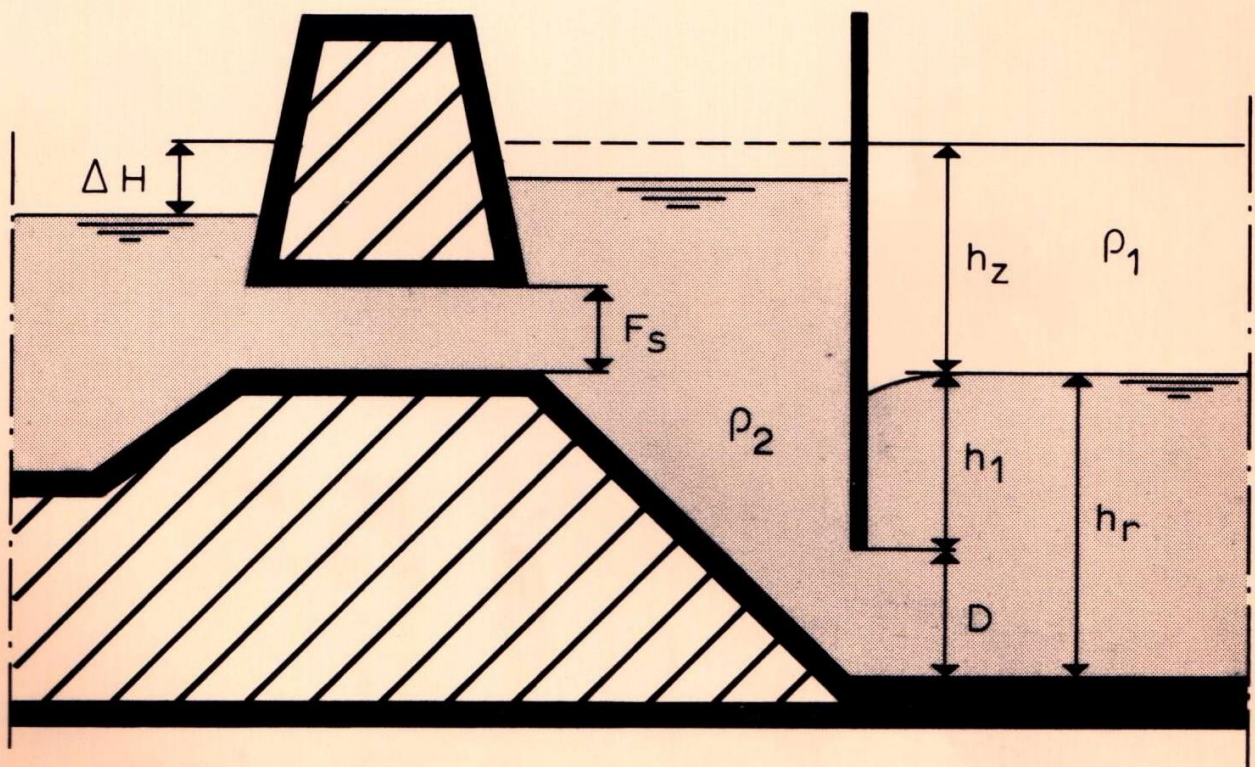


DE STATIONAIRE WATERDRUKKEN OP EEN DICHTHEIDSSCHERM BIJ SLUIS NOORDLAND IN DE OOSTERSCHELDEDAM



VRAAG GESTELD DOOR:

VAN:

TE:

MONDELING AAN:

TELEFONISCH

BU SCHRUVEN N^o:

VRAAG: Bepaling van de grootte van de stationaire waterdrukken op een dichtheidsscherm bij de sluis in de Oosterscheldedam.

REDEN: Het ontwerpen van alternatieve constructies van een dichtheidsscherm.

BULAGEN: A1 73.1654
.1655
.1656

GEZ. EN ACC.

AANGEBODEN BU SCHR. N^o:

ME~~T~~
ZONDER OPMERKINGEN VAN HET HOOFD VAN DE
WATERLOOPKUNDIGE AFDELING

ANTWOORD: Inleiding.

Om de ontziltingsduur van het Zeeuwse Meer te verkorten wordt o.a. gedacht aan een dichtheidsscherm. Dit scherm dat voor de sluis wordt aangebracht en een opening bij de bodem heeft, biedt de mogelijkheid selectief zouter water te onttrekken.

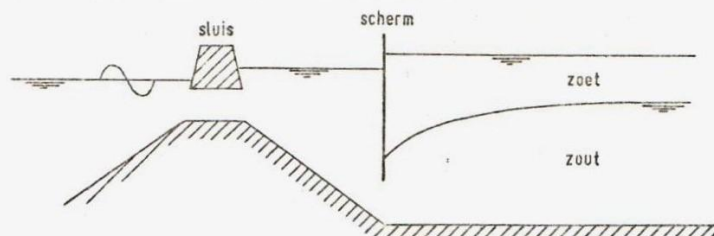


fig. 1.

Vaste constructies, waarbij planken tussen te heien palen aangebracht worden, zijn zeer kostbaar. Om deze reden wordt gekeken naar andere mogelijkheden zoals nylondoek dat bovenaan bevestigd is aan b.v. pontons en op de bodem afgetuid wordt aan betonblokken of andere verankeringspunten. Voor het ontwerpen van een dergelijke constructie moeten de belastingen die onder diverse omstandigheden voorkomen, bekend zijn. In deze nota worden alleen de statische belastingen benaderd. Voor de bepaling van de dynamische belastingen, zoals trillingen in de constructie opgewekt door het loslaten van wervels t.g.v. het onder het scherm doorstromende water, drukfluctuaties t.g.v. golven en golfklappen, die mede bepaald worden door de constructie, is men aangewezen op modelonderzoek.

I. De benodigde gegevens.

Het peil van het Zeeuwse Meer zal ongeveer NAP zijn, T.g.v. wind kunnen lagere en hogere waterstanden bij het scherm verwacht worden. De

meest ongunstige windrichting is O.Z.O. Bij deze windrichting kan onder invloed van een stationair windveld met een windsnelheid van 23 m/sec. een opwaaiing van 0,40 m ontstaan (bijlage 1).

Het gemiddeld laag-water aan de zeezijde zal ca. NAP-1,30 m bedragen. Met een frequentie van 10^{-1} per jaar mag men een laagwater verwachten van NAP-2,57 m. Voor een frequentie van $5 \cdot 10^{-2}$ per jaar is dit NAP-2,67 m en voor $2 \cdot 10^{-2}$ per jaar NAP-2,90 m (zie bijlage 2).

Het huidige sluisontwerp heeft een keeldoorsnede van 162 m² en een afvoercoëfficiënt van 1,41. (μF sluis = 228 m²). Het scherm zal moeten reiken tot NAP-30 m, terwijl de bodemligging daar ter plaatse NAP-36 m zal zijn. De breedte van het scherm wordt in deze nota gevarieerd t.w.: 175 m, 150 m, 125 m. De afvoercoëfficiënt van het dichtheidsscherm hangt o.a. af van de dikte van de zoete en zoute waterlaag. Een richtlijn voor deze coëfficiënt wordt gegeven in (bijlage 3).

De dichtheid van het zoete water (ρ_1) wordt gesteld op 1000 kg/m³. Voor de dichtheid van het zeewater wordt uitgegaan van een chloridegehalte van 18.000 mg cl¹/litr en een temperatuur van 10° C. De dichtheid van het zeewater (ρ_2) is dan 1024,4 kg/m³ en $\epsilon = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = 0,024$. Verder wordt de stromingssituatie door een tweelagen systeem benaderd.

II. Optredende drukken bij gesloten sluis.

Indien er geen wind is zal bij een Zeeuwse Meerpeil van NAP de maximale druk optreden als de zoetwaterlaag reikt tot de onderkant van het scherm.

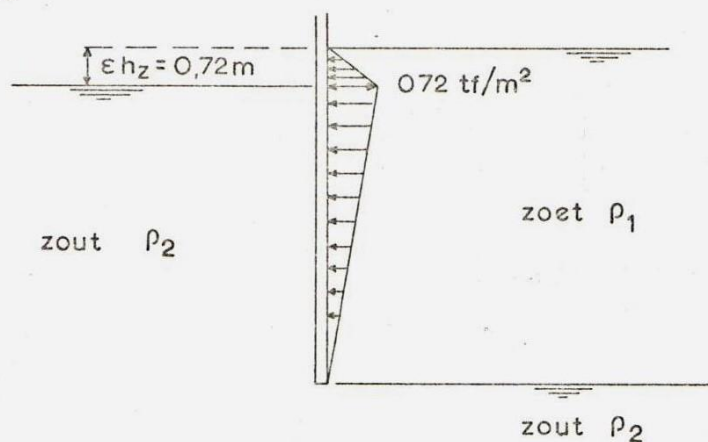


fig. 2.

Het verval over het scherm is $\epsilon \cdot h_2 = 0,024 \cdot 30 = 0,72$ m.

De maximale druk wordt gevonden t.p.v. het zoutwaterniveau aan de sluiszijde en bedraagt 0,72 tf /m².

Om een indruk te geven van de windinvloed is een zelden voorkomend windveld genomen, waarbij de opwaaiing tegen het scherm 0,40 m bedraagt (zie hfdst. I). Het grootst mogelijke verval over het scherm is dan $\epsilon \cdot h_z = 0,024 \cdot 30,4 = 0,73$ m, terwijl de maximale druk dan $0,73 \text{ tf/m}^2$ is.

N.B. Als gebruik gemaakt wordt van een drijvende constructie, waaraan het nylondoek is bevestigd dan moet de drijvende constructie bepaald dieper steken dan 0,75 m. Dit heeft als consequentie voor het nylondoek dat de daarop te verwachten drukken kleiner zijn dan $0,73 \text{ tf/m}^2$.

III. Optredende drukken bij geopende sluis en schermbreedte van 175 m.

III - 1. Indien de effectieve doorsnede (μF) van de sluis 228 m^2 is en de schermbreedte 175 m.

III - 1-1. Een zoetwaterlaag van 5 m.

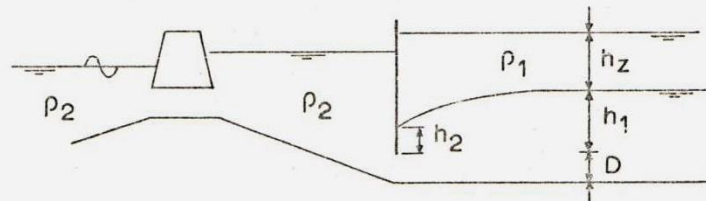


fig. 3.

Het verband tussen het totale verval over de sluis en het scherm (Δh) en de afvoer wordt gegeven door:

$$\Delta h - \epsilon h_z = \frac{1}{2g} Q^2 \left\{ \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2} + \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2} \right\} = \frac{Q^2}{2g} \cdot \frac{1}{(\mu F)_v^2}$$

$\Delta h - \epsilon h_z$ is ook te schrijven als $\Delta h_{sluis} + \Delta h_{scherm}$

hierin is $\Delta h_{sluis} = \frac{1}{2g} Q^2 \cdot \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2}$ en

$$\Delta h_{scherm} = \frac{1}{2g} Q^2 \cdot \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2}$$

Het bij gemiddeld getij maximaal voor de stroming ter beschikking staande verval is $\Delta h - \epsilon h_z = 1,30 - 0,024 \cdot 5 = 1,18$ m.

Uit bijlage 2 volgt dat $\mu_{scherm} = 0,62$ bij $\frac{D}{D+h_1} = \frac{6}{6+25} = 0,194$

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = \left\{ \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2} + \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2} \right\} = \left\{ \frac{1}{228^2} + \frac{1}{(0,62 \cdot 1050)^2} \right\} = (19,6 + 2,36) \cdot 10^{-6} = 21,56 \cdot 10^{-6}$$

dan is $\Delta h_{scherm} = \frac{2,36}{21,56} \times 1,18 = 0,13$ m

Het totale verval over het scherm is: $\Delta h_{scherm} + \epsilon h_z = 0,25$ m.

Uit dit verval volgt een maximum druk van $0,25 \text{ tf/m}^2$.

III - 1-2. Een zoet waterlaag van 15 m.

Hieruit volgt: $\Delta h - \epsilon h_z = 1,30 - 0,024 \cdot 15 = 0,94$ m.

$$\frac{D}{D+h_1} = \frac{6}{6+15} = 0,286 \longrightarrow \mu_{\text{scherm}} = 0,63$$

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = \left\{ \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2} + \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2} \right\} = (19,2 + 2,3) 10^{-6} = 21,5 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{dan is } \Delta h_{\text{scherm}} = \frac{2,3}{21,5} \cdot 0,94 = 0,10 \text{ m}$$

het totale verval over het scherm is: $\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_z = 0,46$ m
en de maximum druk $0,46 \text{ tf/m}^2$

III - 1-3. Een zoetwaterlaag van 25 m.

Hieruit volgt: $\Delta h - \epsilon h_z = 1,30 - 0,024 \cdot 25 = 0,70$ m.

$$\frac{D}{D+h_1} = \frac{6}{6+5} = 0,545 \longrightarrow \mu_{\text{scherm}} = 0,695$$

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2} + \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2} = (19,2 + 1,87) \cdot 10^{-6} = 21,07 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{dan is } \Delta h_{\text{scherm}} = \frac{1,87}{21,07} \cdot 0,7 = 0,06 \text{ m.}$$

het totale verval over het scherm is: $\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_z = 0,66$ m.
en de maximum druk $\rho g (\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_z) = 6570 \text{ N/m}^2$ ($0,66 \text{ tf/m}^2$.)

Deze berekening is juist indien nog altijd selectief zout water wordt afgevoerd. De kritieke afvoer t.a.v. het selectief onttrekken wordt beschreven door: $Q_k = 2,4b \sqrt{eg} \left(\frac{1}{3} h_1 + \frac{D}{3\sqrt{2}} \right)^{3/2}$ voor $h_1 \geq \frac{D}{2\sqrt{2}}$

$$= 2,4 \cdot 175 \sqrt{0,024 \cdot 9,8} \left(\frac{1}{3} \cdot 5 + \frac{6}{3\sqrt{2}} \right)^{3/2} = 1100 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

terwijl de afvoer in werkelijkheid is: $Q = (\mu F)_v \sqrt{2g(\Delta h - \epsilon h_z)} = 806 \text{ m}^3/\text{sec}$

III - 1-4. Een zoetwaterlaag van 27 m.

De kritieke afvoer t.a.v. het selectief onttrekken van zout water wordt bij G.L.W. bereikt indien de zoetwaterdiepte ongeveer 27 m is.

In dat geval is $\Delta h - \epsilon h_z = 1,30 - 0,024 \cdot 27 = 0,65$ m.

$$\frac{D}{D+h_1} = \frac{6}{6+3} = 0,67 \longrightarrow \mu_{\text{sch}} = 0,75$$

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = (19,2 + 1,61) 10^{-6} = 20,81 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{dan is } \Delta h \text{ scherm} = \frac{1,61}{20,81} \times 0,65 = 0,05 \text{ m.}$$

het totale verschil over het scherm is: $\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_2 = 0,70 \text{ m.}$
en de maximum druk $0,70 \text{ tf/m}^2$.

De optredende afvoer is dan:

$$Q = (\mu F)_v \sqrt{2g(\Delta h - \epsilon h_2)} = 782 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

De kritieke afvoer t.a.v. het selectief lozen wordt, aangezien $h_1 > \frac{D}{2\sqrt{2}}$ beschreven door

$$Q_k = 2,4b \sqrt{\epsilon g} \left(\frac{1}{3} h_1 + \frac{D}{3\sqrt{2}} \right)^{3/2} = 764 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Wordt de zoetwaterlaag dikker dan 27 m, dan zal tijdens G.L.W. zowel zoet als zout water afgevoerd worden. Er zal dan nauwelijks sprake meer zijn van een verval over het scherm ten gevolge van een verschil in dichtheid van het water aan weerszijden van het scherm en hoewel de afvoercoëfficiënt van het dichtheidsscherm weer afgenomen is, zal toch de maximum druk op het scherm afnemen.

Recapitulerend kan gesteld worden dat de maximaal mogelijke druk op het scherm ongeveer $0,70 \text{ t/m}^2$ zal bedragen bij een schermbreedte van 175 m. en onder gemiddelde getijomstandigheden.

III. - 2. Indien de effectieve doorsnede van de sluis 228 m^2 is en de schermbreedte 150 m.

III. - 2-1. Een zoetwaterlaag van 25 m.

Dan is $\Delta h - \epsilon h_2 = 0,70 \text{ m.}$ en μ -scherm = 0,695 (zie 1-3).

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = \left\{ \frac{1}{(\mu F)_{sl}^2} + \frac{1}{(\mu F)_{sch}^2} \right\} = (19,2 + 2,55) 10^{-6} = 21,75 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta h_{\text{scherm}} = \frac{2,55}{21,75} \times 0,7 = 0,08 \text{ m.}$$

het totale verval over het scherm is $\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_2 = 0,68 \text{ m.}$
en de maximumdruk $0,68 \text{ tf/m}^2$.

2-2. Een zoetwaterlaag van 26 m.

Bij deze zoetwaterdiepte komt de kritieke afvoer t.a.v. het selectief lozen ongeveer overeen met de optredende afvoer bij G.L.W.

In dit geval is $\Delta h - \epsilon h_2 = 0,68 \text{ m}$ en μ -scherm = 0,72

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = (19,2 + 2,38) 10^{-6} = 21,58 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{en is } \Delta h \text{ scherm} = \frac{2,38}{21,58} \times 0,68 = 0,075 \text{ m}$$

$$\text{het totale verval } \Delta h \text{ scherm} + \epsilon h_2 = 0,695 \text{ m.}$$

$$\text{Dit leidt tot een maximum druk van: } 0,70 \text{ tf/m}^2.$$

$$\text{De optredende afvoer is: } Q = (\mu F)_v \sqrt{2g(\Delta h - \epsilon h_2)} = 785 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

aangezien $h_1 > \frac{D}{2\sqrt{2}}$ is, wordt

$$Q_k = 2,4 b \sqrt{Eg} \left(\frac{1}{3} h_1 + \frac{D}{3\sqrt{2}} \right)^{3/2} = 793 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

III. - 3. Indien de effectieve doorsnede van de sluis 228 m^2 is en de schermbreedte 125 m.

III. - 3-1. Een zoetwaterdiepte van 25m.

dan is $\Delta h - \epsilon h_2 = 0,70 \text{ m}$ en $\mu \text{ scherm} = 0,695$ (zie III-1-3.)

$$\frac{1}{(\mu F)_v^2} = (19,2 + 3,47) 10^{-6} = 22,67 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta h \text{ scherm} = \frac{3,47}{22,67} \times 0,7 = 0,11 \text{ m}$$

het totale verval: $\Delta h \text{ scherm} + \epsilon h_2 = 0,11 + 0,60 = 0,71 \text{ m}$
dientengevolge de maximale druk $0,71 \text{ t/m}^2$.

De optredende afvoer bij G.L.W. is: $777 \text{ m}^3/\text{sec.}$ terwijl de kritieke afvoer waarbij nog selectief onttrokken kan worden ca $785 \text{ m}^3/\text{sec.}$ bedraagt.

IV. De maximale drukken bij extreme laagwaterstanden en geopende sluis.

Laagwaterstand met een frequentie van 10^{-1} per jaar.

De laagwaterstand bij deze frequentie zal ca NAP - 2,60 m zijn. Bij een sluis met een μF van 228 m^2 en een schermbreedte van 125 m zal de maximaal optredende afvoer ongeveer met de kritieke afvoer t.a.v. het selectief onttrekken van zout water overeenkomen indien de zoetwaterdiepte $h_2 = 21 \text{ m}$. De effectieve doorsnede van sluis en scherm is dan 207 m^2 .

$$Q_{\text{max}} = (\mu F)_v \cdot \sqrt{2g(\Delta h - \epsilon h_2)} = 1320 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$$\text{terwijl } Q_k = 2,4 b \sqrt{Eg} \left(\frac{1}{3} h_1 + \frac{D}{3\sqrt{2}} \right)^{3/2} = 1350 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Analoog aan de voorafgaande berekeningen wordt becijferd:

$$\Delta h_{\text{scherm}} + \epsilon h_2 = 0,37 + 0,50 = 0,87 \text{ m}$$

en de maximale druk $0,87 \text{ tf/m}^2$.

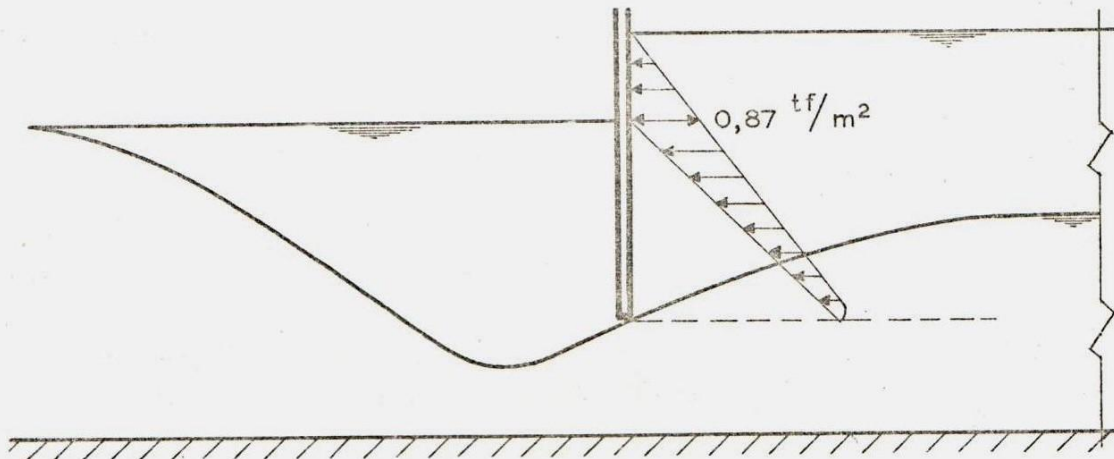


fig. 4

Op dezelfde wijze is berekend voor een frequentie van $5 \cdot 10^{-2}$ per jaar, een maximale druk van $0,89 \text{ tf/m}^2$ en voor een frequentie van $2 \cdot 10^{-2}$ per jaar een maximale druk van $0,93 \text{ tf/m}^2$. De respectievelijke laagwaterstanden daarbij zijn NAP - 2,70 m en NAP - 2,90 m.

V. Samenvatting.

De maximale druk blijkt steeds op te treden t.p.v. het waterniveau aan de sluiszijde van het scherm. De grootste drukken worden gevonden in de eindfase van de ontziltting.

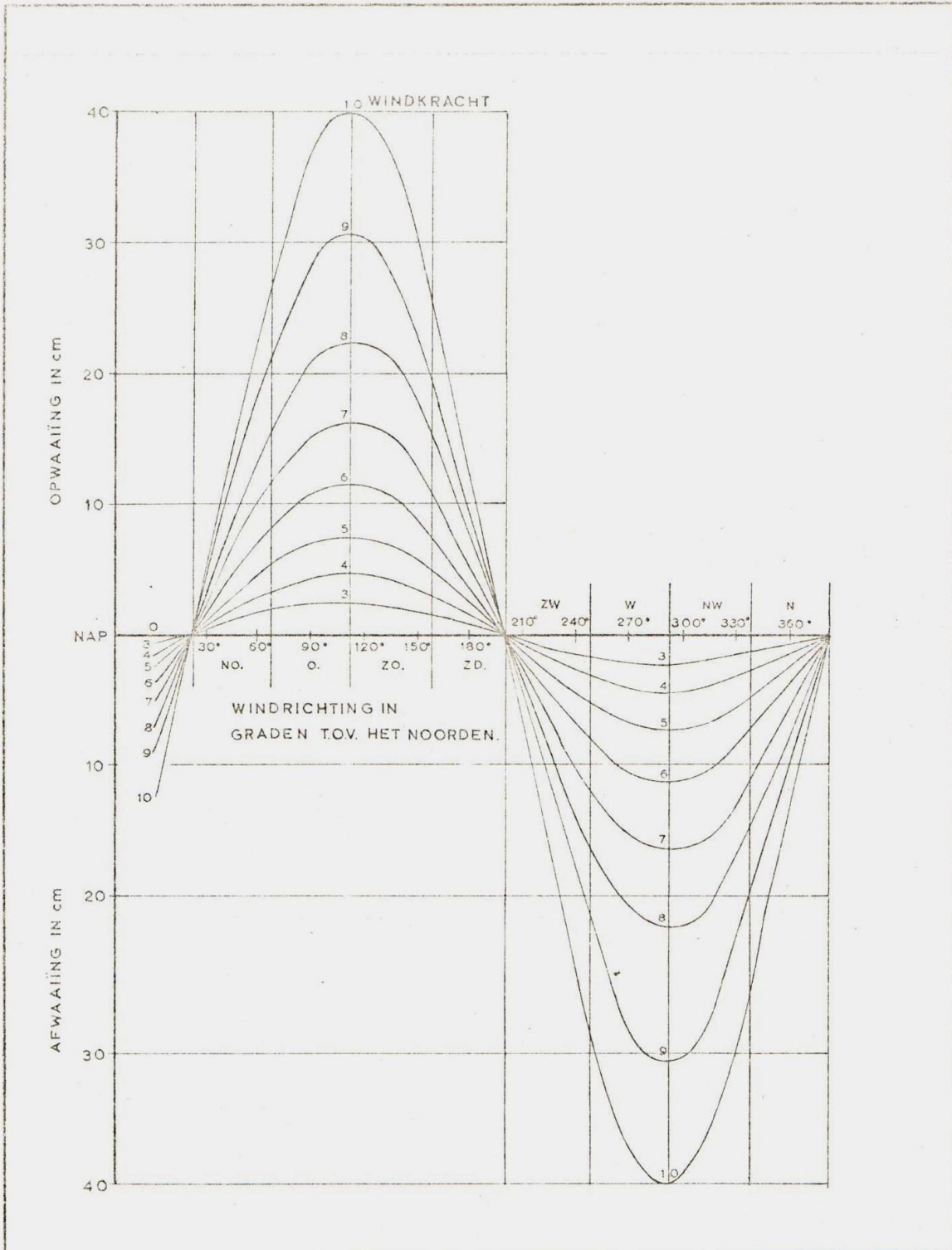
Tabel I.

sluis $\mu F = 228 m^2$	zoetwater laag [m]	scherm- breedte [m]	μF totaal	Q max. optredend $m^3/sec.$	max.verval over scherm [m]	max.druk tf/m^2	Opm.
dicht	30	-	-	-	0,72	0,72	geen wind
"	30,4	-	-	-	0,73	0,73	opwaaiing 0,40 m
open	5	175	215	1030	0,25	0,25	GLW (NAP-1,30)
"	15	"	216	935	0,46	0,46	"
"	25	"	218	806	0,66	0,66	"
"	27	"	219	782	0,70	0,70	"
"	27	"			0,70	0,70	"
"	25	150	214	793	0,68	0,68	"
"	26	"	215	785	0,70	0,70	"
"	25	125	210	777	0,71	0,71	"
"	21	"	207	1320	0,87	0,87	L.W. freq. 10^{-1} p.j.
"	21	"	207	1350	0,89	0,87	L.W. " $5 \cdot 10^{-2}$ p.j.
"	20,5	"	207	1420	0,93	0,93	L.W. " $2 \cdot 10^{-2}$ p.j.

augustus 1973



Ir. W.B.P.M. Lases



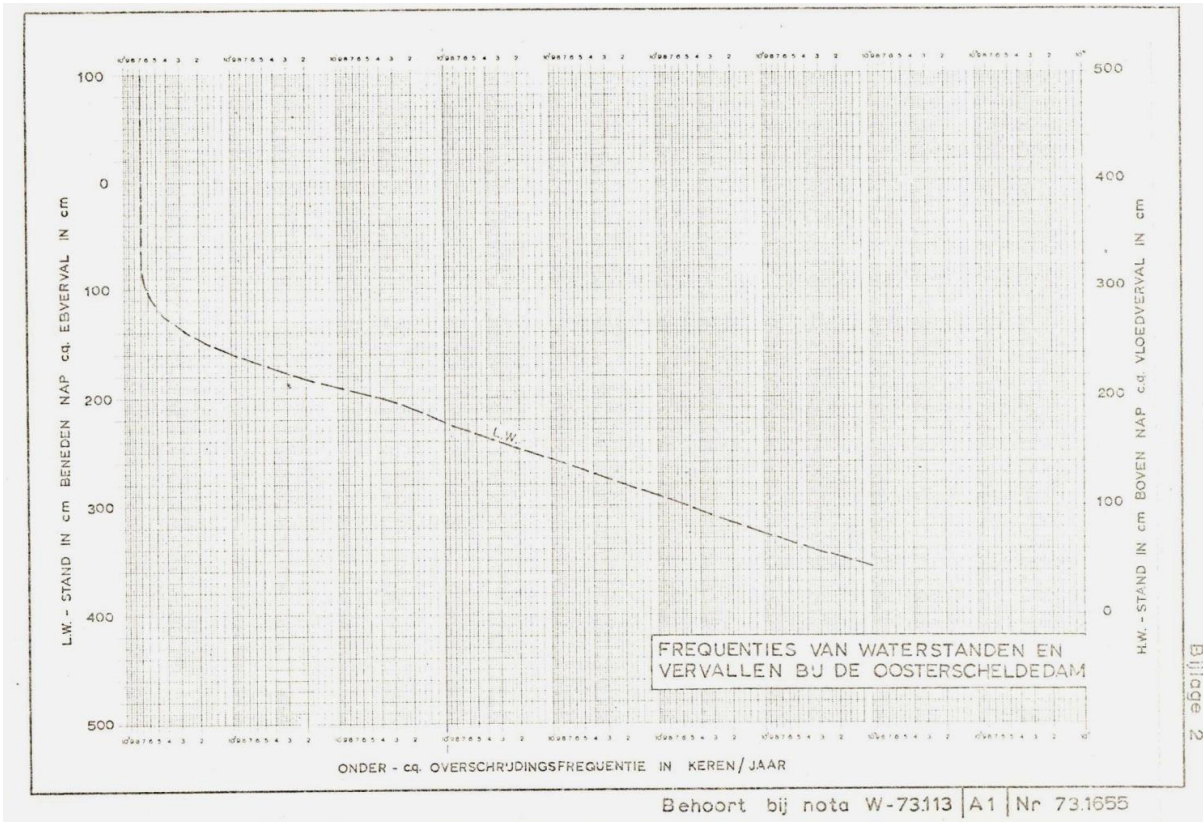
WINDEFFECT ZEEUWSE MEER BIJ DE OOSTERSCHELDEDAM ALS FUNCTIE VAN WINDKRACHT EN RICHTING.

RIJKSWATERSTAAT
DELTADIENST
Waterloopkundige Afdeling

get	gec.	gez.
<i>10/12</i>		

A1 Nr. 73.1654

Bijlage 2



Bijlage 3

