

# **Ontwerp en uitvoering van zinkwerken**

**J.W. van Westen  
1969**

**Rijkswaterstaat**

## INHOUD

Literatuurlijst.

Afkortingen en symbolen.

1. Inleiding.
2. Ontwerpkriteria.
  - 2.0. Algemeen.
  - 2.1. Probleemstelling.
  - 2.2. Zanddichtheid van zinkstukken.
    - 2.2.0. Algemeen.
      - 2.2.1. Zanddichtheid van zinkstukken op een sluitgatdrempel, rapport M 961 van augustus 1968.
      - 2.2.2. Zanddichtheid zinkstukken en gedrag zinkstukken aan de rand van een zinkveld, rapport R 460 - II van oktober 1969.
      - 2.2.3. Keuze van bezinking.
    - 2.3. Steenbestorting.
      - 2.3.1. Hoeveelheid stortsteen per m<sup>2</sup> zinkstuk.
      - 2.3.2. S.g. en stukgrootte van stortsteen.
    - 2.4. Voorzieningen om de steenbestorting de nodige stabiliteit te geven.
      - 2.4.1. Voorzieningen op klassieke stukken.
      - 2.4.2. Voorzieningen op zoolstukken.
    - 2.5. Sterkte van zinkstukken.
      - 2.5.1. Trekkrachten op zinkstukken.
      - 2.5.2. Trekkrachten op een klassiek zinkstuk, op stroom gezonken (cyfer-voorbeeld).
      - 2.5.3. Trekkrachten op een klassiek zinkstuk, gestrekt gezonken (cyfer-voorbeeld).
      - 2.5.4. Trekkrachten op een zoolstuk, gestrekt gezonken (cyfervoorbeeld).
      - 2.5.5. Treksterkte van zinkstukken.
      - 2.5.6. Trekkrachten op wiepen en zool.
      - 2.5.7. Treksterkte van wiepen.
      - 2.5.8. Treksterkte van kunststofweefsels.
3. Bepaling van de stand van en de optredende krachten op een zinkstuk bij het zinken op stroom.
  - 3.1. Definitie.
  - 3.2. Principe van het stroomzinken.
  - 3.3. Krachten op een zinkstuk bij het zinken op stroom.
  - 3.4. Probleemstelling.

- 3.5. Verrichte proeven en metingen.
  - 3.5.0. Overzicht van de verrichte proeven en metingen.
    - 3.5.1. Rapport M 685.
    - 3.5.2. Proefzinken Brouwershavensche Gat.
    - 3.5.3. Waarnemingen tijdens de uitvoering.
  - 3.6. Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk.  
De grootte van de ankerkracht.
  - 3.7. De grootte van de liftkracht.
  - 3.8. Relatie tussen de helling van het zinkstuk en de helling van de stroomdruk.
  - 3.9. Relatie tussen de helling van het zinkstuk, de stroomsnelheid en het opdrijvend vermogen.
  - 3.10. De grootte van het benodigd zinkgewicht.
  - 3.11. De grootte van de sleepcoëfficiënt ( $C_w$ ) en de liftcoëfficiënt ( $C_l$ ).
    - 3.11.1 De  $C_w$ -waarde.
    - 3.11.2 De  $C_l$ -waarde.
  - 3.12. Toelichting op het praktisch gebruik van de bijlagen 6 t/m 12.
    - 3.12.1 Cyfervoorbeeld 1.
    - 3.12.2 Cyfervoorbeeld 2.
4. Bepaling van de stand van en de optredende krachten op een zinkstuk bij het gestrekt zinken.
  - 4.1. Definitie.
  - 4.2. Ontwikkeling van zinken op stroom tot gestrekt zinken.
  - 4.3. Krachten op een zinkstuk bij het gestrekt zinken.
  - 4.4. Probleemstelling.
  - 4.5. Bepaling van de op het zinkstuk werkende krachten als de helling van het zinkstuk alleen een gevolg is van het uitoefenen van een trekkracht op de staart van het zinkstuk.
    - 4.5.0. Algemeen.
      - 4.5.1. Grafische methode.
      - 4.5.2. Analytische methode.
      - 4.5.3. Cyfervoorbeeld.
  - 4.6. Bepaling van de op het zinkstuk werkende krachten als de helling van het zinkstuk een gevolg is van de stroomdruk en van een op de staart van het zinkstuk uitgeoefende trekkracht.
    - 4.6.1. De grootte van de trekkracht.
    - 4.6.2. Berekening en doel van de grafiek voor bepaling van de grootte van de trekkracht.
    - 4.6.3. De grootte van de ankerkracht.
    - 4.6.4. De grootte van het benodigd zinkgewicht.

- 4.6.5. Cyfervoorbeeld, algemeen.
- 4.6.6. Cyfervoorbeeld 1.
- 4.6.7. Cyfervoorbeeld 2.
- 4.7. Voor- en nadelen van het gestrekt zinken t.o.v. het zinken op stroom.

## 5. Uitvoering van zinkwerk in het Brouwershavensche Gat.

- 5.0. Algemeen.
- 5.1. Constructie van de zinkstukken.
  - 5.1.1. Klassieke zinkstukken.
  - 5.1.2. Zinkstukken met een zool van kunststof.
  - 5.1.3. Plaats van vervaardiging.
- 5.2. Zinken van de zinkstukken.
  - 5.2.0. Algemeen.
  - 5.2.1. Gebruikt materieel.
  - 5.2.2. Steenbestorting.
  - 5.2.3. Stroomsnelheden en -richting.
  - 5.2.4. Het zinken op stroom.
  - 5.2.5. Het gestrekt zinken.
  - 5.2.6. Het nabestorten.
- 5.3. Hoeveelheden en prestaties.
  - 5.3.0. Algemeen.
  - 5.3.1. Hoeveelheden en prestaties bij het maken van de stukken (bijlage 22).
  - 5.3.2. Prestaties bij het zinken van de stukken (bijlage 23).

## 6. Kosten van een bodembescherming van zinkstukken.

- 6.0. Algemeen.
- 6.1. Omschrijving van de bodembescherming waarvan de kosten worden berekend.
- 6.2. Benodigde hoeveelheid materiaal.
- 6.3. Benodigd materieel.
- 6.4. Prestaties.
- 6.5. Toelichting op het werkplan.
- 6.6. Toelichting op de raming van kosten.
- 6.7. Werkplan.
- 6.8. Raming van kosten.
  - 6.8.1. Maken van de zinkstukken, aankoop materiaal.
  - 6.8.2. Maken van de zinkstukken, arbeid.
  - 6.8.3. Maken van de zinkstukken, materieel.
  - 6.8.4. Zinken van de zinkstukken, arbeid.

- 6.8.5. Zinken van de zinkstukken, materieel.
- 6.8.6. Steenbestorting, aankoop materiaal.
- 6.8.7. Steenbestorting, overslag uit schip op steenstorter of zolderbak (voorbelaasting).
- 6.8.8. Aanbrengen van de steenbestorting, materieel.
- 6.8.9. Aanbrengen van de steenbestorting, arbeid.
- 6.8.10 Recapitulatie bezinking.
- 6.8.11 Recapitulatie steenbestorting.
- 6.8.12 Totaal.

- bijlage 1 Omstandigheden waarin de bodembescherming in een sluitgat kan verkeren.
- bijlage 2 Zanddichtheid van zinkstukken.
- bijlage 3 Relatie tussen stroomsnelheid en helling zinkstuk.  
Grootte van de ankerkracht.  
(overgenomen uit rapport M 685).
- bijlage 4 Standen en ankerkrachten zinkstuk tijdens zinkproef op 8-3-'67.
- bijlage 5 Standen en ankerkrachten zinkstuk tijdens zinkproef op 14-3-'67.
- bijlage 6 Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk.
- bijlage 7 Grootte van de ankerkracht.
- bijlage 8 Grootte van de verticale component van de stroomdruk (liftkracht).
- bijlage 9 Relatie tussen de helling van het zinkstuk en de helling van de stroomdruk.
- bijlage 10 Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk met gecorrigeerde waarden voor zinkstukken met opdrijvende vermogens van 15 en 45 kg/m<sup>2</sup>.
- bijlage 11 Grootte van het benodigde zinkgewicht onder water en van de liftkracht.
- bijlage 12 Waarden van C<sub>1</sub> en C<sub>w</sub> bij het stroomzinken.
- bijlage 13 Grootte van benodigde trekkracht T om een zinkstuk een helling ( $\gamma$ ) te geven als de helling door alleen stroomdruk ( $\infty$ ) is.
- bijlage 14 Constructie van een klassiek zinkstuk.
- bijlage 15 Constructie van een zinkstuk met een zool van kunststof.
- bijlage 16 Stroomsnelheden en -richting.
- bijlage 17 Stellen van een zinkstuk.
- bijlage 18 Schema van verankering bij het zinken op stroom.
- bijlage 19 Het afstorten van een zinkstuk.
- bijlage 20 Schema van verankering bij het gestrekt zinken van klassieke stukken.

Literatuurlijst.

- Rapport M 685 van het waterloopkundig laboratorium te Delft  
"Het zinken van een zinkstuk op stroom". Deel D,  
september 1965.
- Rapport M 961 van het waterloopkundig laboratorium te Delft  
"Zanddichtheid zinkstukken op sluitgatrempel",  
augustus 1968, met aanvulling van februari 1969.
- Rapport R 460-II van het waterloopkundig laboratorium te Delft  
"Zanddichtheid zinkstukken en gedrag zinkstukken  
aan de rand van een zinkveld", oktober 1969.
- Eindrapport van de Commissie Inventarisatie bodembescherming,  
werkgroep A "Rijshouten Zinkstukken", april 1966,  
met bijlage I "De constructie van zink- en kraagstuk-  
ken".
- Eindverslag van de Commissie Inventarisatie bodembescherming (voor-  
lopig concept) april 1966.
- Rapport no. B-67-4-1404 van T.N.O. "Onderzoek machinaal gevormde  
wiepen", september 1967.

Afkortingen en symbolen.

$R_o$	=	resultante oprijvend vermogen van het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk,	kg.
$S$	=	resultante van de stroomdruk op het zinkstuk,	kg.
$S_h$	=	horizontale component van de stroomdruk,	kg.
$L_k$	=	liftkracht, verticale component van de stroomdruk,	kg.
$G$	=	gewicht van het benodigd zinkgewicht onder water,	kg.
$A$	=	ankerkracht,	kg.
$T$	=	trekkracht die op de staart van het zinkstuk wordt uitgeoefend,	kg.
$O$	=	opwaartse druk die het zinkstuk onder water ondergaat,	kg/m <sup>2</sup> .
$v$	=	gemiddelde stroomsnelheid van het water,	m/sec.
$\rho$	=	dichtheid van het water,	kg( $\frac{sec}{m^2}$ )
$h$	=	waterdiepte,	m.
$z$	=	vertikale projectie van het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk,	m.
$L'$	=	horizontale projectie van het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk,	m.
$L$	=	$\sqrt{z^2 + (L')^2}$ lengte van het zinkstuk onder water,	m.
$b$	=	breedte van het zinkstuk,	m.
$\alpha$	=	helling dat het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk maakt met de horizontaal, t.g.v. de stroomdruk en waarvan de sinus $z/L$ en de tangens $z/L'$ is, centesimale grade.	
$\gamma$	=	helling dat het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk maakt met de horizontaal, t.g.v. de stroomdruk en een op het zinkstuk uitgeoefende trekkracht en waarvan de sinus $z/L$ en de tangens $z/L'$ is, centesimale grade.	
$\beta$	=	helling van de resultante van de stroomdruk met de horizontaal, centesimale grade.	
$C_w$	=	sleefcoëfficiënt.	
$C_l$	=	liftcoëfficiënt.	
$w.c$	=	werkcoëfficiënt = $\frac{\text{bruto werktijd in uren}}{\text{netto werktijd in uren}}$	

- bijlage 21 Schema van verankering bij het gestrekt zinken van zoolstukken.  
bijlage 22 Hoeveelheden en prestaties bij het maken van de zinkstukken.  
bijlage 23 Prestaties en stagnaties bij het zinken en afstorten.





1. Inleiding.

Na de februari-ramp van 1953 is men begonnen met de uitvoering van het Deltaplan. In het kader van dit plan worden in Zuidwest-Nederland grote afsluitdammen aangelegd.

De sluitgaten van deze dammen vergen een uitgebreide bescherming van de bodem tegen uitschuring door stromend water.

Naast andere constructies als gietasfalt en een filteropbouw van grind en steen, wordt een groot gedeelte van de bodembescherming uit zinkstukken gevormd.

Reeds vanaf de aanvang van het Deltaplan is het duidelijk geweest dat voor de uit te voeren werken bestaande werkmethoden verbeterd en nieuwe werkmethoden ontwikkeld zouden moeten worden.

Voor wat de bezinking betreft heeft dit er toe geleid dat zowel het materiaal waaruit de zinkstukken worden samengesteld als de methode van zinken grote veranderingen hebben ondergaan.

Zo worden uit een oogpunt van zanddichtheid naast klassieke materialen als rijshout en riet nu ook kunststofweefsels toegepast voor de vervaardiging van zinkstukken.

De methode van zinken heeft zich ontwikkeld van de klassieke manier van zinken op kentering (met veel mankracht) tot de methoden van stroomzinken en gestrekt zinken (met weinig mankracht).

Deze verhandeling beoogt het geven van informatie over:

- keuze van materiaal voor de vervaardiging van zinkstukken.
- constructie en bestorting van zinkstukken.
- sterkte van zinkstukken.
- krachten die op een zinkstuk werken bij het stroomzinken.
- krachten die op een zinkstuk werken bij het gestrekt zinken.
- benodigde hoeveelheid materiaal voor het vervaardigen van zinkstukken.

- prestaties van arbeiders bij het vervaardigen van zinkstukken.
- ~~prestaties van materieel en arbeiders bij het zinken van stukken.~~
- kosten van een zinkstuk.

2. Ontwerpkriteria.

- 2.0. Een zinkstuk is een rijshouten mat, wel of niet voorzien van een zool van kunststof. Het dient om de bodem tegen uitschuring door stromend water te beschermen en zal om die reden een bepaalde mate van zanddichtheid moeten bezitten.
- Daar een zinkstuk op het water drijft zal men het moeten belasten om het aan de bodem te krijgen en te houden. Hiervoor wordt in den regel stortsteen toegepast. De steenbestorting vergroot tevens de zanddichtheid van het zinkstuk.
- Men dient het zinkstuk dus zo te construeren dat het, eventueel met inbegrip van de steenbestorting een bepaalde mate van zanddichtheid tegen overtrekkende stroom bezit. Tevens zal men voorzieningen moeten treffen om de steenbestorting onder alle omstandigheden de nodige stabiliteit te geven.
- Dit zijn de primaire eisen die voor de constructie van ieder zinkstuk in het bezinkingsveld gelden.
- In welke mate een zinkstuk zanddicht moet zijn is afhankelijk van de stroomaanval en van de plaats die het in de bodembescherming inneemt.
- Ook de benodigde hoeveelheid bestorting, de steenafmetingen en de voorzieningen die getroffen moeten worden om de steenbestorting de nodige stabiliteit te geven zijn niet op iedere plaats in de bodembescherming gelijk.
- De verschillende omstandigheden waarin de bodembescherming in een sluitgat kan verkeren zijn aangegeven op bijlage 1; op dezelfde bijlage worden ook de (hydraulische) eisen genoemd waaraan de bodembescherming moet voldoen. Hierbij is gedacht aan een sluitgat, dat zal worden gedicht, hetzij door middel van (doorlaat) caissons, hetzij door middel van een geleidelijk op te werpen dam van steen of van betonblokken.

De bodembescherming is hierbij dwars op de as van het sluitgat in vijf stroken verdeeld gedacht; de middelste strook onder de caissons of onder de kade bij de geleidelijke sluiting (kolom I en II van de bijlage), de beide buitenste stroken aan de randen van de bodembescherming (kolom IV van de bijlage) en de overige twee stroken tussen de middelste en de buitenste stroken in (kolom III van de bijlage).

Uit kolom IV van de bijlage valt af te lezen dat onder bepaalde omstandigheden een zinkstuk in het bezinkingsveld ook in staat moet zijn trekkrachten op te nemen.

Treden op een zinkstuk in het bezinkingsveld niet onder alle omstandigheden trekkrachten op, bij het slepen en zinken van een zinkstuk worden steeds trekkrachten op het stuk uitgeoefend.

2.1. Gezien het vorenstaande zijn de volgende vragen te stellen:

- Wat is de mate van zanddichtheid van de verschillende constructies van zinkstukken onder de omstandigheden waarin ze in de bodembescherming komen te verkeren?
- Met hoeveel steen moeten de zinkstukken worden bestort en wat moeten het stukgewicht en het s.g. van de stortsteen zijn?
- Welke voorzieningen moeten worden getroffen om de steenbestorting de nodige stabiliteit te geven?
- Hoe groot zijn de trekkrachten die de zinkstukken op moeten nemen?

Getracht zal worden de vragen in het hiernavolgende te beantwoorden.

2.2. Zanddichtheid van zinkstukken.

2.2.0. Zoals hiervoor reeds is opgemerkt moet een zinkstuk een bepaalde mate van zanddichtheid bezitten, die afhankelijk is van de stroomaanval en van de plaats die het in de bodembescherming inneemt. De vraag werd gesteld, hoe groot de zanddichtheid van zinkstukken is.

In het eindverslag van werkgroep A van de Commissie Inventarisatie bodembescherming - een op 13 juli 1963 geïnstalleerde commissie met de opdracht een inventarisatie op te maken van alle bekende methoden van bodembescherming - wordt hierover opgemerkt: "Een rijs-houten zinkstuk afgestort met steen is niet zanddicht". Verder, in dit verslag: "In het algemeen volgen uit de praktijkervaringen, noch wat betreft samenstelling van het stuk, noch wat betreft de steenstorting duidelijke kwalitatieve en kwantitatieve maatstaven voor het ontwerp van een voldoende zanddichte bodembescherming".

Hiermede is de vraag nog niet beantwoord.

Door het waterloopkundig laboratorium te Delft is een onderzoek ingesteld naar de zanddichtheid van zinkstukken.

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in een tweetal rapporten, n.l.:

rapport M 961 van augustus 1968, getiteld: zanddichtheid van zinkstukken op een sluitgatdrempel;

rapport R 460-II van oktober 1969, getiteld: zanddichtheid zinkstukken en gedrag zinkstukken aan de rand van een zinkveld.

Deze rapporten geven een goed inzicht in welke mate de verschillende constructies van zinkstukken zanddicht zijn. De resultaten van beide rapporten worden in het kort weergegeven.

2.2.1. Zanddichtheid van zinkstukken op een sluitgatrempel (rapport M 961 van augustus 1968).

Het onderzoek is uitgevoerd voor het noordelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat dat met behulp van doorlaatcaissons zal worden afgesloten. Ingeval dat de drempelconstructie zal bestaan uit zinkstukken, afgedekt met stortsteen is het belangrijk te weten bij welk kritiek verhang het zand onder het zinkstuk in beweging komt en uittreedt.

Kriterium bij het onderzoek was het verhang onder het geplaatste caisson te bepalen, waarbij juist zand door het geballaste zinkstuk heen wordt getransporteerd.

Behalve de zanddichtheid van een zinkstuk is ook de waterdoorlatendheid van belang. Is een in een zinkstuk verwerkt kunststofweefsel onvoldoend waterdoorlatend, b.v. door geringe maaswijdte van het weefsel waardoor de mazen verstopt kunnen raken met slib, dan ontstaat onder het zinkstuk een wateroverdruk. Het gevaar hiervan is dat ter plaatse van naden in het zinkstuk of bij een overlapping van twee stukken een geconcentreerde afstroming van water plaats vindt, hetgeen blijkens de proeven aanleiding geeft tot plaatselijk grote zandverliezen.

Op bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de verschillende typen zinkstukken die zijn beproefd; het kritiek verhang onder de caisson, waarbij juist zand door het geballaste zinkstuk heen wordt getransporteerd, staat hierbij in procenten aangegeven. Verder wordt op deze bijlage een overzicht gegeven van verschillende kunststofweefsels die in een zinkstuk kunnen worden verwerkt om de zanddichtheid te bevorderen en waarbij het kritiek verhang onder de caissons eveneens in procenten staat aangegeven en tevens een opmerking is geplaatst over de waterdoorlatendheid van de weefsels. Tenslotte komen op de bijlage nog enkele andere materialen voor die eveneens op hun zanddichtheid zijn beproefd

en waarvan de resultaten op dezelfde manier staan aangegeven als bij de kunststofweefsels.

De afzonderlijke absolute waarden van het onderzoek moeten met de nodige reserves worden beoordeeld daar het hier een zuiver kwalitatief twee-dimensionaal onderzoek betreft.

Enkele van de belangrijkste conclusies die het rapport geeft zijn:

- het verhang waarbij een klassiek zinkstuk zijn zanddichtheid begint te verliezen ligt teleurstellend laag, n.l. 4,18 %;
- het toepassen van al dan niet volkomen zanddicht kunststofweefsel, op een plaats in het zinkstuk, die hoger ligt dan de onderkant van het onderroosterwerk, heeft slechts een ontoereikende verhoging van het kritieke verhang ten gevolge, verhangen van 5,2 % - 6,26 %;
- zinkstukken met een vlakke zanddichte onderkant bieden de meeste weerstand tegen uitspoeling van onderliggend zand.

Het polypropeen monofylweefsel - "kokos"mat genoemd - heeft een kritiek verhang van 23 % - 25 %. Bij dit verhang treedt slechts een zeer klein constant zandtransport op dat bij een toename van het verhang tot 80 % nauwelijks groter wordt.

#### 2.2.2. Zanddichtheid zinkstukken en gedrag zinkstukken aan de rand van een zinkveld (rapport R 460-II van oktober 1969).

Het onderzoek dient als aanvulling op rapport M 961 en heeft betrekking op de zanddichtheid van zinkstukken onder invloed van de overtrekkende stroom. Daarnaast is onderzocht het gedrag van de rand van het zinkstuk wanneer aan de rand ontgrondingen optreden. Het onderzoek heeft betrekking op twee typen zinkstukken, n.l.:

- het klassieke zinkstuk, constructie en bestorting over-



eenkomstig nr. 1 van bijlage 2. Van dit zinkstuk is ook nog een variant in het onderzoek betrokken, n.l. het klassieke zinkstuk zonder rietlaag;

- het zgn. zoolstuk, constructie overeenkomstig bijlage 15, alleen met een dikkere vulling, n.l. 1,5 bos rijshout per m<sup>2</sup>. De bestorting is 1.000 kg steen 10/300 kg per m<sup>2</sup>.

Doel van het onderzoek was:

- voor het klassieke zinkstuk de stroomsnelheid te bepalen, al dan niet in combinatie met één of twee wervelstraten, waarbij juist zand door het geballaste zinkstuk wordt getransporteerd;
- een onderzoek in te stellen naar het gedrag van het klassieke zinkstuk en het zoolstuk aan de rand van een bezinking.

De belangrijkste resultaten en conclusies die het onderzoek heeft opgeleverd zijn:

- de zanddichtheid van het klassieke zinkstuk is aan grenzen gebonden en hangt af van de stroomsnelheid, het verhang en de turbulentie-intensiteit van het water.  
Bij een stroomsnelheid van 4 m/sec. gemeten op ca. 0,45 m boven het zinkstuk begint zandtransport door het zinkstuk op te treden. Bij het opwekken van twee wervelstraten begint het zandtransport bij een stroomsnelheid van 3,60 m/sec. gemeten op ca. 0,5 m boven het zinkstuk;
- het zoolstuk blijkt onder de onderzochte omstandigheden zanddicht te zijn;
- er is vrijwel geen verschil in het gedrag van een klassiek zinkstuk en een zoolstuk aan de rand van een zinkveld, indien de voor het klassieke zinkstuk kritieke grens voor de zanddichtheid niet wordt overschreden. Gebeurt dit wel, dan gaat de rand van het zoolstuk steiler staan dan de rand van het klassieke stuk. Teneinde dit te voor-

komen, lijkt het gewenst, wanneer hoge snelheden te verwachten zijn, aan de rand van een bezinkingsveld een meer open constructie toe te passen.

### 2.2.3. Keuze van bezinking.

Op grond van het vorenstaande zal overwogen moeten worden welk type zinkstuk voor elk gedeelte van het bezinkingsveld in aanmerking komt.

Op bijlage 1 zijn verschillende typen bodembescherming aangegeven die voor toepassing onder de verschillende voorkomende omstandigheden in aanmerking komen.

Andere constructies die voor toepassing in aanmerking komen worden in bijlage 1 wel genoemd, maar zijn, daar ze in dit verslag verder niet besproken worden en er dus feitelijk niet in thuishoren tussen haakjes geplaatst.

### 2.3. Steenbestorting.

2.3.1. Men duidt de hoeveelheid stortsteen die op een zinkstuk wordt aangebracht steeds aan met het gewicht van de hoeveelheid steen boven water per eenheid van oppervlakte. Deze hoeveelheid is gedurende lange tijd op grond van ervaring bepaald.

In het reeds eerder genoemde rapport R 460-II van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft wordt getracht de benodigde hoeveelheid stortsteen per m<sup>2</sup> zinkstuk exacter te benaderen. Veel van het hiernavolgende is aan dit rapport ontleend.

De steenbestorting op een klassiek zinkwerk heeft twee functies:

- het aan de grond brengen en houden van het zinkstuk;
- het leveren van een bijdrage aan de zanddichtheid.

Bij het zoolstuk komt de tweede functie te vervallen, daar de

zanddichtheid geheel door de zool wordt verzorgd.

Voor wat betreft het aan de grond houden van het zinkstuk zijn het opdrijvend vermogen (ca. 45 kg/m<sup>2</sup> voor een klassiek stuk en ca. 15 kg/m<sup>2</sup> voor een zoolstuk) en het drukverschil onder en boven het stuk van belang. Een belasting van 100 kg stortsteen per m<sup>2</sup> zinkstuk is in dit verband ruimschoots voldoende.

Aan de stortsteen dient als eis te worden gesteld dat deze stabiel is onder invloed van de stroomaanval.

Uit proeven is gebleken dat onderscheid moet worden gemaakt tussen de stabiliteit van stortsteen wel of niet op de rand van een zinkstuk.

In het algemeen geeft een gesloten laag steen een optimale stabiliteit, dit wordt theoretisch bereikt met 350 kg/m<sup>2</sup> voor stortsteen met een stukgewicht van 10/300 kg. Als praktische maat lijkt, in verband met de onregelmatigheid van de bestorting, een hoeveelheid steen van 500 kg/m<sup>2</sup> voldoende.

Op de rand van een zinkstuk is in het algemeen een bestorting nodig van ca. 700 kg/m<sup>2</sup> om opklappen van de rand door bovenstroomse aanval te voorkomen. Met deze hoeveelheid bestorting is de rand bestand tegen stroomsnelheden tot een maximum van ca. 2 m per sec. gemeten op ca. 1 m boven de bestorting.

De hoeveelheid steen die nodig is om een zinkstuk aan de grond te houden is dus te stellen op ca. 500 kg/m<sup>2</sup> met een verzwaring aan de rand tot ca. 700 kg/m<sup>2</sup>. Wat de invloed van de steenbestorting is op de zanddichtheid van een klassiek zinkstuk, is niet exact bekend. Het is wel aannemelijk, dat naar mate er meer steen op het stuk wordt gebracht de zanddichtheid gunstig wordt beïnvloed. Uit oriënterende proeven in het waterloopkundig laboratorium is gebleken, dat ook uit een oogpunt van zanddichtheid een gesloten laag steen met een min of meer vlak oppervlak de beste resultaten geeft. Om de zanddichtheid op te voeren zou het

aanbeveling verdienen een extra laag stortsteen aan te brengen, dus b.v. een steenbestorting aan te brengen van 1.000 kg/m<sup>2</sup>.

2.3.2. In het algemeen is kalksteen met een s.g. van ca. 2,65 en een stukgrootte van 10-300 kg voldoende stroombestendig.

In bijzondere gevallen kan een stortsteen met een groter s.g. worden toegepast, b.v. basalt (s.g. ca. 3). De noodzaak om een stortsteen met een hoger s.g. en dientengevolge een grotere stroombestendigheid te gebruiken kan alleen worden aangetoond door proeven in een model in het waterloopkundig laboratorium.

2.4. Voorzieningen om de steenbestorting de nodige stabiliteit te geven.

2.4.1. Op klassieke zinkstukken worden in den regel vlechttuinen geplaatst die dienen om de stabiliteit van de steenbestorting te vergroten. Vlechttuinen bestaan uit, ter plaatse van de wiepen van het bovenroosterwerk in het stuk gedreven houten staken (tuinpalen), waartussen over en weer bleeslatten worden gevlochten (zie ook bijlage 14).

Over de invloed van vlechttuinen, op de stabiliteit van steenbestorting op zinkstukken die door de stroom worden aangevallen, zijn geen gegevens bekend.

Wel is een rapport verschenen van het waterloopkundig laboratorium te Delft, rapport M 892, over de stabiliteit van stortsteen op kraagstukken, maar hierbij is de golfaanval op de bestorting het criterium.

De vlechttuinen hebben een twee-ledig doel, n.l.:

- het afrollen van de steen van het zinkstuk tijdens het zinken te beletten.

- de stabiliteit van de steenbestorting op het aangebrachte zinkstuk te vergroten.

Met deze doelstelling voor ogen zijn enkele algemene regels te geven over de verdeling van de vlechttuinen over een zinkstuk.

- In een richting dwars op de stroomrichting is de behoefte aan vlechttuinen groter dan in een richting evenwijdig aan de stroomrichting.
- Aan de rand van een bodembescherming bestaat de kans dat ontgronding optreedt en dientengevolge het zinkstuk daar onder een steile helling komt te liggen. Het is daarom gewenst aan de rand van een bodembescherming meer vlechttuinen te plaatsen. De dwarstuinen moeten sterk genoeg zijn om de steenbestorting van ca. 700 kg per m<sup>2</sup>, ook als het zinkstuk onder een steile helling komt te liggen, op het stuk te houden.
- Men zal in de regel om de trekkracht op de ankers te verkleinen de kop van het zinkstuk zo spoedig mogelijk willen ballasten. De kop van het zinkstuk zal daarbij dikwijls nog onder een steile helling staan. Een groot aantal vlechttuinen in dwarsrichting van het zinkstuk kan het afrollen van de steen tegen gaan.
- Wanneer bijna het gehele zinkstuk is bestort zal de dan nog onbestorte staart van het zinkstuk een steilere helling aannemen dan het overige gedeelte t.g.v. de geringere stroomsnelheid van het water dicht bij de bodem. Daarom is ook hier het aanbrengen van meer vlechttuinen in dwarsrichting aan te bevelen om het afrollen van steen te voorkomen.

2.4.2. Op zinkstukken met een zool van kunststof kan geen betuining

worden aangebracht daar de tuinpalen het weefsel zouden beschadigen. Daarom worden bij zoolstukken hetzij dwarswiepen van het bovenroosterwerk met een grotere diameter toegepast, hetzij op het bovenroosterwerk nog een extra roosterwerk aangebracht. Het voordeel van de laatste methode is dat met minder rijshout meer aan hoogte wordt gewonnen.

Een extra roosterwerk kan worden aangebracht over de gehele oppervlakte van de bezinking of alleen op die plaatsen waar extra voorzieningen getroffen moeten worden om de steenbestorting de nodige stabiliteit te geven.

Bij de zoolstukken in het Brouwershavensche Gat, uitgevoerd in 1968, is het extra roosterwerk alleen aangebracht in een strook van 25 m breed langs de rand van de bodembescherming.

Nadien is echter uit proeven gebleken dat op de rand van de bodembescherming een bestorting van ca. 700 kg/m<sup>2</sup> nodig is om opklappen van de rand door bovenstroomse aanval te voorkomen (zie ook onder 2.3.). Gevreesd moet worden dat alleen toepassing van een extra roosterwerk langs de rand niet onder alle omstandigheden voldoende steun biedt om deze hoeveelheid steen vast te houden.

In figuur 1 is een ontgrondingskuil getekend met een aanzethelling van 1:1. Het gearceerde gedeelte stelt de steenbestorting voor die dan nog op de bezinking blijft liggen. Met de getekende afmetingen betekent dit een bestorting van ca. 400 kg/m<sup>2</sup>; hetgeen ver onder de vereiste hoeveelheid van ca. 700 kg/m<sup>2</sup> ligt.

Bij aanstroming van het zinkstuk met hoge stroomsnelheden ontstaat boven de rand van de bezinking onderdruk. De hoeveelheid bestorting is dan onvoldoende om het zinkstuk onder invloed van de onderdruk op de bodem gedrukt te houden. De rand van de bezinking

gaat "fladdereren", waardoor nog meer steen zal afrollen en op den duur zal de rand van het stuk opklappen.

Daarom is een andere constructie bedacht, zie figuur 2.

Hierbij worden aan de rand van de bezinking betonblokken op de zool bevestigd met een gewicht van ca. 1.000 kg per m, gemeten langs de rand van de bodembescherming. Dit gewicht op de rand van de bezinking is bij proeven in staat gebleken de rand onder alle omstandigheden op de bodem gedrukt te houden.

Deze constructie zal voor het eerst medio 1970 in het noordelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat worden toegepast.

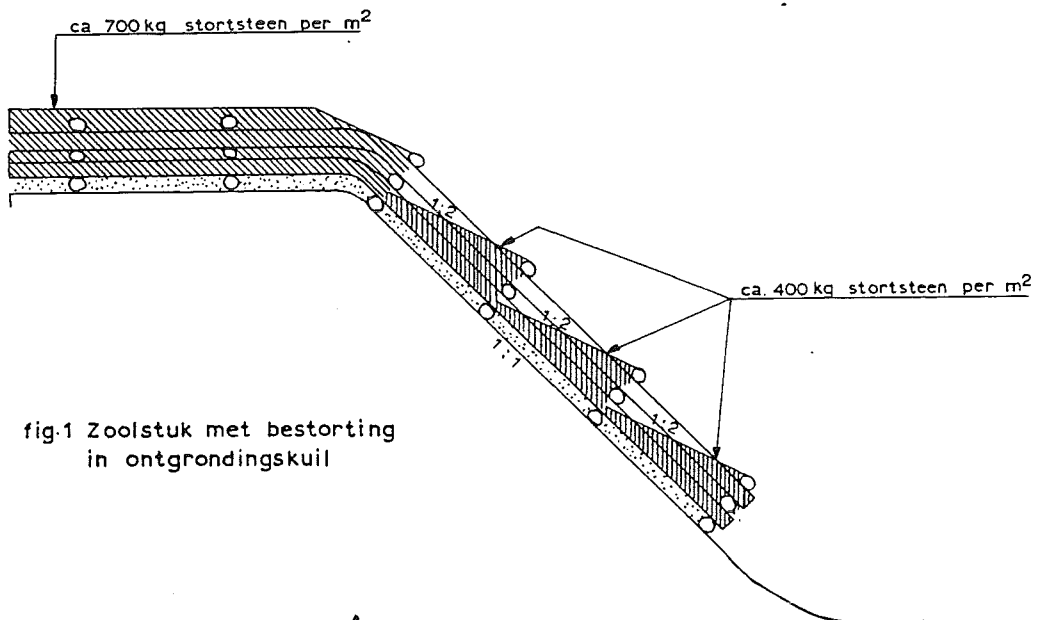


fig.1 Zoolstuk met bestorting in ontgrondingskuil

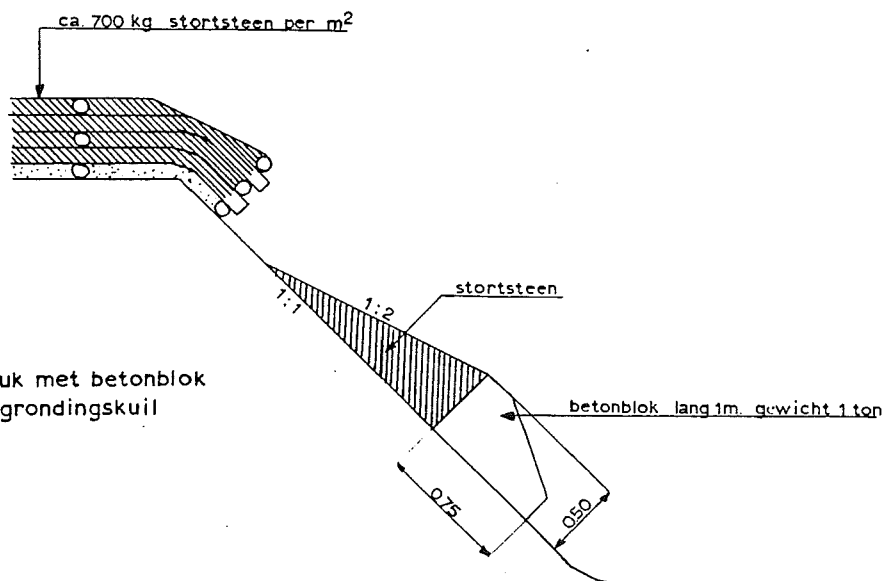


fig.2 Zoolstuk met betonblok in ontgrondingskuil

2.5. Sterkte van zinkstukken.

2.5.1. Zowel tijdens het slepen als tijdens het zinken worden grote trekkrachten op het zinkstuk uitgeoefend.

Tijdens het slepen treden de grootste trekkrachten op bij het zwaaien van het zinkstuk (zie bijlage 17).

Het zinkstuk komt daarbij dwars op stroom te liggen en naast de trekkracht, die door de sleepboot in de lengterichting van het zinkstuk wordt uitgeoefend werkt in de dwarsrichting de stuwdruk van het stromende water.

Daar tengevolge van de zwaaimanoeuvre de aangestroomde zijkant van het stuk door de stroom omlaag wordt gedrukt kan de stuwdruk, afhankelijk van de stroomsnelheid, forse waarden bereiken.

Welke waarde de resultante van de beide op het zinkstuk werkende krachten tijdens het zwaaien kan bereiken is niet bekend.

Wat betreft de trekkrachten die optreden tijdens het zinken moet onderscheid worden gemaakt tussen het stroomzinken (3.1.) en het gestrekt zinken (4.1.). In beide gevallen treden de grootste trekkrachten op bij het aan de grond brengen van de kop van het zinkstuk bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. (kentering).

De grootte van de trekkracht is gelijk aan:

- de opwaartse druk van het ondergedompelde gedeelte van de kop van het zinkstuk bij het stroomzinken;
- de resultante van de opwaartse druk van het ondergedompelde gedeelte van de kop van het zinkstuk en de op de staart uitgeoefende trekkracht bij het gestrekt zinken.

2.5.2. Aan de hand van enkele voorbeelden wordt dit toegelicht.

Stel dat een klassiek zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 45 kg/m<sup>2</sup> en een breedte van 28 m op stroom wordt gezonken



als de waterdiepte 20 m is.

Gevraagd wordt: de grootte van de maximum trekkracht op het zinkstuk.

Als  $v = 0$  m/sec. neemt het zinkstuk theoretisch een verticale stand in. De maximum trekkracht op het zinkstuk is dan  $28 \times 20 \times 45 = 25.200$  kg.

2.5.3. Zou het hiervoor genoemde zinkstuk gestrekt worden gezonken dan neemt de trekkracht in het stuk sterk toe.

Stel dat het zinkstuk bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. door middel van het uitoefenen van een trekkracht (T) op de staart van het zinkstuk een helling wordt gegeven van  $40^\circ$ .

Gevraagd wordt: de grootte van de maximum trekkracht die dan op het zinkstuk optreedt.

De opwaartse druk van het ondergedompelde gedeelte van de kop van het zinkstuk is  $\frac{20}{\sin 40^\circ} \times 28 \times 45 = 39.200$  kg.

De benodigde trekkracht op de staart van het zinkstuk (zie bijlage 13)

$T = 0,935 \times 20 \times 28 \times 45 = 23.600$  kg.

De maximum trekkracht op het zinkstuk is dan

$$\sqrt{39.200^2 + 23.600^2} = 45.800 \text{ kg.}$$

2.5.4. Een derde voorbeeld heeft betrekking op een zoolstuk.

Hierbij wordt uitgegaan van dezelfde gegevens als vermeld onder 4.6.6. Het betreft hier een zoolstuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> en een breedte van 30 m dat wordt gezonken op een waterdiepte van 20 m.

Bij een stroomsnelheid van  $v = 0$  m/sec. wordt door middel van het uitoefenen van een trekkracht (T) op de staart van het zinkstuk dit een helling gegeven van  $30^\circ$ .

Gevraagd wordt: de grootte van de maximum trekkracht op het zinkstuk.

De opwaartse druk van het ondergedompelde gedeelte van de kop van het zinkstuk is  $\frac{20}{\sin 30^\circ} \times 30 \times 15 = 18.000 \text{ kg.}$

De benodigde trekkracht op de staart van het zinkstuk (zie bijlage 13)

$$T = 1,73 \times 20 \times 30 \times 15 = 15.570 \text{ kg.}$$

De maximum trekkracht op het zinkstuk is dan

$$\sqrt{18.000^2 + 15.570^2} = 23.800 \text{ kg.}$$

- 2.5.5. De vraag is nu of de zinkstukken in staat zijn deze krachten op te nemen, m.a.w. wat is de treksterkte van zinkstukken? In het eindverslag van werkgroep A van de Commissie Inventarisatie bodembescherming wordt hierover opgemerkt:

"De sterkte van een stuk wordt, behalve door de wiepen, in de eerste instantie bepaald door de sjorringen van onder- en bovenroosterwerk op ieder kruispunt van de wiepen.

Terecht wordt aan dit onderdeel in de praktijk dan ook de de grootste zorg besteed. Over de treksterkte van een stuk bestaan geen gegevens.

De treksterkte van wiepen blijkt uit proeven zeer afhankelijk te zijn van de zorg waarmede zij vervaardigd zijn.

Slechts wanneer de bouten regelmatig verspringen is een redelijke sterkte te verkrijgen. Het aanbrengen van een dubbele binding vergroot de sterkte van machaanisch gesponnen wiepen duidelijk."

Men kan nu op gevaar van overdimensionering af, stellen dat bij een rijshouten zinkstuk de trekkracht op het stuk moet kunnen worden opgenomen door de langswiepen; bij een zoolstuk kan de trekkracht beter worden opgenomen door het weefsel, dat een grote treksterkte heeft.

- 2.5.6. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat de trekkrachten bij een klassiek

zinkstuk gelijkmatig over alle langswiepen van onder- en bovenroosterwerk wordt verdeeld dan betekent dit in de twee voorbeelden (2.5.2.) en (2.5.3.) dat op elke langswiep een trekkracht wordt uitgeoefend van respectievelijk  $\frac{25.200}{2 \times 31} = 405$  kg en  $\frac{45.800}{2 \times 31} = 740$  kg. In het derde voorbeeld (2.5.4.) is de trekkracht op het weefsel waaruit de zool bestaat, per meter breedte  $\frac{23.800}{30} = 800$  kg.

De vraag wordt nu of de wiepen van de klassieke zinkstukken en het weefsel van de zoolstukken deze trekkrachten kunnen opnemen. Zowel over de treksterkte van wiepen als van kunststofweefsels zijn gegevens bekend.

#### 2.5.7. Treksterkte van wiepen.

Door het T.N.O. is in opdracht van Rijkswaterstaat, Deltadienst een onderzoek ingesteld naar de treksterkte van wiepen (rapport no. B-67-4-1404 van 19 september 1967).

De onderzochte wiepen hadden een omtrek van 30 cm.

De wiepen waren omwonden met polyvyleen - een kunststofweefsel.

De helft van de onderzochte wiepen (5 stuks) was zodanig omwikkeld dat twee draden spiraalsgewijs om het rijshout waren gespannen, beide koorden tegen elkaar in (enkel omwonden wiepen). Bij de andere 5 wiepen was de binding dubbel uitgevoerd (dubbel omwonden wiepen).

De resultaten van de trekproeven variëren bij de enkel omwonden wiepen van 775 kg tot 1.125 kg, gemiddeld 975 kg en bij de dubbel omwonden wiepen van 1.500 kg tot 1.950 kg, gemiddeld 1.625 kg.

De verlenging bij breuk is in beide gevallen ongeveer 10% van de oorspronkelijke lengte.

Wanneer een drie-voudige zekerheid wordt verlangd, wat een redelijk verlangen is, is de toelaatbare trekkracht van enkel omwonden

wiepen 325 kg en van dubbel omwonden wiepen 540 kg.

Dit betekent dat in voorbeeld (2.5.2.) dubbel omwonden wiepen toegepast moeten worden en dat in voorbeeld (2.5.3.) de trekkrachten op de wiepen te hoog zijn.

In het laatste geval zal de trekkracht op de staart van het zinkstuk moeten worden verlaagd of zal in het geheel geen trekkracht op de staart moeten worden uitgeoefend. Het gestrekt zinken leent zich dan ook meer voor zoolstukken dan voor klassieke zinkstukken.

#### 2.5.8. Treksterkte van kunststofweefsels.

De treksterkte van het weefsel van het kokosmat-type zoals dat wordt omschreven onder nr. 12 van bijlage 2 is volgens de leverancier 1.300 kg per 5 cm breedte in de ketting (draden in de lengterichting).

Dit wil zeggen dat de treksterkte van het weefsel in lengterichting 26.000 kg per m breedte zal bedragen als alle draden gelijkmatig worden belast. In de praktijk zal dit niet altijd het geval zijn.

Maar ook zonder een aan de praktijk aangepast onderzoek mag wel worden aangenomen dat de treksterkte van het doek zo groot is, dat de tijdens het slepen en zinken van het stuk daarop uitgeoefende trekkrachten ruimschoots door het weefsel kunnen worden opgenomen.

Bij vergelijking van de treksterkte van het weefsel met de trekkracht die in voorbeeld (2.5.4.) op het weefsel wordt uitgeoefend is er bij het voorbeeld een tweeëndertig-voudige zekerheid.

De treksterkte van hetzelfde weefsel is eveneens volgens de leverancier 125 kg per 5 cm breedte in de inslag (draden in dwarsrichting). Dit wil zeggen dat de treksterkte van het weefsel in breedterichting 2.500 kg per m breedte zal bedragen, eveneens bij gelijkmatige belasting van alle draden.

Dikwijls is het de opdrachtgever niet mogelijk de lengte waarop het weefsel moet worden geleverd zo tijdig op te geven, dat de leverancier het weefsel op die lengte kan laten weven. Om verlies van duur weefsel te voorkomen wordt in den regel toegestaan dat onder bepaalde voor-

waarden in het weefsel lassen mogen voorkomen.

Een dergelijke las is het zwakste punt in het doek geworden.

Er zijn trekproeven verricht om de treksterkte van de las te bepalen waarbij drie lasconstructies werden beproefd (zie figuur 3) n.l.:

A beide gedeelten doek op elkaar gelijmd;

B beide gedeelten doek op elkaar gelijmd, met bovendien de pennen van een stalen strip door beide gedeelten doek heen gestoken en omgeslagen;

C vorige constructies zonder lijm.

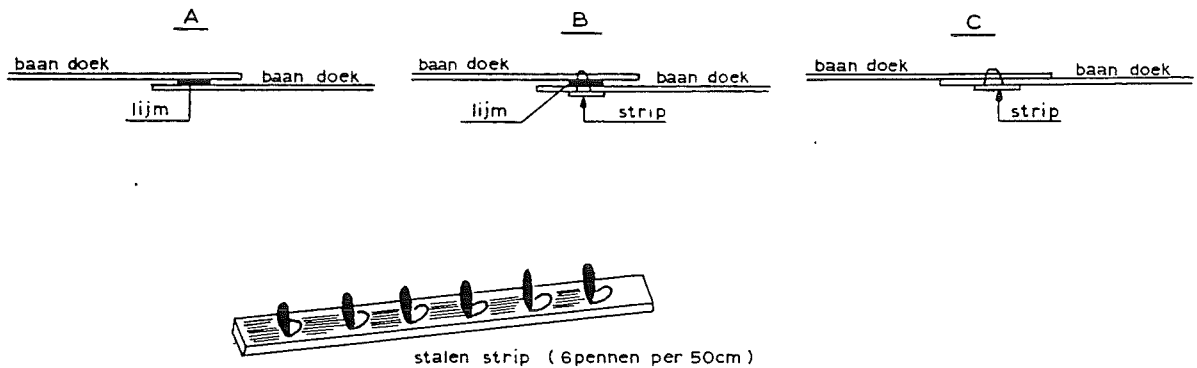


fig.3 Lassen in banen kunststofweefsel

De resultaten van de proeven zijn:

constructie nr. A, alleen lijm, treksterkte 2.400 - 7.400 kg  
per m breedte;

constructie nr. B, lijm en stalen strip, treksterkte 4.400 - 7.000 kg  
per m breedte;

constructie nr. C, alleen stalen strip, treksterkte 3.150 - 7.400 kg  
per m breedte.

Momenteel wordt lasconstructie nr. C vrij algemeen toegepast. Wanneer we ook hier een drie-voudige zekerheid verlangen is de toelaatbare trekkracht in op deze wijze gelaste weefselbanen

$$\frac{3.150 + 7.400}{2.3} = 1.750 \text{ kg.}$$

Ook bij toepassing van gelaste weefselbanen is de trekkracht die in voorbeeld (2.5.4.) op het weefsel optreedt dan alleszins toelaatbaar.

De hier genoemde treksterkten van kunststofweefsels hebben alleen betrekking op weefsels van het zgn. kokosmat-type zoals die door de Deltadienst van de Rijkswaterstaat, sinds 1968 op grote schaal als zanddichte zool in zinkstukken worden verwerkt.

Voor andere weefseltypen zijn de treksterkten veelal verkrijgbaar bij de leverancier of moeten proefondervindelijk vastgesteld worden.



Wanneer  $v > 0$  m/sec. zal onder invloed van de stroom het zinkstuk een bepaalde helling ( $\angle \alpha$ ) aannemen (fig. 6). Op het zinkstuk werken dan de volgende krachten:

- de resultante ( $R_o$ ) van het opdrijvend vermogen van de kop van het zinkstuk onder water;
- de resultante van de stroomdruk ( $S$ ), die ontbonden kan worden in de componenten  $L_k$  (vertikaal) en  $S_h$  (horizontaal);
- de ankerkracht  $A$ , uit  $\sum H = 0$  volgt  $A = S_h$ ;
- het zinkgewicht  $G$ , uit  $\sum V = 0$  volgt  $G = R_o - L_k$ .

3.4. Aan de hand van diverse metingen die zijn verricht, zowel in het waterloopkundig laboratorium als in het Brouwershavensche Gat zal een poging worden gedaan de grootte van de bij het stroomzinken voorkomende krachten te bepalen.

Na een overzicht van de metingen zal met behulp van de daaruit voortvloeiende gegevens worden afgeleid:

- het verband tussen de stroomsnelheid ( $v$ ) en de helling van het zinkstuk ( $\angle \alpha$ );
- de grootte van de ankerkracht ( $A$ );
- de grootte van de liftkracht ( $L_k$ );
- het verband tussen de helling van het zinkstuk ( $\angle \alpha$ ) en de helling van de stroomdruk ( $\angle \beta$ );
- het verband tussen de helling van het zinkstuk ( $\angle \alpha$ ), de stroomsnelheid ( $v$ ) en het opdrijvend vermogen ( $O$ );
- de grootte van het benodigd zinkgewicht ( $G$ );
- de grootte van de sleepcoëfficiënt ( $C_w$ ) en de liftcoëfficiënt ( $C_l$ ).



3.5. Verrichte proeven en metingen.

3.5.0. De gegevens aan de hand waarvan alle hierna volgende afleidingen zijn verricht, zijn ontleend aan:

- a. het rapport M 685 van het waterloopkundig laboratorium te Delft, getiteld: "Het zinken van een zinkstuk op stroom";
- b. enige zinkproeven verricht in het Brouwershavensche Gat;
- c. enige metingen verricht tijdens de uitvoering van zinkwerk in het Brouwershavensche Gat.

3.5.1. Rapport M 685.

Het rapport heeft betrekking op een onderzoek dat is ingesteld in opdracht van de Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken, teneinde vereenvoudigingen of verbeteringen van de uitvoeringsmethode van het stroomzinken te onderzoeken en de grootte van de optredende krachten in de ankerrossen te bepalen.

De proeven, die zijn verricht in een stroomgoot in het waterloopkundig laboratorium "De Voorst", zijn te onderscheiden in 4 series waarvan de eerste 2 series voor dit verslag van belang zijn.

Serie 1 heeft betrekking op een zinkstuk van 20 x 60 m<sup>2</sup>, dat is gezonken met de lengterichting van het stuk evenwijdig aan de stroomrichting. Tijdens de zinkmanoeuvres zijn de ankerkrachten en de standen van het zinkstuk bepaald. De metingen zijn uitgevoerd bij waterdiepten van 8 en 15 m, aan een stuk met een opdrijvend vermogen van respectievelijk 45, 35 en 15 kg/m<sup>2</sup> en bij een waterdiepte van 20 m aan een stuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup>.

Serie 2 heeft betrekking op een zinkstuk van 20 x 30 m<sup>2</sup>, eveneens gezonken met de lengterichting van het stuk evenwijdig aan de stroomrichting, waarop dezelfde metingen zijn verricht als in serie 1.

De metingen zijn uitgevoerd bij een waterdiepte van 8 m aan een stuk met een opdrijvend vermogen van respectievelijk 35 en 15 kg/m<sup>2</sup> en bij een waterdiepte van 15 m aan een stuk met een opdrijvend vermogen van 35 kg/m<sup>2</sup>.

Voor het aan de grond van de kop van de zinkstukken zijn drie gewichten toegepast, zwaar respectievelijk 3,5; 6 en 9 ton onder water. Steeds is het lichtste van de drie gebruikt, waarbij de kop van het zinkstuk nog goed naar de bodem kon worden gebracht.

De belangrijkste meetresultaten van de series 1 en 2 zijn verzameld in twee grafieken, die zijn overgenomen op bijlage 3.

In de grafieken wordt weergegeven:

- de helling van het zinkstuk als functie van de stroomsnelheid;
- de grootte van de optredende ankerkrachten als functie van de hellingen van de stroomsnelheid.

De helling van het stuk is gedefinieerd als  $z/L' (\tan \alpha)$ .

In beide grafieken ontbreken echter de gegevens voor hellingen van het stuk tussen ongeveer  $\alpha = 35^\circ$  ( $z/L' = \text{ca. } 0,7$ ) en  $\alpha = 90^\circ$  ( $z/L' = \infty$ ).

Dit betekent dat voor de klassieke zinkstukken met een opdrijvend vermogen van ongeveer 45 kg/m<sup>2</sup> (zoals toegepast in het Brouwershavensche Gat) geen gegevens bepaald zijn van de standen van het zinkstuk tengevolge van stroomsnelheden tussen  $v = 0$  m/sec. en  $v = 0,60$  m/sec.

Stroomsnelheden van  $v = 0,60$  m/sec. komen in het Brouwershavensche Gat voor, ruim 4 uur na de l.w.-kentering.

Omdat juist het bovengenoemde gebied tussen  $v = 0$  m/sec. en

$v = 0,60$  m/sec. voor de uitvoering van groot belang is en tevens om de resultaten van het modelonderzoek te vergelijken met waarnemingen in de praktijk, zijn enige zinkproeven gedaan in het Brouwerhavensche Gat en zijn ook enige metingen verricht tijdens de uitvoering van het zinkwerk.

### 3.5.2. Proefzinken Brouwershavensche Gat.

Het gebruikte zinkstuk had een lengte van 47 m en een breedte van 25 m. Het was samengesteld als een klassiek zinkstuk met een onder- en bovenroosterwerk van wiepen, 2 rijslagen en 1 rietlaag; de rietlaag tussen de beide rijslagen.

Het proefzinken heeft plaats gevonden op 8 en 14 maart 1967 op een bodemdiepte van ongeveer N.A.P. - 8 m de eerste dag en N.A.P. - 20 m de tweede. Direct voor de kop van het zinkstuk was een gesloten holle buis over de volle breedte van het zinkstuk aangebracht, Deze buis fungeerde als zinkgewicht. Door de buis met water te vullen verkreeg deze een gewicht onder water van 7.800 kg.

De buis werd op een aantal plaatsen aan het zinkstuk verbonden, zodat buis en kop van het zinkstuk zoveel mogelijk een geheel vormden. De zinkmanoeuvre werd geregeld van een ponton-werkeiland - die van te voren op de plaats van zinken werd verankerd.

Vanaf de ponton kan de buis met de daaraan verbonden kop van het zinkstuk worden gevierd en gehesen,

Het opdrijvend vermogen van het zinkstuk is bepaald door bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec na te gaan welke oppervlakte van het zinkstuk door de buis onder water werd getrokken. Het opdrijvend vermogen van het zinkstuk is zo vastgesteld op 35 kg/m<sup>2</sup>.

De stroomsnelheden zijn gemeten op ongeveer 40 m bovenstrooms van de plaats van zinken op een diepte die representatief mag worden geacht voor de gemiddelde stroomsnelheid in de vertikaal (ca.  $\frac{1}{2}$  waterdiepte).

De lengterichting van het zinkstuk tijdens het zinken kwam praktisch overeen met de stroomrichting.

Tijdens de zinkmanoeuvres zijn de ankerkrachten en de standen van het zinkstuk gemeten. Op de bijlagen 4 en 5 zijn de gemeten standen van het zinkstuk en de grootte van de gemeten ankerkrachten weergegeven.

### 3.5.3. Waarnemingen tijdens de uitvoering van het zinkwerk.

Gedurende de uitvoering van het zinkwerk in het Brouwershavensche Gat in 1967 zijn bij enkele zinkstukken die zich daar voor leenden, waarnemingen verricht.

De zinkstukken hadden een lengte van 68 m en een breedte van 28 m. De constructie van de zinkstukken is weergegeven op bijlage 14.

De methode van zinken was gelijk aan die van het overige zinkwerk, zoals wordt beschreven onder 5.2.

De voor het zinken gebruikte zinkbuis had een gewicht onder water van ongeveer 30 ton.

Het opdrijvend vermogen van de zinkstukken is niet exact bekend. Het is wel enigszins te bepalen uit de opdriving van rijshout en riet zoals die door de "afdeling Ontwikkeling Nieuwe Werkmethoden" van de Deltadienst zijn bepaald. Volgens gegevens van deze afdeling is de opdriving van 1 bos gelders rijshout 8,25 kg en van 1 bos riet 38 kg; beide na 24 uur in het water te hebben gelegen.

De zinkstukken waarop de waarnemingen betrekking hadden waren samengesteld uit 4 bossen gelders rijshout en 0,4 bos riet per m<sup>2</sup>.

Men komt zo aan een opdrijvend vermogen van het zinkstuk van ongeveer 48 kg/m<sup>2</sup>, na 24 uur in het water.

Voordat de zinkstukken werden gezonken lagen ze 1 à 2 weken in het water. We mogen wel stellen dat het opdrijvend vermogen van de zinkstukken op de tijdstippen van zinken ongeveer 45 kg/m<sup>2</sup> is geweest.

Sommige stukken werden voorgeballast. Het aantal tonnen steen waarmee

de zinkstukken waren geballast is bekend maar de belasting zal niet voldoende gelijkmatig over de oppervlakte verdeeld zijn geweest waardoor het opdrijvend vermogen van deze stukken niet exact te geven is. De stroomsnelheden zijn gemeten op ongeveer 20 m voor de plaats van zinken op een diepte die representatief mag worden geacht voor de gemiddelde stroomsnelheid in de vertikaal (ca.  $\frac{1}{2}$  waterdiepte). De lengterichting van de zinkstukken tijdens het zinken was zo goed mogelijk evenwijdig aan de stroomrichting gekozen. Tijdens de zinkmanoeuvres zijn de standen van het zinkstuk bepaald.

3.6. Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk.

De grootte van de ankerkracht.

Uit bijlage 6 blijkt het verband tussen de stroomsnelheid en de helling van een zinkstuk in evenwichtstoestand.

Op de bijlage wordt de helling van een zinkstuk weergegeven als functie van de gemiddelde stroomsnelheid voor verschillende opdrijvende vermogens. Het blijkt dat dit verband onafhankelijk is van de waterdiepte. De stroomrichting is evenwijdig aan de lengterichting van het zinkstuk.

De helling van het zinkstuk is gedefinieerd als  $z/L (\sin \angle \alpha)$ . Hierbij is bewust afgeweken van de aanduiding  $z/L' (\operatorname{tg} \angle \alpha)$  zoals die wordt gebezigd in rapport M 685 (zie bijlage 3) omdat daarbij voor lage stroomsnelheden zeer grote waarden voor  $z/L'$  worden verkregen (bij  $v = 0$  m/sec.,  $z/L' = \infty$ ).

De grafiek op de bijlage laat duidelijk zien hoe de voorbelasting de hellingshoek verkleint. De zinkstukken hadden zonder voorbelasting een opdrijvend vermogen van ongeveer 45 kg/m<sup>2</sup>.

Uit bijlage 7 blijkt het verband tussen de helling van het zinkstuk in evenwichtstoestand en de grootte van de ankerkracht.

Uit de grafiek op deze bijlage kan de bij  $z/L$  behorende waarde

$\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{A}$  worden afgelezen, hieruit kan de ankerkracht (A) worden bepaald.

De op de bijlage weergegeven meetpunten blijken goed te voldoen aan de vergelijking:

$$\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{A} \times \frac{z}{L} = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z}{A} = \text{constant.}$$

Deze vergelijking stelt een hyperbool voor. De ankerkracht is in wezen niets anders dan de stuwdruk van het water op het zinkstuk, dus als  $A = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot F$ .

$$A = 0,91 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

In de waarde  $C_w$  is dan tevens verdisconteerd de invloed van de ruwheid en de doorlatendheid van het zinkstuk op de grootte van de ankerkrachten.

### 3.7. De grootte van de liftkracht.

De liftkracht is de vertikaal ontbondene van de stroomdruk, in figuur 6 aangeduid als  $L_k$ .

Deze kracht is het verschil van de krachten  $R_0$  en  $G$  (fig. 6).

De moeilijkheid voor het bepalen van de liftkracht is dat er uitgegaan moet worden van de evenwichtstoestand, waarbij het zinkgewicht ( $G$ ) zo groot moet zijn dat het juist toereikend is om het zinkstuk aan de grond te brengen.

Daarom zijn niet alle beschikbare gegevens bruikbaar voor het vaststellen van de liftkracht.

Bij de proeven volgens het rapport M 685 zijn drie zinkgewichten van achtereenvolgens 9, 6 en 3,5 ton gewicht gebruikt.

Bij het uitvoeren van de proeven bleek dat wanneer de kop van het zinkstuk aan de grond is gebracht en de stroom toeneemt, het benodigd zinkgewicht minder wordt.

Tengevolge van het vrij grote verschil tussen de zwaarten van de

drie gebruikte zinkgewichten zijn soms verscheidene waarnemingen gedaan bij toenemende stroomsnelheden met hetzelfde zinkgewicht.

Voor het vaststellen van de liftkracht is dan bij voorkeur gebruik gemaakt van de waarneming met het bepaalde zinkgewicht bij de kleinste stroomsnelheid.

Van de proeven die in het Brouwerhavensche Gat zijn verricht zijn de gegevens van de proef van 8 maart 1967 voor dit doel niet te gebruiken (bijlage 4). We weten alleen dat het zinkgewicht toereikend was het zinkstuk aan de grond te brengen, terwijl bij het toenemen van de stroom het zinkgewicht steeds minder groot had behoeven te zijn.

Anders ligt het met de proef in het Brouwerhavensche Gat van 14 maart 1967 ( bijlage 5). De zinkbuis heeft hierbij nimmer de grond geraakt zodat steeds sprake is van een evenwichtstoestand. De waarnemingen die gedaan zijn tijdens de uitvoering van het zinkwerk in 1969 zijn voor het vaststellen van de liftkracht van geen belang, daar het zinkgewicht hier steeds overdimensioneerd was. Op bijlage 8 is een samenvatting gegeven van alle bruikbare meetresultaten. Op de bijlage kan de bij  $z/L$  behorende waarde van  $\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{L_k}$  worden afgelezen, hieruit kan de liftkracht  $L_k$  worden bepaald.

### 3.8. Relatie tussen de helling van het zinkstuk en de helling van de stroomdruk.

Op bijlage 9 is het verband aangegeven tussen de hoeken  $\alpha$  en  $\beta$  respectievelijk de hoek die het zinkstuk en die de stroomdruk maakt met de horizontaal (fig. 6).

Hierbij is gebruikt gemaakt van alle waarnemingen die geschikt waren voor de berekening van de liftkracht.

Van ieder van deze waarnemingen is de hellingshoek  $\alpha$  van het zinkstuk berekend door middel van de vergelijking  $\sin \alpha = z/L$ .

Voorts is van ieder van deze waarnemingen de bijbehorende ankerkracht (A) en liftkracht ( $L_k$ ) uitgerekend.

Nu is  $A = S_h$ , zodat  $\frac{L_k}{A} = \text{tg } \beta$ , waaruit  $L\beta$  is te bepalen.

De beide gevonden waarden  $L\alpha$  en  $L\beta$  van iedere waarneming zijn achtereenvolgens als ordinaat en abscis uitgezet in de grafiek op bijlage 9.

Door de aldus gevonden punten is een kromme te tekenen, die het verband aangeeft tussen de beide hoeken  $\alpha$  en  $\beta$ . Deze kromme is met een getrokken lijn getekend tussen de waarden op de y-as van  $L\alpha = 5^\circ$  en  $L\alpha = 60^\circ$ . Tussen de waarden op de y-as van  $L\alpha = 0^\circ$  en  $L\alpha = 5^\circ$  zijn geen gegevens beschikbaar.

Tussen de waarden op de y-as van  $L\alpha = 60^\circ$  en  $L\alpha = 90^\circ$  is het theoretisch verloop van de kromme door middel van een stippellijn aangegeven. Theoretisch zal de kromme tussen deze waarden vloeiend verlopen naar het punt met ordinaten  $L\beta = 90^\circ$ ,  $L\alpha = 90^\circ$ .

In de praktijk echter wordt ook bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. de hellingshoek van een zinkstuk niet groter dan ongeveer  $65^\circ$ ; de kroome gaat dan ongeveer horizontaal naar een punt met ordinaten  $L\beta = 0^\circ$ ,  $L\alpha = 65^\circ$  (zie de getekende meetpuntjes in de grafiek).

Bij iedere stand van het zinkstuk hoort dus één bepaalde hoek van de resultante van de stroomdruk, ongeacht het opdrijvend vermogen van het zinkstuk of de grootte van de stroomsnelheid.

Dit is geheel in overeenstemming met hetgeen hiervoor is afgeleid, immers is volgens bijlage 7 de ankerkracht (A) aan te geven als  $\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c}$  en volgens bijlage 8 de liftkracht ( $L_k$ ) als  $\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c_1}$  waarbij  $c$  en  $c_1$ , de abscissen aanduiden van de grafieken op beide laatst genoemde bijlagen.  $c$  en  $c_1$  zijn in grootte afhankelijk van de waarde  $z/L$ .

We hebben reeds gezien dat  $\text{tg } \beta = \frac{L_k}{S_h} = \frac{L_k}{A}$ . Vullen we voor  $L_k$  en A



vorenstaande waarden in dan is  $\text{tg } \beta = \frac{\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c_1}}{\frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c_2}} = \frac{c_2}{c_1}$ .

Daar bij iedere waarde van  $z/L$  slechts één waarde voor  $c$  en één waarde voor  $c_1$ , hoort, is het duidelijk dat bij iedere waarde voor  $z/L = \sin \alpha$  ook slechts een waarde voor  $\frac{c_2}{c_1} = \text{tg } \beta$  hoort en dus bij iedere waarde voor  $L \alpha$  ook slechts een waarde voor  $L \beta$ . Een aantal uit  $\frac{c_2}{c_1}$  berekende waarden voor  $L \beta$  zijn eveneens op bijlage 9 aangegeven.

3.9. Relatie tussen de helling van het zinkstuk, de stroomsnelheid en het opdrijvend vermogen.

Met behulp van de nu beschikbare gegevens is het mogelijk door toepassing van de drie evenwichtsvoorwaarden het enige nog ontbrekende gegeven te berekenen, n.l. de afstand tussen de momenten nulpunt (punt P in figuur 7) en het aangrijpingspunt van de stroomdruk (punt Q in figuur 7).

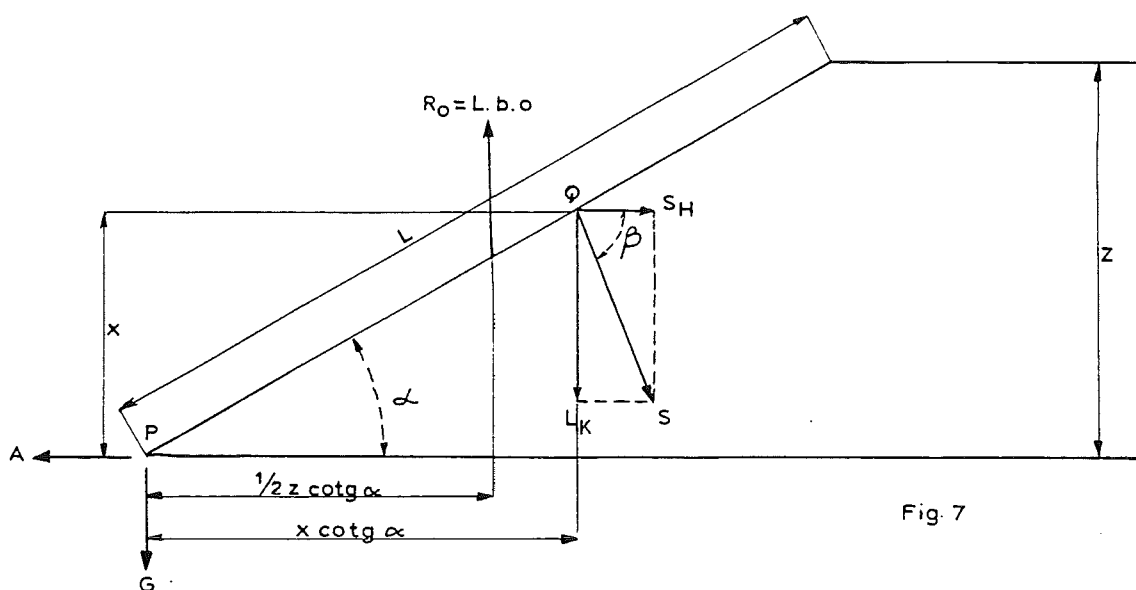


Fig. 7

$\Sigma H = 0 \quad A = S_h$

$\Sigma V = 0 \quad G + L_k = L \cdot b \cdot O$

$\Sigma M = 0 \quad \text{momentenpunt P}$

$\frac{1}{2} z \cdot \cotg \alpha \cdot L \cdot b \cdot o = x \cdot S_H + x \cotg \alpha \cdot L_K \quad (1)$

$$\text{Nu is: } S_h = A = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

$$L_k = S_h \cdot \text{tg } \beta = A \cdot \text{tg } \beta = \text{tg } \beta \cdot C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$$

Dit gesubstitueerd in vergelijking 1 geeft:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} z \cdot \text{cotg } \alpha \cdot L \cdot b \cdot c &= x \cdot c_w \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z + x \cdot \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta \cdot c_w \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z \\ \text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c &= x \cdot c_w \cdot \rho \cdot v^2 + x \cdot \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta \cdot c_w \cdot \rho \cdot v^2 \end{aligned}$$

$$x = \frac{\text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c}{c_w \cdot \rho \cdot v^2 (1 + \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta)}$$

Het teleurstellende is dat wanneer we aan de hand van de nu bekende gegevens de afstand x voor bepaalde gevallen uitrekenen we soms weinig bevredigende uitkomsten verkrijgen b.v.:

Stel dat:  $L \alpha = 30^\circ$ ,  $z = 20$  m. en het opdrijvend vermogen achtereenvolgens 15, 35 en 45 kg/m<sup>2</sup> dan volgt:

- uit berekening  $L = \frac{z}{\sin \alpha} = \frac{20}{0,5} = 40$  m.;
- uit bijlage 6 dat voor  $z/L = 0,5$  en opdrijvende vermogens van 15, 35 en 45 kg/m<sup>2</sup> de gemiddelde stroomsnelheid  $v$  respectievelijk is 0,26, 0,60 en 0,76 m/sec.;
- uit bijlage 9 dat wanneer  $L \alpha = 30^\circ$ ,  $L \beta = 69^\circ$ .

Deze waarden en de eerder gevonden waarde voor  $C_w = 0,91$  ingevuld

in de formule  $x = \frac{\text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c}{c_w \cdot \rho \cdot v^2 (1 + \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta)}$  geeft:

a. voor een opdrijvend vermogen  $O = 45$  kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c}{c_w \cdot \rho \cdot v^2 (1 + \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta)} \\ x &= \frac{0,577 \cdot 40 \cdot 45}{91 \cdot 0,76^2 (1 + 0,577 \cdot 2,64)} \\ x &= \frac{1040}{52,5 (1 + 1,53)} = \frac{1040}{52,5 \cdot 2,53} = 7,85 \text{ m} \end{aligned}$$

b. voor een opdrijvend vermogen  $O = 35$  kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c}{c_w \cdot \rho \cdot v^2 (1 + \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta)} \\ x &= \frac{0,577 \cdot 40 \cdot 35}{91 \cdot 0,60^2 (1 + 0,577 \cdot 2,64)} \\ x &= \frac{895}{32,7 (1 + 1,53)} = \frac{895}{32,7 \cdot 2,53} = 10,80 \text{ m} \end{aligned}$$

c. voor een opdrijvend vermogen  $O = 15$  kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{cotg } \alpha \cdot L \cdot c}{c_w \cdot \rho \cdot v^2 (1 + \text{cotg } \alpha \cdot \text{tg } \beta)} \\ x &= \frac{0,577 \cdot 40 \cdot 15}{91 \cdot 0,26^2 (1 + 0,577 \cdot 2,64)} \\ x &= \frac{346}{6,15 (1 + 1,53)} = \frac{346}{6,15 \cdot 2,53} = 22,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Het laatste antwoord voldoet uiteraard in het geheel niet, daar het uitgesloten is dat de stroomdruk boven het wateroppervlak aan zou grijpen. Het is zelfs niet denkbaar dat in de drie berekende gevallen de aangrijpingspunten van de stroomdruk veel in ligging zouden verschillen. Immers wordt de stroomdruk veroorzaakt door de resultante van de stroom over de gehele vertikaal, die afhankelijk van de hellingshoek  $\alpha$  van het zinkstuk een bepaalde hoek  $\beta$  met de horizontaal maakt. Daar de stroomsnelheden uitgezet over de gehele vertikaal in alle gevallen min of meer congruente figuren opleveren is het niet te verwachten dat bij één bepaalde hellingshoek van het zinkstuk het aangrijpingspunt van de stroomdruk veel in plaats zal verschillen.

Wanneer we er vanuit gaan dat in alle drie de gevallen de afstand

$$x \text{ constant is en we schrijven de formule } x = \frac{\cot \alpha \cdot L \cdot o}{c_w \rho \cdot v^2 (1 + \cot \alpha \cdot \tan \beta)}$$

als  $\frac{v^2}{o} = \frac{\cot \alpha \cdot L}{x \cdot c_w \rho (1 + \cot \alpha \cdot \tan \beta)}$  wil dit zeggen

dat bij een bepaalde stand van het zinkstuk de verhouding

$$\frac{v^2}{o} \text{ constant is.}$$

Dit heeft consequenties voor de op bijlage 6 getekende verbanden tussen de helling van het zinkstuk en de stroomsnelheid. Op de bijlage is te zien dat de kromme voor de zinkstukken met opdrijvende vermogens van 35 kg/m<sup>2</sup> op de meeste waarnemingen is gebaseerd.

Wanneer op grond hiervan er vanuit wordt gegaan dat dit verband het meest juiste is, is het mogelijk om voor iedere waarde van  $z/L$  uitgaande van de daarbij behorende stroomsnelheid voor zinkstukken met een opdrijvend vermogen van 35 kg/m<sup>2</sup>, met gebruikmaking van de relatie  $\frac{v^2}{o} = \text{constant}$ , de stroomsnelheid te berekenen voor zinkstukken met opdrijvende vermogens van respectievelijk 15 en 45 kg/m<sup>2</sup>.

Op bijlage 10 zijn de verbanden getekend voor zinkstukken met opdrijvende vermogens van respectievelijk 15, 35 en 45 kg/m<sup>2</sup> waarbij het verband voor zinkstukken met opdrijvende vermogens van 35 kg/m<sup>2</sup> gelijk is aan dat welke is getekend op bijlagen 6 en waarbij de beide

andere op bovenstaande wijze zijn gecorrigeerd.

Bij vergelijking van de beide gecorrigeerde relaties op bijlage 10 met de aanvankelijk getekende relaties op bijlage 6 blijkt dat de vermoedelijk in werkelijkheid optredende stroomsnelheden bij het zinken van stukken met opdrijvende vermogens van 15 kg/m<sup>2</sup> groter zijn dan aanvankelijk aan de hand van de metingen is geconcludeerd en bij de zinkstukken met opdrijvende vermogens van 45 kg/m<sup>2</sup> kleiner.

3.10. De grootte van het benodigd zinkgewicht.

Zoals reeds eerder is betoogd volgt uit de evenwichtsvoorwaarde

$\sum v = 0$  dat de som van het benodigde zinkgewicht en de door de stroom veroorzaakte liftkracht gelijk moet zijn aan het opdrijvend vermogen van het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk of  $G + L_k = L.b.O$ .

Van belang is de grootte te weten van het gedeelte van het opdrijvend vermogen van het zinkstuk dat evenwicht maakt met  $G$  en van het gedeelte dat evenwicht maakt met  $L_k$ . Nu is voor een aantal waarnemingen het zinkgewicht ( $G$ ) de lengte van het zinkstuk onder water ( $L$ ), de breedte van het zinkstuk ( $b$ ) en het opdrijvend vermogen van het zinkstuk ( $O$ ) bekend. Met behulp van deze gegevens is de verhouding  $\frac{G}{L.b.O}$  te bepalen.

Op bijlage 11 zijn de aldus gevonden waarden voor  $\frac{G}{L.b.O}$  uitgezet op de  $x$ -as en de helling van het zinkstuk uitgedrukt in de verhouding  $z/L$  op de  $y$ -as. Een aantal van deze in de grafiek getekende waarden blijken bij nadere beschouwing niet goed te voldoen b.v.:

$$\text{het punt } \frac{G}{L.b.O} = 0,79; z/L = 0,53$$

$$\text{In dit geval is } G = 0,79 L.b.O. \text{ en daar } L = \frac{z}{0,53} \text{ is}$$

$$G = \frac{0,79}{0,53} z.b.O.$$

$$G = 1,49 z.b.O.$$

Als  $v = 0$  is de waarde  $z/L$  theoretisch 1, in de praktijk vinden we in den regel 0,9. Houden we deze laatste waarde

aan dan is het benodigd zinkgewicht als  $v = 0$  m/sec.,  
gelijk aan  $\frac{1}{0,9}z.b.o = 1,1z.b.o$

Dit zou betekenen dat bij toename van de stroomsnelheid  
het benodigd zinkgewicht groter wordt, iets wat in lijn-  
rechte tegenspraak is met alle gedane waarnemingen waar we  
juist een afname van het benodigd zinkgewicht vinden bij toe-  
name van de stroomsnelheid.

Ditzelfde geldt voor alle punten rechts van de in de grafiek  
gestippelde lijn.

Dit zou betekenen dat alle, uit de proeven berekende waarden voor  
 $\frac{G}{L.b.O.}$  rechts van de gestippelde lijn groter zijn dan in werkelijk-  
heid. Tot de rechts van de gestippelde lijn aangegeven waarden van  
 $\frac{G}{L.b.O.}$  behoren alle waarden van zinkstukken met een opdrijvend  
vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> en enkele waarden van zinkstukken met een  
opdrijvend vermogen van 45 kg/m<sup>2</sup>. Wat kan de oorzaak zijn van deze  
afwijkingen?

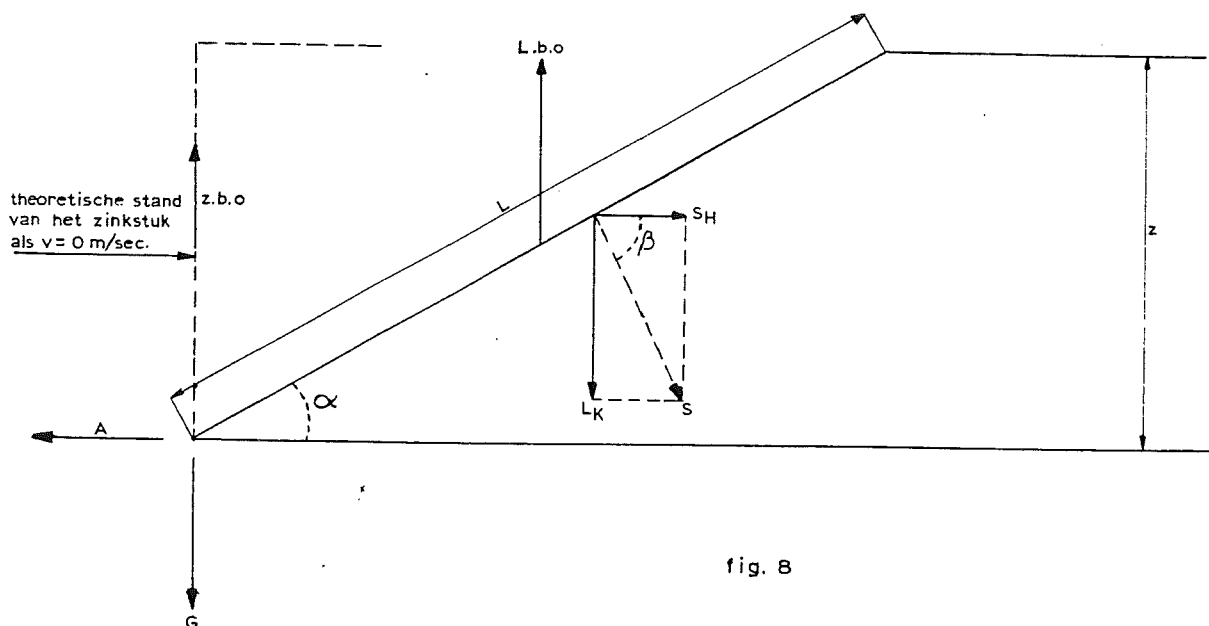


fig. 8

In figuur 8 staan de diverse krachten die op het zinkstuk werken, aangegeven. Uit  $\sum H=0$  volgt dat  $S_h = A$ . Hiervoor is afgeleid dat  $A = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$ . Uit  $\sum v=0$  volgt dat  $L \cdot b \cdot O = G + L_k$ . De liftkracht  $L_k = S_h \cdot \operatorname{tg} \beta = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z \cdot \operatorname{tg} \beta$ .

Bij een theoretisch verticale stand van het zinkstuk als  $v = 0$  m/sec. (de stippellijn in figuur 8) is de liftkracht  $L_k = 0$  en het benodigd zinkgewicht  $G = z \cdot b \cdot O$ .

De toenemende stroomsnelheid tot een waarde die nodig is om het zinkstuk de getekende stand  $L\alpha$  te geven wordt de lengte van het gedeelte van het zinkstuk onder water vergroot van  $z$  tot  $L$ . De opwaartse kracht van het ondergedompeld gedeelte zinkstuk wordt dan vergroot van  $z \cdot b \cdot O$  tot  $L \cdot b \cdot O$ .

Wanneer we nu even geen rekening houden met vermindering van het benodigde zinkgewicht bij toenemende stroomsnelheid mag gesteld worden dat  $L_k = L \cdot b \cdot O - z \cdot b \cdot O$ .

$$\text{of } Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z \cdot \operatorname{tg} \beta = L \cdot b \cdot O - z \cdot b \cdot O. (2).$$

Hieruit blijkt weer de betrekking tussen  $v^2$  en  $O$ , immers is bij de in figuur 8 getekende stand van het zinkstuk, van het linkerlid van de vergelijking alleen  $v$  veranderlijk en van het rechterlid alleen  $O$ .  $v$  en  $O$  zijn afhankelijk veranderlijk, bij een groter oprijvend vermogen ( $O$ ) van het zinkstuk behoort een grotere stroomsnelheid ( $v$ ) om het zinkstuk onder dezelfde helling ( $L\alpha$ ) te houden.

Uit het voorgaande is dan weer af te leiden hetgeen op bijlage 10 is aangegeven, dat de werkelijk optredende stroomsnelheden bij zinkstukken met een oprijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> groter zijn geweest dan de bij de proeven is gemeten en de werkelijk optredende stroomsnelheden bij zinkstukken met een oprijvend vermogen van 45 kg/m<sup>2</sup> bij de meeste waarnemingen kleiner.

Een te kleine stroomsnelheid bij de proeven met de zinkstukken met een oprijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> betekent ook een te kleine liftkracht ( $L_k$ ) (linkerlid van vergelijking 2).

Wanneer  $L_k$  bij de proeven kleiner is geweest dan in werkelijkheid betekent dit dat ook het rechterlid van vergelijking 2 kleiner is geweest. Het rechterlid van de vergelijking is ook te schrijven als  $L.b.O. - G$  (zie vergelijking 1).

Dan moet tijdens de proeven of de opwaartse kracht  $L.b.O.$  van het ondergedompeld gedeelte van het zinkstuk kleiner zijn geweest dan in werkelijkheid of het zinkgewicht ( $G$ ) groter. Het produkt  $L.b.O$  bestaat uit twee constante waarden  $b$  en  $o$  en een lengte  $L$  welke behoort bij de bepaalde stand van het zinkstuk die we hebben verondersteld en zal dan ook tijdens de proeven niet verschillen met de werkelijkheid.

Er blijft dus als enige mogelijkheid over dat de grootte van het zinkgewicht ( $G$ ) bij het verrichten van de proeven met zinkstukken met een opdrijvend vermogen van  $15 \text{ kg/m}^2$  groter is geweest dan in werkelijkheid. Dit houdt dan tevens in dat de aan de hand van de proeven berekende waarden van  $\frac{G}{L.b.O}$  voor deze zinkstukken wat te groot zijn.

Op dezelfde wijze is af te leiden dat de grootte van het zinkgewicht ( $G$ ) bij het verrichten van de proeven met zinkstukken met een opdrijvend vermogen van  $45 \text{ kg/m}^2$  kleiner is geweest dan in werkelijkheid. Dit houdt dan weer in dat de aan de hand van de proeven berekende waarden van  $\frac{G}{L.b.O}$  voor deze zinkstukken iets te klein zijn. Dit geldt voor alle waarden van  $\frac{G}{L.b.O}$  van deze zinkstukken die afgeleid zijn van meetpunten waarbij de gemeten stroomsnelheid hoger is geweest dan in werkelijkheid.

Voor twee punten geldt het omgekeerde, het zijn de punten  $\frac{G}{L.b.O} = 0,465$ ;  $z/L = 0,37$  en  $\frac{G}{L.b.O} = 0,254$ ;  $z/L = 0,305$ . De gemeten stroomsnelheid behorende bij deze waarden is lager geweest dan in werkelijkheid (zie ook bijlage 6).

Het wordt dan wel zeer aannemelijk dat de lijn die de berekende

waarden van  $\frac{G}{L.b.O.}$  voor zinkstukken met een opdrijvend vermogen van 35 kg/m<sup>2</sup> verbindt wel ongeveer de kromme zal zijn die voor alle zinkstukken, ongeacht de grootte van het opdrijvend vermogen zal gelden. Op bijlage 11 hebben we deze lijn getekend. Op een andere manier is eveneens ongeveer dezelfde lijn te construeren.

We gaan dan weer uit van de vergelijking  $L_k = L.b.O. - G$ . Volgens bijlage 8 is  $L_k = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c}$  waarbij c de grootte van de abscis aangeeft behorende bij een bepaalde stand van het zinkstuk, de waarde z/L op de y-as.

$$\begin{aligned} \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{c} &= L.b.O. - G \\ \frac{G}{L.b.O.} &= 1 - \frac{\rho \cdot v^2}{c \cdot O.} \end{aligned}$$

Van het rechterlid van de vergelijking is constant en zijn c en  $\frac{v^2}{O}$  afhankelijk van de grootte van z/L. Bij iedere waarde van z/L behoort één waarde voor c en één waarde voor  $\frac{v^2}{O}$ , onafhankelijk van de grootte van het opdrijvend vermogen van het zinkstuk.

Het is duidelijk dat wanneer we voor een aantal waarden van z/L de waarde  $\frac{G}{L.b.O.}$  berekenen, we bij iedere waarde van z/L, slechts één waarde van  $\frac{G}{L.b.O.}$  vinden, onafhankelijk van het opdrijvend vermogen van de zinkstukken. De aldus berekende waarden van  $\frac{G}{L.b.O.}$  zijn eveneens uitgezet op bijlage 11 en liggen vrij aardig op de getekende lijn.

Daar  $L.b.O. = G + L_k$   
is  $\frac{G}{L.b.O.} + \frac{L_k}{L.b.O.} = 1$

De waarden van  $\frac{L_k}{L.b.O.}$  zijn in dezelfde figuur op de x-as uitgezet.

Met behulp van de figuur is het mogelijk om bij iedere stand z/L van een zinkstuk het benodigde zinkgewicht te bepalen en tevens de grootte van de door de stroom uitgeoefende liftkracht.



3.11. De grootte van de sløepcoëfficiënt (Cw) en de liftcoëfficiënt (Cl).

3.11.1. De sløepcoëfficiënt (Cw) is reeds bepaald aan de hand van de hyperbolische functie van de ankerkracht, bijlage 7, waarbij voor Cw een waarde werd gevonden van 0,91.

De grootte van de ankerkracht is dan te bepalen met de formule  $A = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$ . Omgekeerd is Cw te bepalen uit

$$Cw = \frac{2 A}{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z}$$

Op deze manier is van alle waarnemingen, waarvan de factoren van het rechterlid van de vergelijking bekend waren, de Cw-waarde berekend.

Op bijlage 12 zijn de aldus gevonden waarden van Cw uitgezet op de x-as en de helling van het zinkstuk, uitgedrukt in de verhouding z/L op de y-as.

De lijn die in de figuur door de waarden voor Cw is getekend geeft de gemiddelde Cw-waarde aan, welke niet veel afwijkt van de eerder gevonden waarde van  $Cw = 0,91$ .

3.11.2. Zoals de formule  $A = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$  ons in staat stelt de ankerkracht (A) te berekenen en daar  $A = S_h$  (zie figuur 8) tevens de horizontale component van de stroomdruk ( $S_h$ ), kan met behulp van de formule  $L_k = Cl \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$  de verticale component van de stroomdruk berekend worden.

Als  $L_k = Cl \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$  is  $Cl = \frac{2 L_k}{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z}$ .

Op dezelfde manier als Cw is bepaald kan aan de hand van de gemeten waarden ook de grootte van Cl bepaald worden. Hierbij is de grootte van  $L_k$  bepaald door de oppervlakte van het zinkstuk onder water (L.b) te vermenigvuldigen met de grootte

van het oprijvend vermogen (O) en het produkt L.b.C. te verminderen met het gebruikte zinkgewicht (G). Als grootte van de stroomsnelheid (v) is gerekend de tijdens de proeven gemeten waarde.

Ook deze waarden van Cl zijn op bijlage 12 uitgezet op de x-as en de helling van het zinkstuk uitgedrukt in de verhouding z/L op de y-as. De aldus berekende waarden liggen echter zodanig verspreidt dat het moeilijk is een gemiddelde waarde te bepalen.

Vervolgens zijn de Cl-waarden nogmaals berekend met de formule  $Cl = \frac{2 L_k}{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z}$  maar nu de grootte van de liftkracht ( $L_k$ ) bepaald aan de hand van bijlage 11 en de grootte van de stroomsnelheid (v) aan de hand van de gecorrigeerde stroomsnelheden van bijlage 10. Wanneer nu de zo gevonden waarden van Cl weer uitgezet worden (bijlage 12) blijken deze op een vloeiend verlopende kromme te liggen.

Ook op een andere manier waarbij geen correcties op de grootte van de liftkracht ( $L_k$ ) of de stroomsnelheid (v) worden aangebracht, is eveneens ongeveer dezelfde lijn te construeren. Gebruik wordt gemaakt van bijlage 8.

$$\text{Bij b.v. } z/L = 0,5 \text{ is } L_k = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{1,7}$$

Als  $z/L = 0,5$  is  $L = 2 z$ , deze waarde gesubstitueerd in de vergelijking  $L_k = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{1,7}$  geeft  $L_k = \frac{2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z}{1,7}$

$$\text{of } L_k = 2,35 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$$

$$\text{of } Cl = 2,35$$

Op deze wijze is voor iedere grootte van z/L de bijbehorende waarde van Cl te berekenen. Deze berekening is uitgevoerd voor een aantal grootten van z/L en de zo gevonden waarden van Cl zijn eveneens op bijlage 12 aangegeven. Deze waarden van

C1 wijken weinig af van de getrokken lijn die de gemiddelde waarde van C1 aangeeft.

3.12. Toelichting op het praktisch gebruik van de bijlage 6 t/m 12.

3.12.1. Aan de hand van enkele voorbeelden wordt het praktisch gebruik van de bijlagen 6 t/m 12 toegelicht.

Stel dat een klassiek zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 45 kg/m<sup>2</sup>, een breedte van 28 m en een lengte van 60 m op stroom wordt gezonken als de waterdiepte 20 m is. De kop van het zinkstuk wordt bij kentering omlaag gebracht, maar het stuk mag niet worden bestort voordat de helling van het zinkstuk 30° is.

Gevraagd worden : de maximum grootte van de ankerkracht (A);  
de grootte van het benodigd zinkgewicht (G).

Bij een helling van 30° is de verhouding  $z/L = \sin 30^\circ = 0,5$ .

De grootte van de gemiddelde stroomsnelheid (v) om het zinkstuk deze helling te geven is te bepalen, aan de hand van de grafiek op bijlage 10. Voor een zinkstuk met een opdrijvend vermogen  $\sigma = 45 \text{ kg/m}^2$  en een helling  $z/L = 0,5$  is de gemiddelde stroomsnelheid  $v = 0,68 \text{ m/sec}$ . De maximum grootte van de ankerkracht is te bepalen met behulp van:

a. de grafiek op bijlage 7

$$\text{voor } z/L = 0,5 \text{ is } \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{A} = 4,5 \quad (z = 20 \text{ m}, L = 40 \text{ m})$$

$$A = \frac{100 \cdot 0,68^2 \cdot 28 \cdot 40}{4,5} = 11,500 \text{ kg.}$$

b. de formule  $A = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$ .

$$C_w = 0,91 \quad (\text{zie bijlage 12})$$

$$A = 0,91 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 0,68^2 \cdot 28 \cdot 20 = 11.800 \text{ kg.}$$

Wordt het zinkstuk aan de grond gebracht bij kentering als  $v = 0$  m/sec. dan neemt het zinkstuk theoretisch een verticale stand in.

Het benodigd zinkgewicht is dan  $20 \times 28 \times 45 = 25.200$  kg.

Zouden we het zinkstuk niet eerder aan de grond brengen dan wanneer  $v = 0,68$  m/sec. dan treden dezelfde ankerkrachten op als hierboven is berekend.

Het dan benodigd zinkgewicht is te bepalen met behulp van de grafiek op bijlage 11,

$$\text{voor } z/L = 0,5 \text{ is } \frac{G}{L \cdot b \cdot 0} = 0,4$$

$$G = 0,4 \cdot 40 \cdot 28 \cdot 45 = 20.200 \text{ kg.}$$

3.12.2. Stel dat een klassiek zinkstuk met een opdrijvend vermogen van  $45 \text{ kg/m}^2$ , een breedte van  $28 \text{ m}$  en een lengte van  $60 \text{ m}$  op stroom wordt gezonken als de waterdiepte  $20 \text{ m}$  is.

Er wordt gezonken bij een gemiddelde stroomsnelheid  $v = 1,10$  m/sec.

Gevraagd worden: de grootte van de ankerkracht (A);

de grootte van het benodigd zinkgewicht (G).

De helling die het zinkstuk t.g.v. de stromedruk verkrijgt is te bepalen aan de hand van de grafiek op bijlage 10. Voor een zinkstuk met een opdrijvend vermogen  $0 = 45 \text{ kg/m}^2$  en bij een gemiddelde stroomsnelheid  $v = 1,10$  m/sec. is de helling  $z/L = 0,19$ . Het gehele zinkstuk is dan onder water,  $L = 60 \text{ m}$  en  $z = 0,19 \cdot 60 = 11,40 \text{ m}$ .

De grootte van de ankerkracht is te bepalen met behulp van:

a. de grafiek op bijlage 7

$$\text{voor } z/L = 0,19, \text{ is } \frac{\rho \cdot v^2 \cdot b \cdot L}{A} = 11,5$$

$$A = \frac{100 \cdot 1,10^2 \cdot 28 \cdot 60}{11,5} = 17.700 \text{ kg.}$$

b. de formule  $A = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z$ .

$C_w = 0,91$  (zie bijlage 12)

$$A = 0,91 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 1,10^2 \cdot 28 \cdot 11,5 = 17.700 \text{ kg.}$$

Het benodigd zinkgewicht is te bepalen met behulp van de grafiek op bijlage 11,

$$\text{voor } z/L = 0,19 \text{ is } \frac{G}{L \cdot b \cdot O} = 0,13$$

$$G = 0,13 \cdot 60 \cdot 28 \cdot 45 = 9.850 \text{ kg.}$$

4. Bepaling van de stand van en de optredende krachten op een zinkstuk bij het gestrekt zinken.

4.1. Onder gestrekt zinken wordt verstaan het zinken waarbij de vereiste helling van het zinkstuk om het te kunnen afstorten, niet of niet alleen door de stroom wordt veroorzaakt, maar door, of mede door, het uitoefenen van een trekkracht op de staart van het zinkstuk.

4.2. Bij deze methode wordt geen, of weinig profijt van de stroom getrokken om het zinkstuk een flauwe helling te doen aannemen maar gebeurt dit op mechanische wijze. Het gevolg is dat er weer teruggedaan wordt naar de kentering als tijdstip van zinken, dit om storende invloeden van de stroom te ontgaan, waarbij het echter niet van stringent belang is juist op kentering te zinken, doch alleen op een tijdstip dat de stroomsnelheden gering zijn.

Schijnt het, dat het gestrekt zinken weer teruggrijpt naar de klassieke manier van zinken op kentering, toch is niets minder waar.

Het is integendeel het gevolg van een logische ontwikkeling van het zinken op stroom en het benutten van het materiaal waaruit de zinkstukken zijn samengesteld. Het zinken op stroom begon met één ponton-werkeiland bij de kop en een achterbak bij de staart van het zinkstuk.

De ponton was - en is nog steeds - uitgerust met lieren welke dienen voor:

- het straktrekken van de verankering van de ponton;
- het straktrekken van de verankering van de zinkbuis;
- het laten zakken of stijgen van de zinkbuis;
- het verhalen van de steenstorter.

In tegenstelling met de ponton was oorspronkelijk de achterbak een pover werktuig, in den regel een zolderbak met enkele lieren om de eigen- lichte-verankering strak te kunnen trekken. Om de staart van het stuk goed onder controle te houden werd ook de achterbak steeds meer geperfectioneerd waardoor deze op den duur aan hogere eisen voldeed dan aanvankelijk was gesteld.

In plaats van een zolderbak is de achterbak nu in den regel een ponton, gelijkwaardig aan de ponton bij de kop van het zinkstuk en uitgerust met lieren voor:

- het straktrekken van de verankering van de ponton;
- het verhalen van de steenstorter;
- het straktrekken van de zijverankering van de staart van het zinkstuk;
- het op spanning houden van de draden tussen de achterbuis en de ponton.

In dit stadium deed de kunststof zijn intrede als één van de belangrijkste bouwmaterialen van het zinkstuk.

Een zinkstuk met een zool van kunststof heeft naast het voordeel van een grote zanddichtheid ook nog de voordelen van een gering opdrijvend vermogen en een grote treksterkte.

Dankzij beide laatst genoemde eigenschappen en met gebruikmaking van beide pontons is men in staat om door middel van een trekkracht in de lengterichting van het zinkstuk uit te oefenen, dit een flauwe helling te doen aannemen. Deze methode van zinken noemt men "gestrekt zinken".

4.3. Op dezelfde wijze als bij het stroomzinken zijn in de figuren nr's 9 en 10 de krachten aangegeven die bij het gestrekt zinken op een zinkstuk werken. In beide figuren is er vanuit gegaan dat de stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. In fig. 9 is de trekkracht  $T = 0$  kg, in fig 10 is  $T > 0$  kg.

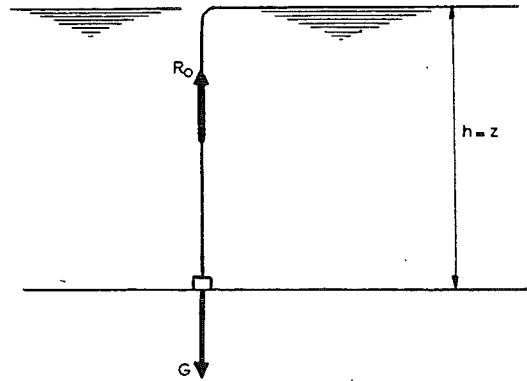


fig.9

Wanneer de kop van het zinkstuk na het aan de grond brengen van het zinkgewicht bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec., een verticale stand inneemt (fig. 9) zal de resultante ( $R_0$ ) van het oprijvend vermogen van de kop van het zinkstuk onder water evenwicht maken met het zinkgewicht ( $G$ ). De ankerkrachten zijn nul, daar geen horizontale kracht optreedt.

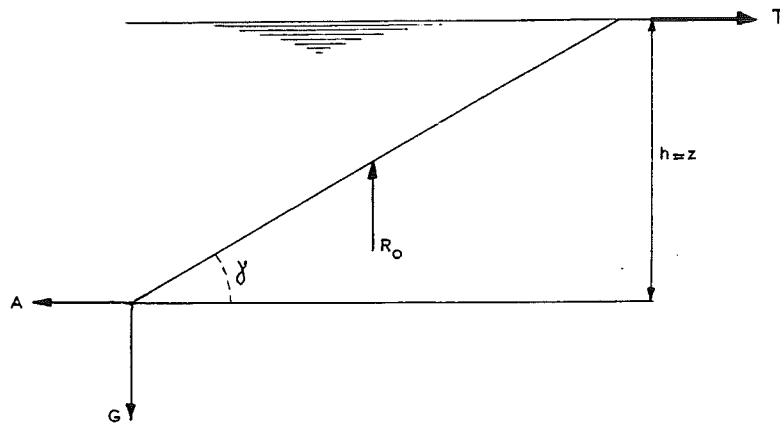


fig.10

Wanneer vervolgens op de staart van het zinkstuk een trekkracht ( $T$ ) wordt uitgeoefend, zal het zinkstuk onder invloed van deze trekkracht een helling ( $\angle \gamma$ ) aannemen (fig. 10). Op het zinkstuk werken dan de volgende krachten:



- de resultante ( $R_0$ ) van het opdrijvend vermogen van de kop van het zinkstuk onder water;
- de trekkracht ( $T$ );
- de ankerkracht ( $A$ );
- het zinkgewicht ( $G$ ).

4.4. Getracht zal worden te bepalen:

- het verband tussen de grootte van de trekkracht ( $T$ ) en de helling van het zinkstuk ( $L \gamma$ );
- de grootte van de ankerkracht ( $A$ );
- de grootte van het benodigd zinkgewicht ( $G$ ).

Hierbij worden twee gevallen onderscheiden:

1. de helling van het zinkstuk ( $L \gamma$ ) wordt alleen veroorzaakt door het uitoefenen van een trekkracht ( $T$ ) (fig. 11);
2. het zinkstuk heeft onder invloed van de stroom een helling verkregen ( $L \alpha$ ), welke helling vervolgens door het niet uitoefenen van een trekkracht ( $T$ ) wordt verkleind ( $L \gamma$ ) fig. 13.

4.5. Bepaling van de op het zinkstuk werkende krachten als de helling van het zinkstuk alleen een gevolg is van het uitoefenen van een trekkracht op de staart van het zinkstuk.

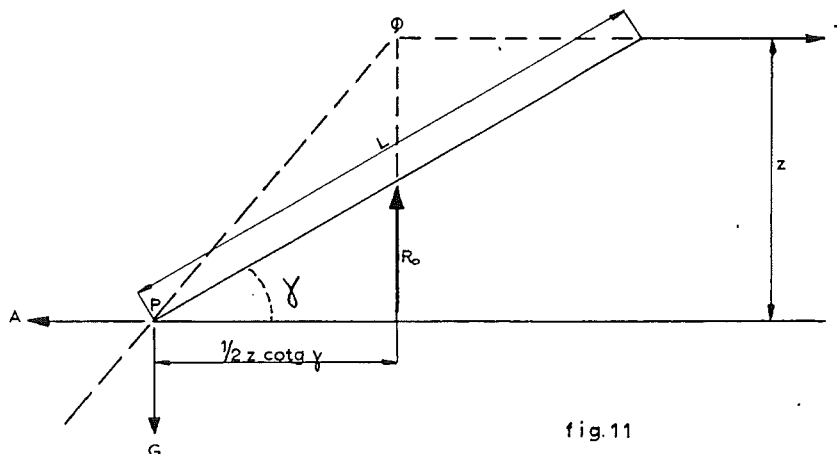
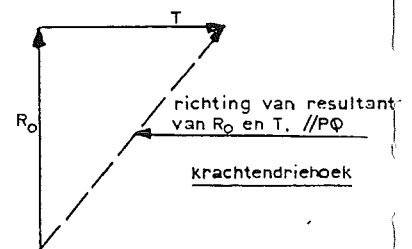


fig.11



4.5.0. Veronderstel dat bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. een zinkstuk door het uitoefenen van een trekkracht (T) een bepaalde helling ( $\angle \gamma$ ) verkrijgt (fig. 11).

Er zijn dan twee manieren om de grootte van de krachten A, G,  $R_o$  en T te bepalen:

- de grafische methode
- de analytische methode.

#### 4.5.1. Grafische methode.

De grootte van het oprijvend vermogen ( $R_o$ ) is te berekenen

$$R_o = L \cdot b \cdot O \quad \text{en daar } L = \frac{z}{\sin \gamma} \quad \text{is } R_o = \frac{z \cdot b \cdot O}{\sin \gamma}$$

De richting van de resultante van de krachten  $R_o$  en T is te construeren; de stippellijn PQ in fig. 8.

Door middel van een krachtendriehoek is de trekkracht (T) te bepalen (fig. 11)

$$\text{uit } \sum H = 0 \text{ volgt: } A = T$$

$$\text{uit } \sum V = 0 \text{ volgt: } G = R_o$$

#### 4.5.2. Analytische methode.

$$\sum H = 0 \quad A = T$$

$$\sum V = 0 \quad G = R_o$$

$$\sum M = 0, \text{ momentenpunt P}$$

$$z \cdot T = \frac{1}{2} \cdot z \cdot \cotg. \gamma \cdot R_o$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot \cotg. \gamma \cdot R_o \quad \text{en daar } R_o = L \cdot b \cdot O$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot \cotg. \gamma \cdot L \cdot b \cdot O \quad \text{en daar } L = \frac{z}{\sin \gamma}$$

$$T = \frac{\cotg. \gamma}{\sin \gamma} \cdot \frac{z \cdot b \cdot O}{2}$$

$$A = T, \text{ dus } A = \frac{\cotg. \gamma}{\sin \gamma} \cdot \frac{z \cdot b \cdot O}{2}$$

$$G = R_o, \text{ dus } G = L \cdot b \cdot O$$

$$G = \frac{z \cdot b \cdot O}{\sin \gamma} = \operatorname{cosec} \gamma \cdot z \cdot b \cdot O$$

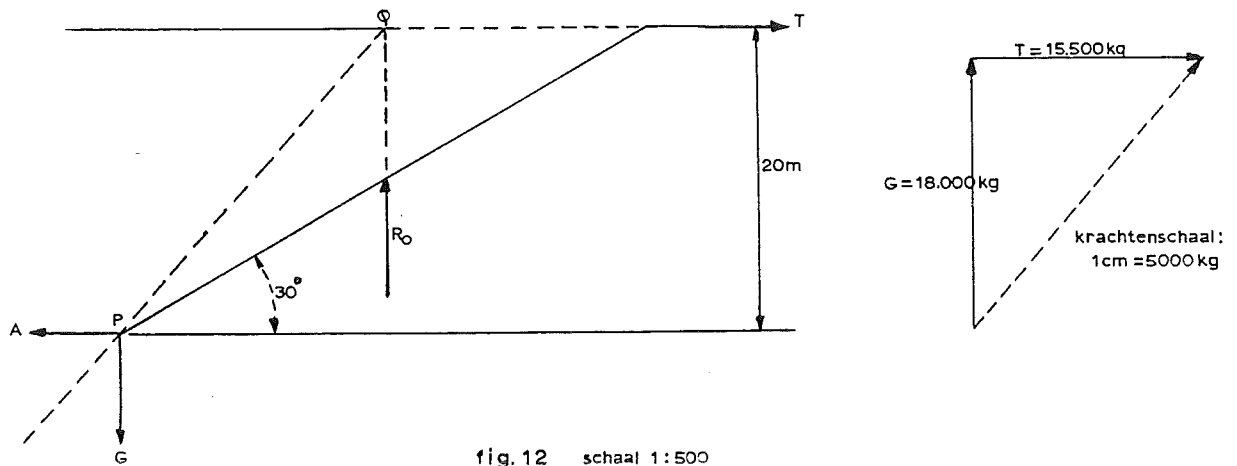


fig.12 schaal 1:500

4.5.3. Aan de hand van een voorbeeld wordt het vorenstaande toegelicht.

Stel dat een zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> en een breedte van 30 m wordt gezonken op een waterdiepte van 20 m. Bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. wordt door middel van het uitoefenen van een trekkracht (T) op de staart van het zinkstuk, dit een helling gegeven van 30° (fig. 12).

- Gevraagd worden:
- de grootte van de trekkracht (T);
  - de grootte van de ankerkracht (A);
  - de grootte van het benodigd zinkgewicht (G).

Oplossing volgens grafische methode:

$$R_0 = \frac{z.b.o.}{\sin \gamma} = \frac{20 \cdot 30 \cdot 15}{\sin 30^\circ} = 18.000 \text{ kg.}$$

De richting van de resultante van de krachten R<sub>0</sub> en T is de stippellijn PQ.

De krachtendriehoek is te construeren; bij opmeting blijkt dat T = 15.500 kg.

uit  $\sum H = 0$  volgt: A = T dus A = 15.500 kg.

uit  $\sum V = 0$  volgt: G = R<sub>0</sub> dus G = 18.000 kg.

Oplossing volgens analytische methode:

$$T = \frac{\cotg. \gamma}{\sin \gamma} \cdot \frac{z.b.O.}{2}$$

$$T = \frac{\cotg. 30^\circ}{\sin 30^\circ} \cdot \frac{20 \cdot 30 \cdot 15}{2} = 15.570 \text{ kg.}$$

A = T, dus

A = 15.570 kg.

$$R_o = \text{cosec } \gamma \cdot z.b.O.$$

$$R_o = \text{cosec } 30^\circ \cdot 20 \cdot 30 \cdot 15 = 18.000 \text{ kg.}$$

G = R<sub>o</sub>, dus

G = 18.000 kg.

4.6. Bepaling van de op het zinkstuk werkende krachten als de heling van het zinkstuk een gevolg is van de stroomdruk en van een op de staart van het zinkstuk uitgeoefende trekkraft.

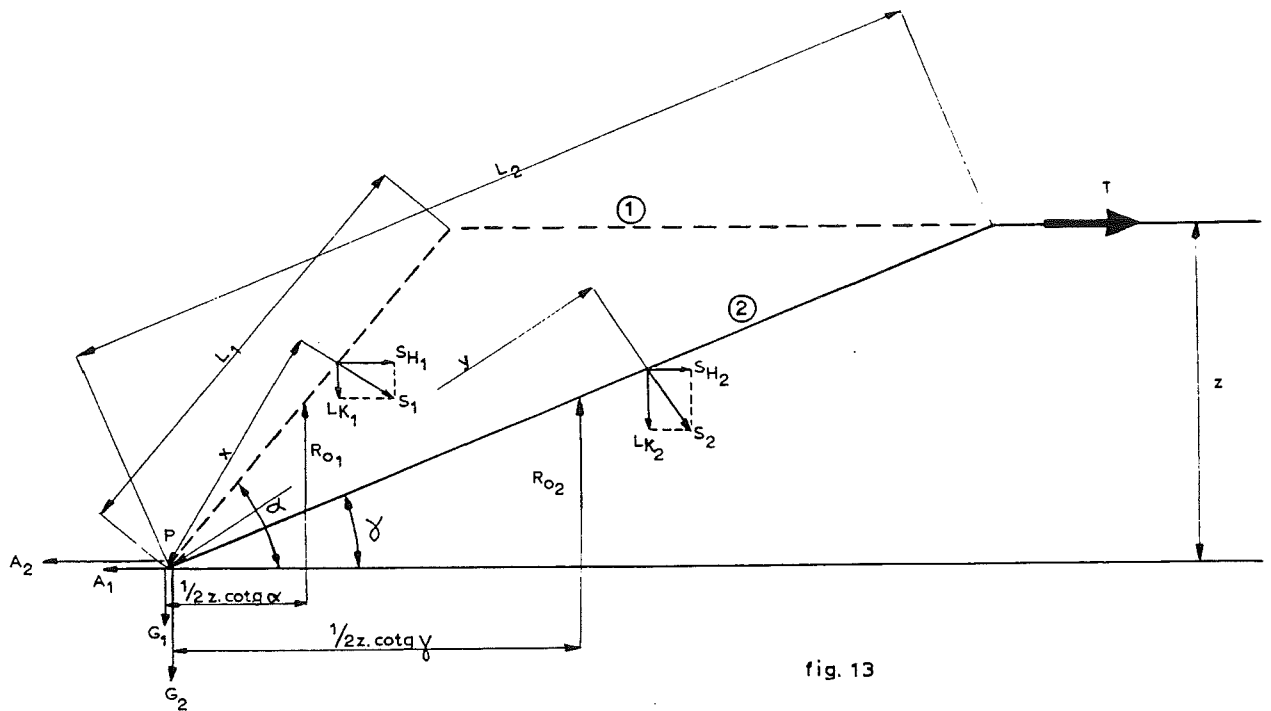


fig. 13

- ① --- stand van het zinkstuk t.g.v. de stroomdruk
- ② --- stand van het zinkstuk t.g.v. de stroomdruk en de trekkraft

4.6.1. Veronderstel dat t.g.v. een bepaalde stroomsnelheid ( $v$ ) het zinkstuk een stand heeft aangenomen zoals in fig 13 door middel van een stippellijn is aangegeven en dat we vervolgens door middel van het uitoefenen van een trekkracht ( $T$ ) het zinkstuk een stand laten aannemen zoals in fig. 13 door middel van een getrokken lijn is aangegeven.

Het zinkstuk maakt onder invloed van de stroomdruk een helling ( $L\alpha$ ) met de horizontaal, welke helling t.g.v. het uitoefenen van de trekkracht ( $T$ ) wordt verkleind tot  $L\gamma$ .

Aan de hand van de drie evenwichtsvoorwaarden zijn de volgende vergelijkingen op te stellen:

Als het zinkstuk onder invloed van de stroomdruk ( $S_1$ ) een helling ( $L\alpha$ ) heeft aangenomen is:

$$\sum H = 0 \quad S_{h1} = A_1$$

$$\sum V = 0 \quad R_{o1} = G_1 + L_{k1}$$

$$\sum M = 0 \quad \text{Momentenpunt P}$$

$$\frac{1}{2} \cdot z \cdot \cotg. \alpha \cdot R_{o1} = x \cdot S_1 \quad (1)$$

Als het zinkstuk onder invloed van de stroomdruk ( $S_2$ ) en een trekkracht ( $T$ ) een helling ( $L\gamma$ ) heeft aangenomen is:

$$\sum H = 0 \quad T + S_{h2} = A_2$$

$$\sum V = 0 \quad R_{o2} = G_2 + L_{k2}$$

$$\sum M = 0 \quad \text{Momentenpunt P}$$

$$\frac{1}{2} \cdot z \cdot \cotg. \gamma \cdot R_{o2} = y \cdot S_2 + T \cdot z \quad (2).$$

In het laatste geval is de grootte van het moment van de stroomdruk t.o.v. punt P ( $y \cdot S_2$ ) niet bekend. We menen echter te mogen stellen dat het verschil in absolute grootte tussen de momenten van de stroomdruk ( $x \cdot S_1$  en  $y \cdot S_2$ ) nooit groot zal zijn en wel om de volgende reden.

Het grootste verschil in afstand tussen de stroomdrukken ( $S_1$  en  $S_2$ ) en punt P zal optreden als  $L\alpha$  groot en  $L\gamma$  klein is. Maar als  $L\alpha$  groot is betekent dit dat de stroomsnelheid, waarvan de helling van het zinkstuk afhankelijk is, gering is. Een geringe stroomsnelheid betekent ook een geringe stroomdruk. Is de stroomdruk gering, dan zal ook bij een groot verschil in lengte van de momentenarmen ( $x$  en  $y$ ), de grootte van de momenten  $x.S_1$  en  $y.S_2$  in absolute waarde gering zijn. Het verschil in grootte tussen de momenten  $x.S_1$  en  $y.S_2$  zal dan in absolute waarde eveneens gering zijn.

Neemt  $L\alpha$  in grootte af dan betekent dit een toename van de stroomsnelheid en dus ook een toename van de stroomdruk. Maar bij een afname van  $L\alpha$  wordt het verschil in afstand tussen de aangrijpingspunten van de stroomdrukken ( $S_1$  en  $S_2$ ) en punt P kleiner. Dus bij een toename van de grootte van de stroomdrukken ( $S_1$  en  $S_2$ ) een afname van het verschil in grootte tussen de momentenarmen ( $x$  en  $y$ ).

We menen dan ook dat het verschil in absolute waarde tussen de beide momenten ( $x.S_1$  en  $y.S_2$ ) in alle omstandigheden die in de praktijk voorkomen klein zal zijn. In dat geval zal geen grote fout worden gemaakt als de grootte van het moment  $x.S_1$  (zie vergelijking 1) gesubstitueerd wordt in vergelijking 2, welke dan wordt:

$$T.z = \frac{1}{2}.z.\cotg \gamma.R_{02} - \frac{1}{2}.z.\cotg \alpha.R_{01}.$$

$$\text{Nu is } R_{01} = \frac{z.b.O.}{\sin \alpha} \quad \text{en } R_{02} = \frac{z.b.O.}{\sin \gamma}$$

$$\text{of } T = \frac{1}{2} \frac{\cotg \gamma}{\sin \gamma} .z.b.O. - \frac{1}{2} \frac{\cotg \alpha}{\sin \alpha} .z.b.O.$$

$$\frac{T}{z.b.O.} = \frac{1}{2} \left( \frac{\cotg \gamma}{\sin \gamma} - \frac{\cotg \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

4.6.2. Met behulp van deze vergelijking is een aantal waarden van

$\frac{T}{z.b.O.}$  berekend. Dit is gedaan door  $L\alpha$  achtereenvolgens te stellen op  $20^\circ$ ,  $22^\circ 30'$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$  en  $90^\circ$ . Voor een waarde van  $L\gamma$  is  $20^\circ$  is dan de waarde  $\frac{T}{z.b.O.}$  berekend door  $L\alpha$  waarden te geven van achtereenvolgens  $20^\circ$ ,  $22^\circ 30'$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  enz. Voor een waarde van  $L\gamma$  is  $22^\circ 30'$  is de waarde  $\frac{T}{z.b.O.}$  berekend door  $L\alpha$  waarden te geven van achtereenvolgens  $22^\circ 30'$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  enz. Zo zijn alle waarden van  $\frac{T}{z.b.O.}$  berekend.

Op bijlage 13 zijn alle waarden van  $L\alpha$ ,  $L\gamma$  en  $\frac{T}{z.b.O.}$  in één grafiek uitgezet.

De grafiek dient om, wanneer het zinkstuk aanvankelijk een helling ( $L\alpha$ ) heeft aangenomen en deze helling vervolgens door middel van een uit te oefenen trekkracht (T) wordt verkleind tot  $L\gamma$ , de grootte van de benodigde trekkracht (T) te bepalen.

4.6.3. De grootte van de ankerkracht (A) is te bepalen uit:

$$A_2 = T + S_{h2} \quad (3)$$

$S_{h2}$  is de horizontale component van de stroomdruk op het zinkstuk, de grootte hiervan is bekend, n.l.:

$$S_{h2} = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

$$\text{en dus } A_2 = T + C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

4.6.4. De grootte van het zinkgewicht (G) is te bepalen uit:

$$G_2 = R_{o2} - L_{k2}$$

$L_{k2}$  is de verticale component van de stroomdruk op het zinkstuk, de grootte hiervan is bekend, n.l.:

$$L_{k2} = C_{l\gamma} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

De grootte van de  $C_{l\gamma}$ -waarde is afhankelijk van de helling van het zinkstuk, daarom moet worden aangehouden de  $C_{l\gamma}$ -waarde die

behoort bij  $\angle \gamma$ , aangeduidt als  $C1\gamma$ .

De grootte van het benodigd zinkgewicht is dan:

$$G_2 = R_{o2} - C1\gamma \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z. \quad (4).$$

4.6.5. Het gebruik van de grafiek op bijlage 13 voor het berekenen van de benodigde trekkracht (T) om een zinkstuk een bepaalde helling ( $\angle \gamma$ ) te geven en het berekenen van de daarbij optredende ankerkrachten en het benodigd zinkgewicht wordt aan de hand van een tweetal cyfervoorbeelden toegelicht.

Vooraf willen we nog stellen dat de afleiding van de grootte van de trekkracht (T), de ankerkrachten (A) en het benodigd zinkgewicht (G) niet exact, maar bij benadering is geschied.

Bij gebruik van deze berekeningswijze in de praktijk zal men dit niet uit het oog mogen verliezen en is het nuttig de uitkomsten van de berekening zo mogelijk te vergelijken met gemeten waarden.

4.6.6. Stel dat een zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> en een breedte van 30 m wordt gezonken op een waterdiepte van 20 m. Bij een stroomsnelheid  $v = 0$  m/sec. wordt door middel van het uitoefenen van een trekkracht (T) op de staart van het zinkstuk, dit een helling gegeven van  $30^\circ$ .

Gevraagd worden: de grootte van de benodigde trekkracht (T);

de grootte van de ankerkracht (A);

de grootte van het benodigd zinkgewicht (G).

Als  $v = 0$  m/sec. neemt het zinkstuk theoretisch een verticale stand in,  $\angle \alpha$  is dan  $90^\circ$ . Uit het gegeven volgt dat  $\angle \gamma = 30^\circ$ .

De benodigde trekkracht (T) om het zinkstuk deze helling te



doen aannemen is aan de hand van de grafiek op bijlage 13 als volgt te bepalen:

$$\text{Voor } \angle \alpha = 90^\circ \text{ en } \angle \gamma = 30^\circ, \text{ is } \frac{T}{z.b.O.} = 1,73, \text{ of}$$
$$T = 1,73 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 15 = 15.570 \text{ kg.}$$

De grootte van de ankerkracht (A) is:

$$A = T + \frac{1}{2} \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b.z., \quad v = 0 \text{ m/sec.}, \text{ dus}$$

$$A = T$$

$$A = 15.570 \text{ kg.}$$

De grootte van het benodigd zinkgewicht (G) is:

$$G = R_o - \frac{1}{2} \cdot C_{L\gamma} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b.z., \quad v = 0 \text{ m/sec.}, \text{ dus}$$

$$G = R_o$$

$$G = \frac{z.b.C.}{\sin \gamma} = \frac{20 \cdot 30 \cdot 15}{\sin 30^\circ} = 18.000 \text{ kg.}$$

Hiervoor, onder 4.3., is de grootte van de trekkracht (T), de ankerkracht (A) en het benodigd zinkgewicht (G) berekend aan de hand van dezelfde gegevens. De uitkomsten die daar worden gevonden komen overeen met hetgeen hier gevonden wordt.

4.6.7. Stel dat een zinkstuk wordt gezonken met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> en een breedte van 30 m op een waterdiepte van 15 m. Bij een stroomsnelheid  $v = 0,40$  m/sec. wordt door middel van een trekkracht (T) op de staart van het zinkstuk, dit een helling gegeven van 20°.

Gevraagd worden: de grootte van de trekkracht (T);

de grootte van de ankerkracht (A);

de grootte van het benodigd zinkgewicht (G).

De helling die het zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup> aanneemt bij een stroomsnelheid  $v = 0,40$  m/sec. is te bepalen aan de hand van bijlage 10. Op deze figuur is de verhouding  $z/L$  af te lezen die behoort bij een stroomsnelheid  $v = 0,40$  m/sec. voor een zinkstuk met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m<sup>2</sup>.

$$z/L = \sin \alpha = 0,48; \quad L \alpha = 29^\circ$$

De benodigde trekkracht (T) om het zinkstuk de gevraagde helling van  $20^\circ$  te doen aannemen is aan de hand van de grafiek op bijlage 13 te bepalen:

$$\frac{T}{z.b.O.} = 2,14 \text{ of}$$

$$T = 2,14 \cdot 15 \cdot 30 \cdot 15 = 14.400 \text{ kg.}$$

De grootte van de ankerkracht (A) is:

$$A = T + \frac{1}{2} \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

$$A = 14.400 + \frac{1}{2} \cdot 0,91 \cdot 100 \cdot 0,4^2 \cdot 30 \cdot 15$$

$$A = 14.400 + 3.260 = 17.660 \text{ kg.}$$

De grootte van het benodigd zinkgewicht (G) is:

$$G = R_o - \frac{1}{2} \cdot C_l \gamma \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

$$G = \frac{z.b.O.}{\sin \gamma} - \frac{1}{2} \cdot C_l \gamma \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \cdot z.$$

De verhouding  $z/L$  van  $\angle \gamma$  is 0,34. Hierbij behoort volgens bijlage 12 een  $C_l$ -waarde van 3,1.

$$G = \frac{15 \cdot 30 \cdot 15}{\sin 20^\circ} - \frac{1}{2} \cdot 3,1 \cdot 100 \cdot 0,4^2 \cdot 30 \cdot 15$$

$$G = 19.800 - 11.200 = 8.600 \text{ kg.}$$

4.7. Voor- en nadelen van het gestrekt zinken t.o.v. het zinken op stroom.

Een nadeel van het gestrekt zinken zijn de grote krachten die op de ankers worden uitgeoefend.

Ook het benodigd zinkgewicht is bij het gestrekt zinken groter dan bij het zinken op stroom. Bij het zinken op stroom neemt het benodigd zinkgewicht bij het toenemen van de stroomsnelheid af. Bij het gestrekt zinken neemt het benodigd zinkgewicht bij het toenemen van de trekkracht toe.

In het laatste cyfervoorbeeld (zie 4.6.7.), waar naast de trekkracht ook nog de stroomdruk ( $v = 0,40 \text{ m/sec.}$ ) op het zinkstuk werkte, was de ankerkracht 17.660 kg en het benodigd zinkgewicht 8.600 kg.

Zou men het zinkstuk de helling van  $20^\circ$  willen laten aannemen zonder hulp van de stroom ( $v = 0$  m/sec.) dan is de hiervoor nodige trekkracht volgens bijlage 13.

$$T = 4.z.b.O.$$

$$T = 4. 15. 30. 15 = 27.000 \text{ kg.}$$

De grootte van de ankerkracht is dan eveneens 27.000 kg.

De grootte van het benodigd zinkgewicht is dan

$$\frac{z.b.O.}{\sin 20^\circ} = \frac{15. 30. 15}{0,342} = 19.800 \text{ kg.}$$

Zou men het zinkstuk de helling van  $20^\circ$  willen laten aannemen alleen t.g.v. de stroomdruk dan is de hiervoor nodige stroomsnelheid te bepalen aan de hand van bijlage 10.

$$z/L = \sin 20^\circ = 0,34 \quad ; \quad v = 0,46 \text{ m/sec.}$$

De grootte van de ankerkracht is dan:

$$\frac{1}{2}.C_w.p.v^2.b.z. = \frac{1}{2}. 0,91. 100. 0,46^2. 30. 15 = 4.350 \text{ kg.}$$

De grootte van het benodigd zinkgewicht is dan volgens bijlage 11:

$$0,24 L.b.O. = 0,24 \frac{z.b.O.}{\sin 20^\circ} = 4.740 \text{ kg.}$$

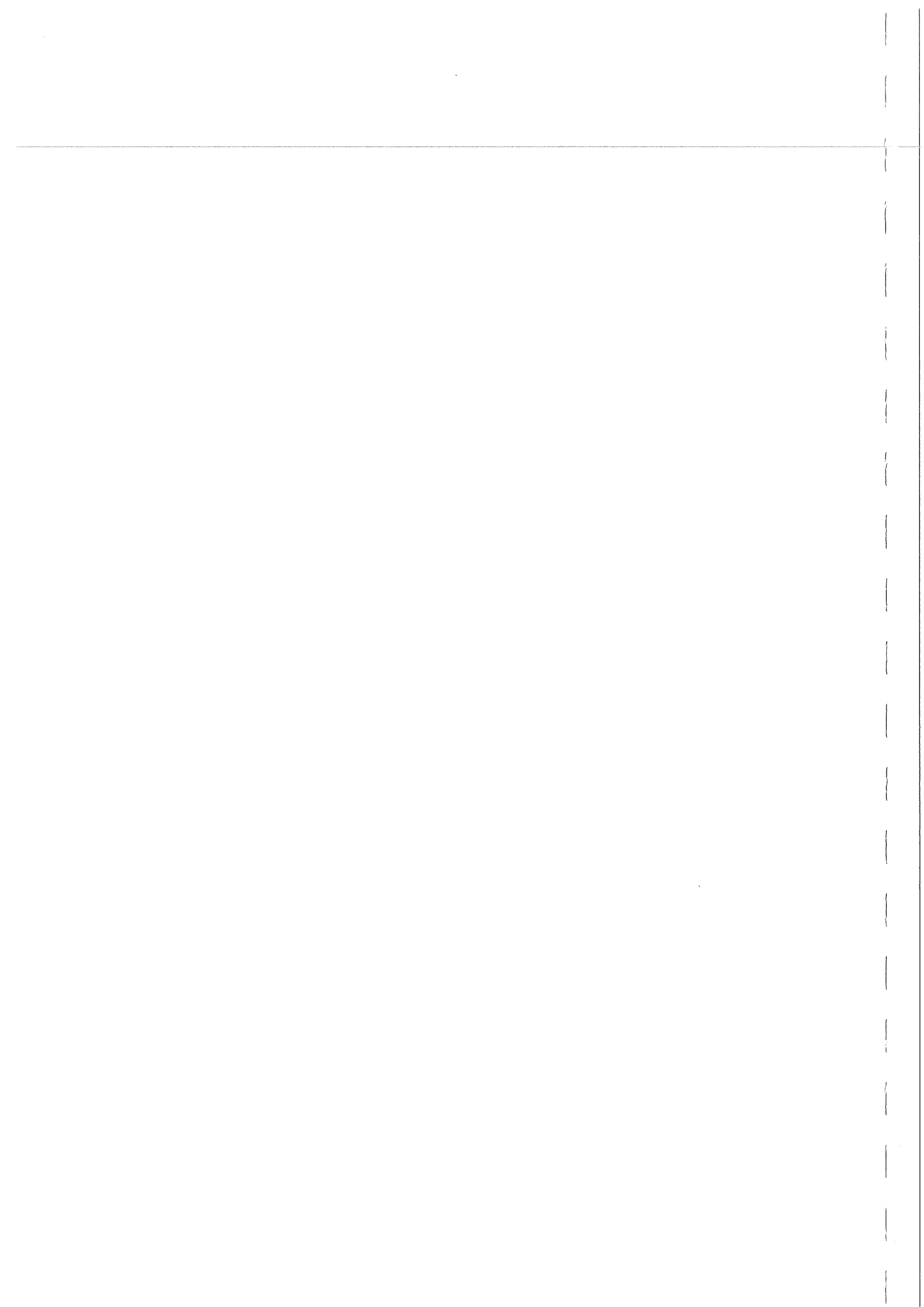
Men ziet dat zowel de krachten op de ankers als het benodigd zinkgewicht bij het gestrekt zinken belangrijk groter zijn dan bij het zinken op stroom.

Men zal aan de verankering hoge eisen moeten stellen. Het zinkgewicht, zoals dat in de praktijk wordt gebruikt, heeft als regel een gewicht van 20 à 30 ton en is dus meestal ook zonder bijzondere voorzieningen zwaar genoeg om bij het gestrekt zinken dienst te kunnen doen.

Een voordeel van het gestrekt zinken is dat het kan gebeuren met lage stroomsnelheden. Dit kan een belangrijke tijdwinst betekenen b.v. wanneer zoals in het Brouwershavensche Gat de stroomsnelheden eerst 4 uur na de l.w.-kentering boven de 0,50 m/sec. komen.

Wanneer men zinkt bij lage stroomsnelheden is het duidelijk dat ook de invloed van zijdelingse aanstroming en de door de snelheid veroorzaakte turbulentie minder zal zijn.

Een ander voordeel van het gestrekt zinken is dat t.g.v. de uitgeoefende trekkracht de staart van het zinkstuk tot het laatst toe wordt geleid, waardoor de stand van het zinkstuk stabiel is dan tijdens het stroomzinken.



5. Uitvoering van zinkwerk in het Brouwershavensche Gat.

5.0. Het Brouwershavensche Gat is de zeearm tussen de voormalige eilanden Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee. Sedert 1965 wordt hier gewerkt aan de bouw van één der primaire Deltadammen.

In het zuidelijk sluitgat van deze dam zijn in 1967 en in 1968 uitgebreide bezinkingen aangebracht. De zinkstukken zijn, met uitzondering van enkele kraagstukken langs de oevers, gezonken volgens de methode van het zinken op stroom of van het gestrekt zinken. Het is niet zozeer de bedoeling hier een uitgebreide beschrijving te geven van het maken en zinken van de stukken, maar in de eerste plaats het verstrekken van gegevens over:

- het gebruikte materiaal voor het maken van de stukken;
- prestaties van arbeiders en materieel voor het maken en zinken van de stukken.

5.1. Constructie van de zinkstukken.

5.1.1. Klassieke zinkstukken.

De constructie van de klassieke zinkstukken is aangegeven op bijlage 14.

De zinkstukken bestaan uit een boven- en onderroosterwerk van wiepen, h.o.h. 0,90 m. De wiepen hebben een omtrek van 0,30 m en bestaan uit gelders rijshout omwonden met polypropyleendraad; de dwarswiepen kruiselings met twee draden en de langswiepen in verband met de tijdens het zinken optredende trekkrachten, met 4 draden.

Tussen het onder- en bovenroosterwerk is een vulling aange-

bracht, bestaande uit: een onderlaag van riet, dik 12 cm; een tussenlaag van gelders rijshout, dik 11 cm en een deklaag van gelders rijshout, dik 11 cm.

Het onder- en bovenroosterwerk zijn op ieder knooppunt van wiepen onderling verbonden met sjorringtouw. Het sjorringtouw is samengesteld uit twee draden hennep en twee draden polypropyleen.

Op het bovenroosterwerk zijn vlechttuinen aangebracht. De vlechttuinen in dwarsrichting zijn aangebracht op onderlinge afstanden van 2,70 m, de vlechttuinen in lengterichting op onderlinge afstanden van 2,70 m tot 4,50 m. Op de kop en de staart van het zinkstuk zijn extra vlechttuinen in dwarsrichting aangebracht.

Op de in 1967 gemaakte zinkstukken zijn nog proppen aangebracht die in hoofdzaak dienden om het zinkstuk af te meren. Op de in 1968 gemaakte zinkstukken zijn geen proppen meer aangebracht maar werden de zinkstukken afgemeerd aan nimplex stroppen die aan een knooppunt van wiepen werden bevestigd.

Voor bevestiging van het zinkstuk aan de zinkbuis zijn in elk zinkstuk 9 hercules stroppen aangebracht.

De zinkstukken hebben een breedte van 28 m, gelijk aan de lengte van de laaddekken van de gebruikte steenstorters en een variërende lengte van 50,50 - 90,10 m.

#### 5.1.2. Zinkstukken met een zool van kunststof.

De constructie van de zinkstukken met een zool van kunststof (zoolstukken) is aangegeven op bijlage 15.

De zool is van polypropeen (nr. 12 van bijlage 2) en is samengesteld uit 6 banen van 5 m breed en 2,40 m langer dan de lengte van het zinkstuk. Aan de beide korte zijden zijn de banen

over een lengte van 0,25 m omgeslagen; het bovenliggende gedeelte is d.m.v. lijm en stalen strippen aan het onderliggende gedeelte bevestigd.

In de aldus gemaakte zoom worden holle stalen buizen  $\varnothing$  38 mm en lang 2 m geschoven; per zoom bij een zinkstuk van 30 m breed dus 15 buizen. Deze buizen dienen om de zool over de volle breedte aan zgn. klembuizen (zie bijlage 21) te bevestigen.

In breedterichting zijn de banen, waaruit de zool is samengesteld, aan elkaar bevestigd door de op de banen bevestigde stroken polypropyleen-weefsel aan elkaar vast te naaien.

Op de zool zijn wiepen in dwarsrichting gelegd op onderlinge afstanden van 1 m en met vooraf in het weefsel bevestigde sjorringtouwen aan de zool bevestigd. Tussen de wiepen is een laag gelders rijshout, dik 8 cm, aangebracht. Op de wiep en de laag rijshout is een bovenroosterwerk van wiepen, h.o.h. 1 m, aangebracht en op ieder knooppunt van wiepen met de hiervoor genoemde sjorringtouwen aan de onderwiep en de zool bevestigd. De zoolstukken, die allen aan de rand van de bodembescherming zijn aangebracht zijn over de volle breedte en over een lengte van 25 m nog van een extra roosterwerk van wiepen voorzien. Alle wiepen hebben een omtrek van 30 cm en zijn vervaardigd van gelders rijshout, kruiselings omwonden met 2 polypropyleendraden. De langswiepen behoeften hier niet met 4 draden te worden omwonden zoals bij de klassieke zinkstukken omdat alle trekkrachten door het doek worden opgenomen.

De lange zijde van het zoolstuk dat onder het volgende zoolstuk is gelegen is enigszins afgeschuind, dit om te bereiken dat de zool van het bovenliggende stuk direct naast het onderliggende stuk de bodem raakt.

De zoolstukken zijn 30 m breed en over 28 m breedte - de lengte van het laaddek van de steenstorters - afgestort. Om het opdrijven van de onbestorte strook - met een gering opdrij-



vend vermogen - tegen te gaan is deze verzwaard met een strook steengaas, breed 0,50 m en verstevigd door onder iedere onderste dwarswiep een azobélat, lang 2 m aan te brengen. De lengte van de stukken varieert van 50 - 87 m.

5.1.3. Plaats van vervaardiging en materieel voor het maken van de stukken.

Alle zinkstukken zijn vervaardigd op de hellingzate, nabij de werkhaven Den Osse, ongeveer 7 km ten oosten van de plaats van zinken.

Hier is een terrein ingericht waar de aannemer ruimte heeft voor opslag van rijsmaterialen en voor huisvesting van arbeiders. Het terrein is zo gesitueerd dat zowel de aanvoer van materiaal over de weg als over water mogelijk is.

In het centrum van het terrein staan de nodige wiepenspinmachines opgesteld, die de wiepen mechanisch spinnen.

Langs de bovenrand van de zate is een railbaan aangebracht waarop één of twee torenkranen zich zo kunnen bewegen dat ze de gehele opslag en zate bestrijken.

In de zate zijn in dwarsrichting op onderlinge afstanden van 0,90 m rolbanen aangebracht waarop de onderwiepen van het te maken zinkstuk komen te liggen.

Een aantal boven de zate opgestelde lieren zorgt voor het af-trekken van de zinkstukken van de zate, waarna ze met behulp van een sleepvlet in de nabijheid worden afgemeerd. Voor de zoolstukken waren enige extra voorzieningen op de zate nodig, omdat:

- deze zinkstukken een vlakke zool hebben waardoor de rolbanen geen dienst konden doen;

- deze zinkstukken in lengterichting door middel van klembuizen van de zate moesten worden getrokken, waardoor het moeilijk was de aanwezige lieren te gebruiken. Het aftrekken geschiedde hier door een vóór de zate gelegen zolderbak waarop enige lieren waren aangebracht.

5.2. Zinken van de zinkstukken.

5.2.0. In 1967 zijn in het Brouwershavensche Gat 49 klassieke zinkstukken op stroom gezonken, waarvan 9 stukken aan de zijde van de Middelplaat op een diepte van 5 à 10 m en 40 stukken aan de Schouwse zijde op een diepte van 20 à 25 m.

In 1968 zijn in het Brouwershavensche Gat 27 klassieke zinkstukken en 31 zoolstukken volgens een gecombineerde methode van zinken op stroom en gestrekt zinken gezonken. De stukken zijn gezonken op een diepte van 10 à 20 m.

5.2.1. Gebruikt materieel.

Voor het zinken van de stukken en het afstorten met steen is gebruik gemaakt van het volgende materieel.

Gebruikt materieel	klassieke zinkstukken in 1967	klassieke zinkstukken in 1968	zoolstukken in 1968
-- Afmeerponton (DW II), lang 40 m breed 14 m en voorzien van 12 lieren	x	x	x
- Staartponton (Krab) lang 30 m, breed 8 m en voorzien van 8 lieren		x	x

Gebruikt materieel	klassieke zinkstukken in 1967	klassieke zinkstukken in 1968	zoolstukke in 1968
- Staartbak, 100-tons zolderbak met enkele lieren	x		
- Steenstorter, in de regel de mechanische steenstorter (Pieter) kiel-lengte 55 m, dekbreedte 12 m, lengte van het laaddek 28 m, praktisch laadvermogen 550 ton	x	x	x
- Zinkbuis, diameter 1,20 m, lengte 30 m, gewicht onder water ongeveer 30 ton	x	x	x
- Achterbuis, diameter 0,30 m, lengte 30 m		x	x
- Klembuizen, lengte 30 m voor bevestiging van de zool van de zoolstukken aan de zink- en achterbuis			x
- Vlet 220 pk	x	x	x
- Sleepboot 400 pk	x	x	x
- Kraan (drijvende kraan van Thomsens havenbedrijf) voor het beladen van de steenstorter	x	x	x
- Mastbak voor het aanbrengen van steen als voorbelasting		x	
- Zolderbakken voor het aanbrengen van steen als voorbelasting, 2 stuks	x	x	
- Ankerak	x	x	x
- Boegbak	x	x	x

### 5.2.2. Steenbestorting.

Op de zinkstukken is de volgende steen - en grindbestorting aangebracht.

	klassieke zinkstukken in 1967	klassieke zinkstukken in 1968	zoolstukken in 1968
- voorballasten met steen 10/60 kg	25 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>2</sup>	
- zinken met steen 10/60 kg	200 kg/m <sup>2</sup>	200 kg/m <sup>2</sup>	
- zinken met grove grind			200 kg/m <sup>2</sup>
- nabestorten met steen 10/300 kg	575 kg/m <sup>2</sup>	575 kg/m <sup>2</sup>	600 kg/m <sup>2</sup>
	800 kg/m <sup>2</sup>	800 kg/m <sup>2</sup>	800 kg/m <sup>2</sup>

Het voorballasten dient om het opdrijvend vermogen van de klassieke zinkstukken te verminderen, teneinde gedurende het zinken bij een lagere stroomsnelheid een kleinere hellingshoek van het stuk te verkrijgen.

Het verschil in steengrootte bij het zinken en nabestorten heeft tweeërlei oorzaak:

- het bleek dat de gebruikte steenstorter de lichte steen beter doseert dan de zware; bij het zinken moet de lading van één steenstorter zo gelijkmatig mogelijk over het stuk worden verdeeld;
- ter plaatse van de overlap moeten geen grote stenen terecht komen daar deze een goede aansluiting van twee stukken verhinderen.

Bij toepassing van zoolstukken spreekt het tweede argument nog sterker daar er naar gestreefd wordt de gehele bodem door de zool te bedekken. Daarom zijn de zoolstukken gezonken met grove grind. Ook klassieke stukken zou men met grind kunnen zinken, ware het niet dat men bevreesd is dat de grind door het stuk zal zakken; bij zoolstukken is dit t.g.v. de dichte zool uitgesloten.

### 5.2.3. Stroomsnelheden en richting.

Op bijlage 16 staan de getijlijn van en de stroomsnelheid in het

Brouwershavensche Gat aangegeven.

Bij beschouwing van de stroomkromme blijkt dat na de l.w.-kentering, gedurende geruime tijd - omstreeks 3 uur - de stroomsnelheid gering is en in den regel geen hogere waarde bereikt dan ongeveer 30 cm per sec. Hierna neemt de stroomsnelheid in korte tijd sterk toe. Alle zinkstukken - op één na - zijn gezonken met vloedstroom, omdat dan geruime tijd aanwezig is voor het stellen van het zinkstuk. Een bezwaar is dat het bij het stromzinken geruime tijd duurt voordat de stroom sterk genoeg is om het stuk een minder steile helling te geven.

Het bezinkingsveld is zodanig ontworpen dat de zinkstukken met hun lengte-as in ongeveer de richting van de stroom liggen. Alleen langs de oevers is dat niet goed mogelijk.

#### 5.2.4. Het zinken op stroom.

Op bijlage 17 is schematisch aangegeven hoe het stellen van het zinkstuk verliep.

De ponton was vooraf op de juiste plaats gelegd. Het zinkstuk werd met ebstroom vanuit de zate naar de afmeerponton gesleept, vóór de ponton aangekomen gezwenkt en op van de staartbak uitgeworpen ankers tot tegen de ponton gevierd.

Daarna werden de beide vooraf uitgebrachte (danforth)ankers met de zinkbuis verbonden.

Op bijlage 18 is de gehele verankering van afmeerponton, staartbak en zinkstuk schematisch aangegeven.

Op de afmeerponton werd steeds gedurende de gehele zinkmanoeuvre de stroomsnelheid gemeten en op een duidelijk zichtbaar bord aangegeven.

Direct na de kentering van het getij aan het begin van de vloedstroom werden de afsluiters van de zinkbuis geopend, de buis liep vol water.

Vanaf de ponton liet men de zinkbuis met het daaraan bevestigde zinkstuk langzaam vieren, totdat de buis op de bodem kwam, waarop de positie van de buis werd ingemeten en zonodig gecorrigeerd.

Wanneer door de stroom voldoende ruimte was ontstaan kwam de steenstorter aanvaren in de opening tussen de ponton en het zinkstuk.

Op de steenstorter werd vanaf de ponton vóór en achter een draad aangepikt waarmee de steenstorter op de lieren van de ponton werd afgevierd, terwijl gelijktijd twee boten de steenstorter over het stuk trokken. Op bijlage 19 is deze situatie weergegeven. Zo snel mogelijk werd eerst de kop van het zinkstuk over een lengte van 7 à 8 m met  $\pm$  50 ton steen afgestort.

Hierna werd gewacht totdat de stroomsnelheid zo was toegenomen dat het zinkstuk onder een helling van 1:2 à 1:3 kwam te staan. Eerst dan ging het afstorten verder.

Zolang de staart van het zinkstuk boven water bleef was deze verbonden met de bolders op de staartbak. Wanneer de staart onderging werd deze van de staartbak losgemaakt. Door middel van op het zinkstuk bevestigde zinklijnen met meterverdeling werd de gang van het zinkstuk onder water gevolgd. De laatste 20 m lengte van het zinkstuk werd eerst afgestort als de staart nog maar 2 à 3 m van de bodem verwijderd was.

Het zinken van een zinkstuk op deze wijze vergde meestal een tijd van 3 à 4 uur.

De zinkbuis werd na de zinkmanoeuvre weer gelicht, gelegd en naar de zate getransporteerd.

#### 5.2.5. Het gestrekt zinken.

Het gestrekt zinken waarbij ook nog profijt werd getrokken van de (geringe) stroom, verliep grotendeels analoog aan de hiervoor

beschreven methode van stroomzinken, met dit verschil dat nu de staart van het zinkstuk was voorzien van een zijverankering.

Op de bijlagen 20 en 21 is de gehele verankering van afmeerpon-  
ton, staartbak en zinkstuk schematisch aangegeven, op bijlage 20  
voor een klassiek stuk en op bijlage 21 voor een zoolstuk.

Wat bij vergelijking van de situaties op deze bijlagen opvalt  
is het verschil in bevestiging van de zinkstukken aan de zink-  
en achterbuis.

Het klassieke stuk was met de kop aan de zinkbuis en met de  
staart aan de achterbuis bevestigd. De verbinding tussen de  
zinkbuis en de kop van het zinkstuk geschiedde d.m.v. aan het  
stuk bevestigde zinkstroppen (zie bijlage 14), de verbinding  
tussen de achterbuis en de staart van het zinkstuk d.m.v. op  
de achterbuis bevestigde gebogen stalen pennen, die achter de  
wiepen van onder- en bovenroosterwerk grepen. De zool van het  
zoolstuk is aan de kop en aan de staart bevestigd aan klem-  
buizen. In deze klembuizen werd de zoom van het doek met daar-  
in de holle stalen buizen, rond 38 mm, vast geklemd. Op bijlage  
21 is een klembuis met de daarin bevestigde zool te zien. Deze  
manier van bevestigen dient om de trekkrachten die tijdens het  
slepen en zinken van het stuk optreden gelijkmatig over de volle  
breedte van de zool te verdelen. De klembuizen werden dan weer  
respectievelijk aan de zinkbuis en achterbuis vastgemaakt. De  
gebogen stalen pennen waren hierbij van de achterbuis verwijderd.  
Bij het zinken werd de staartponton ca. 20 m achter het zink-  
stuk gelegd. Door middel van de op de staartponton aanwezige  
lieren was men nu in staat trekkrachten uit te oefenen in de  
lengterichting van het zinkstuk.

De steenstorter werd ook niet meer door boten maar door de  
lieren van de staartponton over het zinkstuk getrokken. Er  
was dus verbinding tussen de afmeerponton, via de steenstorter

met de staartponton. Dit maakte het mogelijk om wanneer de staart van het zinkstuk onder water verdween de ebverankering van de ponton te vieren waardoor de staart van het zinkstuk ongehinderd zijn weg naar de bodem kon vervolgen.

De buizen werden na de zinkmanoeuvre weer gelicht en naar de zate getransporteerd.

#### 5.2.6. Het nabestorten.

Het aanbrengen van de nabestorting geschiedde op kentering met hetzelfde materieel als waarmee werd gezonken: steenstorter, ponton en boten. De nabestorting werd in principe aangebracht op iedere kentering waarop niet werd gezonken, uitgezonderd 's nachts en in het weekend. De steen werd aangebracht in stroken van 28 m breed over de bezinking.

#### 5.3. Hoeveelheden en prestaties.

5.3.0. De gegevens die betrekking hebben op hoeveelheden en prestaties zijn in twee delen te splitsen en wel:

- gegevens die betrekking hebben op hoeveelheden benodigd materiaal voor het maken van de stukken en de prestaties die de arbeiders bij het maken hebben behaald;
- gegevens die betrekking hebben op de prestaties die bij het zinken en nabestorten zijn behaald.

De eerstgenoemde gegevens staan vermeld in bijlage 22, de andere in bijlage 23.

Beide groepen gegevens worden aan een korte beschouwing onderworpen.



5.3.1. Hoeveelheden en prestaties bij het maken van de stukken.

(bijlage 22).

In de bijlage staan voor 1967 ook een aantal kraagstukken vermeld. Deze stukken die in dit verslag feitelijk niet thuishoren zijn toch in de bijlage opgenomen omdat de prestaties voor het maken van de stukken moeilijk waren te splitsen. De prestaties voor het maken van de stukken in 1967 hebben dan ook betrekking op zowel kraagstukken als zinkstukken.

Bij beschouwing van de hoeveelheden is het nodig te bedenken dat de klassieke zinkstukken die in 1967 zijn vervaardigd van proppen waren voorzien en die in 1968 zijn vervaardigd niet. Dit verschil in constructie leidt behalve tot het ontbreken van proppalen ook tot een vermindering in gebruik van slieten, sjorringtouw en boeilijn bij de vervaardiging van de klassieke zinkstukken in 1968. Slieten dienden n.l. onder anderen voor versteviging van de roosterwerken rondom de proppen; sjorringtouw en boeilijn werden gebruikt om de slieten en extra bossen rijshout aan de roosterwerken te bevestigen. Opgemerkt zij nog dat de juiste hoeveelheid gebruikt sjorringtouw voor de vervaardiging van de klassieke zinkstukken in 1968 helaas niet exact kon worden bepaald, waardoor deze hoeveelheid in de bijlage ontbreekt.

Zoolstukken tonen, als gevolg van hun afwijkende constructie, grote verschillen in materiaalgebruik in vergelijking met klassieke zinkstukken. Op de bijlage komt onder het hoofd prestaties een kolom werkcoëfficiënt voor. Hiermee wordt bedoeld  $\frac{\text{bruto werktijd}}{\text{netto werktijd}}$ . Het verschil tussen de bruto en netto werktijd zijn de stagnaties van verscheidene aard, o.a. stagnatie t.g.v. onwerkbaar weer.

Er is een groot verschil tussen de prestaties bij de vervaardiging van klassieke zink- en kraagstukken in 1967 en van de klassieke zinkstukken in 1968. Hiervoor zijn verscheidene redenen aan te voeren: de vele streekarbeiders hadden tijd nodig om de nodige ervaring als rijswerker op te doen, verder waren door het ontbreken van proppen de zinkstukken in 1968 iets minder arbeidsintensief dan in het voorgaande jaar, maar de belangrijkste reden is toch wel dat de arbeiders in 1968 werkten volgens een premiereregeling die hun animeerden om een grote weekproductie te behalen, terwijl de vervaardiging in 1967 in uurloon geschiedde.

5.3.2. Prestaties bij het zinken van de stukken (bijlage 23).

In de bijlage worden bij volgnummer 3 een aantal oorzaken genoemd tengevolge waarvan gedurende het daarbij vermelde aantal dagen geen zinken of afstorten was geraamd.

Bij volgnummer 4 wordt het aantal dagen genoemd waarop men van plan was te zinken of af te storten en bij volgnummer 5 het aantal tijden op deze dagen die men dacht te benutten.

Bij volgnummer 6 worden de stagnaties vermeld.

Het is opmerkelijk dat het afstorten in 1967 en in 1968 ongeveer hetzelfde percentage stagnatie heeft ondanks het verschil in jaargetijde waarin deze werken zijn uitgevoerd. Klaarblijkelijk is het afstorten minder afhankelijk van weersomstandigheden dan men wel eens geneigd is om aan te nemen.

Het zinken vertoont een geheel ander beeld, daarbij is een duidelijk verschil te zien tussen de optredende stagnaties in het voorjaar en de zomer van 1968 enerzijds en de herfst van 1967 anderzijds. De weersinvloeden zijn hierbij doorslaggevend, maar daarnaast is ook het korten van de dagen van invloed. Daardoor kon het voorkomen worden dat men b.v. een l.w.-kentering op

maandag, laat in de middag niet meer kon benutten, evenzo niet op vrijdagmorgen.

Door het aanbrengen van een goede verlichting van alle raaien, meetpunten, afmeerponton en staartponton is het zinken bij duisternis zeer wel mogelijk. Voor de uitvoering van het zinkwerk in 1968 is een dergelijke verlichting aangebracht en komt deze stagnatie (ongunstig tijdstip van l.w. op maandag of vrijdag) dan ook niet meer voor.

Wanneer de noodzaak daarvoor aanwezig is, is het mogelijk mét één set materieel, op deze manier 8 tijen voor het zinken te benutten, 1 l.w.-kentering op maandag en vrijdag, 2 l.w.-kenteringen op dinsdag tot en met donderdag. Met een werkcoëfficiënt ( $= \frac{\text{bruto werktijd}}{\text{netto werktijd}}$ ) van ongeveer 1,3 betekent dit een aantal van gemiddeld  $\frac{8}{1,3} = 6$  zinkstukken per week.

Tenslotte wordt bij volgnummer 9 het aantal manuren vermeld dat bij het zinken nodig was. Deze manuren zijn niet vermeld per eenheid van oppervlak, zoals nog veel gebruikelijk is maar per zinkstuk. Het benodigde aantal manuren is n.l. onafhankelijk van de oppervlakte van het zinkstuk, maar van de afstand dat het stuk moet worden gesleept en van de methode en het tijdstip van zinken.

In het aantal manuren is het vaste personeel van de ponton en de steenstorter niet begrepen, evenmin als het uitvoerend personeel van de aannemer; bij het afstorten waren behalve dit personeel geen arbeiders aanwezig.

HOEVEELHEDEN EN PRESTATIES BIJ HET MAKEN VAN DE ZINKSTUKKEN.

Jaar waarin de werken zijn uitgevoerd	Soort zinkstuk	Aantal zinkstukken	Oppervlakte van de zinkstukken in m2	Rijsmaterialen volgens N.E.N.-747								Touwwerk				Overige materialen voor zinkstukken met een weefsel van kunststof			
				Aantal bossen per m2 zinkstuk				Aantal st. per m2 zinkst.		Aantal kg per m2 zinkstuk		Aantal stuks per m2 zinkstuk		Gebruikte hoeveelheden per totale oppervlakte (48.710 m2)					
				Riet 1967, bladriet omtr. 1 m, gem. lengte 2,20 m; 1968 droog riet omtr. 1,20 m, gem. lengte 2,00 m	Gelders rijshout voor wiepen	Gelders rijshout voor tussenlaag en deklaag	Tuinpalen (10 palen per bos)	Bleeslatten (25 latten per bos)	Proppalen	Slieten	Polypropyleengaren voor wiepen 600 m per kg	Sjorringtouw, 2 draden polypropyleen + 2 draden hennep 56 m per kg	Boeilijm 15,2 m per kg	Hercules zinkstroppen Ø 22 mm, ontw. lengte 9 m	Nimplex zinkstroppen Ø 20 mm, ontw. lengte 3,45 m, met kous	Polypropeenweefsel	Stalen strippen met pennen, lang 1 m	Holle stalen buizen, Ø 38 mm, lang 2 m	Lijm (bisonkit)
1967	Rijshouten kraagstukken, niet op stroom gezonken	31	33.784	0,50	1,15	2,87	0,162	0,142	0,088	0,12	0,028	0,072	0,053	-	-				
	Klassieke zinkstukken op stroom gezonken	49	94.029	0,51	1,15	2,87	0,183	0,166	0,046	0,088	0,042	0,072	0,032	9	8				
1968	Klassieke zinkstukken gestrekt gezonken (met stroom)	27	43.595	0,44	1,32	2,82	0,178	0,16	-	0,06	0,042		0,006	9	4,6				
	Zoolstukken gestrekt gezonken (met stroom)	31	48.710	-	0,89	1,16	-	-	-	-	0,020	0,061	0,006	-	-	51.010 m2	1.139 st.	533 st.	175 kg

volgens N.E.N.-747				Touwwerk							Overige materialen voor zinkstukken met een weefsel van kunststof			
Aantal m2 zinkstuk				Aantal st. per m2 zinkst.		Aantal kg per m2 zinkstuk			Aantal stuks per m2 zinkstuk		Gebruikte hoeveelheden per totale oppervlakte (48.710 m2)			
Geders rjshout voor wiepen	Geders rjshout voor tussenlaag en deklaag	Tuinpalen (10 palen per bos)	Bleeslatten (25 latten per bos)	Proppalen	Slieten	Polypropyleengaren voor wiepen 600 m per kg	Sjorringtouw, 2 draden polypropyleen + 2 draden hennep 56 m per kg	Boeilijm 15,2 m per kg	Hercules zinkstroppen Ø 22 mm, ontw. lengte 9 m	Nimplex zinkstroppen Ø 20 mm, ontw. lengte 3,45 m, met kous	Polypropeenweefsel	Stalen strippen met pennen, lang 1 m	Holle stalen pennen, Ø 38 mm, lang 2 m	Tijm (bisonkit)
1,15	2,87	0,162	0,142	0,088	0,12	0,028	0,072	0,053	-	-				
1,15	2,87	0,183	0,166	0,046	0,088	0,042	0,072	0,032	9	8				
1,32	2,82	0,178	0,16	-	0,06	0,042		0,006	9	4,6				
0,89	1,16	-	-	-	-	0,020	0,061	0,006	-	-	51.010 m2	1.139 st.	933 st.	175 kg

Prestaties									
Aantal netto manuren voor 100 m2 zinkstuk							Werkcoëfficiënt	Aantal bruto manuren voor 100 m2 zinkst.	
Spinnen v/d wiepen	Maken v/d zinkstukken	Lossen van rijsmaterialen	Diversen	Totaal				Totaal	
8,3	29,1	1,8	0,1	39,3	1,03		40,5		
7,4	19,1	0,9	-	27,4	1,03		28,2		
6,-	11,2	0,5	-	17,7	1,03		18,2		

RESTATIES EN STAGNATIES BIJ HET ZINKEN EN AFSTORTEN.

Volgnr.	Omschrijving	ZINKEN			AFSTORTEN MET STAGNATIES
		KLASSIEKE ZINKSTUKKEN		ZOOLSTUKKEN	
		1967	1968	1968	
1	Periode waarin werd gezonken en/of gestort	7 aug. t/m 1 dec.	24 april t/m 11 juni	6 juni t/m 5 aug.	3 aug. t/m 11 sept.
2	Aantal werkdagen in deze periode (ma t/m vr)	85 dgn.	35 dgn.	43 dgn.	35 dgn.
3	Aantal werkdagen in deze periode waarop niet kon worden gezonken en/of gestort wegens:				
	- baggerwerk op de plaats van zinken;	7 dgn.	—	—	3 dgn.
	- achterstand bij het afstorten;	9 dgn.	—	—	—
	- vakantie;	—	3 dgn.	10 dgn.	—
	- zinken van ander type zinkstuk;	—	3 <sup>5</sup> dgn.	0 <sup>5</sup> dgn.	—
	- storten met onderlosser langs afmeerponten.	—	—	—	—
		<u>16 dgn.</u>	<u>6<sup>5</sup> dgn.</u>	<u>10<sup>5</sup> dgn.</u>	<u>3 dgn.</u>
4	Bruto aantal werkdagen waarop zinken en/of storten mogelijk was	69 dgn.	28 <sup>5</sup> dgn.	32 <sup>5</sup> dgn.	32 dgn.
5	Bruto aantal tijen waarop theoretisch gezonken en/of gestort had kunnen worden met % t.o.v. netto aantal tijen	69 tijen-143,7%	34 tijen-125,9%	40 tijen-129 %	32 tijen-125,0%
6	Stagnaties in % t.o.v. netto aantal tijen, wegens:				
	- wind;	11 tijen-22,9%	2 tijen- 7,4%	5 tijen-16,1%	17 tijen-12,3%
	- mist;	—	2 tijen- 7,4%	1 tij - 3,2%	3 tijen- 2,2%
	- defect aan verankering van ponton of zinkbuis;	3 tijen- 6,2%	1 tij - 3,7%	1 tij - 3,2%	4 tijen- 2,9%
	- defect aan kraan (steenst. kan niet worden beladen)	—	1 tij - 3,7%	—	—
	- defect aan sleepboot tijdens transport v. zinkstuk	1 tij - 2,1%	—	—	1 tij - 0,7%
	- defect aan steenstorter	—	—	—	2 tijen- 1,4%
	- omstellen ponton	—	1 tij - 3,7%	—	—
	- ongunstig tijdstip l.w. (ma of vr)	5 tijen-10,4%	—	—	—
	- moeilijkheden met verbinding filterdoek-klembuis	—	—	2 tijen- 6,5%	—
	- duikeronderzoek naar zinkst. waarop moet worden gezonken	1 tij - 2,1%	—	—	—
	- te ondiep op l.w.	—	—	—	—
	- steenstorter niet tijdig geladen	—	—	—	7 tijen- 5,1%
	- geen. bestortingsveld	—	—	—	4 tijen- 2,9%+
		<u>21 tijen- 43,7%</u>	<u>7 tijen- 25,9%</u>	<u>9 tijen- 29 %</u>	<u>4 tijen- 2,9%+</u>
7	Netto aantal tijen waarop is gezonken of gestort	48 tijen-100 %	27 tijen-100 %	31 tijen-100 %	28 tijen-100 %
8	Aantal gezonken stukken/gestorte steenst. per week (ma t/m vr)	$5 \times \frac{48}{69} = 3,5$ zinkst. p. wk.	$5 \times \frac{27}{28,5} = 4,7$ zinkst. p. wk.	$5 \times \frac{31}{32,5} = 4,8$ zinkst. p. wk.	$5 \times \frac{138}{84} = 8,2$
9	Manuren:				
	Aantal manuren bij het zinken uitgedrukt in manuren per zinkstuk	86 m.u. per zinkstuk	55 m.u. per zinkstuk	45 m.u. per zinkstuk	—

ZINKEN

AFSTORTEN MET STEENSTORTER, (ZINKSTEEN EN NABESTORTING)

KLASSIEKE ZINKSTUKKEN

ZOOLSTUKKEN

KLASSIEKE ZINKSTUKKEN

KLASSIEKE ZINKSTUKKEN EN ZOOLSTUKKEN

1967		1968		1968		1967		1968	
7 aug. t/m 1 dec. 85 dgn.		24 april t/m 11 juni 35 dgn.		6 juni t/m 5 aug. 43 dgn.		3 aug. t/m 1 dec. 87 dgn.		22 april t/m 13 aug. 82 dgn.	
7 dgn.		—		—		3 dgn.		—	
9 dgn.		—		—		—		—	
—		3 dgn.		10 dgn.		—		3 dgn.	
—		3 <sup>5</sup> dgn.		0 <sup>5</sup> dgn.		—		—	
— +		— +		— +		— +		— +	
→ 16 dgn. -		→ 6 <sup>5</sup> dgn. -		→ 10 <sup>5</sup> dgn. -		→ 3 dgn. -		→ 1 dg. +	
69 dgn.		28 <sup>5</sup> dgn.		32 <sup>5</sup> dgn.		84 dgn.		78 dgn.	
69 tijen-143,7%		34 tijen-125,9%		40 tijen-129 %		176 tijen-127,5%		164 tijen-125,1%	
11 tijen-22,9%		2 tijen- 7,4%		5 tijen-16,1%		17 tijen-12,3%		10 tijen- 7,6%	
—		2 tijen- 7,4%		1 tij - 3,2%		3 tijen- 2,2%		5 tijen- 3,8%	
3 tijen- 6,2%		1 tij - 3,7%		1 tij - 3,2%		4 tijen- 2,9%		4 tijen- 3,1%	
—		1 tij - 3,7%		—		—		1 tij - 0,7%	
1 tij - 2,1%		—		—		1 tij - 0,7%		—	
—		—		—		2 tijen- 1,4%		1 tij - 0,7%	
—		1 tij - 3,7%		—		—		3 tijen- 2,3%	
5 tijen-10,4%		—		—		—		—	
—		—		2 tijen- 6,5%		—		4 tijen- 3,1%	
—		—		—		—		—	
1 tij - 2,1%		—		—		—		—	
—		—		—		—		1 tij - 0,7%	
—		—		—		—		4 tijen- 3,1%	
— +		— +		— +		— +		— +	
→ 21 tijen- 43,7%		→ 7 tijen- 25,9%		→ 9 tijen- 29 %		→ 38 tijen- 27,5%		→ 33 tijen- 25,1% -	
48 tijen-100 %		27 tijen-100 %		31 tijen-100 %		138 tijen-100 %		131 tijen-100 %	
$5 \times \frac{48}{69} = 3,5$ zinkst. p. wk.		$5 \times \frac{27}{28,5} = 4,7$ zinkst. p. wk.		$5 \times \frac{31}{32,5} = 4,8$ zinkst. p. wk.		$5 \times \frac{138}{84} = 8,2$ steenst. p. wk.		$5 \times \frac{131}{78} = 8,4$ steenst. p. wk.	
86 m.u. per zinkstuk		55 m.u. per zinkstuk		45 m.u. per zinkstuk					

6. Kosten van bodembescherming van zinkstukken.

6.0. Als laatste onderwerp komt aan de orde de kosten die aan het maken van een bodembescherming van zinkstukken verbonden zijn. Enerzijds de kosten van een bodembescherming van klassieke zinkstukken, anderzijds van een bodembescherming van zoolstukken.

6.1.0. Teneinde tot vergelijkbare kosten te komen tussen beide typen zinkstukken wordt aangenomen dat in een sluitgat van één der Deltadammen een bodembescherming moet worden aangebracht groot 90.000 m<sup>2</sup>. De bodembescherming wordt samengesteld uit 50 zinkstukken, elk met een oppervlakte van 2.000 m<sup>2</sup> (totaal 100.000 m<sup>2</sup>) en met een steenbestroting van 800 kg per m<sup>2</sup>. Men heeft de keus tussen klassieke zinkstukken en zoolstukken, overeenkomstig de constructies vermeld op de bijlagen 14 en 15. De steenbestorting mag bestaan uit maximaal 300 kg steen per m<sup>2</sup> met een stukgewicht van 10/60 kg en moet bestaan uit minimaal 500 kg steen per m<sup>2</sup> met een stukgewicht van 10/300 kg. Bepaald zullen worden de kosten van de bodembescherming, in het ene geval uitgevoerd met klassieke zinkstukken, in het andere geval met zoolstukken, gebaseerd op het prijsniveau van begin 1970.

N.B. Teneinde een juist kosten-vergelijk te krijgen is gesteld dat de beide typen zinkstukken worden gezonken met behulp van stortsteen 10/60 kg en niet dat de zoolstukken worden gezonken met behulp van grove grind, zoals in de praktijk veel gebeurt. De leveringsprijs van grove grind ligt beduidend lager dan van stortsteen maar het is niet bewezen dat klassieke zinkstukken niet met grove grind gezonken kunnen worden; ieder geval kunnen zoolstukken met steen 10/60 kg gezonken worden.



6.2. Benodigde hoeveelheid materiaal.

Voor het berekenen van de benodigde hoeveelheden materiaal voor het maken van de zinkstukken (6.8.1.) is gebruik gemaakt van de gegevens zoals vermeld op bijlage 22 (voor het jaar 1968).

Bij het bepalen van de hoeveelheden steen moet men niet uit het oog verliezen dat de zinkstukken elkaar overlappend worden aangebracht en dat de klassieke zinkstukken en de zoolstukken verschillende breedten hebben, respectievelijk 28 m en 30 m, maar dat in beide gevallen dezelfde steenstorter wordt gebruikt, die de steen over een breedte van 28 m aanbrengt. Als gevolg hiervan zal voor de klassieke zinkstukken meer steen nodig zijn dan voor de zoolstukken door verlies van steen ter plaatse van de overlap. De benodigde hoeveelheid steen is als volgt te bepalen:

De klassieke zinkstukken moeten teneinde het opdrijvend vermogen te verlagen worden voorgeballast. Dit gebeurt als regel met 25 kg steen 10/60 kg per m<sup>2</sup> zinkstuk. De benodigde hoeveelheid steen om voor te ballasten bedraagt  $50 \times 2.000 \times 0,025 = 2500$  ton steen 10/60 kg.

Het zinken van de klassieke zinkstukken gebeurt eveneens met steen 10/60 kg. Het meest economisch is een volgeladen steenstorter voor het zinken te benutten. De steenstorter die bij het zinken wordt gebruikt heeft volgeladen 500 ton steen op, d.w.z.  $500.000 : 2.000 = 250$  kg steen 10/60 kg per m<sup>2</sup> zinkstuk. De benodigde hoeveelheid steen om te zinken bedraagt  $50 \times 500 = 25.000$  ton steen 10/60 kg. De totale hoeveelheid steen 10/60 kg op de klassieke zinkstukken bedraagt dus  $25 + 250 = 275$  kg per m<sup>2</sup> zinkstuk of  $2.500 + 25.000 = 27.500$  ton voor het gehele zinkwerk.

Het nabestorten van de klassieke zinkstukken geschiedt met steen 10/300 kg in een hoeveelheid van  $800 - 275 = 525$  kg per m<sup>2</sup> bodembescherming. De benodigde steen om de klassieke zink-

stukken af te storten bedraagt  $90.000 \times 0,525 = 47.250$  ton steen 10/300 kg.

De zoolstukken worden niet voorgeballast.

Het zinken van de zoolstukken geschiedt op dezelfde wijze als het zinken van de klassieke zinkstukken. Men gebruikt in beide gevallen voor het zinken van een stuk een gelijke hoeveelheid steen 10/60 kg, n.l. 500 ton. De hoeveelheid steen 10/60 kg die per m<sup>2</sup> op het bestorte gedeelte van de zoolstukken wordt aangebracht, bedraagt  $500.000 : (28/30 \times 2.000) = 268$  kg. De totale hoeveelheid steen 10/60 kg voor het zinken bedraagt  $50 \times 500 = 25.000$  ton.

Het nabestorten van de zoolstukken geschiedt met steen 10/300 kg in een hoeveelheid van  $800 - 268 = 532$  kg per m<sup>2</sup> bodembescherming. De benodigde hoeveelheid steen om de zoolstukken af te storten bedraagt  $90.000 \times 0,532 = 47.880$  ton steen 10/300 kg.

### 6.3. Benodigd materieel.

Het materieel dat gerekend is voor het maken van de zinkstukken (6.8.3.) is afgestemd op de praktijkervaring in het Brouwershavensche Gat, zie ook onder 5.1.3.

Het materieel dat gerekend is voor het zinken van de stukken (6.8.5.) voor de overslag van steen (6.8.7.) en voor het aanbrengen van de steenbestorting (6.8.8.) komt overeen met het materieel dat voor de uitvoering van dezelfde werkzaamheden in 1968 in het Brouwershavensche Gat is gebruikt, zie ook onder 5.2.1.

### 6.4. Prestaties.

Voor het maken van de stukken (6.8.2.) is gerekend met de prestaties zoals die staan vermeld op bijlage 22 (voor het jaar 1968).

Voor het zinken van de stukken (6.8.4.) en voor het aanbrengen van de steenbestorting (zie werkplan) is gerekend met de prestaties zoals die staan vermeld op bijlage 23 (voor het jaar 1968). Daarboven is gerekend dat gedurende de tijd dat alleen nabestorting wordt aangebracht en niet wordt gezonken, drie arbeiders worden ingezet (6.8.9.). In 1968 was het aanbrengen van de nabestorting ongeveer gelijktijdig gereed met het zinken zodat op bijlage 23 deze uren niet worden genoemd. Voor de steenoverslag (6.8.7.) is gerekend met een netto uurcapaciteit en een werkcoëfficiënt van een kraan, zoals die blijken uit de nacalculatie van de werken in het Brouwershavensche Gat.

6.5. Toelichting op het werkplan.

Onder 6.7. is een werkplan gegeven van het maken, zinken en bestorten van de zinkstukken.

De hoeveelheden die volgens het werkplan per week worden verwerkt zijn ontleend aan de prestaties zoals die hiervoor onder 6.4. zijn genoemd.

De benodigde tijd voor het maken en voorballasten van de stukken is afgestemd op de benodigde tijd van zinken.

6.6. Toelichting op de raming van kosten.

De kosten die verbonden zijn aan het maken, zinken en nabestorten van de stukken staan per onderdeel vermeld onder 6.8.

De prijzen van de materialen voor het maken van de stukken (6.8.1.) zijn de prijzen van aankoop en vervoer per schip of auto tot op het werk. Het lossen gebeurt door de aannemer, de kosten hiervan zijn begrepen onder 6.8.2. en 6.8.3.

De prijs van de stortsteen (6.8.6.) is de prijs van aankoop en vervoer van de steen per schip tot in één van de werkhavens nabij het werk. Het lossen van de steen gebeurt door een drij-

vende kraan (6.8.7.) die de steen uit het schip overslaat op de steenstorter of op een zolderbak; dit laatste alleen de steen die dient voor het voorballasten van de klassieke zinkstukken.

De kosten van een manuur zijn de bruto kosten van een arbeider per uur, zoals die bij de werken in het Brouwershavensche Gat blijken uit de loonstaten, die de aannemer krachtens een overeenkomst aan de directie moet overleggen.

De kosten van het materieel zijn gebaseerd op: vervangingswaarde van het materieel; een afschrijvingstermijn afhankelijk van het soort materieel; een bezettingsgraad van gemiddeld 60%; een rentevoet van 6%; een restwaarde van 10%; onderhoudskosten; kosten van brandstof en loon van de bemanning.

Onder 6.8.10., 6.8.11. en 6.8.12. wordt een recapitulatie gegeven van de kosten, respectievelijk van de bezinking, de steenbestorting en de totale bodembescherming. Niet in de kosten begrepen is de kosten van aan- en afvoer van materieel, uitvoering, administratie op het werk, aannemerswinst, research, hoofdkantoor en omzetbelasting.

Bij vergelijking van de kosten van een bodembescherming van klassieke zinkstukken met de kosten van een bodembescherming van zoolstukken blijkt dat laatst genoemde goedkoper is, n.l. ongeveer 90% van eerstgenoemde.

## WERKPLAN

SOORT ZINKSTUK	OMSCHRIJVING	EENHEID	TOTALE HOEVEELHEID	HOEVEELHEID PER WEEK	AANTAL WEKEN	APRIL							MEI							JUNI							JULI							AUGUSTUS							SEPTEMBER						
						13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35																			
KLASSIEKE ZINKSTUKKEN	Bezinking (maken)	m <sup>2</sup> st	100.000 50	9090 4,55	11	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
	Bezinking (zinken)	m <sup>2</sup> st	100.000 50	9500 4,75	10,6	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
	Steen 10-60 kg (voorballasten)	t	2500	227	11	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
	Steen 10-60 kg (Zinken)	aantal steen- stort.	25.000 50	2375 4,75	10,6	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
	Steen 10-300 kg (nabestorten)	aantal steen- stort.	19.520 39,04	1825 3,65	10,6	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
	Steen 10-300 kg (nabestorten)	aantal steen- stort.	27.730 55,46	4.200 8,4	6,6	[Gantt chart bars for Classical Tiles]																																									
ZOOZLSTUKKEN	Bezinking (maken)	m <sup>2</sup> st	100.000 50	9090 4,55	11	[Gantt chart bars for Tiles]																																									
	Bezinking (zinken)	m <sup>2</sup> st	100.000 50	9500 4,75	10,6	[Gantt chart bars for Tiles]																																									
	Steen 10-60 kg (zinken)	aantal steen- stort.	25.000 50	2375 4,75	10,6	[Gantt chart bars for Tiles]																																									
	Steen 10-300 kg (nabestorten)	aantal steen- stort.	19.520 39,04	1825 3,65	10,6	[Gantt chart bars for Tiles]																																									
	Steen 10-300 kg (nabestorten)	aantal steen- stort.	28.360 56,72	4200 8,4	6,8	[Gantt chart bars for Tiles]																																									
					VAKANTIE (in 1970)																																										
					BOUWVAKVAKANTIE																																										

6.8. Raming van kosten.

6.8.1. Maken van de zinkstukken, aankoop materiaal.

Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid in gld.	Klassieke zinkstukken				Zoolstukken			
			Hoeveelh. per m2 zinkstuk	100.000 m2 (50 st.)		Hoeveelh. per m2 zinkstuk	100.000 m2 (50 st.)			
				Hoeveelheid eenheden	Kosten in gld.		Hoeveelheid eenheden	Kosten in gld.		
- Gelders rijshout voor wiepen	bos	2,30	1,32	bos	132.000	303.600	0,89	bos	89.000	204.700
- Gelders rijshout voor vulling	bos	2,30	2,82	bos	282.000	648.600	1,16	bos	116.000	266.800
- Riet	bos	2,90	0,44	bos	44.000	127.600	-	-	-	-
- Tuinpalen	bos	1,55	0,178	bos	17.800	27.950	-	-	-	-
- Bleeslatten	bos	2,65	0,16	bos	16.000	42.400	-	-	-	-
- Slieten	st.	0,85	0,06	st.	6.000	5.100	-	-	-	-
- Polypropyleengaren voor wiepen 600 m per kg	kg	3,50	0,042	kg	4.200	14.700	0,020	kg	2.000	7.000
- Sjorringtouw, 2 draden polypropyleen + 2 draden hennep; 56 m per kg	kg	2,10	0,072	kg	7.200	15.120	0,061	kg	6.100	12.810
- Boeilijn van manilla; 15,2 m per kg	kg	1,50	0,006	kg	600	900	0,006	kg	600	900
			Hoeveelh. p. zinkst.				Hoeveelh. p. zinkst.			
- Polypropeen-weefsel voor de zool	m2	4,75	-	-	-	-	2.080	m2	104.000	494.000
- Stalen buizen Ø 38 mm, lang 2 m	st.	2,40	-	-	-	-	30	st.	1.500	3.600
- Stalen strippen met pennen, lang 1 m	st.	1,--	-	-	-	-	64	st.	3.200	3.200
- Azobélatten 0,006 x 0,10 x 2 m	st.	0,90	-	-	-	-	67	st.	3.350	3.015
- Steengaas	m2	2,25	-	-	-	-	33	m2	1.650	3.712
- Hercules zinkstropen, Ø 22 m ontw.lengte 9 m	st.	19,20	9	st.	450	8.640	-	-	-	-
- Nimplex zinkstropen, Ø 20 mm ontw.lengte 3,45 m met kous	st.	6,85	4,6	st.	230	1.575	-	-	-	-
- Garen										300
						1.195.825				1.000.037

1  
81

6.8.2. Maken van de zinkstukken, arbeid.

Omschrijving	Kosten van een manuur in gld.	w.c.	Klassieke zinkstukken				Zoolstukken			
			per 100 m2		100.000 m2		per 100 m2		100.000 m2	
			Netto aantal manuren	Bruto aantal manuren	Bruto aantal manuren	Kosten in gld.	Netto aantal manuren	Bruto aantal manuren	Bruto aantal manuren	Kosten in gld.
Maken van de zinkstukken	10,80	1,03	19,1	19,673	19.673	212.468	11,2	11,536	11.536	124.589
Wiepen spinnen	10,80	1,03	7,4	7,622	7.622	82.318	6	6,18	6.180	66.744
Lossen van materialen	10,80	1,03	0,9	0,927	927	10.012	0,5	0,515	515	5.562
Bevestigen sjorringtouw- tjes in zool door leverancier van polypropeenweefsel; 107.200 st. à f 0,40										42.880
						<u>304.798</u>				<u>239.775</u>

6.8.3. Maken van de zinkstukken, materieel.

Omschrijving	Aantal	Kostenbasis	Klassieke zinkstukken		Zoolstukken	
			Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m <sup>2</sup>	Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m <sup>2</sup>
				Kosten in gld.		Kosten in gld.
1-ste torenkraan, vast op zaterrein	1	f 18.000,-- per jaar	1 jaar	18.000	1 jaar	18.000
2-de torenkraan	1	f 450,-- per week	11 wkn.	4.950	-	-
Hellingzate + lieren, rente + afschrijving	1	f 30.600,-- per jaar	1 jaar	30.600	1 jaar	30.600
Kraanbaan, rente + afschrijving	1	f 3.800,-- per jaar	1 jaar	3.800	1 jaar	3.800
Hellingzate, lieren en kraanbaan, onderhoud		nacalculatie	1 jaar	10.000	1 jaar	10.000
Wiepenspinmachines -----	{ 4 kl.z 3 zool	f 150,-- per week	11 wkn.	6.600	11 wkn.	4.950
Vlet voor havendienst	1	f 400,-- per week			11 wkn.	4.400
Zolderbak als afmeerplaats voor schepen	1	f 4.500,-- per jaar	1 jaar	4.500	1 jaar	4.500
Nimplex-siroppen voor laden en lossen van rijshout		f 0,05 p.m <sup>2</sup> kl.z		5.000		2.500
Naaimachines voor het stikken van de zool	2	f 0,025 p.m <sup>2</sup> zo f 50,-- per week			11 wkn.	550
				<u>83.450</u>		<u>79.300</u>



6.8.4. Zinken van de zinkstukken, arbeid.

Kosten van een manuur in gld.	Klassieke zinkstukken			Zoolstukken		
	per zinkst.	50 zinkstukken		per zinkst.	50 zinkstukken	
	Aantal manuren	Aantal manuren	Kosten in gld.	Aantal manuren	Aantal manuren	Kosten in gld.
10,80	55	2.750	29.700	45	2.250	24.300

6.8.5. Zinken van de zinkstukken, materieel.

Omschrijving	Aantal	Kostenbasis	Klassieke zinkstukken		Zoolstukken	
			Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m2	Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m2
				Kosten in gld.		Kosten in gld.
Vlet 220 p.k.	1	f 1250,-- p. wk.	10,6 wkn.	13.250	10,6 wkn.	13.250
Zinkbuis	1	f 750,-- p. wk.	10,6 wkn.	7.950	10,6 wkn.	7.950
Achterbuis	1	f 125,-- p. wk.	10,6 wkn.	1.325	10,6 wkn.	1.325
Klembuizen	6	f 125,-- p. wk. p. buis			10,6 wkn.	7.950
Werkvlot	1	f 200,-- p. wk.			10,6 wkn.	2.120
Compressor	1	f 325,-- p. wk.	10,6 wkn.	3.445	10,6 wkn.	3.445
Ankeraak	1	f 40,-- p. wk.	10,6 wkn.	424	10,6 wkn.	424
Trossen en ankers		f 0,20 p. m2 zinkst.		20.000		20.000
				<u>46.394</u>		<u>56.464</u>

6.8.6. Steenbestorting, aankoop materiaal.

Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid in gld	Klassieke zinkstukken		Zoolstukken	
			100.000 m2 (50 stukken)		100.000 m2 (50 stukken)	
			Hoeveelheid eenheden	Kosten in guldens	Hoeveelheid eenheden	Kosten in guldens
Stortsteen 10/60 kg	ton	16,65	27.500	457.875	25.000	416.250
Stortsteen 10/300 kg	ton	16,65	47.250	786.713	47.880	797.202
				<u>1.244.588</u>		<u>1.213.452</u>

6.8.7. Steenbestorting, overslag uit schip op steenstorter of op zolderbak (voorballasting).

Omschrijving	Kosten per uur in gld.	Netto capaciteit per uur	w.c.	Klassieke zinkstukken			Zoolstukken		
				100.000 m2 (50 stukken)			100.000 m2 (50 stukken)		
				Hoeveelh. steen	Bruto aantal uren	Kosten in gld.	Hoeveelh. steen	Bruto aantal uren	Kosten in gld.
Drijvende kraan (type Thomsenkraan)	130	100	1,3	27.500 t. 10/60 kg	357,5	46.475	25.000 t. 10/60 kg	325	42.250
Drijvende kraan ( idem )	130	95	1,3	47.250 10/300 kg	646,5	84.045	47.880 kg 10/300 kg	655	85.150
Tremmers 3 man	9,55			74.750 t.	3.012	28.765	72.880 t.	2.940	28.077
						<u>159.285</u>			<u>155.477</u>

1  
5  
1

6.8.8. Aanbrengen van de steenbestorting, materieel.

Omschrijving	Aantal	Kostenbasis	Klassieke zinkstukken		Zoolstukken	
			Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m2	Duur dat over het materieel wordt beschikt	100.000 m2
				Kosten in gld.		Kosten in gld.
Mastbak voor voorbelasting	1	f 1.900 p. wk.	11 wkn.	20.900	-	-
Zolderbakken voor voorbelasting	2	f 300 p. wk.	11 wkn.	6.600	-	-
Afmeerponton	1	f 4.475 p. wk.	17,2 wkn.	76.790	17,4 wkn.	77.865
Staartponton	1	f 1.800 p. wk.	17,2 wkn.	30.960	17,4 wkn.	31.320
Steenstorter	1	f 11.705 p. wk.	17,2 wkn.	201.325	17,4 wkn.	203.665
Sleepboot, 400 p.k.	1	f 1.935 p. wk.	17,2 wkn.	33.280	17,4 wkn.	33.670
Boegbak	1	f 50 p. wk.	17,2 wkn.	860	17,4 wkn.	870
				<u>370.895</u>		<u>347.390</u>

6.8.9. Aanbrengen van de steenbestorting, arbeid.

Omschrijving	Aantal	Kosten van een manuur in gld.	Bruto aantal manuren per wk.	Klassieke zinkstukken		Zoolstukken	
				Duur van de werkzaamheden	100.000 m2	Duur van de werkzaamheden	100.000 m2
					Kosten in gld.		Kosten in gld.
Arbeiders voor het aanbrengen van steenbestorting nadat alle zinkstukken gezonken zijn	3	10,80	60	6,6 wkn.	12.830	6,8 wkn.	13.220

6.8.10. Recapitulatie bezinking.

Volg- num- mer	Omschrijving	Klassieke zinkst.		Zoolstukken	
		100.000 m2	per m2	100.000 m2	per m2
		Kosten in gld.		Kosten in gld.	
6.8.1.	<u>Maken van de zinkstukken:</u> aankoop materiaal	1.195.825	11,96	1.000.037	10,--
6.8.2.	arbeid	304.798	3,05	239.775	2,40
6.8.3.	materieel	83.450	0,83	79.300	0,75
6.8.4.	<u>Zinken van de zinkstukken:</u> arbeid	29.700	0,30	24.300	0,24
6.8.5.	materieel	46.394	0,46	56.464	0,56
	Totaal	1.660.167	16,60	1.399.876	14,--

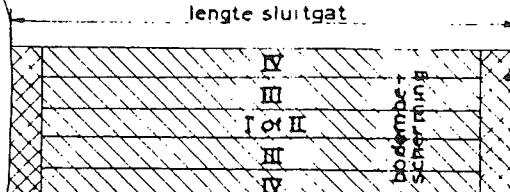
6.8.11 Recapitulatie steenbestorting.

Volg- num- mer	Omschrijving	Klassieke zinkst.		Zoolstukken	
		74.750 ton	p. ton	72.880 ton	p. ton
		Kosten in gld.		Kosten in gld.	
6.8.6.	<u>Steenbestorting:</u> aankoop materiaal	1.244.588	16,65	1.213.452	16,65
6.8.7.	overslag	159.285	2,13	155.477	2,13
6.8.8.	<u>Aanbrengen steenbestorting:</u> materieel	370.895	4,96	347.390	4,77
6.8.9.	arbeid	12.830	0,17	13.220	0,18
	Totaal	1.787.598	23,91	1.729.539	23,73

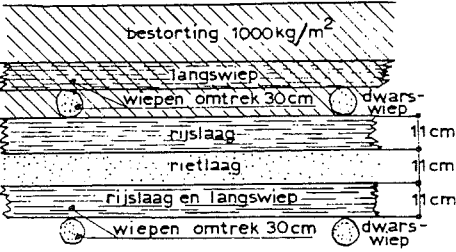
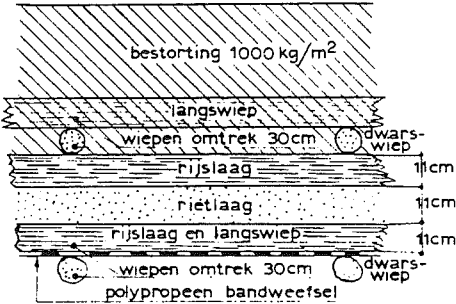
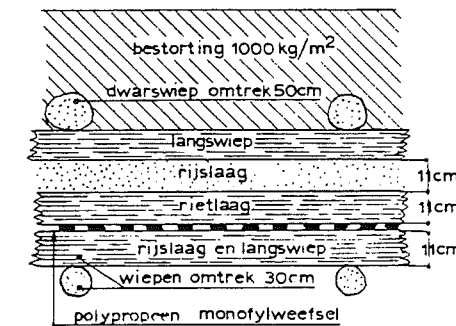
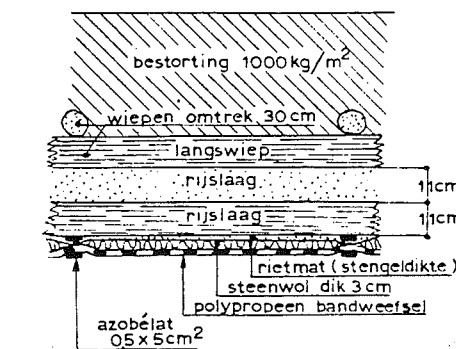
6.8.12 Totaal.

Volg- num- mer	Omschrijving	Klassieke zinkst.		Zoolstukken	
		90.000 m2	per m2	90.000 m2	per m2
		Kosten in gld.		Kosten in gld.	
6.8.10	Bezinking	1.660.167	18,45	1.399.876	15,55
6.8.11	Steenbestorting	1.787.598	19,86	1.729.539	19,22
	Totaal	3.447.765	38,31	3.129.415	34,77



	I	II	III	IV
<p>Onderdelen van de bodembescherming waar toepassing van zinkstukken in aanmerking komt</p>	<p>In het middengedeelte van de bodembescherming van een sluitgat te blokkeren met behulp van caissons</p>	<p>In het middengedeelte van de bodembescherming van een sluitgat te blokkeren met behulp van een geleidelijk opgeworpen kade</p>	<p>In de stroken tussen het middengedeelte (resp. I en II) en de rand van een bodembescherming (IV)</p>	<p>Aan de randen van een bodembescherming in een sluitgat</p>
<p>Omstandigheden in welke de bodembescherming verkeert</p>	<p>a. Grote vervallen en grote verhangen b. Bodembescherming sluit aan op naast liggende bodembescherming (III)</p>	<p>a. Grote vervallen bij grote waterdiepten; kleine verhangen bij geringe waterdiepten; grote verhangen b. Bodembescherming sluit, aan op naast liggende bodembescherming (III)</p>	<p>a. Verhangen &lt; I en II, maar &gt; IV b. Grote turbulentie c. Bodembescherming sluit aan op naast liggende bodembescherming (I of II en IV)</p>	<p>a. Kleine verhangen b. Grote turbulentie c. Bodembescherming sluit aan één zijde aan op naast liggende bodembescherming (III) aan andere zijde is ontgronding te verwachten</p>
<p>Te stellen eisen aan bodembescherming</p>	<p>a. Verhang op kunnen nemen b. Bij toepassing van asfaltbodembescherming in middenstroken (III) moet constructie waterdoorlatend blijven in verband met overdrukken onder dichte asfaltbescherming c. In het algemeen kleine constructiehoogte gewenst (drempel in inbaggering)</p>	<p>a. Verhang op kunnen nemen b. Bij toepassing van asfaltbodembescherming in middenstroken (III) moet constructie waterdoorlatend blijven in verband met overdrukken onder dichte asfaltbescherming c. In het algemeen is een grote constructiehoogte geen bezwaar; het kan zelfs een goedkope drempelophoging betekenen</p>	<p>a. Aanvaardbare zandverliezen bij grote turbulentie en optredend verhang b. Bij toepassing van een dichte constructie moet deze bestand zijn tegen overdrukken</p>	<p>a. Aanvaardbare zandverliezen bij grote turbulentie b. Trekkrachten op kunnen nemen (ontgrondingen, aanpassing randen) c. Ruwe rand om ontgrondingen te verminderen d. Ballast moet erop blijven liggen e. De buitenste rand moet bestand zijn tegen overdrukken door bovenstroomse stroomaanval</p>
<p>Typen bodembescherming die in aanmerking komen voor toepassing</p>	<p>a. <u>(Filterconstructie)</u> b. <u>Zinkstuk met zool van kunststof</u> c. <u>Rijshouten zinkstuk op laag kif</u></p>	<p>a. <u>Zinkstuk met zool van kunststof</u> b. <u>Rijshouten zinkstuk op laag kif</u> c. <u>(Filterconstructie)</u></p>	<p>a. <u>(Asfaltbodembescherming)</u> b. <u>Zinkstuk met zool van kunststof</u> c. <u>Rijshouten zinkstukken</u> d. <u>(Filterconstructie)</u></p>	<p>a. <u>Rijshouten zinkstukken</u> b. <u>Zinkstukken met zool van kunststof</u> c. <u>(Asfaltbodembescherming)</u></p>

ZANDDICHTHEID VAN ZINKSTUKKEN.

Nr.	Constructie	Kritiek verhang onder caisson in %	Opmerkingen	
1	<p>Klassiek rijs-houten zinkstuk; onder- en bovenroosterwerk, 2 lagen rijshout, 1 laag riet; 1000 kg/m<sup>2</sup> bestorting, steen 10/300 kg</p>		4,18	
2	<p>Als nr. 1, met tussen de wiepen van het onderroosterwerk polypropeen bandweefsel</p>		6,26	Zie voor het weefsel nr. 9
3	<p>Ongeveer als nr. 1 met polypropeen monofylweefsel boven onderroosterwerk</p>		5,2	Zie voor het weefsel nr. 7
4	<p>Kunststofzool, 2 lagen rijshout en bovenroosterwerk; 1000 kg/m<sup>2</sup> bestorting steen 10/300 kg</p>		>18,6	Zie voor het weefsel nr. 10

ZANDDICHTHEID VAN ZINKSTUKKEN.

Nr.	Constructie	Kritiek verhang onder gaisson in %	Opmerkingen	
5	<p>Rietmat als zool tussen onderwiepen, dun laagje rijshout om uit te vullen, nog 2 lagen rijshout en bovenroosterwerk; 1000 kg/m<sup>2</sup> bestorting steen 10/300 kg</p>		6,34	
6	<p>Variant van nr. 3. Hier is het kunststofweefsel als vlakke zool onder het zinkstuk aangebracht</p>		> 18,24	Zie voor het weefsel nr. 7
7	<p>Polypropeen-monofylweefsel Zwart polypropeen garen van 0,3 mm Ketting 22 dr/cm, inslag 8,7 dr/cm, gekrompen resp. 24,8 dr/cm en 9,4 dr/cm. Maaswijdte ca. 160 μ</p>		<p>a. 51 b. 1 c. 39</p>	<p>Plotseling optredend groot transport Klein, constant transport Zeer klein transport zeer waterdoorlatend; weinig zand-dicht.</p>
8	<p>Polytheen-monofylweefsel Zwart polyetheen garen van 0,3 mm Ketting 22,4 draden/cm, inslag 9,1 dr/cm, gekrompen resp. 24,6 dr/cm en 9,6 dr/cm. Maaswijdte, ca. 160 μ</p>		<p>a. 39 b. 1</p>	<p>Plotseling optredend groot transport Klein, constant transport Zeer waterdoorlatend; weinig zand-dicht.</p>
9	<p>Polypropeen bandweefsel Draaddikte 70/110 tex, aantal draden 56/60</p>		<p>a. &gt;78 b. &gt;55</p>	<p>Geen transport Geen transport Onvoldoend water-doolatend; zeer zanddicht</p>



ZANDDICHTHEID VAN ZINKSTUKKEN.

Nr.	Constructie	Kritiek verhang onder caisson in %	Opmerkingen
10	Polypropeen bandweefsel met 0,03 m dikke laag steenwol Draden 50/50 1000/1000 denier	a. >72 b. >52 c. >76	Geen transport Geen transport Geen transport onvoldoend waterdoorlatend; zeer zanddicht
11	Polypropeen bandweefsel met 5 mm dikke laag schuimplastic Draden 50/50 1000/1000 denier met polyether schuim. Kwaliteit draka 8530 D.	a. >80 b. 34-51 c. >74	Geen transport Klein transport Geen transport Onvoldoend waterdoorlatend; zeer zanddicht
12	Polypropeen monofylweefsel ("kokos" mat)  Ketting: 50 dr/10 cm, per draad 20 mon. garens 0,33 mm. Inslag: filmband 20 dr/10 cm; per draad 3 x 2 filmbandjes	a. 23-25 b. 4,6 c. 12,5	Zeer klein constant transport Idem Zeer klein afnemend transport. Voldoend waterdoorlatend
13	Polypropeen platweefsel Ketting: bandgaren 42 dr/10 cm Inslag: bandgaren 20 dr/10 cm	a. 45 b. 11,5	Zeer klein transport Gering transport Matig waterdoorlatend
14	Polypropeen platweefsel Ketting: monofylen en bandgaren om en om 44 dr/10 cm Inslag: bandgaren 21 dr/10 cm	a. 21,5 b. 13	Zeer klein transport Idem Matig waterdoorlatend
15	Weefsel met lussen. Ketting: polyetheen garen 0,3 mm Inslag: 840 denier zwart enkalon garen maaswijdte 60 $\mu$	a. >85 b. 1,6	Geen transport Zeer klein transport Voldoend waterdoorlatend
16	Wit polypropeen platweefsel Ketting: filmband 42 dr/10 cm Inslag: filmband 20 dr/10 cm	a. 28 b. 11	Zeer klein transport Idem Voldoend waterdoorlatend
17	Rietmat 4 cm dik	a. 24 b. 30	Klein constant transport Zeer klein transport Voldoend waterdoorlatend
18	Kif (grind met korrelgrootte 2-5 mm) laagdikte 2,5 cm laagdikte 5 cm laagdikte 20 cm	a. 39 b. 47 c. >55	Zeer klein transport Idem Geen transport Zeer waterdoorlatend

ZANDDICHTHEID VAN ZINKSTUKKEN

Nr.	Constructie	Kritiek verhang onder caisson in %	Opmerkingen
19	Azobémat	a. 27 b. 15,5	Matig constant transport Klein transport Voldoend waterdoorlatend

- a. proef met doek of materiaal direkt op het vlakke zandbed
- b. proef met doek of materiaal op 10 cm boven het vlakke zandbed
- c. proef met doek of materiaal direkt op een onregelmatig zandbed

Wanneer het gemeten kritieke verhang wordt vooraf gegaan door het teken ">" waarbij dan in de kolom "opmerkingen" "geen transport" wordt vermeld betekent dit, dat bij het maximaal haalbare verhang, tijdens de proeven, nog geen zandtransport werd waargenomen.

Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk

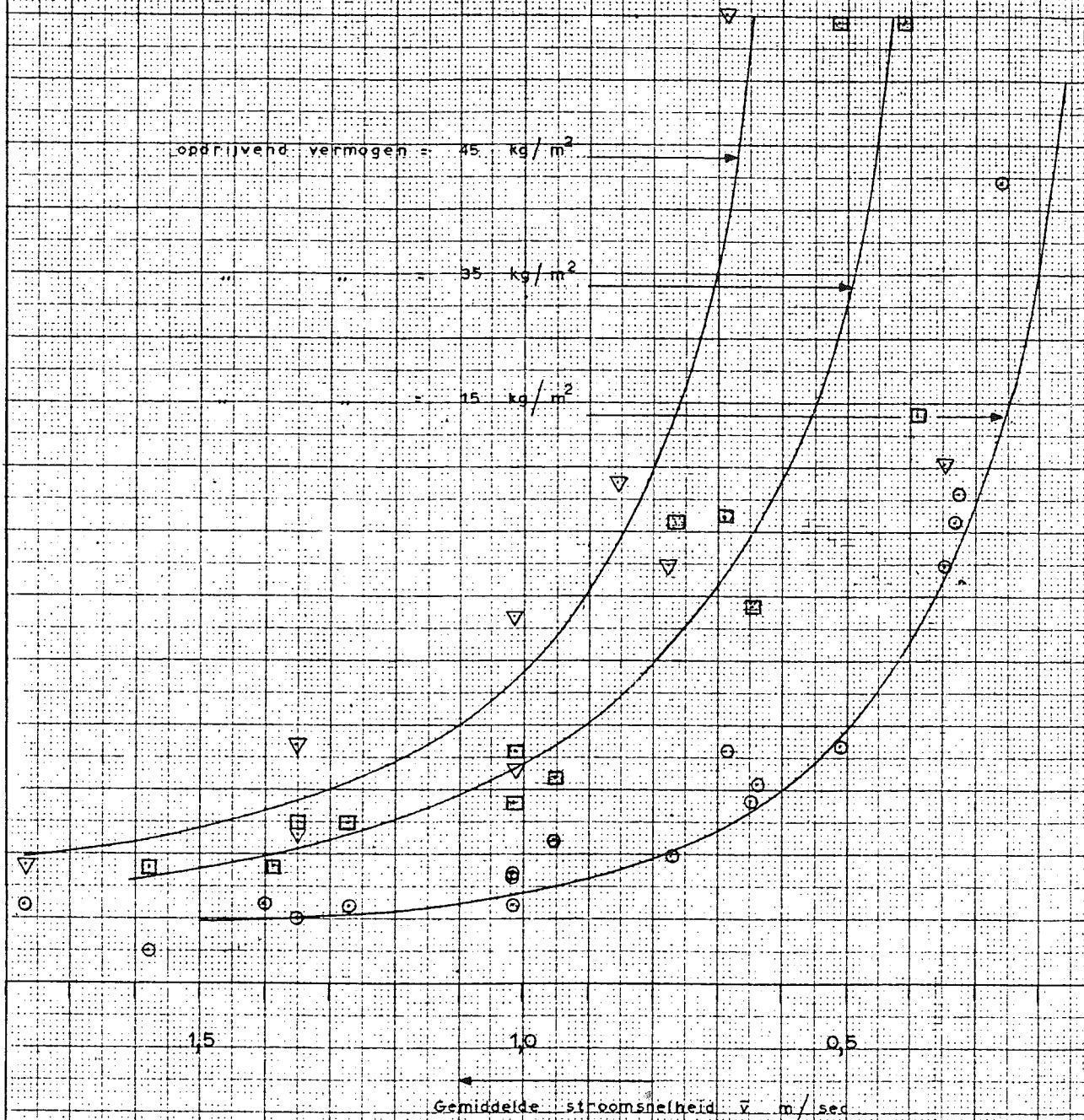
(overgenomen uit rapport M 585)

- ▽ 45 kg/m<sup>2</sup>
- 35 kg/m<sup>2</sup>
- 15 kg/m<sup>2</sup>

opdringend vermogen = 45 kg/m<sup>2</sup>

35 kg/m<sup>2</sup>

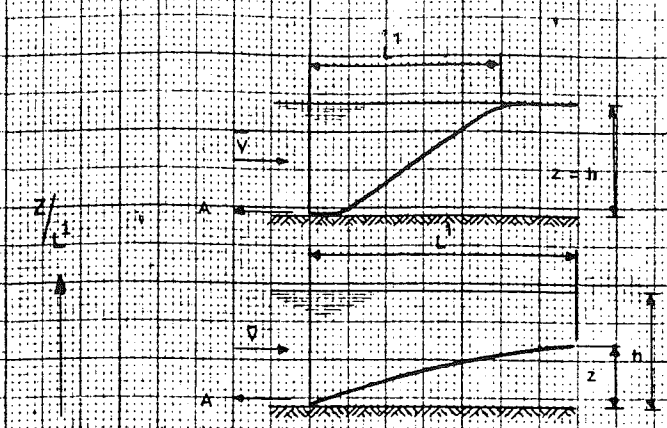
15 kg/m<sup>2</sup>



Grootte van de ankerkracht

(overgenomen uit rapport M 685)

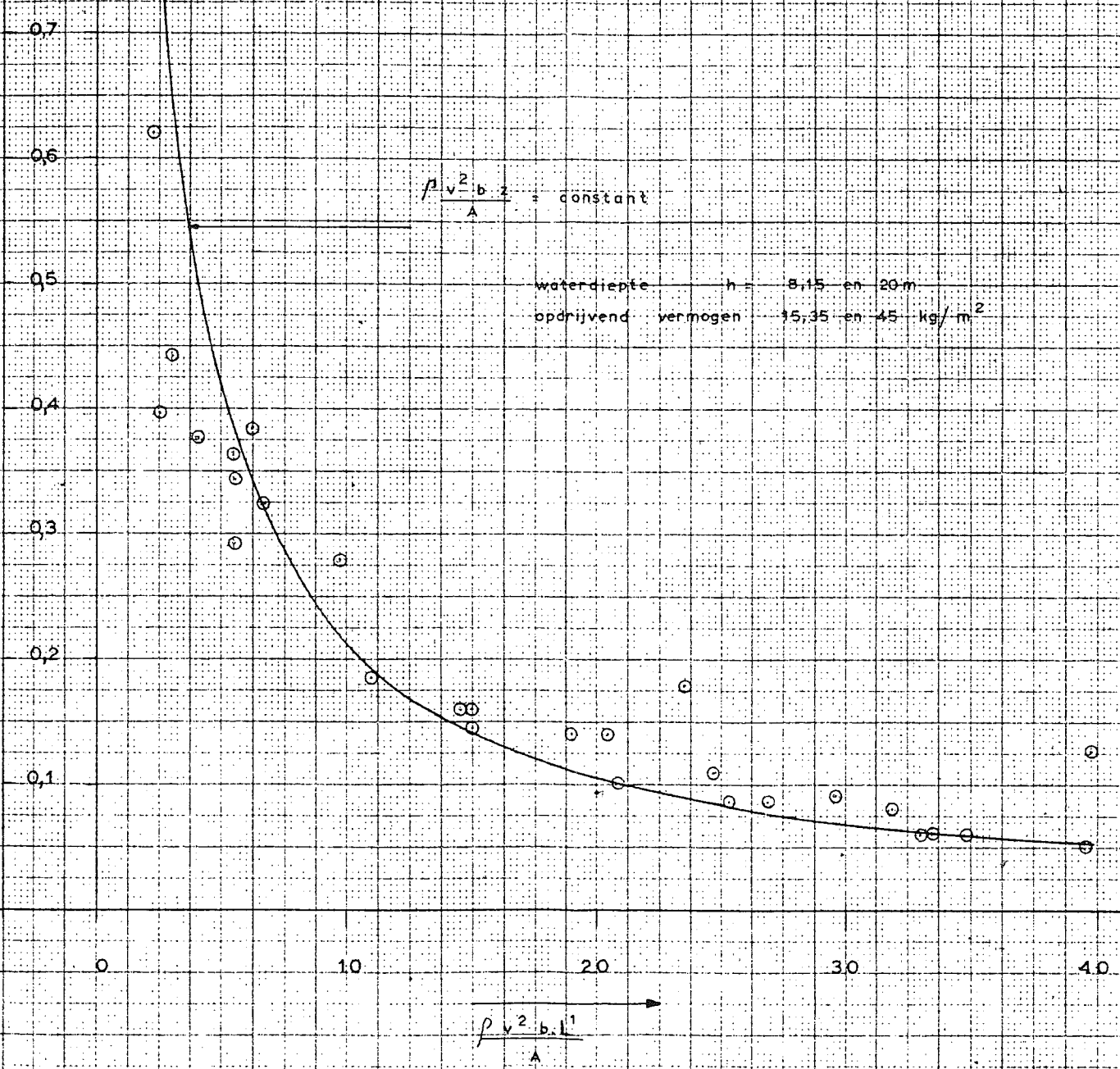
- $\rho$  : dichtheid water  $\frac{\text{kg}(\text{sec})^2}{\text{m}^2 \cdot \text{g}}$
- $\bar{v}$  : gemiddelde stroomsnelheid in m/sec
- $b$  : breedte van het zinkstuk in m
- $L$  : horizontale projectie ondergedompeld gedeelte in m (zie schetsen)
- $A$  : totale ankerkracht in kg
- $z$  : verticale projectie ondergedompeld gedeelte in m (zie schetsen)
- $h$  : waterdiepte in m

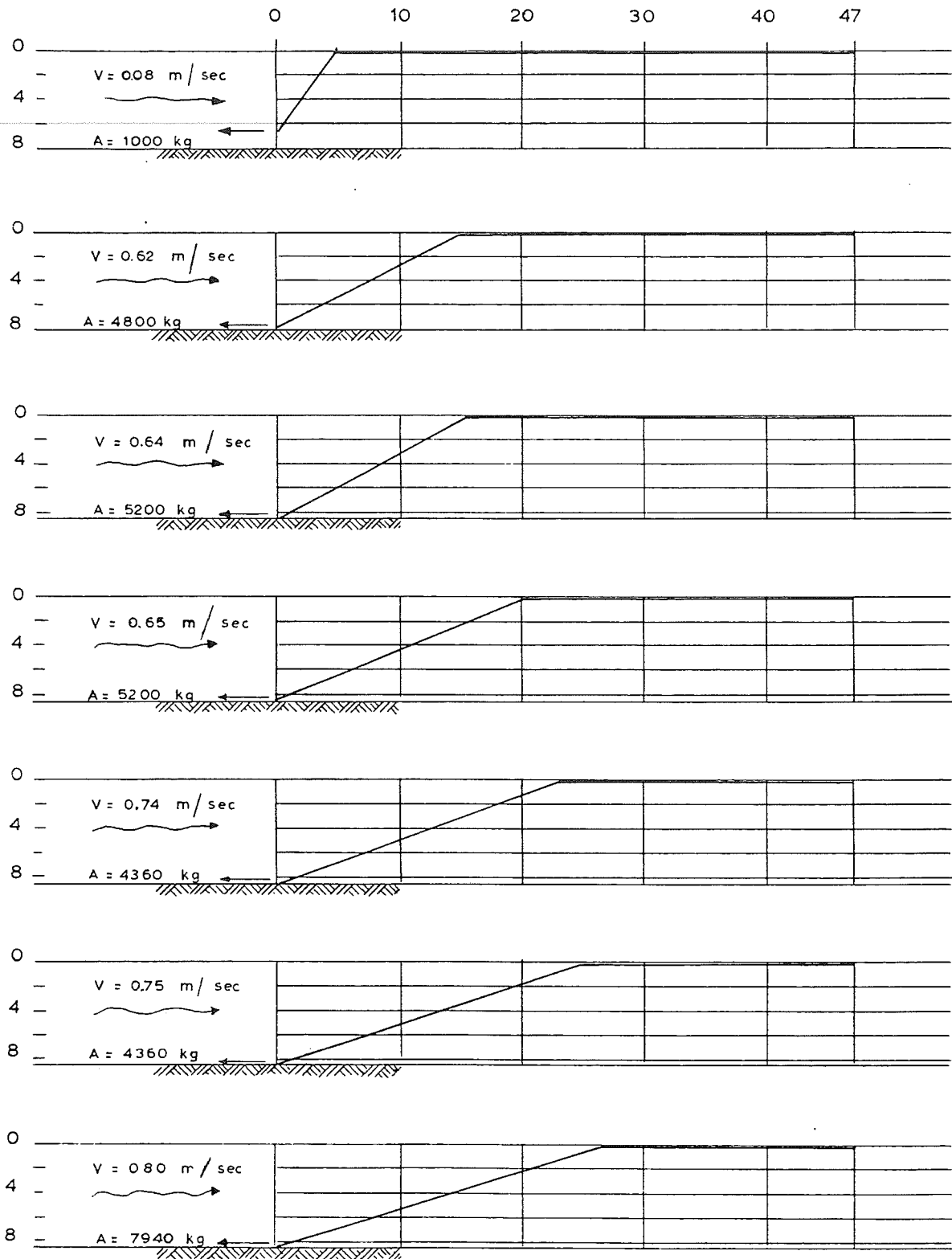


$$\frac{\rho \bar{v}^2 b z}{A} = \text{constant}$$

waterdiepte  $h = 8,15$  en  $20$  m

opdringend vermogen  $15,35$  en  $45$  kg/m<sup>2</sup>

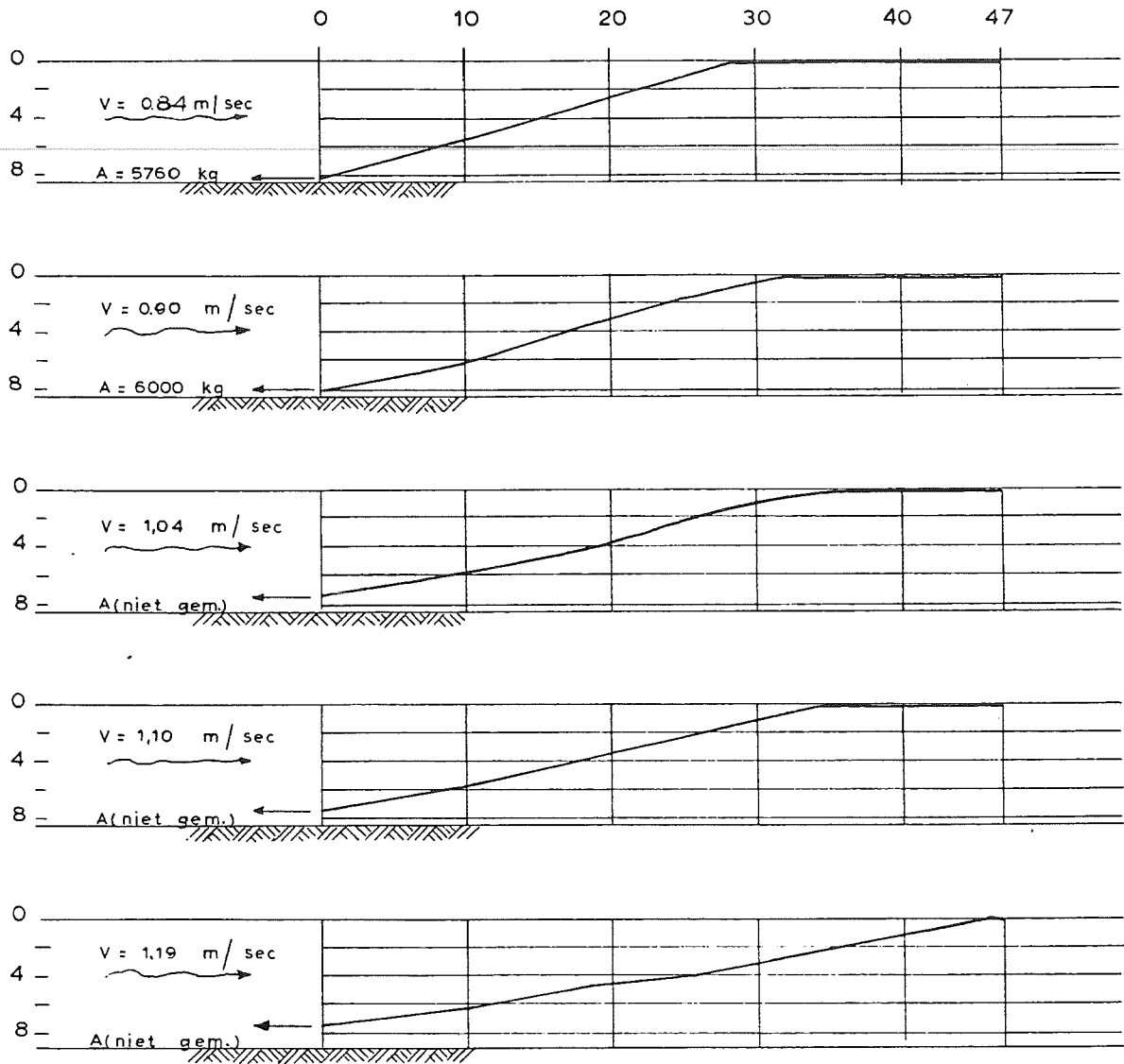




waterdiepte ca 8 m  
 opdrijvend vermogen  $35 \text{ kg/m}^2$

Standen en ankerkrachten  
 zinkstuk tijdens zinkproef  
 op 8-3-'67

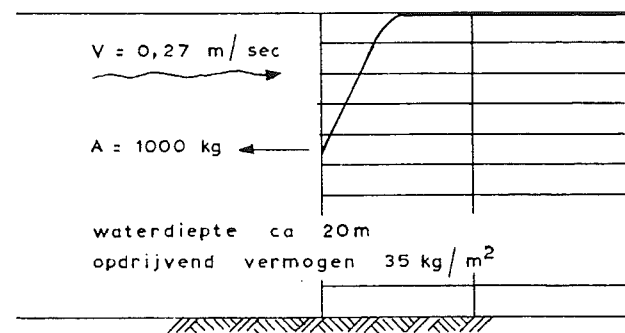
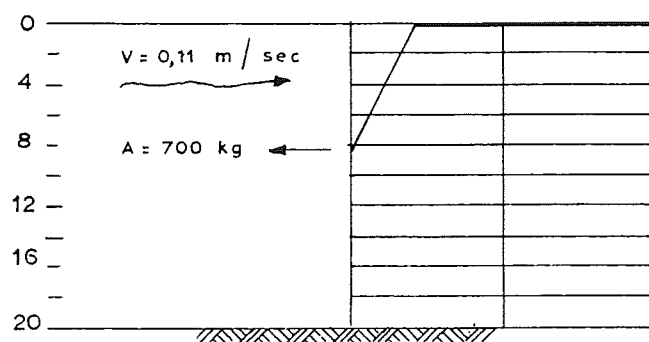
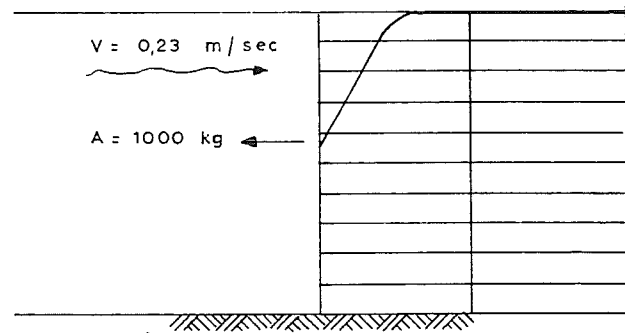
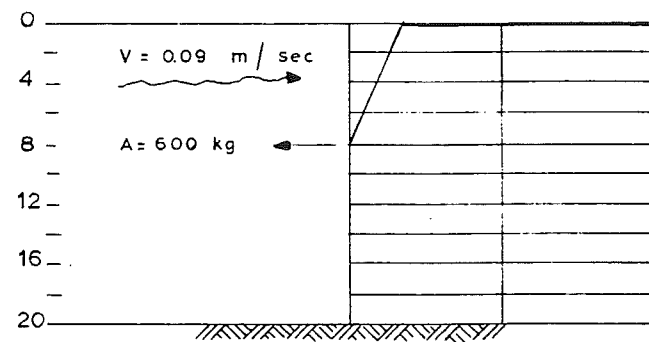
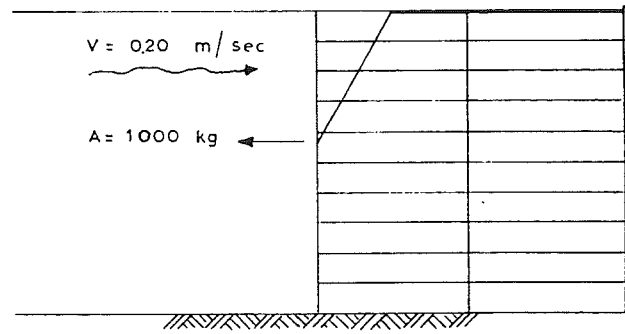
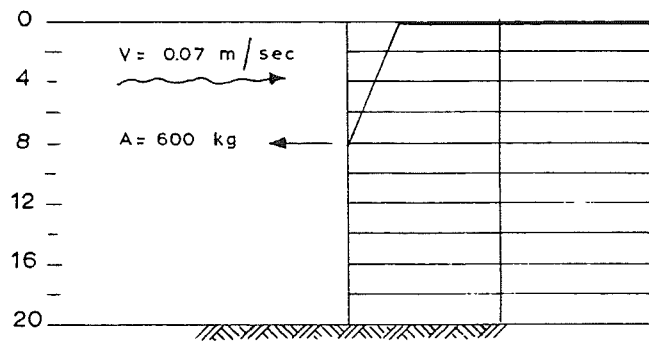
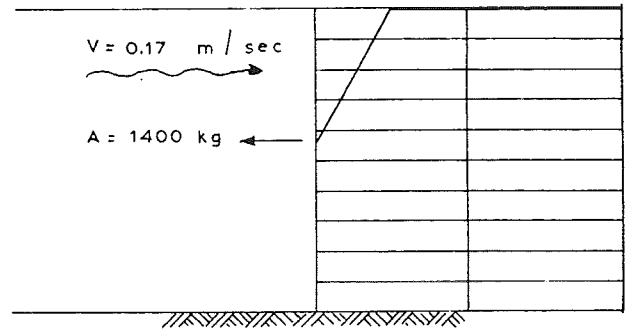
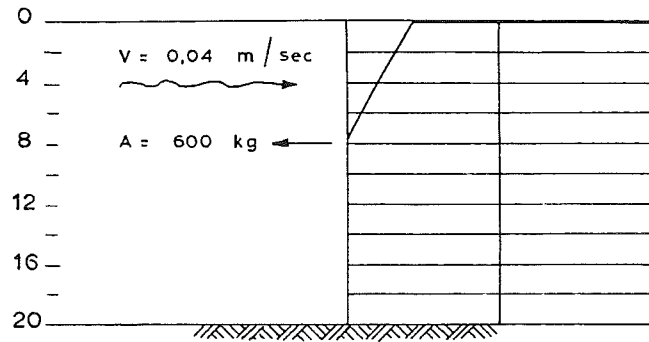
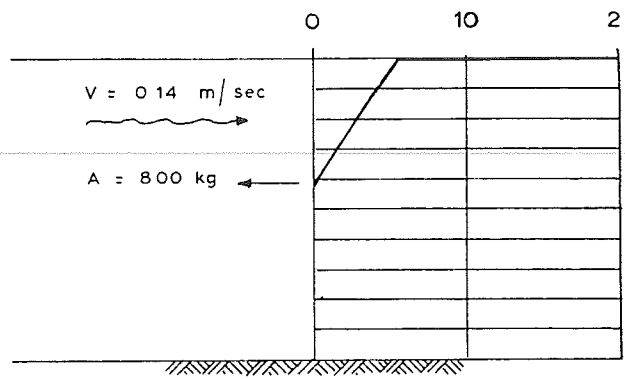
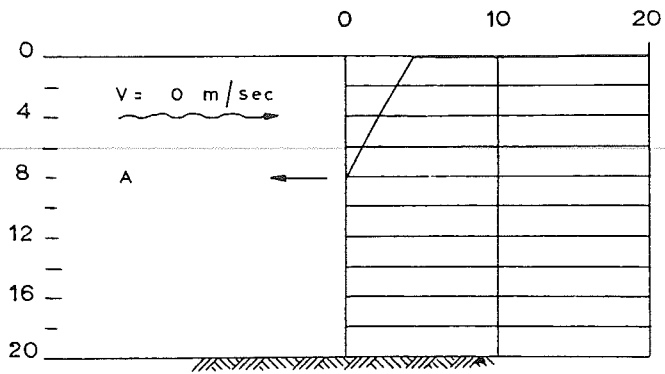
zinkstuk  $25 \times 47 \text{ m}^2$



waterdiepte ca 8 m  
 opdrijvend vermogen  $35 \text{ kg/m}^2$

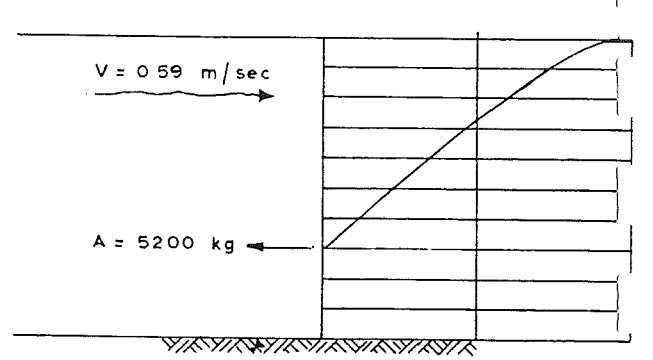
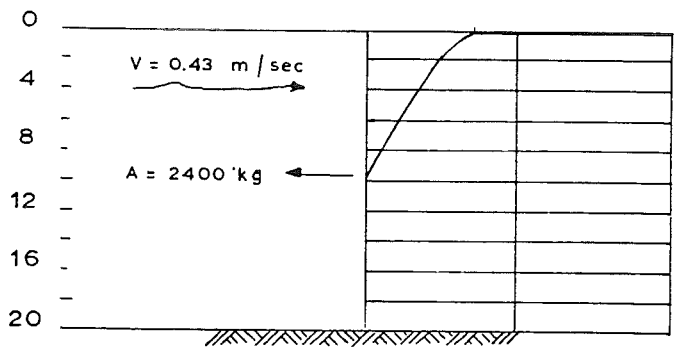
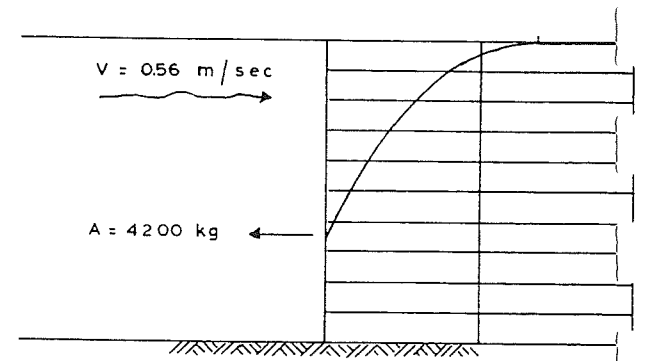
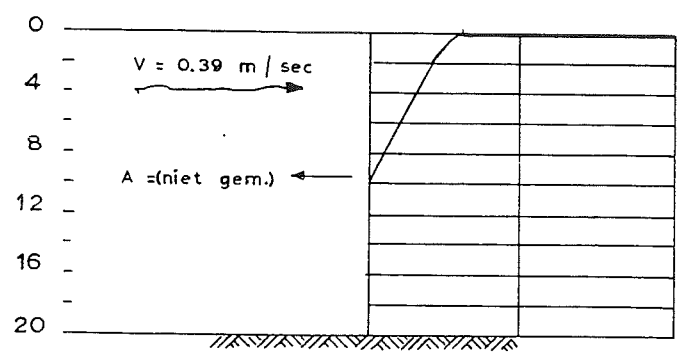
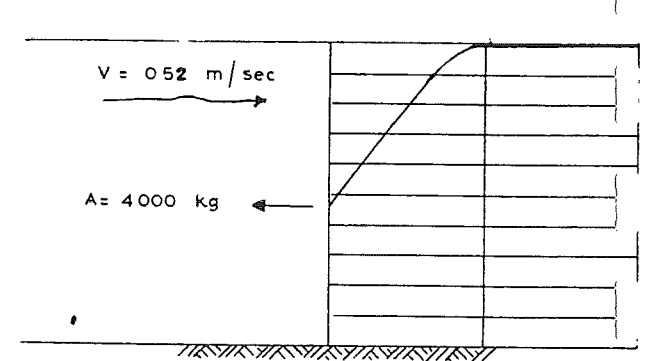
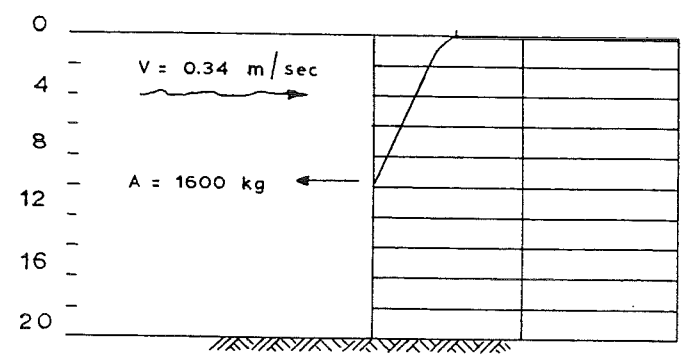
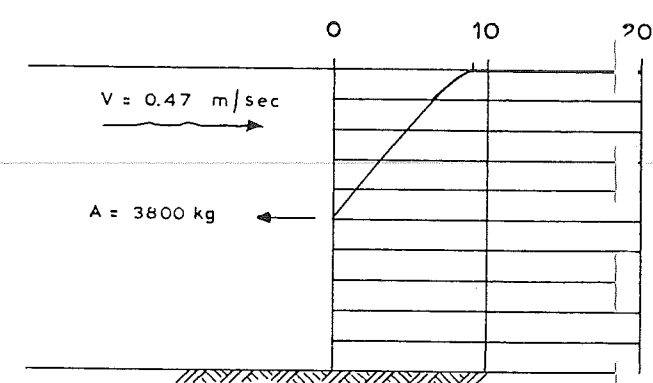
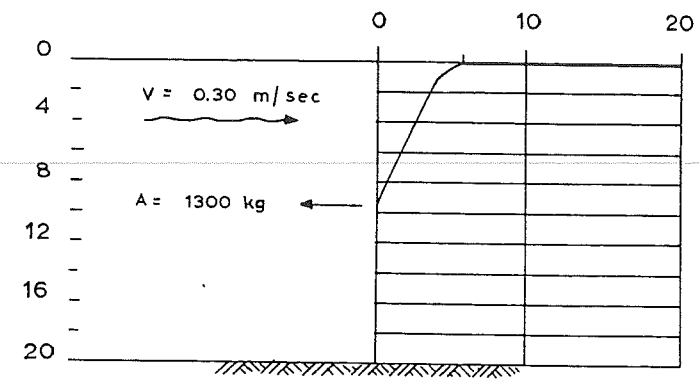
Standen en ankerkrachten  
 zinkstuk tijdens zinkproef  
 op 8-3-'67

zinkstuk  $25 \times 47 \text{ m}^2$



Standen en ankerkrachten  
zinkstuk tijdens zinkproef  
op 14-3-67

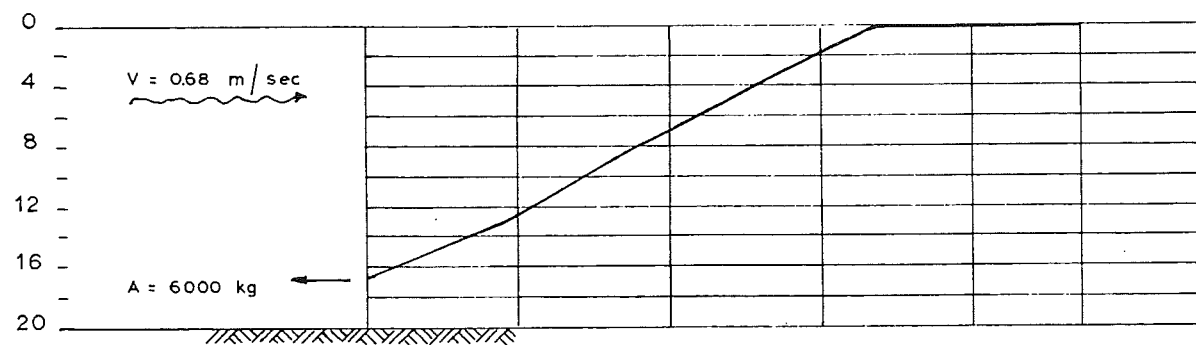
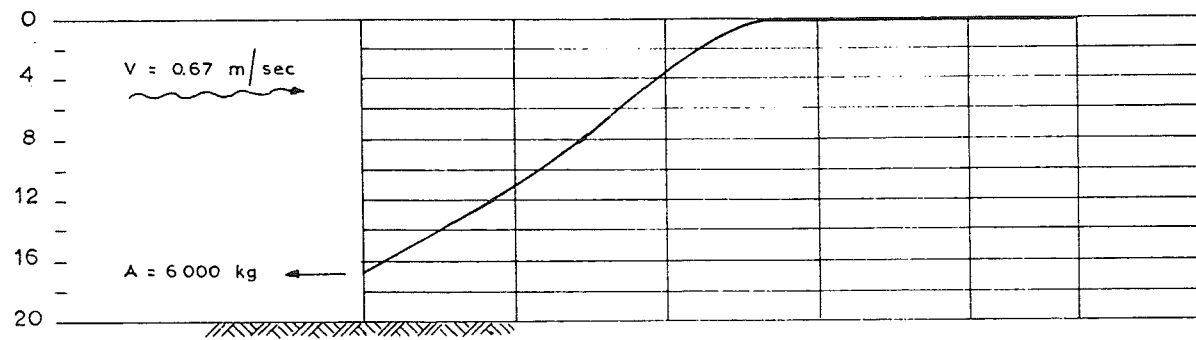
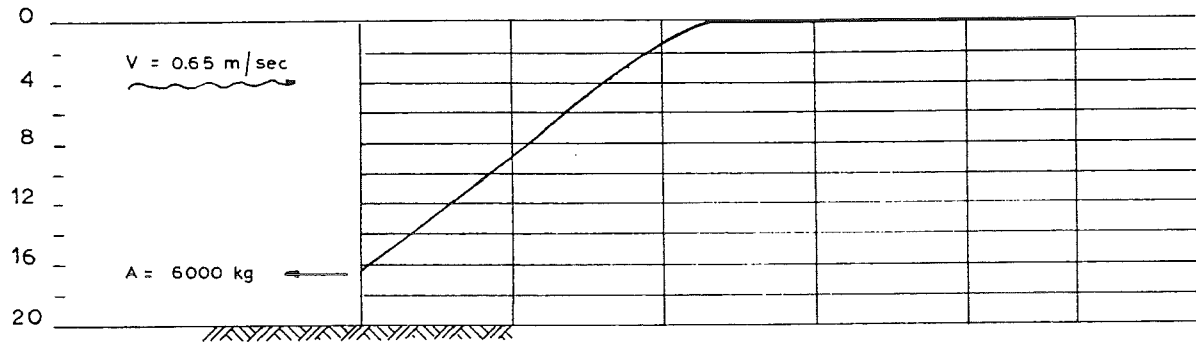
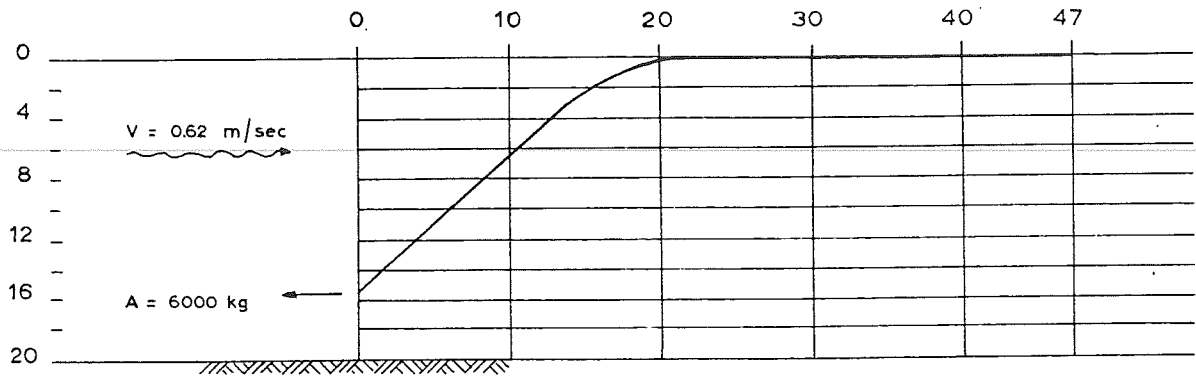
zinkstuk  $25 \times 47 \text{ m}^2$



waterdiepte ca 20m  
 opdrijvend vermogen:  $3.5 \text{ kg/m}^2$

Standen en ankerkrachten  
 zinkstuk tijdens zinkproef  
 op 14-3-'67

zinkstuk  $25 \times 47 \text{ m}^2$



waterdiepte ca 20 m  
 opdrijvend vermogen  $35 \text{ kg/m}^2$

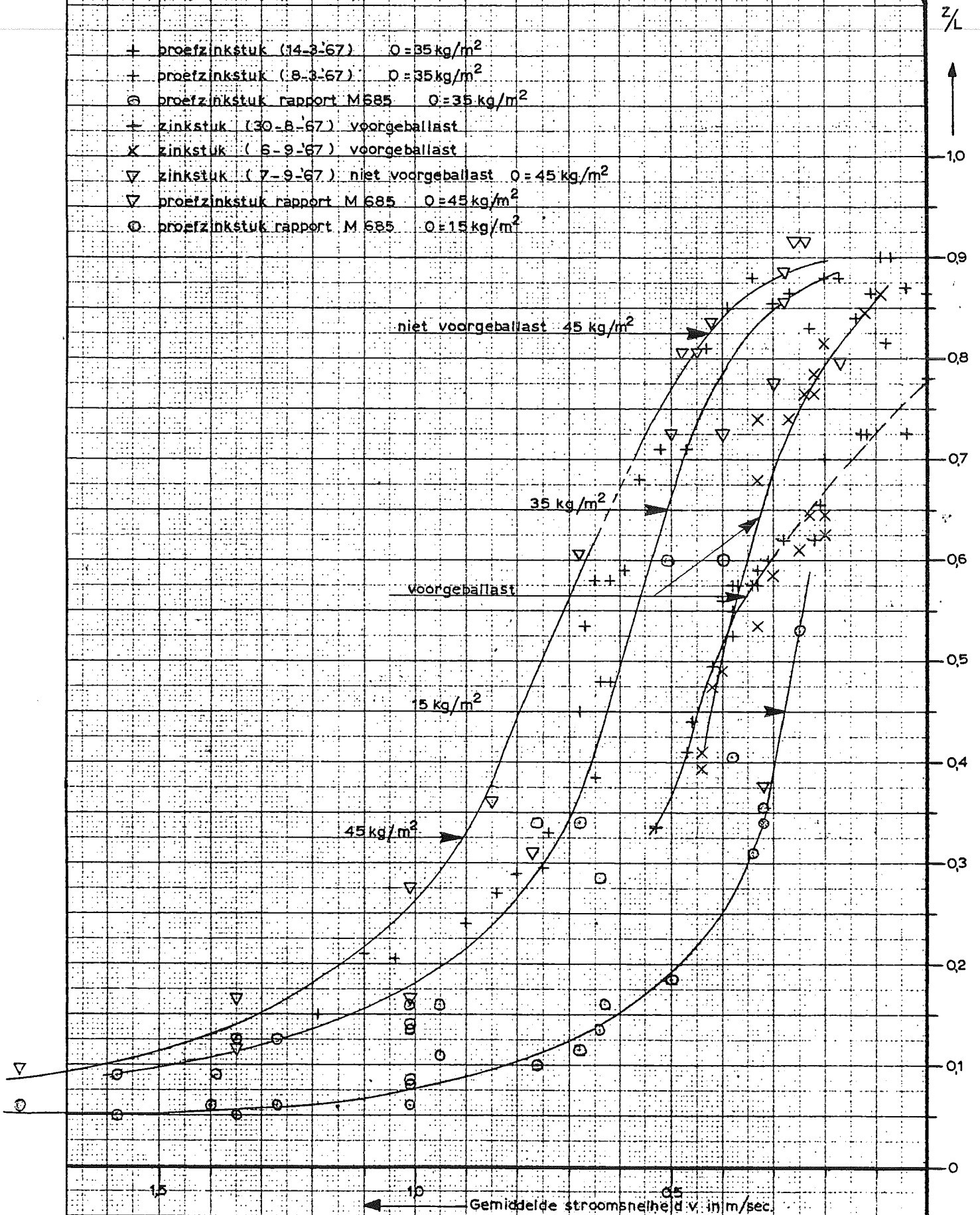
Standen en ankerkrachten  
 zinkstuk tijdens zinkproef  
 op 14\_3\_'67

zinkstuk  $25 \times 47 \text{ m}^2$



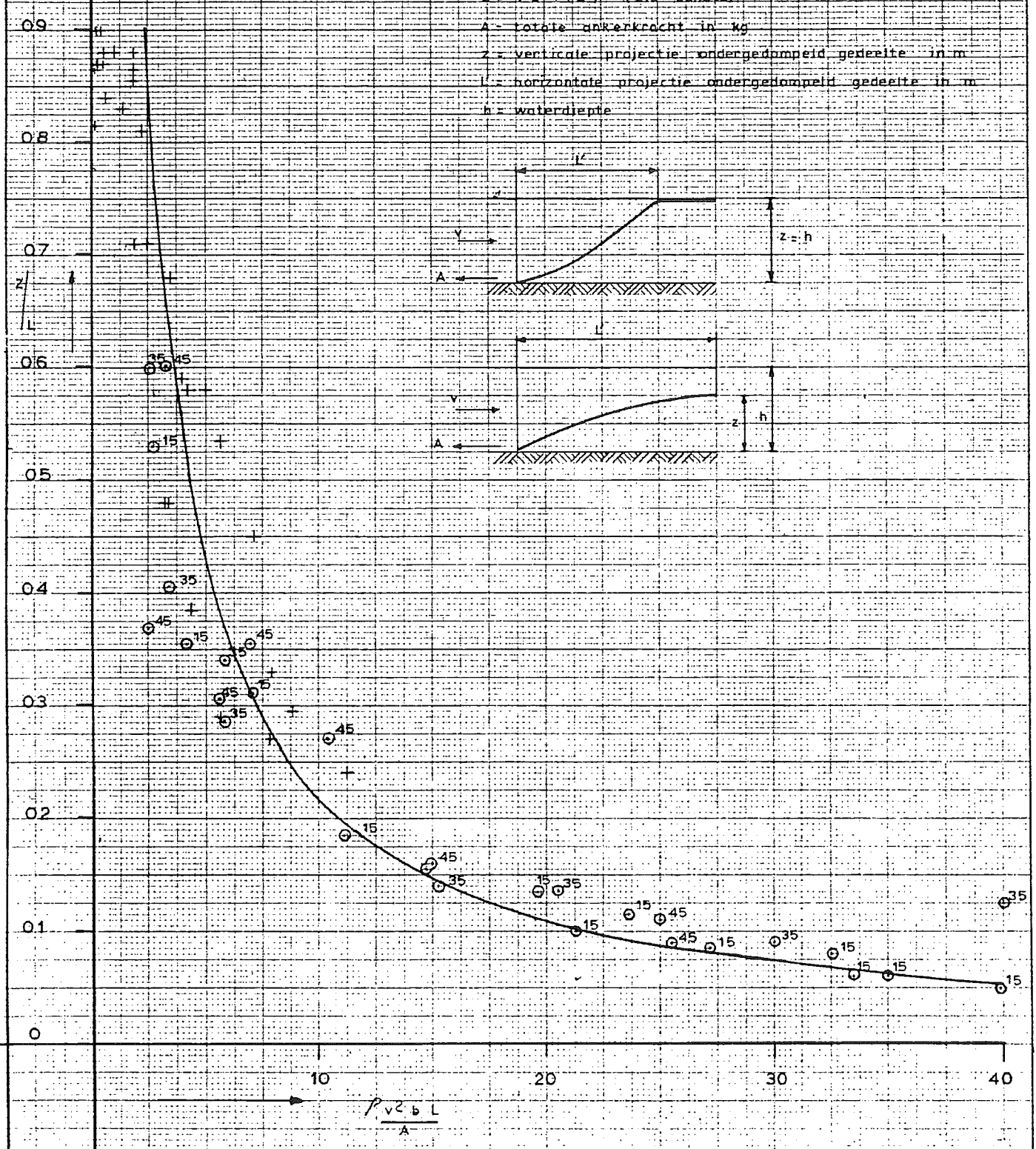
Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk

- + proefzinkstuk (14-3-67)  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- + proefzinkstuk (8-3-67)  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- ⊖ proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- + zinkstuk (30-8-67) voorgeballast
- x zinkstuk (6-9-67) voorgeballast
- ▽ zinkstuk (7-9-67) niet voorgeballast  $Q = 45 \text{ kg/m}^2$
- ▽ proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 45 \text{ kg/m}^2$
- ⊖ proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 15 \text{ kg/m}^2$

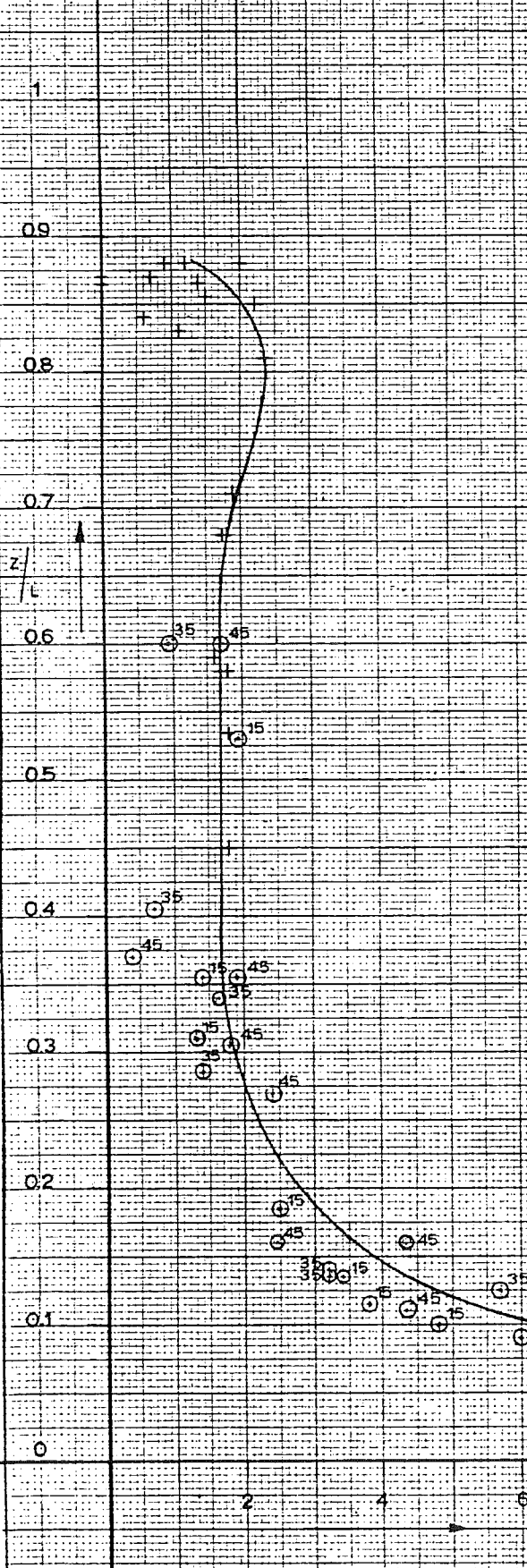


# Grootte van de ankerkracht

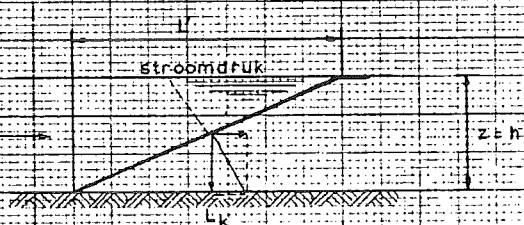
- + proefzinkstukken B en 14 maart 1957
- ⊙ proefzinkstukken rapport M 685
- $\rho$  = dichtheid water  $\frac{\Sigma}{g} \text{ kg/m}^3$
- $v$  = gemiddelde stroomsnelheid in m/sec
- $b$  = breedte van het zinkstuk in m
- $L = \sqrt{z^2 + (L_h)^2}$  (zie schets)
- $A$  = totale ankerkracht in kg
- $z$  = verticale projectie ondergedompeld gedeelte in m
- $L_h$  = horizontale projectie ondergedompeld gedeelte in m
- $h$  = waterdiepte



Grootte van de verticale component van de stroomdruk (liftkracht)

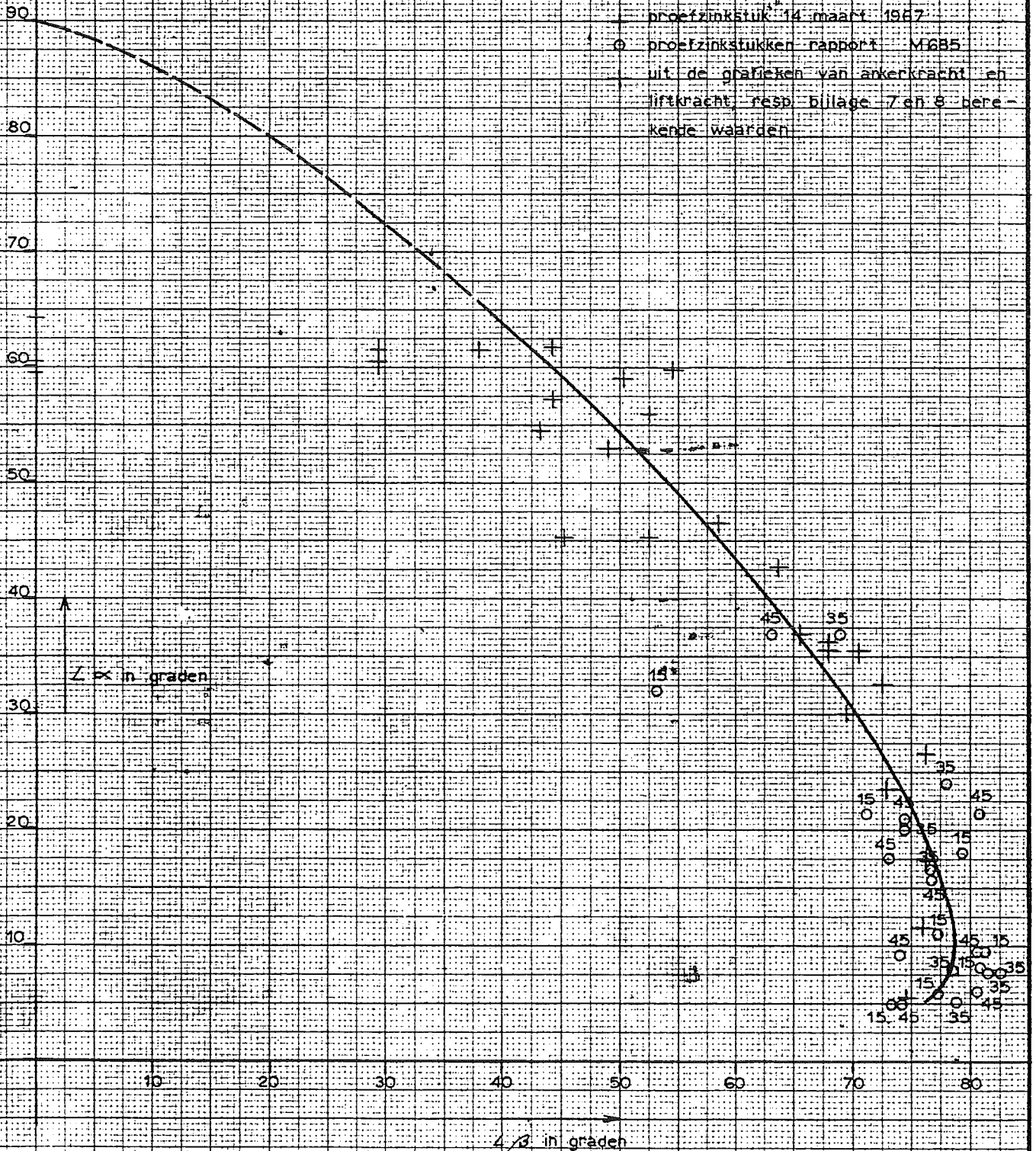
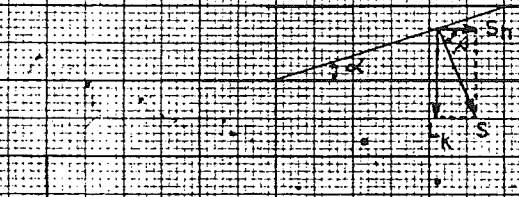


— profzinkstuk 14 maart 1967  
 ○ profzinkstukken rapport M 685  
 $\rho$  = dichtheid water  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$   
 $v$  = gemiddelde stroomsnelheid in m/sec  
 $b$  = breedte van het zinkstuk in m  
 $L = \sqrt{z^2 + l^2}$  (zie schets)  
 $z$  = verticale projectie ondergedampeld gedeelte in m  
 $l$  = horizontale projectie ondergedampeld gedeelte in m  
 $L_k$  = liftkracht in kg  
 $h$  = waterdiepte



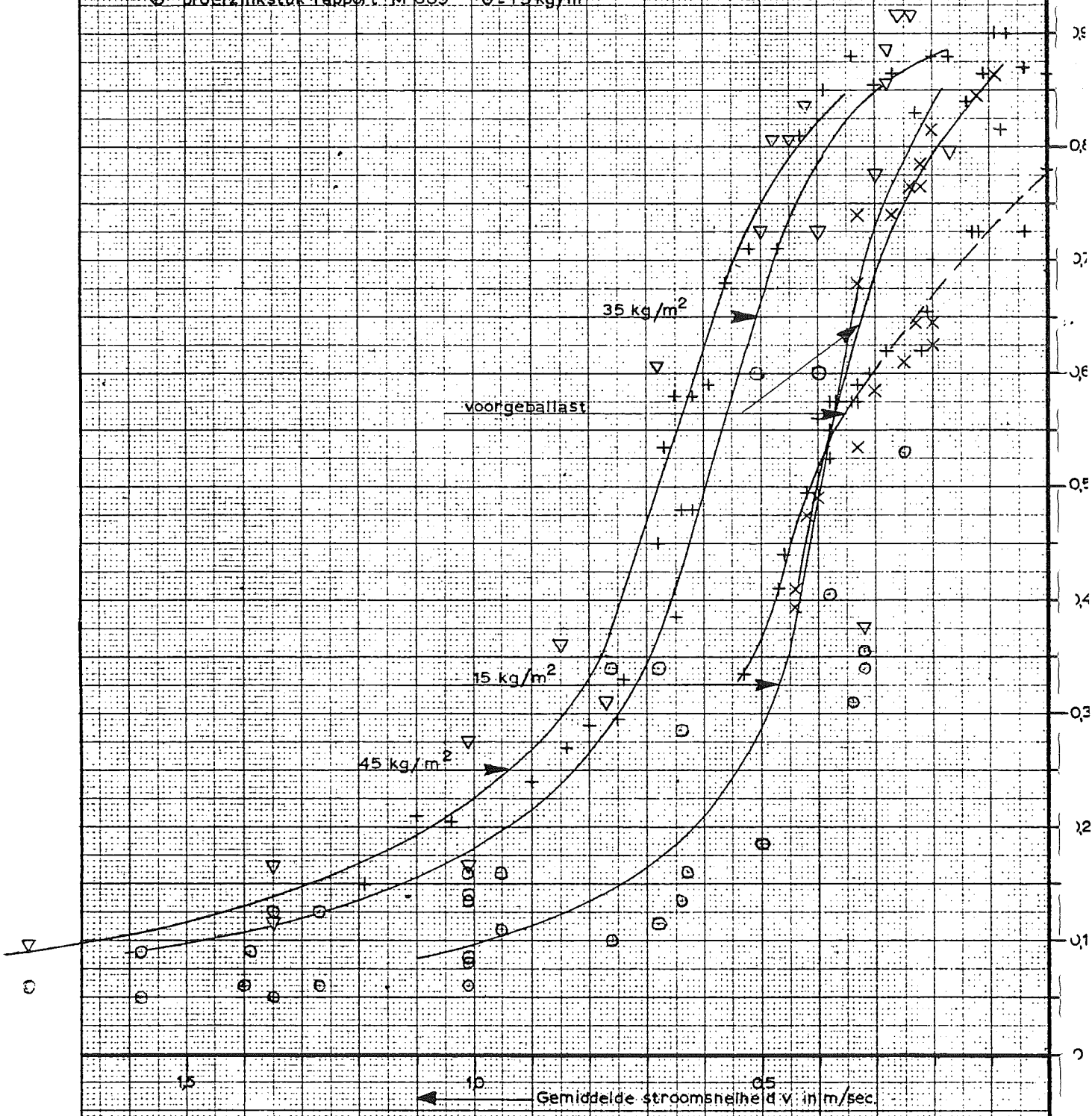
Relatie tussen de helling van het zinkstuk en de helling van de stroomdruk

- S = resultante van de stroomdruk
- $S_h$  = horizontale component van S
- $L_k$  = liftkracht (vertikale component van S)
- $\alpha$  = hellingshoek van het zinkstuk
- $\beta$  = hellingshoek van de stroomdruk

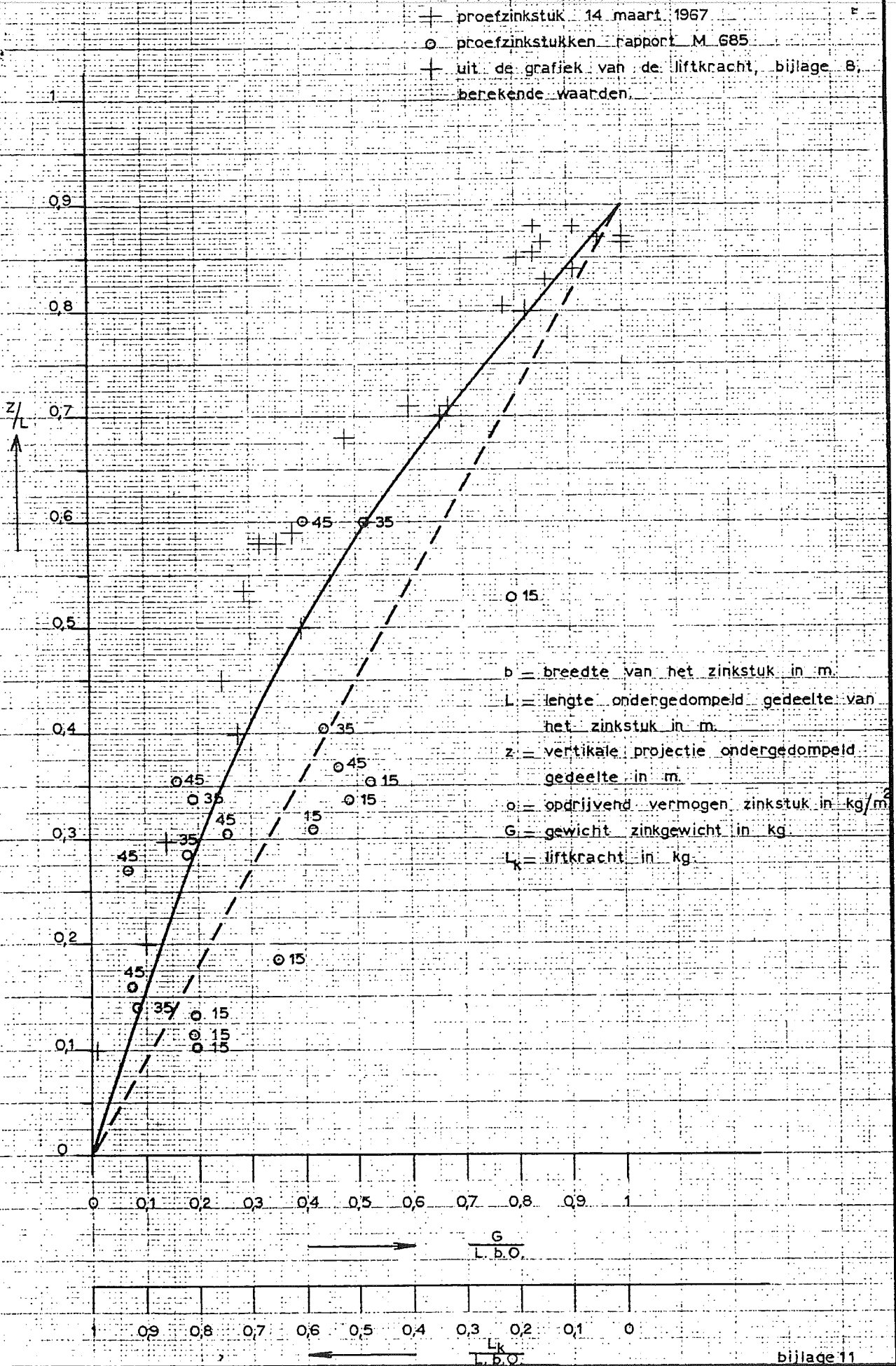


Relatie tussen stroomsnelheid en de helling van het zinkstuk met gecorrigeerde waarden voor zinkst. met opdr. verm. van 15 en 45 kg/m<sup>2</sup>

- + proefzinkstuk (14-3-67)  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- + proefzinkstuk (8-3-67)  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 35 \text{ kg/m}^2$
- + zinkstuk (30-8-67) voorgeballast
- x zinkstuk (6-9-67) voorgeballast
- ▽ zinkstuk (7-9-67) niet voorgeballast  $Q = 45 \text{ kg/m}^2$
- ▽ proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 45 \text{ kg/m}^2$
- ⊙ proefzinkstuk rapport M 685  $Q = 15 \text{ kg/m}^2$



Grootte van het benodigde zinkgewicht onder water en van de liftkracht



Waarden van  $C_L$  en  $C_w$  bij het stroomzinken.

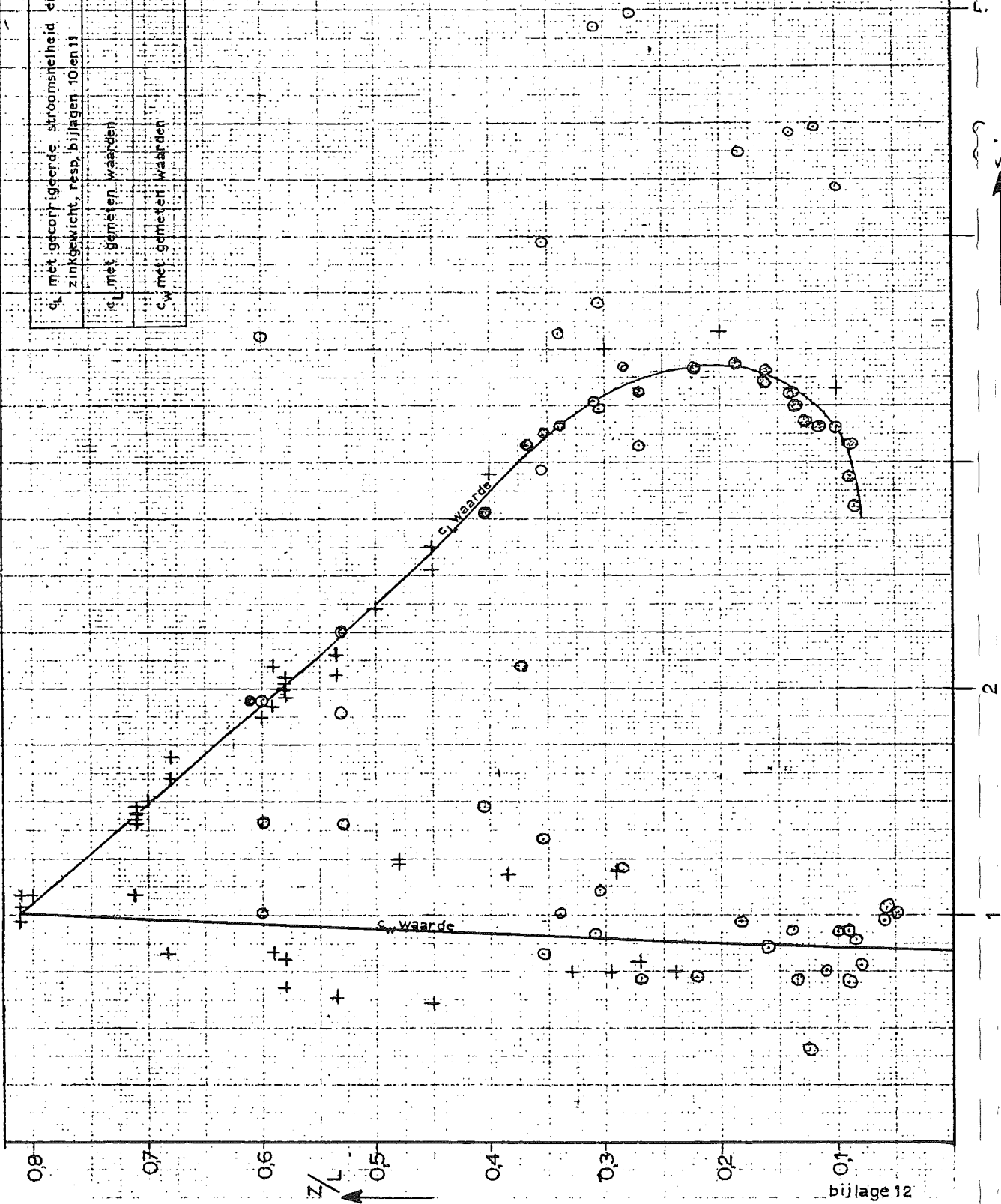
$A = c_w \sqrt{2 \rho V^2}$  b.z.

$L = c_L \sqrt{2 \rho V^2}$  b.z.

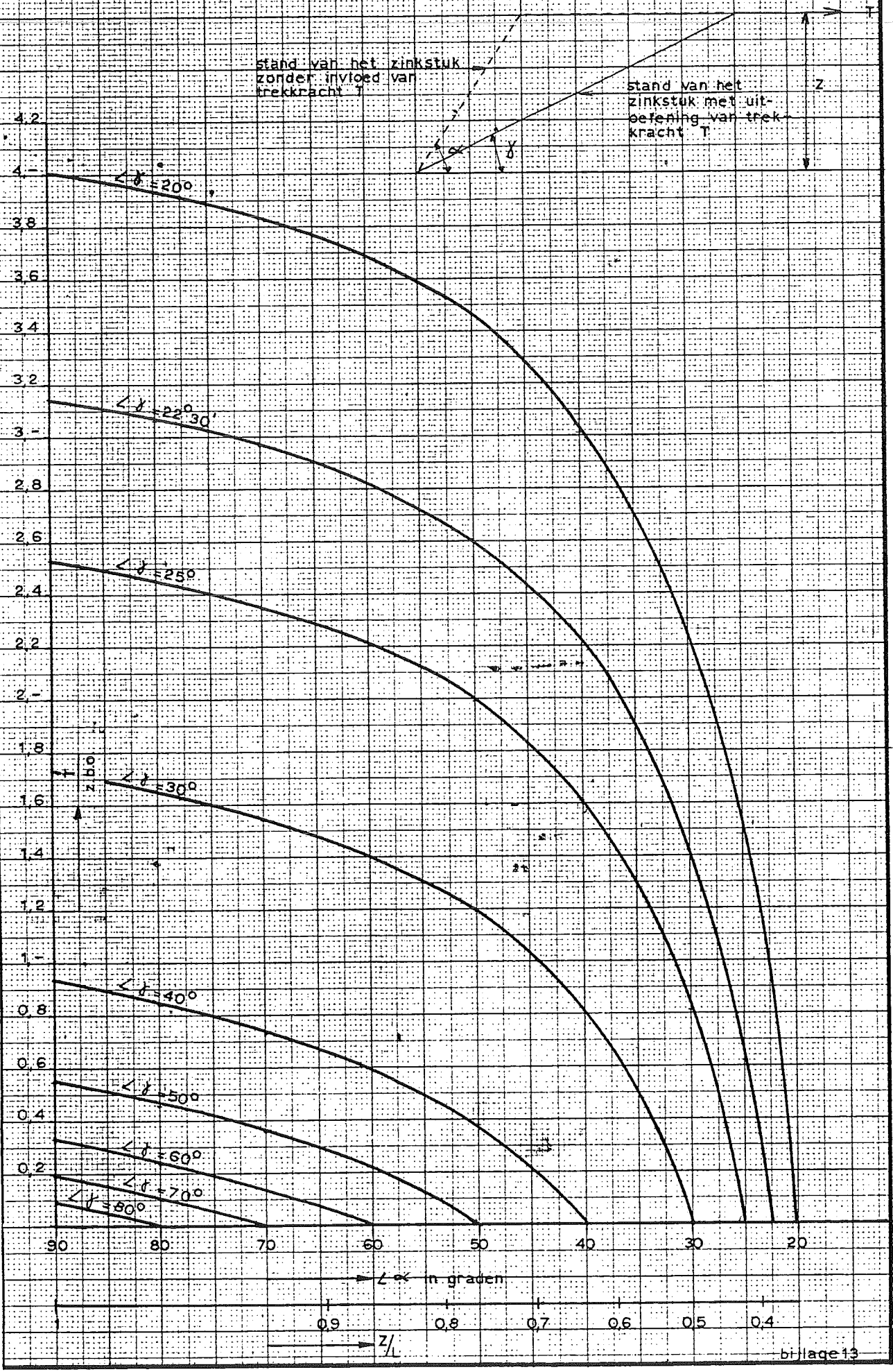
+	+	+	proefstukken 8 en 14 maart 1967
o	o	o	proefstukken rapport M685

+ uit de grafiek van de liftkracht, bijlage 8 berekende waarden van  $C_L$

$C_L$ met gecorrigeerde stroomsnelheid en zinkgewicht, resp. bijlagen 10 en 11			
	$C_L$ met gemeten waarden		
	$C_w$ met gemeten waarden		

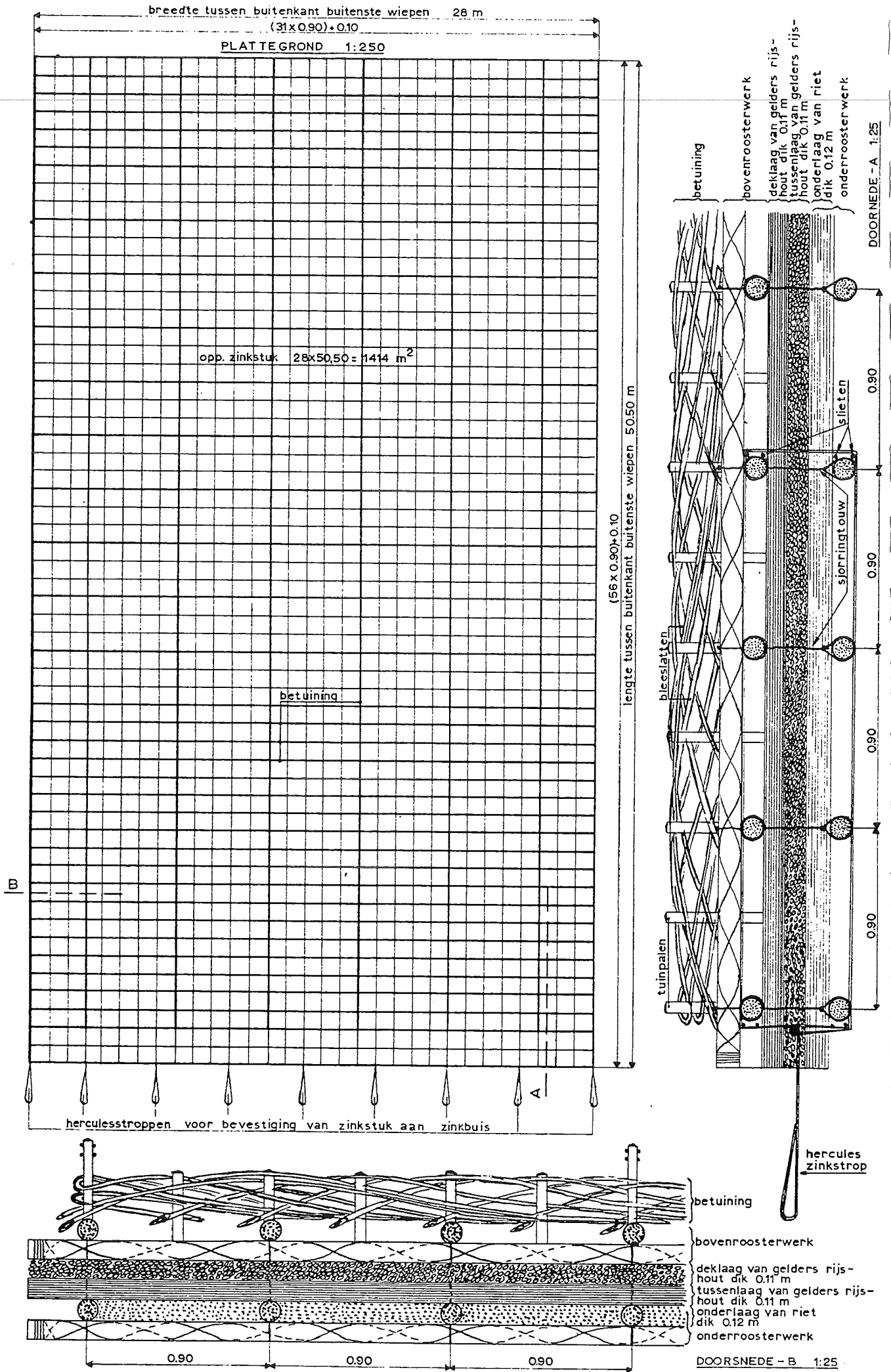


Grootte van de nodige trekkracht  $T$  om een zinkstuk een helling ( $\gamma$ ) te geven als de helling door alleen stroomdruk ( $\alpha$ ) is



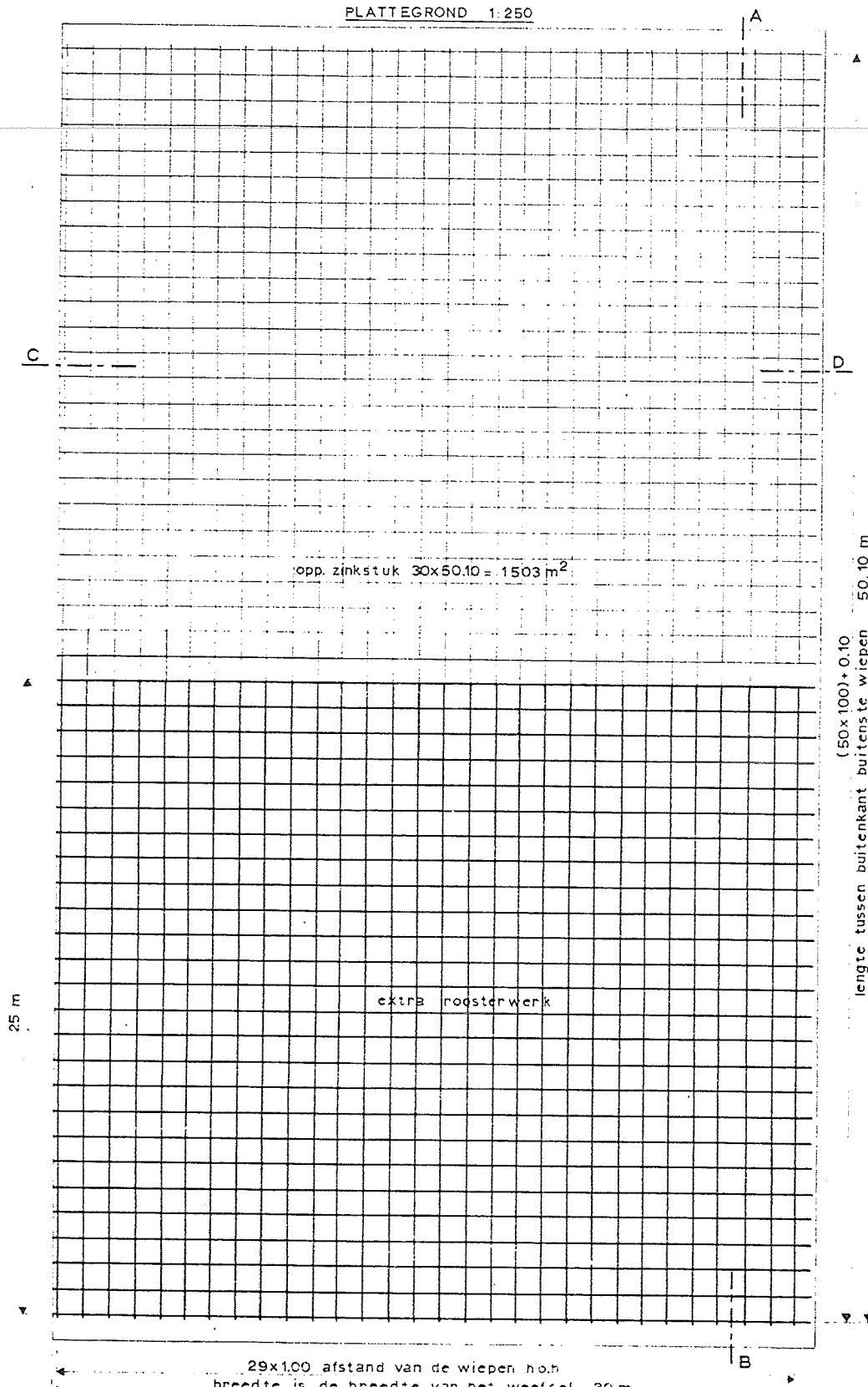


Constructie van een klassiek zinkstuk (maten in meters)

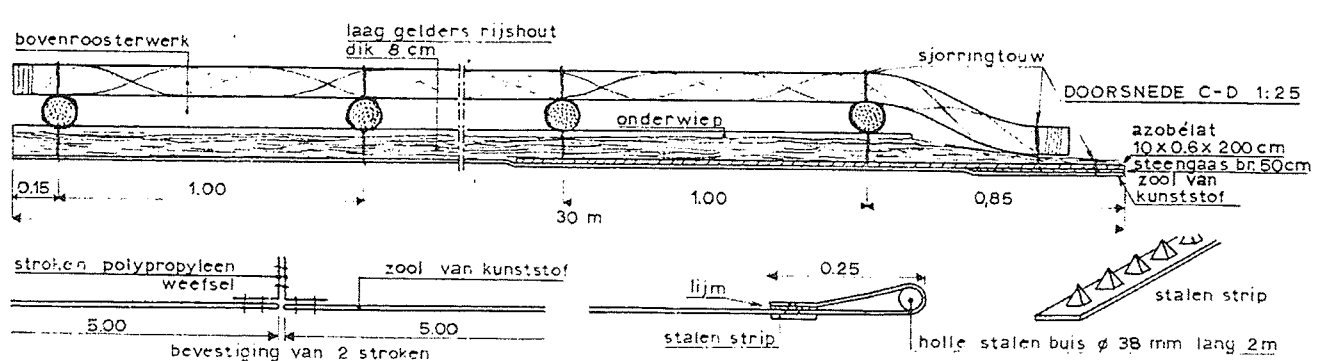
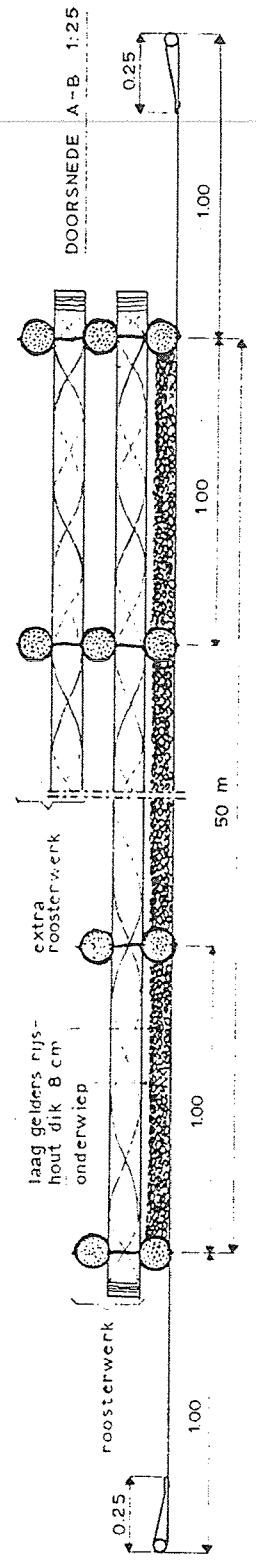


Constructie van een zinkstuk met een zool van kunststof (maten in m)

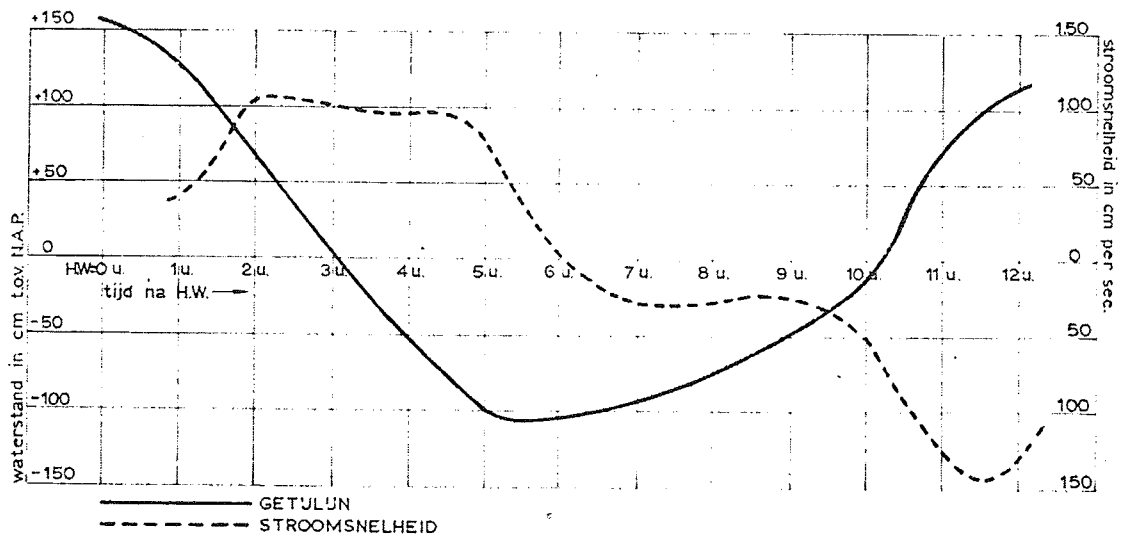
PLATTEGROND 1:250



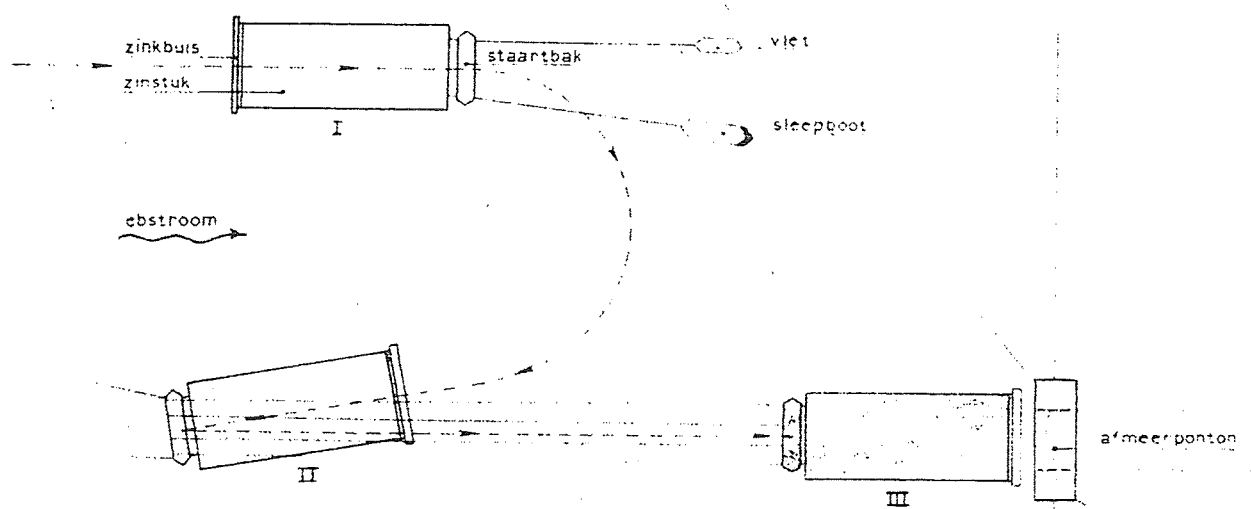
(50x100)+0.10  
 lengte tussen buitenkant buitenste wipen 50.10 m



# Stroomsnelheden en-richting

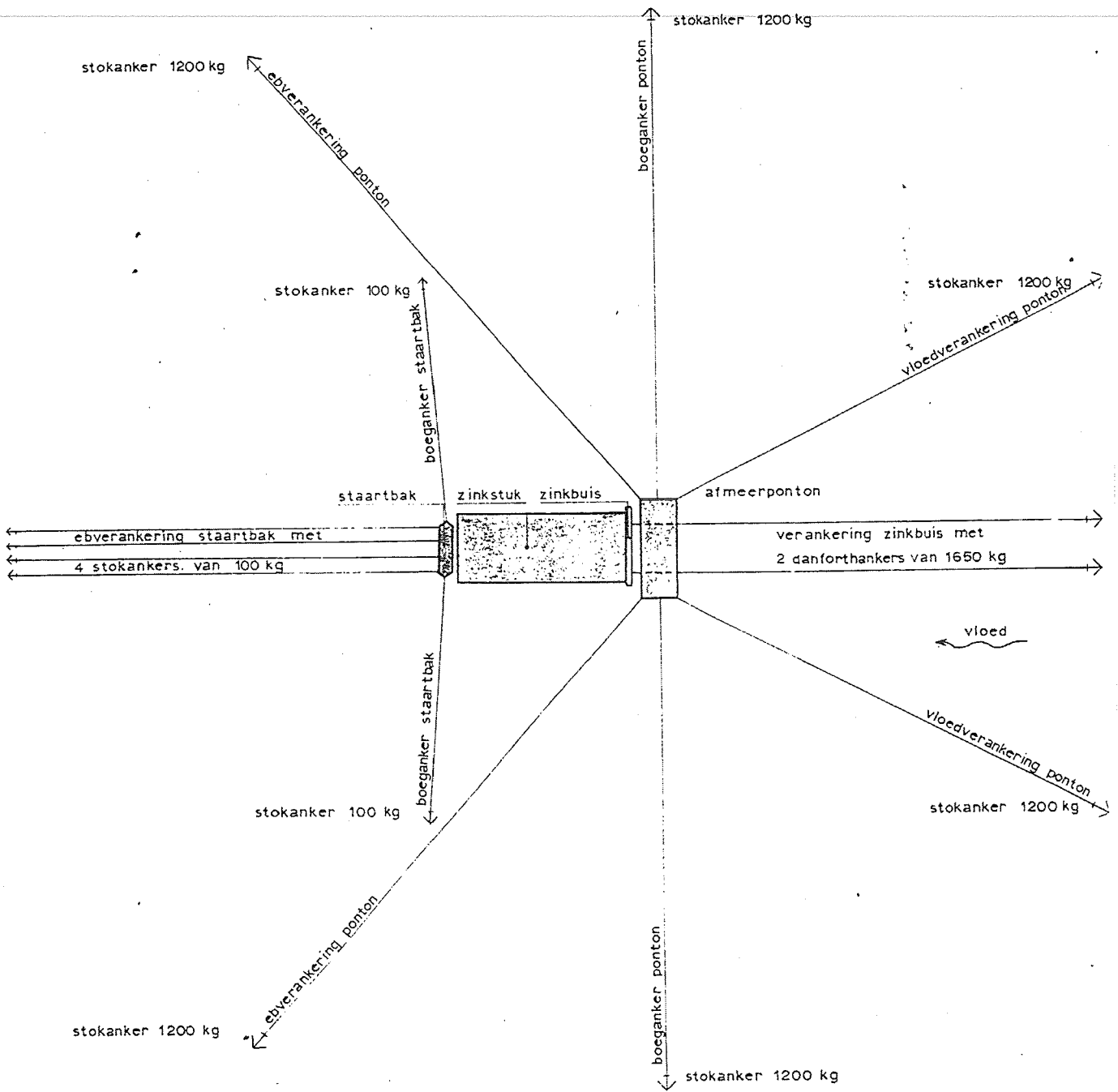


Stellen van een zinkstuk (schaal 1:2500)

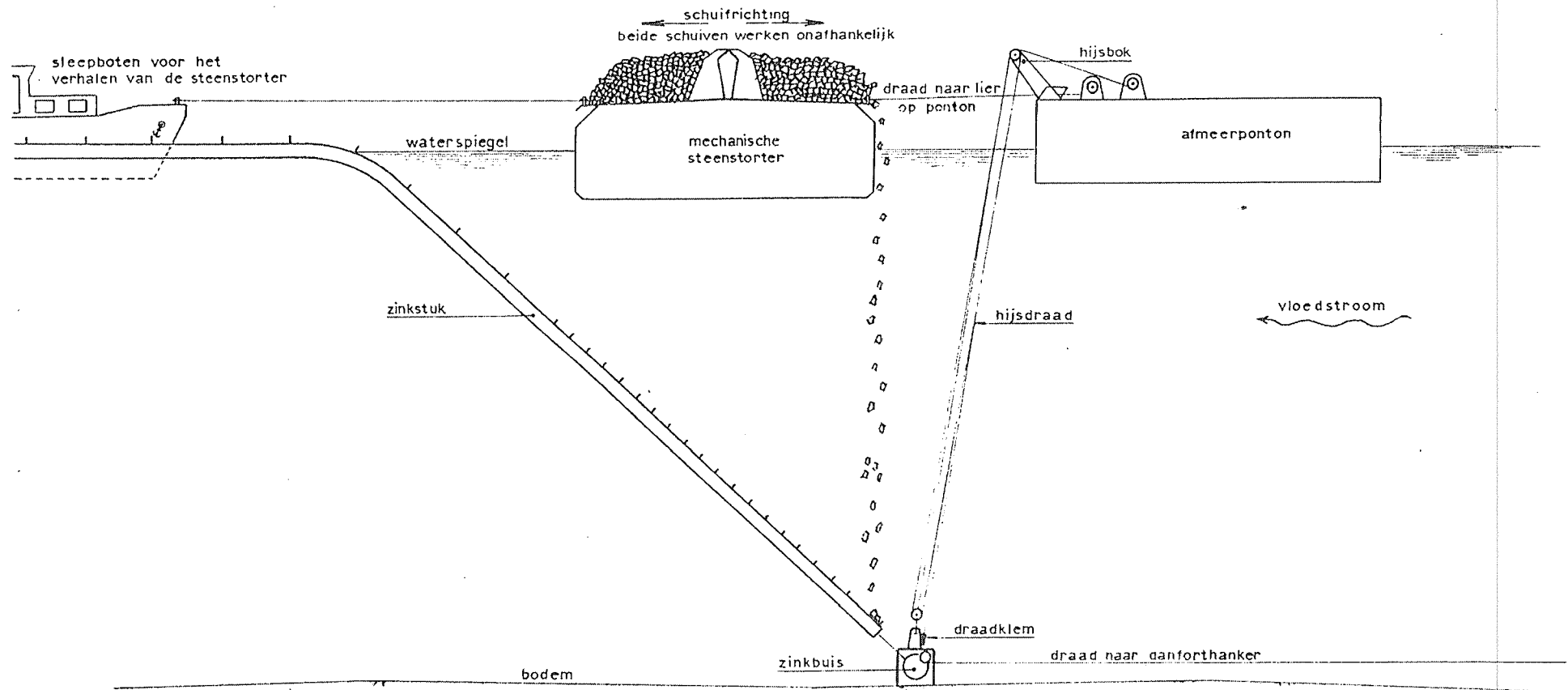


- I zinkstuk wordt gesleept vanuit zate en gezwenkt vóór de afmeerponton.
- II vanaf de staartbak ebankers overboord en hierop zinkstuk laten vieren tot tegen de ponton.
- III het zinkstuk ligt met de zinkbuis gemeend tegen de ponton.

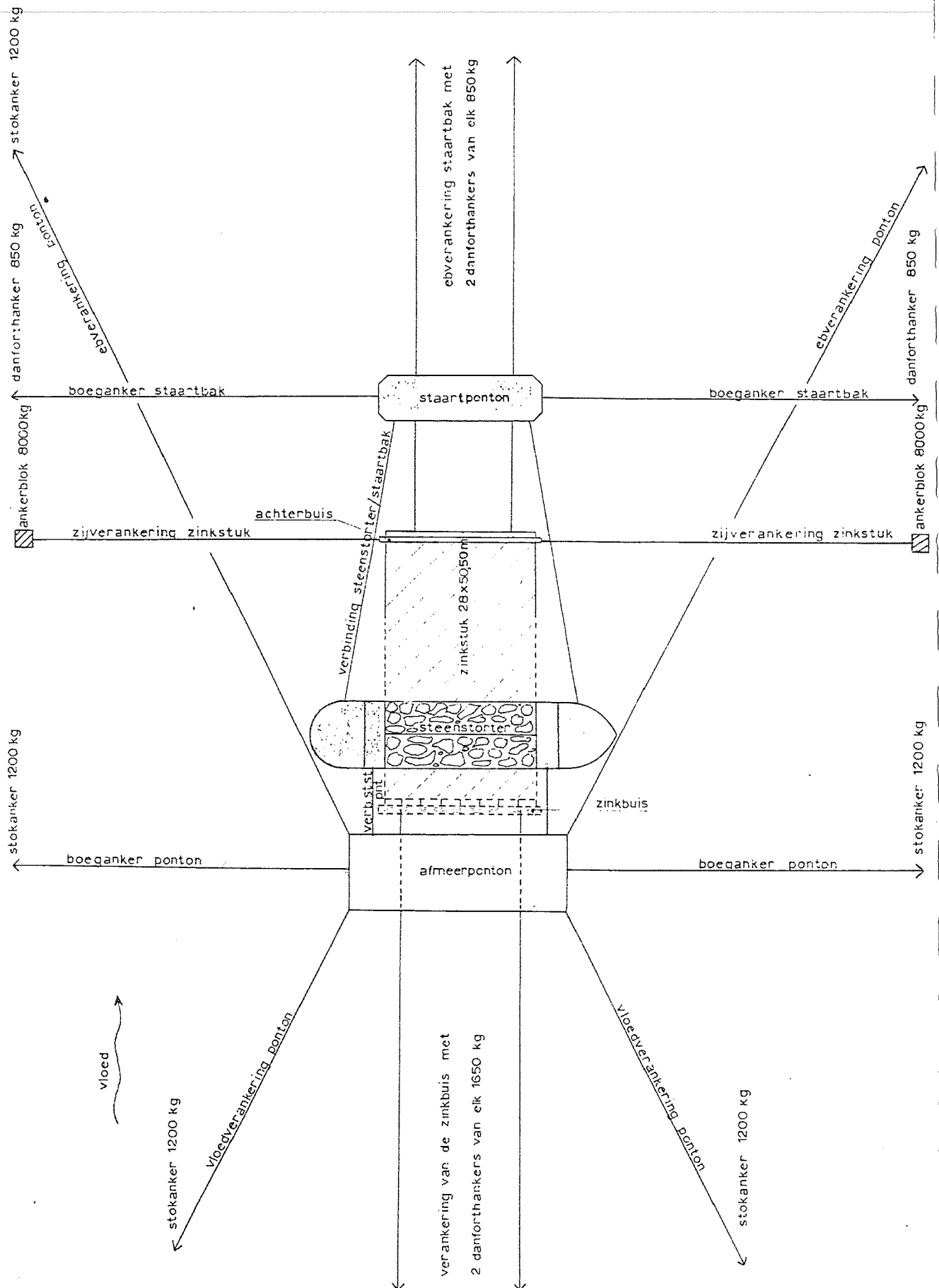
Schema van verankering bij het zinken op stroom (schaal 1:2500)



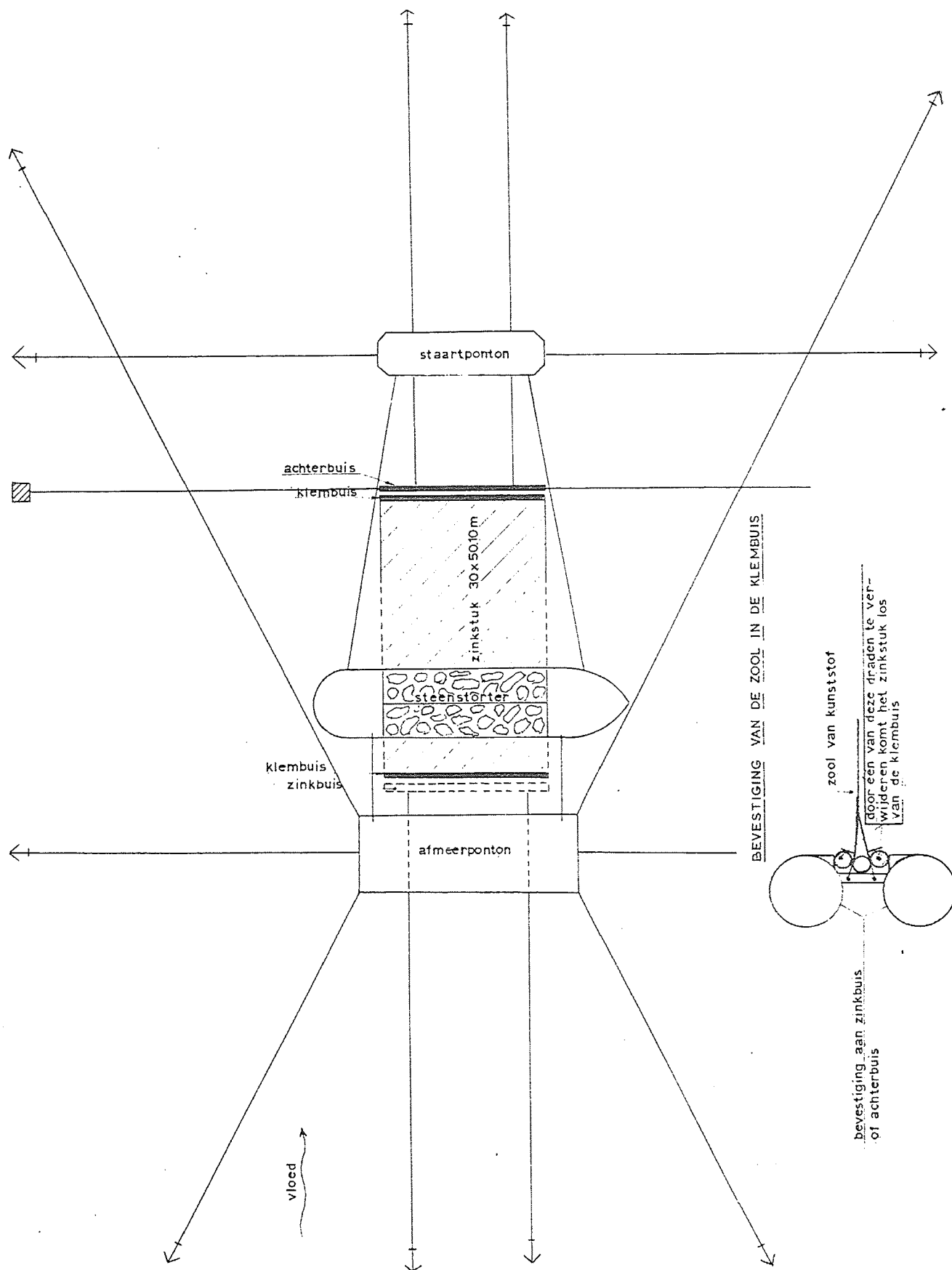
# Het afstorten van een zinkstuk.



Schema van verankering bij het gestrekt zinken van klassieke stukken



Schema van verankering bij het gestrekt zinken van zoolstukken  
 (verankering identiek aan verankering op bijlage 20)





Ondergetekende verklaart, dat de inhoud van deze verhandeling  
en de bijbehorende tekeningen zijn werk zijn.

(J.M. van Westen).

Ondergetekenden verklaren zich akkoord met bovenstaande.

(ir. M.J. Loschacoff, Hoofdingenieur "A"  
van de Rijkswaterstaat)

(ir. G.L. Nieuwendijk, Ingenieur 1ste kl.  
van de Rijkswaterstaat)