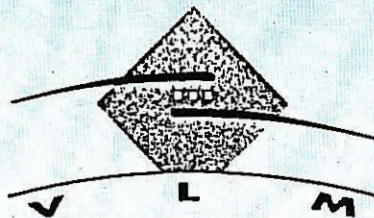


LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

HYDROLOGISCHE EN HYDROGEOLOGISCHE STUDIE  
IN HET BESTEK VAN HET LANDINRICHTINGSPROJEKT  
"DE WESTHOEK"

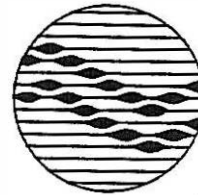
OPDRACHTGEVER



VLAAMSE LANDMAATSCHAPPIJ

BRUSSEL

HYDROLOGISCHE EN  
HYDROGEOLOGISCHE STUDIE IN HET  
BESTEK VAN HET  
LANDINRICHTINGSPROJEKT  
"DE WESTHOEK"



geologisch instituut S 8  
krijgslaan 281  
B-9000 gent

telefoon 091/64 4647  
fax 091/64 4997

Opdrachtgever

VLAAMSE LANDMAATSCHAPPIJ  
VLM

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Studie en verslag : Dr.L. LEBBE  
Lic. B. DAMIEN  
Lic. M. MAHAUDEN

Dossiernummer : TGO 92/019

Datum : januari 1993

## INHOUD

### INHOUD

#### LIJST VAN FIGUREN

#### LIJST VAN TABELLEN

#### LIJST VAN KAARTEN

HOOFDSTUK 1. INLEIDING	1
HOOFDSTUK 2. SYSTEEMANALYSE VAN GRONDWATERSTROMING EN -VERDELING VAN HYDROLOGISCHE VERSCHILLENDE DEELGEBIEDEN	3
2.1. STRAND	3
2.1.1. Omschrijving	3
2.1.2. Knelpunt	8
2.2. JONGE DUINEN	8
2.2.1. Omschrijving	8
2.2.2. Knelpunten	15
2.3. OUDE DUINEN VAN ADINKERKE-GHYVELDE MET AANGRENZENDE GEBIEDEN	16
2.3.1. Omschrijving	16
2.3.2. Knelpunt	22
2.4. DE MOEREN EN AANGRENZENDE GEBIEDEN	22
2.4.1. Omschrijving	22
2.4.2. Knelpunt	26
2.5. POLDERS	26
2.5.1. Omschrijving	26
2.5.2. Knelpunten	35
2.6. ZUIDELIJKE IJZERVALLEI	37
2.6.1. Omschrijving	37
2.6.2. Knelpunt	38
2.7. ZANDLEEMSTREEK	40
2.7.1. Omschrijving	40
2.7.2. Knelpunt	40
HOOFDSTUK 3. WATERVOORZIENING VAN PROJEKTGEBIED	41
3.1. INLEIDING	41
3.2. INFILTRATIE EN/OF INJEKTIE VAN WATER IN WATERWINNINGSGEBIEDEN VAN JONGE DUINEN	42
3.2.1. Schets van te nemen maatregelen	42
3.2.2. Beoordeling	47

3.3. ALTERNATIEVEN	49
3.3.1. Waterwinning uit de diepe water- voerende lagen	49
3.3.2. Optimaliseren van de Cabourwater- winning	50
3.3.3. Waterwinning op het vliegveld te Koksijde	52
3.3.4. Omgekeerde Osmose	53
3.3.5. Aanvoer van uit de aangrenzende gebieden	53
HOOFDSTUK 4. VOORSTELLEN VAN WATERSTANDSBEHEER IN KREEK- EN POELGEBIEDEN	55
4.1. HUIDIGE TOESTAND	55
4.1.1. Waterstanden	55
4.1.2. Pompgemalen	55
4.1.3. Kunstwerken	65
4.1.4. Afgevoerde debieten	75
4.1.5. Grondwaterkwaliteit, verziltingsgevaar van polderbodems	75
4.2. VOORSTELLEN VOOR TOEKOMSIG WATERSTANDSBEHEER	77
4.2.1. Vertikale drainering	77
4.2.2. Horizontale drainage	78
4.2.3. Gecentraliseerde waterstandsbeheersing	79
HOOFDSTUK 5. AUTOSNELWEGEN	80
HOOFDSTUK 6. BEMESTING	82
REFERENTIES	84
BIJLAGEN	

## LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 1 : Het strand met natuurlijke grondwaterstromingen
- Figuur 2 : Het strand met verminderde grondwaterstromingen van de duinen naar de zee
- Figuur 3 : Het strand met de grondwaterstromingen ten gevolge van een overexploitatie
- Figuur 4 : De Jonge Duinen onder natuurlijke omstandigheden
- Figuur 5 : De Jonge Duinen met drainage in de polders
- Figuur 6 : De Jonge Duinen met een waterwinning
- Figuur 7 : De Jonge Duinen met een waterwinning in overexploitatie
- Figuur 8 : De Oude Duinen onder natuurlijke omstandigheden
- Figuur 9 : De Oude Duinen met drainage in het Overdekt Waddenlandschap
- Figuur 10 : De Oude Duinen met drooggelegde lage polders
- Figuur 11 : De Oude Duinen met een waterwinning
- Figuur 12 : De WZW-ONO gerichte doorsnede doorheen De Moeren
- Figuur 13 : Een doorsnede door het zuidelijke gedeelte van De Moeren
- Figuur 14 : Situeringsschets van de Avekapellekreek en omgeving
- Figuur 15 : Een W-O gerichte doorsnede doorheen de Avekapellekreek
- Figuur 16 : Een N-Z gerichte doorsnede doorheen de Avekapellekreek
- Figuur 17 : Situeringsschets van een zuidelijk gelegen kreekrug
- Figuur 18 : Dwarse doorsnede door de zuidelijke kreekrug
- Figuur 19 : Overlangse doorsnede door de zuidelijke kreekrug
- Figuur 20 : Grootte en vorm van de tong geïnfiltreerd kanaalwater en zoetwaterlens afhankelijk van plaatselijke opbouw van grondwaterreservoir en verloop van de gemiddelde watertafelstand
- Figuur 21 : Dwarse doorsnede doorheen de IJzervallei te Elzen-damme
- Figuur 22 : Gebied waar innamekanaal kan getrokken worden (gearceerd)

- Figuur 23 : Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkavelingen Ramskapelle en Wulpen.
- Figuur 24 : Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkavelingen Bulskamp, Veurne en Houtem
- Figuur 25 : Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkaveling Lo
- Figuur 26 : Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkaveling Beveren-IJzer
- Figuur 27 : Het pompstation Steenkerke, P2, met de verschillende lozingsmogelijkheden
- Figuur 28 : Pompgemaal 6 en omringende kunstwerken
- Figuur 29 : Kunstwerken nabij sifon van de Kromme Gracht
- Figuur 30 : Schouw met klep (KH4)
- Figuur 31 : Een vlottende terugslagklep
- Figuur 32 : Een hangende terugslagklep

## **LIJST VAN TABELLEN**

- Tabel 1 : Kunstwerken ruilverkaveling Veurne  
Tabel 2 : Kunstwerken ruilverkaveling Bulskamp  
Tabel 3 : Kunstwerken ruilverkaveling Houtem  
Tabel 4 : Kunstwerken ruilverkaveling Lo  
Tabel 5 : Kunstwerken ruilverkaveling Wulpen  
Tabel 6 : Kunstwerken ruilverkaveling Ramskapelle  
Tabel 7 : Kunstwerken ruilverkavelingen Fortem en Beveren-  
IJzer

## **LIJST VAN KAARTEN**

- Kaart 1 : Zoneringskaart van het projektgebied "De Westhoek"
- Kaart 2 : Hydro-isohypsen van de watertafel en grondwaterstromingen in de top van de freatisch watervoerende laag
- Kaart 3 : Stromingsrichting van het oppervlaktewater en situering van de verschillende kunstwerken
- Kaart 4 : Verziltingskaart
- Kaart 5 : Herkomstgebied van water voor inname op de Avekapellekreek
- Kaart 6 : Zoneringskaart voor verticale drainage
- Kaart 7 : Zone met konstant waterpeil



## 1. INLEIDING

Op 21 augustus 1992 gaf de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (LTGH) van de Universiteit Gent de opdracht de hydrologische en hydrogeologische studie uit te voeren in het bestek van het landinrichtingsproject "de Westhoek".

De studie- en de ontwerpopdracht kadert in een geheel van werkzaamheden voor het pilootproject landinrichting "de Westhoek". De studie heeft tot doel de hydrologische en hydrogeologische aangrijpingspunten, die ertoe bijdragen het landinrichtingsproject optimaal uit te werken, te beschrijven. Daarvoor wordt uitgegaan van een systeemverkenning en een confrontatie met de gebruiks- en de beheersvormen van water en de noden van de diverse sectoren.

In een uitgebreide systeemanalyse wordt in het tweede hoofdstuk de eerder complexe grondwaterstroming en -verdeling van het projectgebied opgesteld. Vervolgens wordt de watervoorziening van het projectgebied behandeld. Na de beschrijving van het huidige waterstandbeheer in het poldergebied worden voorstellen geformuleerd voor een toekomstige waterstandsbeheersing. In het kort worden nog enkele hydrologische en hydrogeologische aangrijpingspunten gegeven voor de inrichting en planning van de autosnelwegen in het projectgebied. In het laatste punt worden de gevolgen van overbemesting op de kwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater voor de kreek- en de poelgebieden weergegeven.

Voor de studie werden kaarten opgesteld op een schaal 1/100.000. Kaart 1 is de zoneringskaart van het projectgebied. Op deze kaart worden de volgende gebieden of gronden weergegeven : de duinen, De Moeren, de strandruggen, de schorregronden, de poelgebieden, de kreekgebieden en de zandleemstreek. Kaart 2 geeft de hydro-isohypsen van de watertafel weer samen met de grondwaterstroming in de top van de freatisch watervoerende laag. Kaart 3 geeft de stroomrichting van het oppervlaktewater weer en geeft een situering van de verschillende kunstwerken. Kaart 4 geeft de diepte van het grensvlak weer tussen zoet en zout water in de freatisch watervoerende laag van het Belgisch Kustgebied zoals door DE BREUCK

et. al. (1974) afgeleid werd uit geo-elektrische sonderingen tijdens de periode 1963-1974. Kaart 5 geeft het herkomstgebied weer van het water dat zou ingenomen worden op de Avekapellekreek. Kaart 6 geeft de zones weer waar verticale drainage mogelijk is, waar deze mogelijkheid dient onderzocht te worden en waar verticale drainage niet mogelijk is. Op Kaart 7 wordt de zone weergegeven waar de waterstand op een konstant peil zou gehouden worden door de konstruktie van vijf vlottende klepstuwen.

Drie plannen werden bij de studie gevoegd, het is de weergave van de kaarten 1, 2 en 3 op een grotere schaal, namelijk 1/50.000.

## **2. SYSTEEMANALYSE VAN GRONDWATERSTROMING EN -VERDELING VAN HYDROLOGISCHE VERSCHILLENDE DEELGEBIEDEN**

### **2.1. STRAND**

#### **2.1.1. Omschrijving**

Het strand vormt een smalle strook die tussen 0 en + 5 m TAW voorkomt. Tussen de Franse grens en Nieuwpoort varieert het strand slechts weinig in breedte, gemiddeld is het 450 m breed, met een minimum van 300 m en een maximum van 700 m. Het bestaat uit een afwisseling van strandruggen en zwinen. De zwinen zijn met elkaar verbonden door muien, dit zijn plaatselijk geulen doorheen de strandrug, die zorgen voor afwatering van de zwinen.

Met behulp van een uitgebreide reeks veldwaarnemingen werd de verspreiding van zoet, brak en zout water nagegaan (LEBBE, 1981). Deze veldwaarnemingen omvatten het uitvoeren van een dertigtal boringen gelegen op vijf verschillende lijnen op het strand van De Panne. In elk boorgat werden een aantal geofysische boorgatmetingen uitgevoerd. De resistiviteitsmetingen lieten toe resistiviteitsdoorsneden op te stellen die loodrecht staan op de hoogwaterlijn. Hieruit konden de lijnen van gelijk zoetwaterpercentage afgeleid worden. Bij de doorsnede gesitueerd aan de Franse grens werd continu de grondwaterstijghoogte opgemeten in peilbuizen geplaatst in het bovenste en onderste gedeelte van de watervoerende laag op verschillende afstanden van de hoogwaterlijn. Uit deze peilbuizen werden grondwatermonsters verzameld om de belangrijkste anionen- en kationenconcentraties te bepalen. Met deze veldgegevens werden matematische modellen opgesteld die zowel de grondwaterstroming als de grondwaterverspreiding simuleren in evenwichtstoestand (LEBBE, 1981). In een latere fase (LEBBE, 1983) werd ook de evolutie van een evenwichtstoestand naar een andere gesimuleerd.








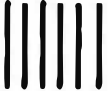


Aan de hand van deze gegevens en de resultaten van de simulaties kan de verspreiding en de stroming van zoet en zoutwater onder het strand aan de Westkust in drie doorsneden geschematiseerd worden.

De eerste doorsnede (Fig. 1) beschouwt de toestand onder volkomen natuurlijke omstandigheden, t.t.z. zonder enige vorm van antropogene beïnvloeding van het grondwaterreservoir. Op het droge strand op het hoogste gedeelte van het natte strand infiltreert zout water tijdens de vloed. Dit geïnfiltreerde zout water zowel als het onderliggende zoet duinwater stromen daarna in de richting van de zee. Op het grootste gedeelte van het natte strand is er uitsijpeling van zout water tijdens de eb. Ter hoogte van de scheiding tussen zoet en zout water ontstaat door menging een brakke overgangszone. Aangezien deze brakke overgangszone bijna uitsluitend het gevolg is van laterale hydrodynamische dispersie is de dikte van deze zone vrij beperkt. Het zoet duinwater wordt langzaam zoutrijker in zeewaartse richting. Onder de laagwaterlijn sijpelt het zoet water opwaarts uit de bodem in de zee. Onder de zee komt onder het uitsijpelend zoet water een zoutwatervoet voor met tussen beide waters een brakke overgangszone.

De tweede doorsnede (Fig. 2) beschouwt de stroming en de verspreiding bij een verminderde zoetwaterstroming vanuit de duinen in zeewaartse richting. Deze vermindering kan het gevolg zijn van waterwinning in het duingebied en/of de inkrimping van het infiltratieareaal van zoet neerslagwater, bijvoorbeeld door de uitbreiding van een bebouwde kom. Op het droge en hoogste gedeelte van het natte strand infiltreert nu, in vergelijking met de vorige situatie, meer zout water tijdens de vloed. Hierdoor vergroot de zoutwaterlens onder het strand. De overgangszone tussen zoet en zout water komt dieper te liggen. Het onderliggende zoetwater wordt nu vlugger zoutrijk naar de zee toe. Het gaat over in brak water dat nu verder zeewaarts uitsijpelt. De zoutwatervoet onder deze brakke lens trekt zich terug in zeewaartse richting. De verdeling van zoet en brak water, zoals hier beschreven, kan ook voorkomen als een overgangstoestand met name als de zoetwaterstroming in de richting van de zee plots wegvalt of omkeert tengevolge van sterke pompingen in de duinen.

De derde doorsnede (Fig. 3) geeft de stroming en de verspreiding van zoet en zout water onder het strand weer als er gedu-

Legende:

-  stromingsrichting
-  grondwaterscheidingslijn
-  watertafel
-  kleisubstraat
-  zout
-  brak
-  zoet
-  filters
-  pomping
-  drain

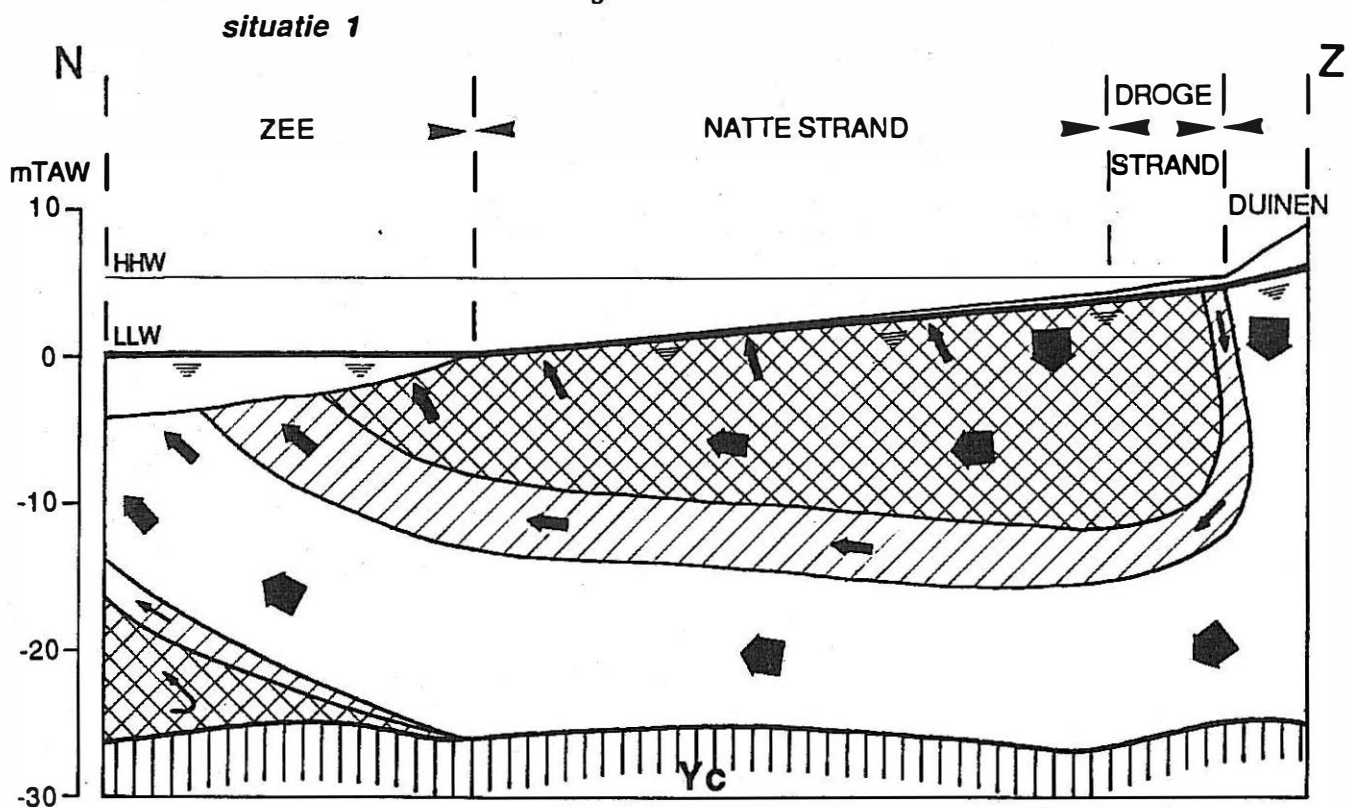


Fig. 1 - Het strand met natuurlijke grondwaterstromingen.

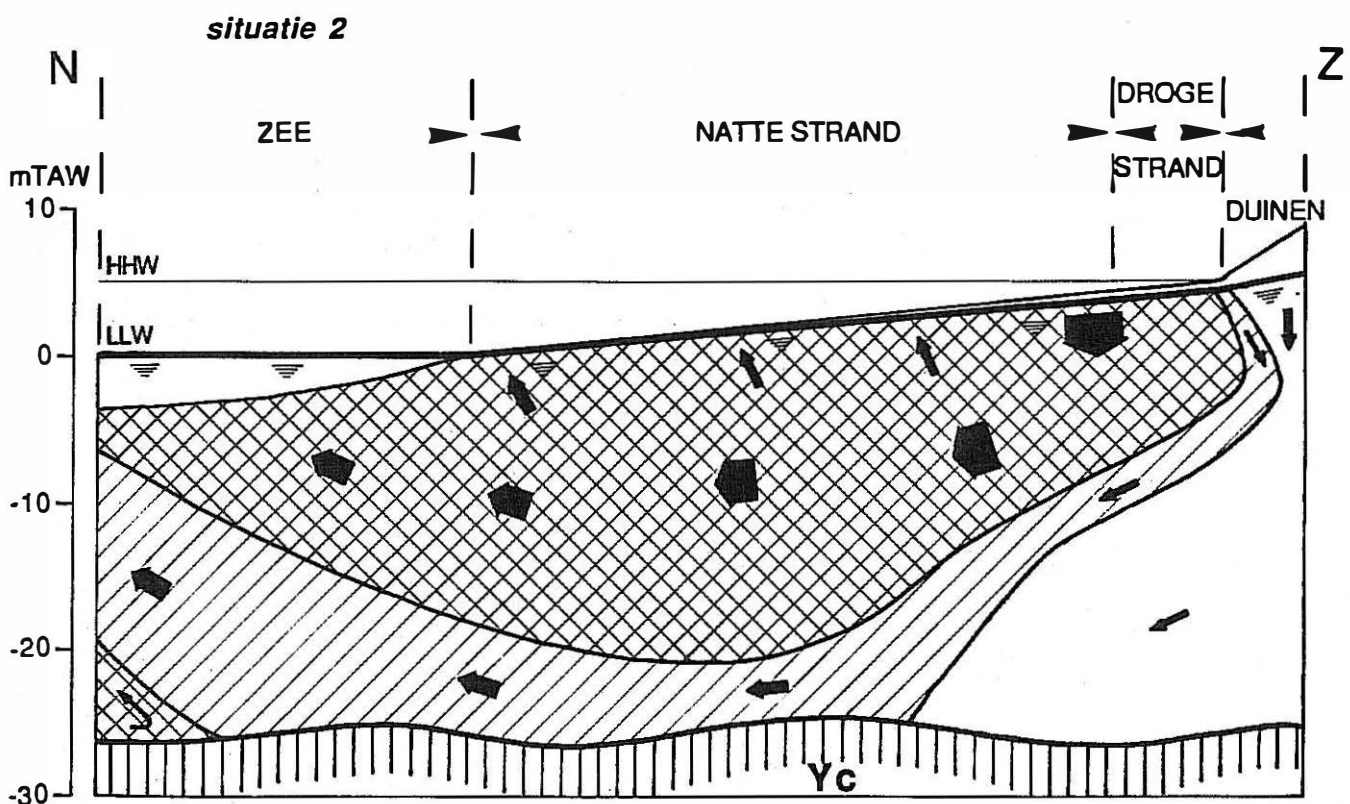


Fig. 2 - Het strand met verminderde grondwaterstromingen van de duinen naar de zee.

Legende:

-  zout
-  brak
-  zoet

0 50 100 150m

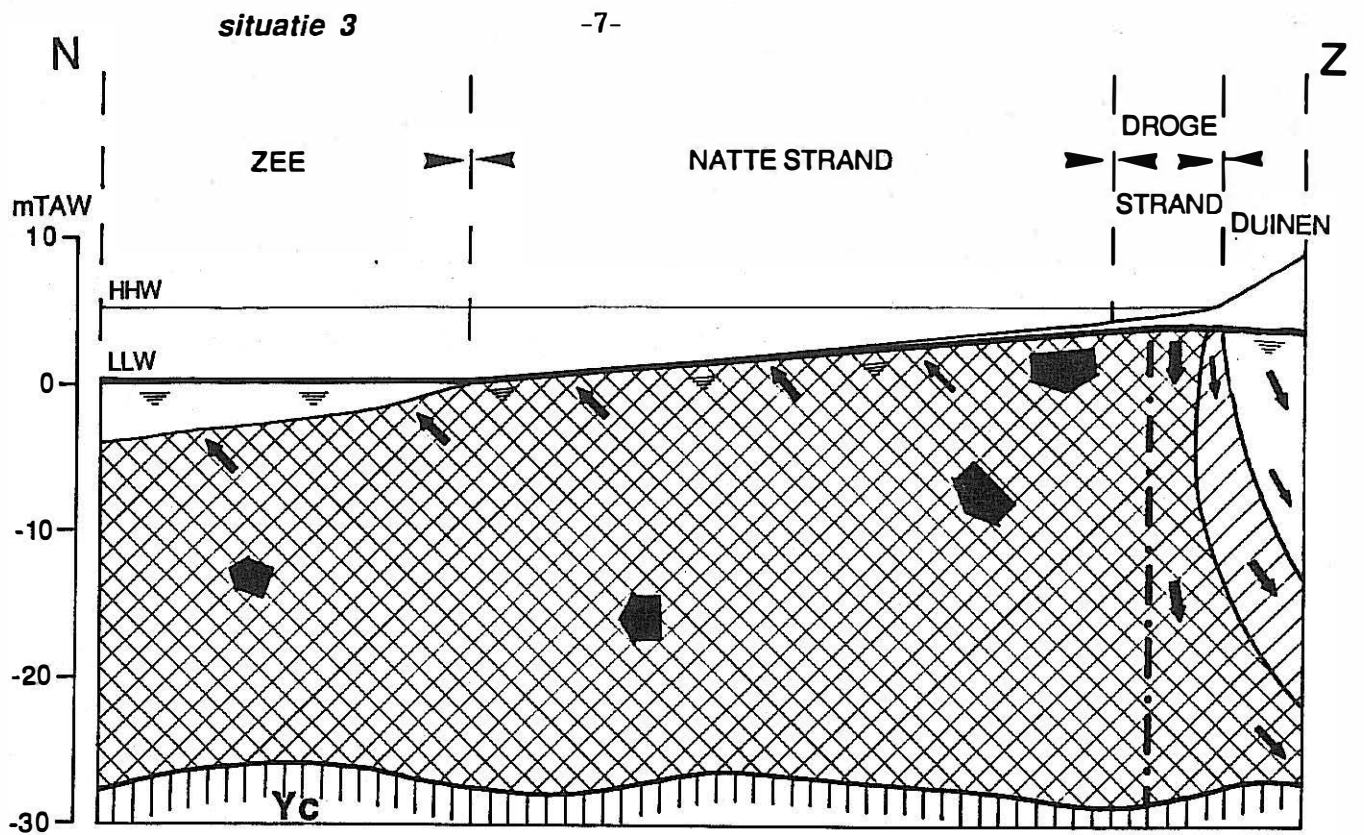


Fig. 3 - Het strand met de grondwaterstromingen ten gevolge van een overexploitatie.

rende een geruime tijd een overexploitatie is van de zoetwatervoorraad in het duingebied waarbij een stroming plaats heeft van onder het strand in de richting van de duinen.

Hierbij zal een hoeveelheid van het zout water dat onder het droge strand infiltreert in de richting van de overexploitatie stromen. Tussen het zoet duinwater en het zout water is een brakke overgangszone die hoofdzakelijk door transversale hydrodynamische dispersie bepaald wordt. Het grootste gedeelte van het zoute water dat onder het hoogste gedeelte van het natte strand infiltreert zal in de richting van de zee stromen waar het dan op het lage gedeelte van het natte strand en onder de zee uitsijpelt.

### **2.1.2. Knelpunt**

Stroming van zout water dat infiltreert op het hoogstrand en in de richting van de waterwinningen van De Panne en van de Doornpanne stroomt. In De Panne is deze zone groter dan onder de Doornpanne.

## **2.2. JONGE DUINEN**

### **2.2.1. Omschrijving**

De duingordel loopt evenwijdig met de kustlijn en heeft een gemiddelde breedte van 2,2 km. De breedte schommelt tussen 2 en 2,5 km. De duinen vertonen een golvend reliëf. Het maai-veldpeil is er gelegen tussen + 5 en + 29 m TAW.

Het freatisch grondwaterreservoir onder de jonge duinen is onderaan begrensd door de Ieperiaan klei die in het bestek van deze studie als ondoorlatend kan beschouwd worden.

Het reservoir is hoofdzakelijk opgebouwd uit doorlatende lagen. Tussen de peilen + 1 en + 4 m TAW komen afzettingen voor die sterk wisselen in samenstelling. Lithologisch zijn ze soms van die aard dat ze kunnen omschreven worden als slecht doorlatend. Op plaatsen waar deze slecht doorlatende afzettingen voorkomen kan een belangrijk stijghoogteverschil bestaan onder en boven deze lagen. Voorbeelden van dergelijke lagen zijn de venige afzettingen die nabij de zuidrand van de Oude



Duinen van De Panne voorkomen. Ze zijn gelegen tussen de jonge en oude duinafzettingen. In De Panne komen ook sterk klei- en leemhoudende getijdegebiedafzettingen voor onder het zuidelijke gedeelte van de Jonge Duinen. In Koksijde komen tussen de peilen + 1 en + 4 m TAW kleiplaten voor die als verlandingsklei van een kreekgebied kunnen beschouwd worden. Tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort komt onder de Jonge Duinen, ten zuiden van de beek Zonder Naam, een belangrijke slecht doorlatende laag voor in het bovenste gedeelte van de watervoerende laag. Behalve in deze uitzonderlijke gevallen kan het freatische grondwaterreservoir als een doorlatend pakket beschouwd worden waarin de grondwaterstroming hoofdzakelijk horizontaal verloopt.

In de Jonge Duinen werden drie belangrijke hydrogeologische studies uitgevoerd. Het zijn de hydrogeologische studies omheen de waterwinningen van De Panne (LEBBE, 1978), van de Doornpanne tussen Koksijde en Oostduinkerke (LEBBE, 1973, LEBBE & DE BREUCK, 1980) en een voorbereidende studie ter hoogte van de geplande waterwinning "Ter Yde" tussen Oostduinkerke en Koksijde (MAHAUDEN et. al., 1980, LEBBE et. al., 1982). Deze studies omvatten een lithostratigrafisch onderzoek, de bepaling van de hydraulische parameters van de verschillende lagen, de waarneming van stijghoogten op verschillende plaatsen en niveau's, de verzameling van grondwatermonsters en de fysico-chemische analyses ervan, de analyse van de hydrometeorologische gegevens en het opstellen van matematische modellen die de grondwaterstroming en -kwaliteit simuleren.

Aan de hand van deze uitgebreide veldwaarnemingen en de resultaten van de simulaties kan de verspreiding en de stroming van het zoet en zout water in verschillende doorsneden geschematiseerd worden.

Bij volkomen natuurlijke toestand is het freatische grondwaterreservoir onder de Jonge Duinen gevuld met zoet water. Enkel nabij het "ondoorlatende" substraat en in slecht doorlatende afzettingen komt water voor met een iets hoger zoutgehalte. In De Panne kon daarenboven een onderscheid gemaakt worden tussen het zoet water onder de Jonge Duinen die gelegen

zijn op de Oude Duinen en het zoet water onder de Jonge Duinen gelegen op de afzettingen van het getijdengebied. In het eerste geval is het totale zoutgehalte lager. Dit is omdat de afzettingen reeds over een langere periode doorstroomd worden door zoet water. Bij dynamisch evenwicht is de totale hoeveelheid water afkomstig van het neerslagoverschot gelijk aan de hoeveelheid die enerzijds stroomt in de richting van de zee en anderzijds in de richting van de polders. Aan de hand van de hydrometeorologische gegevens van de luchtmachtbasis van Koksijde werd de maandelijkse potentiële evapotranspiratie (PET) berekend voor de periode 1957-1976 met de methode van PENMAN. Met behulp van de PET en de maandelijkse neerslaggegevens werd de bodemwaterbalans opgesteld volgens de methode van THORNTHWAITE. Hieruit volgde dat het jaarlijks gemiddelde neerslagoverschot voor het duingebied voor de betrokken periode gelijk is aan 280 mm (LEBBE, 1978). Dit cijfer werd bovendien bevestigd door de vergelijking van het gemiddelde Cl-gehalte van het neerslagwater en het gemiddelde Cl-gehalte in het zoete grondwater van de Duinen.

Indien het freatische grondwaterreservoir als één doorlatend pakket beschouwd wordt dan kan het verloop van de watertafel door middel van een eenvoudige formule weergegeven worden :

$$h_x = h_0 + x \left( \frac{h_B - h_0}{B} \right) + \frac{x \cdot (B-x) \cdot n}{2kD}$$

waarbij :

$h_x$  de hoogte van de watertafel op een afstand  $x$  van de hoogwaterlijn, in m.

$h_0$  de hoogte van de watertafel op de plaats van de hoogwaterlijn, in m.

$h_B$  de hoogte van de watertafel in de polders die geregeld wordt door de drainagesloten, in m.

$B$  de afstand tussen de hoogwaterlijn en de poldergrens, in m.

$n$  het neerslagoverschot van het duingebied, in m/d.

$kD$  het doorlaatvermogen van het freatische grondwaterreservoir, in  $m^2/d$ .

Bij deze formule wordt de Dupuit-Forcheimer veronderstelling aangenomen. Hierbij geldt dat de stroming in het grondwaterreservoir uitsluitend horizontaal gebeurt. Er wordt dus verondersteld dat de verticale stromingen en de hydraulische weerstand tegen deze stromingen te verwaarlozen zijn op het stijghoogte-watertafelverloop. Verder wordt gesteld dat de variatie van het doorlaatvermogen ten gevolge van de variatie van de watertafel verwaarloosbaar klein is.

Het hoogste punt van de watertafel kan uit de hogervermelde formule verkregen worden door de afgeleide van de hoogte van de watertafel naar de afstand  $x$  gelijk te stellen aan nul.

$$x_{\max} = \frac{B}{2} + \frac{h_p - h_0}{B} \cdot \frac{kD}{n}$$

Dit punt vormt de waterscheidingskam van de grondwaterstroming in het freatische grondwaterreservoir van het duingebied.

In figuur 4 wordt de grondwaterstroming en -verdeling onder de Jonge Duinen weergegeven zoals deze bestond voordat de aangrenzende polders intensief gedraineerd werden. Door de getijdewerking van de zee is de gemiddelde waterstand onder de hoogwaterlijn,  $h_g$ , relatief hoog, namelijk ca. + 4,3 m TAW. Ter hoogte van de poldergrens zal de gemiddelde waterstand voorkomen op ca. + 2,8 m TAW. Daar de gemiddelde stijghoogte ter hoogte van de hoogwaterlijn hoger is dan onder de poldergrens zal de grondwaterstroming onder het grootste deel van de duinen in de richting van de polders geschieden en onder het kleinste deel van de duinen in de richting van de zee. Wordt bijvoorbeeld  $B = 2500$  m,  $kD = 300$  m<sup>2</sup>/d en  $n = 8 \cdot 10^{-4}$  m/d dan zal de grondwaterscheidings-lijn op 1055 m liggen van de hoogwaterlijn en zal 41 % van de duinen afwateren in de richting van de zee en 59 % in de richting van de polders.

Door de aanleg van de Langgeleed gedurende de 18<sup>de</sup> eeuw werden de polders aangrenzend aan de duinen beter gedraineerd. Door de daling van de gemiddelde waterstand in de polders zal er eveneens een daling plaats vinden van de waterstand in de duinen en zal de grondwaterscheidingskam zich verplaatsen in de richting van de zee (deze toestand is voorgesteld in figuur 5). De daling van de watertafel in de duinen  $s_x$ , tengevolge van

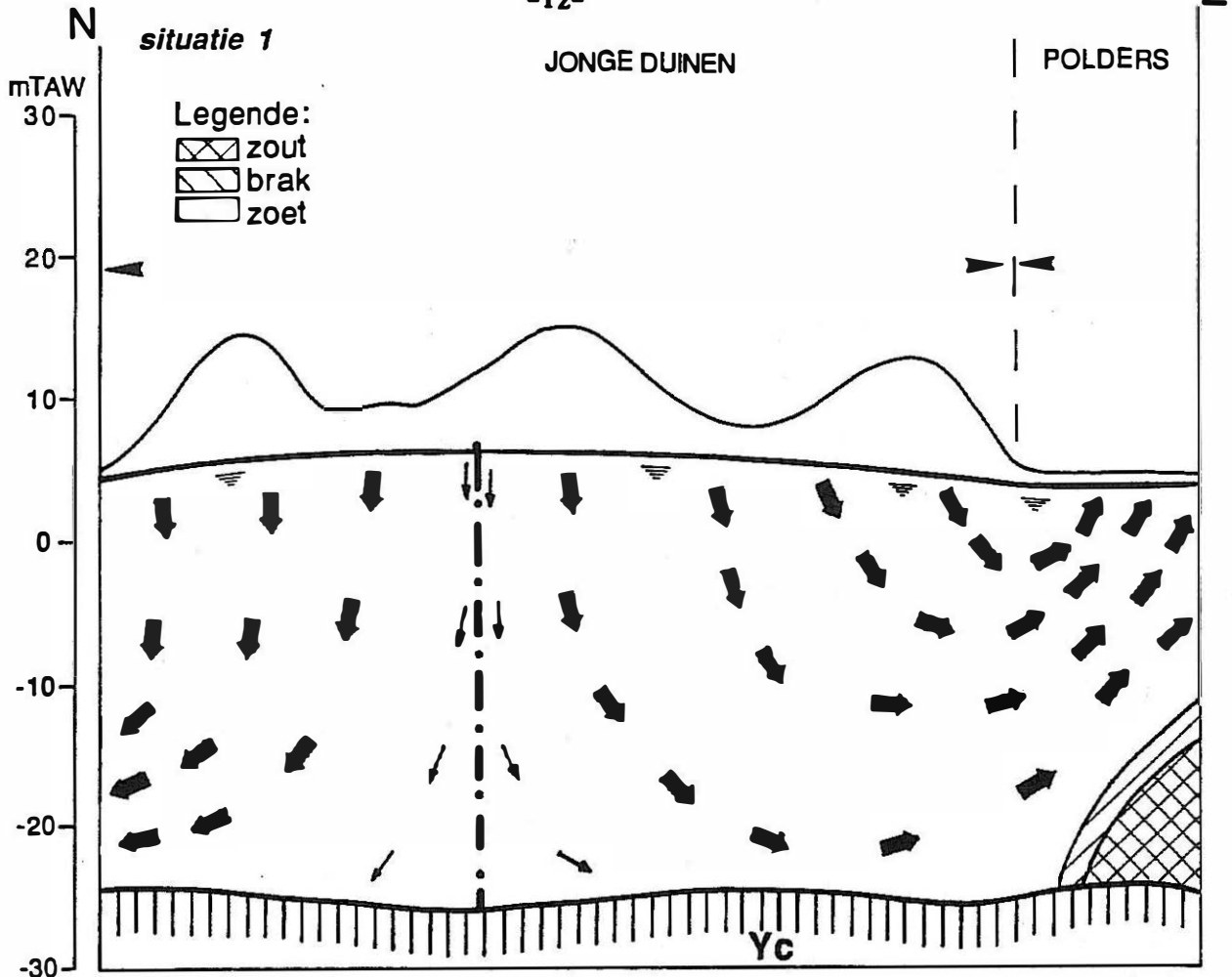


Fig. 4 - De Jonge Duinen onder natuurlijke omstandigheden.

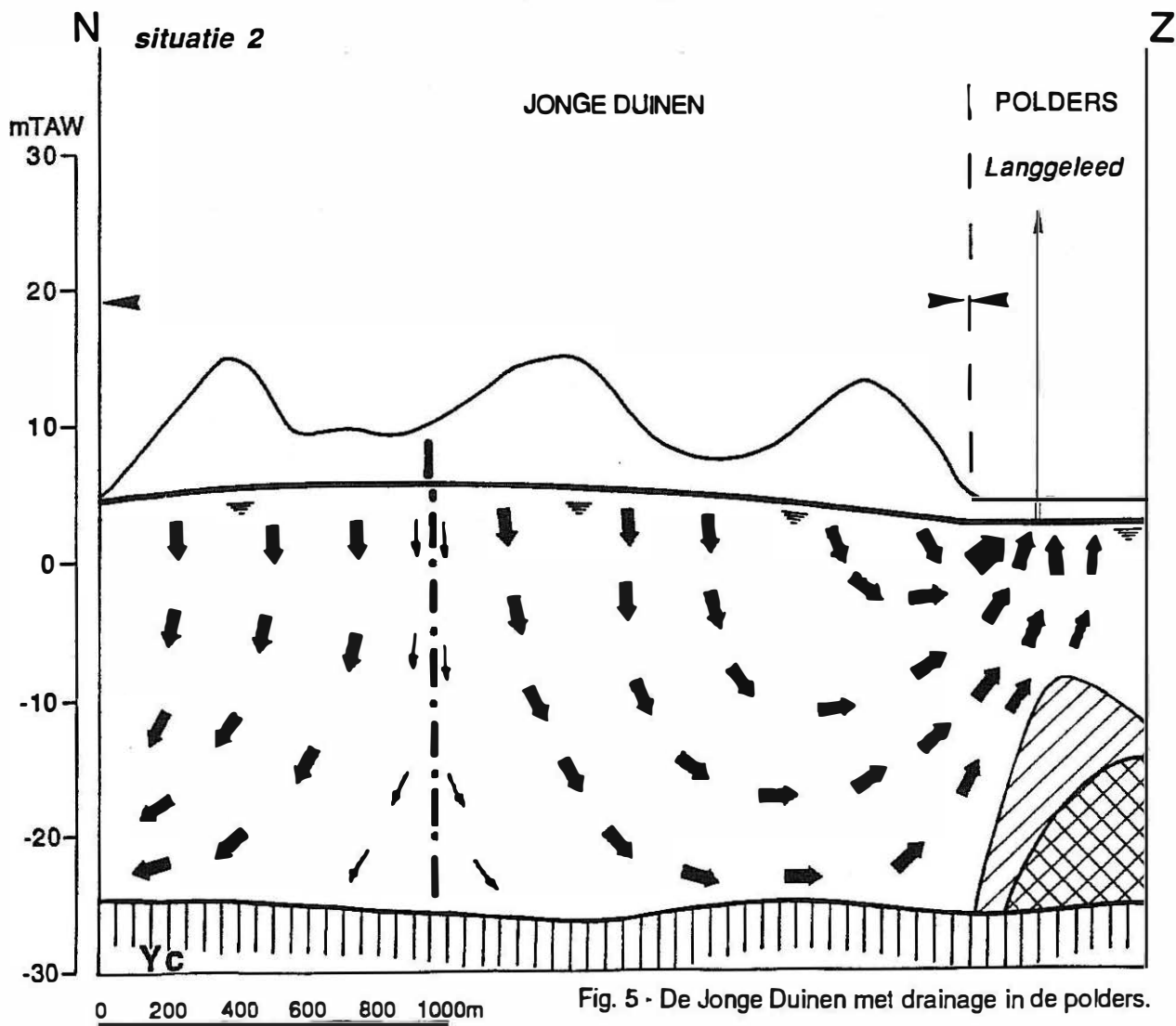


Fig. 5 - De Jonge Duinen met drainage in de polders.

een waterstands­daling in de polders  $s_p$ , is een funktie van de afstand tot de hoogwaterlijn  $x$  en wordt door de volgende vergelijking gegeven.

$$s_x = s_p \cdot x/B$$

Tegen de poldergrens aan benadert de watertafel deze van de polders. In het midden van de duinen is de watertafeldaling gelijk aan de helft van deze in de polders. Deze watertafeldaling zal dus onafhankelijk zijn van de hydraulische parameters van het grondwaterreservoir. Wordt  $s_p$  of de waterstands­daling in de polders gelijk gesteld aan 0,5 m dan zal de grondwater­scheidingslijn 75 m verschuiven in de richting van zee en zal 38 % van de duinen afwateren in de richting van de zee en 62 % in de richting van de polders.

In figuur 6 is de situatie geschetst in het duingebied en de aangrenzende polders waarbij water in de duinen wordt onttrokken. Bij deze situatie vloeit nog een klein gedeelte van het water dat infiltreert in de duinen in de richting van de zee. Het grootste gedeelte van het infiltrerende water stroomt in de richting van de waterwinning. Het invloedsgebied van de waterwinning bevindt zich ter hoogte van de poldergrens. Als deze grondwaterstroming zich voordoet in een doorsnede die dwars door het zwaartepunt van de waterwinning loopt, dan heeft men net geen overexploitatie van de zoet-watervoorraad van het duingebied. Op deze wijze kan men voortdurend water winnen zonder het gevaar van verzilting van de winning. Door de winning van zoet water in de duinen ontstaat echter een daling van de watertafel. Deze is maximaal in de omgeving van de winning en neemt geleidelijk af met de afstand tot de waterwinning.

In figuur 7 wordt een grondwaterstroming in een duingebied geschetst waarbij overexploitatie plaats heeft van de zoetwater­voorraden in het duingebied. Bij deze situatie strekt de invloed van de waterwinning zich uit tot onder het strand en tot ver onder de polders. Er ontstaat een stroming van zout water van zowel onder het strand als van onder de polders naar

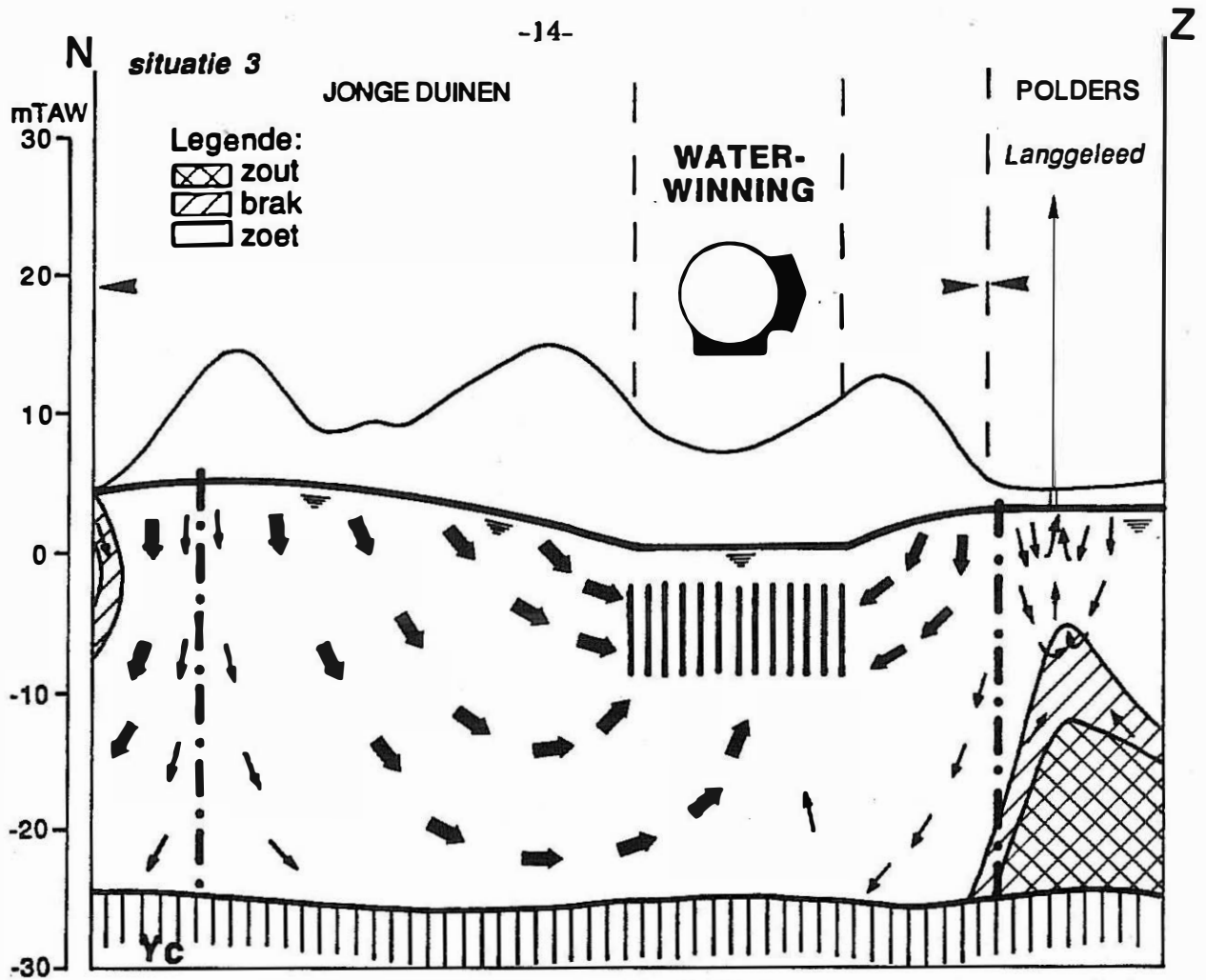


Fig. 6 - De Jonge Duinen met een waterwinning.

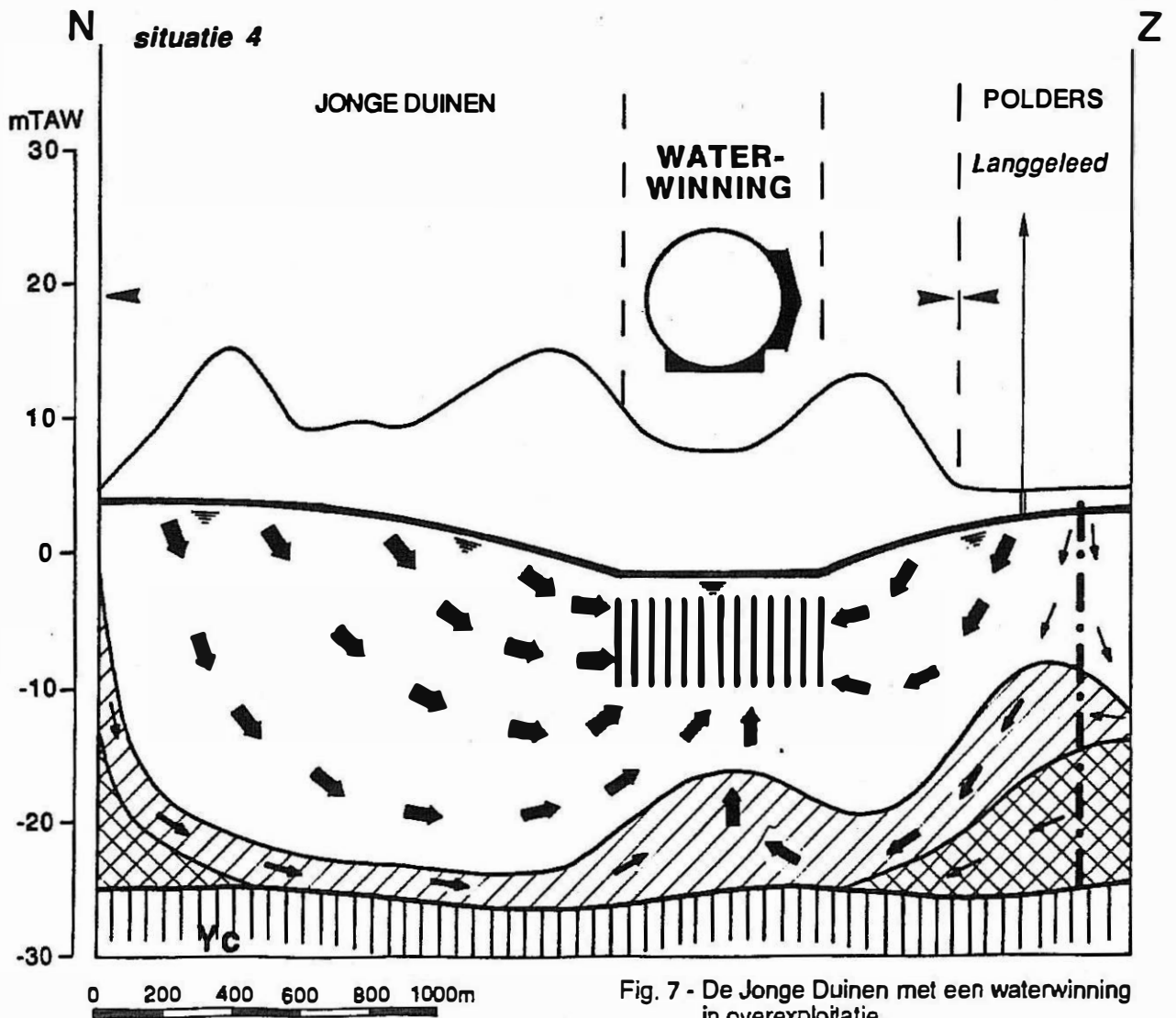


Fig. 7 - De Jonge Duinen met een waterwinning in overexploitatie.

de duinen toe. Een dergelijke winning heeft slechts een beperkte duur. Na een bepaalde periode zal zout water dat toestroomt in het onderste gedeelte van de watervoerende laag opwaarts getrokken worden tot in de waterwinningsputten. Hierdoor zal het zoutgehalte van het opgepompte water voordurend stijgen tot boven de normen voor drinkwater. Vanaf dit ogenblik zal men genoodzaakt zijn de waterwinning te stoppen voor een zeer lange periode (ca. 250 jaar) met name totdat de verzilting teruggedrongen is door het natuurlijke infiltrerende duinwater.

Op kaart 2 worden de grondwaterstromingsgebieden weergegeven in de duinen. Hierbij worden de waterscheidingslijnen van de bovenste verzadigde grondwaterstromingen weergegeven. Zoals de stijghoogten veranderen deze waterscheidingslijnen eveneens in functie van de tijd (seizoenen). De getrokken lijnen zijn representatief voor de gemiddelde toestand gedurende de laatste 20 jaar. Hieruit blijkt dat de waterwinning van De Panne bedreigd wordt door zout water dat zowel stroomt van onder het strand naar de waterwinning als vanuit de polders naar deze waterwinning. De waterwinning van de Doornpanne tussen Koksijde en Oostduinkerke wordt enkel bedreigd door zoutwaterstroming van onder het strand. De gebieden waaruit zout water stroomt naar de waterwinning zijn beperkt. Ze zijn echter voldoende om na een bepaalde tijd de waterwinningsputten te verzilten.

Situatie 4 (Fig. 7) is een weergave van een stroming in een doorsnede loodrecht op de as van de duinen die loopt doorheen het zwaartepunt van de waterwinning van De Panne. In parallele doorsneden gaat deze situatie naarmate men zich verwijderd van het zwaartepunt van de winning geleidelijk over in situatie 3 (Fig. 6). Situatie 2 doet zich voor in doorsneden die buiten de invloed van de waterwinning gelegen zijn.

### **2.2.2. Knelpunten**

Er is momenteel een overexploitatie van de waterwinningsputten in het duingebied. Dit wil zeggen dat er zodanig gewonnen wordt dat een stroming van zout en brak water ontstaat zowel van

onder het strand als van onder de polders naar de waterwinnin-  
gen.

Verandert men niets aan het beheer van deze waterwinnin-  
gen dan zal het Cl<sup>-</sup>- en zoutgehalte binnen hoogstens vijftig jaar  
boven de drinkwaternorm uitstijgen en zal de waterwinning  
moeten stopgezet worden. Pas na een periode van ca. 250 jaar  
zal de zoetwaterlens onder het duingebied voldoende hersteld  
zijn zodat ze terug in aanmerking kan komen voor een bijdrage  
in de watervoorziening van het projektgebied.

### **2.3. OUDE DUINEN VAN ADINKERKE - GHYVELDE MET AANGRENZENDE GEBIEDEN**

#### **2.3.1. Omschrijving**

De Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde, ook Binnenduinen ge-  
noemd, lopen parallel aan de huidige kustlijn en zijn deels op  
Frans grondgebied gelegen. Ze zijn ongeveer 700 m breed en ca.  
8 km lang. Ze bestaan tot op grote diepte hoofdzakelijk uit  
ontkalkte zanden met een fijnere textuur dan de Jonge Duinen.

Het overdekte waddenlandschap dat voornamelijk een zandige  
ondergrond heeft, begrenst ten noorden en ten oosten de Oude  
Duinen. De Moeren vormen de zuidgrens van de Oude Duinen van  
Adinkerke-Ghyvelde; ze liggen op een zeer laag peil (tussen +  
0,5 à + 1 m TAW) en zullen afzonderlijk besproken worden.

In de Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde en zijn aangrenzende  
gebieden werden uitvoerige hydrogeologische veldwaarnemingen  
verricht (BOLLE, 1983). Steunende op deze veldwaarnemingen en  
enkele historische gegevens werd de evolutie van de versprei-  
ding van zoet en zout water onder deze Oude Duinen met hun  
aangrenzende gebieden gesimuleerd (LEBBE & PEDE, 1986 en VAN  
DE WALLE, 1986). Hieronder volgt een beknopte weergave van de  
bekomen resultaten.

Vóór de vorming van de Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde kan  
men veronderstellen dat het grondwaterreservoir volledig  
gevuld was met konaat zout water. Dit is water dat ingesloten  
wordt in de sedimenten gedurende de afzetting. Vanaf de vor-  
ming van de Oude Duinen was er een infiltratie van zoet water



doorheen de onverzadigde zone naar de watertafel die gelijk was aan het neerslagoverschot van de onverzadigde zone. Dit zoet water verdreef langzaam het aanwezige zout water en er ontstond een symmetrische zoet waterlens die onder deze smalle duingordel vrij vlug (na ca. 80 jaar) zijn maximale uitbreiding bereikte (Fig. 8). Door de geringe breedte van deze duingordel en door de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag reikte de zoetwaterlens niet tot op het kleisubstraat (Yc).

Het Overdekte Waddenlandschap was aanvankelijk weinig gedraineerd. Hierdoor werd niet alle neerslagoverschot aan de top van het grondwaterreservoir afgevoerd. Een gedeelte van dit zoet water kon doordringen tot in het bovenste gedeelte van het grondwaterreservoir en aldus het aanwezig zout water verdrijven. Tussen het zoet en het zout water ontstond een brakke overgangszone. Ten zuiden van de Oude Duinen ontstond een brak meer met een gemiddeld peil dat gelijk was aan de gemiddelde watertafelstand in het omringende poldergebied en van het Overdekte Waddenlandschap. Doordat aanvankelijk de waterstanden ten noorden en ten zuiden van de Oude Duinen ongeveer gelijk waren, viel de waterscheidingslijn in de Oude Duinen samen met de lengteas van de duingordel. Hierdoor had de zoetwaterlens onder de Oude Duinen aanvankelijk een symmetrische vorm. Evenveel zoet water stroomde dan ondergronds in de richting van het Overdekte Waddenlandschap als in de richting van het brakke meer.

Door de drainage te verbeteren in het Overdekte Waddenlandschap daalde de gemiddelde watertafelstand in dit gebied (Fig. 9). De gemiddelde waterstand van het brakke meer ten zuiden van de Oude Duinen daalde eveneens een weinig door de betere drainage van de omliggende poldergebieden. Vermoedelijk was de gemiddelde watertafelstand echter iets lager in het Overdekte Waddenlandschap dan de gemiddelde waterstand in het brakke meer. Hierdoor verkreeg de zoetwaterzak een licht asymmetrische vorm. De grondwaterscheidingslijn verplaatste zich een weinig naar het brakke meer waardoor de hoeveelheid zoet water die in noordelijke richting stroomde groter was dan deze die in zuidelijke richting stroomde.

Door de drainage van het Overdekte Waddenlandschap vertoonde

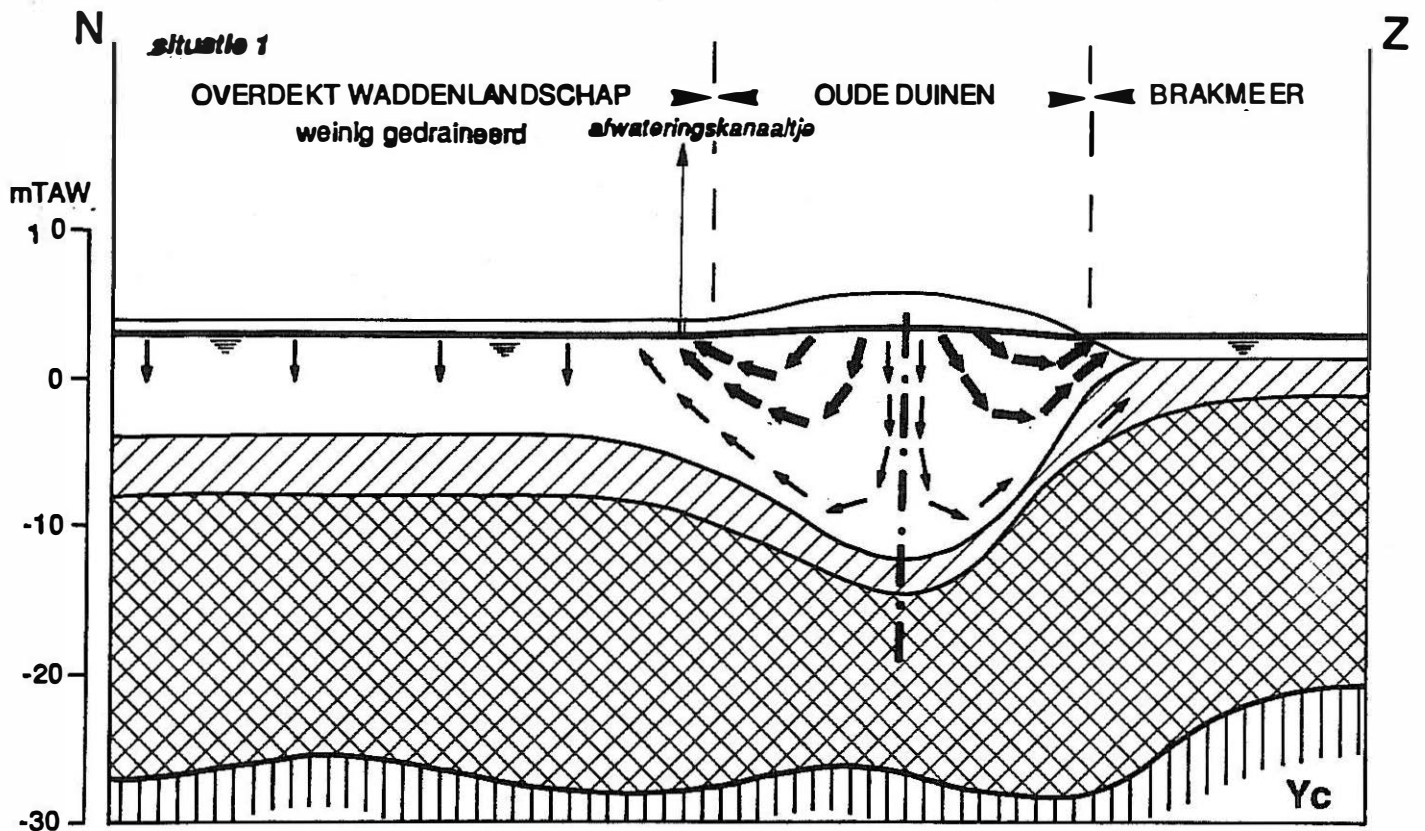


Fig. 8 - De Oude Duinen onder natuurlijke omstandigheden.

Legende:

-  zout
-  brak
-  zoet

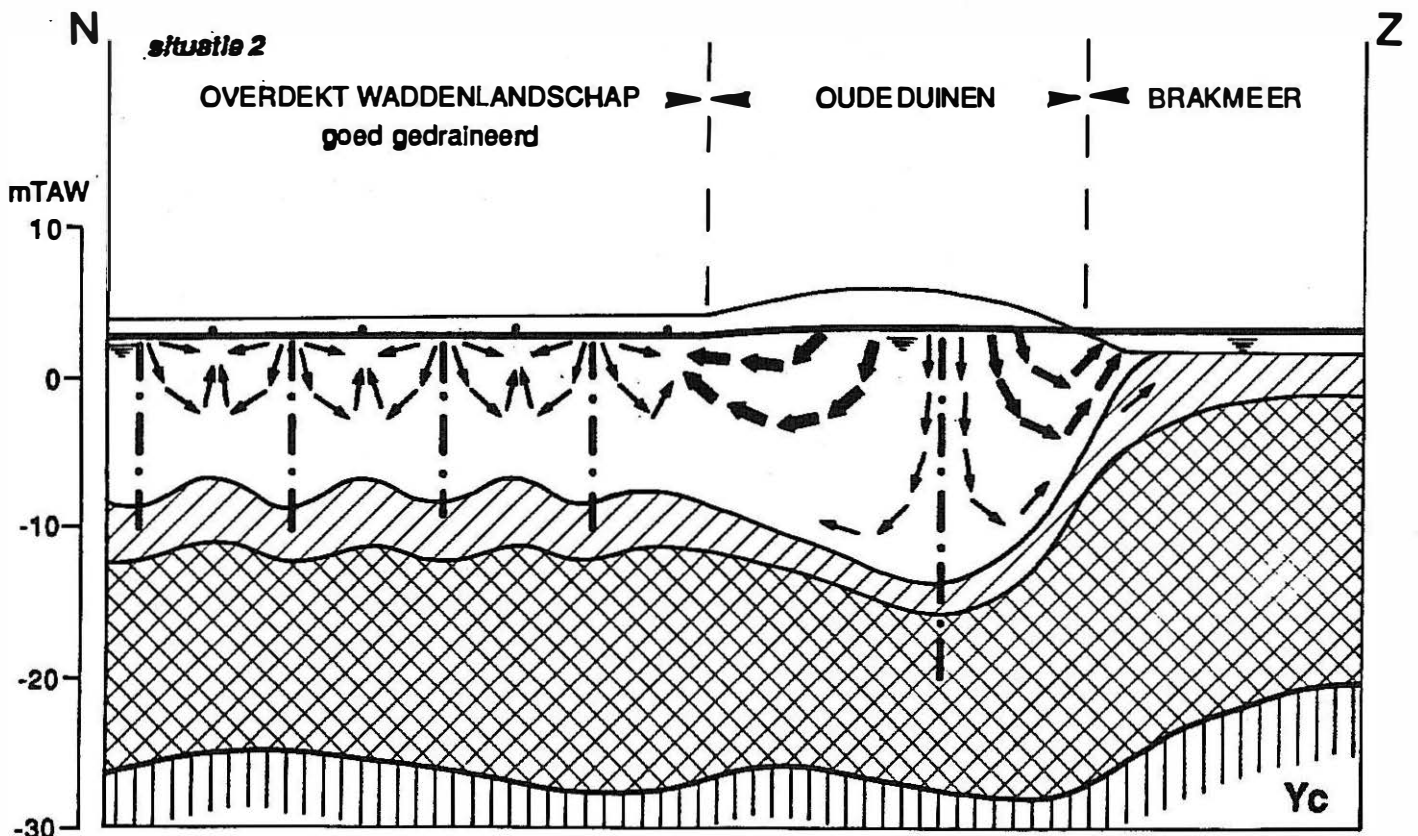


Fig. 9 - De Oude Duinen met drainage in het Overdekt Waddenlandschap.

0 250 500 750 1000m

de brakke overgangszone een golvend verloop. Het is een weer-  
spiegeling van de ondiepe watercycli die zich voordoen tussen  
de drainagekanalen (en later de drainagebuizen) in het studie-  
gebied. Ter hoogte van de plaatsen waar water gedraineerd  
wordt komt het brakke en het zoute water ondieper voor. Op  
deze plaatsen is de brakke overgangszone dikker. Tussen de  
drainagekanalen (of buizen) komt het brakke en het zoute water  
dieper voor. Ter hoogte van de waterscheidingsvlakken is de  
overgangszone het geringst in dikte. Daar de drainage slechts  
ondiepe grond-watercycli teweegbrengt zal het waterscheidings-  
vlak dan ook slechts een beperkte uitbreiding hebben in de  
diepte. Het grootste gedeelte van het zout water dat in het  
onderste gedeelte van het grondwaterreservoir aanwezig is,  
beweegt er niet. Het vormt er een stilstaande zoutwaterlens.

Door de drooglegging van het brakke meer en het ontstaan van  
De Moeren (zie deel 4) heeft de grondwaterverdeling en -stro-  
ming een grondige wijziging ondergaan. De gemiddelde watertafel-  
stand in de drooggelegde Moeren varieert er tussen 0,0 en  
0,5 m TAW. Door deze lage watertafelstand ontstaat een konti-  
nue stroming van het Overdekte Waddenlandschap onder de Oude  
Duinen heen naar De Moeren. Alle geïnfiltreerde neerslag  
overschot van de Oude Duinen en zelfs van een gedeelte van het  
Overdekte Waddenlandschap stroomt ondergronds in de richting  
van De Moeren. In dit gedeelte van het Overdekte Waddenland-  
schap zal de drainage hierdoor afnemen. Onder de Oude Duinen  
zakt de watertafel tengevolge van de ontwatering van De Moeren  
(Fig. 10). Aan de noordrand van de Oude Duinen is deze water-  
tafelstandsverlaging minimaal (ca. 0,3 m) aan de zuidrand  
maximaal (ca. 2,3 m). Deze verlaging neemt toe en verloopt  
lineair met de afstand tot de noordgrens van de Oude Duinen.  
De geschatte watertafelstandsverlaging in het midden van de  
Oude Duingordel bedraagt dus ca. 1,3 m.

De grote watertafelstandsverlaging onder het zuidelijke ge-  
deelte van de Oude Duinen en het noordelijk gedeelte van De  
Moeren veroorzaakt een sterke opwaartse stroming. Onder de  
zuidelijke rand van de Oude Duinen is dit een sterke opwaartse  
stroming van zoet water. Onder de noordelijke rand van De  
Moeren (met uitzondering van het Bewestpoorteiland) is het een  
sterke opwaartse stroming van zout water. Het zout water be-

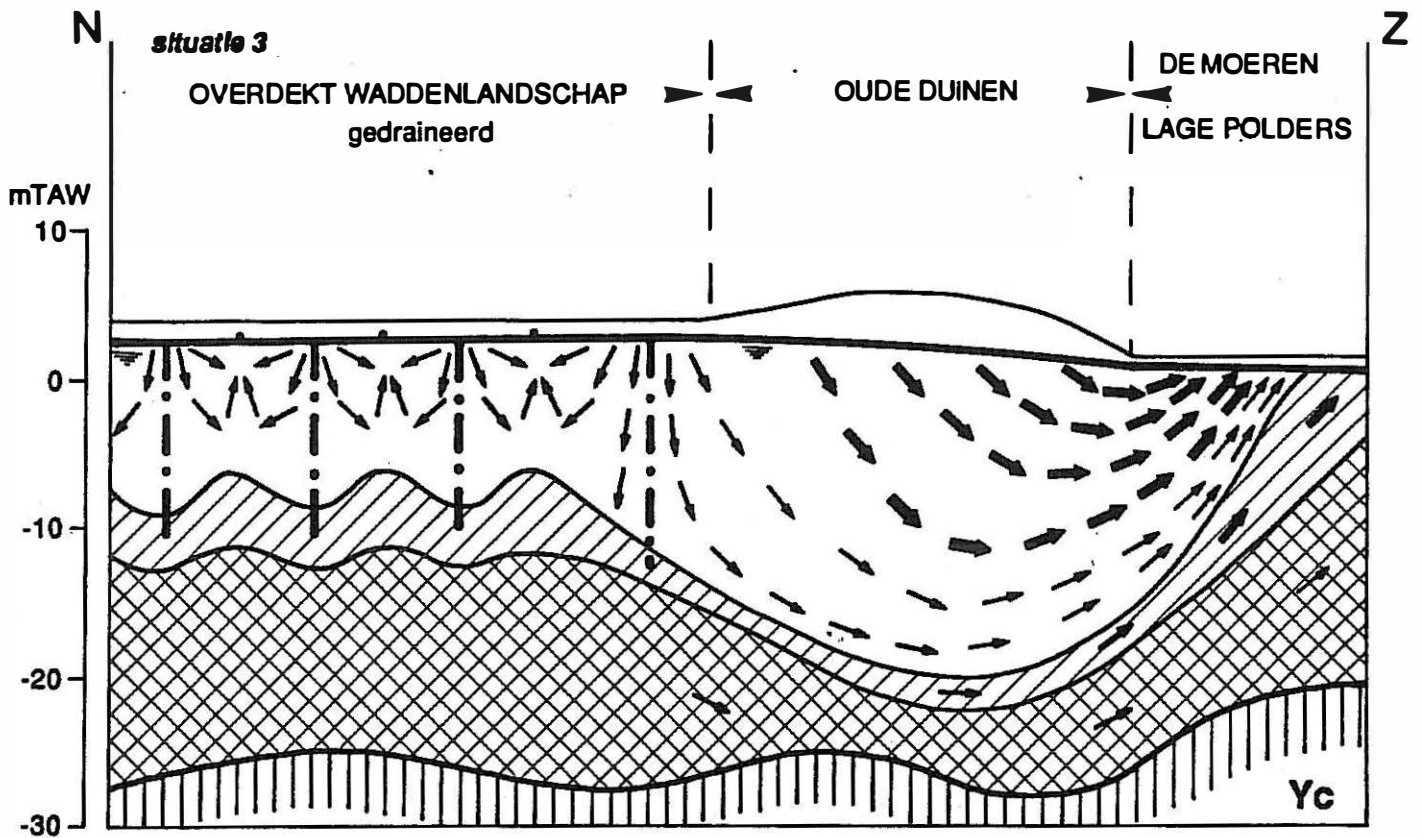


Fig. 10 - De Oude Duinen met drooggelegde lage polders.

Legende:

-  zout
-  brak
-  zoet

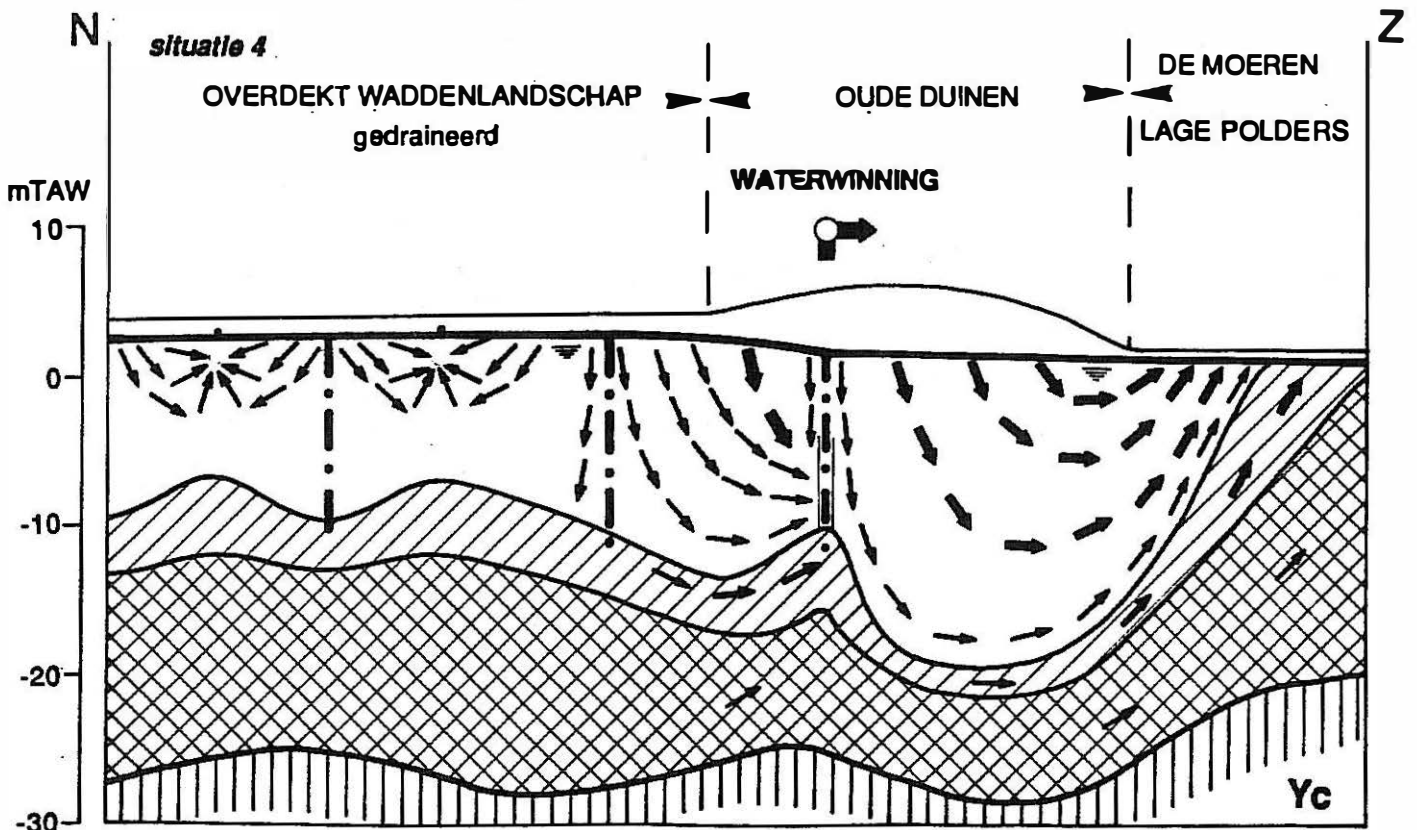


Fig. 11 - De Oude Duinen met een waterwinning.



vindt er zich onmiddellijk onder de watertafel. Op het einde van een relatief droge zomer kan dit zout water opstijgen tot in de wortelzone met nadelige gevolgen voor de landbouwgewassen in dit gebied. Onder de Oude Duinen ontstaat nu ook een geringe zuidwaartse stroming van het zoute water dat opgesloten zit in het onderste gedeelte van het grondwaterreservoir.

De laatste hydrogeologische ingreep in het gebied is de aanleg van de waterwinning Cabour in de Oude Duinen (Fig. 11). Deze waterwinning werd aanvankelijk aangelegd door de Engelse troepen gedurende Wereldoorlog I. Deze putten werden in de jaren twintig overgenomen door de pas gestichte Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne Ambacht (IWVA). De waterwinningsputten zijn hoofdzakelijk gesitueerd in het noordelijk gedeelte van de Oude Duinen. Gedurende de laatste decenia is het gewonnen debiet vrij beperkt (ca. 200.000 m<sup>3</sup>/jaar) en gebeurt er bijna uitsluitend tijdens de zomermaanden. Na een relatief korte periode van pompen stijgt het zout- en Cl-gehalte vlug. Door de sterke natuurlijke stroming ligt het voedingsgebied van deze waterwinning volledig ten noorden van de puttenbatterij. Het voedingsgebied wordt aangegeven op kaart 2. Het water dat ten zuiden van de puttenbatterij infiltreert, stroomt af in de richting van De Moeren. Door de aanleg van de waterwinning in de Oude Duinen zal de drainage van het aangrenzende Overdekte Waddenlandschap nog verder afnemen. Door de waterwinning zal de brakke kwel onder het Zuidelijk gedeelte van De Moeren een weinig verschuiven naar de Oude Duinen toe, door de afname van de zoutwaterstroming van onder de Oude Duinen naar De Moeren.

De waterwinning zal een geringe toename veroorzaken van de beperkte zuidelijke stroming van zout water in het onderste gedeelte van het grondwaterreservoir onder de Oude Duinen.

De winning van zoet water in de Oude Duinen is beperkt tengevolge van de aanwezigheid van zout water in het onderste gedeelte van het grondwaterreservoir.

Niettegenstaande de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag tussen de filters van de winningsputten en dit zout water ontstaat er vrij vlug een opwaartse stroming van brak water naar de filterputten.

### **2.3.2. Knelpunt**

Geringe capaciteit van de waterwinning in de Oude Duinen door de aanwezigheid van zout water in het onderste gedeelte van het grondwaterreservoir en door de noordelijke ligging van de waterwinningsputten = zoute kwel.

## **2.4. DE MOEREN EN AANGRENZENDE GEBIEDEN**

### **2.4.1. Omschrijving**

De Moeren, die voor bijna de helft op Belgisch grondgebied voorkomen, zijn de laagst gelegen gebieden in de polders. Het nagenoeg vlakke maaiveld schommelt er tussen de peilen van + 0,5 en + 1 m TAW. De Moeren zijn ontstaan door een vrij recente drooglegging van een uitgestrekt meer.

Over het ontstaan van het vroegere meer zijn verschillende theorieën ontwikkeld. De uit hydrogeologisch standpunt meest aanvaardbare theorie is dat De Moeren vóór de drooglegging en na de vorming van de Oude Duinen steeds een brakwatermeer geweest zijn. Het brakke meer ontving de afwatering van de omliggende gebieden en stond onder wisselende, maar steeds beperkte invloed van de zee.

De drooglegging van De Moeren had voor de eerste maal plaats gedurende de eerste helft van de 17<sup>de</sup> eeuw. Hierbij werd eerst een ringsloot aangelegd juist buiten het meer. De eerste functie van de ringsloot was de evacuatie van het water dat naar het meer toestroomde uit de omliggende gebieden. Door middel van elf windmolens werd het water uit het meer gepompt tot in de ringsloot, die dan ook als tweede functie zorgde voor de evacuatie van dit water. Na de eerste drooglegging kwam het gebied reeds na 20 jaar terug onder water omwille van strategische redenen. Daarna werd het gebied niet meer drooggelegd omwille van de Devolutie oorlog. Zo bleef het gebied voor een periode van honderd jaar onder water. Een tweede drooglegging had plaats in de tweede helft van de 18<sup>de</sup> eeuw. Deze werd beëindigd door een te kort aan geld vanwege de kontrakthouder. De derde definitieve drooglegging eindigde in 1827. Vanaf dan bleven De Moeren droog met uitzondering van

een korte periode gedurende de oorlogsjaren 1944-1945.

Door de vrij recente drooglegging onderscheidt dit gebied zich landschappelijk duidelijk van het omringende poldergebied met name door zijn rechte lijnige wegen, sloten en percelen.

Vóór de drooglegging van De Moeren vond er geen belangrijke grondwaterstroming plaats onder dit gebied en zijn aangrenzende gebieden. Uitzondering hierop was enigzins de noordelijke grens die tegen de Oude Duinen van Adinkerke - Ghyvelde gelegen is (zie deel 3).

Bij de drooglegging van De Moeren ontstond er een belangrijke grondwaterstroming tussen de aangrenzende gebieden en de randen van De Moeren. De grondwaterstroming tussen de Oude Duinen en de noordelijke randzone werd in het vorige deel besproken.

De grondwaterstroming in de overige randgebieden van De Moeren zullen besproken worden aan de hand van twee doorsneden.

De eerste doorsnede is WZW-ONO gericht en loopt vanaf de Franse grens doorheen het Bewesterpoorteland tot in de Buitenmoeren (Fig. 12). Deze doorsnede loopt doorheen de noordelijke helft van De Moeren waar het grondwaterreservoir nog hoofdzakelijk bestaat uit goed doorlatende afzettingen. Het zeer slecht doorlatende kleisubstraat (Yc) komt voor op ongeveer -20m TAW. Bovenaan het grondwaterreservoir komen er dunne lenzen van zoet water voor. Deze zijn gelegen op een brede overgangszone van brak water. Rond de bijzonderste afwateringssloten komt het brakke water zelfs onmiddellijk onder de watertafel voor. Deze sloten hebben eveneens een belangrijke invloed op de diepte van het grensvlak tussen zoet en brak water. In de omgeving van deze sloten komt het zout water steeds ondieper voor. Onder het Bewesterpoorteland ontwikkelde zich een belangrijke brakwaterlens. Dit is het gevolg van de infiltratie van een grotere fraktie van het neerslagoverschot door de iets hogere ligging van het gebied. Hierdoor ontstaat eveneens een iets diepere maar zwakkere grondwaterstromingscyclus. Op de grens tussen De Moeren en de Buitenmoeren draineert de Ringsloot een belangrijk deel van de Buitenmoeren maar verliest aan de binnenzijde water dat ondergronds

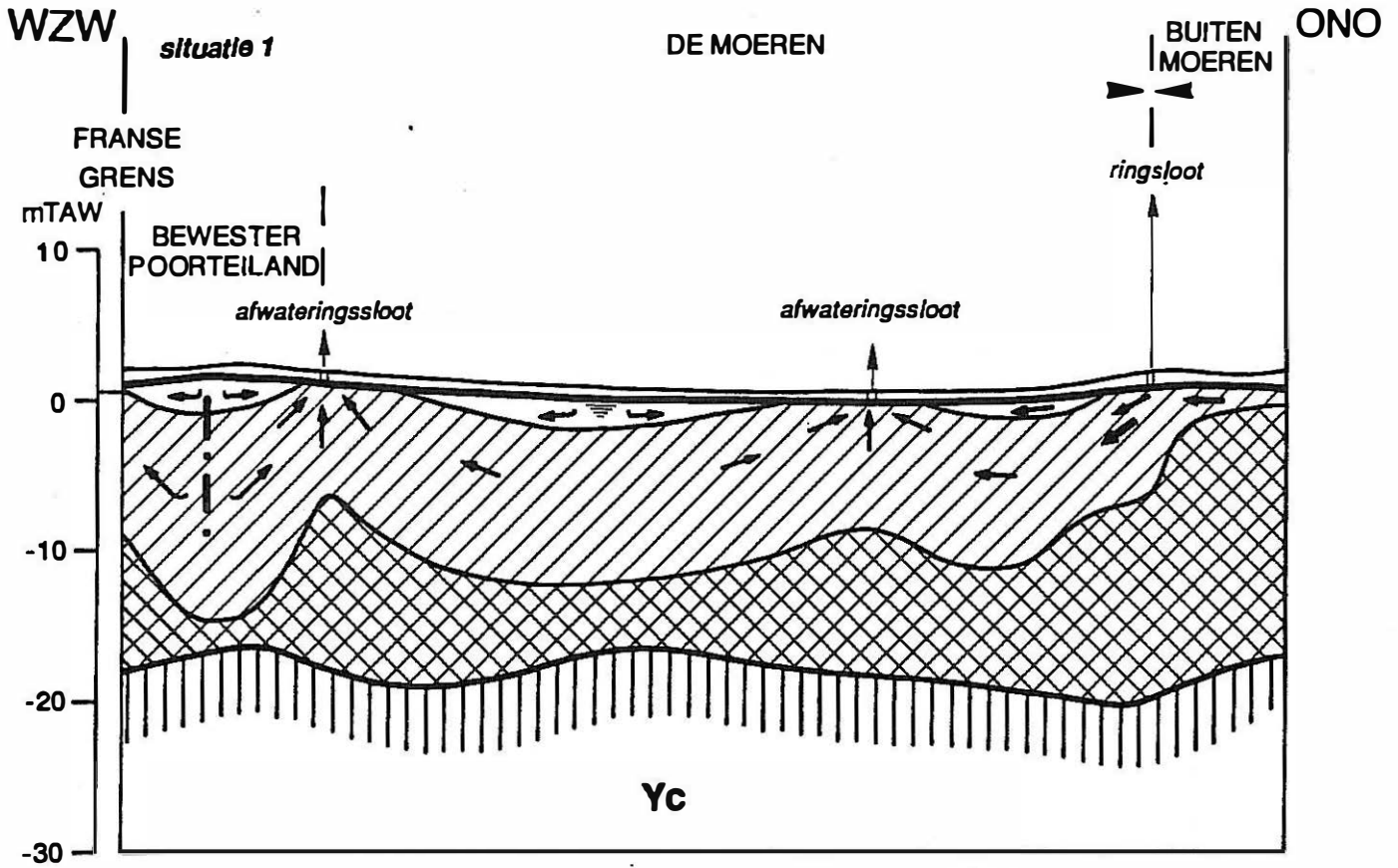


Fig. 12 - Een WZW-ONO gerichte doorsnede doorheen De Moeren.

- Legende:
- zout
  - brak
  - zoet

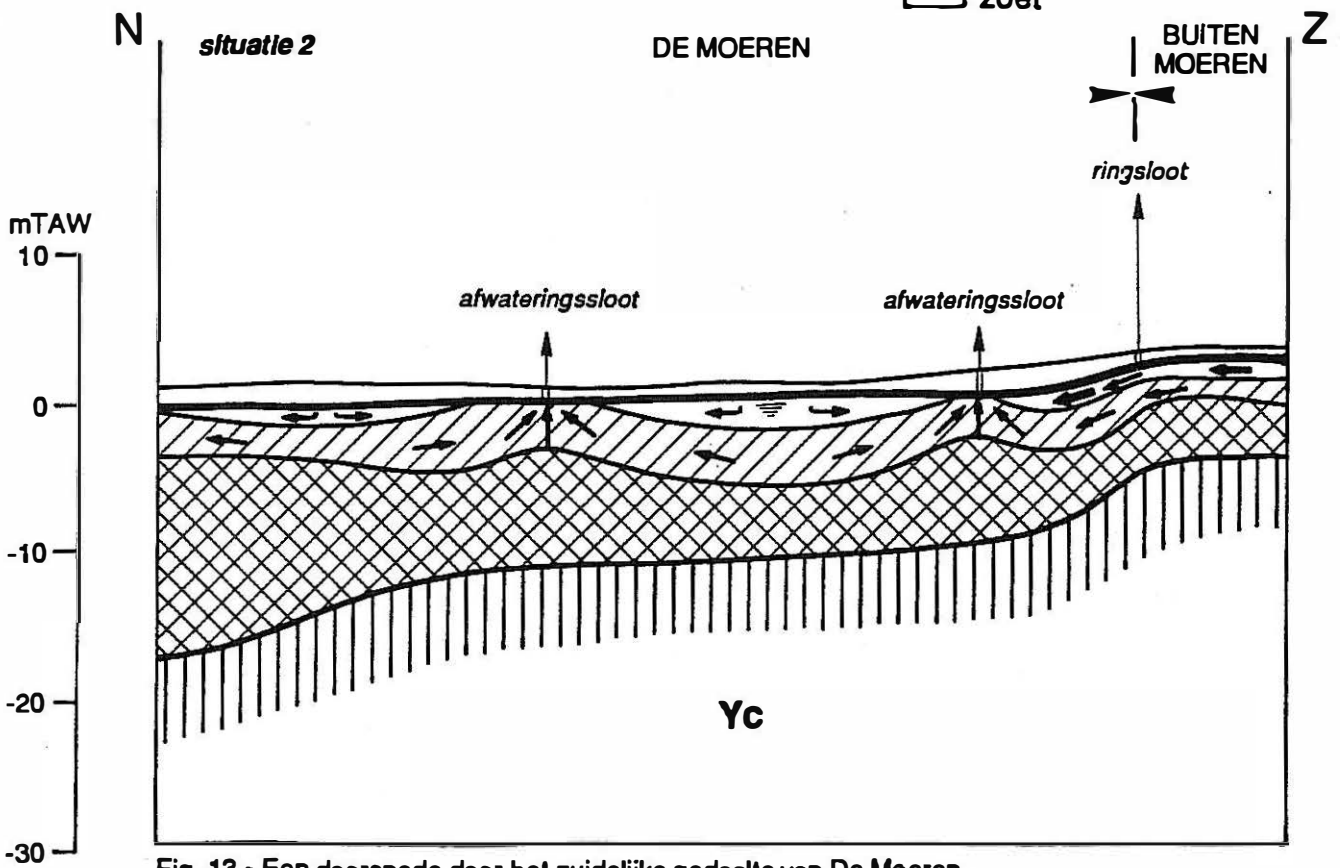


Fig. 13 - Een doorsnede door het zuidelijke gedeelte van De Moeren.





stroomt naar De Moeren.

De tweede doorsnede is N-Z gericht en loopt doorheen het zuidelijke gedeelte van De Moeren tot in de zuidelijk gelegen grensgebieden (Fig. 13). Naar het zuiden toe komt het klei-substraat (Yc) steeds ondieper voor (tot het peil - 5 m TAW in de zuidelijke Buitenmoeren). Hierdoor neemt de dikte van de freatisch watervoerende laag naar het zuiden toe af. De afzettingen die hier de freatische watervoerende laag vormen zijn veel fijner van samenstelling dan deze onder het noordelijke gedeelte van De Moeren.

Bijgevolg is het doorlaatvermogen van deze laag in het zuiden veel geringer dan in het noorden. Hierdoor zijn rond de zuidelijke grenzen van De Moeren de grondwaterstromingen veel geringer. Tussen de randen van De Moeren en de Buitenmoeren komt immers ongeveer eenzelfde hydraulisch verhang voor. Hierdoor is de brakke overgangszone dunner, komt het zoute water ondieper voor en vertoont het contactvlak tussen brak en zout water een minder uitgesproken golvend karakter.

Binnen De Moeren is de grondwaterstand nagenoeg vlak; maximale variaties zijn begrepen tussen 0,0 en - 0,5 m TAW. In het centrale gedeelte van De Moeren zijn de grondwaterstromingen beperkt. Bovenaan komen dunne zoetwaterlenzen voor op brak water.

De diepste waterstanden komen voor in de omgeving van de hoofddrainagekanalen. In de omgeving van deze kanalen komt dan ook brak water voor onmiddellijk onder de watertafel. Op het einde van lange droge periodes kan dit brakke water opstijgen tot in de wortelzone met alle nadelige gevolgen voor de landbouwgewassen. Vooral de opbrengstgewassen die nog een belangrijke ontwikkelingsfase doormaken op het einde van de zomer en in het begin van de herfst, zoals suikerbieten, worden hierdoor beïnvloed.

Deze samenvattende beschouwingen over de grondwaterstroming in De Moeren en aangrenzende gebieden zijn gesteund op talrijke veldwaarnemingen (BOLLE, 1983, VAN HOUTTE, 1984, DEVOS, 1985 en VAN DE WALLE, 1986), op historische gegevens (BRUNEEL, 1979 en TOP, 1985) en op modelsimulaties van de stroming van zoet, brak en zout water (LEBBE & PEDE, 1986 en VAN DE WALLE, 1986).

#### **2.4.2. Knelpunt**

Onder de noordelijke rand van De Moeren (met uitzondering van het Bewesterpoorteiland) is er een sterke opwaartse stroming van zout water. Het zout water bevindt er zich onmiddellijk onder de watertafel. Op het einde van een relatief droge zomer kan dit zout water opstijgen tot in de wortelzone met nadelige gevolgen voor de landbouwgewassen in dit gebied.

#### **2.5. POLDERS**

##### **2.5.1. Omschrijving**

De polders in de IJzervlakte behoren voor het grootste deel tot het Oudland; het gebied ten oosten van de Oude Zeedijk (lopend vanaf Oudekapelle, over Lampernisse, Zoutenaai en Avekapelle naar Wulpen) maakt deel uit van het Middelland. In de polders kan een onderscheid gemaakt worden tussen kreekgebieden met zandige opvulling en de poelgebieden waar vooral fijnere afzettingen voorkomen. Het maaiveld ter hoogte van de kreekgebieden is gesitueerd tussen de peilen + 3,5 tot + 5 m TAW, de poelgebieden liggen tussen de peilen + 2,5 en + 4 m TAW. Het grondwaterpeil wordt er kunstmatig beheerst door middel van een systeem van grachten en sloten, die op de drogere kreekgebieden veel ruimer gespatieerd zijn dan in de lager gelegen, vochtige gebieden.

Hydrogeologisch onderzoek gebeurde enerzijds door W. De Breuck et. al (1974) door middel van geoelektrische sonderingen en profileringen werd de kontaktdiepte tussen zoet en zout grondwater voor het ganse Belgische kustgebied in kaart gebracht en anderzijds door L. Zeews (1991). Deze laatste auteur voerde een gedetailleerde hydrogeologische studie van enkele deelgebieden van deze polders uit. Hierbij besteedt hij aandacht aan de litologische bouw. Door middel van pompproeven bepaalde hij de hydraulische parameters van de zandige kreeksedimenten en aan de hand van grondwaterstijghoogtemetingen en oppervlakte-waterpeilmetingen de grondwaterstromingen. De grondwaterkwaliteit werd bestudeerd met behulp van geofysische boorgatmetin-

gen en chemische analyses van grondwaterstalen.

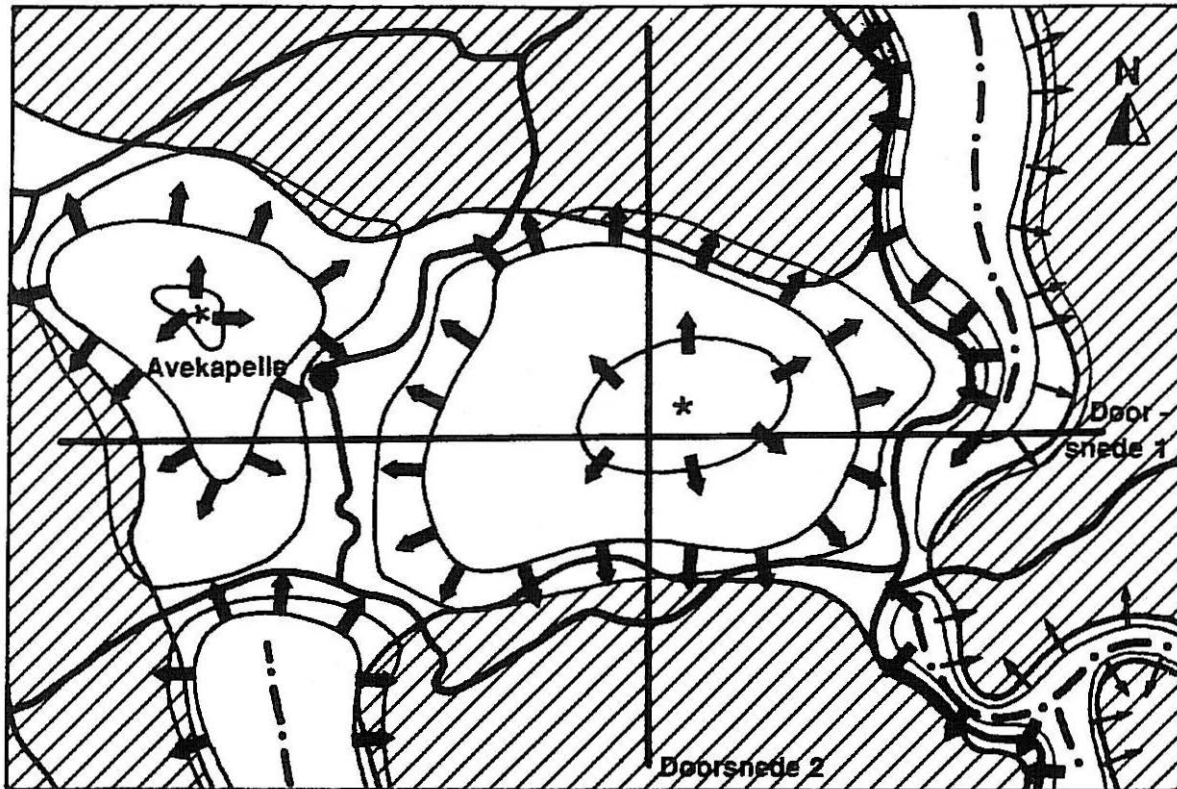
Het kreekkruggenpatroon bepaalt grotendeels de verdeling van zoet en zout water in de polders. De hoger gelegen kreekkruggen kennen, onder hun bodem die bestaat uit kleiïge polderafzettingen, een hoofdzakelijk zandige opbouw. Door hun iets hogere ligging en iets geringere drainage kan een beperkt gedeelte van het neerslagoverschot naar een dieper gedeelte van het grondwaterreservoir doordringen waar het oorspronkelijke zoutwater uit de zandige afzettingen kan verdreven worden. Onder de kreekkruggen komt dus meestal een zoetwaterlens voor boven zout water dat naar het dieper gedeelte van het grondwaterreservoir verdrongen is.

De poelgebieden zijn iets lager gelegen gronden waarvan de afzettingen die boven het kleisubstraat (Yc) gelegen zijn slecht doorlatend zijn. Voor de poelgebieden wordt een onderscheid gemaakt tussen "overdekte atlantische en subboreale gronden" enerzijds en "overdekte pleistocene gronden" anderzijds. De overdekte atlantische en subboreale gronden bestaan uit een bodem van polderklei waaronder veen voorkomt. Tussen het tertiaire kleisubstraat (Yc) en de veen-afzettingen komen meestal weinig doorlatende afzettingen voor. De overdekte pleistocene gronden komen voornamelijk in het zuiden van de polders voor en bestaan uit zand-lemige afzettingen die bedekt zijn door klei. Hier bestaat het dunne kwartaire dek (maximaal 5 m) dus eveneens uit weinig doorlatende afzettingen. Door de lagere ligging van de poelgebieden en hun gering doorlaatvermogen wordt het neerslagoverschot uit de onverzadigde zone niet afgevoerd door diepere grondwaterstroming. Het neerslagoverschot wordt afgevoerd door een stelsel van horizontale drainagebuizen en kanalen. In de diepste gedeelten van de kwartaire afzettingen zit bijgevolg nog steeds konaat zout water opgesloten. Juist onder de watertafel komt ofwel een dunne lens zoet water voor of komt onmiddellijk brak water voor. De dikte van de brakke overgangszone is er meestal niet te verwaarlozen.

De polders vormen het grootste gedeelte van het projektgebied. Door de uitgestrektheid van het gebied is het niet mogelijk

dit gebied volledig door te lichten aan de hand van doorsneden. Aan de hand van de verziltingskaart van W. DE BREUCK et. al. (1974) krijgt men reeds een eerste idee van de verdeling van het zoet water enerzijds en van het brak en zout water anderzijds (Kaart 4). Op deze kaart wordt de kontaktdiepte van het brakke water aangeduid. Men ziet dat onder het grootste gedeelte van de poelgebieden dit contactvlak voorkomt op minder dan 2 m. De verdeling van zoet, brak en zout water zal meer in detail weergegeven worden voor twee gebieden. De eerste detailstudie omvat de zoet-zout waterverdeling en -stroming onder de uitgebreide Avekapellekreek, de tweede detailstudie omvat deze verdeling en stroming onder een relatief smalle kreekrug nabij Lampernisse. Bij deze detailstudies bleek dat naast het kreekruddenpatroon belangrijke afwateringsgrachten een grote invloed hebben op de grondwaterstroming en -verdeling in de kreekrudden. De belangrijke afwateringsgrachten verdelen de kreekrudden in een aantal gebieden waar het grondwater radiaal afstroomt in de richting van deze grachten en naar de grenzen van de kreek- en de poelgebieden (Fig.14-19). Door deze radiale grondwaterstroming en de infiltratie op de kreekrudden vergroot de stroming naar de grenzen toe en bijgevolg ook het verhang van de watertafel. Enkel onder de langgerekte smalle kreekrudden waar de afwateringsgrachten deze ruggen op een voldoende afstand van elkaar doorkruisen, komt nog een betekenisvolle waterscheidingskam voor. Onder de afwateringskanalen komt er een belangrijke opwaartse stroming voor. Hierdoor komt in de onmiddellijke omgeving van deze sloten brak water voor juist onder de watertafel. De dikte van de brakke overgangszone is er groter en het contactvlak tussen zoet en zout water is er ondieper. De ondiepe watercycli tussen de drains wordt op de doorsneden niet weergegeven daar deze de figuur zouden overladen. De aangeduide drains hebben een symbolische betekenis.

De besproken grondwaterstromingen kunnen in bepaalde omstandigheden veranderen. Zo bestaat de mogelijkheid tijdens een droge zomer dat de stijghoogten in de poelgronden hoger zijn dan deze in de aangrenzende kreekrudden. In zo'n geval zal er een grondwaterstroming vanuit de poelgrond naar de kreekrug plaatsgrijpen, met andere woorden een omkering van de stro-



0 500 1000m





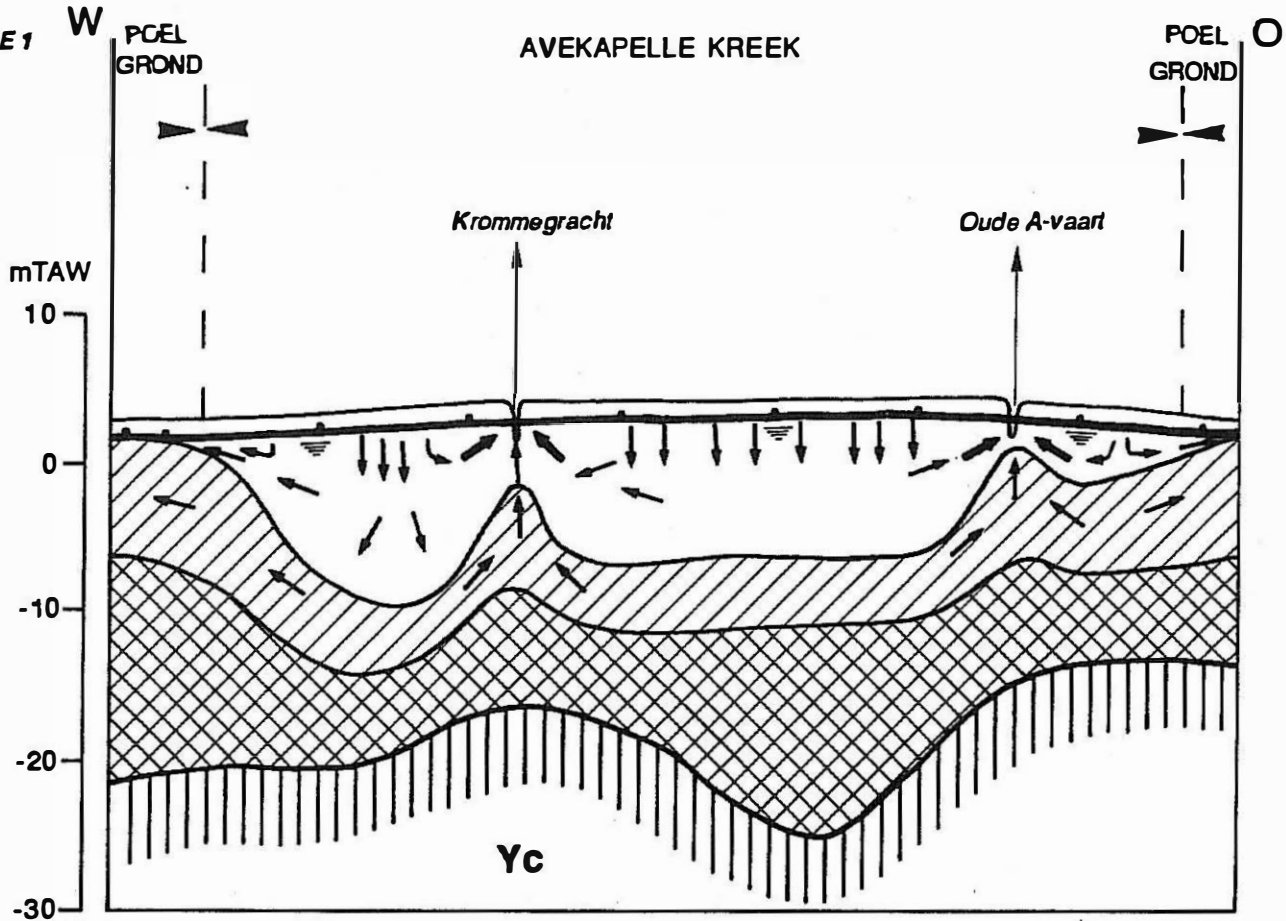
- |  |   |
|--|---|
|  Kreekrug           |  Lijnen van gemiddelde<br>zoetwaterstijghoogte |
|  Poelgrond          |  Stromingsrichting                             |
|  Waterscheidingskam |  Afwateringskanaal                             |
| <p>* Waterscheidingspunt</p>   |   |

Fig. 14 - Situeringsschets van de Avekapellekreek en omgeving.

DOORSNEDE 1



Legende.

-  zout
-  brak
-  zoet

Fig. 15 - Een W-O gerichte doorsnede doorheen de Avekapellekreek.

DOORSNEDE 2

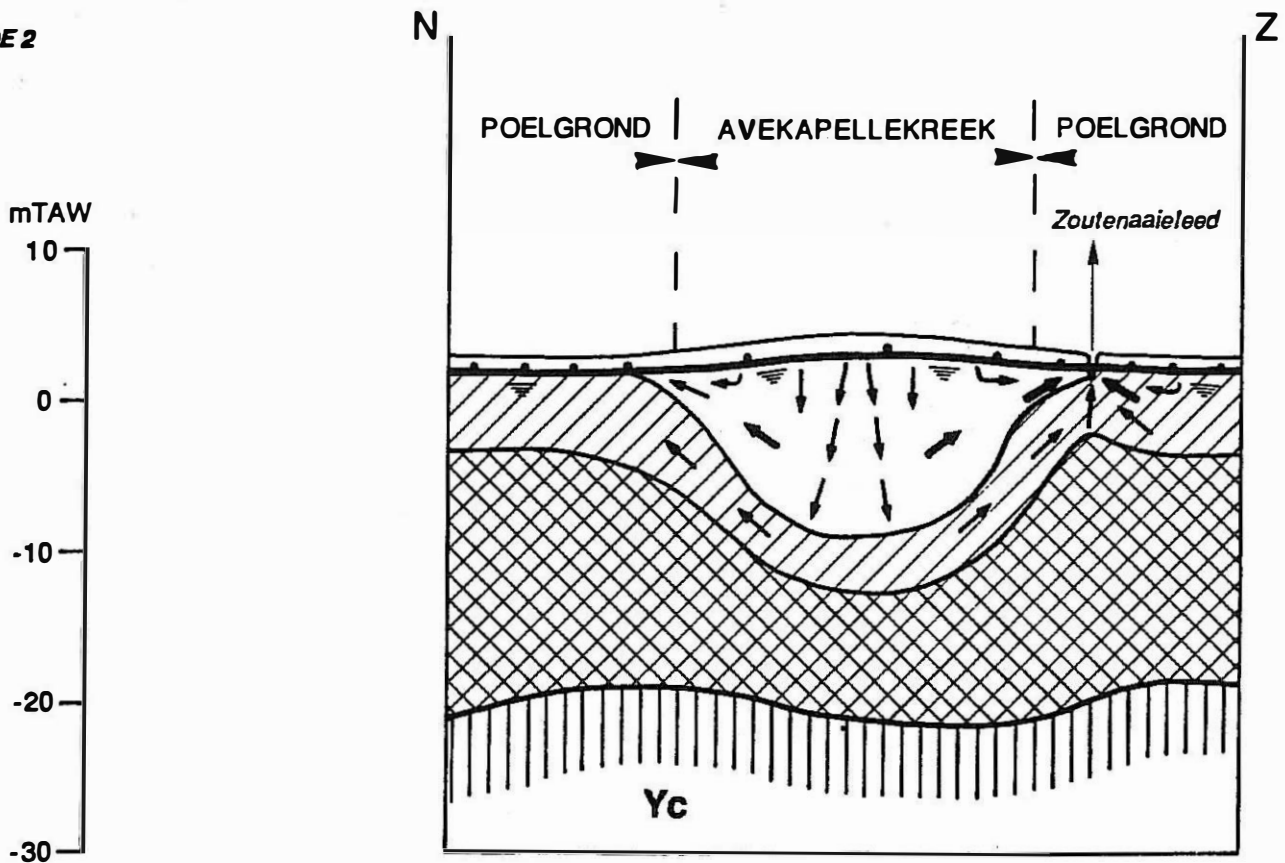
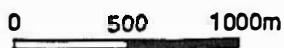
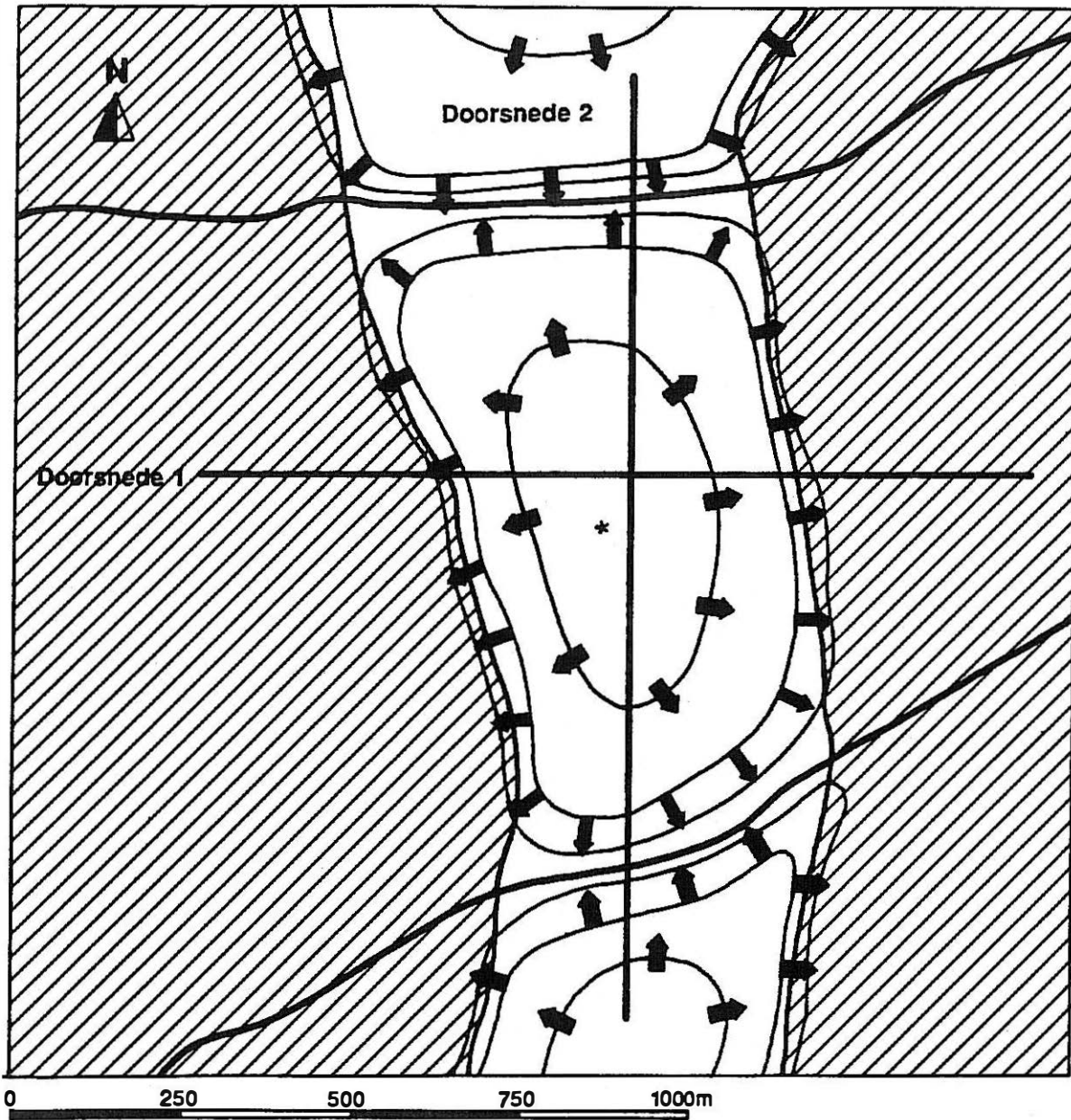


Fig. 16 - Een N-Z gerichte doorsnede doorheen de Avekapellekreek.











- |   |  |
|---|--|
|  Kreekrug            |  Lijnen van gemiddelde zoetwaterlijhoogte |
|  Poelgrond           |  Stromingsrichting                        |
|  Waterscheidingspunt |  Afwateringskanaal                        |

Fig. 17 - Situeringsschets van een zuidelijk gelegen kreekrug.

DOORSNEDE 1

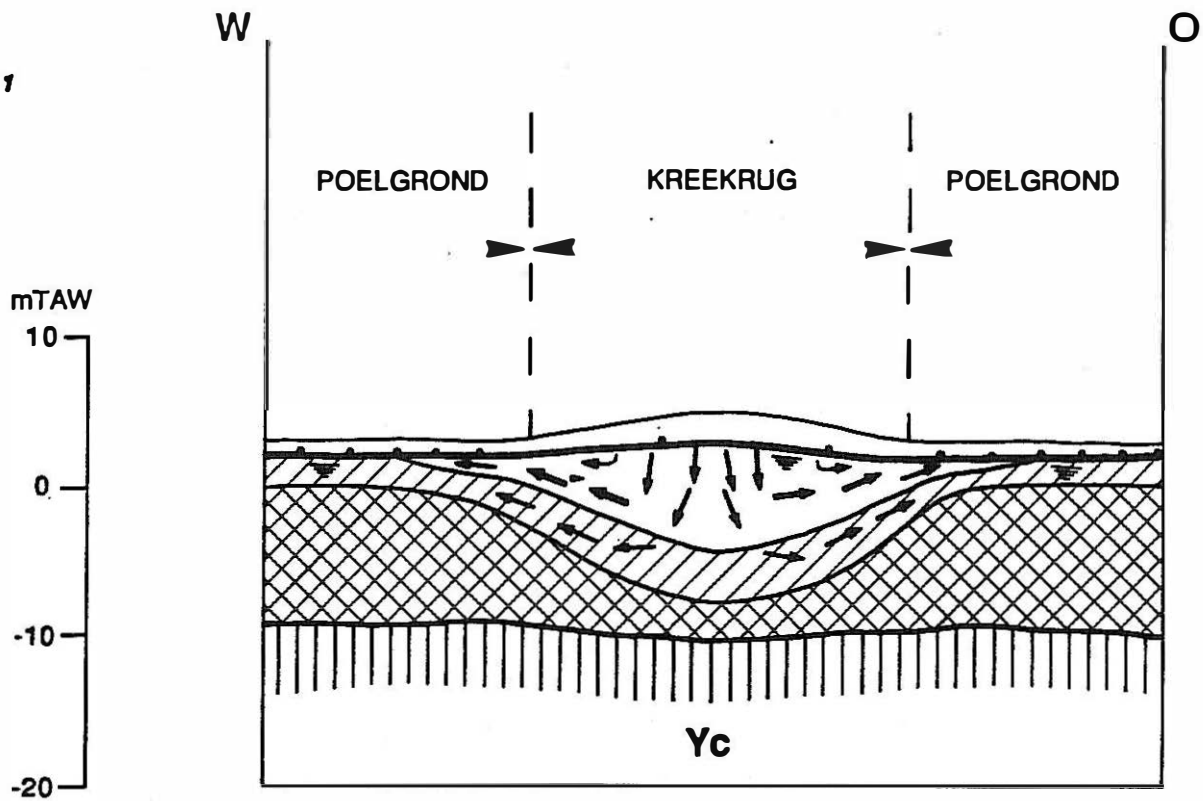


Fig. 18 - Dwarse doorsnede door de zuidelijke kreekrug.

- Legende:
-  zout
  -  brak
  -  zoet

DOORSNEDE 2

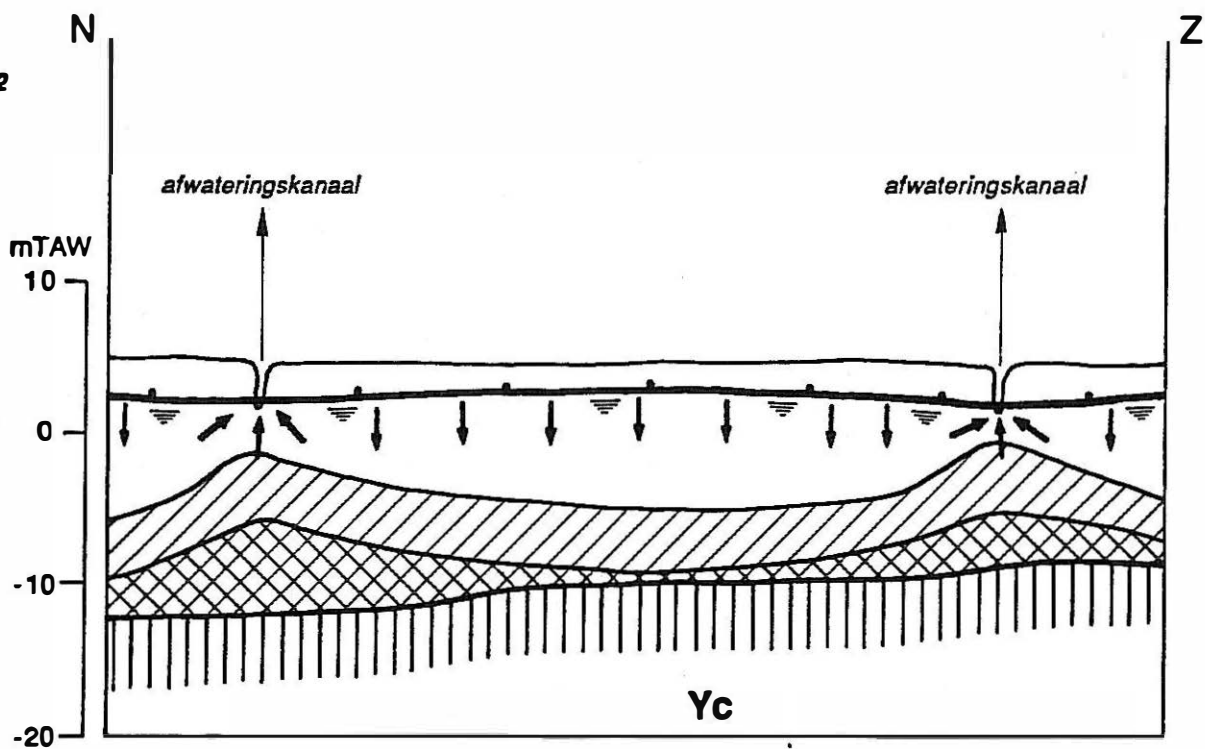


Fig. 19 - Overlangse doorsnede door de zuidelijke kreekrug.





mingsrichting.

Een gelijkaardige situatie kan ontstaan op het grensgebied kreekrug-afwateringskanaal als de stijghoogte in de kreekrug lager wordt dan het peil van de waterloop. De waterloop werkt dan irrigierend voor de kreekruggronden en omringende zones.

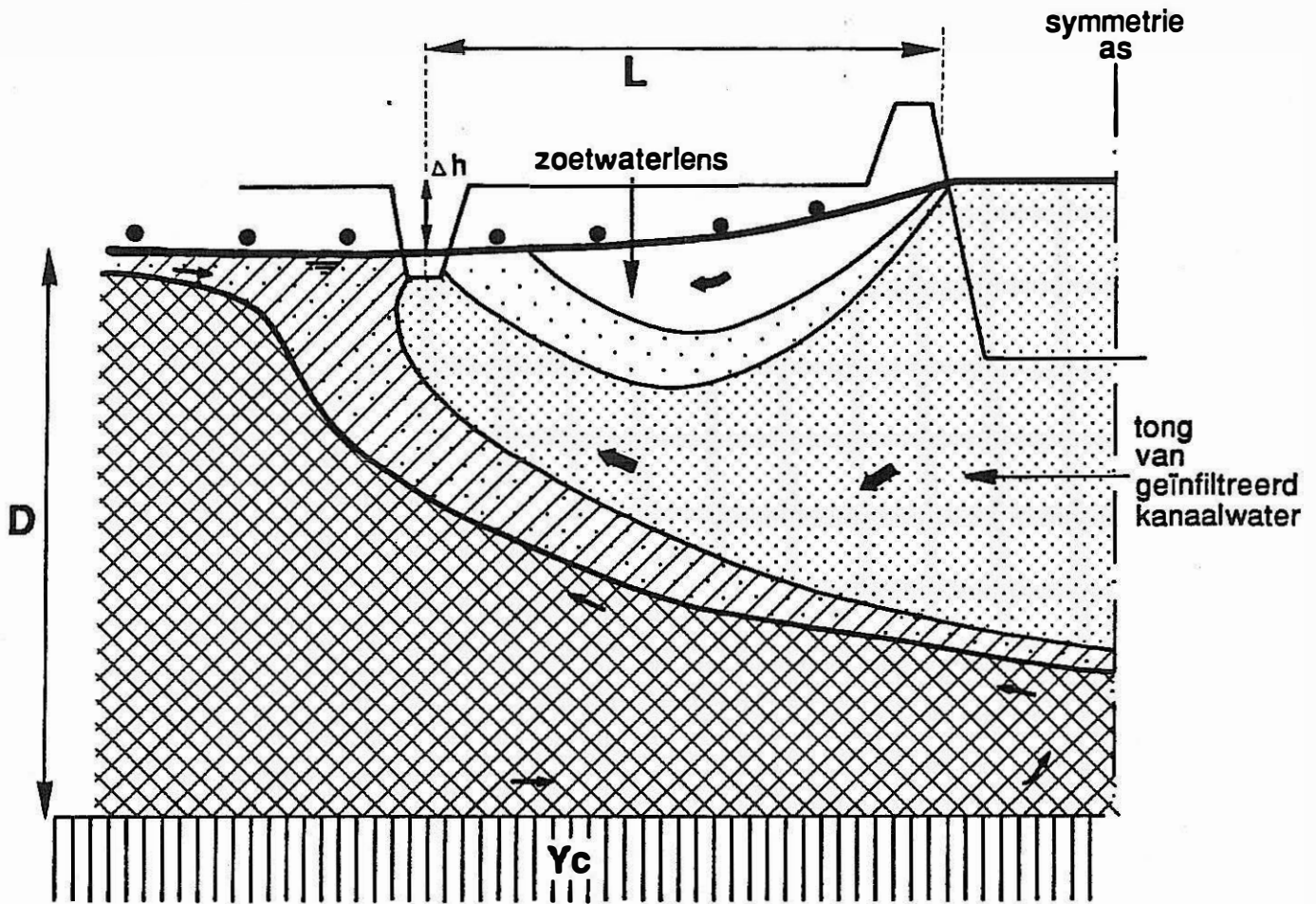
Deze uitzonderlijke, tijdelijke toestand hangt van meerdere factoren af. Het verschillend gebruik van de poelgrond en de kreekruggrond, respectievelijk als weiland en akkerland, betekent ook een verschil in waterverbruik. De kultuurgewassen zoals maïs, tarwe en suikerbieten, verbruiken bijna een dubbele hoeveelheid water dan grassen en beschikken over een wortelgestel dat meer dan 1 meter onder het maaiveld kan doordringen. Hierdoor daalt tijdens een droge zomer de watertafel sterker onder een kreekrug dan onder een poelgrond.

De interceptie van het neerslagwater is ook veel belangrijker voor akkerland dan voor grasland. Al deze factoren maken dat een grotere hoeveelheid via evapotranspiratie terug naar de atmosfeer gaat.



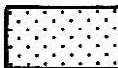



Het grote verschil in berging nabij de watertafel veroorzaakt voor eenzelfde hoeveelheid voeding van de verzadigde zone een grotere stijghoogtetoeename voor de poelgronden ( $S_0$  poelgrond <  $S_0$  kreekrug). Hierdoor kan een korte neerslagperiode een ommekeer van de stromingsrichting teweegbrengen.

Doorheen de polders werden kanalen aangelegd. Het zijn de kanalen Sint-Winoksbergen (Bergues)-Veurne, Duinkerke-(Veurne-)Nieuwpoort en de Lo-vaart. Het gemiddelde waterpeil van deze kanalen (ca. + 2.44 m TAW) ligt meestal hoger dan de gemiddelde grondwatertafelstand in de omliggende gebieden. Dit is eveneens het geval voor de gekanaliseerde IJzer stroomafwaarts van Elzendamme (gemiddeld waterpeil ca. + 3.11 m TAW). Dit betekent dat al deze kanalen water verliezen naar het grondwaterreservoir toe. Door deze infiltratie zal een grondwatercyclus ontstaan vanuit een kanaal naar de omliggende gronden. Als resultaat verkrijgt men een typische verdeling van drie verschillende hoofdwatertypes, namelijk water afkomstig uit de kanalen, geïnfiltreerd zout water in de omgeving van de kanalen en konaat zout of brak water. Deze typische verdeling wordt weergegeven in figuur 20. Aan beide zijden van

**Schematische weergave van een mogelijke grondwaterkwaliteitsverdeling in de omgeving van de kanalen in het poldergebied.**



**Legende:**

- |   |  |
|---|--|
|  zoet water  |  mengsel zoetwater-kanaalwater  |
|  kanaalwater |  mengsel kanaalwater-zout water |
|  zout water  |  drainagebuizen                 |

**Fig. 20 -**  
Grootte en vorm van de tong geïnfiltreerd kanaalwater en zoetwaterlens afhankelijk van plaatselijk opbouw van grondwaterreservoir en verloop van de gemiddelde watertafelstand.

het kanaal ontstaat een tong van geïnfiltreerd kanaalwater waarboven zich een lens van geïnfiltreerd zoet water bevindt en waaronder het konate brakke of zoute water voorkomt. Tussen de verschillende hoofdtypen water ontstaan er overgangszones die bestaan uit mengsels van verschillende hoofdtypes. De kwaliteit van het geïnfiltreerde kanaalwater en van het neerslagwater kan evenwel gewijzigd worden door een korter of langer verblijf in het grondwaterreservoir. In figuur 20 wordt slechts een schematische weergave voorgesteld van een mogelijke verspreiding van de verschillende typen grondwater rond het kanaal. De grootte en de vorm van de geïnfiltreerde kanaalwattong zijn er sterk afhankelijk van de plaatselijke opbouw van het grondwaterreservoir en van het verloop van de gemiddelde watertafel. De diepte van het kleisubstraat (D), de gelaagdheid en de doorlatendheid zijn de belangrijkste parameters, wat betreft de opbouw van het grondwaterreservoir, die deze verdeling zullen beïnvloeden. Het verloop van de gemiddelde watertafel langs het kanaal zal er hoofdzakelijk bepaald worden door het gemiddelde peil van het kanaal en de belangrijke drainagesloten in de omgeving, de onderlinge afstand tussen het kanaal en de drainagesloot (L) en de wijze van drainage van de omliggende gronden.

### **2.5.2. Knelpunten**

Het grootste gedeelte van de polders wordt ingenomen door poelgebieden. In deze gebieden komt brak water voor juist onder de watertafel of op een geringe diepte onder de watertafel (zie Kaart 1 en Kaart 4). Het zoutgehalte van het grondwater neemt er steeds sterk toe met de diepte. Door een diepere drainage van deze gronden zal het zoutgehalte van het grondwater dat voorkomt juist onder de watertafel toenemen. Op het einde van relatief droge periodes zal het zoutgehalte van het bodemvocht hierdoor groter worden.

Ook in de omgeving van belangrijke afwateringsgrachten in de kreekgebieden komt brak water voor op geringe diepte onder de watertafel. Door een verlaging van de gemiddelde jaarlijkse waterstand in de afwateringsgrachten zal er een merkelijke stijging plaats hebben van het contactvlak tussen zoet en brak

water waardoor eveneens het zoutgehalte van het bodemvocht kan toenemen op het einde van een droge periode.

Vanuit het oogpunt van de kwaliteit van het bodemvocht zijn onder de polders relatief hoge watertafelstanden te verkiezen boven relatief lage waterstanden.

In de drainagesloten van de polders wordt gestreefd naar een lage waterstand rond + 1,80 m TAW in de winter en rond + 2,10 m TAW in de zomer. Hoewel de waarnemingen beperkt zijn, kan men toch afleiden dat dit momenteel maximale standen zijn. Aanvankelijk werd het pompemaal te Nieuwpoort ontworpen om de gemiddelde polderstand nog verder te verlagen (tot + 1,65 m TAW). Hierdoor is het mogelijk bij hevige regenval de hoogwaterlijnen van de drainagegrachten zo laag mogelijk te houden. Tevens laat dit pompemaal toe tijdens hoge zeestanden de afwatering van het poldergebied te verzorgen (BELGROMA, 1980). Tijdens de zomer groeit echter de behoefte aan irrigatiewater van goede kwaliteit in het poldergebied. Vanuit dit standpunt wordt het nu opportuun geacht om de waterstanden tijdens de zomer zo hoog mogelijk te houden. In de Nieuwe Polder van Blankenberge, ten oosten van het projektgebied, werden zelfs enkele stuwen gebouwd en enkele waterlopen aangepast om de bevoeiing door middel van het effluent van de waterzuiveringsinstallaties van Brugge en Oostende efficiënt in te richten (DEMEYERE, 1990).

Tijdens de zomer is er eveneens in het poldergebied melding van veeziekte en sterfte tengevolge van het drenken van vee met water van een te hoog zoutgehalte.

Voor het komgebied van Lampernisse worden in het voorlopig ontwerp van structuurplan voor de ruilverkaveling Eggewaarts-kappelle voorzieningen getroffen tot het behoud van de bestaande slootpeilen. Uit de aanvullende ecotopenstudie blijkt dat dit graslandgebied nog als ecologisch zeer waardevol moet beschouwd worden wegens het voorkomen van een rijke slootvegetatie. De huidige streefpeilen, met name + 1,80 m TAW in de winterperiode en + 2,10 m TAW in de zomerperiode, houden een omkering in van het natuurlijke waterregime. Ze komen tegemoet aan de wens van de landbouwer tot verbetering en vervroegde terreintoegankelijkheid in het voorjaar en tot een voldoende watervoorziening in de zomer. Vanuit ecologisch standpunt

blijkt de omkering van de winterpeilen minder gunstig omwille van de mogelijkheid tot bevriezing van waterplanten en -dieren, en wegens de verdroging van de bij uitstek vochtgevoelige vegetatie in de periode van sterke groei in het voorjaar.

De in de polders aanwezig zoete grondwatervoorraden zijn momenteel moeilijk op een eenvoudige wijze te exploiteren.

De grondwaterwinning onder de Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde heeft een geringe capaciteit omwille van het verziltingsgevaar door opstijgend zout water uit het onderste gedeelte van de watervoerende laag. Een waterwinning die de zoetwaterlens zou exploiteren onder het kreekgebied van Avekappelle zou aan onmiddellijk verziltingsgevaar bloot staan waardoor de winningscapaciteit sterk beperkt zou worden.

## **2.6. ZUIDELIJKE IJZERVALLEI**

### **2.6.1. Omschrijving**

Door het uitvoeren van een reeks boringen en boorgatmetingen volgens drie verschillende doorsneden dwars door de zuidelijke IJzervallei was het mogelijk de opbouw van het grondwaterreservoir te onderkennen en de verspreiding van de verschillende soorten grondwater in beeld te brengen (ZEUWTS, 1991). De bestudeerde doorsneden zijn gelegen te Elzendamme, Stavele en Roesbrugge. De breedte van de vallei varieert er tussen 250 en 300 m.

De vallei is uitgeschuurd in de Ieperse klei (Yc) het diepste deel van de vallei is ingesneden tot het peil -12 à - 15 m TAW. De breedte van de diepste insnijding neemt af naar de Frans-Belgische grens toe. Ze bedraagt te Elzendamme 100 m, te Stavele 90 m en te Roesbrugge 60 m. De vallei is voor het grootste gedeelte opgevuld met fijne sedimenten. Deze opvulling werd opnieuw doorsneden door een getijdegeul die later opgevuld werd met overwegend zandig materiaal en vormt nu de kreekgebieden. De dikte van de zandige opvulling is slechts 4 m te Roesbrugge en neemt toe stroomafwaarts de IJzer tot ca. 8 m ter hoogte van Elzendamme. De breedte van het kreekgebied schommelt tussen 75 en 125 m.

De ligging van de IJzerkreek verschilt van de huidige loop van

de IJzer.

Een doorsnede ter hoogte van Elzendamme (Fig. 21) geeft een vrij goed en algemeen beeld van de verdeling van het grondwater in de zuidelijke IJzervallei. Het gebied wordt langs beide zijden begrensd door de hogere gelegen overdekte pleistocene gronden.

De vallei is zo goed als volledig verzadigd met brak en zout water. Ter hoogte van de IJzerkreek is er, tengevolge van infiltratie van een gedeelte van het neerslagoverschot een lens ontwikkeld met een laag zoutgehalte. Onder de poelgronden komt het zout water ondiep voor. De ondergrondse stromingen zijn hoofdzakelijk naar de IJzer toe. De IJzer veroorzaakt een opwaartse stroming van het dieper gelegen zout water. Vanuit het grensgebied is er eveneens een stroming naar de IJzervallei toe, die voor een toevoer van zoet water, vanuit de hoger gelegen gebieden (Zandleemstreek) zorgt. Deze toevoer van zoet water maakt het grondwater aan de randen van de vallei minder zout.

Algemeen kan gesteld worden dat de laaggelegen poelgronden hoofdzakelijk water bevatten met een mariene samenstelling door de zeer moeilijke infiltratie van het neerslagoverschot. Het zoetere grondwater komt vooral voor onder de kreekkruggen als gevolg van de infiltratie van een gedeelte van het neerslagoverschot en aan de randen van de vallei, afkomstig van de toestroming vanuit de aangrenzende zandleemstreek.

Een andere belangrijke vaststelling is dat het zoutgehalte van het grondwater afneemt naarmate de afstand tot de zee toeneemt.

### **2.6.2. Knelpunt**

De zuidelijke IJzervallei is opgevuld met fijne sedimenten die zeer weinig doorlatend zijn. Alleen het zandige materiaal onder de kreekgebieden is voldoende doorlatend om hierin waterwinningsputten aan te brengen. Het zoutgehalte van het grondwater is te hoog om aan te wenden als drinkwater.

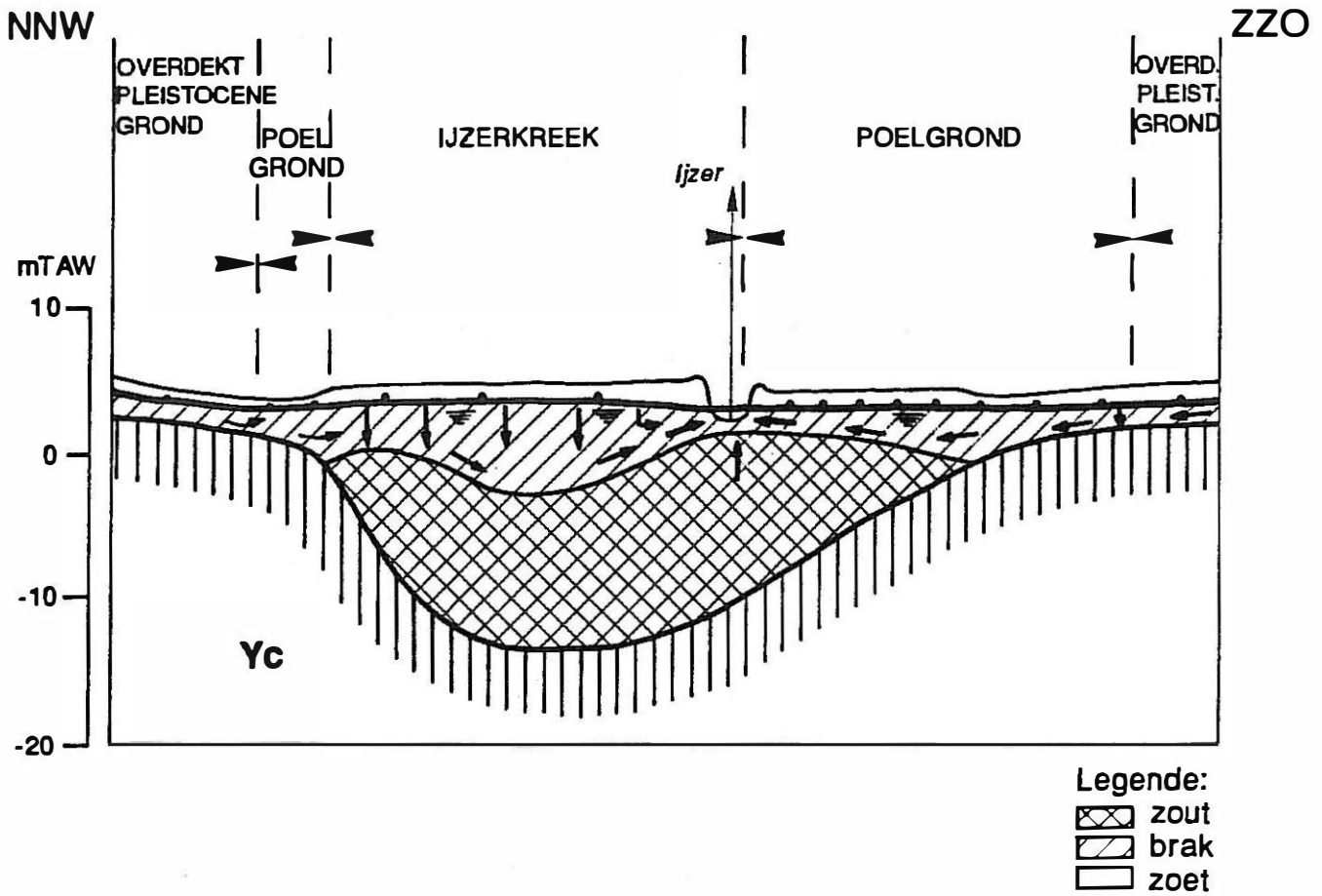


Fig. 21 - Dwarse doorsnede doorheen de IJzervallei te Elzendamme.



## **2.7. ZANDLEEMSTREEK**

### **2.7.1. Omschrijving**

De zandleemstreek die enkel in het zuidwesten van het projectgebied voorkomt, wordt vanwege zijn hogere topografische ligging ook wel Plateau van Izenberge genoemd. De Ieperiaanklei (Yc), die op sommige plaatsen dagzoomt, is meestal bedekt door niveo-eolische en niveo-fluvatieve afzettingen van Pleistocene ouderdom. Deze hoofdzakelijk zand-lemige kwartaire afzettingen zijn meestal minder dan 5 m dik.

De Ieperiaanklei is een zeer slecht doorlatende afzetting waarin grondwaterstromingen als verwaarloosbaar klein kunnen beschouwd worden. In het zandlemige materiaal is de grondwaterstroming evenwel groter alhoewel het niet mogelijk is er grondwater te winnen in belangrijke hoeveelheden. De grondwaterstroming is er klein vanwege de geringe doorlatendheid van de afzettingen. De grondwaterstromingen volgen grotendeels deze van het oppervlaktewater, met andere woorden grondwaterscheidingslijnen vallen er nagenoeg samen met oppervlaktewaterscheidingskammen. Enkel vanuit de randen van de zandleemstreek is er een grondwaterstroming naar de omringende lager gelegen gebieden. De afwateringsgebieden van de aanwezige waterlopen zullen in beeld gebracht worden op kaart 2.

### **2.7.2. Knelpunt**

In het gebied kan enkel grondwater in kleine hoeveelheid gewonnen worden door ondiepe ringputten. Doordat hierdoor water onttrokken wordt afkomstig van een geringe diepte staan deze putten meestal bloot aan nitraatverontreiniging.



### 3. WATERVOORZIENING VAN PROJECTGEBIED

#### 3.1. INLEIDING

In het projektgebied komen wat betreft oppervlaktewater- en grondwaterbeheer de volgende knelpunten voor.

Tijdens de winter zijn er grote hoeveelheden oppervlaktewater van goede kwaliteit voorhanden in het gegeven projektgebied. Dit water wordt door het dichte netwerk van oppervlakkige drainagesloten zo vlug mogelijk uit het projektgebied verwijderd en in zee geloosd. Tijdens de zomer is in het projectgebied een groot tekort aan drink- en irrigatiewater. Door de grondwaterwinningen in het duingebied zijn er twee grote ontwateringstrechters ontstaan; hierdoor is zelfs ook in de omliggende gebieden de watertafel sterk verlaagd met negatieve gevolgen voor de flora en fauna. Tengevolge van deze winningen bestaat er thans een grote onverzadigde zone die tijdens de winter zou kunnen dienen als ondergronds reservoir voor het stockeren van het beschikbare water. Door de plaatselijke sterke pompings in de duinen ontstaat ter hoogte van de waterwinning een stroming van zout water in de richting van de waterwinningen zowel van onder het strand als van onder de polders. Verandert men niets aan het beheer van deze waterwinningen dan zal het Cl<sup>-</sup> en het zoutgehalte binnen een afzienbare tijd boven de drinkwaternormen uitstijgen.

In het projektgebied zijn dus alle elementen voorhanden om tot een optimaal beheer van het water in het gebied te komen. In de winter is er een overschot aan oppervlaktewater van een goede kwaliteit aanwezig. In de duinen is er de nodige ondergrondse stockageruimte, terwijl de kreekgebieden als ideale innamegebieden kunnen beschouwd worden waar met een minimale kost aan voorbehandeling een infiltratie- en een injectiewater kan verkregen worden van zeer goede kwaliteit.

### **3.2. INFILTRATIE EN/OF INJEKTIE VAN WATER**

#### **IN WATERWINNINGSGBIEDEN VAN JONGE DUINEN**

##### **3.2.1. Schets van te nemen maatregelen**

Een eerste schema om tot een optimaal beheer te komen van het water in het studiegebied kan dan ook als volgt geschetst worden. Gedurende de wintermaanden (december, januari, februari, maart) zou het oppervlaktewater afkomstig van de zandleemstreek en van het poldergebied kunnen voorbehandeld worden op de Avekapellekreek. Hiervoor is de aanleg van een innamekanaal tussen de Kromme Gracht en de Oude Aa-vaart over de Avekapellekreek noodzakelijk. Het kanaal zou minstens 8 m breed moeten zijn. Het is in het voordeel van de functie van het kanaal dat deze een kronkelig verloop zou vertonen. Bij de aanleg zou dan ook best rekening gehouden worden met de reeds bestaande grachten en met de nu aanwezige perceelsgrenzen binnen het gebied. Op figuur 22 is het gebied aangeduid waarbinnen dit kanaal zou kunnen getrokken worden. Aan weerszijden ervan zou een aantal pompputten moeten geboord worden. Een deel hiervan hebben hun filterelement in het bovenste gedeelte van de freatische watervoerende laag; ze zouden het zoete water opvangen. De overige hebben hun filterelement in het onderste gedeelte van de freatische watervoerende laag en zouden het zout water oppompen. Deze laatste zijn er voorlopig nodig om te beletten dat het zoete water gedeeltelijk gemengd wordt met het aanwezige zout water. De winningsputten worden aangelegd op wisselende afstand van het kanaal. Dit kan gebeuren binnen een strook grond die minstens 25 m breed is (inclusief kanaalbreedte). Door deze wisselende afstanden zouden de reistijden van het ingenomen water tot de winningsputten sterk verschillen en zou men aldus een optimale menging bekomen van ingenomen water. Zo zou het interessant zijn dat het kanaal niet steeds in het midden voorkomt van de strook grond voorzien voor het plaatsen van de winningsputten. Het waterpeil in het aangelegde kanaal dat doorheen het Avekapelle kreekgebied loopt zou hoger gehouden worden dan de waterstand van de Kromme Gracht en de Oude Aa-vaart. Hiervoor zou het nodig zijn ter hoogte van de verbindingen tussen het nieuwe kanaal ener-

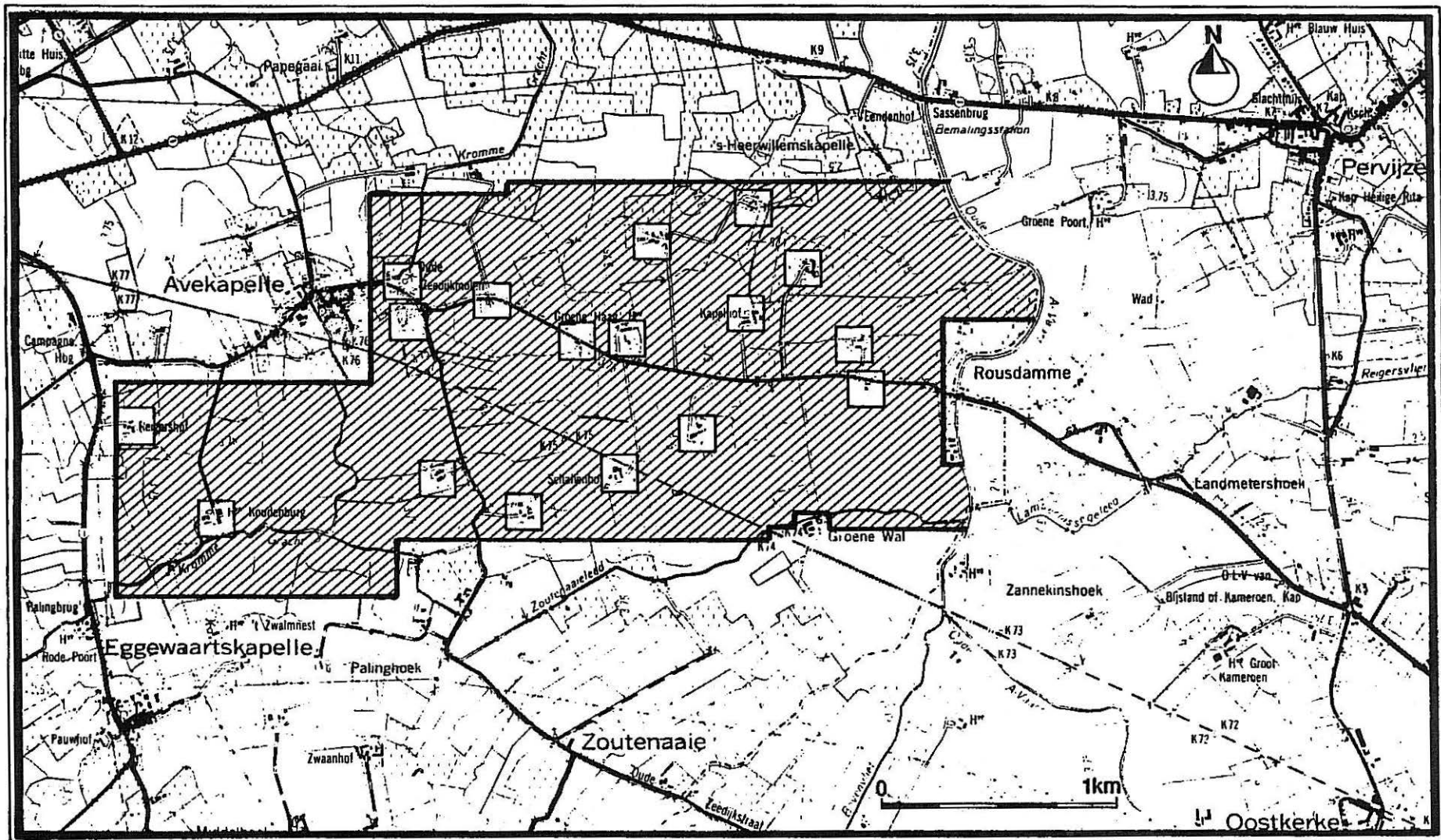


Fig. 22 - Gebied waar innamekanaal kan getrokken worden (gearceerd).

zijds en de Kromme Gracht en de Oude Aa-vaart anderzijds stuwen te konstrueren en pompen te voorzien die het mogelijk maken het peil in het nieuwe kanaal te regelen zodat de water-tafelstanden die thans voorkomen langsheen het tracé in de overeenkomende periode zo goed mogelijk kunnen gerespekteerd worden. Daar het kanaal doorheen de Avekapellekreek loopt zal deze waterstand hoger zijn dan de waterstanden van de Kromme Gracht en van de Oude Aa-vaart. Op de voorziene strook grond zou verder een weg aangelegd worden voor het onderhoud van de putten en zou een aanplanting kunnen aangebracht worden die in overeenstemming is met de vroege aanplanting op de kreekruggebieden. Zo zou het landschappelijk contrast tussen de kreek- en poelgebieden terug meer tot uiting komen zoals deze bestond voor wereldoorlog I.

Het opgevangen zoet water zou een mengsel zijn van waters die op verschillende tijdstippen opgenomen worden in het kanaal. Een beperkte voorbehandeling van het water zou volstaan om infiltratie- en injektiewater te verkrijgen.

Doordat het water reeds een korte passage door de ondergrond heeft doorgemaakt zou deze voorbehandeling sterk kunnen gereduceerd worden, namelijk tot een beluchting en een ontijzering. Het aldus voorbehandelde zoete water zou geleid worden tot in de duinen waar het als infiltratie- en/of injektiewater zou kunnen aangewend worden. Het zoute water zou naar zee moeten geleid worden. Dit kan gebeuren door een gescheiden leiding die echter voor het grootste gedeelte het zelfde tracé zou volgen als de leiding die het zoete infiltratiewater naar de duinen leidt. Het grootste gedeelte van deze leidingen zou aldus gezamenlijk kunnen aangelegd worden. Het extra stuk leiding naar de zee zou aldus tot een minimum beperkt worden. Op deze wijze kan gedurende de vier wintermaanden minstens 2 miljoen m<sup>3</sup> injectie- en/of infiltratiewater geproduceerd worden. Na een relatieve korte periode (tussen 3 à 4 jaar) zal het opgepompte water uit het onderste gedeelte van de watervoerende laag zodanig verzoet zijn dat dit water eveneens kan voorbehandeld worden en aangewend worden als infiltratiewater. Na deze periode zal de produktie van injectie- en/of infiltra-

tiewater zeker kunnen verdubbelen.

Indien men enkel het oppervlaktewater beschouwt dat afstroomt langs de Kromme Gracht en de Oude Aa-vaart zou men het inname systeem continue in bedrijf kunnen houden gedurende de wintermaanden december, januari, februari en maart. Deze innameperiode zou echter kunnen verlengd worden indien men eveneens toelaat water van de IJzer op te nemen. Om water van de IJzer tot in het gebied te krijgen zijn verschillende alternatieven mogelijk. Het water kan er ofwel via de bestaande poldergrachten geleid worden of kan stroomopwaarts opgenomen worden waar het dan via een korte aan te leggen leiding, bestaande grachten van de zandleemstreek, tot in de Kromme Gracht kan toevoelen (VAN HOUTTE et al., 1992). Op deze wijze zou de produktieperiode van het injectie-infiltratiewater verlengen en zou de produktiekapaciteit proportioneel kunnen toenemen met de produktieperiode.

In het duingebied zou tijdens de winterperiode het water kunnen gestockeerd worden in de ondergrond van de waterwinningsgebieden van de duinen. Dit zou gebeuren door een combinatie van infiltratiekanalen en injectieputten. Hierdoor zal de watertafel niet alleen stijgen in de waterwingebieden maar ook in de omliggende gebieden. Deze stijging betekent echter niet dat het geïnjecteerde en/of geïnfiltreerde water in deze gebieden terecht komt. Door de injectie en infiltratie ontstaat er ondergronds een lens van water waarvan de kwaliteit verschillend is van deze van duinwater. De volumetrische uitbreiding van de lens is zeer traag. Dit is in tegenstelling met de propagatie van de drukstijging in het grondwaterreservoir. De ruimtelijke uitbreiding van de drukstijging in het grondwaterreservoir tengevolge van injectie en/of infiltratie is veel groter en gebeurt veel sneller dan de volumetrische uitbreiding van de lens van geïnjecteerd en/of geïnfiltreerd water. Door deze drukstijging in het grondwaterreservoir zal de grondwatertafel in deze omliggende gebieden sterk stijgen en zal de watertafel met het natuurlijk geïnfiltreerde regenwater ondieper onder het maaiveld komen te liggen. Tijdens en op het einde van de winter zullen de pannen in de omliggende

gebieden terug onder water komen te staan met het natuurlijke duinwater. De watertafelschommelingen in de gebieden nabij het infiltratie-, injectie- en waterwinningsgebied zullen de natuurlijke schommeling dichter benaderen dan in het geval dat men alleen grondwater zou winnen. De ruimtelijke uitbreiding van de grondwaterlens met een kwaliteit verschillend van duinwater kan door een gepaste opstelling van winnings-, injectie- en infiltratieputten binnen het waterwingebied gehouden worden.

Tijdens de passage doorheen de freatische watervoerende laag in het waterwingebied zullen aanvankelijk talrijke chemische reacties plaats hebben tussen het geïnjecteerde en/of geïnfiltreerde water en het reservoirgesteente. Eén van de interessantste van deze reacties is de reductie van nitraten. Naarmate de injectie en/of infiltratie voortduurt zal het grondwaterreservoir meer in evenwicht komen met het geïnjecteerde en/of geïnfiltreerde water zodat de intensiteit van deze chemische reacties zullen verminderen. Doordat de winningsputten water oppompen dat op verschillende tijden geïnjecteerd en/of geïnfiltreerd wordt, verkrijgen we nog eens een menging van het geïnfiltreerde en geïnjecteerde water waardoor de kwaliteits- en de temperatuurschommelingen sterk gemilderd worden. Hierdoor wordt de behandeling van het grotendeels geïnjecteerde of geïnfiltreerde water veel goedkoper dan bij het behandelen van water dat opgeslagen wordt in een spaarbekken. Door de ondergrondse stockage van het water zullen tijdelijk sterke grondwaterstromingen ontstaan zowel naar de zee als naar de polders toe waardoor de stroming van zout en brak water naar de waterwingebieden kan gekeerd worden.

Voor de periode 1960-1990 werd de probaliteitsverdeling van de neerslag tijdens de maanden december tot en met maart uitgezet (E. VAN HOUTTE et. al., 1992). Hieruit bleek dat in 5 % van de gevallen de neerslag groter is dan 327 mm, in 20 % van de gevallen groter is dan 266 mm, in 50 % van de gevallen groter dan 214 mm, in 80 % van de gevallen groter dan 155 mm en in 95 % van de gevallen groter dan 102 mm.

Uit deze verdeling kan worden afgeleid hoeveel water tijdens

deze wintermaanden uit het studiegebied wordt afgevoerd. Voor een gebied van 300 km<sup>2</sup>, dit is ongeveer de oppervlakte van de polder en de zandleemstreek in het projektgebied, wordt in 50 % van de gevallen gedurende de vier wintermaanden minstens 45 miljoen m<sup>3</sup> zoet water uit het gebied afgevoerd naar de zee. In 95 % van de gevallen is dit minstens 21,4 miljoen m<sup>3</sup> zoet water dat uit het gebied afgevoerd wordt. Hierbij wordt verondersteld dat overal in het gebied een analoge hoeveelheid afgevoerd wordt als dit het geval is in "De Moeren", hetgeen een relatief goede benadering is voor het poldergebied. Deze veronderstelling geldt minder voor de zandleemstreek.

Indien de Avekapellekreek als innamegebied weerhouden wordt, moet er naar gestreefd worden dat het water op de innamepunten aan de Kromme Gracht en aan de Oude Aa-vaart zo weinig mogelijk verontreinigd moet zijn en dit vooral tijdens de periode van inname en eventueel een periode een tweetal maand vooraf. De Kromme Gracht heeft tot op het huidige ogenblik een waterkwaliteit die tot de beste van het gebied behoort. Dit is vooral te wijten aan het feit dat de landbouwbedrijven een grote oppervlakte landbouwgronden ter beschikking hebben en dat de varkensteelt in het afwateringsgebied van de Kromme Gracht eerder beperkt is. Het spreekt vanzelf dat aanvoer van meststoffen uit andere gebieden naar het afwateringsgebied van de Kromme Gracht en het gebied dat afwatert langs de Oude Aa-vaart zoveel mogelijk moet beperkt of verhinderd worden. Op kaart 5 is de zone aangegeven waar de aanvoer van meststoffen uit andere gebieden zoveel mogelijk moet beperkt worden.

### **3.2.2. Beoordeling**

Het nemen van de hierboven vermelde maatregelen zal toelaten een gedeelte van het water, dat tijdens de winter overvloedig in het projektgebied aanwezig is, ondergronds te stockeren en aldus beschikbaar te houden voor periodes (de zomer) met een grote vraag naar drinkwater. Hierdoor zou op ieder ogenblik voldaan kunnen worden aan de vraag naar drinkwater in het projektgebied.

Tevens zou aldus de inname van nieuwe gronden voor de water-

voorziening tot een minimum kunnen beperkt worden. De gebieden die nu reeds voorzien zijn voor de watervoorziening zouden aldus optimaler benut worden en het dreigende verziltingsgevaar van deze winning zou aldus worden gekeerd. De bouw van een spaarbekken voor het oppervlakkig stockeren van een zelfde hoeveelheid water zou een inname vergen van nieuwe gronden die een orde van grootte groter is en die het gebied landschappelijk meer zou beïnvloeden. De kapitaalsinvestering van de voorgestelde optimalisatie van de bestaande winning kan op minder dan de helft geraamd worden dan deze voor de aanleg van een spaarbekken.

Door de dubbele passage door de ondergrond (één maal in het innamegebied en één maal in het infiltratie-winningsgebied) zou een optimale menging verkregen worden van het ingenomen water en later van het geïnjekteerde en/of geïnfiltreerde water met het duinwater. Hierdoor zal de kwaliteits- en de temperatuursschommelingen van het te behandelen water tot een minimum herleid kunnen worden. De kosten van het te behandelen water zal een orde van grootte kleiner zijn dan de kosten van het behandelen van water uit een spaarbekken dat een grote variatie van kwaliteit en temperatuur kent. De uitbatingskosten bij ondergrondse stockage is dus veel geringer dan bij bovengrondse stockage.

Het ondergrondse gestockeerde water is beter beschermd tegen mogelijke fall out. Bij een calamiteit kan de inname van oppervlaktewater onmiddellijk stop gezet worden en kan een beroep gedaan worden op de ondergrondse gestockeerde voorraden. Dit is terug in tegenstelling met water gestockeerd in oppervlaktewaterbekkens. Daarom is het dan ook goed dat in een bepaald gebied niet alle water opgeslagen wordt in oppervlaktewaterbekkens.

Door de toevoer van water naar de reeds bestaande winningen in het duingebied zal de waterstand in de omliggende duingebieden een schommeling verkrijgen die dichter de natuurlijke schommelingen benadert dan nu het geval is met een waterwinning die uitsluitend grondwater oppompt.



De gemiddelde produktiekosten per m<sup>3</sup> meter drinkwater zal bij de voorgestelde produktiewijze hoger liggen dan de huidige waarbij enkel duinwater gewonnen en behandeld wordt. Tegenwoordig wordt echter roofbouw gepleegd door de plaatselijke overexploitatie van de duinwaterlens.

De voorgestelde produktiewijze vergt de verwerving van enkele technologieën die voor Vlaanderen nieuw zijn. De uitbouw van deze nieuwe produktiewijze zal dus toelaten dat nieuwe kennis verzameld wordt die kan aangewend worden voor de produktie van drinkwater in andere gebieden in Vlaanderen en elders in de wereld.

Doordat het gebied zoveel als mogelijk in zijn eigen behoefte aan drinkwater kan voldoen zal zo min als mogelijk een beroep moeten gedaan worden op waterbronnen van buiten het gebied die nu ook reeds overgeëxploiteerd zijn en die elk op zich eveneens zijn limiterende factoren en stress op het omgevende milieu uitoefenen.

### **3.3. ALTERNATIEVEN**

Voor de watervoorziening van het projektgebied werden naast het hierboven beschreven schema nog enkele andere alternatieven uitgewerkt.

#### **3.3.1. Waterwinning uit de diepe watervoerende lagen**

Zowel in de waterwinning van De Panne als in de waterwinning in de Doornpanne (Koksijde) kunnen diepe winningsputten geboord worden tot in het Landeniaan. Deze gespannen watervoerende laag komt voor op ca. 150 m diepte. Het opgepompte water zou in beide plaatsen gemengd worden met het gewonnen duinwater door het gezamenlijk te behandelen in de bestaande ontginningsstations. Gelet op het geringe doorlaatvermogen en de bijzondere waterkwaliteit van deze watervoerende laag zal de winbare hoeveelheid water uit deze laag beperkt zijn. Steunend op waterkwaliteitsgegevens van landeniaanputten gelegen te Veurne en Nieuwpoort en ten zuiden van de lijn getrokken

tussen de twee bovengenoemde steden en steunend op het doorlaatvermogen afgeleid uit waarnemingen van een pompproef op deze watervoerende laag te Poperinge kan afgeleid worden dat maximaal 260.000 m<sup>3</sup>/jaar zou kunnen gewonnen worden in de waterwinning van de Doornpanne en 345.000 m<sup>3</sup>/jaar in de waterwinning van De Panne. Het aanpompen van water uit de Landenianaan watervoerende laag zal geen schade toebrengen aan de waterwinningen van de bedrijven op het industrieterrein van Veurne. Zettingen tengevolge van de pompingen in het Landenianaan zijn klein. Momenteel voert het IWVA een pompproef uit in de Doornpanne die zal toelaten het doorlaatvermogen en de waterkwaliteit ter plaatse te bepalen. Deze gegevens zullen toelaten de mogelijke maximale te winnen debieten uit het Landenianaan nauwkeuriger te bepalen. In een verdere toekomst kunnen ook deze lagen in aanmerking komen voor het stockeren van in de winter overtollige water in de bestaande waterwingebieden, de Doornpanne, De Panne en Cabour en in het innamegebied van de Avekapellekreek.

### **3.3.2. Optimaliseren van de Cabourwaterwinning**

In dit waterwingebied zouden in eerste instantie waterwinningssputten worden geplaatst met hun filterelement in het onderste gedeelte van de watervoerende laag. Aanvankelijk zou dan gedurende de vier wintermaanden december tot en met maart zout water opgepompt kunnen worden (ca. 28.000 m<sup>3</sup>/maand). Door de aanleg van een multifunctionele leiding tussen de waterwinningen van Cabour en De Panne kan dit zout water afgevoerd worden tot in de waterwinning van De Panne waar het dan via een speciale leiding naar de oude rioolkollektor van De Panne en zo naar zee kan afgevoerd worden.

Indien echter zoet water zou geïnfiltreerd worden in het waterwingebied van Cabour door middel van infiltratiekanalen en/of door infiltratie vanuit natuurlijke duinpannen (totale oppervlakte ca. 12.000 m<sup>2</sup>) zou het debiet aan opgepompt zout water kunnen opgevoerd worden (tot ca. 100.000 m<sup>3</sup>/maand gedurende de vier wintermaanden). Hiervoor zou 72.000 m<sup>3</sup>/maand aan infiltratiewater beschikbaar moeten zijn gedurende de vier

wintermaanden.

Deze tijdelijk zoutwaterwinning onder het waterwingebied van Cabour zou toelaten het ganse grondwaterreservoir tot op de Ieperse klei te verzoeten waardoor de waterwinkapaciteit van deze waterwinning zou kunnen verhoogd worden.

Zonder inbreng van infiltratiewater zou na de volledige verwijdering van het zoutwater onder Cabour de te winnen waterkapaciteit van 200.000 m<sup>3</sup>/jaar naar ca. 500.000 m<sup>3</sup>/jaar kunnen opgevoerd worden. Door de aanbreng van infiltratiewater zou de waterwinkapaciteit van Cabour verder kunnen opgedreven worden tot 800.000 m<sup>3</sup>/jaar.

Momenteel is de kwaliteit van het oppervlaktewater in de onmiddellijke omgeving van de Binnenduinen van Adinkerke-Ghyvelde onvoldoende om als infiltratiewater gebruikt te worden. Het zoutgehalte van het water in de Ringsloot is momenteel te hoog. Naast het hoge zoutgehalte van de Langeleed is deze bovendien nu nog steeds verontreinigd. De biologische kwaliteit van de Parlementsgracht en het eerste deel van het Langeleed, richting Adinkerke, was in 1990 slecht, BI=4, te Adinkerke had het Langeleed terug een matige biologische kwaliteit, BI=6 (VMM, 1990).

Door het verwijderen van het zout water onder de Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde zou het zoutgehalte van de Ringsloot in de toekomst dalen zodat dit water bruikbaar zou kunnen worden als infiltratiewater. De dichtste waterloop die momenteel voldoende water kan leveren van geschikte kwaliteit is de bovenloop van de Kromme Gracht te Bulskamp. Indien het waterwingebied van De Panne eerst zou uitgebouwd worden tot infiltratie-injectie-winningsgebied dan zou één leiding van de multifunctionele leiding tussen Cabour en De Panne kunnen zorgen voor de aanvoer van infiltratiewater uit de waterwinning van De Panne.

### 3.3.3. Waterwinning op het vliegveld te Koksijde

Uit een recente studie blijkt dat de mogelijkheid bestaat om zoet water te winnen op het vliegveld van Koksijde. De studie omvatte het uitvoeren van elf proefboringen en een dubbele pompproef. De proefboringen lieten toe een inzicht te verkrijgen in de opbouw van de kwartaire afzettingen. Door de dubbele pompproef was het mogelijk de hydraulische parameters van de verschillende lagen van het kwartaire grondwaterreservoir nauwkeurig te bepalen.

Uit deze studie bleek dat het grondwaterreservoir opgebouwd is uit twee doorlatende en twee slecht doorlatende lagen. Het bestudeerde grondwaterreservoir is onderaan begrensd door de Ieperse klei, die als een zeer slecht doorlatende laag kan beschouwd worden.

De onderste doorlatende laag K1 heeft er een dikte van ca. 11 m en heeft een horizontale doorlatendheid van 25,6 m/d. De bovenste doorlatende laag K3 heeft er een dikte van ca. 7 m en een horizontale doorlatendheid van 17,1 m/d. De specifieke elastische berging van de K1- en de K3-afzettingen is respectievelijk gelijk aan  $6,4 \cdot 10^{-5}$  en  $1,2 \cdot 10^{-4}$  m<sup>-1</sup>. Tussen deze twee doorlatende lagen bevindt zich een slecht doorlatende laag van ca. 8 meter dikte met een hydraulische weerstand gelijk aan 1160 dagen. Het grondwaterreservoir is bovenaan begrensd door de watertafel die zich bevindt in een slecht doorlatende laag K4. De hydraulische weerstand tussen de watertafel en de K3-afzettingen bedraagt ongeveer 275 dagen.

Door de grote doorlatendheid van de onderste doorlatende laag K1, door de grote hydraulische weerstand van de slecht doorlatende laag K2 en door de eveneens grote doorlatendheid van laag K3 zou het mogelijk zijn een waterwinning uit te bouwen in de onderste doorlatende laag K1.

Door middel van 7 waterwinningsputten, op een onderlinge afstand van 100 m van elkaar, zou het mogelijk zijn om tegen de duinrand aan, het natuurlijke afvloeiend duinwater op te vangen. Het geschatte opgevangen debiet zou 920.000 m<sup>3</sup>/jaar

bedragen. Door de grote hydraulische weerstand van de slecht doorlatende laag K2, enerzijds, en door de relatief grote doorlatendheid van laag K3 anderzijds zal de daling van de watertafel door deze winning zeer traag op gang komen. Ze zal maximaal iets meer dan 0,4 m bedragen na 2 jaar pompen. In de zeer slecht doorlatende laag K2 is momenteel brak water opgesloten. Door de grote hydraulische weerstand van deze laag zal dit brak water slechts zeer langzaam vrij gegeven worden door deze laag. Het zoutgehalte van het gewonnen water uit de doorlatende laag K1 zal hierdoor amper stijgen en zal steeds beneden de drinkwaternormen blijven.

#### **3.3.4. Omgekeerde Osmose**

Na een voldoende lange tijd pompen (ca. 4 jaar) zal het zoutgehalte van het water, dat opgepompt wordt uit het onderste gedeelte van de watervoerende laag onder de waterwinning van Cabour en onder het innamegebied van de Avekapellekreek, voldoende sterk gedaald zijn om het door toedoen van omgekeerde osmose te kunnen ontzilten. Deze methode van ontzilten heeft de laatste jaren een sterke ontwikkeling gekend. De gebruikte materialen zijn duurzamer geworden en de kostprijs is redelijk geworden. De produktie van zoet water door ontzilting van brak water opent enorme toekomstperspektieven. In ons land wordt deze methode van omgekeerde osmose gedurende een tiental jaar toegepast door de N.V. SIDMAR. De totale kostprijs per m<sup>3</sup> geproduceerd water bedraagt er tussen de 10 à 15 BF per m<sup>3</sup>.

#### **3.3.5. Aanvoer vanuit de aangrenzende gebieden**

De laatste 10 jaar is de vraag naar drinkwater in de Westhoek steeds toegenomen. Dit is vooral het geval tijdens de zomermaanden (toerisme). De IWVA kon de vraag niet beantwoorden en moest daardoor drinkwater aankopen in andere bedrijven.

De aangekochte hoeveelheid water steeg van 400.000 m<sup>3</sup> in 1980 tot 1.600.000 m<sup>3</sup> in 1990. Het IWVA is tegenwoordig aangesloten aan alle omringende drinkwatermaatschappijen. Dit zijn het TMVW, de Tussengemeentelijke Maatschappij voor Watervoorzie-

ning, met een aansluiting te Nieuwpoort en een uitwisselingskapaciteit van 500 m<sup>3</sup>/d over het ganse jaar, de VMW, de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening met een toeleveringskapaciteit van 7.500 m<sup>3</sup>/d tijdens de periode 15 juni tot 15 september en van 1.500 m<sup>3</sup>/d gedurende de rest van het jaar en met het Franse waterdistributienet SIDEN, Syndicat Intercommunale de la Distribution d'Eau du Nord met een capaciteit van 500 m<sup>3</sup>/d.

## **4. VOORSTELLEN VOOR WATERSTANDSBEHEER IN KREEK- EN POELGEBIEDEN**

### **4.1. HUIDIGE TOESTAND**

#### **4.1.1. Waterstanden**

Het huidige beheer van de waterstand in de kreek- en de poelgebieden is er op gericht een waterstand te handhaven van + 1,80 m TAW in de winter en + 2,10 m TAW in de zomer. Deze waterstanden zouden dus gelden voor de meeste poldersloten in een periode van geen of weinig neerslag. Op de kaarten (Fig. 23 tot en met Fig. 26) worden voor enkele gebieden van de polders de hoogwaterlijn aangegeven voor de poldergrachten. Deze kaarten werden opgesteld aan de hand van de detailplannen en beschrijvende tabellen van de geklasseerde waterlopen van de ruilverkavelingen Bulskamp, Houtem, Veurne en de planafdrukken van de afwateringswerken voor de ruilverkavelingen Lo, Beveren-IJzer, Wulpen, Veurne, Houtem, Bulskamp en Ramskapelle van de Provinciale Directie van de Vlaamse Landmaatschappij te Brugge. Deze hoogwaterlijn geeft het verloop van de waterstand weer in de sloten indien deze een hoeveelheid water afvoeren overeenstemmend met een neerslagintensiteit van 13 mm/dag.

#### **4.1.2. Pompgemalen**

Naast aanpassingswerken aan de waterlopen werden een reeks kleine pompgemalen in het gebied geïnstalleerd. Deze gemalen lossen de ontwateringsproblemen op van kleine gebieden die vroeger aan wateroverlast leden. Hierna volgt een opsomming van deze gebieden met een summiere omschrijving van de reden tot wateroverlast.

Het pompstation Bulskamp, P1, dat op de Nieuwegracht (F.2.5.) staat en zijn water loost in de Bergenvaart, is gebouwd omdat de Buitenmoeren vroeger gravitair moesten afwateren in de Ringsloot. Maar in de Ringsloot, die voor de ontwatering van De Moeren instaat, stijgt het peil bij een belangrijke neerslag zodanig hoog, dat de Buitenmoeren pas kunnen gedraineerd worden als het peil van de Ringsloot voldoende is gezakt.

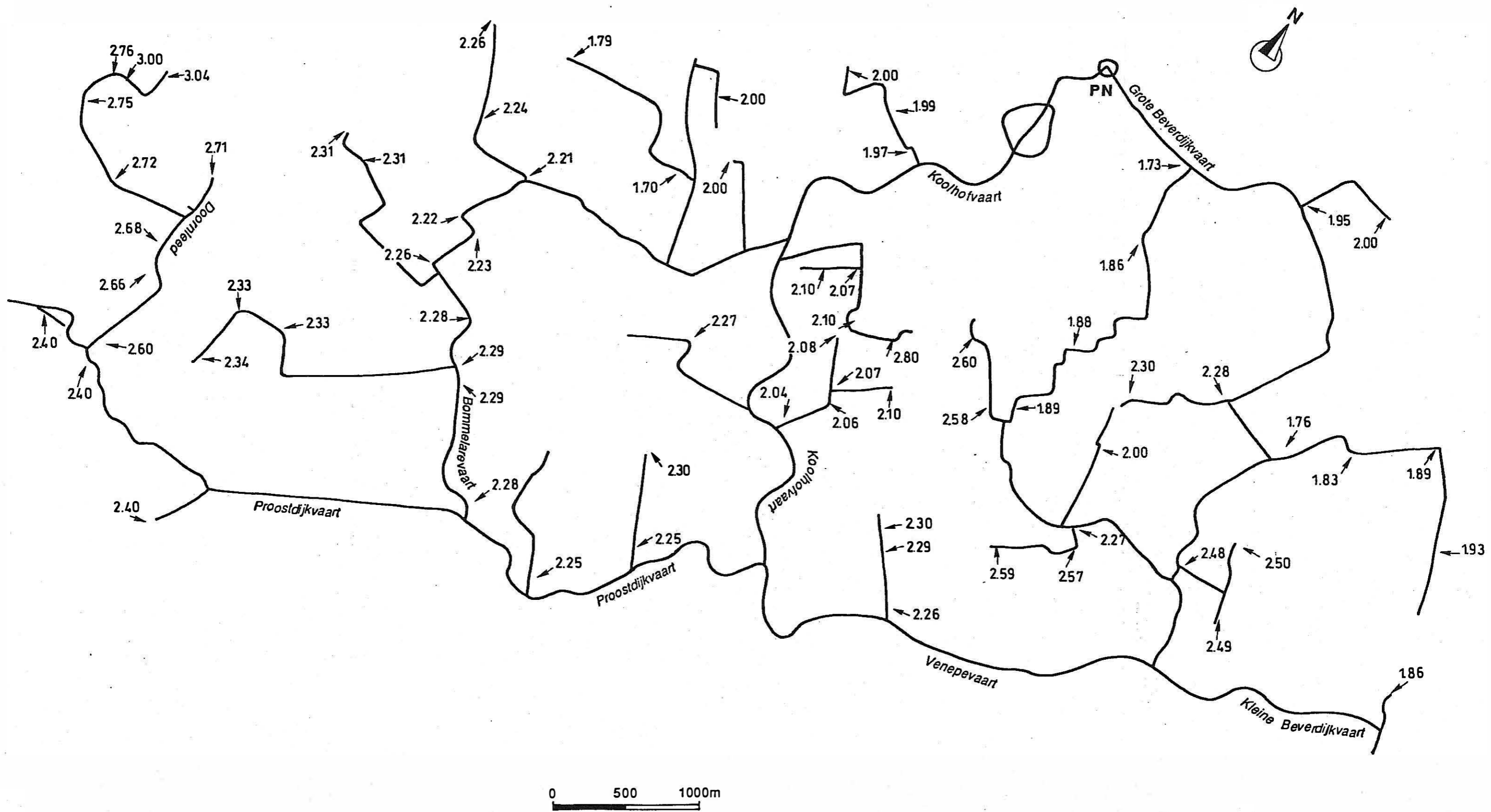


Fig. 23 - Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkavelingen Ramskapelle en Wulpen.



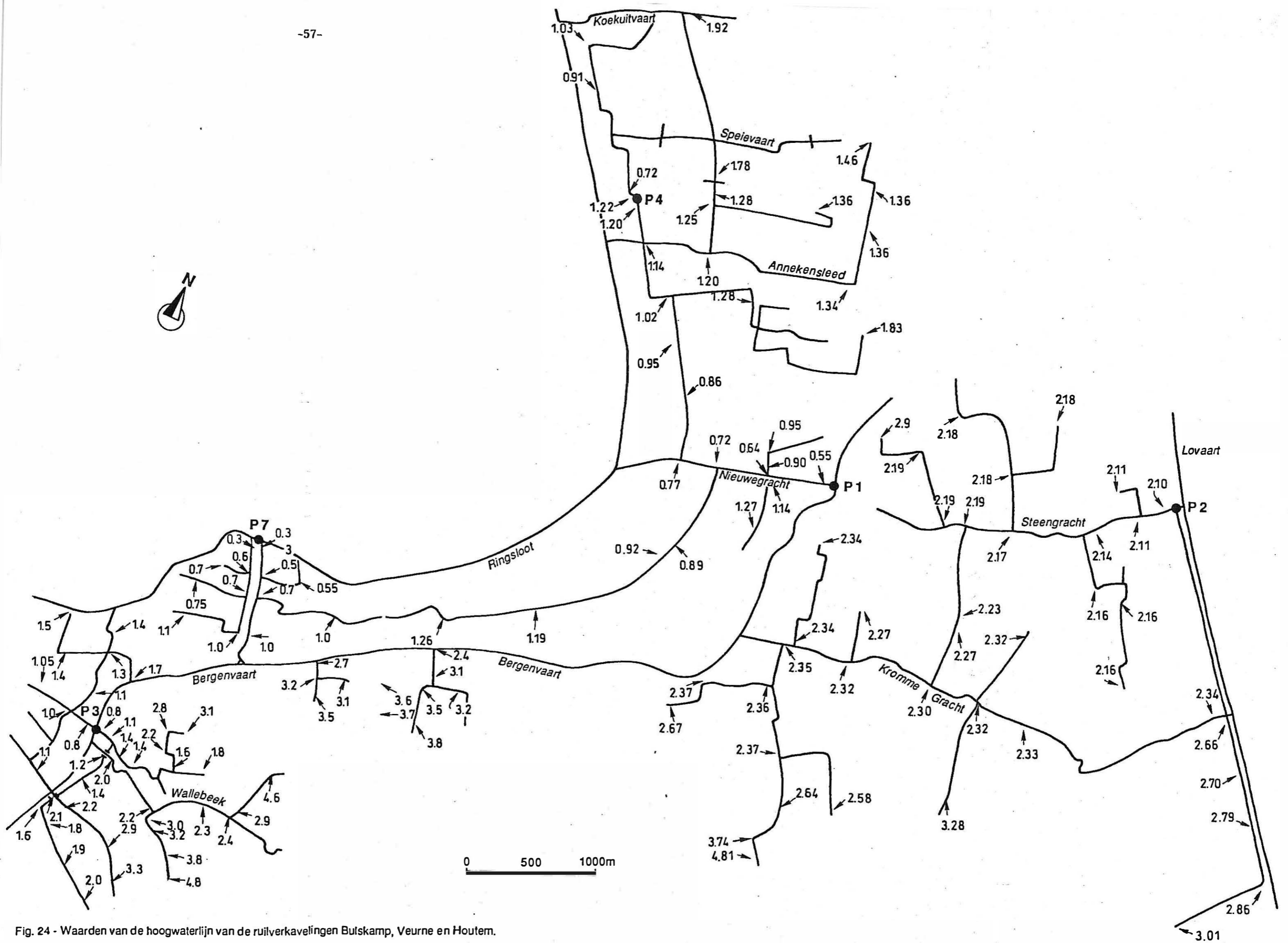


Fig. 24 - Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkavelingen Butskamp, Veurne en Houtem.

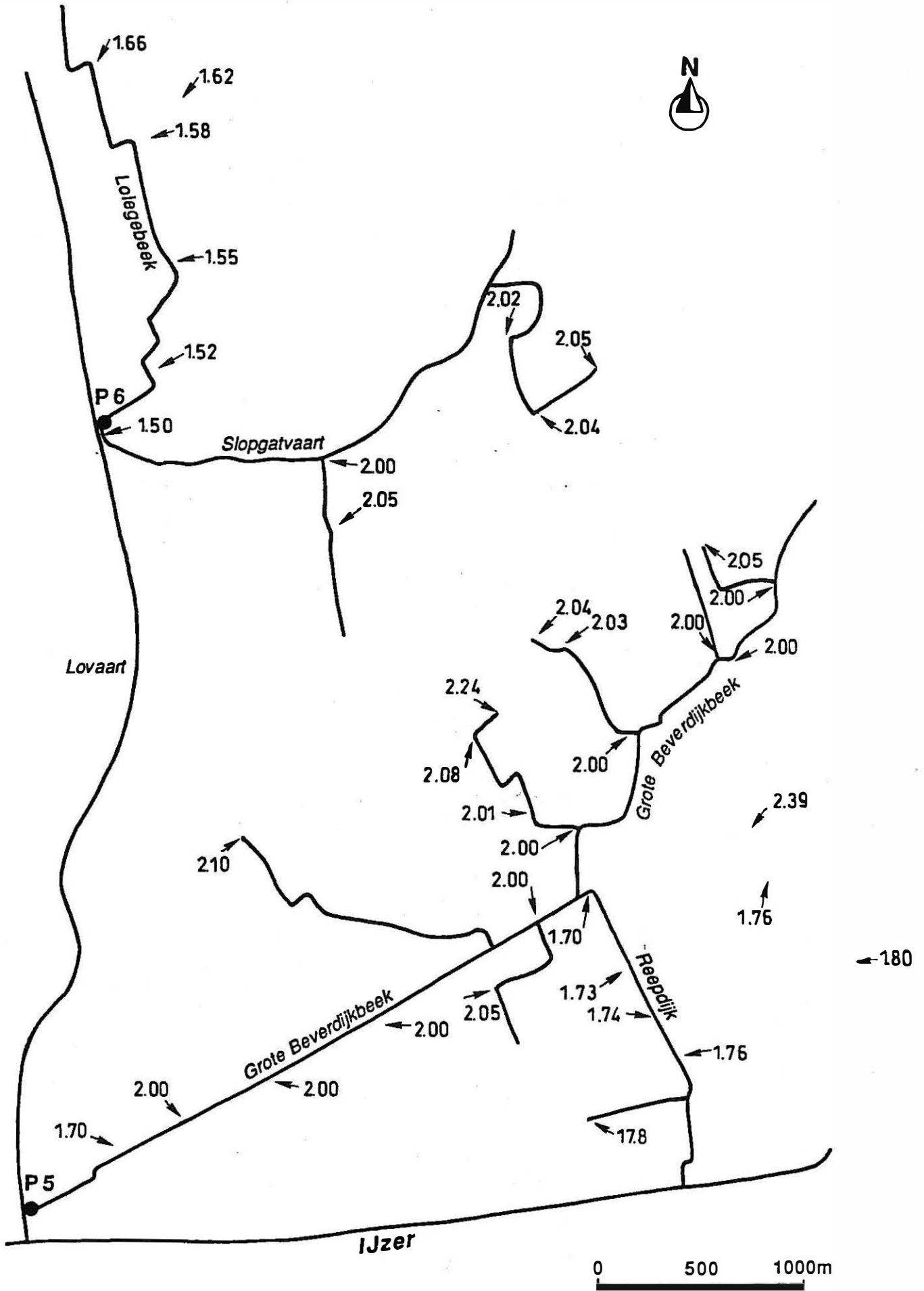


Fig. 25 - Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkaveling Lo.

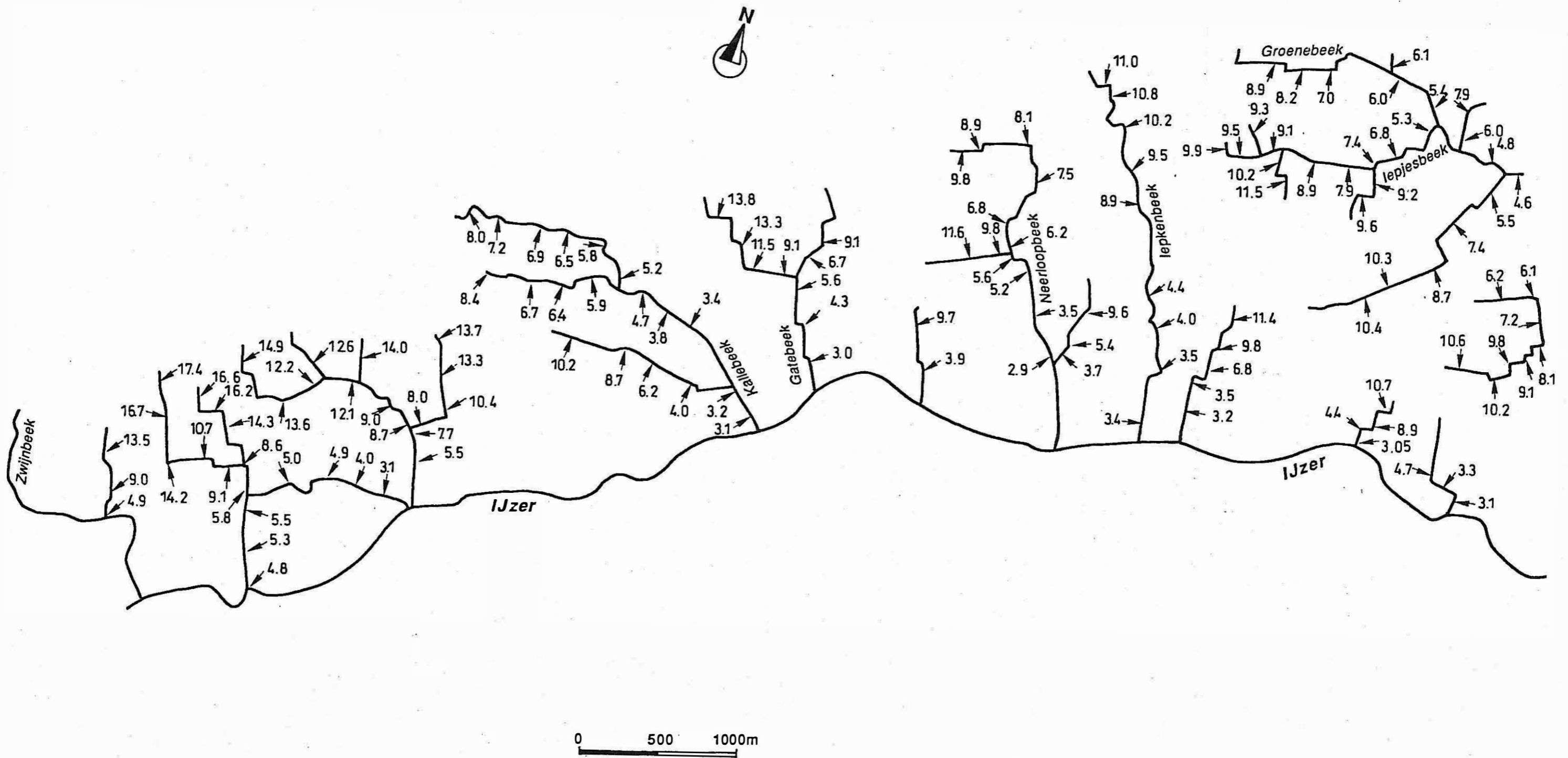


Fig. 26 - Waarden van de hoogwaterlijn van de ruilverkaveling Beveren - IJzer.

Door het pompstation met 2 elektrische open schroefpompen met een pompkapaciteit van  $50 \text{ m}^3/\text{min}$  per pomp, wat overeenkomt met een evacuatiecapaciteit van  $12,7 \text{ mm}$  neerslag per dag, kan het gebied vlugger en onafhankelijk ontwateren. Het gemaal met een statische opvoerhoogte van  $1,87 \text{ m}$  wordt volautomatisch bediend. Het bemaalt een totaal gebied van ongeveer  $1.135 \text{ ha}$ . Er is een krooshekreiniger voorzien. De eigenaar en beheerder is de polder "Noordwatering van Veurne".

Het pompstation van Steenkerke, P2, staat op de Steengracht (N.3.1.17.), het stroomopwaartse gedeelte van deze Steengracht draineert  $1.348 \text{ ha}$ . Het station is voorzien van 2 elektrische vijzels die volautomatisch bediend worden. De pompkapaciteit is  $36 \text{ m}^3/\text{min}$  per vijzel. Dit komt neer op een evacuatiecapaciteit van  $7,7 \text{ mm}$  neerslag per dag. De eigenaar en beheerder is de polder "Noordwatering van Veurne".

Het overtollige water kan met een daarvoor geconstrueerd sluizensysteem via verschillende wegen afgevoerd worden (Fig. 27). Het opgepompte water kan ofwel via een uitstroomkoker in de Lo-Vaart geloosd worden ofwel via de sifon (KV6) onder de Lo-Vaart in de Steengracht terecht komen. Het water kan eveneens gravitair via de sifon onder de Lo-Vaart wegstromen naar het stroomafwaarts gedeelte van de Steengracht.

Het pompstation van Houtem, P3, staat op een zijwaterloop van de Bergenvaart (3e Cat - F.3.5.) en draineert een relatief klein gebied van ongeveer  $313 \text{ ha}$  dat relatief laag gelegen is en de uit "De Westmoeren", "Het Klein Moertje" en het laaggelegen gebied langs de Houtgracht bestaat. Het pompstation is voorzien van twee elektrische open schroefpompen die volautomatisch bediend worden. De pompkapaciteit is  $6 \text{ m}^3/\text{min}$  per pomp wat neerkomt op een evacuatiecapaciteit van  $5,5 \text{ mm}$  neerslag per dag. De statische opvoerhoogte is  $4 \text{ m}$ . Het opgepompte water wordt geloosd in de Bergenvaart. Als de waterstand in de Ringsloot voldoende laag is, bestaat de mogelijkheid om gravitair te ontwateren door de voorziene lozingsklep op de hoofdgracht. Door het aanleggen van een sifon onder de Bergenvaart, kunnen de laaggelegen gebieden langs de Houtgracht en "Het

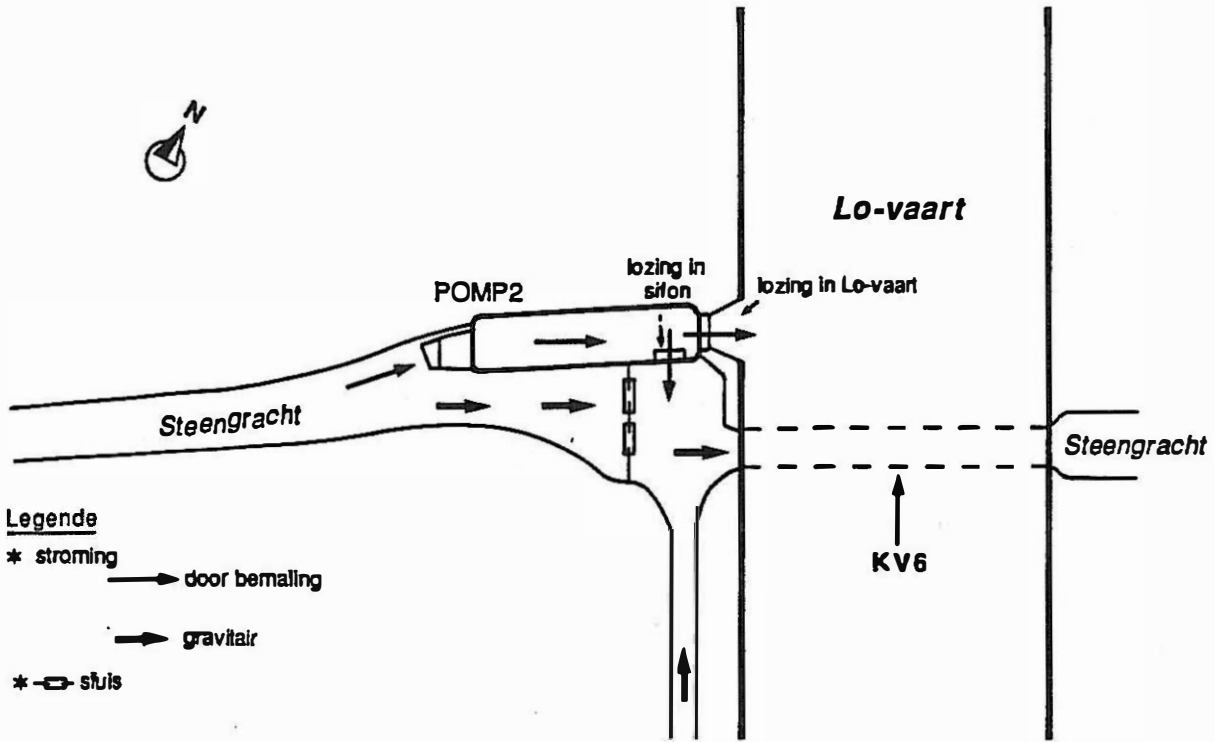


Fig.27 - Het pompstation Steenkerke, P2, met de verschillende lozingsmogelijkheden.

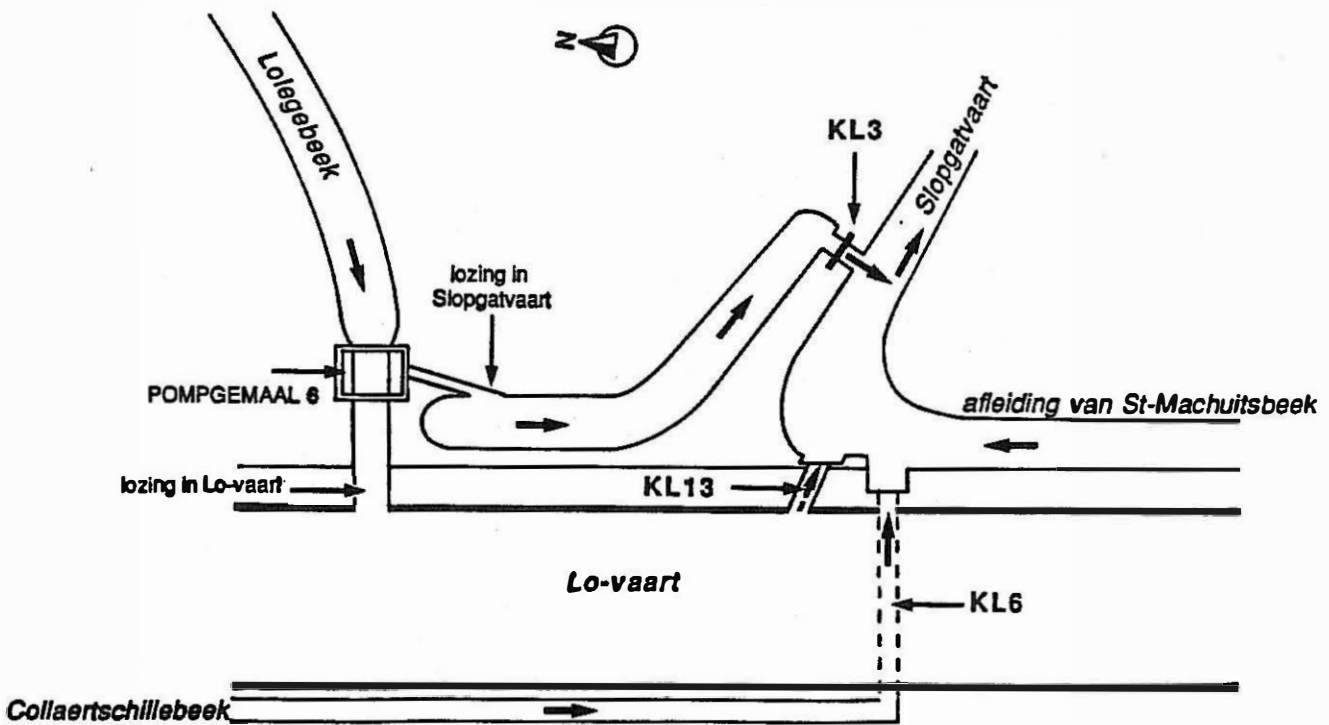


Fig.28 - Pompgemaal 6 en omringende kunstwerken.

Klein Moertje" aangesloten worden op het gemaal en zo efficiënter ontwaterd worden. De eigenaar en beheerder is de polder "Noordwatering van Veurne".

Het pompstation Drie Hofsteden, P4, staat op een zijarm van de Speyevaart (F.2.2.2.) en zorgt voor de onderbemaling van een zeer laag gelegen gebied van ongeveer 100 ha, in het noordwestelijk deel van de Buitenmoeren. Het is voorzien van 1 elektrische, volautomatische vijzelpomp met een pompkapaciteit van 7,7 m<sup>3</sup>/min, wat overeenkomt met een evacuatiecapaciteit van 10,1 mm neerslag per dag. De statische opvoerhoogte is 0,50 m en het opgepompte water wordt verder naar de Nieuwe Gracht gebracht en zo kan het het pompstation van Bulskamp, P1, bereiken. De polder "Noordwatering van Veurne" is eigenaar en beheerder van het gemaal.

Het pompstation Fintele, P5, staat op de Grote Beverdijkvaart (N.3.34.). Het draineert het bovenpand van de Grote Beverdijkvaart met een oppervlakte van 980 ha en slaat zijn water over in de Lo-vaart.

De eigenaar en beheerder is de polder "Noordwatering van Veurne". Door de grote afstand tot het lozingspunt in de zee, de afwezigheid van enig verval en de relatief lage ligging kende het gebied vroeger moeilijkheden met de afwatering.

Het station is voorzien van 2 elektrische, volautomatisch bediende vijzels. De pompkapaciteit per vijzel is 45 m<sup>3</sup>/min wat overeenstemt met een evacuatiecapaciteit van 13,2 mm neerslag per dag. De statische opvoerhoogte bedraagt 2,66 m en elke vijzel is voorzien van een automatisch werkende krooshekreiniger.

Het pompstation Lolege, P6, die op de Lolegebeek (N.3.41.) staat, draineert de uitgeveende poelgronden die een laaggelegen geïsoleerd komgebied vormen met een oppervlakte van 230 ha. Het elektrisch vijzelgemaal bezit een pompkapaciteit van 19,8 m<sup>3</sup>/min, wat een evacuatiecapaciteit geeft van 12,4 mm neerslag per dag en is volautomatisch wat betreft bediening. De statische opvoerhoogte bedraagt 2,76 m. Er is een dubbele lozingsmogelijkheid voorzien, namelijk op de Lo-vaart en op de

Slopgatvaart omdat het niet steeds is toegestaan om in de Lo-vaart te lozen (fig. 28). Het verbod geldt als het peil in de Lo-vaart het peil + 3,78 m bereikt. De polder "Noordwatering van Veurne" is de beheerder en eigenaar van het gemaal.

Het pompstation "100 Gemeten", P7, staat op een waterloop van 3de categorie (F.2.7) en loost in de Ringsloot.

Vroeger was er reeds een pompgemaal opgericht om dit laag gelegen gebied van ongeveer 120 ha te ontwateren, wat zeker een verbetering betekende maar nog geen voldoening gaf. Daarom zijn 2 elektrische open schroefpompen geplaatst met een pompkapaciteit van 7,2 m<sup>3</sup>/min per pomp, of een evacuatiecapaciteit van 17,4 mm neerslag per dag. De statische opvoerhoogte bedraagt 3 m en de bediening is volautomatisch. De polder "Noordwatering van Veurne" is de eigenaar en beheerder van het gemaal. Tijdens droge perioden is een mogelijke aftapping op de Ringsloot voorzien.

Het pompstation Wulveringem, P8, draineert met 1 elektrische open schroefpomp het komgebied van Wulveringem dat ca. 110 ha groot is en bestaat uit graslandgebied. Het gemaal staat op een zijarm van de Kromme Gracht (N.3.1.29.) en loost in deze waterloop. De pompkapaciteit is 9 m<sup>3</sup>/min, wat overeenstemt met een evacuatiecapaciteit van 11,8 mm neerslag per dag. De bediening is volautomatisch en de statische opvoerhoogte bedraagt 1 m. De eigenaar en beheerder is de polder "Noordwatering van Veurne".

In De Moeren zijn momenteel vier pompstations operationeel. De pompen Baudouin, P9, met een capaciteit van 35 m<sup>3</sup>/min en de Sint-Karelsmolen, P10, met een capaciteit van 30 m<sup>3</sup>/min voor de 1.000 Gemeten en het gerenoveerde pompstation van De Seine, P11, dat voorzien is van 2 vijzels met een gezamenlijke capaciteit van 70 m<sup>3</sup>/min en Elektriëk-Zuid, P12, met een capaciteit van 60 m<sup>3</sup>/min van de 1700 Gemeten en het Bewesterpoorteland, gezamenlijk ca. 1.012 ha. Dit komt neer op een evacuatiecapaciteit van 21,3 mm neerslag per dag voor de pompstations P9 en P10 en 18,5 mm neerslag per dag voor de pompstations P11 en

P12.

Het in het kader van de Ruilverkaveling Fortem geplande pompstation "Paddebroek", P13, zal moeten voorkomen dat het laaggelegen gebied (maaiveld soms onder + 2,30 m), gedurende lange natte periodes wateroverlast kent (het waterpeil kan tot + 2,45 m stijgen). Het water afkomstig van de onderbemaling van het slotenrijk graslandgebied rond Paddehoek (82 ha) zal in de Leerzevaart (N.3.24.) geloosd worden.

Het particulier pompstation, P14, draineert een gebied van ongeveer 12 ha dat gelegen is in de Ruilverkaveling Beveren-IJzer en loost zijn water in de Gatebeek. De IJzervallei die als natuurlijk wachtbekken fungeert, wordt gekenmerkt door gedeeltelijke of totale overstroming van de IJzer na regenrijke perioden. Door het kleine gebied in te dijken en te bemalen kunnen die problemen grotendeels opgelost worden.

Het centraal pompstation te Nieuwpoort, PN, dat bijna het volledige gebied van de polder "Noordwatering van Veurne" beïnvloedt, staat op de samenvloeiing van de Grote Beverdijvaart en de Koolhofvaart. Hierdoor staat het pompstation in de polder zelf en zal het via een persleiding in de Havengeul van de IJzer lozen.

Het gemaal is gebouwd om gedurende natte perioden grote hoeveelheden water te kunnen afvoeren, ook wanneer de tijhoogten in de achterhaven van Nieuwpoort niet toelaten gravitair te ontwateren. Zo wordt het draineren van de polder efficiënter en onafhankelijk van de getijden. In het station staan 5 elektrisch aangedreven open schroefpompen met elk een pompcapaciteit van 5,5 m<sup>3</sup>/sec., wat voor een gebied van ongeveer 20.000 ha een minimum evacuatiecapaciteit van 12 mm neerslag per dag betekent.

Het gemaal zal enkel in werking treden als er via gravitatie niet voldoende kan ontwaterd worden. Elke pomp heeft een lichtjes verschillend aan- en afslagpeil om golfbeweging te voorkomen.



#### 4.1.3. Kunstwerken

Binnen de ruilverkaveling Veurne wordt het water afkomstig van de hoger gelegen zandleemstreek door het kunstwerk KV4 en via de Bermsloot van de Lo-vaart naar de sifon van de Kromme Gracht (KV5) onder de Lo-Vaart omgeleid om zo het gemaal, P2, niet onnodig te belasten. Op deze plaats kan de Kromme Gracht, die via een dwarse gracht verbonden is met de Steengracht en op die manier ook bemalen wordt, worden afgesloten met kunstwerken KV1 en KV2 (Fig. 29). Zo wordt de benedenloop van de Kromme Gracht gedeeltelijk ontlast.

Het kunstwerk KH4 (Fig. 30), binnen de ruilverkaveling Houtem, is een schouw met klep die staat op waterloop F.3.4.1. en via de klep is een verbinding met de Wallebeek mogelijk. Deze klep laat toe, zowel water te lozen als water te tappen tijdens de zomerperiode.

De 2 windgemalen binnen R.V. Wulpen bezitten een vermogen van  $2 \text{ m}^2/\text{min}$  bij windkracht van  $10 \text{ m/sec}$ . De statische opvoerhoogte bedraagt  $0,5 \text{ m}$  en de bemalen oppervlakte is ongeveer  $40 \text{ ha}$ .

In de tabellen 1 tot en met 7 worden de kunstwerken beschreven die op kaart 3 weergegeven zijn. In de tabellen wordt naast de symbolen van de kaart, het type en de situering weergegeven. In de figuren 31 en 32 wordt een schets gegeven van twee typen kunstwerken, namelijk de vlottende terugslagklep en de hangende terugslagklep.

Een vlottende terugslagklep laat gravitaire lozing toe en beschermt eveneens tegen hoge waterstanden van de stroomafwaarts gelegen gebieden. Maar ook kan dit kunstwerk het stroomopwaarts deel van de waterloop stuwen of water inlaten van uit het stroomafwaartse deel van de waterloop in geval van waternood.

Een hangende terugslagklep laat gravitaire lozing toe wanneer het waterpeil stroomafwaarts voldoende laag is en beschermt het stroomopwaartse deel tegen binnenkomende water van buiten.

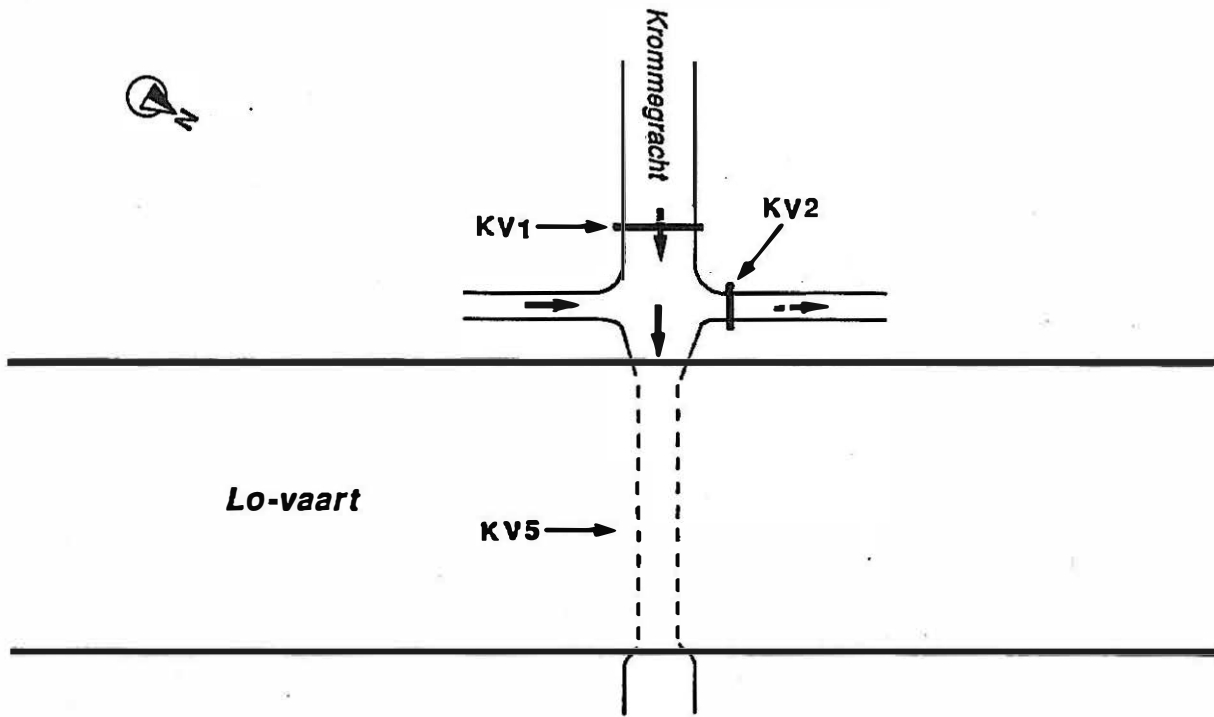


Fig. 29 - Kunstwerken nabij sifon van de Kromme Gracht.

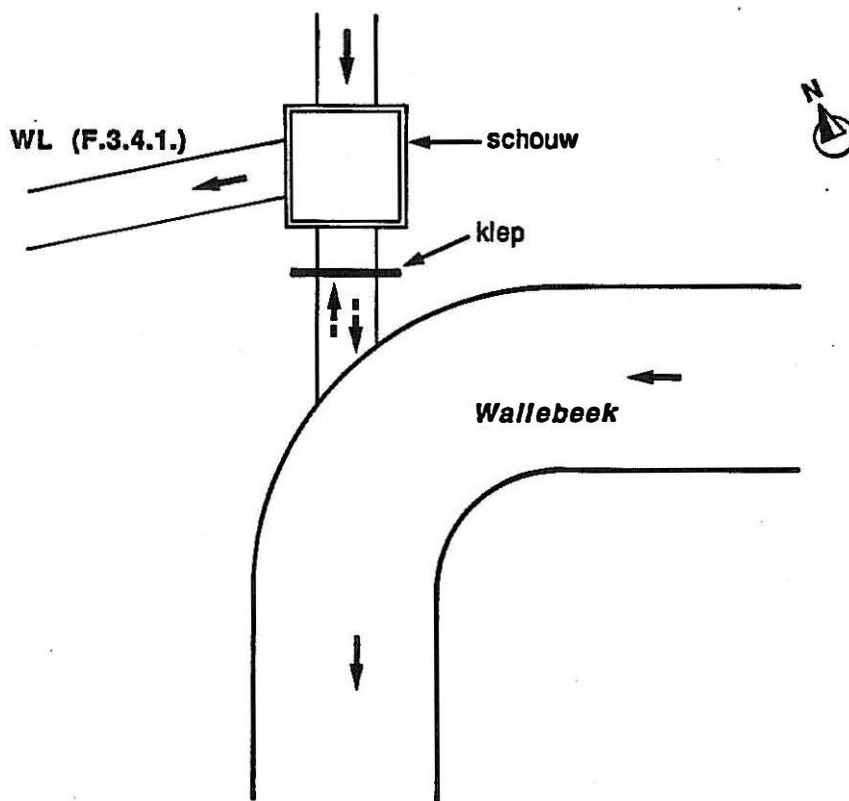


Fig.30 - Schouw met klep (KH4).

Tabel 1 : Kunstwerken ruilverkaveling Veurne

Symbol	Type	Situering
KV1	Sluis	Op de Kromme Gracht (N.3.1.) nabij de sifon (KV5) onder Lo-Vaart
KV2	Sluis	Op de gracht (N.3.1.17.13.) langs de Lo-vaart gelegen, ter hoogte van de Kromme Gracht
KV3	Sluis	Op de Kromme Gracht (N.3.1.) naar Bergenvaart
KV4	Vaste drempel	Op de Oerenbeek (N.3.1.35.) met variabel niveau 2.90 tot 3.30 m
KV5	Sifon	van de Kromme Gracht (N.3.1.) onder de Lo-Vaart
KV6	Sifon	van de Steengracht (N.3.1.17.) onder de Lo-Vaart

Tabel 2. Kunstwerken ruilverkaveling Bulskamp

Symbool	Type	Situering
KB1	Bodemval	Op zijgracht (F.2.5.3.) van de Nieuwe Gracht
KB2	Bodemval	Op zijgracht (F.2.5.4.) van de Nieuwe Gracht
KB3	Bodemval	Op zijgracht (F.2.5.1.) van de Nieuwe Gracht
KB4	Bodemval	Op zijgracht (F.2.2.6.) van de Speievaart
KB5	Bodemval	Op zijgracht (F.2.2.2.) van de Speievaart nabij de samenvloeiing met de Annekensleed
KB6	Bodemval	Op de zijgracht (F.2.2.1.) van de Speievaart nabij het uitmonden in de Speievaart
KB7	Bodemval	Op de Buizengeleed (F.2.3.2.) nabij stuw KB8
KB8	Stuw	Op de Buizengeleed (F.2.3.2.) nabij bodemval KB7
KB9	Dam	Op de Speievaart (F.2.2.)
KB10	Dam	Op de Speievaart (F.2.2.)
KB11	Dam	Op de Buizengeleed (F.2.3.2.) ter hoogte van de Koekuitvaart
KB12	Bodemval	Op de gracht (F.2.3.1.1.) naar de Ringsloot
KB13	Terugslagklep	Op de Nieuw Gracht (F.2.5.) naar de Ringsloot
KB14	Terugslagklep	Op de Annekensleed (F.2.3.) naar de Ringsloot
KB15	Terugslagklep	Op de Speievaart (F.2.2.) naar de Ringsloot

Tabel 3. Kunstwerken ruilverkaveling Houtem

Symbol	Type	Situering
KH1	Bodemval	Op de gracht (F.3.9.)
KH2	Bodemval	Op de gracht (F.3.5.)
KH3	Klep	Tapping van de Bergenvaart mogelijk
KH4	Schouw met klep	Op gracht (F.3.4.1.) en in verbinding met de Wallebeek; zowel lozing als aftapping is mogelijk
KH5	Sifon	Op Gracht (F.3.4.) onder de Wallebeek
KH6	Sifon	Op gracht (F.3.4.) onder zijgracht (F.3.2.) van de Bergenvaart

Tabel 4. Kunstwerken ruilverkaveling Lo

Symbol	Type	Situering
KL1	Klepstuw	Op de Reepdijk (N.3.34.9.)
KL2	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.34.8.) van de Grote Beverdijkbeek
KL3	Klepstuw	Op verbindingsgracht tussen pompgemaal 6 en de Sloggatvaart (N.3.)
KL4	Stuw	Op de Grote Beverdijkbeek (N.3.3.4.) en manueel te bedienen
KL5	Sifon	Op de St. Machuitsbeek (N.3.) onder de Lo-Vaart
KL6	Sifon	Op de Collaertshillebeek (N.3.42.) onder de Lo-Vaart uitmondend in de Sloggatvaart (N.3.)
KL7	Klepstuw	Op de Oost-Wandelaarsbeek (N.3.40.) naar de Slotgatvaart
KL8	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.38.B.) van de Sloggatvaart
KL9	Klepstuw	Op de Koudeschuurbeek (N.3.38.) naar de Sloggatvaart
KL10	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.39.) van de Sloggatvaart
KL11	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.38.A.) van de Sloggatvaart
KL12	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.37.) van de Sloggatvaart
KL13	Klep	Tapping van de Lo-Vaart naar de Sloggatvaart (N.3.) mogelijk

Tabel 5. Kunstwerken ruilverkaveling Wulpen

Symbol	Type	Situering
KW1	Klepstuw	Op de Hostenleed (N.3.1.12.) naar de Koolhofvaart
KW2	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.1.16.) van de Proostdijkvaart
KW3	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.1.17.) van de Proostdijkvaart
KW4	Klepstuw	Op de Bommelaerevaart (N.3.1.17.3.) naar de Proostdijkvaart
KW5	Klepstuw	Op de Doornleed (N.3.1.17.4.1.) naar de Proostdijkvaart
KW6	Klepstuw	Op de Bommelaerevaart (N.3.1.10.1.)
KW7	Windpompgemaal	Op zijgracht (N.3.1.10.1.) van de Bommelaerevaart
KW8	Stuw	Op zijgracht (N.3.1.17.4.1.) van de Doornleed
KW9	Windpompgemaal	Op de Bommelaerevaart (N.3.10.1.1.)
KW10	Klepstuw	Op de zijgracht (N.3.1.15.) van de Proostdijkvaart

Tabel 6. Kunstwerken ruilverkaveling Ramskapelle

Symbol	Type	Situering
KR1	hangende terugslagklep	Op de zijgracht (N.3.1.10.A.) van de nieuwe verbinding (N.3.1.10) tussen Bommelaerevaart en Koolhofvaart
KR2	hangende terugslagklep	Op de gracht (N.3.1.11.) die ten zuiden van de autosnelweg naar de Koolhofvaart stroomt
KR3	hangende terugslagklep	Op de zijgracht (N.3.1.13.) van de Koolhofvaart
KR4	hangende terugslagklep	Op de Zeteleed (N.3.1.8.) naar de Koolhofvaart
KR5	vlottende terugslagklep	Op de Ramskapelleed (N.3.1.6.) naar de Koolhofvaart
KR6	hangende terugslagklep	Op de zijgracht (N.3.2.) van de Grote Beverdijkvaart
KR7	vlottende terugslagklep	Op de Ramskapelleed (N.3.1.6.) naar de Grote Beverdijkvaart
KR8	vlottende terugslagklep	Op de Hemmeleed (N.3.8.) naar de Grote Beverdijkvaart
KR9	hangende terugslagklep	Op de Hemmeleed (N.3.8.) naar de Kleine Beverdijkvaart (N.3.12.)



Tabel 7. Kunstwerken ruilverkavelingen Fortem en Beveren-IJzer

Symbol	Type	Situering
KF1	Sifon	Op de Leerzevaart (N.3.2.4.) onder de Lo-vaart
KB-Y1	Stuw	Op de Iepkenbeek (Y.15.) naar de IJzer
KB-Y2	Stuw	Op de Neerloopbeek (Y.16.) naar de IJzer

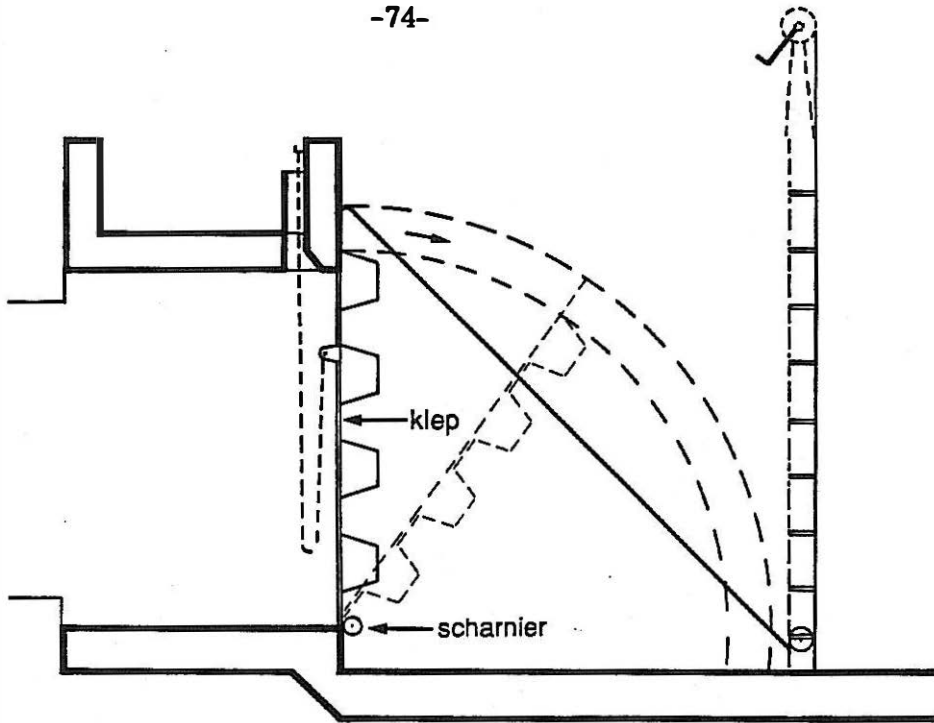


Fig. 31 - Een vlottende terugslagklep.

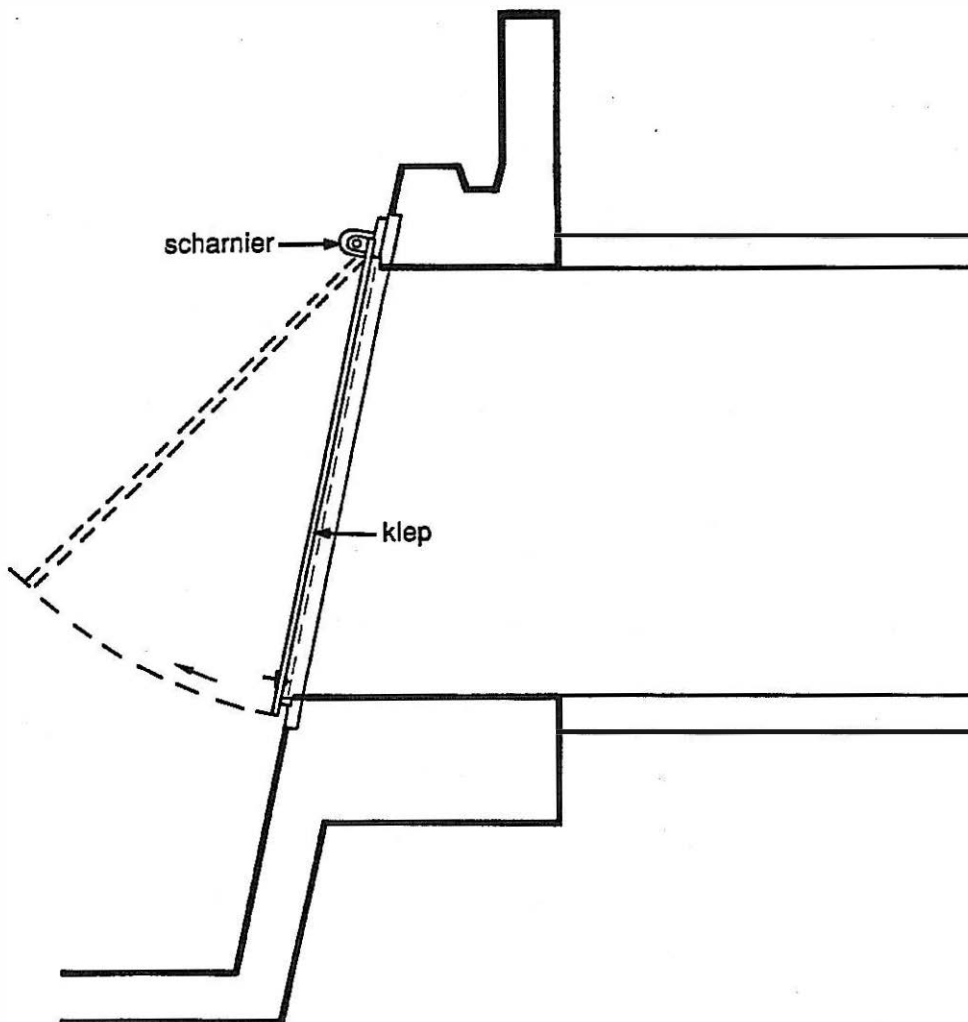


Fig.32 - Een hangende terugslagklep.

Een klepstuw laat vrije gravitaire lozing toe en bij tijdelijke hoogwaterstanden van buiten het blok beschermt deze het stroomopwaarts gelegen gebied. In de zomer kan de klep gesloten worden om zo stroomopwaarts een watervoorraad op te bouwen.

#### **4.1.4. Afgevoerde debieten**

Aan de hand van de pompuren vóór de periode 1975 tot 1991 (ter beschikking gesteld door DESMYTTERE, Secretaris van de polder "De Moeren"), werd een schatting gemaakt van de hoeveelheid water die men gedurende de winterperiode ter beschikking heeft (VAN HOUTTE et. al., 1992). De totale te draineren oppervlakte bedraagt ca. 1.450 ha. De afvoercoëfficiënt wordt gedefinieerd als de verhouding van de totale afgepompte hoeveelheid water tot de totale hoeveelheid water die gedurende dezelfde periode op het gebied valt. De gegevens van de neerslag zijn afkomstig van de meteo-wing van de luchtmachtbasis van Koksijde. Voor de periode december 1975 tot maart 1990 werd voor de winterperiode (maanden december tot en met maart) een gemiddelde afvoercoëfficiënt bepaald van ca. 70 %. Steunend op de andere meteo-gegevens van de luchtmachtbasis van Koksijde werd de potentiële evapotranspiratie bepaald en werd de bodemwaterhuishoudingsbalans opgesteld volgens de methode van THORNWATHE (LEBBE, 1978). Hieruit blijkt dat gedurende de beschouwde wintermaanden ca. 20 % van het neerslagwater verdampt. Hieruit kan men afleiden dat ca. 10 % van het water in het gebied gestockeerd wordt door de stijging van de waterstand in de sloten, door de stijging van de watertafel en door de stijging van het bodemvochtgehalte.

#### **4.1.5. Grondwaterkwaliteit, verziltingsgevaar van polderbodems**

De aanwezigheid van brak of zout water juist onder de watertafel kan de landbouwwaarde van de poldergronden reduceren. Door het voorkomen van zout en brak water juist onder de watertafel kan op het einde van het groeiseizoen het zoutgehalte in de wortelzone zodanig stijgen dat een reductie optreedt in de plantengroei. De zones die tegenwoordig met verziltingsgevaar

bedreigd worden, vallen nagenoeg samen met de zone van de verziltingskaart van DE BREUCK et. al., 1974 (Kaart 4) waar het grensvlak tussen zoet en zout water op minder dan 2 m diepte voorkomt. Deze zones vallen nagenoeg samen met de poelgebieden en met het grootste gedeelte van De Moeren. Door het invoeren van lagere grondwaterstanden zal men de bovenste dunne laag van zoet water, die zich bevindt juist onder de watertafel, wegnemen. Doordat er in deze zones een sterke neerwaartse toename is van het zoutgehalte zal bij het wegdraineren van de bovenste waterlaag het zoutgehalte van het water juist onder de watertafel sterk stijgen. Ook de kreekgebieden gelegen in de nabijheid van belangrijke afwateringskanalen zijn door verziltingsgevaar bedreigd. Door de vrij goed doorlatende ondergrond is de opwelling van de zoet-zoutwaterovergangszone zeer gevoelig aan de waterstand in deze gebieden.

Door het verlagen van de gemiddelde waterstand in deze kanalen zal de zoet-zoutwaterovergangszone ondieper komen te liggen. De bovenste zoetwaterlens kan in de omgeving van de kanalen volledig verdwijnen zodat het brak of zelfs zout water juist onder de watertafel voorkomt. Ook kan door een grotere schommeling van de waterstanden onder deze kreekgebieden in de omgeving van de kanalen de dikte van de zoet-zoutovergangszone toenemen zodanig zelfs dat er terug brak water kan voorkomen juist onder de watertafel.

In alle polders wordt het draineringsniveau geregeld door horizontale drainering met behulp van horizontale drains en draineringskanalen. Door de verlaging van het draineringsniveau streeft men er naar de landbouwopbrengt van de poldergronden te vergroten. Door de verlaging verbetert men de betreedbaarheid en de bewerkbaarheid van de gronden, verbetert men de lucht-water-warmtehuishouding van de bodem en vergroot men het bergend- (of bufferend) vermogen van de poldersloten. Voor de eerste twee punten is het vooral belangrijk dat in het voorjaar (eind winter, begin lente) een zo laag mogelijke waterstand wordt bereikt. Voor het laatste punt wordt gestreefd naar een lage waterstand gedurende het ganse jaar maar meer in het bijzonder gedurende de winter- en de lenteperiode.

Indien men zelfs bij intense neerslag in geen enkel geval te hoge waterstanden wil, zelfs bij een geringe pompkapaciteit of een te traag op gang komende pumping, dan moeten de poldersloten op ieder ogenblik op zo een laag mogelijke waterstand gehouden worden. Door het aanhouden van deze lage polderstanden wordt getracht de akkergronden te maximaliseren terwijl men de weilanden probeert te minimaliseren.

Door de aanwezigheid van het brak en zout grondwater in de polders van de kustvlakte wordt de optimale grondwaterstand niet alleen bepaald door de kwantiteit van het bodemwater maar ook door de kwaliteit van het bodemwater. Dit is in tegenstelling met andere laag gelegen gebieden waar uitsluitend zoet water in de ondergrond voorkomt.

Bij de toepassing van de oppervlakkige drainering wordt de aanwezigheid van zout en brak water in de ondergrond van de polders bestendig.

#### **4.2. VOORSTELLEN VOOR TOEKOMSTIG WATERSTANDSBEHEER**

##### **4.2.1. Vertikale drainering**

Door het toepassen van verticale drainering waarbij aanvankelijk zout water onttrokken wordt uit het onderste gedeelte van de freatisch watervoerende laag door middel van pomputten, zou in een relatief korte periode het zout en brak water verwijderd worden. Vanaf dit ogenblik zal de waterhuishouding van de bodem zowel vanuit het oogpunt kwantiteit als kwaliteit optimaal te regelen zijn. Nadat alle zout en brak water verdreven is uit het grondwaterreservoir kan het opgepompte water voor de drainering van de polders verder in de landbouw angewend worden. Deze zoetwatervoorraden zouden zelfs toelaten over te schakelen op groenteteelt.

De verticale drainage kan echter enkel toegepast worden in de poldergebieden waar in de freatische watervoerende laag voldoende doorlatende lagen voorkomen. Op kaart 6 zijn deze zones aangeduid. Ze zijn gesitueerd in het noordelijk gedeelte van

het projektgebied. Daar in de meeste gevallen een relatief grote weerstand voorkomt tussen de watertafel en het diepste gedeelte van de freatische watervoerende laag waar het water onttrokken wordt, zal er steeds een vertraging optreden van de reactie van de watertafel ten opzichte van het ogenblik dat de pumping start. Door het uitvoeren van pompproeven kan deze vertraging nauwkeurig bepaald worden. Aldus zou de watertafel onder de akkers op het gewenste ogenblik kunnen verlaagd worden zonder dat de waterstand in de drainagekanalen drastisch zou verlagen wat de fauna en flora van deze kanalen ten goede zou komen.

#### **4.2.2. Horizontale drainage**

In het zuidelijke gedeelte van het poldergebied waar de poelgebieden overheersen, is de diepe of vertikale drainage niet mogelijk daar er geen voldoende doorlatende lagen in de ondergrond voorkomen. In dit geval moet getracht worden optimale grondwaterstanden te bekomen door middel van de horizontale drainage of met behulp van horizontale drains en draineringskanalen. Een voorbeeld van een dergelijk gebied zijn de poelgronden rond Lampernisse. Het zout water komt er zeer dicht onder de watertafel voor. Een verdere verlaging van de waterstand in dit gebied zou zowel voor de fauna als voor de flora van het gebied nefast zijn. Een relatief gemiddelde hoge waterstand zou in dit gebied gewenst zijn. Zowel de laterale variatie als de schommelingen in de tijd zou zo gering mogelijk moeten zijn. Door de aanleg van slechts vijf vlottende stuwkleppen op de hoofddrainagekanalen zou deze gewenste waterstand kunnen geregeld worden. De plaatsen van deze vlottende stuwkleppen zijn aangeduid in kaart 7 tesamen met het beïnvloede gebied. De konstruktie van de stuwen zou zodanig opgevat moeten worden zodat over het ganse jaar éénzelfde waterstand zou kunnen aangehouden worden die schommelt tussen nauwe grenzen rond het peil + 2,1 m TAW. De konstruktie van dit beperkt aantal vlottende stuwkleppen is te verkiezen boven de konstruktie van een groter aantal stuwen op iedere kom afzonderlijke.

#### 4.2.3. Gecentraliseerde waterstandsbeheersing

Om zo weinig mogelijk zoet water uit het poldergebied af te voeren en een zo hoog mogelijke waterstand in het gebied te handhaven, is een grondige studie van het afwateringssysteem van het projektgebied nodig. Het gebied is nu goed voorzien van de nodige pompstations om nu zeer vlug grote hoeveelheden water uit het gebied te verwijderen. Ook de waterlopen zijn in het grootste gedeelte van het projektgebied aangepast zodat ze mede instaan voor een snelle ontwatering.

Deze grondige studie zou inhouden dat voor ieder pompstation, maar meer in het bijzonder voor het nieuwe pompstation van Nieuwpoort, bemalingsproeven worden uitgevoerd. Hierbij worden binnen het invloedsareaal op een reeks punten van het afwateringsstelsel de evolutie van de waterstanden en de stroomgrootte en -richting waargenomen terwijl met het pompstation welbepaalde debieten opgepompt worden. Deze debieten worden tijdens de proef nauwkeurig geregistreerd. Deze metingen zouden zowel moeten uitgevoerd worden tijdens periodes van geen of slechts beperkte neerslag als tijdens periodes van intense neerslag. Tijdens periodes van intense regens moet bovendien het verloop van de regenintensiteit op het gebied nauwkeurig geregistreerd worden door een voldoende aantal pluviografen. Al deze metingen dienen geïnterpreteerd te worden door middel van een invers model. Dit model laat toe de hydraulische parameters van het afwateringssysteem te bepalen samen met hun nauwkeurigheid. Deze resultaten zullen toelaten het verloop van de waterstand in het poldergebied te simuleren met een voldoende nauwkeurigheid. Aan de hand van een dergelijk model en een beperkt aantal waarnemingen van de waterstanden die op één centrale plaats kan gevolgd worden, kan op een zeer alerte wijze het pompen in de polders beheerst worden vanuit één controleplaats, bijvoorbeeld het pompstation van Nieuwpoort.

## 5. AUTOSNELWEGEN

Door het projektgebied werden oorspronkelijk twee autosnelwegen gepland. De A18 die het gebied in een oost-west richting doorkruist vanaf de IJzer tot aan de Franse grens. Deze autosnelweg bestaat reeds voor het grootste gedeelte. Enkel het stuk tussen de verbindingsweg Veurne-Ieper en de Franse weg moet nog gerealiseerd worden. De tweede geplande autosnelweg is de A19 tussen Ieper en Veurne. De konstruktie van de A19 is uitgesteld.

Voor de ontwatering van deze autosnelwegen zouden afwateringskanalen moeten gegraven worden waarin de waterstand overeenkomt met de watertafelstand die er thans heerst. De afgevoerde waters zouden enkel in waterlopen mogen opgenomen worden die een snelle evacuatie van dit water naar de zee waarborgen.

Voor de afwatering van het laatste gedeelte van de A18 zouden aldus twee verschillende panden van afwateringskanalen voorzien worden. Het pand dat doorheen De Moeren loopt zou een waterstand hebben op een niveau van - 0,2 m TAW en het pand dat doorheen de Buitenmoeren loopt zou een waterstand moeten hebben van + 1,8 m TAW.

Indien echter wel beslist zou worden om de waterstanden van deze afwateringskanalen hoger te houden dan moeten speciale voorzieningen genomen worden om de bodem van deze kanalen ondoorlatend te maken zodat in geen enkel geval een infiltratie plaatsheeft vanuit het kanaal naar het grondwaterreservoir toe.

Deze voorzieningen zouden zeker moeten genomen worden in de omgeving waar de twee verschillende panden met verschillende waterstanden aan elkaar grenzen. Waar de autosnelweg A18 het waterwingebied van Cabour benadert, moeten alle mogelijke voorzieningen genomen worden dat het grondwaterreservoir er niet chemisch verontreinigd wordt. De bij een eventueel ongeval vrijkomende schadelijke stoffen moeten in ieder geval kunnen verwijderd worden zonder dat er gevaar is het grondwa-



terreservoir te verontreinigen.

Indien er in de toekomst beslist zou worden om de A19 met het baanvak Ieper - Veurne te vervolledigen dan zouden volgende voorstellen verder kunnen onderzocht worden. Voor de afwateringskanalen van de Autosnelweg A19 binnen het pilootprojectgebied zouden afwateringskanalen voorzien moeten worden met ééNZelfde gemiddelde waterstand op ca. + 2,1 m TAW. Dit afwateringskanaal zou zoveel mogelijk moeten gescheiden worden van de overige afwateringskanalen. Het zou slechts met één afwateringskanaal verbonden worden, bijvoorbeeld de Steengracht die de korstste afstand is tussen het tracé van de autosnelweg A19 en het pompstation van Nieuwpoort.

Uit een studie van BAETEMAN & PAEPE (1991) blijkt dat het huidige tracé overwegend loopt doorheen poelgebieden. Door een lichte wijziging van dit tracé zou het overwegend kunnen lopen over kreekgebieden. Dit heeft als voordeel dat de constructiekosten van de autosnelweg A19 sterk kunnen beperkt worden. Ook de onderhoudswerken van een autosnelweg over dit gewijzigd tracé zouden veel geringer zijn. Bij het ongewijzigde tracé zouden meer weilanden ingenomen worden dan akkergronden. Bij het gewijzigde tracé zou de verhouding ingenomen akkerland, ingenomen weiland toenemen.

## 6. BEMESTING

De gevolgen van overbemesting op de kwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater zijn verschillend voor de twee verschillende gebieden in het poldergebied, namelijk de kreek- en de poelgebieden. In de kreekgebieden zal een gedeelte van de overbemesting meegevoerd worden met het neerslagoverschot doorheen de bodem terwijl de rest afgevoerd zal worden door oppervlakkige afstroming naar het waterlopenstelsel. Tijdens de infiltratie doorheen de bodem kunnen aan de bodemdeeltjes adsorptieverschijnselen optreden, deze zijn afhankelijk van de verzadigingsgraad van de bodemdeeltjes. Een gedeelte van de overbemesting zal uit het onderste gedeelte van de bodem verwijderd worden langs de eventueel aanwezige drainagebuizen. Het overblijvende gedeelte van het bemestingsoverschot zal doorstromen tot aan de watertafel waarna het langzaam de aanwezige zoetwaterlens onder het kreekgebied zal verontreinigen. Eenmaal de verontreiniging in de verzadigde zone kunnen zich allerlei chemische reacties afspelen die typisch zijn voor een reducerend milieu. Een voorbeeld van een dergelijke reactie is de reductie van nitraten tot stikstofgas door de oxidatie van organisch materiaal in de verzadigde zone. Afhankelijk van de grootte van het kreekgebied en de zoetwaterlens zal deze zoetwaterlens na een relatief lange periode volledig verontreinigd zijn.

In poelgebieden zal een groter gedeelte van het bemestingsoverschot onmiddellijk afgevoerd worden naar het waterlopenstelsel daar de oppervlakkige afstroming er groter is dan bij kreekgebieden.

Doordat bij poelgebieden de bodem meestal kleiïger is dan bij kreekgebieden zal eveneens een grotere adsorptie voorkomen. Als de bodem nog niet verzadigd is, zal dan ook een veel geringer deel van de overbemesting door de eventuele aanwezige drains onder het poelgebied afgevoerd worden. Slechts een heel klein gedeelte van het bemestingsoverschot zal terechtkomen in de verzadigde zone onder het poelgrondengebied. Het zal er zorgen voor een trage verontreiniging van de dunne zoetwaterlaag die er eventueel aanwezig is onder de

watertafel. Daar deze onverzadigde zone onder de poelgronden meestal een grote hoeveelheid aan organisch materiaal bevat, zullen zich hier ook typische reducerende processen afspelen die evenwel langer kunnen aanhouden.

## REFERENTIES

- ANGIUS, G. (1991).  
Salt/Fresh-water flow and distribution in a cross section  
at Oostduinkerke.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 91023).
- AMERYCKX, J. en T'JONCK, G. (1957).  
De waterzieke landbouwgronden in West-Vlaanderen.  
Brugge. Provincie West-Vlaanderen (Economische monografieën).
- AROL (1990).  
Modellen integraal waterbeheer.  
Studie uitgevoerd door de Dienst Hydrologie (VUB), het Labora-  
torium voor Hydrologie (RUG) en het Laboratorium voor Landbe-  
heer (KUL) in opdracht van de Administratie voor Ruimtelijke  
Ordening en Leefmilieu (AROL), nr. LM/W/OC/38.
- BAETEMAN, C., LAMBRECHTS, G. en PAEPE, R. (1974).  
Autosnelweg Brugge-Calais. Boringen en Geologisch Profiel.  
Sectie: Veurne-Franse grens.  
Prof. Pap. Serv. Geol. Belg. 1974, nr 2, 55 p.
- BAETEMAN, C. (1981).  
De Holocene ontwikkeling van de Westelijke kustvlakte (Belg-  
ië).  
Doctoraatsverhandeling Vrije Universiteit Brussel, 297 p.
- BAETEMAN, C. en PAEPE, R. (1991).  
Planning and geology in a coastal plain.  
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie, 1191, nr  
100/1-2; pp. 195-201.
- BAETEN, Y. (1987).  
Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in West-Vlaanderen.  
Uitgave van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap,  
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu,  
Bestuur voor Leefmilieu.
- BOLLE, I. (1983).  
Hydrogeologie van de binnenduinen van Adinkerke en de  
aangrenzende gebieden.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 83025).
- BOLLE, I., WALRAEVENS, K. en VAN HOUTTE, E. (1990a).  
Hydrogeologisch onderzoek op de fabrieksterreinen van  
"Produits Chimiques de Nieuport" te Nieuwpoort  
(inventarisatie).  
LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 89048).

- BOLLE, I., en VAN HOUTTE, E. (1990b).  
Hydrogeologisch onderzoek op de fabrieksterreinen van  
"Produits Chimiques de Nieuport" te Nieuwpoort  
(karakterisatie).  
LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 89048).
- BRUNEEL, D. (1979).  
Bijdrage tot de kennis van de historische geografie van  
De Moeren.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent.
- BULTYNCK, J. (1990).  
Waterzuivering aan de kust.  
Water 51, p 122-132.
- BURVENICH, T. (1970).  
Geo-elektrisch onderzoek op de kaartbladen De Moeren-Veurne.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 70001).
- CROSSLEY, I. A. (1983).  
Desalination by reverse osmosis.  
In : PORTEOUS, A. (1983)  
Desalination Technology. Developments en practice.  
Applied Science Publishers, London and New York, 271p.
- DE BREUCK, W. en DE MOOR, G. (1972).  
The salinization of the Quarternary sediments in the coastal  
area of Belgium.  
SWIM 3 Copenhagen, p 6-19.
- DE BREUCK, W. en DE MOOR, G. (1974a).  
The evolution of the coastal aquifer of Belgium.  
SWIM 4 Ghent, p 158-172.
- DE BREUCK, W., DE MOOR, G., MARECHAL, R. en TAVERNIER, R. (1974b).  
Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de  
freatische laag van het Belgische kustgebied (1963-1973).  
SWIM 4 Ghent, appendix scale 1/100.000.
- DE BREUCK, W. et al. (1984).  
Polders en verzilting.  
In: Water voor Groen, Vierde Vlaams Wetenschappelijk Congres  
van groenvoorziening, VUB 243-252.
- DE CEUKELAIRE, M., LEBBE, L. en BOLLE, I. (1991)  
Pompproeven en waterstaalnamen in gespleten vaste gesteenten  
ost- en West-Vlaanderen)  
Resultaten van de pompproef bij de firma INCO te Langemark.  
LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 90053).

DEHAENE, L. (1990).

Bijkomende drinkwaterproduktiekapaciteit in het ambtsgebied van de I.W.V.A.  
Onuitgegeven werkdocument VMZ.

DELAUNOIS, H. (1952).

De zeeduinen van de "Westhoek".  
Natuur- en Stedenschoon 9, p 91-110.

DE LEENHEER, L. en VAN RUYMBEKE, M. (1960).

Monografie van de zeepolders.  
Mededeling van de Landbouwhogeschool en de opzoekingsstations van de Staat te Gent,  
deel XXV, nr 1, 416 p.

DE MOOR, G. en DE BREUCK, W. (1969).

De freatische waters in het oostelijk kustgebied en de Vlaamse vallei.  
Natuurwetenschappelijk tijdschrift 51.

DENYS, L., LEBBE, L., SLIGGERS, B.C., SPAINK, G., VAN STRIJ-  
DONCK, M. en VERBRUGGEN, C. (1983).

Litho- en biostratigraphical study of quarternary deep marine deposits of the Western Belgian coastal plain.  
Bull. Belg. Ver. Geol., 92, p 125-154.

DE PAEPE, J. en DE BREUCK, W. (1958).

De drinkwatervoorziening van de landbouwbedrijven in West-Vlaanderen.  
Brugge, 184 p.

DEPREEUW, D. (1991).

Rivieren hebben recht op ingenieuze aanpak.  
Intermediair 1991, nr 10, p 25-28.

DEPUYDT, F. (1966).

Analyse van strand- en duinsedimenten in de Belgische Westhoek.  
Acta Geogr. Lovaniensia 4, p 68-82.

DEPUYDT, F. (1967).

Bijdrage tot de geomorfologie en fytogeografische studie van het domaniaal natuurreservaat De Westhoek.  
Werk. Dienst Domaniale Natuurres. Natuurbescherming 3, p 1-101.

DE RAEVE, F. en LEBBE, L. (1984).

Duinen. De betekenis van de waterhuishouding voor flora, vegetatie en landschap.  
In: Water voor Groen, Vierde Vlaams Wetenschappelijk Congres van groenvoorziening, VUB 409-431.

- DEVOS, J. (1984).  
Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan.  
Doctoraatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 84032).
- DE VOS, M. (1985).  
Bijdrage tot de hydrogeologie van De Moeren (Veurne) en de omliggende gebieden.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 85017).
- DUPRIEZ, G.L. en SNEYERS, R. (1979).  
De nieuwe pluviometrische kaarten van België.  
Publ. K.M.I., Reeks A, nr 103, 17 p.
- DUSAR, M. en LOY, W. (1986).  
The geology of the upper paleozoic aquifer in West-Flanders.  
Aardkundige Mededelingen, 1986, vol. 3, p 59-74.
- GOETHALS, H. en LAGA, P. (1988).  
Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder Oost- en West-Vlaanderen.  
Water 40, mei/juni 1988.
- GOM - West-Vlaanderen (1987).  
Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder West- en Oost-Vlaanderen.  
Deelkontraakt II. Eindverslag. 229 p.
- HEYLEN, J. (1979).  
Rapport debieten IJzerbekken.  
Intern rapport Ministerieel Komitee voor Vlaamse Aangelegenheden Werkgroep Konstruktie Spaarbekkens Ministerie van Openbare Werken.
- HEYLEN, J. (1984).  
Vervolg Rapport debieten IJzerbekken.  
Intern rapport (JMH/79.02) Ministerieel Komitee voor Vlaamse Aangelegenheden Werkgroep Konstruktie Spaarbekkens Ministerie van Openbare Werken.
- HUBERT, P. en MOORMANN, F.R. (1960).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad De Panne 35W.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 40 p.
- JOYE, M. (1970).  
Geo-elektrisch onderzoek in de streek Nieuwpoort-Oostduinkerke.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent.

KONIKOW, L.F. en BREDEHOEFT, J.D. (1978).

Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in groundwater.

U.S. Geol. Survey Techniques of Water-Resources Inv., Book 7, Chap C2, 90 p.

LEBBE, L. (1973).

Hydrogeologisch onderzoek van het duingebied te Oostduinkerke. Licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent (TGO 73002).

LEBBE, L. (1978).

Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne. Doctoraatsverhandeling. Faculteit van de wetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, 164 p. + figuren (TGO 78002).

LEBBE, L. (1979a).

Hydrogeological study of the dune area of De Panne (Belgium). Geologisches Jahrbuch C29, p 115-131.

LEBBE, L. (1979b).

Litostratigrafie en hydraulische doorlatendheid van het freatische reservoir te De Panne. Natuurwetenschappelijk Tijdschrift 61, p 29-58.

LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1980a).

Hydrochemische studie van het freatische waterreservoir te De Panne.

BECEWA 58, p 124-138.

LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1980b).

Hydrogeologie van het duingebied tussen Koksijde en Oostduinkerke.

BECEWA 55, p 33-45.

LEBBE, L. en DE CEUNINCK, R. (1980c).

Lithostratigrafie van het duingebied ten westen van De Panne. Prof. Pap. Belg. Geol. Dienst 171, p 1-26.

LEBBE, L. (1981).

The subterranean flow of fresh and salt water underneath the Western Belgian beach.

SWIM 7 Uppsala, p 193-219.

LEBBE, L. (1983a).

Een matematisch model van de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veellagig grondwaterreservoir en enkele beschouwingen over de stroomtijd.

BECEWA 70, p 33-48.



LEBBE,L. (1983b).

Mathematical model of the evolution of the fresh water lens under the dunes and beach with semi-diurnal tides.

SWIM 8 Bari, p 211-226.

LEBBE,L., DE BREUCK,W. en BOLLE,I. (1983c).

Salt water encroachment in the western Belgian coastal plain.

SWIM 8 Bari, p 285-298.

LEBBE,L., PEDE,K. en VAN HOUTTE,E. (1984).

Analyse van pompproeven in een veellagig grondwaterreservoir met behulp van een matematisch model.

BECEWA, 78, p 132-146.

LEBBE,L. en VAN CAMP, M. (1985a).

Aanvullend onderzoek voor de hydrogeologische studie van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde : winning van oppervlaktewater door middel van oeverinfiltratie in een wachtvijver.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 84034).

LEBBE,L. en VAN CAMP, M. (1985b).

Aanvullend onderzoek voor de hydrogeologische studie van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde : winning van oppervlaktewater door middel van oeverinfiltratie in een wachtvijver. Bijlage 2.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 84034).

LEBBE,L. en PEDE,K. (1986).

Salt-fresh water flow beneath old dunes and low polders influenced by pumpage and drainage in the Western Belgian coastal plain.

SWIM 9 Delft, p 199-220.

LEBBE,L., VAN CAMP,M., DE CEUKELAIRE,M., VAN BURM, P. en DE BREUCK, W. (1987).

Hydrogeologisch mathematisch model van de grondwaterstromingen in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen onder West-, Oost-, Zeeuws- en Frans-Vlaanderen.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent, 105 p (TGO 84015).

LEBBE,L., VAN CAMP,M., VAN BURM,P., DE CEUKELAIRE,M., WATTIEZ,R. en DE BREUCK,W. (1988a).

Hydrogeologisch matematisch model van de grondwaterstroming de sokkel onder Vlaanderen.

Water 41, p 104-108.

LEBBE,L. (1988b).

Uitvoering van pompproeven en interpretatie door middel van een invers model.

Proefschrift voorgelegd tot het verkrijgen van de graad van Geaggregeerde voor het Hoger Onderwijs. Faculteit van de wetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, 563 p.

LEBBE,L. en WALRAEVENS,K. (1988c).

Hydrogeological SWIM-excursion to the western coastal plain of Belgium.

SWIM 10 Ghent 1988.

LEBBE,L. en WALRAEVENS,K. (1988d).

Hydrochemical study of a cross-section through the coastal and the surroundings near the French-Belgian border.

SWIM 10 Ghent 1988.

LEBBE,L. en MAHAUDEN,M. (1988e)

Pompproeven en waterstaalnamen in gespleten vaste gesteenten (Oost- en West-Vlaanderen)

Resultaten van de pomp- en stijgproef bij de firma N.V. TALPE-STAR te Kortemark.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 88011).

LEBBE,L. en MAHAUDEN,M. (1989)

Pompproeven en waterstaalnamen in gespleten vaste gesteenten (Oost- en West-Vlaanderen)

Resultaten van de pomp- en stijgproef bij het Klooster van de Zusters Benidictinessen te Poperinge.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 89053).

LEBBE,L., BOLLE,I. en VAN HOUTTE,E. (1991a).

Milieu-effectrapportering waterhuishoudingsprojecten "Martjesvaart" en "Zuidijzerpolder" - Partim : abiotisch milieu

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 90012).

LEBBE,L. en MAHAUDEN,M. (1991b).

Het zoute grondwater in de poldergebieden.

Polders en Waterringen, nr. 19, p 5-21.

LEBBE,L. en VAN HOUTTE,E. (1991c).

Infiltratie van bemalingswater in het waterwingebied van de Doornpanne.

LTGH, Universiteit Gent (TGO 91007a).

LEBBE, L. en VAN HOUTTE, E. (1992).

Pompproeven en de berekening van de winbare grondwaterhoeveelheden in de kwartaire watervoerende lagen op het vliegveld te Koksijde.

LTGH, Universiteit Gent (TGO 91007c)

- LOUIS, A. en VAN DAMME, M. (1974).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Lo 66W.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 99 p.
- MAES, M. (1970).  
Geo-elektrisch onderzoek in de westelijke kustvlakte.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent.
- MAHAUDEN, M., LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1982).  
Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de ge-  
plande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde.  
LTGH, Rijksuniversiteit Gent, 52p. + bijlagen (TGO 81006).
- MATTHIJS, J.P. en TERRENS, I. (1990).  
Twintig kilometer toevoerleiding voor de drinkwaterbevoorra-  
ding van de Westkust.  
Water 51, p 137-141.
- MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP (1990).  
Milieubeleidsplan en natuurontwikkelingsplan voor Vlaanderen,  
Voorstellen voor 1990-1995.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN VAN HET GEZIN (1979).  
De kaart van de biologische kwaliteit van de waterlopen in  
Belgie.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN VAN HET GEZIN (1986).  
Biologische Waarderingskaart van België.
- MOORMANN, F.R. (1951a).  
De bodemgesteldheid van het Oudland van Veurne Ambacht.  
Natuurwetenschappelijk Tijdschrift 33.
- MOORMANN, F.R. en AMERIJCKX, J.B. (1951b).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Nieuwpoort 36W.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 52 p.
- MOORMANN, F.R. (1951c).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Lampernisse 51W.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 55 p.
- MOORMANN, F.R. (1951d).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Oostduinkerke 35E.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 40 p.

- MOORMANN, F.R. en AMERIJCKX, J.B. (1951e).  
Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Nieuwpoort 36W.  
Gent, Centrum voor Bodemkartering. 52 p.
- OLSTHOORN, T.N. (1982a).  
Persputten als infiltratiemiddel.  
H<sub>2</sub>O 1982, nr 15, p 378-384.
- OLSTHOORN, T.N. (1982b).  
Persputten, optimaliseren met verstopping.  
H<sub>2</sub>O 1982, nr 15, p 385-389.
- OVAM (1990).  
De mestproblematiek in Vlaanderen : een landbouweconomisch  
milieuvraagstuk.  
OVAM Mechelen, 121 p.
- PAEPE, R. (1971).  
Autosnelweg Brugge-Calais.  
Prof. Pap. Serv Géol. Belg. nr 9, p 1-59.
- PENMAN, H.L. (1952).  
The physical bases of irrigation control.  
Proc. 13th Int. Horticult. Congr. London, 2, p 913-924.
- PETERS, J.H. (1982).  
Enkele mogelijkheden van persputten bij de watervoorziening.  
H<sub>2</sub>O 1982, nr 15, p 389-395.
- PETERS, J.H. (1984).  
Wat weten we nu van diepinfiltratie?  
Voordracht te Leiden, 1984.
- PILLEN, R. en DEHAEMERS, R. (1983).  
Biologische kwaliteit van een aantal hydrografische bekkens  
in het kustbekken.  
Waterzuiveringsmaatschappij van het Kustbekken. 86 p.
- RUTTE, M. (1990).  
Speelt zuivering in bodem een rol bij diepinfiltratie?  
H<sub>2</sub>O 1990, nr 9, p 241-245.
- SCHITTEKAT, J. (1972).  
Etude sédimentaire et hydrogéologique à Oostduinkerke.  
Travail de fin d'étude. Faculté des Sciences Appliquées,  
Université de Liège, 83 p.
- SCHOELLER, M. (1960).  
Teneurs mensuelles et annuelles en chlore d'eau de la pluie  
dans le Bassin d'Aquitaine.  
Ass. Int. Hydrol. Publ. 53, p 343-350.

SCHUURMANS, R.A. (1991).

De Rivier-duinwaterleiding van Gemeentewaterleidingen  
Amsterdam.

H<sub>2</sub>O 1991, nr 7, p 170-173.

SERRA, M.A. (1991).

Salt/Fresh-water flow and distribution in a cross section  
at Nieuwpoort.

Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 91022).

SPILLIAERT, J. (1960).

La nouvelle station de pompage et de déferisation de  
l'I.W.V.A. à St-André Oostduinkerke.

La technique de l'eau et de l'assainissement, juin 1960,  
1-24.

SPREY, C., VAN DER VEGTE, F.W. en VREEDENBURGH, E.G.H. (1990).

Het Noordhollands Duinreservaat : van grondwatergebruik naar  
grondwaterbeheer.

H<sub>2</sub>O 1990, nr 22.

STUYFZAND, P.J en STUURMAN, R.J. (1985).

Experimenteel gebruik en modellering van een stationaire  
regenwaterlens op kunstmatig geïnfiltreerd oppervlaktewater.

H<sub>2</sub>O 1985, nr 19, p 408-415.

STUYFZAND, P.J. (1989).

Vergelijking van kunstmatige infiltratie via vijvers en putten  
in geohydrochemisch opzicht.

H<sub>2</sub>O 1989, nr 23, p 721-728.

THORNTWAITE, C.W. en MATTER, J.R. (1957).

Instructions and tables for computing potential evapotranspi-  
rations and the water balance.

Publications in Climatology, Vol 10, nr 3, p 311.

T'JONCK, G. (1959).

Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Hoogstade 65E.

Gent, Centrum voor Bodemkartering. 97 p.

T'JONCK, G. en MOORMANN, F.R. (1962).

Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad  
Veurne 50E.

Gent, Centrum voor Bodemkartering. 100 p.

TOP, G. (1985).

Planologie en waterwinning aan de Westkust.

Sint-Lucas Gent, Afdeling stedelijke bouwkunde en  
ruimtelijke planning. 173 p.

VANACKER, L., DEBAENE, L. en MACHARIS, M. (1988).  
De mestproduktie in Vlaanderen. Mestproduktie-mestbalansen-  
mestnormen West-Vlaanderen.  
OVAM Mechelen, 20 p.

VAN BEEK, C. en VAN PUFFELEN, J. (1981).  
Wat gebeurt er met fosfaat bij duininfiltratie?  
H<sub>2</sub>O 1981, nr 25, p 619-622.

VAN BENNEKOM, C.A. (1991).  
Beïnvloeding grondwaterwinning en -zuivering door uitspoeling  
van stikstofverbindingen.  
H<sub>2</sub>O 1991, nr 2, p 37-41.

VAN CAMP, M., WALRAEVENS, K., DE CEUKELAIRE, M., VAN BURM, P.,  
LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1989).  
Hydrochemie van de watervoerende lagen in de paleozoïsche  
sokkel, in het Krijt en in het Landeniaan onder West-, Oost-  
en Frans Vlaanderen.  
Water 44, p 25-30

VAN CAMP, M., VAN HOUTTE, E. en BOLLE, I. (1990).  
Hydrogeologisch onderzoek op de fabrieksterreinen van  
"Produits Chimiques de Nieuport" te Nieuwpoort  
(matematische modellering).  
LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 89048).

VAN DER EEM, J.P., STAKELBEEK, A. en PETERS, J.H. (1989).  
Diepinfiltratie in het watervlak veelbelovend.  
H<sub>2</sub>O 1989, nr 7, p 194-197.

VAN DER EEM, J.P. (1990).  
Diepinfiltratie, een kwestie van zoethouden.  
H<sub>2</sub>O 1990, nr 16, p 424-429.

VAN DE WALLE, L. (1986).  
Modelstudie gesteund op waarnemingen van stijghoogten en  
kwaliteit van het grondwater in De Moeren en de Binnenduinen  
(De Panne-Veurne).  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 86082).

VAN DIJK, H. en BAKKER, T. (1984).  
Duininfiltratie: invloed op balans en concentraties van  
voedingsstoffen.  
H<sub>2</sub>O 1984, nr 25, p 597-600.

VAN GRINSVEN, W.J. (1990).  
Ontwerp en uitvoering van het diepinfiltratieproject Waals-  
dorp.  
H<sub>2</sub>O 1990, nr 9, p 238-240.

VAN HOUTTE, E. (1984).

Hydrogeologie van De Moeren en de Binnenduinen van Adinkerke.  
Licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent (TGO 84048).

VAN HOUTTE, E. en LEBBE, L. (1992).

Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek.

LTGH, Rijksuniversiteit Gent (TGO 91007b).

VANHOVE, N. en THEYS, J. (1990).

West-Vlaanderen 2000.

WES, 451 p.

VAN PUFFELEN, J. (1979).

Berging van oppervlaktewater in de ondergrond.

H<sub>2</sub>O 1979, nr 12, p 541-548.

VAN PUFFELEN, J. (1985).

Kwaliteitsaspecten bij kunstmatige infiltratie van water in de duinen.

H<sub>2</sub>O 1985, nr 3, p 50-54.

WALRAEVENS, K., VAN CAMP, M., DE CEUKELAIRE, M., VAN BURM, P., LEBBE, L., DE BREUCK, W., GERARD, P. en VERPLAETSE, H. (1989).

Hydrochemisch onderzoek van de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen van de sokkel, het Krijt en het Landenian onder West-, Oost- en Frans-Vlaanderen.

Natuurwetenschappelijk tijdschrift 71, p 53-73

ZEUWTS, L., LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1988).

Hydrochemistry of pore water from fine-grained sediments (clay, silt, peat) in the southern part of the western Belgian coastal plain: the Yser plain.

SWIM 10 Ghent 1988.

ZEUWTS, L., LEBBE, L. en DE BREUCK, W. (1989).

Het totale zoutgehalte van het poriënwater (TDS) afgeleid uit resistiviteitsboorgatmetingen in het Vlaamse kustgebied.

Toepassingen van geofysische onderzoeksmethoden in de ingenieursgeologie.

BCIG Luik.

ZEUWTS, L. (1991).

Hydrogeologie en hydrochemie van de IJzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (Westelijke kustvlakte).

Doctoraatsverhandeling, Faculteit van de Wetenschappen,

Rijksuniversiteit Gent, 380 p + figuren en bijlagen + platen (TGO 88001).

Bij de volgende diensten konden we de archieven raadplegen of werden gegevens verstrekt :

Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting (AMINAL, vroeger AROL)

Belgische Geologische Dienst (BGD),  
Kaartblad 11/7, 11/8, 12/5, 12/6, 19/3, 19/4, 19/7, 19/8 en 20/1

Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE)

Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA)

Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI)

Landelijke Waterdienst

Ministerie van Openbare Werken (MOW)

Polder "De Moeren"

Polder "Noordwatering van Veurne"

Vlaamse Landmaatschappij, Provinciale Directie Brugge

Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM)



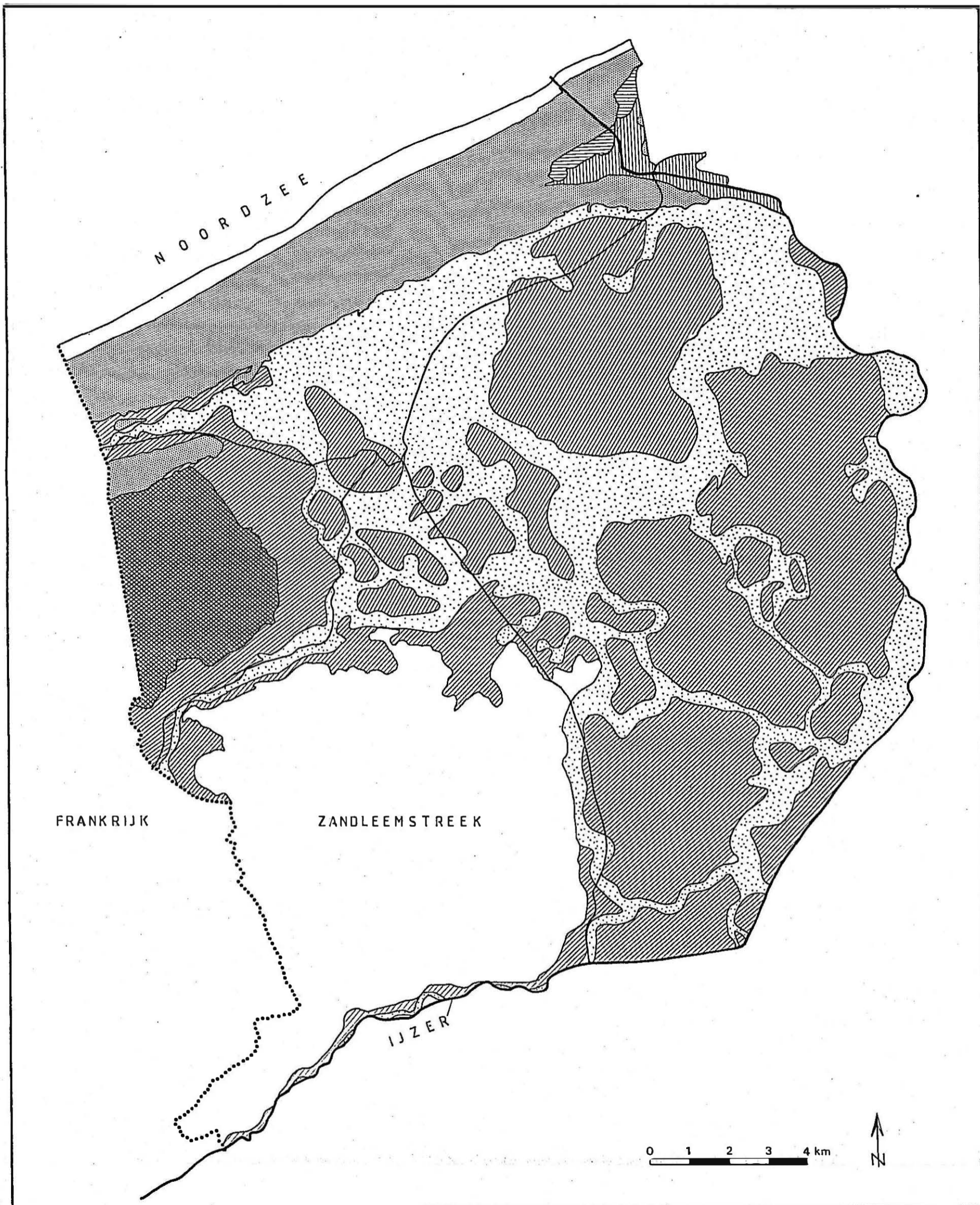
## BIJLAGE: KAARTEN

### Kaart 1 : Zoneringskaart van het projektgebied "De Westhoek"








Deze zoneringskaart werd opgesteld aan de hand van de boorbeschrijvingen en boorgatmetingen uit het archief van het LTGH. Deze boringen werden voor het grootste gedeelte uitgevoerd in het kader van gedetailleerde hydrogeologische studies. Er werd eveneens beroep gedaan op de zoneringskaarten opgesteld door BAETEMAN (1981). De ontbrekende gedeelten van de kaart werden aangevuld door interpretatie van de bodemkaart van België.

Deze zoneringskaart onderscheidt volgende gebieden of gronden: de duinen, De Moeren, de strandruggen, de schorregronden, de poelgebieden, de kreekgebieden en de zandleemstreek. Het grootste gedeelte van het projektgebied wordt ingenomen door poelgebieden en kreekgebieden. Deze twee gebieden worden van elkaar onderscheiden door de verschillende opbouw van de freatische watervoerende laag die onderaan begrensd is door de Ieperiaanse klei. Onder de kreekgebieden is de freatisch watervoerende laag hoofdzakelijk opgebouwd uit zandige sedimenten. Deze gebieden kunnen in het Middenland evenwel bedekt zijn door een relatief dikke kleilaag (de dekkleigronden van de bodemkaart).

Onder de poelgebieden is de freatisch watervoerende laag hoofdzakelijk opgebouwd uit weinig doorlatende afzettingen zoals klei, veen en leem.



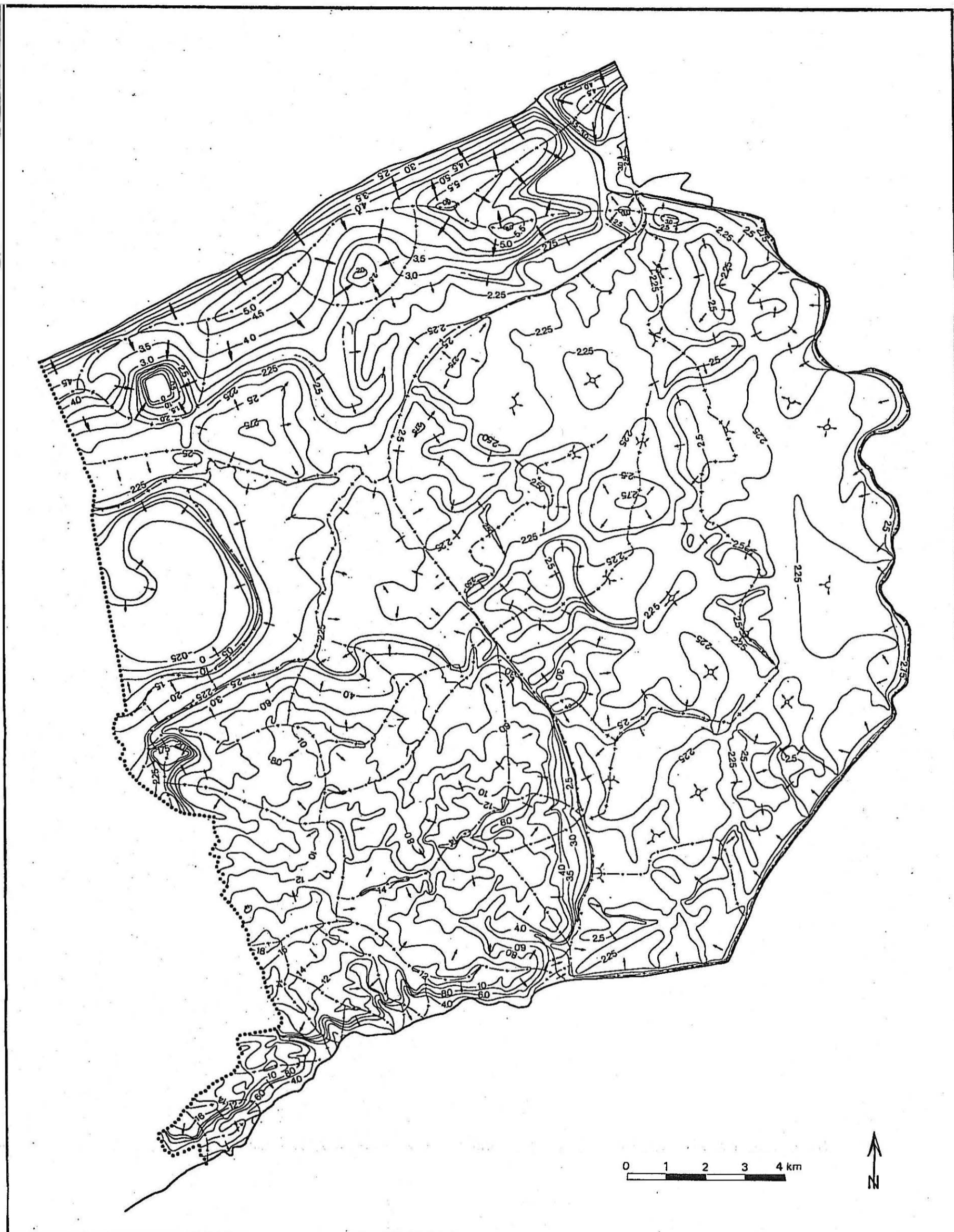
Kaart 1 : Zoneringskaart van het projectgebied "De Westhoek"

LEGENDE	
	kreekgebieden
	poelgebieden
	schorregrond
	kanalen
	De Moeren
	duinen
	strandruggronden

Kaart 2 : Hydro-isohypsen van de watertafel en grondwaterstromingen in de top van de freatisch watervoerende laag

Deze kaart werd opgesteld aan de hand van stijghoogtegegevens van een reeks gedetailleerde hydrogeologische studies. Het zijn de gedetailleerde hydrogeologische studies rond de waterwinningen van de Doornpanne (LEBBE, 1973, LEBBE & DE BREUCK, 1980) en van De Panne (LEBBE, 1978). De studie op het strand van De Panne (LEBBE, 1981 en LEBBE, 1983). De gedetailleerde hydrogeologische studie rond de geplande waterwinning van Ter Yde (MAHAUDEN et. al., 1982). De gedetailleerde hydrogeologische studies van de Binnenduinen van Adinkerke - Ghyvelde (LEBBE et. al., 1983, BOLLE, 1983, VAN HOUTTE, 1984, DE VOS, 1985, VAN DE WALLE, 1986). De hydrogeologische en hydrochemische studie van de IJzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (ZEUWTS, 1991) en enkele detailstudies rond de hydrogeologische profielen te Oostduinkerke (ANGIUS, 1991) en te Nieuwpoort (SERRA, 1991).

In de gebieden waar de waarnemingen ontbraken werden de hydro-isohypsen van de watertafel getekend steunend op de ondervindingen opgedaan in de analoge gebieden. De hydro-isohypsen in de zandleemstreek werden opgesteld steunend op de topografische kaart van 1/25.000 van het N.G.I. (eerste editie).



Kaart 2 : Hydro-iso-hypsen van de watertafel en grondwaterstromingen in de top van de freatisch watervoerende laag

**LEGENDE**

- lijnen van gelijke stijghoogte
- grondwaterscheidingslijnen
- stromingsrichting
- franse grens

Kaart 3 : Stromingsrichting van het oppervlaktewater en situering van de verschillende kunstwerken

Gezien er weinig informatie op het LTGH beschikbaar was, zijn er verschillende instanties benaderd voor het verkrijgen van waardevolle gegevens. Bij de polder "Noordwatering van Veurne" is door de Heer PYLYSER een kaart van de ganse polder en de gegevens van de 8 pompgemalen die de polder bezit aan ons overgemaakt. Tijdens het onderhoud heeft de Heer PYLYSER de plaats van enkele belangrijk kunstwerken aangeduid.

Alle nuttige informatie betreffende de uitgevoerde ruilverkavelingen binnen het studiegebied is door de Heer Ir. DE MUYT van de VLM, Provinciale Directie Brugge, overgemaakt, die naast de verschillende kunstwerken ook de berekende hoogwaterlijnen bevat. Om deze berekende waarden te bekomen, wordt een neerslag van minimum 13 mm neerslag per dag of 1.5 l/ha/sec verondersteld (mondeling medegedeeld DE MUYT).

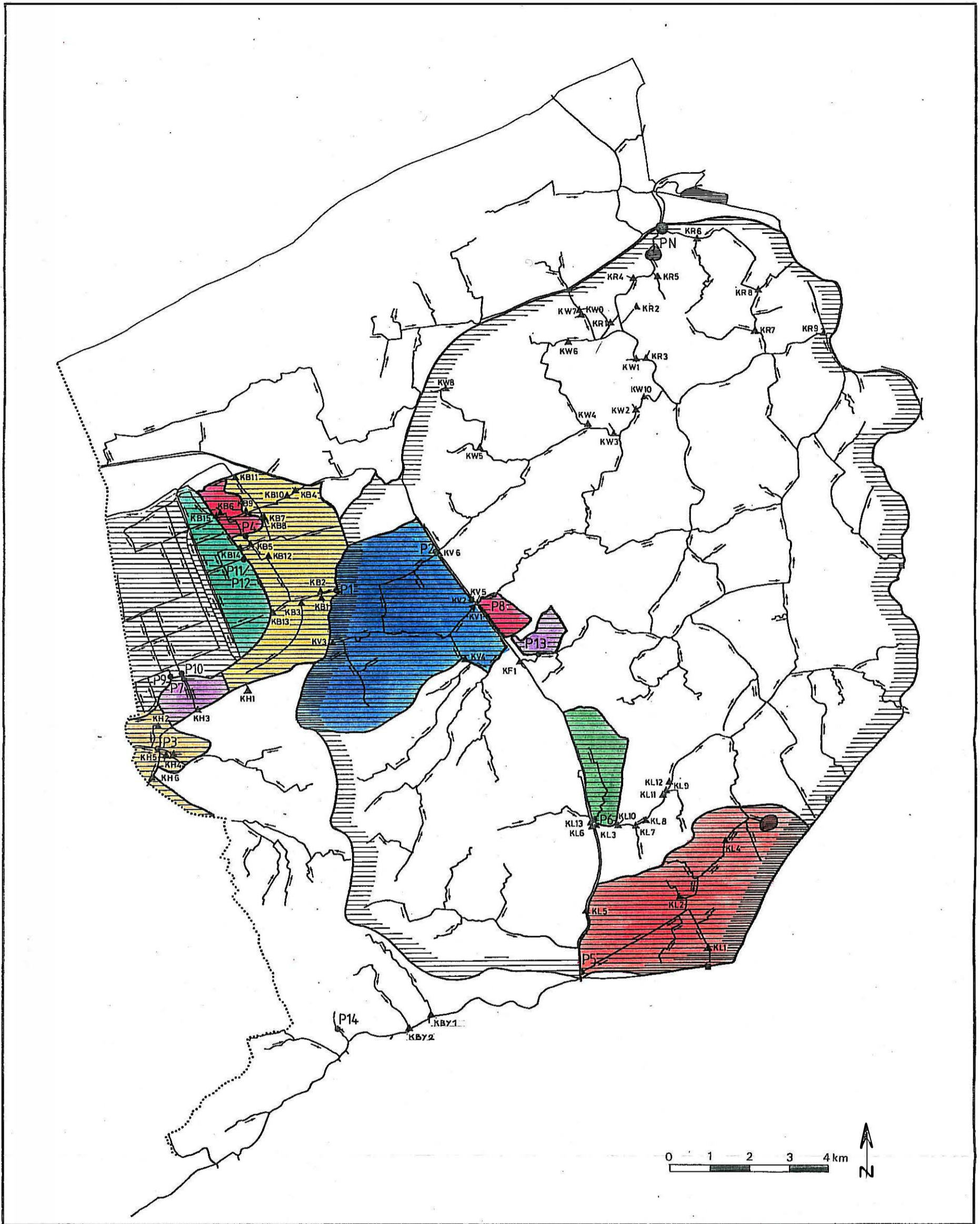
Tijdens één van de vergaderingen in VLM Brussel is er een belangrijke informatieuitwisseling geweest met de Heer BOGAERT over de plaatsinplanting van de kunstwerken.

De gegevens over het pompstation te Nieuwpoort werd ons bezorgd door de Ir. LAMBRECHT van de Landelijke Waterdienst.

Aan de hand van de verzamelde gegevens is er getracht een algemeen beeld te geven hoe het oppervlaktewater zich gedraagt binnen het studiegebied in de Westhoek.

Op de kaart met belangrijkste waterlopen zijn de kunstwerken geplaatst en van elk pompstation is de invloedszone gearceerd weergegeven. Enkel voor het partikuliere pompgemaal (P14) zijn er geen verdere gegevens voorhanden. Verder is de stroomrichting van de waterlopen aangeduid, steunend op de kaart van de polder "Noordwatering van Veurne" en getoetst aan de andere beschikbare gegevens. De gegevens van de polder "De Moeren" waarover het LTGH reeds beschikte zijn eveneens in de studie opgenomen.

Gelet op de beperkte duur van het projekt, de complexiteit van de problematiek en de onvolledigheid en de sterke verspreiding van de beschikbare gegevens is het mogelijk dat deze kaart op sommige plaatsen afwijkt van de werkelijke toestand.

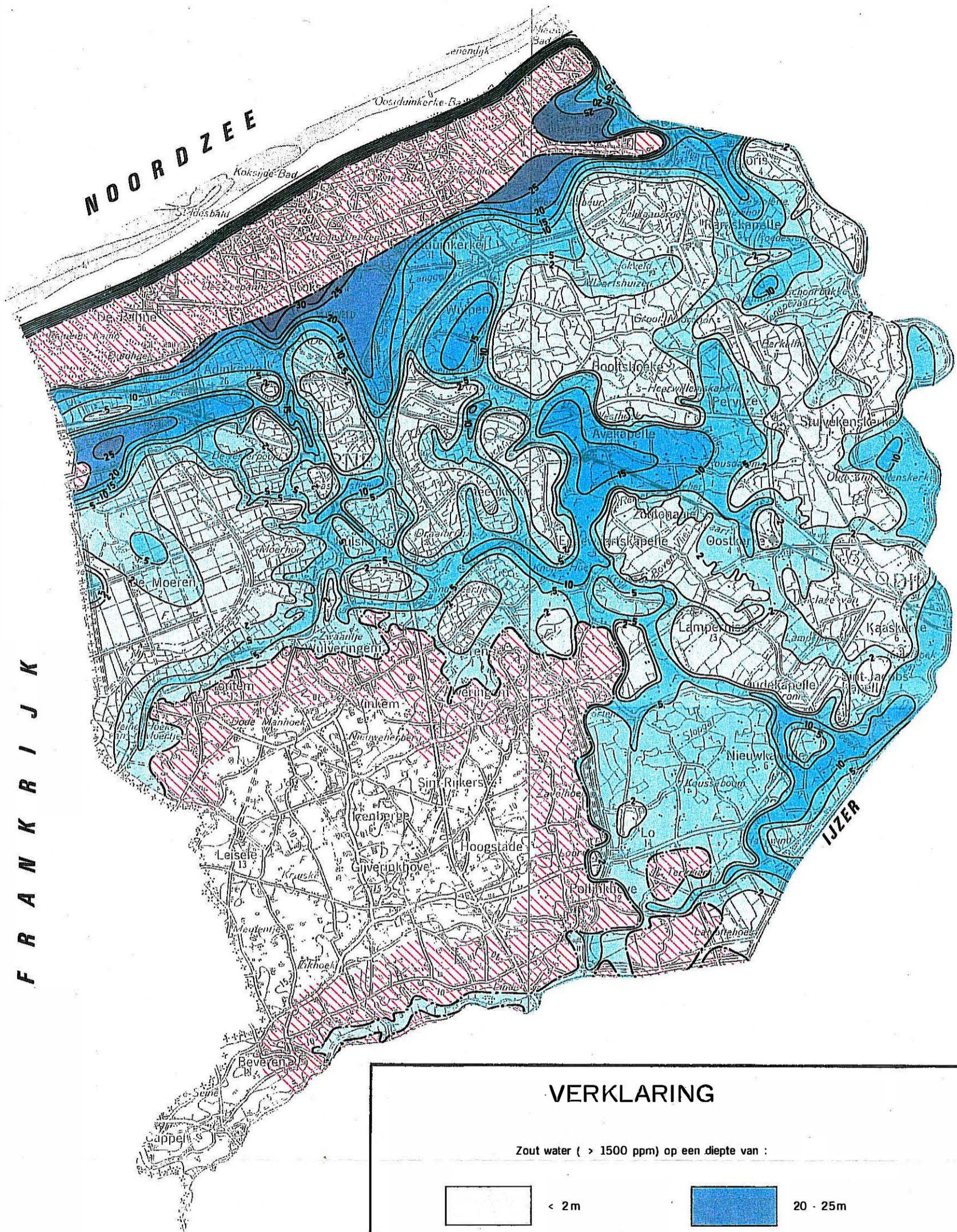


Kaart 3 : Stroomingsrichting van het oppervlaktewater en situering van de verschillende kunstwerken

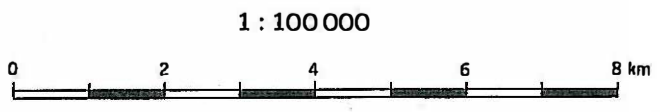
**LEGENDE**

- stroomrichting
- ▲ kunstwerken
- pompen
- waterafname op de Yzer
- spaarbekken
- ▨ be-nalen gebied

# DIEPTE VAN HET GRENSVLAK TUSSEN ZOET EN ZOUT WATER IN DE FREATISCHE LAAG VAN HET BELGISCHE KUSTGEBIED (1963-73)



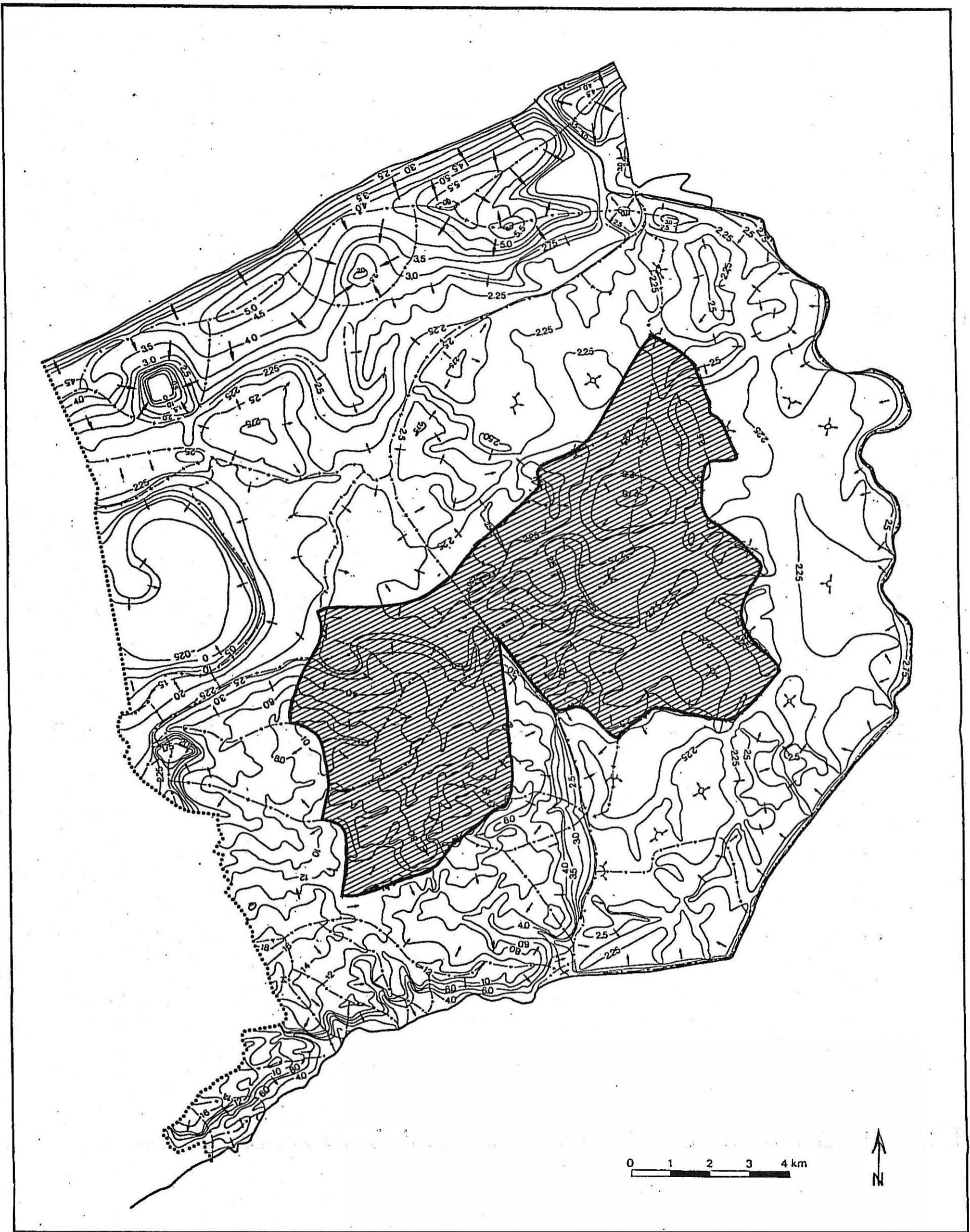
FRANKRIJK



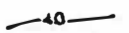
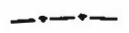


**VERKLARING**

Zout water (> 1500 ppm) op een diepte van :

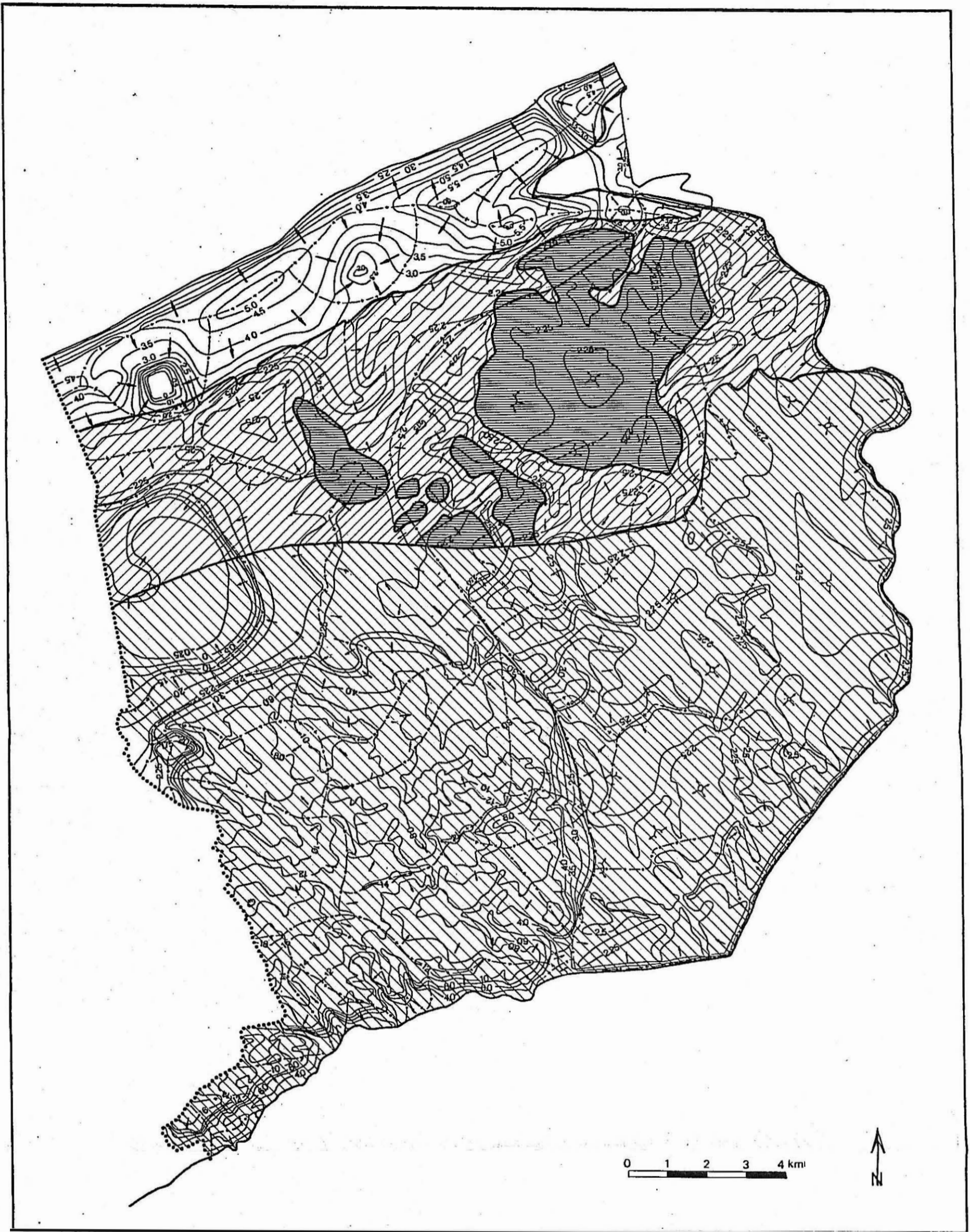
<table border="0"> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: white; border: 1px solid black;"></td><td>&lt; 2m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #e0f7fa; border: 1px solid black;"></td><td>2 - 5m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #b2dfdb; border: 1px solid black;"></td><td>5 - 10m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #81c784; border: 1px solid black;"></td><td>10 - 15m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #4db6ac; border: 1px solid black;"></td><td>15 - 20m</td></tr> </table>		< 2m		2 - 5m		5 - 10m		10 - 15m		15 - 20m	<table border="0"> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #00bcd4; border: 1px solid black;"></td><td>20 - 25m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #009688; border: 1px solid black;"></td><td>25 - 30m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #00796b; border: 1px solid black;"></td><td>30 - 35m</td></tr> <tr><td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #ffccbc; border: 1px solid black;"></td><td>Gebied zonder zout grondwater Zone sans nappe salée Area without salt ground water</td></tr> </table>		20 - 25m		25 - 30m		30 - 35m		Gebied zonder zout grondwater Zone sans nappe salée Area without salt ground water
	< 2m																		
	2 - 5m																		
	5 - 10m																		
	10 - 15m																		
	15 - 20m																		
	20 - 25m																		
	25 - 30m																		
	30 - 35m																		
	Gebied zonder zout grondwater Zone sans nappe salée Area without salt ground water																		



Kaart 5 : Herkomstgebied van water voor inname op de Avekapellekreek

LEGENDE	
	lijnen van gelijke stijghoogte
	grondwaterscheidingslijnen
	stromingsrichting
	fransegrens





### LEGENDE



zone waar vertikale drainage mogelijk is



zone waar mogelijkheid tot vertikale drainage zou moeten onderzocht worden



zone waar geen vertikale drainage mogelijk is



lijnen van gelijke stijghoogte



grondwaterscheidingslijnen

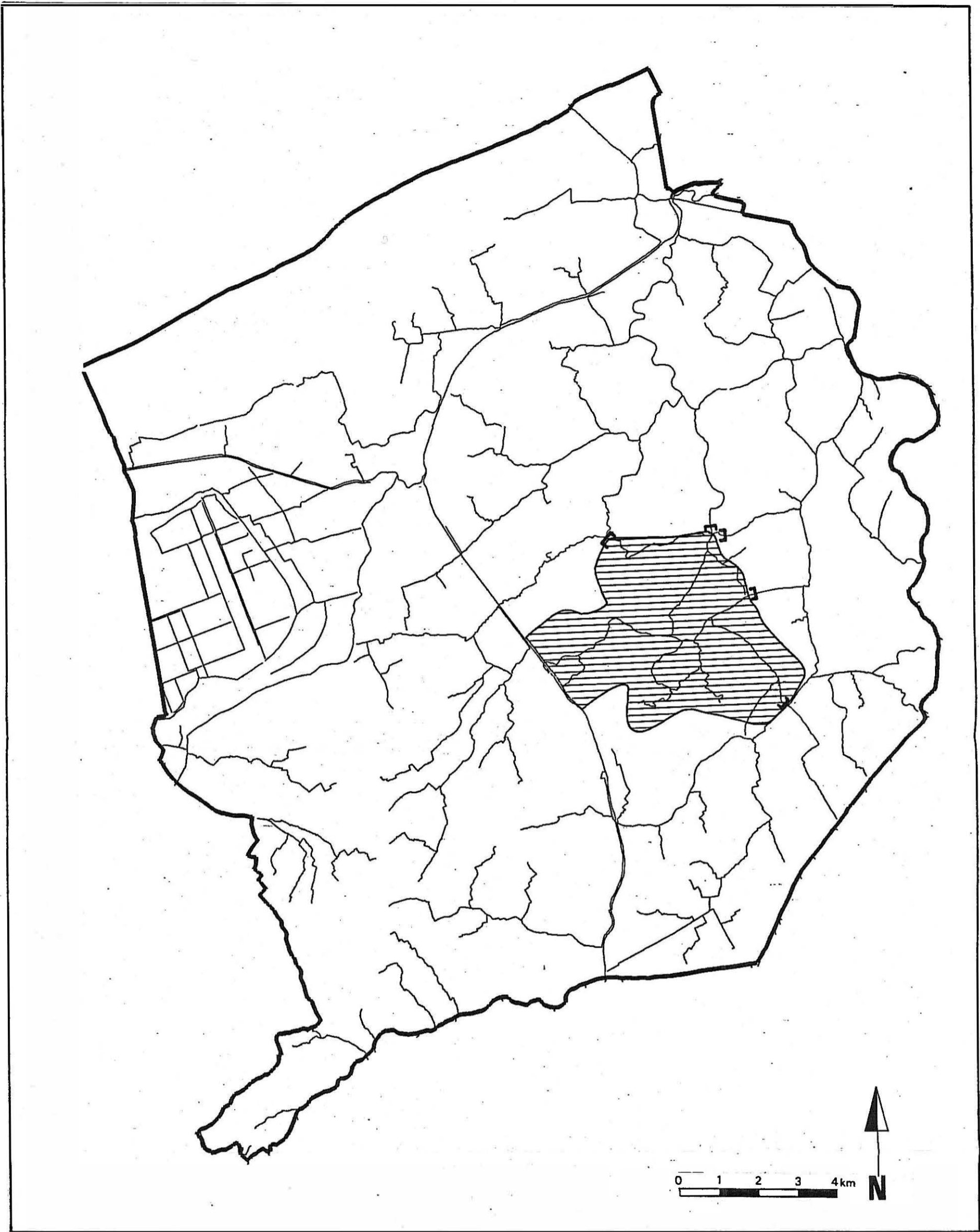


stromingsrichting




franse grens


Kaart 6 : Zoneringskaart voor vertikale drainage



Kaart 7 : Zone met konstant waterpeil

LEGENDE

 zone geregeld door geplaatste terugslagkleppen

 vlottende terugslagklep