

DE GEMEENSCHAPS MINISTER VAN VOLKSGEZONDHEID EN LEEFMILIEU

HET LEEFMILIEU
IN VLAANDEREN

KWETSBAARHEIDSKAART
VAN HET
GRONDWATER
IN
WEST-VLAANDEREN

1987

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Depotnummer: D/1987/3241/53

Verantwoordelijke uitgever:
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu
Bestuur voor Leefmilieu
Boliardstraat 12, 1040 Brussel

© 1987 Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Bestuur voor Leefmilieu

Drukkerij Erasmus Weteren

Project: KWETSBAARHEIDSKAART VAN HET GRONDWATER
Provincie West-Vlaanderen

Opdrachtgever: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu
Bestuur Leefmilieu
Dienst Water- & Bodembeleid
Belliardstraat 12 te 1040 Brussel
Tel. 02/513.99.20

Opdrachthouder: Instituut voor Aardwetenschappen
Redingenstraat 16
B-3000 Leuven
Tel. 016/22.69.20

Leiding en coördinatie: Prof. Dr. W. Løy

Uitwerking: Lic. Y. Baeten

Inhoud

Woord vooraf	7
1. Inleiding	9
2. De kwetsbaarheid van het grondwater	9
3. De kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in het Vlaamse Gewest	10
4. De graden van kwetsbaarheid	12
4.1. De watervoerende laag	12
4.2. De deklaag	12
4.3. De onverzadigde zone	12
4.4. De kwetsbaarheidsschaal	12
5. Reliëf en hydrografie	15
6. Geologie en hydrogeologie	18
6.1. Watervoerende formaties en stratigrafie	18
6.2. De watervoerende formaties in West-Vlaanderen	18
7. De kwetsbaarheid van het grondwater	30
7.1. Zeer kwetsbaar	30
7.2. Matig kwetsbaar	31
7.3. Weinig kwetsbaar	31
8. Geraadpleegde werken	32

Woord vooraf

Grondwater is de belangrijkste bron voor de watervoorziening in Vlaanderen. Bij de bescherming van het grondwater is preventief optreden een noodzaak. Verontreiniging van grondwater is immers een proces, dat in vele gevallen vrijwel onomkeerbaar is.

Daarom vereist een preventief beschermingsbeleid in de eerste plaats een goede kennis van de kwetsbaarheid van de grondwaterlagen.

Om deze reden heb ik dan ook opdracht gegeven aan de geologische diensten van respectievelijk het Limburgs Universitair Centrum, de Katholieke Universiteit Leuven en de Rijksuniversiteit van Gent om per provincie kwetsbaarheidskaarten op te stellen.

Deze brochure bevat toelichting bij de grondwaterkwetsbaarheidskaart van de provincie West-Vlaanderen.

Deze kwetsbaarheidskaart is een nuttig instrument voor allen, die betrokken zijn bij de bescherming van het grondwater in Vlaanderen.

Ik stel er prijs op iedereen die meegewerkt heeft aan het opstellen van deze belangrijke documenten van harte te danken. In het bijzonder vermeld ik hier de geologische diensten van onze universitaire instellingen als auteurs en de provinciale grondwaterkommissies die samen met de dienst Water- en Bodembeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu de coördinatie van het geheel verzekerden.

Jan LENSSENS

1. Inleiding

Het grondwater is een kostbare grondstof. De verontreiniging ervan kan moeilijk en soms zelfs niet ongedaan worden gemaakt. Het risico van verontreiniging hangt af van tal van factoren, die samen de kwetsbaarheid van het grondwater bepalen. Het is duidelijk dat voor de bescherming van het grondwater de kennis van de kwetsbaarheid van het grootste belang is.

Een kaart die de kwetsbaarheid van het grondwater aangeeft, vormt dan ook een basisdocument voor degenen die betrokken zijn bij het beheer van de grondwatervoorraden. De nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van dergelijke kaarten hangt af van de hoeveelheid en de aard van de gegevens waarmee ze worden samengesteld.

Op initiatief van de Provinciale Grondwatercommissie van Limburg en de Nationale Maatschappij der Waterleidingen (NMW) en op voorstel van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (AROL) werd door de Minister van de Vlaamse Gemeenschap beslist over te gaan tot de kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in de bovenste watervoerende laag. Deze kartering diende te worden uitgevoerd per provincie op schaal 1:100.000 in het ganse Vlaamse Gewest.

Als watervoerende laag wordt beschouwd de verzadigde zone van een formatie die een dikte en een uitbreiding heeft die voldoende groot zijn om er op een economisch verantwoorde wijze water uit te winnen. Voor de kaart is hiervoor een debiet van minstens 4 m^3 per uur aangenomen. Er is ook rekening gehouden met de natuurlijke verzilting van het grondwater, waar zich dat in belangrijke mate voordoet.

2. De kwetsbaarheid van het grondwater

De kwetsbaarheid van het grondwater wordt bepaald door tal van factoren van statische en dynamische aard. Deze omvatten o.m.:

- de omvang en de aard van de watervoerende laag en van de deklaag
- de hydraulische parameters van de formaties
- de grondwatertocstand in natuurlijke en in kunstmatige omstandigheden
- de wisselwerking tussen aangrenzende formaties
- de aard en de omvang van de verontreiniging.

Bij de verontreiniging dient men met de volgende aspecten rekening te houden:

- de invoer, d.w.z. het doorstromen, vooral in verticale richting, van de verontreinigende stoffen, meegevoerd door insijpelend water, of van verontreinigende vloeistoffen vanaf het oppervlak tot in de verzadigde zone doorheen de bodem en de onverzadigde zone
- de verspreiding van de verontreiniging, door stroming van verontreinigd water onder de heersende hydrogeologische omstandigheden
- het voortbestaan van de verontreiniging na het verdwijnen van de verontreinigingsbron rekening houdend met de voeding en de aard van de formaties en de aard van de verontreinigende stof
- de wisselwerking tussen de verontreinigende stof en de formatie.

3. De kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in het Vlaamse Gewest

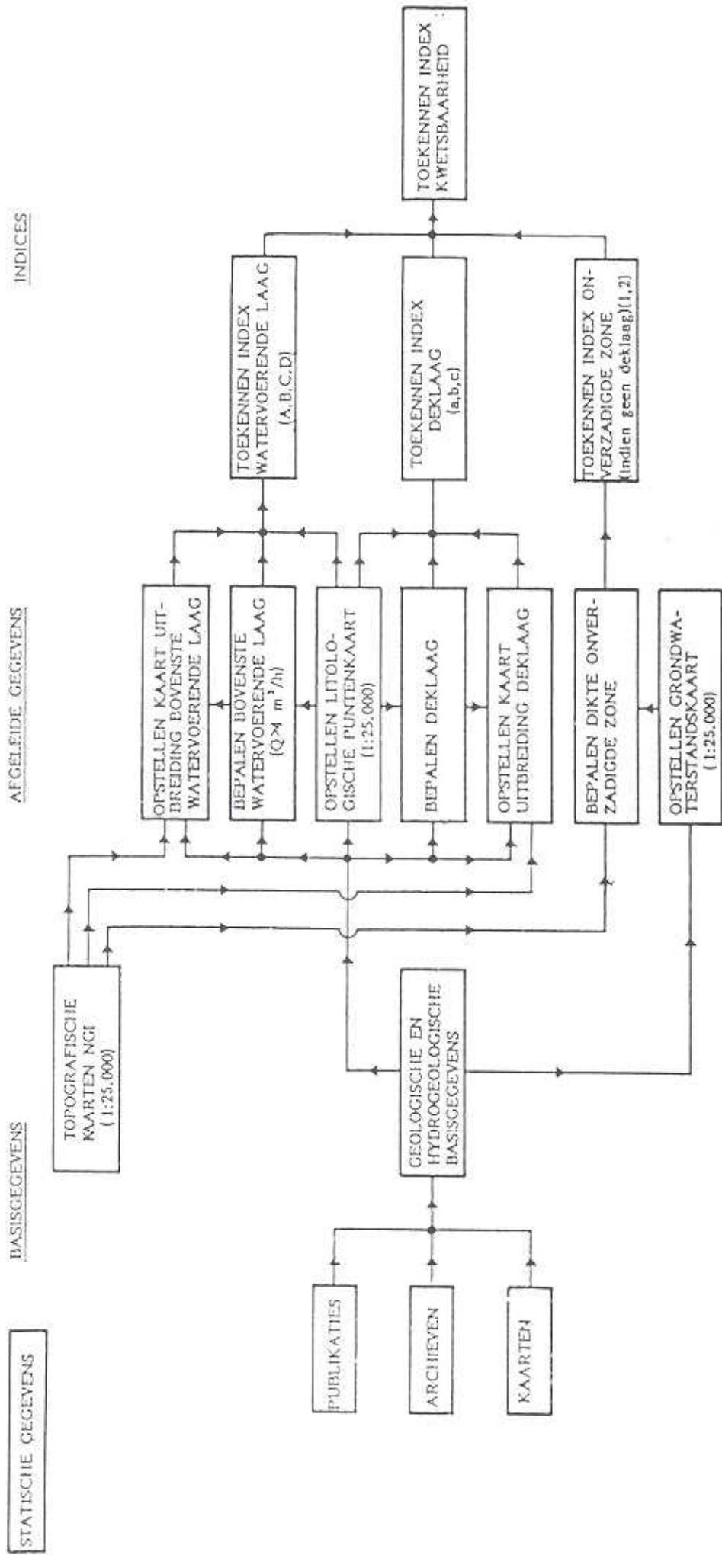
Rekening houdend met de middelen en de tijd werd geopteerd voor een kaart op schaal 1:100.000, die steunt op een aantal statische factoren. Deze zijn de omvang en de aard van de watervoerende lagen en van de deklagen, en de hydraulische parameters, waaronder vooral de aard en de waarde van de doorlatendheid. In dat opzicht leunt de kaart sterk aan bij degene, die door het Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) in Frankrijk werd opgesteld.

De kaart van de kwetsbaarheid van het grondwater van het Vlaamse Gewest kan worden gedefinieerd als een kaart van de risikograad van verontreiniging van het grondwater in de bovenste watervoerende laag door stoffen, die vanop de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statische parameters.

Deze kaart kan later als basis dienen voor een meer gedetailleerde kaart, waarin ook dynamische factoren worden opgenomen. Waar echter de bovenste winbare watervoerende laag natuurlijk verzilt is (groter dan 1500 ppm), is dit wel aangegeven.

De huidige kaart heeft tot doel de gebruiker een globaal beeld te verschaffen met het oog op een regionale planning. Voor de evaluatie van ingrepen die een verontreiniging kunnen veroorzaken, geldt deze kaart als een richtlijn voor de uitvoering van de nodige studies terzake.

De gebruikte werkwijze voor de opstelling van de kaart is op fig. 1 weergegeven.



• Bij detailstudies moeten ook deze gegevens in aanmerking worden genomen

FIGUUR 1. Werkwijze voor de opstelling van de kwetsbaarheidskaart van het grondwater

4. De graden van kwetsbaarheid

Rekening houdend met de schaal 1:100.000 steunt de kwetsbaarheidsschaal op drie factoren: de watervoerende laag, de deklaag en de onverzadigde zone.

4.1. De watervoerende laag

Bepalend bij de indeling van de watervoerende lagen zijn de aard van het gesteente, de doorlatendheid en de wijze waarop de verontreiniging zich gedraagt.

Men onderscheidt:

- A. krijt, kalksteen, zandsteen, mergel
- B. grind
- C. zand
- D. leemhoudend zand, kleihoudend zand

4.2. De deklaag

Als deklaag wordt beschouwd, de laag die boven de watervoerende laag voorkomt. Rekening houdend met de uitgraving voor bouwwerken, kanalen, grachten e.a. moet de deklaag minstens 5 m dik zijn om voldoende bescherming te bieden.

Wanneer deze minder dan 5 m dik is, veronderstelt men dat een deklaag ontbreekt. Een zandige formatie wordt niet als beschermende deklaag beschouwd.

Bij de indeling van de deklagen zijn de aard van het gesteente, de dikte en de hydraulische weerstand bepalend.

Men onderscheidt:

- a. geen deklaag (minder dan 5 m en/of zandig)
- b. een lemige deklaag
- c. een kleige deklaag.

4.3. De onverzadigde zone

Bij afwezigheid van een deklaag houdt men rekening met de onverzadigde zone ter bescherming van het grondwater.

Bij de indeling van de onverzadigde zone is de dikte bepalend.

Men onderscheidt:

- 1. 10 m of minder dan 10 m dikte
- 2. meer dan 10 m dikte.

4.4. De kwetsbaarheidsschaal

Op grond van de bovengenoemde factoren is een kwetsbaarheidsschaal opgesteld. Deze is als volgt:

UITERST KWETSBAAR (Rood op kaart)

- A.a.1. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m
- B.a.1. : Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m.

ZEER KWETSBAAR (Oranje op kaart)

- A.a.2. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m
- B.a.2. : Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m
- C.a.1. : Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m

KWETSBAAR (Geel op kaart)

- A.b. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een lemige deklaag
- B.b. : Grind, met een lemige deklaag
- C.a.2. : Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m

MATIG KWETSBAAR (Lichtgroen op kaart)

- A.c. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een kleiige deklaag
- B.c. : Grind met een kleiige deklaag
- C.b. : Zand met een lemige deklaag
- D.a.1. : Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m
- D.a.2. : Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van meer dan 10 m

WEINIG KWETSBAAR (Donkergroen op kaart)

- C.c. : Zand met een kleiige deklaag
- D.b. : Leemhoudend of kleihoudend zand met een lemige deklaag
- D.c. : Leemhoudend of kleihoudend zand met een kleiige deklaag

Op figuur 2 worden de vijf kwetsbaarheidsschalen visueel voorgesteld.

Opmerkingen:

- Zones met een gebrek aan voldoende gegevens om de kwetsbaarheidsgraad op ondubbelzinnige wijze aan te duiden zijn op de kaart aangegeven door een arcering, waarbij de meest waarschijnlijke interpretatie aangegeven wordt door de kleur van de band.
- Zones waarin een snelle afwisseling van kwetsbaarheidsgraden voorkomt, zijn op de kaart aangegeven door middel van een bandenpatroon van twee kleuren.
- De gebieden met natuurlijke verzilting in de bovenste winbare watervoerende laag zijn aangeduid met een puntenraster.

LEGENDE



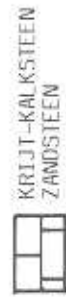
KLETTIGE DEKLAAG



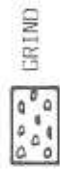
LEMTIGE DEKLAAG



KLETTIGE OF LEMTIGE DEKLAAG



KRIJT-KALKSTEEN ZANDSTEEN



GRIND



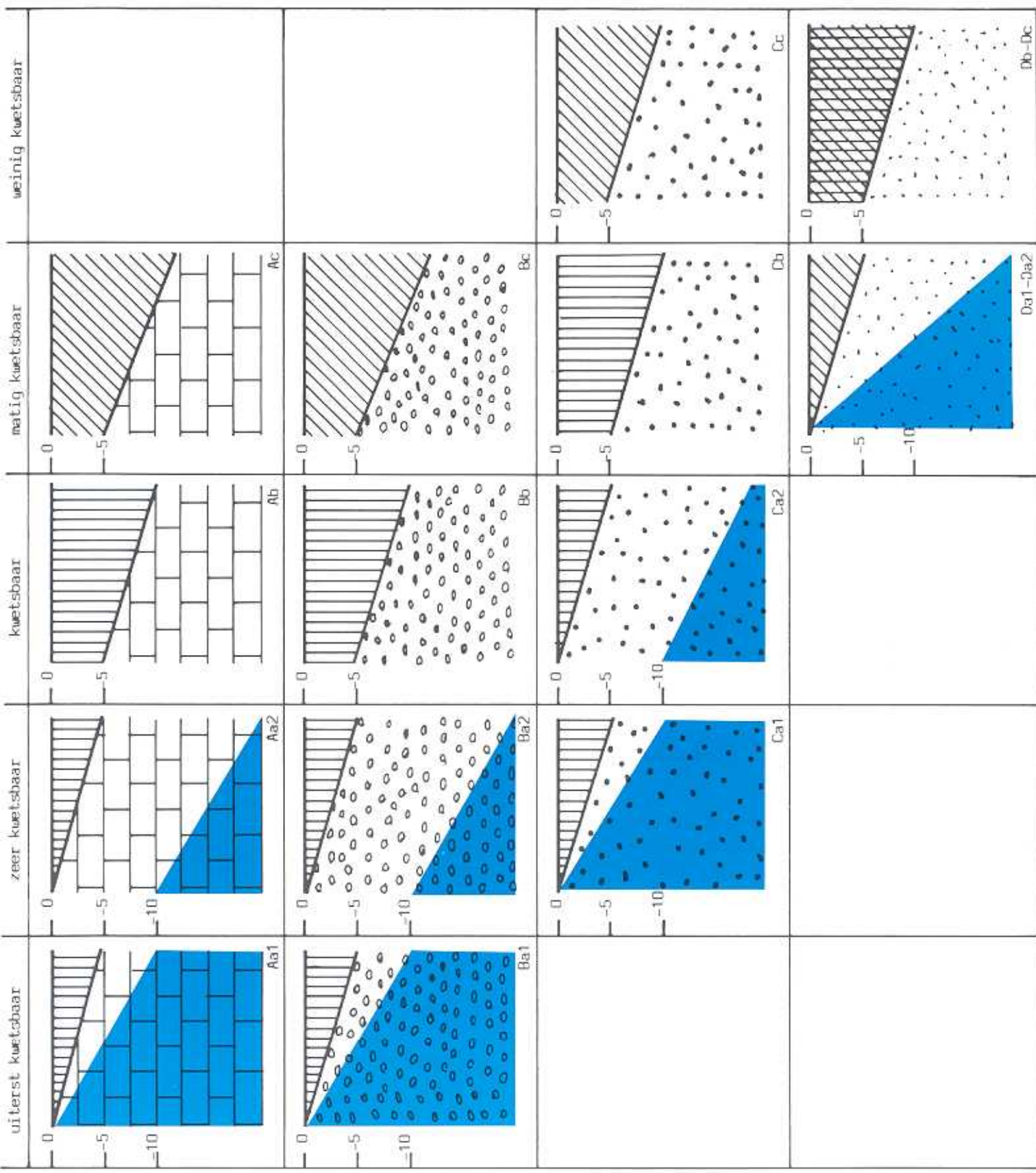
ZAND



LEEF- OF KLEI-HOUDEND ZAND



VERZADIGD



A

B

C

D

FIGUUR 2:
Schematische voorstelling
van de kwetsbaarheidsgraden

5. Reliëf en hydrografie

De provincie West-Vlaanderen ligt voor het grootste gedeelte in Laag-België. Ze wordt er in het noorden begrensd door de Noordzee, in het oosten door de provincies Oost-Vlaanderen en Henegouwen, en in het zuiden door Frankrijk. De totale oppervlakte bedraagt 3134 km² verdeeld over 64 gemeenten.

Men kan West-Vlaanderen onderverdelen in twee grote morfologische eenheden: het gebied 'Kust en polders' dat tamelijk uniform is, en 'Binnen-Vlaanderen' dat een grote verscheidenheid in reliëf vertoont. De hierna gevolgde geografische indeling (zie fig. 3) is gebaseerd op een publikatie van de Koning Boudewijnstichting, 'De open ruimte in Vlaanderen' (1985).

A. Kust en polders

Dit gebied omvat de duinengordel en de poldervlakte.

— De duinen, die de polders langs de zeezijde begrenzen, verschillen sterk in hoogte en breedte. Tussen De Panne en Nieuwpoort bereiken ze een breedte van 2 km. Men treft er tevens de hoogste punten aan (Hoge Blekker, 35 m).

Ten oosten van Nieuwpoort neemt de duinengordel in breedte af en wordt hij herleid tot een smalle strook van soms slechts enkele tientallen meter.

Ter hoogte van Knokke-Heist wordt, in de vroegere zwininham, het duinenmassief weer breder.

— De polders vormen een vlakte die zich ongeveer evenwijdig aan de kustlijn uitstrekt over een breedte van 10-15 km. Enkele uitlopers zoals de sterk vertakte 'IJzergolf' en de 'Handzame' dringen dieper het land binnen.

De polders werden op de zee veroverd door indijking. Het is een zeer vlak gebied met een gemiddelde hoogteligging van 3-4 m. De hoogste punten liggen op 4-5 m, de laagste op 1-2 m (o.a. in de Moeren).

Nochtans stelt men er de aanwezigheid vast van een intens mikroreliëf, sterk vertakte (zandige) geulsystemen wisselen er af met de doorgaans lager gelegen (kleiige en venige) kom- of poelgronden. De ontwatering van de streek geschiedt langs een kunstmatig waternet. Via poldersloten, sluizen en bemaling wordt het overtollige water zeewaarts afgevoerd alwaar het bij laag water in zee wordt gespuid.

B. Binnen-Vlaanderen

Men kan Binnen-Vlaanderen, dat gekenmerkt wordt door een grote verscheidenheid in reliëf, indelen in een aantal geografische entiteiten, en dit gesteund op de bodemgesteldheid en het landschappelijke uitzicht.

— De Noordvlaamse zandstreek omvat o.m. het noordelijk gedeelte van Binnen-Vlaanderen. Het Houtland is een relatief vlak gebied (5-20 m) met als belangrijkste depressies deze van de Waardamme en deze van het kanaal Gent-Brugge-Oostende. Beide sluiten ten noorden van Brugge aan bij het kunstmatig ontwateringssysteem van de polders. In dit Houtland onderscheiden zich een aantal hoger gelegen gebieden, de veldgebieden: ten noorden van Torhout en langs de grens met Oost-Vlaanderen (Maldegem en Aalter). Helemaal in het noorden van het Houtland strekt zich een oost-west gerichte dekzandrug uit.

— Zandlemig Binnen-Vlaanderen omvat een aantal gebieden die qua reliëf sterk verschillen. De Centrale Heuvelstreek beslaat een belangrijk gedeelte van de provincie West-Vlaanderen. Ze bestaat uit een aantal plateaus en heuvelzones die, algemeen gezien, in hoogte toenemen van noord naar zuid. De plateaus van Tielt (50 m) en Torhout-Wijnendaele (veldgebied in de Noordvlaamse Zandstreek, 51 m) vormen de waterscheiding tussen het rivierstelsel dat in het noorden aansluit op het poldersysteem, en de verzamelbekkens van IJzer en Leie in het zuiden.

Het plateau van Tielt sluit naar het zuiden toe aan op een boogvormige heuvelrug (Stadenberg, Passendale, Geluveld - tot 65 m) die de waterscheiding vormt tussen het bekken van de IJzer en dit van de Leie. Wegens het ondoorlatend karakter van de ondergrond heeft er zich een dicht hydrografisch net ontwikkeld.

De belangrijkste depressie in de Centrale Heuvelstreek is deze van de Mandel, een bijrivier van de Leie. Zij dringt diep het heuvelgebied binnen, tot voorbij Roeselare.

Het massief van de Kemmelberg vormt de zuidelijke voortzetting van de Centrale Heuvelstreek. In dit intens versneden gebied komen de hoogste punten van West-Vlaanderen voor, met name de Rodeberg (143 m) en de Kemmelberg (156 m).

De Westhoek komt grotendeels overeen met het bekken van de IJzer dat gekenmerkt wordt door een komvormige structuur met een concentrisch rivierpatroon. Het reliëf is er zwak tot golvend (5 – 40 m) en de beekvalleien zijn er duidelijk ingesneden. De belangrijkste zijn deze van de Poperingevaart, de Kemmelbeek, de Ieperlee en de Steenbeek. Alle monden ze uit in de gekanaliseerde IJzer.

Het Leieland is een tamelijk vlak gebied (15-20 m) dat echter gekenmerkt wordt door een uitgesproken mikroreliëf. Oeverwallen en donken wisselen er af met de lager gelegen komgronden (meersen) en verlande meanders.

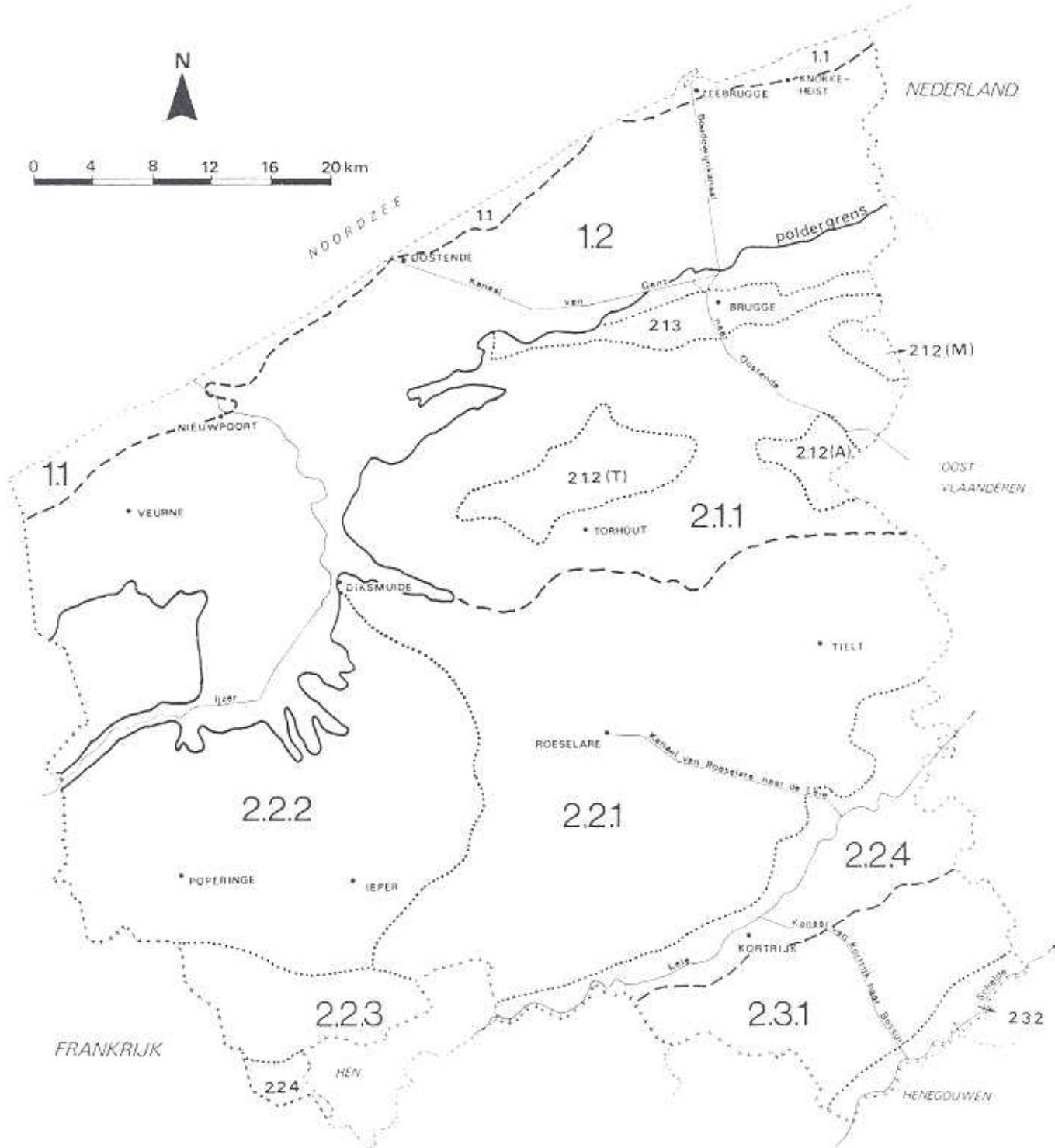
De breedte van de Leievlaakte varieert tussen 4 en 10 km. De Leie zelf stroomt er in de iets lager gelegen alluviale vlakte met een breedte tussen 0,5 en 1 km. De belangrijkste stad aan haar oevers is Kortrijk en haar voornaamste bijrivieren zijn de Gaverbeek (Waregem), de Heulebeek en de Mandel (Roeselare).

— Lemig Binnen-Vlaanderen treft men aan in het uiterste zuidoosten van de provincie. Het Leie-Schelde interfluvium, dat zich uitstrekt tussen twee brede riviervlakten, is een golvend landschap dat bestaat uit een aantal langgerekte heuvelrijen en diep ingesneden depressies. De hoogte varieert tussen 20 en 83 m.

De centrale heuvelrug Bellegem-Otegem-Anzegem vormt er de waterscheiding tussen het Leie- en Scheldebekken.

Het Kanaal van Kortrijk naar Bossuit loopt dwars doorheen dit interfluvium.

Het Scheldeland vertoont dezelfde landschappelijke kenmerken als het Leieland; het is tamelijk vlak (12-20 m), doch kent ook een uitgesproken mikroreliëf. De Schelde zelf vormt er de grens met de provincies Oost-Vlaanderen en Henegouwen.



LEGENDE

Grenzen

- Grens tussen gebieden van 1^o orde (1, 2)
- - - Grens tussen gebieden van 2^o orde (1.1, 1.2, ...)
- Grens tussen gebieden van 3^o orde (2.1.1, 2.1.2, ...)

Geografische eenheden

- 1 Kust en polders
 - 1.1 Strand en duinen
 - 1.2 Zeepolders
- 2 Binnen-Vlaanderen
 - 2.1 Noord-Vlaamse Landstreek
 - 2.1.1 Houtland
 - 2.1.2 Veldgebieden: -Torhout
-Maldegem
-Aalter
 - 2.1.3 Bekaandrug
 - 2.2 Zandienig Binnen-Vlaanderen
 - 2.2.1 Centrale Heuvelstreek
 - 2.2.2 Westhoek
 - 2.2.3 Kemmelberg
 - 2.2.4 Leiedal
 - 2.3 Lenig Binnen-Vlaanderen
 - 2.3.1 Leie-Schelde interfluvium
 - 2.3.2 Scheldeland

FIGUUR 3: Geografische entiteiten in West-Vlaanderen

6. Geologie en hydrogeologie

Vanuit geologisch standpunt kan men West-Vlaanderen eveneens onderverdelen in twee entiteiten.

— Het kustgebied (duinen en polders) is een opvullingsvlakte opgebouwd uit holocene en pleistocene sedimenten (Kwartair).

— Binnen-Vlaanderen daarentegen wordt geologisch gedomineerd door het voorkomen van tertiaire formaties waarvan alle lagen subhorizontaal naar het noorden hellen. Samen met de eronder gelegen formaties uit het Boven-Krijt liggen ze discordant op het geplooid, paleozoïsche substraat.

Noch het Mesozoïcum, noch het Paleozoïcum dagzomen in de provincie. Van noord naar zuid zijn de volgende tertiaire lagen ontsloten: de Formatie van Kallo, van de Mont-Panisel en van Ieper. Op de hoogste toppen van de Zuidvlaamse heuvels treft men ook nog over een kleine oppervlakte de Formatie van Lede, van Kallo en van Diest aan.

De geologische gesteldheid van West-Vlaanderen wordt verduidelijkt op de geologische kaart (fig. 4) en op de geologische doorsneden (fig. 5, 6, 7 en 8).

In tabel 1 wordt een chronologische opsomming gegeven van alle geologische formaties samen met gegevens betreffende lithologie, dikte en hydrogeologie.

Een groot gedeelte van de in dit werk benutte geologische informatie is afkomstig van de Belgische Geologische Dienst te Brussel, de Rijksuniversiteit Gent en de Nationale Maatschappij der Waterleidingen.

6.1. Watervoerende formaties en stratigrafie

De ontginbare waterlagen van West-Vlaanderen bevinden zich over het algemeen in formaties uit het Cenozoïcum (Kwartair en Tertiair). Het Mesozoïcum wordt slechts in het zuiden van de provincie uitgebaat.

Het Paleozoïcum wordt door bedrijven op welbepaalde plaatsen in de provincie ontgonnen terwijl drinkwatermaatschappijen er alleen in het zuiden een beroep op doen.

Hydrogeologisch gezien is de Formatie van Ieper (Klei van Ieper) een belangrijke laag. Zij vormt er met een maximale dikte van 120 m een scheiding tussen de bovenliggende kwartaire en tertiaire formaties, en de eronder gelegen Formatie van Landen en de mesozoïsche en paleozoïsche lagen.

Ook voor het fysische uitzicht van een groot gedeelte van de provincie is de Formatie van Ieper verantwoordelijk.

6.2. Watervoerende formaties in West-Vlaanderen

In het hiernavolgende overzicht worden alle watervoerende formaties van West-Vlaanderen beschreven van jong naar oud.

6.2.1. De kwartaire afzettingen van de kustvlakte

Het kustgebied is een streek waar de dikte van de kwartaire afzettingen meer dan 30 m kan bedragen. In het algemeen helt het kwartaire basisoppervlak af in noordwestelijke richting, ongeveer loodrecht op de actuele kustlijn.

Het onderste pakket is van pleistocene ouderdom, en is in het oostelijke gedeelte van het kustgebied dikker dan in het westelijke. Bovenaan treft men formaties aan uit het Holoceen.

HOLOCEEN

Onder invloed van de holocene zeespiegelrijzing is een pakket afzettingen tot stand gekomen waarvan de dikte meer dan 20 m kan bedragen.

Deze sedimenten, die nu doorgaans als de 'Formatie van Vlaanderen' worden bestempeld, hebben een zeer wisselende samenstelling.

Zandige lagen komen er meestal voor in sterk vertakte geulsystemen, kleiig en venig materiaal treft men aan in de poel- of komgronden. Het duinenmassief dat bijna volledig uit goed doorlatende zanden is opgebouwd, is een belangrijke (zoet)watervoerende laag. Alhoewel ze beperkt zijn in oppervlakte (ongeveer 4400 ha) en in volume werden deze duinen wegens hun groot hydrogeologische belang op de kwetsbaarheidskaart aangeduid met een speciale symboliek.

PLEISTOCEEN

Het onderste kwartaire gedeelte is opgebouwd uit min of meer horizontale pakketten met een lithologie die zeer verscheiden kan zijn; mariene grove zanden en grinden wisselen er af met lemige, kleiige en venige intercalaties. De zanden en grinden bevatten er meestal belangrijke hoeveelheden water.

Op bepaalde plaatsen in het kustgebied komt het Pleistoceen aan de oppervlakte, de zogenaamde pleistocene opduikingen.

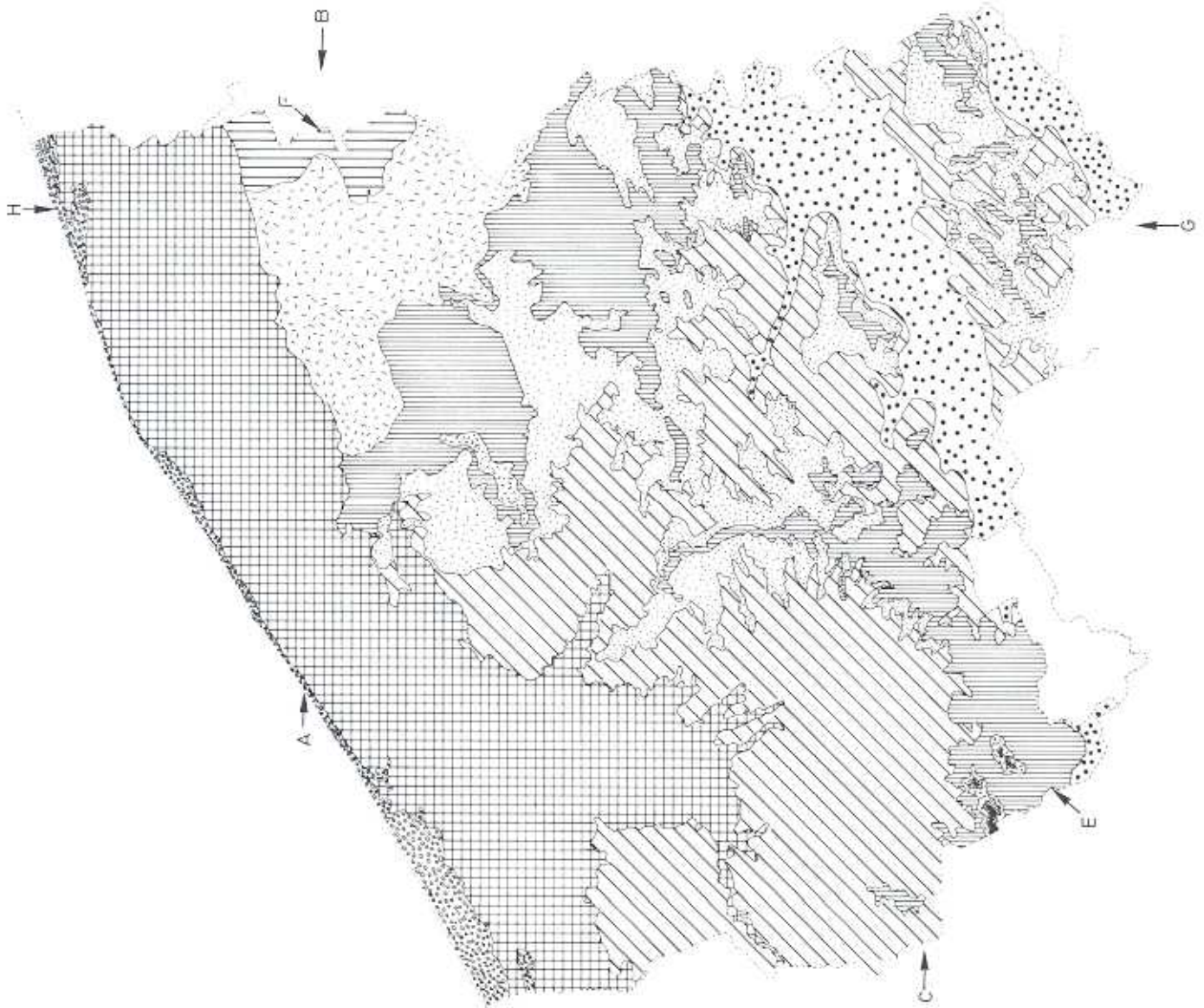
Het blijkt dus dat de kwartaire opvulling van het kustgebied bestaat uit een zeer verscheiden materiaal. Niet alleen de zandige formaties, doch doorgaans ook de siltige, kleiige en venige sedimenten zijn er met water verzadigd. In deze studie wordt dan ook het gehele kwartaire pakket als een watervoerende laag beschouwd. Daar waar de dikte van het Kwartair te klein wordt om voldoende water te bevatten (dus tegen de poldergrens aan) wordt het niet meer als watervoerend aanzien.

Zoals vermeld in de eerste hoofdstukken wordt er op de kwetsbaarheidskaart rekening gehouden met één geochemische faktor, nl. de natuurlijke verzilting. Deze werd op de kaart aangeduid door middel van een puntenraster.

Als basis voor deze kwalitatieve indicatie werd een kaart gebruikt op schaal 1:100.000 die de diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische laag weergeeft (W. de Breuck, G. de Moor, R. Marechal en R. Tavernier, 1974).

Als natuurlijk verzilte gebieden werden vervolgens die gebieden aangeduid waar het zout-zoet grensvlak dicht bij het maaiveld ligt, m.a.w. daar waar het zout (al dan niet fossiele) grondwater dicht bij het oppervlak komt te liggen. Over het algemeen stemmen deze gebieden overeen met de zogenaamde klei/veen gebieden (kom- of poelgronden).

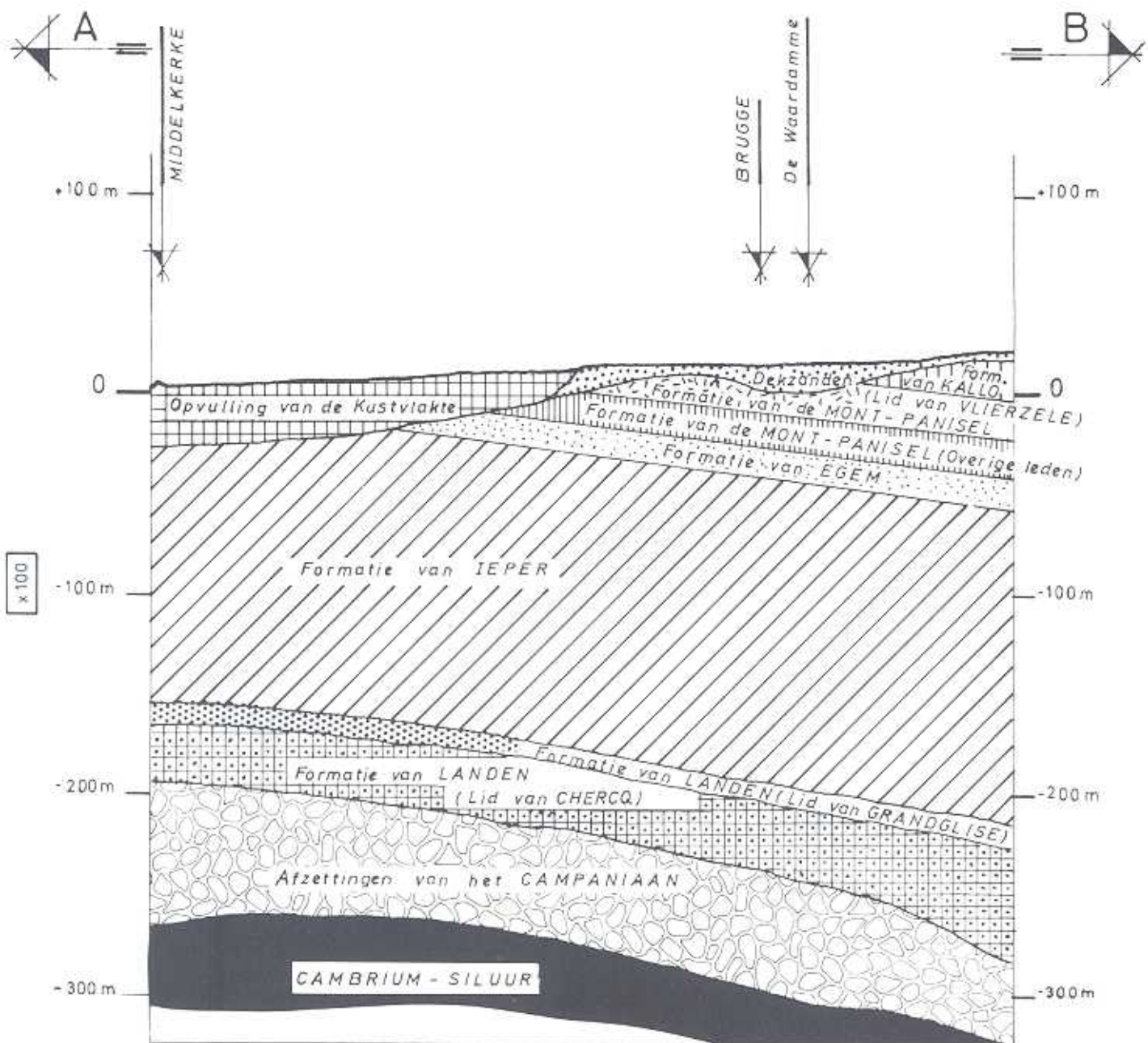
Daar waar het zout-zoet grensvlak op een aanzienlijke diepte wordt aangetroffen, m.a.w. daar waar er belangrijke hoeveelheden (minder zwaar) zoet water voorkomen, doen er zich bij het oppompen niet onmiddellijk verziltingsverschijnselen voor, voor zover echter het evenwicht tussen voeding en onttrekking niet wordt verstoord. Deze gebieden stemmen doorgaans overeen met de getijdegeulen, wadden en kreken, grotendeels opgebouwd uit zandige sedimenten.



		WATERVOERENDE CAPACITEIT		
		GOED	MATIG	SLECHT
KWARTAIR	HOLOCEEN EN PLEISTOCEN	Duinen		
		Polders		
		Rivierdatopvulling		
TERTIAIR	MIOCEEN	Formatie van Diest		
	EOCEEN	Formatie van Kallio		
Formatie van Lede				
Formatie van de Mont-Panisel (LID VAN VIERZELE)				
Formatie van de Mont-Panisel (OVERIGE LEDEN)				
Formatie van Egem				
		Formatie van Ieper		

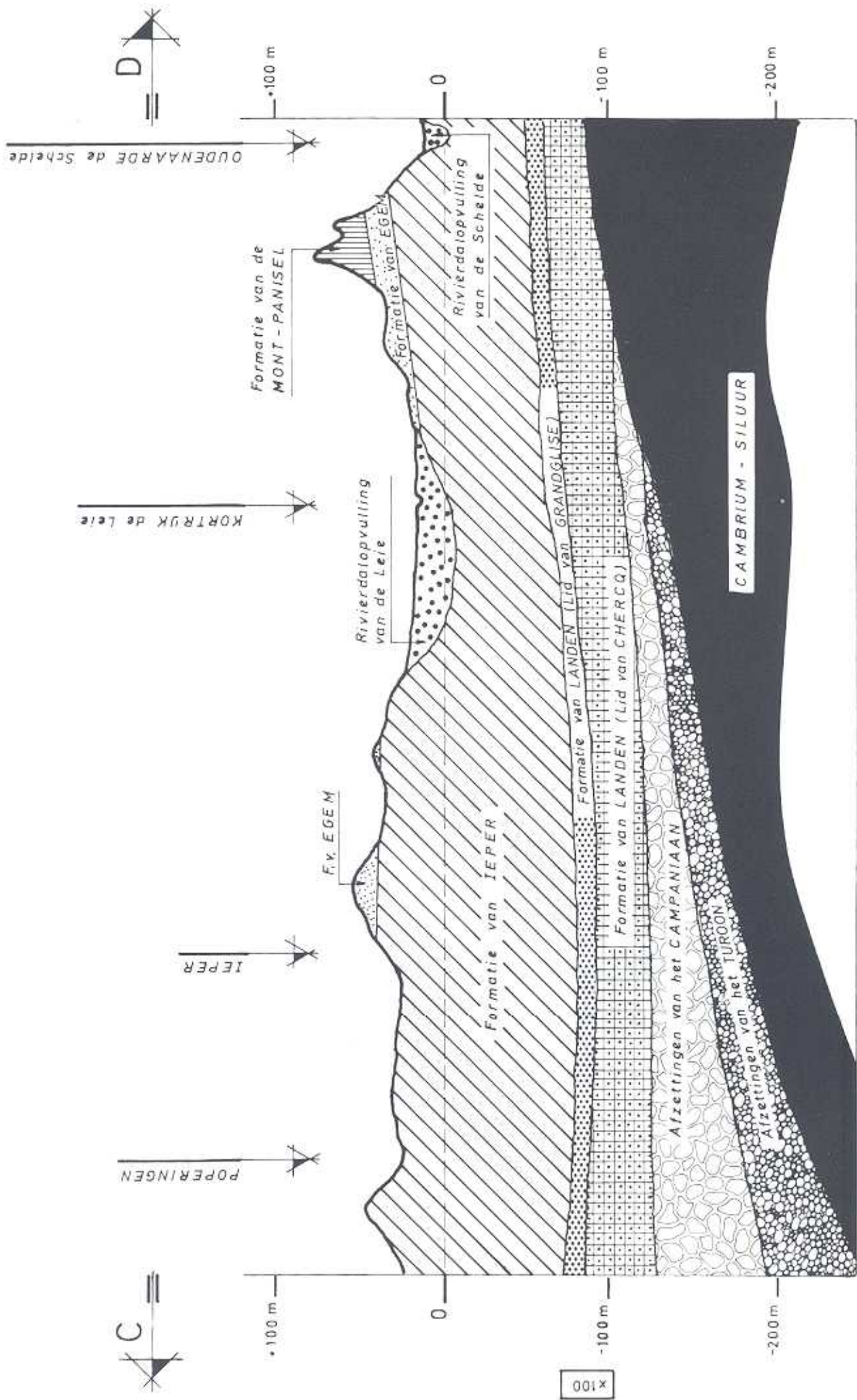


FIGUUR 4: Geologische kaart van West-Vlaanderen



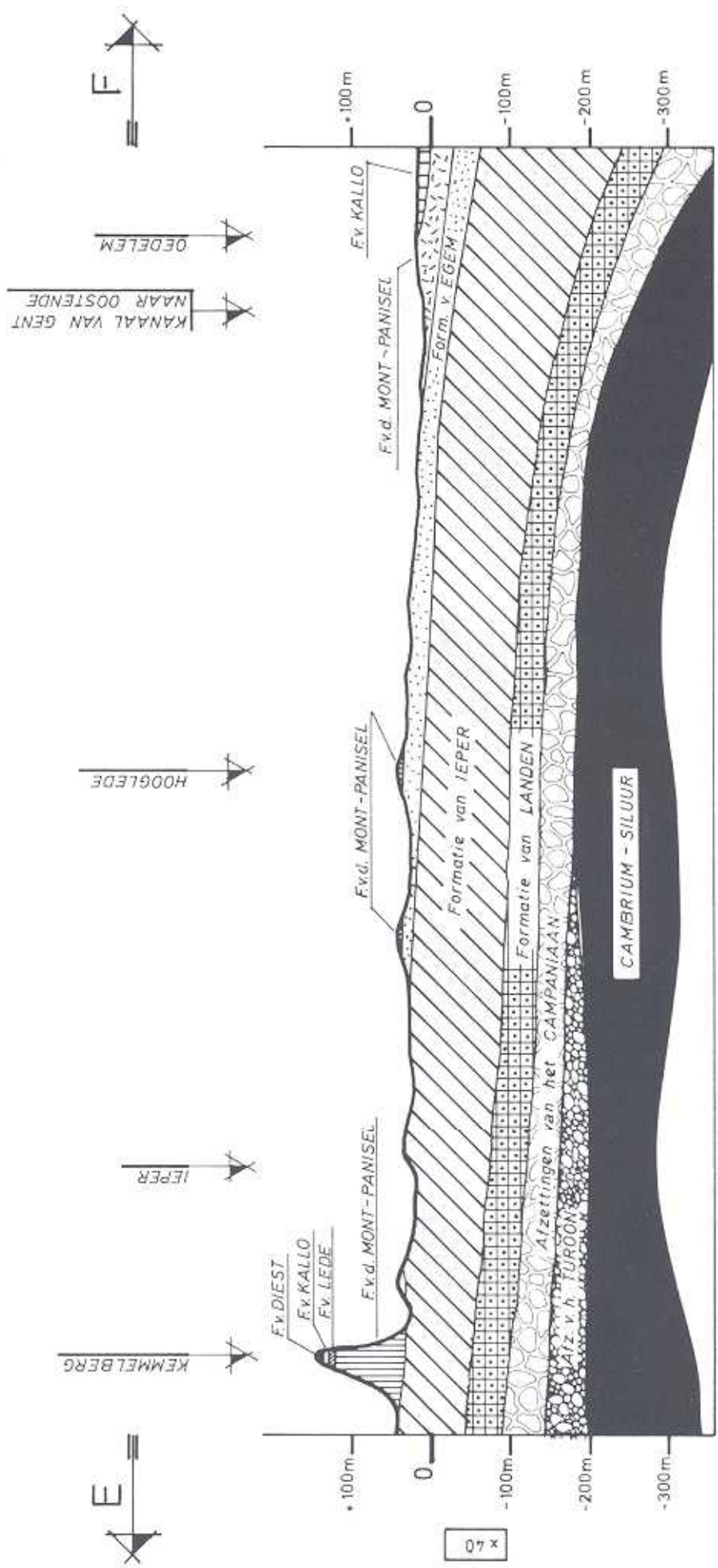
naar M. GULINCK 1962

FIGUUR 5: Geologisch profiel A-B (Middelkerke-Brugge)



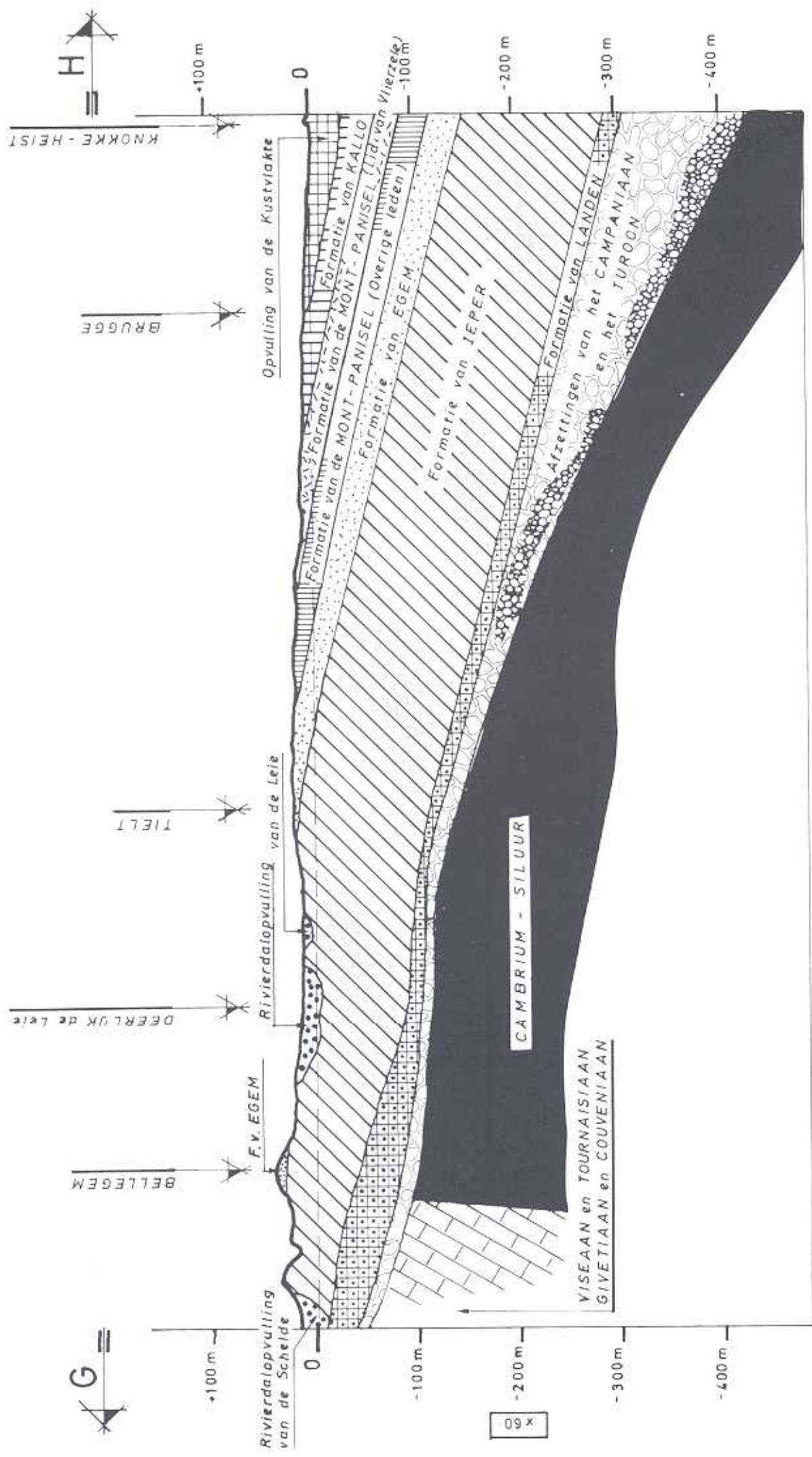
naar M. GULINCK 1962

FIGUUR 6: Geologisch profiel C-D (Poperinge-Kortrijk)



naar J. AMERYCKX en G. T'JONCK, 1957

FIGUUR 7: Geologisch profiel E-F (Kemmelberg-Oedelem)



naar P. LAGA et al 1984

FIGUUR 8: Geologisch profiel G-H (Bellegem-Knokke-Heist)

CHRONOSTRATIGRAFIE			LITHO- STRATIGRAFIE	LITHOLOGIE	MAX. DIKTE (m)	HYDROGEOLOGISCHE KARAKTERISTIEKEN		
ERA	PERIODE	TIJDVAK	FORMATIE					
Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier Kwartier	Kwartier	HOLOCEEN	FORMATIES OJT HET HOLOCEEN	<ul style="list-style-type: none"> • Colluvium en alluvium van de dalen (klei, leem, zand, grind en veen) • Klastische en semiterrestrische afzettingen (zand, klei en veen) (= Formatie van Vlaanderen) • Goed gesorteerde zanden 	20	plaatselijk goed doorlatend, plaatselijk watervoerend (Inalwegen van Leie en Schelde)		
		PLEISTOCEN	FORMATIES OJT HET PLEISTOCEN	• Gronden, (grove) zanden	15	goed doorlatend, goed watervoerend (Inalwegen van Leie en Schelde)		
				• (Grove) zanden, afgewisseld met lemige, kleilige en venige lagen	20	meestal goed doorlatend en goed watervoerend (kustvlakte)		
	Kwartier	Kwartier	MIOCEN	FORMATIE VAN DIXMUS	• Glauconiethoudend zand met limonietzandsteen	20	goed doorlatend, weinig watervoerend (top Zuid-Vlaamse heuvels)	
			EOCEN	FORMATIE VAN KALLO	• Glauconiethoudende, compacte klei (lid van Anne)	10	niet doorlatend, niet watervoerend	
					• Fijne, kalkrijke zanden (lid van Wenne)	5	doorlatend, watervoerend	
			OLIGOCEN	FORMATIE VAN LAERE	• Fijne, kalkrijke zanden, rijk aan fossielen		goed doorlatend, weinig watervoerend (Zuid-Vlaamse heuvels)	
					FORMATIE VAN DE MONT-PANISSEL	• Glauconiethoudend zand met zandsteenbanken (lid van Vlierzele)	15	goed doorlatend, goed watervoerend
						• Kleilig zand, zandige klei en zware klei met zandsteenbanken (lid van Pitten)	10	niet doorlatend, niet watervoerend
			OLIGOCEN	FORMATIE VAN ESEM	• Grijs, schistide zware klei (lid van Terelbeke)	10	niet doorlatend, niet watervoerend	
	FORMATIE VAN IEPEN	• Deer fijn zand met dikwijls kleilig zandige tot kleilige lenzen			30	matig doorlatend, matig watervoerend		
	OLIGOCEN	FORMATIE VAN LANDEN	• Zware klei	120	niet doorlatend, niet watervoerend			
PALEOCEN			FORMATIE VAN LANDEN	• Zand met kleilige lenzen (lid van Gostende-Deer-Streep)	25	doorlatend, watervoerend		
				• Fijne, glauconiethoudende groene zanden (lid van Grandglise)	20	doorlatend, watervoerend		
		• Tafsteen of zandige klei (lid van Chergel)	25	weinig doorlatend, weinig watervoerend				
Kwartier	Kwartier	BOVEN-KRIJG	AFZETTINGEN VAN HET CAMPANIAAN	• Wit krijt (ev. glauconiethoudend)		niet doorlatend, niet watervoerend		
		AFZETTINGEN VAN HET TURCOON	• Glauconiethoudend krijt met verklezelingen, grofkorrelige kalksteen en mergels		goed doorlatend, goed watervoerend (in het zuiden) (spletennet)			
Kwartier	Kwartier	ONDER-DEVOON	VISEAAN TOURNAISEAAN	• Grijs kalksteen		goed doorlatend, goed watervoerend (spletennet, verkarsting)		
		BOVEN-DEVOON	FAMENIAAN FRANSIAAN	• Kalksteen, zandsteen, schalie, dolomiet		beperkt doorlatend en watervoerend		
				MIDDEN-DEVOON	GYVETIAAN CONVINTIAAN	• Schalie, dolomiet		beperkt doorlatend en watervoerend
	OLIGOCEN			• Sylladen Kwartsieten Schiefera Porfierische gesteenten		zeer lokaal watervoerend en doorlatend		

TABEL 1: Geologische formaties in West-Vlaanderen

Het is duidelijk dat omwille van de natuurlijke verzilting de bruikbaarheid van het grondwater in de kustvlakte in sterke mate wordt gereduceerd.

6.2.2. *De kwartaire afzettingen van het Leie- en Scheldebekken*

De Leie en Schelde, in het zuidoosten van de provincie, hebben hun thalwegen in het kleiachtige substraat van de Formatie van Ieper ingesneden. Deze uitlopers van de Vlaamse Vallei werden gedurende het Pleistoceen terug opgevuld met aan de basis grind- en zandachtige sedimenten.

Deze laatsen bevatten een grondwaterlaag die steeds scherp gelokaliseerd blijft omwille van de ondoorlatende formatie waarin de rivier zich ingesneden heeft.

Ze kunnen een dikte van 30m hebben en een breedte van 10km bereiken. Ze strekken zich bovendien uit over een veel bredere oppervlakte dan de recentere holocene valleien, die slechts plaatselijk goed watervoerend zijn.

Meestal bestaat het bovenste gedeelte van de dalopvulling uit een leempakket dat in dikte de 20m kan overtreffen. Het grondwater heeft er dan ook lokaal een artesisch karakter.

Ook de pleistocene valleien van de Mandel en de Heulebeek, beide bijrivieren van de Leie, zijn watervoerend.

6.2.3. *Formatie van de Mont-Panisel*

Deze formatie kent in West-Vlaanderen een grote, niet overal even uniforme verbreiding. Zij bestaat er bovendien uit een opeenvolging van (fijn)zandige, siltige en kleiige leden en is bijgevolg ook hydrogeologisch vrij complex.

In het kader van deze studie blijkt alleen het Lid van Vlierzele hydrogeologisch interessant te zijn. Het zijn fijne, glauconiethoudende zanden die in het noorden van de provincie één watervoerend geheel vormen met de erboven gelegen, grovere kwartaire zanden. Deze freatische waterlaag bereikt er een dikte van 20 m en wordt er o.m. door de drinkwatermaatschappijen uitgebaat.

In het noordoosten van West-Vlaanderen krijgt dit aquifer een artesisch karakter omwille van de bedekking met kleiig materiaal uit het Lid van Asse (Formatie van Kallo).

Naar het zuiden toe wordt het Lid van Vlierzele te dun om watervoerend te zijn en dagzomen de onderste lagen uit de Formatie van de Mont-Panisel. Deze hebben soms een zeer lokaal voorkomen en bestaan uit een relatief snelle afwisseling van zandig, kleiig zandig en kleiig materiaal. Hun dikte kan erg variëren.

Het watervoerende Lid van Vlierzele is echter wel nog aanwezig op de hoogste gedeelten van het Leie-Schelde interfluvium. Nabij de grens met Oost-Vlaanderen geeft het het ontstaan aan talrijke bronnen.

6.2.4. *Formatie van Egem*

Deze formatie bestaat uit zeer fijn, meestal glauconiethoudend zand, gekenmerkt door de aanwezigheid van siltige en kleiige banken. Dit heeft tot gevolg dat de specifieke opbrengst relatief gering is en wateronttrekking op grote schaal er praktisch niet mogelijk is.

De Formatie van Egem zit ingesloten tussen de kleiige lagen uit de Formatie van de

Mont-Panisel en deze uit de Formatie van Ieper. Ze heeft bijgevoeg een artesisch karakter in de streek ten noorden van Torhout en Tielt. Ten zuiden ervan dagzoomt ze over een vrij smalle strook en geeft er het ontstaan aan talrijke bronnen.

De maximale dikte van deze formatie schommelt rond de 30 m.

De eronder gelegen formatie, nl. deze van Ieper bestaat uit een grijze tot blauwgrijze vaste klei (Klei van Ieper) en kan een dikte tot 120 m bereiken. Ze vormt een perfect afsluitende laag voor de eronder gesitueerde Formatie van Landen.

6.2.5. *Formatie van Landen*

De Formatie van Landen bevat aan de basis een kleilig pakket (Lid van Chercq) met erboven een mariene en/of continentale zandige laag. Deze is watervoerend en wordt bovenaan steeds afgesloten door de Klei van Ieper. Ze heeft dus in gans de provincie een artesisch karakter.

De continentale zandige laag (Lid van Oostende-ter-streep) komt slechts lokaal voor in het noorden van de provincie en kan een dikte tot 30 m bereiken. Het mariene pakket (Lid van Grandglise) kent daarentegen een grote verbreiding en heeft een dikte schommelend rond de 15 m. Haar voedingsgebied bevindt zich in Noord-Frankrijk en strekt zich uit over een smalle band van Calais, over St.-Omer, Bethune naar Lille.

Over een grote oppervlakte van West-Vlaanderen is dit aquifer de bovenste watervoerende laag.

6.2.6. *Het Mesozoïcum*

Alhoewel de Krijtformatie nergens dagzoomt of als bovenste watervoerende formatie wordt aangetroffen is het toch interessant ze te vermelden.

De afzettingen van het Campaniaan hebben nergens in provincie watervoerende eigenschappen. Deze van het Turoon daarentegen blijken in het zuiden te bestaan uit glauconiethoudend krijt met verkiezelingen en grofkorrelige kalkstenen. Wegens hun gespleten karakter hebben deze afzettingen een watervoerend karakter.

Omwille van dit laatste hebben de aquifers van het Krijt en de eronder gelegen sokkel een zeker contact met elkaar en verhoogt derhalve hun watervoerende capaciteit. Ze worden dan ook dikwijls samen uitgebaat.

6.2.7. *Het Paleozoïcum*

De paleozoïsche lagen van het Cambro-Siluur worden in West-Vlaanderen nergens als bovenste watervoerende formatie aangetroffen en bevinden zich doorgaans op grote diepte (bv. Knokke: 425 m, Oostende: 260 m, Kortrijk: 125 m).

Ze worden echter benut door welbepaalde bedrijven voor wie dit aquifer van economisch levensbelang is. De intensieve exploitatie van deze waterlaag heeft echter tot gevolg dat ze, vanuit kwantitatief oogpunt, heel kwetsbaar is geworden.

Het specifieke debiet verschilt sterk van streek tot streek en hangt af van het al dan niet aanwezig zijn van een spletenpatroon.

In het zuiden van de provincie, ten zuiden van de lijn Ieper-Wevelgem-Avelgem, bestaat het bovenste gedeelte van het Paleozoïcum uit formaties van het Devoon en het Carboon ('Kolenkalk'). Deze maken deel uit van een synclinale structuur die zich hoofdzakelijk uitstrekt in de provincie Henegouwen en Noord-Frankrijk.

Hydrogeologisch gezien blijkt de Kolenkalk een uitermate belangrijk aquifer te zijn, enerzijds

wegens de sterke verkarsting die er optreedt, anderzijds wegens zijn voorkomen op relatief geringe diepte (bv. Bossuit 75 m).

De waterbevoorrading van het Noordfranse industriegebied (Roubaix, Lille) en van een groot gedeelte van West-Vlaanderen heeft de laatste decennia echter tot een overexploitatie van dit aquifer geleid, met als gevolg een gestadige daling van het grondwaterpeil.

Hierdoor deden zich in de Scheldevallei ter hoogte van Esquelmes en Kain (provincie Henegouwen) een aantal instortingen voor (dolines of sinkholes) waardoor instromend Scheldewater het grondwaterpeil terug deed stijgen doch de kwaliteit van het grondwater enigszins degradeerde.

Deze waterlaag zal met grote aandacht en voorzichtigheid beheerd moeten worden.

7. De kwetsbaarheid van het grondwater

De bespreking van de kwetsbaarheid van het grondwater in de provincie West-Vlaanderen gebeurt met behulp van de bijgevoegde kaart op schaal 1:100.000. Voor alle duidelijkheid wordt er ook verwezen naar het overzichtskaartje met de geografische entiteiten en naar de geologische kaart.

7.1. Zeer kwetsbaar (oranje kleur)

Een belangrijk gedeelte van de provincie behoort tot deze kwetsbaarheidsgraad. Telkens blijkt het om de index Ca1 te gaan, d.w.z. een winbare watervoerende laag bestaande uit zand, zonder deklaag en met een onverzadigde zone van maximum 10 m dikte.

— De duinen en de kwartaire opvulling van de poldervlakte vormen de bovenste winbare formaties in het gehele gebied van 'Kust en polders'.

Omwille van hun hydrogeologische belang, werden de duinen — die uiteraard zeer kwetsbaar zijn — aangeduid met een speciale symboliek.

Aangezien niet alleen de zandige formaties in de polders, doch ook de kleiige en venige pakketten er doorgaans met water zijn verzadigd, werd geopteerd om het gehele gebied als zeer kwetsbaar weer te geven. In het oostelijk gedeelte vormen deze kwartaire afzettingen een watervoerend geheel met de eronder gelegen zanden uit het Lid van Vlierzele (Formatie van de Mont-Panisel).

— In het noordelijke gedeelte van het Houtland (Noordvlaamse Zandstreek) dagzoomt dit Lid van Vlierzele, alhoewel het er bedekt is met een dikke laag eolische, kwartaire zanden. Het geheel vormt een goed watervoerend pakket dat zeer kwetsbaar is en ter hoogte van Brugge aansluit bij het kustgebied.

— In het oosten van de Centrale Heuvelstreek bevinden zich ter hoogte van de Poekebeek (Ruisselede) en de Neringbeek (Kanegem) zijarmen van de Leiethalweg. Zij bestaan uit kwartaair pleistoceen materiaal en zijn derhalve zeer kwetsbaar.

— Ook in het Leie-Schelde interfluvium is, nabij de Oostvlaamse grens, het grondwater zeer kwetsbaar: het Lid van Vlierzele (Formatie van de Mont-Panisel) dat men er op de hoogste toppen aantreft is hiervoor verantwoordelijk.

— In het zuidwesten van de provincie merkt men in het Scheldeland een aantal zeer kwetsbare vlekken. De watervoerende laag situeert er zich in het kwartaire zandcomplex en een deklaag is er niet aanwezig.

In het grootste gedeelte van dit gebied worden deze pleistocene zanden wel bedekt met een (lemige) deklaag en komen we uiteraard in een minder kwetsbare zone terecht.

— Ook in het Leieland wisselen zeer kwetsbare zones (Ca1) af met matig kwetsbare (Cb). In tegenstelling tot het grootste gedeelte van het Scheldeland is de juiste verbreiding hiervan echter niet gekend en/of is de afwisseling er te intens om duidelijk weer te geven. Derhalve werd geopteerd voor een bandenpatroon waarbij de oranje kleur (Ca1-index) afwisselt met de lichtgroene (Cb-index).

7.2. Matig kwetsbaar (lichtgroene kleur)

Deze kwetsbaarheidszone treft men aan op twee plaatsen in de provincie.

— In het centrale gedeelte blijkt het steeds om de Da1-index te gaan.

De fijne zanden, afgewisseld met siltige en kleiige banken uit de Formatie van Egem vormen er de watervoerende laag en worden als leemhoudende of kleihoudende zanden geïnterpreteerd.

Daar waar deze formatie dagzoomt, en er niet bedekt is met kleiige lagen uit de Formatie van de Mont-Panisel, ontstaat een matig kwetsbare zone.

Deze strekt zich deels uit tot in het Houtland, deels tot in de Centrale Heuvelstreek. Het intens versneden karakter van dit gebied zorgt voor de grillige begrenzing van de kwetsbaarheidszone.

— In het Scheldeland is de watervoerende laag (kwartaire zandcomplex) op vele plaatsen bedekt met een lemige deklaag. Hierdoor ontstaat een matig kwetsbare zone (Cb).

— Voor de bespreking van het bandenpatroon dat voorkomt in het Leieland en in het zuiden van het Scheldeland, en waar de Cb-index aanwezig is, wordt verwezen naar punt 7.1.

7.3. Weinig kwetsbaar (donkergroene kleur)

Deze in oppervlakte belangrijkste kwetsbaarheidszone wordt opgesplitst in twee indices:

— Bij de zones met een Dc-index bevindt de watervoerende laag zich steeds in de hoger vermelde Formatie van Egem. De kleiige deklaag wordt er gevormd door de onderste lagen uit de Formatie van de Mont-Panisel.

Men treft deze weinig kwetsbare zone aan ter hoogte van de hoger gelegen gebieden zoals het veldgebied van Torhout (Houtland), de plateaus van Tielt en Hoogde en de boogvormig georiënteerde heuvelrug in de Centrale Heuvelstreek.

Ook een klein gedeelte van het interfluvium Leie-Schelde heeft een Dc-index; nabij de Oostvlaamse grens is de Formatie van Egem voldoende dik om watervoerend te zijn en wordt ze bedekt met een kleiige deklaag.

— Een belangrijk gedeelte van West-Vlaanderen wordt ingenomen door de Cc-index.

In gans de Westhoek, de Kemmelberg, en een groot gedeelte van de Centrale Heuvelstreek en het Leie-Schelde interfluvium wordt de bovenste watervoerende laag gevormd door de fijne, glauconiethoudende zanden van het Lid van Grandglise (Formatie van Landen). Als deklaag fungeert telkens de Formatie van Ieper (Klei van Ieper). In het noordoosten van de provincie, vormen het Lid van Vlierzele en de kwartaire zanden de watervoerende laag. Ter hoogte van het veldgebied van Maldegem is er een deklaag aanwezig die bestaat uit de kleiige afzettingen van het Lid van Asse (Formatie van Kalle). Op die manier tekent zich een weinig kwetsbaar gebied af.

8. Geraadpleegde werken

- ALBINET, M. (1970): Carte de vulnérabilité³ la pollution des nappes d'eau souterraine de la France (1/1.000.000). Orléans, BRGM.
- ALLEMEERSCH, L. (1984): Het veen in het oostelijk kustgebied (Genese, verbreiding en samenstelling). Leuven, Katholieke Universiteit, Inst. voor Aardwet. (*doctoraatsverhandeling*), 286 p. + bijlage.
- AMERYCKX, J. & T'JONCK, G. (1957): De waterzieke landbouwgronden in West-Vlaanderen, Prov. West-Vlaanderen (Prov. wedstrijd voor economische monografieën), 218 p.
- BAETEMAN, C. (1978): New evidences on the marine Holocene in the western Belgian coastal plain. *Bull. Belg. Ver. Geol.*, 87, pp. 49-54.
- BAETEMAN, C. (1981): De holocene ontwikkeling van de westelijke kustvlakte (België). Brussel, Vrije Universiteit, Fakulteit Wetenschappen (*doctoraatsverhandeling*), 288 p.
- BAETEMAN, C., LAMBRECHTS, G. & PAEPE, R. (1974): Autosnelweg Brugge-Calais. Boringen en geologisch profiel. Brussel Aardkundige Dienst van België (Prof. Paper 1974/2), 55 p.
- BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST: Archiefen, Jennerstraat 13, 1040 Brussel.
- DE BREUCK, W. & DE MOOR, G. (1975): The evolution of the coastal aquifer of Belgium. In: *Proceedings of the Salt-water Intrusion Meeting 4* (1974). Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst., pp. 158-172.
- DE BREUCK, W., DE MOOR, G. & MARECHAL, R. (1969): Lithostratigrafie van het Kwartair in het oostelijk kustgebied. *Nat. Wet. Tijdschr.* 51, pp. 125-137.
- DE BREUCK, W., DE MOOR, G., MARECHAL, R. & TAVERNIER, R. (1975): Diepte van het grensvlak tussen zout en zoet water in de freatische laag van het Belgische kustgebied (1963-73) (1/100.000). In: *Proceedings of the Salt-water Intrusion Meeting 4* (1974). Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. Met de steun van het F.K.F.O.
- DE CONINCK, J. & NOLF, D. (1978): Note sur les couches de base de la formation de Panisel entre Torhout et Tielt. *Bull. Soc. belge géol.*, T87, deel 3, pp. 171-178.
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1969): De freatische waters in het oostelijk kustgebied en in de Vlaamse Vallei. *Nat. Wet. Tijdschr.* 51, pp. 3-68.
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1973): Sedimentologie en stratigrafie van enkele pleistocene afzettingen in de Belgische kustvlakte. *Nat. Wet. Tijdschr.* 55, pp. 3-96.
- DE PAEPE, J. & DE BREUCK, W. (1958): De drinkwatervoorziening van de landbouwbedrijven in West-Vlaanderen. Prov. West-Vlaanderen (Prov. wedstrijd voor economische monografieën), 183 p.
- DEPRET, M. (1981): Lithostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (*doctoraatsverhandeling*), 186 p.
- DEPUYDT, F. (1972): De Belgische strand- en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust. Kon. Acad. voor Wetensch., Paleis der Academiën, Brussel, 228 p.
- DEVOS, J. (1984): Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (*doctoraatsverhandeling*), 219 p.
- DEVOS, J., LEBBE, L. & RAMAN, B. (1984): Een mathematisch model van de grondwaterstromingen in het kwartaire reservoir ten oosten van De Haan. *Becewa*, 77, pp. 119-125.
- DIVERSEN (1956): Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij de kaartbladen.
- DUSAR, M. & LOY, W. (1986): The geology of the Upper-Paleozoic aquifer in West-Flanders. *Aardkundige Mededelingen*, Vol. 3, pp. 59-74.
- GEETS, S. (1979): De overgang Ieperiaan-Paniseliaan in de streek van Roeselare en Tielt. *Nat. Wet. Tijdschr.* 60, pp. 41-69.
- GULINCK, M. (1966): Atlas van België. Hydrogeologie a en b. Kaarten + tekst, 68 p.
- HEMSCHOOOTE, J. (1966): Het heuvegebied Oedelegem-Zomergem. Leuven, Katholieke Universiteit, Inst. voor Aardwet. (*licentiaatsverhandeling*), 90 p.
- JACOBS, P. (1978): Lithostratigrafie van het Boven-Eoceen en van het Onder-Oligoceen in Noordwest België. Brussel, Aardkundige Dienst van België (Prof. Paper, n° 151, 1978/3), 92.
- KONING BOUDEWIJNSTICHTING (1985): De open ruimte in Vlaanderen. Brussel.
- LAGA, P., DE SUTTER, F., DE VOS, W., GERARD, P., VAN COILLIE, L. & VAN LAETHEM-MEUREE, N. (1984): Geochemisch onderzoek van het artesisch grondwater in de sokkel van Oost- en West-Vlaanderen. Brussel, Aardkundige Dienst van België (Prof. Paper, n° 208, 1984/4), 26 p. + fig.
- LAMBRECHT, J. (1980): Het Mardegebied tijdens het Kwartair. Leuven, Katholieke Universiteit, Inst. voor Aardwet. (*licentiaatsverhandeling*), 327 p.
- LANGGUTH, H.R. (1985): Persoonlijke mededeling.
- LEBBE, L. (1978): Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (*doctoraatsverhandeling*), 164 p.
- LEGRAND, R. (1968): Le Massif du Brabant. *Mém. Expl. Carte Géol. et Min. de la Belg.*, n° 9, 148 p.
- LOY, W. & DE SMEDT, P. (1978): Permeabiliteit van enkele formaties in België. *Bull. Belg. Ver. Geol.*, 87, pp. 253-260.

- MAHAUDEN, M. & BOLLE, I. (1985): Hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts Gavere tot het Kanaal Bossuit-Kortrijk. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (Onderzoek TGO 81/08c, i.o.v. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).
- MANIA, J. (1971): Contribution à l'étude de la nappe des sables Landeniens en Flandres franco-belges et dans le bassin d'orchies. Lille, Univ. des Sciences et Techniques (doctorat), 161 p.
- MOSTAERT, F. (1985): Bijdrage tot de kennis van de kwartaargeologie van de oostelijke kustvlakte op basis van sedimentologisch en lithostratigrafisch onderzoek. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (doctoraatsverhandeling), 254 p.
- NATIONALE MAATSCHAPPIJ DER WATERLEIDINGEN (NMW): *Dossiers*. Trierstraat 21, 1040 Brussel.
- PATIJN, J. (1979): Bijdrage tot de stratigrafie en de morfogenese van het confluentegebied Heulebeek-Leie. Leuven, Katholieke Universiteit, Inst. voor Aardwet. (licentiaatsverhandeling), 156 p.
- VAN MAERCKE-GOTTIGNY, M.C. (1978): Regionale geomorfologische studie van het Zuid-Vlaamse Heuvelland. In: *Regionale fysische geografie*, Beroepsvervolmaking Fys. Aardr., K.U. Leuven, pp. 1A1-1A28.
- VERREET, G. (1986): De exploitatie van grondwater uit de Carboonkalksteen in West-Vlaanderen. Leuven, Katholieke Universiteit, Inst. voor Aardwet. (Onderzoek n° 8621, i.o.v. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap), 35 p. + fig.
- ZEUWTS, L. (1988): Hydrogeologische studie van de IJzervallei. Gent, Rijksuniversiteit, Geol. Inst. (doctoraatsverhandeling in voorbereiding).

