

Gemaal Polbeek

Filterconstructie instroomzijde

nota A-76.035

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Algemeen	1
2. Gegevens	1
2.1. Grondgegevens	1
2.2. Waterstanden	1
3. Elektrisch analogon-onderzoek	2
3.1. Schematisatie en randvoorwaarden	2
3.2. De analogonmetingen	3
4. Stabiliteitsonderzoek	6
4.1. Algemeen	6
4.2. Schematisatie en randvoorwaarden	6
4.3. Stabiliteitsberekeningen	7
4.4. Resultaten	7
4.5. Conclusies en slotopmerkingen	8
5. Filteropbouw	9

Bijlagenlijst Nota A-76.035

<u>Bijlage nr.</u>	<u>Omschrijving</u>	<u>form/tek.nr.</u>
1	Situatie 1:5000	A4/76.413
2	Situatie-overzicht varianten	3Z/76.411
3	Bovenaanzicht potentiaallijnen van de varianten a t/m d	6Z/76.412
4	Potentiaallijnen varianten a t/m d	4Z/76.410
5	Verband veiligheidscoëfficiënt - effectief filtergewicht	A3/76.432
6	Verband veiligheidscoëfficiënt - effectief filtergewicht	A3/76.433

1. Algemeen

Als gevolg van de verruiming van het voorpand van het Twentekanaal is een aanpassing noodzakelijk van de situatie ter plaatse van het gemaal Polbeek.

De Rijkswaterstaat, directie Overijssel heeft het C.O.W. verzocht te adviseren bij deze aanpassing. Verwezen wordt naar een besprekingsverslag d.d. 8 juni 1976 en uw brief no. ANT 6019 van 25 juni 1976.

Met name de stabiliteit van de aansluiting van de watergang aan het gemaal bij een tweetal oplossingen moest worden beoordeeld, en wel in samenhang met de vereiste zwaarte van een aan te brengen filterconstructie.

Het C.O.W. heeft van deze varianten de stabiliteit van het talud achter de instroomkoker onderzocht.

Hiertoe is een analogon-onderzoek uitgevoerd ter bepaling van de voor de stabiliteit maatgevende waterspanningen.

Glijvlakberekeningen zijn uitgevoerd om de mate van veiligheid bij bepaalde zwaarte van filterconstructie te kunnen bepalen.

2. Gegevens

2.1. Grondgegevens.

De grondgegevens welke zijn gebruikt, zijn gebaseerd op rapport CO-234480/17 van het L.G.M. .

De ondergrond blijkt over het algemeen zandig te zijn.

Vanaf het maaiveld tot N.A.P. + 3 m $\bar{\text{a}}$ N.A.P. + 4 m. komt klei voor. Klei is eveneens geconstateerd tussen N.A.P. - 4 m. en N.A.P. - 7 m.

Bovenstaande vertoont sterke overeenkomst met de grondsamenstelling bij eerder uitgevoerd onderzoek ten behoeve van het Twentekanaal beschreven in C.O.W.-rapport A-72.048.

2.2. Waterstanden

Het polderpeil ter plaatse bedraagt N.A.P. + 4,90 m $\bar{\text{a}}$ N.A.P. + 5.00 m. Het maatgevend hoog water kan worden gesteld op ca. N.A.P. + 8,75 m. In de berekening is voor het polderpeil N.A.P. + 5.00 m aangehouden en voor het maatgevend hoog water is van N.A.P. + 8,80 m uitgegaan.

3. Elektrisch analogon-onderzoek.

3.1. Schematisatie en randvoorwaarden.

De grondopbouw is op basis van het onder 2.1. genoemd als volgt geschematiseerd:

Het watervoerend pakket wordt verondersteld aan de bovenzijde te zijn begrensd door een afsluitende laag op N.A.P. + 4.00 m en aan de onderzijde door een afsluitende laag op N.A.P. - 5.00 m.

In werkelijkheid komen hier minder doorlatende kleilagen voor maar in een analogon model zijn deze kleilagen vanwege de te verwachten relatieve ondoorlatendheid als volkomen ondoorlatend beschouwd. De afdekkende kleilaag wordt in de schematisatie alleen doorsneden door het Twentekanaal en de Polbeek.

Het onderzoek heeft zich beperkt tot het gedeelte aan de noord-oostzijde van de Polbeek.

De grondwaterstroming wordt daar niet zoals aan de westelijke zijde gunstig beïnvloedt door de evenwijdig aan de dijk lopende Polbeek.

Op bijlage 1 zijn de begrenzingen van het gebied aangegeven.

Aan de noordzijde wordt de begrenzing gevormd door het Twentekanaal (potentiaal 8.80 m) aan de west en zuidzijde door de Polbeek (potentiaal 5.00 m) aan de oostzijde is een begrenzing verondersteld die alleen stroming langs de begrenzing toelaat.

Voor het gehele stroomvoerende gebied is één kD -waarde verondersteld.

Er zijn 6 varianten doorgemeten: (weergegeven op bijlage 2).

- a. lange instroomkoker (variant I), zonder damwand
- b. lange instroomkoker (variant I), met damwand t.p.v. eind koker
- c. korte instroomkoker (variant II), zonder damwand
- d. korte instroomkoker (variant II), met damwand t.p.v. eind koker
- e. lange instroomkoker (variant I), met kwelscherm
- f. korte instroomkoker (variant II), met kwelscherm.

De damwanden van de varianten b, d, e en f worden verondersteld tot in de ondoorlatende kleilaag op N.A.P. - 5.00 m. te reiken.

De damwanden van de varianten b en d zijn, ter vergroting van gunstig effect, aan beide zijden met 5 m verlengd t.o.v. de in de R.W.S.-tekening gegeven maten.

Op bijlage 2 zijn de doorsneden aangegeven waar potentiaalbeelden zijn bepaald.

Bij de schematisatie van het model is voor de doorsneden 1, 2 en 5 een 0,80 m. dik filter en voor de doorsneden 3 en 4 is een 1,20 m. dik filter verondersteld.

3.2. De analogonmetingen

Het doel van de metingen is het bepalen van de grondwaterbeweging, met name de grondwaterspanningen nabij het talud van de Polbeek. Aangezien het in dit projekt om een drie-dimensionaal grondwaterstromingsprobleem gaat was het noodzakelijk het analogon-onderzoek met teledeltos papier, dat slechts twee dimensionale stroming aankan, te splitsen in een tweetal modeltypen: een overzichtsmodel en dwarsdoorsneden.

In het overzichtsmodel, met de begrenzingen zoals op bijlage 1 aangegeven, is de ligging van het potentiaalvlak bepaald. Door de aard van het teledeltosmodel kan voor een positie in het model slechts één potentiaalwaarde aangegeven worden.

Dit is voor een groot deel van het model in overeenstemming met de werkelijkheid, maar niet bij de instroming bij het Twentekanaal en de uitstroming in de Polbeek, waar de potentiaal langs een vertikaal niet een constante waarde heeft.

Het doel van het overzichtsmodel is nu de helling van het potentiaalvlak, in het gedeelte met de constante potentiaal over de vertikaal te bepalen.

Hiervoor is het nodig de in- en uitstroomverliezen bij de randen in het overzichtsmodel als een correctie op de randvoorwaarde-potentiaal in te voeren.

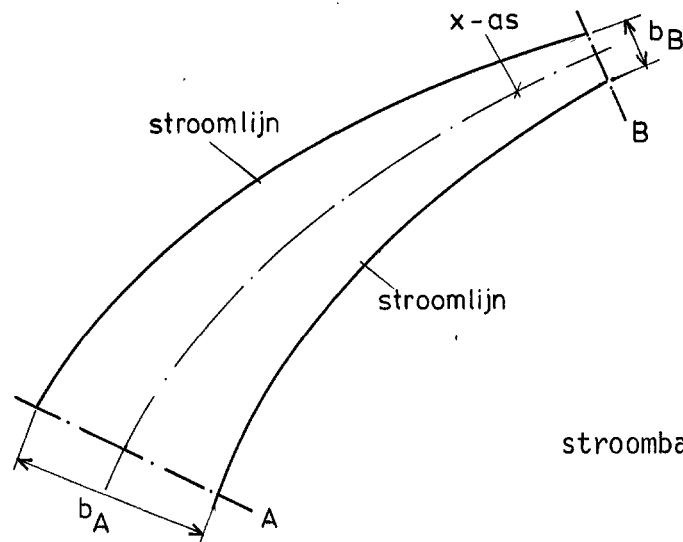
De grootte van deze correcties (in- en uitstroomverliezen) moeten in de dwarsdoorsnedemodellen worden bepaald.

De grondwaterstroming in dit dwarsdoorsnedemodel wordt op zijn beurt weer bepaald aan de hand van het potentiaalbeeld uit het overzichtsmodel, zodat een iteratieve benadering nodig was voor

de bepaling van het uiteindelijke grondwaterstromingsbeeld.

Voor de metingen aan de dwarsdoorsnedemodellen moest, vanwege de variërende breedte van de stroombanen van het punt van intrede tot het punt van uittrede, een vertrekking van het model worden toegepast.

Een dwarsdoorsnedemodel van teledeltospapier, waarmee de stroming in een stroombaan gesimuleerd wordt, heeft over de gehele lengte dezelfde weerstandswaarde, terwijl dit in prototype varieert. In een model is dit op te vangen door een schaalvertrekking toe te passen. De benodigde vertrekking van het model voor het geval de stroomlijnen in het verticale vlak niet gekromd zijn, is hieronder nader toegelicht. Beschouwen we een stroombaan over een gedeelte



A B dan geldt met inachtnaem van de aannamen die gewoonlijk bij elektrisch onderzoek worden gebruikt.

(Dupuit-veronderstelling, onsamendrukbaarheid enz).

a. De wet van Darcy:

$$Q = - b.k.D. \frac{\delta\phi}{\delta x}$$

x as = as stroombaan

b = breedte stroombaan

D = dikte watervoerende laag

k = doorlatendheidscoëfficiënt.

ϕ = potentiaal

b. De continuïteit in een stroombaan:

$$Q_A = Q_B$$
$$\text{dus } - b_A \cdot k \cdot D \cdot \frac{\delta\phi_A}{\delta x} = - b_B \cdot k \cdot D \cdot \frac{\delta\phi_B}{\delta x}$$

hieruit volgt bij constante $k \cdot D$

$$\frac{\delta\phi_B}{\delta x} = \frac{b_A}{b_B} \cdot \frac{\delta\phi_A}{\delta x}$$

Het verhang blijkt omgekeerd evenredig te zijn met de breedte van de stroombaan.

Bij niet evenwijdige stroomlijnen in het horizontale vlak is de verhanglijn te bepalen door een schaalvertrekking toe te passen, in dit geval de lengteschaal.

$$N_{x_i} = \frac{b_0}{b_i}$$

N_{x_i} = schaalvertrekking in x richting t.p.v. i.

b_0 = breedte van de stroombaan in een referentiepunt.

b_i = breedte van de stroombaan t.p.v. i.

De lengteschaal-vertrekking varieert langs de stroombaan.

Verdelen we de stroombaan in "vierkanten" dan zal elk vierkant eenzelfde modellengte vertegenwoordigen.

Voor het geval waarbij de stroomlijnen in het verticale vlak wel gekromd zijn, is een schaalvertrekking niet eenvoudig aan te geven. Bij het onderhavige probleem zijn, vanwege de geringe dikte van het doorlatend pakket, over een groot gedeelte de stroomlijnen in het verticale vlak evenwijdig. Over dat gedeelte is boven beschreven vertrekking juist.

Door het referentiepunt te kiezen op de plaats waar het uittreeverhang moest worden bepaald, kon het potentiaalbeeld, doordat het gebied met gekromde stroomlijnen in het verticale vlak relatief gering is, met een redelijk goede benadering worden bepaald.

Op de bijlage 3 zijn de resultaten van het elektrisch analogononderzoek voor de verschillende varianten weergegeven.

De invloed van het kwelscherm op de waterspanningen in de omgeving van de Poibeek blijkt zeer gering te zijn.

Alleen rondom het kwelscherm weken de waterspanningen af van de situatie zonder kwelscherm.

Deze twee varianten zijn daarom in het verdere onderzoek niet afzonderlijk beschouwd. (varianten e en f).

Op bijlage 4 zijn voor een aantal dwarsdoorsneden de potentiaalbeelden weergegeven ter plaatse van de Polbeek.

Deze beelden vormden het uitgangspunt bij de stabiliteitsberekeningen.

4. Stabiliteitsonderzoek.

4.1. Algemeen

Ter voorkoming van de instabiliteit van het talud van de Polbeek moet aansluitend aan de instroomkoker van het gemaal een filterconstructie worden aangebracht.

Om deze filterconstructie te kunnen dimensioneren zijn een aantal berekeningen uitgevoerd waaruit een verband tussen de veiligheid tegen afschuiven en de zwaarte van de filterconstructie kan worden afgeleid. Op basis van die gegevens zal uiteindelijk een filterconstructie worden geadviseerd, waarbij een voldoende veiligheid tegen afglijden wordt bereikt.

4.2. Schematisatie en randvoorwaarden.

In de stabiliteitsberekeningen wordt de grondslag als homogeen beschouwd met de volgende eigenschappen:

$$\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ \quad (\text{hoek van inw. wrijving.})$$

$$C = 0 \text{ kN/m}^2.$$

Deze eigenschappen zijn een redelijk veilige schatting voor zandgronden. De kleilaag aan het maaiveld zal een lagere ϕ -waarde hebben, maar heeft een zekere cohesie.

Door de relatief geringe korrelspanningen in het maatgevende glijvlak kan de combinatie $\phi = 30^\circ$, $C = 0 \text{ kN/m}^2$ als een veilige aanname worden beschouwd. De waterspanningen ingevoerd in de stabiliteitsberekening volgens Bishop zijn gebaseerd op het in bijlage 4 weergegeven potentiaalbeeld van variant d.

Er zijn twee typen berekeningen uitgevoerd: berekeningen gebaseerd op de aannamen van een oneindig talud en berekeningen voor cirkelvormige glijvlakken volgens de methode Bishop.

Bij de stabiliteitsberekening volgens de methode Bishop zijn de waterspanningen in het deel van de dwarsdoorsnede dat niet in het analogon-onderzoek werd meegenomen (bijv. de ondoorlatend veronderstelde kleilaag) bepaald door de potentiaallijn van af de freatische lijn rechtlijnig te laten verlopen tot de bijbehorende potentiaal van de in het model gemeten potentiaalwaarden op de overgang klei-zand. De stabiliteit is onderzocht voor talud 1:2 en 1:2⁵.

4.3. Stabiliteitsberekeningen

Het verband tussen de zwaarte van de filterconstructie en de veiligheidscoëfficiënt voor het berekeningsgeval van het oneindig lange talud en loodrechte uitstroming van het kwelwater is op bijlage 5 en 6 aangegeven.

De veiligheidscoëfficiënt is bij deze theorie sterk afhankelijk van de diepte van het glijvlak. Door de geringe afmetingen van het talud waarover de afschuiving plaats kan vinden is aangenomen dat de diepte van het glijvlak niet meer bedraagt dan 0,50 m à 1,- m. Vanzelfsprekend is er geen sprake van een oneindig lang talud. Aan de onderzijde wordt het talud begrensd door de horizontale slootbodembodem en aan de bovenzijde door het maaiveld.

Ook de aanwezige kleilaag zal een beperking vormen op de toepasbaarheid van de theorie voor oneindig lange glijvlakken.

In aanvulling op deze berekeningen zijn daarom een aantal controleberekeningen uitgevoerd met behulp van de methode Bishop.

Hierbij moet uitdrukkelijk vermeld worden dat een aantal min of meer willekeurige cirkels zijn doorgerekend, zodat de cirkel met de kleinste veiligheidscoëfficiënt niet exact werd bepaald.

Voor enkele cirkels is het verband tussen de veiligheidscoëfficiënt en de zwaarte van de filterconstructie op bijlage 5 en 6 aangegeven. De veiligheidscoëfficiënt met de methode oneindig lange glijvlakken wordt als minimum gezien.

4.4. Resultaten

Op bijlage 5 en 6 is het verband aangegeven tussen de veiligheidscoëfficiënt en de zwaarte van de filterconstructie.

Met de zwaarte wordt het effectieve gewicht bedoeld (nettogewicht onder water). Hoewel de lijnen gevonden m.b.v. de methode Bishop in feite niet te vergelijken zijn met de resultaten van berekening bij een oneindig lang talud, geven ze wel een indicatie dat het

gebruik van de methode met oneindig lange taluds een redelijke benadering is.

4.5. Conclusies en slotopmerkingen.

Het hiervoor beschreven onderzoek geeft aan dat:

- a) De stabiliteit van het talud van de Polbeek bij een helling 1:2 onvoldoende is, ongeacht het gewicht van het filtermateriaal.
- b) De stabiliteit van het talud met een helling 1:2⁵ als voldoende kan worden beschouwd indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

variant a:

De eerste 20 m moet worden voorzien van een filterconstructie met een effectief gewicht van 500 kgf/m². Ter plaatse van de aansluiting met de instroomkoker moet dit filter nog enigszins worden verzwaaard.

variant b:

Indien t.p.v. het einde van de instroomkoker een damwand wordt aangebracht tot een diepte N.A.P. - 5.00 m aan beide zijden verlengd met 5 m t.o.v. de in de R.W.S. aangegeven maten dan kan worden volstaan een filter aan te brengen over de eerste 20 m met een effectief gewicht van 400 kgf/m².

variant c:

Hier is een filter met een effectief gewicht van 900 kgf/m² nodig, aangebracht over de eerste 20 m van de Polbeek.

Dit filter moet ter plaatse van de aansluiting met de instroomkoker nog enigszins worden verzwaaard.

Vanaf 20 m tot 40 m uit de instroomkoker is een effectief filtergewicht nodig van circa 400 kgf/m²

variant d:

Indien aan het einde van de instroomkoker een damwand wordt aangebracht tot een diepte van N.A.P. - 5.00 m (zie bijlage 2) en indien deze damwand aan beide zijden 5 m wordt verlengd t.o.v. de in de R.W.S. tekening aangegeven afmetingen is voor de filterconstructie een effectief gewicht nodig van circa 400 kgf/m² over de eerste 40 m achter de instroomkoker.

Bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op een onderzoek waarbij op een aantal punten tamelijk grof moest worden geschematiseerd. Deze grove schematisatie was enerzijds noodzakelijk omdat van het achterliggende terrein niet voldoende gegevens beschikbaar waren en anderzijds het gevolg van modeltechnische tekortkomingen. Een aantal van de gedane aannamen of gebruikte benaderingsmethoden zijn:

- veronderstelling van een zandpakket met één k.D.-waarde boven en beneden begrensd door een afsluitende laag.
- verwaarlozing van de invloed van de west-zijde van de Polbeek.
- benaderingsmethode bepaling waterspanningen.
- verwaarlozing invloed watergangen e.d. in de omgeving (singels, havens, etc.).
- verwaarlozing wrijving filtermateriaal.
- schematisatie kleilaag in stabiliteitsberekening.
- aanname grondeigenschappen.
- toepassing methode oneindig lange taluds bij de stabiliteitsberekening.

Ondanks al deze aannamen geeft het onderzoek een redelijk goede indicatie van de stabiliteit van de taluds van de Polbeek.

De grove schematisatie van de grondopbouw wordt enigszins ondervangen door vergelijking met eerder uitgevoerd onderzoek t.b.v. de verbreding van het Twentekanaal (C.O.W.-rapport A-72.048). In dat onderzoek zijn een aantal varianten in grondopbouw bekeken.

De meeste aannamen zijn aan de veilige kant gekozen. Dit is ook gewenst omdat bijv. anisotropie en variërende k-waarden op korte afstand in het zandpakket niet in het model zijn te simuleren. Hierdoor kunnen afwijkingen t.o.v. het in het model gemeten potentiaalbeeld voorkomen.

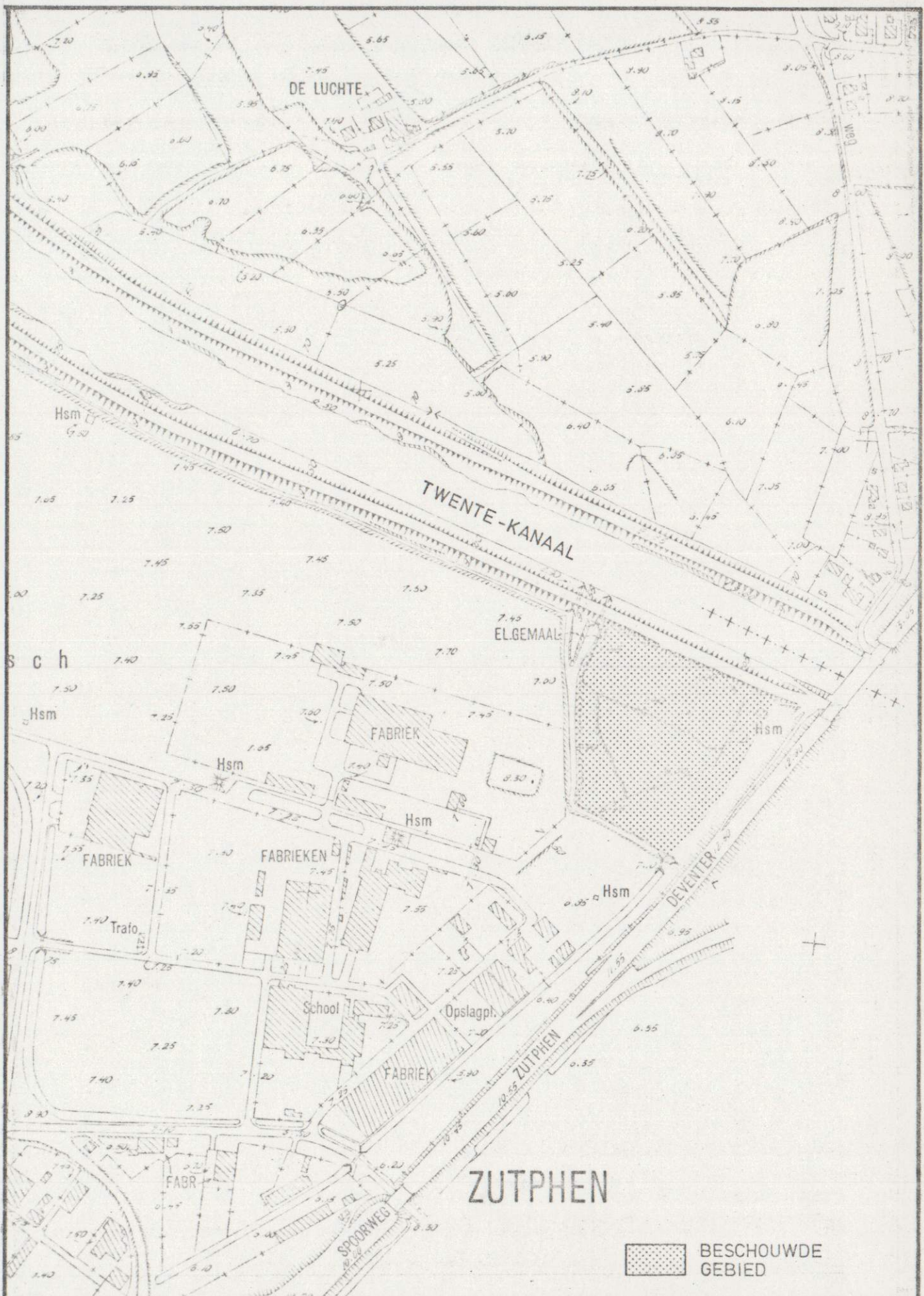
Het aanbevolen gewicht en de daarbij behorende dikte van het filter lijkt echter voldoende om de bovengenoemde afwijkingen op te kunnen vangen.

5. Filteropbouw.

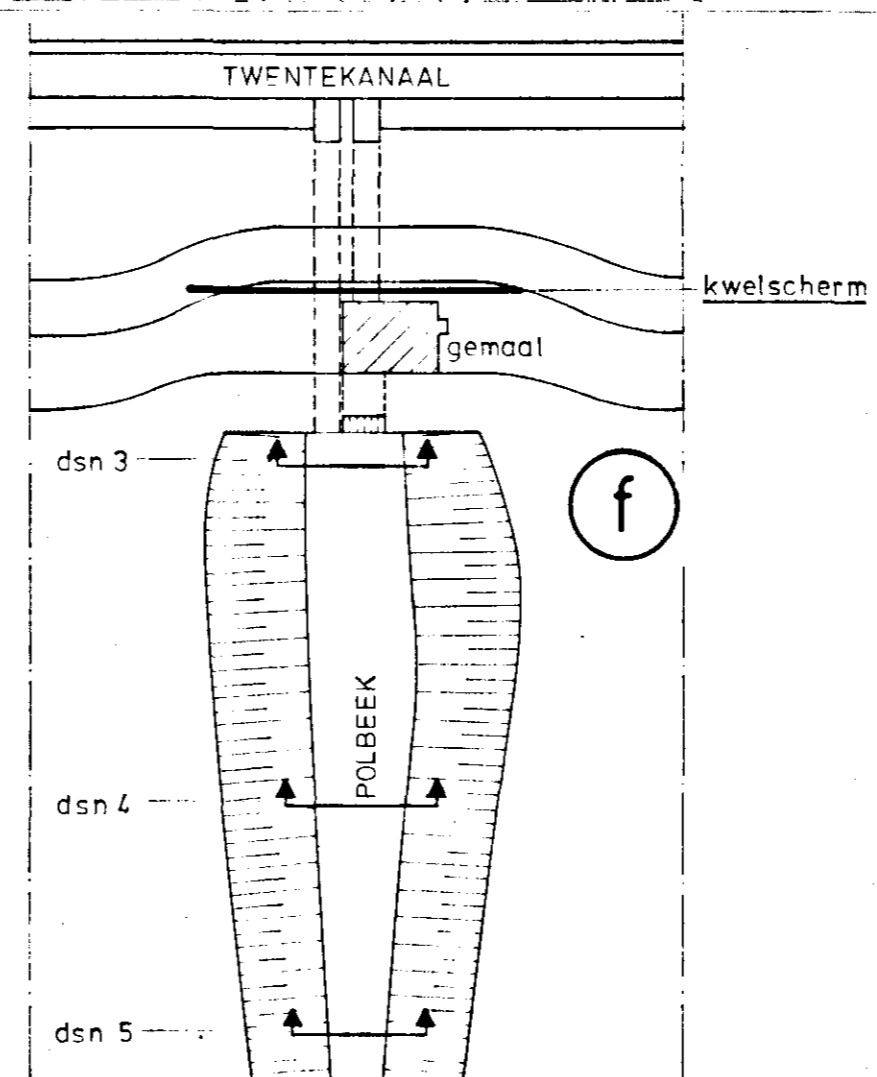
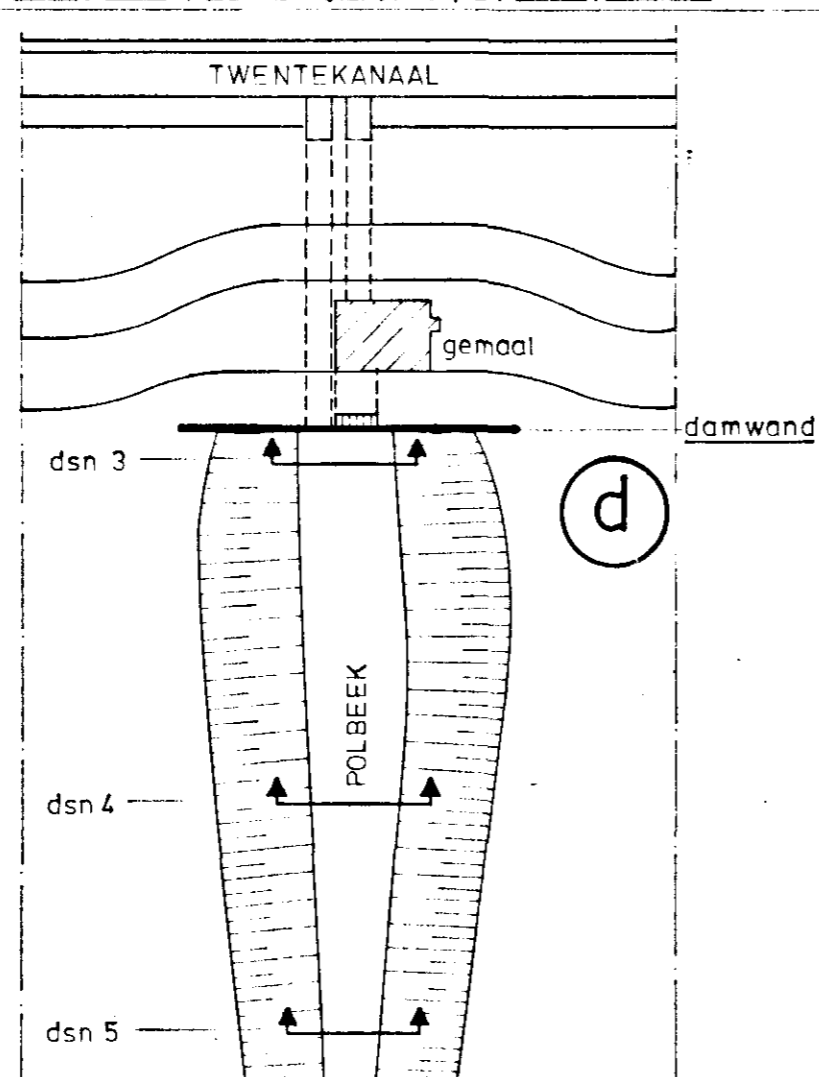
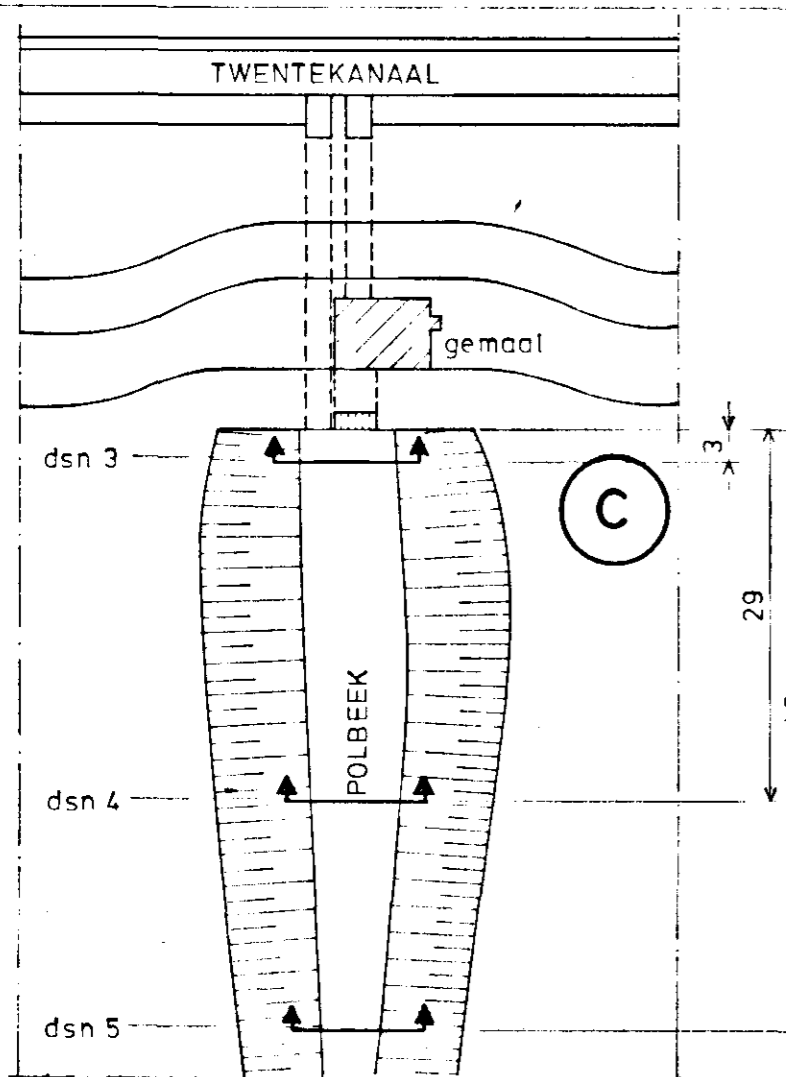
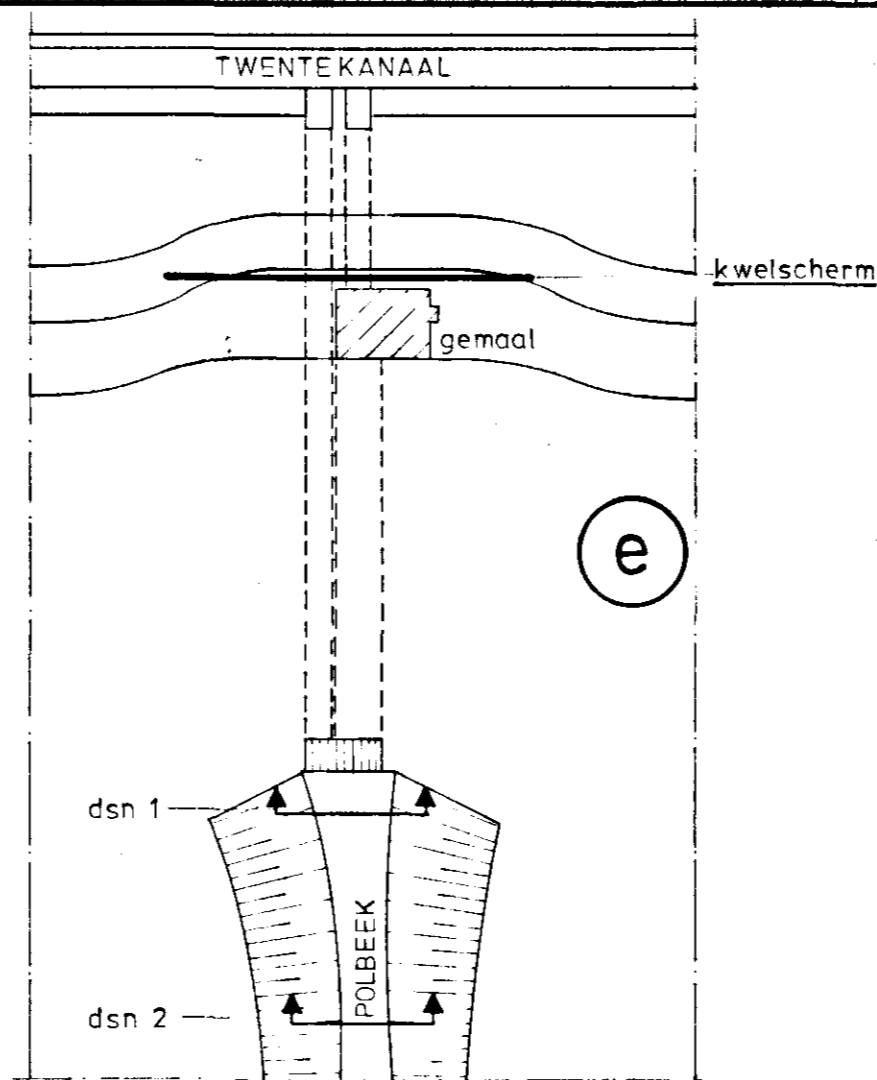
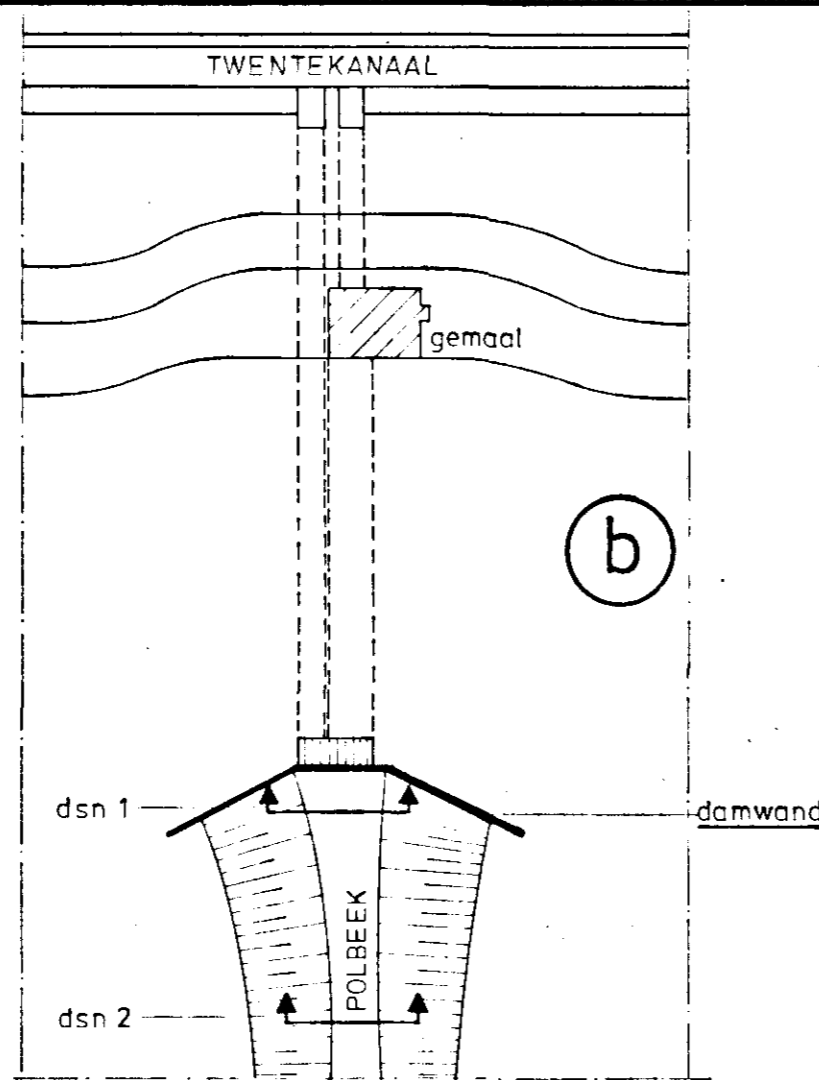
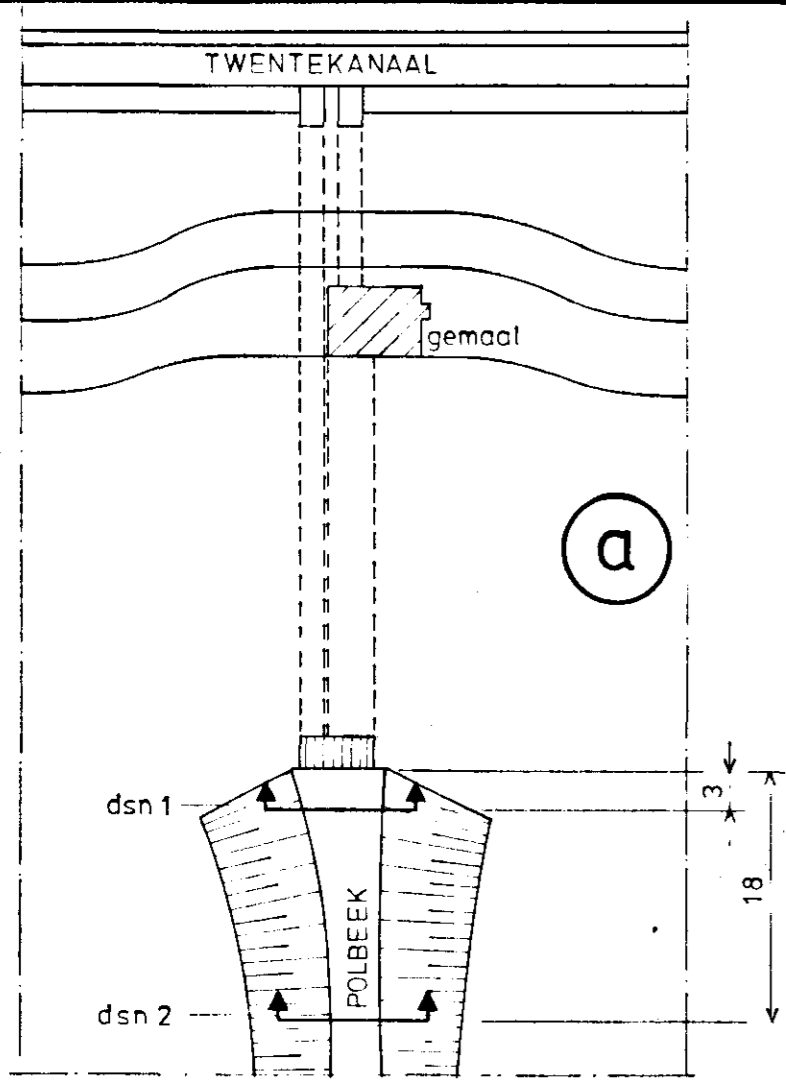
Behalve verbetering van de stabiliteit tegen afschuiven moet het filter ook uitstroming van het fijne bodemmateriaal voorkomen.

De opbouw van het filter moet zodanig zijn dat uitstroming van water mogelijk is zonder dat daarbij bodemmateriaal meegenomen wordt. Om de opbouw te kunnen bepalen is een analyse van het zand ter plaatse nodig.

Zeer waarschijnlijk zal een filteropbouw zoals is aangegeven in onze brief nr. 1617 van 9 december 1975 voldoen.

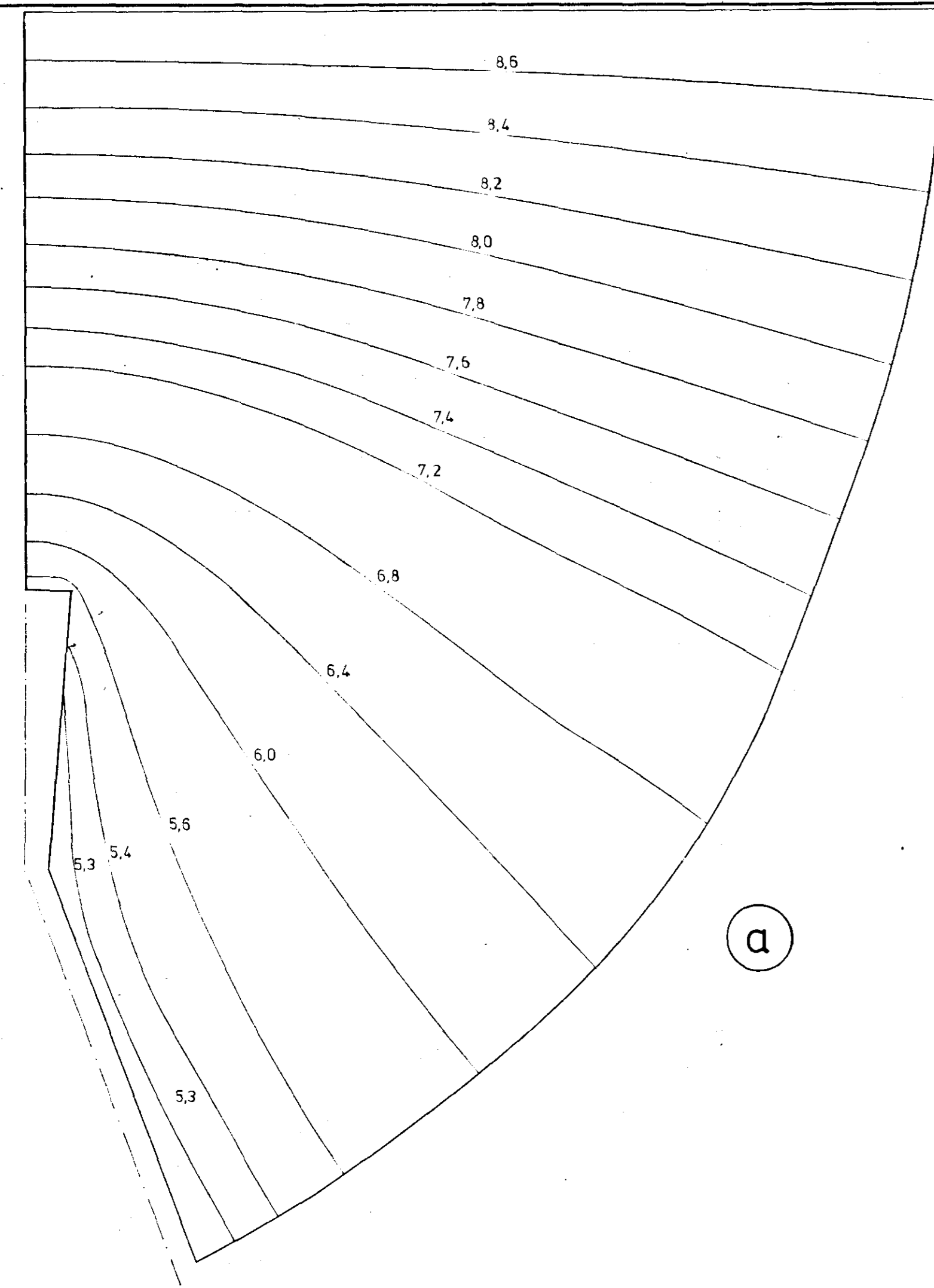


SITUATIE			BIJLAGE 1	
			SCHAAL 1:5000	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN			gem	get
				vdl 11-76
			A4	WERKNR. A-76.035
				TEK. NR. 76.413

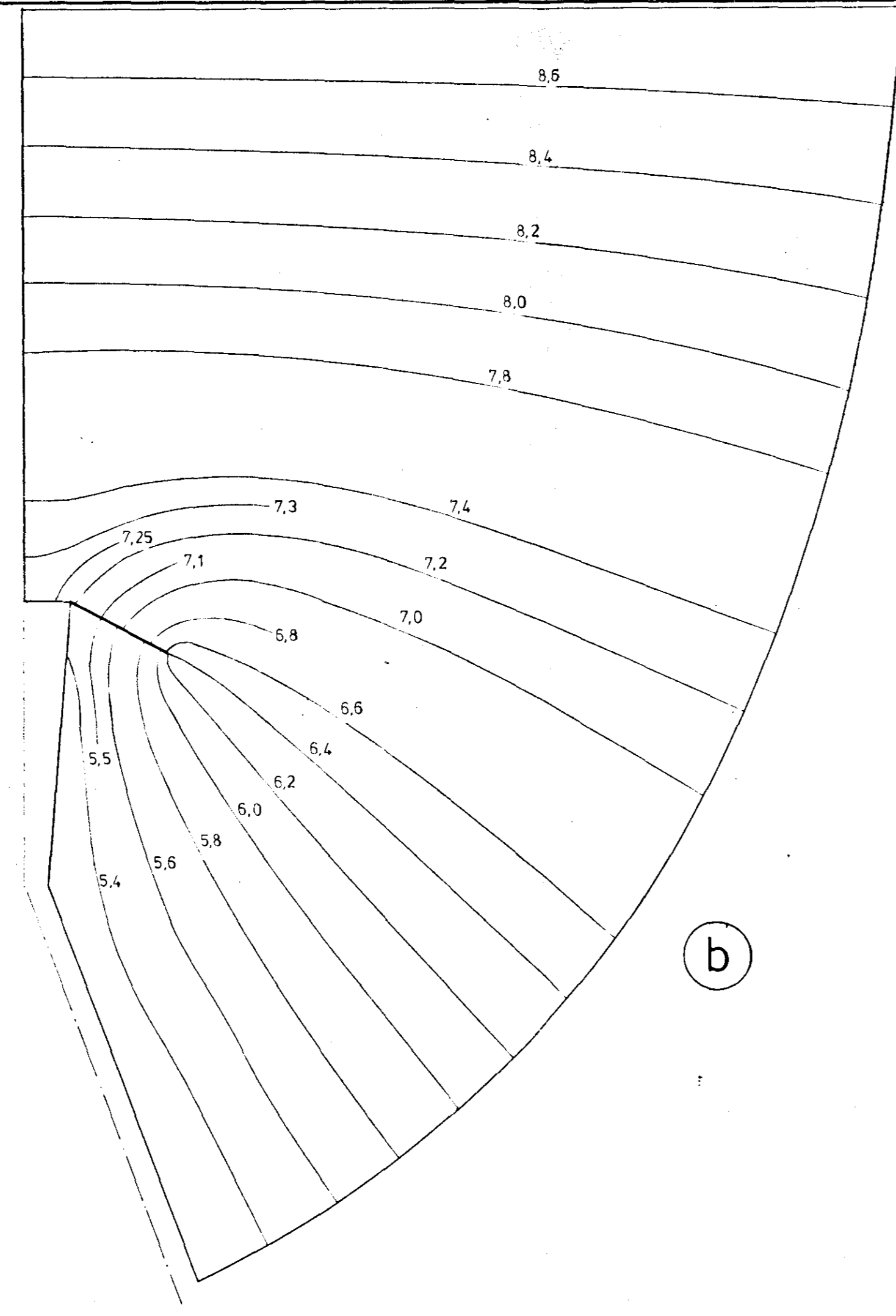


MATEN IN M

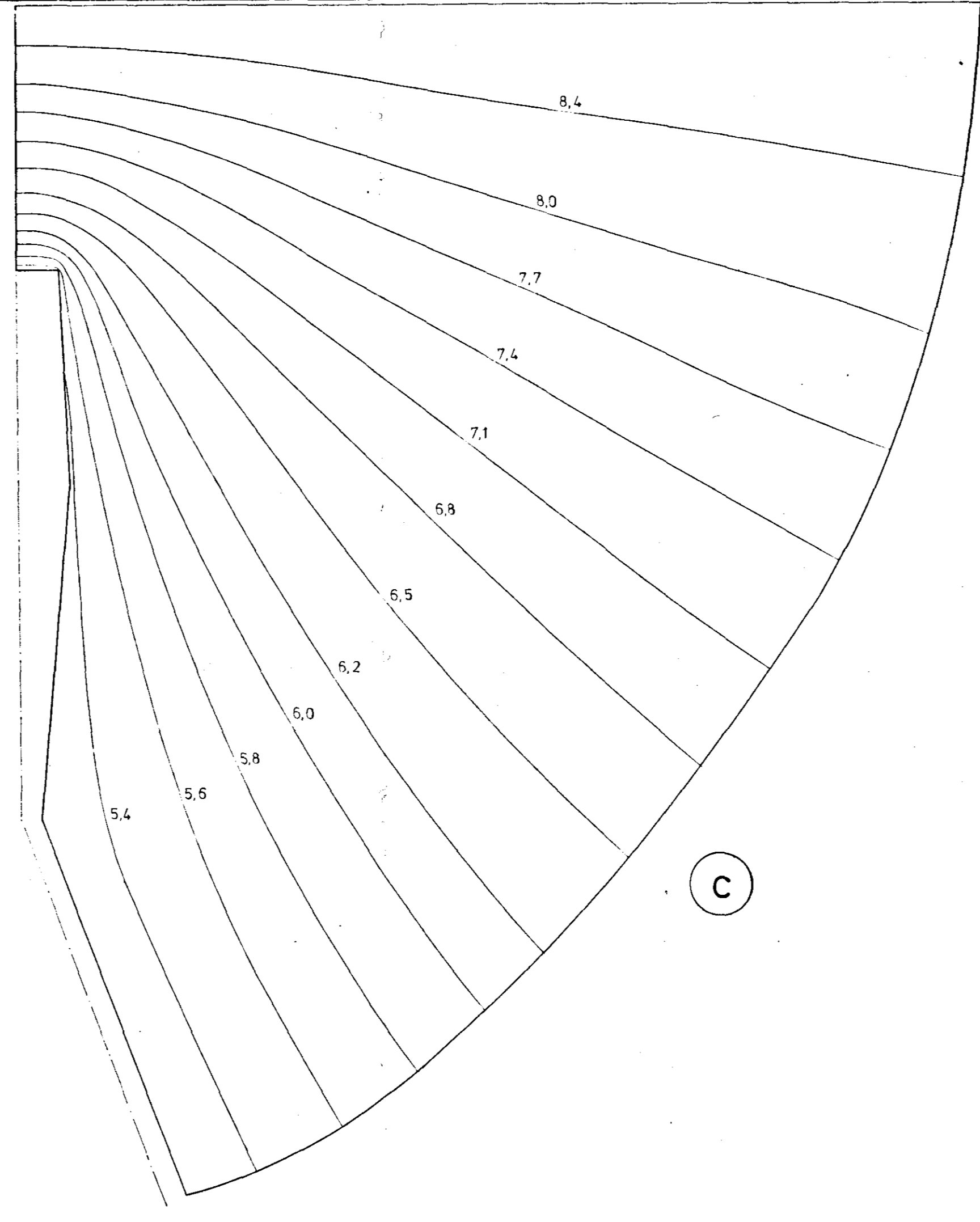
SITUATIE - OVERZICHT VARIANTEN				BIJLAGE 2	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN				gem	get
				vdt	gez
3Z				SCHAAAL ≈ 1:600	
				WERKNR. A-76 035	
				TEK. NR. 76 411	



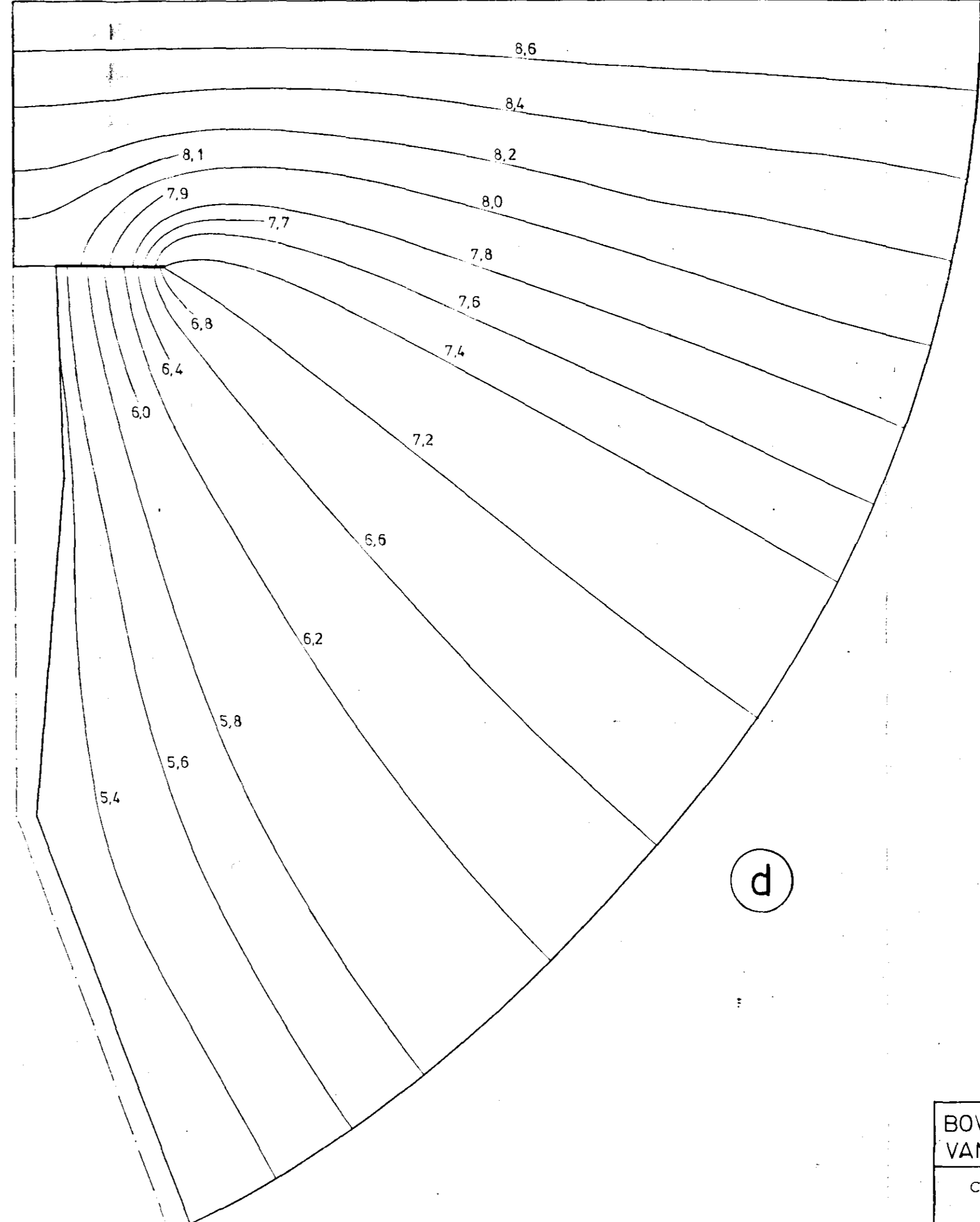
a



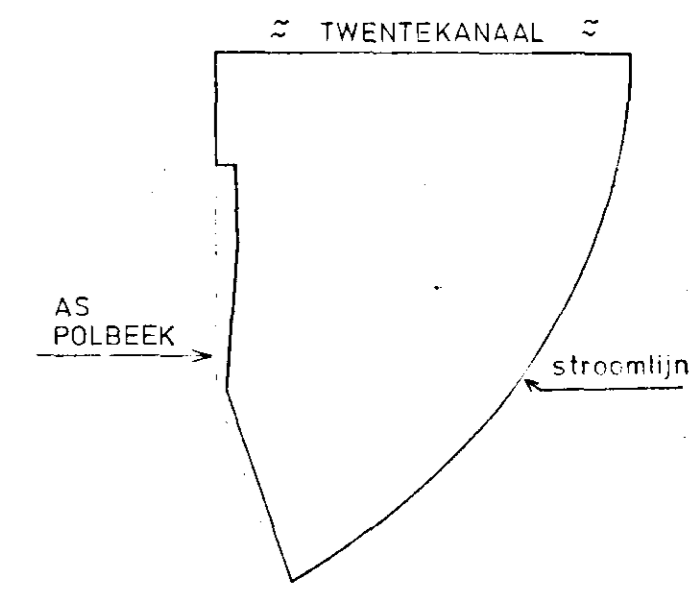
b



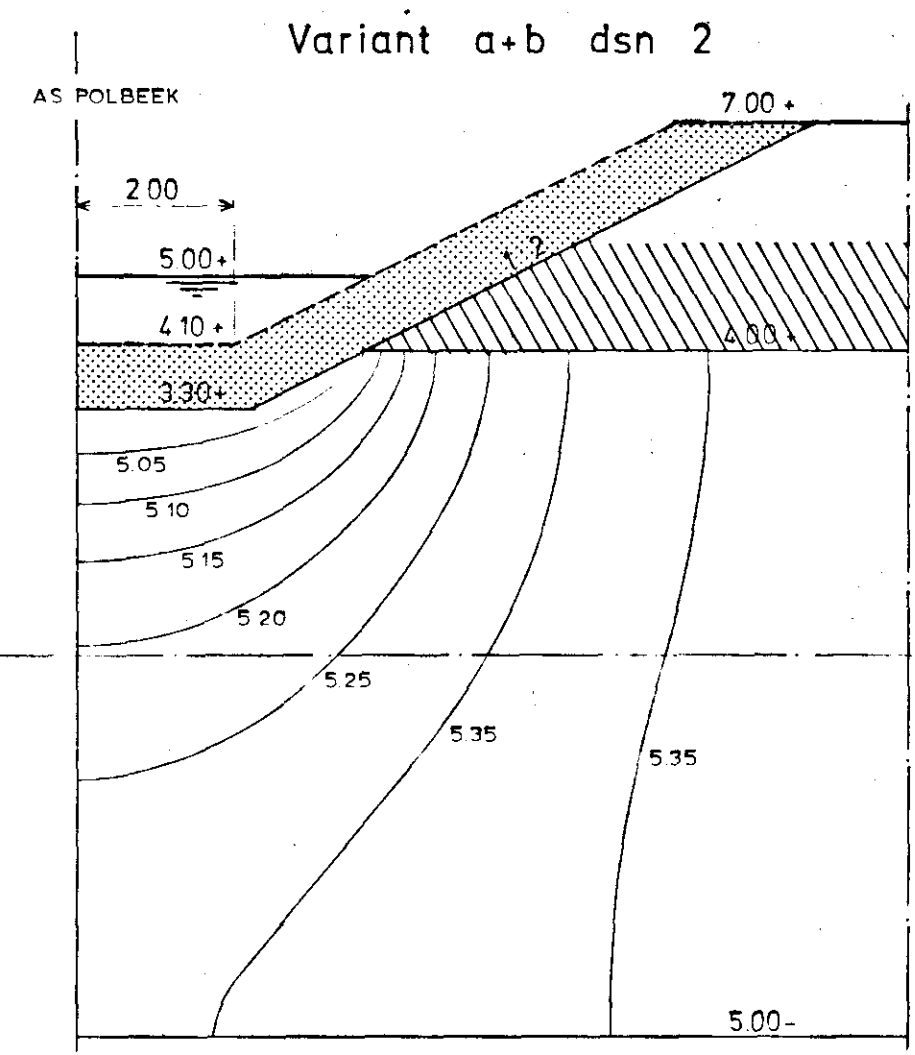
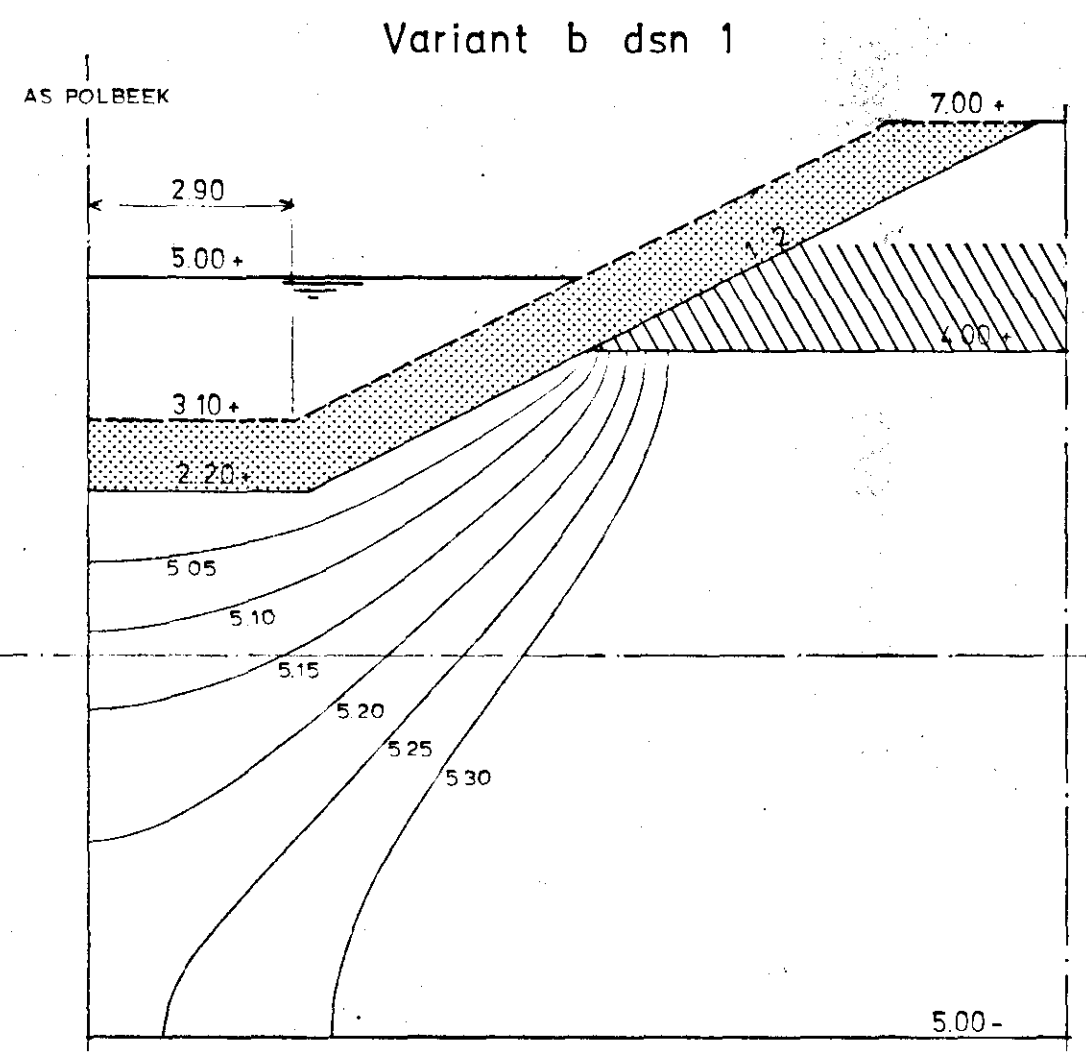
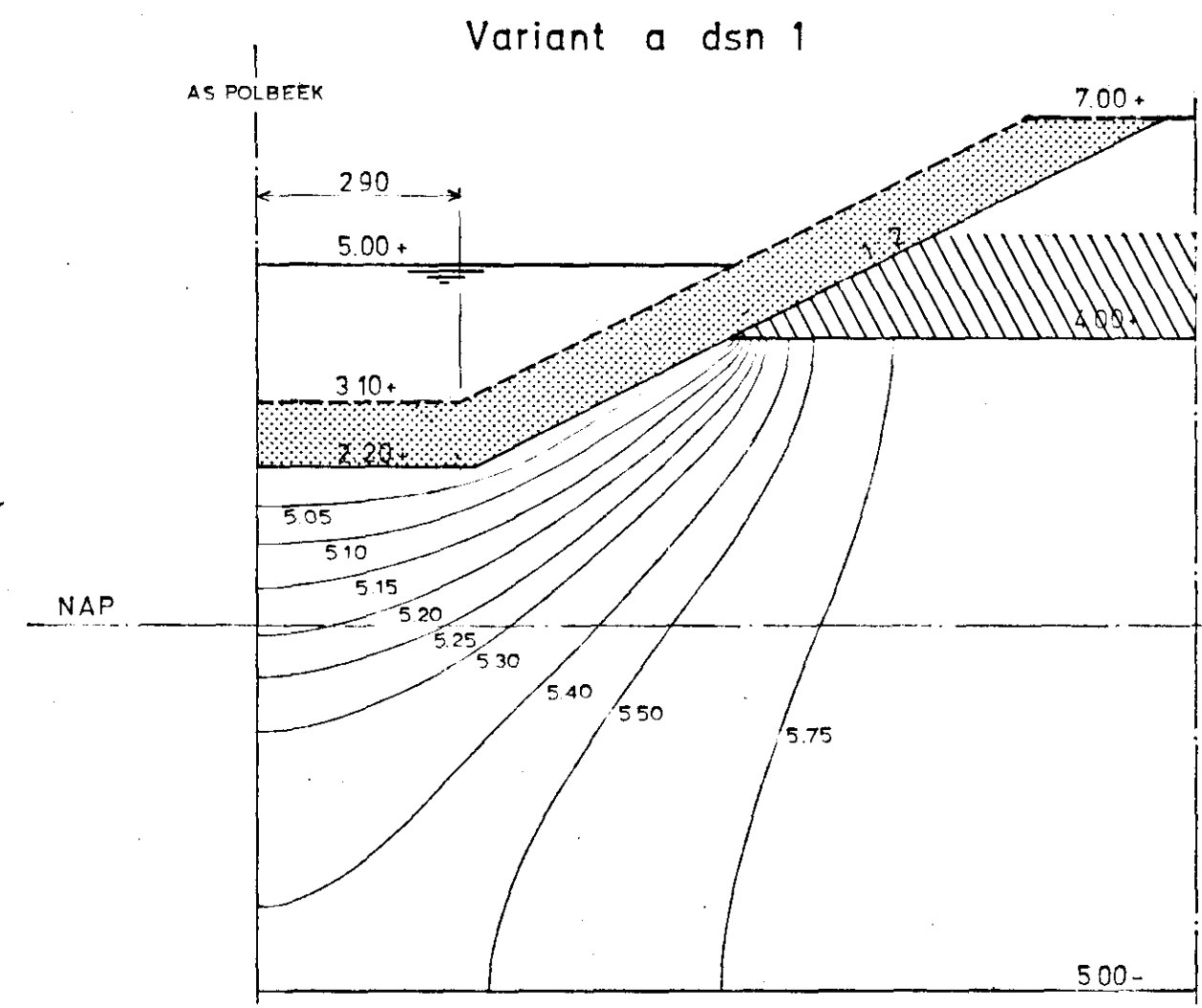
c



d



BOVENAANZICHT POTENTIAALLIJNEN		BIJLAGE 3	
VAN DE VARIANTEN a t/m d		SCHAAL ≈ 1:400	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK	gem.	get.	gez.
WATERKERINGEN	vdl	11-76	
	6Z	WERKNR. A-75.035	TEK NR. 76.412



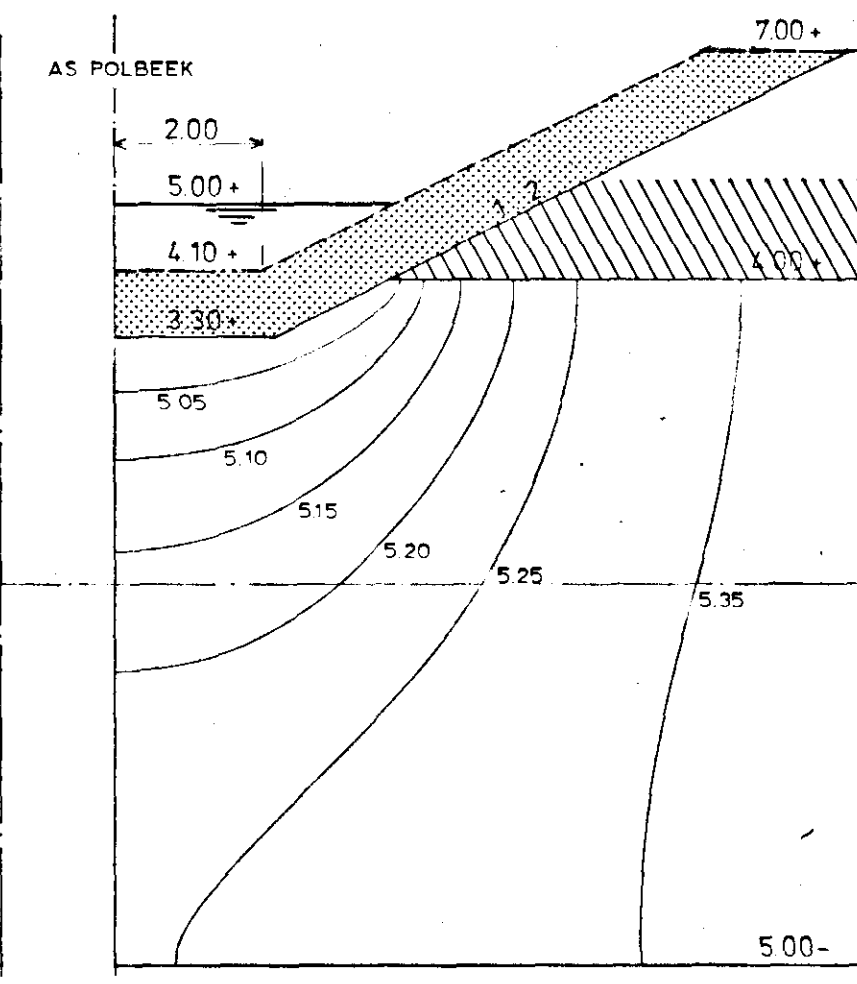
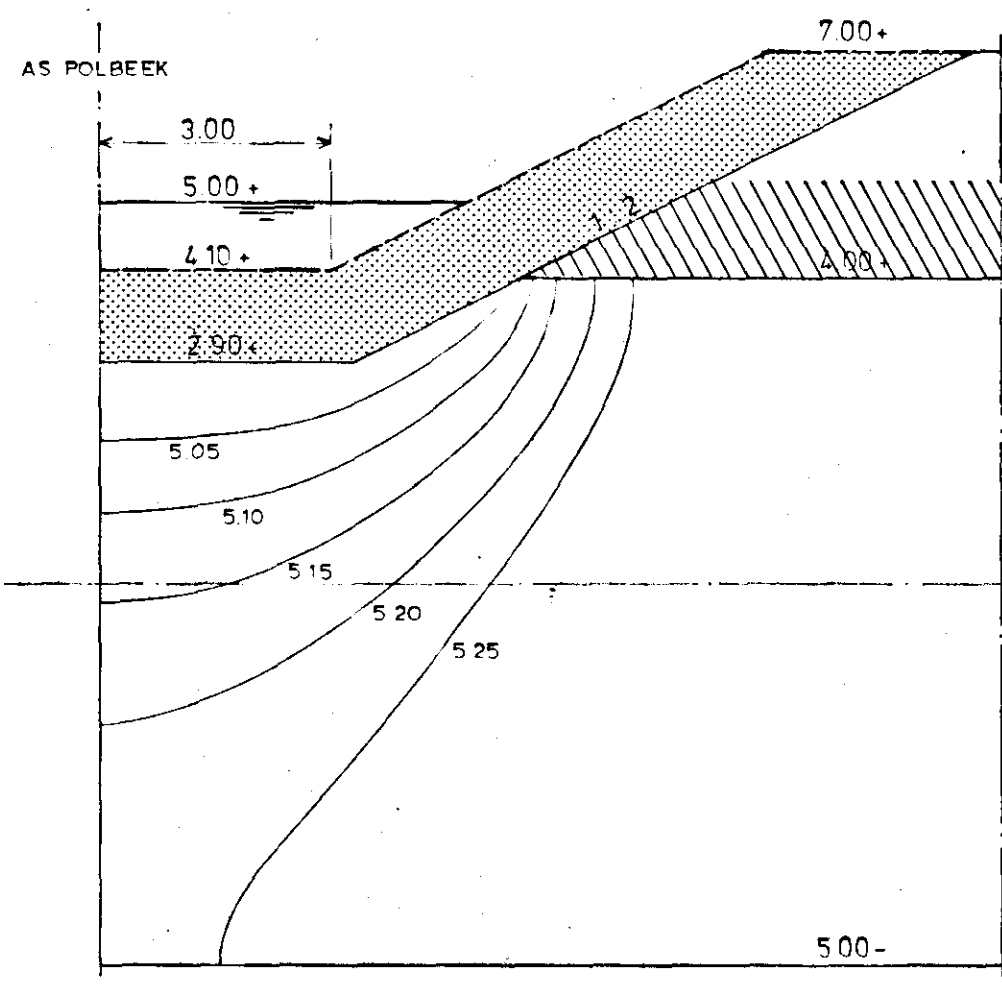
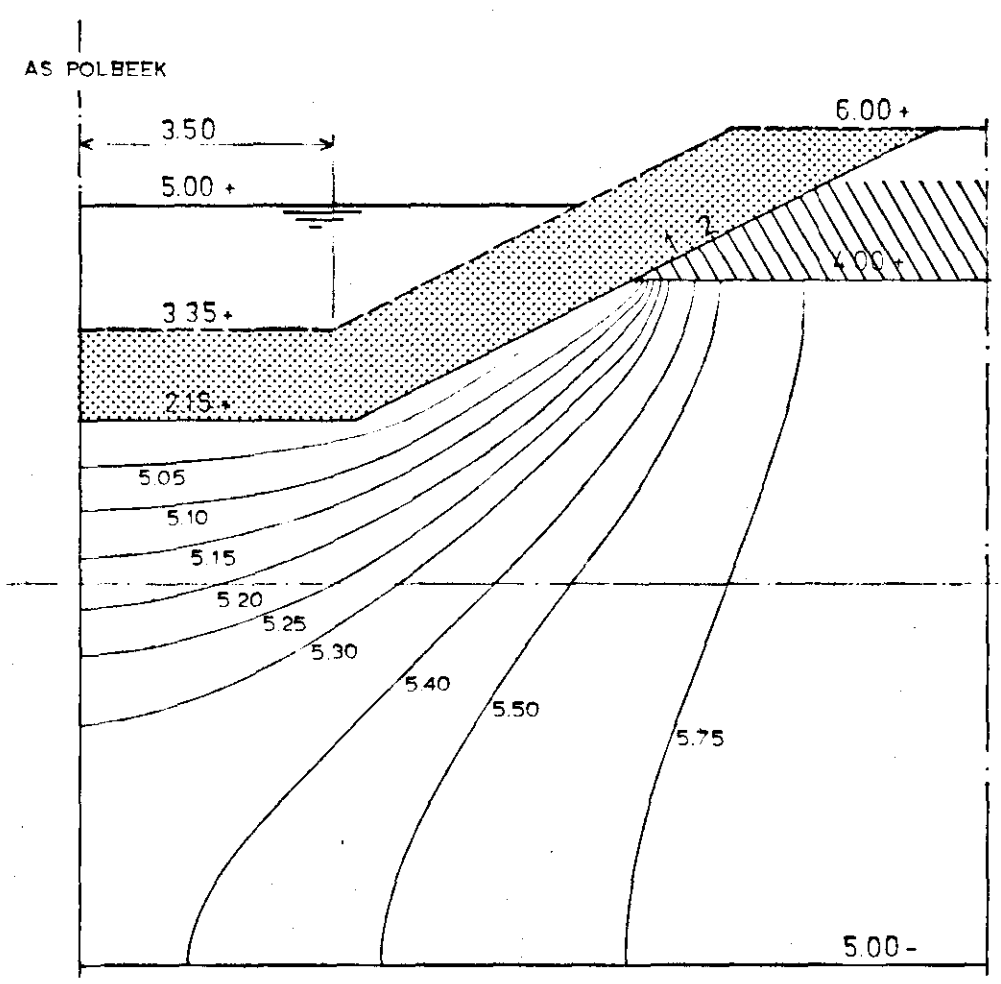
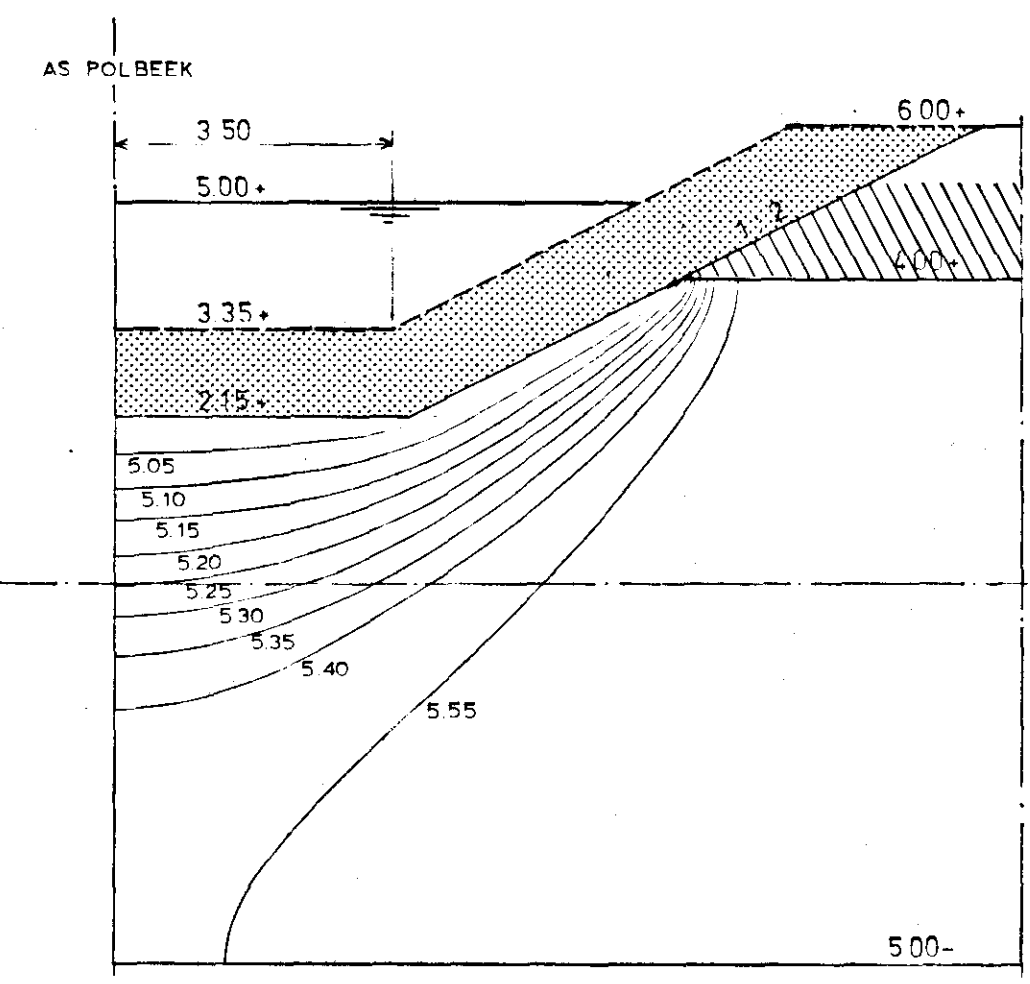
LANGE KOKER

Variant c dsn 3

Variant d dsn 3



Variant c+d dsn 4

Variant c+d dsn 5

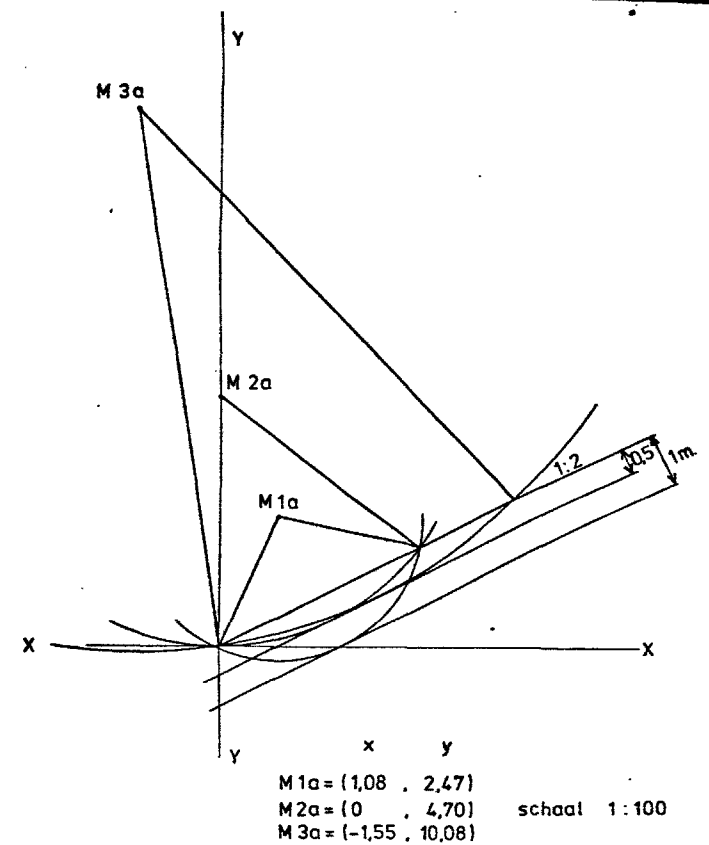
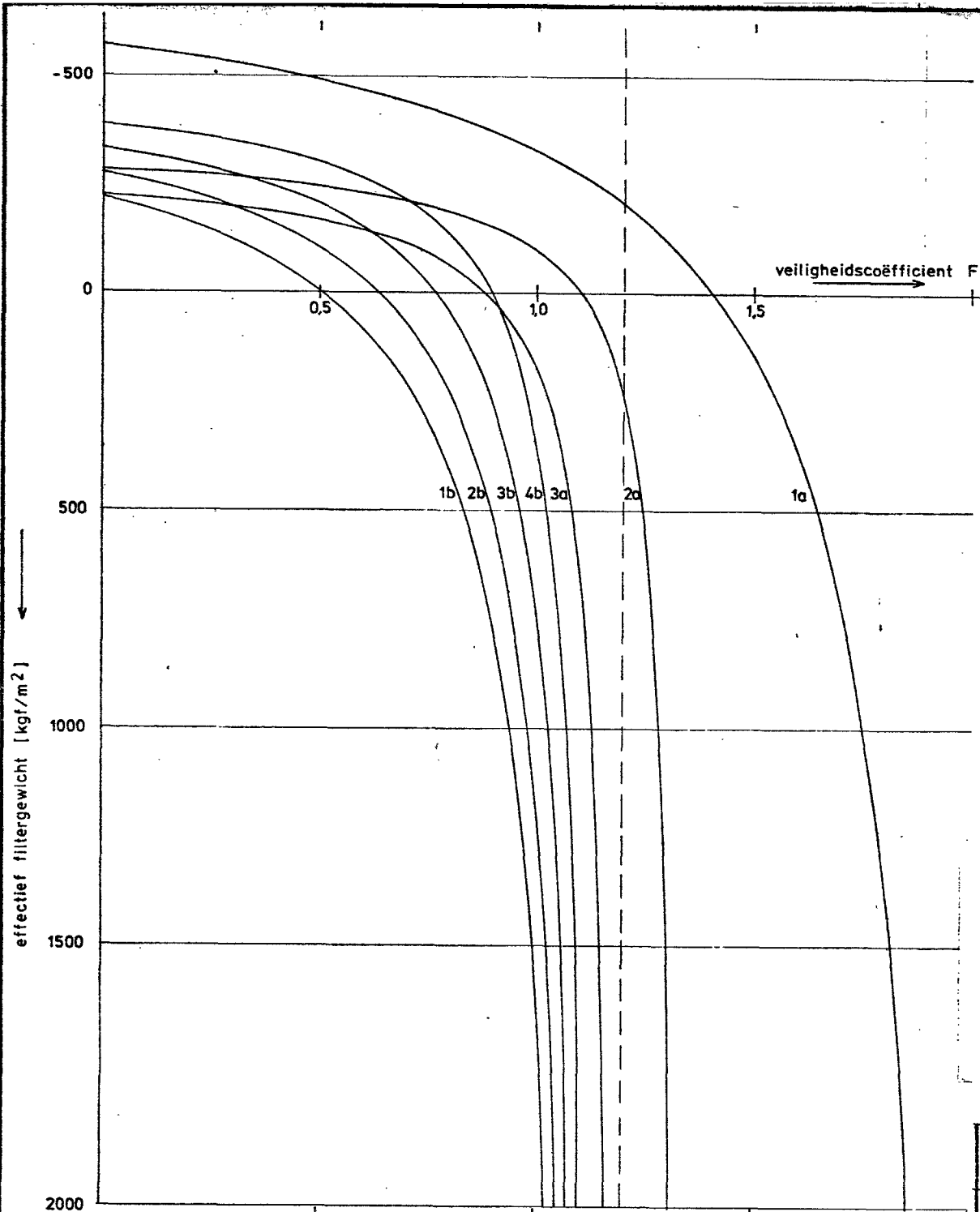


KORTE KOKER

ALLE MATEN TOV NAP IN M

-  FILTER
-  ONDOORLATENDE LAAG

POTENTIAALLIJNEN VARIANTEN a/d			BIJLAGE 4
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN			SCHAAL 1:100
gem	get	gez	4Z WERKNR. A-76 035 TEK. NR. 76 410
	vdi		
	11-76		

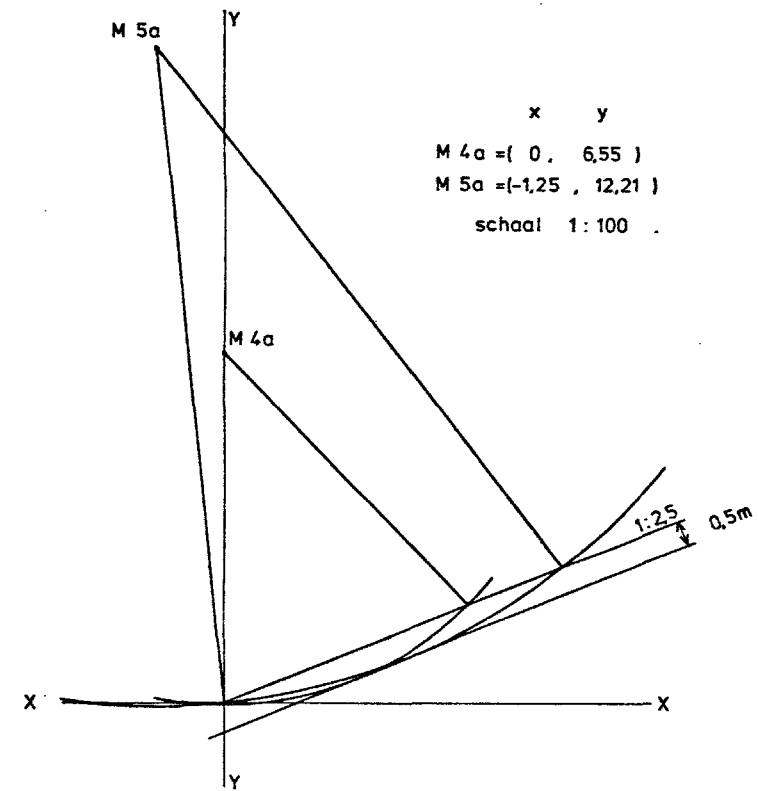
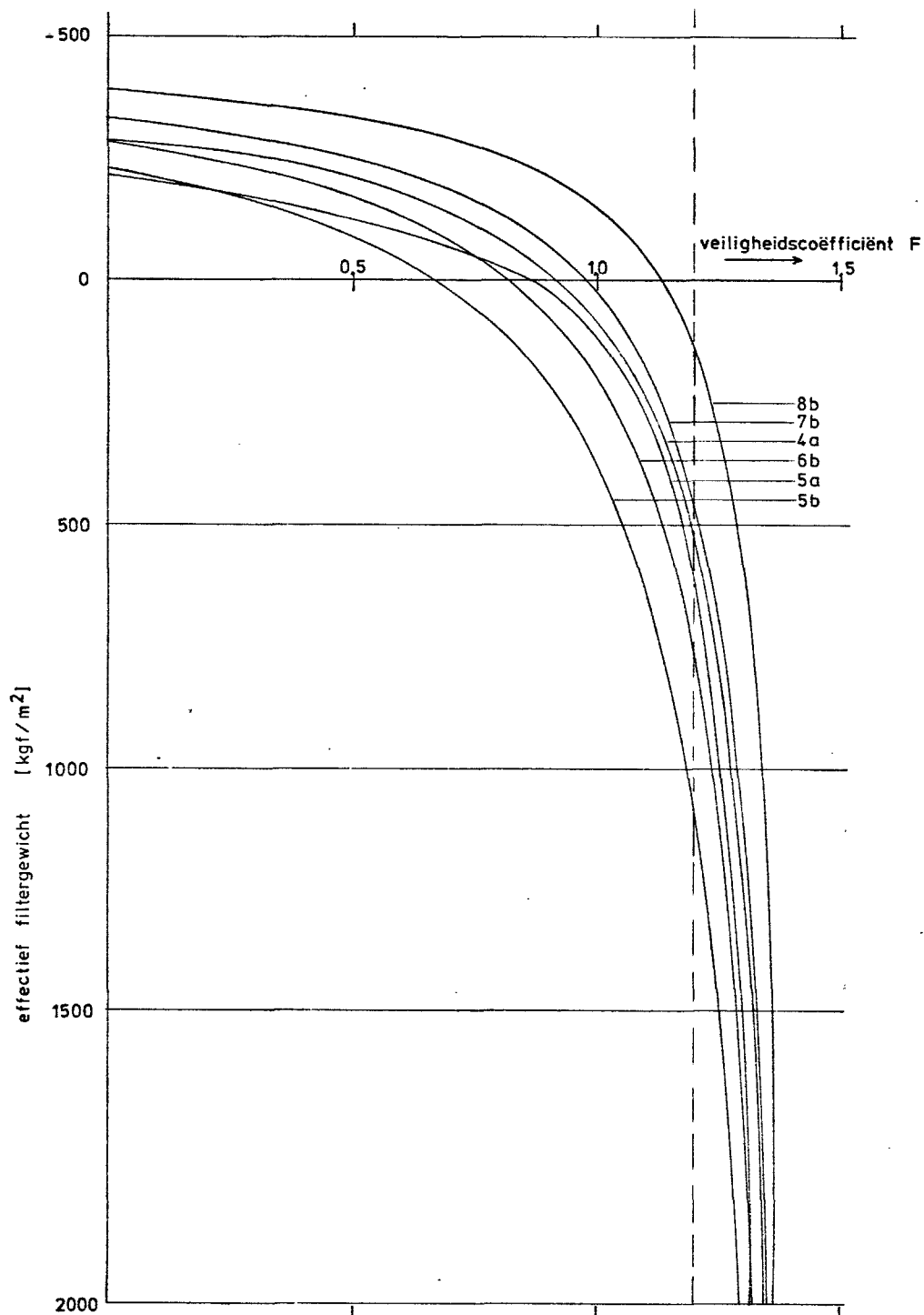


TALUD 1:2

- 1a: methode Bishop, $R = 2,7$ m, maximale diepte 1 m
 2a: methode Bishop, $R = 4,7$ m, maximale diepte 0,5 m
 3a: methode Bishop, $R = 10,2$ m, maximale diepte 0,5 m

- 1b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,5 diepte talud 0,5 m
 2b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,4 diepte talud 0,5 m
 3b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,3 diepte talud 0,5 m
 4b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,2 diepte talud 0,5 m

VERBAND VEILIGHEIDSCOEFFICIENT -		BIJLAGE 5	
EFFEKTIEF FILTERGEWICHT		SCHAAL -	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	get	gez
		vdl 12-76	
A3		WERKNR A-76.035 TEK. NR 76.432	



TALUD 1: 2,5

4a: methode Bishop, R = 6,55 m, maximale diepte 0,5 m

5a: methode Bishop, R = 12,27 m, maximale diepte 0,5 m

5b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,5 diepte \perp talud 0,5 m

6b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,4 diepte \perp talud 0,5 m

7b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,3 diepte \perp talud 0,5 m

8b: methode oneindig lang talud, uittreeverhang = 0,2 diepte \perp talud 0,5 m

VERBAND VEILIGHEIDSCOEFFICIENT - EFFEKTIEF FILTERGEWICHT				BIJLAGE 6	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN				SCHAAL -	
gem	get	gez		A3	WERKNR A-76 035
	vdl 12-76				TEK NR 76 433