

JUNI '75

Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde



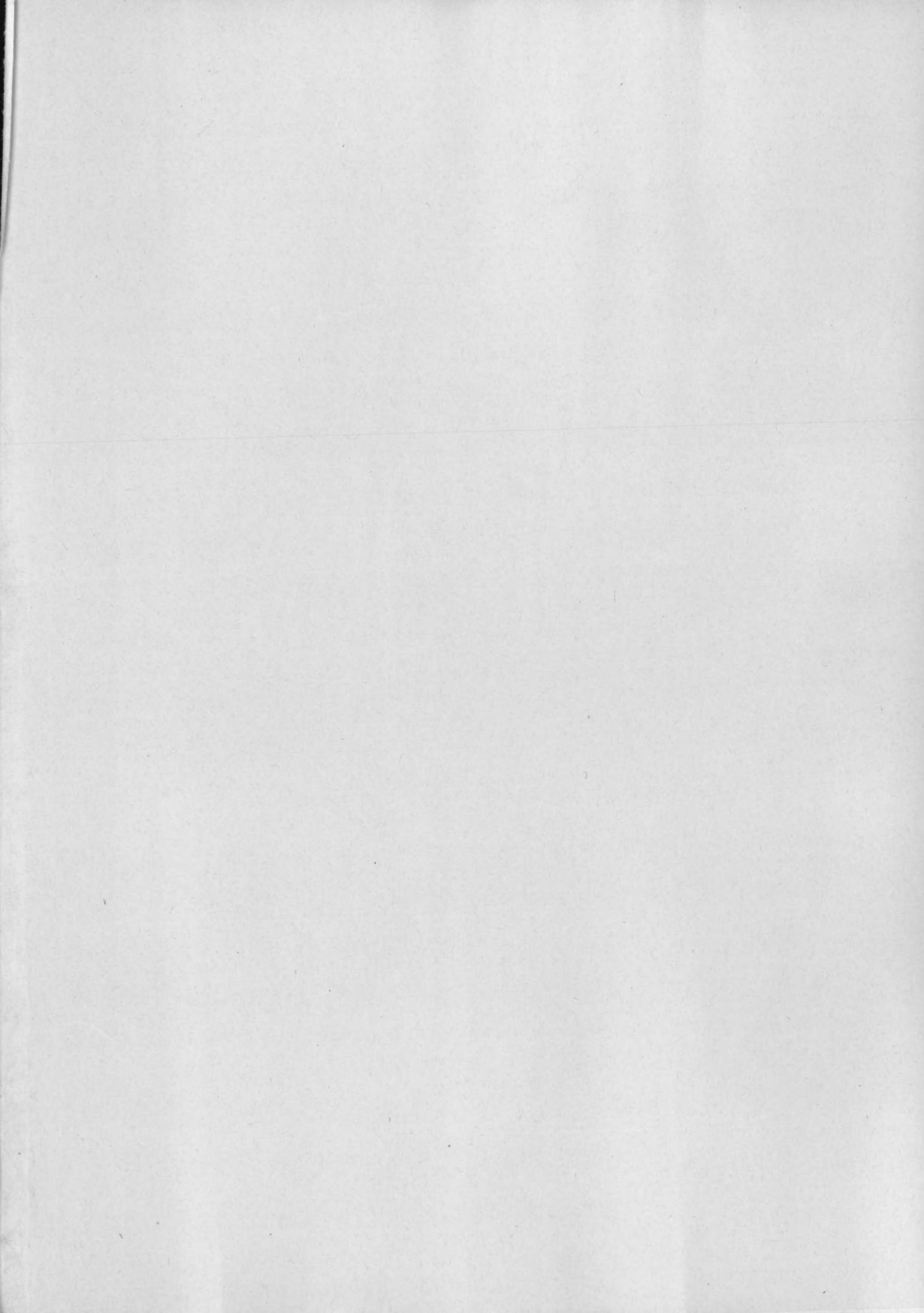
VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft

Het ontwerp van de zout- zoet- sluizen in de
compartimenteringsdammen in de Oosterschelde

H. Abbenhuis

Hoofdontwerp Constructieve Waterbouwkunde

mei 1975



**Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde**

**Het ontwerp van de zout - zoet - sluizen in de
compartimenteringsdammen in de Oosterschelde**

H. Abbenhuis

Hoofdontwerp Constructieve Waterbouwkunde

mei 1975

INHOUDSOPGAVE

Lijst van gebruikte symbolen
Lijst van opgenomen figuren
Lijst van opgenomen tabellen
Lijst van bijlagen

	Blz.
1. Inleiding	1
2. Korte beschouwing van het ontwerpproces	5
3. Definitie van het probleem	7
3.1. Bepaling van het uitgangsdoel	7
3.2. Oriëntatie omtrent de bestaande toestand	7
3.2.1. Oriëntatie omtrent de bouwplaats	8
3.2.2. Oriëntatie omtrent de gebruikers en het gebruik	9
3.2.3. Oriëntatie omtrent bestaande oplossingen	12
3.3. Bepaling van criteria	15
3.4. Bepaling van de invloedsfactoren en hun relatie	25
4. Het verzamelen van gegevens	27
4.1. Gegevens m.b.t. de eisen	28
4.2. Gegevens m.b.t. de invloedsfactoren en hun invloeden	33
5. De ontwikkeling van alternatieven	34
6. Toetsing van de alternatieven en keuze	59
6.1. De uitvoering met extra bekkens	66
6.2. De uitvoering met een gemaal vlakbij de sluis	69
6.3. Globale kostenvergelijking en keuze	70
7. Uitwerking van het gekozen ontwerp	72
7.1. Uitwerking van het ontwerp in het algemeen	73
7.1.1. Het schutschema	73
7.1.2. De aan- en afvoer van zoet water	75
7.1.3. De aan- en afvoer van zout water	79
7.1.4. De deurconstructie	80
7.1.5. Het gemaal	82
7.2. Uitwerking van het ontwerp in detail	83
7.2.1. De schuiven in de wandopeningen	83
7.2.2. Dimensionering van enige betondoorsneden	84
7.2.2.1. Het dek op de machinegalerij	85
7.2.2.2. De machinevloer	85

7.2.2.3. De sluiswand van N.A.P.+0,55 m tot N.A.P.+3,50 m	85
7.2.2.4. De wanddikte van een schutkolkmoot	86
7.2.2.5. De geperforeerde vloerbalken	88
7.2.2.6. De vloerdikte van een schutkolkmoot	88
7.2.2.7. De wanddikte van een toeleidings- kolkmoot	90
7.2.2.8. De vloerdikte van een toeleidings- kolkmoot	92
7.2.2.9. De deurkassen van de roldeuren	93
7.2.3. Controle op de mogelijkheid van droogzetten	94
7.2.4. Stabiliteitscontrole	95
7.2.4.1. Het buitenhoofd aan de zoutwaterzijde	95
7.2.4.2. Het buitenhoofd aan de zoetwaterzijde	96
7.2.4.3. De deurkas van het middenhoofd	96
7.2.4.4. De deurkas aan de zoetzijde	97
7.2.5. De fundering	97
7.2.6. De rolbaan van de roldeuren	98
7.2.7. De stormvloeddeuren	99
7.2.8. Het gemaal	100
7.2.9. De situering van de sluis in de dam	103
8. Conclusies	105
9. Geraadpleegde literatuur	106
10. Besluit	107

LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN

A	Doorstroomprofiel achter schuiven in m^2 of bij betonberekeningen het staaloppervlak per balk of m plaat in cm^2
B	Nuttige kolk lengte in m
b	Breedte van het maatgevende vaartuig of transport of van de maatgevende combinatie in m
C	Coëfficiënt van de Chezy in $m^{1/2}/sec.$
c	Dekking op de buitenste wapening in cm of beddingconstante in tf/m^3
c_K	Afvoercoëfficiënt voor korte overlaat in $m^{1/2}/sec.$
c_T	Dimensieloze coëfficiënt die aangeeft welke hoeveelheid energie van het aankomende schip uiteindelijk door de afmeerconstructie moet worden opgenomen
D	Diepgang van de kolk in m of dwarskracht in tf.
d	Diepgang van het maatgevende vaartuig of transport of van de maatgevende combinatie in m
E	Elasticitetsmodulus in tf/m^2
E_k	Kinetische energie van het merende schip in Nm.
F	Bakoppervlak tussen de afsluitmiddelen in m^2 .
G	Eigen gewicht van de hefbak in tf.
g	Versnelling van de zwaartekracht in m/sec^2
H	Energiehoogte t.o.v. bovenzijde schuif in m
H_M	Manometrische opvoerhoogte van de pomp in m.w.k.
H_S	Statische opvoerhoogte van de pomp in m.w.k.
ΔH	Waterspiegelverschil in m
h	Waterdiepte in m of bij betonberekeningen de afstand van zwaartepunt wapening tot de gedrukte rand in cm
h_t	Totale balk- of plaat hoogte in cm
I	Watervolume in de hefbak in m^3 of traagheidsmoment in m^4
k	Grondconstante in tf/m^2 of wandrukheid in mm
k_h	Coëfficiënt ter bepaling van het wapeningspercentage
k_x	Coëfficiënt voor het bepalen van de hoogte van de betondrukzone
L	Nuttige kolk lengte in m
L_{kr}	Kritieke kwellengte in m
l	Lengte van het maatgevende vaartuig of transport of van de maatgevende combinatie in m

Δl_{\max}	Scheurafstand in cm
M	Moment in tfm, bij platen betrokken op 1 m breedte, bij balken op de balkbreedte
m	Scheepsmassa in kg.
N	Normaalkracht in tf.
P	Kracht op de constructie in tf.
p_{wd}	Winddruk in kgf/m ²
p_{wz}	Windzuiging in kgf/m ²
Q	Afvoer in m ³ /sec.
q	Afvoer per m in m ³ /sec.
R	Hydraulische straal in m
Re	Getal van Reynolds (dimensieloos)
T	Eigen trillingstijd van de constructie in sec.
\bar{T}	Gemiddeld laadvermogen van het schip in ton
t	Tijd in sec. tenzij anders is aangegeven
t_d	Duur van de totale botsing in seconden
v	Snelheid in m/sec.
\bar{v}	Gemiddelde stroomsnelheid in m/sec.
w_{\max}	Maximum scheurwijdte in mm
z	Verval in m
γ	Dimensieloze coëfficiënt, verband houdend met de veer- karakteristiek; bij betonberekeningen de veiligheids coëfficiënt
γ_{index}	Soortelijk gewicht van het als index genoemde materiaal in ton/m ³
δ	Verplaatsing van de afmeerconstructie t.p.l.v. het raak- punt of hoek, maatgevend voor de wandrijving (in °)
η_m	Motorrendement
η_p	Pomprendement
λ	Factor ter bepaling van de golflengte (in m) of coëffi- ciënt i.v.m. wandruwheid (dimensieloos)
λ_a	Coëfficiënt van actieve gronddruk
μ	Afvoercoëfficiënt van de stroming onder de schuif (dimensieloos)
ν	Kinematische viscositeitscoëfficiënt in m ² /sec.
ξ_{index}	Coëfficiënt voor de verliezen in de leidingen (dimen- sieloos)

$\Delta\rho$	Verschil in dichtheid tussen zoet en zout water in kg/m^3
ρ_{index}	Dichtheid van het als index genoemde materiaal in kg/m^3
σ_a	Staaltrekspanning in kgt/cm^2
σ_b	Betontrekspanning in kgt/cm^2
$\bar{\sigma}_b'$	Toelaatbare betondrukspanning in kgt/cm^2
σ_g	Grondspanning in tf/m^2
σ_k	Korrelspanning in tf/m^2
σ_w	Waterspanning in tf/m^2
φ	Hoek van inwendige wrijving in °
ω_{min}	Minimum wapeningspercentage (0,2%)
ω_0	Wapeningspercentage

LIJST VAN OPGENOMEN FIGUREN

- FIG. 1. Overzicht compartimenteringsplan C5
FIG. 2. Overzicht compartimenteringsplan C4
FIG. 3. Boringen
FIG. 4. Sonderingen
FIG. 5. Schutschema bij alternatief 7.B.1.
FIG. 6. Schutschema bij alternatief 7.B.2.
FIG. 7. Schutschema bij alternatief 7.C.2.
FIG. 8. Schutschema's behorend bij de alternatieven 8.A.,
8.B. en 8.C.
FIG. 9. Schutschema bij de alternatieven 11.B.3.a. en 11.B.3.b.
FIG. 10. Verloop van de waterstanden in debekkens met de tijd,
onder normale omstandigheden
FIG. 11. Verloop van de waterstanden in debekkens met de tijd
bij maximum schutpeil
FIG. 12. Verloop van de waterstanden in debekkens met de tijd
bij minimum schutpeil
FIG. 13. Opbouw van debekkendam
FIG. 14. Schutschema
FIG. 15. Schema buitenhoofd zoutwaterzijde
FIG. 16. Schema buitenhoofd zoetwaterzijde
FIG. 17. Schema deurkas middenhoofd

LIJST VAN OPGENOMEN TABELLEN

- TABEL 1. Overzicht van de alternatieven met hun geschiktheid
TABEL 2. Overzicht van de alternatieven met hun geschiktheid
(vervolg)

LIJST VAN BIJLAGEN

- BIJLAGE 1. Logisch model
BIJLAGE 2. Ontwerpboom
BIJLAGE 3. Mogelijkheden met honorering
BIJLAGE 4. Situatie en constructiedetails
BIJLAGE 5. Variant gemaal

1. INLEIDING

In het eindrapport van de Commissie Oosterschelde wordt aanbevolen de Oosterschelde d.m.v. een doorlatende constructie af te sluiten. Doel hiervan is een demping van het getij in het bekken te verkrijgen. Tevens zijn hierbij een aantal secundaire dammen noodzakelijk, die het zoute water in het Oosterscheldebekken, dat dus aan getij onderhevig is, scheiden van de aangrenzende zoete stagnante bekkens. Van de beschouwde compartimenteringsplannen wordt plan C5 aanbevolen. Dit plan bestaat uit (zie figuur 1):

1. de doorlatende primaire dam in de monding van de Oosterschelde
2. een volkomen dichte dam in het Keeten, nabij Stavenisse, de zogenaamde Keetendam
3. een volkomen dichte dam direct ten westen van de Schelde-Rijn-Verbinding, de zogenaamde Oesterdam.

De Commissie merkt echter op dat in verband met het bij de afweging in hoofdstuk IV onder de scheepvaart vermelde, ook plan C4 in overweging zal moeten worden genomen. Dit plan C4 bestaat uit (zie figuur 2):

1. de doorlatende primaire dam in de monding van de Oosterschelde
2. een volkomen dichte dam, juist ten westen van de te verleggen monding van het Kanaal door Zuid Beveland nabij Wemeldinge, de zogenaamde Wemeldingedam
3. een volkomen dichte dam vanaf St. Philipsland naar de bestaande Grevelingendam, de zogenaamde Philipsdam.

Op grond van overwegingen, genoemd in het verslag van het deelontwerp Verkeerswaterbouwkunde: "De capaciteitsberekening van de zout-zoet-sluizen in de compartimenteringsdammen in de Oosterschelde" is gekozen voor het plan C4.

Bij de uitvoering van deze dammen zonder meer zou het beroeps-scheepvaartverkeer op de relatie Volkerak - sluis Kats ernstig worden aangetast. Dit verkeer is dan gedwongen de route via Vlissingen en Hansweert naar de Schelde-Rijn-Verbinding te ne-

men, met de volgende bezwaren:

1. de weg via de Schelde-Rijn-Verbinding is veel langer
2. een groot gedeelte van deze weg is niet op een dergelijke toename berekend (in 1972 werd voor beide richtingen samen een totaal laadvermogen van ca. $8\frac{1}{2}$ miljoen ton geteld); knelpunten worden dan het Kanaal door Walcheren met bijbehorende sluizen, en het Kanaal door Zuid Beveland met de sluis te Hansweert

3. de sluis te Kats zou dan vrijwel overbodig zijn.

De mogelijkheid tot omvaren is hier in principe nog aanwezig. Anders is dit voor de hoge transporten op de relatie Volkerak - Kats en Volkerak - Hansweert, die dan op deze relaties niet meer kunnen varen.

Voor opname van schutaccomodatie in de dammen pleiten de volgende punten:

1. het uitgangspunt dat bestaande, economisch belangrijke, verkeersstromen zo weinig mogelijk dienen te worden gehinderd; er is geen gelijkwaardige alternatieve route aanwezig, en het feit dat in een vrije vaarweg plotseling een sluis wordt gebouwd is op zich al een bezwaar
2. t.b.v. de Schelde-Rijn-Verbinding is met de Belgische regering een tractaat gesloten waarin over de vaarweg door het Kanaal door Zuid Beveland, Keeten, Mastgat, Zijpe en Krammer wordt gesteld dat Nederland slechts na overleg met België overgaat tot het buiten gebruik stellen of aanbrengen van belangrijke wijzigingen van respectievelijk in deze route; dambouw, en daarmee buiten gebruik stelling van de route, valt hier dus onder; in de Memorie van Toelichting is gesteld dat dit overleg geen verplichting inhoudt af te zien van voorgestelde plannen; de belangrijkste redenen voor dit overleg met België, bezien vanuit Belgisch standpunt, is het feit

- dat naast de Schelde-Rijn-Verbinding met beperkte doorvaarthoogte (vast bruggen) een nevenroute met onbeperkte doorvaarthoogte blijft bestaan, hetgeen dus tot opname van schutaccomodatie in de dam verplicht
3. bij toenemende recreatievaart en eerder afnemend dan toenemend recreatie-areaal is het, sociaal gezien, niet verantwoord zoutwater- en zoetwaterbekens van deze afmetingen aan de pleziervaart te onttrekken; er dient dan ook op schutaccomodatie voor jachten te worden gerekend.

In genoemd verslag is er al bij voorbaat van uit gegaan dat het "middel" om de schepen van het ene peil naar het andere te brengen een sluis van conventioneel type wordt, uitgebreid met een voorziening ten behoeve van de zout-zoet-kering. Dit is daar gedaan om de berekening van de sluisafmetingen te kunnen uitvoeren. Het legt echter geheel niet de verplichting op om nu ook maar zo'n constructie te maken, hoewel dit bij een aantal praktijk gevallen uit het verleden, die in meerdere of mindere mate op dit geval lijken, wel de oplossing bleek (Volkerak, Kreekrak, Duinkerken).

Bij het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp werden voor de verschillende dammen de volgende sluisafmetingen gevonden:

A. Wemeldingedam:

een sluis van 120 x 16 m, waarvan zowel de beroeps- als de recreatievaart gebruik zal maken; de beroepsvaart kan dan worden verdeeld in een aantal zeer hoge transporten (maximaal 500 per jaar, gesommeerd voor beide richtingen) voor welke de doorvaarthoogte ter plaatse van de vaste bruggen over de Schelde-Rijn-Verbinding te gering is, en een gering aantal schepen die het lokaal verkeer vormen; aangezien niet op erg fundamentele gronden een voorspelling omtrent de recreatievaart gedaan kan worden, maar deze toch wel een grote vlucht zal nemen, zal de sluis in het voor de recreatievaart geschikte seizoen dikwijls met volledig bezette kolk

worden gebruikt; een qua rendement zover mogelijk doorgevoerd zout-zoet-bestrijdingssysteem is hier dan ook op zijn plaats.

B. Philipsdam:

om redenen van waterhuishoudkundige en scheepvaart-technische aard, beschreven in genoemd deelontwerp, is een splitsing van het verkeersaanbod gemaakt in beroeps- en recreatievaart, die elk ook een aparte sluis krijgen; de schutaccommodatie bestaat dan uit:

1. een sluis voor de beroepsvaart met nuttige kolkafmetingen van 160 x 16 m;
2. een sluis voor de recreatievaart met nuttige kolkafmetingen van 75 x 9 m;

beide sluizen dienen van een extreem doorgevoerd zout-zoet-bestrijdingssysteem te worden voorzien.

In deze hoofdstudie zal getracht worden voor de bovenstaande sluisconstructies met conventionele inslag een ontwerp te vinden wat aan de volgende, belangrijkste, eisen voldoet:

1. het moet een "schut"-capaciteit hebben die gelijk is aan die, bepaald in de Verkeerswaterbouwkundige deelstudie
2. het "schut"-proces dient gepaard te gaan met een zo gering mogelijk zoutwater- en zoetwaterverlies; het zoute respectievelijk zoete water wordt als verloren beschouwd als dit op het zoete respectievelijk zoute bekken komt; deze eis komt voort uit overwgingen van waterhuishoudkundige en milieutechnische aard.

Na enige algemeenheden over het ontwerpen als proces wordt dit toegepast op het onderhavige probleem, hetgeen resulteert in een programma van eisen en tenslotte in een veertigtal alternatieven.

Op grond van een beperkt aantal eisen uit het programma van eisen zijn deze alternatieven getoetst en gehonoreerd voor de beroepsvaartsluis in de Philipsdam, zódanig, dat door de hoogste honorering het meest aantrekkelijke alternatief wordt aan-

gewezen. Aangezien er twee alternatieven gelijk gehonoreerd werden, is hierna tussen deze beiden nog een vergelijking opgesteld, waarna een keuze is gemaakt.

Het gekozen alternatief is daarna uitgewerkt, eerst algemeen, later in detail, waarbij tevens aandacht is besteed aan de hele situatie ter plaatse van de kruising dam - sluis.

In een hoofdstuk "Conclusies" wordt tenslotte nog nader ingegaan op het karakter van het ontwerp.

2. KORTE BESCHOUWING VAN HET ONTWERPPROCES

Vóór wordt overgegaan tot de eigenlijke ontwerpprocedure lijkt het zinvol eerst het ontwerpproces in zijn algemeenheid te bezien, aangezien dit wat meer inzicht in de gevolgde procedure geeft.

Allereerst rijst dan de vraag: wat is ontwerpen? Ofschoon hierover talloze definities bestaan, komen alle ongeveer op hetzelfde neer. Hieronder volgen een viertal definities, willekeurig verzameld:

1. ontwerpen is een proces met als resultaat: de vervulling van een aantal behoeften onder bepaalde omstandigheden (lit. 1)
2. ontwerpen is een denkpatroon, uitgevoerd in de volgende etappes: wat is het probleem dat opgelost moet worden en hoe moet dat probleem opgelost worden? (lit. 2)
3. ontwerpen is het aangeven van de beste oplossingen om aan een behoefte te voldoen, met behulp van beschikbare middelen en met inachtneming van maatstaven van natuurkundige en maatschappelijke aard (omschrijving van de Universiteit van Californië, Los Angeles)
4. ontwerpen is er op gericht bekende natuurgegevens zodanig te schikken, dat dit leidt tot een effectieve beheersing van de stof in relatie tot de noden, behoeften en verlangens van de mens (lit. 3).

In alle definities zijn een aantal factoren genoemd die de

kernpunten van het proces vormen:

1. behoefte
2. omstandigheden
3. vinden van oplossingen.

Zoals definitie 2 dit eigenlijk al grotendeels aangeeft is, op grond van deze kernpunten, de volgende fasering in het ontwerp-denk-proces te onderscheiden:

1. definitie van het probleem }
2. verzamelen van gegevens } wat moet er opgelost worden
3. ontwikkeling van alternatieven }
4. toetsing van alternatieven } hoe moet het opgelost worden
5. beschrijving van de gekozen oplossing
(bron: lit. 2)

Øf, wat vrijwel op hetzelfde neerkomt:

1. verzameling en analyse van de primaire functionele behoeft(e)n en de daaraan verbonden beperkingen }
2. idem van de totale behoeften en de daaraan verbonden beperkingen }
3. vastlegging van alternatieve beginselen ter bevrediging van de P.F.B. }
4. het in de juiste vorm gieten van deze beginselen om zowel aan de behoeften en beperkingen van fase 1 als fase 2 te voldoen }
5. uitvoerige bestudering van de functionele doelmatigheid }
6. gedetailleerde studie van materiaalverbruik en hoeveelheid arbeid, voortvloeiende uit de fasen 4 en 5 }
7. controle van kwaliteitseisen, met slotbeschouwing van de esthetische behoeften }

(bron: lit. 1: indeling van de Fundamental Design Method van E. Matchett)

In het navolgende ontwerpproces zal wat betreft de indeling de eerste fasering worden gebruikt, omdat deze mij het meest logisch voorkomt, ondersteund door enige hulpmiddelen uit de methode van Matchett. Deze hulpmiddelen zijn dan:

1. de Primaire Functionele Behoefte of P.F.B.
2. de behoeft-bevredigingskubus (zie ook par. 3.3.)
3. de elf levensstadia
4. de vier hoofdcategoriën.

3. DEFINITIE VAN HET PROBLEEM

De definitie van het probleem geschieht aan de hand van de volgende punten:

1. bepaling van het uitgangsdoel
2. oriëntatie omtrent de bestaande toestand
3. bepaling van criteria
4. bepaling van invloedsfactoren en hun onderlinge relatie door middel van modellen.

3.1. Bepaling van het uitgangsdoel

Zoals in de inleiding reeds is gesteld dienen in de secundaire dammen van compartmenteringsplan C4 voorzieningen te worden opgenomen die het mogelijk maken schepen van het zoute bekken aan de ene zijde van de dam naar het zoute bekken aan de andere zijde van de dam en omgekeerd te brengen.

Op de redenen die hebben geleid tot dit uitgangsdoel zal hier niet verder worden ingegaan, omdat dit al in de genoemde inleiding is gebeurd.

3.2. Oriëntatie omtrent de bestaande toestand

Doel hiervan is om de omstandigheden te leren kennen, waarin het probleem speelt. Achtereenvolgens worden besproken:

1. de oriëntatie omtrent de huidige situatie op de

bouwplaats

2. de oriëntatie omtrent de gebruikers van het kunstwerk en het normale gebruik zelf
3. de oriëntatie omtrent de wijze waarop in meerdere of mindere mate vergelijkbare problemen in het verleden zijn opgelost.

3.2.1. Oriëntatie omtrent de bouwplaats

Momenteel vindt zeer druk scheepvaartverkeer plaats, zowel ter plaatse van de te bouwen Wemeldingedam als Philipsdam. De voornaamste relatie daarbij is Volkerak - Hansweert, gevolgd door de relatie Volkerak - sluis Kats. Zodra de Schelde-Rijn-Verbinding wordt opengesteld, medio 1975, zal vrijwel al het verkeer op de relatie Volkerak - Hansweert via dit nieuwe kanaal gaan. Bij de Wemeldingedam wordt het te passeren laadvermogen dan tot bijna nul gereduceerd, terwijl bij de Philipsdam het verkeer van Kats naar Volkerak en omgekeerd overblijft.

In het daarvoor geëigende seizoen is er een vrij intensieve pleziervaart, die bovendien zeer hoge jaarlijkse groeicijfers vertoont.

De omgeving van de Wemeldingedam vertoont, volgens peilingen van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Zierikzee van augustus tot september 1973, een platengebied. Ongeveer halverwege het damtracé bevindt zich een zeer grote plaat ter hoogte van N.A.P.=2,50 m, aan de noordzijde begrensd door een smalle diepe geul, maximum diepte ruim N.A.P. -12,50 m. Vrijwel direct aan deze geul grenst de oever. Aan de zuidelijke oever is de geul veel breder en dieper, namelijk maximaal N.A.P.=27,50 m. Door deze geul wordt ook de scheepvaart gevoerd, met een aftakpunt naar het Kanaal door Zuid Beveland.

Het gebied rond de toekomstige Philipsdam vertoont een bijna analoog beeld, ofschoon de diepten hier niet zo groot zijn. Ook hier bevindt zich een plaat ongeveer in het midden van het damtracé, waarvan de bovenzijde rond N.A.P. ligt. Aan de zijde

van St. Philipsland ligt een smalle geul, diepte maximaal N.A.P.-8,00 m; aan de noordzijde, tegen de reeds bestaande Grevelingendam, ligt een brede geul met een maximale diepte van ca. N.A.P.-10,00 m. Deze gegevens zijn gebaseerd op peilingen gedurende oktober 1972 tot maart 1973 van bovengenoemde afdeling van de Deltadienst.

In de tracees van de beide geprojecteerde dammen is op dit moment (18 februari 1975) nog geen grondonderzoek verricht. Wel zijn beschikbaar de resultaten van het onderzoek naar de grondgesteldheid van de Grevelingendam. Hiervan zijn de gegevens van die punten vermeld, die zo dicht mogelijk liggen bij de gedachte plaats van de sluis in de Philipsdam. Dit zijn de boringen en sonderingen nr. 3 en 12 (resp. figuur 3 en 4) van vak 43C5 (vakindeling Boorarchief Deltadienst).

3.2.2. Oriëntatie omtrent de gebruikers en het gebruik

Om een functioneel ontwerp te maken is het noodzakelijk te weten wie en wat er van het kunstwerk gebruik zal maken, en op welke wijze dit momenteel geschieft in vergelijkbare situaties.

A. De beroepsvloot.

Deze is zeer gevarieerd wat betreft samenstelling. De scheepsgrootte varieert van Rijn-Herne-kanaalschepen (80 x 9,50 x 2,50 m en ca. 2000 ton laadvermogen) en de grote transporten, die volgens het deelontwerp Verkeerswaterbouwkunde maximaal 80 x 14 m zijn, als boven grens, tot zeer kleine vaartuigen als parlevinkers, olie- en drinkwaterboten, dienstvaartuigen etc. als ondergrens. Rekening houdend met het genoemde tractaat met België zal een onbeperkte doorvaarthoogte gewenst zijn. Als meest voorkomende schepen zijn de Spits (38 x 5,50 x 2,35 m) en de Kempenaar (50 x 6,60 x 2,50 m) en schepen van afmetingen rond de genoemde te beschouwen.

Ter oriëntatie omtrent het voorkomen van de schepen van de boven grens (Rijn-Herne-kanaalschepen) en daaromtrent kan gelden dat het aantal schepen groter dan 1800 ton ongeveer 3,5% van de totale Nederlandse actieve vloot is (1973).

Vrijwel alle schepen zijn van staal, en niet zonder meer droog te zetten, ondanks de aanwezigheid van een vlakke bodem bij de meeste. Soms treedt gevaar voor instabiliteit op in de vorm van omvallen of sterk hellen, voornamelijk bij de kortere. De langere schepen dienen bij droogzetten voldoende en verstandig ondersteund te worden, om in enige mate de ideale ondersteuning door water te benaderen. Wordt hier niet aan voldaan, dan treedt breuk op.

De wijze van aankomst bij de Philipsdam is nagenoeg willekeurig, er treedt vrijwel geen blokvorming op in verband met de ligging van de sluis t.o.v. de sluizen in het Volkerak en Kats. Bij de Wemeldingedam zal wèl blokvorming optreden, maar dit is verder van geen waarde daar het aanbod zeer gering is.

Na aankomst van het schip vindt bij de meeste sluizen melding door de schipper plaats, om de volgorde van aankomst en de grootte van het schip vast te leggen. Dit laatste is van belang voor een economische kolkindeling, waarbij wel zo veel mogelijk het FIFO-systeem (First In First Out) wordt gehanteerd.

De schepen voor de eerstvolgende schutting worden bijtijds afgeroepen, met vermelding van de in te nemen plaats in de kolk, en kiezen ligplaats zo dicht mogelijk bij de invaardeuren.

Als het laatste schip de kolk uit is wordt met lichtseinen de invaart vrijgegeven. De afroepvolgorde stemt overeen met die van de invaart, terwijl iedere schipper bij het afroepen hoort of hij aan stuurboord, bakboord, of tussen twee schepen in moet gaan liggen.

Na sluiten van de deuren, omzetten van de kolk, en weer openen van de deuren, vindt de uitvaart plaats, vaak ook weer vrijgegeven met lichtseinen. Uitvaren vindt plaats in de volgorde van ligging in de kolk; vaak vlak achter elkaar, omdat meestal sprake is van een zogenaamde "gladde" sluis. Ingeval de hoofden een geringere doorvaartbreedte hebben dan de kolk is er geen vaste regel. Wie midden voor de deuren ligt gaat eerst, en daarna, in twijfelve gevallen, de handigste of de brutaalste.

B. De recreatievloot.

Zoals ook in de capaciteitsberekening is aangegeven is het noemen van aantallen wat betreft het aanbod onmogelijk. Een richtlijn geeft de gekozen sluisgrootte, namelijk een capaciteit van meer dan 40 jachten per uur voor de Wemeldingedam en ca. 32 jachten per uur voor de Philipsdam. Door de sectie "Waterrecreatie" van de A.N.W.B. werden de volgende gegevens over de pleziervaartuigen in dit gebied verleend:

met betrekking tot de maximum en minimum scheepsafmetingen:

maximum gezinsboot: $25 \times 5 \times 3$ ($22 - 40.000$)

minimum gezinsboot: $5 \times 1,80 \times 0,30$ ($0,5 - 500$)

maximum volgboot: $5 \times 2 \times 1$ ($6,50 - 150$)

minimum volgboot: $2,50 \times 1,20 \times 0,10$ ($0,30 - 50$)

De vermelde cijfers betreffen respectievelijk: lengte, breedte en diepgang in m, de hoogte inclusief eventuele mast boven water in m, en het gewicht in kg. De cijfers zijn zodanig, dat ca. 95% van de schepen hier binnen valt.

De schepen zijn, gezien over het totaal aantal vaartuigen in dit gebied, voor minder dan 5% van hout, ongeveer 45% van staal/ijzer, ongeveer 50% polyester, veel minder dan 1% van aluminium en eveneens veel minder dan 1% van gewapend beton.

Het is in principe mogelijk alle schepen in den droge te transporteren. De schippers moeten dan wel geïnformeerd zijn over constructie en onderschip, welke kennis niet altijd aanwezig zal zijn (huurschepen).

Om de groei van de recreatievaart te demonstreren worden de aantallen geschutte jachten in beide richtingen voor de Volkeraksluizen gegeven:

jaar:	1969	1970	1971	1972	1973
aantal:	6518	7101	9693	11677	14180

Voor dezelfde sluis was de verdeling van de zeiljachten als

volgt: 75% met kiel, 15% met midzwaard of zogenaamde kimkilen, 10% platbodem.

De schepen kunnen lang niet alle zonder meer droogvallen op een harde bodem, in verband met onder het schip uit stekende constructies (schroef, roer, dooskiel etc.), en in verband met de aanwezigheid van een scherp onderwaterschip.

In verband met het functioneren van het jacht als "varend vacantiehuis" is het in principe ongewenst de schepen een helling te geven.

Tenslotte kunnen nog de volgende kenmerken van de pleziervaartuigenvloot genoemd worden:

1. zeer grote verscheidenheid in vorm, afmetingen, constructie, uitrusting en dagwaarde
2. zeer kostbaar per lengte-eenheid in vergelijking met de beroepsvloot
3. kwetsbaar
4. piekbelasting in de zomer, vooral op weekends, 's winters nauwelijks aanbod
5. het aantal jachten neemt nog elk jaar toe
6. de gemiddelde scheepsafmetingen worden groter op de buitenwateren.

Het schutproces gaat in grote lijnen gelijk aan dat bij de beroepsvaart.

3.2.3. Oriëntatie omtrent bestaande oplossingen

Als antwoord op de vraag hoe dit probleem in een aantal, in meerdere of mindere mate op het onderhavige probleem lijkende, gevallen is opgelost, volgen een aantal kant en klare oplossingen. Het principe wordt kort aangegeven.

A. Gevallen waarbij de normale schutsluis is uitgebreid met voorzieningen ten behoeve van de zout- of zout-zoet-kering.

- A.1. Luchtbelschermen zonder meer (IJmuiden, Kornwerderzand, lit. 4, 5, 6 en 7). De uitwisseling van zout en zoet water wordt vertraagd door de opstijgende luchtbellen. Het systeem is niet erg effectief; de deuren dienen zo snel mogelijk weer gesloten te worden. Eenzelfde resultaat kan ook bereikt worden met waterschermen (lit. 7).
- A.2. Luchtbelscherm in combinatie met een inlaat- of uitlaatsluis (Volkerak). Bij voldoende rivierafvoer wordt het zoute water wat door het luchtbelscherm heen is gekomen samen met het zoete water door de inlaat- of uitlaatsluis naar het zoute bekken teruggevoerd.
- A.3. Het systeem Duinkerken (lit. 8). Als de deuren aan de zoetzijde geopend zijn is de kolk ook zoet, en omgekeerd. Gebruik makend van het dichtheidsverschil tussen zout en zoet water kan, bij gesloten deuren, het zoete water op het zoute gebracht worden, met een relatief lange mengzone. Het zoete water wordt in en uit de kolk gebracht via wandopeningen; het zoute via openingen in de vloer. De waterbeweging geschiedt door middel van vrij verval en pompen.
- A.4. Het Kreekraksysteem (lit. 9). Dit is, op enkele details van ondergeschikt belang na, hetzelfde als het systeem Duinkerken.
- A.6. Het systeem Terneuzen. De zoute tong die, zonder maatregelen, onder de zoete bovenlaag door naar buiten uit de kolk loopt bij opening van de deuren aan de zoet zijde, wordt opgevangen in een verdiepte bak en afgevoerd door middel van pompen of onder vrij verval. Afvoer vindt plaats naar δ f het zoute pand δ f een laag bufferbekken.
- A.7. Sluis met derde waterkering. Deze derde waterkering is vast, en ligt halverwege tussen de in- en uitvaardeuren. De bovenzijde ligt op hetzelfde niveau als het zoute buitenwater. Na invaren vanuit het zoute pand worden de deuren gesloten, en de deelkolk aan de zoet zijde door middel van pompen gevuld met zoet water, tot het zoete water over het zoute heen loopt. Het proces wordt gestopt als de waterhoogte boven de vaste kering voldoende is om het schip

over deze kering naar de zoete deelkolk te slepen. Daarna volgt een normaal schutproces.

B. Gevallen die niet specifiek ontwerpen zijn voor de scheiding zout - zoet en waarbij het "schut"-proces op afwijkende wijze verloopt.

B.1. De overtoom. Deze bestaat uit twee hellende vlakken ter plaatse van de scheidingsdam. De snijlijn van deze twee vlakken loopt evenwijdig aan de as van de dam, en ook ongeveer op kruinshoogte, zodat de overtoom een vaste waterkering is. Op de vlakken, loodrecht op de dam-as, ligt een railbaan met een of meerdere wielstellen die onder het schip gebracht kunnen worden, en waarop het schip over de dam gebracht kan worden. De overtoom is dus vergelijkbaar met een scheepshelling.

B.2. Hefwerk of scheepslift (lit. 10). Hierbij vormt de sluis met de hoofden en afsluitmiddelen samen een beweegbare bak. Er kan een verbinding tot stand gebracht worden met een "extra" beneden- en bovenhoofd, die op ongelijke hoogte liggen, en voorzien zijn van een extra waterkering. De verbinding tussen de twee hoofden is waterdicht. Het water tussen de waterkeringen in het vaste en het beweegbare sluishoofd kan worden weggepompt, waarna verticaal transport van bak en schepen plaats vindt.

B.3. Het hellend vlak (lit. 11). Is bij het hefwerk de beweging van de bak zuiver verticaal, het is ook mogelijk de bak te laten klimmen langs een railbaan. De aansluitingen aan de extra hoofden zijn weer hetzelfde als bij B.2.

B.4. Sluis met beweegbare waterkering in het benedenhoofd (lit. 12). Bij deze oplossing vindt nivellering van de kolkwaterstand plaats doordat de waterkering aan de laagwaterzijde zich langs de hellende sluisbodem in de richting van de waterkering aan de hoogwaterzijde en omgekeerd beweegt.

B.5. De overhaal. Hierbij wordt het schip zelf met een hefinstallatie uit het ene pand getild, over de waterkering heen gebracht, en vervolgens in het andere pand weer neerge-

gelaten. Voorbeelden hiervan:

1. in het Nieuwe Meer te Amsterdam, vlakbij de Bosbaansluis (voor roeiboten, heeft nooit goed gewerkt)
2. Te Broekerhaven bij Enkhuizen, voor de verbinding van het IJmeer met de binnenvateren.

3.3. Bepaling van criteria

In deze paragraaf worden de eisen besproken waaraan de oplossing moet voldoen, en die later dus ook getoetst moeten worden. Deze eisen of criteria zijn te beschouwen als een hulpmiddel om het doel te beschrijven waarvoor de constructie wordt verlangd.

In dit stadium wordt gebruik gemaakt van de Fundamental Design Method van Matchett. Deze bepaalt allereerst de zogenaamde P(rimaire) F(unctionele) B(ehoefte), gedefinieerd als die behoefte die, als er niet aan voldaan wordt, alle andere behoeftes-bevredigingen overbodig maakt.

In dit geval is als P.F.B. te beschouwen de eis dat schepen van het ene peil naar het andere gebracht moeten kunnen worden. De behoeften worden onderverdeeld naar datgene waar, of diegene door wie ze ervaren worden. Dit geeft de volgende hoofdcategorieën:

- A. functionele behoeften
- B. behoeften van ontwerper/aannemer/uitvoerende instantie
- C. behoeften van de gebruiker/afnemer/koper
- D. behoeften van de buitenwereld.

De overige eisen worden opgesteld met behulp van de zogenaamde behoefte-bevredigings-kubus. Deze geeft de verschillende grootheden die een rol spelen bij het bepalen van de behoefte en de bevrediging ervan. Deze grootheden zijn dan:

- a. behoefte, in antwoord op de vraag: wat?
- b. reden (zin, rechtvaardiging), in antwoord op de vraag: waarom?
- c. tijd, in antwoord op de vraag: wanneer?
- d. plaats, in antwoord op de vraag: waar?
- e. middelen (beschikbaar, aangewend), in antwoord op

de vraag: waarmee?

f. methode, in antwoord op de vraag: hoe?

Als derde hulpmiddel om de eisen te bepalen wordt de levensduur van het kunstwerk in fasen verdeeld:

1. voorbereiding
2. berekening en tekening
3. onderzoek en ontwikkeling
4. vervaardiging van onderdelen
5. uitvoering en montage
6. beproeving
7. afwerking
8. ingebruikstelling
9. gebruik en verkeerd gebruik
10. onderhoud en beheer
11. opruiming

De werkwijze is nu als volgt: ieder punt van de behoeftebredigings-kubus wordt gecombineerd met elk van de levensstadia, en deze combinatie bezien in het licht van elke behoeftbron uit de hoofdcategoriën. Het is duidelijk dat met dit systeem geen volledigheid kan worden gegarandeerd, en dat de inventiviteit een grote rol speelt.

Op deze manier worden de volgende eisen gevonden:

A. Functionele behoeften:

- A.1.a.1. Het overbrengen van de schepen dient gepaard te gaan met een minimum aan zoutwater- en zoetwaterverlies.
2. De schepen dienen onbeschadigd te blijven.
3. De schepen dienen in de juiste stand te blijven.
4. Het overbrengen moet kunnen geschieden bij bepaalde waterstanden.
5. Idem met bepaalde typen en soorten schepen.
6. Idem onder bepaalde weersomstandigheden.
7. De snelheid en versnelling van het transport liggen tussen bepaalde grenzen.
8. De schepen dienen onder bepaalde omstandigheden voldoende ruimte te hebben.
9. De waterkerende functie van de dam dient niet aange-

- tast te worden.
10. De constructie dient zich zoveel mogelijk aan te passen aan de gebruiksomstandigheden.
 11. De constructie dient een vrije doorvaarthoogte te hebben voor wat betreft de beroepsvaart.
 12. De constructie moet voldoende sterk zijn.
 13. De constructie moet voldoende stabiel zijn.
- A.1.c. 1. In verband met een geschatte dambouwduur van twee jaar, een sluisbouwduur van twee jaar, een voltooiingstijdstip van 1984, bij 1 jaar overlappende werkzaamheden, geldt voor het gereedkomen van het ontwerp ongeveer het jaar 1981.
2. De frequentie van het overbrengen zal zodanig moeten zijn, dat voor de afzonderlijke sluisconstrucoes de in het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp bepaalde capaciteit wordt gehaald.
 3. De technische levensduur zal zeker op 100 jaar gesteld moeten worden.
- A.1.d. 1. De gegevens met betrekking tot de ondergrond dienen bekend te zijn.
2. In verband met weersinvloeden dient de constructie zoveel mogelijk beschermd te liggen.
 3. Idem in verband met stroomsnelheden.
 4. De plaats dient, wat betreft exploitatie, zo gemakkelijk mogelijk bereikbaar te zijn.
 5. De plaats dient zoveel mogelijk in de vaarroute te liggen.
- A.2.a. 1. De constructie moet voldoende sterk zijn.
2. De constructie moet voldoende stabiel zijn.
- A.9.a. 1. Beveiligingen dienen te worden ingebouwd ter voorcoming van verkeerd gebruik.
- A.10.a.1. Rekening dient te worden gehouden met uitbreiding van de schutcapaciteit.
- A.10.d.1. Bij de plaatskeuze dient rekening te worden gehouden met uitbreiding van de schutcapaciteit.
- B.1.a. 1. De opdrachtgever moet zijn eisen goed en zorgvuldig formuleren.
2. Hij moet betrouwbare gegevens overleggen.

3. Het ontwerp dient zo eenvoudig mogelijk te zijn.
 4. De uitvoering dient zo eenvoudig mogelijk te zijn.
- B.1.c. 1. Het ontwerpstadium dient zo kort mogelijk te duren.
2. Hetzelfde geldt voor het uitvoeringsstadium.
 3. Met de aanleg van een eventuele bouwput dient op een klimatologisch gunstig tijdstip te worden begonnen.
 4. De uitvoering dient te geschieden, afgestemd op de dambouw.
 5. De ontwerper dient zijn tekeningen en berekeningen voldoende op tijd klaar te hebben (zie ook A.1.c.1.).
- B.1.d. 1. Voor de bouwput dient een zo geschikt mogelijke plaats qua stroomsnelheden te worden gekozen.
2. De bouwplaats vergt een optimale bereikbaarheid voor wat betreft werkverkeer over land en water (personen en goederen).
 3. Bij de plaatsbepaling van de sluis in de dam dient ook rekening te worden gehouden met de plaats van een eventueel sluitgat.
- B.1.e. 1. De constructie dient zoveel mogelijk te bestaan uit materialen, geschikt voor recycling.
2. Het ontwerp moet qua kosten financieel aantrekkelijk zijn.
 3. Bij de uitvoering dient op ethisch en sociaal verantwoorde wijze personeel ingezet te kunnen worden.
 4. Gebruik dient te worden gemaakt van materialen e.d. waarvan de eigenschappen onder de gegeven omstandigheden ook op lange termijn bekend zijn.
 5. Het ontwerp dient zoveel mogelijk te kunnen worden uitgevoerd met bestaande, gangbare, machines.
 6. Het ontwerp dient zo weinig mogelijk financieel onvoorzienbare factoren te bevatten.
 7. Het ontwerp dient zo te zijn, dat zo weinig mogelijk grondstoffen worden verbruikt.
 8. Idem wat betreft energie tijdens de uitvoering.
- B.1.f. 1. Het ontwerp moet (eenvoudig) gemaakt kunnen worden.
2. Het ontwerp dient zoveel mogelijk te worden gebaseerd op bestaande en hun waarde bewezen hebbende

bouwtechnieken.

3. Het ontwerp dient zó te zijn dat, indien nodig, onderhoud gepleegd kan worden.

B.2.a. 1. Het reken- en tekenwerk dient zo beperkt mogelijk te zijn.

2. Eveneens zo eenvoudig mogelijk.

3. Het ontwerp dient, indien noodzakelijk, toegankelijk te zijn voor bestaande reken- en/of modeltechnieken.

B.2.e. 1. Bij de berekening dient rekening te worden gehouden met bestaande, gangbare, bouwmachines.

B.2.f. 1. Berekening en tekening dienen afgestemd te zijn op de methode van uitvoering (wijze, volgorde e.d.).

B.3.e. 1. Wordt van niet zeer bekende uitvoeringstechnieken gebruik gemaakt, dan dient een modelonderzoek daar-aan vooraf te gaan.

B.4.a. 1. De gehele constructie moet, indien nodig, op logische wijze in onderdelen verdeeld worden.

B.4.c. 1. De uitvoering van de onderdelen dient goed op elkaar te worden afgestemd.

2. Gestreefd moet worden naar zo veel mogelijk gelijke onderdelen.

B.4.e. 1. De onderdelen moeten zoveel mogelijk in bestaande bedrijven worden vervaardigd.

B.4.f. 1. De onderdelen dienen eenvoudig te maken te zijn.

2. Eveneens goed te transporteren.

3. Gebruik gemaakt moet worden van bestaande bouwtechnieken.

4. Een goede kwaliteit wordt vereist.

B.5.a. 1. De montage dient eenvoudig te zijn.

2. De onderdelen moeten de bouwplaats gemakkelijk kunnen bereiken.

3. Transport op de bouwplaats dient gemakkelijk te zijn.

4. Transport op de bouwplaats dient tot een minimum beperkt te zijn.

B.5.e. 1. De montage moet snel kunnen geschieden.

2. Eveneens in een logische volgorde.

B.5.d. 1. Montage dient zoveel mogelijk te geschieden op een plaats, onafhankelijk van de weersomstandigheden.

- B.5.e. 1. Montage moet kunnen geschieden met gangbare materialen en machines.
2. Montage dient te geschieden met zo weinig mogelijk mankracht en machines.
- B.5.f. 1. Montage dient te geschieden met bekende technieken.
2. Het ontwerp dient zo te zijn opgezet dat montage op logische wijze kan geschieden.
- B.6.c. 1. Het ontwerp dient zo te zijn opgezet, dat bij de uitvoering voldoende tijd voor beproeving en eventuele aanpassing kan worden verkregen (zowel voor de onderdelen als voor het geheel).
- B.6.e. 1. Beproeving en aanpassing moeten op eenvoudige wijze uit te voeren zijn.
- B.7.a. 1. De afwerking dient functioneel te zijn.
- B.7.f. 1. De afwerking moet gemakkelijk zijn uit te voeren.
- B.8.c. 1. Ingebruikstelling dient op het tevoren vastgestelde tijdstip te geschieden.
- B.9.a. 1. Het kunstwerk dient een zo gering mogelijke weerstand in de vaarweg te vormen.
2. Veiligheden dienen te worden ingebouwd tegen verkeerd gebruik en tegen de gevolgen ervan.
3. Gebruik behoeft slechts onder bepaalde omstandigheden mogelijk te zijn (zie A.1.a.4, 5 en 6.).
- B.9.c. 1. De periode van gebruik dient een tevoren vastgestelde duur te hebben, zonder dat eerder bepaalde comfortconcessies moeten worden gedaan.
2. Het gebruik per schip dient zo kort mogelijk te duren.
- B.9.d. 1. De plaats van het kunstwerk wordt daar gekozen waar het gebruik dit vraagt.
- B.9.e. 1. Gebruik dient gepaard te gaan met zo weinig mogelijk hulpmiddelen (in de vorm van machines en materialen).
2. Hetzelfde geldt voor personeel.
3. Hetzelfde geldt voor geld.
4. Hetzelfde geldt voor energie.
- B.9.f. 1. Het ontwerp dient zo te zijn dat gebruik op een eenvoudige wijze voor de scheepvaart mogelijk is.
2. Tevens dient het gebruik logisch en overzichtelijk te verlopen.

- B.10.a.1. De ontwerper dient er naar te streven het onderhoud tot een minimum te beperken.
2. Het beheer dient geen moeilijkheden op te leveren wat betreft personeel, installatie en financiën.
 3. Het ontwerp moet zo zijn, dat onderhoud gepleegd kan worden.
- B.10.c.1. De tijden waarin onderhoud gepleegd moet worden dienen zo kort mogelijk te zijn in verband met stremmingen.
2. De frequentie van de onderhoudsperioden moet zo laag mogelijk zijn.
- B.10.d.1. De plaats van het kunstwerk moet zo gekozen worden, dat onderhoud met werktuigen van buiten af gemakkelijk kan geschieden.
- B.10.e.1. Onderhoud dient met zo weinig mogelijk hulpmiddelen uitgevoerd te kunnen worden (mensen, machines, materialen).
2. Tevens dient het zo goedkoop mogelijk te zijn.
- B.10.f.1. Onderhoud dient zo gemakkelijk mogelijk uitgevoerd te kunnen worden.
- B.11.a.1. Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de opruiming van het kunstwerk, ofwel: de plaats ervan moet na functieverlies van het kunstwerk zodanig kunnen worden hersteld, dat geen zwakke plaats in de waterkering wordt verkregen.
- B.11.d.1. Bij de plaatskeuze moet met de opruiming en de gevolgen daarvan reeds rekening worden gehouden.
- B.11.e.1. Rekening dient te worden gehouden met bestaande opruimingsmiddelen en -methoden.
- C.1.a. 1. De schepen dienen onbeschadigd overgebracht te worden.
2. Eveneens in een juiste stand.
 3. De constructie dient veilig te zijn.
 4. De constructie moet voldoende sterk zijn.
 5. De constructie moet voldoende stabiel zijn.
 6. De constructie dient goedkoop te zijn.
 7. De constructie dient een vrije doorvaarthoogte te hebben voor wat betreft de beroepsvaart.
 8. Het overbrengen dient gepaard te gaan met een mini-

mum zoutwater- en zoetwaterverlies.

- C.1.c. 1. De eigenaar/beheerder is gebaat bij een zo kort mogelijk ontwerp- en bouwtijd.
- C.2.a. 1. De ontwerper dient de tekeningen en berekeningen zo te maken dat ze later bij onderhoud, schadesituaties e.d. goed te gebruiken zijn.
- C.2.e. 1. Er dient zoveel mogelijk materiaal met de mogelijkheid van recycling gebruikt te worden.
- C.4.a. 1. De eigenaar is gebaat bij uitvoering in onderdelen die op zich gemakkelijk onderhouden en eventueel hersteld kunnen worden.
- C.5.a. 1. Wat voor de ontwerper geldt ten aanzien van de uitvoering, geldt ook voor de eigenaar in verband met reparatie en onderhoud.
- C.6.a. 1. Indien noodzakelijk dient de constructie de mogelijkheid van fijnafregeling te hebben, dat wil zeggen een nauwkeurige eenmalige aanpassing aan de omstandigheden.
- C.6.c. 1. Beproeving en aanpassing dienen zo kort mogelijk te duren.
- C.6.e. 1. Met beproeving en aanpassing dienen zo weinig mogelijk kosten te zijn gemoeid.
- C.7.a. 1. De afwerking dient functioneel te zijn en het schutproces niet nadelig te beïnvloeden.
- C.8.c. 1. Gebruiker en beheerder zijn gebaat bij een zo spoedig mogelijk ingebruikname na optreden van de P.F.B.
- C.9.a. 1. Het gebruik van de constructie dient eenvoudig en inzichtelijk te zijn.
 - 2. Het gebruik dient op veilige wijze te geschieden.
 - 3. De kans op verkeerd gebruik dient zo gering mogelijk te worden gehouden (zowel met opzet al door mankementen aan de mechanische installatie).
 - 4. Beveiligingen tegen de gevolgen van verkeerd gebruik dienen ingebouwd te worden.
 - 5. Het gebruik dient gepaard te gaan met zo weinig mogelijk zoutwater- en zoetwaterverlies.
- C.9.c. 1. Het gebruik dient zo snel mogelijk te geschieden in verband met de vereiste capaciteit.

- C.9.d. 1. Uit gebruikersoogpunt dient de constructie een voor hem gunstige plaats te hebben.
- C.9.e. 1. Het gebruik van het kunstwerk dient gepaard te gaan met een minimum aan hulpmiddelen, arbeidskrachten en energie.
- C.10.a.1. Het onderhoud dient zo eenvoudig mogelijk te zijn.
2. Het beheer dient zo weinig mogelijk problemen op te leveren (in verband met financiën, personeel, installatie e.d.).
- C.10.c.1. Onderhoud dient zo beperkt mogelijk nodig te zijn en zo kort mogelijk te duren.
- C.10.d.1. De plaats dient zodanig te zijn, dat onderhoud met werktuigen van buitenaf mogelijk is.
- C.10.e.1. Het onderhoud dient met zo min mogelijk hulpmiddelen en personeel uitgevoerd te kunnen worden.
2. Dit geldt ook voor het beheer.
 3. Het onderhoud dient zo goedkoop mogelijk te zijn.
 4. Dit geldt ook voor het beheer.
- C.10.f.1. Onderhoud dient te geschieden met bekende methoden.
- D.1.a. 1. De constructie dient een vrije doorvaarthoogte te hebben wat betreft de beroepsvaart.
2. De constructie moet veilig zijn (voldoen aan voorschriften van arbeidsinspectie, berekeningsvoorschriften, voorschriften m.b.t. materialen).
 3. De constructie moet in het landschap passen.
- D.1.b. 1. In het algemeen aan de Nederlandse bevolking, en in het bijzonder aan de bewoners in de omgeving dient informatie te worden verstrekt over de bouw.
- D.1.c. 1. Ook de buitenwereld is gebaat bij een zo snel mogelijke tot stand koming van het kunstwerk.
2. Hetzelfde geldt voor wat betreft de snelheid van het "schut"-proces.
- D.1.d. 1. Landverkeer moet geen hinder van het scheepvaartverkeer ondervinden en omgekeerd.
2. De constructie moet in het landschap passen.
 3. De bewoners van de omgeving moeten inspraak hebben met betrekking tot de plaatskeuze.
- D.1.e. 1. Aannemingsbedrijven, toeleveringsbedrijven en per-

soneel uit de omgeving dienen zoveel mogelijk bij de bouw ingeschakeld te worden.

D.1.f. 1. De uitvoering dient geen overlast, in welke vorm dan ook, voor de omgeving te geven.

D.4.a. 1. De buitenwereld is gebaat met een gemakkelijk transport van de onderdelen.
2. De uitvoering moet veilig geschieden (voldoen aan veiligheidsvoorschriften).

D.4.e. 1. Personeel, aannemings- en toeleveringsbedrijven uit de omgeving dienen zoveel mogelijk betrokken te zijn bij de vervaardiging van de onderdelen.
2. De fabricage van de onderdelen dient gepaard te gaan met zo weinig mogelijk energieverbruik.

D.5.a. 1. De montage moet veilig geschieden.

D.5.e. 1. Personeel, aannemers en toeleveringsbedrijven uit de omgeving dienen zoveel mogelijk betrokken te worden bij de montage en overige uitvoering.
2. De uitvoering en montage dienen gepaard te gaan met zo weinig mogelijk energieverbruik.

D.9.a. 1. Het kunstwerk dient zo min mogelijk last voor de buitenwereld op te leveren.
2. Bij verkeerd gebruik dient de omgeving hier geen schadelijke gevolgen van te ondervinden.
3. In de daarvoor in aanmerking komende gevallen dient de constructie te worden voorzien van een overbrugging, al of niet beweegbaar.

D.9.e. 1. De buitenwereld heeft er behoefte aan dat de exploitatie gepaard gaat met zo weinig mogelijk energieverbruik.

D.11.a.1. Opruiming dient zo te geschieden dat voor de omgeving geen nadelige situatie blijft bestaan.

De eisen, vermeld in het voorgaande, komen in een aantal gevallen op hetzelfde neer. Zo is het zowel voor de ontwerper als voor de gebruiker van belang dat de constructie veilig is. Voor de gebruiker is dit evident: zijn bezit en in het ergste geval zijn leven is ermee gemoeid. De ontwerper zal echter zijn naam en carrière willen vestigen of voortzetten,

en is uit dien hoofde dus gebaat bij een veilige constructie. Er zijn echter ook eisen die tegen elkaar indruisen: in verband met de capaciteit van het overbrengmiddel dient het transport van de schepen zo snel mogelijk te verlopen; er ontstaan nu conflicten met de eis dat uit hoofde van de schepen zelf de versnelling beneden een bepaalde waarde moet blijven, en met het belang van een energiearme exploitatie. Het blijkt dus, dat het ontwerp nooit zó zal kunnen worden gemaakt dat aan alle eisen voor 100% voldaan wordt. De taak van de ontwerper is nu om al deze behoeften in die mate te bevredigen dat een, onder de heersende omstandigheden, optimaal evenwicht wordt verkregen. Als echter wordt gesproken van een optimaal evenwicht, doet zich de behoefte voor aan een middel om de mate van "optimaleit" te meten. Dit middel nu wordt gevonden in het zogenaamde logisch model, besproken in de volgende paragraaf.

3.4. Bepaling van de invloedsfactoren en hun relatie

Het is van belang te weten welke factoren invloed op het ontwerp hebben. Om dit invloedssysteem visueel te maken wordt gebruik gemaakt van een zogenaamd logisch model. Hierin zijn aangegeven welke de invloedsfactoren zijn, welke factoren elkaar beïnvloeden en hoe deze invloed verloopt.

De grootheden in het systeem zijn:

1. het uitgangsprobleem
2. de uitgangspunten
3. de "metertjes"

Ad 1. Op te lossen is het probleem van het ontwerp van een middel om schepen over te brengen van het ene peil naar het andere. Dit wordt hier dan ook als uitgangsprobleem gesteld.

Ad 2. De uitgangspunten zijn de factoren van vaste aard, die dus niet door andere factoren beïnvloed worden. Te noemen zijn: de constructie van de dam, de afmetingen van de schepen, de opvarenden, de economie/conjunctuur, weersinvloeden, voldoende capaciteit e.d.

Ad 3. Zoals reeds in paragraaf 3.3. is gezegd bestaat het ontwerpproces uit een optimaliseren van het voldoen aan behoeften. De metertjes dienen om de mate van optimalisatie te

meten, waarbij steeds de niet-vaste invloedsfactoren gewijzigd worden. In dit geval zijn er drie grootheden waaraan de optimaliteit kan worden afgelezen, en wel:

1. de kosten, bevattende stichtingskosten plus gekapitaliseerd de kosten van exploitatie en onderhoud
2. de hoeveelheid zoet water die onder gemiddelde omstandigheden op het zoute bekken wordt gebracht
3. de hoeveelheid zout water die onder gemiddelde omstandigheden op het zoete bekken wordt gebracht.

Aangezien nog helemaal niet bekend is welk systeem wordt gevonden voor de uiteindelijke oplossing lijkt het verstandig, en zelfs noodzakelijk, zowel de zoutwater- als de zoetwaterverliezen als aparte grootheden en dus meters in te voeren.

Er zijn nu twee mogelijkheden:

1. de constructie waarnaar wordt gezocht werkt zodanig, dat geen sprake is van zoutwater- en zoetwaterverlies
2. de werkwijze is zó dat wél zoutwater- en/of zoetwaterverlies optreedt.

Bij de eerste uitvoering zijn de verliezen als niet veranderlijk te beschouwen; het enige wat veranderlijk is is de factor kosten. Het optimum wordt dan bereikt bij minimum kosten. Bij de tweede uitvoering ligt dit minder eenvoudig: altijd treden verliezen op; de grootte daarvan is echter afhankelijk van de constructie van de sluis, welke weer afhankelijk is van de kosten. Wordt de verloren hoeveelheid water uitgedrukt in procenten van de sluisinhoud, dan is te stellen dat als dit percentage naar nul nadert, de kosten per gewonnen procent evenredig zullen stijgen. Met andere woorden: om de verliezen van 10% naar 9% te brengen zijn veel minder kosten nodig dan voor de reductie van 5% naar 4%. Hierbij is dan geen reëel optimum aan te wijzen: minimum verliezen worden bereikt met maximale kosten en omgekeerd. Bovendien is hierboven onbewust aangenomen dat het verband tussen het zoetwater- en het zoutwaterverlies evenredig is, hetgeen niet tevoren zo gesteld mag worden omdat het ontwerp nog niet vastligt.

Kortom: er is geen grootheid aan te wijzen, bijv. de verhouding kosten per m^3 waterverlies, welks minimum waarde het op-

timum van het ontwerp aangeeft.

Het optimaliseringssproces verloopt nu als volgt: na het vinden van een bepaalde constructie zullen de "standen" van de drie meters opgenomen worden, waarbij zoutwaterverlies, zoetwaterverlies en kosten tegen elkaar afgewogen moeten worden. Het komt dan neer op het uitdrukken in geld van schade aan het milieu.

Voor het logisch model zie bijlage 1.

Uitgangspunt is het middel voor het overbrengen van schepen. In de eerste fase is daarna nagegaan welke factoren achter-eenvolgens het middel, het overbrengen en de schepen beïnvloeden. In de tweede fase volgen de factoren die die van fase 1 beïnvloeden, enzovoort.

De invloeden zijn aangegeven met lijnen; om de richting van de invloeden vast te leggen zijn de lijnen voorzien van pijlen. Uit de definitie van de uitgangspunten volgt dan, dat vanuit deze invloedsfactoren alleen maar pijlen vertrekken.

Het logisch model is weergegeven in de volgorde waarin het is opgebouwd. Wijziging hiervan, om een mooiere bladvulling te krijgen, heeft slechts esthetische verdienste; de overzichtelijkheid wordt er erg door geslaasd.

Hetgeen reeds bij het opstellen van de eisen in paragraaf 3.3. is gezegd geldt ook hier: garanties voor volledigheid zijn er niet; het model komt tot stand met "brainstorming", eventueel gesteund door ervaring (in dit geval niet aanwezig) en inventiviteit, waardoor de pretentie van volledigheid zelfs niet aanwezig kan zijn.

Het lijkt niet zinvol om alle weergegeven invloeden te beschrijven. De meeste zijn zeer voor de hand liggend en gemakkelijk na te gaan. Beschrijving zal hier dan ook achterwege blijven.

4. HET VERZAMELEN VAN GEGEVENS

De benodigde gegevens zijn te verdelen in twee, elkaar gedeeltelijk overlappende, categoriën:

1. gegevens met betrekking tot de eisen
2. gegevens met betrekking tot de invloedsfactoren.

4.1. Gegevens met betrekking tot de eisen

Vóór de gegevens is steeds een code aangegeven die verwijst naar de desbetreffende eis:

A.1.a. 1. Voor de dichthesen geldt dat $\rho_{\text{zoutwater}} \approx 1020 \text{ kg/m}^3$ en $\rho_{\text{zoetwater}} \approx 1000 \text{ kg/m}^3$.

A.1.a. 2. Bij het manipuleren met de schepen dient er rekening mee gehouden te worden dat schepen uit de beroepsvaart niet zonder meer zijn droog te zetten. In ongeladen toestand kan het schip, zonder voldoende steunpunten, breken. In geladen toestand bestaat bovendien de kans dat de zijvlakken uitbuigen wegens het wegvalLEN van de waterdruk.

Ook platbodemjachten zijn niet zonder meer op een harde ondergrond droog te zetten, daar enige constructiedelen onder het vlak kunnen uitsteken. Eveneens een bezwaar vormen de jachten met vaste kieLEN. Bij droogzetten moet dan voorzien worden in een constructie om de kiel vrij van de bodem te houden. Zwaarden en ophaalbare kieLEN leveren geen problemen op.

A.1.a. 3. Als grens wordt aangehouden de maximum helling waarbij het schip nog stabiel is. Deze maximum helling varieert echter, is namelijk bij kleine schepen veel groter dan bij grote schepen (vergelijk parlevinker en Rijn-Herne-kanaalschip). Tevens dient rekening te worden gehouden met de soort lading, die kan gaan schuiven.

Aangehouden wordt:

voor de beroepsvaart: langshelling 3% ($\pm 1:20$)

dwarshelling 5%

voor de pleziervaart: langshelling niet aan te bevelen;
dwarshelling zie par. 3.2.2.

A.1.a. 4. Voor de waterstanden ter plaatse van beide dammen geeft de Deltadienst van de Rijkswaterstaat de volgende gegevens:

zoet bekken gemiddeld N.A.P. (stagnant)

zout bekken gemiddeld N.A.P.

gemiddelde getij-amplitude op zoute bekken 1,50 m
windinvloed 0,25 m
maximum schutpeil N.A.P.+3,25 m
minimum schutpeil N.A.P.-1,75 m
maximum stand zoute bekken exclusief windinvloed N.A.P.+4,00 m.

A.1.a. 5. Beroepsvaart: min. afmeting 6 x 2 x 0,50 m
max. afmeting 80 x 14 x 3,50 m.

Bijna alle beroepsvaartuigen zijn gebouwd van staal, met vlakke bodem.

Pleziervaart: min. afmeting 5 x 1,80 x 0,30 m
max. afmeting 25 x 5 x 3 m.

Als bouwmateriaal wordt gebruikt: glasvezel-versterkt polyester, staal, hout, aluminium. Lang niet alle vaartuigen hebben een vlakke bodem.

A.1.a. 6. De weersomstandigheden op zich vormen in principe geen beperking voor het schutproces: als er aanbod is moet geschut worden. Er is echter wel invloed van het weer op het aanbod. In perioden met bijvoorbeeld veel wind zullen de meeste schippers een vluchthaven of iets dergelijks opzoeken, met als gevolg een reductie van het aanbod. In zo'n periode zal ook het peil van het zoute bekken hoog oplopen of sterk dalen, afhankelijk van de windrichting. Ter besparing van kosten wordt nu gesteld dat het, gezien het aanbod, niet verantwoord is de constructie, of delen ervan, zo te ontwerpen dat ten alle tijde geschut kan worden. Zo ontstaan de maximum en minimum schutpeilen. Als de sluis niet gebruikt wordt bij zeer hoge standen van het zoute bekken, kan namelijk zogenaamd getrapt gekeerd worden; dat wil zeggen dat in de kolk een waterstand wordt gehandhaafd die ligt tussen de bekkenpeilen, zodat de belasting op de deuren en hoofden wordt gereduceerd. Voor het maximum en minimum schutpeil zie punt A.1.a.4.

A.1.a. 7. Wat betreft de snelheid:

de ondergrens wordt bepaald door de te halen

schutcapaciteit;

de bovengrens is in principe vrij.

Wat betreft de versnelling:

de ondergrens wordt, in samenhang met de snelheid, bepaald door de te halen schutcapaciteit; de bovengrens wordt gesteld op $0,25g$ (vergelijkbaar met comfortabel stoppen van een auto).

Tevens dient gelet te worden op de grootte van eventuele troskrachten t.g.v. de versnelling.

A.1.a. 8. Bij aanpassing van de kolk aan het grootste schip geldt de volgende vuistregel:

$L = l+10\%$; $B = b+5\%$; $D = d+25\%$, waarin L , B en D respectievelijk nuttige lengte, breedte en diepgang van de kolk zijn, en l , b en d respectievelijk lengte, breedte en diepgang van het grootste schip, het grootste transport, of de grootste combinatie van schepen.

A.1.a. 9. De kruin van de dam is gepland op N.A.P.+9,00 m, met een stormvloedberm op N.A.P.+5,00 m (zie bijlage 4). Er wordt geen golfoverslag over eventuele deuren e.d. geaccepteerd in verband met zout-zoetverlies. Tevens dient de nodige aandacht aan onder- en achterloopsheid te worden besteed.

A.1.a.10. Deze aanpassing wordt bij veel bestaande sluizen verkregen door toevoeging van een derde afsluitmiddel, het tussenhoofd. Buiten het voordeel voor de scheepvaart treedt bovendien minder zoetwater- en zoutwaterverlies op.

A.1.a.11. In verband met het in de inleiding genoemde tractaat met België is voor de beroepsvaartsluis een vrije doorvaarthoogte vereist.

A.1.a.12. De belasting op de constructie valt uiteen in die ten gevolge van water, grond en schepen.

Water- en grondbelasting zijn afhankelijk van de situering van het kunstwerk, de constructie e.d., met andere woorden niet te voren te bepalen.

Voor de bepaling van de scheepsbelasting is de energie van het aankomende vaartuig van belang. Deze

wordt als volgt zeer ruw bepaald:
volgens lit. 13 is de aanlegsnelheid van schepen kleiner dan ca. 10.000 ton gemiddeld te stellen op 0,3 m/sec. (aangezien dit is gebaseerd op een open constructie zal dit een maximum zijn; bij een dichte wand is de situatie gunstiger). De massa van het maatgevende schip (Rijn-Herne-kanaalschip) wordt gesteld op maximaal 2.000.000 kg (met grote transporten wordt in het algemeen voorzichtiger gemanoeuvreerd).

Als in de energieformule: $E_k = \frac{1}{2}mv^2 C_T$ (lit. 14) de waarde van de coëfficiënt C_T op 1 wordt gesteld (een gemiddelde is 0,6) dan is $E_k = 9 \times 10^4$ Nm = 9 tfm voor het geval dat de constructie frontaal wordt geraakt. Bij het aanleggen in de kolk zal de aanleghoek veel kleiner zijn dan 30° . Wordt van de 30° uitgegaan, dan is $E_k = 4\frac{1}{2}$ tfm.

De kracht op de constructie is dan te bepalen met: $E_k = \gamma P \delta$, waarin γ een veerconstante, P de kracht op de constructie en δ de verplaatsing van de constructie is. Aangezien de constructie nog niet vastligt is nog niets te zeggen over de grootte van P. Bovenstaande geldt in feite voor elastische constructies. Bij starre constructies zal de schipper zijn aanlegsnelheid aanpassen, of, in het ergste geval, schade aan zijn schip oplopen. Voor de maximum toelaatbare belasting op de scheepshuid wordt 10 tf/m^2 aangehouden.

A.1.a.13. Hier wordt met name gedacht aan de al eerder bij A.1.a.10. genoemde onder- en achterloopsheid. Bij A.1.a.10. was sprake van verzwakking van het damlichaam; maar ook de constructie zelf kan nadelige invloeden ervan ondervinden.

A.1.c. 2. De vereiste capaciteit is:

voor de Wemeldingedam: 500 hoge transporten;
wat betreft de pleziervaart zal dit voldoende zijn;
voor de beroepsvaarsluis in de Philipsdam: hier-

voor wordt verwezen naar het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp, tabel 17, aangezien de capaciteit niet eenduidig in aantallen schepen per tijdseenheid is uit te drukken;

voor de recreatiesluis in de Philipsdam: 32 jachten per uur.

A.1.d. 1. Voor de boringen wordt verwezen naar figuur 3; voor de sonderingen naar figuur 4.

A.1.d. 2. Voor de situatie van de dammen wordt verwezen naar figuur 1 en 2.

A.1.d. 3. Aangezien de dammen de eindpunten van het bekken vormen zullen de horizontale snelheden verwaarloosbaar zijn.

A.1.d. 5. De route ter plaatse van de Wemeldingdam die gebruikt wordt door de doorgaande scheepvaart ligt momenteel vlak onder de oever van Zuid Beveland.

Ter plaatse van de Philipsdam ligt deze vlakbij de Grevelingendam.

B.1.c. 3. Volgens informatie van de Deltadienst blijkt in de planning van beide dammen de sluisbouw maatgevend te zijn, zodat hiermee dan ook wordt begonnen. De sluizen hebben te geringe afmetingen om als sluitgat te dienen, en hebben als zodanig geen invloed op de dambouw.

B.1.c. 4. Het verdient aanbeveling de bouwput in een storm-arme periode aan te leggen. Hiervoor is de periode april tot en met juni het meest geschikt.

B.1.e. 1. Wat betreft de huidige materialen hout, staal, non-ferro-metalen, beton en kunststof komen dan staal en non-ferro-metalen in aanmerking.

B.1.e. 2. Deze eis vereist grote aandacht voor het werkschema.

B.9.c. 1. Zoals uit het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp blijkt wordt binnen 25 jaar, dat wil zeggen vóór ca. 2007, geen overschrijding van een gemiddelde overligtijd van $\frac{1}{2}$ uur geaccepteerd.

B.10.d.1. Te denken valt hier aan het verwisselen van eventuele zware onderdelen met mobiele kranen of drijvende bokken. Het kunstwerk moet dan bereikbaar zijn voor

dit materieel.

D.1.d. 1. Uit de aard der zaak wordt dit een kruising op verschillende niveaus. In verband met de eis van een onbeperkte doorvaarthoogte voor de beroepsvaart valt te denken aan een beweegbare brug. De overbrugging dient berekend te worden op een belastingklasse 60.

4.2. Gegevens met betrekking tot de invloedsfactoren en hun invloeden

1. Gedrag gebruikers - bestemming:

Dit uit zich in de outillage van de sluisconstructie, bijvoorbeeld kleinere bolder- en haalkomafmetingen, en kleinere hart-op-hart-afstanden bij de jachtensluis ten opzichte van de beroepsvaartsluis.

Uit recreatie-oogpunt dient voorzien te worden in een ruimere steigeraccommodatie bij de wachtplaatsen van de jachtensluis. Naast gebruik als meergelegenheid zal ook gedurende korte tijd op de steiger verbleven worden, bijvoorbeeld voor een barbecue.

2. Samenstelling van de aankomende vloot:

Deze is afhankelijk van:

conjunctuur/economie; bij stijgende conjunctuur neemt zowel de beroepsvaart als de recreatievaart toe;
weersomstandigheden op lange termijn: tijdens het seizoen (april tot en met september) zal het aantal recreatievaartuigen hoger zijn dan gedurende de overige tijd;
weersomstandigheden op korte termijn: bij perioden met harde wind zoeken veel schepen een beschutte plaats in bijvoorbeeld een vluchthaven. Gedurende deze periode is het aanbod dan gering, en bestaat voornamelijk uit beroepsvaartuigen.

3. Wijze van aankomst:

Weersomstandigheden op lange termijn: het aanbod van pleziervaartuigen zal pieken vertonen gedurende de weekends in het seizoen. Ook treden pieken door de week op bij vacances van grote groepen (bouwvak, klein-metaal etc.). Bovendien zal 's morgens vroeg het aanbod groter zijn dan overdag of 's avonds

omdat de in de avonduren aangekomen schepen liever niet meer in het donker schutten (of geschut kunnen worden bij niet continue bediening), en dan op het remmingwerk blijven liggen om te overnachten.

Weersomstandigheden op korte termijn: als na de onder punt 2 genoemde periode met harde wind rustiger weer komt, verlaat ieder zijn ligplaats en vertoont het aanbod dus een piek.

4. Aard van het schip:

Uit het bovenstaande volgt dat het ene halfjaar (oktober tot en met maart) voornamelijk beroepsvaartuigen verwerkt moeten worden, terwijl daar in het andere halfjaar ook nog grote aantallen jachten bijkomen.

5. Zoetwater- en zoutwaterlast - milieu:

Gestreefd moet worden naar een minimum aan zoutwaterverlies naar het zoete bekken in verband met het behoud van de zoetwaterflora en -fauna en het gebruik van dit water ten behoeve van irrigatie.

Omgekeerd dient ook ten behoeve van de zoutwaterflora en -fauna, met name de mosselcultuur (Yerseke), de zoetwaterlast op het zoute bekken zoveel mogelijk beperkt worden.

Steeds geldt hier: hoe minder, hoe beter voor het milieu.

De overige gegevens met betrekking tot de invloedsfactoren en hun invloeden zijn reeds in paragraaf 4.1. genoemd. Herhaling hier heeft geen zin.

De fase waarin het probleem als het ware afgetast wordt is nu geëindigd. In de volgende fase worden een aantal alternatieven ontwikkeld; dit zijn globaal omschreven, mogelijke oplossingen, die in principe de P.F.B. bevredigen.

5. DE ONTWIKKELING VAN ALTERNATIEVEN

Uitgangspunt hierbij is de P.F.B. De gewenste alternatieven worden nu gevonden door steeds de voorgaande fase uit te splitsen in mogelijkheden. Aldus wordt een zogenaamde ontwerpboom opgezet (zie bijlage 2). De mogelijkheden die om technische redenen e.d. niet haalbaar zijn worden niet verder

ontwikkeld. Ze worden voorzien van de letters V(oldoet) N(iet). Bij het afwijzen van mogelijkheden dient zeer duidelijk de onmogelijkheid vast te staan. Wordt op niet gebronde overwegingen een mogelijkheid niet verder uitgewerkt, dan bestaat de kans dat een reële oplossing wordt gemist.

Het opzetten van de ontwerpboom:

In fase 1 wordt de P.F.B. bevredigd door het schip alleén, of het schip met water te verplaatsen, hetgeen beide reële mogelijkheden zijn.

Fase 2: wordt alleen het schip verplaatst, dat doet zich de vraag voor hoe het eigen gewicht wordt opgenomen, aan de bovenzijde of aan de onderzijde.

Worden schip en water verplaatst, dan kan de aanwezige begrenzing van het water om het schip bewegen of stilstaan.

Fase 3: Aan welke zijde de belasting ook opgenomen wordt, dit kan volgens de toegepaste mechanica gelijkmatig verdeeld en op discrete punten plaatsvinden. Onder belastingopname op discrete punten wordt een concentratie van belasting op kleine vlakjes verstaan, waarbij de belasting op zo'n vlakje een willekeurig verloop kan hebben.

Opname van het eigen gewicht door middel van een gelijkmatig verdeelde belasting aan de bovenzijde zou moeten gebeuren door het instandhouden van een onderdruk op het dek van het schip. Dit lijkt door de zeer vele verschillende dekvormen technisch niet mogelijk, en wordt dus verder tot de onmogelijkheden gerekend.

Bij de beweging van de begrenzing van het water om het schip kan nog onderscheiden worden: een zuiver verticale beweging en een combinatie van verticale en horizontale beweging. Een rotatie van de begrenzing lijkt niet reëel.

Fase 4: Wordt alleen het schip overgebracht, dan kan dit met de volgende bewegingen:

1. translatie in de richting van de lengte-as, idem in de richting van de verticale as;
2. als 1., maar met rotatie om de breedte-as;
3. translatie in de richting van de breedte-as, idem in de richting van de verticale as;

4. als 3., maar met rotatie om de lengte-as.

Wordt het eigen gewicht aan de bovenzijde opgenomen, dan liggen rotaties van het schip niet zo voor de hand, omdat het schip horizontaal wordt opgepakt en weer wordt neerge laten. Deze mogelijkheden voldoen dus niet.

Bij opname van het eigen gewicht aan de onderzijde wordt de ondergrond, en dus de eventueel aangepaste damhelling gevolgd. Het is niet zo aantrekkelijk dat de schepen een zekere helling krijgen tijdens het transport, doch dit is wel de eenvoudigste oplossing. De gevallen met zuivere translatie komen hier dan te vervallen.

Ingeval het schip met water wordt overgebracht is binnen de begrenzing zowel een variabel als een vast waterpeil mogelijk.

Fase 5: De mogelijkheden of alternatieven uit fase 4 worden nu wat nader bekeken.

Alternatief 1.

Het schip wordt hierbij eerst verticaal uit het water getild, dan horizontaal verplaatst in de richting van de lengte-as, en weer verticaal in het water gebracht. Aangezien alleen jachten zo verplaatst kunnen worden geldt deze methode niet voor beroepsvaartschepen. Ten behoeve van het optillen vaart het schip eerst in een kunstmatig fuik, welke precies midden tussen twee horizontale railbanen ligt. Langs deze banen bewegen vier motoren met onafhankelijk van elkaar bedienbare lieren, per baan twee. In verband met de wisselende vorm (knik-, rond-, s-spant en vlak) en afmeting van de schepen dient het ondersteuningsmiddel flexibel te zijn. Daartoe wordt gebruik gemaakt van banden van gevlochten staal of kunststof, die zich aan de scheepsvorm aanpassen. Vóór het schip de fuik binnenvaart worden deze banden aan de lieren op de bodem neergelegten. De lieren die tegenover elkaar op de twee railbanen zitten dienen zó uitgerust te zijn dat ze twee aan twee en ook alle vier tegelijk langs de baan kunnen bewegen. Het ten opzichte van elkaar bewegen is nodig om schepen van allerlei afmetingen en vorm toch op een gunstige manier te ondersteunen in verband met de plaats van de kiel, spanten e.d. Tegen het

glijden van het schip in de banden wordt op dekhoogte een koppeling tot stand gebracht tussen de banden, en worden tevens de banden verbonden met bolders of kikkers. Dit geschiedt aan beide zijden van het schip.

Is het schip zo voldoende vastgesjord, dan kan het uit het water worden getild. Het onafhankelijk bedienen van de lieren zorgt ervoor dat het schip vrijwel horizontaal komt te hangen. Is deze positie bereikt, dan wordt synchroon gehesen tot het onderste punt van het schip ruim boven de damkruin ligt. Door synchrone aandrijving van de vier lieren vindt horizontaal transport plaats tot boven de fuik in het andere bekken. De wijze van vieren van het schip spreekt verder voor zich.

Koppeling van de lieren in de richting loodrecht op de railbaan kan niet plaatsvinden, omdat dan de mast niet gepasseerd kan worden.

Omdat het hijspunt altijd buiten het zijvlak van het schip ligt is er geen gevaar voor samendrukken van het casco.

Wel bestaat de kans dat de huid enigszins beschadigt door zand of ander vuil wat tussen band en schip raakt, en wat onder water niet gezien wordt.

Als de maximum afmetingen van een te verplaatsen jacht 25 x 5 x 3 m zijn, dan is het gewicht ongeveer 40 ton, zodat bij enigszins ongelijke bandbelasting per lier een kracht van ca. 15 ton moet kunnen worden opgenomen. Bovendien kan het moment op de railbaan aanzienlijk zijn in verband met de ligging van het aangrijppingspunt (wringing). Aangezien de lier langs de railbaan moet kunnen bewegen zal dit moment door middel van steunwielen overgebracht moeten worden. In verband met het goed opslaan van de draad op de liertrommels moeten deze enigszins verstelbaar zijn, afhankelijk van de breedte van het te hijsen schip.

Alternatief 2.

Ook dit concept is slechts geschikt voor jachten. Bij alternatief 1 is het in principe mogelijk schepen van willekeurige masthoogte te verplaatsen. Ook de verstaging is niet van belang, daar deze altijd binnen de dekomtrek blijft.

Bij alternatief 2 is dit niet het geval. In verband met de hoogte van de railbaan boven de damkruin is het hier noodzakelijk dat de grotere schepen hun mast strijken, hetgeen vaak geen kleinigheid is. Wordt deze eis niet gesteld, dan moet de railbaan zodanig hoog worden aangelegd dat het schip ruim over de damkruin getild kan worden (overeenkomstig alternatief 1), zonder dat hinder wordt ondervonden van de verstaging. Ook het onder de railbaan varen met ongestreken mast geeft bij zeer hoge waterstanden (tot N.A.P.+3,25 m) moeilijkheden, daar het schip dan alleen zijwaarts verplaatst kan worden.

Er valt dus een splitsing te maken in:

alternatief 2A: de mast hoeft niet gestreken te worden, de railbaan ligt zeer hoog;

alternatief 2B: er zijn eisen gesteld aan de masthoogte, dus zullen een aantal schepen hun mast moeten strijken; de railbaan ligt laag.

De procedure en inrichting is in principe gelijk aan die van alternatief 1, op de ophangpunten van de banden na. Deze hangen hier evenwijdig aan de baan. Aangezien het grootste jacht nog met voldoende speling tussen de ondersteuningen van de railbaan door moet kunnen, in verband met schommelen door wind e.d., wordt de breedte van de gehele constructie wel veel groter dan bij alternatief 1.

Alternatief 3.

Hierbij vaart het schip in lengterichting op de dam af, en volgt daarna zoveel mogelijk het damprofiel, wat aangepast is aan de toelaatbare hellingen voor de schepen. De bedoeling is om zoveel mogelijk de vrijwel ideale ondersteuning van het schip in water na te bootsen. Het ondersteuningsmiddel hierbij is gas, en het goedkoopste gas is lucht. Het moet nu mogelijk zijn om een aantal luchtkussen-voertuigen, gekoppeld als een trein, onder het schip te brengen, en op deze luchtkussen-trein het schip over een vrij vlak oppervlak de dam over te laten steken. Door het aan- en afkoppelen van elementen is de ondersteunende lengte van de trein aan te passen aan die van het te verplaatsen vaartuig.

Er doen zich echter twee onoverkomelijke moeilijkheden voor:

1. vaartuigen uit de beroepsvaart in geladen toestand moeten niet alleen aan de onderzijde, maar ook aan de zijvlakken worden ondersteund; in het water is dit altijd het geval; de horizontale waterdruk neemt zelfs toe als de belastingdruk van binnen uit toeneemt, omdat het schip dan dieper steekt; het nemen van maatregelen om het uitbuigen van de zijvlakken in de daarvoor in aanmerking komende gevallen (zand- en grindschepen, tankers e.d.) tegen te gaan is te ingrijpend; deze mogelijkheid vervalt dus voor de beroepsvaart.
2. zoals reeds bij de gegevens in hoofdstuk 4 is vermeld zijn de platbodems onder de jachten wel droog te zetten op een zachte bodem; zeker bij een gelijkmatige ondersteuning als van een luchtkussentrein; het aanbod bestaat echter niet alleen uit platbodems, maar ook uit kieljachten, en wel in een zeer uitgebreid scala wat betreft grootte en vorm; deze zijn dus niet zonder meer aan de onderzijde van een luchtkussen te voorzien; op grond hiervan is de conclusie gerechtvaardigd dat ook voor jachten deze methode niet geschikt is.

In combinatie met alternatief 1 en 2 is het echter wel mogelijk de schepen op deze manier te verplaatsen. Twee luchtkussens worden dan voorzien van vijzels met hangbanden, waarmee het schip ondersteund wordt op dezelfde manier als bij de genoemde alternatieven. Er is nu van gelijkmatige ondersteuning van het schip zelf geen sprake meer; het luchtkussen dient hier alleen als transportmiddel, en deze oplossing behoort dan eigenlijk vermeld te worden onder alternatief 5.

De procedure is nu als volgt: het jacht vaart boven een vlakke bodem waarop de luchtkussentrein ligt; de plaats van deze bodem is afhankelijk van de waterstand: steeds dient de ruimte tussen onderkant schip en luchtkussen minimaal te zijn; dan worden de vijzels opgedrukt en eventueel horizontaal verplaatst, zodat het jacht goed wordt ondersteund; het vastsjorren geschiedt analoog aan alternatief 1 en 2; de trein wordt in werking gezet; het geheel verheft zich iets van de bodem en kruipt over de aangepaste helling over de dam naar het andere bekken,

waar dezelfde procedure in omgekeerde volgorde plaatsvindt. Het is mogelijk een beperkt aantal uitvoeringsvormen van de luchtkussens in gebruik te hebben, bijvoorbeeld: een voor platbodems, dus zonder hefinrichting, een voor grote en een voor kleine kieljachten.

Alternatief 4.

Hiervoor gelden dezelfde opmerkingen als voor alternatief 3. Gezien de aard van het transport hoort dit alternatief eigenlijk genoemd te worden onder 6.

Alternatief 5.

Bij alternatief 3 is gebruik gemaakt van een luchtkussen als heffend en transporterend medium, waarbij slechts voor platbodems de gelijkmatig verdeelde tegendruk benutbaar was; voor de overige typen jachten was toch nog een ondersteuning op een aantal discrete punten nodig, iets wat betrekking heeft op alternatief 5. Er zijn echter nog meer mogelijkheden om het jacht, als dit eenmaal in de banden hangt, te transportereren. Met name valt te denken aan wagens op rails (al of niet zelfrijdend) en amfibievoertuigen.

Er wordt daarom de volgende indeling gemaakt:

- alternatief 5A: het op discrete punten ondersteunde schip wordt verplaatst met een luchtkussen;
- alternatief 5B: idem met een tweetal wagens op rails die onder het schip gebracht worden;
- alternatief 5C: idem met amfibievoertuigen.

De overbrengprocedure spreekt bij alle mogelijkheden voor zich, zodat daar niet verder op in wordt gegaan.

Omdat niet in een tegendruk op de zijvlakken wordt voorzien zijn ook deze methoden slechts geschikt voor pleziervaartuigen.

Alternatief 6.

Analoog aan 5 is hier eenzelfde verdeling te maken in 6A, 6B en 6C. Dit levert verder geen nieuwigheden op.

Opmerking: bij de alternatieven 1 tot en met 6, waarbij het

schip in den droge wordt getransporteerd, bestaan de zoetwater- en zoutwaterverliezen slechts uit het water wat aan schip en eventueel transportmiddel achterblijft, hetgeen te verwaarlozen is. Dit probleem gaat wèl een rol spelen bij de nog te bespreken alternatieven, daar zich hier om het schip een veel grotere hoeveelheid water bevindt, die niet gewenst is in het ontvangende bekken.

Voor verder wordt gegaan met de tweede groep alternatieven lijkt het verstandig eerst aandacht te besteden aan de verschijnselen die optreden als zoet water in contact komt met zout water.

Stel dat de kolk van de sluis gevuld is met zoet water, en dat de deuren naar het zoute pand geopend moeten worden. Dit openen geschieht alleen als de resulterende kracht op de deuren gelijk aan nul is, met andere woorden: per strekkende meter deurbreedte is de drukkracht van buiten naar binnen en van binnen naar buiten gelijk. Wordt in deze rusttoestand het resulterend drukdiagram bepaald, dan blijkt dat, ondanks horizontaal evenwicht, de druk aan de bovenzijde van zoet naar zout gericht is, en aan de onderzijde van zout naar zoet.

Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat het zoute water soortelijk dichter is dan het zoete water, globaal 20 kg/m^3 . De rusttoestand blijft bestaan, omdat de waterkering, die nog gesloten is, de benodigde reacties levert.

Bij opening van de deuren vallen deze reacties weg en ontstaat een situatie waarbij het zoute water over de bodem de kolk binnenkomt, terwijl het zoete water uit de kolk over het zoute water naar het bekken stroomt.

Voor de snelheid van de zout- en zoettong geldt globaal dat:
 $v = 0,45 \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho}} g h$, waarin ρ de soortelijke dichtheid van het zoute water en h de waterdiepte in de kolk is (lit. 15).

De geringste snelheid treedt dus op bij de kleinste waterdiepte. Dit is het geval bij het minimum schutpeil, te weten N.A.P. -1,75 m. De voortplantingssnelheid voor de sluis van 160 x 16 m met een drempelhoogte van N.A.P.-4,50 m bij $\Delta \rho = 20 \text{ kg/m}^3$ en $\rho_{zoetwater} = 1000 \text{ kg/m}^3$ is dan 0,35 m/sec. In de meeste situaties zal dit dus hoger zijn. De zoutwatertong in de schutkolk

gedraagt zich als een translatiegolf; tegen de gesloten deuren treedt volledige terugkaatsing op, en vanaf de teruglopende golf tot het punt van terugkaatsing is de gehele kolk zout, of in ieder geval brak. De teruggekaatste golf bereikt de openstaande deuren na ongeveer 15 min. De minimum duur van de periode waarin de deuren open staan, namelijk gedurende de gehele uit- en invaart, is volgens het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp $12,43 \approx 12,50$ min., gebaseerd op $T= 1000$ ton in het jaar 2000. Wordt de maximum uitwisselingsduur van ca. 15 min. vergeleken met de minimum tijd van 12,5 min. gedurende welke zout water kan binnendringen, dan is het duidelijk dat in de meeste gevallen, zonder extra maatregelen, de kolk geheel zout is geworden als de deuren weer worden gesloten. Het zoete water bevindt zich nu op het zoute bekken, iets wat in dit geval zoveel mogelijk voorkomen moet worden.

Een tweede nadeel vormt het feit dat diep stekende schepen bij in- of uitvaren in een situatie terecht kunnen komen waarin ze boven en onder in hun vaarwater een tegengestelde stroomrichting aantreffen, met alle nadelige invloed op de manoeuvreerbaarheid van dien.

Bovendien zal de afzetting van materiaal in de sluis groter zijn dan ingeval van zoet naar zoet of van zout naar zout geschut wordt.

In het bovenstaande is uitgegaan van een zoete kolk, waarbij de "zoete" deuren worden geopend en de kolkinhoud na verloop van tijd geheel zout wordt.

Ook het omgekeerde is mogelijk: worden de "zoete" deuren van een met zout water gevulde kolk geopend, dan verzoet de kolk en komt een hoeveelheid zout water op het zoete bekken.

Resumerend is dus te stellen dat, indien de uitwisseling voldoende tijd krijgt, per keer schutten een hoeveelheid zoet water, overeenkomend met de kolkinhoud, op het zoute bekken wordt gebracht, óf, bij schutten in tegengestelde richting, een gehele kolkinhoud aan zout water op het zoete bekken.

Maatregelen ter beperking van deze zout- en zoetwaterlasten dienen dan te bestaan uit een vergroting van de weerstand die

de zoutwatertong ontmoet bij het binnengaan van, of uitgaan uit, de sluis. Vergroting van deze weerstand kan geschieden door:

1. verkleining van het dwarsprofiel; toe te passen middelen dienen zodanig te zijn, dat de oppervlakte voldoende verkleind wordt, terwijl de weerstand voor de langsvarende schepen niet te groot mag zijn; mogelijkheden:
 1. een afdichting van de hoofden met rubber stroken, die uit zichzelf verticaal staan en dakpansgewijs over elkaar sluiten; problemen: een schip kan niet met werkende schroef passeren; de hoogte (ca. 8 m) zal wel niet haalbaar zijn;
 2. een voldoende lang veld met zogenaamd kunstmatig zeewier (zie lit. 16) of ander borstelmateriaal over de volle breedte van het hoofd; ook hier geldt dat draaiende schroeven taboe zijn, en zal het veld gepasseerd moeten worden òf op eigen kracht door tevoren voldoende snelheid te nemen, òf getrokken door middel van een draad; het eerste lijkt niet erg wenselijk in verband met de manoeuvreerbaarheid; indien de noodzakelijkheid om de schepen te trekken niet de capaciteit in gevaar brengt, lijkt dit een reële oplossing voor het probleem;
2. het aanbrengen van luchtbelschermen (lit. 4, 5, 6 en 7); uit de in lit. 4 opgenomen tabellen blijkt, dat theoretisch wel een reductie van het zoutwaterverlies tot 40% van het verlies zonder luchtbelschermen mogelijk is; dit gaat dan gepaard met de eis dat de deuren slechts zeer kort mogen open staan, en dat enorme hoeveelheden lucht verpompt moeten worden, hetgeen toch vrij kostbaar is.

Aan het begin van deze beschouwing over het contact tussen zoet en zout water is uitgegaan van een rusttoestand, waarbij zich in de kolk alleen zout of zoet water bevindt. Was er in de kolk echter, buiten een hoeveelheid zoet water, ook zout water geweest, dan treedt na verloop van tijd, dank zij de grotere dichtheid van zout water, een situatie op, waarin zich

het zoute water aan de bodem en het zoete aan de oppervlakte bevindt. De zoute en zoete waterlaag zijn dan gescheiden door een vrij smalle mengzone. Om te voldoen aan een zo extreem mogelijke scheiding dient deze mengzone zo smal mogelijk te zijn, hetgeen inhoudt dat in voorkomende gevallen zoet water op het zoute, en zout water onder het zoete gebracht moet worden, alles uiteraard met zo min mogelijk turbulentie.

Na nu enigszins bekend te zijn met wat zich bij contact tussen zoet en zout water afspeelt wordt verder gegaan met het bespreken van de alternatieven.

Alternatief 7.

De begrenzing van het water beweegt alleen verticaal, terwijl het waterpeil binnen de begrenzing variabel is. Het is mogelijk de bak in lucht (alternatief 7A) en in water te laten bewegen, terwijl dit water zout (alternatief 7B) en zoet (alternatief 7C) kan zijn. Zie ook bijlage 2.

Alternatief 7A.

Uit het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp volgt dat de drempels in boven- en benedenhoofd beide op N.A.P.-4,50 m liggen. De maximale schuthoogte treedt op bij het maximum schutpeil (zout) en de gemiddelde stand met 0,25 m afwaaiing aan de zoetzijde. Deze is dan groot 3,50 m, op zich geen reden om een scheepslift, wat dit alternatief in feite behelst, te bouwen. Tevens resteert dan nog het probleem van het zout-zoet-verlies, wat door de bewegende bak in lucht niet gemakkelijker kan worden opgelost dan bij een sluis van conventioneel type. De conclusie is dus dat de in lucht bewegende bak geen zin heeft.

Alternatief 7B.

Om te beginnen eerst een beschouwing over de mogelijkheden om bij een variabel waterpeil in de bak een minimaal zoet- en zoutverlies te bereiken.

Het meest voor de hand liggend is het domweg verwijderen van het water in de aan weerszijden afgesloten kolk na invaart der schepen, en daarna de kolk te vullen met water uit het bekken van

bestemming. In hoofdstuk 4 (Gegevens) blijkt dat dit bij lang niet alle vaartuigen zo maar kan; een groot aantal behoeft alzijdige steun aan de onderzijde in verband met de sterkte (geladen beroepsvaartuigen) en een ander aantal behoeft steun in verband met de stabiliteit. Er is reeds opgemerkt dat water een ideaal ondersteuningsmiddel is, dit geldt in feite voor iedere vloeistof.

Het moet nu mogelijk zijn om een zeer zware vloeistof in een bepaalde, benodigde, dikte op de sluisbodem aan te brengen. De soortelijke dichtheid van de steunvloeistof moet veel groter zijn dan die van zout water om de menging en daardoor steunvloeistofverlies zo gering mogelijk te houden. De menging kan ook voorkomen worden door een vlies aan te brengen boven over de steunvloeistof. Om de bevestiging aan de kolkwand en ook het vlies zelf zo min mogelijk op trek te belasten dient het enorm ruim te zijn. Deze eis komt ook voort uit het feit dat de steunvloeistof zoveel mogelijk in staat moet zijn bij de omtrek van het schip te komen.

Buiten een derde vloeistof in de sluis is ook de reeds aanwezige als steunvloeistof te gebruiken. Doorgaand op het reeds gestelde dat zoet water op het zoute en zout water onder het zoete moet worden gebracht kan dit zo geschieden, dat tijdens deze vul- en ledigingsprocedure toch voldoende waterdiepte in de kolk aanwezig blijft, zodat voldoende steun voor de schepen gewaarborgd is. Beide mogelijkheden, respectievelijk droogzetten en zogenoemd uitwisselen zijn voor alternatief 7B te gebruiken.

Alternatief 7.B.1.

Beperking van de zout- en zoetverliezen door droogzetten.

De schutkolk is omgeven door zout water en sluit aan op een extra hoofd aan de zoetzijde. Hier bevinden zich dus twee beweegbare waterkeringen, terwijl aan de zoutzijde met één kan worden volstaan.

In figuur 5 is een overzicht gegeven van de schutprocedure voor alle mogelijke gevallen. Dit gaat als volgt:

Fase 1: In de kolk bevindt zich zoet water, op gelijk niveau met het zoete bekken, en met een diepte, voldoende

voor het grootste schip. Aangezien de kolk omringd is met zout water dient de verbinding sluishoofd - bak waterdicht te zijn. De schepen zijn ingevaren en alle zoete deuren gesloten.

Fase 2: De ruimte tussen de zoete deuren wordt leeggepompt, waarna de waterdichte verbinding verbroken wordt en de kolk met de bodem (is bovenzijde steunvloeistof) iets boven de zoetwaterspiegel in het bekken wordt opgetrokken. De waterdichte verbinding wordt dan weer tot stand gebracht. Dan kan men òf eerst het zoute water tussen de zoete deuren terug pompen naar het zoute bekken, òf dit als verlies beschouwen en aflaten op het zoete bekken. Als de kolk via de tussenruimte in verbinding wordt gebracht met het zoete bekken is volledige leegstroming het resultaat.

Fase 3: Is de kolk leeg en de aflaatmiddelen gesloten, dan wordt de waterdichte verbinding verbroken en de kolk zover omlaag gebracht, dat bij nivellering met zout water voldoende diepgang wordt verkregen. Een waterdichte verbinding is dan niet meer nodig. Na nivellering wordt de zoute deur geopend en volgt uit- en invaart der schepen, met aan- sluitend sluiting van de zoute deur.

Fase 4: De kolk wordt dan met de bodem tot iets boven het zoute peil in het bekken opgetrokken, waarna lediging plaatsvindt, hetgeen rechtstreeks naar buiten kan geschieden.

Fase 5: Dan wordt de kolkbodem op gelijke hoogte met de drempel gebracht, de waterdichte verbinding tot stand gebracht en het zoete water genivelleerd. De deuren worden geopend en de schepen varen uit, waardoor dus fase 1 weer is bereikt.

Aangezien het in principe voor het schutproces niet van belang is welke combinatie van waterstanden wordt aangetroffen, namelijk zout hoger dan zoet, gelijke standen, of zout lager dan zoet, kan volstaan worden met de gegeven beschrijving. Wel moet voorzien worden in de mogelijkheid om tijdens het schutproces van de ene combinatie naar de andere over te gaan, omdat op het zoute bekken een getij aanwezig is.

In het getekende schutschema is deze mogelijkheid inderdaad aanwezig.

De verschillende combinaties van waterstanden hebben wel invloed op de constructie van de sluis. Zo wordt de hoogte van de aansluitplaats aan de zoetzijde bepaald door het hoogste zoete peil, omdat ook dan een waterdichte aansluiting tot stand gebracht moet kunnen worden. Tevens volgt uit het voorkomen van verschillende combinaties dat de waterdichte verbinding zowel op trek als op druk wordt belast. De oplossing is zowel geschikt voor beroepsvaartuigen als voor jachten.

Alternatief 7.B.2.

Beperkingen van de zout- en zoetverliezen door uitwisselen. De schutkolk is omgeven door zout water en sluit aan op een extra hoofd aan de zoetzijde. De constructie is in principe analoog aan die van alternatief 7.B.1.

In het geval dat het zoutwaterpeil hoger is dan het zoetwaterpeil is de schutprocedure als volgt (zie figuur 6):

Fase 1: In de kolk bevindt zich zoet water met voldoende diepgang (3,50 m), hetgeen door de scheepvaart wordt bepaald. De schepen zijn ingevaren en de zoete deuren gesloten. De waterdichte verbinding van de kolk met het hoofd is nog intact.

Fase 2: Door aan de onderzijde zout water in te laten verdringt dit het zoete, wat via de tussenruimte naar het zoete bekken wordt gevoerd.

Fase 3: Nadat het scheidingsvlak, of beter gezegd een tevoren bepaald punt van het menggebied, de zoetwaterspiegel op het zoete bekken heeft bereikt wordt de zoetwaterafvoer afgesloten en het zoute water genivelleerd. Dan volgen opening van de zoute deuren, uit- en invaren en sluiting van de zoute deuren.

Fase 4: Tijdens het nivelleren met zout water is de waterdichte verbinding verbroken. De bak wordt nu zover boven de zoute bekkenstand geheven, dat uitstroming tot een diepte van 3,50 m in de bak kan plaatsvinden. Als deze diepte bereikt is wordt de bak zover naar beneden gebracht, dat de waterspiegel binnen 3,50 m onder de zoete bekkenstand komt te liggen. Dan wordt de waterdichte verbinding weer tot stand gebracht en zoet water genivelleerd.

Fase 5: De waterdichte verbinding wordt verbroken en de bak zover getild, dat uitstroming van het zoute water in de bak naar het zoute bekken kan plaatsvinden. Tenslotte bevindt zich slechts zoet water in de bak.

Fase 6: De bak wordt weer omlaag gebracht, zódanig, dat het zoete water in bak en zoete bekken even hoog staat. De waterdichte verbinding wordt tot stand gebracht en de zoute deuren geopend.

Opmerking:

1. Ook in dit geval is het soms noodzakelijk het zoute of zoete water in de tussenruimte weg te pompen nadat de waterdichte verbinding tot stand is gebracht.
2. Bij de overgang van fase 2 naar fase 3 is het, ter beperking van de kolkwandhoogte, ook mogelijk het zoute water slechts te "nivelleren" tot voldoende vaardiepte is verkregen, en daarna de bak zover op te trekken dat écht genivelleerd is, waarna de deur geopend kan worden.
3. Ook deze methode is geschik voor beroepsvaartuigen en jachten.

Alternatief 7.C.1.

De kolk is nu omringd met zoet water. Voor beperking van de zout- en zoetverliezen door middel van droogzetten wordt verwezen naar alternatief 7.B.1. en figuur 6 die, met enige wijzigingen, een indruk geven van de werkwijze tijdens het schutten.

Het is nu mogelijk om, in plaats van een zware vloeistof als steunvloeistof te gebruiken, hier zout water voor te nemen, wat dan altijd in de kolk blijft. Hierop is het volgende concept gebaseerd, namelijk alternatief 7.C.2.

Alternatief 7.C.2.

In plaats van de extra zware vloeistof wordt nu zout water als steunvloeistof gebruikt. De kolk is omringd met zoet water, waardoor dit makkelijk via openingen in de kolkwand toe en af kan stromen, waarbij aan het zoute water in de kolk niets verandert. De methode is dus weer gebaseerd op uitwiss-

selen. Voor het schutschema wordt verwezen naar figuur 7. Dit gaat dan in de volgende fasen (voor alle peilcombinaties):

Fase 1: Buiten de vaste 3,50 m zout water bevindt zich ook 3,50 m zoet water in de kolk. De schepen zijn vanaf de zoetzijde ingevaren, en de zoete deuren zijn gesloten.

Fase 2: De kolk wordt zodanig geheven, dat het mengvlak ter hoogte van de zoete-bekken-stand komt. Door afsluitbare openingen in de wand wordt het zoete water uit de kolk op het zoete bekken gebracht.

Fase 3: Dan wordt de kolk opgetrokken tot het mengvlak, wat dan zoutwaterspiegel geworden is, gelijk komt met de zoute-bekken-stand (in feite kan de bak in één handeling worden opgetrokken, gedurende welke het zoete water uitstroomt, en waarbij slechts gestopt wordt als mengvlak en zoute-bekken-stand gelijk zijn). De waterdichte verbinding wordt tot stand gebracht, het zoete water uit de tussenruimte verwijderd, zout water erin aangebracht en de deuren geopend, waarna de schepen kunnen uitvaren.

Fase 4: Na invaart en sluiting der deuren wordt eerst de tussenruimte weer leeggepompt en van zoet water voorzien. De waterdichte verbinding wordt verbroken en de kolk wordt langzaam omlaaggebracht in het zoete bekken, waarbij door de wandopeningen zoet water op het zoute stroomt, tot zich weer 3,50 m zoet water in de kolk bevindt.

Fase 5: Dan wordt de instroming gestopt en de kolk met het kolkpeil op gelijke hoogte met de zoete-bekken-stand gebracht. De deuren worden geopend, en de schepen varen uit.

Opmerking: Deze oplossing kan in principe natuurlijk ook voor een kolk, omringd door zout water, gebruikt worden; De aan-en afvoer van het zoete water moet dan echter steeds door de tussenruimte tusen de zoete deuren plaatsvinden, een bezigheid die telkens een waterdichte aansluiting, en dus veel tijd vereist, op grond waarvan ze dan ook niet is genoemd.

Alternatief 8.

De kolk beweegt alleen verticaal en heeft een vaste waterhoogte. Dit houdt in dat het water òf zout is en dat blijft, òf

zoet is en dat blijft. Uitwisseling in de kolk is dus niet mogelijk. Deze uitwisseling gaat wel een rol spelen als een zoute kolk wordt aangesloten op het zoete bekken of omgekeerd. Zoals reeds gezegd kan dan het zout- en zoetverlies worden gereduceerd door het inbouwen van een extra weerstand in de vorm van een wierveld of een luchtbellenscherf. Analoog aan alternatief 7 kan ook hier de kolk zich bewegen in lucht (alternatief 8.A.), in zout water (alternatief 8.B.) en in zoet water (alternatief 8.C.).

Alternatief 8.A.

De kolk beweegt alleen verticaal, en wel in lucht. Ze kan zowel gevuld zijn met zoet als met zout water. Vulling met zoet water heeft als voordeel een minder groot eigengewicht en een minder agressief milieu, zodat dit wordt gekozen. Bovendien zal het water door het vele contact met nu weer zout en dan weer zoet water, ondanks de weerstand, toch wel brak worden. Het heeft daarom zin beide sluishoofden van een dergelijke weerstand te voorzien.

De bewegingen van de bak zijn beperkt, namelijk alleen over de waterstandsverschillen tussen zoet en zout bekken.

Vanwege de eenvoud van het proces wordt alleen verwezen naar het schema van het schutproces in figuur 8, hetgeen vanwege dezelfde eenvoud is beperkt tot één waterstandscombinatie, namelijk zout water hoger dan zoet water (linker kolom).

Alternatief 8.B.

De kolk beweegt verticaal in zout water. Ofschoon het logisch lijkt de kolk te vullen met de soort water waarin ze beweegt, moet toch rekening worden gehouden met brak water in de kolk (zie ook alternatief 8.A.). Ook hier zijn daarom een weerstand in het zoute hoofd èn in het zoete hoofd opgenomen.

Voor het schutschema zie figuur 8, middelste kolom.

Alternatief 8.C.

Hiervoor geldt een zelfde redenering als bij alternatief 8.B. Zie voor het schutschema figuur 8, rechter kolom.

Alternatief 9.

De toevoeging van een horizontale bewegingscomponent maakt het mogelijk de bak te verplaatsen door hem over een hellende baan te laten rijden (Ronquières). In het onderhavige geval, met een verval wat in beide richtingen kan optreden, zou de helling van deze baan dan veranderlijk moeten zijn, hetgeen technisch niet haalbaar lijkt, en bovendien onnodig ingewikkeld. Alternatief 9 wordt daarom verworpen.

Opmerking: In feite is bij de alternatieven 7 en 8 wel een kleine horizontale verplaatsing aanwezig, namelijk om de waterdichte verbinding tot stand te brengen en te verbreken. Dit zal echter maximaal enige tientallen centimeters zijn, en dus niet noemenswaard.

Alternatief 10.

Hiervoor geldt hetzelfde als vermeld bij alternatief 9, zodat ook dit verworpen wordt.

Voor verder wordt gegaan met de overige alternatieven wordt eerst even stilgestaan bij de problemen in het algemeen, die verbonden zijn aan de niet-beweegbare bak. Ook hier geldt dat beperking van de zoet- en zoutverliezen op drie manieren bereikt kan worden, zij het met een wisselend rendement:

1. door gewoon het kolkwater te nivelleren als in een gewone sluis, waarbij wel steeds hetzelfde bekken als aan-en afvoermiddel wordt gebruikt; dit noodzaakt tot het gebruik van pompen; het brakke kolkwater wordt dan van het zoute en zoete bekken gescheiden door de eerder genoemde weerstanden zoals luchtbelscherf of wierveld.
2. door het verwijderen uit de kolk van het water, komend uit het bekken van herkomst van de schepen, en het daarna vullen van de kolk met water, afkomstig uit het bekken van bestemming; de noodzakelijke steun wordt verkregen door een derde, zeer zware vloeistof in de kolk, eventueel afgedekt met een zeer ruim vlies;
3. door uitwisseling, dat wil zeggen aan- en afvoer van zoet water aan de bovenzijde en aan- en afvoer van zout water

aan de onderzijde, zódanig, dat altijd een bepaalde, vereiste, diepgang in de kolk blijft bestaan.

Ad 1. In de kolk bevindt zich nu water met een wisselend zoutgehalte. In afwijking van de alternatieven 8.A. tot en met 8.C. wordt hier steeds vanaf eenzelfde bekken ingelaten, onafhankelijk van de aard van de kolkinhoud, terwijl ook steeds op hetzelfde bekken wordt geledigd.

Ad 2. Het verwijderen en aanvullen van water kan in principe op twee manieren: wèl of niet gebruik makend van de zwaartekracht. Practisch betekent dit een stroming onder vrij verval of gebruik maken van een pomp. Wordt besloten tot lediging en vulling onder vrij verval, dan zijn de bekkens zelf daartoe niet geschikt, omdat hun peil niet voldoende laag is, en zelfs hoger kan zijn dan de kolkspiegel, wegens invloed van het getij. Er zal dus een tussenbekken bij moeten komen, en wel één voor elke soort water. Om de leegstroming, want daarvoor worden deze tussenbekkens gebruikt, mogelijk te maken moet de waterspiegel maximaal op de hoogte van de sluisbodem liggen, een zeer zware eis, waaraan alleen maar via bemaling kan worden voldaan. Dus ook bij de stroming onder vrij verval wordt niet aan pompen ontkomen. Wèl is het zo, dat de pompcapaciteit kleiner kan zijn, omdat het pompbedrijf op het bekken onafhankelijk is van het schutbedrijf.

De tweede mogelijkheid bestaat dan uit het rechtstreeks weg-pompen van het kolkwater, een methode waarbij de pompcapaciteit bepalend is voor de omzettijd.

Ad 3. Voor het uitwisselen geldt een ongeveer gelijke redenering.

De kolk kan omgeven zijn door lucht, door water en door vast materiaal (respectievelijk alternatief 11.A., C. en B.), terwijl het water verdeeld kan worden in zout en zoet (respectievelijk alternatief 11.C.1. en 11.C.2.).

Een verdere indeling kan gemaakt worden in manieren ter beperking van de verliezen, te weten: normaal nivelleren, droogzetten en uitwisselen, waarbij de laatste twee zowel door zwaartekracht als door zwaartekracht tesamen met pompen kunnen wor-

den bereikt. Zie voor de codering bijlage 2.

Alternatief 11.A.

Dit is een geval, volgend uit de verdeling van de omringende massa in lucht, water en vast materiaal, maar verder zinloos op grond van technische overwegingen.

Alternatief 11.B.1.a.

Bij dit alternatief wordt normaal genivelleerd door zout water onder het zoete te brengen en het zoete terug te voeren naar het zoete pand (terugwinning van het zoete water).

Moet de verbinding van de kolk met het zoete water tot stand worden gebracht, dan wordt eerst door middel van pompen (bij zout water hoger dan zoet water) of door gewoon nivelleren (bij zout water lager dan zoet water) de kolkwaterstand op gelijk niveau met het zoete buitenwater gebracht. Hierna worden de deuren geopend, en de uittredende zouttong aan de bodem opgevangen en afgepompt.

Het zoutwaterverlies is dus zeer gering, het zoetwaterverlies echter zeer groot doordat bij het afpompen grote menging optreedt. Dit systeem is toegepast bij de zeesluis te Terneuzen.

Alternatief 11.B.1.b.

De kolk is opgenomen in het damlichaam, of in een apart opgeworpen plateau naast de dam. De kolk kan gevuld zijn met zout en met zoet water, voor het schutproces maakt dit geen verschil. Omdat zoet water toch enige voordelen biedt boven zout water wordt dit als kolkvulling gebruikt.

Stel de schepen komen van het zoete bekken. Is de stand van het bekken van bestemming van de schepen hoger dan die van het bekken van herkomst, dan wordt genivelleerd door middel van pompen uit het bekken met hetzelfde water als in de kolk, waarna de deuren worden geopend. Luchtbellenschermen of wiervelden verhinderen zoveel mogelijk het horizontale uitwisselen. Bij het schutten in tegengestelde richting kan Øf de kolk worden genivelleerd door middel van zwaartekracht op het bekken van bestemming, Øf kan hiervoor een apart, zogenaamd brak, bekken worden gebruikt, dat tussen de spui-perioden voldoende

tijd krijgt om enigszins uit te wisselen, zodat zout water aan de onderzijde afgevoerd kan worden naar het zoete bekken tijdens de lage waterstanden, en het zoete water van bovenaf naar het zoete bekken. Het is zo mogelijk het peil van het brakke bekken altijd op gelijke hoogte met het laagste van de peilen van zout en zoet bekken te houden, zodat lediging van de kolk altijd onder vrij verval kan geschieden. Aangenomen wordt dat de werkwijze bij andere waterstandscombinaties voldoende duidelijk is.

Alternatief 11.B.2.a.

De sluiskolk ligt in of naast de dam, zoals bij alternatief 11.B.1.b. Bovendien zijn nodig een apart zout en zoet bekken, met waterspiegels die maximaal op een hoogte, gelijk aan die van de sluisbodem, liggen. Lediging en vulling van de kolk kan dan altijd onder vrij verval plaatsvinden. De problemen van het pompen worden dan wel verplaatst naar de extra bekkens.

Het schutbedrijf is zo eenvoudig, dat geen getekend schut-schema wordt opgenomen.

Alternatief 11.B.2.b.

De kolkinhoud wordt rechtstreeks gepompt naar het bekken met dezelfde soort water. Nivellering geschiedt onder vrij verval. Voor het overige zie alternatief 11.B.2.a.

Alternatief 11.B.3.a.

Ook hier wordt gebruik gemaakt van een aantal extra bekkens, te weten:

1. een zout bekken met een peil wat iets lager ligt dan dat van het eigenlijke zoete bekken; wel geldt: hoe lager hoe beter;
2. een zout bekken met een peil wat iets hoger ligt dan dat van het eigenlijke zoete bekken; ook hier geldt: hoe hoger hoe beter.

De schutprocedure wordt verduidelijkt aan de hand van het schutschema in figuur 9.

Zout hoger dan zoet:

Fase 1: In de kolk bevindt zich zoet water; de schepen zijn

ingevaren en de deuren gesloten.

Fase 2: De kolk wordt in verbinding gebracht met het zoute bekken via een, onder de kolk aangebrachte, ruimte, afgedekt door de geperforeerde kolkbodem. Het zoete water boven het peil van het zoete bekken wordt naar dit bekken afgevoerd, tot al het zoete water verdwenen is. Dan wordt de zoetwaterafvoer gesloten en het zoute water genivelleerd.

Fase 3: Het zoute water is genivelleerd, de deuren geopend, de schepen uit- en weer ingevaren en de deuren weer gesloten.

Fase 4: De kolk is in verbinding gebracht met het lage zoute bekken en stroomt dus tot iets beneden het zoete peil leeg.

Fase 5: Dan wordt zoet water op het zoute gebracht, waardoor weer een overhoogte ten opzichte van het zoute bekken ontstaat, en de zoutwaterlozing doorgaat tot het mengvlak de bodem heeft bereikt.

Fase 6: Het mengvlak heeft de bodem bereikt, de zoutwaterafvoer wordt gestopt en het zoete water genivelleerd.

Zout evenhoog als zoet:

Fase 1: De kolk bevat zoet water; na invaart der schepen zijn de deuren gesloten.

Fase 2: De kolk wordt in verbinding gebracht met het hoge zoute bekken, waardoor het zoete water een overhoogte krijgt ten opzichte van het bekkenpeil, en kan afstromen.

Fase 3: Als het zoete water is verdwenen is direct ook het zoute genivelleerd, en kunnen de schepen uit- en weer invaren.

Fase 4: Nu wordt het kolkwater in verbinding gebracht met het lage zoute bekken, waardoor het kolkpeil zakt, en toestroming van zoet water mogelijk maakt.

Fase 5: Dan wordt zoet water op het zoute gelaten, tot het scheidingsvlak de bodem bereikt, waarna de zoutwaterafvoer wordt beëindigd.

Fase 6: Na nivelleren van het zoete water is fase 1 weer bereikt.

Zout lager dan zoet:

Fase 1: De kolk is gevuld met zoet water en de schepen zijn

ingevaren.

Fase 2: De kolk wordt in verbinding gebracht met het hoge zoute bekken, waardoor het zoete water onder vrij verval naar het zoete bekken kan wegstromen. Dit zet zich voort tot al het zoete water is verdwenen.

Fase 3: Dan wordt onder vrij verval het zoute water genivelleerd, en kunnen de schepen uit- en invaren.

Fase 4: De kolk wordt in verbinding gebracht met het zoete bekken, zodat zoet water op het zoute stroomt, en dit zoute water wordt weggedrukt naar het zoute bekken.

Fase 5: Het proces wordt gestopt als het mengvlak de bodem heeft bereikt.

Fase 6: Na nivellering van het zoete water worden de deuren geopend en kan uit- en invaart plaatsvinden.

Het hoogteverschil tussen zoute bekkens en kolk bepaalt de uitstroomsnelheid, en dus de omzettijd. Het dient dus een bepaalde waarde niet te onderschrijden. Duidelijk is dat de zoute bekkens dan bemalen moeten worden, ofschoon ook van het getij op het zoute bekken geprofiteerd kan worden. De eis van bedrijfszekerheid onder alle omstandigheden dwingt echter tot bemaling. Is eenmaal een pomp (gemaal) noodzakelijk, dan is het logisch ook een oplossing te bekijken die alleen maar van een pomp gebruik maakt, hetgeen in het volgende alternatief wordt bekeken.

Alternatief 11.B.3.b.

Nu wordt uitgewisseld door zoveel mogelijk van de zwaartekracht te profiteren, en in de gevallen waarin dit onmogelijk is gebruik te maken van een pomp. Voor het schutschema zie figuur 9.

Als handleiding hierbij kan het besprokene bij alternatief 11.B.3.a. dienst doen, waarbij in plaats van afvoer van zout water naar het lage zoute bekken en aanvoer van zout water vanuit het hoge zoute bekken deze af- en aanvoer geschiedt door middel van pompen. De aan- en afvoer van het zoute water geschiedt steeds via de geperforeerde vloer. Aan de loop van het zoete water verandert niets.

Alternatief 11.B.3.b.1.

Volledigheidshalve dient hier nog genoemd te worden de zout-zoet-sluis met tussendeur, reeds vermeld in paragraaf 3.2.3. onder punt A.7. Tussen de beweegbare deuren bevindt zich een derde kering, alleen als scheiding tussen zout en zoet water. Het aan het zoute bekken grenzende kolkdeel is bestemd voor zout *&* zoet water, terwijl in het kolkdeel wat aan het zoete bekken grenst alleen maar zoet water komt. Het zoute water staat altijd op hetzelfde peil, waarop ook de hoogte van de scheidingswand is gebaseerd. Door voldoende zoet water in de sluis te brengen kunnen de schepen van het gemengde naar het zoete kolkdeel en omgekeerd gebracht worden, over de scheidingswand heen. Nivellering vindt plaats door het onder vrij verval afvoeren van het zoete water. De sluis is alleen te gebruiken bij een stagnant zout peil en in het onderhavige geval dus niet geschikt.

Alternatief 11.C.1.a.

Aangezien in alternatief 11.B.1.b. gesteld is dat de kolk met zoet water is gevuld, en ook bij vulling van zoet water gebruik wordt gemaakt, terwijl lediging steeds in een apart brak bekken gebeurt, heeft zout water om de kolk geen zin.

Alternatief 11.C.1.b.1.

Dit biedt geen bijzondere voordelen ten opzichte van alternatief 11.B.2.a. Het zoute water kan wel direct vanaf de bodem in de kolk gelaten worden, in plaats van via leidingen vanaf het zoute bekken.

Alternatief 11.C.1.b.2.

Dit biedt geen bijzondere voordelen ten opzichte van alternatief 11.B.2.b., buiten het feit dat het zoute water wat gemakkelijker kan toetreden.

Alternatief 11.C.1.c.1.

Ten opzichte van alternatief 11.B.3.a. biedt dit alleen het voordeel dat het zoute water wat gemakkelijker kan toestromen.

Alternatief 11.C.1.c.2.

Ten opzichte van alternatief 11.B.3.b. biedt dit het voordeel dat het zoute water wat gemakkelijker kan toestromen.

Alternatief 11.C.2.a.

In vergelijking met alternatief 11.B.1. is het zinvol de kolk te omringen met zoet water, aangezien dan eenvoudig dwarsinstroming in plaats van langsinstroming verkregen kan worden, die een gunstige (verkleinende) invloed heeft op de omzettijd.

Alternatief 11.C.2.b.1.

Evenals bij alternatief 11.C.1.b.1. heeft dit ook geen specifieke voordelen, buiten weer het feit dat het zoete water voor de vulling direct naast de kolk betrokken kan worden.

Alternatief 11.C.2.b.2.

Het bovenstaande geldt ook voor dit alternatief, in vergelijking met 11.B.2.b.

Alternatief 11.C.2.c.1.

Ook hier wordt de constructie eenvoudiger en de schuttijd korter als het toe- en afvloeiende zoete water direct zijwaarts buiten de kolk gebracht kan worden.

Alternatief 11.C.2.c.2.

Zie hetgeen vermeld is bij alternatief 11.C.2.c.1.

Alternatief 12.

De sluisconstructie, bestaande uit een stilstaande bak, met daarin een vaste waterhoogte, is in feite alleen te gebruiken op de momenten dat door het getij wordt genivelleerd. Dit legt een veel te grote beperking op, en daarom wordt dit alternatief als niet ter zake doende verworpen.

In tabel 1 en 2 is een overzicht gegeven, met de aanduiding der alternatieven, voor welk type vaart ze geschikt zijn, of er speciale eisen aan gesteld worden en of één of meerdere

kunstwerken nodig zijn.

6. TOETSING VAN DE ALTERNATIEVEN EN KEUZE

Om te komen tot een keuze van ontwerpen die in aanmerking komen om nader te worden uitgewerkt dient een toetsing van de gevonden alternatieven plaats te vinden. Deze toetsing geschiedt aan de hand van een aantal eisen waaraan het betrokken alternatief in meerdere of mindere mate kan voldoen.

Buiten beschouwing zijn gebleven de eisen waaraan in ieder geval voldaan moet worden zoals: vrije doorvaarthoogte voor de beroepsvaart, niet beschadigen van schepen, schutbedrijf mogelijk tijdens bepaalde omstandigheden enzovoort.

De eisen op grond waarvan toetsing plaatsvindt zijn:

1. zoutwaterbezwaar
2. zoetwaterbezwaar
3. gebruikscomfort
4. gebruiksveiligheid
5. stichtingskosten, waarin ook begrepen zijn de kosten voor de overbrugging van het kunstwerk ten behoeve van het landverkeer
6. exploitatie en onderhoud (exclusief de invloed van bewegingsenergie)
7. De gebruikte arbeid

Per criterium wordt een cijfer, variërend van 1 tot en met 10 gegeven op grond van de mate waarin het voldoet.

Om optelling en vergelijking mogelijk te maken worden steeds hoge punten gegeven als goed voldaan wordt en lage indien dit minder het geval is. Bijvoorbeeld wordt het zout- en zoetwaterverlies bij de verplaatsingen van het schip in den droge gehonoreerd met een 10 (geen verliezen), terwijl de veiligheid bij deze methode slechts een 4 krijgt.

Achtereenvolgens zullen de criteria nu besproken worden, aan de hand van een vooraf te kiezen sluis, namelijk de beroepsvaartsluis in de Philipsdam

Ad 1. en 2: zoet- en zoutwaterbezwaar.

Bij de transportwijzen waarbij het schip op een bepaald ogenblik droog komt te staan zijn deze verliezen nul, afgezien van water wat aan scheeps- en kolkwand blijft zitten, en dat wat achterblijft in holten e.d. Dit betreft dus de alternatieven 1 tot en met 6.C., 7.B.1., 7.C.1., 11.B.2.a., 11.B.2.b., 11.C.1.b.1., 11.C.1.b.2., 11.C.2.b.1. en 11.C.2.b.2.

Voor de gevallen waarin wordt uitgewisseld is het resultaat van de Kreekraksluizen genomen. Het zoutbezwaar is hier gemiddeld ongeveer 4%, betrökken op de volle kolk. Het zoetbezwaar ligt veel hoger, aangezien niet alle zoete water wordt uitgewisseld vanwege de plaatsing van de wandopeningen. Aangezien in het onderhavige ontwerp het streven is, ook deze zoetwaterhoeveelheid te sparen, wordt ook het zoetwaterbezwaar gesteld op 4% van de volle kolk.

Als een kolk met brak water wordt toegepast, verloopt de aansluiting aan het zoete en zoute bekken steeds via een weerstand in de vorm van een luchtbellschermer of een wierveld. Op grond van berekeningen en praktijkgegevens (lit. 4) is het zout- en zoetbezwaar met luchtbelschermen wel te reduceren tot 40% van hetgeen de kolk binnentkomt zonder weerstand. Nadelen zijn dat dit gepaard gaat met zeer grote hoeveelheden lucht (kosten) en dat de deuren vaak minder dan een half uur open mogen staan, wil niet toch de gehele kolk zijn uitgewisseld. Met de wiervelden van synthetisch zeewier zijn echter veel hogere besparingen te halen, theoretisch wel tot ca. 100%, met echter als nadelen dat het schip niet met draaiende schroef kan passeren en dan getrokken moet worden, hetgeen capaciteitsbezwaren geeft. In de praktijk zal met het schip, en vooral met zijn retourstroom, wel wat zout of zoet water in de kolk komen.

De gemiddeld gevulde kolk (tot N.A.P.) bevat $160 \times 16 \times 4,50 = 11.500 \text{ m}^3$ brak water met een zoutgehalte waarvan wordt aangenomen dat het precies ligt tussen dat van het zoete en het zoute water. De kolk is volgevuld met ca. 6 schepen van 500 ton (zie figuur 12 in deelontwerp Verkeerswaterbouwkunde). Bij het invaren en uitvaren van een schip wordt in ieder geval zijn gewicht aan water verplaatst. Per schutcyclus (een-

maal op en eenmaal neer) komt dus de totale waterverplaatsing van de schepen in de kolk aan brak water op het zoete en het zoute bekken. Aangezien de maximaal gevulde kolk wat betreft de schepen een waterverplaatsing van ± 3000 ton heeft, en aangenomen wordt dat het zoutgehalte van het kolkwater precies tussen dat van de aangrenzende bekens ligt, is het bezwaar van zowel zout als zoetwater, uitgedrukt in echt zoet en echt zout ten opzichte van de gemiddelde kolkinhoud dan ca. 13%. Hierbij is aangenomen dat geen extra maatregelen worden genomen, zoals inpompen van het door het schip verplaatsde water als dit in de kolk komt e.d.

Bij afzuiging van de zouttong, zoals bij de zeesluis in Terneuzen, is het zoutbezwaar natuurlijk vrijwel nihil. Het zoete water in de kolk wordt echter zo gemengd met het zoute, dat terugwinnen zeer onaantrekkelijk is. Het zoetverlies wordt daarom geschat op 25 à 30%.

Ingeval gebruik wordt gemaakt van een brakke kolk met een uitwisselbekken treedt enig verlies op aan water in holten, en ook bij het spuien van water uit het aparte uitwisselbekken naar het bekken van oorsprong. Deze zijn echter vrij laag en worden daarom geschat op ca. 1%.

Voor de honorering zie bijlage 3.

Ad 3: gebruikscomfort.

Bekijken wordt, of het de eigenaar veel moeite kost zijn schip over te brengen. De normale schutsluis met een gering verval (enige meters) krijgt hierbij het cijfer 10. Het gedrag in de alternatieven waarbij wordt uitgewisseld en drooggezet is hiermee vergelijkbaar en wordt dus even hoog gehonoreerd. De gevallen waarbij een wierveld als extra weerstand is ingebouwd zijn wat minder comfortabel, omdat hier schepen gesleept moeten worden. Vandaar de honorering met een 8.

Bij het droog transporteren is de hooggelegen railbaan het meest comfortabel (cijfer 7), behalve in het geval dat dwars getransporteerd wordt en de mast gestreken moet worden (cijfer 3). De overige gevallen van droog transport krijgen een hiertussen liggende honorering.

Ad 4: gebruiksveiligheid.

Belangrijk is wat er met de vaartuigen gebeurt als er iets mis gaat bij de bediening e.d. Uitgangspunt is weer de conventionele sluis. Potentiële gevaren hierbij zijn: beschadiging of algehele verwoesting van de gesloten deuren tijdens de invaart, bijvoorbeeld door een schipper die zijn motor niet meer naar behoefte kan bedienen, en stagnaties in de openings- en sluitingsprocedures van riool- en/of deurschuiven. In het eerste geval is de schade duidelijk; in het tweede ontstaan grote troskrachten door de steile translatie-golf in de kolk. De alternatieven, overeenkomend met de conventionele sluis krijgen een 10. De veiligheid bij een te heffen bak ligt iets lager vanwege de ingewikkelder stopprocedure en eventueel niet sluitende afdichtingen bij heffen, waardoor in de bak te weinig diepgang kan ontstaan bij niet tijdige ontdekking (cijfer 9). Wat betreft waardering volgt dan de methode van droog transport waarbij het schip van onder ondersteund is (cijfer 6) en daarna het hangend transport (cijfer 4).

Ad 5: stichtingskosten.

Hierbij dient niet alleen het kunstwerk ten behoeve van de schutaccomodatie te worden bekeken, maar ook de invloed van dit kunstwerk op de totale bouwsum van de dam en op die van de overbrugging ten behoeve van het landverkeer.

Bij de alternatieven waarbij droog transport plaats heeft is in tabel 1 en 2 geconcludeerd dat één kunstwerk onvoldoende capaciteit heeft om het piekaanbod te kunnen verwerken. In verband met het goed onder het vaartuig brengen van de transportmiddelen, het goed vastsjorren en het transport wordt de overbrengtijd per richting geschat op gemiddeld 15 min., het geen neerkomt op een capaciteit van 4 jachten per uur. De vereiste capaciteit was 32 jachten per uur (overeenkomend met sluisafmetingen van 75 x 9 m, zie ook Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp), waardoor er 8 kunstwerken nodig zouden zijn.

De breedte, die bij 8 van dergelijke kunstwerken toch al veel groter is dan bij een sluisconstructie, wordt bovendien beïnvloed door het feit of de schepen in langs- of dwarsrichting vervoerd worden, hetgeen weer inwerkt op de lengte van de over-

brugging. Aangezien over deze laatste nog weinig bekend is, en niet kan worden geboogd op ervaring in het schatten van bouwsommen, dienen de honoreringen sceptisch te worden bekeken.

Ad 6: exploitatie en onderhoud.

Deze post is bekeken exclusief energieverbruik, aangezien hiervoor een aparte post is gereserveerd. Het feit, genoemd in ad 5 met betrekking tot de ervaring, weegt zo mogelijk hier nog zwaarder.

Een grote post bij exploitatie en onderhoud wordt gevormd door de loonkosten. Een zo klein mogelijk bedienend-personeelsbestand is dus wenselijk, en te bereiken met automatisering. Voor dit laatste pleit ook de bedrijfszekerheid van het schutbedrijf. Het is zo mogelijk om het schutproces met maximaal twee man te runnen.

De droge transporten vragen, omdat er minstens acht installaties nodig zijn, veel meer personeel, wat in perioden met gering aanbod niets kan doen.

Een tweede punt is het onderhoud van bekkens en gemaal, in vergelijking met een in de sluis geïnstalleerde pomp. Het lijkt logisch te concluderen, dat het onderhoud aan de bekkens en gemalen groter zal zijn dan aan de pompinstallatie in de sluis, aangezien het voor het onderhoud niet zoveel uitmaakt of een pomp nu draait of stilstaat.

Ingeval een beweegbare bak wordt toegepast is het onderhoud ongeveer gelijk aan dat bij een pomp in de sluis.

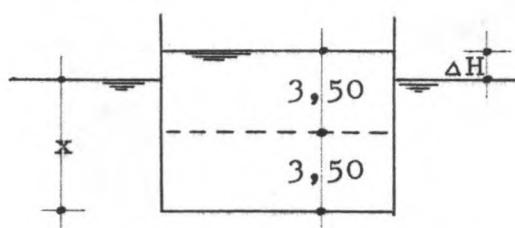
Ad 7: de gebruikte arbeid.

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de arbeidsbehoefte van de verschillende alternatieven is gekozen voor de behoeftte in de situatie waarbij de waterstanden gelijk zijn (N.A.P.). Er wordt van uit gegaan dat geen arbeid wordt teruggewonnen, en ook voorbij gegaan aan het rendement van de te installeren krachtbronnen.

1. Droog transport. Een kolk van 160 x 16 m bevat maximaal 6 schepen van 500 ton of 14 schepen van 200 ton, met andere woorden: ongeveer een waterverplaatsing van 2900 ton. Bij een

kruinhoogte van N.A.P.+9,00 m is de benodigde arbeid om de schepen over te brengen: $9 \times 2900 = 26.100$ tfm. Wordt, ter vergelijking, één schutcyclus bekeken, dan is de totale arbeid: $A = 2 \times 26.100 = 52.200$ tfm (ondanks de ongeschiktheid van droog transport voor beroepsschepen is ter vergelijking deze methode toch bekeken).

2. Droogzetten van de hefbak. Aangenomen procedure: de bak wordt geheven tot $\Delta H = 0,50$ m; dan wordt water geloosd, en de bak zodanig geheven dat $\Delta H = 0,50$ m blijft, tot al het zoete water is afgevoerd. Als steunvloeistof wordt aangehouden 3,50 m water. Het dichtheidsverschil tussen zoet en zout water wordt verwaarloosd.



1^e fase: heffen tot $\Delta H = 0,50$ m; neerwaarts gericht: eigen gewicht van de bak G , gewicht aan water in de bak $I\rho g$ waarbij I het watervolume in de bak is; opwaarts gericht: $xF\rho g$ waarin F het bakoppervlak tussen de afsluitmiddelen is. Dus $dA = G + I\rho g - xF\rho g$, waarin A de benodigde arbeid is. Dan is $A = \int_{6,50}^{7,00} (G + I\rho g - xF\rho g) dx$. Met $G + I\rho g = 7F\rho g$ geeft dit: $A = 0,1F\rho g$.

2^e fase: bak zo heffen dat ΔH constant 0,50 m blijft; neerwaarts: $G + I\rho g - F(6,50 - x)\rho g$; met $G + I\rho g = 7F\rho g$ geeft dit: $F\rho g(x + 0,50)$; opwaarts: $xF\rho g$; dus $A = \int_{6,50}^{3,00} (F\rho g(x + 0,50) - xF\rho g) dx = 1,75\rho gF$.

A_{totaal} is dus $1,85\rho gF = 4,74$ tfm. Aangezien dit ook voor het zoute water moet gebeuren is de totale arbeid per schutcyclus 9,48 tfm.

Opmerking: de handelwijze, aangegeven in het schutschema is enigszins anders, en geeft een kortere schuttiijd, maar een grotere energiebehoefte.

3. Het uitwisselen met de hefbak. Hiervoor is dezelfde arbeid nodig als bij het droogzetten van de bak, aangezien ook een

$\Delta H = 0,50$ m wordt aangehouden.

4. Het nivelleren met de hefbak. Ingeval de bak in lucht beweegt kan hij met een vaste watermassa zó uitgebalanceerd worden, dat beweging vrijwel geen arbeid kost. De arbeidsbehoefte is hier dus nul. Ingeval zich water rond de bak bevindt is de arbeidsbehoefte ook nul, mits de waterspiegels van beide bekkens gelijk staan, wat ten behoeve van de vergelijking ook is aangenomen.

5a. Vaste kolk droogzetten door middel van pompen. Per schutcyclus moet tweemaal de totale kolinhoud worden verpompt:
 $A = 2 \times \frac{1}{2} \times F \times \rho \times g \times h^2 = 51.800 \text{ tfm.}$

5b. Vaste kolk droogzetten door middel van bekkens. Als aangenomen wordt dat de bekkens een peil hebben, overeenkomend met de kolkbodem (N.A.P.-4,50 m), dan moet per schutcyclus tweemaal de kolinhoud van N.A.P.-4,50 m naar N.A.P. gepompt worden, dus $A = 103.600 \text{ tfm.}$

6a. Vaste kolk uitwisselen door middel van pompen. Stel $\Delta H = 0,50$ m. Dan moet de gehele kolinhoud bij $\Delta H = 0,50$ m verpompt worden. A is dan 11.520 tfm.

6b. Vaste kolk uitwisselen door middel van bekkens. Aangezien de gemiddelde getijamplitude 1,50 m is, is het gedurende het grootste gedeelte van het jaar mogelijk de extra bekkens onder vrij verval te vullen en ledigen. In het hier bekeken geval, namelijk zoet en zout water beide op N.A.P., kan de uitwisseling op de onbemalen bekkens plaatsvinden en kost dit geen arbeid.

7. Vaste kolk nivelleren. Aangezien ook hier weer de situatie met gelijke peilen bekeken wordt, kost ook deze methode vrijwel geen arbeid, aangezien niet genivelleerd behoeft te worden.

8. Wegpompem van de zouttong. De gehele zoute kolinhoud wordt verpompt naar het zoute bekken bij een aangenomen verval van 0,25 m. $A = 2880 \text{ tfm.}$

Opmerking: de boven berekende arbeidsbehoeften zijn een zeer globale indicatie, vanwege het feit dat slechts één situatie is bekeken, namelijk die met gelijke waterstanden. Een aantal alternatieven, voor welke hierboven de arbeidsbehoefte nihil is, vraagt bij wijziging van de waterstanden wèl arbeid, zij

het in geringe mate, terwijl de overige hier niet door beïnvloed worden.

In bijlage 3 zijn opgenomen de genoemde eisen en hun honoreering, terwijl tevens is vermeld voor welk soort vaart het alternatief geschikt is, en of één kunstwerk voldoende is om het aanbod in de gestelde tijd te verwerken, of dat hiervoor meerdere kunstwerken noodzakelijk zijn.

Indien de honorering juist zou zijn, maar dit is twijfelachtig, gezien de opmerkingen onder ad 1 tot en met ad 7 in het voorgaande, blijkt dat de alternatieven 11.C.2.c.1. en 2.

het hoogste aantal punten kregen (som der honorering 64 punten), op de voet gevolgd door een negental andere die 63 punten scoorden. Een duidelijke voorkeur is er dus niet.

Redenerend alsof de puntenwaardering wèl juist is komen de eerstgenoemde twee alternatieven in aanmerking voor verdere bestudering, waarbij een keuze dient te worden gemaakt voor de vulling en lediging van de sluis met twee extra bekkens, of met een gemaal. In het volgende zal hier dieper op in worden gegaan.

6.1. De uitvoering met extra bekkens

Om een voldoende snelle lediging en vulling van de kolk mogelijk te maken wordt op de bekkens een waterpeil aangehouden dat voor het hoge bekken minimaal 0,75 m boven het zoete peil, en voor het lage bekken minimaal 0,75 m onder het zoete peil ligt. Deze maat van 0,75 m is enigszins arbitrair omdat de leidingverliezen nog niet bekend zijn. Ten behoeve van de vergelijking met het ontwerp van paragraaf 6.2. lijkt dit echter wel aanvaardbaar.

Voor de normale omstandigheden, waarbij het zoute buitenpeil variëert van N.A.P.+1,50m tot N.A.P.-1,50m, en het zoete vast ligt op N.A.P. is nu het benodigde bekkenoppervlak uit te rekenen. Aangenomen is hierbij dat het getij zuiver sinusvormig verloopt (bij gebrek aan betere gegevens). De kwel, die op beide bekkens juist negatief werkt, wordt verwaarloosd. Omdat het toe te passen deurttype nog niet bekend is, is voor de bruto-

kolk lengte 170 m aangehouden. Op grond van het feit dat de schuttijdcyclus rond de 60 min. ligt, zijn per getij van 12 uur en 25 min. 12 hele schuttijdcycli aangenomen. Met de eis, dat ten alle tijden het peilverschil tussen de bekkens en het zoete buitenwater groter dan 0,75 m moet zijn, de totaal gespuide respectievelijk onttrokken hoeveelheid water per getij (101.500 m^3) en de aanname dat hoog en laag bekken respectievelijk geheel vol en leeg zijn bij maximum en minimum buitenwaterstand volgt hieruit dat het benodigde bekkenoppervlak $101.500 / 0,75 = 136.000 \text{ m}^2$ is. In verband met kwel wordt een oppervlak van 137.000 m^2 aangehouden. (Bij de oppervlakteberekening maakt het wat uit welke beginsituatie gekozen wordt, een zoete of een zoute kolk; het meest ongunstige geval is echter aangehouden, namelijk een zoete kolk).

In figuur 10 is het verloop van de bekkenstanden, het zoete en het zoute buitenwater aangegeven voor normale omstandigheden. Er blijkt, dat de vulling respectievelijk lediging van de bekkens geheel onder vrij verval kan geschieden, waartoe wel in en uitlaatwerken gebouwd dienen te worden, met een gemiddelde capaciteit van ongeveer $10 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Eenzelfde redenering toegepast op de situatie bij maximum schutpeil (N.A.P.+3,25 m), zie figuur 11, laat zien dat er dan moeilijkheden ontstaan op het lage bekken. De totaal onttrokken hoeveelheid zout water gedurende een getij is dan : 204.000 m^3 of 1,49 m bekkenhoogte. Er zal dus gedurende het gehele getij een bemaling van het bekken plaats moeten vinden om het bekkenpeil op N.A.P.-1,00 m te houden.

De vereiste pompcapaciteit hiertoe is: $1,49 \times 137.000 / 12,416 = 16.450 \text{ m}^3/\text{u}$ of $1,14 \text{ m}^3/\text{sec}$. bij $H_S \approx 4,50 \text{ m}$.

Een vergelijkbare situatie vertoont het hoge bekken bij het minimum schutpeil (N.A.P.-1,75 m). Zier hiervoor figuur 12. In het begin kan nog wat water aan het bekken onttrokken worden zonder dat dit door de pomp hoeft te worden aangevuld. Weldra echter onderschrijdt het hoogteverschil de grens van 0,75 m en moet de pomp in werking treden. De vereiste pompcapaciteit is hier:

$(0,773 \times 137.000) / (12,416 \times 13/24) = 15.770 \text{ m}^3/\text{u}$. of $4,38 \text{ m}^3/\text{sec}$. bij $H_S \approx 2,50 \text{ m}$.

De te installeren pompcapaciteit dient tweemaal zo groot te zijn

als de aangegeven waarden, aangezien een reservepomp noodzakelijk is. In tijden van hoge respectievelijk lage zoutwaterstanden moet namelijk van de bekkens gebruik worden gemaakt, aangezien het schutten zonder bekkens teveel zout- en zoetbezwaar zou opleveren.

Uit de figuren 11 en 12 blijkt ook, dat het lage bekken altijd bemalen zal moeten worden, terwijl het hoge bekken zo groot gemaakt kan worden, dat geen bemaling nodig is. De bekkengrootte moet dan 562.000 m² worden.

De bekkens kunnen zowel in het zoete als in het zoute water aangelegd worden, maar wel liefst tegen de hoofdwaterkering, daar dit de aan te leggen damlengte bekort. Aanleg in het zoute bekken heeft als voordeel dat alleen kwel van zout water optreedt. Het voordeel van aanleg in zoet water is de geringere damhoogte.

Wordt de minimum damlengte bekeken, dan is deze voor twee aparte bekkens ca. 2100 m en voor situering met één gemeenschappelijke dam 1810 m; beide voor een oppervlak van 137.000 m² en een rechthoekige vorm. Voor 562.000 m² zijn deze lengten respectievelijk 4240 en 3670 m.

Dit alles geeft de volgende mogelijkheden:

- A.1. de aanleg van twee bekkens van 137.000 m² per bekken;
 2. damlengte minimaal 1810 m;
 3. in het hoge bekken een inlaatwerk van $\pm 10 \text{ m}^3/\text{sec.}$;
 4. in het lage bekken een uitlaatwerk van $\pm 10 \text{ m}^3/\text{sec.}$;
 5. op het hoge bekken een gemaal van $2 \times 15.770 \text{ m}^3/\text{u.}$ bij $H_S \approx 2,50 \text{ m}$;
 6. op het lage bekken een gemaal van $2 \times 16.450 \text{ m}^3/\text{u.}$ bij $H_S \approx 4,50 \text{ m}$;
 7. de aanleg van enige honderden meters riool van de bekkens naar de sluis, van vrij aanzienlijke afmetingen, gezien de capaciteit;
 8. buiten de sluis een aantal leiding-kruisingen met de hoofdwaterkering.
- B.1. de aanleg van twee bekkens van 562.000 m² per bekken;
 2. minimaal 3670 m damlengte;
 3. in het hoge bekken een inlaatwerk van $\pm 10 \text{ m}^3/\text{sec.}$;
 4. in het lage bekken een uitlaatwerk van $\pm 10 \text{ m}^3/\text{sec.}$;

5. op het lage bekken een gemaal met een capaciteit van $2 \times 4100 \text{ m}^3/\text{u}$. bij een $H_S \approx 4,50 \text{ m}$;
6. enige honderden meters riool van debekkens naar de sluis, van dezelfde afmetingen als onder A.7.;
7. buiten de sluis een aantal kruisingen van leidingen met de hoofdwaterkering.

Natuurlijk zijn nog een aantal tussenvormen mogelijk, maar deze worden achterwege gelaten uit tijd-economische overwegingen.

6.2. De uitvoering met een gemaal vlakbij de sluis

Hierbij wordt het water rechtstreeks in en uit de sluis gepompt. De te verpompen waterhoogte bij een volledige schutcyclus als functie van de waterstand is:

max. schutpeil: schutrichting west:	0 m in;
idem oost:	7,75 m uit;
normale max. stand: schutrichting west:	0 m in;
idem oost:	6,00 m uit;
normale gem. stand: schutrichting west:	4,50 m in;
idem oost:	4,50 m uit;
normale min. stand: schutrichting west:	4,50 m in;
idem oost:	1,50 m in;
min. schutpeil: schutrichting west:	4,75 m in;
idem oost:	2,00 m in.

Rekening houdend met het feit dat max. en min. schutpeil slechts gedurende korte tijd per jaar voorkomen, lijkt een max. te verplaatsen waterhoogte van 6,00 m een reëele waarde, op grond waarvan de pompcapaciteit bepaald wordt. Bij afwijkende standen is de omzettijd naar rato langer of korter. De in de gestelde omzettijd van 12,5 min. aan te brengen of af te voeren waterhoogte van 6,00 m vereist een pompcapaciteit van $170 \times 16 \times 6,00 / 12,5 = 1305 \text{ m}^3/\text{min}$. of $21,8 \text{ m}^3/\text{sec}$. bij $H_S \approx 1,75 \text{ m}$ (maximum van een aantal variabele opvoerhoogten). Als de som van de verliezen op 1 m.w.k. wordt gesteld, dan moet dus de te gebruiken pomp een capaciteit hebben van totaal $21,8 \text{ m}^3/\text{sec}$. bij $H_M \approx 2,75 \text{ m}$.

Wordt echter de pompcapaciteit over twee of drie pompen ver-

deeld, dan kan altijd nog op halve kracht worden gedraaid tijdens storing, onderhoud, reparatie e.d. De omzettijd wordt dan wel maximaal tweemaal zo lang, maar dit weegt niet op tegen het alternatief van installatie van de dubbele pompcapaciteit.

Om een indruk te krijgen van de energiekosten per etmaal worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

gemiddeld over het jaar wordt 4,50 m water uit en in de sluis gepompt, over een jaar-gemiddelde opvoerhoogte van 0,50 m en een verliesensom van gelijke waarde; per halve schuttijdcyclus van 30 min. wordt gedurende 12,5 min. gepompt; stroomkosten f. 0,15 per kWh; pomprendement $\gamma_p = 0,70$ en motorrendement $\gamma_m = 0,80$. Het vereiste motorvermogen is dan: $21,8 \times 1000 \times (1,75 + 1,00) / 0,70 \times 0,80 \times 75 = 1430 \text{ PK}$.

Het motorvermogen voor de gemiddelde energiekosten per etmaal is dan: $4,50 \times 16 \times 170 \times 1000 \times (0,50 + 0,50) / 0,70 \times 0,80 \times 75 \times 12,5 \times 60 = 388 \text{ PK} = 286 \text{ kW}$.

Bedrijfsuren per etmaal: $24 \times 12,5 / 30 = 10 \text{ uur}$, dus kosten per etmaal: $10 \times 214 \times f. 0,15 = f. 321,-$.

6.3. Globale kostenvergelijking en keuze

De titel "Globale kostenvergelijking en keuze" doet méér vermoeden dan in feite geboden wordt. Temeer daar het accent in dit hoofdontwerp ligt op de technische vormgeving, en veel minder op de kostenaspecten, wordt alleen onderzocht of er een significant verschil bestaat tussen de beide alternatieven.

Als voorbij wordt gegaan aan het nadeel van de zoete kwel in het lage zoute bekken en de zoute kwel uit het hoge zoute bekken, is de uitvoering waarbij de extra bekkens in het zoete water worden aangelegd het goedkoopst. De damconstructie die wordt beschouwd is aangegeven in figuur 13. Vanwege de optredende waterstandsverschillen is een open bekleding toegepast. De bodem is gemiddeld op N.A.P.-3,50 m gehouden.

Kosten per m van deze dam:

zand t.b.v. damlichaam: 171 m^3 à f. 1,50 is	f. 256,-
filterdoek: 35 m^2 à f. 4,- is	- <u>140,-</u>
transporteren:	f. 396,-

	getransporteerd:	f.	396,-
grind: 18 m ³ à f. 14,- per ton is		-	268,-
Haringmanblokken: 11 m ² à f. 21,- is		-	231,-
azobé-damwand: 1 m à f. 100,- is		-	100,-
zinkwerk: 10 m ² à f. 20,- is		-	200,-
stortsteen: totaal 175 m ³ à f. 40,- per ton			
	is	-	<u>280,-</u>
		f.	1475,-

dus ongeveer f. 1500,- exclusief B.T.W.

Bij gebruik van de bouwputkade als schermdam (tegen golfinvloeden door de wandopeningen) en als bekkendam is de te bouwen damlengte 2340 m. De damkosten zijn dus: 2340 x f. 1500,- = f. 3.510.000 (excl. B.T.W.).

Een andere post waarvan de kosten vrij gemakkelijk te achterhalen zijn betreft de pompen van het gemaal vlakbij de sluis. Volgens opgave van de Koninklijke Machinefabriek Stork BV te Hengelo is voor de eisen: 21,8 m³/sec. bij $H_M \approx 2,75$ m geschikt het pomptype BSV 250, waarvan dan twee exemplaren geïnstalleerd dienen te worden. Deze pomp wordt zonder slakkenhuis geleverd en wordt in het gemaal boven een in beton uitgevoerd slakkenhuis opgesteld. De pomp heeft een waaierdiameter van ca. 2500 mm, en pompt slechts in één richting. Met de pompen met verstelbare, in dit geval omkeerbare, waaierbladen heeft men niet zo'n goede ervaring. Vandaar dat men een éénrichting-pomp gebruikt, en de tegengestelde richting bereikt door het manipuleren met extra leidingen en afsluiters.

Aanschafkosten incl. B.T.W.: ca. f. 350.000,- voor de pomp;

Afsluiters, kleppen e.d.: - 400.000,-

Motor: - 300.000,-

totaal: f. 1.050.000,- per set.

De totale pompuitrusting bedraagt dus wat betreft de aanschafkosten 2 x f. 1.050.000,- = f. 2.100.000,-, dus ca. 60% van de kosten van damaanleg.

Er resteert nu voor wat betreft de uitvoering met bekkens:

1. de bouw van een in- en een uitlaatwerk in apart te maken bouwputten, nadat de dambouw voldoende ver is gevorderd;
2. enige honderden meters riool van aanzienlijke afmetingen, hetgeen gezien de waterdiepte, grondgesteldheid en variatie in bovenbelasting geen eenvoudige zaak is;

3. twee gemalen van ca. 16000 m³/u. die eventueel in één gebouw kunnen worden geconcentreerd, al heeft dit wel weer consequenties voor de rioollengte; hetgeen zou moeten opwegen tegen de bouw van het grote gemaal (in één bouwput met de sluis) en de dagelijkse energiekosten van ruim f. 300,- wat, gezien het huidige energieprijsbeleid, nog wel aanzienlijk op zal lopen.

Een ander punt wat een belangrijke rol speelt is de levensduur van de verschillende bouwwerken. Deze worden globaal gesteld op: 100 jaar voor de bekkendammen, 50 jaar voor het betonwerk van de gemalen en 25 jaar voor pompen en motoren.

Met deze gegevens, en een rentepercentage van ca. 10%, is een benadering te geven van de goedkoopste oplossing, ondanks het feit dat nog een aantal factoren ongrijpbaar is (tendens van energiekosten, aanschafkosten pomp na 25 jaar, de energie-afhankelijkheid van het ontwerp gezien in het licht van de weerdverhouding, het rentepercentage etc.), maar dit vergt weer een ervaring op kostengebied die niet aanwezig is (bouwkosten gemalen, in- en uitlaatwerk etc.).

Het significante prijsverschil, waarvan in de aanhef sprake was, is niet gevonden, en daarom wordt, volkomen arbitrair, gekozen voor de oplossing met het gemaal vlakbij de sluis.

7. UITWERKING VAN HET GEKOZEN ONTWERP

Nu de keuze van het meest geëigende? ontwerp is gedaan kan worden begonnen met de technische vormgeving, alhoewel deze bij het ontwerpproces al een, zij het ondergeschikte, rol speelde. Eerst wordt aandacht geschenken aan een algemene beschouwing van het ontwerp, daarna worden de nodige constructiedetails bekeken.

Er dient op gewezen te worden dat de technische vormgeving in dit geval als een eerste benadering van het geheel moet worden beschouwd. De eigenlijke vormgevingsprocedure dient namelijk te worden gecombineerd met een waterloopkundig modelonderzoek. Uit dit onderzoek komt dan die constructie die een optimaal zout/zoet- verlies heeft, doch tevens kunnen de technische en financiële consequenties worden bezien als wat

minder sterk aan de eis van optimaal zout/zoet-verlies wordt vastgehouden.

In het navolgende zal, als met oogkleppen op, worden gestreefd naar een optimalisatie van deze verliezen, bij gebrek aan resultaten van modelonderzoek. Waar mogelijk worden resultaten van het onderzoek aan de Kreekraksluizen gebruikt, voorzover deze tot uiting komen in het ontwerp. Dit laatste is echter niet zonder gevaar, vanwege de niet geheel overeenkomende situaties.

7.1. Uitwerking van het ontwerp in het algemeen

7.1.1. Het schutschema

In figuur 9 is reeds een overzicht gegeven van het schutschema, doch te globaal om daarmee te volstaan.

Omdat het zoete water direct naast de kolk aanwezig is, en dus gemakkelijk toe en af kan stromen, ligt het voor de hand het schutproces met het zoute water te sturen. Tevens heeft dit het voordeel dat dan van de in de geperforeerde vloer ingebouwde weerstand gebruik kan worden gemaakt bij plotseling optredende stagnaties, iets waar later nog op terug wordt gekomen bij het in- en uitlaten van zoet water.

Vanwege het geringe dichtheidsverschil is het zaak om het zoete water zo gelijkmataig en rustig mogelijk op het zoute te brengen en van het zoute te verwijderen. Deze gelijkmataigheid wordt bereikt door het zoete water binnen te laten en weer af te voeren via wandopeningen. De af te leggen weg is dan, in vergelijking met langsinstroming, gereduceerd van ca. 80 m tot ca. 8 m, met als gevolg een reductie van het verhang over de instroomopening.

Aangezien de zoutwaterstand veel hoger kan komen dan het zoete peil, dienen de wandopeningen volledig afsluitbaar te zijn.

De werking van pomp en wandschuiven tijdens het schutten is nu als volgt (zie figuur 14, waarin één wandopening is aangegeven):

zout water hoger dan zoet water:

Fase 1: Zoet water in de kolk; de schepen zijn ingevaren en de

deuren gesloten.

Fase 2: De wandschuiven worden met de bovenzijde op de hoogte van het omringende zoete water gesteld. Dan wordt de kolk in verbinding gebracht met het zoute buitenwater, waardoor de zoete kolkinhoud over de schuiven heen wordt afgevoerd. Als het scheidingsvlak, of een nader te bepalen punt van de mengzone, de bovenzijde van de schuiven heeft bereikt worden deze opgetrokken tot de wandopeningen geheel worden afgesloten.

Fase 3: Met gesloten wandopeningen kan dan het zoute water genivelleerd worden, de deuren geopend, de schepen eruit en weer erin en de deuren weer gesloten.

Fase 4: Met de pomp wordt de zoutwaterschijf boven het zoete peil verwijderd; de wandschuiven dalen tot het zoete peil, waarna zoutwaterspiegel en schuiven gelijkmatig verder zakken, tot ca. 0,25 m onder de zoete waterstand buiten. Op dit punt worden de wandschuiven gestopt en wordt alleen verder gepompt. Over de wandschuiven stroomt nu een constante hoeveelheid zoet water binnen, die gelijkmatig is opgebouwd door de zaksnelheid van de schuiven.

Fase 5: Als het scheidingsvlak de geperforeerde vloer heeft bereikt wordt de pomp gestopt en het zoete water genivelleerd.

Opmerking: theoretisch kan steeds als het zoute water boven het zoete staat door middel van zwaartekracht het zoete water uit de kolk worden gedrukt. Aangezien ook dit water de weerstand van de geperforeerde vloer moet overwinnen, en dus nogal wat energie verliest, en tevens de totale schutttijd in de gaten moet worden gehouden, wordt alleen met vrij verval gewerkt als het peilverschil tussen zout en zoet gelijk of groter is dan 0,75 m. Bij een kleiner verval wordt toch gepompt. Deze 0,75 m is een arbitraire maat, modelonderzoek is hier op zijn plaats om deze beter te bepalen.

zout water en zoet water evenhoog:

Zowel bij de verdringing als bij de aanvoer van zoet water wordt de pomp gebruikt; het schutschema spreekt verder voor zich.

zout water lager dan zoet water:

Fase 1: Zoet water in de kolk; de schepen zijn ingevaren en de deuren gesloten.

Fase 2: De wandschuiven worden met de bovenzijde op het niveau van het zoete water gesteld, en met de pomp wordt zout water aangevoerd tot het scheidingsvlak op het niveau van bovenkant schuif is gekomen.

Fase 3: Dan worden de wandschuiven gesloten en het zoute water onder vrij verval genivelleerd.

Fase 4: Om een gelijkmatige instroming van het zoete water te krijgen is het minder gewenst om aanvoer van dit zoete water onder de schuif door te laten plaatsvinden. Daarom moet eerst het kolkpeil met de pomp op gelijk niveau met het zoete water worden gebracht. Daarna zakken schuiven en kolkpeil geleidelijk, zodat zoetwateraanvoer over de schuif heen geschiedt.

Fase 5: Als het scheidingsvlak de geperforeerde vloer bereikt wordt de zoutwaterafvoer gestopt en het zoete water genivelleerd.

7.1.2. De aan- en afvoer van zoet water

De kolk wordt door zoet water omringd, zodat dit direct door afsluitbare openingen in de wand uit en in de kolk kan worden gebracht, waarbij deze dwarsinstroming de scheiding van zout en zoet water alleen maar te goede komt.

De horizontale afmetingen van de openingen liggen in feite bij voorbaat vast: er dienen zich zo weinig mogelijk stagnerende voorwerpen in te bevinden, en de opening dient zich liefst over de gehele sluislengte uit te strekken. De schuiven hebben echter zij-aanslagen nodig voor de afdichting; de hart-op-hart-afstand van deze aanslagen is afhankelijk van de schuifhoogte en de wijze van heffen van de schuif.

De bovenzijde van de wandopeningen wordt bepaald door de in- en uitstroming bij maximaal zoet peil (N.A.P.+0,25 m). Ofschoon deze in- en uitstroming over de schuif heen terdege in een model bekeken moet worden, wordt toch getracht de zaak enigszins theoretisch te benaderen.

Draait tijdens de uitwisselingsfase de pomp op een capaciteit

van $22 \text{ m}^3/\text{sec.}$, en treedt over de schuiven zoet water toe in de kolk, dan is de schuif te beschouwen als een korte overlaat. Wordt bij de kolkvulling de waterspiegel in de kolk op het peil van bovenkant schuif gehouden, dan is globaal te bepalen wat dan het verval over de schuif is. Als wordt uitgegaan van de korte-overlaat-formule: $q = c_K H^{3/2}$ waarin q de afvoer per m schuif, c_K een overlaatconstante en H de energiehoogte boven bovenkant schuif is, ontstaat het probleem wat voor de waarde c_K moet worden aangehouden, aangezien c_K kan variëren van 0 tot ruim 2, afhankelijk van de waterstand in de kolk. Aangezien de kolkwaterspiegel op bovenkant schuif wordt aangehouden, lijkt $c_K = 1$ een reële waarde. Verder wordt de totale breedte van de schuifaanslagen op 25% van de kolkbreedte gesteld, zodat 75%, overeenkomend met 120 m, overblijft voor de openingen. Invullen geeft een waarde voor H van 0,203 m. Als wordt aangenomen dat de stroomsnelheid voor de openingen gelijk aan nul is (∞ groot bekken), is het verval over de wandopeningen bij instroming gelijk aan $\pm 0,20$ m. Rekening houdend met wat verlies bij de overige weg door de wandopening lijkt 0,25 m zeker voldoende.

Bij uitstroming doet zich een dergelijk geval voor, zodat de bovenzijde van de wandopening wordt gesteld op 0,30 m boven de hoogste zoetstand, dus N.A.P.+0,55 m.

De onderzijde van de wandopening moet een vlotte uitstroming bij minimaal zoet peil mogelijk maken. Eenzelfde redenering als boven leidt tot een hoogte van N.A.P.-0,50 m.

Bij het manipuleren met de schuiven treden nu de volgende problemen op:

1. Aangezien de schuiven slechts in één stand volledig afdichten en in alle andere standen een spleet hebben ter breedte van de schuif, zal gedurende een aantal korte perioden lek optreden. Aangezien de schuif dan altijd de scheiding vormt tussen zoet en zout water vormt deze lek een bezwaar.

Er zal eerst getracht worden een idee te krijgen over de grootte van de lek. Daartoe wordt bekeken fase 2 bij zout water hoger dan zoet water (figuur 14).

Over de schuif staat een verval van ca. 0,20 m. Zodra het schei-

dingsvlak boven de onderkant van de schuif komt treedt zout-lek op. Als het scheidingsvlak bij bovenkant schuif is gekomen wordt de schuif geheven, tot de hele wandopening wordt afgesloten. De lekperiode is dus te verdelen in:

1. de tijd waarin het scheidingsvlak stijgt van onderkant schuif tot bovenkant schuif;
2. de tijd waarin de schuif geheven wordt tot de gehele opening is afgesloten.

Ad 1. Schuifhoogte ca. 1,40 m; verval over de spleet 0,20 m; spleetwijdte geschat op 1,5 cm; spleetlengte over gehele kolk 240 m; stijgtijd bij $22 \text{ m}^3/\text{sec}$. pompcapaciteit 173 sec; aangezien de opening niet erg gunstig is gevormd wat betreft de afvoer wordt een afvoercoëfficiënt van 0,50 gehouden; bij verwaarlozing van het dichtheidsverschil tussen zout en zoet is de lek: $Q = \mu A \sqrt{2g \Delta H}$. Na invulling van de betreffende waarden volgt dat $Q = 3,6 \text{ m}^3/\text{sec}$. Totaal dus $3,6 \times 173 = 623 \text{ m}^3$.

Ad 2. De stijgsnelheid van de schuif wordt gesteld op 1 m/min. De periode tot volledige sluiting duurt dan ca. 1 minuut. In deze minuut stijgt het zoute water 0,48 m (volgt uit de pompcapaciteit). De totale lek over deze periode is dan:

$$V = \int_{0}^{60} \mu A \sqrt{2g \left(\frac{0,48}{60} t + 0,20 \right)} dt; \text{ invullen geeft een } V\text{-waarde van } 334 \text{ m}^3.$$

De totale lek is dan $334 + 623 = 957 \text{ m}^3$, hetgeen 7,8% van de gemiddelde kolkvulling bedraagt.

Reductie ervan kan bereikt worden door verkleining van de spleet. Dit kan op de volgende manieren:

1. afsluiten van de spleet met een oppompbare luchtslang; in de fase waarin de schuif stilstaat treedt het grootste verlies op; gedurende deze tijd wordt een tussen schuif en wand aangebrachte flexibele slang onder druk gebracht, zodat een vrijwel waterdichte afsluiting wordt verkregen; voor de schuif gaat bewegen wordt de druk afgelaten; reductie van het lekverlies tot ca. 334 m^3 of 2,7% is mogelijk; de methode is echter vrij omstreden;
2. de spleet wordt afgesloten met een rubber of stalen strip die de schuif zo dicht mogelijk nadert; zeker bij een stalen strip moet echter wel rekening worden gehouden met doorbuiging van de schuif onder overdruk van maximaal ca. 0,50 m, die wel

enige mm kan bedragen;

3. afsluiting van de spleet vindt plaats met nylon borstels die op de beton in de wandopeningen worden bevestigd; bij voldoende stijve schuifconstructie kan de doorbuiging beperkt blijven tot enige mm, hetgeen de borstels gemakkelijk kunnen indrukken; plaatsing van de borstels geschiedt bij onbelaste schuif, en wel zó, dat de haren de schuif juist raken; ook al vanwege de genoemde doorbuiging is een stalen schuif gewenst, waarvan de beplating aan de wandzijde zo vlak mogelijk is uitgevoerd;

Opmerking: een analoge constructie is te vinden bij de stalen dobberpalen van het remmingwerk voor de nieuwe duwvaartsluizen in Tiel en Wijk bij Duurstede. Ze dienen hier om te voorkomen dat zand en ander vuil in de ruimte tussen de binnenste dobberpaal en de buitenste geheide paal komt, waardoor de dobberpaal vast zou kunnen lopen; de palen zijn ten gevolge van het getij dus voortdurend in beweging, terwijl eventuele vernieuwing van de borstejs met duikers moet geschieden;

4. een kunststof afdichting op de schuif zelf; deze wrijft langs de beton die van een kunststoffolie is voorzien, waardoor de wrijving sterk gereduceerd wordt, en de levensduur van de afdichting verlengd;

5. een oplossing van geheel andere aard is injectie in de spleet met zout water; ook deze is nogal omslachtig.

Van de vijf genoemde oplossingen lijken die met de borstels en de kunststof afdichting op de schuif zelf de meest aantrekkelijke.

2. Een tweede moeilijkheid schuilt in het feit dat de wand-schuif niet tweezijdig kerend kan worden gemaakt. Tijdens de overgang van fase 1 naar fase 5 bij zout water hoger dan zoet water staat het zoete water achter de schuif hoger dan het zoute water in de kolk, waardoor de schuif van zijn aanslagen gedrukt wordt. Hiervoor zijn twee mogelijkheden:

1. een aandrukinrichting op de schuif aanbrengen die een grotere kracht levert dan de waterdruk; ten gevolge van de vervorming zal dan toch nog wat lek optreden;
2. accepteren dat een bepaalde hoeveelheid zoet water in de

kolk loopt; door achter de wandschuif een tweede schuif aan te brengen kan deze hoeveelheid tot ca. 0,8% worden beperkt, hetgeen later aangetoond zal worden.

De laatste mogelijkheid wordt hier gekozen.

Het dient zoveel mogelijk voorkomen te worden dat golven vanaf het zoete bekken zich door de wandopeningen heen tot de kolk kunnen voortplanten tijdens lediging of vulling. Ter beperking van de golfhoogte worden parallel aan de sluisas aan weerszijden van de kolk dammen aangelegd. Om de zo gereduceerde golfhoogte nog meer te verkleinen geschiedt de aan- en afvoer niet horizontaal door de wandopeningen, maar met een aantal bochten.

7.1.3. De aan- en afvoer van zout water

Deze vindt plaats onder de geperforeerde vloer, waarbij de in de vloer ingebouwde weerstand de taak heeft om:

1. het menggebied zo laag en horizontaal mogelijk te houden
2. het voorkomen van calamiteiten bij stagnatie van de zoet- en zoutwater aanvoer.

Ad 1. Bij een inbrengen en onttrekken van zout water aan het einde van de kolk zal een drukverschil tussen dit einde en het andere ontstaan. Door de weerstand in de vloer wordt dit drukverschil enigermate genivelleerd en blijft het scheidingsvlak redelijk horizontaal.

Bij de lange deelkolk van de Kreekraksluizen, lengte ca. 220 m, traden met dit systeem te grote afwijkingen op, waardoor de rioolmond verlegd is naar een punt op 2/3 van de deelkolk lengte. Hierdoor werd wel een verdelingsconstructie noodzakelijk.

De korte deelkolk, lengte ca. 110 m, heeft wel een aan- en afvoer vanaf het eind. Op grond hiervan en de lengte van de onderhavige sluis wordt ook hier een voeding vanaf het kolkeinde toegepast, temeer omdat, bij niet voldoen van deze methode, niet duidelijk is waar de rioolmond dan wel dient te liggen. Ook hier zou een modelonderzoek dus het eigenlijke antwoord moeten geven. Het is duidelijk dat de inbreng en onttrekking van water zo gelijkmatig mogelijk over de breedte van de kolk dient te geschie-

den. Afwijkingen hierin worden echter ook weer door de geperforeerde vloer enidszins genivelleerd.

Ad 2. Er zijn situaties denkbaar, waarin, door bijvoorbeeld uitvallen van de stroom of iets dergelijks, plotseling de pomp stagneert en de kolk met een niveauverschil van enige meters met het buitenwater in verbinding komt. In de periode die nodig is om een dergelijk verschijnsel te constateren en hiertegen maatregelen te treffen zouden o.a. te grote trotskrachten kunnen ontstaan door een te grote waarde van dQ/dt . Het is de taak van de geperforeerde vloer om dit te voorkomen, of in ieder geval sterk te reduceren.

7.1.4. De deurconstructie

Een aantal deurtypen die in de praktijk hun bestaansrecht min of meer bewezen hebben zijn:

1. puntdeuren
2. roldeuren
3. hefdeuren
4. klapdeuren
5. segmentdeuren.

Hiervan vallen al direct af:

de klapdeuren, omdat hun draaipunt geheel onder water ligt en dit ongewenst is in verband met onderhoud, slijtage, bereikbaarheid e.d.;

de segmentdeuren, omdat deze geen onbeperkte doorvaarthoogte hebben.

Wèl kunnen voor toepassing in aanmerking komen:

1. de puntdeuren. Aangezien verval in twee richtingen kan optreden zijn in elk hoofd twee stellen, dus totaal acht deuren nodig. Een zeer groot nadeel is de verstorende werking van de niet in gebruik zijnde deuren. Bij een sluis met verval in één richting, waarbij in de deurkassen geen wandopeningen zijn aangebracht, is het percentage gesloten wand t.o.v. de totale wandlengte tussen de deuren ongeveer 6 (deurkaslengte gesteld op 10 m). Bij toepassing van twee stellen deuren per hoofd met een tussenruimte tussen de deurkassen van 2 m, stijgt dit percentage tot ca. 13. Met bovendien het bezwaar van de grotere sluislengte lijken puntdeuren geen aantrekkelijk deurtype voor dit geval.

2. de roldeuren. Deze zijn mogelijk met hoog- en laaggelegen rolbaan. Vanwege het bezwaar van bereikbaarheid e.d. vervalt de oplossing met de laaggelegen rolbaan. In de uitvoering met hooggelegen rolbaan blijft echter een aantrekkelijk alternatief over. Per hoofd is vanwege de dubbelkerende werking in principe slechts één deur nodig. De uitvoering van deur en hoofd zijn eenvoudig. Aan de rolbaan wordt de eis gesteld dat deze wegneembaar moet zijn, hetgeen gezien de overspanning geen probleem lijkt. Ten gevolge van het feit dat rond het moment van gelijke waterstanden de deuren van aan- slagzijde verwisselen, gaat op dat moment een zoete en een zoute deurkasinhoud verloren. Aannemende dat dan 4,50 m water in de kas staat, de kasafmetingen 5 x 25 m zijn, en dat gedurende 24 uur 48 maal geschut wordt (vol bedrijf), is het zoet- en zoutwaterverlies, uitgedrukt in procenten van de gemiddelde kolkinhoud, bekeken per etmaal: ca. 0,4%, hetgeen waarschijnlijk minder is dan het resultaat van de verstorende werking van de puntdeuren.

Het gewicht van de deuren kan zo klein mogelijk worden gehouden, door de inbouw van luchtkasten. Wordt daarboven een open constructie toegepast, dan is in feite de totale inhoud van het droogvallende staal maatgevend voor het te tillen gewicht, zodat dit niet meer dan, globaal berekend, ca. 1000 kgf behoeft te zijn. Dit heeft als gevolg dat ook de verplaatsbare rolbaan zeer licht kan worden uitgevoerd, en ook gemakkelijk en "energie-arm" kan worden bewogen, zéker als ook nog met contragewichten wordt gewerkt.

De plaatsing van luchtkasten onder in de deur heeft een nadelige invloed op de stabiliteit. Dit verdient de nodige aandacht.

3. de hefdeur. Wat constructie en dergelijke te vergelijken met de roldeur, waarbij alleen de beweging van richting verschilt. De doorvaarthoogte is echter niet onbeperkt. Dit "onbeperkt" dient echter met de nodige scepsis te worden beziend. Practisch wordt van een onbeperkte doorvaarthoogte gesproken als het hoogste voorkomende of te verwachten schip op die route tijdens passage niet gehinderd wordt. Wordt in dit licht de onbeperkte doorvaarthoogte bekeken, dan moet er

een hoogte zijn aan te geven welke door alle schepen wordt onderschreden. De onderzijde van de deur zou, rekening houdend met de Rijnvaarthoogte (9,10 m) en bij maximum schutpeil (N.A.P.+3,25 m) moeten liggen op ca. N.A.P.+12,50 m. Met een deurhoogte van 11,50 m en een plaatsing van machines e.d. in de heftorens, zouden deze torens een hoogte van ca. N.A.P.+30,00 m krijgen, met de wetenschap dat een aantal vaartuigen deze hoogte zal overschrijden, zodat niet aan de eis van onbeperkte doorvaarthoogte voldaan wordt. Voor de jachtensluis, waar een maximale masthoogte van 20 m kan optreden, zou dan de bovenzijde van de heftorens op ca. N.A.P. +40,00 m komen te liggen, er van uit gaande dat deze jachten nog bij N.A.P.+1,50 m moeten kunnen passeren. Deze overwegingen laten zien, dat als de hefdeur opgetrokken wordt, veel te hoge heftorens nodig zouden zijn, zeker uit architectonische overwegingen.

Een andere mogelijkheid om toch een onbeperkte doorvaarthoogte te verkrijgen is de deur in een kas in de bodem te laten zakken. Buiten de nadelen van bemaling van de extra bouwput voor de deurkas in dit waterrijke gebied, ongelijke aanleghoogte van de fundering e.d. treedt echter het verschijnsel slib naar voren. Met deze verdieping van meters is een prachtige slib-ontvangst-bak gecreëerd, die in zijn werking dan ook niet teleur zal stellen. Reden om een dergelijke constructie niet te maken.

De conclusie, na al deze beschouwingen over de hefdeur, is dat deze niet toegepast kan worden.

Voor de deurconstructie wordt daarom gekozen een roldeur met verwijderbare hooggelegen rolbaan.

De stijfheid van de waterdichte afsluiting verdient wel de nodige aandacht. Het is namelijk mogelijk dat de deurhoeken onder de waterdruk vrijkomen van de aanslagen als de deur te stijf zou worden uitgevoerd.

7.1.5. Het gemaal

Zoals reeds in paragraaf 6.3. is gezegd worden pompen gebruikt die slechts in één richting kunnen pompen. Om toch ook in de an-

dere richting water te kunnen verplaatsen wordt de zuigmond van de pomp verbonden met de leiding die vanaf de sluis komt. De eigenlijke aanvoeropening, uitkomend op het buitenwater, wordt dan afgesloten. Tevens wordt voor het leegpompen van de sluis een aparte afvoeropening gebruikt. Naar behoeven worden de leidingen met schuiven of tolkleppen geopend en gesloten. Leidingen en slakkenhuis zijn van beton. De leidingen zijn daarom vierkant of rechthoekig van doorsnede. Het is gebruikelijk om, uit plaatsoverwegingen, vrij kleine bochten in de leidingen toe te passen, bijvoorbeeld stralen gelijk aan de leidingdiameter of -breedte, corresponderend met verliezen in de orde van grootte van $0,5v^2/2g$.

7.2. Uitwerking van het ontwerp in detail

7.2.1. De schuiven in de wandopeningen

Ten behoeve van een goede werking van het schutproces dienen deze schuiven de volgende functies en mogelijkheden te hebben:

1. instelling van de bovenzijde op een vooraf te kiezen peil, afhankelijk van de zoetwaterstand en de schutfase;
2. afsluiten van de wandopening tegen overdruk vanaf de kolkzijde;
3. afsluiten van de wandopening tegen overdruk vanaf het buitenwater.

Tevens moet bij defect raken van een schuif de desbetreffende wandopening afgesloten kunnen worden, zodat met de overige openingen gewoon doorgeschut kan worden, waarbij de iets grotere verliezen op de koop toe moeten worden genomen. Om aan al deze eisen te voldoen is het volgende samenstel van schuiven gekozen:

1. een zogenaamde niveau-schuif, die instelbaar is onder een gering verval (maximaal 0,68 m), en die tevens in een bepaalde stand de wandopening afsluit tegen overdruk vanaf de kolk;
2. een tweede schuif, op 0,50 m afstand van de niveau-schuif, ter beperking van de zoetverliezen; deze schuif die dubbelkerend is, maar niet onder verval bewogen hoeft te worden, dient enerzijds voor het afsluiten van de wand-

opening in nood gevallen, en anderzijds voor het afsluiten van de wandopening tegen overdruk vanaf het buitenwater, zoals dat optreedt bij zoutwaterstanden die lager liggen dan de zoetwaterstanden. De dubbele kering wordt verkregen door een drukkracht van de schuif op de drempel, aangezien een verdiepte drempel niet gunstig is in verband met afzetting van slijf;

3. een derde schuif ter afsluiting van de gehele doorspoeling, voor inspectie van deze ruimte en bij stagnatie van de tweede schuif. In tegenstelling tot de eerste twee genoemde schuiven behoeft deze derde schuif niet bij elke wandopening aanwezig te zijn. Een paar schuiven aan elke zijde van de kolk is voldoende.

De niveau-schuif is bij vastlopen e.d. altijd bereikbaar, zowel vanaf de kolk (laagwater N.A.P. -1,50m) als vanaf de ruimte achter de schuif, waarbij dan wel van de derde schuif gebruik gemaakt moet worden. Ook de tweede schuif is altijd bereikbaar, boven de wandopening vanaf de vloer op N.A.P.+0,80m, en in de wandopening vanaf buiten en binnen, ook weer met gebruik van de derde schuif. Het lijkt wat ver gezocht om ook nog te rekenen op het feit dat deze derde schuif kan vastlopen, en dus bereikbaar moet zijn.

7.2.2. Dimensionering van enige betondoorsneden

Hierbij is nog gebruik gemaakt van de G.B.V. '62, aangezien van de V.B. '72 nog geen tabellen beschikbaar zijn. Wel is, in het licht van dit laatste voorschrift, steeds gebruik gemaakt van de breukmethode.

De overige aannamen zijn:

$\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ tf/m}^3$; toepassing van K300 en $Q_r(n)40$; maximum scheurwijdte $w_{\max} = 0,2 \text{ mm i.v.m. de aggressieve omgeving}$.

In verband met de schaal van het werk worden geen vloer- en wanddikten kleiner dan 25 cm toegepast, dit in de voorkomende gevallen ook i.v.m. de waterdichtheid. Tevens wordt, onder meer uit waterdichtheidsoverwegingen, geen gebruik gemaakt van schuine trekwapening.

Tenslotte dient te worden vermeld dat lang niet alles op grond

van berekeningen is gedimensioneerd, het blijft tenslotte een waterbouwkundig ontwerp, en dat de lijn van de berekeningen globaal aangegeven wordt.

7.2.2.1. Het dek op de machinegalerij

Mootlengte ca. 16,75 m; overspanning // sluisas 4,20 m; overspanning \perp sluisas ca. 5,25 m; alle wanden gedeeltelijk ingeklemd; nuttige belasting: vierwielige kraanauto van 5000 kgf; stel plaatdikte 30 cm; eigen gewicht $0,72 \text{ tf/m}^2$; met tabel VIII en artikel 41 van de G.B.V. '62 wordt gevonden voor het maatgevende moment in absolute zin: $M_{\max} \approx 1 \text{ tfm/m}$; $c = 4 \text{ cm}$ (in verband met zout milieu); $h = 30 - 4 - 1,5 = 24,5 \text{ cm}$; $\gamma = 1,64$; $k_h = 0,605$; $\omega_o = \omega_{\min} = 0,20$; $A = 6 \text{ cm}^2$.

7.2.2.2. De machinevloer

Overspanning // sluisas 4,20 m; overspanning \perp sluisas 2 m; drie randen gedeeltelijk ingeklemd, één rand zwevend; nuttige belasting door machines, schakelkasten e.d. 500 kgf/m^2 (zal wel aan de hoge kant zijn); stel plaatdikte 25 cm; eigen gewicht $0,6 \text{ tf/m}^2$; uit de tabellen van Timoshenko voor driezijdig ondersteunde platen volgt voor het maximale moment in absolute zin $1,165 \text{ tfm/m}$; $c = 4$; $h = 25 - 4 - 1 = 20 \text{ cm}$; $\gamma = 1,64$; $k_h = 0,46$; $\omega_o = \omega_{\min} = 0,20$; $A = 5 \text{ cm}^2$.

7.2.2.3. De sluiswand van N.A.P. +0,55 m tot N.A.P. +3,50 m

De constructie is erg star, zodat een arbeidsbeschouwing hier weinig zin heeft, aangezien de belasting op de scheepshuid wel veel te groot zal worden. Daarom wordt, om de orde van grootte te bepalen, uitgegaan van deze maximaal toelaatbare scheepsbelasting, die op 10 tf/m^2 wordt gesteld. Als verband tussen kracht en tijd tijdens de botsing wordt aangehouden een lineaire toename tot de maximale waarde gedurende $\frac{1}{4} \text{ sec}$; daarna eveneens een lineaire afname gedurende $\frac{1}{4} \text{ sec.}$, waarbij de waarde t_d dan $0,5 \text{ sec.}$ wordt.

De dynamica leert echter dat, welke waarden van t_d (duur van de

botsing) en T (eigen trillingstijd van de constructie) ook worden gebruikt, de maximale waarde van de Dynamic Load Factor (DLF_{max}) voor dit belastinggeval op 1,5 kan worden gesteld, zodat de maximale statisch aequivalente belasting nooit groter is dan 15 ton. Verdeling van deze 15 ton over 1 m plaatbreedte, een plaatdikte van 70 cm, een dekking van 10 cm (grof betongrind, schurende werking van de schepen) en een γ van 1,64 geven een k_h van 0,324 met een $\omega_o = 0,24$ en een A van 17 cm^2 .

7.2.2.4. De wanddikte van een schutkolkmoott

De berekening is gebaseerd op een mootlengte van 16,75 m.

De volumina van de diverse onderdelen zijn:

voorwand kolkzijde: 3,08 m^3 (0,25 m)

restant voorwand: 0,64 m^3 (0,60 m)

eerste tussenwand vanaf kolk: 0,80 m^3 (1,075 m)

tweede tussenwand vanaf kolk: 0,68 m^3 (3,30 m)

restant achterwand: 0,64 m^3 (5,50 m)

achterwand: 1,85 m^3 (5,75 m)

achterste stroomgeleidende wand: 0,80 m^3 (4,65 m)

restant achterste stroomgeleidende wand: 0,20 m^3 (4,65 m)

tussenwanden h.o.h. ca. 4,20 m: 6,72 m^3 (3,30 m)

dekplaat: 1,77 m^3 (2,95 m)

machinevloer: 0,93 m^3 (3,30 m)

vloer boven wandopening: 0,93 m^3 (3,30 m)

consoles: 2,28 m^3 (3,50 m)

kolkwand boven N.A.P.-3,25 m: 4,95 m^3 (1,55 m)

machinebelasting op machinevloer van 500 kgf/ m^2 geeft
1,85 tf (3,30 m)

De tussen haakjes vermelde maten zij de excentriciteiten ten opzichte van de dag van de sluis.

Uit de grootte van de belastingen en de bijbehorende excentriciteiten is de ligging en de grootte van de resultante der volumina te bepalen, namelijk 26,14 m^3 op 2,75 m uit de dag van de sluis (zonder machinebelasting).

Stel wanddikte 200 cm met een dekking c van 10 cm:

1. in droge toestand: moment t.g.v. betongewicht bovenbouw

50,3 tfm; aanwezige drukkracht 63 tf; wordt alleen moment beschouwd, dan wordt met $\gamma = 1,72$ gevonden: $k_h = 0,62$, hetgeen met een $\omega_{min} = 0,20$ correspondeert; A is dan 40 cm^2 ;

2. in natte toestand: bij een kolkwaterstand ter hoogte van het maximum schutpeil (N.A.P.+ 3,25 m) en een buitenwaterstand van N.A.P.-0,25 m treedt het maatgevende buigend moment in de wand voor wat betreft de gebruikstoestand op. De hoogte van de geperforeerde vloerbalken wordt hier gesteld op 1 m, terwijl onder deze balken een zoutwaterruimte van 2 m wordt aangehouden. Onder deze omstandigheden is het moment ten gevolge van de waterbelasting 146 tfm.

De belasting op de onderste wandsnede is dan: $M \approx 200 \text{ tfm}$ en $N = 63 \text{ tf}$ (onderste wandgedeelte niet meegerekend, omdat de normaalkracht niet over de volle hoogte gelijk is, i.v.m. de stabiliteitsberekening).

Beschouwing van alleén moment geeft een $\omega_0 = 0,29$ en een $A = 50 \text{ cm}^2$. Wordt ook de normaalkracht in beschouwing genomen, en een stabiliteitsberekening opgezet volgens artikel 47 lid 8 van de G.B.V. '62 dan is voor een symmetrische wapening aan beide zijden een A nodig van $22,8 \text{ cm}^2$.

Bij controle blijkt ook de wanddikte van 1,80 m vlak boven de geperforeerde vloer voldoende te zijn.

Controle op dwarskracht: de totale dwarskracht is $32,2 \text{ tf/m}$, zijnde het verschil tussen de horizontale waterdrukresultanten. Aangezien vlak boven de bodemplaat een stortvoeg gemaakt wordt, en de dwarskracht tweezijdig gericht kan zijn omdat binnen zowel een hogere als een lagere waterstand dan het omgevende peil kan ontstaan, dient in de stortvoeg een dubbele tand gemaakt te worden. De maatgevende tand is dan 67 cm breed, waarbij een maximale waarde van $\sigma_b = 7,3 \text{ kgf/cm}^2$ optreedt, hetgeen kleiner is dan de toelaatbare 8 kgf/cm^2 .

Controle op scheurwijdte zonder invloed van de drukkracht: de staalspanning wordt globaal bepaald met: $\sigma_a = M/0,87hA$, waarin M uiteraard het gebruiksmoment is. Toepassing van deze formule geeft een $\sigma_a = 2450 \text{ kgf/cm}^2$. Volgens artikel 46 van de G.B.V. '62 is $\Delta l_{max} = 20,2 \text{ cm}$, waarmee de w_{max} is bepaald op $0,125 \text{ mm} < 0,2$ dus goed.

7.2.2.5. De geperforeerde vloerbalken

Voor een doorsnede over deze balken wordt verwezen naar bijlage 4, waarbij geen maat van de perforaties is gegeven omdat deze niet bekend zijn.

In eerste instantie is gedacht aan balken in lichtbeton, doch in verband met het milieu waarin ze zich bevinden is hiervan afgezien, temeer omdat de balken goed in normaal grindbeton konden worden uitgevoerd. Ook voorgespannen beton was dus niet nodig, waarbij in het midden wordt gelaten welke oplossing financieel het aantrekkelijkst is.

Eigen gewicht balken 1,15 tf/m, dus $M_{max} = 45 \text{ tfm}$; $\gamma = 1,8$; $k_h = 0,334$; $A = 22,4 \text{ cm}^2$; $k_x = 0,08$, zodat de drukzone lager is dan 15 cm, hetgeen ook is verondersteld. Het feit dat de balken vrij veel doorbuigen is hier geen bezwaar, temeer daar aangetoond wordt, dat de scheurwijdte binnen het toelaatbare blijft: $\sigma_a = 2240 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta l_{max} = 47 \text{ cm}$; $w_{max} = 0,185 \text{ mm} < 0,2$ dus goed. Controle op dwarskracht: D_{max} is ca. 10 ton; als gerekend wordt dat deze alleen door de lijven wordt opgenomen is $\sigma_{b_{max}} = 5 \text{ kgf/cm}^2 < 8$.

Controle opleglengte: oplegreactie ca. 10 ton over een lengte van 80 cm; $\bar{\sigma}_b = 75 \text{ kgf/cm}^2$ dus het benodigde oppervlak is 200 cm^2 .

Een opleglengte van 2,5 cm zou al voldoende zijn; toegepast is 10 cm.

Voor het plaatsen van de balken is onder de machinegalerij op N.A.P.+0,55 m een halfrond van 20 cm aangebracht. De balken kunnen dan eenzijdig op de oplegging worden gebracht, en dan om deze oplegging scharnierend aan de andere zijde worden opgelegd.

7.2.2.6. De vloerdikte van een schutkolkmoott

Deze is door de grond elastisch ondersteund, als wordt uitgegaan van een fundering op staal, welk uitgangspunt in paragraaf 7.2.5. gestaafd zal worden. In het algemeen is een handberekening van een dergelijk geval ondoenlijk, tenzij kan worden aangegeven dat een benadering mag plaatsvinden met een "half"-oneindig lange, elastisch ondersteunde plaat (zie lit. 17). Deze benadering mag worden toegepast als de liggerlengte groot is ten opzichte van de

golfleugte van de zich onder belasting buigende ligger.

Eerst zal nu deze golfleugte bepaald worden. Deze is gedefinieerd als: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k}}$ waarin $2\pi\lambda$ = golfleugte; EI = buigstijfheid van de ligger en k = een grondconstante, aangevend de verhouding tussen de reactie van de grond en de bijbehorende zakkings van de ligger. Wordt k gedeeld door de liggerbreedte b, dan wordt de beddingsconstante c gevonden. Aangezien een vloerelement ter breedte van 1 m wordt beschouwd is k hier direct gelijk aan de beddingsconstante, die voor zand ongeveer de waarde 10^3 tf/m³ heeft.

Voor EI moet de waarde van de gescheurde ligger worden genomen. Als wordt uitgegaan van een minimum wapeningpercentage (0,2%), een dekking van 5 cm en een h_t van 200 cm is de buigstijfheid van de ongescheurde doorsnede $(EI)_o = 1,52 \times 10^6$ tfm². Voor de buigstijfheid van de gescheurde doorsnede geldt globaal dat $(EI)_g = \frac{\omega}{2,5} (EI)_o$ voor $0,20 \leq \omega \leq 1,50\%$ zodat in dit geval $(EI)_g = 1,22 \times 10^5$ tfm² waarmee de waarde van λ is bepaald op 4,70 m en de golfleugte op $2\pi\lambda = 29,50$ m hetgeen veel groter is dan de sluisbreedte, zodat de benadering hier niet is toegestaan. Uit het feit dat de golfleugte groter is dan de sluisbreedte kunnen geen conclusies omtrent de verdeling van de funderingsdruk worden getrokken. Er zit nu niets anders op dan deze funderingsdruk gelijkmatig verdeeld onder de vloer aan te nemen, hoe ver dit dan ook buiten de werkelijkheid moge zijn.

1. Geval waarbij sluis gereed is en bouwput nog droog.

Eigen gewicht uit wand tot N.A.P.-3,25 m:	63 ton
restant wand tot N.A.P.-7,50 m:	19,3 -
uit geperforeerde vloer:	<u>6,3 -</u>
	totaal: 88,6 ton

Stel vloerhoogte is 200 cm met werkvlak van 10 cm.

De totale sluisbreedte is dan 21,50 m. Bij beschouwing van de halve sluisbreedte is de funderingsdruk gelijk aan 13,4 tf/m². Uit de normaalkracht op de vloer van ca. 90 ton, het moment uit de wand van ca. 50 tfm, een eigen gewicht van de vloer van 5 tf/m² en een funderingsdruk van 13,4 tf/m² volgt voor de middendoorsnede een moment van 528 tfm.

2. Geval met een maximale kolkwaterstand (N.A.P.+3,25 m) en een minimale buitenwaterstand (N.A.P.-0,25 m).

De normaalkracht uit de wand blijft ca. 90 ton. Het moment wordt 200 tfm (zie paragraaf 7.2.2.4. geval 2). In de kolk bevindt zich 7,75 m water, hetgeen een belasting van ca. 8 tf/m^2 geeft, over een breedte van 8,95 m, totaal dus 70 ton. De funderingsdruk wordt nu $19,9 \text{ tf/m}^2$, waarbij het moment in de middendoorsnede 749 tfm is.

Voor de vloer is dus maatgevend een moment van 749 tfm. in de middendoorsnede, en een dwarskracht van 90 ton in de einddoorsnede. Gesteld was: $h_t = 200 \text{ cm}$, $\gamma = 1,64$, $c = 5$, waaruit volgt: $k_h = 0,167$ met $\omega_0 = 1,04$ hetgeen erg hoog is.

Als de vloer 50 cm dikker wordt gemaakt heeft dit geen invloed op de maatgevende M en D, aangezien er van uit gegaan wordt dat het vloergewicht rechtstreeks door de grond wordt gedragen (gelijkmatig verdeelde funderingsdruk). Bij een $h_t = 250 \text{ cm}$ volgt met $c = 5$ en $\gamma = 1,64$ een k_h -waarde van 0,212 met $\omega_0 = 0,6$ en $A = 141 \text{ cm}^2$, hetgeen reëller is.

Controle op dwarskracht: $D_{\max} = 90 \text{ tf}$; $\sigma_b = 5,4 \text{ kgf/cm}^2 < 8$.

Controle van de scheurwijdte: $\sigma_a = 2700 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta l_{\max} = 25,2 \text{ cm}$; $w_{\max} = 0,187 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$ dus goed.

7.2.2.7. De wanddikte van een toeleidingskolkmoott

In tegenstelling tot de schutkolkmoeten zijn deze tot aan de bovenzijde (N.A.P.+9,00 m) aangeaard. Bekken wordt alleen de normaaldoorsnede, niet de doorsnede ter plaatse van de beweegbare brug of buitenhoofd.

Als grondeigenschappen worden aangehouden: $\gamma_{\text{droog}} = 1,8 \text{ tf/m}^3$; $\gamma_{\text{nat}} = 2,1 \text{ tf/m}^3$; $\gamma = 30^\circ$; $\delta = 30^\circ$; $\lambda_a = 0,30$; het optreden van rechte glijdvlakken.

De mogelijkheden voor dit kolkgedeelte zijn:

1. een stalen damwand; de bodem van de bouwput ligt echter zonder ontgraving al lager dan N.A.P.; de wanden zouden dan vanaf een meer dan 9 m hoge stelling geheid moeten worden. Bovendien moet de kolkvloer, die eventueel als stempeling wordt gebruikt, tegen het schroefwater van de

langswarende schepen verdedigd worden, terwijl deze verdediging dan in den natte hersteld zou moeten worden; over de prijs van deze constructiewijze is niets bekend;

2. een betonnen keermuur, bijvoorbeeld in een L-vorm; ook hier geldt dat de bodem dan verdedigd moet worden, terwijl een forse bodemplaat nodig is; op deze manier redenerend wordt dan de volgende constructie gevonden:
3. een betonnen bakprofiel.

Geval 1: sluis in den droge aangeaard.

De vloer- en wanddikte worden op 250 cm gesteld, waarbij de wand naar boven toe wordt verjongd naar 100 cm. De bovenzijde van de kolkbodem ligt op N.A.P.-4,50 m, grondaanvulling tot N.A.P.+9,00 m. Met deze gegevens is het moment ter plaatse van de systeemlijn van de vloer gelijk aan 290 tfm., en de dwarskracht ca. 60 ton.

Geval 2: gebruikstoestand met minimale kolkstand en maximale buitenwaterstand.

Voor de maximum buitenwaterstand wordt uitgegaan van N.A.P. +7,00 m. De bijbehorende waterstand buiten de kolk tussen de damwanden zal echter lager zijn omdat het water tijdens stroming langs de damwand drukhoogte verliest. Volgens een zeer globale berekeningsmethode van Lane wordt aan een verticaal af te leggen weg driemaal zoveel waarde gehecht als aan een horizontale weg. Dit vindt zijn oorzaak in de laagvorming in onze bodem. Lane stelt dat een bepaalde leklengte L_{kr} nodig is om bij een bepaald verval z nog juist geen ontgronding te doen plaatsvinden, dit alles vervat in de formule: $L_{kr} = cz$, waarbij c een dimensieloze grondconstante is die voor fijn zand ongeveer op 7 gesteld wordt.

Bij een hart-op-hart-afstand van de damwanden van 63 m, hetgeen de horizontale lekweg langs de sluisbodem is, wordt dan een minimum damwandlengte onder de sluis van 7,50 m gevonden. Als dit naar boven wordt afgerond op 10 m, dan is bij een z van 7,25 m het verval na passage van de eerste damwand 2,38 m, zodat de waterstand maximaal op N.A.P.+4,62 m ligt, hetgeen wordt afgerond op N.A.P.+4,50 m.

Bij een dergelijke hoge zout-stand wordt in de kolk maximaal het maximum schutpeil van N.A.P. +3,25 m gehandhaafd. Bij deze omstandigheden zijn de verticale grondspanningen, de verticale korrel- en waterspanningen en de horizontale korrel- en waterspanningen te bepalen. Het lijkt niet zinvol dit in detail te vermelden daarom wordt hier volstaan met de vermelding van de resultaten.

Als moment in de wand ter plaatse van de systeemlijn van de vloer wordt gevonden: $M = 315 \text{ tfm.}$, bij een dwarskracht van $D = 63 \text{ tf}$. Deze waarden verschillen weinig van die onder geval 1 (290 tfm resp. 60 tf).

Controle op wapeningspercentage: $\gamma = 1,72$; $h_t = 250 \text{ cm}$; $c = 5$; $k_h = 0,319$; $\omega_o = 0,26$; $A = 63 \text{ cm}^2$.

Controle op dwarskracht: tandbreedte gelijk aan halve wandbreedte; $D = 63000 \text{ kgf}$ dus $\sigma_b = 7,6 \text{ kgf/cm}^2 < 8$.

Controle op scheurwijdte: $\sigma_a = 2500 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta l_{\max} = 23,5 \text{ cm}$; $w_{\max} = 0,147 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$.

7.2.2.8. De vloerdikte van een toeleidingskolkmoott

Geval 1: sluis in den droge aangeaard.

Gewicht van de wand boven de vloer:	56,6 ton
-------------------------------------	----------

gewicht gronddriehoek naast wand:	18,2 -
-----------------------------------	--------

grondwrijving:	<u>29,5</u> -
----------------	---------------

totaal:	104,3 ton
---------	-----------

Uit geval 1 van paragraaf 7.2.2.7. volgt dat het moment uit de wand gelijk is aan 290 tfm. Als er van uit wordt gegaan dat het eigen gewicht van de vloerplaat direct wordt opgenomen door de grond, dan is de funderingsdruk gelijk aan $9,9 \text{ tf/m}^2$, waaruit een moment op de middendoorsnede van -122 tfm . volgt. Het is echter ook mogelijk dat de bak iets zakt ten opzichte van de omringende grond, waardoor de grondwrijving naar boven gericht is. In dat geval is het vloermoment gelijk aan $+124 \text{ tfm.}$, dus in dezelfde orde van grootte. Wordt geen grondwrijving gerekend, dan is het moment -15 tfm .

Geval 2: gebruikstoestand met minimale kolkwaterstand en maximale buitenwaterstand.

Gewicht van de wand boven de vloer:	56,6 ton
gewicht gronddriehoek naast wand:	19,3 -
grondwrijving:	<u>34,2</u> -
normaalkracht in de wand:	110,1 ton
eigen gewicht vloer:	65,5 -
waterinhoud:	<u>64,0</u>
totaal ca.	240,- ton

De funderingsdruk is dan $22,8 \text{ tf/m}^2$. Met een wandmoment van 315 tfm. geeft dit een vloermoment van -45 tfm. Is de grondwrijving opwaarts gericht, dan is $M = 229 \text{ tfm}$.

Voor de vloer worden dus maatgevend: $M = 229 \text{ tfm}$. en $D = 110 \text{ tf.}$, waarbij $\omega_0 = \omega_{\min} = 0,20$ en $\sigma_b = 6,6 \text{ kgf/cm}^2 < 8$. Controle op scheurwijdte: $\sigma_a = 2200 \text{ kgf/cm}^2$; $\Delta l_{\max} = 18,4 \text{ cm}$; $w_{\max} = 0,10 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$.

7.2.2.9. De deurkassen van de roldeuren

A. Door water omringde deurkas.

M_{\max} bij droge kas en waterstand buiten op N.A.P.+0,25 m: 24,2 tfm.; $\gamma = 1,72$; $h_t = 100 \text{ cm}$; $c = 5$; $h = 100 - 5 - 5 = 90 \text{ cm}$; $k_h = 0,44$; $\omega_{\min} = 0,20$.

Controle op opdrijving bij wand- en vloerdikte van 100 cm:

eigen gewicht wanden:	57,6 ton
eigen gewicht vloer:	<u>21,1</u> -
totaal neerwaarts:	78,7 ton
opwaartse kracht:	<u>51,-</u> -
result. neerwaarts:	27,7 ton.

B. De deurkas nabij het middenhoofd.

Max. moment op wand aan grondzijde: 247 tfm.; $\gamma = 1,72$; $h_t = 200 \text{ cm}$; $c = 5$; $h = 190 \text{ cm}$; $k_h = 0,292$; $\omega_0 = 0,31$.

De wand aan de grondzijde verloopt dan van $h_t = 100$ op N.A.P. +9,00 m naar $h_t = 200$ op N.A.P.-5,00 m. De vloerplaat verloopt van $h_t = 100$ links naar $h_t = 200$ rechts (zie detail op bijlage 4). Aangezien de wand- en vloerafmetingen alleen maar zijn vergroot zal droogzetten hier zeker mogelijk zijn.

7.2.3. Controle op de mogelijkheid van droogzetten

Voor wat betreft het verticaal krachtenspel:

1. moten van de schutkolk (halve moot):

wandgewicht:	90 ton
vloer:	<u>67</u> -
	157 ton
opwaarts maximaal:	<u>114</u> -

result. neerwaarts: 43 ton

2. moten van de toeledingskolk (halve moot):

wandgewicht:	42 ton
vloer:	<u>66</u> -
	108 ton
opwaarts bij water-	

stand van N.A.P.: 74 -

resulterend omlaag: 34 ton

Op grond van het verticaal evenwicht zijn de beide moten dus droog te zetten.

Voor wat betreft de momenten in wand en vloer:

1. moten van de schutkolk:

in de wanden treden een $M_{max} = 51 \text{ tfm}$. en een $D_{max} = 28 \text{ tf}$, op, die beide geen aanleiding tot vermeerdering van wapening op verdikking van de wand geven; in de vloer wordt het maximum moment 255 tfm. en de maximale dwarskracht 63 ton; ook hieraan wordt voldaan met de reeds bepaalde wapening en wanddikte;

2. moten van de toeledingskolk:

voor de wand worden gevonden: $M_{max} = 332 \text{ tfm}$. en $D_{max} = 74 \text{ tf}$; het moment geeft aanleiding tot een aanvaardbaar wapeningspercentage (0,26), doch in de bestaande tandconstructie wordt de betontrekspanning overschreden ($8,9 \text{ kgf/cm}^2 > 8$); de wanddikte zou vergroot kunnen worden tot ongeveer 280 cm, doch de vraag is of droogzetting bij dit kolkdeel wel zo nodig is; mocht dit wel het geval zijn, dan kan via een bronbemaling de waterstand buiten de kolk zodanig worden verlaagd, dat de betontrekspanning de waarde 8 niet overschrijdt; deze op-

lossing lijkt verstandiger dan direct de wand verdikken.

7.2.4. Stabiliteitscontrole

7.2.4.1. Het buitenhoofd aan de zoutwaterzijde

De controle is zeer globaal, en houdt geen rekening met de kelder van de bewegingsinrichting van de deuren; de wandsnede wordt over de volle moottlengte constant verondersteld.

De moottlengte is 20 m, waarbij het draaipunt van de deuren is gelegen op 5 m vanaf het einde. Beschouwd wordt het maatgevend geval, waarbij de buitenwaterstand N.A.P.+7,00 m en de kolkwaterstand N.A.P.+3,25 m is. De berekening geschiedt voor een halve kolkbreedte. Voor het schema zie figuur 15.

Eigen gewicht wanden: 56,6 ton/m

Eigen gewicht vloer: 65,5 -

Gewicht gronddriehoek op wand 19,3 -

totaal: 141,4 ton/m

Voor 20 m kolk geeft dit een totaal van $V_1 = 2828$ tf. met de werklijn gelegen in het hart van de moott.

V_2 = watergewicht links = 1420 tf, werklijn in hart watermassa; V_3 = watergewicht rechts = 320 tf, werklijn in hart watermassa.

H_1 = resultante van het buitenwater op de deuren en de kop van de kolk, groot 1080 tf, werklijn horizontaal op N.A.P.-2,40 m.

H_2 = resultante van het kolkwater op de deuren, groot 248 tf, werklijn horizontaal op N.A.P.-1,91 m.

Het resulterend moment om punt M is dan +2637 tfm, de som van de verticale krachten is 4568 tf en de som van de horizontale krachten 832 tf.

Wordt uitgegaan van een wrijvingscoëfficiënt tussen beton en zand van 0,3, dan kan aan wrijving worden opgenomen: 790 ton. De overige horizontale belasting moet dan door de naastliggende moott worden opgenomen.

De excentriciteit van de belasting op de doorsnede is gelijk aan $M/V = 0,58$ m, hetgeen nog duidelijk binnen de kern ligt.

Er zullen dus geen "trek"-spanningen in de grond ontstaan. De maximale waarde van de funderingsdruk is dan, berekend met $\sigma = N/A \pm M/W = 25,1 \text{ tf/m}^2$.

7.2.4.2. Het buitenhoofd aan de zoetwaterzijde

Links van de deur (zie schema in figuur 16) wordt gerekend met geperforeerde vloer enz. tot N.A.P.-10,10 m, rechts van de deur slechts met een vloerdikte van 2,50 m.

Eigen gewicht wanden en machinegalerij links:	90 tf/m
Eigen gewicht vloer links:	<u>67 -</u>
	157 tf/m

Dus $V_1 = 942 \text{ tf}$, werklijn op 3 m vanaf de deur.

Eigen gewicht wanden rechts:	42 tf/m
Eigen gewicht vloer rechts:	<u>62 -</u>
	104 tf/m

Dus $V_2 = 1143 \text{ tf}$, werklijn op 5,50 m uit de deur.

$V_3 = \text{gewicht water links} = 565 \text{ tf}$, werklijn in hart watermassa. $V_4 = \text{gewicht water rechts} = 374 \text{ tf}$, werklijn in hart watermassa.

$H_1 = \text{resultante van het kolkwater op de deur, groot } 462 \text{ tf, werklijn op N.A.P.-3,92 m.}$

$H_2 = \text{resultante van het buitenwater op deur en kop van de kolk, groot } 235 \text{ tf, werklijn op N.A.P.-4,82 m.}$

Het resulterend moment om punt M is dan -2790 tfm, de totale verticale kracht is 3024 tf en de totale horizontale kracht is 227 tf. Nu kan, bij een wrijvingscoëfficiënt van 0,3, de horizontale kracht wèl door de mocht zelf worden opgenomen. Bovendien geeft de sprong in de vloerhoogte een reserve aan passieve gronddruk.

De excentriciteit is 0,92 m; ook hier valt de resultante binnen de kern. De maximale funderingsdruk is dan $41,4 \text{ tf/m}^2$.

7.2.4.3. De deurkas van het middenhoofd

Voor het schema van de belastingen wordt verwezen naar figuur 17. Beschouwd wordt één strekkende m deurkas.

$V_1 = \text{gewicht linker wand} = 28,8 \text{ tf}; V_2 = \text{gewicht rechthoekige}$

deel rechter wand = 33,6 tf; V_3 = gewicht driehoekig deel rechter wand = 16,8 tf; V_4 = gewicht rechthoekig deel vloer = 19,5 tf; V_5 = gewicht driehoekig deel van de vloer = 9,6 tf. Ligging van de werklijn der resultante: 1,50 m rechts van hart kas. De som der verticale krachten is 108 tf.
 H = horizontale belasting door water en grond, groot 70 tf, werklijn 5,37 m boven onderzijde fundering. Het resulterend moment op de fundering is $M = 313 \text{ tfm}$. De excentriciteit is 2,90 m; de kern 1,50 m, dus de resultante valt buiten de kern. Rekening houdend met het feit dat de grond geen trekspanning kan opnemen, en met een rechtlijnig spanningsdiagram, volgt dat $\sigma_{\max} = 45 \text{ tf/m}^2$

7.2.4.4. De deurkas aan de zoetzijde

Hier treden geen ongelijke horizontale of verticale belastingen op, zodat een controle van de stabiliteit geen zin heeft.

7.2.5. De fundering

Worden bij de verschillende bekijken gevallen de maximale funderingsdrukken (σ_g) en de bijbehorende waterspanningen (σ_w) naast elkaar gezet, dan is het resultaat:

	σ_g	σ_w	σ_k
1. de schutkolkmoten:			
a. droog:	13,4	0	13,4
b. nat:	19,9	10,35	9,55
2. de toeleidingskolkmoten:			
a. droog:	16,2	0	16,2
b. nat:	22,8	11,6	11,2
3. buitenhoofd zoutwaterzijde:	25,1	11,6	13,5
4. buitenhoofd zoetwaterzijde:	41,4	7,35	34,0
5. deurkas middenhoofd:	45,0	0	45,0
6. deurkas zoetzijde:			
a. droog:	0,99	0	0,99
b. nat:	8,74	6,0	2,74

De maximaal optredende korrelspanning is dus 45 tf/m^2 . Deze waarde is nodig op een niveau van N.A.P.-6,10 m. Als wordt aangenomen, dat het terrein oorspronkelijk op N.A.P. lag, met een gemiddelde waterstand van eveneens N.A.P., dan was de oorspronkelijke grondspanning $13,4 \text{ tf/m}^2$ en de oorspronkelijke waterspanning $6,1 \text{ tf/m}^2$, zodat de grond "gewend" is aan een korrelspanning van ca. $7,3 \text{ tf/m}^2$. De eigenlijke verhoging van σ_k is dus $45 - 7,3 = 37,7 \text{ tf/m}^2$ of $3,77 \text{ kgf/cm}^2$. Dit is, gezien de sondeerwaarden in figuur 4, wel voldoende laag om te besluiten tot een staalfundering. Mochten de werkelijke sondeerwaarden ter plaatse van de sluis ongunstiger uitvallen, dan kan een grondverdichting uitkomst bieden. Gezien de boringen (figuur 3) is de grond hiervoor wel geschikt. De met vast veen en slib vermengde grof-zand-laag op N.A.P.-26 m in boring 12 zal geen moeilijkheden geven wat betreft zetting, aangezien de dikte gering en de diepte vrij groot is. Eventueel kan wel de kleilaag beneden N.A.P.-27 m in dezelfde boring moeilijkheden geven, doch hierover kan verder niets zinnigs worden gezegd, omdat de boring niet de laagdikte aangeeft. Ook de sondering geeft hierover geen uitsluitsel. Wel kan gezegd worden dat de kleilaag plaatselijk moet voorkomen, aangezien de veel dieper reikende boring no. 3 geen klei (en veen) aangeeft.

7.2.6. De rolbaan van de roldeuren

De belasting hierop is, buiten het eigen gewicht, te verdeelen in: windbelasting en deurbelasting.

1. Windbelasting. Volgens artikel 2.3.5.e van de concept-T.G.B. 1970 (Algemeen gedeelte en Belastingvoorschriften) is de winddruk $p_{wd} = 73 \text{ kgf/m}^2$; de windzuiging $p_{wz} = \frac{1}{2} \times 73 \text{ kgf/m}^2$ en de windwrijving nul. Dientengevolge moet gerekend worden met $2 \times p_{wd} = 146 \text{ kgf/m}^2$, waarin dan ook de dynamische verschijnselen zijn verdisconteerd.

De lengte buiten het draaipunt wordt gesteld op $16 + 2,50 + 4 = \text{ca. } 23 \text{ m}$, waardoor, bij een liggerhoogte van 1 m, het maximum moment 38700 kgfm wordt. Bij een toelaatbare staal-

buigspanning van 1600 kgf/cm^2 vraagt dit een weerstandsmoment van 2420 cm^3 .

2. Deurbelasting. Er wordt vanuit gegaan dat de deur zo zorgvuldig mogelijk is uitgebalanceerd, waardoor in de ongunstigste situatie slechts enkele honderden kilo's hefkracht nodig zijn. Het is echter mogelijk dat een luchtkast lekt en zodoende het hefgewicht vergroot.

Voor de hefbelasting wordt per hefpunt aangenomen:

eigen gewicht hefinstallatie + deurgewicht:	1 tf.
lekwater ca. 1 m^3 :	<u>1</u> -
	totaal
	2 tf.

De deur wordt aan twee punten geheven. Bij een geschat eigen gewicht van de rolbaan van $0,3 \text{ tf/m}$ is het maximum moment nu ca. 32 tfm , waarbij een weerstandsmoment van ca. 2000 cm^3 nodig is. Het profiel van de rolbaan wordt nu samengesteld uit een buis $\varnothing 419 - 20$ die voldoende weerstandsmoment heeft om de zijdelingse windbelasting op te nemen, een lijfplaat van $300 \times 15 \text{ mm}$ die plaats moet bieden aan de wielen van de rolwagen en een flensplaat van $300 \times 30 \text{ mm}$ met hetzelfde doel. Het weerstandsmoment van het samengestelde profiel is dan 5780 cm^3 . Controle gewichtsaanname: buis: 159 kgf/m

lijf:	35	-
flens:	<u>71</u>	
totaal:	265	$\text{kgf/m} < 300$

Bij het hijsen van de baan treedt een maximum moment op van 70 tfm , hetgeen een maximale spanning van 1210 kgf/cm^2 geeft, die kleiner is dan de toelaatbare 1600.

Het bleek niet mogelijk de rolbaan hydraulisch te bewegen, aangezien geen goede plaats voor de zeer grote zuiger en cylinder gevonden kan worden. De bediening geschiedt nu met een kabel en een lier, waarbij, indien met een dode part gewerkt wordt, de benodigde trekkracht ca. $7,5 \text{ tf}$ zal zijn.

Voor de rolbaan zie bijlage 4.

7.2.7. De stormvloeddeuren

Hiervoor is de puntdeur gekozen, omdat hier niet het bezwaar van het afdekken van wandopeningen geldt. De bovenzijde van

de deuren ligt op N.A.P.+9,00 m. Aangezien de deuren slechts weinig gebruikt worden is het de vraag of ze van een officiële bewegingsinrichting moeten worden voorzien. Het is namelijk ook mogelijk de deuren in gesloten toestand door middel van draden op een aantal bolders te verankeren, eventueel met tussenvoeging van een trekapparaat.

7.2.8. Het gemaal

De buitenwerkse afmetingen van het gemaal volgen uit de indeling van pompen en leidingen, waarbij steeds vrij kleine bochtstralen zijn aangehouden. Het leidingverloop is aangegeven op bijlag 4. De hoogte en overige afmetingen van de instroomopening volgen uit de gegevens van de firma Stork voor de toe te passen pomp. De plaats van het geheel ten opzichte van de damwand volgt uit de eis dat onderdelen per auto naar binnen moeten kunnen worden gebracht. Vanaf de auto die op een bordes op N.A.P.+9,00 m blijft staan, geschiedt het transport van pompwaaiers, pomphuizen, tolkleppen, hefinrichtingen e.d. met een kraan die de gehele plattegrond kan bestrijken.

De instroomopening kan, bij leegzuigen van de sluis, van het buitenwater worden afgesloten door middel van een schuif.

Voor de bedrijfszekerheid is voorzien in een tweede schuif. De uitstroomopening hoeft tijdens het bedrijf niet te worden afgesloten, alleen voor inspectie van het inwendige, waartoe in een tweetal schuiven is voorzien.

De hefinrichtingen van de schuiven staan boven het hoogst voorkomende kolkpeil opgesteld, namelijk op de vloer op N.A.P.+4,00 m. Deze vloer, en ook het bordes op N.A.P.+9,00 m, rusten via kolommen op de fundering.

Voór de instroomopeningen is een krooshek aangebracht, met een bordes op N.A.P. Bij vervanging van de roosters en afvoer van grote stukken vuil kan gebruik gemaakt worden van een loopkat die langs een aan de dakconstructie bevestigde rail beweegt. Roosters en vuil kunnen zo tot naast het gemaal worden gebracht.

Door manipulatie met schuiven (of tolkleppen) kunnen beide

pompen afzonderlijk buiten werking worden gesteld, tijdens onderhoud en reparatie; het schutbedrijf wordt dan met één pomp uitgevoerd.

Aan de fundering is verder niet gerekend; aangenomen is dat op staal gefundeerd kan worden.

Onder het gemaal loopt de westelijke damwand door, terwijl onder de zijden die buiten deze damwand vallen nog aparte wanden zijn aangebracht.

De plaatsing van het gemaal tussen de sluizen heeft, buiten een bouwtechnisch voordeel, ook een nadeel: in de voorhaven ontstaat bij vullen en ledigen van de sluis een stroming, die hinderlijk kan zijn voor de aanleggende en invarende schepen. Zeker de jachtvaart zal deze stroming als lastig ervaren. De instroomopening is echter gedimensioneerd op een intreesnelheid van 0,65 m/sec.; in de uitstroomopening zal deze niet veel groter zijn, zodat na de verwijding in de voorhaven de snelheden tot enige tientallen cm's per seconde zullen zijn gereduceerd. Het is nu de vraag welke stroomsnelheden door de schepen als lastig worden ervaren. Een onderzoek is hier op zijn plaats.

Tenslotte dienen de energieverliezen in het gemaal en riool nog te worden bezien. Dit gebeurt voor de situatie waarbij de sluis wordt gevuld.

Er zijn de volgende verliezen te noemen:

1. instroomverlies; aangezien de instroomopening niet erg vloeiend wordt uitgevoerd wordt hiervoor de waarde $\xi_i = 0,1$ aangehouden, betrokken op een gemiddelde stroomsnelheid \bar{v} van 0,65 m/sec.
2. leidingweerstand ten gevolge van wrijving; hiertoe wordt de leiding gesplitst in een gedeelte met een vierkante doorsnede in het gemaal en het zich verwijdende gedeelte buiten het gemaal;
voor de leiding in het gemaal met afmetingen $\phi 2$ m gelden de volgende waarden: een aequivalente diameter van 2,26 m, $\bar{v} = 2,75$ m/sec., $\gamma = 10^{-6}$ m²/sec., $R = 0,50$ m, $Re = 1,375 \times 10^6$, k voor glad beton is 0,5 mm, $C = 72,5$, ontwikkelde lengte van ca. 80 m, $\lambda = 0,0152$ en $\xi_{wl} = 0,258$; het zich verwijdende deel heeft een gemiddelde afmeting

van twee kokers van 5×2 m; $\bar{v} = 1,1$ m/sec.; $R = 0,71$ m;
 $Re = 0,78 \times 10^6$; $k = 0,5$ mm; $C = 75$; de lengte is ca. 60 m;
 $\lambda = 0,0142$; $\xi_{w2} = 0,169$.

3. bochtverliezen; er zijn twee haakse bochten waarvoor wordt gesteld dat $\xi_b = 0,5$, aangezien de straal gelijk is aan de leidingbreedte; te betrekken op $\bar{v} = 2,75$ m/sec.
4. verwijdingverliezen; deze treden allereerst op in de punten waar zich in het gemaal aftakkingen bevinden; de grootte wordt geschat op $\xi_{v1} = 0,1$, betrokken op $\bar{v} = 2,75$ m/sec.; tevens wordt energie verloren in de verwijding naar de kolk; de wand van het riool verwijdt zich gemiddeld ongeveer onder 5° , zodat $\xi_{v2} = 1,26$, betrokken op $\bar{v} = 0,69$ m/sec.

Zonder wandwrijving en verliezen bij stroming door de vloer is het verlies aan energiehoogte nu: 0,60 m.

De verliezen waren in eerste instantie geschat op totaal 1 m. Hiervan wordt 0,60 m verbruikt tot vlak voor de sluis. Het is nu de vraag of de resterende 0,40 m voldoende is om de verliezen bij de passage van de vloer te compenseren. Is dit niet zo, dan wordt de waarde H_M van de pomp wat hoger, hetgeen bij het gekozen type BSV 250 nog kan, aangezien de pompkarakteristiek nog enige reserve van H_M ten opzichte van het debiet van 11 $m^3/sec.$ vertoont.

Opgemerkt dient te worden, dat de keuze van het pomptype, hier de centrifugaalpomp, willekeurig is. Wellicht komt ook een schroefpomp in aanmerking. Dit is verder niet bekeken.

Op bijlage 5 is een variant voor het gemaal gegeven; de constructie is bouwkundig veel eenvoudiger. De energieverliezen zijn echter nog moeilijker te bepalen dan bij het eerste ontwerp. Om een gelijkmatige verdeling van de waterstroom over de uitstroomopening te verkrijgen wordt gebruik gemaakt van stroombrekers. Deze bestaan uit hard-houten (azobé) palen $\phi 40$ cm. Het voordeel hiervan, ten opzichte van uitvoering in beton, is dat de afstanden tussen de palen gemakkelijk te wijzigen zijn, zodat modelonderzoek overbodig is. Tevens is de uitstroomopening nu per schip te bereiken.

7.2.9. De situering van de sluis in de dam

Deze is gegeven op bijlage 4.

Ofschoon in de uitwerking van het ontwerp alleen is ingegaan op de constructie van de beroepsvaartsluis is in het totale overzicht ook weer de jachtensluis opgenomen, om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de werkelijkheid. Welk systeem van zout-zoet-beheersing voor deze sluis is gekozen wordt echter in het midden gelaten, al is het gebruik van de voor de grote sluis geïnstalleerde pompen misschien voor de hand liggend. Het feit dat een ontwerp met zogenaamd omarmend zoet water is gekozen legt direct de plaats van de schutkolk vast, namelijk naast de dam. Tevens wordt dan aan de eis voldaan dat slechts met in- of uitvaren van de hoge vaartuigen de beweegbare bruggen bediend behoeven te worden, hetgeen resulteert in geringere wachttijd voor het wegverkeer.

Voor de afstand tussen de sluisassen zijn een aantal grootheiden maatgevend:

1. ingeval beide sluizen tegelijk hun zoete water spuien moet dit vanaf de tussenruimte snel genoeg weg kunnen;
2. golven in de tussenruimte dienen zo laag mogelijk te zijn;
3. voor het gemaal is de plaats tussen de sluizen gunstig voor wat betreft de bouw; deze kan namelijk direct in de grote bouwput geschieden.

Rekening houdend met acht meter brede kelders voor de bewegingsinrichting van de stormvloeddeuren lijkt 67 m voldoende. De ruimte tussen de sluizen is dan ca. 40 m. De waterstromingen in deze ruimte dienen nog wel in model bekijken te worden. In het normale dwarsprofiel van de dam ligt de hoofdrijbaan op N.A.P.+6,40 m, terwijl de parallelweg op N.A.P.+4,15 m ligt. Aangezien ook bij de kruising van de dam met de sluis aan de maximale damhoogte van N.A.P.+9,00 m moet worden voldaan, worden de beide wegen tot dit peil opgetrokken. Het eigenlijke kerende element wordt dan gevormd door een grondlichaam, opgesloten tussen twee damwanden, die tot in de kruin van de geleidgedammen doorlopen. In de damwanden is een opening gespaard voor het bakprofiel van de toeleidingskolk, waarbij gezorgd moet

worden voor een waterdichte aansluiting opzij van en onder de sluis. De genoemde opening wordt dan afgesloten met de stormvloedeuren.

Er wordt niet nader ingegaan op de constructie van de beweegbare bruggen, doch gezien de ruimte en de aard van de bakconstructie zal dit geen moeilijkheden geven.

Op de sluishoofden aan oost- en westzijde sluiten de remmingwerken aan, waarvan alleen het verloop van de voorzijde is aangegeven. Aan de rechterzijde, gezien in de vaarrichting, is bij de ingang van de sluis een wachtgelegenheid gevormd voor ongeveer één schutting schepen. De lengte van de rechte wand is daartoe ca. 160 m, de afstand tot de dag van de sluis ca. 16 m.

Bij het invaren vanaf deze wachtplaats wordt geprofiteerd van de parabolisch verlopende toeleidingswand van ca. 100 m lengte.

Bij het uitvaren dient zo snel mogelijk een groot nat profiel te worden bereikt, waardoor de tegenoverliggende wand vrij kort kan zijn, en alleen uit de koers lopende schepen behoeft op te vangen. Een studie van de invloed van wind bij het in- en uitvaren kan noodzakelijk zijn. In ieder geval dienen de in- en uitvaartrajecten zoveel mogelijk windvrij te worden gemaakt door de hoogte van de wanden, beplanting e.d.

Op de remmingwerken dient meldgelegenheid te zijn, zodat de schippers niet helemaal naar het bedieningsgebouw hoeven.

Ingeval ze toch naar de sluis willen kan gebruik gemaakt worden van tunneltjes, aangezien gelijkbaans kruisen met het snelverkeer te gevaarlijk wordt geacht. Om deze tunneltjes, en aan de zoete zijde het sluishoofd te bereiken, zijn looppaden aangelegd.

Tussen de sluizen is tevens het bedieningsgebouw gesitueerd, vanaf beide sluizen bereikbaar via een looppad. De onderbouw van bedieningsgebouw en looppad dienen zo weinig mogelijk weerstand te bieden aan het toe- en afstromende zoete water.

Vanwege de noodzaak om de schuiven in de machinegalerij voldoende te kunnen heffen om ze te verwijderen, en tevens langs de aan het dek bevestigde kraanrail te kunnen verplaatsen, is de bovenzijde van het dek bepaald op N.A.P.+7,00 m, ofschoon

deze hoogte niet noodzakelijk is voor de waterstand. De schuiven en benodigde hefinstallaties kunnen aan de kolkzijde die grenst aan het bedieningsgebouw in de machinegalerij geheel naar de dam worden gebracht langs de kraanrail. Vandaar worden ze, via luiken in het dek, door een kraanwagen die naast de parallelweg staat, uit de machinegalerij getild, en over de weg vervoerd naar de plaats van bestemming, bijvoorbeeld het werkterrein dat direct naast de "zooete" hoofden is aangelegd. Met de schuiven en dergelijk die aan de andere zijde van de kolk zitten kan dit niet, aangezien de deurkas een obstakel vormt. Om deze schuiven te kunnen verwisselen en onderhouden is via het werkterrein het sluishoofd door middel van een brede brug bereikbaar voor de genoemde kraanwagen. In het dek zijn weer de benodigde luiken aangebracht.

De geleidedammen, die de functie hebben een rustige ligplaats aan de schepen te bieden, en beperking van de golfhoogte, ook ten behoeve van de voeding van de sluizen met zoet water, worden zoveel mogelijk reeds gebruikt als bouwput-ringdijk. In de situatie is deze bouwputkade met een onderbroken lijn aangegeven. De teenlijn aan de binnenzijde van de bouwput aan weerszijden van de kolken is zo gekozen, dat de teenlijn van de definitieve aanvulling (tot N.A.P.-6,00 m) juist ter plaatse van de deurkaskop ligt. Aan de hoofdzijde is de lengte van de in den droge aan te brengen bodemverdediging tegen schroefwater maatgevend voor de teenlijn.

8. CONCLUSIES

In het voorafgaande is getracht te komen tot een optimale constructie voor een zout-zoet-sluis, echter op weinig bevredigende wijze. De reden hiervan is, dat een dergelijk project m.i. te uitgebreid is voor een afstudeerontwerp, zéker als dit slechts ca. 60% van het totale afstudeerwerk beslaat. Dit blijkt onder meer uit de volgende feiten:

1. het ontwerpproces, inclusief keuze, neemt, mits goed uitgevoerd, een dergelijke hoeveelheid tijd in beslag, dat men voor een technische vormgeving eigenlijk tijd te kort

- komt; deze is dan ook niet voldoende uitgediept;
2. de wijze waarop de verschillende alternatieven zijn gehonoreerd, en de keuze van het eigenlijke ontwerp tot stand is gekomen;
 3. het feit dat vaak gesteld moest worden dat een waterloopkundig modelonderzoek het antwoord op het probleem moest geven; hierdoor was het onmogelijk de optimale constructie aan te wijzen, zoals dat in paragraaf 3.4. is aangegeven; de opzet van het logisch model mist daar door veel van zijn zin, omdat dit juist een hulpmiddel daartoe was.

Er hoeft echter niet te worden volstaan met het noemen van negatieve punten:

de oefening in het ontwerpen is als zeer positief ervaren, terwijl de oriëntatie omtrent de sluis, haar gebruik en haar gebruikers, mede door het Verkeerswaterbouwkundig deelontwerp, interessant is geweest. Dit geldt eveneens voor het zout-zoet-probleem.

9. GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Lit. 1. Stencil "Inleiding tot de fundamentele ontwerpmethoden (F.D.M.)", behorend bij het college f15: "Kunsten Grondwerken", cursus 1971-1972.
- Lit. 2. Collegedictaat "Grondslagen voor het formuleren en het oplossen van ontwerpproblemen - bb22" door Prof. dipl.-ing. B.M. Polak (Concept).
- Lit. 3. "Methodisch ontwerpen", artikel, geschreven door Prof. Dr. Ir. H.H. van den Kroonenberg, gepubliceerd in de Ingenieur nr. 47 van 21 nov. 1974.
- Lit. 4. Publicatie nr. 28 van het Waterloopkundig Laboratorium: "Reduction of salt water intrusion through locks by pneumatic barriers" door G. Abraham en P. van der Burgh.
- Lit. 5. Nota "Luchtschermen in schutsluizen", R.W.S. Den Haag, IJmuiden, oktober 1962, P. van der Burgh en P. de Vos.
- Lit. 6. Nota "Zoutbestrijding door luchtbellenschermen in de sluizen te IJmuiden", R.W.S. IJmuiden, Report S.D.Y.

62.03, 1962, P. de Vos.

- Lit. 7. Publicatie nr. 38 van het Waterloopkundig Laboratorium: "Means to reduce salt intrusion through new and existing locks" door G. Abraham, P. van der Burgh en P. de Vos.
- Lit. 8. "Les courants de densité et le projet de l'écluse de Mardyck à Dunkerque", artikel van G. Ribes en C. Blanchet in "La Houille Blanche" no. 1 van 1965.
- Lit. 9. "De Kreekraksluizen", artikel van Ir. P. Blokland en Ir. J.C. Slagter in Cement XXII (1970) no. 1.
- Lit. 10. "Bouw van de grootste scheepslift ter wereld", artikel van ing. K.H. Fonck in Polytechnisch Tijdschrift no. 14 van 1974.
- Lit. 11. "Het hellend vlak van Ronquières", publicatie van het Belgisch Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen.
- Lit. 12. "De hellende sluis met een duwschild, een economisch kunstwerk voor grote vervallen" door Ir. Vanhooymissen, artikel in Het Ingenieursblad, jrg. 43 no. 9, 1 mei 1974.
- Lit. 13. "Het ontwerpen, berekenen en vergelijken van ducdalven in tropisch hardhout en staal" van houthandel v/h G. Alberts Lzn & Co., Middelburg.
- Lit. 14. Collegedictaat "Waterbouwkundige constructies b.o." door Prof. Ir. P.A. van de Velde en Ir. G.B. Bourguignon (mei 1972).
- Lit. 15. Collegedictaat "Lecture notes for Introduction to Coastal Engineering and Breakwaters" door Prof. Dr. Ir. E.W. Bijker.
- Lit. 16. "Synthetisch zeewier", artikel in de Ingenieur van 1972 no. 8, door Ir. W.T. Bakker, Drs. J. Bax, D. Grootenboer en Ir. W.H. Tuhuarima.
- Lit. 17. Collegedictaat "Elasticiteitstheorie" door A. Verruijt.

10. BESLUIT

Tot slot meen ik enkele namen te moeten noemen van mensen die een bijdrage hebben geleverd aan het tot stand komen van dit

ontwerp.

Ik dank de heren Stijger en de Ridder van de A.N.W.B. sectie Waterrecreatie voor hun gegevens betreffende de recreatievloot; de heren Huis in 't Veld en van Westen van de Delta-dienst van Rijkswaterstaat, afdeling Waterstaatkundige Inrichtingen, voor de gegevens met betrekking tot de bouwplaats, en ten slotte de heren Zuidweg en Nootenboom voor de begeleiding vanuit de vakgroep Constructieve Waterbouwkunde.

	JACHTEN	BEROEPSV.	SPECIALE EISEN
ALTERNATIEF	1.	x	-
	2.A.	x	-
	2.B.	x	-
	3.	x	-
	4.	x	-
	5.A.	x	-
	5.B.	x	--
	5.C.	x	-
	6.A.	x	-
	6.B.	x	-
	6.C.	x	-
	7.A.	o	o
	7.B.1.	x	x
	7.B.2.	x	x
	7.C.1.	x	x
	7.C.2.	x	x
	8.A.	x	x
	8.B.	x	x
	8.C.	x	x
	9.	o	o
	10.	o	o
	11.A.	o	o
	11.B.1.a.	x	x
	11.B.1.b.	x	x
	11.B.2.a.	x	x
	11.B.2.b.	x	x
	11.B.3.a.	x	x
	11.B.3.b.	x	x
	11.B.3.b.1.	o	o
	11.C.1.a.	o	o

x geschikt

- ongeschikt

o heeft geen zin

TABEL 1. OVERZICHT VAN DE ALTERNATIEVEN MET HUN GESCHIKTHEID

	JACHTEN	BEROEPSV.	SPECIALE EISEN
ALTERNATIEF	11.C.1.b.1.	x	geen
	11.C.1.b.2.	x	geen
	11.C.1.c.1.	x	geen
	11.C.1.c.2.	x	geen
	11.C.2.a.	x	geen
	11.C.2.b.1.	x	geen
	11.C.2.b.2.	x	geen
	11.C.2.c.1.	x	geen
	11.C.2.c.2.	x	geen
	12.	o	
		x ongeschikt	
		- ongeschikt	
		o heeft geen zin	

TABEL 2. OVERZICHT VAN DE ALTERNATIEVEN MET HUN GESCHIKTHEID
(VERVOLG)

FIG. 1: OVERZICHT COMPARTIMENTERINGSPLAN C 5

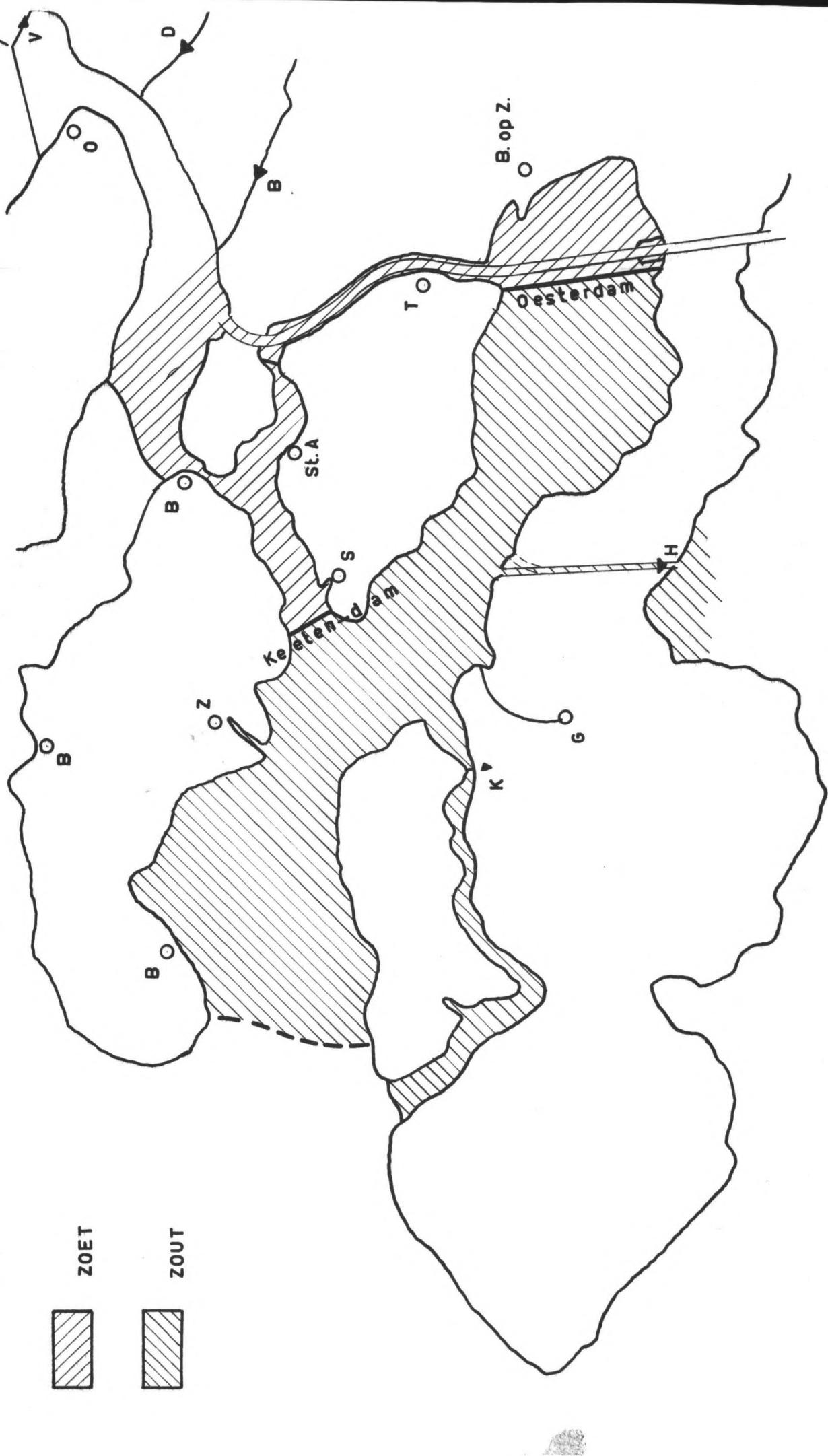
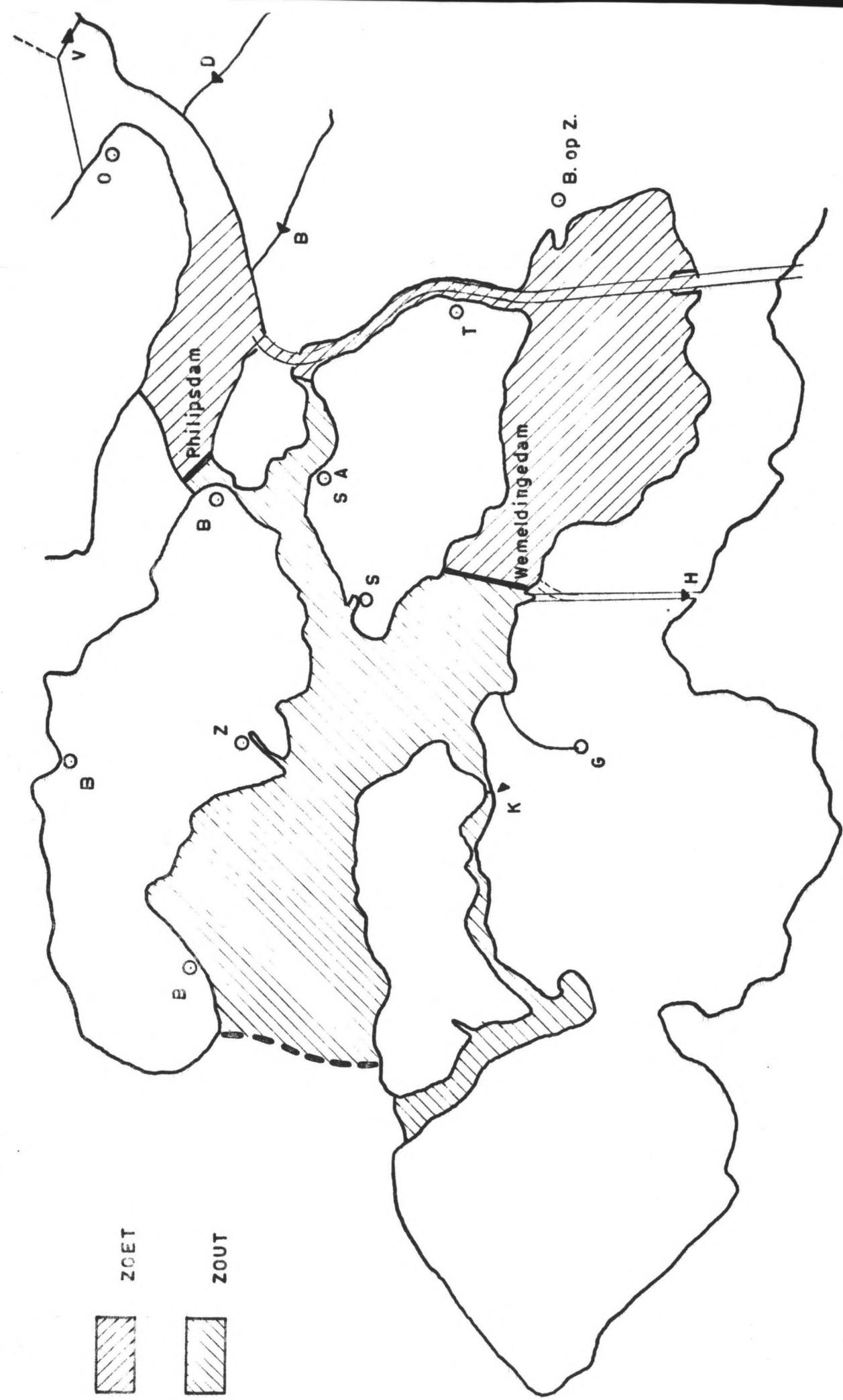
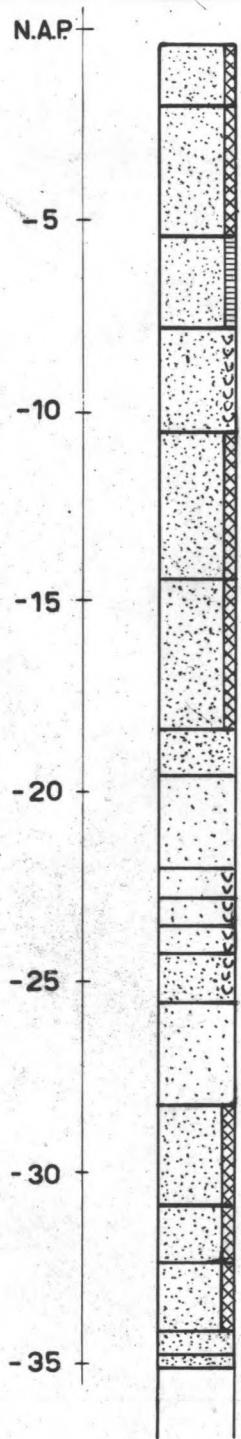


FIG. 2 : OVERZICHT COMPARTIMENTERINGSPLAN C 4



3

12



VERKLARING:

	FIJN
	GROF
	VASTE
	SLAPPE
	VAST
	SLAP
	SLIB
	SCHELPEN

DIEPTE IN M

FIG. 3: BORINGEN

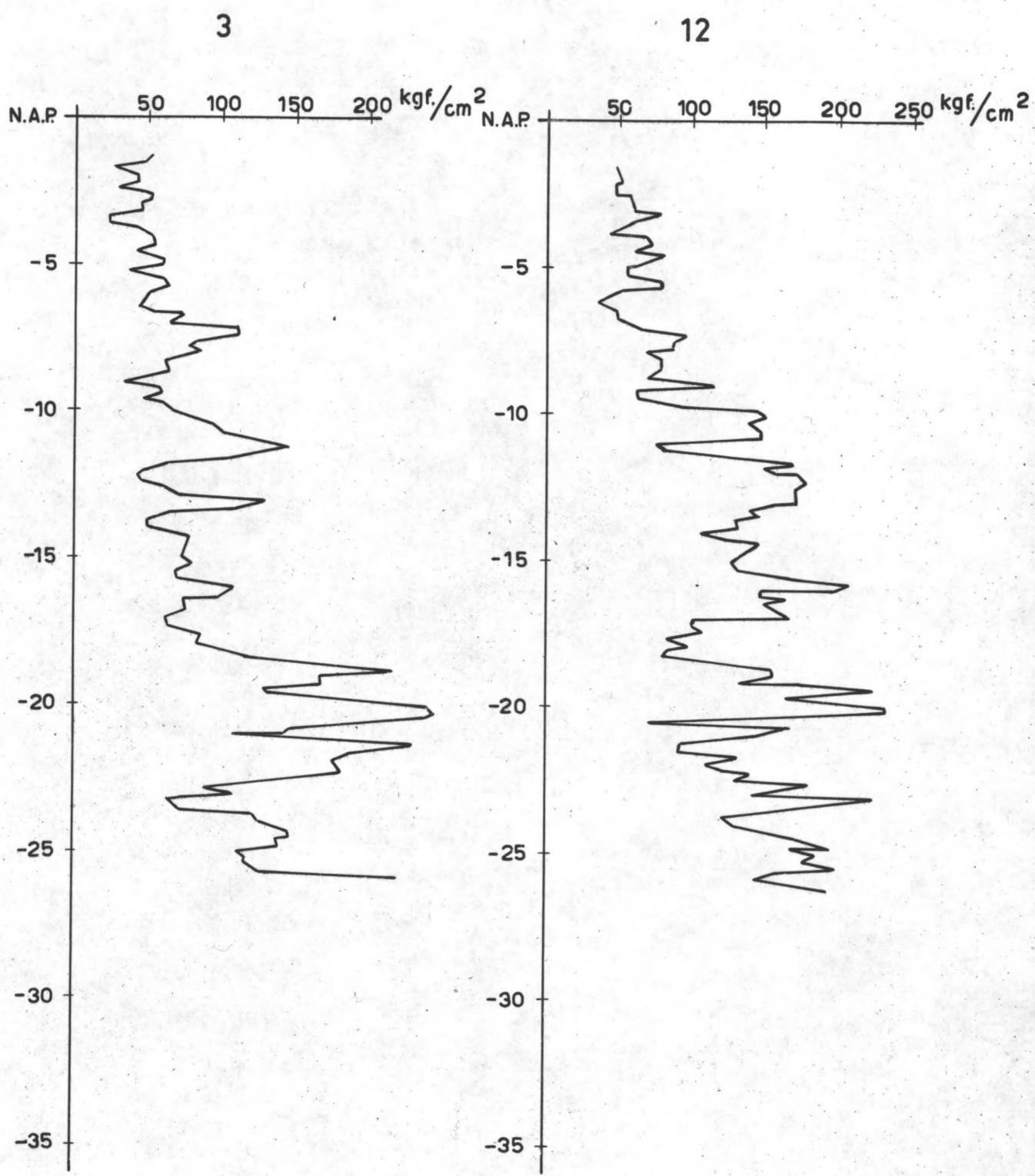


FIG. 4: SONDERINGEN

ZOUT > ZOET

ZOUT = ZOET

ZOUT < ZOET

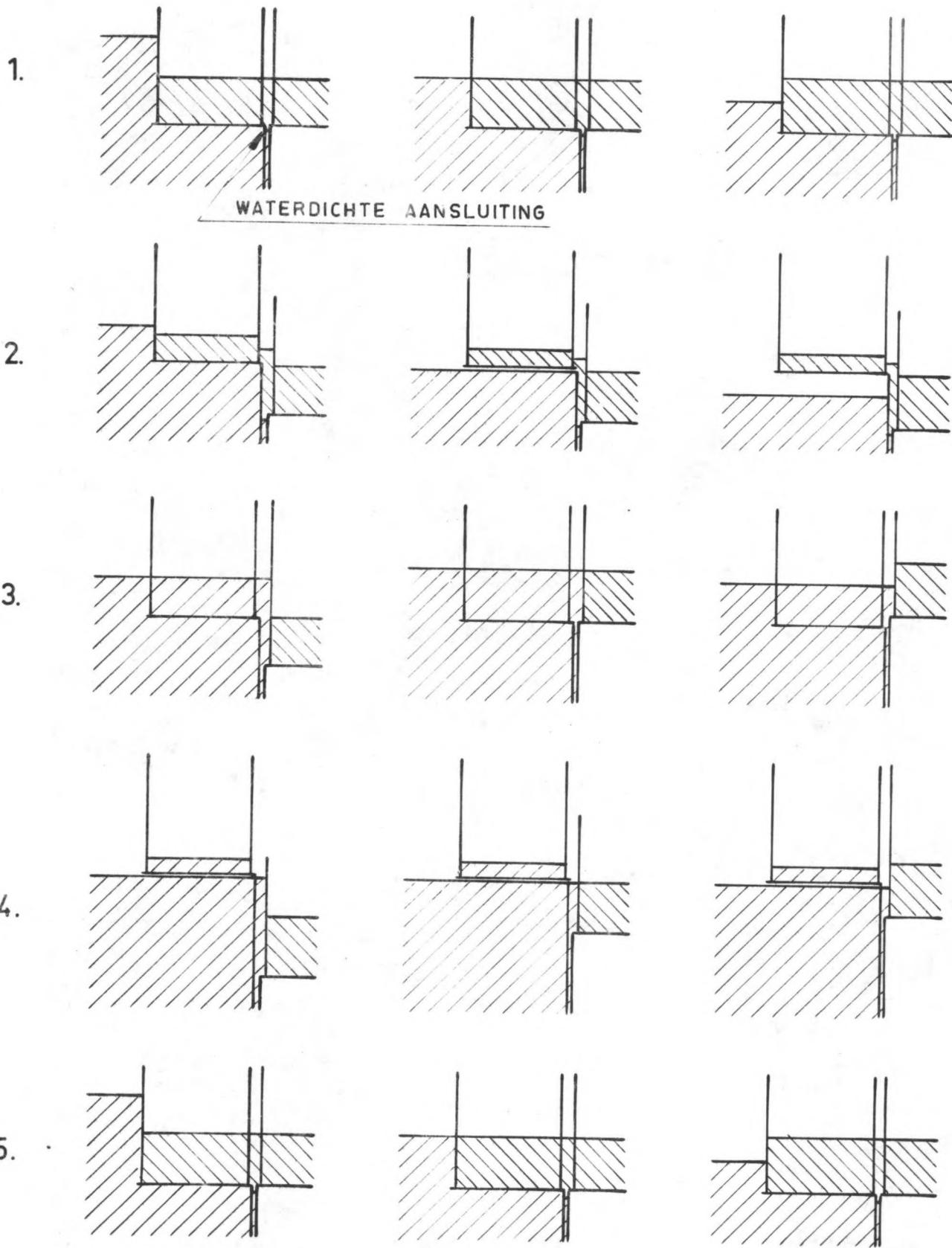


FIG. 5: SCHUTSCHEMA BI ALTERNATIEF 7.B.1.

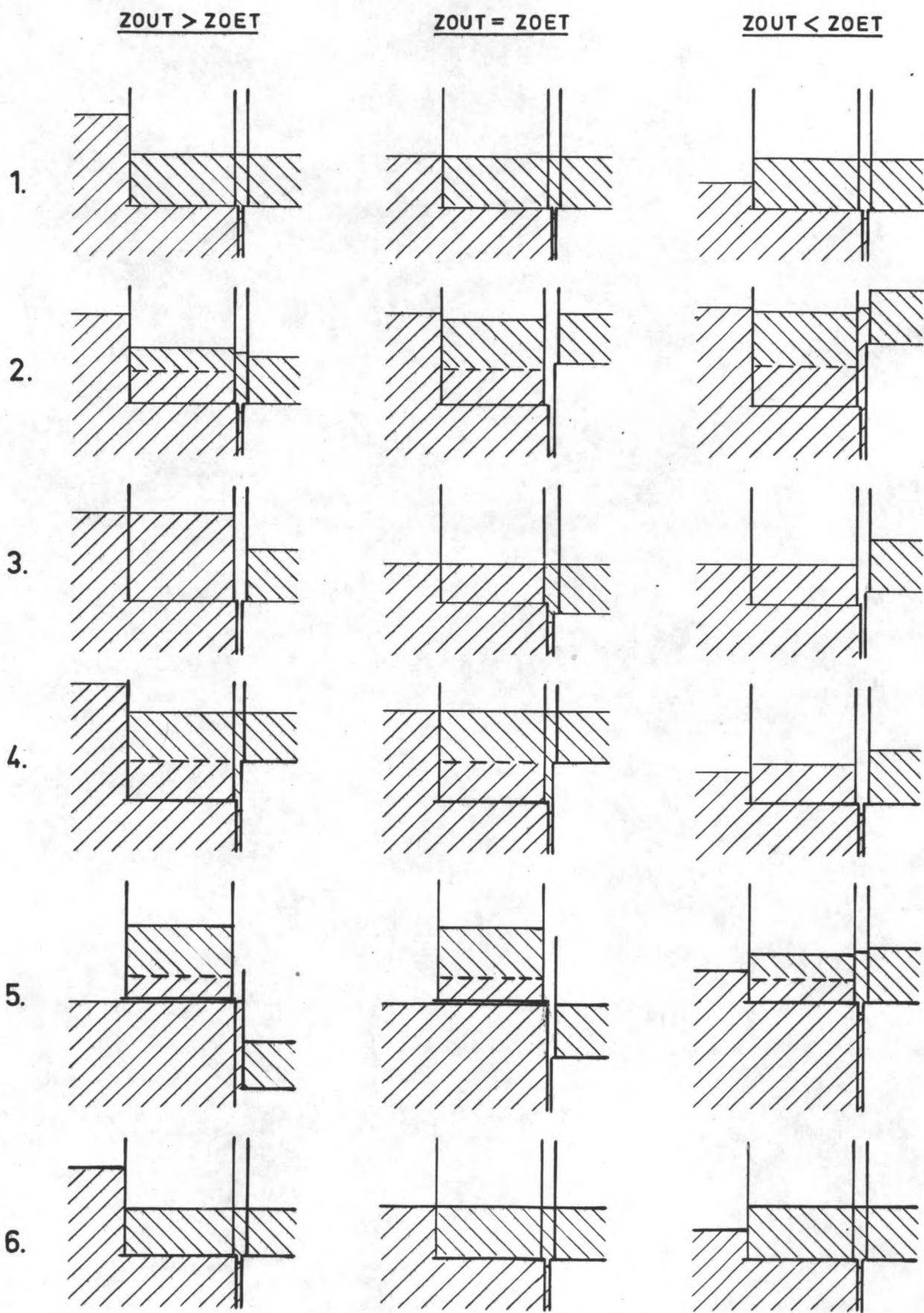
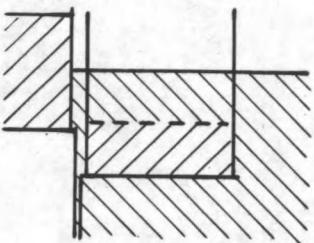
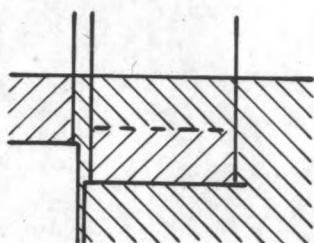


FIG. 6: SCHUTSCHEMA BU ALTERNATIEF 7.B.2.

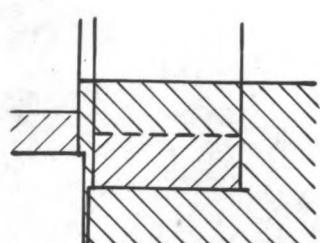
ZOUT > ZOET



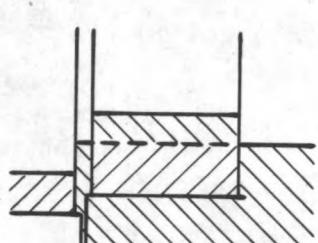
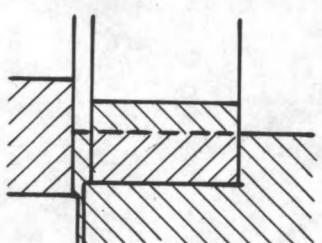
ZOUT = ZOET



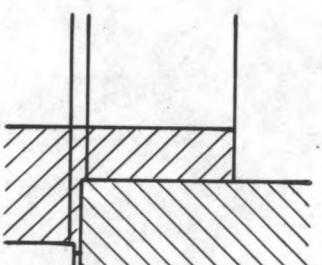
ZOUT < ZOET



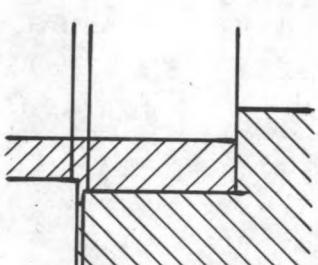
2.



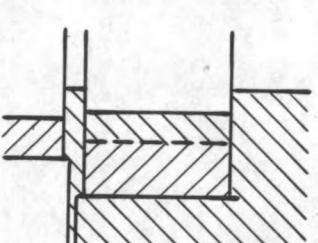
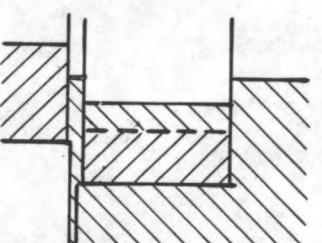
3



The diagram illustrates a stepped foundation. The top surface is horizontal and features vertical lines representing vertical reinforcement bars (vertical stirrups) at both the left and right edges of the top step. The foundation itself is depicted with diagonal hatching.



4



5

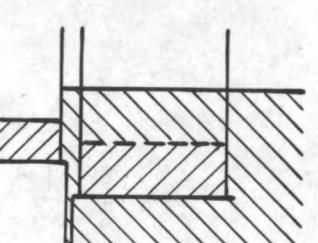
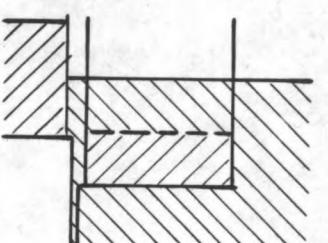
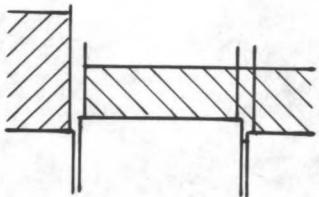
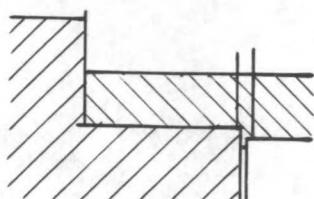


FIG. 7: SCHUTSCHEMA BIJ ALTERNATIEF 7.C.2.

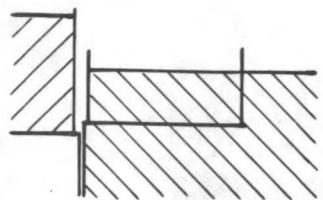
8.A.



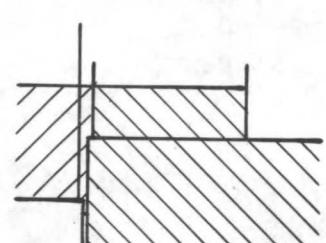
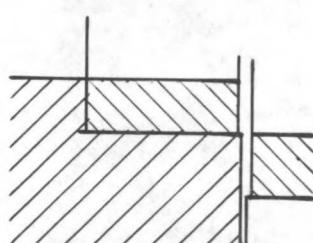
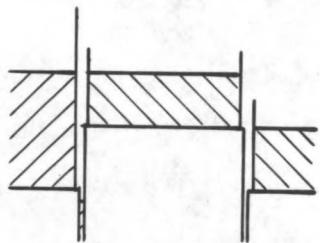
8.B.



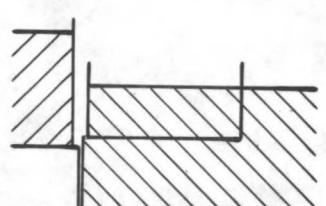
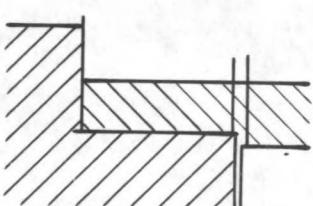
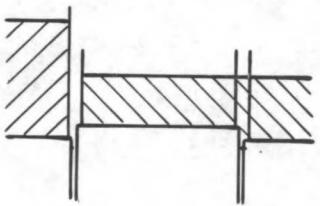
8.C.



1.



2.



3.

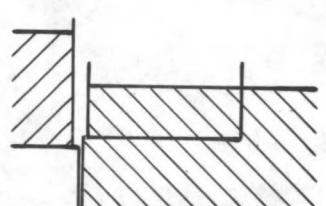
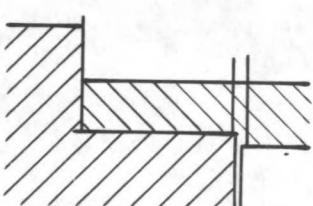
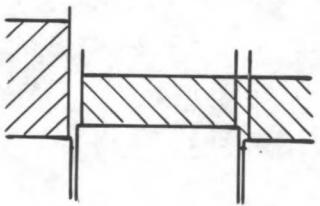


FIG. 8: SCHUTSCHEMA'S BEHOREND BIJ DE
ALTERNATIEVEN 8.A., 8.B. EN 8.C.

ZOUT > ZOET

ZOUT = ZOET

ZOUT < ZOET

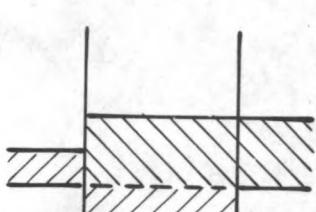
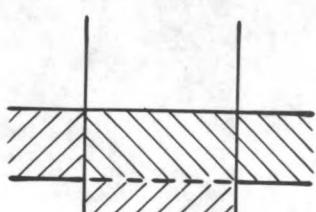
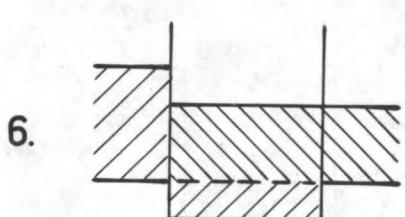
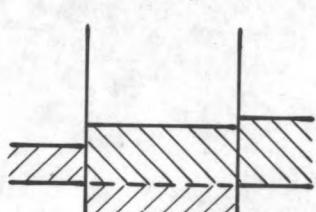
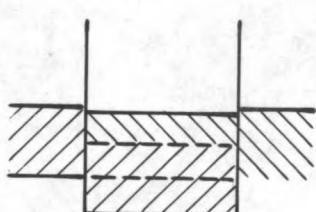
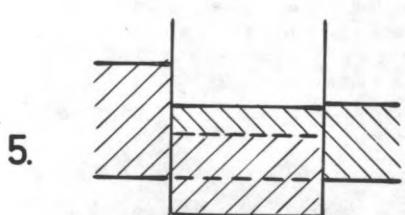
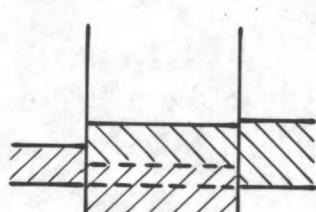
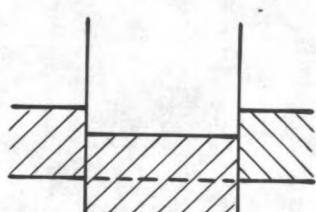
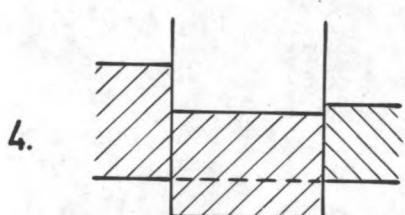
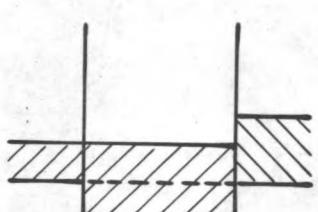
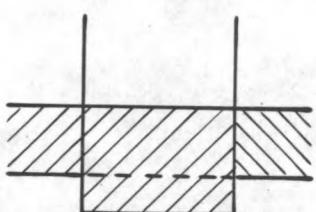
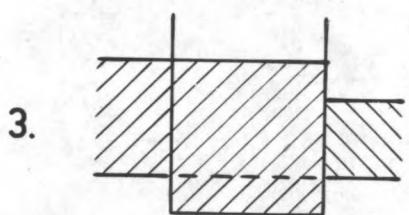
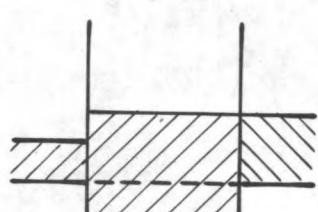
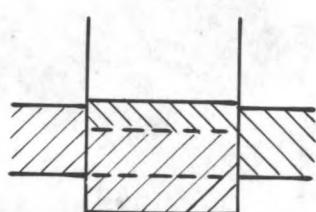
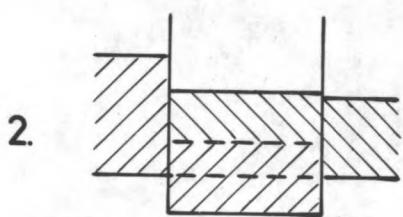
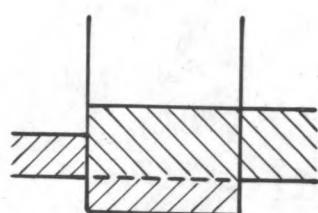
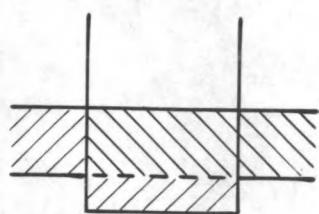
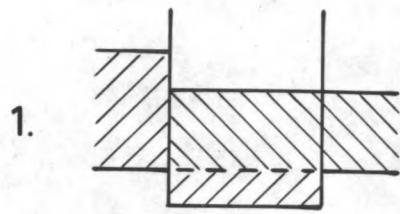


FIG. 9: SCHUTSCHEMA BIJ DE ALTERNATIEVEN
11.B3.a. EN 11.B3.b.

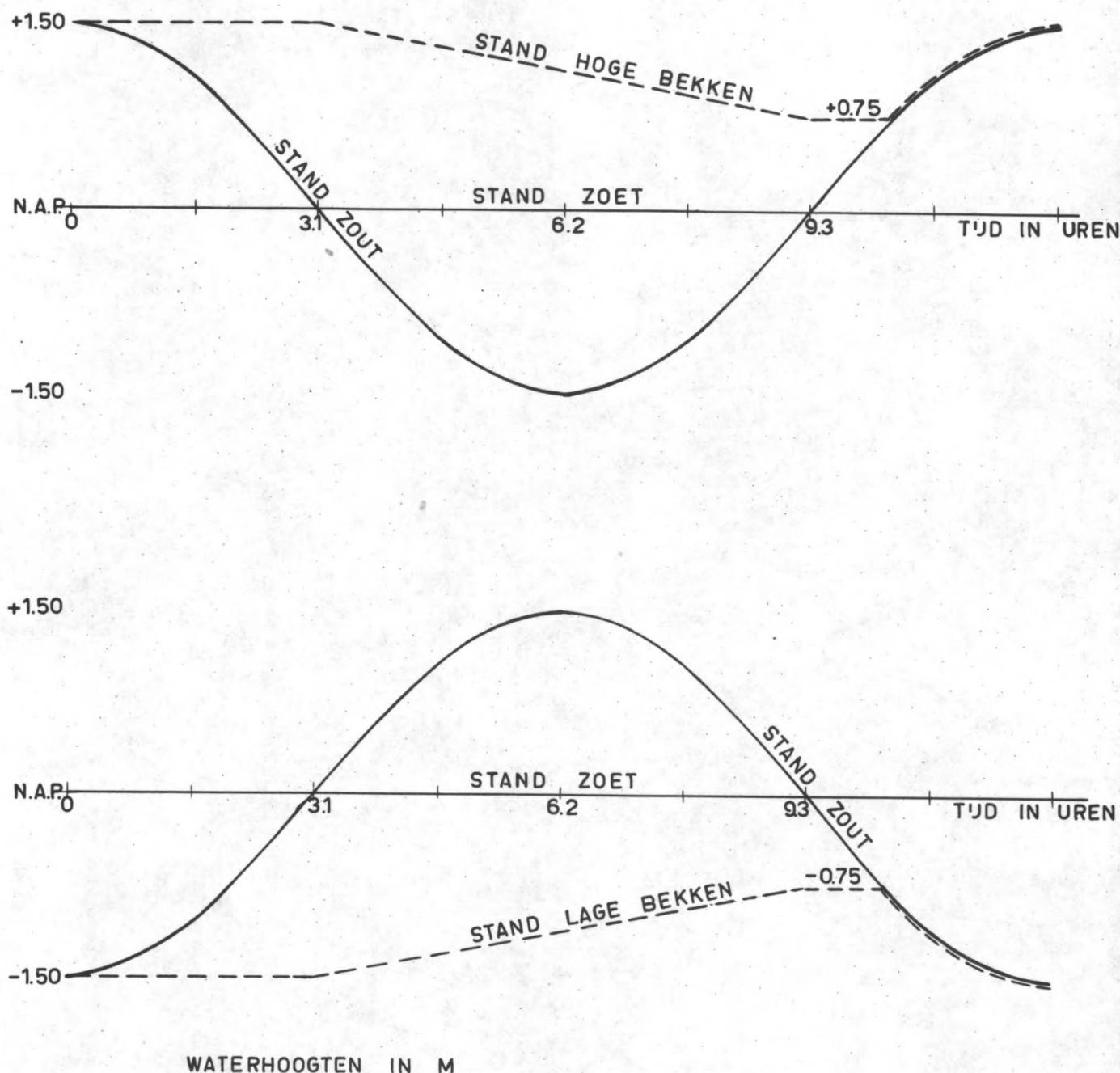


FIG. 10: VERLOOP VAN DE WATERSTANDEN IN DE BEKKENS MET DE TIJD ONDER NORMALE OMSTANDIGHEDEN

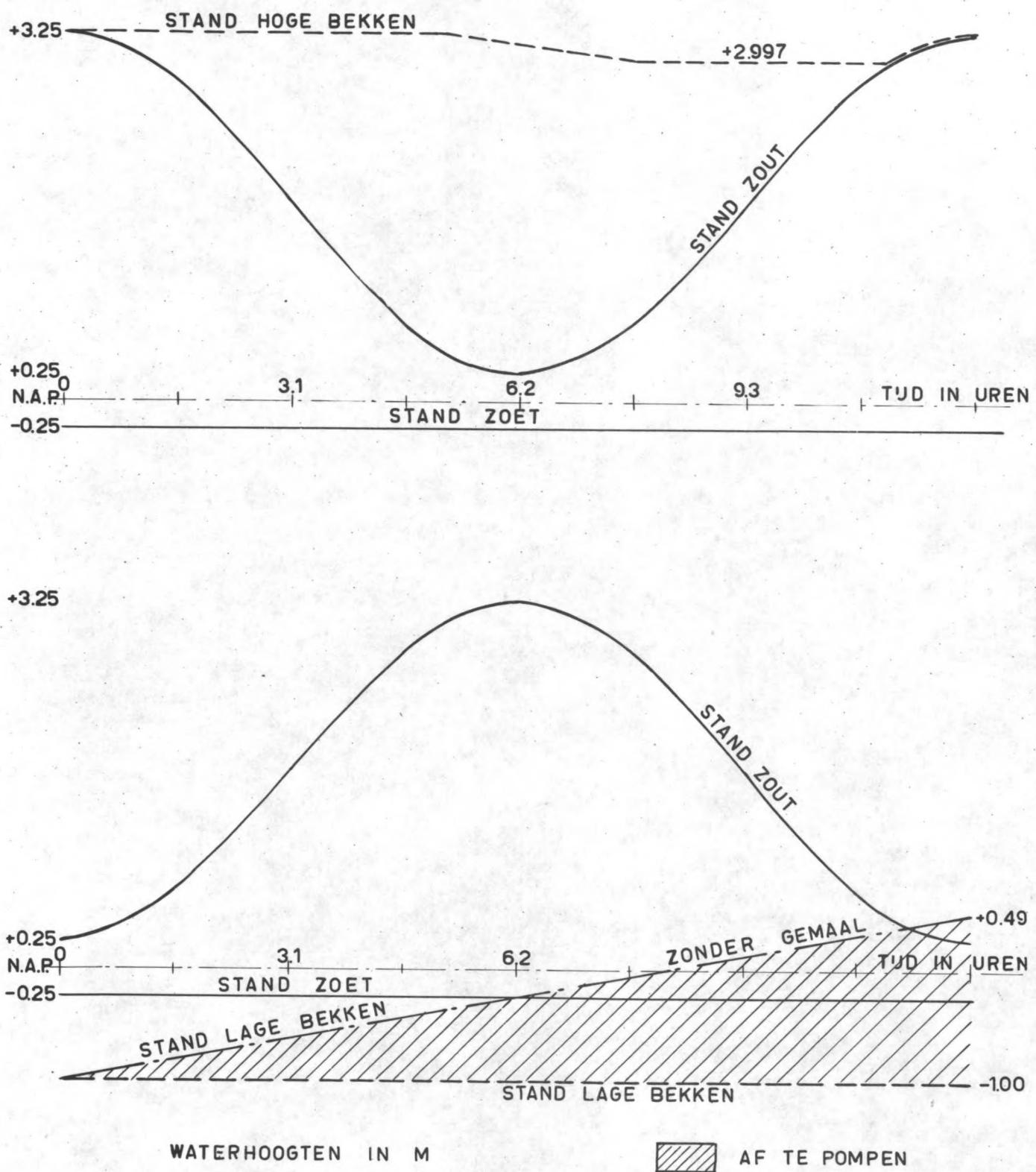


FIG. 11: VERLOOP VAN DE WATERSTANDEN IN DE BEKKENS MET DE TJD BIJ MAXIMUM SCHUTPEIL

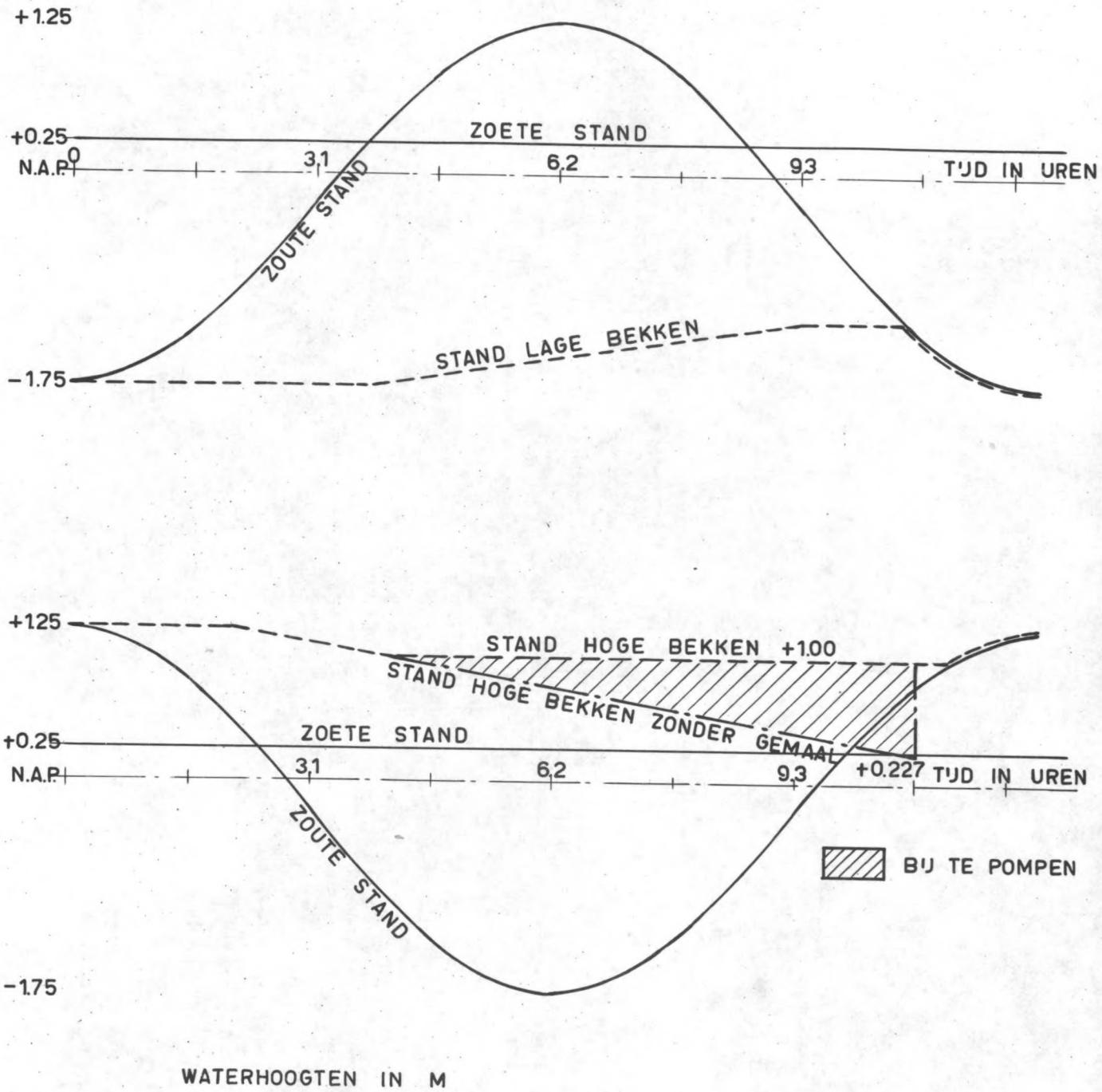


FIG. 12: VERLOOP VAN DE WATERSTANDEN IN DE BEKKENS MET DE TIJD BIJ MINIMUM SCHUTPEIL

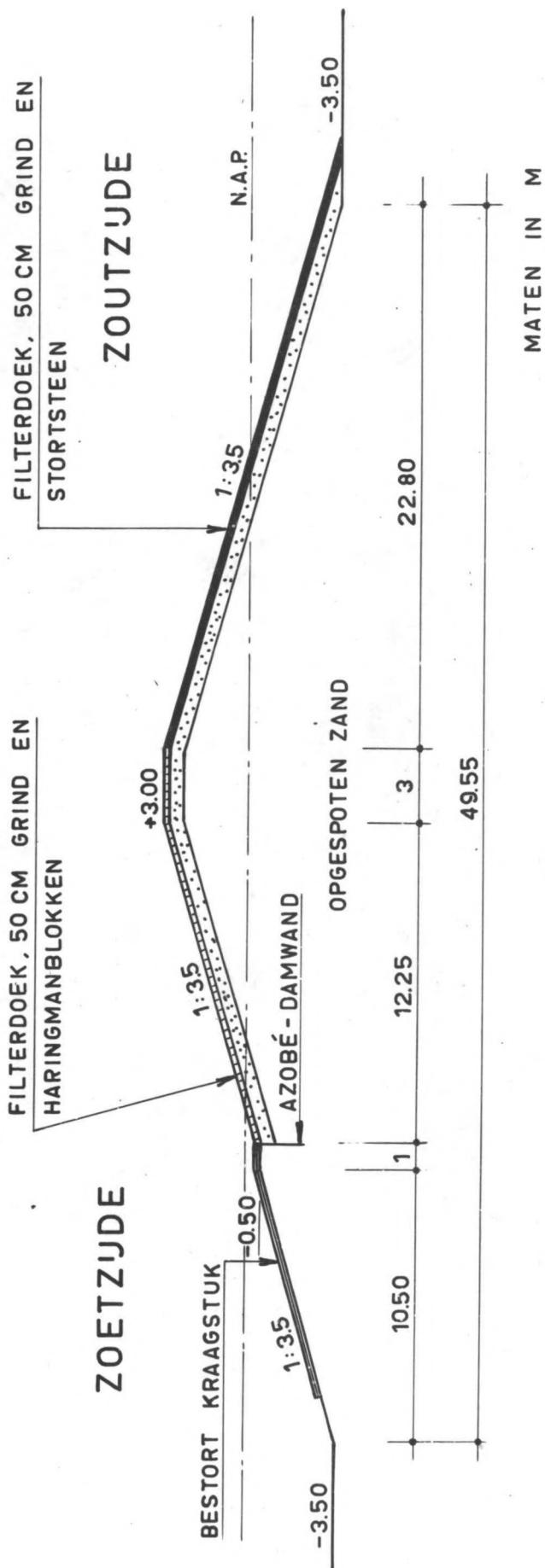


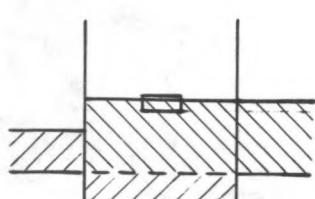
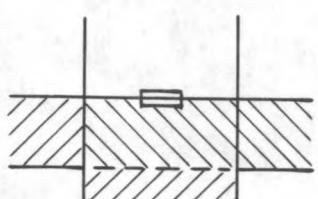
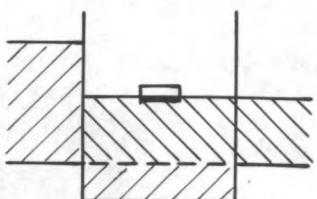
FIG. 13: OPBOUW VAN DE BEKKENDAM

ZOUT > ZOET

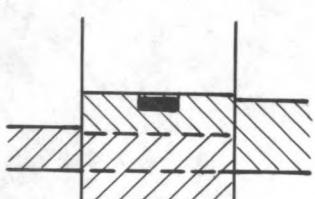
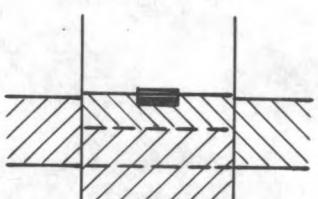
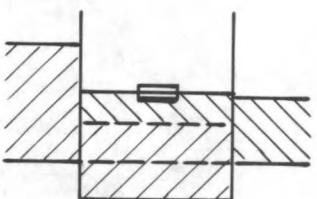
ZOUT = ZOET

ZOUT < ZOET

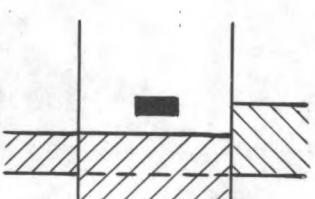
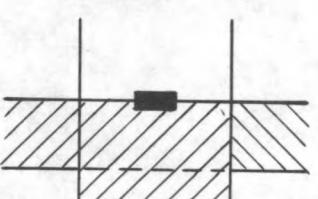
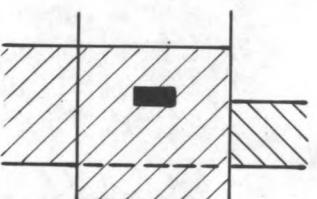
1.



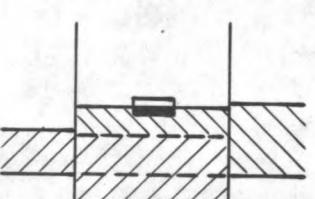
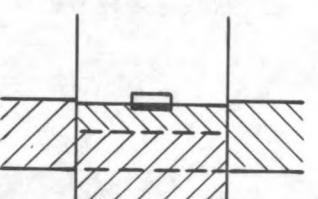
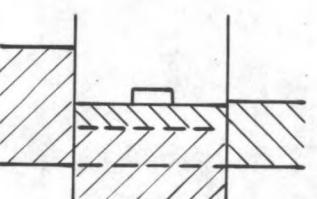
2.



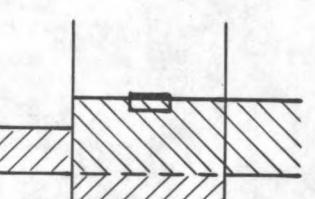
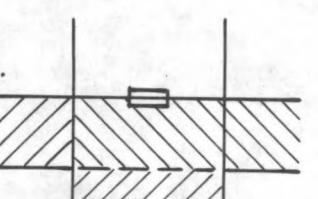
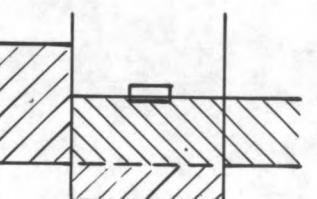
3.



4.



5.



GEDEELTELJK GESLOTEN
WANDOPENING

FIG. 14: SCHUTSCHEMA

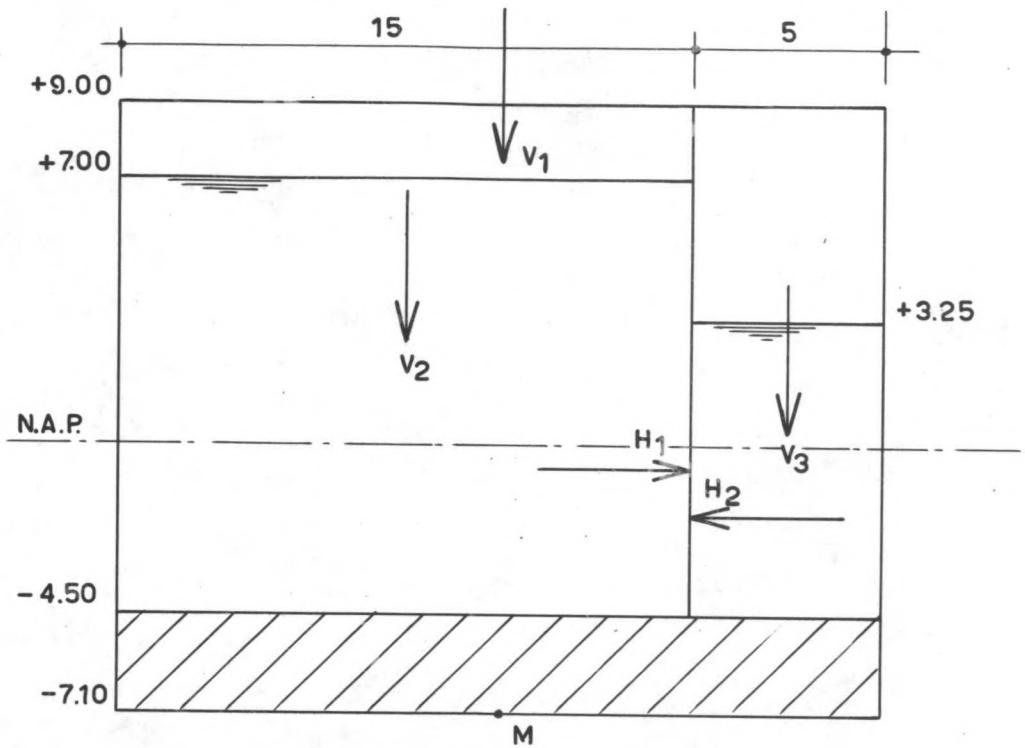
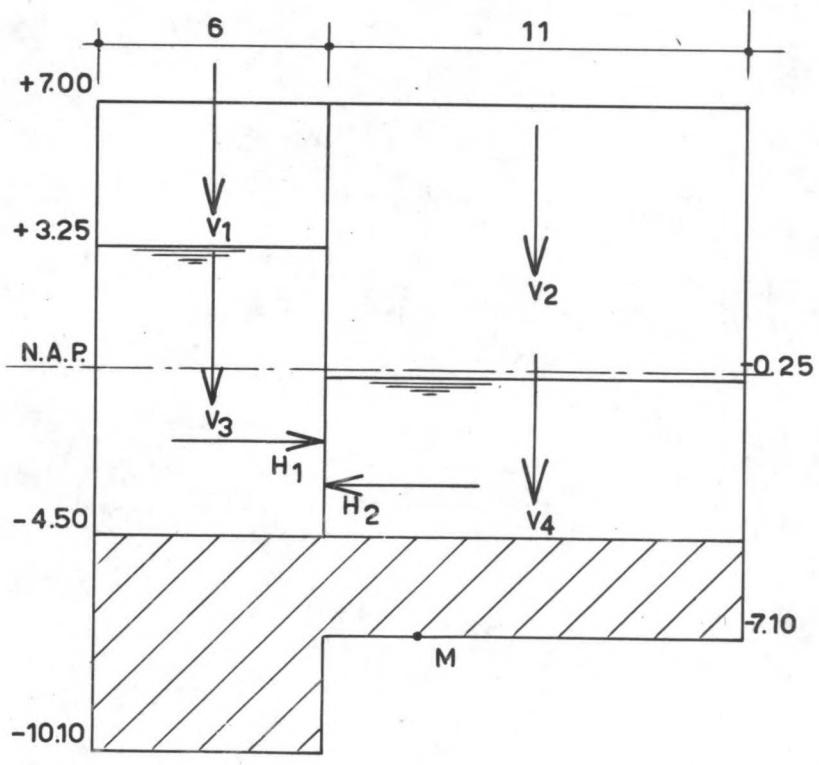


FIG. 15: SCHEMA BUITENHOOFD ZOUTWATERZIJDE



MATEN IN M

FIG. 16: SCHEMA BUITENHOOFD ZOETWATERZIJDE

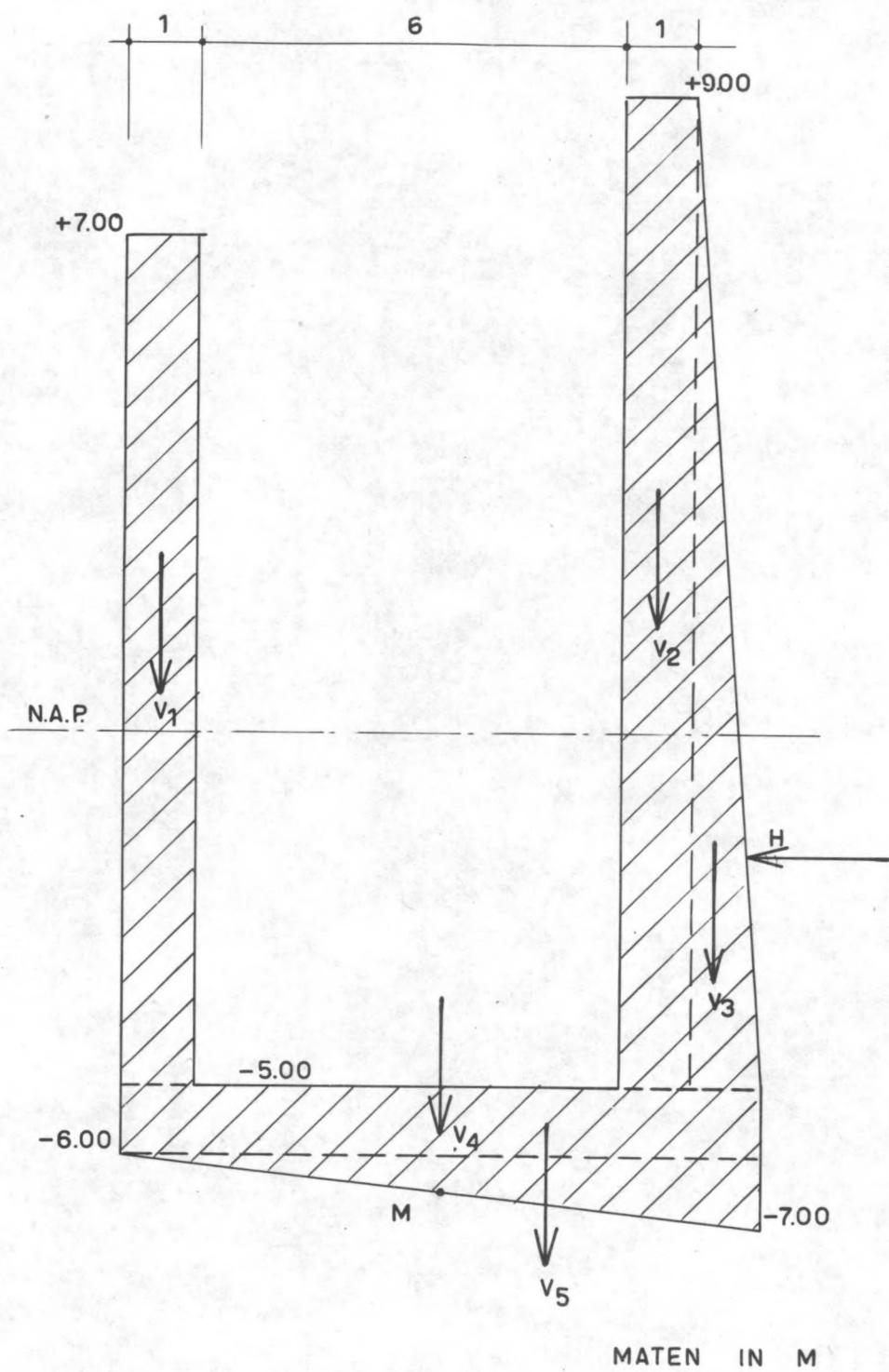



FIG. 17 : SCHEMA DEURKAS MIDDENHOOFD





TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT	AFD. WEG- EN WATERBOUKUNDE
HOOFDONWERP	CONSTRUCTIE WATERBOUKUNDE
CONSTRUCTIE VOOR EEN ZOUT-ZOET-SLUIS IN DE OOSTERSCHELDE	LOGISCH MODEL
GETEKEND: 7-10-1972	DATUM: 17-2-1972
SCHAAL:	

P.F.B.

SCHEPEN VAN EENE PEIL
OVERBRENGEN NAAR ANDERE
PEIL

FASE 1 →

ALLEEN SCHIP
OVERBRENGEN

SCHIP MET WATER
OVERBRENGEN

FASE 2 →

EIGEN GEWICHT BOVEN
OPGENOMEN

EIGEN GEWICHT ONDER
OPGENOMEN

BEGRENZING VAN HET
WATER BEVEEGT

BEGRENZING VAN HET
WATER STAAT STIL

FASE 3 →

GELUKMATIC
VERDEELED
V.N.

OP DISCRETE
PUNTEN

GELUKMATIC
VERDEELED

OP DISCRETE
PUNTEN

ALLEEN
VERTICAAL

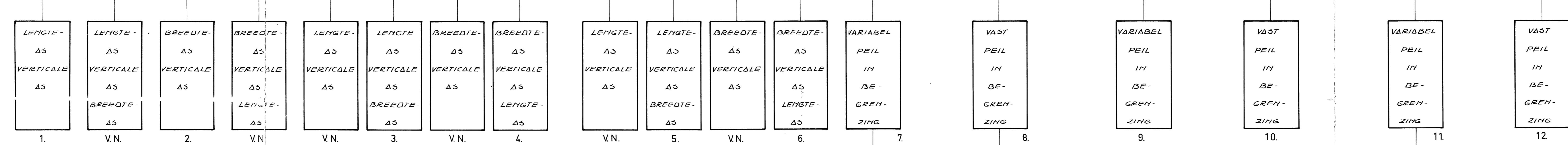
VERTICAAL EN
HORIZONTAAL

FASE 4 →

TRANSLATIE IN RICHTING VAN DE:

IDEM :

ROTATIE OM DE:



7.A. LUCHT ROND BAK

WATER ROND BAK

LUCHT ROND BAK

WATER ROND BAK

KOLK OMGEVEN DOOR LUCHT

KOLK OMGEVEN DOOR VAST MATERIAAL

KOLK OMGEVEN DOOR WATER

FASE 5

7.B. ZOET
7.C. ZOET
7.B.1. DROOGZETTEN
7.C.1. DROOGZETTEN
7.B.2. UITWIJSELLEN
7.C.2. UITWIJSELLEN

11.B.1. NORMAAL NIVELLEREN
11.B.2. DROOG-ZETTEN
11.B.3. UITWIJSELLEN
11.C.1.a. NORMAAL NIVELLEREN
11.C.1.b. DROOG-ZETTEN
11.C.2.a. NORMAAL NIVELLEREN
11.C.2.b. DROOG-ZETTEN
11.C.2.c. UITWIJSELLEN

11.B.1.a. AFZUIGEN ZOUT-TONG
11.B.1.b. BRAKKE KOLK
11.B.2.a. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.B.2.b. D.M.V. POMPEN + ZV. KRACHT
11.B.3.a. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.B.3.b. D.M.V. POMPEN ZV. KRACHT
11.C.1.b.1. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.C.1.b.2. D.M.V. POMPEN ZV. KRACHT
11.C.1.c.1. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.C.1.c.2. D.M.V. POMPEN ZV. KRACHT
11.C.2.b.1. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.C.2.b.2. D.M.V. POMPEN ZV. KRACHT
11.C.2.c.1. D.M.V. ZWAARTE-KRACHT
11.C.2.c.2. D.M.V. POMPEN ZV. KRACHT

V.N. BETEKENT: VOLDOET NIET

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT	
AFD. WEG- EN WATERBOUWKUNDE	
HOOFDONTWERP	CONSTRUCTIE WATERBOUWKUNDE
CONSTRUCTIE VOOR EEN ZOUT-ZOET-SLUIS IN DE OOSTERSCHELDE	ONTWERPBOOM
GETEKEND: <i>H. J. G. Bongers</i> DATUM: 14-2-1975 SCHAAL:	BULAGE 2

	ALTERNATIEF NR.	KORTE OMSCHRIJVING VAN HET ALTERNATIEF	HONORERING VAN DE EISEN																		
			GESCHIKT VOOR JACHTEN		GESCHIKT VOOR BEROEPSVAARTUIGEN		CAPACITEIT VAN §61 KUNSTWERK VOLDOENDE		ZOUTWATERBEZWAAR		ZOETWATERBEZWAAR		GEBRUIKSCOMFORT		GEBRUIKSVEILIGHEID		STICHTINGSKOSTEN *)		EXPLOATATIE EN ONDERHOUD		ARBEIDSVERBRUIK
D R O O G T R A N S P O R T	1.	Schip hangend, in lengterichting over dam	j	n	n	10	10	7	4	6	6	7	50								
	2.A.	Idem, in dwarsrichting	j	n	n	10	10	7	4	6	6	7	50								
	2.B.	Idem, maar met gestreken mast	j	n	n	10	10	3	4	6	6	7	50								
	3.	Schip op luchtkussen in lengterichting over dam	j	n	n	10	10	5	6	6	6	7	52								
	4.	Idem in dwarsrichting	j	n	n	10	10	5	6	4	6	7	50								
	5.A.	Schip, in lengterichting op luchtkussen verplaatst, volgt damoppervlak	j	n	n	10	10	4	6	6	6	7	49								
	5.B.	Idem op wielstellen	j	n	n	10	10	4	6	7	6	7	50								
	5.C.	Idem op amfibievoertuig	j	n	n	10	10	4	6	6	6	7	49								
	6.A.	5.A. in dwarsrichting	j	n	n	10	10	4	6	4	6	7	47								
	6.B.	5.B. in dwarsrichting	j	n	n	10	10	4	6	5	6	7	48								
	6.C.	5.C. in dwarsrichting	j	n	n	10	10	4	6	4	6	7	47								
N A T T R A N S P O R T	7.B.1.	Bak drooggezet door heffen; zout water rond bak	j	j	j	10	10	10	9	7	9	8	63								
	7.B.2.	Uitwisselen; zout water rond bak	j	j	j	8	8	10	9	9	9	8	61								
	7.C.1.	Bak drooggezet door heffen; zoet water rond bak	j	j	j	10	10	10	9	7	9	8	63								
	7.C.2.	Uitwisselen; zoet water rond bak	j	j	j	8	8	10	9	9	9	8	62								
	8.A.	Vast brak peil in bak; lucht rond bak	j	j	j	5	5	8	9	9	9	9	55								
	8.B.	Idem; zout water rond bak	j	j	j	5	5	8	9	9	9	9	55								
	8.C.	Idem; zoet water rond bak	j	j	j	5	5	8	9	9	9	9	55								
	11.B.1.a.	Afzuigen uittredende zouttong	j	j	j	10	1	10	8	9	9	9	57								
	11.B.1.b.	Brakke bak met uitwisselbekken	j	j	j	5	5	8	10	9	9	9	56								
	11.B.2.a.	Droogzetten met apart zout en zoet bekken	j	j	j	10	10	10	10	8	9	9	60								
	11.B.2.b.	Droogzetten d.m.v. pompen	j	j	j	10	10	10	10	7	10	6	63								
	11.B.3.a.	Uitwisselen m.b.v. extra bekkens	j	j	j	8	8	10	10	8	9	10	63								
	11.B.3.b.	Uitwisselen met pomp	j	j	j	8	8	10	10	9	10	8	63								
	11.C.1.b.1.	Zie 11.B.2.a.; zout water stroomt wat makkelijker toe	j	j	j	10	10	10	10	8	9	9	60								
	11.C.1.b.2.	Zie 11.B.2.b.; idem	j	j	j	10	10	10	10	7	10	6	63								
	11.C.1.c.1.	Zie 11.B.3.a.; idem	j	j	j	8	8	10	10	8	9	10	63								
	11.C.1.c.2.	Zie 11.B.3.b.; idem	j	j	j	8	8	10	10	9	10	8	63								
	11.C.2.a.	Zie 11.B.1.b.; zoet water stroomt wat makkelijker toe	j	j	j	5	5	8	10	10	9	10	57								
	11.C.2.b.1.	Zie 11.C.1.b.1.; idem	j	j	j	10	10	10	10	9	9	9	61								
	11.C.2.b.2.	Zie 11.B.2.b.; idem	j	j	j	10	10	10	10	7	10	6	63								
	11.C.2.c.1.	Zie 11.B.3.a.; idem	j	j	j	8	8	10	10	9	9	10	64								
	11.C.2.c.2.	Zie 11.B.3.b.; idem	j	j	j	8	8	10	10	10	10	8	64								

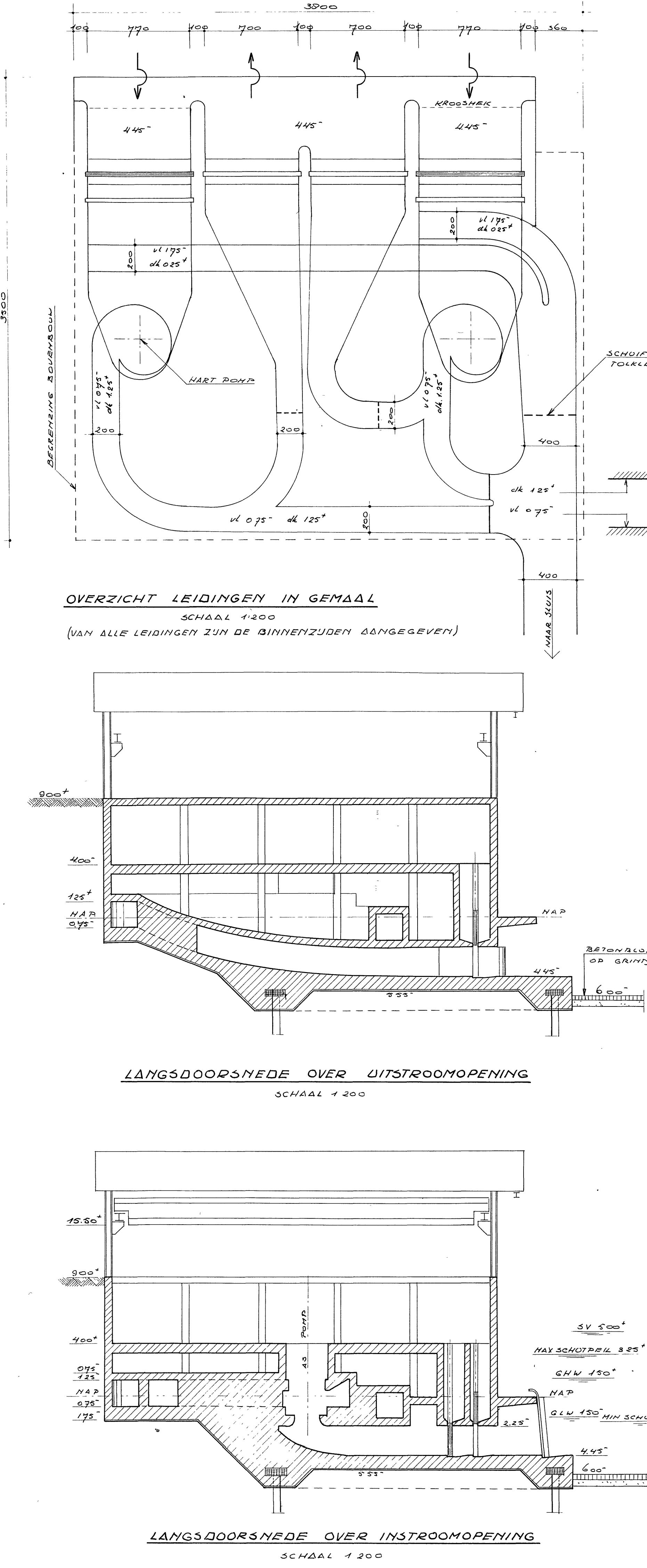
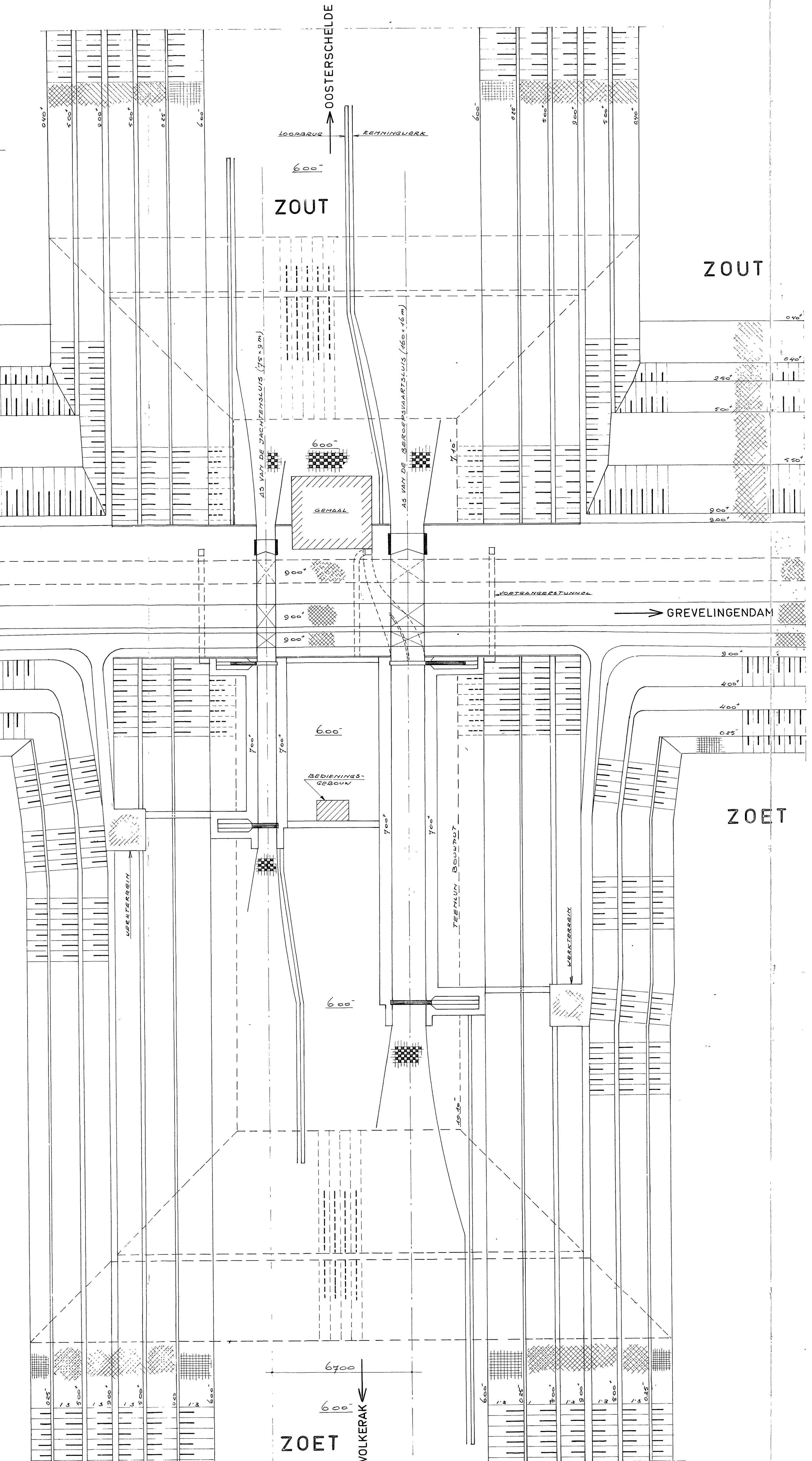
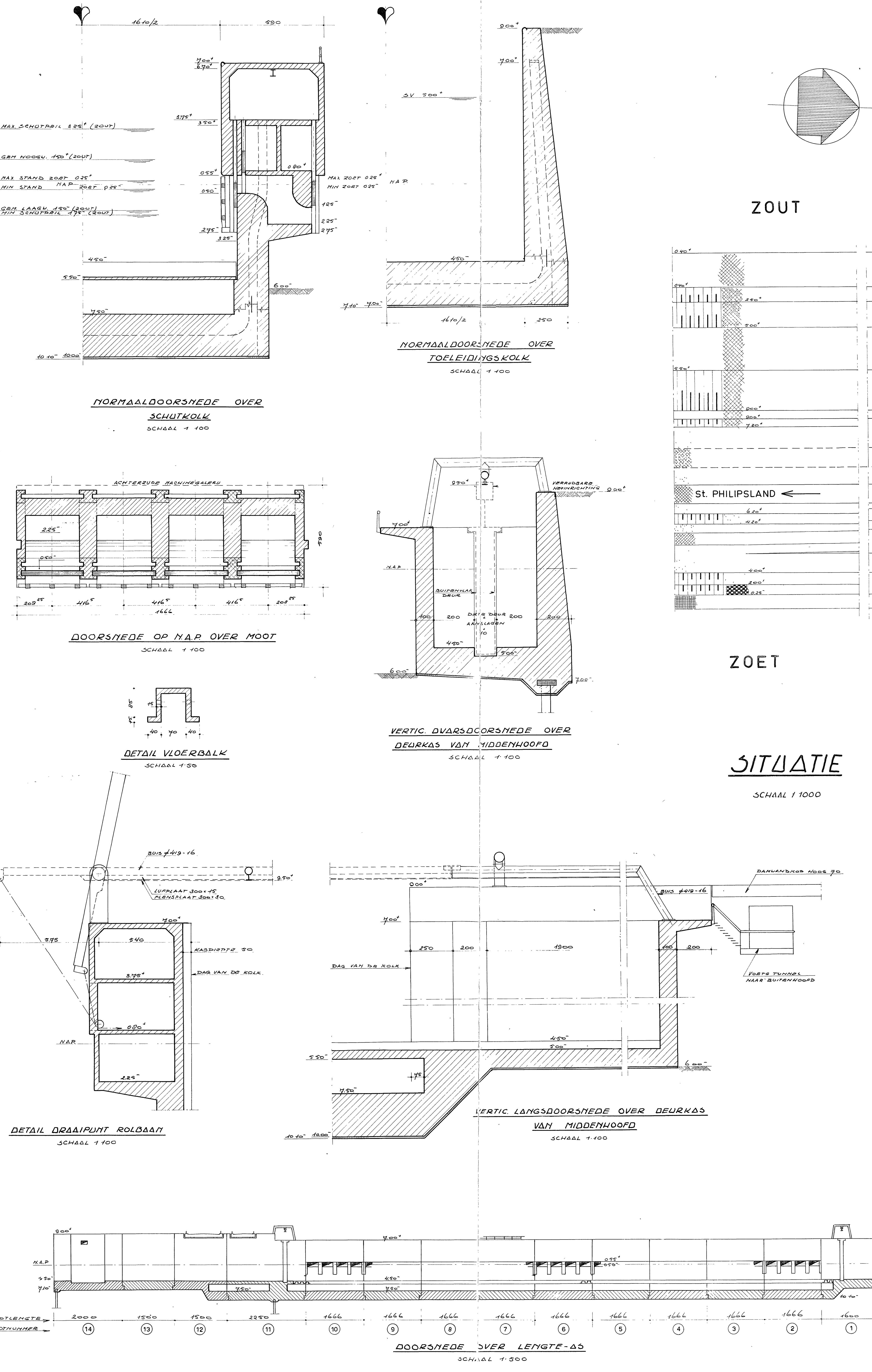
TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
AFD. WEG- EN WATERBOUWKUNDE
HOOFDONTWERP CONSTRUCTIE WATERBOUWKUNDE
CONSTRUCTIE VOOR EEN ZOUT-ZOET-SLUIS IN DE OOSTERSCHELDE
MOGELUKHEDEN MET HONORERING
GETEKEND. <i>H. Alberda</i>
DATUM: 20-1-1975
SCHAAL:
BULAGE 3

*) Met inbegrip van de kunstwerken t.b.v. het landverkeer

en de invloed op de damprijs

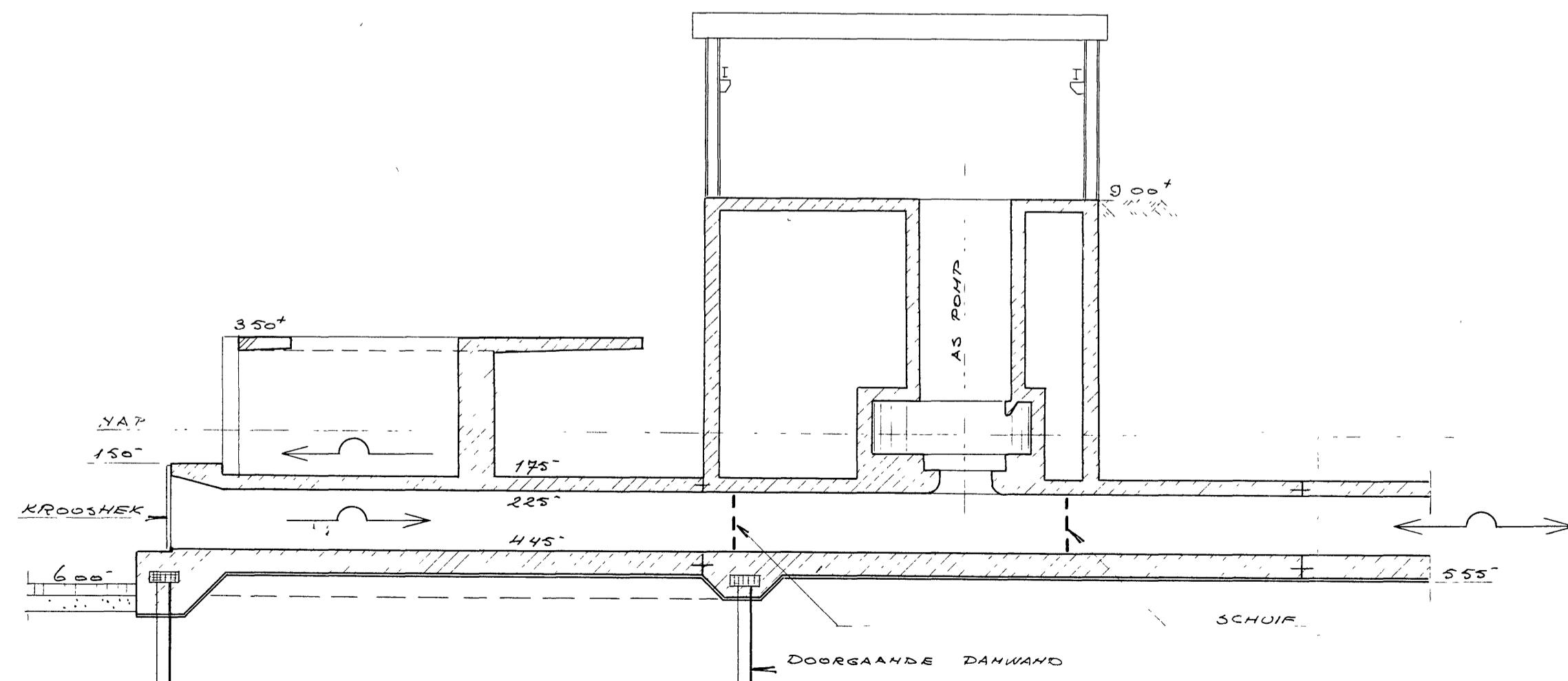
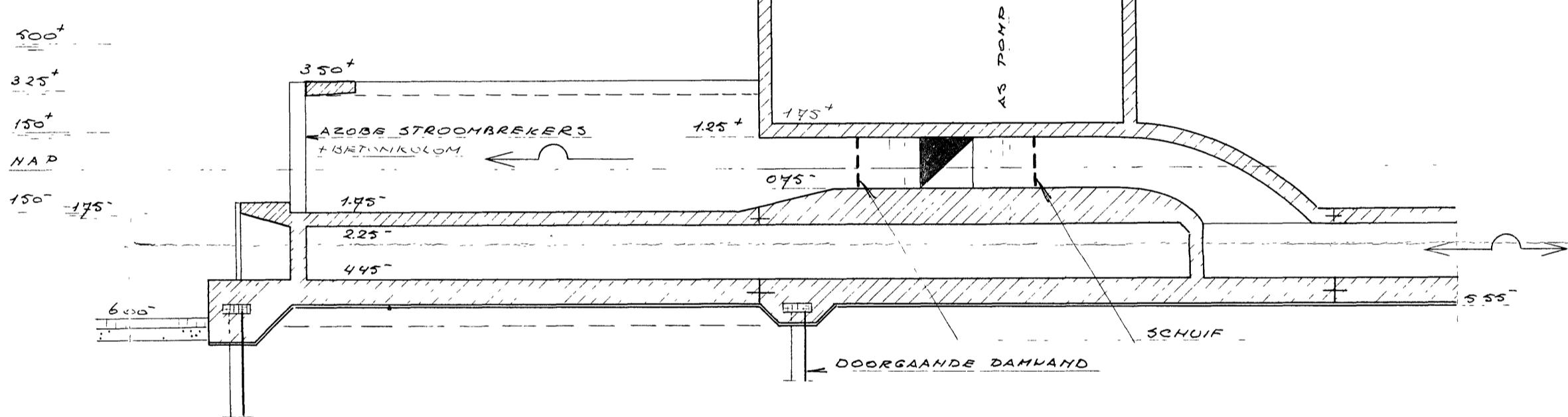
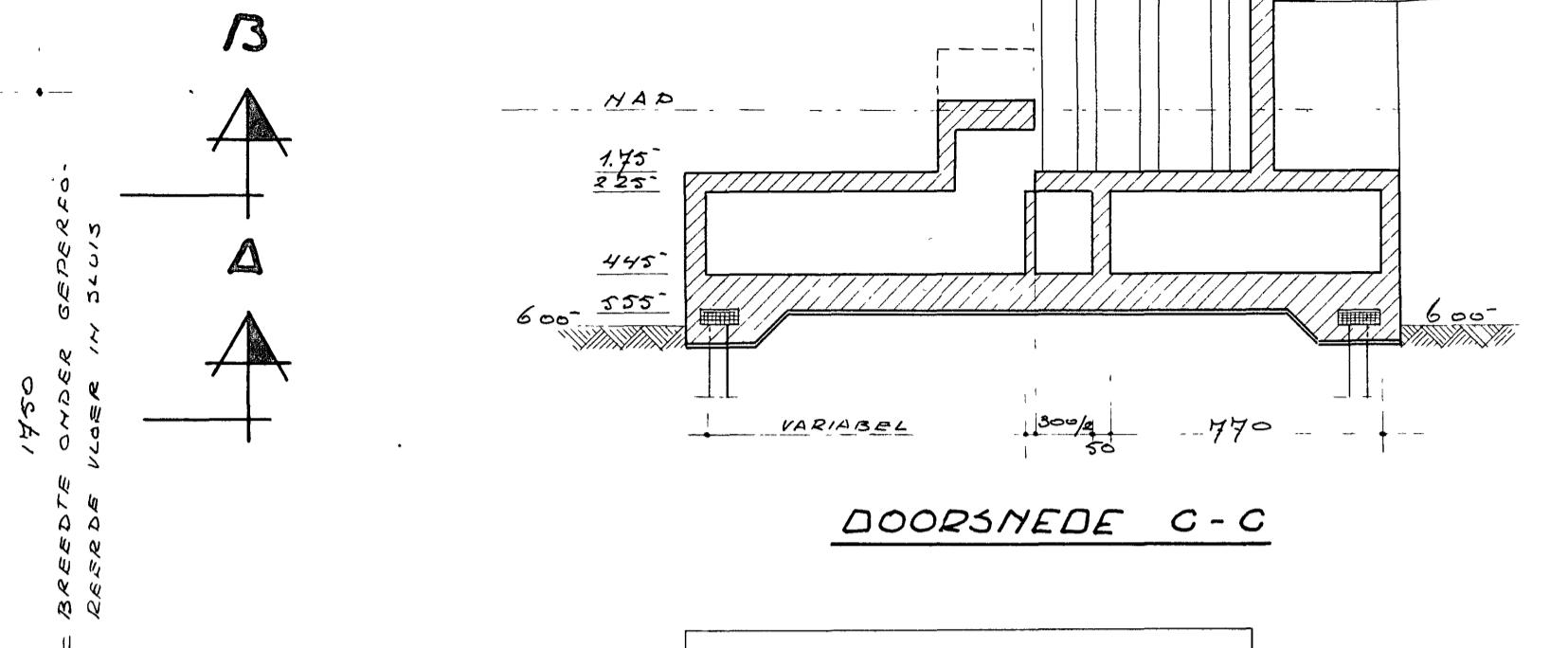
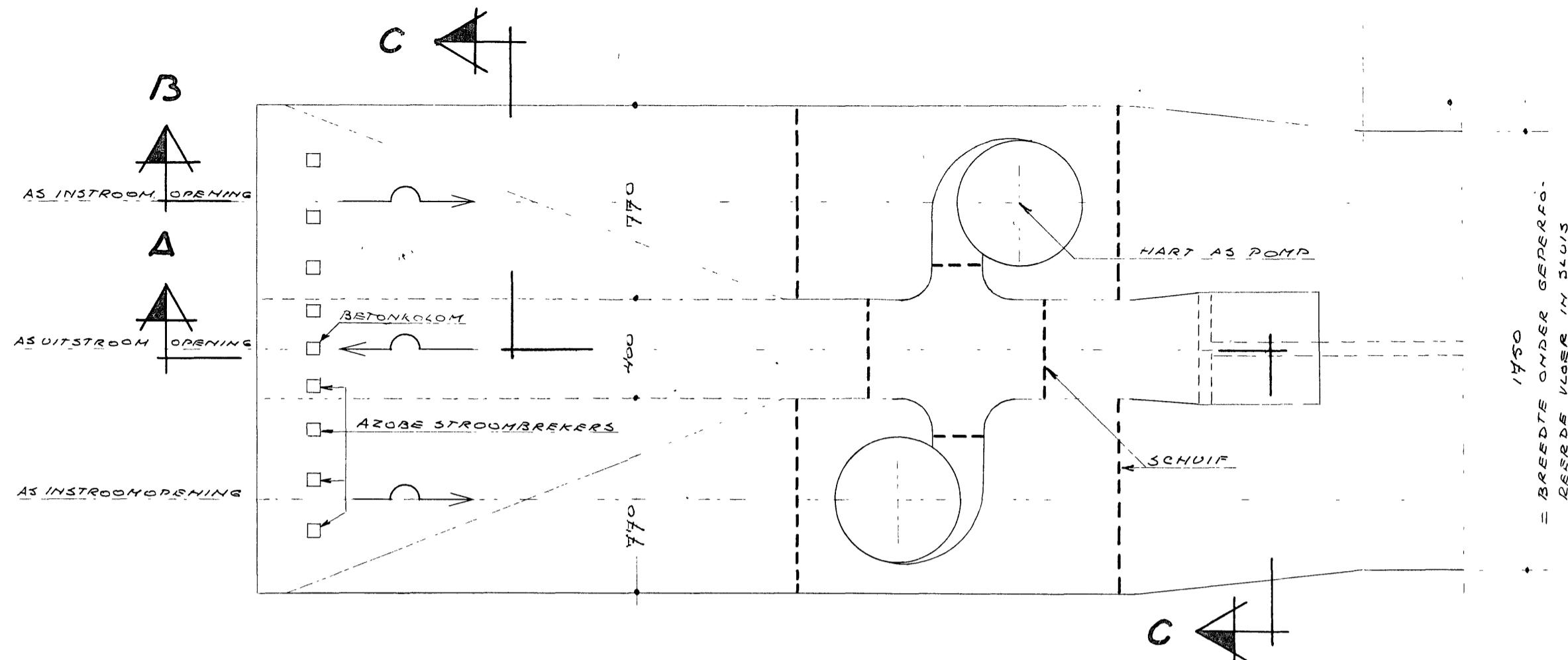
j = ja

n = nee



OR VARIANT GEMAAL ZIE BULAGE 5

TECHNISCHE	HOGESCHOOL	DELFT
AFD. WEG- EN WATERBOUWKUNDE		
DOOFDONTWERP	CONSTRUCTIEVE	WATERBOUWKUNDE
CONSTRUCTIE VOOR EEN KOUT-ZOET-SLUIS IN DE OOSTERSCHELDE	SITUATIE EN CONSTRUCTIEDETAILS	
TEKEND: <i>H. Faber</i>		
TUM: 24-2-1975		
HAAL: 1 : 1000-500-200-100-50		
BULAGE		4



VOOR SITUATIE EN VERKLARING ZIE BULAGE 4

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT	AFD. WEG - EN WATERBOUWKUNDE	HOOFDONTWERP CONSTRUCTIEVE WATERBOUWKUNDE
CONSTRUCTIE VOOR EEN ZOUT-ZOET-SLUIS IN DE OOSTERSCHELDE		VARIANT GEMAAL
GETEKEND: <i>[Signature]</i>		BULAGE 5
DATUM: 8-3-1977		
SCHAAL: 1: 200		

