	462,59	1624,60	2111,25
				totaal 770,6 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 13. Ondergrondse toestroming van N in kg.dag<sup>-1</sup> naar Waterland en polder Oostzaan (deelgebieden 39 en 36)

Van gebied	Naar gebied	1e water-voerend pakket	2e water-voerend pakket	3e water-voerend pakket	Totaal
Noordzeekanaal	36	±30,59	1,29	4,20	± 25,10
	35	± 23,04	±79,80	0	±102,84
	33	0	0	30,00	30,00
IJsselmeer	39	22,72	28,22	35,75	86,69
	38	± 6,69	±17,60	± 3,90	± 28,19
	37	0	0	±10,80	± 10,80
	30	± 3,20	± 1,13	± 8,80	± 13,13
	35	± 19,62	± 2,85	10,40	± 12,07
		± 60,42	±71,87	56,85	± 75,44
					totaal ±27,5 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 14. Ondergrondse toestroming van N in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar de duinen  
(deelgebieden 9, 16, 26, 32)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
Noordzee	9	÷ 4,20	÷ 2,40	100,55	93,95	
10	9	÷ 3,46	÷ 4,70	÷30,00	÷ 38,16	
Noordzee	16	1,75	5,50	108,14	115,39	
17	16	÷50,82	÷82,55	÷99,34	÷232,68	
Noordzee	26	÷ 6,00	1,22	88,06	83,28	
27	26	÷ 2,00	÷ 6,66	÷56,70	÷ 65,36	
Noordzee	32	10,00	0	819,52	829,52	
33	32	÷ 0,18	0	÷17,34	÷ 17,52	
27	32	1,00	7,20	12,24	20,44	
		÷53,91	÷82,36	925,13	788,87	totaal 287,9 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 15. Ondergrondse toestroming van N in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar Wieringen (deelgebied 3)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
Waddenzee	3	-	48,74	170,00	218,74	
8	3	-	÷0,44	÷0,85	÷1,29	
			48,30	169,15	217,45	totaal 79,4 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 16. Ondergrondse toestroming van N in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar het restgebied  
(deelgebieden 2, 6, 7, 13, 14, 15, 19 ged. 20, 21, 23, 24, 25)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
1	2	3,84	5,40	43,75	52,99
5	2	±0,90	± 9,36	0	± 10,26
5	7	3,96	40,43	136,50	180,89
5	6	12,76	61,00	268,25	342,01
11	13	2,85	36,00	63,70	102,55
12	13	±2,85	±24,05	86,24	59,34
12	19	0	0	19,20	19,20
18	19	±1,76	± 0,29	13,32	11,27
30	21	±4,90	± 7,00	7,00	± 4,90
22	21	±0,95	±10,26	8,19	± 3,02
IJsselmeer	21	5,80	7,80	28,00	41,60
"	24	±0,64	± 4,05	± 16,00	± 20,69
"	25	±2,08	± 9,24	25,00	13,68
"	15	14,08	51,20	75,60	140,88
"	14	2,10	13,68	41,80	57,58
8	14	±9,38	±36,00	±151,20	±196,58
8	7	±5,59	±37,70	±405,00	±448,29
8	2	±8,97	±21,00	± 33,10	± 63,07
Waddenzee	2	11,02	27,60	25,90	64,52
		18,39	84,16	237,15	339,70
					totaal 124 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 17. Vergelijking van de berekeningen van de ondergrondse toestroming van N in ton.jr<sup>-1</sup> naar het gehele gebied volgens tabel 10 en volgens de som van de uitkomsten van de tabellen 11 tot en met 16

---

Geheel Hollands Noorderkwartier (tabel 10)	1268
Schermerboezem (tabel 11)	67,8
Wieringermeerpolder (tabel 12)	770,6
Waterland + polder Oostzaan (tabel 13)	27,5
Duinen (tabel 14)	287,9
Wieringen (tabel 15)	79,4
Restgebied (tabel 16)	124,0
	<hr/>
	+ 1302,2
Vershil tussen beide berekeningen	<hr/>
	:34,2 = 2,7%

---

Tabel 18. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar geheel  
Hollands Noorderkwartier

Deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
1	0,33	1,07	0,56	1,96
2	0,33	1,01	0,17	1,51
3		0,33	0,85	1,18
4	0,36	1,73	0,96	3,05
8		137,31	4,08	141,39
9	±0,01	0	0	±0,01
10	0,09	0,12	0,09	0,30
14	0,41	1,34	0,17	1,92
15	0,56	4,10	0,25	4,91
16	0,01	0,01	0	0,02
21	0,77	0,95	1,26	2,98
22	0,20	0,33	0,23	0,76
23	0	±0,62	0	±0,62
24	±0,06	±0,82	±0,38	±1,26
25	±0,18	±0,42	0,27	±0,33
26	±1,59	0,01	0	±1,58
31	5,05	8,74	0,95	14,74
32	5,30	0	1,45	6,75
33	±0,10	±0,09	±0,02	±0,21
36	±6,57	0,03	0,03	±6,51
39	0,96	0,41	0,45	1,82
	5,86	155,54	11,37	172,77
				totaal 63 $\text{ton.jr}^{-1}$

Tabel 19. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar de Schermerboezem

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal
Noordzee	1	0,33	1,24	0,67	2,24
"	4	0,36	1,73	0,96	3,05
"	10	0,09	0,12	0,09	0,30
9	10	0,31	0,52	0	0,83
16	17	3,46	1,03	0	4,49
26	27	0	0	0	0
32	27	±0,05	±0,04	0	±0,09
32	33	0,02	0	0,28	0,30
Noordzeekanaal	33	±0,29	±0,22	±0,04	±0,55
36	33	0	0	0	0
36	35	2,91	0,20	0	3,11
39	35	2,75	0,02	±0,01	2,76
39	30	0,38	0,02	0,03	0,43
39	37	0	0	0,08	0,08
39	38	0,45	0,81	0,05	1,31
Ijsselmeer	31	5,09	7,24	0,51	12,84
"	22	0,44	0,32	0,21	0,97
21	22	0,07	0,92	±0,42	0,57
21	30	0,69	0,05	±0,31	0,43
19	18	0,26	0,01	±0,41	±0,14
19	12	0	0	±0,46	±0,46
13	12	0,23	0,15	±1,41	±1,03
13	11	±0,24	±0,22	±0,45	±0,91
6	5	±0,52	±3,29	±0,54	±4,35
7	5	±0,14	±0,02	±0,11	±0,27
2	5	0,03	0,01	0	0,04
2	1	±0,02	±0,11	±0,44	±0,57
		16,61	10,49	1,72	25,38
					totaal 9,3 ton.jr <sup>-1</sup>

Tabel 20. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar de Wieringermeerpolder (deelgebied 8)

Van deelgebied	1e water-voerend pakket	2e water-voerend pakket	3e water-voerend pakket	Totaal
IJsselmeer		137,31	4,08	141,39
Amstelmeer	0,09	0,55	0,91	1,55
2	0,11	0,70	2,87	3,68
3		0,44	0,85	1,29
7	1,37	2,87	3,24	7,48
14	1,85	4,68	1,13	7,66
	3,42	146,55	13,08	163,05
				totaal 59,5 $\text{ton.jr}^{-1}$

Tabel 21. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.ha}^{-1}$  naar Waterland en polder Oostzaan (deelgebied 39 en 36)

Van deelgebied	Naar deel-gebied	1e water-voerend pakket	2e water-voerend pakket	3e water-voerend pakket	Totaal
Noordzeekanaal	36	÷ 6,57	0,03	0,03	÷ 6,51
	35	÷ 2,91	÷0,20	0	÷ 3,11
	33	0	0	0	0
IJsselmeer	39	0,96	0,41	0,45	1,82
	38	÷ 0,45	÷0,81	÷0,05	÷ 1,31
	37	0	0	÷0,08	÷ 0,08
	30	÷ 0,38	÷0,02	÷0,03	÷ 0,43
	35	÷ 2,75	÷0,02	0,01	÷ 2,76
		÷12,10	÷0,61	0,33	÷12,38
					totaal ÷4,5 $\text{ton.jr}^{-1}$



Tabel 22. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.jr}^{-1}$  naar de duinen  
(deelgebieden 9, 16, 26, 32)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
Noordzee	9	$\pm 0,01$	0	0	$\pm 0,01$	
10	9	$\pm 0,31$	$\pm 0,52$	0	$\pm 0,83$	
Noordzee	16	0,01	0,01	0	0,02	
17	16	$\pm 3,46$	$\pm 1,03$	0	$\pm 4,49$	
Noordzee	26	$\pm 1,59$	0,01	0	$\pm 1,58$	
27	26	0	0	0	0	
Noordzee	32	5,30	0	1,45	6,75	
33	32	$\pm 0,02$	0	$\pm 0,28$	$\pm 0,30$	
27	32	0,05	0,04	0	0,09	
		$\pm 0,03$	$\pm 1,49$	1,17	$\pm 0,35$	totaal $\pm 0,1 \text{ ton.jr}^{-1}$

Tabel 23. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar Wieringen (deelgebied 3)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
Waddenzee	3	-	0,33	0,85	1,18	
8	3		-0,44	-0,85	-1,29	
			-0,11	0	-0,11	totaal $-0,04 \text{ ton.jr}^{-1}$

Tabel 24. Ondergrondse toestroming van P in  $\text{kg.dag}^{-1}$  naar het restgebied  
(deelgebieden 2, 6, 7, 13, 14, 15, 19 ged. 20, 21, 23, 24, 25)

Van deelgebied	Naar deel- gebied	1e water- voerend pakket	2e water- voerend pakket	3e water- voerend pakket	Totaal	
1	2	0,02	0,11	0,44	0,57	
5	2	±0,03	±0,01	0	±0,04	
5	7	0,14	0,02	0,11	0,27	
5	6	0,52	3,29	0,54	4,35	
11	13	0,24	0,22	0,45	0,91	
12	13	±0,23	±0,15	1,41	1,03	
12	19	0	0	0,46	0,46	
18	19	±0,26	±0,01	0,41	0,14	
30	21	±0,69	±0,05	0,31	±0,43	
22	21	±0,07	±0,92	0,42	±0,57	
IJsselmeer	21	0,77	0,95	1,26	2,98	
IJsselmeer	24	±0,06	±0,82	±0,38	±1,26	
IJsselmeer	25	±0,18	±0,42	0,27	±0,33	
IJsselmeer	15	0,56	4,10	0,25	4,91	
IJsselmeer	14	0,41	1,34	0,17	1,92	
8	14	±1,85	±4,68	±1,13	±7,66	
8	7	±1,37	±2,87	±3,24	±7,48	
8	2	±0,11	±0,70	±2,87	±3,68	
Waddenzee	2	0,33	1,01	0,17	1,51	
		±1,86	0,41	±0,95	±2,40	totaal ±0,9 $\text{ton.jr}^{-1}$

Tabel 25. Vergelijking van de berekeningen van de ondergrondse toestroming van P in ton.jr<sup>-1</sup> naar het gehele gebied volgens tabel 18 en volgens de som van de uitkomsten van de tabellen 19 tot en met 24

Geheel Hollands Noorderkwartier (tabel 18)		63
Schermerboezem (tabel 19)	9,3	
Wieringermeerpolder (tabel 20)	59,5	
Waterland + polder Oostzaan (tabel 21)	±4,5	
Duinen (tabel 22)	±0,1	
Wieringen (tabel 23)	±0,04	
Restgebied	±0,9	
		<u>+ 63,26</u>
		<u>+0,26 = 0,4%</u>

Tabel 26. Toe- en afname van Cl, N en P in ton.jr<sup>-1</sup> in de ondergrond van geheel Hollands Noorderkwartier

Afvoer door	Cl ton.jr <sup>-1</sup>	N ton.jr <sup>-1</sup>	P ton.jr <sup>-1</sup>
kwel	440 057	1044,2	106,7
onttrekking	384 657	286,2	27,5
gasbronnen	9 702	350,9	55,8
totaal afvoer	834 416	1681,3	190,0
ondergr. aanvoer	1 541 628	1268	63
toename	+707 212		
afname		413,3	127,0

Tabel 27. Toe- of afname van Cl, totaal N en totaal P in tonnen per jaar in de ondergrond van respectievelijk

	Schermerboezem			Wieringermeerpolder			Waterland en polder Oostzaan			Duinen			Eiland Wieringen			Restgebied		
	Cl	N	P	Cl	N	P	Cl	N	P	Cl	N	P	Cl	N	P	Cl	N	P
Afvoer door:	ton.jr <sup>-1</sup>																	
kwel	45 959	310,1	30,3	369 127	537,4	56,7	1793	23,0	1,8	-	-	-	1 255	0,9	0,7	21 923	172,8	17,2
onttrekking	6 256	50,8	8,4	10	-	1,2	1595	8,9	0,6	376 180	204,2	14,3	-	-	-	616	22,3	3,0
gasbronnen	5 682	193,7	31,0	1 267	28,5	6,3	848	19,8	1,3	-	-	-	-	-	-	1 905	108,9	17,2
totaal afvoer	57 897	554,6	69,7	370 404	565,9	64,2	4236	51,7	3,7	376 180	204,2	14,3	1 255	0,9	0,7	24 444	304,0	37,4
ondergrondse toestroming of afstroming	211 872	67,8	9,3	765 186	770,6	59,5	7099	±27,5	±4,5	327 956	287,9	±0,1	13 267	79,4	-	242 290	124,0	±0,9
toename	153 975			394 782	204,7	4,7	2863	79,2	8,2	48 224	83,7	14,4	12 012	78,5		217 846		
afname		486,8	60,4												0,7		180,0	38,3

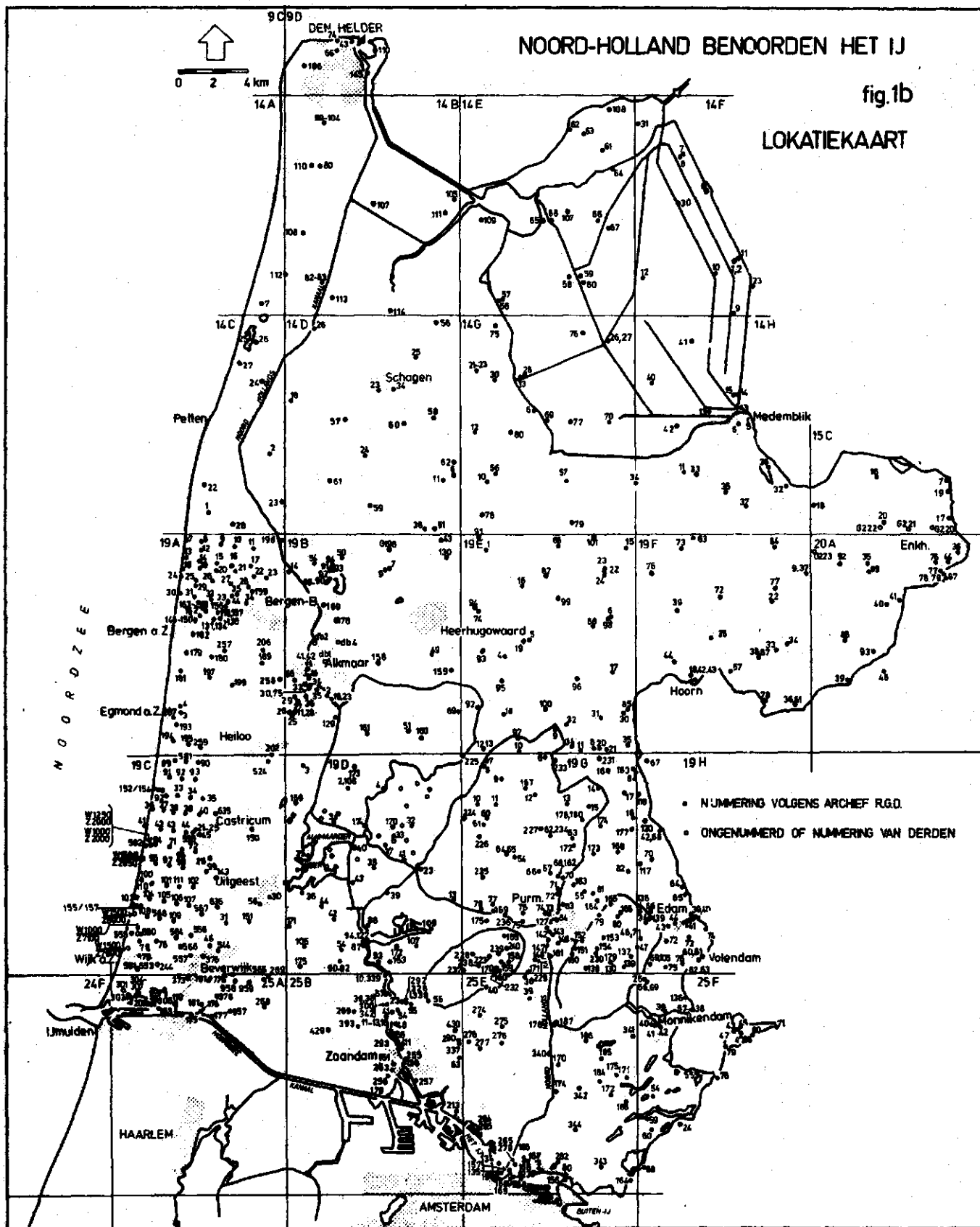


Fig. 1b. Lokatiekaart monsterpunten

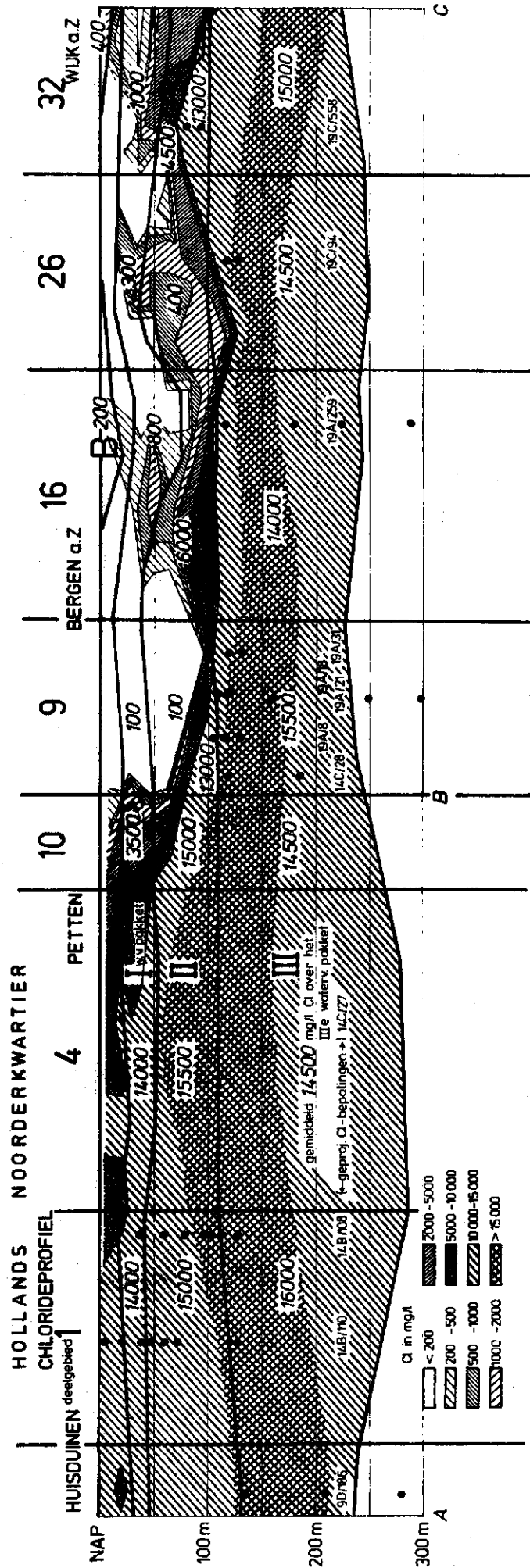


Fig. 2a. Chlorideprofiel rond Hollands Noorderkwartier

Voor legenda zie ook fig. 5a

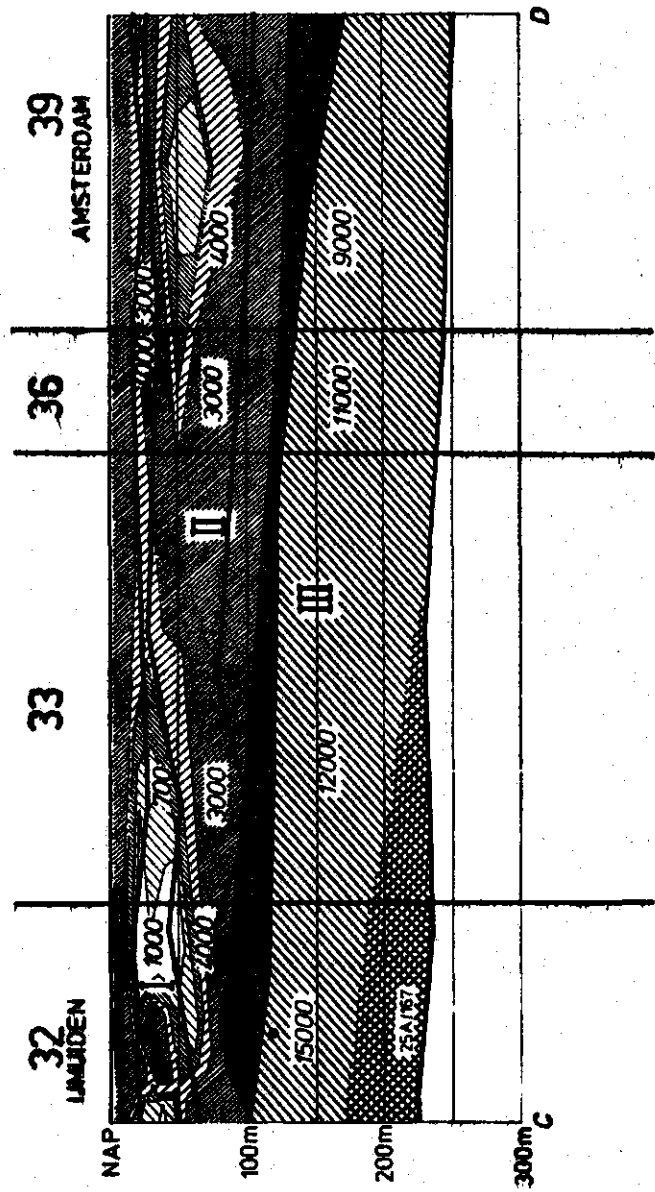


Fig. 2b. Chlorideprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
 Voor legenda zie fig. 2a en 5a

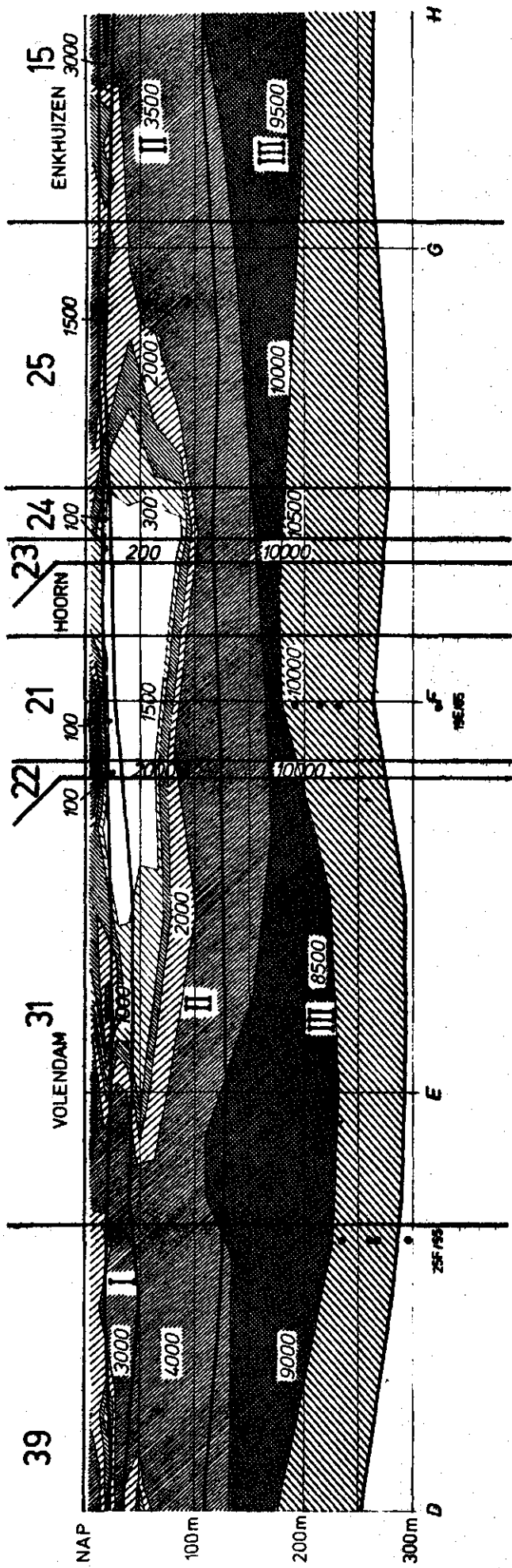


Fig. 2c. Chlorideprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
 Voor legenda zie fig. 2a en 5a



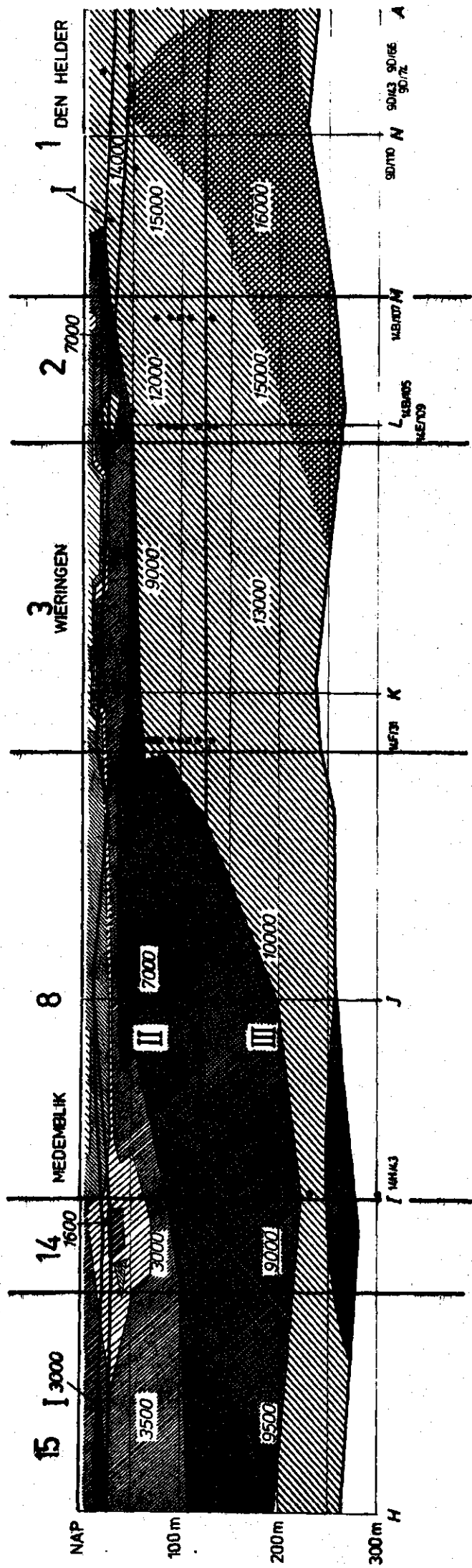


Fig. 2d. Chlorideprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
 Voor legenda zie fig. 2a en 5a

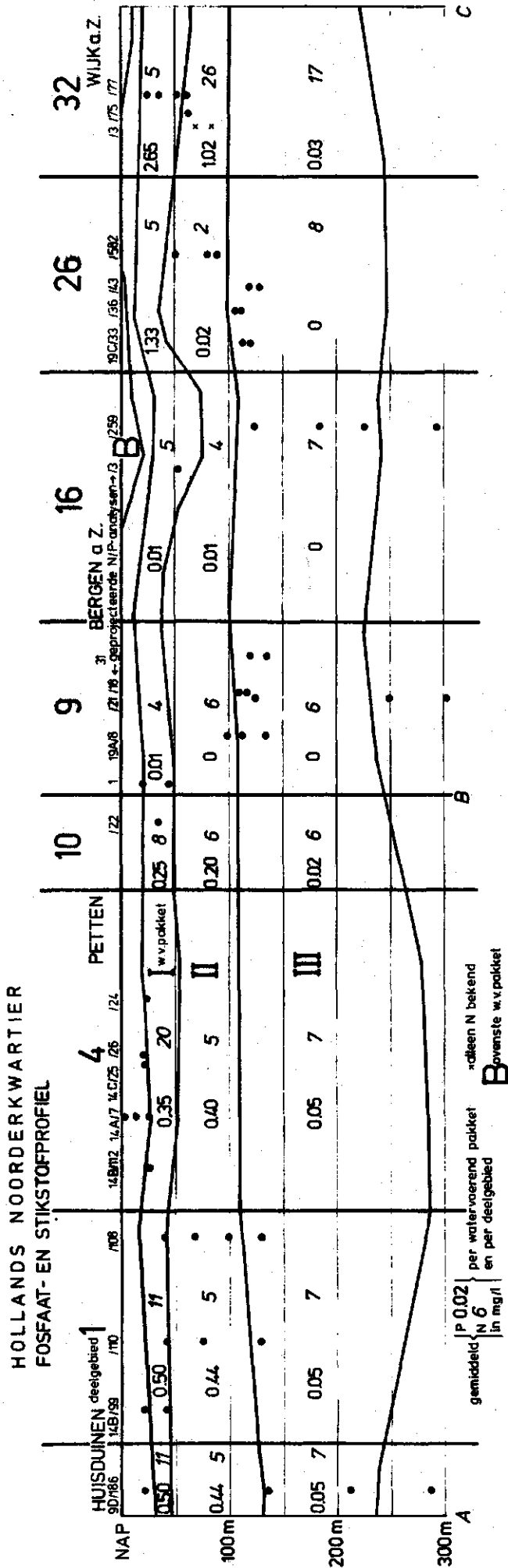


Fig. 3a. Fosfaat- en stikstofprofiel rond Hollands Noorderkwartier

Voor legenda zie ook fig. 5a

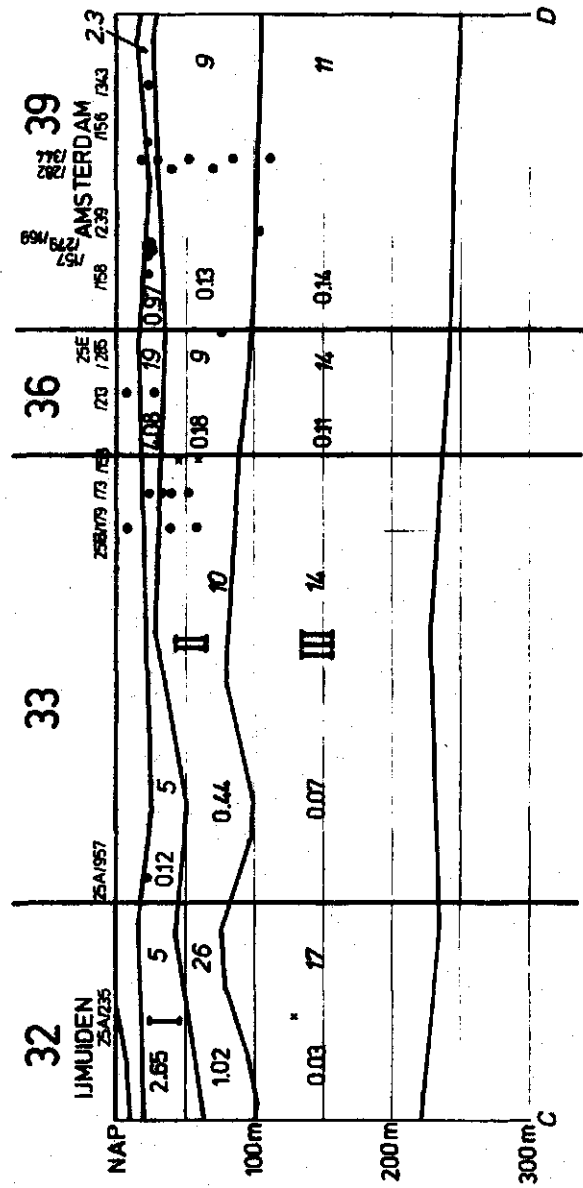


Fig. 3b. Fosfaat- en stikstofprofiel rond Hollands Noorderkwartier

Voor legenda zie fig. 3a en 5a

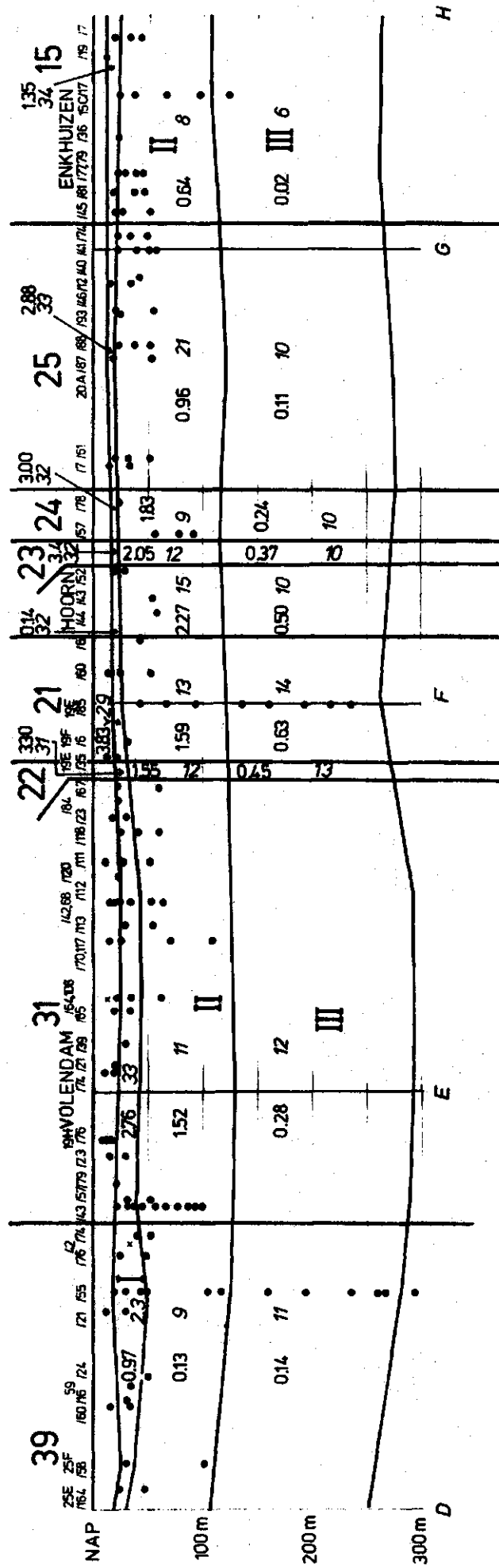


Fig. 3c. Fosfaat- en stikstofprofiel rond Hollands Noorderkwartier voor legenda zie fig. 3a en 5a

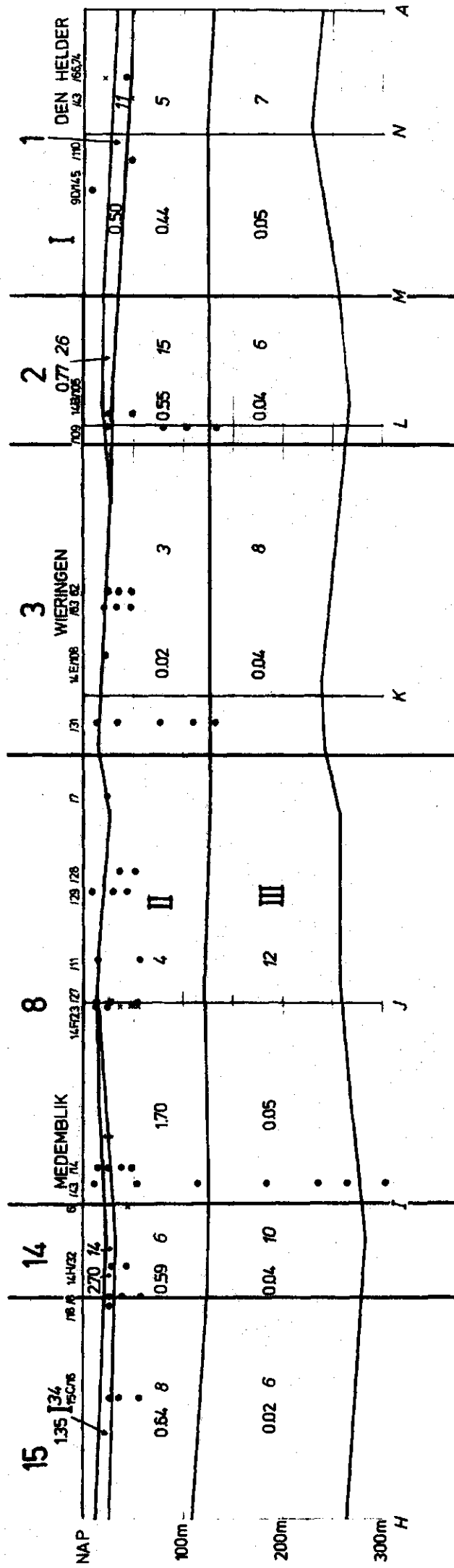


Fig. 3d. Fosfaat- en stikstofprofiel rond Hollands Noorderkwartier  
 Voor legenda zie fig. 3a en 5a

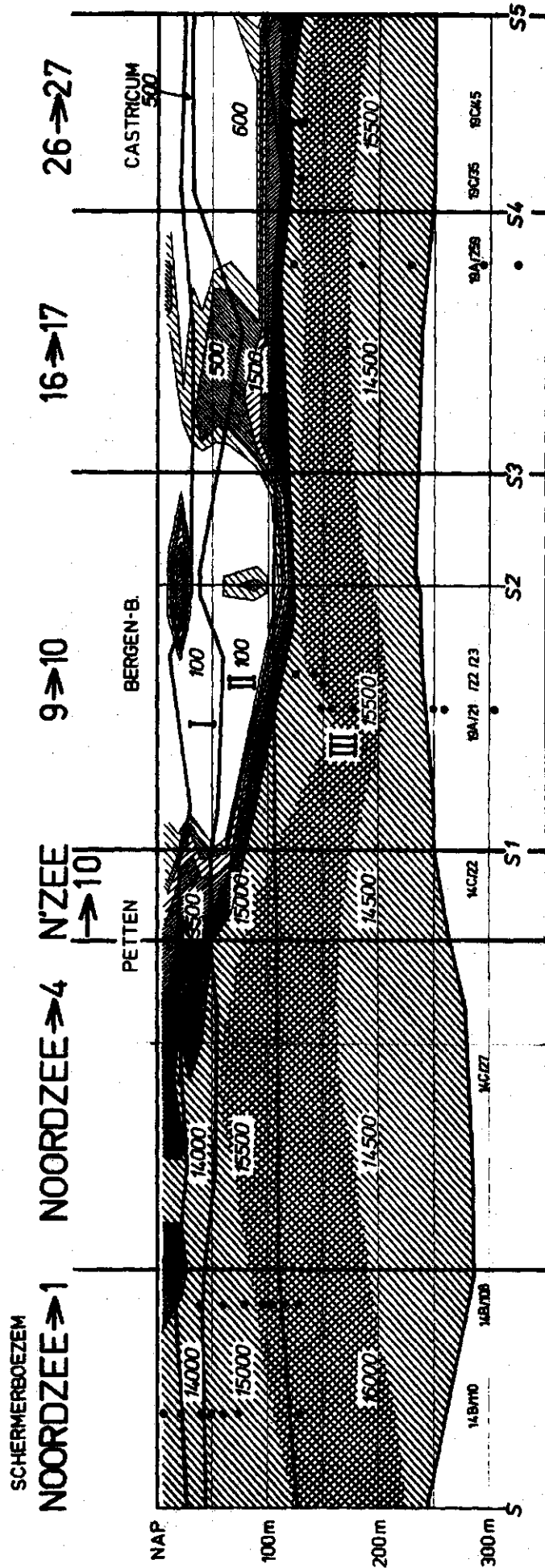


Fig. 4a Chlorideprofiel rond de Schermerboezem

Voor legenda zie fig. 4b en 5a

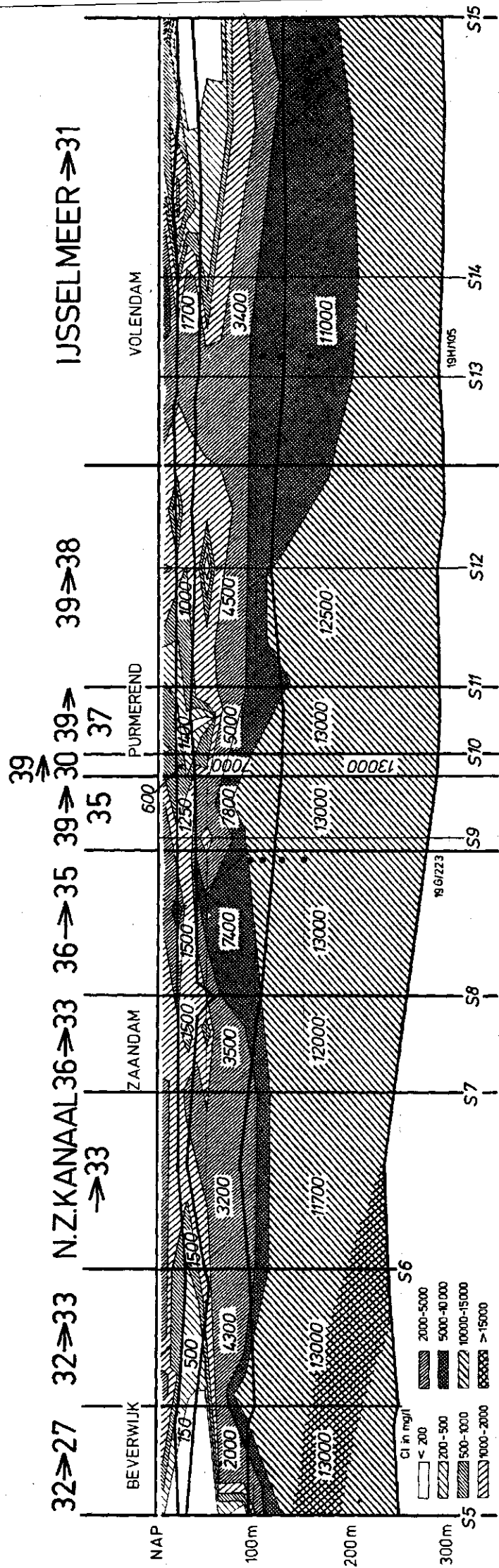


Fig. 4b. Chlorideprofiel rond de Schermerboezem  
 Voor legenda zie ook fig. 5a

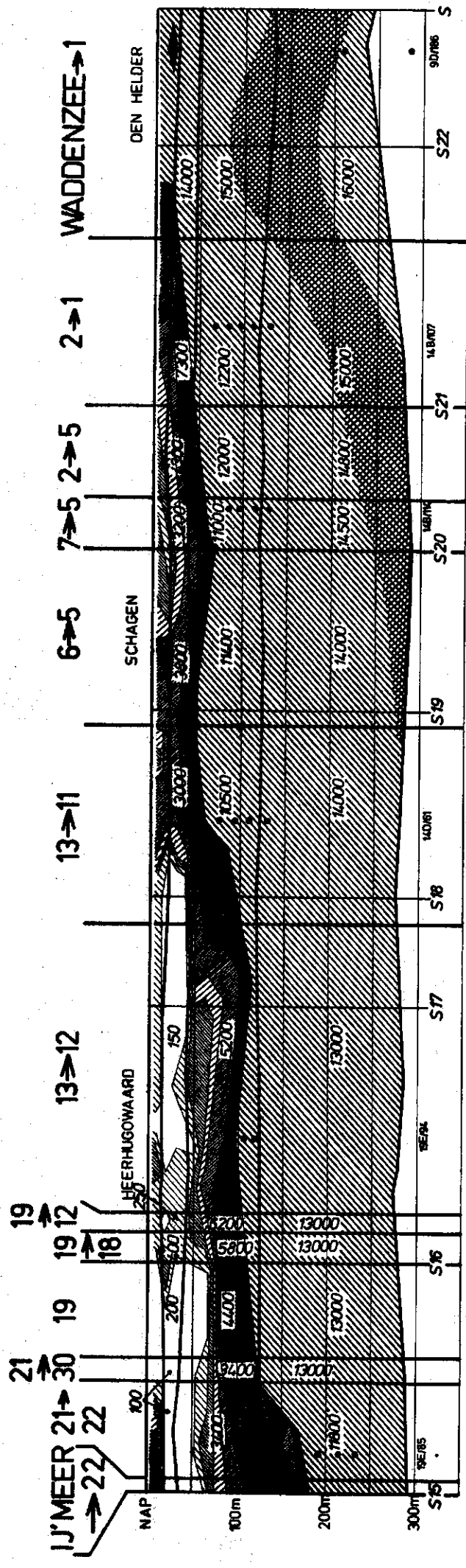


Fig. 4c. Chlorideprofiel rond de Schermerboezem  
 Voor legenda zie fig. 4b en 5a



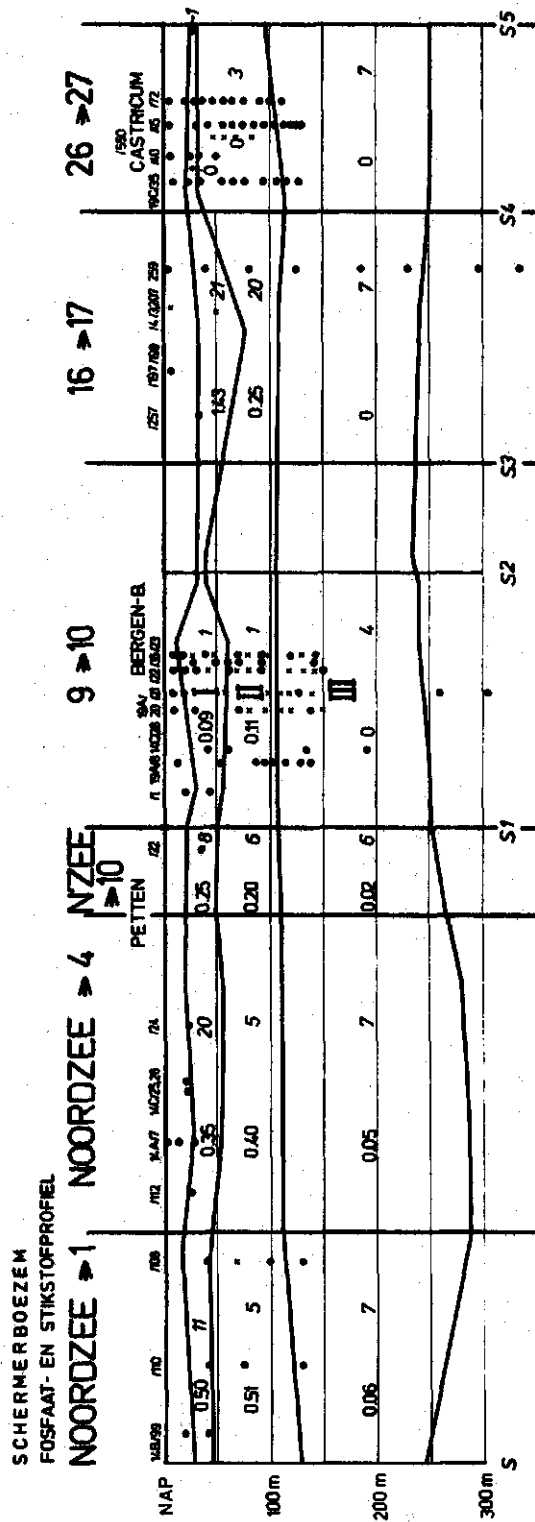


Fig. 5a. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Schermerboezem

**I, II, III**

Ie, Iie en Iiie watervoerend pakket  
 9 > 10 grondwaterstroming tussen deelegebieden  
 • geprojecteerde fosfaat- en stikstofanalyse  
 • analyse waarin alleen stikstof bepaald

scrs analysenummer

0.51 gemiddeld fosfaatgehalte (mg/l) in het deelegebied-grensvlak  
 20 gemiddeld stikstofgehalte (mg/l) in het deelegebied-grensvlak

voor lokatie deelegebieden en profielen zie fig. 1a  
 voor lokale analyses zie fig. 1b

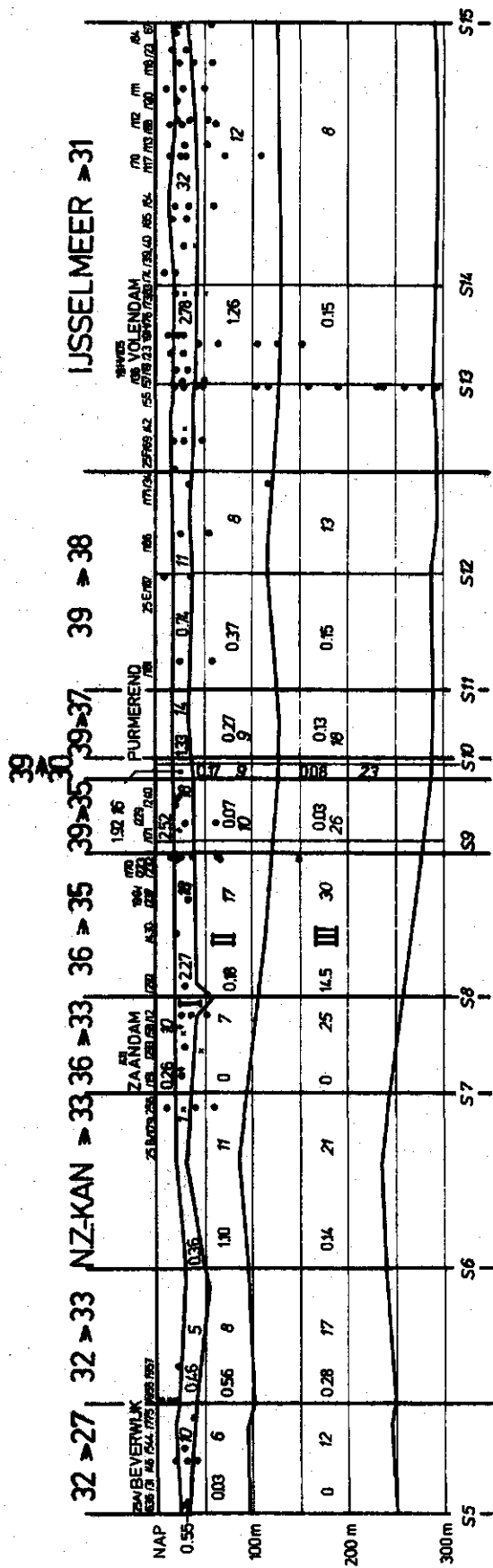


Fig. 5b. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Schermerboezem  
Voor legenda zie fig. 5a

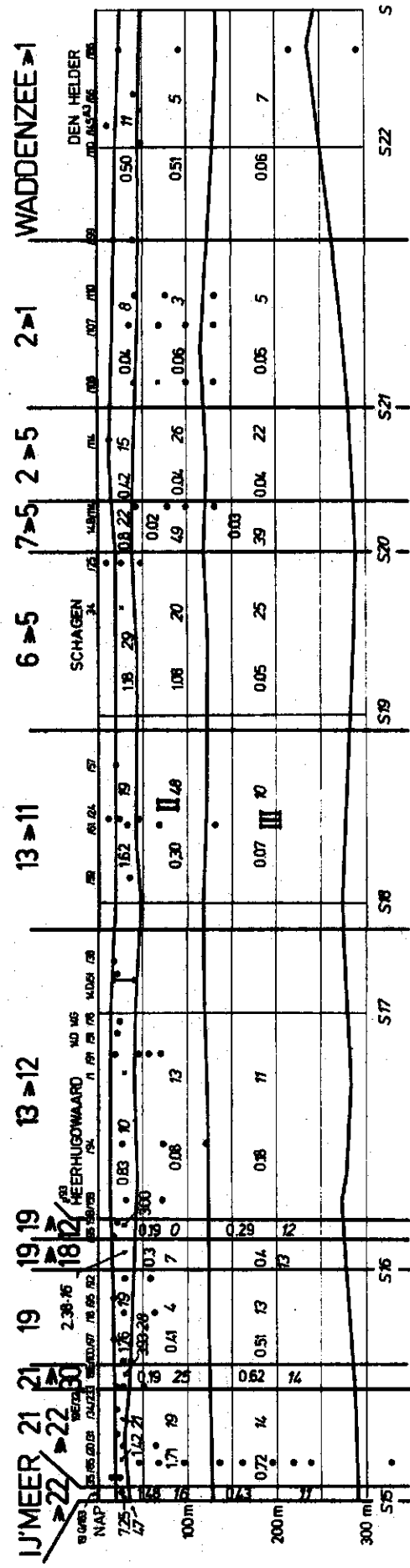


Fig. 5c. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Schiermerboezem  
 Voor legenda zie fig. 5a

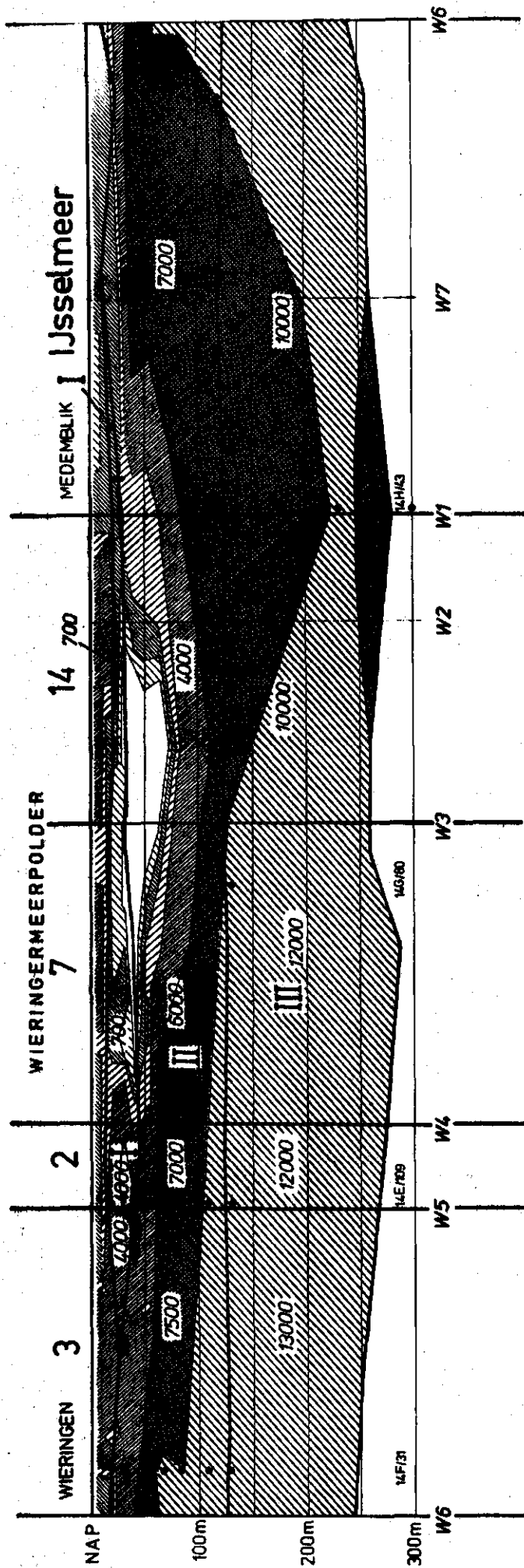


Fig. 6. Chlorideprofiel rond de Wieringermeerpolder  
 Voor legenda zie fig. 4b en 5a

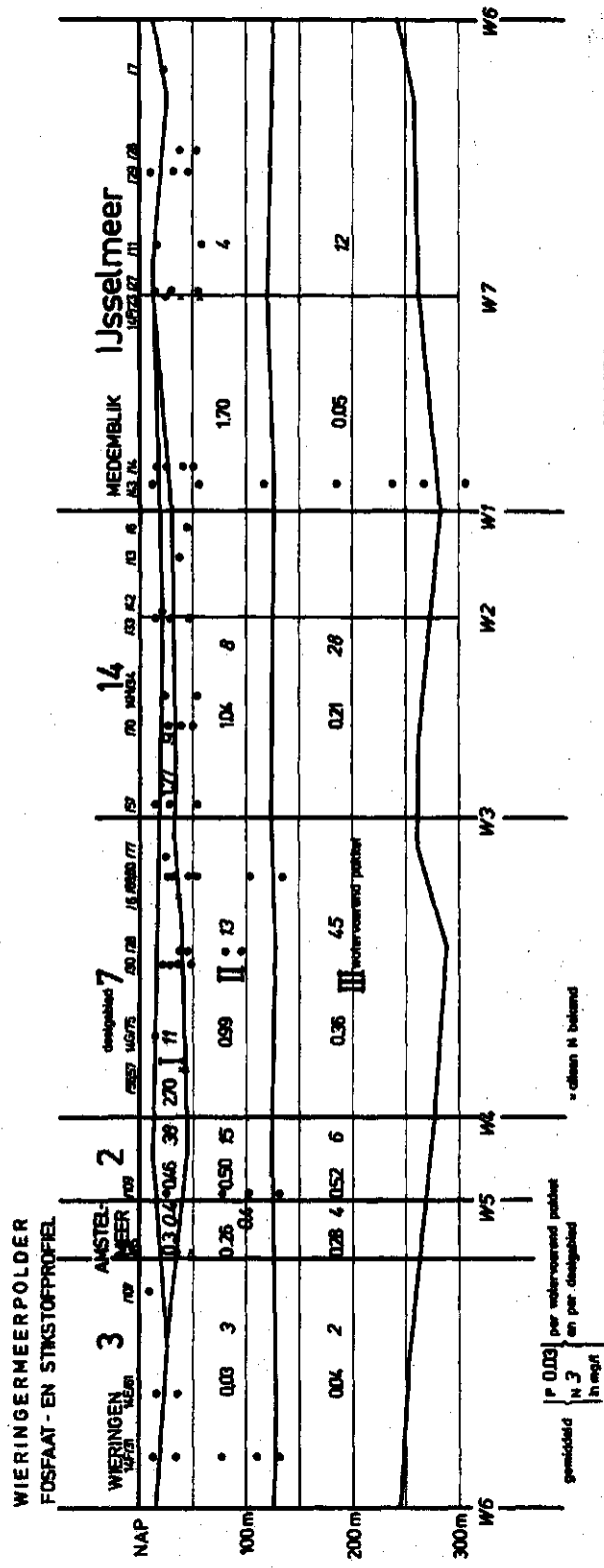


Fig. 7. Fosfaat- en stikstofprofiel rond de Wieringermeerpolder  
 Voor legenda zie ook fig. 5a

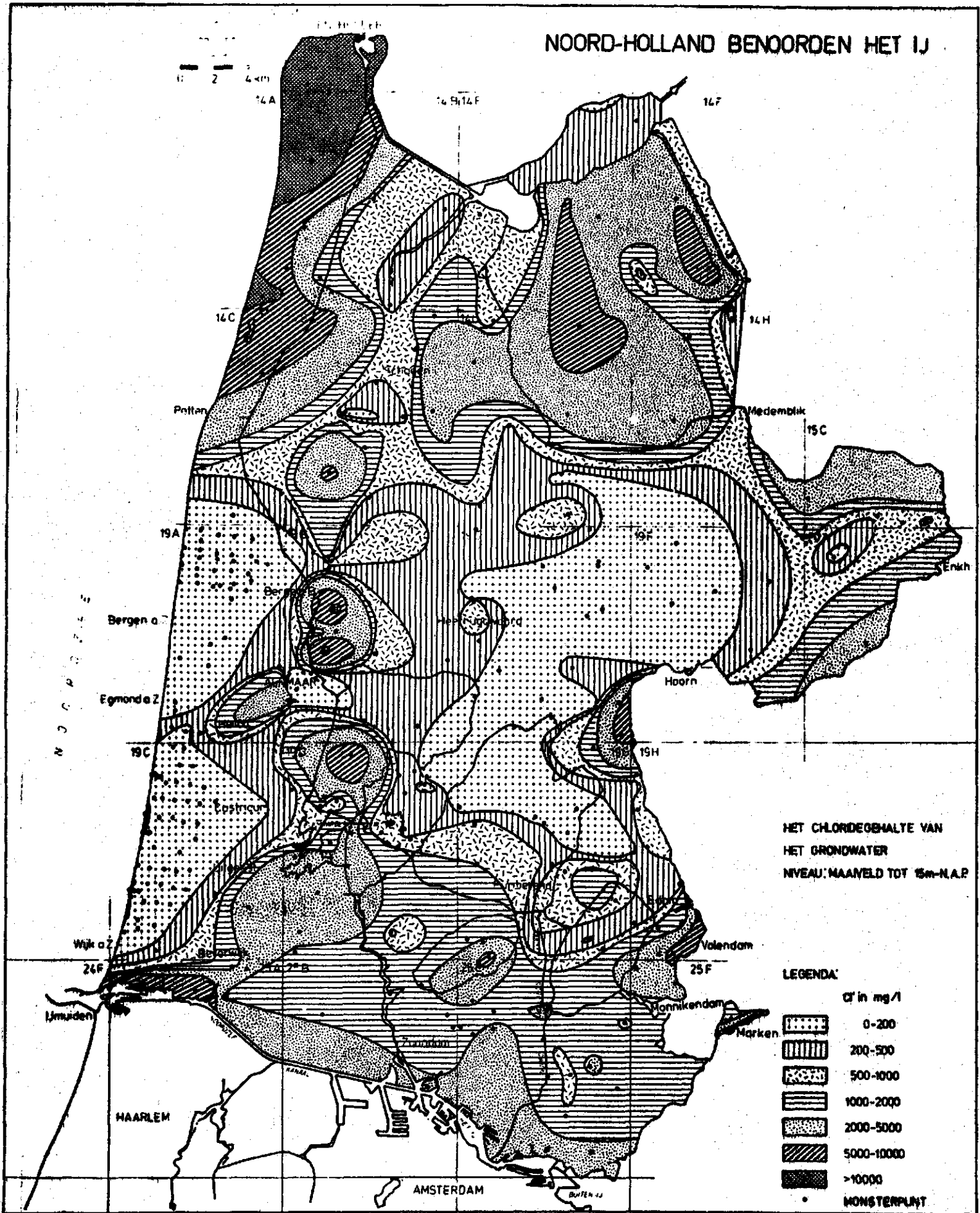
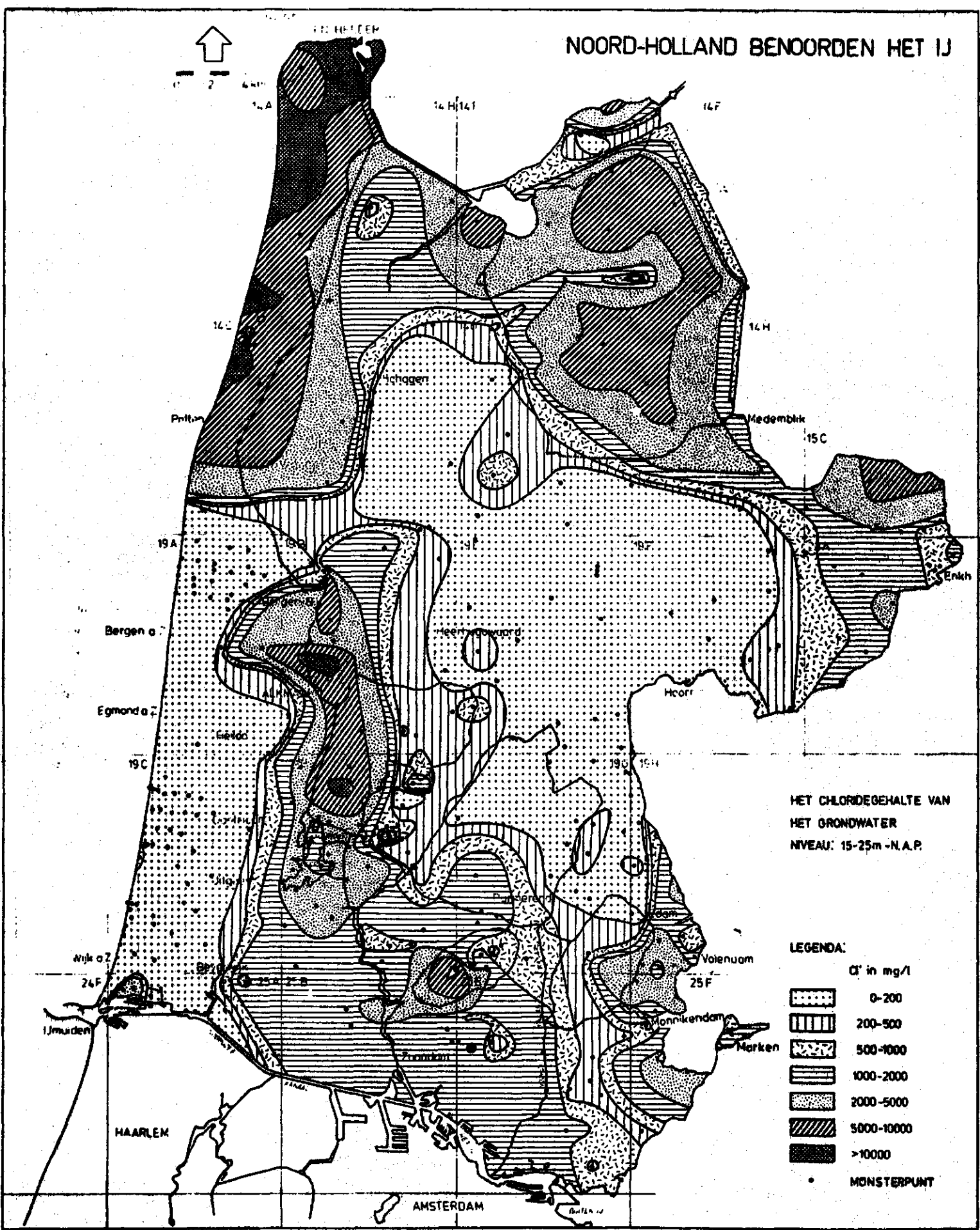


Fig. 8.

# NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET IJ



HET CHLORIDEGEHALTE VAN  
HET GRONDWATER  
NIVEAU: 15-25m -N.A.P.

**LEGENDA:**

Symbol	Cl <sup>-</sup> in mg/l
[Dotted pattern]	0-200
[Vertical lines]	200-500
[Diagonal lines (top-left to bottom-right)]	500-1000
[Diagonal lines (top-right to bottom-left)]	1000-2000
[Horizontal lines]	2000-5000
[Cross-hatch pattern]	5000-10000
[Solid black]	>10000
•	MONSTERPUNT

Fig. 9.

# NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET IJ

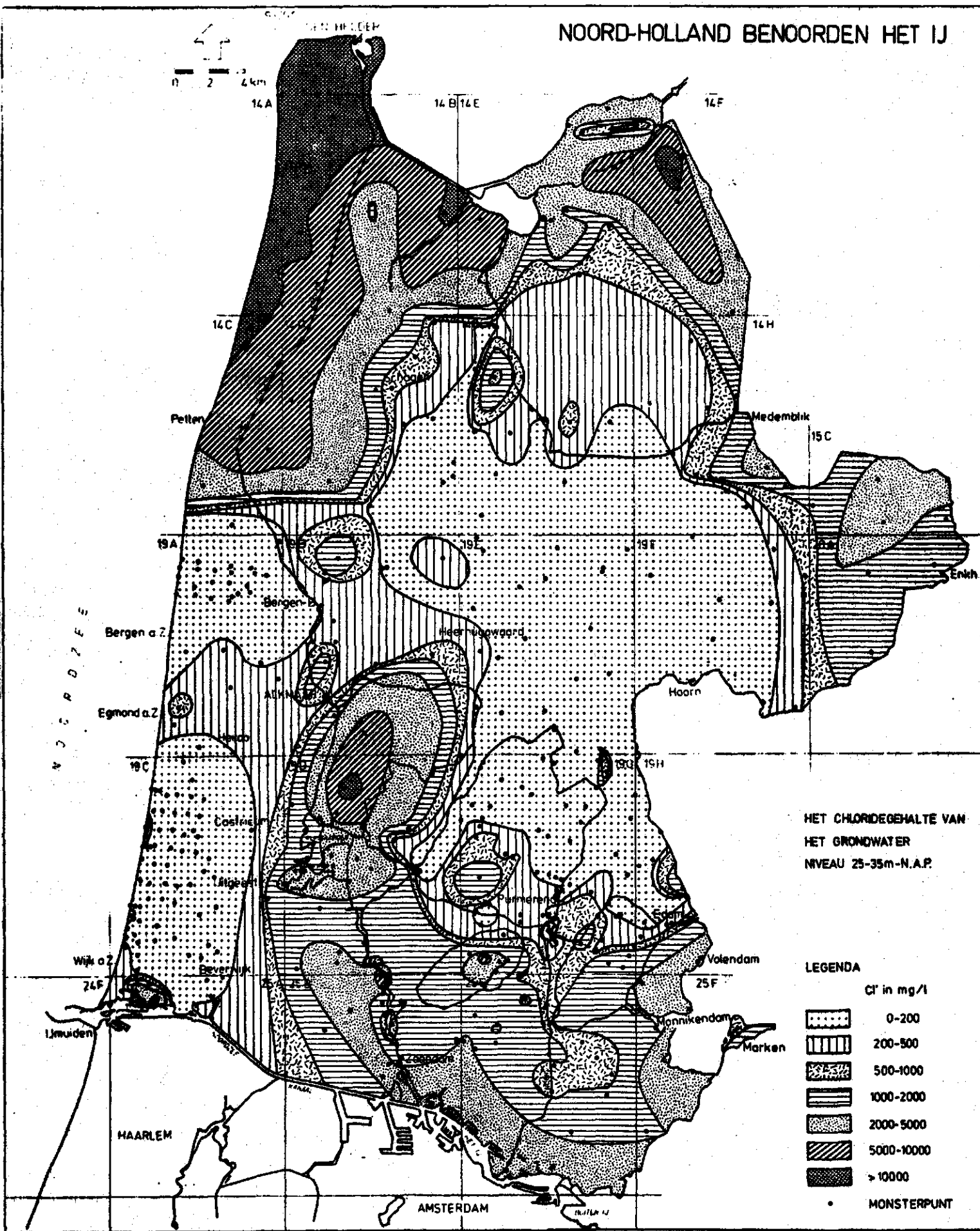


Fig. 10.



# NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET IJ

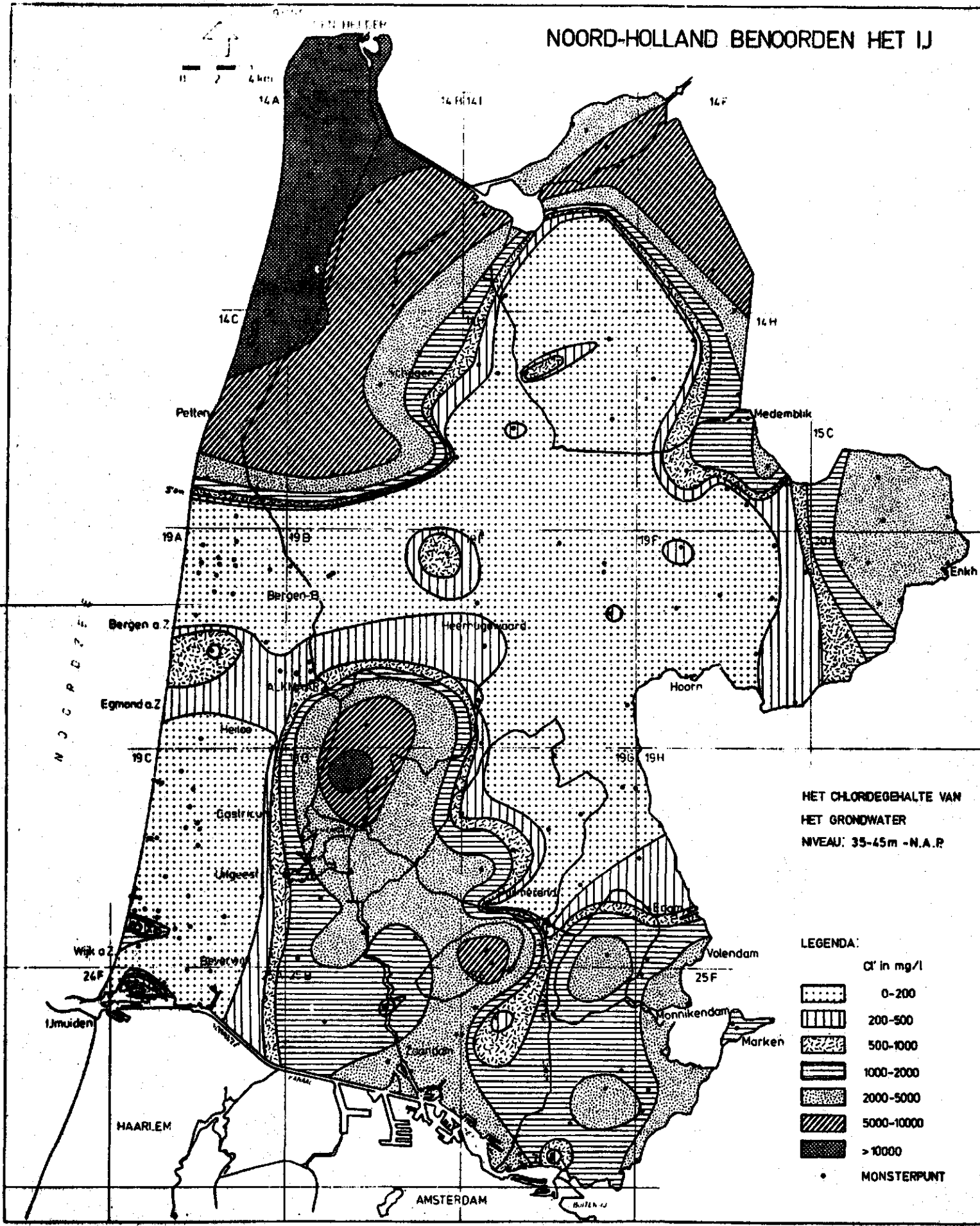
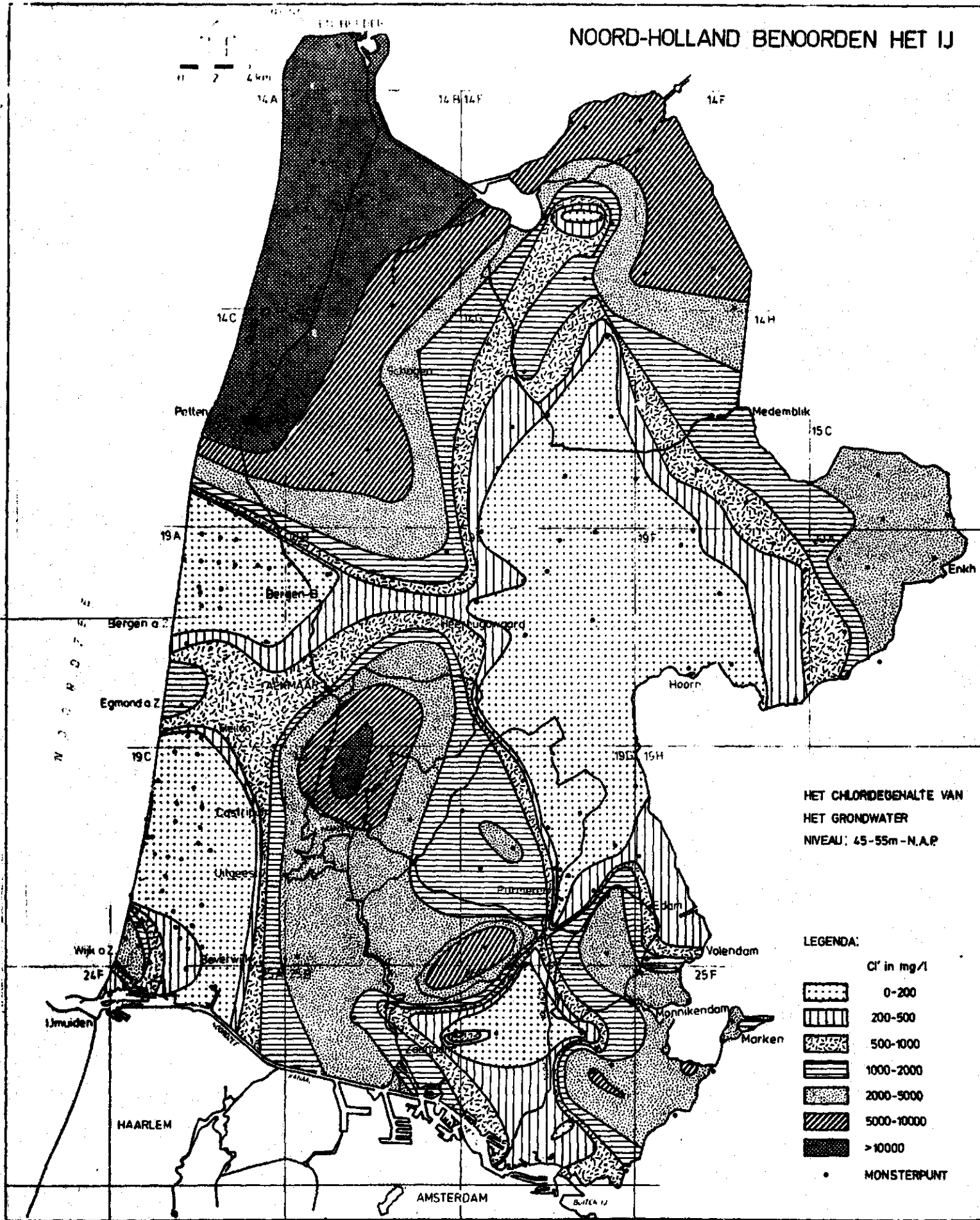


Fig. 11.

# NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET IJ



HET CHLORIDEGEHALTE VAN  
HET GRONDWATER  
NIVEAU: 45-55m - N.A.P.

- LEGENDA:
- 0-200
  - 200-500
  - 500-1000
  - 1000-2000
  - 2000-5000
  - 5000-10000
  - >10000
  - MONSTERPUNT

Fig. 12.

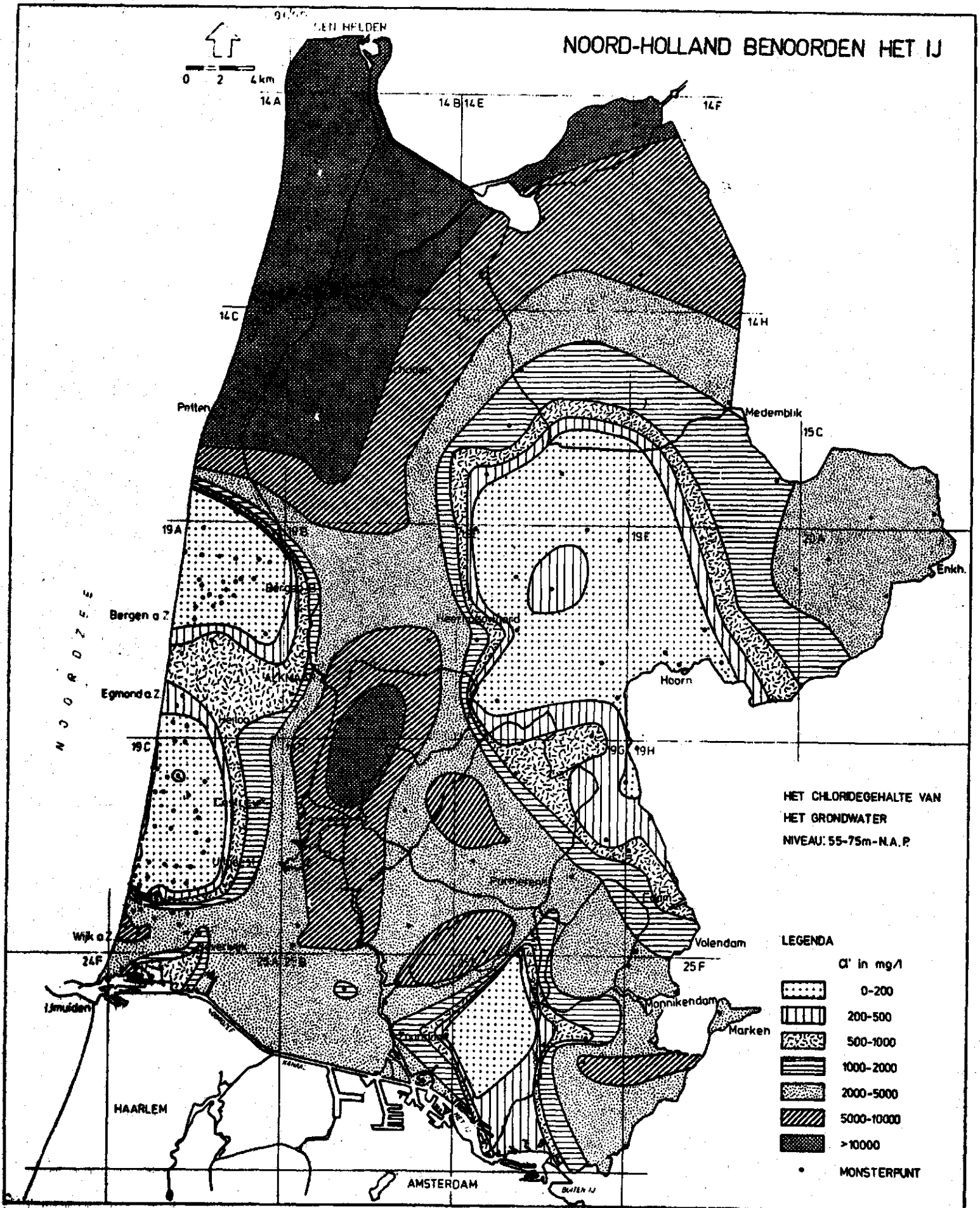


Fig. 13.

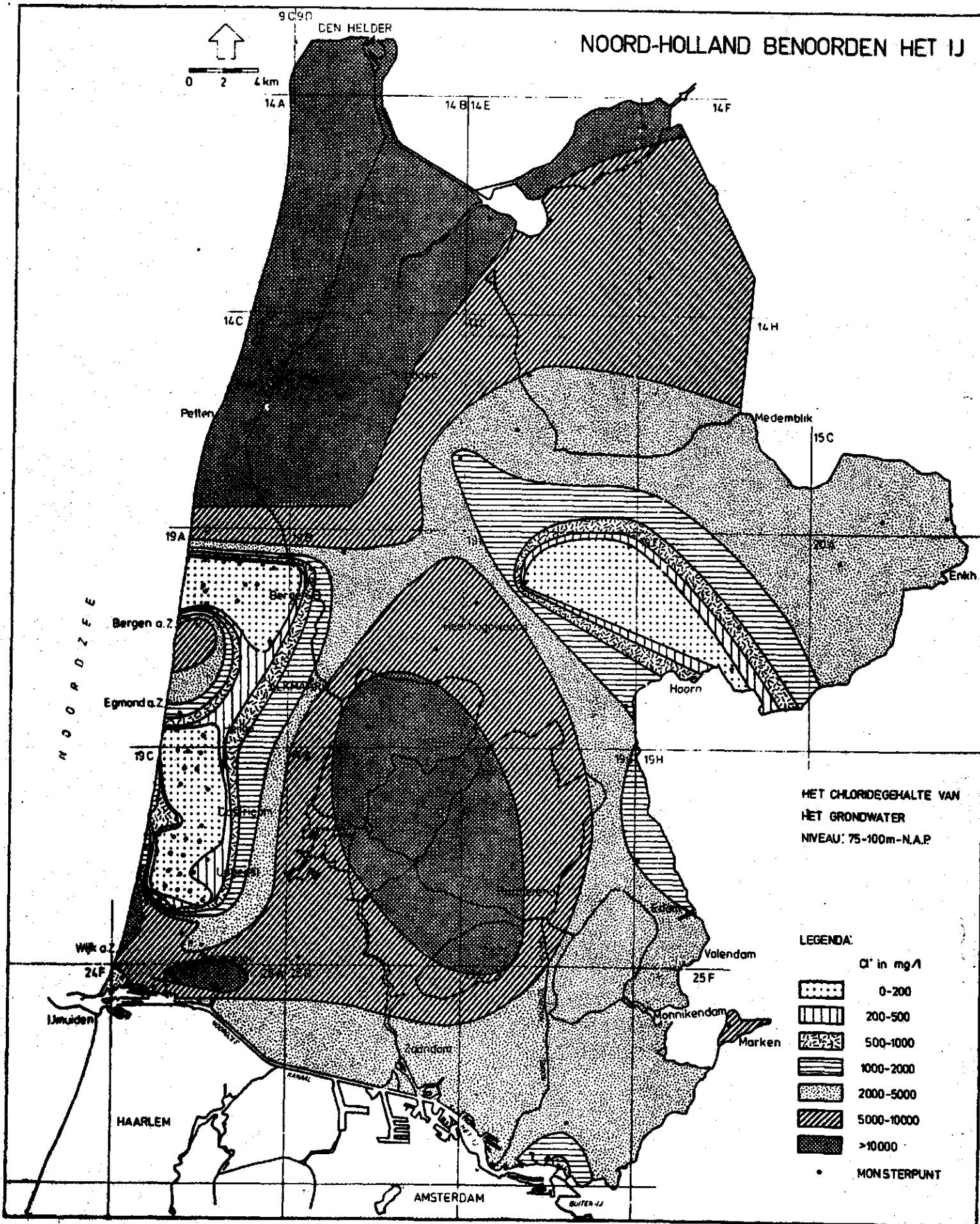


Fig. 14.

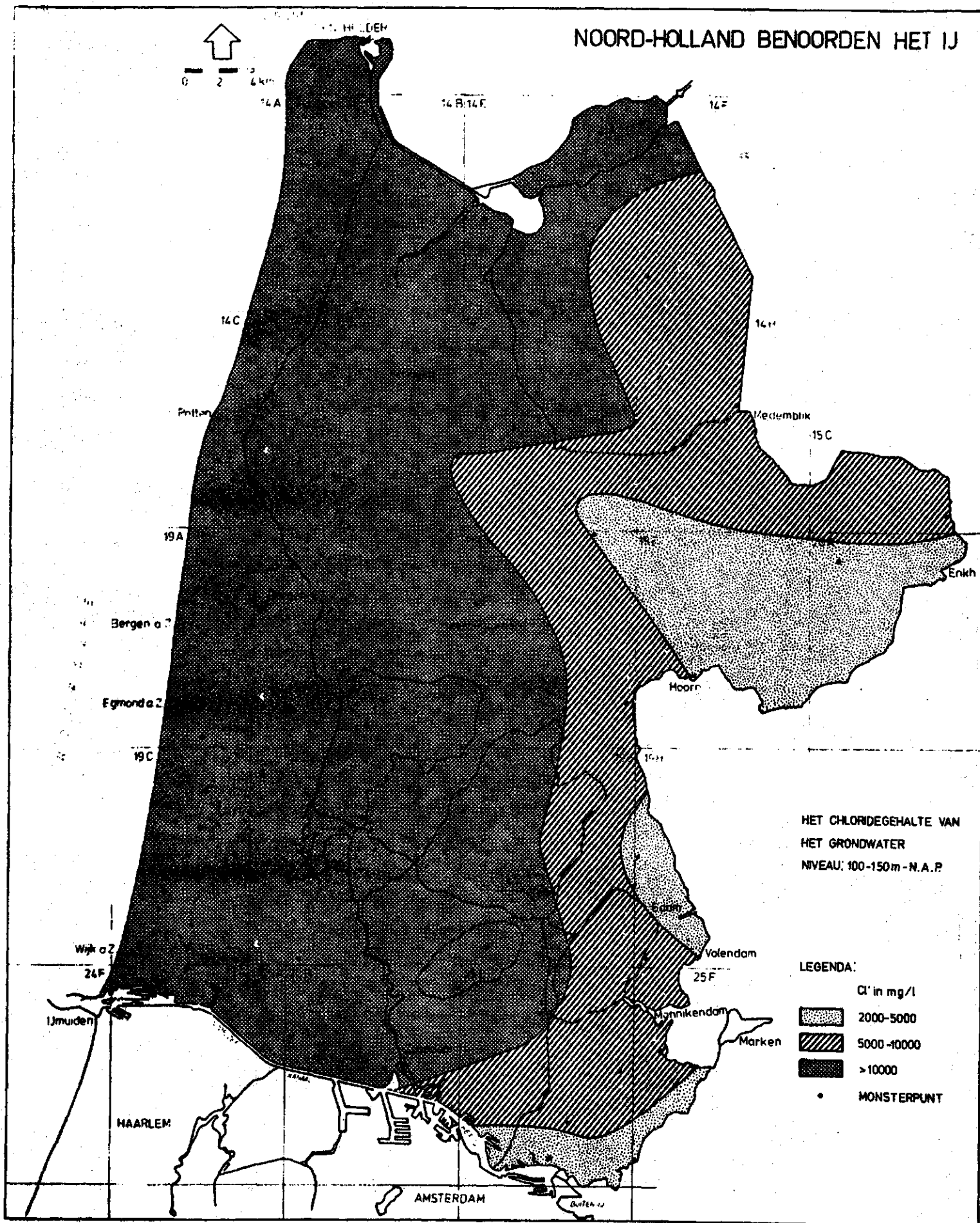


Fig. 15.



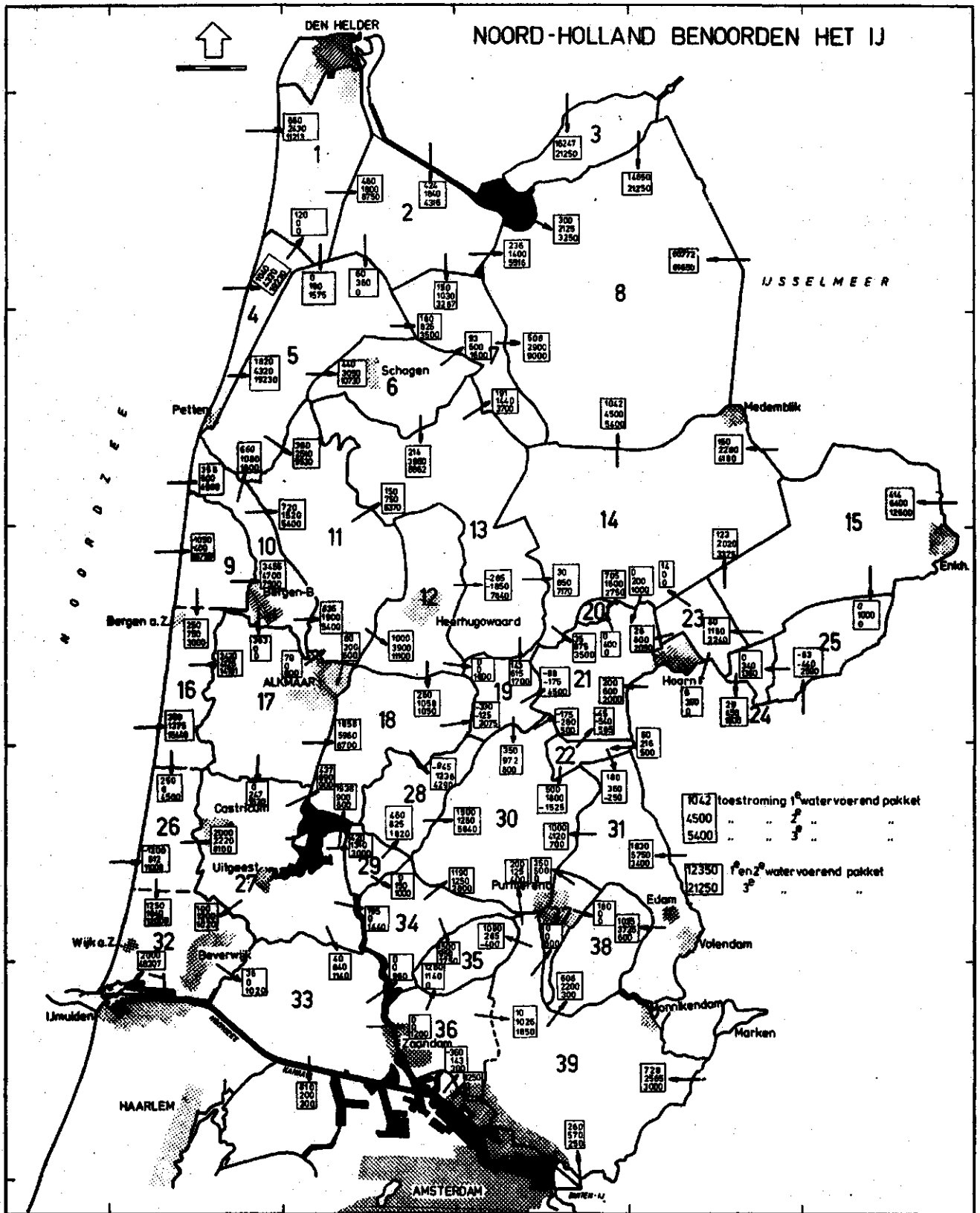


Fig. 16. Ondergrondse toestroming per deelgebied in  $m^3.dag^{-1}$

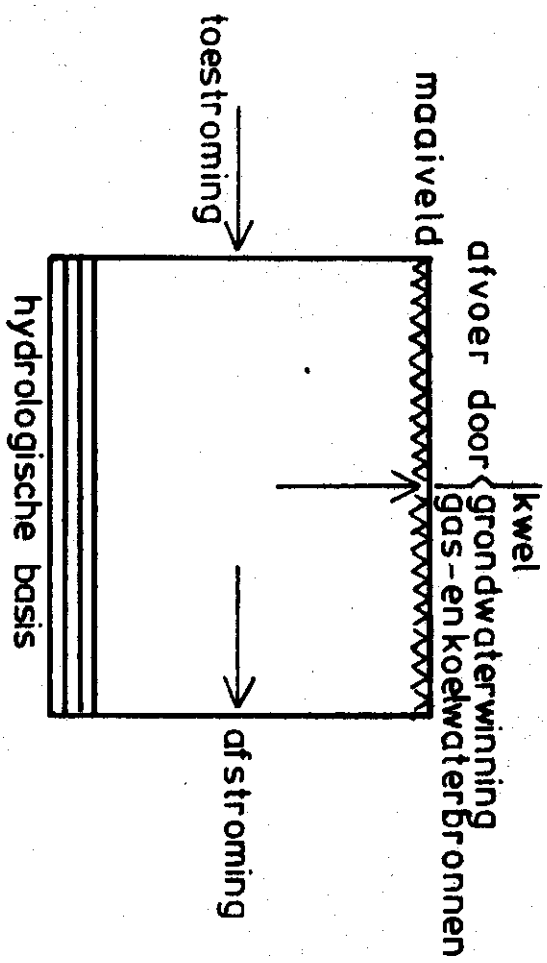


Fig. 17. Schematisch beeld van de toe- en afstroming en de afvoer

JAARLIJKE ONDERGRONDSE TOE- EN AFSTROMING EN AFVOER VAN Cl, N EN P

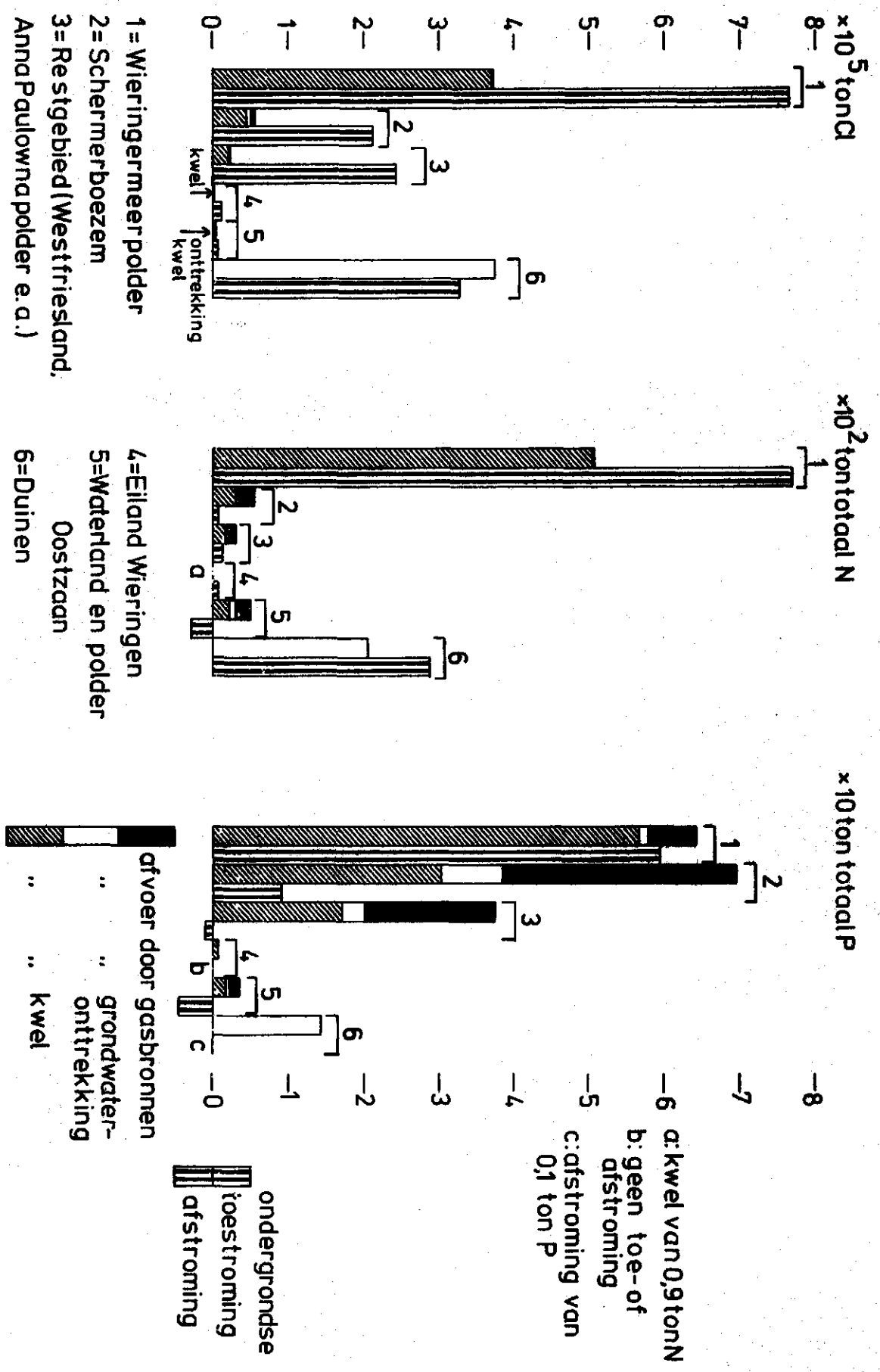


Fig. 18.



CHLORIDEPROFIEL VAN HUISDUNEN NAAR Z.WHOEK VAN DE WIERINGERMEER

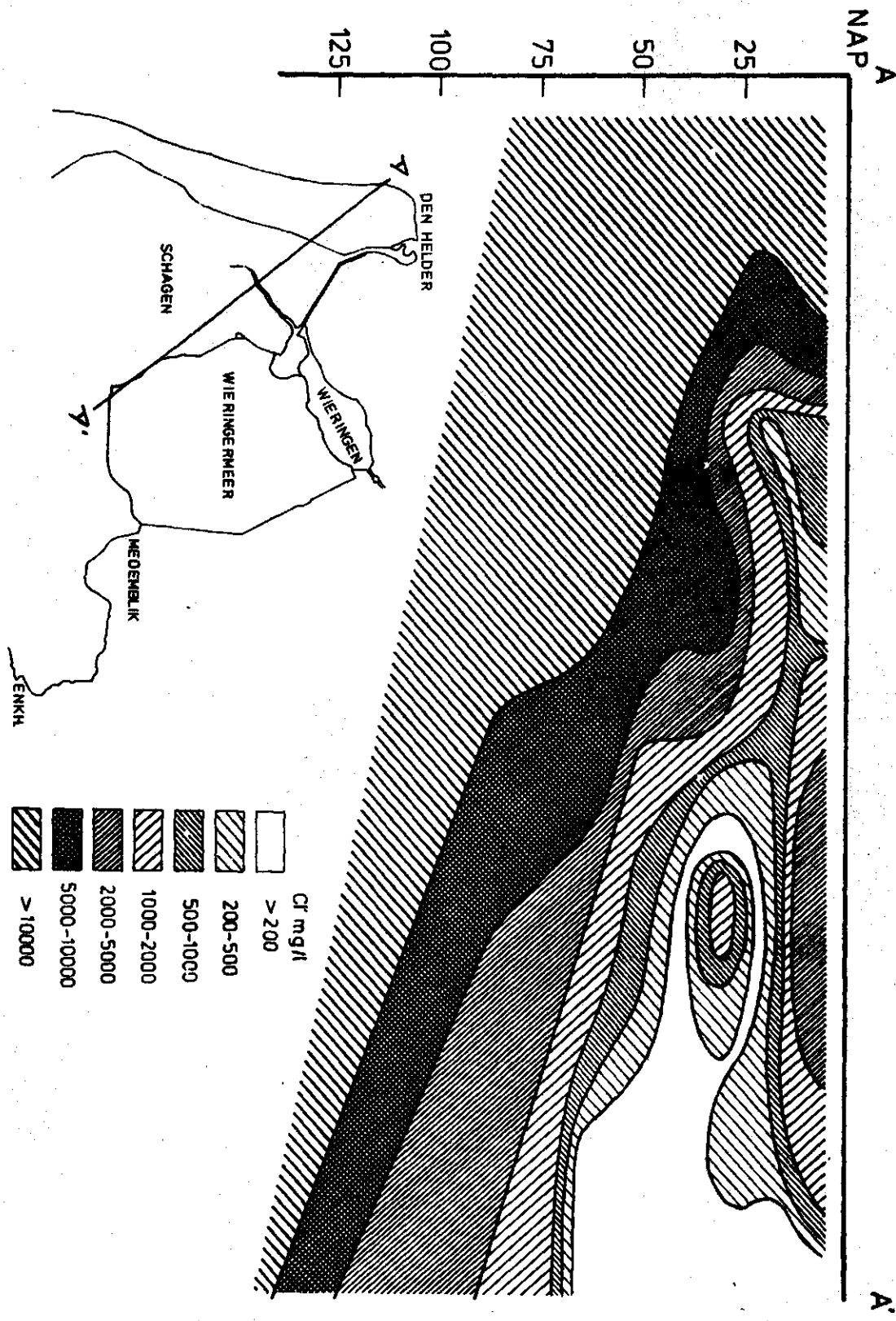


Fig. 19.