

TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

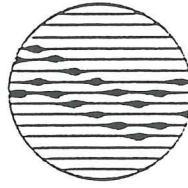
INVLOED VAN HET GIPSSTORT OP HET GRONDWATER  
TE ZANDVOORDE-OOSTENDE

97/18



UNIVERSITEIT GENT

INVLOED VAN HET GIPSSTORT  
OP HET GRONDWATER  
TE ZANDVOORDE-OOSTENDE



Laboratorium  
voor  
Toegepaste Geologie  
en  
Hydrogeologie

Geologisch Instituut  
Krijgslaan 281, S3  
B-9000 Gent

tel. 09/264 46 47  
fax 09/264 49 88

Oprachtgever

PROVIRON FINE CHEMICALS N.V.

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Projectnummer : TGO 97.18

Datum : september 1997



# Invloed van het gipsstort op het grondwater te Zandvoorde-Oostende

## 1. Inleiding

Naar aanleiding van een vraag vanwege de firma PROVIRON FINE CHEMICALS N.V. te Oostende werd een evaluatie gemaakt van de invloed van het gipsstort te Zandvoorde-Oostende. In 1995 werd een hydrogeologische studie uitgevoerd door het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent. Daarna werd in het bestek van een eindejaarswerk aanvullend onderzoek verricht in 1996. Op grond van beide studies kunnen een aantal conclusies worden getrokken in verband met de huidige toestand van de omgeving van het stort en de te nemen maatregelen in de nabije toekomst met het oog op de beheersing van de verontreiniging.

## 2. Terreinwaarnemingen en analyses

In het najaar van 1995 werden in het bestek van de hydrogeologische studie grondwatermonsters geanalyseerd. In het voorjaar van 1996 werden ten behoeve van de eindejaarsverhandeling uit de peilputten, die voorheen niet bemonsterd waren, stalen voor analyse genomen. Een aantal nieuwe putten werd geboord: SB17 en SB18 tot op het tertiair substraat; SB1F2, SB2F2, SB9F2, SB17F2, SB18F2 en SB19 tot op het veen en DB20 in het stort (Fig. 1). In tabel 1 zijn de elementen van de waarnemingsputten aangegeven. De analysesresultaten zijn weergegeven in tabellen 2 t.e.m. 13.

## 3. De grondwaterstroming

De grondwaterstroming kan men afleiden uit de waterstanden in de peilputten. Uit de studies is duidelijk gebleken dat men in de kwartaire laag, die tot een twintigtal meters dik is en waarvan de basis op het peil -19 m ligt, twee watervoerende lagen kan onderscheiden (Fig. 2, 3, 4): de watertafel in de bovenste laag, gescheiden van de onderste afgesloten watervoerende laag, door een klei-leem-veen-laag van ca 5 m dikte. Locaal vertoont deze slecht doorlatende laag goed doorlatende zandige lenzen. De klei-leem-veen-laag is gedeeltelijk afgegraven onder de stortplaats. De grondwaterstroming in de onderste watervoerende laag is zuidwaarts gericht, weg van het kanaal. Het waterpeil in het kanaal staat op + 3,80 m. In de onderste watervoerende laag daalt het peil van ca + 3,20 m naar + 2,95 m.

Het patroon van de stijghoogtelijnen wordt duidelijk beïnvloed door de aanwezigheid van het stort, alhoewel het peil onder het stort steeds lager blijft dan dat in het kanaal (Fig. 5). Ter hoogte van de watertafel stroomt het water radiaal weg van het stort. Het komt voor het grootste gedeelte terecht in de grachten rondom het stort. De zandige lenzen in de klei-leem-veen-laag kunnen echter optreden als drains die de grondwaterstroming geleiden.

In de put DB14 op het stort zelf bevond het waterpeil zich op 29 maart 1996 op + 14,92 m. Het grote peilverschil tussen het water in het stort en de onderste watervoerende laag is te wijten aan de slecht-doorlatende klei-leem-veen-laag en misschien het bovenliggende stortmateriaal. Niettegenstaande de slechte doorlatendheid is er doorsijpeling van het stort naar de onderste watervoerende laag, zoals blijkt uit de hogere peilen in deze laatste. Het meeste water in het stort stroomt echter lateraal uit, soms uit de flanken van de heuvel. Dit is duidelijk te zien op de oostelijke flank, waar meerdere bronniveaus aanwezig zijn.

De waterpeilen werden verschillende malen gemeten. Het algemeen beeld wijzigt weinig. Ter illustratie is het waterpeil in de onderste watervoerende laag op 29 maart 1997 op figuur 5 aangegeven.

#### 4. De grondwaterkwaliteit

Het grondwater rond en onder het stort is van nature zout. Daarom kan het sulfaatgehalte niet als parameter worden gebruikt om eventuele verontreiniging van het grondwater op te sporen. Aangezien water uit het stort eveneens veel fosfaat bevat en fosfaat geen belangrijke zeewatercomponent is, wijst een hoge fosfaatconcentratie wel op verontreiniging. Ook zware metalen kunnen aanwijzingen verstrekken over mogelijke verontreiniging maar hun gedrag wordt in sterke mate bepaald door wisselwerking met het klei-veen-complex. Daarom kunnen door fosfaat verontreinigde waters soms lage sporenelementenconcentraties vertonen.

Het water in het stort is een uiterst brak  $\text{NaSO}_4$ -water. Het heeft uiterst hoge sulfaat- en fosfaatgehalten, hoge ijzer- en mangaanconcentraties en zeer hoge gehalten aan zware metalen. Deze laatste houden verband met de zeer lage pH-waarde van het water. De watersamenstelling in het stort (DB14 en DB20) overschrijdt de MTC (maximaal toelaatbare concentratie volgens VLAREM) voor fosfaat, cadmium, nikkel, zink, arseen (DB14) en koper (DB20).

In het grondwater in de bovenste laag (Afzetting van Duinkerke en Historische Afzetting van Oostende) treft men soms (vooral in aanwezigheid van zandige lenzen) hogere sulfaat- en fosfaatgehalten aan (SB1F2 en SB2F2) dan in de overeenstemmende grondwaters in de onderste watervoerende laag (SB1F1 en SB2F1). Hieruit blijkt duidelijk de invloed van de stortplaats. De fosfaatconcentraties liggen boven de MTC in de putten SB1F2, SB2F2, SB18F2 en SB19. De concentraties aan zware metalen nemen snel af buiten het stort. In SB19 benadert zink de MTC-waarde (Fig. 6). De MTC wordt enkel overschreden voor nikkel in SB2F2 (Fig. 7).

Het grondwater in de onderste watervoerende laag bevat zeer veel sulfaat, dat er van nature in terecht kwam bij de mariene afzetting in het gebied. De hoge fosfaatgehalten zijn veroorzaakt door percolatie van water uit het stort. De MTC voor fosfaat is overschreden in de putten SB4, SB6, SB10, SB17 en DB15 (Fig.8). In de putten SB3, SB9F1 en SB11 zijn de fosfaatconcentraties hoog maar overschrijden de MTC niet. De fluorideconcentraties liggen boven de MTC (1,5 mg/l) in de putten SB10 en SB13.

#### 5. Uitloogproef

Bij boring DB20 werden om de 50 cm gipsmonsters genomen. Hiermee werden 6 mengmonsters (Tab. 1) samengesteld waarop uitloogproeven volgens de Nederlandse norm NEN 7343 en volgens de Belgische norm NBN (DIN38414-S4) werden uitgevoerd.

Uit de NEN-kolomproef kan het gedrag van de chemische componenten in functie van de tijd (fracties) en in functie van de diepte worden nagegaan (Fig. 9, 10, 11). Uit de NBN-schudproef kan enkel het gedrag in functie van de diepte worden bestudeerd (Fig. 12). Beide uitloogproeven tonen aan dat in het stort de zware metalen bovenaan gedeeltelijk zijn uitgeloozd. Dat blijkt ook uit de toename van het chloride- en fosfaatgehalte vanaf 6 m diepte in het stort. Het uitlogingsfront bevindt zich blijkbaar op 6 m diepte. Hieruit mag men besluiten dat het stort nog zeer veel uitloogbare sporenelementen (tot mg/kg droge stof voor Zn, Cu, Ni, Cd en Cr) evenals fosfaten (g/kg droge stof) bevat in het niet uitgeloozde gedeelte.

#### 6. Besluit en aanbeveling

Het van nature zout en brak grondwater in de onderste watervoerende laag is ongeschikt voor normaal gebruik als huishoudelijk water, sproeiwater of drinkwater voor het vee. De verontreiniging door het stort heeft zich in de loop van de tijd relatief weinig verspreid wegens de

aanwezigheid van een zeer slecht doorlatende laag onder het stort en de zwakke hydraulische gradiënt in de onderste watervoerende laag. De gracht rondom het stort beperkt de laterale verspreiding van verontreinigd water.

Het op het stort terug pompen van het water uit die gracht houdt echter het peil in het stort hoog waardoor de uitloging van het stort in de hand kan worden gewerkt en aldus meer verontreinigd water naar de diepe laag zou kunnen doorsijpelen. Er zijn geen gegevens voorhanden om te beweren dat het systeem van terug pompen bijdraagt tot een afname van de doorlatendheid.

In elk geval moet men de gracht verder laten fungeren als drain om aldus de aanvoer van verontreiniging door het grondwater zoveel mogelijk op te vangen. Om het systeem van terug pompen te evalueren zou men een studie moeten uitvoeren. Naast een evaluatie van de in- en uitgaande waterhoeveelheden in het stort zou men ook de evolutie van de kwaliteit van de waterstromen moeten bepalen. Daartoe zou men een peilmeetnet op het stort moeten uitbouwen waarin men over een lange periode systematisch de waterstanden en de kwaliteit van het insijpelende water kan nagaan.

Analysen en metingen van de bronnen op de flanken kunnen informatie opleveren over het gedrag van het water in het stort. Tevens zou men ook metingen over de evolutie van de doorlatendheid door een aangepast peilputtenet kunnen uitvoeren. Een dergelijke studie zou kunnen aantonen hoe een dergelijk stort van die omvang op een blijvende en efficiënte manier kan beheerd worden.

Daarom is het in het bestek van het principe van het toepassen van de best mogelijke techniek op een economisch verantwoorde wijze niet aangewezen om in de huidige omstandigheden over te gaan tot een afdichting van het stort en zeker niet vooraleer bewezen is dat een afdekking een de meest geschikte methode is. Het voorgestelde onderzoek zou in een periode van een vijftal jaren afgerond moeten zijn om de overheid toe te laten een definitieve beslissing te nemen aangaande de te treffen beheersmaatregelen.

filter	hoogte maaiveld mTAW	diepte v.h. filterelement m	plaatshoogte centrum filter mTAW	Top peilbuis mTAW
SB1 F1	3,868	17,9 - 19,9	-15,032	3,728
SB2 F1	3,535	18,3 - 20,3	-15,765	3,408
SB3	3,888	19,0 - 21,0	-16,112	3,812
SB4	5,382	21,0 - 23,0	-16,618	5,260
SB5	4,312	19,7 - 21,7	-16,388	4,272
SB6	4,841	19,2 - 21,2	-16,359	4,693
SB7	3,987	19,5 - 21,5	-16,513	3,849
SB8	4,197	19,3 - 21,3	-16,103	4,042
SB9 F1	3,448	18,75 - 20,75	-16,302	3,375
SB10	18,622	33,8 - 35,8	-16,178	18,856
SB11	19,000	29,0 - 31,0	-11,000	19,371
SB12	18,555	35,5 - 37,5	-17,945	18,687
SB13	18,837	35,5 - 37,5	-17,663	19,019
DB15	5,079	12,8 - 14,8	-8,721	5,423
SB17 F1	3,120	16,1 - 18,1	-13,980	3,120
SB18 F1	2,999	17,5 - 19,5	-15,501	2,999
SB1 F2	3,868	2,28 - 3,28	1,093	3,728
SB2 F2	3,535	2,3 - 3,3	0,735	3,384
SB9 F2	3,471	3,0 - 4,0	-0,029	3,339
SB17 F2	3,120	1,4 - 2,4	1,220	2,958
SB18 F2	2,996	1,3 - 2,3	1,196	2,882
SB19	4,107	3,5 - 4,5	0,107	4,017
DB14	17,935	13,0 - 15,0	3,935	18,179
DB20	17,127	8,7 - 10,7	7,427	17,637

Tabel 1 - Diepte en plaatshoogte van het filterelement, maaiveld en de top van de peilbuis.

Mengstaal	Diepte- interval (m)
S1	0,0 - 2,0
S2	2,0 - 4,0
S3	4,0 - 6,0
S4	6,0 - 7,5
S5	7,5 - 9,0
S6	9,0 - 10,5

	Temp °C Water	pH	Glbh* µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
SB1 F1	12,1	7,37	9950	5,2	79
SB2 F1	10,8	6,87	38600	3,3	98
SB3	11,4	6,92	34200	3,3	107
SB4	11,6	6,99	29900	4,5	116
SB5	10,0	7,20	9200	3,4	179
SB6	12,3	6,86	7700	4,4	53
SB7	11,4	6,89	28500	4,3	150
SB8	11,7	7,04	28000	3,1	58
SB9 F1	11,5	6,96	30000	5,4	194
SB10	12,5	6,55	29700	3,4	127
SB11	12,4	6,68	34500	2,9	100
SB12	10,8	6,94	36100	1,6	8
SB13	11,4	7,04	34400	2,2	50
DB15	10,6	7,41	7690	4,1	81
SB17 F1	10,1	6,90	37100	1,9	247
SB18 F1	10,0	6,91	39300	3,9	145

Tabel 2 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit de onderste goed doorlatende laag.

\* Alle geleidbaarheden voor 20°C.

	Temp °C Water	pH	Glbh µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
SB1 F2	9,3	7,93	5130	9,5	-66
SB2 F2	7,5	5,62	10640	3,5	121
SB9 F2	7,9	7,41	3740	5,5	-22
SB17 F2	6,9	7,58	13350	4,6	146
SB18 F2	5,0	8,04	7910	4,3	-60
SB21	8,2	8,05	5350	2,3	21

Tabel 3 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit de Duinkerke afzettingen en de Historische polders van Oostende.

	Temp °C Water	pH	Glbh µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
DB14	13,3	4,86	14200	1,6	210
DB20	10,1	2,66	12050	4,4	381

Tabel 4 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit het gipsstort.

	Temp °C Water	pH	Glbh* µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
SB1 F1	12,1	7,37	9950	5,2	79
SB2 F1	10,8	6,87	38600	3,3	98
SB3	11,4	6,92	34200	3,3	107
SB4	11,6	6,99	29900	4,5	116
SB5	10,0	7,20	9200	3,4	179
SB6	12,3	6,86	7700	4,4	53
SB7	11,4	6,89	28500	4,3	150
SB8	11,7	7,04	28000	3,1	58
SB9 F1	11,5	6,96	30000	5,4	194
SB10	12,5	6,55	29700	3,4	127
SB11	12,4	6,68	34500	2,9	100
SB12	10,8	6,94	36100	1,6	8
SB13	11,4	7,04	34400	2,2	50
DB15	10,6	7,41	7690	4,1	81
SB17 F1	10,1	6,90	37100	1,9	247
SB18 F1	10,0	6,91	39300	3,9	145

Tabel 2 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit de onderste goed doorlatende laag.

\* Alle geleidbaarheden voor 20°C.

	Temp °C Water	pH	Glbh µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
SB1 F2	9,3	7,93	5130	9,5	-66
SB2 F2	7,5	5,62	10640	3,5	121
SB9 F2	7,9	7,41	3740	5,5	-22
SB17 F2	6,9	7,58	13350	4,6	146
SB18 F2	5,0	8,04	7910	4,3	-60
SB21	8,2	8,05	5350	2,3	21

Tabel 3 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit de Duinkerke afzettingen en de Historische polders van Oostende.

	Temp °C Water	pH	Glbh µS/cm	DOX mg/l	Eh mV
DB14	13,3	4,86	14200	1,6	210
DB20	10,1	2,66	12050	4,4	381

Tabel 4 – Veldwaarnemingen bij de monsternamen van de grondwaterstalen uit het gipsstort.



	Norm* mg/l	SB1 F1		SB2 F1		SB3		SB4	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	1870,00	81,304	8690,00	377,826	8033,00	349,261	7065,00	307,174
K <sup>+</sup>	-	118,00	3,018	293,80	7,515	340,00	8,697	327,50	8,377
Ca <sup>2+</sup>	-	258,30	12,896	584,00	29,156	625,20	31,213	513,10	25,617
Mg <sup>2+</sup>	-	304,00	25,000	928,00	76,316	948,00	77,961	830,00	68,257
Fe <sup>tot</sup>	0,2	3,21	0,116	7,81	0,283	8,35	0,303	5,97	0,216
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,23	0,008	0,36	0,013	0,38	0,014	0,46	0,017
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	19,10	1,059	40,50	2,245	30,80	1,707	25,20	1,397
Cr <sup>6+</sup>	-	<0,01		<0,01					
Som +		2572,84	123,402	10544,47	493,354	9985,73	469,155	8767,23	411,054
Cl <sup>-</sup>	-	3747,00	105,668	15493,00	436,915	14733,00	415,482	13005,00	366,751
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	109,10	2,273	416,54	8,678	528,10	11,002	965,20	20,108
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	5,40	0,087	1,90	0,031	13,20	0,213	10,20	0,165
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,23	0,005	0,03	0,001	1,05	0,023	0,68	0,015
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	977,22	16,020	2859,07	46,870	2569,32	42,120	2028,25	33,250
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	1,80	0,027	1,32	0,016	6,05	0,076	7,80	0,100
F <sup>-</sup>	1,5	0,79	0,042	0,26	0,014	0,19	0,010	0,20	0,011
Som -		4841,54	124,122	18772,12	492,524	17850,91	468,926	16017,33	420,399
% Fout		0,29		0,08		0,02		1,12	

Tabel 5 - Ionenbalansen van watermonsters uit de onderste goed doorlatende laag

\* Milieukwaliteitsnormen voor grondwater, Besluit van de Vlaamse Regering van 1 juli

	Norm mg/l	SB5		SB6		SB7		SB8	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	1841,00	80,043	1513,00	65,783	6145,00	267,174	6095,00	265,000
K <sup>+</sup>	-	99,38	2,542	203,90	5,215	300,50	7,686	286,80	7,336
Ca <sup>2+</sup>	-	198,00	9,885	316,00	15,776	480,80	24,004	431,90	21,563
Mg <sup>2+</sup>	-	164,00	13,487	265,00	21,793	710,00	58,388	682,00	56,086
Fe <sup>tot</sup>	0,2	1,80	0,065	2,85	0,103	4,73	0,171	3,37	0,122
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,33	0,012	0,75	0,027	0,58	0,021	0,62	0,023
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	5,95	0,330	58,20	3,226	20,90	1,159	18,40	1,020
Cr <sup>6+</sup>	-	0,01	0,001			<0,01		<0,01	
Som +		2310,47	106,366	2359,70	111,924	7662,51	358,603	7518,09	351,149
Cl <sup>-</sup>	-	2505,00	70,643	1160,00	32,713	10615,00	299,351	10604,00	299,041
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	713,71	14,869	1952,00	40,667	1606,00	33,458	1560,00	32,500
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	2,90	0,047	5,80	0,094	11,60	0,187	8,20	0,132
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,06	0,001	0,19	0,004	0,05	0,001	0,29	0,006
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	1202,31	19,710	2088,64	34,240	1237,08	20,280	1193,77	19,570
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	3,90	0,054	10,07	0,123	0,60	0,007	4,54	0,059
F <sup>-</sup>	1,5	1,41	0,074	0,43	0,023	0,19	0,010	0,27	0,014
Som -		4429,29	105,398	5217,13	107,863	17850,72	353,295	13371,07	351,323
% Fout		0,46		1,85		0,75		0,02	

Tabel 6 - : Ionenbalansen van watermonsters uit de onderste goed doorlatende laag

	Norm mg/l	SB9 F1		SB10		SB11		SB12	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	6890,00	299,565	7410,00	322,174	7825,00	340,217	7590,00	330,000
K <sup>+</sup>	-	319,50	8,172	335,25	8,575	339,50	8,684	284,70	7,282
Ca <sup>2+</sup>	-	499,10	24,918	651,60	32,531	590,30	29,471	724,00	36,146
Mg <sup>2+</sup>	-	774,00	63,651	852,00	70,066	942,00	77,467	962,00	79,112
Fe <sup>tot</sup>	0,2	4,80	0,174	3,46	0,125	7,01	0,254	5,55	0,201
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,28	0,010	0,32	0,012	0,37	0,013	0,40	0,015
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	24,40	1,353	27,80	1,541	36,40	2,018	29,30	1,624
Cr <sup>6+</sup>	-			0,04	0,005			<0,01	
Som +		8512,08	397,843	9280,47	435,029	9740,58	458,124	9595,95	454,380
Cl <sup>-</sup>	-	12459,00	351,354	13469,00	379,836	14374,00	405,358	14180,00	399,887
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	1085,00	22,604	1278,00	26,625	426,40	8,883	372,09	7,752
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	12,60	0,203	15,00	0,242	13,00	0,210	2,50	0,040
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,14	0,003	0,60	0,013	1,02	0,022	0,03	0,001
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	1821,46	29,860	2136,83	35,030	2734,02	44,820	2943,25	48,250
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	6,44	0,081	17,55	0,199	6,35	0,074	1,45	0,018
F <sup>-</sup>	1,5	0,22	0,012	4,34	0,228	1,30	0,068	0,66	0,035
Som -		15384,86	404,117	16921,32	442,174	17556,09	459,436	17499,98	455,983
% Fout		0,78		0,81		0,14		0,18	

Tabel 7 – Ionenbalansen van watermonsters uit de onderste goed doorlatende laag

	Norm mg/l	SB13		DB15		SB17 F1		SB18 F1	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	7680,00	333,913	1501,00	65,261	8780,00	381,739	7854,00	341,478
K <sup>+</sup>	-	281,10	7,190	86,60	2,215	290,00	7,418	312,00	7,980
Ca <sup>2+</sup>	-	596,00	29,755	89,20	4,453	644,00	32,152	739,00	36,895
Mg <sup>2+</sup>	-	850,00	69,901	108,00	8,882	916,00	75,329	1036,00	85,197
Fe <sup>tot</sup>	0,2	9,43	0,342	1,80	0,065	8,47	0,307	9,75	0,353
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,44	0,016	0,13	0,005	0,43	0,016	0,45	0,016
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	23,10	1,280	12,00	0,665	30,85	1,710	32,05	1,777
Cr <sup>6+</sup>	-	<0,01		0,01	0,001	0,01	0,001	0,01	0,001
Som +		9440,07	442,398	1798,74	81,546	10669,76	498,671	9983,26	473,697
Cl <sup>-</sup>	-	13777,00	388,522	2282,00	64,354	15336,00	432,487	14967,00	422,081
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	1151,00	23,979	13,17	0,274	1141,00	23,771	996,90	20,769
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	1,30	0,021	2,40	0,039	1,50	0,024	1,30	0,021
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,01	0,000	0,09	0,002	0,02	0,000	0,02	0,000
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	1931,87	31,670	1082,14	17,740	1900,15	31,150	2061,80	33,800
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	0,36	0,005	16,35	0,245	429,00	5,321	0,13	0,002
F <sup>-</sup>	1,5	1,73	0,091	0,66	0,035	0,19	0,010	0,20	0,011
Som -		16863,27	444,288	3396,81	82,689	18807,86	492,763	18027,35	476,684
% Fout		0,21		0,70		0,60		0,31	

Tabel 8 -- Ionenbalansen van watermonsters uit de onderste goed doorlatende laag



	Norm mg/l	SB1 F2		SB2 F2		SB9 F2		SB17 F2	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	921,00	40,043	2623,00	114,043	526,00	22,870	2313,00	100,565
K <sup>+</sup>	-	87,30	2,233	96,30	2,463	44,20	1,131	98,50	2,519
Ca <sup>2+</sup>	-	120,10	5,996	304,00	15,177	235,00	11,732	576,00	28,757
Mg <sup>2+</sup>	-	115,00	9,457	446,00	36,678	73,00	6,003	351,00	28,865
Fe <sup>tot</sup>	0,2	0,07	0,003	88,73	3,215	0,37	0,013	0,87	0,032
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,16	0,006	3,70	0,135	0,28	0,010	0,90	0,033
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	21,80	1,208	44,00	2,439	2,25	0,125	3,40	0,188
Cr <sup>6+</sup>	-	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
Som +		1265,43	58,946	3605,73	174,150	881,10	41,884	3343,67	160,959
Cl <sup>-</sup>	-	1023,00	28,849	786,00	22,166	772,00	21,771	4221,00	119,036
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	665,15	13,857	4797,00	99,938	318,58	6,637	1092,00	22,750
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	2,30	0,037	1,50	0,024	1,90	0,031	1,50	0,024
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,05	0,001	0,00	0,000	0,01	0,000	0,04	0,001
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	1021,75	16,750	331,23	5,430	828,38	13,580	1402,39	22,990
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	20,63	0,371	4535,00	47,373	2,35	0,035	3,36	0,054
F <sup>-</sup>	1,5	1,59	0,084	0,76	0,040	0,44	0,023	0,41	0,022
Som -		2734,47	59,949	10451,49	174,970	1923,66	42,077	6720,70	164,876
% Fout		0,84		0,23		0,23		1,20	

Tabel 9 - : Ionenbalansen van watermonsters uit de Duinkerke afzettingen en de Historische nolderafzettingen van Oostende

	Norm mg/l	SB18 F2		SB19	
		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	-	1628,00	70,783	1064,00	46,261
K <sup>+</sup>	-	63,60	1,627	39,80	1,018
Ca <sup>2+</sup>	-	241,10	12,037	104,60	5,222
Mg <sup>2+</sup>	-	174,00	14,309	60,00	4,934
Fe <sup>tot</sup>	0,2	0,18	0,007	0,66	0,024
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,59	0,021	0,35	0,013
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	12,95	0,718	7,70	0,427
Cr <sup>6+</sup>	-	<0,01		<0,01	
Som +		2120,42	99,501	1277,11	57,899
Cl <sup>-</sup>	-	1853,00	52,256	1322,00	37,281
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	949,15	19,774	121,01	2,521
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	2,50	0,040	2,50	0,040
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,04	0,001	0,14	0,003
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	1586,00	26,000	1029,68	16,880
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	0,00	0,000	0,00	0,000
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,9	41,52	0,766	13,35	0,238
F <sup>-</sup>	1,5	0,75	0,039	0,71	0,037
Som -		4432,96	98,877	2489,39	57,001
% Fout		0,31		0,78	

Tabel 10 -- Ionenbalansen van watermonsters uit de Duinkerke afzettingen en de Historische polderafzettingen van Oostende.

	DB14		DB20		
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	
Na <sup>+</sup>	3160,00	137,391	2815,00	122,391	
K <sup>+</sup>	63,45	1,623	57,50	1,471	
Ca <sup>2+</sup>	556,20	27,768	630,80	31,493	
Mg <sup>2+</sup>	768,00	63,158	418,00	34,375	
Fe <sup>tot</sup>	113,50	4,112	97,25	3,524	
Mn <sup>2+</sup>	2,17	0,079	3,35	0,122	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	27,20	1,508	27,00	1,497	
Cr <sup>6+</sup>	0,02	0,002	<0,01		
Som +	4690,54	235,642	4048,90	194,872	
Cl <sup>-</sup>	975,00	27,496	546,00	15,398	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7122,00	148,375	5379,00	112,063	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,20	0,229	2,50	0,040	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,000	0,01	0,000	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25,01	0,410	0,00	0,000	
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,00	0,000	0,00	0,000	
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5660,00	59,573	7000,00	73,676	
F <sup>-</sup>	24,77	1,304	38,50	2,026	
Som -	13821,00	237,387	12927,51	203,203	
% Fout		0,37		2,09	

Ionenbalansen van watermonsters uit het gipsstort.

elementen in ppb	As	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Be	Sb
Norm*	50	5	50	-	-	100	100	-	10
SB1 F1	2,5	<0,2	3	<1	<1	13	14	<0,5	<0,3
SB2 F1	1,1	<0,05	1,3	<1	3,2	48	11	0,6	0,6
SB3	4,9	<0,2					19		
SB4	6,1	0,4					23		
SB5	<1	<0,05	<0,5	1,3	<1	61	29	0,75	<0,5
SB6	5,7	<0,2					20		
SB7	<0,5	<0,2	3	<1	<1	<0,5	18	<0,5	<0,3
SB8	3,1	<0,2	6	3	<1	11	21	<0,5	<0,3
SB9 F1	4,1	<0,2					18		
SB10	7,1	<0,2	11	2	<1	9	22	0,9	<0,3
SB11	3,7	1					188		
SB12	<1	<0,05	0	11,7	2,6	52	11	1,25	<0,5
SB13	<1	<0,05	0	<1	<1	57	27	0,55	<0,5
DB15	<1	<0,05	0	<1	<1	58	30	1,35	<0,5
SB17 F1	<1	0,08	0,9	5,4	1,5	52	11	0,45	5,5
SB18 F1	<1	0,56	1,7	6,7	<1	51	25	0,35	5,1

Tabel 11 - Sporenelementen van watermonsters uit de onderste goed doorlatende laag.

\* Milieukwaliteitsnormen voor grondwater, Besluit van de Vlaamse Regering van 1 juli 1995.

elementen in ppb	As	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Be	Sb
Norm	50	5	50	-	-	100	100	-	10
SB1 F2	<1	0,08	<0,5	2,1	<1	54	36	0,3	<0,5
SB2 F2	7,1	<0,05	<0,5	1700	3,3	42	40	<0,1	<0,5
SB9 F2	<1	<0,05	<0,5	1,3	<1	32	16	0,6	<0,5
SB17 F2	<1	0,07	<0,5	1,6	1,8	41	25	1,25	<0,5
SB18 F2	4,2	0,07	1,7	3,1	<1	53	62	1,95	<0,5
SB19	11,2	0,27	<0,5	9,4	<1	54	98	1,05	<0,5

Tabel 12 - Sporenelementen van watermonsters uit de Duinkerke afzettingen en de Historische polderafzettingen van Oostende.

elementen in ppb	As	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Be	Sb
DB14	158	11,1	29	6090	44	18	6857	5,3	0,9
DB20	3,8	2766	17,8	3760	28,9	251	47000	15,9	9,4

Tabel 13 - Sporenelementen van watermonsters uit het gipsstort.

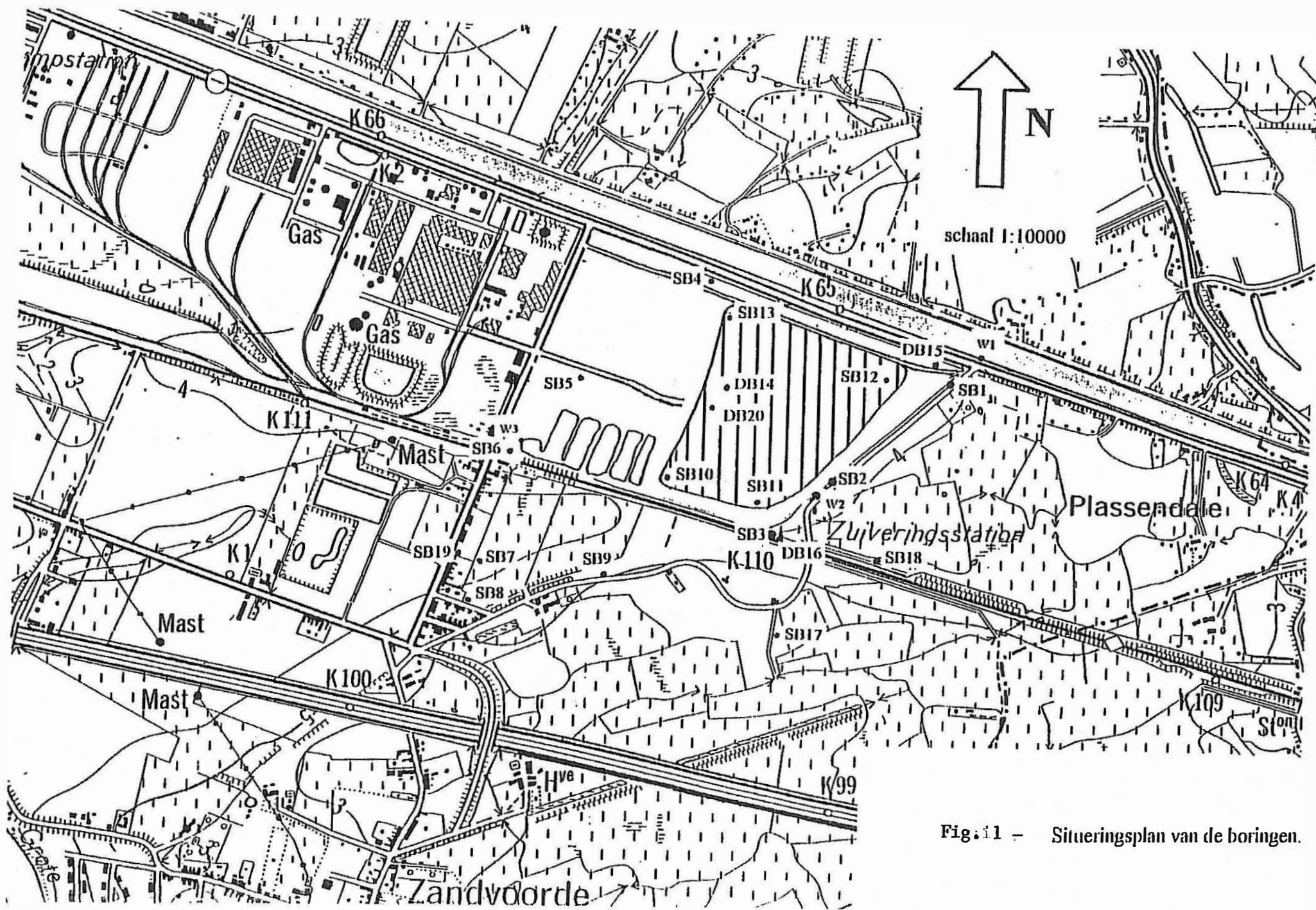


Fig.11 - Situeringplan van de boringen.



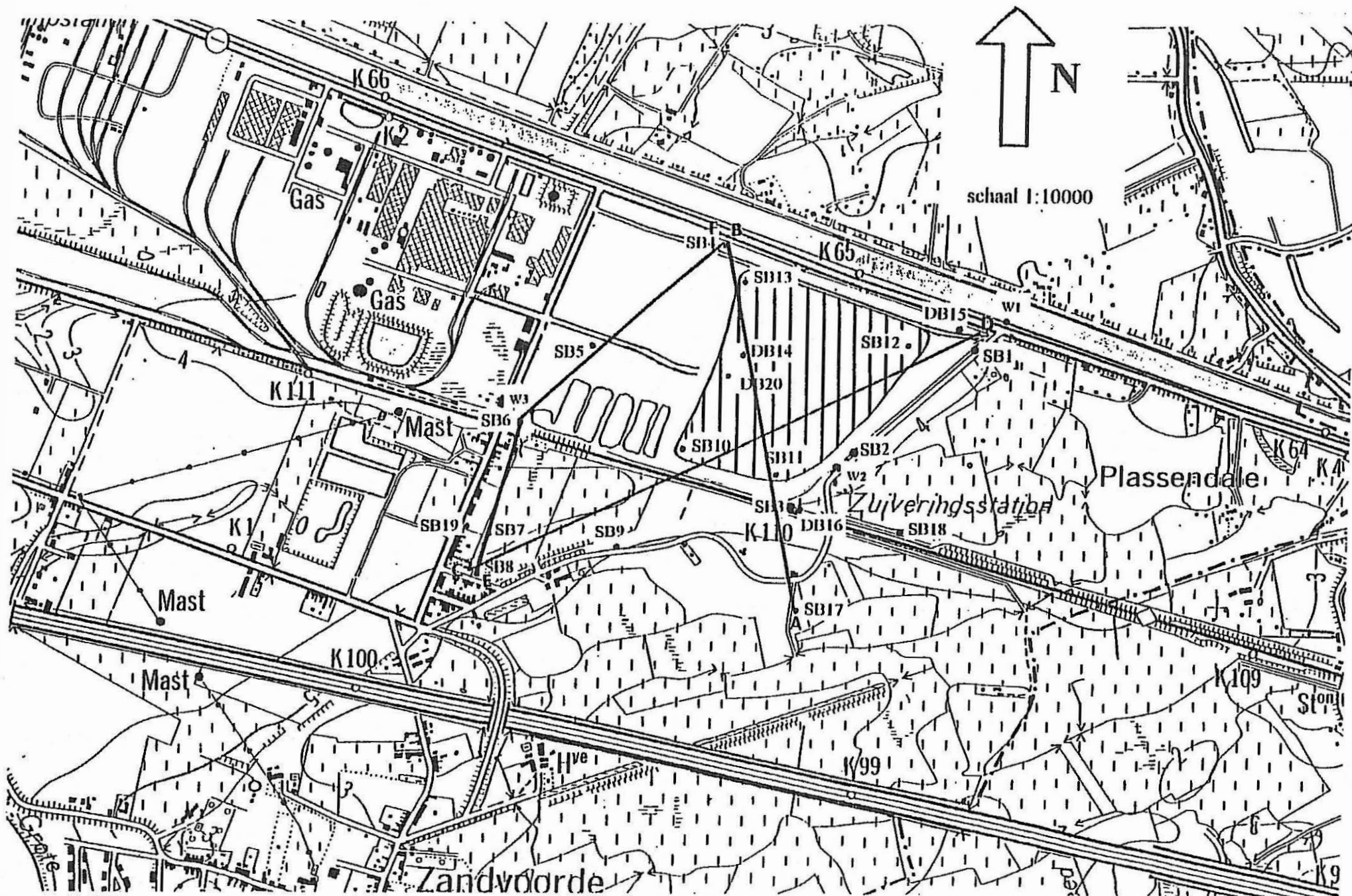


Fig.2 - Ligging van de geologische doorsneden

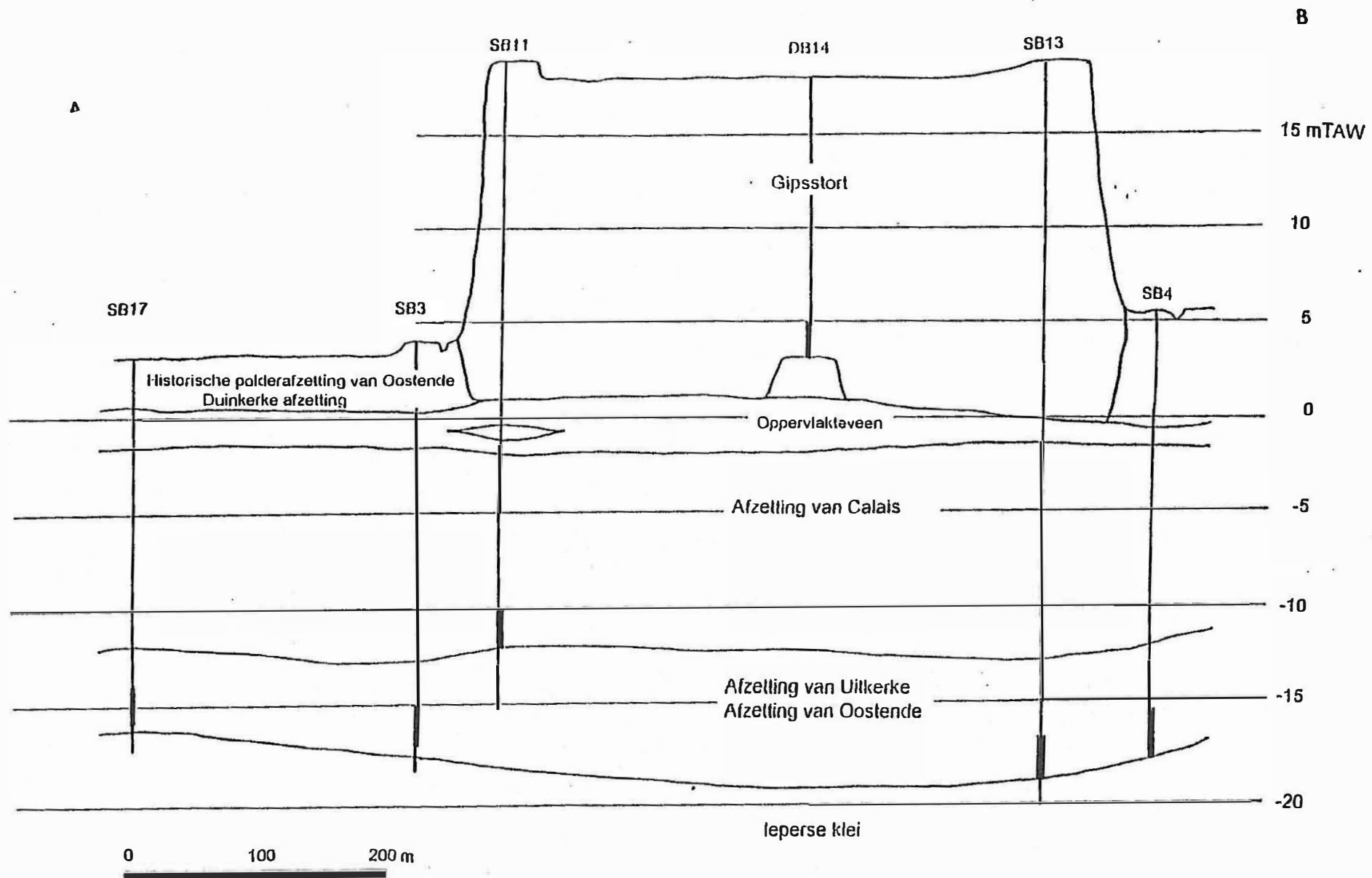


Fig. 3 - Geologische doorsnede AB

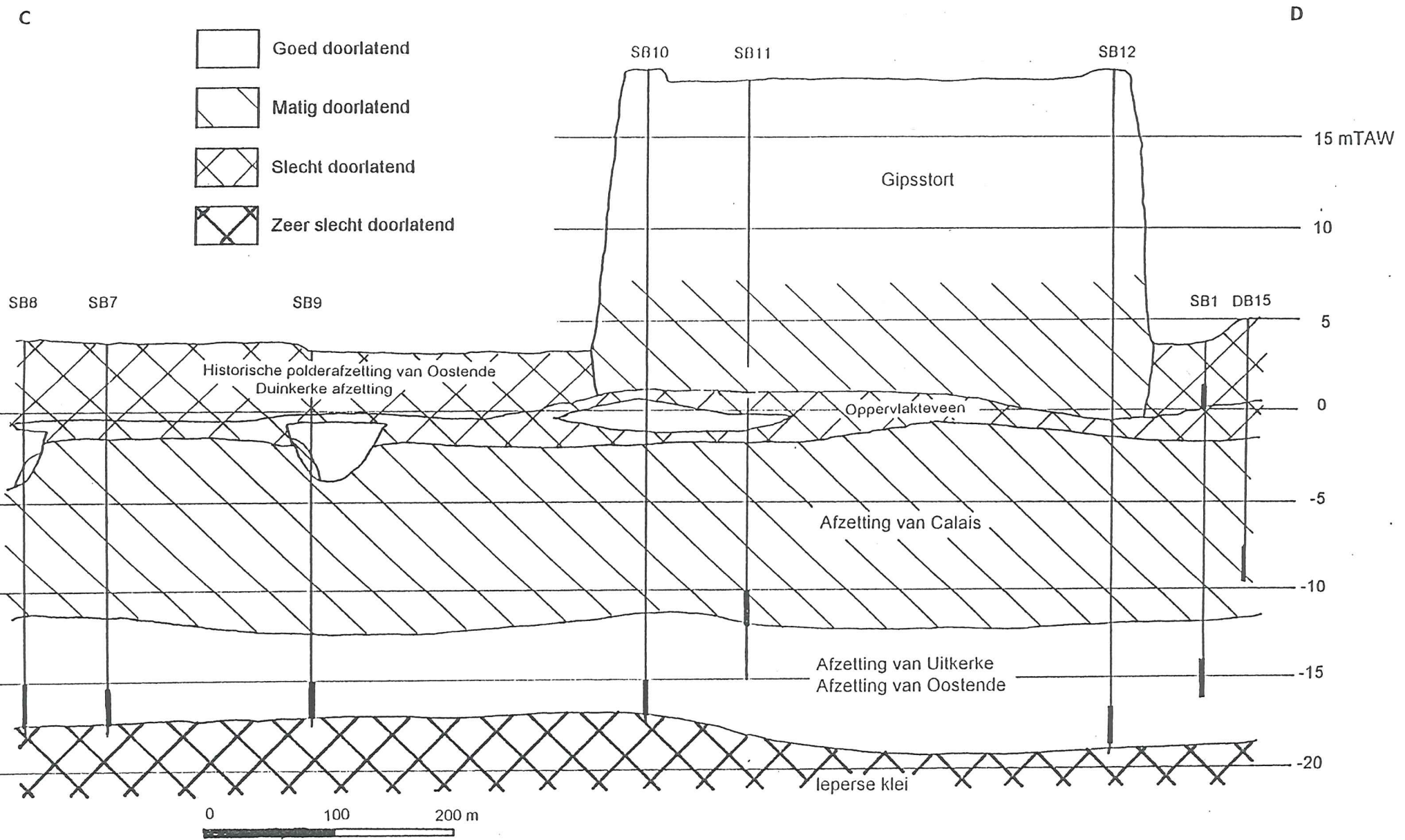


Fig. 4 - Schematische hydrogeologische doorsnede CD

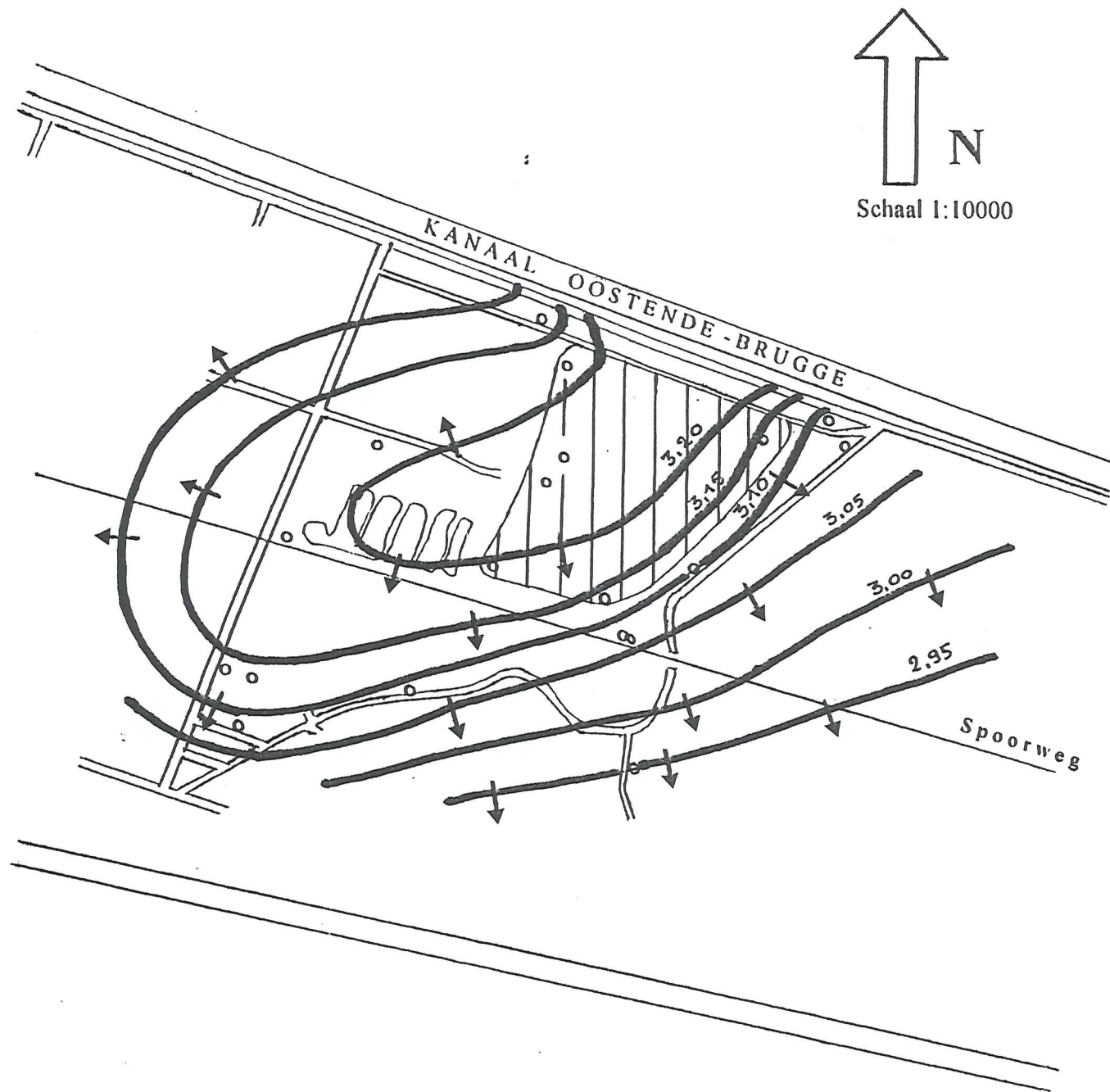


Fig. 5 - Isohypsenaart van het piëzometrisch oppervlak van de afzetting van Oostende op 29/03/96



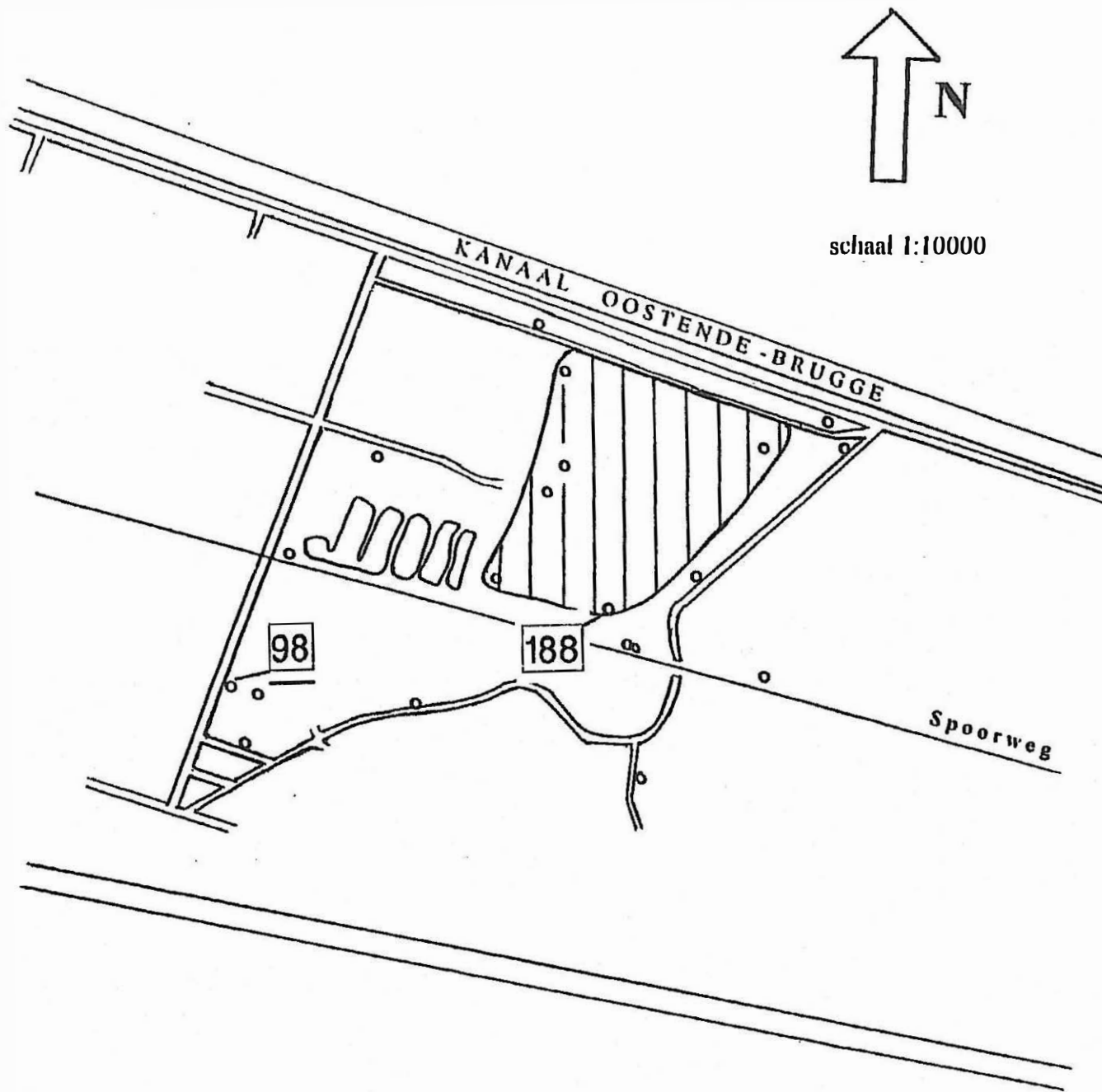


Fig. 6 – Zinkconcentraties boven de MTC ( $100\mu\text{g/l}$ ) in de afzetting van Oostende en de Duinkerke afzetting.

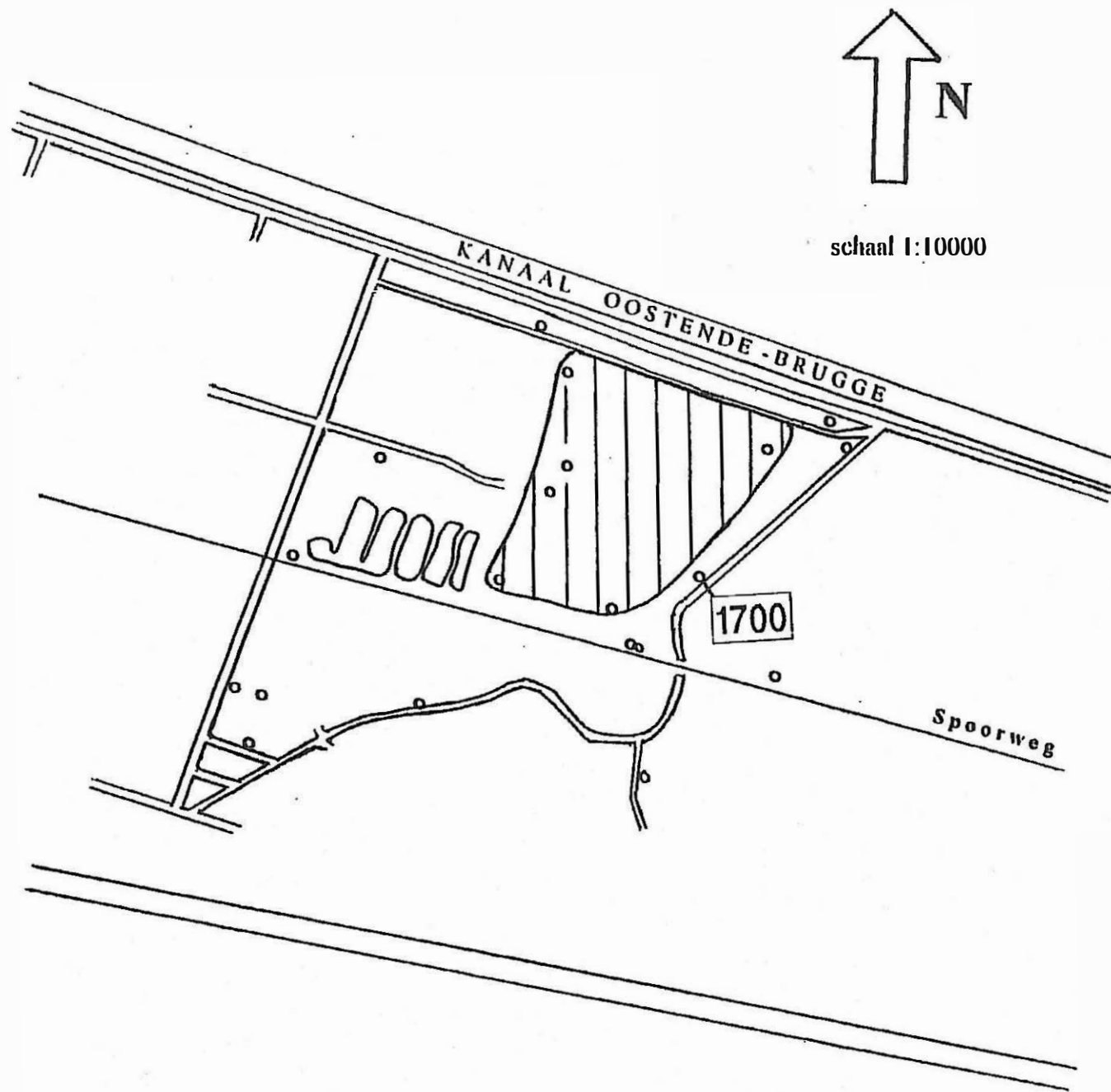


Fig. 7 - Nikkelconcentraties boven de MTC (50µg/l) in de Duinkerke afzetting.

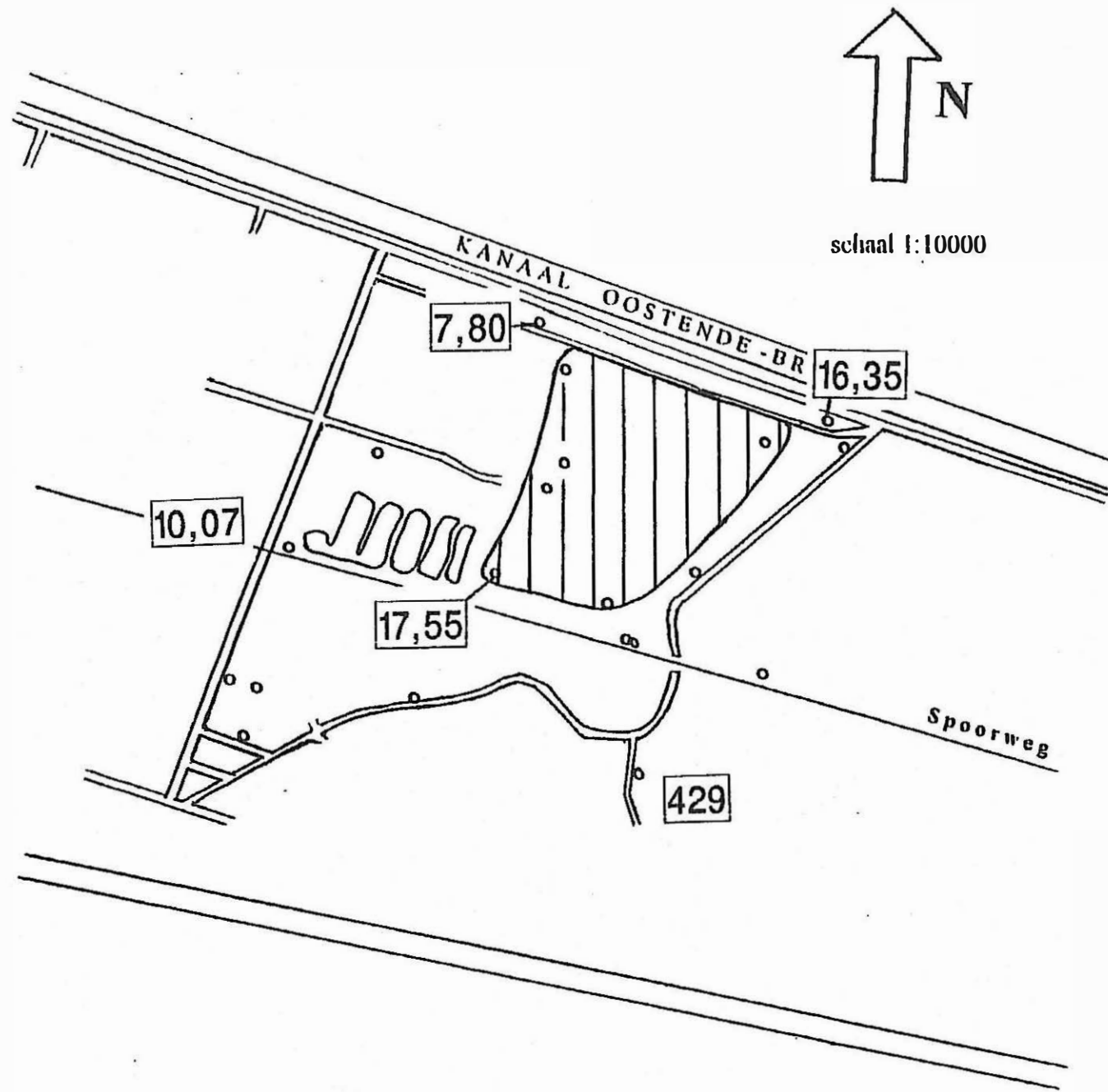


Fig. 8 - Fosfaatconcentraties boven de MTC (6.69mg/l) in de afzetting van Oostende.

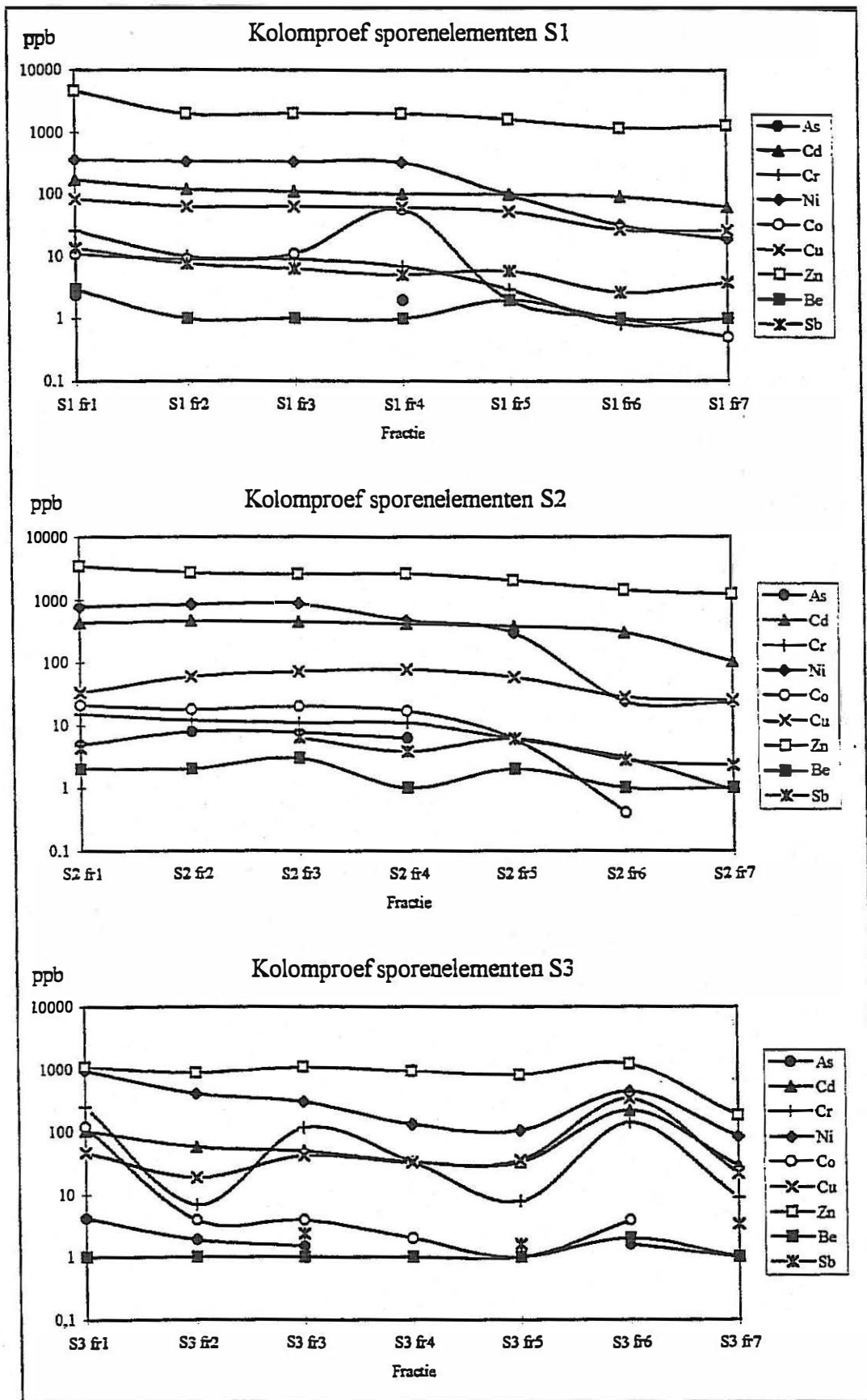


Fig. 9 - Grafische voorstelling van concentraties van sporelementen voor de kolomproef volgens de NEN 7343.

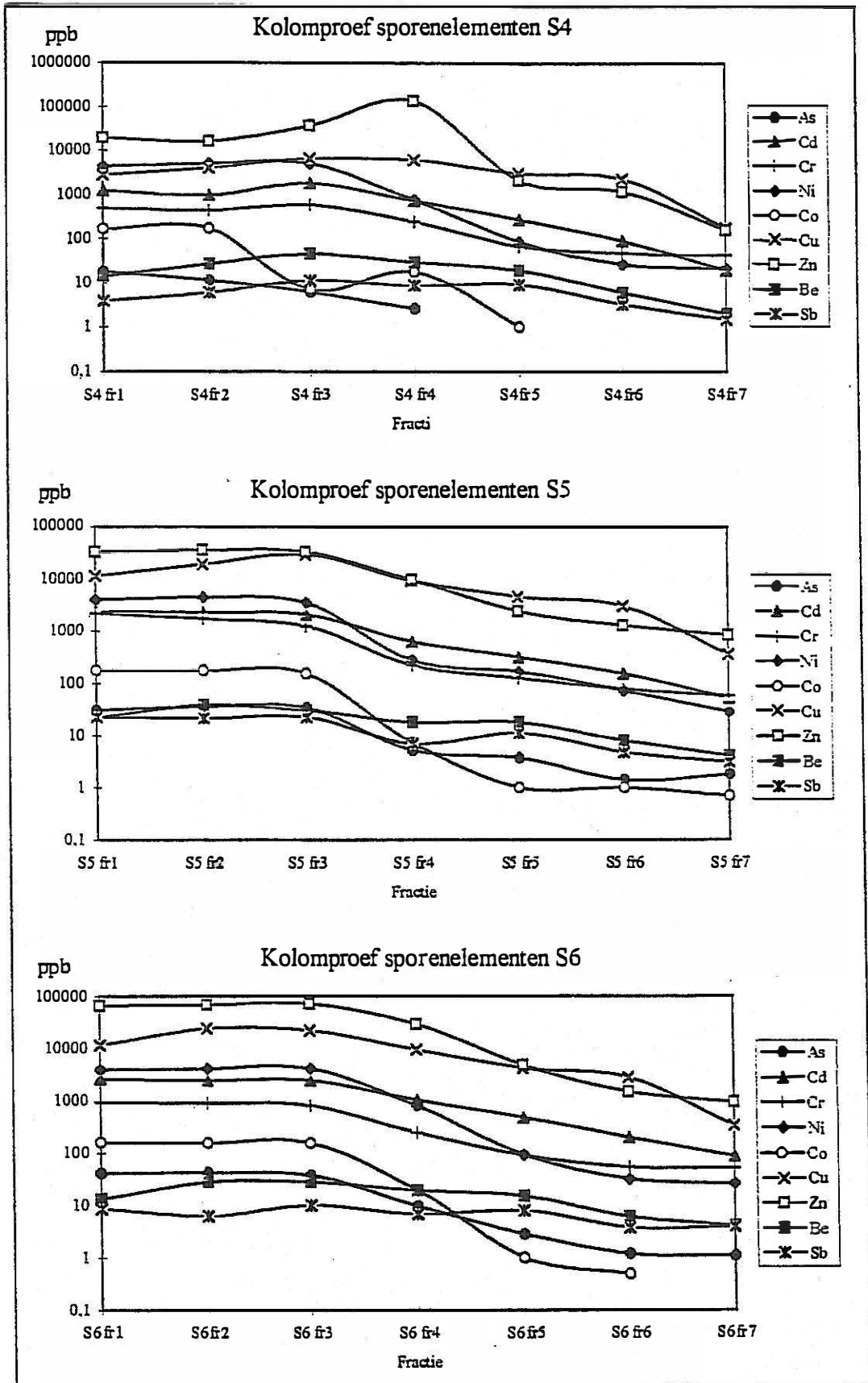


Fig. 10- Grafische voorstelling van concentraties van sporenelementen voor de kolomproef volgens de NEN 7343.



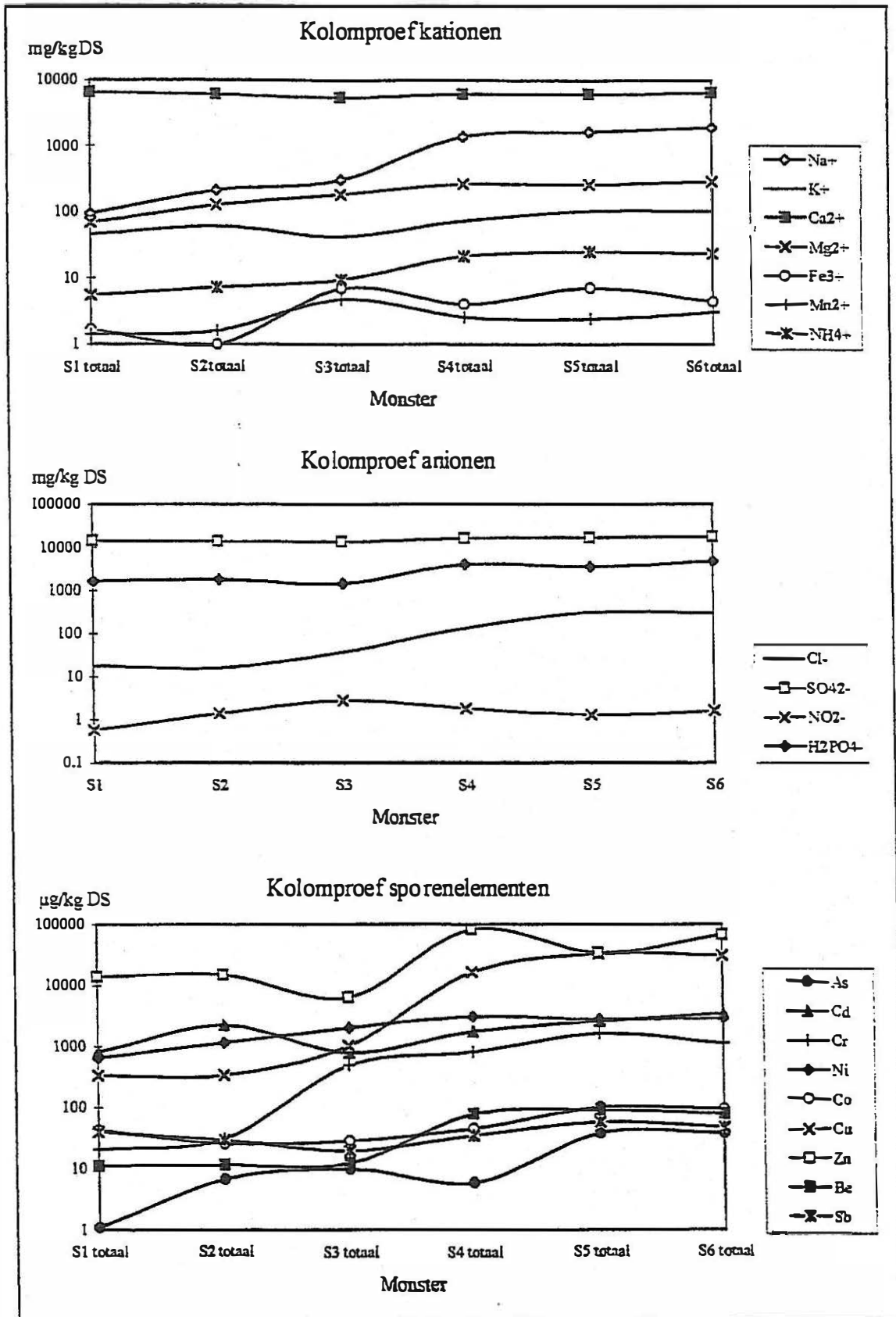


Fig. 11 - Grafische voorstelling van de resultaten van de kolomproef volgens de NEN.

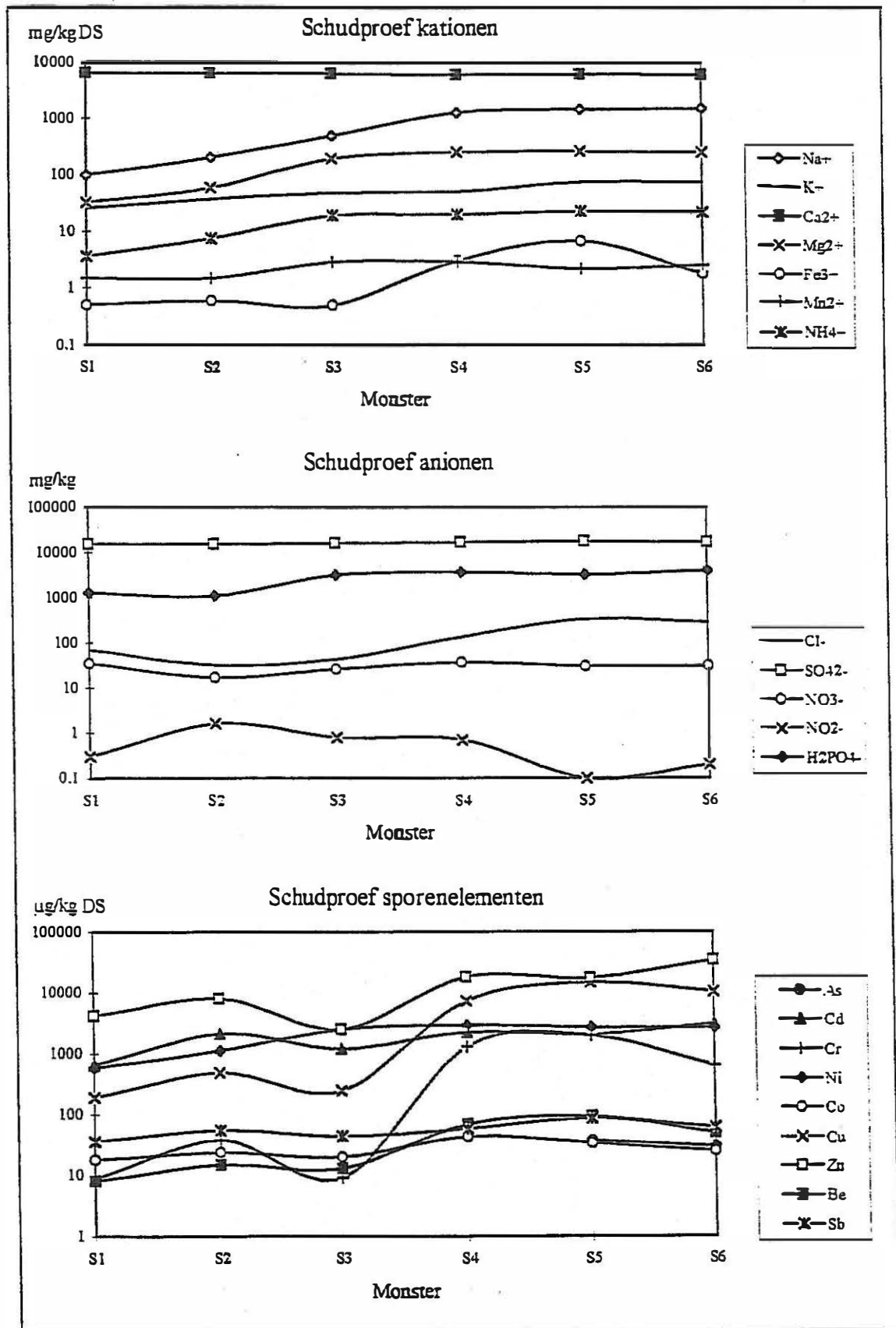


Fig. 12 - Grafische voorstelling van de resultaten van de schudproef volgens de NBN.