

BETONBLOKKEN
voor dijksbekleding

Deltadienst

oktober 1969

Commissie Natte Waterbouw.

Literatuuronderzoek "Blokkenglooingen".

0. Inleiding.

Door de Commissie werd de behoefte gevoeld een literatuuronderzoek te verrichten betreffende het onderwerp "betonblokkenglooing".

Nagegaan dient te worden welke gegevens over dit onderwerp uit de technische literatuur zijn te verzamelen.

De technisch hoofdamtenaar H. Bijl van de Rijkswaterstaat-Delta-dienst te Zierikzee werd bereid gevonden dit onderzoek te doen. In januari 1969 werd hem de volgende opdracht verstrekt.

"Uit ieder artikel over blokkenglooingen een beknopte samenvatting van een aantal belangrijke gegevens te maken".

Als essentiële gegevens kunnen worden genoemd:

1. de afmetingen van de blokken;
2. type blok (systeem of niet);
3. soortelijk gewicht en stuksgewicht van een blok;
4. betonsamenstelling, eventueel wapening;
5. plaats en wijze van fabricage (fabriek of in situ);
6. taludhelling en/of andere gegevens inzake het beloop;
7. samenstelling onderbouw en ondergrond bijvoorbeeld rechtstreeks op klei; op mijnsteen met uitvullaag van gebroken grind e.d.
Verder grondmechanische gegevens van ondergrond;
8. plaats van toepassing: aan zee, rivier of binnenwater;
9. waterloopkundige gegevens zoals waterstanden, grondwaterstanden in dijkslichaam, golfhoogten, waterdoorlatendheid onderbouw en glooing e.d.;
10. methode van aanbrengen en welke produkties;
11. welke schadegevallen, omvang en onder welke omstandigheden;
12. onderhoudskosten.

0.1. Bronnen.

Een groot aantal literatuurreferenties uit de bibliotheken van de Enci en de afdeling Voorlichting van de Verkoop Associatie Ned.cement, werd via de heer Trouw verkregen.

Een literaturopgave werd van de secretaris van de Technische Advies Cie voor de waterkeringen ontvangen, waarin een groot aantal artikelen betreffende blokkenglooingen zijn vermeld.

1.0 Resultaten van het onderzoek.

- 1.1. In bijgaand overzicht "Betonblokken voor dijksbekleding" dd. oktober 1969 zijn de eerste resultaten van het literatuur-onderzoek verzameld. In hoofdstuk 4.0 worden enkele gegevens nader toegelicht. Het onderzoek kon nog niet worden afgesloten.

Getracht werd uit de gegevens ontwerp-criteria voor een blokken-glooiing te vinden of op te sporen. Tot nu toe bleek dit een vergeefse poging te zijn. Wel worden in de literatuur veel beschrijvingen van uitgevoerde glooiingwerken gegeven; voor- en nadelen van bepaalde systemen opgesomd, maar een theoretische achtergrond, waarop het ontwerp werd gebaseerd, wordt niet vermeld.

Wel zijn er enkele praktijk- of vuistregels te vinden zoals o.a. een Duits Merkblatt für Deckwerke - Steine aus Beton für den Uferschutz:

- a. bekledingen aan open zee: 700 tot 1000 kg/m²;
- b. bekledingen aan Waddenkust en aan binnenwateren met sterke golf- en stromingsinvloeden: 300 tot 500 kg/m²;
- c. bekledingen aan binnenwateren (rivieren en kanalen): 200 tot 300 kg/m².

Bij betonstenen met vertikaalverband kunnen in het algemeen lagere vlakgewichten worden toegepast.

Verder zijn op bijlage nr 25a van het bovengenoemde overzicht de resultaten gegeven van een Amerikaans modelonderzoek inzake een betonblokkenglooiing.

Ook het afleiden van ontwerp-criteria aan de hand van opgetreden schadegevallen blijkt niet mogelijk te zijn, omdat de schadegevallen veelal niet in de literatuur te vinden zijn en/of de omstandigheden, waarbij de schade optrad, niet bekend of te achterhalen zijn.

- 1.2. Als algemene conclusie van het uitgevoerde literatuuronderzoek kan het volgende gesteld worden.

"De keuze (type en afmetingen) van de tot op heden uitgevoerde blokkenglooiingen berusten alleen op ervaringsfeiten en op persoonlijk inzicht of voorkeur. Ontwerpcriteria hiervoor zijn niet voorhanden, zodat ieder ontwerp van een blokkenglooiing in feite technisch en economisch niet verantwoord kan zijn."

De glooiing is òf over-òf ondergedimensioneerd. In beide gevallen zijn de totale kosten (investering + schadekosten + onderhoud) te hoog. Slechts bij toeval zal de keuze optimaal geweest zijn".

In de bovengenoemde problematiek kan alleen door middel van een systematisch opgezet onderzoek met behulp van modellen, door middel van metingen in de natuur en praktijkgegevens een beter inzicht verkregen worden.

Aan de hand van de onderzoekresultaten kunnen dan ontwerp-criteria worden opgesteld.

Kort geleden is een dergelijk onderzoek begonnen in opdracht van de Technische Advies Cie bij het Waterloopkundig Laboratorium. Het laat zich aanzien dat door het complexe geheel van de problematiek het onderzoek vrij langdurig zal zijn.

Het maken van een proefvak voor het beproeven van diverse blokken-glooiingen in de natuur, parallel lopend met bovengenoemd model-onderzoek, ter plaatse van de westpunt van het werkeiland Roggenplaat in de Oosterschelde kon jammer genoeg niet doorgaan vanwege de opgelopen achterstand in de uit te voeren werkzaamheden bij de aanleg van het eiland. Wel zijn bij de aangebrachte betonblokken-glooiing van het bovengenoemde eiland voorbereidingen getroffen om de benodigde trekkracht te bepalen voor het uittrekken van een enkel blok.

2.0 Enkele praktijkgegevens.

2.1. Werkhaven Schelphoek. Aanleg 1967.

Blok 50x50x15 cm, talud 1:2, vanaf NAP tot NAP+4 m.

Mechanisch gezet (blokkentang) op mijnsteen met uitvullaag van gebroken grind 5-15 mm.

Op 12 november 1969 is ten oosten van de zate schade opgetreden.

H.W.-stand ca NAP+2,5 m, windrichting Z.Z.W., windsnelheid 15 m/sec. geschatte golfhoogte ca 0,5 m. à 1 m.

Praktisch alle schade bevond zich in de zône van NAP+2 m tot NAP +2,4 m. Enkele blokken waren er geheel uitgeslagen; een aantal blokken waren enkele cm's omhoog gedrukt.

2.2. Werkhaven Sophia-polder. Aanleg 1968

Blok 50x50x20 cm, talud 1:4, vanaf NAP tot NAP+6 m.

Mechanisch gezet (blokkentang) op mijnsteen met uitvullaag van gebroken grind 5-20 mm.

Tot op heden (januari 1970) ondanks de zeer geëxposeerde ligging op het noorden en noordwesten, geen beschadigingen geconstateerd.

2.3. Werkeiland Roggenplaat aanleg 1969.

Blok 50x50x30 cm, type Haringman, talud 1:4 vanaf NAP tot NAP+3 m.

Mechanisch gezet (blokkentang) op mijnsteen met uitvullaag van gebroken grind 5-20 mm.

Waarnemingsperiode is nog zeer kort; tot nu toe geen schade.

2.4. Opmerking.

Vanaf het begin der toepassing van een blokkenglooiing tot ca 1965 is het zetten van de blokken praktisch uitsluitend handwerk geweest. Ieder blok werd apart met de hand, door één of 2 man, op het beloop gezet. De produktie bij deze glooiingwerken was klein.

Door de toenemende omvang der uit te voeren werken o.a. een gevolg van de grotere zandprodukties en een sterker doorgevoerde mechanisatie om de loonkosten-invloed te drukken moest naar andere bekledingsmaterialen worden omgezien. Bij de Deltawerken werd dan ook op grote schaal de asfaltbetonbekleding toegepast; een materiaal, dat bij de verwerking ervan wel het vereiste tempo kon volgen.

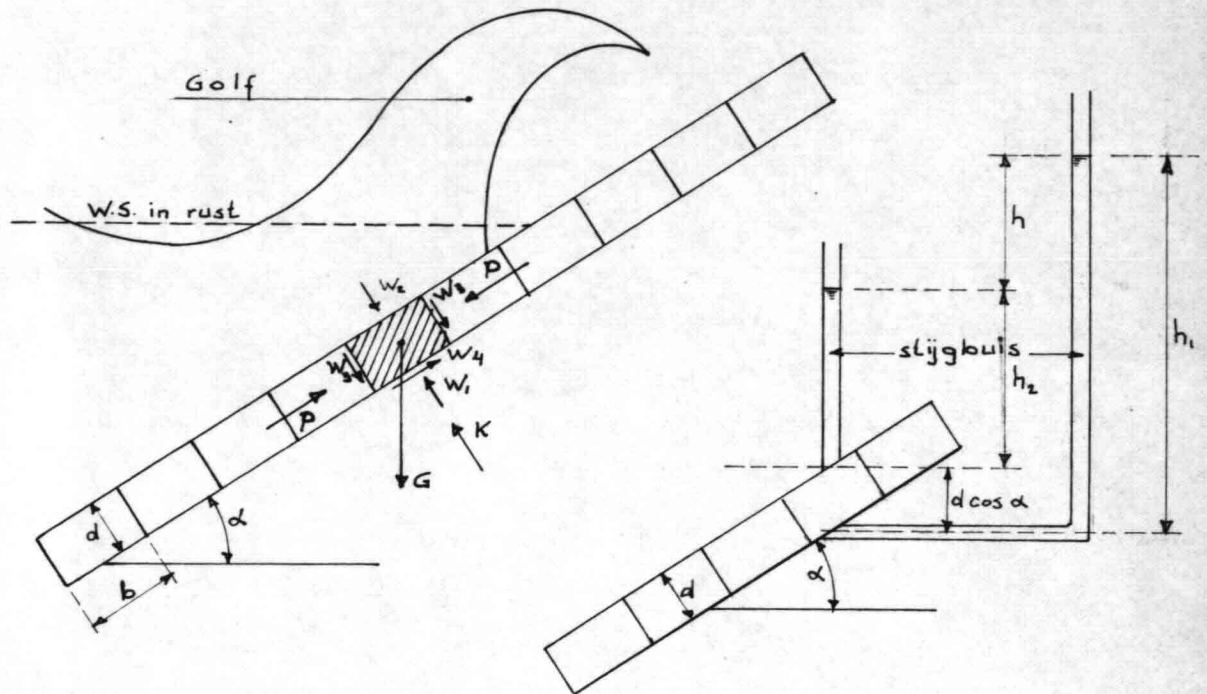
Door het gebruik van een blokkenglooiing^{tang}, waarmee in één handeling 4 tot 8 blokken (afmetingen 50x50 cm) op een van te voren gereedgemaakt beloop gezet kunnen worden en waarbij produkties van 400 à 500 m² per werkdag behaald kunnen worden, is het te danken, dat een toepassing van betonblokken weer enigszins in een concurrerende positie is komen te verkeren.

3.0 Theoretische beschouwingen.

Blokafmetingen: $b \times b \times d$ m.

Taludhelling : hoek α met horizontaal

Krachtenschema.



hierin is:

G = gewicht van het blok

K = korreldruk

W_1 = waterdruk onder het blok

W_2 = waterdruk boven het blok

P = steundruk blokken onderling

W_3 = wrijving langs omtrek blok

W_4 = wrijving tussen blok en talud

Zou men nu alle krachten als functie van de tijd kennen, dan kan men met behulp van de vergelijking $K = m \cdot a$ de beweging van een enkel blok berekenen en ook de kritische omstandigheden voor het behoud van het evenwicht opsporen. Aangenomen wordt hierbij dat de differentiaalvergelijking oplosbaar zal zijn.

Over de krachten kunnen we het volgende opmerken.

Ten gevolge van de waterbeweging zullen W_1 en W_2 (en daardoor alle andere krachten, behalve G) variëren en wel als volgt:

- bij alleen getij : een langzame variatie;
- bij getij met golf zonder golfklap: een snelle variatie;
- bij getij met golf met golfklap : een zeer snelle variatie.

Voor het zeer eenvoudig geval, waarbij de volgende veronderstellingen worden gemaakt:

- a. geen windgolven aanwezig;
- b. $W_3 = 0$ de naastliggende blokken verkeren in dezelfde omstandigheden;
- c. $K = 0$ het blok wordt nog net niet opgelicht,

kan men afleiden dat voor het grensevenwicht van het blok \perp talud:

$$W_1 - W_2 \leq G \cos \alpha \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Nu is } W_1 &= \rho_w g h_1 b^2 \\ W_2 &= \rho_w g h_2 b^2 \end{aligned}$$

$$\text{zodat } W_1 - W_2 = \rho_w g b^2 (h_1 - h_2)$$

$$\text{of } W_1 - W_2 = \rho_w g b^2 (h + d \cos \alpha) \quad (2)$$

als h het potentiaal verschil tussen boven- en onderkant blok is.

$$\text{Verder is } G = \rho b \cdot g \cdot b^2 \cdot d \quad (3)$$

Substitutie van (2) en (3) in (1) levert:

$$\boxed{d \geq \frac{\rho_w}{\rho b - \rho_w} \cdot \frac{h}{\cos \alpha}} \quad \text{of} \quad \boxed{h \leq \frac{\rho b - \rho_w}{\rho_w} d \cos \alpha}$$

Indien het potentiaal verschil h bekend zou zijn en de gemaakte veronderstellingen juist, dan zou men bovenstaande formule als een ontwerp-criterium voor een blokkenglooiing kunnen hanteren. Uit de formule blijkt dat voor de stabiliteit van een enkel blok ofwel voor de gehele glooiing de soortelijke dichtheid ρb (ofwel het gewicht) en de taludhelling bepalende factoren zijn.

3.1. Aanvullende opmerkingen.

a. Potentiaal verschil h

Te bepalen in model, analoog als voor asfaltbetonbekledingen.

Afhankelijk van spleetwijdte tussen blokken. Hoe?

Afhankelijkheid van waterdoorlatendheid ondergrond en constructie van teen?

b. Golfbeweging.

Verloop van W_1 en W_2 te bepalen in model en in de natuur.

Bij de beweging van het blok spelen massa krachten een grote rol.

Is een groot blok gunstiger dan een klein blok?

Uit de afgeleide formule volgt dat de massaverdeling op de stabiliteit een belangrijke rol speelt. Hieruit zou weer volgen, dat een zuilvorm gunstiger kan zijn dan een meer platte vorm.

Hoe is het drukverloop met de tijd en de drukverdeling bij golfbeweging? Treedt bij een golfklap een andere drukverdeling op dan bij het geval zonder golfklap?

Zijn in dit opzicht grotere naden gunstiger dan kleinere naden?

De resulterende waterdruk gaat vermoedelijk niet door het zwaartepunt van het blok. Het blok wil kantelen, hetgeen echter verhinderd wordt door de naastliggende blokken, zodat de steundrukken en daarmee de wrijvingskrachten W_3 groter zullen worden.

Ook is het denkbaar dat evenwicht verloren gaat doordat een blok langzaam eruit getrild wordt. (Aan onderkant blok grote waterdruk en door de golfbeweging ontstaan trillingen).

Zoals uit het bovenstaande moge blijken, rijzen er bij het beschouwen van de stabiliteit van een blokkenglooiing vele vragen, die alleen door een systematisch opgezet onderzoek, zowel in een model als in de praktijk, opgelost kunnen worden.

4.0. Samenvattingen van artikelen uit de literatuur.

4.1. Annales des Travaux Public de Belgique. 1964/6.

Uittreksel van artikel Per Bruun in "The Dock and Harbour Authority", 1964/2 :

Golfenergie bij verticale wanden praktisch volledig teruggekaatst, bij hellende dijktaluds méér absorbatie.

Maatregelen : Kunstmatig voorland en dijken zover mogelijk achter droge strand leggen.

Bij ontwerp bekleding rekening houden met :

- a. toekomstige erosie en noodzaak van artificiële voeding;
- b. maximale erosiediepte van het kustprofiel;
- c. grondcondities;
- d. hoogte golf en frequentie;
- e. hoogte golfoploop en hoogte waarop golf breekt bij diverse taludhellingen en ruwheden.
- f. de kracht door golf op talud;
- g. mogelijkheid van aantasting en slijtage van beton door wrijving.

4.2. Cement 1953/7-8. A.N. Dekker.

Constructies van muralt : in onbruik door verkeerd ontwerp en onjuiste toepassing van beton, wapening en verkeerde samenstelling beton.

Zeshoekige hoge betonzuilen : blijven door zuivere aaneensluiting hangen terwijl grond daaronder inklinkt of uitspoelt.

Gevolg : bij storm beschadiging van grote stukken.

Systeem Streefkerk, no.17 van bijgevoegd overzicht : op laag zand van 2 cm gezet. Glooiing kan enige zetting opnemen en calamiteiten verdragen - heeft tijdens storm goed voldaan.

Systeem Leendertse, nr.16 van bijgevoegd overzicht : In IJsselmeerpolders blokken op enkele vlijlaagmet daarop dunne laag puin.

Op N.-Beveland (Onrustpolder) blokken op enkele vlijlaag op zwaar aangevallen beloop - in 1953 goed gehouden.

Systeem Haringman, nr 19 van bijgevoegd overzicht: in 1953 goed voldaan, weinig schade.

Conclusie : vooruitzichten betonglooiingen niet ongunstig, kwaliteit geen beletsel. Toepassing systemen afhankelijk van ligging zeedijk t.o.v. stormstreek. Verdedigd beloop beneden stormvloedspeil in het algemeen weinig stormschade.

4.3. Polytechnisch Tijdschrift B 1956/3-4. J.H. Bosch Jr..

Eerste toepassing beton : begin deze eeuw : Vilvoordse steen en basalt zetten in bed van beton-voegen, volgieten en volstampen - constructie niet soepel - vormverandering kan niet gevolgd worden - te weinig kennis samenstelling betonspecie - aanmaakwater zeewater - aanbrengen beneden H.W. bezwaar = een dergelijke toepassing van beton is geen succes - toevoeging van tras en puzzolaanaarde : beton beter bestand tegen zeewater.

Vullen van voegen met beton alleen na zetting van ondergrond en dijkslichaam - grindkorrel 2 cm - hoogovencement - betonglooiingen van begin deze eeuw geen succes - dijken te vers - werking van vorst en hoge temperaturen.

Glooiingen van beton niet ter plaatse maken - geschoold personeel nodig, onbereikbaarheid, onvoldoende hulpmiddelen, aantasting zeewater, produktie per getij.

Glooiingen van betonelementen : betere kwaliteit door samenstelling en verdichting, blokken kunnen nazakken.

Betonelementen : gezet op krammat + vlijlagen en stortlagen, vol direkt op klei.

4.4. Polytechnisch Tijdschrift B. 1954/49-50. Anoniem.

Beverkopglooiing, nr 18 van bijgevoegd overzicht: toepassing
Hogespolder in Heerjansdam.

Ontwerpcriteria : glooiing vaste stand en golfremmend -
helling 1 : 1½ en 1 : 2. Blokken overhoeks gelegd -
daardoor geen kantelende werking - golfoploop 1/2 tot
1/3 geremd.

Blokken te zetten met ongeschoold personeel.

4.5. Polytechnisch Tijdschrift B. 1956/31-32. A. Woudenberg.

Eisen aan glooiing : grondslag moet kunnen inklinken zonder breuk in min of meer stijve glooiing, soepelheid normale steenbezetting mag niet verloren gaan.

Inwassen glooiingstenen geeft verhoging golfoploop door glad oppervlak - hierdoor meer onderhoud aan grasmat.

Betonelementen met verbindingen met in- en uitspringende hoeken gevaarlijk - kunnen niet nazakken - betonzuil kan nazakken.

Betonblokken niet tandsgewijs in ondergrond, zoals basalt in puin - betonblokken ook daarom niet zo goed als basalt. Blokken beter op krammat, vlijlagen en stortsel - niet op klei.

Systeem Leendertse, nr 16 van bijgevoegd overzicht: veel goeds - ~~Sreefark nr 17~~
verzakking van ondergrond zal zich mogelijk niet aftekenen in ondergrond - Haringman, nr 19: enige glooiing met verdiept bovenvlak voor golfremming, daardoor trillingen mogelijk minder dan verhoogde blokken.

Vraag : Waarom zo weinig bekend over trillingen in glooiingen door golfslag.

4.6. Betonsteinzeitung 1965/6. Dr. Ing. H. Otto-Lamprecht.

Achterstand in oeverbekledingen door rampen, achterstand in onderhoud (oorlog), toename vrachtvervoer, grotere schepen, snellere vaart- .

Oeverbekledingen dienen als bescherming tegen krachten a.g.v. stroming, golfslag, ijsgang - grootte en soort krachten bepaalt zwaarte constructie - bescherming veelal alleen dijksteen en tijzone.

Constructiebekledingen bij lichte en middelzware aangevallen oevers bestorting met natuursteen indien in voldoende grootte en soort voorhanden en ook economisch .

Aan rivieren met scheepvaart en aan zee veelal bestorting niet mogelijk - dan bestrating met regelmatig gevormde blokken - blokken aan te brengen door ongeschoolde arbeiders.

Eisen c.q. soorten blokken : voldoende gewicht, blokken met holle onderkant voor vastzuigen in klei, vergroten onderlinge wrijving tussen blokken door nauwkeurig zetten, blokken met scharnieren, blokken met verhogingen.

Aestetica : aan kust niet van belang, langs kanalen vaak wel - soms speciale blokken voor ontwikkeling plantengroei. (roostervorming).

In Duitsland aan de Rijn betonmatten 3 x 1,5 x 0,2 m met gewicht = 1,6 ton toegepast als kraagstukken. Matten zijn betonblokken met scharnierende wapening - toepassing i.v.m. toename scheepvaart - hoge kosten van onderhoud oevers en moeilijk onderhoud.

4.7. Betonsteinzeitung 1965/10.

P. Vogel : Sicherung von Uferlössungen.

Door stormachtige ontwikkeling van scheepvaart op de Rijn normalisatie van rivier. In 1800 oeverbekledingen van steenbestorting onder water en van natuursteenbezetting boven water. Thans scheepvaart met motorschepen van grote tonnage (1500 t.), frequentie 110 st./dag, 1200 pk., snelheid 20 km/uur. Hierdoor oevers aan grotere krachten blootgesteld. Bekledingen oorspronkelijk afgestemd op snelheden van 2 m/sec. Vaarsnelheden komen nu overeen met stroomsnelheden van 6 m/sec.

Golven breiden zich bij glad wateroppervlak uit tot oever - snelheid is overeenkomstig scheepssnelheid - breedte waarover glooiing wordt bespoeld is afhankelijk van helling oever en ruwheid bekleding.

Krachten :

1. door oplopende golfberg drukkracht - water door voegen bekleding;
2. door golfdal uittreding van water uit voegen - uitspoelingen van fijne bestanddelen ondergrond of bekleding (zuigwerking);
3. zuigkrachten door wervelingen in nabijheid glooiing, waardoor meerdere uitspoeling;
4. schuifkrachten evenwijdig aan glooiing zijn groter naarmate golfsnelheid en ruwheid groter;
5. eigen gewicht glooiing;
6. wrijving glooiing t.o.v. ondergrond en elementen t.o.v. elkaar;
7. eigengewicht van langs talud opgelopen water.

Ruw oppervlak : grotere schuifkracht en minder golfoploop - minder uitspoelingen en lager eigengewicht water.

Tegen uitspoelen : smalle voegen-

Natuursteen : smalle voegen veelal niet meer mogelijk a.g.v. ongesorteerd steen, hogere arbeidslonen en ongeschoold personeel waardoor mindere kwaliteit werk.

Betonblokken : regelmatige vorm, te leggen met ongeschoolde arbeidskrachten, lagere arbeidslonen, mogelijkheid tot mechanisatie.

Smallere voegen : grindbed kan dunner.

4.8. Beton 1962/5 M. Halm.

Uferbefeestigungen aus Beton.

Duurzame verdediging oevers van kanalen, rivieren en meren veel meer nodig dan vroeger door volledige motorisering binnenscheepvaart en grote toename verkeer over water- oeververdediging kust van bijzondere betekenis.

Geschiedenis: verdediging met natuursteen- klinkers Eckwardhorne en Jadebussen - begin 1900 beton in Holland met golfremmend trapvormig bovenvlak- betonplaten kunnen nazakking van ondergrond niet volgen. - ook betontechnische fouten- + 19.30 gepenetreerde natuursteen en gesloten asfaltbeton- asfaltbekledingen minder gevoelig bij zettingen- in Duitsland vele jaren meningen zeer verdeeld over toepassing van beton- geen volledige richtlijnen t.a.v. samenstelling, bereiding en aanbrengen beton voor glooiingen-ook weinig bekend met toepassing betonblokken in Holland- daarom werkgroep ingesteld voor het opstellen van regels en het opdoen van ervaringen in buitenland- 1957 ontwerp Merkblatt für Deckwerk- Steine aus Beton für den "Uferschutz". - in 1959 Merkblatt voorlopig na op- en aanmerkingen officiële deskundigen en betonindustrie - in 1962 geadviseerd tot officieel normaalblad.

Toepassing betonstenen:

Eckwarderhörne golfremmende betonzuilen in bestaande klinkerbezetting (1956), Jadebussen kubische betonstenen, Proefvakken Sleeswijk - Holstein in verschillende vormen en grootten Ipro-stenen in 1958 en 1959 gewijzigde Ipro's aan Borgsüler Koog (no 12) sindsdien toepassing van beton langs gehele kust vanaf monding Elbe tot grens Denemarken- en laatste jaren SF- stenen(no 15)aan Weser en diabool- glooiingen (no 17).

4.9. Wasser und Boden 1962/11. H.O. Lamprecht.

Beton ein Künstenschutz.

Ontwerp : onderscheid maken tussen functie en constructie - voorbeeld keermuur aan kust constant functioneel - bouwwerk moet krachtenspel van golven en stromingen weerstaan - wanneer vraag "functie" is beantwoord dan constructieprobleem aan orde. Geschiedenis dijksbouw - na recente stormvloed verhoogde discussie t.a.v. dijksvorm - convex of concaafconvex minder golfoploop - thans tendens om dijken te dimensioneren op maatgevende waterstand en ook overstromingszeker = voldoende stabiliteit bij waterverzadiging, vlakke taludhellingen aan binnenzijde.

Beton in Duitsland goed voldaan : Noordzeekust Sylt/Westerland : betonplaten 50 jaar oud - Sleeswijk Holstein : Ipro-keien (no. 11) met en zonder voegvulling.

Voordeel betonstenen mogelijkheid tot maken van ruwe glooiingen door verschillende steenafmetingen - golfoploop kan tot 65% van oorspronkelijke worden teruggebracht.

Thans onderzoekingen in "Hannoverschen Versuchsanstalt für Grund und Wasserbau". Deze nog niet voltooid. Voorlopige resultaten: ruwheid minder belangrijk dan **plaatsing** = rangschikking verhogingen.

Belangrijk probleem : tegengaan van golfzuiging en opdrukken blokken zonder horizontaal verband.

Westerland/Sylt : verbeteringen met betonplaten : golfenergie bij steile wanden schoksgewijze vernietigd - hellende taluds golfenergie in langere tijd.

Bij betonblokken zonder horizontaal verband en met gewicht lager dan golfzuigkracht voegvulling nodig.

4.10. Betontechnische Berichte 1967

Beton 1967/12

Merkblatt für Decwerk-Steine aus Beton für den Uferschutz.

Voorzitter Arbeitskreis " Uferbefestigungen aus Beton" Dr Ing
Lamprecht, Bauberatung Zement, Frankfurt.

"Merkblatt" is te vergelijken met "Keuringseisen voor glooing-
elementen van beton van stichting "Komo" Amaliastraat 9 's-Gravenhage.

Inhoud "Merkblatt" :

1. begrippen.
2. eisen: vorm, afmetingen en gewicht, drukvastheid, wateropname
3. vervaardiging, -samenstellende bestanddelen: cement, agregaat
water en toeslagstoffen - betonsamenstelling: algemeen, waterce-
mentfactor en cementgehalte, korrelverdeling, gehalte fijne
bestanddelen- bereiding; dosering samenstellende bestanddelen,
mengen van beton, verdichten, nabehandeling en aanbrengen.
4. betonwerk.
5. keuring: agregaat- betonspecie- afmetingen blokken- drukvastheid
- wateropname.
6. kwaliteitscontrole; algemeen- eigen controle:
agregaat, specie, afmetingen van elementen, drukvastheid, waterop-
name- controle door derden.

4.11 Betonsteinzeitung 1962/12. Dr. Ing. H.O. Lamprecht.
Betonfertigeteile im Wasserbau.

Als gevolg van en onder druk van rationalisatie en mechanisatie prefabbeton voordelen in waterbouw :

- a. betrouwbare uitvoering: waterdoorlatend, bestand tegen agressief water en vorst;
- b. snelle uitvoering: noodzaak bij ruw weer en lage waterstanden;
- c. uitvoering mogelijk bij regen en vorst;
- d. eenvoudige uitvoering: ongeschoolde arbeiders;

Functie bekledingen : bescherming _ stroom, golven ijsgang.

Constructie afstemmen op terugkerende omstandigheden (getij) en incidentele (krachten bij H.W. en stormvloed).

Bij glooiingen drie belangrijke punten :

1. grootste schade in het algemeen bij overgang bekleed naar onbekleed;
2. constructie: onderling verband niet nodig als blokken zwaarder zijn dan aan opdrijvende kracht resp. bestand zijn tegen golfremming of door verankering in ondergrond;
3. golfoploop beslissend voor hoogte bekleding, dus ook bouwkosten - golfoploop door ruw oppervlak te verminderen tot 65% - vorm ruwheid niet beslissend, wel plaatsing verhogingen - verhoging 1 à 1½ maal afstand gunstig.

Ontwikkeling elementen :

1. grote gladde platen (vierkant en 6-hoekig);
2. betonblokken met hoog gewicht (betonzuilen en blokken);
3. stenen met hol oppervlak t.b.v. vastzuigen in klei;
4. blokken met nauwe zetting en horizontaal en vertikaal verband.

Vaststellen van berekeningsgrootheden voor stroom en golf zeer moeilijk - daarom zekerste _ meest economische bekleding - bekleding van zware elementen of betonblokken met messing en groef.

4.12 Weg- en waterbouw T959/1-2. Ir. A.H. Ferguson.

Houdbaarheid van beton als dijksbekleding - ervaringen opgedaan bij Westkapelse zeedijk.

Betonconcurrent natuursteen : gemakkelijker verwerken, betere aansluitingsmogelijkheden, goedkoper - asfaltglooiing concurrent beton : grote snelheid van uitvoering - Nadelen beton t.o.v. natuursteen : zone beneden H.W. meer slijtage, aantasting zeewater. Westkapelse zeedijk : (zie pag. 26): begin 1900 getrapte glooiing na enkele jaren tot halve dikte afgeslepen door steenbestorting langs teen - herstel oorlogsschade in 1946 : natuursteen niet voldoende aanwezig, daarom glooiingen van beton - betonplaten 1 x 1 x 0,5 m uit fabrieken - 400 kg hoogovencement B, toeslag grind, gebroken grind en basaltslag - platen tussen N.A.P. en gem. H.W. = N.A.P. + 1,65 m, taluds zuid 1 : 8 tot 1 : 10, taluds noord 1 : 6.

Onderzoek naar mechanische en chemische aantasting :

- a. betoncilinders geboord in 1946, 1951 en 1956 - hiervan drukvastheid, dichtheid, bepaald en onderzoek cement;
- b. chemische aantasting bovenste laag bepaald;
- c. onderzoek slijtage met slijtkruisen;
- d. onderzoek structuurverandering door gipsafdrukken t.p.v. kruisen.

Resultaten :

- a. drukvastheid 1946 : 370-400 kg/cm²; 1951 : 350-440 kg/cm²; 1956 : 350-420 kg/cm²;
- b. dichtheid : 1946: V = 2330-2400 kg/m²; 1951: 2250-2370 kg/m²; 1956: 2240-2390 kg/m².
- c. chemische aantasting: geen verandering in samenstelling cement in schijven van 1 cm dikte. Wel in bovenste laag: SiO² : 24% naar 20%, CaO: 55% naar 45%, MgO: 3% naar 16%, SiO³: 2,3% naar 8% - geen verschil tussen hoog- en laag gelegen blokken.
- d. slijtkruisen - na 5 jaar niet alle meer aanwezig - slijtage 5 mm in 5 jaar - minimum 4,5 mm, maximum 15,5 mm.
- e. ongelijke en onregelmatige afslijting naarmate meer naar noorden : begin aantasting bij langsvoegen. montagevoegen - gering relief - uitbreiding van uit langsvoegen in dwarsrichting, vooral blokken met mindere kwaliteit - mogelijke redenen uitslijpen: geringe diepte in noorden, dus meer zand en stenen en ook talud daar steiler - grotere beginsnelheid golfslag, zodat slijtage bij 1 : 6 groter dan bij 1 : 8 en 1 : 10.

Conclusie : slijtvastheid niet ongunstig indien geen zand schelpen, stenen en bij vlak oppervlak - meer en onregelmatige slijtage bij voegen en minder gladde stenen - gladde stenen ook minder gauw beschadigd - aanleiding slijtschade - chemische aantasting gering.

4.13 U.S. Army. Coastal Engineering Research Center 1967 J.V. Hall.

Wave Test of Revetment, using machine produced interlocking blocks.

zie bijlage pag. 25a.

Toepassing van overlappende betonblokken 8" x 16" x 2" met epoxyhars op elkaar gelijmd-gewicht 75 pound = $75 \times 0,45 = \pm 330$ kg.

Toepassing: Patuxant River - Benedict Maryland - 1962

Choptank River - Oxford - Maryland - 1964

Blokken hebben zich goed gehouden - 1967

Als gevolg van succes met betonblokken grote vraag naar lichte eenvoudige blokken, door ongeschoolde mensen te zetten en met lage kostprijs.

Door grote vraag gezocht naar ander blok dat machinaal kan worden gemaakt- afmetingen nieuwe blokken $\pm 21" \times 8\frac{1}{2}" \times 5\frac{1}{2}"$ met messing en groef en 5 groeven aan onderzijde.-

fabricage 1080 per uur, daarna 24 tot 30 uur gestoomd,

Vergelijkende proeven op ware grootte onder helling van 1:2 in stroomgoot van Coastal Engineering Research Center.

Afmetingen stroomgoot 635 x 15 x 20 ft.

a. gewicht blokken messing en groef 75 pound- oppervlakte $20" \times 8\frac{5}{8}" = 175"$.sq.

b. gewicht blokken in overlap 150 pound -oppervlakte $18" \times 18" = 325$ sq.

Resultaten zijn in tabel op pag. 25a van bijlage vermeld.

Blokken met messing en groef:

Lage golfperiode en grote golflengte meer oplichten van blokken verklaring: door grote hydrostatische druk + lage periode grote beweeglijkheid.- hierdoor breken onderste lip van messing- daarna oplichten blok- vervolgens $\frac{3}{16}"$ afstandhouders tussen blokken aangebracht- hierdoor hydrostatische druk verminderd, waardoor oplichten blokken in aantal van 50% - 90% werd verminderd- daarom gewijzigde blokvorm met verdieping aan een zijde en voorts tandwielvormige messing en groef.

Blokken met overlap: ook tussenruimte nodig- glooiing kapot waar blokken met messing en groef stabiel (zie tabel)

Conclusie: blokken met messing en groef goed, indien gelijkwaardige teenconstructie en max. golfhoogte 5 foot.

4.14 Weg- en waterbouw 1964/8-9. Ir. C. v.d. Burgt.

De gloopingsconstructies van de Lauwerszeewerken.

Werkhaven Bootsgat : zand voor terreinen gespoten achter kaden van potklei en keileem - potklei verweekt, waardoor zakken gloopingen - Keileem goed, maar zanderig, waardoor sterke uitspoeling. Voor gloopingen keuze te maken tussen gesloten (asfaltbeton) of open glooping (blokken).

Eisen : a. stijle taluds t.b.v. overslag en opslaan steen e.a.;
b. uitschuring perskaden;
c. aanbrengen glooping op L.W..

Asfaltbeton : a. aanbrengen nabij en onder H.W. moeilijk;
b. op steile taluds moeilijk;
c. beschadiging door steen;
d. wateroverdrukken door perswater;
e. onvoldoende bekendheid met perskaden van potklei en keileem.

Open glooping : a. poreus;
b. kan zettingen opvangen;
c. gemakkelijk herzetten;
d. bestand tegen beschadiging van stortsteen;
e. gemakkelijk aanbrengen in tijzone;
f. open naden verminderen overdrukken;
g. open naden geven uitspoeling, zodat tussenlaag nodig.

Open glooping van koperslakzuilen beter dan beton - wordt minder beschadigd bij lossen en overslaan en bij opslaan stortsteen.

Tussenlaag : materiaal niet samenhangend of wel samenhangend - bij niet samenhangend materiaal korrelgrootte groter dan naden - tussenlaag zo dicht, dat materiaal niet door naden kan verdwijnen - klei of mijnsteen mag niet uitspoelen - beter filterconstructie van 2 lagen - fijn onder, boven grof - minder praktisch in tijzone: bij tijwerk kleibeloop onder profiel brengen, tussenlagen spreiden, blokken plaatsen.

Koperslakblokken : naden plaatselijk breed, gemiddeld over gehele hoogte 3 à 5 mm.

Constructies tussenlagen

a. losgespreid riet 1 cm;
b. stromatten: bescherming onvoldoende, gaten in kleibeloop door steenzetters na afdekking niet gedicht - hierdoor uitspoeling;

- c. plasticfolie : gaten in kleibeloop niet gedicht, waardoor uitspoeling;
- d. kleischelpen 10 cm en stromatten : goed onder glooiing van betonblokken bij koperslak soms verzakkingen - onder G.H.W. eerst dichtslibben (schelpen, zand, slik), daarna dichtgroeien met algen - boven G.H.W. naden schoon door uitspoelen van klei en fijne deeltjes tot 2 à 3 cm van de naden - soms meer - hierdoor onverwachtse verzakking bij storm;
- e. stromatten met 8 cm grind 5-15 cm: fijne korrels kunnen door brede naden verdwijnen, maar gewicht voorkomt dit.

Werkeiland

Ontwerpcriteria als bij werkhaven Bootsgat - glooiingen gedeeltelijk tijdelijk, andere definitief - op hogere gedeelten asfalt mogelijk, echter te weinig voor asfaltinstallatie - daarom blokken - blokken gedeeltelijk koperslak (in 1962 moeilijk te krijgen), gedeeltelijk beton.

Voordelen koperslak t.o.v. beton :

- a. s.g. hoger dan beton - koperslak 2,6 - beton 2,1 - koperslak dus zwaarder bij gelijkblijvend volume - minder gemakkelijk te lichten - blokken zijn ruwer, waardoor vaster zitten door golfslag.
- b. koperslak onregelmatig, waardoor flinke naden - betonblokken zeer maatvast - hierdoor naden dicht - drukconcentraties bij brekende golven op talud - tijdens storm worden blokken opgetild.
- c. mechanische beschadiging bij betonblokken veel groter dan bij koperslak, vooral na blootstellen aan zout water;
- d. koperslak als stortsteen te laden zonder breuk - koperslakblokken met kipauto's in bergen te rijden - beton voorzichtig behandelen, waardoor hogere verwerkingskosten.

Voorlopige conclusies :

1. Glooiing onder G.H.W. slibt dicht, daarna algen - glooiing boven G.H.W.: naden spoelen schoon door golfslag, waardoor meenemen materialen onder blokken;
2. tussenlaag van b.v. 10 cm schelpen of niet te grof grind goed - zowel onder als boven G.H.W. zand en slib in tussenlaag, waardoor vulling holle ruimte;
3. door teveel holle ruimte in tussenlaag (grind 30/60 mm) waterbeweging waardoor uitspoeling onderliggend materiaal mogelijk;
4. schelpen vergruizen niet bij golfhoogte van 1 à 1,5 m.
5. cocosmat goede afsluiting voor zandlichaam - duurzaamheid niet aangetoond;
6. blokkenglooiing bij golfcondities Lauwerszee goed, onder voorwaarde blokken niet te sluitend i.v.m. wateroverdrukken.

5.0 Résumé

Het literatuuronderzoek kan nog niet worden afgesloten en zal nog worden voortgezet. In de literatuur worden veel beschrijvingen van uitgevoerde werken aangetroffen. In een enkel geval wordt soms, zeer globaal, een meer theoretische beschouwing gegeven. Het ziet er dan ook naar uit, dat uit de literatuur geen ontwerp-criteria voor een blokkenglooiing zal of kan worden gevonden. Een onderzoek hiernaar is recentelijk in het Waterloopkundig Laboratorium, in opdracht van de Technische Advies Commissie voor de Waterkeringen, gestart. Het lijkt gewenst, dat naast dit laboratoriumonderzoek ook in de praktijk de nodige onderzoekingen en metingen worden verricht.

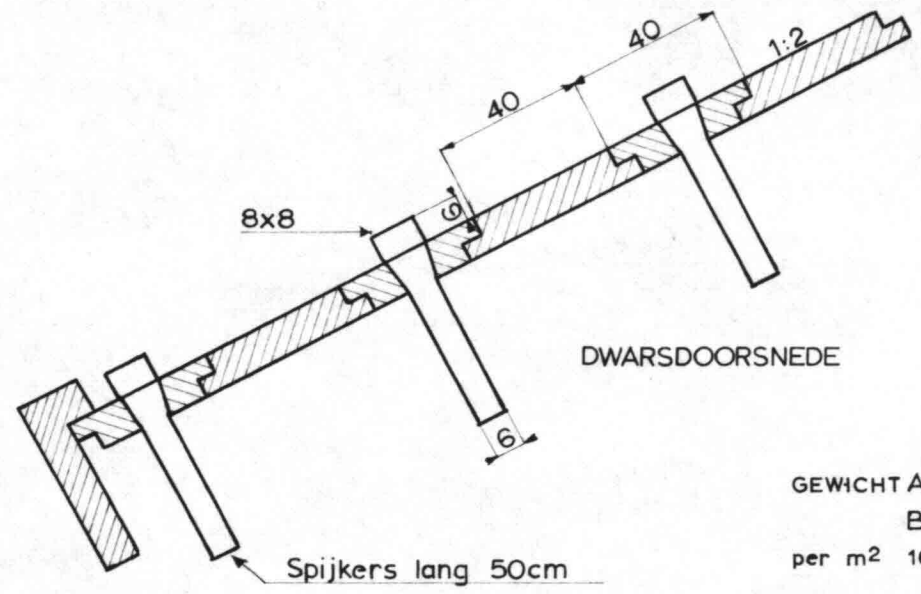
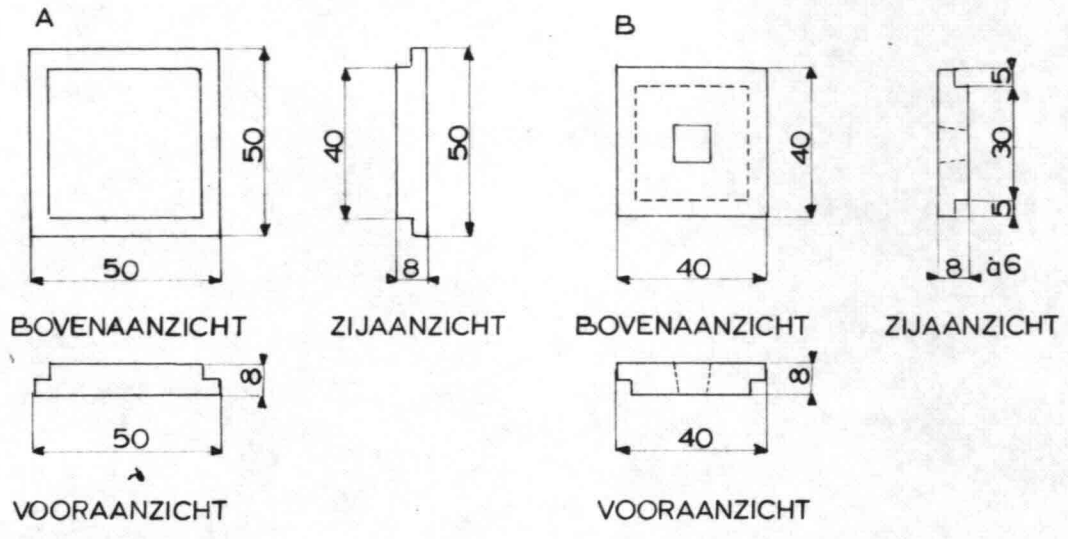
Zierikzee, januari 1970.

Tha H. Bijl,
Ir. H. van der Tuin.

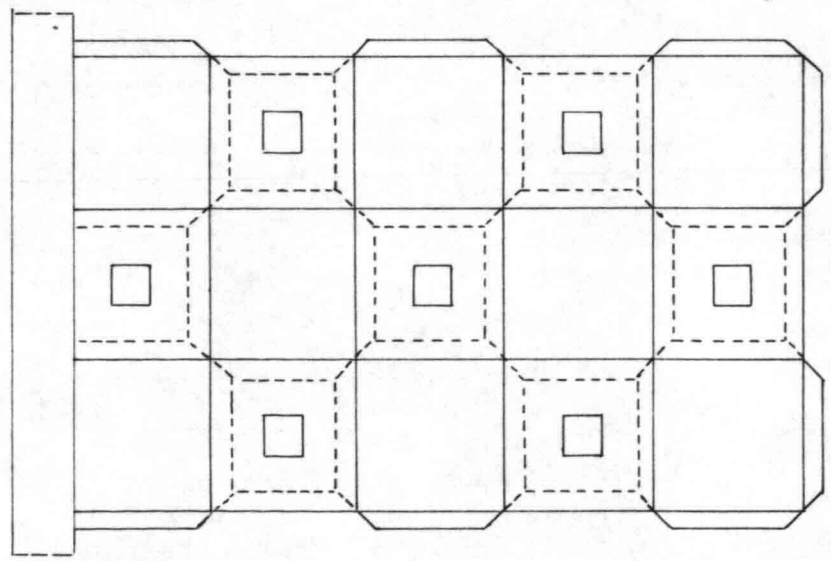
INHOUD.

1. Spijkerlooing
2. Systeem „J. en A. den Boer“
3. „ „ De Muralt “
4. „ „ Oord “
5. „ „ Gemij“
6. Blokken in de vorm van een kubus
7. Rechthoekige blokken
8. Betonzuilen
9. „ met piramidevormige verhoging
10. Zeshoekige blokken (van de Römdamm)
11. Ipro blokken
12. Afgeleide Ipro vorm
13. Betonstenen met horizontaal verband
14. „ „ „ „ „ in V-vorm
15. S.F. stenen
16. Systeem „Leendertse“
17. „ „Streefkerk“ (Diaboolglooing)
18. Beverkopglooing
19. Systeem „Haringman“
20. „ „Gobi“
21. Een Duits systeem
22. Systeem met verticaalverband
23. Systeem „Oosthoek“
24. Systeem „Pit“
25. Nieuwe windgolfhoogte te Delft
- 25a Wave test of revetment using machine-produced interlocking blocks, by Jay v. Hall jr
26. Onderzoek betonblokken Westkapeise zeedijk
27. Toepassing systeem „Pit“, werkhaven Veerschegat
28. Toepassing betonblokken aan de Zandkreekdam
29. „ „ „ „ „
30. Toepassing glooiingbezetting Veerschegatdam
31. Verschillende dijksverbeteringen
32. „ verdedigingen voor nieuwe dijken
33. „ dijksverhogingen
34. Toepassing betonblokken vissershaven Colijnsplaat
35. Dwarsprofiel werkhaven Den Osse (Brouwershavensegat)
36. „ „ Schelphoek(Oosterschelde)
37. „ Afsluitdijk
38. „ dijkvak van de Lauwerszeebedijking
39. Toepassing betonblokken werkhaven Sophia(Oosterschelde)
40. „ „ werkeiland Roggenplaat (Oosterschelde)

SPIJKERGLOOIING

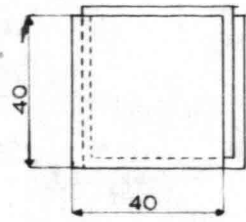


GEWICHT A 35.64 kg
 B 20.37 kg
 per m² 168 kg

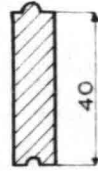


Schaal 1:20

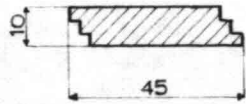
SYSTEEM „J. EN A. DEN BOER”



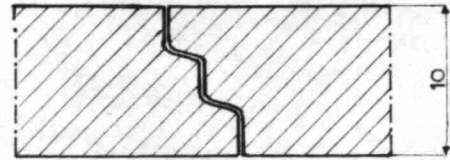
BOVENAANZICHT



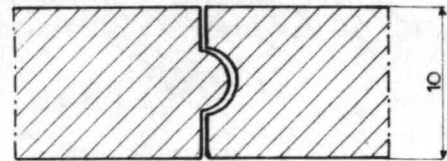
DOORSNEDE



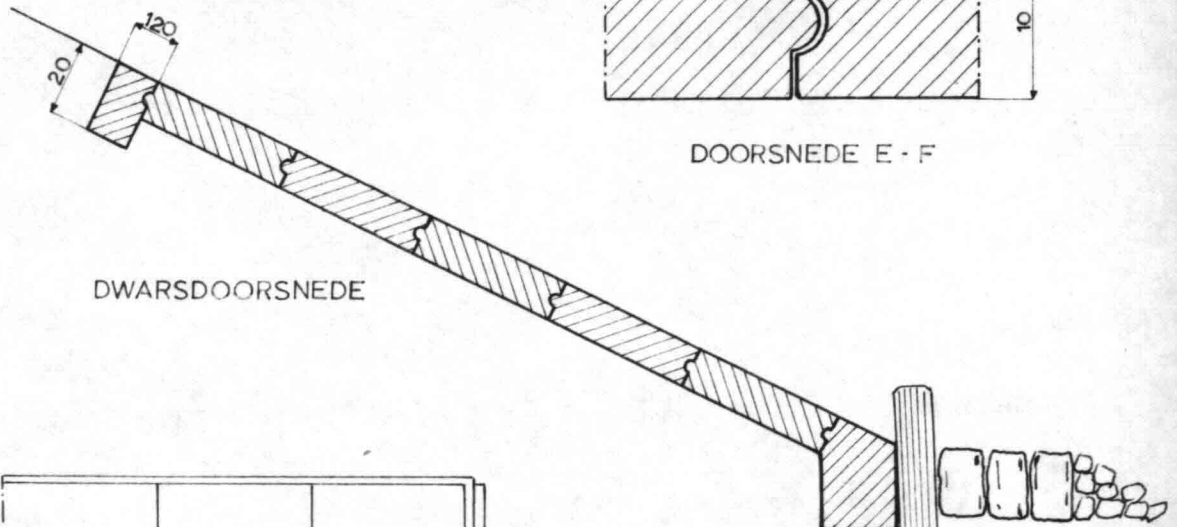
DOORSNEDE



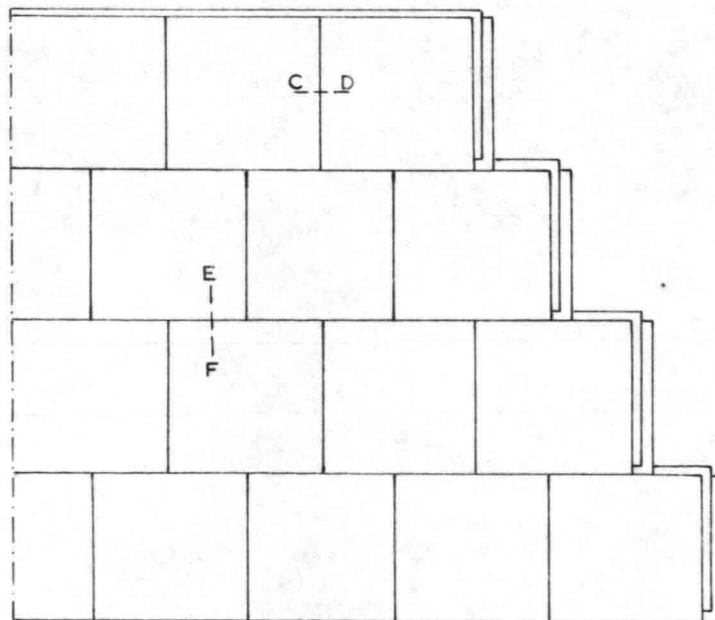
DOORSNEDE C-D



DOORSNEDE E-F



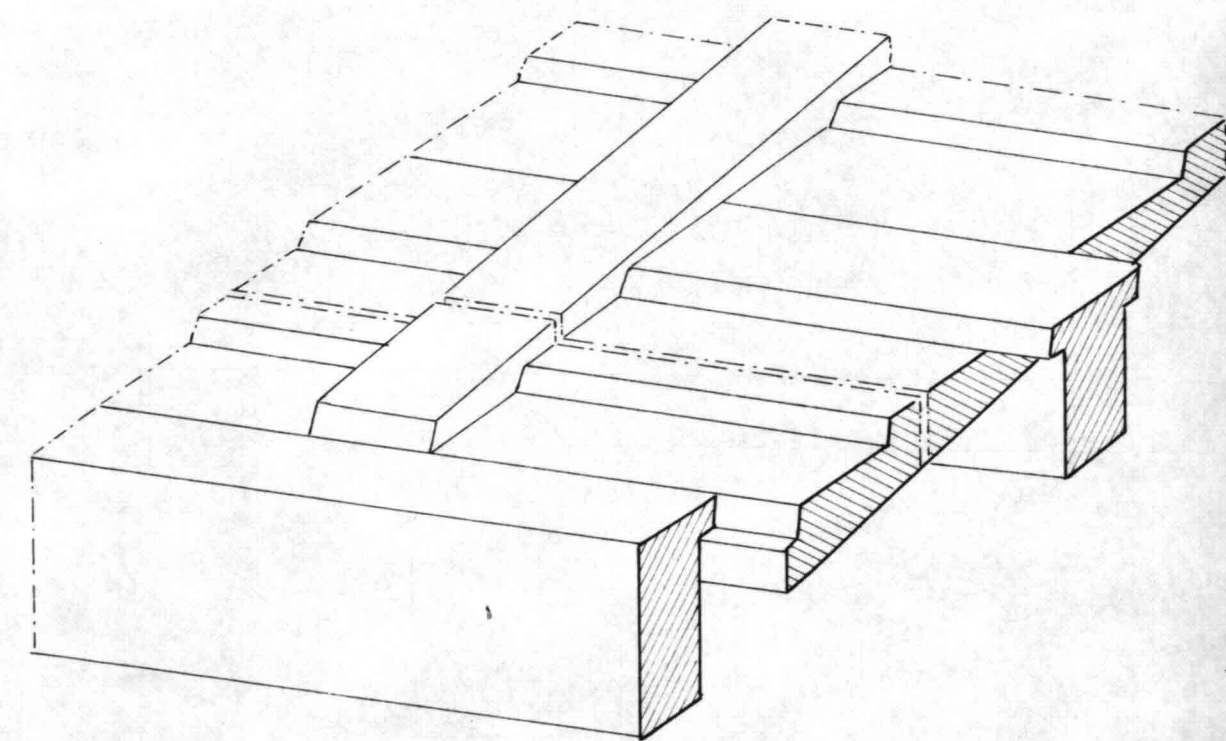
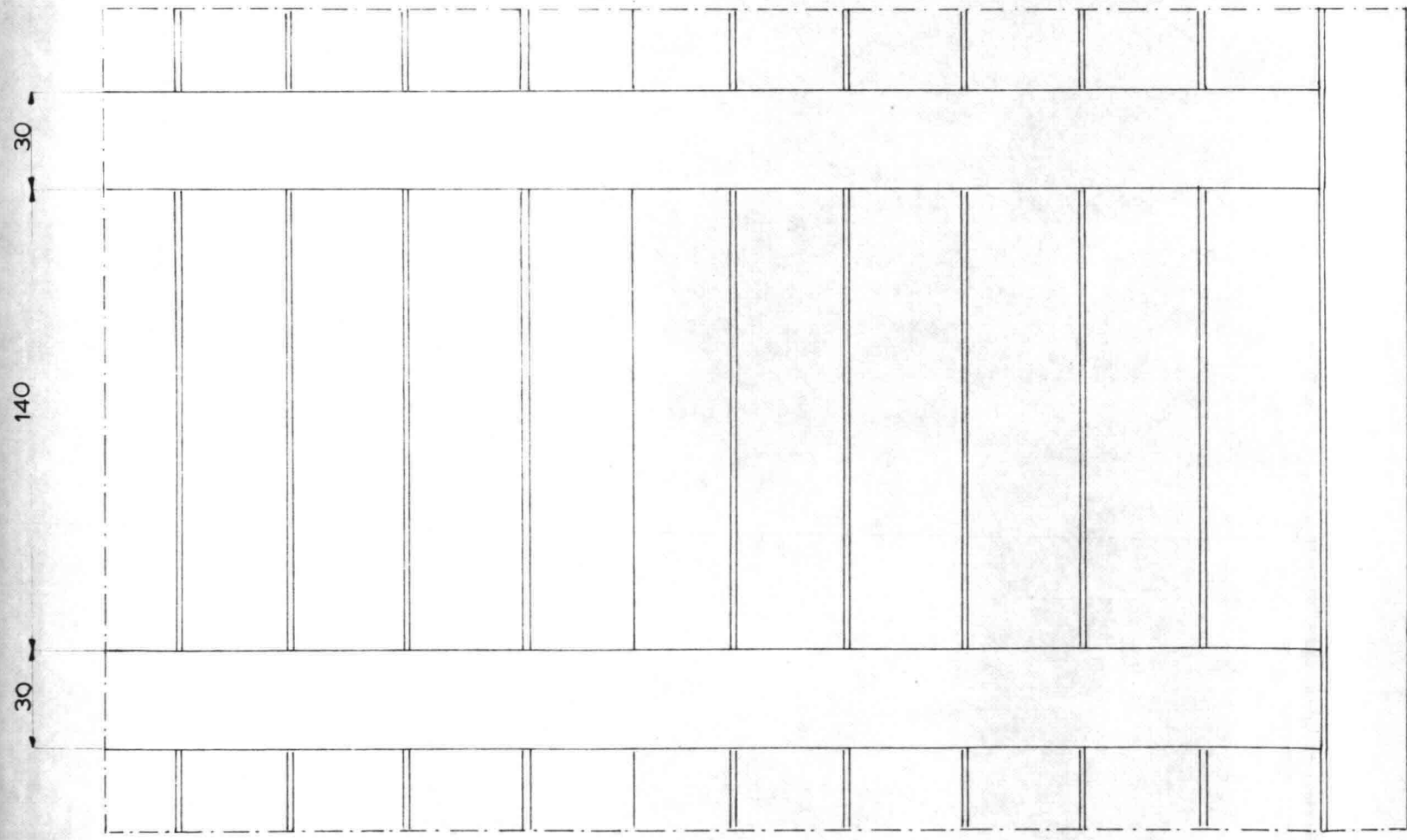
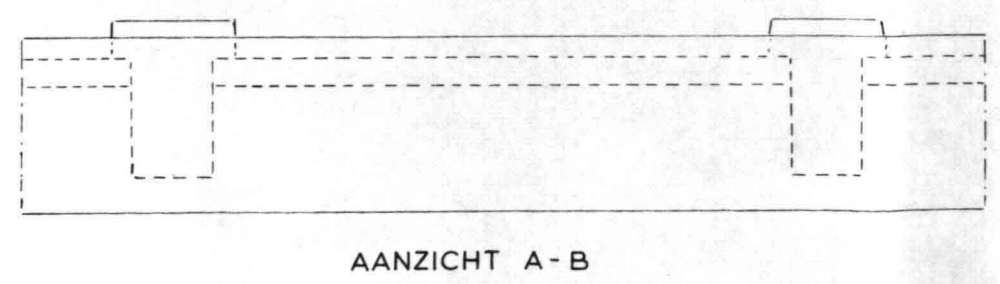
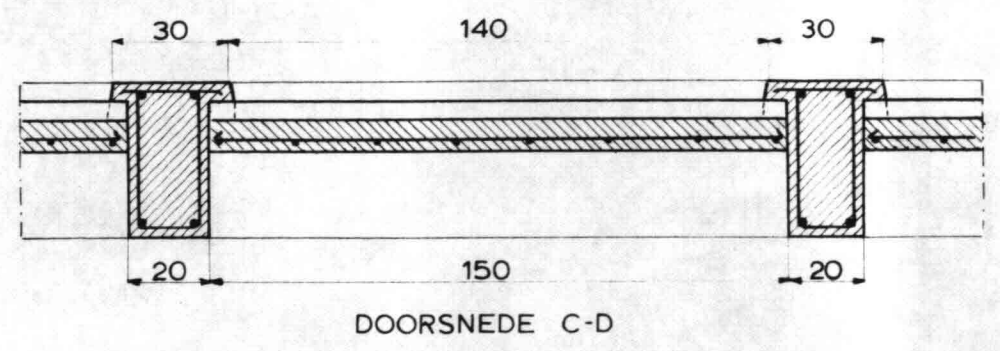
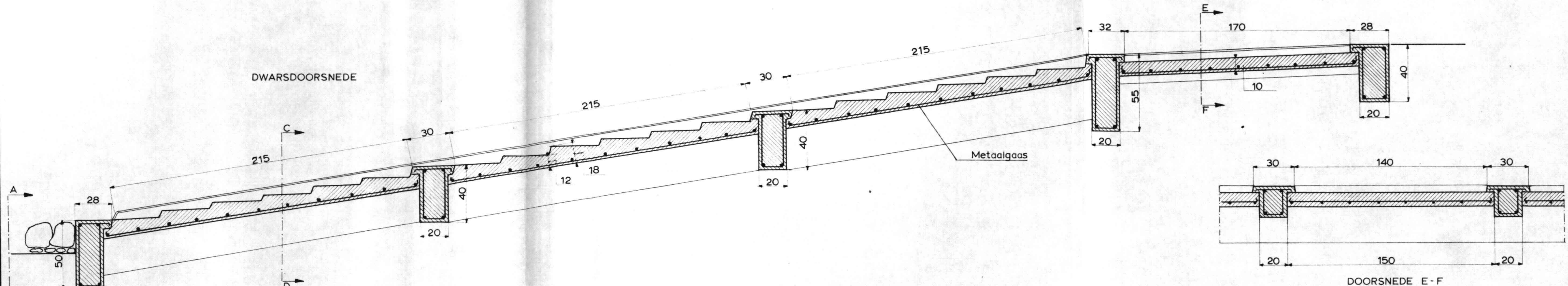
DWARSDOORSNEDE



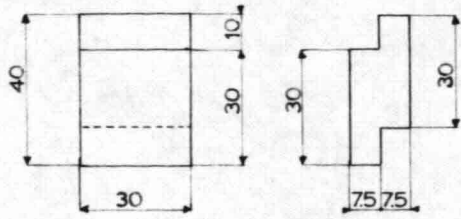
BOVENAANZICHT

GEWICHT 39.85 kg
per m² 220 kg

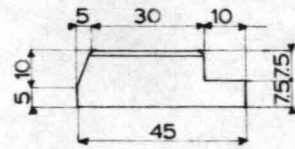
Schaal 1 : 20
1 : 5



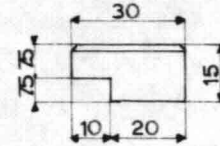
SYSTEEM „OORD“



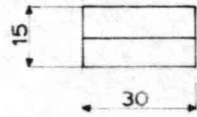
BOVENAANZICHT ZIJAANZICHT



ONDERBLOK

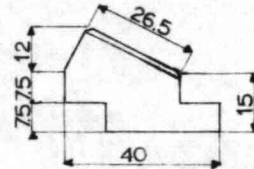


BOVENBLOK



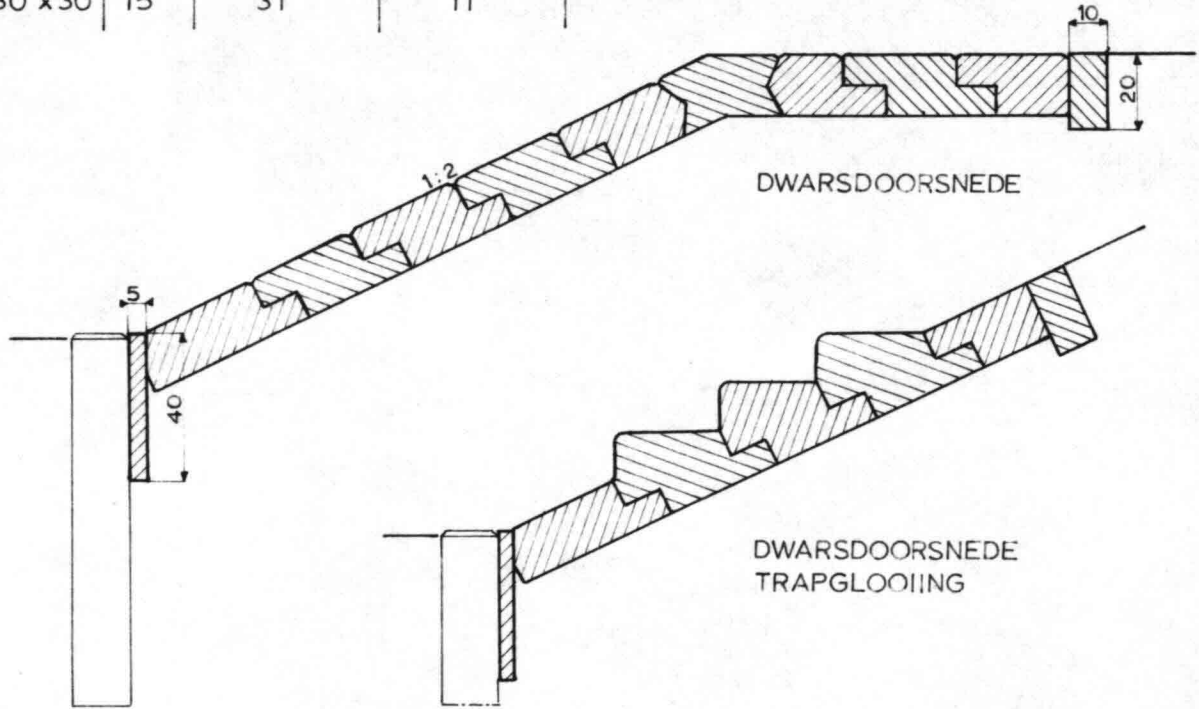
VOORAANZICHT

GEWICHT 31 kg
11 st/m²
per m² 341 kg



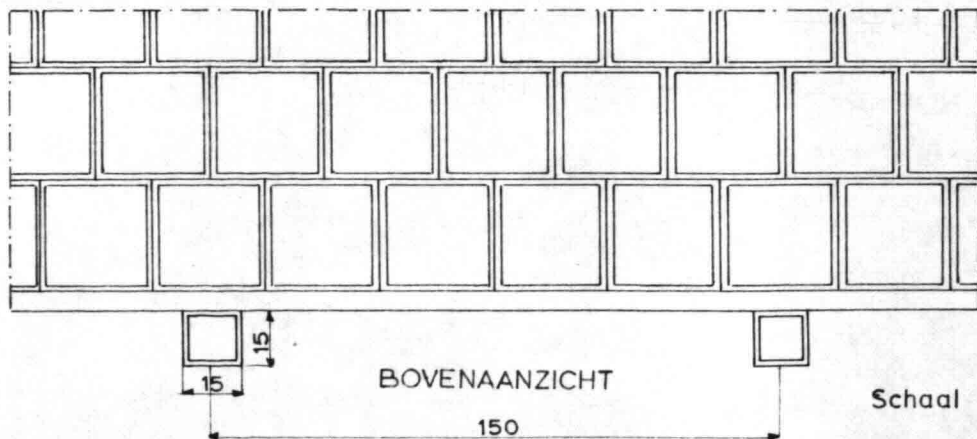
TRAPGLOOIING BLOK

opp.	dikte	gew. bl in kg.	aantal st/m ²
30 x 30	15	31	11



DWARSDOORSNEDE

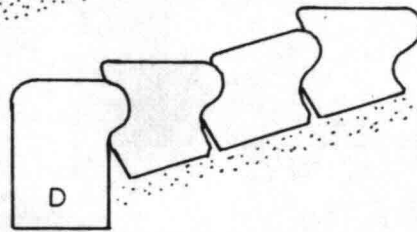
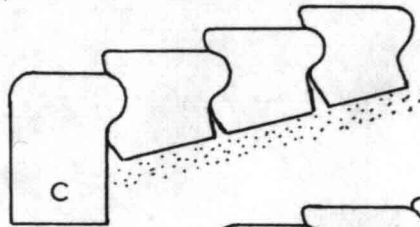
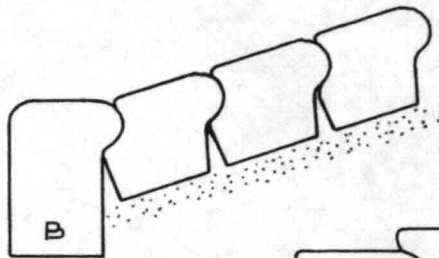
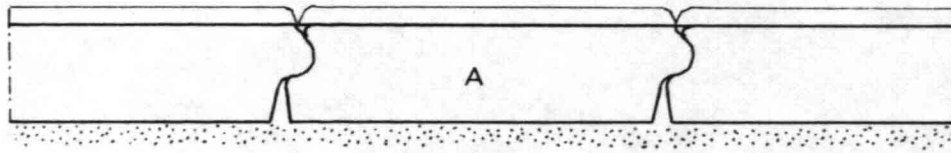
DWARSDOORSNEDE
TRAPGLOOIING



BOVENAANZICHT

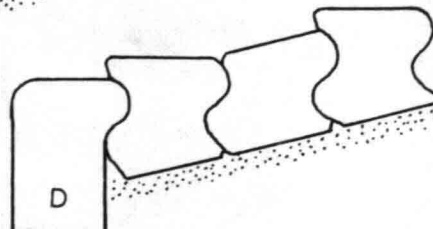
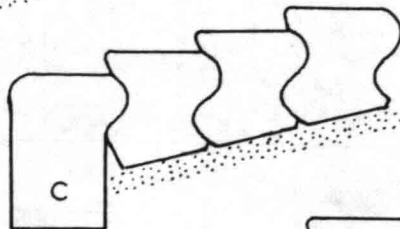
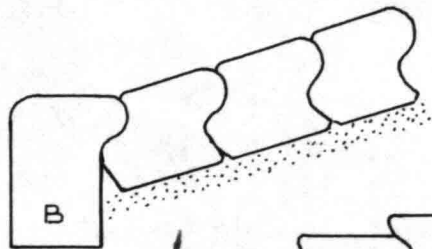
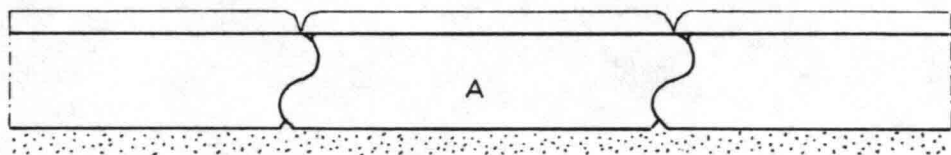
Schaal 1: 20

SYSTEEM „GEMIJ”



AFMETINGEN:
lengte 50 of 100 cm
breedte 25 of 30 cm
dikte 15. 20 of 25 cm

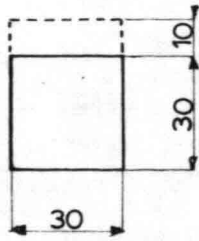
GLOOIING-ELEMENTEN MET ENKELE AANSLUITING



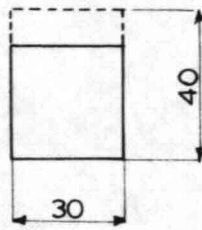
GLOOIING-ELEMENTEN MET DUBBELE AANSLUITING

Schaal 1: 20

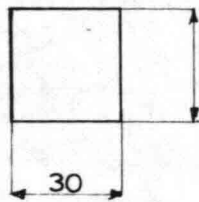
BETONBLOKKEN in de vorm van een KUBUS



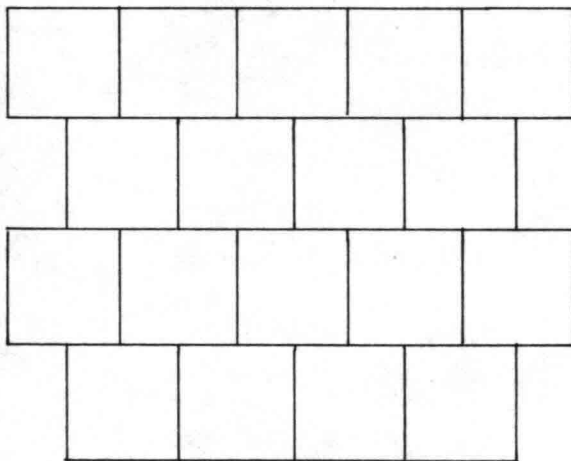
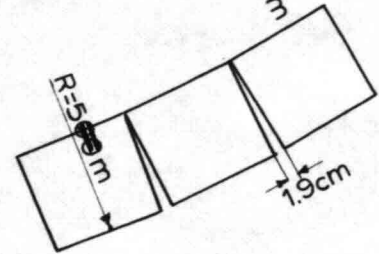
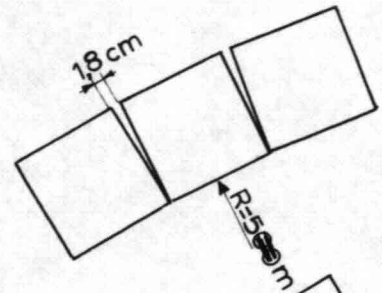
BOVENAANZICHT



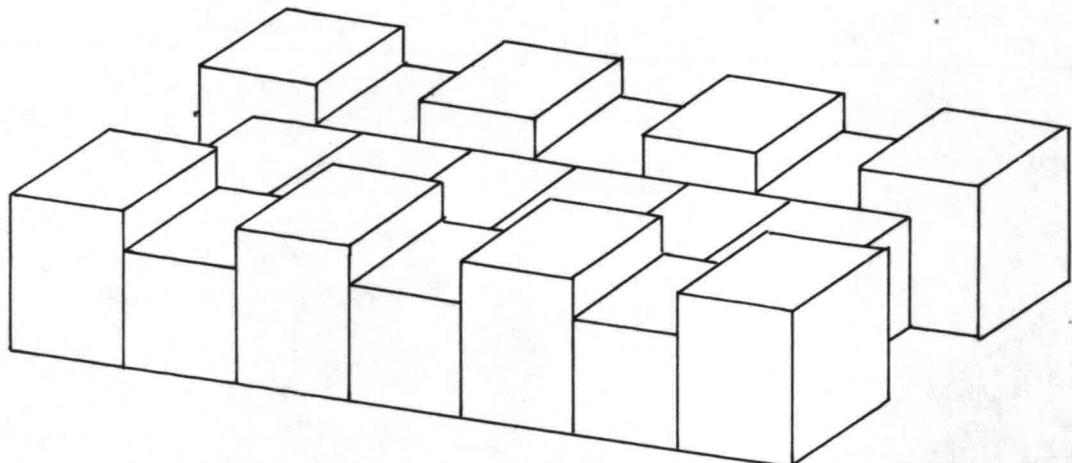
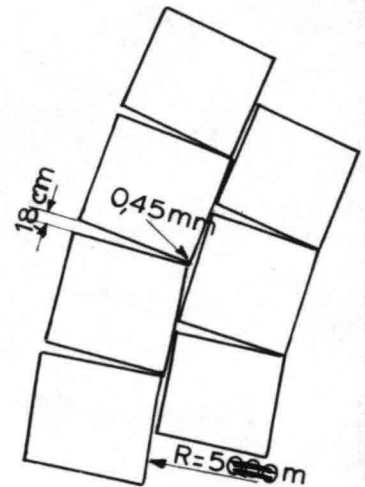
ZIJAAANZICHT



VOORAANZICHT

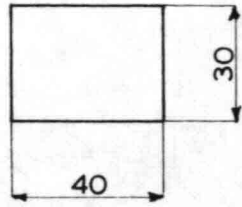


BOVENAANZICHT

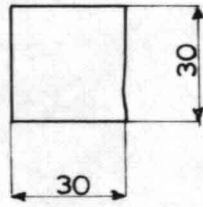


Schaal 1:20

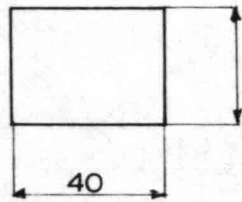
RECHTHOEKIGE-BETONBLOKKEN



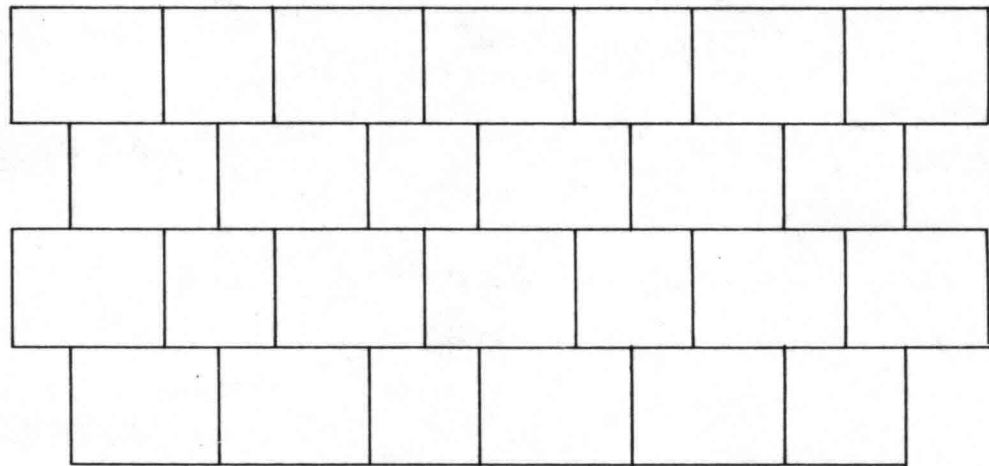
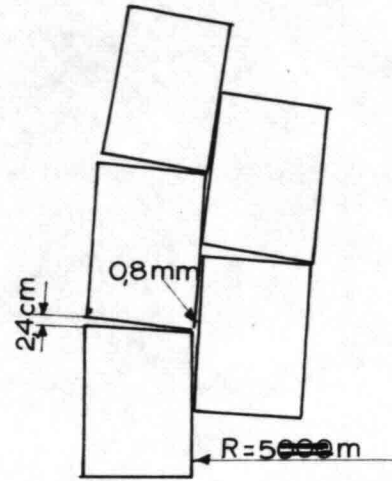
BOVENAANZICHT



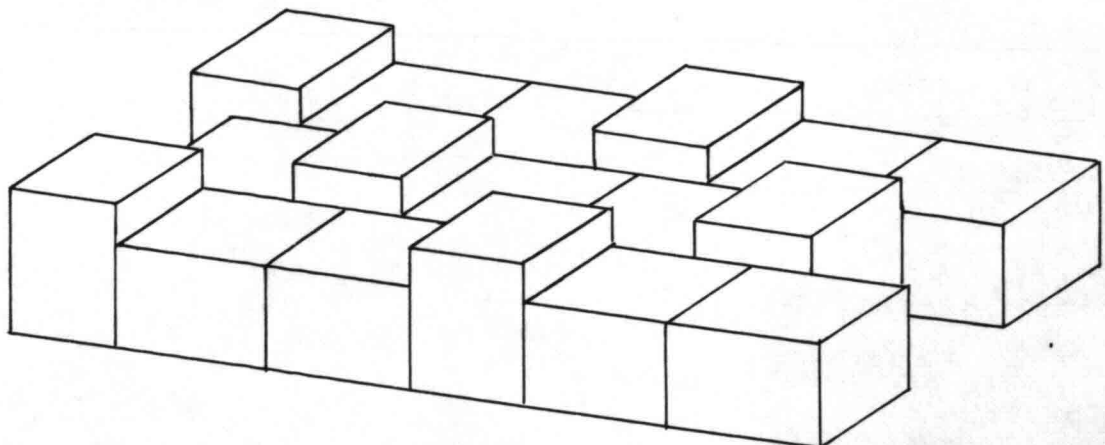
ZIJAAANZICHT



VOORAANZICHT

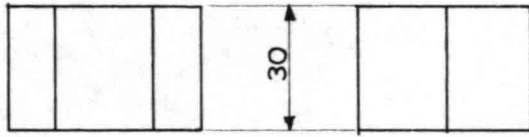


BOVENAANZICHT



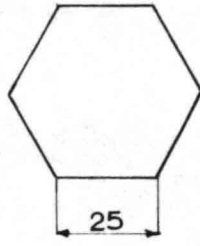
Schaal 1 : 20

BETONZUILEN

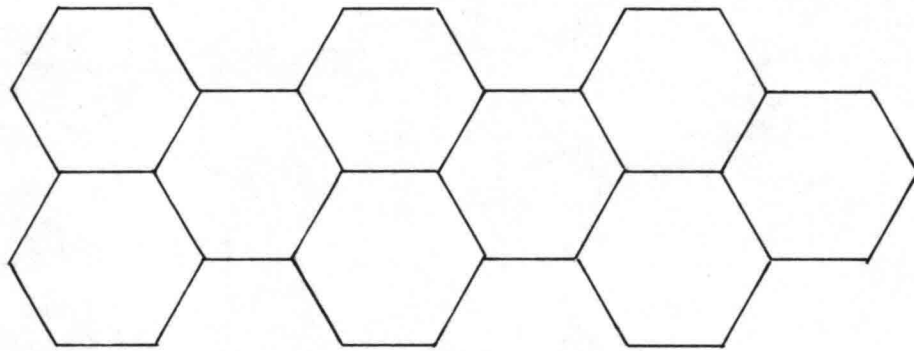


VOORAANZICHT

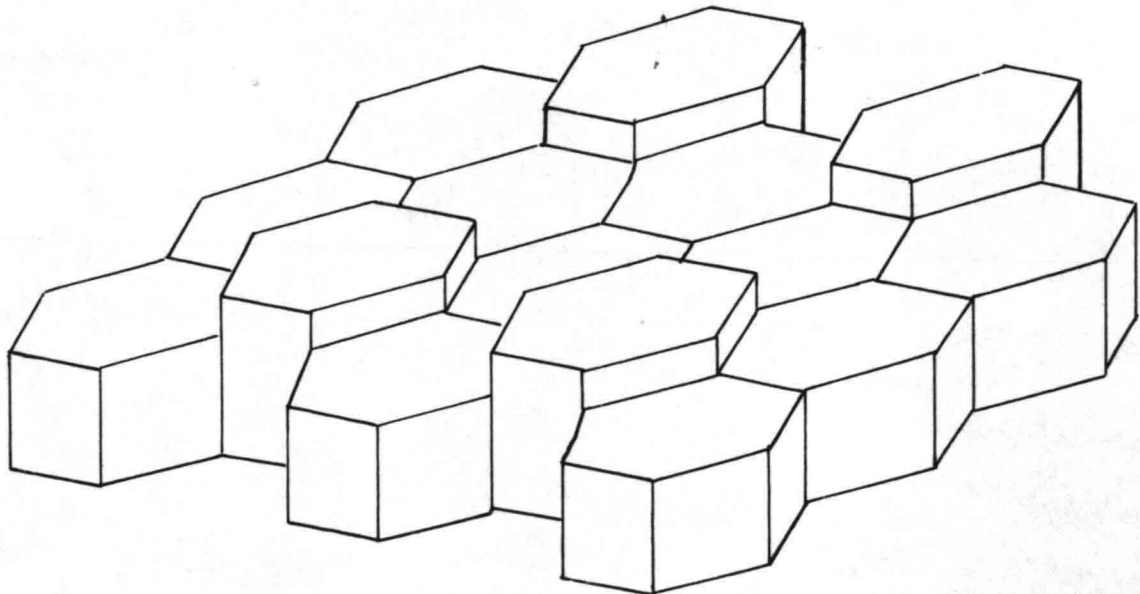
ZIJAANZICHT



BOVENAANZICHT

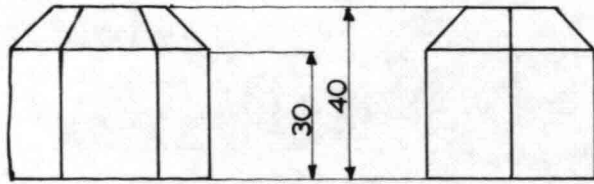


BOVENAANZICHT



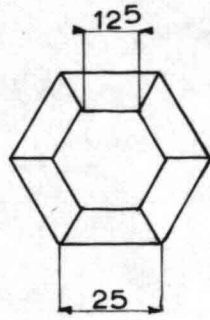
Schaal 1 : 20

BETONZUILEN met piramidevormige verhoging

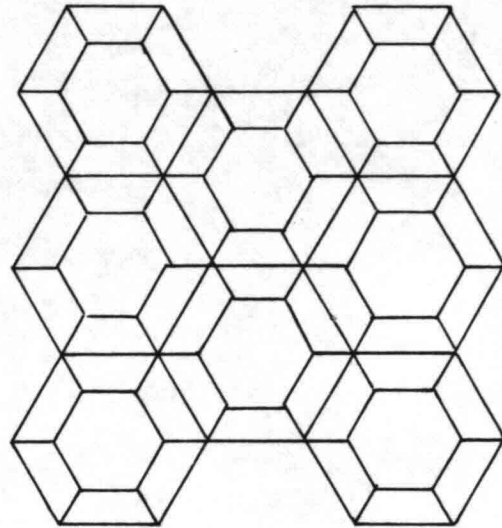


VOORAANZICHT

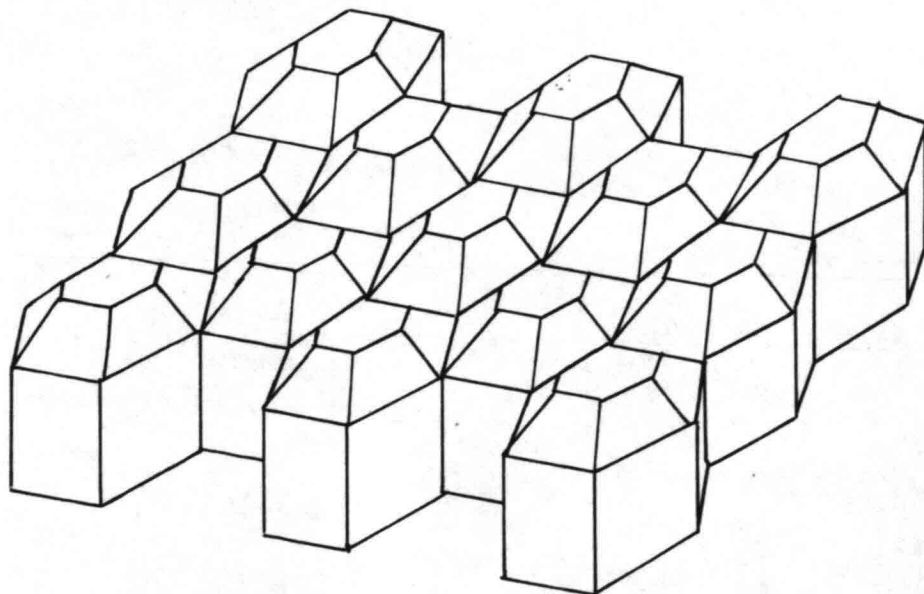
ZIJAANZICHT



BOVENAANZICHT

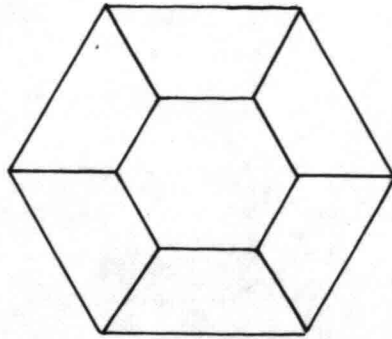


BOVENAANZICHT

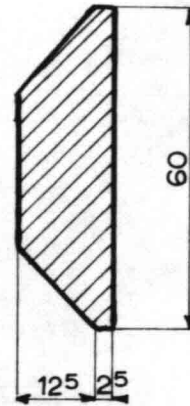


Schaal 1:20

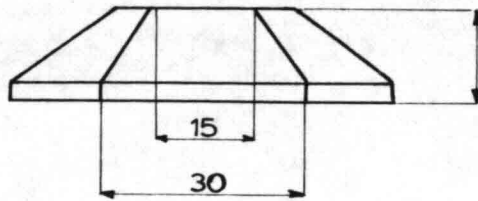
ZESHOEKIG BETONBLOK
van de Römddamm



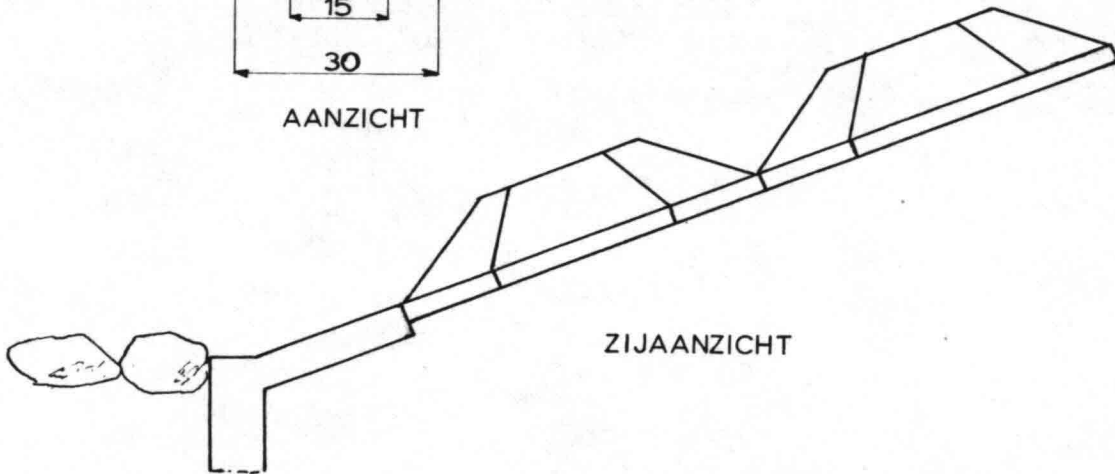
BOVENAANZICHT



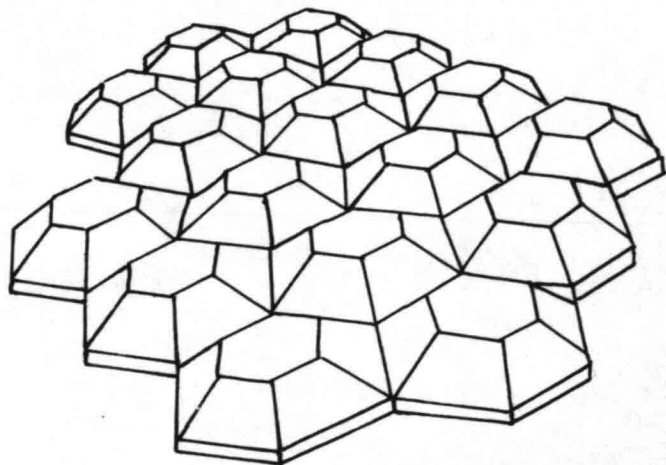
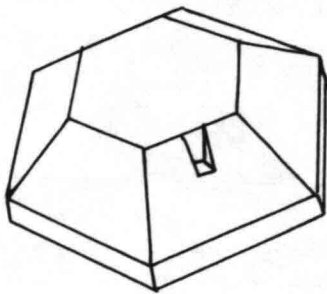
DOORSNEDE



AANZICHT

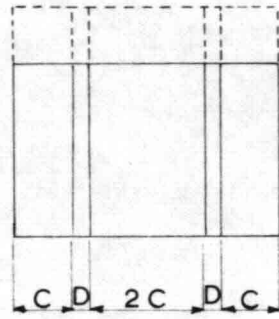


ZIJAANZICHT

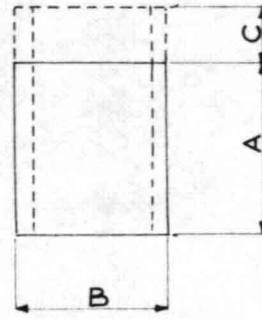


Schaal 1 : 20

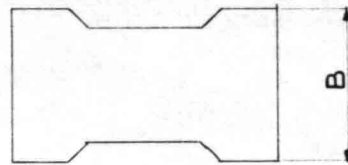
I PRO BLOKKEN



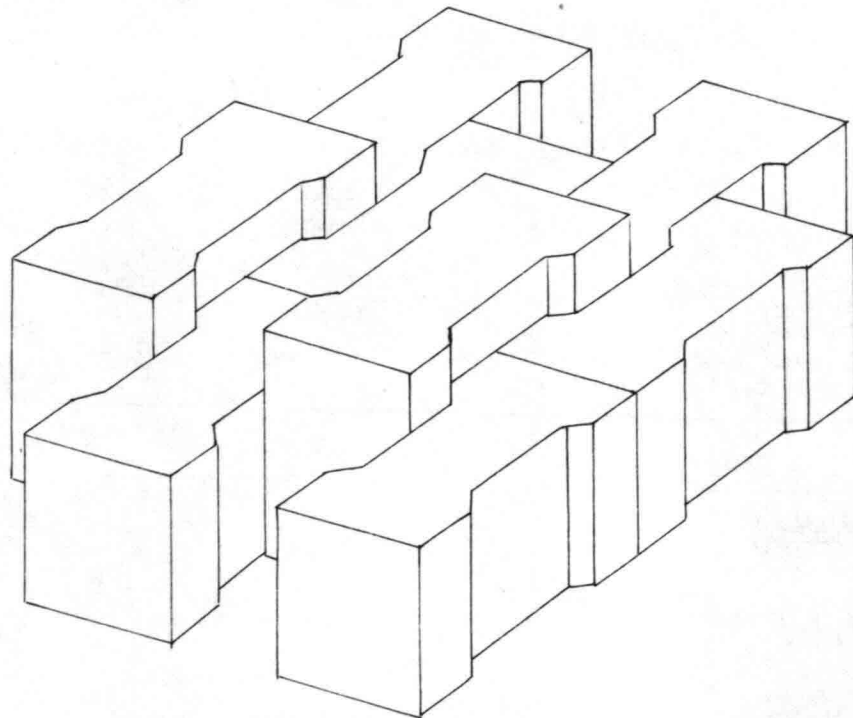
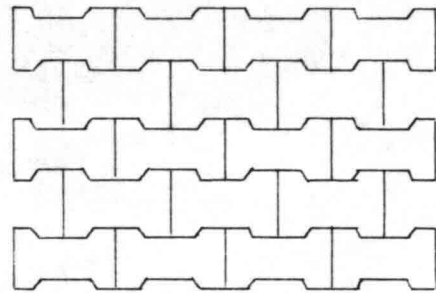
ZIJAAANZICHT



VOORAANZICHT

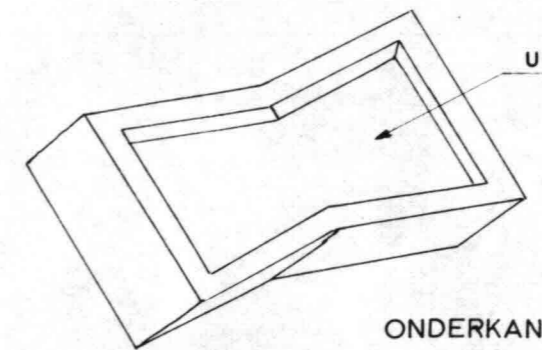
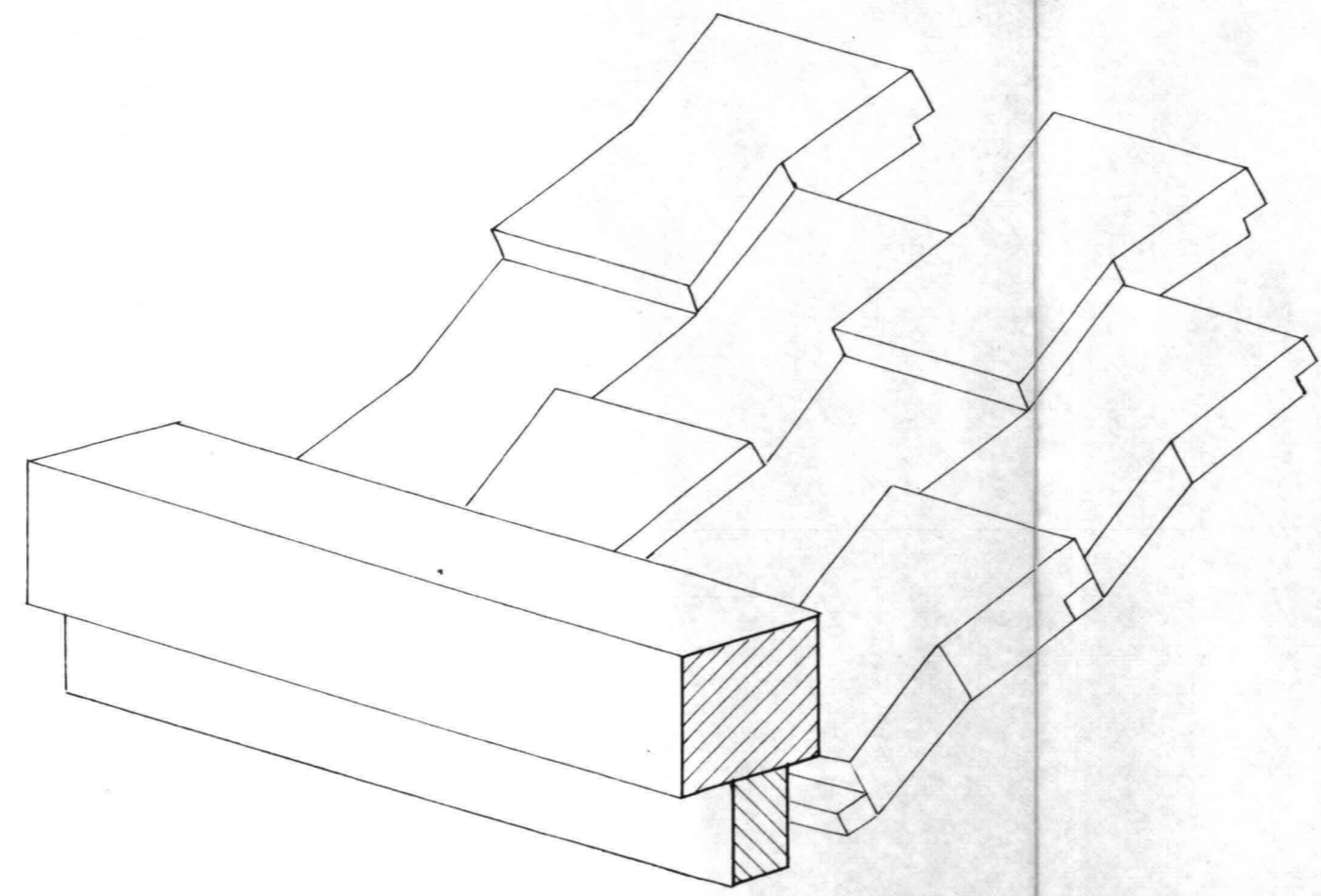
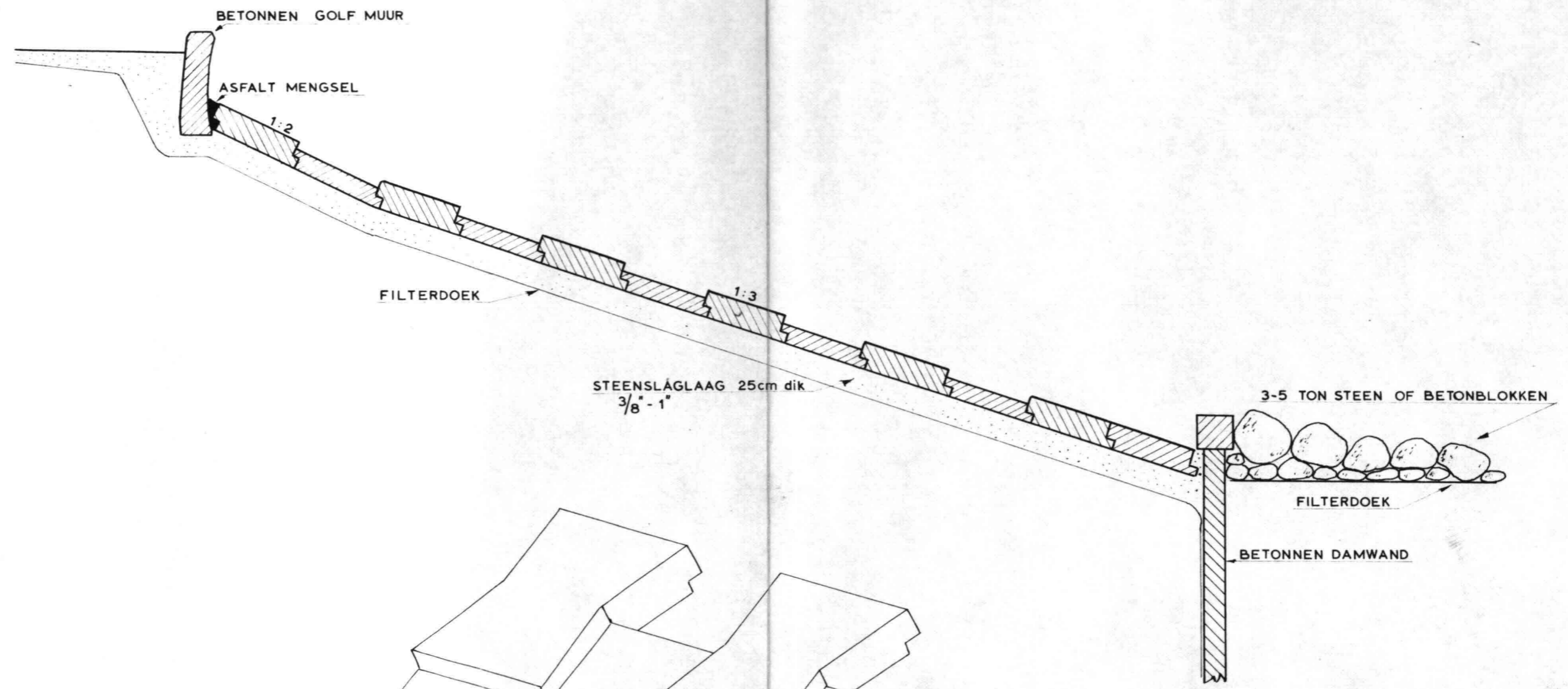


BOVENAANZICHT



Schaal 1 : 20 (±)

AFGELEIDE IPRO VORM

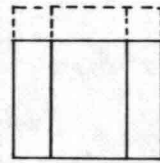
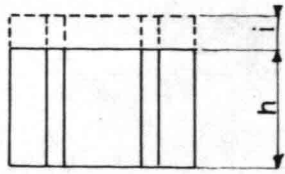


MATEN : DIKTE 25 á 30

ONDERKANT BLOK
TOEPASSING : JUPITER ISLAND FLORIDA

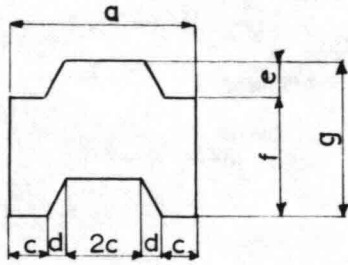
Schaal 1 : 20

BETONSTENEN met horizontaal verband

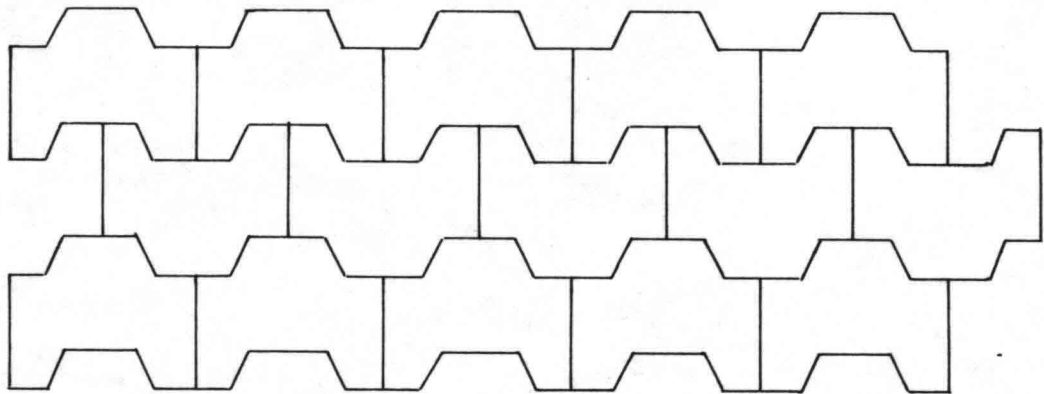


VOORAANZICHT

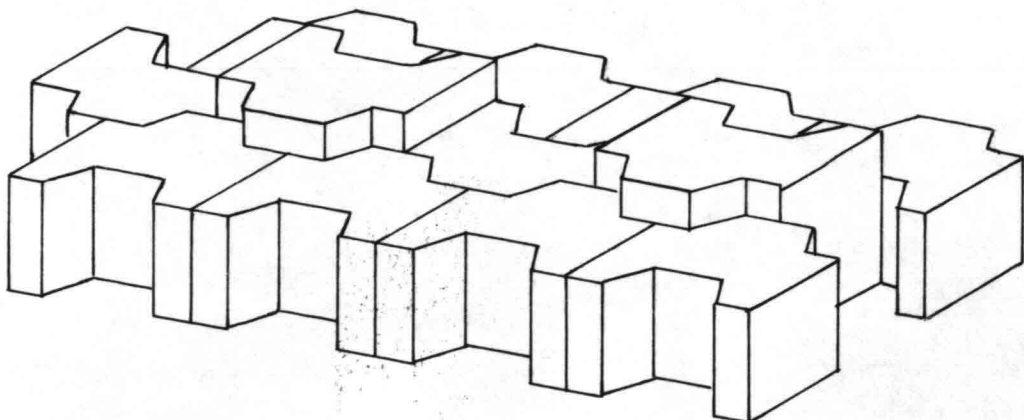
ZIJAAANZICHT



BOVENAANZICHT

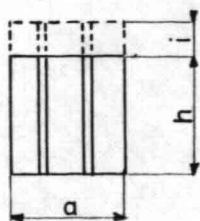


BOVENAANZICHT

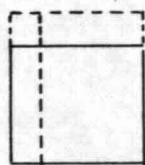


Schaal 1 : 20

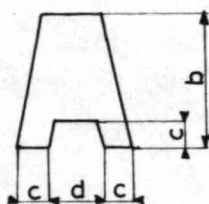
BETONSTENEN met horizontaal verband in V-vorm



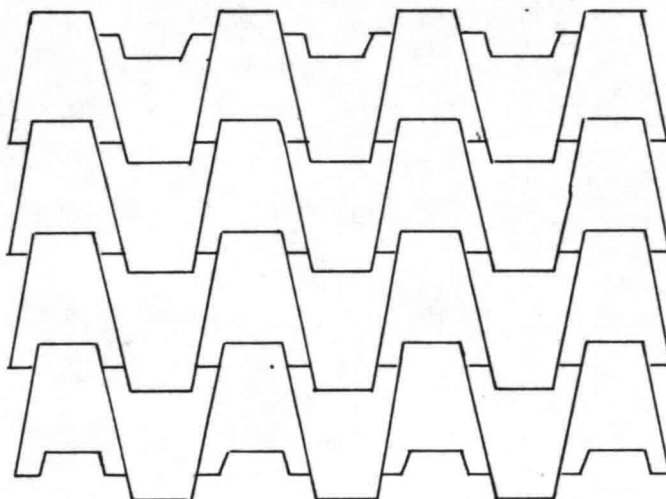
VOORAANZICHT



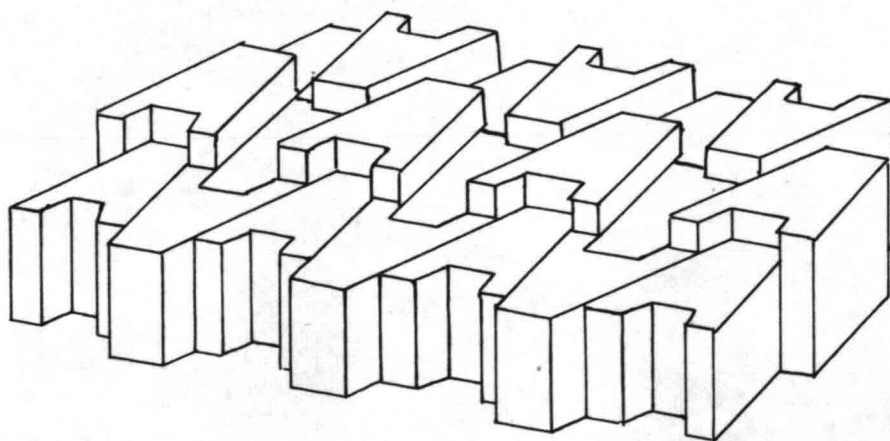
ZIJAANZICHT



BOVENAANZICHT

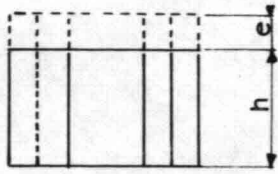


BOVENAANZICHT

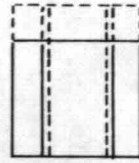


Schaal 1 : 20

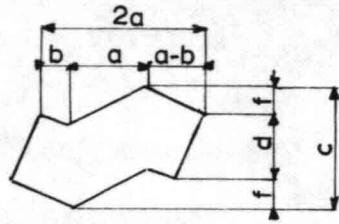
SF-STENEN



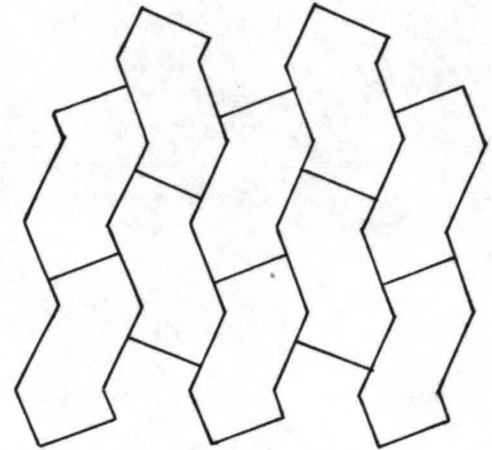
ZIJAANZICHT



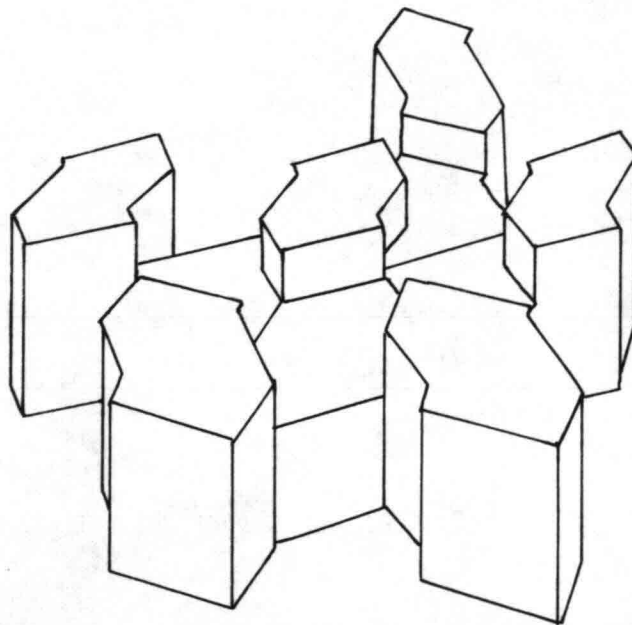
VOORAANZICHT



BOVENAANZICHT

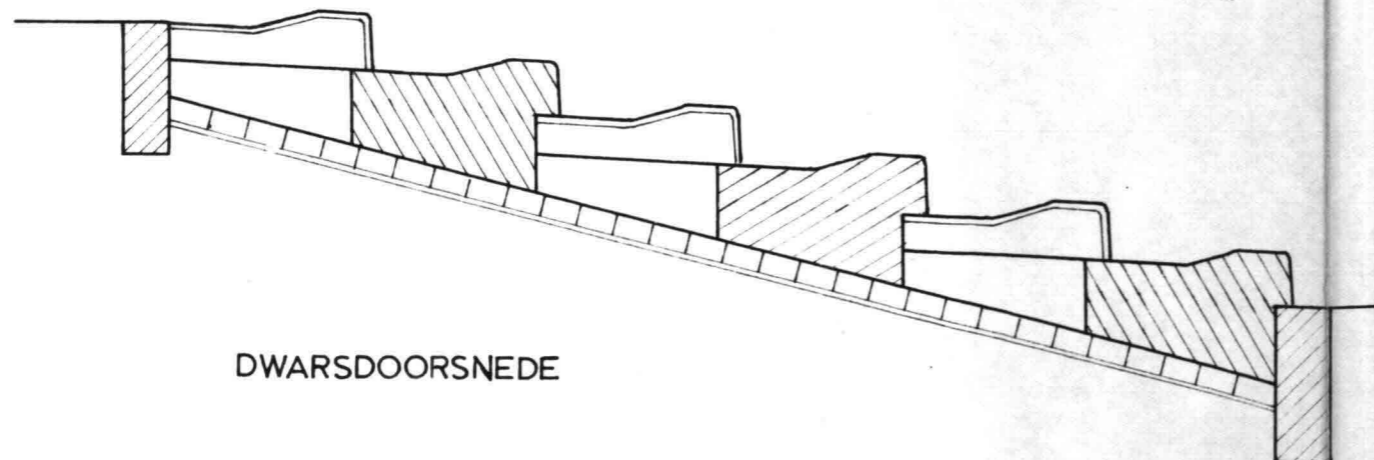
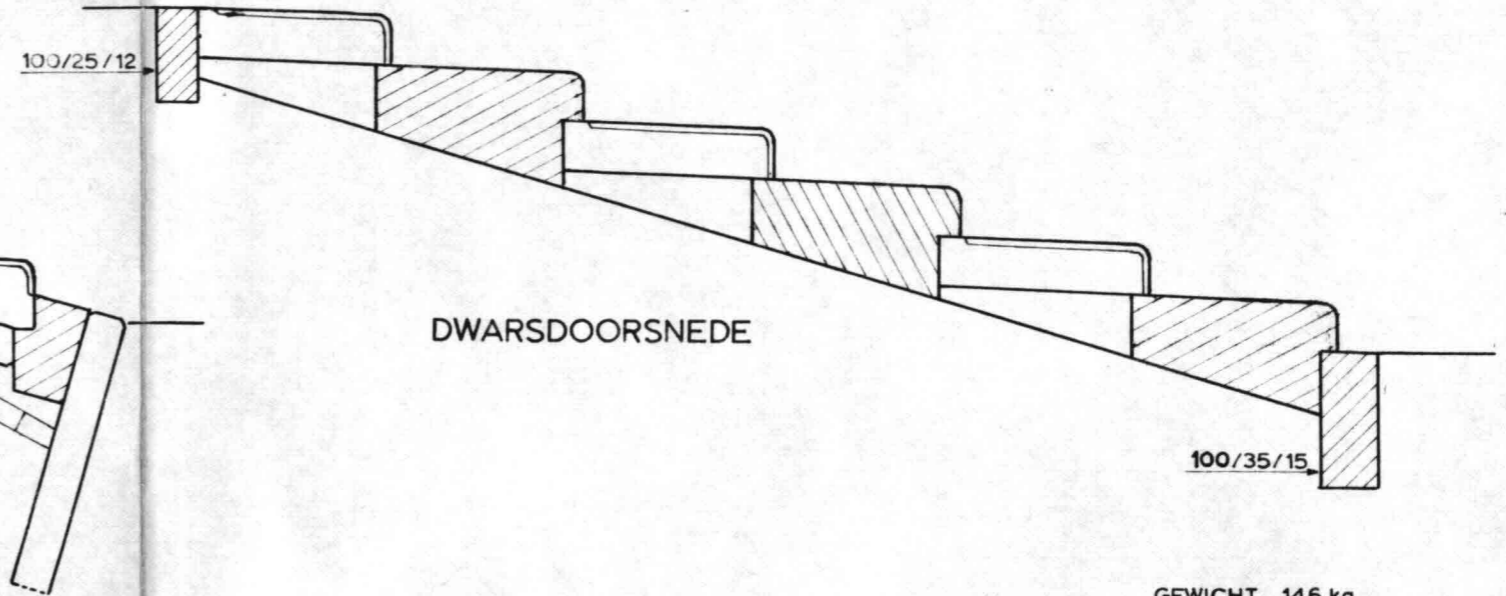
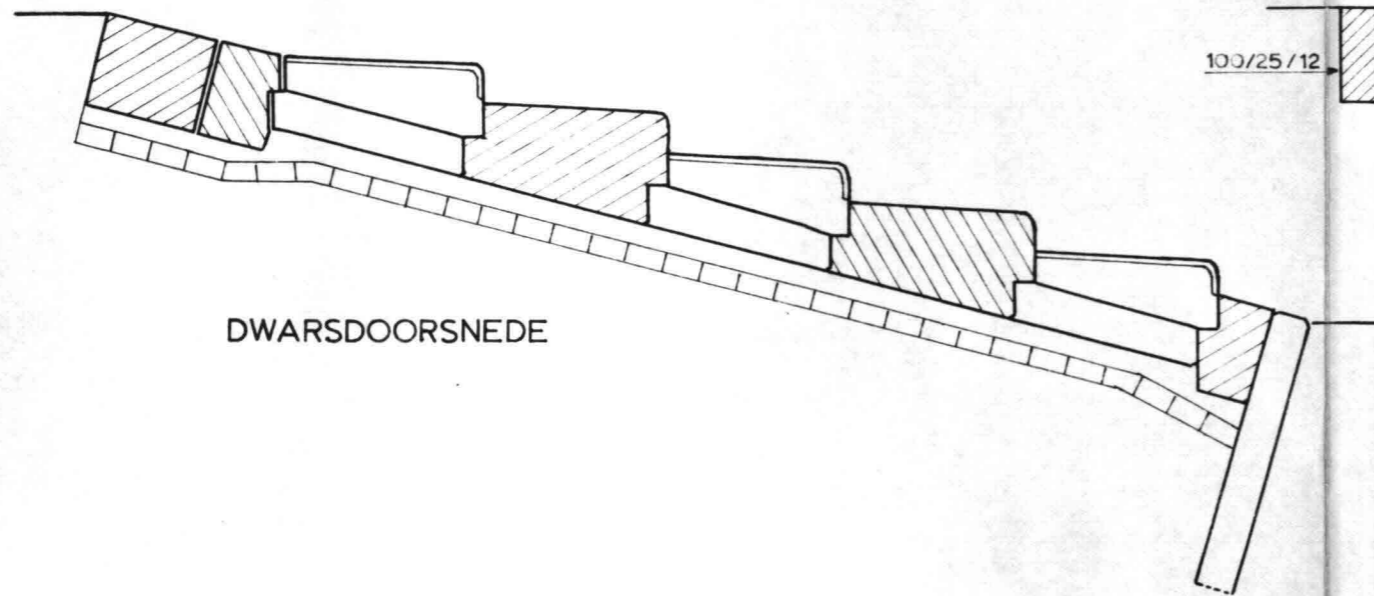
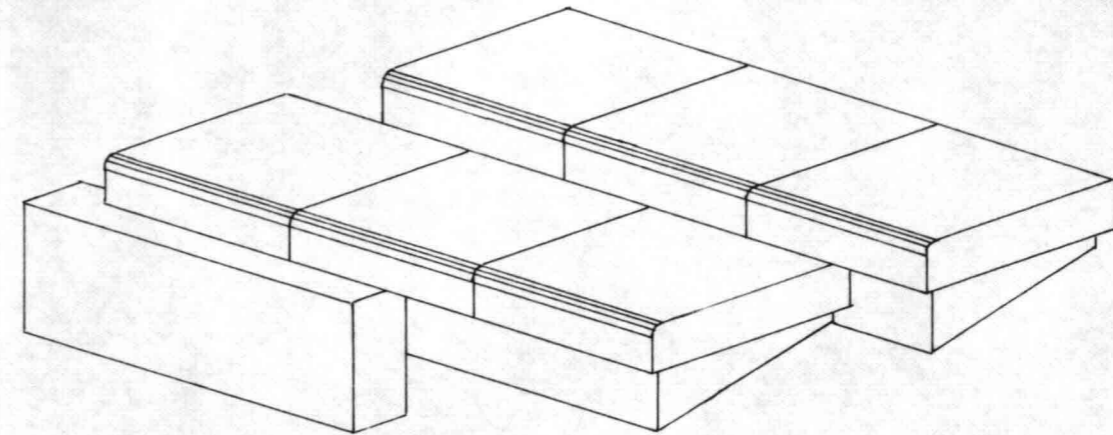
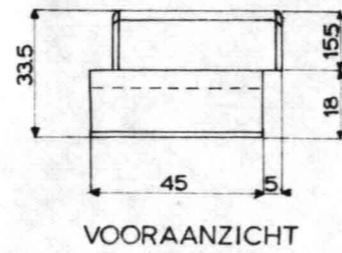
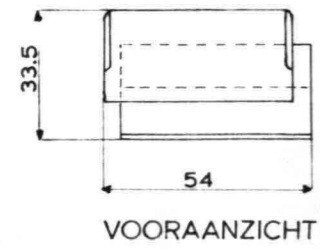
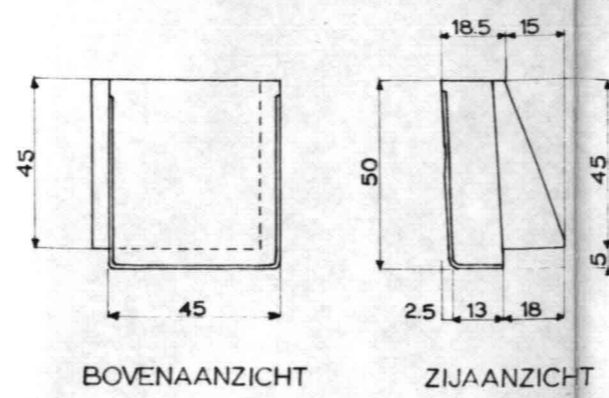
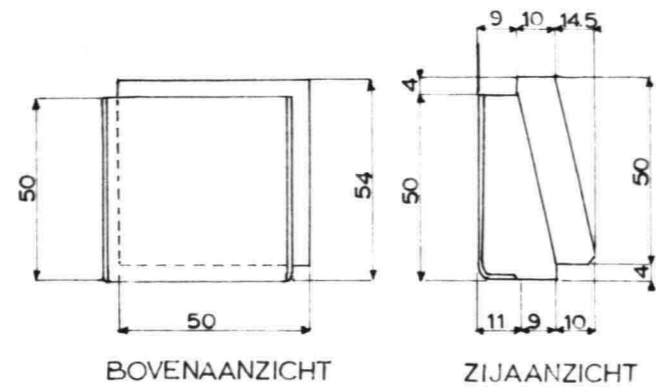


BOVENAANZICHT



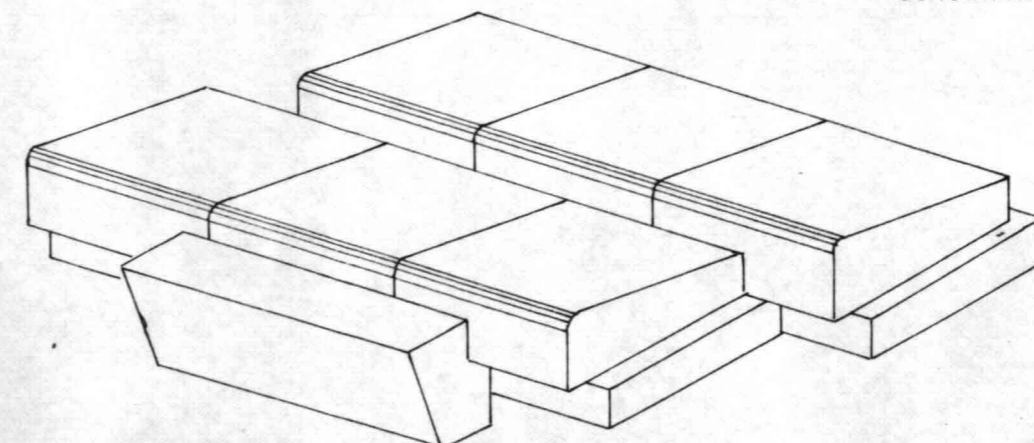
Schaal 1 : 20

SYSTEEM „LEENDERTSE”



GEWICHT 146 kg
per m² 584 kg

TOEPASSING
Zuiderzeewerken
Schouwen Duivenland



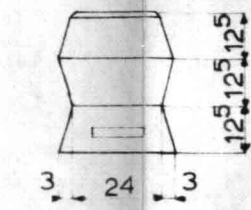
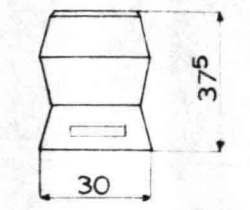
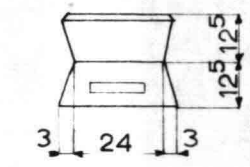
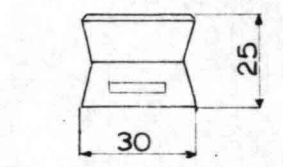
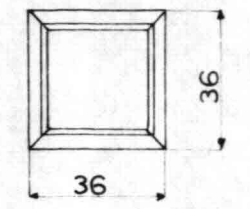
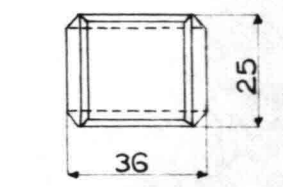
Schaal 1 : 20

DIABOOL - BETONGLOOIING SYSTEEM „STREEFKERK”



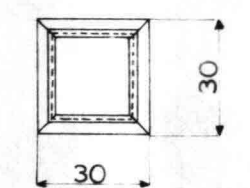
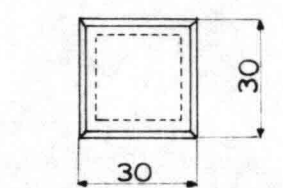
MODEL A
gewicht 50 kg.

MODEL B
gewicht 60 kg.

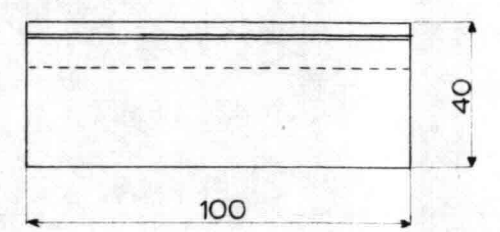
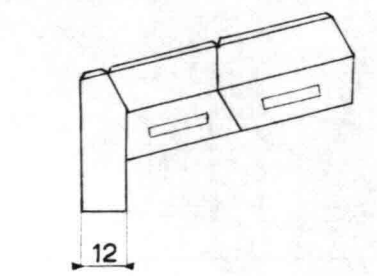


MODEL C
gewicht 40 kg.

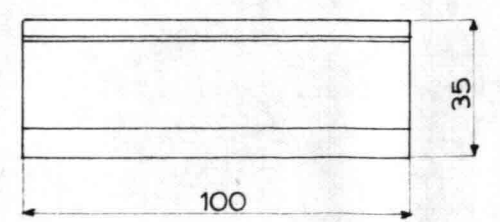
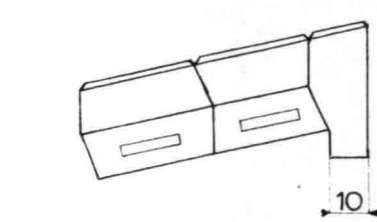
MODEL D
gewicht 70 kg.



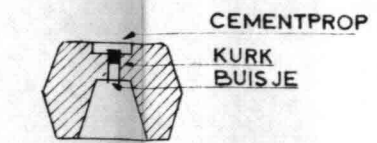
Dikte 25cm, 20cm en 10 á 12 cm



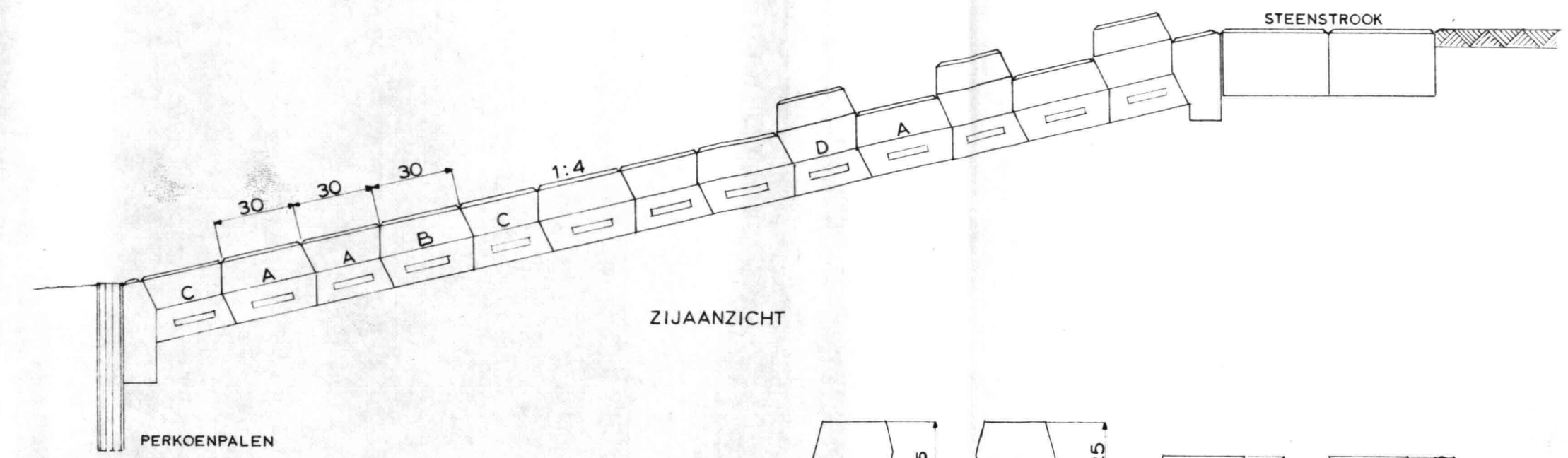
ONDERBAND



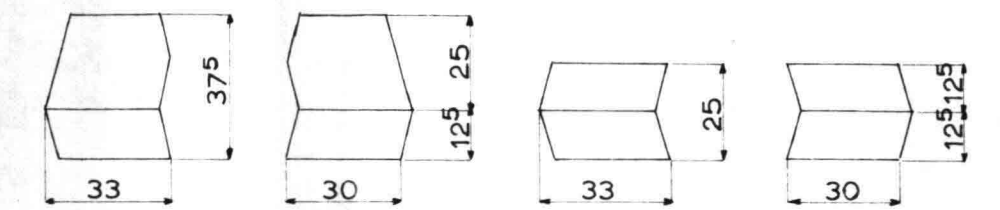
BOVENBAND



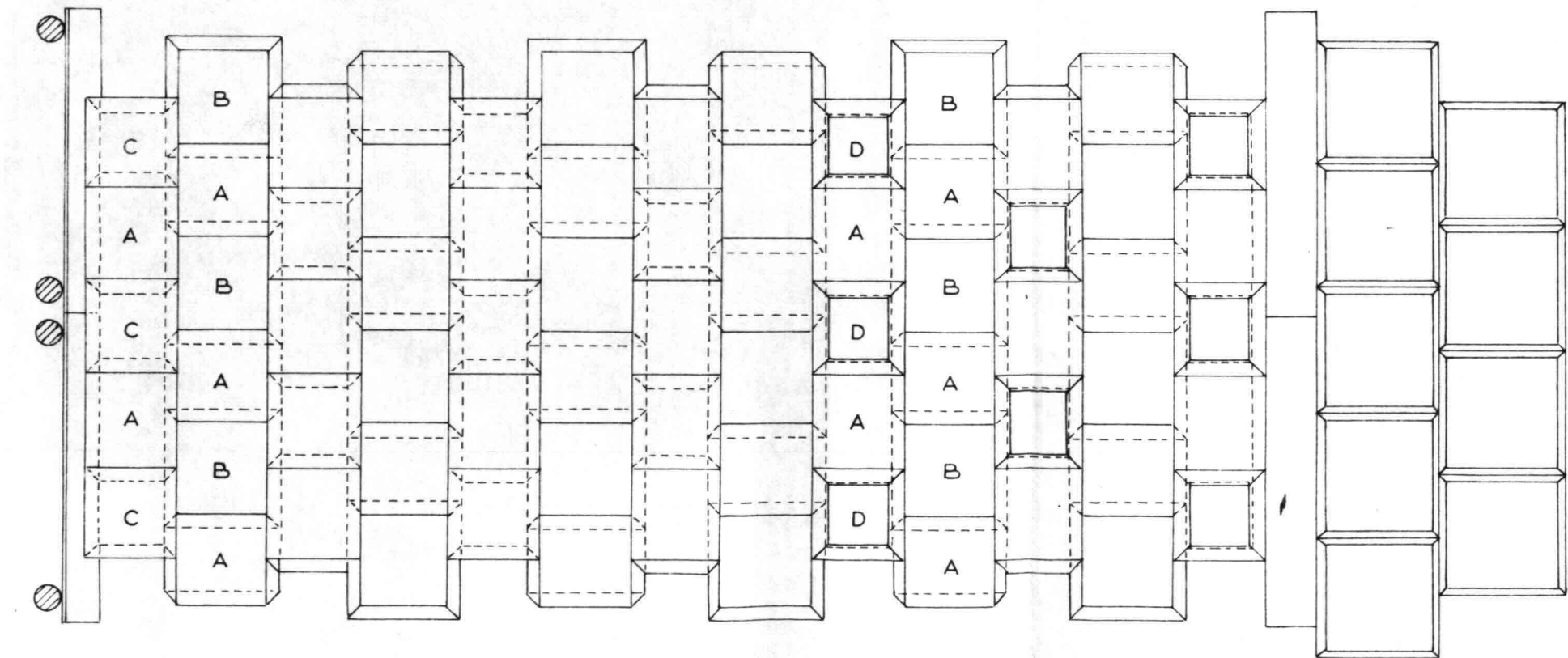
DOORSNEDE B.ZUIL
VOOR ONDERZOEK
TOESTAND BELOOP



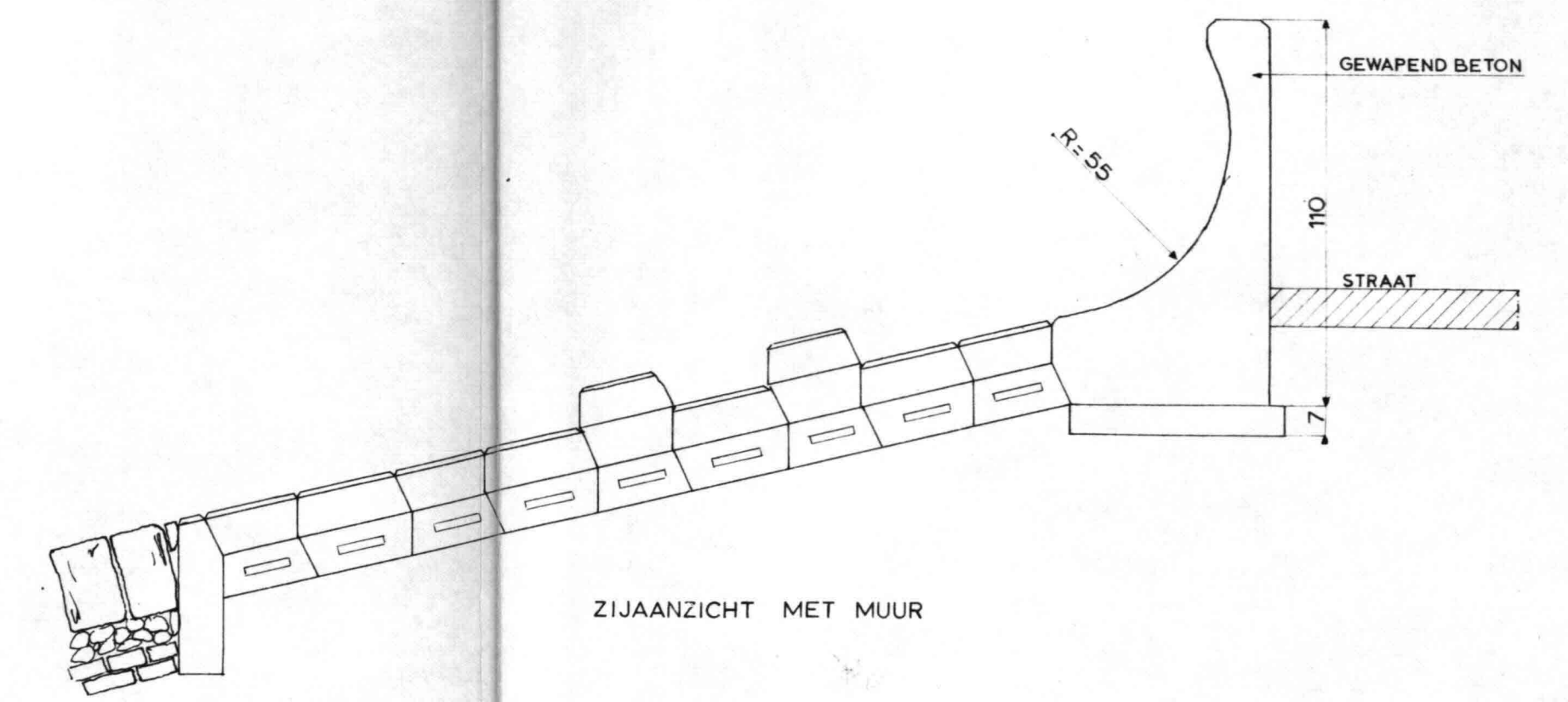
ZIJAANZICHT



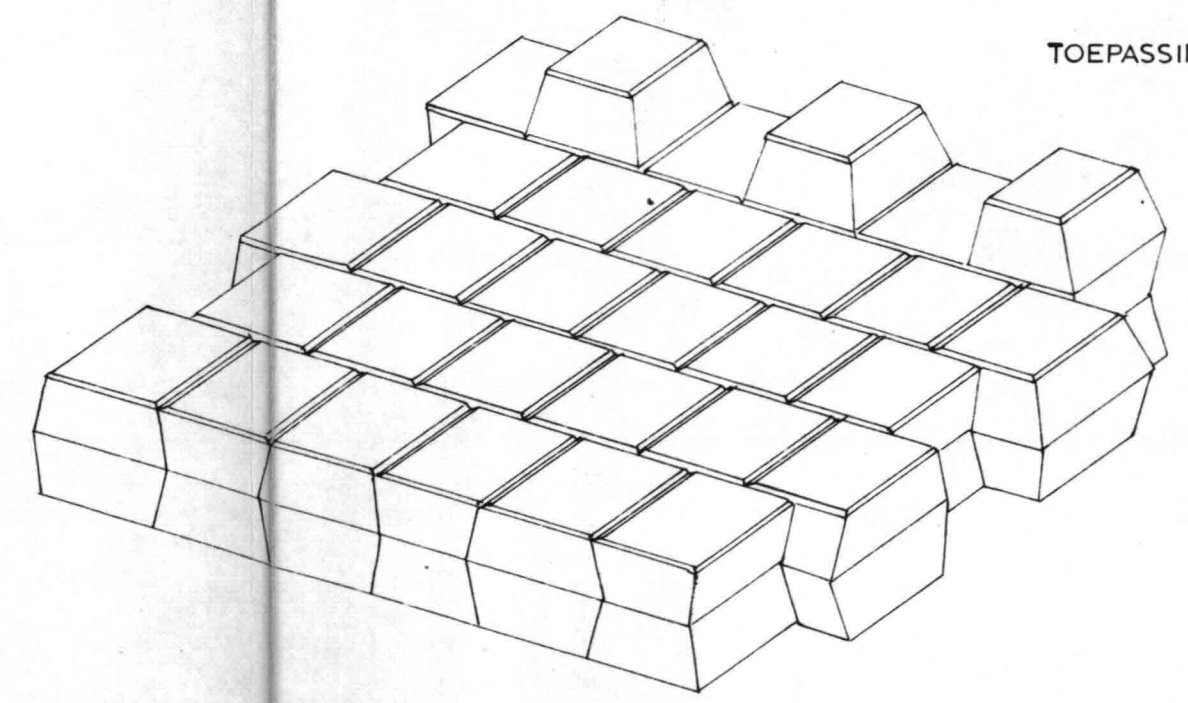
DUITSE VARIANT DIABOOL BLOKKEN



BOVENAANZICHT DIABOOLGLOOIING MET STEENSTROOK



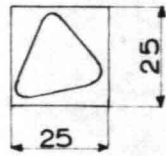
ZIJAANZICHT MET MUUR



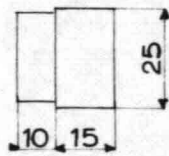
TOEPASSING: Zeeuws-Vlaanderen
Walcheren
Noord- en Zuid-Beveland
Tholen
St Philipland
België

GEWICHT PER M²: 480kg. (20cm)
GEWICHT PER M²: 600kg. (25cm)
VERHOUDING A : B : C OF D
2 : 1 : 1
AANTAL STUKS PER M²: 11

BEVERKOP GLOOIING

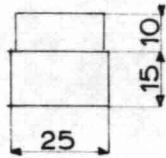


BOVENAANZICHT

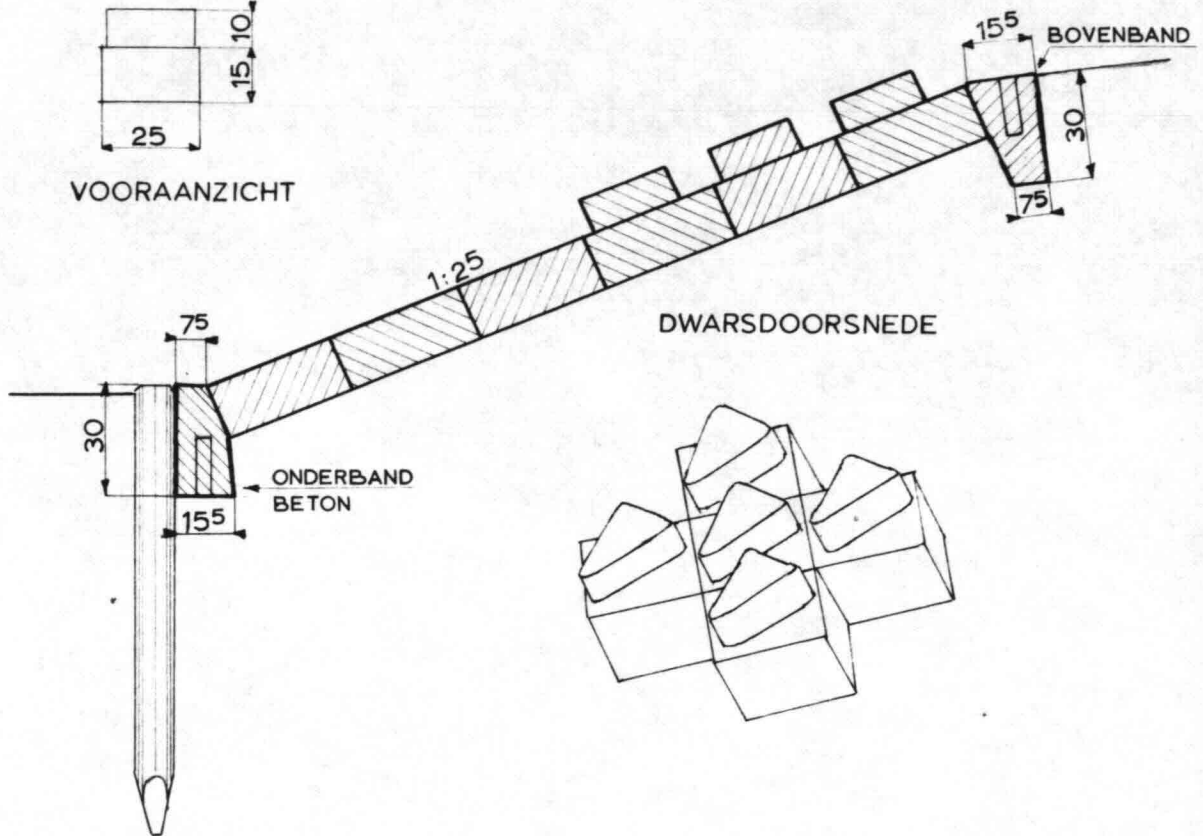


ZIJAANZICHT

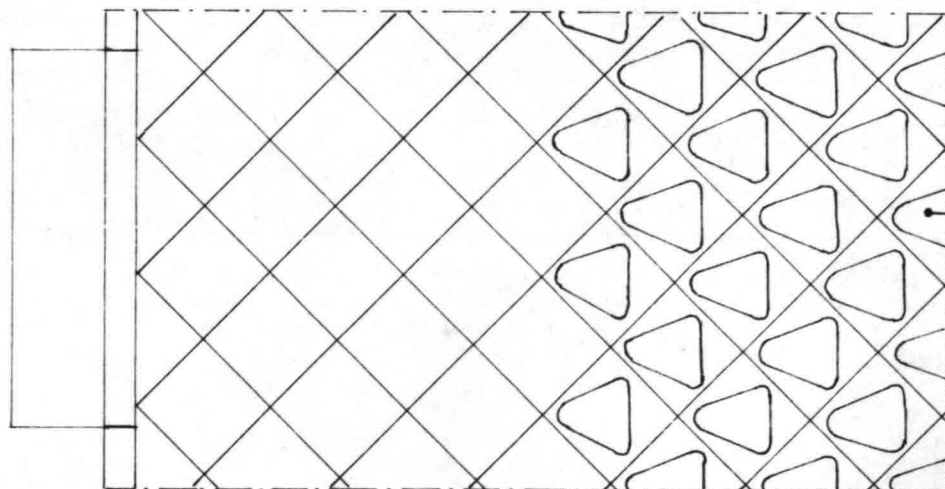
BLOKKEN 25x25x15
ook in grotere afmetingen



VOORAANZICHT



DWARSDOORSNEDE



Bisschopsmuts

Toepassing: Hoge Nespolder Z-H
Heerjansdam "
Streefkerk "
Eierland (Texel)

BOVENAANZICHT

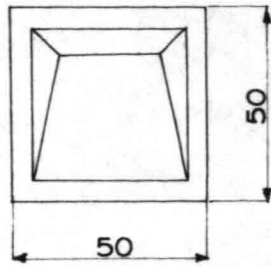
Schaal 1:20

GEWICHT

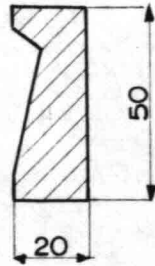
blokken 25x25x15 = 30 kg
30x30x15 = 40 kg

per m² 440 kg

SYSTEEM „HARINGMAN ”

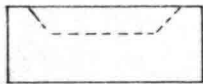


BOVENAANZICHT

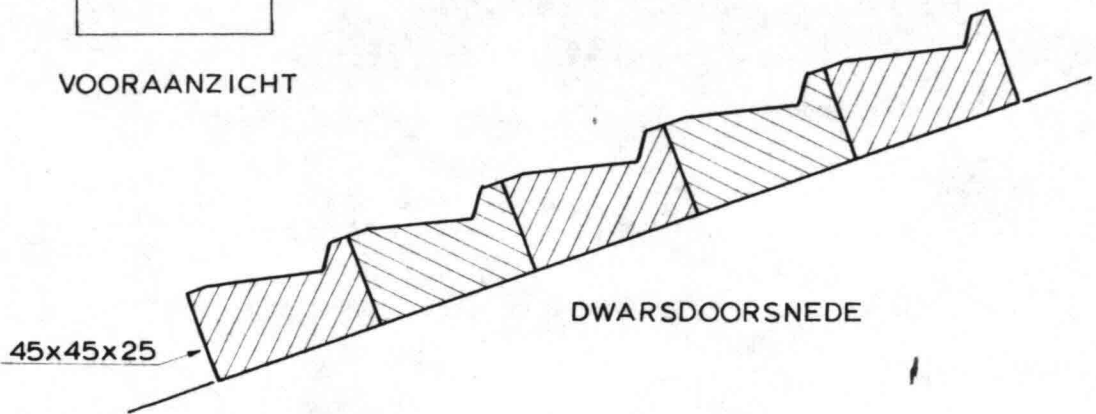


DWARSDOORSNEDE

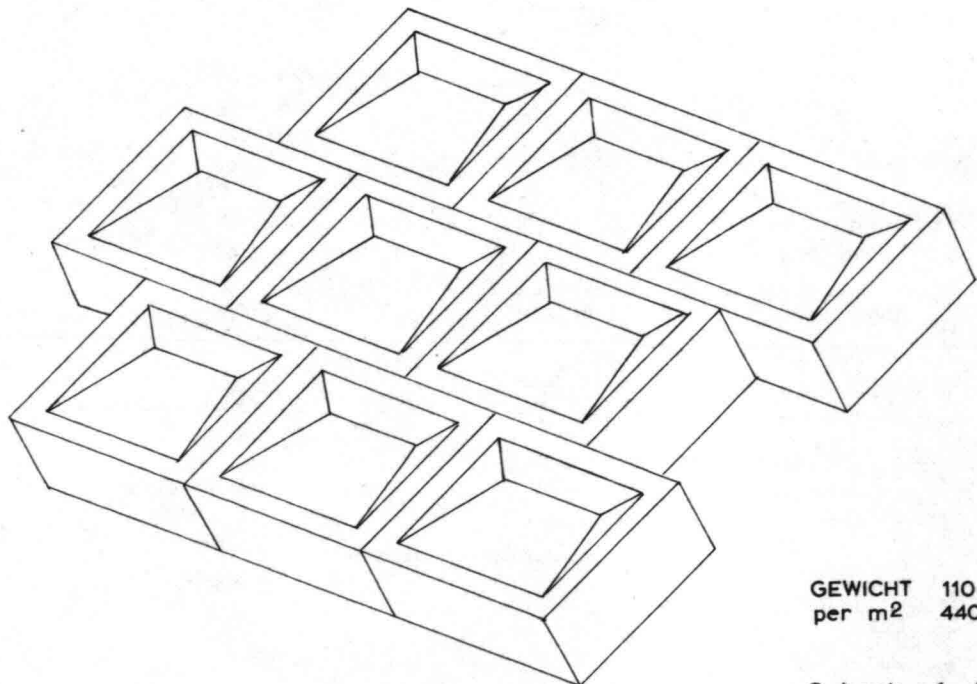
AFMETINGEN:
50 x 50 x 20
45 x 45 x 25



VOORAANZICHT



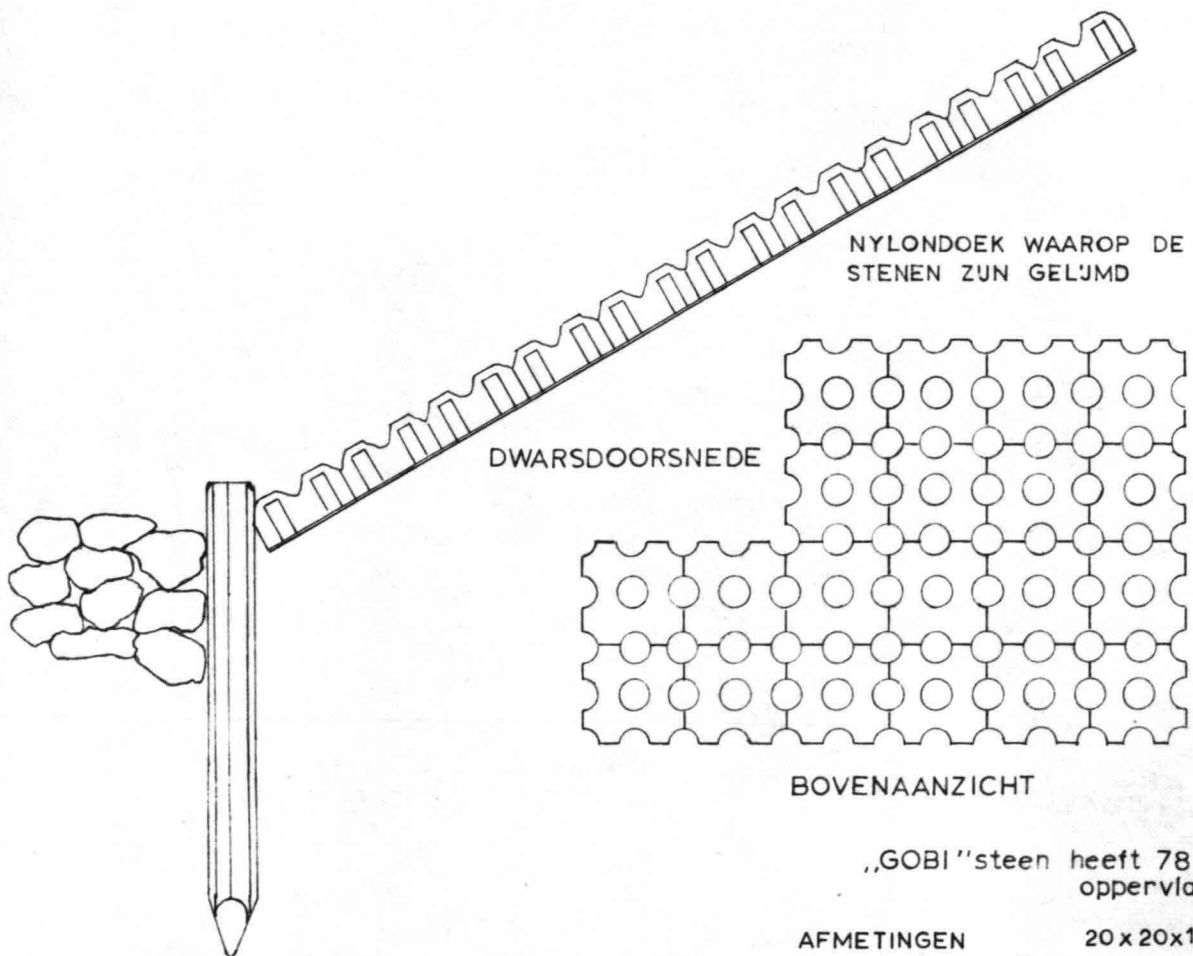
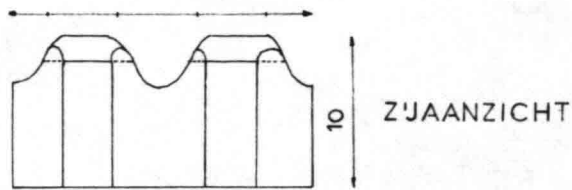
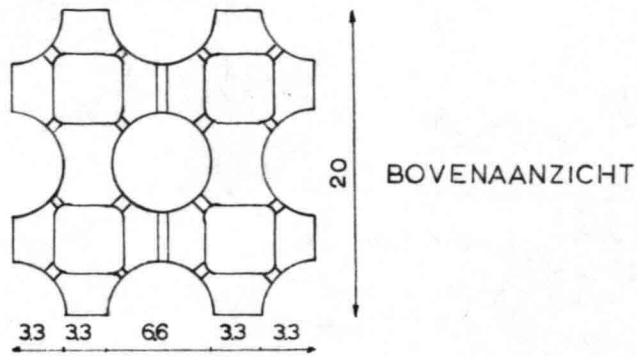
DWARSDOORSNEDE



GEWICHT 110 kg
per m² 440 kg

Schaal 1 : 20

SYSTEEM „GOBI“

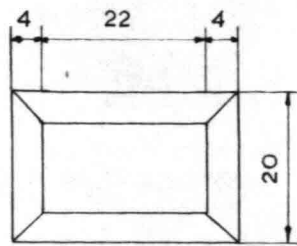


„GOBI“steen heeft 78% gras-
oppervlakte

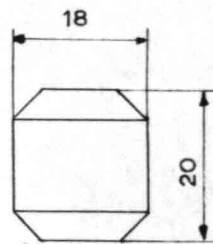
AFMETINGEN	20 x 20 x 10 cm
AANTAL PER M ²	25 st
GEWICHT PER STUK	6,2 kg
ZICHTBAAR BETONOPP	22 %

Schaal 1:5

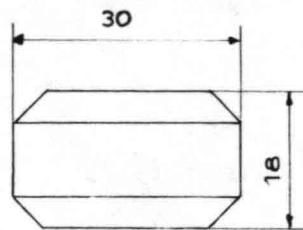
DUIITS SYSTEEM .



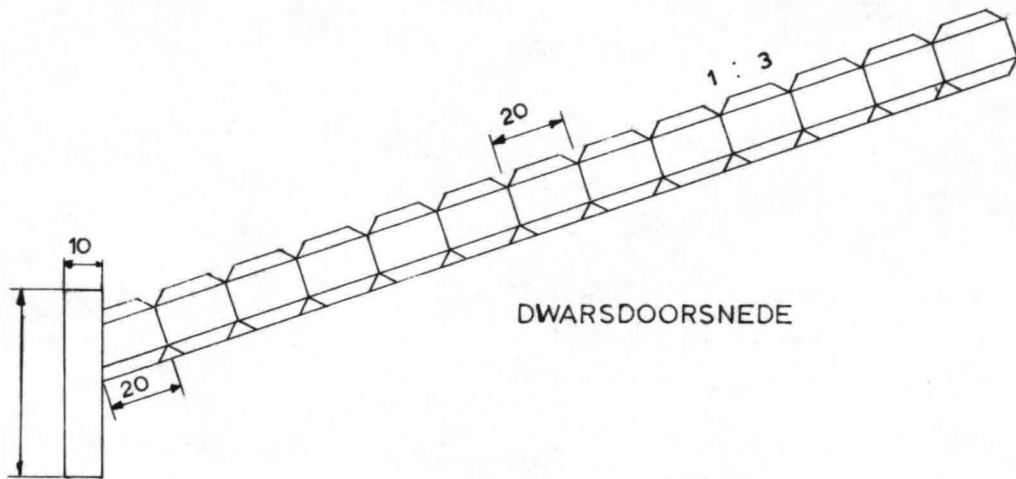
BOVENAANZICHT



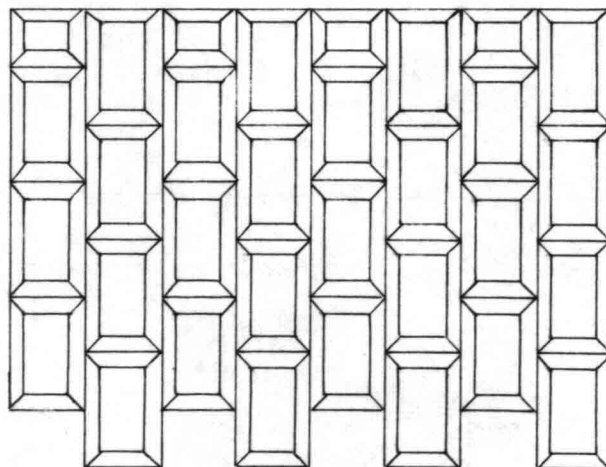
ZJAAANZICHT



AANZICHT



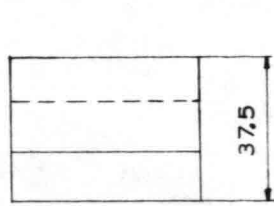
DWARSDOORSNEDE



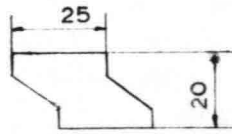
BOVENAANZICHT

GEWICHT 22.5 kg/blok
AANTAL BLOKKEN / M² 16.5
GEWICHT / M² 370 kg
TOEPASSING: WEST DUITSLAND

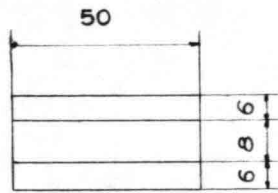
SCHAAL 1 : 10
1 : 20



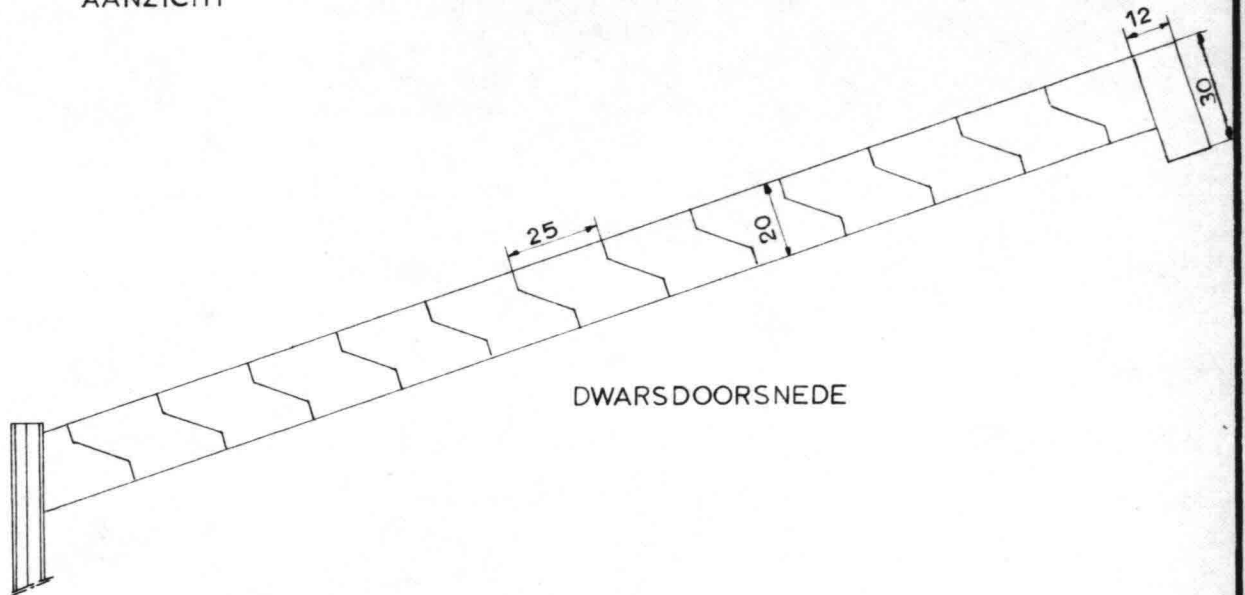
BOVENAANZICHT



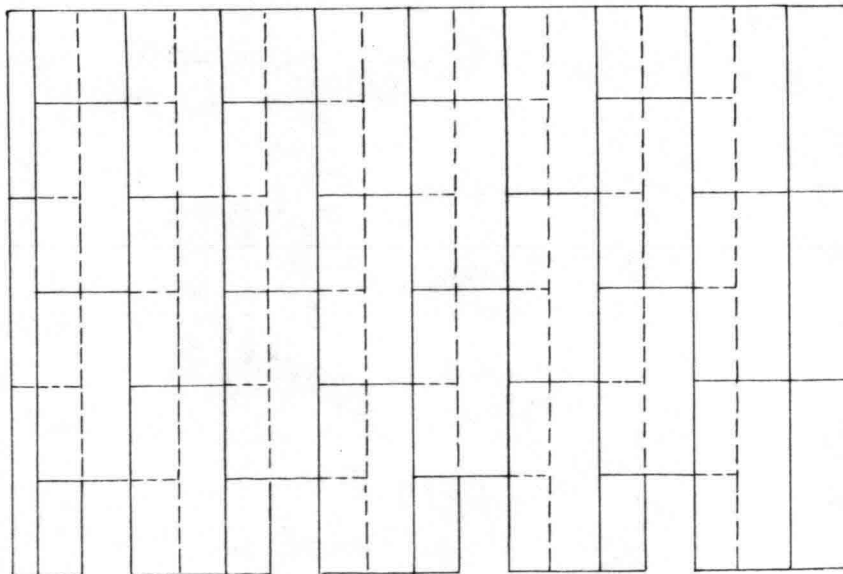
ZJAAANZICHT



AANZICHT



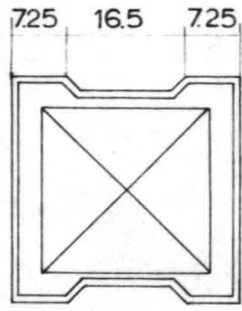
DWARSDOORSNEDE



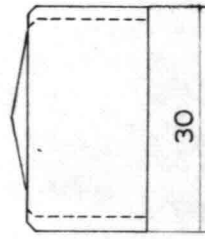
BOVENAANZICHT

SCHAAL 1 : 10
1 : 20

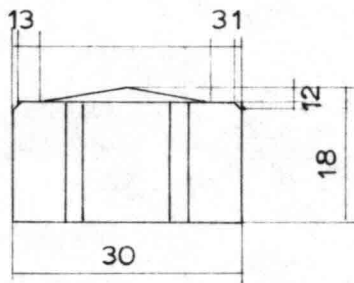
SYSTEEM „ OOSTHOEK ”



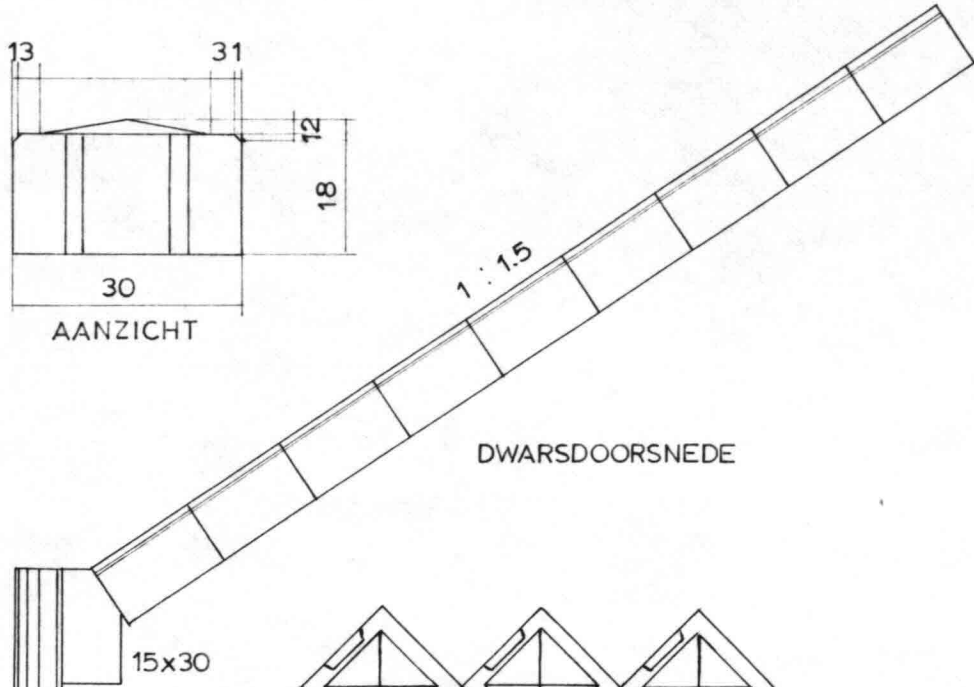
BOVENAANZICHT



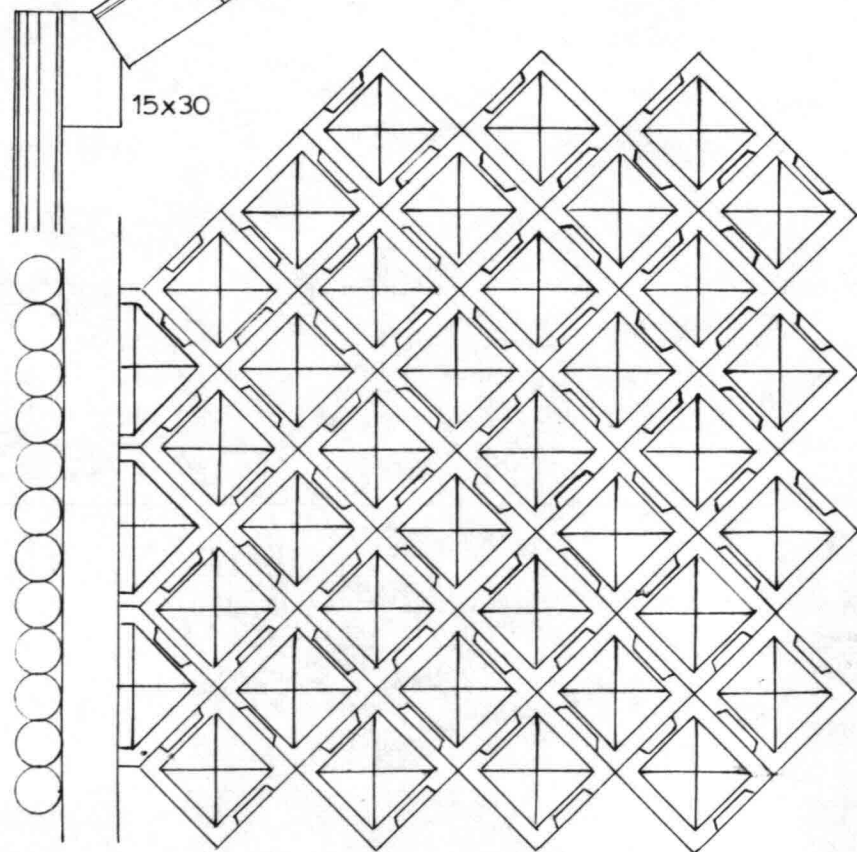
ZJUAANZICHT



AANZICHT



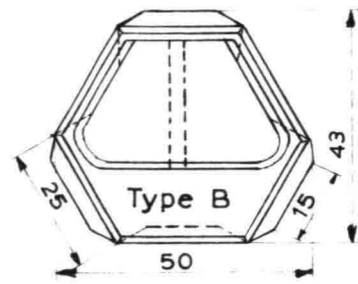
DWARSDOORSNEDE



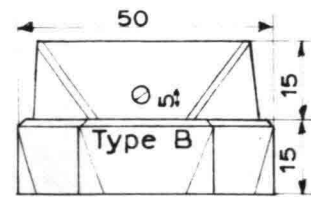
BOVENAANZICHT

Schaal 1 : 10
1 : 20

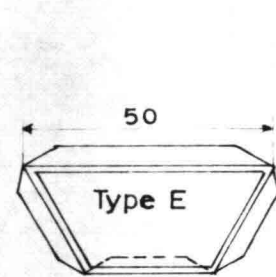
SYSTEEM „PIT“



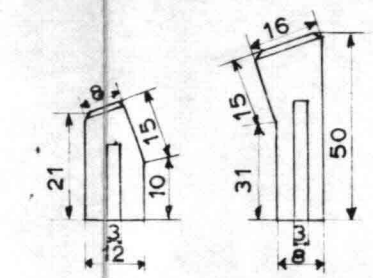
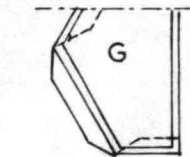
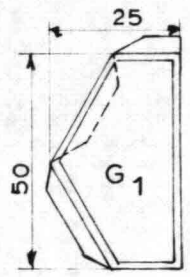
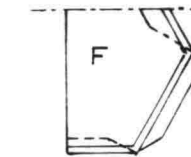
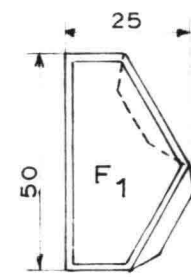
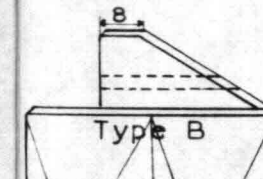
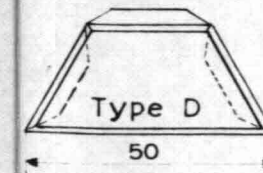
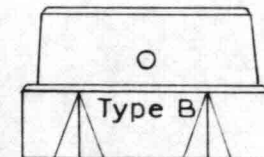
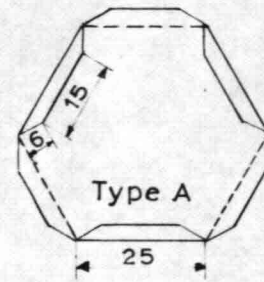
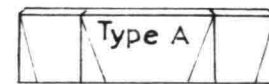
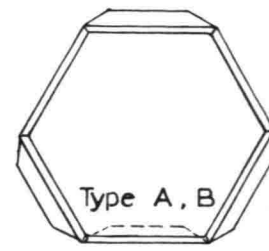
BOVENAANZICHT



VOORAANZICHT

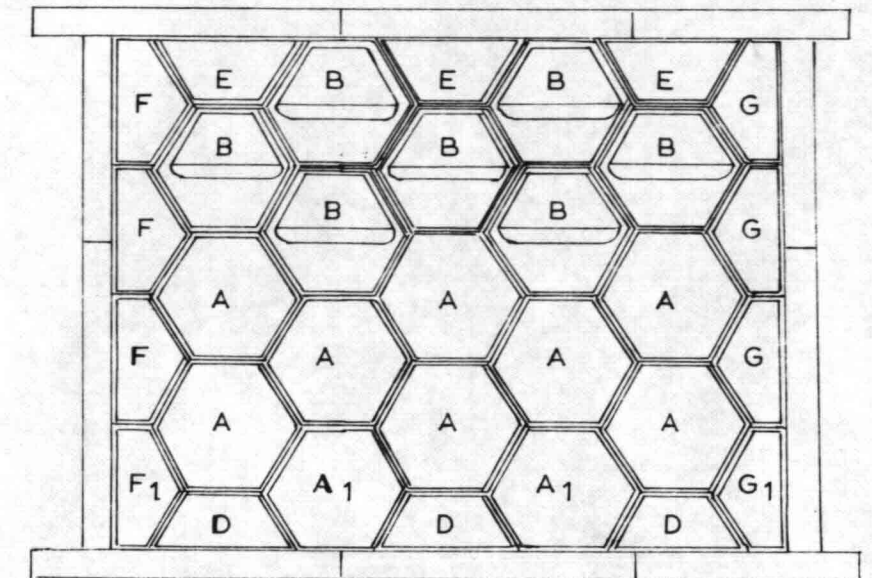


BOVENAANZICHT



Opsluitbanden sluiting hol en dol

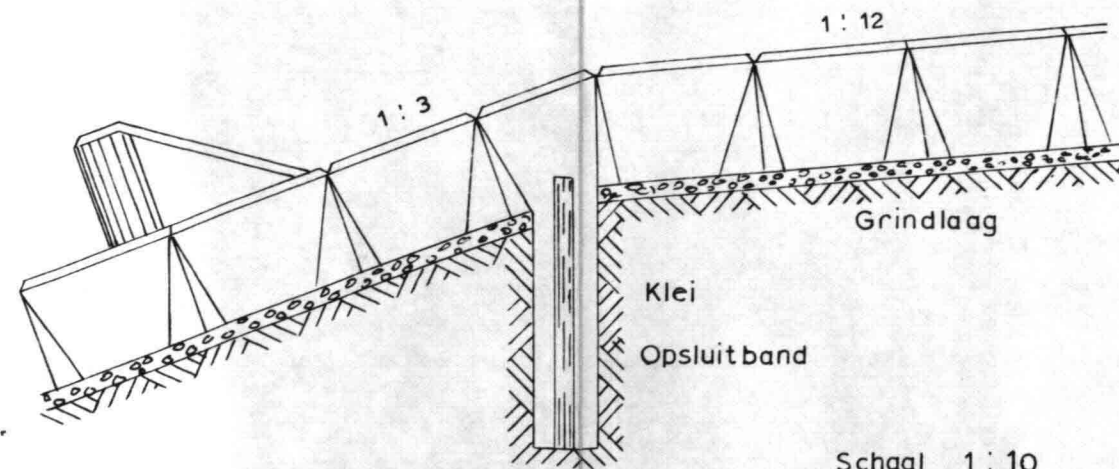
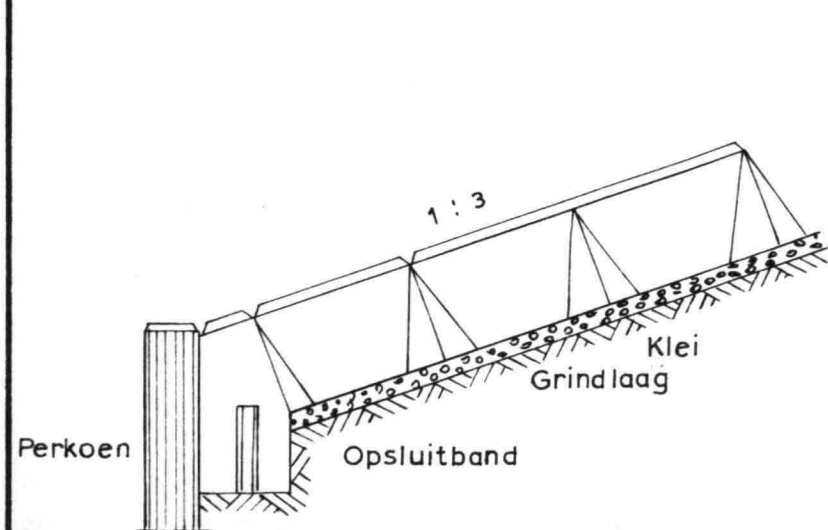
Schaal 1 : 15



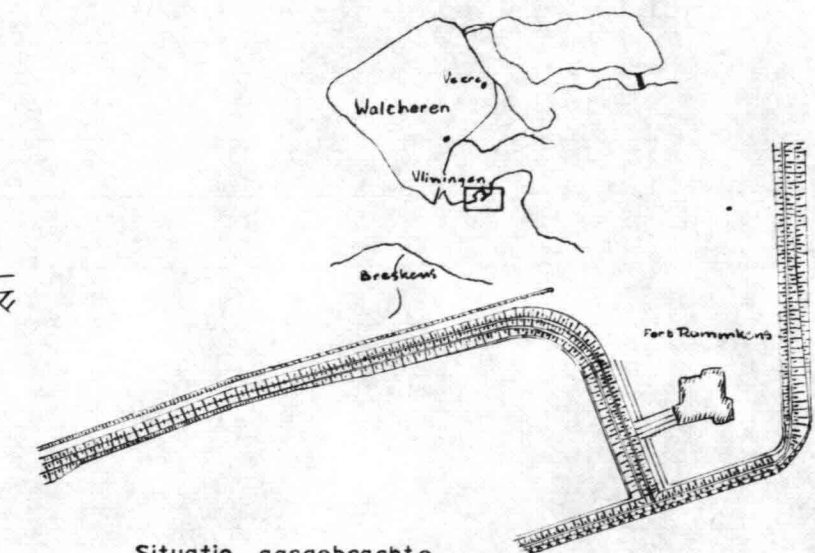
BLOK TYPEN

Zijopsluiting betonband 12 x 25 x 100
Schaal 1 : 25

Opp in cm ²	Dikte in cm	Gew Blok vlak in	verh in kg	Dikte ver. in cm	Aantal st. per m ²
1593.75	12	44	65	12	6.2
1593.75	15	56	78	15	6.2
1593.75	20	73	96	15	6.2



Schaal 1 : 10

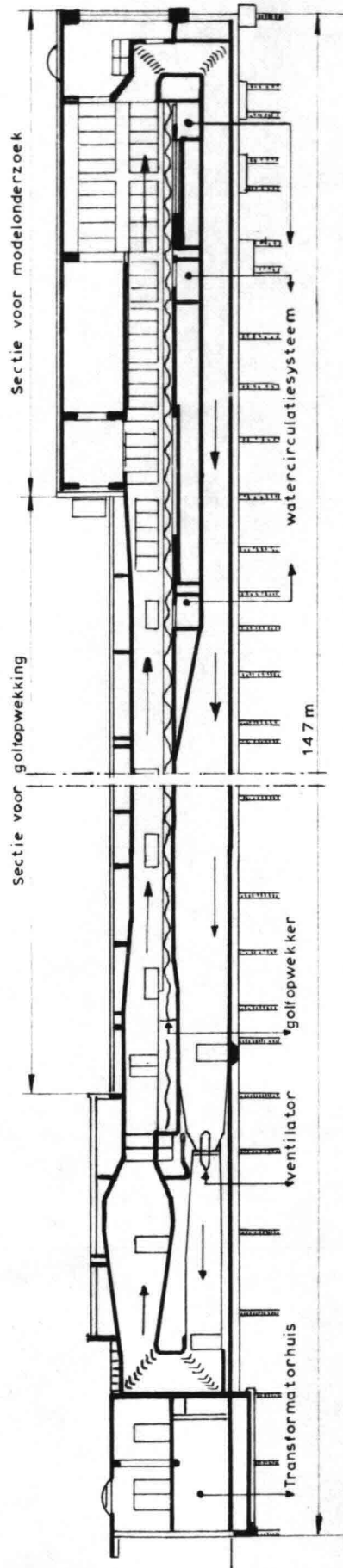


Situatie aangebrachte glooiing

Schaal 1 : 10
1 : 15
1 : 25

NIEUWE WINDGOLFGOTEN TE DELFT

Gegevens windgoten	Grote goot	Kleine goot
Lengte	100 m	100 m
Breedte opwaterlijn	8 m	2 m
Breedte in windprofiel	9.5 m	2 m
Hoogte	2.45 m	2.45 m
Max. waterdiepte	0.8 m	0.8 m
Ventilatoren	4 x 60.8 kW	1 x 60 kW
Windsnelheid	0/15 m ³ /sec	0/15 m ³ /sec
Pompen watercirculatie	4 x 0.2 m ³ /sec	1 x 0.3 m ³ /sec



WAVE TESTS OF REVETMENT USING MACHINE-PRODUCED INTERLOCKING BLOCKS.

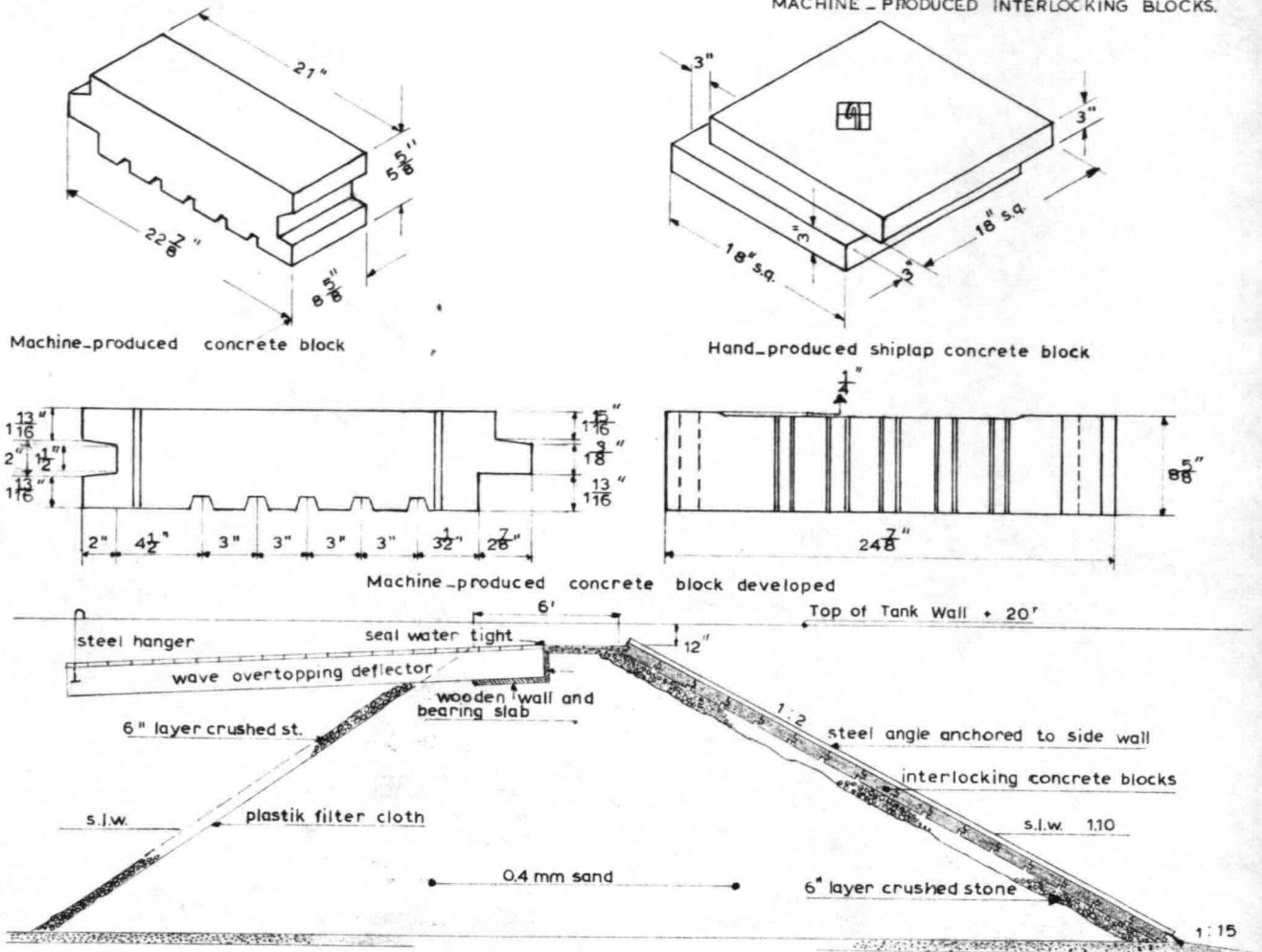
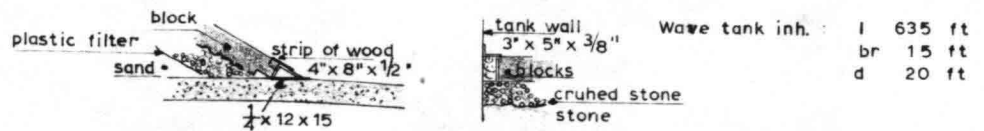
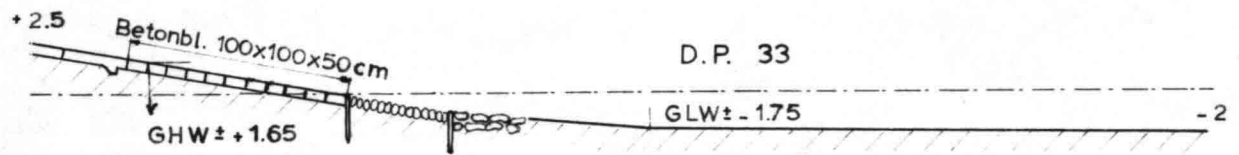
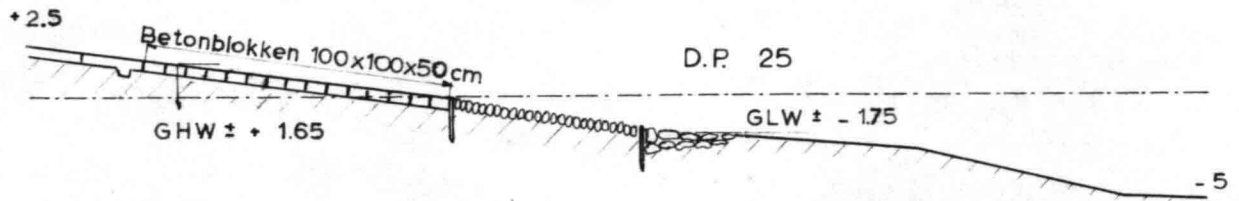
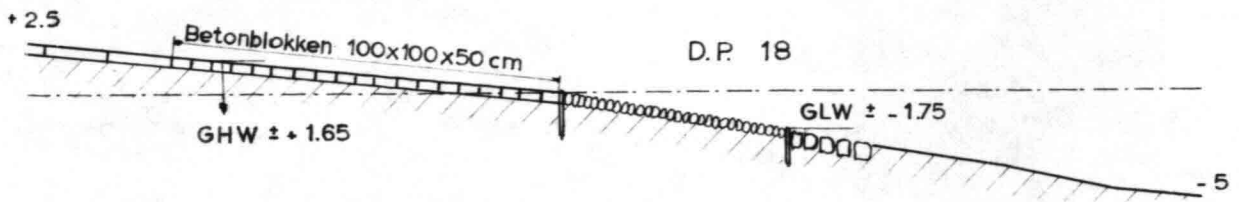


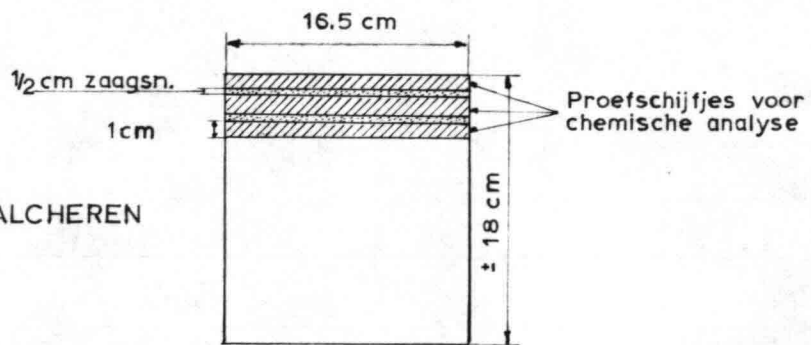
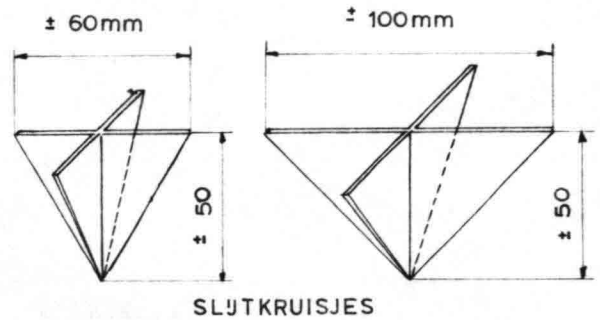
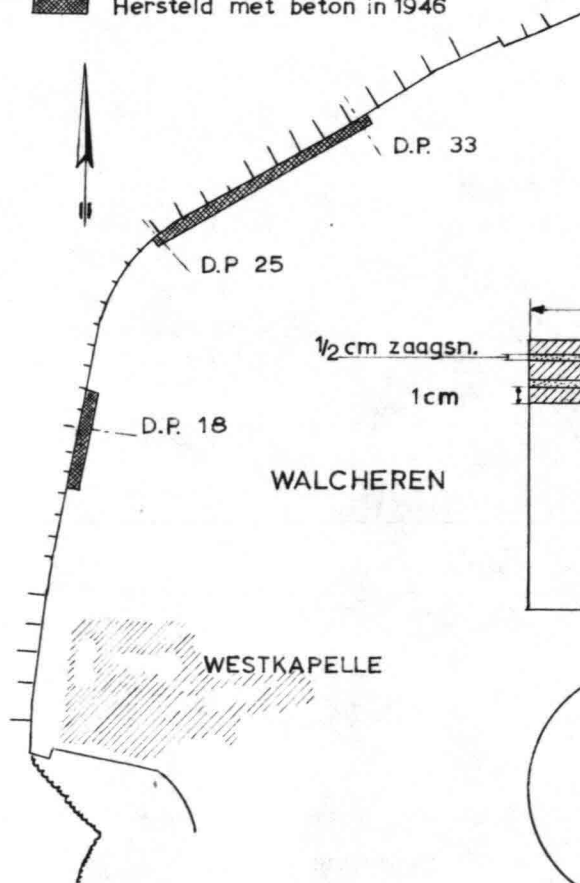
fig. test section installed in CERC large wave tank



INTERLOCKING CONCRETE BLOCK REVETMENT								REMARKS	
Run	WATER DEPTH		WAVE HEIGHT	WAVE PERIOD	LIFT		DURATION OF TEST		
	Seaward of Revetment	Toe of Revetment	Toe of Revetment		Max.	Avg.			
	Feet	Feet	Feet		Inch	Inch			Hrs. - Mins.
1	11.0	5.0	1.5	60	0.19	0.15	4-0	No damage to revetment	
2	11.0	5.0	2.7	3.0	0.34	0.18	1-49	Test stopped after 1 hour 49min. One block dislodged due to high uplift pressure	
3	11.0	5.0	2.1	4.0	0.03	0.02	4-0	Revetment rebuilt using block with modified tongue and groove design and higher test concrete. Spacers added between bl. to reduce uplift pressure.	
4	11.0	5.0	2.7	3.0	0.06	0.04	4-0	No damage to revetment	
5	11.0	5.0	2.9	60	0.05	0.05	4-0	No damage to revetment	
6	11.0	5.0	4.8	4.7	0.09	0.06	4-0	Toe plate failed and repaired during run. No damage to revetment	
7	11.8	5.8	4.1	3.75	0.13	0.08	4-0	No damage to revetment	
8	14.4	8.4	6.2	3.8	0.19	0.09	0-56	Test stopped after 5.6 min. due to excessive slope settlement. Slope failure appeared to be imminent.	
SHIPLAP CONCRETE BLOCK REVETMENT								REMARKS	
9	11.0	5.0	4.0	60	0.04	0.04	4-0		End of run. 6 to 8 blocks slightly raised and cocked
10	11.0	5.0	4.8	4.7	0.07	0.05	0-37		Revetment repaired. Test stopped after 37 min due to slope failure.



Hersteld met beton in 1946

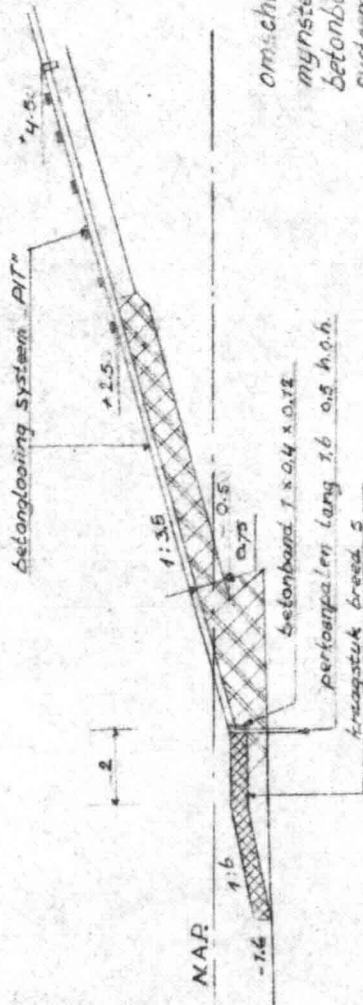


ONDERZOEK BETON
 WESTKAPELSE ZEEDUK

Weg- en Waterbouw 1959/1.2
 Ir H.A. Ferguson.

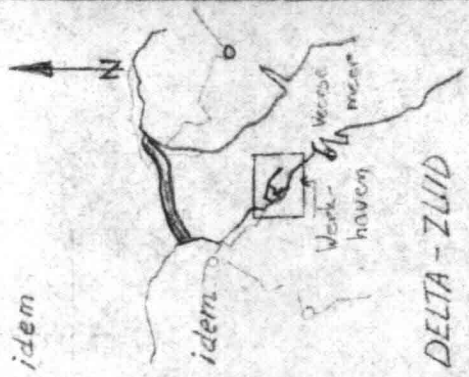
PROEFCYLINDER

WERKHAVEN AAN HET VEERSCHIE - GAT



omschrijving
 mynsteen
 betonblokken
 systeem PIT
 betonnen
 onderband
 betonnen
 bovenband
 perkoenen+
 teenschot
 kraagstuk van
 rjshout
 stortsteen

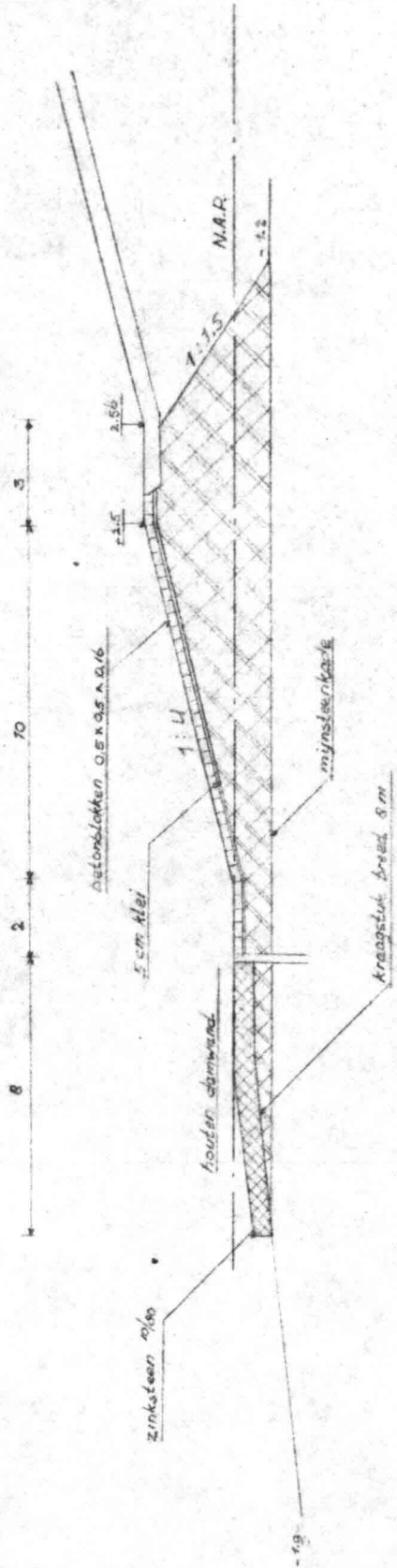
eenh.	hoeveelh.	opm.
t	2484	s.g. 1.8 + 20% verlies door het rijk beschikbaar gesteld
m ²	10	
m ¹	1	idem
m ¹	1	idem
m ¹	1	
m ²	5	
t	1.9	



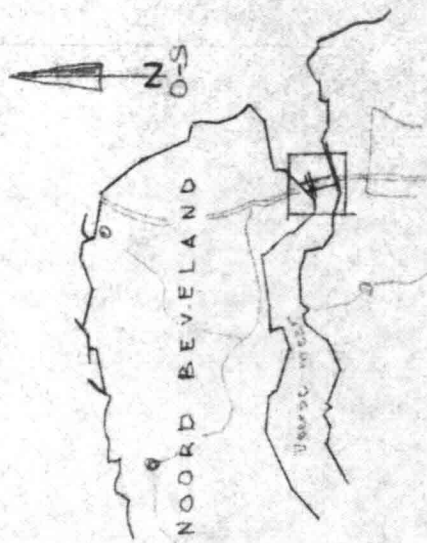
RIJKSWATERSTAAT DELTA - ZUID
 DRIE EILANDENPLAN TOEGEPASTE
 TEENCONSTRUCTIES Schaal 1:200 1950

ZANDKREEKDAM

westzijde

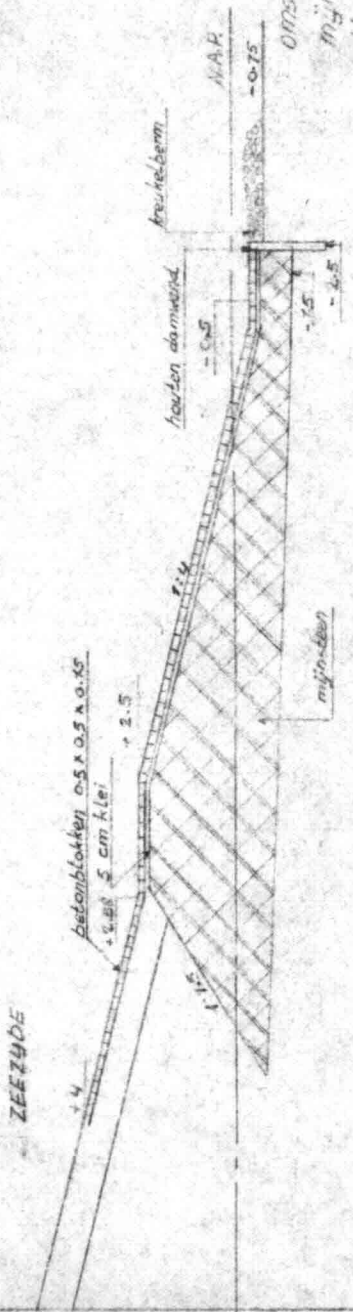


omschrijving	eenh.	hoeveelh.	opm.
mynsteen	t	8992	sg. 1.8 + 20% verlies
klei	m ³	74	
haringman	m ²	79	
betonblokken vlakke	m ²	79	
betonblokken houten	m ²	56	
damwand	m ²	81	
kraagstuk van rijkhout	t	17	
zinksteen 10/80			

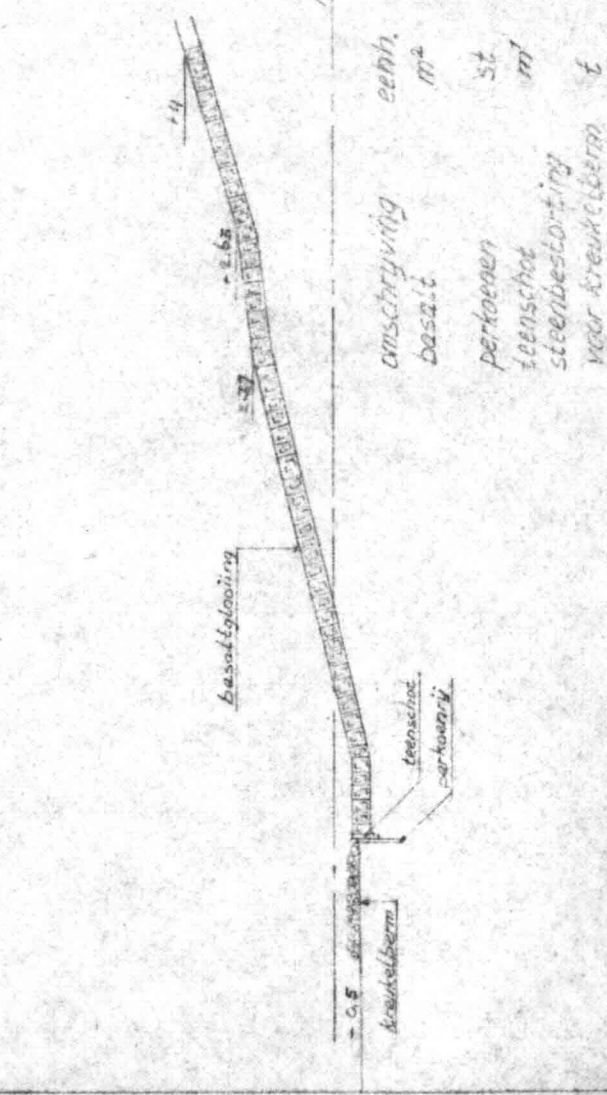


RIJKSWATERSTAAT DELTADIENST ZUID
 DRIE EILANDENPLAN TOEGEPASTE
 TEENCONSTRUCTIES Schaal 1:200 1960

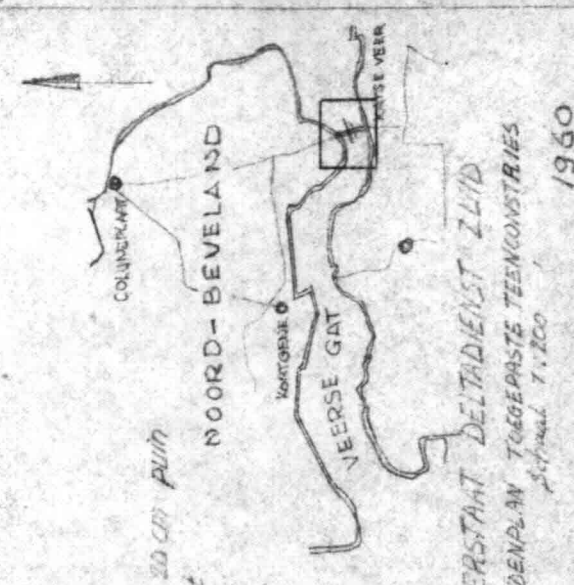
ZANDKREEFDAM



omschrijving	eenh.	hoeveelh.	opm.
myjnsteen	t	94.5	s.g. 1.8 + 20 verlies
klei	m ³	0.87	
haringman betonblokken	m ²	18	
vlakke betonblokken	m ²	5	
houten damwand	m ²	7	
steenbestorting voor kreekelberm	t	1.5	

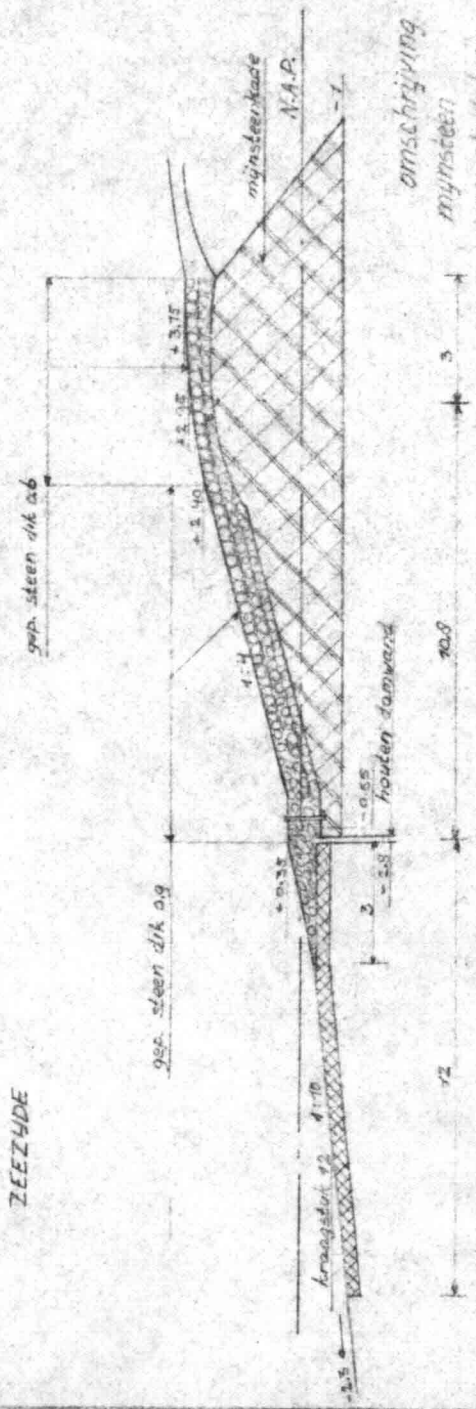


omschrijving	eenh.	hoeveelh.	opm.
basalt	m ²	21.4	inbegrepen 20 cm puin en kramant
perkoenen	st	4	
steenschot	m	1	
steenbestorting voor kreekelberm	t	1.5	

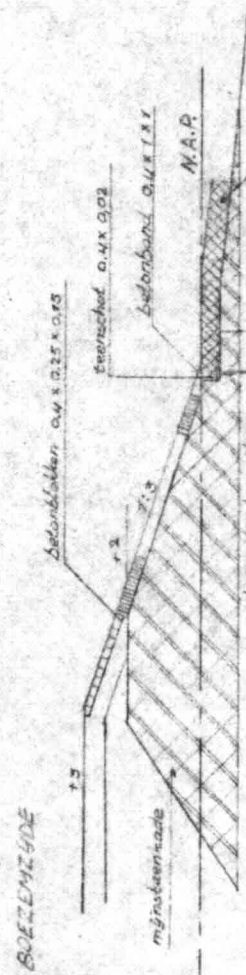


RIJKSWATERSTAAT DELTADIENST ZLID
 D.R.F. EILANDENPLAN TOEGEPASTE TEENKONSTRIES
 Schaal 1:200
 1960

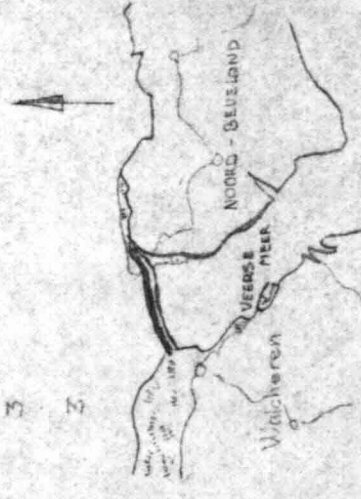
VEERSCHEGATDAM.



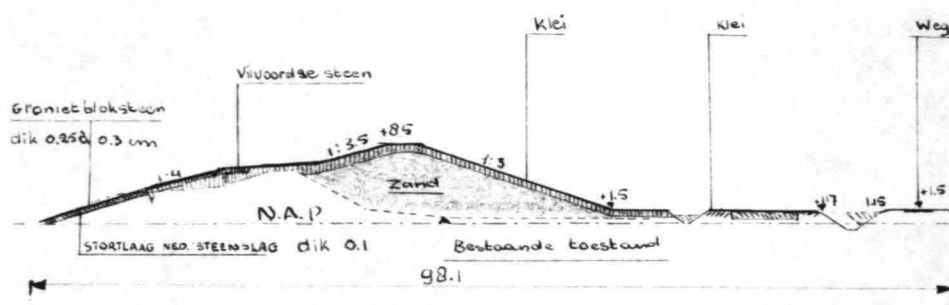
omschrijving	eenh.	hoeveelh.	optm.
mijnsteen	t	83,16	5,9. 1,8 + 20% verlies
gyp. stortsteen	t	5,50	
glas-folt	m ²	3,72	
grind	t	1	
houten damwand	m ¹	1	
kraagstukken van	m ²	12	
tyshout	t	3	
zinksteen	t	3	
250 kg/m ³ licht			
stortsteen			
250 kg/m ³ zwaar			



omschrijving	eenh.	hoeveelh.	optm.
mijnsteen	t	64,56	5,9. 1,8 + 20% verlies
betonblokken	m ²	6,6	in laag dikte 25 cm
betonblokken	m ²	2,7	in laag dikte 15 cm
betonwand	m ²	1	
teenschot met perk	m ²	1	
kraagstukken van	m ²	5	
tyshout	t	1,25	
zinksteen 250 kg/m ³	t	1,25	
licht			
zinksteen 250 kg/m ³	t	1,25	
zwaar			



RIJKSWATERSTAAT DELTADIENST ZUID
 DRIE EILANDENPLAN TOEGEPASTE
 TEENCONSTRUCTIES Schaal 1:200 1961

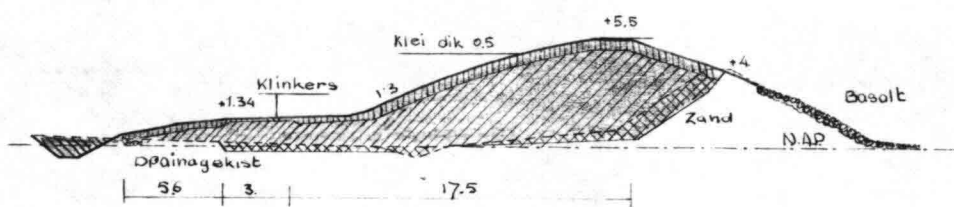


Dijkversterking van gedeelte zeekering op Zeeuws-Vlaanderen

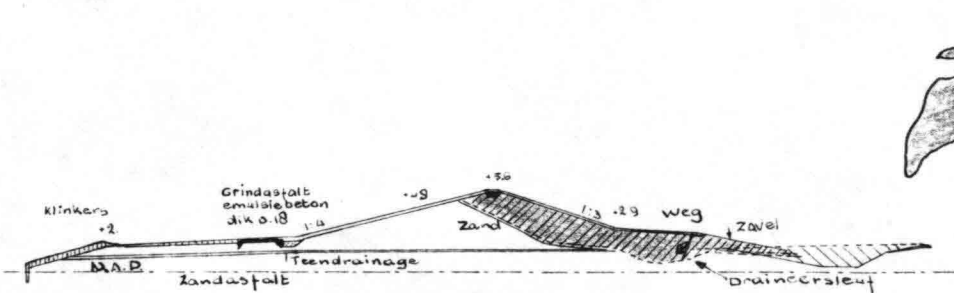
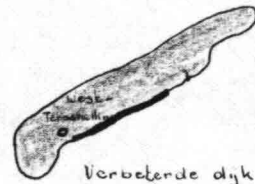
1966



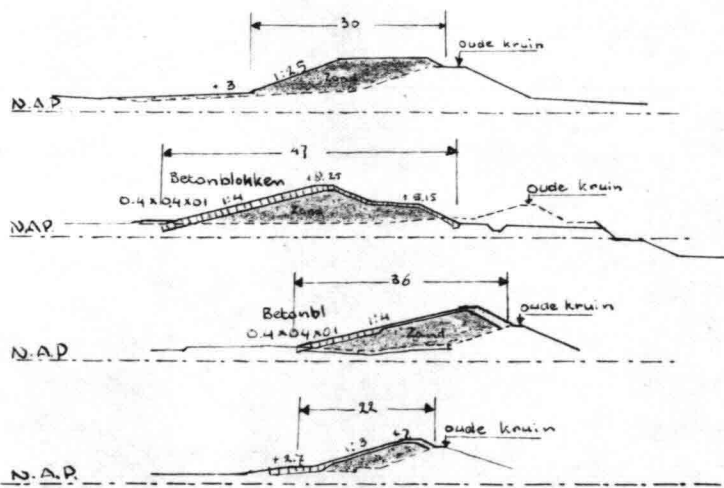
Versterking bestaande zeekering.



Dijkverbetering langs de Terschellingerpolder



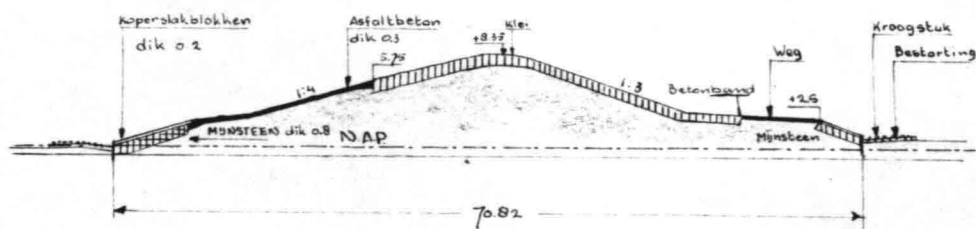
Dijkverhoging op Schiermonnikoog 1962



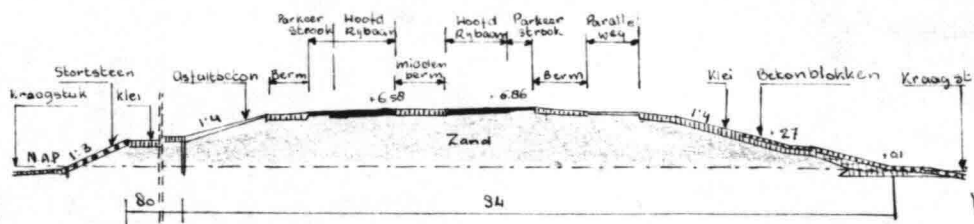
Dijkverbetering In het Zwin (Zeeuws-Vlaanderen) 1958-59



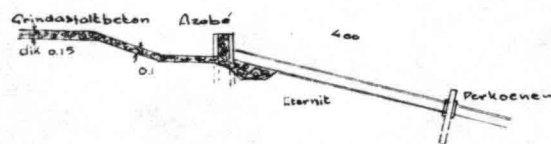
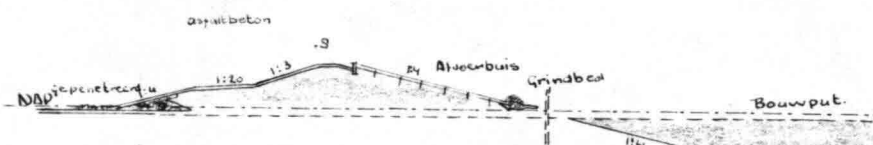
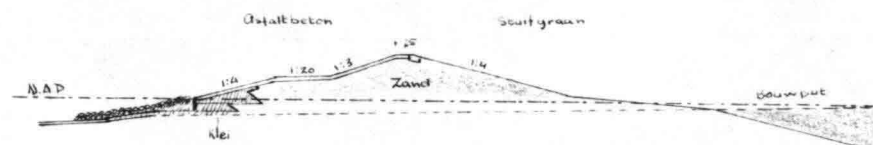
Te verbeteren dijk.



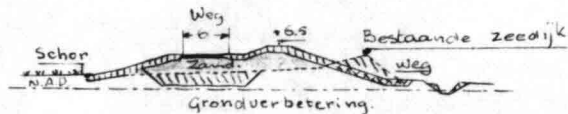
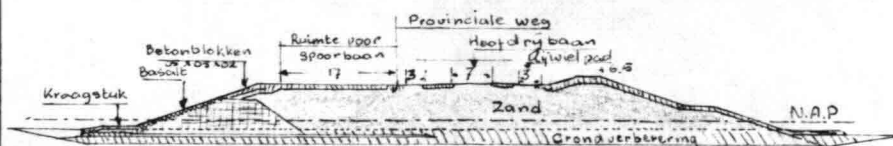
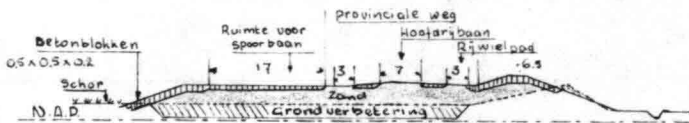
Dwarsdoorsnede afsluitdam in de Lauwerszee 1968



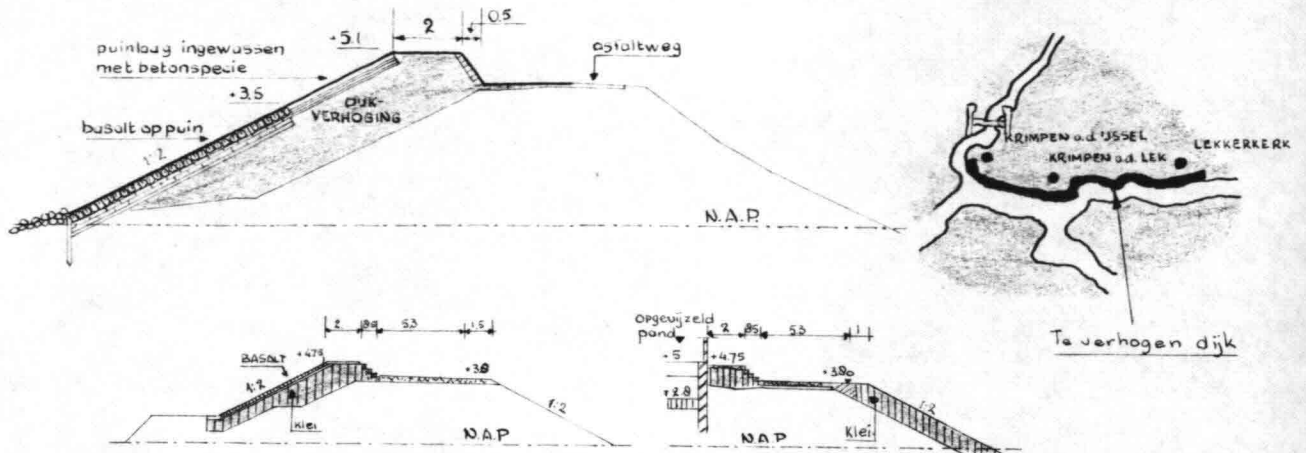
Dwarsdoorsnede van de Grevelingendam 1965



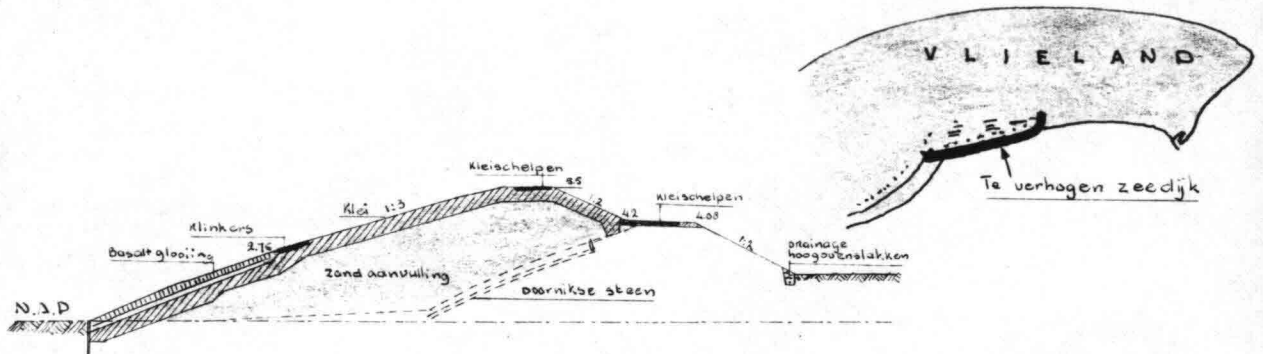
Dwarsdoorsnede van de bouwput voor schutsluis 1961



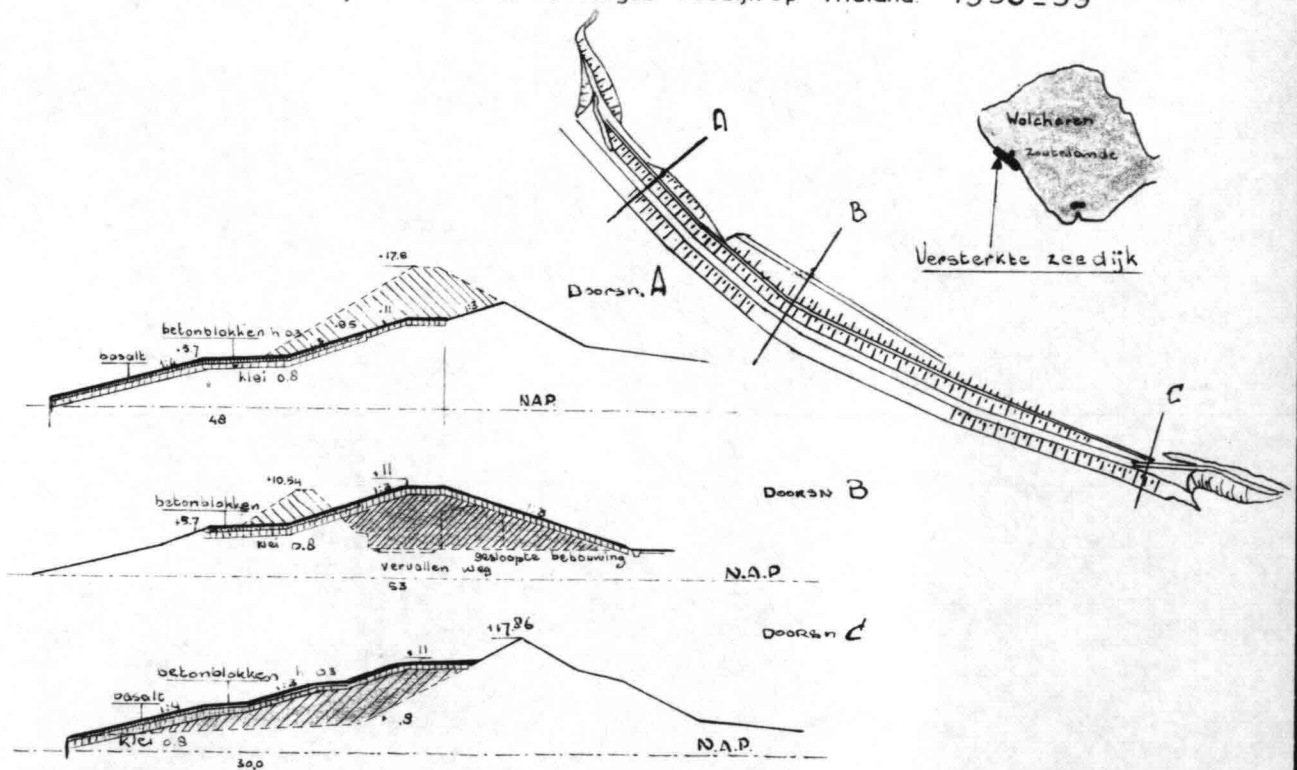
Dwarsprofielen van de dijk rond het zuid Sloe 1962



Dwarsprofielen van de dijkverhoging in de Krimpenerwaard 1961



Dwarsprofiel van de verhoogde zeedijk op Vlieland 1958-59

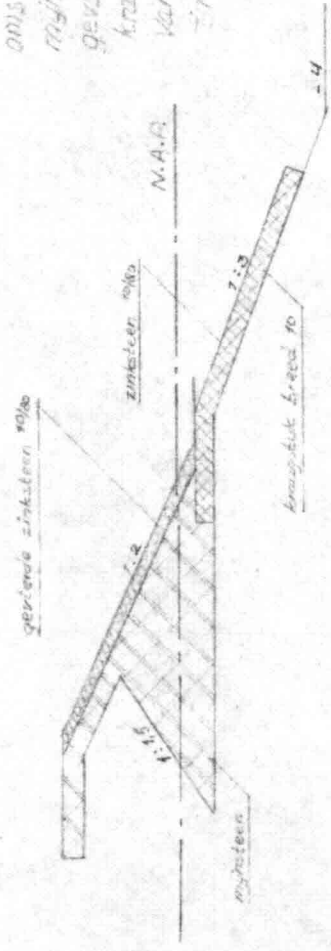


Enkele dwarsprofielen van een verhoogde zeedijk op Walcheren 1958-59

VISSERSHAVEN COLYNSPLAAT

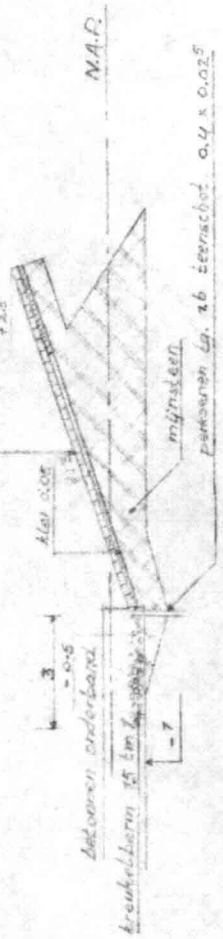


HAVENTERREIN

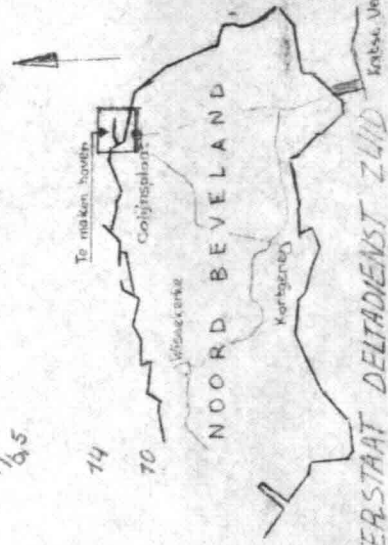


omschrijving	eenh.	hoeveelh.	opm.
mynsteen	t	85	
gevelde zinkste 1960	t	20	5.9. 1.8 + 20% verlies
kruisplaat 1960	m ²	7	
van rijshout	t	17	
zinksteen 1960	t		

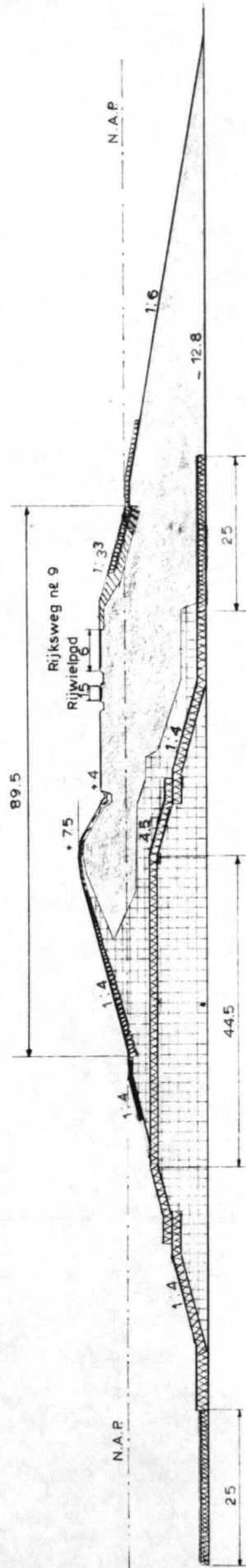
HAVENDAM



omschrijving	eenh.	hoeveelh.	opm.
mynsteen	t	85	
klei	m ³	12	
betonblokken	m ³	17	
opsluitbanden	m ²	95	
perkoenen met teenschot	m ²	14	
steenbestorting voor kruisplaat	t	70	5.9. 7.8 + 20% verlies

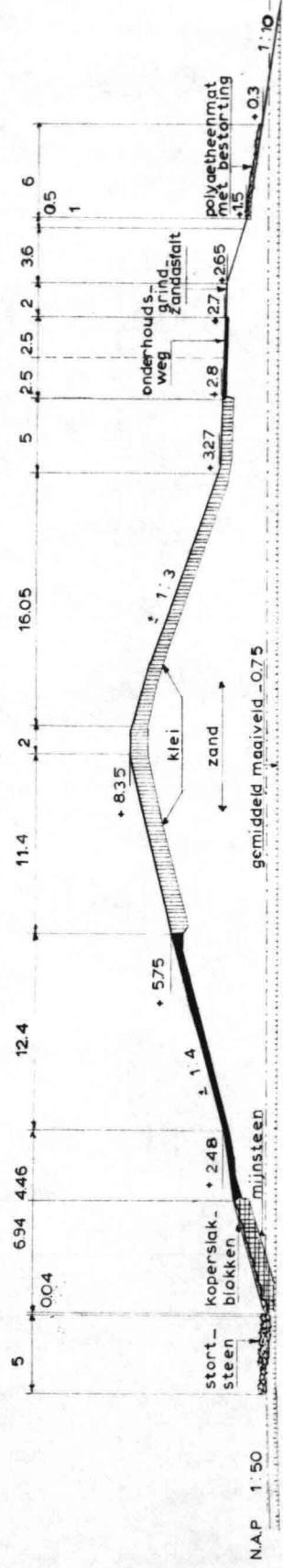


RIJKSWATERSTAAT DELTADIENST ZUID
DRIE EILANDENPLAN TOEGEPASTE
TEENCONSTRUCTIES Schaal 1:200 1961



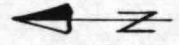
- veen
- zand
- klei
- klei leem
- zinkstuk
- natuursteen

Afsluitdijk, dwarsprofiel t.p.v.
de middelgronden
Schaal 1:1000



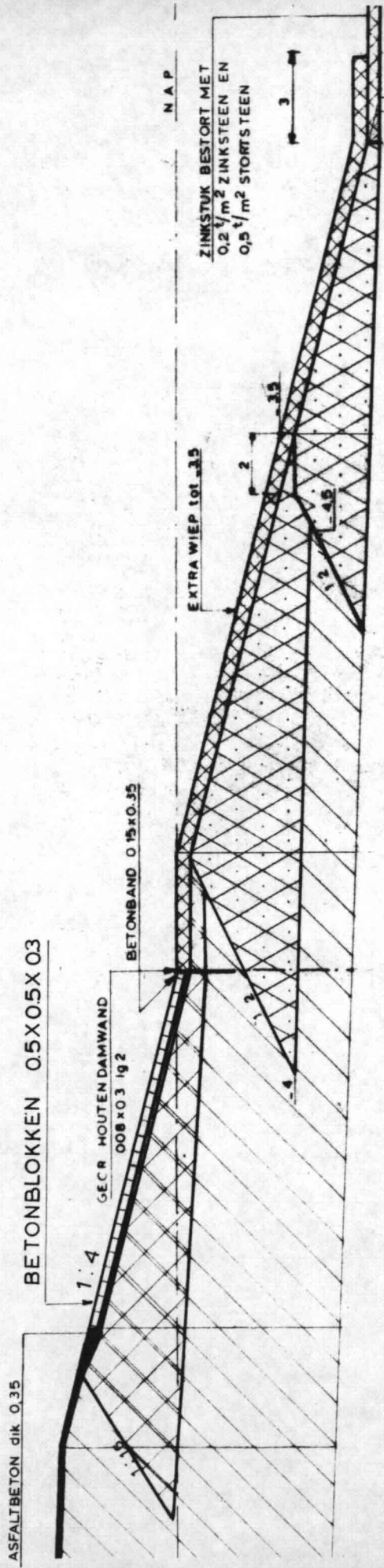
Waddenzee

Lauwerszee



Het dwarsprofiel van het Groninger
dijkvak van de Lauwerszeebedijking.

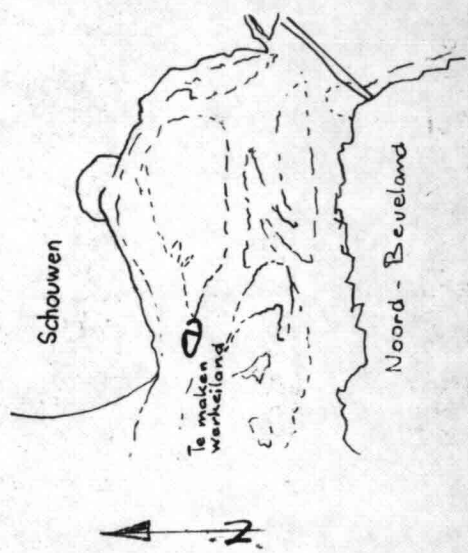
1968



- ZANDASFALT
- MUNSTEEN
- OPHOGING
- KRAAGSTUK

SCHAAL 1 : 200

Werkeiland ROGGENPLAAT
dwarsprofiel glooing constructie
1969



VERDEDIGING VANDIJKBELOPEN BOVEN DE LAAGWATERLIJN

Bij dijken langs bovenrivieren vormt de grasmat in het algemeen een voldoende bescherming van het buitenbeloop.

Weliswaar stroomt tijdens hoogwaterperioden het water over de uiterwaarden langs de bandijk, doch de stroomsnelheid is klein tengevolge van de geringe diepte voor de dijk en de golfslag is meestal van weinig betekenis. Het is soms wenselijk om, ter bescherming tegen golfslag, een strookverdediging van klinkers of betonplaten op het niveau van hoogwater aan te brengen. Wanneer een bandijk direkt grenst aan het laagwaterbed (schaardijk), dan zullen wegens het ontbreken van kribben ter plaatse zowel het onderwaterbeloop als het beloop daarboven extra voorzieningen behoeven tegen de stroomaanval.

Waar mogelijk, wordt ook bij dijken in het getijgebied de grasmat toegepast ter bescherming van het beloop.

Tot nu toe is er nog niet veel bekend omtrent de sterkte van een grasmat. Hoe flauwer het beloop, des te beter zal het gras gedijen. Op hellingen steiler dan $1 : 2$ à $1 : 2\frac{1}{2}$ is geen goede grasgroei mogelijk tengevolge van geulvorming door afstromend regenwater. Flauwere hellingen houden het water beter vast, zodat de kans op uitdroging minder is. Uiteraard hangt deze ook af van de dikte en de aard van de kleibekleding. De lengte van het wortelstelsel is bij een goede grasmat wel 50 cm, zodat een bekledingslaag van 60 cm klei zeer aan te bevelen is.

Het spoedig bezwijken van de binnenbelopen van vele dijken in februari 1953 werd in enige gevallen bevorderd door de slechte conditie waarin de grasmat verkeerde tengevolge van de te dunne kleibekleding en het te steile talud.

Voor elk geval dient men de passende grassoort te kiezen, daar de ontwikkeling van een goede grasmat sterk afhankelijk is van de regenval, de temperatuur en de bezonning, dus van het klimaat.

Het beweiden met licht vee (schapen) bevordert de dichtheid en stevigheid van de grasmat.

Wanneer een nieuwe grasmat tegen het najaar nog niet voldoende geworteld is, dan wordt deze wel tijdelijk beschermd door een krammat (A.V. art. 39, par. 188 e.v.).

Een goede grasbegroeiing kan gedurende enige tijd een vrij sterke stroom weerstaan, hetgeen o.a. is gebleken bij de voormalige Bearse overlaat. Tijdens de werking van deze overlaat stroomde het Maaswater soms dagen

achtereen over de zeer flauwe belopen zonder dat de grasmat hierdoor noemenswaardig werd aangetast.

Een goede grasmat voorkomt uitdroging van de onderliggende kleibekleding, zodat daarin geen scheuren ontstaan.

In het buitenland mist men soms de grasmat als taludbekleding, niet zo zeer omdat deze als ondeugdelijk wordt beschouwd, maar omdat het gras verschroeit gedurende de, vaak lange, droge perioden. Men gebruikt dan b.v. een laag grind of steenslag ter bescherming van het beloop.

Vroeger kende men in Nederland geen steenbestortingen en steenzettingen ter verdediging van de dijkbelopen. Het aarden dijklichaam werd beschermd door paalschermen, welke de vernielende werking van de golven moesten keren. Ook maakte men wel dijken, welke bestonden uit palissaden met een grondaanvulling aan de binnen- of aan beide zijden.

In de eerste helft van de 18e eeuw werden deze paalwerken en palissaden door het optreden van de paalworm in korte tijd vernield. Noodgedwongen moest men naar andere middelen zoeken om de dijken te beschermen. Men ging de bedreigde plaatsen bestorten met natuursteen, welke in Nederland aangevoerd werd door de aanvankelijk in ballast varende zeilschepen. Via de steenbestorting ontwikkelde zich langzamerhand de gezette natuursteenglooiing en later ook de glooiing van betonelementen.

De tegenwoordig nog toegepaste natuursteensoorten zijn:

- Basalt, dat door zijn regelmatige 5-6-zijdige prismavorm en zijn hoog soortelijk gewicht (3,0) uitstekend geschikt is voor steenzettingen.
- Graniet wordt in bloksteenvorm vrij veel toegepast.
- Doornikse steen (bloksteen) is een dichte zware kalksteensoort. Het heeft een regelmatige vorm en een vrij constante dikte. Het verweert tamelijk snel (afschilferen).
- Maasbloksteen heeft een minder constante dikte dan Doornikse steen. Het verweert echter niet zo snel.

Vroeger werden nog andere soorten toegepast zoals Lessinese steen, Vilvoordse steen, Drentse - en Noorse zwerfsteen, maar door hun minder goede weerbestendigheid of door hun onregelmatige vorm worden ze tegenwoordig voor nieuwe glooiingen niet meer gebruikt.

Het zetten van een natuursteenglooiing dient te geschieden door ervaren vaklieden. Met behulp van stopstukken (scherven van hetzelfde materiaal) worden de stenen klem tegen elkaar gezet. Na hevige golfaanval moet de steenglooiing op losse stenen geïnspecteerd worden. Men geeft de stenen

weer een vaste stand door het bijslaan van stopstukken.

Op glooiingen van oude dijken, welke niet meer zetten, past men ook wel een voegvulling van beton toe, waardoor het onderling verband van de stenen zeer hecht wordt. Hiervoor gebruikt men dan een magere betonspecie met fijn grind. Deze voegvulling is o.a. toegepast bij de oude Zuiderzeedijken en betekende een belangrijke besparing op de onderhoudskosten.

Bij nieuwe dijken is deze methode niet aan te bevelen, daar de steenkorst zich dan niet voldoende kan voegen naar de zettingen van het dijkbeloop. Onder de steenbekleding kunnen holten ontstaan zonder dat deze worden opgemerkt waardoor de kans op vernieling tijdens storm groot wordt. Beter is een voegvulling met asfalt, waardoor de steenkorst enigszins soepel blijft, terwijl toch een goed onderling verband verkregen wordt.

Als nadeel van beide constructies kan genoemd worden dat de bekleding min of meer waterdicht wordt waardoor eronder een wateroverdruk kan ontstaan. Hierop wordt later teruggekomen.

Als bezwaar tegen natuursteenglooiingen kan gelden dat ze duur zijn, mede omdat de grondstof uit het buitenland moet komen (België, Duitsland). Een belangrijk voordeel van natuursteen is dat het s.g. (2,4 - 3,0) hoger is dan dat van andere bekledingsmaterialen.

Een natuursteenglooiing kan als volgt zijn samengesteld.

Nadat de kleibekleding op het dijkbeloop onder het vereiste profiel is afgewerkt wordt een spreidseel van riet of stro (krammat) als werkvloer aangebracht teneinde het kapottrappen van het kleibeloop te voorkomen. Dan wordt de puinvloer gelegd welke uit twee vlijlagen en een stortlaag bestaat (soms wordt met één vlijlaag volstaan).

Het liefst gebruikt men hiervoor kalkvrije steen, in verband met de agressiviteit van zeewater. Het best geschikt voor de vlijlagen zijn klinker-afval van steenovens en oude straatklinkers. De stenen mogen niet kleiner zijn dan een halve steen. Voor de stortlaag gebruikt men iets zachtere steen. (hardgrauw of boerengrauw).

De dikte van de twee vlijlagen bedraagt 10 cm. De dikte van de stortlaag hangt af van de sortering van de zetsteen. Stenen van zeer ongelijke dikte vereisen een dikke stortlaag, want de stortlaag dient om de ongelijke hoogte der zetstenen op te vangen. Op deze wijze kan dus een vlak beloop van de steenzetting worden verkregen. Bij toepassing van bloksteen van gelijke hoogte kan men de stortlaag dus achterwege laten. De dikte van de stortlaag bedraagt 5-15 cm; als normale dikte wordt 10 cm genomen. In het algemeen zal men de stortlaag zo dun mogelijk houden, daar een te dikke laag het losraken van de gestopte stenen in de hand werkt.

4

Bij een dichte steenbekleding wordt aan de stortlaag nog een functie toegeschreven, n.l. het snel afvoeren van het water dat door hoog oplopende golven achter de bekleding komt. Aan de teen van de glooiing moet de stortlaag dan in open verbinding staan met het buitenwater. Dit is echter een minder fraaie oplossing, temeer daar de kans groot is dat de stortlaag onderaan verstopt raakt en dus toch de gevreesde wateroverdruk achter de bekleding ontstaat. Beter is de constructie van de glooiing zo te maken dat er geen water van de oplopende golven achter de bekleding kan dringen.

Men heeft voor de stortlaag ook wel andere materialen gebruikt. Riviergrind is te rond, waardoor de steenzetting geen vaste ligging verkrijgt. Beter voldoet in dit verband glaciaal grind dat veel hoekiger is. Een bezwaar van grind is echter dat het gemakkelijk door de golven weggespoeld wordt. Een storting van hoogovenslakken geeft, door de scherpe vorm van de slakken, een zeer vaste ligging van de zetsteen. Het verwerken is echter voor de arbeiders bezwaarlijk (snijwonden).

Daar de kosten van een natuursteenglooiing hoog waren, heeft men in de eerste helft van de 19e eeuw op Schouwen gebakken stenen met grote afmetingen toegepast (0,30 - 0,40 x 0,40 x 0,20 m³). Dit bleek echter geen succes te zijn daar de stenen te bros waren. Door het kleine s.g. (2,0) werden de stenen gemakkelijk door de zuiging van de golven uit de glooiing gelicht en, braken dan meestal door hun geringe breukvastheid. De onderhoudskosten van een dergelijke glooiing waren dan ook hoog. Daar het prijsverschil met natuursteen slechts gering was, heeft men van een verdere toepassing afgezien.

Wel worden, ook tegenwoordig nog, klinkerglooiingen toegepast op plaatsen waar de golfaanval zodanig is dat een grasmat juist te zwak is. Men maakt dan gebruik van gewone gevelklinkers die in halfsteens- of keperverband op het kleibeloop gestraat worden. Teneinde de grasgroei tussen de stenen te bevorderen worden de voegen gevuld met slik of klei, al dan niet vermengd met graszaad. Door de grasbegroeiing in de voegen verkrijgen de stenen een goede onderlinge samenhang, hetgeen de sterkte van de steenbezetting zeer ten goede komt. Een dergelijke glooiing is minder op zijn plaats op dijkbelopen die regelmatig door het water overspoeld worden, daar dan de zozeer gewenste grasbegroeiing in de voegen niet mogelijk is. Door stampen wordt de klinkerglooiing onder profiel gebracht waardoor tevens een vlakke bovenkant verkregen wordt.

5

Glooiingen, bestaande uit betonnen elementen zijn in grote verscheidenheid toegepast en er worden nog steeds nieuwe systemen in de handel gebracht. Betonbekledingen werden voor het eerst toegepast in de vorm van tegels, die alleen voor een zeer lichte verdediging geschikt zijn.

Ir. De Muralt, ingenieur bij het Waterschap Schouwen, heeft destijds een paar systemen ontworpen en toegepast, n.l. de spijkerglooiing en de trapjesglooiing, beide bestaande uit geprefabriceerde betonelementen.

De spijkerglooiing, die voor een lichte verdediging diende, bestond uit betonpalen die met betonnen "spijkers" in het beloop werden vastgezet. Dit systeem heeft echter niet voldaan.

De trapjesglooiing werd op zwaar aangevallen belopen toegepast. Deze verdediging bestaat uit grote gewapend betonplaten met een trapjesvormig oppervlak ter beperking van golfoploop, die tussen gewapend betonbalkjes worden opgesloten. Een groot bezwaar van deze glooiing is, dat de eenheden veel te groot zijn. Bij enige zakking van het talud kunnen holten onder de platen ontstaan waardoor ze gemakkelijk breken tengevolge van de golfslag. Tijdens storm wordt dan ook vaak grote schade aangericht. Ook deze betonglooiing wordt niet meer toegepast; geleidelijk worden ze door een andere verdediging vervangen.

Langs kanalen, en ook langs rivieren, worden als taludverdediging 6-zijdige betonzuilen toegepast (o.a. Maas-Waalkanaal, Twente-Rijnkanalen).

Op zwaar aangevallen belopen worden met succes verschillende betonglooiingen toegepast, o.a. de diaboolglooiing van Streefkerk en de betonblok-glooiing van Leendertse. De betonelementen van beide systemen bezitten door hun bijzondere vormen een zeer goed onderling verband. Het voordeel van dergelijke glooiingen is, dat het invoegen van verhoogde blokken mogelijk is, die een sterk reducerende werking op de golfoploop kunnen hebben. Dit is bij een natuursteenglooiing niet mogelijk omdat boven het beloop uitstekende stenen geen voldoende verband met de andere stenen hebben en zelfs vernieling van de steenzetting kunnen inleiden.

De geprefabriceerde betonelementen verkrijgen tijdens de fabricage door pneumatische verdichting een, voor ongewapend beton, vrij hoog s.g., n.l. 2,3.

Een klein bezwaar van dergelijke systeenglooiingen is, dat het vaak niet wel mogelijk is om bochten "te nemen", want dan sluiten de elementen niet goed meer aan.

De fundering van een taludverdediging met geprefabriceerde betonblokken

wordt gevormd door een kleilaag met daarover een rietspreidseel en een enkele vlijlaag van klinkers. Wanneer de kleibekleding van zeer goede kwaliteit is, dan kan men de vlijlaag achterwege laten en wordt alleen een spreidseel van bladriet gebruikt ter bescherming van het kleibeloop tijdens het plaatsen van de betonblokken.

Bij het herstel van de Westkappelse Zeewering heeft men na de oorlog enkele gedeelten voorzien van een betonglooiing. Daar de golfaanval hier buitengewoon hevig is, was ondanks het zeer flauwe beloop een zware verdediging gewenst. De glooiing bestaat ten dele uit zeer grote prefab betonblokken (1,00 x 1,00 x 0,50 m³), terwijl meer naar boven betonplaten ter dikte van 0,50 m op het beloop gestort zijn tussen betonnen bekistingramen. Daar de golfoploop zeer groot is, was een hoog optrekken van het verdedigde beloop noodzakelijk.

Reductie van de golfoploop door middel van chicanes werd niet wenselijk geacht. Door de golven worden namelijk zeer zware brokken natuursteen van de bestorting aan de teen op het beloop geslingerd (stukken van 3 ton vormen geen uitzondering!), die eventuele obstakels op het beloop spoedig zouden vernielen.

De vroeger op het beloop aangebrachte paalwerken of stakeerwerken waren zeer duur in het onderhoud en worden tegenwoordig niet meer toegepast.

Tijdens de februaristorm van 1953 hebben de taludverdedigingen het zwaar te verduren gehad. Men is er ruimschoots door in de gelegenheid gesteld de gebreken bij de verschillende glooiingen op te sporen. Zo heeft men bij de afsluitdam van de Brielse Maas ervaren dat de taludverdediging te licht was.

Ter plaatse van de vroegere stroomgeul (ebschaar) is aan de kruin van de dijk in verband met de hier te verwachten grootste golfoploop de grootste hoogte gegeven, n.l. 8,55 m + NAP. Deze hoogte was ruim voldoende. Het buitenbeloop van de dam werd echter ernstig beschadigd.

De dam bestaat uit zand, afgedekt met een kleilaag, die aan de zeezijde 60 cm dik is. Op het buitenbeloop is een steenbekleding aangebracht met een helling van 3 : 10. De berm is aangebracht op 0,40 m beneden de verwachte stormvloedshoogte. De hoogte van kruin en buitenberm en de hellingen zijn zo gekozen dat economisch gezien het voordeligste profiel ontstond. Door de berm, die dient ter beperking van de golfoploop, wordt het vloeiend verloop verbroken, waardoor bij de knik een zwaardere golfaanval is te verwachten. Daarom is hier nog een klinkerbezetting aangebracht. De klei voor de afdichtende laag, die ontleend is aan gorzen, is door-

7

zeefd met rietwortels en vormt zodoende een verende laag, die niet erg geschikt is als fundering voor een open steenglooiing. Tengevolge van plaatselijke zettingen kunnen de stenen loswerken waardoor het verband verloren gaat. Over grote lengte werd deze steenglooiing weggeslagen, evenals de afdichtende kleilaag, waarna het onderliggende zand gemakkelijk weggespoeld werd. De kerende breedte van de dijk werd hierdoor op enkele plaatsen gevaarlijk klein.

Bij het herstel van de steenglooiing is geen zwaardere steenbezetting noodzakelijk geacht daar in de toekomst, tengevolge van de verwachte verzanding van de voormalige Brielse Maasmond, de golfaanval minder hevig zal worden. Men bracht wel meer verband in de bloksteenglooiing door deze na het herzetten aan te gieten met een asfalt-zandmengsel. Dit mengsel hecht weliswaar niet aan de stenen, maar het geeft de stenen onderlinge steun. Er ontstaat aldus een tamelijk soepele dichte glooiing waarbij de kans op het uitlichten van een enkele steen, met als gevolg een algehele vernieling van de steenzetting, niet meer bestaat. Het dicht zijn van de glooiing kan echter onder bepaalde omstandigheden nadelig zijn. Als het asfalt-zandmengsel namelijk niet voldoende in de puinvloer doordringt, bestaat de kans dat tengevolge van de golfoploop het water via de bovenzijde tot achter de bekleding doordringt. Hierdoor ontstaat de kans op een overdruk van binnen uit, waardoor gevaar voor het afdrukken van de bekleding ontstaat. Het is dus van groot belang dat het asfalt-zandmengsel tot op de kleilaag doordringt en het toetreden van water tot achter de bekleding wordt verhinderd.

De aldus ontstane constructie is echter enigszins onlogisch. De kleilaag heeft zijn afsluitende functie t.p.v. de steenglooiing blijkbaar verloren. Bij een nieuw te maken constructie zou men weglating van de kleilaag kunnen overwegen en indien het asfalt-zandmengsel voldoende samenhang en sterkte zou bezitten zou ook de bekleding van steen kunnen worden gemist.

In de laatste tijd zijn uitgebreide proeven genomen met asfalt als bekledingsmateriaal van zanddijken ter vervanging van de afdichtende kleilaag en de steenbekleding.

Langs de benedenrivieren heeft men tot nu toe goede resultaten bereikt met asfaltbekledingen. Ook de dammen ten behoeve van de nieuwe Marinehaven in Den Helder zijn voorzien van een bekleding met asfalt.

Op 1 februari 1953 werden de dijken op Goeree-Overflakkee ernstig beschadigd en zelfs over grote lengte geheel weggeslagen

Langs het Krammer moest in korte tijd over een lengte van 18 km een ge-

8

heel nieuwe dijk gebouwd worden. De benodigde hoeveelheid zand was gemakkelijk te betrekken uit het Kramer. Voor de afdekking van het zandlichaam zou ongeveer 500.000 m³ klei nodig geweest zijn. De in de nabijheid aanwezige klei was, tengevolge van het hoge zandgehalte, ongeschikt als afdichtend materiaal.

De aanvoer van goede klei van elders werd echter in de beschikbare tijd niet mogelijk geacht.

Een asfaltbekleding kon evenwel, in tegenstelling tot een kleilaag, vrij dun zijn, zodat de aanvoer van het hiervoor benodigde materiaal geen onoverkomelijk bezwaar vormde. Tevens kon deze bekleding zeer snel aangebracht worden, hetgeen van een steenglooiing niet verwacht mocht worden.

De aangebracht bekleding bestaat uit een onderlaag van zandasfalt, die bij de teen 45 cm dik is en naar boven afneemt tot 10 cm. Daarover is een 10 cm dikke laag asfalt-beton aangebracht die met een kleeflaag is verbonden aan het zand-asfalt. Het asfalt-beton werd tenslotte afgestreken met een dichtingslaag. De bekleding is tot over de kruin doorgetrokken teneinde te voorkomen dat, tengevolge van golfoploop water tot achter de bekleding kan doordringen. Bij een goed gedraineerd dijklichaam bestaat er geen kans op wateroverdruk van binnen uit. Op het binnenbeloop sluit de asfaltbekleding aan op een 80 cm dikke kleilaag, waarvoor de klei werd ontleend aan de resten van de oude dijk.

Of deze asfaltbekledingen op lange termijn inderdaad ideaal zijn, zal men moeten afwachten, want asfalt en water zijn grote vijanden. Vrijwel alle asfaltmengsels vertonen namelijk na verloop van tijd het z.g. "stripping"-verschijnsel. Dit is het loslaten van het binnenhuidje van het mineraal-aggregaat, tengevolge van het indringen van water.

Dit verschijnsel treedt vooral op bij mengsels met een laag bitumengehalte en dus met een groot percentage holle ruimte, waardoor het water gemakkelijk kan binnendringen.

Bij zandasfalt (laag bitumengehalte) is stripping zeer zeker te verwachten. Daarom is een dichte afdekking met asfaltbeton noodzakelijk. Het bitumengehalte daarvan moet tenminste 20% bedragen om stripping in deze laag te voorkomen.

Van groot belang is een goede opsluiting van de taludverdediging, zowel aan de boven- als aan de benedenzijde van het beloop.

Een opsluiting aan de bovenzijde is noodzakelijk voor een vaste ligging van de bovenste steenrijen en om de gevolgen van eventuele ontgroning door afstromend water te beperken. Ter opsluiting werd vroeger wel een

9
houten schot, gesteund door perkoenpalen, gebruikt. Een bezwaar van deze constructie is, dat hij vergankelijk is en dus van tijd tot tijd vernieuwd moet worden.

Bij de Zuiderzeewerken is men overgegaan tot toepassing van gewapend betonplanken die tot in de kleilaag reiken. De platen sluiten met een vis-bek tegen elkaar. Tegenwoordig worden dergelijke prefab- of op het werk gestorte betonbanden of platen vrij algemeen toegepast.

Soms wordt boven de bovenopsluiting nog een lichte taludbekleding van b.v. klinkers aangebracht, die dient als overgangsconstructie naar het onverdedigde beloop.

Wanneer in het buitentalud een berm aanwezig is, dan wordt de steenbekleding bij voorkeur doorgezet tot voorbij het begin van de berm omdat er anders kans is op ontgronding tengevolge van de extra ruwe waterbeweging bij de overgang van het beloop naar de berm.

Om dezelfde reden is een extra verdediging gewenst van de overgang tussen berm en bovenbeloop.

Een goede opsluiting aan de benedenzijde van de steenglooiing is van nog groter belang dan die aan de bovenzijde, omdat deze steun moet geven en tevens omdat eenmaal ontstane schade moeilijk te herstellen is. Beschadiging of het wijken van de opsluitende constructie kan namelijk het nazakken van een groot deel van de steenzetting veroorzaken, zodat deze geheel opgenomen en herzet moet worden.

Aanvankelijk werd ter opsluiting een rij verticale perkoenpalen toegepast, meestal 5-7 palen per meter met een lengte van 1,60 m. De kopontrek bedraagt tenminste 30 cm, zodat tussen de palen een ruimte van 10-6 cm overblijft. Puinstukken en grond van de fundering der steenglooiing kunnen dus gemakkelijk door de golfbeweging uitgespoeld worden. Door toepassing van een gesloten perkoenrij (9 à 10 palen per m) heeft men getracht het uitspoelen van grond tegen te gaan, maar ook dan vormen de palen nog geen gronddichte constructie.

Toch vindt een gesloten perkoenrij nog wel toepassing maar dan moet de uitvoering zeer zorgvuldig geschieden. Tevens moet de kwaliteit van de palen dan aan hoge eisen voldoen.

Teneinde ontgronding van de teenopsluiting tegen te gaan wordt een kraagstuk of een steenbestorting aangebracht op de z.g. "plasberm". Beide constructies worden bij voorkeur beneden gemiddeld laagwater aangelegd, daar anders het kraagstuk spoedig zou vergaan en een steenbestorting geen rustige ligging zou hebben. De perkoenpalen moeten dan ook, mede in verband

10
met hun vergankelijkheid, met de koppen tot beneden gem. laagwater geslagen worden. De onderste steenrijen, die met hun bovenvlak 5 à 10 cm onder de perkoenkoppen dienen te liggen, moeten dus bijna altijd in het water gezet worden, terwijl de vlij- en stortlagen zelfs vrij diep onder water aangebracht moeten worden hetgeen een deugdelijke uitvoering, met het oog op gronduitspoeling, niet in de hand werkt.

Bij toepassing van een perkoenrij is het verzakken van de onderste steenrijen dan ook een veel voorkomend verschijnsel. Om deze reden heeft men bij de Zuiderzeewerken deze constructie geheel laten varen.

Een betere teenopsluiting verkrijgt men met een houten schot (teenschot), dat door 3 perkoenen per m gesteund wordt. Het schot moet een zodanige hoogte hebben dat de kleibekleding er tegenaan sluit.

De beste constructie die tegenwoordig dikwijls wordt toegepast is de gesloten damwand die een afdoende dichting geeft.

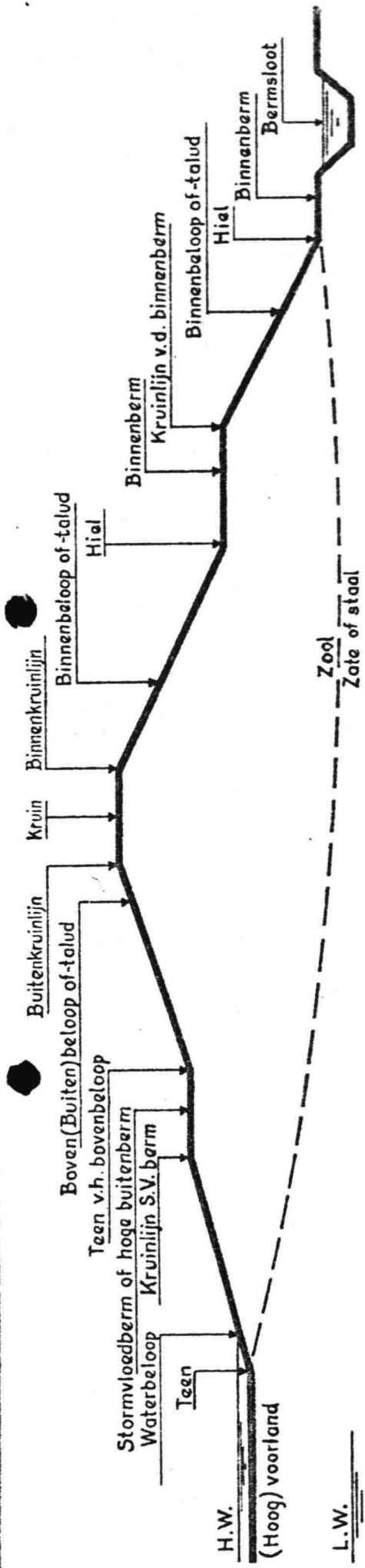
Langs de dijken van de Noordoostpolder heeft men deze constructie toegepast. Achter de houten damwand - dik 0,06 m en lang 1,80 m - ligt de steenzetting over ongeveer een meter breedte horizontaal en gaat dan geleidelijk over in de vereiste helling van het dijkbeloop. De onderste steenrijen sluiten dus over de volle hoogte goed tegen de damwand aan. Door het opwerpen van een tijdelijk walletje van uitkomende grond op de berm buiten de damwand kon de sleuf achter de wand droog gezet worden, zodat het aanbrengen van het laagste deel van de steenbekleding in de droge kon geschieden, wat een zorgvuldige uitvoering zeer ten goede kwam.

Langs de Westkappelse Zeewering heeft men tegen ontgroning voor de teenopsluiting (houten, stalen of betonnen damwand) een zeer zware steenbestorting aangebracht. Door de zeer hevige golfbewegingen worden de stenen echter tegen het dijkbeloop geslingerd. Het gevolg hiervan is een verdieping van de vooroever, ondanks een geregelde aanvulling van de bestorting met gemiddeld 1200 ton steen per jaar. Nabij Westkapelle is in 4 jaar tijds een rug van ongeveer 100 m³ gevormd van tot grof grind verbrijzelde stortsteen, die uit de bestorting langs de vooroever naar een luwe hoek is geroold en geschoven. Bij enkele dijkvakken heeft men nu de steenbestorting bij wijze van proef vastgelegd met gietasfalt.

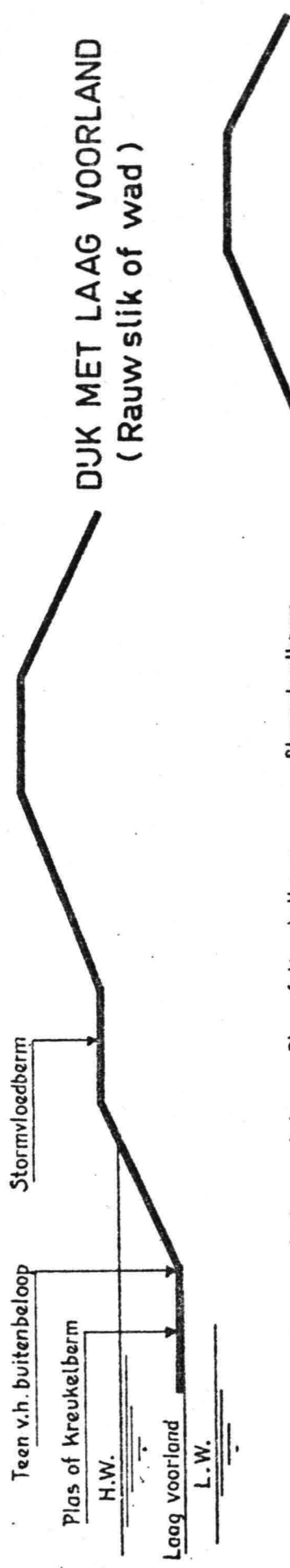
Wanneer een dijkbeloop verdedigd wordt met een asfaltlaag dan moet de teenopsluiting aan hoge eisen voldoen, wat betreft zijn water- en gronddichtheid, daar onder de asfaltbekleding geen kleilaag aanwezig is. Door uitspoeling van zand zouden namelijk holten onder de bekleding kunnen ontstaan, die tot scheuren aanleiding kunnen geven, die tijdens een stormvloed alge-

hele vernieling van de dijk kunnen inleiden. De waarde van een asfaltdijk is dus in hoge mate afhankelijk van de deugdelijkheid van de teenopsluiting. Een dubbele damwand van geploegd hout of een stalen damwand, over een behoorlijke diepte ingeheid, vormt, in verband met de hoge eisen gesteld aan de water- en zanddichtheid, een goede constructie.

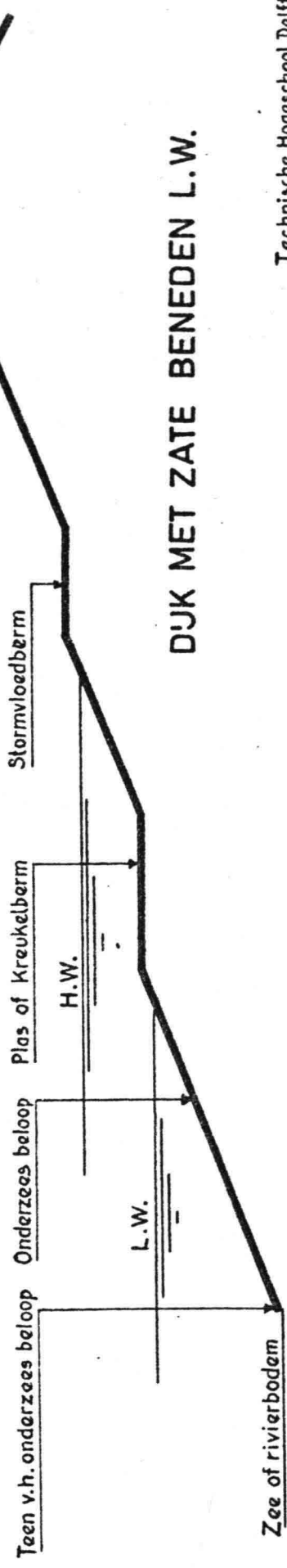
Bij de asfaltdijken op Goeree Overflakkee heeft men volstaan met een enkele houten damwand, die tegen ontgronding beschermd wordt door een steenbestorting die aangegoten is met asfalt.



DJK MET HOOG VORLAND
(Rijpe schor, gors, kwelder)

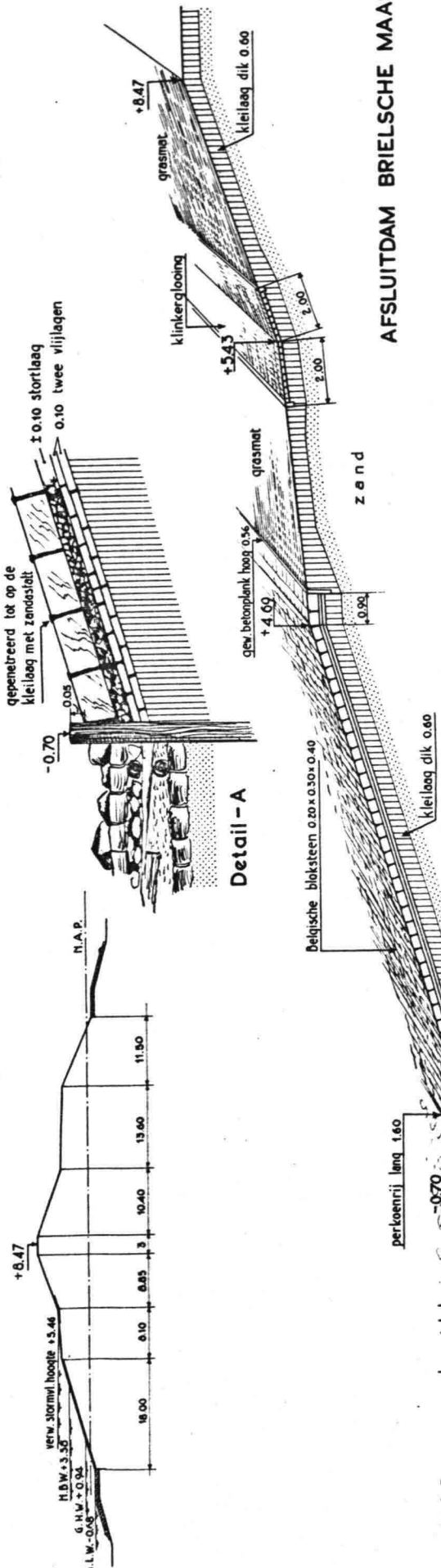


DJK MET LAAG VORLAND
(Rauw slik of wad)

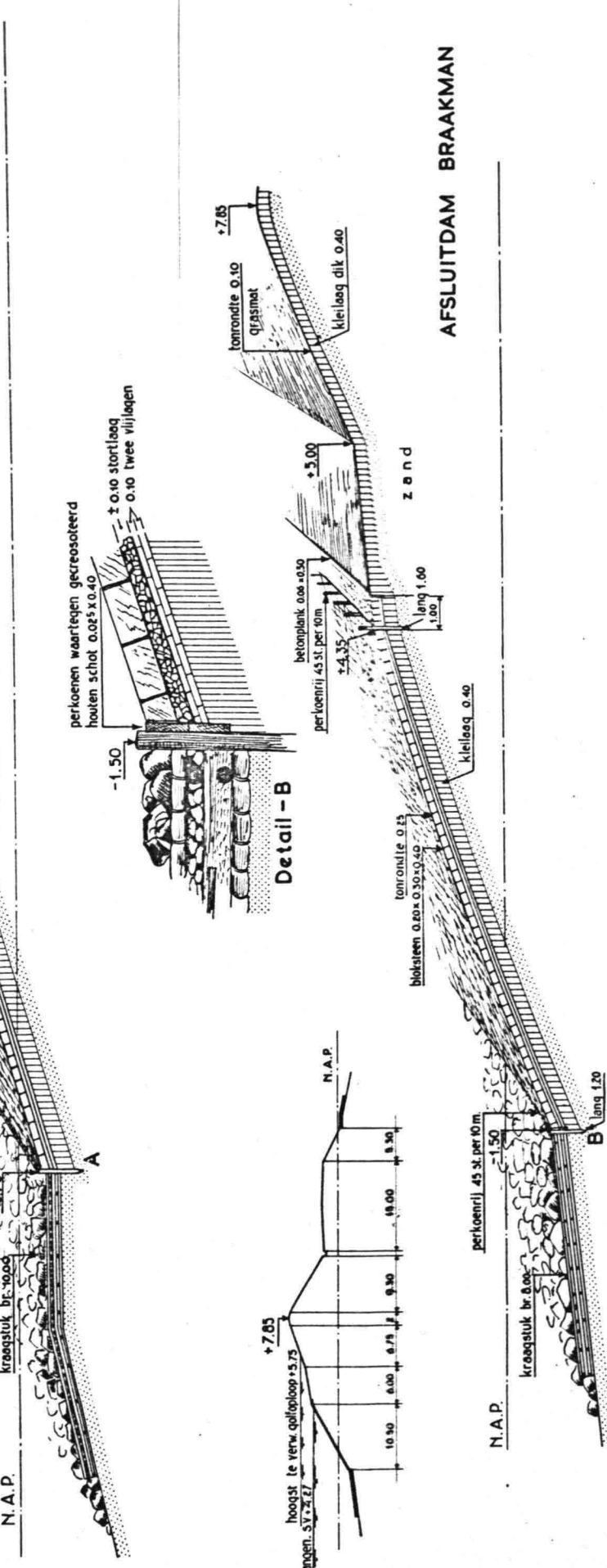


DJK MET ZATE BENEDEEN L.W.

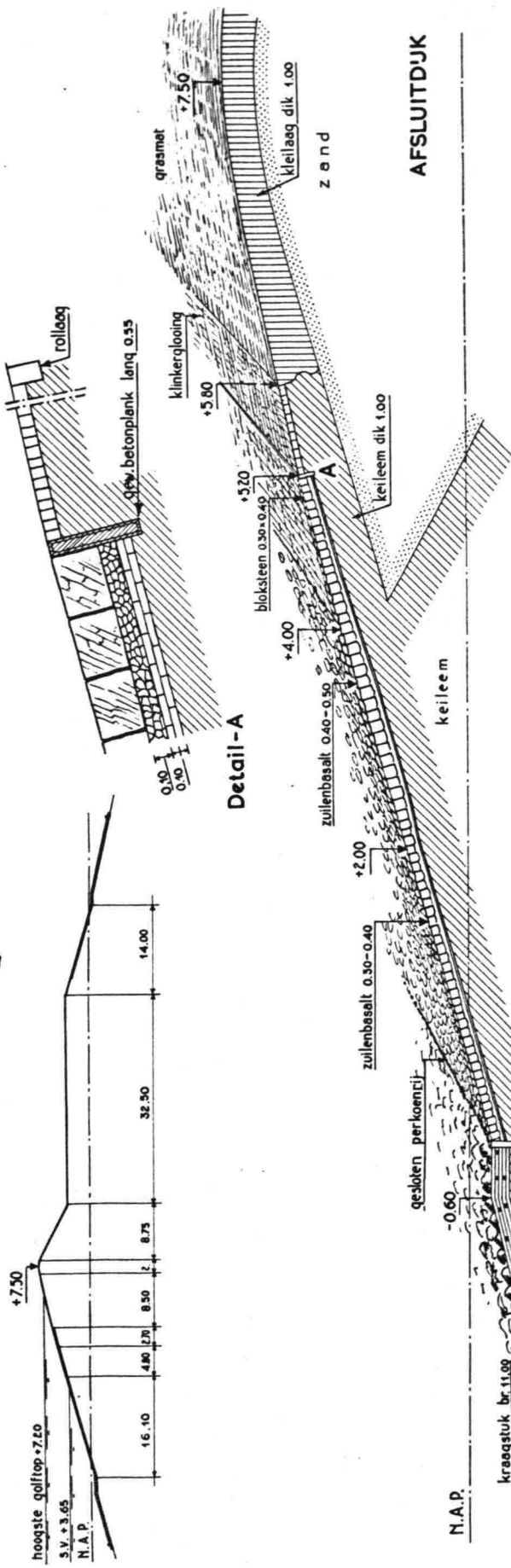
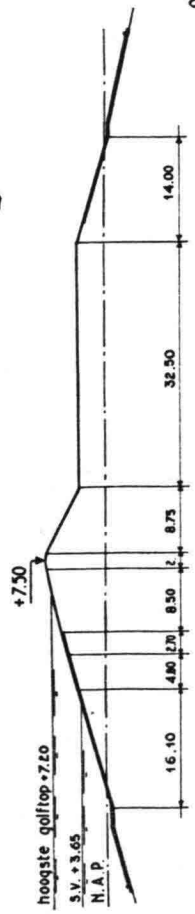
BENAMINGEN DIJKPROFIELEN



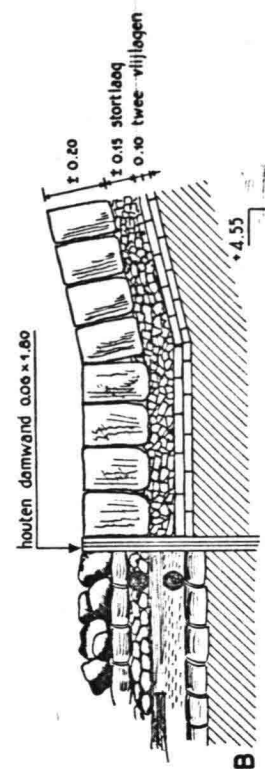
AFSLUITDAM BRIELSCHIE MAAS



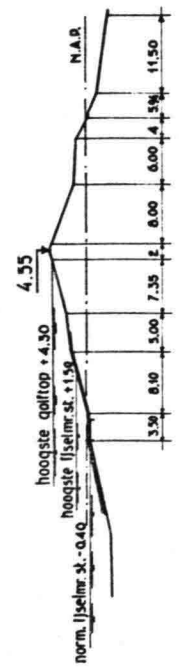
AFSLUITDAM BRAAKMAN

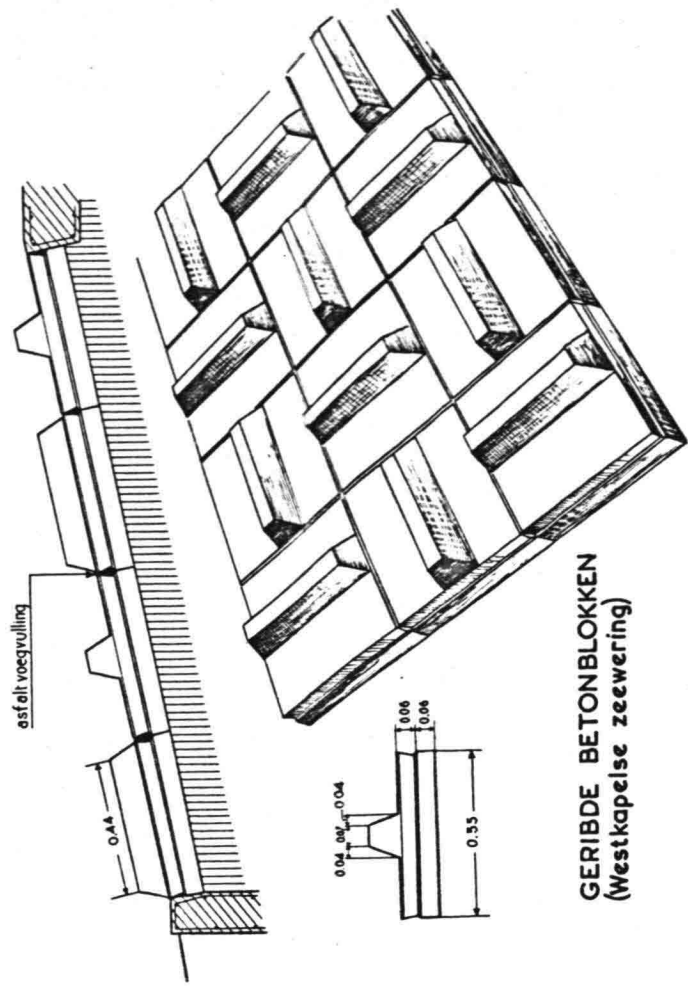


Detail-A

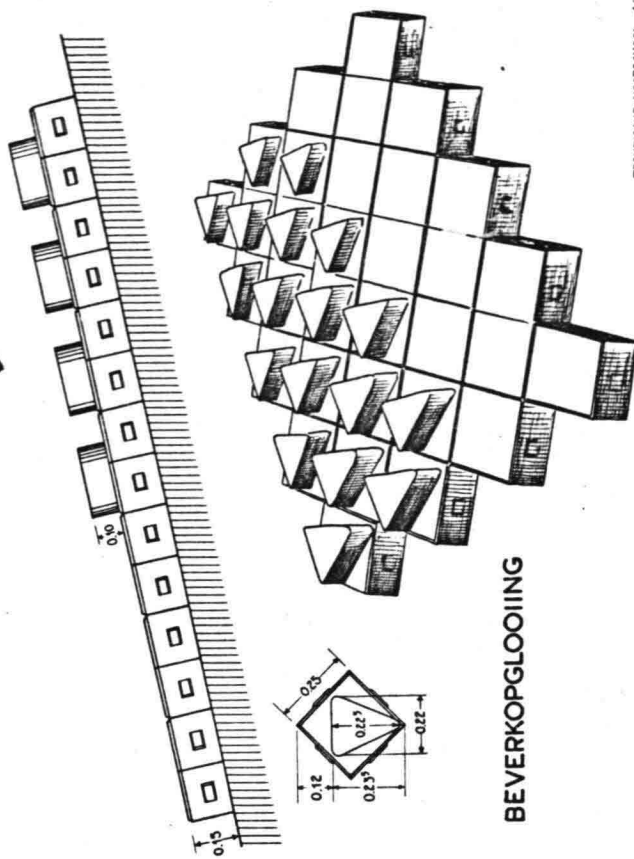


Detail-B

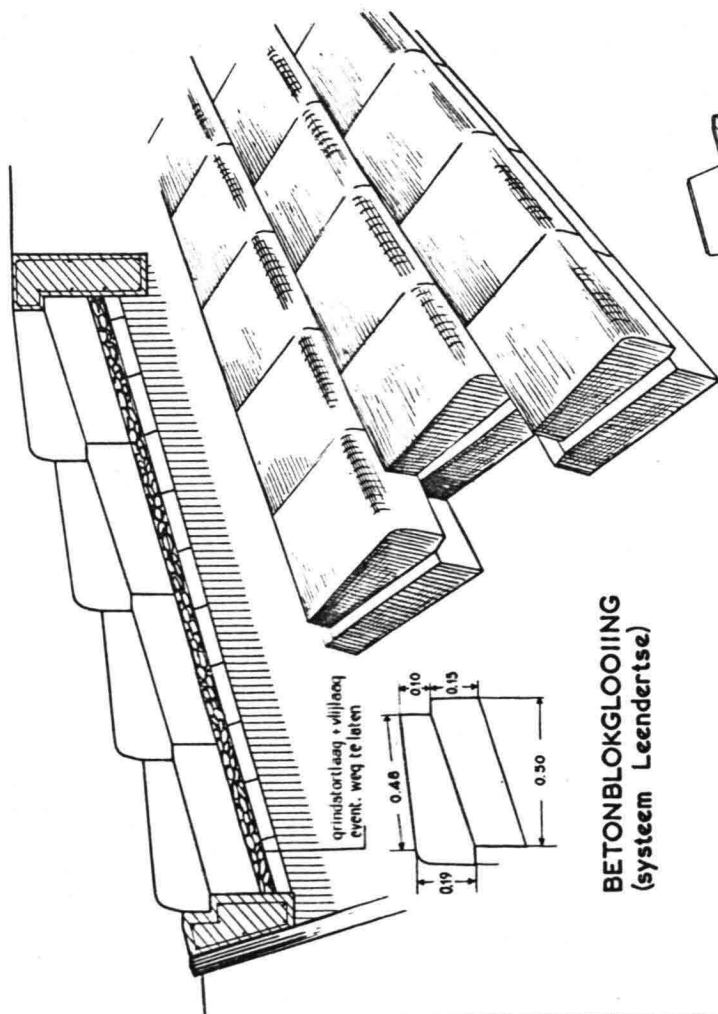




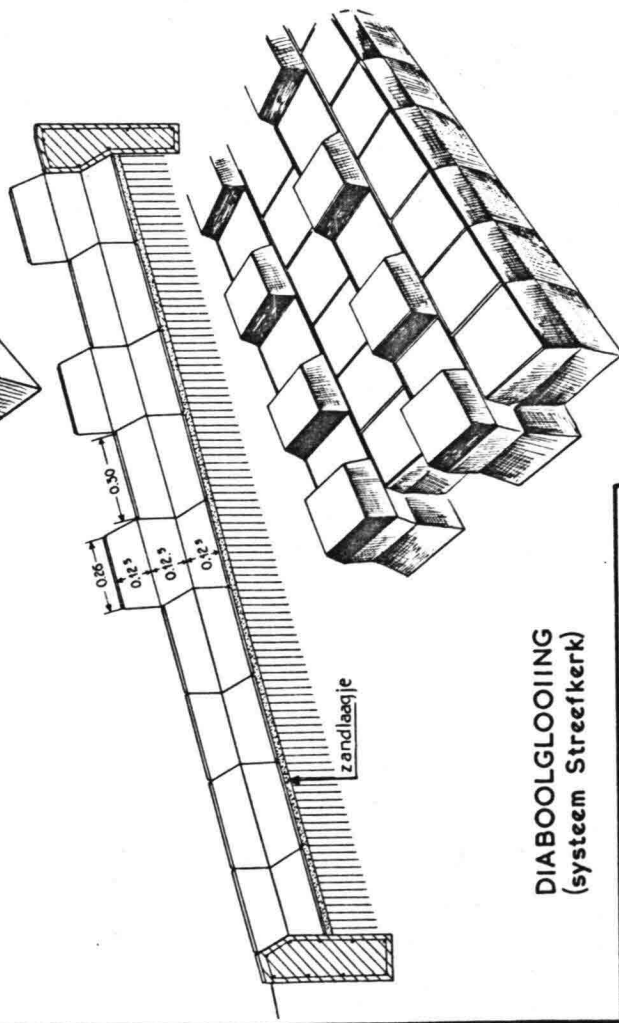
GERIBDE BETONBLOKKEN
(Westkapelse zeevering)



BEVERKOPGLOOING



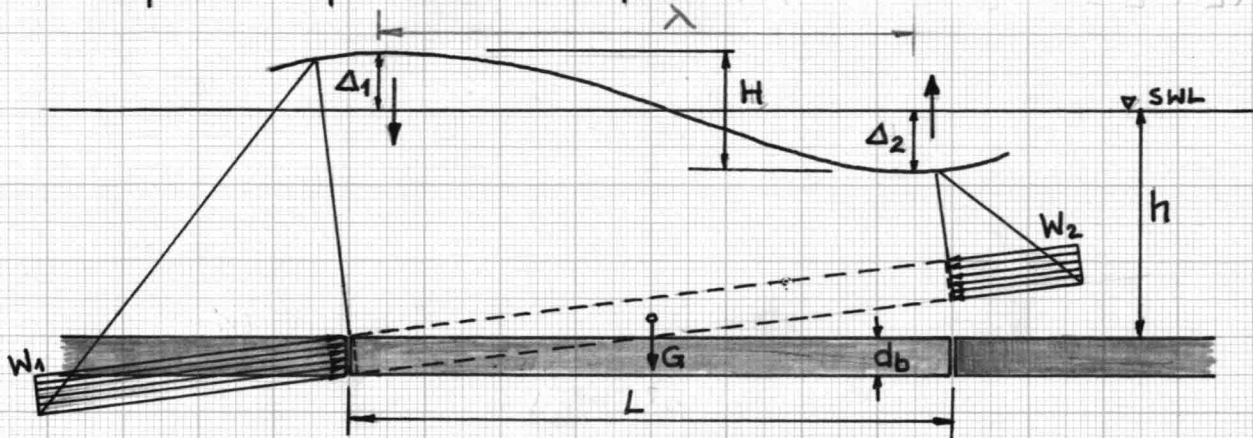
BETONBLOKGLOOING
(systeem Leendertse)



DIABOOLGLOOING
(systeem Streefkerk)

4 VERDEDIGING VAN DIJKBELOPEN
DETAILS 1:25

Golfinvloed op dikte beton-plaat (als bodembescherming)



Stabiliteitsvergelijking:

$$(h - \Delta_2) \gamma_w + d_b \gamma_b > (h + d_b) \gamma_w$$

$$d_b > \Delta_2 \frac{\gamma_w}{\gamma_b - \gamma_w} \quad (\text{m})$$

$$d_b > r k_2 \Delta_2 \frac{1}{\gamma_b - 1} \quad (\text{m})$$

r = reductiefactor afhankelijk van L/λ (= plaat-lengte / golf-lengte)

$k_2 \approx 1,3$, veiligheidscoëfficiënt

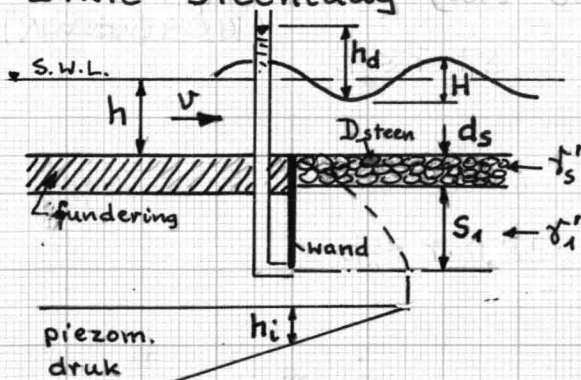
$\gamma_b \approx 2,3 \text{ T/m}^3$ (dichtheid beton)

$\gamma_w \approx 1,0 \text{ T/m}^3$ (dichtheid water)

L/λ	r
$0,2$	$1,0$
$1,0$	$0,75$
$1,5$	$0,50$
$2,0$	$0,30$
$\geq 2,5$	$0,20$

$$d_b \geq r \Delta_2 \approx r H/2$$

Dikte steenlaag (als bodembescherming)



$$h_d \leq \frac{\gamma'_1 \cdot s_1 + \gamma'_s d_s}{\gamma_w}$$

$$h_d \approx h_i + \frac{1}{2} H$$

$$d_s \geq \frac{\gamma_w h_d - \gamma'_1 s_1}{\gamma'_s}$$

$$\gamma'_1 \approx \gamma'_s = \gamma' = (\gamma_s - \gamma_w)$$

(soortelijk gewicht in water)

$$d_s \geq k_3 \left[\frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} (h_i + \frac{1}{2} H) - s_1 \right]$$

Bij $h_i = 0 \leftrightarrow s_1 = 0$

$$\text{en } d_s \geq k_3 \cdot 0,6 H/2$$

(k_3 = veiligheidscoëfficiënt)

$$d_s \geq k_3 \left[0,6 (h_i + \frac{1}{2} H) - s_1 \right] \geq (2:3) D$$

$D_{(\text{steen})} \geq 0,01 \frac{(k_4 v)^3}{\sqrt{h}}$ (m); $k_4 \approx 1,0$ uniforme stroming
 ($k_4 \approx 2,0$ aan eind ∇_d watersprong)
 (Russische formule)

$$D_{\text{steen}} \geq 0,01 \frac{(k_u v)^3}{\sqrt{h}} \quad (\text{m})$$

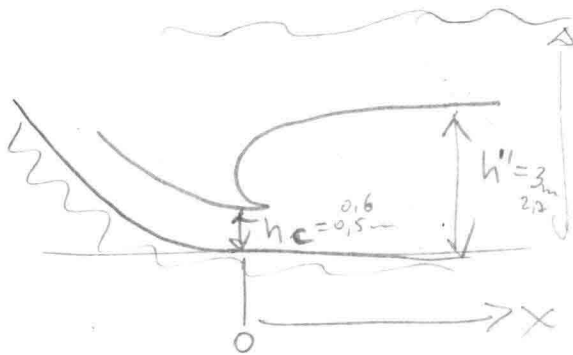
$$V = 1 \text{ m/s}$$

$$a = 5$$

$$h_w = \sqrt[3]{\frac{a^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{25}{9,81}} = \sqrt[3]{2,55} = 1,36 \text{ m}$$

$k_u = 1$ uniforme strooming

$k_u = 2$ aan eind v/d watersprong



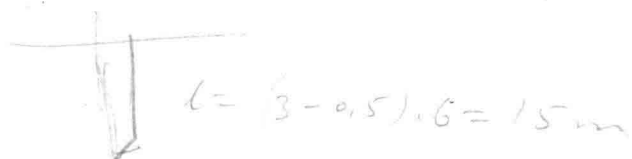
$h_{\text{watervl.}} \approx 5 \text{ m}$

$$h_c = 0,6 \text{ m}$$

$$h'' = \frac{(2,2 \text{ m})}{3} = 3,0 \text{ m}$$

x/h''	k_u	x	D_{steen}
$x/h'' = 6$	$k_u = 2$ ($\div 2,5$)	$x = 18 \text{ m}$	$D_{\text{steen}} = 38 \text{ mm}$ (50 mm)
$x/h'' = 10$	$k_u = 1,5$	$x = 30 \text{ m}$	$= 16 \text{ mm}$ (20)
$x/h'' = 15$	$k_u = 1,2$	$x = 45 \text{ m}$	$= 8 \text{ mm}$ (10)
$x/h'' \geq 20$	$k_u = 1$	$x = 60 \text{ m}$	$D_{\text{steen}} \approx 4,7 \text{ mm}$ (5)

Woolbaal 20 m
stribelbed 50 m



Stuwels

$$\frac{v^2}{g \Delta D} = 0,06$$

$$D = \frac{v^2}{0,06 g \Delta} = v^2$$

$$D = v^2 \quad (\text{m})$$

