THEORIE EN PRAKTIJK VAN HET ZINKEN OP STROOM.

Bewerkt naar gegevens van ir. J.E.Prins, waterloopkundig lab. te Delft.

I N H O U D

1. Inleiding.

2. Werkwijze.

3. Benodigde kennis.

4. Bepalen van de te verwachten helling.

5. Bepalen van het benodigde drijfvermogen.

6. Bepalen van de trek- en ankerkrachten op het stuk.

7. Bepalen van de benodigde kopballast.

8. Bepalen van de belasting van de staart.

9. Bepalen van het aantal ankers.

10. Krachten in de proppen en de verdeling hiervan over de kop van het stuk.

11. Gedragingen van het stuk in betrekking tot de richting en grootte van de stroom.

12. Samenvatting.

- o - o - o -

1. Inleiding.

Op initiatief van de commissie Bodembezinking van de Ned. Ver. Kust- en Oeverwerken werd een studie opgezet waarbij zowel theorie als praktijk en waterloopkundig modelonderzoek een rol hebben gespeeld. Op grond van deze studie en bij de toepassing in de praktijk opgedane ervaring kan thans worden gezegd, dat het zinken op stroom technisch gezien een reële uitvoeringsmogelijkheid biedt voor het aanbrengen van de klassieke bodembescherming.

2. Werkwijze.

De werkwijze verloopt als volgt.
Het stuk wordt in hoofdzaak op de gebruikelijke wijze samengesteld, waarbij alleen aan een der korte zijden meer, maar overigens minder proppen worden aangebracht. Dit deel met de meerdere proppen noemen we nu de kop van het stuk, de rest heet de staart.
Voor het uitvaren komt hier de kopbak voor, waaraan het stuk met de zinklijnen is vastgemaakt. De kopbak is geladen met steen en ook zijn hierop de ankers met de ankerdraden gelegd.
Is men op de zinkplaats aangekomen, dan wordt het stuk met de kopbak ervoor zo vooranker gelegd, dat de kop bij het zinken op de goede plaats terecht zal komen.
In de lengterichting zal men het stuk bij voorkeur op richting van de stroom laten uitdrijven, zo dit mogelijk is met het oog op de juiste plaats in het bezinkingsveld.
Het uitbrengen van een lichte zijverankering is hierbij dienstig, daar, zoals bekend, de stroom in het gebied van de getijstromen gedurende het tij van richting wisselt.
Moet echter het stuk met de hoofdstroomrichting een hoek maken, dus bewust niet in de stroomrichting gezonken worden, dan moeten aan de zijde van de scheve aanstroming voldoende zijankers worden uitgezet.
Als de kopankers niet vóór het ten anker gaan van de kopbak zijn uitgebracht, een werkwijze bij stroomzinken door onnauwkeuriger plaatsing van deze ankers minder wenselijk, worden deze nu uitgebracht. Het zal duidelijk zijn dat deze ankers meer moeten doen dan bij kentering zinken. Uit het volgende zal nog blijken, dat de ankerkrachten groot tot zeer groot kunnen worden. We moeten er daarom zeker van zijn, dat ze op de goede plaats liggen en goed in de grond grijpen. Ze moeten dan ook na het uitbrengen ieder voor zich worden aangetrokken met een kracht groter dan de te verwachten ankerkracht en mogen daarbij niet meer doorkomen.
De grootte van de te verwachten ankerkracht kan, op grond van hetgeen hierover in het navolgende wordt gezegd, worden bepaald.

- Inmiddels -

Inmiddels wordt de ballaststeen op de kop gedragen. Over de hoeveelheid hiervan zal in het hiernavolgende eveneens nader op worden ingegaan.
Nadat het geheel zinkklaar is, zal de kop van het stuk na het lossen van de zinklijnen naar de bodem zinken en zal de staart van het stuk, afhankelijk van de kracht van de stroom, die het stuk tegen de opdrijving in, weg wil drukken een bepaalde stand gaan innemen.
Hierna kan het nabestorten vanaf een boven het stuk af te vieren steenbak(ken) geschieden. Deze wijze van zinken en ballasten vraagt daardoor minder mankracht op de zinkplaats dan gebruikelijk was. Er behoeft immers slechts alleen op de kop wat zinksteen te worden gedragen, de rest wordt gestort, hetgeen eventueel ook mechanisch kan geschieden.
Een ander voordeel is, dat men in de tijd gezien, meer zinkmogelijkheden heeft, omdat men nu niet meer star gebonden is aan de kentering. Het tijdstip van kentering is bovendien vooral in diepe stroomgebieden, zeer moeilijk te bepalen, daar ze over de gehele zinkdiepte niet gelijktijdig voorkomt.

3. Benodigde kennis.

Het zal echter duidelijk zijn, dat bij zinken op stroom weer andere moeilijkheden zijn en meerdere zaken een rol spelen, die bij het op tij zinken buiten beschouwing konden blijven. Zo zal het o.m. nodig zijn het gehele verloop van stroom en in sterkte en in richting te kennen, zowel in de vorm van een voorspelling als op het moment van de manoeuvre. Kon het moment van kentering met eenvoudige middelen worden vastgesteld, voor het verloop van de stroomsnelheid is het nodig vrijwel doorlopend een stroommeting uit te voeren. Dit is echter bij de huidige werkmethoden amper een bezwaar, daar vaak ook uit hoofde van andere behoeften kennis van de stromingstoestand gewenst is en derhalve een goed uitgeruste meetdienst ter plaatse aanwezig zal zijn. Moeilijker is het gesteld met de vraag of een gewenste stroomsnelheid ook werkelijk binnen nauwe grenzen ten opzichte van het voorspelde tijdstip zal worden bereikt. Ook vraagt het zinken op stroom een uigebreidere kennis van de op te nemen ankerkrachten en in verband hiermede de sterkte van het stuk zelf en een doordachte keuze van de verdeling van de ballast op het stuk.
Zoals overal stelt deze nieuwe ontwikkeling ook nieuwe, en vaak hogere eisen aan de leidinggevende en de verantwoording dragende mensen in het bedrijf en de directie. Daar deze ontwikkeling zich als regel geleidelijk voltrekt zal men er bij de uitvoering als vanzelf ingroeien, mits er voldoende belangstelling aanwezig is.

- Hoe -

Hoe moet nu het zinken op stroom worden aangepakt. Dit zal niet alleen een technische maar ook een theoretische voorbereiding vragen, dat wil zeggen, dat, uitgaande van een praktisch aanvaardbare helling van het stuk onder water, de grootte en verdeling van de ballast en van de anker en propkrachten moet worden vastgesteld, waarbij, als de waterdiepte bekend is, gebruik wordt gemaakt van speciaal hiervoor opgestelde grafieken. Door zich het gebruik van deze grafieken en de daarbij uit te voeren berekeningen eigen te maken, is het niet alleen mogelijk een betrouwbare zinkmanoeuvre vast te stellen, maar ook een inzicht te verschaffen in de grenzen waaraan de methode is gebonden.

4. Bepalen van de te verwachten helling.

Hiertoe beschouwen we figuur 1.
Hier is de positie van een zinkstuk weergegeven waarin het zal blijven verkeren als de op het stuk werkende krachten in evenwicht met elkaar zijn. We zien de stroomsnelheid V die een druk D op het stuk uitoefent. Het stuk zelf heeft een opdrijvend vermogen O, dat tendele door de eventueel aangebrachte ballast B kan zijn verminderd of nagenoeg teniet is gedaan. De kopballast K is zo groot dat het stuk met de kop op de bodem blijft liggen en de ankerkracht A zorgt ervoor dat het stuk niet horizontaal wegschuift in de stroomrichting. In deze evenwichtstoestand staat het stuk onder een helling.
De waterdiepte H is ten opzichte van de lengte van het stuk zo klein dat bij de optredende evenwichtshelling de staart van het stuk nog aan de oppervlakte blijft.
Het is begrijpelijk, dat als de stroomsnelheid verandert of dat de ballast op het stuk wordt gewijzigd, de helling van het stuk in de evenwichtstoestand ook zal veranderen. In figuur 2 zijn een aantal evenwichtsstanden getekend voor een stuk met een opdrijvend vermogen van 30 kg/m^2 bij verschillende stroomsnelheden. Figuur 3 is een grafiek waarin het verband tussen deze 3 grootheden is vastgelegd. De hellingen van het stuk zijn op de bekende wijze aangegeven als de verhouding van de vertikale afstand tot de horizontale Gaan we nu de getekende gevallen van figuur 2 na, dan moeten we kijken naar de lijn in de grafiek van figuur 3 waarin het getal 30 is geplaatst de waarde van O-B die we in het volgende gaan gebruiken. Stel dat we het stuk zinken in stilstaand water, dan zal als de kop de bodem heeft bereikt het stuk vertikaal naar boven staan. Dat ziet men ook in de grafiek links onder: stroomsnelheid = 0, helling van het stuk vertikaal.

Nemen we nu eens aan dat het water stroomt met een snelheid van 0,52 m/sec. De vraag is, onder welke helling het stuk zal gaan staan. Hiertoe kijken we welk punt op de lijn O-B=30 behoort bij V=0,52 m/sec. en lezen daarbij de overeenkomende helling af. Deze is 2 : 1. Dit is zeer steil. Omgekeerd zouden we ons kunnen afvragen: Als het stuk moet gaan staan onder een helling van 1 : 1, welke snelheid heb ik dan nodig? Uit de grafiek volgt, (nog steeds uitgaande van de lijn O-B=30) dat deze stroomsnelheid dan 0,66 m/sec. moet bedragen. Nu kan het voorkomen, dat een stuk zonder nog geheel gezonken te zijn toch onder water verdwijnt. Dit zal voorkomen als het stuk kort is ten opzichte van de waterdiepte en het onder invloed van de stroom een flauwere helling gaat innemen. In figuur 2 zien we dat als het stuk een helling krijgt die flauwer is dan 1 : 3 het water er overheen stroomt. In de grafiek van fig. 3 moeten we dan de gestippelde lijn gaan volgen. De grafiek laat ons verder zien, dat in verband met de nog toelaatbare grens betreffende de helling van het stuk en een minimum stroomsnelheid die wordt vereist om te kunnen zinken, in een getijgebied slechts de rechterbovenhoek, dus rechts van de lijn 1 : 1 en boven de lijn 0,5 m/sec. voor het praktisch gebruik voor zinken op stroom in aanmerking komt, als men zonder verdere hulpmiddelen met de stroomdruk wil werken. Bij hellingen van 1 : 1 en steiler wordt het n.l. tweifelachtig of eventueel aangebrachte ballast blijft liggen en of dan tevens de nabestorting wel effectief kan worden uitgevoerd. De steen zal er n.l. afrollen en op een hoop komen te liggen waardoor het stuk moeilijk aan de grond is te krijgen en tevens meer tijd en ballast kost Beschouwen we verder genoemd gedeelte van de grafiek dan zien we dat de verschillende lijnen voor de bepaalde waarden van het opdrijvend vermogen (O-B) steeds meer vlak gaan lopen. Dit betekent dat bij een geringe verhoging van de stroomsnelheid reeds aanzienlijke veranderingen in de helling van het stuk optreden. Daar echter in de praktijk zowel de stroomsnelheden als het opdrijvend vermogen van zinkstukken nogal zullen verschillen van wat theoretisch is aangenomen, moet er wel rekening mee worden gehouden dat de praktijk zeker, en soms wel in belangrijke mate, zal afwijken van de op een bepaalde theorie opgebouwde gedachte.
Door de grafiek krijgen we echter wel inzicht in de mogelijkheden van het stroomzinken, ze geeft enige leidraad maar we zullen toch in de praktijk een behoorlijke marge moet nemen, zodat zich geen of een zo gering mogelijk risico bij de zinkmanoeuvre voordoet.

5. Bepalen van het benodigde drijfvermogen.

De in de grafiek gebruikte grootheid O-B zullen we nog nader toelichten. O is het opdrijvend vermogen van het stuk, B is de belasting welke dus het opdrijvend vermogen vermindert, beiden uitgedrukt in kg/m^2. O-B is het resterend drijfvermogen. Voor de opgebrachte ballast moeten we dus met het gewicht onder water rekenen. In figuur 4 is dit aanschouwelijk voorgesteld. Teneinde inzicht te krijgen in het drijfvermogen van verschillende materialen welke bij het samenstellen van zinkstukken worden toegepast, zijn praktijkproeven genomen en wel proeven met het materiaal en met het materiaal samengesteld tot zinkstuk.
Het gemiddelde resultaat vermelden we hieronder.

Staat A.

Gemiddelde opdrijving in kg.

Materiaal	direct na te-waterlating.	na 24 uur in het water.
1 bos gelders hout (groen)	8,5	8,25
1 bos hollands hout (groen)	2	1,7
1 bos riet	40,5	34,5

Staat B.

gemiddelde opdrijving per m^2 zinkstuk in kg.

Constructie van het zinkstuk.	direct na te-waterlating.	na 24 uur in het water.
2 lagen rijshout	34	33
3 lagen rijshout	47	45
1 laag rijshout en 1 laag riet	41,5	38
2 lagen rijshout waartussen 1 laag riet	54	50

Met deze gegevens kan men dus bepalen hoe groot het opdrijvend vermogen van een stuk van bepaalde grootte is, ook dus van een gedeelte van het stuk, met een bepaalde lengte. Men kan dan ook de voorballast berekenen, nodig om een zekere O-B te krijgen. De meest juiste benadering van de grootte van de opdrijving zal zijn om wanneer het stuk gereed is vast te stellen hoeveel bossen rijshout en riet verwerkt is, alsmede de wiepen enz. en met gebruik van staat A. de opdrijving van het gehele stuk te bepalen. Dit getal gedeeld door de grootte van het stuk geeft dan de opdrijving per m^2.

6. Bepalen van de trek- en ankerkrachten op het stuk.

Beschouwen we weer fig. 1.

De ankerkracht A en de kopballast K moeten dus samen de trekkracht T opvangen. De trekkracht T is samengesteld uit een kracht T1, welke veroorzaakt wordt door de stroomdruk tegen de opdrijving in en een kracht T2, de wrijving n.l., veroorzaakt door het langsstromende water. Naarmate het stuk door de stroom dieper wordt weggedrukt, dus flauwer komt te liggen, en de staart onder water verdwijnt, zal de druk door de stroom afnemen, de wrijving echter, T2 dus, toenemen omdat er nu ook water niet alleen langs maar ook over het stuk zal gaan stromen. T1 is volgens een eenvoudige formule te bepalen uit vermenigvuldiging van O-B met de waterdiepte H, dus T1 = H x (O-B). Gemakshalve zullen we de kracht T2 die klein is t.o.v. T1 verwaarlozen en daarom dan ook T=T1 stellen.

Voor het geval nu het stuk in evenwicht is kunnen we dus, als we weten hoe groot de trekkracht T is, de kopballast en de ankerkrachten die minstens nodig is berekenen.

Stellen we de ankerkracht A eens gelijk aan de trekkracht T. We verwaarlozen tevens de druk K van de geballaste kop op de bodem. Uit fig. 5 kunnen we de trekkracht T, is dus nu gelijk aan ankerkracht per meter breedte aflezen. Nemen we als voorbeeld een stuk van 60 x 20 m, met een O-B=30 te zinken op 20 m diep water. Waar nu de O-B lijn van 30 de waterdieptelijn van 20 m snijdt leest men beneden af 600, d.w.z. de trekkracht is 600 kg per meter breedte stuk, dus totaal 20 x 600 = 12000 kg. Deze kracht moet het stuk hoofdzakelijk door de gezamenlijke sterkte van de langswiepen opnemen, voornamelijk in het kopgedeelte van het stuk. De zich daar bevindende proppen dragen de krachten op de ankers over. Een afzonderlijk praktijk onderzoek naar de sterkte van deze proppen is ingesteld. Hierbij is gebleken, dat een prop van middelzware palen in een behoorlijk versterkt kussen een kracht van 2000 kg kan weerstaan. Echter moeten de langswiepen op deze kracht berekend zijn, daar anders het stuk achter het kussen wordt kapotgerukt.

De oplossing om de ankerkrachten te verminderen zou dus gevonden moeten worden in:

1. een lagere waarde voor O-B, dit is te verkrijgen door het stuk voor het zinken te belasten tot de verlangde waarde is verkregen.
2. meer ankers toepassen en dus meer proppen te maken in de kop van het stuk.

7. Bepalen van de benodigde kopballast.

Hoe groot moet nu de kopballast zijn d.w.z. hoe zwaar moet een bepaalde lengte van een stuk (de kop) worden geballast om dat stuk naar de bodem te krijgen en aan de bodem te houden. In stilstaand water zal het stuk achter de geballaste kop, wat we dus de staart kunnen noemen, loodrecht in het water staan en voor dit deel onder water worden getrokken.

De opdrijvende kracht van het stuk moet door ballast op de kop in evenwicht worden gehouden, d.w.z. de ballast moet net zo groot zijn als de opdrijvende kracht van het ondergedompelde stuk, of K = T = (O-B) x H, zie fig. 1 en 2.

We hebben dus hier geen horizontale kracht.

Anders is het indien het water stroomt, er komt dan een horizontale druk tegen de in het water staande staart. We kunnen ons het geval voorstellen dat de druk van het water zo groot wordt dat het stuk helemaal plat komt te liggen.

De opdrijvende kracht werkt dan niet meer op de kop, dus T = nul.

Tussen de vertikale en de horizontale stand van het stuk verloopt de kracht K, van 100% van T, naar nul. Om voor de tussenliggende standen het aantal procenten te bepalen is een grafiek, fig. 6, gemaakt, waarin we dit percentage kunnen aflezen. Men ziet hieruit dat bij een stand van het stuk 1 : 1 het percentage 70% is, dus kopballast = 70% van de trekkracht, voor 1 : $1\frac{1}{2}$ lezen we af 57% enz. voor dit geval zal dus bij een waterdiepte van 10 m en een O-B=30 de aan te brengen kopballast moeten bedragen $\frac{57}{100}$ x 10 x 30 = 171 kg per meter stukbreedte. Zouden we dit gewicht aanbrengen over een lengte van 7 m van de kop, dan betekent dit, dat we boven de reeds aangebrachte ballast B nog 171 : 7 = 24,5 kg/m^2 moeten belasten.

Aan steen onder water gewogen moet dus op de kop liggen 24,5 kg + de ballast om het drijfvermogen op te heffen. Als deze laatste 15 kg is, dan krijgen we dus 24,5 + 15 = 39,5 (dus rond 40) kg per m^2 onder water.

We weten dat steen onder water als belasting minder weegt dan boven water, zie fig. 4. Het gewichtsverlies is het volume van de steen vermenigvuldigd met het soortelijk gewicht van het water. Om gemakshalve de hoeveelheid steen te bepalen, die onder water het vereiste gewicht heeft, kan de grafiek in fig. 7 dienen. De hierin getrokken lijnen geven de betrekking aan voor de verschillende soorten steen. Nemen we aan dat in ons voorbeeld de 54,5 kg belasting moet worden bereikt met Belgische steen, we volgen dan de lijn van de waarde van 54,5 kg onder water tot deze de lijn van Belgische steen, s.g. 2.7 (punt P), snijdt en van hier naar de lijn voor boven water. We vinden daar het getal 87.

Dit is een minimum hoeveelheid, daar anders zoals uit modelproeven is gebleken, het kopeinde niet goed en rustig tegen de bodem wordt gedrukt. Men mag ook deze hoeveelheid wel groter, maar ook weer niet te groot nemen, omdat dan de kop te snel onder water verdwijnt en de staart niet vlug genoeg mee kan en het stuk tijdelijk te steil komt te staan, waardoor eventueel reeds aangebrachte ballast

van de staart, waarover in het volgende wordt gesproken, afrolt en waardoor het stuk te steil zal blijven staan.

8. Bepalen van de belasting van de staart.

We hebben hiervoor al even aangestipt dat, om de ankerkracht te verminderen dit kan worden gevonden door o.a. de waarde voor het opdrijvend vermogen O-B kleiner te maken, hetgeen wordt bereikt door het stuk te ballasten. In de staat B opgenomen onder 5, zien we dat een zinkstuk samengesteld uit 3 lagen rijshout een opdrijvend vermogen heeft van 47 kg per m^2 direct na te waterlating. Om hier dus een O-B te krijgen van 30 kg per m^2 moeten we dus het stuk voorballasten met 17 kg ballast per m^2. Voor een stuk van 20 x 60 m met een kop van 7 m is dat dus 20 x 53 x 17 = 1060 x 17 = 18020 kg = $\pm$ 18 ton steen te verdelen over de staart van het stuk echter zodanig dat op de middelste strook gelijk aan 1/3 van de breedte, de helft van de totale belasting wordt aangebracht en op de buitenste 2 x 1/3 stukbreedte de andere helft. Hierdoor wordt de middelste baan 2x zo zwaar belast. Hierdoor zal het stuk in dwarsrichting hol doorbuigen, waardoor bereikt wordt dat zich midden over het stuk een goot vormt, die blijkens de modelproeven een gunstige invloed heeft op een rustig en succesvol verloop van de zinkmanoeuvre.

Men mag dit echter praktisch alleen doen wanneer het stuk vrijwel juist in de richting van de stroom gezonken moet worden. Bij scheve aanstroming doet men goed de steen nagenoeg regelmatig over de breedte te verdelen, waarbij echter in het gangboord langs de aangestroomde zijkant 20 à 30% meer dan het gemiddelde komt te liggen. Hierdoor bereikt men dat ook deze aangestroomde zijkant enigszins als kop gaat werken.

9. Bepalen van het aantal ankers.

We hebben uit het voorgaande onder ankerkrachten al gezien dat er bij diep water aanzienlijke krachten kunnen optreden, welke dus moeten worden verdeeld over een aantal ankers. Het voorbeeld onder 6 gaf een totale ankerkracht van 12000 kg. Zouden we nu 6 ankers toepassen, dan krijgt elk anker dus een kracht te weerstaan van $\frac{12000}{6}$ = 2000 kg. Bij toepassing van stokankers, welke 3 à 5 maal hun eigen gewicht kunnen opnemen zouden dus hier ankers van $\pm$ 500 kg moeten worden toegepast. Omdat bij het zinken op stroom door de stroom trillingen in de ankerdraad worden veroorzaakt, welke ook op de ankers worden overgebracht, zullen deze mede in trilling komen. Hierdoor zouden ze kunnen gaan "slepen". Het is daarom aan te raden aan de stok eerst een stuk zware ketting te maken, wat dus de trillingen zal opvangen en reduceren en tevens door zijn eigen gewicht de stok van het anker aan de bodem houden.

10. Krachten in de proppen en de verdeling hiervan over de kop van het stuk.

De totale ankerkracht moet dus over een zeker aantal proppen worden verdeeld, eenzelfde aantal als het aantal ankers. Deze proppen moeten worden verdeeld over de kop en dus over een breedte zo groot als de stukbreedte en 7 à 8 m. lengte. Dit gedeelte van het stuk moet dus om de proppen heen wel extra worden versterkt, een stevig bed voor de prop, de langswiepen gewapend met draad, zodat ze een redelijke trekkracht kunnen opnemen en voor de prop zelf stevige palen en goed geplaatst. De proppen kunnen in de lengterichting van het stuk ook worden gekoppeld aan de achterwaarts geplaatste proppen, zodat de krachten verdeeld worden over een grotere lengte. Omdat de proppen niet te dicht bij de bovenstroomse rand van het stuk mogen worden aangebracht is het niet denkbeeldig, dat bij het zinken van de kop de stroom vat krijgt boven op dit bovenstroomse gedeelte, waardoor dit dus meer naar beneden zou kunnen worden gedrukt en omslaat en de kop verkeerd aan de bodem zou komen. Ophangen van de bovenstroomse rand met een lus aan de ankertrossen is hier wel aan te bevelen. Er kan met het ballasten van de kop ook hiermede enigszins rekening worden gehouden en niet te zwaar belasten aan de rand.

Ook dient nog te worden opgemerkt dat de hiervoor omschreven versterkingen de opdrijving, de O dus verhoogd. Deze opdrijving dient met wat extra steen gecompenseerd te worden.

11. Gedragingen van het stuk in betrekking tot de richting en de grootte van de stroom.

Uit de grafiek fig. 3 kunnen we zien, dat wanneer de stroomsnelheid gering is, het stuk achter de kop te steil blijft staan met de reeds genoemde gevolgen. Ook kunnen bij te geringe stroomsnelheid reeds onderwater anders gerichte stromen optreden waardoor zich grote verrassingen kunnen voordoen en mislukken van de zinkmanoeuvre het resultaat zal zijn. (Men kan als hulpmiddel bij een geringe stroomsnelheid het stuk helpen door aan de staart te trekken). Worden de stroomsnelheden te hoog dan kunnen de ankerkrachten en ook de krachten op de proppen en het stuk te groot worden. Hierdoor bestaat de kans op het slepen van de ankers en wanneer deze het houden dat het stuktrekken van het stuk het gevolg is. Het is bekend dat in getijgebieden de stroomrichtingen vaak veranderen met het toe- en afnemen van de snelheid. Men kan daardoor ook een scheve aanstroming krijgen die het stuk uit zijn richting zal drijven. Men kan ook zinken op stroom met een scheve aanstroming. Het is noodzakelijk om het stuk ook bij het zinken zonder scheve aanstroming te voorzien van zijankers, men heeft dan de richting van het stuk in de hand. Bij scheve aanstroming zal het stuk gaan trekken aan de zijankers aan de bovenstroomse kant. Er moeten hier dus maatregelen genomen worden tegen verplaatsen van het stuk, vooral op diep water.

- Door -

Door de hoek die de zijtrossen met de bodem maken en met een bepaalde loos en rek in de trossen kan ook enige verplaatsing van het stuk mogelijk zijn waarmede rekening dient te worden gehouden. Uit proeven is gebleken, dat bij stroomsnelheden van 1,5 m/sec. en hoger en een scheve aanstroming onder een hoek van 30° of groter het niet mogelijk is om een stuk met succes te zinken. Het afstorten van een gezonken stuk levert ook bij grote stroomsnelheden geen andere moeilijkheden dan de steenbakken goed op stroom te houden, er moet wel rekening worden gehouden met het afdrijven van de ballast in stromend water tijdens het storten.
In fig. 8 is aangegeven een stroomkromme, het verloop van de stroomsnelheden over een bepaald getij. De gedeelten welke schuin gearceerd zijn betreffen de perioden van het getij waarin bij voorkeur niet op stroom moet worden gezonken, bij stroomsnelheden minder dan 0,5 m/sec. of meer dan 2,5 m/sec. Aangegeven is welke werkzaamheden binnen bepaalde grenzen zouden kunnen worden uitgevoerd. Het uitzetten van de ankers, stellen van het stuk, het zinken, nabestorten of bestorten en het ruimen van de ankers. De tijden welke de werkdag aangeven spelen hierbij een voorname rol, men zinkt bij voorkeur niet 's-nachts.
Het kiezen van de zinktijd is ook een belangrijk punt, men kan zinken met toenemende en met afnemende stroomsnelheid. De zinkmanoeuvres zullen op zichzelf verschillend zijn en dus wel waard goed bekeken te worden.
Fig. 9 geeft hiervan enig inzicht.
Bij toenemende stroom stellen met stil water en zinken bij geringe snelheid, stellen en zinken bij hoge snelheid.
Bij afnemende stroom, stellen en zinken bij geringe snelheid en stellen en zinken bij hoge snelheid.
Wanneer we dus meerdere zinkmanoeuvres op een dag willen uitvoeren zullen we dus met deze verschillende mogelijkheden te maken krijgen.

12. Samenvatting.

Fig. 10 geeft nog eens een beeld hoe het stuk naar de bodem gaat en wat er nodig is te weten, te bepalen enz.
Het zinken op stroom heeft voor- en nadelen. Als voornaamste voordelen kunnen genoemd worden:

1e. Uitbreiding van de zinkmogelijkheden. We kunnen op kentering blijven zinken en daarnaast op stroom zowel met eb- als met vloedstroom, met afnemende en met toenemende stroomsnelheden.

2e. We hebben een grotere vrijheid in het vastleggen van het tijdstip van zinken. Bepaalde grenzen van stroomsnelheid geven echter nog een beperking.

3e. We maken gebruik van de druk die de stroom uitoefent op het stuk. Wanneer de kop voldoende is belast gaat de staart door de stoomdruk naar beneden, het tijdrovende voorballasten wordt veel minder en gaat over in een sneller verlopende en minder mankracht vragende bestorting die eventueel geheel mechanisch kan geschieden en daardoor regelmatiger.

4e. Maken en zinken kan gescheiden worden en behoeven niet meer door dezelfde ploeg te geschieden, dus ploeg voor het maken en ploeg voor het zinken, ieder met hun eigen vakbekwaamheden.

5e. De mogelijkheden voor het zinken in sluitgaten waar de kentering zo snel verloopt dat voor de klassieke wijze geen gelegenheid bestaat.

Als nadelen moeten worden genoemd:

1e. De krachten in de ankerkabels aan de kop van het stuk worden belangrijk groter en ook de krachten die op het stuk werken. De constructie stelt zwaardere eisen alsook de verankering.

2e. Sterkere stromen eisen meer inspanning bij het aanvoeren en op de juiste plaats brengen van het stuk. Het uitbrengen van de dwarsankers gaat niet meer met ankeraken, maar zal gemotoriseerde bootjes behoeven.

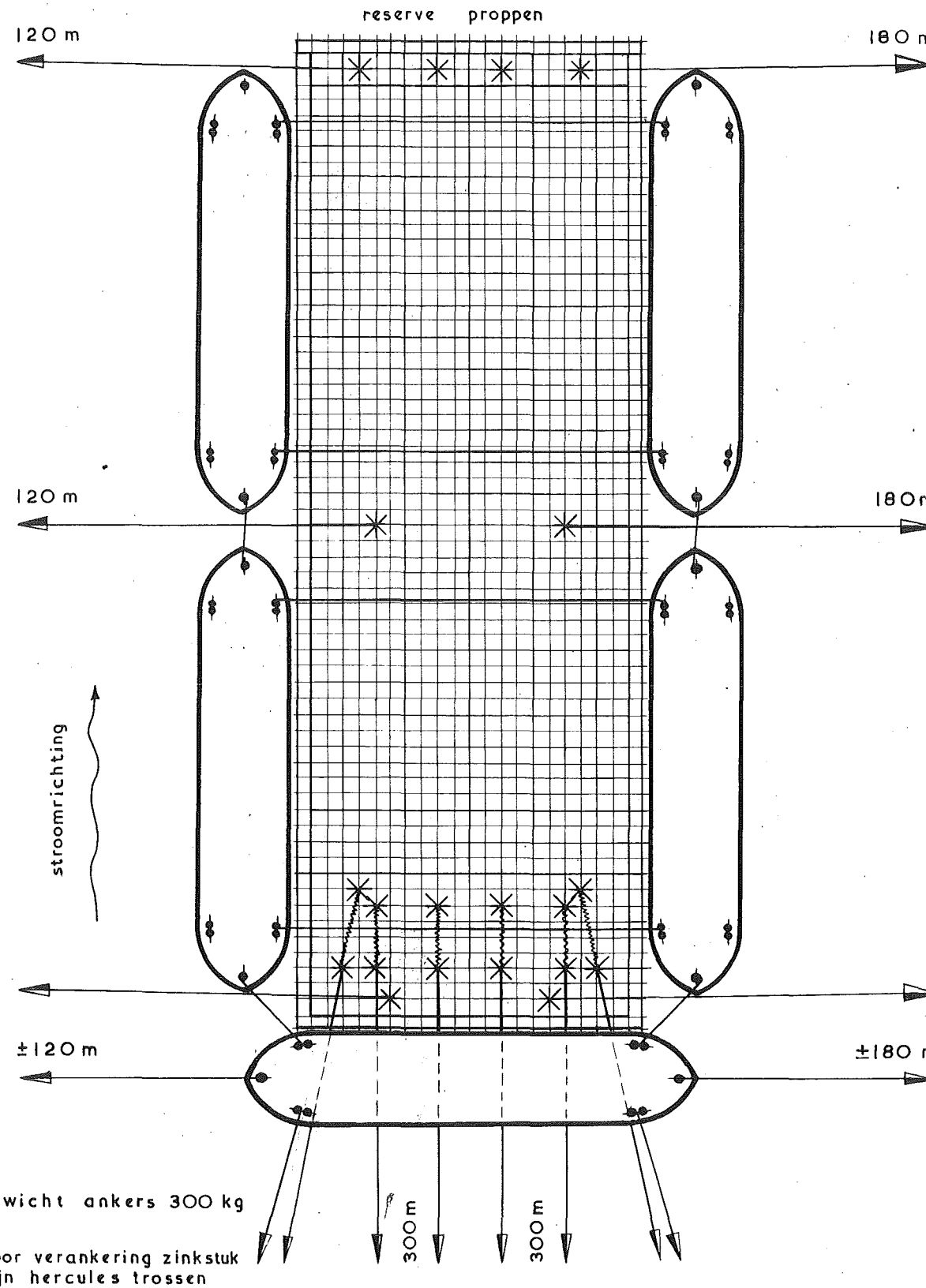
3e. De stroomrichting zal bij voorkeur evenwijdig aan de lengteas van het stuk moeten zijn waaraan niet altijd zal kunnen worden voldaan. De grootte van dit nadeel wordt bepaald door de gevoeligheid van de zinkmethode voor de stroomrichting.

4e. De nabestorting eist grotere zorgvuldigheid wanneer men zoveel mogelijk profijt wil trekken van een minimale voorbestorting. Meer aandacht is hiervoor nodig naarmate de stroomsnelheid groter is. De plaats waar men de stortsteen te water moet laten om een bepaalde plaats op de bodem te bereiken is afhankelijk van de diepte, stroomsnelheid en het gewicht van de stortsteen.

De Waterbouwkundige van de
Rijkswaterstaat,

N. Smit, ing.

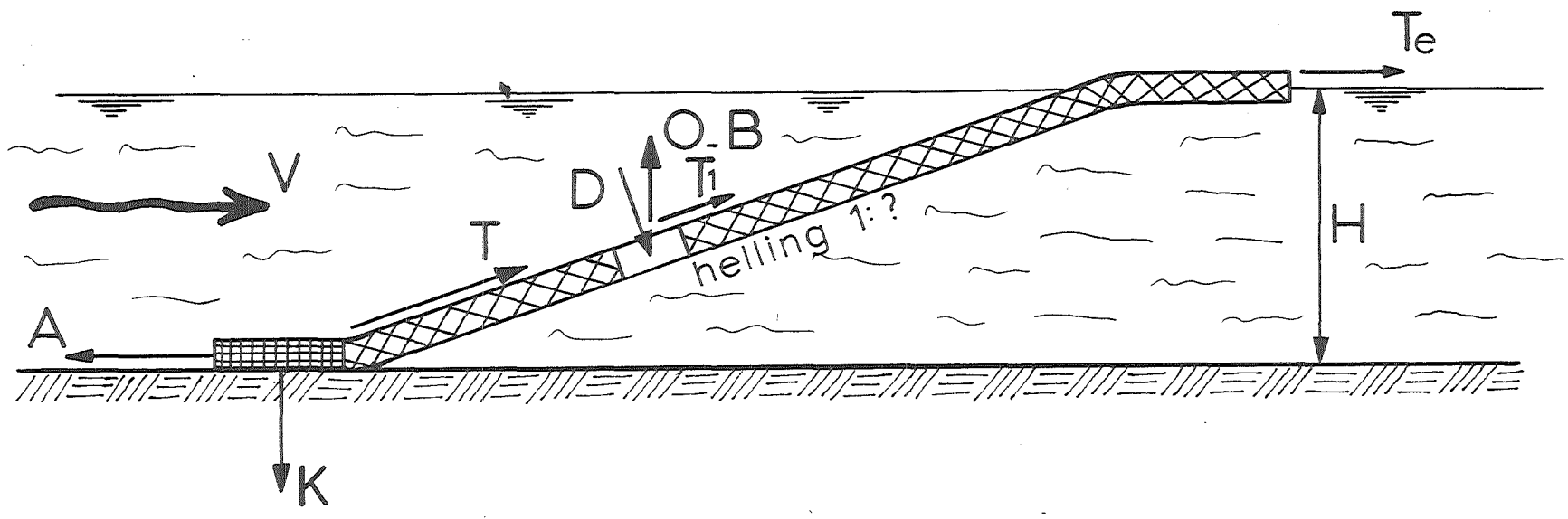
WIJZE VAN VERANKERING



gewicht ankers 300 kg

voor verankering zinkstuk zijn hercules trossen toegepast.

Stuk gezonken op 13 Sept. '60



V is de stroomsnelheid van het water
A is de ankerkracht
K is kopballast
B is ballast op het stuk
T is trekkracht in het stuk
D is de druk die het stromend water uitoefend
O-B is het resterende drijfververmogen van het stuk
H is de diepte van het water

ZINKSTUK IN EVENWICHTSSTAND NA ZINKEN VAN DE KOP EN VÓÓR HET VERDER AFSTORTEN.

V constant, nog niet nagestort

fig. 1

STROOMSNELHEID EN HELLING.
bij deze figuren is aangenomen dat de resterende opdrijvende kracht O-B = 30 kg is.

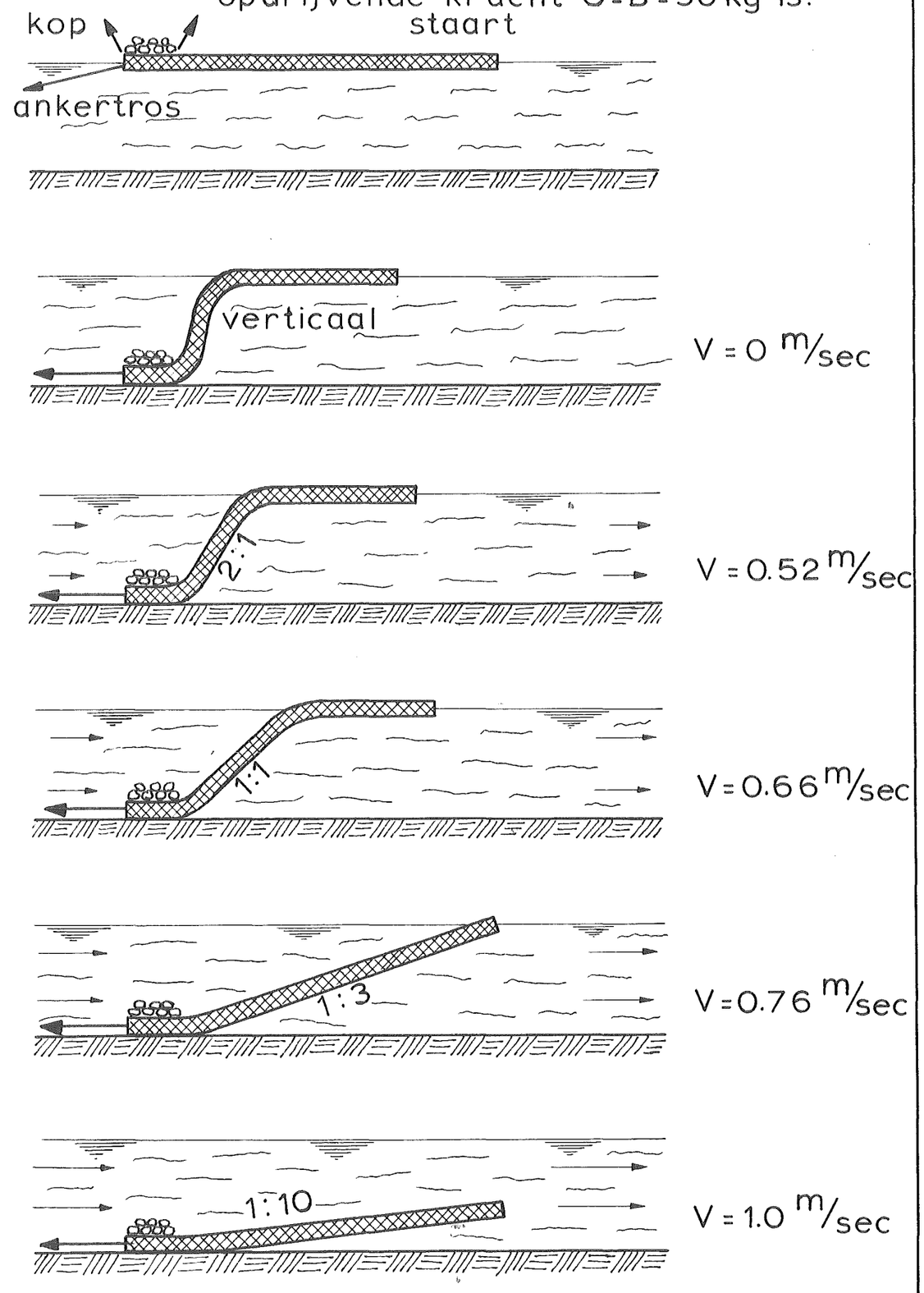
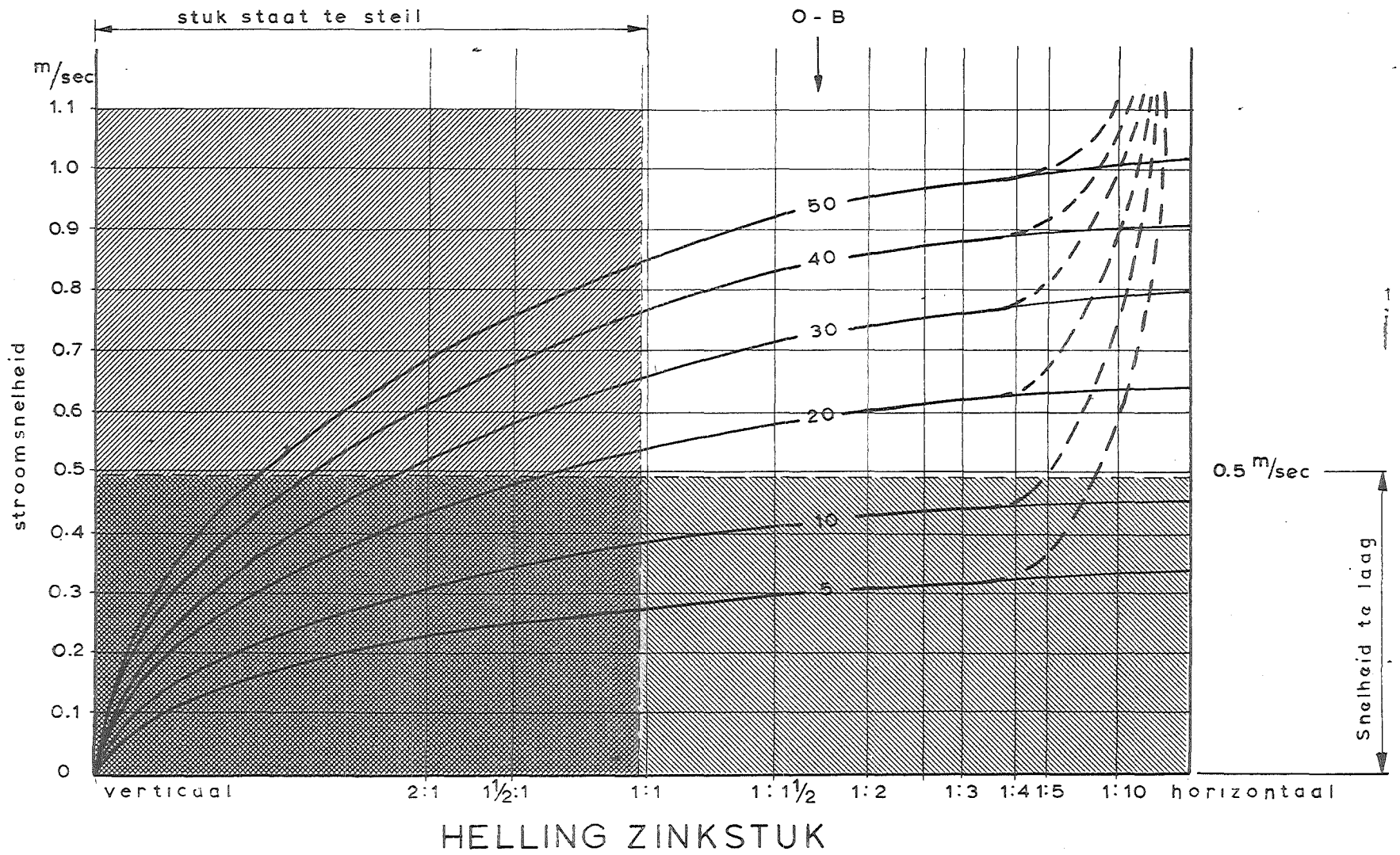
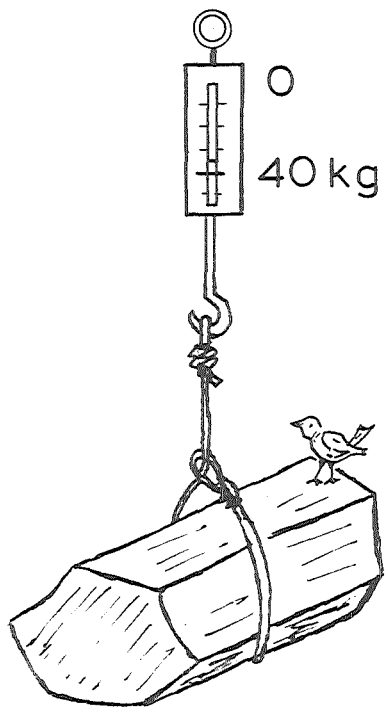


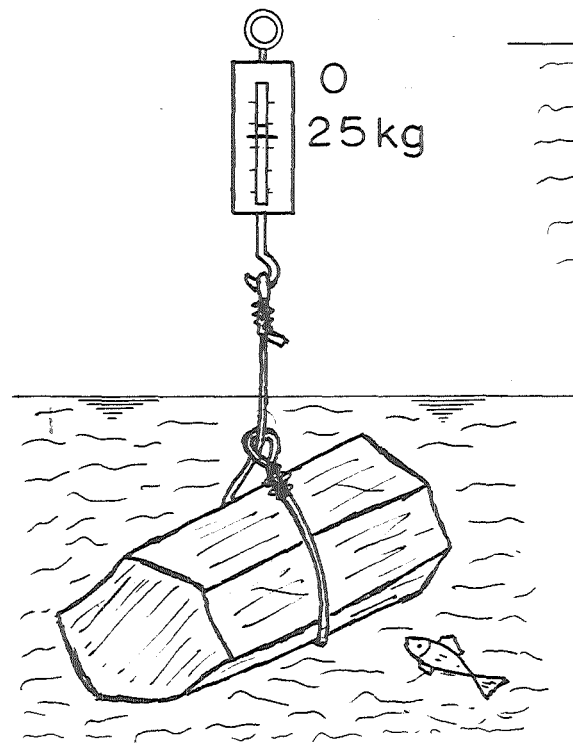
fig. 2

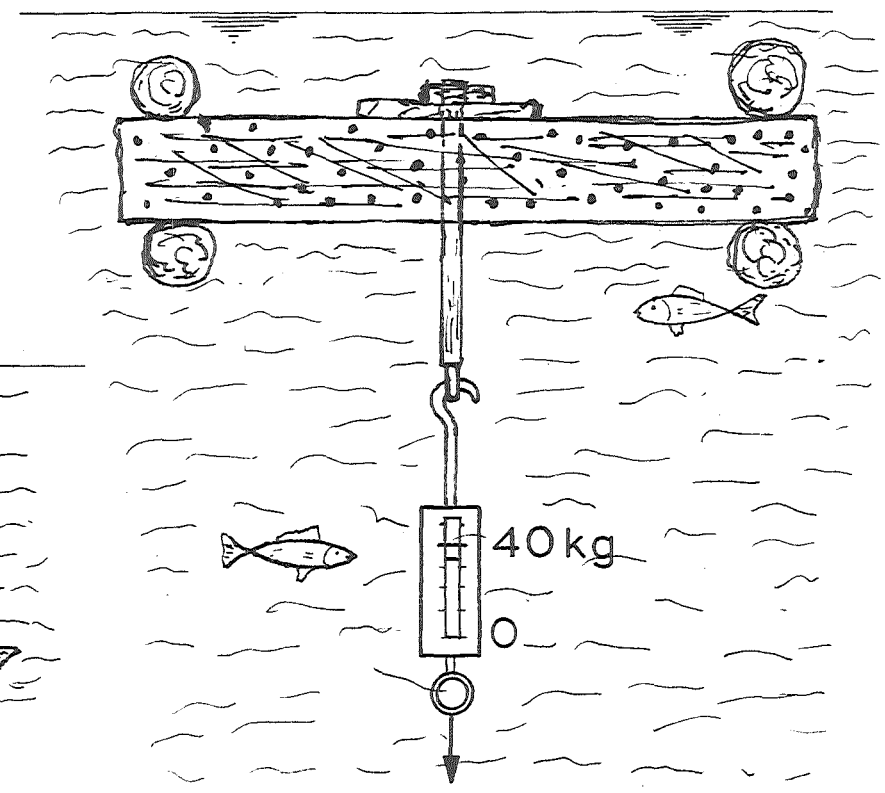


STROOMSNELHEID HELLING VAN STUK EN O-B

fig.3



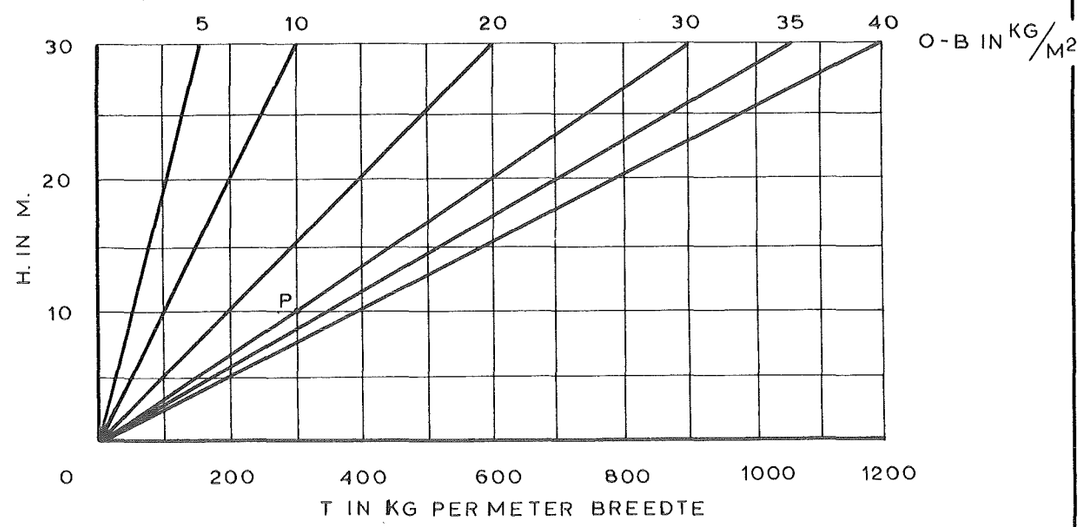




BALLAST
BOVEN EN ONDER
WATER. B

OPDRIJVEND VERMOGEN
VAN 1M² ZINKSTUK
O

fig. 4

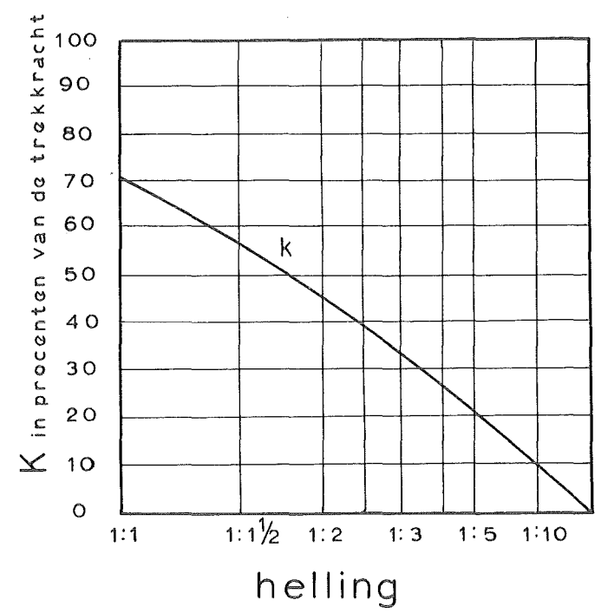


BEPALING TREKKRACHT UIT WATERDIEPTE
EN OPDRIJVEND VERMOGEN (O-B)

T = H (O-B)

BIJ BENADERING TREKKRACHT = ANKERKRACHT

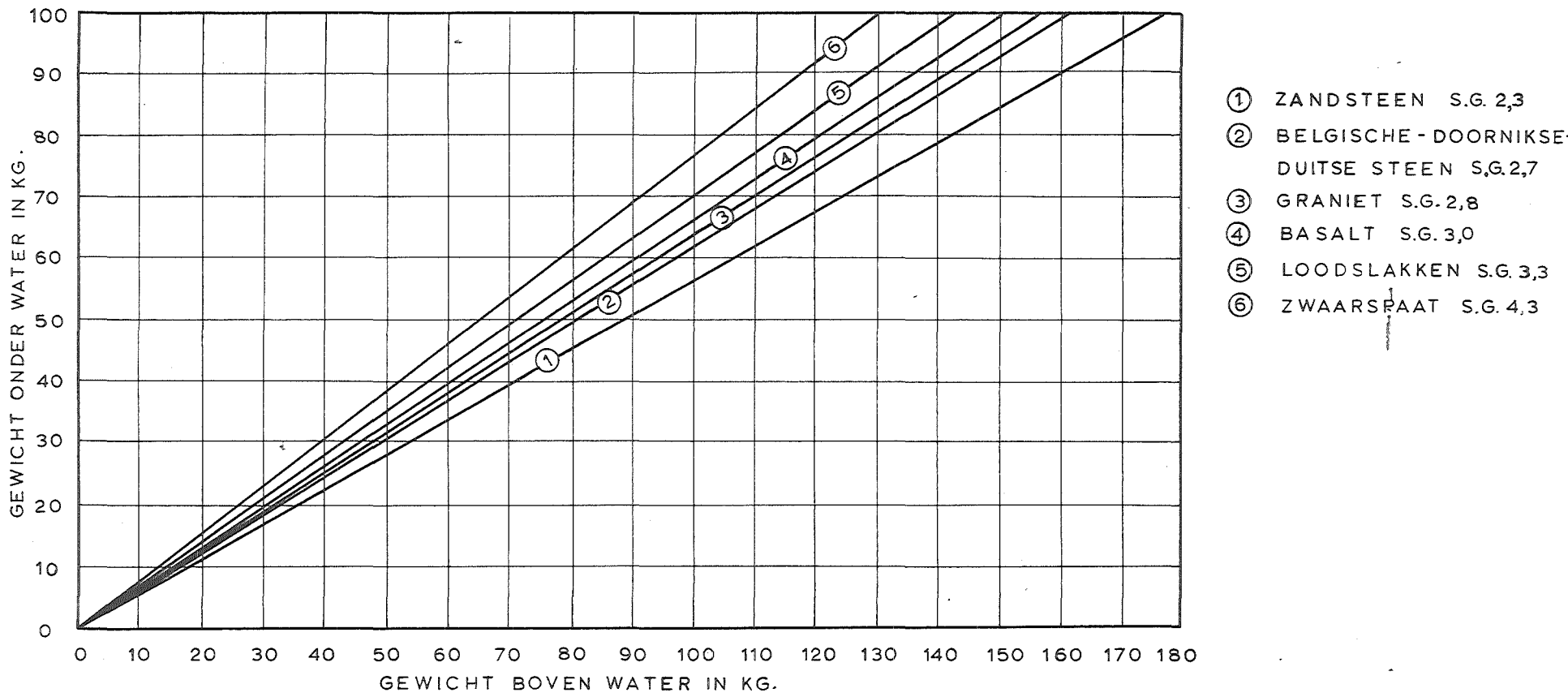
fig. 5



BEPALINGEN VAN DE KOPBALLAST IN PROCENTEN VAN DE TREKKRACHT BIJ VERSCHILLENDE HELLINGEN VAN HET STUK.

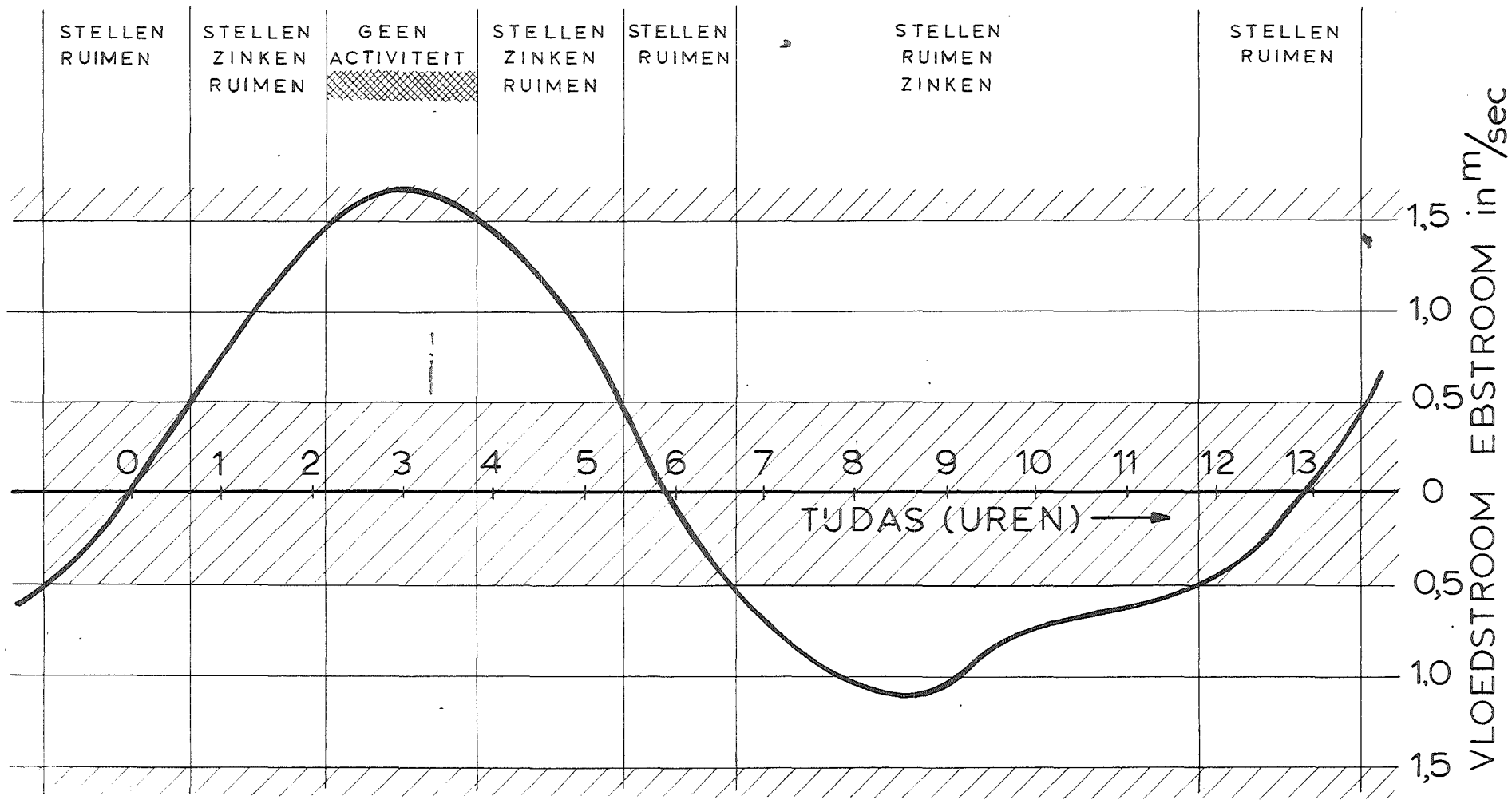
$$K = \frac{k}{100} \cdot T$$

fig. 6



GRAFIEK VOOR HET BEPALEN VAN DE BENODIGDE HOEVEELHEID STEEN MET VERSCHILLEND S.G. VOOR EEN BEPAALD GEWICHT ONDER WATER.

fig. 7



STROOMKROMME ALS BASIS VOOR ZINKMANOEUVRE

fig.8

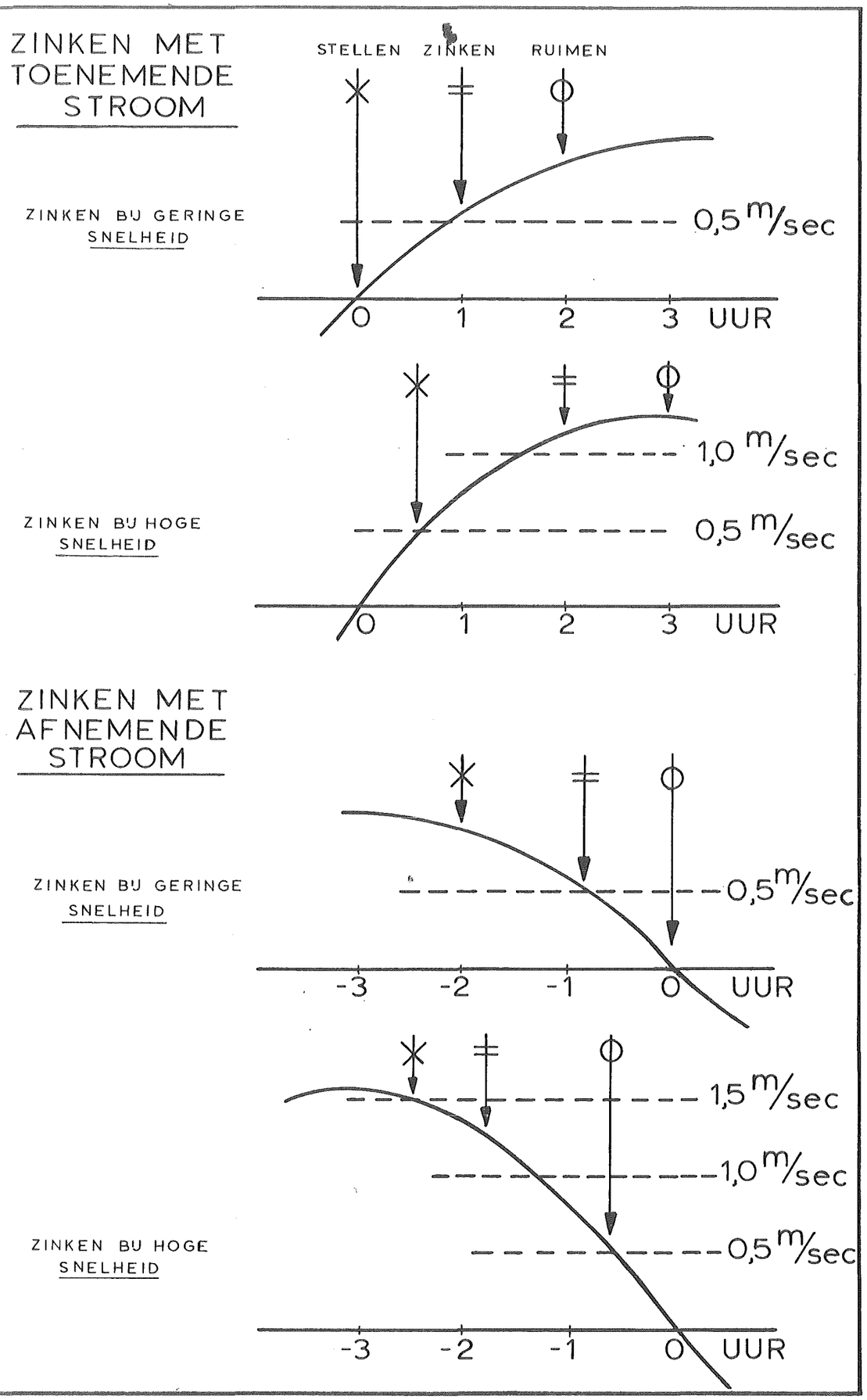
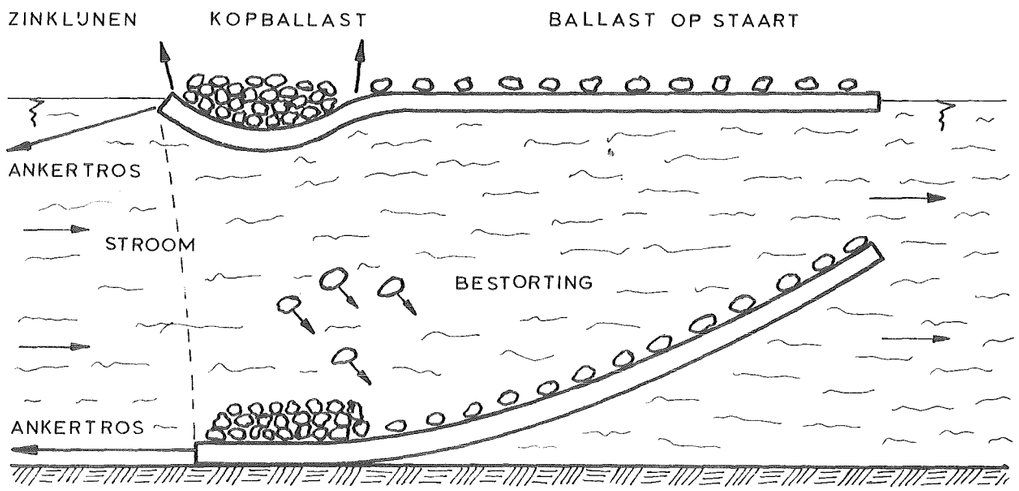

ZINKEN MET TOENEMENDE STROOM
STELLEN
ZINKEN
RUIMEN
ZINKEN BIJ GERINGE SNELHEID
0,5 m/sec
0
1
2
3
UUR
ZINKEN BIJ HOGE SNELHEID
1,0 m/sec
0,5 m/sec
0
1
2
3
UUR
ZINKEN MET AFNEMENDE STROOM
ZINKEN BIJ GERINGE SNELHEID
0,5 m/sec
-3
-2
-1
0
UUR
ZINKEN BIJ HOGE SNELHEID
1,5 m/sec
1,0 m/sec
0,5 m/sec
-3
-2
-1
0
UUR

fig. 9

STROOM ZINKEN



VOORSPELLEN : VERLOOP VAN STROOM SNELHEID EN RICHTING MET DE TUD

WETEN : VORM EN UITVOERING BEZINKSEL
WATERDIEPTE
OPDRUVEND VERMOGEN VAN STUK
STROOMSNELHEID WAARBU WE WILLEN ZINKEN

BEPALEN : KOPBALLAST
BALLAST OP STAART
SOORT EN AANTAL ANKERS } UIT GRAFIEKEN

CONTROLEREN : KRACHT IN PROPPEN

VASTSTELLEN : VERLOOP VAN STROOMSNELHEID EN RICHTING TUDENS DE MANOEUVRE

fig:10

STELLEN RUIMEN

STELLEN ZINKEN RUIMEN

GEEN ACTIVITEIT

STELLEN ZINKEN RUIMEN

STELLEN RUIMEN

STELLEN RUIMEN ZINKEN

STELLEN RUIMEN

n^m/sec