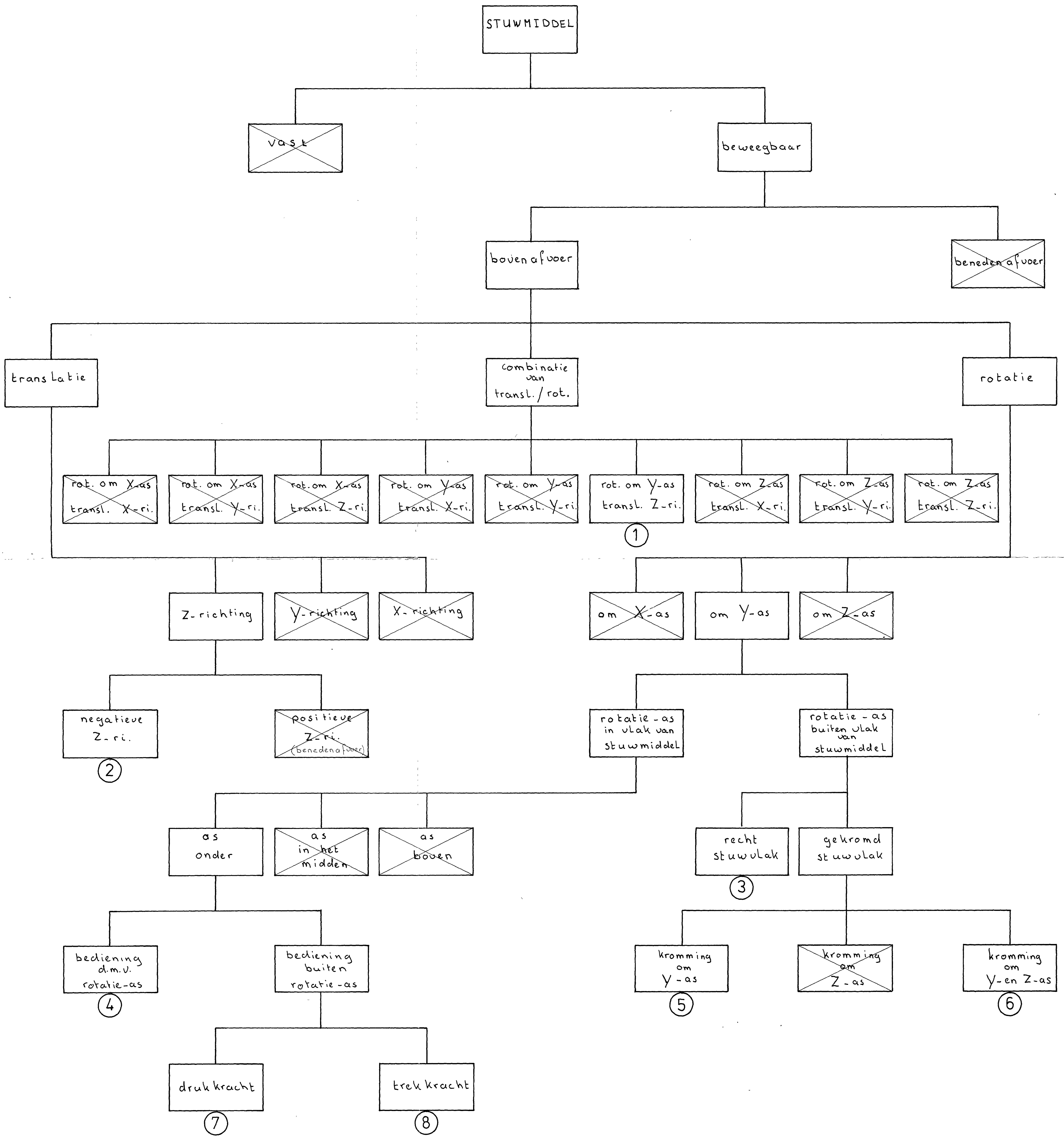


Leusink, Lummen
1980

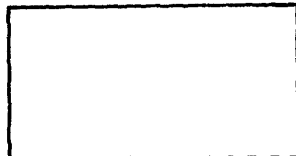
3.32.a



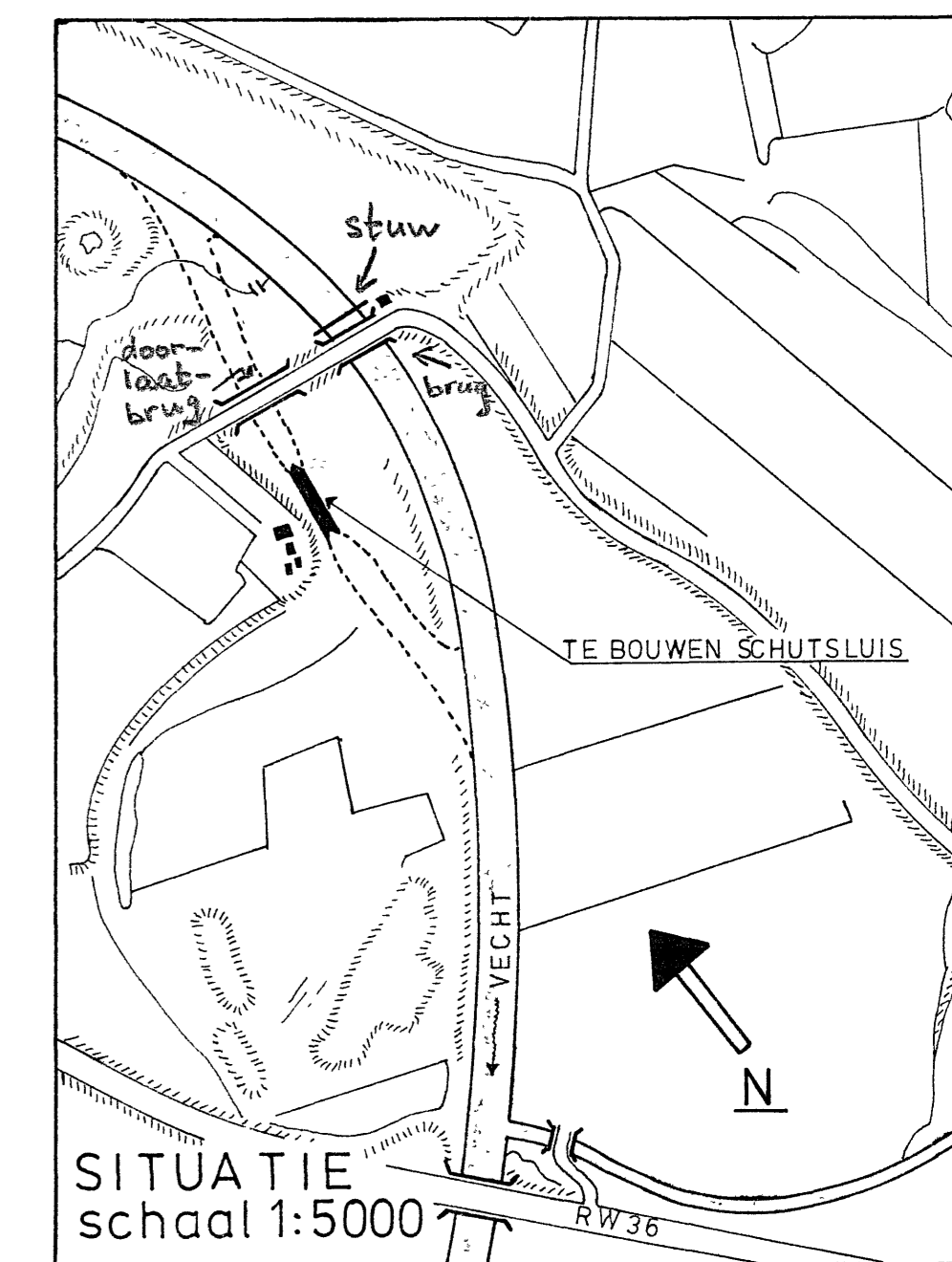
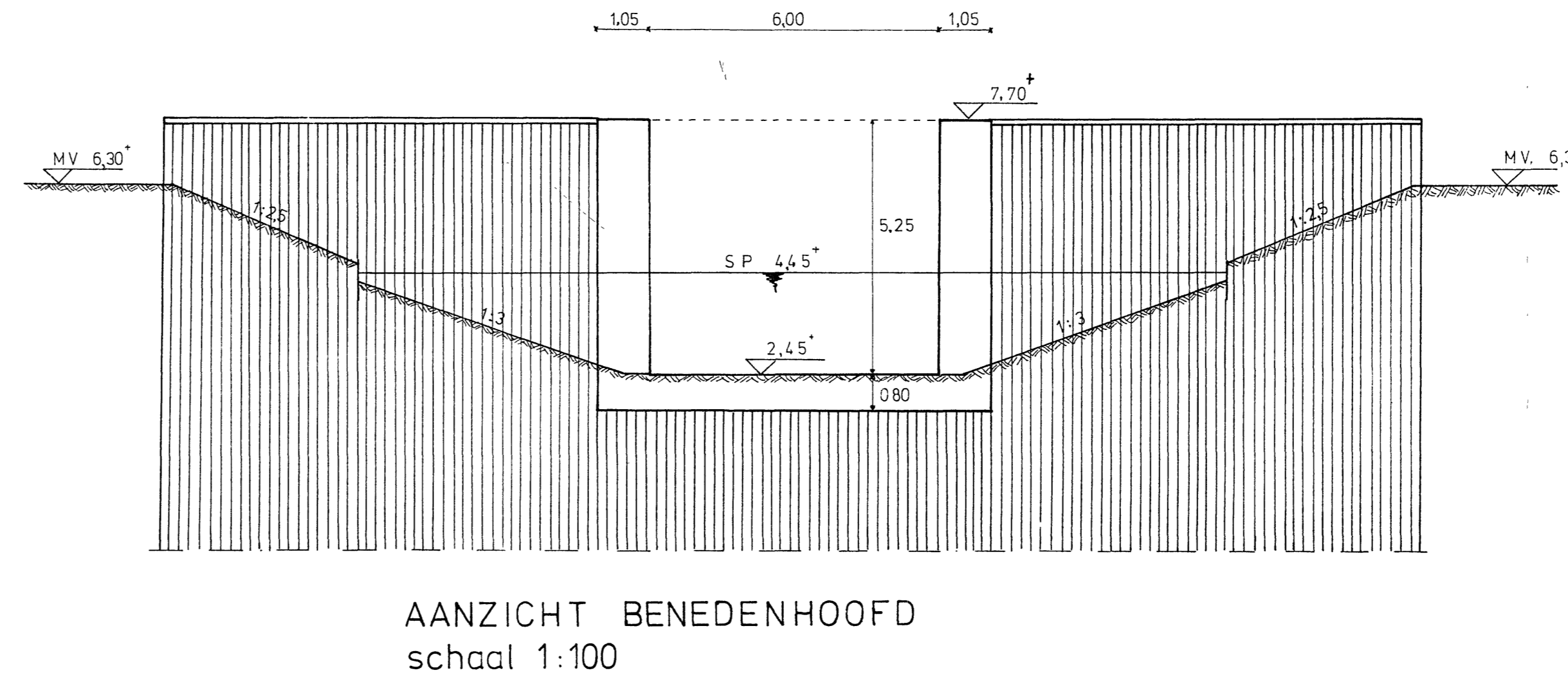
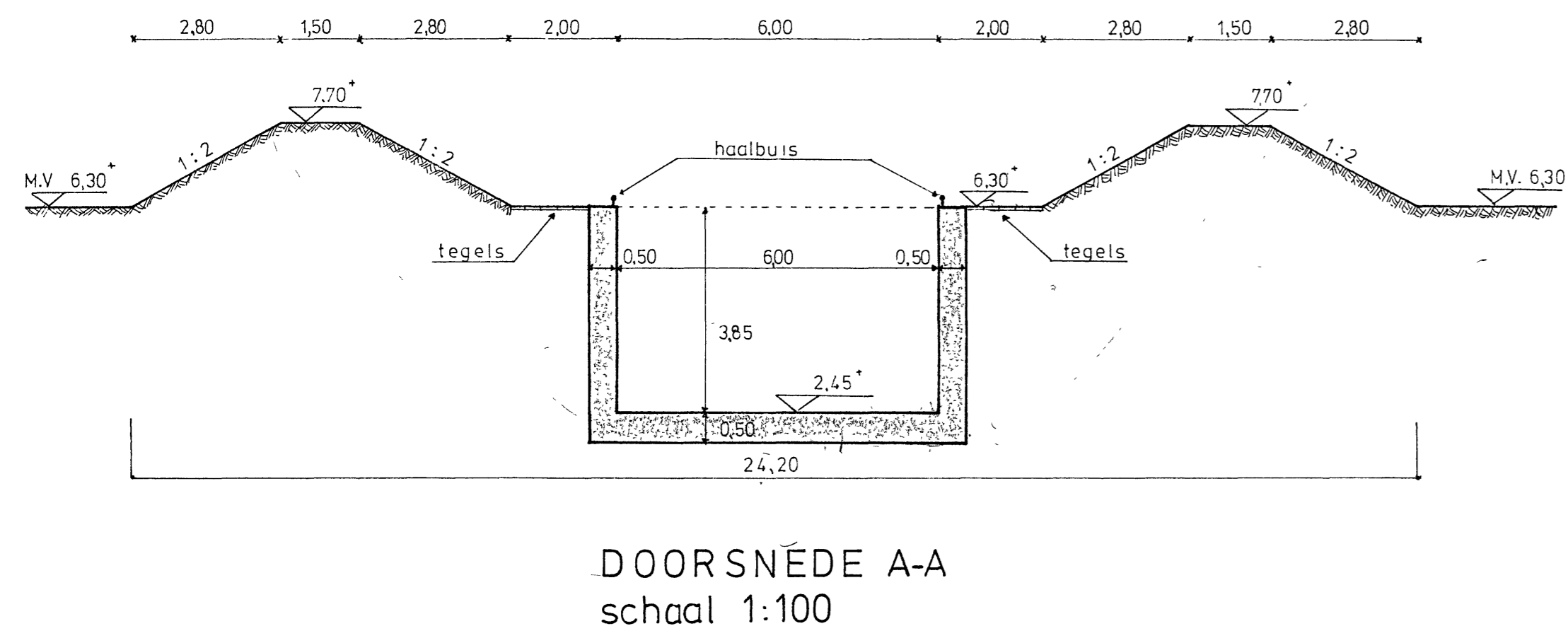
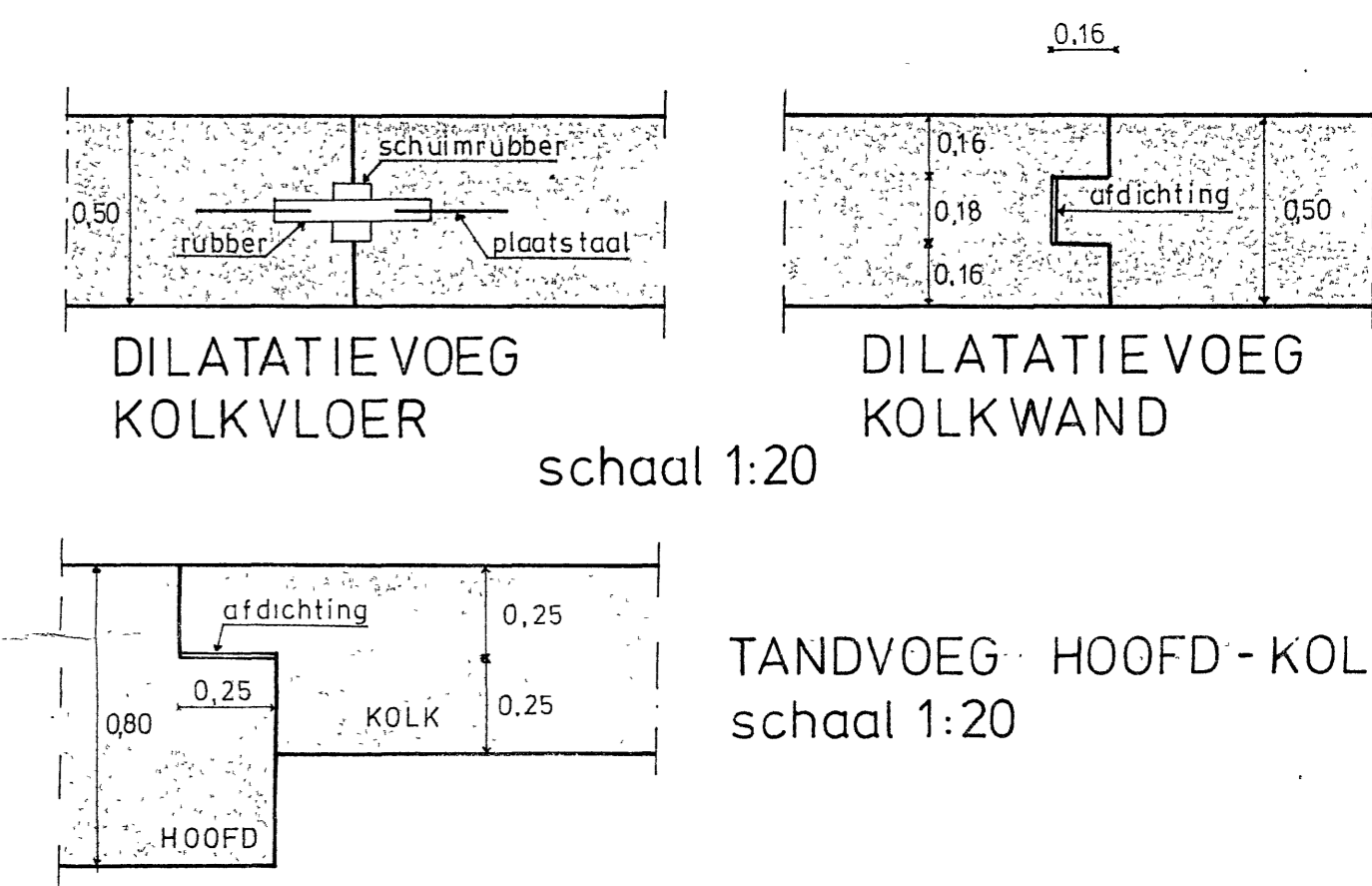
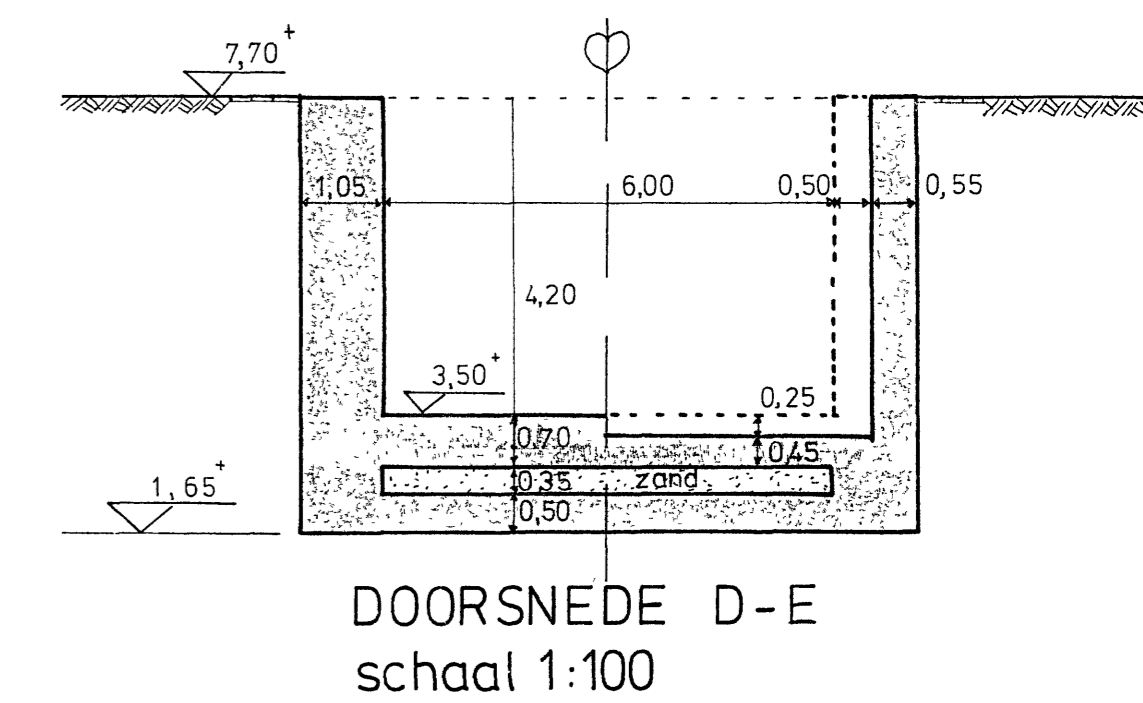
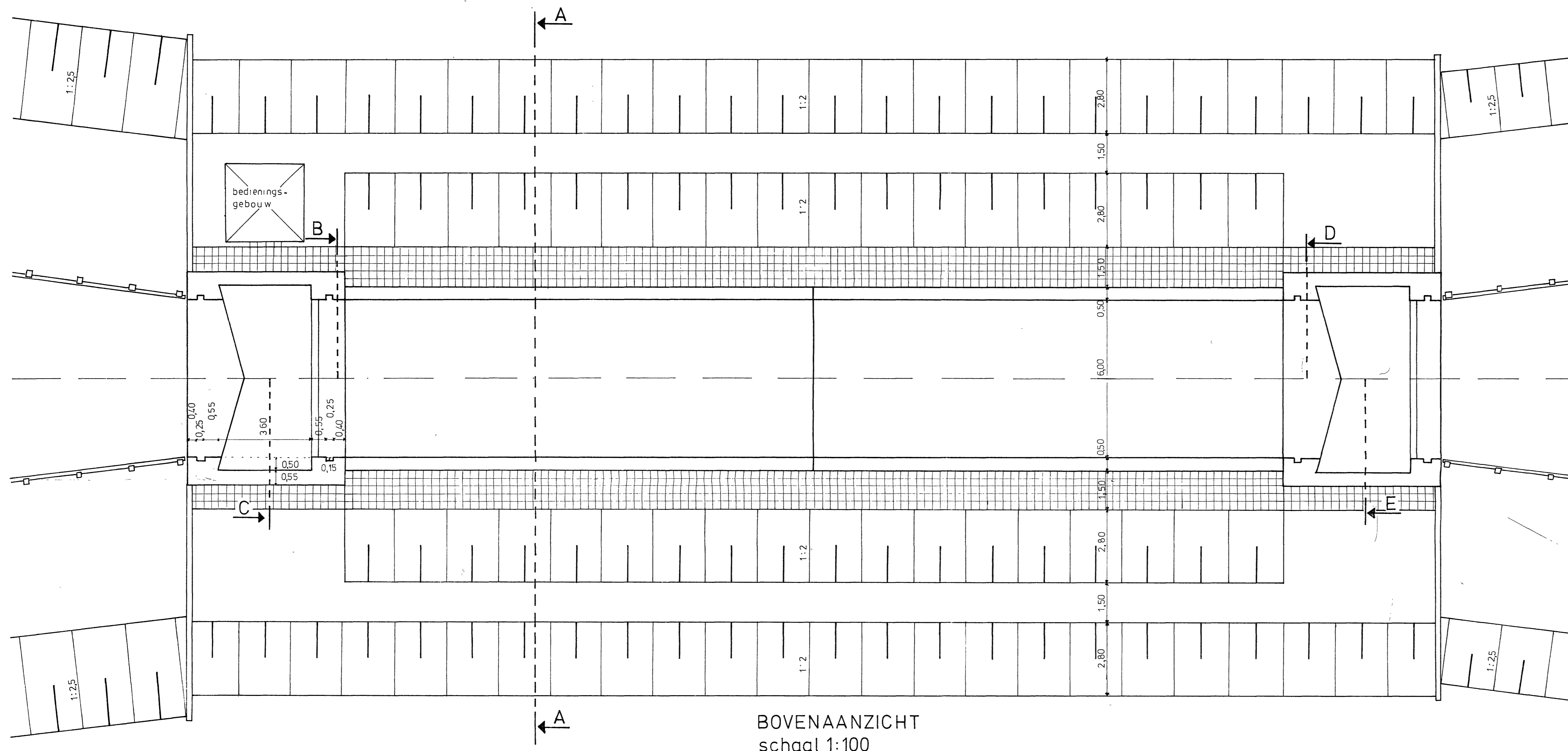
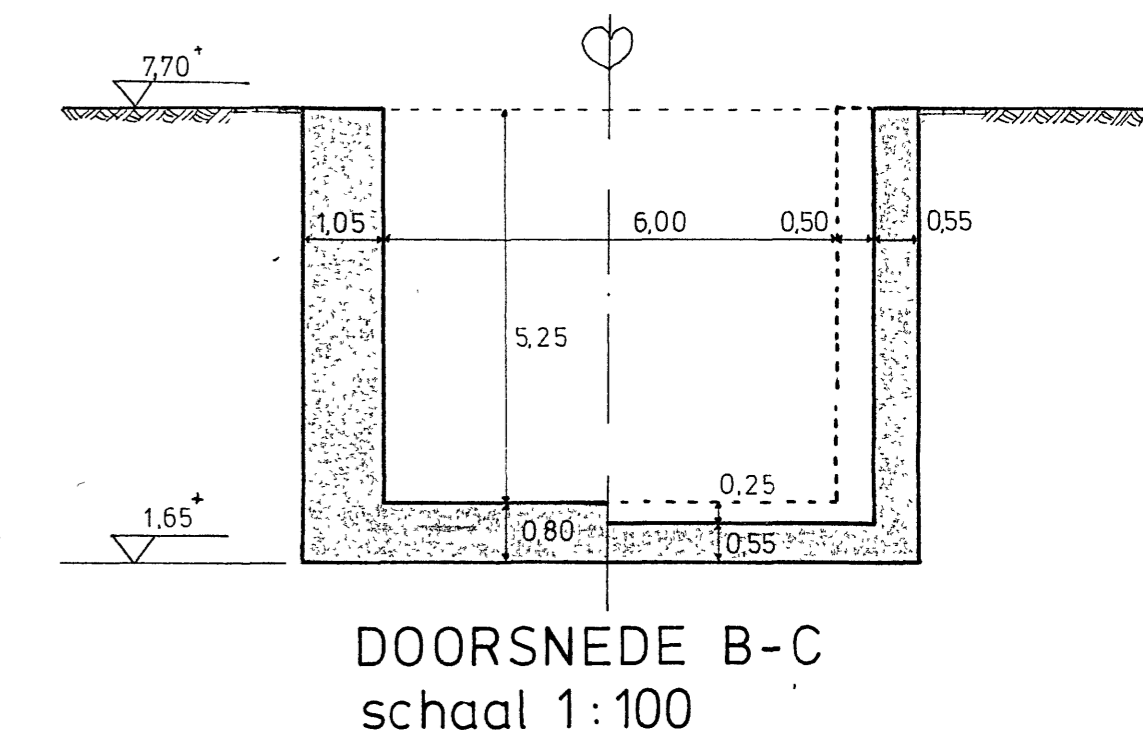
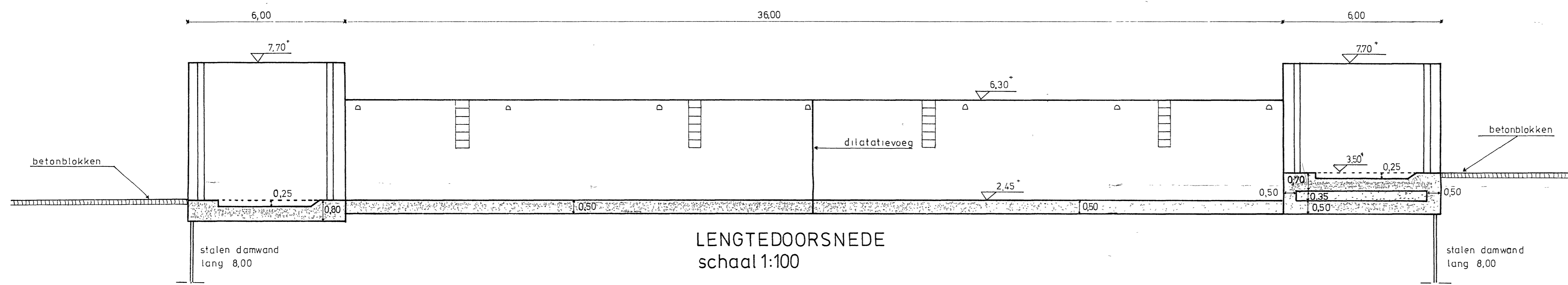
VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft

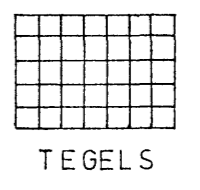


 geen bruikbare oplossing

 bruikbare oplossing

ONTWERPBOOM
VOOR
STUW DE HAANDRIK



 TEGELS
 SCHUTSLUIS MARIËNBERG
 afstudeerwerk van:
 J.H. Leusink en A.F.M. Lummen.
 schaal 1:5000, 1:100, 1:20
 maten in meters, peilmaten t.o.v. N.A.P.

VAKGROEP KONSTRUKTIEVE WATERBOUWKUNDE

Openstelling van de Overijsselse Vecht voor de recreatievaart.

Onderwerp : schutsluis bij Mariënberg.
Naam student : J.H. Leusink en A.F.M. Lummen.
Afstudeer-hoogleraar : prof. ir. P.A. van de Velde.
Begeleidende medewerker: ir. J. Schippers.
Datum afstuderen : 29 februari 1980
Aantal punten :
Overige deelontwerpen :

- vooronderzoek; prof. Agema en ir. Bouwmeester.
Vakgroep Rivier- en Verkeerswaterbouwkunde.
- stuw De Haandrik; prof. v.d. Velde en ir. Schippers.
Vakgroep Konstruktieve Waterbouwkunde.
- kostenanalyse; prof. v.d. Poll en drs. Kutsch Lojenga.
Vakgroep Civiele Economie.
- deelstudie civiele bedrijfskunde; prof. Wagenmaker en ir. Bonebakker. Vakgroep Civiele Bedrijfskunde.

Delft, januari 1980.

OPENSTELLING VAN DE
OVERIJSSELSE VECHT
VOOR RECREATIEVAART.

SCHUTSLUIS BIJ MARIENBERG.

Door: J.H. Leusink
A.F.M. Lummen.

INHOUD

	blz.
INHOUD	1
PROLOOG	2
1. INLEIDING	3
2. SITUATIE EN BEGINVOORWAARDEN	7
3. KEUZE VAN TYPE SLUISDEUR	11
4. HOOGTE SLUISHOOFD EN DEUREN	15
5. SLUISKOLK	18
6. SLUISVULLING	24
7. FUNDERING	30
8. BEREKENING KOLK	32
9. BEREKENING BENEDENHOOFD	52
10. KONSTRUKTIEVE AANVULLINGEN	82
10-1. BOVENHOOFD	82
10-2. DILATATIEVOEGEN	83
10-3. BEKLEDING VAN DE SLUISWAND	84
10-4. DAMWANDEN	85
10-5. BEWEGINGSMECHANISMEN	86
10-6. WACHT- EN GELEIDEWERK	88
10-7. STORTEBED	91

LITERATUURLIJST

BIJLAGEN

KONSTRUKTIETEKENING SCHUTSLUIS

P R O L O O G

De laatste jaren geven een exponentiële groei van de watersport in Nederland te zien.

Waren er in 1967 ongeveer 69-duizend vaartuigen, in 1979 zijn dat er naar schatting ruim 170-duizend. Deze groei (8 à 10% per jaar) in de recreatievaart heeft tot gevolg dat de traditionele watersportgebieden langzamerhand vol beginnen te raken. Er is al sprake van een zekere overloop en vraag naar nieuwe vaargebieden.

Het rapport "Oude Kanalen" van de A.N.W.B. is destijds ingegaan op deze ontwikkelingen. In dit rapport worden verschillende rivieren en kanalen bekeken op de mogelijkheid om ze geschikt te maken voor recreatievaart.

Voor Overijssel was daar de Overijsselse Vecht die, volgens het rapport, met betrekkelijk geringe investeringen weer bevaarbaar te maken zou moeten zijn.

Nadere bestudering (zie ook vooronderzoek) leert, dat de Vecht vooral voor tourvaarders een ideaal vaargebied is.

Motorjachten, kleine zeilboten en oude omgebouwde binnenvaartuigen zouden gebruik kunnen maken van een open Vecht.

Voor openstelling van de rivier voor recreatievaart zullen onder andere drie nieuwe sluizen moeten worden gebouwd.

Deze hebben alleen een functie voor de pleziervaart.

Er is géén sprake van beroepsvaart, hooguit zullen enkele vaartuigen voor onderhoudswerkzaamheden van de schutsluis gebruik maken.

In deze studie wordt één van die sluizen konstruktief verder uitgewerkt.

1. INLEIDING.

De Overijsselse Vecht is een 112 km. lange regenrivier waarvan ca. 60 km. op Nederlandse bodem ligt.

Behoudens vroegere tijden is de Vecht nooit helemaal bevaarbaar geweest. Het middengedeelte van de rivier kent een drietal stuwen waardoor doorvaart onmogelijk is. Het gedeelte bovenstrooms van Hardenberg met een lengte van \pm 10 km., is sinds 1970 niet meer in gebruik (zie ook figuur 1). Slechts benedenstrooms van Junne is de Vecht bevaarbaar.

De Overijsselse Vecht stroomt door een erg mooi landschap, haar beide oevers laten veel natuurschoon zien.

Bovendien zijn er ook nog verschillende campings en oude stadjes -zoals Ommen, Dalfsen en Hardenberg- direkt aan het water gelegen. De recreant kan hier overal aan z'n trekken komen.

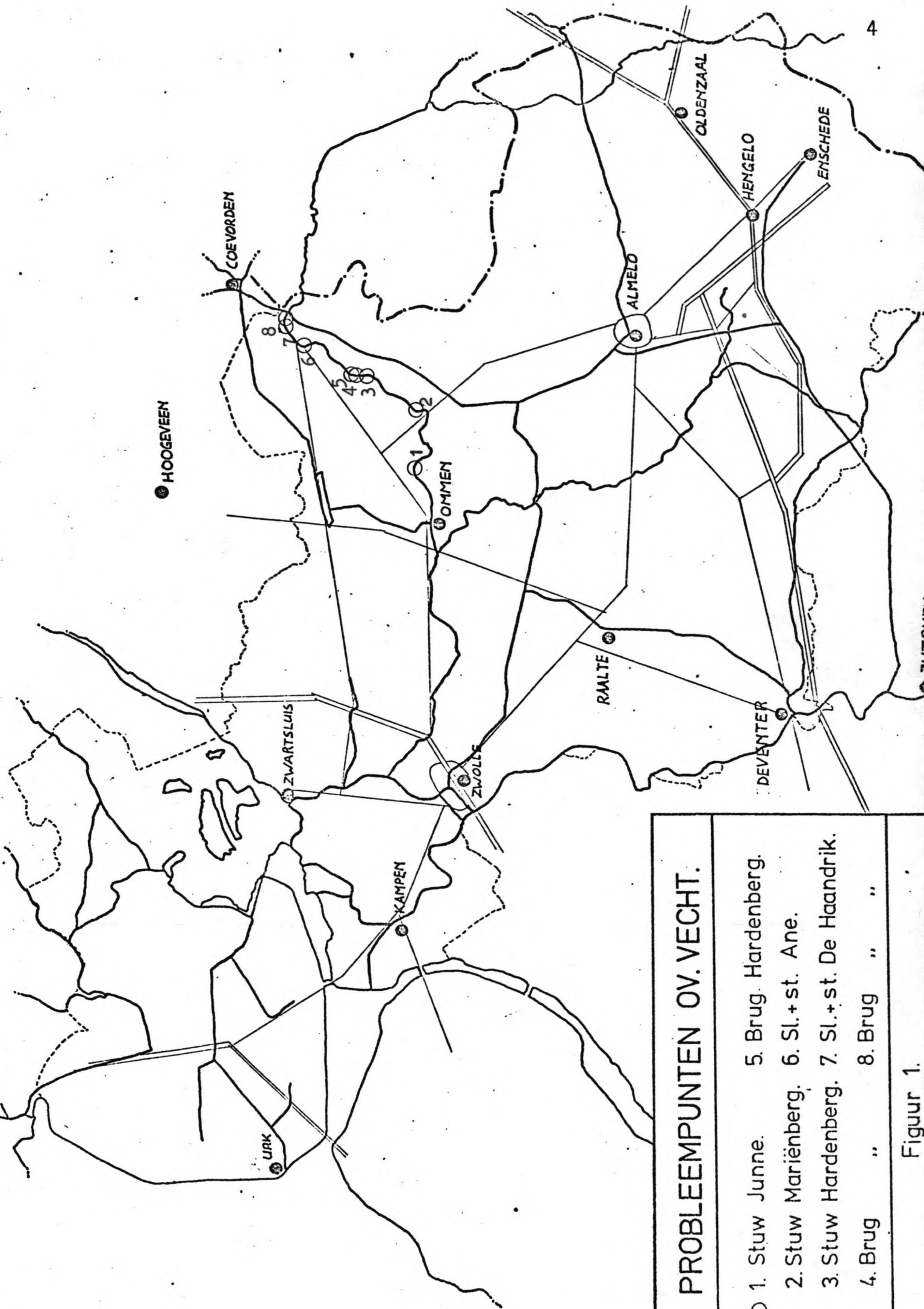
In het vooronderzoek zijn de problemen die een open Overijsselse Vecht belemmeren belicht en worden mogelijke oplossingen aan de hand gedaan.

De Vecht ontspringt in Duitsland bij Horstmar (Kreis Steinfurt). Zij komt net ten zuiden van de provinciale grens tussen Drenthe en Overijssel Nederland binnen.

Na het kruisen van het kanaal Almelo - De Haandrik en het Coevorden - Vecht kanaal bij De Haandrik vervolgt de Overijsselse Vecht haar tocht westwaarts en mondt uit in het Zwarte Water, even ten noorden van Zwolle.

De Vecht staat onder zorg van Rijkswaterstaat, direktie Overijssel, en zal dat waarschijnlijk ook wel blijven omdat hier sprake is van een grensoverschrijdende rivier.

Om de rivier weer bevaarbaar te maken zal -afgezien van de vraag of overal op de Vecht voldoende vaardiepte aan-



PROBLEEMPUNTEN OV. VECHT.

- 1. Stuw Junne. 5. Brug. Hardenberg.
- 2. Stuw Mariënberg. 6. Sl.+st. Ane.
- 3. Stuw Hardenberg. 7. Sl.+st. De Haandrik.
- 4. Brug 8. Brug " "

Figuur 1.

wezig is- een oplossing gezocht moeten worden voor de acht probleempunten, zoals in figuur 1 aangegeven.

In de richting stoomopwaarts van de Vecht zijn dat achter-eenvolgens:

1. de stuw bij Junne
2. de stuw bij Mariënberg
3. de stuw bij Hardenberg
4. de nieuwe stadsbrug in Hardenberg
5. de oude stadsbrug te Hardenberg
6. de sluis en de stuw bij Ane
7. de sluis en de stuw bij De Haandrik
8. de spoorbrug c.q. verkeersbrug bij De Haandrik.

De oplossingen voor Junne, Mariënberg en Hardenberg zijn alle drie gelijklopend. De recreatievaart passeert de bestaande stuw door middel van een sluis, gelegen in een omleiding.

Bij Junne kan voor de omleiding gebruikt gemaakt worden van een oude rivierbocht. Dit is niet het geval bij Mariënberg; daar moet een geheel nieuwe verbinding gegraven worden (zie ook hoofdstuk 2).

Bij Hardenberg volgt men gedeeltelijk een bestaande waterloop. Door nu de nieuwe schutsluis tussen de oude en de nieuwe stadsbrug te situeren, wordt meteen het probleem van te weinig doorvaarthoogte onder laatst genoemde brug verholpen.

Even benedenstrooms van de oude stadsbrug van Hardenberg sluit de omleiding weer aan op de Overijsselse Vecht.

Deze oude brug heeft een uitvaarbaar gedeelte en voor dit project wordt hetzelfde brugdeel weer beweegbaar gemaakt. Sluis en stuw bij Ane zijn sinds 1971 niet meer gebruikt. Deze dienen hersteld en opnieuw in bedrijf genomen te worden. De sluis bij De Haandrik heeft alleen een opknapbeurt nodig. Tenslotte wordt de gekombineerde spoor- en verkeersbrug bij De Haandrik, van oorsprong een draaibrug, weer in gebruik genomen.

Sinds 1971 is de stuw bij Ane gestreken en geldt daar het stuwpeil van Hardenberg.

Volgens het vooronderzoek moet deze stuw weer in bedrijf worden gesteld (= tussenfase).

Er bestaan nu plannen bij Rijkswaterstaat om beide stuwen van Ane en De Haandrik te vervangen door één nieuwe bij De Haandrik. In dat geval moet er, naast de geplande nieuwe stuw, ook een nieuwe schutsluis komen (= eindsituatie).

Zolang deze eindsituatie niet is gerealiseerd, is de tussenfase van toepassing.

2. SITUATIE EN BEGINVOORWAARDEN.

Zoals reeds eerder in hoofdstuk 1 is aangegeven passeert de recreatievaart met behulp van een sluis in een omleidingskanaal de aanwezige stuw. In figuur 2 is een situatieschets van de stuw en omleiding bij Mariënberg te zien. De stuw ligt bovenstrooms van de nieuwe, grote brug over het zomerbed van de Vecht.

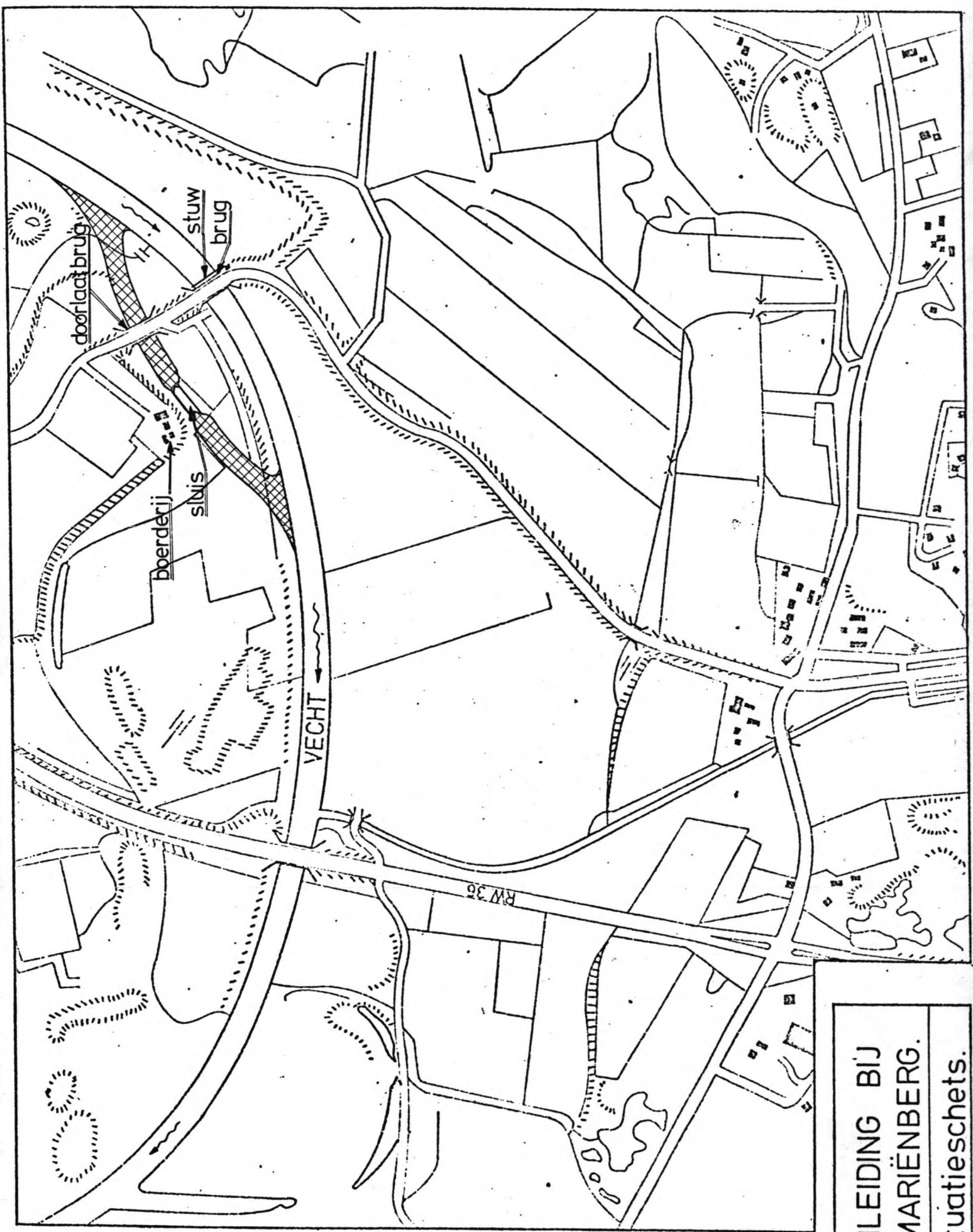
Enkele jaren geleden was er alleen nog maar de stuwbrug. De weg liep over een dijk in het winterbed naar deze brug toe. Bij hoge winterafvoeren komt het winterbed bij de stuw onder water te staan. Doordat de duikers in de dijk te klein waren en de afvoer niet konden bergen, werd het water steeds hoger opgestuwd. Een aantal omwonenden hadden daar last van zodat Rijkswaterstaat ook een nieuwe (doorlaat)brug in het winterbed bouwde, tegelijk met de nieuwe brug over de Vecht zelf. De doorlaatbrug heeft een drietal overspanningen: twee van 20 m. en één van 25 m. (de middelste overspanning). Beide bruggen kwamen in 1978 gereed.

Bij de omleidingsroute wordt gebruik gemaakt van deze doorlaatbrug. In verband met het grondverzet wordt het hoge stuwpeil zo ver mogelijk onder de brug door getrokken. De sluis zelf zal straks een klein "eiland" in het winterbed vormen. Dit geeft opstuwing van het water en dat moet zo gering mogelijk blijven. Vandaar dat de sluis zo dicht mogelijk bij de hoog gelegen boerderij wordt gesitueerd.

Bovendien is de sluis bij hoge waterstanden dan gemakkelijk en droog te bereiken.

De breedte van het stroomprofiel over het winterbed bedraagt 55 strekkende meter ter plaatse van de doorlaatbrug.

Figuur 2



OMLEIDING BIJ
MARIENBERG.
Situatieschets.

Bij de gekozen situering is naast de sluis zeker meer dan 55 m. vrije breedte aanwezig.

Wanneer nu bij hoge winterafvoeren het winterbed blank komt te staan en het water om de stuw heen naar het lager gelegen pand stroomt, zal de sluis geen nadelige invloed op het stroombeeld over het winterbed hebben.

De sluisdeuren hebben onder normale omstandigheden een verval te keren van 1,05 m. Het stuwpeil bovenstrooms bedraagt 5,50⁺m. N.A.P. en het peil benedenstrooms van de stuw 4,45⁺m. N.A.P.. Het maaiveld ligt op 6,30⁺m. N.A.P. terwijl de grondwaterstand (enigszins aan de hoge kant) op 6,10⁺m. N.A.P. wordt aangehouden.

De extreem hoge waterstand met een frequentie van 1 x 100 jaar is 7,55⁺m. N.A.P.

Samenvattend: Stuwpeil Mariënberg	= 5,50 ⁺ m. N.A.P.
Stuwpeil Junne	= 4,45 ⁺ m. N.A.P.
M.V.	= 6,30 ⁺ m. N.A.P.
G.W.S.	= 6,10 ⁺ m. N.A.P.
E.H.W.	= 7,55 ⁺ m. N.A.P.

Bij het ontwerp van de sluis werd er van uitgegaan dat maximaal te schutten is tot een peil van 6,30⁺m. N.A.P. (waterstand bovenstrooms).

Twee redenen waarom dat maximum schutpeil gelijk gekozen is aan de hoogte van het maaiveld:

- Bij een waterstand van 6,30⁺m. N.A.P. bovenstrooms is de vaargeul nog net te onderscheiden.
Het zomerbed van de Vecht is niet gemarkeerd waardoor oriëntatie bij hoge waterstanden erg moeilijk wordt.
- Nog hogere schutpeilen toepassen heeft weinig zin daar de meeste hoge waters in de winter optreden en dus buiten het eigenlijke vaarseizoen van de recreatievaart (mei t/m september).

De afmetingen van de sluis zijn:

- breedte 6,00 m.
- lengte schutkolk 36,00 m.
- waterdiepte boven de drempels van de hoofden en de kolkvloer minimaal 2,00 m. (ten opzichte van de normale stuwpeilen).

(Deze gegevens zijn ontleend aan het vooronderzoek).
In principe maakt alleen de pleziervaart gebruik van deze schutsluis.

Opmerking: de vrije doorvaarthoogte moet, indien het hier van toepassing mocht zijn, bedragen 3,25m.

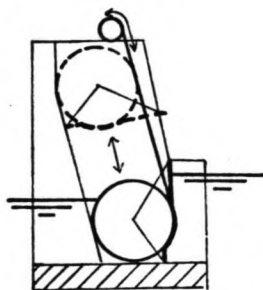
3. KEUZE VAN TYPE SLUISDEUR.

Volgens hoofdstuk 2 bedraagt de vrije doorvaartbreedte van de hoofden 6,00 meter, de vrije doorvaarthoogte is 3,25m. Het type deur voor deze sluis dat wordt gekozen, moet zoveel mogelijk voldoen aan de volgende drie criteria:

- a) de deuren moeten eenvoudig zijn in uitvoering en bediening, bovendien niet landschapontsierend.
- b) in verband met de financiering van het gehele project van de Overijsselse Vecht dient de constructie zo economisch mogelijk te zijn,
- c) er moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid om de sluis later als zelfbedienings-sluis uit te voeren. Hierbij bedient de watersporter zelf de gehele constructie.

Volgens Jitta zijn er verschillende typen sluisdeuren mogelijk te weten:

1. walsdeuren



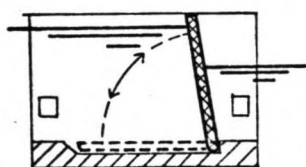
Figuur 3.

vert. dsn.

Opmerking:

dure en ingewikkelde oplossing die het landschap niet siert.

2. klepdeuren



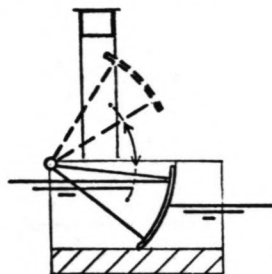
Figuur 4.

vert. dsn.

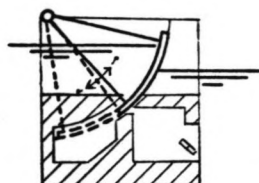
Opmerking:

hiervoor zijn riolen nodig en dus wordt het hoofd duurder en kwetsbaarder.

3. segmentdeuren



Figuur 5.
vert. dsn.



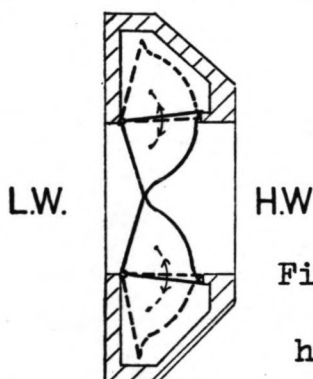
Figuur 6.
vert. dsn.

Opmerking:

a) omhoogdraaiend;
een duur sluishoofd is
hier nodig, vooral wat
betreft de bovenbouw.
Storende heftoren in
het landschap!

b) omlaagdraaiend;
bij dit type wordt de
onderbouw erg duur.

4. sectordeuren

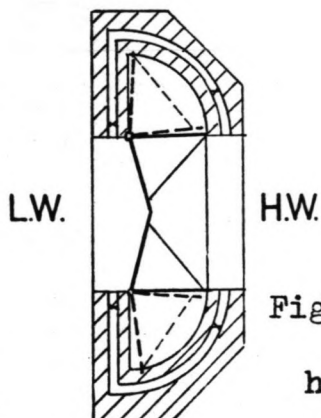


Figuur 7.
hor. dsn.

Opmerking:

de hoofden zijn te in-
gewikkeld en daardoor
te duur.

5. waaierdeuren

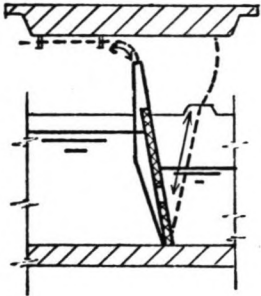


Figuur 8.
hor. dsn.

Opmerking:

dezelfde nadelen als
bij de sectordeuren.

6. overheaddeuren

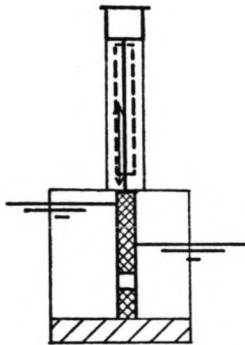


Figuur 9.
vert. dsn.

Opmerking:

deze oplossing komt in aanmerking als bijvoorbeeld een brug over het sluishoofd komt te liggen. De konstruktie is niet eenvoudig en vraagt het nodige onderhoud.

7. hefdeuren

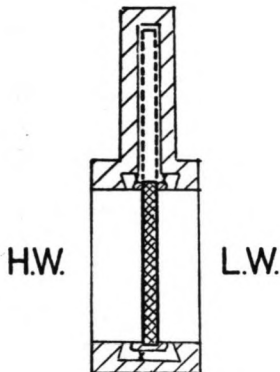


Figuur 10.
vert. dsn.

Opmerking:

de heftorens ontsieren het landschap op dusdanige wijze, dat dit deurttype wordt afgewezen.

8. rol- of schuifdeuren

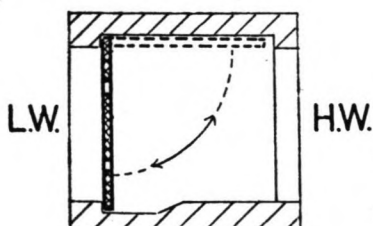


Figuur 11.
hor.dsn.

Opmerking:

kostbare deurkas in grote sluishoofden.

9. enkele draaideuren

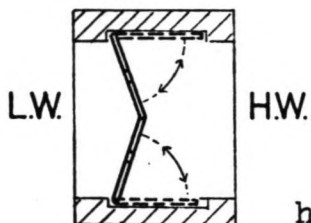


Figuur 12.
hor. dsn.

Opmerking:

eenvoudige deur die geschikt is voor schutsluizen met afmetingen, zoals in hoofdstuk 2 weergegeven.

10. puntdeuren



Figuur 13.

hor. dsn.

Opmerking:

lijkt de meest voor de hand liggende oplossing en is te maken.

Uit de hiervoor opgenoemde reeks blijken maar twee deurtypen het overwegen waard te zijn namelijk:

- . de puntdeuren,
- . de enkele draaideuren.

Het nadeel van enkele draaideuren is, dat deze een langer sluishoofd nodig hebben dan puntdeuren.

De deur moet namelijk in z'n geheel aan één zijde van het hoofd geborgen kunnen worden. Daarnaast is door zijn grotere overspanning de enkele draaideur zwaarder van uitvoering.

Het laatste wat in het voordeel van de puntdeur spreekt is het feit dat de watersporter er goed mee vertrouwd is. Dit kan van belang zijn bij een mogelijke uitvoering van de sluis in zelfbedieningsvorm.

Gekozen is daarom voor de puntdeuren.

4. HOOGTE SLUISHOOFD EN DEUREN.

Woor de sluis te Mariënberg worden de volgende gegevens c.q. aannamen aangehouden (zie ook hoofdstuk 2):

- maaiveldhoogte (M.V.) : 6,30⁺m. N.A.P.
- grondwaterstand (G.W.S.) : 6,10⁺m. N.A.P.
- extreem hoog water (E.H.W.): 7,55⁺m. N.A.P.
- stuwpeil Mariënberg : 5,50⁺m. N.A.P.
- stuwpeil Junne : 4,45⁺m. N.A.P.
- waterdiepte boven de drempels bij normale stuwpeilen 2,00 m.

Uitgaande van het stuwpeil van Junne betekent dit dat de bovenkant van de drempel van het benedenhoofd op $4,45^+ - 2,00 = 2,45^+$ m. N.A.P. moet komen te liggen.

De bovenkant van de drempel van het bovenhoofd komt op $3,50^+$ m. N.A.P. te liggen ($5,50^+ - 2,00 = 3,50^+$ m.).

De hoogte van de deuren en de sluis hoofden is te fixeren op:

- a. maaiveldhoogte (M.V.)
- b. extreem hoog water (E.H.W.)
- c. een punt ergens tussen M.V. en E.H.W. in.

Ad a.: maaiveldhoogte (M.V.)

Wanneer deuren en hoofden op 6,30⁺ m. N.A.P. hoogte worden gemaakt, is precies het gestelde max. schutpeil bereikt. Met een beetje moeite zou een boot nog geschut kunnen worden. De moeilijkheden komen pas bij waterstanden hoger dan M.V.-niveau. Volgens waarnemingen zijn er de laatste 19 jaar 133 dagen geweest waarop het water hoger stond dan bij M.V.

Dat is een gemiddelde van 7 dagen per jaar dat het winterbed onder water staat. Gedurende deze dagen overstroomt het water ook de schutsluis.

Het gevolg is dat bewegingsmechanismen en bedieningsapparatuur nat worden. Dit vraagt dan weer het nodige onderhoud met het oog op levensduur en waterafdichting.

Een ander nadeel is dat het water over de hoofden heen de kolk in stroomt. Grove verontreinigingen zoals drijfhout en riet kunnen met het water meegevoerd worden en de sluis beschadigen of de deuren blokkeren.

Bovendien fungeert de schutkolk als een woelbak (om een reservekering te hebben worden de deuren van het benedenhoofd bij hoge waters ook gesloten) waarin de stroomsnelheid van het water snel afneemt.

Tijdens hoge waterstanden is het water rijker voorzien van slibdeeltjes en bij een plotselinge afname van de stroomsnelheid van het water zal daarom aanzanding optreden.

Na elke winter zal men daarom zowel de hoofden als de deuren, de kolk en de bewegingsmechanismen moeten reinigen en weer gangbaar maken.

Ad b.: extreem hoog water (E.H.W.)

Uit het oogpunt van de pleziervaart is het niet nodig om hoofden en deuren van de nieuwe schutsluizen af te stemmen op E.H.W.

Het maximale schutpeil ($6,30^+m$. N.A.P.) wordt nu ruimschoots gehaald.

Men heeft geen enkele moeite met het schutten. Bovendien blijven de hoofden met daarop de bedienings- en bewegingsmechanismen nu wél droog.

De wanden van de kolk moeten ook op E.H.W. worden gebracht om te voorkomen dat er sterke aanzandingen optreden in de sluis.

Doordat het water om de sluis heen naar het benedenpand stroomt, zullen de deuren van het benedenhoofd worden opgeduwd (er treedt een omgekeerd verval op).

Om openduwen te voorkomen zet men bij hoge winterpeilen de rinketschuiven in die deuren open.

De enige aanzanding in de kolk bestaat dan uit het zwevend materiaal dat via deze rinketschuiven naar binnen stroomt. De deuren kunnen bij hoge waterstanden niet open gaan staan. Vanwege de stroomweerstand van het winterbed zal bovenstrooms van de sluis altijd een iets hogere waterstand zijn dan benedenstrooms. Daarnaast kunnen de bewegingsmechanismen ook nog een kleine drukkracht leveren.

Ad c.: een punt ergens tussen M.V. en E.H.W. in.

Dit zou men alleen kiezen wanneer hoofden en deuren op E.H.W. esthetisch een probleem vormen. Extreem hoog water ligt echter slechts 1,25 m. boven het maaiveld.

Wanneer de schutsluis wordt aangeaard en het terrein er rondom opnieuw wordt ingezaaid, zal het beslist geen storend beeld in het landschap geven.

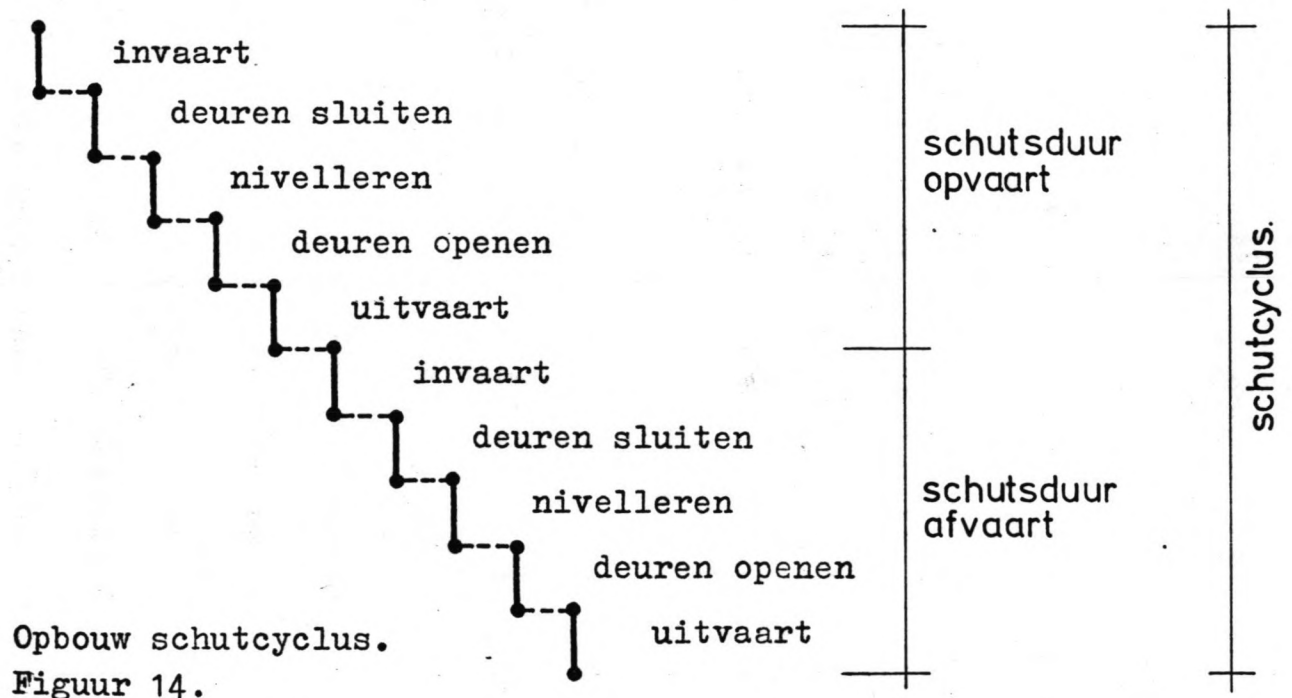
5. SLUISKOLK.

Bij de meeste sluizen worden verticale wanden toegepast. Dit houdt onder andere verband met de:

- . hoeveelheid schutwater
- . duur van het schutten
- . (beschikbare) ruimte voor het kunstwerk.
- . het schutwaterverlies.

Naast een kolk met verticale wanden kent men ook nog de zogenaamde "groene" kolk, een kolk met taluds in plaats van verticale wanden.

Om een idee te krijgen van de handelingen bij het schutten van een schip, hieronder een overzicht van de opbouw van de schutcyclus.



Een groene kolk gebruikt door z'n geometrie meer schutwater. Daardoor zal de tijdsduur van het schutten sterk oplopen met name de tijd benodigd voor het nivelleren en de capaciteit van de sluis snel afnemen.

Vaak zijn deze argumenten zo zwaar wegend, speciaal de faktor tijd voor de beroepsvaart, dat een groene kolk niet als alternatief in aanmerking komt.

Voor de Overijsselse Vecht echter gelden niet helemaal dezelfde normen.

Doordat de rivier de hoofdader is van een groot afwateringsgebied is men over het algemeen verzekerd van een redelijke watertoevoer. Voor de stromende Vecht maakt het weinig uit of het water alleen over de stuw of ook gedeeltelijk door de sluis haar weg vervolgt.

In drogere tijden zal worden getracht het stuwpeil zoveel mogelijk te handhaven. De hoeveelheden schutwater die daarbij op het volgende pand worden geloosd zal men het liefst beperkt willen houden, hetgeen pleit voor verticale wanden. Bij werkelijk zeer droge zomers is ook op de Vecht geen pleziervaart mogelijk en blijft de sluis dus buiten gebruik. Al met al is te stellen dat zowel een groene kolk als een kolk met verticale wanden een toepassing kan vinden.

Er zijn echter twee redenen waarom onze keuze in principe op een verticale kolkwand viel, te weten:

- 1^e. door een kleinere hoeveelheid schutwater is de tijdsduur van het schutten kleiner en daardoor ook het openthoud voor de pleziervaarder.
- 2^e. doordat buiten het benutte kolkoppervlak geen water wordt geborgen, wordt al het ingelaten water direkt gebruikt om het verval tussen de twee stuwpannen te nivelleren (geen extra, zijdelingse berging).

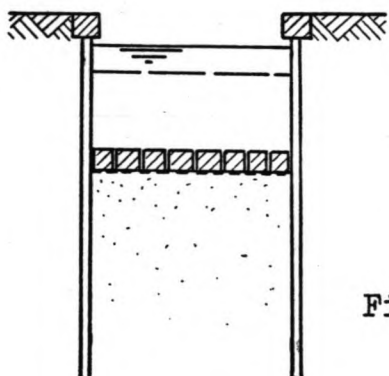
Dergelijke verticale kolkwanden dienen in verband met mogelijke beschadigingen aan de licht gekonstrueerde recreatievaartuigen glad te worden afgewerkt.

Het is logisch dat de kolkwand, evenals de hoofden en deuren, tot extreem hoog water wordt opgetrokken.

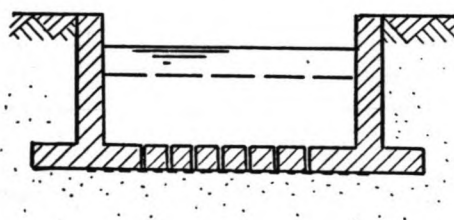
Dit om te voorkomen dat bij hoge waterstanden het water de kolk binnenstroomt. Maar het is niet nodig om de verticale wanden zelf tot E.H.W. door te trekken.

De waterkerende functie kan heel eenvoudig door een paar ringdijken, die van het ene hoofd op het andere aansluiten, bij hoge waterstanden worden overgenomen. Bovendien is een dergelijke hoge wand lastig voor de recreatievaart in verband met aanleggen en verlaten van de boot (bij normale stuwpeilen reikt de wand tot maximaal 3,10 m. boven de waterspiegel uit). De verticale wanden van de kolk worden op maaiveldniveau ($6,30^+$ m. N.A.P.) gebracht. Het maaiveldniveau is tevens het maximale schutpeil.

Bij de keuze van het type kolkvloer moet allereerst een uitspraak gedaan worden over het al of niet waterdicht zijn van de vloer. Bij niet waterdichte vloeren valt bijvoorbeeld te denken aan de konstrukties volgens figuur 15, figuur 16 en figuur 17 .



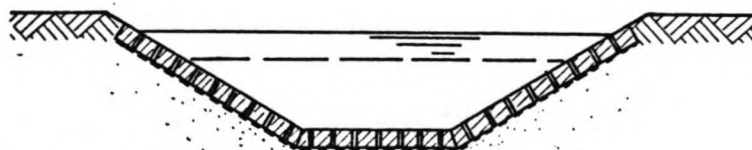
Figuur 15



Figuur 16

▣ betonblok

Niet- waterdichte
vloeren.



Figuur 17

De voordelen van een dergelijke konstruktie zijn de eenvoudige uitvoering (figuren 15 en 17) en het ontbreken van de opwaartse druk tegen de vloer (opdrijven).

Als nadelen zijn op te noemen:

- het kontinu aanwezig zijn van een waterstandsverschil tussen het water in de kolk en het grondwater. Daardoor zal er altijd een grondwaterstroming in dwarsrichting bestaan, met het gevaar dat zanddeeltjes worden meegenomen. Bij een fundering op staal, zoals die hier wordt toegepast (zie ook het hoofdstuk van de fundering), is juist het op de plaats blijven van zanddeeltjes een eerste vereiste. Een (zwakke) grondwaterstroming in langsrichting van de sluis, dat wil zeggen van boven- naar benedenhoofd, is er altijd als gevolg van het verval. Stroming in dwarsrichting is te voorkomen door een waterdichte vloer toe te passen.
- het niet droog kunnen zetten van de kolk voor bijvoorbeeld inspectie.
- per hoofd zijn twee onder- en achterloopsheidschermen nodig; één daarvan dient als reservescherm voor het andere en vormt een extra lange weg voor het grondwater
- het gevaar van dichtslibben van de vloer waardoor deze alsnog kan worden opgelicht.

Gekozen is derhalve voor een gesloten kolkkonstruktie volgens de manier van figuur 18 of figuur 19.

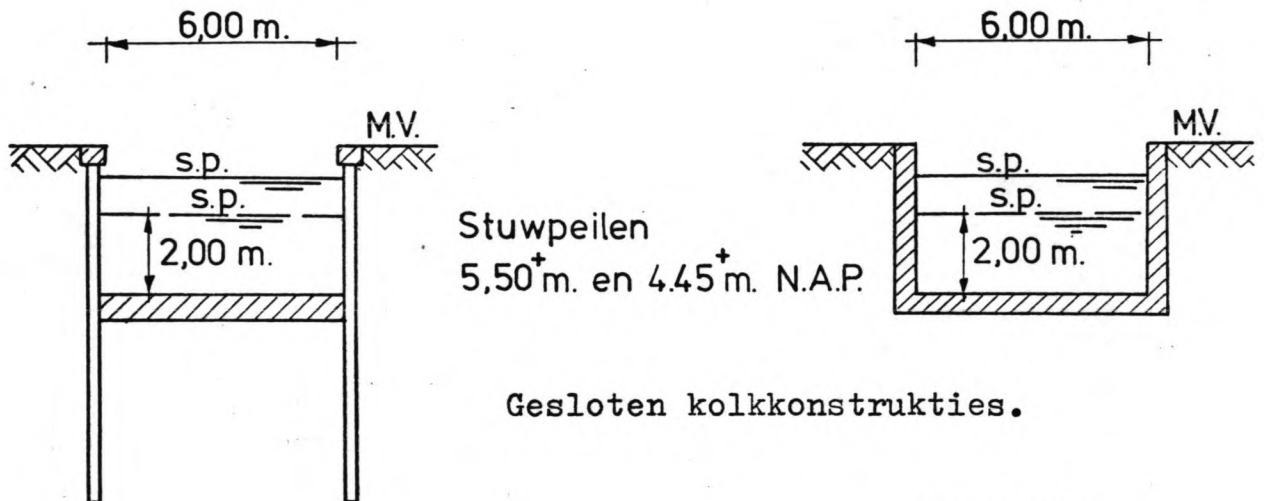
De wanden zijn waterdicht met de vloer verbonden.

De damwanden van figuur 18 zijn in principe zowel in staal, hout als beton uit te voeren. Door de moeilijkheden bij het heien in zanderige grond vallen de dikkere houten en beton-

nen damwanden af.

De vloer tussen beide damwanden is te maken in de vorm van een gewichtsvloer of een opgelegde vloer. Het grote eigen gewicht van de gewichtsvloer biedt weerstand aan de opwaartse waterdruk. Het beton kan onder water worden gestort. Een nadeel van een dergelijke vloer is z'n grote dikte. Bovendien moet de naad tussen de betonnen vloer en de damwand waterdicht gemaakt worden (afdichtmiddel, enz.).

De opgelegde vloer is gemaakt van gewapend beton, welke in dwarsrichting aan de uiteinden tegen de damwanden is opgelegd.



Figuur 18.

Figuur 19.

Als nadeel ook hier de moeilijk waterdicht te maken verbinding tussen vloer en wand. Daarnaast zijn stalen damwanden aan corrosie onderhevig.

Wanneer de damwanden nu niet diep genoeg reiken bestaat er het gevaar dat vloer en damwanden gezamenlijk omhoog worden gedrukt. Om dat te voorkomen worden de damwanden diep geslagen.

Beide varianten, gewichtsvloer en opgelegde vloer, zijn pas economisch ten opzichte van het bakprofiel van figuur 19,

indien het verval gering is en de sluizen groot. Dan namelijk komen de voordelen van een damwand-met-vloer konstruktie (snel en eenvoudig te bouwen, etc.) gunstiger uit ten opzichte van die van het waterdichte bakprofiel.

Bij kleine sluizen zoals hier bij Mariënberg leggen de voordelen van het konstruktietype volgens figuur 18 maar weinig gewicht in de schaal.

Naast bovengenoemde konstruktieve redenen is er ook nog een reden uit het oogpunt van de gebruiker waarom figuur 18 minder geschikt is. De damwanden worden afgewerkt en verankert met behulp van een deksloof en een gording.

Nu kunnen plezierjachten hieronder bekneld raken zodat ze kantelen of op z'n minst (flink) beschadigd worden. Om dit te voorkomen zou de kolkwand vlak afgewerkt moeten worden.

Vandaar dat gekozen is voor een konstruktie volgens figuur 19. De voordelen van een dergelijk gesloten, betonnen bakprofiel zijn onder andere:

- in lengterichting is de kolkwand goed recht te maken. Damwanden willen nog wel eens 'uitzakken'.
- reductie van het veldmoment in de vloer door inklemming in de wanden.
- de kolkwand is goed vlak af te werken; er zijn géén uitstekende delen.
- men heeft alleen maar te maken met een grondwaterstroming in langsrichting dat wil zeggen van bovenhoofd naar benedenhoofd.
Het gevaar voor de fundering op staal, het uitspoelen van zand, blijft beperkt tot één richting.

Maar er dient wél aandacht te worden besteed aan het gevaar van opdrijven! Nadere berekeningen verderop in dit verslag zullen aantonen dat er geen reëel gevaar aanwezig is.

6. SLUISVULLING.

Bij het nivelleren van een waterstandsverschil binnen en buiten de kolk zijn er een drietal principiële oplossingen n.l.:

- a) vullen en ledigen door de hoofden
- b) vullen en ledigen door de wand (-en)
- c) vullen en ledigen door de vloer.

Wanneer van de hoofden gebruik wordt gemaakt, dan kan nivellering geschieden o.a. door:

- openingen in de deuren.
- het enigszins openen van de deuren (bij hefdeuren bijvoorbeeld door deze enigszins op te trekken, gevolg is dat een woelbak moet worden aangebracht).
- omloopriolen in het hoofd.

Bij vullen en ledigen van de kolk door wand(-en) en vloer zal men steeds gebruik maken van riolen (langsriolen, middenriolen, omloopriolen).

De afmeting en vorm van dergelijke riolen moeten zodanig zijn dat door algengroei of andere afzettingen of verontreinigingen deze riolen niet verstopt kunnen raken.

Bovendien worden de riolen afgesloten met afsluiters die ook op hun tijd om een onderhoudsbeurt vragen.

Daartoe dienen deze afsluiters bereikbaar te zijn. Dit alles gememoreerd aan het uitgangspunt van een simpele en eenvoudige sluis, zowel wat betreft de konstruktie als de bediening ervan door de sluiswachter en de overzichtelijkheid van het totale schutproces voor de watersporter, doet bodem- en wandvulling als alternatief afvallen.

Hetzelfde geldt voor het nivelleren van de kolk met behulp van riolen door de hoofden, ook hier algengroei en daarvoor intensiever onderhoud.

Bij toepassing van een "groene kolk" (d.w.z. een kolk begrensd door een natuurlijk talud in plaats van verticale wanden) is bodem- en wandvulling toch al onmogelijk. Doordat de keuze van het afsluitmiddel gevallen is op puntdeuren valt de mogelijkheid van sluisvulling door het openen van de deuren ook weg.

Blijft over het nivelleren van het waterstandsverschil door openingen in de deur.

Bij het vullen van de sluiskolk wordt het water in de kolk vertraagd, er vindt energievernietiging plaats.

De schepen in de kolk zijn hieraan onderhevig.

Bij het ledigen van de sluiskolk wordt het water in de kolk versneld maar de schepen hebben hier weinig hinder van. Buiten de sluiskolk wordt het water vertraagd. Nu is de bodem onderhevig aan energievernietiging en om deze aanval te kunnen weerstaan moet de bodem beschermd worden (stortebed).

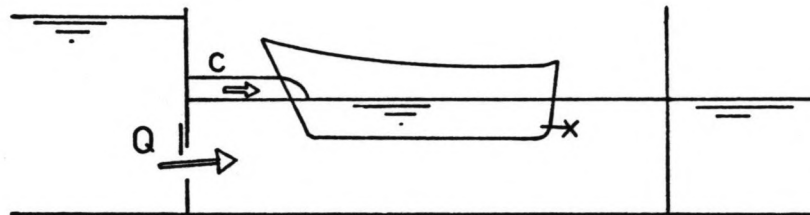
Bij het vullen van de kolk treden er allerlei hydraulische verschijnselen op die krachten geven op een jacht.

Het is zaak deze krachten zo beperkt mogelijk te houden, te meer daar het lichte, kwetsbare plezierjachten betreft. Daarom mag het wateroppervlak ook beslist niet woelig worden. Vulling van de kolk door de deuren is een langsvulstelsel, zodoende zijn de krachten in hoofdzaak dan ook langskrachten.

De hydraulische krachten zijn terug te leiden tot een viertal componenten n.l.

- a) de translatiegolf
- b) een waterspiegelafzinking
- c) een straalwerking
- d) de huidwrijving en golfweerstand van het schip.

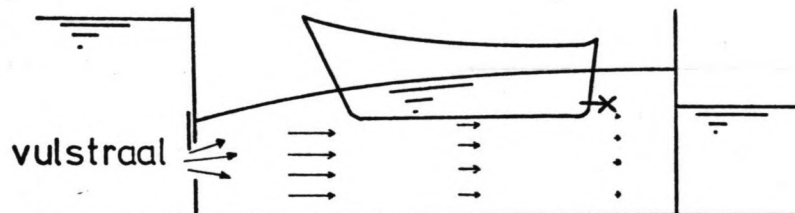
ad a) De translatiegolf.



Translatiegolf. Figuur 20.

- Helling van de waterspiegel wordt bepaald door het debiet Q .
- De translatiegolf kaatst afwisselend tegen beneden- en bovenhoofd terug (periode T veel kleiner dan de vultijd van de kolk).
- Verloop van het debiet in de tijd is van belang voor 't verloop van de langskrachten.
Bij een meer dan lineair toenemend debiet nemen ook de langskrachten toe.

ad b) Een waterspiegelafzinking.



Waterspiegelafzinking. Figuur 21.

- Afhankelijk van het debiet en de snelheid van de vulstraal treedt een waterspiegelafzinking ter plaatse van deze vulstraal op. De stroomsnelheid neemt in de richting van het benedenhoofd af waardoor er een negatief verhang optreedt.
- Invloed is het grootst voor schepen die bij een maximaal debiet voor in de kolk liggen.

ad c) Een straalwerking.

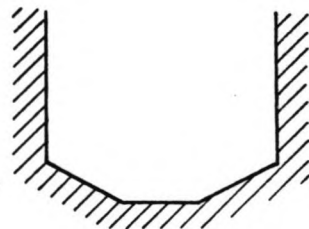
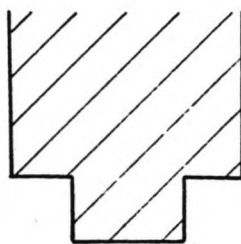
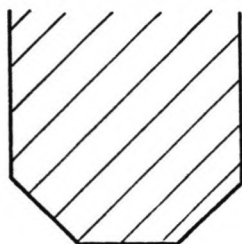
- Deze werkt op de boeg van het schip.
- Naarmate het peil in de kolk toeneemt, neemt de straalwerking af.
- Alleen van belang als het jacht dicht bij de vulopening ligt.

ad d) De huidwrijving en golfweerstand van het schip.

- De rol is niet groot omdat de snelheden naast het schip (over de natte doorsnede) niet groot zijn.

Men kan proberen deze hydraulische krachten op een gunstige wijze te beïnvloeden.

De translatiegolf is te beïnvloeden door het verloop van het debiet in de tijd aan te passen. Daarvoor kan een aangepast hefprogramma worden gebruikt maar ook, zoals beter is in dit geval, door toepassing van een bijzondere vormgeving van vulopening of van schuif (zie figuur 22).



Speciale vorm van de schuiven.

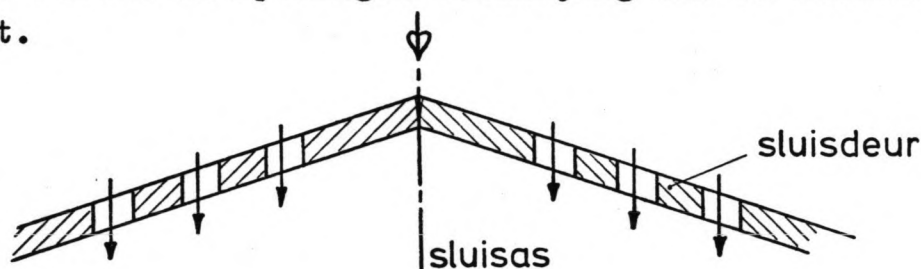
Bijzondere vormgeving van de vulopening.

Figuur 22.

Het meest eenvoudig te realiseren is een afgeschuinde schuif. Een qua vormgeving aangepaste vulopening is veel meer arbeidsintensief.

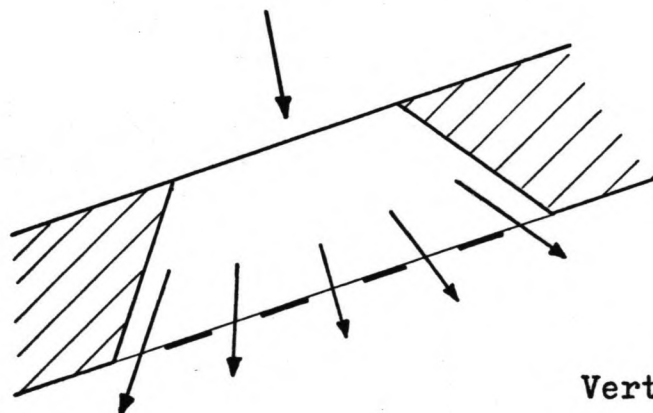
Wil men de waterspiegelafzinking bij de straal en het negatieve verhang verkleinen, dan zal gezorgd moeten worden voor een goed stroombeeld. Het instromende water moet zich vlak achter de openingen zo goed mogelijk over het gehele dwarsprofiel van de kolk verdelen.

Daartoe worden de openingen evenwijdig aan de sluisas geplaatst.



Figuur 23. Inlaten evenwijdig aan de sluisas.

Voor een goede stroomverdeling in breedterichting worden vertikale breekbalken en een divergerende opening toegepast.



Vertikale breekbalken.

Figuur 24.

Een afgeschuinde bovenkant van de vulopening wordt gebruikt om in hoogterichting een goed stroombeeld te verkrijgen: de straal wordt meer naar het oppervlak gericht.

Deze afschuining mag beslist niet teveel bedragen daar anders woelingen aan het wateroppervlak optreden en dat is bij deze sluis voor alleen maar plezierjachten niet toelaatbaar.

7. FUNDERING.

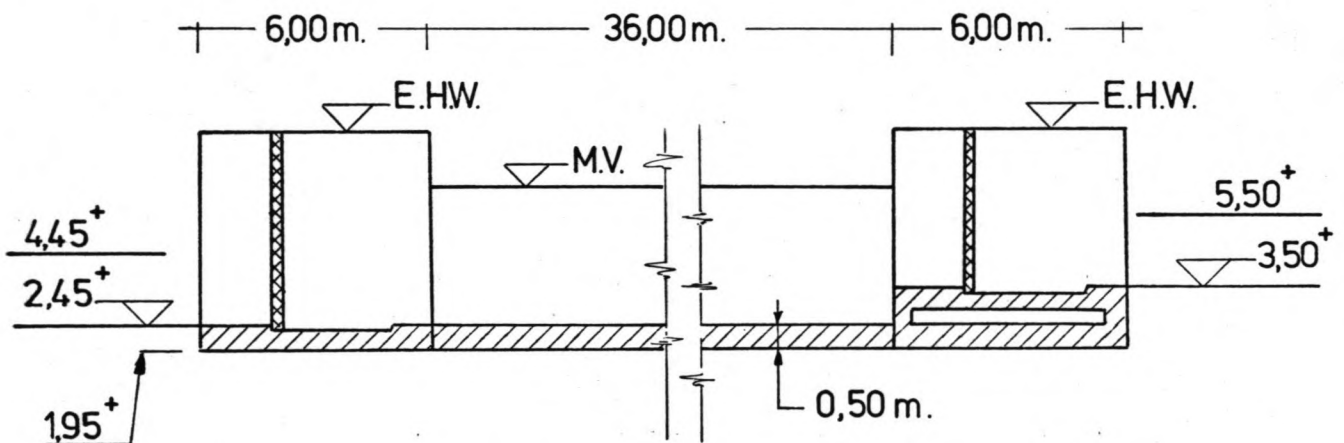
Voor de keuzebepaling van het type fundering en voor de verdere berekeningen is hier uitgegaan van de gegevens van het grondonderzoek, verricht voor de bouw van de doorlaatbrug. Deze brug ligt nabij de bouwplaats zodat optredende afwijkingen klein zijn.

De meetgegevens zijn weergegeven in bijlage 1 t/m 4.

Het blijkt dat de draagkrachtige laag begint op $1,00^+$ m.

à $2,00^+$ m. N.A.P. De conusweerstand van die laag bedraagt $\pm 16 \text{ MN/m}^2$ ($= 16 \text{ N/mm}^2$).

Uitgaande van een geschatte vloerdikte van $0,50$ m., komt de onderkant van de schutsluis te liggen op $1,95^+$ m. N.A.P. zie ook figuur 25.



Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

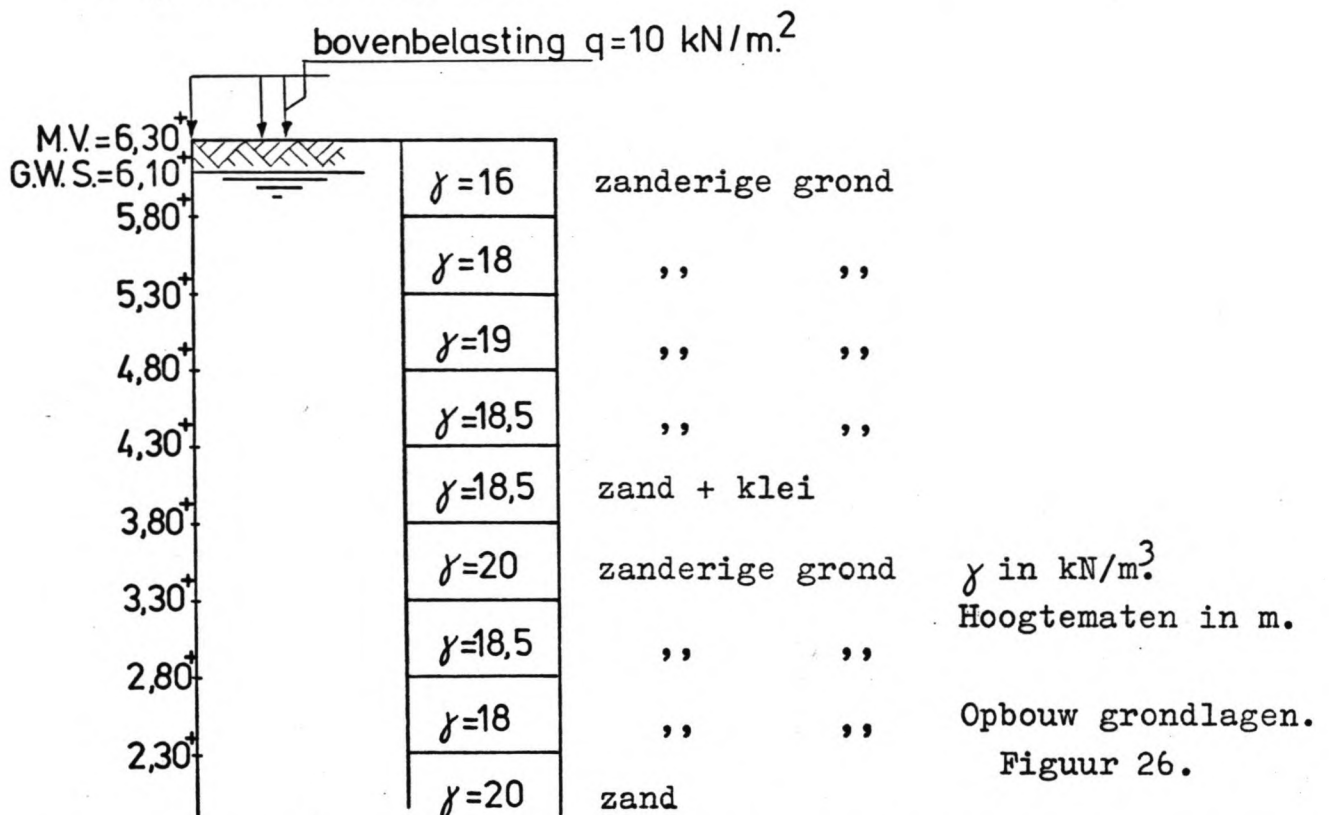
Lengtedoorsnede over de schutsluis
(met aangegeven de belangrijke maten).

Figuur 25.

Een palenfundering zou in dit geval niet geschikt zijn (korte palen). Een puttenfundering daarentegen is een fundering voor de grote en zware konstrukties. Beide funderingstypen zijn hier zeer oneconomisch.

De meest voor de hand liggende funderingstechniek is die van de fundering op staal. Nadere metingen ter plaatse moeten betere gegevens verschaffen. De slechte, niet draagkrachtige lagen zullen moeten worden verwijderd en aangevuld moeten worden met goede zandgrond. Deze moet worden verdicht om voldoende draagkracht te krijgen. Er is hier uitgegaan dat door het verdichten een ondergrond ontstaat met -zie ook het Polytechnisch Zakboek- een toelaatbare druk van $\bar{\sigma}_d = 0,15 \text{ N/mm}^2$. (= 150 KN/m^2 .)

De opbouw van de grondlagen (zie ook bijlage 4) is weergegeven in figuur 26.



Voor de λ -waarden is de tabel van bijlage 5 aangehouden te weten voor zanderige grond $\lambda_a = 0,30$ en voor zand + klei $\lambda_a = 0,35$.

8. BEREKENING KOLK.

De opzet en bedoeling van deze berekeningen is te komen tot een benadering van de konstruktieafmetingen van sluiscolken en hoofden.

Het precies bepalen van de hoeveelheden wapening hoort meer thuis in een betonoefening. Wanneer de grootste krachten en momenten bekend zijn liggen ook de afmetingen van de konstruktie vast.

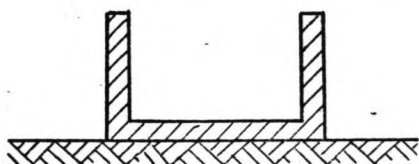
Voor het tot stand komen van het kunstwerk zijn er een aantal handelingen c.q. stadia te onderscheiden te weten:

- het ontgraven en het in werking stellen van de bemaling van de bouwput.
- het stellen van de bekisting, het vlechten van de wapening en het storten van het beton (sluis wordt in moten gestort met het oog op krimpspanningen).
- na verharden van het beton wordt de bekisting verwijderd.
- het kunstwerk wordt aangeaard en de bemaling stopgezet (men laat het grondwater omhoog komen).
- de afwerking van het geheel.

Met deze stadia als leidraad zijn een aantal mogelijke maatgevende belastinggevallen bepaald voor de kolkwand en kolkvloer.

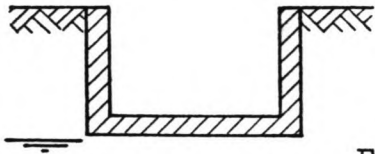
Belastinggeval I: het bakprofiel is nog niet aangeaard.

De bemaling werkt nog steeds en er is géén bovenbelasting. De konstruktie wordt nu alleen belast door zijn eigen gewicht.



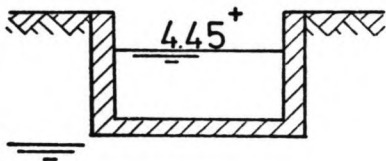
Figuur 27.

Belastinggeval II: de kolkwanden zijn aangeaard, de grondwaterstand is nog laag en de kolk is leeg. Er is wel een bovenbelasting.



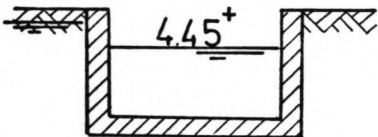
Figuur 28.

Belastinggeval III: het profiel is aangeaard; lage grondwaterstand en de kolk is vol ($4,45^+$ m. N.A.P.) Dit moet worden beschouwd als een calamiteitsgeval waarbij de bemaling te lang is doorgezet, het grondwater slechts langzaam omhoog komt en de kolk veel te snel is gevuld. Ook hier een bovenbelasting.



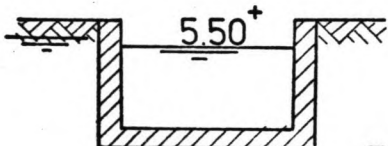
Figuur 29.

Belastinggeval IV: de schutsluis is normaal in gebruik, waarbij binnen de kolkwanden een waterpeil van $4,45^+$ m. N.A.P. heerst en daarbuiten de normale (al aan de hoge en dus veilige kant zijnde) grondwaterstand van $6,10^+$ m. N.A.P. Wel sprake van een bovenbelasting.



Figuur 30.

Belastinggeval V: sluis normaal in bedrijf met binnen in de kolk een waterpeil van $5,50^+$ m. N.A.P. en erbuiten de normale grondwaterstand. Bovenbelasting



Figuur 31.

Voor de bovenbelasting wordt een gelijkmatige verdeelde q-belasting van 10 kN/m^2 aangehouden. Hierbij is gedacht aan materieel dat vlak naast de kolk staat.

Er is ook nog de situatie waarbij binnen in de kolk het maximale schutpeil van $6,30^+ \text{ m}$. N.A.P. staat. Aangenomen wordt dat dan ook G.W.S. hetzelfde niveau heeft.

In horizontale richting heffen de beide waterdrukken elkaar op. Er resteert alleen nog maar de horizontale korreldruk met op niveau $2,20^+ \text{ m}$. N.A.P. een waarde van $14,5 \text{ kN/m}^2$ (met bovenbelasting, zie ook bijlage 9).

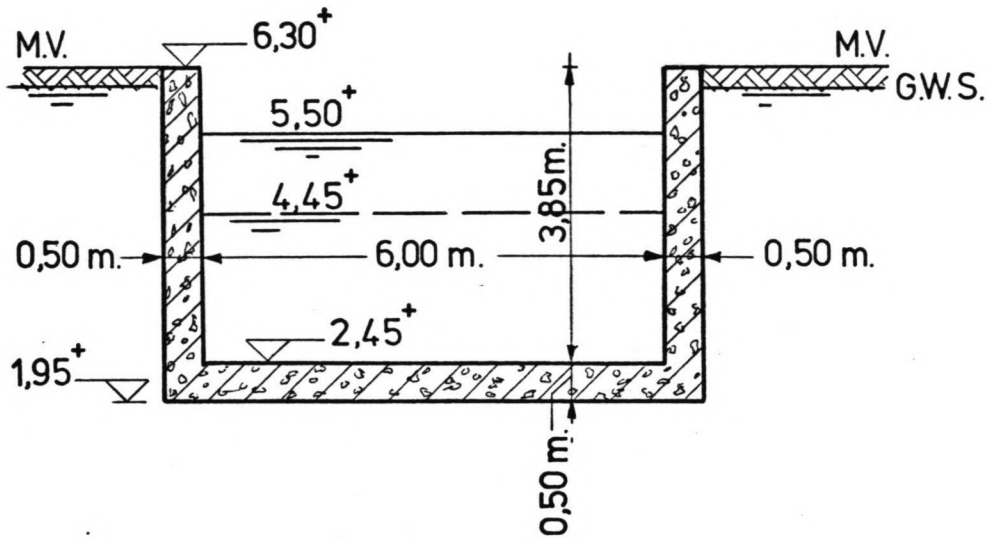
Vergeleken met belastinggeval II (zie blz. 38) zijn de krachten en momenten bij deze situatie altijd kleiner.

Een belastinggeval waarbij buiten de kolk het (hoge) normale grondwaterpeil heerst en binnen in de kolk geen water staat, is niet als mogelijk optredende situatie meegenomen.

Want als men het grondwater laat opkomen, zal door eenvoudig de deuren van het benedenhoofd open te laten staan, het waterpeil binnen en buiten de kolk gelijk stijgen.

Voor eventueel opbarsten van de ondergrond en de keuze van een geschikte bemaling wordt verwezen naar het eind van dit hoofdstuk.

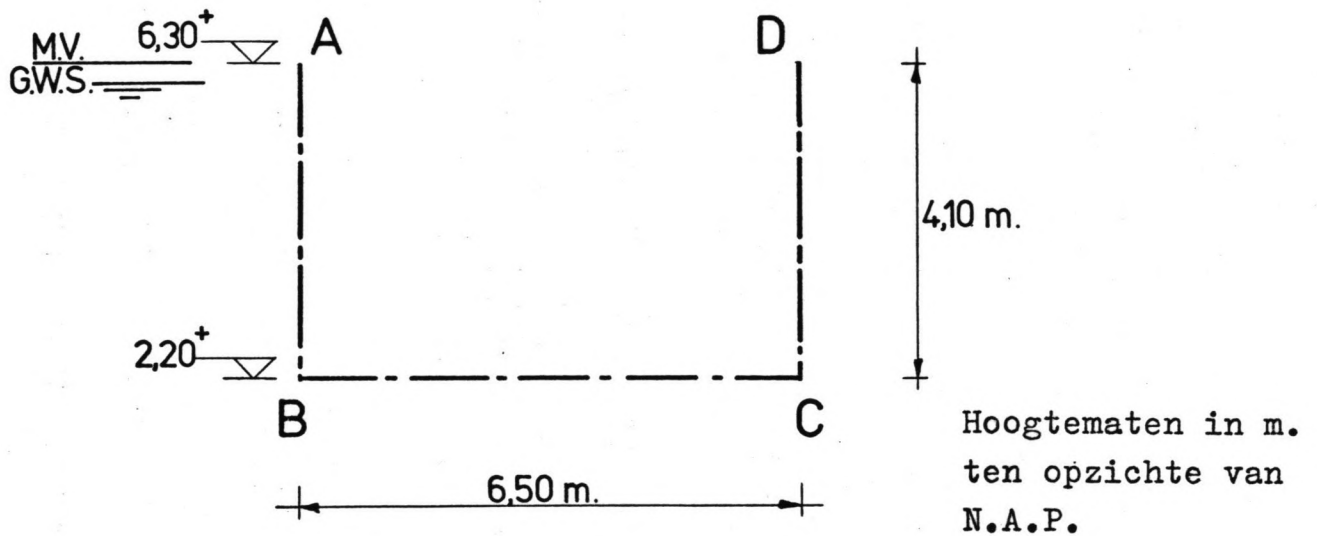
Ter schematisering van de kolkconstructie worden vloeren en wanden beiden geschat op een dikte van $0,50 \text{ m}$. (zie figuur 32). De systeemlijn van de constructie krijgt de gedaante van figuur 33 waarbij de vloer in de wanden ingeklemd is gedacht. Er is wel gedacht om het betonwerk van de kolkwanden te beperken en deze naar boven tapsvormig te laten toelopen. Echter het extra werk met wapening en bekisting weegt bij dergelijk kleine afmetingen niet op tegen de geringe besparing op het beton. De wanden worden daarom vertikaal recht omhoog getrokken.



Hoogtematen in meters ten opzichte van N.A.P.

Konstruktieafmetingen.

Figuur 32.



Hoogtematen in m.
ten opzichte van
N.A.P.

Systeemlijn kolkprofiel.

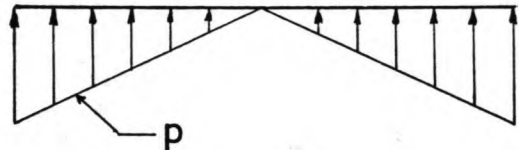
Figuur 33.

Tenslotte nog even, voordat met de eigenlijke berekeningen wordt begonnen, iets over de tegendruk die door de ondergrond wordt geleverd.

In de loop der jaren is voor een sluisvloer, gefundeerd op staal, gerekend met verschillende soorten tegendrukdiagrammen. Eén van deze diagrammen is het dubbele, driehoekige tegendrukdiagram.

Hierbij was de redenering dat langs en in de kolkwanden puntlasten naar beneden gevoerd worden die daar ter plaatse dan ook grotere tegendrukken opwekken. Dit beeld werd nog versterkt door de

grotere stijfheid van de konstruktie bij de ontmoeting vloerwand. Bij het dimensioneren op dit diagram, komt de zware wapening onder in de vloer te liggen. Wapening van de hoeken wordt als gevolg van een groot positief veldmoment en een kleine sluisbreedte, over de gehele breedte doorgetrokken.



Driehoekig tegendrukdiagram.

Figuur 34.

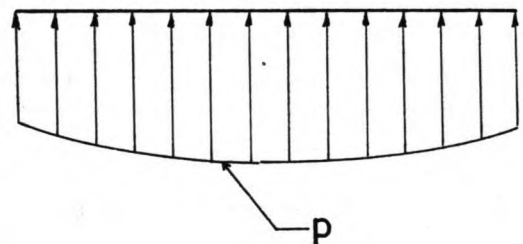
Er zijn echter sluisvloeren in het midden bezweken doordat daar de wapening bovenin te gering was. De sluis bleek op een soort katterug te staan.

Voor het optreden van een katterug zijn een paar oorzaken op te noemen n.l.

a) door het invloeden van het water uit 't talud zal de grondverbetering aan de zijkanten van mindere kwaliteit zijn.

b) door het rijden van vrachtauto's, betonwagens etc. over het midden van de

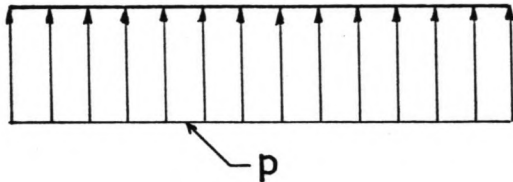
sluisvloer wordt de grond daar veel meer verdicht. Een katterug tegendrukdiagram geeft een zware wapening boven in de sluisvloer.



'Katterug'- tegendrukdiagram.

Figuur 35.

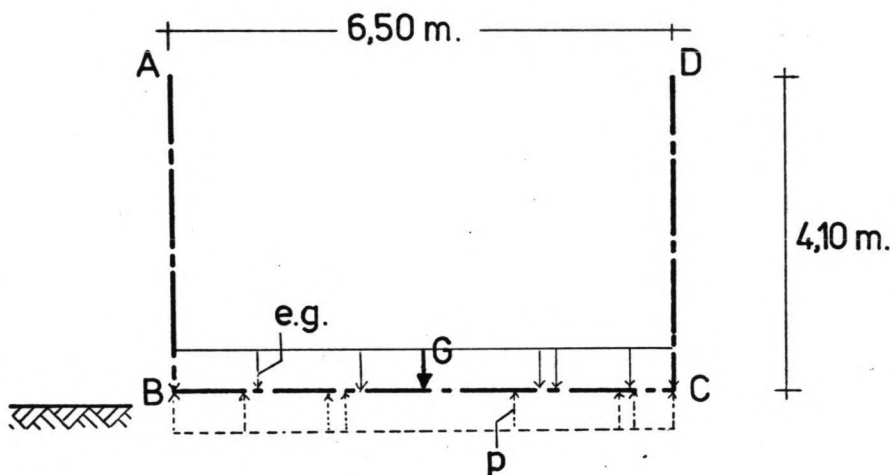
Er wordt hier gewerkt met een gelijkmatige tegendruk p . De voor- en nadelen van beide, vorige diagrammen worden met dit diagram enigszins ondervangen.



Gelijkmatig tegendrukdiagram.

Figuur 36.

Belastinggeval I: het profiel niet aangeaard, lage G.W.S. (géén bovenbelasting).



Figuur 37.

Voor een moot van de schutkolk van één strekkende meter geldt:

$$G = \text{eigen gewicht (totaal; droog)} \\ = (2.3,85 + (6,00 + 2.0,50)) \cdot 0,50 \cdot 24 = 176,4 \text{ kN.}$$

$$\text{Tegendruk van de ondergrond} = p = \frac{+G}{6,50} = +27,1 \text{ kN/m}^2 \\ (\text{naar boven gericht!}).$$

De controle met betrekking tot de draagkracht van de grondverbetering wordt uitgevoerd aan het eind van dit hoofdstuk.

Inklemmingsmoment op de hoeken B en C bedraagt:

$$M_i = M_B = M_C = 0.$$

Het veldmoment van BC is:

$$M_v = M_i - p \cdot (6,50)^2 / 8 = -143,1 \text{ kNm.}^* \text{ (teken: } \sim \text{)}$$

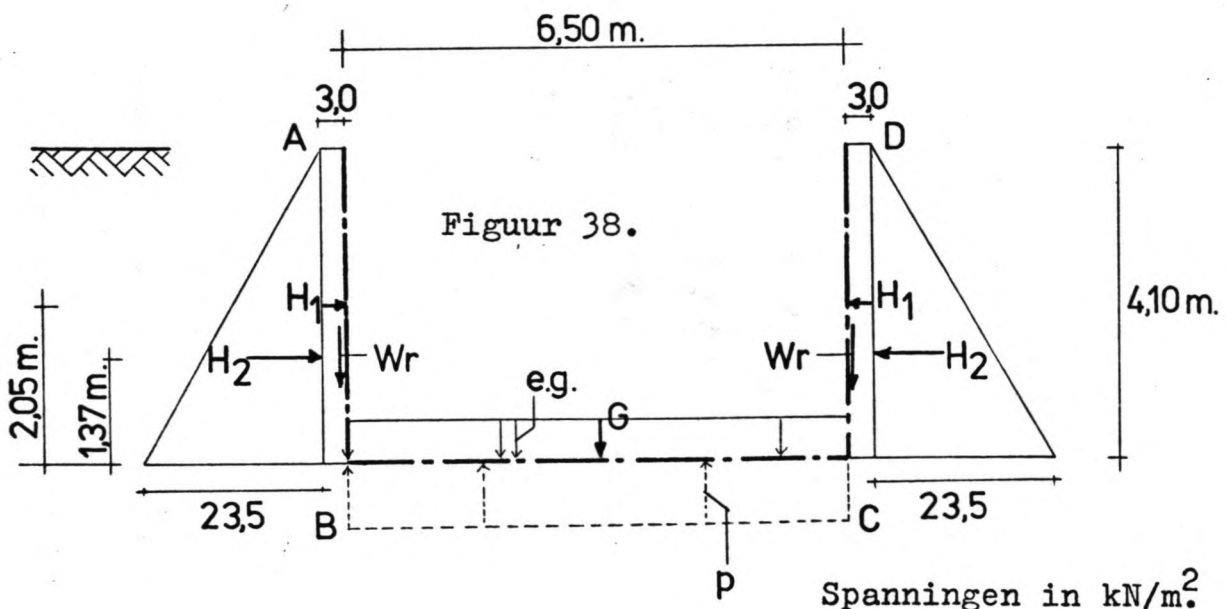
De horizontale en verticale dwarskrachten ter plaatse van de inklemmingen bij B en C:

$$D_{i, \text{hor.}} = 0.$$

$$D_{i, \text{vert.}} = \text{eigen gewicht van de wand} \\ = 4,10 \cdot 0,50 \cdot 24 = 49,2 \text{ kN.}$$

Bij belastinggeval I is er uiteraard geen gevaar voor opdrijven ($p = \text{positief}$).

Belastingsgeval II: de wanden van de schutkolk zijn aangeaard, lage G.W.S. en de kolk zelf leeg. (wel bovenbelasting).
Zie ook bijlage 6 en 7.



* p moet eigenlijk zijn $p\text{-e.g.}$, maar door te rekenen met p blijft men wel aan de veilige kant. De konstruktie wordt enigszins overgedimensioneerd.

Men beschouwt weer een moot van één meter.

$$G = 176,4 \text{ kN.} = \text{eigen gewicht.}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk ten ge-} \\ &\quad \text{volge van alleen de bovenbelasting} \\ &= 4,10 \cdot 3,0 = 12,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk (zonder} \\ &\quad \text{bovenbelasting)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,10 \cdot 23,5 = 48,2 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Voor de wrijving van de grond langs de wand naar beneden is hier een waarde aangehouden die gelijk is aan de helft van de totale, horizontale korreldruk.

Deze wrijving is een combinatie van inklinken van de grond naast de kolk, waardoor die grond als het ware aan de wand gaat hangen, en van (vooral) het naar het elkaar toe buigen van de wanden waardoor de grond in verticale zin op de wand gaat steunen.

$$\text{Wrijving } W_r \text{ langs de wand naar beneden: } W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2).$$

$$\text{- met bovenbelasting } W_r = 30,2 \text{ kN.}$$

$$\text{- zonder bovenbelasting } W_r = 24,1 \text{ kN.}$$

$$\text{Tegendruk } p \text{ van de ondergrond: } p = \frac{+G + 2 \cdot W_r}{6,50}$$

$$\text{- met bovenbelasting en met wrijving } p = +36,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- met bovenbelasting maar zonder wrijving } p = +27,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- zonder bovenbelasting, met wrijving } p = +34,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- zonder bovenbelasting, zonder wrijving } p = +27,1 \text{ kN/m}^2$$

(Kontrolle van de draagkracht aan het eind van het hoofdstuk).

Inklemmingsmomenten bij de hoeken B en C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,05 + H_2 \cdot 1,37$$

- met bovenbelasting $M_i = +91,2$ kNm.
(teken (op BA en teken \cup op BC).
- zonder bovenbelasting $M_i = +66,0$ kNm.
(teken (en \cup).

Veldmoment van BC: $M_v = M_i - p \cdot (6,50)^2 / 8$

- met bovenbelasting, met wrijving
 $M_v = -101,0$ kNm. (teken \sim).
- met bovenbelasting, zonder wrijving
 $M_v = -51,9$ kNm. (teken \sim).
- zonder bovenbelasting, met wrijving
 $M_v = -116,7$ kNm. (teken \sim).
- zonder bovenbelasting, zonder wrijving
 $M_v = -77,1$ kNm. (teken \sim).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

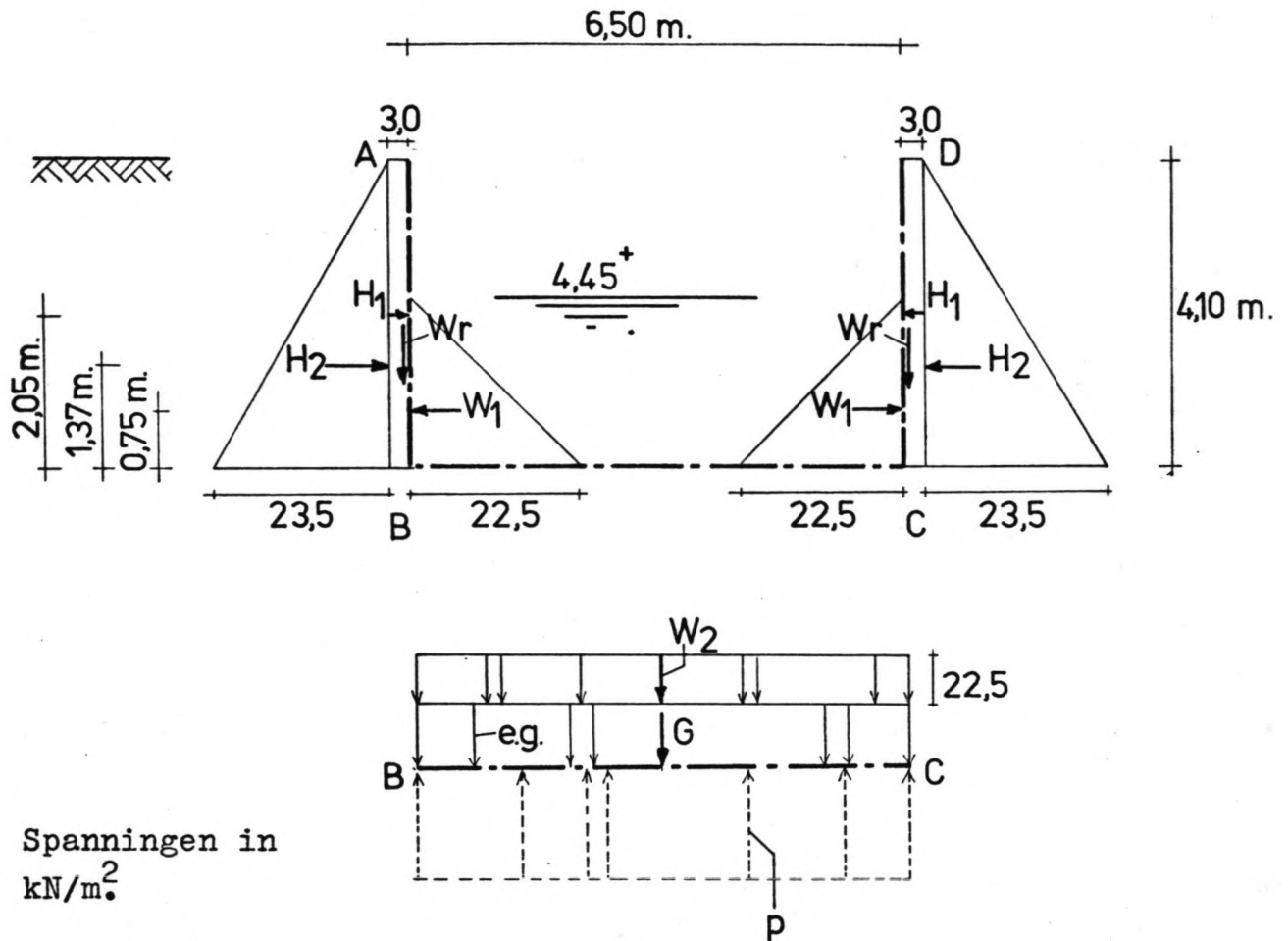
$$D_{i,hor} = H_1 + H_2 ; \quad D_{i,vert} = W r + e.g. \text{ wand}$$

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 60,5$ kN.
 $D_{i,vert} = 79,4$ kN.
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 48,2$ kN.
 $D_{i,vert} = 73,3$ kN.

Opmerking: ook hier geen gevaar voor opdrijven (p steeds positief).

Belastingsgeval III: het profiel is aangeaard, lage grondwaterstand en het waterpeil binnen in de kolk is $4,45^+$ m. N.A.P. (zie figuur 39; (calamiteitsgeval).

Er kan bovenbelasting aanwezig zijn.
Zie ook de gegevens op bijlage 6 en 7.



Beschouw een moot van één meter.

$$G = \text{eigen gewicht} = 176,4 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk ten gevolge van alleen de bovenbelasting} \\ &= 4,10 \cdot 3,0 = 12,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk (zonder bovenbelasting)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,10 \cdot 23,5 = 48,2 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{resultante van de waterdruk in de kolk op de wand} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2,25 \cdot 22,5 = 25,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{resultante van de waterdruk in de kolk op de kolkvloer} \\ &= 6,50 \cdot 22,5 = 146,2 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Wrijving W_r langs de wand naar beneden: $W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2)$.

- met bovenbelasting $W_r = 30,2 \text{ kN}$.
- zonder bovenbelasting $W_r = 24,1 \text{ kN}$.

Tegendruk p van de ondergrond: $p = \frac{+G + 2 \cdot W_r + W_2}{6,50}$

- met bovenbelasting en met wrijving
 $p = +58,9 \text{ kN/m}^2$
- met bovenbelasting, zonder wrijving
 $p = +49,6 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting maar met wrijving
 $p = +57,0 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting en zonder wrijving
 $p = +49,6 \text{ kN/m}^2$

(Kontrolle van de draagkracht van de ondergrond aan het eind van dit hoofdstuk).

Inklemmingsmomenten bij hoek B en hoek C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,05 + H_2 \cdot 1,37 - W_1 \cdot 0,75$$

- met bovenbelasting $M_i = +72,3 \text{ kNm}$.
(teken (op BA en teken \cup op BC).
- zonder bovenbelasting $M_i = +47,1 \text{ kNm}$.
(teken (en \cup).

Veldmoment van BC: $M_v = M_i - p \cdot (6,50)^2 / 8$

- met bovenbelasting en met wrijving
 $M_v = -238,8 \text{ kNm}$. (teken \wedge).
- met bovenbelasting maar zonder wrijving
 $M_v = -189,6 \text{ kNm}$. (teken \wedge).
- zonder bovenbelasting, met wrijving
 $M_v = -253,9 \text{ kNm}$. (teken \wedge).
- zonder bovenbelasting en zonder wrijving
 $M_v = -214,8 \text{ kNm}$. (teken \wedge).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = +H_1 + H_2 - W_1 \quad ; \quad D_{i,vert} = W_r + e.g. \text{ wand}$$

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 35,2 \text{ kN}$.

- zonder bovenbelasting

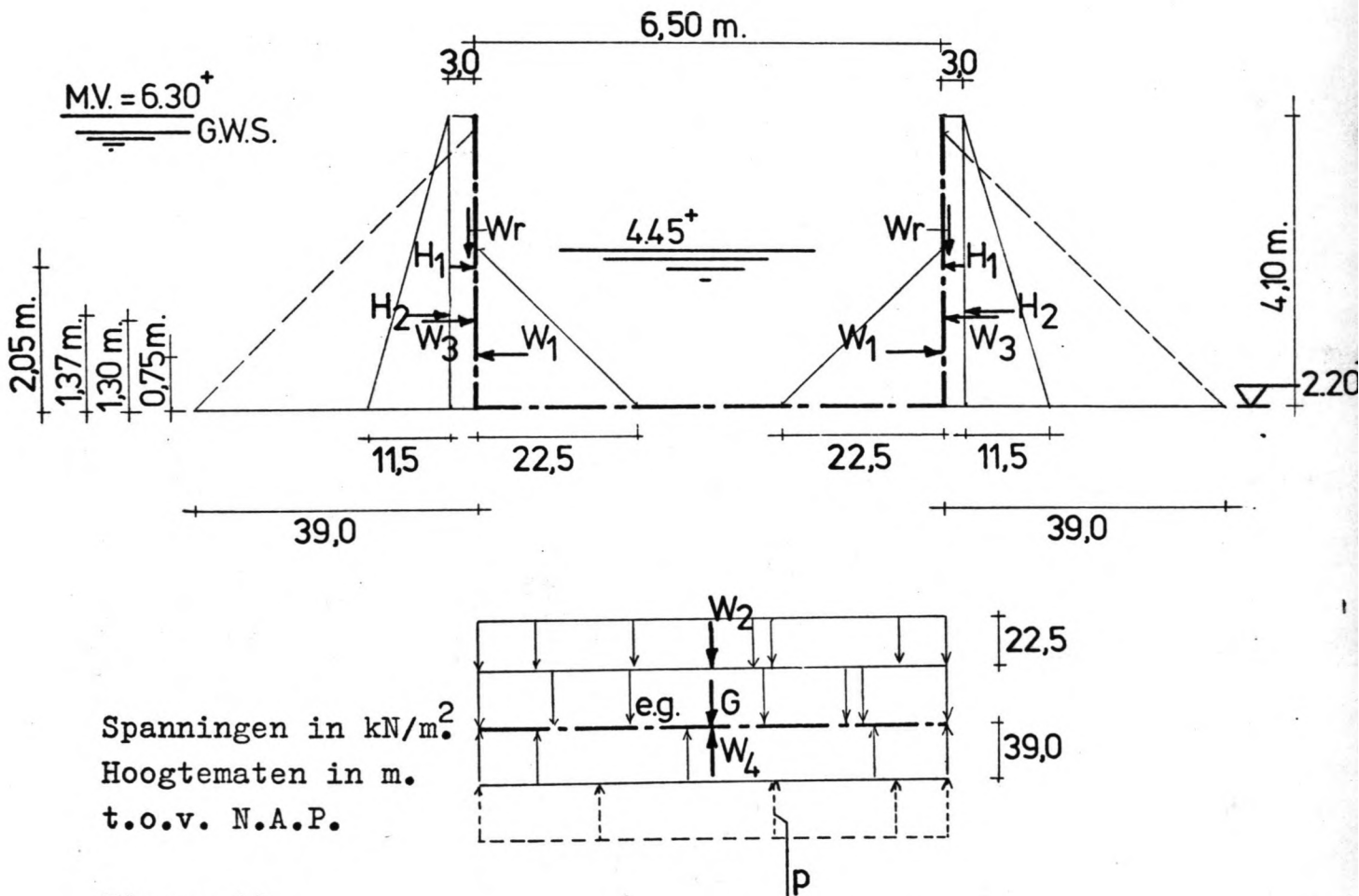
$$D_{i,vert} = 79,4 \text{ kN.}$$

$$D_{i,hor} = 22,9 \text{ kN.}$$

$$D_{i,vert} = 73,3 \text{ kN.}$$

Opmerking: bij dit belastingsgeval opnieuw geen gevaar voor opdrijven daar p steeds positief blijft.

Belastingsgeval IV: de schutsluis is normaal in gebruik, normale grondwaterstand en waterpeil binnen in de kolk is $4,45^+$ m.N.A.P. (zie figuur 40). Bovenbelasting is mogelijk. Zie ook de gegevens van bijlage 8 en 9.



Figuur 40.

Beschouw een moot van één meter.

$$G = \text{eigen gewicht} = 176,4 - ((6,00 + 2 \cdot 0,50) \cdot 0,50 \cdot 10 + 2,00 \cdot 0,50 \cdot 10) = 131,4 \text{ kN.}$$

(176,4 kN. is het eigen gewicht, droog; zie ook belastingsgeval I).

$$\begin{aligned} H_1 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk (alleen} \\ &\quad \text{bovenbelasting)} \\ &= 4,10 \cdot 3,0 = 12,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= \text{resultante van de horizontale korreldruk (zonder} \\ &\quad \text{bovenbelasting)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,10 \cdot 11,5 = 23,6 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{resultante van de waterdruk binnen, op de kolk-} \\ &\quad \text{wand} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2,25 \cdot 22,5 = 25,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{resultante van de waterdruk binnen, op de kolk-} \\ &\quad \text{vloer} \\ &= 6,50 \cdot 22,5 = 146,2 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \text{resultante van de grondwaterdruk op de kolkwand} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,90 \cdot 39,0 = 76,0 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_4 &= \text{resultante van de grondwaterdruk tegen de kolk-} \\ &\quad \text{vloer} \\ &= 6,50 \cdot 39,0 = 253,5 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wrijving } W_r \text{ langs de wand naar beneden: } W_r &= \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2) \\ - \text{ met bovenbelasting} \quad W_r &= 18,0 \text{ kN.} \\ - \text{ zonder bovenbelasting} \quad W_r &= 11,8 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\text{Tegendruk } p \text{ van de ondergrond: } p = \frac{+G + 2 \cdot W_r + W_2 + W_4}{6,50}$$

$$\begin{aligned} - \text{ met bovenbelasting, met wrijving} \\ p &= +9,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- met bovenbelasting en zonder wrijving
 $p = +3,7 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting maar met wrijving
 $p = +7,3 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting en zonder wrijving
 $p = +3,7 \text{ kN/m}^2$

Inklemmingsmomenten bij hoek B en hoek C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,05 + H_2 \cdot 1,37 + W_3 \cdot 1,30 - W_1 \cdot 0,75$$

- met bovenbelasting $M_i = +137,4 \text{ kNm}$.
(teken (en \cup)).
- zonder bovenbelasting $M_i = +112,2 \text{ kNm}$.
(teken (en \cup)).

Veldmoment van BC: $M_v = M_i - p \cdot (6,50)^2 / 8$

- met bovenbelasting en met wrijving
 $M_v = +88,8 \text{ kNm}$. (teken \cup).
- met bovenbelasting en zonder wrijving
 $M_v = +117,9 \text{ kNm}$. (teken \cup).
- zonder bovenbelasting, met wrijving
 $M_v = +73,6 \text{ kNm}$. (teken \cup).
- zonder bovenbelasting, zonder wrijving
 $M_v = +92,7 \text{ kNm}$. (teken \cup).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = H_1 + H_2 + W_3 - W_1; \quad D_{i,vert} = W_r + e.g. \text{ wand}$$

$$e.g. \text{ wand} = 49,2 - 2,25 \cdot 0,50 \cdot 10 = 38,0 \text{ kN}$$

(49,2 kN. = e.g. wand, droog; zie ook belastinggeval I).

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 86,6 \text{ kN}$.
 $D_{i,vert} = 56,0 \text{ kN}$.
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 74,3 \text{ kN}$.
 $D_{i,vert} = 49,8 \text{ kN}$.

Tegendruk p blijft positief; geen gevaar voor opdrijven.

$$H_1 = \text{resultante van de horizontale korreldruk ten ge-} \\ \text{volgje van alleen bovenbelasting} \\ = 4,10 \cdot 3,0 = 12,3 \text{ kN.}$$

$$H_2 = \text{resultante van de horizontale korreldruk (zonder} \\ \text{bovenbelasting)} \\ = \frac{1}{2} \cdot 11,5 \cdot 4,10 = 23,6 \text{ kN.}$$

$$W_1 = \text{resultante van de waterdruk binnen op de kolkwand} \\ = \frac{1}{2} \cdot 3,30 \cdot 33,0 = 54,4 \text{ kN.}$$

$$W_2 = \text{resultante van de waterdruk binnen op de kolk-} \\ \text{vloer} \\ = 6,50 \cdot 33,0 = 214,5 \text{ kN.}$$

$$W_3 = \text{resultante van de grondwaterdruk op de kolkwand} \\ = \frac{1}{2} \cdot 3,90 \cdot 39,0 = 76,0 \text{ kN.}$$

$$W_4 = \text{resultante van de grondwaterdruk tegen de kolk-} \\ \text{vloer} \\ = 6,50 \cdot 39,0 = 253,5 \text{ kN.}$$

Wrijving langs de kolkwand: $W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2)$.

- met bovenbelasting $W_r = 18,0 \text{ kN.}$
- zonder bovenbelasting $W_r = 11,8 \text{ kN.}$

Tegendruk p van de ondergrond: $p = \frac{+G + 2 \cdot W_r + W_2 - W_4}{6,50}$

- met bovenbelasting en met wrijving
 $p = +18,9 \text{ kN/m}^2$
- met bovenbelasting, zonder wrijving
 $p = +13,4 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting maar met wrijving
 $p = +17,0 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting en zonder wrijving
 $p = +13,4 \text{ kN/m}^2$

Kontrolle tegendruk p aan het eind van het hoofd-
stuk.

Inklemmingsmomenten bij de starre verbinding tussen wand en vloer in B en C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,05 + H_2 \cdot 1,37 + W_3 \cdot 1,30 - W_1 \cdot 1,10$$

- met bovenbelasting $M_i = +96,5$ kNm.
(teken (en \cup).
- zonder bovenbelasting $M_i = +71,3$ kNm.
(teken (en \cup).

Veldmoment van BC: $M_v = M_i - p \cdot (6,50)^2 / 8$

- met bovenbelasting en met wrijving
 $M_v = -3,3$ kNm. (teken \cap !).
- met bovenbelasting, zonder wrijving
 $M_v = +25,7$ kNm. (teken \cup).
- zonder bovenbelasting, met wrijving
 $M_v = -18,5$ kNm. (teken \cap !).
- zonder bovenbelasting en zonder wrijving
 $M_v = +0,5$ kNm. (teken \cup).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = H_1 + H_2 + W_3 - W_1; D_{i,vert} = W_r + e.g. \text{ wand}$$

eigen gewicht wand = $49,2 - 3,30 \cdot 0,50 \cdot 10 = 32,7$ kN.
(49,2 kN. = eigen gewicht van de wand in droge toestand; zie ook belastingsgeval I).

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 57,5$ kN.
 $D_{i,vert} = 50,7$ kN.
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 45,2$ kN.
 $D_{i,vert} = 44,5$ kN.

Ook bij dit laatste belastingsgeval blijft de tegendruk p van de ondergrond steeds positief.

De konklusie luidt dan ook dat, zelfs onder extreme omstandigheden zoals bij belastingsgeval III, de schutkolk niet zal gaan opdrijven!

Kontrolle op de gekozen dikte van de vloer:

maximale moment $M_V = 253,9 \text{ kNm}$.

Bij toepassen van staal Fe B 400 en een veiligheidsfactor van $\gamma = 1,7$ bedraagt het wapeningspercentage:

$$A_a = \frac{M_V}{z \cdot \sigma_e} = \frac{1,7 \cdot 253,9 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 500 \cdot 400} = 2490 \text{ mm}^2.$$

$$\text{wap. percentage} = \frac{A_a \cdot 100}{b \cdot h} = \frac{2490 \cdot 100}{1000 \cdot 0,9 \cdot 500} = 0,55\%$$

Het wapeningspercentage is niet te hoog en voldoet ook aan het minimum wapeningspercentage van 0,15%.

Kontrolle draagkracht van de ondergrond:

Volgens het overzicht van de tegendrukken p bij de belastinggevallen I t/m V (zie vorige bladzijde) is de maximale tegendruk $p_{\text{max.}} = + 58,9 \text{ kN/m}^2$.

In hoofdstuk 7 is een gronddruk van 150 kN/m^2 als toelaatbaar gesteld. De maximaal optredende tegendruk p van de ondergrond blijft dus ruimschoots onder de norm.

Kontrolle naar de stabiliteit van de ondergrond in verband met de bemaling:

Dit onderzoek wordt uitgevoerd met het oog op de mogelijkheid dat de grond tijdens de bouwphase openbarst.

De bouwput wordt gegraven tot een diepte van $\pm 1 \text{ m}^+$ N.A.P.

Op deze diepte begint de draagkrachtige laag.

Volgens de sonderingen (zie bijlage 1 t/m 4) bevindt zich op $\pm 6,00 \text{ m}$. N.A.P. en dieper, een minder draagkrachtige laag.

In het meest ongunstige geval is deze laag van geringe dikte en ondoorlatend.

Bij het gedeeltelijk weggraven van de bovenbelasting, zal de waterdruk op $6,00 \text{ m}$. N.A.P. zich handhaven op het oorspronkelijke niveau van 121 kN/m^2 .

De grootte van de nog resterende bovenbelasting is:

$$7.20 = 140 \text{ kN/m}^2.$$

De bouwfase is een tijdelijk stadium zodat de gegeven veiligheid van 1,16 ($= \frac{140}{121}$) als voldoende kan worden geaccepteerd.

Bij Mariënberg kan daarom worden volstaan met een simpele open bemaling.

Opmerking: Bij deze berekening werd uitgegaan van de bovenkant van de "ondoorlatende" laag in plaats van de onderkant. Dit namelijk vanwege het feit dat per strekkende meter diepte het eigen gewicht van de grond veel sterker toeneemt dan de tegenwerkende waterdruk.

9. BEREKENING BENEDENHOOFD.

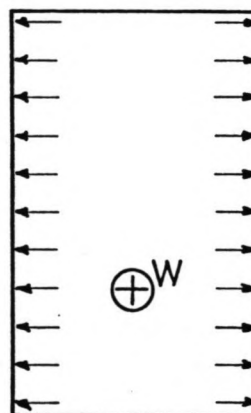
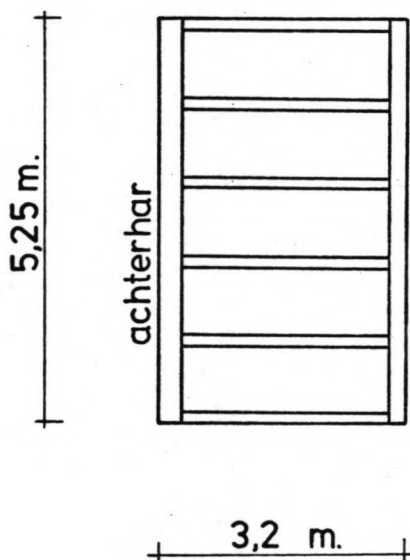
Voordat met de eigenlijke berekening kan worden begonnen, moet eerst een uitspraak gedaan zijn over de konstruktie van de puntdeuren. Men moet echter wel steeds in gedachten houden dat de sluis alleen voor rekreatievaart wordt gebouwd.

De wijze waarop de puntdeuren worden gekonstrueerd, heeft onder andere gevolgen voor de:

- a) krachtsoverdracht
- b) waterafdichting.

Ad a) De krachtsoverdracht.

Door speling in de draaipunten zal bij een regeldeur de belastingafdracht gelijkmatig over de gehele achterhar plaats vinden.

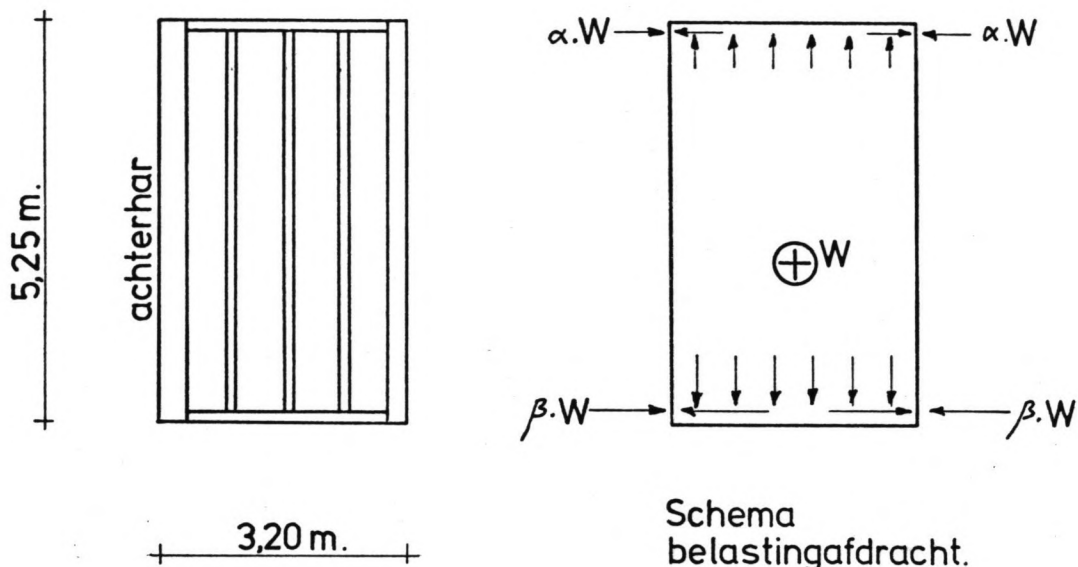


Schema
belastingafdracht.

Regeldeur.
Figuur 42.

Door het bovendraaipunt spelingvrij te construeren zal bij de stijldeur de waterdruk via de stijlen naar de boven- en onderregel worden afgevoerd.

Deze boven- en onderregel zullen via de draaipunten de krachten overdragen naar de sluishoofdconstructie.



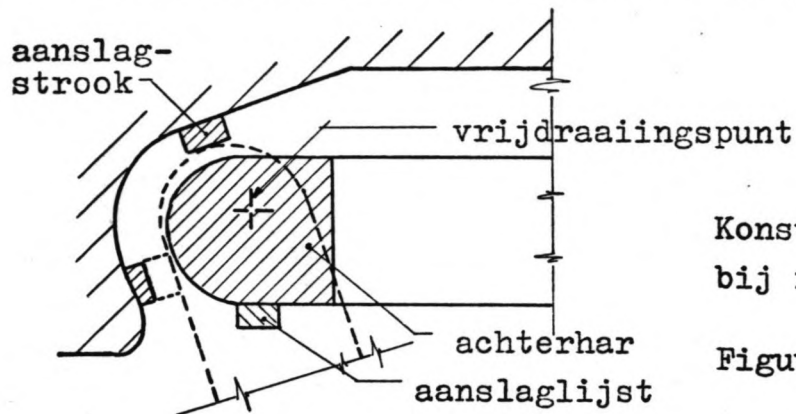
Stijldeur.
Figuur 43.

Opmerking: Er moet wel speling in de taats (= onderdraaipunt) zijn, anders is een 4-punts oplegging niet te realiseren.

Ad b): De waterafdichting.

Bij een regeldeur vervult de achterhar tesamen met de aanslaglijst, zowel een functie voor de krachtsoverdracht als voor de waterafdichting.

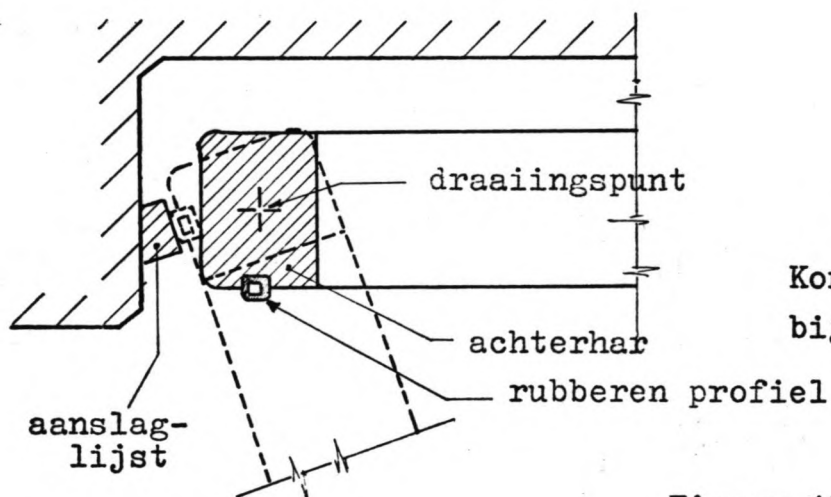
Figuur 44 geeft een schets zoals een dergelijke achterhar bij een regeldeur kan worden uitgevoerd.



Konstruktie achterhar bij regeldeur.

Figuur 44.

Bij een stijldeur is er sprake van een funktiesplitsing. De funkties voor de krachtsoverdracht en de waterafdichting worden gescheiden van elkaar uitgevoerd. Een voordeel van deze splitsing is dat de waterafdichting beter kan worden gerealiseerd. Figuur 45 geeft daarvan een schets.



Konstruktie achterhar bij stijldeur.

Figuur 45.

Vanwege een aantal redenen is hier besloten een stijldeur toe te passen o.a.:

- 1^e. In Nederland zijn haast alle puntdeuren als regeldeur uitgevoerd. Deze studie levert nog de mogelijkheid om ook eens met 't andere type te rekenen.
- 2^e. Indien het sluishoofd is berekend op een stijldeur (puntkrachten!), dan voldoet het ook ruimschoots qua wapening wanneer toch een regeldeur wordt toegepast.
- 3^e. De waterafdichting is eenvoudig te realiseren.

Opmerking: Wanneer een stijldeur wordt toegepast dient men wel te bedenken dat er (houten) horizontale geleiders over de stijlen moeten komen.

Dit om te voorkomen dat een uit de koers gelopen jacht achter een stijl van de deur blijft haken en deze daardoor beschadigd. Dergelijke geleiders voorkomen bovendien ook dat het plezierjacht zichzelf beschadigt.

Op de verdere detaillering van de puntdeuren wordt hier niet meer ingegaan.

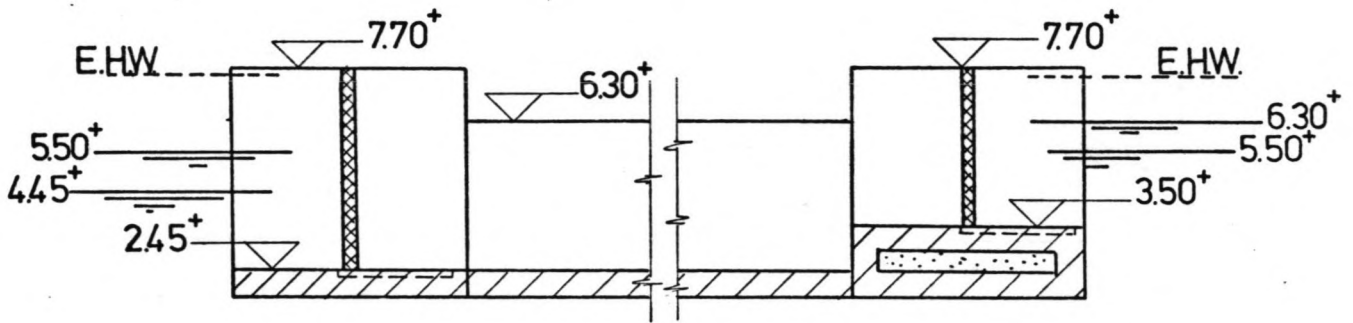
De normale stuwpeilen bedragen respectievelijk 4,45⁺m. en 5,50⁺m. N.A.P. met een verval van 1,05 m.

Er is gesteld (zie ook hoofdstuk 2) dat schutten mogelijk moet zijn tot maximaal 6,30⁺m. N.A.P.

Het waterpeil benedenstrooms van de stuw zal bij hogere waterstanden bovenstrooms, ook mee omhoog gaan en is hier gesteld op 5,25⁺m. N.A.P. Dit betekent eenzelfde verval als bij normale stuwpeilen.

Deuren en sluishoofd komen op een hoogte van 7,70⁺m. N.A.P., 0,15 m. hoger dan E.H.W. waardoor zelfs dan nog de bedieningsmechanismen droog blijven.

Figuur 46 op de volgende bladzijde geeft een en ander schematisch weer.

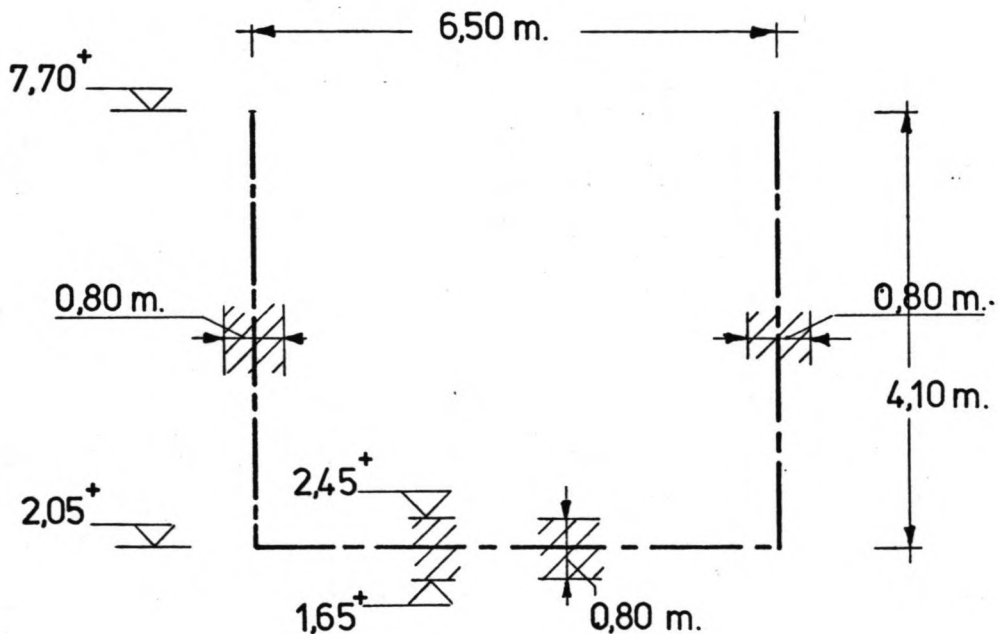


Figuur 46.

Overzicht waterpeilen.

Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

De bovenkant van de drempel van het benedenhoofd komt te liggen op $2,45^+$ m. N.A.P.. De vloerdikte en de dikte van de wanden bedraagt $0,80$ m., zodat de onderkant van het sluishoofd op $1,65^+$ m. N.A.P. komt. T.p.v. de inkassing is de vloer dunner. De systeemlijn heeft de gedaante van figuur 47.



Figuur 47.

Systeemlijn.

Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

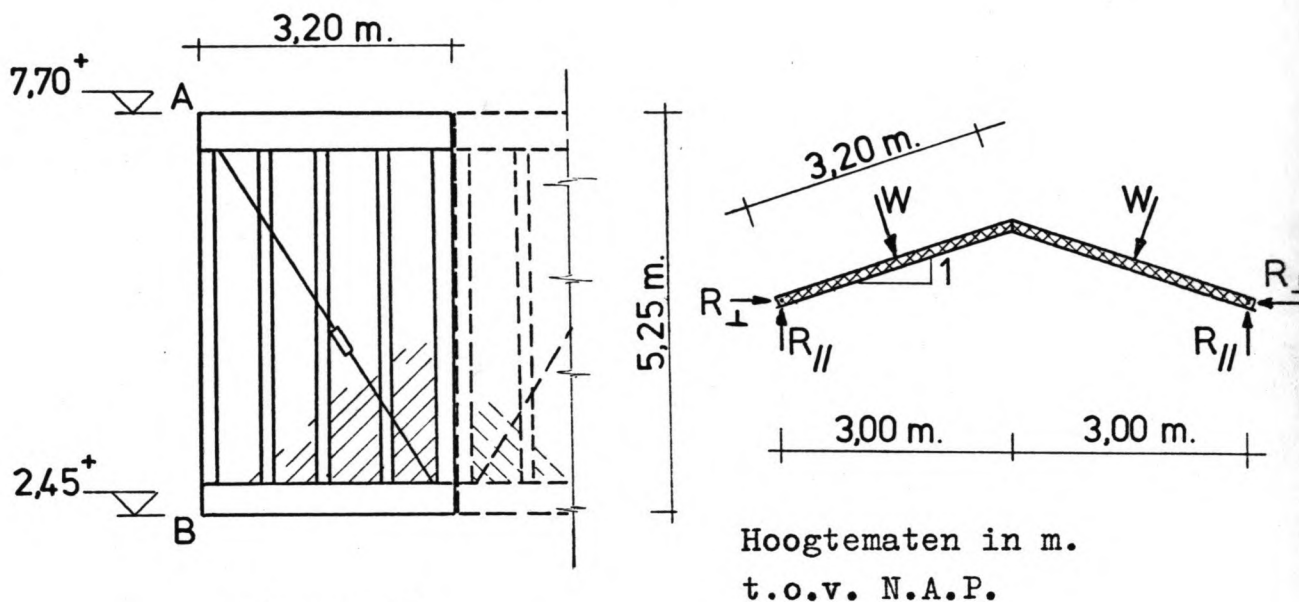
De belastinggevallen voor het sluishoofd zijn dezelfde als die voor de schutkolk, nu met de belastingen ten gevolge van

de deuren inbegrepen.

Het gaat er weer om, te komen tot een redelijke benadering van de konstruktieafmetingen htgeen inhoudt dat eerst de grootte van de krachten en momenten moet worden bepaald.

Belastingen van de puntdeuren op het sluishoofd:

In figuur 48 een overzicht van de belangrijkste hoogtematen en afmetingen. Bij A en B bevinden zich respectievelijk het boven- en het benedendraaipunt.



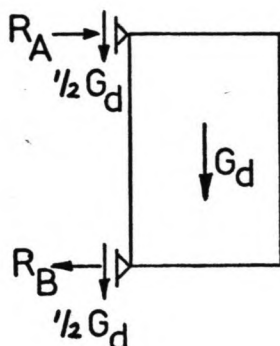
Figuur 48.

a-1: de deuren staan (nog) droog.

De puntdeuren worden gemaakt van azobé. Voor een sluisdeur van $16,8 \text{ m}^2$ is ongeveer 4 m^3 hout nodig (zie ook Alberts; kuberingsstabellen).

Volumegewicht van azobé: $1,10 \text{ ton per m}^3$

Zwaartekrachtversnelling: $g = 10 \text{ m/s}^2$



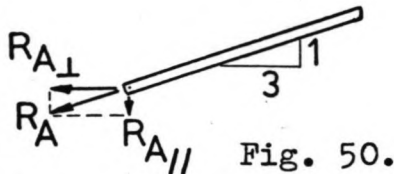
Figuur 49.

Eigen gewicht per deur, droog:

$$G_d = 1,10 \cdot 10 \cdot 4 = 44,0 \text{ kN.}$$

$$R_A = 13,4 \text{ kN. ; } R_B = 13,4 \text{ kN.}$$

De krachten op het sluishoofd (R_A en R_B) worden gesplitst in krachten loodrecht op de sluisas ($R_{A\perp}$ en $R_{B\perp}$) en krachten evenwijdig aan de sluisas ($R_{A//}$ en $R_{B//}$).
Bij (haast) gesloten deuren:



$$R_{A\perp} = R_{B\perp} = \frac{3}{\sqrt{10}} \cdot R_A = 12,7 \text{ kN.}$$

$$R_{A//} = R_{B//} = \frac{1}{\sqrt{10}} \cdot R_A = 4,2 \text{ kN.}$$

Wanneer de deuren in hun kassen zijn gedraaid:

$$R_{A\perp} = R_{B\perp} = 0 ; R_{A//} = R_{B//} = R_A = 13,4 \text{ kN.}$$

a-2: de deuren staan in het water (hoog: $4,45^+$ m. N.A.P.).

Eigen gewicht van de deur:

$$G_d = 44,0 - \frac{2,00}{5,25} \cdot 4 \cdot 1,0 \cdot 10 = 28,8 \text{ kN.}$$

volumegewicht water: $1,0 \text{ ton/m}^3$

zwaartekrachtversnelling: 10 m/s^2

$$R_A = R_B = 8,8 \text{ kN.}$$

Haast gesloten deuren: $R_{A\perp} = R_{B\perp} = 8,3 \text{ kN.}$

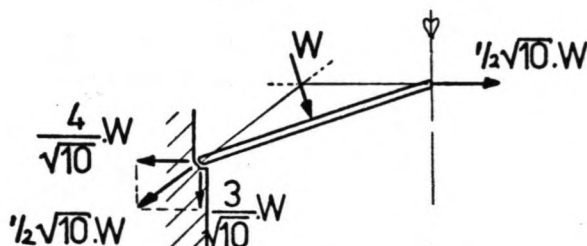
$$R_{A//} = R_{B//} = 2,8 \text{ kN.}$$

Deuren in hun kassen: $R_{A\perp} = R_{B\perp} = 0 \text{ kN.}$

$$R_{A//} = R_{B//} = 8,8 \text{ kN.}$$

b: de deuren keren een verval van $1,05 \text{ m.}$ bij waterstanden van $4,45^+$ m. en $5,50^+$ m. N.A.P..

De spatkrachten als gevolg van de waterdruk worden op de wijze van figuur 51 op het beton overgebracht.



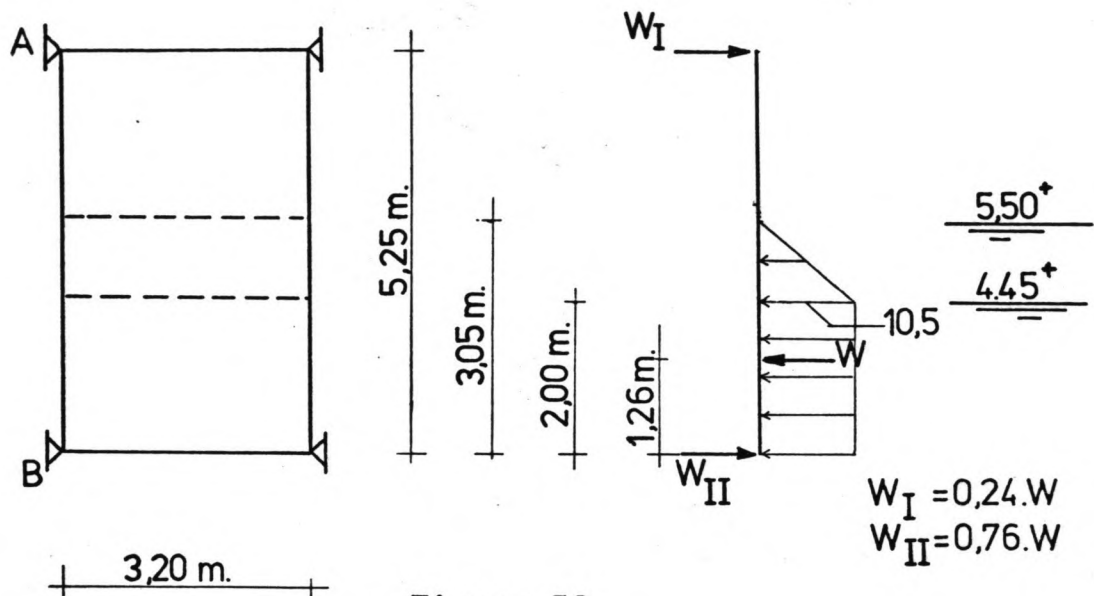
Spatkrachten.

Figuur 51.

Waterdruk op de deur is W .

Loodrecht op de sluisas: $\frac{4}{\sqrt{10}} \cdot W = 1,26 \cdot W$

Evenwijdig aan de sluisas: $\frac{3}{\sqrt{10}} \cdot W = 0,95 \cdot W$



Figuur 52.

Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

W = resultante van de horizontale waterdruk op één deur
 $= 3,20 \cdot (2,00 \cdot 10,5 + \frac{1}{2} \cdot 1,05 \cdot 10,5) =$
 $= 84,8 \text{ kN.}$

Oplegkrachten bij bovendraaipunt A ten gevolge van W :

- loodrecht op de sluisas

$$R_{A\perp} = 1,26 \cdot (W_I) = 1,26 \cdot 0,24 \cdot 84,8 = 25,6 \text{ kN.}$$

- evenwijdig aan de sluisas

$$R_{A//} = 0,95 \cdot (W_I) = 0,95 \cdot 0,24 \cdot 84,8 = 19,3 \text{ kN.}$$

Oplegkrachten bij draaipunt B ten gevolge van W :

- loodrecht op de sluisas

$$R_{B\perp} = 1,26 \cdot (W_{II}) = 1,26 \cdot 0,76 \cdot 84,8 = 81,2 \text{ kN.}$$

- evenwijdig met de sluisas

$$R_{B//} = 0,95 \cdot (W_{II}) = 0,95 \cdot 0,76 \cdot 84,8 = 61,2 \text{ kN.}$$

G = eigen gewicht van de deur, gedeeltelijk onder water
 $= 44,0 - \frac{2,00}{5,25} \cdot 4 \cdot 1,0 \cdot 10 = 28,8 \text{ kN}$.

volumegewicht water: $1,0 \text{ ton/m}^3$

zwaartekrachtversnelling $g = 10 \text{ m/s}^2$

e.g. deur, droog = $44,0 \text{ kN}$.

Bij gesloten deuren: $R_{A\perp} = R_{B\perp} = 27,3 \text{ kN}$.

$R_{A//} = R_{B//} = 9,1 \text{ kN}$.

Totale belastingen op het sluishoofd:

- loodrecht op de sluisas

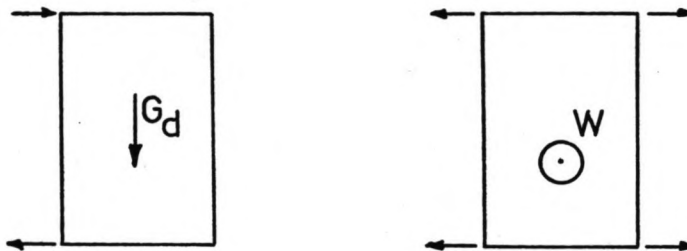
$R_{A\perp} = 27,3 - 25,6 = 1,7 \text{ kN}$. (\rightarrow)

$R_{B\perp} = 27,3 + 81,2 = 108,5 \text{ kN}$. (\leftarrow)

- evenwijdig aan de sluisas

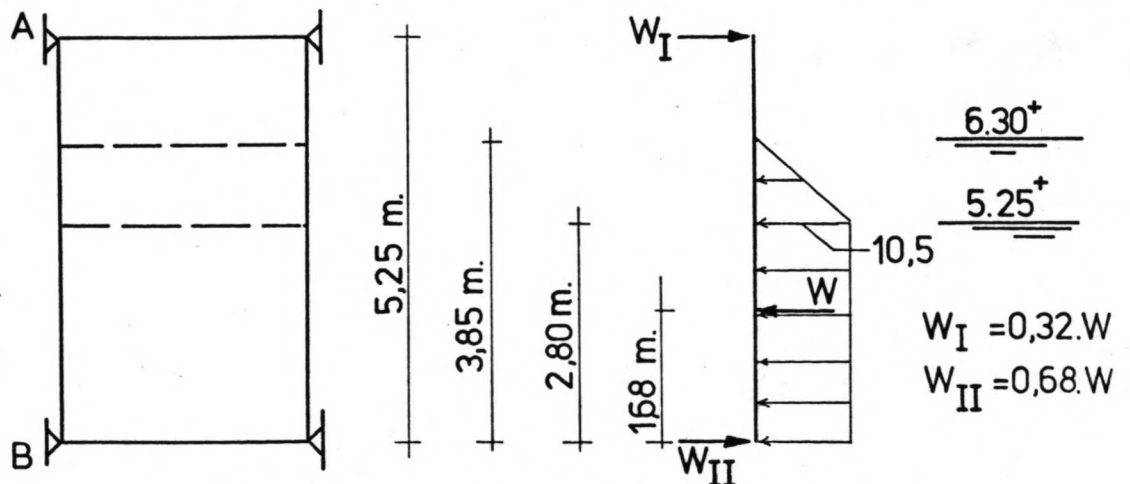
$R_{A//} = 19,3 - 9,1 = 10,2 \text{ kN}$.

$R_{B//} = 61,2 + 9,1 = 70,3 \text{ kN}$.



Figuur 53.

c : waterstanden naast de deuren zijn $6,30^+ \text{ m}$. en $5,25^+ \text{ m}$. N.A.P.



Figuur 54. Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

In de vorige figuur was $W_I = 0,32.W$ en $W_{II} = 0,68.W$.

$W =$ resultante van de horizontale waterdruk op één deur
 $= 3,20.(2,80.10,5 + \frac{1}{2}.1,05.10,5)$
 $= 111,7 \text{ kN.}$

Oplegreacties bij A ten gevolge van W:

- loodrecht op de sluisas

$$R_{A\perp} = 1,26.W_I = 1,26.0,32.111,7 = 45,0 \text{ kN.}$$

- evenwijdig aan de sluisas

$$R_{A//} = 0,95.W_I = 0,95.0,32.111,7 = 34,0 \text{ kN.}$$

Oplegreacties bij B ten gevolge van W:

- loodrecht op de sluisas

$$R_{B\perp} = 1,26.W_{II} = 1,26.0,68.111,7 = 95,7 \text{ kN.}$$

- evenwijdig aan de sluisas

$$R_{B//} = 0,95.W_{II} = 0,95.0,68.111,7 = 72,2 \text{ kN.}$$

$G_d =$ eigengewicht van de deur, gedeeltelijk onder water
 $= 44,0 - \frac{2,80}{5,25}.4.1,0.10 = 22,7 \text{ kN.}$

volumegewicht water = $1,0 \text{ ton/m}^3$

zwaartekrachtversnelling $g = 10 \text{ m/s}^2$

$44,0 \text{ kN.} =$ e.g. deur, droog (zie onder a-1).

Bij gesloten deuren:

$$R_{A\perp} = R_{B\perp} = 21,5 \text{ kN.}$$

$$R_{A//} = R_{B//} = 7,2 \text{ kN.}$$

Totale belastingen op het sluishoofd:

- loodrecht op de sluisas

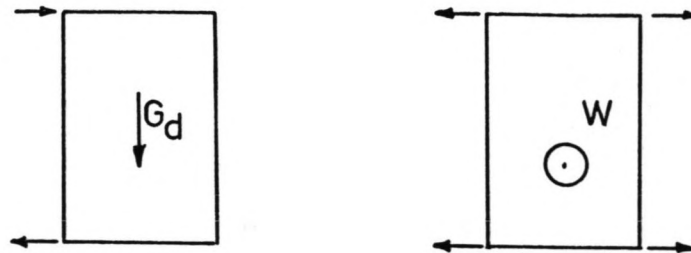
$$R_{A\perp} = 45,0 - 21,5 = 23,5 \text{ kN. } (\leftarrow)$$

$$R_{B\perp} = 95,7 + 21,5 = 117,2 \text{ kN. } (\leftarrow)$$

- evenwijdig aan de sluisas

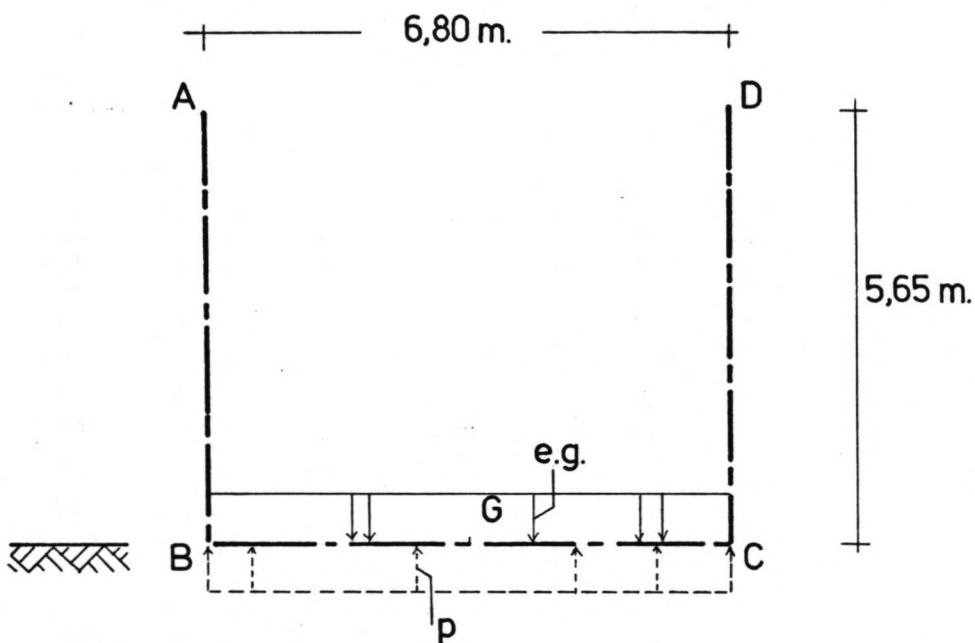
$$R_{A//} = 34,0 - 7,2 = 26,8 \text{ kN.}$$

$$R_{B//} = 72,2 + 7,2 = 79,4 \text{ kN.}$$



Figuur 55.

Belastinggeval I: sluishoofd is nog niet aangeaard, verlaagde G.W.S. en geen bovenbelasting. De puntdeuren zijn nog niet gemonteerd.



Figuur 56.

Neem een moot van één meter.

$$\begin{aligned}
 G &= \text{eigen gewicht sluishoofd (droog)} \\
 &= (2,5,25 + (6,00 + 2 \cdot 0,80)) \cdot 0,80 \cdot 24 \\
 &= 347,5 \text{ kN.}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tegendruk } p \text{ van de ondergrond: } p = \frac{+G}{6,80} = +51,1 \text{ kN/m}^2$$

(Kontrolle van de draagkracht van de ondergrond aan het eind van dit hoofdstuk).

Inklemmingsmomenten bij hoek B en hoek C: $M_i = 0$.

Het veldmoment van BC:

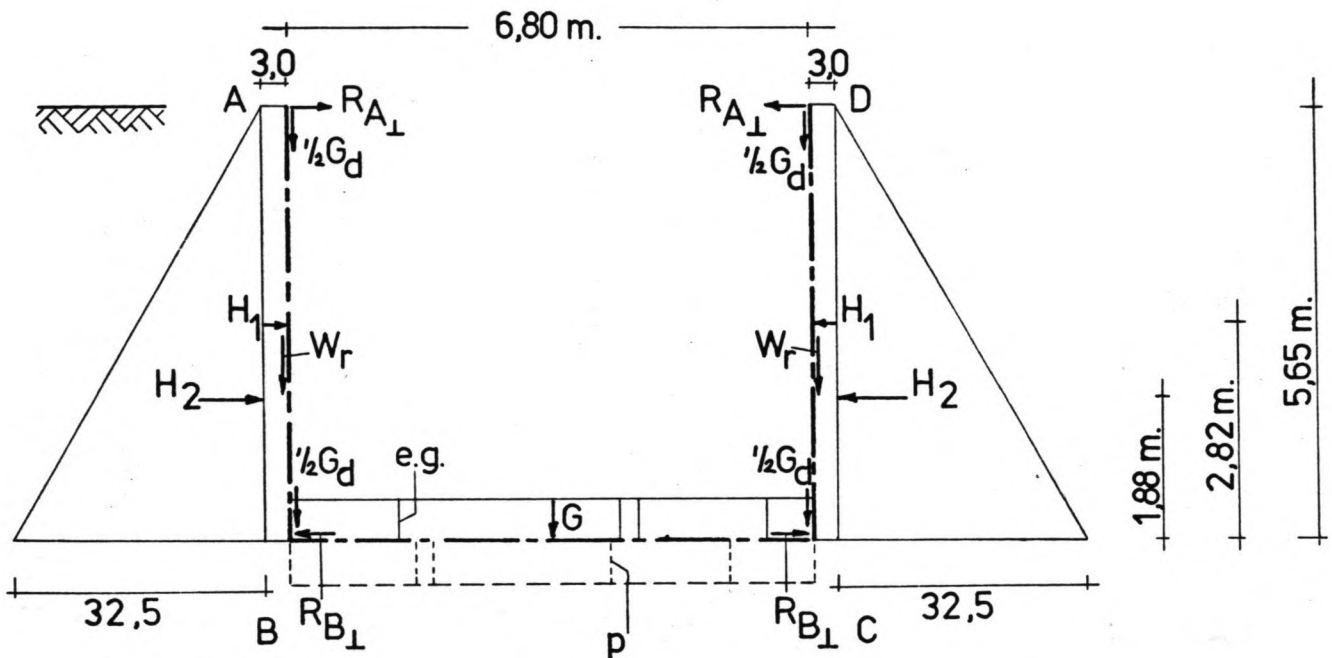
$$M_v = M_i - p \cdot (6,80)^2 / 8 = -295,4 \text{ kNm}^* \text{ (teken } \sim \text{)}.$$

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i, \text{hor}} = 0.$$

$$D_{i, \text{vert}} = \text{eigen gewicht van de wand, droog} \\ = 5,65 \cdot 0,80,24 = 108,5 \text{ kN}.$$

Belastinggeval II: sluishoofd is aangeaard, verlaagde G.W.S. en geen water tussen de wanden. De deuren zijn gemonteerd terwijl bovenbelasting mogelijk is. (zie ook bijlage 10 en 11).



Figuur 57.

Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.; spanningen in kN/m^2

Opmerking: de excentriciteit van $R_{B\perp}$ ten opzichte van de systeemlijn is in de verdere berekeningen verwaarloosd.

Beschouw een moot van één meter.

*p moet eigenlijk zijn p-e.g., maar door te rekenen met p blijft men aan de veilige kant. De konstruktie wordt op deze wijze enigszins overgedimensioneerd.

G = eigen gewicht sluishoofd
 = 347,5 kN. (zie belastinggeval I).

G_d = eigen gewicht van de deur
 = 44,0 kN.
 (zie voor G_d , maar ook voor $R_{A\perp}$ en $R_{B\perp}$ punt a-1 van 'belastingen van de puntdeuren op het sluishoofd').

H_1 = resultante van de horizontale korreldruk ten gevolge van alleen bovenbelasting
 = $5,65 \cdot 3,0 = 17,0$ kN.

H_2 = resultante van de horizontale korreldruk (zonder bovenbelasting)
 = $\frac{1}{2} \cdot 5,65 \cdot 32,5 = 91,8$ kN.

$R_{A\perp} = R_{B\perp}$ = belasting van de puntdeuren loodrecht op het sluishoofd bij respectievelijk boven- en benedendraaipunt
 = 12,7 kN.

Wrijving langs de wand naar beneden: $W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2)$

- met bovenbelasting $W_r = 54,4$ kN.
- zonder bovenbelasting $W_r = 45,9$ kN.

Tegendruk p van de ondergrond: $p = \frac{+G + 2 \cdot G_d + 2 \cdot W_r}{6,80}$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $p = +80,0$ kN/m²
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +64,0$ kN/m²
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $p = +77,5$ kN/m²
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +64,0$ kN/m²

Kontrole van p aan het eind van het hoofdstuk.

Inklemmingsmoment bij de hoeken B en C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,82 + H_2 \cdot 1,88 + R_{A\perp} \cdot 5,65$$

- met bovenbelasting $M_i = +292,3$ kNm.
(teken (op BA en teken \cup op BC).
- zonder bovenbelasting $M_i = +244,3$ kNm.
(teken (en \cup).

Veldmoment op BC: $M_v = M_i - p \cdot (6,80)^2 / 8$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $M_v = -170,1$ kNm. (teken \cap).
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_v = -77,6$ kNm. (teken \cap).
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $M_v = -203,7$ kNm. (teken \cap).
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_v = -125,6$ kNm. (teken \cap).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = H_1 + H_2 + R_{A\perp} - R_{B\perp} ; D_{i,vert} = W_r + G_d + e.g. \text{ wand}$$

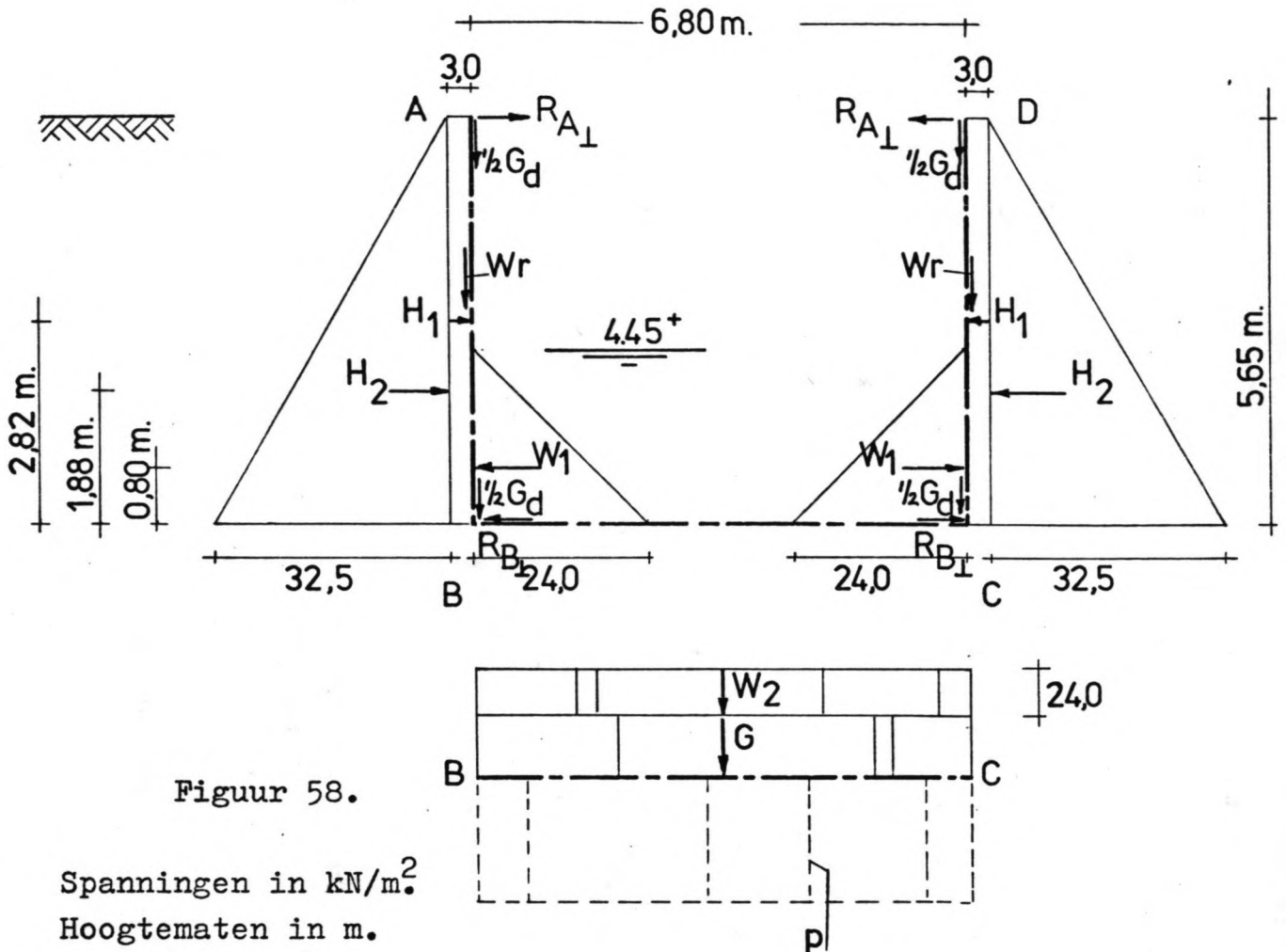
- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 108,8$ kN.
 $D_{i,vert} = 206,9$ kN.
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 91,8$ kN.
 $D_{i,vert} = 198,4$ kN.

Belastinggeval III: het sluishoofd is aangeaard, verlaagde grondwaterstand, het waterpeil boven de drempel bedraagt $4,45^+$ m. N.A.P. (calamiteitsgeval).

De sluisdeuren zijn gemonteerd.

Er is bovenbelasting mogelijk.

(zie ook de bijlagen 10 en 11).



Figuur 58.

Spanningen in kN/m^2
 Hoogtematen in m.
 t.o.v. N.A.P.

Beschouw een moot van één meter.

G = eigen gewicht sluishoofd
 = 347,5 kN. (zie belastinggeval I).

G_d = eigen gewicht van de sluisdeur
 = 28,8 kN. (zie, evenals voor $R_{A\perp}$ en $R_{B\perp}$, punt a-2 van 'belastingen van de puntdeuren op het sluishoofd').

H_1 = resultante van de horizontale korreldruk ten gevolge van alleen bovenbelasting
 = $5,65 \cdot 3,0 = 17,0$ kN.

H_2 = resultante van de horizontale korreldruk (zonder bovenbelasting)
 = $\frac{1}{2} \cdot 5,65 \cdot 32,5 = 91,8$ kN.

$$R_{A\perp} = R_{B\perp} = (\text{spat})\text{krachten van de deur, loodrecht op het sluishoofd} \\ = 8,3 \text{ kN.}$$

$$W_1 = \text{resultante van de horizontale waterdruk op de wand} \\ = \frac{1}{2} \cdot 2,40 \cdot 24,0 = 28,8 \text{ kN.}$$

$$W_2 = \text{resultante van de verticale waterdruk op de vloer} \\ = 6,80 \cdot 24,0 = 163,2 \text{ kN.}$$

$$\text{Wrijving langs de wand naar beneden: } W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2)$$

- met bovenbelasting $W_r = 54,4 \text{ kN.}$
- zonder bovenbelasting $W_r = 45,9 \text{ kN.}$

$$\text{Tegendruk } p \text{ van de ondergrond: } p = \frac{+G + 2 \cdot W_r + 2 \cdot G_d + W_2}{6,80}$$

- met bovenbelasting; met wrijving $p = +100,2 \text{ kN/m}^2$
- met bovenbelasting; zonder wrijving $p = +83,6 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; met wrijving $p = +97,1 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving $p = +83,6 \text{ kN/m}^2$

Kontrolle van p aan het eind van het hoofdstuk.

Inklemmingsmoment bij hoek B en hoek C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,82 + H_2 \cdot 1,88 + R_{A\perp} \cdot 5,65 - W_1 \cdot 0,80$$

- met bovenbelasting $M_i = +244,4 \text{ kNm.}$
(teken (en \cup).
- zonder bovenbelasting $M_i = +196,4 \text{ kNm.}$
(teken (en \cup).

$$\text{Veldmoment van BC: } M_v = M_i - p \cdot (6,80)^2 / 8$$

- met bovenbelasting; met wrijving $M_v = -334,8 \text{ kNm.}$ (teken \cap).

- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_v = -238,8 \text{ kNm. (teken } \curvearrow \text{)}.$
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $M_v = -364,8 \text{ kNm. (teken } \curvearrow \text{)}.$
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_v = -286,8 \text{ kNm. (teken } \curvearrow \text{)}.$

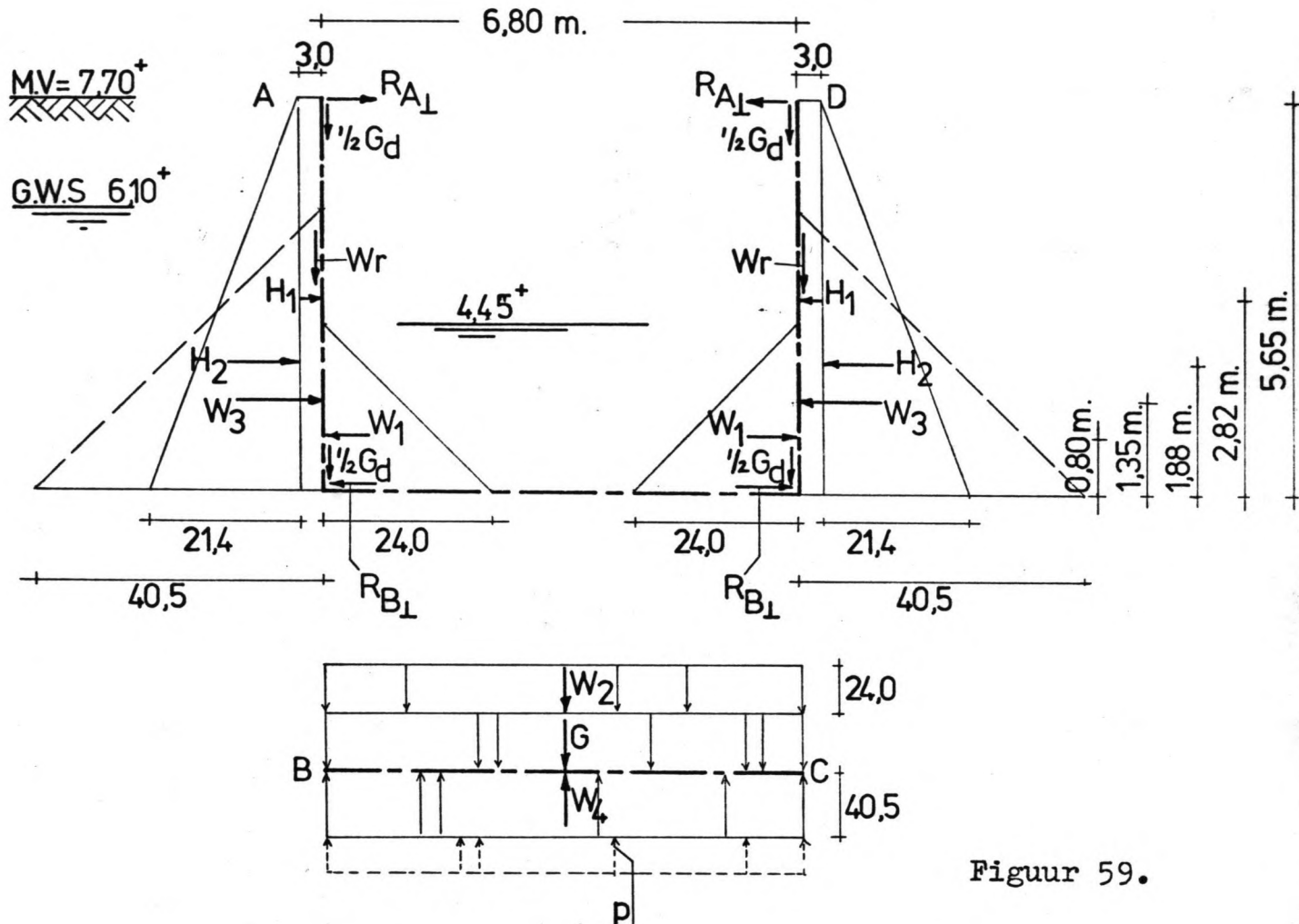
Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = H_1 + H_2 + R_{A_L} - R_{B_L} - W_1$$

$$D_{i,vert} = W_r + G_d + e.g. \text{ wand}$$

- met bovenbelasting
 $D_{i,hor} = 80,0 \text{ kN.}$
 $D_{i,vert} = 191,7 \text{ kN.}$
- zonder bovenbelasting
 $D_{i,hor} = 63,0 \text{ kN.}$
 $D_{i,vert} = 183,2 \text{ kN.}$

Belastinggeval IV: sluis is in gebruik, normale G.W.S.,
 schutpeilen bedragen $5,50^+$ m. en $4,45^+$ m.
 N.A.P., eventueel bovenbelasting.
 (zie bijlage 12 en 13).



Figuur 59.

Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.
 Spanningen in kN/m^2

Beschouw een moot van één meter.

$$\begin{aligned}
 G &= \text{eigen gewicht sluishoofd} \\
 &= 347,5 - (2,00 + (6,00 + 2 \cdot 0,80)) \cdot 0,80 \cdot 10 \\
 &= 270,7 \text{ kN.} \\
 (347,5 \text{ kN.} &= \text{e.g. sluishoofd, droog})
 \end{aligned}$$

- G_d = eigen gewicht van de deur
 = 28,8 kN. (zie ook belastinggeval III).
- H_1 = resultante van de horizontale korreldruk ten gevolge
 van alleen bovenbelasting
 = $5,65 \cdot 3,0 = 17,0$ kN.
- H_2 = resultante van de horizontale korreldruk (zonder bo-
 venbelasting)
 = $\frac{1}{2} \cdot 5,65 \cdot 21,4 = 60,5$ kN.
- $R_{A\perp}$ = (spat)kracht van de deur, loodrecht op het sluishoofd
 (bovendraaipunt)
 = 1,7 kN. (\rightarrow)
 (zie punt b van 'belastingen van de puntdeuren op het
 sluishoofd', ook voor $R_{B\perp}$).
- $R_{B\perp}$ = (spat)kracht van de deur, loodrecht op het sluishoofd
 (benedendraaipunt)
 = 108,5 kN. (\leftarrow)
- W_1 = resultante van de waterdruk binnen, op de wand
 = $\frac{1}{2} \cdot 2,40 \cdot 24,0 =$
 = 28,8 kN.
- W_2 = resultante van de verticale waterdruk binnen, op de
 vloer
 = $6,80 \cdot 24,0 = 163,2$ kN.
- W_3 = resultante van de horizontale grondwaterdruk op de
 wand
 = $\frac{1}{2} \cdot 4,05 \cdot 40,5 = 82,0$ kN.
- W_4 = resultante van de verticale grondwaterdruk tegen de
 vloer
 = $6,80 \cdot 40,5 = 275,4$ kN.

Wrijving langs de wand naar beneden: $W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_1 + H_2)$

- met bovenbelasting $W_r = 38,8 \text{ kN}$.
- zonder bovenbelasting $W_r = 30,2 \text{ kN}$.

Tegendruk p van de ondergrond: $p = \frac{+G + 2 \cdot G_d + 2 \cdot W_r + W_2 - W_4}{6,80}$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $p = +43,2 \text{ kN/m}^2$
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +31,8 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $p = +40,7 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +31,8 \text{ kN/m}^2$

Kontrolle van p aan het eind van het hoofdstuk.

Inklemmingsmoment op de hoeken B en C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,82 + H_2 \cdot 1,88 + R_{A\perp} \cdot 5,65 + W_3 \cdot 1,35 - W_1 \cdot 0,80$$

- met bovenbelasting $M_i = +258,9 \text{ kNm}$.
(teken (en \cup).
- zonder bovenbelasting $M_i = +211,0 \text{ kNm}$.
(teken (en \cup).

Veldmoment op BC: $M_V = M_i - p \cdot (6,80)^2 / 8$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = + 9,2 \text{ kNm}$. (teken \cup).
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = + 75,1 \text{ kNm}$. (teken \cup).
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = - 24,2 \text{ kNm}$. (teken \cap).
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = + 27,2 \text{ kNm}$. (teken \cup).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = +H_1 + H_2 + R_{A\perp} + W_3 - R_{B\perp} - W_1$$

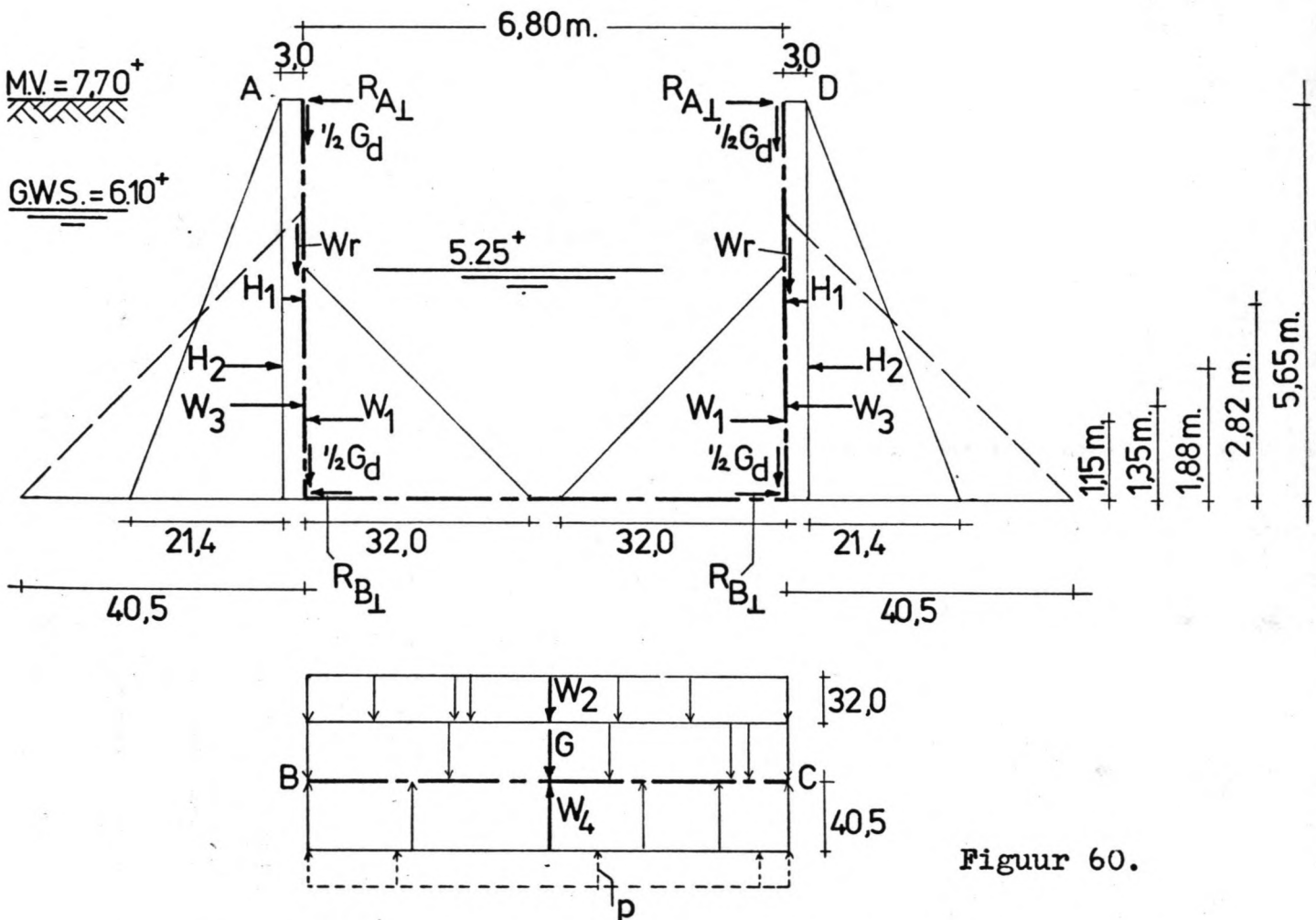
$$D_{i,vert} = +W_r + G_d + e.g. \text{ wand}$$

$$\begin{aligned} \text{e.g. wand} &= 108,5 - 2,40 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 10 \\ &= 89,3 \text{ kN.} \end{aligned}$$

(108,5 kN. = eigen gewicht wand, droog; zie belastinggeval I).

- met bovenbelasting $D_{i,\text{hor}} = 23,9 \text{ kN.}$
 $D_{i,\text{vert}} = 156,9 \text{ kN.}$
- zonder bovenbelasting $D_{i,\text{hor}} = 6,9 \text{ kN.}$
 $D_{i,\text{vert}} = 148,3 \text{ kN.}$

Belastinggeval V: sluishoofd aangeaard, normale G.W.S., schutpeilen 6,30⁺m. en 5,25⁺m. N.A.P., bovenbelasting mogelijk. (zie bijlagen 12 en 13).



Figuur 60.

Spanningen in kN/m^2 ; Hoogtematen in m. t.o.v. N.A.P.

Beschouw een moot van één meter.

G = eigen gewicht sluishoofd

$$= 347,5 - (2,80 + (6,00 + 2 \cdot 0,80)) \cdot 0,80 \cdot 10 = 264,3 \text{ kN.}$$

(347,5 kN. = e.g. sluishoofd, droog; zie belastinggeval I).

G_d = eigen gewicht van de deur

$$= 22,7 \text{ kN. (zie, ook voor } R_{A\perp} \text{ en } R_{B\perp}, \text{ punt c van 'belastingen van de puntdeuren op het sluishoofd').}$$

H_1 = resultante van de horizontale korreldruk (alleen bovenbelasting)

$$= 5,65 \cdot 3,0 = 17,0 \text{ kN.}$$

H_2 = resultante van de horizontale korreldruk (zonder bovenbelasting)

$$= \frac{1}{2} \cdot 5,65 \cdot 21,4 = 60,5 \text{ kN.}$$

$R_{A\perp}$ = (spat)kracht van de deur, loodrecht op het sluishoofd (bovendraaipunt)

$$= 23,5 \text{ kN.}$$

$R_{B\perp}$ = (spat)kracht van de deur, loodrecht op het sluishoofd (benedendraaipunt)

$$= 117,2 \text{ kN.}$$

W_1 = resultante van de horizontale waterdruk binnen, op de wand

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,20 \cdot 32,0 = 51,2 \text{ kN.}$$

W_2 = resultante van de verticale waterdruk binnen, op de vloer

$$= 6,80 \cdot 32,0 = 217,6 \text{ kN.}$$

W_3 = resultante van de horizontale grondwaterdruk tegen de wand

$$= \frac{1}{2} \cdot 4,05 \cdot 40,5 = 82,0 \text{ kN.}$$

W_4 = resultante van de verticale grondwaterdruk onder tegen de vloer
 = $6,80 \cdot 40,5 = 275,4$ kN.

Wrijving langs de wand naar beneden: $W_r = \frac{1}{2} \cdot (H_2 + H_2)$

- met bovenbelasting $W_r = 38,8$ kN.
- zonder bovenbelasting $W_r = 30,2$ kN.

Tegendruk p van de ondergrond: $p = \frac{+G + 2 \cdot G_d + 2 \cdot W_r + W_2 - W_4}{6,80}$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $p = +48,5$ kN/m²
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +37,0$ kN/m²
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $p = +45,9$ kN/m²
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +37,0$ kN/m²

Kontrolle van de draagkracht aan het eind van het hoofdstuk.

Inklemningsmomenten bij B en C:

$$M_i = +H_1 \cdot 2,82 + H_2 \cdot 1,88 + W_3 \cdot 1,35 - R_{A\perp} \cdot 5,65 - W_1 \cdot 1,15$$

- met bovenbelasting $M_i = +80,7$ kNm.
 (teken (en \smile).
- zonder bovenbelasting $M_i = +32,8$ kNm.
 (teken (en \smile),

Veldmoment op BC: $M_V = M_i - p \cdot (6,80)^2 / 8$

- met bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = -199,6$ kNm. (teken \frown).
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = -133,2$ kNm. (teken \frown).
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = -232,5$ kNm. (teken \frown).
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = -181,1$ kNm. (teken \frown).

Horizontale en verticale dwarskrachten bij B en C:

$$D_{i,hor} = +H_1 + H_2 + W_3 - R_{A\perp} - R_{B\perp} - W_1$$

$$D_{i,vert} = +Wr + G_d + \text{e.g. wand}$$

$$\text{e.g. wand} = 108,5 - 3,20 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 10 = 82,9 \text{ kN.}$$

(108,5 kN. = eigen gewicht wand, droog;
zie ook belastinggeval I).

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 32,4 \text{ kN.}$
 $D_{i,vert} = 144,4 \text{ kN.}$
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 49,4 \text{ kN.}$
 $D_{i,vert} = 135,8 \text{ kN.}$

Wanneer er gerekend wordt met de waterstand van $6,30^+ \text{ m. N.A.P.}$ veranderen de grootheden als volgt:

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot 4,25 \cdot 42,5 = 90,3 \text{ kN.}$$

$$W_2 = 6,80 \cdot 42,5 = 289,0 \text{ kN.}$$

Tegendruk p van de ondergrond:

- met bovenbelasting; met wrijving
 $p = +91,0 \text{ kN/m}^2$
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +79,5 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $p = +88,4 \text{ kN/m}^2$
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $p = +79,5 \text{ kN/m}^2$

Inklemmingsmomenten bij B en C:

- met bovenbelasting $M_i = +11,7 \text{ kNm.}$
(teken (en \smile)).
- zonder bovenbelasting $M_i = -36,0 \text{ kNm.}$
(teken (en \smile)).

Het veldmoment van BC:

- met bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = -514,3 \text{ kNm. (teken } \curvearrowright \text{)}$.
- met bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = -447,8 \text{ kNm. (teken } \curvearrowright \text{)}$.
- zonder bovenbelasting; met wrijving
 $M_V = -547,0 \text{ kNm. (teken } \curvearrowright \text{)}$.
- zonder bovenbelasting; zonder wrijving
 $M_V = -495,5 \text{ kNm. (teken } \curvearrowright \text{)}$.

Horizontale dwarskrachten bij B en C:

- met bovenbelasting $D_{i,hor} = 71,5 \text{ kN}$.
- zonder bovenbelasting $D_{i,hor} = 88,5 \text{ kN}$.

De tabellen op deze bladzijde en de volgende, tonen een overzicht van tegendruk p , dwarskracht $D_{i,hor}$ en $D_{i,vert}$, inklemingsmoment M_i en veldmoment M_V onder de verschillende belastinggevallen.

	tegendruk ondergrond p				dwarskrachten			
	bovenbel.		geen b.bel.		$D_{i,hor}$		$D_{i,vert}$	
	wel wr.	geen wr.	wel wr.	geen wr.	wel b.bel.	geen b.bel.	wel b.bel.	geen b.bel.
Bel. geval I	-	-	-	+51,1	-	0	-	108,5
Bel. geval II	+80,0	+64,0	+77,5	+64,0	108,8	91,8	206,9	198,4
Bel. geval III	+100,2	+83,6	+97,1	+83,6	80,8	63,0	191,7	183,2
Bel. geval IV	+43,2	+31,8	+40,7	+31,8	23,9	6,9	156,9	148,3
Bel. geval V	+91,0	+79,5	+88,4	+79,5	71,5	88,5	144,4	135,8
	[kN/m ²]				[kN.]			

	inklemmingsmoment M_i		veldmoment M_v			
			wel b.bel.		geen b.bel.	
	wel bovenbel.	geen bovenbel.	wel wr.	geen wr.	wel wr.	geen wr.
Bel. geval I	-	-	-	-	-	-295,4
Bel. geval II	<u>+292,3</u>	+244,3	-170,1	- 77,6	-203,7	-125,6
Bel. geval III	+244,4	+196,4	-334,8	-238,8	-364,8	-286,8
Bel. geval IV	+258,9	+211,0	+ 9,2	<u>+ 75,1</u>	- 24,2	+ 27,2
Bel. geval V	+ 80,7	- 36,0	-514,3	-447,8	<u>-547,0</u>	-495,5
[kNm.]						

Maatgevende momenten:

. positief $M_i = +292,3$ kNm. (teken (en \cup).

$M_v = + 75,1$ kNm. (teken \cup).

. negatief $M_i = - 36,0$ kNm. (teken \cap).

$M_v = -547,0$ kNm. (teken \cap).

Maatgevende dwarskrachten:

$D_{i,hor} = 108,8$ kN.

$D_{i,vert} = 206,9$ kN.

Opmerking: tegendruk p is altijd positief, zodat het sluishoofd niet zal gaan opdrijven. Er moet nog wel gekeken worden naar extra spanningen als gevolg van het willen scheefzakken van de constructie (zie enkele bladzijden verder).

'Kontrolle op de gekozen dikte van de vloer:'

Het maximale veldmoment $M_v = 547,0$ kNm.

Bij toepassen van staal Fe B 400 en een veiligheidsfactor van 1,7, bedraagt het wapeningspercentage:

$$\text{staaldoorsnede} = A_a = \frac{M_v}{z \cdot \sigma_e} = \frac{1,7 \cdot 547,0 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 800 \cdot 400} = 3632 \text{ mm}^2 \quad *$$

$$\text{wapeningspercentage} = \frac{A_a \cdot 100}{b \cdot h} = \frac{3632 \cdot 100}{1000 \cdot 0,9 \cdot 800} = 0,50\%$$

Het wapeningspercentage voldoet aan de minimumeis van 0,15%. Er is hier verder alleen gecontroleerd en berekend op sterkte, scheurvorming en scheurwijdte stellen ook hun eisen aan de wapening waardoor (eventueel) het percentage kan oplopen. De maat van 0,80 m. is een gemiddelde waarde over de hele lengte van de vloer.

'Kontrolle op de gekozen dikte van de wand:'

Ook hier is de maat van 0,80 m. een gemiddelde waarde. Wanneer voor de konstruktiebreedte van de deur 1/15 van de overspanning wordt aangehouden, dan bedraagt de wanddikte naast de deurkas ongeveer 0,55 m.

Het maximale inklemmingsmoment $M_i = 292,3$ kNm.

(staal Fe B 400 en veiligheidsfactor 1,7)

$$\text{staaldoorsnede} = A_a = \frac{1,7 \cdot 292,3 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 550 \cdot 400} = 2823 \text{ mm}^2$$

$$\text{wapeningspercentage} = \frac{2823 \cdot 100}{0,9 \cdot 550 \cdot 1000} = 0,57\% \quad \text{vodoet!}$$

'Kontrolle van het sluishoofd op afschuiven:'

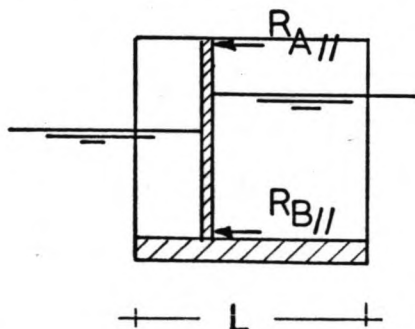


Fig. 61.

$R_{A//}$ en $R_{B//}$ zijn maximaal bij waterstanden van 6,30⁺m. en 5,25⁺m. N.A.P..

De totale afschuifkracht T is:

$$T = R_{A//} + R_{B//} = 106,2 \text{ kN.}$$

*ter plaatse van de inkassing is de vloer dunner waardoor de staaldoorsnede A_a en het wapeningspercentage dáár hoger zijn.

Schuifspanning τ gesteld op maximaal $\frac{1}{2} \cdot p$, waarbij p de te-
gendruk van de ondergrond is.

Er moet tenminste evenwicht gelden:

$$L \cdot B \cdot \tau = T$$

$$L \cdot (6,00 + 2 \cdot 0,80) \cdot \frac{1}{2} \cdot 37,0 = 106,2 \text{ kN.}$$

Dus L moet langer zijn dan 0,76 m.

Konklusie: afschuiving is niet maatgevend voor de lengte van
het sluishoofd, zelfs al zou de grond maar weinig
schuifspanning kunnen opbrengen.

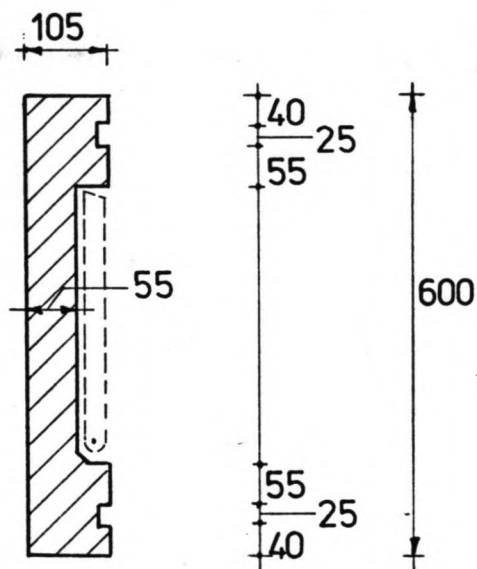
De schuifweerstand van de wanden met de grond is
namelijk nog niet eens in rekening gebracht.

'Lengte van het sluishoofd uit oogpunt van gebruik en onder-
houd:'

De lengte van de deuren bedraagt 3,20 m. en om deze deuren
droog te kunnen zetten worden schotbalkspanningen (0,25 m.)
in het beton aangebracht.

Rekening houdend met het, door de schotbalken, op afschui-
ving belaste uiteinde van de betonnen wand (afschuiving in
de richting van de deurkas) komt men tot een konstruktie
als in figuur 62.

Totale lengte van het sluishoofd is 6,00 m.



Figuur 62.

Lengte van het sluishoofd.

Maten in cm.

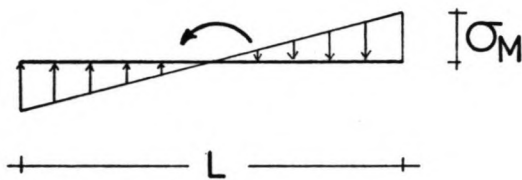
'Kontrolle op scheefzakken van het sluishoofd:'

$R_{A//}$ is maximaal bij waterstanden van $6,30^+m$. en $5,25^+m$. N.A.P. en in dat geval gelijk aan $26,8$ kN. (zie belastinggeval V).

Het totale moment op het sluishoofd ten opzichte van de onderkant van de vloer is:

$$M_{\text{totaal}} = 2 \cdot ((7,70 - 1,65) \cdot 26,8) = 324,3 \text{ kNm.}$$

Het tegenwerkende moment van kracht $R_{B//}$ is hier buiten beschouwing gelaten.



Figuur 63.

Bovenstaande figuur is slechts geldig als 'trekspanning' σ_M kleiner is dan de optredende drukspanning van de ondergrond p .

Evenwicht: $B \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \sigma_M \cdot \frac{1}{2} L\right)\right) = 1,2 \cdot 324,3 \text{ kNm.}$

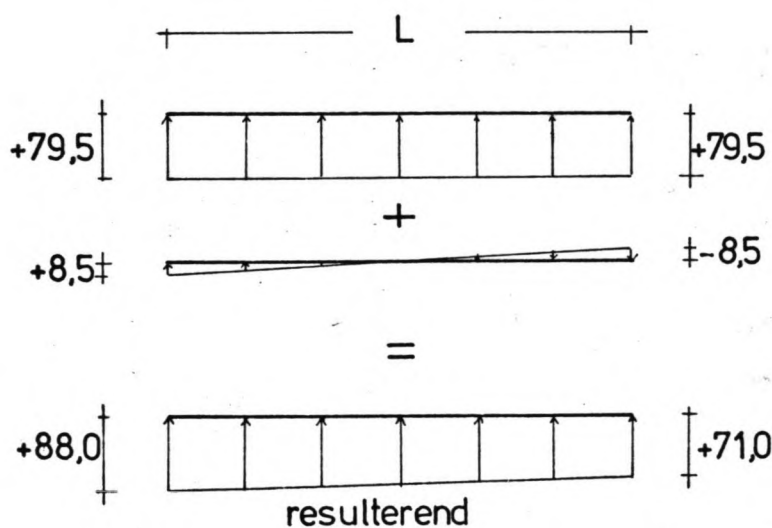
waarin B = breedte van het sluishoofd
= $7,60$ m.

L = lengte van het sluishoofd
 $1,2$ = veiligheidsfactor

Dit levert met $L = 6,00$ m. op: $\sigma_M = 8,5 \text{ kN/m}^2$

Resulterende grondspanningen:

(zie ook tabel van bladzijde 76)



Figuur 64.

Resulterende grondspanningen (kN/m^2)

De 'trekspanning' σ_M blijft ruim onder de optredende tegendruk van de ondergrond.

Opmerking 1: De maximaal toelaatbare gronddruk van 150 kN/m^2 (zie ook hoofdstuk Fundering) wordt niet overschreden.

Tegendruk p is maximaal $+100,2 \text{ kN/m}^2$ (bij belastinggeval IV; zie bladzijde 76).

Daarbij is $R_{A//} = 10,2 \text{ kN}$.

Momentis: $M_{\text{totaal}} = 61,7 \text{ kNm}$, onder verwaarlozing van de tegenwerking van $R_{B//}$.

$$\sigma_M = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

Totale grondspanning daarom met een hoogste waarde van $100,2 + 1,6 = 101,8 \text{ kN/m}^2$ en deze voldoet ruimschoots aan de eis.

Opmerking 2: Zelfs de minimale tegendruk van de ondergrond blijft nog steeds positief, de ondergrond zal altijd een drukspanning(!) moeten leveren.

10. KONSTRUKTIEVE AANVULLINGEN.

10-1. BOVENHOOFD

Het bovenstroomse sluishoofd wordt niet doorgerekend.

De belastingen, krachten en momenten zijn kleiner dan die, bij het benedenhoofd.

De vloer van het bovenhoofd komt te liggen op 3,50⁺m. N.A.P. (2 m. onder het normale stuwpeil), terwijl de bovenkant van het hoofd en de bovenkant van de deuren wordt gefixeerd op 7,70⁺m. N.A.P. De lengte van het hoofd bedraagt 6,00 m. De wanden worden op dezelfde manier uitgevoerd als die van het benedenhoofd; gemiddelde wanddikte ongeveer 0,80 m. (zie figuur 62). De vloerdikte is 0,50 m., dit is ruim voldoende daar de maatgevende krachten en momenten naar verhouding veel kleiner zullen zijn dan bij het reeds berekende hoofd.

Omdat de fundering van het bovenhoofd op dezelfde diepte als de schutkolk (1,95⁺m. N.A.P.) wordt voortgezet, ontstaat er een dooskonstruktie met een hoogte van 1,55 m. en wanden van 0,50 m. (zie grote tekening achterin verslag).

De loze ruimte tussen "plafond" en "vloer" van deze dooskonstruktie wordt gevuld met zand, dat tevens een functie als bekisting heeft bij het storten van de bovenvloer.

Ook bij het bovenhoofd sparingsen voor de schotbalken aanbrengen zodat de deuren droog gezet kunnen worden (onderhoud, reparatie, enz.).

10-2. DILATATIEVOEGEN.

De lengte van de schutkolk bedraagt 36,00 m. en dat is teveel om het in één keer uit te voeren.

Met het oog op onder andere krimp, kruip, temperatuurs-effecten, ongelijke zettingen, uitvoering enz., worden er dilatatievoegen aangebracht.

De schutkolk wordt gebouwd in twee moten van elk 18 meter, die op hun beurt weer door een dilatatievoeg van de beide hoofden zijn gescheiden.

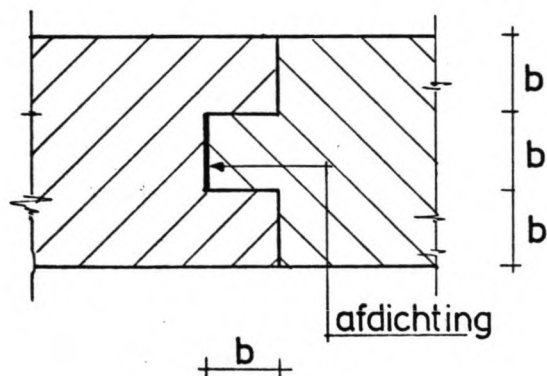
De kolkvloer past men, omdat het geheel op goede zandgrond is gefundeerd, een voeg toe waarbij de uiteinden van het beton koud op elkaar aansluiten.

In verband met een flexibele waterafdichting wordt een rubberen profiel ingebetonneerd.

Bij de aansluiting tussen de vloeren van de kolk en het sluishoofd wordt een tandvoeg toegepast. Vanzelfsprekend dient ook hier voor een waterafdichting te worden gezorgd.

In de wand mogen geen ongelijke (horizontale) verplaatsingen voorkomen in verband met mogelijke beschadigingen aan recreatievaartuigen. De voegen in de wand moeten daarom dwarskrachten kunnen opnemen en worden daarom als een soort messing-groef verbinding uitgevoerd. Weer moet een flexibele afdichting de naad waterdicht houden.

Zie voor verdere gegevens de verschillende details, aangegeven op de grote tekening achter in het verslag.



Figuur 65.

Dilatatievoeg kolkwand.

10-3. BEKLEDING VAN DE SLUISWAND.

Bij het ontwerpen van de schutsluis kan men overwegen om speciale eisen te stellen aan de kolkwand met het oog op de gladheid.

De schutsluizen in de Overijsselse Vecht worden speciaal gebouwd voor pleziervaartuigen, hetgeen in Nederland niet veel voorkomt. Het gaat hier om veel minder robuust uitgevoerde scheepjes in vergelijking tot de beroepsvaartuigen. Dit in ogenschouw genomen zou het wenselijk zijn om een speciale beschieting op de kolkwand aan te brengen om zoveel mogelijk schade aan de vaartuigen uit te sluiten.

Echter de nieuw te bouwen schutsluizen bevinden zich niet in een op zichzelf staande vaarweg.

De Overijsselse Vecht vormt een vaarwegverbinding tussen het vrij drukke Noord-West-Overijssel en het rustige kanalenstelsel in Oost-Overijssel en Zuid-Drenthe.

Het is niet zinvol om voor slechts een klein gedeelte van een traject dat een plezierjacht kan afleggen, speciale en dure voorzieningen voor de schutsluizen te treffen terwijl het overige deel van het traject ongemoeid wordt gelaten. Een gladde bekleding op de drie, nieuw te bouwen, sluizen op de Vecht heeft alleen zin als ook de overige sluizen van een dergelijke bekleding worden voorzien.

Indien de wanden in glad afgewerkt beton worden uitgevoerd zal dit voldoende zijn.

Daarnaast zijn de meeste pleziervaartuigen uitgerust met stootkussens.

De enige eis die aan de wand van de schutsluis zal worden gesteld is, dat de wand zorgvuldig en vlak afgewerkt moet zijn.

Tijdens de uitvoering zal dan ook de nodige zorg moeten worden besteed aan de bekisting en aan de verdichting van het beton tijdens de stort.

10-4. DAMWANDEN.

Om onder- en achterloopsheid bij de sluis tegen te gaan, worden damwanden geslagen. Deze worden zo diep geslagen dat ze:

- a) of reiken tot in een vaste, ondoorlatende laag
of
- b) de af te leggen weg voor het water zodanig verlengen dat er geen sterke grondwaterstroming meer kan ontstaan (met alle schadelijke gevolgen van dien).

Naast de sluis worden de wanden zover voortgezet, totdat ook deze horizontale omweg voor het grondwater onaantrekkelijk wordt. Daarbij dient gerekend te worden met de geroerde grond naast de hoofden.

Onder en naast beide hoofden wordt een damwandscherm geslagen (zie ook de grote tekening achter in het verslag).

Het ene scherm fungeert daarbij als reserve voor het andere. De damwandplanken kunnen in principe van hout, beton of staal zijn. Houten damwanden vormen een goed scherm, vooral doordat ze door vochtopname enigszins zwellen. Door hun grote dikte zullen houten en betonnen damwanden niet gemakkelijk in deze zanderige grond geheid kunnen worden en moeten daarom op diepte gespoten worden.

Sputten van onderloopsheid-damwanden is echter helemaal uit den boze. Er worden hier stalen damwanden geslagen. Deze vormen een goed waterdicht scherm en zijn eenvoudig te heien. Volgens Jitta moet de kwellengte minstens 12 keer het aanwezige verval bedragen, dus

$$\text{kwellengte} = 12 \cdot 1,05 = 12,60 \text{ m. (zand).}$$

De minder doorlatende laag bevindt zich echter al op 6,50 m. N.A.P. en daarom worden de damwanden tot in deze laag geheid. De lengte van de damwanden bedraagt nu 8,00 m.

10-5. BEWEGINGSMECHANISMEN.

Het bewegingsmechanisme wordt gebruikt om de sluisdeuren te openen en te sluiten.

In geopende toestand mag de deur niet uit de deurkas worden gezogen door voorbijvarende boten. Bovendien mogen stoten op de geopende deur, bijvoorbeeld door schepen, niet op het bewegingsmechanisme worden overgebracht.

Rust de deur niet met de steunklossen op de muur, dan moet het water tussen deur en muur de stoot opvangen.

De eenvoud van het bewegingsmechanisme staat bij de keuze voorop. Daarnaast moet ook de mogelijkheid worden open gelaten om de sluis later als een zelfbedieningssluis uit te voeren.

Hierbij bedient de watersporter zelf de sluis. Hij sluit de deuren, opent de schuiven en nivelleert het waterstandsverschil. Het geheel van handelingen dient daarom op een overzichtelijke en eenvoudige manier te geschieden.

De bewegingsmechanismen blijven zelfs bij extreem hoog water nog droog.

Het aangrijpingspunt is daartoe boven op de puntdeuren aangebracht.

Een centraal bedieningspunt verdient hier, ook in verband met mogelijk toekomstige aanpassingen, de voorkeur.

De deuren kunnen op een aantal manieren worden bewogen, te weten:

- a) elektrisch
- b) hydraulisch
- c) met behulp van handkracht.

Het openen en sluiten van de sluisdeuren op handkracht vergt weinig voorzieningen en is praktisch altijd uit te voeren. Een voordeel is dat de deuren nu niet tegen een verval in geopend kunnen worden. Centraal bedienen is echter uit den boze terwijl bovendien de sluiswachter steeds over en weer moet lopen om de schutcyclus te voltooien,

zelfs onder slechte weersomstandigheden.

Handbediende deuren zijn bijvoorbeeld te bewegen met behulp van een tandheugel. Deze is enigszins robuust van uitvoering en geeft een groter houvast op de deur dan een kabel.

Het nadeel van elektrisch bewogen deuren is de kwetsbaarheid van het systeem. Er zal rekening gehouden moeten worden met het openen van de deuren tegen een verval in, vochtige weersomstandigheden zoals regen, mist, sneeuw enz.

De electromotoren dienen ook synchroom te lopen. Een dergelijk systeem vraagt veel aandacht en onderhoud.

Hydraulisch bewogen deuren verdienen de voorkeur.

Op een centraal bedieningstussenpunt bevindt zich het oliereservoir met het drukvat.

Van hieruit lopen de leidingen met een drukregelaar, vanwege het synchroom lopen, naar de sluishoofden.

Vanzelfsprekend kan ook hier de stroom uitvallen en moet over te schakelen zijn op handbediening. Het geheel is eenvoudig om te bouwen tot een, door de watersporter zelf bediende sluis.

10-6. WACHT- EN GELEIDWERK.

Het schutproces is diskontinu hetgeen betekent dat er ook tijden zijn dat de sluisdeuren gesloten zijn. Dit houdt in dat de jachten een wachtgelegenheid moeten hebben.

Deze afmeerkonstruktie kan ofwel gedeeltelijk drijvend ofwel vast uitgevoerd worden.

Het grote voordeel van een drijvende steiger is dat een watersporter altijd, bij welke waterstand dan ook, uit zijn boot kan gaan om deze vast te leggen. Door z'n grote mobiliteit is een dergelijke steiger ook kwetsbaarder. Bovendien ontbreekt zo ook enig verband tussen de diverse palen, wat bij toepassing van een langsgording wél aanwezig is.

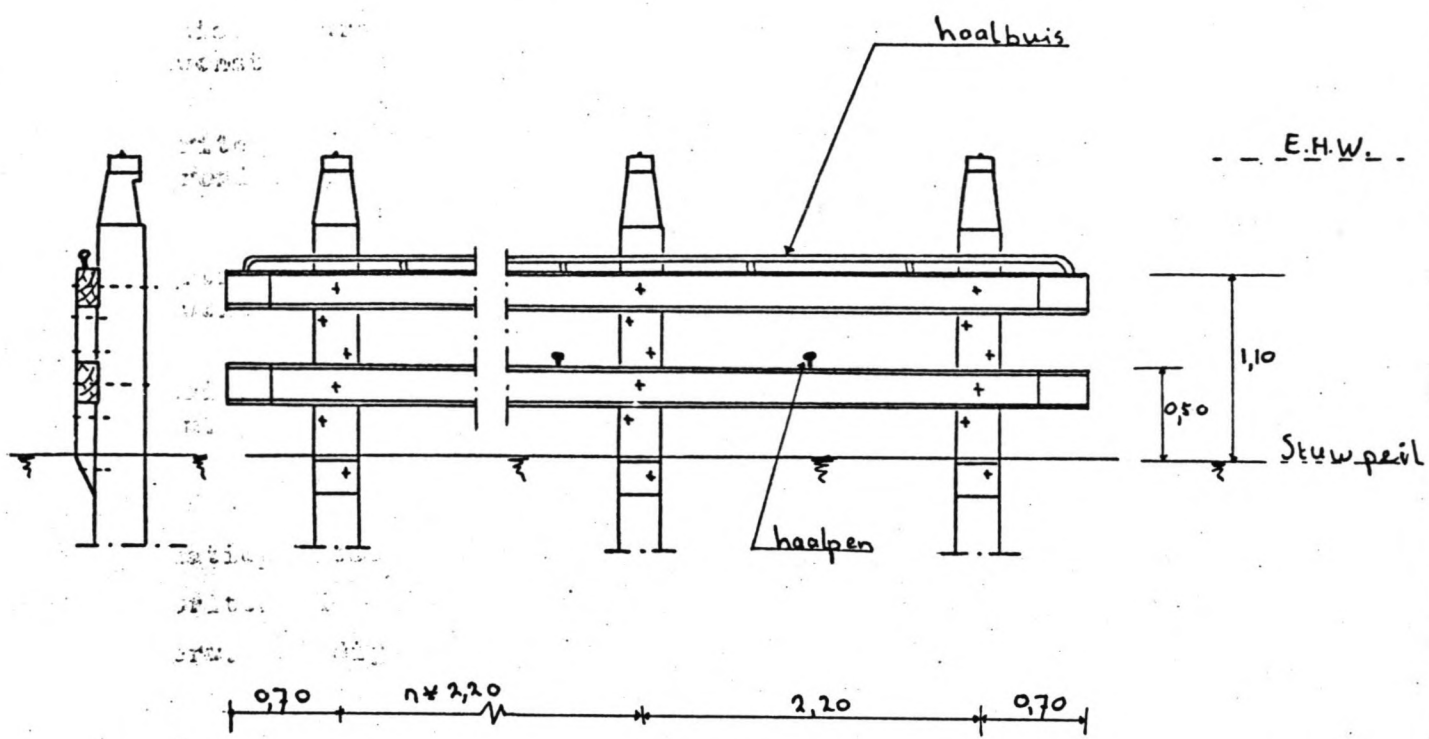
Hier is de konstruktie volgens figuur 66 toegepast.

De palen staan h.o.h. 2,20 meter.

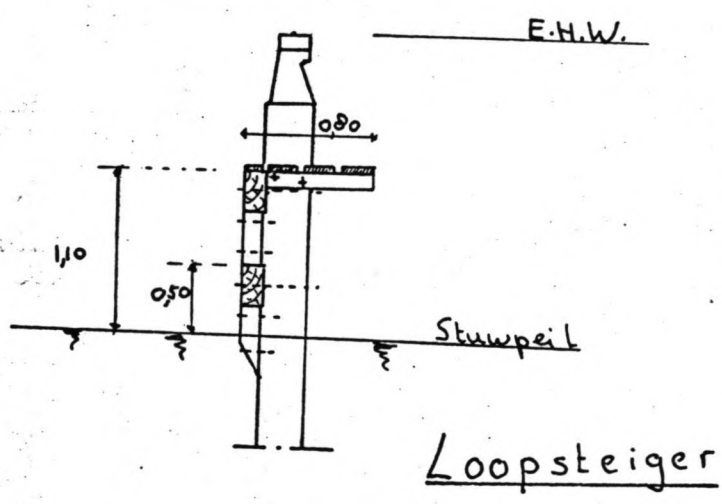
Er is een tweede gording aangebracht vanwege:

- a) wisselende waterstanden in de Vecht (in vaarseizoen zijn de gemiddelde waterstanden meestal iets hoger dan het stuwpeil).
- b) het verschil in grootte van de jachten en dus het verschil in boordhoogte.
- c) de kans op aanvaring door bijvoorbeeld een omgebouwd oud binnenschip of kleine beroepsscheepjes (tweede gording geeft grotere stijfheid).

Op de bovenste gording wordt een haalbuis aangebracht. Met behulp van deze haalbuis kunnen de jachten, roeiboten of kleine zeilboten desgewenst zichzelf de sluis in trekken. Daartoe dient dan op de puntdeuren en de kolkwand ook een buis te worden aangebracht.



Remming - geleide werk



Figuur 66.
REMMING-GELEIDWERK
LOOPSTEIGER.

Bij het hoogste schutpeil van 6,30⁺m. N.A.P. bovenstrooms worden de boten verondersteld vast te maken aan de palen zelf. Dit komt weinig frequent voor zodat een gording voor die hoogte niet veel bestaansredenen heeft.

Indien het gewenst is, kan de tweede gording heel eenvoudig van een loopdek worden voorzien.

De lengte van de wachtgelegenheid (uitgevoerd met een dubbele gording) wordt aangehouden op ongeveer 45 m., vooreerst voldoende voor 6 à 7 jachten.

Als extra wachtgelegenheid worden losstaande palen h.o.h. 2,20 m. geheid. Bij uitbreiding van het scheepsaanbod worden deze palen ook van een gording voorzien.

De geleidewerken kunnen op dezelfde wijze worden uitgevoerd. Om voor de watersporter een verschil aan te brengen tussen geleidewerk en wachtplaats voert men de wachtplaatsen uit met een loopdek. Eventueel wordt ook een leuning aangebracht.

10-7. STORTEBED.

De taak van een stortebed is de op het kunstwerk aansluitende bodem van het vaarwater zodanig tegen de vernielende werking van stromend water (uitschuring) te beschermen, dat de standzekerheid van het kunstwerk en van de aansluitende oevers geen gevaar loopt.

Daarbij is een fundering op staal gevoeliger hiervoor dan een sluis, gefundeert op palen.

Uitstortend water heeft een snelheid die pas na een bepaalde afstand over de gehele doorsnede van het kanaal gelijkmatig verdeeld is en een grootte heeft waarbij de bodem niet meer wordt aangetast.

Over deze lengte moet het stortebed worden aangebracht en het liefst over de gehele breedte.

Om die afstand te reduceren -men remt de snelheid van de waterstroom af en divergeert deze zo snel mogelijk over het gehele profiel- worden ook wel één of meer drempels in het stortebed toegepast.

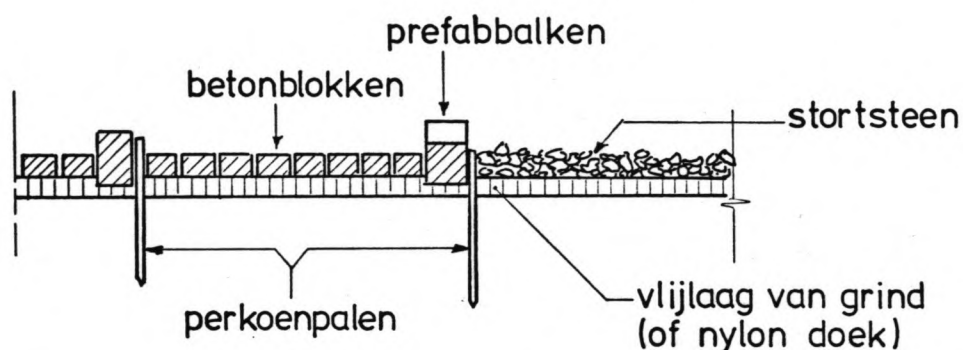
Bij laag aangebrachte schuiven in een sluisdeur zal de waterstroom begrijpelijkerwijs de bodem sterker aanval- len dan bij een hogere plaatsing.

Bij het ledigen van de kolk treden sterkere waterstromen op dan bij het vullen ervan. Daarom is het stortebed van het benedenhoofd belangrijker en groter dan dat van het bovenhoofd.

Kan het stortebed in den droge gemaakt worden, dan zou de konstruktie heel goed kunnen bestaan uit betonnen drempels -die ter plaatse worden gestort of geprefabri- ceerd zijn- met daartussen betonblokken op een laag grind. De konstruktie moet waterdoorlatend blijven daar anders de blokken enigszins opgelicht kunnen worden; eventueel pijpjes in de betonblokken aanbrengen.

De beëindiging van het stortebed moet flexibel genoeg zijn om eventueel ontgrondingen te kunnen volgen.

Aan het einde van het stortebed moet géén opstaande balk worden aangebracht -om het water omhoog te dwingen- omdat dit verderop bij het omlaagduiken van de straal weer sterke ontgrondingen geeft. Beter is het om de eindbalk te vervangen door tanden die gelijkmatiger stroom doen ontstaan. De randen van het stortebed moeten worden opgesloten door perkoenpalen.



Figuur 67.

Stortebed in den droge.

De flexibele beëindiging van het stortebed, onder andere te realiseren met behulp van stortsteen op een vlijlaag van grind zoals bovenstaande figuur weer geeft, hoeft natuurlijk niet in den droge te geschieden. Deze kan ook worden aangelegd als er al een bepaalde waterkolom boven staat. Nadeel is echter dan de beperkte controle op het werk, in de uitvoering.

Worden stortebedden verlangd die in den natte moeten worden aangebracht, dan valt de keuze op zinkstukken. Dit zijn matrassen van rijshout die worden verzwaard met stortsteen.

LITERATUURLIJST

1. Sluizen en andere waterbouwkundige kunstwerken
in en langs kanalen.

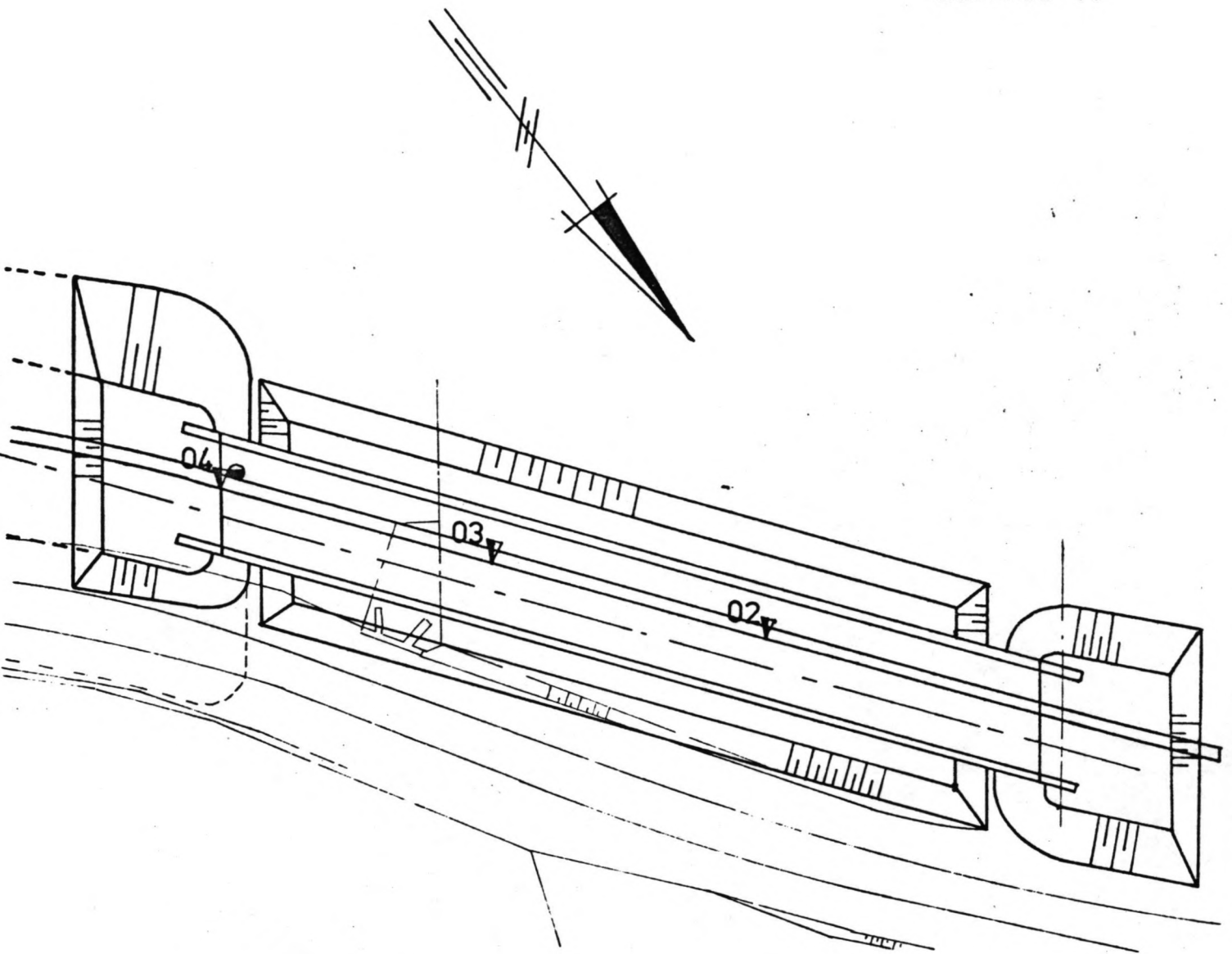
J.Jitta (1947).

2. Kollegediktaat f9

Prof. v.d. Velde.

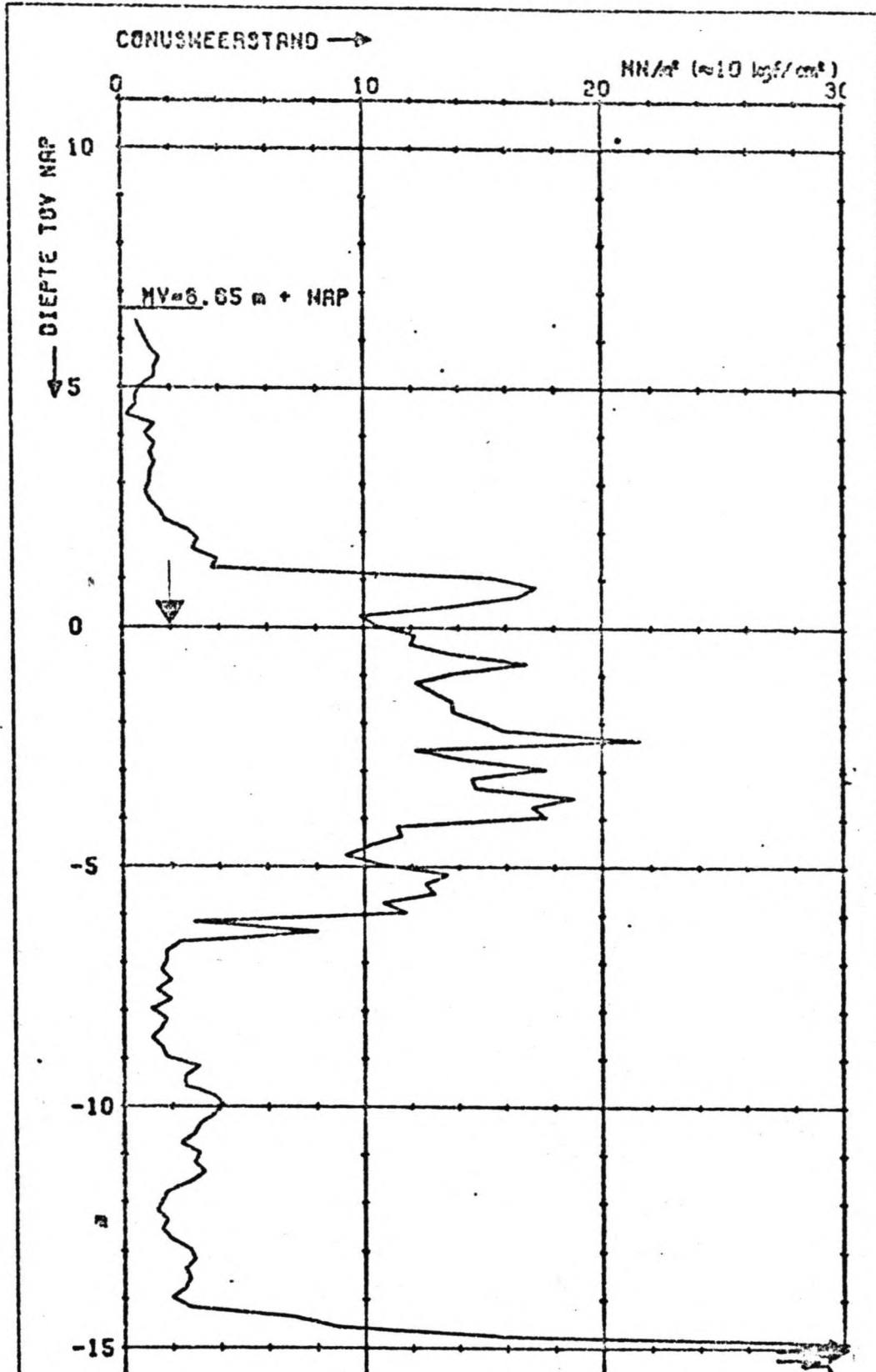
3. Verslag symposium 'Pleziervaart en verkeerskunde'.


Utrecht, oktober 1978.

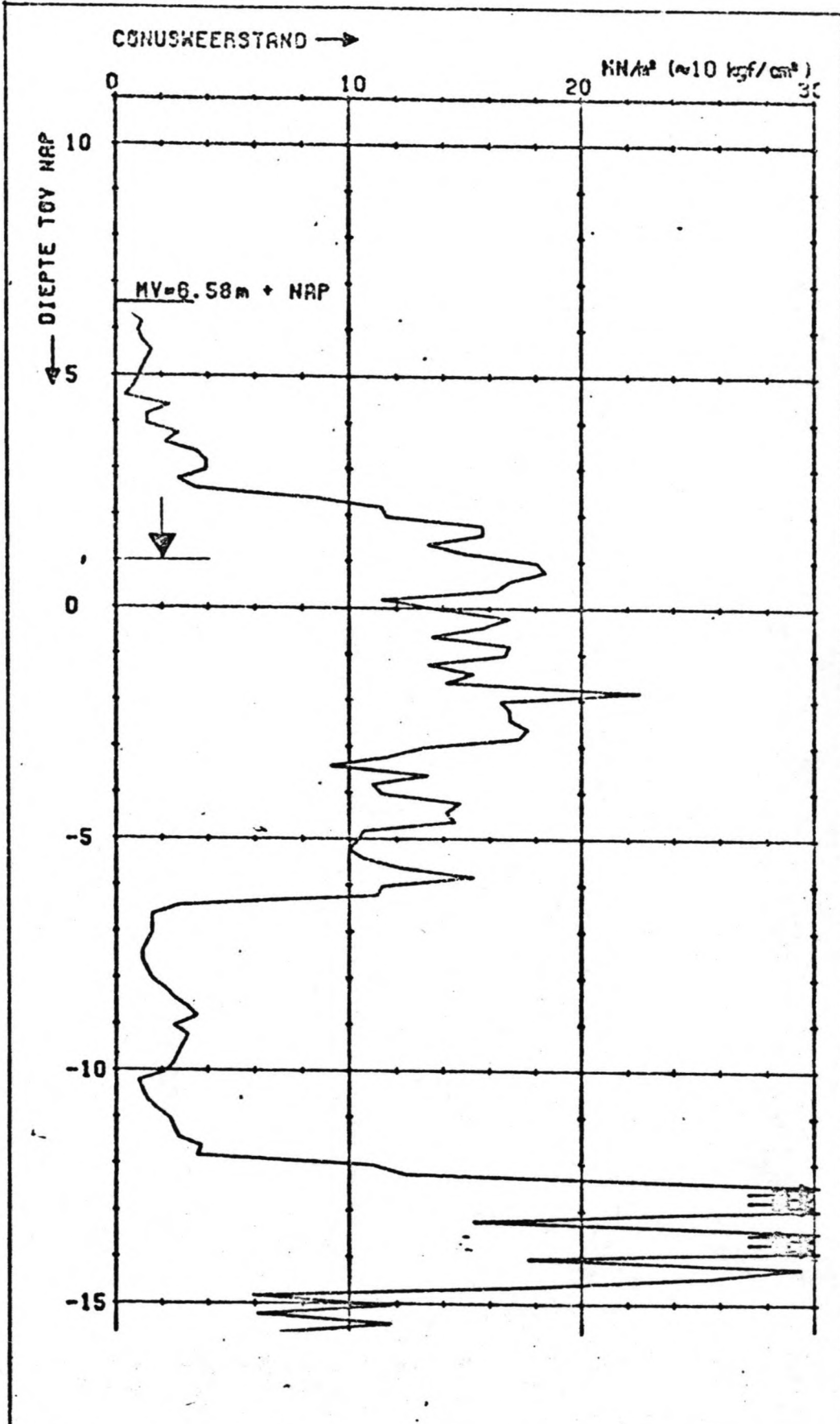



- ▼ diepsondering
- boring

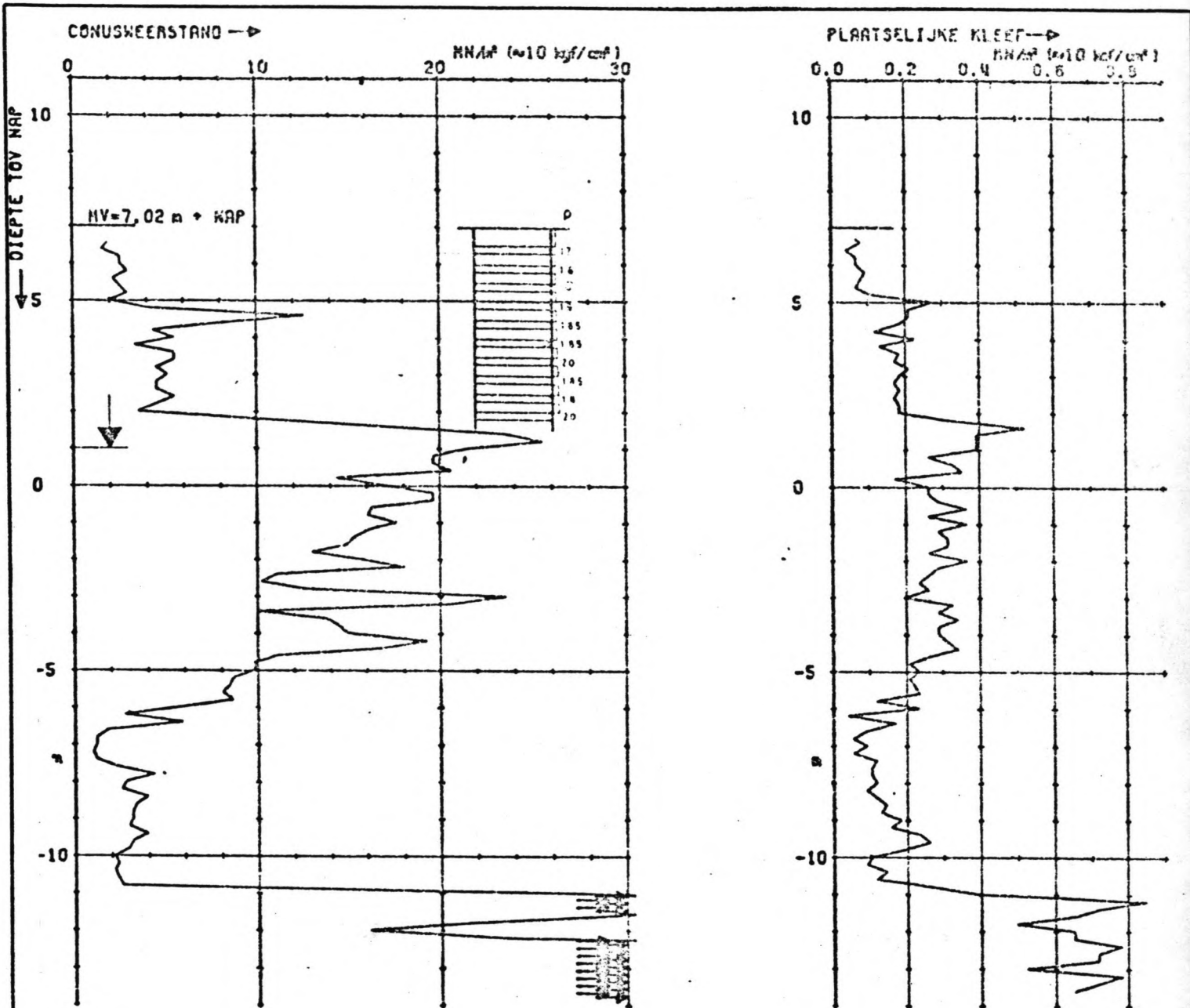
SONDERINGEN DOORLAATBRUG
MARIENBERG.




 laboratorium voor grondmechanica delft <small>telefoon (015) 56 92 21 telex 11326 SWAD nl</small>	77-09-03	M
	CO-299830	
BANG O/D OVERTIJSSSE VECHT TE HARTENBERG (GEN. HARDENBERG)	BIJL. 3	60%
ZWABE SONDERING 02		



 laboratorium voor grondmechanica delft <small>telefoon: 015- 449221</small> <small>telex: 11126 soa*</small>	77-03-03	M
	CO-238930	
BRUG O/D OVERIJSSSELE VECHT TE MARIENBERG (GEN. HARDENBERG) ZWARE SONDERING 03	BIJL. 4	60 30



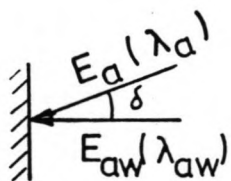
 laboratorium voor grondmechanica delft <small>laboratory of soil mechanics</small>	77-03-03	75
	CG-238930	
	BIJL 5	60 40

BRUG O/D OVERTIJSSELSE VECHT TE
KRAATENBERG (GEN. HARDENBERG)

ZWARE SONDERING ON+PLAATSELIJKE KLEEF

λ - waarden als een funktie van de hoek van inwendige wrijving φ en de wandwrijving δ , ter berekening van de horizontale gronddruk op een verticale wand bij horizontaal maaiveld en/of bodem.

$\varphi =$	15°	17,5°	20°	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40
$\delta=0^\circ$	0,59	0,54	0,49	0,45	0,41	0,37	0,33	0,30	0,27	0,24	0,22
+5°	0,56	0,51	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
+10°	0,53	0,48	0,44	0,40	0,37	0,33	0,30	0,28	0,25	0,22	0,20
+15°	0,50	0,46	0,42	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19
+17,5°		0,45	0,41	0,38	0,34	0,32	0,29	0,26	0,24	0,21	0,19
+20°			0,40	0,37	0,34	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19
+22,5°				0,36	0,33	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18
+25°					0,32	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18
+27,5°						0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
+30°							0,26	0,24	0,21	0,19	0,17
+32,5°								0,23	0,21	0,19	0,17
+35°									0,21	0,19	0,17
+37,5°										0,18	0,16
+40°											0,16



$$\lambda_{aw} = \lambda_a \cdot \cos$$

Voor $\delta=0$ is $\lambda_{aw} = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$

In deze tabel zijn de waarden gegeven van λ_{aw} .

In de tabel hieronder zijn de (aktieve) grondspanningen weergegeven. De volgende bijlage geeft een en ander grafisch weer.

Er geldt dat:

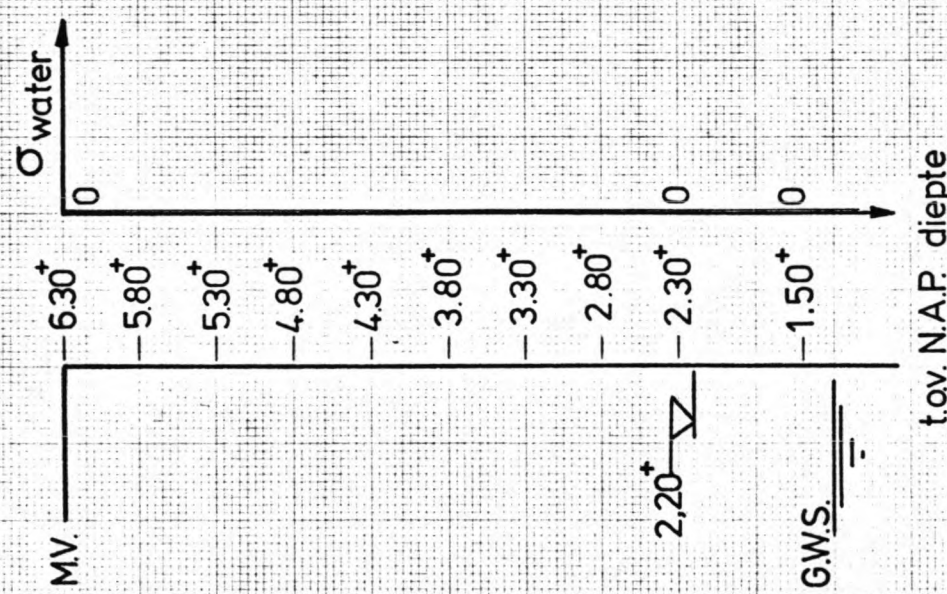
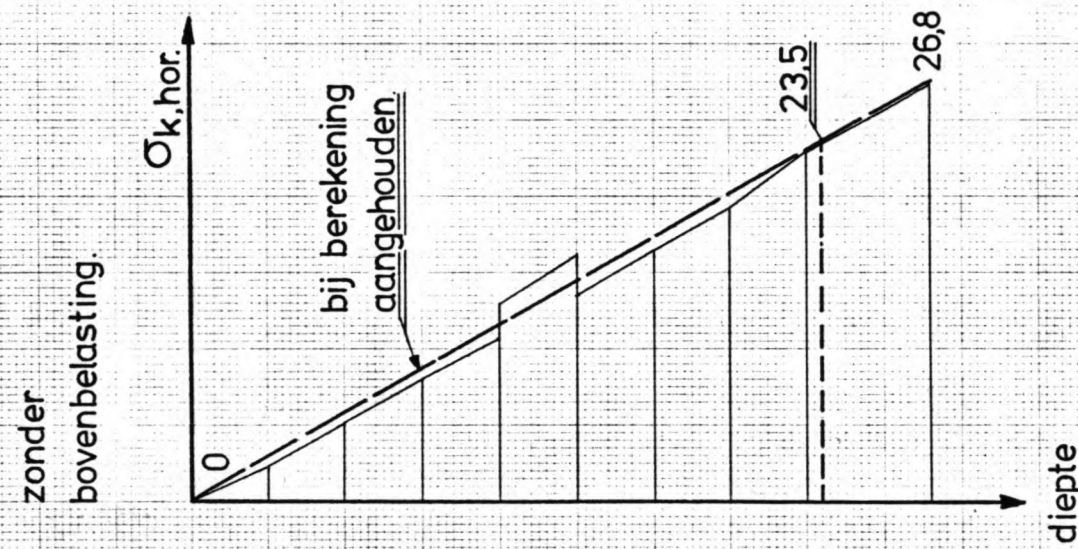
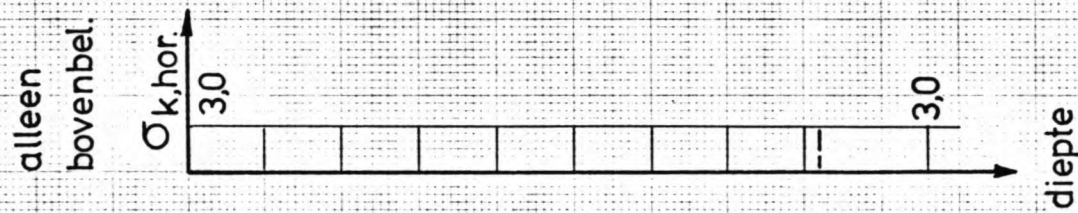
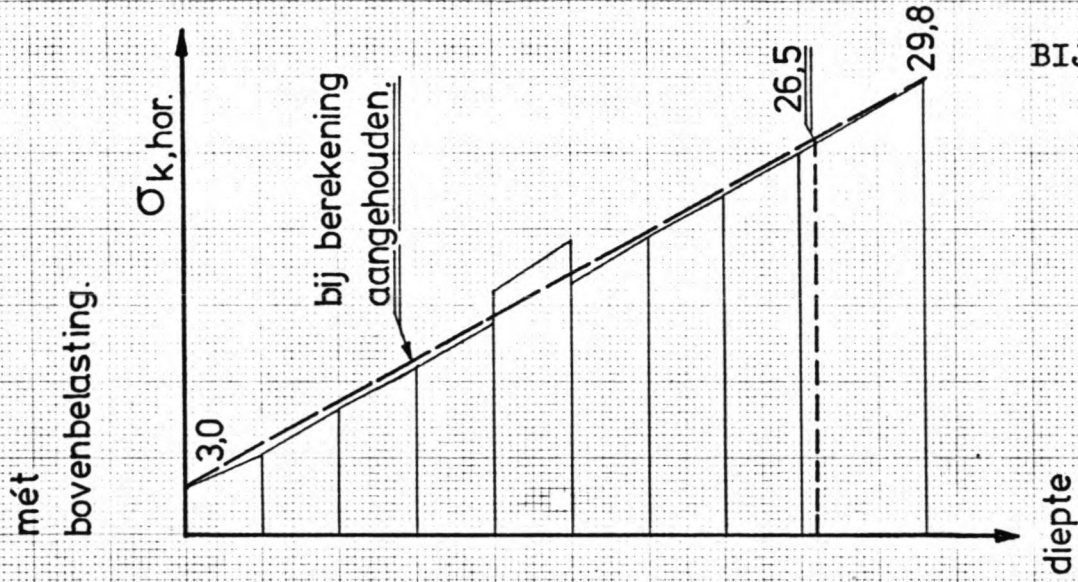
$$\sigma_{gr.,vert.} = \sigma_{water} + \sigma_{k.,vert.}$$

$$\sigma_{k.,hor.} = \lambda_a \cdot \sigma_{k.,vert.}$$

$$\sigma_{gr.,hor.} = \sigma_{water} + \sigma_{k.,hor.}$$

PROFIEL AANGEAARD, VERLAAGDE GRONDWATERSTAND

peil N.A.P.	$\sigma_{gr,vert}$	σ_w	$\sigma_{k,vert}$	λ_a	$\sigma_{k,hor}$	$\sigma_{gr,hor}$
6,30 ⁺	10,0	0	10,0	0,30	3,0	3,0
5,80 ⁺	18,0	0	18,0	0,30	5,4	5,4
5,30 ⁺	27,0	0	27,0	0,30	8,1	8,1
4,80 ⁺	36,5	0	36,5	0,30	11,0	11,0
4,30 ⁺	45,8	0	45,8	0,30	13,7	13,7
4,30 ⁺	45,8	0	45,8	0,35	16,0	16,0
3,80 ⁺	55,0	0	55,0	0,35	19,2	19,2
3,80 ⁺	55,0	0	55,0	0,30	16,5	16,5
3,30 ⁺	65,0	0	65,0	0,30	19,5	19,5
2,80 ⁺	74,2	0	74,2	0,30	22,3	22,3
2,30 ⁺	83,2	0	83,2	0,30	25,0	25,0
1,50 ⁺	99,2	0	99,2	0,30	29,8	29,8
[m.]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]		[kN/m ²]	[kN/m ²]



Maten in m.; spanningen in kN/m^2
Profiel aangeaard, lage G.W.S.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de (aktieve) spanningen in de grond. Zie ook de volgende bijlage. Tussen de spanningen heerst het volgende verband:

$$\sigma_{gr.,vert.} = \sigma_{water} + \sigma_{k.,vert.}$$

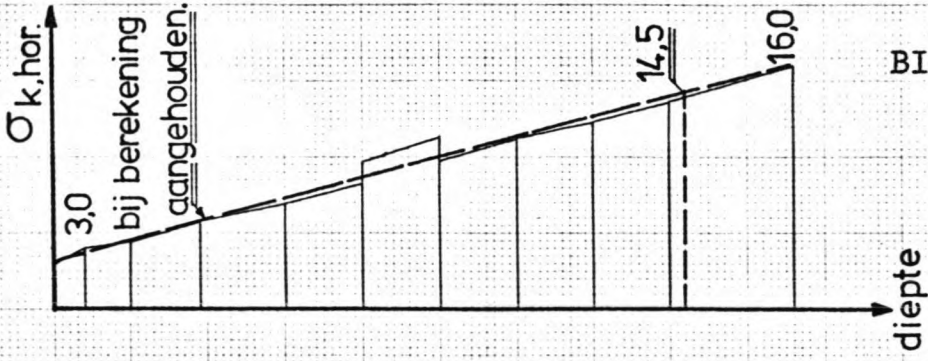
$$\sigma_{k.,hor.} = \lambda_a \cdot \sigma_{k.,vert.}$$

$$\sigma_{gr.,hor.} = \sigma_{water} + \sigma_{k.,hor.}$$

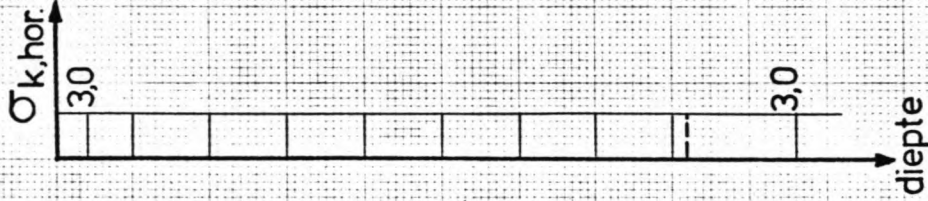
PROFIEL AANGEAARD, NORMALE GRONDWATERSTAND

peil N.A.P.	$\sigma_{gr,vert}$	σ_w	$\sigma_{k,vert}$	λ_a	$\sigma_{k,hor}$	$\sigma_{gr,hor}$
6,30 ⁺	10,0	0	10,0	0,30	3,0	3,0
6,10 ⁺	13,2	0	13,2	0,30	4,0	4,0
5,80 ⁺	18,0	3,0	15,0	0,30	4,5	7,5
5,30 ⁺	27,0	8,0	19,0	0,30	5,7	13,7
4,80 ⁺	36,5	13,0	23,5	0,30	7,0	20,0
4,30 ⁺	45,8	18,0	27,8	0,30	8,3	26,3
4,30 ⁺	45,8	18,0	27,8	0,35	9,7	27,7
3,80 ⁺	55,0	23,0	32,0	0,35	11,2	34,2
3,80 ⁺	55,0	23,0	32,0	0,30	9,6	32,6
3,30 ⁺	65,0	28,0	37,0	0,30	11,1	39,1
2,80 ⁺	74,2	33,0	41,2	0,30	12,4	45,4
2,30 ⁺	83,2	38,0	45,2	0,30	13,6	51,6
1,50 ⁺	99,2	46,0	53,2	0,30	16,0	62,0
[m.]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]		[kN/m ²]	[kN/m ²]

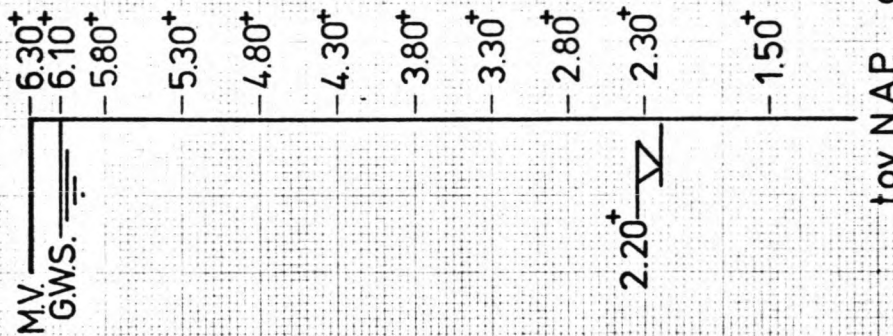
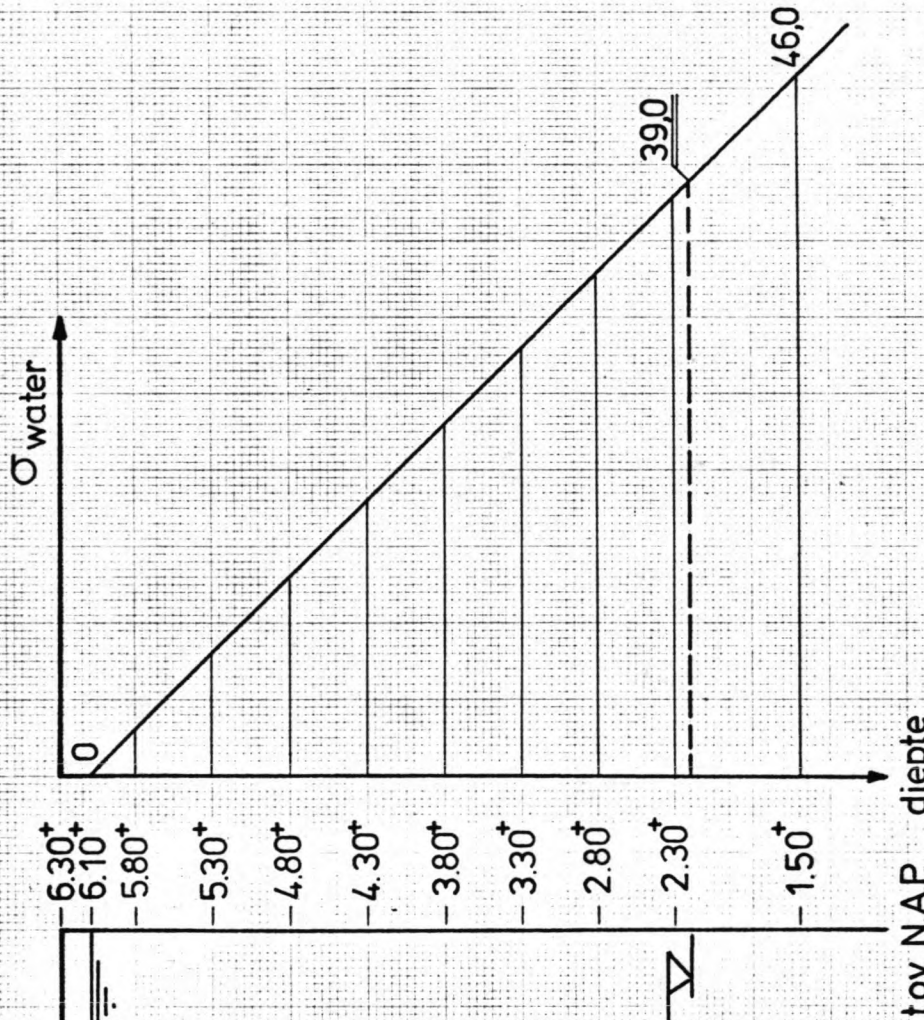
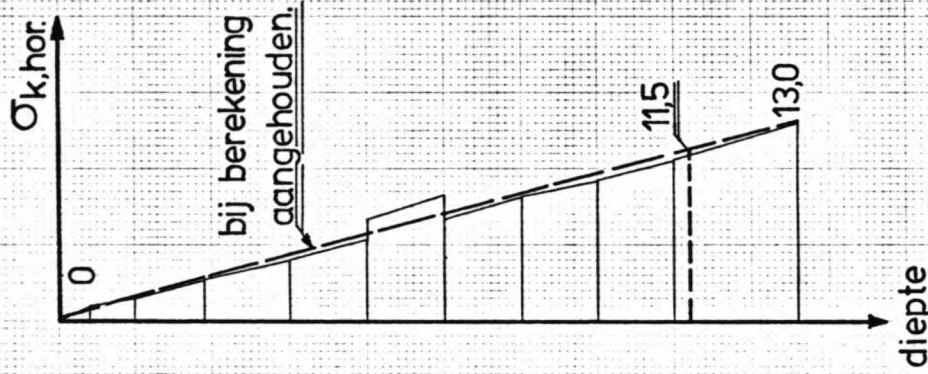
mét
bovenbelasting.



alleen
bovenbel.



zonder
bovenbelasting.



Maten in m.; spanningen in kN/m².

Profiel aangeaald, normale G.W.S.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de (aktieve) grondspanningen.

Er geldt:

$$\sigma_{gr.,vert.} = \sigma_w + \sigma_{k.,vert.}$$

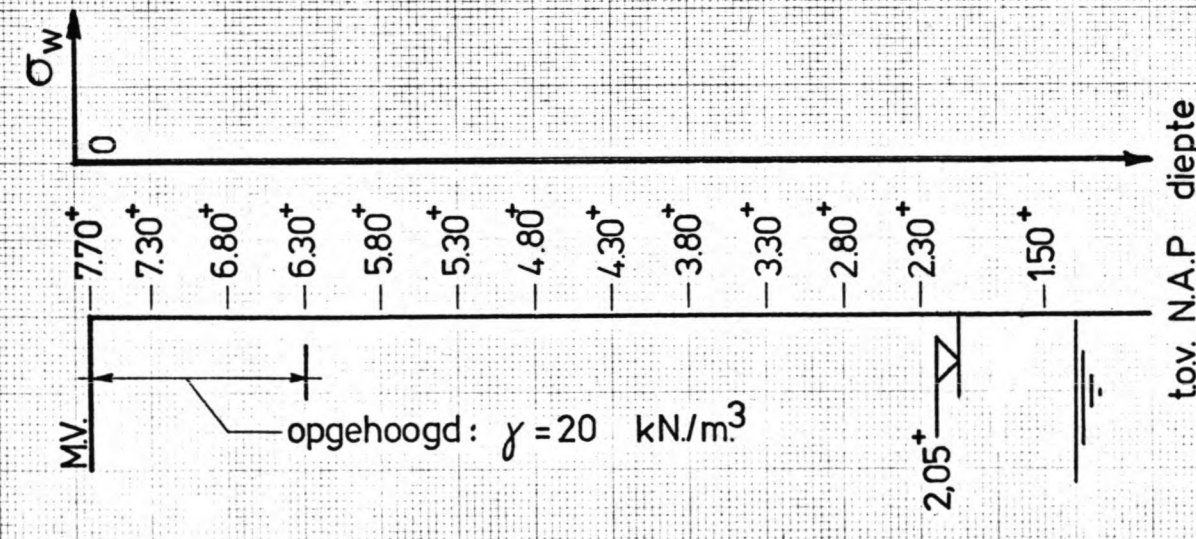
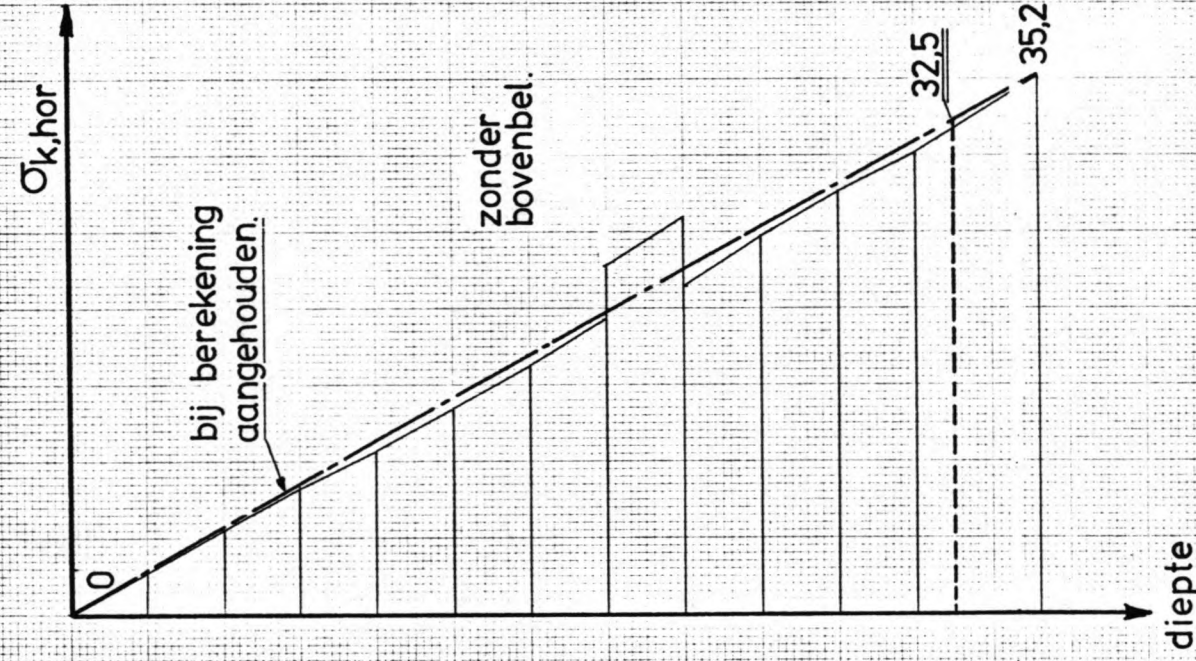
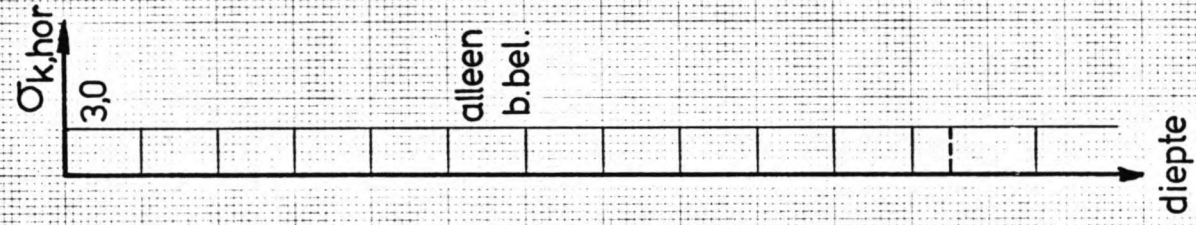
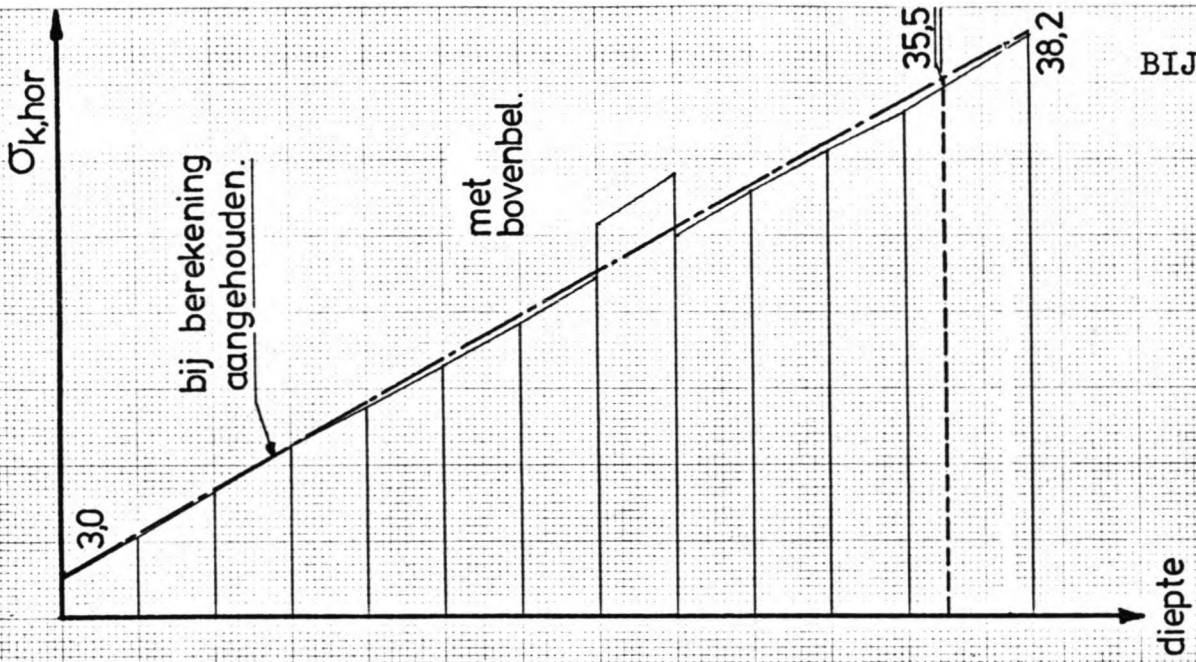
$$\sigma_{k.,hor.} = \lambda_a \cdot \sigma_{k.,vert.}$$

$$\sigma_{gr.,hor.} = \sigma_w + \sigma_{k.,hor.}$$

SLUISHOOFD AANGEAARD; VERLAAGDE GRONDWATERSTAND

peil N.A.P.	$\sigma_{gr,vert}$	σ_w	$\sigma_{k,vert}$	λ_a	$\sigma_{k,hor}$	$\sigma_{gr,hor}$
7,70 ⁺	10,0	0	10,0	0,30	3,0	3,0
7,30 ⁺	18,0 [*]	0	18,0	0,30	5,4	5,4
6,80 ⁺	28,0	0	28,0	0,30	8,4	8,4
6,30 ⁺	38,0	0	38,0	0,30	11,4	11,4
5,80 ⁺	46,0	0	46,0	0,30	13,8	13,8
5,30 ⁺	55,0	0	55,0	0,30	16,5	16,5
4,80 ⁺	64,5	0	64,5	0,30	19,4	19,4
4,30 ⁺	73,8	0	73,8	0,30	22,1	22,1
4,30 ⁺	73,8	0	73,8	0,35	25,8	25,8
3,80 ⁺	83,0	0	83,0	0,35	29,0	29,0
3,80 ⁺	83,0	0	83,0	0,30	24,9	24,9
3,30 ⁺	93,0	0	93,0	0,30	27,9	27,9
2,80 ⁺	102,2	0	102,2	0,30	30,7	30,7
2,30 ⁺	111,2	0	111,2	0,30	33,4	33,4
1,50 ⁺	127,2	0	127,2	0,30	38,2	38,2
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]		[kN/m ²]	[kN/m ²]

*opgehoogde grond met $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$



maten in m.; spanningen in kN/m^2
Sluishoofd aangeaard; lage G.W.S.

In onderstaande tabel een overzicht van de grondspanningen naast het sluishoofd.

De volgende formules gelden: $\sigma_{gr,vert} = \sigma_w + \sigma_{k,vert}$

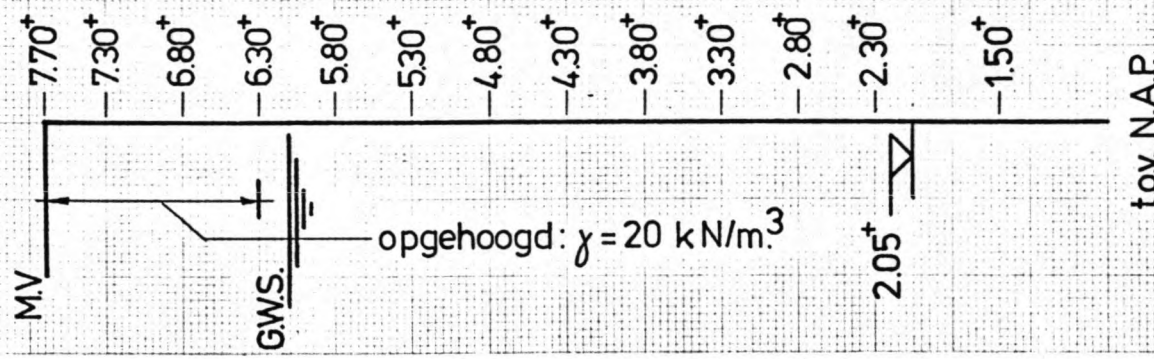
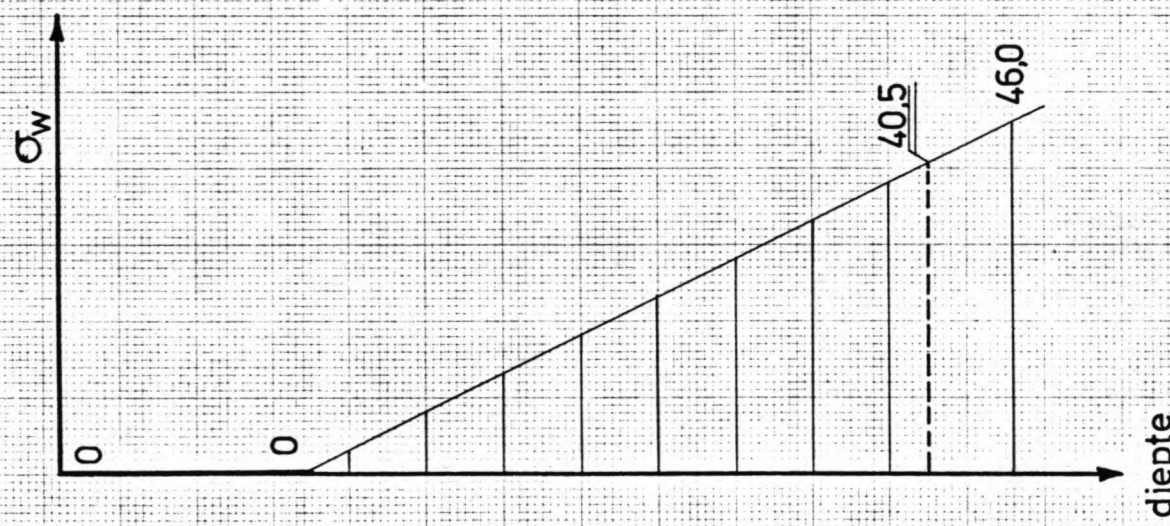
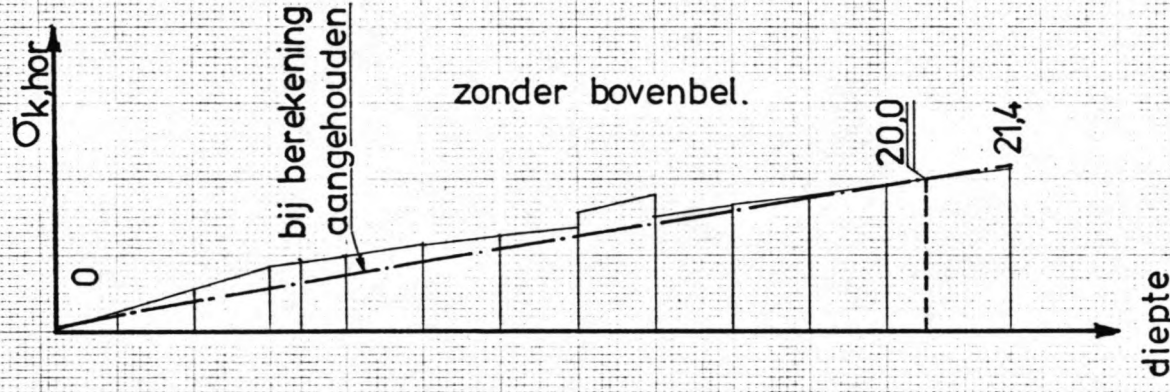
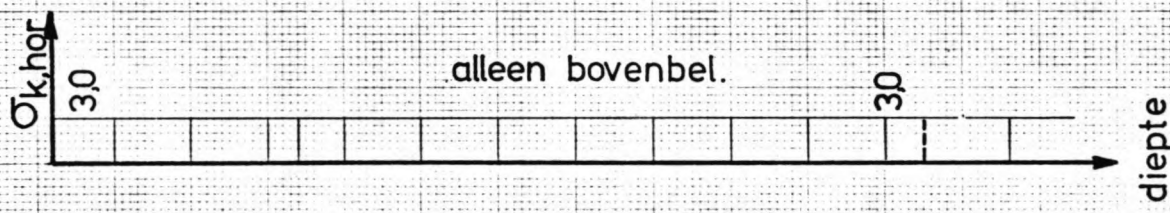
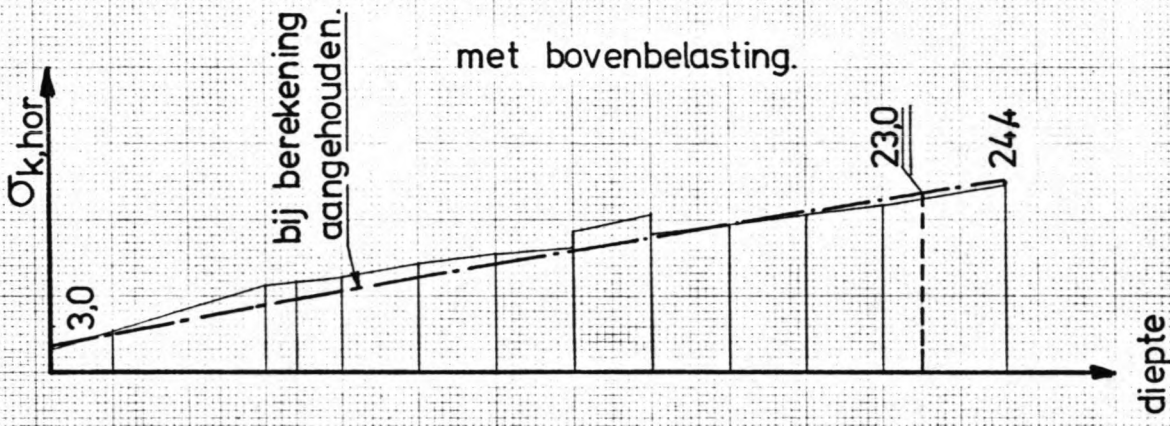
$$\sigma_{k,hor} = \lambda_a \cdot \sigma_{k,vert}$$

$$\sigma_{gr,hor} = \sigma_w + \sigma_{k,hor}$$

SLUISHOOFD AANGEAARD; NORMALE GRONDWATERSTAND

peil N.A.P.	$\sigma_{gr,vert}$	σ_w	$\sigma_{k,vert}$	λ_a	$\sigma_{k,hor}$	$\sigma_{gr,hor}$
7,70 ⁺	10,0	0	10,0	0,30	3,0	3,0
7,30 ⁺	18,0*	0	18,0	0,30	5,4	5,4
6,80 ⁺	28,0	0	28,0	0,30	8,4	8,4
6,30 ⁺	38,0	0	38,0	0,30	11,4	11,4
6,10 ⁺	41,2	0	41,2	0,30	12,4	12,4
5,80 ⁺	46,0	3,0	43,0	0,30	12,9	15,9
5,30 ⁺	55,0	8,0	47,0	0,30	14,1	22,1
4,80 ⁺	64,5	13,0	51,5	0,30	15,4	28,4
4,30 ⁺	73,8	18,0	55,8	0,30	16,7	34,7
4,30 ⁺	73,8	18,0	55,8	0,35	18,7	36,7
3,80 ⁺	83,0	23,0	60,0	0,35	21,0	44,0
3,80 ⁺	83,0	23,0	60,0	0,30	18,0	41,0
3,30 ⁺	93,0	28,0	65,0	0,30	19,5	47,5
2,80 ⁺	102,2	33,0	69,2	0,30	20,8	53,8
2,30 ⁺	111,2	38,0	72,2	0,30	22,0	60,0
1,50 ⁺	127,2	46,0	81,2	0,30	24,4	70,4
[m.]	[kN/m. ²]	[kN/m. ²]	[kN/m. ²]		[kN/m. ²]	[kN/m. ²]

* opgehoogde grond met $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$



maten in m.; spanningen in kN/m^2
Sluishoofd aangeaald; normale G.W.S.

